# การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปสำหรับตัวแบบถดถอยเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสัมพันธ์อันดับหนึ่ง

นายวิศรุต ดิฐสถาพรเจริญ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

Bootstrap Bias-corrected Parameter Estimation for Regression Model with first-order autocorrelated error

Mr. Vissarut Ditsathaporncharoen



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 2013

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปสำหรับตัวแบบถดถอยเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสัมพันธ์อันดับหนึ่ง |
| โดย | นายวิศรุต ดิฐสถาพรเจริญ |
| สาขาวิชา | สถิติ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา |

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.................................................................คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.................................................................ประธานกรรมการ

(ดร อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี)

.................................................................อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)

.................................................................กรรมการ

(ดร. วิฐรา พึ่งพาพงศ์)

.................................................................กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. อรุณี กำลัง)

วิศรุต ดิฐสถาพรเจริญ : การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปสำหรับตัวแบบถดถอยเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสัมพันธ์อันดับหนึ่ง. (Bootstrap Bias-corrected Parameter Estimation for Regression Model with first-order autocorrelated error) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา, 86 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบวิธีการประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบเชิงเส้นอย่างง่ายระหว่างวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรป เมื่อความคลาดเคลื่อนในตัวแบบเกิดอัตตสัมพันธ์อันดับ 1 (AR1) กระทำภายใต้เงื่อนไข ค่าอัตตสัมพันธ์ที่ระดับ 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 รูปแบบตัวแปรอิสระ 3 รูปแบบ คือ รูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นกับเวลา ( = t เมื่อ t = 1, 2, .., n) รูปแบบอัตตสัมพันธ์อันดับ 1 (DGP1 : ) รูปแบบอัตตสัมพันธ์อันดับหนึ่งและมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับเวลา ( DGP2 : ) และข้อมูลจริงของมูลค่าการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ(X) กัผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (Y) ระหว่างปี 1950-1969 ของประเทศไทยกำหนดพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยคือ , ขนาดตัวอย่างที่ศึกษาคือ ตัวอย่างขนาดเล็ก(15,20) ขนาดกลาง(50,60),ขนาดใหญ่(90,100)กำหนดจำนวนตัวอย่างบูทสแตรปที่สุ่มซ้ำจำนวน 500ชุด เพื่อหาค่าความเอนเอียงของตัวประมาณพารามิเตอร์ กำหนดจำนวนตัวอย่างบูทสแตรปที่สุ่มซ้ำจำนวน ชุด เพื่อหาการแจกแจงตัวประมาณพารามิเตอร์ที่แก้ไขความเอนเอียงแล้วและนำมาสร้างช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ กำหนดข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลและทำการทดลองซ้ำกัน 2000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์เพื่อหาระดับความเชื่อมั่นของค่าประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 2) ระดับความเชื่อมั่นของค่าประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูงขึ้นเมื่ออค่าอัตตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น



| | | | |
|---|---|---|---|
| ภาควิชา | สถิติ | ลายมือชื่อนิสิต | ........................................ |
| สาขาวิชา | สถิติ | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ............ |
| ปีการศึกษา | 2556 | | |

# # 5481687226 : MAJOR STATISTICS
KEYWORDS: SERIAL CORRELATION / BIAS CORRECTED BOOTSTRAP / BOOTSTRAP INTERVAL / CONFIDENCE COEFFICIENT

VISSARUT DITSATHAPORNCHAROEN: BOOTSTRAP BIAS-CORRECTED PARAMETER ESTIMATION FOR REGRESSION MODEL WITH FIRST-ORDER AUTOCORRELATED ERROR. ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPOL DURONGWATTANA, Ph.D., 86 pp.

The objective of this study is to investigate and compare parameter estimation Bootstrap Bias-corrected Parameter Estimation, OLS Estimation and prais-winsten Estimation are considerate in this study. The confidence coefficient is to criteria using comparison. The comparison are done under several situations which are as follows: The levels autocorrelation of residual are 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5, the independent valriable is 1) = t when t=1,2,..,n 2) 3) DGP2: the sample sizes n simulated are 15,20,50,60,90,100. Thenumber of Monte Carlo trials is set to 1000; and the numbers of bootstrap replicationsB1 and B2 are set to 2000The levels of significance is 0.05 parameter is , . The results of this study are 1) Bootstrapping confidence interval can control probability of type I error in all situations 2) confidence limit of confidence interval is high when the autocorrelation of residual is high and confidence limit is low when the autocorrelation of residual is low



| | | | |
|---|---|---|---|
| Department: | Statistics | Student's Signature | ........................................ |
| Field of Study: | Statistics | Advisor's Signature | ........................................ |
| Academic Year: | 2013 | | |

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนควบคุม แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีมาตลอด ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์มาด้วยความรู้สึกซาบซึ้งอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบที่ได้ช่วยตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนของผู้วิจัย ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

# สารบัญ

หน้า



หน้า

# สารบัญตาราง

หน้า

หน้า

หน้า

# สารบัญภาพ

หน้า

หน้า

หน้า

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน วิธีการทางสถิติได้เข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งต่อการวิจัยและการพัฒนาในงานทุกสาขา โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้มาจากการทดลองหรือการสำรวจ ซึ่งก่อนทำการทดลองหรือสำรวจนั้นจะต้องมีการออกแบบและวางแผนเพื่อทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นมีประสิทธิภาพและนำไปวิเคราะห์ได้สะดวกและถูกต้องเป็นไปตามแผนการทดลองหรือแผนการสำรวจที่วางไว้และนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาปรับปรุงหรือพัฒนาระบบ

การพยากรณ์ถือเป็นอีกวิธีการหนึ่งทางสถิติที่นิยมใช้กันแพร่หลาย โดยเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่น เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent Variable) ส่วนตัวแปรอีกประเภทหนึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้ควบคุมหรือมีผลกระทบต่อตัวแปรตาม เรียกว่า ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้น มีรูปแบบทั่วไปดังนี้ คือ

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + e_t \qquad t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

โดย $Y_t$ คือ ตัวแปรตามหรือตัวแปรตอบสนอง

$X_t$ คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรพยากรณ์ ; t = 1 , 2 , ... , t

$\beta_i$ คือ พารามิเตอร์ มีชื่อเรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficients)

$e_t$ คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม หรือค่าผิดพลาดสุ่ม (Random Error)

สำหรับข้อตกลงเบื้องต้น ของความคลาดเคลื่อนสุ่ม $e_t$ มีดังนี้

1. สำหรับแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ $e_t$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าคาดหวัง (Expected Value) เท่ากับ 0 $E(e_t = 0)$ และความแปรปรวนคงที่คือ $\sigma_{e_t}^2 = \sigma^2$
2. $u_i$ และ $u_j$ ไม่มีสหสัมพันธ์ หรือ มีความแปรปรวนร่วม (Covariance) เท่ากับ 0 $Cov(e_i, e_j) = 0$ ; $i \neq j$
3. $e_t$ เป็นความคลาดเคลื่อนสุ่ม ที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2$ นั่นคือ $e_t \sim N(0, \sigma^2)$

ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นข้อที่ 1 และข้อที่ 2 เป็นข้อตกลงที่จำเป็นในการหาตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยปกติการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นนั้น ผู้วิจัยมักเลือกใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ตัวประมาณที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงเชิงเส้นดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : Blue) ตามทฤษฎีเกาส์

และมาร์คอฟ (Gauss-Marcov Theorem) ทั้งนี้จะต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ค่าความแปรปรวนคงที่ และความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกัน แต่ในความเป็นจริงข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น โดยเฉพาะข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์มักเก็บรวบรวมตามลำดับเวลา ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระในสมการถดถอยที่เก็บมาตามลำดับเวลา เรียกว่าข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) ข้อมูลนี้มักขาดคุณสมบัติในข้อสมมติเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน นั่นคือ $Cov(e_i, e_j) \neq 0 \,; i \neq j$ ในข้อมูลอนุกรมเวลามีความสัมพันธ์กัน เรียกว่าเกิด อัตสัมพันธ์กัน Autocorrelation หรือ Serial Correlation ถ้าหากข้อมูลที่นำมาศึกษาเกิดปัญหาดังกล่าวแล้วผู้วิจัยยังคงใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ย่อมเกิดผลเสียโดยเฉพาะในแง่คุณภาพของตัวประมาณพารามิเตอร์เพราะจะไม่เป็นตัวประมาณพารามิเตอร์ที่มีคุณสมบัติ BLUE (Best Linear Unbiased Estimator : Blue)เนื่องจากความแปรปรวนไม่ต่ำสุด ถึงแม้ยังคงเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงก็ตาม

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบนัยทั่วไป (GLS) เป็นวิธีที่นิยมใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ในกรณีที่เศษเหลือมีอัตสัมพันธ์กัน แต่ถ้าตัวแปรอิสระ $(X_t)$ มีแนวโน้ม เศษเหลือมีความสัมพันธ์กันสูง การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของค่าประมาณพารามิเตอร์ $SE(\hat{\beta}_{1,OLS})$ จะมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง (Kwok 1988) ส่งผลให้สถิติ t มีค่าสูง $\left( t = \dfrac{\hat{\beta}_{1,OLS}}{SE(\hat{\beta}_{1,OLS})} \right)$ การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของค่าประมาณพารามิเตอร์อาจไม่ครอบคลุมพารามิเตอร์ สาเหตุหลักของปัญหานี้เกิดจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์อัตตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน $\rho$ มีความเอนเอียง ส่งผลให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ $\hat{\beta}_{1,OLS}$ เกิดความเอนเอียง ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าประมาณพารามิเตอร์ SE($\hat{\beta}_{1,OLS}$) ต่ำกว่าความเป็นจริง และเป็นสาเหตุของการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ผิดพลาด

บูทสแตรปเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถหาค่าประมาณความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ โดยมีแนวคิดคือสุ่มตัวอย่างจากประชากรแบบคืนที่ขนาด n ที่เป็นไปได้นั่นคือ แทนที่จะสุ่มตัวอย่างซ้ำๆจากประชากรที่มีฟังชั่นการแจกแจง F โดยตรง จะใช้การสุ่มตัวอย่าง Empirical distribution function ของข้อมูลตัวอย่างแทนเพื่อประมาณการแจกแจงของประชากร ตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรจะเรียกว่า ประชากรตัวอย่าง จากนั้นสุ่มตัวอย่างจากประชากรตัวอย่างหลายๆชุดโดยสุ่มแบบแทนที่ทีละค่า เรียกกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรตัวอย่างว่าตัวอย่างบูทสแตรป จากนั้นทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจในแต่ละชุดตัวอย่างบูทสแตรป หาค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์บูทสแตรปและนำไปแทนลงในสูตรความเอนเอียง คือหาผลต่างระหว่างประมาณพารามิเตอร์ในตัวอย่างบูทสแตรปกับค่าประมาณพารามิเตอร์ในประชากรตัวอย่าง ก็จะเป็นค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ในประชากร นอกจากนี้วิธีบูทสแตรปยังสามารถหาช่วงความเชื่อมั่นได้โดยใช้หลักการเดียวกับการหาค่าประมาณความเอนเอียง แต่จะนำเอาค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวอย่างบูทสแตรปมาสร้างช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ โดยช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ไม่ขึ้นอยู่กับสถิติ t

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำวิธีบูทสแตรปมาปรับใช้เพื่อปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์และสร้างช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ จากนั้นหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นดังกล่าว เพื่อเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยสุดและวิธีเพรส-วินส์เทนและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าตามสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดในงานวิจัย

**1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย**

1.เปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทน และการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรป

2. ทดสอบสมมติฐานค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากการประมาณในแต่ละวิธีมีค่าเป็นไปตามที่กำหนด (0.95)

**1.3 สมมติฐานการวิจัย**

1. วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์โดยการปรับค่าเอนเอียงปีนวิธีการที่ให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี

2. วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์โดยการปรับค่าเอนเอียงจะให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในงานวิจัย (0.95)

**1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น**

ตัวแบบถดถอยที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression Equation) มีรูปแบบดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t \qquad t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

โดย $Y_t$ คือ ตัวแปรตามหรือตัวแปรตอบสนอง

$X_t$ คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรพยากรณ์ ; I = 1 , 2 , ... , t

$\beta_i$ คือ พารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า มีชื่อเรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficients) I = 0,1

$u_t$ คือ ความคลาดเคลื่อน

n คือ ขนาดตัวอย่าง

กำหนดรูปแบบของอัตสัมพันธ์ $u_t$ เป็นอัตสัมพันธ์เชิงเส้นอันดับที่ 1

$u_t = \rho u_{t-1} + e_t \quad , t = 1, 2, ..., n$

เมื่อ $\rho$ คือ สัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์ระหว่าง $u_t$ และ $u_{t-1}$

$e_t$ คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

โดยที่ $|\rho| < 1$ และข้อตกลงเบื้องต้น $e_t$ คือ

$E(e_t) = 0$ และ $V(e_t) = \sigma_e^2$

ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มที่มีสหสัมพันธ์ มีความแปรปรวนคงที่คือ

$$V(u_t) = \frac{\sigma_e^2}{1-\rho^2} \qquad , t = 1, 2, ..., n$$

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนในตัวแบบมีอัตสัมพันธ์อันดับหนึ่งด้วยวิธีบูทสแตรปศึกษาภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. $e_t \sim N(0, \sigma_e^2)$ โดย $e_t$ มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวน $(\sigma_e^2 = 1)$ คงที่ ในงานวิจัยนี้ศึกษาความแปรปรวนที่ $u_t$ มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนคงที่เป็น $\dfrac{\sigma_e^2}{1-\rho^2}$
2. ตัวแปรอิสระ $X_t$ ที่จะศึกษามีลักษณะดังนี้

   2.1. $X_t$ = t เมื่อ t=1, 2 ,..,n

   2.2 $X_t = 1 + 0.5 X_{t-1} + e_t$ (DGP1)

   2.3 $x_t = 1 + 0.02t + 0.95 x_{t-1} + v_t$ (DGP2)

3. กำหนดค่า $\rho$ = 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5
4. ขนาดตัวอย่างแบ่งเป็น 3 ขนาด

| | | | |
|---|---|---|---|
| ขนาดเล็ก | n = | 15 | 20 |
| ขนาดกลาง | n = | 50 | 60 |
| ขนาดใหญ่ | n = | 90 | 100 |

5. กำหนดตัวแปรตามเป็น $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t \qquad t = 1, 2, 3, ..., n$

โดย $Y_t$ คือ ตัวแปรตามหรือตัวแปรตอบสนอง

$X_t$ คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรพยากรณ์ ; t = 1 , 2 , ... , t

$\beta_i$ คือ พารามิเตอร์ มีชื่อเรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficients) โดยกำหนดค่า $\beta_0 = \beta_1 = \beta = 1$

$u_t$ คือ ความคลาดเคลื่อนโดยกำหนดรูปแบบของอัตสัมพันธ์ $u_t$ เป็นอัตสัมพันธ์อันดับที่1 $u_t = \rho u_{t-1} + e_t$ เมื่อ $\rho$ คือ สัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนอันดับที่ 1

$e_t$ คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม $e_t \sim N\left(0, \sigma_t^2\right)$ โดย $\sigma_t^2$ = 1

6. กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha$ = 0.05
7. กำหนดสัมประสิทธ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์เป็น 0.95
8. งานวิจัยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) จำลองข้อมูลขึ้นตามสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา โดยจำลองแบบ 2000 ครั้ง
9. กำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำด้วยวิธีบูทสแตรปในขั้นตอนการแก้ไขความเอนเอียง $B_1 = 500$ กำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำด้วยวิธีบูทสแตรปในขั้นตอนการสร้างช่วงความเชื่อมั่นของค่าประมาณพารามิเตอร์ทที่แกไขความอนเอียงแล้ว $B_2 = 500$ รอบ
10. การศึกษาใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R เวอร์ชั่น 3.0.2

**1.6 คำจำกัดความ**

อัตสัมพันธ์ หมายถึง เหตุการณ์ที่ตัวแปรสุ่ม มีความสัมพันธ์ต่อกันในตัวเองหรือกล่าวคือ $\text{cov}(u_i, u_j) \neq 0$ เมื่อ $i \neq j$

วิธีบูทสแตรป (Bootstrapping method)หมายถึง วิธีการทางสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (nonparametric Method) โดยสุ่มตัวอย่างจากประชากร ตัวอย่างที่ได้เปรียบเสมือนเป็นประชากร จากนั้นสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่จากประชากรตัวอย่าง จากนั้นคำนวนค่าสถิติที่สนใจ สร้างการแจกแจงของตัวสถิติตัวอย่างและนำไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจ

พารามิเตอร์ คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวแบบถดถอยตัวแบบเชิงเส้นอย่างง่าย

ค่าประมาณพารามิเตอร์ คือสัมประสิทธิ์ถดถอยในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างงาย

ช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ คือ ช่วงความเชื่อมั่นที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ $\beta_1$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นคือ สัดส่วนของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ครอบคลุมพารามิเตอร์ $\beta_1$

ตัวแบบเชิงเส้น คือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามในความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นอย่างง่าย(ตัวแปรอิสระมีเพียงตัวแปรเดียวในตัวแบบเชิงเส้น)

วิธีกำลังสองน้อยสุดคือ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

วิธีเพรส-วินส์เทน คือ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายโดยการแปลงค่าสังเกตเพื่อให้ส่วนเหลือไม่มีอัตตสัมพันธ์กัน

วิธีการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรป คือ วิธีการหาค่าประมาณพารามิเตอร์ $\beta_1$ โดยการหาค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ $\beta_1$ จากวิธีบูทสแตรปเพื่อนำมาปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ $\beta_1$

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แก้ไขปัญหาการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงที่ไม่ครอบคลุมพารามิเตอร์ตามสัมประสิทธิ์ความเชือ มั่นทีกำหนด

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินเทนส์ และวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป จากนั้นตรวจสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยทดสอบสัดส่วนของช่วงความเชื่อมั่นที่ครอบคลุมพารามิเตอร์ด้วย z-test โดยใช้สถิติ z .ในการทดสอบสมมติฐาน กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นในงานวิจัยเป็น 0.95 โดยทดสอบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นทุกระดับ $\rho$

## 2.1 ปัญหาการวิเคราะห์การถดถอยเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตสัมพันธ์

คุณสมบัติของความคลาดเคลื่อน(อ.เริงชัย ตันสุชาติ 2556 )

จากรูปแบบของอัตตสัมพันธ์อันดับที่ 1

$$\mu_t = \rho\mu_{t-1} + \varepsilon_t \qquad \text{สำหรับทุกค่า t}$$

ดังนั้น $\mu_{t-1} = \rho\mu_{t-2} + \varepsilon_{t-1}$ และจะได้ว่า

$$\mu_t = \rho(\rho\mu_{t-2} + \varepsilon_{t-1}) + \varepsilon_t = \rho^2\mu_{t-2} + \rho\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

แทนด้วย $\mu_{t-2}$ ด้วย $\rho\mu_{t-3} + \varepsilon_{t-2}$ จะได้ว่า

$$\mu_t = \rho^3\mu_{t-3} + \rho^2\varepsilon_{t-2} + \rho\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นจึงสามารถเขียนได้ว่า

$$\mu_t = \sum_{s=0}^{\infty} \rho^s \mu_{t-s}$$

ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ $:\mu_t$ กรณีอัตตสัมพันธ์อันดับ 1 ได้แก่

$$E(\mu_t) = 0$$

$$\sigma^2(\mu_t) = \frac{\sigma^2}{1-\rho^2}$$

ความแปรปรวนร่วมระหว่าง $\mu_t$ และ $\mu_{t-1}$ ได้แก่

$$\sigma(\mu_t, \mu_{t-1}) = \rho\left(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\right)$$

นิยามของสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์ระหว่าง $\mu_t$ และ $\mu_{t-1}$ เขียนแทนด้วย $\rho(\mu_t, \mu_{t-1})$ เป็นดังนี้

$$\rho(\mu_t, \mu_{t-1}) = \frac{\sigma(\mu_t, \mu_{t-1})}{\sigma(\mu_t)\sigma(\mu_{t-1})}$$

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน คือ $\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}$ จะได้ว่า

$$\rho(\mu_t,\mu_{t-1}) = \frac{\rho\left(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\right)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}}\sqrt{\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}}} = \rho$$

ความแปรปรวนระหว่างเทอมของความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาที่ห่างกันเท่ากับ s คือ

$$\rho(\mu_t,\mu_{t-s}) = \rho^s\left(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\right); s \neq 0$$

และสัมประสิทธิ์อัตตสัมพันธ์ระหว่าง $\mu_t$ และ $\mu_{t-1}$ คือ

$$\rho(\mu_t,\mu_{t-s}) = \rho^s \;; s \neq 0$$

ดังนั้นเมื่อ $\rho$ มีค่าไม่เท่ากับ 0 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีอัตสัมพันธ์กัน แต่หากช่วงเวลาที่ห่างกันของค่าความคลาดเคลื่อน (s) มีค่ามากขึ้น สหสัมพันธ์จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเมื่อ $\rho = 0$ นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

ปัญหาอัตสหสัมพันธ์ในตัวแบบเชิงเส้น

จากข้อสมมติที่สำคัญประการหนึ่งของ OLS คือ ตัวรบกวน $u$ ต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ค่าของ $u$ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งจะต้องเป็นอิสระจากค่าของ $u$ ในช่วงเวลาที่แล้วหรือค่าของ $u$ ในตัวอย่างที่ $i$ ต้องเป็นอิสระจากค่าของ $u$ ในตัวอย่างที่ $j$ การที่ตัวคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกันนี้เรียกว่า ตัวคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันหรือไม่เกิดปัญหา สหสัมพันธ์ (No autocorrelation หรือ No serial Correlation) แต่ถ้าพจน์คลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันไม่ว่าจะเป็นกรณีใดก็ตามจะเรียกว่าตัวคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันหรือปัญหาอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation หรือ Serial correlation) โดยที่ผลของการเกิดปัญหาดังกล่าวคือ ทำให้ตัวประมาณค่าที่ได้มีลักษณะไม่มีประสิทธิภาพและส่งผลให้ไม่มีคุณสมบัติ BLUE สำหรับปัญหาอีกประการหนึ่งที่สำคัญที่เกี่ยวกับพจน์รบกวนคือ ปัญหาพจน์รบกวนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยถ้าหากเกิดปัญหาดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อกระบวนการอ้างอิง

ในแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นแบบดั้งเดิมจะสมมติว่าพจน์คลาดเคลื่อนจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน ส่งผลให้ความแปรปรวนร่วม (Covariance) ของพจน์รบกวนที่ $i$ และ $j$ มีค่าเท่ากับ 0

$$E(u_i u_j) = 0 \qquad , i \neq j$$

หรือ

$$E(uu') = \begin{bmatrix} E(u_1^2) & E(u_1u_2) & \cdots & E(u_1u_n) \\ E(u_2u_1) & E(u_2^2) & \cdots & E(u_2u_n) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ E(u_nu_1) & E(u_nu_2) & \cdots & E(u_n^2) \end{bmatrix}$$

$$E(uu') = \begin{bmatrix} \sigma^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma^2 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \sigma^2 \end{bmatrix} = \sigma^2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$E(uu') = \sigma^2 \mathbf{I}$$

สมาชิกนอกเส้นแทยงมุมมีค่า เป็น 0 หมายความว่า พจน์รบกวนของตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งจะไม่ได้รับอิทธิพลจากพจน์รบกวนจากตัวอย่างอื่น ๆ สำหรับสมมติฐานของพจน์รบกวนที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E(u_i u_j) \neq 0 \qquad , i \neq j$$

$$E(uu') \neq \sigma^2 \mathbf{I}$$

การประมาณ OLS เมื่อมีปัญหาตัวรบกวนมีสหสัมพันธ์กัน (OLS Estimation in the Presence of Autocorrelation)

เริ่มพิจารณาจากแบบจำลองถดถอยอย่างง่ายที่ประกอบไปด้วย 2 ตัวแปร

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + u_t$$

สมมติว่าพจน์รบกวนหรือพจน์คลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t \qquad , -1 < \rho < 1$$

สมการด้านบนหมายความว่า พจน์รบกวนในช่วงเวลาที่ $t$ มีค่าเท่ากับค่า $\rho$ (โร) คูณด้วยค่าของพจน์รบกวนในช่วงเวลาที่ผ่านมาและบวกด้วยเทอมคลาดเคลื่อนที่มีลักษณะสุ่มอย่างแท้จริง เมื่อ $\rho$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตความแปรปรวนร่วม (Coefficient of Auto covariance) และ $\varepsilon_t$ คือพจน์รบกวนแบบสุ่ม (White Noise Error Term) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของ OLS กล่าวคือ

$$E(\varepsilon_t) = 0$$

$$\operatorname{var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$$

$$\operatorname{cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+s}) = 0 \qquad s \neq 0$$

เรียกว่า Markov First – Order Auto regression Scheme หรือ First – Order Auto regression Scheme และ แสดงให้เห็นว่า การเคลื่อนไหวของ $u_t$ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1. $\rho u_{t-1}$ เรียกว่าส่วนการเคลื่อนไหวที่เป็นระบบ
2. $\varepsilon_t$ คือส่วนที่มีลักษณะสุ่มอย่างแท้จริง (Pure Random)

จากสมการสามารถขยายต่อไปได้ว่า

$$u_{t-1} = \rho u_{t-2} + \varepsilon_{t-1}$$

$$u_{t-2} = \rho u_{t-3} + \varepsilon_{t-2}$$

$$\vdots \qquad \vdots$$

$$u_{t-r} = \rho u_{t-(r+1)} + \varepsilon_{t-r}$$

แทนค่า $u_{t-1}$ ในสมการจะได้

$$u_t = \rho\left(\rho u_{t-2} + \varepsilon_{t-1}\right) + \varepsilon_t$$
$$= \rho^2 u_{t-2} + \left(\rho\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t\right)$$

แทนค่า $u_{t-2}$ ในสมการ $u_{t-1}$ จะได้

$$= \rho^2\left(\rho u_{t-3} + \varepsilon_{t-2}\right) + \left(\rho\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t\right)$$
$$= \rho^3 u_{t-3} + \rho^2\varepsilon_{t-2} + \rho\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นถ้าแทนค่า $u$ ในแต่ละช่วงเวลาย้อนหลังไปเรื่อยๆ จะได้ว่า

$$u_t = \varepsilon_t + \rho\varepsilon_{t-1} + \rho^2\varepsilon_{t-2} + \rho^3 u_{t-3} + \ldots$$

ถ้าให้กำลังของ $\rho$ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเข้าสู่อนันต์ ค่าของ $\rho^r\varepsilon_{t-r}$ จะมีค่าเข้าใกล้ 0 เนื่องจาก $|\rho| < 1$ ดังนั้น

$$u_t = \sum_{r=0}^{\infty} \rho^r \varepsilon_{t-r}$$

พิจารณาค่าเฉลี่ยของพจน์คลาดเคลื่อน เมื่อเกิดปัญหาพจน์รบกวนมีความสัมพันธ์กัน

$$E(u_t) = E\sum_{r=0}^{\infty} \rho^r \varepsilon_{t-r}$$

$$= \sum_{r=0}^{\infty} \rho^r \cdot E\left(\varepsilon_{t-r}\right)$$

เนื่องจาก $E\left(\varepsilon_{t-r}\right) = 0$ ดังนั้น $E(u_t) = 0$ , $t = 1,\ldots,n$

พิจารณาความแปรปรวนของพจน์คลาดเคลื่อน เมื่อเกิดปัญหาพจน์รบกวนมีความสัมพันธ์กัน

$$E\left(u_t^2\right) = E\left[\sum_{r=0}^{\infty} \rho^r \varepsilon_{t-r}\right]^2$$

จะได้ว่า

$$E\left(u_t^2\right) = \frac{1}{1-\rho^2}\cdot\sigma_\varepsilon^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2}$$
$$= \sigma_u^2 \quad \text{ทุกค่าของ} \quad t$$

พิจารณาความแปรปรวนร่วมเมื่อเกิดปัญหาพจน์รบกวนมีความสัมพันธ์กัน จากสมการ

$$u_t = \varepsilon_t + \rho\varepsilon_{t-1} + \rho^2\varepsilon_{t-2} + \ldots$$

$$u_{t-1} = \varepsilon_{t-1} + \rho\varepsilon_{t-2} + \rho^2\varepsilon_{t-3} + \ldots$$

$$E(u_t, u_{t-1}) = E\{[u_t - E(u_t)][u_{t-1} - E(u_{t-1})]\}$$

$$E(u_t, u_{t-1}) = \rho\left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2}\right] = \rho\sigma_u^2$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\operatorname{cov}(u_t, u_{t-2}) = E(u_t, u_{t-2}) = \rho^2\sigma_u^2 = \frac{\rho^2\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2}$$

เขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$\operatorname{cov}(u_t, u_{t-s}) = E(u_t, u_{t-s}) = \rho^s\sigma_u^2 = \frac{\rho^s\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2}$$

เมื่อ $s \neq t$

แสดงในรูป เมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมได้ดังนี้

$$E(uu') = E\begin{bmatrix} \operatorname{var}(u_1) & \operatorname{cov}(u_1u_2) & \cdots & \operatorname{cov}(u_1u_t) \\ \operatorname{cov}(u_2u_1) & \operatorname{var}(u_2) & \cdots & \operatorname{cov}(u_2u_t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \operatorname{cov}(u_tu_1) & \operatorname{cov}(u_tu_2) & \cdots & \operatorname{var}(u_t) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & \rho\sigma_u^2 & \rho^2\sigma_u^2 & \cdots & \rho^{t-1}\sigma_u^2 \\ \rho\sigma_u^2 & \sigma_u^2 & \rho\sigma_u^2 & \cdots & \rho^{t-2}\sigma_u^2 \\ \rho^2\sigma_u^2 & \rho\sigma_u^2 & \sigma_u^2 & \cdots & \rho^{t-3}\sigma_u^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho^{t-1}\sigma_u^2 & \rho^{t-2}\sigma_u^2 & \rho^{t-3}\sigma_u^2 & \cdots & \sigma_u^2 \end{bmatrix}$$

$$\Phi = \sigma_u^2\begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \cdots & \rho^{t-1} \\ \rho & 1 & \rho & \cdots & \rho^{t-2} \\ \rho^2 & \rho & 1 & \cdots & \rho^{t-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho^{t-1} & \rho^{t-2} & \rho^{t-3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

แทนค่า $\sigma_u^2 = \left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2}\right]$ จะได้

$$\Phi = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\rho^2}\begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \cdots & \rho^{t-1} \\ \rho & 1 & \rho & \cdots & \rho^{t-2} \\ \rho^2 & \rho & 1 & \cdots & \rho^{t-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho^{t-1} & \rho^{t-2} & \rho^{t-3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

สรุป $\Phi = \sigma_\varepsilon^2 \Psi$

โดย

$$\Psi = \frac{1}{1-\rho}\begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \cdots & \rho^{t-1} \\ \rho & 1 & \rho & \cdots & \rho^{t-2} \\ \rho^2 & \rho & 1 & \cdots & \rho^{t-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho^{t-1} & \rho^{t-2} & \rho^{t-3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

ที่

ในการพิสูจน์คุณสมบัติไม่เอนเอียง มีประสิทธิภาพ และความแนบนัย อาศัยการพิสูจน์เดียวกับกรณีที่ความแปรปรวนของตัวรบกวนไม่คงที่ ผลคือ ตัวประมาณที่ได้มีลักษณะไม่เอนเอียง มีความแนบนัย แต่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งให้ตัวแปรค่าไม่มีลักษณะ BLUEดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธี OLS ได้

สำหรับค่า $\hat{\rho}$ คำนวณได้จาก

$$\hat{\rho} = \frac{\sum u_t u_{t-1}}{\sqrt{\sum u_t^2}\sqrt{\sum u_{t-1}^2}}$$

สรุปผลกระทบที่มีต่อตัวประมาณค่า

1. ตัวประมาณค่าโดยวิธี OLS ยังคงไม่เอนเอียง และมีความต้องกัน
2. ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากวิธี OLS ไม่ใช่ค่าที่ต่ำที่สุดดังนั้นตัวประมาณค่าที่ได้จึงไม่มีคุณสมบัติความมีประสิทธิภาพ
3. ความแปรปรวน $\sigma^2$ ที่คำนวณได้มีค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate) ทำให้ค่า $R^2$ ของตัวแปรการถดถอยสูงเกินจริง
4. ทำให้ค่าพยากรณ์ของแบบจำลองที่คำนวณได้ไม่มีประสิทธิภาพและทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูง

**2.2 สถิติทดสอบเดอร์บิน-วัตสัน(Durbin-Watson test)**

เดอร์บินและวัตสันเป็นผู้ที่เสนอสถิติทดสอบอัตสัมพันธ์ ของความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์สมการถดถอยซึ่งเป็นวิธีที่มีผู้นิยมมากที่สุดในปัจจุบัน เห็นได้จากการที่โปรแกรมสำเร็จรูป

ต่างๆที่ออกมายังท้องตลาด จะมีค่าสถิติเดอร์บิน-วัตสัน แสดงไว้ด้วยเสมอ โดยสถิติเดอร์บิน-วัตสัน มีขั้นตอนการคำนวนดังนี้

1.2.1 นำค่าสังเกตุ $(Y_t, X_u); t = 1, 2, ..., n$ มาประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\beta}_i$ ด้วยวิธี OLS

1.2.2 นำค่า $\hat{\beta}_i$ มาหาค่าพยากรณ์

1.2.3 หาค่า $\hat{u}_t = Y_t - \hat{Y}_t$

1.2.4 นำค่า $\hat{u}_t$ มาหาค่าตัวสถิติทดสอบเดอร์บิน-วัตสัน(DW)

$$D - W = \frac{\sum_{t=2}^{n}\left(\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1}\right)^2}{\sum_{t=1}^{n}\hat{u}_t^2}$$

1.2.5 เกณฑ์การตัดสินใจ

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho > 0$

จะตัดสินใจปฏิเสธ $H_0$ เมื่อ $d < d_L$

จะตัดสินใจยอมรับ $H_0$ เมื่อ $d > d_u$

1.2.6 จะไม่สามารถตัดสินใจได้เมื่อ $d_L < d < d_u$

1.2.7 โดยที่ $d_L, d_u$ เป็นค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางค่าของเดอร์บิน –วัตสันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha$ และขนาดตัวอย่าง $n$

## 2.3 วิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน (Prais-Winsten Transformation)

ในปี ค.ศ. 1954 เพรสและวินส์เทน เสนอวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตสัมพันธ์ ซึ่งทำการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยการแปลงข้อมูลทั้งหมด n ค่า ในปี ค.ศ. 1980 park และ Mitchell พบว่าวิธีการแปลงของคอคแครนและออร์คัต (Cochrane-Orcult transformation) ที่ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลเพียง n-1 ค่า จะทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่ำ ดังนั้นวิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทนที่พิจารณาข้อมูลทั้งหมด n ค่าจึงเหมาะสมกว่าโดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลที่มีขนาดเล็กเนื่องจากวิธีนี้สามารถสงวนองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) ได้ และทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์สูงขึ้น ซึ่งวิธีการแปลงข้อมูลของเพรสและวินส์ จะใช้เทคนิคการแล็ก (lag) ดังนี้

จากสมการถดถอย

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t \qquad ; t = 1, 2, ..., n$$

แล็กสมการ ไปหนึ่งคาบเวลา

$$y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 x_{t-1} + u_{t-1}$$

คูณสมการ ด้วย $\rho$

### 2.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป (Bootstrapping method)

วิธีบูทสแตรปจัดเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้การสุ่มตัวอย่างซ้ำ เช่นเดียวกับวิธีของแจ็คไนฟ์ แต่วิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำจะใช้การสร้างตัวอย่างชุดใหม่จากตัวอย่างสุ่มที่มีเพียงชุดเดียว โดยการสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่ (Resembling with Replacement) วิธีการนี้ถูกเสนอโดย Efron (1979) และได้พัฒนาต่อมาโดย Efron (1982)

Efron (1979) เสนอให้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่ขนาด n จากตัวอย่างสุ่มชุดเดียวที่มี เพื่อสร้างชุดตัวอย่างขนาด n ที่เป็นไปได้ นั่นคือ แทนที่จะสุ่มตัวอย่างซ้ำ ๆ จากประชากรที่มีฟังก์ชันการแจกแจง โดยตรงจะใช้การสุ่มตัวอย่างจาก Empirical distribution function $F_n$ ของข้อมูลตัวอย่างโดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

สุ่มตัวอย่าง n ตัว คือ $x_1, x_2, ..., x_n$ ที่เป็นอิสระกันมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่างๆให้ $\theta$ เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณในประชากรดังกล่าวนี้ และให้ $\hat{\theta}_B$ เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ $\theta$ ด้วยวิธีบูทสแตรปที่คำนวณจากข้อมูลตัวอย่างขนาด n สร้างฟังก์ชันการแจกแจงโดยให้ความน่าจะเป็นของ $x_t \quad ; t = 1, 2, ..., n$ เป็น $\frac{1}{n}$ ซึ่งเรียกฟังก์ชันการแจกแจงแบบนี้ว่า Empirical distribution function

การสุ่มตัวอย่างจะทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่าจำนวน n ครั้ง จากชุดของตัวอย่าง $x_1, x_2, ..., x_n$ โดยค่าที่ได้จะคืนกลับไปในชุดตัวอย่างก่อนที่จะมีการสุ่มตัวอย่างครั้งต่อไป ให้ $x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*$ เป็นชุดของตัวอย่างขนาด ที่สุ่มได้ ซึ่งจะเรียกชุดของตัวอย่างดังกล่าวนี้ว่า ตัวอย่างบูทสแตรป (Bootstrap sample) ซึ่งการหาค่าประมาณด้วย วิธีบูทสแตรป จะเริ่มจาก

ครั้งที่ 1 ทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่าแบบคืนที่จำนวน n ครั้ง จากชุดของตัวอย่าง จะได้

$x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*$ แล้วคำนวณค่าประมาณของ $\theta$ จะได้ค่าประมาณ คือ $\hat{\theta}_1$

ครั้งที่ 2 ทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่าแบบคืนที่จำนวน n ครั้ง จากชุดของตัวอย่าง จะได้

$x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*$ แล้วคำนวณค่าประมาณของ $\theta$ จะได้ค่าประมาณ คือ $\hat{\theta}_2$

$\vdots$

ครั้งที่ B ทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่าแบบคืนที่จำนวน n ครั้ง จากชุดของตัวอย่าง จะได้

$x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*$ แล้วคำนวณค่าประมาณของ $\theta$ จะได้ค่าประมาณ คือ $\hat{\theta}_2$

ด้วยการทำซ้ำ ดังที่กล่าวมาแล้วจำนวน B ครั้ง จะได้ค่าประมาณของ $\theta$ จำนวน B ตัวคือ

$\hat{\theta}_1^*, \hat{\theta}_2^*, ..., \hat{\theta}_B^*$ นำมาสร้างฮิสโตแกรม (histogram) โดยกำหนดให้แต่ละตัวมีความน่าจะเป็นเท่ากันเท่ากับ $\frac{1}{B}$ จะได้การแจกแจงของตัวสถิติตัวอย่างบูทสแตรป (the bootstrap sampling distribution)

ให้ $\hat{\theta}_B^*$ เป็นตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta$ ด้วยวิธีบูทสแตรป ซึ่งการหาค่าประมาณแบบจุดจะถูก
กำหนดโดย

$$\hat{\theta}_B = \frac{\sum_{t=1}^{B} \hat{\theta}_t^*}{B}$$

การหาค่าประมาณแบบช่วงของพารามิเตอร์ ด้วยวิธีบูทสแตรป ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha$ จะได้ว่า
$p(\hat{\theta}_{BL} < \theta < \hat{\theta}_{BU}) = 1 - \alpha$

