การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์
ด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์

นางสาววริดา พลาศรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ESTIMATION OF MULTIPLE REGRESSION COEFFICIENTS WITH MULTICOLLINEARITY

BY RIDGE REGRESSION BOOTSTRAPPING METHOD

Miss Warida Palasri



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ |
| โดย | นางสาววริดา พลาศรี |
| สาขาวิชา | สถิติ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา |

---

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.......................................... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร)

.......................................... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)

.......................................... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

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

.......................................... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที)

**วริดา พลาศรี : การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์. (ESTIMATION OF MULTIPLE REGRESSION COEFFICIENTS WITH MULTICOLLINEARITY BY RIDGE REGRESSION BOOTSTRAPPING METHOD) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา, 225 หน้า**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยเปรียบเทียบวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เกณฑ์การเปรียบเทียบที่ใช้ สำหรับการประมาณค่าแบบจุดคือค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และสำหรับการประมาณค่าแบบช่วงคือค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ขั้นแรกพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากแต่ละวิธีมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ขั้นต่อไปทำการเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น โดยทำการศึกษาภายใต้เงื่อนไขของการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1, 5 และ 10 จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15, 30, 50 และ 100 โดยแบ่งระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเป็น ต่ำ (0.3) ปานกลาง (0.6) และสูง (0.9) วิธีการประมาณค่า k ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ริดจ์มี 3 วิธี คือวิธี KS วิธี New HKB และวิธี New LW และในการประมาณค่าแบบช่วงกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90, 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซึ่งกระทำซ้ำ 500 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม R 2.8.1 ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กรณีการประมาณค่าแบบจุด พบว่ามากกว่า 97% ของจำนวนสถานการณ์จำลองทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2. กรณีการประมาณค่าแบบช่วง พบว่าจากจำนวนสถานการณ์จำลองทั้งหมด วิธีความถดถอยแบบริดจ์ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ และ 66% ของสถานการณ์จำลองทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์



ภาควิชา.....สถิติ..... ลายมือชื่อนิสิต.....วริดา พลาศรี.....
สาขาวิชา.....สถิติ..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2552.....

# # 5081881226 : MAJOR STATISTICS

KEYWORDS : Multicollinearity / Ordinary least square / Ridge Regression / Bootstrapping


WARIDA PALASRI : ESTIMATION OF MULTIPLE REGRESSION COEFFICIENTS WITH MULTICOLLINEARITY BY RIDGE REGRESSION BOOTSTRAPPING METHOD. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUPOL DURONGWATANA , Ph.D., 225 pp.


The objective of this study is to compare two methods of estimation for the regression coefficients of multiple regression model with multicollinearity. These two methods are the ridge regression method and the ridge-regression bootstrapping method. The mean squares error is used as the criterion for comparing point estimation and the average length of confidence interval is used as the criterion for comparing interval estimation. For interval estimation, there are 2 sub-steps, the confidence propertion of both estimation methods are controlled not be lower than the given confidence coefficients value. Then, the comparison of average length of confidence interval from both methods are compared. This study used normal distribution with mean equal to 0 and standard deviation equal to 1, 5 and 10 for the random error. The number of independent variables are 2, 3, 4 and 5. The size of the sample are 15, 30, 50 and 100 respectively. The levels of multicollinearity among the independent variable are classified into 3 levels for which low (0.3), middle (0.6) and high (0.9). The k, which is ridge parameter is estimated with 3 methods. They are KS method, New HKB method and New LW method. For Interval estimation; the 3 confidence coefficients value are used. They are 0.90, 0.95 and 0.99 respectively. The data for this study is simulated by using the Monte Carlo simulation technique with 500 repetitions for each simulated situation by R 2.8.1 program. The results of the study can be summarized as follows:

1. In case of the point estimation, more than 97% of all simulated situations, the ridge-regression bootstrapping method provides the smallest mean squares error. The mean squares error increases when the level of multicollinearity, the standard deviation and the number of independent variables increases. The mean squares error decreases when sample size increases.

2. In case of the interval estimation, from all simulated situations, the ridge regression method is not lower than the given confidence coefficients value greater than the ridge-regression bootstrapping method and 66% of all simulated situations, the average length of confidence interval for the ridge-regression bootstrapping method is shorter than the length from the ridge regression method.


| | |
|---|---|
| Department : Statistics | Student's Signature Warida Palasri |
| Field of Study : Statistics | Advisor's Signature |
| Academic Year : 2009 | |

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและเอาใจใส่อย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร .สุพล ดุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพน ธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณต่อท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี อาจารย์ ดร .อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .บุญอ้อม โฉมที กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ชายทั้งสองคนที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมทั้งให้ความรักและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณ ญาติๆ พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

# สารบัญ

# สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ หน้า

| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|

# สารบัญรูปภาพ

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ระเบียบและวิธีการทางสถิติได้ถูกนำ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก และการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เป็นวิธีการศึกษาความสัมพันธ์ ของตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์ในการคาดคะเนหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรที่สนใจศึกษา เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent Variable : Y) ค่าของตัวแปรที่สนใจศึกษาต้องอาศัยความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้อง เรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable : X) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหนึ่งตัวกับตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไป กล่าวได้ว่าการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุเป็นส่วนขยายของการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) ซึ่งมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว สามารถเขียนตัวแบบความถดถ อยเชิงเส้นทั่วไป (General Linear Regression Model) ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \ldots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad ; \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n$$

เขียนอยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้ $\underset{\sim}{Y} = X \underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$ (1.1)

เมื่อ $\underset{\sim}{Y}$ เป็นเวกเตอร์ของตัวแปรตามขนาด $n \times 1$

$\mathrm{X}$ เป็นเมตริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด $n \times (p+1)$

$\underset{\sim}{\beta}$ เป็นเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยขนาด $(p+1) \times 1$

$\underset{\sim}{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$

$n$ เป็นขนาดตัวอย่าง

และ $p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ

โดยที่ $\underset{\sim}{\varepsilon} \sim N\left(\underset{\sim}{0}, \sigma^2 \mathrm{I}_n\right)$ ซึ่งมี $E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right) = \underset{\sim}{0}$ และ $Cov\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right) = \sigma^2 \mathrm{I}_n$

ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุจากตัวแบบดังกล่าววิธีการประมาณค่าที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ (Ordinary Least Square Method : OLS) เป็นวิธีที่ให้ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย ที่มีคุณสมบัติเป็นตัว

ประมาณค่าเชิงเส้นที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) โดยที่ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุอยู่ในรูปของ

$$\hat{\underset{\sim}{\beta}} = (X'X)^{-1} X' \underset{\sim}{y} \tag{1.2}$$

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ อาจก่อให้เกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อเราใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญในการประมาณค่าจะทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าสูง ซึ่งส่งผลต่อการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุทำให้ขาดความแม่นยำและไม่เที่ยงตรง ดังนั้นถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเราอาจแก้ไขโดย การตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากตัวแบบ โดยใช้เทคนิคการคัดเลือกตัวแปร แต่ในบางกรณีไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระใดได้เพราะถือว่าตัวแปรอิสระทุกตัวสามารถอธิบายตัวแปรตามได้พอสมควร

ในปี ค.ศ.1970 Hoerl และ Kennard ได้เสนอวิธีความถดถอยแบบริดจ์ (Ridge Regression Method) ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ที่ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำ กว่าวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน แต่ตัวประมาณค่าที่ได้เป็นตัวประมาณที่เอนเอียง (Biased Estimator) การใช้วิธีนี้ในการประมาณค่าไม่ต้องตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันออก โดยใช้หลักการนำค่าคงที่ที่เหมาะสมค่าหนึ่งมาบวกกับสมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $X'X$ ดังนั้นตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์อยู่ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R = (X'X + kI)^{-1} X' \underset{\sim}{y} \quad ; \quad k > 0 \tag{1.3}$$

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ นั้นจะให้ตัวประมาณค่าที่เอนเอียง มีนักวิจัยหลายท่าน ได้หาวิธีการเพื่อที่จะ ลดความเอนเอียงให้น้อยลงโดยที่ยังคงคุณลักษณะของตัวประมาณด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ไว้ Ozkale (2008) ได้ทำการศึกษาการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ กรณีที่เกิดปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวน (Heteroscedasticity) และ/หรือ เกิดปัญหาพหุสัมพันธ์ (Multicollinearity) โดยการนำวิธีแจกไนฟ (Jackknife Method) มาใช้ในการประมาณค่า ด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เรียกว่า การประมาณค่าแจกไนฟริดจ์ (Jackknife Ridge Estimator) ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองและค่าความเอนเอียงมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวิธีการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ วิธีแจกไนฟเสนอโดย Quenouill (1956) เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการทางนอนพาราเมตริก (Nonparametric Method) อีกวิธีหนึ่ง และมี

นักวิจัยหลายท่านได้นำวิธีการนี้มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการประมาณค่า การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ สนใจที่จะนำวิธีบูตสแตรป (Bootstrapping Method) มาใช้ในการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ เนื่องจากวิธีบูตสแตรปมีแนวคิดและหลักการที่ได้พัฒนามาจากวิธีแจกไนฟของ Quenouill วิธีบูตสแตรปถูกเสนอโดย Efron (1993) เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำจากตัวอย่างที่มีเพียงชุดเดียว ซึ่งหลักของการสุ มตัวอย่างซ้ำ ของวิธีบูตสแตรปคือ การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling With Replacement) จากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อสร้างข้อมูลชุดใหม่ โดยขนาดตัวอย่างที่ต้องทำการสุ่มมีขนาดเท่ากับตัวอย่างของข้อมูลที่มีอยู่ หลังจากนั้นจึง นำค่าของข้อมูลชุดใหม่มาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ต่อไป

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาและเปรียบเทียบ การประมาณค่าแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วงของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ โดย วิธีความถดถอยแบบริดจ์ และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เมื่อเกิด ปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรี ยบเทียบ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่าง ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เมื่อเกิดปั ญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน สำหรับกรณีการประมาณค่าแบบจุด
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นระหว่างวิธีความถดถอยแบบริดจ์ และวิธีความ ถดถอยบูตแสตปแบบริดจ์ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน สำหรับกรณีการประมาณค่าแบบช่วง
3. เพื่อหาข้อสรุปของวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่เหมาะสมเมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน สำหรับกรณีการประมาณค่าแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วง

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ที่ได้จากวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ น่าจะเป็นตัวประมาณที่ดีกว่าตัวประมาณค่าที่ได้จาก วิธีความถดถอยแบบริดจ์ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน

## 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. รูปแบบทั่วไปของสมการถดถอยมีรูปแบบดังสมการ (1.1)
2. ตัวแปรอิสระ $(x)$ และตัวแปรตาม $(y)$ เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
3. ค่าเริ่มต้นใน การสุ่มตัวอย่างซ้ำ แบบใส่คืนในวิธีบูตสแตรป เริ่มต้นที่ 100 ครั้ง $(B=100)$ เพื่อทำการจำลองหาค่าของการบูตสแตปที่ต้องนำมาใช้ในการประมาณค่าในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.จำนวนตัวแปรอิสระ $(p)$ ที่ใช้ในการศึกษามี 2 , 3 , 4 และ 5 ตัว

2.ขนาดตัวอย่าง $(n)$ ที่ใช้ในศึกษาคือ 15 , 30 , 50 และ 100

3. เวกเตอร์ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เมื่อค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_i$ มีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือ $E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\underset{\sim}{0}$ และ $Cov\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\sigma^2\mathrm{I}_n$ โดยที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $(\sigma)$ มีค่าเท่ากับ 1 , 5 และ 10 ตามลำดับ
4. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงมี 3 ระดับคือ 0.90 , 0.95 และ 0.99
5. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยให้เป็นค่าคงที่ใดๆ เพื่อสร้างเวกเตอร์ตัวแปรตามจากตัวแบบ $\underset{\sim}{Y}=X\underset{\sim}{\beta}+\underset{\sim}{\varepsilon}$ แบ่งเป็นกรณีดังต่อไปนี้

   กรณีตัวแปรอิสระมี 2 ตัว $\beta_0=1, \beta_1=1, \beta_2=1$

   กรณีตัวแปรอิสระมี 3 ตัว $\beta_0=1, \beta_1=1, \beta_2=1, \beta_3=1$

   กรณีตัวแปรอิสระมี 4 ตัว $\beta_0=1, \beta_1=1, \beta_2=1, \beta_3=1, \beta_4=1$

   กรณีตัวแปรอิสระมี 5 ตัว $\beta_0=1, \beta_1=1, \beta_2=1, \beta_3=1, \beta_4=1, \beta_5=1$
6. สร้างตัวแปรอิสระ $(X)$ ให้มีลักษณะความสัมพันธ์ตามที่ต้องการศึกษา โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีจำลองของ Wichern และ Churchill (1978) ทำให้สามารถสร้างตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันในระดับต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

$$x_{ij} = \left(1-\alpha^2\right)^{1/2} Z_{ij} + \alpha Z_{i\,p+1} \quad ; \quad i=1,2,\ldots,p \quad ; \quad j=1,2,\ldots,n$$

โดยที่ $Z_{ij}$ เป็นค่าที่สร้างขึ้นจากการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเท่ากับหนึ่ง

$\alpha^2$ เป็นระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร $X_i$ กับ $X_j$ เมื่อ

$i = 1, 2, \ldots, p \;;\; j = 1, 2, \ldots, p \;;\; i \neq j$

$p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ

7.ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ $(\rho)$ ที่ศึกษามี 3 ระดับคือ

ระดับต่ำ $\rho = 0.30$

ระดับปานกลาง $\rho = 0.60$

ระดับสูง $\rho = 0.90$

โดยที่ $\rho$ คือ ค่าของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ นั่นคือ ค่า ของ ระดับความสัมพันธ์ระหว่า งตัวแปรอิสระ $X_i$ กับ $X_j$ เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, p \;;\; j = 1, 2, \ldots, p \;;\; i \neq j$

สร้างข้อมูลให้มีลักษณะสัมพันธ์กันเป็นไปตามโครงสร้างที่กำหนด โดยที่จะสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) ของตัวแปรอิสระทั้งหมด ตามตัวอย่างเช่นในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีรูปแบบดังนี้

$$Corr(x) = \begin{bmatrix} r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} \\ r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & r_{x_2x_3} \\ r_{x_3x_1} & r_{x_3x_2} & r_{x_3x_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho \\ \rho & 1 & \rho \\ \rho & \rho & 1 \end{bmatrix}$$

8.การประมาณค่า $k$ (ค่าพารามิเตอร์ริดจ์) สำหรับความถดถอยแบบริดจ์มี 3 วิธี

1) วิธี KS (Khalaf and Shukur, 2005)

$$k = \frac{\lambda_{\max}\hat{\sigma}^2}{(n-p)\hat{\sigma}^2 + \lambda_{\max}\hat{\alpha}^2_{\max}}$$

2) วิธี New HKB (Kibria, 2003)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\hat{\underset{\sim}{\alpha}}'\hat{\underset{\sim}{\alpha}}} + \frac{1}{\lambda_{\max}}$$

3) วิธี New LW (Kibria, 2003)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\sum_{i=1}^{p}\lambda_i\,\hat{\underset{\sim}{\alpha}}^2} + \frac{1}{\lambda_{\max}}$$

โดยที่ $p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ , $\lambda_{\max}$ เป็นค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ที่มีค่ามากสุดของเมตริกซ์ $X'X$ เมื่อกำหนดให้ $P$ เป็นเมตริกซ์เชิงตั้งฉากขนาด

$p \times p$ ซึ่งแต่ละแนวตั้งฉากของเมตริกซ์คือเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ที่สอดคล้องกับค่าเฉพาะ $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ ของเมตริกซ์ $X'X$ และ $X^* = XP$ จะได้ $X^{*\prime} X^* = P'X'XP = \Lambda = diag(\lambda_i)$ , $\hat{\underset{\sim}{\alpha}} = \left( X^{*\prime} X \right)^{-1} X^{*\prime} \underset{\sim}{y} \; = \Lambda^{-1} X^{*\prime} \underset{\sim}{y}$

และ $\hat{\sigma}^2 = \dfrac{\underset{\sim}{y}' \underset{\sim}{y} - \hat{\underset{\sim}{\alpha}} X' \underset{\sim}{y}}{n-p}$

9. การวิจัยครั้งนี้จำลองตามสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซีมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation Technique)

## 1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

<u>การประมาณค่าแบบจุด</u>

การประมาณค่าแบบจุด เกณฑ์ที่ใช้ สำหรับ การตัดสินใจใน การศึกษา คือค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ($MSE$) จากแต่ละวิธีของประมาณค่าความ ถดถอย เชิงพหุ และเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพคือค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ($PDMSE$) ซึ่งทำให้ทราบว่าวิธีที่มี ค่าเฉลี่ยควา มคลาดเคลื่อนกำลังสอง ต่ำสุดมีประสิทธิภาพแตกต่างหรือดีกว่าวิธีอื่นๆ เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เชิงพหุ จากวิธี ความ ถดถอยแต่ละวิธี (วิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตปแบบริดจ์) และ $k$ แต่ละค่า

การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแต่ละค่าของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

$$MSE\left(\hat{\beta}_j\right) \;=\; \frac{1}{500} \sum_{r=1}^{500} \left(\hat{\beta}_{j(r)} - \beta_j\right)^2$$

การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุรวมทุกค่าของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

$$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) \;=\; \sum_{j=0}^{p} MSE\left(\hat{\beta}_j\right)$$

หรือ
$$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) \;=\; \frac{1}{500} \sum_{r=1}^{500} \left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)} - \underset{\sim}{\beta}\right)' \left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)} - \underset{\sim}{\beta}\right)$$

การหาค่า $BIAS^2$ ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุรวมทุกค่า

$$BIAS^2 = \left(\bar{\hat{\underset{\sim}{\beta}}} - \underset{\sim}{\beta}\right)'\left(\bar{\hat{\underset{\sim}{\beta}}} - \underset{\sim}{\beta}\right) \qquad \text{เมื่อ} \qquad \bar{\hat{\underset{\sim}{\beta}}} = \frac{1}{500}\sum_{r=1}^{500}\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)}$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{j(r)}$ แทนตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้ในแต่ละวิธีของตัวที่ $j$ เมื่อ $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ ของการทำซ้ำครั้งที่ $r$ ในการทดลองของแต่ละสถานการณ์

$\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)}$ แทนเวกเตอร์ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้ในแต่ละวิธีของการทำซ้ำครั้งที่ $r$ ในการทดลองของแต่ละสถานการณ์

$\underset{\sim}{\beta}$ แทนเวกเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่กำหนดไว้เป็นค่าคงที่ใดๆ

$r$ แทนจำนวนครั้งในการทดลองของแต่ละสถานการณ์ ซึ่ง $r = 1, 2, 3, \ldots, 500$

$MSE(\hat{\beta}_j)$ แทนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right)$ แทนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

$BIAS^2$ แทนค่าความเอนเอียงกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

2. ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลั งสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ $(PDMSE)$ คำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$PDMSE = \frac{MSE_{mk} - MSE_{\min}}{MSE_{\min}} \times 100$$

โดยที่ $MSE_{mk}$ แทนค่า $MSE$ จากวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของวิธีที่ $m$ ; $m = 1, 2$ (วิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตปแบบริดจ์) และค่า $k$ ; $k = 1, 2, 3$ ($k$ แต่ละค่า)

$MSE_{\min}$ แทนค่า $MSE$ ที่มีค่าน้อยที่สุดจากวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุวิธีที่ $m$ ; $m = 1, 2$ (วิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตปแบบริดจ์) และค่า $k$ ; $k = 1, 2, 3$ ($k$ แต่ละค่า)

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับการประมาณค่า สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ แบบจุด ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่ว นผลต่าง

ของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของแต่ละวิธีในแต่ละสถานการณ์ โดยพิจารณาว่าวิธีใดมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ต่ำสุด และพิจารณาว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง วิธีใดเท่ากับศูนย์ซึ่งจะเป็นวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดที่มีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมในสถานการณ์ทดลองนั้นๆ

การประมาณค่าแบบช่วง

เกณฑ์การตัดสินใจ สำหรับ การประมาณค่าแบบช่วง คือค่า ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น โดยมีขั้นตอนในการพิจารณา 2 ขั้นตอนดังนี้

1. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง

ในการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง มี เกณฑ์ในกา ร พิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง จากแต่ละวิธี $(p)$ ไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด $(p_0)$ สามารถทดสอ บสมมติฐานโดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomail Test) มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

$$H_o : p \geq p_0$$
$$H_1 : p < p_0$$

ด้วยตัวสถิติทดสอบ $Z = \dfrac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0(1-p_0)}{n}}} \sim N(0,1)$

จะยอมรับ $H_o$ ถ้า $Z \geq -Z_\alpha$ หรือ $\hat{p} \geq p_0 - Z_\alpha\sqrt{\dfrac{p_o(1-p_0)}{n}}$

เมื่อ $n$ แทนจำนวนครั้งในการทำซ้ำของการทดลองในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ $n = 500$

$\hat{p}$ แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง

$p_0$ แทนสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในที่นี้คือ 0.9 , 0.95 และ 0.99

$Z_\alpha$ แทนคะแนนมาตรฐานเมื่อกำหนด $\alpha = 0.05$ จะได้ $Z_\alpha = 1.645$

ดังนั้นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ว่าค่าที่ได้มีค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดที่ระดับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ซึ่งหากวิธีใดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่า 0.8779 , 0.934 และ 0.9827 ตามลำดับ จะถือว่าวิธีนั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ค วามเชื่อมั่นที่กำหนด

2. เปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

สำหรับการเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองนั้น จะทำการเปรียบเทียบเฉพาะกรณีที่วิธีการประมาณ ค่านั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และจะเลือกพิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดกว่ากัน ซึ่งหากวิธีใดให้ค่าเฉลี่ยความ ยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด ถือว่าวิธีนั้นเป็นวิธีการประมาณค่าสัมป ระสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วงที่มีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมในสถานการณ์ทดลองนั้นๆ การคำนวณค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น} = \frac{1}{500}\sum_{r=1}^{500}\left(U_r - L_r\right)$$

โดยที่ $U_r , L_r$ คือขอบเขตบนและขอ บเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น ในการทำซ้ำครั้งที่ $r$ ซึ่ง $r = 1, 2, 3, \ldots, 500$

ในการคำนวณหาค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย จะทำการคำนวณหาค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของทุกค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นเราจะได้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นทั้งหมด $p+1$ ค่า ตามค่าพารามิเตอร์จากตัวแบบ หลังจากได้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ได้ทั้งหมด $p+1$ ค่า แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ทั้ง $p+1$ ค่า โดยนำค่าผลบวกของค่าเฉลี่ยของความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ทั้ง $p+1$ ค่าหารด้วย $p+1$ จึงนำค่าที่ได้นั้นมาสรุปผลการทดลองของแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

## 1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์ในสถานการณ์ต่างๆ
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมจำลองค่าสังเกตในตัวแบบและเป็นไปตามสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา รวมถึงการเขียนโปรแกรมสำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์ของแต่ละวิธีคือ วิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีบูตสแตรป

3.วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling With Replacement) คือ การสุ่มตัวอย่าง เมื่อสุ่มได้หน่วยตัวอย่างใดแล้ว จะนำตัวอย่างนั้นกลับคืนประชากรก่อนที่จะทำการสุ่มหน่วยตัวอย่างหน่วยต่อไป
2. ความไม่เอนเอียง (Unbiased) ของตัวประมาณคือ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta$ แล้วจะถือ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงขอ $\theta$ ก็ต่อเมื่อ $E(\hat{\theta}) = \theta$
3. ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) คือ ช่วงตัวอย่างที่คำนวณจากข้อมูลตัวอย่างหนึ่งชุดใดๆ ซึ่งใช้ในการประมาณค่าแบบช่วง
4. ตัวประมาณเชิงเส้นที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) คือ คุณสมบัติหนึ่งของตัวประมาณ โดยตัวประมาณ $\theta$ จะมีคุณสมบัติเป็น BLUE ของพารามิเตอร์ $\theta$ ถ้า $\hat{\theta}$ มีคุณสมบัติครบ 3 ข้อดังกล่าวต่อไปนี้
   1) เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวอย่างสุ่ม
   2) เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียง
   3) เป็นตัวประมาณที่มีค่าความแปรปรวนต่ำสุด
5. สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient) คือ ความน่าจะเป็นที่ช่วงสุ่มจะคลุมค่าจริงของพารามิเตอร์ในประชากร
6. สัมประสิทธิ์ความถดถอย (Regression Coefficient $(\beta)$) คือ ค่าที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม $(y)$ เมื่อตัวแปรอิสระ $(x)$ เปลี่ยนไปหนึ่งหน่วย หรือความชัน (Slope) ของเส้นตรง

## 1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีบูตสแตรป
2. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กันให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์โดยวิธีอื่นๆ ต่อไป ในแต่ละสถานการณ์

# บทที่ 2

# แนวคิดและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงตัวแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามสำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุในรูปเชิงเส้นทั่วไป และวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของตัวแบบความถดถอยเชิงเส้นเมื่อตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ วิธีความถดถอยแบบริดจ์ และวิธีความถดถอย บูตสแตรป แบบริดจ์ ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

## 2.1 ตัวแบบทั่วไป

ตัวแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรต าม สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุในรูปเชิงเส้นทั่วไป อยู่ในรูปดังต่อไปนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \ldots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad ; \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n$$

เขียนอยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\underset{\sim}{Y} = X \underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon} \tag{2.1}$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \ldots & X_{p1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \ldots & X_{p2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ldots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \ldots & X_{pn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\underset{\sim}{Y}$ เป็นเวกเตอร์ของตัวแปรตามขนาด $n \times 1$

$\mathrm{X}$ เป็นเมตริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด $n \times (p+1)$

$\underset{\sim}{\beta}$ เป็นเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยขนาด $(p+1) \times 1$

$\underset{\sim}{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$

$n$ เป็นขนาดตัวอย่าง

และ $p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ

โดยที่ $\underset{\sim}{\varepsilon} \sim N\left(\underset{\sim}{0}, \sigma^2 \mathrm{I}_n\right)$ ซึ่งมี $E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right) = \underset{\sim}{0}$ และ $Cov\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right) = \sigma^2 \mathrm{I}_n$

## 2.2 วิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ (Ordinary Least Square Method : OLS)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญใช้หลักการ การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอ ง (Sum Squares Error : SSE) มีค่าน้อยสุด ตัวประมาณ ค่ามีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณเชิงเส้นที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (BLUE ) จะได้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุจากวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญคือ

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}} = (X'X)^{-1}X'\underset{\sim}{y} \tag{2.2}$$

จากสมการที่ (2.2) เป็นตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด

$$\begin{aligned}
SSE &= \left(\underset{\sim}{\hat{\varepsilon}}'\underset{\sim}{\hat{\varepsilon}}\right) \\
&= \left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right)'\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) \\
&= \left(\underset{\sim}{y}' - \underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'\right)\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) \\
&= \underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{y}'X\underset{\sim}{\hat{\beta}} - \underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'\underset{\sim}{y} + \underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'X\underset{\sim}{\hat{\beta}} \\
&= \underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - 2\underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'\underset{\sim}{y} + \underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'X\underset{\sim}{\hat{\beta}}
\end{aligned}$$

จะหาผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยสุด โดยการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 ของ $SSE$ เทียบกับ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ แล้วกำหนดเท่ากับ $\underset{\sim}{0}$ แสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
\frac{\partial(SSE)}{\partial\underset{\sim}{\hat{\beta}}} &= \frac{\partial}{\partial\underset{\sim}{\hat{\beta}}}\left(\underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - 2\underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'\underset{\sim}{y} + \underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) \\
-2X'\underset{\sim}{y} + 2X'X\underset{\sim}{\hat{\beta}} &= \underset{\sim}{0} \\
(X'X)\underset{\sim}{\hat{\beta}} &= X'\underset{\sim}{y} \\
\underset{\sim}{\hat{\beta}} &= (X'X)^{-1}X'\underset{\sim}{y}
\end{aligned}$$

ตัวประมาณค่าที่ได้ในสมการที่ (2.2) มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณ ค่าที่ไม่เอนเอียง กล่าวคือ

$$E\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) = E\left[\left(X'X\right)^{-1} X'\underset{\sim}{y}\right]$$

$$= E\left[\left(X'X\right)^{-1} X'\left(X\underset{\sim}{\beta}+\underset{\sim}{\varepsilon}\right)\right]$$

$$= E\left(\underset{\sim}{\beta}\right)+\left(X'X\right)^{-1} X'E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)$$

$$= \underset{\sim}{\beta}$$

เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวประมาณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ คือ

$$Cov\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) = Cov\left[\left(X'X\right)^{-1} X'\underset{\sim}{y}\right]$$

$$= \left(X'X\right)^{-1} X'Cov\left(\underset{\sim}{y}\right)X\left(X'X\right)^{-1}$$

$$= \left(X'X\right)^{-1} X'\sigma^2 X\left(X'X\right)^{-1}$$

$$= \sigma^2\left(X'X\right)^{-1} \qquad (2.3)$$

และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองตัวประมาณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ คือ

$$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) = Cov\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right)+BIAS^2\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right)$$

$$= Cov\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right)$$

$$= \sigma^2\left(X'X\right)^{-1}$$

ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุจากวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงและให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุดในบรรดาตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงเชิงเส้น โดยการประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเบื้องต้นหลายประการ และรวมไปถึงข้อมูลของตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น ทั้งนี้คุณสมบัติของตัวประมาณค่าจะยังคงอยู่เมื่อเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นและตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์ลักษณะเชิงเส้นต่อกัน สำหรับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์หากว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน มีผลทำให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ ไม่ได้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเป็นฟังก์ชันของเมตริกซ์ $(X'X)^{-1}$

ถ้ากำหนดให้ $L_1$ คือ ความแตกต่างระหว่าง $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ และ $\underset{\sim}{\beta}$

จะได้ $$L_1^2 = \left(\underset{\sim}{\hat{\beta}} - \underset{\sim}{\beta}\right)'\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}} - \underset{\sim}{\beta}\right)$$

ดังนั้นค่าเฉลี่ยกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ และ $\underset{\sim}{\beta}$

$$E\left(L_1^2\right) = E\left[\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}} - \underset{\sim}{\beta}\right)'\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}} - \underset{\sim}{\beta}\right)\right] = E\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}'\underset{\sim}{\beta}\right) - \underset{\sim}{\beta}'\underset{\sim}{\beta}$$

$$\because \quad E\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}'\underset{\sim}{\beta}\right) = \underset{\sim}{\beta}'\underset{\sim}{\beta} + \sigma^2 trace\left(X'X\right)^{-1}$$

$$\therefore \quad E\left(L_1^2\right) = \sigma^2 trace\left(X'X\right)^{-1} \tag{2.4}$$

เมื่อ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ มีการแจกแจงแบบปกติจะได้ว่า

$$Var\left(L_1^2\right) = 2\sigma^4 trace\left(X'X\right)^{-2} \tag{2.5}$$

จากสมการที่ (2.4) และ (2.5) พบว่าต่างก็อยู่ในรูปของผลบวกในแนวเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $X'X$ $(trace(X'X))$ เพื่อความสะดวกดังนั้นจึงแปลงเมตริกซ์ $X'X$ ให้อยู่ในรูปของค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ของเมตริกซ์ $X'X$ นั่นคือถ้า $\lambda_i$ เป็นค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ แล้ว

$\sum_{i=1}^{p}\lambda_i = trace(X'X)$ ; $i = 1, 2, \ldots, p$ เมื่อ $p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ และค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ มีค่าเป็น $(\lambda_{\max} = \lambda_1) \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq (\lambda_{\min} = \lambda_p)$ ; $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p > 0$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.4) และ (2.5) สามารถเขียนอยู่ในรูปค่าเฉพาะได้ดังนี้

$$E\left(L_1^2\right) = \sigma^2 \sum_{i=1}^{p}\left(\frac{1}{\lambda_i}\right) \qquad (2.6)$$

และ

$$Var\left(L_1^2\right) = 2\sigma^4 \sum_{i=1}^{p}\left(\frac{1}{\lambda_i}\right)^2 \qquad (2.7)$$

ในกรณีที่เกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กันค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ บางค่าจะมีค่าน้อยมากทำให้ค่า $|X'X|$ มีค่าน้อยลงไปด้วยเพราะ $|X'X|$ มีค่าเท่ากับผลคูณของค่าเฉพาะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่าง $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ และ $\underset{\sim}{\beta}$ มีค่ามาก รวมทั้งค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ ที่ประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญมีค่าสูงเกินไปด้วย [1]

<u>หมายเหตุ</u> ดัชนีพหุสัมพันธ์ คือ ค่าซึ่งบอกให้ทราบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อยเพียงใด ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก

---

[1] เบ็ญจวรรณ ชัยกิจ. การเปรียบเทียบตัวประมาณริดจ์ สำหรับการถดถอยแบบริดจ์โดยเน้นแนวคิดแบบเบส์ . วิทยานิพนธ์ปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

## 2.3 วิธีความถดถอยแบบริดจ์ (Ridge Regression Method)

ในปี ค.ศ. 1970 Hoerl และ Kennard ได้เสนอวิธีความถดถอยแบบริดจ์ (Ridge Regression) ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ (OLS) เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระในสมการ ความถดถอยมีความสัมพันธ์กัน และการใช้วิธีนี้ไม่ต้องตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันออกเหมือนการใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ แต่ว่าตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้จากวิธีนี้จะเป็นตัวประมาณค่าที่เอนเอียง จากตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญคือ $\underset{\sim}{\hat{\beta}} = (X'X)^{-1}X'\underset{\sim}{y}$ เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันจะทำให้ $|X'X|$ มีค่าเล็กลงเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งส่งผลให้สมาชิกของเมตริกซ์ $(X'X)^{-1}$ โดยเฉพาะสมาชิกบนเส้นทแยงมุมมีค่าสูงเกือบเข้าใกล้ค่าอนันต์ ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อเราใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญในการประมาณค่า จะทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าสูงตามไปด้วย พิจารณาได้จาก $Cov\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) = \sigma^2\left(X'X\right)^{-1}$ ซึ่งค่าที่ได้ ส่งผลต่อตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้ทำให้ขาดความแม่นยำและไม่เที่ยงตรง ยิ่งไปกว่านั้นถ้าหากตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันอย่างสมบูรณ์ (Perfect Multicollinearity) ผลที่ตามมาเห็นได้ชัดว่าตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยไม่สามารถหาค่าได้เลยเนื่องจาก $|X'X| = 0$ เพราะว่าไม่สามารถหาค่าของ $(X'X)^{-1}$ ได้ (แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก) จึงได้มีนักสถิติได้ทำวิจัยหาวิธีที่จะทำให้ค่าสมาชิกบนเส้นทแยงมุมหดค่าให้เล็กลง โดยใช้หลักการนำค่าคงที่ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ที่เหมาะสมค่าหนึ่งมาบวกกับสมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $X'X$ จะได้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ดังต่อไปนี้

<u>การประมาณค่าแบบจุด</u>

การประมาณค่าแบบจุดของ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์อยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R = (X'X + kI)^{-1}X'\underset{\sim}{y} \quad ; \quad k > 0 \tag{2.8}$$

โดยที่เมตริกซ์ $I$ เป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix) ที่มีขนาด $(p+1)\times(p+1)$ และ $k$ เป็นค่าคงที่ที่มีค่ามากกว่าศูนย์ เรียกว่า Ridge Parameter หรือเรียกว่าเป็นพารามิเตอร์ที่เอนเอียง ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้จากวิธีนี้เป็นตัวประมาณค่าที่เอนเอียง แต่จะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์คว าม ถดถอยเชิงพหุต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ

เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ $\underset{\sim}{\beta}$ จะกำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

ถ้ากำหนดให้ $W \quad = \quad (X'X + kI)^{-1}$ และแทนในสมการ (2.8)

จะได้ $$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R \quad = \quad WX'\underset{\sim}{y} \qquad (2.9)$$

ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปฟังก์ชันของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ โดยได้จากสมการปกติ (Normal Equation) ของ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ คือ $X'X\underset{\sim}{\hat{\beta}} \quad = \quad X'\underset{\sim}{y}$ และจากสมการที่ (2.9) ตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ จะอยู่ในรูปดังนี้

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R \quad = \quad \left[I + k(X'X)^{-1}\right]^{-1}\underset{\sim}{\hat{\beta}} \quad = \quad Z\underset{\sim}{\hat{\beta}}$$

เมื่อ $$Z \quad = \quad \left[I + k(X'X)^{-1}\right]^{-1}$$

<u>คุณสมบัติที่จำเป็น</u> [2]

จาก $Z$ , $W$ และ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ มีคุณสมบัติที่จำเป็นดังนี้

1. ให้ $\xi_i(W)$ และ $\xi_i(Z)$ เป็นค่าเฉพาะของ $W$ และ $Z$ ตามลำดับ ซึ่ง

$$\xi_i(W) \quad = \quad \frac{1}{(\lambda_i + k)} \quad , \quad i = 1, 2, \ldots, p \qquad (2.10)$$

$$\xi_i(Z) \quad = \quad \frac{1}{(\lambda_i + k)} \quad , \quad i = 1, 2, \ldots, p \qquad (2.11)$$

โดยค่าที่ได้ได้มาจากการแก้สมการ Characteristic Equation

$$|W - \xi I| \quad = \quad 0 \qquad \text{และ} \qquad |Z - \xi I| \quad = \quad 0$$

---

[2] เบ็ญจวรรณ ชัยกิจ. การเปรียบเทียบตัวประมาณริดจ์ สำหรับการถดถอยแบบริดจ์โดยเน้นแนวคิดแบบเบส์ . วิทยานิพนธ์ปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

2. สามารถเขียน $Z$ ให้อยู่ในรูปฟังก์ชันของ $W$ ได้ดังนี้

$$Z \;=\; I - k(X'X + kI)^{-1}$$

$$Z \;=\; I - kW \qquad (2.12)$$

3. ค่าประมาณ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ จะมีค่าน้อยกว่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ เมื่อ $k > 0$ นั่นคือ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}'_R \underset{\sim}{\hat{\beta}}_R \;<\; \underset{\sim}{\hat{\beta}}' \underset{\sim}{\hat{\beta}}$

<u>พิสูจน์</u> จากนิยาม $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R = Z\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ โดยที่เมตริกซ์ $X'X$ และ $Z$ ซึ่งมีคุณสมบัติสมมาตรและเป็นบวกแน่นอน (Symmetric positive definite)

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}'_R \underset{\sim}{\hat{\beta}}_R \;=\; \left(Z\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right)'\left(Z\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right)$$

$$= \sum_{i=1}^{p} \xi_i^2(Z)\underset{\sim}{\hat{\beta}}'\underset{\sim}{\hat{\beta}}$$

$$\leq \xi_{\max}^2(Z)\underset{\sim}{\hat{\beta}}'\underset{\sim}{\hat{\beta}}$$

เมื่อ $\xi_{\max}(Z) \;=\; \dfrac{\lambda_{\max}}{(\lambda_{\max} + k)}$ และ $\lambda_{\max}$ เป็นค่าเฉพาะที่มีค่ามากที่สุดของเมตริกซ์ $X'X$ จาก (2.11) และ (2.12) ที่ค่า $k = 0$ , $Z = I$ และเมื่อ $k \to \infty$ ค่า $Z$ จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ดังนั้น $\underset{\sim}{\hat{\beta}}'_R \underset{\sim}{\hat{\beta}}_R \;<\; \underset{\sim}{\hat{\beta}}' \underset{\sim}{\hat{\beta}}$

เนื่องจากผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ อยู่ในรูป

$$SSE\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R\right) \;=\; \left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R\right)'\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R\right)$$

$$= \underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{\hat{\beta}}'_R X'\underset{\sim}{y} - k\underset{\sim}{\hat{\beta}}'_R\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R \qquad (2.13)$$

และผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ อยู่ในรูป

$$SSE\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) \;=\; \underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{\hat{\beta}}' X'\underset{\sim}{y} \qquad (2.14)$$

จากสมการที่แสดงค่า ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอ งของตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ และ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ จะเห็นว่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ มีค่าต่ำกว่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ เนื่องจากผลรวม ของความคลาดเคลื่อนกำลังสอ งของตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ ขึ้นอยู่กับระยะทางกำลังสองของตัวประมาณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$

พิจาณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ ซึ่งค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \dots, p$ สามารถหาได้ดังนี้

$$MSE\left(\hat{\beta}_{Rj}\right) = Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right) + BIAS^2\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)$$

เขียนอยู่ในรูปของเมตริกซ์

$$\begin{aligned} MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right) &= E\left[\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R - \underset{\sim}{\beta}\right)\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R - \underset{\sim}{\beta}\right)'\right] + \left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]\left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]' \\ &= Cov\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right) + \left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]\left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]' \\ &= \begin{bmatrix} MSE(\hat{\beta}_{R0}) & MSE(\hat{\beta}_{R0}, \hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & MSE(\hat{\beta}_{R0}, \hat{\beta}_{Rp}) \\ MSE(\hat{\beta}_{R1}, \hat{\beta}_{R0}) & MSE(\hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & MSE(\hat{\beta}_{R1}, \hat{\beta}_{Rp}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ MSE(\hat{\beta}_{Rp}, \hat{\beta}_{R0}) & MSE(\hat{\beta}_{Rp}, \hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & MSE(\hat{\beta}_{Rp}) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

เมื่อ $$Cov\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right) = \begin{bmatrix} Var(\hat{\beta}_{R0}) & Cov(\hat{\beta}_{R0}, \hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & Cov(\hat{\beta}_{R0}, \hat{\beta}_{Rp}) \\ Cov(\hat{\beta}_{R1}, \hat{\beta}_{R0}) & Var(\hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & Cov(\hat{\beta}_{R1}, \hat{\beta}_{Rp}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Cov(\hat{\beta}_{Rp}, \hat{\beta}_{R0}) & Cov(\hat{\beta}_{Rp}, \hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & Var(\hat{\beta}_{Rp}) \end{bmatrix}$$

$$\left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]\left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]' = \begin{bmatrix} BIAS^2(\hat{\beta}_{R0}) & BIAS(\hat{\beta}_{R0}, \hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & BIAS(\hat{\beta}_{R0}, \hat{\beta}_{Rp}) \\ BIAS(\hat{\beta}_{R1}, \hat{\beta}_{R0}) & BIAS^2(\hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & BIAS(\hat{\beta}_{R1}, \hat{\beta}_{Rp}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ BIAS(\hat{\beta}_{Rp}, \hat{\beta}_{R0}) & BIAS(\hat{\beta}_{Rp}, \hat{\beta}_{R1}) & \dots & \dots & BIAS^2(\hat{\beta}_{Rp}) \end{bmatrix}$$

ดังนั้นผลบวกของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \dots, p$ คือ รอย (trace) ของเมตริกซ์ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง นั่นคือเท่ากับ $trace\left[MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]$ และผลบวกของค่าความเอนเอียงกำลังสองของตัวประมาณค่า $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \dots, p$ เท่ากับ $trace\left[\left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]\left[BIAS\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)\right]'\right]$

สามารถหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองโดยพิจารณาจากค่าเฉพาะดังนี้

$$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right) = \sigma^2 trace\left(X'X+kI\right)X'X\left(X'X+kI\right)^{-1} + k^2\,\underset{\sim}{\beta}'\left(X'X+kI\right)^{-2}\underset{\sim}{\beta}$$

$$= \sigma^2\sum_{i=1}^{p}\left(\frac{\lambda_i}{\left(\lambda_i+k\right)^2}\right) + k^2\,\underset{\sim}{\beta}'\left(X'X+kI\right)^{-2}\underset{\sim}{\beta}$$

การที่ยอมให้เกิดความเอนเอียงขึ้นในตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ มีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ไม่เกิดความเอนเอียง ซึ่งผลที่ตามมาคือช่วงความเชื่อมั่นของ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์จะแคบกว่าช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ[3]

เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวประมาณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R$ คือ

$$Cov\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right) = Cov\left[\left(X'X+kI\right)^{-1}X'\underset{\sim}{y}\right]$$

$$= \left(X'X+kI\right)^{-1}X'Cov\left(\underset{\sim}{y}\right)X\left(X'X+kI\right)^{-1}$$

$$= \sigma^2\left(X'X+kI\right)^{-1}X'X\left(X'X+kI\right)^{-1}$$

เมื่อ $$\left(X'X+kI\right)^{-1}X'X\left(X'X+kI\right)^{-1} = \begin{bmatrix} R_{00} & R_{01} & \dots & R_{0p} \\ R_{10} & R_{11} & \dots & R_{1p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{p0} & R_{p1} & \dots & R_{pp} \end{bmatrix}$$

ดังนั้น $$Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right) = \sigma^2\left(R_{jj}\right) \quad ; \quad j = 0,1,2,\dots,p$$

โดยที่ $p$ คือจำนวนตัวแปรอิสระ

---

[3] เปรมวดี ชูไสว. การเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขพหุสัมพันธ์ในการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

<u>การประมาณค่าแบบช่วง</u>

การประมาณค่าแบบช่วงของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ จะประมาณค่าแบบช่วงด้วยการแจกแจงที

$$T_j = \frac{\left(\hat{\beta}_{Rj} - \beta_{jj}\right)}{S_{jj}} \quad ; \quad j = 0, 1, 2, \ldots, p$$

$$P\left(-t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} < T_j < t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}}\right) = 1-\alpha$$

$$P\left(-t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} < \frac{\left(\hat{\beta}_{Rj} - \beta_{jj}\right)}{S_{jj}} < t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}}\right) = 1-\alpha$$

$$P\left(\hat{\beta}_{Rj} - t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} S_{jj} < \beta_{jj} < \hat{\beta}_{Rj} + t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} S_{jj}\right) = 1-\alpha$$

นั่นคือช่วงความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ สำหรับ $\hat{\beta}_{Rj}$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ คือ

$$\hat{\beta}_{Rj} \pm t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} S_{jj} \quad ; \quad j = 0, 1, 2, \ldots, p$$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบน คือ $\hat{\beta}_{Rj} + t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} S_{jj}$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง คือ $\hat{\beta}_{Rj} - t_{(n-p-1), \frac{\alpha}{2}} S_{jj}$

โดยที่ $\hat{\beta}_{Rj}$ คือ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิ ทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีควา ม ถดถอยแบบริดจ์ของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

$S_{jj} = \sqrt{Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)}$ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $\hat{\beta}_{Rj}$

$$Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right) = S^2 R_{jj}$$

$$S^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-p-1}\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R\right)'\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R\right)$$

$p$ คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

$t_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ เปอร์เซ็นต์ไทล์ของการแจกแจงที (t-distribution)

**การประมาณค่าพารามิเตอร์ $k$**

ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดย วิธีความถดถอยแบบริดจ์ ยังไม่สามารถหาค่า $k$ ที่แน่นอนได้ นอกจากจะมีการทดลองให้ค่า $k$ มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากศูนย์ทีละน้อยจนได้ค่า $k$ ที่เหมาะสม นั่นคือต้องการหาค่าพารามิเตอร์ $k$ ที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำสุด โดยที่ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ $k$ กับความแปรปรวนร่วมของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ และค่าพารามิเตอร์ $k$ กับค่าความเอนอียงกำลังสองมีความสัม พันธ์กันดังนี้ เมื่อค่าพารามิเตอร์ $k$ มีค่าเพิ่มขึ้นค่าความแปรปรวนร่วมจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ และเมื่อค่าพารามิเตอร์ $k$ มีค่าเพิ่มขึ้นค่าความเอนเอียงกำลังสองมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยความคลาด เคลื่อนกำลังสองกับค่าความแปรปรวนร่วม และค่าความเอนเอียงกำลังสองเราต้องค้นหาค่าพารามิเตอร์ $k$ ที่เหมาะสม ซึ่งในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ $k$ เท่ากับศูนย์สำหรับการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ตัวประมาณค่าที่ได้คือตัวประมาณค่าด้วยด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญนั่นเอง จะเห็นว่าจุดอ่อนของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์คือ ไม่สามารถกำหนดค่า $k$ ที่แน่นอนได้ มีนักวิจัยได้เสนอวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ $k$ ไว้หลายวิธี และแต่ละวิธีมีความเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์และลักษณะของข้อมูลแตกต่างกันออกไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $k$ โดยใช้วิธี KS วิธี New HKB และวิธี New LW

4) วิธี KS (Khalaf and Shukur, 2005)

$$k = \frac{\lambda_{\max}\hat{\sigma}^2}{(n-p)\hat{\sigma}^2 + \lambda_{\max}\hat{\alpha}_{\max}^2}$$

5) วิธี $K_{NHKB}$ : New HKB (Kibria, 2003)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\underset{\sim}{\hat{\alpha}}'\underset{\sim}{\hat{\alpha}}} + \frac{1}{\lambda_{\max}}$$

6) วิธี $K_{NLW}$ : New LW (Kibria, 2003)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\sum_{i=1}^{p}\lambda_i \underset{\sim}{\hat{\alpha}}^2} + \frac{1}{\lambda_{\max}}$$

โดยที่ $p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ , $\lambda_{\max}$ เป็นค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ที่มีค่ามากสุดของเมตริกซ์ $X'X$ เมื่อกำหนดให้ $P$ เป็นเมตริกซ์เชิงตั้งฉากขนาด $p \times p$ ซึ่งแต่ละแนวตั้งฉากของเมตริกซ์คือเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ที่สอดคล้องกับค่าเฉพาะ $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ ของเมตริกซ์ $X'X$ และ $X^* = XP$

จะได้ $X^{*'}X^{*} = P'X'XP = \Lambda = diag(\lambda_i)$ และ $\underset{\sim}{\alpha} = P'\underset{\sim}{\beta}$ ดังนั้นตัวประมาณค่ากำลังสองน้อยสุดสามัญของ $\underset{\sim}{\beta}$ คือ

$$\hat{\underset{\sim}{\alpha}} = \left(X^{*'}X\right)^{-1} X^{*'}\underset{\sim}{y} = \Lambda^{-1}X^{*'}\underset{\sim}{y}$$

โดยที่ $\hat{\underset{\sim}{\alpha}}$ คือเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยตัวใหม่ขนาด $p \times 1$

$X$ คือเมตริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด $n \times p$

$\underset{\sim}{\beta}$ คือเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยขนาด $p \times 1$

$X^{*}$ คือเมตริกซ์ซึ่งแต่ละแนวตั้งฉากของ $X^{*}$ คือตัวแปรอิสระชุดใหม่ซึ่งเป็นผลบวกเชิงเส้น (Linear Combination) ของตัวแปรอิสระ

$\Lambda$ คือเมตริกซ์แนวเส้นทแยงมุม(Diagonal Matrix)ที่มีขนาด $p \times p$ มีสมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมเป็นค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$

และ $$\hat{\sigma}^2 = \frac{\underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - \hat{\underset{\sim}{\alpha}}X'\underset{\sim}{y}}{n-p}$$

เมื่อ $p$ คือจำนวนตัวแปรอิสระ และ $n$ คือขนาดตัวอย่าง

## 2.4 วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ (Ridge Regression Bootstrapping Method)

**วิธีบูตสแตรป** (Bootstrapping Method)

ในการอนุมานทางสถิติถ้าหากต้องการให้ได้ผลการอนุมานที่ดีขึ้นหรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง ทางเลือกหนึ่งคือการใช้ข้อมูลหลายๆ ชุด ซึ่งในทางปฏิบัติจะกระทำไม่ได้เนื่องจากเรามีข้อมูลเพียงชุดเดียว วิธีบูตสแตรปหรือการสุ่มตัวอย่างซ้ำเสนอโดย เบรดเล เอฟรอน (Bradley Efron, 1979) เป็นวิธีหนึ่งที่จะได้ตัวอย่างสุ่มหลายๆ ชุด วิธีนี้ได้ถูกนำไปใช้แก้ปัญหาในทางสถิติ เช่น ปัญหาที่มีขนาดตัวอย่างเล็ก ปัญหาด้านสถิติวิเคราะห์ เป็นต้น การประมาณค่าด้วยวิธีบูตสแตรปเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยการสุ่มตัวอย่างซ้ำจากตัวอย่างที่มีอยู่ชุดเดียว หลักการของการสุ่มตัวอย่างซ้ำของวิธีบูตสแตรปคือสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling With Replacement) จากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อสร้างข้อมูลชุดใหม่ โดยขนาดตัวอย่างที่ต้องทำการสุ่มมีขนาดเท่ากับตัวอย่างของข้อมูลที่มีอยู่ หลังจากนั้นจึงนำ ค่าของข้อมูลชุดใหม่มาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ต่อไป โดยที่แนวคิดของวิธีบูตสแตรปกล่าวว่าตัวอย่างคือสิ่งที่เราทราบทั้งหมดเกี่ยวกับประชากร การสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างที่มีอยู่จะเหมือนกับการสุ่มตัวอย่างจกประชากร และตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะสามารถอ ธิบายลักษณะของประชากรด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆ กัน ซึ่งแนวคิดนี้อาจทำให้ได้ข้อสรุปที่ดีเกี่ยวกับลักษณะของประชากร

วิธีการของวิธีบูตสแตรป คือ การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนขนาด $n$ จากตัวอย่างสุ่มชุดเดียวที่มี เพื่อสร้างข้อมูลชุดใหม่ขนาดเท่ากับ $n$ แทนที่จะสุ่มตัวอย่างซ้ำจากประชากร ที่มีฟังก์ชันการแจกแจง $F$ โดยตรง จะใช้การสุ่มตัวอย่างจาก Empirical Distribution Function $(F_n)$ ของข้อมูลตัวอย่าง $x=(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ ซึ่งมีฟังก์ชันอยู่ในรูป $\frac{1}{n}$ ดำเนินการสุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากับ $n$ แบบใส่คืนจาก Empirical Distribution Function ที่ได้ นั่นคือทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่า จำนวน $n$ ครั้ง จากชุดของตัวอย่าง $x=(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ ซึ่งจำนวนครั้งของการสุ่มเท่ากับขนาดของตัวอย่างในข้อมูลชุดนั้นๆ โดยค่าที่ได้จะใส่คืนกลับไปในชุดของตัวอย่างก่อนที่จะมีการสุ่มตัวอย่างครั้งต่อไป ดังนั้นค่าของข้อมูลในตัวอย่างขนาดเท่า กับ $n$ ชุดหนึ่ง ค่าของ $x_i$ $, i=1,2,\ldots,n$ อาจเกิดขึ้นได้มากกว่า 1 ครั้ง ให้ $x^* = (x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^*)$ เป็นชุดของตัวอย่างขนาดเท่ากับ $n$ ที่สุ่มได้ ซึ่งจะเรียกชุดของตัวอย่างดังกล่าวนี้ว่าตัวอย่าง บูตสแตรป (Bootstrap Sample) ดำเนินวิธีการดังกล่าวข้างต้นซ้ำๆ กัน $B$ ครั้ง โดยที่ $B$ มีขนาดใหญ่มากพอ ซึ่งแต่ละครั้งเราจะได้ตัวอย่างบูตสแตรป 1 ชุด ดังนั้นเราจะมีตัวอย่าง บูตสแตรป จำนวนเท่ากับ $B$ ชุด และแต่ละชุดสามารถหาค่า $\theta^*$ เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวอย่าง บูตสแตรป ของแต่ละชุด ฉะนั้นจะได้ $\theta^*$ จำนวน $B$ ค่า คือ $\theta_1^*, \theta_2^*, \theta_3^*, \ldots, \theta_B^*$ ดังนั้นตัวประมาณค่าของพารามิเตอร์ที่ต้องการ คือ

$$\hat{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^{B}\theta_i^*}{B}$$

เมื่อ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta$

$B$ เป็นจำนวนครั้งของการซ้ำในการบูตสแตรป

สามารถหาความแปรปรวนของค่า $\hat{\theta}$ ดังนี้ $\mathrm{var}\left(\hat{\theta}\right) = \frac{1}{B-1}\sum_{i=1}^{B}\left(\theta_i^* - \bar{\theta}^*\right)^2$

