สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว ด้วยเครื่องมือทางเศรษฐมิติ โดยนำการศึกษาแบบ Multivariate Cointegration ตามกรรมวิธีของ Johansen (1988 และ 1995) มาทดสอบหาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว (Cointegration) ระหว่างอัตราเงินเฟ้อ อัตราแลกเปลี่ยน อัตราดอกเบี้ย ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ราคาน้ำมันดิบ กับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของแต่ละประเทศ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแรงผลักดันที่ส่งผลกระทบทั้งในระยะยาวและระยะสั้น โดยนำมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ตัวแปรเศรษฐกิจการเงิน และตัวแปรเศรษฐกิจจริง ซึ่งใช้การศึกษาแบบ Trivariate Cointegration มาประยุกต์เพื่อทำการทดสอบ โดยเป็นไปตามกรรมวิธีของ Johansen (1991) และ Gonzalo และ Granger (1995) สำหรับการศึกษาส่วนประกอบของระบบดังกล่าว พร้อมทั้งทดสอบความสัมพันธ์แบบเป็นเหตุและผล (Causality) ที่ใช้การศึกษาแบบ Granger Causality ผลการศึกษาทั้งหมดดังกล่าวจะถูกนำมาเปรียบเทียบระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์ที่พัฒนาแล้วกับตลาดหลักทรัพย์ที่เกิดใหม่ ว่าเป็นไปในแนวทางเดียวกันหรือไม่อย่างไร

ต่อมาผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวและการทดสอบแรงผลักดันที่เป็นผลกระทบระยะยาวและระยะสั้น ด้วยเครื่องมือทางเศรษฐมิติ ซึ่งในบทนี้จะแบ่งเนื้อหาเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยกล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำหรับส่วนที่สอง คือ การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งกล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว การทดสอบแรงผลักดันระยะยาวและระยะสั้น และการทดสอบความสัมพันธ์แบบเป็นเหตุและผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยทำการจัดเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) จากดัชนีราคาผู้บริโภค (Consumer Price Index: CPI)
2. อัตราแลกเปลี่ยน (Exchange Rate) โดยใช้สกุลเงินในแต่ละประเทศเทียบกับสกุลเงินดอลล่าร์สหรัฐอเมริกา (Direct Quote) ยกเว้นประเทศสหรัฐอเมริกาที่ไม่มีการเก็บข้อมูล
3. อัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) ประกอบด้วย อัตราดอกเบี้ยกู้ยืมระหว่างธนาคารระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยระยะสั้น และอัตราดอกเบี้ยระยะยาว คือ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 1 ปี

4. ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม (Manufacturing Production Index: MPI)

5. จุดปิดดัชนีตลาดหลักทรัพย์ (Closing Price Stock Index)

ผู้วิจัยทำการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวทั้งหมด 4 ประเทศได้แก่ ไทย สิงคโปร์ อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ได้จัดเก็บข้อมูลราคาน้ำมันดิบจาก London Brent Crude Oil Index โดยถือว่าเป็นตัวแทนของราคาน้ำมันในแต่ละประเทศ เนื่องราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกมีการปรับตัวใกล้เคียงตลอดเวลา ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดจาก DataStream ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 เพื่อนำมาใช้ทดสอบ Cointegration พร้อมทั้งนำมาใช้ในการทดสอบว่า ตัวแปรเศรษฐกิจภาคเศรษฐกิจการเงินและภาคเศรษฐกิจจริงเป็นปัจจัยที่ส่งผลในระยะสั้นหรือส่งผลในระยะยาวต่อแต่ละดัชนีตลาดหลักทรัพย์ และท้ายสุดนำมาใช้ทำการทดสอบ Granger Causality โดยมีรูปแบบและสัญลักษณ์ของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาของแต่ละประเทศดังนี้

$INDEX_t$	ดัชนีตลาดหลักทรัพย์
CPI_t	ดัชนีราคาผู้บริโภค
FX_t	อัตราแลกเปลี่ยน
$INTS_t$	อัตราดอกเบี้ยระยะสั้น 1 เดือน (Interbank lending rate 1 month)
$INTL_t$	อัตราดอกเบี้ยระยะยาว 1 ปี (Average Deposited rate 1 year)
MPI_t	ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม
OIL_t	ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลก
$\Delta INDEX_t = \ln[INDEX_t / INDEX_{t-1}]$	ผลตอบแทนรายเดือนของดัชนีตลาดหลักทรัพย์
$\Delta CPI_t = \ln[CPI_t / CPI_{t-1}]$	อัตราเงินเฟ้อรายเดือนที่เกิดขึ้นจริง
$\Delta FX_t = \ln[FX_t / FX_{t-1}]$	อัตราการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอัตราแลกเปลี่ยน
$\Delta INTS_t = \ln[INTS_t / INTS_{t-1}]$	อัตราการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอัตราดอกเบี้ยระยะสั้น
$\Delta INTL_t = \ln[INTL_t / INTL_{t-1}]$	อัตราการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอัตราดอกเบี้ยระยะยาว
$\Delta MPI_t = \ln[MPI_t / MPI_{t-1}]$	อัตราการเติบโตรายเดือนของผลผลิตภาคอุตสาหกรรม
$\Delta OIL_t = \ln[OIL_t / OIL_{t-1}]$	อัตราการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของราคาน้ำมันดิบในตลาดโลก

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางสถิติของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคและผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ

Market	Variables in levels	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dev.
Thailand	SET	6.389	6.304	7.428	5.352	0.570
	CPI	4.506	4.568	4.661	4.246	0.124
	FX	3.526	3.638	3.950	3.203	0.242
	INTS	1.671	1.946	3.125	0.223	0.870
	INTL	1.103	1.504	1.812	-0.288	0.675
	MPI	4.556	4.523	5.009	4.221	0.197
Malaysia	KLCI	6.679	6.677	7.162	5.571	0.270
	CPI	4.461	4.495	4.588	4.281	0.092
	FX	1.178	1.335	1.427	0.892	0.196
	INTS	1.507	1.493	2.402	0.956	0.461
	INTL	1.669	1.609	2.332	1.308	0.301
	MPI	4.419	4.432	4.840	3.875	0.245
Singapore	STSG	7.441	7.484	7.857	6.718	0.187
	CPI	4.560	4.565	4.609	4.475	0.033
	FX	0.484	0.519	0.614	0.330	0.086
	INTS	0.683	0.867	1.946	-0.580	0.651
	INTL	0.232	0.351	1.250	-1.470	0.877
	MPI	4.714	4.707	4.957	4.387	0.109
United Kingdom	FTSE100	8.396	8.394	8.844	7.942	0.262
	CPI	4.560	4.570	4.714	4.394	0.088
	FX	-0.459	-0.457	-0.348	-0.660	0.065
	INTS	1.686	1.749	2.017	1.216	0.213
	INTL	1.737	1.776	2.060	1.198	0.220
	MPI	4.560	4.565	4.623	4.469	0.033
United States of America	S&P500	6.758	6.880	7.327	6.077	0.395
	CPI	4.566	4.557	4.709	4.416	0.084
	INTS	1.295	1.622	1.914	0.086	0.589
	INTL	1.321	1.576	1.966	0.010	0.541
	MPI	4.622	4.681	4.779	4.372	0.122
London Brent Crude Oil Index	OIL	3.045	2.968	3.881	2.352	0.311

