# บทที่ 2

# ระเบียบวิธีวิจัย

## 2.1 แนวความคิดเชิงทฤษฎี

ข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) โดยทั่วไปนั้นมักมีลักษณะเป็น nonstationary process กล่าวคือ mean และ variance ของข้อมูลเหล่านั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา ถ้าหากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงถดถอยนั้นมีลักษณะเป็น nonstationary process การอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์จากการวิเคราะห์เชิงถดถอย (regression analysis) ใดๆ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) อาจจะได้ความสัมพันธ์ที่ไม่แท้จริง (spurious relationship) ซึ่งนำไปสู่การสรุปที่ผิดพลาดได้ ยกเว้นว่าข้อมูลที่นำมาถดถอยเป็น cointegration เนื่องจากข้อมูลที่มีลักษณะเป็น nonstationary process ( มี unit root ) ทำให้เกิดปัญหา autocorrelation (Gujarati, 1995) อย่างไรก็ตามข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะเป็น nonstationary process เราอาจหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้นได้โดยใช้แบบจำลอง two step procedure ของ Engle and Granger (1987) หากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานั้นมีความสัมพันธ์ดุลยภาพในระยะยาว (มี cointegration)

วิธีการทดสอบด้วยแบบจำลอง two step procedure ในขั้นตอนแรกเราจะต้องทำการทดสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่ศึกษาว่ามี unit root หรือไม่ หากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ทดสอบ unit root แล้วมีคุณสมบัติเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) เราก็สามารถใช้ข้อมูลนั้นไปถดถอยเพื่อประมาณค่าทางสถิติด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้เลย แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลอนุกรมเวลาส่วนใหญ่จะมี unit root คือ มีลักษณะเป็น nonstationary process จึงทำให้การหาความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลานั้นควรใช้วิธีการที่เรียกว่า cointegration analysis เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของตัวแปรทั้งสอง และถ้าหากตัวแปรอนุกรมเวลาทั้งสองนั้นมี cointegration เราสามารถใช้แบบจำลอง error correction mechanism (ECM) เพื่อแสดงการปรับตัวของอนุกรมทั้งสองในระยะสั้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวได้ ในรายละเอียดการทดสอบ cointegration และการสร้างแบบจำลอง ECM ได้ใช้แนวความคิดดังรายละเอียดต่อไปนี้

แนวความคิดทางทฤษฎี การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ข้อมูลอนุกรมเวลานั้นทรงศักดิ์และอารี (2542) ได้สมมติว่ามีแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \mu_t \quad (1)$$

และ $$X_t = \lambda X_{t-1} + \varepsilon_t \quad ; \ \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2_\varepsilon) \quad (2)$$

โดยที่ error term ($\varepsilon_t$) เป็นอนุกรมเวลาของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระต่อกัน โดยมีค่า mean เท่ากับศูนย์ และ variance คงที่ ถ้าตัวแปร x มีลักษณะเป็น nonstationary process โดยมีการเคลื่อนที่แบบ random walk และเป็น integrated of degree one หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ I(1) จะทำให้ตัวแปร Y ก็จะมีลักษณะเป็น I(1) ด้วย

ในการทดสอบ cointegration และการใช้ error correction model (ECM) นั้นเริ่มต้นด้วยการทดสอบ unit root หรือ nonstationary process ของข้อมูลชุดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งหากข้อมูลเหล่านั้นไม่มีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) เราสามารถปรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็น nonstationary process ( มี unit root) ให้เป็น stationary process ที่ระดับ integration ระดับที่สูงขึ้นไปได้ด้วยการทำ differencing จนกระทั่งข้อมูลเหล่านั้นมีคุณสมบัติเป็น stationary process ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่พัฒนาโดย Engle and Granger (1987)

ขั้นตอนการทดสอบ cointegration และการใช้ error correction model ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญ ในส่วนนี้ผู้เขียนจะอธิบายความหมายและแสดงวิธีการทดสอบทั้ง 3 ขั้นตอนซึ่งเรียงตามลำดับคือ (1) การทดสอบ unit root (2) การทดสอบ cointegration และ (3) การใช้ error correction ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดมีดังนี้

**2.1.1 unit root และการทดสอบ unit root**

การทดสอบ unit root เป็นการทดสอบเพื่อหาอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็น nonstationary process ว่าข้อมูลเหล่านี้มี integration อยู่ในอันดับใด (จำนวนครั้งในการทำ differencing ที่จะได้ลักษณะ stationary process) ซึ่งการทดสอบ unit root ด้วยวิธีของ Dickey and Fuller นั้นสามารถทดสอบได้ 2 วิธี คือ Dickey and Fuller (DF) test และ augmented Dickey and Fuller (ADF) test

**1) วิธีทดสอบ Dickey and Fuller (DF)** วิธีนี้เป็นการทดสอบ unit root ของข้อมูลที่เป็น autoregressive of order 1[1] ซึ่งเขียนได้เป็นสัญลักษณ์ AR(1) โดยวิธีนี้ Dickey and Fuller (1979) แนะนำให้พิจารณาข้อมูลที่ใช้ศึกษาว่ามีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) หรือไม่ จากค่า

---

[1] มีรูปแบบจำลองเป็นดังสมการที่ (3) โดยที่ error term ($\varepsilon_t$) คุณสมบัติเป็นไปตามสมมติฐานแบบดั้งเดิม คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และมีความแปรปรวนคงที่เท่ากับ $\sigma^2$)

สัมประสิทธิ์ $\rho$ ที่ได้จากการถดถอยในสมการที่ (3) โดยสมมติฐานหลักในการทดสอบ nonstationary proces หรือมี unit root คือ $H_0 : \rho = 1$ แต่ถ้า $|\rho| < 1$ จะเป็นการปฏิเสธสมมติฐานหลักหรือแสดงว่า $X_t$ มีลักษณะเป็น stationary process

$$X_t = \rho X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

การทดสอบ unit root ในสมการที่ (3) สามารถที่จะทดสอบได้อีกรูปแบบหนึ่งซึ่งจะให้ผลการทดสอบเช่นกันดังสมการที่ (4)

