บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้พิจารณาจากทฤษฎีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจตามแบบจำลองของ Solow (The Solow Growth Model) ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยการผลิต 3 ชนิด ได้แก่ ทุน แรงงาน และเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตของกลุ่มประเทศในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (GMS)

จากฟังก์ชันการผลิต

$$Y_t = A_t F(K_t, L_t) \tag{3.1}$$

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปผลผลิตต่อหัวเป็น

$$y_t = A_t f(k_t) \tag{3.2}$$

โดยที่	Y_t	คือ	ผลผลิตทั้งหมดที่ผลิตได้ ณ เวลา t
	K_t	คือ	ทุน (Capital) ณ เวลา t
	L_t	คือ	แรงงาน (Labour) ณ เวลา t
	y_t	คือ	ผลผลิตต่อประชากร ณ เวลา
	k_t	คือ	ทุนต่อประชากร ณ เวลา t
	A_t	คือ	เทคโนโลยี (Technology) และปัจจัยอื่นๆ ณ เวลา t

จากฟังก์ชันการผลิตที่มีแนวคิดเชื่อว่าการใช้จ่ายของภาครัฐบาลมีผลต่อปริมาณการผลิตและอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจโดยพิจารณาตามลักษณะการใช้จ่ายของภาครัฐบาลคือ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภคและการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน

ก. การใช้จ่ายของรัฐบาลเพื่อการบริโภค (Gc) เป็นการใช้จ่ายของภาครัฐบาลที่ไม่ก่อให้เกิดการผลิตและการสะสมทุนโดยตรง (Unproductive Government Spending) จึงสามารถเขียนข้อจำกัดทางทรัพยากรของระบบเศรษฐกิจ คือ

$$c_t + i_t + g_t = y_t = f(k_t) \tag{3.3}$$

ตามกฎของการสะสมทุนมวลรวมของระบบเศรษฐกิจโดยสินค้าทุนต่อประชากรจะมีเปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาที่ t เป็น t+1 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราเสื่อมสภาพของสินค้าทุน δ และอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร n จึงสามารถเขียนสมการสินค้าต่อประชากร

$$k_{t+1} = (1 - \delta + n)k_t + i_t \tag{3.4}$$

จะได้ $$k_{t+1} - k_t = -(\delta + n)k_t + i_t \tag{3.5}$$

เนื่องจาก $$f(k_t) = c_t + i_t + g_t \tag{3.6}$$

ดังนั้น $$i_t = f(k_t) - c_t - g_t \tag{3.7}$$

แทนค่าสมการ (3.7) ลงในสมการ (3.5) จะได้

ซึ่งจะได้สมการพลวัตของสินค้าทุนต่อประชากร ดังนี้

$$k_{t+1} - k_t = f(k_t) - (\delta + n)k_t - c_t - g_t \tag{3.8}$$

โดยที่ k_{t+1} และ k_t คือ ทุนต่อประชากร ณ เวลา t+1 และ t

δ คือ อัตราการเสื่อมสภาพของสินค้าทุน

n คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร

เนื่องจากการใช้จ่ายของภาครัฐบาลจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนการจัดเก็บภาษีรายได้ ในอัตรา $\tau \geq 0$ ดังนั้นการใช้จ่ายของภาครัฐบาลจะเป็น

$$g_t = \tau y_t \tag{3.9}$$

รายได้สุทธิหลังหักภาษีของครัวเรือน คือ $(1-\tau)\, y_t$ โดยสมมติให้สัดส่วนการบริโภคและการลงทุนเป็น $(1-s)$ และ s ของรายได้สุทธิหลังหักภาษี

$$c_t = (1 - s)(y_t - g_t) \tag{3.10}$$

$$i_t = s(y_t - g_t) \tag{3.11}$$

ดังนั้น สมการพลวัตของสินค้าทุนสามารถเขียนได้ ดังนี้

$$\gamma_t = \frac{k_{t+1} - k_t}{k_t} = s(1 - \tau)\emptyset(k_t) - (\delta + n) \tag{3.12}$$

ซึ่ง $\emptyset(k_t) \equiv f(k)/k$ เมื่อกำหนดให้ s และ k_t คงที่ อัตราการเจริญเติบ γ_t ลดลงตาม τ ที่ Steady state สำหรับค่า $\tau \in [0,1)$ จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$k^* = \emptyset^{-1}\left(\frac{\delta+n}{s(1-\tau)}\right) \tag{3.13}$$

เมื่อกำหนดให้ s คงที่ k^* จะลดลงตาม τ

ข. การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน (Gi) เป็นการใช้จ่ายเพื่อการสะสมทุนและเป็นการใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลผลิตโดยตรง (Productive Government Spending)

สมมติให้ฟังก์ชันการผลิตอยู่ในรูป

$$y_t = f(k_t, g_t) = k_t^{\alpha} g_t^{\beta} \tag{3.14}$$

โดยที่ $\alpha > 0, \beta > 0$ และ $\alpha + \beta < 1$ ดังนั้นการใช้จ่ายของรัฐบาลประเภทนี้ใช้แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานหรือบริการด้านการผลิตอื่นๆจึงสามารถเขียนข้อจำกัดทางทรัพยากรของระบบเศรษฐกิจ คือ

$$c_t + i_t + g_t = y_t = f(k_t, g_t) \tag{3.15}$$

สมมติให้การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเก็บภาษีตามสัดส่วนของรายได้ในอัตรา τ ส่วนการบริโภคและการลงทุนของภาคเอกชนเป็นสัดส่วน $(1-s)$ และ s ของรายได้สุทธิหลังหักภาษีของภาคครัวเรือนจะได้ว่าสมมติให้การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเก็บภาษีตามสัดส่วนของรายได้ในอัตรา τ ส่วนการบริโภคและการลงทุนของภาคเอกชนเป็นสัดส่วน $(1-s)$ และ s ของรายได้สุทธิหลังหักภาษีของภาคครัวเรือนจะได้ว่า

$$g_t = \tau y_t \tag{3.16}$$

$$c_t = (1-s)(y_t - g_t) \tag{3.17}$$

$$i_t = s(y_t - g_t) \tag{3.18}$$

แทนค่าสมการ (3.16) ลงในสมการ (3.14) จะได้

$$y_t = k_t^{\frac{\alpha}{1-\beta}} \tau^{\frac{\beta}{1-\beta}} \equiv k_t^{a} \tau^{b} \tag{3.19}$$

ซึ่ง $a \equiv \frac{\alpha}{(1-\beta)}$ และ $b \equiv \frac{\beta}{(1-\beta)}$

ดังนั้น อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจะเท่ากับ

$$\gamma_t = \frac{k_{t+1}-k_t}{k_t} = s(1-\tau)\tau^b {k_t}^{a-1} - (\delta + n) \qquad (3.20)$$

ที่ Steady State

$$k^* = \left(\frac{s(1-\tau)\tau^b}{\delta+n}\right)^{1/(1-\alpha)} \qquad (3.21)$$

เมื่อพิจารณาอัตรา τ ที่ทำให้ k^* หรือ γ_t สูงที่สุดสำหรับ k_t ใดๆนั่น คือ

จากการทำ 1st difference $\frac{d}{d^\tau}\left[(1-\tau)\tau^b\right] = 0$ (3.22)

จากสมการ (3.22) จะได้

$$b\tau^{b-1} - (1+b)\tau^b = 0 \qquad (3.23)$$

และจากสมการ (3.23) จะได้

$$\tau = \frac{b}{(1+b)} = \beta \qquad (3.24)$$

ดังนั้น ค่า τ ที่ทำให้ k^* หรือ γ_t สูงที่สุดจะมีค่าเท่ากับค่าความยืดหยุ่นของการผลิตต่อการใช้จ่ายของภาครัฐบาลนั่นคือ เมื่อผลิตภาพของการใช้จ่ายของภาครัฐบาลสูงขึ้นก็จะทำให้จำนวนสินค้าทุนและอัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจสูงขึ้น

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้จ่ายของภาครัฐบาลและผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศนี้ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิแบบพาแนล (Panel Data) ของกลุ่มประเทศ GMS เป็นรายปีย้อนหลัง 22 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 ถึงปี พ.ศ.2553 จำนวน 5 ประเทศ โดยมีจำนวนค่าสังเกตในการศึกษาทั้งหมด 110 ค่าสังเกต มีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านดอลลาร์สหรัฐ) จากฐานข้อมูลดัชนีการพัฒนาโลก (World Development Indicator: WDI)

3.2.2 ข้อมูลการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาลของกลุ่มประเทศGMS ณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ. 2543 (หน่วย: ล้านดอลลาร์สหรัฐ) จากฐานข้อภาครัฐบาลมูลดัชนีการพัฒนาโลก (World Development Indicator: WDI)

3.2.3 ข้อมูลการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภคของกลุ่มประเทศ GMS ณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านดอลลาร์สหรัฐ) จากฐานข้อมูลดัชนีการพัฒนาโลก (World Development Indicator: WDI)

3.2.4 ข้อมูลการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุนของกลุ่มประเทศGMS ณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านดอลลาร์สหรัฐ) จากฐานข้อมูลดัชนีการพัฒนาโลก (World Development Indicator: WDI)

3.3 วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลพาแนลที่มีลักษณะของข้อมูลภาคตัดขวางและอนุกรมเวลาร่วมกัน โดยกำหนดให้ $\ln(\mathrm{GDP})_{it}$ แทนข้อมูลพาแนลของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐฯ)ในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) และ $\ln(\mathrm{Gt})_{it}$ แทนข้อมูลการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาลณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐฯ) $\ln(\mathrm{Gc})_{it}$ แทนข้อมูลการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภคณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐฯ)ในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) และ $\ln(\mathrm{Gi})_{it}$ แทนข้อมูลการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน ณ ราคาคงที่ ปีพ.ศ.2543 (หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐฯ)ในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) เพื่อเป็นการลดความผันผวนของข้อมูลและทำให้ค่าของข้อมูลที่นำมาศึกษามีความต่อเนื่องกันโดยมีข้อมูลภาคตัดขวางจำนวน 5 ประเทศ และข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวน 22 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 ถึงปี พ.ศ.2553 ดังนั้น $i = 1,2 \ldots,5$ และ $t = 1,2 \ldots.22$ จำนวนค่าสังเกตของข้อมูลในการศึกษาทั้งหมด 110 ค่าสังเกต