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยตลาดหลักทรัพย์ในระบบเศรษฐกิจที่พัฒนาแล้ว จะเรียกโดยย่อว่า ตลาดหลักทรัพย์ที่พัฒนาแล้ว (Developed market) ซึ่งได้แก่ ประเทศสิงคโปร์ อังกฤษและสหรัฐอเมริกา สำหรับตลาดหลักทรัพย์ในระบบเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นใหม่ จะเรียกโดยย่อว่า ตลาดหลักทรัพย์ที่เกิดใหม่ (Emerging market) ซึ่งได้แก่ ประเทศไทยและมาเลเซีย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว (Cointegration) ระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ ขั้นตอนที่สอง เป็นการวิเคราะห์แรงผลักดันจากตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคว่า ปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบในระยะยาวหรือระยะสั้นต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ (Test of Permanent and Transitory Driving Forces) ในขั้นตอนที่สาม เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเป็นเหตุและผล (Granger Causality) ของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคที่มีต่อผลดัชนีตลาดหลักทรัพย์ รวมถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคการเงินและภาคเศรษฐกิจจริงในแต่ละประเทศ

<u>1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว (Cointegration) ระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ</u>

การทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ ใช้วิธี Multivariate Cointegration ซึ่งอ้างอิงจาก Johansen (1988 และ 1995) และก่อนจะทำการทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว จำเป็นต้องทดสอบความเป็น Non-stationary ของข้อมูลก่อน ซึ่งจะต้องนำข้อมูลที่จัดเก็บมาทำการหา Unit Root โดยใช้วิธีของ Augmented Dickey-Fuller (ADF) และ Phillips-Perron (PP)

1.1 การทดสอบหา Unit root

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ข้อมูลที่นำมาตรวจสอบก่อนการศึกษาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว ได้แก่ อัตราเงินเฟ้อ อัตราแลกเปลี่ยน อัตราดอกเบี้ยระยะสั้น อัตราดอกเบี้ยระยะยาว ดัชนีผลผลิตทางอุตสาหกรรม และจุดปิดของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แต่ละประเทศ รวมถึงราคาน้ำมันดิบ มีลักษณะความเป็น Non-Stationary

1.1.1 Augmented Dickey-Fuller (ADF)

Dickey และ Fuller (1979) สมมติว่ามีค่าสังเกต n ค่า ดังนี้ $y_1, y_2, ..., y_n$ โดยค่าที่สังเกต ณ เวลาปัจจุบันอธิบายได้ในเทอมของค่าสังเกตในอดีตหนึ่งหน่วยเวลาย้อนหลังและตัวรบกวนสุ่ม ณ เวลาปัจจุบัน เรียก กระบวนการ First-order Autoregressive: AR(1) ดังนี้

$$y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

ลบ y_{t-1} จากทั้งสองข้าง

$$\Delta y_t = (a_1 - 1) y_{t-1} + \varepsilon_t$$

เมื่อ $\gamma = (a_1 - 1)$ ดังนั้น

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ γ คือ สัมประสิทธิ์แห่งการตัดสินใจ (Parameter of interest)

ε_t คือ ลำดับของตัวคลาดเคลื่อนที่เป็นอิสระจากกัน โดยมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่า ε_t เฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนคือ σ^2 ($\varepsilon_t \sim NID(0, \sigma^2)$)

นอกจากนี้ยังมีรูปแบบสมการที่แตกต่างกันไปอีก 2 กรณี ได้แก่

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \varepsilon_t \quad (3)$$

ความแตกต่างของสมการทั้งสาม คือ ส่วนประกอบของ Deterministic ที่อยู่ในสมการ ประกอบด้วย Drift และ Trend นั่นคือ พจน์ a_0 and $a_2 t$ ตามลำดับ สมการ (1) ไม่มีทั้ง Drift และ Trend หรือเรียกสมการนี้ว่า Pure random walk model สมการ (2) มี Drift แต่ไม่มี Trend สมการ (3) มีทั้ง Drift และ Trend

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการจะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด หรือ Ordinary Least Square (OLS) ถ้าค่า $\gamma = 0$ จะสรุปว่าอนุกรม $\{y_t\}$ มี Unit Root การพิจารณาว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Null hypothesis) จะดูที่ค่า t-statistic ที่คำนวณโดย Dickey และ Fuller

การทดสอบจะแม่นยำที่สุดเมื่อนำสมการ (1), (2) และ (3) มาทำการประมาณค่า อย่างไรก็ตามค่าวิกฤติ (Critical values) ของค่า t-statistic จะขึ้นอยู่กับ Drift หรือ Trend ที่รวมอยู่ในสมการด้วย การศึกษาด้วยวิธี Monte Carlo ของ Dickey และ Fuller (1979) พบว่าค่าวิกฤติสำหรับ $\gamma = 0$ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบสมการว่าเป็นแบบสมการ (1), (2) หรือ (3) และขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวอย่าง โดยค่าสถิติ τ , τ_μ และ τ_τ เป็นค่าที่ใช้ทดสอบสมการ (1), (2), และ (3) ตามลำดับ[3]

อย่างไรก็ตาม การทดสอบ Unit Root ด้วยวิธี Dickey-Fuller ยังมีจุดอ่อน เนื่องจากได้สมมติว่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิดปัญหาอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) แต่ถ้าตัวคลาดเคลื่อนเกิดปัญหานี้ขึ้นมา จะทำให้การประมาณค่าด้วย OLS ได้ความแปรปรวนที่สูงเกินความจริง ปัญหานี้ Dickey และ Fuller (1981) ได้แก้ด้วยการเพิ่มตัวแปรในรูป lag (Δy_{t-p+1}) เข้าไปเป็นตัวแปรอธิบาย

---

[3] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก Enders (1995, หน้า 221-222)

เพิ่มขึ้นอีกตัวหนึ่ง เป็นกรรมวิธี Autoregressive (Autoregressive process) การทดสอบนี้จึงเรียกว่า Augmented Dickey-Fuller (ADF)

ค่าวิกฤติเหล่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อสมการ (1), (2), และ (3) ถูกเพิ่มด้วย lag p ตามกรรมวิธี Autoregressive จะได้สมการ (4), (5) และ (6) ตามลำดับ

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^{p} \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \tag{4}$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^{p} \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \tag{5}$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^{p} \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \tag{6}$$

