



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

# เศรษฐมิติ ทางการเงินเบื้องต้น

พร้อมตัวอย่างการใช้โปรแกรม R

Introduction to

## Financial Econometrics

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2

ตัวอย่าง



ดร. เฉลิมพงษ์ คงเจริญ

# สารบัญ

คำนำ	(10)
<b>1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ตัวอย่างอนุกรมเวลาทางการเงิน	3
1.2 การคำนวณผลได้ตอบแทน	8
1.2.1 นิยามของผลได้ตอบแทนของสินทรัพย์	10
1.2.2 ผลได้ตอบแทนทบต้นอย่างต่อเนื่อง	14
1.3 แบบฝึกฝน	20
<b>2 คุณลักษณะทางสถิติของอนุกรมเวลาทางการเงิน</b>	<b>22</b>
2.1 คุณลักษณะทางสถิติของข้อมูลอนุกรมเวลา	22
2.1.1 การแจกแจงของอนุกรมเวลา	22
2.1.2 คุณลักษณะเรื่องรูปร่างของการแจกแจงความน่าจะเป็น	26
2.2 ตัวประมาณค่าคุณลักษณะทางสถิติและการทดสอบสมมติฐาน	29
2.2.1 ตัวประมาณค่าของคุณลักษณะของการแจกแจง	29
2.2.2 การทดสอบสมมติฐาน	30
2.3 การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในช่วงเวลาที่ต่างกัน	36
2.3.1 ฟังก์ชันความแปรปรวนร่วมในตัว (Autocovariance function)	37
2.3.2 ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวหรือเอซีเอฟ (Autocorrelation function; ACF)	39
2.3.3 การทดสอบพอร์ทแมนโท (Portmanteau test) สำหรับสหสัมพันธ์ในตัว	42
2.3.4 ตัวดำเนินการอนุกรมเวลา	43
2.4 แบบฝึกฝน	45
<b>3 แบบจำลองอนุกรมเวลาเชิงเส้นตรง</b>	<b>47</b>
3.1 แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟ	49
3.1.1 แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟอันดับหนึ่ง	50
3.1.2 แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟอันดับสอง	56
3.1.3 แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟที่อันดับพี	58

## (6)

3.1.4	ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวบางส่วนหรือพีเอซีเอฟ	60
3.1.5	การประมาณค่าและตรวจสอบแบบจำลอง	65
3.1.6	การพยากรณ์ด้วยแบบจำลองออโตรีเกรสซีฟ	70
3.2	แบบจำลองมูฟวี่งเอเวอเรจ	76
3.2.1	แบบจำลองมูฟวี่งเอเวอเรจที่อันดับหนึ่ง	76
3.2.2	แบบจำลองมูฟวี่งเอเวอเรจที่อันดับสอง	79
3.2.3	แบบจำลองมูฟวี่งเอเวอเรจที่อันดับคิว	81
3.2.4	การประมาณค่าแบบจำลองมูฟวี่งเอเวอเรจ	82
3.2.5	การพยากรณ์จากแบบจำลองมูฟวี่งเอเวอเรจ	86
3.3	แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟมูฟวี่งเอเวอเรจ	89
3.3.1	การเขียนกระบวนการอาร์มา (ARMA) ในสามรูปแบบ	89
3.3.2	แบบจำลองอาร์มาที่อันดับ (1,1)	90
3.3.3	การประมาณค่าสมการแบบจำลองอาร์มา	94
3.3.4	เกณฑ์การเลือกแบบจำลองอาร์มา	94
3.3.5	การพยากรณ์จากแบบจำลองอาร์มา	99
3.4	อนุกรมเวลาไม่คงที่	101
3.4.1	การทดสอบยูนิตในรูปออโตรีเกรสซีฟ	104
3.4.2	การทดสอบอนุกรมเวลาคงที่ (stationary)	113
3.4.3	การทดสอบอนุกรมเวลาคงที่และอนุกรมเวลาไม่คงที่	115
3.5	แบบจำลองอินทิเกรตเต้ดอาร์มา หรือเอชริมา	116
3.6	แบบฝึกฝน	119
<b>4</b>	<b>สมการถดถอยสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา</b>	<b>121</b>
4.1	แบบจำลองถดถอยข้อมูลอนุกรมเวลา	122
4.1.1	การประมาณค่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	122
4.1.2	การวิเคราะห์เรซิดิว	123
4.2	สมการถดถอยแบบพลวัต	131
4.3	การอ้างอิงทางสถิติกรณีที่เราซิดิวไม่เป็นไปตามข้อสมมติ	133
4.3.1	การปรับสแตนด์ดาร์ดแอร์เรอกรณีมีเฮเทอโรสกีดาสตีซีตี	135
4.3.2	การปรับสแตนด์ดาร์ดแอร์เรอกรณีมีออโตคอร์เรชัน	135
4.4	แบบฝึกฝน	139

<b>5</b>	<b>แบบจำลองความผันผวน</b>	<b>140</b>
5.1	ความผันผวนของสินทรัพย์	140
5.1.1	คุณลักษณะของความผันผวน	140
5.1.2	การทดสอบลักษณะอาร์ช	141
5.2	แบบจำลองอาร์ช	147
5.2.1	รูปแบบของแบบจำลองอาร์ชที่อันดับคิว	147
5.2.2	คุณลักษณะของอาร์ชที่อันดับหนึ่ง	148
5.2.3	การประมาณค่าแบบจำลองอาร์ชอันดับหนึ่ง	151
5.3	แบบจำลองการชที่อันดับพีและคิว	151
5.3.1	การเขียนแบบจำลองการชในรูปอาร์มา	152
5.3.2	คุณลักษณะของแบบจำลองการช	153
5.3.3	การประมาณค่าแบบจำลองการช	154
5.3.4	การตรวจสอบหลังจากการประมาณค่าแบบจำลองการช	155
5.3.5	การแจกแจงที่มีใช้การแจกแจงแบบปกติ	159
5.3.6	การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม	162
5.3.7	การขยายแบบจำลองการช	163
5.4	การพยากรณ์ด้วยแบบจำลองการช	165
5.5	แบบฝึกฝน	169
<b>6</b>	<b>แบบจำลองอนุกรมเวลาเชิงพหุ</b>	<b>170</b>
6.1	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลาเชิงพหุ	170
6.1.1	ความแปรปรวนร่วมไขว้ และสหสัมพันธ์ร่วมไขว้	171
6.1.2	ตัวประมาณค่าสหสัมพันธ์ไขว้	173
6.1.3	การทดสอบสหสัมพันธ์ไขว้	175
6.2	แบบจำลองเวกเตอร์ออโตรีเกรสซีฟ	177
6.2.1	เงื่อนไขการเป็นอนุกรมเวลาคงที่	181
6.3	การประมาณค่าและการเลือกค่าล่า	182
6.3.1	การประมาณค่า	182
6.3.2	การเลือกลำดับที่เหมาะสม	182
6.3.3	การทดสอบเรซิดิว	183
6.4	การพยากรณ์จากแบบจำลองเวกเตอร์ออโตรีเกรสซีฟ	189

