บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ภาคครัวเรือน (Households Sector)

ภาคครัวเรือนเป็นผู้ตัดสินใจเลือกระดับการบริโภคสินค้าซึ่งมีอิทธิพลจากการบริโภคในอดีต และเลือกระดับอุปทานแรงงานเพื่อทำให้ได้รับความพึงพอใจสูงที่สุด โดยกำหนดฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ของภาคครัวเรือนเป็นดังสมการ

$$U = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u_t^b \left[\frac{1}{1-\gamma}(c_t - hC_{t-1})^{1-\gamma} - u_t^l \frac{l_t^{1+\kappa}}{1+\kappa} \right] \quad (3.1)$$

โดยที่ c_t คือ การบริโภคสินค้าของภาคครัวเรือน ณ เวลา t h คือ การยึดติดพฤติกรรมในอดีตของการบริโภค hC_{t-1} คือ สัดส่วนของผลรวมการบริโภคในช่วงเวลา $t-1$ โดย $h\in[0,1]$ l_t คือ อุปทานแรงงานของภาคครัวเรือน ณ เวลา t γ คือ ความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายของการบริโภค โดย $\gamma \geq 0$ κ คือ ส่วนกลับของความยืดหยุ่นในการอุปทานแรงงาน (Inverse of the elasticity of labor supply) โดย $\kappa \geq 0$ β คือ ตัวปรับลด (discount factor) u_t^b คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ณ เวลา t u_t^l คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในอุปทานแรงงาน ณ เวลา t

โดยรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันเป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$\ln\left(u_t^b\right) = \rho^b \ln\left(u_{t-1}^b\right) + \sigma_b \varepsilon_t^b \qquad \varepsilon_t^b \sim N(0,1) \quad (3.2)$$

$$\ln\left(u_t^l\right) = \rho^l \ln\left(u_{t-1}^l\right) + \sigma_l \varepsilon_t^l \qquad \varepsilon_t^l \sim N(0,1) \quad (3.3)$$

โดยที่ u_{t-1}^b คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ณ เวลา $t-1$ ρ^b คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ณ เวลา $t-1$ σ_b คือ สัมประสิทธิ์ของความคลาดเคลื่อนในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ε_t^b คือ ความคลาดเคลื่อนในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ u_{t-1}^l คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในอุปทานแรงงาน ณ เวลา $t-1$ ρ^l คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในอุปทานแรงงาน ณ เวลา $t-1$ σ_l คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธ์ของความคลาดเคลื่อนในอุปทานแรงงาน ε_t^l คือ ความคลาดเคลื่อนในอุปทานแรงงานการตัดสินใจของภาคครัวเรือนดังกล่าวขึ้นอยู่กับงบประมาณที่มีจำกัดในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$\begin{aligned}(1+\tau_t^c)c_t + i_t + b_t = (1+\tau_t^l)w_t l_t \\ + \left(1+\tau_t^k\right) R_t^k \nu_t k_{t-1} \\ + R_{t-1} b_{t-1} + z_t\end{aligned} \tag{3.4}$$

จะเห็นได้ว่าครัวเรือนมีรายได้ (source of fund) มาจากค่าจ้าง ค่าเช่าปัจจัยทุน ผลตอบแทนจากการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาล และเงินโอนของรัฐบาลและใช้เงินจำนวนนี้ (use of fund) ไปกับการบริโภค การลงทุน และการซื้อพันธบัตรรัฐบาล การจ่ายภาษีมูลค่าเพิ่ม การจ่ายภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา และการจ่ายภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุน

โดยที่ τ_t^c คือ อัตราภาษีภาษีมูลค่าเพิ่ม ณ เวลา t $\tau_t^c c_t$ คือ ภาษีมูลค่าเพิ่มที่ภาคครัวเรือนจ่ายให้กับภาครัฐบาล ณ เวลา t i_t คือ การลงทุนในทุนกายภาพ (physical capital) ณ เวลา t b_t คือ การลงทุนในพันธบัตรรัฐบาล ณ เวลา t w_t คือ ค่าจ้างของแรงงาน ณ เวลา t $w_t l_t$ คือ ผลตอบแทนที่ครัวเรือนได้รับจากภาคการผลิตเมื่อให้อุปทานแรงงานแก่ภาคการผลิต ณ เวลา t τ_t^l คือ อัตราภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา ณ เวลา t $\tau_t^l w_t l_t$ คือ ภาษีเงินได้บุคคลธรรมดาที่ภาคครัวเรือนจ่ายให้กับภาครัฐบาล ณ เวลา t τ_t^k คือ อัตราภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุน R_t^k คือ อัตราผลตอบแทนของการลงทุนในทุนกายภาพ ณ เวลา t ν_t คือ อัตราการใช้กำลังการผลิต ณ เวลา t k_{t-1} คือ การสะสมทุนในทุนกายภาพ ณ เวลา $t-1$ $R_t^k \nu_t k_{t-1}$ คือ ผลตอบแทนที่ภาคครัวเรือนได้รับจากภาคการผลิตหรือค่าเช่าปัจจัยทุน ณ เวลา t จากการลงทุนในทุนกายภาพ ณ เวลา $t-1$ $\tau_t^k R_t^k \nu_t k_{t-1}$ คือ ภาษีเงินได้จาการลงทุนที่หน่วยธุรกิจจ่ายให้กับภาครัฐบาล ณ เวลา t R_{t-1} คือ อัตราผลตอบแทนของการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาล ณ เวลา $t-1$ b_{t-1} คือ การลงทุนในพันธบัตรรัฐบาล ณ เวลา $t-1$ $R_{t-1}b_{t-1}$ คือ ผลตอบแทนที่ภาคครัวเรือนได้รับจากการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาลภาครัฐบาล ณ เวลา t จากการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาล ณ เวลา $t-1$ z_t คือ เงินโอนที่ภาคครัวเรือนได้รับจากภาครัฐบาล ณ เวลา t

สมการการสะสมทุน

$$k_t = \left(1-\delta\left(\nu_t\right)\right)k_{t-1} + \left[1 - s\left(\frac{u_t^i i_t}{i_{t-1}}\right)\right] i_t \tag{3.5}$$

สมการข้างต้นแสดงถึงการสะสมทุน ณ เวลา t เกิดจากการสะสมทุนจากช่วงเวลาก่อนหน้า $t-1$ โดยได้หักค่าเสื่อมของทุนออกไปแล้ว รวมกับการลงทุน ณ เวลา t โดยที่การลงทุน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นั้นต้องมีการปรับตัวในการลงทุน ซึ่งจะทำให้การลงทุนล่าช้าออกไป โดยที่อัตราการเสื่อมของทุนอยู่ในรูป quadratic ตามสมการ $\delta(\nu_t)=\delta_0+\delta_1(\nu_t-1)+\frac{\delta_2}{2}(\nu_t-1)^2$

โดยที่ k_t คือ การสะสมทุน ณ เวลา t $\delta(\cdot)$ คือ ฟังก์ชันของอัตราการเสื่อมของทุน δk_{t-1} คือ การเสื่อมของทุน ณ เวลา t-1 ν_t คือ อัตราการใช้กำลังการผลิต $s(\cdot)$ คือ ฟังก์ชันต้นทุนของการปรับตัวในการลงทุน i_t คือ การลงทุน ณ เวลา t u_t^i คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในการลงทุน

โดยการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในการลงทุนอยู่ในรูปแบบตามสมการ

$$\ln(u_t^i)=\rho^i\ln(u_{t-1}^i)+\sigma_i\varepsilon_t^i \qquad \varepsilon_t^i \sim N(0,1) \tag{3.6}$$

โดยที่ ρ^i คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในการลงทุน ณ เวลา $t-1$ u_{t-1}^i คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในการลงทุน ณ เวลา $t-1$ σ_i คือ สัมประสิทธิ์ของความคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในการลงทุน ε_t^i คือ ความคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในการลงทุน

3.1.2 ภาคธุรกิจ (Firms Sector)

ภาคการผลิตทำหน้าที่ผลิตสินค้า (y_t) โดยที่ $y_t=u_t^a(\upsilon_t k_{t-1})^\alpha l_t^{1-\alpha}$ เพื่อให้ได้กำไรสูงสุดตามฟังก์ชั่นการผลิตซึ่งใช้ทุนและแรงงานเป็นปัจจัยในการผลิตโดยรายได้ของหน่วยธุรกิจมาจากการขายสินค้าและมีต้นทุนคือค่าจ้างแรงงานและค่าเช่าทุน ทำให้สมการกำไรเป็นไปตามสมการ

$$\pi=u_t^a(\upsilon_t k_{t-1})^\alpha l_t^{1-\alpha}-w_t l_t-R_t^k \nu_t k_{t-1} \tag{3.7}$$