เมื่อ $\gamma = -\left[\sum_{i=1}^{p} a_i\right]$ และ $\beta_i = -\left[\sum_{j=1}^{p} a_j\right]$

y = ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ และตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคเศรษฐกิจการเงิน และภาคเศรษฐกิจจริงของแต่ละประเทศ

ความเป็น Stationary หรือ ไม่มี Unit root จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$-1 < a_i < 1 \quad \text{หรือ} \quad -2 < \gamma < 0$$

การทดสอบสมมติฐาน กระทำโดยการคำนวณค่า τ Statistic เพื่อเปรียบเทียบกับค่าในภาคผนวก ก ดังนี้

$$H_0 : \gamma = 0 \quad Non - Stationary$$
$$H_1 : \gamma < 0 \quad Stationary$$

ขั้นตอนที่ 1 มีทั้ง Drift และ Trend

$$\tau_\tau = \frac{\hat{\gamma}}{se(\hat{\gamma})}$$

Fail to reject $H_0 \Rightarrow$ ไปขั้นตอนที่ 2

Reject $H_0 \Rightarrow$ Stationary

ขั้นตอนที่ 2 มี Drift ไม่มี Trend

$$\tau_\mu = \frac{\hat{\gamma}}{se(\hat{\gamma})}$$

Fail to reject $H_0 \Rightarrow$ ไปขั้นตอนที่ 3

Reject $H_0 \Rightarrow$ Stationary

ขั้นตอนที่ 3 ไม่มีทั้ง Drift และ Trend

$$\tau = \frac{\hat{\gamma}}{se(\hat{\gamma})}$$

Fail to reject $\Rightarrow$ Non-Stationary (มี Unit root)

Reject $H_0 \Rightarrow$ Stationary

1.1.2 Phillips-Perron (PP)

Dickey-Fuller ได้ตั้งข้อสมมติฐานว่าตัวคลาดเคลื่อน (Error) เป็นอิสระจากกันและความแปรปรวนของตัวคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ซึ่งทำให้ตัวคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์กันหรือไม่เกิดปัญหาอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) และความแปรปรวนของตัวคลาดเคลื่อนไม่เกิดปัญหา Heteroscedasticity ต่อมา Phillips และ Perron (1988) ได้พัฒนากรรมวิธีของ Dickey-Fuller Tests โดยให้ตัวคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ระดับหนึ่ง และความแปรปรวนเกิด Heteroscedasticity ได้

กรรมวิธีของ Phillips-Perron แสดงตามสมการถดถอยดังนี้

$$y_t = a_0^* + a_1^* y_{t-1} + \mu_t \quad (7)$$

$$y_t = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 y_{t-1} + \tilde{a}_2 (t - T/2) + \mu_t \quad (8)$$

เมื่อ T คือ จำนวนของ observations

μ_t คือ ตัวรบกวนสุ่ม (Disturbance terms) ซึ่ง E(μ_t)= 0 แต่ในสมการนี้ตัวรบกวนสุ่มสามารถมีความสัมพันธ์กันได้ระดับหนึ่ง และเกิด Heteroscedasticity ได้

ความแตกต่างของสมการทั้งสอง คือ ส่วนประกอบของ Deterministic ที่อยู่ในสมการประกอบด้วย Drift และ Trend สมการ (7) มี Drift แต่ไม่มี Trend สมการ (8) มีทั้ง Drift และ Trend

Phillips และ Perron ได้จำแนกและพิสูจน์การทดสอบทางสถิติซึ่งสามารถใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ a_i^* และ $\tilde{a}_i$ ภายใต้สมมติฐานหลัก (Null hypothesis) ที่ข้อมูลนั้นเริ่มต้นมาจากสมการ $y_t = y_{t-1} + \mu_t$ (Random Walk) การทดสอบทางสถิติของ Phillips-Perron ปรับปรุงมาจาก Dickey-Fuller t-statistics ซึ่งตัวคลาดเคลื่อนถูกตั้งข้อจำกัดที่เป็นธรรมชาติมากกว่า[4] ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$Z(ta_1^*)$: ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน $a_1^* = 1$

$Z(t\tilde{a}_1)$: ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน $\tilde{a}_1 = 1$

---

[4] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก Enders (1995, หน้า 265-267)

$Z(t\tilde{a}_2)$: ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน $\tilde{a}_2 = 0$

$Z(\phi_3)$: ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน $\tilde{a}_1 = 1$ และ $\tilde{a}_2 = 0$

ค่าวิกฤติ (Critical values) ของการทดสอบสถิติ Phillips-Perron จะมีค่าเท่ากันกับ Dickey-Fuller ยกตัวอย่างเช่น ค่าวิกฤติของ $Z(ta_1^*)$ และ $Z(t\tilde{a}_1)$ จะแสดงอยู่ในตาราง Dickey-Fuller τ_μ และ τ_τ ที่ภาคผนวก ก ตามลำดับ และ ค่าวิกฤติของ $Z(\phi_3)$ จะแสดงอยู่ในตาราง Dickey-Fuller ϕ_3 statistic ที่ภาคผนวก ค

สมการ (7) และ (8) แสดงอยู่ในรูปแบบอย่างง่าย แต่เมื่อใช้กรรมวิธีของ Dickey-Fuller จะแสดงได้อีกสมการซึ่งสามารถเขียนสมการ (7) อยู่ในรูปแบบดังนี้

$$B(L)y_t = a_0^* B(L) + a_1^* B(L)y_{t-1} + C(L)\varepsilon_t \qquad (9)$$

เมื่อ

$C(L), B(L)$ คือ Polynomial Lag Operator

$$B(L) = 1 - a_1 L - a_2 L^2 - \ldots - a_p L^p$$

$$C(L) = 1 - a_1 L - a_2 L^2 - \ldots - a_q L^q$$

$$L^i y_t \equiv y_{t-i}$$

จากกรรมวิธี First-order Autoregressive จะได้สมการ (9), (10) และ (11) ตามลำดับ

$$B(L)\Delta y_t = B(L)\gamma y_{t-1} + B(L)\sum_{i=2}^{p}\beta_i \Delta y_{t-i+1} + C(L)\varepsilon_t \qquad (10)$$

$$B(L)\Delta y_t = a_0 B(L) + B(L)\gamma y_{t-1} + B(L)\sum_{i=2}^{p}\beta_i \Delta y_{t-i+1} + C(L)\varepsilon_t \qquad (11)$$

$$B(L)\Delta y_t = a_0 B(L) + B(L)\gamma y_{t-1} + a_2 tB(L) + B(L)\sum_{i=2}^{p}\beta_i \Delta y_{t-i+1} + C(L)\varepsilon_t \qquad (12)$$

เมื่อ $\gamma = -\left[1 - \sum_{i=1}^{p} a_i\right]$ และ $\beta_i = -\left[\sum_{j=1}^{p} a_j\right]$

y คือ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ และตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคเศรษฐกิจการเงิน และภาคเศรษฐกิจจริงของแต่ละประเทศ