การวิจัยครั้งนี้นำ วิธีบูตสแตรป มาประยุกต์ใช้กับ ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อตัวแปรมีพหุสัมพันธ์กัน ซึ่งจะเรียกตัวประมาณที่ได้ว่าตัว ประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีบูตสแตร ปแบบริดจ์ โดยการสุ่มตัวอย่างซ้ำสำหรับการ บูตสแตร ปจะทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำในเศษเหลือ (Residuals)

ขั้นตอนของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีบูตสแตร ปแบบริดจ์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จากข้อมูล $X$ และ $\underset{\sim}{y}$ คำนวณหาค่าประมาณของ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ โดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ $\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R\right)$ โดยที่

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R = (X'X + kI)^{-1}X'\underset{\sim}{y} \quad ; \quad k > 0$$

2. จากค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ โดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ แล้วนำมาหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\varepsilon}}$ โดยที่

$$\underset{\sim}{\hat{\varepsilon}} = \underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{\hat{y}} = \underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$$

3. จาก $\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \ldots, \hat{\varepsilon}_n$ ทำการสุ่มตัวอย่างขนาด $n$ แบบใส่คืนได้ $\hat{\varepsilon}_1^*, \hat{\varepsilon}_2^*, \ldots, \hat{\varepsilon}_n^*$ เมื่อ $\hat{\varepsilon}_i^*$ คือตัวอย่างที่สุ่มได้ตัวที่ $i$ จาก $\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \ldots, \hat{\varepsilon}_n$

4. นำค่า $\hat{\varepsilon}_i^*$ มาพิจารณาในสมการจะได้ค่าของเวกเตอร์ของตัวแปรตามใหม่ดังนี้

$$\underset{\sim}{y}^* = X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R + \underset{\sim}{\hat{\varepsilon}}^*$$

5. นำค่า $\underset{\sim}{y}^*$ และ $X$ คำนวณหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^*$ โดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ ซึ่งตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของข้อมูลชุดใหม่ได้ดังต่อไปนี้

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^* = (X'X + kI)^{-1}X'\underset{\sim}{y}^*$$

6. ทำตามขั้นตอนในข้อ 2 – 5 ซ้ำกันเท่ากับจำนวนที่บูตสแตรป กำหนดให้จำนวนที่บูตสแตรปเป็น $B$ ครั้ง จะได้ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*1}_{R}, \hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*2}_{R}, \ldots, \hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*B}_{R}$

7. ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอย บูตสแตรปแบบริดจ์ คือ

<u>การประมาณค่าแบบจุด</u>

สำหรับการประมาณค่าแบบจุดของ ตัวประมาณค่า สัมประสิทธิ์ ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอย บูตสแตรปแบบริดจ์ จะใช้ค่าเฉลี่ยของ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*}_{R}$ จากการบูตสแตรป $B$ ครั้ง ได้ตัวประมาณค่าดังนี้

$$\overline{\hat{\underset{\sim}{\beta}}}{}^{*}_{R} = \frac{\sum_{j=1}^{B} \hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*j}_{R}}{B}$$

เมื่อ $\overline{\hat{\underset{\sim}{\beta}}}{}^{*}_{R}$ คือ ตัวประมาณค่า สัมประสิทธิ์ ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์

$\hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*j}_{R}$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์จากการทำบูตสแตรปของข้อมูลชุดที่ $j$ ; $j = 1,2,3,\ldots,B$

$B$ คือ จำนวนครั้งของการซ้ำในการบูตสแตรป

<u>การประมาณค่าแบบช่วง</u>

สำหรับการประมาณค่าแบบช่วงของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอย บูตสแตรปแบบริดจ์ จะพิจารณาจากค่าประมาณ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*1}_{R}, \hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*2}_{R}, \ldots, \hat{\underset{\sim}{\beta}}{}^{*B}_{R}$ ที่ได้ในขั้นตอนที่ 6 แล้วนำมาหาเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)$ จากค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ได้ จะได้ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบนและขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง นั่นคือ

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบน คือ ค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง คือ ค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยต้องการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วง ในกรณีที่เกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างวิธีความถดถอยแบบริดจ์กับวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เพื่อศึกษาว่าวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วงวิธีการใดจะให้การประมาณค่าที่เหมาะสมในสถานการณ์ใดบ้าง โดยสำหรับการประมาณค่าแบบจุดจะทำการศึกษาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแต่ละวิธี และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ พิจารณาว่าค่าของวิธีการประมาณค่าใดที่ให้ค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งจะถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมในการประมาณค่าในสถานการณ์นั้นๆ และสำหรับการประมาณค่าแบบช่วงจะศึกษาความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น โดยที่ขั้นตอนแรกจะศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้ของแต่ละวิธี จึงคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แล้วหลังจากนั้นจึงเปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น พิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดกว่ากัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด 3 ระดับ คือ 0.90 , 0.95 และ 0.99

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) โดยใช้โปรแกรม R 2.8.1 ซึ่งมีการทำซ้ำของการทดลอง 500 ครั้งในทุกสถานการณ์ของการทดลอง และมีการทำซ้ำของการบูตสแตรป 400 ครั้งในทุกสถานการณ์ของการทดลอง ขั้นตอนในการทดลองและโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

## 3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

ตัวแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ $\underset{\sim}{Y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$ ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดสถานการณ์ต่างๆ ที่ต้องการศึกษาดังนี้

1. เลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากร โดยทำการจำลองกลุ่มตัวอย่างจากประชากรซึ่งให้ประชากรมีการแจกจงแบบปกติ โดยมีพารามิเตอร์ $\mu$ เท่ากับ 0 และ $\sigma$ เท่ากับ 1 , 5 และ 10 ตามลำดับ
2. จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษาเท่ากับ 2 , 3 , 4 และ 5

3. ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในศึกษาเท่ากับ 15 , 30 , 50 และ 100
4. ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่ใช้ในศึกษา

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่ตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับต่ำ $\rho = 0.30$

ระดับปานกลาง $\rho = 0.60$

ระดับสูง $\rho = 0.90$

โดยที่ $\rho$ คือค่าของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ นั่นคือค่าของระดับความสัมพันธ์ระหว่า งตัวแปรอิสระ $X_i$ กับ $X_j$ เมื่อ

$i = 1, 2, \ldots, p \;\; ; \;\; j = 1, 2, \ldots, p \;\; ; \;\; i \neq j$

5. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงมี 3 ระดับคือ 0.90 , 0.95 และ 0.99

## 3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยมีดังนี้

3.2.1 สร้างข้อมูลของความคลาดเคลื่อน $\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)$ ให้มีการแจกแจงปกติ

3.2.2 สร้างข้อมูลของตัวแปรอิสระ $(X)$ ให้มีระดับความสัมพันธ์ตามที่ต้องการศึกษา

3.2.3 สร้างข้อมูลของตัวแปรตาม $\left(\underset{\sim}{y}\right)$ จากรูปแบบความสัมพันธ์ $\underset{\sim}{y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$

3.2.4 คำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดและแบบช่วงจากแต่ละวิธี

3.2.5 คำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าความเอนเอียงกำลังสองและค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากแต่ละวิธี แล้วทำการเปรียบเทียบค่าต่างๆ ที่คำนวณได้

3.2.6 คำนวณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากแต่ละวิ ธี หลังจานั้นจึงคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แล้วทำการเปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

3.2.7 สรุปผลการวิจัยในแต่ละสถานการณ์

**รายละเอียดของขั้นตอนการวิจัย**

1) สร้างข้อมูลของความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติ

จากตัวแบบ $\underset{\sim}{Y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$ โดยที่ $\underset{\sim}{\varepsilon} \sim N\left(\underset{\sim}{0}, \sigma^2 \mathrm{I}_n\right)$ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำสร้างข้อมูลของความคลาดเคลื่อนแต่ละชุดให้มีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน $(\sigma^2)$ โดยกำหนดให้ $\sigma$ เท่ากับ 1 , 5 และ 10 ตามลำดับ ทฤษฎีในการสร้างจะเริ่มจากการสร้างเลขสุ่ม (Random Number) ซึ่งมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ในช่วง (0,1) แล้วปรับมาเป็น $N(\mu, \sigma^2)$

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ[4]

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติใช้วิธี Box และ Muller (ค. ศ. 1958) โดยใช้การแปลงตัวแปรสุ่ม คือ จะผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน นั่นคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากับหนึ่งพร้อมกัน 2 ค่า และแต่ละค่าจะเป็นอิสระกัน โดยตัวผลิต $Z_1$ และ $Z_2$ ได้จุดบนระนาบในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinates) แปลงตัวเลขสุ่มในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นตัวเลขสุ่มในระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates) เป็นจุด $(P, \Theta)$ โดยที่

$$Z_1 = P\cos\theta$$
$$Z_2 = P\sin\theta$$

ในการแปลง $z_1 = p\cos\theta$ และ $z_2 = p\sin\theta$ เป็นการแปลงจากปริภูมิ $R_{Z_1,Z_2} = \{(z_1, z_2): -\infty < z_1 < \infty \;\;,\;\; -\infty < z_2 < \infty\}$ ไปยังปริภูมิ $R_{P,\Theta} = \{(p,\theta): 0 \le p < \infty \;\;,\;\; 0 \le \theta < 2\pi\}$ โดยใช้จาโคเบียน (Jacobian) ของการแปลง $J$ ดังนี้

$$J = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial z_1}{\partial p} & \dfrac{\partial z_1}{\partial \theta} \\ \dfrac{\partial z_2}{\partial p} & \dfrac{\partial z_2}{\partial \theta} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos\theta & -p\sin\theta \\ \sin\theta & p\cos\theta \end{vmatrix}$$

$$= p\left(\cos^2\theta + \sin^2\theta\right) = p$$

[4] เปรมวดี ชูไสว. การเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขพหุสัมพันธ์ในการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

เมื่อนำเทคนิคการแปลงจากทฤษฎีความน่าจะเป็นมาใช้จะได้ว่า $P$ และ $\Theta$ มีฟังก์ชันความหนาแน่นร่วม (Joint Density Function) คือ

$$f_{P,\Theta}(p,\theta) = f_{Z_1,Z_2}(p\cos\theta\,,\,p\sin\theta)|J|$$

โดยที่ $Z_1$ และ $Z_2$ มีฟังก์ชันความหนาแน่นร่วม คือ

$$\begin{aligned} f_{Z_1,Z_2}(z_1,z_2) &= f_{Z_1}(z_1)f_{Z_2}(z_2) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}z_1^2}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}z_2^2} \\ &= \frac{1}{2\pi}e^{-\frac{1}{2}\left(z_1^2+z_2^2\right)} \end{aligned}$$

จากการแทนค่าจะได้

$$\begin{aligned} f_{P,\Theta}(p,\theta) &= \frac{1}{2\pi}e^{-\frac{1}{2}p^2}p \\ &= \frac{1}{2\pi}pe^{-\frac{1}{2}p^2} \qquad ; \quad 0\le\theta\le 2\pi\,,\, 0\le p<\infty \\ &= f_\Theta(\theta)f_P(p) \end{aligned}$$

เมื่อ $f_\Theta(\theta)=\dfrac{1}{2\pi}$ ; $0\le\theta\le 2\pi$ เป็นฟังก์ชันของ $\theta$ เท่านั้น ไม่ขึ้นอยู่กับ $p$ และ $f_P(p)=pe^{-\frac{1}{2}p^2}$ ; $p\ge 0$ เป็นฟังก์ชันของ $p$ เท่านั้น ไม่ขึ้นอยู่กับ $\theta$ ดังนั้นจากคุณสมบัติของตัวแปรอิสระจะได้ว่า $P$ และ $\Theta$ เป็นอิสระกัน ในการจำลอง $Z_1$ และ $Z_2$ เราจะจำลอง $P$ และ $\Theta$ อย่างเป็นอิสระกัน โดยจำลอง $P$ จาก $f_P(p)=pe^{-\frac{1}{2}p^2}$ ซึ่งด้วยวิธีการแปรผกผันได้ตัวแบบจำลอง $P=\sqrt{-2\ln R_1}$ ; $R_1\sim U(0,1)$ และจำลอง $\Theta$ จากการแจกแจง $U(0,2\pi)$ ได้ $\Theta=2\pi R_2$ ; $R_2\sim U(0,1)$ ดังนั้นจะได้ตัวแบบจำลองตัวแปรสุ่ม $Z_1\sim N(0,1)$ และ $Z_2\sim N(0,1)$ ซึ่งเป็นอิสระกัน คือ

$$\begin{aligned} Z_1 &= (-2\ln R_1)^{\frac{1}{2}}\cos(2\pi R_2) \\ Z_2 &= (-2\ln R_1)^{\frac{1}{2}}\sin(2\pi R_2) \end{aligned}$$

เมื่อได้เลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานแล้ว จากนั้นทำการปรับเลขสุ่มที่ได้ให้มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\mu$ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2$ $\left(normal \sim N\left(\mu, \sigma^2\right)\right)$ โดย

$$normal = \mu + \sigma Z_1$$

$$normal = \mu + \sigma Z_2$$

ซึ่งสำหรับโปรแกรม R 2.8.1 ได้มีการใช้คำสั่งในการสร้างข้อมูลของความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติขึ้น โดยใช้คำสั่ง rnorm(n,mean,sd) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่เรากำหนด

2) สร้างข้อมูลของตัวแปรอิสระ $(X)$ ให้มีระดับความสัมพันธ์ตามที่ต้องการศึกษา

การสร้างข้อมูลให้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงซึ่งให้มีระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระในระดับต่างๆ คือที่ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 , 0.6 และ 0.9 โดยผู้วิจัยใช้วิธีจำลองของ Wichern และ Churchill (1978) ทำให้สามารถสร้างตัวแปรอิสระให้มีความสัมพันธ์กันในระดับต่างๆ ได้ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$x_{ij} = \left(1-\alpha^2\right)^{1/2} Z_{ij} + \alpha Z_{i\,p+1} \quad ; \quad i = 1, 2, \ldots, p \quad ; \quad j = 1, 2, \ldots, n$$

โดยที่ $Z_{ij}$ เป็นค่าที่สร้างขึ้นจากการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเท่ากับหนึ่ง

$\alpha^2$ เป็นระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ $X_i$ กับ $X_j$ เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, p \; ; \; j = 1, 2, \ldots, p \; ; \; i \neq j$

$p$ เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ

3) สร้างข้อมูลของตัวแปรตาม

จากตัวแบบ $\underset{\sim}{Y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$ โดยที่กำหนดให้ $\underset{\sim}{\beta}$ เริ่มต้นเป็นค่าคงที่ใดๆ เพื่อใช้สร้างค่าข้อมูลของตัวแปรตามจากตัวแบบดังกล่าว ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดค่า $\underset{\sim}{\beta}$ เริ่มต้นมีค่าคงที่เท่ากับ 1 ทุกค่าพารามิเตอร์นั่นคือกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 จะได้ $\underset{\sim}{\beta} = (111)'$ กรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะได้ $\underset{\sim}{\beta} = (1\,1\,1\,1)'$ กรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 จะได้ $\underset{\sim}{\beta} = (11111)'$ และกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 จะได้ $\underset{\sim}{\beta} = (111111)'$ หลังจากที่

ได้ค่าต่างๆ แล้วนำไปแทนลงในสมการ $\underset{\sim}{Y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$ จะได้ค่าของเวกเตอร์ตัวแปรตามเพื่อนำไปใช้ในการวิจัยต่อไป

4) ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดและการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วงจากแต่ละวิธี โดยวิธีหลักของการประมาณค่าที่ใช้คือ

1. วิธีความถดถอยแบบริดจ์
2. วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์

และในการวิจัยครั้งนี้จะประมาณค่า $k$ โดยใช้วิธี

- วิธี KS (Khalaf and Shukur, 2005)

$$k = \frac{\lambda_{\max}\hat{\sigma}^2}{(n-p)\hat{\sigma}^2 + \lambda_{\max}\hat{\alpha}^2_{\max}}$$

- วิธี $K_{NHKB}$ : New HKB (Kibria, 2003)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\underset{\sim}{\hat{\alpha}}'\underset{\sim}{\hat{\alpha}}} + \frac{1}{\lambda_{\max}}$$

- วิธี $K_{NLW}$ : New LW (Kibria, 2003)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\sum_{i=1}^{p}\lambda_i\,\underset{\sim}{\hat{\alpha}}^2} + \frac{1}{\lambda_{\max}}$$

ดังนั้นเมื่อจำแนกตามวิธีการประมาณค่า $k$ จึงมีวิธีที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยกันทั้งหมด 6 วิธี ดังต่อไปนี้

4.1) วิธีความถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี KS
4.2) วิธีความถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New HKB
4.3) วิธีความถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New LW
4.4) วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี KS
4.5) วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New HKB
4.6) วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New LW

<u>ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์</u>

การประมาณค่าแบบจุดตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้คือ

$$\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R = (X'X + kI)^{-1} X' \underset{\sim}{y} \qquad ; \qquad k > 0$$

การประมาณค่าแบบช่วงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้คือ

$$\hat{\beta}_{Rj} \pm t_{(n-p-1),\frac{\alpha}{2}} S_{jj} \qquad ; \qquad j = 0, 1, 2, \dots, p$$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบน คือ $\hat{\beta}_{Rj} + t_{(n-p-1),\frac{\alpha}{2}} S_{jj}$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง คือ $\hat{\beta}_{Rj} - t_{(n-p-1),\frac{\alpha}{2}} S_{jj}$

โดยที่ $\hat{\beta}_{Rj}$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \dots, p$

$S_{jj} = \sqrt{Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)}$ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $\hat{\beta}_{Rj}$

$$Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right) = S^2 R_{jj}$$

เมื่อ $S^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-p-1}\left(\underset{\sim}{y} - X\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)'\left(\underset{\sim}{y} - X\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)$

และ $\left(X'X + kI\right)^{-1} X'X \left(X'X + kI\right)^{-1} = \begin{bmatrix} R_{00} & R_{01} & \dots & R_{0p} \\ R_{10} & R_{11} & \dots & R_{1p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{p0} & R_{p1} & \dots & R_{pp} \end{bmatrix}$

<u>ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์</u>

การประมาณค่าแบบจุด ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ที่ได้ด้วยวิธีบูตสแตรปแบบริดจ์ มีขั้นตอนในการประมาณดังต่อไปนี้

1. จากข้อมูล $X$ และ $\underset{\sim}{y}$ คำนวณหาค่า ประมาณของ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ โดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ $\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R\right)$

$$\hat{\underset{\sim}{\beta}}_R = (X'X + kI)^{-1} X' \underset{\sim}{y} \qquad ; \qquad k > 0$$

2. จากค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$ โดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ แล้วนำมาหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\varepsilon}}$ โดยที่

$$\underset{\sim}{\hat{\varepsilon}} = \underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{\hat{y}} = \underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R$$

3. จาก $\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \ldots, \hat{\varepsilon}_n$ ทำการสุ่มตัวอย่างขนาด $n$ แบบใส่คืนได้ $\hat{\varepsilon}_1^*, \hat{\varepsilon}_2^*, \ldots, \hat{\varepsilon}_n^*$ เมื่อ $\hat{\varepsilon}_i^*$ คือตัวอย่างที่สุ่มได้ตัวที่ $i$ จาก $\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \ldots, \hat{\varepsilon}_n$

4. นำค่า $\hat{\varepsilon}_i^*$ มาพิจารณาในสมการจะได้ค่าของเวกเตอร์ของตัวแปรตามใหม่ดังนี้

$$\underset{\sim}{y}^* = X\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R + \underset{\sim}{\hat{\varepsilon}}^*$$

5. นำค่า $\underset{\sim}{y}^*$ และ $X$ คำนวณหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^*$ โดยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ ซึ่งตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของข้อมูลชุดใหม่ได้ดังต่อไปนี้

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^* = (X'X + kI)^{-1} X' \underset{\sim}{y}^*$$

6. ทำตามขั้นตอนในข้อ 2 – 5 ซ้ำกันเท่ากับจำนวนที่บูตสแตรป กำหนดให้จำนวนที่บูตสแตรปเป็น $B$ ครั้ง จะได้ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^{*1}, \underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^{*2}, \ldots, \underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^{*B}$

8. ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอย บูตสแตรปแบบริดจ์

สำหรับการประมาณค่าแบบจุด ตัวประมาณค่า สัมประสิทธิ์ ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอย บูตสแตรปแบบริดจ์จะใช้ค่าเฉลี่ยของ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^*$ จากการบูตสแตรป $B$ ครั้ง ได้ตัวประมาณค่าดังนี้

$$\underset{\sim}{\bar{\hat{\beta}}}_R^* = \frac{\sum_{j=1}^{B} \underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^{*j}}{B}$$

เมื่อ $\underset{\sim}{\bar{\hat{\beta}}}_R^*$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์

$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_R^{*j}$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์จากการทำบูตสแตรปของข้อมูลชุดที่ $j$ เมื่อ $j = 1, 2, 3, \ldots, B$

$B$ คือ จำนวนครั้งของการซ้ำในการบูตสแตรป

สำหรับการประมาณค่าแบบช่วง ตัวประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้ จะพิจารณาจากค่าประมาณของ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*1}_{R}, \underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*2}_{R}, \ldots, \underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*B}_{R}$ ที่ได้ในขั้นตอนที่ 6 นำมาหาเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)$ จากค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ได้ จะได้ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบนและขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง นั่นคือ

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบน คือ ค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง คือ ค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $100\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

การหาจำนวนครั้งของการทำบูตสแตรป $(B)$ แต่ละขนาดตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากเงื่อนไข $\left|\underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*\ B-1}_{R} - \underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*B}_{R}\right| < 0.0001$ นั่นคือค่าของตัวประมาณค่าในรอบที่ $B-1$ (รอบที่ผ่านมา ) กับรอบปัจจุบันมีค่าที่ลู่เข้า โดยที่ ต้องกำหนดจำนวนครั้งของการทำบูตสแตรปไว้ก่อนซึ่งการวิจัยครั้งนี้กำหนดค่าเริ่มต้นของการบูตสแตรปไว้ที่ 100 ครั้ง แล้วทำการคำนวณหาค่าของ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*1}_{R}, \underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*2}_{R}, \ldots, \underset{\sim}{\hat{\beta}}{}^{*B}_{R}$ ถ้าหากตัวประมาณค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขเพิ่มจำนวนครั้งของการทำบูตสแตรป โดยที่กำหนดค่าสูงสุดไว้เพื่อการหยุดการคำนวณที่ 2,000 ครั้ง ในกรณีที่การทำซ้ำโดยไม่มีจุดจบ และถ้าหากตัวประมาณค่าที่ได้เป็นไปตามเงื่อนไขจำนวนครั้งของการทำบูตสแตรปที่ได้จะนำไปใช้ในการวิจัย ซึ่งแต่ละขนาดตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้จำนวนครั้งของการทำบูตสแตรปที่ได้คือเท่ากับ 400 ครั้ง

5) คำนวณค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าเอนเอียงกำลังสอง และเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

<u>การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง</u>

การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแต่ละค่าของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

$$MSE\left(\hat{\beta}_j\right) = \frac{1}{500}\sum_{r=1}^{500}\left(\hat{\beta}_{j(r)} - \beta_j\right)^2$$

การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุรวมทุกค่าของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

$$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) = \sum_{j=0}^{p} MSE\left(\hat{\beta}_j\right)$$

หรือ $$MSE\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}\right) = \frac{1}{500}\sum_{r=1}^{500}\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)} - \underset{\sim}{\beta}\right)'\left(\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)} - \underset{\sim}{\beta}\right)$$

<u>การหาค่าความเอนเอียงกำลังสอง</u>

การหาค่าความเอนเอียงกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$BIAS^2 = \left(\overline{\hat{\underset{\sim}{\beta}}} - \underset{\sim}{\beta}\right)'\left(\overline{\hat{\underset{\sim}{\beta}}} - \underset{\sim}{\beta}\right) \quad \text{เมื่อ} \quad \overline{\hat{\underset{\sim}{\beta}}} = \frac{1}{500}\sum_{r=1}^{500}\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)}$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{jr}$ แทนตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้ของแต่ละวิธีตัวที่ $j$ เมื่อ $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ ของการทำซ้ำครั้งที่ $r$ ในการทดลองของแต่ละสถานการณ์

$\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{(r)}$ แทนเวกเตอร์ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่ได้ในแต่ละวิธีของการทำซ้ำครั้งที่ $r$ ในการทดลองของแต่ละสถานการณ์

$\underset{\sim}{\beta}$ แทนเวกเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุที่กำหนดไว้เป็นค่าคงที่ใดๆ

$r$ แทนจำนวนครั้งในการทดลองของแต่ละสถานการณ์ ซึ่ง $r = 1, 2, 3, \ldots, 500$

$MSE\left(\hat{\beta}_j\right)$ แทนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

$MSE$ แทนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

$BIAS^2$ แทนค่าความเอนเอียงกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$

<u>การหาค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ</u>

การคำนวณค่า เปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ $(PDMSE)$ คำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$PDMSE = \frac{MSE_{mk} - MSE_{\min}}{MSE_{\min}} \times 100$$

โดยที่ $MSE_{mk}$ แทนค่า $MSE$ จากวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของ วิธี ที่ $m$ ; $m = 1, 2$ (วิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตปแบบริดจ์) และค่า $k$ ; $k = 1, 2, 3$ ($k$ แต่ละค่า)

$MSE_{\min}$ แทนค่า $MSE$ ที่มีค่าน้อยที่สุด จากวิธีการ ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความ ถดถอย เชิงพหุ วิธีที่ $m$ ; $m = 1, 2$ (วิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตปแบบริดจ์ ) และค่า $k$ ; $k = 1, 2, 3$ ($k$ แต่ละค่า)

<u>การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของแต่ละวิธี ในแต่ละสถานการณ์</u>

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ แบบจุด ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่ว นผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของแต่ละวิธีในแต่ละสถานการณ์ โดยพิจารณาว่าวิธีใดมี ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด และพิจารณาว่าค่ าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่ว นผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองวิธีใดเท่ากับศูนย์ ซึ่งจะเป็นวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดที่มีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมในสถานการณ์ทดลองนั้นๆ และจากการเปรียบเทียบ ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จะทำให้ทราบว่าวิธีที่มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ต่ำสุดมีประสิทธิภาพแตกต่างหรือดีกว่าวิธีอื่นๆ เป็นกี่เปอร์เซ็นต์

6) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธีของการประมาณค่าและคำนวณค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

<u>คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง</u>

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองหรือค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น $(1-\hat{\alpha})$ จากแต่ละสถานการณ์จากการประมาณค่าของแต่ละวิธีเมื่อทำการคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับแต่ละค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ ที่แต่ละระดับความเชื่อมั่นเรียบร้อยแล้ว ต่อจากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้คลุม

ค่าพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ เริ่มต้นที่กำหนดไว้หรือไม่ (พารามิเตอร์เริ่มต้นกำหนดกำหนดเท่ากับ 1 ทุกค่าพารามิเตอร์) แล้วหลังจากนั้นนับจำนวน ครั้งที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ได้ของแต่ละวิธีว่าวิธีการใดคลุมค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นมีจำนวนเท่าใด โดยในแต่ละสถานการณ์ของการทดลองจะคำนวณช่วงความเชื่อมั่นซ้ำกันทั้งหมด 500 รอบ จากจำนวนครั้งที่ได้ทั้งหมดของช่วงความเชื่อมั่นคลุมค่าพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ เริ่มต้น และเมื่อนำค่านี้หารด้วย 500 ค่าที่ได้นั้นคือค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่คำนวณได้จากแต่ละวิธีของการประมาณค่า สามารถสรุปเป็นสูตรดังนี้

$$1 - \hat{\alpha} = \frac{C}{M}$$

เมื่อ $1 - \hat{\alpha}$ แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง

$C$ แทนจำนวนครั้งทั้งหมดของช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุม ค่าพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \ldots, p$ เริ่มต้น

$M$ แทนจำนวนรอบของการทำซ้ำในการทดลอง

<u>คำนวณค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น</u>

การหาค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นทำได้โดยเมื่อคำนวณช่วงความเชื่อมั่นจากแต่ละวิธีที่ได้ของการประมาณ จะหาผลต่างระหว่างขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างในของค่าพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j = 0,1,2,\ldots, p$ ของแต่ละรอบ โดยในแต่ ละสถานการณ์ของการทดลองจะคำนวณช่วงความเชื่อมั่นซ้ำกันทั้งหมด 500 รอบ จากนั้นจะทำการบวกค่าของผลต่างระหว่างขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง และเมื่อนำค่าผลบวกที่ได้หารด้วย 500 ค่าที่ได้คือค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ซึ่งการคำนวณค่าความยาวเฉลี่ยข องช่วงความเชื่อมั่นสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น} = \frac{1}{500}\sum_{r=1}^{500}\left(U_r - L_r\right)$$

โดยที่ $U_r$ , $L_r$ คือขอบเขตบนและขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น ในการทำซ้ำครั้งที่ $r$ ซึ่ง $r = 1, 2, 3, \ldots, 500$

ในการคำนวณหาค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย จะทำการคำนวณหาค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของทุกค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นเราจะได้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นทั้งหมด $p+1$ ค่า ตาม

ค่าพารามิเตอร์จากตัวแบบ หลังจากได้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ได้ทั้งหมด $p+1$ ค่า แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ทั้ง $p+1$ ค่า โดยนำค่าผลบวกของค่าเฉลี่ยของความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ทั้ง $p+1$ ค่าหารด้วย $p+1$ จึงนำค่าที่ได้นั้นมาสรุปผลการทดลองของแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

<u>การเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของแต่ละวิธี ในแต่ละสถานการณ์</u>

การเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น จะพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธี ซึ่งมี เกณฑ์ในกา รพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ที่ได้จากแต่ละวิธี $(p)$ มีค่าไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด $(p_0)$ สามารถทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomail Test) มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

$$H_o : p \geq p_0$$
$$H_1 : p < p_0$$

ด้วยตัวสถิติทดสอบ $$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} \sim N(0,1)$$

จะยอมรับ $H_o$ ถ้า $Z \geq -Z_\alpha$ หรือ $\hat{p} \geq p_0 - Z_\alpha\sqrt{\frac{p_o(1-p_0)}{n}}$

เมื่อ $n$ แทนจำนวนครั้งในการทำซ้ำของการทดลองในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ $n = 500$

$\hat{p}$ แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง

$p_0$ แทนสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในที่นี้คือ 0.9 , 0.95 และ 0.99

$Z_\alpha$ แทนคะแนนมาตรฐานเมื่อกำหนด $\alpha = 0.05$ จะได้ $Z_\alpha = 1.645$

ดังนั้นจะได้เกณฑ์ในการพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดลองว่าค่าที่ได้นั้นมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดที่ระดับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ซึ่งหากวิธีใดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่า 0.8779 , 0.934 และ 0.9827 ตามลำดับ จะถือว่าวิธีนั้นให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

สำหรับในการเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองนั้น จะเปรียบเทียบเฉพาะกรณีที่วิธีการประมาณนั้นให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และจะเลือกพิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดกว่ากัน ซึ่งหากวิธีใดให้ค่าเฉลี่ยความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด จะถือว่าวิธีนั้นเป็นวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วงที่มีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมในสถานการณ์ทดลองนั้นๆ

7) สรุปผลการวิจัยในแต่ละสถานการณ์

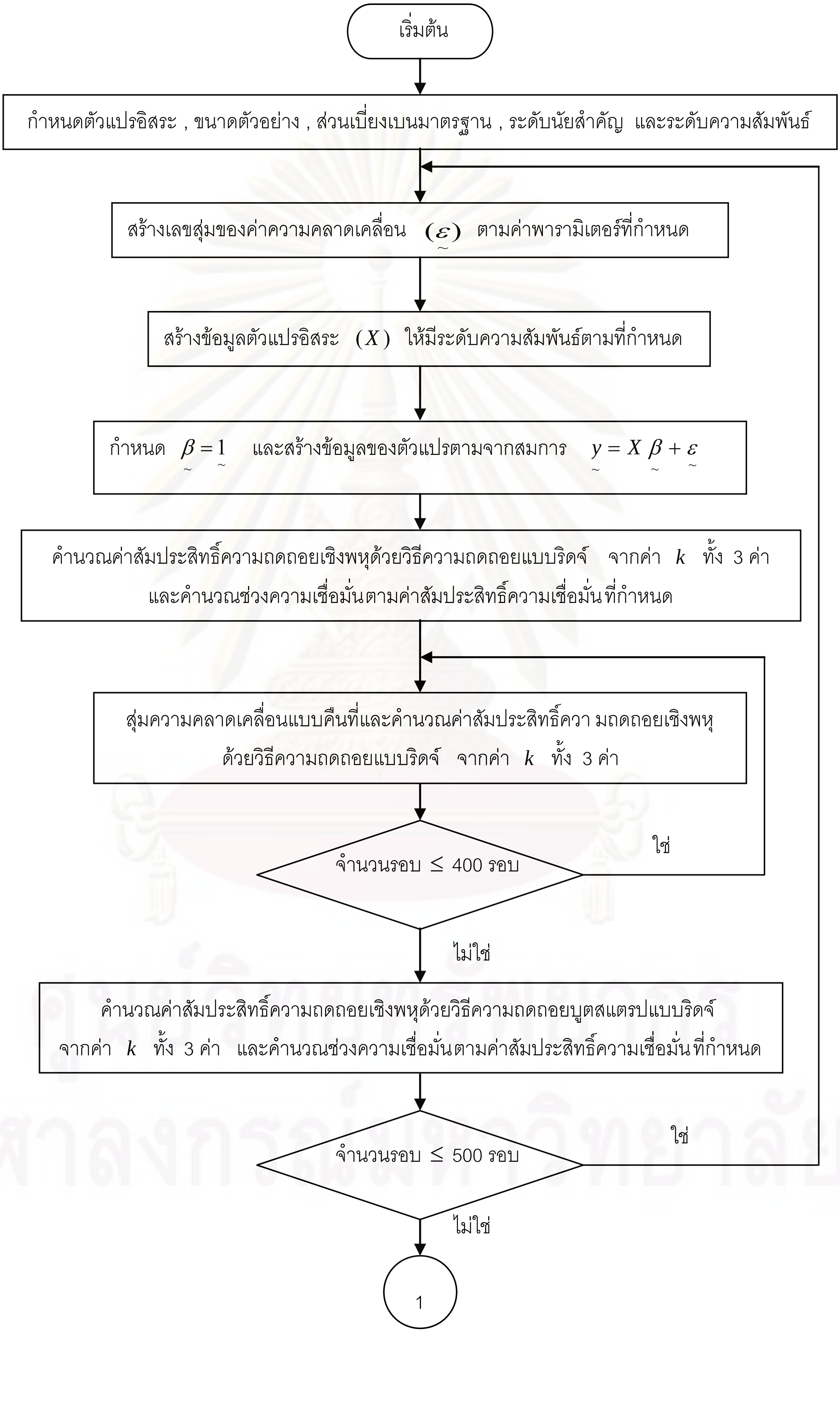
## 3.3 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเขียนด้วยโปรแกรม R 2.8.1 ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ของการทดลองจะมีลักษณะการทำงานของโปรแกรมเหมือนกัน โดยที่รายละเอียดของโปรแกรม คำอธิบายแต่ละคำสั่ง และขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมแต่ละวิธีจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

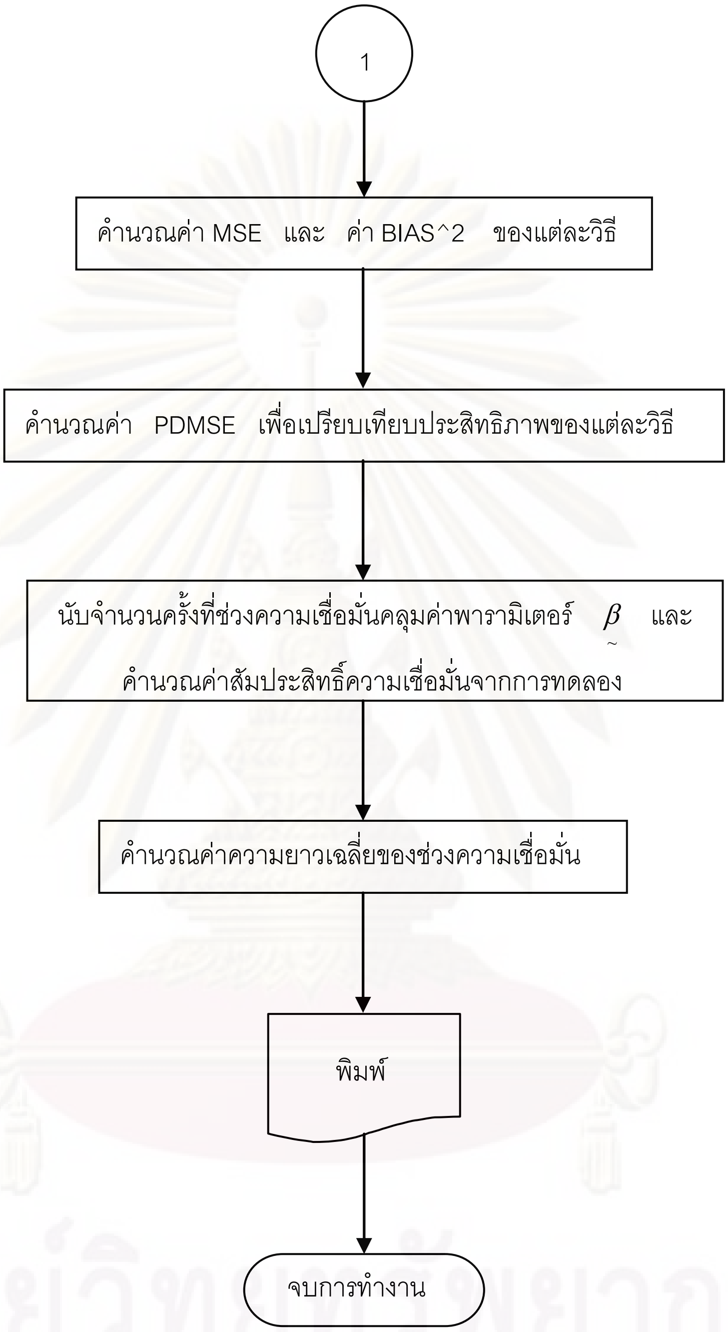
## 3.4 ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม

จากขั้นตอนในการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปอยู่ในรูปของผังงานได้ดังนี้

แผนผังการเขียนโปรแกรม



แผนผังการเขียนโปรแกรม (ต่อ)



# บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ กรณีที่ตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยมีวิธีการประมาณค่า $k$ ด้วยกันทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธี KS วิธี New HKB และวิธี New LW เกณฑ์ในการพิจารณาที่ใช้สำหรับการตัดสินใจว่าวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดวิธีใดทำให้ได้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับค่าจริงที่สุด จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกตัว (MSE) และเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการ จะใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลั งสองของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่า (PDMSE) โดยที่ค่าของวิธีการใดที่ให้ค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าแบบจุดในสถานการณ์นั้นๆ และเกณฑ์ในการพิจารณาที่ใช้สำหรับการตัดสินใจว่าวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วง คือความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ซึ่งขั้นตอนแรกจะศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธีของการประมาณค่า จึงคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แล้วจึงเปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น พิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดกว่ากัน หากวิธีใดให้ค่าความ ยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ต่ำสุด จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นว่าวิธีการประมาณใดให้ค่าต่ำสุดกว่ากันถือว่าวิธีนั้นเป็นวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วงที่มีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมในสถานการณ์ทดลองนั้นๆ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด 3 ระดับ คือ 0.90 , 0.95 และ 0.99

**ผู้วิจัยเสนอผลของการวิจัยโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ**

**ส่วนที่** 1 ผลการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ สำหรับกรณีของการประมาณค่าแบบจุด

**ส่วนที่** 2 ผลการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ สำหรับกรณีของการประมาณค่าแบบช่วง

**การนำเสนอผล ของการวิจัยจะนำเสนอในรูปตารางและรูปกราฟ โดยใช้สัญลักษณ์แทนความหมายต่างๆ ดังนี้**

| | | |
|---|---|---|
| R-KS | หมายถึง | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วย วิธีความถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี KS |
| R-NHKB | หมายถึง | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี ความถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New HKB |
| R-NLW | หมายถึง | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี ความถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New LW |
| B-KS | หมายถึง | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี ความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี KS |
| B-NHKB | หมายถึง | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี ความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New HKB |
| B-NLW | หมายถึง | การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี ความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยใช้ค่า $k$ วิธี New LW |
| p | หมายถึง | จำนวนตัวแปรอิสระ |
| n | หมายถึง | ขนาดตัวอย่าง |
| sd of error | หมายถึง | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนในตัวแบบ |
| MSE | หมายถึง | ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของตัวประมาณความถดถอยเชิงพหุรวมทุกค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \dots, p$ |
| BIAS$^2$ | หมายถึง | ค่าความเอนเอียงกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่าของ $\beta_j$ ; $j = 0, 1, 2, \dots, p$ |
| PDMSE | หมายถึง | ค่า เปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ |

## 4.1 การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ สำหรับกรณีของการประมาณค่าแบบจุด

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ $(\mu = 0)$ และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน $(\sigma^2)$ ซึ่งกำหนดให้ $\sigma$ เท่ากับ 1 , 5 และ 10 ตามลำดับ ที่ระดับความสัมพันธ์$(\rho)$เท่ากับ 0.3 , 0.6 และ 0.9 โดยมีขนาดตัวอย่าง 15 , 30 , 50 และ 100 ซึ่งผลวิจัยส่วนนี้นำเสนอในรูปตารางที่ 4.1.1 – 4.1.12

**รายละเอียดของตารางที่** 4.1.1 – 4.1.12

| ตารางที่ | จำนวนตัวแปรอิสระ $(p)$ | ระดับความสัมพันธ์ $(\rho)$ | ขนาดตัวอย่าง $(n)$ | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $(\sigma)$ |
|---|---|---|---|---|
| 4.1.1 | 2 | 0.3 , 0.6 และ 0.9 | 15 , 30 , 50 และ 100 | 1 |
| 4.1.2 | | | | 5 |
| 4.1.3 | | | | 10 |
| 4.1.4 | 3 | 0.3 , 0.6 และ 0.9 | 15 , 30 , 50 และ 100 | 1 |
| 4.1.5 | | | | 5 |
| 4.1.6 | | | | 10 |
| 4.1.7 | 4 | 0.3 , 0.6 และ 0.9 | 15 , 30 , 50 และ 100 | 1 |
| 4.1.8 | | | | 5 |
| 4.1.9 | | | | 10 |
| 4.1.10 | 5 | 0.3 , 0.6 และ 0.9 | 15 , 30 , 50 และ 100 | 1 |
| 4.1.11 | | | | 5 |
| 4.1.12 | | | | 10 |

## 4.2 การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ สำหรับกรณีของการประมาณค่าแบบช่วง

การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีของการประมาณค่าแบบช่วง การประมาณค่าแบบช่วงขั้นตอนแรกจะศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธี จึงคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด การพิจารณาว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองว่าค่าที่ได้นั้นมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดหรือไม่ พิจารณาจากการทดสอบทวินาม นั่นคือหากวิธีใดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่า 0.8779 , 0.934 และ 0.9827 ตามลำดับ จะถือว่าวิธีนั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แล้วจึงเปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น พิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดกว่ากัน ซึ่งทำการศึกษาที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 3 ระดับ คือ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ซึ่งผลวิจัยส่วนนี้นำเสนอในรูปตารางที่ 4.2.1 – 4.2.36

**รายละเอียดของตารางที่** 4.2.1 – 4.2.36

| ตารางที่ | จำนวน<br>ตัวแปรอิสระ | ระดับ<br>ความสัมพันธ์ | ขนาด<br>ตัวอย่าง | ส่วนเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน | สัมประสิทธิ์<br>ความเชื่อมั่น |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.2.1 | | | | | 0.90 |
| 4.2.2 | | | | 1 | 0.95 |
| 4.2.3 | | | | | 0.99 |
| 4.2.4 | | 0.3 , 0.6 | 15 , 30 , 50 | | 0.90 |
| 4.2.5 | 2 | และ | และ | 5 | 0.95 |
| 4.2.6 | | 0.9 | 100 | | 0.99 |
| 4.2.7 | | | | | 0.90 |
| 4.2.8 | | | | 10 | 0.95 |
| 4.2.9 | | | | | 0.99 |
| 4.2.10 | | | | | 0.90 |
| 4.2.11 | | | | 1 | 0.95 |
| 4.2.12 | | | | | 0.99 |
| 4.2.13 | | 0.3 , 0.6 | 15 , 30 , 50 | | 0.90 |
| 4.2.14 | 3 | และ | และ | 5 | 0.95 |
| 4.2.15 | | 0.9 | 100 | | 0.99 |
| 4.2.16 | | | | | 0.90 |
| 4.2.17 | | | | 10 | 0.95 |
| 4.2.18 | | | | | 0.99 |
| 4.2.19 | | | | | 0.90 |
| 4.2.20 | | | | 1 | 0.95 |
| 4.2.21 | | | | | 0.99 |
| 4.2.22 | | 0.3 , 0.6 | 15 , 30 , 50 | | 0.90 |
| 4.2.23 | 4 | และ | และ | 5 | 0.95 |
| 4.2.24 | | 0.9 | 100 | | 0.99 |
| 4.2.25 | | | | | 0.90 |
| 4.2.26 | | | | 10 | 0.95 |
| 4.2.27 | | | | | 0.99 |

**รายละเอียดของตารางที่ 4.2.1 – 4.2.36 (ต่อ)**

| ตารางที่ | จำนวนตัวแปรอิสระ | ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.2.28 | | | | | 0.90 |
| 4.2.29 | | | | 1 | 0.95 |
| 4.2.30 | | | | | 0.99 |
| 4.2.31 | | | | | 0.90 |
| 4.2.32 | 5 | 0.3 , 0.6 และ 0.9 | 15 , 30 , 50 และ 100 | 5 | 0.95 |
| 4.2.33 | | | | | 0.99 |
| 4.2.34 | | | | | 0.90 |
| 4.2.35 | | | | 10 | 0.95 |
| 4.2.36 | | | | | 0.99 |

## 4.3 ผลของการวิจัย

### 4.3.1 <u>ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุสำหรับกรณีของการประมาณค่าแบบจุด</u>

ผลการวิจัยในส่วนนี้เป็นการนำเสนอผลการทดลองการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ สำหรับการประมาณค่าแบบจุดในแต่ละวิธีรวมไปถึงข้อสรุปของผลการทดลองที่ได้ ซึ่งนำเสนอในรูปของตารางที่ 4.1.1 – 4.1.12 และรูปที่ 4.1.1-4.1.11

ตารางที่ 4.1.1 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 1

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 0.5143 | 0.5500 | 0.5808 | 0.4450 | 0.6463 | 0.5318 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0287 | 0.1020 | 0.0062 | 0.0790 | 0.2078 | 0.0185 |
| | | PDMSE | 15.5730 | 23.5955 | 30.5169 | 0.0000 | 45.2360 | 19.5056 |
| | 30 | MSE | 0.1457 | 0.1642 | 0.1598 | 0.1437 | 0.2078 | 0.1574 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0043 | 0.0192 | 0.0007 | 0.0104 | 0.0469 | 0.0006 |
| | | PDMSE | 1.3918 | 14.2658 | 11.2039 | 0.0000 | 44.6068 | 9.5338 |
| | 50 | MSE | 0.0669 | 0.0696 | 0.0692 | 0.0668 | 0.0802 | 0.0693 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0006 | 0.0042 | 0.0002 | 0.0018 | 0.0123 | 0.0002 |
| | | PDMSE | 0.1497 | 4.1916 | 3.5928 | 0.0000 | 20.0599 | 3.7425 |
| | 100 | MSE | 0.0320 | 0.0328 | 0.0323 | 0.0321 | 0.0350 | 0.0323 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0004 | 0.0015 | 0.0001 | 0.0009 | 0.0036 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 0.0000 | 2.5000 | 0.9375 | 0.3125 | 9.3750 | 0.9375 |
| 0.6 | 15 | MSE | 0.4869 | 0.4957 | 0.6816 | 0.4191 | 0.5117 | 0.5639 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0256 | 0.0668 | 0.0067 | 0.0574 | 0.1340 | 0.0149 |
| | | PDMSE | 16.1775 | 18.2773 | 62.6342 | 0.0000 | 22.0950 | 34.5502 |
| | 30 | MSE | 0.1851 | 0.1924 | 0.2180 | 0.1696 | 0.2159 | 0.2145 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0027 | 0.0142 | 0.0000 | 0.0081 | 0.0365 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 9.1392 | 13.4434 | 28.5377 | 0.0000 | 27.2995 | 26.4741 |
| | 50 | MSE | 0.0890 | 0.0863 | 0.0943 | 0.0853 | 0.0860 | 0.0937 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0007 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0020 | 0.0086 | 0.0000 |
| | | PDMSE | 4.3376 | 1.1723 | 10.5510 | 0.0000 | 0.8206 | 9.8476 |
| | 100 | MSE | 0.0414 | 0.0403 | 0.0429 | 0.0408 | 0.0397 | 0.0432 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0001 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0017 | 0.0000 |
| | | PDMSE | 4.2821 | 1.5113 | 8.0605 | 2.7708 | 0.0000 | 8.8161 |
| 0.9 | 15 | MSE | 0.9454 | 0.7911 | 1.4561 | 0.5763 | 0.5014 | 0.9864 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0158 | 0.0326 | 0.0110 | 0.0288 | 0.0619 | 0.0113 |
| | | PDMSE | 88.5521 | 57.7782 | 190.4069 | 14.9382 | 0.0000 | 96.7292 |
| | 30 | MSE | 0.4229 | 0.3888 | 0.6802 | 0.2877 | 0.2747 | 0.6269 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0040 | 0.0087 | 0.0009 | 0.0067 | 0.0169 | 0.0008 |
| | | PDMSE | 53.9498 | 41.5362 | 147.6156 | 4.7324 | 0.0000 | 128.2126 |
| | 50 | MSE | 0.1981 | 0.1647 | 0.2653 | 0.1518 | 0.1130 | 0.2620 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0008 | 0.0023 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0053 | 0.0000 |
| | | PDMSE | 75.3097 | 45.7522 | 134.7788 | 34.3363 | 0.0000 | 131.8584 |
| | 100 | MSE | 0.0916 | 0.0817 | 0.1091 | 0.0784 | 0.0640 | 0.1093 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0001 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 43.1250 | 27.6562 | 70.4688 | 22.5000 | 0.0000 | 70.7812 |

จากตารางที่ 4.1.1 สามารถสรุปผล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 และ 50 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุด รองลงมาคือ วิธี R-KS และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี R-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุด รองลงมาคือวิธี B-KS

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง พบว่าในทุกๆขนาดตัวอย่างวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS

**ผลสรุปจากตารางที่** 4.1.1

จากตารางที่ 4.1.1 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ ยกเว้นในสถานการณ์ที่ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธีความถดถอยแบบริดจ์เมื่อใช้ค่า $k$ ของ KS นั่นคือวิธี R-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยที่ทั้ง 6 วิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมาก เมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.2 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 5

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 7.4962 | 4.0148 | 8.6589 | 5.0842 | 2.8626 | 6.3554 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0761 | 0.4382 | 0.0451 | 0.1606 | 0.7276 | 0.0859 |
| | | PDMSE | 161.8668 | 40.2501 | 202.4838 | 77.6078 | 0.0000 | 122.0150 |
| | 30 | MSE | 3.2618 | 2.0528 | 3.5249 | 2.8292 | 1.8126 | 3.2862 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0204 | 0.3357 | 0.0200 | 0.0261 | 0.5839 | 0.0201 |
| | | PDMSE | 79.9515 | 13.2517 | 94.4665 | 56.0852 | 0.0000 | 81.2976 |
| | 50 | MSE | 1.7310 | 1.3601 | 1.8002 | 1.6625 | 1.3301 | 1.7865 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0023 | 0.2245 | 0.0012 | 0.0055 | 0.4255 | 0.0020 |
| | | PDMSE | 30.1406 | 2.2555 | 35.3432 | 24.9906 | 0.0000 | 34.3132 |
| | 100 | MSE | 0.7975 | 0.7053 | 0.8177 | 0.7850 | 0.7375 | 0.8196 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0001 | 0.0903 | 0.0000 | 0.0006 | 0.1936 | 0.0000 |
| | | PDMSE | 13.0725 | 0.0000 | 15.9365 | 11.3002 | 4.5654 | 16.2059 |
| 0.6 | 15 | MSE | 8.7136 | 5.1014 | 10.0293 | 5.4906 | 3.1110 | 6.8745 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0390 | 0.3025 | 0.0395 | 0.0971 | 0.4822 | 0.0735 |
| | | PDMSE | 180.0900 | 63.9794 | 222.3819 | 76.4899 | 0.0000 | 120.9740 |
| | 30 | MSE | 3.7907 | 2.3314 | 4.4394 | 3.0898 | 1.8326 | 4.0492 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0140 | 0.2365 | 0.0089 | 0.0287 | 0.4302 | 0.0136 |
| | | PDMSE | 106.8482 | 27.2182 | 142.2460 | 68.6020 | 0.0000 | 120.9538 |
| | 50 | MSE | 1.8742 | 1.2533 | 2.0396 | 1.7217 | 1.1144 | 2.0069 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0028 | 0.1277 | 0.0047 | 0.0042 | 0.2636 | 0.0045 |
| | | PDMSE | 68.1802 | 12.4641 | 83.0223 | 54.4957 | 0.0000 | 80.0879 |
| | 100 | MSE | 1.0132 | 0.7673 | 1.0664 | 0.9683 | 0.7013 | 1.0638 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0020 | 0.0694 | 0.0016 | 0.0032 | 0.1451 | 0.0018 |
| | | PDMSE | 44.4745 | 9.4111 | 52.0605 | 38.0722 | 0.0000 | 51.6897 |
| 0.9 | 15 | MSE | 18.6634 | 12.6329 | 16.4652 | 11.8748 | 6.2091 | 9.2447 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0441 | 0.1243 | 0.0125 | 0.0706 | 0.2131 | 0.0272 |
| | | PDMSE | 200.5814 | 103.4578 | 165.1785 | 91.2483 | 0.0000 | 48.8895 |
| | 30 | MSE | 7.9658 | 6.1038 | 11.7904 | 5.0391 | 3.4744 | 9.0865 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0177 | 0.0851 | 0.0097 | 0.0216 | 0.1512 | 0.0089 |
| | | PDMSE | 129.2712 | 75.6793 | 239.3507 | 45.0351 | 0.0000 | 161.5272 |
| | 50 | MSE | 4.1952 | 2.5909 | 5.5796 | 3.0330 | 1.6401 | 5.0994 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0087 | 0.0531 | 0.0159 | 0.0072 | 0.1101 | 0.0152 |
| | | PDMSE | 155.7893 | 57.9721 | 240.1988 | 84.9277 | 0.0000 | 210.9201 |
| | 100 | MSE | 2.4360 | 1.4130 | 3.0479 | 1.9278 | 0.8735 | 2.9703 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0109 | 0.0365 | 0.0128 | 0.0104 | 0.0660 | 0.0135 |
| | | PDMSE | 178.8781 | 61.7630 | 248.9296 | 120.6983 | 0.0000 | 240.0458 |

