

บทที่ 2

กรอบแนวคิดทางทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรอบแนวคิดทางทฤษฎี

ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจและสินค้าเกษตรส่งออกหลักของไทยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 แนวคิดทฤษฎีอุปสงค์ (Demand Theory) (วันรักษ์ มิ่งมณีนาคน, 2539)

อุปสงค์ หรือปริมาณการสั่งซื้อซึ่งในวิชาเศรษฐศาสตร์ หมายถึง อุปสงค์ที่มีประสิทธิผล (Effective Demand) อุปสงค์ที่มีการซื้อขายเกิดขึ้นแล้วจริง ๆ กล่าวคือ เมื่อผู้บริโภคมีความปรารถนา (Desire) ที่จะบริโภคสินค้าและบริการชนิดใดชนิดหนึ่ง ผู้บริโภคจะมีความสามารถและเต็มใจที่จะซื้อ (Ability and Willingness to pay) สินค้าและบริการนั้นมาสนองความต้องการของคน

1) ราคาของสินค้านั้นจะส่งผลต่อปริมาณซื้อ โดยตามปกติเมื่อราคาสินค้าเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณซื้อจะมีน้อย แต่ถ้าราคาสินค้าลดต่ำลง ปริมาณซื้อจะมีมาก

2) รสนิยมของผู้บริโภคและความนิยมของคนส่วนใหญ่ในสังคมจะส่งผลต่อปริมาณซื้อ รสนิยมอาจเกี่ยวข้องกับความรู้สึกรสนิยมชมชอบช่วงขณะหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น ในช่วงหนึ่งประเทศเวียดนามทำการตลาดเพื่อดึงกลุ่มประเทศผู้นำเข้าข้าวจากประเทศไทย ทำให้ยอดส่งออกข้าวของไทยลดต่ำลง เป็นคืบ แต่บางกรณีความนิยมนั้นก็คงอยู่นาน เช่น การที่ข้าวของไทยที่มีชื่อเสียง ผู้นำเข้าเชื่อมั่นในคุณภาพ และการส่งมอบที่ตรงเวลา สิ่งที่กำหนดรสนิยมของผู้นำเข้า ได้แก่ ความเชื่อ ค่านิยม การศึกษา และอิทธิพลของการโฆษณาเพื่อหวังผลในการเปลี่ยนแปลงรสนิยม หรือมีเจตนาเพื่อรักษารสนิยมของผู้นำเข้าให้คงเดิมนั่นเอง

3) จำนวนประชากรจะส่งผลต่อปริมาณซื้อ เมื่อประชากรเพิ่มจำนวนขึ้น ความต้องการสินค้าและบริการจะเพิ่มตาม แต่การเพิ่มจำนวนประชากรยังไม่เป็นการเพียงพอประชากรเหล่านี้จะต้องมีอำนาจซื้อด้วย จึงจะสามารถซื้อสินค้าได้มากขึ้น

4) รายได้ของประเทศที่นำเข้า และรายได้ครัวเรือนจะส่งผลต่อปริมาณซื้อ โดยทั่วไปเมื่อประชากรมีรายได้โดยเฉลี่ยสูงขึ้น ความต้องการสินค้าและบริการจะเปลี่ยนไป โดยสามารถสรุปได้ 2 ประเภท

4.1) สินค้าปกติ (Normal Goods) สินค้าโดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับระดับรายได้ของผู้บริโภค ถ้ารายได้เพิ่มขึ้นการซื้อสินค้าจะเพิ่มขึ้น ถ้ารายได้ลดลงการซื้อสินค้าจะลดลง

4.2) สินค้าด้อยคุณภาพ (Inferior Goods) สินค้าบางชนิดเป็นสินค้าด้อยคุณภาพในสายตาของผู้บริโภค ถ้าผู้บริโภคมีรายได้ต่ำจะมีความต้องการซื้อเพื่อใช้บริโภคสูง แต่ถ้าผู้บริโภคมีรายได้เพิ่มขึ้น ความต้องการสินค้าด้อยคุณภาพจะลดลงและหันไปซื้อสินค้าที่มีคุณภาพดีกว่าเดิมมาทดแทน

5) ราคาสินค้าอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจะส่งผลต่อปริมาณซื้อ ตามปกติความต้องการของผู้บริโภคอาจสนองได้ด้วยสินค้าหลายชนิด

5.1) สินค้าที่ใช้ทดแทนกันได้ (Substitution Goods) หากมีการเปลี่ยนแปลงของราคาสินค้าหนึ่งจะมีผลกระทบต่อสินค้าอีกตัวหนึ่ง เช่น เมื่อราคาสินค้าชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคอาจหันไปเลือกบริโภคสินค้าชนิดอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันแทน

5.2) สินค้าที่ใช้ประกอบกันหรือร่วมกัน (Complementary Goods) เช่น รถยนต์กับน้ำมัน หากมีการเปลี่ยนแปลงในสินค้าตัวหนึ่ง จะมีผลกระทบต่อสินค้าอีกตัวหนึ่ง ยกตัวอย่างถ้าราคาน้ำมันลดต่ำลง อุปสงค์ต่อรถยนต์จะเพิ่มขึ้น

2.1.2 เศรษฐศาสตร์ขนส่ง (Transport Economics) (ประจักษ์ สกุนตะลักษณ์, 2529) เป็นสาขาวิชาเฉพาะทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการสังเกตและทำความเข้าใจ และประเมินผล ปรากฏการณ์ด้านเศรษฐศาสตร์การขนส่ง โดยสาเหตุที่ปัญหาและปรากฏการณ์ด้านเศรษฐศาสตร์ การขนส่งมีลักษณะพิเศษ เช่น อุปสงค์ที่มีต่อการขนส่งเป็นอุปสงค์สืบเนื่อง (Derived Demand) กล่าวคือ ผู้ใช้บริการขนส่งไม่ได้มีอุปสงค์ต่อการขนส่งโดยตรง แต่เป็นอุปสงค์ที่สืบเนื่องมาจากความต้องการเคลื่อนย้ายเปลี่ยนสถานที่เพื่อหาความพอใจสูงสุด และการขนส่งแต่ละเที่ยวก็มีความเป็นหนึ่งในด้านมิติเวลาและพื้นที่ (Unique in Time and Space) นั่นคือไม่อาจเก็บเอาไว้หรือโอนให้กันได้ เป็นต้น จึงเป็นการสมควรที่จะทำการพิจารณาเศรษฐศาสตร์ขนส่งในฐานะที่เป็นสาขาวิชาเฉพาะแม้ว่าจะมีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ นักเศรษฐศาสตร์ขนส่งให้ความสนใจแก่ปัญหาเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าอุตสาหกรรมที่ผลิตยานพาหนะและพื้นฐานการขนส่งต่าง ๆ เช่น การผลิตเครื่องบิน การสร้างถนน การต่อเรือ ฯลฯ และผลกระทบในทางกว้างของนโยบายการขนส่งด้วย เช่น ผลกระทบต่อดุลการชำระเงิน เป็นต้น

1) อุปสงค์สำหรับการขนส่ง ในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศโดยเฉพาะการขนส่งทางเรือ การแปรปรวนของอุปสงค์สำหรับการขนส่งมีวัฏจักรระยะยาว (Long – Term Cycle) แนวโน้มของอุปสงค์ที่เปลี่ยนแปลงสะท้อนถึงการแปรปรวนของอุปสงค์สำหรับสินค้าที่อาศัยการขนส่งในการนำสู่ตลาด การแปรปรวนระยะยาวของอุปสงค์สำหรับการบริการขนส่งทางเรือระหว่างประเทศสะท้อนถึงสถานะของวัฏจักรธุรกิจที่ปรากฏอยู่ในประเทศคู่ค้า

2) ตัวกำหนดอุปสงค์สำหรับการขนส่ง

หลักอุปสงค์ทั่วไปมีว่า อุปสงค์สำหรับสินค้าชนิดหนึ่ง (D_x) ถูกกำหนดโดยราคาสินค้าชนิดนั้น (P_x) ราคาสินค้าชนิดอื่น ๆ (P_1, P_2, \dots, P_n) และระดับรายได้ (y) นั่นคือ

$$D_x = f(P_x, P_1, P_2, \dots, P_n, y) \quad (1)$$

รูปแบบของอุปสงค์อย่างง่ายใช้ได้กับการขนส่งในทำนองเดียวกับสินค้าและบริการอย่างอื่น ๆ แต่เพื่อที่จะสามารถเข้าใจถึงแนวทางการดำเนินงานของตลาดการขนส่งอย่างแท้จริงโดยพิจารณาดังต่อไปนี้

2.1) ราคาของบริการขนส่ง มีความหมายกว้างเกินกว่าค่าใช้จ่ายเป็นเงินในรูปค่าโดยสาร (Fares) หรือค่าระวางขนส่ง (Freights) ในการสร้างแบบจำลองการขนส่งอาจนำส่วนประกอบอื่นของราคามาประกอบ เช่น ต้นทุนด้านเวลาที่ต้องเสียไปในการเดินทาง การรอคอยและความไม่ปลอดภัยในการเดินทาง ฯลฯ มารวมกับค่าโดยสาร (ค่าระวาง) เพื่อสร้างดัชนีต้นทุนทั่วไปสำหรับการขนส่ง

ราคาของการบริการขนส่งพิจารณาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

2.1.1) วัตถุประสงค์การเดินทาง (Trip Purpose) พิจารณาความยืดหยุ่นต่อค่าโดยสารของการเดินทางบางชนิด/ประเภทมีมากกว่าการเดินทางประเภทอื่น อุปสงค์สำหรับการเดินทางเพื่อทำธุรกิจมีการไหวตัวค่อนข้างน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงในราคา Karft and Domenich (1970)

2.1.2) วิธีการกำหนดราคาค่าโดยสาร (The method of charging) ผู้ใช้บริการต่างประเภทกัน (หรือบางที่ต่างชั้นกันสำหรับการขนส่งประเภทเดียวกัน) มักเผชิญการกำหนดราคา หรือวิธีการชำระเงินที่แตกต่างกัน ผลความรู้ซึ่งของแต่ละคนเกี่ยวกับราคาการเดินทางอาจจะแตกต่างกันไปจากจำนวนเงินที่จ่ายจริงในการเดินทาง

2.1.3) ช่วงเวลาที่ทำการพิจารณา (The time period underconsideration) เช่นเดียวกับการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการอื่น ๆ เมื่อเผชิญหน้ากับการเปลี่ยนแปลงในราคาขนส่ง พวกเขาก็จะมีปฏิกิริยาโต้ตอบแตกต่างกันออกไปสุดแท้แต่จะมองในระยะสั้น

หรือในระยะยาว ในกรณีการเพิ่มขึ้นของค่าโดยสารรถประจำทางสาธารณะ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นทันที (ในระยะสั้นมาก จริง ๆ) อาจรุนแรงมากโดยผู้คนที่ใช้บริการน้อยลงอย่างมาก แต่เมื่อระยะเวลายาวนานไป ปฏิกริยาจะเบาบางลงและการใช้บริการจะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ความยืดหยุ่นในระยะยาวจะต่ำกว่าที่การพิจารณาในระยะสั้น เพราะฉะนั้น ความยืดหยุ่นในระยะสั้นจริง ๆ อาจจะมากกว่าแต่เป็นเพียงช่วงระยะสั้น ๆ และระยะยาวออกไปเราอาจพบกรณีที่ปฏิกริยาเป็นไปในทางกลับ

2.1.4) ระดับการเปลี่ยนแปลงโดยสมบูรณ์ของราคา (The absolute level of the price change) โดยทั่วไปค่าความยืดหยุ่นมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางที่นำมาพิจารณายาวขึ้นกว่าเดิม แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าความยืดหยุ่นจะเป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับระยะทาง แต่น่าจะสะท้อนถึงความแตกต่างระหว่างขนาดของการเปลี่ยนแปลงในราคา นอกจากนั้นคนมักจะเดินระยะทางไกล ๆ ไม่บ่อยครั้งเท่าระยะสั้นดังนั้นเขาจะมีเวลารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับราคาได้ดีกว่าจึงทำให้ความยืดหยุ่นของอุปสงค์สำหรับการเดินทางระยะไกลต่อค่าโดยสารมีค่อนข้างสูง โดยเปรียบเทียบ