ความเป็น Stationary หรือ ไม่มี Unit root จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$-1 < a_i < 1 \quad \text{หรือ} \quad -2 < \gamma < 0$$

ดังนั้นการทดสอบ Unit root ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ และตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคเศรษฐกิจการเงินและภาคเศรษฐกิจจริงของแต่ละประเทศ จะทำการทดสอบสมมติฐานเหมือนกับวิธีของ Augmented Dickey-Fuller (ADF)

1.2 การเลือก lag structure

การเลือก Lag structure สามารถกำหนดได้จากการทดสอบ Vector Autoregressive Model (VAR) โดยพิจารณาค่า Akaike information criterion (AIC), Schwartz Bayesian criterion (SBC) และ Hannan-Quinn criterion (HQC)

$$AIC = T\log|\Sigma| + 2N$$

$$SBC = T\log|\Sigma| + N\log(T)$$

$$HQC = \log|\Sigma| + 2T^{-1}N\log\left[\log(T)\right]$$

โดยที่ T คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนของตัวแปรที่ใช้ในการอธิบายรวมค่าคงที่

$|\Sigma|$ คือ ดีเทอร์มิเนนต์ของเมทริกซ์ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

จากกระบวนการ Vector Autoregressive ผู้วิจัยจะทำการทดสอบโดยเริ่มต้นจากข้อมูลปกติที่มีจำนวน Lag (k) มากที่สุดก่อนและลดจำนวน Lag (k) ลง เพื่อหาค่า AIC และ SBC ที่ต่ำที่สุด และเมื่อ Information Criteria ให้ค่า k แตกต่างกัน Johansen, Mosconi และ Nielsen (2000) ให้ความเห็นว่า ควรที่จะใช้ Hannan-Quinn criterion (HQC) แทน

1.3 การทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว

หลังจากการทดสอบความเป็น Non-stationary ของข้อมูลด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller และ Phillips-Perron (PP) และทำการคำนวณหา Lag Length แล้ว จึงนำตัวแปรเศรษฐกิจและจุดปิดของดัชนีในแต่ละประเทศมาทำการทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว

ผู้วิจัยจะทำการการทดสอบหาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว (Cointegration) ระหว่างอัตราเงินเฟ้อ อัตราแลกเปลี่ยน อัตราดอกเบี้ยทั้งระยะสั้นและระยะยาว ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ราคาน้ำมันดิบ กับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของแต่ละประเทศ โดยกรรมวิธี Multivariate Cointegration ของ Johansen (1988 และ 1995)[5] ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระยะยาวของข้อมูล เนื่องจากสามารถทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวในระบบสมการได้เพียงขั้นตอนเดียว นอกจากนี้ยังเป็นวิธีทดสอบแบบ Maximum likelihood ที่มีประสิทธิภาพและสะดวกกว่าวิธีของ Engle-Granger ซึ่งจะต้องทำการหา Residuals ของความสัมพันธ์ที่สมดุล (Equilibrium relationship) ว่ามีลักษณะ Stationary หรือไม่

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคเศรษฐกิจการเงินและภาคเศรษฐกิจจริงนั้นมีความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์เดียวกันทั้งตลาดหลักทรัพย์ที่พัฒนาแล้วและตลาดหลักทรัพย์ที่เกิดใหม่

---

[5] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก R. Harris และ R. Sollis (2003, หน้า 109-135)

เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบของ Unrestricted Vector Autoregressive Model หรือ $VAR(1)$ สามารถเขียนในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$INDEX_t = a_{11}INDEX_{t-1} + a_{12}CPI_{t-1} + a_{13}FX_{t-1} + a_{14}INTS_{t-1} + a_{15}INTL_{t-1} + a_{16}MPI_{t-1} + a_{17}OIL_{t-1} + e_{1t}$$
$$CPI_t = a_{21}INDEX_{t-1} + a_{22}CPI_{t-1} + a_{23}FX_{t-1} + a_{24}INTS_{t-1} + a_{25}INTL_{t-1} + a_{26}MPI_{t-1} + a_{27}OIL_{t-1} + e_{2t}$$
$$FX_t = a_{31}INDEX_{t-1} + a_{32}CPI_{t-1} + a_{33}FX_{t-1} + a_{34}INTS_{t-1} + a_{35}INTL_{t-1} + a_{36}MPI_{t-1} + a_{37}OIL_{t-1} + e_{3t}$$
$$INTS_t = a_{41}INDEX_{t-1} + a_{42}CPI_{t-1} + a_{43}FX_{t-1} + a_{44}INTS_{t-1} + a_{45}INTL_{t-1} + a_{46}MPI_{t-1} + a_{47}OIL_{t-1} + e_{4t}$$
$$INTL_t = a_{51}INDEX_{t-1} + a_{52}CPI_{t-1} + a_{53}FX_{t-1} + a_{54}INTS_{t-1} + a_{55}INTL_{t-1} + a_{56}MPI_{t-1} + a_{57}OIL_{t-1} + e_{5t}$$
$$MPI_t = a_{61}INDEX_{t-1} + a_{62}CPI_{t-1} + a_{63}FX_{t-1} + a_{64}INTS_{t-1} + a_{65}INTL_{t-1} + a_{66}MPI_{t-1} + a_{67}OIL_{t-1} + e_{6t}$$
$$OIL_t = a_{71}INDEX_{t-1} + a_{72}CPI_{t-1} + a_{73}FX_{t-1} + a_{74}INTS_{t-1} + a_{75}INTL_{t-1} + a_{76}MPI_{t-1} + a_{77}OIL_{t-1} + e_{7t}$$

$$\begin{bmatrix} INDEX_t \\ CPI_t \\ FX_t \\ INTS_t \\ INTL_t \\ MPI_t \\ OIL_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} & a_{47} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & a_{57} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} & a_{67} \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & a_{77} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} INDEX_{t-1} \\ CPI_{t-1} \\ FX_{t-1} \\ INTS_{t-1} \\ INTL_{t-1} \\ MPI_{t-1} \\ OIL_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \\ e_{4t} \\ e_{5t} \\ e_{6t} \\ e_{7t} \end{bmatrix}$$

หรือ

$$Z_t = A_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t$$

เมื่อ $INDEX_t$ คือ จุดปิดของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ณ เวลา t

CPI_t คือ อัตราเงินเฟ้อ ณ เวลา t

FX_t คือ อัตราแลกเปลี่ยน ณ เวลา t

$INTS_t$ คือ อัตราดอกเบี้ยระยะสั้น ณ เวลา t

$INTL_t$ คือ อัตราดอกเบี้ยระยะยาว ณ เวลา t

MPI_t คือ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ณ เวลา t

OIL_t คือ ราคาน้ำมันดิบ ณ เวลา t

ดังนั้นรูปแบบของ Unrestricted Vector Autoregressive Model หรือ VAR [6]

$$Z_t = A_1 Z_{t-1} + A_2 Z_{t-2} + \ldots + A_k Z_{t-k} + \varepsilon_t \qquad (13)$$