จากตารางที่ 4.1.2 สามารถสรุปผล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

<u>ความสัมพันธ์ระดับต่ำ</u> ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 และ 50 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุด รองลงมาคือ วิธี R-NHKB และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี R-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-NHKB

<u>ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง</u> ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง พบว่าในทุก ๆขนาดตัวอย่างวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

<u>ความสัมพันธ์ระดับสูง</u> ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับปานกลาง

**ผลสรุปจากตารางที่** 4.1.2

จากตารางที่ 4.1.2 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ ยกเว้นในสถานการณ์ที่ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 และขนาดตัวอย่างเท่า กับ 100 วิธีความถดถอยแบบริดจ์เมื่อใช้ค่า $k$ ของ NHKB นั่นคือวิธี R-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.3 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 26.9332 | 12.5023 | 28.1190 | 18.4061 | 7.8025 | 20.6000 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0768 | 0.4215 | 0.1196 | 0.1161 | 0.7052 | 0.1384 |
| | | PDMSE | 245.1868 | 60.2345 | 260.3845 | 135.9000 | 0.0000 | 164.0179 |
| | 30 | MSE | 12.9400 | 6.0198 | 13.2432 | 11.0820 | 4.3083 | 11.9223 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0293 | 0.4272 | 0.0446 | 0.0254 | 0.7188 | 0.0387 |
| | | PDMSE | 200.3505 | 39.7256 | 207.3881 | 157.2244 | 0.0000 | 176.7286 |
| | 50 | MSE | 6.5883 | 3.3276 | 6.6793 | 6.3140 | 2.6317 | 6.5450 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0222 | 0.2846 | 0.0213 | 0.0187 | 0.5582 | 0.0182 |
| | | PDMSE | 150.3439 | 26.4430 | 153.8017 | 139.9210 | 0.0000 | 148.6986 |
| | 100 | MSE | 3.1005 | 1.8692 | 3.1196 | 3.0440 | 1.7056 | 3.1014 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0185 | 0.3008 | 0.0166 | 0.0201 | 0.5808 | 0.0171 |
| | | PDMSE | 81.7835 | 9.5919 | 82.9034 | 78.4709 | 0.0000 | 81.8363 |
| 0.6 | 15 | MSE | 32.6427 | 21.3079 | 34.7969 | 20.3077 | 10.5281 | 22.5219 |
| | | $BIAS^2$ | 0.3275 | 0.5863 | 0.4047 | 0.3387 | 0.8307 | 0.3540 |
| | | PDMSE | 210.0531 | 102.3907 | 230.5145 | 92.8905 | 0.0000 | 113.9218 |
| | 30 | MSE | 16.8441 | 7.9733 | 18.8195 | 12.8484 | 4.7861 | 16.0100 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0488 | 0.4081 | 0.0582 | 0.0539 | 0.6349 | 0.0562 |
| | | PDMSE | 251.9379 | 66.5928 | 293.2116 | 168.4524 | 0.0000 | 234.5104 |
| | 50 | MSE | 7.2940 | 3.5908 | 7.6275 | 6.6650 | 2.6794 | 7.3248 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0053 | 0.3043 | 0.0050 | 0.0048 | 0.5385 | 0.0042 |
| | | PDMSE | 172.2251 | 34.0151 | 184.6719 | 148.7497 | 0.0000 | 173.3746 |
| | 100 | MSE | 4.1367 | 2.3139 | 4.3067 | 3.9368 | 1.8608 | 4.2528 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0064 | 0.2385 | 0.0060 | 0.0085 | 0.4384 | 0.0067 |
| | | PDMSE | 122.3076 | 24.3497 | 131.4435 | 111.5649 | 0.0000 | 128.5469 |
| 0.9 | 15 | MSE | 57.7240 | 44.0767 | 49.5904 | 34.2220 | 18.9107 | 25.5253 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0471 | 0.2046 | 0.1796 | 0.0586 | 0.2180 | 0.0970 |
| | | PDMSE | 205.2452 | 133.0781 | 162.2346 | 80.9663 | 0.0000 | 34.9781 |
| | 30 | MSE | 30.4783 | 18.9872 | 35.5997 | 19.4854 | 9.9670 | 25.3716 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0666 | 0.2516 | 0.0507 | 0.0476 | 0.3470 | 0.0371 |
| | | PDMSE | 205.7921 | 90.5007 | 257.1757 | 95.4991 | 0.0000 | 154.5560 |
| | 50 | MSE | 16.9045 | 9.9141 | 21.4319 | 11.7205 | 5.6643 | 18.3279 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0170 | 0.0839 | 0.0317 | 0.0065 | 0.1590 | 0.0242 |
| | | PDMSE | 198.4393 | 75.0278 | 278.3680 | 106.9188 | 0.0000 | 223.5687 |
| | 100 | MSE | 8.7007 | 4.3873 | 10.4919 | 6.8441 | 2.6475 | 9.8392 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0071 | 0.0800 | 0.0083 | 0.0074 | 0.1699 | 0.0085 |
| | | PDMSE | 228.6383 | 65.7148 | 296.2946 | 158.5118 | 0.0000 | 271.6412 |

จากตารางที่ 4.1.3 สามารถสรุปผลในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB ทุกขนาดตัวอย่าง

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

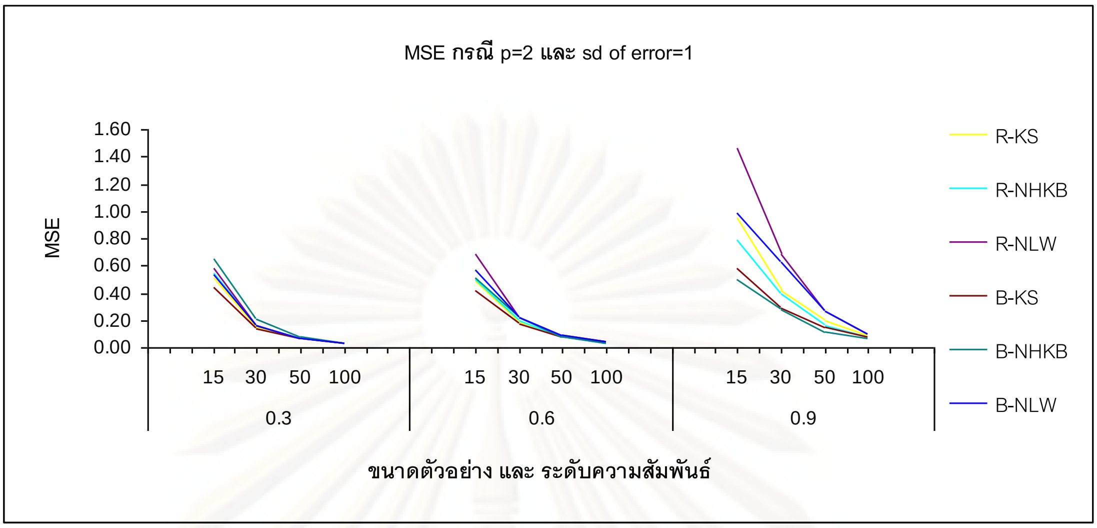
สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธีที่รองจากวิธี B-NHKB คือวิธี B-KS

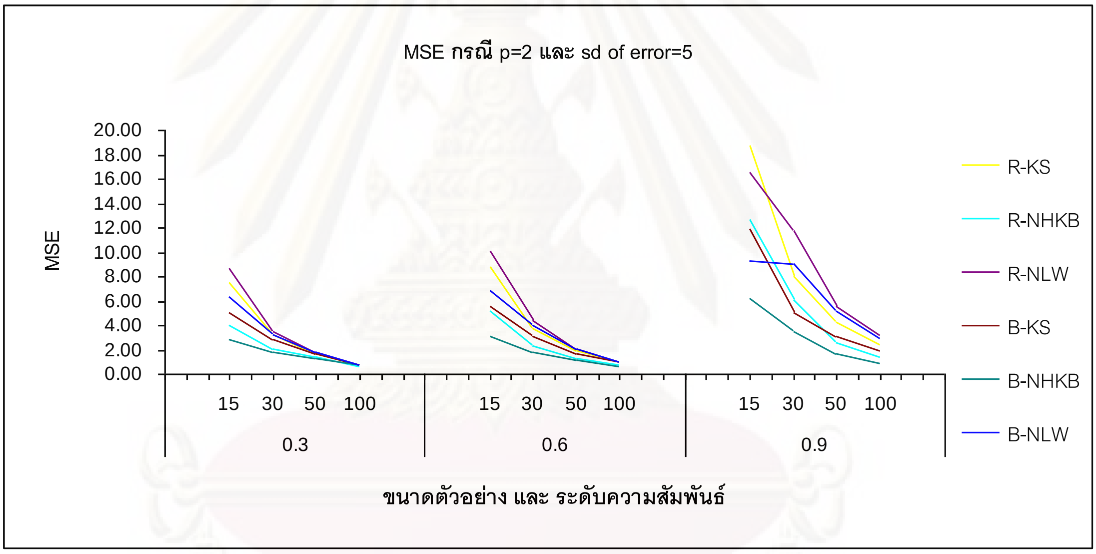
**ผลสรุปจากตารางที่** 4.1.3

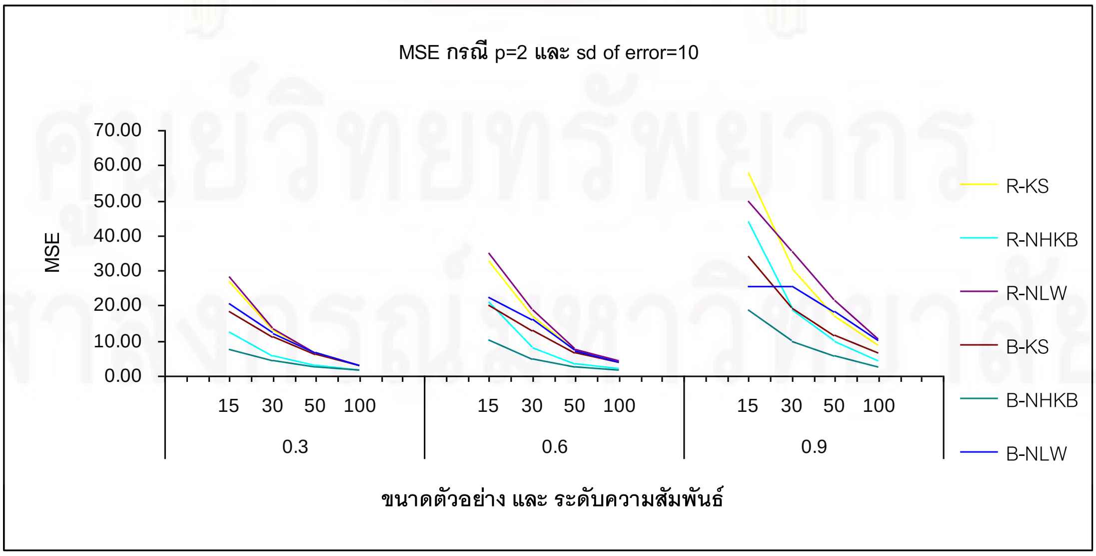
จากตารางที่ 4.1.3 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมาก เมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่าMSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิ์ภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

<u>รูปที่ 4.1.1</u> กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 , 5 และ10 ตามลำดับ



จากตารางที่ 4.1.1– 4.1.3 และรูปที่ 4.1.1 ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มค่า MSE ที่ได้จะมีค่าลดลง ตรงกันข้ามเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นค่า MSE ที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันและระดับความสัมพันธ์เดียวกัน พบว่าเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นคือค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น และค่า MSE ในแต่ละวิธีของการประมาณค่าจะสูงขึ้น เนื่องจากความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้สูงขึ้น และพิจารณาในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเดียวกัน พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า MSE จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอัตราการลดของค่า MSE จะลดลงมากเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างในสถานการณ์ของค่าความแปรปรวนที่มีค่ามาก ส่วนในสถานการณ์ที่ค่าของความแปรปรวนมีค่าน้อยอัตราการลดของค่า MSE ค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1.4 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 1

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 0.3816 | 0.4633 | 0.4139 | 0.4052 | 0.6163 | 0.4104 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0339 | 0.1035 | 0.0052 | 0.0754 | 0.2270 | 0.0096 |
| | | PDMSE | 0.0000 | 21.4099 | 8.4644 | 6.1845 | 61.5042 | 7.5472 |
| | 30 | MSE | 0.2009 | 0.2041 | 0.2243 | 0.1968 | 0.2398 | 0.2223 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0041 | 0.0170 | 0.0002 | 0.0122 | 0.0478 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 2.0833 | 3.7093 | 13.9736 | 0.0000 | 21.8496 | 12.9573 |
| | 50 | MSE | 0.1014 | 0.1017 | 0.1089 | 0.0986 | 0.1082 | 0.1091 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0010 | 0.0040 | 0.0004 | 0.0029 | 0.0122 | 0.0003 |
| | | PDMSE | 2.8398 | 3.1440 | 10.4462 | 0.0000 | 9.7363 | 10.6491 |
| | 100 | MSE | 0.0511 | 0.0505 | 0.0529 | 0.0506 | 0.0513 | 0.0530 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0002 | 0.0009 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0028 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 1.1881 | 0.0000 | 4.7525 | 0.1980 | 1.5842 | 4.9505 |
| 0.6 | 15 | MSE | 0.4045 | 0.3976 | 0.5244 | 0.3686 | 0.4083 | 0.4993 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0257 | 0.0516 | 0.0012 | 0.0563 | 0.1114 | 0.0021 |
| | | PDMSE | 9.7396 | 7.8676 | 42.2680 | 0.0000 | 10.7705 | 35.4585 |
| | 30 | MSE | 0.2536 | 0.2456 | 0.3157 | 0.2246 | 0.2223 | 0.3125 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0054 | 0.0095 | 0.0003 | 0.0117 | 0.0218 | 0.0003 |
| | | PDMSE | 14.0801 | 10.4813 | 42.0153 | 1.0346 | 0.0000 | 40.5758 |
| | 50 | MSE | 0.1362 | 0.1310 | 0.1533 | 0.1256 | 0.1204 | 0.1530 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0023 | 0.0038 | 0.0003 | 0.0045 | 0.0082 | 0.0003 |
| | | PDMSE | 13.1229 | 8.8040 | 27.3256 | 4.3189 | 0.0000 | 27.0764 |
| | 100 | MSE | 0.0762 | 0.0746 | 0.0822 | 0.0722 | 0.0706 | 0.0827 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0007 | 0.0011 | 0.0001 | 0.0013 | 0.0023 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 7.9320 | 5.6657 | 16.4306 | 2.2663 | 0.0000 | 17.1388 |
| 0.9 | 15 | MSE | 0.7310 | 0.6214 | 1.5521 | 0.4293 | 0.3390 | 1.3150 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0159 | 0.0231 | 0.0045 | 0.0330 | 0.0458 | 0.0041 |
| | | PDMSE | 115.6342 | 83.3038 | 357.8466 | 26.6372 | 0.0000 | 287.9056 |
| | 30 | MSE | 0.4988 | 0.4402 | 0.9150 | 0.3329 | 0.2614 | 0.8728 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0042 | 0.0047 | 0.0004 | 0.0075 | 0.0090 | 0.0004 |
| | | PDMSE | 90.8187 | 68.4009 | 250.0383 | 27.3527 | 0.0000 | 233.8944 |
| | 50 | MSE | 0.3168 | 0.2879 | 0.5062 | 0.2198 | 0.1813 | 0.4970 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0015 | 0.0017 | 0.0013 | 0.0027 | 0.0034 | 0.0012 |
| | | PDMSE | 74.7380 | 58.7976 | 179.2057 | 21.2355 | 0.0000 | 174.1313 |
| | 100 | MSE | 0.1889 | 0.1836 | 0.2548 | 0.1482 | 0.1381 | 0.2536 |
| | | BIAS$^2$ | 0.0008 | 0.0010 | 0.0003 | 0.0012 | 0.0016 | 0.0003 |
| | | PDMSE | 36.7849 | 32.9471 | 84.5040 | 7.3135 | 0.0000 | 83.6350 |

จากตารางที่ 4.1.4 สามารถสรุปผลในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

<u>ความสัมพันธ์ระดับต่ำ</u> ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธี R-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือ วิธี B-KS เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และ 50 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-KS และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี R-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS

<u>ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง</u> ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง พบว่าที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 , 50 และ 100 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS

<u>ความสัมพันธ์ระดับสูง</u> ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่าง วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS

**ผลสรุปจากตารางที่ 4.1.4**

จากตารางที่ 4.1.4 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.5 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 8.0125 | 4.6777 | 8.9691 | 6.4496 | 3.4861 | 7.8644 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0299 | 0.4715 | 0.0145 | 0.0878 | 0.8712 | 0.0373 |
| | | PDMSE | 129.8414 | 34.1815 | 157.2818 | 85.0090 | 0.0000 | 125.5931 |
| | 30 | MSE | 4.2696 | 2.5140 | 4.8596 | 3.6324 | 2.0806 | 4.5656 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0071 | 0.2945 | 0.0031 | 0.0208 | 0.6080 | 0.0044 |
| | | PDMSE | 105.2100 | 20.8305 | 133.5672 | 74.5843 | 0.0000 | 119.4367 |
| | 50 | MSE | 2.4209 | 1.6821 | 2.6151 | 2.2425 | 1.5283 | 2.5778 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0021 | 0.1859 | 0.0016 | 0.0047 | 0.4092 | 0.0015 |
| | | PDMSE | 58.4048 | 10.0635 | 71.1117 | 46.7317 | 0.0000 | 68.6711 |
| | 100 | MSE | 1.3535 | 1.0169 | 1.4192 | 1.3042 | 0.9640 | 1.4228 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0031 | 0.0940 | 0.0033 | 0.0046 | 0.2274 | 0.0034 |
| | | PDMSE | 40.4046 | 5.4876 | 47.2199 | 35.2905 | 0.0000 | 47.5934 |
| 0.6 | 15 | MSE | 8.1751 | 5.2530 | 10.6051 | 5.6892 | 3.3948 | 8.9157 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0259 | 0.3055 | 0.0139 | 0.0763 | 0.5749 | 0.0221 |
| | | PDMSE | 140.8124 | 54.7367 | 212.3925 | 67.5857 | 0.0000 | 162.6281 |
| | 30 | MSE | 5.5875 | 3.2850 | 7.2197 | 4.2100 | 2.1908 | 6.5973 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0048 | 0.1796 | 0.0012 | 0.0154 | 0.3589 | 0.0013 |
| | | PDMSE | 155.0438 | 49.9452 | 229.5463 | 92.1672 | 0.0000 | 201.1366 |
| | 50 | MSE | 3.2152 | 1.9312 | 3.7809 | 2.7236 | 1.4068 | 3.6751 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0128 | 0.1092 | 0.0158 | 0.0113 | 0.2254 | 0.0145 |
| | | PDMSE | 128.5471 | 37.2761 | 168.7589 | 93.6025 | 0.0000 | 161.2383 |
| | 100 | MSE | 1.6811 | 1.0787 | 1.8716 | 1.5208 | 0.8457 | 1.8608 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0028 | 0.0609 | 0.0027 | 0.0036 | 0.1267 | 0.0029 |
| | | PDMSE | 98.7821 | 27.5511 | 121.3078 | 79.8274 | 0.0000 | 120.0307 |
| 0.9 | 15 | MSE | 20.1874 | 17.0713 | 26.4133 | 11.8149 | 7.9952 | 16.7046 |
| | | $BIAS^2$ | 0.2845 | 0.1635 | 0.1296 | 0.3936 | 0.1891 | 0.0892 |
| | | PDMSE | 152.4940 | 113.5194 | 230.3645 | 47.7749 | 0.0000 | 108.9329 |
| | 30 | MSE | 9.9261 | 7.1496 | 17.6922 | 5.7754 | 3.5026 | 14.0062 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0339 | 0.0744 | 0.0254 | 0.0828 | 0.1299 | 0.0163 |
| | | PDMSE | 183.3923 | 104.1227 | 405.1162 | 64.8889 | 0.0000 | 299.8801 |
| | 50 | MSE | 6.9603 | 4.2557 | 11.6447 | 4.3006 | 2.0595 | 10.6352 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0203 | 0.0402 | 0.0018 | 0.0360 | 0.0685 | 0.0019 |
| | | PDMSE | 237.9607 | 106.6375 | 465.4139 | 108.8177 | 0.0000 | 416.3972 |
| | 100 | MSE | 4.5532 | 2.6130 | 6.6751 | 3.2109 | 1.3743 | 6.4887 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0233 | 0.0348 | 0.0154 | 0.0274 | 0.0506 | 0.0157 |
| | | PDMSE | 231.3105 | 90.1332 | 385.7091 | 133.6389 | 0.0000 | 372.1458 |

จากตารางที่ 4.1.5 สามารถสรุปผล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB ทุกขนาดตัวอย่าง

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธีที่รองจากวิธี B-NHKB คือวิธี B-KS

**ผลสรุปจากตารางที่ 4.1.5**

จากตารางที่ 4.1.5 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมาก เมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.6 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 30.5965 | 14.1721 | 32.5712 | 23.8948 | 8.6693 | 27.2963 |
| | | $BIAS^2$ | 0.1297 | 0.7050 | 0.1309 | 0.1844 | 1.1397 | 0.1614 |
| | | PDMSE | 252.9293 | 63.4746 | 275.7074 | 175.6255 | 0.0000 | 214.8616 |
| | 30 | MSE | 16.3787 | 7.3852 | 17.7308 | 13.8748 | 4.8669 | 16.2750 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0255 | 0.5612 | 0.0296 | 0.0456 | 0.9771 | 0.0410 |
| | | PDMSE | 236.5325 | 51.7434 | 264.3140 | 185.0850 | 0.0000 | 234.4018 |
| | 50 | MSE | 9.7928 | 4.5654 | 10.3102 | 8.9787 | 3.3319 | 9.9125 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0238 | 0.4267 | 0.0226 | 0.0242 | 0.8269 | 0.0220 |
| | | PDMSE | 193.9104 | 37.0209 | 209.4391 | 169.4769 | 0.0000 | 197.5029 |
| | 100 | MSE | 5.3503 | 2.8332 | 5.5650 | 5.1027 | 2.3517 | 5.4962 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0050 | 0.3446 | 0.0040 | 0.0068 | 0.6702 | 0.0047 |
| | | PDMSE | 127.5078 | 20.4746 | 136.6373 | 116.9792 | 0.0000 | 133.7118 |
| 0.6 | 15 | MSE | 36.7265 | 20.9691 | 43.0126 | 26.0377 | 12.0392 | 34.3316 |
| | | $BIAS^2$ | 0.3132 | 0.4993 | 0.1805 | 0.3821 | 0.7371 | 0.1798 |
| | | PDMSE | 205.0576 | 74.1735 | 257.2712 | 116.2743 | 0.0000 | 185.1651 |
| | 30 | MSE | 21.4555 | 10.5857 | 26.0297 | 16.0132 | 6.0814 | 22.6010 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0816 | 0.4723 | 0.0850 | 0.1093 | 0.7352 | 0.0962 |
| | | PDMSE | 252.8053 | 74.0668 | 328.0215 | 163.3144 | 0.0000 | 271.6414 |
| | 50 | MSE | 13.4694 | 6.3471 | 15.5079 | 11.2111 | 3.9006 | 14.6498 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0361 | 0.2608 | 0.0511 | 0.0317 | 0.4885 | 0.0496 |
| | | PDMSE | 245.3161 | 62.7211 | 297.5773 | 187.4199 | 0.0000 | 275.5781 |
| | 100 | MSE | 7.3449 | 3.4878 | 8.0997 | 6.5731 | 2.2989 | 7.9191 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0042 | 0.1787 | 0.0039 | 0.0045 | 0.3370 | 0.0041 |
| | | PDMSE | 219.4963 | 51.7160 | 252.3294 | 185.9237 | 0.0000 | 244.4734 |
| 0.9 | 15 | MSE | 76.8215 | 65.5773 | 84.7136 | 45.2816 | 30.4113 | 46.7269 |
| | | $BIAS^2$ | 1.1237 | 0.1023 | 0.0656 | 1.4014 | 0.1266 | 0.0261 |
| | | PDMSE | 152.6084 | 115.6346 | 178.5596 | 48.8973 | 0.0000 | 53.6498 |
| | 30 | MSE | 44.8060 | 31.2625 | 62.0082 | 26.1583 | 14.1961 | 42.3672 |
| | | $BIAS^2$ | 1.2890 | 0.3156 | 0.4446 | 1.1999 | 0.2309 | 0.2773 |
| | | PDMSE | 215.6219 | 120.2189 | 336.7974 | 84.2640 | 0.0000 | 198.4425 |
| | 50 | MSE | 26.4367 | 15.2319 | 39.0098 | 16.3926 | 7.2382 | 32.2803 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0807 | 0.1009 | 0.1558 | 0.0911 | 0.1279 | 0.1250 |
| | | PDMSE | 265.2386 | 110.4377 | 438.9434 | 126.4734 | 0.0000 | 345.9714 |
| | 100 | MSE | 16.9442 | 8.2020 | 23.7908 | 11.7803 | 3.9304 | 22.0483 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0737 | 0.0523 | 0.0522 | 0.0779 | 0.0749 | 0.0479 |
| | | PDMSE | 331.1062 | 108.6811 | 505.3023 | 199.7227 | 0.0000 | 460.9683 |

จากตารางที่ 4.1.6 สามารถสรุปผล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

<u>ความสัมพันธ์ระดับต่ำ</u> ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB ทุกขนาดตัวอย่าง

<u>ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง</u> ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ

<u>ความสัมพันธ์ระดับสูง</u> ( $\rho = 0.90$ )

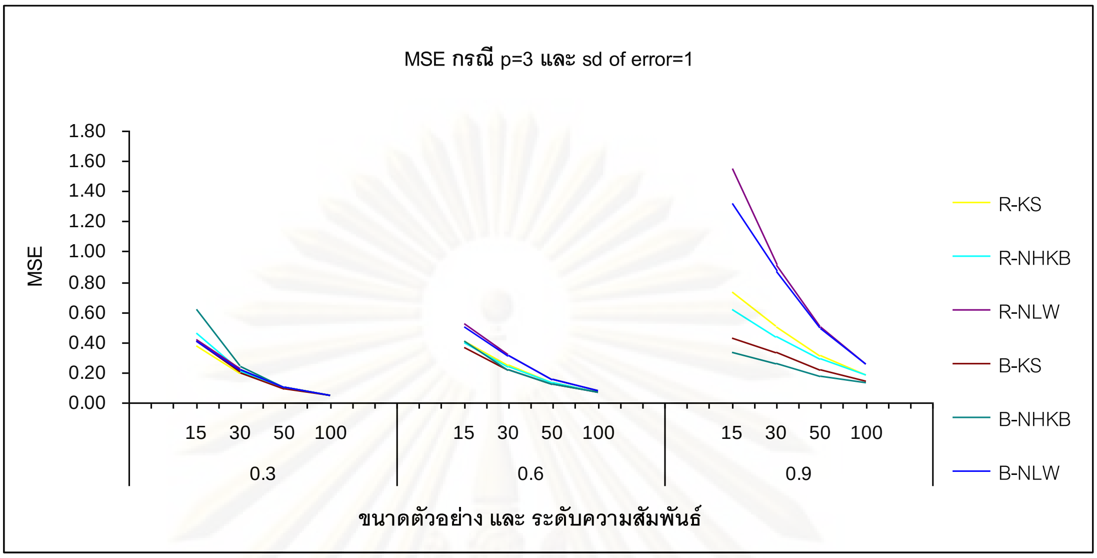
สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธีที่รองจากวิธี B-NHKB คือวิธี B-KS

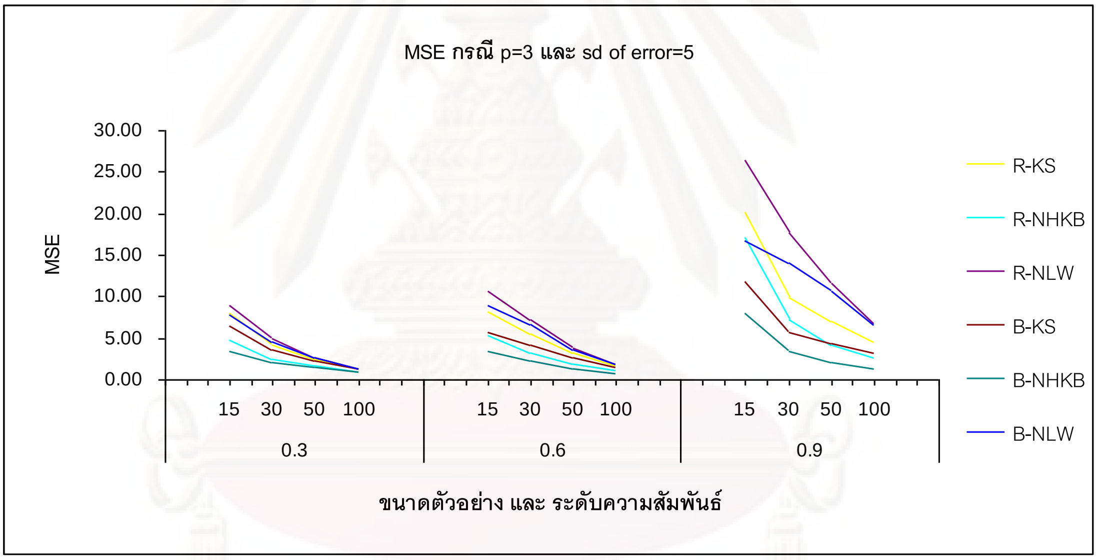
**ผลสรุปจากตารางที่ 4.1.6**

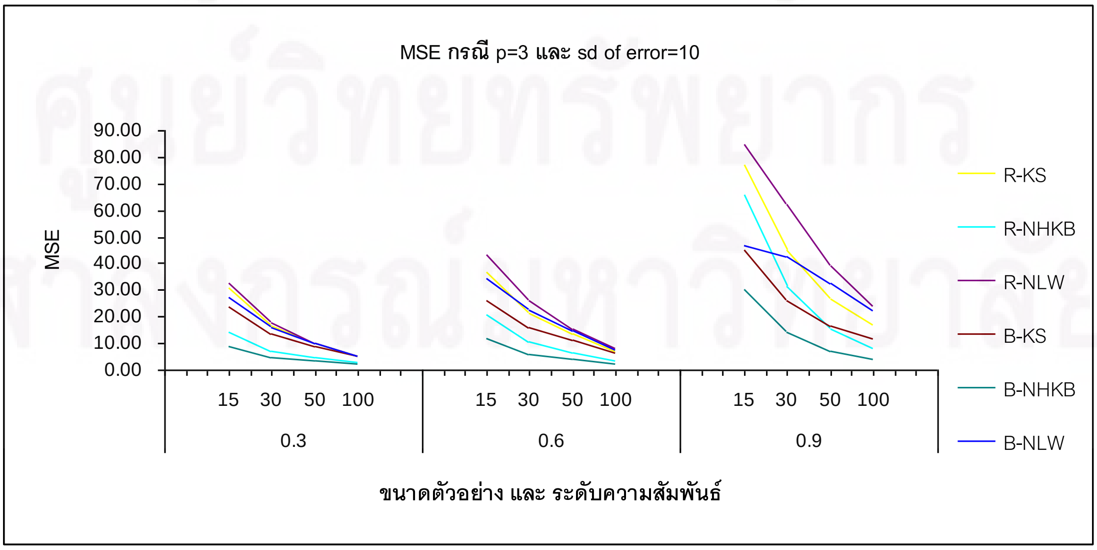
จากตารางที่ 4.1.6 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมาก เมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

<u>รูปที่ 4.1.2</u> กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 , 5 และ10 ตามลำดับ



จากตารางที่ 4.1.4– 4.1.6 และรูปที่ 4.1.2 ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มค่า MSE ที่ได้จะมีค่าลดลง ตรงกันข้ามเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นค่า MSE ที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันและระดับความสัมพันธ์เดียวกัน พบว่าเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นคือค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น และค่า MSE ในแต่ละวิธีของการประมาณค่าจะสูงขึ้น เนื่องจากความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้สูงขึ้น และพิจารณาในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเดียวกั น พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า MSE จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอัตราการลดของค่า MSE จะลดลงมากเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างในสถานการณ์ของค่าความแปรปรวนที่มีค่ามาก ส่วนในสถานการณ์ที่ค่าของความแปรปรวนมีค่าน้อยอัตราการลดของค่า MSE ค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1.7 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 0.4426 | 0.4773 | 0.5092 | 0.4749 | 0.6107 | 0.4924 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0380 | 0.0841 | 0.0014 | 0.0933 | 0.2027 | 0.0034 |
| | | PDMSE | 0.0000 | 7.8400 | 15.0474 | 7.2978 | 37.9801 | 11.2517 |
| | 30 | MSE | 0.2028 | 0.2043 | 0.2261 | 0.1978 | 0.2233 | 0.2250 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0041 | 0.0120 | 0.0006 | 0.0133 | 0.0368 | 0.0005 |
| | | PDMSE | 2.5278 | 3.2861 | 14.3074 | 0.0000 | 12.8918 | 13.7513 |
| | 50 | MSE | 0.1141 | 0.1130 | 0.1215 | 0.1117 | 0.1161 | 0.1215 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0020 | 0.0045 | 0.0002 | 0.0058 | 0.0129 | 0.0002 |
| | | PDMSE | 2.1486 | 1.1638 | 8.7735 | 0.0000 | 3.9391 | 8.7735 |
| | 100 | MSE | 0.0762 | 0.0748 | 0.0799 | 0.0745 | 0.0747 | 0.0797 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0005 | 0.0009 | 0.0003 | 0.0015 | 0.0032 | 0.0003 |
| | | PDMSE | 2.2819 | 0.4027 | 7.2483 | 0.0000 | 0.2685 | 6.9799 |
| 0.6 | 15 | MSE | 0.4765 | 0.4497 | 0.6849 | 0.4360 | 0.4020 | 0.6578 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0326 | 0.0325 | 0.0006 | 0.0716 | 0.0746 | 0.0005 |
| | | PDMSE | 18.5323 | 11.8657 | 70.3731 | 8.4577 | 0.0000 | 63.6318 |
| | 30 | MSE | 0.2622 | 0.2561 | 0.3388 | 0.2265 | 0.2176 | 0.3359 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0089 | 0.0082 | 0.0005 | 0.0199 | 0.0188 | 0.0005 |
| | | PDMSE | 20.4963 | 17.6930 | 55.6985 | 4.0901 | 0.0000 | 54.3658 |
| | 50 | MSE | 0.1600 | 0.1599 | 0.1882 | 0.1418 | 0.1417 | 0.1881 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0039 | 0.0037 | 0.0010 | 0.0071 | 0.0067 | 0.0010 |
| | | PDMSE | 12.9146 | 12.8440 | 32.8158 | 0.0706 | 0.0000 | 32.7452 |
| | 100 | MSE | 0.1062 | 0.1072 | 0.1209 | 0.0976 | 0.0986 | 0.1206 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0006 | 0.0006 | 0.0002 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0002 |
| | | PDMSE | 8.8115 | 9.8361 | 23.8730 | 0.0000 | 1.0246 | 23.5656 |
| 0.9 | 15 | MSE | 1.1024 | 0.9649 | 2.6238 | 0.6356 | 0.4409 | 2.2362 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0231 | 0.0136 | 0.0014 | 0.0386 | 0.0264 | 0.0015 |
| | | PDMSE | 150.0340 | 118.8478 | 495.1009 | 44.1597 | 0.0000 | 407.1898 |
| | 30 | MSE | 0.5385 | 0.5076 | 1.1262 | 0.3334 | 0.2629 | 1.0960 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0111 | 0.0070 | 0.0022 | 0.0165 | 0.0108 | 0.0020 |
| | | PDMSE | 104.8307 | 93.0772 | 328.3758 | 26.8163 | 0.0000 | 316.8886 |
| | 50 | MSE | 0.3638 | 0.3613 | 0.6489 | 0.2404 | 0.2151 | 0.6461 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0024 | 0.0014 | 0.0001 | 0.0046 | 0.0028 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 69.1306 | 67.9684 | 201.6736 | 11.7620 | 0.0000 | 200.3719 |
| | 100 | MSE | 0.3069 | 0.3130 | 0.4358 | 0.2383 | 0.2361 | 0.4371 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0015 | 0.0016 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0017 |
| | | PDMSE | 29.9873 | 32.5709 | 84.5828 | 0.9318 | 0.0000 | 85.1334 |

จากตารางที่ 4.1.7 สามารถสรุปผลในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธี R-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือ วิธี B-KS เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และ 50 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-KS และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี R-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง พบว่าที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 และ 50 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือ วิธี B-KS และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่าง วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS

**ผลสรุปจากตารางที่ 4.1.7**

จากตารางที่ 4.1.7 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของก ารประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิ์ภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.8 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 9.3544 | 5.2342 | 11.2422 | 7.1443 | 3.7654 | 9.6902 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0740 | 0.6187 | 0.0320 | 0.1618 | 1.1296 | 0.0594 |
| | | PDMSE | 148.4304 | 39.0078 | 198.5659 | 89.7355 | 0.0000 | 157.3485 |
| | 30 | MSE | 4.5473 | 2.8379 | 5.1648 | 3.9403 | 2.3331 | 4.9663 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0142 | 0.3311 | 0.0084 | 0.0277 | 0.6993 | 0.0081 |
| | | PDMSE | 94.9038 | 21.6364 | 121.3707 | 68.8869 | 0.0000 | 112.8627 |
| | 50 | MSE | 2.8505 | 1.9134 | 3.0964 | 2.6316 | 1.6130 | 3.0678 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0122 | 0.1848 | 0.0090 | 0.0143 | 0.3951 | 0.0085 |
| | | PDMSE | 76.7204 | 18.6237 | 91.9653 | 63.1494 | 0.0000 | 90.1922 |
| | 100 | MSE | 1.8509 | 1.2840 | 1.9972 | 1.7343 | 1.1184 | 1.9970 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0082 | 0.0944 | 0.0073 | 0.0101 | 0.2189 | 0.0073 |
| | | PDMSE | 65.4954 | 14.8069 | 78.5765 | 55.0697 | 0.0000 | 78.5587 |
| 0.6 | 15 | MSE | 10.9759 | 7.3534 | 15.7741 | 7.2742 | 4.3217 | 13.1989 |
| | | $BIAS^2$ | 0.1128 | 0.2936 | 0.0959 | 0.1491 | 0.5271 | 0.0838 |
| | | PDMSE | 153.9718 | 70.1506 | 264.9976 | 68.3180 | 0.0000 | 205.4099 |
| | 30 | MSE | 6.2596 | 3.6168 | 8.1849 | 4.7472 | 2.2393 | 7.7421 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0135 | 0.1346 | 0.0089 | 0.0233 | 0.2855 | 0.0087 |
| | | PDMSE | 179.5338 | 61.5148 | 265.5115 | 111.9948 | 0.0000 | 245.7375 |
| | 50 | MSE | 4.0406 | 2.3626 | 4.9038 | 3.3335 | 1.5129 | 4.8129 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0351 | 0.1140 | 0.0385 | 0.0318 | 0.2047 | 0.0372 |
| | | PDMSE | 167.0765 | 56.1637 | 224.1325 | 120.3384 | 0.0000 | 218.1241 |
| | 100 | MSE | 2.5973 | 1.5380 | 3.1005 | 2.2152 | 1.0437 | 3.0880 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0054 | 0.0474 | 0.0081 | 0.0056 | 0.1066 | 0.0080 |
| | | PDMSE | 148.8550 | 47.3604 | 197.0681 | 112.2449 | 0.0000 | 195.8705 |
| 0.9 | 15 | MSE | 27.7801 | 21.2797 | 39.1003 | 16.2814 | 9.3206 | 25.5454 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0403 | 0.1481 | 0.2266 | 0.0764 | 0.1019 | 0.1507 |
| | | PDMSE | 198.0506 | 128.3083 | 319.5041 | 74.6819 | 0.0000 | 174.0746 |
| | 30 | MSE | 13.4614 | 8.8389 | 23.6809 | 7.9212 | 3.9929 | 20.3367 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0248 | 0.0513 | 0.0195 | 0.0368 | 0.0738 | 0.0211 |
| | | PDMSE | 237.1334 | 121.3654 | 493.0752 | 98.3821 | 0.0000 | 409.3215 |
| | 50 | MSE | 9.0189 | 5.5479 | 15.5150 | 5.5410 | 2.5019 | 14.6237 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0116 | 0.0343 | 0.0105 | 0.0170 | 0.0517 | 0.0110 |
| | | PDMSE | 260.4820 | 121.7475 | 520.1287 | 121.4717 | 0.0000 | 484.5038 |
| | 100 | MSE | 6.9982 | 4.0980 | 11.6545 | 4.5475 | 1.9057 | 11.3666 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0594 | 0.0362 | 0.0815 | 0.0494 | 0.0339 | 0.0797 |
| | | PDMSE | 267.2246 | 115.0391 | 511.5601 | 138.6262 | 0.0000 | 496.4527 |

จากตารางที่ 4.1.8 สามารถสรุปผล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

<u>ความสัมพันธ์ระดับต่ำ</u> ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB ทุกขนาดตัวอย่าง

<u>ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง</u> ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธีที่รองจากวิธี B-NHKB คือวิธี B-KS

<u>ความสัมพันธ์ระดับสูง</u> ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธีที่รองจากวิธี B-NHKB คือวิธี B-KS

**ผลสรุปจากตารางที่** 4.1.8

จากตารางที่ 4.1.8 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกันนั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.9 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 10

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 34.7568 | 16.7537 | 39.6927 | 25.9676 | 9.4421 | 32.5660 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0518 | 0.6473 | 0.0342 | 0.1409 | 1.2331 | 0.0714 |
| | | PDMSE | 268.1046 | 77.4362 | 320.3800 | 175.0193 | 0.0000 | 244.9021 |
| | 30 | MSE | 18.0321 | 8.1895 | 19.9106 | 15.4598 | 5.2138 | 18.6151 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0346 | 0.5542 | 0.0328 | 0.0426 | 1.0921 | 0.0303 |
| | | PDMSE | 245.8533 | 57.0735 | 281.8827 | 196.5169 | 0.0000 | 257.0352 |
| | 50 | MSE | 11.6333 | 5.4281 | 12.4074 | 10.6617 | 3.7387 | 12.0481 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0736 | 0.5000 | 0.0774 | 0.0732 | 0.9621 | 0.0781 |
| | | PDMSE | 211.1590 | 45.1868 | 231.8640 | 185.1713 | 0.0000 | 222.2537 |
| | 100 | MSE | 7.9198 | 3.7009 | 8.5247 | 7.3011 | 2.7193 | 8.3802 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0122 | 0.3264 | 0.0106 | 0.0138 | 0.6684 | 0.0102 |
| | | PDMSE | 191.2441 | 36.0975 | 213.4888 | 168.4919 | 0.0000 | 208.1749 |
| 0.6 | 15 | MSE | 44.9792 | 27.9713 | 58.7892 | 29.6490 | 14.6297 | 45.2919 |
| | | $BIAS^2$ | 0.5708 | 0.6323 | 0.3582 | 0.5952 | 0.8759 | 0.3216 |
| | | PDMSE | 207.4513 | 91.1953 | 301.8483 | 102.6631 | 0.0000 | 209.5887 |
| | 30 | MSE | 25.1872 | 12.3032 | 31.8609 | 18.6582 | 6.4991 | 28.5414 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0336 | 0.2214 | 0.0193 | 0.0413 | 0.4540 | 0.0150 |
| | | PDMSE | 287.5490 | 89.3062 | 390.2356 | 187.0890 | 0.0000 | 339.1593 |
| | 50 | MSE | 14.9623 | 6.8250 | 17.7544 | 12.2980 | 3.9144 | 16.9771 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0260 | 0.2253 | 0.0310 | 0.0264 | 0.4446 | 0.0326 |
| | | PDMSE | 282.2374 | 74.3562 | 353.5663 | 214.1733 | 0.0000 | 333.7089 |
| | 100 | MSE | 9.9581 | 4.3050 | 11.7009 | 8.4592 | 2.5133 | 11.4401 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0316 | 0.1217 | 0.0402 | 0.0240 | 0.2414 | 0.0388 |
| | | PDMSE | 296.2161 | 71.2887 | 365.5592 | 236.5774 | 0.0000 | 355.1824 |
| 0.9 | 15 | MSE | 122.2557 | 88.1919 | 123.3604 | 75.9288 | 39.9449 | 70.9371 |
| | | $BIAS^2$ | 1.5305 | 0.3839 | 0.3609 | 1.3037 | 0.1985 | 0.1525 |
| | | PDMSE | 206.0608 | 120.7839 | 208.8264 | 90.0838 | 0.0000 | 77.5874 |
| | 30 | MSE | 56.1518 | 39.0842 | 85.6375 | 32.5854 | 17.1652 | 62.8073 |
| | | $BIAS^2$ | 0.2098 | 0.0565 | 0.0639 | 0.3170 | 0.0644 | 0.0549 |
| | | PDMSE | 227.1258 | 127.6944 | 398.9018 | 89.8341 | 0.0000 | 265.8990 |
| | 50 | MSE | 35.9014 | 22.4180 | 58.6341 | 20.9867 | 10.0497 | 50.1484 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0540 | 0.1440 | 0.3024 | 0.0157 | 0.1100 | 0.2703 |
| | | PDMSE | 257.2385 | 123.0713 | 483.4413 | 108.8291 | 0.0000 | 399.0040 |
| | 100 | MSE | 26.0067 | 13.0814 | 41.9837 | 16.6264 | 5.6579 | 38.4933 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0590 | 0.0672 | 0.0643 | 0.0463 | 0.0722 | 0.0542 |
| | | PDMSE | 359.6529 | 131.2059 | 642.0368 | 193.8617 | 0.0000 | 580.3461 |

จากตารางที่ 4.1.9 สามารถสรุปผล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยวิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

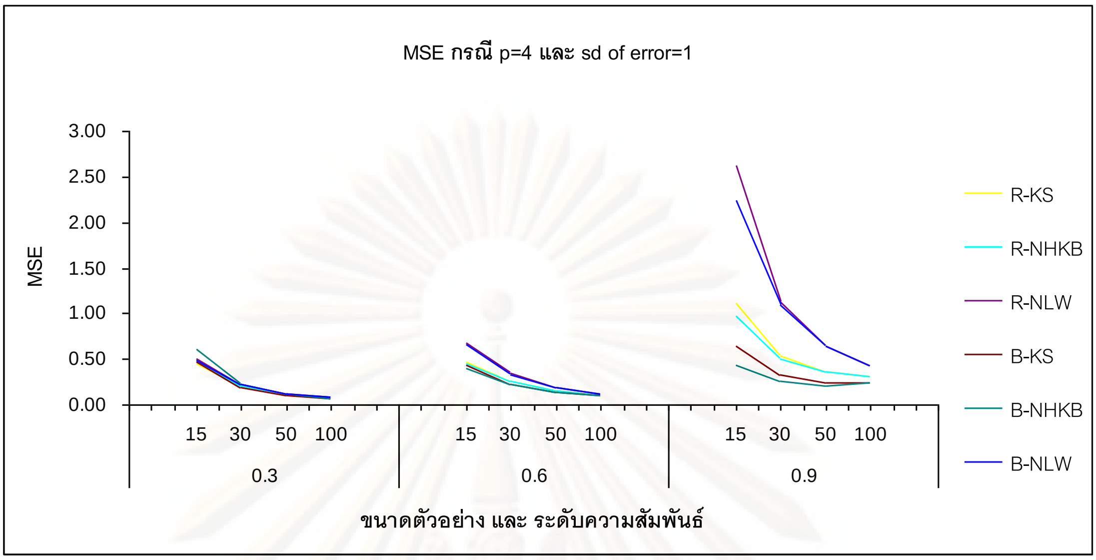
สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 และ 50 วิธีที่รองจากวิธี B-NHKB คือวิธี B-KS

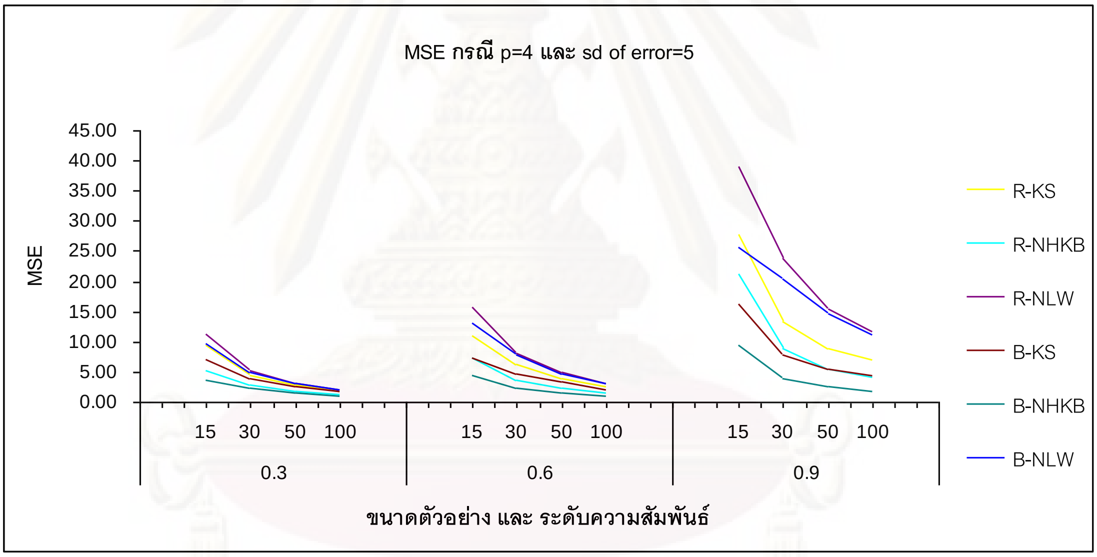
**ผลสรุปจากตารางที่** 4.1.9

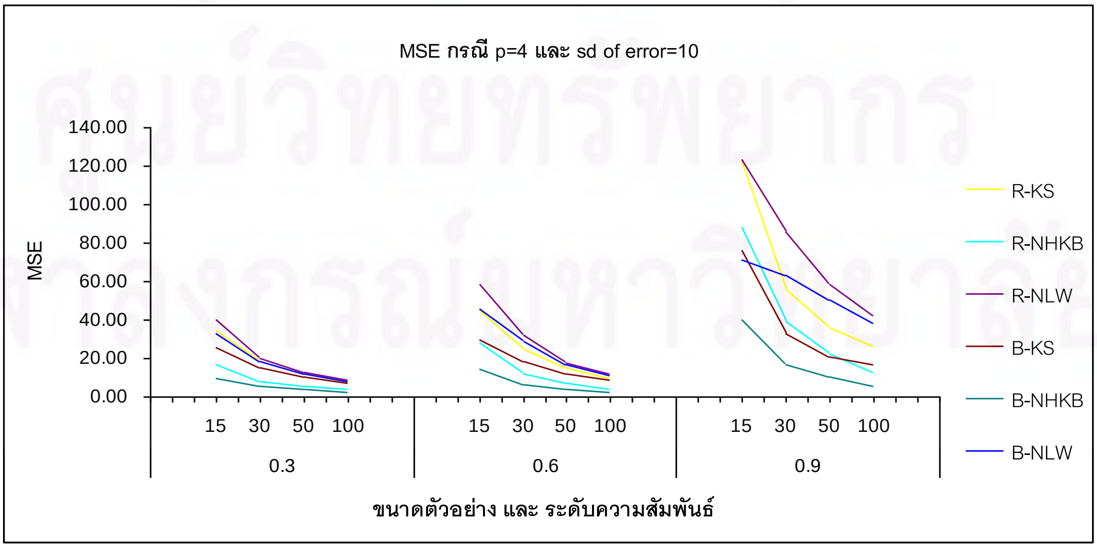
จากตารางที่ 4.1.9 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

<u>รูปที่ 4.1.3</u> กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 , 5 และ10 ตามลำดับ



จากตารางที่ 4.1.7– 4.1.9 และรูปที่ 4.1.3 ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มค่า MSE ที่ได้จะมีค่าลดลง ตรงกันข้ามเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นค่า MSE ที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันและระดับความสัมพันธ์เดียวกัน พบว่าเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นคือค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น และค่า MSE ในแต่ละวิธีของการประมาณค่าจะสูงขึ้น เนื่องจากความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้สูงขึ้น และพิจารณาในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเดียวกัน พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า MSE จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอัตราการลดของค่า MSE จะลดลงมากเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างในสถานการณ์ของค่าความแปรปรวนที่มีค่ามาก ส่วนในสถานการณ์ที่ค่าของความแปรปรวนมีค่าน้อยอัตราการลดของค่า MSE ค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1.10 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 1.3365 | 1.0594 | 1.7586 | 1.1281 | 0.9952 | 1.4544 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0632 | 0.0928 | 0.0038 | 0.1394 | 0.2018 | 0.0093 |
| | | PDMSE | 34.2946 | 6.4510 | 76.7082 | 13.3541 | 0.0000 | 46.1415 |
| | 30 | MSE | 0.2597 | 0.2579 | 0.2901 | 0.2559 | 0.2736 | 0.2884 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0117 | 0.2736 | 0.2884 | 0.0299 | 0.0522 | 0.0010 |
| | | PDMSE | 1.4850 | 0.7816 | 13.3646 | 0.0000 | 6.9168 | 12.7003 |
| | 50 | MSE | 0.1823 | 0.1800 | 0.1998 | 0.1786 | 0.1817 | 0.1997 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0043 | 0.0068 | 0.0011 | 0.0108 | 0.0183 | 0.0010 |
| | | PDMSE | 2.0717 | 0.7839 | 11.8701 | 0.0000 | 1.7357 | 11.8141 |
| | 100 | MSE | 0.0767 | 0.0764 | 0.0802 | 0.0752 | 0.0753 | 0.0806 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0010 | 0.0013 | 0.0001 | 0.0025 | 0.0032 | 0.0001 |
| | | PDMSE | 1.9947 | 1.5957 | 6.6489 | 0.0000 | 0.1330 | 7.1809 |
| 0.6 | 15 | MSE | 2.9475 | 2.3453 | 2.8451 | 2.4167 | 1.6886 | 2.1619 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0642 | 0.0463 | 0.0394 | 0.0854 | 0.0625 | 0.0480 |
| | | PDMSE | 74.5529 | 38.8902 | 68.4887 | 43.1186 | 0.0000 | 28.0291 |
| | 30 | MSE | 0.3386 | 0.3340 | 0.4598 | 0.2832 | 0.2681 | 0.4545 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0151 | 0.0100 | 0.0007 | 0.0300 | 0.0200 | 0.0006 |
| | | PDMSE | 26.2962 | 24.5804 | 71.5032 | 5.6322 | 0.0000 | 69.5263 |
| | 50 | MSE | 0.2365 | 0.2398 | 0.3018 | 0.2031 | 0.2034 | 0.3012 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0044 | 0.0030 | 0.0006 | 0.0095 | 0.0068 | 0.0005 |
| | | PDMSE | 16.4451 | 18.0699 | 48.5968 | 0.0000 | 0.1477 | 48.3013 |
| | 100 | MSE | 0.1116 | 0.1147 | 0.1270 | 0.1004 | 0.1053 | 0.1268 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0017 | 0.0011 | 0.0004 | 0.0028 | 0.0017 | 0.0004 |
| | | PDMSE | 11.1554 | 14.2430 | 26.4940 | 0.0000 | 4.8805 | 26.2948 |
| 0.9 | 15 | MSE | 12.8965 | 6.1232 | 6.3885 | 9.1832 | 3.4221 | 3.9645 |
| | | $BIAS^2$ | 0.1018 | 0.0351 | 0.0362 | 0.0867 | 0.0196 | 0.0202 |
| | | PDMSE | 276.8592 | 78.9311 | 86.6836 | 168.3498 | 0.0000 | 15.8499 |
| | 30 | MSE | 0.6390 | 0.6296 | 1.5223 | 0.3644 | 0.3031 | 1.4818 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0079 | 0.0052 | 0.0042 | 0.0124 | 0.0067 | 0.0042 |
| | | PDMSE | 110.8215 | 107.7202 | 402.2435 | 20.2243 | 0.0000 | 388.8816 |
| | 50 | MSE | 0.4939 | 0.5137 | 0.9587 | 0.3086 | 0.2933 | 0.9549 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0046 | 0.0025 | 0.0013 | 0.0072 | 0.0036 | 0.0013 |
| | | PDMSE | 68.3941 | 75.1449 | 226.8667 | 5.2165 | 0.0000 | 225.5711 |
| | 100 | MSE | 0.2962 | 0.3154 | 0.4486 | 0.2150 | 0.2282 | 0.4492 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0010 | 0.0007 | 0.0006 | 0.0013 | 0.0007 | 0.0006 |
| | | PDMSE | 37.7674 | 46.6977 | 108.6512 | 0.0000 | 6.1395 | 108.9302 |