โดยที่ π คือ กำไรของหน่วยธุรกิจ α คือ สัดส่วนการใช้ปัจจัยทุนทางกายภาพในการผลิต $1-\alpha$ คือ สัดส่วนการใช้ปัจจัยแรงงานในการผลิต u_t^a คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี

โดยที่การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยีอยู่ในรูปแบบตามสมการ

$$\ln(u_t^a)=\rho^a\ln(u_{t-1}^a)+\sigma_a\varepsilon_t^a \qquad \varepsilon_t^a \sim N(0,1) \tag{3.8}$$

โดยที่ ρ^a คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี ณ เวลา $t-1$ u_{t-1}^a คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี ณ เวลา $t-1$ σ_a คือ สัมประสิทธิ์ของความคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี ε_t^a คือ ความคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสมการของภาคการผลิตข้างต้นสามารถหาสมการการตัดสินใจองของภาคธุรกิจได้ดังนี้

$$w_t = \frac{(1-\alpha)\,y_t}{l_t} \tag{3.9}$$

$$R_t^k \upsilon_t = \frac{\alpha y_t}{k_{t-1}} \tag{3.10}$$

3.1.3 ภาครัฐบาล (Government Sector)

ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณของภาครัฐบาลเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} B_t + \tau_t^k R_t^k \nu_t K_{t-1} + \tau_t^l \omega_t L_t + \tau_t^c C_t \\ = R_{t-1} B_{t-1} + G_t + Z_t \end{aligned} \tag{3.11}$$

งบประมาณของภาครัฐบาลถูกใช้ไปเพื่อเป็นการใช้จ่ายของรัฐบาล (G_t) เงินโอนของรัฐบาล (Z_t) และผลตอบแทนของพันธบัตรรัฐบาล ($R_{t-1}B_{t-1}$) โดยรัฐบาลได้นำเงินงบประมาณเหล่านี้มาจากการเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม ($\tau_t^c C_t$) ภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุน ($\tau_t^k R_t^k \nu_t K_{t-1}$) ภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา ($\tau_t^l \omega_t L_t$) และการออกพันธบัตรรัฐบาล (B_t)

การใช้นโยบายการคลังมีลักษณะที่สำคัญสามประการคือ หนึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวแปรรักษาเสถียรภาพโดยอัตโนมัติ (automatic stabilizer) คือ การปรับเปลี่ยนรายได้ รายจ่ายของรัฐบาลเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติตามการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจ กล่าวคือ ในช่วงเศรษฐกิจรุ่งเรือง รัฐบาลจะมีรายได้จากการเก็บภาษีเพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติเนื่องจากรายได้จากการเก็บภาษีขึ้นอยู่กับรายได้ประชาชาติหรือผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ โดยในช่วงที่ภาวะเศรษฐกิจรุ่งเรืองนี้รัฐบาลไม่จำเป็นต้องมีการใช้จ่ายของรัฐบาลและใช้เงินโอนของรัฐบาลมากนัก เนื่องจากประชาชนมีรายได้ดีอยู่แล้ว ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวก่อให้เกิดเสถียรภาพขึ้นโดยอัตโนมัติ ทำให้การเก็บภาษีมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับระดับรายได้ประชาชาติหรือระดับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ แต่การใช้จ่ายของรัฐบาลและเงินโอนขอรัฐบาลมีความสัมพันธ์ในรูปแบบผกผัน ส่วนลักษณะที่สองคือ เครื่องมือทางการคลังทุกตัวยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่มจะมีการตอบสนองต่อระดับหนี้สาธารณะโดยถ้าระดับหนี้สาธารณะในช่วงเวลาก่อนหน้าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ในช่วงเวลาปัจจุบันรัฐบาลจะมีการลดการใช้จ่ายของรัฐบาลและเงินโอนของรัฐบาลลงแต่จะมีการเพิ่มการเก็บภาษีขึ้น เพื่อเป็นการรักษาระดับหนี้สาธารณะให้มีเสถียรภาพ ลักษณะสุดท้ายคือ เนื่องจากผู้ใช้นโยบายการคลังได้มีการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของอัตราภาษี กล่าวคือ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันขึ้นในการเพิ่มอัตราภาษีตัวหนึ่งแล้วจะส่งผลกระทบต่ออัตราภาษี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอื่นๆเวลาเดียวกันด้วย จากลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถเขียนสมการของตัวแปรเชิงนโยบายการคลังได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\hat{G}_t = -\varphi_g \hat{Y}_t - \gamma_g \hat{B}_{t-1} + \hat{u}_t^g \tag{3.12}$$

$$\hat{\tau}_t^k = \varphi_k \hat{Y}_t + \gamma_k \hat{B}_{t-1} + \phi_{kl} \hat{u}_t^l + \phi_{kc} \hat{u}_t^c + \hat{u}_t^k \tag{3.13}$$

$$\hat{\tau}_t^l = \varphi_l \hat{Y}_t + \gamma_l \hat{B}_{t-1} + \phi_{kl} \hat{u}_t^k + \phi_{lc} \hat{u}_t^c + \hat{u}_t^l \tag{3.14}$$

$$\hat{\tau}_t^c = \phi_{kc} \hat{u}_t^k + \phi_{lc} \hat{u}_t^l + \hat{u}_t^c \tag{3.15}$$

$$\hat{Z}_t = -\varphi_z \hat{Y}_t - \gamma_z \hat{B}_{t-1} + \hat{u}_t^z \tag{3.16}$$

โดยที่รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันเป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$\hat{u}_t^g = \rho_g \hat{u}_{t-1}^g + \sigma_g \varepsilon_t^g \tag{3.17}$$

$$\hat{u}_t^k = \rho_k \hat{u}_{t-1}^k + \sigma_l \varepsilon_t^k \tag{3.18}$$

$$\hat{u}_t^l = \rho_l \hat{u}_{t-1}^l + \sigma_l \varepsilon_t^l \tag{3.19}$$

$$\hat{u}_t^c = \rho_c \hat{u}_{t-1}^c + \sigma_c \varepsilon_t^c \tag{3.20}$$

$$\hat{u}_t^z = \rho_z \hat{u}_{t-1}^z + \sigma_z \varepsilon_t^z \tag{3.21}$$

โดยที่ตัวแปร $\hat{G}_t, \hat{\tau}_t^k, \hat{\tau}_t^l, \hat{\tau}_t^c, \hat{Z}_t, \hat{Y}_t, \hat{B}_{t-1}, \hat{u}_t^i$ เป็นตัวแปรที่อยู่ในรูป log deviations φ_i คือ สัมประสิทธิ์ที่ตอบสนองต่อระดับผลผลิต ณ เวลา t โดย $\varphi_i \geq 0$ สำหรับ $i = \{g,k,l,z\}$ γ_i คือ สัมประสิทธิ์ที่ตอบสนองต่อระดับหนี้สาธารณะ ณ เวลา t โดย $\gamma_i \geq 0$ สำหรับ $i = \{g,k,l,z\}$ ϕ_{lc} คือ สัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างภาษีเงินได้บุคคลธรรมดากับภาษีมูลค่าเพิ่ม ϕ_{kl} คือ สัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุนกับภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา ϕ_{kc} คือ สัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุนกับภาษีมูลค่าเพิ่ม $\hat{u}_t^i$ คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของเครื่องมือทางการคลัง ณ เวลา t โดย $i = \{g,k,l,z\}$ ρ_i คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ณ เวลา $t-1$ โดย $i = \{g,k,l,z\}$ $\hat{u}_{t-1}^i$ คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของเครื่องมือทางการคลัง ณ เวลา $t-1$ โดย $i = \{g,k,l,z\}$ σ_i คือ สัมประสิทธิ์ของความคลาดเคลื่อน ε_t^i คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t โดย $i = \{g,k,l,z\}$

3.1.4 ดุลยภาพของตลาด

ระบบเศรษฐกิจแบบปิด

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \tag{3.22}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 โครงสร้างของแบบจำลองและวิธีแก้ปัญหา (Model construction and solution)

ขั้นตอนแรกเริ่มคือหาแนวทางการตัดสินใจ (decision rules) จากครัวเรือนและหน่วยธุรกิจ โดยการสร้างสมการ Lagrangian และหาเงื่อนไขลำดับที่หนึ่ง (first order condition : FOC) และหาเงื่อนไขดุลยภาพ หลังจากนั้นนำสมการเงื่อนไขลำดับที่หนึ่งและสมการดุลยภาพอื่นๆ เพื่อหาสถานคงตัว (steady state) และทำการ log-linearized โดยใช้ Taylor expansion เพื่อให้สมการอยู่ในรูปสมการเส้นตรงและจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปที่สามารถแก้แบบจำลองการคาดการณ์ที่มีเหตุผลที่เป็นเส้นตรง (Linear Rational Expectation) ด้วยวิธีของ Sim (2001) ดังนี้

$$\Gamma_0 y(t) = \Gamma_1 y(t-1) + C + \Psi z(t) + \Pi \eta(t) \qquad ; t = 1,\ldots,T \qquad (3.23)$$

โดยที่ $y(t)$ คือ ตัวแปรที่ถูกตัดสินใจมาล่วงหน้า (predetermined) เวลา t $y(t-1)$ คือ ตัวแปรที่ถูกตัดสินใจในเวลา $t-1$ C คือ เวคเตอร์ของค่าคงที่ $z(t)$ คือ ตัวรบกวนเชิงสุ่มจากภายนอก (exogenous random disturbance) $\eta(t)$ คือค่าความคลาดเคลื่อนคาดหวัง (expectation errors) โดยที่ $E_t\eta(t+1) = 0$ สำหรับ t ทุกตัว เทอม $\eta(t)$ ไม่ได้กำหนดจากภายนอกแต่ถูกแทนเป็นส่วนหนึ่งของผลลัพธ์ของแบบจำลอง แบบจำลองมีเทอมของความล่าช้าที่มากขึ้น หรือค่าคาดหวังของความล่าช้า หรือค่าคาดหวังของค่าในอนาคตซึ่งสามารถปรับให้เข้ากับโครงสร้างนี้โดยการเพิ่มเวคเตอร์ y

สมการ (3.23) เมตริกซ์ Γ_0 เป็นเมตริกซ์เอกฐาน (singular matrix) ทำให้ไม่สามารถหาเมตริกซ์ผกผันและเมตริกซ์ทแยงได้ ทำให้ต้องใช้เมตริกซ์สามเหลี่ยม (triangular matrix) แทนในการแก้สมการ โดยใช้วิธี QZ decomposition ตามสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} Q'\Lambda Z' &= \Gamma_0 \\ Q'\Omega Z' &= \Gamma_1 \end{aligned} \qquad (3.24)$$

โดยที่ $Q'Q = Z'Z = I$ ทั้ง Q และ Z เป็น ยูนิทารีเมตริกซ์ (unitary matrix) ส่วน Λ และ Ω เป็นเมตริกซ์สามเหลี่ยมบน (upper triangular) โดยให้ $w(t) = Z'y(t)$ เมื่อคูณสมการ (3.23) ด้วย Q จะได้

$$\Lambda w(t) = \Omega w(t-1) + QC + \Pi \eta(t) + Q\Psi z(t) \qquad (3.25)$$

การรวมค่าของอัตราส่วนระหว่างสมาชิกในแนวทแยงของเมตริกซ์ของ Ω และ Λ $\{\omega_{ii}/\lambda_{ii}\}$ เป็นค่า eigenvalue ที่อยู่ในรูปทั่วไป (generalized eigenvalue) ของ Γ_0 และ Γ_1 ทำการตรวจสอบเงื่อนไขของค่า eigenvalue ที่อยู่ในรูปทั่วไปที่จะทำให้เกิดคุณสมบัติ Unique โดยถ้ามี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติ Unique แล้วถือว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถหาผลลัพธ์ได้ เมื่อใส่ค่าสัมบูรณ์ในค่า eigenvalue ที่อยู่ในรูปทั่วไปแล้วจะเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ทำให้ค่าน้อยอยู่บล็อคบนและค่ามากจะไปอยู่ในบล็อคล่าง

$$\begin{aligned}\begin{bmatrix}\Lambda_{11} & \Lambda_{12}\\ 0 & \Lambda_{22}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}w_1(t)\\ w_2(t)\end{bmatrix} &= \begin{bmatrix}\Omega_{11} & \Omega_{12}\\ 0 & \Omega_{22}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}w_1(t-1)\\ w_2(t-1)\end{bmatrix}\\ &+\begin{bmatrix}Q_1\\ Q_2\end{bmatrix}\left(C+\Psi z(t)+\Pi\eta(t)\right)\end{aligned} \tag{3.26}$$

ข้อสังเกตสมาชิกบางตัวของเส้นทแยงมุมในเมตริกซ์แรก Λ_{22} อาจจะเป็นศูนย์แต่ Λ_{11} ไม่เป็นศูนย์ กล่าวโดยสรุปคือจะไม่เป็นศูนย์พร้อมกันทั้งสองตัวเว้นแต่ระบบของสมการจะไม่สมบูรณ์

การที่ eigenvalue ได้ถูกจัดกลุ่ม ดังนั้นส่วนล่างของเมตริกซ์ $\begin{bmatrix}\Lambda_{11} & \Lambda_{12}\\ 0 & \Lambda_{22}\end{bmatrix}$ ก็จะเป็นส่วนที่มีการขยายตัวอย่างไร้ขอบเขต ถึงแม้ว่าจะมี eigenvalue ที่ทำให้มีการขยายตัวอย่างไร้ขอบเขตทำให้ระบบไม่อยู่ในดุลยภาพและไม่สามารถหาผลลัพธ์ ระบบสมการข้างต้นก็สามารถให้ผลลัพธ์ได้ถ้าค่า eigenvalue ไม่ขยายตัวมากกว่าตัวรบกวนเชิงสุ่มจากภายนอก (z) และถ้าให้ $\begin{bmatrix}Q_1\\ Q_2\end{bmatrix}\left(C+\Psi z(t)+\Pi\eta(t)\right)$ คือ $x(t)$ และกำหนดให้ $M=\Omega_{22}^{-1}\Lambda_{22}$ สมการ (3.26) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned}Z_2'y(t)=w_2(t) &= Mw_2(t+1)-\Omega_{22}^{-1}x_2(t+1)\\ &= M^2\cdot w_2(t+2)-M\cdot\Omega_{22}^{-1}\cdot x_2(t+2)-\Omega_{22}^{-1}\cdot x_2(t+1)\\ &= -\sum_{s=1}^{\infty}M^{s-1}\cdot\Omega_{22}^{-1}\cdot x_2(t+s)\end{aligned} \tag{3.27}$$

สมการ (3.27) ชี้ให้เห็นว่าทางซ้ายมือของสมการสามารถทราบได้เมื่อเวลา t แต่ทางขวาของสมการจะเป็นองค์ประกอบของตัวแปรที่ $t+1$ หรือหลังจากนั้น ซึ่งเมื่อมีการใส่การคาดการณ์ (expected) ณ เวลาที่ t ก็จะทำให้ทางด้านซ้ายของสมการไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งสามารถเขียนได้ด้วย

$$\begin{aligned}Z_2'y(t)=w_2(t) &= -E_t\left[\sum_{s=1}^{\infty}M^{s-1}\cdot\Omega_{22}^{-1}\cdot x_2(t+s)\right]\\ &= -\sum_{s=1}^{\infty}M^{s-1}\cdot\Omega_{22}^{-1}\cdot x_2(t+s)\end{aligned} \tag{3.28}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสมการ (3.23) ซึ่งประกอบด้วยสมการเงื่อนไขลำดับที่หนึ่งจากการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมของตัวแทน สมการที่ (3.28) ก็เป็นระบบสมการที่แสดงถึงแนวทางการตัดสินใจ (decision rule) ของตัวแทนต่างๆในระบบเศรษฐกิจ

สมการสุดท้ายในสมการ (3.28) ประกอบด้วยเงื่อนไขของ x_2 ซึ่งอาจจะไม่สอดคล้องกับการอธิบายระบบเศรษฐกิจด้วยแบบจำลอง x_2 นั้นเป็นค่าคงที่โดยมีเทอมของ z และ η แต่ z เป็นกระบวนการสุ่มจากภายนอกที่คุณสมบัติไม่มีความสัมพันธ์กับ Γ_0 และ Γ_1 ดังนั้นถ้า x_2 ไม่มี η เป็นส่วนประกอบสมการ (3.28) จะเป็นไปไม่ได้ ถ้า x_2 มี η เป็นส่วนประกอบ องค์ประกอบสุ่มที่เกิดจากภายในก็จะมีการผันผวนเหมือนกับฟังก์ชันของ z ในอนาคต ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันทุกๆการเบี่ยงเบนของพจน์ทางขวามือของสมการ (3.28) ไปจากค่าคาดหวัง

แทน x ในสมการ (3.28) จะได้

$$\begin{aligned} Z_2'y(t) &= \left(\Lambda_{22}-\Omega_{22}\right)^{-1}Q_2C \\ &\quad - E_t\left[\sum_{s=1}^{\infty} M^{s-1}\Omega_{22}^{-1}Q_2\Psi z(t+s)\right] \\ &= \left(\Lambda_{22}-\Omega_{22}\right)^{-1}Q_2C \\ &\quad - \sum_{s=1}^{\infty} M^{s-1}\Omega_{22}^{-1}Q_2\left(\Psi z(t+s)+\Pi\eta(t+s)\right) \end{aligned} \tag{3.29}$$

จะเป็นจริงถ้า

$$Q_2\Pi\eta(t+s) = \sum_{s=1}^{\infty}\Omega_{22}M^{s-1}\Omega_{22}^{-1}Q_2\Psi\left(E_{t+1}z(t+s)-E_tz(t+s)\right) \tag{3.30}$$