จากสมการ (13) สามารถเขียนในรูปของ Error Correction Model ได้ดังนี้

---

[6] ค่า lag length k ที่เหมาะสม คำนวณมาจากกรรมวิธี Estimate VAR โดยพิจารณาจากค่า AIC

$$\Delta Z_t = \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Z_{t-i} + \Pi Z_{t-k} + \varepsilon_t \qquad (14)$$

หรือ

$$\Delta Z_t = \Gamma_1 \Delta Z_{t-1} + \ldots + \Gamma_{k-1} \Delta Z_{t-k+1} + \Pi Z_{t-k} + \varepsilon_t \qquad (15)$$

โดยที่

$$\Pi = -\left(I - \sum_{i=1}^{k} A_i \right) \qquad \Gamma_i = -\left(I - \sum_{j=1}^{i} A_j \right)$$

และ $Z_{t(n\times 1)}$ คือ เวกเตอร์ตัวแปร (Vector of variables)

Δ คือ เครื่องหมายแสดงผลต่างของตัวแปรในลำดับที่หนึ่ง (First difference operator)

A_k คือ $n \times n$ เมทริกซ์ของพารามิเตอร์ (Matrix of parameters)

$\Gamma_{i(n\times n)}$ คือ เมทริกซ์ที่แสดงถึงการปรับตัวระยะสั้นของตัวแปร (Matrix that indicates short-term adjustment among variables across n equations of the i th lag)

$\Pi_{(n\times n)}$ คือ เมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว (Cointegrating Matrix)

$\varepsilon_{t(n\times 1)}$ คือ ตัวคลาดเคลื่อนซึ่งมีคุณสมบัติที่มีการแจกแจงเหมือนกันและเป็นอิสระจากกัน หรือเรียกว่า iid (Independently and identically distributed) ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 0 และมี Variance matrix เท่ากับ Σ_ε

$I_{n\times n}$ คือ เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix)

k คือ Lag Length

ซึ่งเมทริกซ์ Γ_i (i = *1,..., k-1*) อธิบายการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น และเมทริกซ์ Π อธิบายการปรับตัวระยะยาว Rank ของเมทริกซ์ Π เป็นตัวกำหนดจำนวนความสัมพันธ์ระยะยาวของตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในเวคเตอร์ Z ดังนั้น Rank ของเมทริกซ์ สามารถเป็นไปได้อยู่ 3 กรณี คือ

Rank (Π) = 0 แสดงว่าตัวแปรทั้งหมดไม่ Cointegrate กัน นั่นคือ ไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาว

Rank (Π) = n (จำนวนตัวแปรที่อธิบายในแบบจำลอง VAR ทั้งหมด) แสดงว่าเมทริกซ์ Π มี full rank นั่นคือตัวแปรทุกตัวในเวคเตอร์ Z มีคุณสมบัติ Stationary หรือ Integrate ที่อันดับศูนย์ หรือ $I(0)$ ซึ่งขัดแย้งกับข้อสมมติที่กำหนดว่าตัวแปรทุกตัวในเวคเตอร์ Z ต้อง Integrate ที่อันดับหนึ่ง $I(1)$

Rank (Π) = $r < n$ แสดงว่าเมทริกซ์ Π ไม่ full rank ซึ่งจะทำให้ ΠZ_{t-k} Integrate ที่อันดับศูนย์ หรือ $I(0)$ ดังนั้นตัวแปรในเวคเตอร์ Z จึง Cointegrate กัน

เมทริกซ์ Π มีขนาด $n \times n$ สามารถเขียนได้ในรูปของ 2 เมทริกซ์ย่อย คือ

$$\Pi = \alpha\beta' \tag{16}$$

โดยที่ α และ β เป็นเมทริกซ์ที่มีขนาด $n \times r$

$\alpha_{(n\times r)}$ คือ เมทริกซ์ที่แสดงถึงความเร็วในการปรับตัวของ Error correction terms ในการเข้าสมดุล

$\beta_{(n\times r)}$ คือ เมทริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์ของเวกเตอร์ Cointegrating (Coefficient matrix of cointegrating vector)

ซึ่ง $\beta' Z_t$ มีคุณสมบัติ Stationary ในขณะที่ Z_t มีคุณสมบัติ Non-stationary โดยที่คอลัมน์ของ Cointegrating matrix (β) คือ จำนวน Cointegrating vector ที่มีได้สูงสุดเท่ากับ $r = n - 1$ และในการวิเคราะห์นั้นปัญหาที่สำคัญ คือ การกำหนดจำนวน Cointegrating vector และการประมาณค่า Cointegrating matrix

ในทางปฏิบัติจำนวน Cointegrating vector ($\beta' Z_t$) สามารถหาได้โดยการตรวจสอบระดับนัยสำคัญของ Characteristic root ของ Π โดยการคำนวณค่าสถิติเพื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ (Critical value) ที่คำนวณโดย Johansen และ Juselius (1990) ซึ่งคำนวณค่าวิกฤติ (Critical value) ของ λ_{trace} และ $\lambda_{\max}$ statistics จากการทำ Simulation studies นอกจากนี้ Rank ของเมทริกซ์ Π จะมีค่าเท่ากับจำนวน Characteristic root

การประมาณค่าเมทริกซ์ Π และจำนวน Characteristic root ได้โดยการใช้ค่าสถิติในการทดสอบสมมติฐาน กระทำได้โดยกำหนดให้

$$A\Pi = \lambda\Pi$$
$$A\Pi - \lambda\Pi = 0$$
$$(A - \lambda I)\Pi = 0$$

คำนวณหาค่า λ จาก

$$|A - \lambda I| = 0$$

นำค่า $\lambda_1, ..., \lambda_7$ ที่คำนวณได้แทนลงในสมการ (17) และ (18)

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^{n} \ln\left(1 - \hat{\lambda}_i\right) \tag{17}$$

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \ln\left(1 + \hat{\lambda}_{r+1}\right) \tag{18}$$

เมื่อ

$\hat{\lambda}_i$ คือ ค่าประมาณ Characteristic root หรือเรียกว่า Eigenvalue ซึ่งได้มาจากการประมาณค่าเมทริกซ์ Π

