บทที่ 4
ระเบียบวิธีวิจัย

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมดกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยนั้น สามารถศึกษาความสัมพันธ์ใน 2 รูปแบบ คือ

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + e_t \qquad (4.1)$$

โดยที่ Y_t คือ ค่า natural logarithm ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ

X_t คือ ค่า natural logarithm ของมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมด

e_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

α_0 , α_1 คือ ค่าพารามิเตอร์

นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาหาความสัมพันธ์ว่ามูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมดขึ้นกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศหรือไม่ โดยสมการรูปแบบความสัมพันธ์ คือ

$$X_t = \mu_0 + \mu_1 Y_t + \varepsilon_t \qquad (4.2)$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าnatural logarithm ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ

X_t คือ ค่าnatural logarithm ของมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมด

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

μ_0 , μ_1 คือ ค่าพารามิเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและมูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมด จะมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลสถิติที่เป็นอนุกรมเวลา (Time Series Data) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ส่วนมากมักจะมีลักษณะไม่นิ่ง (Nonstationary) กล่าวคือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (variances) จะมีค่าไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์

ระหว่างตัวแปรของสมการจะทำให้ตัวแปรของสมการมีความสัมพันธ์ไม่แท้จริง (Spurious regression) คือ ค่าสถิติ t (t – statistics) ที่สูงเกินความจริง ค่าสถิติ DW (Dubin – Watson Statistic) มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นถึง High Level of autocorrelated residuals ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับในทางเศรษฐศาสตร์ (รังสรรค์ หทัยเสรี, 2539) ดังนั้น จึงต้องทดสอบ unit root เพื่อทดสอบความนิ่งของตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และมูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมดที่นำมาศึกษาโดยวิธี Dickey-Fuller test (DF) หรือ Augmented Dickey-Fuller test (ADF)

2. นำตัวแปรที่ทำการทดสอบโดย Unit root แล้ว มาศึกษาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว โดยทดสอบด้วยวิธี Cointegration ตามแนวทางของ Engel and Granger

3. เมื่อพบว่าแบบจำลองมีความสัมพันธ์ในระยะยาวแล้วใช้วิธีการของ Error Correction mechanism (ECM) เพื่อศึกษาลักษณะการปรับตัวในระยะสั้น

4. การทดสอบต้นเหตุ (Test for Causality) เพื่อศึกษาว่าตัวแปรใดเป็นต้นเหตุของความสัมพันธ์ นั่นก็คือ การทดสอบว่ามูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมดเป็นต้นเหตุของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย หรือการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นต้นเหตุของมูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมด

4.1 การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test)

การทดสอบ unit root ถือเป็นขั้นตอนแรกในการศึกษาด้วยวิธีการ cointegration และerror correction mechanism การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบตัวแปรอนุกรมเวลาที่จะใช้ในการศึกษาเพื่อทดสอบความเป็น stationary [$I(0)$; integrated of order 0] หรือ non-stationary [$I(d)$; d >0 , integrated of order d] โดยใช้รูปแบบสมการดังนี้

$$X_t = \rho X_{t-1} + e_t \; ; e_t \sim \text{i.i.d}\,(0 \, , \, \sigma_\varepsilon^2) \qquad (4.3)$$

โดยที่ X_t , X_{t-1} = ข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรอิสระ ณ เวลา t และ t-1

ρ = สัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (autocorrelation coefficience)

e_t = ค่าคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (random error) ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระต่อกันและเหมือนกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนคงที่ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $e_t \sim \text{i.i.d}\,(0 \, , \, \sigma_\varepsilon^2)$

ถ้าให้ค่า $\rho = 1$

จะได้ว่า $X_t = \rho X_{t-1} + e_t \; ; e_t \sim \text{i.i.d}\,(0 \, , \, \sigma_\varepsilon^2)$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งสามารถเขียนสมมติฐานในการทดสอบคือ

$H_0 : \rho = 1$ (non-Stationary)

$H_1 : |\rho| < 1 ; -1 < \rho < 1$ (Stationary)