กรณีของการไม่มีสหสัมพันธ์เชิงอนุกรมของ z เช่น $E_tz(t+s)=0$ สำหรับ $s>1$ ในกรณีของพจน์ทางขวามือของสมการ (3.30) คือพจน์ $Q_2\Psi z(t+1)$ ดังนั้นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการได้ผลลัพธ์ก็คือ สมการ (3.30) เป็นสเปซหลัก (column space) ของ $Q_2\Psi$ ซึ่งอยู่ใน $Q_2\Pi$

$$span(Q_2\Psi) \subset span(Q_2\Pi) \tag{3.31}$$

เงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นและพอเพียงเมื่อ $E_tz(t+1)=0$ สำหรับทุกๆ t เงื่อนไขที่จำเป็นและพอเพียงสำหรับผลลัพธ์นั้นไม่ได้คำนึงถึงรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของค่าคาดหวังในอนาคตตามแนวทางของ z คือ

$$span\left(\left\{\Omega_{22}M^{s-1}\Omega_{22}^{-1}Q_2\Psi\right\}_{s=1}^{n-k}\right) \subset span(Q_2\Pi) \tag{3.32}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ส่วนมากให้ความสำคัญกับเงื่อนไขที่จำเป็นและพอเพียงตามสมการที่ (3.32) แม้ว่า $E_t z(t+1)=0$ จะเป็นจริง เพราะว่าโดยปกติแล้วทฤษฎีไม่มีข้อจำกัดที่น่าเชื่อถือบนอนุกรมที่ขึ้นอยู่กับกระบวนการของ z

สมมติว่าระบบสมการมีผลลัพธ์เป็นสมการที่ (3.30) หรือ (3.27) ก็จะสามารถรวมกับสมการ (3.26) เพื่อให้ได้ระบบสมการที่สมบูรณ์ของ w ที่มีเสถียรภาพ อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ของระบบอาจจะไม่สามารถใช้ได้โดยตรงในการจำลอง (simulate) แบบจำลองหรือการกระจายตัวของ y จากกระบวนการที่ถูกกำหนดสำหรับ z เว้นแต่จะทำให้ไม่สัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนจากภายใน η จากสมการ (3.30) อาจจะกำหนด $Q_2\Pi\eta(t)$ จากข้อมูลที่มีอยู่ ณ เวลา t และทราบกระบวนการเชิงสุ่มสำหรับ z ระบบสมการอาจจะมีความเกี่ยวพันกับการแปลงเชิงเส้น (linear transformation) ของ η ใน $Q_1\Pi\eta(t)$ แต่ $Q_2\Pi\eta(t)$ ไม่เพียงพอที่จะบอกค่าของ $Q_1\Pi\eta(t)$ ซึ่งในกรณีการแก้ปัญหาของแบบจำลองมีหลายวิธี เพื่อให้มีวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียวคือเงื่อนไขที่จำเป็นและพอเพียงที่สเปซแถว (row space) ของ $Q_1\Pi\eta(t)$ อยู่ใน $Q_2\Pi\eta(t)$ โดยที่

$$Q_1\Pi\eta(t)=\Phi Q_2\Pi\eta(t) \tag{3.33}$$

ถ้าคูณสมการ (3.26) ด้วย $[I-\Phi]$ ทำได้สมการเซ็ทใหม่ที่ไม่เกี่ยวพันกับ η ซึ่งสามารถรวมกับสมการ (3.27) จะได้

$$\begin{aligned}\begin{bmatrix}\Lambda_{11} & \Lambda_{12}-\Phi\Lambda_{22}\\ 0 & I\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}w_1(t)\\ w_2(t)\end{bmatrix} &= \begin{bmatrix}\Omega_{11} & \Omega_{12}-\Phi\Lambda_{22}\\ 0 & 0\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}w_1(t-1)\\ w_2(t-1)\end{bmatrix}\\ &+\begin{bmatrix}Q_1-\Phi Q_2\\ (\Omega_{22}-\Lambda_{22})^{-1}Q_2\end{bmatrix}C\\ &+\begin{bmatrix}Q_1-\Phi Q_2\\ 0\end{bmatrix}\Psi z(t)\\ &-E_t\left[\sum_{s=1}^{\infty}M^{s-1}\Omega_{22}^{-1}Q_2\Psi z(t+s)\right]\end{aligned} \tag{3.34}$$

สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ y จะได้

$$y(t)=\Theta_1 y(t-1)+\Theta_c+\Theta_0 z(t)+\Theta_y\sum_{s=1}^{\infty}\Theta_f^{s-1}\Theta_z E_t z(t+s) \tag{3.35}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่

$$H=\begin{bmatrix}\Lambda_{11}^{-1} & -\Lambda_{11}^{-1}\Lambda_{12}-\Phi\Lambda_{22}\\ 0 & I\end{bmatrix};$$

$$\Theta_1=Z_1\Lambda_{11}^{-1}\left[\Omega_{11}\left(\Omega_{12}-\Phi\Omega_{22}\right)\right]Z;$$

$$\Theta_c=H\begin{bmatrix}Q_1-\Phi Q_2\\ \left(\Omega_{22}-\lambda_{22}\right)^{-1}Q_2\end{bmatrix}C;$$

$$\Theta_0=H\begin{bmatrix}Q_1-\Phi Q_2\\ 0\end{bmatrix}\Psi; \qquad (3.36)$$

$$\Theta_y=-H_2;$$

$$\Theta_f=M;$$

$$\Theta_z=\Omega_{22}^{-1}Q_2\Psi;$$

3.2.2 การวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนอง (Impulse Response Function: IRF)

ผลของแบบจำลองการคาดการณ์ที่มีเหตุผลที่เป็นเส้นตรง (Linear Rational Expectation) จะสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการ (3.35) จะได้

$$y(t)=G_1y(t-1)+impact\cdot z(t) \qquad (3.37)$$

โดยที่ $z(t)$ คือ white noise ส่วน $impact$ เป็นเมตริกซ์ที่กำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจอย่างไร G_1 เป็นเมตริกซ์ที่กำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจะส่งผลอย่างไรเมื่อเวลาผ่านไป

วิธีการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนอง (Impulse Response Function: IRFs) จะเริ่มต้นเมื่อสมมติให้ระบบอยู่ในสถานะคงตัว $y(0)=0$ โดย IRFs จะสร้างการปรับตัวของระบบสมการเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากตัวแปรภายนอก z ที่กระทบต่อตัวแปรภายใน และสามารถนำมาเปรียบเทียบกับเส้นทาง (Trajectory) ของระบบในกรณีที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

ถ้าตัวแปรทุกตัวใน $y(t)$ สามารถหาค่าได้และสามารถประมาณเมตริกซ์ G_1 ได้ และถูกลดรูปของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจากข้อมูลสามารถเขียนให้อยู่ในรูปต่อไปนี้

$$y(t)=\hat{G}_1y(t-1)+\hat{u}(t) \qquad (3.38)$$

โดยที่ $u(t)=impact\cdot z(t)$ คือเวคเตอร์ที่ประกอบด้วยผลรวมเชิงเส้น (linear combination) ของโครงสร้างของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน $z(t)$ โดยที่ค่ารบกวน (residual) ของ Vector Autoregressive: VAR ไม่ใช่โครงสร้างของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันแต่เป็นผลรวมเชิงเส้นของเมตริกซ์ $impact$ และตัวแปรภายนอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 การประมาณแบบจำลองด้วยวิธีการเบย์เซียน (Bayesian approach)

การประมาณเบย์เซี่ยน (Bayesian) เป็นการระบุคุณลักษณะของการแจกแจงก่อนหน้า (prior distribution) และการประมาณค่าความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) เพื่อหาการแจกแจงภายหลัง (posterior distribution) โดยการแจกแจงก่อนหน้าสามารถเป็นตัวถ่วงน้ำหนักกับฟังก์ชันความควรจะเป็นสูงสุด เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณมีความแม่นยำมากขึ้น โดยหลักการแล้วทั้งการแจกแจงก่อนหน้าและฟังก์ชันความควรจะเป็นสูงสุดถูกโยงกันไว้ด้วยกฎของเบย์ (Bayes' rule) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ตามสมการต่อไปนี้

$$p(\theta|y) \propto f(y|\theta)\, p(\theta) \tag{3.39}$$

โดยที่ $p(\theta|y)$ เป็นการแจกแจงภายหลัง ซึ่งเกิดจากการคูณกันของความควรจะเป็นสูงสุด $f(y|\theta)$ กับค่าการแจกแจงก่อนหน้า $p(\theta)$ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

วิธีการหาความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator : MLE)

การประมาณค่าโดยใช้วิธีการหาความควรจะเป็นสูงสุดเพื่อหาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสูงสุด เริ่มจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและแบบจำลอง โดยการประมาณค่าถูกพิจารณาแยกเป็นสองส่วน ส่วนแรกมาจากตัวแปรในแบบจำลอง $\hat{y}_t$ ส่วนที่สองเกิดจากความคลาดเคลื่อน u_t ที่เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$y_t^* = F\hat{y}_t + Gu_t \tag{3.40}$$