T คือ จำนวน Usable observations

การทดสอบสมมติฐานหลัก (Null hypothesis) ของสมการ (17) คือ $\lambda_i \leq r$ จากสมมติฐานหลัก อธิบายได้ว่า $\lambda_{trace} = 0$ เมื่อ $\lambda_i = 0$ หาก λ_i มากกว่า 0 แล้ว $\ln(1-\lambda_i)$ จะติดลบมากขึ้น และค่า λ_{trace} statistic จะสูงขึ้น การทดสอบสมมติฐานหลัก (Null hypothesis) ของสมการ (18) คือ $\lambda_i = r$ สมมติฐานรอง (Alternative hypothesis) คือ $\lambda_i = r+1$ หาก λ_i มีค่าใกล้เคียง 0 มากเท่าไหร่ $\lambda_{\max}$ จะมีค่าน้อยมากเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม ผลของการทดสอบค่าสถิติ $\lambda_{\max}$ และ λ_{trace} สามารถขัดแย้งกันได้ เพราะการทดสอบ $\lambda_{\max}$ จะตรงกับสมมติฐานรอง (Alternative hypothesis) มากกว่า ดังนั้นจึงมีจำนวน Cointegrating vector น้อยกว่า ซึ่ง Lutkepohl et al (2001) กล่าวว่า ในทางปฏิบัติการหาจำนวนความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวจะนิยมทดสอบค่าสถิติ λ_{trace} มากกว่า เนื่องจากไม่มีปัญหาเรื่องของความสามารถในการทดสอบ (Loss of power) แต่จะมีปัญหาเมื่อข้อมูลที่ทำการทดสอบมีช่วงเวลาที่สั้น

ซึ่งการทดสอบสมมติฐานในวิทยานิพนธ์ ทำตามขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

$$H_0 : r = 0$$
$$H_1 : r > 0$$
$$\text{Accept } H_0 \Rightarrow \text{ไม่มี Cointegrate}$$
$$\text{Reject } H_0 \Rightarrow \text{ไปขั้นตอนที่ 2}$$

ขั้นตอนที่ 2

$$H_0 : r = 1$$
$$H_1 : r > 1$$
$$\text{Accept } H_0 \Rightarrow \text{มี 1 Cointegrate}$$
$$\text{Reject } H_0 \Rightarrow \text{ไปขั้นตอนที่ 3}$$

ขั้นตอนที่ 3

$$H_0 : r = 2$$
$$H_1 : r > 2$$
$$\text{Accept } H_0 \Rightarrow \text{มี 2 Cointegrate}$$
$$\text{Reject } H_0 \Rightarrow \text{ไปขั้นตอนที่ 4}$$

ขั้นตอนที่ 4

$$H_0 : r = 3$$
$$H_1 : r > 3$$
$$\text{Accept } H_0 \Rightarrow \text{มี 3 Cointegrate}$$
$$\text{Reject } H_0 \Rightarrow \text{ไปขั้นตอนที่ 5}$$

ขั้นตอนที่ 5

$$H_0 : r = 4$$
$$H_1 : r > 4$$

Accept $H_0 \Rightarrow$ มี 4 Cointegrate

Reject $H_0 \Rightarrow$ ไปขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6

$$H_0 : r = 5$$
$$H_1 : r > 5$$

Accept $H_0 \Rightarrow$ มี 5 Cointegrate

Reject $H_0 \Rightarrow$ ไปขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 7

$$H_0 : r = 6$$
$$H_1 : r > 6$$

Accept $H_0 \Rightarrow$ มี 6 Cointegrate

Reject $H_0 \Rightarrow$ มี 7 Cointegrate

1.4 การวิเคราะห์ Cointegrating Vector และความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่สมดุลของระบบ

$$\Delta Z_t = \alpha\beta' Z_{t-k} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t$$

โดยที่ $\Pi = \alpha\beta'$

$\beta_{(n\times r)}$ คือ เมทริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์ของเวกเตอร์ Cointegrating (Coefficient matrix of cointegrating vector)

$\alpha_{(n\times r)}$ คือ เมทริกซ์ที่แสดงถึงความเร็วในการปรับตัวของ Error correction terms ในการเข้าสมดุล (Matrix of speed of adjustment in error correction terms)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วในการปรับเปลี่ยน α ซึ่งควรจะมีความสำคัญทางสถิติและควรมีค่าต่างจากศูนย์เมื่อตัวแปรมีความสัมพันธ์ร่วมกัน ถ้ามีค่าสัมประสิทธิ์เป็นศูนย์ แสดงว่าระบบนี้ไม่ควรมี Error correction term $(\alpha\beta' Z_{t-k})$ และแบบจำลองควรประกอบด้วยส่วนประกอบของ VAR เพียงอย่างเดียว พื้นฐานการตีความของ Error correction term ใน Error correction model คือ การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งที่ตอบสนองผลกระทบระยะสั้นทันทีจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอื่นๆ นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนจากช่วงเวลาถัดไป Error correction term แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวที่เป็นการเบี่ยงเบนในอดีตจากสมดุล การประมาณค่าของ Error correction model ในที่นี้คือ เป็นการคาดว่าจะพบความสัมพันธ์ระยะยาวและพบกระบวนการปรับตัวของกลุ่มตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคที่มีต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ

2. การวิเคราะห์แรงผลักดันจากตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคว่าปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบในระยะยาวหรือระยะสั้นต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ (Test of Permanent and Transitory Driving Forces)

หลังจากการศึกษาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวที่เป็นระบบโดยรวมในแต่ประเทศแล้ว ในส่วนนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาโดยพิจารณาตัวแปร 3 ตัวในระบบ ได้แก่ จุดปิดดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคภาคเศรษฐกิจการเงิน และตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคภาคเศรษฐกิจจริง

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคเศรษฐกิจการเงินและภาคเศรษฐกิจจริงเป็นตัวแปรที่ส่งผลระยะยาวต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของแต่ละประเทศ โดยจะพิจารณาทั้งตลาดหลักทรัพย์ที่พัฒนาแล้ว (Developed market) และตลาดหลักทรัพย์ที่เกิดใหม่ (Emerging market) ว่ามีรูปแบบความสัมพันธ์แบบใดและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

จากการศึกษาของ Johansen (1991) และ Gonzalo และ Granger (1995) ได้ทำการแยกส่วนประกอบของ Trivariate Cointegration Systems โดยสมการ (14) และ (16) สามารถเขียนในรูปของ Error Correction Model ได้ดังนี้

$$\Delta Z_t = \alpha\beta' Z_{t-k} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Z_{t-1} + \mu + \varepsilon_t \qquad (21)$$

เมื่อกำหนดให้

$$Z_t = \begin{bmatrix} INDEX_t \\ FS_t \\ RS_t \end{bmatrix} = \text{เวกเตอร์ของกลุ่มตัวแปรที่ศึกษา}$$

และ $INDEX_t$ คือ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ (Stock Index)

FS_t คือ ตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคภาคเศรษฐกิจการเงิน (Financial Sector)

RS_t คือ ตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคภาคเศรษฐกิจจริง (Real Sector)

โดยในการศึกษาส่วนนี้ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวก่อน ซึ่งจะมีกระบวนการทดสอบคล้ายกับหัวข้อที่ 1.3 หากพบว่ากลุ่มตัวแปรที่ศึกษาในชุดใดไม่มีความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวแล้ว ก็จะไม่สามารถนำมาทำการทดสอบว่าตัวแปรใดที่ส่งผลกระทบในระยะสั้นหรือระยะยาวต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศได้