การทดสอบสมมติฐาน ทำได้โดยเปรียบเทียบค่า t-statistics ที่คำนวณได้กับค่าที่ในตาราง Dickey-Fuller tables กล่าวคือ เมื่อผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานหลัก $H_0 : \rho = 1$ สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลนั้นมีลักษณะไม่นิ่ง (nonstationary) หรือมี unit root แต่ถ้าค่า t-statistics ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าที่ในตาราง Dickey-Fuller tables ผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_1 : |\rho| < 1$ สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลนั้นมีลักษณะนิ่ง (stationary) หรือไม่มี unit root หรือเป็น integrated of order 0 แทนค่าด้วย $X_t \sim I(0)$

อย่างไรก็ตามการทดสอบยูนิทรูทดังกล่าวข้างต้นสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่งคือ

ให้ $$\rho = 1 + \varphi \quad (4.4)$$

โดยที่ φ = พารามิเตอร์ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 0 ($-1 < \varphi < 0$)

ดังนั้นจากสมการ (4.3) สามารถเขียนใหม่ซึ่งอยู่ในรูป

$$X_t = (1 + \varphi) X_{t-1} + e_t \quad (4.5)$$

$$X_t = X_{t-1} + \varphi X_{t-1} + e_t \quad (4.6)$$

$$X_t - X_{t-1} = \varphi X_{t-1} + e_t \quad (4.7)$$

$$\Delta X_t = \varphi X_{t-1} + e_t \quad (4.8)$$

จะได้สมมติฐานการทดสอบของ Dickey-Fuller ใหม่คือ

$H_0 : \varphi = 0$ (non-Stationary หรือมี Unit root)

$H_1 : \varphi < 0$ (Stationary หรือไม่มี Unit root)

ถ้ายอมรับ $H_0 : \varphi = 0$ จะได้ว่า $\rho = 1$ หมายความว่า X_t มียูนิทรูทหรือ X_t มีลักษณะไม่นิ่ง เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t-1 แต่ถ้ายอมรับ $H_1 : \varphi < 0$ จะได้ว่า $\rho < 1$ หมายความว่า X_t ไม่มียูนิทรูทหรือ X_t มีลักษณะนิ่ง

ดังนั้นในการทดสอบ Unit root โดยวิธีการของ Dickey-Fuller จะสามารถทำการทดสอบโดยใช้สมการถดถอย 3 รูปแบบ คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

None $\Delta X_t = \varphi X_{t-1} + e_t$ (4.9)

Intercept $\Delta X_t = \beta + \varphi X_{t-1} + e_t$ (4.10)

Intercept &Trend $\Delta X_t = \beta + \eta t + \varphi X_{t-1} + e_t$ (4.11)

สำหรับการทดสอบแบบอ๊อกเม๊นต์เทดดิกกี้-ฟูลเลอร์ Augmented Dickey-Fuller test (ADF Test) คือการถดถอยในตัวเอง (autoregressive processes) เข้าไปในสมการซึ่งเป็นการแก้ปัญหากรณีที่ใช้การทดสอบของ Dickey-Fuller แล้วเกิด serial correlation ในส่วนของ error term (e_t) ที่มีลักษณะความสัมพันธ์กันเองในระดับสูง ซึ่งจะมีการเพิ่ม lagged change $[\sum_{i=1}^{P}\theta_i \Delta X_{t-i}]$ เข้าไปในสมการด้านขวามือ จะได้สมการใหม่ดังนี้

None $\Delta X_t = \varphi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{P}\theta_i \Delta X_{t-i} + e_t$ (4.12)

Intercept $\Delta X_t = \beta + \varphi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{P}\theta_i \Delta X_{t-i} + e_t$ (4.13)

Intercept &Trend $\Delta X_t = \beta + \eta t + \varphi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{P}\theta_i \Delta X_{t-i} + e_t$ (4.14)

โดยที่ X_t, X_{t-1} = ข้อมูลตัวแปร ณ เวลา t และ t-1

X_{t-i} = ข้อมูลตัวแปร ณ เวลา t-i

$\varphi, \beta, \theta, \eta$ = ค่าพารามิเตอร์

t = ค่าแนวโน้ม

e_t = ค่าความเคลื่อนเชิงสุ่ม

ซึ่งพจน์ที่ใส่เข้าไปนั้นจำนวน lagged term (k) ก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูลแต่ละงานวิจัย หรือสามารถใส่จำนวน lag ไปจนกระทั่งไม่เกิดปัญหา autocorrelation ในส่วนของ error term โดยในการทดสอบสมมติฐานทั้งวิธี Dickey-Fuller test และวิธี Augmented Dickey-Fuller test ทดสอบว่า ตัวแปรที่เราสนใจ (X_t) นั้นมี unit root หรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากค่า φ ถ้าค่า φ มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่า X_t มี unit root ซึ่งสามารถเขียนสมมติฐานในการทดสอบได้ดังนี้

$$H_0 : \varphi = 0$$

$$H_1 : \varphi < 0$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดสอบสมมติฐานโดยเปรียบเทียบค่า t-statistics ที่คำนวณได้กับค่าวิกฤต Mackinnon ซึ่งค่า t-statistics ที่จะนำมาทำการทดสอบสมมติฐานในแต่ละรูปแบบนั้นจะต้องนำไปเปรียบเทียบกับตารางวิกฤต Mackinnon ณ ระดับต่างๆ ถ้าสามารถปฏิเสธสมมติฐานได้ แสดงว่า ตัวแปรที่นำมาทดสอบเป็น integration of order 0 แทนได้ด้วย $X_t \sim I(0)$

กรณีที่การทดสอบสมมติฐานพบว่า X_t มี unit root นั้นต้องนำค่า ΔX_t มาทำ differencing จนกระทั่งสามารถปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า X_t มีความไม่นิ่งของข้อมูลได้ เพื่อทราบ order of integration (d) ว่าอยู่ในระดับใด [$X_t \sim I(d); d > 0$]

ถ้าหากพบว่า ข้อมูลดังกล่าวเป็น non-stationary process และมีอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูล (order of integration) ที่มากกว่า 0 [ทดสอบ $X_t \sim I(d)$] หรือไม่ จะทำการทดสอบรูปแบบตามสมการต่อไปนี้

$$\Delta^{d+1} X_t = \beta + \eta t + (\rho - 1)\Delta^{d} X_{t-1} + \sum_{i=1}^{k} \theta_i \Delta^{d+1} X_{t-i} + e_{t-1} \qquad (4.15)$$

ภายหลังจากทราบค่า d (order of integration) แล้วต้องทำการ differencing ตัวแปร (เท่ากับ d+1 ครั้ง) ก่อนที่จะนำตัวแปรดังกล่าวมาทำการ regression เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา spurious regression ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะได้รับความนิยมนำมาทดสอบกันอย่างแพร่หลาย แต่การทดสอบโดยวิธีดังกล่าวจะทำให้แบบจำลองที่ใช้ในการประมาณขาดข้อมูลในส่วนของการปรับตัวของตัวแปรต่างๆ เพื่อเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว

4.2 การวิเคราะห์การร่วมกันไปด้วยกัน (Cointegration)

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาการร่วมกันไปด้วยกัน ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ในระยะยาวของข้อมูลอนุกรมเวลา 2 อนุกรมที่มีลักษณะไม่นิ่ง ถ้าสมมติให้ข้อมูลอนุกรมเวลา 2 อนุกรมที่มีลักษณะไม่นิ่งและมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยกัน และมีอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูลเหมือนกัน (integration of the same order) อาจเป็นไปได้ว่าความแตกต่างระหว่างตัวแปรทั้งสองมีลักษณะนิ่ง ซึ่งสามารถทดสอบ unit root ได้ด้วย

$$\Delta\varepsilon_t = \gamma\varepsilon_{t-1} + \omega_t \qquad (4.16)$$

โดยที่ $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}$ = ค่า residuals ณ เวลา t และt-1

γ = ค่าพารามิเตอร์

ω_t = ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรเชิงสุ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมมติฐานในการศึกษาคือ

$H_0 : \gamma = 0$ (non-cointegration หรือไม่มีการร่วมไปด้วยกัน)

$H_1 : \gamma < 0$ (cointegration หรือมีการร่วมไปด้วยกัน)

โดยใช้สถิติ "t" ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้

$$t = \frac{\hat{\gamma}}{S.E.\hat{\gamma}}$$

ถ้าผลการทดสอบซึ่งทำได้โดยการนำค่า t-test มาเทียบกับค่าวิกฤต Mackinnon และสามารถยอมรับสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่า สมการถดถอยที่ศึกษาไม่มีการร่วมกันไปด้วยกัน หรือแสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว แต่ถ้าผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่าสมการถดถอยที่ศึกษามีการร่วมกันไปด้วยกัน หรือตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว หรือมีลักษณะร่วมกันไปด้วยกัน (cointegration)

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้น (Error Correction Model)

เมื่อทำการทดสอบว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว แต่ในระยะสั้นอาจออกนอกดุลยภาพได้ ดังนั้นต้องทำการทดสอบความสัมพันธ์ในการปรับตัวในระยะสั้นของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามที่มีความสัมพันธ์กันแบบ cointegration ซึ่งสามารถที่จะสร้างแบบจำลองการปรับตัวที่เรียกว่า "error-correction mechanism" เพื่ออธิบายขบวนการปรับตัวในระยะสั้นของตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ (4.18) เพื่อให้เข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาว

สมมติให้ตัวแปร Y_t และ X_t ต่างก็เป็น I(1) โดย integrated กันใน order ที่ 1 แสดงว่าตัวแปรเป็น cointegration กัน ถึงแม้ว่าสมการจะมีคุณสมบัติเป็น non – stationary ก็ตาม ดังสมการต่อไป

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + z_t \qquad (4.17)$$

ทั้งนี้อยู่ในเงื่อนไขที่ว่า X_t และ Y_t มีความสัมพันธ์กันในลักษณะหนึ่ง ที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณได้จากสมการ (4.17) หรือ z_t ย้ายข้างของตัวแปรในสมการ (4.17) ให้จัดใหม่ดังสมการ (4.18) มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว

$$z_t = Y_t - \alpha - \beta X_t \qquad (4.18)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุดที่น่าสนใจคือรูปแบบของการปรับตัวในระยะสั้นจะคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปรับตัวของตัวแปรต่าง ๆ ในระยะยาว (z_{t-1}) เข้าไปด้วย ดังแสดงได้จากสมการ (4.19) และ (4.20) ต่อไปนี้

$$\Delta X_t = \phi_1 z_{t-1} + \{ \text{lagged} (\Delta X_t, \Delta Y_t) \} + \varepsilon_{1t} \qquad (4.19)$$

$$\Delta Y_t = \phi_2 z_{t-1} + \{ \text{lagged} (\Delta X_t, \Delta Y_t) \} + \varepsilon_{2t} \qquad (4.20)$$

โดยที่ $z_t = Y_t + \beta' X_t \; . \; z_{t-1}$ เป็น error – correction (EC) term ซึ่งสัมประสิทธิ์ของ z_{t-1} หรือ ϕ_1 และ ϕ_2 เป็นความเร็วของการปรับตัวในระยะสั้นที่ปรับให้เกิดการเข้าสู่ดุลยภาพเดิมเมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนที่ไม่คงที่ของดุลยภาพในระยะยาว โดยสัมประสิทธิ์เหล่านี้ต้องมีค่าที่ติดลบเพื่อให้ขนาดของการเบี่ยงเบนออกจากดุลยภาพในระยะยาวนั้น ปรับเข้าหาจุดดุลยภาพที่ถูกต้องในระยะยาวในสุด อีกทั้งในส่วนของ ε_{1t} และ ε_{2t} ต้องเป็น white noise รวมทั้ง ϕ_1 และ ϕ_2 ต้องไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้นสมการ (4.19) และ (4.20) ซึ่งแสดงถึง ECM สามารถอธิบายได้ว่าเป็นกลไกที่แสดงการปรับตัวในระยะสั้น เมื่อระบบเศรษฐกิจที่ทำการศึกษานั้นขาดความสมดุลเพื่อให้มีการเข้าสู่สภาวะดุลยภาพในระยะยาวของตัวแปร X_t และ Y_t ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันในระบบเศรษฐกิจ ($Y_t = \beta X_t$)
โดยที่สมมติฐานในการทดสอบได้ดังนี้

1. $H_0 : \phi_1 = 0$ (ไม่มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น)
   $H_1 : \phi_1 \neq 0$ (มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น)
2. $H_0 : \phi_2 = 0$ (ไม่มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น)
   $H_1 : \phi_2 \neq 0$ (มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น)

เมื่อผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานหลัก สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูล X_t และY_t มีลักษณะไม่มีความสัมพันธ์ระยะสั้น แต่ถ้าผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานหลักสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูล X_t และ Y_t มีความสัมพันธ์ระยะสั้น

ดังนั้น cointegration จึงมีการเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับการใช้ ECM โดยที่ ECM ใช้สำหรับการวิเคราะห์ในระยะสั้น ซึ่งทั้ง cointegration และ ECM ทำให้ได้ประโยชน์ในการนำไปใช้ และตีความหมายที่ต้องมีการเชื่อมโยงกันระหว่างกระบวนการทั้งระยะสั้นและระยะยาวในแบบจำลองเศรษฐมิติได้เป็นอย่างดี เนื่องจากว่า ตามรูปแบบจำลองเชิงพลวัตรหรือแบบจำลองระยะสั้นจะแสดงและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในระยะยาวของตัวมันเองอยู่แล้ว กระบวนการที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 ทฤษฎีความเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality Model)

จากการวิเคราะห์ในรูปแบบสมการในแบบจำลองสมการข้างต้นที่กล่าวมานั้น สามารถวัดระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ แต่การวิเคราะห์ดังกล่าวไม่ระบุได้ถึงทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือชี้ความเป็นเหตุเป็นผลกันระหว่างตัวแปรทำการศึกษา จึงต้องมีการศึกษาความเป็นเหตุเป็นผล (causality) ซึ่งเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยแสดงให้เห็นลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้นว่า ตัวแปรใดคือสาเหตุและตัวแปรใดคือผลของสาเหตุนั้น ซึ่งในการทดสอบความเป็นเหตุเป็นผลจะเลือกวิธีการคำนวณที่ทำให้ค่าความแปรปรวนจากการพยากรณ์น้อยที่สุด หรือหลักความสามารถในการพยากรณ์เป็นตัวสะท้อนความเป็นเหตุเป็นผลระหว่างตัวแปร โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

ถ้า X_t และ Y_t มีความสัมพันธ์กันแบบ cointegration จากการทดสอบแบบ Augmented Dickey-Fuller test (ADF) และมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะสั้นตามแบบจำลองเอเรอร์คอเรคชัน (error-correction model : ECM) จะสมการดังนี้

$$\Delta X_t = \alpha_1 e_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \beta_i \Delta X_{t-i} + \sum_{j=0}^{n} \omega_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_{1t} \qquad (4.21)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_2 e_{t-1} + \sum_{i=0}^{n} \tau_i \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{n} \eta_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_{2t} \qquad (4.22)$$

โดยที่ X_t, Y_t = ตัวแปรใดๆ

$\alpha_1, \alpha_2, \omega_j, \tau_i$ = ค่าพารามิเตอร์

X_t และ Y_t จะมีความสัมพันธ์กันแบบ cointegration ก็ต่อเมื่อ ค่าสัมประสิทธิ์ α_1, α_2 อย่างน้อย 1 ตัว มีค่าไม่เท่ากับ 0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้า $\alpha_1 \neq 0$ และ $\alpha_2 = 0$ แสดงว่า Y_t จะเป็นผลต่อ X_t

ถ้า $\alpha_1 = 0$ และ $\alpha_2 \neq 0$ แสดงว่า X_t จะเป็นผลต่อ Y_t

ถ้า $\alpha_1 = 0$ และ $\alpha_2 = 0$ แสดงว่า X_t และ Y_t ไม่มีผลต่อกัน

ถ้า $\omega_j \neq 0$ และ $\tau_i \neq 0$ แสดงว่า X_t และ Y_t มีผลต่อกัน

ดังนั้น รูปแบบความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลที่อาจจะเกิดขึ้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. X และ Y ต่างเป็นสาเหตุซึ่งกันและกัน (bidirectional causality หรือ feedback X and Y)
2. X และ Y ต่างเป็นอิสระต่อกัน (independent) หรือไม่เป็นสาเหตุซึ่งกันและกัน (non causality between X and Y)
3. X เป็นสาเหตุของ Y (unidirectional causality from X to Y)
4. Y เป็นสาเหตุของ X (unidirectional causality from Y to X)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved