บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนแบบทุติยภูมิ ตั้งแต่วันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2534 ถึง 13 ตุลาคม พ.ศ. 2554 จำนวน 241 ค่าสังเกต รวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูล DATASTREAM ของศูนย์การเงินและการลงทุน (Financial Investment center : FIC) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่โดยข้อมูลที่ใช้มี 7 ตัว ได้แก่

3.1.1 ดัชนีราคาหลักทรัพย์ของประเทศไทย ใช้แทนด้วย SET

3.1.2 ดัชนีราคาหลักทรัพย์ S&P ใช้แทนด้วย SP

3.1.3 อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมข้ามคืนระหว่างธนาคาร ใช้แทนด้วย Interbank (หน่วย: ร้อยละ)

3.1.4 อัตราแลกเปลี่ยนของประเทศไทยกับสหรัฐอเมริกา ใช้แทนด้วย EX (หน่วย:บาทต่อ 1 ดอลล่าร์สหรัฐ)

3.1.5 ปริมาณเงินตามความหมายกว้าง ใช้แทนด้วย M (หน่วย: ล้านบาท)

3.1.6 ดัชนีราคาผู้บริโภค ใช้แทนด้วย CPI (หน่วย: ร้อยละ)

3.1.7 รายจ่ายภาครัฐบาล ใช้แทนด้วย G (หน่วย: ล้านบาท)

โดยค่าสังเกตที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นี้จะอยู่ในรูปของ first difference ของ logarithms ตามที่ อัญญา (2552) กล่าวว่าค่าสังเกตต่างๆที่ได้มานั้นยังไม่สามารถใช้ได้เพราะเป็นค่าสังเกตที่อยู่ในรูปของระดับ ค่าสังเกตจึงไม่ได้สะท้อนพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงตัวเองและไม่ได้สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของสถานะทางเศรษฐกิจที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต จึงต้องนำค่าสังเกตทั้งหมดแต่ละค่าทำให้อยู่ในรูป first difference ของ logarithms ก่อนจึงจะนำมาใช้ในแบบจำลองได้

3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานำมาจากแบบจำลองของ Bellone (2005) ที่ได้พัฒนาแบบจำลองตาม Krolzig (1997) โดยวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม GAUSS และ OxMetrics 6 มี 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลอง MS(M)-VAR(0) (The Mean-Variance Model) แบบจำลอง MS(M)-VAR(q) (The MS-VAR regime dependent model) แบบจำลอง MSI(M)-VAR(q) (The MS-VAR intercept regime dependent model) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

1) แบบจำลองแบบจำลอง MS(3)-VAR(0) (The Mean-Variance Model) (กำหนด lag = 0 ตามงานศึกษาของ Ferrera ,2003)

ซึ่งเหตุผลที่ Ferrara ,(2003) ได้กำหนด lag = 0 (q=0) ก็เพราะว่าเป็นการวิเคราะห์วัฏจักรธุรกิจแบบตลอดเวลา (real time) มีรูปสมการดังนี้

$$y_t = v_{S_t} + u_t = 1_p.\beta_{S_t} + u_t$$

หรือรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} SET_t \\ EX_t \\ Interbank_t \\ CPI_t \\ SP_t \\ M_t \\ G_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{SET_t}(S_t) \\ v_{EX_t}(S_t) \\ v_{Interbank_t}(S_t) \\ v_{CPI_t}(S_t) \\ v_{SP_t}(S_t) \\ v_{M_t}(S_t) \\ v_{G_t}(S_t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{SET_t}(S_t) \\ u_{EX_t}(S_t) \\ u_{Interbank_t}(S_t) \\ u_{CPI_t}(S_t) \\ u_{SP_t}(S_t) \\ u_{M_t}(S_t) \\ u_{G_t}(S_t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1_p \\ 1_p \\ 1_p \\ 1_p \\ 1_p \\ 1_p \\ 1_p \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_{S_t}^{\mathrm{SET}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{EX}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{Interbank}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{CPI}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{SP}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{M}} \\ \beta_{S_t}^{G} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{SET_t}(S_t) \\ u_{EX_t}(S_t) \\ u_{Interbank_t}(S_t) \\ u_{CPI_t}(S_t) \\ u_{SP_t}(S_t) \\ u_{M_t}(S_t) \\ u_{G_t}(S_t) \end{bmatrix}$$