2.2) ระดับรายได้ ปรากฏหลักฐานว่าการขนส่งเป็นสินค้าปกติ (Normal Goods) ในลักษณะว่าการขนส่งที่ต้องการมากยิ่งขึ้น ณ ระดับรายได้ที่สูงขึ้นนั้นแต่หลักทั่วไปอันนี้ไม่สามารถประยุกต์ใช้กับทุกสถานการณ์การขนส่งหรือประเภทการขนส่ง จากผลการศึกษาของ Tanner (1978) และ Button *et. al.*, (1982) แสดงให้เห็นรายได้ส่งผลในแง่บวกในการตัดสินใจเป็นเจ้าของรถยนต์ แต่ในขณะเดียวกันก็แสดงถึงความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามระหว่างรายได้กับการใช้บริการขนส่งสาธารณะด้วย เมื่อรายได้เพิ่มขึ้นและพร้อมกันนั้นการเป็นเจ้าของรถยนต์เพิ่มจำนวนมากขึ้นด้วย การขนส่งสาธารณะในหลายสถานการณ์ได้กลายเป็นสินค้าที่ด้อย (Inferior Goods) นั่นคือรายได้ยิ่งสูง อุปสงค์สำหรับการขนส่งยิ่งลดลง ในทำนองเดียวกับราคา การเปลี่ยนแปลงของรายได้จะมีผลกระทบแตกต่างกันต่ออุปสงค์สำหรับการขนส่งในระยะยาวและในระยะสั้น โดยเปรียบเทียบ โดยหลักทั่วไปการลดลงของรายได้จะมีผลทำให้อุปสงค์ลดลงอย่างมาก แต่ในระยะยาวเมื่อคนทำการปรับรูปแบบการใช้จ่ายของคนได้แล้วความยืดหยุ่นของอุปสงค์ก็อาจจะลดลงต่ำกว่าเดิมสามารถอธิบายความยืดหยุ่นที่มีค่าน้อยในระยะสั้นว่าเป็นผลของปฏิกริยาตอบโต้ต่อการเปลี่ยนแปลงของฐานะการเงินอย่างช้า ๆ อีกนัยหนึ่งคือ ความไม่เต็มใจที่จะยอมรับผลของรายได้ที่ลดลงโดยทันทีทันใด ส่วนในระยะยาวอาจมีการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีหรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งซึ่งจะมีผลทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับการเดินทางเปลี่ยนแปลงไปด้วย ค่าความยืดหยุ่นจึงมีค่ามากขึ้นในระยะยาว



2.3) ราคาของการบริการขนส่งประเภทอื่น ๆ อุปสงค์สำหรับบริการขนส่งประเภทใดประเภทหนึ่งอาจจะได้รับอิทธิพลจากการกระทำของผู้เสนอขายบริการขนส่งที่มีลักษณะเป็นการแข่งขันและ/หรือประกอบกันกับการบริการขนส่งที่ทำการพิจารณา (Competitive and Complementary Suppliers) กล่าวถึงความสำคัญของค่าใช้จ่าย/การมีรถยนต์ที่มีต่ออุปสงค์สำหรับบริการขนส่งสาธารณะ ยิ่งไปกว่านั้นยังมีผลกระทบทางราคาไขว้ (Cross Price Effects) ระหว่างประเภทขนส่งสาธารณะ

2.4) ความต้องการบริการขนส่ง จากสมการอุปสงค์ (1) บอกให้ทราบถึงปริมาณซื้อของบุคคลภายใต้ข้อจำกัดของงบประมาณที่เขามีอยู่ ซึ่งจัดสรรทรัพยากร โดยอาศัยหลักความสามารถในการซื้อ เช่นนี้มักถูกโจมตีว่าก่อให้เกิดความไม่เท่าเทียมกันและความไม่เป็นธรรมเพราะครัวเรือนอาจมีรายได้ไม่เท่ากัน หรืออยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้เสนอแนวคิดการจัดสรรบริการขนส่ง ควรจะกระทำโดยอ้างอิง “ความต้องการ” แทนที่จะยึดเอาอุปสงค์ที่มีประสิทธิภาพเป็นหลัก (Need Rather than Effective Demand) แนวคิดหลักคือ มาตรฐานขั้นต่ำของการบริการขนส่งเป็นสิทธิหนึ่งที่มีมนุษย์ชนในสังคมเจริญแล้วพึงมีในตนเองเดียวกับสิทธิการศึกษาและการรักษาพยาบาล ฯลฯ

2.5) การประเมินค่าของ “เวลา” ที่ประหยัดได้จากการเดินทาง เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel Time) มีความสำคัญมากในเศรษฐศาสตร์ขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งผู้โดยสารซึ่งมีลักษณะเด่นคือความเกี่ยวข้องกับเวลาของผู้เดินทาง ซึ่งมักจะคำนึงถึงเวลาที่ต้องสูญเสียไปนอกเหนือจากค่าโดยสาร ในขณะเดียวกัน ผลได้ที่สำคัญของโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพของการขนส่งผู้โดยสารมักจะออกมาในรูปแบบของที่ใช้เดินทางหรือขนส่งที่สามารถประหยัดได้ (Travel or Transport time savings)

2.5.1) ค่าของเวลา หมายถึง มูลค่าหรืออรรถประโยชน์สุทธิ (Net Utility) ของการใช้เวลาในทางเลือกหนึ่งแทนที่จะใช้ในอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจะมีความหมายใด ๆ ก็ต่อเมื่อบุคคลที่ทำการประเมินค่าของเวลานั้นทราบถึงทางเลือกทั้งสอง ผลที่ตามมาก็คือค่าของเวลาที่ใช้ในการขั้รถยนต์ไปทำงานอาจจะแปรผันสุดแต่ว่า

- ทางเลือกอีกทางหนึ่งคือเวลาอยู่บ้านมากขึ้นหรือเวลาที่ทำงานมากขึ้น
- ทางเลือกอีกทางหนึ่งเป็นที่คาดคะเนได้ล่วงหน้าหรือไม่ เวลาที่ประหยัด
- ทางเลือกอีกทางหนึ่งนั้นเกิดขึ้นเสมอหรือเป็นประจำหรือไม่ เวลาที่ประหยัดได้

เป็นประจำอาจจะถูกผนวกเข้าไว้กับตารางในการวางแผนชีวิตประจำวัน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดงานวิจัย	
วันที่.....	๕ ส.ย. 2555
เลขทะเบียน.....	246610
เลขเรียกหนังสือ.....	

การประเมินค่าของเวลาแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ

2.5.1.1) การวัดค่าของเวลา ข้อสมมติของทฤษฎีดั้งเดิมเกี่ยวกับมูลค่าของเวลาก็คือมูลค่าหน่วยสุดท้ายของเวลาที่ทำงานเท่ากับมูลค่าหน่วยสุดท้ายเวลาที่ไม่ได้ใช้ทำงาน เหตุผลที่จะทำให้ทฤษฎีใช้ได้จริงจะประกอบด้วยเหตุผล 3 ประการคือ

- การวัดค่าของเวลาที่ใช้ในการทำงานเป็นเรื่องของนายจ้าง ซึ่งในสายตาของเขา ต้นทุนต่อคน/ชม. (Cost per man/Hours) ประกอบด้วยอัตราค่าจ้างคนงาน (รวมค่าล่วงเวลา) + ค่าป่วยการอื่น ๆ (Overhead Costs) ที่เกี่ยวกับคนงาน
- การวัดค่าของเวลาที่ใช้ในการทำงานโดยตัวตนคนงานจะได้ค่าที่ต่ำกว่ากรณีที่นายจ้างเป็นผู้วัดจะได้เท่ากับ อัตราที่เขาได้รับหัก ภาษีเงินได้ หักอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้าย (ส่วนที่เป็น) (นั่นคือ Marginal Disutility) ของการทำงาน
- คนที่ต้องเดินทางในช่วงเวลาที่เขาคงต้องทำงานมีแนวโน้มที่จะได้ค่าจ้างสูงกว่าคนที่เดินทางในเวลาที่ไม่ได้ทำงาน (คนกลุ่มแรกประกอบด้วย บรรดานักธุรกิจและนักวิชาชีพทั้งหลาย ส่วนคนกลุ่มหลังได้แก่ ผู้ที่เกษียณอายุแล้ว และคนที่ว่างงานทั้งหลาย)

2.5.1.2) การวัดค่าของเวลาที่ประหยัดได้จากการเดินทาง จะต้องแยกออกจากกันระหว่างเวลาที่ประหยัดได้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่ประหยัดได้จากการเดินทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงาน การแยกจากกันดังกล่าวเป็นเรื่องจำเป็นเพราะเวลาทำงานที่เกี่ยวข้องกับผู้ขับขี่ยานพาหนะขนส่ง มิได้หมายความว่าความถี่ของการยอมเสียเวลาพักผ่อนแต่ยังเกี่ยวพันกับการความเหน็ดเหนื่อยและความเบื่อหน่าย (อรรถประโยชน์ทางลบ – Disutility) อันเกิดจากการทำงาน

จะเห็นได้ว่าเศรษฐศาสตร์แรงงานมีส่วนสำคัญในการหาจุดขึ้นเพื่อประเมินค่าของเวลาเดินทางระหว่างการทำงาน สำหรับการประเมินค่าของเวลาเดินทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงาน วิธีการโดยอาศัยพฤติกรรม (Behavioral Approach) เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก โดยพิจารณาสถานการณ์แบบที่มีการแลกเปลี่ยน (Trade – off Situation) โดยสะท้อนถึงความเต็มใจของผู้เดินทางที่จะจ่ายเงินเพื่อที่จะประหยัดเวลาในการเดินทาง

วิธีที่เป็นมาตรฐานของการศึกษาโดยอาศัยสถานการณ์แลกเปลี่ยนมีลักษณะดังนี้

$$\text{Button (1982):} \quad P_1 = e^y / 1 + e^y P_1 \quad (2)$$

$$\text{โดย} \quad y = \alpha_0 + \alpha_1(t_1 - t_2) + \alpha_2(c_1 - c_2)$$

P_1 = ความน่าจะเป็น (Probability) ของการเลือกประเภทการขนส่ง (เส้นทาง ฯลฯ) ที่ 1

y = ประเภทการขนส่ง (เส้นทาง ฯลฯ) ที่ถูกเลือก, ให้ $y = 1$ สำหรับการขนส่ง

(เส้นทาง ฯลฯ) ที่ 1 และ $y = 0$ สำหรับประเภทการขนส่ง (เส้นทาง ฯลฯ) ที่ 2

e = Exponential Constant

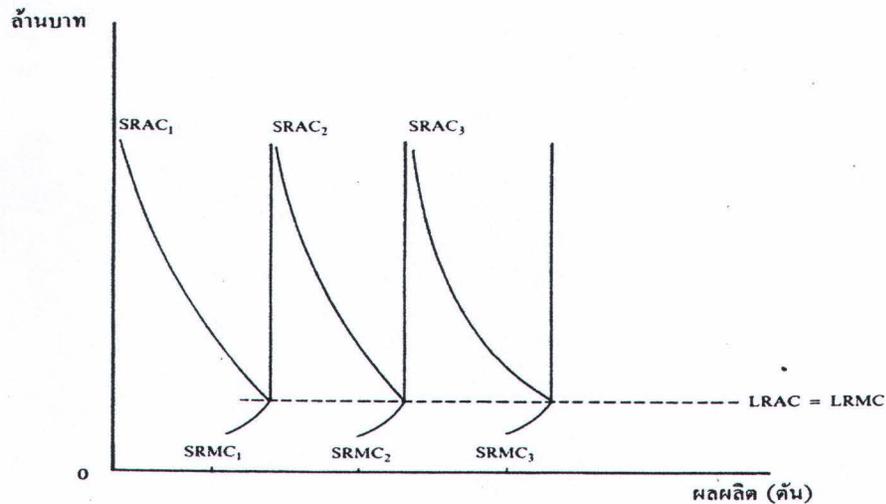
t_i = เวลาเดินทางจากประตูถึงประตูโดยประเภทการขนส่ง (เส้นทาง ฯลฯ) ที่ i ($i = 1, 2$)

c_i = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากประตูถึงประตูโดยประเภทการขนส่ง
(เส้นทาง ฯลฯ) ที่ i ($i = 1, 2$)

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ = ตัวคงที่ซึ่งต้องใช้คำนวณหาค่าโดยประมาณ

3) อุปทานขนส่ง พบว่าการขนส่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทุน (Capital Equipment) วัตถุดิบ และแรงงานในการผลิตบริการในทำนองเดียวกับอุตสาหกรรมอื่นๆ แต่อุปกรณ์ทุนที่ใช้ในกิจการขนส่งมีลักษณะพิเศษแตกต่างจากอุปกรณ์ทุนอุตสาหกรรมอื่น ซึ่งอาจถือได้ว่า เป็นสิ่งที่ติดตรึงอยู่กับที่ (Fixed Plant) กล่าวคือ บางส่วนของอุปกรณ์ทุนของการขนส่งมิได้ติดตรึงอยู่กับที่แต่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Plant) ดูเหมือนจะปรากฏเฉพาะในอุตสาหกรรมการขนส่งเท่านั้นที่เราสามารถแบ่งประเภทอุปกรณ์ทุนออกเป็นสิ่งที่ติดตรึงอยู่กับที่ และส่วนเคลื่อนที่ได้ ต้นทุนในการจัดการบริการการขนส่งมีความสำคัญอย่างมากในการกำหนดจำนวนเสนอขายของการบริการขนส่ง เมื่อพิจารณาต้นทุนทางตรงของการจัดการขนส่ง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทางการเงินที่เกิดขึ้นโดยผลสืบเนื่องของการซื้อบริการของปัจจัยการผลิต (ตัวอย่างเช่น ค่าจ้าง แรงงาน ดอกเบี้ยที่จ่ายให้กับทุน ราคาน้ำมัน เชื้อเพลิง ฯลฯ) การขนส่งมีลักษณะพิเศษอันหนึ่งตรงที่ว่า บุคคลที่ถูกขนส่งจะต้องมีส่วนร่วมในการผลิตบริการขนส่งด้วยในรูปของปัจจัยด้านเวลาที่ต้องอุทิศให้กับการเดินทาง สำหรับต้นทุนอีกประเภทหนึ่งที่ปรากฏในกิจกรรมการขนส่งคือต้นทุนภายนอก (External Costs) แสดงถึงต้นทุนทรัพยากร (Resource Costs) โดยเป็น ค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) อย่างหนึ่งนั้นไม่ได้มีอิทธิพลโดยตรงต่อการตัดสินใจของผู้เสนอขายการขนส่ง นั่นคือจะไม่มีผลกระทบโดยตรงต่ออุปทานของบริการขนส่ง โดยแยกพิจารณา ข้อพึงระวังคือการแยกต้นทุนทางตรงออกจากต้นทุนภายนอกเป็นแต่เพียงวิธีการนำเสนอการวิเคราะห์เท่านั้น

3.1) พิจารณาดัชนีทุน



ที่มา: เศรษฐศาสตร์การขนส่ง

รูปที่ 2.1 ต้นทุนระยะสั้นและระยะยาวของการขนส่งทางเรือ

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงต้นทุนเฉลี่ยระยะสั้น (SRAC) ที่ลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องตามลำดับการใช้เรือลำหนึ่งทำการขนส่งที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งบรรลุถึงจุดที่สามารถในการบรรทุกของเรือลำดังกล่าวถูกใช้อย่างเต็มที่แล้ว ก็อาจจะมีการนำเอาเรือลำที่สองซึ่งมีต้นทุนเฉลี่ยระยะสั้นแสดงได้ด้วยเส้น SRAC₂ มาทำการขนส่งร่วมด้วยถ้าหากยังมีระดับอุปสงค์ส่วนเกินมากพอ ต่อจากนั้นก็อาจมีเรือลำที่สาม ลำที่สี่ ฯลฯ แทบทุกประเภทของการขนส่งจะมีขีดจำกัดของความสามารถในการขนส่งของพาหนะ และเส้นต้นทุนเฉลี่ยระยะสั้นของประเภทการขนส่งต่างๆ มีลักษณะคล้ายคลึงกับเส้น SRAC's ที่ปรากฏในรูป ซึ่งผิดแผกไปจากเส้นโค้งเรียบตัวที่มีลักษณะสมมาตร (symmetrical) อันเป็นลักษณะของเส้น SRAC ของอุตสาหกรรมผลิตสินค้าทั่วไป เส้นต้นทุนเฉลี่ยระยะยาวก็คือ envelope ของเส้นต้นทุนเฉลี่ยระยะสั้นทั้งหมด (SRAC's) ดังปรากฏเป็นเส้นขนานกับแกนนอน (horizontal) ในรูปซึ่งทำให้ต้นทุนเฉลี่ยระยะยาว (LRAC) เท่ากับต้นทุนหน่วยสุดท้ายระยะยาว (LRMC) ด้วยตรงนี้ก็เป็นที่แตกต่างไปจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ ซึ่งมักจะมีเส้น LRAC โค้งจากบนมาล่าง (Downwards Sloping) อันเป็นผลเนื่องมาจากการประหยัดจากขนาดการผลิต (Economies of Scale) แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า จะไม่มีการประหยัดจากขนาดผลิตเลยในสาขาขนส่ง อันที่จริงเป็นไปได้ที่อาจจะเกิดการประหยัดดังกล่าวได้หลายรูปแบบในกิจการขนส่ง เช่น การประหยัดโดยขนาดของยานพาหนะ ขนาดกองเรือหรือจำนวนหรือจำนวนรถบรรทุกของบริษัทหนึ่ง ๆ และการประหยัดโดยขนาดของพื้นฐานการขนส่ง ฯลฯ

3.1.1) การประหยัดจากพาหนะที่มีขนาดใหญ่กว่า (Larger Vehicle Size) ส่วนมากกล่าวในการขนส่งทางเรือ ซึ่งความสามารถในการบรรทุก (ระวางบรรทุก) เพิ่มขึ้นในอัตราที่เร็วกว่าพื้นที่หน้าผิว (surface area) แต่ลักษณะนี้อันที่แท้จริงก็พบในประเภทการขนส่งสินค้า (พาหนะขนส่งสินค้า) อื่น ๆ ด้วยเป็นการใหญ่ นอกจากนั้นขนาดของเครื่องยนต์โดยทั่วไปก็ให้เกิดการประหยัดในการขนส่งทุกรูปแบบ และจำนวนพนักงานประจำยานก็ไม่ได้เพิ่มเป็นสัดส่วนเดียวกับการเพิ่มของยานพาหนะ

3.1.2) การประหยัดจากขนาดในการจัดหาพื้นฐานการขนส่ง (Infrastructure Provision) โดยทั่วไป อุปสงค์การขนส่งไม่ได้กระจายไปทั่วอย่างเท่าเทียมกันทุกจุดของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์แต่แนวโน้มที่จะกระจุกตัวหนาแน่นอยู่ในเส้นทางที่เชื่อมระหว่างจุดที่ก่อให้เกิดการเดินทาง (trip – generating point) กับจุดที่ดึงดูดให้เกิดการเดินทาง (trip – attracting point) ตัวอย่างเช่น ในกรณีของการเดินทางโดยเครื่องบินในช่วงวันหยุด พบว่าอุปสงค์สูงสุดในเส้นทางการบินระหว่างเมืองใหญ่ต่าง ๆ แนวโน้มของอุปสงค์สำหรับการขนส่งที่กระจุกตัวอยู่บนเส้นทางบางเส้นทางของการคมนาคมขนส่งทั้งหมดมีผลทำให้เกิดการกระจุกตัวของอุปสงค์ดังกล่าวในการใช้พื้นฐานการขนส่งที่เคลื่อนย้ายไม่ได้เป็นบางส่วน เหตุผลนี้การกระจุกตัวของการเดินทาง (การขนส่ง) นี้เป็นไปได้ก็คือการที่มีการประหยัด ไม่น้อยทีเดียวในการจัดหาพื้นฐานการขนส่ง

3.1.3) การประหยัดจากขนาดของหมู่ยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่ (Large Fleet Size) มักจะทำให้เกิดการประหยัดด้านการบำรุงรักษา การรักษามาตรฐานของการให้บริการ การจัดการางสำหรับพนักงานประจำที่ทำได้ง่าย และในกรณีที่มียานพาหนะมากกว่าหนึ่งประเภทภายในหมู่ก็อาจจะสนองต่ออุปสงค์สำหรับการเดินทางได้ดีกว่าการมียานพาหนะเพียงประเภทเดียวแม้จะมีจำนวนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหมู่ยานพาหนะผสม แต่ในขณะเดียวกันปัญหาด้านการบริหารและความห่างไกลของผู้ทำหน้าที่ตัดสินใจ (ผู้บริหาร) จากบรรดาลูกค้าเนื่องจากหมู่ยานพาหนะมีขนาดใหญ่เกินไปก็อาจจะหักล้างผลดีของหมู่ยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่เป็นบางส่วน หลักฐานเท่าที่ปรากฏไม่สามารถสรุปลงไปแน่ชัดทุกประเภทการขนส่ง อันที่จริงแล้วได้มีลักษณะผลตอบแทนในอัตรากงที่ (Constant Return to Scale) ปรากฏออกมาเป็นลำดับในหลายประเภทการขนส่ง เท่าที่พอมีการประหยัดจากขนาดแต่ในขอบเขตจำกัดก็พบรูปแบบการขนส่งที่มีลักษณะพิเศษ

2.1.3 **ดุลการชำระเงินระหว่างประเทศ (Balance of Payment)** หมายถึง ผลสรุปของการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ระหว่างผู้มีถิ่นฐานในประเทศใดประเทศหนึ่งกับผู้มีถิ่นฐานในต่างประเทศในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปคือหนึ่งปี ประกอบด้วยบัญชีใหญ่ ๆ 3 ประเภท คือ บัญชีเดินสะพัด บัญชีทุนเคลื่อนย้าย และบัญชีทุนสำรองระหว่างประเทศ

1) บัญชีเดินสะพัด (Current Account) หมายถึง ผลรวมสุทธิของดุลการค้า ดุลบริการ รายได้และเงินโอน โดยมีรายละเอียดแต่ละรายการดังนี้ คือ

1.1) ดุลการค้า (Trade Balance) หมายถึง ผลต่างสุทธิระหว่างมูลค่าสินค้าออก FOB (ราคาสินค้าที่ไม่รวมค่าระวางและค่าประกันภัย) มูลค่าสินค้าเข้า CIF (ราคาสินค้าที่รวมค่าระวางและค่าประกันภัยสินค้า)

1.2) ดุลบริการ (Net Service) หมายถึง ผลต่างสุทธิที่แสดงถึงการค้าระหว่างประเทศในด้านบริการ ประกอบด้วย ค่าขนส่ง ค่าท่องเที่ยว ค่าบริการและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ของภาครัฐ ค่าสื่อสาร โทรคมนาคม ค่ารับเหมาก่อสร้าง ค่ารอยัลตี้และค่าเครื่องหมายการค้า/สิทธิบัตร ค่าประกันภัย เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

- ค่าขนส่ง (Transportation) ครอบคลุมถึงการให้บริการด้านการขนส่งที่มีถิ่นฐานในประเทศให้แก่ผู้รับจากผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศ ได้แก่ การขนส่งสินค้าและผู้โดยสารระหว่างประเทศโดยพาหนะทุกประเภท และการบริการอื่น ๆ เช่น การเช่าเหมาเรือพร้อมลูกเรือ
- ค่าท่องเที่ยว (Travel) หมายถึงสินค้าและบริการ (รวมทั้งบริการด้านสุขภาพและการศึกษา) ที่มีถิ่นฐานในประเทศได้ซื้อหรือใช้บริการผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศ เพื่อธุรกิจและการบริโภคส่วนตัวในขณะที่พักอยู่ในประเทศนั้น โดยนับเฉพาะที่มีระยะเวลาพำนักน้อยกว่าหนึ่งปี ทั้งนี้ นักเรียน นักศึกษา และคนไข้ ถือเป็นผู้เดินทางด้วยและไม่คำนึงระยะเวลาการพำนัก อย่างไรก็ตาม จะไม่นับรวมผู้เดินทางที่เป็นเจ้าหน้าที่ทางการทหาร สถานทูต และแรงงานต่างประเทศ
- ค่าบริการและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ของภาครัฐ (Government Services) หมายถึง การบริการและค่าใช้จ่ายของรัฐบาลหรือองค์กรระหว่างประเทศซึ่งไม่สามารถนับรวมกับรายการอื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่ายของสถานทูต สถานกงสุล และหน่วยงานทางการทหาร เป็นต้น
- ค่าสื่อสารโทรคมนาคม (Communication Service) หมายถึง ค่าบริการเพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ที่มีถิ่นฐานในประเทศกับผู้ที่มีถิ่นฐานนอกประเทศ ประกอบด้วย โทรคมนาคมไปรษณีย์และบริการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โทรศัพท์ โทรสาร โทรเลข เคเบิล ดาวเทียม การส่งข้อความทางอิเล็กทรอนิกส์ ค่าไปรษณีย์ การจ้างส่งเอกสาร และการซ่อมบำรุง ค่ารับเหมาก่อสร้าง โดยครอบคลุมถึงบริการด้านงานโครงการก่อสร้างและโครงการติดตั้งต่างๆ ที่กิจการ หรือบุคคลซึ่งมีถิ่นฐานในประเทศ/ต่างประเทศที่เป็นบริษัทในเครือของต่างประเทศ เนื่องจากกิจการดังกล่าวถือว่าเป็นผู้ที่มีถิ่นฐานในประเทศนั้น

- ค่า royalties และค่าธรรมเนียมการค้า/สิทธิบัตร (Royalties and License Fees/Patents) หมายถึง รายรับ (การส่งออก) และรายจ่าย (การนำเข้า) ของผู้ที่มีถิ่นฐานในประเทศและผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศสำหรับการอนุญาตให้ใช้ทรัพย์สินที่ไม่สามารถจับต้องได้ และมีใช้ทรัพย์สินทางการเงิน รวมทั้งการอนุญาตให้ใช้สิ่งของต้นฉบับ ได้แก่ เครื่องหมายการค้า เทคนิคและการออกแบบ สิทธิในการผลิตและสัมปทาน การจำหน่ายต้นฉบับหนังสือ และภาพยนตร์ที่จัดสร้างโดยผ่านสัญญาทางลิขสิทธิ์ เป็นต้น
- ค่าประกันภัย (Insurance Services) หมายถึง การบริการประกันของกิจการที่มีถิ่นฐานในประเทศ/ต่างประเทศ ให้แก่ผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศ/ในประเทศ ได้แก่ การประกันภัยสินค้าระหว่างการเดินทาง การประกันโดยตรง เช่น การประกันชีวิต การประกันอุบัติเหตุ การประกันสุขภาพ การประกันอสังหาริมทรัพย์ และการประกันหนี้สินทั่วไป เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการรับช่วงประกันด้วย
- ค่าบริการอื่น ๆ (Other Services) หมายถึง การให้บริการอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นระหว่างผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศ ได้แก่ ค่าบริการในการทำหน้าที่คนกลางและค่าบริการอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการค้า เช่น ค่าเช่า และค่าบริการทางเทคนิค ธุรกิจวิชาการ และอื่น ๆ

1.3) รายได้ (Income) ประกอบด้วย ผลตอบแทนการจ้างงาน หมายถึง รายได้ในรูปของค่าจ้างเงินเดือนและสวัสดิการทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน และรายได้จากการลงทุน หมายถึง ผลตอบแทนที่ได้รับจากการถือครองทรัพย์สินทางการเงินในต่างประเทศ ได้แก่ ผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนโดยตรง การลงทุนในหลักทรัพย์ และการลงทุนอื่น ๆ

1.4) เงินโอนและบริจาค (Current Transfers) หมายถึง เงินโอน หรือเงินช่วยเหลือต่าง ๆ ที่ผู้มีถิ่นฐานในประเทศได้รับจากผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศ หรือผู้ที่มีถิ่นฐานในประเทศให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ที่มีถิ่นฐานในต่างประเทศ ซึ่งเป็นธุรกรรมที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิทธิของเจ้าของในทรัพย์สินที่แท้จริงหรือทางการเงิน

1.5) บัญชีทุนเคลื่อนย้าย (Capital Account) เป็นบัญชีที่เกี่ยวข้องกับหนี้สิน หุ้นกู้ หลักทรัพย์ ประเภทอื่น ๆ เงินตราต่างประเทศ และเงินฝากในธนาคารต่างประเทศ ซึ่งธุรกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสินทรัพย์และหนี้สินทางการเงินระหว่างประเทศ โดยครอบคลุมถึงการลงทุนโดยตรง การลงทุนในหลักทรัพย์ และการลงทุนอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การลงทุนโดยตรง (Direct Investment) เป็นธุรกรรมการลงทุนในระยะยาวที่ผู้ลงทุนที่มีถิ่นฐานในประเทศหนึ่งมีต่อธุรกิจที่มีถิ่นฐานในอีกประเทศหนึ่ง โดยผู้ลงทุนมีส่วนในการบริหารธุรกิจ

นั้นๆ ทั้งนี้นับรวมถึงธุรกรรมการลงทุนครั้งแรกและการลงทุนครั้งต่อ ๆ ไป ทั้งระหว่างผู้ลงทุนด้วยกันและระหว่างกิจการในเครือ ทั้งที่จัดตั้งเป็นนิติบุคคลและส่วนบุคคล ประกอบด้วย เงินลงทุนในหุ้นเรือนหุ้น ซึ่งหมายถึง การลงทุนด้วยการถือหุ้นตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไป เงินกู้จากบริษัทแม่หรือบริษัทในเครือ และกำไรที่นำกลับมาลงทุน

การลงทุนในหลักทรัพย์ (Portfolio Investment) หมายถึง ธุรกรรมเกี่ยวกับการซื้อขายตราสารทุน ตราสารหนี้ ทั้งในรูปของพันธบัตร ตั๋วเงิน เครื่องมือทางการเงิน และตราสารอนุพันธ์ทางการเงิน โดยตราสารดังกล่าวทำให้เกิดสิทธิในการเรียกร้องหรือถูกเรียกร้องในหนี้สินทางการเงินขึ้น ทั้งนี้ยกเว้นตราสารที่จัดเป็นการลงทุนโดยตรงและทุนสำรอง

การลงทุนอื่น ๆ (Other Investment) ประกอบด้วยเงินกู้ สินเชื่อทางการค้า เงินฝาก และบัญชีลูกหนี้และเจ้าหนี้อื่น ๆ

2) บัญชีการเงินหรือบัญชีเงินทุนของระบบการเงิน (Monetary Account) เป็นบัญชีที่รัฐบาลตั้งเป็นกองทุน (Funds) ที่ประกอบทั้งเงินฝากและสกุลเงินอื่น ๆ เพื่อใช้ในการสร้างความสมดุลในบัญชีดุลการชำระเงิน บัญชีนี้เป็นบัญชีกองทุนรักษาระดับอัตราแลกเปลี่ยนซึ่งจะมีค่าสูงมากถ้ารัฐบาลเข้ามาแทรกแซงการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศมาก กล่าวคือ ในกรณีที่ทุนจากต่างประเทศไหลเข้ามามากเกินไปจนเกินกว่าการขาดดุลบัญชีเดินสะพัด ถ้ารัฐบาลไม่ต้องการให้เงินตราต่างประเทศไหลเวียนในระบบเศรษฐกิจมากเกินไป รัฐบาลก็อาจแลกเปลี่ยนพันธบัตรรัฐบาลกับเงินตราต่างประเทศจำนวนนั้น โดยจัดเป็นหมวดหมู่รายรับของบัญชีทางการ เงินตราต่างประเทศในบัญชีการเงินนี้จะเป็นการเพิ่มทุน ทุนสำรองระหว่างประเทศ (International Reserves หรือ Foreign Reserves) หรือ ทุนสำรองทางการ (Official Reserves) ซึ่งเป็นตัวเลขสต็อก

2.1.4 กรอบแนวคิดทฤษฎีในการวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติ

1) การทดสอบ Unit Root นัยที่สำคัญของการทดสอบ Unit Root ต่อการวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติก็คือ ถ้าหากพบว่าข้อมูลใดมีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาในลักษณะที่ไม่นิ่ง Non – stationary คือมี integrated of order เท่ากับ 1 หรือ I(1) จำเป็นต้องปรับข้อมูลเหล่านั้นให้เป็น Stationary process แล้วจึงทำการประมวลผลทางเศรษฐมิติ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาทางด้านความสัมพันธ์ที่ไม่แท้จริง (Spurious relationships) ยกเว้นเฉพาะในกรณีที่ตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงดุลยภาพระยะยาว

การทดสอบ Unit Root นิยมทดสอบด้วยวิธี Dickey and Fuller ใช้กับการศึกษาที่ข้อมูลไม่มากเหมาะสมประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ มักประสบปัญหาความพอเพียงของข้อมูลสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 Dickey – Fuller Test (DF) เริ่มต้นด้วยกระบวนการ Autoregressive Model โดยมีสมการที่ต้องทดสอบอยู่ 3 สมการ (At level) คือ

$$\Delta X_t = \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{random walk process}) \quad (3)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{random walk with drift}) \quad (4)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{random walk with drift and linear time trend}) \quad (5)$$

โดยที่

$$\Delta X_t = \text{first differencing ของตัวแปรที่ต้องการศึกษา}$$

$$X_t = \text{ข้อมูลตัวแปร ณ เวลาที่ } t$$

$$X_{t-1} = \text{ข้อมูลตัวแปร ณ เวลาที่ } t-1$$

$$\alpha, \beta, \theta = \text{ค่า Parameters}$$

$$\varepsilon_t = \text{ตัวแปรสุ่ม (error term) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนคงที่}$$

$$t = \text{แนวโน้มเวลา (Time trend)}$$

ในการทดสอบจะพิจารณาค่า θ โดยเปรียบเทียบกับค่า t – statistics ที่คำนวณได้ กับค่าที่เหมาะสมที่อยู่ในตาราง Dickey – Fuller ซึ่งมีสมมติฐานที่ใช้การทดสอบ คือ

$$\text{สมมติฐานหลัก} \quad H_0: \theta = 0 \quad (\text{non – stationary})$$

$$\text{สมมติฐานรอง} \quad H_1: \theta < 0 \quad (\text{stationary})$$

ถ้ายอมรับ H_0 จะได้ว่าแปรที่สนใจมี Unit root หรือมีลักษณะเป็น non – stationary
 ถ้ายอมรับ H_1 จะได้ว่าแปรที่สนใจไม่มี Unit root หรือมีลักษณะเป็น stationary

วิธีที่ 2 Augmented Dickey – Fuller Test (ADF) เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบการหาค่า Unit Root ได้ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ ตัวแปรสุ่ม (error terms) ε_t มีความสัมพันธ์กันเองในระดับสูง หรือ แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบมีปัญหา autocorrelation ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงทำการปรับสมการใหม่ โดยใส่ตัวแปรล่า (lag) เข้าไปในลำดับที่สูงสุด ได้รูปสมการ ดังนี้

$$\Delta X_t = \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{random walk process}) \quad (6)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{random walk with drift}) \quad (7)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{random walk with drift- and linear time trend}) \quad (8)$$

โดยที่

ΔX_{t-1}	=	first differencing ของตัวแปรที่ทำการศึกษา
X_t	=	ข้อมูลตัวแปร ณ เวลาที่ t
X_{t-1}	=	ข้อมูลตัวแปร ณ เวลาที่ $t-1$
$\alpha, \beta, \theta, \phi$	=	ค่า Parameters
ε_t	=	ตัวแปรสุ่ม (error term) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนคงที่
t	=	แนวโน้มเวลา (Time trend)

ซึ่งจำนวน lagged term (p) ที่เพิ่มเข้าไปในสมการจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละงานวิจัยหรือสามารถใส่จำนวน lag ไปได้จนกว่าส่วนของค่าความคลาดเคลื่อนจะไม่เกิดปัญหา autocorrelation

การทดสอบจะพิจารณาค่า θ โดยเปรียบเทียบค่า t – statistic ที่คำนวณได้กับค่าวิกฤต MacKinnon (MacKinnon critical values) มีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

สมมติฐานหลัก	$H_0: \theta = 0$	(non – stationary)
สมมติฐานรอง	$H_1: \theta < 0$	(stationary)

ในกรณีที่ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ตั้งไว้ได้ (H_0) แสดงว่าตัวแปรทางเศรษฐกิจนั้น ๆ มีลักษณะเป็น Non – stationary หรือมี Unit root เมื่อสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลตัวแปรทุกตัวมี order of integration ที่เท่าใด ก็จะทำทดสอบโดยวิธีที่เหมาะสมต่อไป

วิธีที่ 3 การทดสอบยูนิทรูท โดยวิธีฟิลลิป – เพอรอน (Phillips - Perron test)

วิธีการทดสอบยูนิทรูท ในแบบจำลองที่เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) เป็นส่วนสำคัญในการนำประโยชน์ทางสถิติ ซึ่งนำมาอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของ Dickey and Fuller ในการค้นหารูปแบบของยูนิทรูทตามแบบจำลองสมการการกำหนดช่วงเวลา โดยทดสอบตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับการรบกวนตัวแปร โดยขยายระดับเพื่อการกระจายตัวเลขที่ต่างชนิดกันของข้อมูลอนุกรมเวลาและปรับแบบจำลองที่ใช้ทดสอบด้วยการเลื่อนตัวเลขที่เข้าคู่กันกับแนวโน้มของเวลาเพื่ออธิบายการทดสอบยูนิทรูทที่ข้อมูลมีลักษณะคงที่และไม่คงที่ ต่อแนวโน้มในการตัดสินใจ

ฟิลลิป – เพอรอน เลือกวิธีทดสอบโดยการไม่ใช้ตัวแปรในการควบคุมระดับความสัมพันธ์ตามลำดับที่สูงกว่าของระดับตัวเลข วิธีทดสอบการถดถอยของฟิลลิป – เพอรอนมีดังต่อไปนี้

$$\Delta Y_t = \alpha Y_{t-1} + x_t' \delta + \varepsilon_t \quad (9)$$

ทำการแก้ไขวิธีทดสอบของ Augmented Dickey Fuller test ให้มีความสัมพันธ์ตามลำดับความสูงชัน โดยบวกตัวเลขกลุ่มสุดท้ายที่มีความแตกต่างกันด้านขวามือ ทดสอบของฟิลลิปเพอรอน ได้มีการแก้ไข t- test ของค่าสัมประสิทธิ์เพื่อให้ตัวเลขเกิดความสัมพันธ์ต่อเนื่อง โดยทำการแก้ปัญหาการเกิด heteroskydasticity และ autocorrelation ด้วยวิธีการของ Newey – west ดังนี้

$$\tilde{t}_\alpha = t_\alpha \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{1/2} - \frac{T(f_0 - \gamma_0)(se(\hat{\alpha}))}{2f_0^{1/2}s} \quad (10)$$

จากสมการข้างต้น

\tilde{t}_α คือ ค่า t ของ Phillip – Perron

$\hat{\alpha}$ คือ ค่าของการประมาณ

t_α คือ ค่า t ratio ของ α

$se(\hat{\alpha})$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ Standard error

s คือ Standard error ของการทดสอบ regression

γ_0 คือ ค่าที่เหมาะสมที่เกิดจากการประมาณความคลาดเคลื่อนของ Variance

T คือ ค่าวิกฤติ

f_0 คือ residual

การกระจายไม่สิ้นสุดของ t -test ของฟิลลิปป์ – เพอรอน ก็เหมือนกับ t -test ของวิธี Augmented Dickey Fuller test ส่วนที่เหมือนกับทดสอบของวิธี Augmented Dickey Fuller test คือให้มีการกำหนดตัวร่วมกับตัวเลขคงที่มีทิศทางเดียวกัน หรือจะไม่กำหนดในการทดสอบการถดถอย สำหรับวิธีทดสอบของ Phillips – perron test ต้องระบุวิธีตัดเลขตัวท้ายเพื่อแก้ไขตามวิธีของ Newey – West แล้ว จึงรวมตัวเลขที่มีความสัมพันธ์ตามลำดับเข้าด้วยกันการควบคุมการเลือกตัวเลขตัวท้ายออกโดยอัตโนมัติของ Newey – west โดยข้อมูลใดทดสอบการถดถอยต้องแปลงเป็นจำนวนเต็มก่อน

2) Vector Autoregression (VAR)

Johnston and Dinardo (1997) ได้กล่าวว่า ถ้าเรามี column vector ซึ่งมีตัวแปรที่แตกต่างกัน k ตัว $y_t = [y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt}]$ และเราสร้างแบบจำลองของเวกเตอร์นี้ในรูปของค่าที่ผ่านมาในอดีตของเวกเตอร์ดังกล่าวนี้ ผลที่ได้ก็คือ vector autoregression หรือ VAR VAR (p) process สามารถเขียนได้ดังนี้

$$y_t = m + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (11)$$

โดยที่ $y_t = k \times 1$ vector ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปร k ตัวใน VAR

$A_i = k \times k$ matrix ของสัมประสิทธิ์

$m = k \times 1$ vector ของค่าคงตัวหรือค่าคงที่ (constants)

$\varepsilon = k \times 1$ ของ white noise process โดยที่คุณสมบัติดังนี้

$$E(\varepsilon_t) = 0 \text{ สำหรับทุกค่าของ } t$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_s') = \begin{cases} \Omega & s = t \\ 0 & s \neq t \end{cases} \quad (12)$$

โดยที่ $\Omega =$ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมซึ่งได้ถูกสมมุติให้มีลักษณะเป็นบวกแน่นอน (positive definite) สำหรับ ε , นั้นจะมีลักษณะ serially uncorrelated แต่อาจจะเป็น contemporaneously correlated ได้ (Johnston and Dinardo, 1997)

วิธีการของ VAR เหมือนกับ simultaneous-equation modeling ในลักษณะการพิจารณาหลายตัวแปรภายใน (several endogenous variables) พร้อมกัน แต่ VAR จะพิจารณาแต่ละตัวแปรภายใน (endogenous variable) จะถูกอธิบายโดยค่าล่าหรือค่าล่าหลัง (lagged values) หรือค่าในอดีต (past values) ของตัวแปรภายใน (endogenous variable) โดยมีค่าล่าหรือค่าล่าหลัง (lagged values) ของตัวแปรภายในอื่นๆ (all other endogenous variables) ในแบบจำลอง (Gujarati, 2003)

Enders (1995) ได้ยกตัวอย่างระบบอย่างง่ายที่มีสองตัวแปร ดังนี้

$$y_t = b_{10} + b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (13)$$

$$z_t = b_{20} + b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (14)$$

โดยมีข้อสมมติ

- (1) ทั้ง y_t และ z_t จะมีลักษณะนิ่ง (stationary)
- (2) ε_{yt} และ ε_{zt} คือ white noise disturbance โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation เท่ากับ σ_y และ σ_z ตามลำดับ และ
- (3) ε_{yt} และ ε_{zt} จะเป็น uncorrelated white-noise disturbances

สมการ (13) และ (14) คือ first-order vector autoregression (VAR) เนื่องจากความยาวของความล่า (lag length) ที่ยาวที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 โครงสร้างของระบบได้รวมข้อมูลที่สะท้อนกลับ (feed back) เนื่องจาก y_t และ z_t ถูกอนุญาตให้มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่น $-b_{12}$ ก็คือ ผลกระทบในช่วงเวลาเดียวกัน (หรือในเวลาเดียวกัน) ของการเปลี่ยนแปลงของ z_t ต่อ y_t และ γ_{21} ก็คือ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงใน y_{t-1} หนึ่งหน่วยต่อ z_t ที่ปรากฏว่า ε_{yt} และ ε_{zt} คือ pure innovations (หรือ shocks) ใน y_t และ z_t ตามลำดับ เมื่อ b_{21} ไม่เท่ากับศูนย์ ε_{yt} จะมีผลกระทบเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน โดยทางอ้อม (an indirect contemporaneous effect) ต่อ z_t และ ถ้า b_{12} ไม่เท่ากับศูนย์ ε_{zt} จะมีผลกระทบในเวลาเดียวกันโดยทางอ้อม (an indirect contemporaneous effect) ต่อ y_t

สมการ (13) และ (14) ไม่ใช่สมการรูปแบบลดรูป (reduced-form equations) เนื่องจาก y_t มีผลกระทบในเวลาเดียวกันต่อ z_t และ z_t มีผลกระทบในเวลาเดียวกันต่อ y_t จากสมการ (13) และ (14) สามารถเขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

หรือ

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

โดยที่

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}, \quad x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix}, \quad \Gamma_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix}$$

$$\Gamma_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix}, \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}, \quad X_{t-1} = \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix}$$

คูณข้างหน้าด้วย B^{-1} จะทำให้ได้แบบจำลอง Vector autoregressive (VAR) ในรูปแบบมาตรฐานทั่วไปคือ

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t \quad (15)$$

โดยที่ $A_0 = B^{-1}\Gamma_0$

$$A_1 = B^{-1}\Gamma_1$$

$$e_t = B^{-1}\varepsilon_t \quad (\text{Enders, 1995})$$

Enders (1995) ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

a_{i0} = สมาชิกที่ i ของเวกเตอร์ (vector) A_0

a_{ij} = สมาชิกใน row ที่ i และ column ที่ j ของเมทริกซ์ A_1

e_{it} = สมาชิกที่ i ของเวกเตอร์ (vector) e_t

การใช้สัญลักษณ์ใหม่ทำให้สามารถเขียนสมการ (15) ได้ใหม่ดังนี้

$$y_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad (16a)$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad (16b)$$

สมการ (13) และ (14) เรียกว่า structural VAR หรือ primitive system ส่วนสมการ (16a) และ (16b) เรียกว่า VAR ในรูปแบบมาตรฐาน (standard form) สิ่งที่สำคัญคือ พจน์ความคลาดเคลื่อน (error terms) ซึ่ง e_{1t} และ e_{2t} แต่ละตัวจะประกอบไปด้วย shocks ε_{yt} และ ε_{zt} และเนื่องจาก $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$ สามารถจะเขียนได้ดังนี้

$$e_{1t} = (\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt}) / (1 - b_{12}b_{21}) \quad (17)$$

$$e_{2t} = (\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt}) / (1 - b_{12}b_{21}) \quad (18)$$

เนื่องจาก ε_{yt} และ ε_{zt} เป็น White-noise process สิ่งที่มาคือ e_{1t} และ e_{2t} มีค่าเฉลี่ย (mean) เท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่หรือคงตัว (constant variances) และไม่มี serial correlation ใน

แต่ละตัว ในการหาคุณสมบัติของ e_{1t} สามารถหาได้โดยการหาค่าคาดหมาย (expected value) ของ สมการ (17) ได้ดังนี้

$$Ee_{1t} = E(\varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t})/(1 - b_{12}b_{21}) = 0$$

ความแปรปรวน (Variance) ของ e_{1t} จะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} Ee_{1t}^2 &= E[(\varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t})/(1 - b_{12}b_{21})]^2 \\ &= (\sigma_y^2 + b_{12}^2\sigma_z^2)/(1 - b_{12}b_{21})^2 \end{aligned}$$

เมื่อความแปรปรวนของ e_{1t} เป็นอิสระกับเวลา (Time - independent) autocovariance ของ e_{1t} และ e_{1t-i} คือ

$$Ee_{1t}e_{1t-i} = E[(\varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t})(\varepsilon_{y_{t-i}} - b_{12}\varepsilon_{z_{t-i}})]/(1 - b_{12}b_{21}) = 0 \quad \text{สำหรับ } i \neq 0$$

เห็นได้ว่า e_{1t} เป็น stationary process ด้วยค่าเฉลี่ย (mean) เท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่หรือคงตัว (constant variance) และมี autocovariances ทั้งหมดเท่ากับศูนย์ และในทำนองเดียวกันสามารถแสดงให้เห็นเช่นเดียวกันว่า e_{2t} เป็น stationary process ด้วย ค่าเฉลี่ย (mean) เท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่หรือคงตัว (constant variance) และมี autocovariances ทั้งหมดเท่ากับศูนย์เช่นกัน (Enders, 1995) โดยจุดสำคัญที่ควรจะบันทึกไว้ก็คือ e_{1t} และ e_{2t} นั้นมีสหสัมพันธ์กัน ความแปรปรวนร่วม (covariance) ของทั้งสองจึงดังกล่าวสามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} E(e_{1t}e_{2t}) &= E[(\varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t})(\varepsilon_{z_t} - b_{21}\varepsilon_{y_t})]/(1 - b_{12}b_{21})^2 \\ &= -(b_{21}\sigma_y^2 + b_{12}\sigma_z^2)/(1 - b_{12}b_{21})^2 \end{aligned} \quad (19)$$

โดยทั่วไปแล้วสมการ (19) จะมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้น shocks ทั้งสองจึงมีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ดังกล่าว สมการ (19) จะมีค่าเท่ากับศูนย์ก็ต่อเมื่อ $b_{12} = b_{21} = 0$ นั่นคือ ถ้าไม่มีผลกระทบในเวลาเดียวกัน (contemporaneous effects) ของ y_t ต่อ z_t และ z_t ต่อ y_t นั่นคือ shocks ทั้งสองก็จะไม่มีความสัมพันธ์กัน

Enders (1995) นิยามเมทริกซ์ความแปรปรวนความแปรปรวนร่วม (variance-covariance matrix) ของ e_{1t} และ e_{2t} ดังนี้

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \text{var}(e_{1t}) & \text{cov}(e_{1t}, e_{2t}) \\ \text{cov}(e_{1t}, e_{2t}) & \text{var}(e_{2t}) \end{bmatrix}$$

เนื่องจากสมาชิกทั้งหมดของ Σ ไม่ขึ้นกับเวลา (time-independent) สามารถจะเขียน Σ ในรูปแบบได้ดังนี้

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$$

โดยที่ $\text{var}(e_{it}) = \sigma_i^2$

$$\sigma_{12} = \sigma_{21} = \text{cov}(e_{1t}, e_{2t}) \quad (\text{Enders, 1995})$$

3) ความมีเสถียรภาพและความนิ่ง (Stability and Stationarity)

ในแบบจำลอง First-order autoregressive model

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

เงื่อนไขความมีเสถียรภาพ (Stability condition) คือ a_1 น้อยกว่า 1 ในค่าสัมบูรณ์ (absolute value) Enders (1995) ความคล้ายกันโดยตรงระหว่างเงื่อนไขความมีเสถียรภาพนี้และเมทริกซ์ A_1 ในแบบจำลอง first-order VAR สมการ (15) และ iterate สมการ (15) ถอยหลังซึ่งจะได้

$$\begin{aligned} x_t &= A_0 + A_1(A_0 + A_1 x_{t-2} + e_{t-2}) + e_t \\ &= (I + A_1)A_0 + A_1^2 x_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t \end{aligned}$$

โดยที่ $I = 2 \times 2$ เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix)

หลังจาก n iterations จะ ได้

$$x_t = (I + A_1 + \dots + A_1^n)A_0 + \sum_{i=0}^n A_1^i e_{t-i} + A_1^{n+1} x_{t-n-1}$$

ขณะที่เรา iterate backward ต่อไป เราจะพบว่า การที่จะมีการลู่เข้า (convergence) นั้น A_1^n จะต้องหายไป เมื่อ n เข้าใกล้อนันต์ (infinity) ดังที่ Enders (1995) ได้แสดงไว้ข้างล่าง ความมีเสถียรภาพนั้นต้องมีราก (roots) ของ $(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - (a_{12}a_{21}L^2)$ อยู่นอกวงกลมหน่วย (unit circle) (สำหรับเงื่อนไขความมีเสถียรภาพสำหรับระบบที่เป็น higher-order นั้น โปรดดูจากภาคผนวก 6 ของ Enders (1995) ในขณะนี้สมมุติว่าเงื่อนไขความมีเสถียรภาพเป็นจริงเราก็สามารถเขียน particular solution สำหรับ x_t ได้ดังนี้

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-i} \quad (20)$$

โดยที่ $\mu = [\bar{y} \bar{z}]'$

$$\text{และ } \bar{y} = [a_{10}(1 - a_{22}) + a_{12}a_{20}] / \Delta$$

$$\bar{z} = [a_{20}(1 - a_{11}) + a_{21}a_{10}] / \Delta$$

$$\Delta = (1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}$$

หาค่าคาดหวัง (Expected value) ของสมการ (20) ค่าเฉลี่ยแบบไม่มีเงื่อนไข (unconditional mean of x_t) ก็คือ μ เพราะฉะนั้นค่าเฉลี่ยแบบไม่มีเงื่อนไขของ y_t และ z_t ก็คือ \bar{y} และ \bar{z} ตามลำดับ สำหรับความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของ y_t และ z_t สามารถหาได้ดังนี้ ในขั้นแรกสร้างเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม (variance-covariance matrix) ดังนี้

$$E(x_t - \mu)^2 = E\left[\sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-i}\right]$$

และทราบว่า

$$E e_t^2 = E \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} [e_{1t} \quad e_{2t}] \\ = \sum$$

และเนื่องจาก $E e_t e_{t-1} = 0$ สำหรับ $i \neq 0$ จะได้

$$E(x_t - \mu)^2 = (I + A_1^2 + A_1^4 + A_1^6 + \dots) \sum \\ = (I - A_1^2)^{-1} \sum$$

โดยสมมติว่าเงื่อนไขความมีเสถียรภาพเป็นจริง ดังนั้น A_1^n จะเข้าใกล้ศูนย์ในขณะที่ยกกำลัง n เข้าใกล้อนันต์ (infinity) สามารถจะสรุปจากเงื่อนไขแรกเริ่ม (Initial condition) y_t และ z_t ลำดับ (sequences) จะมีลักษณะหนึ่งทางความแปรปรวนร่วมร่วมกัน (jointly covariance stationary) ถ้าเงื่อนไขความมีเสถียรภาพเป็นจริง แต่ละลำดับ (sequence) จะมีค่าเฉลี่ย (mean) ที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและเป็นอันตะ (finite and time-invariant mean) และมีค่าความแปรปรวนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและเป็นอันตะ (finite and time-invariant variance) เช่นกัน

ถ้าพิจารณาอีกทางหนึ่งเกี่ยวกับเงื่อนไขความมีเสถียรภาพ (Stability condition) โดยใช้ lag operators ในการเขียนแบบจำลอง VAR สมการ (16a) และ (16b) ใหม่ ดังนี้

$$y_t = a_{10} + a_{11}Ly_t + a_{12}Lz_t + e_{1t}$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}Ly_t + a_{22}Lz_t + e_{2t}$$

หรือ

$$(1 - a_{11}L)y_t = a_{10} + a_{12}Lz_t + e_{1t}$$

$$(1 - a_{22}L)z_t = a_{20} + a_{21}Ly_t + e_{2t}$$

ถ้าใช้สมการสุดท้ายในการหาค่า z_t จะได้ว่า

$$Lz_t = L(a_{20} + a_{21}Ly_t + e_{2t}) / (1 - a_{22}L)$$

ดังนั้น

$$(1 - a_{11}L)y_t = a_{10} + a_{12}L[(a_{20} + a_{21}Ly_t + e_{2t})/(1 - a_{22}L)] + e_{1t}$$

สังเกตการแปลง (Transform) the first-order VAR ใน y_t และ z_t sequences ไปสู่ second-order stochastic difference equation ใน y_t sequence และ หาค่าของ y_t จะได้

$$y_t = \frac{a_{10}(1 - a_{22}) + a_{12}a_{20} + (1 - a_{22}L)e_{1t} + a_{12}e_{2t-1}}{(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2} \quad (21)$$

ในทำนองเดียวกันสามารถหาผลเฉลยสำหรับ z_t ได้ดังนี้

$$z_t = \frac{a_{20}(1 - a_{11}) + a_{21}a_{10} + (1 - a_{11}L)e_{2t} + a_{21}e_{1t-1}}{(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2} \quad (22)$$

ทั้งสมการ (21) และ (22) มีสมการลักษณะเฉพาะ (characteristic equation) หมายความว่า ถ้าจะมีการลู่เข้า (convergence) จะต้องมียี่งอนไขว่ราก (roots) ของพหุนาม (polynomial) $(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2$ จะต้องอยู่ข้างนอกวงกลมหน่วย (unit circle) (Enders, 1995)

ใน Second-order difference equation ราก (roots) อาจจะมีลักษณะจริง (real) หรือเชิงซ้อน (complex) สามารถสังเกตได้จากทั้ง y_t และ z_t มีสมการเฉพาะ (characteristic equation) เหมือนกัน (เมื่อ a_{12} และ a_{21} ไม่เท่ากับศูนย์ ผลเฉลยสำหรับสองลำดับ (sequences) จะมี characteristic roots เหมือนกัน) ดังนั้น y_t และ z_t จะมี time path ที่คล้ายกัน (Enders, 1995)

4) การประมาณค่า (Estimation) และ Identification

วัตถุประสงค์สูงสุดของการทำการทำนายระยะสั้นได้แม่นยำสามารถที่จะทำได้ดีที่สุดโดยการขจัดค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ไม่สำคัญทิ้งไปจากแบบจำลองข้อวิจารณ์ของ Sims (1990) เกี่ยวกับ “incredible identification restrictions” ที่มีอยู่ในตัวของ structural models ได้กล่าวว่ามีกลยุทธ์ในการประมาณค่าทางเลือกอีกวิธีหนึ่ง จากสมการ (15) สามารถเขียนในกรณีทั่วไปได้ดังนี้

$$x_t = A_0 + A_1x_{t-1} + A_2x_{t-2} + \dots + A_px_{t-p} + e_t \quad (23)$$

โดยที่ $x_t = n \times 1$ เวกเตอร์ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปร n ตัวใน VAR

$A_0 = n \times 1$ เวกเตอร์ของเทอมตัดแกน (intercept terms)

$A_i = n \times 1$ เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์

และ $e_t = n \times 1$ เวกเตอร์ของพจน์คลาดเคลื่อน (error terms)

วิธีการของ Sims (1990) นำมาซึ่งมากกว่าการหาตัวแปรที่เหมาะสมที่จะรวมเข้าไปอยู่ใน VAR และการหา lag length ที่เหมาะสมเล็กน้อย ตัวแปรที่จะถูกรวมเข้าไปใน VAR ถูกเลือกตาม

แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง การทดสอบ lag length จะเป็นการเลือก lag length ที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อลดจำนวนของพารามิเตอร์ที่จะประมาณค่าให้ลดลง

เมทริกซ์ A_0 จะมีพจน์ตัดแกน (Intercept terms) อยู่ n ตัว และเมทริกซ์ A_1 แต่ละเมทริกซ์ จะมีสัมประสิทธิ์อยู่ n^2 ตัว เพราะฉะนั้นสัมประสิทธิ์ที่จะต้องประมาณค่าจะมีทั้งหมดรวมกันเท่ากับ $n + pn^2$ เทอม และ VAR อาจจะมีพารามิเตอร์มากเกินไป ถ้าพบว่าค่าประมาณของสัมประสิทธิ์จำนวนหนึ่งสามารถที่จะเอาออกไปจากแบบจำลองได้ด้วยความเหมาะสม

เป้าหมายของ VAR คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างกันที่สำคัญระหว่างตัวแปรต่างๆ และไม่ได้เป็นการพยากรณ์ระยะสั้น การใส่ข้อจำกัดที่เรียกว่า Zero restrictions อาจจะทำให้สูญเสียข้อมูลที่สำคัญไป ยิ่งกว่านั้นตัวลดลอยต่างๆ น่าจะมีลักษณะ highly collinear ดังนั้น การใช้ t-tests สำหรับแต่ละสัมประสิทธิ์อาจจะไม่ตัวชี้แนะที่น่าเชื่อถือได้ในการที่จะลดจำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

จากทางขวามือของสมการ (23) มีแต่ตัวแปรที่ถูกกำหนดมาก่อน (predetermined variables) เท่านั้น และพจน์ความคลาดเคลื่อน (error terms) ได้ถูกสมมุติว่าเป็น serially uncorrelated ด้วยความแปรปรวนคงที่หรือคงตัว (constant) ดังนั้น แต่ละสมการในระบบสมการดังกล่าวสามารถที่จะประมาณค่าได้โดยใช้ OLS และยิ่งกว่านั้นค่าประมาณ OLS (OLS estimates) ยังมีลักษณะคล่องจอง (consistent) และมีประสิทธิภาพเชิงเส้นกำกับ (asymptotically efficient) แม้ว่าความคลาดเคลื่อนข้ามสมการจะมีความสัมพันธ์กัน และ seemingly unrelated regression (SUR) จะไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการประมาณค่า เพราะว่าการลดลอยของทุกสมการจะมีตัวแปรทางขวามือเหมือนกันทุกประการ (identical)

ประเด็นของตัวแปรใน VAR จำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์หนึ่ง (stationary) ยังคงอยู่ Sims (1990) ได้แนะนำไม่ให้ใช้ differencing แม้ว่าตัวแปรในแบบจำลองจะมี a unit root โดยเป้าหมายของการวิเคราะห์ VAR ก็คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรไม่ใช่ค่าประมาณของพารามิเตอร์ ข้อแย้งหลักที่ไม่ให้ใช้ differencing ก็คือว่า การทำ differencing เป็นการทิ้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไปด้วยกัน (comovement) ของข้อมูล (data) (เช่น ความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์แบบ cointegrating) ในทำนองเดียวกันก็จะมีการแย้งว่าข้อมูล (data) ไม่จำเป็นต้องเอาแนวโน้มออก (detrended) ใน VAR ตัวแปรที่แสดงแนวโน้มจะถูกประมาณการ (approximated) อย่างดีโดย a unit root บวก drift โดยที่ส่วนส่วนใหญ่คือว่า รูปแบบ (form) ของตัวแปรใน VAR ควรจะจำลอง (mimic) กระบวนการสร้างข้อมูลที่ถูกต้อง (true data-generating process) มีจุดประสงค์คือการประมาณค่า structural model จากการพิจารณากรณี สำหรับกรณีที่สมมุติว่าตัวแปรทั้งหมดมียุทธศาสตร์หนึ่ง (stationary) (Enders, 1995)

5) Identification

วิธีการ identification ใช้ตัวอย่างในสมการ (13) และ (14) ซึ่งเป็น structural first-order VAR ที่มี 2 ตัวแปร โดยจะไม่สามารถประมาณค่าสมการทั้งสองได้โดยตรง เพราะมีผลกระทบย้อนกลับ (feedback) อยู่ในระบบสมการดังกล่าวทั้งสองสมการ เหตุผลคือ z_t นั้นมีความสัมพันธ์กับพจน์ความคลาดเคลื่อน (error term) ε_{y_t} และ y_t มีความสัมพันธ์กับเทอมความคลาดเคลื่อน (error term) ε_{z_t} เทคนิคการประมาณค่ามาตรฐานต้องมีเงื่อนไขว่าตัวถดถอย (regressors) จะต้องไม่มีความสัมพันธ์กับพจน์ความคลาดเคลื่อน (error term) (Enders, 1995) กล่าวว่ามีปัญหาดังกล่าวในการประมาณค่าระบบสมการ VAR ในรูปแบบมาตรฐาน (standard form) คือรูปแบบสมการ (16a) และ (16b) วิธีการ OLS สามารถประมาณค่าสมาชิก 2 ตัวของ A_0 และ 4 ตัวของ A_1 ยิ่งกว่านั้นส่วนที่เหลือหรือส่วนตกค้าง (residuals) จากการถดถอยทั้งสองสมการสามารถคำนวณค่าประมาณของความแปรปรวน (variance) ของ e_{1t} และ e_{2t} และของความแปรปรวนร่วม (covariance) ระหว่าง e_{1t} และ e_{2t} ประเด็นว่าเป็นไปได้หรือไม่ จะนำเอาข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในระบบดั้งเดิม (primitive system) จากระบบสมการ (13) และ (14) ที่ได้ประมาณค่าไว้กลับคืนมา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือว่า primitive form นั้น identifiable หรือไม่ โดยกำหนดค่าประมาณ OLS (OLS estimates) ของแบบจำลอง VAR ในรูปแบบของสมการ (16a) และ (16b) มาให้ไม่สามารถนอกจากการใส่ข้อจำกัดอย่างเหมาะสมเข้าไปใน primitive system ถ้าเปรียบเทียบจำนวนของพารามิเตอร์ใน structural VAR กับจำนวนของพารามิเตอร์ที่นำกลับคืนมาจาก standard form VAR model การประมาณค่าสมการ (16a) และ (16b) จะให้ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ 6 ค่า (ซึ่งคือ $a_{10}, a_{20}, a_{11}, a_{12}, a_{21}$ และ a_{22}) และค่าของ $\text{var}(e_{1t}), \text{var}(e_{2t})$ และ $\text{cov}(e_{1t}, e_{2t})$ อย่างไรก็ตาม primitive system ซึ่งคือ สมการ (3) และ (4) มีพารามิเตอร์ 10 ตัว นอกจากสัมประสิทธิ์ค่าตัดแกน (intercept coefficients) สองตัวซึ่งคือ b_{10} และ b_{20} สัมประสิทธิ์อัตโนมัติถดถอย (autoregressive coefficients) 4 ตัว ซึ่งคือ $\gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{21}$ และ γ_{22} และสัมประสิทธิ์ผลกระทบย้อนกลับ (feedback coefficients) อีก 2 ตัว คือ b_{12} และ b_{21} แล้ว ยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ตัวคือ σ_y และ σ_z รวมแล้วเป็น 10 ตัว โดยสรุปแล้ว primitive system จะมีพารามิเตอร์ 10 ตัว ในขณะที่ VAR มีพารามิเตอร์เพียง 9 ตัว เท่านั้น นอกเสียจากว่าเราจะใส่ข้อจำกัด 1 ข้อจำกัดของพารามิเตอร์เข้าไป มิฉะนั้นจะไม่สามารถที่จะหา identify primitive system ได้ โดยเรียกสมการ (13) และ (14) ว่า underidentified แต่ถ้า primitive system คือ สมการ (13) และ (14) ถูกใส่ข้อจำกัดเท่ากับ 1 ข้อจำกัด primitive system จะมีลักษณะ exactly identified และถ้าพารามิเตอร์มากกว่า 1 ตัว ถูกใส่ข้อจำกัด primitive system จะมีลักษณะ overidentified (Enders, 1995)

วิธีหนึ่งที่จะ Identify แบบจำลองคือ การใช้ระบบเวียนเกิด (recursive system) Sims (1990) สมมุติว่ามีความเต็มใจที่จะใส่ข้อจำกัด 1 ข้อ ใน primitive system ซึ่งจะทำให้สัมประสิทธิ์ $b_{21} = 0$ เพราะฉะนั้นจากสมการ (13) และ (14) และจากการใส่ข้อจำกัด $b_{21} = 0$ จะได้

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (24)$$

$$z_t = b_{20} - \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (25)$$

กำหนดข้อจำกัดดังกล่าวมาให้ (ซึ่งอาจจะมาจากแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เป็นการเฉพาะ) จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า z_t จะมีผลกระทบเวลาเดียวกัน (contemporaneous) ต่อ y_t แต่ y_t ในคาบที่แล้วจึงจะมีผลกระทบต่อ z_t sequence ในคาบนี้

การใส่ข้อจำกัด $b_{21} = 0$ หมายความว่า B^{-1} จะมีลักษณะดังนี้

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอา B^{-1} เมทริกซ์ใหม่ที่ใส่ข้อจำกัด (restriction) เข้าไปแล้วคูณข้างหน้า primitive system จะได้

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

หรือ

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} - b_{12}b_{20} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} - b_{12}\gamma_{21} & \gamma_{12} - b_{12}\gamma_{22} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (26)$$

ประมาณค่าระบบสมการดังกล่าวนี้ด้วยวิธี OLS จะได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ทางทฤษฎี (theoretical parameter estimates)

$$y_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t}$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t}$$

โดยที่ $a_{10} = b_{10} - b_{12}b_{20}$

$$a_{11} = \gamma_{11} - b_{12}\gamma_{21}$$

$$a_{12} = \gamma_{12} - b_{12}\gamma_{22}$$

$$a_{20} = b_{20}$$

$$a_{21} = \gamma_{21}$$

$$a_{22} = \gamma_{22}$$

เนื่องจาก $e_{1t} = \varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t}$ และ $e_{2t} = \varepsilon_{z_t}$ สามารถจะคำนวณพารามิเตอร์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (variance-covariance matrix) ได้ดังนี้

$$\text{var}(e_1) = \sigma_y^2 + b_{12}^2\sigma_z^2 \quad (27a)$$

$$\text{var}(e_2) = \sigma_z^2 \quad (28b)$$

$$\text{cov}(e_1, e_2) = -b_{12}\sigma_z^2 \quad (29c)$$

จะเห็นได้ว่า 9 สมการและมีตัวไม่ทราบค่าจาก primitive system 9 ค่าสามารถหาค่า $b_{10}, b_{12}, \gamma_{11}, \gamma_{12}, b_{20}, \gamma_{11}, \gamma_{12}, b_{20}, \gamma_{21}, \gamma_{22}, \sigma_y^2$ และ σ_z^2 ได้

และสังเกตได้จากค่าประมาณ (Estimates ของ ε_{y_t} และ ε_{z_t} sequences สามารถที่จะคำนวณได้เช่นเดียวกัน ส่วนตกค้างหรือส่วนที่เหลือ (residuals) จากสมการที่สองนั่นคือ e_{2t} sequence ก็คือค่าประมาณ (estimates) ของ ε_{z_t} sequences และทำให้ทราบว่า $e_{1t} = \varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t}$ เพราะฉะนั้นสามารถหาค่าประมาณของ ε_{y_t} sequence ได้

ในสมการ (25) ข้อสมมุติ (ข้อจำกัด) $b_{21} = 0$ หมายความว่า y_t ไม่ได้มีผลกระทบในเวลาเดียวกัน (contemporaneous effect) ต่อ z_t ในสมการที่ (26) ข้อจำกัดดังกล่าวได้แสดงออกมาว่าทั้ง ε_{y_t} และ ε_{z_t} shocks กระทบต่อค่าของ y_t ในเวลาเดียวกัน แต่ ε_{z_t} shocks เท่านั้นที่กระทบต่อของ z_t ในเวลาเดียวกัน ค่าที่สังเกตได้ของ e_{2t} นั้นเป็นผลของ pure shocks ต่อ z_t sequence การแยกส่วนที่เหลือหรือส่วนตกค้าง (residuals) ในลักษณะสามสิ่งหรือสามด้านเช่นนี้ เรียกว่า Choleski decomposition (Enders, 1995)

6) The Impulse Response Function

ถ้า Autoregression มี moving average สามารถเขียน Vector Moving Average (VMA) ตามข้อเท็จจริงแล้วสมการ (20) ก็คือ ตัวแทน VMA (VMA representation) ของสมการ (15) ในลักษณะที่ว่าตัวแปร (นั่นคือ y_t และ z_t) ถูกเขียนในรูปของค่าในปัจจุบันและในอดีตของ shocks ทั้งสองคือ e_{1t} และ e_{2t} นั่นเอง VMA representation นี้เป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญของระเบียบวิธีของ Sims (1990) ในลักษณะที่ว่ามันทำให้หา time path ของ shocks ต่างๆ ที่มีต่อตัวแปรที่อยู่ในระบบ VAR และเพื่อทำให้การอธิบายเข้าใจง่ายขึ้น โดยจะใช้ตัวอย่างเดิมที่มี 2 ตัวแปร และเป็นแบบจำลองแบบ

first-order ในการอธิบาย โดยเริ่มต้นจากการเขียนสมการ (16a) และ (16b) ในรูปแบบของเมทริกซ์ ซึ่งจะได้

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t-i} \\ e_{2t-i} \end{bmatrix} \quad (28)$$

และใช้สมการ (20) จะได้

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (29)$$

สมการ (29) เป็นการแสดงค่าของ y_t และ z_t ในเทอมของ e_{1t} และ e_{2t} sequences จะเขียนสมการ (31) ในรูปของ ε_{yt} และ ε_{zt} sequences

จากสมการ (17) และ (18) เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อน (vector of errors) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = [1/(1-b_{12}b_{21})] \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (30)$$

แทนค่าสมการ (30) ลงในสมการ (29) จะได้

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + [1/(1-b_{12}b_{21})] \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

โคเนใช้สัญลักษณ์มีนิยาม 2×2 เมทริกซ์ (Matrix) ϕ_i ด้วยสมาชิก $\phi_{jk}(i)$ ดังนี้

$$\phi_i = [A_i^i / (1-b_{12}b_{21})] \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}$$

ดังนั้น moving average representation ของสมการ (28) และ (29) สามารถเขียนในพจน์ของ ε_{yt} และ ε_{zt} sequences ดังนี้

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \quad (31)$$

หรือ

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \phi_i \varepsilon_{t-1} \quad (32)$$

moving average representation เป็นเครื่องมือตรวจสอบปฏิกริยาระหว่างกันระหว่าง y_t และ z_t sequences สัมประสิทธิ์ ϕ_i สามารถใช้เพื่อที่จะสร้างผลกระทบของ ε_{y_t} และ ε_{z_t} shocks ต่อ time path ทั้งหมดของ y_t และ z_t sequences โดยมีสัญลักษณ์ของสมาชิกทั้ง 4 ซึ่งคือ $\phi_{jk}(0)$ ก็คือ ตัวคูณผลกระทบ (impact multipliers) ตัวอย่างเช่น สัมประสิทธิ์ $\phi_{12}(0)$ ก็คือ ผลกระทบที่เกิดขึ้นทันทีทันใดของการเปลี่ยนแปลงใน ε_{z_t} หนึ่งหน่วยที่มีต่อ y_t ในลักษณะเดียวกัน สมาชิก $\phi_{11}(1)$ และ $\phi_{22}(1)$ ก็คือผลตอบสนอง (response) 1 คาบเวลา ของการเปลี่ยนแปลงหนึ่งหน่วยใน $\varepsilon_{y_{t-1}}$ และ $\varepsilon_{z_{t-1}}$ ต่อ y_t ตามลำดับ และถ้าเพิ่มเวลาขึ้นอีก 1 คาบเวลา หมายความว่า $\phi_{11}(1)$ และ $\phi_{22}(1)$ จะเป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง 1 หน่วยใน ε_{y_t} และ ε_{z_t} ต่อ y_{t-1} (Enders, 1995)

การใช้คำว่า Shocks อันที่จริงแล้ว Gujarati (2003) กล่าวว่า stochastic error terms นั้นในภาษา VAR จะเรียกว่า shocks, impulses หรือ innovations

ผลกระทบสะสม (Accumulated effects) ของ unit impulses ใน ε_{y_t} และหรือ ε_{z_t} สามารถหาได้จากผลบวกที่เหมาะสมของสัมประสิทธิ์ของ impulse response functions ยกตัวอย่างเช่น หลังจาก n คาบเวลา ผลกระทบของ ε_{z_t} ต่อค่าของ y_{t+n} ก็คือ $\phi_{12}(n)$ ดังนั้นหลังจาก n คาบเวลา ผลบวกสะสมของผลกระทบของ ε_{z_t} ต่อ y_t sequence ก็คือ

$$\sum_{i=0}^n \phi_{12}(i)$$

ถ้าให้ n เข้าใกล้อนันต์ (infinity) จะได้ตัว multiplier ระยะยาว (long-run multiplier) เนื่องจากสมมติว่า y_t และ z_t sequences มีลักษณะนิ่ง (stationary) จะได้ว่า $\sum_{i=0}^n \phi_{jk}^2(i)$ มีลักษณะอันตะ (Finite) สำหรับทุกค่าของ j และ k 4 เซตของสัมประสิทธิ์ $\phi_{11}(i), \phi_{12}(i), \phi_{21}(i)$ และ $\phi_{22}(i)$ เรียกว่า impulse response functions พล็อต impulse response functions (พล็อตสัมประสิทธิ์ $\phi_{jk}(i)$ กับ (i) เป็นวิธีทางปฏิบัติจะเป็นตัวแทน) พฤติกรรมของอนุกรม y_t และ z_t ในการตอบสนองต่อ shocks ต่างๆ ในทางปฏิบัติอาจเป็นไปได้ที่จะทราบทุกค่าของพารามิเตอร์ของ primitive system (13) และ (14) และด้วยองค์ความรู้ดังกล่าวก็เป็นไปได้ที่จะหา time path ของผลกระทบของ pure ε_{y_t} หรือ ε_{z_t} shocks ได้ (Enders, 1995) กล่าวว่า วิธีการนี้ไม่มีสำหรับนักวิจัย เนื่องจาก VAR ที่ถูกประมาณค่า่นั้นมีลักษณะ under identified ดังนั้น จึงต้องใส่ข้อจำกัดเพิ่มขึ้นไปอีก 1 ข้อจำกัด ในกรณี VAR system ที่มี 2 ตัวแปร เพื่อที่จะ identify the impulse responses ได้

ข้อจำกัดสำหรับ Identification ที่เป็นไปได้ข้อหนึ่งก็คือ การใช้ Choleski decomposition Enders (1995) จากตัวอย่างว่า มีความเป็นไปได้ที่จะใส่ข้อจำกัดเข้าไปในระบบในลักษณะที่ว่าค่า

ของ y_t ที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันจะไม่มีผลกระทบในเวลาเดียวกันต่อ z_t ซึ่งในทางคณิตศาสตร์แล้วข้อจำกัดนี้ก็คือ การให้ $b_{21} = 0$ ใน primitive system นั้นเอง ในเทอมของสมการ (30) พจน์ความคลาดเคลื่อนสามารถแยกย่อยออกมาได้ดังนี้

$$e_{1t} = \varepsilon_{y_t} - b_{12}\varepsilon_{z_t} \quad (33)$$

$$e_{2t} = \varepsilon_{z_t} \quad (34)$$

ดังนั้นถ้าใช้สมการ (34) ความคลาดเคลื่อน (errors) จะสังเกตได้ทั้งหมดจาก e_{2t} sequence จะเป็นผลมาจาก ε_{z_t} shocks กำหนด ε_{2t} sequence ที่คำนวณมาแล้วมาให้องค์ความรู้ของค่าของ e_{1t} sequence และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่าง e_{1t} และ e_{2t} จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าของ ε_{y_t} sequence ได้โดยใช้สมการ (33) แม้ว่า Choleski decomposition นี้จะบังคับระบบดังกล่าวในลักษณะที่ว่า ε_{y_t} shock ไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อ z_t แต่ก็จะมีผลกระทบโดยทางอ้อมในลักษณะที่ว่าค่าล่าหรือค่าล่าหลัง (lagged values) ของ y_t มีผลกระทบต่อค่าของ z_t จุดสำคัญก็คือว่า การแบ่งย่อยดังกล่าวได้บังคับให้มีความไม่สมมาตร (asymmetry) อย่างสำคัญ (ที่เป็นไปได้) ในระบบเนื่องจาก ε_{z_t} shock มีผลกระทบในเวลาเดียวกันต่อทั้ง y_t และ z_t ด้วยเหตุดังกล่าวนี้สมการ (33) และ (34) จะถูกเรียกเพื่อแสดงนัยการเรียงลำดับ (an ordering) ของตัวแปร ε_{z_t} shock จะมีผลกระทบโดยตรงต่อ e_{1t} และ e_{2t} แต่ ε_{y_t} จะไม่มีผลกระทบต่อ e_{2t} ดังนั้น z_t ก็จะมาก่อน (prior) y_t (Enders, 1995)

สมมติว่าค่าประมาณของสมการ (16a) และ (16b) ให้ค่า $a_{10} = a_{20} = 0$, $a_{11} = a_{22} = 0.7$ และ $a_{12} = a_{21} = 0.2$ และสมมติว่าสมาชิกของเมทริกซ์ Σ มีลักษณะว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และ $\text{cov}(e_{1t}, e_{2t})$ อยู่ในลักษณะที่ว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่าง e_{1t} และ e_{z_t} (ใช้สัญลักษณ์ว่า ρ_{12}) มีค่าเท่ากับ 0.8 ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนที่ถูกแบ่งย่อยแล้วสามารถเขียนได้ดังนี้

$$e_{1t} = \varepsilon_{y_t} + 0.8\varepsilon_{z_t} \quad (35)$$

$$e_{2t} = \varepsilon_{z_t} \quad (36)$$

ต่อไปนี้จะพิจารณาว่า ถ้ามี Shocks หนึ่งหน่วยไปสู่ ε_{z_t} และ ε_{y_t} จะมีผลกระทบต่อ time path ของ y_t และ z_t sequences อย่างไร จากสมการ (23) และ (24) ถ้ามี shock ใน ε_{z_t} 1 หน่วย และจากสมการ (24) เราจะเห็นว่า e_{z_t} จะเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ซึ่งจะทำให้ z_t เพิ่มขึ้น 1 หน่วยด้วย และทำให้ y_t เพิ่มขึ้น 0.8 หน่วย (จากสมการ (23))

ในคาบเวลาต่อมา $\varepsilon_{z_{t+1}}$ จะกลับมาที่ศูนย์แต่ลักษณะของ autoregressive ของระบบมีลักษณะว่า y_{t+1} และ z_{t+1} จะไม่กลับไปสู่ค่าระยะยาวทันทีทันใดเนื่องจาก

$$z_{t+1} = 0.2y_t + 0.7z_t + \varepsilon_{z,t+1}$$

เมื่อพิจารณาจากสมการแล้ว จะได้ว่า

$$z_{t+1} = 0.2(0.8) + 0.7(1) = 0.86$$

ซึ่งในทำนองเดียวกับ $y_{t+1} = 0.7y_t + 0.2z_t = (0.7)(0.8) + 0.2(1) = 0.76$ ซึ่งทำเช่นนี้เรื่อยๆ ไปดังจะเห็นจากรูปที่ 1 ซึ่งปรากฏว่าค่าต่อๆ มาของ y_t และ z_t sequences จะลู่เข้าไปสู่ระดับระยะยาว การลู่เข้า (convergence) นี้ ได้รับการรับประกันจากควมมีเสถียรภาพของระบบ นั่นคือ characteristic roots ทั้งสองมีค่าเท่ากับ 0.5 และ 0.9

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุพร พฤทธิกันนท์ (2532) ศึกษาและวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างตลาดข้าวส่งออกของไทยโดยศึกษาเฉพาะตลาดข้าวขาว (milled white rice) และศึกษาควมมีเสถียรภาพของภาวการณ์ส่งออกข้าวไทยในตลาดโลกและสาเหตุความเติบโตของตลาดข้าวไทย ด้วยวิธีการวัดดัชนีความกระจุกตัว (Herfindahl index of concentration) จากข้อมูลปริมาณการนำเข้าข้าวของประเทศลูกค้าไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2500 – 2530 ในปี พ.ศ. 2530 เท่ากับ 0.1706 แต่ได้ลดลงเหลือ 0.1129 ในปี 2530 และศึกษาสาเหตุความเติบโตของตลาดข้าวไทยโดยใช้ทฤษฎีส่วแบ่งตลาดคงที่ (constant market share analysis) ใช้สนับสนุนในการวิเคราะห์ภาวการณ์ส่งออกข้าวไทยขยายตัวระหว่าง พ.ศ. 2525 – 2527 ผลการศึกษาพบว่ามาจากการขยายตัวของการค้าข้าวของโลก ร้อยละ 29.93 จากการศึกษาเสถียรภาพในการส่งออกของข้าวไทย ได้ทำการวิเคราะห์โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 6 ปี ใช้ดัชนีความไร้เสถียรภาพของ Joseph D. Coppock (Coppock's instability index) ในส่วนมูลค่าการส่งออก (export value) และมูลค่าการส่งออกต่อหน่วย (export unit value) พบว่าข้าวทุกมาตรฐานมีค่าดัชนีความไร้เสถียรภาพต่ำลงแสดงถึงความมั่นคงและข้าวมาตรฐานเป็นข้าวที่ค่าดัชนีดีที่สุด ในการวิเคราะห์ด้านมูลค่าการส่งออกต่อหน่วยผลที่ออกมาใกล้เคียงกัน

จิรศักดิ์ จันทรทัต (2547) ศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการขนส่งสินค้าทางอากาศระหว่างประเทศของบริษัทตัวแทนขายระวางบรรทุกสินค้าในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน การศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศของบริษัทตัวแทนขายระวางบรรทุกสินค้าระหว่างประเทศในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน และศึกษาปัญหาของบริษัทตัวแทนขายระวางบรรทุกสินค้าทางอากาศระหว่างประเทศ กลุ่มประชากรที่ทำการศึกษาเป็นตัวแทนขายระวางบรรทุกสินค้าทางอากาศระหว่างประเทศที่มีสำนักงานในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน รวมทั้งสิ้น 38 ราย

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการขนส่งของบริษัทตัวแทนขาย พบว่าปัจจัยด้านการสร้างและการนำเสนอลักษณะกายภาพ มีความสำคัญอันดับแรก รองลงมาคือ ปัจจัยด้านบุคคล ปัจจัยด้านกระบวนการ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านช่องทางการให้บริการ ปัจจัยด้านการผลิตภัณฑ์และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ตามลำดับ และปัญหาที่มีความสำคัญ 3 ลำดับแรก คือเรื่องไม่สามารถจองระวางที่บรรทุกได้ตามที่ต้องการ ปัญหาด้านอุปกรณ์การบริการด้านคลังสินค้าและด้านการจัดบรรทุก (container) ไม่เพียงพอ และปัญหาด้านสินค้าที่จองระวางไว้แต่สายการบินมิได้จัดส่งตามเที่ยวบินที่กำหนด

สุภาพร หาญสุขสินวัฒนา (2549) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการส่งออกยางพารา ตัวแปรทางเศรษฐกิจที่นำมาศึกษาคือ การส่งออกยางพาราของประเทศไทย และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ข้อมูลแบบทศนิยมมีรายไตรมาส ตั้งแต่ไตรมาส 1 พ.ศ. 2536 - ไตรมาส 4 พ.ศ. 2548 รวมทั้งหมด 52 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคทางเศรษฐมิติ โคอินทิเกรทชัน (cointegration) แบบจำลองเอเรอร์คอร์เรกชัน (error correction mechanism) ผลการศึกษาการทดสอบความสัมพันธ์ในระยะยาว (Cointegration) ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 พบว่าการส่งออกยางพาราของประเทศไทยมีความสัมพันธ์กันในเชิงดุลยภาพในระยะยาวทั้งสองทิศทาง ผลการทดสอบความสัมพันธ์ในระยะสั้น (Error Correction model) มีค่าสัมประสิทธิ์ความคลาดเคลื่อนของการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศอยู่ในช่วง 0 ถึง -1 ตามทฤษฎีของ Engle and Granger มีค่าเป็นลบ หมายความว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว และจะลดลงเรื่อย ๆ

เจษฎา กาวิวงศ์ (2552) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเงินทุนโดยตรงจากต่างประเทศสุทธิกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ตัวแปรที่ใช้ศึกษา คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศที่แท้จริง การบริโภคภายในประเทศ เงินลงทุนโดยตรงจากในประเทศ การใช้จ่ายภาครัฐบาลและดุลการค้าระหว่างประเทศโดยประมาณสมการในแบบจำลอง Vector Autoregression (VAR) ทดสอบคุณสมบัติหนึ่งของตัวแปร และทดสอบความล่าช้าที่เหมาะสม จากข้อมูลรายไตรมาส ตั้งแต่ไตรมาส 1 พ.ศ. 2540 ถึง ไตรมาส 4 พ.ศ. 2551 และวิเคราะห์ด้วย Impulse Response Function ศึกษาทิศทางการตอบสนองของตัวแปรที่สนใจในแบบจำลอง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (shock) ในผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และ Variance Decomposition ในการศึกษาตัวแปรหนึ่ง ๆ ได้รับผลกระทบจากตัวแปรอื่น ๆ ในแบบจำลองรวมทั้งตัวมันเองเป็นสัดส่วนเท่าใด ผลการศึกษาความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Augmented Dickey Fuller test (ADF test) และ Phillips Peron test (PP test) ผลทดสอบทางสถิติที่ระดับ (level) ของข้อมูลทุก

ตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ข้อมูลทุกตัวมีลักษณะนิ่งที่ $I(0)$ และใช้แบบจำลอง VAR โดยวิธี Impulse Response Function เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศอย่างฉับพลัน (shock) มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศในช่วงเวลาต่อมาลดลงและปรับตัวเข้าสู่ภาวะปกติได้ในไตรมาสที่ 8 และตัวแปรอื่นในการศึกษาจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศปรับตัวในทิศทางเดียวกันและปรับตัวเข้าสู่ภาวะปกติในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดสอบความแปรปรวนแยกส่วน (Variance Decomposition) ทดสอบความผันผวนของตัวแปรที่ศึกษากับตัวแปรตัวเดียวกันในช่วงเวลาก่อนหน้าคิดสัดส่วนเป็นร้อยละ