เมื่อ Z_t เป็นกลุ่มตัวแปรที่ศึกษาที่พบว่ามีความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวแล้ว จึงสามารถแบ่งส่วนประกอบของสมการออกเป็น ส่วนประกอบแนวโน้มในระยะยาวและส่วนประกอบในระยะสั้น ดังสมการต่อไปนี้

$$\underset{3\times 1}{Z_t} = \underset{3\times k}{A_1}\ \underset{k\times 1}{f_t} + \underset{3\times r}{A_2}\ \underset{r\times 3}{\beta'}\ \underset{3\times 1}{Z_t} \qquad (22)$$

เมื่อ

r คือ จำนวนความสัมพันธ์ร่วมระยะยาว โดยที่ $k = 3 - r$

A_1 และ A_2 คือ Loading Matrices

f_t คือ Common Factors

$A_1 f_t$ เป็นส่วนประกอบแนวโน้มในระยะยาว, *I(1)*

$A_2 \beta' Z_t$ เป็นส่วนประกอบในระยะสั้น, *I(0)*

โดยที่ Common Factors ในสมการที่ (22) สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$f_t = \alpha_\perp' Z_t$$

เมื่อ $\alpha_\perp$ เป็นเมทริกซ์ขนาด $(3 \times k)$ และ $\alpha_\perp' \alpha = 0$

ในส่วนของ Loading Matrix สามารถประมาณได้จากสมการต่อไปนี้

$$A_1 = \beta_\perp (\alpha_\perp' \beta_\perp)^{-1}$$
$$A_2 = \alpha (\beta' \alpha)^{-1}$$

2.1 การทดสอบแรงผลักดันระยะยาว (Tests of permanent driving forces)

สำหรับการทดสอบแรงผลักดันระยะยาว ผู้วิจัยจะนำเมทริกซ์ข้อจำกัดมาใช้เพื่อเป็นตัวกำหนดในการทดสอบโดยพิจารณาจากสมการต่อไปนี้

$$\underset{3\times(3-r)}{\alpha_\perp} = \underset{3\times m}{G} \; \underset{m\times(3-r)}{\theta} \qquad (23)$$

โดยที่

G คือ เมทริกซ์ข้อจำกัด (Restriction matrix) ของ Common factor loadings $\alpha_\perp$ ที่มีขนาด $(3 \times m)$

θ เป็น m eigenvectors ซึ่งต้องเป็น Eigenvalue (λ) ที่มีค่าน้อยที่สุด

คำนวณค่าได้จากสมการ

$$\left| \lambda G' S_{00} G - G' S_{0k} S_{kk}^{-1} S_{k0} G \right| = 0 \qquad (24)$$

ซึ่ง S_{00} และ S_{kk} เป็น Residuals' moment matrices สำหรับ S_{0k} และ S_{k0} เป็น Cross-product moment matrix of the residuals ที่คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$S_{ij} = T^{-1} \sum_{t=1}^{T} R_{it} R_{jt}' \quad \text{โดยที่ } i, j = 0, k \qquad (25)$$

โดยสามารถคำนวณหา Residuals จากการวิเคราะห์สมการการถดถอยดังต่อไปนี้

$$\Delta Z_t = P_1 \Delta Z_{t-1} + \ldots + P_{k-1} \Delta Z_{t-k+1} + R_{0t} \quad (26)$$

$$Z_{t-k} = T_1 \Delta Z_{t-1} + \ldots + P_{k-1} \Delta Z_{t-k+1} + R_{kt} \quad (27)$$

ซึ่งกระบวนการในการหาค่าต่างๆ จะมีบทพิสูจน์ในภาคผนวก ง โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบสมมติฐานหลักสองข้อได้แก่

สมมติฐานที่ 1 (H_1) : *FS_t ไม่ใช่ตัวแปรที่ส่งผลระยะยาว (ถาวร) ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ โดยกำหนดเมทริกซ์ข้อจำกัด G ดังนี้*

$$H_1 : G = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

สมมติฐานที่ 2 (H_2) : *RS_t ไม่ใช่ตัวแปรที่ส่งผลระยะยาว (ถาวร) ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ โดยกำหนดเมทริกซ์ข้อจำกัด G ดังนี้*

$$H_2 : G = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ผู้วิจัยจะใช้วิธีการทดสอบทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับข้อสมมติฐานทั้งสองข้อ โดยทำการเปรียบเทียบ Eigenvalues จาก Restricted VECM กับ Unrestricted VECM หลังจากนั้นใช้ Likelihood statistic ในการทดสอบโดยมีรูปแบบดังนี้

$$LR = -T \sum_{h=r+1}^{3} \ln \frac{\left(1 - \tilde{\lambda}_{h+m-3}\right)}{\left(1 - \hat{\lambda}_h\right)} \quad (28)$$

เมื่อ T เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$\tilde{\lambda}_{h+m-3}$ และ $\hat{\lambda}_h$ เป็น Eigenvalues ที่เป็นคำตอบจาก Restricted VECM และ Unrestricted VECM ตามลำดับ ค่าทางสถิติเป็นการกระจายแบบไคสแควร์ด้วยองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) ที่เท่ากับ $(3-r)\times(3-m)$

2.2 การทดสอบแรงผลักดันระยะสั้น (Tests of transitory driving forces)

ในส่วนของการทดสอบแรงผลักดันระยะสั้น ผู้วิจัยจะนำเมทริกซ์ข้อจำกัดมาใช้เพื่อเป็นตัวกำหนดในการทดสอบโดยพิจารณาจากสมการต่อไปนี้

I 22774117

$$\underset{3\times r}{\beta} = \underset{3\times s}{H}\ \underset{s\times r}{\varphi} \tag{29}$$

โดยที่

H คือ เมทริกซ์ข้อจำกัด (Restriction matrix) ของสมมติฐานที่ทดสอบ ซึ่งมีขนาด $(3\times s)$

φ เป็น Eigenvector โดยต้องมีค่าที่มากที่สุดและเป็นค่าที่มีความสำคัญทางสถิติ คำนวณค่าได้จากสมการ

$$\left|\tilde{\lambda} H'S_{kk}H - H'S_{k0}S_{00}^{-1}S_{0k}H\right| = 0 \tag{30}$$

ซึ่ง S_{00} และ S_{kk} เป็น Residuals' moment matrices สำหรับ S_{0k} และ S_{k0} เป็น Cross-product moment matrix of the residuals ที่คำนวณ ตามสมการที่ (25), (26) และ (27)

โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบสมมติฐานหลักสองข้อที่เป็นแรงผลักดันระยะสั้นได้แก่