$$\Delta X_t = (\rho - 1) X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

ถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์ $(\rho - 1)$ มีค่าเท่ากับศูนย์ก็จะแสดงว่า $X_t$ มีลักษณะเป็น nonstationary process ที่ระดับ integration of order zero นั่นคือ $X_t$ ก็จะมี unit root ที่ระดับ I(0) ถ้าสมมุติให้ $\theta = (\rho - 1)$ สมการที่ (4) จะเปลี่ยนรูปแบบไปเป็นสมการที่ (5) และถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ มีค่าเท่ากับศูนย์ ตัวแปร $X_t$ ก็จะมี unit root นอกจากสมการที่ (5) แล้ว Dickey และ Fuller ได้แบ่งประเภทสมการถดถอยเพิ่มขึ้นอีก 2 รูปแบบที่มีความแตกต่างในการทดสอบว่ามี unit root หรือไม่ ดังสมการที่ (6) – (7) โดยที่สมการที่ (5) ตัวแปร $X_t$ เป็นการเคลื่อนที่แบบ random walk, แต่ในสมการที่ (6) ตัวแปร $X_t$ เป็นการเคลื่อนที่แบบ random walk และมี drift term และในสมการที่ (7) ตัวแปร $X_t$ เป็นการเคลื่อนที่แบบ random walk with drift term และ มี linear time trend สำหรับวิธีการทดสอบ unit root ของตัวแปร $X_t$ ในสมการที่ (5) - (7) มีสมมติฐานหลักในการทดสอบ unit root เช่นเดียวกันคือ $H_0 : \theta = 0$ หรือกล่าวได้ว่า เป็นการทดสอบว่า $X_t$ มี unit root ที่ระดับ I (0) หรือไม่

$$\Delta X_t = \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta t + \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

ในทางปฏิบัติเราสามารถทราบว่า $X_t$ มี unit root หรือไม่โดยนำค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ ที่คำนวณได้จากรูปแบบจำลองที่เหมาะสม (ใช้ค่า t - statistic ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha$ และ $\beta$ ก็จะทำให้ทราบว่าข้อมูลที่ทำการทดสอบนั้นเป็นในรูปแบบสมการใดระหว่างสมการที่ (5) - (7)) ไปทดสอบ t - statistic ในตาราง DF statistic ในภาคผนวก ช โดยมีสมมติฐานหลักในการทดสอบว่า $X_t$ มี unit root ถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ มีค่า t - statistic ที่คำนวณได้ในรูป absolute term น้อยกว่าค่าวิกฤตของ DF static ในรูป absolute term แล้วจะเป็นไปตามสมมติฐานหลัก แต่หาก

t – statistic ที่คำนวณได้ในรูป absolute term มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตของ DF static ในรูป absolute term แสดงว่า $X_t$ มีลักษณะเป็น stationary process

**2) การทดสอบ augmented Dickey and Fuller (ADF)** ในกรณีที่ error term ($\varepsilon_t$) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานแบบดั้งเดิม คือ error term ($\varepsilon_t$) มีความสัมพันธ์กันในอันดับสูงขึ้นไป (higher order autoregressive moveing average processes) เป็นผลให้เกิด autoregressive ที่อันดับสูงขึ้นไป เราจะเพิ่ม lagged different term ให้มากเพียงพอเพื่อแก้ปัญหา autocorrelation ของ error term $\varepsilon_t$ เป็นผลให้สมการที่ (5) - (7) เปลี่ยนเป็นสมการที่ (8) - (10) เราเรียกสมการเหล่านี้ว่า augmented Dickey and Fuller (ADF) equation ดังนั้นการทดสอบในลักษณะนี้จะเรียกว่าการทดสอบ ADF test อย่างไรก็ตามผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ ในสมการที่ (8) - (10) จะเหมือนกับผลการทดสอบในสมการที่ (5) - (7) เนื่องจากสมการทั้ง 2 ชุดมีการแจกแจงแบบ asymptotic distribution เหมือนกันจึงสามารถใช้ค่า critical values เดียวกัน (ทรงศักดิ์และอารี, 2542)

$$\Delta X_t = \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta t + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

วิธีการทดสอบ ADF ใช้สมมติฐานหลักในการทดสอบ unit root เหมือนกับ DF test คือ $H_0 : \theta = 0$ การเริ่มต้นโดยการทดสอบ unit root จะต้องหาสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ ของข้อมูลว่าเป็นรูปแบบสมการใดในสมการที่ (8) - (10) โดยใช้ค่า t - statistic ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha$ และ $\beta$ ก็จะทำให้ทราบว่าข้อมูลที่ทำการทดสอบนั้นเป็นในรูปแบบสมการใด หลังจากที่ทราบรูปแบบสมการที่เหมาะสมแล้วเราสามารถที่จะใช้แบบจำลองดังกล่าวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ ที่ถูกต้องได้ ถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ มีค่า t - statistic ที่คำนวณได้ในรูป absolute term น้อยกว่าค่าวิกฤตในรูป absolute term ในตาราง ADF static (ในภาคผนวก ช) ผลการทดสอบนี้เป็นไปตามสมมติฐานหลัก คือ ข้อมูลที่ทำการศึกษานั้นจะเป็น nonstationary process เราจะต้องทำ differencing ข้อมูลจนกระทั่งผลการทดสอบ ADF ของข้อมูลที่ทำการศึกษานั้นมีลักษณะเป็น stationary process โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ $\theta$ มีค่า t - statistic ที่คำนวณได้ในรูป absolute term มากกว่าค่าวิกฤตที่อยู่ในรูป absolute term ในตาราง ADF static

ผลการทดสอบ ADF นี้สามารถทำให้ทราบอันดับ integration ของข้อมูล ถ้าหากข้อมูลที่การทดสอบมีลักษณะเป็น stationary process โดยไม่ต้อง differencing แล้วข้อมูลที่ศึกษา

นั้นจะลักษณะเป็น I(0) แต่ถ้าหาก differencing 1 ครั้งแล้วทำให้ข้อมูลที่การศึกษานั้นมีลักษณะเป็น stationary processข้อมูลที่ศึกษานั้นจะมีลักษณะเป็น I(1) ดังนั้นระดับ integration คือ จำนวนครั้งที่ทำ differencing แล้วทำให้ข้อมูลที่เหลือมีคุณสมบัติ stationary process เมื่อทดสอบ unit root หลังจากที่ทราบระดับ integration ของข้อมูลแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบ cointegration ต่อไป

**2.1.2 cointegration และการทดสอบ cointegration**

แนวความคิดพื้นฐานของ cointegration คือ ถ้าตัวแปรทั้ง 2 ตัว แม้จะเป็น nonstationary process แต่ค่าของตัวแปรทั้ง 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามเวลาไปด้วยกัน ตัวแปรทั้ง 2 ดังกล่าว ก็อาจสันนิษฐานได้ว่ามี integration of same order และ ถ้าค่าความแตกต่างระหว่างตัวแปรทั้ง 2 มีคุณสมบัติ stationary และ error term ที่ได้จากการถดถอยของ linear combination ทั้งสองมีคุณสมบัติเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) ซึ่งก็หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมี cointegration กันหรือมีความสัมพันธ์ระยะยาว (long run relationship) (Engle and Granger, 1987)

คุณสมบัติ cointegration ของสองตัวแปรที่เสนอโดย Engle และ Granger, (1987) มีลักษณะดังนี้ คือ สมมุติให้ $X_t$ และ $Y_t$ เป็นอนุกรมเวลาใด ๆ ( time series ) เราสามารถเขียนอนุกรมเวลา $X_t$ และ $Y_t$ ที่เป็น cointegrated of order d, b ด้วยสัญลักษณ์ $X_t, Y_t \sim CI(d, b)$ ซึ่งหมายความว่า ถ้าอนุกรมเวลา $X_t$ และ $Y_t$ เป็น integrated of order d (เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ I(d)) แล้ว error term ของ linear combination ของอนุกรมเวลาทั้งสองนี้ (สมมุติว่าเป็น $\alpha X_t + \beta Y_t$) จะมีลักษณะเป็น cointegrated of order (d – b) โดยที่ $d > b > 0$ เราเรียกเวกเตอร์ $[\alpha, \beta]$ นี้ว่า cointegrated vector ยกตัวอย่างเช่น ถ้าอนุกรมเวลา $X_t$ และ $Y_t$ มีคุณสมบัติเป็น I(1) ทั้งคู่และ error term ของการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression) ของทั้งสองตัวแปรมีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) แล้วเราจะเรียกอนุกรมเวลา $X_t$ และ $Y_t$ ว่าเป็น cointegrated of order (1,1) ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $X_t, Y_t \sim CI(1,1)$ เพราะฉะนั้น cointegration regression ก็คือ เทคนิคการประมาณค่าความสัมพันธ์ดุลยภาพระยะยาว ( long term equilibrium relationship) ของสองอนุกรมเวลาที่มีลักษณะเป็น nonstationary process (Ling , 1998)

ในทางเศรษฐมิติเชิงประจักษ์จะเกิดกรณีที่น่าสนใจก็ต่อเมื่อ อนุกรมเวลา (time series) $X_t$ และ $Y_t$ มีระดับ integration ที่เท่ากันเป็นผลให้อนุกรมเวลาทั้งสองเป็น cointegrated of order d เราสามารถที่จะหาความสัมพันธ์ในระยะยาวระหว่างอนุกรมเวลาทั้งสองโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองที่ได้จากการถดถอยเชิงเส้นตรง (Charemsa and Deadman, 1992)

การทดสอบ cointegration นั้นให้ใช้ error term ( $\hat{u}_t$ ) จากสมการถดถอยของ $X_t$ และ $Y_t$ ในสมการที่ (1) มาทำการถดถอยดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta\hat{u}_t = \gamma\hat{u}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} a_i \Delta\hat{u}_{t-i} + V_t \qquad (11)$$

รูปแบบวิธีการทดสอบ cointegration ในสมการที่ (11) ก็คือ การทดสอบด้วยวิธี ADF โดยเปลี่ยนจากตัวแปรอนุกรมเวลาเป็นตัวแปร error term $\hat{u}_t$ ที่ได้จากการถดถอยอนุกรมเวลา $X_t$ และ $Y_t$ การพิจารณาว่าตัวแปรอนุกรมเวลาทั้งสองมี cointegration หรือไม่นั้น เราจะพิจารณาจากระดับ integration จากการทดสอบด้วยวิธี ADF (ได้กล่าวมาแล้วในการทดสอบ unit root) หากพบว่า error term ที่ได้จากการถดถอยมีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) ก็แสดงว่าอนุกรมเวลาทั้งสองเป็น cointegration กัน (ทรงศักดิ์และอารี, 2542) สำหรับรูปแบบสมการที่ (11) ไม่มี intercept term และ time trend ทำให้สมการที่ (11) มีรูปแบบเดียวคล้ายกับสมการที่ (8) เนื่องจาก $\hat{u}_t$ เป็น error จากการถดถอยอนุกรมเวลา $X_t$ และ $Y_t$ (Ender, 1995)

### 2.1.3 การใช้ Error Correction Mechanism (ECM)

ถ้าอนุกรมเวลา $Y_t$ และ $X_t$ เป็น cointegration กัน ก็หมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (long term equilibrium relationship เราสามารถใช้แบบจำลองแสดงการปรับตัวที่เรียกว่า error correction mechanisms (ECM) เพื่ออธิบายการปรับตัวในระยะสั้นได้ (รังสรรค์, 2538) ก่อนที่จะแสดงการใช้แบบจำลอง ECM ในตอนแรกที่จะกล่าวถึงที่มาของแบบจำลอง ECM หลังจากนั้นก็จะกล่าวถึงประยุกต์แบบจำลองเพื่อให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลอง

**1) ที่มาของแบบจำลอง ECM**

เนื้อหาตอนเริ่มต้นบทที่ 2 เราสมมุติให้สมการที่ (1) มีรูปแบบจำลอง คือ $Y_t = \alpha + \beta X_t + \mu_t$ โดยที่ตัวแปร $X_t$ เป็น first - order autoregressive[2] ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ AR(1) ผลจากข้อกำหนดนั้นทำให้ error term $\mu_t$ ในสมการที่ (1) มีลักษณะความสัมพันธ์ดังนี้

$$\mu_t = \rho\mu_{t-1} + \varepsilon_t \qquad \text{โดยที่} \quad |\rho| < 1 \qquad (12)$$

จากรูปสมการที่ (1) เราจะพบว่า $u_{t-1}$ เท่ากับ $Y_{t-1} - \alpha - \beta X_{t-1}$ เมื่อนำค่า $u_{t-1}$ ไปแทนในสมการที่ (12) เปลี่ยนเป็นดังนี้

$$\mu_t = \rho(Y_{t-1} - \alpha - \beta X_{t-1}) + \varepsilon_t \qquad \text{โดยที่} \quad |\rho| < 1 \qquad (13)$$

---

[2] ตัวแปร $X_t$ มีความสัมพันธ์กับตัวของมันเองในรูปแบบสมการถดถอยย้อนหลังไป 1 ช่วงเวลา

จากสมการที่ (13) เรา นำ error term $\mu_t$ ไปแทนที่ในสมการที่ (1) และจัดรูปแบบสมการใหม่จะได้เป็นสมการดังนี้

$$Y_t = \alpha(1-\rho) + \rho Y_{t-1} + \beta X_t - \rho\beta X_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (14)$$

ความสัมพันธ์ในสมการที่ (14) เป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบจำลองไดนามิคอย่างง่ายในรูป AR(1) เมื่อกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha_0$ เป็นค่าคงที่เท่ากับ $\alpha(1-\rho)$ ค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha_1 = \rho$ โดยที่ $|\alpha_1| < 1$ ค่าสัมประสิทธิ์ $\gamma_0 = \beta$ และค่าสัมประสิทธิ์ $\gamma_1 = -\rho\beta$ สมการที่ (14) ก็จะเปลี่ยนเป็นสมการที่ (15)