ซึ่งจะหาจาก การแจกแจงตัวสถิติตัวอย่างบูทสแตรป $\hat{\theta}_1^*, \hat{\theta}_2^*, ..., \hat{\theta}_B^*$ ที่ได้ นำมาจัดเรียงจากค่าน้อย ไปหามาก จากนั้นคำนวณหาค่าที่อันดับเปอร์เซ็นไทล์ที่ $100(1-\frac{\alpha}{2})$ กำหนดให้เป็น $\hat{\theta}_{BU}$ ดังนั้น จะได้ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ด้วยวิธีบูทสแตรป คือ $[\hat{\theta}_{BL}, \hat{\theta}_{BU}]$

**การประมาณค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์และช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์โดยวิธีบูทสแตรป**

วิธีบูทสแตรปสามารถนำมาปรับใช้เพื่อหาค่าประมาณความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ได้ เนื่องจากวิธีบูทสแตรปจะประมาณการแจกแจงของประชากรจากตัวอย่างที่สุ่มในประชากร ตัวอย่าง ที่สุ่มจากประชากรจะเปรียบเสมือนเป็นประชากรตัวอย่าง จากนั้นสุ่มตัวอย่างจากประชากรตัวอย่างหลายๆชุด เรียกชุดตัวอย่างนี้ว่าตัวอย่างบูทสแตรป ทำการคำนวนค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากชุดตัวอย่างบูทสแตรป ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวอย่างบูทสแตรปจะสามารถใช้เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ในประชากรได้ เนื่องจากค่าประมาณพารามิเตอร์ได้จากตัวอย่างสุ่มในประชากรตัวอย่าง ซึ่งประชากรตัวอย่างเป็นการประมาณการแจกแจงจากประชากร

ค่าความเอนเอียงของค่าพารามิเตอร์เป็นค่าพารามิเตอร์แบบหนึ่ง จึงสามารถหาค่าความเอนเอียงพารามิเตอร์จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปได้ ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์เป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์กับพารามิเตอร์ กำหนดให้ $\theta$ เป็นค่าพารามิเตอร์ และ $\hat{\theta}$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนั้นค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์คือ $E(\hat{\theta}) - \theta$ การประมาณความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์จะประมาณโดยใช้วิธีบูทสแตรปโดยสุ่มตัวอย่างจากประชากรชุดเดียว ตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรจะเปรียบเสมือนเป็นประชากรตัวอย่างซึ่งเป็นการประมาณค่าการแจกแจงของประชากร

จากนั้นสุ่มตัวอย่างบูทสแตรปหลายๆชุดเพื่อนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีบูทสแตรป กำหนดให้ $\hat{\theta}_b^*$ คือค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีบูทสแตรป $\hat{\theta}$ คือค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนั้นค่าความเอนเอียงที่ได้จากวิธีบูทสแตรปคือ $E(\hat{\theta}_b^*)-\hat{\theta}$ และเป็นค่าประมาณความเอนเอียงของพารามิเตอร์ในประชากร เนื่องจากวิธีการบูทสแตรปจะใช้ประชากรตัวอย่างประมาณการแจกแจงของประชากร ดังนั้นค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวอย่างบูทสแตรปในประชากรตัวอย่างจึงเป็นค่าประมาณความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ในประชากร

การสร้างช่วงความเชื่อมั่นค่าพารามิเตอร์ที่แก้ไขความเอนเอียงแล้วด้วยวิธีบูทสแตรปก็นำเอาหลักการการประมาณค่าความเอนเอียงของพารามิเตอร์มาใช้เช่นเดียวกัน เมื่อเราหาค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีบูทสแตรปแล้ว เราจะสร้าง CDF ของค่าประมาณความเอนเอียงเพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานพารามิเตอร์ต่อไป

**การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์**

การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ทำได้โดย สัดส่วนของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ครอบคลุมพารามิเตอร์ ในงานวิจัยนี้กำหนดให้สัดส่วนความเชื่อมั่นที่ได้ครอบคลุมพารามิเตอร์ 95 %

**2.5 การทบทวนวรรณกรรม**

(Jae Kim 2005) ศึกษาการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีแจ็คไนฟ์ในตัวแบบถดถอยอย่างง่าย เมือความคลาดเคลื่อนมีอัตสัมพันธ์อันดับหนึ่ง พบว่าในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก การประมาณพารามิเตอร์จะทำให้เกิดค่าความเอนเอียงและการหาช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ ไม่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีแนวโน้มสูงและความคลาดเคลื่อนในตัวแบบมีอัตสัมพันธ์กันมาก จะทำให้ช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์มีโอกาสไม่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์เพิ่มสูงขึ้น งานวิจัยนี้กำหนดตัวแปรอิสระเป็น 4 แบบ คือ รูปแบบที่ 1 $x_t$ = t เมื่อ t = 1, 2, .., n รูปแบบที่ 2 รูปแบบอัตสัมพันธ์อันดับหนึ่งที่ stationary (DGP1) $x_t = 1+0.5x_{t-1}+v_t$ รูปแบบที่ 3 รูปแบบอัตสัมพันธ์อันดับหนึ่งที่มีแนวโน้ม(DGP2) $x_t = 1+0.02t+0.95x_{t-1}+v_t$ กำหนดตัวอย่างเป็น 20,60,100 กำหนดค่า $\rho = 0, 0.3, 0.6, 0.9, 0.95$ กำหนดระดับนัยสำคัญคือ 0.05 และ 0.1

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า สาเหตุที่ช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ไม่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์เกิดจากการประมาณค่าอัตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน $(\hat{\rho})$ ในตัวแบบถดถอยมีความเอนเอียงเกิดขึ้น จึงนำวิธีแจ็คไนฟ์มาปรับใช้ในการแก้ไขความเอนเอียงของ $\hat{\rho}$ และนำค่า $\hat{\rho}$ ที่แก้ไขความเอนเอียงแล้วไปประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอย จะได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ใน

สมการถดถอยที่แก้ไขความเอนเอียง และประมาณการแจกแจงของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แก้ไขความเอนเอียงด้วยวิธีแจ็กไนฟ์ จากนั้นสร้างสถิติทดสอบที่มีการแจกแจงแบบ t และสร้างช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\%$ พบว่า ช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ยังไม่ครอบคลุมพารามิเตอร์ตามระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

(จันทร์เพ็ญ ศรีธวัชพงศ์ 2540) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เมื่อความคลาดเคลื่อเกิดอัตสหสัมพันธ์ และมีค่าผิดปกติเพื่อการพยากรณ์ด้วยวิธีการประมาณ 5 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบใช้การแปลงของเพรสและวินส์เทน วิธีการหาค่าพยากรณ์ร่วม และวิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดแบบใช้การแปลงของเพรสและวินส์เทน กระทำภายใต้เงื่อนไขของการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบปกติปลอมปน ที่สเกลแฟคเตอร์ 5 และ 10 และการแจกแจงปลอมปนด้วยการแจกแจงลาปลาซที่ beta เท่ากับ 8 และ 15, ค่าอัตสหสัมพันธ์ที่ระดับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 สัดส่วนการปลอมปนที่ระดับ 0.05, 0.08 และ 0.10 รูปแบบตัวแปรอิสระ 2 รูปแบบ คือ รูปแบบปกติ รูปแบบอัตสหสัมพันธ์อันดับที่หนึ่ง และขนาดตัวอย่างที่ระดับ 20, 30, 40, 50 และ 60 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล และกระทำซ้ำๆ กัน 700 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อคำนวณหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการพยากรณ์ (RMSFE) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงที่ไม่แสดงค่าผิดปกติ (การแจกแจงแบบปกติ) เมื่อระดับอัตสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะให้ค่า RMSFE ต่ำสุด และเมื่อระดับอัตสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบใช้การแปลงของเพรสและวินส์เทนจะให้ค่า RMSFE ต่ำสุด 2) กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงที่แสดงค่าผิดปกติ (การแจกแจงแบบปกติปลอมปน และการแจกแจงปลอมปนด้วยการแจกแจงลาปลาซ) โดยทั่วไป เมื่อระดับอัตสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1 วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดจะให้ค่า RMSFE ต่ำสุด แต่เมื่อระดับอัตสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 โดยทั่วไป วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดแบบใช้การแปลงของเพรสและวินส์เทนจะให้ค่า RMSFE ต่ำสุด ยกเว้นกรณีที่ระดับอัตสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 และ 0.5 สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5 และ beta เท่ากับ 8 สัดส่วนการปลอมปนเท่ากับ 0.05 และขนาดตัวอย่างเล็กถึงปานกลาง (20, 30 และ 40) วิธีการหาค่าพยากรณ์ร่วมจะให้ค่า RMSFE ต่ำสุด 3) ค่า RMSFE จะแปรผันตาม ระดับอัตสหสัมพันธ์ ระดับความรุนแรงของค่าผิดปกติ และสัดส่วนการปลอมปน แต่ค่า RMSFE จะแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง

(รุ่งรวี จุลเจนวิทย์ 2538) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการพยากรณ์ เมื่อทราบและไม่ทราบข้อมูลเบื้องต้นของพารามิเตอร์ และความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์ของวิธีการประมาณ4 วิธีคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดวิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน ตัวประมาณเบส์ และตัวพยากรณ์ผสม การเปรียบเทียบกระทำภายใต้เงื่อนไขของค่าอัตตสหสัมพันธ์ ที่ระดับ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9และ 0.95 ขนาดตัวอย่างที่ศึกษาเท่ากับ 15, 30, 50 และ 70 และรูปแบบของตัวแปรอิสระ 4 รูปแบบคือ รูปแบบเส้นตรงตามเวลา, รูปแบบแนวโน้มไม่คงที่, รูปแบบแนวโน้มตามคาบเวลา และรูปแบบอัตตสหสัมพันธ์อันดับหนึ่ง สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลโดยกระทำซ้ำ 300 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์ (MSFE) ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับต่ำ (0.2) ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกรูปแบบตัวแปรอิสระ วิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์อยู่ในระดับใกล้เคียงกันสำหรับตัวประมาณเบส์และตัวพยากรณ์ผสมจะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์สูงขึ้นตามลำดับ 2. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับกลาง (0.4 และ 0.6) ในทุกรูปแบบตัวแปรอิสระ ตัวพยากรณ์ผสมจะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์ต่ำสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กในขณะที่วิธีการแปลงของเพรสและวินส์แทนจะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์ตำสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับตัวประมาณเบส์ และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์สูงขึ้นตามลำดับ 3. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับสูง (0.8) ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกรูปแบบตัวแปรอิสระ ตัวพยากรณ์ผสมจะให้ค่า เฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์ที่สุด สำหรับตัวประมาณเบส์และวิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทนจะให้ค่าดังกล่าวสูงใกล้เคียงกันและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะให้ค่าสูงสุด 4. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับสูงมาก (0.9 และ 0.95) ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกรูปแบบตัวแปรอสิระ ตัวประมาณเบส์จะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์ต่ำที่สุด สำหรับตัวพยากรณ์ผสม วิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์สูงขึ้นตามลำดับ

(ฝน เทพวัฒนะ 2534) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการพยากรณ์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์ของวิธีการประมาณ 3 วิธีคือ วิธีกำลังสองต่ำสุดแบบสามัญ วิธีกำลังสองต่ำสุดแบบทั่วไป และวิธีการแปลงของคอคแครนและออร์คัต โดยเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ภายใต้เงื่อนไขของค่าอัตตสหสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่าง และรูปแบบของตัวแปรอิสระ 4 รูปแบบ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลโดยจำลองการทดลองจำนวน 1000 รอบในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้1. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับต่ำ (0.3 และ 0.4) กรณีขนาดตัวอย่างเป็นขนาดเล็กถึงขนาดปานกลาง (10,15,30 และ50) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองใกล้เคียงกันในทุกรูปแบบของตัวแปรอิสระ กรณีขนาดตัวอย่างเป็นขนาดใหญ่ (70) วิธีกำลังสองต่ำสุดแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด ขณะที่วิธีการแปลงของคอคแครนและออร์คัต และวิธีกำลังสองต่ำสุดแบบสามัญมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองใกล้เคียงกัน ในทุกรูปแบบของตัวแปรอิสระ2. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับกลางถึงระดับสูง (0.5,0.6,0.7,0.8 และ 0.9) วิธีการแปลงของคอคแครนและออร์คัต มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด รองลงมาคือวิธีกำลังสองแบบทั่วไปและวิธีกำลังสองต่ำสุดแบบสามัญตามลำดับ ในทุกขนาดตัวอย่างและรูปแบบของตัวแปรอิสระ

**(เกษศิริ โมรา 2535)** การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อพยากรณ์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์ของวิธีการประมาณ 3 วิธีคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่เชิงเส้น และวิธีการแปลงข้อมูลโดยใช้ผลต่างอันดับที่หนึ่ง การเปรียบเทียบกระทำภายใต้เงื่อนไขของค่าอัตตสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่าง และรูปแบบของตัวแปรอิสระ 3 รูปแบบ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลและทำการ

ทดลองซ้ำ ๆ กัน 500 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดเพื่อคำนวฯค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE)ของค่าพยากรณ์ของวิธีพยากรณ์ทั้งสาม ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) กรณีอัตสหสัมพันธ์ระดับต่ำ (0.3 และ 0.4) ในทุกขนาดตัวอย่างและรูปแบบตัวแปรอิสระ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่เชิงเส้นและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีค่า RMSE อยู่ในระดับใกล้เคียงกันและวิธีการแปลงข้อมูลโดยใช้ผลต่างอันดับหนึ่ง มีค่า RMSE สูงสุด 2) กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับกลาง (0.5, 0.6 และ 0.7) ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกรูปแบบตัวแปรอิสระ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่เชิงเส้นมีค่า RMSE ต่ำสุด รองลงมาคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีการแปลงโดยใช้ผลต่างอันดับหนึ่ง ตามลำดับ 3) กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับสูง (0.8 และ 0.9) ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกรูปแบบอิสระ วิธีการแปลงข้อมูลโดยใช้ผลต่างอันดับที่หนึ่งมีค่า RMSE ต่ำสุด รองลงมาก็คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่เชิงเส้น และวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ตามลำดับ)

(สิริพรรณ เฉลิมงาม 2535)ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการพยากรณ์ ในสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์ วิธีการประมาณ 3 วิธีคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดวิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน และวิธีของฮิลเดรธและลูเกณฑ์การเปรียบเทียบใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากพยากรณ์ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธีการเปรียบเทียบกระทำภายใต้เงื่อนไขของค่าอัตตสหสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่างและรูปแบบของตัวแปรอิสระ 3 รูปแบบ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้จากการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล และทำการทดลองซ้ำ ๆ กัน 500 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด เพิ่มคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการพยากรณ์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับต่ำ (0.2, 0.3 และ 0.4) สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง (15, 30, 45 และ 60) และทุกรูปแบบตัวแปรอิสระ วิธีของฮิลเดรธและลูและวิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน มีค่าRMSE อยู่ในระดับใกล้เคียงกันและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีค่า RMSE สูงสุด 2. กรณีอัตตสหสัมพันธ์ระดับกลางสูงและสูงมาก (0.5, 0.6,0.7, 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99) สำหรับทุกขนาดตัวอย่างและทุกรูปแบบอิสระ วิธีของฮิลเดรธและลู มีค่า RMSE ต่ำสุด รองลงมาคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด รองลงมาคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน ตามลำดับ 3. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า RMSE มีดังนี้ กรณีที่ขนาดตัวอย่างคงที่ค่า RMSE จะมีค่าแปรผันโดยตรงตามระดับสหสัมพันธ์ในรูปแบบตัวแปรอิสระและกรณีที่ระดับสหสัมพันธ์คงที่ค่า RMSE จะไม่แปรผันตามขนาดตัวอย่าง ในทุกรูปแบบตัวแปรอิสระ

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ ต้องการศึกษาเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทน และวิธีปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป จากนั้นทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยใช้สถิติ z-test เพื่อตรวจสอบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป็นไปตามที่กำหนด (0.95) และทำการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงเพื่อแสดงช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้ในแต่ละวิธี

## 3.1 แผนการทดลอง

กำหนดพารามิเตอร์เป็น $\beta_0 = \beta_1 = 1$ กำหนดขนาดตัวอย่างเป็น ขนาดเล็ก (จำนวนตัวอย่างคือ15,20) ขนาดกลาง(จำนวนตัวอย่างคือ50,60) ขนาดใหญ่(จำนวนตัวอย่างคือ90,100) กำหนดระดับอัตสัมพันธ์( $\rho$ ) เป็น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 กำหนด $u_t = \rho\, u_{t-1} + e_t$ เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 และ $e_t \sim N(0,1)$ กำหนดตัวแปรอิสระ 3 รูปแบบ รูปแบบแรกคือ $x_t$ = t เมื่อ t = 1, 2, .., n รูปแบบที่ 2 $X_t = 1 + 0.5X_{t-1} + e_t$ (DGP1)และรูปแบบที่ 3 $X_t = 1 + 0.02t + 0.95X_{t-1} + e_t$ (DGP2)ตัวแปรตามกำหนดให้ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ หาค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป 500 ค่า เพื่อหาค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์และปรับค่าความเอนเอียง หาค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป 500 ค่าเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ปรับแก้ความเอนเอียงแล้ว จากนั้นตรวจสอบช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมพารามิเตอร์โดยทำซ้ำ2000 รอบจากนั้นทดสอบสมมติฐานสัดส่วนช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์เป็นไปตามที่กำหนดในงานวิจัย(ครอบคลุมพารามิเตอร์ไม่ต่ำกว่า 0.95) ด้วยสถิติ z กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานคือ 0.05

## 3.2 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยมี 5 ขั้นตอน คือ 1. การสร้างข้อมูล 2.การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ 3. การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ 4. การทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 5.หาช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากข้อมูลจริงในแต่ละวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และแสดงค่าเอนเอียงจากวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

### 3.2.1 การสร้างข้อมูล

**1.1 สร้างความคลาดเคลื่อนที่มีอัตสัมพันธ์อันดับหนึ่ง**

1. สร้าง $e_t$ เมื่อ t =1,...,nโดย $e_t \sim N(0,1)$
2. สร้าง $u_t = \rho\ u_{t-1} + e_t$ โดย $\rho = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ และ $u_1 = e_1$

**1.2 สร้างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม**

**สร้างตัวแปรอิสระ**

1. $X_t$ = t เมื่อ t = 1, 2, .., n
   - สร้างตัวแปร $X_t$ โดย $X_t$ = t เมื่อ t = 1, 2, .., n
2. $X_t = 1 + 0.5X_{t-1} + e_t$ (DGP1)
   - กำหนด $x_1 = 1$
   - สร้าง $e_t$ เมื่อ t =1,...,nโดย $e_t \sim N(0,1)$
   - คำนวน $X_t$
3. $X_t = 1 + 0.02t + 0.95X_{t-1} + e_t$ (DGP2)
   - กำหนด $X_1 = 1$
   - สร้าง t โดยt = 1, 2, .., n
   - สร้าง $e_t$ เมื่อ t =1,...,nโดย $e_t \sim N(0,1)$
   - คำนวน $X_t$



**สร้างตัวแปรตาม**

$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$

- กำหนด $\beta_0 = \beta_1 = 1$
- แทนตัวแปร $X_t$ ที่ได้จากหัวข้อ การสร้างตัวแปรอิสระลงในตัวแบบ
- แทนตัวแปร $u_t = \rho\ u_{t-1} + e_t$ ที่ได้จากหัวข้อการสร้างความคลาดเคลื่อนที่มีอัตสัมพันธ์อันดับหนึ่งโดย $u_1 = e_1$
- คำนวน $y_t$

### 3.2.2 ประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์

**วิธีกำลังสองน้อยสุด**

- คำนวน $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{OLS} = \left(X^T X\right)^{-1} X^T \underset{\sim}{Y}$ โดย $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{OLS}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีเพรส-วินส์เทน
- ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของพารามิเตอร์ $\beta_1$ คือ

$$\hat{\beta}_{1,OLS} - t_{0.025,n-2} \times SE(\hat{\beta}_{1,OLS}) < \beta_1 < \hat{\beta}_{1,OLS} + t_{0.025,n-2} \times SE(\hat{\beta}_{1,OLS})$$

- ประมาณ $\hat{\rho}_{OLS} = \dfrac{\sum \hat{u}_{t,OLS}\, \hat{u}_{t-1,OLS}}{\sqrt{\sum \hat{u}_{t,OLS}^2}\sqrt{\sum \hat{u}_{t-1,OLS}^2}}$ โดย $\hat{\rho}_{OLS}$ เป็นค่าประมาณอัตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนจากวิธีการประมาณพารามิเตอร์กำลังสองน้อยสุด
- ทดสอบอัตสัมพันธ์อันดับ 1ของ $\hat{u}_{t,OLS}$ ด้วยวิธีเดอร์บิน-วัตสัน
- ถ้า $\hat{u}_{t,OLS}$ ไม่มีอัตสัมพันธ์อันดับ 1 กลับไปทำซ้ำข้อ 3.2.1.1
- ถ้า $\hat{u}_{t,OLS}$ มีอัตสัมพันธ์อันดับ 1 นำ $\hat{\rho}_{OLS}$ ไปหาค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีเพรสและวินส์เทน

**วิธีเพรส-วินส์เทน**

- แปลงข้อมูลด้วยวิธีเพรสวินส์เทนโดย

$X_{t,PW} = X_t - \hat{\rho}_{OLS} X_{t-1}$ โดย $X_{1,PW} = \sqrt{1-\hat{\rho}_{OLS}^2}\, X_1$

$Y_{t,PW} = Y_t - \hat{\rho}_{OLS} Y_{t-1}$ โดย $Y_{1,PW} = \sqrt{1-\hat{\rho}_{OLS}^2}\, Y_1$

- ประมาณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{PW} = (X_{PW}{}^T X_{PW})^{-1} X_{PW}{}^T \underset{\sim}{Y}_{PW}$ เมื่อ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{PW}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีเพรส-วินส์เทน
- กำหนดให้ $\hat{u}_{t,PW}$ คือ ส่วนเหลือที่ได้จากวิธีเพรส-วินส์เทน
- ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของพารามิเตอร์ $\beta_1$ คือ

$$\hat{\beta}_{1,PW} - t_{0.025,n-2} \times SE(\hat{\beta}_{1,PW}) < \beta_1 < \hat{\beta}_{1,PW} + t_{0.025,n-2} \times SE(\hat{\beta}_{1,PW})$$

- ประมาณ $\hat{\rho}_{PW} = \frac{\sum \hat{u}_{t,PW}\,\hat{u}_{t-1,PW}}{\sqrt{\sum \hat{u}_{t,PW}^{2}}\sqrt{\sum \hat{u}_{t-1,PW}^{2}}}$ โดย เป็นค่าประมาณอัตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนจากวิธีการประมาณพารามิเตอร์เพรสและวินส์เทน

**วิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปแบ่งเป็น5 ขั้นตอน**

**การสร้างข้อมูลในตัวอย่างบูทสแตรป**

- **การสร้างส่วนเหลือด้วยวิธีบูทสแตรป**
  - สุ่มส่วนเหลือ $\hat{u}_{t,PW}$ แทนที่ทีละค่าจำนวน n ค่า กำหนดให้ส่วนเหลือที่สุ่มเป็น $e_t^*$
  - สร้างส่วนเหลือ $u_t^* = \hat{\rho}_{PW}\, u_{t-1}^* + e_t^*$ โดย $u_1^* = \frac{e^*}{\sqrt{(1-\hat{\rho}_{PW}^{2})}}$
- **การสร้างตัวแปรตามด้วยวิธีบูทสแตรป**
  - $Y_t^* = \hat{\beta}_{0,PW} + \hat{\beta}_{1,PW}\, X_t + u_t^*$ โดย $\hat{\beta}_{0,PW}$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีเพรส-วินส์เทน $\hat{\beta}_{1,PW}$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีเพรส-วินส์เทน $u_t^*$ เป็นส่วนเหลือวิธีบูทสแตรป $X_t$ เป็นตัวแปรอิสระที่สร้างจาก 1.2

**การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวอย่างบูทสแตรป**

- ประมาณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}^* = (X^T X)^{-1} X^T \underset{\sim}{Y}^*$ เมื่อ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}^*$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ในตัวอย่างบูทสแตรป

**การประมาณค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์**

- ทำซ้ำในข้อ 2.3.1-2.3.2 จำนวน 500 ครั้ง จะได้ $\hat{\beta}_0^*, \hat{\beta}_1^*$ 500 ค่า

- $bias(\hat{\beta}_{1,PW}) = \overline{\beta_1}^* - \hat{\beta}_{1,PW}$ โดย $bias(\hat{\beta}_{1,PW})$ ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ $\overline{\beta_1}^*$ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ในตัวอย่างบูทสแตรป $\hat{\beta}_{1,PW}$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีเพรส-วินส์เทน

**การปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์**

- หาค่า $\hat{\beta}^c_{1,PW} = \hat{\beta}_{1,PW} - Bias(\hat{\beta}_{1,PW})$ โดย $\hat{\beta}^c_{1,PW}$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ $\beta_1$ ที่ปรับค่าเอนเอียง
- หาค่า $\hat{\beta}^c_{0,PW} = \overline{Y} - \hat{\beta}^c_{1,PW}\ \overline{X}$ โดย $\hat{\beta}^c_{0,PW}$ ค่าประมาณพารามิเตอร์ $\beta_0$ ที่ปรับค่าเอนเอียง
- หาค่า $\hat{u}^c_{t,PW} = Y_t - \hat{\beta}^c_{0,PW} - \hat{\beta}^c_{1,PW}\ X_t$ โดย $\hat{u}^c_{t,PW}$ เป็นส่วนเหลือที่ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ปรับความเอนเอียง
- หาค่า $\hat{\rho}^c_{PW} = \dfrac{\sum \hat{u}^c_{t,PW}\ \hat{u}^c_{t-1,PW}}{\sqrt{\sum \hat{u}^{c^2}_{t,PW}}\sqrt{\sum \hat{u}^{c^2}_{t-1,PW}}}$ โดย $\hat{\rho}^c_{PW}$ เป็นค่าประมาณอัตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนจากวิธีการประมาณพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียง

**การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพารามิเตอร์จากค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ปรับค่าเอนเอียง**

- สุ่มส่วนเหลือ $\hat{u}^c_{t,PW}$ แบบแทนที่ทีละค่าจำนวน n ค่ากำหนดให้ส่วนเหลือที่สุ่มเป็น $e^{**}_t$
- สร้างส่วนเหลือ $u^{**}_t = \hat{\rho}^c_{PW}\ u^{**}_{t-1} + e^{**}_t$ โดย $u^{**}_1 = \dfrac{e^{**}}{\sqrt{(1-\hat{\rho}^{c^2}_{PW})}}$
- $Y^{**}_t = \hat{\beta}^c_{0,PW} + \hat{\beta}^c_{1,PW}\ X_t + u^{**}_t$ โดย $Y^{**}_t$ คือ ตัวแปรตามที่สร้างจากวิธีบูทสแตรปโดยแทนค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ปรับค่าเอนเอียง

- ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเพรสและวินส์เทน จะได้ $\hat{\beta}^{**}_{0,PW}$ $\hat{\beta}^{**}_{1,PW}$
- ปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนจากขั้นตอน2.3.5.4 โดยนำค่าเอนเอียงที่ได้จากข้อ 2.3.3 มาประมาณค่าความเอนเอียงจะได้ $\hat{\beta}^{**c}_{1,PW} = \hat{\beta}^{**}_{1,PW} - Bias(\hat{\beta}_{1,PW})$ โดย $\hat{\beta}^{**c}_{1,PW}$ คือค่าประมาณพารามิเตอร์จากวิธีบูทสแตรปที่ปรับค่าเอนเอียง
- ทำซ้ำในข้อ 2.3.5.1-2.3.5.5 จำนวน 500 รอบ จะได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ $\hat{\beta}^{**c}_{1,PW}$ จากวิธีบูทสแตรปที่ปรับค่าเอนเอียง 500 ค่า
- หาช่วงความเชื่อมั่น95% ของ $\beta_1$ โดยนำค่า $\hat{\beta}^{**c}_{1,PW}$ มาจัดเรียงจากมากไปน้อยและหาความน่าจะเป็นสะสม ดังนั้นขอบเขตล่างคือ $\hat{\beta}^{**c}_{1,PW}$ ณ ระดับความน่าเป็นสะสมที่ $\alpha =$ 0.025 ขอบเขตบนคือ $\hat{\beta}^{**c}_{1,PW}$ ณ ระดับความน่าเป็นสะสมที่ $\alpha = 0.975$ ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ $\beta_1$ คือ $(\hat{\beta}^{**c}_{1,PW,\alpha=0.025}, \hat{\beta}^{**c}_{1,PW,\alpha=0.975})$

### 3.2.3 การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์

หลังจากได้ช่วงความเชื่อมั่นของค่าพารามิเตอร์ จะตรวจสอบการครอบคลุมพารามิเตอร์ $\beta_1 = 1$ ถ้าช่วงความเชื่อมั่นของค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้ในแต่ละวิธีครอบคลุมพารามิเตอร์จะนับ 1 ถ้าไม่ครอบคลุมนับ 0 ทำจนครบ 1000 ครั้ง ดังนั้นสัดส่วนของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์คือสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์

### 3.2.4 การทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์

เมื่อหาค่าสัมประสิทธ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์แล้ว จะทำการทดสอบสมมติฐานค่าสัมประสิทธ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ว่าช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ครอบคลุมพารามิเตอร์ 95 % โดยการใช้สถิติทดสอบ z สมมติฐานการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

1.สมมติฐานการทดสอบ

$H_0$ : สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ = 0.95

$H_1$ : สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ <0.95

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05
3. ตัวสถิติทดสอบ $z = \dfrac{\text{สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์} - 0.95}{\text{Se(สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์)}}$
4. จะปฏิเสธ $H_0$ : เมื่อ p-value $< \alpha = 0.05$ ดังนั้น สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าน้อยกว่า 0.95

3.2.5 หาช่วงความเชื่อมั่น95% ของพารามิเตอร์จากข้อมูลจริง**ในแต่ละวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และแสดงค่าเอนเอียงจากวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป**

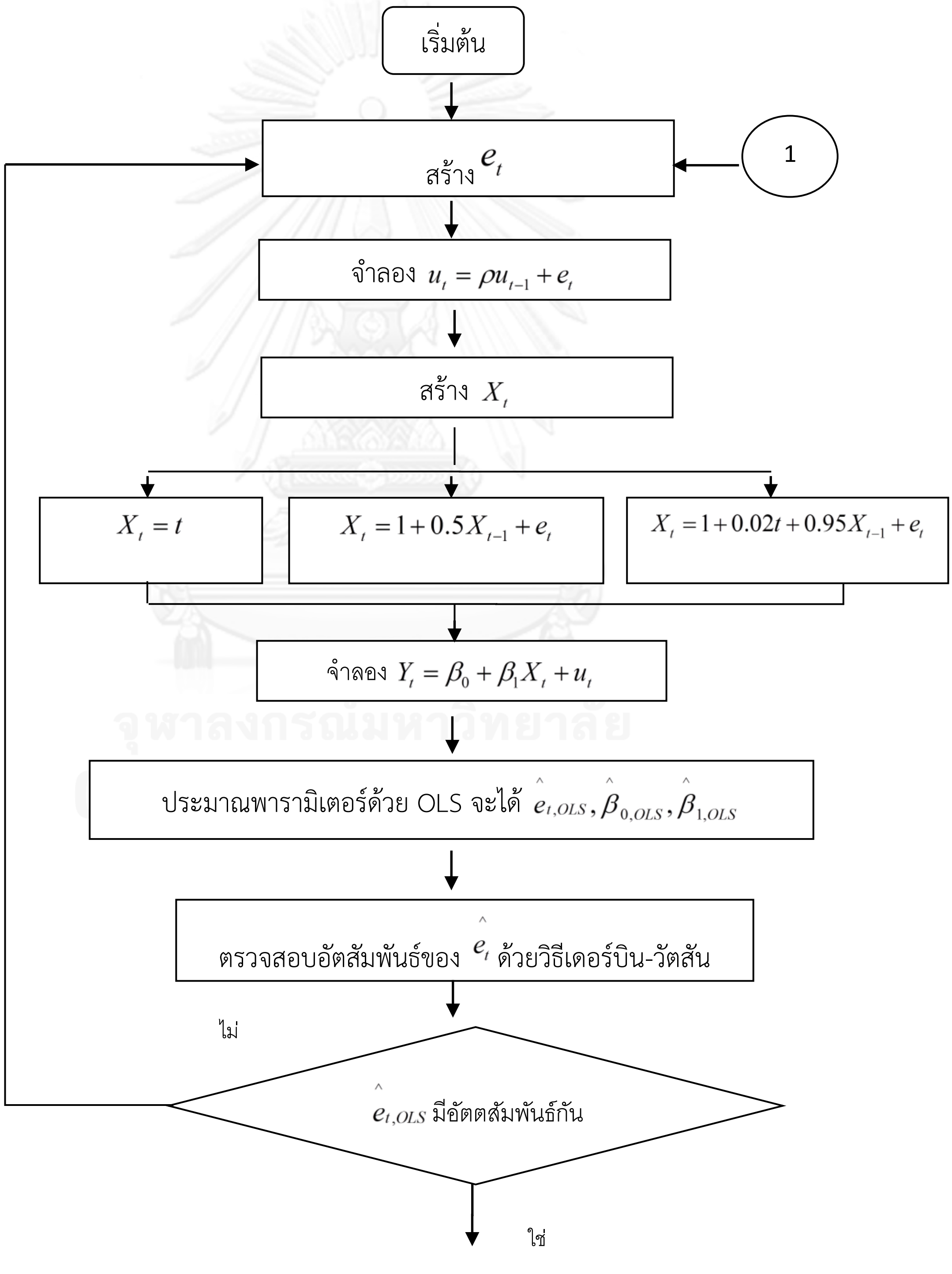
ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการนำสินค้าจากต่างประเทศและผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติโดยเปรียบเทียบช่วงความเชื่อมั่นที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเพรสวินส์เทน และวิธีปรับค่าเอนเอียง โดยแสดงช่วงความเชื่อมั่นที่ได้แต่ละวิธีและค่าความเอนเอียงที่ได้จากวิธีปรับค่าเอนเอียง

**<u>ตารางที่ 3. 1</u> ข้อมูลจริงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการนำสินค้าเข้าจากต่างประเทศและผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติในปี 1950-1969 รวมทั้งสิ้น 20 ปี**

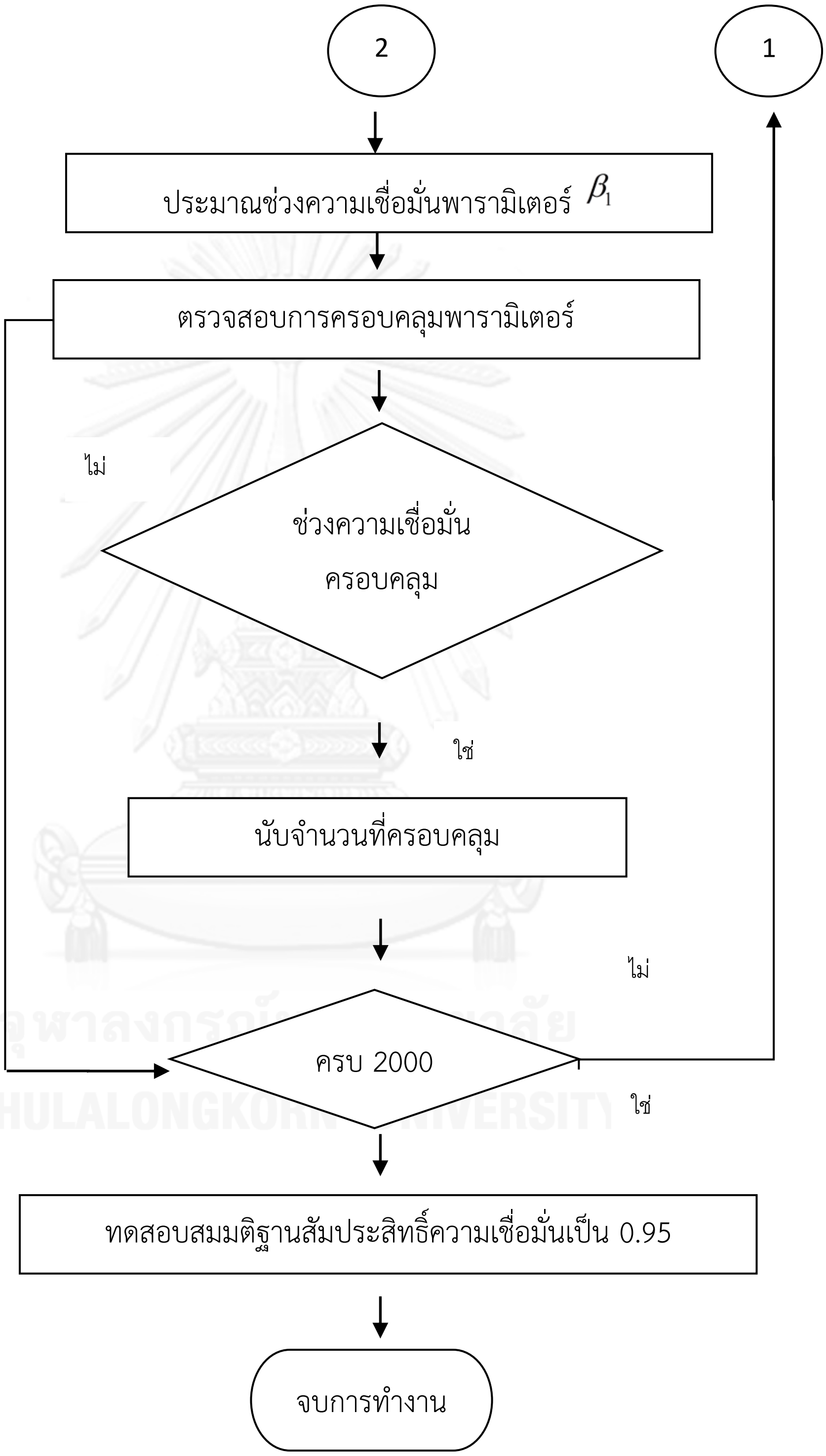
| ปี | การนำเข้า (M) | GNP (Y) | ปี | การนำเข้า (M) | GNP (Y) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1950 | 3,748 | 21,777 | 1960 | 5,669 | 28,134 |
| 1951 | 4,010 | 22,418 | 1961 | 5,628 | 29,091 |
| 1952 | 3,711 | 22,308 | 1962 | 5,736 | 29,450 |
| 1953 | 4,004 | 23,319 | 1963 | 5,946 | 30,705 |
| 1954 | 4,151 | 24,180 | 1964 | 6,501 | 32,372 |
| 1955 | 4,569 | 24,893 | 1965 | 6,549 | 33,152 |
| 1956 | 4,582 | 25,310 | 1966 | 6,705 | 33,764 |
| 1957 | 4,697 | 25,799 | 1967 | 7,140 | 34,411 |
| 1958 | 4,753 | 25,886 | 1968 | 7,609 | 35,429 |
| 1959 | 5,062 | 26,868 | 1969 | 8,100 | 36,200 |

จากการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเงินงบประมาณแผ่นดินและรายได้ประชาชาติ เมื่อทดสอบสมมติฐานความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีDurbin-Watson test ของความคลาดเคลื่อน พบว่า DW = 1.5082 p-value = 0.032< 0.05 ดังนั้นความคลาดเคลื่อนมีอัตสัมพันธ์อันดับ 1 AR(1)