จากตารางที่ 4.1.10 สามารถสรุปผลในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และ 50 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือ วิธี วิธี B-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง พบว่าที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือ วิธี R-NHKB เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-KS และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 และ 50 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 วิธีที่รองจาก วิธี B-NHKB คือวิธี R-NHKB และเมื่อขนาดตัวอย่าเท่ากับ 30 และ 50 วิธีที่รองจาก วิธี B-NHKB คือวิธี B-KS ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธี B-KS ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-NHKB

**ผลสรุปจากตารางที่** 4.1.10

จากตารางที่ 4.1.10 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแน วโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการ

ลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.11 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 47.8709 | 27.1163 | 21.2744 | 36.3772 | 15.8205 | 14.5225 |
| | | $BIAS^2$ | 0.3713 | 0.3516 | 0.2671 | 0.4355 | 0.4707 | 0.3415 |
| | | PDMSE | 229.6326 | 86.7192 | 46.4927 | 150.4886 | 8.9379 | 0.0000 |
| | 30 | MSE | 19.2760 | 21.8330 | 19.8460 | 14.7501 | 14.1036 | 13.2882 |
| | | $BIAS^2$ | 0.1269 | 0.1939 | 0.1123 | 0.1827 | 0.3021 | 0.1410 |
| | | PDMSE | 45.0610 | 64.3037 | 49.3506 | 11.0015 | 6.1363 | 0.0000 |
| | 50 | MSE | 3.9297 | 2.3586 | 4.5766 | 3.4095 | 1.8873 | 4.4959 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0084 | 0.1933 | 0.0123 | 0.0137 | 0.4763 | 0.0108 |
| | | PDMSE | 108.2181 | 24.9722 | 142.4946 | 80.6549 | 0.0000 | 138.2186 |
| | 100 | MSE | 1.8556 | 1.3330 | 1.9708 | 1.7573 | 1.1185 | 1.9682 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0053 | 0.0869 | 0.0036 | 0.0067 | 0.1993 | 0.0035 |
| | | PDMSE | 65.9008 | 19.1775 | 76.2003 | 57.1122 | 0.0000 | 75.9678 |
| 0.6 | 15 | MSE | 89.3809 | 48.1608 | 28.6968 | 64.0341 | 27.1967 | 17.2140 |
| | | $BIAS^2$ | 0.6307 | 0.1508 | 0.1136 | 0.5492 | 0.1539 | 0.1468 |
| | | PDMSE | 419.2338 | 179.7769 | 66.7062 | 271.9885 | 57.9918 | 0.0000 |
| | 30 | MSE | 47.3837 | 38.0725 | 22.1031 | 35.6163 | 20.4678 | 14.5587 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0639 | 0.0871 | 0.0874 | 0.1001 | 0.1412 | 0.0814 |
| | | PDMSE | 225.4666 | 161.5103 | 51.8206 | 144.6393 | 40.5881 | 0.0000 |
| | 50 | MSE | 4.9639 | 2.7928 | 6.6726 | 3.7959 | 1.6625 | 6.5252 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0259 | 0.1029 | 0.0208 | 0.0312 | 0.1931 | 0.0207 |
| | | PDMSE | 198.5805 | 67.9880 | 301.3594 | 128.3248 | 0.0000 | 292.4932 |
| | 100 | MSE | 2.8628 | 1.7788 | 3.3341 | 2.4885 | 1.1480 | 3.3335 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0074 | 0.0376 | 0.0098 | 0.0079 | 0.0820 | 0.0095 |
| | | PDMSE | 149.3728 | 54.9477 | 190.4268 | 116.7683 | 0.0000 | 190.3746 |
| 0.9 | 15 | MSE | 257.1673 | 117.4232 | 53.7939 | 212.6246 | 59.3532 | 27.8592 |
| | | $BIAS^2$ | 1.0873 | 0.2919 | 0.0853 | 0.8575 | 0.1459 | 0.0396 |
| | | PDMSE | 823.0965 | 321.4881 | 93.0920 | 663.2114 | 113.0470 | 0.0000 |
| | 30 | MSE | 91.7942 | 99.0489 | 46.6582 | 66.9527 | 50.6936 | 26.4809 |
| | | $BIAS^2$ | 0.6144 | 0.1499 | 0.0573 | 0.5045 | 0.0871 | 0.0361 |
| | | PDMSE | 246.6431 | 274.0390 | 76.1957 | 152.8339 | 91.4346 | 0.0000 |
| | 50 | MSE | 13.2102 | 7.9396 | 25.0310 | 7.9319 | 3.3329 | 23.1225 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0259 | 0.0240 | 0.0408 | 0.0255 | 0.0325 | 0.0385 |
| | | PDMSE | 296.3575 | 138.2190 | 651.0276 | 137.9879 | 0.0000 | 593.7652 |
| | 100 | MSE | 7.0402 | 3.9998 | 11.4454 | 4.5260 | 1.7148 | 11.2982 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0527 | 0.0343 | 0.0880 | 0.0351 | 0.0243 | 0.0878 |
| | | PDMSE | 310.5552 | 133.2517 | 567.4481 | 163.9375 | 0.0000 | 558.8640 |

จากตารางที่ 4.1.11 สามารถสรุปผลในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

<u>ความสัมพันธ์ระดับต่ำ</u> ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธี B-NLW ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-NHKB เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

<u>ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง</u> ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับต่ำ

<u>ความสัมพันธ์ระดับสูง</u> ( $\rho = 0.90$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธี B-NLW ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NLW เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

**ผลสรุปจากตารางที่ 4.1.11**

จากตารางที่ 4.1.11 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประ มาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิ์ภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.12 แสดงการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | | วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | MSE | 202.8562 | 130.6320 | 74.1890 | 153.7076 | 72.5464 | 44.3094 |
| | | $BIAS^2$ | 0.8211 | 0.7300 | 0.3650 | 0.8242 | 0.7488 | 0.3513 |
| | | PDMSE | 357.8175 | 194.8178 | 67.4340 | 246.8961 | 63.7269 | 0.0000 |
| | 30 | MSE | 110.9285 | 87.0845 | 52.7280 | 74.8657 | 51.2299 | 32.7406 |
| | | $BIAS^2$ | 0.2157 | 0.1900 | 0.1574 | 0.2130 | 0.3944 | 0.2061 |
| | | PDMSE | 238.8102 | 165.9832 | 61.0478 | 128.6632 | 56.4721 | 0.0000 |
| | 50 | MSE | 15.7278 | 6.8694 | 17.9817 | 13.4919 | 4.3985 | 17.2095 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0211 | 0.4873 | 0.0162 | 0.0297 | 0.9954 | 0.0171 |
| | | PDMSE | 257.5719 | 56.1760 | 308.8144 | 206.7387 | 0.0000 | 291.2584 |
| | 100 | MSE | 7.6568 | 3.8840 | 8.1160 | 7.2231 | 2.8505 | 8.0624 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0215 | 0.3182 | 0.0222 | 0.0228 | 0.7045 | 0.0225 |
| | | PDMSE | 168.6125 | 36.2568 | 184.7220 | 153.3976 | 0.0000 | 182.8416 |
| 0.6 | 15 | MSE | 243.0092 | 167.2369 | 90.8267 | 190.9509 | 101.0792 | 51.5680 |
| | | $BIAS^2$ | 1.4794 | 0.5182 | 0.2713 | 1.1823 | 0.3439 | 0.1847 |
| | | PDMSE | 371.2403 | 224.3036 | 76.1300 | 270.2895 | 96.0115 | 0.0000 |
| | 30 | MSE | 130.7075 | 140.3244 | 73.7220 | 89.7550 | 78.7250 | 45.5189 |
| | | $BIAS^2$ | 0.2252 | 0.2274 | 0.1270 | 0.1831 | 0.1952 | 0.1166 |
| | | PDMSE | 187.1500 | 208.2772 | 61.9591 | 97.1818 | 72.9501 | 0.0000 |
| | 50 | MSE | 21.6820 | 9.6991 | 28.3310 | 16.2809 | 5.0239 | 26.5127 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0470 | 0.2582 | 0.0505 | 0.0510 | 0.4626 | 0.0514 |
| | | PDMSE | 331.5771 | 93.0592 | 463.9244 | 224.0690 | 0.0000 | 427.7314 |
| | 100 | MSE | 11.2297 | 4.8858 | 12.9169 | 9.7534 | 2.6825 | 12.7706 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0349 | 0.1724 | 0.0346 | 0.0373 | 0.3232 | 0.0368 |
| | | PDMSE | 318.6281 | 82.1361 | 381.5247 | 263.5937 | 0.0000 | 376.0708 |
| 0.9 | 15 | MSE | 616.0527 | 397.6579 | 124.7917 | 439.8349 | 209.5004 | 56.9719 |
| | | $BIAS^2$ | 2.0324 | 1.3393 | 0.4367 | 1.6551 | 0.7948 | 0.2222 |
| | | PDMSE | 981.3273 | 597.9895 | 119.0408 | 672.0208 | 267.7258 | 0.0000 |
| | 30 | MSE | 402.6229 | 281.3246 | 115.7459 | 290.8936 | 145.4363 | 59.3034 |
| | | $BIAS^2$ | 1.1781 | 1.0930 | 0.2687 | 0.7203 | 0.5469 | 0.0992 |
| | | PDMSE | 578.9204 | 374.3819 | 95.1758 | 390.5176 | 145.2411 | 0.0000 |
| | 50 | MSE | 53.1421 | 30.3337 | 87.2924 | 31.4581 | 12.5578 | 72.4451 |
| | | $BIAS^2$ | 0.2071 | 0.0678 | 0.1148 | 0.1840 | 0.0667 | 0.0863 |
| | | PDMSE | 323.1800 | 141.5527 | 595.1249 | 150.5065 | 0.0000 | 476.8932 |
| | 100 | MSE | 28.2114 | 14.0951 | 44.2924 | 18.4657 | 5.9288 | 42.3957 |
| | | $BIAS^2$ | 0.0422 | 0.0545 | 0.0474 | 0.0439 | 0.0526 | 0.0465 |
| | | PDMSE | 375.8366 | 137.7395 | 647.0719 | 211.4576 | 0.0000 | 615.0806 |

จากตารางที่ 4.1.12 สามารถสรุปผลในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 จำแนกตามระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับต่ำ พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธี B-NLW ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี B-NHKB เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ )

สำหรับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง พบว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธี B-NLW ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือ วิธี R-NLW เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 วิธี B-NHKB ให้ค่า MSE น้อยที่สุดรองลงมาคือวิธี R-NHKB

ความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ )

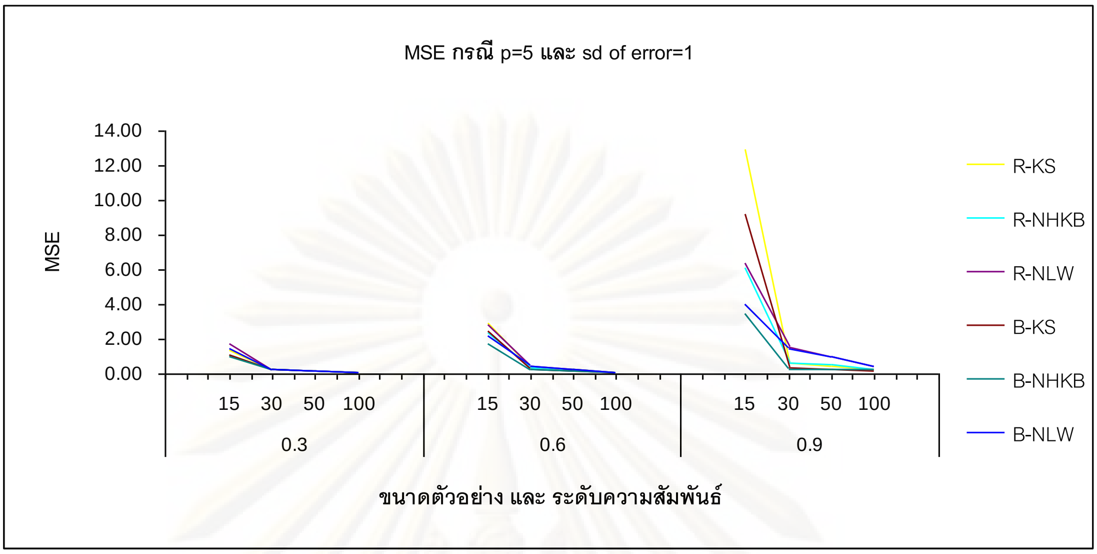
สำหรับความสัมพันธ์ระดับสูง ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับระดับปานกลาง

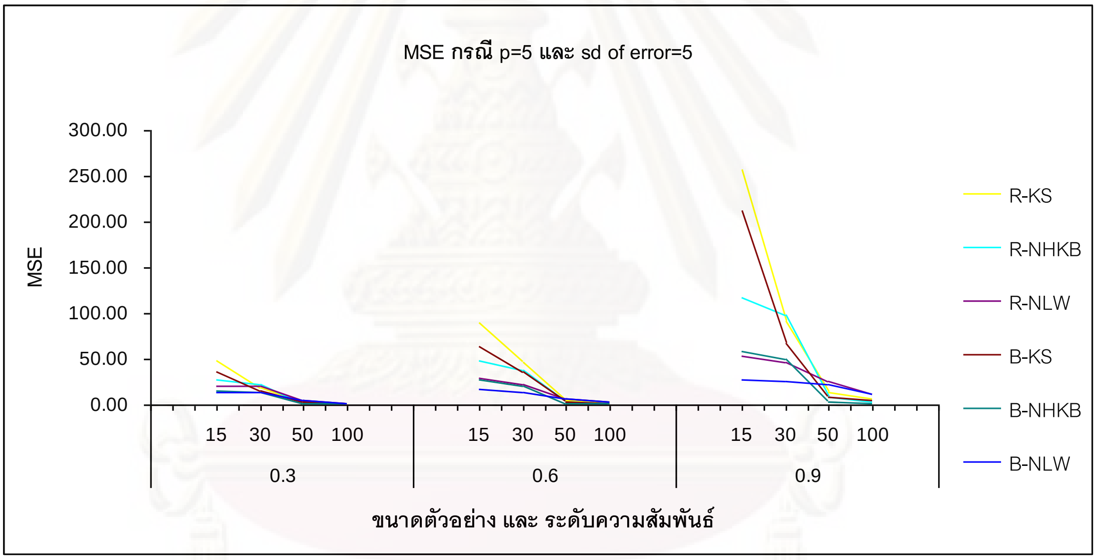
**ผลสรุปจากตารางที่ 4.1.12**

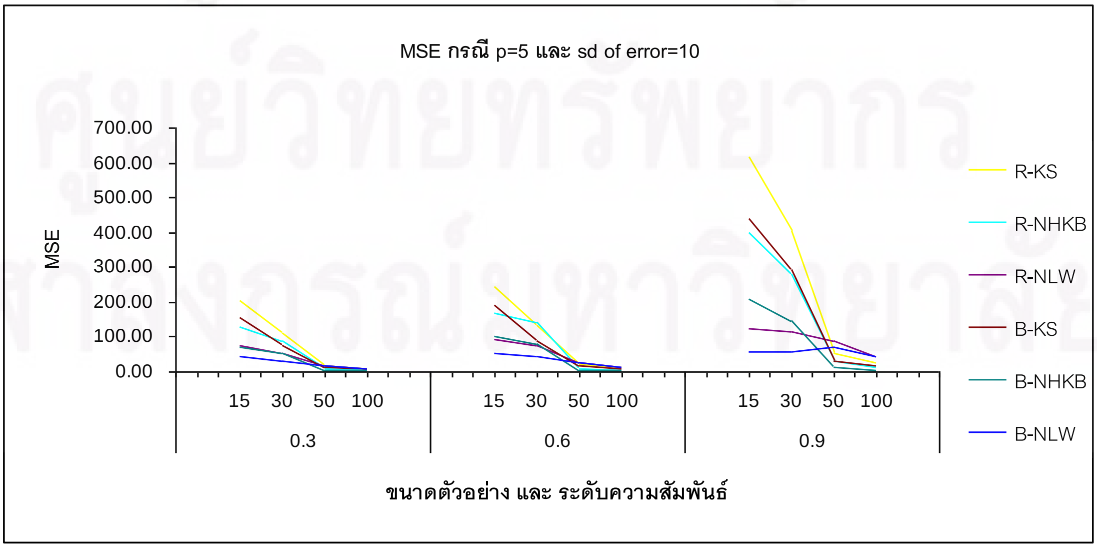
จากตารางที่ 4.1.12 จะเห็นได้ว่าจากวิธีของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ให้ค่า MSE มากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ของทุกๆ ค่า $k$ โดยที่ทั้ง 6 วิธี ให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากเมื่อระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดขึ้น และจะพบว่าค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ความแปรปรวนลดลง จึงส่งผลให้ค่า MSE ลดลง เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ ลดลง จึงทำให้ค่า MSE เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน

รูปที่ 4.1.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 , 5 และ10 ตามลำดับ



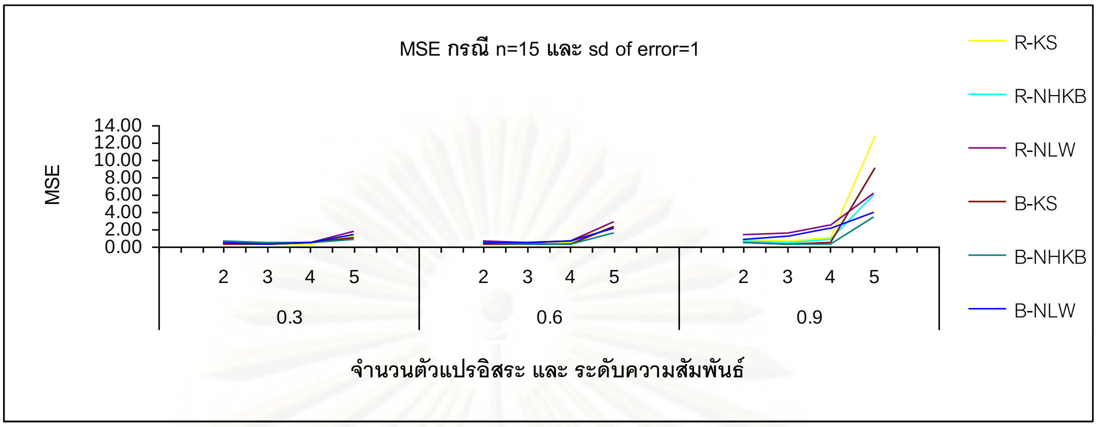



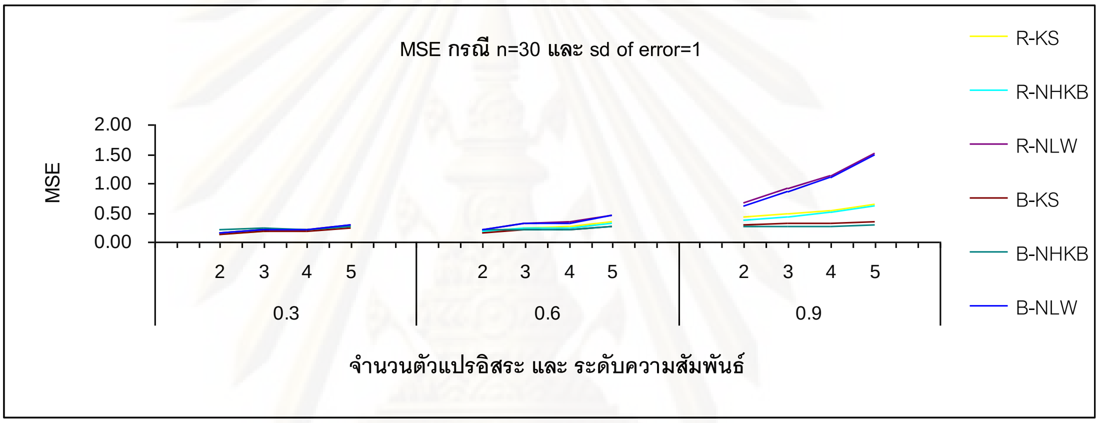



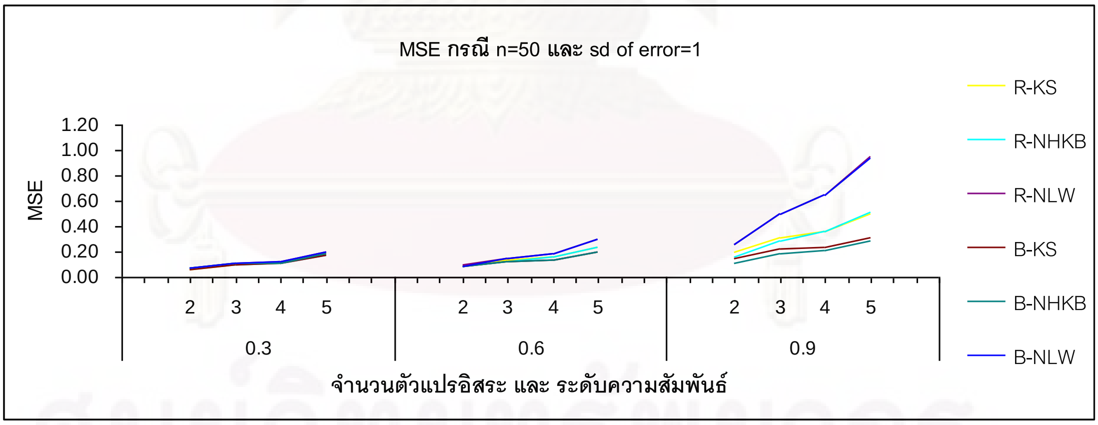
จากตารางที่ 4.1.10– 4.1.12 และรูปที่ 4.1.4 ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มค่า MSE ที่ได้จะมีค่าลดลง ตรงกันข้ามเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นค่า MSE ที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันและระดับความสัมพันธ์เดียวกัน พบว่าเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นคือค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น และค่า MSE ในแต่ละวิธีของการประมาณค่าจะสูงขึ้น เนื่องจากความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้และพิจารณาในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเดียวกัน พบว่าเมื่ อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า MSE จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอัตราการลดของค่า MSE จะลดลงมากเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างในสถานการณ์ของค่าความแปรปรวนที่มีค่ามาก ส่วนในสถานการณ์ที่ค่าของความแปรปรวนมีค่าน้อยอัตราการลดของค่า MSE ค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่าง

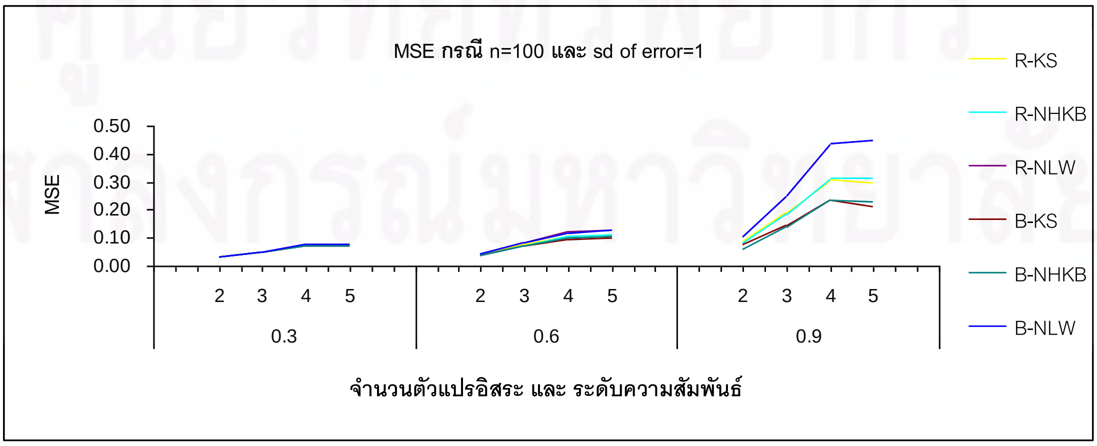
จากตารางที่ 4.1.1– 4.1.12 และรูปที่ 4.1.1-4.1.4 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันระดับความสัมพันธ์ที่ระดับเดียวกัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากัน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระมีจำนวนเพิ่มขึ้น ค่า MSE จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

<u>รูปที่ 4.1.5</u> กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 , 50 และ 100 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

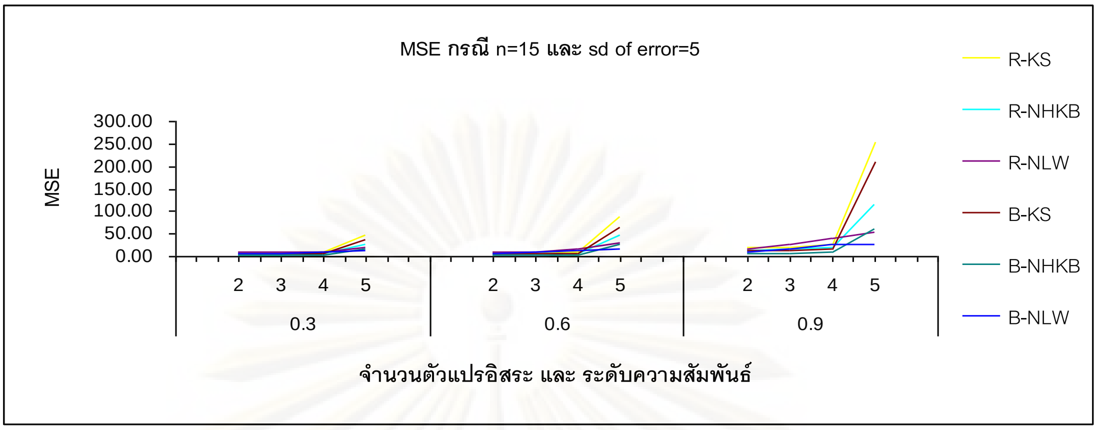


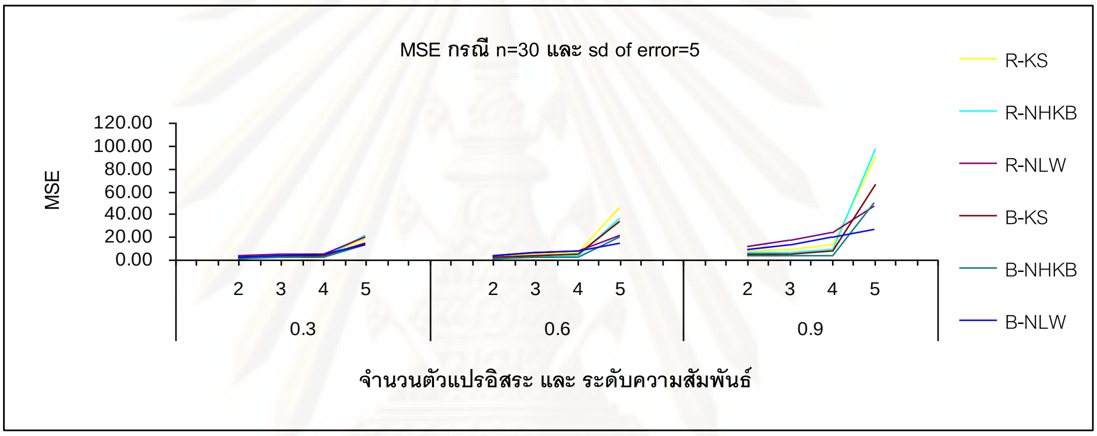



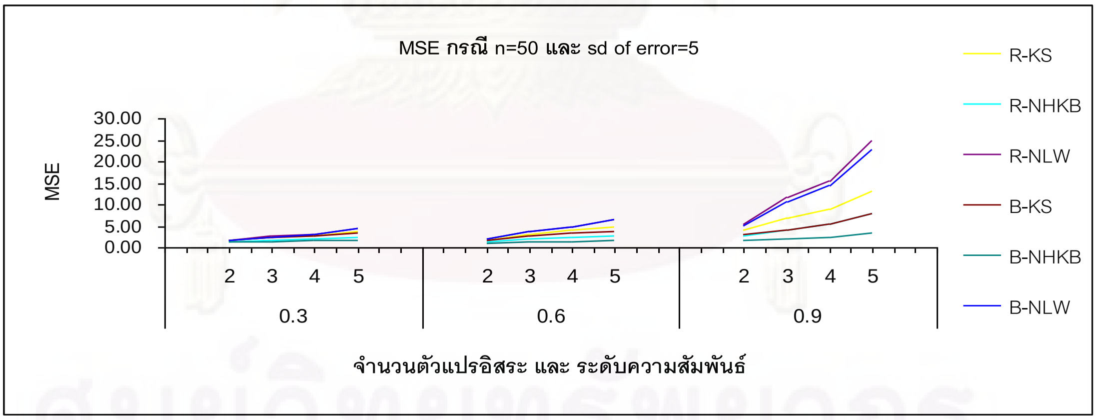



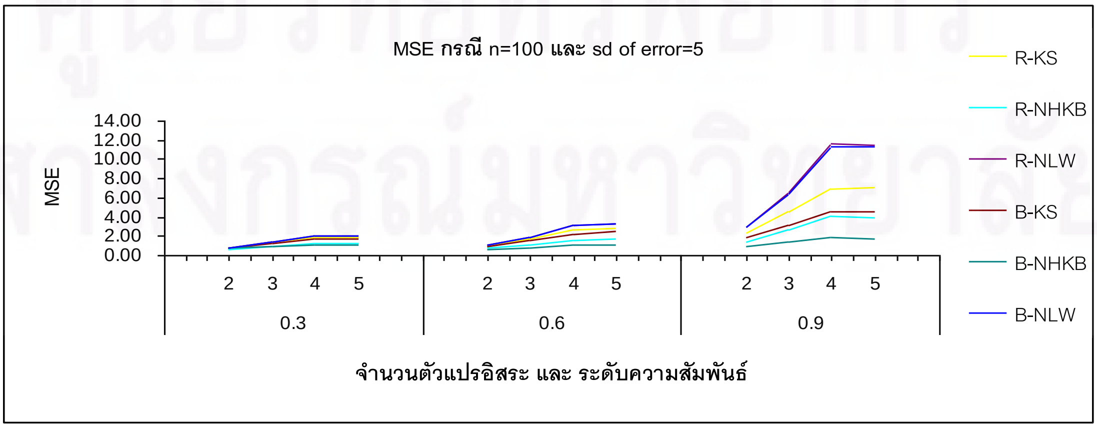



รูปที่ 4.1.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 , 50 และ 100 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

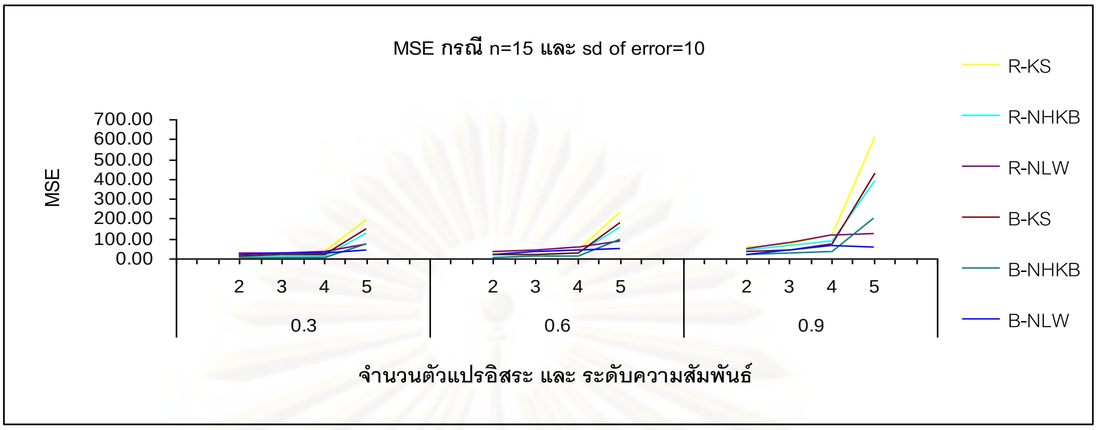


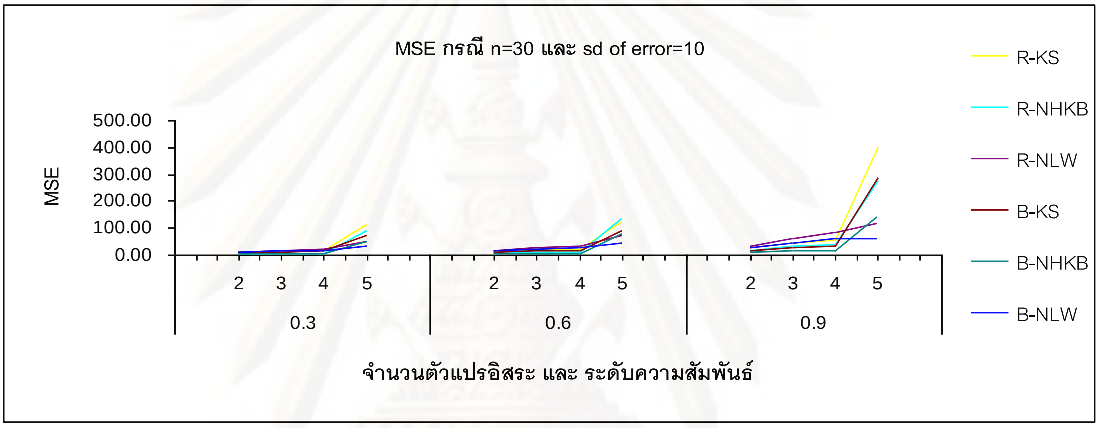



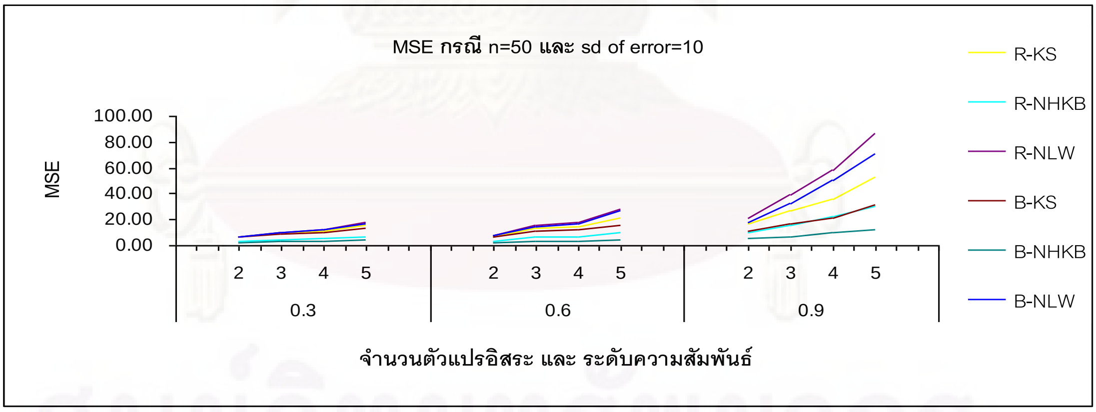



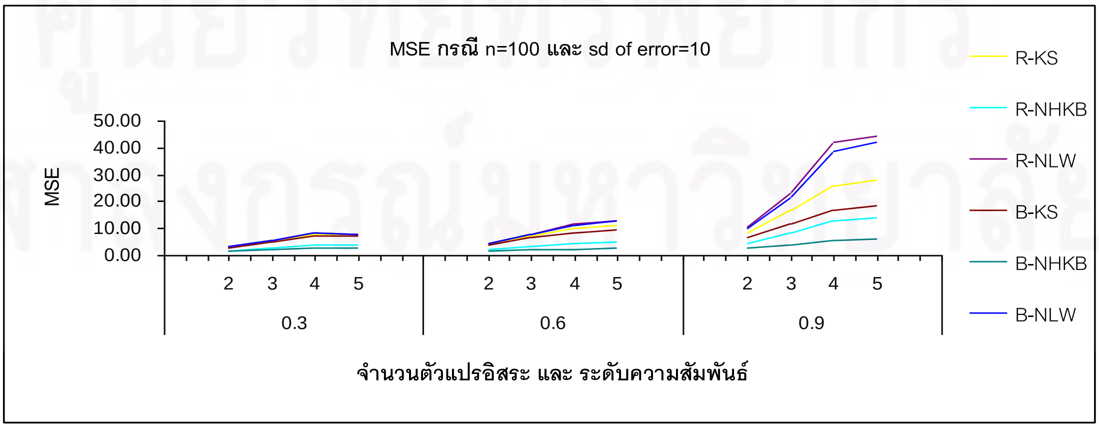



รูปที่ 4.1.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 , 30 , 50 และ 100 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10



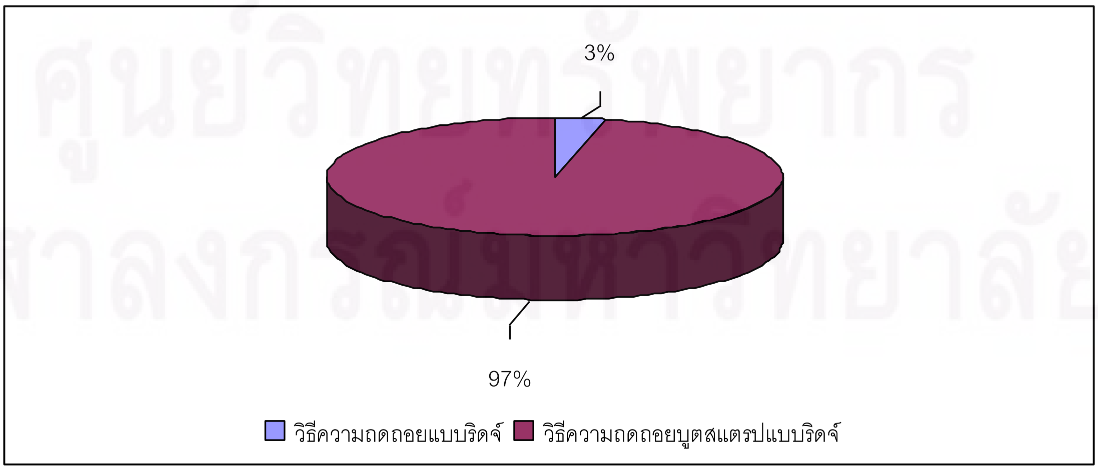



จากรูปที่ 4.1.5-4.1.7 พบว่าเมื่อมีปัจจัยที่กำหนดในสถานการณ์ที่ส่งผลต่อค่า MSE เดียวกัน ถ้าขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า MSE มีแนวโน้มลดลง กรณีของจำนวนตัวแปรอิสระ พบว่า ถ้าระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่ำ เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีแนวโน้มที่จะคงที่หรือลดลงเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น เพราะว่ามีปัจจัยที่มีปัญหาพหุสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยมาอธิบายสมการถดถอย แต่ในกรณีที่ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระสูง จะทำให้เกิดปัญหาพหุสัมพันธ์มากยิ่งขึ้นการเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระยิ่งทำให้ค่า MSE สูงขึ้น เพราะไม่สามารถบอกได้ว่าการที่มีจำนวนตัวแปรอิสระหลายตัวจะสามารถอธิบายได้ดีขึ้นด้วยสาเหตุที่มีปัญหาพหุสัมพันธ์กันสูง

ในขณะเดียวกันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ระดับความสัมพันธ์เดียวกัน และจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากันพบว่าเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น ค่า MSE ในแต่ละวิธีจะสูงขึ้น เนื่องจากความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้สูงขึ้น และพิจารณาในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเดียวกัน พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า MSE จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอัตราการลดของค่า MSE จะลดลงมากเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างในสถานการณ์ของค่าความแปรปรวนที่มีค่าม าก ส่วนในสถานการณ์ที่ความแปรปรวนมีค่าน้อยอัตราการลดของค่า MSE ค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่าง

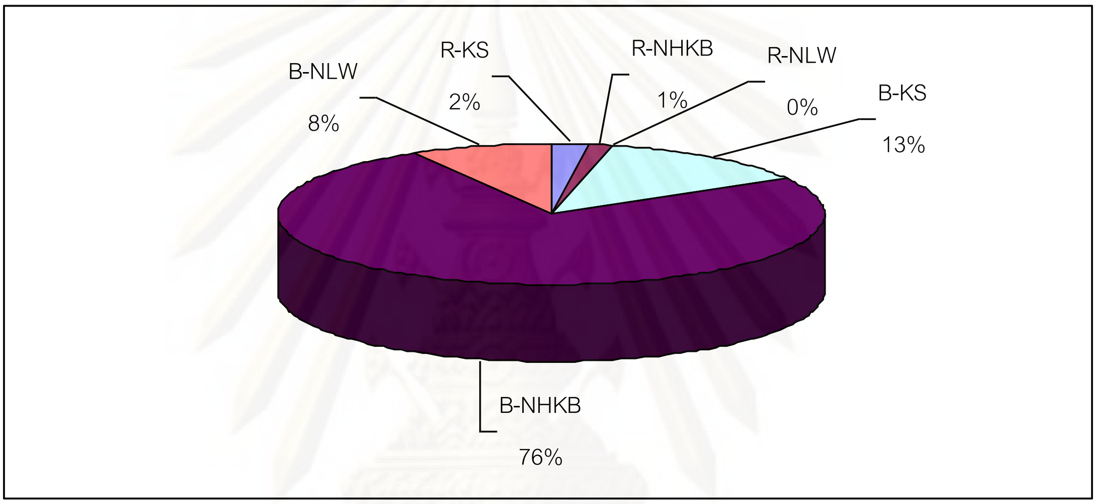
จากตารางที่ 4.1.1-4.1.12 สามารถสรุปและเปรียบเทียบจำนวนของสถานการณ์ทดลองทั้งหมดของแต่ละวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยที่สถานการณ์ในการทดลองสำหรับการประมาณค่าแบบจุดมี 144 สถานการณ์ ซึ่งจะทำการเรียบเทียบเป็นค่าเปอร์เซ็นต์เพื่อง่ายต่อการสรุปผลที่ได้ว่าวิธีใดมีความเหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ แสดงดังกราฟต่อไปนี้

<u>รูปที่ 4.1.8</u> กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด



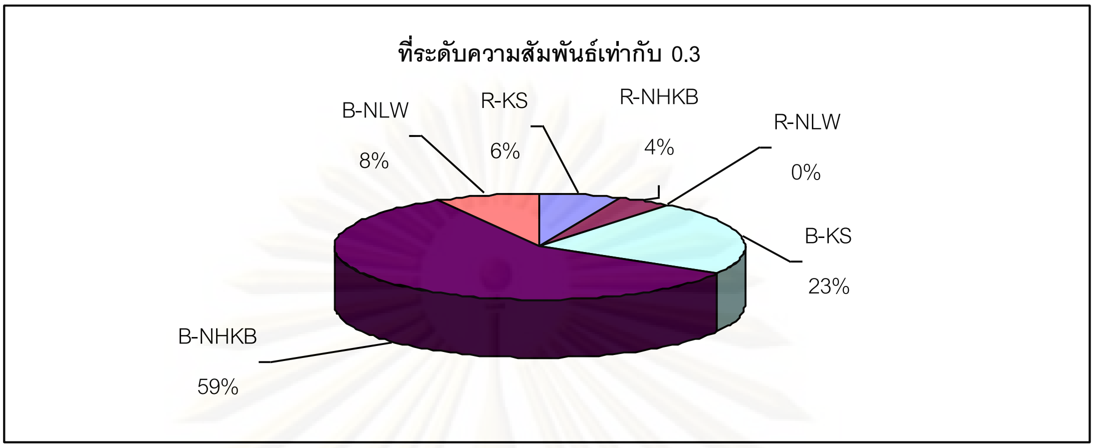
จากรูปที่ 4.1.8 เป็นกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ รวมทุกวิธีการประมาณค่า $k$ พบว่าจากจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมา กสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 97% และส่วนที่เหลืออีก 3% ของสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

รูปที่ 4.1.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$



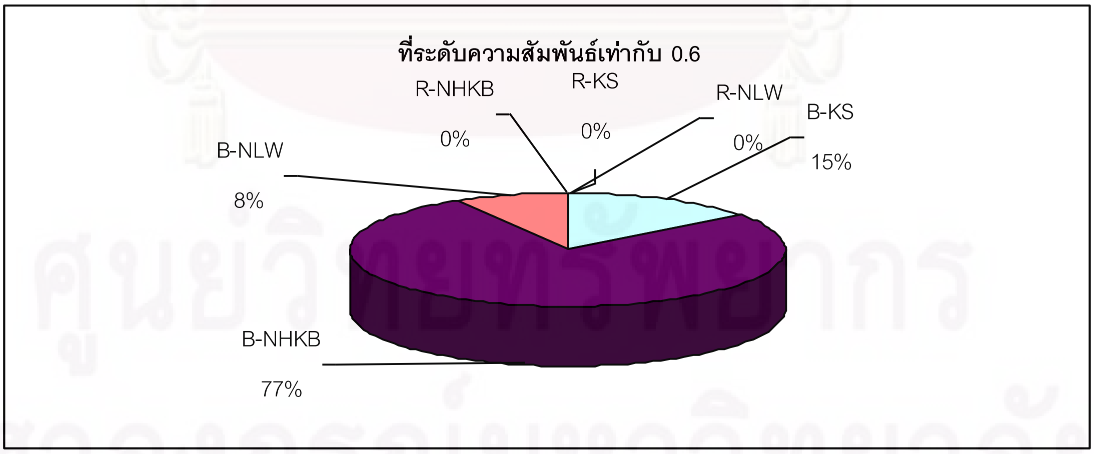

จากรูปที่ 4.1.9 เป็นกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ที่ได้แยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ ทั้ง 3 วิธี พบว่าจาก 97% ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมดที่วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีค่า MSE น้อยที่สุด สามารถแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$ โดยที่วิธี New HKB เป็นวิธีที่มีจำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 76% รองลงมาคือวิธี KS และวิธี New LW มีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 13% และ 8% ตามลำดับ ส่วนอีก 3% ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด ซึ่งเป็นการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ สามารถแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$ โดยวิธี KS เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุดจากจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด รองลงมาคือวิธี New HKB โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 2% และ 1% ตามลำดับ และวิธี New LW ไม่มีสถานการณ์ใดที่มีค่า MSE น้อยที่สุด

รูปที่ 4.1.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยพิจารณาที่ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3




จากรูปที่ 4.1.10 พบว่าโดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 90% และมากกว่าครึ่งของสถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบบริดจ์ประมาณค่า $k$ ด้วยวิธี New HKB เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีวิธี KS และวิธี New LW ตามลำดับ

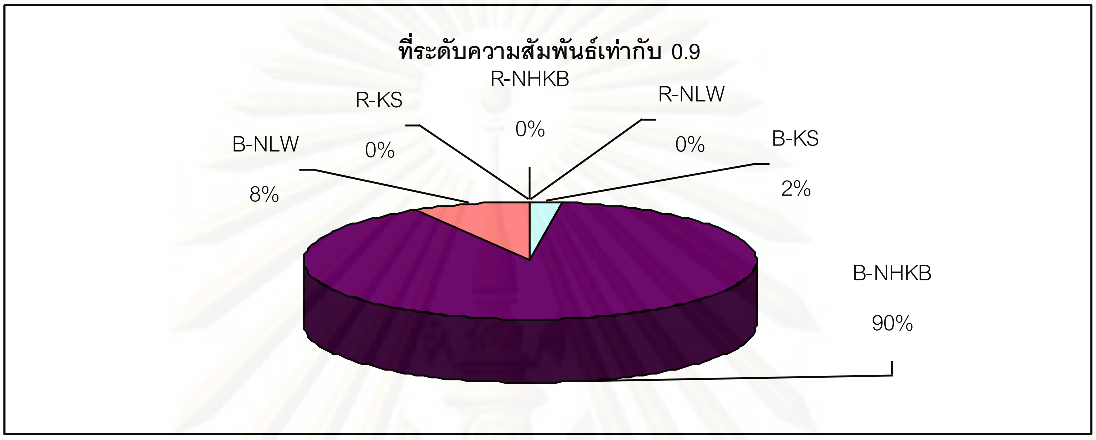
รูปที่ 4.1.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยพิจารณาที่ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6




จากรูปที่ 4.1.11 พบว่าทุกสถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6 วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 100% สามารถแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$ โดยที่วิธี New HKB เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่

ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 77% รองลงมาคือวิธี KS และวิธี New LW มีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 15% และ 8% ตามลำดับ

รูปที่ 4.1.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยพิจารณาที่ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9




จากรูปที่ 4.1.12 พบว่าทุกสถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 100% สามารถแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$ โดยที่วิธี New HKB เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 90% รองลงมาคือวิธี New LW และวิธี KS มีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 8% และ 2% ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.1.8-4.1.12 จะเห็นได้ว่าโดยส่วนใหญ่ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมดเมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระประกอบ เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6 และ 0.9 พบว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 100% และนั่นแสดงว่า 3% ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด ซึ่งเป็นการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ จะอยู่ในสถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3

เมื่อระดับความสัมพันธ์มีค่าเพิ่มขึ้นการประมาณค่า $k$ ด้วยวิธี New HKB จะมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นและวิธีอื่นๆ มีค่าลดลง นั่นแสดงว่าการประมาณค่าด้วยวิธีนี้มีความเหมาะสมเมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันสูง

**ผลสรุปรวมของการประมาณค่าแบบจุด**

จากตารางที่ 4.1.1-4.1.12 และรูปที่ 4.1.1-4.1.7 พบว่าเกือบทุกสถานการณ์ของการทดลองทั้งหมด การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยส่วนใหญ่วิธีการประมาณค่า $k$ ด้วยวิธี New HKB จะให้ค่า MSE ต่ำสุด รองลงมาคือวิธี KS และวิธี New LW ตามลำดับ และจะพบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ ระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อย วิธีของการประมาณค่าแต่ละวิธีจะให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันมากและมีค่าน้อย ในทางตรงกันข้ามเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก ระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น จะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้อย่างชัดเจนและค่า MSE ที่ได้จะมีค่าสูงขึ้น นั่นคือค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่ าง เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ มีค่าลดลงจึงส่งผลทำให้ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้นส่งผลให้ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้กรณีของการเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระ พบว่าถ้าระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่ำ เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีแนวโน้มที่จะคงที่หรือลดลงเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น เพราะว่ามีปัจจัยที่มีปัญหาพหุสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยมาอธิบายสมการถดถอย แต่ในกรณีที่ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระสูง จะทำให้เกิดปัญหาพหุสัมพั นธ์มากขึ้น การเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระยิ่งทำให้ค่า MSE สูงขึ้น เพราะไม่สามารถบอกได้ว่าการที่มีจำนวนตัวแปรอิสระหลายตัวจะสามารถอธิบายได้ดีขึ้นด้วยสาเหตุที่มีปัญหาพหุสัมพันธ์กันสูง

จากลักษณะแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า MSE ที่ได้ในการทดลอง สามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า MSE ได้ดังนี้

1. <u>ขนาดตัวอย่าง</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น หมายความว่าเราได้ข้อมูลมากขึ้นเพื่อที่จะนำมาใช้ในการอธิบายสมการความถดถอยเชิงพหุ จึงส่งผลทำให้ค่า MSE ลดลงและมีผลทำให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุถูกต้องมากขึ้น

2. <u>ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ มีค่าลดลง จึงส่งผลทำให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุลดลง

3. <u>ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าของ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน เพิ่มขึ้น หมายความว่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายมากขึ้น ส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้นทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้สูงขึ้น จึงทำให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุลดลง

4. <u>จำนวนตัวแปรอิสระ</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุลดลง

ดังนั้นสามารถสรุปผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของค่า MSE ดังนี้ ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน และจำนวนตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่า MSE มีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดของค่า MSE เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า PDMSE มีแนวโน้มลดลง และในกรณีที่ความสัมพันธ์ระดับต่ำและขนาดตัวอย่างใหญ่ค่า PDMSE มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงว่าวิธีของการประมาณค่าในแต่ละวิธีเมื่อมีระดับความสัมพันธ์ต่ำและมีขนาดตัวอย่างใหญ่จะให้ค่า MSE ไม่แตกต่างกัน นั่นหมายความว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพของการประมาณใกล้เคียงกัน และในทางตรงกันข้ามเมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ระดับความสัมพันธ์สูง ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน มากและจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มมากขึ้นค่า PDMSE มีค่าสูง และค่า PDMSE ที่ได้ของแต่ละวิธีในการประมาณค่ามีค่าแตกต่างกันอย่างเห็น ได้ชัดและมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้น

วิธีการประมาณค่าแต่ละวิธีจะให้ประสิทธิภาพหรือความเหมาะสมในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแตกต่างกัน