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \gamma_0 X_t + \gamma_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (15)$$

จากแบบจำลองไดนามิคอย่างง่ายในรูป AR(1) ในสมการที่ (15) เราสามารถจัดรูปแบบสมการใหม่โดยการนำตัวแปร $Y_{t-1}$ และ $\gamma_0 X_{t-1}$ มาลบออกทั้ง 2 ข้างของสมการดังแสดงต่อไปนี้

$$Y_t - Y_{t-1} - \gamma_0 X_{t-1} = \alpha_0 + \gamma_0 X_t - \gamma_0 x_{t-1} + \gamma_1 X_{t-1} + \alpha_1 Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$Y_t - Y_{t-1} = \alpha_0 + \gamma_0 X_t - \gamma_0 X_{t-1} + \gamma_0 X_{t-1} + \gamma_1 X_{t-1} + \alpha_1 Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = \gamma_0 \Delta X_t + [-Y_{t-1} + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_0 + \gamma_0 X_{t-1} + \gamma_1 X_{t-1}] + u_t$$

$$= \gamma_0 \Delta X_t + [-Y_{t-1} + \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + (\gamma_0 + \gamma_1) X_{t-1}] + u_t$$

$$\Delta Y_t = \gamma_0 \Delta X_t - (1-\alpha_1)[Y_{t-1} - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{t-1}] + u_t \qquad (16)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_0 = \dfrac{\alpha_0}{1-\alpha_1}$ $\qquad \hat{\beta}_1 = \dfrac{\gamma_0 + \gamma_1}{1-\alpha_1}$

จากสมการที่ (16) เราแทนค่า $Y_{t-1} - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{t-1}$ และค่าสัมประสิทธิ์ $-(1-\alpha_1)$ เท่ากับ $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ และ $\phi_1$ ตามลำดับ ทำให้สมการที่ (16) กลายเป็นแบบจำลอง ECM อย่างง่ายดังนี้

$$\Delta Y_t = \gamma_0 \Delta X_t + \phi_1 \hat{\varepsilon}_{t-1} + u_t \qquad (17)$$

ที่มาของสมการ ECM ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงรูปแบบจำลองที่ (17) ซึ่งรูปแบบจำลองนี้เป็นรูปแบบจำลองของ Charemza and Deadman (1992) ที่ได้เสนอไว้ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_1$ นี้สามารถที่แสดงความเร็วในการปรับตัว (speed of adjustment) ในระยะสั้นเพื่อ

เข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาว อย่างไรก็ตาม Gujarati (1995) ได้เสนอแบบจำลอง ECM โดยเพิ่มค่า constant term ทำให้รูปแบบจำลอง ECM ที่ Gujarati ได้เสนอมีลักษณะเป็นดังนี้

$$\Delta Y_t = a_1 + a_2 \hat{\mathcal{E}}_{t-1} + a_3 \Delta X_t + u_t \quad \text{โดยที่} \quad a_2 < 0 \tag{18}$$

ถ้าหากข้อมูลสองชุดมีคุณสมบัติ cointegration แล้วข้อมูลทั้ง 2 ชุดนั้นจะมีคุณสมบัติ causality ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Granger, 1969) ทำให้เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาทั้งสองในรูปแบบจำลอง ECM ได้ 2 รูปแบบ คือ แบบจำลอง ECM ที่อยู่ในรูป forward price transmission และ backward price transmission ดังนั้นแบบจำลอง ECM ของ Gujarati (1995) สามารถที่จะนำมาแสดงใหม่ได้ 2 รูปแบบดังนี้

$$\Delta Y_t = \phi_1 + \phi_2 \hat{u}^i_{t-1} + \phi_3 \Delta X_t + \varepsilon_{1t} \tag{19}$$

$$\Delta X_t = \eta_1 + \eta_2 \hat{u}^i_{t-1} + \eta_3 \Delta Y_t + \varepsilon_{2t} \tag{20}$$

สำหรับสมการ ECM แสดงการส่งผ่านราคาระยะสั้นที่เสนอโดย Ling (1998) ในรูปแบบ forward และ back ward price transmission จากตลาดหนึ่งไปสู่อีกตลาดหนึ่งได้มีการเพิ่ม lagged ของตัวแปร $X_t$ และ $Y_t$ เพื่อแก้ปัญหา autocorrelation ในกรณีที่ตัวแปร $X_t$ และ $Y_t$ เป็น autoregressive อันดับสูงขึ้นไปที่ p และ q ตามลำดับ (รายละเอียดดูในภาคผนวก ซ ) ทำให้รูปแบบจำลองที่เสนอโดย Ling (1998) เป็นดังนี้

$$\Delta Y_t = \phi_1 + \phi_2 \hat{u}^i_{t-1} + \phi_3 \Delta X_t + \sum_{h=1}^{p} \phi_{4h} \Delta X_{t-h} + \sum_{l=1}^{q} \phi_{5l} \Delta Y_{t-l} + \varepsilon_{1t} \tag{21}$$

$$\Delta X_t = \eta_1 + \eta_2 \hat{u}^i_{t-1} + \eta_3 \Delta Y_t + \sum_{m=1}^{r} \eta_{4m} \Delta Y_{t-m} + \sum_{n=1}^{s} \eta_{5n} \Delta X_{t-n} + \varepsilon_{2t} \tag{22}$$

ทรงศักดิ์และอารี (2542) ได้นำปัจจัยความเสี่ยงเนื่องจากความผันผวนราคา ($\sigma$) เข้ามาเป็นตัวแปรอิสระเพิ่มเติมในแบบจำลองของ Ling (1998) เพื่อป้องกันการเกิด heteroscasticity ของ error term ในข้อมูลอนุกรมเวลา ทำให้แบบจำลอง ECM ในแบบจำลอง forward และ backward price transmission ของ Ling เปลี่ยนเป็นรูปแบบจำลองที่ (23) และ (24)

$$\Delta Y_t = \phi_1 + \phi_2 \hat{u}^i_{t-1} + \phi_3 \Delta X_t + \phi_4 \Delta \sigma_{1,t} + \sum_{h=1}^{p} \phi_{5h} \Delta X_{t-h} + \sum_{l=1}^{q} \phi_{6l} \Delta Y_{t-l} + \sum_{a=1}^{b} \phi_{7a} \Delta \sigma_{1,t-a} + \varepsilon_{1t} \tag{23}$$

$$\Delta X_t = \eta_1 + \eta_2 \hat{u}^i_{t-1} + \eta_3 \Delta Y_t + \eta_4 \Delta \sigma_{2,t} + \sum_{m=1}^{r} \eta_{5m} \Delta Y_{t-m} + \sum_{n=1}^{s} \eta_{6n} \Delta X_{t-n} + \sum_{c=1}^{d} \eta_{7c} \Delta \sigma_{2,t-c} + \varepsilon_{2t} \tag{24}$$

**2) การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ ECM**

แบบจำลอง ECM เป็นแบบจำลองที่เชื่อมโยงการปรับตัวในระยะสั้นและระยะยาวไว้ด้วยกัน เราสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของประพจน์ $[ Y_{t-1} - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{t-1} ]$ ในสมการที่ (16) ซึ่งก็คือ สัมประสิทธิ์ของประพจน์ error term ($\hat{\varepsilon}_{t-1}$) ในสมการที่ (17) ถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์ของประพจน์นี้มีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าสมการนี้ได้เข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวแล้ว (Harris, 1995) แต่ถ้าหากค่าประพจน์ error term ($\hat{\varepsilon}_{t-1}$) นี้มีค่าไม่เท่ากับศูนย์แล้ว ค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_1$ นี้จะแสดงค่าความเร็วในการปรับตัวในระยะสั้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ (speed of adjustment) ในระยะยาว

ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วในการปรับตัวในระยะสั้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพนั้นค่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง -2 สำหรับในแบบจำลองเชิงประจักษ์เราสามารถพิจารณาความเร็วในการปรับตัวของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพจากค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_2$ และ $\eta_2$ จากแบบลอง ECM ในสมการที่ (23) และ (24) ตามลำดับ โดยที่ $\phi_2$ จะแสดงการปรับตัวของราคาในรูปแบบ forward price transmission และ $\eta_2$ จะแสดงการปรับตัวของราคาในรูปแบบ backward price transmission หากได้ค่าสัมประสิทธิ์การปรับตัวมีค่าเข้าใกล้ค่าลบหนึ่งมากกว่า หมายถึง ราคาจะมีการปรับตัวอย่างรวดเร็วเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ แต่ถ้าหากได้ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเข้าใกล้ค่าลบหนึ่งน้อยกว่า หมายถึง ราคาจะมีการปรับตัวช้าเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ

เนื่องจากความสัมพันธ์ของราคาในแบบจำลอง ECM นี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์การส่งผ่านราคาในระยะสั้น ซึ่งในระยะสั้นการปรับตัวของราคาอาจยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงไม่ใช้การส่งผ่านของราคาในระยะสั้นอธิบายความสัมพันธ์ของการส่งผ่านราคา แต่จะใช้การส่งผ่านราคาในระยะยาวมาอธิบายความสัมพันธ์การส่งผ่านราคา สำหรับแบบจำลองการส่งผ่านราคาในระยะยาวนั้นจะนำเสนอต่อไปในส่วนของแบบจำลองเชิงประจักษ์ และนอกจากนั้น $\phi_5$ , $\phi_6$ และ $\phi_7$ ในสมการที่ (23) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ ที่นำมาใส่เพื่อแก้ปัญหา autocorelation ของสมการในรูปแบบการปรับตัวของราคา forward price transmission โดยค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้จะไม่นำมาอธิบายผลระดับความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเช่นกัน สำหรับในสมการที่ (24) ค่าสัมประสิทธิ์ $\eta_5$ $\eta_6$ และ$\eta_7$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ ที่นำมาใส่เพื่อแก้ปัญหา autocorrelation ในรูปแบบการปรับตัวของราคา backward price transmission ดังนั้นแบบจำลอง ECM จึงเหลือค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพเท่านั้นที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์

## 2.2 แบบจำลองเชิงประจักษ์

**2.2.1 วิธีการศึกษาความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างตลาดผลิตภัณฑ์ลำไย** เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยต่างๆ จากข้อมูลการผลิตในแต่ละตลาดและลักษณะการเคลื่อนย้ายผลผลิตและข้อมูลข่าวสารระหว่างตลาด ซึ่งข้อมูลเชิงปริมาณข้างต้นเหล่านี้จะทำการศึกษาโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) และนำเสนอในรูปตารางแจกแจงข้อมูลและแผนภาพ

**2.2.2 วิธีการศึกษาการส่งผ่านราคาและความเร็วในการปรับตัวของราคา** ใช้แนวความคิดทางเศรษฐมิติที่เรียกว่า cointegration และ ECM โดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาโดยทรงศักดิ์และอารี (2542) ดังที่ได้แสดงมาแล้วในหัวข้อ 2.1 มีขั้นตอนที่สำคัญในการทดสอบดังนี้

**1) การทดสอบ unit root**

วิธีการวิเคราะห์การส่งผ่านราคาผลิตภัณฑ์ลำไยในตลาดต่าง ๆ จะเริ่มจากแสดงความสัมพันธ์ราคาในรูป logarithm เนื่องจากสมการที่ตัวแปรอิสสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ที่มีในรูป logarithm ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการถดถอยของตัวแปรนั้นจะกลายเป็นค่าความยืดหยุ่นระหว่างตัวแปรที่ศึกษา (Jonhston and Dinardo, 1963) ซึ่งค่าความยืดหยุ่นนี้จะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับการส่งผ่านราคาผลภัณฑ์ลำไยระหว่าง 2 ตลาดผลิตภัณฑ์ใด ๆ สมมุติว่าเป็นตลาดผลิตภัณฑ์ i และตลาดผลิตภัณฑ์ j จะมีความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$\ln P^j = f_j(\ln P^i, u^{ji}) \quad (25)$$

$$\ln P^i = f_i(\ln P^j, u^{ij}) \quad (26)$$

สมการที่ (25) และ (26) เป็นสมการแสดง forward และ backward price transmission equations ตามลำดับ โดยที่ $\ln P^j$ คือราคาตลาดผลิตภัณฑ์ลำไย j อยู่ในรูป logarithm และ $\ln P^i$ คือ ราคาตลาดผลิตภัณฑ์ลำไย i อยู่ในรูป logarithm อีกเช่นกัน สำหรับ forward price transmission equations หมายถึง $\ln P^i$ เป็นตัวแปรทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปร $\ln P^j$ ส่วน backward price transmission equations จะมีลักษณะความสัมพันธ์ที่ตรงกันข้ามกับ forward price transmission equation โดยหมายถึง ตัวแปร $\ln P^j$ เป็นตัวแปรทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปร $\ln P^i$ และตัวแปร $u^{ji}$ และ $u^{ij}$ เป็นอิทธิพลอื่น ๆ ของ forward และ backward price transmission equations ตามลำดับ (ทรงศักดิ์และอารี, 2542)

อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการการค้าลำไยอาจจะมีความเสี่ยงเนื่องจากความผันผวนจากราคาซึ่งมีผลกระทบต่อราคาดุลยภาพ ทำให้ในระยะสั้นผู้ประกอบการค้าต้องบวกส่วนเหลื่อมเพิ่มขึ้นเพื่อประกันความเสี่ยงดังกล่าว เราสามารถพิจารณาความเสี่ยงเนื่องจากความผันผวนราคาด้วยการนำตัวแปรส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคา ($\sigma^{ji}$ และ $\sigma^{ij}$) จาก Garch - M model เข้ามาเป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลองดังที่เสนอโดยทรงศักดิ์และอารี (2542) ดังนั้นแบบจำลองการส่งผ่านราคาระหว่าง 2 ตลาดผลิตภัณฑ์ใด ๆ จะเป็นดังสมการที่ (27) และ (28) โดยที่ $\sigma^{ji}$ และ $\sigma^{ij}$ คือค่า standard deviation ของ forward และ backward price transmission equations ตามลำดับ

$$\ln P^j = f_j(\ln P^i, \sigma^{ji}, u^{ji}) \quad (27)$$

$$\ln P^i = f_i(\ln P^j, \sigma^{ij}, u^{ij}) \quad (28)$$

ฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร $\ln P^j$ และ $\ln P^i$ จะมีความถูกต้องก็ต่อเมื่อตัวแปร $\ln P^j$, $\ln P^i$, $\sigma^{ji}$ และ $\sigma^{ij}$ มีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ integration เดียวกัน ซึ่งสามารถพิจารณาระดับ integration ของตัวแปรต่างๆ ได้โดยนำตัวแปร $\ln P^j$, $\ln P^i$, $\sigma^{ji}$ และ $\sigma^{ij}$ มาทดสอบ unit root หรือ nonstationary process เพื่อดูว่าข้อมูลเหล่านี้มีปัญหาเรื่อง unit root หรือไม่ ด้วยการใช้ augmented Dickey and Fuller test (ADF - test) ถ้าหากว่าข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามี unit root ก็สามารถนำข้อมูลมาปรับโดยวิธี differencing จนข้อมูลที่ได้มีลักษณะเป็น stationary process เมื่อไปทดสอบด้วย ADF test ( Engle and Granger, 1987)

**2) การทดสอบ cointegration**

หลังจากที่ได้ทดสอบ unit root ถ้าหากพบว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) และมีระดับ integration ที่เท่ากัน I(d = b) แล้วเราสามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองในรูปแบบสมการเชิงเส้นตามแบบจำลองของทรงศักดิ์และอารี (2542)ได้โดยตรงดังนี้

$$\ln P^j = \phi_1 + \phi_3 \ln P^i + \phi_4 \sigma^{ji} + u^{ji} \quad (29)$$

$$\ln P^i = \eta_1 + \eta_3 \ln P^j + \eta_4 \sigma^{ij} + u^{ij} \quad (30)$$

วิธีการทดสอบ cointegration นั้นเป็นการนำ error term ที่ได้จากการถดถอยจากสมการที่ (29) และ (30) มาทดสอบความสัมพันธ์ดุลยภาพในระยะยาว โดยการใช้ ADF test ทำการทดสอบดังสมการที่ (11) ถ้าหากพบว่า error term ในสมการใดที่ทดสอบนั้นมีลักษณะเป็น stationary process ที่ระดับ I(0) ก็แสดงว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามของสมการนั้นมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวหรือมี cointegration หลังจากทราบว่าแบบจำลองที่ถดถอยนั้นมี

คุณสมบัติ cointegration เราก็สามารถใช้ t - test พิจารณาการส่งผ่านราคาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ $\eta_3$ และ $\phi_3$ จากสมการที่ (29) และ (30) ก็จะทำให้เราทราบได้ว่าแต่ละตลาดมีการส่งผ่านราคาระหว่างกันหรือไม่อย่างไรและมีตลาดผลิตภัณฑ์ใดบ้างที่ส่งผ่านราคาไปยังตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยสดที่ระดับสวน นอกจากนั้นสมการนี้ยังแสดงให้ทราบอีกว่าเป็นตัวแปรอิสระของความเสี่ยงเนื่องจากความผันผวนของราคามีอิทธิพลต่อราคาของตัวแปรตามด้วยหรือไม่อย่างไร

**3) การทดสอบ Error Correction Mechanism**

จากสมการที่ (29) และ (30) หากพบว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยทั้งสองตลาดมีคุณสมบัติ cointegration แล้วเราสามารถสร้าง ECM ตามแบบจำลองที่เสนอโดยทรงศักดิ์และอารี (2542) ได้โดยตรงดังนี้

$$\Delta P_t^j = \phi_1 + \phi_2 \hat{u}^{ji}_{t-1} + \phi_3 \Delta \ln P_t^i + \phi_4 \Delta \sigma^{ji} + \sum_{h=1}^{p} \phi_{5h} \Delta \ln P^i_{t-h} + \sum_{k=1}^{q} \phi_{6l} \Delta \ln P^j_{t-l} + \sum_{a=1}^{b} \phi_{7a} \Delta \sigma^{ji}_{t-b} + \varepsilon^{ji} \quad (31)$$

$$\Delta P_t^i = \eta_1 + \eta_2 \hat{u}^{ij}_{t-1} + \eta_3 \Delta \ln P_t^j + \eta_4 \Delta \sigma^{ij} + \sum_{m=1}^{r} \eta_{5m} \Delta \ln P^j_{t-m} + \sum_{n=1}^{s} \eta_{6n} \Delta \ln P^i_{t-n} + \sum_{c=1}^{d} \eta_{7c} \Delta \sigma^{ij}_{t-d} + \varepsilon^{ij} \quad (32)$$

เมื่อนำสมการที่ (31) และ (32) ไปถดถอยก็จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_2$ และ $\eta_2$ โดยค่าสัมประสิทธิ์นี้สามารถบอกให้ทราบถึงความเร็วในการปรับตัวของราคาในระยะสั้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ (speed of adjustment) ในรูป forward และ backward price transmission ระหว่าง 2 ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไย ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วในการปรับตัวของราคานี้จะใช้ร่วมกับการวิเคราะห์การส่งผ่านราคาในสมการที่ (29) และ (30) ซึ่งจะทำให้ทราบว่าการส่งผ่านราคามีระดับความเร็วในการปรับตัวของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพมากน้อยเพียงไร แต่สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_3$ และ $\phi_4$ ในสมการที่ (31) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงระดับความสัมพันธ์ของราคาในระยะสั้นของตัวแปร $\Delta P_t^j$ กับ $\Delta \ln P_t^i$ และ $\Delta \sigma^{ji}$ ตามลำดับ แต่ในการศึกษาจะไม่นำมาใช้อธิบายผล เนื่องจากในระยะสั้นการส่งผ่านราคายังอาจมีการปรับตัวไม่สมบูรณ์ สำหรับในสมการที่ (32) $\eta_3$ และ $\eta_4$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงระดับความสัมพันธ์ของราคาในระยะสั้นของตัวแปร $\Delta P_t^i$ กับ $\Delta \ln P_t^j$ และ $\Delta \sigma^{ij}$ ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของการส่งผ่านราคาในระยะสั้นเช่นเดียวกันกับสมการที่ (31) จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในระยะสั้นการส่งผ่านราคาอาจมีการปรับตัวไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงไม่นำมาอธิบายการส่งผ่านราคาเช่นเดียวกันเช่นเดียวกันกับกรณี forward price transmission นอกจากนั้น $\phi_5$ $\phi_6$ และ $\phi_7$ ในสมการที่ (31) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวอิสระที่นำมาใส่เพื่อแก้ปัญหา autocorrelation ของสมการ สำหรับในสม

การที่ (32) ค่าสัมประสิทธิ์ $\eta_5$ $\eta_6$ และ $\eta_7$ ก็จะใส่เข้ามาเพื่อแก้ปัญหา autocorrelation ของสมการเช่นเดียวกันกับค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_5$, $\phi_6$ และ $\phi_7$ ในสมการที่ (31)

**2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการส่งผ่านราคา**

ในการศึกษานี้ได้ใช้ Wald - test ทดสอบประสิทธิภาพการส่งผ่านราคาในตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยต่างๆ การทดสอบประสิทธิภาพการส่งผ่านราคานี้สามารถทำการทดสอบได้จากค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านราคาในสมการที่ (29) และ (30) โดยมีสมมติฐานหลักทดสอบ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านราคามีค่าเท่ากับ 1.00 หากไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงให้ทราบว่าการส่งผ่านราคามีประสิทธิภาพดีแล้ว การพิจารณาประสิทธิภาพการส่งผ่านราคาสามารถพิจารณาได้จากค่าสถิติ chi - square ถ้าหากการส่งผ่านราคามีประสิทธิภาพแสดงให้ทราบว่า หากตัวแปรอิสระมีการเปลี่ยนแปลงราคาเพิ่มขึ้นหรือลดลงไป 1 % สามารถทำให้ตัวแปรตามเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ 1% เช่นกัน หากสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงให้ทราบว่าการส่งผ่านราคานั้นยังไม่มีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่ค่าประสิทธิ์การส่งผ่านราคามีค่าแตกต่างจาก 1 แต่มีค่ามากกว่า 1 ก็จะแสดงให้ทราบว่าการส่งผ่านราคานั้นมีประสิทธิภาพดีแล้ว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงราคาเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรอิสระ 1% สามารถทำให้ตัวแปรตามเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปได้มากกว่า 1% จากลักษณะความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้ทราบว่าการส่งผ่านราคามีประสิทธิภาพดีมาก

Pindyck and Rubinfeld ( 1998) ได้แสดงรูปแบบสมการ Wald - test ที่ใช้ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่มีข้อจำกัดและไม่มีข้อจำกัดอย่างง่ายด้วย F - test ซึ่งการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการส่งผ่านราคา สำหรับรูปแบบของของสมการเป็นดังนี้

$$F_{k-1,N-k} = \frac{(R^2_{UR} - R^2_R)/(k-1)}{(1-R^2_{UR})/(N-k)} \qquad (33)$$

โดยที่ $R^2_{UR}$ คือค่า $R^2$ ของสมการถดถอยที่ไม่มีข้อจำกัด

$R^2_R$ คือค่า $R^2$ ของสมการถดถอยที่มีข้อจำกัด

k คือค่าจำนวนของตัวแปรอิสระ

N คือจำนวนสิ่งตัวอย่าง

เมื่อ $R^2_{UR}$ เป็นแบบจำลองภายใต้ข้อจำกัดและมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ $R^2_R$ ในกรณีแบบจำลองเชิงถดถอยมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว เป็นผลให้ (N - k) มีค่าเท่ากับ 1 แบบจำลอง Wald - test สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$W = \frac{NR_{UR}^2}{(1 - R_{UR}^2)} \qquad (34)$$

เนื่องจากรูแบบสมการของ Wald - test ถูกกำหนดโดย $W = (\hat{\beta}_{UR} - \hat{\beta}_R)^2 I(\hat{\beta}_{UR})$ เมื่อ I( ) เป็น information matrix ดังนั้นสมการของ Wald - test จึงทำให้มีรูปแบบการกระจายแบบ chi - square โดยมีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับจำนวนตัวแปรของสมการข้อจำกัด ดังนั้นหลังจากที่ได้คำนวณค่าสถิติแล้วจึงต้องนำค่าสถิติที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับตาราง chi - square

**2.4 ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

ข้อมูลที่จะใช้ในการศึกษานี้จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางกายภาพของตลาดและข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การส่งผ่านราคา โดยข้อมูลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางการภายได้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากผู้ค้าลำไยในตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยระดับต่างๆ ส่วนข้อมูลวิเคราะห์การส่งผ่านราคาได้ใช้ข้อมูลราคาที่เป็นทุติยภูมิจากหน่วยงานของรัฐต่างๆ

1) ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยประกอบด้วยข้อมูลการผลิตในแต่ละตลาดและลักษณะการเคลื่อนย้ายผลผลิตและข้อมูลข่าวสารระหว่างตลาด สำหรับการศึกษานี้ผู้วิจัยได้แบ่งย่อยด้วยเขตการจำหน่ายตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยออกเป็น 4 ระดับได้แก่ ตลาดระดับสวน ตลาดระดับขายส่งที่ตลาดเชียงใหม่ ตลาดระดับขายส่งที่กรุงเทพฯ และตลาดระดับส่งออกที่กรุงเทพฯ โดยที่ข้อมูลตลาดระดับสวนและตลาดระดับขายส่งที่ตลาดเชียงใหม่เก็บรวบรวมจาก สหกรณ์การเกษตรจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน มูลนิธิโครงการหลวง เขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 13 สำนักงานส่งเสริมการส่งออกจังหวัดเชียงใหม่ และสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับข้อมูลตลาดระดับส่งออกเก็บรวบรวมจาก กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกรุงเทพฯ กรมศุลกากร และข้อมูลพื้นที่ปลูกลำไยของประเทศไทยเก็บรวบรวมจากกรมส่งเสริมการเกษตร

2) ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การส่งผ่านราคาในตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยต่างๆ สำหรับข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การส่งผ่านราคาลำไยสดขายส่งที่เชียงใหม่และลำไยอบแห้งขายส่งที่เชียงใหม่ได้ใช้ข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึงปี 2543 ในช่วงที่มีการค้าของแต่ละตลาดจากสำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน สำนักงานกรมการค้าภายในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกรุงเทพฯ สำหรับข้อมูลตลาดระดับอื่นๆ นั้นใช้ข้อมูลรายเดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2533 ถึงปี พ.ศ. 2543 ในเดือนที่มีการค้าของแต่ละตลาดโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กรมการค้าภายใน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และกรมศุลกากร

**2.5 การวิเคราะห์ผลข้อมูล**

การศึกษานี้ได้แบ่งตลาดด้วยระยะทางเป็น 4 ระดับ ได้แก่ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยระดับสวน ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยระดับตลาดขายส่งเชียงใหม่ ระดับตลาดขายส่งที่เชียงใหม่ และตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยระดับตลาดส่งออก และแบ่งตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยด้วยรูปลักษณ์ออกเป็น 3 ผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์ลำไยสด ผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง และผลิตภัณฑ์ลำไยกระป๋อง ซึ่งเมื่อการแบ่งตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยทั้งสองมิติเข้าด้วยกันจึงสามารถแบ่งตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยออก 7 ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยที่มีการซื้อ/ขายกันจริงและสามารถหาข้อมูลเพื่อนำมาศึกษาได้ ซึ่งประกอบด้วย ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยสดที่ระดับสวน ตลาดขายส่งผลิตภัณฑ์ลำไยสดที่เชียงใหม่ ตลาดขายส่งผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งที่เชียงใหม่ ตลาดขายส่งผลิตภัณฑ์ลำไยสดที่กรุงเทพฯ ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยสดส่งออกที่กรุงเทพฯ ตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งส่งออกที่กรุงเทพฯ และตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยกระป๋องส่งออกที่กรุงเทพฯ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดรูปแบบเป็นการส่งผ่านราคาจากตลาดผลิตภัณฑ์ที่ระดับสวนไปยังตลาดผลิตภัณฑ์ที่ระดับส่งออกที่กรุงเทพฯ เป็นรูปแบบการส่งผ่านราคาแบบ forward price transmission และในทางตรงกันข้ามการส่งผ่านราคาจากตลาดผลิตภัณฑ์ระดับส่งออกที่กรุงเทพฯ ไปยังตลาดผลิตภัณฑ์ที่ระดับสวนได้กำหนดรูปแบบเป็นการส่งผ่านราคา backward price transmission การพิจารณาการส่งผ่านราคาสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_3$ และ $\eta_3$ จากสมการที่ (29) และ (30) นอกจากนั้นการทดสอบประสิทธิภาพการส่งผ่านราคานั้นสามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองเช่นเดียวกัน หากพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านราคามีค่าไม่แตกต่างจาก 1 หรือมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้ทราบว่าการส่งผ่านราคามีประสิทธิภาพดีแล้ว

เมื่อนำแบบจำลอง ECM ที่ (31) และ (32) ไปถดถอยจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\phi_2$ และ $\eta_2$ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้ทำให้ทราบความเร็วในการปรับตัว (speed of adjustment) ของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ โดยที่ $\phi_2$ และ $\eta_2$ จะแสดงการปรับตัวของราคาในรูปแบบ forward price transmission และ backward price transmission ตามลำดับ หากว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ error term ใน period ที่แล้วมีค่าเข้าใกล้ค่าลบหนึ่งมากกว่า การปรับตัวของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพก็จะมีการปรับตัวเร็ว ในทางตรงกันข้ามถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเข้าใกล้ค่าลบหนึ่งน้อยกว่า การปรับตัวของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพก็จะมีการปรับตัวช้า

การประยุกต์ใช้ cointegration และแบบจำลอง ECM กับมาตรการพยุงราคาลำไยในปีที่ราคาลำไยสดหน้าสวนตกต่ำนั้นสามารถพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_3$ และ $\eta_3$ จากสมการที่ (29) และ (30) จากตัวแปรในตลาดทั้งสองที่ศึกษาว่ามีการส่งผ่านราคากันหรือไม่ ถ้าหากตัวแปรราคาในตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยทั้งสองไม่มีการส่งผ่านราคาระหว่างกันก็แสดงให้ทราบว่าตลาดผลิตภัณฑ์

ลำไยทั้งสองไม่ได้มีความสัมพันธ์ของราคาระหว่างกัน แต่ถ้าหากตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยทั้งสองมีการส่งผ่านราคาระหว่างกันไม่ว่าจะเป็นความสัมพันธ์ในรูป forward หรือ backward price transmission หรือมีการส่งผ่านราคาระหว่างกันทั้ง forward และ backward price transmission เราก็สามารถทราบได้ว่าตลาดผลิตภัณฑ์ใดเป็นตลาดหลักในการกำหนดราคาอีกตลาดผลิตภัณฑ์หรือทั้งสองตลาดผลิตภัณฑ์มีการกำหนดราคาซึ่งกันและกัน

นอกจากการพิจารณาการส่งผ่านราคาแล้วความเร็วในการปรับตัวเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ (speed of adjustment) ยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกตลาดที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแทรกแซงราคา เนื่องจากความเร็วในการปรับตัวของราคานี้จะเป็นตัวแสดงให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของราคาในตลาดผลิตภัณฑ์ใดจะส่งผลให้อีกตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยหนึ่งมีการปรับตัวของราคาได้เร็วมากน้อยเพียงไร โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การปรับตัวของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ (speed of adjustment) ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์ $\phi_2$ และ $\eta_2$ ในสมการ ECM ถ้าหากตลาดผลิตภัณฑ์ใดมีค่าสัมประสิทธิ์การปรับตัวเข้าใกล้หนึ่งมากกว่าตลาดนั้นก็จะส่งผลต่อการปรับตัวของราคาอีกตลาดหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว

ในทางปฏิบัติตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยที่มีความเหมาะสมที่ คชก. จะใช้ในการแทรกแซงราคาลำไยสดระดับสวนนั้นต้องเป็นตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยที่สามารถกำหนดราคาตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยสดระดับสวนอย่างมีประสิทธิภาพและมีระดับความเร็วในการปรับตัวของราคาเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพในระดับสูง เนื่องจากเมื่อเราแทรกแซงราคาลำไยในตลาดผลิตภัณฑ์ลำไยนั้นแล้วจะส่งผลให้ราคาลำไยสดหน้าสวนมีราคาสูงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพอย่างรวดเร็ว