สมมติฐานที่ 3 (H_3) : *FS_t ไม่ใช่ตัวแปรที่ส่งผลระยะสั้น (ชั่วคราว) ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ โดยกำหนด เมทริกซ์ข้อจำกัด ดังนี้*

$$H_3 : H = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

สมมติฐานที่ 4 (H_4) : *RS_t ไม่ใช่ตัวแปรที่ส่งผลระยะสั้น (ชั่วคราว) ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ โดยกำหนด เมทริกซ์ข้อจำกัด ดังนี้*

$$H_4 : H = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ผู้วิจัยจะใช้วิธีการทดสอบทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับข้อสมมติฐานทั้งสองข้อ โดยทำการเปรียบเทียบ Eigenvalues จาก Restricted VECM กับ Unrestricted VECM หลังจากนั้นใช้ Likelihood statistic ในการทดสอบโดยมีรูปแบบดังนี้

$$LR = T\sum_{i=1}^{r} \ln \frac{\left(1-\tilde{\lambda}_i\right)}{\left(1-\hat{\lambda}_i\right)} \tag{31}$$

เมื่อ T เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$\tilde{\lambda}_i$ และ $\hat{\lambda}_i$ เป็น Eigenvalues ซึ่งเป็นคำตอบจาก Restricted VECM และ Unrestricted VECM ตามลำดับ ค่าทางสถิติเป็นการกระจายแบบไคสแควร์ด้วยองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) ที่เท่ากับ $r \times (3-s)$

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเป็นเหตุและผลที่เกิดขึ้น (Granger Causality)

Granger (1969) ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปร X และ Y เพื่อศึกษาว่าตัวแปร Y ณ ปัจจุบันนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปร Y ในอดีตได้เพียงใด และเมื่อการเพิ่ม Lag ของตัวแปร X แล้ว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายตัวแปร Y ได้เพิ่มขึ้นหรือไม่ ซึ่งตัวแปร Y จะถูกกล่าวว่าเป็น Granger-caused by X เมื่อตัวแปร X ช่วยในการทำนายตัวแปร Y ดังนั้นสัมประสิทธิ์ของ Lag ของตัวแปร X นั้นจะมีความสำคัญทางสถิติ โดยเขียนเป็น "X Granger causes Y" การทดสอบแบบ Granger Causality จะวัดลำดับความสำคัญและส่วนประกอบของข้อมูล โดยปกติทั่วไป จะได้ผลลัพธ์ดีเมื่อใช้ Lag ที่มากกว่า เนื่องจากรูปแบบถูกยึดติดกับเทอมของความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา ดังนั้นจึงควรเลือก lagged length ให้สอดคล้องกับระยะเวลาซึ่งจะช่วยในการทำนายตัวแปรอื่นๆ

จากรูปแบบของ Bivariate Regression เมื่อนำตัวแปรมาพิจารณาเป็นคู่ๆ รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองที่ใช้คือ

$$X_t = C_1 + \sum_{j=1}^{m} a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^{m} b_j Y_{t-j} + \varepsilon_t \qquad (19)$$

$$Y_t = C_2 + \sum_{j=1}^{m} c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^{m} d_j Y_{t-j} + \eta_t \qquad (20)$$

เมื่อ

X และ Y แทนตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

C_1 และ C_2 เป็นค่าคงที่

ε_t และ η_t แทนตัวคลาดเคลื่อนซึ่งมีการกระจายแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_1^2 และ σ_2^2 ตามลำดับ

จากการศึกษาของ Granger ได้กำหนดความสัมพันธ์แบบเป็นเหตุและผลไว้ 4 ประเภท คือ Causality (One way), Feedback (Two way), Instantaneous Causality และ Causality Lag ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สมการที่ใช้จะครอบคลุมรูปแบบเพียง 3 ประเภท ยกเว้น Instantaneous Causality เนื่องจากในระบบสมการไม่มีตัวแปร ณ เวลานั้นรวมอยู่ด้วย

ซึ่งผู้วิจัยตั้งสมมติฐานในการทดสอบว่า ตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งจากภาคเศรษฐกิจจริง และภาคเศรษฐกิจการเงินเป็น "Granger causing" ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ และตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคจากภาคเศรษฐกิจการเงินเป็น "Granger causing" ต่อภาคเศรษฐกิจจริง

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคที่เป็นเหตุและผล (ส่งผลทั้งสองทาง) ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ หรือ เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอีกสิ่ง (ส่งผลทางเดียว) หรือเป็นผลมาจากสิ่งหนึ่ง รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคทั้งภาคเศรษฐกิจการเงินกับภาคเศรษฐกิจจริง ซึ่งจะช่วยบ่งชี้และสามารถสนับสนุนรูปแบบความสัมพันธ์ร่วมระยะยาวที่พบในการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยแบ่งการทดสอบดังต่อไปนี้

3.1 เพื่อทดสอบเหตุและผลระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์

การทดสอบ Granger causality นั้นใช้ F-test ในการพิจารณา จากสมการ (19) และ (20) กำหนดให้

X แทนอัตราการเติบโตของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาค

Y แทนผลตอบแทนของดัชนีตลาดหลักทรัพย์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการทดสอบสมมติฐานดังต่อไปนี้

3.1.1 กรณีของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคเป็น “Granger causing” ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์

$$\begin{aligned} H_0 &: c_j = 0 \\ H_1 &: c_j \neq 0 \end{aligned} \quad \text{เมื่อ } j = 1 \text{ ถึง } m$$

3.1.2 กรณีของดัชนีตลาดหลักทรัพย์เป็น “Granger causing” ต่อตัวแปรเศรษฐกิจมหภาค

$$\begin{aligned} H_0 &: b_j = 0 \\ H_1 &: b_j \neq 0 \end{aligned} \quad \text{เมื่อ } j = 1 \text{ ถึง } m$$

3.2 เพื่อทดสอบเหตุและผลระหว่างตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคของภาคเศรษฐกิจการเงินและภาคเศรษฐกิจจริง

การทดสอบ Granger causality นั้นใช้ F-test ในการพิจารณา จากสมการ (19) และ (20) กำหนดให้

X แทนอัตราการเติบโตของตัวแปรภาคเศรษฐกิจการเงิน

Y แทนอัตราการเติบโตของตัวแปรภาคเศรษฐกิจจริง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการทดสอบสมมติฐานดังต่อไปนี้

3.2.1 กรณีของตัวแปรภาคเศรษฐกิจการเงินเป็น “Granger causing” ต่อตัวแปรภาคเศรษฐกิจจริง

$$\begin{aligned} H_0 &: c_j = 0 \\ H_1 &: c_j \neq 0 \end{aligned} \quad \text{เมื่อ } j = 1 \text{ ถึง } m$$

3.2.2 กรณีของตัวแปรภาคเศรษฐกิจจริงเป็น “Granger causing” ต่อตัวแปรภาคเศรษฐกิจการเงิน

$$H_0 : b_j = 0$$
$$H_1 : b_j \neq 0 \qquad \text{เมื่อ } j = 1 \text{ ถึง } m$$