จากแต่ละวิธีของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุของทุกสถานการณ์ ค่า $BIAS^2$ มีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นในทุกๆ ระดับความสัมพันธ์ แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น จำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น และจำนวนขนาดตัวอย่างน้อย และการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์จะให้ค่า $BIAS^2$ น้อยกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ในทุกๆ ค่า $k$ โดยที่วิธีการประมาณค่า $k$ ด้วยวิธี New LW ให้ค่า $BIAS^2$ น้อยสุดรองลงมาคือวิธี KS และวิธี New HKB ตามลำดับ จากค่าของ MSE ที่ได้และความสัมพันธ์ของค่า MSE และค่า $BIAS^2$ แสดงให้เห็นว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ให้ค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยสูงกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ในทุกๆ ค่า $k$ นั่นคือวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์จะให้ค่าความแปรปรวนลดลงและให้ค่า $BIAS^2$ เพิ่มขึ้นจากวิธีความถดถอยแบบริดจ์ แต่อัตราการเพิ่มของค่า $BIAS^2$ น้อยกว่าอัตราการลดของความแปรปรวน จึงทำให้วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ในทุกๆ ค่า $k$ มีค่า MSE ต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์

### 4.3.2 **ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุสำหรับกรณีของการประมาณค่าแบบช่วง**

ผลการวิจัยในส่วนนี้เป็นการนำเสนอผลการทดลองการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ สำหรับการประมาณค่าแบบช่วงในแต่ละวิธีรวมไปถึงข้อสรุปของผลการทดลองที่ได้ ซึ่งนำเสนอในรูปของตารางที่ 4.2.1 – 4.2.36

ตารางที่ 4.2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.8880 | **0.7727** | 0.8973 | **0.7927** | **0.6480** | **0.8267** | 1.2002 | 1.0411 | 1.3669 | 0.9813 | 0.8463 | 1.1176 |
| | 30 | 0.8940 | **0.8647** | 0.9007 | **0.8667** | **0.7833** | **0.8713** | 0.7110 | 0.6727 | 0.7501 | 0.6450 | 0.6089 | 0.6808 |
| | 50 | 0.9000 | 0.8887 | 0.8987 | **0.8773** | **0.8287** | **0.8767** | 0.4971 | 0.4827 | 0.5074 | 0.4693 | 0.4552 | 0.4789 |
| | 100 | 0.9133 | 0.9033 | 0.9127 | 0.9053 | 0.8787 | 0.8993 | 0.3455 | 0.3407 | 0.3491 | 0.3343 | 0.3296 | 0.3378 |
| 0.6 | 15 | 0.8893 | **0.8320** | 0.9100 | **0.8253** | **0.7293** | **0.8573** | 1.2718 | 1.1576 | 1.5544 | 1.0411 | 0.9459 | 1.2763 |
| | 30 | 0.8833 | **0.8567** | 0.8847 | **0.8680** | **0.8020** | **0.8547** | 0.7854 | 0.7312 | 0.8541 | 0.7128 | 0.6627 | 0.7753 |
| | 50 | 0.8907 | 0.8807 | 0.8913 | **0.8740** | **0.8580** | **0.8707** | 0.5480 | 0.5276 | 0.5682 | 0.5168 | 0.4972 | 0.5361 |
| | 100 | 0.9067 | 0.9040 | 0.9013 | 0.8987 | 0.8913 | 0.8900 | 0.3853 | 0.3783 | 0.3927 | 0.3732 | 0.3664 | 0.3803 |
| 0.9 | 15 | 0.9047 | **0.8700** | 0.8907 | 0.8933 | **0.8287** | **0.8600** | 1.6026 | 1.4095 | 2.1259 | 1.3105 | 1.1513 | 1.7401 |
| | 30 | 0.8833 | **0.8680** | 0.8860 | 0.9013 | 0.8860 | **0.8667** | 1.0812 | 0.9846 | 1.3808 | 0.9837 | 0.8951 | 1.2571 |
| | 50 | 0.9000 | 0.8960 | 0.8960 | 0.9060 | 0.9167 | **0.8740** | 0.7736 | 0.6973 | 0.9001 | 0.7287 | 0.6563 | 0.8488 |
| | 100 | 0.9120 | 0.9120 | 0.9133 | 0.9200 | 0.9273 | 0.8953 | 0.5765 | 0.5432 | 0.6285 | 0.5594 | 0.5269 | 0.6100 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

<table>
<tr><th rowspan="2">ระดับความสัมพันธ์</th><th rowspan="2">ขนาดตัวอย่าง</th><th colspan="6">ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง</th><th colspan="6">ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น</th></tr>
<tr><th>R-KS</th><th>R-NHKB</th><th>R-NLW</th><th>B-KS</th><th>B-NHKB</th><th>B-NLW</th><th>R-KS</th><th>R-NHKB</th><th>R-NLW</th><th>B-KS</th><th>B-NHKB</th><th>B-NLW</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>0.9360</td><td>0.8420</td><td>0.9407</td><td>0.8567</td><td>0.7160</td><td>0.8833</td><td>1.4672</td><td>1.2727</td><td>1.6710</td><td>1.1611</td><td>1.0011</td><td>1.3242</td></tr>
<tr><td>30</td><td>0.9507</td><td>0.9153</td><td>0.9527</td><td>0.9240</td><td>0.8507</td><td>0.9247</td><td>0.8565</td><td>0.8103</td><td>0.9037</td><td>0.7650</td><td>0.7225</td><td>0.8075</td></tr>
<tr><td>50</td><td>0.9500</td><td>0.9340</td><td>0.9513</td><td>0.9280</td><td>0.8973</td><td>0.9273</td><td>0.5960</td><td>0.5787</td><td>0.6084</td><td>0.5563</td><td>0.5397</td><td>0.5681</td></tr>
<tr><td>100</td><td>0.9553</td><td>0.9480</td><td>0.9573</td><td>0.9480</td><td>0.9327</td><td>0.9447</td><td>0.4129</td><td>0.4072</td><td>0.4172</td><td>0.3972</td><td>0.3915</td><td>0.4013</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>0.9453</td><td>0.8953</td><td>0.9520</td><td>0.8900</td><td>0.7900</td><td>0.9007</td><td>1.5547</td><td>1.4151</td><td>1.9002</td><td>1.2304</td><td>1.1179</td><td>1.5076</td></tr>
<tr><td>30</td><td>0.9387</td><td>0.9180</td><td>0.9420</td><td>0.9253</td><td>0.8620</td><td>0.9140</td><td>0.9461</td><td>0.8808</td><td>1.0289</td><td>0.8451</td><td>0.7860</td><td>0.9199</td></tr>
<tr><td>50</td><td>0.9433</td><td>0.9373</td><td>0.9427</td><td>0.9333</td><td>0.9107</td><td>0.9273</td><td>0.6570</td><td>0.6325</td><td>0.6813</td><td>0.6145</td><td>0.5913</td><td>0.6373</td></tr>
<tr><td>100</td><td>0.9553</td><td>0.9547</td><td>0.9540</td><td>0.9500</td><td>0.9480</td><td>0.9447</td><td>0.4605</td><td>0.4521</td><td>0.4693</td><td>0.4427</td><td>0.4346</td><td>0.4513</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>0.9527</td><td>0.9247</td><td>0.9400</td><td>0.9360</td><td>0.8773</td><td>0.9073</td><td>1.9591</td><td>1.7231</td><td>2.5989</td><td>1.5487</td><td>1.3615</td><td>2.0576</td></tr>
<tr><td>30</td><td>0.9393</td><td>0.9320</td><td>0.9427</td><td>0.9453</td><td>0.9307</td><td>0.9100</td><td>1.3025</td><td>1.1861</td><td>1.6634</td><td>1.1670</td><td>1.0623</td><td>1.4908</td></tr>
<tr><td>50</td><td>0.9487</td><td>0.9453</td><td>0.9560</td><td>0.9547</td><td>0.9593</td><td>0.9333</td><td>0.9275</td><td>0.8360</td><td>1.0792</td><td>0.8649</td><td>0.7792</td><td>1.0072</td></tr>
<tr><td>100</td><td>0.9613</td><td>0.9600</td><td>0.9587</td><td>0.9607</td><td>0.9633</td><td>0.9513</td><td>0.6889</td><td>0.6492</td><td>0.7512</td><td>0.6631</td><td>0.6248</td><td>0.7228</td></tr>
</table>

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9827 | **0.9147** | **0.9800** | **0.9367** | **0.8040** | **0.9447** | 2.0570 | 1.7843 | 2.3426 | 1.4824 | 1.2794 | 1.6897 |
| | 30 | 0.9913 | **0.9767** | 0.9933 | **0.9767** | **0.9227** | **0.9807** | 1.1565 | 1.0942 | 1.2203 | 0.9810 | 0.9261 | 1.0361 |
| | 50 | 0.9900 | 0.9860 | 0.9920 | **0.9787** | **0.9587** | **0.9787** | 0.7954 | 0.7723 | 0.8119 | 0.7140 | 0.6929 | 0.7289 |
| | 100 | 0.9900 | 0.9867 | 0.9900 | **0.9807** | **0.9727** | 0.9833 | 0.5467 | 0.5390 | 0.5523 | 0.5095 | 0.5021 | 0.5148 |
| 0.6 | 15 | 0.9833 | **0.9373** | **0.9807** | **0.9307** | **0.8473** | **0.9353** | 2.1392 | 1.9495 | 2.6719 | 1.5421 | 1.4002 | 1.9274 |
| | 30 | 0.9847 | **0.9720** | 0.9840 | **0.9680** | **0.9280** | **0.9640** | 1.2776 | 1.1894 | 1.3893 | 1.0836 | 1.0074 | 1.1781 |
| | 50 | 0.9887 | 0.9880 | 0.9900 | **0.9747** | **0.9747** | **0.9707** | 0.8768 | 0.8440 | 0.9091 | 0.7876 | 0.7578 | 0.8169 |
| | 100 | 0.9900 | 0.9907 | 0.9873 | **0.9793** | 0.9827 | **0.9793** | 0.6097 | 0.5986 | 0.6213 | 0.5684 | 0.5578 | 0.5794 |
| 0.9 | 15 | 0.9967 | 0.9833 | 0.9907 | **0.9727** | **0.9287** | **0.9607** | 2.7465 | 2.4156 | 3.6435 | 1.9767 | 1.7407 | 2.6332 |
| | 30 | 0.9833 | 0.9833 | 0.9833 | **0.9780** | **0.9727** | **0.9687** | 1.7588 | 1.6016 | 2.2462 | 1.4905 | 1.3567 | 1.9038 |
| | 50 | 0.9893 | 0.9913 | 0.9907 | 0.9880 | 0.9900 | **0.9807** | 1.2377 | 1.1156 | 1.4402 | 1.1089 | 0.9994 | 1.2902 |
| | 100 | 0.9927 | 0.9920 | 0.9927 | 0.9913 | 0.9900 | 0.9840 | 0.9121 | 0.8594 | 0.9944 | 0.8519 | 0.8028 | 0.9290 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.1-4.2.3 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.6 | 15 | ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระดับ 0.3 | ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระดับ 0.3 |
| | 30 | | |
| | 50 | | |
| | 100 | | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 30 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | |
| | 100 | ทุกวิธี | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHK และวิธี B-KS มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าควา มยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-KS วิธี B-KS และวิธี R-NHKB ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 100 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS | B-KS |
| 0.6 | 15 | ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระดับ 0.3 | ผลสรุปสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระดับ 0.3 |
| | 30 | | |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | R-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 100 | ทุกวิธี | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB และวิธี B-KS มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดวิธี R-NHKB

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

<table>
<tr><th>ระดับ<br>ความ<br>สัมพันธ์</th><th>ขนาด<br>ตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง<br>ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด<br>(ไม่ต่ำกว่า 0.9827)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว<br>เฉลี่ยของช่วงความ<br>เชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS</td><td rowspan="2">R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NLW</td><td>B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td rowspan="3">ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับ<br>ความสัมพันธ์ระดับ 0.3</td><td rowspan="3">ผลสรุปสอดคล้อง<br>กับความสัมพันธ์<br>ระดับ 0.3</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB</td><td>B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td rowspan="2">R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="2">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NLW รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-NHKB ตามลำดับ และน้อยสุดวิธี B-KS และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-KS และวิธี R-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9113 | **0.7133** | 0.8813 | 0.8893 | **0.6440** | **0.8407** | 5.1728 | 2.7866 | 5.2542 | 4.2308 | 2.2691 | 4.2950 |
| | 30 | 0.9073 | **0.6893** | 0.8953 | 0.8927 | **0.6487** | **0.8660** | 3.5242 | 2.0036 | 3.5672 | 3.2100 | 1.8169 | 3.2491 |
| | 50 | 0.8980 | **0.7313** | 0.8927 | 0.8873 | **0.6727** | **0.8773** | 2.4760 | 1.6313 | 2.4991 | 2.3339 | 1.5345 | 2.3556 |
| | 100 | 0.9093 | **0.8013** | 0.9087 | 0.8980 | **0.7700** | 0.8933 | 1.7242 | 1.3381 | 1.7436 | 1.6709 | 1.2956 | 1.6898 |
| 0.6 | 15 | 0.8913 | **0.7333** | 0.8687 | 0.8987 | **0.7007** | **0.8560** | 5.3475 | 3.1330 | 5.6421 | 4.3800 | 2.5543 | 4.6204 |
| | 30 | 0.9160 | **0.7380** | 0.9027 | 0.9100 | **0.7073** | **0.8753** | 3.7353 | 2.1714 | 3.9475 | 3.3982 | 1.9680 | 3.5910 |
| | 50 | 0.9027 | **0.7953** | 0.8960 | 0.8953 | **0.7673** | 0.8787 | 2.6879 | 1.7382 | 2.7764 | 2.5419 | 1.6381 | 2.6255 |
| | 100 | 0.9047 | **0.8287** | 0.9067 | 0.9013 | **0.8180** | 0.8913 | 1.9134 | 1.4115 | 1.9596 | 1.8505 | 1.3656 | 1.8949 |
| 0.9 | 15 | 0.8953 | **0.8053** | 0.8673 | 0.9053 | **0.7833** | **0.8680** | 5.9902 | 4.1981 | 6.5133 | 4.9150 | 3.4406 | 5.3471 |
| | 30 | 0.8893 | **0.7907** | 0.8607 | 0.9233 | **0.8013** | **0.8620** | 4.6069 | 2.9386 | 5.5391 | 4.1910 | 2.6692 | 5.0427 |
| | 50 | 0.8947 | **0.8080** | 0.8853 | 0.9140 | **0.8240** | 0.8780 | 3.6131 | 2.0899 | 4.2218 | 3.4051 | 1.9645 | 3.9773 |
| | 100 | 0.8907 | **0.8500** | 0.8907 | 0.9027 | 0.8847 | 0.8807 | 2.7612 | 1.6711 | 3.0845 | 2.6741 | 1.6151 | 2.9868 |

**<u>หมายเหตุ</u>** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9480 | 0.7900 | 0.9267 | 0.9373 | 0.7120 | 0.9033 | 6.3237 | 3.4065 | 6.4232 | 5.0086 | 2.6872 | 5.0887 |
| | 30 | 0.9540 | 0.7680 | 0.9447 | 0.9433 | 0.7187 | 0.9293 | 4.2453 | 2.4136 | 4.2971 | 3.8091 | 2.1561 | 3.8553 |
| | 50 | 0.9467 | 0.7920 | 0.9413 | 0.9340 | 0.7413 | 0.9233 | 2.9686 | 1.9558 | 2.9963 | 2.7704 | 1.8197 | 2.7964 |
| | 100 | 0.9580 | 0.8707 | 0.9573 | 0.9547 | 0.8333 | 0.9507 | 2.0606 | 1.5992 | 2.0838 | 1.9830 | 1.5375 | 2.0053 |
| 0.6 | 15 | 0.9507 | 0.8120 | 0.9380 | 0.9373 | 0.7573 | 0.9067 | 6.5372 | 3.8300 | 6.8974 | 5.1828 | 3.0208 | 5.4625 |
| | 30 | 0.9567 | 0.8100 | 0.9507 | 0.9553 | 0.7727 | 0.9333 | 4.4996 | 2.6157 | 4.7553 | 4.0311 | 2.3357 | 4.2576 |
| | 50 | 0.9580 | 0.8540 | 0.9560 | 0.9493 | 0.8233 | 0.9387 | 3.2226 | 2.0840 | 3.3288 | 3.0174 | 1.9435 | 3.1168 |
| | 100 | 0.9480 | 0.8947 | 0.9480 | 0.9440 | 0.8787 | 0.9393 | 2.2867 | 1.6869 | 2.3419 | 2.1986 | 1.6197 | 2.2516 |
| 0.9 | 15 | 0.9553 | 0.8807 | 0.9367 | 0.9467 | 0.8407 | 0.9133 | 7.3229 | 5.1321 | 7.9623 | 5.8129 | 4.0669 | 6.3278 |
| | 30 | 0.9427 | 0.8673 | 0.9213 | 0.9580 | 0.8573 | 0.9173 | 5.5496 | 3.5400 | 6.6726 | 4.9645 | 3.1638 | 5.9731 |
| | 50 | 0.9540 | 0.8820 | 0.9493 | 0.9573 | 0.8740 | 0.9393 | 4.3319 | 2.5057 | 5.0616 | 4.0417 | 2.3316 | 4.7226 |
| | 100 | 0.9407 | 0.9187 | 0.9413 | 0.9507 | 0.9340 | 0.9307 | 3.3000 | 1.9972 | 3.6863 | 3.1688 | 1.9171 | 3.5404 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9887 | **0.8793** | **0.9820** | **0.9720** | **0.8080** | **0.9487** | 8.8653 | 4.7758 | 9.0049 | 6.3703 | 3.4198 | 6.4696 |
| | 30 | 0.9907 | **0.8687** | 0.9880 | **0.9807** | **0.7960** | **0.9713** | 5.7326 | 3.2592 | 5.8026 | 4.8831 | 2.7584 | 4.9416 |
| | 50 | **0.9820** | **0.8720** | **0.9793** | **0.9747** | **0.8320** | **0.9713** | 3.9614 | 2.6098 | 3.9984 | 3.5647 | 2.3407 | 3.5987 |
| | 100 | 0.9940 | **0.9473** | 0.9940 | 0.9887 | **0.9153** | 0.9893 | 2.7279 | 2.1171 | 2.7586 | 2.5456 | 1.9743 | 2.5743 |
| 0.6 | 15 | 0.9960 | **0.9013** | 0.9907 | **0.9820** | **0.8253** | **0.9580** | 9.1647 | 5.3693 | 9.6697 | 6.6050 | 3.8558 | 6.9653 |
| | 30 | 0.9920 | **0.8873** | 0.9893 | **0.9813** | **0.8440** | **0.9720** | 6.0760 | 3.5321 | 6.4213 | 5.1622 | 2.9929 | 5.4485 |
| | 50 | 0.9920 | **0.9340** | 0.9913 | 0.9827 | **0.8913** | **0.9807** | 4.3004 | 2.7809 | 4.4421 | 3.8738 | 2.4958 | 4.0011 |
| | 100 | 0.9880 | **0.9547** | 0.9867 | 0.9833 | **0.9347** | **0.9813** | 3.0273 | 2.2332 | 3.1003 | 2.8266 | 2.0841 | 2.8946 |
| 0.9 | 15 | 0.9927 | **0.9533** | 0.9867 | **0.9713** | **0.9013** | **0.9573** | 10.2661 | 7.1948 | 11.1626 | 7.3996 | 5.1744 | 8.0506 |
| | 30 | 0.9860 | **0.9327** | 0.9753 | 0.9840 | **0.9087** | **0.9573** | 7.4940 | 4.7802 | 9.0103 | 6.3532 | 4.0551 | 7.6404 |
| | 50 | 0.9880 | **0.9567** | 0.9867 | 0.9853 | **0.9367** | **0.9760** | 5.7807 | 3.3438 | 6.7545 | 5.1823 | 2.9987 | 6.0546 |
| | 100 | 0.9887 | 0.9840 | 0.9893 | 0.9827 | **0.9707** | **0.9767** | 4.3687 | 2.6439 | 4.8801 | 4.0672 | 2.4581 | 4.5444 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.4-4.2.6 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="3">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="11">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td><td>B-NHKB</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-NLW รองลงมาคือวิธี B-NHKB ตามลำดับ และวิธี R-NHKB ไม่มีสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่ าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

<table>
<tr><th>ระดับ<br>ความ<br>สัมพันธ์</th><th>ขนาด<br>ตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง<br>ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด<br>(ไม่ต่ำกว่า 0.934)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว<br>เฉลี่ยของช่วงความ<br>เชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS , B-KS</td><td rowspan="4">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="7">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td>B-NHKB</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

<table>
<tr><th>ระดับ<br>ความ<br>สัมพันธ์</th><th>ขนาด<br>ตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง<br>ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด<br>(ไม่ต่ำกว่า 0.9827)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว<br>เฉลี่ยของช่วงความ<br>เชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS</td><td rowspan="2">R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW</td></tr>
<tr><td>50</td><td>ไม่มี</td><td>ไม่มี</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW</td><td rowspan="2">R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="2">B-KS</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="3">B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่ามีบางสถานการณ์ที่การประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี R-NLW วิธี B-KS ตามลำดับ และน้อยสุดคือวิธี R-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน ส่วนวิธี B-NHKB ไม่มีสถานการณ์ใดที่ ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ไม่มีวิธีใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9120 | **0.7400** | 0.8867 | 0.8993 | **0.7227** | **0.8553** | 10.2027 | 4.9059 | 9.4874 | 8.3618 | 4.0002 | 7.7752 |
| | 30 | 0.9153 | **0.7027** | 0.9047 | 0.8993 | **0.6847** | **0.8747** | 6.9650 | 3.2677 | 6.6729 | 6.3267 | 2.9592 | 6.0610 |
| | 50 | 0.9053 | **0.7080** | 0.8993 | 0.8920 | **0.6867** | 0.8827 | 4.9340 | 2.5517 | 4.8301 | 4.6436 | 2.3963 | 4.5456 |
| | 100 | 0.9140 | **0.7000** | 0.9073 | 0.8980 | **0.6767** | 0.8893 | 3.4417 | 1.9306 | 3.4268 | 3.3354 | 1.8675 | 3.3210 |
| 0.6 | 15 | 0.9067 | **0.7567** | 0.8900 | 0.9013 | **0.7320** | **0.8713** | 10.6531 | 5.7086 | 9.9279 | 8.7469 | 4.6740 | 8.1580 |
| | 30 | 0.8947 | **0.7087** | 0.8840 | 0.9033 | **0.7260** | **0.8753** | 7.4183 | 3.6299 | 7.3131 | 6.7455 | 3.2917 | 6.6510 |
| | 50 | 0.9087 | **0.7293** | 0.9033 | 0.9060 | **0.7287** | 0.8900 | 5.3516 | 2.6685 | 5.2933 | 5.0598 | 2.5145 | 5.0038 |
| | 100 | 0.9027 | **0.7373** | 0.8993 | 0.8980 | **0.7320** | 0.8873 | 3.8241 | 2.1056 | 3.8471 | 3.6984 | 2.0371 | 3.7206 |
| 0.9 | 15 | 0.9140 | **0.8247** | 0.8993 | 0.9247 | **0.8353** | 0.9120 | 11.7431 | 8.1720 | 11.1863 | 9.6628 | 6.7103 | 9.1869 |
| | 30 | 0.8807 | **0.7700** | 0.8567 | 0.9113 | **0.7820** | **0.8600** | 9.0434 | 4.9711 | 9.1839 | 8.2128 | 4.5102 | 8.3433 |
| | 50 | 0.8967 | **0.7993** | 0.8867 | 0.9260 | **0.8307** | 0.8940 | 7.1522 | 3.7019 | 7.6291 | 6.7579 | 3.4979 | 7.2126 |
| | 100 | 0.9013 | **0.8167** | 0.8973 | 0.9180 | **0.8180** | 0.8967 | 5.4584 | 2.6164 | 5.8330 | 5.2903 | 2.5313 | 5.6549 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9633 | **0.8227** | 0.9420 | 0.9413 | **0.7773** | **0.9053** | 12.4726 | 5.9974 | 11.5982 | 9.8931 | 4.7236 | 9.2018 |
| | 30 | 0.9560 | **0.7713** | 0.9493 | 0.9473 | **0.7540** | **0.9273** | 8.3903 | 3.9364 | 8.0383 | 7.5116 | 3.5081 | 7.1990 |
| | 50 | 0.9507 | **0.7713** | 0.9460 | 0.9387 | **0.7533** | **0.9300** | 5.9156 | 3.0593 | 5.7910 | 5.5046 | 2.8420 | 5.3879 |
| | 100 | 0.9580 | **0.7633** | 0.9520 | 0.9473 | **0.7407** | 0.9413 | 4.1132 | 2.3072 | 4.0953 | 3.9520 | 2.2134 | 3.9346 |
| 0.6 | 15 | 0.9573 | **0.8320** | 0.9407 | 0.9420 | **0.7940** | **0.9147** | 13.0232 | 6.9787 | 12.1367 | 10.3399 | 5.5262 | 9.6326 |
| | 30 | 0.9487 | **0.7880** | 0.9420 | 0.9400 | **0.7913** | **0.9227** | 8.9363 | 4.3726 | 8.8097 | 7.9867 | 3.9015 | 7.8803 |
| | 50 | 0.9600 | **0.7920** | 0.9600 | 0.9493 | **0.7800** | 0.9427 | 6.4163 | 3.1994 | 6.3463 | 6.0047 | 2.9839 | 5.9365 |
| | 100 | 0.9447 | **0.8067** | 0.9407 | 0.9413 | **0.7973** | **0.7973** | 4.5702 | 2.5163 | 4.5977 | 4.3924 | 2.4162 | 4.4186 |
| 0.9 | 15 | 0.9620 | **0.8947** | 0.9553 | 0.9513 | **0.8820** | 0.9467 | 14.3558 | 9.9901 | 13.6751 | 11.4187 | 7.9399 | 10.8667 |
| | 30 | 0.9460 | **0.8407** | **0.9240** | 0.9400 | **0.8427** | **0.9067** | 10.8940 | 5.9884 | 11.0632 | 9.7394 | 5.3368 | 9.8890 |
| | 50 | 0.9533 | **0.8700** | 0.9467 | 0.9593 | **0.8760** | 0.9360 | 8.5751 | 4.4384 | 9.1468 | 8.0189 | 4.1425 | 8.5526 |
| | 100 | 0.9533 | **0.8833** | 0.9520 | 0.9553 | **0.8807** | 0.9373 | 6.5234 | 3.1268 | 6.9711 | 6.2768 | 3.0012 | 6.7062 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9920 | **0.8973** | **0.9793** | **0.9800** | **0.8400** | **0.9520** | 17.4857 | 8.4080 | 16.2598 | 12.6169 | 6.0366 | 11.7460 |
| | 30 | 0.9913 | **0.8640** | 0.9867 | **0.9800** | **0.8307** | **0.9680** | 11.3298 | 5.3155 | 10.8545 | 9.6172 | 4.4983 | 9.2075 |
| | 50 | 0.9933 | **0.8533** | 0.9927 | **0.9767** | **0.8300** | **0.9740** | 7.8941 | 4.0825 | 7.7278 | 7.0721 | 3.6431 | 6.9233 |
| | 100 | 0.9907 | **0.8400** | 0.9900 | **0.9807** | **0.8147** | **0.9773** | 5.4452 | 3.0544 | 5.4216 | 5.0771 | 2.8432 | 5.0537 |
| 0.6 | 15 | 0.9940 | **0.9107** | 0.9880 | **0.9707** | **0.8487** | **0.9480** | 18.2576 | 9.7837 | 17.0148 | 13.1799 | 7.0509 | 12.2730 |
| | 30 | 0.9880 | **0.8833** | 0.9847 | 0.9853 | **0.8600** | **0.9747** | 12.0671 | 5.9046 | 11.8961 | 10.2470 | 5.0039 | 10.0994 |
| | 50 | 0.9913 | **0.8747** | 0.9913 | 0.9827 | **0.8387** | 0.9827 | 8.5622 | 4.2695 | 8.4688 | 7.7095 | 3.8281 | 7.6235 |
| | 100 | 0.9867 | **0.8833** | 0.9853 | **0.9820** | **0.8673** | **0.9773** | 6.0503 | 3.3313 | 6.0867 | 5.6480 | 3.1098 | 5.6831 |
| 0.9 | 15 | 0.9953 | **0.9480** | 0.9927 | 0.9860 | **0.9267** | **0.9793** | 20.1258 | 14.0053 | 19.1715 | 14.5343 | 10.0987 | 13.8285 |
| | 30 | 0.9913 | **0.9160** | **0.9773** | **0.9813** | **0.8987** | **0.9593** | 14.7107 | 8.0864 | 14.9392 | 12.5072 | 6.8517 | 12.7083 |
| | 50 | 0.9893 | **0.9320** | 0.9847 | 0.9860 | **0.9180** | **0.9760** | 11.4430 | 5.9228 | 12.2059 | 10.2778 | 5.3193 | 10.9675 |
| | 100 | 0.9900 | **0.9373** | 0.9867 | 0.9880 | **0.9280** | **0.9807** | 8.6359 | 4.1394 | 9.2287 | 8.0488 | 3.8453 | 8.6030 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.7-4.2.9 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตั วแปรอิสระเท่ากับ 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | B-NLW |
| | 100 | | |
| 0.6 | 15 | ผลสรุปที่ได้สอดคล้องกับ ความสัมพันธ์ระดับ 0.3 | B-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | | B-NLW |
| | 100 | | B-KS |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | B-NLW |
| | 30 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 50 | | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และวิธี B-NLW มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธี R-NHKB และวิธี B-NHKB ไม่มีสถานการณ์ใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-NLW และวิธี B-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | | |
| | 100 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | B-NLW |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | B-NLW |
| | 100 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-NLW |
| | 30 | R-KS , B-KS , B-NLW | B-KS |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี B-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิท ธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NLW รองลงมาคือวิธี B-NLW ตามลำดับ ส่วนวิธี R-NHKB และวิธี B-NHKB ไม่มีสถานการณ์ใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NLW | R-NLW |
| | 50 | | |
| | 100 | | |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | R-NLW |
| | 100 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 30 | R-KS | R-KS |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NLW รองลงมาคือวิธี B-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ ส่วนวิธี R-NHKB และวิธี B-NHKB ไม่มีสถานการณ์ใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิ ธี B-KS และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี R-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิ ทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.8820 | **0.8105** | 0.8915 | **0.7685** | **0.6310** | **0.7975** | 0.9998 | 0.9248 | 1.0870 | 0.7753 | 0.7127 | 0.8470 |
| | 30 | 0.8960 | **0.8705** | 0.9040 | **0.8485** | **0.7995** | **0.8605** | 0.7232 | 0.6920 | 0.7740 | 0.6438 | 0.6153 | 0.6897 |
| | 50 | 0.8960 | 0.8800 | 0.9010 | **0.8665** | **0.8410** | **0.8665** | 0.5168 | 0.5048 | 0.5351 | 0.4825 | 0.4710 | 0.4998 |
| | 100 | 0.9105 | 0.9080 | 0.9110 | 0.8930 | 0.8890 | 0.8925 | 0.3779 | 0.3727 | 0.3844 | 0.3637 | 0.3588 | 0.3701 |
| 0.6 | 15 | 0.9045 | 0.8905 | 0.9130 | **0.8175** | **0.7605** | **0.8275** | 1.0825 | 1.0113 | 1.2769 | 0.8391 | 0.7814 | 0.9976 |
| | 30 | 0.8835 | 0.8825 | 0.8900 | **0.8675** | **0.8515** | **0.8520** | 0.7930 | 0.7687 | 0.9004 | 0.7073 | 0.6850 | 0.8046 |
| | 50 | 0.8980 | 0.8955 | 0.9065 | 0.8890 | 0.8870 | 0.8840 | 0.6082 | 0.5955 | 0.6524 | 0.5675 | 0.5554 | 0.6088 |
| | 100 | 0.8965 | 0.8970 | 0.9000 | 0.8880 | 0.8880 | 0.8875 | 0.4400 | 0.4356 | 0.4576 | 0.4234 | 0.4192 | 0.4405 |
| 0.9 | 15 | 0.9045 | 0.9095 | 0.9065 | 0.8860 | 0.8860 | **0.8400** | 1.2830 | 1.1852 | 2.0571 | 0.9931 | 0.9172 | 1.6043 |
| | 30 | 0.9070 | 0.9155 | 0.9115 | 0.9285 | 0.9350 | **0.8770** | 1.0994 | 1.0444 | 1.5383 | 0.9775 | 0.9284 | 1.3695 |
| | 50 | 0.9110 | 0.9105 | 0.9125 | 0.9290 | 0.9420 | 0.8855 | 0.8949 | 0.8606 | 1.1407 | 0.8346 | 0.8025 | 1.0649 |
| | 100 | 0.9090 | 0.9115 | 0.9095 | 0.9300 | 0.9340 | 0.8960 | 0.6919 | 0.6818 | 0.7952 | 0.6665 | 0.6568 | 0.7660 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9355 | **0.8860** | 0.9425 | **0.8275** | **0.7100** | **0.8585** | 1.2254 | 1.1334 | 1.3321 | 0.9163 | 0.8418 | 1.0011 |
| | 30 | 0.9495 | 0.9380 | 0.9525 | **0.9125** | **0.8635** | **0.9185** | 0.8715 | 0.8340 | 0.9327 | 0.7629 | 0.7288 | 0.8170 |
| | 50 | 0.9420 | 0.9430 | 0.9415 | **0.9235** | **0.9065** | **0.9215** | 0.6197 | 0.6054 | 0.6417 | 0.5724 | 0.5590 | 0.5930 |
| | 100 | 0.9560 | 0.9530 | 0.9555 | 0.9430 | 0.9370 | 0.9420 | 0.4516 | 0.4455 | 0.4595 | 0.4313 | 0.4254 | 0.4389 |
| 0.6 | 15 | 0.9495 | 0.9435 | 0.9615 | **0.8760** | **0.8325** | **0.8900** | 1.3266 | 1.2394 | 1.5650 | 0.9937 | 0.9246 | 1.1813 |
| | 30 | 0.9360 | 0.9350 | 0.9415 | **0.9135** | **0.9065** | **0.9080** | 0.9556 | 0.9264 | 1.0851 | 0.8374 | 0.8111 | 0.9522 |
| | 50 | 0.9525 | 0.9520 | 0.9515 | 0.9395 | 0.9375 | **0.9305** | 0.7294 | 0.7141 | 0.7822 | 0.6742 | 0.6598 | 0.7232 |
| | 100 | 0.9530 | 0.9545 | 0.9495 | 0.9450 | 0.9465 | 0.9385 | 0.5258 | 0.5206 | 0.5469 | 0.5028 | 0.4978 | 0.5230 |
| 0.9 | 15 | 0.9535 | 0.9570 | 0.9525 | **0.9300** | **0.9260** | **0.8930** | 1.5724 | 1.4526 | 2.5211 | 1.1766 | 1.0864 | 1.8979 |
| | 30 | 0.9555 | 0.9585 | 0.9590 | 0.9550 | 0.9615 | **0.9310** | 1.3249 | 1.2587 | 1.8539 | 1.1597 | 1.1010 | 1.6244 |
| | 50 | 0.9615 | 0.9640 | 0.9585 | 0.9665 | 0.9755 | 0.9420 | 1.0731 | 1.0320 | 1.3679 | 0.9910 | 0.9529 | 1.2638 |
| | 100 | 0.9565 | 0.9580 | 0.9565 | 0.9650 | 0.9670 | 0.9470 | 0.8269 | 0.8148 | 0.9503 | 0.7908 | 0.7792 | 0.9092 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9860 | **0.9670** | 0.9845 | **0.9180** | **0.8020** | **0.9305** | 1.7292 | 1.5993 | 1.8798 | 1.1667 | 1.0707 | 1.2741 |
| | 30 | 0.9860 | **0.9805** | 0.9870 | **0.9650** | **0.9335** | **0.9710** | 1.1781 | 1.1274 | 1.2608 | 0.9770 | 0.9340 | 1.0467 |
| | 50 | 0.9910 | 0.9875 | 0.9900 | **0.9755** | **0.9650** | **0.9725** | 0.8272 | 0.8081 | 0.8566 | 0.7351 | 0.7178 | 0.7616 |
| | 100 | 0.9905 | 0.9910 | 0.9910 | 0.9835 | **0.9810** | **0.9825** | 0.5979 | 0.5898 | 0.6083 | 0.5541 | 0.5465 | 0.5636 |
| 0.6 | 15 | 0.9915 | 0.9900 | 0.9930 | **0.9395** | **0.9070** | **0.9550** | 1.8720 | 1.7490 | 2.2083 | 1.2620 | 1.1757 | 1.5003 |
| | 30 | 0.9865 | 0.9855 | 0.9860 | **0.9700** | **0.9620** | **0.9620** | 1.2918 | 1.2523 | 1.4668 | 1.0725 | 1.0399 | 1.2190 |
| | 50 | 0.9905 | 0.9925 | 0.9895 | **0.9815** | 0.9830 | **0.9790** | 0.9736 | 0.9532 | 1.0442 | 0.8674 | 0.8488 | 0.9311 |
| | 100 | 0.9865 | 0.9880 | 0.9890 | **0.9825** | 0.9835 | **0.9790** | 0.6961 | 0.6892 | 0.7241 | 0.6466 | 0.6400 | 0.6725 |
| 0.9 | 15 | 0.9915 | 0.9920 | 0.9905 | **0.9660** | **0.9695** | **0.9475** | 2.2187 | 2.0498 | 3.5575 | 1.4963 | 1.3807 | 2.4141 |
| | 30 | 0.9875 | 0.9910 | 0.9895 | 0.9845 | 0.9855 | **0.9755** | 1.7910 | 1.7015 | 2.5061 | 1.4875 | 1.4125 | 2.0834 |
| | 50 | 0.9925 | 0.9945 | 0.9915 | 0.9920 | 0.9950 | **0.9810** | 1.4324 | 1.3776 | 1.8260 | 1.2724 | 1.2230 | 1.6221 |
| | 100 | 0.9890 | 0.9895 | 0.9905 | 0.9905 | 0.9915 | 0.9830 | 1.0948 | 1.0788 | 1.2581 | 1.0137 | 0.9988 | 1.1649 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.10-4.2.12 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW</td><td rowspan="2">R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td><td>B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td rowspan="2">R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">ทุกวิธี</td><td rowspan="6">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำ นวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NHKB วิธี B-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่ อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 100 | ทุกวิธี | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | ทุกวิธี | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-NLW

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 100 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS | B-KS |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB | B-NHKB |
| | 100 | | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NHKB วิธี B-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี R-KS และวิธี B-KS ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9065 | **0.7775** | 0.9035 | 0.8550 | **0.6895** | **0.8290** | 4.7556 | 2.8252 | 4.9235 | 3.7097 | 2.1828 | 3.8420 |
| | 30 | 0.8945 | **0.7855** | 0.8905 | 0.8810 | **0.7440** | **0.8625** | 3.4278 | 2.1297 | 3.6275 | 3.0554 | 1.8907 | 3.2344 |
| | 50 | 0.8945 | **0.8070** | 0.8960 | 0.8790 | **0.7640** | **0.8650** | 2.5773 | 1.7654 | 2.6757 | 2.4030 | 1.6425 | 2.4950 |
| | 100 | 0.8995 | **0.8295** | 0.8985 | 0.8855 | **0.8165** | **0.8775** | 1.8831 | 1.4306 | 1.9268 | 1.8098 | 1.3740 | 1.8519 |
| 0.6 | 15 | 0.9045 | **0.8315** | 0.8990 | 0.8800 | **0.7605** | **0.8375** | 4.9477 | 3.1330 | 5.5167 | 3.8494 | 2.4187 | 4.2955 |
| | 30 | 0.8940 | **0.8295** | 0.8955 | 0.8980 | **0.8240** | **0.8595** | 3.8113 | 2.3935 | 4.3006 | 3.3893 | 2.1234 | 3.8262 |
| | 50 | 0.8945 | **0.8445** | 0.8955 | 0.8915 | **0.8580** | **0.8720** | 2.9453 | 1.9390 | 3.1932 | 2.7510 | 1.8083 | 2.9823 |
| | 100 | 0.9050 | **0.8740** | 0.9035 | 0.9030 | 0.8905 | 0.8930 | 2.1806 | 1.5561 | 2.3024 | 2.1017 | 1.4984 | 2.2194 |
| 0.9 | 15 | 0.9055 | 0.8845 | 0.8925 | 0.9125 | **0.8765** | **0.8700** | 6.1987 | 5.0560 | 7.7380 | 4.8335 | 3.9405 | 6.0385 |
| | 30 | 0.9130 | 0.8800 | 0.9005 | 0.9365 | 0.9015 | 0.8920 | 4.7368 | 3.2455 | 6.7213 | 4.2211 | 2.8866 | 5.9952 |
| | 50 | 0.9125 | 0.8890 | 0.9105 | 0.9370 | 0.9275 | 0.8985 | 4.0174 | 2.6243 | 5.3742 | 3.7512 | 2.4474 | 5.0212 |
| | 100 | 0.8955 | 0.8780 | 0.8960 | 0.9250 | 0.9325 | 0.8830 | 3.2407 | 2.0670 | 3.9499 | 3.1218 | 1.9904 | 3.8063 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9570 | **0.8535** | 0.9545 | **0.9065** | **0.7630** | **0.8855** | 5.8284 | 3.4625 | 6.0341 | 4.3887 | 2.5825 | 4.5437 |
| | 30 | 0.9555 | **0.8585** | 0.9545 | 0.9360 | **0.8200** | **0.9175** | 4.1311 | 2.5667 | 4.3717 | 3.6228 | 2.2431 | 3.8326 |
| | 50 | 0.9535 | **0.8730** | 0.9515 | 0.9335 | **0.8450** | **0.9260** | 3.0904 | 2.1170 | 3.2085 | 2.8470 | 1.9456 | 2.9564 |
| | 100 | 0.9490 | **0.8980** | 0.9500 | 0.9430 | **0.8805** | 0.9390 | 2.2506 | 1.7098 | 2.3028 | 2.1507 | 1.6321 | 2.2001 |
| 0.6 | 15 | 0.9585 | **0.9055** | 0.9515 | **0.9255** | **0.8280** | **0.8900** | 6.0637 | 3.8396 | 6.7611 | 4.5572 | 2.8641 | 5.0837 |
| | 30 | 0.9515 | **0.8995** | 0.9505 | 0.9450 | **0.8825** | **0.9220** | 4.5931 | 2.8846 | 5.1829 | 4.0250 | 2.5184 | 4.5419 |
| | 50 | 0.9515 | **0.9155** | 0.9505 | 0.9455 | **0.9090** | **0.9310** | 3.5318 | 2.3251 | 3.8289 | 3.2601 | 2.1422 | 3.5343 |
| | 100 | 0.9600 | 0.9370 | 0.9570 | 0.9550 | 0.9405 | 0.9455 | 2.6060 | 1.8597 | 2.7517 | 2.4919 | 1.7768 | 2.6311 |
| 0.9 | 15 | 0.9575 | 0.9485 | 0.9525 | 0.9490 | **0.9140** | **0.9190** | 7.5969 | 6.1965 | 9.4836 | 5.7185 | 4.6603 | 7.1435 |
| | 30 | 0.9575 | 0.9420 | 0.9555 | 0.9615 | 0.9400 | 0.9360 | 5.7086 | 3.9114 | 8.1002 | 5.0152 | 3.4286 | 7.1151 |
| | 50 | 0.9555 | 0.9420 | 0.9545 | 0.9700 | 0.9580 | 0.9420 | 4.8173 | 3.1469 | 6.4443 | 4.4560 | 2.9055 | 5.9654 |
| | 100 | 0.9485 | 0.9355 | 0.9470 | 0.9605 | 0.9605 | 0.9385 | 3.8731 | 2.4703 | 4.7207 | 3.7043 | 2.3615 | 4.5148 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9880 | **0.9365** | 0.9880 | **0.9630** | **0.8505** | **0.9525** | 8.2244 | 4.8859 | 8.5147 | 5.5787 | 3.2868 | 5.7754 |
| | 30 | 0.9880 | **0.9350** | 0.9885 | **0.9755** | **0.8895** | **0.9720** | 5.5845 | 3.4697 | 5.9097 | 4.6513 | 2.8745 | 4.9240 |
| | 50 | 0.9915 | **0.9585** | 0.9910 | 0.9830 | **0.9260** | **0.9775** | 4.1254 | 2.8259 | 4.2830 | 3.6547 | 2.4983 | 3.7948 |
| | 100 | 0.9880 | **0.9665** | 0.9880 | 0.9800 | **0.9435** | **0.9790** | 2.9797 | 2.2636 | 3.0488 | 2.7636 | 2.0974 | 2.8277 |
| 0.6 | 15 | 0.9920 | **0.9620** | 0.9905 | **0.9705** | **0.8990** | **0.9550** | 8.5565 | 5.4182 | 9.5405 | 5.7986 | 3.6453 | 6.4716 |
| | 30 | 0.9885 | **0.9660** | 0.9885 | **0.9805** | **0.9455** | **0.9690** | 6.2091 | 3.8994 | 7.0064 | 5.1598 | 3.2323 | 5.8164 |
| | 50 | 0.9880 | **0.9750** | 0.9880 | **0.9825** | **0.9640** | **0.9755** | 4.7145 | 3.1038 | 5.1112 | 4.1597 | 2.7378 | 4.5098 |
| | 100 | 0.9925 | 0.9840 | 0.9925 | 0.9860 | **0.9795** | 0.9845 | 3.4503 | 2.4621 | 3.6431 | 3.2006 | 2.2814 | 3.3802 |
| 0.9 | 15 | 0.9910 | 0.9875 | 0.9915 | **0.9765** | **0.9625** | **0.9655** | 10.7200 | 8.7439 | 13.3822 | 7.2755 | 5.9336 | 9.0893 |
| | 30 | 0.9900 | 0.9830 | 0.9900 | 0.9875 | **0.9765** | **0.9805** | 7.7170 | 5.2874 | 10.9500 | 6.4236 | 4.3996 | 9.1157 |
| | 50 | 0.9935 | 0.9895 | 0.9945 | 0.9910 | 0.9855 | **0.9825** | 6.4306 | 4.2008 | 8.6025 | 5.7074 | 3.7174 | 7.6434 |
| | 100 | 0.9885 | 0.9845 | 0.9875 | 0.9865 | 0.9855 | 0.9775 | 5.1278 | 3.2706 | 6.2499 | 4.7645 | 3.0374 | 5.8056 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.13-4.2.15 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่าง ได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="7">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="7">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td><td>B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">ทุกวิธี</td><td rowspan="3">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดคือวิธี R-NHKB วิธี B-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS และรองลงมาคือวิธี B-NHKB ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 50 | | |
| | 100 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 30 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-NHKB

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 100 | | |
| 0.6 | 15 | | |
| | 30 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 50 | | |
| | 100 | R-KS , B-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NLW | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 100 | ทุกวิธี | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB และน้อยสุดคือวิธี B-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB และน้อยสุดคือวิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ตารางที่ 4.2.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9025 | **0.7910** | 0.8995 | 0.8995 | **0.7510** | **0.8350** | 9.2845 | 4.8647 | 9.2058 | 7.2413 | 3.7603 | 7.1811 |
| | 30 | 0.8995 | **0.7590** | 0.8980 | 0.8850 | **0.7675** | **0.8670** | 6.8269 | 3.4752 | 6.8890 | 6.0753 | 3.0809 | 6.1314 |
| | 50 | 0.8925 | **0.7600** | 0.8915 | 0.8785 | **0.7630** | **0.8715** | 5.1638 | 2.7485 | 5.2508 | 4.8071 | 2.5562 | 4.8883 |
| | 100 | 0.9005 | **0.7775** | 0.9005 | 0.8950 | **0.7565** | **0.8870** | 3.7776 | 2.1439 | 3.8389 | 3.6381 | 2.0625 | 3.6975 |
| 0.6 | 15 | 0.9080 | **0.8315** | 0.9035 | **0.8735** | **0.8085** | **0.8445** | 9.8337 | 5.7288 | 10.1740 | 7.6552 | 4.4358 | 7.9261 |
| | 30 | 0.9005 | **0.8105** | 0.9025 | 0.9035 | **0.8295** | **0.8775** | 7.5378 | 4.0336 | 8.0838 | 6.7111 | 3.5812 | 7.1977 |
| | 50 | 0.8920 | **0.7895** | 0.8900 | 0.8945 | **0.8245** | **0.8715** | 5.8764 | 3.1271 | 6.1667 | 5.4845 | 2.9140 | 5.7561 |
| | 100 | 0.8990 | **0.8240** | 0.8995 | 0.8995 | **0.8535** | 0.8815 | 4.3448 | 2.4419 | 4.5414 | 4.1830 | 2.3518 | 4.3711 |
| 0.9 | 15 | 0.9105 | 0.8860 | 0.8975 | 0.9105 | **0.8750** | 0.8925 | 12.0303 | 9.4187 | 13.0302 | 9.3827 | 7.3444 | 10.1641 |
| | 30 | 0.9060 | 0.8785 | 0.9035 | 0.9375 | 0.9155 | 0.9090 | 9.7433 | 6.4447 | 11.5636 | 8.7009 | 5.7600 | 10.3250 |
| | 50 | 0.9015 | **0.8725** | 0.9010 | 0.9360 | 0.9120 | 0.9045 | 7.8355 | 4.5812 | 9.7562 | 7.3107 | 4.2698 | 9.1001 |
| | 100 | 0.9120 | **0.8765** | 0.9110 | 0.9335 | 0.9130 | 0.9005 | 6.4117 | 3.4627 | 7.6502 | 6.1745 | 3.3296 | 7.3671 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9515 | **0.8660** | 0.9505 | 0.9080 | **0.8105** | **0.8900** | 11.3788 | 5.9621 | 11.2824 | 8.5661 | 4.4476 | 8.4986 |
| | 30 | 0.9545 | **0.8385** | 0.9535 | 0.9385 | **0.8295** | **0.9240** | 8.2274 | 4.1882 | 8.3023 | 7.2155 | 3.6605 | 7.2782 |
| | 50 | 0.9465 | **0.8410** | 0.9460 | 0.9320 | **0.8280** | **0.9255** | 6.1919 | 3.2958 | 6.2963 | 5.7067 | 3.0323 | 5.8027 |
| | 100 | 0.9470 | **0.8440** | 0.9465 | 0.9415 | **0.8375** | 0.9380 | 4.5147 | 2.5622 | 4.5880 | 4.3151 | 2.4474 | 4.3846 |
| 0.6 | 15 | 0.9500 | **0.8925** | 0.9475 | 0.9235 | **0.8575** | **0.9030** | 12.0518 | 7.0211 | 12.4690 | 9.0585 | 5.2473 | 9.3689 |
| | 30 | 0.9575 | **0.8890** | 0.9575 | 0.9515 | **0.8915** | 0.9340 | 9.0842 | 4.8612 | 9.7422 | 7.9517 | 4.2424 | 8.5306 |
| | 50 | 0.9480 | **0.8635** | 0.9455 | 0.9435 | **0.8815** | 0.9285 | 7.0464 | 3.7498 | 7.3945 | 6.5123 | 3.4560 | 6.8337 |
| | 100 | 0.9500 | **0.8985** | 0.9505 | 0.9505 | **0.9085** | 0.9420 | 5.1926 | 2.9184 | 5.4276 | 4.9633 | 2.7892 | 5.1876 |
| 0.9 | 15 | 0.9565 | **0.9420** | 0.9495 | 0.9435 | **0.9195** | **0.9285** | 14.7440 | 11.5433 | 15.9695 | 11.1163 | 8.6871 | 12.0392 |
| | 30 | 0.9545 | 0.9385 | 0.9505 | 0.9665 | 0.9465 | 0.9435 | 11.7422 | 7.7669 | 13.9359 | 10.3203 | 6.8272 | 12.2419 |
| | 50 | 0.9505 | **0.9280** | 0.9505 | 0.9630 | 0.9425 | 0.9460 | 9.3957 | 5.4934 | 11.6988 | 8.6717 | 5.0675 | 10.7970 |
| | 100 | 0.9525 | **0.9310** | 0.9530 | 0.9685 | 0.9465 | 0.9470 | 7.6629 | 4.1383 | 9.1431 | 7.3179 | 3.9521 | 8.7324 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9890 | **0.9430** | 0.9875 | **0.9570** | **0.8775** | **0.9475** | 16.0566 | 8.4131 | 15.9206 | 10.9084 | 5.6634 | 10.8073 |
| | 30 | 0.9930 | **0.9260** | 0.9905 | **0.9810** | **0.9020** | **0.9750** | 11.1220 | 5.6617 | 11.2232 | 9.2450 | 4.6949 | 9.3319 |
| | 50 | 0.9905 | **0.9410** | 0.9905 | **0.9790** | **0.9080** | **0.9745** | 8.2656 | 4.3995 | 8.4049 | 7.3259 | 3.8948 | 7.4493 |
| | 100 | 0.9890 | **0.9320** | 0.9900 | **0.9805** | **0.9170** | **0.9785** | 5.9772 | 3.3922 | 6.0743 | 5.5380 | 3.1432 | 5.6279 |
| 0.6 | 15 | 0.9890 | **0.9570** | 0.9875 | **0.9670** | **0.9125** | **0.9490** | 17.0063 | 9.9074 | 17.5950 | 11.5549 | 6.6843 | 11.9501 |
| | 30 | 0.9930 | **0.9555** | 0.9930 | **0.9815** | **0.9400** | **0.9765** | 12.2803 | 6.5715 | 13.1698 | 10.1970 | 5.4355 | 10.9365 |
| | 50 | 0.9890 | **0.9415** | 0.9860 | **0.9820** | **0.9285** | **0.9710** | 9.4063 | 5.0056 | 9.8709 | 8.3583 | 4.4323 | 8.7686 |
| | 100 | 0.9865 | **0.9605** | 0.9865 | 0.9855 | **0.9555** | **0.9825** | 6.8748 | 3.8639 | 7.1859 | 6.3846 | 3.5796 | 6.6758 |
| 0.9 | 15 | 0.9930 | 0.9835 | 0.9905 | **0.9745** | **0.9625** | **0.9665** | 20.8052 | 16.2888 | 22.5345 | 14.1294 | 11.0452 | 15.2985 |
| | 30 | 0.9915 | **0.9785** | 0.9915 | 0.9865 | **0.9730** | **0.9810** | 15.8734 | 10.4994 | 18.8390 | 13.2279 | 8.7481 | 15.6937 |
| | 50 | 0.9905 | **0.9790** | 0.9905 | 0.9890 | **0.9740** | **0.9825** | 12.5422 | 7.3331 | 15.6167 | 11.1210 | 6.4961 | 13.8459 |
| | 100 | 0.9895 | 0.9815 | 0.9905 | 0.9895 | **0.9750** | 0.9845 | 10.1452 | 5.4790 | 12.1050 | 9.4066 | 5.0768 | 11.2222 |

**<u>หมายเหตุ</u>** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.16-4.2.18 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="4">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="4">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td></td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="3">B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td>ทุกวิธี</td><td rowspan="3">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS, R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NLW วิธี B-NHKB และวิธี R-NHKB ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS

รองลงมาคือวิธี B-NHKB และน้อยสุดคือวิธี R-KS และวิธี R-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="3">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="4">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="5">B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td>ทุกวิธี</td><td rowspan="3">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS, R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของ สถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-NLW รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี R-NHKB ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB ตามลำดับ

ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="7">R-KS , R-NLW</td><td>R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="6">R-KS</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="3">B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ ส่วนวิธี B-NHKB ไม่มีสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี R-KS และน้อยสุดคือวิธี R-NHKB และวิธี R-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ตารางที่ 4.2.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.8832 | **0.8640** | 0.8972 | **0.7484** | **0.6576** | **0.7984** | 0.9585 | 0.9207 | 1.0824 | 0.7181 | 0.6884 | 0.8171 |
| | 30 | 0.8972 | 0.8920 | 0.9064 | **0.8528** | **0.8200** | **0.8544** | 0.6679 | 0.6505 | 0.7131 | 0.5843 | 0.5685 | 0.6251 |
| | 50 | 0.9016 | 0.8956 | 0.9028 | **0.8764** | **0.8660** | **0.8728** | 0.5098 | 0.5025 | 0.5309 | 0.4708 | 0.4639 | 0.4906 |
| | 100 | 0.9000 | 0.9004 | 0.9020 | 0.8912 | 0.8892 | 0.8908 | 0.4032 | 0.3994 | 0.4151 | 0.3860 | 0.3823 | 0.3975 |
| 0.6 | 15 | 0.8976 | 0.9092 | 0.9108 | **0.7956** | **0.8060** | **0.8232** | 1.0273 | 1.0169 | 1.3204 | 0.7679 | 0.7609 | 0.9979 |
| | 30 | 0.8948 | 0.8976 | 0.9000 | **0.8652** | **0.8692** | **0.8540** | 0.7254 | 0.7294 | 0.8479 | 0.6332 | 0.6373 | 0.7426 |
| | 50 | 0.8912 | 0.8944 | 0.8940 | 0.8788 | 0.8828 | **0.8708** | 0.5823 | 0.5848 | 0.6394 | 0.5372 | 0.5396 | 0.5909 |
| | 100 | 0.9032 | 0.9020 | 0.9044 | 0.9000 | 0.9000 | 0.8880 | 0.4805 | 0.4830 | 0.5130 | 0.4603 | 0.4628 | 0.4915 |
| 0.9 | 15 | 0.8936 | 0.8980 | 0.8888 | **0.8724** | 0.9012 | **0.8044** | 1.3172 | 1.2937 | 2.2892 | 0.9863 | 0.9700 | 1.7289 |
| | 30 | 0.9064 | 0.9140 | 0.9092 | 0.9272 | 0.9324 | **0.8624** | 0.9925 | 1.0091 | 1.5377 | 0.8680 | 0.8834 | 1.3477 |
| | 50 | 0.8980 | 0.9004 | 0.9024 | 0.9296 | 0.9372 | **0.8748** | 0.8366 | 0.8616 | 1.1596 | 0.7716 | 0.7948 | 1.0703 |
| | 100 | 0.9052 | 0.9088 | 0.9060 | 0.9216 | 0.9236 | 0.8916 | 0.7771 | 0.7890 | 0.9307 | 0.7446 | 0.7559 | 0.8917 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9356 | **0.9264** | 0.9432 | **0.8272** | **0.7480** | **0.8624** | 1.1747 | 1.1284 | 1.3266 | 0.8504 | 0.8154 | 0.9680 |
| | 30 | 0.9480 | 0.9420 | 0.9508 | **0.9128** | **0.8888** | **0.9176** | 0.8048 | 0.7839 | 0.8594 | 0.6931 | 0.6743 | 0.7413 |
| | 50 | 0.9572 | 0.9492 | 0.9580 | **0.9300** | **0.9168** | 0.9344 | 0.6113 | 0.6025 | 0.6366 | 0.5590 | 0.5509 | 0.5823 |
| | 100 | 0.9456 | 0.9472 | 0.9516 | 0.9352 | 0.9356 | 0.9352 | 0.4819 | 0.4773 | 0.4962 | 0.4577 | 0.4533 | 0.4713 |
| 0.6 | 15 | 0.9516 | 0.9600 | 0.9552 | **0.8632** | 0.8748 | **0.8792** | 1.2590 | 1.2463 | 1.6182 | 0.9079 | 0.9004 | 1.1798 |
| | 30 | 0.9392 | 0.9432 | 0.9416 | **0.9168** | 0.9220 | **0.9076** | 0.8742 | 0.8790 | 1.0219 | 0.7509 | 0.7556 | 0.8796 |
| | 50 | 0.9452 | 0.9488 | 0.9476 | 0.9388 | 0.9380 | **0.9204** | 0.6982 | 0.7012 | 0.7667 | 0.6377 | 0.6407 | 0.7009 |
| | 100 | 0.9544 | 0.9536 | 0.9520 | 0.9516 | 0.9532 | 0.9400 | 0.5743 | 0.5773 | 0.6132 | 0.5458 | 0.5487 | 0.5830 |
| 0.9 | 15 | 0.9448 | 0.9472 | 0.9376 | 0.9160 | 0.9400 | **0.8720** | 1.6143 | 1.5856 | 2.8055 | 1.1682 | 1.1484 | 2.0455 |
| | 30 | 0.9540 | 0.9556 | 0.9536 | 0.9580 | 0.9688 | **0.9200** | 1.1961 | 1.2161 | 1.8531 | 1.0305 | 1.0487 | 1.6014 |
| | 50 | 0.9556 | 0.9596 | 0.9576 | 0.9624 | 0.9676 | **0.9320** | 1.0032 | 1.0331 | 1.3905 | 0.9154 | 0.9431 | 1.2704 |
| | 100 | 0.9516 | 0.9512 | 0.9536 | 0.9604 | 0.9612 | 0.9384 | 0.9288 | 0.9430 | 1.1123 | 0.8829 | 0.8966 | 1.0581 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9864 | 0.9868 | 0.9884 | **0.9064** | **0.8560** | **0.9316** | 1.6576 | 1.5923 | 1.8720 | 1.0842 | 1.0381 | 1.2336 |
| | 30 | 0.9888 | 0.9880 | 0.9876 | **0.9652** | **0.9568** | **0.9660** | 1.0880 | 1.0597 | 1.1617 | 0.8895 | 0.8654 | 0.9514 |
| | 50 | 0.9952 | 0.9944 | 0.9948 | **0.9800** | **0.9764** | 0.9832 | 0.8161 | 0.8043 | 0.8498 | 0.7181 | 0.7076 | 0.7480 |
| | 100 | 0.9900 | 0.9900 | 0.9912 | 0.9804 | **0.9788** | 0.9812 | 0.6381 | 0.6320 | 0.6570 | 0.5881 | 0.5825 | 0.6055 |
| 0.6 | 15 | 0.9900 | 0.9916 | 0.9916 | **0.9296** | **0.9464** | **0.9440** | 1.7766 | 1.7586 | 2.2834 | 1.1538 | 1.1452 | 1.4990 |
| | 30 | 0.9840 | 0.9868 | 0.9868 | **0.9648** | **0.9692** | **0.9612** | 1.1818 | 1.1883 | 1.3814 | 0.9625 | 0.9688 | 1.1284 |
| | 50 | 0.9888 | 0.9888 | 0.9884 | **0.9800** | **0.9824** | **0.9748** | 0.9320 | 0.9360 | 1.0235 | 0.8189 | 0.8226 | 0.9006 |
| | 100 | 0.9920 | 0.9916 | 0.9924 | 0.9856 | 0.9864 | 0.9836 | 0.7603 | 0.7644 | 0.8119 | 0.7023 | 0.7058 | 0.7496 |
| 0.9 | 15 | 0.9896 | 0.9908 | 0.9860 | **0.9584** | **0.9728** | **0.9316** | 2.2779 | 2.2374 | 3.9589 | 1.4850 | 1.4609 | 2.6046 |
| | 30 | 0.9900 | 0.9912 | 0.9904 | 0.9828 | 0.9884 | **0.9692** | 1.6169 | 1.6440 | 2.5051 | 1.3229 | 1.3452 | 2.0553 |
| | 50 | 0.9916 | 0.9928 | 0.9924 | 0.9880 | 0.9916 | **0.9808** | 1.3392 | 1.3791 | 1.8561 | 1.1747 | 1.2099 | 1.6286 |
| | 100 | 0.9852 | 0.9872 | 0.9880 | 0.9864 | 0.9896 | **0.9804** | 1.2298 | 1.2486 | 1.4728 | 1.1324 | 1.1493 | 1.3556 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.19-4.2.21 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td rowspan="2">R-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td><td>B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td rowspan="2">R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="6">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NHKB วิธี B-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW, B-NLW | B-NLW |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB | B-NHK |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | |
| | 100 | ทุกวิธี | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | |
| | 30 | | |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NHKB วิธี B-KS และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB และรองลงมาคือวิธี R-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW, B-NLW | B-NLW |
| | 100 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NLW | R-KS |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS วิธี R-NHKB และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NHKB และน้อยสุดวิธี B-KS และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ตารางที่ 4.2.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9128 | **0.8220** | 0.9052 | **0.8632** | **0.7236** | **0.8340** | 4.7241 | 2.9122 | 5.1537 | 3.5634 | 2.1779 | 3.8886 |
| | 30 | 0.9004 | **0.8160** | 0.9036 | 0.8800 | **0.7604** | **0.8660** | 3.1905 | 2.1044 | 3.3990 | 2.7946 | 1.8344 | 2.9791 |
| | 50 | 0.8996 | **0.8512** | 0.8988 | 0.8840 | **0.8376** | **0.8724** | 2.5044 | 1.8031 | 2.6136 | 2.3145 | 1.6631 | 2.4157 |
| | 100 | 0.9012 | **0.8600** | 0.9032 | 0.8952 | **0.8568** | 0.8840 | 1.9999 | 1.5013 | 2.0787 | 1.9166 | 1.4385 | 1.9925 |
| 0.6 | 15 | 0.9084 | **0.8616** | 0.9048 | 0.8796 | **0.8024** | 0.8264 | 4.9342 | 3.3439 | 5.9349 | 3.7174 | 2.5054 | 4.4771 |
| | 30 | 0.8972 | **0.8756** | 0.8960 | 0.8928 | 0.8924 | **0.8628** | 3.6432 | 2.4237 | 4.2259 | 3.1965 | 2.1203 | 3.7080 |
| | 50 | 0.9084 | 0.8860 | 0.9108 | 0.9096 | 0.9100 | 0.8796 | 2.9304 | 2.0211 | 3.2361 | 2.7051 | 1.8621 | 2.9880 |
| | 100 | 0.8956 | 0.8816 | 0.8968 | 0.8992 | 0.9168 | 0.8808 | 2.3307 | 1.6645 | 2.5338 | 2.2358 | 1.5932 | 2.4300 |
| 0.9 | 15 | 0.9096 | 0.8996 | 0.8944 | 0.9012 | 0.9052 | **0.8596** | 6.6950 | 5.4829 | 8.8817 | 5.0432 | 4.1313 | 6.7004 |
| | 30 | 0.9028 | 0.8980 | 0.9040 | 0.9280 | 0.9264 | 0.8740 | 4.8903 | 3.4867 | 7.1036 | 4.2839 | 3.0534 | 6.2237 |
| | 50 | 0.9040 | 0.8984 | 0.9040 | 0.9368 | 0.9464 | 0.8856 | 4.0668 | 2.7748 | 5.6195 | 3.7540 | 2.5608 | 5.1919 |
| | 100 | 0.8888 | 0.8856 | 0.8904 | 0.9308 | 0.9512 | 0.8804 | 3.4826 | 2.4164 | 4.5794 | 3.3366 | 2.3141 | 4.3875 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9568 | **0.8892** | 0.9540 | **0.9096** | **0.7972** | **0.8872** | 5.7898 | 3.5691 | 6.3163 | 4.2161 | 2.5767 | 4.6025 |
| | 30 | 0.9512 | **0.8872** | 0.9512 | **0.9304** | **0.8412** | **0.9156** | 3.8450 | 2.5361 | 4.0963 | 3.3162 | 2.1773 | 3.5326 |
| | 50 | 0.9560 | **0.9152** | 0.9568 | 0.9396 | **0.8980** | **0.9308** | 3.0030 | 2.1621 | 3.1339 | 2.7456 | 1.9731 | 2.8654 |
| | 100 | 0.9504 | **0.9216** | 0.9492 | 0.9408 | **0.9152** | 0.9364 | 2.3902 | 1.7943 | 2.4844 | 2.2733 | 1.7051 | 2.3631 |
| 0.6 | 15 | 0.9596 | **0.9284** | 0.9572 | **0.9276** | **0.8700** | **0.8852** | 6.0472 | 4.0982 | 7.2737 | 4.4033 | 2.9664 | 5.2993 |
| | 30 | 0.9452 | 0.9340 | 0.9456 | 0.9364 | 0.9372 | **0.9132** | 4.3905 | 2.9209 | 5.0928 | 3.7902 | 2.5149 | 4.3945 |
| | 50 | 0.9536 | 0.9384 | 0.9560 | 0.9504 | 0.9540 | 0.9376 | 3.5139 | 2.4235 | 3.8804 | 3.2093 | 2.2087 | 3.5448 |
| | 100 | 0.9476 | 0.9328 | 0.9468 | 0.9484 | 0.9612 | 0.9344 | 2.7856 | 1.9894 | 3.0284 | 2.6503 | 1.8910 | 2.8809 |
| 0.9 | 15 | 0.9600 | 0.9512 | 0.9484 | 0.9384 | 0.9364 | **0.9064** | 8.2052 | 6.7197 | 10.8852 | 0.9646 | 4.8890 | 7.9270 |
| | 30 | 0.9516 | 0.9496 | 0.9492 | 0.9596 | 0.9600 | **0.9284** | 5.8935 | 4.2019 | 8.5609 | 5.0804 | 3.6203 | 7.3836 |
| | 50 | 0.9528 | 0.9524 | 0.9524 | 0.9688 | 0.9696 | 0.9348 | 4.8765 | 3.3273 | 6.7384 | 4.4576 | 3.0400 | 6.1642 |
| | 100 | 0.9436 | 0.9424 | 0.9456 | 0.9664 | 0.9752 | 0.9344 | 4.1623 | 2.8881 | 5.4732 | 3.9618 | 2.7466 | 5.2078 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9924 | **0.9656** | 0.9920 | **0.9524** | **0.8752** | **0.9412** | 8.1700 | 5.0364 | 8.9129 | 5.3748 | 3.2817 | 5.8621 |
| | 30 | 0.9900 | **0.9656** | 0.9900 | **0.9728** | **0.9228** | **0.9700** | 5.1978 | 3.4284 | 5.5375 | 4.2436 | 2.7858 | 4.5233 |
| | 50 | 0.9900 | **0.9744** | 0.9904 | **0.9808** | **0.9592** | **0.9780** | 4.0087 | 2.8862 | 4.1835 | 3.5283 | 2.5336 | 3.6823 |
| | 100 | 0.9892 | **0.9812** | 0.9896 | 0.9832 | **0.9740** | **0.9816** | 3.1647 | 2.3757 | 3.2895 | 2.9157 | 2.1862 | 3.0308 |
| 0.6 | 15 | 0.9912 | **0.9820** | 0.9904 | **0.9700** | **0.9316** | **0.9484** | 8.5332 | 5.7830 | 10.2639 | 5.6017 | 3.7802 | 6.7386 |
| | 30 | 0.9904 | 0.9828 | 0.9908 | **0.9792** | **0.9708** | **0.9672** | 5.9353 | 3.9486 | 6.8846 | 4.8515 | 3.2150 | 5.6304 |
| | 50 | 0.9892 | 0.9900 | 0.9888 | 0.9840 | 0.9876 | **0.9764** | 4.6907 | 3.2351 | 5.1800 | 4.1237 | 2.8375 | 4.5539 |
| | 100 | 0.9908 | 0.9868 | 0.9904 | 0.9904 | 0.9864 | 0.9836 | 3.6883 | 2.6341 | 4.0097 | 3.4065 | 2.4305 | 3.7035 |
| 0.9 | 15 | 0.9940 | 0.9924 | 0.9900 | **0.9720** | **0.9708** | **0.9548** | 11.5783 | 9.4821 | 15.3600 | 7.6126 | 6.2279 | 10.0907 |
| | 30 | 0.9908 | 0.9892 | 0.9896 | 0.9856 | 0.9840 | **0.9720** | 7.9670 | 5.6803 | 11.5729 | 6.5222 | 4.6479 | 9.4660 |
| | 50 | 0.9888 | 0.9880 | 0.9868 | 0.9876 | 0.9900 | **0.9768** | 6.5096 | 4.4417 | 8.9951 | 5.7259 | 3.9050 | 7.9161 |
| | 100 | 0.9884 | 0.9892 | 0.9884 | 0.9924 | 0.9944 | **0.9788** | 5.5111 | 3.8240 | 7.2468 | 5.0852 | 3.5267 | 6.6848 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.22-4.2.24 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่าง ได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="4">B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="7">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB ,R-NLW , B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี R-NHKB

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS และวิธี R-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 100 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NHKB ,R-NLW , B-KS , B-NHKB | |
| | 50 | ทุกวิธี | |
| | 100 | | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB ,R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | ทุกวิธี | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB และวิธี R-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-NLW

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-KS และวิธี B-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

<table>
<tr><th>ระดับ<br>ความ<br>สัมพันธ์</th><th>ขนาด<br>ตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง<br>ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด<br>(ไม่ต่ำกว่า 0.9827)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว<br>เฉลี่ยของช่วงความ<br>เชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="3">R-KS , R-NLW</td><td rowspan="3">R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NHKB ,R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB ,R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="2">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB ,R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">R-KS , R-NHKB ,R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="3">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-KS วิธี R-NHKB และวิธี B-KS ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9108 | **0.8560** | 0.9080 | **0.8644** | **0.8116** | **0.8452** | 9.1159 | 5.1176 | 9.5079 | 6.8756 | 3.8306 | 7.1733 |
| | 30 | 0.9024 | **0.8024** | 0.9032 | 0.8828 | **0.8080** | **0.8692** | 6.3573 | 3.4702 | 6.6173 | 5.5688 | 3.0270 | 5.7987 |
| | 50 | 0.9028 | **0.8168** | 0.9008 | 0.8852 | **0.8300** | 0.8784 | 5.0636 | 2.8293 | 5.1869 | 4.6714 | 2.6033 | 4.7851 |
| | 100 | 0.8896 | **0.8168** | 0.8904 | 0.8900 | **0.8288** | 0.8780 | 3.9893 | 2.2884 | 4.1223 | 3.8205 | 2.1901 | 3.9479 |
| 0.6 | 15 | 0.9036 | 0.8948 | 0.8988 | 0.8800 | **0.8680** | **0.8404** | 9.6955 | 6.2985 | 10.8639 | 7.3071 | 4.7296 | 8.1974 |
| | 30 | 0.9052 | **0.8608** | 0.9044 | 0.9060 | 0.8908 | **0.8724** | 7.2932 | 4.2161 | 8.1543 | 6.3991 | 3.6891 | 7.1563 |
| | 50 | 0.8980 | **0.8556** | 0.8968 | 0.9020 | 0.9036 | 0.8800 | 5.7224 | 3.1901 | 6.2333 | 5.2807 | 2.9417 | 5.7509 |
| | 100 | 0.9056 | **0.8696** | 0.9056 | 0.9112 | 0.9208 | 0.8944 | 4.6206 | 2.6105 | 5.0109 | 4.4236 | 2.4987 | 4.7968 |
| 0.9 | 15 | 0.9052 | 0.8968 | 0.8972 | 0.8968 | 0.8972 | 0.8792 | 13.1164 | 10.3356 | 14.7498 | 9.9090 | 7.7984 | 11.1351 |
| | 30 | 0.8960 | 0.8880 | 0.8932 | 0.9276 | 0.9344 | 0.8900 | 9.7510 | 6.8749 | 12.4914 | 8.5599 | 6.0361 | 10.9606 |
| | 50 | 0.8952 | 0.8884 | 0.8948 | 0.9408 | 0.9396 | 0.8852 | 8.1046 | 5.1610 | 10.5700 | 7.4877 | 4.7692 | 9.7668 |
| | 100 | 0.8960 | 0.8888 | 0.8968 | 0.9328 | 0.9480 | 0.8900 | 6.8629 | 4.0082 | 8.9207 | 6.5759 | 3.8380 | 8.5478 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9532 | **0.9252** | 0.9524 | **0.9120** | **0.8776** | **0.8956** | 11.1723 | 6.2720 | 11.6526 | 8.1367 | 4.5351 | 8.4858 |
| | 30 | 0.9520 | **0.8848** | 0.9512 | **0.9328** | **0.8592** | **0.9196** | 7.6616 | 4.1821 | 7.9748 | 6.6083 | 3.5903 | 6.8771 |
| | 50 | 0.9444 | **0.8868** | 0.9448 | **0.9328** | **0.8840** | **0.9268** | 6.0718 | 3.3926 | 6.2196 | 5.5438 | 3.0901 | 5.6788 |
| | 100 | 0.9432 | **0.8864** | 0.9412 | 0.9372 | **0.8964** | **0.9320** | 4.7680 | 2.7350 | 4.9269 | 4.5357 | 2.5969 | 4.6874 |
| 0.6 | 15 | 0.9556 | 0.9460 | 0.9528 | **0.9256** | **0.9160** | **0.8908** | 11.8825 | 7.7192 | 13.3145 | 8.6500 | 5.5972 | 9.7009 |
| | 30 | 0.9532 | **0.9300** | 0.9544 | 0.9484 | **0.9252** | **0.9264** | 8.7893 | 5.0811 | 9.8271 | 7.5936 | 4.3807 | 8.4912 |
| | 50 | 0.9516 | **0.9240** | 0.9516 | 0.9492 | 0.9456 | **0.9324** | 6.8618 | 3.8253 | 7.4744 | 6.2709 | 3.4897 | 6.8296 |
| | 100 | 0.9552 | **0.9320** | 0.9552 | 0.9556 | 0.9568 | 0.9412 | 5.5224 | 3.1201 | 5.9890 | 5.2502 | 2.9645 | 5.6945 |
| 0.9 | 15 | 0.9564 | 0.9528 | 0.9516 | **0.9328** | 0.9364 | **0.9276** | 16.0751 | 12.6670 | 18.0769 | 11.7369 | 9.2336 | 13.1930 |
| | 30 | 0.9512 | 0.9460 | 0.9468 | 0.9592 | 0.9608 | 0.9340 | 11.7515 | 8.2853 | 15.0541 | 10.1485 | 7.1556 | 13.0015 |
| | 50 | 0.9468 | 0.9416 | 0.9448 | 0.9700 | 0.9704 | 0.9356 | 9.7182 | 6.1886 | 12.6746 | 8.8868 | 5.6569 | 11.5934 |
| | 100 | 0.9480 | 0.9444 | 0.9468 | 0.9636 | 0.9708 | 0.9372 | 8.2024 | 4.7905 | 10.6618 | 7.8121 | 4.5560 | 10.1521 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9936 | 0.9848 | 0.9920 | **0.9596** | **0.9356** | **0.9496** | 15.7651 | 8.8504 | 16.4429 | 10.3587 | 5.7862 | 10.8094 |
| | 30 | 0.9900 | **0.9572** | 0.9900 | **0.9744** | **0.9300** | **0.9700** | 10.3571 | 5.6534 | 10.7806 | 8.4561 | 4.5936 | 8.8044 |
| | 50 | 0.9892 | **0.9508** | 0.9892 | **0.9784** | **0.9420** | **0.9768** | 8.1052 | 4.5288 | 8.3025 | 7.1247 | 3.9681 | 7.2990 |
| | 100 | 0.9888 | **0.9600** | 0.9888 | 0.9836 | **0.9516** | **0.9776** | 6.3130 | 3.6212 | 6.5235 | 5.8251 | 3.3396 | 6.0188 |
| 0.6 | 15 | 0.9928 | 0.9872 | 0.9896 | **0.9632** | **0.9560** | **0.9500** | 16.7674 | 10.8926 | 18.7882 | 10.9977 | 7.1016 | 12.3405 |
| | 30 | 0.9924 | 0.9836 | 0.9920 | **0.9824** | **0.9672** | **0.9732** | 11.8816 | 6.8687 | 13.2846 | 9.7116 | 5.6062 | 10.8604 |
| | 50 | 0.9908 | 0.9844 | 0.9908 | 0.9864 | **0.9728** | **0.9792** | 9.1599 | 5.1064 | 9.9776 | 8.0451 | 4.4735 | 8.7653 |
| | 100 | 0.9932 | 0.9852 | 0.9940 | 0.9904 | **0.9800** | 0.9836 | 7.3119 | 4.1311 | 7.9297 | 6.7284 | 3.7990 | 7.2987 |
| 0.9 | 15 | 0.9932 | 0.9900 | 0.9924 | **0.9704** | **0.9668** | **0.9656** | 22.6836 | 17.8744 | 25.5083 | 14.9194 | 11.7424 | 16.7672 |
| | 30 | 0.9916 | 0.9888 | 0.9892 | 0.9844 | 0.9836 | **0.9772** | 15.8859 | 11.2003 | 20.3505 | 13.0055 | 9.1784 | 16.6607 |
| | 50 | 0.9924 | 0.9900 | 0.9920 | 0.9904 | 0.9892 | **0.9808** | 12.9729 | 8.2612 | 16.9193 | 11.4088 | 7.2608 | 14.8752 |
| | 100 | 0.9884 | 0.9872 | 0.9868 | 0.9884 | 0.9924 | **0.9800** | 10.8604 | 6.3428 | 14.1167 | 10.0239 | 5.8556 | 13.0290 |

**<u>หมายเหตุ</u>** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.25-4.2.27 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="3">B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="7">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td rowspan="4">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NLW วิธี B-NHKB และวิธี R-NHKB ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS และน้อยสุดวิธี R-NHKB และวิธี B-KS มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="3">R-KS , R-NLW</td><td rowspan="3">R-KS</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="6">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี B-NHKB วิธี R-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-KS วิธี B-KS และวิธี R-NHKB ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 50 | | |
| | 100 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS | |
| | 100 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NLW | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NHKB วิธี R-KS และวิธี B-KS ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.8833 | **0.8697** | 0.9163 | **0.7300** | **0.7127** | **0.8107** | 1.3293 | 1.2307 | 1.7997 | 0.9468 | 0.8756 | 1.2835 |
| | 30 | 0.8860 | 0.8847 | 0.8970 | **0.8333** | **0.8107** | **0.8427** | 0.6754 | 0.6640 | 0.7316 | 0.5787 | 0.5686 | 0.6287 |
| | 50 | 0.8913 | 0.8860 | 0.8943 | **0.8580** | **0.8513** | **0.8523** | 0.5626 | 0.5549 | 0.5974 | 0.5131 | 0.5061 | 0.5451 |
| | 100 | 0.8983 | 0.8987 | 0.8993 | 0.8840 | 0.8850 | 0.8860 | 0.3732 | 0.3724 | 0.3840 | 0.3558 | 0.3550 | 0.3661 |
| 0.6 | 15 | 0.8410 | 0.8503 | **0.8777** | **0.7100** | **0.7400** | **0.7623** | 1.8535 | 1.8095 | 2.1945 | 1.2791 | 1.2498 | 1.5166 |
| | 30 | 0.8897 | 0.8997 | 0.9013 | **0.8680** | 0.8823 | **0.8440** | 0.7578 | 0.7802 | 0.9190 | 0.6484 | 0.6686 | 0.7892 |
| | 50 | 0.8993 | 0.9037 | 0.9037 | 0.8917 | 0.8920 | **0.8710** | 0.6355 | 0.6502 | 0.7288 | 0.5780 | 0.5918 | 0.6638 |
| | 100 | 0.8980 | 0.8990 | 0.9030 | 0.8900 | 0.8910 | 0.8823 | 0.4496 | 0.4584 | 0.4829 | 0.4284 | 0.4368 | 0.4603 |
| 0.9 | 15 | 0.9050 | 0.9087 | 0.9147 | **0.8170** | **0.8500** | **0.8470** | 6.3883 | 3.0505 | 3.3923 | 2.2485 | 2.1096 | 2.3452 |
| | 30 | 0.9140 | 0.9183 | 0.9150 | 0.9390 | 0.9450 | **0.8640** | 1.0073 | 1.0619 | 1.6616 | 0.8626 | 0.9108 | 1.4284 |
| | 50 | 0.8973 | 0.9030 | 0.9043 | 0.9290 | 0.9323 | **0.8707** | 0.8626 | 0.9280 | 1.2845 | 0.7824 | 0.8426 | 1.1665 |
| | 100 | 0.9063 | 0.9063 | 0.9090 | 0.9337 | 0.9333 | 0.8897 | 0.7130 | 0.7494 | 0.8922 | 0.6787 | 0.7136 | 0.8496 |

**<u>หมายเหตุ</u>** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9343 | 0.9373 | 0.9637 | **0.8083** | **0.7900** | **0.8750** | 1.6341 | 1.5130 | 2.2125 | 1.1188 | 1.0354 | 1.5172 |
| | 30 | 0.9460 | 0.9437 | 0.9510 | **0.8933** | **0.8793** | **0.9033** | 0.8144 | 0.8006 | 0.8821 | 0.6866 | 0.6743 | 0.7453 |
| | 50 | 0.9470 | 0.9447 | 0.9463 | **0.9123** | **0.9117** | **0.9137** | 0.6748 | 0.6656 | 0.7166 | 0.6083 | 0.6001 | 0.6467 |
| | 100 | 0.9497 | 0.9503 | 0.9473 | 0.9363 | 0.9367 | **0.9333** | 0.4461 | 0.4450 | 0.4590 | 0.4223 | 0.4213 | 0.4346 |
| 0.6 | 15 | **0.9033** | **0.9093** | **0.9287** | **0.7860** | **0.8133** | **0.8303** | 2.2873 | 2.2330 | 2.7082 | 1.5120 | 1.4786 | 1.7935 |
| | 30 | 0.9483 | 0.9533 | 0.9540 | **0.9230** | **0.9277** | **0.9063** | 0.9137 | 0.9407 | 1.1080 | 0.7681 | 0.7923 | 0.9355 |
| | 50 | 0.9477 | 0.9533 | 0.9510 | 0.9407 | 0.9467 | **0.9263** | 0.7622 | 0.7800 | 0.8741 | 0.6856 | 0.7021 | 0.7875 |
| | 100 | 0.9527 | 0.9527 | 0.9523 | 0.9467 | 0.9453 | 0.9373 | 0.5374 | 0.5478 | 0.5771 | 0.5080 | 0.5181 | 0.5461 |
| 0.9 | 15 | 0.9520 | 0.9553 | 0.9600 | **0.8690** | **0.9000** | **0.8960** | 7.8835 | 3.7645 | 4.1862 | 2.6675 | 2.4967 | 2.7788 |
| | 30 | 0.9550 | 0.9607 | 0.9570 | 0.9630 | 0.9673 | **0.9227** | 1.2145 | 1.2803 | 2.0034 | 1.0222 | 1.0793 | 1.6916 |
| | 50 | 0.9453 | 0.9493 | 0.9487 | 0.9603 | 0.9657 | **0.9220** | 1.0349 | 1.1133 | 0.9274 | 0.9987 | 0.9987 | 1.3832 |
| | 100 | 0.9530 | 0.9543 | 0.9523 | 0.9680 | 0.9653 | 0.9420 | 0.8522 | 0.8957 | 1.0664 | 0.8053 | 0.8466 | 1.0082 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด
แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9880 | 0.9870 | 0.9933 | **0.8980** | **0.8777** | **0.9437** | 2.3244 | 2.1521 | 3.1470 | 1.4267 | 1.3215 | 1.9363 |
| | 30 | 0.9910 | 0.9927 | 0.9907 | **0.9577** | **0.9503** | **0.9627** | 1.1021 | 1.0835 | 1.1939 | 0.8776 | 0.8626 | 0.9528 |
| | 50 | 0.9893 | 0.9883 | 0.9900 | **0.9730** | **0.9703** | **0.9740** | 0.9014 | 0.8891 | 0.9573 | 0.7805 | 0.7698 | 0.8298 |
| | 100 | 0.9893 | 0.9893 | 0.9903 | **0.9800** | **0.9793** | **0.9807** | 0.5907 | 0.5894 | 0.6078 | 0.5421 | 0.5409 | 0.5578 |
| 0.6 | 15 | **0.9687** | **0.9723** | **0.9787** | **0.8650** | **0.8823** | **0.8977** | 3.2860 | 3.2080 | 3.8906 | 1.9203 | 1.8789 | 2.2810 |
| | 30 | 0.9883 | 0.9903 | 0.9913 | **0.9677** | **0.9773** | **0.9673** | 1.2366 | 1.2732 | 1.4997 | 0.9846 | 1.0156 | 1.1997 |
| | 50 | 0.9903 | 0.9910 | 0.9890 | **0.9787** | 0.9840 | **0.9723** | 1.0182 | 1.0419 | 1.1677 | 0.8796 | 0.9006 | 1.0101 |
| | 100 | 0.9917 | 0.9923 | 0.9920 | 0.9843 | 0.9843 | **0.9803** | 0.7116 | 0.7254 | 0.7642 | 0.6518 | 0.6646 | 0.7005 |
| 0.9 | 15 | 0.9910 | 0.9913 | 0.9927 | **0.9327** | **0.9547** | **0.9507** | 11.3255 | 5.4082 | 6.0140 | 3.3852 | 3.1715 | 3.5290 |
| | 30 | 0.9910 | 0.9917 | 0.9903 | **0.9870** | 0.9917 | **0.9673** | 1.6437 | 1.7328 | 2.7114 | 1.3101 | 1.3824 | 2.1686 |
| | 50 | 0.9877 | 0.9880 | 0.9877 | 0.9877 | 0.9903 | **0.9710** | 1.3830 | 1.4878 | 2.0592 | 1.1914 | 1.2827 | 1.7764 |
| | 100 | 0.9880 | 0.9890 | 0.9897 | 0.9893 | 0.9890 | **0.9823** | 1.1284 | 1.1860 | 1.4120 | 1.0352 | 1.0883 | 1.2962 |

**<u>หมายเหตุ</u>** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ย ความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.28-4.2.30 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-KS |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-KS |
| | 100 | ทุกวิธี | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-KS |
| | 50 | | |
| | 100 | ทุกวิธี | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB และวิธี R-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีสถานการณ์เท่า กัน และน้อยสุดคือวิธี B-NLW

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-NHKB วิธี R-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="3">R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td rowspan="3">R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td><td>B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>ไม่มี</td><td>ไม่มี</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="2">B-KS</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td><td>B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td><td>B-KS</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่ามีบางสถานการณ์ที่การประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-KS วิธี R-NHKB และวิธี R-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-NLW ตามลำดับ เมื่อระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 ไม่มีวิธีใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | | |
| | 50 | | |
| | 100 | | |
| 0.6 | 15 | ไม่มี | ไม่มี |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-KS |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB | B-NHKB |
| | 100 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-KS |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-KS |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่ามีบางสถานการณ์ที่การประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-KS วิธี R-NHKB และวิธี R-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี B-NHKB และน้อยสุดคือวิธี B-KS ตามลำดับ ส่วนวิธี B-NLW ไม่มีสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 ไม่มีวิธีใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี B-NHKB และวิธี R-KS ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.8903 | **0.8620** | 0.8990 | **0.8073** | **0.7783** | **0.8240** | 6.7041 | 5.5812 | 6.1649 | 4.6212 | 3.8519 | 4.2564 |
| | 30 | **0.8730** | **0.8247** | 0.8800 | **0.8657** | **0.8243** | **0.8677** | 4.4467 | 4.0514 | 5.2539 | 3.7979 | 3.4600 | 4.4814 |
| | 50 | 0.9063 | **0.8613** | 0.9067 | 0.8953 | **0.8510** | **0.8733** | 2.7441 | 1.8758 | 2.9612 | 2.4988 | 1.7050 | 2.6968 |
| | 100 | 0.9027 | **0.8753** | 0.9013 | 0.8900 | 0.8857 | 0.8830 | 1.8541 | 1.4616 | 1.9145 | 1.7648 | 1.3908 | 1.8224 |
| 0.6 | 15 | 0.9050 | 0.8927 | 0.9130 | **0.8480** | **0.8360** | **0.8627** | 7.8222 | 7.1955 | 7.2344 | 5.3942 | 4.9668 | 5.0039 |
| | 30 | 0.9133 | 0.8903 | 0.9227 | 0.9080 | 0.8877 | 0.9040 | 5.4075 | 5.0971 | 6.2360 | 4.6243 | 4.3438 | 5.3147 |
| | 50 | 0.9157 | 0.8943 | 0.9203 | 0.9247 | 0.9350 | 0.8907 | 3.0977 | 2.1033 | 3.6343 | 2.8244 | 1.9156 | 3.3128 |
| | 100 | 0.8923 | 0.8857 | 0.8923 | 0.8967 | 0.9317 | **0.8687** | 2.2287 | 1.6607 | 2.4068 | 2.1225 | 1.5814 | 2.2919 |
| 0.9 | 15 | 0.9223 | 0.9177 | 0.9220 | **0.8603** | 0.8787 | 0.8913 | 12.7407 | 12.0605 | 9.6091 | 8.7643 | 8.3078 | 6.6237 |
| | 30 | 0.9203 | 0.9070 | 0.9233 | 0.9243 | 0.9187 | 0.9373 | 9.0254 | 8.8266 | 9.1178 | 7.6751 | 7.5171 | 7.7685 |
| | 50 | 0.9060 | 0.9057 | 0.9043 | 0.9360 | 0.9497 | 0.8827 | 4.4318 | 3.1926 | 6.6333 | 4.0380 | 2.9059 | 6.0478 |
| | 100 | 0.9000 | 0.8983 | 0.9000 | 0.9393 | 0.9680 | 0.8817 | 3.3849 | 2.3516 | 4.4113 | 3.2236 | 2.2378 | 4.2027 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9517 | **0.9297** | 0.9587 | **0.8650** | **0.8430** | **0.8830** | 8.2732 | 6.8874 | 7.6078 | 5.4684 | 4.5603 | 5.0410 |
| | 30 | **0.9310** | **0.8987** | 0.9407 | **0.9177** | **0.8753** | **0.9153** | 5.3642 | 4.8874 | 6.3380 | 4.5002 | 4.1021 | 5.3112 |
| | 50 | 0.9573 | **0.9313** | 0.9573 | 0.9470 | **0.9147** | **0.9320** | 3.2914 | 2.2500 | 3.5519 | 2.9675 | 2.0237 | 3.2023 |
| | 100 | 0.9510 | 0.9377 | 0.9517 | 0.9433 | 0.9387 | 0.9373 | 2.2161 | 1.7470 | 2.2883 | 2.0952 | 1.6500 | 2.1632 |
| 0.6 | 15 | 0.9580 | 0.9463 | 0.9617 | **0.8930** | **0.8887** | **0.9113** | 9.6530 | 8.8796 | 8.9276 | 6.3913 | 5.8812 | 5.9178 |
| | 30 | 0.9637 | 0.9503 | 0.9640 | 0.9543 | 0.9393 | 0.9530 | 6.5233 | 6.1489 | 7.5227 | 5.4876 | 5.1560 | 6.3067 |
| | 50 | 0.9620 | 0.9523 | 0.9620 | 0.9603 | 0.9687 | 0.9403 | 3.7156 | 2.5228 | 4.3592 | 3.3501 | 2.2708 | 3.9313 |
| | 100 | 0.9410 | 0.9397 | 0.9413 | 0.9417 | 0.9653 | 0.9273 | 2.6637 | 1.9849 | 2.8767 | 2.5176 | 1.8750 | 2.7183 |
| 0.9 | 15 | 0.9623 | 0.9610 | 0.9660 | **0.9097** | **0.9200** | **0.9317** | 15.7227 | 14.8834 | 11.8581 | 10.3854 | 9.8321 | 7.8369 |
| | 30 | 0.9660 | 0.9637 | 0.9697 | 0.9583 | 0.9590 | 0.9633 | 10.8877 | 10.6479 | 10.9991 | 9.0925 | 8.9048 | 9.2068 |
| | 50 | 0.9537 | 0.9537 | 0.9523 | 0.9630 | 0.9753 | **0.9330** | 5.3158 | 3.8293 | 7.9564 | 4.7903 | 3.4487 | 7.1727 |
| | 100 | 0.9493 | 0.9483 | 0.9493 | 0.9720 | 0.9830 | **0.9333** | 4.0458 | 2.8106 | 5.2725 | 3.8246 | 2.6561 | 4.9854 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9887 | **0.9813** | 0.9880 | **0.9297** | **0.9107** | **0.9420** | 11.8853 | 9.8945 | 10.9295 | 6.9433 | 5.7964 | 6.4191 |
| | 30 | 0.9827 | **0.9670** | 0.9843 | **0.9637** | **0.9410** | **0.9633** | 7.2694 | 6.6232 | 8.5891 | 5.7702 | 5.2672 | 6.8188 |
| | 50 | 0.9913 | 0.9853 | 0.9907 | 0.9853 | **0.9690** | **0.9823** | 4.3969 | 3.0057 | 4.7449 | 3.8074 | 2.5974 | 4.1094 |
| | 100 | 0.9913 | 0.9877 | 0.9917 | **0.9817** | **0.9823** | **0.9787** | 2.9344 | 2.3132 | 3.0300 | 2.6927 | 2.1214 | 2.7806 |
| 0.6 | 15 | 0.9953 | 0.9947 | 0.9947 | **0.9433** | **0.9453** | **0.9550** | 13.8675 | 12.7565 | 12.8256 | 8.1289 | 7.4798 | 7.5266 |
| | 30 | 0.9953 | 0.9930 | 0.9970 | 0.9870 | **0.9780** | 0.9863 | 8.8401 | 8.3328 | 10.1945 | 7.0167 | 6.6030 | 8.0931 |
| | 50 | 0.9920 | 0.9907 | 0.9920 | 0.9893 | 0.9923 | **0.9823** | 4.9636 | 3.3702 | 5.8233 | 4.3013 | 2.9145 | 5.0469 |
| | 100 | 0.9903 | 0.9877 | 0.9910 | 0.9830 | 0.9897 | **0.9753** | 3.5272 | 2.6284 | 3.8092 | 3.2320 | 2.4064 | 3.4905 |
| 0.9 | 15 | 0.9950 | 0.9930 | 0.9933 | **0.9557** | **0.9590** | **0.9663** | 22.5874 | 21.3815 | 17.0355 | 13.2767 | 12.5132 | 9.9784 |
| | 30 | 0.9973 | 0.9953 | 0.9967 | 0.9897 | 0.9887 | 0.9903 | 14.7547 | 14.4297 | 14.9057 | 11.6927 | 11.4238 | 11.8022 |
| | 50 | 0.9877 | 0.9897 | 0.9860 | 0.9883 | 0.9940 | **0.9760** | 7.1012 | 5.1155 | 10.6288 | 6.1478 | 4.4286 | 9.1931 |
| | 100 | 0.9917 | 0.9917 | 0.9920 | 0.9920 | 0.9947 | 0.9840 | 5.3572 | 3.7218 | 6.9817 | 4.9065 | 3.4073 | 6.3916 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.30-4.2.33 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

<table>
<tr><th>ระดับ ความ สัมพันธ์</th><th>ขนาด ตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความ เชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS , R-NLW</td><td rowspan="2">R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-NLW</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW</td><td>B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NHKB</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">ทุกวิธี</td><td rowspan="7">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NHKB , B-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB รองจากนั้นคือวิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-NLW

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NHKB และน้อยสุดคือวิธี R-NHKB และวิธี B-KS มีจำนวนสถานการณ์เท่ากัน

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.934) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | | |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NHKB |
| | 30 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| | 50 | | |
| | 100 | | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความ เชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB

รองลงมาคือวิธี R-NLW และน้อยสุดคือวิธี R-NHKB และวิธี B-KS มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

<table>
<tr><th>ระดับความสัมพันธ์</th><th>ขนาดตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW</td><td>R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="3">R-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS</td><td>B-KS</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td><td rowspan="2">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>ทุกวิธี</td><td rowspan="3">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี R-NLW ตามลำดับ และน้อยสุดคือวิธี R-KS และวิธี B-KS มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

ตารางที่ 4.2.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9113 | 0.8887 | 0.9133 | **0.8503** | **0.8283** | **0.8657** | 12.6870 | 11.4985 | 11.0801 | 8.7721 | 7.9443 | 7.6527 |
| | 30 | 0.9077 | **0.8710** | 0.9110 | 0.9047 | 0.8790 | 0.9120 | 9.2090 | 8.1795 | 9.0475 | 7.8659 | 7.0071 | 7.7386 |
| | 50 | 0.9043 | **0.8397** | 0.9037 | 0.8990 | **0.8520** | **0.8760** | 5.3850 | 2.9508 | 5.7141 | 4.9098 | 2.6864 | 5.2084 |
| | 100 | 0.8977 | **0.8357** | 0.8977 | 0.8890 | **0.8557** | 0.8793 | 3.7184 | 2.2364 | 3.8240 | 3.5398 | 2.1269 | 3.6402 |
| 0.6 | 15 | 0.9180 | 0.9117 | 0.9210 | **0.8480** | **0.8517** | **0.8747** | 15.3253 | 13.9009 | 12.4262 | 10.5654 | 9.5890 | 8.5686 |
| | 30 | 0.9080 | 0.8893 | 0.9077 | 0.9127 | 0.8903 | 0.9027 | 10.4487 | 9.6890 | 10.4761 | 8.9075 | 8.2652 | 8.9509 |
| | 50 | 0.8967 | **0.8703** | 0.8967 | 0.9043 | 0.9187 | **0.8720** | 6.1900 | 3.5034 | 7.0966 | 5.6398 | 3.1875 | 6.4645 |
| | 100 | 0.8977 | 0.8757 | 0.8963 | 0.8980 | 0.9360 | 0.8797 | 4.4680 | 2.5941 | 4.8066 | 4.2574 | 2.4707 | 4.5797 |
| 0.9 | 15 | 0.9250 | 0.9223 | 0.9267 | **0.8717** | **0.8767** | 0.9157 | 22.7918 | 22.3677 | 14.7249 | 15.7797 | 15.4664 | 10.1768 |
| | 30 | 0.9097 | 0.9043 | 0.9123 | 0.9223 | 0.9310 | 0.9333 | 16.8113 | 15.8829 | 13.3543 | 14.3637 | 13.5589 | 11.4083 |
| | 50 | 0.9077 | 0.8997 | 0.9063 | 0.9443 | 0.9570 | 0.8997 | 8.8778 | 5.8127 | 12.1596 | 8.0821 | 5.2924 | 11.0743 |
| | 100 | 0.9050 | 0.9067 | 0.9040 | 0.9373 | 0.9637 | 0.8940 | 6.7417 | 4.0368 | 8.7134 | 6.4289 | 3.8479 | 8.3068 |

__หมายเหตุ__ ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.95

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9663 | 0.9507 | 0.9630 | **0.9003** | **0.8810** | **0.9087** | 15.6563 | 14.1897 | 13.6734 | 10.3989 | 9.4004 | 9.0559 |
| | 30 | 0.9590 | **0.9303** | 0.9620 | 0.9447 | **0.9203** | 0.9480 | 11.1092 | 9.8673 | 10.9144 | 9.3249 | 8.2941 | 9.1678 |
| | 50 | 0.9507 | **0.9087** | 0.9490 | 0.9457 | **0.9137** | **0.9317** | 6.4591 | 3.5393 | 6.8537 | 5.8231 | 3.1859 | 6.1786 |
| | 100 | 0.9460 | **0.9017** | 0.9460 | 0.9373 | **0.9170** | **0.9310** | 4.4442 | 2.6730 | 4.5705 | 4.1993 | 2.5238 | 4.3185 |
| 0.6 | 15 | 0.9620 | 0.9563 | 0.9663 | **0.9003** | **0.9057** | **0.9173** | 18.9122 | 17.1544 | 15.3346 | 12.4888 | 11.3428 | 10.1230 |
| | 30 | 0.9610 | 0.9477 | 0.9560 | 0.9483 | 0.9420 | 0.9493 | 12.6046 | 11.6882 | 12.6376 | 10.5634 | 9.8059 | 10.6123 |
| | 50 | 0.9470 | **0.9263** | 0.9477 | 0.9507 | 0.9477 | **0.9223** | 7.4246 | 4.2022 | 8.5120 | 6.6820 | 3.7799 | 7.6601 |
| | 100 | 0.9513 | 0.9357 | 0.9507 | 0.9530 | 0.9653 | 0.9390 | 5.3402 | 3.1005 | 5.7449 | 5.0559 | 2.9318 | 5.4382 |
| 0.9 | 15 | 0.9713 | 0.9643 | 0.9693 | **0.9157** | **0.9210** | 0.9467 | 28.1262 | 27.6029 | 18.1714 | 18.6588 | 18.3015 | 12.0457 |
| | 30 | 0.9607 | 0.9587 | 0.9623 | 0.9593 | 0.9647 | 0.9637 | 20.2801 | 19.1601 | 16.1098 | 17.0385 | 16.0846 | 13.5277 |
| | 50 | 0.9537 | 0.9497 | 0.9493 | 0.9680 | 0.9733 | 0.9440 | 10.6486 | 6.9720 | 14.5849 | 9.5832 | 6.2794 | 13.1319 |
| | 100 | 0.9520 | 0.9520 | 0.9517 | 0.9697 | 0.9783 | 0.9410 | 8.0578 | 4.8249 | 10.4144 | 7.6270 | 4.5664 | 9.8549 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองและค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง | | | | | | ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW | R-KS | R-NHKB | R-NLW | B-KS | B-NHKB | B-NLW |
| 0.3 | 15 | 0.9937 | 0.9883 | 0.9920 | **0.9510** | **0.9383** | **0.9493** | 22.4921 | 20.3850 | 19.6434 | 13.3047 | 12.0087 | 11.5378 |
| | 30 | 0.9913 | 0.9833 | 0.9917 | 0.9830 | **0.9707** | 0.9827 | 15.0549 | 13.3718 | 14.7909 | 11.9433 | 10.6255 | 11.7436 |
| | 50 | 0.9877 | **0.9717** | 0.9887 | **0.9810** | **0.9673** | **0.9760** | 8.6286 | 4.7281 | 9.1558 | 7.4748 | 4.0940 | 7.9325 |
| | 100 | 0.9897 | **0.9727** | 0.9897 | **0.9817** | **0.9667** | **0.9790** | 5.8849 | 3.5395 | 6.0520 | 5.4041 | 3.2472 | 5.5578 |
| 0.6 | 15 | 0.9963 | 0.9920 | 0.9953 | **0.9507** | **0.9513** | **0.9610** | 27.1694 | 24.6441 | 22.0298 | 15.9116 | 14.4285 | 12.9051 |
| | 30 | 0.9967 | 0.9930 | 0.9947 | 0.9870 | 0.9843 | 0.9880 | 17.0815 | 15.8395 | 17.1262 | 13.5051 | 12.5443 | 13.5802 |
| | 50 | 0.9893 | **0.9820** | 0.9893 | 0.9867 | **0.9770** | **0.9763** | 9.9184 | 5.6136 | 11.3710 | 8.5757 | 4.8510 | 9.8271 |
| | 100 | 0.9900 | 0.9847 | 0.9900 | 0.9853 | 0.9853 | 0.9830 | 7.0713 | 4.1056 | 7.6072 | 6.4877 | 3.7668 | 6.9798 |
| 0.9 | 15 | 0.9967 | 0.9947 | 0.9967 | **0.9630** | **0.9657** | **0.9777** | 40.4064 | 39.6546 | 26.1051 | 23.8006 | 23.3661 | 15.3843 |
| | 30 | 0.9950 | 0.9943 | 0.9947 | 0.9880 | 0.9893 | 0.9910 | 27.4830 | 25.9653 | 21.8315 | 21.8258 | 20.5971 | 17.3397 |
| | 50 | 0.9890 | 0.9890 | 0.9877 | 0.9887 | 0.9893 | **0.9770** | 14.2252 | 9.3138 | 19.4836 | 12.2939 | 8.0553 | 16.8323 |
| | 100 | 0.9897 | 0.9900 | 0.9893 | 0.9917 | 0.9940 | **0.9817** | 10.6698 | 6.3889 | 13.7903 | 9.7937 | 5.8637 | 12.6590 |

**หมายเหตุ** ตัวหนา หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองต่ำกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

แถบทึบ หมายถึง กรณีที่วิธีการประมาณค่าให้ค่าความยาวเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่ำสุด

จากตารางที่ 4.2.34-4.2.36 สามารถสรุปผล ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.90 , 0.95 และ 0.99 ตามลำดับ จำแนกตามระดับความสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.90</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.8779) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB , B-NLW | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 100 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW | |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB | |
| | 100 | ทุกวิธี | |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NLW | B-NLW |
| | 30 | ทุกวิธี | |
| | 50 | | B-NHKB |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-NHKB

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี R-NLW วิธี B-KS และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.95</u>

<table>
<tr><th>ระดับ<br>ความ<br>สัมพันธ์</th><th>ขนาด<br>ตัวอย่าง</th><th>วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง<br>ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด<br>(ไม่ต่ำกว่า 0.934)</th><th>วิธีที่ให้ค่าความยาว<br>เฉลี่ยของช่วงความ<br>เชื่อมั่นต่ำสุด</th></tr>
<tr><td rowspan="4">0.3</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NLW</td><td>B-NLW</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">R-KS , R-NLW , B-KS</td><td rowspan="2">B-KS</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.6</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW</td><td>R-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td>ทุกวิธี</td><td rowspan="3">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>50</td><td>R-KS , R-NLW , B-KS , B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td><td>ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td rowspan="4">0.9</td><td>15</td><td>R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-NLW</td><td rowspan="2">B-NLW</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="3">ทุกวิธี</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">B-NHKB</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี B-KS รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-NLW และวิธี B-NHKB ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-NLW และน้อยสุดคือวิธี R-NLW และวิธี B-KS มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน

<u>ที่สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.99</u>

| ระดับความสัมพันธ์ | ขนาดตัวอย่าง | วิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.9827) | วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NLW | B-NLW |
| | 50 | R-KS , R-NHKB | R-KS |
| | 100 | | |
| 0.6 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| | 50 | R-KS , R-NLW , B-KS | B-KS |
| | 100 | ทุกวิธี | B-NHKB |
| 0.9 | 15 | R-KS , R-NHKB , R-NLW | R-NLW |
| | 30 | ทุกวิธี | B-NLW |
| | 50 | R-KS , R-NHKB , R-NLW , B-KS , B-NHKB | B-NHKB |
| | 100 | | |

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ผลสรุปที่ได้พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี R-KS และวิธี R-NLW ของทุกสถานการณ์จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ส่วนวิธีอื่นๆ มีบางสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยที่วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี B-NHKB และวิธี B-NLW ตามลำดับ

ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ผลสรุปที่ได้พบว่าวิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุดคือวิธี B-NHKB และวิธี R-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน รองลงมาคือวิธี R-KS และวิธี B-NLW มีจำนวนของสถานการณ์เท่ากัน และน้อยสุดคือวิธี B-KS

จากตารางที่ 4.2.1-4.2.36 สามารถสรุปและเปรียบเทียบจำนวนของสถานการณ์ของแต่ละวิธีที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดและวิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด

ตารางที่ 4.2.37 แสดงจำนว นสถานการณ์ของวิธีประมาณค่าที่ให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ผ่านการคัดเลือก)

| วิธีการประมาณค่า | จำนวนของสถานการณ์ทั้งหมด | จำนวนของสถานการณ์ที่ผ่านการคัดเลือก |
|---|---|---|
| R-KS | 432 | 427 |
| R-NHKB | 432 | 229 |
| R-NLW | 432 | 420 |
| B-KS | 432 | 276 |
| B-NHKB | 432 | 155 |
| B-NLW | 432 | 232 |