โดยที่ y_t^* คือ เวคเตอร์ของตัวแปรที่ถูกสังเกต F คือ เมตริกซ์ที่เชื่อมระหว่างตัวแปรภายในและข้อมูล u_t คือ เวคเตอร์ของค่าคลาดเคลื่อน และ G คือ เมตริกซ์ที่เชื่อมโยงกับค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่ถูกสังเกตแต่ละตัว โดยสมมติให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีคุณสมบัติแบบ Gaussian white noise

$$E(u_t) = 0; \qquad E(u_t u_t') = \Sigma_u; \;\; E(u_t u_s') = 0 \quad t \neq s; \quad u_t \sim N(0, \Sigma_u)$$

จากสมการ (3.34) แทนเมตริกซ์ G_1 และ *impact* ด้วย D และ E ตามลำดับ และรวมกับสมการที่ (3.37) สามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$\hat{y}_t = D\hat{y}_{t-1} + Ee_t \tag{3.41}$$

$$y_t^* = F\hat{y}_t + Gu_t \tag{3.42}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ $\hat{y}_0$ e_t, และ u_t มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ส่งผลให้ $\hat{y}_t$ และ y_t^* จะมีการแจกแจงแบบปกติด้วยเช่นกัน กำหนดให้ข้อมูลทั้งหมดแทนด้วย y^* สามารถเขียนฟังก์ชัน log-likelihood ได้เป็น

$$L\left(y^* \middle| \bar{y}^*, \Sigma_{y^*}\right) = -\frac{Tn}{2}\log 2\pi - \frac{1}{2}\log\left|\Sigma_{y^*}\right| - \frac{1}{2}\left(y^* - \bar{y}^*\right)' \Sigma_{y^*}^{-1}\left(y^* - \bar{y}^*\right) \qquad (3.43)$$

โดยที่ n คือ จำนวนของตัวแปรที่ถูกสังเกต T คือจำนวนช่วงเวลาของกลุ่มตัวอย่าง $\bar{y}^*$ คือ ค่าคาดหวังของ y^* และ Σ_{y^*} คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

การคำนวณสมการ (3.43) ต้องการข้อมูลตัวอย่างจำนวนหนึ่งและมีความซับซ้อนมาก จึงกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันความน่าจะเป็นโดยใช้การแยกพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อน (Predictor error decomposition) สามารถเขียนได้เป็น

$$L\left(y^* | \theta\right) = -\frac{Tn}{2}\log 2\pi - \frac{1}{2}\log\left|\Sigma_{y^*_{t|t-1}}\right| - \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{T}\left(y_t^* - \bar{y}_{t|t-1}^*\right)' \Sigma_{y^*}^{-1}\left(y_t^* - \bar{y}_{t|t-1}^*\right) \qquad (3.44)$$

โดยที่ $y_{t|t-1}^*$ คือ ตัวที่พยากรณ์ y_t^* โดยใช้ข้อมูล ณ เวลา $t-1$ $\Sigma_{y^*_{t|t-1}}$ คือ ตัวที่พยากรณ์เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของ y_t^* โดยใช้ข้อมูล ณ เวลา $t-1$ และ θ คือ เวคเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับ $y_{t|t-1}^*$ และ $\Sigma_{y^*_{t|t-1}}$ จากสมการ (3.43) และ(3.44) สามารถคำนวณแบบวนซ้ำ (Recursively) ได้โดยใช้วิธีการของ Kalman filter

จากสมการ (3.41) และ (3.42) ถูกนำไปอธิบายระบบของ linear state space โดยที่สมการ (3.41) เป็นสมการ Transition equations หรือสมการสถานะ (State equation) และสมการ (3.42) เป็นสมการ Measurement equations หรือสมการการสังเกตุ (Observation equation) และใช้ Kalman filter ในการประเมินการแจกแจงแบบมีเงื่อนไขที่สอดคล้องกับข้อมูลที่สังเกตในช่วงเวลา t โดยใช้ข้อมูลก่อนหน้าหนึ่งช่วงเวลาในการพยากรณ์ค่าที่เหมาะสมของ y_t^* และ Σ_{y^*} โดยเริ่ม ณ เวลา t ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. สำหรับช่วงเวลา $t=1$ กำหนดให้ $\hat{y}_{t|t-1}$ เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ไปข้างหนึ่งช่วงเวลา (one-step ahead) สำหรับช่วงเวลาที่ t และเทียบกับการพยากรณ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม $\Sigma_{t|t-1}^{\hat{y}}$

2. คำนวณหาการพยากรณ์ไปข้างหนึ่งช่วงเวลาของ $\hat{y}_{t|t-1}$ และ $\Sigma_{t|t-1}^{\hat{y}}$ จากสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$y^*_{t|t-1} = E\left(y^*_t \middle| t-1\right) = E\left(\left(F\hat{y}_t + Gu_t\right)\middle| t-1\right) = F\hat{y}_{t|t-1} \tag{3.45}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma_{y^*_{t|t-1}} &= E\left(y^*_t - y^*_{t|t-1}\right)\left(y^*_t - y^*_{t|t-1}\right)' \\
&= E\left(F\hat{y}_t + Gu_t - F\hat{y}_{t|t-1}\right)\left(F\hat{y}_t + Gu_t - F\hat{y}_{t|t-1}\right)' \\
&= E\left(F\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t-1}\right) + Gu_t\right)\left(\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t-1}\right)' F' + u'G'_t\right) \\
&= FE\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t-1}\right)\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t-1}\right)' F' + GE(u_t u'_t)G'
\end{aligned}$$

$$\Sigma_{y^*_{t|t-1}} = F\,\Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} F' + G\Sigma_u G' \tag{3.46}$$

3. เมื่อได้ข้อมูล ณ เวลา t คำนวณหาค่าควรน่าจะเป็นตามสมการ

$$\begin{aligned}
L\left(y^* \middle| \theta\right) = &-\frac{n}{2}\log 2\pi - \frac{1}{2}\log\left|\Sigma_{y^*_{t|t-1}}\right| \\
&-\frac{1}{2}\left(y^*_t - \overline{y}^*_{t|t-1}\right)' \Sigma^{-1}_{y^*}\left(y^*_t - \overline{y}^*_{t|t-1}\right)
\end{aligned} \tag{3.47}$$

4. ปรับปรุงข้อมูล ณ ช่วงเวลา t ที่ใช้พยากรณ์ $\hat{y}_{t|t}$ และ $\Sigma^{\hat{y}}_{t|t}$ จากสมการ

$$\hat{y}_{t|t} = \hat{y}_{t|t-1} + \Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} F' \Sigma^{-1}_{y^*_{t|t-1}}\left(y^*_t - y^*_{t|t-1}\right) \tag{3.48}$$

$$\Sigma^{\hat{y}}_{t|t} = \Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} - \Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} F' \Sigma^{-1}_{y^*_{t|t-1}} F \Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} \tag{3.49}$$

5. คำนวณการพยากรณ์ไปข้างหนึ่งช่วงเวลา ณ เวลา $t+1$ เพื่อหาค่า $\hat{y}_{t+1|t}$ และ $\Sigma^{\hat{y}}_{t+1|t}$ ตามสมการ

$$\hat{y}_{t+1|t} = E\left(\hat{y}_{t+1} \middle| t\right) = E\left(\left(D\hat{y}_t + Ee_{t+1}\right)\middle| t\right) = D\hat{y}_{t|t} \tag{3.50}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma^{\hat{y}}_{t+1|t} &= E\left(\hat{y}_{t+1} - \hat{y}_{t+1|t}\right)\left(\hat{y}_{t+1} - \hat{y}_{t+1|t}\right)' \\
&= E\left(D\hat{y}_t + Ee_{t+1} - D\hat{y}_{t|t}\right)\left(D\hat{y}_t + Ee_{t+1} - D\hat{y}_{t|t}\right)' \\
&= E[D\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t}\right)\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t}\right)' D' + Ee_{t+1}\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t}\right)' D' \\
&\quad + D\left(\hat{y}_t - \hat{y}_{t|t}\right)E'e'_{t+1} + Ee_{t+1}e'_{t+1}E'] \\
&= D\Sigma^{\hat{y}}_{t|t} D' + E\Sigma_e E'
\end{aligned}$$

$$\Sigma^{\hat{y}}_{t+1|t} = D\left(\Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} - \Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1} F' \Sigma^{-1}_{y^*_{t|t-1}} F \Sigma^{\hat{y}}_{t|t-1}\right) D' + E\Sigma_e E' \tag{3.51}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. ทำขั้นตอนที่สองถึงห้าซ้ำ สำหรับ $t = 2,3,4,\ldots T$

วิธีการการทำซ้ำนี้แสดงค่าความควรจะเป็นของค่าสังเกตแต่ละตัวซึ่งเมื่อแทนลงในสมการ (3.44) จะได้ค่าความควรจะเป็นของข้อมูลทั้งหมด การพยากรณ์ฟังก์ชันของเมตริกซ์ F, G และ Σ_u ซึ่งทราบค่าแล้ว ส่วนเมตริกซ์ D, E และ Σ_e ซึ่งเป็นฟังก์ชันของโครงสร้างของพารามิเตอร์ในแบบจำลองต้นแบบที่ต้องประมาณค่า

3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลารายปีย้อนหลัง 7 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2553 มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 หนี้สาธารณะ (หน่วย : ล้านบาท) ใช้ข้อมูลหนี้ที่รัฐบาลกู้โดยตรง จากศูนย์เทคโนโลยีและการสื่อสารกระทรวงการคลัง

3.3.2 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (หน่วย : ล้านบาท) ใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศแท้จริง (Real Gross Domestic Product) ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2531 จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

3.3.3 การบริโภคภาคเอกชน (หน่วย : ล้านบาท) ใช้ข้อมูลการใช้จ่ายในการบริโภคของครัวเรือน (Private consumption expenditure) ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2531 จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

3.3.4 การลงทุนภาคเอกชน (หน่วย : ล้านบาท) ใช้ข้อมูลการสะสมทุน (Real Gross Capital Formation) ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2531 จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

3.3.5 อัตราภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา (หน่วย : ร้อยละ) โดยเลือกใช้อัตราภาษีร้อยละ 10 เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ของประเทศที่ต้องเสียภาษีเงินได้บุคคลธรรมดากว่าร้อยละ 84 จ่ายภาษี ณ อัตรานี้ ซึ่งใช้ข้อมูลจากกรมสรรพากร

3.3.6 อัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม (หน่วย : ร้อยละ) โดยใช้อัตราภาษีร้อยละ 7 นำข้อมูลมาจากกรมสรรพากร

3.3.7 อัตราภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุน (หน่วย : ร้อยละ) โดยใช้อัตราภาษีร้อยละ 35 นำข้อมูลมาจากกรมสรรพากร

3.3.8 การใช้จ่ายของรัฐบาล (หน่วย : ล้านบาท) ใช้ข้อมูลรายจ่าย (Expenditure) จากศูนย์เทคโนโลยีและการสื่อสารกระทรวงการคลัง

3.3.9 เงินโอนของรัฐบาล (หน่วย : ล้านบาท) ใช้ข้อมูลจากศูนย์เทคโนโลยีและการสื่อสารกระทรวงการคลัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.10 ชั่วโมงการทำงาน (หน่วย : ชั่วโมง) ใช้ข้อมูลชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย/สัปดาห์ จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

3.4 พารามิเตอร์ที่ถูกหาค่า (Calibrated parameter)

ค่า Calibrated เป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่และไม่ต้องประมาณค่า ในการศึกษาครั้งนี้นำค่ามาจากการศึกษาของ Leeper et al. (2010) Tanboon. (2008) Chuantantikamon.(2008) และข้อมูลจริงจากสำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวปรับลด (β) กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.9926 อัตราการเสื่อมของทุน (δ_0) มีค่าเท่ากับ 0.025 สัดส่วนการใช้ปัจจัยทุนทางกายภาพในการผลิต (α) มีค่าเท่ากับ 0.35 อัตราส่วนระหว่างการใช้จ่ายของรัฐบาลกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (G/Y) มีค่าเท่ากับ 0.1996 อัตราส่วนระหว่างหนี้สาธารณะกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (B/Y) มีค่าเท่ากับ 0.4171 อัตราภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุน (τ^k) มีค่าเท่ากับ 0.184 อัตราภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา (τ^l) มีค่าเท่ากับ 0.223 และอัตราภาษีภาษีมูลค่าเพิ่ม (τ^c) มีค่าเท่ากับ 0.028

3.5 การแจกแจงก่อนหน้า (Prior distributions)

การกำหนดค่าการแจกแจงก่อนหน้า (prior) สำหรับพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า $p(\theta)$ ค่า prior แต่ละตัวคือฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของพารามิเตอร์ การกำหนดค่าของพารามิเตอร์มีพื้นฐานอยู่บนการศึกษาก่อนหน้าหรือมุมมองของนักวิจัย การกำหนดค่า prior เริ่มจากระบุค่าของการแจกแจงเช่น การแจกแจงแบบเบต้า (Beta) การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma) การแจกแจงแบบอินเวอร์สแกมมา (Inverse Gamma) และการแจกแจงแบบนอร์มอล (Normal) ต่อมาต้องระบุ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard deviation) ให้กับพารามิเตอร์ ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดค่าการแจกแจงก่อนหน้าตามการศึกษาของ Leeper et al. (2010) Forni et al. (2009) An และ Schorfheide (2007) โดยแสดงดังตารางต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยและการกระจายของค่าพารามิเตอร์ก่อนหน้า

พารามิเตอร์	การแจกแจง	ค่าเฉลี่ย	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
γ	Gamma	1.75	0.05
κ	Gamma	2.00	0.1
h	Beta	0.50	0.05
s	Gamma	5.00	0.05
δ_2	Gamma	0.70	0.05
γ_g	Gamma	0.40	0.20
γ_k	Gamma	0.40	0.20
γ_l	Gamma	0.40	0.20
γ_z	Gamma	0.40	0.20
φ_k	Gamma	0.5	0.30
φ_l	Gamma	0.50	0.25
φ_g	Gamma	0.07	0.05
φ_z	Gamma	0.20	0.10
ϕ_{kl}	Normal	0.25	0.10
ϕ_{kc}	Normal	0.05	0.10
ϕ_{lc}	Normal	0.05	0.10
ρ_a	Beta	0.7	0.2
ρ_b	Beta	0.7	0.2
ρ_{la}	Beta	0.7	0.2
ρ_i	Beta	0.7	0.2
ρ_g	Beta	0.7	0.2
ρ_k	Beta	0.7	0.2
ρ_l	Beta	0.7	0.2
ρ_c	Beta	0.7	0.2
ρ_z	Beta	0.7	0.2
σ_a	Inverse Gamma	1	4
σ_b	Inverse Gamma	1	4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	การแจกแจง	ค่าเฉลี่ย	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
σ_{la}	Inverse Gamma	1	4
σ_i	Inverse Gamma	1	4
σ_g	Inverse Gamma	1	4
σ_k	Inverse Gamma	1	4
σ_l	Inverse Gamma	1	4
σ_c	Inverse Gamma	1	4
σ_z	Inverse Gamma	1	4

การแจกแจงแบบเบต้าจะใช้สำหรับพารามิเตอร์ที่มีขอบเขตระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งพารามิเตอร์กลุ่มนี้ประกอบด้วย การยึดติดพฤติกรรมในอดีตของการบริโภค (h) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 และค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน $\left(\rho_a, \rho_b, \rho_{la}, \rho_i, \rho_g, \rho_k, \rho_l, \rho_c, \rho_z\right)$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.2

การแจกแจงแบบแกมมาจะใช้สำหรับพารามิเตอร์ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง ∞ โดยที่พารามิเตอร์กลุ่มนี้ประกอบด้วย ความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายของการบริโภค (γ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.75 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 ค่าส่วนกลับของความยืดหยุ่นในการอุปทานแรงงาน (κ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 ต้นทุนของการปรับตัวในการลงทุน (s) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.25 อัตราการเสื่อมของทุน (δ_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรหนี้สาธารณะ ($\gamma_g, \gamma_k, \gamma_l, \gamma_z$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.4 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรผลผลิตมวลรวมของการเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุน (φ_k) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรผลผลิตมวลรวมของการเก็บภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา (φ_l) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.25 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรผลผลิตมวลรวมของการใช้จ่ายของรัฐบาล (φ_g) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.05 และสัมประสิทธิ์ของตัวแปรผลผลิตมวลรวมของเงินโอนของรัฐบาล (φ_z) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแจกแจงแบบปกติจะใช้สำหรับพารามิเตอร์ที่เป็นจำนวนจริง โดยพารามิเตอร์กลุ่มนี้ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุนกับภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา (ϕ_{kl}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าทุนกับภาษีมูลค่าเพิ่ม (ϕ_{kc}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 และค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างภาษีเงินได้บุคคลธรรมดากับภาษีมูลค่าเพิ่ม (ϕ_{lc}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.1

การแจกแจงแบบอินเวอร์สแกมมาจะใช้สำหรับพารามิเตอร์ที่มีค่ามากกว่า 0 ถึง ∞ ซึ่งกำหนดให้เป็นการแจกแจงของความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลง $\left(\sigma_a,\sigma_b,\sigma_{la},\sigma_i,\sigma_g,\sigma_k,\sigma_l,\sigma_c,\sigma_z\right)$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 4

3.6 การหาค่าการแจกแจงภายหลัง (Posterior distributions)

หลังจากที่ทราบค่าความควรจะเป็น (likelihood) และกำหนดค่าก่อนหน้า (prior) แล้วจะสามารถประมาณค่าการแจกแจงภายหลัง(posterior distribution)ได้ โดยมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$p\left(\theta|y^*\right)=\frac{p\left(\theta,y^*\right)}{p\left(y^*\right)} \quad \Leftrightarrow p\left(\theta,y^*\right)=p\left(\theta|y^*\right)p\left(y^*\right) \qquad (3.52)$$

$$p\left(y^*|\theta\right)=\frac{p\left(\theta,y^*\right)}{p(\theta)} \quad \Leftrightarrow p\left(\theta,y^*\right)=p\left(y^*|\theta\right)p(\theta) \qquad (3.53)$$

โดยที่ $p\left(\theta|y^*\right)$ คือความหนาแน่นของพารามิเตอร์มีเงื่อนไขจากข้อมูล (Posterior) $p\left(\theta,y^*\right)$ คือความหนาแน่นของพารามิเตอร์และข้อมูล $p\left(y^*|\theta\right)$ คือความหนาแน่นของข้อมูลโดยมีเงื่อนไขจากพารามิเตอร์ (the likelihood) $p\left(\theta\right)$ คือค่าการแจกแจงก่อนหน้า (The prior) และ $p\left(y^*\right)$ คือ ความหนาแน่นส่วนเพิ่ม (The marginal density) ของข้อมูล แทนสมการ (3.53) ในสมการ (3.52) จะได้

$$p\left(\theta|y^*\right)=\frac{p\left(y^*|\theta\right)p\left(\theta\right)}{p\left(y^*\right)} \qquad (3.54)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสมการ (3.54) สังเกตได้ว่า $p\left(y^{*}\right)$ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นค่าคงที่ทำให้สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$p\left(\theta \middle| y^{*}\right) = p\left(y^{*} \middle| \theta\right) p(\theta) = K\left(\theta \middle| y^{*}\right) \tag{3.55}$$

โดยที่ $K\left(\theta \middle| y^{*}\right)$ คือ Posterior kernel ปรับสมการโดยการใช้ *logarithm* จะได้

$$\begin{aligned} \ln K\left(\theta \middle| y^{*}\right) &= \ln p\left(y^{*} \middle| \theta\right) + \ln p(\theta) \\ &= L\left(y^{*} \middle| \theta\right) + \ln p(\theta) \end{aligned} \tag{3.56}$$

สมมติให้ prior มีการแจกแจงแบบอิสระ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการนี้

$$K\left(\theta \middle| y^{*}\right) = L\left(y^{*} \middle| \theta\right) + \sum_{x=1}^{I} \ln p\left(\theta_{x}\right) \tag{3.57}$$

โดยที่ I คือจำนวนของพารามิเตอร์ที่ถูกประมาณค่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากสมการในแบบจำลองไม่เป็นเส้นตรงทำให้มีความซับซ้อนในการประมาณค่า θ ดังนั้นการวิเคราะห์จึงใช้วิธีการเชิงตัวเลข (numerical method) จากสมการ (3.57) หาค่าสูงสุดเทียบกับ θ เพื่อประมาณค่าฐานนิยม (Mode) ของการแจกแจงภายหลัง โดยใช้สัญลักษณ์เป็น θ_{m} สำหรับเมตริกซ์ Hessian จะถูกประมาณค่าจากค่าฐานนิยม $H\left(\theta^{m}\right)$ ในการคำนวณใช้ optimization routine (csminwel) ที่พัฒนาโดย Christopher Sims

กระบวนการจำลองการกระจายภายหลังใช้หลักการ Markov Chain Monte Carlo (MCMC) โดยใช้วิธี Metropolis Hasting (MH) เป็นเครื่องมือในการจำลองการแจกแจงภายหลัง แนวความคิดทั่วไปของกระบวนการ Markov-Chain เป็นการสร้างลำดับค่าพารามิเตอร์ที่ถูกประมาณหลังจากนั้นใช้ความถี่ที่ได้จากการประมาณค่าแต่ละครั้งไปสร้างฮิสโตแกรมเพื่อจำลองการแจกแจงภายหลัง โดยที่กระบวนการเริ่มจากกำหนดค่า candidate จาก Jumping distribution โดยที่ค่าที่เลือกนั้นมีการแจกแจงปกติ และใช้ค่าฐานนิยมของการแจกแจงภายหลังเป็นค่าเฉลี่ย (θ^{t-1}) และ อินเวิร์สของเมตริกซ์ Hessian ของฐานนิยมของการแจกแจงภายหลัง (inverse hessian at posterior mode) ($\Sigma_{\theta m}$) คูณกับค่าคงที่ (c) ใช้เป็นความแปรปรวน ($c\Sigma_{\theta m}$) ต่อจากนั้นนำค่า Candidate ที่เลือกมาหาสัดส่วนของความหนาแน่นของค่า Candidate เทียบกับสัดส่วนความหนาแน่นของพารามิเตอร์เดิม ซึ่งถ้ายอมรับค่า Candidate แล้วจะต้องปรับปรุงค่าเฉลี่ยเพื่อทำการประมาณซ้ำในรอบต่อไป ซึ่งสรุปขั้นของกะบวนการทำงานได้ดังนี้

1. พิจารณา jumping distribution สำหรับพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

$$J\left(\theta \middle| \theta^{t-1}\right) = N\left(\theta^{t-1}, c\Sigma_{\theta m}\right) \tag{3.58}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ θ^{t-1} คือค่าเฉลี่ยของ jumping distribution $\Sigma_{\theta m}$ คือความแปรปรวนของการแจกแจง และ c คือ scale factor

2. วาดโครงร่างของการประมาณค่าใหม่ θ^{*} จากการแจกแจง Jumping distribution
3. คำนวณค่า r ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ posterior kernel จากการประมาณของโครงร่างใหม่ $K\left(\theta^{*}\middle|y^{*}\right)$ กับ posterior kernel จากการประมาณโครงร่างก่อนหน้า $K\left(\theta^{t-1}\middle|y^{*}\right)$

$$r = \frac{K\left(\theta^{*}\middle|y^{*}\right)}{K\left(\theta^{t-1}\middle|y^{*}\right)} \qquad (3.59)$$

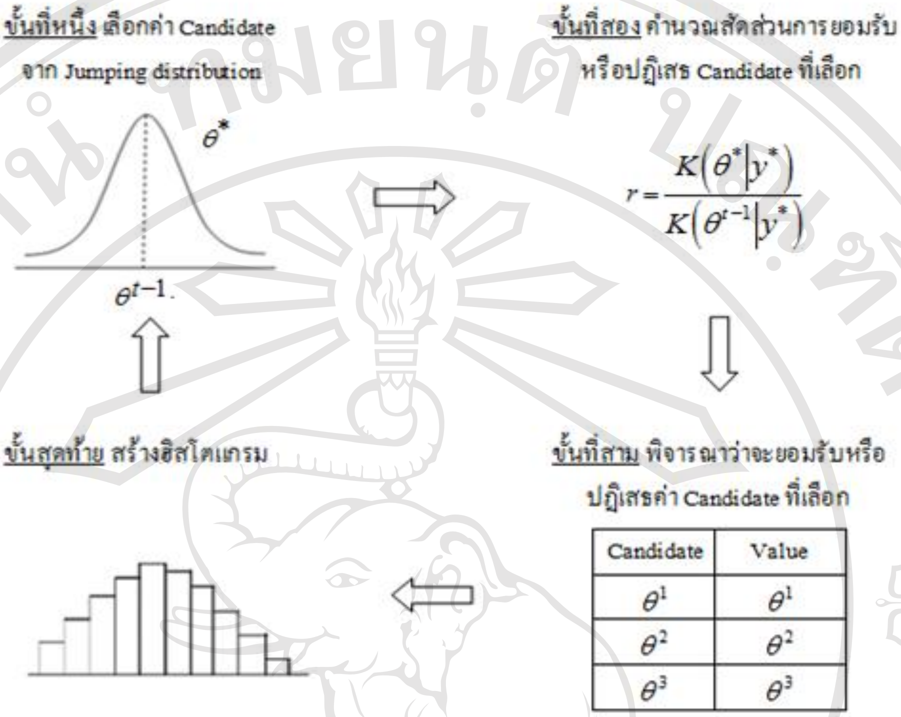
4. การยอมรับหรือปฏิเสธค่า θ^{*} ของการประมาณเป็นไปตามกฎต่อไปนี้

$$\theta^{t} = \begin{cases} \theta^{*} & \textit{with probaility} \min(r,1) \\ \theta^{t-1} & \textit{otherwise} \end{cases}$$