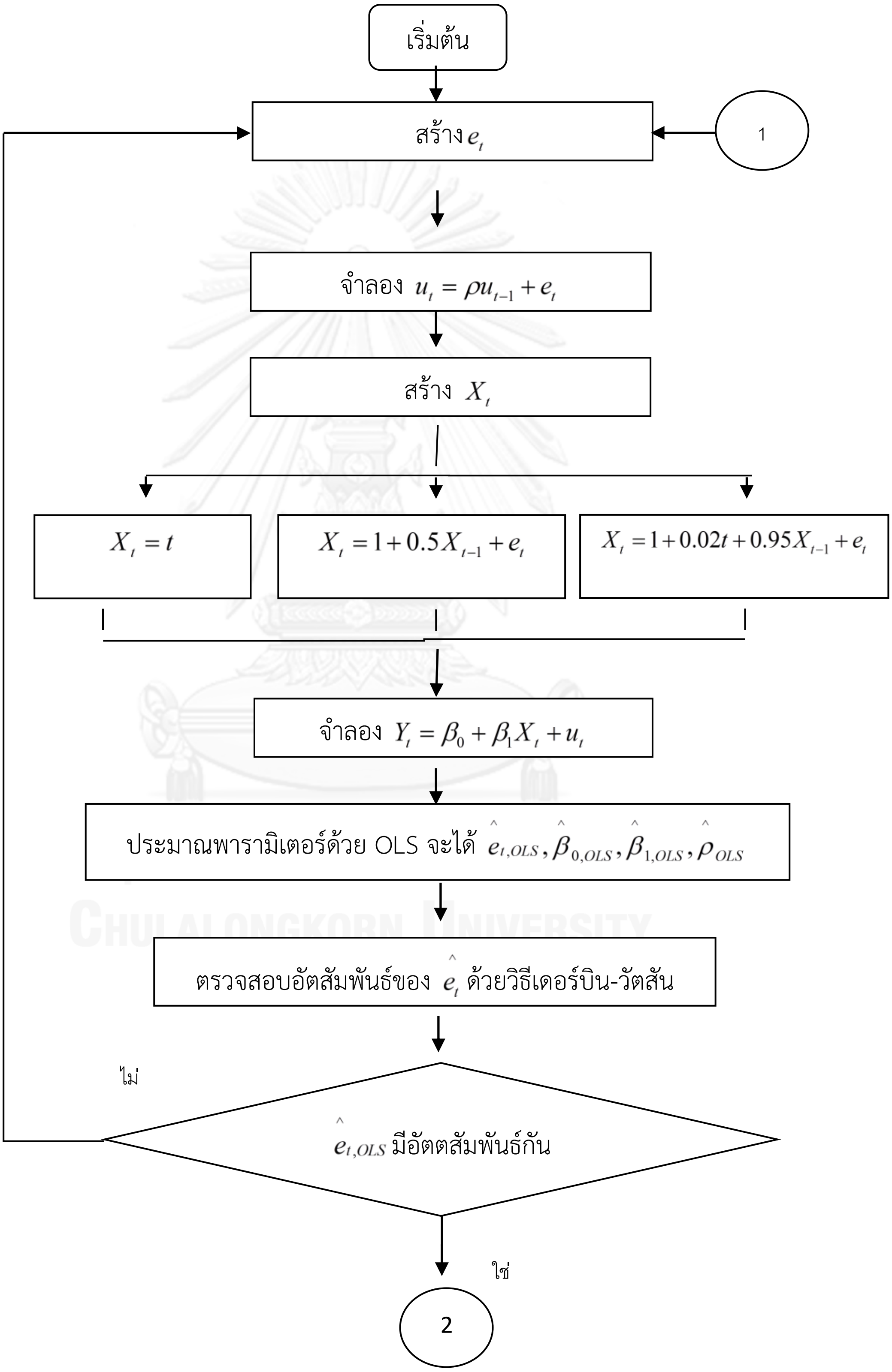
**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด(สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95)**



**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด(สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95) (ต่อ)**



**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด(สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95)**



**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด(สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95) (ต่อ)**

2

↓

แปลงข้อมูลด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนโดย

$X_{t,PW} = X_t - \hat{\rho}_{OLS} X_{t-1}$ โดย $X_{1,PW} = \sqrt{1-\hat{\rho}_{OLS}^{2}}X_1$

$Y_{t,PW} = Y_t - \hat{\rho}_{OLS} Y_{t-1}$ โดย $Y_{1,PW} = \sqrt{1-\hat{\rho}_{OLS}^{2}}Y_1$

↓

ประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลที่แปลงด้วยวิธีเพรส
วินส์เทนจะได้ $\hat{e}_{t,PW}, \hat{\beta}_{0,PW}, \hat{\beta}_{1,PW}$

↓

ประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ $\beta_1$

↓

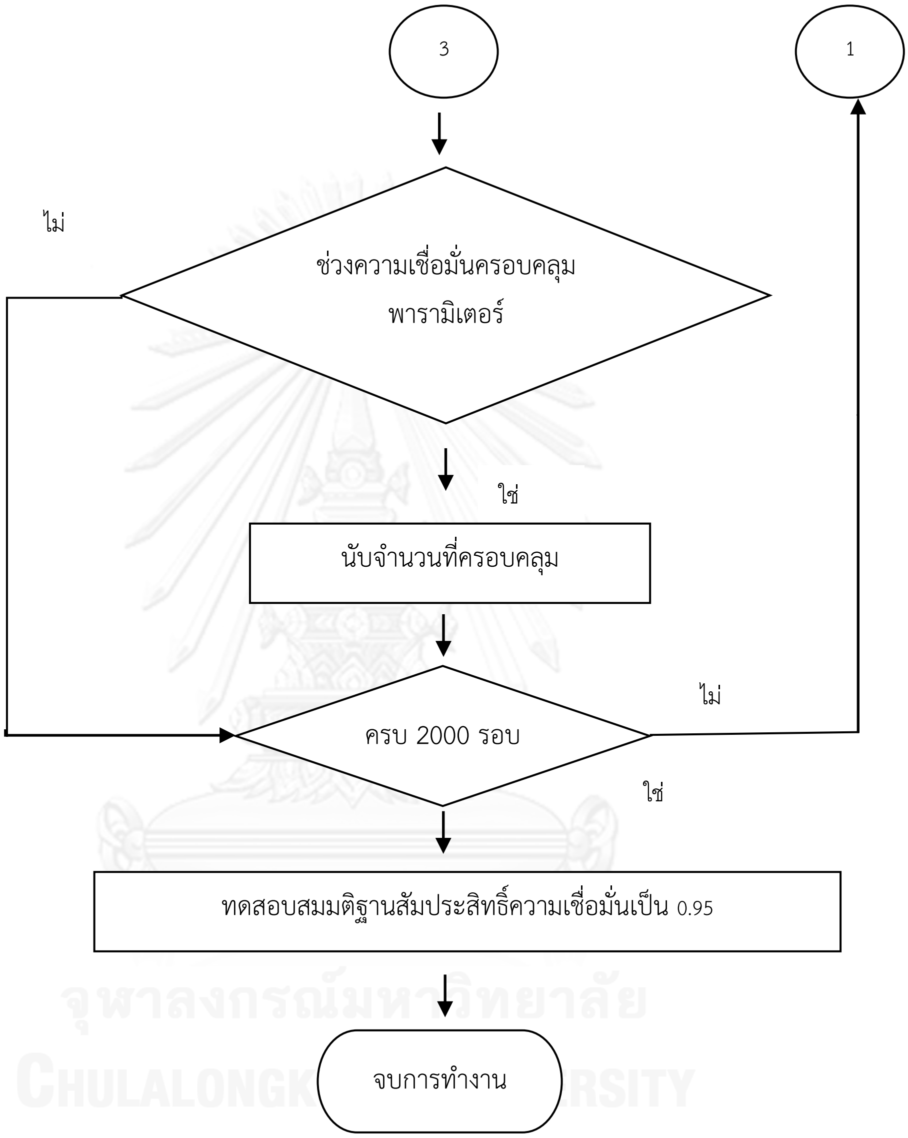
ตรวจสอบการครอบคลุมพารามิเตอร์

↓

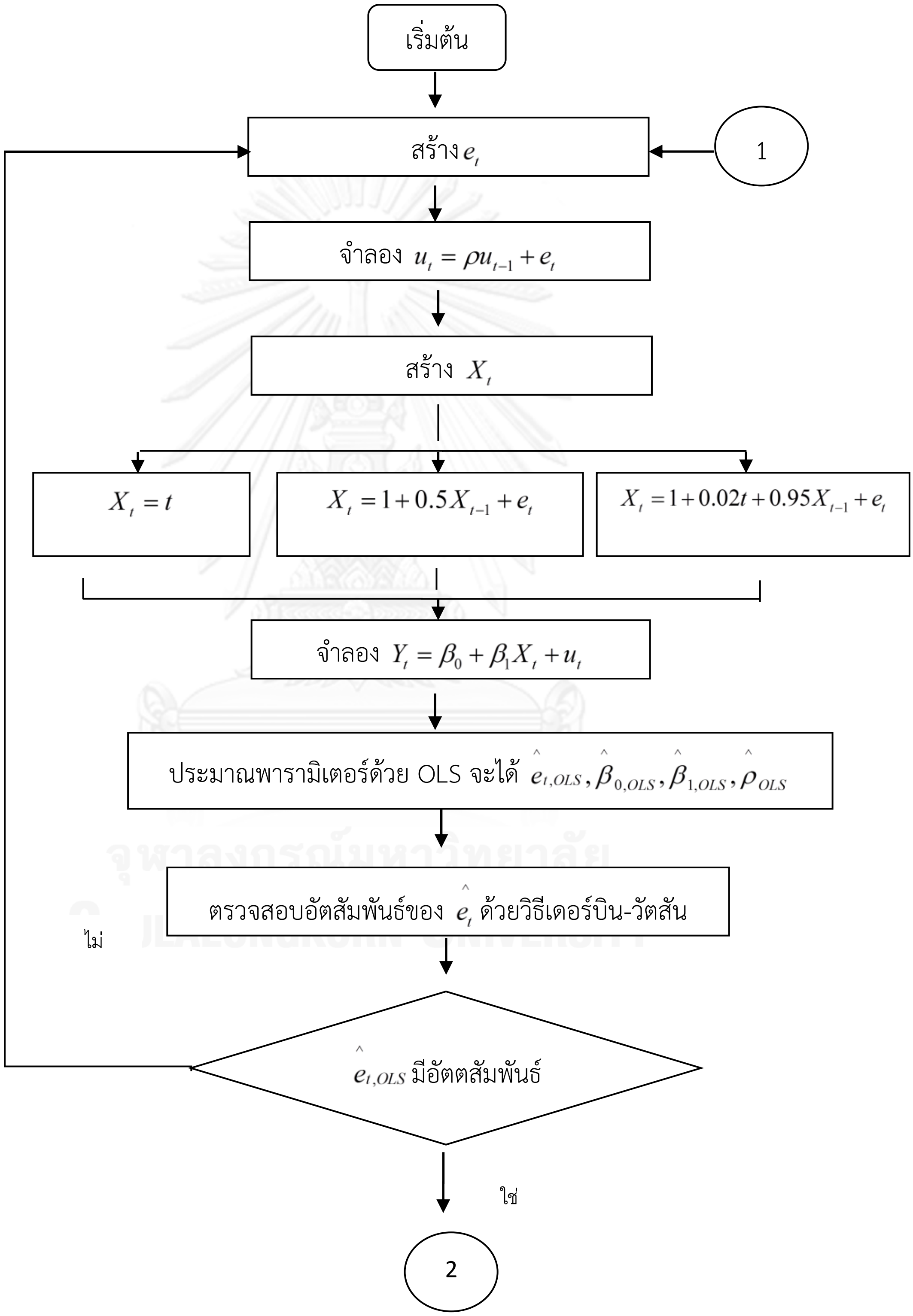
3

↓

**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด(สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95) (ต่อ)**



**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด (สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95)**



**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด (สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95) (ต่อ)**

2

แปลงข้อมูลด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนโดย

$X_{t,PW} = X_t - \hat{\rho}_{OLS} X_{t-1}$ โดย $X_{1,PW} = \sqrt{1-\hat{\rho}_{OLS}^{2}}\, X_1$

$Y_{t,PW} = Y_t - \hat{\rho}_{OLS} Y_{t-1}$ โดย $Y_{1,PW} = \sqrt{1-\hat{\rho}_{OLS}^{2}}\, Y_1$

↓

ประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลที่แปลงด้วยวิธีเพรสวินส์เทน

จะได้ $\hat{u}_{t,PW}, \hat{\beta}_{0,PW}, \hat{\beta}_{1,PW}$

↓

สร้างข้อมูลในตัวอย่างบูทสแตรป

↓

ประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวอย่างบูทสแตรป

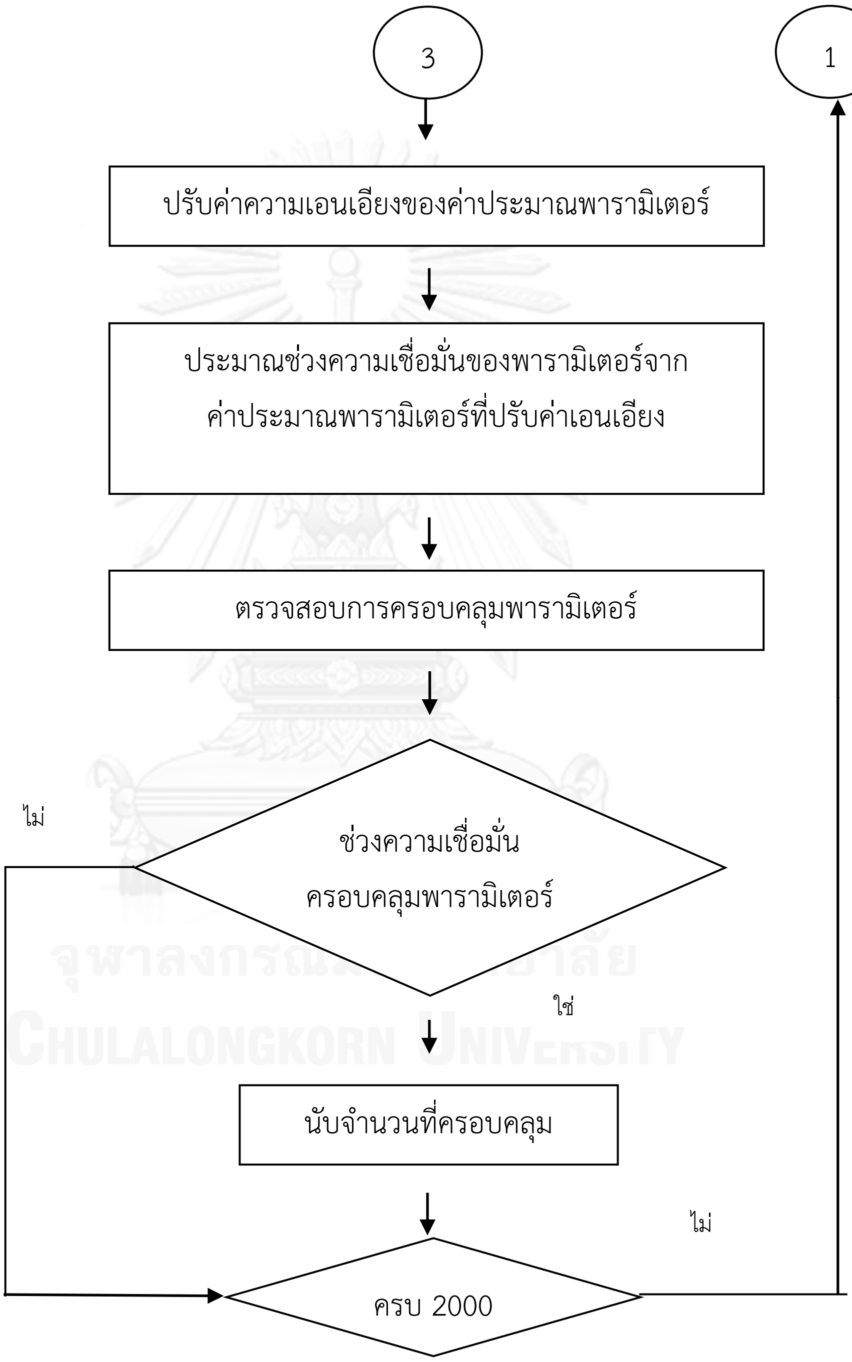
↓

ประมาณค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์

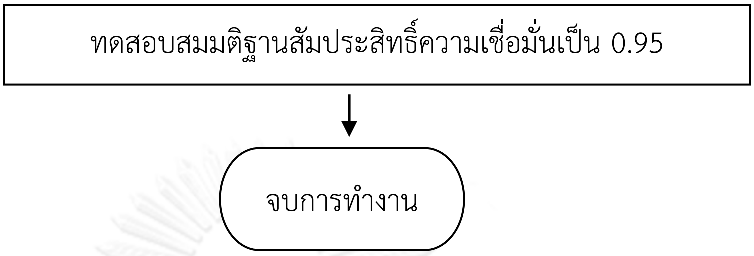
↓

3

**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามทีกำหนด (สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95) (ต่อ)**



**แผนผังการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปและทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็นไปตามที่กำหนด (สัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป็น 0.95) (ต่อ)**



# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินเทนส์ และวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป จากนั้นตรวจสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยทดสอบสัดส่วนของช่วงความเชื่อมั่นที่ครอบคลุมพารามิเตอร์ด้วย z-test โดยใช้สถิติ z .ในการทดสอบสมมติฐาน กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นในงานวิจัยเป็น 0.95 โดยทดสอบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นทุกระดับ $\rho$ สมมติฐานการทดสอบคือ

$H_0$ :สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์= 0.95

$H_1$ :สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ < 0.95

กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานคือ $\alpha = 0.05$ ปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ เมื่อ p-value < 0.05 นั่นคือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีที่กำหนดในงานวิจัยมีค่าน้อยกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

รูปแบบการนำเสนอผลการวิจัยใช้ตารางเพื่อแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์และนำเสนอ p-value ที่ได้จากการทดทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป็นไปตามที่กำหนด(0.95) และนำเสนอผลการวิจัยโดยใช้รูปภาพเพื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี กำลังสองน้อยสุด เพรสและวินส์เทน และการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป

**4.1 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี กำลังสองน้อยที่สุด วิธีเพรส-วินส์เทน และวิธีการการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป เมื่อ** $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$

**<u>ตารางที่ 4. 1</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ** $\beta_1$ **คือ 0.95 เมื่อ** $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ **ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=15)**

| $\rho$ | n=15 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.64 | 0.000* | 0.79 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.63 | 0.000* | 0.78 | 0.000* | 0.94 | 0.073 |
| 0.3 | 0.6 | 0.000* | 0.72 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |
| 0.4 | 0.56 | 0.000* | 0.63 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |
| 0.5 | 0.54 | 0.000* | 0.6 | 0.000* | 0.87 | 0.000* |

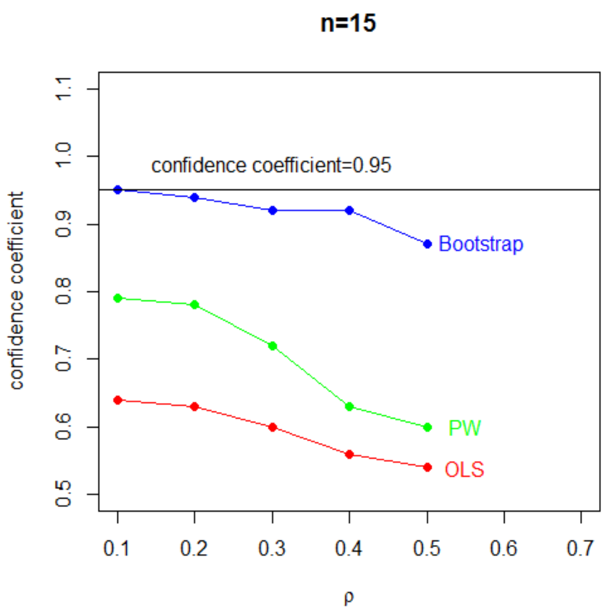
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>ตารางที่ 4. 2</u> **แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=20)**

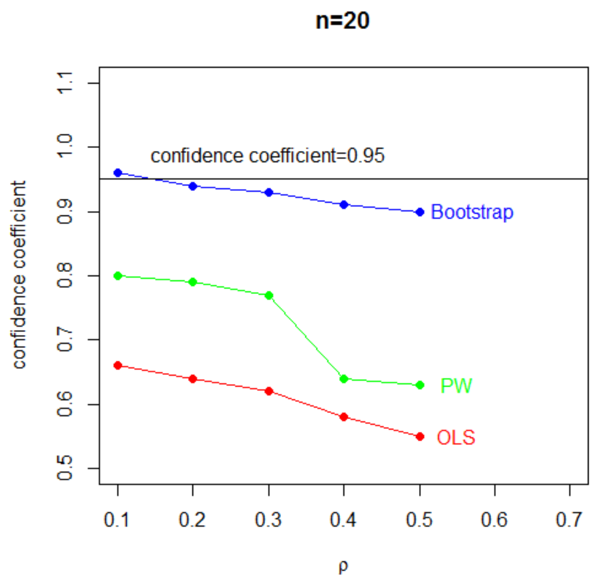
| $\rho$ | n=20 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.66 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.2 | 0.64 | 0.000* | 0.79 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.62 | 0.000* | 0.77 | 0.000* | 0.93 | 0.002 |
| 0.4 | 0.58 | 0.000* | 0.64 | 0.000* | 0.91 | 0.000* |
| 0.5 | 0.55 | 0.000* | 0.63 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>รูปที่ 4. 1</u> **กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 15เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$**



**<u>รูปที่ 4. 2</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 20 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$**




จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปและแสดง p-valueที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกรณีขนาดตัวอย่างเป็น 15 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.3,0.4,0.5สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 20 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

ของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

**<u>ตารางที่ 4. 3</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=50)**

| $\rho$ | n=50 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.69 | 0.000* | 0.82 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.2 | 0.65 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.3 | 0.65 | 0.000* | 0.76 | 0.000* | 0.93 | 0.002 |
| 0.4 | 0.61 | 0.000* | 0.68 | 0.000* | 0.93 | 0.002 |
| 0.5 | 0.59 | 0.000* | 0.66 | 0.000* | 0.91 | 0.000* |

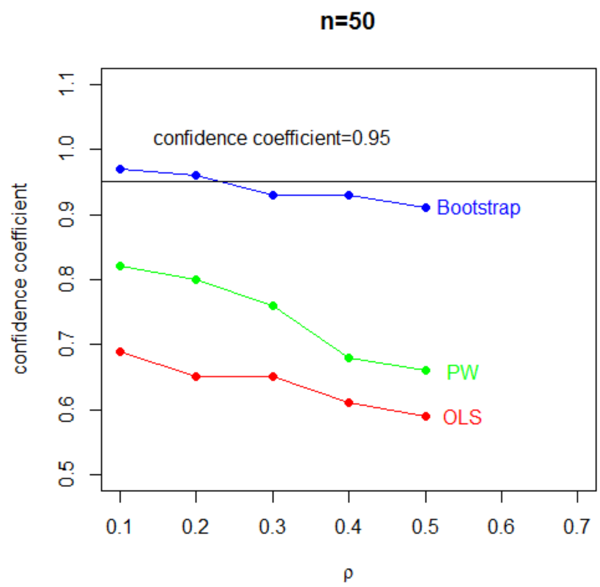
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

**<u>ตารางที่ 4. 4</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=60)**

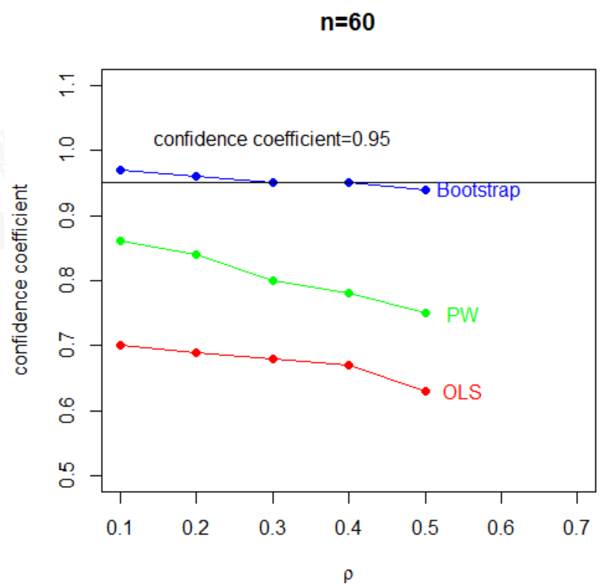
| $\rho$ | n=60 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.7 | 0.000* | 0.86 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.2 | 0.69 | 0.000* | 0.84 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.3 | 0.68 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.95 | 0.927 |
| 0.4 | 0.67 | 0.000* | 0.78 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.5 | 0.63 | 0.000* | 0.75 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |

หมายเหตุ : 0.000*<0.00

<u>รูปที่ 4. 3</u> **กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด50เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$**




<u>รูปที่ 4. 4</u> **กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด60 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$**




จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณ

พารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 50 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3,0.4สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 60 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

**<u>ตารางที่ 4. 5</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=90)**

| $\rho$ | n=90 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.78 | 0.000* | 0.89 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.2 | 0.75 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.3 | 0.69 | 0.000* | 0.73 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.4 | 0.68 | 0.000* | 0.69 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.5 | 0.65 | 0.000* | 0.66 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |

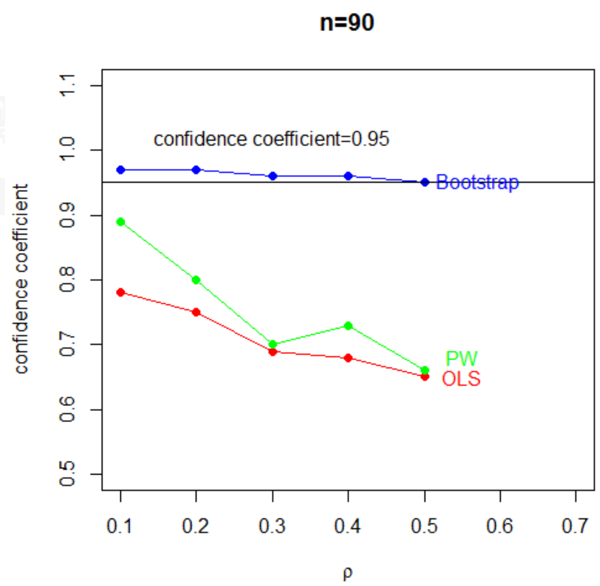
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>ตารางที่ 4. 6</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=100)

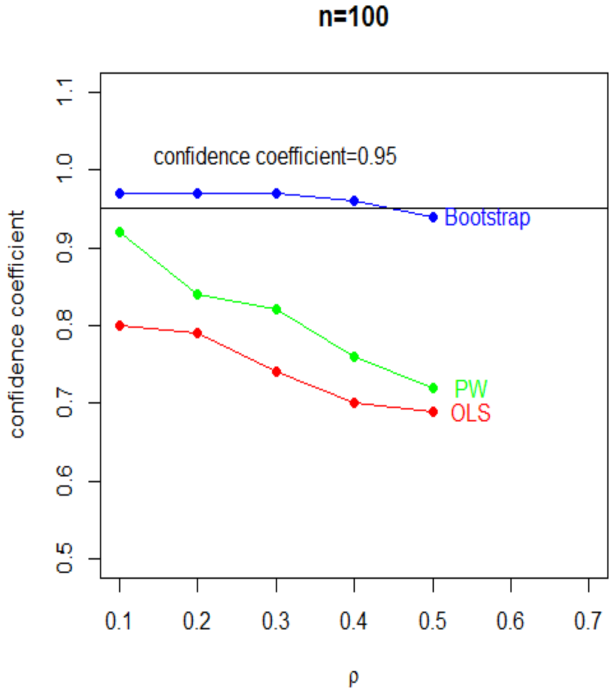
| Rho | n=100 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.8 | 0.000* | 0.92 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.2 | 0.79 | 0.000* | 0.84 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.3 | 0.74 | 0.000* | 0.82 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.4 | 0.7 | 0.000* | 0.76 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.5 | 0.69 | 0.000* | 0.72 | 0.000* | 0.94 | 0.07 |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>รูปที่ 4. 5</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด90 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$



**<u>รูปที่ 4. 6</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด100 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$**




จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 90 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 100 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

ของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 4.1-4.6 พบว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับขนาดตัวอย่าง กล่าวคือ การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำมากเมื่อขนาดตัวอย่างน้อย ถ้าขนาดตัวอย่างสูงขึ้นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้นสำหรับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนส์มีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำมือขนาดตัวอย่างน้อย ถ้าขนาดตัวอย่างสูงขึ้นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้นสำหรับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำเมื่อขนาดตัวอย่างน้อย ถ้าขนาดตัวอย่างสูงขึ้นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้น

**4.2 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี กำลังสองน้อยที่สุด วิธีเพรส-วินส์เทน และวิธีการการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปเมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$**

**<u>ตารางที่ 4. 7</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=15)**

| $\rho$ | n=15 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.76 | 0.000* | 0.79 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.75 | 0.000* | 0.76 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.6 | 0.000* | 0.69 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.4 | 0.57 | 0.000* | 0.65 | 0.000* | 0.89 | 0.000* |
| 0.5 | 0.5 | 0.000* | 0.62 | 0.000* | 0.85 | 0.000* |

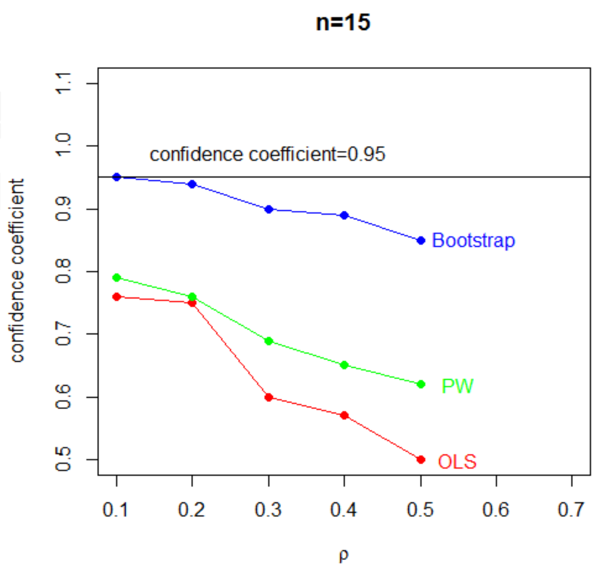
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>ตารางที่ 4. 8</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก(n=20)

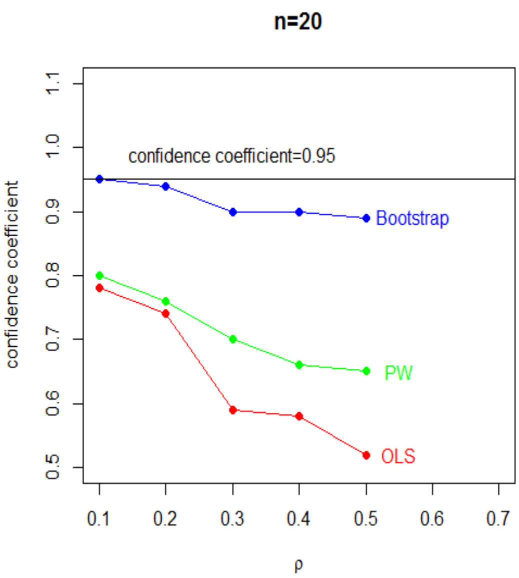
| $\rho$ | n=20 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.78 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.74 | 0.000* | 0.76 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.59 | 0.000* | 0.7 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.4 | 0.58 | 0.000* | 0.66 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.5 | 0.52 | 0.000* | 0.65 | 0.000* | 0.89 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>รูปที่ 4. 7</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 15 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$



รูปที่ 4. 8 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 20 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$




จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 15 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 20 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

**<u>ตารางที่ 4. 9</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (n=50)**

| $\rho$ | n=50 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.8 | 0.000* | 0.84 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.73 | 0.000* | 0.75 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.3 | 0.61 | 0.000* | 0.71 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.4 | 0.59 | 0.000* | 0.68 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.5 | 0.56 | 0.000* | 0.65 | 0.000* | 0.89 | 0.000* |

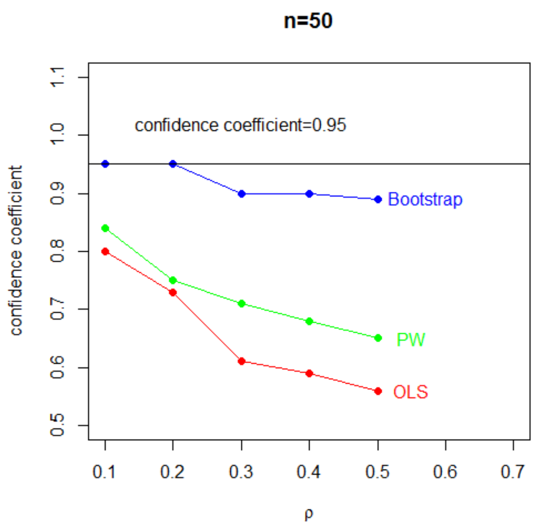
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

**<u>ตารางที่ 4. 10</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=60)**

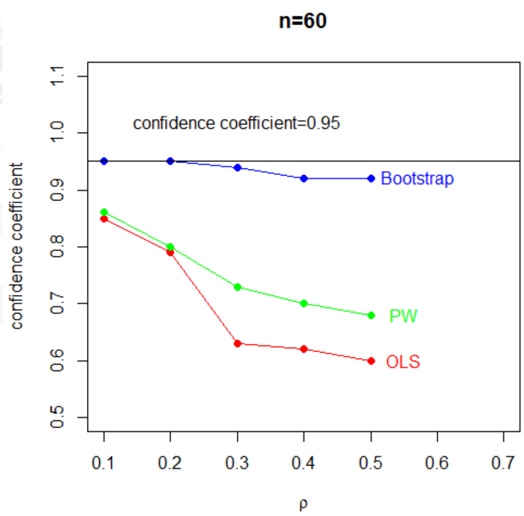
| $\rho$ | n=60 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.85 | 0.000* | 0.86 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.79 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.3 | 0.63 | 0.000* | 0.73 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.4 | 0.62 | 0.000* | 0.7 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |
| 0.5 | 0.6 | 0.000* | 0.68 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>รูปที่ 4. 9</u> **กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 50 เมื่อ** $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$




<u>รูปที่ 4. 10</u> **กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด60 เมื่อ** $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$




จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสอง

น้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 50 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.3,0.4,0.5สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 60 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95เมื่อ $\rho$ =0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

**<u>ตารางที่ 4. 11</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่(n=90)**

| $\rho$ | n=90 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.87 | 0.000* | 0.9 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.2 | 0.8 | 0.000* | 0.81 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.3 | 0.7 | 0.000* | 0.74 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.4 | 0.65 | 0.000* | 0.71 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |
| 0.5 | 0.61 | 0.000* | 0.7 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |

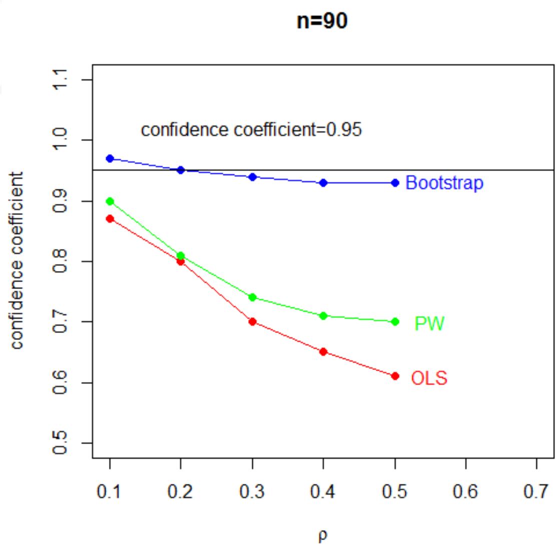
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

**ตารางที่ 4. 12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (n=100)**

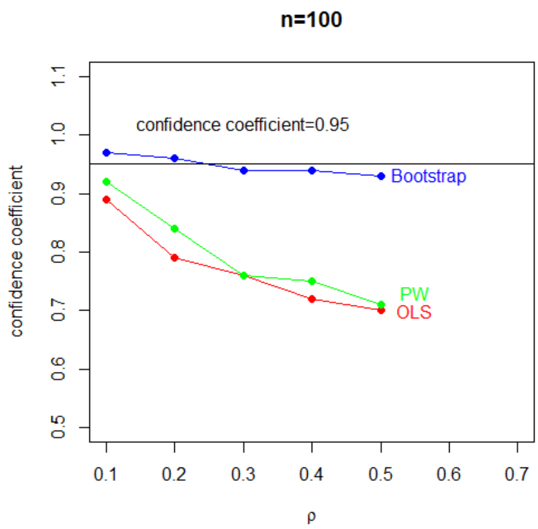
| $\rho$ | n=100 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.89 | 0.000* | 0.92 | 0.000* | 0.97 | 0.998 |
| 0.2 | 0.79 | 0.000* | 0.84 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.3 | 0.76 | 0.000* | 0.76 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.4 | 0.72 | 0.000* | 0.75 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.5 | 0.7 | 0.000* | 0.71 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

รูปที่ 4. 11 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 90 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$



**<u>รูปที่ 4. 12</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 100 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.5X_{t-1}+e_t)+u_t$**




จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 90 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95เมื่อ $\rho$ =0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 100 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3,0.4สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95เมื่อ $\rho$ =0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

ของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 4.7-4.12 พบว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับขนาดตัวอย่าง กล่าวคือ การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำมากเมื่อขนาดตัวอย่างน้อย ถ้าขนาดตัวอย่างสูงขึ้นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้นสำหรับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนส์มีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำมื่อขนาดตัวอย่างน้อย ถ้าขนาดตัวอย่างสูงขึ้นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้นสำหรับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำเมื่อขนาดตัวอย่างน้อย ถ้าขนาดตัวอย่างสูงขึ้นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้น

### 4.3 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี กำลังสองน้อยที่สุด วิธีเพรส-วินส์เทน และวิธีการการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปเมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$

**<u>ตารางที่ 4. 13</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$ ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (n=15)**

| $\rho$ | n=15 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.72 | 0.000* | 0.76 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.2 | 0.63 | 0.000* | 0.7 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |
| 0.3 | 0.54 | 0.000* | 0.6 | 0.000* | 0.86 | 0.000* |
| 0.4 | 0.51 | 0.000* | 0.59 | 0.000* | 0.8 | 0.000* |
| 0.5 | 0.5 | 0.000* | 0.55 | 0.000* | 0.76 | 0.000* |

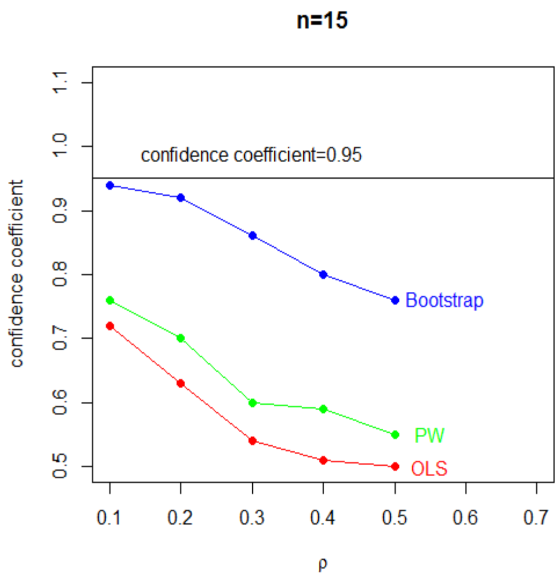
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

**<u>ตารางที่4. 14</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (n=20)**

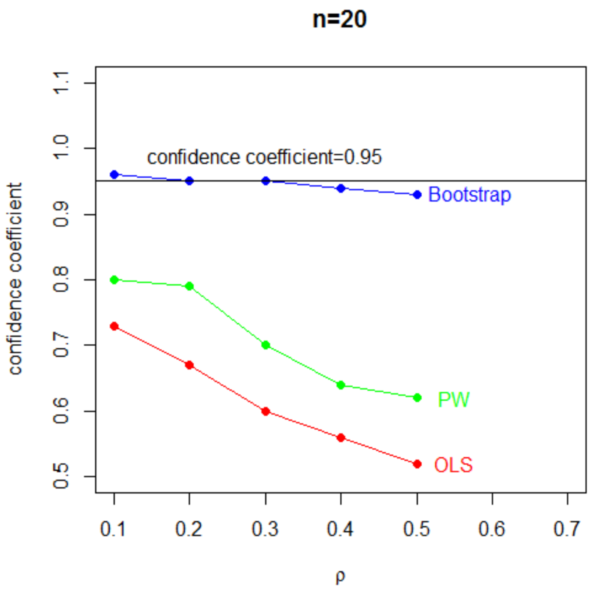
| $\rho$ | n=20 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.73 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.2 | 0.67 | 0.000* | 0.79 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |
| 0.3 | 0.6 | 0.000* | 0.7 | 0.000* | 0.89 | 0.000* |
| 0.4 | 0.56 | 0.000* | 0.64 | 0.000* | 0.87 | 0.000* |
| 0.5 | 0.52 | 0.000* | 0.62 | 0.000* | 0.8 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

รูปที่ 4. 13 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 15 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1 + 0.02t + 0.95X_t + e_t) + u_t$




รูปที่ 4. 14 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 20 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1 + 0.02t + 0.95X_t + e_t) + u_t$



จากตารางที่ 4.13 และ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 15 เมื่อ $\rho$ =0.1สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.2,0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 20 เมื่อ $\rho$ =0.1สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.2,0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

**<u>ตารางที่ 4. 15</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$ กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (n=50)**

| $\rho$ | n=50 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.76 | 0.000* | 0.83 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.69 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.58 | 0.000* | 0.78 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.4 | 0.57 | 0.000* | 0.65 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |
| 0.5 | 0.53 | 0.000* | 0.64 | 0.000* | 0.86 | 0.000* |

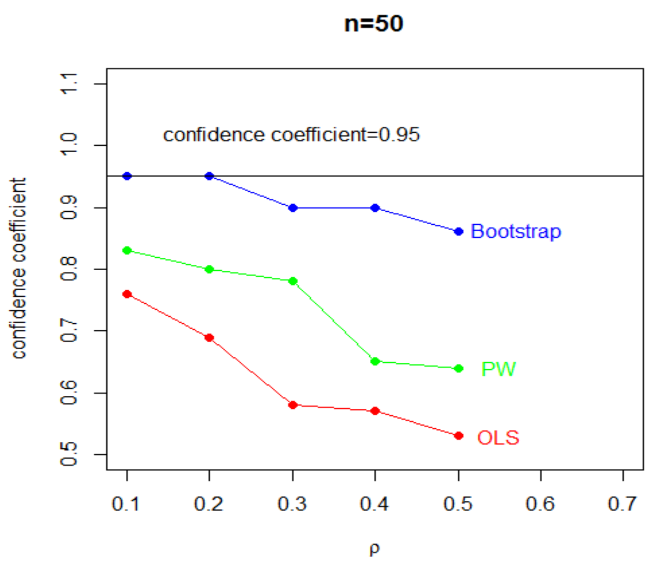
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

**<u>ตารางที่ 4. 16</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$ กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (n=60)**

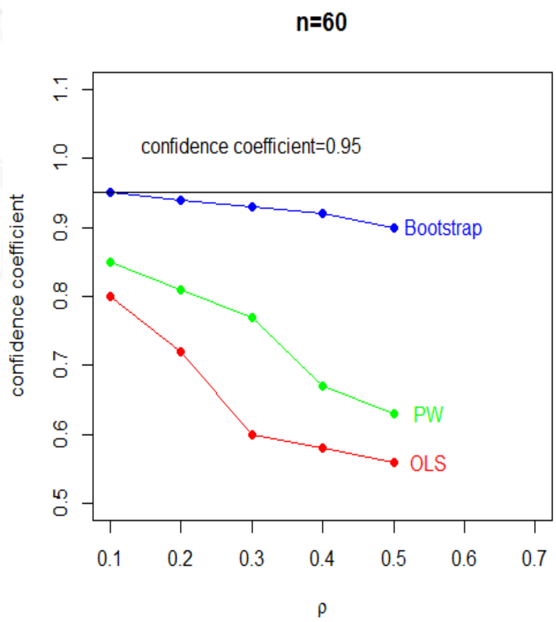
| $\rho$ | n=60 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.8 | 0.000* | 0.85 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.72 | 0.000* | 0.81 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.6 | 0.000* | 0.77 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |
| 0.4 | 0.59 | 0.000* | 0.67 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |
| 0.5 | 0.56 | 0.000* | 0.63 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

รูปที่ 4. 15 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 50 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$




รูปที่ 4. 16 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 60 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$



จากตารางที่ 4.15และ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 50 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 60 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95เมื่อ $\rho$ =0.3,0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

**<u>ตารางที่ 4. 17</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$ กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (n=90)**

| $\rho$ | n=90 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected Bootstrap | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.79 | 0.000* | 0.86 | 0.000* | 0.96 | 0.927 |
| 0.2 | 0.72 | 0.000* | 0.84 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.63 | 0.000* | 0.79 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.4 | 0.62 | 0.000* | 0.66 | 0.000* | 0.92 | 0.000* |
| 0.5 | 0.6 | 0.000* | 0.63 | 0.000* | 0.9 | 0.000* |

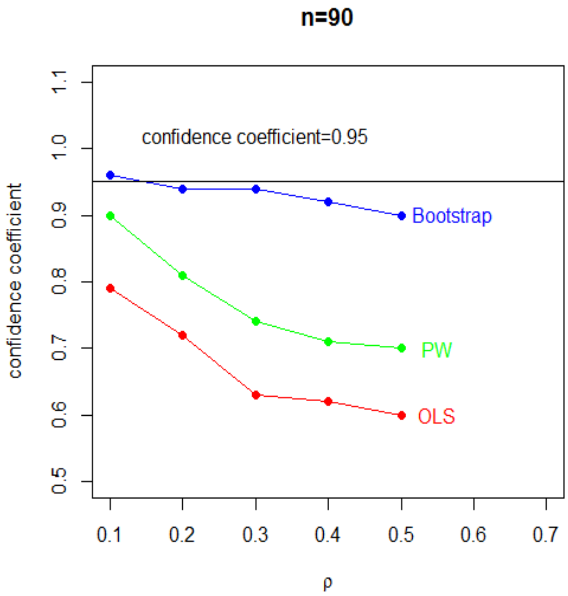
หมายเหตุ : 0.000*<0.001

**<u>ตารางที่ 4. 18</u> แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์และ p-value จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นสำหรับ $\beta_1$ คือ 0.95 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1+0.02t+0.95X_t+e_t)+u_t$ กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (n=100)**

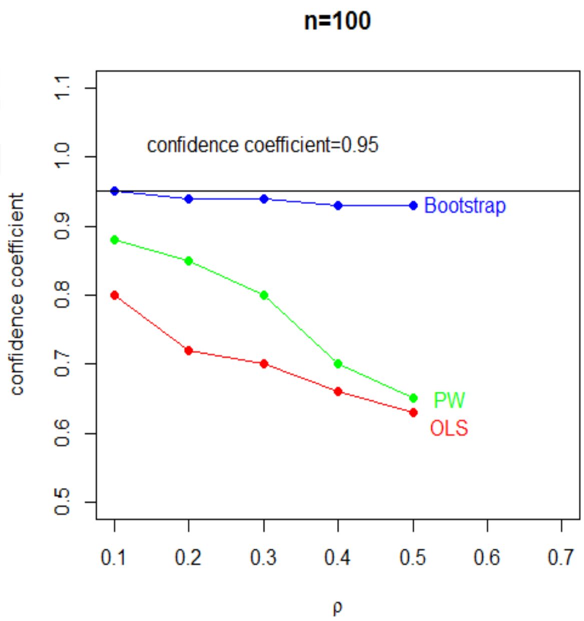
| $\rho$ | n=100 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OLS | | PW | | Bias-Corected | |
| | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value | Confidence Coeficient | p-value |
| 0.1 | 0.8 | 0.000* | 0.88 | 0.000* | 0.95 | 0.500 |
| 0.2 | 0.72 | 0.000* | 0.85 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.3 | 0.7 | 0.000* | 0.8 | 0.000* | 0.94 | 0.070 |
| 0.4 | 0.66 | 0.000* | 0.70 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |
| 0.5 | 0.63 | 0.000* | 0.65 | 0.000* | 0.93 | 0.000* |

หมายเหตุ : 0.000*<0.001

<u>รูปที่ 4. 17</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 90 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1 + 0.02t + 0.95X_t + e_t) + u_t$




<u>รูปที่ 4. 18</u> กราฟแสดงสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินส์เทนและวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปกับค่า $\rho$ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 100 เมื่อ $Y_t = \beta_0 + \beta_1(1 + 0.02t + 0.95X_t + e_t) + u_t$



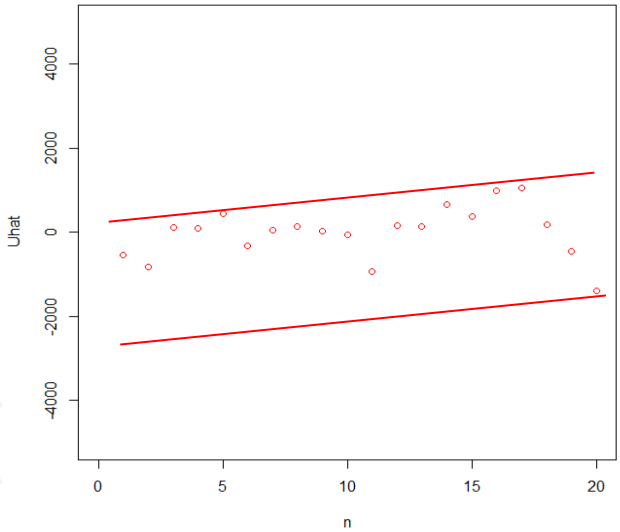
จากตารางที่ 4.17 และ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรส-วินส์เทนส์ และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป และแสดง p-value ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเพรส-วินส์เทนส์ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.95 ทุกระดับ $\rho$ สำหรับการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 90 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95 กรณีขนาดตัวอย่างเป็น 100 เมื่อ $\rho$ =0.1,0.2,0.3สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเป็น 0.95 เมื่อ $\rho$ =0.4,0.5 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่า 0.95

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสและวินส์เทน และวิธีการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบปรับค่าเอนเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบเพรสและวินส์เทนมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลางวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยสุดมีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นระดับต่ำที่สุด นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับระดับ $\rho$ เมื่อ $\rho$ มีขนาดต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าสูง เมื่อ $\rho$ มีขนาดสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีแนวโน้มลดลง

จากเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี กำลังสองน้อยที่สุด วิธีเพรส-วินส์เทน และวิธีการการปรับค่าเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปในตัวแปรอิสระ T เมื่อ (t=1,...,n) ตัวแปรอิสระ DGP1( $x_t = 1 + 0.5x_{t-1} + v_t$ ) และ DGP2 ( $x_t = 1 + 0.02t + 0.95x_{t-1} + v_t$ ) พบว่าการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์เมื่อตัวแปรอิสระเป็นT เมื่อ (t=1,...,n) มีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุด การประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์เมื่อตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรอิสระ DGP1( $x_t = 1 + 0.5x_{t-1} + v_t$ ) มีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นปานกลาง ตัวแปรอิสระDGP2 ( $x_t = 1 + 0.02t + 0.95x_{t-1} + v_t$ )มีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำที่สุด

จากการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเงินงบประมาณแผ่นดินและรายได้ประชาชาติ เมื่อทดสอบสมมติฐานความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีDurbin-Watson test ของความคลาดเคลื่อน พบว่า DW = 1.5082 p-value = 0.032< 0.05 ดังนั้นความคลาดเคลื่อนมีอัตสัมพันธ์อันดับ 1 AR(1) ดังแสดงในรูปที่ 10

**<u>รูปที่ 4. 19</u> แผนภาพแสดงส่วนเหลือจากการวิเคราะห์ความถดถอยข้อมูลจริงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศและผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติในปี 1950-1969**




จากการวิเคราะห์ความถดถอยพบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดคือ $\hat{\beta}_{1,OLS} = 3.509666$ ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพารามิเตอร์คือ (3.280382,3.738949) สำหรับการประมาณค่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ถดถอยด้วยวิธีเพรสและวินส์เทนคือ $\hat{\beta}_{1,PW} = 3.327418$ ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพารามิเตอร์คือ (2.798979,3.855858)สำหรับการการประมาณค่าพารามิเตอร์ถดถอยด้วยวิธีการปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรปคือ $\hat{\beta}^{c}_{1,PW} = 3.328517$ ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพารามิเตอร์คือ 0.15965 (0.9002412,1.058273)ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์คือ (2.426121,3.973561)

ข้อสังเกตุ: การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธี OLS จะมีช่วงความเชื่อมั่นที่แคบกว่าในทุกวิธีการประมาณ การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ด้วยวิธีเพรส-วินส์เทนมีช่วงความเชื่อมั่นกว้างกว่าวิธี OLS แต่ยังแคบกว่าวิธีการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทแสตรป

# บทที่ 5
# สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณช่วงความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีกำลังสองน้อยสุด วิธีเพรสวินเทนส์ และวิธีปรับค่าความเอนเอียงของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูทสแตรป จากนั้นตรวจสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยทดสอบสัดส่วนของช่วงความเชื่อมั่นที่ครอบคลุมพารามิเตอร์ด้วย z-test โดยใช้สถิติ z .ในการทดสอบสมมติฐาน กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นในงานวิจัยเป็น 0.95 โดยทดสอบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นทุกระดับ $\rho$ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์พบว่า วิธีการประมาณโดยการปรับค่าเอนเอียงด้วยวิธีบูทสแตรปจะให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 วิธีการ วิธีการเพรส-วินส์เทนให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นปานกลาง วิธีกำลังสองน้อยสุดให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำที่สุด

เมื่อประมาณช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดพบว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดในงานวิจัย (0.95) ในทุกระดับ $\rho$ เมื่อประมาณช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีเพรส-วินส์เทน พบว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดในงานวิจัย (0.95) ในทุกระดับ $\rho$

ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงเชื่อมั่นพารามิเตอร์จากการประมาณทุกวิธีการ คือ ระดับ $\rho$ ขนาดตัวอย่าง และตัวแปรอิสระ เมื่อระดับ $\rho$ ต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าสูง เมื่อระดับ $\rho$ สูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มต่ำลง

ขนาดตัวอย่างส่งผลต่อสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เมื่อขนาดตัวอย่างต่ำ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าต่ำ เมื่อขนาดตัวอย่างสูง สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีแนวโน้มสูงขึ้น

ตัวแปรอิสระถ้ามีแนวโน้มต่ำส่งผลให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นพารามิเตอร์มีค่าต่ำ ถ้าตัวแปรอิสระมีแนวโมสูงขึ้น ส่งผลให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าต่ำลง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้ตัวแปรอิสระมีเพียงตัวแปรเดียว ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลจริงมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยเป็นจำนวนมาก จึงควรกำหนดตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นเพื่อสรุปผลได้ละเอียดและชัดเจนขึ้น

5.2.2 ในงานวิจัยครั้งนี้ ศึกษากรณีค่าความคลาดเคลื่อนของประชากรมีรูปแบบอัตสัมพันธ์อันดับ 1 ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลจริง ค่าความคลาดเคลื่อนอาจมีอัตสัมพันธ์กันอันดับสูงกว่าที่งานวิจัยนี้กำหนด โดยเฉพาะข้อมูลที่มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงควรกำหนดรูปแบบอัตสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนให้มีอันดับสูงขึ้น (AR p) เพื่อสรุปผลการทดลองให้ชัดเจนขึ้น

## รายการอ้างอิง


Jae Kim (2005). "Corrected Bootstrap Inference for Regression Models with Autocorrelated Errors." Economics Bulletin **3**: 1–8.

Kwok, B., and M. Veall, (1988). "The Jackknife and Regression with AR(1) Errors." Economics Letters 26: 247-252.

เกษศิริ โมรา (2535). การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์อันดับที่หนึ่ง. สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์การบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

จันทร์เพ็ญ ศรีธวัชพงศ์ (2540). การประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนเกิดอัตสหสัมพันธ์และมีค่าผิดปกติ. สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์การบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

ฝน เทพวัฒนะ (2534). การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการพยากรณ์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์. สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์การบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

รุ่งรวี จุลเจนวิทย์ (2538). วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อทราบและไม่ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพารามิเตอร์ ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์. สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์การบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

สิริพรรณ เฉลิมงาม (2535). การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์. สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์การบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

อ.เริงชัย ตันสุชาติ (2556 ). "อัตสหสัมพันธ์และปัญหาพจน์รบกวนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ." Retrieved 8, 2556.

ภาคผนวก

**ประมาณพารามิเตอร์เมื่อกำหนดตัวแปรอิสระเป็นข้อมูลจริง**

```
n<-20
b1<-500
b2<-500
#CREATE DATA
X=scan()
3748 4010 3711 4004 4151 4569 4582 4697 4753 5062 5669 5628 5736 5946 6501
6549 6705 7140 7609 8100


Y=scan()
21777 22418 22308 23319 24180 24893 25310 25799 25886 26868 28134 29091
29450 30705 32372 33152 33764 34411 35429 36200


lm.ols<-lm(Y~X)
Uhat<-residuals(lm.ols)
fit<-lm(Uhat[-length(Uhat)]~Uhat[-1])

#HYPOTHESIS AUTOCORELATED ERROR
library(lmtest)
dw<-dwtest(fit)
p.valdw<-dw$p.value
rho.ols<-cor(Uhat[-length(Uhat)],Uhat[-1])


# PRAIS WINTEN TRANFORMATION
 xdif<-matrix(,n)
 ydif<-matrix(,n)
        ydif[1]<-Y[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
        xdif[1]<-X[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
for(i in 2:n){
        ydif[i]<-Y[i]-rho.ols*Y[i-1]
        xdif[i]<-X[i]-rho.ols*X[i-1]
        }
```

```
lm.prais<-lm(ydif~xdif)
betaprais<-coef(lm.prais)
errorprais<-residuals(lm.prais)
rhoprais<-cor(errorprais[-length(Uhat)],errorprais[-1])
errorpraissd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
	errorpraissd[i]<-(errorprais[i]-mean(errorprais))/sd(errorprais)
}

#CORECTED BIAS PARAMETER

betahatstar<-matrix(,b1)
for(i in 1:b1)
{
uhatstar<-matrix(,n)
yhatstar<-matrix(,n)
X1<-matrix(1,n)
X.matrix<-cbind(X1,X)
errorhatstar<-matrix(sample(errorprais,n,T),n)
	for(j in 1:n)
	{
	if(j==1)
	uhatstar[j]<-errorhatstar[j]/(1-rhoprais^2)^0.5
	else uhatstar[j]<-rhoprais*uhatstar[j-1]+errorhatstar[j]
	}
	yhatstar<-((X.matrix%*%betaprais)+uhatstar)
	lmbiascor<-lm(yhatstar~X)
	betahatstar[i]<-coef(lmbiascor)[2]
}
biasbeta<-mean(betahatstar)-betaprais[2]

#corected estimate parameter

betahatonecor<-betaprais[2]-biasbeta
betahatzerocor<-mean(Y)-betahatonecor*mean(X)
```

```
betahatcor<-rbind(betahatzerocor,betahatonecor)
errorhatcor<-Y-betahatzerocor-betahatonecor*X
rhocor<-cor(errorhatcor[-length(errorhatcor)],errorhatcor[-1])
errorhatcorsd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
        errorhatcorsd[i]<-(errorhatcor[i]-mean(errorhatcor))/sd(errorhatcor)
}

#HYPOTHESIS OF BIAS CORECTED BOOTSTRAP ESTIMATOR
#GENERATE DATA
betapraiscor<-matrix(,b2)
betahatcorstar<-matrix(,b2)
for(k in 1:b2)
{
        uhattwostar<-matrix(,n)
        errorhattwostar<-matrix(sample(errorhatcor,n,T),n)
        uhattwostar[1]<-errorhattwostar[1]/(1-rhocor^2)^0.5
        for(j in 2:n){
                 uhattwostar[j]<-rhocor*uhattwostar[j-1]+errorhattwostar[j]
                }
        yhattwostar<-((X.matrix%*%betahatcor)+uhattwostar)
        #FIND OLS BETA RESIDUAL AND RHO
        lm.olscor<-lm(yhattwostar~X)
        betahatzerostarcor<-coef(lm.olscor)[1]
        betahatonestarcor<-coef(lm.olscor)[2]
        Uhatcor<-residuals(lm.olscor)
        rho.olscor<-cor(Uhatcor[-length(Uhatcor)],Uhatcor[-1])
        # PRAIS WINTEN TRANFORMATION IN BOOTSTRAP ESTIMATION INTERVAL

         xdifcor<-matrix(,n)
         ydifcor<-matrix(,n)
         udifcor<-matrix(,n)
        betazerostarcor<-matrix(,n)
        totalxcor<-matrix(,n)
                ydifcor[1]<-yhattwostar[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
```

```
        xdifcor[1]<-X[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
        udifcor[1]<-Uhatcor[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
    for(i in 2:n)
        {
        ydifcor[i]<-yhattwostar[i]-(rho.olscor*Y[i-1])
        xdifcor[i]<-X[i]-(rho.olscor*X[i-1])
        udifcor[i]<-Uhat[i]-(rho.olscor*Uhatcor[i-1])
        }
    lm.praiscor<-lm(ydifcor~xdifcor)
    betapraiscor[k]<-coef(lm.praiscor)[2]
    betahatcorstar[k]<-betapraiscor[k]-biasbeta
}

cibeta<-c(quantile(betahatcorstar,0.025),quantile(betahatcorstar,0.975))
print(confint(lm.ols))
print(confint(lm.prais))
print(cibeta)
print(betahatonecor)
print(biasbeta)
plot(Uhat,xlab="n",ylim=c(-20,30),xlim=c(0,50),col="red")
print(p.valdw)
```