หมายเหตุ มี 3 สถานการณ์ที่ไม่มีวิธีการประมาณค่าที่ให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ไม่ผ่านการคัดเลือก)

จากตารางที่ 4.2.37 พบว่าการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ สามารถสรุปแยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธีดังนี้ วิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่มี ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เรียง จาก จำนวน มากไปน้อย ดังนี้ อันดับแรกคือวิธี R-KS รองลงมาคือวิธี R-NLW วิธี B-KS วิธี B-NLW วิธี R-NHKB และวิธี B-NHKB ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2.1-4.2.36 เมื่อไม่ได้พิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองว่าต่ำกว่าค่าสัมประสิท ธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดหรือไม่ ผลที่ได้พบว่า โดยส่วนใหญ่ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากสุด สามารถสรุปแยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธี ผลที่ได้พบว่าโดยส่วนใหญ่ของ จำนวน สถานการณ์ทั้งหมด วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี B-NLW

และวิธี R-NLW ตามลำดับ และหลังจาก พิจารณาว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองว่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้ว ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2.38

ตารางที่ 4.2.38 แสดงจำนวนของสถานการณ์ วิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด หลังจากคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้ว

| วิธีการประมาณค่า | จำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจากสถานการณ์ทั้งหมดที่ผ่านการคัดเลือก | คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|
| R-KS | 62 | 33.49% |
| R-NHKB | 63 | |
| R-NLW | 19 | |
| B-KS | 125 | 66.51% |
| B-NHKB | 143 | |
| B-NLW | 18 | |

<u>หมายเหตุ</u> มี 1 สถานการณ์ที่วิธี B-KS และวิธี B-NHKB มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดเท่ากัน

จากตารางที่ 4.2.38 พบว่าหลังจากคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิท ธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้ว โดยส่วนใหญ่ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด ซึ่งคิดเป็น 66.51% ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด สามารถสรุปแยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธี ผลที่ได้พบว่าโดยส่วนใหญ่ของ จำนวน สถานการณ์ทั้งหมดวิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-NLW ตามลำดับ

จากผลการวิจัยที่ได้เมื่อพิจารณาตามระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่าเมื่อระดับความสัมพันธ์ต่ำวิธีความถดถอยแบบริดจ์มีจำนวนของสถานการณ์ที่ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ แต่ในทางตรงข้ามเมื่อระดับความสัมพันธ์สูง พบว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีจำนวนของสถานการณ์ที่ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดมากกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์

**ผลสรุปรวมของการประมาณค่าแบบช่วง**

จากตารางที่ 4.2.1-4.2.36 ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าวิธีของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วงเมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน พบว่าจากสถานการณ์ทั้งหมด การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ แต่ในทางตรงกันข้ามโดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า ความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด หลังจากได้คัดเลือกวิธีการประมา ณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้ว ผลที่ได้สรุปได้ดังนี้

<u>ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง</u>

การวิจัยครั้งนี้พบว่าจากสถานการณ์ทั้งหมด การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เพราะว่าจากการประมาณค่าแบบจุดด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธี การประมาณค่าที่ให้ค่าความแปรปรวนสูงกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ แต่วิธีความถดถอยแบบริดจ์ให้ค่าความเอนเอียงน้อยกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ จึงส่งผลให้โอกาสที่ช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากวิธีความถดถอยแบบริดจ์คลุมค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นที่กำห นดมีค่าสูงกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ผลที่ตามมาคือจำนวนสถานการณ์ที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ของวิธีความถดถอยแบบริดจ์ให้ค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์

สามารถสรุปแยกตามวิ ธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธีดังนี้ วิธีที่ให้จำนวนสถานการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดจากมากไปน้อยคือ อันดับแรกคือวิธี R-KS (เกือบทุกสถานการณ์ ) รองลงมาคือวิธี R-NLW วิธี B-KS วิธี B-NLW วิธี R-NHKB และวิธี B-NHKB ตามลำดับ

<u>ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น</u>

จากผลการวิจัยค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้พบว่า โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่าความยา วเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด หลังจากคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้ว เนื่องจากการประมาณค่าด้วยวิธี

ความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ให้ค่าความแปรปรวนต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ จึงส่งผลให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีค่าต่ำสุด

สามารถสรุปแยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธีดังนี้ สำหรับกรณีที่ยังไม่ได้พิจารณาว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ว่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดหรือไม่ผลที่ได้พบว่า โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ทั้งหมดวิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดคือ วิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ สำหรั บกรณีที่ได้ทำการคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้วพบว่า วิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากที่สุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-NLW ตามลำดับ

จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้ในการทดลอง สามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ดังต่อไปนี้

1. <u>ขนาดตัวอย่าง</u>

ในกรณีที่ปัจจัยอื่นๆ คงที่นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าคงที่ พบว่า ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มลดลง เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของขนาดตัวอย่างทำให้เราได้ข้อมูลมากขึ้นเพื่อที่จะนำมาใช้ในการอธิบายสมการความถดถอยเชิงพหุ มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าลดลง ดังนั้น ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มลดลง และขณะเดียวกั นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองมีแนวโน้มมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองมีแนวโน้มให้ค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

2. <u>ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ</u>

ในกรณีที่ปัจ จัยอื่นๆ คงที่นั่นคือ ขนาดตัวอย่าง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าคงที่ พบว่าค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทำให้ค่า

เฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ มีค่าลดลง มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

3. <u>ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน</u>

ในกรณีที่ปัจจัยอื่นๆ คงที่นั่นคือ ขนาดตัวอย่าง ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวนตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าคงที่ พบว่า ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนทำให้ความคลาดเคลื่อน ส่งผลให้การกระจายมากขึ้นการกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4. <u>จำนวนตัวแปรอิสระ</u>

ในกรณีที่ปัจจัยอื่นๆ คงที่นั่นคือ ขนาดตัวอย่าง ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าคงที่ พบว่าค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของจำนวนตัวแปรอิสระทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเพิ่มขึ้น ดัง นั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกัน ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระสูง

5. <u>ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด</u>

ในกรณีที่ปัจจัยอื่นๆ คงที่นั่นคือ ขนาดตัวอย่าง ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวนตัวแปรอิสระ และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน มีค่าคงที่ พบว่าค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าเพิ่ม ขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดหรือลดระดับนัยสำคัญหมายถึงการเพิ่มโอกาสที่พารามิเตอร์ของประชากรจะอยู่ในช่วงของค่าที่ประมาณได้ นั่นคือจะทำให้ค่าประมาณแบบช่วงกว้างขึ้น ดังนั้น ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ดังนั้นสามารถสรุปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นดังนี้ ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ ค่าความยาว เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สามารถสรุปผลวิธีประมาณค่าที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ได้ดังนี้

1. วิธี R-KS โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่ำ จำนวนตัวแปรอิสระน้อย ทุกค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน และระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99

2. วิธี R-NHKB โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่ำและปานกลาง ทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

3. วิธี R-NLW โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของ วิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ทุกค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และ 10 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

4. วิธี B-KS โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อทุกขนาดตัวอย่าง ทุกค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และ 10 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

5. วิธี B-NHKB โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระสูง จำนวนตัวแปรอิสระมาก ทุกค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

6. วิธี B-NLW โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ทุกระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

# บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วง กรณีที่ตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยมีวิธีการประมาณค่ า $k$ ด้วยกันทั้งหมด 3 วิธี คือวิธี KS วิธี New HKB และวิธี New LW เกณฑ์ในการพิจารณาที่ใช้สำหรับการตัดสินใจว่าวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดวิธีใดทำให้ได้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับค่าจริงที่สุด จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกตัว (MSE) และเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการ จะใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยรวมทุกค่า (PDMSE) และเกณฑ์สำหรับการพิจารณาที่ใช้ในการตัดสินใจว่าวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วง คือค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเ ชื่อมั่น ซึ่งขั้นตอนแรกจะศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธีของการประมาณค่า หลังจากนั้นจึงคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แล้วจึงเปรียบเ ทียบความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น พิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด โดยมีสถานการณ์ที่ศึกษาดังนี้

1. จำนวนตัวแปรอิสระ $(p)$ ที่ใช้ในการศึกษามี 2 , 3 , 4 และ 5 ตัว
2. ขนาดตัวอย่าง $(n)$ ที่ใช้ในศึกษาคือ 15 , 30 , 50 และ 100
3. เวกเตอร์ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เมื่อค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_i$ มีค่าเป็นศูนย์นั่นคือ $E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\underset{\sim}{0}$ และ $Cov\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\sigma^2\mathrm{I}_n$ โดยที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $(\sigma)$ มีค่าเท่ากับ 1 , 5 และ 10
4. ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ $(\rho)$ ที่ศึกษามี 3 ระดับคือ

   ระดับต่ำ $\rho = 0.30$

   ระดับปานกลาง $\rho = 0.60$

   ระดับสูง $\rho = 0.90$

5. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงมี 3 ระดับ คือ 0.90 , 0.95 และ 0.99

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) โดยใช้โปรแกรม R 2.8.1 ซึ่งมีการทำซ้ำของการทดลอง 500 ครั้ง และมีการทำซ้ำของการบูตสแตรป 400 ครั้งในทุกสถานการณ์ของการทดลอง

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

### 5.1.1 การประมาณค่าแบบจุด

สำหรับการประมาณค่าแบบจุดการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ กรณีที่ตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของแต่ละวิธี ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่า ขนาดตัวอย่าง ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน และจำนวนตัวแปรอิสระ ต่างส่งผลต่อค่ า MSE ของวิธี การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุทุกวิธี ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามปัจจัยที่ส่งผลต่อการประมาณค่าดังนี้

#### 5.1.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า เฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

1. <u>ขนาดตัวอย่าง</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น หมายความว่าเราได้ข้อมูลมากขึ้นเพื่อที่จะนำมาใช้ในการอธิบายสมการความถดถอยเชิงพหุ จึงส่งผลทำให้ค่า MSE ลดลงและมีผลทำให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุถูกต้องมากขึ้น

2. <u>ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ มีค่าลดลง จึงส่งผลทำให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุลดลง

3. <u>ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น หมายความว่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายมากขึ้น ส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้สูงขึ้น จึงทำให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุลดลง

4. <u>จำนวนตัวแปรอิสระ</u>

ค่า MSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุลดลง

### 5.1.1.2 สรุปผลการวิจัยการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

1. <u>กรณีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1</u>

เมื่อความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันทุกขนาดตัวอย่าง และทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์วิธี B-KS จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-KS วิธี R-NHKB วิธี B-NHKB วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

เมื่อความสัมพันธ์ระดับปา นกลาง ( $\rho = 0.60$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ของทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

เมื่อความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ของทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก โดยที่เกือบทุกสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

2. <u>กรณีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5</u>

เมื่อความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันทุกขนาดตัวอย่าง และทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมากและค่า MSE ที่ได้มีค่าสูง โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

เมื่อความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ของทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก และค่า MSE ที่ได้มีค่าสูง โดยใหญ่ของสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

เมื่อความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ของทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก และค่า MSE ที่ได้มีค่าสูง โดยที่ทุกสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

3. <u>กรณีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10</u>

เมื่อความสัมพันธ์ระดับต่ำ ( $\rho = 0.30$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันทุกขนาดตัวอย่าง และทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก และค่า MSE ที่ได้มีค่าสูง โดยที่เกือบทุกสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่ นๆ รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

เมื่อความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ( $\rho = 0.60$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ของทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก และค่า MSE ที่ได้มีค่าสูง โดยที่เกือบทุกสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

เมื่อความสัมพันธ์ระดับสูง ( $\rho = 0.90$ ) พบว่าแต่ละวิธีให้ค่า MSE ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ของทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า MSE ได้ชัดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและมีจำนวนตัวแปรอิสระมาก และค่า MSE ที่ได้มีค่าสูง

โดยที่เกือบทุกสถานการณ์วิธี B-NHKB จะให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ

ในทุกระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเมื่อจำนวนตั วแปรอิสระเท่ากับ 5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และ 10 ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 วิธี B-NLW เป็นที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธี R-NLW วิธี B-NHKB วิธี R-NHKB วิธี B-KS วิธี R-KS ตามลำดับ

การเปรียบเทียบสถานการณ์ของการประมาณค่าระหว่างวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ซึ่งรวมทุกวิธีการประมาณค่า $k$ พบว่าจากจำนวนของสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนสถานการ ณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 97% และส่วนที่เหลืออีก 3% ของสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

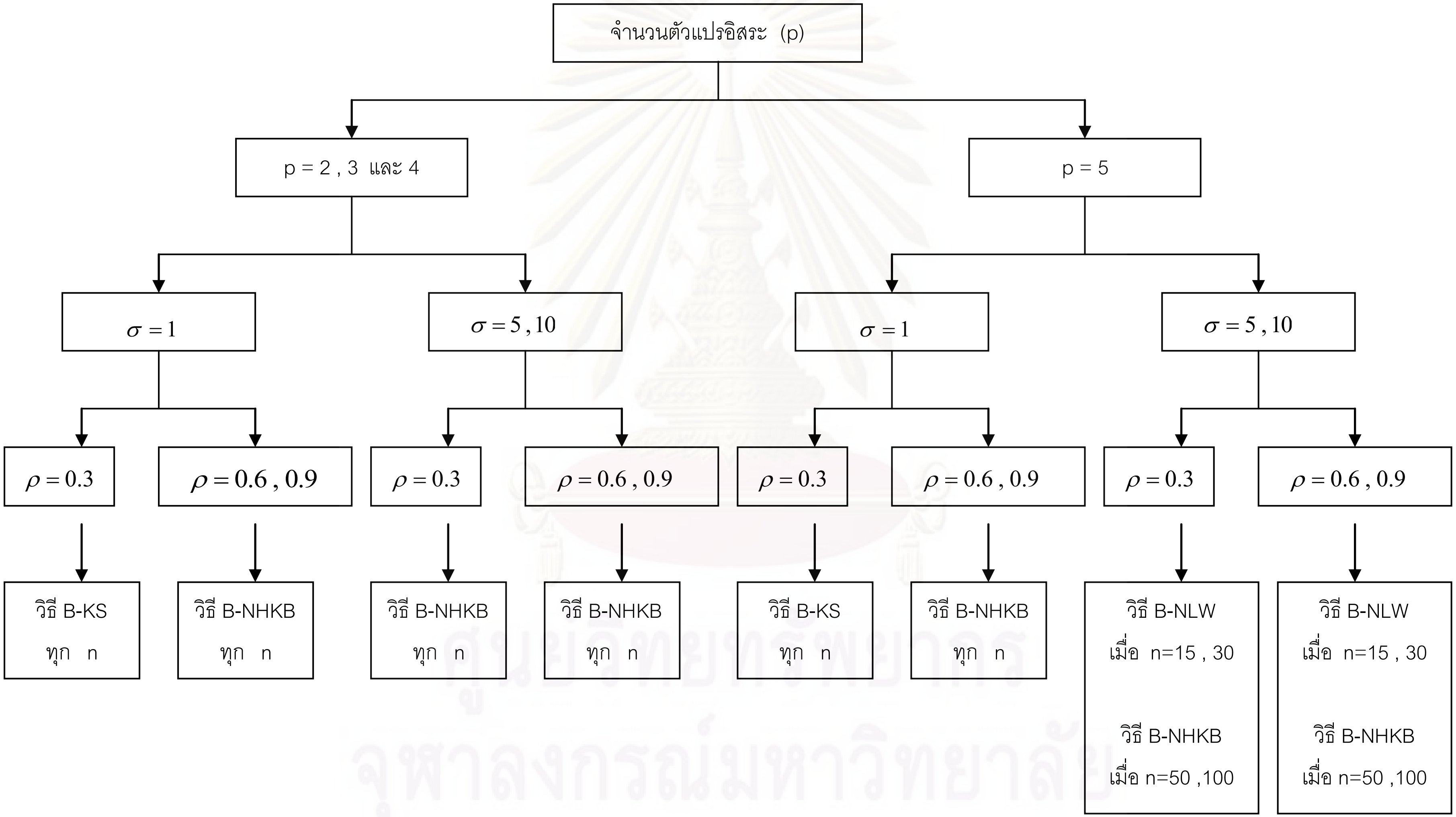
พิจารณาสถานการณ์ของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ที่ได้แยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ ทั้ง 3 วิธี พบว่าจาก 97% ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมดที่วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีค่า MSE น้อยที่สุด สามารถแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$ โดยที่วิธี New HKB เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 76% รองลงมาคือวิธี KS และวิธี New LW มีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 13% และ 8% ตามลำดับ ส่วนเหลืออีก 3% จากจำนวนของสถานการณ์ทั้งหมดเป็นของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถ อยแบบริดจ์ ซึ่งสามารถแบ่งตามวิธีการประมาณค่า $k$ โดยวิธี KS เป็นวิธีที่มีจำนวนของสถานการณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดมากสุด รองลงมาคือวิธี New HKB โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 2% และ 1% ตามลำดับ และวิธี New LW ไม่มีสถานการณ์ใดที่มีค่า MSE ต่ำที่สุด

โดยส่วนใหญ่ของจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระประกอบ เมื่อตัวแปรอิ สระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6 และ 0.9 พบว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 100% นั่นแสดงว่า 3% จากจำนวนของสถานการณ์ทั้งหมดซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ของการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ จะอยู่ใน สถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 และเมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นการประมาณค่า $k$ ด้วยวิธี New HKB จะมีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนสถานการณ์ที่มีค่า MSE น้อยที่สุดเพิ่มขึ้นและวิธีอื่นๆ มีค่าลดลง นั่นแสดงว่าวิธี New HKB เป็นวิธีการประมาณค่าค่อนข้างมีความเหมาะสมเมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันสูง

**ผลสรุปรวมสำหรับการประมาณค่าแบบจุด**

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปรวมได้ดังนี้ จากสถานการณ์ของการทดลองทั้งหมด โดยส่วนใหญ่วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธี ที่มีค่า MSE น้อยที่สุดหรือเป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีสุด ซึ่งค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน และจำนวนตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่า MSE มีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น โดยที่วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุน้อยกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ แต่วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์จะมีค่าความเอนเอียงมากกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ ถ้าหากพิจารณาแยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ ทั้ง 3 วิธี สรุปได้ว่าโดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ทั้งหมด วิธี B-NHKB เป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีสุด แต่เมื่อพิจารณาเจาะจงลงไปที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิ สระเท่ากับ 0.3 ของทุกขนาดตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่วิธี B-KS เป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีสุด และในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และ 10 ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 ของทุกระดับความสัมพันธ์ วิธี B-NLW เป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีสุด ผลการสรุปโดยรวมของวิธีการประมาณค่าที่ได้จากข้างต้นสามารถสรุปในรูปแผนผังดังต่อไปนี้

**แผนผังสรุปผลวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับการประมาณค่าแบบจุด**



### 5.1.2 การประมาณค่าแบบช่วง

สำหรับการประมาณค่าแบบช่วงการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ กรณีที่ตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่า ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของแต่ละวิธี ซึ่งขั้นตอนแรกจะศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองในแต่ละวิธีของการประมาณค่า จึงคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่า สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แล้วจึงเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น แล้วพิจารณาว่าวิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด โดยที่วิธีใดให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจะเป็นวิธีที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ของการทดลองนั้นๆ

#### 5.1.2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

1. <u>ขนาดตัวอย่าง</u>

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มลดลง เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของขนาดตัวอย่างทำให้เราได้ข้อมูลมากขึ้นเพื่อที่จะนำมาใช้ในการอธิบายสมการความถดถอยเชิงพหุ มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าลดลง ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มลดลง

2. <u>ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ</u>

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อค่าของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทำให้ ค่าเฉพาะของเมตริกซ์ $X'X$ มีค่าลดลง มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

3. <u>ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน</u>

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนทำให้ความคลาดเคลื่อนการกระจายมากขึ้นส่งผลให้การกระจายตัวของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4. <u>จำนวนตัวแปรอิสระ</u>

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของจำนวนตัวแปรอิ สระทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระสูง

5. <u>ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด</u>

ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ กำหนดหรือลดระดับนัยสำคัญหมายถึงการเพิ่มโอกาสที่พารามิเตอร์ของประชากรจะอยู่ในช่วงของค่าที่ประมาณได้ นั่นคือจะทำให้ค่าประมาณแบบช่วงกว้างขึ้น ดังนั้นค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

### 5.1.2.2 สรุปผลผลการวิจัยการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสั มประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ

1. <u>ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง</u>

การวิจัยครั้งนี้พบว่าจากสถานการณ์ทั้งหมด การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่มีจำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เพราะว่าจากการประมาณค่าแบบจุดด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าความแปรปรวนสูงกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ แต่วิธีความถดถอยแบบริดจ์ให้ค่าความเอนเอียงน้อยกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ จึงส่งผลให้โอกาสที่ช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากวิธีความถดถอยแบบริดจ์คลุมค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นที่กำหนดมีค่าสูงกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ผลที่ตามมาคือจำนวนสถานการณ์ที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองของวิธีความถดถอยแบบริดจ์ให้ค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมีมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยที่สามารถสรุปแยกตามวิ ธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธีดังนี้ วิธีที่ให้จำนวนสถานการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดจากมากไปน้อยคือ อันดับแรกคือวิธี R-KS (เกือบทุก

สถานการณ์) รองลงมาคือวิธี R-NLW วิธี B-KS วิธี B-NLW วิธี R-NHKB และวิธี B-NHKB ตามลำดับ

2. <u>ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น</u>

จากผลการวิจัยค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้พบว่า โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ทั้งหมด วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดหลังจากคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้ว เนื่องจากการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ให้ค่าความแปรปรวนต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ จึงส่งผลให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีค่าต่ำสุด โดยที่สามารถสรุปแยกตามวิธีการประมาณค่า $k$ แต่ละวิธีดังนี้ สำหรับกรณีที่ยังไม่ได้พิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองว่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดหรือไม่ผลที่ได้พบว่า โดยส่วนใหญ่ของสถานการณ์ทั้งหมดวิธีที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดคือ วิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี B-NLW และวิธี R-NLW ตามลำดับ สำหรับกรณีที่ได้ทำการคัดเลือกวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดแล้วพบว่า วิธีที่ให้จำนวนของสถานการณ์ที่มีให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุดจำนวนมากที่สุดคือวิธี B-NHKB รองลงมาคือวิธี B-KS วิธี R-NHKB วิธี R-KS วิธี R-NLW และวิธี B-NLW ตามลำดับ

สามารถสรุปผลวิธีการประ มาณค่าที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ สำหรับการประมาณค่าแบบช่วงได้ดังนี้

1. วิธี R-KS โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่ำ จำนวนตัวแปรอิสระน้อย ทุกค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน และระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99

2. วิธี R-NHKB โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่ำและปานกลาง ทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

3. วิธี R-NLW โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ทุกค่าของระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ค่าส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และ 10 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

4. วิธี B-KS โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อทุกขนาดตัวอย่าง ทุกค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ทุกจำนวนตัวแปรอิสระ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 และ 10 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

5. วิธี B-NHKB โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระสูง จำนวนตัวแปรอิสระมาก ทุกค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

6. วิธี B-NLW โดยส่วนใหญ่สถานการณ์ที่เหมาะสมของวิ ธีนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก ทุกค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 และทุกระดับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

หากพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการประมาณค่าจากขนาดตัวอย่างแล ะระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระจะได้ว่า เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กและระดับความสัมพันธ์มีระดับต่ำวิธีความถดถอยแบบริดจ์เป็นวิธีที่เหมาะสม เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่และระดับความสัมพันธ์มีระดับสูงวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่เหมาะสม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้จะเสนอแนะเป็น 2 ด้าน คือ

### 5.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป พิจารณาการเลือกใช้ดังนี้

<u>การประมาณค่าแบบจุด</u>

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์และวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ โดยมีวิธีการประมาณค่า $k$ ด้วยกันทั้งหมด 3 วิธี คือวิธี KS วิธี New HKB และวิธี New LW เพื่อศึกษาและใช้เป็นแนวทางการเลือกวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบจุดให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ โดยที่ต้องการให้ค่าความแปรปรวนของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุมีค่าน้อยๆ ดังนั้นในการนำไปใช้ประโยชน์ควรเลือกใช้วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่ของจำนวนสถานการณ์

ทั้งหมดวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด แต่การใช้ วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ค่อนข้างจะมีความยุ่งยากมากว่า วิธีความถดถอยแบบริดจ์ เนื่องจากมีขั้นตอนในการคำนวณมากกว่าและโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทั่วไปไม่ได้มีคำสั่งนี้โดยตรง และถ้าหากข้อมูลของตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากประชากรได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลต่อการประมาณค่าด้วย วิธีความถดถอยบูตส แตรปแบบริดจ์ ทำให้ตัวประมาณค่าที่ได้ไม่ดี นั่นคือตัวประมาณค่าอาจมีความแปรปรวนสูงหรือค่าความเอนเอียงสูงได้ โดยที่การเลือกใช้วิธีการประมาณค่าสำหรับการประมาณค่าแบบจุด สามารถพิจารณาจากแผนผังสรุปผลวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ เมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่แสดงไว้ข้างต้น

จากผลสรุปของการทดลองที่ได้ว่าการประมาณค่าด้วยวิธี ความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีความแปรปรวนต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์นั้น เป็นค่าความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมของความแปรปรวนของตัวประมาณค่าทุกตัว ผู้วิจัยได้ทำการ หาค่าเฉลี่ยค่าความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมของความแปรปรวนของตัวประมาณค่าทุกตัวพบว่า โดยเฉลี่ยค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์นั้นมีความแปรปรวนต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ เมื่อหากพิจารณาเปรียบเทียบความแปรปรวนของตัวประมาณค่าแต่ละตัวทีละคู่ นั่นคือทำการเปรียบเทียบ $Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)$ กับ $Var\left(\bar{\hat{\beta}}_{Rj}^{*}\right)$ เมื่อ $j=0,1,2,\ldots,p$ ซึ่ง $Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)$ คือความแปรปรวนของตัวประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์ของพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j=0,1,2,\ldots,p$ และ $Var\left(\bar{\hat{\beta}}_{Rj}^{*}\right)$ คือความแปรปรวนของตัวประมาณค่าด้วยวิธี ความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ ของพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j=0,1,2,\ldots,p$ พบว่ามีบางค่าของ $Var\left(\bar{\hat{\beta}}_{Rj}^{*}\right)$ มีค่ามากกว่า $Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)$ โดยที่ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าของพารามิเตอร์ $\beta_0$ ซึ่งเหตุการณ์ที่ $Var\left(\bar{\hat{\beta}}_{Rj}^{*}\right)$ มีค่ามากกว่า $Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)$ นั้นเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นส่วนน้อย ดังนั้นถ้าหากต้องการนำวิธีการประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ไปใช้ประโยชน์ โดยที่ไม่คำนึงถึง $Var\left(\bar{\hat{\beta}}_{Rj}^{*}\right)$ ว่าต้องมีค่าน้อยกว่า $Var\left(\hat{\beta}_{Rj}\right)$ ทุกคู่ หรือไม่คำนึงถึงความแปรปรวนของตัวประมาณค่าของพารามิเตอร์ $\beta_j$ ; $j=0,1,2,\ldots,p$ แต่ละตัว สามารถนำวิธีการประมาณค่าที่กล่าวมาข้างต้นไปใช้ได้เลย

<u>การประมาณค่าแบบช่วง</u>

การวิจัยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุแบบช่วง เพื่อศึกษาและใช้เป็นแนวทางการเลือกวิธีการประมาณค่าให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ โดยต้องการให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และมีค่า

ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำสุด ซึ่งวิธีความถดถอยแบบริดจ์ เป็นวิธีที่มีสถานการณ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์ แต่วิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์มีค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำกว่าวิธีความถดถอยแบบริดจ์ ดังนั้นในการนำไปใช้ประโยชน์ต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบ หากพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการประมาณค่าจากขนาดตัวอย่างและระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จะได้ว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กและระดับความสัมพันธ์มีระดับต่ำวิธีความถดถอยแบบริดจ์ เป็นวิธีที่เหมาะสม เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่และระดับความสัมพันธ์มีระดับสูงวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์เป็นวิธีที่เหมาะสม

### 5.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย

สำหรับข้อเสนอแนะด้านการศึกษาวิจัยมีดังนี้

1. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งเป็นการขยายผลการวิ จัยออกไปให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น โดยทำการศึกษาในกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้ ศึกษาเพิ่มเติมเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบอื่น เช่น การแจกแจงลอกนอร์มอล การแจงแบบปกติปลอมปน เป็นต้น ศึกษาเพิ่มเติมเมื่อตัวแปรอิสระมีมากกว่า 5 ตัวแปร ขนาดตัวอย่างขนาดอื่นๆ การเลือกใช้การประมาณค่า $k$ อื่นๆ และศึกษาการเกิดความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระในโครงสร้างอื่นๆ เช่น การเกิดความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระในแต่ละคู่อาจจะมีค่าความสัมพันธ์ไม่เท่ากัน จำนวนตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันควรมีมากกว่า 2 ตัวแปร ระดับความสัมพันธ์ที่ใช้อาจจะกำหนดเป็นช่วง เป็นต้น ศึกษาเพิ่มเติมโดยการเปรียบเทียบกับวิธีการทางสถิติอื่นสำหรับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ เมื่อตัวแปรอิสระเกิดพหุสัมพันธ์ เช่น วิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีความถดถอยองค์ประกอบหลัก เป็นต้น

2. ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุ มีหลักการและข้อกำหนดเบื้องต้นหลายข้อ จึงน่าสนใจที่จะทำการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับหลักการและข้อกำหนดเบื้องต้นอื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นไปตามหลักการและข้อกำหนดในการประมาณค่า โดยศึกษาร่วมกับการเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน

3. ทำการตรวจสอบข้อมูลที่สร้างขึ้นจากการจำลอง โดยที่ทำการตรวจสอบข้อมูลของความคลาดเคลื่อน $\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)$ ว่าเป็นตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ นั่นคือ $E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\underset{\sim}{0}$ และค่าความแปรปรวนของ $\varepsilon_i$ มีค่าเท่ากันทุกค่าของ $i$ นั่นคือ $Cov\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\sigma^2\mathrm{I}_n$ ทำการตรวจสอบว่า $\varepsilon_i$ และ $\varepsilon_j$ เป็นอิสระกัน นั่นคือ $Cov(\varepsilon_i , \varepsilon_j)=E(\varepsilon_i , \varepsilon_j)=0$ ; $i \neq j$ และทำการตรวจสอบ

$\varepsilon_i$ ว่ามีการแจกแจงปกติที่มี $E\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\underset{\sim}{0}$ และ $Cov\left(\underset{\sim}{\varepsilon}\right)=\sigma^2\mathrm{I}_n$ นั่นคือ $\underset{\sim}{\varepsilon}\sim N\left(\underset{\sim}{0},\sigma^2\mathrm{I}_n\right)$ ที่ต้องทำการตรวจสอบข้อมูลที่สร้างขึ้น เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการจำลองในแต่ละครั้งอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำลองข้อมูลได้ถึงแม้ว่าโปรแกรมที่เราใช้นั้นจะมีคำสั่งอยู่แล้ว เช่น ต้องการสร้างข้อมูลจากการจำลอง 100 ครั้ง ให้มีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการ 100 ครั้ง อาจพบว่าจากของข้อมูล 100 ชุดที่ได้มีการแจกแจงแบบปกติไม่ถึง 100 ชุด เป็นต้น ดังนั้นก่อนจะนำข้อมูลที่เราสร้างขึ้นมาไปใช้ในการวิเคราะห์หรือคำนวณสำหรับการวิจัย ควรที่จะต้องตรวจสอบข้อมูลก่อนว่าเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นหรือไม่

# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


ธีระพร วีระถาวร . ตัวแบบเชิงเส้นทฤษฎีและการประยุกต์ . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ มหานคร : สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์, 2541.

เบ็ญจวรรณ ชัยกิจ. การเปรียบเทียบตัวประมาณริดจ์ สำหรับการการถดถอยแบบริดจ์โดยเน้นแนวคิดแบบเบส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบั ณฑิต สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

เปรมวดี ชูไสว. การเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขพหุสัมพันธ์ในการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ภาวนา มาศผล . การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของ สัมประสิทธิ์การถดถอยพหุเมื่อเกิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

มานพ วราภักดิ์. การจำลอง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

สุพล ดุรงค์วัฒนา . ตัวแบบและการวิเคราะห์ความถดถอยสำหรับการวิจัยขั้นสูง . กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.


## ภาษาอังกฤษ


Alkhamisi, M., Khalaf, G., and Shukur, G. A Monte Carlo study of Recent Ridge Parameters. Working Paper Series Centre for Labur Market Policy Research 1 (2006): 1-30.

Alkhamisi, M., Khalaf, G., and Shukur, G. Some modifications for choosing ridge parameters. Communications in Statistics—Theory and Methods 35 (2006): 2005–2020.

Batah, F., Ramanathan, T.V., and Gore, S.D. The efficiency of modified jackknife and ridge type regression estimators: A comparison. Surveys in Mathematics its Applications 3 (2008): 111-122.

Draper, N.R., and Smith, H. Applied Regression Analysis. 3rd ed. New York : Wiley and sons, 1998.

Efron, B., and Tibshirani, R. An Introduction to the Bootstrap. New York : Chapman and Hall, 1993.

Khalaf, G., and Shukur, G. Choosing ridge parameters for regression problems. Communications in Statistics—Theory and Methods A34 (2005): 1177–1182.

Kibria, B.M.G. Performance of some new ridge regression estimators. Communications in Statistics—Theory and Methods 32 (2003): 419–435.

Muniz, G., and Kibria, B.M.G. On Some Ridge Regression Estimators: An Empirical Comparisons. Communications in Statistics—Simulation and Computer 38 (2009): 621-630.

Neter, J., and Wasserman, W. Applied Linear Statistical Models. 4th ed. Chicago : Irwin, 1998.

Ozkale, M.R. A jackknifed ridge estimator in linear regression model with heteroscedastic or correlated errors. Statistics and Probability Letters 78 (2008): 3159-3169.

Quenouille, M.H. Notes on bias in estimation. Biometrika 43 (1956): 353-360.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

**ความสัมพันธ์ร่วม** (Collinearity)

การเกิดความสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระในเมตริกซ์ $X$ การที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันอาจเป็นความสัมพันธ์เฉพาะคู่เดียวเรียกว่า Collinearity หรือหลายคู่เรียกว่า multicollinearity ซึ่งหมายถึงตัวแปรอิสระคู่นั้นหรือเหล่านั้นไม่เป็นอิสระต่อกัน และถ้าหากจำแนกลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเป็น 2 ลักษณะ คือ เกิดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และเกิดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างไม่สมบูรณ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ซึ่งปัญหาทั้งสองลักษณะส่งผลต่อการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ (OLS) แตกต่างกันไป ดังนี้ ถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างสมบูรณ์ นั่นคือ Column Vector ที่ประกอบขึ้นเป็นเมตริกซ์ $X$ มีลักษณะของ Linearly Dependent เมตริกซ์ $X$ จะไม่ Full Rank นั่นคือ ค่าลำดับที่ (Rank) ของเมตริกซ์ $X$ น้อยกว่า $p+1$ ( $p+1$ คือจำนวนค่าสัมประสิทธิ์หรือตัวแปรอิสระในตัวแบบรวมทั้งค่าตัดแกนด้วย ) ผลที่ตามมาคือเมตริกซ์ $X'X$ ซึ่งมีขนาด $(p+1)\times(p+1)$ และมีค่าลำดับที่เหมือนกับเมตริกซ์ $X$ นั้น เมื่อค่าลำดับที่มีค่าน้อยกว่า $p+1$ เมตริกซ์ $X'X$ เป็นเมตริกซ์เอกฐาน (Singular Matrix) คือ $|X'X|=0$ อันมีผลทำให้ไม่สามารถหาค่าของ $(X'X)^{-1}$ ได้ นั่นคือไม่สามารถหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}=(X'X)^{-1}X'\underset{\sim}{y}$ ได้นั่นเองและหมายความว่าจะไม่สามารถหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ ที่แน่นอนค่าเดียว (Unique) ที่ทำให้ได้ค่ากำลังสองน้อยที่สุดได้ แต่ถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างไม่สมบูรณ์ นั่นคือ Column Vector ไม่ถึงกับเป็น Linearly Dependent คือ $|X'X|$ มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ แต่มีค่าเล็กลงเข้าใกล้ศูนย์ เรายังสามารถหาค่าของ $(X'X)^{-1}$ ได้เนื่องจากเมตริกซ์ $X'X$ ยังคงมีคุณสมบัติเป็นเมตริกซ์ nonsingular Matrix แต่สมาชิกของ $(X'X)^{-1}$ จะมีค่าสูง จะทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าสูงตามไปด้วย พิจารณาได้จาก $Cov\left(\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right)=\sigma^2\left(X'X\right)^{-1}$ นั่นคือเรายังสามารถหาตัวประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญได้ และตัวประมาณค่าที่ได้จะยังคงคุณสมบัติตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง แต่ความแปรปรวนที่ได้จะมีค่าสูง

ผลที่ตามมาของการเกิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

1. ผลต่อการตีความหมายของค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย โดยปกติค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระสมนัยกันเปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยให้ตัวแปรอิสระอื่นๆ คงที่ การตีความหมายแบบนี้จะไม่สมเหตุสมผลถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันอย่างมาก กล่าวคือเป็นไปไม่ได้ในกรณีนี้ที่จะเพิ่มค่าของตัวแปรอิสระตัวหนึ่ง โดยให้ตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันคงที่ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นจึงส่งผลต่อการตีความหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอย

2. ผลต่อการอ้างอิง ผลต่อการอ้างอิงประการแรก คือค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยสุดสามัญ (OLS) จะไม่แม่นยำและไม่เที่ยงตรง แต่ยังมีคุณสมบัติของความไม่เอนเอียงทางสถิติอยู่ แม้จะเกิดปัญหาที่รุนแรง ป ระการที่สอง คือค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors) ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุโดยทั่วไปจะมีค่ามาก อาจทำให้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ไม่ต่างจากศูนย์ไม่มีนัยสำคัญ นั่นคือค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ประมาณค่าได้มีค่า ไม่แตกต่างจากศูนย์ และอาจถูกตัดออกจากการวิเคราะห์ โดยการทดสอบด้วยค่าสถิติ $t$ ไม่ใช่เพราะตัวแปรนั้นไม่มีผลแต่เป็นเพราะเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน สถานการณ์นี้อาจเกิดขึ้น แม้ว่าค่า $R^2$ หรือค่า $F$ จะมีค่าสูง ซึ่งบอกให้ทราบว่าตัวแบบนั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูล

3. ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุอาจถูกกระทบกระเทือนได้ง่าย นั่นคือมีความอ่อนไหวเมื่อมีการเพิ่มหรือลดค่าสังเกตบางค่าหรือตัวแปรอิสระบางตัว

**ดัชนีพหุสัมพันธ์** (Degree of multicollinearity)

ดัชนีพหุสัมพันธ์ คือ ค่าซึ่งบอกให้ทราบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อยเพียงใด ค่าต่างๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีพหุสัมพันธ์ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Coefficient of Correlation)

พิจารณาเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระระหว่างคู่ของตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร โดยที่สมาชิกแถวที่ $i$ และสดมภ์ที่ $j$ แสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของตัวแปรอิสระ $X_i$ และ $X_j$ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของตัวแปรอิสระ $X_i$ และ $X_j$ ใดๆ มีค่าสูงมากแสดงว่าตัวแปรอิสระมีแนวโน้มที่จะมีพหุสัมพันธ์ อย่างไรก็ตามการพิจารณาด้วยวิธีนี้ไม่ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของตัวแปรอิสระแต่ละคู่ว่าเป็นเท่าใด จึงจะเกิดพหุสัมพันธ์ สุพล ดุรงค์วัฒนา (2549) ได้กล่าวว่าถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร คู่ใดๆ ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์มีค่าเกิน 0.9 หรือถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร หลายๆคู่ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์มีค่าเกิน 0.7 ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนการเกิดปัญหาพหุสัมพันธ์

2. Variance Inflation Factors (VIF)

Marquart (1970) ได้เสนอให้ค่าสมาชิกในแถวเส้นทแยงมุม ของเมตริกซ์ของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ ซึ่งให้ชื่อว่า Variance Inflation Factors (VIF) เป็นดัชนีพหุสัมพันธ์โดยที่

$$VIF = \frac{1}{\left(1 - R_j^2\right)}$$

โดยที่ $R_j^2$ คือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของตัวแปร $X_j$ ซึ่งถดถอยกับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ถ้า $X_j$ เกือบจะเป็นอิสระกับตัวแปรอื่นๆ $R_j^2$ จะมีค่าน้อย และ VIF จะมีค่าเข้าใกล้หนึ่ง แต่ถ้า $X_j$ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรอิสระที่เหลือบางตัว $R_j^2$ จะมีค่าใกล้เคียงกับหนึ่ง และ VIF จะมีค่ามาก ถ้าข้อมูล VIFบางค่าซึ่งมีค่ามากจะบอกได้ว่าตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กัน โดยทั่วไปในทางปฏิบัติถ้า VIF มีค่ามากกว่า 10 แสดงว่าตัวแปรอิสระตัวที่ $j$ มีความสัมพันธ์ร่วมกับตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ ที่เหลือ

ค่า Tolerance ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่า VIF นั่นคือค่า Tolerance จะเท่ากับ $1-R_j^2$ ถ้าหากค่า Tolerance มีค่ามากกว่า 0.1 แสดงว่าตัวแปรอิสระตัวที่ $j$ มีความสัมพันธ์ร่วมกับตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ ที่เหลือ

Chaterjee and Price (1977) ได้กล่าวว่า VIF อาจใช้หาค่าคาดหวังของระยะทางกำลังสองของค่าประมาณโดยกำลังสองน้อยที่สุด จากค่าจริงซึ่งจะใช้วัดความแม่นยำของค่าประมาณจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ถ้าระยะทางมีค่าน้อยลงตัวประมาณจะยิ่งมีความแม่นยำมากขึ้น

ให้ $L^2$ คือ ระยะทางกำลังสอง

$$\therefore \quad L^2 = \sigma^2 \sum_{j=1}^{p} VIF_j$$ เมื่อ $p$ คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

ถ้าตัวแปรอิสระไม่มีพหุสัมพันธ์กัน VIF จะมีค่าเท่ากับหนึ่งทุกค่า ซึ่งจะทำให้

$$L^2 = p\sigma^2 \quad , \quad R_L = \frac{\sigma^2 \sum_{j=1}^{p} VIF_j}{p\sigma^2} = \frac{\sum_{j=1}^{p} VIF_j}{p}$$

$R_L$ จะวัดความคลาดเคลื่อนกำลังสองของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของความคลาดเคลื่อนของข้อมูลนั้น ถ้าตัวแปรอิสระไม่มีพหุสัมพันธ์กัน ดังนั้นค่า $R_L$ จึงอาจใช้เป็นดัชนีพหุสัมพันธ์ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้า $R_L$ มีค่าเท่ากับ 100 หมายความว่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จะเป็น 100 เท่าของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด ถ้าตัวแปรอิสระไม่มีพหุสัมพันธ์

3. ค่าเฉพาะของ $X'X$

Montgomery (1982) ได้กล่าวไว้ว่าถ้า $\lambda_1 , \lambda_2 , \ldots , \lambda_p$ ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ให้ $m = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}$ อาจใช้ค่า $m$ ที่ได้เป็นดัชนีพหุสัมพันธ์ซึ่งค่า $m$ จะวัดการกระจายของค่าเฉพาะ โดยทั่วไปถ้า $m < 100$ การที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กันจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุมากนัก แต่ถ้า $m > 100$ การที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กันจะก่อให้เกิดปัญหาในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุมาก

Montgomery (1982) ได้กล่าวไว้อีกว่า $\det(R)^{1/2}$ จะเป็นตัววัดถึงการสูญเสียอำนาจในการประมาณค่าเนื่องจากมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยที่ $R$ คือ เมตริกซ์สหสัมพันธ์ การใช้ $\det(R)^{1/2}$ เป็นดัชนีพหุสัมพันธ์ ถ้า $\det(R)^{1/2}$ มีค่าเข้าใกล้กับ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กันน้อย ถ้า $\det(R)^{1/2} = 1$ แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีพหุสัมพันธ์กัน แต่ถ้า $\det(R)^{1/2}$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์กันมาก

ภาคผนวก ข

# โปรแกรมสำหรับการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ ข1 แสดงฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม R 2.8.1 ทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัย

| ลำดับที่ | ชื่อฟังก์ชัน | หน้าที่การทำงาน |
|---|---|---|
| 1 | dim | กำหนดมิติของตัวแปรสำหรับเก็บข้อมูล |
| 2 | c() | สร้างเวกเตอร์ |
| 3 | array(c(),dim) | ตัวแปรสำหรับเก็บข้อมูล |
| 4 | rbind(…) | เมตริกซ์ที่ทำการเก็บค่าอยู่ในรูปของแถว |
| 5 | rnorm(n,mean,sd) | สร้างตัวเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแบบปกติ ขนาด n ค่า ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ mean และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ sd |
| 6 | matrix(nrow,ncol) | ทำการเก็บข้อมูลในรูปของเมตริกซ์โดย nrow แทน จำนวนแถวที่ต้องการและ ncol แทนจำนวนสดมภ์ที่ ต้องการ |
| 7 | t() | Transpose ของเมตริกซ์ |
| 8 | eigen() | คำนวณหาค่าเฉพาะ |
| 9 | solve() | คำนวณหาค่าเมตริกซ์ผกผัน |
| 10 | mean() | คำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูล |
| 11 | sum() | คำนวณหาค่าผลรวมของข้อมูล |
| 12 | qt(p,df) | แสดงค่าอินเวอร์ของความน่าจะเป็นสะสมของการแจก แจงแบบที โดยที่ p แทนความน่าจะเป็นสะสมและ df แทนองศาของความเป็นอิสระ |
| 13 | quantile | คำนวณหาค่าตำแหนงควอนไทล์ของข้อมูล |
| 14 | round(a,did) | การปัดเศษของตัวเลข a โดยที่ dig คือตำแหน่งของ ทศนิยมที่ต้องการ |
| 15 | colMeans() | คำนวณค่าเฉลี่ยของสดมภ์ |
| 16 | colSums() | คำนวณผลรวมของสดมภ์ |
| 17 | sqrt() | คำนวณหาค่ารากที่สอง |
| 18 | min() , max() | คำนวณหาต่ำสุด , คำนวณหาค่าสูงสุด |

ตารางที่ ข2 แสดงความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆ ของโปรแกรม R 2.8.1

| ลำดับที่ | สัญลักษณ์ | ความหมาย |
|---|---|---|
| 1 | p | จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลอง |
| 2 | n | ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง |
| 3 | sd | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน |
| 4 | rho | ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ |
| 5 | alpha | ระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วง |
| 6 | M | จำนวนรอบของการทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์ |
| 7 | B | จำนวนรอบของการทำซ้ำในกระบวนการบูตสแตป |
| 8 | - | เครื่องหมายลบ |
| 9 | + | เครื่องหมายบวก |
| 10 | * | แทนเครื่องหมายคูณ |
| 11 | / | แทนเครื่องหมายหาร |
| 12 | ^ | แทนการยกกำลัง |
| 13 | %*% | การคูณกันของเมตริกซ์ |
| 14 | == | การเท่ากัน |
| 15 | >= | การมากกว่าหรือเท่ากับ |
| 16 | & | เครื่องหมาย และ (AND) |
| 17 | <- | ให้นำค่าหรือการทำงานของฟังก์ชันที่อยู่ทางด้านขวาไปเก็บในตัวแปรที่ตั้งชื่อไว้ทางด้านซ้าย |

**โปรแกรมแสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุสำหรับการดำเนินการวิจัย**

```
#########################สร้างฟังก์ชันเพื่อกำหนดค่าที่ใช้ในการวิจัย
thesis<-function(p,n,sd,rho)
{#1
B<-400
M<-500
#########################สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนของตัวแบบให้มีการแจกแจงปกติ
Er<-array(rnorm(n,0,sd),dim=c(n,1))
#########################สร้างข้อมูลตัวแปรอิสระให้มีความสัมพันธ์ตามที่กำหนด
W<-array(rnorm(n,0,1),dim=c(p+1,n))
W1<-t(W)
D1<-(1-rho)^(1/2)
X0<-array(,dim=c(n,p))
for(i in 1:n)
{
	for(j in 1:p)
	{
		X0[i,j]<-(D1*W1[i,j])+((rho^(1/2))*W1[i,p+1])
	}
}
X1<-round(X0,dig=4)
#########################สร้างเมตริกซ์ของข้อมูลตัวแปรอิสระ   สร้างเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ความถดถอย
จากค่าคงที่ใดๆ ที่กำหนด   และ   สร้างข้อมูลของตัวแปรตามจากสมการของตัวแบบ
X2<-matrix(c(1),n,1)
X<-round(matrix(c(X2,X1),n,p+1),dig=4)
Beta<-matrix(c(1),p+1,1)
Y<-(X%*%Beta)+Er
#########################หาค่าเฉพาะของเมตริกซ์  X'X
Ei<-eigen(t(X1)%*%X1)
Ei.val<-matrix(c(Ei$values),1,p)
Ei.max<-max(Ei.val)
Ei.min<-min(Ei.val)
PP<-matrix(Ei$vectors,p,p)
```

```
P<-PP
Z<-X1%*%P
ZtZ<-t(Z)%*%Z
B.Ei<-solve(ZtZ)%*%(t(Z)%*%Y)
B.Eimax<-max(B.Ei)
B.Eimin<-min(B.Ei)
S2.Ei<-(1/(n-p))*(t(Y-(Z%*%B.Ei))%*%(Y-(Z%*%B.Ei)))
########################ประมาณค่า K
KK1<-(Ei.max*S2.Ei)/(((n-p)*S2.Ei)+(Ei.max*(B.Eimax^2)))
KK2<-((p*S2.Ei)/(t(B.Ei)%*%B.Ei))+(1/Ei.max)
KK3<-((p*S2.Ei)/(Ei.val%*%(B.Ei^2)))+(1/Ei.max)
KK<-matrix(c(KK1,KK2,KK3),1,3)
K1<-KK[1]
K2<-KK[2]
K3<-KK[3]
########################สร้างเมตริกซ์เอกลักษณ์
I<-array(,dim=c(p+1,p+1))
for(i in 1:(p+1))
{
        for(j in 1:(p+1))
        {
                if(i==j)
                {
                        I[i,j]<-1
                }
                else
                {
                        I[i,j]<-0
                }
        }
}
######################การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์################
##############################################################################
######################การประมาณค่าแบบจุดด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์
B.RidK1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%Y)
```

```
B.RidK2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%Y)
B.RidK3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%Y)
Er.hat.RidK1<-Y-(X%*%B.RidK1)
Er.hat.RidK2<-Y-(X%*%B.RidK2)
Er.hat.RidK3<-Y-(X%*%B.RidK3)
MSEi.RK1<-(B.RidK1-Beta)^2
MSEi.RK2<-(B.RidK2-Beta)^2
MSEi.RK3<-(B.RidK3-Beta)^2
        Bi.RidK1<-matrix(t(B.RidK1),1,p+1)
        Bi.RidK2<-matrix(t(B.RidK2),1,p+1)
        Bi.RidK3<-matrix(t(B.RidK3),1,p+1)
        MSEi.RidK1<-matrix(t(MSEi.RK1),1,p+1)
        MSEi.RidK2<-matrix(t(MSEi.RK2),1,p+1)
        MSEi.RidK3<-matrix(t(MSEi.RK3),1,p+1)
########################การประมาณค่าแบบช่วงด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์
coRii.K1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%X)%*%(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))
coRii.K2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%X)%*%(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))
coRii.K3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%X)%*%(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))
SB2.K1<-(1/(n-p-1))*(t(Y-(X%*%B.RidK1))%*%(Y-(X%*%B.RidK1)))
SB2.K2<-(1/(n-p-1))*(t(Y-(X%*%B.RidK2))%*%(Y-(X%*%B.RidK2)))
SB2.K3<-(1/(n-p-1))*(t(Y-(X%*%B.RidK3))%*%(Y-(X%*%B.RidK3)))
coSB2Rii.K1<-SB2.K1[1,1]*coRii.K1
coSB2Rii.K2<-SB2.K2[1,1]*coRii.K2
coSB2Rii.K3<-SB2.K3[1,1]*coRii.K3
Si.K1<-sqrt(diag(coSB2Rii.K1))
Si.K2<-sqrt(diag(coSB2Rii.K2))
Si.K3<-sqrt(diag(coSB2Rii.K3))
Sii.K1<-matrix(Si.K1,p+1,1)
Sii.K2<-matrix(Si.K2,p+1,1)
Sii.K3<-matrix(Si.K3,p+1,1)
alpha<-matrix(c(0.1,0.05,0.01),1,3)
t.Table<-matrix(,1,3)
for(i in 1:1)
{
        for(j in 1:3)
```

```
            {
                        t.Table[i,j]<-qt(1-(alpha[i,j]/2),df=(n-p-1))
            }
}

lowerRK1.a1<-B.RidK1-(t.Table[1,1]*Sii.K1)
lowerRK2.a1<-B.RidK2-(t.Table[1,1]*Sii.K2)
lowerRK3.a1<-B.RidK3-(t.Table[1,1]*Sii.K3)
upperRK1.a1<-B.RidK1+(t.Table[1,1]*Sii.K1)
upperRK2.a1<-B.RidK2+(t.Table[1,1]*Sii.K2)
upperRK3.a1<-B.RidK3+(t.Table[1,1]*Sii.K3)
InRK1.a1<-t(upperRK1.a1-lowerRK1.a1)
InRK2.a1<-t(upperRK2.a1-lowerRK2.a1)
InRK3.a1<-t(upperRK3.a1-lowerRK3.a1)
            loweri.RK1.a1<-matrix(t(lowerRK1.a1),1,p+1)
            loweri.RK2.a1<-matrix(t(lowerRK2.a1),1,p+1)
            loweri.RK3.a1<-matrix(t(lowerRK3.a1),1,p+1)
            upperi.RK1.a1<-matrix(t(upperRK1.a1),1,p+1)
            upperi.RK2.a1<-matrix(t(upperRK2.a1),1,p+1)
            upperi.RK3.a1<-matrix(t(upperRK3.a1),1,p+1)
            Ini.RK1.a1<-matrix(InRK1.a1,1,p+1)
            Ini.RK2.a1<-matrix(InRK2.a1,1,p+1)
            Ini.RK3.a1<-matrix(InRK3.a1,1,p+1)

lowerRK1.a2<-B.RidK1-(t.Table[1,2]*Sii.K1)
lowerRK2.a2<-B.RidK2-(t.Table[1,2]*Sii.K2)
lowerRK3.a2<-B.RidK3-(t.Table[1,2]*Sii.K3)
upperRK1.a2<-B.RidK1+(t.Table[1,2]*Sii.K1)
upperRK2.a2<-B.RidK2+(t.Table[1,2]*Sii.K2)
upperRK3.a2<-B.RidK3+(t.Table[1,2]*Sii.K3)
InRK1.a2<-t(upperRK1.a2-lowerRK1.a2)
InRK2.a2<-t(upperRK2.a2-lowerRK2.a2)
InRK3.a2<-t(upperRK3.a2-lowerRK3.a2)
            loweri.RK1.a2<-matrix(t(lowerRK1.a2),1,p+1)
            loweri.RK2.a2<-matrix(t(lowerRK2.a2),1,p+1)
```

```
            loweri.RK3.a2<-matrix(t(lowerRK3.a2),1,p+1)
            upperi.RK1.a2<-matrix(t(upperRK1.a2),1,p+1)
            upperi.RK2.a2<-matrix(t(upperRK2.a2),1,p+1)
            upperi.RK3.a2<-matrix(t(upperRK3.a2),1,p+1)
            Ini.RK1.a2<-matrix(InRK1.a2,1,p+1)
            Ini.RK2.a2<-matrix(InRK2.a2,1,p+1)
            Ini.RK3.a2<-matrix(InRK3.a2,1,p+1)

lowerRK1.a3<-B.RidK1-(t.Table[1,3]*Sii.K1)
lowerRK2.a3<-B.RidK2-(t.Table[1,3]*Sii.K2)
lowerRK3.a3<-B.RidK3-(t.Table[1,3]*Sii.K3)
upperRK1.a3<-B.RidK1+(t.Table[1,3]*Sii.K1)
upperRK2.a3<-B.RidK2+(t.Table[1,3]*Sii.K2)
upperRK3.a3<-B.RidK3+(t.Table[1,3]*Sii.K3)
InRK1.a3<-t(upperRK1.a3-lowerRK1.a3)
InRK2.a3<-t(upperRK2.a3-lowerRK2.a3)
InRK3.a3<-t(upperRK3.a3-lowerRK3.a3)
            loweri.RK1.a3<-matrix(t(lowerRK1.a3),1,p+1)
            loweri.RK2.a3<-matrix(t(lowerRK2.a3),1,p+1)
            loweri.RK3.a3<-matrix(t(lowerRK3.a3),1,p+1)
            upperi.RK1.a3<-matrix(t(upperRK1.a3),1,p+1)
            upperi.RK2.a3<-matrix(t(upperRK2.a3),1,p+1)
            upperi.RK3.a3<-matrix(t(upperRK3.a3),1,p+1)
            Ini.RK1.a3<-matrix(InRK1.a3,1,p+1)
            Ini.RK2.a3<-matrix(InRK2.a3,1,p+1)
            Ini.RK3.a3<-matrix(InRK3.a3,1,p+1)
##################การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์###########
#########################################################################
##################การประมาณค่าแบบจุดด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์
set.x<-c(1:n)
prob.x<-c(1/n)
ran<-sample(set.x,size=n,prob.x)
Er.hat.BoK1<-array(,dim=c(n,1))
Er.hat.BoK2<-array(,dim=c(n,1))
Er.hat.BoK3<-array(,dim=c(n,1))
```

```
for(t in 1:n)
{
        Er.hat.BoK1[t]<-Er.hat.RidK1[ran[t]]
        Er.hat.BoK2[t]<-Er.hat.RidK2[ran[t]]
        Er.hat.BoK3[t]<-Er.hat.RidK3[ran[t]]
}

Y.BoK1<-(X%*%B.RidK1)+Er.hat.BoK1
Y.BoK2<-(X%*%B.RidK2)+Er.hat.BoK2
Y.BoK3<-(X%*%B.RidK3)+Er.hat.BoK3
B.BoK1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK1)
B.BoK2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK2)
B.BoK3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK3)
        BK1<-matrix(t(B.BoK1),1,p+1)
        BK2<-matrix(t(B.BoK2),1,p+1)
        BK3<-matrix(t(B.BoK3),1,p+1)

for(i in 1:(B-1))
{#loop B-1
        set.x<-c(1:n)
        prob.x<-c(1/n)
        ran<-sample(set.x,size=n,prob.x)
        Er.hat.BoK1<-array(,dim=c(n,1))
        Er.hat.BoK2<-array(,dim=c(n,1))
        Er.hat.BoK3<-array(,dim=c(n,1))
        for(t in 1:n)
                {
                        Er.hat.BoK1[t]<-Er.hat.RidK1[ran[t]]
                        Er.hat.BoK2[t]<-Er.hat.RidK2[ran[t]]
                        Er.hat.BoK3[t]<-Er.hat.RidK3[ran[t]]
                }

Y.BoK1<-(X%*%B.RidK1)+Er.hat.BoK1
Y.BoK2<-(X%*%B.RidK2)+Er.hat.BoK2
Y.BoK3<-(X%*%B.RidK3)+Er.hat.BoK3
```

```
B.BoK1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK1)
B.BoK2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK2)
B.BoK3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK3)
        BK1<-rbind(BK1,t(B.BoK1))
        BK2<-rbind(BK2,t(B.BoK2))
        BK3<-rbind(BK3,t(B.BoK3))

}#loop B-1

BK1.bar<-colMeans(BK1)
BK2.bar<-colMeans(BK2)
BK3.bar<-colMeans(BK3)
BoK1.bar<-matrix(BK1.bar,p+1,1)
BoK2.bar<-matrix(BK2.bar,p+1,1)
BoK3.bar<-matrix(BK3.bar,p+1,1)
MSEi.BK1<-(BoK1.bar-Beta)^2
MSEi.BK2<-(BoK2.bar-Beta)^2
MSEi.BK3<-(BoK3.bar-Beta)^2
        Bi.BoK1.bar<-matrix(t(BoK1.bar),1,p+1)
        Bi.BoK2.bar<-matrix(t(BoK2.bar),1,p+1)
        Bi.BoK3.bar<-matrix(t(BoK3.bar),1,p+1)
        MSEi.BoK1<-matrix(t(MSEi.BK1),1,p+1)
        MSEi.BoK2<-matrix(t(MSEi.BK2),1,p+1)
        MSEi.BoK3<-matrix(t(MSEi.BK3),1,p+1)
########################การประมาณค่าแบบช่วงด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์
Pl.BK1.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK2.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK3.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK1.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK2.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK3.a1<-array(,dim=c(1,p+1))

Pl.BK1.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK2.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK3.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
```

```
Pu.BK1.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK2.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK3.a2<-array(,dim=c(1,p+1))

Pl.BK1.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK2.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK3.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK1.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK2.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK3.a3<-array(,dim=c(1,p+1))

for(s in 1:1)
{
        for(t in 1:(p+1))
        {
                Pl.BK1.a1[s,t]<-quantile(BK1[,t],(alpha[1,1]/2))
                Pl.BK2.a1[s,t]<-quantile(BK2[,t],(alpha[1,1]/2))
                Pl.BK3.a1[s,t]<-quantile(BK3[,t],(alpha[1,1]/2))
                Pu.BK1.a1[s,t]<-quantile(BK1[,t],1-(alpha[1,1]/2))
                Pu.BK2.a1[s,t]<-quantile(BK2[,t],1-(alpha[1,1]/2))
                Pu.BK3.a1[s,t]<-quantile(BK3[,t],1-(alpha[1,1]/2))

                Pl.BK1.a2[s,t]<-quantile(BK1[,t],(alpha[1,2]/2))
                Pl.BK2.a2[s,t]<-quantile(BK2[,t],(alpha[1,2]/2))
                Pl.BK3.a2[s,t]<-quantile(BK3[,t],(alpha[1,2]/2))
                Pu.BK1.a2[s,t]<-quantile(BK1[,t],1-(alpha[1,2]/2))
                Pu.BK2.a2[s,t]<-quantile(BK2[,t],1-(alpha[1,2]/2))
                Pu.BK3.a2[s,t]<-quantile(BK3[,t],1-(alpha[1,2]/2))

                Pl.BK1.a3[s,t]<-quantile(BK1[,t],(alpha[1,3]/2))
                Pl.BK2.a3[s,t]<-quantile(BK2[,t],(alpha[1,3]/2))
                Pl.BK3.a3[s,t]<-quantile(BK3[,t],(alpha[1,3]/2))
                Pu.BK1.a3[s,t]<-quantile(BK1[,t],1-(alpha[1,3]/2))
                Pu.BK2.a3[s,t]<-quantile(BK2[,t],1-(alpha[1,3]/2))
                Pu.BK3.a3[s,t]<-quantile(BK3[,t],1-(alpha[1,3]/2))
```

```
        }
}

lowerBK1.a1<-matrix(Pl.BK1.a1,1,p+1)
lowerBK2.a1<-matrix(Pl.BK2.a1,1,p+1)
lowerBK3.a1<-matrix(Pl.BK3.a1,1,p+1)
upperBK1.a1<-matrix(Pu.BK1.a1,1,p+1)
upperBK2.a1<-matrix(Pu.BK2.a1,1,p+1)
upperBK3.a1<-matrix(Pu.BK3.a1,1,p+1)
InBK1.a1<-upperBK1.a1-lowerBK1.a1
InBK2.a1<-upperBK2.a1-lowerBK2.a1
InBK3.a1<-upperBK3.a1-lowerBK3.a1
        loweri.BK1.a1<-matrix(lowerBK1.a1,1,p+1)
        loweri.BK2.a1<-matrix(lowerBK2.a1,1,p+1)
        loweri.BK3.a1<-matrix(lowerBK3.a1,1,p+1)
        upperi.BK1.a1<-matrix(upperBK1.a1,1,p+1)
        upperi.BK2.a1<-matrix(upperBK2.a1,1,p+1)
        upperi.BK3.a1<-matrix(upperBK3.a1,1,p+1)
        Ini.BK1.a1<-matrix(InBK1.a1,1,p+1)
        Ini.BK2.a1<-matrix(InBK2.a1,1,p+1)
        Ini.BK3.a1<-matrix(InBK3.a1,1,p+1)

lowerBK1.a2<-matrix(Pl.BK1.a2,1,p+1)
lowerBK2.a2<-matrix(Pl.BK2.a2,1,p+1)
lowerBK3.a2<-matrix(Pl.BK3.a2,1,p+1)
upperBK1.a2<-matrix(Pu.BK1.a2,1,p+1)
upperBK2.a2<-matrix(Pu.BK2.a2,1,p+1)
upperBK3.a2<-matrix(Pu.BK3.a2,1,p+1)
InBK1.a2<-upperBK1.a2-lowerBK1.a2
InBK2.a2<-upperBK2.a2-lowerBK2.a2
InBK3.a2<-upperBK3.a2-lowerBK3.a2
        loweri.BK1.a2<-matrix(lowerBK1.a2,1,p+1)
        loweri.BK2.a2<-matrix(lowerBK2.a2,1,p+1)
        loweri.BK3.a2<-matrix(lowerBK3.a2,1,p+1)
        upperi.BK1.a2<-matrix(upperBK1.a2,1,p+1)
```

```
            upperi.BK2.a2<-matrix(upperBK2.a2,1,p+1)
            upperi.BK3.a2<-matrix(upperBK3.a2,1,p+1)
            Ini.BK1.a2<-matrix(InBK1.a2,1,p+1)
            Ini.BK2.a2<-matrix(InBK2.a2,1,p+1)
            Ini.BK3.a2<-matrix(InBK3.a2,1,p+1)

lowerBK1.a3<-matrix(Pl.BK1.a3,1,p+1)
lowerBK2.a3<-matrix(Pl.BK2.a3,1,p+1)
lowerBK3.a3<-matrix(Pl.BK3.a3,1,p+1)
upperBK1.a3<-matrix(Pu.BK1.a3,1,p+1)
upperBK2.a3<-matrix(Pu.BK2.a3,1,p+1)
upperBK3.a3<-matrix(Pu.BK3.a3,1,p+1)
InBK1.a3<-upperBK1.a3-lowerBK1.a3
InBK2.a3<-upperBK2.a3-lowerBK2.a3
InBK3.a3<-upperBK3.a3-lowerBK3.a3
            loweri.BK1.a3<-matrix(lowerBK1.a3,1,p+1)
            loweri.BK2.a3<-matrix(lowerBK2.a3,1,p+1)
            loweri.BK3.a3<-matrix(lowerBK3.a3,1,p+1)
            upperi.BK1.a3<-matrix(upperBK1.a3,1,p+1)
            upperi.BK2.a3<-matrix(upperBK2.a3,1,p+1)
            upperi.BK3.a3<-matrix(upperBK3.a3,1,p+1)
            Ini.BK1.a3<-matrix(InBK1.a3,1,p+1)
            Ini.BK2.a3<-matrix(InBK2.a3,1,p+1)
            Ini.BK3.a3<-matrix(InBK3.a3,1,p+1)
####################################Loops-1################################
##########################################################################
for(m in 1:(M-1))
{#loop M-1
########################สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนของตัวแบบให้มีการแจกแจงปกติ
Er<-array(rnorm(n,0,sd),dim=c(n,1))
#######################สร้างข้อมูลตัวแปรอิสระให้มีความสัมพันธ์ตามที่กำหนด
W<-array(rnorm(n,0,1),dim=c(p+1,n))
W1<-t(W)
D1<-(1-rho)^(1/2)
X0<-array(,dim=c(n,p))
```

```
for(i in 1:n)
{
	for(j in 1:p)
	{
		X0[i,j]<-(D1*W1[i,j])+((rho^(1/2))*W1[i,p+1])
	}
}
X1<-round(X0,dig=4)
#########################สร้างเมตริกซ์ของข้อมูลตัวแปรอิสระ  สร้างเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ความถดถอย
จากค่าคงที่ใดๆ ที่กำหนด  และ  สร้างข้อมูลของตัวแปรตามจากสมการของตัวแบบ
X2<-matrix(c(1),n,1)
X<-round(matrix(c(X2,X1),n,p+1),dig=4)
Beta<-matrix(c(1),p+1,1)
Y<-(X%*%Beta)+Er
#########################หาค่าเฉพาะของเมตริกซ์  X'X
Ei<-eigen(t(X1)%*%X1)
Ei.val<-matrix(c(Ei$values),1,p)
Ei.max<-max(Ei.val)
Ei.min<-min(Ei.val)
PP<-matrix(Ei$vectors,p,p)
P<-PP
Z<-X1%*%P
ZtZ<-t(Z)%*%Z
B.Ei<-solve(ZtZ)%*%(t(Z)%*%Y)
B.Eimax<-max(B.Ei)
B.Eimin<-min(B.Ei)
S2.Ei<-(1/(n-p))*(t(Y-(Z%*%B.Ei))%*%(Y-(Z%*%B.Ei)))
#########################K Estimator
KK1<-(Ei.max*S2.Ei)/(((n-p)*S2.Ei)+(Ei.max*(B.Eimax^2)))
KK2<-((p*S2.Ei)/(t(B.Ei)%*%B.Ei))+(1/Ei.max)
KK3<-((p*S2.Ei)/(Ei.val%*%(B.Ei^2)))+(1/Ei.max)
KK<-matrix(c(KK1,KK2,KK3),1,3)
K1<-KK[1]
K2<-KK[2]
K3<-KK[3]
```

```
########################สร้างเมตริกซ์เอกลักษณ์
I<-array(,dim=c(p+1,p+1))
for(i in 1:(p+1))
{
	for(j in 1:(p+1))
	{
		if(i==j)
		{
			I[i,j]<-1
		}
		else
		{
			I[i,j]<-0
		}
	}
}
#####################การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์#################
#########################################################################
#####################การประมาณค่าแบบจุดด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์
B.RidK1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%Y)
B.RidK2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%Y)
B.RidK3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%Y)
Er.hat.RidK1<-Y-(X%*%B.RidK1)
Er.hat.RidK2<-Y-(X%*%B.RidK2)
Er.hat.RidK3<-Y-(X%*%B.RidK3)
MSEi.RK1<-(B.RidK1-Beta)^2
MSEi.RK2<-(B.RidK2-Beta)^2
MSEi.RK3<-(B.RidK3-Beta)^2
	Bi.RidK1<-rbind(Bi.RidK1,t(B.RidK1))
	Bi.RidK2<-rbind(Bi.RidK2,t(B.RidK2))
	Bi.RidK3<-rbind(Bi.RidK3,t(B.RidK3))
	MSEi.RidK1<-rbind(MSEi.RidK1,t(MSEi.RK1))
	MSEi.RidK2<-rbind(MSEi.RidK2,t(MSEi.RK2))
	MSEi.RidK3<-rbind(MSEi.RidK3,t(MSEi.RK3))
```

```
########################การประมาณค่าแบบช่วงด้วยวิธีความถดถอยแบบริดจ์
coRii.K1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%X)%*%(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))
coRii.K2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%X)%*%(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))
coRii.K3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%X)%*%(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))
SB2.K1<-(1/(n-p-1))*(t(Y-(X%*%B.RidK1))%*%(Y-(X%*%B.RidK1)))
SB2.K2<-(1/(n-p-1))*(t(Y-(X%*%B.RidK2))%*%(Y-(X%*%B.RidK2)))
SB2.K3<-(1/(n-p-1))*(t(Y-(X%*%B.RidK3))%*%(Y-(X%*%B.RidK3)))
coSB2Rii.K1<-SB2.K1[1,1]*coRii.K1
coSB2Rii.K2<-SB2.K2[1,1]*coRii.K2
coSB2Rii.K3<-SB2.K3[1,1]*coRii.K3
Si.K1<-sqrt(diag(coSB2Rii.K1))
Si.K2<-sqrt(diag(coSB2Rii.K2))
Si.K3<-sqrt(diag(coSB2Rii.K3))
Sii.K1<-matrix(Si.K1,p+1,1)
Sii.K2<-matrix(Si.K2,p+1,1)
Sii.K3<-matrix(Si.K3,p+1,1)
alpha<-matrix(c(0.1,0.05,0.01),1,3)
t.Table<-matrix(,1,3)
for(i in 1:1)
{
        for(j in 1:3)
        {
                t.Table[i,j]<-qt(1-(alpha[i,j]/2),df=(n-p-1))
        }
}

lowerRK1.a1<-B.RidK1-(t.Table[1,1]*Sii.K1)
lowerRK2.a1<-B.RidK2-(t.Table[1,1]*Sii.K2)
lowerRK3.a1<-B.RidK3-(t.Table[1,1]*Sii.K3)
upperRK1.a1<-B.RidK1+(t.Table[1,1]*Sii.K1)
upperRK2.a1<-B.RidK2+(t.Table[1,1]*Sii.K2)
upperRK3.a1<-B.RidK3+(t.Table[1,1]*Sii.K3)
InRK1.a1<-t(upperRK1.a1-lowerRK1.a1)
InRK2.a1<-t(upperRK2.a1-lowerRK2.a1)
InRK3.a1<-t(upperRK3.a1-lowerRK3.a1)
```

```
loweri.RK1.a1<-rbind(loweri.RK1.a1,t(lowerRK1.a1))
loweri.RK2.a1<-rbind(loweri.RK2.a1,t(lowerRK2.a1))
loweri.RK3.a1<-rbind(loweri.RK3.a1,t(lowerRK3.a1))
upperi.RK1.a1<-rbind(upperi.RK1.a1,t(upperRK1.a1))
upperi.RK2.a1<-rbind(upperi.RK2.a1,t(upperRK2.a1))
upperi.RK3.a1<-rbind(upperi.RK3.a1,t(upperRK3.a1))
Ini.RK1.a1<-rbind(Ini.RK1.a1,InRK1.a1)
Ini.RK2.a1<-rbind(Ini.RK2.a1,InRK2.a1)
Ini.RK3.a1<-rbind(Ini.RK3.a1,InRK3.a1)

lowerRK1.a2<-B.RidK1-(t.Table[1,2]*Sii.K1)
lowerRK2.a2<-B.RidK2-(t.Table[1,2]*Sii.K2)
lowerRK3.a2<-B.RidK3-(t.Table[1,2]*Sii.K3)
upperRK1.a2<-B.RidK1+(t.Table[1,2]*Sii.K1)
upperRK2.a2<-B.RidK2+(t.Table[1,2]*Sii.K2)
upperRK3.a2<-B.RidK3+(t.Table[1,2]*Sii.K3)
InRK1.a2<-t(upperRK1.a2-lowerRK1.a2)
InRK2.a2<-t(upperRK2.a2-lowerRK2.a2)
InRK3.a2<-t(upperRK3.a2-lowerRK3.a2)
loweri.RK1.a2<-rbind(loweri.RK1.a2,t(lowerRK1.a2))
loweri.RK2.a2<-rbind(loweri.RK2.a2,t(lowerRK2.a2))
loweri.RK3.a2<-rbind(loweri.RK3.a2,t(lowerRK3.a2))
upperi.RK1.a2<-rbind(upperi.RK1.a2,t(upperRK1.a2))
upperi.RK2.a2<-rbind(upperi.RK2.a2,t(upperRK2.a2))
upperi.RK3.a2<-rbind(upperi.RK3.a2,t(upperRK3.a2))
Ini.RK1.a2<-rbind(Ini.RK1.a2,InRK1.a2)
Ini.RK2.a2<-rbind(Ini.RK2.a2,InRK2.a2)
Ini.RK3.a2<-rbind(Ini.RK3.a2,InRK3.a2)

lowerRK1.a3<-B.RidK1-(t.Table[1,3]*Sii.K1)
lowerRK2.a3<-B.RidK2-(t.Table[1,3]*Sii.K2)
lowerRK3.a3<-B.RidK3-(t.Table[1,3]*Sii.K3)
upperRK1.a3<-B.RidK1+(t.Table[1,3]*Sii.K1)
upperRK2.a3<-B.RidK2+(t.Table[1,3]*Sii.K2)
upperRK3.a3<-B.RidK3+(t.Table[1,3]*Sii.K3)
```

```
InRK1.a3<-t(upperRK1.a3-lowerRK1.a3)
InRK2.a3<-t(upperRK2.a3-lowerRK2.a3)
InRK3.a3<-t(upperRK3.a3-lowerRK3.a3)
	loweri.RK1.a3<-rbind(loweri.RK1.a3,t(lowerRK1.a3))
	loweri.RK2.a3<-rbind(loweri.RK2.a3,t(lowerRK2.a3))
	loweri.RK3.a3<-rbind(loweri.RK3.a3,t(lowerRK3.a3))
	upperi.RK1.a3<-rbind(upperi.RK1.a3,t(upperRK1.a3))
	upperi.RK2.a3<-rbind(upperi.RK2.a3,t(upperRK2.a3))
	upperi.RK3.a3<-rbind(upperi.RK3.a3,t(upperRK3.a3))
	Ini.RK1.a3<-rbind(Ini.RK1.a3,InRK1.a3)
	Ini.RK2.a3<-rbind(Ini.RK2.a3,InRK2.a3)
	Ini.RK3.a3<-rbind(Ini.RK3.a3,InRK3.a3)
####################การประมาณค่าด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์##########
#########################################################################
####################การประมาณค่าแบบจุดด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์
set.x<-c(1:n)
prob.x<-c(1/n)
ran<-sample(set.x,size=n,prob.x)
Er.hat.BoK1<-array(,dim=c(n,1))
Er.hat.BoK2<-array(,dim=c(n,1))
Er.hat.BoK3<-array(,dim=c(n,1))

for(t in 1:n)
{
	Er.hat.BoK1[t]<-Er.hat.RidK1[ran[t]]
	Er.hat.BoK2[t]<-Er.hat.RidK2[ran[t]]
	Er.hat.BoK3[t]<-Er.hat.RidK3[ran[t]]
}

Y.BoK1<-(X%*%B.RidK1)+Er.hat.BoK1
Y.BoK2<-(X%*%B.RidK2)+Er.hat.BoK2
Y.BoK3<-(X%*%B.RidK3)+Er.hat.BoK3
B.BoK1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK1)
B.BoK2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK2)
B.BoK3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK3)
```

```
        BK1<-matrix(t(B.BoK1),1,p+1)
        BK2<-matrix(t(B.BoK2),1,p+1)
        BK3<-matrix(t(B.BoK3),1,p+1)

for(i in 1:(B-1))
{
        set.x<-c(1:n)
        prob.x<-c(1/n)
        ran<-sample(set.x,size=n,prob.x)
        Er.hat.BoK1<-array(,dim=c(n,1))
        Er.hat.BoK2<-array(,dim=c(n,1))
        Er.hat.BoK3<-array(,dim=c(n,1))
        for(t in 1:n)
        {
                Er.hat.BoK1[t]<-Er.hat.RidK1[ran[t]]
                Er.hat.BoK2[t]<-Er.hat.RidK2[ran[t]]
                Er.hat.BoK3[t]<-Er.hat.RidK3[ran[t]]
        }

Y.BoK1<-(X%*%B.RidK1)+Er.hat.BoK1
Y.BoK2<-(X%*%B.RidK2)+Er.hat.BoK2
Y.BoK3<-(X%*%B.RidK3)+Er.hat.BoK3
B.BoK1<-(solve((t(X)%*%X)+(K1*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK1)
B.BoK2<-(solve((t(X)%*%X)+(K2*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK2)
B.BoK3<-(solve((t(X)%*%X)+(K3*I)))%*%(t(X)%*%Y.BoK3)
        BK1<-rbind(BK1,t(B.BoK1))
        BK2<-rbind(BK2,t(B.BoK2))
        BK3<-rbind(BK3,t(B.BoK3))

}

BK1.bar<-colMeans(BK1)
BK2.bar<-colMeans(BK2)
BK3.bar<-colMeans(BK3)
BoK1.bar<-matrix(BK1.bar,p+1,1)
```

```
BoK2.bar<-matrix(BK2.bar,p+1,1)
BoK3.bar<-matrix(BK3.bar,p+1,1)
MSEi.BK1<-(BoK1.bar-Beta)^2
MSEi.BK2<-(BoK2.bar-Beta)^2
MSEi.BK3<-(BoK3.bar-Beta)^2
        Bi.BoK1.bar<-rbind(Bi.BoK1.bar,t(BoK1.bar))
        Bi.BoK2.bar<-rbind(Bi.BoK2.bar,t(BoK2.bar))
        Bi.BoK3.bar<-rbind(Bi.BoK3.bar,t(BoK3.bar))
        MSEi.BoK1<-rbind(MSEi.BoK1,t(MSEi.BK1))
        MSEi.BoK2<-rbind(MSEi.BoK2,t(MSEi.BK2))
        MSEi.BoK3<-rbind(MSEi.BoK3,t(MSEi.BK3))
#######################การประมาณค่าแบบช่วงด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์
Pl.BK1.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK2.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK3.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK1.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK2.a1<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK3.a1<-array(,dim=c(1,p+1))

Pl.BK1.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK2.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK3.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK1.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK2.a2<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK3.a2<-array(,dim=c(1,p+1))

Pl.BK1.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK2.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pl.BK3.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK1.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK2.a3<-array(,dim=c(1,p+1))
Pu.BK3.a3<-array(,dim=c(1,p+1))

for(s in 1:1)
{
```

```
        for(t in 1:(p+1))
        {

                Pl.BK1.a1[s,t]<-quantile(BK1[,t],(alpha[1,1]/2))
                Pl.BK2.a1[s,t]<-quantile(BK2[,t],(alpha[1,1]/2))
                Pl.BK3.a1[s,t]<-quantile(BK3[,t],(alpha[1,1]/2))
                Pu.BK1.a1[s,t]<-quantile(BK1[,t],1-(alpha[1,1]/2))
                Pu.BK2.a1[s,t]<-quantile(BK2[,t],1-(alpha[1,1]/2))
                Pu.BK3.a1[s,t]<-quantile(BK3[,t],1-(alpha[1,1]/2))

                Pl.BK1.a2[s,t]<-quantile(BK1[,t],(alpha[1,2]/2))
                Pl.BK2.a2[s,t]<-quantile(BK2[,t],(alpha[1,2]/2))
                Pl.BK3.a2[s,t]<-quantile(BK3[,t],(alpha[1,2]/2))
                Pu.BK1.a2[s,t]<-quantile(BK1[,t],1-(alpha[1,2]/2))
                Pu.BK2.a2[s,t]<-quantile(BK2[,t],1-(alpha[1,2]/2))
                Pu.BK3.a2[s,t]<-quantile(BK3[,t],1-(alpha[1,2]/2))

                Pl.BK1.a3[s,t]<-quantile(BK1[,t],(alpha[1,3]/2))
                Pl.BK2.a3[s,t]<-quantile(BK2[,t],(alpha[1,3]/2))
                Pl.BK3.a3[s,t]<-quantile(BK3[,t],(alpha[1,3]/2))
                Pu.BK1.a3[s,t]<-quantile(BK1[,t],1-(alpha[1,3]/2))
                Pu.BK2.a3[s,t]<-quantile(BK2[,t],1-(alpha[1,3]/2))
                Pu.BK3.a3[s,t]<-quantile(BK3[,t],1-(alpha[1,3]/2))

        }
}

lowerBK1.a1<-matrix(Pl.BK1.a1,1,p+1)
lowerBK2.a1<-matrix(Pl.BK2.a1,1,p+1)
lowerBK3.a1<-matrix(Pl.BK3.a1,1,p+1)
upperBK1.a1<-matrix(Pu.BK1.a1,1,p+1)
upperBK2.a1<-matrix(Pu.BK2.a1,1,p+1)
upperBK3.a1<-matrix(Pu.BK3.a1,1,p+1)
InBK1.a1<-upperBK1.a1-lowerBK1.a1
InBK2.a1<-upperBK2.a1-lowerBK2.a1
```

```
lnBK3.a1<-upperBK3.a1-lowerBK3.a1
    loweri.BK1.a1<-rbind(loweri.BK1.a1,lowerBK1.a1)
    loweri.BK2.a1<-rbind(loweri.BK2.a1,lowerBK2.a1)
    loweri.BK3.a1<-rbind(loweri.BK3.a1,lowerBK3.a1)
    upperi.BK1.a1<-rbind(upperi.BK1.a1,upperBK1.a1)
    upperi.BK2.a1<-rbind(upperi.BK2.a1,upperBK2.a1)
    upperi.BK3.a1<-rbind(upperi.BK3.a1,upperBK3.a1)
    lni.BK1.a1<-rbind(lni.BK1.a1,lnBK1.a1)
    lni.BK2.a1<-rbind(lni.BK2.a1,lnBK2.a1)
    lni.BK3.a1<-rbind(lni.BK3.a1,lnBK3.a1)

lowerBK1.a2<-matrix(Pl.BK1.a2,1,p+1)
lowerBK2.a2<-matrix(Pl.BK2.a2,1,p+1)
lowerBK3.a2<-matrix(Pl.BK3.a2,1,p+1)
upperBK1.a2<-matrix(Pu.BK1.a2,1,p+1)
upperBK2.a2<-matrix(Pu.BK2.a2,1,p+1)
upperBK3.a2<-matrix(Pu.BK3.a2,1,p+1)
lnBK1.a2<-upperBK1.a2-lowerBK1.a2
lnBK2.a2<-upperBK2.a2-lowerBK2.a2
lnBK3.a2<-upperBK3.a2-lowerBK3.a2
    loweri.BK1.a2<-rbind(loweri.BK1.a2,lowerBK1.a2)
    loweri.BK2.a2<-rbind(loweri.BK2.a2,lowerBK2.a2)
    loweri.BK3.a2<-rbind(loweri.BK3.a2,lowerBK3.a2)
    upperi.BK1.a2<-rbind(upperi.BK1.a2,upperBK1.a2)
    upperi.BK2.a2<-rbind(upperi.BK2.a2,upperBK2.a2)
    upperi.BK3.a2<-rbind(upperi.BK3.a2,upperBK3.a2)
    lni.BK1.a2<-rbind(lni.BK1.a2,lnBK1.a2)
    lni.BK2.a2<-rbind(lni.BK2.a2,lnBK2.a2)
    lni.BK3.a2<-rbind(lni.BK3.a2,lnBK3.a2)

lowerBK1.a3<-matrix(Pl.BK1.a3,1,p+1)
lowerBK2.a3<-matrix(Pl.BK2.a3,1,p+1)
lowerBK3.a3<-matrix(Pl.BK3.a3,1,p+1)
upperBK1.a3<-matrix(Pu.BK1.a3,1,p+1)
upperBK2.a3<-matrix(Pu.BK2.a3,1,p+1)
```

```
upperBK3.a3<-matrix(Pu.BK3.a3,1,p+1)
InBK1.a3<-upperBK1.a3-lowerBK1.a3
InBK2.a3<-upperBK2.a3-lowerBK2.a3
InBK3.a3<-upperBK3.a3-lowerBK3.a3
        loweri.BK1.a3<-rbind(loweri.BK1.a3,lowerBK1.a3)
        loweri.BK2.a3<-rbind(loweri.BK2.a3,lowerBK2.a3)
        loweri.BK3.a3<-rbind(loweri.BK3.a3,lowerBK3.a3)
        upperi.BK1.a3<-rbind(upperi.BK1.a3,upperBK1.a3)
        upperi.BK2.a3<-rbind(upperi.BK2.a3,upperBK2.a3)
        upperi.BK3.a3<-rbind(upperi.BK3.a3,upperBK3.a3)
        Ini.BK1.a3<-rbind(Ini.BK1.a3,InBK1.a3)
        Ini.BK2.a3<-rbind(Ini.BK2.a3,InBK2.a3)
        Ini.BK3.a3<-rbind(Ini.BK3.a3,InBK3.a3)

}#loop M-1

#########MSE (Ridge)
MSEi.RidK1bar<-round(colMeans(MSEi.RidK1),dig=4)
MSEi.RidK2bar<-round(colMeans(MSEi.RidK2),dig=4)
MSEi.RidK3bar<-round(colMeans(MSEi.RidK3),dig=4)

MSE.RK1<-matrix(MSEi.RidK1bar,1,p+1)
MSE.RK2<-matrix(MSEi.RidK2bar,1,p+1)
MSE.RK3<-matrix(MSEi.RidK3bar,1,p+1)

SMSE.RK1<-sum(MSE.RK1)
SMSE.RK2<-sum(MSE.RK2)
SMSE.RK3<-sum(MSE.RK3)
#########BIAS^2 (Ridge)
BIj2.RK1<-(B.RK1bar-Beta)^2
BIj2.RK2<-(B.RK2bar-Beta)^2
BIj2.RK3<-(B.RK3bar-Beta)^2

BIAS2.RK1<-round(sum(BIj2.RK1),dig=4)
BIAS2.RK2<-round(sum(BIj2.RK2),dig=4)
```

```
BIAS2.RK3<-round(sum(BIj2.RK3),dig=4)
########MSE (Bootstrapping)
MSEi.BoK1bar<-round(colMeans(MSEi.BoK1),dig=4)
MSEi.BoK2bar<-round(colMeans(MSEi.BoK2),dig=4)
MSEi.BoK3bar<-round(colMeans(MSEi.BoK3),dig=4)

MSE.BK1<-matrix(MSEi.BoK1bar,1,p+1)
MSE.BK2<-matrix(MSEi.BoK2bar,1,p+1)
MSE.BK3<-matrix(MSEi.BoK3bar,1,p+1)

SMSE.BK1<-sum(MSE.BK1)
SMSE.BK2<-sum(MSE.BK2)
SMSE.BK3<-sum(MSE.BK3)
########BIAS^2 (Bootstrapping)
BIj2.BK1<-(B.BK1bb-Beta)^2
BIj2.BK2<-(B.BK2bb-Beta)^2
BIj2.BK3<-(B.BK3bb-Beta)^2

BIAS2.BK1<-round(sum(BIj2.BK1),dig=4)
BIAS2.BK2<-round(sum(BIj2.BK2),dig=4)
BIAS2.BK3<-round(sum(BIj2.BK3),dig=4)
##################################PDMSE################################
MMSE<-matrix(c(SMSE.RK1,SMSE.RK2,SMSE.RK3,SMSE.BK1,SMSE.BK2,SMSE.BK3),1,6)
DMMSE<-matrix(,1,6)

for(i in 1:1)
{
        for(j in 1:6)
        {
                DMMSE[i,j]<-(MMSE[i,j]-min(MMSE))/min(MMSE)
        }
}

PDMSE<-round(DMMSE*100,dig=4)
```

```
########ความยาวช่วงความเชื่อมั่น เมื่อระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.1
Ini.RK1.bar.a1<-round(colMeans(Ini.RK1.a1),dig=4)
Ini.RK2.bar.a1<-round(colMeans(Ini.RK2.a1),dig=4)
Ini.RK3.bar.a1<-round(colMeans(Ini.RK3.a1),dig=4)
Ini.BK1.bar.a1<-round(colMeans(Ini.BK1.a1),dig=4)
Ini.BK2.bar.a1<-round(colMeans(Ini.BK2.a1),dig=4)
Ini.BK3.bar.a1<-round(colMeans(Ini.BK3.a1),dig=4)
mIni.RK1.bar.a1<-matrix(Ini.RK1.bar.a1,1,p+1)
mIni.RK2.bar.a1<-matrix(Ini.RK2.bar.a1,1,p+1)
mIni.RK3.bar.a1<-matrix(Ini.RK3.bar.a1,1,p+1)
mIni.BK1.bar.a1<-matrix(Ini.BK1.bar.a1,1,p+1)
mIni.BK2.bar.a1<-matrix(Ini.BK2.bar.a1,1,p+1)
mIni.BK3.bar.a1<-matrix(Ini.BK3.bar.a1,1,p+1)
meanInj.RK1.bar.a1<-round(mean(mIni.RK1.bar.a1),dig=4)
meanInj.RK2.bar.a1<-round(mean(mIni.RK2.bar.a1),dig=4)
meanInj.RK3.bar.a1<-round(mean(mIni.RK3.bar.a1),dig=4)
meanInj.BK1.bar.a1<-round(mean(mIni.BK1.bar.a1),dig=4)
meanInj.BK2.bar.a1<-round(mean(mIni.BK2.bar.a1),dig=4)
meanInj.BK3.bar.a1<-round(mean(mIni.BK3.bar.a1),dig=4)
########ความยาวช่วงความเชื่อมั่น เมื่อระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05
Ini.RK1.bar.a2<-round(colMeans(Ini.RK1.a2),dig=4)
Ini.RK2.bar.a2<-round(colMeans(Ini.RK2.a2),dig=4)
Ini.RK3.bar.a2<-round(colMeans(Ini.RK3.a2),dig=4)
Ini.BK1.bar.a2<-round(colMeans(Ini.BK1.a2),dig=4)
Ini.BK2.bar.a2<-round(colMeans(Ini.BK2.a2),dig=4)
Ini.BK3.bar.a2<-round(colMeans(Ini.BK3.a2),dig=4)
mIni.RK1.bar.a2<-matrix(Ini.RK1.bar.a2,1,p+1)
mIni.RK2.bar.a2<-matrix(Ini.RK2.bar.a2,1,p+1)
mIni.RK3.bar.a2<-matrix(Ini.RK3.bar.a2,1,p+1)
mIni.BK1.bar.a2<-matrix(Ini.BK1.bar.a2,1,p+1)
mIni.BK2.bar.a2<-matrix(Ini.BK2.bar.a2,1,p+1)
mIni.BK3.bar.a2<-matrix(Ini.BK3.bar.a2,1,p+1)
meanInj.RK1.bar.a2<-round(mean(mIni.RK1.bar.a2),dig=4)
meanInj.RK2.bar.a2<-round(mean(mIni.RK2.bar.a2),dig=4)
meanInj.RK3.bar.a2<-round(mean(mIni.RK3.bar.a2),dig=4)
```

```
meanInj.BK1.bar.a2<-round(mean(mIni.BK1.bar.a2),dig=4)
meanInj.BK2.bar.a2<-round(mean(mIni.BK2.bar.a2),dig=4)
meanInj.BK3.bar.a2<-round(mean(mIni.BK3.bar.a2),dig=4)
########ความยาวช่วงความเชื่อมั่น  เมื่อระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01
Ini.RK1.bar.a3<-round(colMeans(Ini.RK1.a3),dig=4)
Ini.RK2.bar.a3<-round(colMeans(Ini.RK2.a3),dig=4)
Ini.RK3.bar.a3<-round(colMeans(Ini.RK3.a3),dig=4)
Ini.BK1.bar.a3<-round(colMeans(Ini.BK1.a3),dig=4)
Ini.BK2.bar.a3<-round(colMeans(Ini.BK2.a3),dig=4)
Ini.BK3.bar.a3<-round(colMeans(Ini.BK3.a3),dig=4)
mIni.RK1.bar.a3<-matrix(Ini.RK1.bar.a3,1,p+1)
mIni.RK2.bar.a3<-matrix(Ini.RK2.bar.a3,1,p+1)
mIni.RK3.bar.a3<-matrix(Ini.RK3.bar.a3,1,p+1)
mIni.BK1.bar.a3<-matrix(Ini.BK1.bar.a3,1,p+1)
mIni.BK2.bar.a3<-matrix(Ini.BK2.bar.a3,1,p+1)
mIni.BK3.bar.a3<-matrix(Ini.BK3.bar.a3,1,p+1)
meanInj.RK1.bar.a3<-round(mean(mIni.RK1.bar.a3),dig=4)
meanInj.RK2.bar.a3<-round(mean(mIni.RK2.bar.a3),dig=4)
meanInj.RK3.bar.a3<-round(mean(mIni.RK3.bar.a3),dig=4)
meanInj.BK1.bar.a3<-round(mean(mIni.BK1.bar.a3),dig=4)
meanInj.BK2.bar.a3<-round(mean(mIni.BK2.bar.a3),dig=4)
meanInj.BK3.bar.a3<-round(mean(mIni.BK3.bar.a3),dig=4)

########หาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่น
temp.RK1.a1<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.RK2.a1<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.RK3.a1<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK1.a1<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK2.a1<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK3.a1<-array(,dim=c(M,p+1))

temp.RK1.a2<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.RK2.a2<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.RK3.a2<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK1.a2<-array(,dim=c(M,p+1))
```

```
temp.BK2.a2<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK3.a2<-array(,dim=c(M,p+1))

temp.RK1.a3<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.RK2.a3<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.RK3.a3<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK1.a3<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK2.a3<-array(,dim=c(M,p+1))
temp.BK3.a3<-array(,dim=c(M,p+1))

for(i in 1:M)
{
		for(j in 1:(p+1))
		{

########alpha=0.1

			if((1>=loweri.RK1.a1[i,j])&(1<=upperi.RK1.a1[i,j]))
			{
				temp.RK1.a1[i,j]<-1
			}
			else
			{
				temp.RK1.a1[i,j]<-0
			}
			if((1>=loweri.RK2.a1[i,j])&(1<=upperi.RK2.a1[i,j]))
			{
				temp.RK2.a1[i,j]<-1
			}
			else
			{
				temp.RK2.a1[i,j]<-0
			}
			if((1>=loweri.RK3.a1[i,j])&(1<=upperi.RK3.a1[i,j]))
			{
```

```
            temp.RK3.a1[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.RK3.a1[i,j]<-0
        }
        if((1>=loweri.BK1.a1[i,j])&(1<=upperi.BK1.a1[i,j]))
        {
            temp.BK1.a1[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.BK1.a1[i,j]<-0
        }
        if((1>=loweri.BK2.a1[i,j])&(1<=upperi.BK2.a1[i,j]))
        {
            temp.BK2.a1[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.BK2.a1[i,j]<-0
        }
        if((1>=loweri.BK3.a1[i,j])&(1<=upperi.BK3.a1[i,j]))
        {
            temp.BK3.a1[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.BK3.a1[i,j]<-0
        }

########alpha=0.05

        if((1>=loweri.RK1.a2[i,j])&(1<=upperi.RK1.a2[i,j]))
        {
```

```
            temp.RK1.a2[i,j]<-1
}
else
{
            temp.RK1.a2[i,j]<-0
}
if((1>=loweri.RK2.a2[i,j])&(1<=upperi.RK2.a2[i,j]))
{
            temp.RK2.a2[i,j]<-1
}
else
{
            temp.RK2.a2[i,j]<-0
}
if((1>=loweri.RK3.a2[i,j])&(1<=upperi.RK3.a2[i,j]))
{
            temp.RK3.a2[i,j]<-1
}
else
{
            temp.RK3.a2[i,j]<-0
}
if((1>=loweri.BK1.a2[i,j])&(1<=upperi.BK1.a2[i,j]))
{
            temp.BK1.a2[i,j]<-1
}
else
{
            temp.BK1.a2[i,j]<-0
}
if((1>=loweri.BK2.a2[i,j])&(1<=upperi.BK2.a2[i,j]))
{
            temp.BK2.a2[i,j]<-1
}
else
```

```
        {
            temp.BK2.a2[i,j]<-0
        }
        if((1>=loweri.BK3.a2[i,j])&(1<=upperi.BK3.a2[i,j]))
        {
            temp.BK3.a2[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.BK3.a2[i,j]<-0
        }

########alpha=0.01

        if((1>=loweri.RK1.a3[i,j])&(1<=upperi.RK1.a3[i,j]))
        {
            temp.RK1.a3[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.RK1.a3[i,j]<-0
        }
        if((1>=loweri.RK2.a3[i,j])&(1<=upperi.RK2.a3[i,j]))
        {
            temp.RK2.a3[i,j]<-1
        }
        else
        {
            temp.RK2.a3[i,j]<-0
        }
        if((1>=loweri.RK3.a3[i,j])&(1<=upperi.RK3.a3[i,j]))
        {
            temp.RK3.a3[i,j]<-1
        }
        else
```

```
                {
                        temp.RK3.a3[i,j]<-0
                }
                if((1>=loweri.BK1.a3[i,j])&(1<=upperi.BK1.a3[i,j]))
                {
                        temp.BK1.a3[i,j]<-1
                }
                else
                {
                        temp.BK1.a3[i,j]<-0
                }
                if((1>=loweri.BK2.a3[i,j])&(1<=upperi.BK2.a3[i,j]))
                {
                        temp.BK2.a3[i,j]<-1
                }
                else
                {
                        temp.BK2.a3[i,j]<-0
                }
                if((1>=loweri.BK3.a3[i,j])&(1<=upperi.BK3.a3[i,j]))
                {
                        temp.BK3.a3[i,j]<-1
                }
                else
                {
                        temp.BK3.a3[i,j]<-0
                }

        }
}

Sumc.RK1.a1<-colSums(temp.RK1.a1)
Sumc.RK2.a1<-colSums(temp.RK2.a1)
Sumc.RK3.a1<-colSums(temp.RK3.a1)
Sumc.BK1.a1<-colSums(temp.BK1.a1)
```

```
Sumc.BK2.a1<-colSums(temp.BK2.a1)
Sumc.BK3.a1<-colSums(temp.BK3.a1)
        Sum.RK1.a1<-matrix(Sumc.RK1.a1,1,p+1)
        Sum.RK2.a1<-matrix(Sumc.RK2.a1,1,p+1)
        Sum.RK3.a1<-matrix(Sumc.RK3.a1,1,p+1)
        Sum.BK1.a1<-matrix(Sumc.BK1.a1,1,p+1)
        Sum.BK2.a1<-matrix(Sumc.BK2.a1,1,p+1)
        Sum.BK3.a1<-matrix(Sumc.BK3.a1,1,p+1)
                CL.RK1.a1<-round((Sum.RK1.a1/M),dig=4)
                CL.RK2.a1<-round((Sum.RK2.a1/M),dig=4)
                CL.RK3.a1<-round((Sum.RK3.a1/M),dig=4)
                CL.BK1.a1<-round((Sum.BK1.a1/M),dig=4)
                CL.BK2.a1<-round((Sum.BK2.a1/M),dig=4)
                CL.BK3.a1<-round((Sum.BK3.a1/M),dig=4)
                        meanCL.RK1.a1<-round(mean(CL.RK1.a1),dig=4)
                        meanCL.RK2.a1<-round(mean(CL.RK2.a1),dig=4)
                        meanCL.RK3.a1<-round(mean(CL.RK3.a1),dig=4)
                        meanCL.BK1.a1<-round(mean(CL.BK1.a1),dig=4)
                        meanCL.BK2.a1<-round(mean(CL.BK2.a1),dig=4)
                        meanCL.BK3.a1<-round(mean(CL.BK3.a1),dig=4)

Sumc.RK1.a2<-colSums(temp.RK1.a2)
Sumc.RK2.a2<-colSums(temp.RK2.a2)
Sumc.RK3.a2<-colSums(temp.RK3.a2)
Sumc.BK1.a2<-colSums(temp.BK1.a2)
Sumc.BK2.a2<-colSums(temp.BK2.a2)
Sumc.BK3.a2<-colSums(temp.BK3.a2)
        Sum.RK1.a2<-matrix(Sumc.RK1.a2,1,p+1)
        Sum.RK2.a2<-matrix(Sumc.RK2.a2,1,p+1)
        Sum.RK3.a2<-matrix(Sumc.RK3.a2,1,p+1)
        Sum.BK1.a2<-matrix(Sumc.BK1.a2,1,p+1)
        Sum.BK2.a2<-matrix(Sumc.BK2.a2,1,p+1)
        Sum.BK3.a2<-matrix(Sumc.BK3.a2,1,p+1)
                CL.RK1.a2<-round((Sum.RK1.a2/M),dig=4)
                CL.RK2.a2<-round((Sum.RK2.a2/M),dig=4)
```

```
                CL.RK3.a2<-round((Sum.RK3.a2/M),dig=4)
                CL.BK1.a2<-round((Sum.BK1.a2/M),dig=4)
                CL.BK2.a2<-round((Sum.BK2.a2/M),dig=4)
                CL.BK3.a2<-round((Sum.BK3.a2/M),dig=4)
                        meanCL.RK1.a2<-round(mean(CL.RK1.a2),dig=4)
                        meanCL.RK2.a2<-round(mean(CL.RK2.a2),dig=4)
                        meanCL.RK3.a2<-round(mean(CL.RK3.a2),dig=4)
                        meanCL.BK1.a2<-round(mean(CL.BK1.a2),dig=4)
                        meanCL.BK2.a2<-round(mean(CL.BK2.a2),dig=4)
                        meanCL.BK3.a2<-round(mean(CL.BK3.a2),dig=4)

Sumc.RK1.a3<-colSums(temp.RK1.a3)
Sumc.RK2.a3<-colSums(temp.RK2.a3)
Sumc.RK3.a3<-colSums(temp.RK3.a3)
Sumc.BK1.a3<-colSums(temp.BK1.a3)
Sumc.BK2.a3<-colSums(temp.BK2.a3)
Sumc.BK3.a3<-colSums(temp.BK3.a3)
        Sum.RK1.a3<-matrix(Sumc.RK1.a3,1,p+1)
        Sum.RK2.a3<-matrix(Sumc.RK2.a3,1,p+1)
        Sum.RK3.a3<-matrix(Sumc.RK3.a3,1,p+1)
        Sum.BK1.a3<-matrix(Sumc.BK1.a3,1,p+1)
        Sum.BK2.a3<-matrix(Sumc.BK2.a3,1,p+1)
        Sum.BK3.a3<-matrix(Sumc.BK3.a3,1,p+1)
                CL.RK1.a3<-round((Sum.RK1.a3/M),dig=4)
                CL.RK2.a3<-round((Sum.RK2.a3/M),dig=4)
                CL.RK3.a3<-round((Sum.RK3.a3/M),dig=4)
                CL.BK1.a3<-round((Sum.BK1.a3/M),dig=4)
                CL.BK2.a3<-round((Sum.BK2.a3/M),dig=4)
                CL.BK3.a3<-round((Sum.BK3.a3/M),dig=4)
                        meanCL.RK1.a3<-round(mean(CL.RK1.a3),dig=4)
                        meanCL.RK2.a3<-round(mean(CL.RK2.a3),dig=4)
                        meanCL.RK3.a3<-round(mean(CL.RK3.a3),dig=4)
                        meanCL.BK1.a3<-round(mean(CL.BK1.a3),dig=4)
                        meanCL.BK2.a3<-round(mean(CL.BK2.a3),dig=4)
                        meanCL.BK3.a3<-round(mean(CL.BK3.a3),dig=4)
```

```
######################################output############################
##########################################################################
cat("p=",p,"\tn=",n,"\tsigma=",sd,"\trho=",rho,"\tLoop_B=",B,"\tLoop_M=",M,"\n\n")
cat("##############################\n##### sum MSE and sum BIAS^2 #####\n\n")
cat("#### SMSE_R RK1=",SMSE.RK1,"\tRK2=",SMSE.RK2,"\tRK3=",SMSE.RK3,"\n")
cat("#### SMSE_B BK1=",SMSE.BK1,"\tBK2=",SMSE.BK2,"\tBK3=",SMSE.BK3,"\n\n")
cat("#### BIAS^2_R RK1=",BIAS2.RK1,"\tRK2=",BIAS2.RK2,"\tRK3=",BIAS2.RK3,"\n")
cat("#### BIAS^2_B BK1=",BIAS2.BK1,"\tBK2=",BIAS2.BK2,"\tBK3=",BIAS2.BK3,"\n\n")
cat("####PDMSE=",PDMSE,"\n\n#####################################\n\n")
#########alpha=0.1
cat("#########################\n##### alpha=0.1 #####\n")
cat("meanCL_0.1 RK1=",meanCL.RK1.a1,"\tRK2=",meanCL.RK2.a1,"\tRK3=",meanCL.RK3.a1,"\n")
cat("meanCL_0.1 BK1=",meanCL.BK1.a1,"\tBK2=",meanCL.BK2.a1,"\tBK3=",meanCL.BK3.a1,"\n\n")
cat("meanInBj_0.1
RK1=",meanInj.RK1.bar.a1,"\tRK2=",meanInj.RK2.bar.a1,"\tRK3=",meanInj.RK3.bar.a1,"\n")
cat("meamInBj_0.1
BK1=",meanInj.BK1.bar.a1,"\tBK2=",meanInj.BK2.bar.a1,"\tBK3=",meanInj.BK3.bar.a1,"\n\n")
#########alpha=0.05
cat("#########################\n##### alpha=0.05 #####\n")
cat("meanCL_0.05 RK1=",meanCL.RK1.a2,"\tRK2=",meanCL.RK2.a2,"\tRK3=",meanCL.RK3.a2,"\n")
cat("meanCL_0.05 BK1=",meanCL.BK1.a2,"\tBK2=",meanCL.BK2.a2,"\tBK3=",meanCL.BK3.a2,"\n\n")
cat("meanInBj_0.05
RK1=",meanInj.RK1.bar.a2,"\tRK2=",meanInj.RK2.bar.a2,"\tRK3=",meanInj.RK3.bar.a2,"\n")
cat("meamInBj_0.05
BK1=",meanInj.BK1.bar.a2,"\tBK2=",meanInj.BK2.bar.a2,"\tBK3=",meanInj.BK3.bar.a2,"\n\n")
#########alpha=0.01
cat("#########################\n##### alpha=0.01 #####\n")
cat("meanCL_0.01 RK1=",meanCL.RK1.a3,"\tRK2=",meanCL.RK2.a3,"\tRK3=",meanCL.RK3.a3,"\n")
cat("meanCL_0.01 BK1=",meanCL.BK1.a3,"\tBK2=",meanCL.BK2.a3,"\tBK3=",meanCL.BK3.a3,"\n\n")
cat("meanInBj_0.01
RK1=",meanInj.RK1.bar.a3,"\tRK2=",meanInj.RK2.bar.a3,"\tRK3=",meanInj.RK3.bar.a3,"\n")
cat("meamInBj_0.01
BK1=",meanInj.BK1.bar.a3,"\tBK2=",meanInj.BK2.bar.a3,"\tBK3=",meanInj.BK3.bar.a3,"\n\n")

}#1
```

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิดา พลาศรี เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร บัณฑิต สาขาวิชาสถิติ จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2546 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550