บทที่ ร

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อต้องการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อการพยากรณ์ 4 วิธีคือ วิธีกำลังสองต่ำสุด วิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน ตัวประมาณเบส์ และตัวพยากรณ์ผสม โดยจะศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการพยากรณ์ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละวิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์อันดับหนึ่ง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในสมการถดถอยและในแต่ละวิธีการจะประมาณค่าพารามิเตอร์ ภายใต้สถานการณ์เมื่อขนาดตัวอย่างมี 4 ขนาด คือ 15, 30, 50 และ 70 ค่าสหสัมพันธ์มี 6 ระดับ คือ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9 และ 0.95 และรูปแบบของตัวแปรอิสระมี 4 รูปแบบ คือ รูปแบบเส้นตรงตามเวลา รูปแบบแนวโน้มไม่คงที่ รูปแบบแนวโน้มตามคาบเวลา และรูปแบบอัตตสหสัมพันธ์อันดับหนึ่ง โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชัน เพื่อหาข้อสรุปในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการพยากรณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) สร้างสถานการณ์ต่างๆ ดังนั้นจะขอกล่าวถึงวิธีการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์-โลก่อน แล้วจึงจะแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการวิจัยและโปรแกรมที่ใช้สำหรับการวิจัยตามลำดับ

วิธีการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคที่ใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาในการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้นมีอยู่หลายวิธี วิธีการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้แก้ไขปัญหากันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งหลักการสำคัญของวิธีการจำลองโดยใช้เทคนิคดังกล่าวคือ การใช้เลขสุ่ม (Random Number) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา ขั้นตอนของวิธีการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเลขสุ่ม การใช้เลขสุ่มเป็นสิ่งที่สำคัญมากในเทคนิคนี้ ทั้งนี้เพราะว่า หลักการของการจำลองแบบมอนติคาร์โลนั้นจะใช้เลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบของปัญหา

วิธีการสร้างตัวเลขสุ่มนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ดีนั้นจะให้ลักษณะของเลขสุ่มที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง (0,1) ตัวเลขสุ่มแต่ละตัวเป็นอิสระกันและมีช่วงยาวก่อนจะเกิดเลขสุ่มซ้ำ (มีวัฏจักรยาว)

ขั้นตอนที่ 2 การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษามาใช้กับเลขสุ่ม ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ศึกษา บางปัญหาอาจใช้เลขสุ่มได้โดยตรง ในขณะที่บางปัญหาอาจต้องใช้ขั้นตอนอื่นอีกหลายขั้นตอน โดยที่มีการใช้ตัวเลขสุ่มในบางขั้นตอนเท่านั้น

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองกระทำ เมื่อประยุกต์ปัญหาที่สนใจให้ใช้กับตัวเลขสุ่มได้แล้ว ขั้นต่อไปคือการทดลองโดยใช้กระบวนการสุ่ม (Random Process) มากระทำในลักษณะซ้ำๆ กัน (Replication) เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ต่างๆ สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการพยากรณ์ โดยการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เมื่อลักษณะความคลาดเคลื่อนมีอัตตสหสัมพันธ์อันดับหนึ่ง

เริ่มต้นจากการสร้างความคลาดเคลื่อนที่มีสหสัมพันธ์กันและตัวแปรอิสระตามรูปแบบที่กำหนด โดยมีระดับสหสัมพันธ์และขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน ซึ่งลักษณะการแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนที่ต้องการศึกษามีการแจกแจงปกติ นำค่าคลาดเคลื่อนและตัวแปรอิสระที่ได้ไปสร้างตัวแปรตาม จากนั้นจึงทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการประมาณทั้ง 4 วิธี ที่ต้องการศึกษานำค่าประมาณพารามิเตอร์จากแต่ละวิธีไปเข้าสมการพยากรณ์ ทำการพยากรณ์ไปล่วงหน้า 12 คาบเวลา หาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในแต่ละคาบเวลา จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของวิธีการทั้ง 4 วิธี ในช่วง 3, 6 และ 12 คาบเวลาตามลำดับ

วิธีการทดลอง

สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาฟอร์แทรน (Fortran) โดยใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ AMDHAL 5850 เพื่อสร้างข้อมูลให้เป็นไปตามการทดลอง ซึ่งวิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การสร้างโปรแกรมย่อย (Subroutine) สำหรับการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนและตัวแปรอิสระตามที่กำหนด

2. การสร้างข้อมูล (x, y) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

3. การประมาณค่าพารามิเตอร์จากแต่ละวิธีการ

4. การหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ของแต่ละวิธี

รายละเอียดแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

1. การสร้างโปรแกรมย่อย (Subroutine) สำหรับการแจกแจงของความคลาดคลื่อนและตัวแปรอิสระตามที่กำหนด

การสร้างลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนและตัวแปรอิสระตามที่กำหนดในข้อตกลงเบื้องต้นจะต้องใช้ตัวเลขสุ่ม (Random Number) ซึ่งมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง (0,1) เป็นพื้นฐานในการสร้างสำหรับวิธีการผลิตตัวเลขสุ่มจะใช้วิธีการสร้างเลขสุ่มแบบ Multiplicative Congruential Method ซึ่งรายละเอียดของการผลิตและโปรแกรม ซึ่งใช้ชื่อว่า RANDOM แสดงไว้ในภาคผนวก ก ส่วนรายละเอียดในการสร้างการแจกแจงปกติมีรายละเอียดเป็นดังนี้

1.1 การแจกแจงปกติ Box และ Muller (1985) ได้สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานพร้อมๆกัน 2 ค่าที่เป็นอิสระต่อกันโดยใช้ตัวเลขผลิต(Generator) Z_1 และ Z_2 ดังนี้

$$Z_1 = (-2\ln R_1)^{1/2} \cos(2\pi R_2)$$

$$Z_2 = (-2\ln R_1)^{1/2} \sin(2\pi R_2)$$

R_1 และ R_2 เป็นตัวเลขสุ่มที่สร้างจาก FUNCTION RANDOM เมื่อได้เลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานแล้วทำการแปลงค่าเลขสุ่มดังกล่าวโดยใช้ฟังก์ชัน

$$Z'_1 = \mu + Z_1 * \sigma$$

$$Z'_2 = \mu + Z_2 * \sigma$$

จะได้ว่า Z'_1 และ Z'_2 มีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 และเป็นอิสระกัน สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเลขสุ่มให้มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 คือ SUBROUTINE NORMAL(MEAN, SD, EX) ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมแสดงไว้ภาคผนวก ก

2. การสร้างข้อมูล (x, y) ที่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.1 สร้างค่าความคลาดเคลื่อนตามรูปแบบที่กำหนด ซึ่งมีตัวแบบดังนี้

$$\varepsilon_t = \rho\,\varepsilon_{t-1} + v_t \;,\; t = 1, 2, \ldots, n$$

โดยมีระดับสหสัมพันธ์ (ρ) 6 ระดับคือ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9 และ 0.95 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) ที่ใช้มี 4 ขนาดคือ 15, 30, 50 และ 70 ซึ่ง v_t เป็นค่าคลาดเคลื่อนสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น 1 สร้าง ε_t ให้มีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

2.2 สร้างค่า X ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดรูปแบบได้ ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษารูปแบบของตัวแปรอิสระ 4 รูปแบบดังนี้

$$X_t = t \;,\; t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

$$X_t = t + u_t \;,\; t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

$$X_t = \lambda X_{t-1} + u_t \;,\; t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

$$X_t = t + \cos(2\pi t/12) \;,\; t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

เมื่อ $u_t \sim N(0, 1)$

$$X_0 \sim N(0,\ 1/(1-\lambda^2))$$

2.3 สร้างค่าตัวแปรตาม y ตามรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \;,\; t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

เมื่อ β_0 และ β_1 เป็นพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดขึ้นมาและ ε_t เป็นค่าคลาดเคลื่อนสุ่มที่สร้างขึ้นมาตามรูปแบบข้างต้น

3. การประมาณค่าพารามิเตอร์จากแต่ละวิธีการ

เมื่อสร้างข้อมูล (x, y) ที่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงและรูปแบบความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดแล้ว ขั้นต่อไปคือการนำข้อมูล (x, y) ที่ได้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เสนอวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ไว้ 4 วิธี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วิธีกำลังสองค่าสุด

การประมาณค่าพารามิเตอร์ $\underset{\sim}{\beta}$ ด้วย $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ โดยมีสูตรการคำนวณคือ

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

3.2 วิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน

ขั้นตอนที่ 1 นำค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีกำลังสองต่ำสุด $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ มาประมาณค่า ρ ด้วยค่า $\hat{\rho}_{pw}$ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\hat{\rho}_{pw} = \frac{\sum_{t=2}^{n} e_t e_{t-1}}{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}$$

โดยที่

$$e_t = y_t - \hat{y}_t$$
$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_t$$

ขั้นตอนที่ 2 นำค่า $\hat{\rho}_{pw}$ ที่ได้ไปแทนลงในสมการ

$$y_1(1-\hat{\rho}_{pw}^2)^{1/2} = \beta_0(1-\hat{\rho}_{pw}^2)^{1/2} + \beta_1 X_1(1-\hat{\rho}_{pw}^2)^{1/2}$$
$$y_t - \hat{\rho}_{pw} y_{t-1} = \beta_0(1-\hat{\rho}_{pw}) + \beta_1(X_t - \hat{\rho}_{pw} X_{t-1})$$

ขั้นตอนที่ 3 นำค่าที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 2 มาทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ $\underset{\sim}{\beta}$ ด้วยวิธี OLS ดังนี้

ให้ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}^*$ เป็นตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของ $\underset{\sim}{\beta}$ จะได้

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

โดยที่

$$\underset{\sim}{y}^* = \begin{bmatrix} y_1(1-\hat{\rho}_{pw}^2)^{1/2} \\ y_2 - \hat{\rho}_{pw} y_1 \\ \vdots \\ y_n - \hat{\rho}_{pw} y_{n-1} \end{bmatrix} \qquad X^* = \begin{bmatrix} (1-\hat{\rho}_{pw}^2)^{1/2} & X_1(1-\hat{\rho}_{pw}^2)^{1/2} \\ 1-\hat{\rho}_{pw} & X_2 - \hat{\rho}_{pw} X_1 \\ \vdots & \vdots \\ 1-\hat{\rho}_{pw} & X_n - \hat{\rho}_{pw} X_{n-1} \end{bmatrix}$$

3.3 ตัวประมาณเบส์ มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการแปลงข้อมูลด้วยการแปลงของเพรสและวินส์เทน โดยแทนค่า ρ ทุกๆ ค่าที่กำหนดขึ้นในช่วง (-1, 1) โดยเพิ่มค่าทีละ 0.05 ลงในสมการดังต่อไปนี้

เมื่อ $t = 1$

$$y_1^* = y_1(1-\rho^2)^{1/2}$$
$$X_1^* = X_1(1-\rho^2)^{1/2}$$

เมื่อ t = 2, 3, ..., n

$$y_t^* = y_t - \rho y_{t-1}$$
$$X_t^* = X_t - \rho X_{t-1}$$

ขั้นตอนที่ 2 นำค่าที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปทำการประมาณค่า ρ_B ด้วยค่า $\hat{\rho}_B$ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\hat{\rho}_B = \frac{\int_{-1}^{1} \rho (s^{*2})^{-(n-2)/2} \left|X^{*'} X^{*}\right|^{-1/2} d\rho}{\int_{-1}^{1} (s^{*2})^{-(n-2)/2} \left|X^{*'} X^{*}\right|^{-1/2} d\rho}$$

โดยที่

$$s^{*2} = (\underset{\sim}{y}^* - X^* \underset{\sim}{\hat{\beta}}^*)'(\underset{\sim}{y}^* - X^* \underset{\sim}{\hat{\beta}}^*)\Big/(n-2)$$
$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}^* = (X^{*'} X^*)^{-1} X^{*'} \underset{\sim}{y}^*$$

ซึ่งทำการอินทิเกรตโดยใช้กฎของซิมป์สัน

ขั้นตอนที่ 3 นำค่า $\hat{\rho}_B$ ที่ได้ไปแทนลงในสมการการแปลงของเพรสและวินส์-เทนอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นประมาณค่าพารามิเตอร์ของ $\underset{\sim}{\beta}$ ด้วยวิธี OLS ดังนี้

ให้ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}^{**}$ เป็นตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของ $\underset{\sim}{\beta}$ จะได้

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

โดยที่

$$\underset{\sim}{y}^{**} = \begin{bmatrix} y_1(1-\hat{\rho}_B^2)^{1/2} \\ y_2 - \hat{\rho}_B y_1 \\ \vdots \\ y_n - \hat{\rho}_B y_{n-1} \end{bmatrix} \qquad X^{**} = \begin{bmatrix} (1-\hat{\rho}_B^2)^{1/2} & X_1(1-\hat{\rho}_B^2)^{1/2} \\ 1-\hat{\rho}_B & X_2 - \hat{\rho}_B X_1 \\ \vdots & \vdots \\ 1-\hat{\rho}_B & X_n - \hat{\rho}_B X_{n-1} \end{bmatrix}$$

3.4 ตัวพยากรณ์ผสม มีขั้นตอนในการคำนวณ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการประมาณค่า $\underset{\sim}{\beta}$ ด้วยค่า $\underset{\sim}{\widetilde{\beta}}$ โดยการแทนค่า ρ ทุกๆ ค่าที่กำหนดขึ้นในช่วง (-1, 1) โดยค่าแรก = -0.99 ค่าที่สอง = -0.95 แล้วเพิ่มค่าทีละ 0.05 จนกระทั่งค่าสุดท้าย = 0.99 ซึ่ง $\underset{\sim}{\widetilde{\beta}}$ เป็นตัวประมาณกำลังสองต่ำสุดแบบทั่วไป (Generalize Least Square : GLS) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\underset{\sim}{\widetilde{\beta}} = (X'\Sigma^{-1}(\rho)X)^{-1}X'\Sigma^{-1}(\rho)\underset{\sim}{y}$$

โดยที่

$$\Sigma^{-1}(\rho) = \frac{1}{1-\rho^2}\begin{bmatrix} 1 & -\rho & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -\rho & 1+\rho^2 & -\rho & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -\rho & 1+\rho^2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & 1+\rho^2 & -\rho \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -\rho & 1 \end{bmatrix}$$

ขั้นตอนที่ 2 นำค่า $\underset{\sim}{\widetilde{\beta}}$ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปแทนลงในสมการต่อไปนี้

$$\hat{\varepsilon}_n = y_n - X_n'\underset{\sim}{\widetilde{\beta}}$$

$$\hat{y}_{n+i}(\rho) = X'_{n+i}\underset{\sim}{\widetilde{\beta}} + \rho^i\hat{\varepsilon}_n \quad ; i = 1, 2, \dots, 12$$

$$h(\rho/y) = (1-\rho^2)^{1/2}\left|X'\Sigma^{-1}(\rho)X\right|^{-1/2}(\hat{\varepsilon}'\Sigma^{-1}(\rho)\hat{\varepsilon}')^{-(n-2)/2}$$

โดยที่

$\hat{\varepsilon}_n$ คือค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวประมาณ GLS ณ คาบเวลาที่ $t = n$

$\hat{y}_{n+i}$ คือค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี GLS ณ คาบเวลาที่ n+i

$h(\rho/y)$ คือค่าฟังก์ชันความหนาแน่นเชิงเดี่ยวของค่า ρ

ขั้นตอนที่ 3 นำค่าทุกค่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 ไปทำการประมาณค่า y_{n+i} มีสูตรการคำนวณดังนี้

ให้ $\bar{y}_{n+i}$ เป็นค่าพยากรณ์ของ y_{n+i} ; i = 1, 2, ..., n

$$\bar{y}_{n+i} = \frac{\int_{-1}^{1}\hat{y}_{n+i}(\rho)\, h(\rho/y)\, d\rho}{\int_{-1}^{1} h(\rho/y)\, d\rho}$$

แทนค่า $h(\rho/y)$ จะได้

$$\bar{y}_{n+i} = \frac{\int_{-1}^{1} \hat{y}_{n+i}(\rho)(1-\rho^2)^{1/2} \left|X'\Sigma^{-1}(\rho)X\right|^{-1/2} (\hat{\varepsilon}'\Sigma^{-1}(\rho)\hat{\varepsilon})^{-(n-2)/2} d\rho}{\int_{-1}^{1} (1-\rho^2)^{1/2} \left|X'\Sigma^{-1}(\rho)X\right|^{-1/2} (\hat{\varepsilon}'\Sigma^{-1}(\rho)\hat{\varepsilon})^{-(n-2)/2} d\rho}$$

ซึ่งการอินทิเกรตใช้กฎของซิมป์สัน และกระทำซ้ำโดยเปลี่ยนคาบเวลาไป ตั้งแต่คาบเวลาที่ 1 ถึงคาบเวลาที่ 12

4. การหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

4.1 เมื่อได้ค่าประมาณพารามิเตอร์จากทุกวิธีการที่ศึกษาแล้ว นำค่าประมาณที่ได้ไปเข้าสมการพยากรณ์ เพื่อหาค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลา โดยมีสมการพยากรณ์ดังนี้

4.1.1 วิธีกำลังสองต่ำสุด มีสมการพยากรณ์คือ

$$\hat{y}_{n+i} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{n+i} \quad ; i = 1, 2, ..., 12$$

4.1.2 วิธีการแปลงของเพรสและวินส์เทน มีสมการพยากรณ์คือ

$$\hat{y}_{n+i} = \hat{\beta}_0^* + \hat{\beta}_1^* X_{n+i} + \hat{\rho}_{pw}^i \hat{c}_n \quad ; i = 1, 2, ..., 12$$

เมื่อ

$$\hat{c}_n = y_n - \hat{\beta}_0^* - \hat{\beta}_1^* X_n$$

4.1.3 ตัวประมาณเบส์ มีสมการพยากรณ์คือ

$$\hat{y}_{n+i} = \hat{\beta}_0^{**} + \hat{\beta}_1^{**} X_{n+i} + \hat{\rho}_B^i \hat{w}_n \quad ; i = 1, 2, ..., 12$$

เมื่อ

$$\hat{w}_n = y_n - \hat{\beta}_0^{**} - \hat{\beta}_1^{**} X_n$$

4.1.4 ตัวพยากรณ์ผสมใช้ค่า $\bar{y}_{n+i}$; i = 1, 2, ..., 12 เป็นค่าพยากรณ์

4.2 สร้างค่าข้อมูลจริงตามวิธีการที่กล่าวข้างต้นไปล่วงหน้า 12 คาบเวลาเช่นกัน

4.3 หาค่าผลรวมกำลังสองความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ของแต่ละคาบเวลา โดยการนำค่าพยากรณ์ที่ได้ในแต่ละคาบเวลาลบออกจากค่าจริงในคาบเวลาเดียวกัน แล้วยกกำลังสองสะสมไว้ในแต่ละครั้ง ทำการทดลองครั้งต่อไปโดยการสร้างค่าข้อมูลจริงขึ้นมาใหม่ ทำการทดลองจนกระทั่งครบ 300 รอบสำหรับทุกคาบเวลา ซึ่งสูตรที่ใช้ในการหาผลรวมกำลังสองของ

ความคลาดเคลื่อนเป็นดังนี้

$$SSE = \sum_{j=1}^{300} (y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2 \quad ; i = 1, 2, ..., 12$$

4.4 หาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ในแต่ละคาบเวลา โดยการนำผลรวมกำลังสองความคลาดเคลื่อนของแต่ละคาบเวลาหารด้วย จำนวนรอบที่ทำการทดลองคือ 300 รอบ ดังสูตรต่อไปนี้

$$MSFE_i = \frac{SSE_i}{300} \quad ; i = 1, 2, ...,12$$

4.5 หาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์เฉลี่ยเป็นช่วงๆ ในช่วง 3, 6 และ 12 คาบเวลา

4.5.1 ค่าเฉลี่ย 3 คาบเวลา

โดยการหาผลรวมสะสมค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ ตั้งแต่คาบเวลาที่ 1 ถึง 3 นำมาหารด้วย 3 ดังมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$AVER\ MSFE\ 3 = \sum_{i=1}^{3} MSFE_i/3$$

4.5.2 ค่าเฉลี่ย 6 คาบเวลา

โดยการหาผลรวมสะสมค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ ตั้งแต่คาบเวลาที่ 1 ถึง 6 นำมาหารด้วย 6 ดังมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$AVER\ MSFE\ 6 = \sum_{i=1}^{6} MSFE_i/6$$

4.5.3 ค่าเฉลี่ย 12 คาบเวลา

โดยการหาผลรวมสะสมค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ ตั้งแต่คาบเวลาที่ 1 ถึง 12 นำมาหารด้วย 12 ดังมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$AVER\ MSFE\ 12 = \sum_{i=1}^{12} MSFE_i/12$$

4.6 ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของทั้ง 4 วิธีการ โดยการเปรียบเทียบในคาบเวลาที่ 3, 6 และ 12 คาบเวลา

4.7 ทำการทดลองเช่นนี้โดยการเปลี่ยนรูปแบบตัวแปรอิสระและขนาดตัวอย่างจนกระทั่งครบรูปแบบที่ต้องการศึกษา

รูปที่ 3.1 แสดงผังงานสำหรับหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการพยากรณ์ของวิธีการ 4 วิธี