## (8)

6.5	การวิเคราะห์หลังจากการประมาณค่าแบบจำลองเวกเตอร์อัตโนมัติเกรสซีฟ	191
6.5.1	เกรนเจอร์คอสซิลิตี้	192
6.5.2	ฟังก์ชันอิมพัลส์เรสponse	193
6.5.3	การแยกความแปรปรวนของค่าตลาดเคลื่อนการพยากรณ์	202
6.6	แบบฝึกฝน	205
<b>7</b>	<b>โคอินทิเกรชัน</b>	<b>206</b>
7.1	สมการความสัมพันธ์เทียม (spurious regression)	206
7.2	นิยามของโคอินทิเกรชัน	209
7.2.1	โคอินทิเกรชันและแบบจำลองเอเรอโคเรชัน	211
7.2.2	ความสัมพันธ์โคอินทิเกรชันกรณีหลายตัวแปร	214
7.3	การทดสอบโคอินทิเกรชันด้วยวิธีการทดสอบเรซิดิวตามแนวทางของเองเกิลและเกรนเจอร์	215
7.3.1	การทดสอบกรณีทราบค่าสัมประสิทธิ์โคอินทิเกรชัน	215
7.3.2	การทดสอบกรณีไม่ทราบค่าสัมประสิทธิ์โคอินทิเกรชัน	219
7.4	การประมาณค่าแบบจำลองเอเรอโคเรชันด้วยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด	221
7.5	แบบจำลองเวกเตอร์เอเรอโคเรชัน	224
7.5.1	รูปแบบของสมการเวกเตอร์เอเรอโคเรชัน	225
7.5.2	การทดสอบโคอินทิเกรชันด้วยจำนวนค่าลำดับขั้นตามวิธีของโจแฮนเซน	231
7.5.3	ขั้นตอนในการทดสอบโคอินทิเกรชันและสร้างแบบจำลองเวกเตอร์เอเรอโคเรชัน	233
7.5.4	การพยากรณ์และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองเวกเตอร์เอเรอโคเรชัน	240
7.6	แบบฝึกฝน	243
<b>ก</b>	<b>การใช้โปรแกรมอาร์ (R) เบื้องต้น</b>	<b>245</b>
ก.1	การติดตั้งโปรแกรมอาร์ (R)	245
ก.2	การติดตั้งโปรแกรมอาร์สตูดิโอ (RStudio)	246
ก.3	ผังของโปรแกรม RStudio	246
ก.4	ชุดคำสั่ง (package) หรือห้องสมุด (library)	247
ก.5	การทำงานบนสารบบทำงานหรือเวิร์กดิเรกทอรี (Working directory)	248

ก.6	การใช้งานเบื้องต้น	248
ก.6.1	เครื่องคิดเลข	248
ก.6.2	การสร้างตัวแปรหรือการเก็บผลลัพธ์	249
ก.6.3	ฟังก์ชัน	249
ก.7	การช่วยเหลือและเอกสารประกอบฟังก์ชัน	250
ก.8	อาร์มาร์คดาวน์ (R Markdown)	251
ก.8.1	อาร์มาร์คดาวน์ (R Markdown) คืออะไร	251
ก.8.2	การทำงานของอาร์มาร์คดาวน์	252
ก.8.3	การแสดงผลทั้งไฟล์	252
ก.8.4	กลุ่มคำสั่ง	253
ก.8.5	คำสั่งเบื้องต้นในอาร์มาร์คดาวน์	253
ก.9	โครงสร้างข้อมูล	254
ก.9.1	เวกเตอร์	254
ก.9.2	เมทริกซ์	255
ก.9.3	ดาต้าเฟรม (data frame)	255
ก.9.4	ลิสต์ (list)	256
ก.9.5	ทیبเบิล (tibble)	256
ก.10	การสร้างแผนภาพ	258
ก.11	การจัดเก็บข้อมูลและนำข้อมูล	260
ก.11.1	การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ csv	260
ก.11.2	การเรียกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ csv	260
ก.12	การจัดการข้อมูลในโครงสร้างทیبเบิลตามแนวทาง tidyverse	262
ก.13	การแปลงตัวแปรเป็นรูปแบบ datetime ด้วยชุดคำสั่ง lubridate	266
ก.14	โครงสร้างของข้อมูลอนุกรมเวลาใน R	268
	<b>บรรณานุกรม</b>	<b>269</b>
	<b>ดรรชนี</b>	<b>271</b>

### การพิจารณาเงื่อนไขความเป็นอนุกรมเวลาคงที่จากพหุนามออโตรีเกรสซีฟ

เราสามารถเขียนกระบวนการ  $AR(1)$  ในรูปของพหุนามออโตรีเกรสซีฟได้เป็น

$$\begin{aligned}y_t - \phi y_{t-1} &= \varepsilon_t \\(1 - \phi L)y_t &= \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.13)$$

โดยที่เราสามารถเขียนสมการช่วย (auxiliary equation) สำหรับสมการ (3.13) ด้วยการแทนตัวดำเนินการด้วยตัวแปร  $m$  ได้เป็น

$$(1 - \phi m) = 0 \quad (3.14)$$

โดยที่รากของพหุนามออโตรีเกรสซีฟจะเท่ากับ  $m = 1/\phi$  และเราทราบว่าเงื่อนไขที่กระบวนการ  $AR(1)$  จะเป็นกระบวนการคงที่  $|\phi|$  จะต้องมิต้าน้อยกว่าหนึ่ง ดังนั้นค่าสัมบูรณ์ของรากของพหุนามออโตรีเกรสซีฟจะต้องมีค่ามากกว่าหนึ่ง  $[|m| = |1/\phi| > 1]$  ในขณะเดียวกันเราสามารถเขียนสมการลักษณะเฉพาะ (characteristic equation) สำหรับกระบวนการ  $AR(1)$  จาก  $z^{-1}(z - \phi)y_t = \varepsilon_t$  ได้เป็น

$$(z - \phi) = 0 \quad (3.15)$$

จะเห็นว่ารากของสมการลักษณะเฉพาะจะเท่ากับ  $\phi$   $[z = \phi]$  ดังนั้นเราจะได้เงื่อนไขกระบวนการนิ่งว่า ค่าสัมบูรณ์ของรากของสมการลักษณะเฉพาะจะต้องมิต้าน้อยกว่าหนึ่ง  $[|z| = |\phi| < 1]$

**ตัวอย่างที่ 3.1 (กระบวนการคงที่)** จงพิจารณาว่ากระบวนการต่อไปนี้เป็นกระบวนการคงที่หรือไม่ (1)  $y_t - 0.9y_{t-1} = \varepsilon_t$  (2)  $y_t - y_{t-1} = \varepsilon_t$  (3)  $y_t + 1.2y_{t-1} = \varepsilon_t$

เราสามารถเขียนออโตรีเกรสซีฟอันดับหนึ่ง  $AR(1)$  ในรูปทั่วไปเช่นสมการที่ (3.4) หรือ (3.5) โดยที่ในกรณีสมการ (3.4)

$$y_t - \mu = \phi(y_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t$$

ถ้าเราต้องการหาค่าเฉลี่ยของออโตรีเกรสซีฟกรณีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $\mu$  เราสามารถทำได้โดยการใส่ค่าคาดหวังทั้งสองข้างของสมการข้างต้นและใช้ข้อสมมุติที่ว่า  $y_t$  เป็นอนุกรมเวลานิ่ง ส่งผลให้

ค่าเฉลี่ย ณ เวลาใดๆ มีค่าคงที่และเท่ากับมีว ( $\mu = E(y_t) = E(y_{t-1})$ ) จะได้

$$\begin{aligned} E(y_t) - \mu &= \underbrace{\phi E(y_{t-1})}_{=E(y_t)} - \phi \mu + \underbrace{E(\varepsilon_t)}_{=0} \\ E(y_t) - \mu &= \phi E(y_t) - \phi \mu \\ E(y_t) &= \frac{1 - \phi}{1 - \phi} \mu = \mu \end{aligned}$$

ในกรณีสมการที่ (3.5)

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

ถ้าเราต้องการหา  $E(y_t)$  เราสามารถทำได้โดยการใส่ค่าคาดหวังทั้งสองข้างและใช้ข้อสมมุติที่ว่า  $y_t$  เป็นอนุกรมเวลาคงที่ ( $E(y_t) = E(y_{t-1})$ ) จะได้

$$\begin{aligned} E(y_t) &= \phi_0 + \phi_1 \underbrace{E(y_{t-1})}_{=E(y_t)} + \underbrace{E(\varepsilon_t)}_{=0} \\ (1 - \phi_1)E(y_t) &= \phi_0 \\ E(y_t) &= \frac{\phi_0}{1 - \phi_1} \end{aligned}$$

ดังนั้นเราจะได้ว่า  $\mu = \frac{\phi_0}{1 - \phi_1}$  นอกจากนี้เราสามารถขยายการวิเคราะห์ดังกล่าวไปยัง AR(p)

### 3.1.2 แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟอันดับสอง

แบบจำลองออโตรีเกรสซีฟอันดับที่สอง (AR(2)) สามารถเขียนอธิบายได้ด้วยสมการ

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (3.16)$$

เงื่อนไขการเป็นกระบวนการคงที่

เราสามารถพิจารณาความเป็นกระบวนการคงที่ได้โดยการหารากของพหุนามออโตรีเกรสซีฟ ซึ่งอยู่ในรูป  $(1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2)y_t = \varepsilon_t$  สามารถเขียนได้เป็น

$$\phi(m) = 1 - \phi_1 m - \phi_2 m^2$$

โดยแทนค่าเครื่องหมายล่าด้วยตัวแปร  $m$  และพิจารณาสมการช่วย

$$\phi(m) = 1 - \phi_1 m - \phi_2 m^2 = 0 \quad (3.17)$$

โดยที่รากของสมการพหุนามอตรีเกรสซีฟที่อยู่ในรูปสมการกำลังสอง (quadratic) จะมีด้วยกันสองจำนวน ( $m_1, m_2$ ) เท่ากับ  $\frac{\phi_1 \pm \sqrt{\phi_1^2 + 4\phi_2}}{-2\phi_2}$  ซึ่งรากดังกล่าวสามารถเป็นจำนวนเชิงซ้อนได้ เงื่อนไขที่กระบวนการอตรีเกรสซีฟอันดับที่สอง (AR(2)) จะเป็นกระบวนการคงที่คือ รากของสมการพหุนามอตรีเกรสซีฟจะต้องมากกว่าหนึ่ง (หรือมอดุลัส (modulus) มากกว่าหนึ่งในกรณีจำนวนเชิงซ้อน) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ

$$\phi_1 + \phi_2 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1, |\phi_2| < 1$$

**ตัวอย่างที่ 3.2 (เงื่อนไขอนุกรมเวลานิ่งกรณีอตรีเกรสซีฟ)** กำหนดให้  $y_t = 0.5y_{t-1} - 0.8y_{t-2} + \varepsilon_t$  เราสามารถพิจารณาสมการพหุนามอตรีเกรสซีฟ

$$(1 - 0.5m + 0.8m^2) = 0$$

จะเห็นได้ว่า  $\phi_1 = 0.5$  และ  $\phi_2 = -0.8$  เป็นไปตามเงื่อนไข  $\phi_1 + \phi_2 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1, |\phi_2| < 1$  ดังนั้นกระบวนการ  $y_t$  เป็นกระบวนการนิ่ง นอกจากนี้เราสามารถพิจารณารากของสมการพหุนามอตรีเกรสซีฟ โดยเราจะเห็นได้ว่า

$$\begin{aligned} m_1, m_2 &= \frac{\phi_1 \pm \sqrt{\phi_1^2 + 4\phi_2}}{-2\phi_2} = \frac{0.5 \pm \sqrt{0.5^2 + 4(-0.8)}}{-2(-0.8)} = \frac{0.5 \pm \sqrt{-2.95}}{1.6} \\ &= \frac{0.5 \pm \sqrt{2.95}\sqrt{-1}}{1.6} = 0.3125 \pm 1.073473i \end{aligned}$$

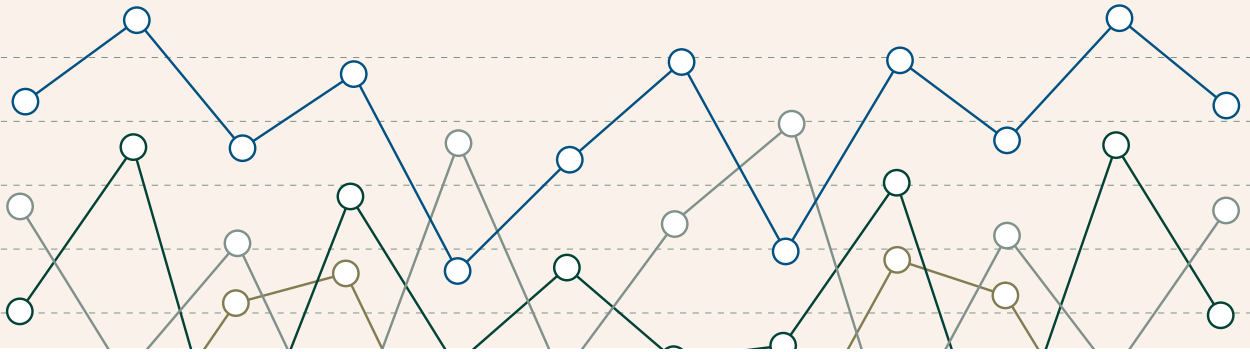
โดยที่รากดังกล่าวสามารถคำนวณด้วย R โดยใช้คำสั่ง `polyroot(c(1,-0.5,0.8))` ค่ามอดุลัสของจำนวนเชิงซ้อน  $m_1 = a + bi$  จะเท่ากับ  $\sqrt{a^2 + b^2}$  ซึ่งในกรณีนี้เท่ากับ 1.118034 ซึ่งมีค่ามากกว่าหนึ่ง เราสามารถคำนวณมอดุลัสได้โดยใช้คำสั่ง `Mod(arg)` โดยที่ `arg` คือจำนวนเชิงซ้อน

