บทที่ 3

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คำจำกัดความของเศรษฐมิติ

แนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปเชิงปริมาณ เช่น ราคา รายได้ การออม ปริมาณสินค้า ค่าจ้าง เป็นต้น โดยหลักการแล้วสิ่งเหล่านี้สามารถวัดได้ ดังนั้นจึงมีวิธีวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ใหม่ๆ เกิดขึ้น โดยเฉพาะในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ส่วนใหญ่สร้างขึ้นในรูปคณิตศาสตร์พร้อมกับนำวิธีทางสถิติมาเป็นเครื่องมือ สำหรับวัดและหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์ พร้อมกับทดสอบความสมเหตุสมผลทางทฤษฎี การนำคณิตศาสตร์กับสถิติมาใช้กับปัญหาทางเศรษฐศาสตร์ เรียกว่า เศรษฐมิติ

คำนิยามของเศรษฐมิติ คือ การวิเคราะห์เกี่ยวกับ ปริมาณ ในเรื่องของเศรษฐศาสตร์ โดยการนำเอาวิชาคณิตศาสตร์กับสถิติมาประยุกต์ใช้กับวิชาเศรษฐศาสตร์ การประยุกต์นี้ทำให้ทราบค่าต่างๆ ของเรื่องราวที่ต้องการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ในเชิงตัวเลข ซึ่งมิใช่แต่เพียงแสดงให้เห็นทิศทาง คือการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่านั้น มองในแง่นี้เศรษฐมิติก็เป็นการพัฒนาวิชาเศรษฐศาสตร์ให้ก้าวหน้าขึ้นไปอีก คือ นอกจากจะกล่าวถึงทฤษฎีในรูปบรรยาย หรือในรูปคณิตศาสตร์แล้ว ยังบอกถึงความแน่นอนและทดสอบความเป็นไปได้ของทฤษฎีด้วย

การที่จะนำทฤษฎีทางคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้จะต้องรวบรวมข้อมูลก่อน โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่ใช้ในการประมาณทางเศรษฐมิติเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นแล้ว ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ประมาณออกมาจึงเป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สามารถรวบรวมข้อมูลได้ และจะพบในภายหลังว่าความสัมพันธ์ที่ประมาณออกมาเป็นความสัมพันธ์โดยเฉลี่ยในระหว่างช่วงเวลาที่กำหนดเอาไว้ ดังนั้น การใช้สมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ในอนาคตจึงมีข้อสมมติว่าลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในอนาคตยังเหมือนกับในอดีต นอกจากการพยากรณ์แล้วอาจสร้างตัวแบบเพื่อศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างระบบเศรษฐกิจ การวางแผน หรือวิเคราะห์นโยบายก็ได้

วัตถุประสงค์ของเศรษฐมิติ

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของเศรษฐมิติก็คือ การวัด การทดสอบ และการพยากรณ์พฤติกรรมของปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งทางเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาจากพฤติกรรมของปัจจัยในอดีตเป็นหลัก ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ พร้อมกันนั้นก็จะทดสอบทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ว่าจะใช้กับเหตุการณ์ที่เป็นจริงได้หรือไม่ ทฤษฎีนั้นๆ จะต้องมีข้อยกเว้นหรือมีคำอธิบายเพิ่มเติมหรือไม

การกำหนดตัวแบบ

ในเศรษฐมิติสามารถแจงตัวแบบออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ตัวแบบสมการเดี่ยว (Single Equation) ตัวแบบสมการเชิงซ้อน (Multiple Equation) และตัวแบบสมการเกี่ยวเนื่อง (Simultaneous Equation)

1. ตัวแบบสมการเดี่ยว

ตามชื่อที่ได้ตั้งเอาไว้ ตัวแบบประเภทนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยผ่านสมการคณิตศาสตร์เพียงสมการเดียว ตัวอย่างเช่น

$$Q = a + bY + cP + dP_0 \qquad (1.1)$$

โดย Q = ปริมาณนำเข้าน้ำมันดิบทั้งหมด

P = ดรรชนีราคาน้ำมันดิบ

Y = GDP

P_0 = ราคาถ่านหินซึ่งเป็นพลังงานทดแทน

a, b, c, d = ค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

เนื่องจากใช้สมการเพียงสมการเดียวในการศึกษาการนำเข้าน้ำมันดิบ ซึ่งจะใช้สมการประเภทนี้เพื่อต้องการศึกษาตัวแปรตามเพียงตัวแปรเดียว กล่าวคือ เมื่อกรอบของการวิจัยที่กำหนดไว้ทำให้ไม่ต้องพิจารณารายละเอียดของความสัมพันธ์หรือโครงสร้างของตัวแบบมากนัก สมการประเภทนี้มีตัวแปรตามเพียงตัวเดียว ส่วนตัวแปรอื่นๆ เป็นตัวแปรอิสระซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างไรไม่ได้อยู่ในความสนใจของผู้ศึกษา

2. ตัวแบบสมการเชิงซ้อน

ตัวแบบสมการเชิงซ้อนมีลักษณะคล้ายคลึงกับสมการเดี่ยวที่ว่า เป็นการใช้สมการเดียวสำหรับอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม 1 ตัวจากกลุ่มของตัวแปรอิสระ แต่ตัวแบบ

ประเภทนี้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของตัวแปรตามมากขึ้น ในตัวอย่างการนำเข้าน้ำมันดิบถ้าเราสนใจน้ำมันดิบเป็นรายชนิดก็สามารถพิจารณาตัวแบบต่อไปนี้

$$Q_A = a + b\,Y + c\,P_A + d\,P_0 \qquad (2.1)$$

$$Q_M = a' + b'\,Y + c'\,P_M + d'\,P_0 \qquad (2.2)$$

$$Q_S = a^* + b^*\,Y + c^*\,P_S + d^*\,P_0 \qquad (2.3)$$

โดย Q_A = ปริมาณนำเข้าน้ำมันดิบอาราเบียนไลท์

Q_M = ปริมาณนำเข้าน้ำมันดิบมีรี

Q_S = ปริมาณนำเข้าน้ำมันดิบเซ็งลี

$a, b, c, d, a', b', c', d', a^*, b^*, c^*, d^*$ = ค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

ผู้ศึกษาอาจศึกษาตัวแบบดังกล่าวทีละสมการก็ได้ ซึ่งในกรณีนี้จะเหมือนกับว่าเรามีตัวแบบสมการเดี่ยวอยู่ 3 ตัวแบบ หรือจะพิจารณาพร้อมกันก็ได้ ความแตกต่างของตัวแบบทั้งสองอยู่ที่คุณสมบัติของการประมาณ ซึ่งการพิจารณาสมการต่างๆ พร้อมกัน มักจะให้ผลการประมาณที่เหมาะสมกว่าการพิจารณาทีละสมการ เนื่องจากใช้ข้อมูลมากกว่า

3. <u>ตัวแบบสมการเกี่ยวเนื่อง</u>

เมื่อกรอบของการศึกษากว้างขึ้น ทำให้เราต้องศึกษาลักษณะและโครงสร้างของความสัมพันธ์อย่างละเอียดขึ้น ความสลับซับซ้อนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ตัวแปรบางตัวซึ่งเป็นตัวแปรอิสระในกรอบของสมการเดี่ยวจะกลายเป็นตัวแปรตามที่เราสนใจจะศึกษาในกรอบของสมการเกี่ยวเนื่อง ดังนั้น เราจะมีตัวแปรตามที่จะศึกษามากกว่า 1 ตัว และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ มีการตอบโต้หรือมีความเกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่น

ในสมการนำเข้าน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นตัวแบบสมการเดี่ยวแสดงถึงโครงสร้างอย่างง่ายๆ ของการนำเข้าน้ำมันดิบซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ 3 ตัว คือ ดรรชนีราคาน้ำมันดิบ GDP และราคาถ่านหิน ถ้าเราสนใจในรายละเอียดของโครงสร้างมากขึ้นเช่น ต้องการทราบว่าอัตราดอกเบี้ยจะมีผลต่อการนำเข้าน้ำมันดิบอย่างไร ก็อาจพิจารณาตัวแบบสมการเกี่ยวเนื่อง ต่อไปนี้

$$Q = a + bY + cP + dP_0 \qquad (3.1)$$

$$Y = C + I + G + X - M \qquad (3.2)$$

$$M = Q + M_0 \qquad (3.3)$$

$$C = a' + b'\,Y \qquad (3.4)$$

$$I = a^* + b^*\,Y + c^*\,r \qquad (3.5)$$

โดย C = การบริโภค

M = การนำเข้าทั้งหมด

ตัวแปรตาม : Q, Y, M, C, I

ตัวแปรอิสระ : r, G, X, P_0, P

M_0 = การนำเข้าอื่นๆ ที่ไม่ใช่น้ำมันดิบ

I = การลงทุน

r = อัตราดอกเบี้ย

a, b, c, d, a', b', a*, b*, c* = ค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

จะเห็นได้ว่ามีจำนวนตัวแปรตามที่อยู่ทางซ้ายมือของสมการอยู่ 5 ตัว เท่ากับจำนวนสมการที่มีอยู่ ซึ่งก็เป็นเรื่องธรรมดาเพราะการอธิบายตัวแปรตามตัวหนึ่งต้องใช้ 1 สมการ นอกจากนั้น ตัวแปรตามบางตัวยังทำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระทางขวามือของอีกสมการหนึ่ง ซึ่งชี้ให้เห็นถึงลักษณะของการเกี่ยวเนื่อง เช่น Y ซึ่งเป็นตัวแปรตามใน (3.2) ทำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ Q ใน (3.1) C ใน (3.4) และ I ใน (3.5) สมการ (3.1) ก็คือตัวแบบสมการเดี่ยวนั่นเอง ตัวแบบสมการเกี่ยวเนื่องนี้จึงเป็นการขยายกรอบของการศึกษาจากตัวแบบสมการเดี่ยว (1.1) สมมติว่าต้องการทราบผลกระทบของอัตราดอกเบี้ยต่อการนำเข้าก็สามารถศึกษาได้จากตัวแบบนี้