ดังนั้น ขั้นตอนในการศึกษาครั้งนี้จะทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยการทดสอบพาแนลยูนิทรูท (Panel Unit Root Tests) เป็นอันดับแรกเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูลที่นำมาใช้ จากนั้นจึงนำข้อมูลมาทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวด้วยวิธีพาแนลโคอินทิเกรชัน (Panel Cointegration Testing) ต่อมาจึงทดสอบสมการพาแนลเพื่อทำการทดสอบว่าควรทำการประมาณแบบจำลองในรูปแบบใดจะเหมาะสมที่สุด (Panel Equation Testing) ต่อมาจึงทำการประมาณค่าแบบจำลองพาแนลเพื่อดูอิธพลของตัวแปรต่างๆ (Panel Estimation Testing) จากนั้นจึงทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะสั้นโดยใช้ (Error Correction Machanism: ECM) และสุดท้ายเป็นการทดสอบความเป็นเหตุเป็นผลแบบ (Granger Causality Test)

3.3.1 การทดสอบพาแนลยูนิทรูท (Panel Unit Root Tests)

เนื่องจากข้อมูลพาแนลมีลักษณะของข้อมูลภาคตัดขวางและข้อมูลอนุกรมเวลาร่วมกันจึงทำการทดสอบความนิ่งตัวแปร $\ln(\mathrm{GDP})_{it}$, $\ln(\mathrm{Gt})_{it}$, $\ln(\mathrm{Gc})_{it}$ และ $\ln(\mathrm{Gi})_{it}$ ก่อนเพื่อหลีกเลี่ยง

ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) ที่ไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ที่ไม่แท้จริง (Spurious Regression) อีกทั้งเป็นการทดสอบตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาว่ามีลักษณะนิ่ง (Integrated of order 0 : I(0)) หรือ ไม่นิ่ง (Integrated of Order d : I(d) > 0) โดยการทดสอบนี้จะเป็นส่วนสำคัญสำหรับการออกแบบการศึกษาในขั้นตอนต่อไปการทดสอบพาแนลยูนิทรูทในครั้งนี้เลือกใช้วิธีการทดสอบ LLC (2000), IPS (2003) และ Fisher Type Test โดยใช้ ADF-Test และ PP-Test ตาม (Maddala and Wu (1999) และ Choi (2001)) ที่กำหนดให้มีค่าคงที่ (Intercept) และแนวโน้มเวลา (Trend) แตกต่างกันไปภายใต้สมมติฐานว่างคือข้อมูลมียูนิทรูทเมื่อพิจารณาจากสมการ Augmented Dickey-Fuller (ADF) จะได้ว่า

$$\Delta y_{it} = \rho y_{i,t-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL}\Delta y_{it-L} + \alpha_{mi}d_{mt} + \varepsilon_{it}\,, \qquad m = 1,2,3 \tag{3.25}$$

โดยที่สมมติฐานในการทดสอบ คือ

$H_0: \rho_i = 0$ (ข้อมูลพาแนลมียูนิทรูท)

$H_a: \rho_i < 0$ (ข้อมูลพาแนลไม่มียูนิทรูท)

$\rho_i = 0$ สำหรับ $i = N_1 + 1, N_1 + 2, \ldots, N$

ดังนั้นสมการที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$$\Delta \ln(GDP)_{it} = \rho_i \ln(GDP)_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL}\,\Delta \ln(GDP)_{it-L} + \alpha_{mi}d_{mt} + \varepsilon_{it} \tag{3.26}$$

$$\Delta \ln(Gt)_{it} = \rho_i \ln(Gt)_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL}\,\Delta \ln(Gt)_{it-L} + \alpha_{mi}d_{mt} + \varepsilon_{it} \tag{3.27}$$

$$\Delta \ln(Gc)_{it} = \rho_i \ln(Gc)_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL}\,\Delta \ln(Gc)_{it-L} + \alpha_{mi}d_{mt} + \varepsilon_{it} \tag{3.28}$$

$$\Delta \ln(Gi)_{it} = \rho_i \ln(Gi)_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL}\,\Delta \ln(Gi)_{it-L} + \alpha_{mi}d_{mt} + \varepsilon_{it} \tag{3.29}$$

โดยที่ $\Delta \ln(GDP)_{it}$ คือ ผลต่างของ $\ln(GDP)_{it}$

$\Delta \ln(Gt)_{it}$ คือ ผลต่างของ $\ln(Gt)_{it}$

$\Delta \ln(Gc)_{it}$ คือ ผลต่างของ $\ln(Gc)_{it}$

$\Delta \ln(Gi)_{it}$ คือ ผลต่างของ $\ln(Gi)_{it}$

p_i คือ จำนวน Lag order ของ $\Delta\ln(GDP)_{it}$ $\Delta\ln(Gt)_{it}$, $\Delta\ln(Gc)_{it}$ และ $\Delta\ln(Gi)_{it}$

α_{mi} คือ เวกเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์

d_{mt} คือ ตัวแสดงลักษณะตัวแปรโดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะได้แก่ d_{1t} = เซ็ทว่าง, $d_{2t} = \{1\}$ และ $d_{3t} = \{1, t\}$

ε_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ในการพิจารณาจะดูว่าค่าสถิติ t_ρ^* ที่ได้จากการประมาณมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (Critical) แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือข้อมูลพาแนลไม่มียูนิทรูท แต่ถ้าค่าสถิติ t_ρ^* ที่ได้น้อยกว่าค่าวิกฤติแสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลักนั่นคือข้อมูลพาแนลมียูนิทรูท

เมื่อทำการทดสอบพาแนลยูนิทรูทของตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศณ ราคาคงที่ $\ln(GDP)_{it}$ การใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาลณ ราคาคงที่ $\ln(Gt)_{it}$ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค $\ln(Gc)_{it}$ และการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน $\ln(Gi)_{it}$ โดยใช้วิธีการทดสอบของ LLC, IPS และ Fisher Type Test แล้ว จากนั้นทำการพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบดังกล่าวถ้าข้อมูลที่ได้มีลักษณะ I (1) (Order of Integration One) ที่ระดับเดียวกันสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปทดสอบความสัมพันธ์ในระยาวโดยใช้วิธีพาแนลโคอินทิเกรชัน (Panel CointegrationTesting) ต่อไป

3.3.2 การทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน (Panel CointegrationTests)

การทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน (Panel Cointegration Testing) เนื่องจากทำการทดสอบพาแนลยูนิทรูทในขั้นตอนแรก พบว่าข้อมูลแต่ละตัวแปรมีลักษณะไม่นิ่งที่ระดับ Level หรือ I(0) ดังนั้น จึงนำมาทำการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชันเพื่อทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวระหว่างตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ $\ln(GDP)_{it}$ และการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล $\ln(Gt)_{it}$, ตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ $\ln(GDP)_{it}$ และการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค $\ln(Gc)_{it}$ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ $\ln(GDP)_{it}$ และการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน $\ln(Gi)_{it}$ ด้วยวิธีการของ Kao (1999) และ Pedroni Residual CointegrationTest (1999,2004) โดยกำหนดให้ $\ln(GDP)_{it}$ เป็นตัวแปรตาม $\ln(Gt)_{it}$, $\ln(Gc)_{it}$ และ $\ln(Gi)_{it}$ เป็นตัวแปรอิสระโดยมีรายละเอียด ดังนี้

การทดสอบด้วยวิธีของ Kao Residual Cointegration Test ที่พิจารณาจากแบบจำลองของแต่ละตัวแปร คือ

$$\ln(GDP)_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta\ln(Gt)_{it} + e_{it} \tag{3.30}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta \ln(Gc)_{it} + e_{it} \quad (3.31)$$

$$\ln(GDP)_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta \ln(Gi)_{it} + e_{it} \quad (3.32)$$

โดยตัวแปร $\ln(GDP)_{it}$, $\ln(Gt)_{it}$, $\ln(Gc)_{it}$ และ $\ln(Gi)_{it}$ มีลักษณะข้อมูลเป็น I(1)

Kao (1999) ได้เสนอการทดสอบยูนิทรูทด้วยวิธี DF และ ADF สำหรับส่วนที่เหลือ (e_{it}) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration) โดยการทดสอบด้วยวิธี ADF Test คำนวณจาก Fixed Effects Residual $\hat{e}_{it} = \rho\hat{e}_{it-1} + v_{it}$ โดยที่ $\hat{e}_{it} = \tilde{y}_{it} - \tilde{x}_{it}\hat{\beta}$ และ $\tilde{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i$ โดยมีสมมติฐานหลัก คือ $H_0: \rho_i = 0$ (ไม่มีโคอินทิเกรชัน: No Cointegration)

สำหรับการทดสอบของ Pedroni มีพื้นฐานมาจาก Engle และ Granger (1987) ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนการทดสอบส่วนที่เหลือ (Residual) โดย Pedroni เสนอวิธีการทดสอบโคอินทิเกรชันไว้หลายรูปแบบ ซึ่งสมมติให้พจน์ค่าคงที่ (Intercept) และค่าสัมประสิทธ์ของค่าแนวโน้ม (Trend Coefficient) มีความแตกต่างกันได้ระหว่างข้อมูลแต่ละหน่วยภายใต้สมมติฐานหลักที่ว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (No Cointegration) ส่วนที่เหลือ (e_{it}) จะต้องมีลักษณะข้อมูลเป็น I(1) ซึ่งค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย 7 ค่าสถิติ

การพิจารณาคือ ถ้าค่าสถิติที่ได้จากการประมาณมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติแสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือข้อมูลพาแนลมีโคอินทิเกรชัน แต่ถ้าค่าสถิติที่ได้จากการประมาณมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตแสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือข้อมูลพาแนลไม่มีโคอินทิเกรชันเมื่อทำการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชันแล้วหากผลที่ได้ระบุว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันก็จะสามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ในแบบต่างๆ ได้ต่อไป

3.3.3 การประมาณค่าแบบจำลองพาแนล (Panel Estimation)

เป็นการประมาณค่าแบบจำลองเพื่อดูขนาดอิทธิพลของตัวแปรการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล $\ln(Gt)_{it}$ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค $\ln(Gc)_{it}$ และการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน $\ln(Gi)_{it}$ ว่าส่งผลต่อตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ$\ln(GDP)_{it}$ มากน้อยเพียงใด โดยใช้วิธีการประมาณค่า 3 วิธี ได้แก่ การประมาณค่าสัมประสิทธิการถดถอย (β) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square: OLS), การประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงพลวัตร (Dynamic ordinary least square: DOLS) และวิธีการโมเมนต์ในรูปทั่วไป (Generalized Method of Moments: GMM)

1. วิธีการประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square: OLS)

เป็นการประมาณค่าตัวแปร $\ln(GDP)_{it}$ กับ $\ln(Gt)_{it}$, $\ln(GDP)_{it}$ กับ $\ln(Gc)_{it}$ และ $\ln(GDP)_{it}$ กับ $\ln(Gi)_{it}$ ด้วยวิธี OLS จะได้ตัวประมาณ β_{OLS} จากสมการที่ 2.90 (บทที่ 2) ดังนี้

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gt)_{it} - \ln(\overline{Gt})_i)^2\right]^{-1} \times \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gt)_{it} - \ln(\overline{Gt})_i)\,(\ln(GDP)_{it} - \ln(\overline{GDP})_i) \quad (3.33)$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gt)_{it} - \ln(\overline{Gt})_i)^2\right]^{-1} \times \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gt)_{it} - \ln(\overline{Gt})_i)\,(\ln(GDP)_{it} - \ln(\overline{GDP})_i) \quad (3.34)$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gc)_{it} - \ln(\overline{Gc})_i)^2\right]^{-1} \times \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gc)_{it} - \ln(\overline{Gc})_i)\,(\ln(GDP)_{it} - \ln(\overline{GDP})_i) \quad (3.35)$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gi)_{it} - \ln(\overline{Gi})_i)^2\right]^{-1} \times \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\ln(Gi)_{it} - \ln(\overline{Gi})_i)\,(\ln(GDP)_{it} - \ln(\overline{GDP})_i) \quad (3.36)$$

โดยที่	i	คือ	ข้อมูลภาคตัดขวาง $i = 1, \ldots, 5$
	t	คือ	ข้อมูลอนุกรมเวลา $t = 1, \ldots, 22$
	$\ln(GDP)_{it}$	คือ	ตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ
	$\ln(Gt)_{it}$	คือ	ตัวแปรการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล
	$\ln(Gc)_{it}$	คือ	ตัวแปรการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค
	$\ln(Gi)_{it}$	คือ	ตัวแปรการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน
	$\ln(\overline{GDP})_i$	คือ	ค่าเฉลี่ยของ $\ln GDP_{it}$
	$\ln(\overline{Gt})_i$	คือ	ค่าเฉลี่ยของ $\ln(Gt)_{it}$
	$\ln(\overline{Gc})_i$	คือ	ค่าเฉลี่ยของ $\ln(Gc)_{it}$
	$\ln(\overline{Gi})_i$	คือ	ค่าเฉลี่ยของ $\ln(Gi)_{it}$

ซึ่งการประมาณค่าแบบจำลองที่มีสมมติฐานของค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกัน จึงต้องทดสอบว่าจะประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบใดระหว่างแบบจำลอง Pooled Estimator,แบบจำลอง Fixed Effects หรือ แบบจำลอง Random Effects ด้วยวิธีการทดสอบของ Hausman Test และ Redundant Fixed Effects Test

1.1 การประมาณแบบ Pooled Estimator

เป็นการวิเคราะห์ที่สมมติให้ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการมีค่าเท่ากันทุกหน่วยภาคตัดขวาง (Individual) และช่วงเวลา (Time) ที่พิจารณาจากสมการที่ 2.56 (บทที่ 2) จะได้แบบจำลองของ Pooled Estimator ของตัวแปร$\ln(GDP)_{it}$ และ $\ln(Gt)_{it}$, $\ln(GDP)_{it}$ และ $\ln(Gc)_{it}$, และ $\ln(GDP)_{it}$ และ $\ln(Gi)_{it}$ ดังนี้

$$\ln(GDP)_{it} = \alpha_i + \ln(Gt)'_{it}\,\beta_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.37)$$

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \alpha_i + \ln(\text{Gc})'_{it}\,\beta_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3.38}$$

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \alpha_i + \ln(\text{Gi})'_{it}\,\beta_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3.39}$$

โดยที่ i คือ จำนวนประเทศที่ทำการศึกษา $i = 1, \dots, 5$

t คือ จำนวนปีที่ทำการศึกษา $t = 1, \dots, 22$

$\ln(\text{GDP})_{it}$ คือ เวกเตอร์ 1×1 ของตัวแปร $\ln(\text{GDP})_{it}$

$\ln(\text{Gt})_{it}$ คือ เวกเตอร์ $k \times 1$ ของตัวแปร $\ln(\text{Gt})_{it}$

$\ln(\text{Gc})_{it}$ คือ เวกเตอร์ $k \times 1$ ของตัวแปร $\ln(\text{Gc})_{it}$

$\text{Ln}(\text{Gi})_{it}$ คือ เวกเตอร์ $k \times 1$ ของตัวแปร $\ln(\text{Gi})_{it}$

β_{it} คือ เวกเตอร์ $k \times 1$ ของค่าสัมประสิทธิ์

α_i คือ จำนวนจริง (ค่าคงที่)

ε_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

1.2 แบบจำลอง Fixed Effects

ทำการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายที่กำหนดให้ค่าคงที่ (Intercept Term) มีการผันแปรตามแต่ละหน่วยภาคตัดขวาง จากสมการที่ 2.57 (บทที่ 2) จะได้แบบจำลอง Fixed Effects ของตัวแปร $\ln(\text{GDP})_{it}$ และ $\ln(\text{Gt})_{it}$, $\ln(\text{GDP})_{it}$ และ $\ln(\text{Gc})_{it}$, และ $\ln(\text{GDP})_{it}$ และ $\ln(\text{Gi})_{it}$ ดังนี้

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \alpha_i + \ln(\text{Gt})'_{it}\,\beta_{it} + \varepsilon_{it} \;\; ; \; \varepsilon_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_\varepsilon^2) \tag{3.40}$$

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \alpha_i + \ln(\text{Gc})'_{it}\,\beta_{it} + \varepsilon_{it} \;\; ; \; \varepsilon_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_\varepsilon^2) \tag{3.41}$$

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \alpha_i + \ln(\text{Gi})'_{it}\,\beta_{it} + \varepsilon_{it} \;\; ; \; \varepsilon_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_\varepsilon^2) \tag{3.42}$$

โดยมีข้อสมมติ คือ $\ln(\text{GDP})_{it}$,$\ln(\text{Gt})_{it}$,$\ln(\text{Gc})_{it}$ และ $\ln(\text{Gi})_{it}$ และ ε_{it} เป็นอิสระกันทุกค่าสามารถเขียนรูปแบบการถดถอยที่รวมเอาตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) สำหรับแต่ละหน่วยภาคตัดขวาง i ในแบบจำลองได้ ดังนี้

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \sum_{j=1}^{N} \alpha_i d_{ij} + \beta \ln(\text{Gt})'_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3.43}$$

$$\ln(\text{GDP})_{it} = \sum_{j=1}^{N} \alpha_i d_{ij} + \beta \ln(\text{Gc})'_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3.44}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \sum_{j=1}^{N} \alpha_i d_{ij} + \beta \ln(Gi)'_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3.45}$$

โดยที่ $d_{ij} = 1$ ถ้า $i = j$ และ $d_{ij} = 0$ ถ้า $i \neq j$

1.3 แบบจำลอง Random Effects

ถ้ากำหนดให้ α_i เป็นตัวแปรสุ่ม (Random Factors) ที่เป็นอิสระและมีการแจกแจงในแต่ละหน่วยจากสมการที่ 2.69 (บทที่ 2) จะได้แบบจำลอง Random Effects ของตัวแปร $\ln(GDP)_{it}$ กับ $\ln(Gt)_{it}$, $\ln(GDP)_{it}$ กับ $\ln(Gc)_{it}$, และ $\ln(GDP)_{it}$ กับ $\ln(Gi)_{it}$ ดังนี้

$$\ln(GDP)_{it} = \mu + \beta\ln(Gt)'_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it}\sim IID(0, \sigma_\varepsilon^2);\ \alpha_i\sim IID(0, \sigma_\alpha^2) \tag{3.46}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \mu + \beta\ln(Gc)'_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it}\sim IID(0, \sigma_\varepsilon^2);\ \alpha_i\sim IID(0, \sigma_\alpha^2) \tag{3.47}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \mu + \beta\ln(Gi)'_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it}\sim IID(0, \sigma_\varepsilon^2);\ \alpha_i\sim IID(0, \sigma_\alpha^2) \tag{3.48}$$

โดยที่ $\alpha_i + \varepsilon_{it}$ คือค่าความคลาดเคลื่อน (Error Term) ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบเฉพาะแต่ละหน่วยภาคตัดขวางที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและส่วนที่เหลือ ซึ่งสมมติให้ไม่มีความสัมพันธ์กันตลอดช่วงเวลา

2. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงพลวัตร (Dynamic Ordinary Least Square: DOLS)

เป็นการประมาณการแบบ OLS ที่มีการเพิ่มพลวัตรเข้าไปในสมการจึงเรียกว่าการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตรแบบกำลังสองน้อยที่สุด (DOLS) จากสมการที่ 2.91 (บทที่ 2)

$$\ln(GDP)_{it} = \ln(Gt)'_{it}\beta + \sum_{k=K_i}^{K_i} \gamma_{ik}\Delta\ln(Gt)_{it-k} + \varepsilon_{it} \tag{3.49}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \ln(Gt)'_{it}\beta + \sum_{k=K_i}^{K_i} \gamma_{ik}\Delta\ln(Gt)_{it-k} + \varepsilon_{it} \tag{3.50}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \ln(Gc)'_{it}\beta + \sum_{k=K_i}^{K_i} \gamma_{ik}\Delta\ln(Gc)_{it-k} + \varepsilon_{it} \tag{3.51}$$

สมการประมาณค่าจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงพลวัตร (DOLS) ได้จาก

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[N^{-1} \sum_{i=1}^{N} \left(\sum_{t=1}^{T} \ln(Gt)_{it} \ln(Gt)'_{it} \right) \left(\sum_{t=1}^{T} \ln(Gt)_{it} \ln\left(\widetilde{GDP}\right)_{it} \right) \right] \tag{3.52}$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[N^{-1} \sum_{i=1}^{N} \left(\sum_{t=1}^{T} \ln(Gc)_{it} \ln(Gc)'_{it} \right) \left(\sum_{t=1}^{T} \ln(Gc)_{it} \ln\left(\widetilde{GDP}\right)_{it} \right) \right] \tag{3.53}$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left[N^{-1} \sum_{i=1}^{N} \left(\sum_{t=1}^{T} \ln(Gi)_{it} \ln(Gi)'_{it} \right) \left(\sum_{t=1}^{T} \ln(Gi)_{it} \ln\left(\widetilde{GDP}\right)_{it} \right) \right] \tag{3.54}$$

โดยที่ $(G)_{it} = 2(K+1) \times 1$ และ $(GDP)'_{it} = (GDP)_{it} - (\overline{GDP})_{it}$

ซึ่งการประมาณค่าแบบจำลองที่มีสมมติฐานของค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกัน จะทดสอบว่าจะประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบใดระหว่างแบบจำลอง Pooled OLS แบบจำลอง Fixed Effects หรือแบบจำลอง Random Effects ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับการประมาณค่าแบบ OLS ในหัวข้อที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

3. วิธีการโมเมนต์ในรูปทั่วไป (Generalized Method of Moments: GMM)

เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยตรงจาก Moment Condition ที่ใส่ในแบบจำลองจากสมการพื้นฐาน ดังนี้

$$\ln(GDP)_{it} = \ln(Gt)'_{it}\beta + Z'_{it}\gamma + u_{it} \tag{3.55}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \ln(Gc)'_{it}\beta + Z'_{it}\gamma + u_{it} \tag{3.56}$$

$$\ln(GDP)_{it} = \ln(Gi)'_{it}\beta + Z'_{it}\gamma + u_{it} \tag{3.57}$$

สามารถเขียนได้

$$\ln(GDP)_{it} - \ln(GDP)_{it-1} = \beta'(\ln(Gt)_{it} - \ln(Gt)_{it-1}) + \gamma'(z_{it} - z_{it-1}) + (u_{it} - u_{it-1}) \tag{3.58}$$

$$\ln(GDP)_{it} - \ln(GDP)_{it-1} = \beta'(\ln(Gc)_{it} - \ln(Gc)_{it-1}) + \gamma'(z_{it} - z_{it-1}) + (u_{it} - u_{it-1}) \tag{3.59}$$

$$\ln(GDP)_{it} - \ln(GDP)_{it-1} = \beta'(\ln(Gi)_{it} - \ln(Gi)_{it-1}) + \gamma'(z_{it} - z_{it-1}) + (u_{it} - u_{it-1}) \tag{3.60}$$

โดยที่	i	คือ	จำนวนประเทศที่ทำการศึกษา $i = 1, \dots, 5$
	t	คือ	จำนวนปีที่ทำการศึกษา $t = 1, \dots, 22$
	$\ln(GDP)_{it}$	คือ	ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ณ เวลา t

$\ln(\mathrm{GDP})_{it-1}$ คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ณ เวลา t-1

$\ln(\mathrm{Gt})_{it}$ คือ การใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล ณ เวลา t

$\ln(\mathrm{Gt})_{it-1}$ คือ การใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล ณ เวลา t-1

$\ln(\mathrm{Gc})_{it}$ คือ การใช้จ่ายของรัฐบาลเพื่อการบริโภค ณ เวลา t

$\ln(\mathrm{Gc})_{it-1}$ คือ การใช้จ่ายของรัฐบาลเพื่อการบริโภค ณ เวลา t-1

$\ln(\mathrm{Gi})_{it-1}$ คือ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน ณ เวลา t-1

$\ln(\mathrm{Gi})_{it}$ คือ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน ณ เวลา t-1

α_i คือ จำนวนจริง (ค่าคงที่)

ε_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ซึ่งการประมาณค่าแบบจำลองที่มีสมมติฐานของค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกัน จะทดสอบว่าจะประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบใดระหว่างแบบจำลอง Pooled OLS แบบจำลอง Fixed Effects หรือแบบจำลอง Random Effects ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับการประมาณค่าแบบ OLS ในหัวข้อที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

3.3.4 การหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้น (Error Correction Mechanism: ECM)

ถ้าตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ$\ln(\mathrm{GDP})_{it}$ ตัวแปรการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล $\ln(\mathrm{Gt})_{it}$ ตัวแปรการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค $\ln(\mathrm{Gc})_{it}$ และตัวแปรการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน $\ln(\mathrm{Gi})_{it}$ มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (มีโคอินทิเกรชัน) จึงจะทำการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของตัวแปรดังกล่าวเพื่อแสดงการปรับตัวของตัวแปรในระยะสั้นเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวจากสมการที่ 2.111 (บทที่ 2) จะได้แบบจำลอง ECM ของตัวแปร $\ln(\mathrm{GDP})_{it}$,$\ln(\mathrm{Gt})_{it}$,$\ln(\mathrm{Gc})_{it}$ และ $\ln(\mathrm{Gi})_{it}$ ดังนี้

$$\begin{aligned}\Delta\ln(\mathrm{GDP})_{it} &= \alpha_1 + \alpha_2\mathrm{ECT}_{it-1} + \alpha_3\Delta\ln(\mathrm{Gt})_{it} \\ &\quad + \alpha_4\sum_{h=1}^{p}\Delta\ln(\mathrm{Gt})_{it-h} + \alpha_5\sum_{j=0}^{q}\Delta\ln(\mathrm{GDP})_{it-j} + \varepsilon_{it}\end{aligned} \tag{3.61}$$

$$\begin{aligned}\Delta\ln(\mathrm{GDP})_{it} &= \alpha_1 + \alpha_2\mathrm{ECT}_{it-1} + \alpha_3\Delta\ln(\mathrm{Gc})_{it} \\ &\quad + \alpha_4\sum_{h=1}^{p}\Delta\ln(\mathrm{Gc})_{it-h} + \alpha_5\sum_{j=0}^{q}\Delta\ln(\mathrm{GDP})_{it-j} + \varepsilon_{it}\end{aligned} \tag{3.62}$$

$$\begin{aligned}\Delta\ln(\mathrm{GDP})_{it} &= \alpha_1 + \alpha_2\mathrm{ECT}_{it-1} + \alpha_3\Delta\ln(\mathrm{Gi})_{it} \\ &\quad + \alpha_4\sum_{h=1}^{p}\Delta\ln(\mathrm{Gi})_{it-h} + \alpha_5\sum_{j=0}^{q}\Delta\ln(\mathrm{GDP})_{it-j} + \varepsilon_{it}\end{aligned} \tag{3.63}$$

โดยที่ Δ คือ ผลต่างลำดับที่ 1(1[st] Difference)

ε_{it} คือ ตัวแปรความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

$ECT_{it-1} = (GDP_{it-1} - \beta_1 - \beta_2 G_{it-1})$ คือตัวแปรความคลาดเคลื่อนของการถดถอยหนึ่งช่วงเวลาของ Panel Cointegrating

3.3.5 การทดสอบความเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality Test)

เพื่อทดสอบว่าตัวแปรตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ $\ln(GDP)_{it}$ และตัวแปรการใช้จ่ายรวมของรัฐบาล $\ln(Gt)_{it}$, ตัวแปรการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค $\ln(Gc)_{it}$ และตัวแปรการใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน $\ln(Gi)_{it}$ มีความเป็นเหตุเป็นผลต่อกันหรือไม่ คือ $\ln(GDP)_{it}$ ส่งผลต่อ$\ln(Gt)_{it}$,$\ln(Gc)_{it}$ และ $\ln(Gi)_{it}$ และในขณะเดียวกัน $\ln(Gt)_{it}$,$\ln(Gc)_{it}$ และ $\ln(Gi)_{it}$ ส่งผลต่อ $\ln(GDP)_{it}$ หรือตัวแปรทั้งหมดส่งผลซึ่งกันและกัน

การทดสอบความเป็นเหตุเป็นผลแบบพาแนลต้องมีการระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรก่อนว่าตัวแปรใดคือตัวแปรสาเหตุ และตัวแปรใดคือตัวแปรผล โดยมีสมมติฐานหลักคือไม่มีความเป็นเหตุเป็นผลกันระหว่างตัวแปรโดยใช้วิธี Granger's Causality Test ดังนั้นจะได้สมการการทดสอบตามแบบจำลองเชิงเส้น ดังนี้

แบบจำลอง Granger Causality ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

1. แบบจำลองผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศและการใช้จ่ายรวมของภาครัฐบาล

$$\Delta \ln(GDP)_{it} = \alpha_{yi} + \sum_{j=0}^{J} \beta_i^j \ln(Gt)_{it-j} + \sum_{j=1}^{J} \delta_i^j \ln(GDP)_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.64)$$

$$\Delta \ln(Gt)_{it} = \alpha_i + \sum_{j=0}^{J} \beta_i^j \ln(GDP)_{it-j} + \sum_{j=1}^{J} \delta_i^j \ln(Gt)_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.65)$$

2. แบบจำลองผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศและ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการบริโภค

$$\Delta \ln(GDP)_{it} = \alpha_{yi} + \sum_{j=0}^{J} \beta_i^j \ln(Gc)_{it-j} + \sum_{j=1}^{J} \delta_i^j \ln(GDP)_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.66)$$

$$\Delta \ln(Gc)_{it} = \alpha_i + \sum_{j=0}^{J} \beta_i^j \ln(GDP)_{it-j} + \sum_{j=1}^{J} \delta_i^j \ln(Gc)_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.67)$$

3. แบบจำลองผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศและ การใช้จ่ายของภาครัฐบาลเพื่อการลงทุน

$$\Delta \ln(GDP)_{it} = \alpha_{yi} + \sum_{j=0}^{J} \beta_i^j \ln(Gi)_{it-j} + \sum_{j=1}^{J} \delta_i^j \ln(GDP)_{it-j} + \varepsilon_{it} \tag{3.68}$$

$$\Delta \ln(Gi)_{it} = \alpha_i + \sum_{j=0}^{J} \beta_i^j \ln(GDP)_{it-j} + \sum_{j=1}^{J} \delta_i^j \ln(Gi)_{it-j} + \varepsilon_{it} \tag{3.69}$$

โดยที่ Δ คือผลต่างลำดับที่ 1(1^{st} Difference) และ $i = 1, \dots, 5$ และ $t = 1, \dots, 22$ ซึ่ง $\varepsilon_{i,i}$ มีลักษณะเป็น i.i.d$(0, \sigma_{\varepsilon,i})$