### คุณลักษณะของกระบวนการอตรีเกรสซีฟอันดับสอง

เราสามารถพิจารณาค่าเฉลี่ยของกระบวนการในสมการ (3.16) และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ศูนย์ สำหรับฟังก์ชันความแปรปรวนร่วมเราสามารถพิจารณาได้โดยคุณสมบัติ (3.16) ทั้งสองข้างด้วย  $y_{t-k}$  แล้วใส่ค่าคาดหวังทั้งสองข้างของสมการจะได้

# 6

## แบบจำลองอนุกรมเวลาเชิงพหุ



เนื่องจากตลาดการเงินของโลกมีความเชื่อมโยงกันมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตลาดการเงินหนึ่งสามารถส่งผ่านต่อไปยังตลาดอื่นได้ง่าย ดังนั้นบางครั้งเราจำเป็นต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาทางการเงินไปพร้อมกัน โดยเราเรียกแบบจำลองที่พิจารณาอนุกรมเวลาหลายๆ อนุกรมพร้อมกันว่า แบบจำลองอนุกรมเวลาเชิงพหุ (multivariate time series) และสามารถเขียนอนุกรมเวลาเชิงพหุในรูปของเวกเตอร์  $Y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{nt})'$  โดยที่  $y_{it}$  แทนอนุกรมเวลา  $i$  และ  $n$  คือจำนวนอนุกรมเวลาที่เรากำลังพิจารณา<sup>1</sup> เช่น  $y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{nt}$  แทนผลได้ตอบแทนในรูปเปอร์เซ็นต์ของหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

เนื้อหาในบทนี้จะเริ่มต้นด้วยเครื่องมือทางสถิติที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายตัวแปรที่เราสนใจ หัวข้อที่ 6.2 นำเสนอแบบจำลองเวกเตอร์ออโตรีเกรสซีฟซึ่งเป็นแบบจำลองที่นิยมใช้ในการอธิบายอนุกรมเวลาเชิงพหุ เราจะนำเสนอวิธีการประมาณค่าในหัวข้อที่ 6.3 หัวข้อที่ 6.4 นำเสนอการพยากรณ์จากแบบจำลองเวกเตอร์ออโตรีเกรสซีฟ และหัวข้อ 6.5 อธิบายผลเชิงพลวัตจากแบบจำลองเวกเตอร์ออโตรีเกรสซีฟ

### 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลาเชิงพหุ

ในหัวข้อย่อยนี้เราจะพิจารณาเครื่องมือที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลาเชิงพหุทั้งความสัมพันธ์ในช่วงเวลาเดียวกันและต่างช่วงเวลา

<sup>1</sup>สัญลักษณ์ ' แทน transpose ของเมทริกซ์

### 6.1.1 ความแปรปรวนร่วมไขว้ และสหสัมพันธ์ร่วมไขว้

ในหัวข้อนี้เราจะใช้เครื่องมือทางสถิติอย่างง่ายในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลาเชิงพหุ  $n$  ตัวแปร ได้แก่  $y_{1t}, \dots, y_{nt}$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นเวกเตอร์ของตัวแปรดังนี้  $Y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{nt})'$  เราจะสมมุติให้ตัวแปรทั้งหมดเป็นอนุกรมเวลาคงที่ (stationary) ซึ่งหมายความว่าค่าเฉลี่ยและเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมไม่ขึ้นอยู่กับเวลา (time-invariant) ซึ่งในที่นี่เราจะต้องพิจารณาเวกเตอร์ของค่าเฉลี่ย (mean vector)  $\mu = E(Y_t)$  โดยที่  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)'$

เราสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในช่วงเวลาเดียวกันด้วยเมทริกซ์ของความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) ใช้สัญลักษณ์  $\Gamma_0$  สามารถคำนวณได้โดย

$$\begin{aligned}\Gamma_0 &= E[(Y_t - \mu)(Y_t - \mu)'] \\ &= \begin{pmatrix} E(y_{1t} - \mu_1)^2 & E(y_{1t} - \mu_1)(y_{2t} - \mu_2) & \dots & E(y_{1t} - \mu_1)(y_{nt} - \mu_n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ E(y_{nt} - \mu_n)(y_{1t} - \mu_1) & E(y_{nt} - \mu_n)(y_{2t} - \mu_2) & \dots & E(y_{nt} - \mu_n)^2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \text{Var}(y_{1t}) & \text{Cov}(y_{1t}, y_{2t}) & \dots & \text{Cov}(y_{1t}, y_{nt}) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \text{Cov}(y_{nt}, y_{1t}) & \text{Cov}(y_{nt}, y_{2t}) & \dots & \text{Var}(y_{nt}) \end{pmatrix}\end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่าพจน์ในแนวทแยงมุมจะเป็นค่าความแปรปรวนของแต่ละอนุกรมเวลา ในขณะที่พจน์ที่  $(i, j)$  จะเป็นสหสัมพันธ์ระหว่าง  $y_{it}$  และ  $y_{jt}$  ในคาบเวลาเดียวกัน

ค่าความแปรปรวนในเมทริกซ์ดังกล่าวมีปัญหาเรื่องหน่วยวัดเช่นเดียวกับความแปรปรวนของตัวแปรเดี่ยว ดังนั้นเราจะพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หากกำหนดให้  $D$  เป็นเมทริกซ์  $n \times n$  ที่ประกอบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของ  $y_{it}$  ในพจน์ทแยงมุม โดยที่  $\Gamma_{ii}(0) = \text{Var}(y_{it})$  ดังนั้นเราสามารถเขียนเมทริกซ์  $D$  ได้ดังนี้

$$D = \begin{pmatrix} \sqrt{\Gamma_{11}(0)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sqrt{\Gamma_{nn}(0)} \end{pmatrix}$$

เราสามารถนิยามเมทริกซ์สหสัมพันธ์ไขว้ (cross-correlation) ที่คาบเวลาเดียวกัน (concurrent) ได้ด้วย

$$\rho_0 = [\rho_{ij}(0)] = D^{-1}\Gamma_0 D^{-1}$$

หนังสือเล่มนี้เป็นตำราเพื่อใช้ประกอบการเรียนวิชาเศรษฐมิติทางการเงินเบื้องต้น (Introduction to Financial Econometrics) สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีสูง วิชาดังกล่าวของคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีเนื้อหาเน้นหนักไปยังเครื่องมืออนุกรมเวลาทางการเงิน ดังนั้น หนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาชั้นปริญญาตรี และบัณฑิตศึกษา ตลอดจนบุคคลทั่วไปที่ต้องการศึกษาและประยุกต์ใช้เครื่องมือเศรษฐมิติอนุกรมเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล สร้างแบบจำลองอธิบายตัวแปรทางการเงิน ตลอดจนการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา ตำรานี้แนะนำแบบจำลองสำหรับอนุกรมเวลาตัวแปรเดียวและหลายตัวแปร แบบจำลองอธิบายความผันผวน และข้อมูลที่มีลักษณะไม่คงที่

นอกจากนี้ หนังสือนี้ได้แนะนำตัวอย่างการประยุกต์ใช้แบบจำลองต่าง ๆ ด้วยข้อมูลทางการเงินของไทย พร้อมชุดคำสั่งที่ใช้ประมวลผลด้วยโปรแกรมอาร์ (R) เพื่อให้ผู้อ่านสามารถทดลองประยุกต์แบบจำลองกับข้อมูลจริง อันช่วยเสริมสร้างความเข้าใจต่อเครื่องมือเศรษฐมิติทางการเงิน



**ดร.เฉลิมพงษ์ คงเจริญ**

เศรษฐศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต (ศึกษาเป็นภาษาอังกฤษ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
มหาบัณฑิตและดุษฎีบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยมิชิแกนสเตท  
ปัจจุบันเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะเศรษฐศาสตร์  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ISBN 978-616-602-105-9

9 786166 021059  
ราคา 330 บาท  
หมวดเศรษฐศาสตร์