**ประมาณพารามิเตอร์เมื่อกำหนดตัวแปรอิสระมีรูปแบบเป็น t เมื่อ t=1,...n**

```
n<-15
rhomodel<-0.1
beta0<-1
beta1<-1
round<-2000
b1<-500
b2<-500

#CREATE DATA

nacceptols<-logical(round)
```

```
nacceptprais<-logical(round)
nacceptcorbias<-logical(round)
for( l in 1:round)
{
beta<-matrix(,2)
beta<-rbind(beta0,beta1)

#create independent data
X1<-matrix(1,n)
X<-matrix(1:n,n )
X.matrix<-cbind(X1,X)

#TEST AUTOCORELATED ERROR

p.valdw<-Inf
while(p.valdw>=0.05)
{
	#GENERATE ERROR

	error<-matrix(rnorm(n,0,1))
	U<-matrix(,n)
	for(i in 2:n)
		{
		U[1]<-error[1]
		U[i]<-rhomodel*U[i-1]+error[i]
		}

	#FIND DEPENDENT VARIABLE

	Y<-((X.matrix%*%beta)+U)

	#FIND ESTIMATOR AND ESTIMATE ERROR

	lm.ols<-lm(Y~X)
	Uhat<-residuals(lm.ols)
	fit<-lm(Uhat[-length(Uhat)]~Uhat[-1])
```

```
        #HYPOTHESIS AUTOCORELATED ERROR

        library(lmtest)
        dw<-dwtest(fit)
        p.valdw<-dw$p.value
}
rho.ols<-cor(Uhat[-length(Uhat)],Uhat[-1])

# PRAIS WINTEN TRANFORMATION

 xdif<-matrix(,n)
 ydif<-matrix(,n)
        ydif[1]<-Y[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
        xdif[1]<-X[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
for(i in 2:n){
        ydif[i]<-Y[i]-rho.ols*Y[i-1]
        xdif[i]<-X[i]-rho.ols*X[i-1]
        }
lm.prais<-lm(ydif~xdif)
betaprais<-coef(lm.prais)
errorprais<-residuals(lm.prais)
rhoprais<-cor(errorprais[-length(Uhat)],errorprais[-1])
errorpraissd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
        errorpraissd[i]<-(errorprais[i]-mean(errorprais))/sd(errorprais)
}

#Bias corected  betaprais

betahatstar<-matrix(,b1)
for(i in 1:b1)
{
uhatstar<-matrix(,n)
yhatstar<-matrix(,n)
```

```
errorhatstar<-matrix(sample(errorpraissd,n,T),n)
	for(j in 1:n)
	{
	if(j==1)
	uhatstar[j]<-errorhatstar[j]/(1-rhoprais^2)^0.5
	else uhatstar[j]<-rhoprais*uhatstar[j-1]+errorhatstar[j]
	}
	yhatstar<-((X.matrix%*%betaprais)+uhatstar)
	lmbiascor<-lm(yhatstar~X)
	betahatstar[i]<-coef(lmbiascor)[2]
}
biasbeta<-mean(betahatstar)-betaprais[2]

#corected estimate parameter

betahatonecor<-betaprais[2]-biasbeta
betahatzerocor<-mean(Y)-betahatonecor*mean(X)
betahatcor<-rbind(betahatzerocor,betahatonecor)
errorhatcor<-Y-betahatzerocor-betahatonecor*X
rhocor<-cor(errorhatcor[-length(errorhatcor)],errorhatcor[-1])
errorhatcorsd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
	errorhatcorsd[i]<-(errorhatcor[i]-mean(errorhatcor))/sd(errorhatcor)
}


#interval parameter estimation from corected bias estimated parameter

#GENERATE DATA

betapraiscor<-matrix(,b2)
betainterval<-matrix(,b2)
for(k in 1:b2)
{
	uhattwostar<-matrix(,n)
```

```
errorhattwostar<-matrix(sample(errorhatcorsd,n,T),n)
uhattwostar[1]<-errorhattwostar[1]/(1-rhocor^2)^0.5
for(j in 2:n)
          {
           uhattwostar[j]<-rhocor*uhattwostar[j-1]+errorhattwostar[j]
          }
yhattwostar<-((X.matrix%*%betahatcor)+uhattwostar)

#FIND OLS BETA RESIDUAL AND RHO

lm.olscor<-lm(yhattwostar~X)
betahatzerostarcor<-coef(lm.olscor)[1]
betahatonestarcor<-coef(lm.olscor)[2]
Uhatcor<-residuals(lm.olscor)
rho.olscor<-cor(Uhatcor[-length(Uhatcor)],Uhatcor[-1])

# PRAIS WINTEN TRANFORMATION IN BOOTSTRAP ESTIMATION INTERVAL

 xdifcor<-matrix(,n)
 ydifcor<-matrix(,n)
totalxcor<-matrix(,n)
          ydifcor[1]<-yhattwostar[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
          xdifcor[1]<-X[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
for(i in 2:n)
          {
          ydifcor[i]<-yhattwostar[i]-(rho.olscor*Y[i-1])
          xdifcor[i]<-X[i]-(rho.olscor*X[i-1])
          }
lm.praiscor<-lm(ydifcor~xdifcor)
betapraiscor[k]<-coef(lm.praiscor)[2]
betainterval[k]<-betapraiscor[k]-biasbeta
}
nacceptols[l]<-beta1>confint(lm.ols)[2,1]&beta1<confint(lm.ols)[2,2]
nacceptprais[l]<-beta1>confint(lm.prais)[2,1]&beta1<confint(lm.prais)[2,2]
nacceptcorbias[l]<-
beta1>quantile(betainterval,0.025)&beta1<quantile(betainterval,0.975)
```

```
}

#z-test
#n=15
pnorm(((sum(nacceptols)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
pnorm(((sum(nacceptprais)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
pnorm(((sum(nacceptcorbias)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
```

**ประมาณพารามิเตอร์เมื่อกำหนดตัวแปรอิสระมีรูปแบบDGP1 เมื่อ t=1,...n**

```
n<-15
rhomodel<-0.1
beta0<-1
beta1<-1
round<-2000
b1<-500
b2<-500

#CREATE DATA

nacceptols<-logical(round)
nacceptprais<-logical(round)
nacceptcorbias<-logical(round)
for( l in 1:round)
{
beta<-matrix(,2)
beta<-rbind(beta0,beta1)

#CREATE INDEPENDENT DATA

X1<-matrix(1,n)
X<-matrix(,n)
v<-matrix(rnorm(n,0,1),n)
for(i in 2:n)
{
        X[1]<-rnorm(1,30,9)
```

```
	X[i]<-1+0.5*X[i-1]+v[i]
}
X.matrix<-cbind(X1,X)

#TEST AUTOCORELATED ERROR

p.valdw<-Inf
while(p.valdw>=0.05)
{
	#GENERATE ERROR

	error<-matrix(rnorm(n,0,1))
	U<-matrix(,n)
	for(i in 2:n)
		{
		U[1]<-error[1]
		U[i]<-rhomodel*U[i-1]+error[i]
		}

	#FIND DEPENDENT VARIABLE

	Y<-((X.matrix%*%beta)+U)

	#FIND ESTIMATOR AND ESTIMATE ERROR

	lm.ols<-lm(Y~X)
	Uhat<-residuals(lm.ols)
	fit<-lm(Uhat[-length(Uhat)]~Uhat[-1])

	#HYPOTHESIS AUTOCORELATED ERROR

	library(lmtest)
	dw<-dwtest(fit)
	p.valdw<-dw$p.value
}
rho.ols<-cor(Uhat[-length(Uhat)],Uhat[-1])
```

```
# PRAIS WINTEN TRANFORMATION

 xdif<-matrix(,n)
 ydif<-matrix(,n)
	ydif[1]<-Y[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
	xdif[1]<-X[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
for(i in 2:n){
	ydif[i]<-Y[i]-rho.ols*Y[i-1]
	xdif[i]<-X[i]-rho.ols*X[i-1]
	}
lm.prais<-lm(ydif~xdif)
betaprais<-coef(lm.prais)
errorprais<-residuals(lm.prais)
rhoprais<-cor(errorprais[-length(Uhat)],errorprais[-1])
errorpraissd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
	errorpraissd[i]<-(errorprais[i]-mean(errorprais))/sd(errorprais)
}

#Bias corected  betaprais

betahatstar<-matrix(,b1)
for(i in 1:b1)
{
uhatstar<-matrix(,n)
yhatstar<-matrix(,n)
errorhatstar<-matrix(sample(errorpraissd,n,T),n)
	for(j in 1:n)
	{
	if(j==1)
	uhatstar[j]<-errorhatstar[j]/(1-rhoprais^2)^0.5
	else uhatstar[j]<-rhoprais*uhatstar[j-1]+errorhatstar[j]
	}
	yhatstar<-((X.matrix%*%betaprais)+uhatstar)
```

```
		lmbiascor<-lm(yhatstar~X)
		betahatstar[i]<-coef(lmbiascor)[2]
}
biasbeta<-mean(betahatstar)-betaprais[2]

#corected estimate parameter


betahatonecor<-betaprais[2]-biasbeta
betahatzerocor<-mean(Y)-betahatonecor*mean(X)
betahatcor<-rbind(betahatzerocor,betahatonecor)
errorhatcor<-Y-betahatzerocor-betahatonecor*X
rhocor<-cor(errorhatcor[-length(errorhatcor)],errorhatcor[-1])
errorhatcorsd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
		errorhatcorsd[i]<-(errorhatcor[i]-mean(errorhatcor))/sd(errorhatcor)
}


#interval parameter estimation from corected bias estimated parameter

#GENERATE DATA

betapraiscor<-matrix(,b2)
betainterval<-matrix(,b2)
for(k in 1:b2)
{
		uhattwostar<-matrix(,n)
		errorhattwostar<-matrix(sample(errorhatcorsd,n,T),n)
		uhattwostar[1]<-errorhattwostar[1]/(1-rhocor^2)^0.5
		for(j in 2:n)
				{
				 uhattwostar[j]<-rhocor*uhattwostar[j-1]+errorhattwostar[j]
				}
		yhattwostar<-((X.matrix%*%betahatcor)+uhattwostar)
```

```
#FIND OLS BETA RESIDUAL AND RHO

lm.olscor<-lm(yhattwostar~X)
betahatzerostarcor<-coef(lm.olscor)[1]
betahatonestarcor<-coef(lm.olscor)[2]
Uhatcor<-residuals(lm.olscor)
rho.olscor<-cor(Uhatcor[-length(Uhatcor)],Uhatcor[-1])

# PRAIS WINTEN TRANFORMATION IN BOOTSTRAP ESTIMATION INTERVAL

 xdifcor<-matrix(,n)
 ydifcor<-matrix(,n)
totalxcor<-matrix(,n)
        ydifcor[1]<-yhattwostar[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
        xdifcor[1]<-X[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
for(i in 2:n)
        {
        ydifcor[i]<-yhattwostar[i]-(rho.olscor*Y[i-1])
        xdifcor[i]<-X[i]-(rho.olscor*X[i-1])
        }
lm.praiscor<-lm(ydifcor~xdifcor)
betapraiscor[k]<-coef(lm.praiscor)[2]
betainterval[k]<-betapraiscor[k]-biasbeta
}
nacceptols[l]<-beta1>confint(lm.ols)[2,1]&beta1<confint(lm.ols)[2,2]
nacceptprais[l]<-beta1>confint(lm.prais)[2,1]&beta1<confint(lm.prais)[2,2]
nacceptcorbias[l]<-
beta1>quantile(betainterval,0.025)&beta1<quantile(betainterval,0.975)
}

#z-test
#n=15
pnorm(((sum(nacceptols)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
pnorm(((sum(nacceptprais)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
pnorm(((sum(nacceptcorbias)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
```

**ประมาณพารามิเตอร์เมื่อกำหนดตัวแปรอิสระมีรูปแบบDGP2 เมื่อ t=1,...n**

```
n<-15
rhomodel<-0.1
beta0<-1
beta1<-1
round<-2000
b1<-500
b2<-500

#CREATE DATA

nacceptols<-logical(round)
nacceptprais<-logical(round)
nacceptcorbias<-logical(round)
for( l in 1:round)
{
beta<-matrix(,2)
beta<-rbind(beta0,beta1)

#CREATE INDEPENDENT DATA
X1<-matrix(1,n)
X<-matrix(1:n,n )
v<-matrix(rnorm(n,0),n)
for(i in 2:n)
X[1]<-rnorm(1,30,9)
{
	X[i]<-1+0.02*i+0.95*X[i-1]+v[i]
}
X.matrix<-cbind(X1,X)

#TEST AUTOCORELATED ERROR

p.valdw<-Inf
while(p.valdw>=0.05)
```

```
{
        #GENERATE ERROR

        error<-matrix(rnorm(n,0,1))
        U<-matrix(,n)
        for(i in 2:n)
                {
                U[1]<-error[1]
                U[i]<-rhomodel*U[i-1]+error[i]
                }

        #FIND DEPENDENT VARIABLE

        Y<-((X.matrix%*%beta)+U)

        #FIND ESTIMATOR AND ESTIMATE ERROR

        lm.ols<-lm(Y~X)
        Uhat<-residuals(lm.ols)
        fit<-lm(Uhat[-length(Uhat)]~Uhat[-1])

        #HYPOTHESIS AUTOCORELATED ERROR

        library(lmtest)
        dw<-dwtest(fit)
        p.valdw<-dw$p.value
}
rho.ols<-cor(Uhat[-length(Uhat)],Uhat[-1])

# PRAIS WINTEN TRANFORMATION

 xdif<-matrix(,n)
 ydif<-matrix(,n)
        ydif[1]<-Y[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
        xdif[1]<-X[1]*(1-rho.ols^2)^0.5
for(i in 2:n){
```

```
            ydif[i]<-Y[i]-rho.ols*Y[i-1]
            xdif[i]<-X[i]-rho.ols*X[i-1]
            }
lm.prais<-lm(ydif~xdif)
betaprais<-coef(lm.prais)
errorprais<-residuals(lm.prais)
rhoprais<-cor(errorprais[-length(Uhat)],errorprais[-1])
errorpraissd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
            errorpraissd[i]<-(errorprais[i]-mean(errorprais))/sd(errorprais)
}

#Bias corected  betaprais

betahatstar<-matrix(,b1)
for(i in 1:b1)
{
uhatstar<-matrix(,n)
yhatstar<-matrix(,n)
errorhatstar<-matrix(sample(errorpraissd,n,T),n)
            for(j in 1:n)
            {
            if(j==1)
            uhatstar[j]<-errorhatstar[j]/(1-rhoprais^2)^0.5
            else uhatstar[j]<-rhoprais*uhatstar[j-1]+errorhatstar[j]
            }
            yhatstar<-((X.matrix%*%betaprais)+uhatstar)
            lmbiascor<-lm(yhatstar~X)
            betahatstar[i]<-coef(lmbiascor)[2]
}
biasbeta<-mean(betahatstar)-betaprais[2]

#corected estimate parameter

betahatonecor<-betaprais[2]-biasbeta
```

```
betahatzerocor<-mean(Y)-betahatonecor*mean(X)
betahatcor<-rbind(betahatzerocor,betahatonecor)
errorhatcor<-Y-betahatzerocor-betahatonecor*X
rhocor<-cor(errorhatcor[-length(errorhatcor)],errorhatcor[-1])
errorhatcorsd<-matrix(,n)
for(i in 1:n)
{
	errorhatcorsd[i]<-(errorhatcor[i]-mean(errorhatcor))/sd(errorhatcor)
}


#interval parameter estimation from corected bias estimated parameter

#GENERATE DATA

betapraiscor<-matrix(,b2)
betainterval<-matrix(,b2)
for(k in 1:b2)
{
	uhattwostar<-matrix(,n)
	errorhattwostar<-matrix(sample(errorhatcorsd,n,T),n)
	uhattwostar[1]<-errorhattwostar[1]/(1-rhocor^2)^0.5
	for(j in 2:n)
		{
		 uhattwostar[j]<-rhocor*uhattwostar[j-1]+errorhattwostar[j]
		}
	yhattwostar<-((X.matrix%*%betahatcor)+uhattwostar)

	#FIND OLS BETA RESIDUAL AND RHO

	lm.olscor<-lm(yhattwostar~X)
	betahatzerostarcor<-coef(lm.olscor)[1]
	betahatonestarcor<-coef(lm.olscor)[2]
	Uhatcor<-residuals(lm.olscor)
	rho.olscor<-cor(Uhatcor[-length(Uhatcor)],Uhatcor[-1])
```

```
        # PRAIS WINTEN TRANFORMATION IN BOOTSTRAP ESTIMATION INTERVAL

         xdifcor<-matrix(,n)
         ydifcor<-matrix(,n)
        totalxcor<-matrix(,n)
                ydifcor[1]<-yhattwostar[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
                xdifcor[1]<-X[1]*(1-rho.olscor^2)^0.5
        for(i in 2:n)
                {
                ydifcor[i]<-yhattwostar[i]-(rho.olscor*Y[i-1])
                xdifcor[i]<-X[i]-(rho.olscor*X[i-1])
                }
        lm.praiscor<-lm(ydifcor~xdifcor)
        betapraiscor[k]<-coef(lm.praiscor)[2]
        betainterval[k]<-betapraiscor[k]-biasbeta
}
nacceptols[l]<-beta1>confint(lm.ols)[2,1]&beta1<confint(lm.ols)[2,2]
nacceptprais[l]<-beta1>confint(lm.prais)[2,1]&beta1<confint(lm.prais)[2,2]
nacceptcorbias[l]<-
beta1>quantile(betainterval,0.025)&beta1<quantile(betainterval,0.975)
}

#z-test
#n=15
pnorm(((sum(nacceptols)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
pnorm(((sum(nacceptprais)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
pnorm(((sum(nacceptcorbias)/round)-0.95)/sqrt(0.95*0.05/round))
```

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิศรุต ดิฐสถาพรเจริญ เกิดวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชา สถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติมหาบัณฑิต (วท.ม) สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2554