โดยที่ $y_t = \left(\mathrm{SET}_t, \mathrm{EX}_t, \mathrm{Interbank}_t, \mathrm{CPI}_t, \mathrm{SP}_t, \mathrm{M}_t, G_t\right)$: y_t คือ เวกเตอร์ของตัวแปรที่ศึกษา ณ เวลา t

S_t คือ ตัวแปรที่ไม่ได้ถูกสังเกตหรือตัวแปรสุ่ม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ตัวแปร Y_t เปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง (กำหนดให้มี 3 สถานะ)

v_t คือ เวกเตอร์ของเทอม intercept หรือ เวกเตอร์ของเทอม mean (มีค่าเท่ากัน)

$$\beta_{S_t} = \left(\beta_{S_t}^{\mathrm{SET}}, \beta_{S_t}^{\mathrm{EX}}, \beta_{S_t}^{\mathrm{Interbank}}, \beta_{S_t}^{\mathrm{CPI}}, \beta_{S_t}^{\mathrm{SP}}, \beta_{S_t}^{\mathrm{M}}, \beta_{S_t}^{G}\right)$$

โดยที่ β_{S_t} คือ เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละตัวแปรซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะ (regime) ณ เวลา t

p คือ จำนวนตัวแปรที่สนใจ มี (SET), (EX) , (Interbank) ,(CPI),(SP) , (M), (G)

1_p เป็นเวกเตอร์ $(1, p)$ ซึ่งเป็นเวกเตอร์ของ 1

u_t คือ $u_t \big| S_t \sim N\left(0, \Sigma_{S_t}\right)$

โดยที่ $$\Sigma_{S_t} = \begin{pmatrix} \sigma_{11}(s_t) & \sigma_{12}(s_t) & \sigma_{13}(s_t) \\ \sigma_{21}(s_t) & \sigma_{22}(s_t) & \sigma_{23}(s_t) \\ \sigma_{31}(s_t) & \sigma_{32}(s_t) & \sigma_{33}(s_t) \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{ii}(s_t) = \sigma_i^2(s_t), \qquad \sigma_{ii}(s_t) \geq 0$$
$$\sigma_{ij}(s_t) = \rho_{ij}(s_t).\sigma_i(s_t)\sigma_j(s_t), \quad \forall i \neq j \in \{1,2,3\}$$

$$s_t = \{1,2,3\}$$

กำหนดให้ 1. = สถานะ low : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะถดถอย ณ เวลา t

2. = สถานะ intermediate : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะที่ต่ำกว่าแนวโน้มการเจริญเติบโตแต่ไม่ได้ถดถอย ณ เวลา t

3. = สถานะ high : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะที่เกินกว่าแนวโน้มการเจริญเติบโต ณ เวลา t

โดยการอธิบายสถานะสมมติให้แนวโน้มการเจริญเติบโตในระยะยาวกำหนดให้คงที่ (Ferara , 2003)

2) แบบจำลอง MS(3)-VAR(q) (The MS-VAR regime dependent model)

$$y_t = v_{S_t} + y_{t-1}.\beta^1_{S_t} + \ldots + y_{t-q}.\beta^q_{S_t} + u_t = \left(1_p, y_{t-1}, \ldots, y_{t-q}\right).\beta_{S_t} + u_t$$

หรือรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} SET_t \\ EX_t \\ Interbank_t \\ CPI_t \\ SP_t \\ M_t \\ G_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{SET_t}(S_t) \\ v_{EX_t}(S_t) \\ v_{Interbank_t}(S_t) \\ v_{CPI_t}(S_t) \\ v_{SP_t}(S_t) \\ v_{M_t}(S_t) \\ v_{G_t}(S_t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} SET_{t-1} & \cdots & SET_{t-q} \\ EX_{t-1} & \cdots & EX_{t-q} \\ Interbank_{t-1} & \cdots & Interbank_{t-q} \\ CPI_{t-1} & \cdots & CPI_{t-q} \\ SP_{t-1} & \cdots & SP_{t-q} \\ M_{t-1} & \cdots & M_{t-q} \\ G_{t-1} & \cdots & G_{t-q} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta^{\mathrm{SET}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{EX}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{Interbank}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{CPI}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{SP}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{M}_q}_{S_t} \\ \beta^{G_q}_{S_t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{SET_t}(S_t) \\ u_{EX_t}(S_t) \\ u_{Interbank_t}(S_t) \\ u_{CPI_t}(S_t) \\ u_{SP_t}(S_t) \\ u_{M_t}(S_t) \\ u_{G_t}(S_t) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1_p & SET_{t-1} & \cdots & SET_{t-q} \\ 1_p & EX_{t-1} & \cdots & EX_{t-q} \\ 1_p & Interbank_{t-1} & \cdots & Interbank_{t-q} \\ 1_p & CPI_{t-1} & \cdots & CPI_{t-q} \\ 1_p & SP_{t-1} & \cdots & SP_{t-q} \\ 1_p & M_{t-1} & \cdots & M_{t-q} \\ 1_p & G_{t-1} & \cdots & G_{t-q} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta^{\mathrm{SET}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{EX}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{Interbank}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{CPI}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{SP}_q}_{S_t} \\ \beta^{\mathrm{M}_q}_{S_t} \\ \beta^{G_q}_{S_t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{SET_t}(S_t) \\ u_{EX_t}(S_t) \\ u_{Interbank_t}(S_t) \\ u_{CPI_t}(S_t) \\ u_{SP_t}(S_t) \\ u_{M_t}(S_t) \\ u_{G_t}(S_t) \end{bmatrix}$$

โดยที่ $y_t = \left(\mathrm{SET}_t, \mathrm{EX}_t, \mathrm{Interbank}_t, \mathrm{CPI}_t, \mathrm{SP}_t, \mathrm{M}_t, G_t\right)$: y_t คือ เวกเตอร์ของตัวแปรที่ศึกษา ณ เวลา t

v_t คือ เวกเตอร์ของเทอม intercept หรือ เวกเตอร์ของเทอม mean (มีค่าเท่ากัน)

S_t คือ ตัวแปรที่ไม่ได้ถูกสังเกตหรือตัวแปรสุ่ม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ตัวแปร Y_t เปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง

q คือ จำนวน lag

1_p เป็นเวกเตอร์ $(1,p)$ ซึ่งเป็นเวกเตอร์ของ 1

$$\beta_{S_t} = \left(\beta_{S_t}^{\text{SET}}, \beta_{S_t}^{\text{EX}}, \beta_{S_t}^{\text{Interbank}}, \beta_{S_t}^{\text{CPI}}, \beta_{S_t}^{\text{SP}}, \beta_{S_t}^{\text{M}}, \beta_{S_t}^{G}\right)$$

โดยที่ β_{S_t} คือ เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละตัวแปรซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะ(regime) ณ เวลา t

p คือ จำนวนตัวแปรที่สนใจ มี (SET), (EX) , (Interbank) ,(CPI),(SP) , (M), (G)

1_p เป็นเวกเตอร์ $(1,p)$ ซึ่งเป็นเวกเตอร์ของ 1

u_t คือ $u_t \,|\, S_t \sim N\left(0, \Sigma_{S_t}\right)$

โดยที่
$$\Sigma_{S_t} = \begin{pmatrix} \sigma_{11}(S_t) & \sigma_{12}(S_t) & \sigma_{13}(S_t) \\ \sigma_{21}(S_t) & \sigma_{22}(S_t) & \sigma_{23}(S_t) \\ \sigma_{31}(S_t) & \sigma_{32}(S_t) & \sigma_{33}(S_t) \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{ii}(S_t) = \sigma_i^2(S_t), \qquad \sigma_{ii}(S_t) \geq 0$$

$$\sigma_{ij}(S_t) = \rho_{ij}(S_t).\sigma_i(S_t)\sigma_j(S_t), \quad \forall i \neq j \in \{1,2,3\}$$

$$S_t = \{1,2,3\}$$

กำหนดให้

1. = สถานะ low : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะถดถอย ณ เวลา t
2. = สถานะ intermediate : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะที่ต่ำกว่าแนวโน้มการเจริญเติบโตแต่ไม่ได้ถดถอย ณ เวลา t
3. = สถานะ high : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะที่เกินกว่าแนวโน้มการเจริญเติบโต ณ เวลา t

โดยการอธิบายสถานะสมมติให้แนวโน้มการเจริญเติบโตในระยะยาวกำหนดให้คงที่ (Ferara , 2003)

3) แบบจำลอง MSI(3)-VAR(q) (The MS-VAR intercept regime dependent model)

$$y_t = v_{S_t} + y_{t-1}.\delta_1 + \ldots + y_{t-q}.\delta_q + u_t = 1_p.\beta_{S_t} + \left(y_{t-1},\ldots,y_{t-p}\right).\delta + u_t$$

หรือรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} SET_t \\ EX_t \\ Interbank_t \\ CPI_t \\ SP_t \\ M_t \\ G_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{SET_t}(S_t) \\ v_{EX_t}(S_t) \\ v_{Interbank_t}(S_t) \\ v_{CPI_t}(S_t) \\ v_{SP_t}(S_t) \\ v_{M_t}(S_t) \\ v_{G_t}(S_t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} SET_{t-1} & \cdots & SET_{t-q} \\ EX_{t-1} & \cdots & EX_{t-q} \\ Interbank_{t-1} & \cdots & Interbank_{t-q} \\ CPI_{t-1} & \cdots & CPI_{t-q} \\ SP_{t-1} & \cdots & SP_{t-q} \\ M_{t-1} & \cdots & M_{t-q} \\ G_{t-1} & \cdots & G_{t-q} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta^{\mathrm{SET}_t} \\ \delta^{\mathrm{EX}_t} \\ \delta^{\mathrm{Interbank}_t} \\ \delta^{\mathrm{CPI}_t} \\ \delta^{\mathrm{SP}_t} \\ \delta^{\mathrm{M}_t} \\ \delta^{G_t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{SET_t}(S_t) \\ u_{EX_t}(S_t) \\ u_{Interbank_t}(S_t) \\ u_{CPI_t}(S_t) \\ u_{SP_t}(S_t) \\ u_{M_t}(S_t) \\ u_{G_t}(S_t) \end{bmatrix}$$

$$= 1_P \cdot \begin{bmatrix} \beta_{S_t}^{\mathrm{SET}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{EX}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{Interbank}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{CPI}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{SP}} \\ \beta_{S_t}^{\mathrm{M}} \\ \beta_{S_t}^{G} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} SET_{t-1} & \cdots & SET_{t-q} \\ EX_{t-1} & \cdots & EX_{t-q} \\ Interbank_{t-1} & \cdots & Interbank_{t-q} \\ CPI_{t-1} & \cdots & CPI_{t-q} \\ SP_{t-1} & \cdots & SP_{t-q} \\ M_{t-1} & \cdots & M_{t-q} \\ G_{t-1} & \cdots & G_{t-q} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta^{\mathrm{SET}_t} \\ \delta^{\mathrm{EX}_t} \\ \delta^{\mathrm{Interbank}_t} \\ \delta^{\mathrm{CPI}_t} \\ \delta^{\mathrm{SP}_t} \\ \delta^{\mathrm{M}_t} \\ \delta^{G_t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{SET_t}(S_t) \\ u_{EX_t}(S_t) \\ u_{Interbank_t}(S_t) \\ u_{CPI_t}(S_t) \\ u_{SP_t}(S_t) \\ u_{M_t}(S_t) \\ u_{G_t}(S_t) \end{bmatrix}$$

โดยที่ $y_t = \left(\mathrm{SET}_t, \mathrm{EX}_t, \mathrm{Interbank}_t, \mathrm{CPI}_t, \mathrm{SP}_t, \mathrm{M}_t, G_t\right)$: y_t คือ เวกเตอร์ของตัวแปรที่ศึกษา ณ เวลา t

v_t คือ เวกเตอร์ของเทอม intercept หรือ เวกเตอร์ของเทอม mean (มีค่าเท่ากัน)

q คือ จำนวน lag

S_t คือ ตัวแปรที่ไม่ได้ถูกสังเกตหรือตัวแปรสุ่ม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ตัวแปร Y_t เปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง

$$\delta = \left(\delta^{\text{SET}}, \delta^{\text{EX}}, \delta^{\text{Interbank}}, \delta^{\text{CPI}}, \delta^{\text{SP}}, \delta^{\text{M}}, \delta^{G}\right)$$

โดยที่ δ คือ เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละตัวแปรซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับสถานะ (regime independent)

p คือ จำนวนตัวแปรที่สนใจ มี (SET), (EX) , (Interbank) ,(CPI),(SP) , (M), (G)

$$\beta_{S_t} = \left(\beta_{S_t}^{\text{SET}}, \beta_{S_t}^{\text{EX}}, \beta_{S_t}^{\text{Interbank}}, \beta_{S_t}^{\text{CPI}}, \beta_{S_t}^{\text{SP}}, \beta_{S_t}^{\text{M}}, \beta_{S_t}^{G}\right)$$

โดยที่ β_{S_t} คือ เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละตัวแปรซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะ(regime) ณ เวลา t

ให้ 1_p เป็นเวกเตอร์ $(1, p)$ ซึ่งเป็นเวกเตอร์ของ 1

u_t คือ $u_t \mid S_t \sim N\left(0, \Sigma_{S_t}\right)$

โดยที่
$$\Sigma_{S_t} = \begin{pmatrix} \sigma_{11}(S_t) & \sigma_{12}(S_t) & \sigma_{13}(S_t) \\ \sigma_{21}(S_t) & \sigma_{22}(S_t) & \sigma_{23}(S_t) \\ \sigma_{31}(S_t) & \sigma_{32}(S_t) & \sigma_{33}(S_t) \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{ii}(S_t) = \sigma_i^2(S_t), \qquad \sigma_{ii}(S_t) \geq 0$$
$$\sigma_{ij}(S_t) = \rho_{ij}(S_t).\sigma_i(S_t)\sigma_j(S_t), \quad \forall i \neq j \in \{1,2,3\}$$

$$S_t = \{1,2,3\}$$

กำหนดให้
1. = สถานะ low : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะถดถอย ณ เวลา t
2. = สถานะ intermediate : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะที่ต่ำกว่าแนวโน้มการเจริญเติบโตแต่ไม่ได้ถดถอย ณ เวลา t
3. = สถานะ high : เศรษฐกิจอยู่ในสภาวะที่เกินกว่าแนวโน้มการเจริญเติบโต ณ เวลา t

โดยการอธิบายสถานะสมมติให้แนวโน้มการเจริญเติบโตในระยะยาวกำหนดให้คงที่(Ferara , 2003)

3.3 วิธีการวิจัย

1) การทดสอบความนิ่งของข้อมูลแต่ละตัวด้วยวิธี Augmented Dickey Fuller (ADF) จากสมการดังนี้

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^{p} \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^{p} \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \alpha_2 T + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^{p} \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

สมมติฐานของการทดสอบ unit root

$H_0 : \delta = 0$ non-stationary

$H_1 : \delta < 1$ stationary

ดูจากค่าสถิติ t ที่คำนวณได้เมื่อเทียบกับค่าตาราง ADF ถ้าค่าสถิติ t น้อยกว่าค่าตาราง ADF จะแสดงให้เห็นว่า มีการปฏิเสธ H_0 คือข้อมูลมีความนิ่ง หรือ stationary แต่ถ้าค่าสถิติ t มีค่ามากกว่าค่าตาราง ADF จะแสดงให้เห็นว่ายอมรับ H_0 หรือ ปฏิเสธ H_1 คือข้อมูลมีความไม่นิ่ง หรือ non-stationary

2) แบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลองแบบจำลอง MS(M)-VAR(0) (The Mean-Variance Model) แบบจำลอง MS(M)-VAR(q) (The MS-VAR regime dependent model) และแบบจำลอง MSI(M)-VAR(q) (The MS-VAR intercept regime dependent model) ได้สมมติให้ตัวแปรที่ไม่ได้ถูกสังเกต S_t มีลักษณะไม่ต่อเนื่องอยู่ในรูปของกระบวนการ Markov chain ในรูปดังนี้

$p_{ij} = \Pr\left(S_t = j \middle| S_{t-1} = i\right)$ โดยที่ $\sum_{j=1}^{3} p_{ij} = 1$ และ $p_{ij} \geq 0, \forall i$, $j \in \{1,...,M\}$, $0 \leq p \leq 1$

p_{ij} แสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นของสถานะปัจจุบัน(j) ณ เวลา t ของตัวแปร S_t จะขึ้นอยู่กับสถานะก่อนหน้า(i) หรือ ขึ้นอยู่กับสถานะ S_{t-1} ณ เวลา $t-1$ อยู่ในรูปเมทริกซ์ ดังนี้

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{21} & p_{31} \\ p_{12} & p_{22} & p_{32} \\ p_{13} & p_{23} & p_{33} \end{pmatrix}$$

การระบุสถานะของ S_t ในแบบจำลอง MS-VAR จะขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับค่าที่ถูกสังเกตหรือค่า y_t โดยสถานะที่ถูกระบุในการศึกษานี้จะกำหนดให้มี 3 สถานะ $\left(S_t : M = 3\right)$ กำหนดให้แสดงอยู่ในรูปเวกเตอร์ $\hat{\xi}_{t/t}$ มีสมาชิก คือ $P\left(S_t = j \middle| I_t\right)$; j คือ คอลัมภ์เวกเตอร์ของสถานะปัจจุบัน , $I_t = \left\{I_{t-1}, y_t\right\}$ โดยที่ I_{t-1} ประกอบด้วยค่าในอดีตของ y_t ให้ I_t คือ เซตของข้อมูล ; $\forall j \in \{1,2,3\}$ จะได้ว่า

$$\xi_t^j = I_{S_t = j} \text{ และ } \xi_t = \left(\xi_t^1, \xi_t^2, \xi_t^3\right)$$

จะแสดงอยู่ในรูปของเงื่อนไขความน่าจะเป็น ดังนี้

$$P\left(S_t = j \middle| I_t\right) = E\left(\xi_t^j \middle| I_t\right)$$

ได้เวกเตอร์ของความน่าจะเป็น

$$P\left(S_t \middle| I_t\right) = E\left(\xi_t \middle| I_t\right) = \begin{bmatrix} P\left(S_t = 1 \middle| I_t\right) \\ P\left(S_t = 2 \middle| I_t\right) \\ P\left(S_t = 3 \middle| I_t\right) \end{bmatrix}$$

เวกเตอร์ $\hat{\xi}_{t/t}$ แสดงถึงความน่าจะเป็นที่สถานะถูกกำหนดบนเซตของข้อมูล

$$E\left(\xi_t \middle| I_t\right) = \hat{\xi}_{t/t} = \begin{bmatrix} E\left(\xi_t^1 \middle| I_t\right) \\ E\left(\xi_t^2 \middle| I_t\right) \\ E\left(\xi_t^3 \middle| I_t\right) \end{bmatrix}$$

3) การประมาณค่าจะใช้วิธี Maximum Likelihood โดยผ่านอัลกอริทึม Expectation Maximization (EM algorithm) เหตุผลที่ใช้ EM algorithm ก็เพราะเทคนิคนี้เป็นการประมาณค่าของกระบวนการที่มีตัวแปรที่ถูกสังเกต (y_t) ขึ้นอยู่กับตัวแปรเชิงสุ่ม (S_t) ซึ่งตัวแปรเชิงสุ่ม (S_t) นั้นเป็นตัวแปรที่ไม่ได้ถูกสังเกต ในแต่ละกระบวนการของ EM algorithm จะกระทำผ่านฟังก์ชั่น likelihood function โดย EM algorithm จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่หนึ่ง คือ ขั้นตอน expectation step เป็นการหา expected ของค่าพารามิเตอร์ที่ไม่รู้ในแบบจำลองและความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (P) ผ่านตัวความน่าจะเป็นแบบ Filtered และตัวความน่าจะเป็นแบบ smoothed เมื่อเกิดการ expected ในขั้นตอนแรกแล้วก็จะนำค่าที่ได้มาทำการ Maximizing ต่อในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนที่สอง คือ ขั้นตอน maximization step เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ Θ ซึ่งจะหาได้จากการหาผลเฉลยของ Θ และทำการ first order condition จากสมการ log-likelihood

เริ่มจากฟังก์ชั่นความหนาแน่นที่ไม่มีเงื่อนไขของ y_t (the unconditional density of y_t) ซึ่งคำนวณได้โดยผลรวมของเงื่อนไขความหนาแน่น (conditional densities) ของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดสำหรับสถานะ S_t ดังนี้

$$f\left(y_t \middle| I_{t-1}, \Theta\right) = \sum_{j=1}^{M} P\left(S_t = j, y_t \middle| I_{t-1}, \Theta\right)$$

หรือ

$$f\left(y_t \middle| I_{t-1}, \Theta\right) = \sum_{j=1}^{M} P\left(S_t = j \middle| I_{t-1}, \Theta\right) . f\left(y_t \middle| S_t = j, I_{t-1}, \Theta\right)$$

การประมาณค่า Maximum Likelihood ของ Θ ได้จากการ Maximizing ฟังก์ชั่น log-likelihood ที่มีรูปแบบสมการดังนี้

$$L(\Theta) = \sum_{t=1}^{T} \ln\left(f\left(y_t \middle| I_{t-1}, \Theta\right)\right)$$

ซึ่ง $\Theta=\left(\theta_{P},\theta_{\beta},\theta_{\delta},\theta_{\Sigma}\right)$ คือ เมทริกซ์ของค่าพารามิเตอร์ P คือ เมทริกซ์ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ขึ้นอยู่กับสถานะ δ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ไม่ขึ้นอยู่กับสถานะ

ในกระบวนการนี้จะเกิดความน่าจะเป็น 2 แบบ คือ ความน่าจะเป็น filtered ที่ระบุสถานะ S_t ณ เวลา $t;t=1,2,...,T$ และความน่าจะเป็น smoothed ที่ระบุสถานะ S_t จากข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยที่ $t=T-1,T-2,...,1$ การคำนวณความน่าจะเป็น filtered จากแบบจำลองของ Bellone (2005) จะคำนวณได้จากสูตร

$$P\left(S_t=j\middle|I_t,\Theta\right)=P\left(S_t=j\middle|y_t,I_{t-1},\Theta\right)=\frac{P\left(S_t=j,y_t\middle|I_{t-1},\Theta\right)}{f\left(y_t\middle|I_{t-1},\Theta\right)}$$

ได้ว่า

$$P\left(S_t=j\middle|I_t,\Theta\right)=\frac{P\left(S_t=j\middle|I_{t-1},\Theta\right).f\left(y_t\middle|S_t=j,I_{t-1},\Theta\right)}{\sum_{k=1}^{M}P\left(S_t=k\middle|I_{t-1},\Theta\right).f\left(y_t\middle|S_t=k,I_{t-1},\Theta\right)}$$

หรืออยู่ในรูปของเมทริกซ์ ดังนี้

$$P\left(S_t\middle|I_t\right)=\hat{\xi}_{t/t}=\frac{f\left(y_t\middle|S_t\right)\odot\hat{\xi}_{t/t-1}}{1'_M\left(f\left(y_t\middle|S_t\right)\odot\hat{\xi}_{t/t-1}\right)}$$

โดย $\odot$ (ภาษาของโปรแกรม GAUSS คือ .*) แสดงถึงสมาชิกคูณสมาชิกของเมทริกซ์

การคำนวณความน่าจะเป็น smoothed จากแบบจำลองของ Bellone (2005) คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P\left(S_t\middle|I_T\right)=\left(P\left(S_t\middle|I_t\right)'\odot\left\{P'\left[P\left(S_{t+1}\middle|I_T\right)'e^{i\theta}\oslash P\left(S_{t+1}\middle|I_t\right)'\right]\right\}\right)';\forall t\in\{1...T-1\}$$

โดยที่ $\oslash$ (ภาษาของโปรแกรม GAUSS คือ ./) แสดงถึงสมาชิกหาร สมาชิกของเมทริกซ์

4) ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยค่าสถิติ AIC , HQ , SIC ที่ได้จากการคำนวณในโปรแกรม โดยใช้ค่าสถิติที่น้อยที่สุดในการเลือกค่าล่า (ค่า lag) ที่เหมาะสมของแบบจำลอง

5) ทดสอบค่า residual ของค่าสังเกตว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ด้วยวิธี Jarque-Bera Test (JB) โดยเริงชัย (2548) กล่าวว่าค่าสถิติ JB มีสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ค่า residual จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ในการตัดสินใจนั้นถ้าค่า P value ที่คำนวณได้ของสถิติ JB มีค่าต่ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อค่าของสถิติแตกต่างไปจากศูนย์อย่างมาก ในกรณีนี้จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือค่า residual มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ แต่ถ้าค่า P value ที่คำนวณได้ของสถิติ JB มีค่าสูง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อค่าของสถิติวิ่งเข้าสู่ศูนย์ ในกรณีนี้จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (ยอมรับสมมติฐานหลัก) หรือ ค่า residual มีการแจกแจงแบบปกติ