<u>ประเภทของสมการคณิตศาสตร์</u>

สมการ (1.1) เป็นสมการเส้นตรงซึ่งเป็นประเภทหนึ่งในจำนวนสมการคณิตศาสตร์ 5 ประเภท ที่ใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สมการคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ประเภทที่ใช้ในตัวแบบเศรษฐมิติคือ

1. เส้นตรง (Linear) Y = a + bX
2. กึ่งลอการิทึม (Semi-Logarithm) Log Y = a + bX หรือ Y = a+ b log X
3. ลอการิทึมสองครั้ง (Double Logarithm) Log Y = a + b log X
4. รูปกลับ (Reciprocal) Y = a + b/X
5. ลอการิทึมรูปกลับ (Reciprocal Logarithm) Log Y = a + b/X

ความเหมาะสมของแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับ ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ และ/หรือผลการวิเคราะห์เชิงสถิติของตัวแบบ

<u>ประเภทข้อมูล</u>

ข้อมูลที่ใช้ในตัวแบบเศรษฐมิติมีอยู่ 2 ประเภท คือ ข้อมูลภาคตัด (Cross Section) และข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series)

1. ข้อมูลภาคตัด เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้จากระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเป็นวัน เดือน หรือปี ก็ได้ ตัวอย่างของข้อมูลภาคตัดมีอยู่มากมาย เช่น การสำรวจราคาของปลาทีตลาดต่างๆ ในวันที่ 10 มีนาคม 2526 หรืออาจสมมติว่าเราสามารถหยุดเวลาได้ ณ จุดใดจุดหนึ่งเพื่อรวบรวมข้อมูลประเภทนี้ โดยทั่วไปแล้วข้อมูลภาคตัดจะมีลักษณะเป็นจุลภาค (micro) มากกว่าข้อมูลประเภทอนุกรมเวลา

2. ข้อมูลอนุกรมเวลา สามารถเปลี่ยนไปตามกาลเวลา เช่น รายได้ประชาชาติจากปี 2500 ถึง 2523 เวลาจะมีหน่วยอะไรก็ได้ขึ้นอยู่กับศูนย์ที่รวบรวมข้อมูล เช่น รายปี รายสัปดาห์ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีลักษณะเป็นมหภาค เพราะเป็นการรวมข้อมูลภาคตัดในแต่ละเวลาเข้าด้วยกัน ในการวิเคราะห์ตัวแบบเศรษฐมิติ บางครั้งเราอาจวิเคราะห์ข้อมูลภาคตัดรวมกับข้อมูลอนุกรมเวลา

ข้อควรระวังในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐมิติ

ตามที่ได้กล่าวเอาไว้แล้วว่าเศรษฐมิติเป็นการผสมผสานกันระหว่างทฤษฎีทางด้านเศรษฐศาสตร์ คณิตศาสตร์และสถิติ ดังนั้นผู้วิเคราะห์จะต้องพิจารณาความสำคัญของวิชาทั้งสามแนวร่วมกัน โดยจะไม่ให้ความสำคัญกับแขนงใดแขนงหนึ่งโดยเฉพาะ มิฉะนั้นแล้วการวิเคราะห์อาจผิดทิศทางได้

เราจะต้องตระหนักว่าเศรษฐศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของมนุษย์ ถึงแม้พฤติกรรมมนุษย์จะอธิบายได้ แต่ในหลายๆ กรณีก็ไม่ชัดเจนเท่ากับพฤติกรรมของวัตถุ เช่น สารทางเคมี ดังนั้น อย่าเข้าใจผิดคิดว่าสมการเศรษฐมิติเมื่อประมาณแล้วจะใช้ได้เสมอโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับสมการทางวิทยาศาสตร์บางสมการ เพราะเมื่อพฤติกรรมของมนุษย์เปลี่ยนก็ย่อมมีผลต่อตัวแบบเศรษฐมิติที่ได้ประมาณแล้ว นอกจากนั้น ตัวแปรที่สำคัญบางอย่างก็ไม่อาจวัดได้โดยตรงเหมือนตัวแปรในวิทยาศาสตร์ จึงทำให้มีความคลาดเคลื่อนบ้าง ส่วนจะคลาดเคลื่อนเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับเรื่องที่ศึกษา ตัวแบบ และข้อมูลที่ใช้ในการประมาณ

ระบบสมการเกี่ยวเนื่อง (Simultaneous Equation System)

1. สมการในระบบสมการเกี่ยวเนื่อง

ระบบสมการเกี่ยวเนื่องนี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ตัวแปรต่างๆ โครงสร้างของระบบสมการ และลักษณะของสมการ

1.1 ตัวแปร (Variables) ตัวแปรที่มีอยู่ในระบบสมการเกี่ยวเนื่องนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) และตัวแปรกำหนดค่าล่วงหน้า (Predetermined Variables) ตัวแปรภายในคือ ตัวแปรซึ่งถูกกำหนดค่าจากตัวแปรอื่น ๆ ในระบบสมการนั้นและอาจทำหน้าที่กำหนดค่าของตัวแปรอื่นด้วยก็ได้ ตัวแปรกำหนดค่าล่วงหน้า คือ ตัวแปรซึ่งทำหน้าที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอื่น ๆ ในระบบสมการเพียงฝ่ายเดียว ส่วนค่าของตัวแปรนี้จะถูกกำหนดหรือขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นนอกเหนือจากระบบสมการที่ต้องการพิจารณา ตัวแปรกำหนดคาล่วงหน้านี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) และตัวแปรภายในในอดีต (Lagged Endogenous Variables) ตัวแปรภายนอกคือตัวแปรที่ถูกกำหนดค่าจากปัจจัยหรือตัวแปรอื่นนอกเหนือจากที่ระบุไว้ในระบบสมการ ส่วนตัวแปรภายในในอดีตคือตัวแปรซึ่งแทนค่าในอดีตของตัวแปรภายใน จึงถือว่าเป็นอิสระจากตัวแปรอื่นในระบบสมการที่ต้องการพิจารณา เพราะเป็นค่าซึ่งเกิดขึ้นมาก่อนแล้ว

1.2 โครงสร้างของสมการ ระบบสมการเกี่ยวเนื่องแต่ละระบบสมการจะต้องมีจำนวนสมการเท่ากับจำนวนตัวแปรที่ต้องการอธิบายจากระบบสมการที่สร้างขึ้นมา ซึ่งก็คือจำนวนตัวแปรภายในนั่นเอง เพราะถ้าจำนวนตัวแปรภายในมีมากกว่าหรือน้อยกว่าจำนวนสมการแล้วจะหาค่าของพารามิเตอร์ในลักษณะที่เป็นค่าเดียว (Unique) ไม่ได้

1.3 ลักษณะของสมการ สมการในระบบสมการเกี่ยวเนื่องมี 2 ประเภทคือ

1.3.1 สมการพฤติกรรม (Behavioral Equations) คือ สมการที่แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของตัวแปรภายในแต่ละตัว โดยบอกให้ทราบว่าตัวแปรภายในแต่ละตัวถูกกำหนด หรือขึ้นอยู่กับตัวแปรใดบ้างในระบบเศรษฐกิจ ในลักษณะหนึ่งสมการต่อหนึ่งตัวแปรภายใน

1.3.2 สมการเอกลักษณ์ (Identity Equation) หรือสมการนิยาม (Definition Equation) คือสมการที่แสดงว่าทางซ้ายและทางขวามีค่าเท่ากันหรือแสดงถึงค่านิยามของตัวแปรต่าง ๆ หรืออาจเป็นการแสดงให้เห็นถึงเงื่อนไขของการเกิดดุลยภาพ เช่น สมการที่แสดงว่าปริมาณอุปสงค์เท่ากับปริมาณอุปทาน ($Q_D = Q_S$) เป็นสมการเอกลักษณ์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเงื่อนไขของการเกิดดุลยภาพ สมการ $Y = C + I + G$ ก็เป็นสมการซึ่งแสดงให้เห็นถึงเงื่อนไขของดุลยภาพเช่นกันว่า อุปสงค์รวมทางขวามือเท่ากับอุปทานทางซ้ายมือ นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นถึงคำนิยามของอุปสงค์รวมด้วยว่าอุปสงค์รวมประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการบริโภค (C) การลงทุน (I) และรายรับรายจ่ายของรัฐบาล (G) เป็นต้น

สมการแต่ละสมการในระบบสมการเกี่ยวเนื่องเรียกว่า สมการโครงสร้าง (Structural Equation) และพารามิเตอร์ของสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ เรียกว่าพารามิเตอร์โครงสร้าง (Structural Parameters) หรือเรียกว่า สัมประสิทธิ์โครงสร้าง (Structural Coefficients)

ถ้าสามารถประมาณสมการโครงสร้างได้หมด ก็จะสามารถศึกษาความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างตัวแปรต่างๆที่ถูกกำหนดจากจากทฤษฎี แต่ว่าสมการโครงสร้างไม่อาจนำมาใช้ในการคาดคะเน เพราะว่าการคาดคะเนตัวแปรตามขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรอิสระ เมื่อตัวแปรตามบางตัวยังทำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระในสมการโครงสร้าง จึงไม่สามารถกำหนดค่าของมันขึ้นมาได้ในลักษณะเดียวกับตัวแปรอิสระ การคาดคะเนจากระบบสมการเกี่ยวเนื่องจึงต้องปรับให้ตัวแปรตามขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระเพียงอย่างเดียว ซึ่งเรียกว่า สมการลดรูป

2. <u>ข้อสมมติของแบบจำลองระบบสมการเกี่ยวเนื่อง</u>

ข้อสมมติของระบบสมการเกี่ยวเนื่องนี้จะคล้ายกับข้อสมมติของแบบจำลองสมการถดถอยเชิงเดี่ยว กล่าวคือ แต่ละสมการโครงสร้างจะต้องมีเงื่อนไขสมมติของแบบจำลองสมการถดถอยเชิงเดี่ยวทุกข้อและยังจะต้องมีเงื่อนไขเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวกับพจน์ของความคลาดเคลื่อนด้วย ตัวอย่างเช่น สมการถดถอยเชิงเดี่ยว

$$y_t = b_0 + b_1 x_t + u_t$$

โดยสมมติให้ ความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ หรือ $E(u_t) = 0$

ความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 หรือ $E(u_t^2) = \sigma^2$

และความคลาดเคลื่อนแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันหรือ $E(u_t u_{t-s}) = 0$ เมื่อ $s \neq 0$

สำหรับระบบสมการเกี่ยวเนื่องซึ่งมีอยู่หลายสมการด้วยกัน ต้องสมมติให้

ค่าความแปรปรวนของพจน์ความคลาดเคลื่อนในแต่ละสมการมีค่าคงที่ นั่นคือ

$E(u_{1t}^2) = \sigma_{11}^2$ และ $E(u_{2t}^2) = \sigma_{21}^2$

และค่าความแปรปรวนร่วมของพจน์ความคลาดเคลื่อนระหว่างสมการมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือ $Cov(u_{1t}, u_{2t}) = 0$

3. <u>ลักษณะของปัญหาการชี้ชัด</u>

ลักษณะเด่นลักษณะหนึ่งของระบบสมการคือ ตัวแปรภายในต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การใช้ OLS (Ordinary Least Square Method) ประมาณค่าพารามิเตอร์โครงสร้างจากแต่ละสมการจึงทำให้ตัวประมาณค่าไม่เป็นตัวประมาณค่าที่ดี แต่ถ้าแปลงสมการโครงสร้างให้เป็นสมการลดรูป ตัวแปรภายในแต่ละตัวจะถูกกำหนดโดยตัวแปรกำหนดค่าล่วงหน้าทุกตัวในระบบสมการ เนื่องจากตัวแปรกำหนดค่าล่วงหน้าเป็นตัวแปรซึ่งเป็นอิสระจากตัวแปรอื่นในระบบสมการรวมทั้งตัวคลาดเคลื่อน ดังนั้นการใช้ OLS ในการประมาณค่าย่อมให้ตัวประมาณค่าซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากระบบสมการเกี่ยวเนื่อง ถ้าแปลงสมการโครงสร้างให้เป็นสมการลดรูปทุกครั้งก่อนแล้วจึงใช้ OLS ประมาณค่าย่อมจะได้ตัวประมาณค่าที่น่าพอใจได้ แต่วิธีการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อสามารถที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์โครงสร้างใน

แต่ละสมการจากสัมประสิทธิ์สมการลดรูปที่ประมาณค่าได้เท่านั้น การหาค่าได้หรือไม่นั้นเป็นปัญหาของการชี้ชัด (Identified) นั้นคือ ถ้าสามารถหาค่าได้สมการนั้นจะมีลักษณะชี้ชัด (Identified) แต่ถ้าเราไม่สามารถหาค่าได้สมการนั้นจะมีลักษณะชี้ชัดไม่ได้ (Unidentified) ลักษณะการชี้ชัดแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

3.1 สมการที่มีลักษณะชี้ชัดพอดี (Just Identified) คือ สมการที่มีจำนวนสมการลดรูปเท่ากับจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ต้องการหาดังตัวอย่าง

จากสมการ

$$\text{Supply:} \quad Q = a_0 + a_1P + b_1S + e_1$$

$$\text{Demand:} \quad Q = a_2 + a_3P + b_2I + e_2$$

เมื่อ e_1 และ e_2 คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

สมการปริมาณอุปสงค์เท่ากับปริมาณอุปทาน

$$a_0 + a_1P + b_1s = a_2 + a_3P + b_2I$$

$$P = [(a_2 - a_0) / (a_1 - a_3)] - [b_1 / (a_1 - a_3)]S + [b_2 / (a_1 - a_3)]I$$

$$Q = [(a_1a_2 - a_0a_3) / (a_1 - a_3)] - [a_3b_1 / (a_1 - a_3)]S + [a_1b_2 / (a_1 - a_3)]I$$

สามารถแปลงให้เป็นสมการลดรูป

$$P = C_1 + C_2S + C_3I$$

$$Q = C_4 + C_5S + C_6I$$

โดยที่

$$C_1 = (a_2 - a_0) / (a_1 - a_3) \ , \ C_2 = -b_1 / (a_1 - a_3)$$

$$C_3 = b_2 / (a_1 - a_3) \ , \ C_4 = (a_1a_2 - a_0a_3) / (a_1 - a_3)$$

$$C_5 = a_3b_1 / (a_1 - a_3) \ , \ C_6 = a_1b_2 / (a_1 - a_3)$$

ซึ่งค่า C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 สามารถประมาณได้โดยการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) จากนั้นจึงมาหาค่าสัมประสิทธิ์ ในกรณีนี้จะมีสัมประสิทธิ์ 6 ตัวมีสมการ 6 สมการทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวได้คือ

$$a_0 = C_4 - a_1C_1$$

$$a_1 = C_6 / C_3$$

$$a_2 = C_4 / a_3C_1$$

$$a_3 = C_5 / C_2$$

$$b_1 = -C_2 (a_1 - a_3)$$

$$b_2 = C_3 (a_1 - a_3)$$

3.2 สมการที่มีการชี้ชัดเกินจำเป็น (Over Identified) คือ สมการที่มีจำนวนสมการลดรูปมากกว่าจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ต้องการหา ดังตัวอย่าง

จากสมการ

$$\text{Supply:} \quad Q = a_0 + a_1P + e_1$$

$$\text{Demand:} \quad Q = a_2 + a_3P + b_1I + b_2T + e_2$$

เมื่อ e_1 และ e_2 คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

สมการปริมาณอุปสงค์เท่ากับปริมาณอุปทาน

$$a_0 + a_1P = a_2 + a_3P + b_1I + b_2T$$

$$P = [(a_2 - a_0) / (a_1 - a_3)] + [b_1 / (a_1 - a_3)]I + [b_2 / (a_1 - a_3)]T$$

$$Q = [(a_1a_2 - a_0a_3) / (a_1 - a_3)] + [a_1b_1 / (a_1 - a_3)]I + [a_1b_2 (a_1 - a_3)]T$$

สามารถแปลงให้เป็นสมการลดรูป

$$P = C_1 + C_2I + C_3T$$

$$Q = C_4 + C_5I + C_6T$$

โดยที่

$$C_1 = (a_2 - a_0) / (a_1 - a_3) \ , \ C_2 = b_1 / (a_1 - a_3)$$

$$C_3 = b_2 / (a_1 - a_3) \ , \ C_4 = (a_1a_2 - a_0a_3) / (a_1 - a_3)$$

$$C_5 = a_1b_1 / (a_1 - a_3) \ , \ C_6 = a_1b_2 / (a_1 - a_3)$$

ซึ่งค่า C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 สามารถประมาณได้โดยการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) จากนั้นจึงมาหาค่าสัมประสิทธิ์ได้ดังนี้

$$a_0 = C_4 - a_1C_1$$

$$a_1 = C_5 / C_2$$

$$a_1 = C_6 / C_3$$

จะเห็นได้ว่า a_1 ที่ได้มี 2 ค่าซึ่งก็ไม่มีการยืนยันทางทฤษฎีใด ๆ ว่าค่าทั้ง 2 นี้จะต้องเท่ากัน การหาค่าสัมประสิทธิ์ (a_1) ได้มากกว่า 2 ค่านี้ เรียกสมการ Supply นี้ว่า สมการที่มีการชี้ชัดเกินจำเป็น (Overidentified)

3.3 สมการชี้ชัดไม่ได้ (Unidentified) คือ สมการที่มีจำนวนสมการลดรูปน้อยกว่าจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ต้องการหา ดังตัวอย่าง

$$\text{Supply:} \quad Q = a_0 + a_1P + b_1s + e_1$$

$$\text{Demand:} \quad Q = a_2 + a_3P + e_2$$

เมื่อ e_1 และ e_2 คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

สมการปริมาณอุปสงค์เท่ากับปริมาณอุปทาน

$$a_0 + a_1P + b_1s = a_2 + a_3P$$

$$P = [(a_2 - a_0) / (a_1 - a_3)] - [b_1 / (a_1 - a_3)]S$$

$$Q = [(a_1a_2 - a_0a_3) / (a_1 - a_3)] - [a_3b_1 / (a_1 - a_3)]S$$

สามารถแปลงให้เป็นสมการลดรูป

$$P = C_1 + C_2S$$

$$Q = C_3 + C_4S$$

โดยที่

$$C_1 = (a_2 - a_0) / (a_1 - a_3) \ , \ C_2 = b_1 / (a_1 - a_3)$$

$$C_3 = (a_1a_2 - a_0a_3) / (a_1 - a_3) \ , \ C_4 = a_3b_1 / (a_1 - a_3)$$

ซึ่งค่า C_1 , C_2 , C_3 , C_4 สามารถประมาณได้โดยการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) แต่จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์มี 5 ตัว ในขณะที่มีสมการ 4 สมการ ซึ่งไม่สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ได้ทุกตัว จะหาได้เพียง

$$a_2 = C_3 - a_3C_1$$

$$a_3 = C_4 / C_2$$

นั่นคือจะหาได้เฉพาะสมการ demand ส่วนสมการ supply จะหาไม่ได้ เรียกสมการ supply ในลักษณะนี้ว่า เป็นสมการที่ชี้ชัดไม่ได้

การพิจารณาว่าสมการชี้ชัดหรือไม่ เงื่อนไขจะกำหนดให้ K คือจำนวนตัวแปรกำหนดค่าล่วงหน้าที่ไม่ได้อยู่ในสมการที่พิจารณา M คือจำนวนตัวแปรภายในที่มีอยู่ในระบบสมการ ถ้าสมการใด K มีค่าน้อยกว่า M-1 สมการนั้นเป็นสมการที่ชี้ชัดไม่ได้ ถ้าสมการใด K มีค่าเท่ากับ M-1 สมการนั้นเป็นสมการที่พอดีถ้าสมการใด K มีค่ามากกว่า M-1 สมการนั้นเป็นสมการเกินจำเป็น ตัวอย่างเช่น

Supply: $Q = a_0 + a_1P + e_1$

Demand: $Q = a_2 + a_3P + e_2$

ทั้ง 2 สมการนี้ K = 0, M = 2 ดังนั้น K มีค่าน้อยกว่า M-1 (0 < 1) เพราะฉะนั้นเป็น Unidentified

Supply: $Q = a_0 + a_1P + b_1S + e_1$

Demand: $Q = a_2 + a_3P + b_2I + e_2$

ทั้ง 2 สมการนี้ K = 1, M = 2 ดังนั้น K มีค่าเท่ากับ M-1 (1 = 1) เพราะฉะนั้นเป็น Just Identified

Supply: $Q = a_0 + a_1P + e_1$

Demand: $Q = a_2 + a_3P + b_1I + b_2T + e_2$

พิจารณาที่สมการ Supply K = 2, M = 2 ดังนั้น K มีค่ามากกว่า M-1 (2 > 1) เพราะฉะนั้นเป็น Overidentified

4. การประมาณค่า

เมื่อทราบว่าการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) กับแบบจำลองที่มีตัวแปรร่วมกัน (joint dependence variable) ของสมการเดี่ยวไม่ได้ จึงควรเปลี่ยนมาใช้สมการระบบแทน แล้วจึงคำนวนค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองสมการระบบ การคำนวนค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองสมการระบบ สามารถกระทำได้หลายวิธีการ ซึ่งยังยึดหลักของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นพื้นฐานอยู่ เพียงดัดแปลงเทคนิคให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่วิธีต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. Two-stage Least Square (2SLS)
2. Reduced Form Method หรือ Indirect Least Square (ILS)
3. Limited Information Maximum Likelihood (LIML)
4. Three-stage Least Square (3SLS)
5. Full Information Maximum Likelihood (FIML)

ในที่นี้จะขอกล่าวเพียง 2 วิธี คือ 2SLS และ ILS

4.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองขั้น (2SLS) หลักการของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองขั้นนี้ยังคงอาศัยวิธีการของ OLS โดยต้องทำ OLS สองครั้ง ครั้งแรกจะมีผลในการกำจัดอิทธิพลระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าความผิดพลาดที่อธิบายไม่ได้ออกไป กล่าวคือ ทำให้ E(X) = 0 และการทำ OLS ครั้งที่สองจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ต้องการวัด

สมมติว่าแบบจำลองที่ต้องการหาค่าคือ สมการบริโภค อันเป็นสมการหนึ่งในแบบจำลองสมการระบบที่มีอยู่สองสมการ C_t กับ Y_t เป็น Joint Dependence Variables

$$C_t = b_0 + b_1Y_t + u_t \qquad (1)$$

$$Y_t = C_t + I_t \qquad (2)$$

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้ทราบว่า Y_t และ u_t ในสมการ (1) จะไม่เป็นอิสระต่อกันถ้าใช้ OLS โดยตรง การกำจัดความสัมพันธ์ของ Y_t และ u_t ในสมการที่ (1) ออกไปนั้นให้ใช้วิธีการกำลังสองน้อยที่สุดขั้นหนึ่ง กระทำโดยนำค่า C_t ทางขวามือของสมการ (1) แทนในสมการ (2)

$$Y_t = b_0 + b_1Y_t + I_t + u_t$$

$$Y_t = [b_0 / (1 - b_1)] + [I_t / (1 - b_1)] + [u_t / (1 - b_1)] \qquad (3)$$

ถ้ากำหนดให้ $a_0 = b_0 / (1 - b_1)$, $a_1 = 1 / (1 - b_1)$ และ $V_t = u_t / (1 - b_1)$ เพราะฉะนั้นสมการที่ (3) จะได้เป็น

$$Y_t = a_0 + a_1 I_t + V_t \qquad (4)$$

ในสมการที่ (4) นี้ชี้ให้เห็นว่า Y_t ถูกกำหนดโดยตัวแปร I_t โดยมี V_t เป็นค่าความผิดพลาดที่อธิบายไม่ได้ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ นำสมการที่ (4) ไปคำนวนค่า $\hat{a}_0$ และ $\hat{a}_1$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) เพื่อประมาณค่า $\hat{Y}_t$ ต่อไป ซึ่งจะได้ผลตามสมการที่ (5)

$$\hat{Y}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 I_t \qquad (5)$$

จากนั้นนำค่า $\hat{Y}_t$ ที่ประมาณได้จาก (5) แทนลงในสมการที่ (4) ทางขวามือ เพราะฉะนั้น

$$Y_t = \hat{Y}_t + V_t \qquad (6)$$

ต่อจากนั้นจึงนำเทอมทางขวามือของสมการ (6) แทนลงในสมการ (1) ที่ต้องการวัด จะได้ว่า

$$C_t = b + b_1 (\hat{Y}_t + V_t) + u_t$$

$$C_t = b_0 + b_1 \hat{Y}_t + b_1 V_t + u_t \qquad (7)$$

จากสมการที่ (3) $V_t = u_t / (1-b_1)$ ฉะนั้นสมการที่ (7) จะได้ผลเป็น

$$C_t = b_0 + b_1 \hat{Y}_t + b_1 [u_t / (1 - b_1)] + u_t$$

หรือ $$C_t = b_0 + b_1 \hat{Y}_t + [u_t / (1 - b_1)]$$

หรือ $$C_t = b_0 + b_1 \hat{Y}_t + V_t \qquad (8)$$

ในสมการที่ (8) ไม่ปรากฏ Y_t และ u_t ดังนั้น $E(Y_t u_t) \neq 0$ จึงถูกกำจัดออกไปคงเหลือแต่ $\hat{Y}_t$ กับ V_t แทน ซึ่งจะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันเพราะ $E(\hat{Y}_t V_t) = 0$ ดังในสมการที่ (4) จากนั้นจึงนำสมการที่ (8) ไปคำนวนค่า $\hat{b}_0$ และ $\hat{b}_1$ ด้วยวิธี OLS เป็นขั้นที่สอง เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดสมการบริโภค

4.2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทางอ้อม (ILS) การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการระบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทางอ้อม ใช้หลักการลดรูปโครงสร้างสมการของแบบจำลองซึ่งมีจำนวนสมการมากกว่าหนึ่งให้เหลืออยู่เพียงสมการเดียว ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองจะถูกเปลี่ยนรูปไป จากนั้นจึงหาค่าประมาณของค่าสัมประสิทธิ์ที่เปลี่ยนรูปไปด้วยวิธี OLS แล้วจึงแก้สมการเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์รูปเดิมของสมการที่ต้องการวัด ตัวอย่างเช่นสมการการบริโภค โครงสร้างสมการ (structural equation) ของแบบจำลองมีสองสมการคือ

$$C_t = b_0 + b_1 Y_t + u_t \qquad (1)$$

$$Y_t = C_t + I_t \qquad (2)$$

การหาค่า b_0 และ b_1 ของสมการการบริโภคด้วยวิธี Indirect Least Square (ILS) เริ่มต้นโดยการลดรูปโครงสร้างสมการทั้งสองให้เหลือเพียงสมการเดียวดังต่อไปนี้

แทนค่า Y_t จากตัวแปรทางขวามือของสมการ (2) ลงในสมการ (1) เพราะฉะนั้นสมการ (1) จะกลายเป็น

$$C_t = b_0 + b_1 (C_t + I_t) + u_t$$

$$C_t = b_0 + b_1 C_t + b_1 I_t + u_t$$

$$C_t = [b_0 / (1-b_1)] + [b_1 / (1-b_1)] I_t + [u_t / (1-b_1)] \quad (9)$$

ถ้ากำหนดให้ $a = b_0 / (1-b_1)$, $a_1 = b_1 / (1-b_1)$ และ $V = u_t / (1-b_1)$ ฉะนั้นสมการ (9) จะได้เป็น

$$C_t = a_0 + a_1 I_t + V_t \quad (10)$$

ต่อไปแทนค่า C_t จากตัวแปรทางขวามือสมการ (1) ลงในสมการ (2) เพราะฉะนั้นสมการ (2) จะกลายเป็น

$$Y_t = (b_0 + b_1 Y_t + u_t) + I_t$$

$$Y_t = [b_0 / (1-b_1)] + [1 / (1-b_1)] I_t + [u_t / (1-b_1)] \quad (11)$$

ถ้าให้ $d_0 = b_0 / (1-b_1)$, $d_1 = 1 / (1-b_1)$ และ $W_t = u_t / (1-b_1)$ ฉะนั้นสมการที่ (11) จะกลายเป็น

$$Y_t = d_0 + d_1 I_t + W_t \quad (12)$$

สมการ (10) และสมการ (12) คือสมการที่ถูกลดรูปจากโครงสร้างสมการ (เรียกว่า Reduce Equations) ให้สังเกตว่าค่าสัมประสิทธิ์ b_0 และ b_1 ถูกเปลี่ยนรูปไปอยู่ในเทอมของ a_0, a_1, d_0 และ d_1 ขั้นตอนต่อไปให้นำสมการลดรูปทั้งสองที่ได้คือสมการ (10) และสมการ (12) ไปประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธี OLS ซึ่งจะได้ค่าประมาณ $\hat{a}_0$, $\hat{a}_1$, $\hat{d}_0$ และ $\hat{d}_1$ ดังในสมการที่ (13) และ (14)

$$\hat{C}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 I_t \quad (13)$$

$$\hat{Y}_t = \hat{d}_0 + \hat{d}_1 I_t \quad (14)$$

จากนั้นจึงเปลี่ยนรูปของค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{a}_0$, $\hat{a}_1$, $\hat{d}_0$ และ $\hat{d}_1$ ให้กลับไปอยู่ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์เดิมคือ b_0 และ b_1 ซึ่งอาศัยวิธีการแก้สมการดังนี้

$$\hat{a}_0 = \hat{d}_0 = b_0 / (1-b_0) \quad (15)$$

$$\hat{a}_1 = b_1 / (1-b_1) \quad (16)$$

$$\hat{d}_1 = 1 / (1-b_1) \quad (17)$$

จากสมการ (15),(16) และ (17) จะแก้สมการได้ตัวไม่ทราบค่า (unknown) ทั้งสองคือ

$$b_0 = \hat{a}_0 [1 - (\hat{a}_1 / \hat{d}_1)]$$

และ

$$b_1 = \hat{a}_1 / \hat{d}_1$$

ด้วยวิธีการนี้จะเห็นว่าทั้ง C_t และ Y_t จะขึ้นอยู่กับ I_t จึงไม่มีผลให้ Y_t สัมพันธ์กับ u_t แต่กลับหาความสัมพันธ์ของ C_t และ Y_t ได้โดยผ่าน I_t ทางอ้อม

5. การพิจารณาคุณภาพของแบบจำลอง

การพิจารณาคุณภาพของแบบจำลองว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ มีหลักการพิจารณาอยู่ดังนี้

5.1 **สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ** (Coefficient of Determinant: R^2) คือ สัดส่วนของความแปรปรวนของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้จากตัวแปรอิสระต่อความแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปรตาม นั่นคือค่า R^2 จะบอกได้ว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด

$$\sum(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 + \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})$$

Sum Square	=	Sum Square	+	Sum Square
Total		Error		Regression
(SST)		(SSE)		(SSR)
		(unexplained)		(explained)

เมื่อนำค่า SSR เทียบสัดส่วนกับ SST ย่อมแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ Y จากอิทธิพลของ X ได้เท่าไร เมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ Y ทั้งหมดที่เกิดขึ้นหรือเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (R^2) ซึ่งจะได้เป็นสูตรคือ

$$R^2 = SSR / SST$$

$$R^2 = 1 - (SSE / SST)$$

$$R^2 = 1 - [\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 / \sum(Y_i - \bar{Y})^2]$$

$$R^2 = 1 - (\sum e_i^2 / \sum y_i^2)$$

หรือ $$R^2 = b\sum x^2 / \sum y^2 = (\sum xy)^2 / \sum x^2 \sum y^2 = r_{xy}^2$$

ถ้าค่า R^2 ที่คำนวนได้มีค่าสูง แปลผลได้ว่าตัวแปรตามสามารถอธิบายได้จากตัวแปรอิสระมากเท่ากับว่าความผิดพลาดที่อธิบายไม่ได้มีน้อย แบบจำลองที่ใช้มีความเหมาะสมดีในกรณีที่ $R^2 = 1$ แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะความผิดพลาดที่อธิบายไม่ได้ (SSE) ไม่มีเลยทุกค่าของ Y_i จะเรียงตัวอยู่บนเส้น Y ในกรณีที่ $R^2 = 0$ ค่าของ Y_i จะกระจายจนแนวโน้มของความสัมพันธ์สามารถเกิดได้ทุกทิศทาง แบบจำลองที่ได้จะไม่มีความเหมาะสมและมีความผิดพลาดที่อธิบายไม่ได้

5.2 การทดสอบสมมติฐาน T-Test เป็นค่าที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระนั้น ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และในทิศทางใด ซึ่งจะทดสอบทั้งแบบ 2 ข้าง และข้างเดียว โดยปกติจะตั้งสมมติฐานหลักว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยหวังว่าจะ

ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เพื่อยอมรับสมมติฐานรอง และจะได้นำไปใช้งานต่อไป เพราะฉะนั้นค่า t ที่คำนวนได้ควรจะมีค่าสูงพอที่จะทำให้ค่าของ t ตกอยู่ในบริเวณวิกฤติ (Critical Region)

วิธีการทดสอบสมมติฐาน

1. ตั้งข้อสมมติฐานของการทดสอบค่าประมาณ b ดังนี้

ก เมื่อต้องการทดสอบวาตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ มีความสัมพันธ์เกิดขึ้นจริงหรือไม คือ b เป็นศูนย์หรือไม่เป็นศูนย์

$H_0 : \beta = 0$

$H_1 : \beta \neq 0$

ข เมื่อต้องการทดสอบดูว่า ตัวอย่างข้อมูลจะเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ เมื่อค่า β ไม่เป็นศูนย์

$H_0 \quad \beta = b$

$H_1 : \beta \neq b$

2. เลือกระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการทอสอบ ซึ่งมักนิยมใช้ระดับ 95% หรือ 99% แล้วแต่ความเหมาะสม

3. เมื่อเลือกระดับความเชื่อมั่น และทราบ degree of freedom ของ SSE ก็สามารถทราบค่า t จากตาราง t-distribution

4. คำนวนค่า t โดยแทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร t ดังนี้

$$t_e = (\hat{b} - \beta) / S_{\hat{b}}$$

5. เปรียบเทียบค่า t จากข้อ 4. กับ t จากข้อ 3.

ในกรณีทดสอบ 2 ข้างจะยอมรับ H_0 เมื่อ $-t_e < t < t_e$

ในกรณีทดสอบข้างเดียวจะยอมรับ H_0 เมื่อ $t > t_e$, $t < t_e$

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ H_1

ผลการเปรียบเทียบ t_e ทำให้ทราบประสิทธิภาพของ $\hat{b}$ ว่ามีการยอมรับ $\hat{b}$ เป็นศูนย์กลางจริงหรือไม่ในระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดหรือ $\hat{b}$ เป็นไปตามค่าที่เป็นจริง(β) แค่ไหน

5.3 การทดสอบ F-test เป็นการทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอยทุกตัวพร้อมกัน เป็นการตรวจสอบดูว่าค่าของตัวแปรตาม (Y) เป็นอิสระในตัวเองหรือเป็นตัวแปรซึ่งถูกกำหนดด้วยตัวแปรอิสระอื่น ๆ ข้อสมมติฐานที่ใช้ทดสอบ คือ สมมติว่าไม่มีตัวแปรอิสระใดที่มีอิทธิพลต่อการกำหนด Y นั่นคือ

$$H_0 \quad \beta_0 = \beta_1 = \ldots = \beta_k = 0$$

ข้อสมมติทางเลือกก็คือ สมมติว่า H_0 ไม่เป็นจริง ซึ่งหมายความว่า อย่างน้อยที่สุดต้องมีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวในสมการถดถอยพหุคูณที่มีนัยสำคัญในการกำหนดค่า Y

$$H_1 \quad \beta_0 \ldots \beta_1 \ldots \beta_k \neq 0$$

ถ้าผลของการทดสอบปรากฏออกมาว่า H_0 เป็นจริง หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงของ Y ไม่ได้เกิดจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระใด ๆ (X_j ; j = 1 . . . k) ที่ปรากฏอยู่ในสมการถดถอยเลย แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากตัวแปรอื่นซึ่งมิได้ระบุในสมการถดถอยเส้นนั้น ในทางปฏิบัติสมการถดถอยซึ่งยอมรับ H_0 ย่อมไม่ควรจะนำมาใช้อธิบาย Y ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์ทุกตัวเป็นการทอสอบนัยสำคัญของสมการถดถอยทั้งสมการ เพื่อดูว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นนั้นใช้อธิบายค่า Y ได้หรือไม่ ถ้าหากว่าสมการนั้นเป็นจริงก็ย่อมจะมี B_j อย่างน้อย 1 ตัวที่ไม่เป็นศูนย์และใช้อธิบายค่า Y ได้

การทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์ทุกตัวพร้อม ๆ กัน ในความจริงแล้วก็คือการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Y ซึ่งได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ความแปรปรวนของ Y หรือ SST เกิดจากความแปรปรวนที่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย (SSR) และความแปรปรวนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอย (SSE)

หลักการของ F-test คือ การเปรียบเทียบค่าเฉลียของความแปรปรวนทีอธิบายได้กับค่าเฉลี่ยนความแปรปรวนที่อธิบายไม่ได้ เขียนได้เป็น

F = MSR / MSE

MSR คือ Mean Square Regression

MSE คือ Mean Square Error

ถ้า X และ Y มีความสัมพันธ์กัน ค่า F มักจะสูงและมากกว่า 1 แต่จะยอมรับว่าค่า F ใช้ได้หรือไม่นั้น ต้องเปรียบเทียบค่า F ทีคำนวนได้กับค่า F ในตาราง F-distribution ที degree of freedom(1, n-2) ตามระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (α)

ขั้นตอนของวิธี F-test เป็นไปดังนี้

1. ตั้งสมมติฐานของการทดสอบค่าประมาณ b

H_0 : $\beta = 0$

H_1 : $\beta \neq 0$

ความหมายของ H_0 คือ ไม่มีความแปรปรวนที่เกิดเนื่องจากเส้น regression ที่เกิดขึ้นเท่ากับว่าค่า explained variance มีค่าเป็นศูนย์นั่นคือตัวแปรตามไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ

2. คำนวนค่าต่าง ๆ ในตาราง ANOVA

ANOVA Table

Source of Variation	d.f.	Sum Square	Mean Square	F
Regression	1	SSR	MSR	MSR/MSE
Error(Residual)	n-2	SSE	MSE	
Total	n-1	SST		

เมื่อ $SSR = \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = \sum\hat{Y}_i^2 = \hat{b}^2\sum X_i^2$

$SSE = \sum(Y_i - \hat{Y})^2 = \sum e_i^2 = SST - SSR$

$SST = \sum(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum Y_i^2$

$MSR = SSR / d.f. = b^2\sum X_i^2 / 1$

$MSE = SSR / d.f. = \sum e_i^2 / (n-2) = S^2$

$F = MSR / MSE$

3. เปรียบเทียบ F ที่คำนวนได้กับค่า F ในตาราง F-distribution เพื่อสรุปผลการวิเคราะห์

ถ้า $F_e > F_{\alpha,(1,n-2)}$ จะปฏิเสธ H_0

ถ้า $F_e < F_{\alpha,(1,n-2)}$ จะยอมรับ H_0

ผลการสรุปของการทดสอบนี้ จะมีความหมายทำนองเดียวกับการทดสอบ t-test ของค่า $\hat{b}$ เมื่อ $H_0 : \beta = 0$ นั่นเอง ฉะนั้นในกรณีของแบบจำลองสองตัวแปรค่า F จะเท่ากับ t^2 ดังนั้นค่า F ยิ่งมากเท่าไหร่ยิ่งเป็นการดี เพราะแสดงว่าสมการมีสัดส่วนความแปรปรวนที่สามารถอธิบายได้ ตอความแปรปรวนที่ไม่ลามารถอธิบายได้สูง

5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error: S.E.) เป็นดัชนีที่ใช้วัดการกระจายของตัวแปรตามรอบเส้นถดถอย ถ้าหากค่านี้มากก็แสดงว่าสมการถดถอยที่ใช้ในการประมาณการมีความคลาดเคลื่อนสูง แต่อย่างไรก็ตามบางครั้งไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบสมการถดถอยที่อยู่ในรูปล็อกการิทึม (Logarithm) กับสมการที่อยู่ในรูปเส้นตรงได้ทั้ง ๆ ที่ใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน เพราะว่าข้อมูลที่อยู่ในรูปล็อกการิทึมจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า จึงได้มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนช่วยในการประกอบการตัดสินใจ

5.5 สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Coefficient of Variation: C.V.) เป็นตัวเลขที่แสดงถึงความสามารถในการประมาณสมการถดถอยสามารถคำนวนได้จากการนำค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานหารด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

5.6 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวประมาณ เป็นค่าที่แสดงถึงความเบี่ยงเบนในการประมาณสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระว่ามีความเบี่ยงเบนมากน้อยเพียงใด โดยปกติค่าของการเบี่ยงเบนนี้จะใช้ในการบอกชวงความเชื่อมัน (Confidence Interval) ของค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอิสระ เมื่อมีการกำหนดระดับความเชื่อมันมาให้

5.7 ค่าเดอร์บิน-วัตสัน (Durbin-Watson: D.W.) เป็นค่าที่ใช้ในการทดสอบอัตสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ใช้เพื่อดูว่าสมการถดถอยในแบบจำลองมีปัญหาเรื่องอัตสหสัมพันธ์หรือไม่ เพราะอาจทำให้ค่าประมาณต่าง ๆ ในสมการลำเอียงได้ (Bias) ค่าที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4 และควรจะมีค่าเข้าใกล้ 2 เพราะจะได้ไม่มีปัญหาในเรื่องของอัตลหสัมพันธ์ ซึงสามารถทดสอบค่านี้ได้จากการเปิดตารางสถิติเดอร์บิน-วัตสัน (Durbin-Watson Statistics) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ

5.8 จำนวนข้อมูล (Number of Observation: N) ใช้แสดงถึงข้อมูลที่นำมาศึกษาเพื่อประกอบในการอธิบายหรือใช้ในการตั้งสมมติฐานของการศึกษา โดยปกติในการวิจัยงานโดยใช้วิธีเศรษฐมิติ สิงหนึงที่เป็นปัญหาในการอธิบายแบบจำลองที่เกิดขึ้นแล้วไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ บางครั้งก็อาจเกิดจากจำนวนข้อมูลที่ใช้การศึกษาน้อยเกินไป ซึ่งบางครั้งผู้วิจัยอาจอธิบายในเชิงทีว่า ถ้าหากจำนวนข้อมูลเพิมมากขึ้นแบบจำลองนี้อาจจะใช้ได้ แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีค่าทางสถิติค่าอืน ๆ ช่วยในการอธิบายประกอบ

<u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

เนื่องจากวิธีการทางเศรษฐมิติเป็นวิธีการสร้างตัวแบบ โดยใช้ทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ช่วยกำหนดแบบจำลองที่สามารถเป็นตัวแทนโลกแห่งความจริงได้ และใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์และสถิติในการประมาณตัวแบบ และอาศัยพฤติกรรมและข้อมูลในอดีตมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เพื่อการกำหนดตัวแบบที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นงานวิจัยที่สนับสนุน สอดคล้องและช่วยให้เกิดแนวความคิดในการสร้างตัวแบบของงานวิจัยฉบับนี้

ชินวุธ สุนทรสีมะ (2506) ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลกับมูลค่าการนำเข้าของสินค้า โดยแบ่งชนิดของสินค้านำเข้าออกเป็น 5 ประเภท และมีการกำหนดความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังนี้

$$Mc = a + b\,C$$

$$Mk = a + b\,I$$

$$Mrc = a + b\,(c - Mc)$$

Mrk = a + b (I - Mk)

Mo = a + b Y

โดยที่ Mc = มูลค่าของสินค้าเข้าประเภทเพื่อการบริโภค

Mk = มูลค่าของสินค้าเข้าประเภททุน

Mrc = มูลค่าของสินค้าเข้าประเภทวัตถุดิบและสินค้าเพื่อใช้ในการผลิตสินค้าเพื่อบริโภค

Mrk = มูลค่าของสินค้าเข้าประเภทวัตถุดิบและสินค้าเพื่อใช้ในการผลิตสินค้าประเภททุน

Mo = มูลค่าของสินค้าเข้าประเภทอื่นๆ

C = มูลค่าการบริโภคทั้งประเทศ

I = มูลค่าการสะสมทุนถาวร

Y = ผลผลิตรวมของประเทศ

a, b, c = ตัวพารามิเตอร์

การประมาณค่าจะใช้วิธีการกำลังสองสมบูรณ์น้อยที่สุด และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลจากปี พ.ศ. 2503-2512

ทรงชัย อนุนันตกุล (2531) เป็นการศึกษาถึงโครงสร้างการผลิตตลอดจนสภาวะการผลิตของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี และอุตสาหกรรมท่อเหล็ก รวมถึงผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอัตราหรือราคาต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตทางด้านแรงงาน ไฟฟ้า ประปา และน้ำมัน ที่มีผลโดยตรงต่ออุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นรวมถึงผลต่อเนื่องในรูปของการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการใช้วัตถุดิบจากภาคอุตสาหกรรม และการเปลี่ยนแปลงในรูปของมูลค่าของผลผลิตจากอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ที่ส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่อง โดยใช้วิธีการทางเศรษฐมิติ และการพิจารณาทางตรรก ซึ่งพิจารณาจากแนวโน้มของอัตราการขยายตัวของสภาวะความจำเริญทางเศรษฐกิจ มาใช้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ รูปแบบที่ได้คือ รูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้น และสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น ดังนี้

สมการถดถอยเชิงเส้น

$$\hat{v}(Q)_{ij} = a + b_{ij} P_i$$

โดยที่ i บอกชนิดของปัจจัยสนับสนุนการผลิต

ในที่นี้ i มี 4 ชนิด คือ

i = 1 คือ ค่าแรงงาน

i = 2 คือ ไฟฟ้า

i = 3 คือ ค่าน้ำประปา

i = 4 คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

และ j บอกประเภทของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

ในที่นี้ j มี 3 อุตสาหกรรม คือ

j = 2 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

j = 3 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

j = 4 คือ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

ดังนั้นสมการถดถอยเชิงเส้นทั้ง 10 สมการ คือ

$$\hat{v}(Q)_{12} = 4.48302 - 0.01741\ P_1$$

$$\hat{v}(Q)_{13} = 19.29577 - 0.14982\ P_1$$

$$\hat{v}(Q)_{14} = 19.5986 - 0.20611\ P_1$$

$$\hat{v}(Q)_{22} = 6.12293 + 0.0309\ P_2$$

$$\hat{v}(Q)_{23} = 2.77538 + 0.01764\ P_2$$

$$\hat{v}(Q)_{24} = 17.84003 + 0.02698\ P_2$$

$$\hat{v}(Q)_{34} = 0.42337 - 0.09178\ P_3$$

$$\hat{v}(Q)_{42} = 0.53174 + 0.17112\ P_4$$

$$\hat{v}(Q)_{43} = 3.16445 + 0.37887\ P_4$$

$$\hat{v}(Q)_{44} = 10.56677 + 1.1768\ P_4$$

สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น คือ

$$\hat{II}_{ij} = b_o + b_{kj}\, v(Q)_{kj} + \ldots\ldots + b_{nj}\, v(Q)_{nj}$$

$$\hat{IO}_{ij} = b_o + b_{ki}\, v(Q)_{ki} + \ldots\ldots + b_{ni}\, v(Q)_{ni}$$

โดยที่ $\hat{II}_{ij}$ คือ มูลค่าของปัจจัยการผลิตจากอุตสาหกรรม i ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรม j

$\hat{IO}_{ij}$ คือ มูลค่าของผลผลิตจากอุตสาหกรรม i ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรม j

$v(Q)_{kj}$, $v(Q)_{ki}$ คือ มูลค่าของปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ k ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรม j และ i

ดังนั้นสมการรูปแบบทั้ง 11 สมการ คือ

$$\hat{II}_{12} = -9.745 - 58.7591\ v(Q)_{12} + 52.11583\ v(Q)_{22} + 450.48061\ v(Q)_{42}$$

$$\hat{II}_{72} = -2.0397 - 11.7058\ v(Q)_{12} + 8.9812\ v(Q)_{22} + 31.4173\ v(Q)_{42}$$

$$\hat{IO}_{26} = -3.1577 + 84.4043\ v(Q)_{12} + 34.4144\ v(Q)_{22} - 54.779\ v(Q)_{42}$$

$$\hat{IO}_{27} = -9.3764 - 123.8916\ v(Q)_{12} + 1.8518\ v(Q)_{22} + 928.2031\ v(Q)_{42}$$

$$\hat{II}_{13} = -0.7365 - 3.1709\ v(Q)_{13} + 102.3229\ v(Q)_{23} + 166.8367\ v(Q)_{43}$$

$$\hat{II}_{73} = 2.0758 - 7.558\ v(Q)_{13} + 16.6877\ v(Q)_{23} + 65.1819\ v(Q)_{43}$$

$$\hat{IO}_{35} = 27.0721 - 25.2396\ v(Q)_{13} + 187.4892\ v(Q)_{23} + 317.3953\ v(Q)_{43}$$

$$\hat{II}_{14} = -2384.8827 + 47.4934\ v(Q)_{14} + 128.5715\ v(Q)_{24} - 593.363\ v(Q)_{34} + 22.5308\ v(Q)_{44}$$

$$\hat{II}_{74} = -373.4685 + 19.2519\ v(Q)_{14} + 37.7883\ v(Q)_{24} - 393.0511\ v(Q)_{34} - 27.6711\ v(Q)_{44}$$

$$\hat{IO}_{45} = -764.9092 - 1.487\ v(Q)_{14} + 17.6734\ v(Q)_{24} + 207.7173\ v(Q)_{34} + 42.4374\ v(Q)_{44}$$

$$\hat{IO}_{47} = -100.3633 + 7.3322\ v(Q)_{14} - 7.9496\ v(Q)_{24} + 572.1479\ v(Q)_{34} + 39.5829\ v(Q)_{44}$$

โดยที่ $\hat{II}_{12}$ คือ มูลค่าของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่น ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

$\hat{II}_{72}$ คือ มูลค่าของอุตสาหกรรมผลิตวัตถุดิบอื่นๆ ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

$\hat{IO}_{26}$ คือ มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง

$\hat{IO}_{27}$ คือ มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมอื่นๆ

$\hat{II}_{13}$ คือ มูลค่าของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่น ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

$\hat{II}_{73}$ คือ มูลค่าของอุตสาหกรรมผลิตวัตถุดิบอื่นๆ ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

$\hat{IO}_{35}$ คือ มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมก่อสร้าง

$\hat{II}_{14}$ คือ มูลค่าของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่น ที่บริโภคโดย

อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

$\hat{I}I_{74}$ คือ มูลค่าของอุตสาหกรรมผลิตวัตถุดิบอื่นๆ ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมท่อเหล็ก

$\hat{I}O_{45}$ คือ มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมก่อสร้าง

$\hat{I}O_{47}$ คือ มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมอื่นๆ

$v(Q)_{12}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านแรงงาน ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

$v(Q)_{22}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านค่าไฟฟ้า ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

$v(Q)_{42}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

$v(Q)_{13}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านแรงงาน ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

$v(Q)_{23}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านไฟฟ้า ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

$v(Q)_{43}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

$v(Q)_{14}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านแรงงาน ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมท่อเหล็ก

$v(Q)_{24}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านค่าไฟฟ้า ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมท่อเหล็ก

$v(Q)_{34}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านค่าน้ำประปา ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมท่อเหล็ก

$v(Q)_{44}$ คือ มูลค่าปัจจัยด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรมท่อเหล็ก

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่อยู่ระหว่างปี 2521-2527

ปรีชา เทพเลิศบุญ (2532) เป็นการวิจัยการพยากรณ์ความต้องการคาโปแลกตัมในประเทศไทยโดยวิธีทางเศรษฐมิติ ในการกำหนดแบบจำลองสำหรับการศึกษาหาความสัมพันธ์ดังกล่าว ได้นำเอางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความต้องการนำเข้าของสินค้าประเภทต่างๆ มาประยุกต์พร้อมกับใช้ตรรกทางเศรษฐศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลองปริมาณ

ความต้องการนำเข้าของคาโปแลกตัม สวนสมการแบบจำลองอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่อง ได้ใช้ทฤษฎีปัจจัยการผลิตและผลผลิตของ Leontief มาประยุกต์ ผลของการหาความสัมพันธ์แบบจำลองต่างๆ เป็นดังนี้

$$\ln C = -2.4 - 0.138 \ln(P) + 1.0344 \ln(Prod) + 0.5174 \ln(GDPH)$$

$$\ln Prod = 2.4912 + 1.0336 \ln(Yarn) - 0.3430 \ln(Pnet)$$

$$\ln Yarn = -2.1555 + 0.7688 \ln(Wove) + 0.3365 \ln(Knit)$$

$$\text{in Pnet} = 415569 + 0.2861 \text{ Fish} + 2.2651 \text{ X}$$

โดยที่ C = ปริมาณการนำเข้าคาโปแลกตัม

P = ราคาต่อหน่วยของคาโปแลกตัมที่นำเข้า

Prod = ปริมาณการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ไนล่อน

GDPH = ผลิตภัณฑ์ภายในประเทศเบื้องต้นต่อคน

Yarn = ปริมาณการผลิตเส้นด้าย

Pnet = ปริมาณการผลิตแหอวน

Wove = ปริมาณการผลิตผ้าทอ

Knit = ปริมาณการผลิตผ้าถัก

Fish = ปริมาณการผลิตสัตว์น้ำ

X = ปริมาณการส่งออกแหอวน

การประมาณค่าจะใช้วิธีกำลังสองสมบูรณ์น้อยที่สุด (Ordinary Least Square : OLS) และข้อมูลที่ใช้ศึกษาเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2513-2530

สุชาติ ธาดาธำรงเวช (2525) ศึกษาแบบจำลองเศรษฐมิติมหภาคที่มีดุลยภาพโดยทั่วไปสำหรับประเทศไทย ในแบบจำลองจะกล่าวถึงสาขาเศรษฐกิจต่างๆ แต่ในที่นี้จะนำมากล่าวเฉพาะสาขาตลาดการค้าและการเงินระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นแบบจำลองของการนำเข้าสินค้า โดยในแบบจำลองได้แบ่งประเภทของการนำเข้าสินค้าออกเป็น 7 กลุ่ม มีการกำหนดความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังนี้

$$\ln IMa_t = a + b \ln Ima_{t-1} + c \ln (NDPI/Pimc)_t + d \ln (Pimc/Pa)_t$$

$$\ln IMc_t = a + b \ln Imc_{t-1} + c \ln (NDPI/Pimc)_t + d \ln (Pimc/Pd\&nd)_t$$

$$\ln IMi_t = a + b \ln GDP_t + c \ln (Pimi/Pi)_t$$

$$\ln IMr_t = a + b \ln Imr_{t-1} + c \ln GDP_t + d \ln (Pimr/Pm)_t$$

$$\ln IMf_t = a + b \ln GDP_t + c \ln (Pimf/Pm)_t$$

$\ln IMo_t = a + b \ln GDP_t + c \ln (Pimo/Pm)_t$

$\ln IMs_t = a + b \ln GDP_t + c \ln (Pims/Pm)_t$

โดยที่ IMa = มูลค่าการนำเข้าสินค้าเกษตร

iMc = มูลค่าการนำเข้าสินค้าบริโภค

IMf = มูลค่าการนำเข้าสินค้าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น

IMi = มูลค่าการนำเข้าสินค้าทุน

IMo = มูลค่าการนำเข้าสินค้าและบริการนอกภาคการเกษตร

IMr = มูลค่าการนำเข้าสินค้าอื่นๆ

IMs = มูลค่าการนำเข้าสินค้าขั้นกลางและวัตถุดิบ

NDPI = รายได้สุทธิที่เอกชนสามารถจับจ่ายได้

Pa = ดัชนีราคา (รวมภาษีทางอ้อม) ของผลผลิตมวลรวมชาติ

Pi = ดัชนีราคา (รวมภาษีทางอ้อม) ของการลงทุนรวม

Pm = ดัชนีราคา (ไม่รวมภาษีทางอ้อม) ของผลผลิตนอกการเกษตร

Pd&nd = ดัชนีราคา (รวมภาษีทางอ้อม) ของสินค้าคงทนและไม่คงทน ที่บริโภคโดยภาคเอกชน

Pimc = ดัชนีราคาต่อหน่วย (รวมภาษีสินค้าเข้า) ของสินค้าบริโภคสั่งเข้า

Pimf = ดัชนีราคาต่อหน่วย (รวมภาษีสินค้าเข้า) ของสินค้าเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นสั่งเข้า

Pimi = ดัชนีราคาต่อหน่วย (รวมภาษีสินค้าเข้า) ของสินค้าทุนสั่งเข้า

Pimo = ดัชนีราคาต่อหน่วย (รวมภาษีสินค้าเข้า) ของสินค้าอื่นๆ สั่งเข้า

Pimr = ดัชนีราคาต่อหน่วย (รวมภาษีสินค้าเข้า) ของสินค้าขั้นกลางและวัตถุดิบสั่งเข้า

Pims = ดัชนีราคาต่อหน่วยของบริการสั่งเข้า

GDP = ผลผลิตมวลรวมประชาชาติ

a, b, c, d = ตัวพารามิเตอร์

การประมาณค่าใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองชั้น (Two Stage Least Square)

สุเทพ บูรณะคุณาภรณ์ (2526) เป็นการศึกษาความต้องการนำเข้าเครื่องจักรกลในประเทศไทย โดยใช้วิธีการเศรษฐมิติหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการนำเข้า

เครื่องจักรกล และได้แบ่งการนำเข้าเครื่องจักรกลออกเป็น 10 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน มีการกำหนดความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังนี้

$$M_t = a + b [Y_t - cY_{t-1}] + d [(C/P)_t - e(C/P)_{t-1}] + f M_{t-1} + U_t$$

โดยที่ M_t = ปริมาณการนำเข้าเครื่องจักรกล

Y_t = ผลผลิตที่เกิดจากภาคเศรษฐกิจที่นำเครื่องจักรกลไปใช้ในการผลิต

C_t = ค่าใช้จ่ายของการใช้ทุนของเครื่องจักรกล

P_t = ระดับราคาของผลผลิตในภาคเศรษฐกิจที่นำเครื่องจักรกลไปใช้ในการผลิต

U_t = error term

a, b,...., f = ตัวพารามิเตอร์

การประมาณค่าใช้วิธีการ Iterative Estimation ของ Marc Nerloveและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่อยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2511-2524

เอกชาติ ชาติยานนท์ (2535) เป็นการศึกษาว่าอุตสาหกรรมการประกอบของไทยประเภทใดที่น่าจะจัดอยู่ในมินิแฟคตอรี โดยการตัดสินใจเลือกประเภทอุตสาหกรรมนั้น จะใช้การวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติของแบบจำลองในรูปแบบของระบบสมการเกี่ยวเนื่อง (Simultaneous Equation System) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป T.S.P. (Time Seri Programming) ช่วยในการคำนวณหารูปแบบของแบบจำลองและคำนวณค่าทางสถิติต่างๆ ของแบบจำลอง วิธีการในการประมาณค่าตัวพารามิเตอร์หรือสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระต่างๆ ที่จะใช้ในแบบจำลอง จะใช้วิธีกำลังสองสมบูรณ์น้อยที่สุด(Ordinary Least Square: OLS) และอุตสาหกรรมที่อยู่ในหลักเกณฑ์การคัดเลือกมีอยู่ 6 ประเภท คือ

1. อุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป
2. อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ
3. อุตสาหกรรมรองเท้า
4. อุตสาหกรรมเครื่องใช้สำหรับเดินทาง
5. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์
6. อุตสาหกรรมของเด็กเล่น

แบบจำลองจะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามซึ่งก็คือ มูลค่าการส่งออก กับตัวแปรอิสระคือ ปริมาณวัตถุดิบ ปริมาณแรงงาน และมูลค่าการนำเข้าทั้งหมดทั่วโลก ของอุตสาหกรรมที่เลือกไว้แต่ละประเภท ดังความสัมพันธ์ในแบบจำลองต่อไปนี้

$$\ln(EXG) = -57.3256 + 2.6261 \ln(RM_1) + 0.9530 \ln(LB) + 1.2968 \ln(WM_1)$$

$$\ln(EXJ) = -25.1970 + 0.6462 \ln(RM_2) + 0.9288 \ln(LB) + 0.9274 \ln(WM_2)$$

$$\ln(EXS) = -266.9509 + 11.0769 \ln(RM_3) + 3.8886 \ln(RM_4) + 2.8417 \ln(LB) + 0.5287 \ln(WM_3)$$

$$\ln(EXV) = -39.2398 + 0.4763 \ln(RM_5) + 0.3788 \ln(LB) + 2.2335 \ln(WM_4)$$

$$\ln(EXF) = -48.8943 - 0.2367 \ln(RM_6) + 2.1816 \ln(LB) + 1.6929 \ln(WM_5)$$

$$\ln(EXT) = -63.6619 + 4.1810 \ln(RM_7) + 1.5185 \ln(LB) + 0.1865 \ln(WM_6)$$

โดยที่ EXG คือ มูลค่าการส่งออกเสื้อผ้าสำเร็จรูป (ล้านบาท)

EXJ คือ มูลค่าการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับ (ล้านบาท)

EXS คือ มูลค่าการส่งออกรองเท้า (ล้านบาท)

EXV คือ มูลค่าการส่งออกเครื่องใช้สำหรับเดินทาง (ล้านบาท)

EXF คือ มูลค่าการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ (ล้านบาท)

EXT คือ มูลค่าการส่งออกของเด็กเล่น (ล้านบาท)

RM_1 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ ผ้าผืน (ล้าน ตร.ม.)

RM_2 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ เพชร (พันกะรัต)

RM_3 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ หนัง (พัน ตร.ม.)

RM_4 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ PVC (พันตัน)

RM_5 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ หนัง (พัน ตร.ม.)

RM_6 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ ไม้ (พัน ลบ.ม.)

RM_7 คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในที่นี้คือ พลาสติก (พันตัน)

LB คือ ปริมาณแรงงาน (คน)

WM_1 คือ มูลค่าการนำเข้าเสื้อผ้าสำเร็จรูปทั่วโลก (พันเหรียญสหรัฐฯ)

WM_2 คือ มูลค่าการนำเข้าอัญมณีและเครื่องประดับทั่วโลก (พันเหรียญสหรัฐฯ)

WM_3 คือ มูลค่าการนำเข้ารองเท้าทั่วโลก (พันเหรียญสหรัฐฯ)

WM_4 คือ มูลค่าการนำเข้าเครื่องใช้สำหรับเดินทางทั่วโลก (พันเหรียญสหรัฐฯ)

WM_5 คือ มูลค่าการนำเข้าเฟอร์นิเจอร์ทั่วโลก (พันเหรียญสหรัฐฯ)

WM_6 คือ มูลค่าการนำเข้าของเด็กเล่นทั่วโลก (พันเหรียญสหรัฐฯ)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2516-2531

Kriengsak Yothaprasert (1978) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการนำเข้าสินค้าและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทย โดยจำแนกสินค้าออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามลักษณะเศรษฐกิจ ซึ่งได้แก่ สินค้าบริโภค วัตถุดิบและกึ่งวัตถุดิบ สินค้าทุน เชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น มีการกำหนดความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังนี้

$$M_i = F [Y , P^m_i(1+t_i)/P_d]$$

หรือ $$\ln M_i = \ln A + b \ln Y + c \ln P^m_i(1+t_i)/P_d$$

โดยที่ M_i = กลุ่มสินค้านำเข้า i

Y = ตัวกำหนดรายได้

P^m_i = ดัชนีราคาเฉลี่ยต่อหน่วยของสินค้ากลุ่ม i

P_d = GDP ceflater

t_i = อัตราภาษีศุลกากรสินค้ากลุ่ม i

การประมาณค่าใช้วิธีกำลังสองสมบูรณ์น้อยที่สุด และข้อมูลที่ใช้ศึกษาเป็นข้อมูลที่อยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2503-2513

Moris Goldstein and Mohsin S. Khan (1978) เป็นการศึกษาหาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์อุปสงค์และอุปทานสำหรับการส่งออา โดยทำการวิเคราะห์ 8 ประเทศคือ เบลเยี่ยม ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา การศึกษาเน้นที่ผลของราคาที่มีผลต่ออุปสงค์และอุปทานการส่งออก ทั้งที่เป็นแบบ Equilibrium Model และ Disequilibrium Model สำหรับ Equilibrium Model อุปสงค์การส่งออกของแต่ละประเทศจะอยู่ในรูปสมการลอกเชิงเส้น (log-linear) ดังนี้

$$\log X^d = a_o + a_1 \log (PX / PXW)_t + a_2 \log YW_t$$

โดยที่ X^d คือ ปริมาณอุปสงค์ส่งออก

PX คือ ราคาส่งออก

PXW คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักราคาส่งออกของประเทศคู่ค้า

YW คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักรายได้ที่แท้จริงของประเทศคู่ค้า