5. ถ้ายอมรับ θ^{*} แล้วจะต้องอัพเดตค่าเฉลี่ยของการแจกแจง แต่ถ้าเป็นกรณีอื่นให้ใช้ค่า θ^{t-1}
6. ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนสองถึงห้า
7. ทำซ้ำจนกระทั่งได้ค่าที่ยอมรับที่เพียงพอเพื่อนำไปสร้างฮิสโตแกรม

โดยที่ค่า r ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่สาม ถ้า $r > 1$ จะเก็บค่า θ^{*} ไว้เพื่อนำไปสร้างฮิสโตแกรมเนื่องจากมีค่ามากกว่าค่า θ^{t-1} แต่ถ้า $0 \le r \le 1$ ค่าที่นำไปสร้างฮิสโตแกรมของ θ^{*} จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จาก θ^{t-1}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



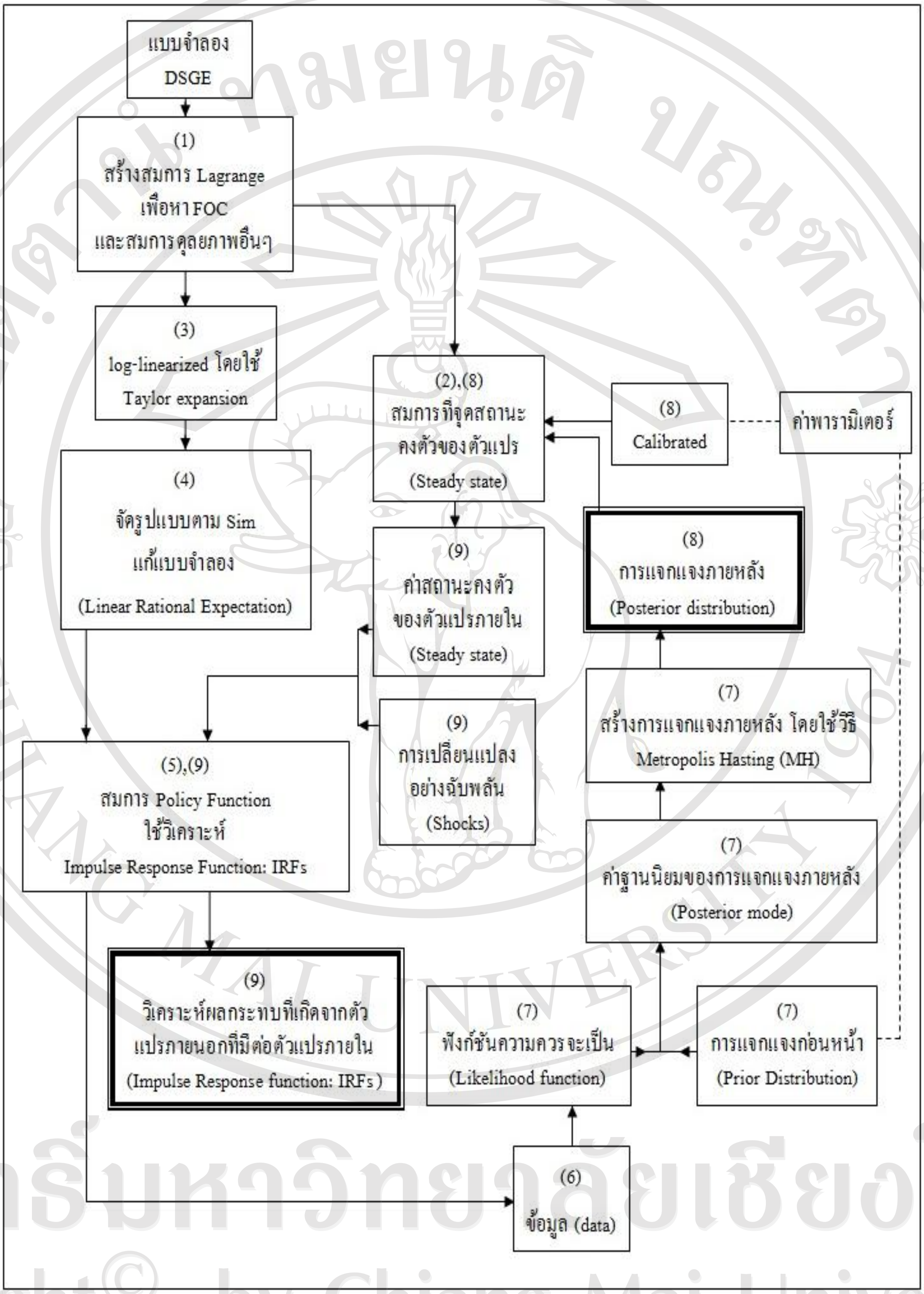
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของ Metropolis Hasting (MH) ในการสร้างการแจกแจงภายหลัง

จากรูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของ MH จะเลือกค่า Candidate จาก jumping distribution มาหนึ่งค่าแล้วพิจารณาว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธค่า Candidate ถ้าหากยอมรับกระบวนการ MH จะทำซ้ำจนกระทั่งได้ค่าที่ยอมรับที่เพียงพอเพื่อนำไปสร้างฮิสโตแกรม

3.7 สรุปขั้นตอนของวิธีการศึกษา

การศึกษานี้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนซึ่งประกอบไปด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองด้วยวิธีเบย์เซียน (Bayesian Approach) และการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรภายนอกที่มีต่อตัวแปรภายใน (Impulse Response Function: IRFs) สามารถสรุปเป็นขั้นตอนตามรูปที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของวิธีการศึกษาเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์และวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรภายนอกที่มีต่อตัวแปรภายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. นำแบบจำลองไปหาแนวทางการตัดสินใจ (decision rules) ของครัวเรือนและหน่วยธุรกิจ โดยการสร้างสมการ Lagrangian และหาเงื่อนไขลำดับที่หนึ่ง (first order condition : FOC) เพื่อให้ได้เงื่อนไขดุลยภาพ และหาสมการดุลยภาพอื่นๆ

2. นำสมการเงื่อนไขลำดับที่หนึ่งและสมการดุลยภาพอื่นๆ ไปหาสมการที่สถานะคงตัวของตัวแปร (steady state)

3. นำสมการเงื่อนไขลำดับที่หนึ่งและสมการดุลยภาพอื่นๆ ไปทำ log-linearized โดยใช้ Taylor expansion เพื่อให้สมการอยู่ในรูปสมการเส้นตรง

4. จัดรูปแบบสมการในขั้นตอนที่ 3ให้อยู่ในรูปที่สามารถแก้แบบจำลองการคาดการณ์ที่มีเหตุผลที่เป็นเส้นตรง (Linear Rational Expectation) ด้วยวิธีของ Sim (2001) ตามสมการที่ (3.23)

5. เมื่อทำการหาแบบจำลองจากขั้นตอนที่ 4 จะได้สมการ Policy function ตามสมการที่ (3.37) เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรภายนอกที่มีต่อตัวแปรภายใน (Impulse Response Function: IRFs) แต่การวิเคราะห์ดังกล่าวจำเป็นต้องมีค่าพารามิเตอร์และค่าสถานะคงตัว (steady state) ซึ่งค่าสถานะคงตัวสามารถคำนวณหาได้จากแบบจำลอง ส่วนการหาค่าพารามิเตอร์หาได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบย์เซียน (Bayesian Approach)

6. การหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบย์เซียนเพื่อหาค่าการแจกแจงภายหลัง (Posterior distribution) โดยค่าการแจกแจงภายหลังเกิดจากองค์ประกอบหลักสองส่วนคือค่าการแจกแจงก่อนหน้า (prior distribution) และค่าความควรจะเป็น (likelihood function) เป็นไปตามสมการ (3.39) โดยที่ค่าการแจกแจงก่อนหน้าเกิดจากการกำหนดของผู้วิจัยโดยอยู่บนพื้นฐานของงานวิจัยที่ผ่านมาและมุมของของผู้วิจัยเอง ส่วนค่าความควรจะเป็นสูงสุดสามารถประมาณค่าได้จากข้อมูล

7. ค่าการแจกแจงก่อนหน้าและค่าความควรจะเป็นสูงสุดจะถูกใช้ในการหาค่าฐานนิยมของการแจกแจงภายหลัง (Posterior mode) ซึ่งค่าฐานนิยมนี้เองจะถูกนำไปใช้หาค่าการแจกแจงภายหลัง (Posterior distribution) โดยวิธี Metropolis Hasting (MH) ซึ่งอยู่บนหลักการของ Markov Chain Monte Carlo (MCMC)

8. นำค่าการแจกแจงภายหลังที่ได้จากขั้นตอนที่ 7 และค่า Calibrated นำไปหาค่าสถานะคงตัว (steady state) ผ่านสมการที่สถานะคงตัวของตัวแปรที่ได้ในขั้นตอนที 2 จะได้ค่าสถานะคงตัว

9. เมื่อทราบค่าสถานะคงตัวและสมการ Policy function จากขั้นตอนที่ 5 และเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันเกิดขึ้นจะสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรภายนอกที่มีต่อตัวแปรภายในได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved