

## บทที่ 2

### กรอบแนวคิดทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 กรอบแนวคิดทางทฤษฎี

การศึกษาดังกล่าวของการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยพื้นฐานทั่วไปมีแนวทางการศึกษาอยู่ 3 แนวทาง คือ

##### 2.1.1 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

เทคโนโลยี หมายถึง การประยุกต์เอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มาทำให้เกิดประโยชน์ต่อมวลมนุษย์ เทคโนโลยีจึงเป็นวิธีการในการสร้างมูลค่าเพิ่มของสิ่งต่างๆ ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น โทรศัทพ์หรือซิลิกอน เป็นสารแร่ที่พบเห็นทั่วไปตามชายหาด หากนำมาสกัดด้วยเทคโนโลยีและใช้เทคนิควิธีการสร้างเป็นชิป (chip) สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จะทำให้สารแร่ซิลิกอนนั้นมีคุณค่า และมูลค่าเพิ่มขึ้น ได้อีกมาก

สารสนเทศ หมายถึง ข้อมูลที่เป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับความจริงของคน สัตว์ สิ่งของ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม หากมีการจัดเก็บรวบรวม เรียกค้น และสื่อสารระหว่างกัน นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT) หมายถึง การนำเทคโนโลยีมาใช้สร้างข้อมูลเพิ่มให้กับสารสนเทศ ทำให้สารสนเทศมีประโยชน์และใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น เทคโนโลยีสารสนเทศรวมไปถึงการใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ ที่จะรวบรวม จัดเก็บใช้งาน ส่งต่อหรือสื่อสารระหว่างกัน เทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถแบ่งกลุ่มย่อยเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ คอมพิวเตอร์, การสื่อสาร และข้อมูลแบบมัลติมีเดีย ซึ่งในแต่ละกลุ่มนี้ยังแบ่งเป็นกลุ่มย่อยๆ ได้อีกมากมาย องค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้ ยังต้องอาศัยการทำงานร่วมกัน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องเซิร์ฟเวอร์คอมพิวเตอร์ (คอมพิวเตอร์) เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบเครือข่าย (การสื่อสาร) โดยมีการส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังเครื่องลูก (ข้อมูลแบบมัลติมีเดีย) ในบางครั้งจะมีการใช้ชื่อว่า เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communications Technology)

เทคโนโลยีสารสนเทศจึงมีความหมายที่กว้างขวางมาก โดยเราจะได้พบกับสิ่งรอบๆ ตัวที่เกี่ยวกับการใช้สารสนเทศอยู่มาก ดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลเข้าสู่ระบบ ตัวอย่างเช่น พนักงานการไฟฟ้าไปที่บ้านพร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเพื่อบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ในการสอบแข่งขันที่มีผู้สอบจำนวนมาก ก็มีการใช้ดินสอระบายตามช่องที่เลือกตอบ เพื่อให้เครื่องอ่านเก็บรวบรวมข้อมูลได้ เมื่อไปซื้อสินค้าที่ห้างสรรพสินค้าก็มีการใช้รหัสแท่ง (Bar Code) พนักงานจะนำสินค้าผ่านการตรวจของเครื่องเพื่ออ่านข้อมูลการซื้อสินค้าที่บรรจุในรหัสแท่ง เมื่อไปที่ห้องสมุดก็พบว่าหนังสือมีรหัสแท่งเช่นเดียวกันการใช้รหัสแท่งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บรวบรวม

การประมวลผล ข้อมูลที่เก็บมาได้มักจะเก็บในสื่อต่าง ๆ เช่น แผ่นบันทึก แผ่นซีดี หรือเทป เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาประมวลผลตามต้องการ เช่น แยกแยะข้อมูลเป็นกลุ่มเรียงลำดับข้อมูล คำนวณ หรือจัดการคัดแยกข้อมูลที่จัดเก็บนั้น

การแสดงผลลัพธ์ อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีในการแสดงผลลัพธ์มีมาก สามารถแสดงเป็นตัวหนังสือ เป็นรูปภาพ ตลอดจนพิมพ์ออกมาที่กระดาษ การแสดงผลลัพธ์มีทั้งที่แสดงเป็นภาพ เป็นเสียง เป็นวีดิทัศน์ เป็นต้น

การทำสำเนา เมื่อมีข้อมูลที่จัดเก็บในสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ การทำสำเนาจะทำได้ง่ายและทำได้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นอุปกรณ์ช่วยในการทำสำเนา จัดได้ว่าเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เรามีเครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร อุปกรณ์การเก็บข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น จานบันทึก ซีดีรอม ซึ่งสามารถทำสำเนาได้เป็นจำนวนมาก

การสื่อสารโทรคมนาคม เป็นวิธีการที่จะส่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หรือกระจายออกไปยังปลายทางครั้งละมาก ๆ ปัจจุบันมีอุปกรณ์ระบบสื่อสารโทรคมนาคมหลายประเภท ตั้งแต่โทรเลข โทรศัพท์ เส้นใยนำแสง เคเบิลใต้น้ำ คลื่นวิทยุไมโครเวฟ ดาวเทียม เป็นต้น

### ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศ

โดยพื้นฐานของเทคโนโลยีย่อมมีประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าได้ ลักษณะเด่นที่สำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศมีดังนี้

เทคโนโลยีสารสนเทศ ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ในการประกอบการทางด้านเศรษฐกิจ การค้า และการอุตสาหกรรม จำเป็นต้องหาวิธีในการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน คอมพิวเตอร์และระบบสื่อสารเข้ามาช่วยทำให้เกิดระบบอัตโนมัติ เราสามารถฝากถอนเงินสดผ่านเครื่องเอทีเอ็มได้ตลอดเวลา ธนาคารสามารถให้บริการได้ดีขึ้น ทำให้การบริการโดยรวมมีประสิทธิภาพ ในระบบการจัดการทุกแห่งต้องใช้

ข้อมูลเพื่อการดำเนินการและการตัดสินใจ ระบบธุรกิจจึงใช้เครื่องมือเหล่านี้ช่วยในการทำงาน เช่น ใช้ในระบบจัดเก็บเงินสด จองตั๋วเครื่องบิน เป็นต้น

เทคโนโลยีสารสนเทศเปลี่ยนรูปแบบการบริการเป็นแบบกระจาย เมื่อมีการพัฒนาระบบข้อมูล และการใช้ข้อมูลได้ดี การบริการต่าง ๆ จึงเน้นรูปแบบการบริการแบบกระจาย ผู้ใช้สามารถสั่งซื้อสินค้าจากที่บ้าน สามารถสอบถามข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์ นิสิตนักศึกษาสามารถใช้คอมพิวเตอร์สอบถามผลสอบจากที่บ้านได้

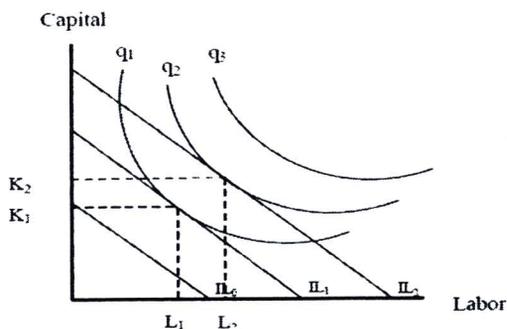
เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินการในหน่วยงานต่าง ๆ ปัจจุบันทุกหน่วยงานต่างพัฒนาระบบรวบรวมจัดเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในองค์กร เช่น ระบบทะเบียนราษฎร์ ระบบเวชระเบียนในโรงพยาบาล ระบบการจัดเก็บข้อมูลภาษี ในองค์การทุกระดับเห็นความสำคัญที่จะนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้

เทคโนโลยีสารสนเทศเกี่ยวข้องกับคนทุกระดับ พัฒนาการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของคนเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ดังจะเห็นได้จากการพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ตารางคำนวณ และใช้อุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคมแบบต่าง ๆ เป็นต้น

### 2.1.2 ทฤษฎีความมีประสิทธิภาพและผลิตภาพ

Deak (2004) ได้อธิบายทฤษฎีความมีประสิทธิภาพและผลิตภาพไว้ว่า ในทางเศรษฐศาสตร์จุลภาค ความมีประสิทธิภาพนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งภายในหน่วยธุรกิจและตลาด ซึ่งการเกิดควมมีประสิทธิภาพในหน่วยธุรกิจเริ่มจากข้อสมมติที่ว่า เจ้าของธุรกิจมีความต้องการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุด ซึ่งการที่จะได้รับผลประโยชน์สูงสุดนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) หน่วยธุรกิจต้องมีผลผลิตสูงสุด (Output Maximization) โดยการที่ได้รับความนิยมการผลิตที่สูงที่สุดตามเป้าหมายซึ่งกำหนดให้ราคาปัจจัยการผลิตคงที่ 2) หน่วยธุรกิจต้องมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด (Cost Minimization) โดยตั้งเป้าหมายคือกำหนดให้ระดับผลผลิตคงที่ แต่ต้นทุนทั้งหมดที่รวมกับระดับค่าจ้างแรงงานและราคาปัจจัยการผลิตที่ต้องให้มีค่าต่ำที่สุดซึ่งจะทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายการผลิตแล้วส่งผลให้เกิดความมีประสิทธิภาพได้

สามารถอธิบายความมีประสิทธิภาพของหน่วยธุรกิจผ่านทางเส้นผลผลิตเท่ากัน (Isoquant) และเส้นต้นทุนเท่ากัน (Isocost) ได้ จากรูปที่ 2.1



ที่มา: Deak (2004)

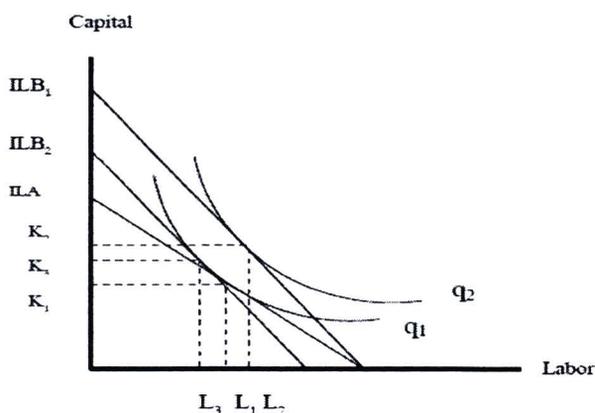
รูปที่ 2.1 ผลผลิตสูงสุดและต้นทุนต่ำที่สุด

โดยที่เส้นผลผลิตเท่ากันนั้น จะเป็นเส้นที่โค้งเว้าเข้าหาจุดกำเนิดและมีระดับผลผลิตคงที่ ซึ่งผลิตโดยรวมเอาปัจจัยการผลิตหลายอย่างไว้ด้วยกัน แต่ในกรณีนี้จะใช้ทุนและแรงงานเป็นปัจจัยการผลิตเท่านั้น ซึ่งตำแหน่งของเส้นผลผลิตเท่ากันแต่ละเส้นจะบอกให้รู้ถึงจำนวนของผลผลิต โดยที่ถ้าเส้นผลผลิตเท่ากันขยับเคลื่อนไปทางขวาเพิ่มขึ้นทั้งเส้นจะแสดงถึงระดับของการผลิตที่เพิ่มขึ้น สำหรับเส้นผลผลิตเท่ากันที่เป็นเส้น โค้งเว้าเข้าหาจุดกำเนิดเนื่องจากมีข้อสมมติที่ว่าปัจจัยทุนและปัจจัยแรงงานสามารถทดแทนกันได้ในกระบวนการผลิต เพราะฉะนั้นถ้ามีการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายบนเส้นผลผลิตเท่ากัน หมายความว่ากำลังใช้ปัจจัยทุนแทนปัจจัยแรงงาน โดยใช้ปัจจัยทุนที่เพิ่มขึ้นแทนปัจจัยแรงงานที่ลดลง โดยกำหนดให้ระดับของผลผลิตคงที่ ในทางตรงกันข้ามการเคลื่อนที่ลงไปทางขวาบนเส้นผลผลิตเท่ากันหมายความว่ากำลังใช้ปัจจัยแรงงานแทนปัจจัยทุน โดยใช้ปัจจัยแรงงานที่เพิ่มขึ้นแทนปัจจัยทุนที่ลดลง

สำหรับเส้นต้นทุนเท่ากันนั้นจะเป็นเส้นที่เป็นผลรวมของปัจจัยทุนและปัจจัยแรงงานที่สามารถใช้จ่ายได้ โดยกำหนดให้ราคาปัจจัยการผลิตคงที่ เพราะฉะนั้นเงินทั้งหมดที่มีจะใช้เพื่อซื้อปัจจัยการผลิตทั้งหมด คือ ทุนและแรงงาน ซึ่งเท่ากับ ต้นทุนทั้งหมด (Total Cost: TC) โดยที่เส้นต้นทุนเท่ากันนั้นจะเป็นเส้นตรงหรือมีความชันคงที่ เนื่องจากมีข้อสมมติที่ว่าปัจจัยทั้งหมดสามารถหาซื้อได้ในตลาดแข่งขันสมบูรณ์ เพราะฉะนั้นจะให้ราคาตลาดของปัจจัยทุนคือ อัตราดอกเบี้ย (Interest;  $i$ ) และราคาตลาดของปัจจัยแรงงานคือ อัตราค่าจ้าง (Wage;  $w$ ) แล้วแต่ว่าจะซื้อปัจจัยแต่ละชนิดในสัดส่วนเท่าใด ตำแหน่งของเส้นต้นทุนเท่ากันบอกให้รู้ถึงจำนวนเงินที่ใช้ในการซื้อปัจจัยทั้งคู่ และถ้าขยับ เส้นเคลื่อนต่ำลงทั้งเส้นจะแสดงถึงการมีต้นทุนที่ต่ำลง

สำหรับเป้าหมายแรกที่หน่วยธุรกิจต้องการจะให้มีผลผลิตสูงสุดนั้น (Output Maximization) สามารถแสดงได้โดย จากรูปที่ 2.1 ถ้ากำหนดให้จำนวนเงินทั้งหมดที่ซื้อปัจจัยการผลิตคือ เส้น  $IL_2$  แต่ถ้าให้ธุรกิจสามารถซื้อปัจจัยการผลิตและผลิตผลผลิตได้ที่ระดับ  $q_1$  เท่านั้น จะทำให้ระดับการผลิตที่  $q_1$  จะเกิดความไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเส้น  $IL_2$  ต้องได้ผลผลิตที่ระดับ  $q_2$  เนื่องจากเส้น  $IL_2$  สัมผัสกับเส้นผลผลิตเท่ากัน โดยใช้ปัจจัยการผลิตทุนและแรงงานเท่ากับ  $K_2$  และ  $L_2$  จะทำให้ได้ระดับผลผลิตที่สูงสุดภายใต้ต้นทุนการผลิตที่  $IL_2$  จึงจะเกิดความมีประสิทธิภาพและที่ระดับ  $q_1$  จะไม่สามารถใช้ปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ผลิตได้เพียงพอ

สำหรับเป้าหมายที่สองที่ต้องการให้ใช้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด (Cost Minimization) จากรูปที่ 2.1 ถ้ากำหนดเป้าหมายระดับการผลิตเป็นเส้น  $q_1$  ซึ่งให้แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดโดยใช้ปัจจัยการผลิตทุนและแรงงานในการผลิต  $q_1$  ถ้าใช้ต้นทุนระดับ  $IL_2$  ผลิตที่ระดับการผลิต  $q_1$  ทำให้เป็นการใช้ต้นทุนการผลิตที่มากเกินไป เพราะฉะนั้นต้นทุนที่ใช้ในการผลิต  $q_1$  คือ เส้น  $IL_1$  จึงถือว่าเป็นต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยจะใช้ปัจจัยการผลิตที่  $K_1$  และ  $L_1$  ส่วนเส้นต้นทุน  $IL_0$  จะเป็นเส้นต้นทุนที่ไม่สามารถผลิตระดับผลผลิต  $q_1$  ได้ เนื่องจากต้นทุนการผลิตไม่เพียงพอ



ที่มา: Deak (2004)

รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงในราคาต่ำของปัจจัยทุน

เมื่อมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพิ่มเข้ามา ส่งผลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ เพราะเสมือนกับว่ามีปัจจัยทุนเพิ่มมากขึ้นจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้เส้นต้นทุนเท่ากันทางด้านปัจจัยทุนเพิ่มขึ้น จาก  $ILA$  เป็น  $ILB_1$  จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า ต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ในการซื้อปัจจัยการผลิตคือ เส้น  $ILB_1$  ทำให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นที่สามารถผลิตได้เสมือนราคาปัจจัยทุนถูกลง ในขณะที่ราคาของปัจจัยแรงงานคงที่ เลยมีการใช้ปัจจัยทุนมากขึ้น ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ณ ระดับ  $q_2$  เพราะฉะนั้นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ



และการสื่อสารจะได้รับประโยชน์ผ่านทางผู้บริโภคคือ ทำให้มีราคาที่ต่ำลงเนื่องจากผลผลิตที่มากขึ้น แต่ถ้าให้ระดับผลผลิตที่มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ที่ระดับ  $q_1$  ซึ่งเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี คือ ให้เส้นต้นทุนการผลิตลดลง โดยการขยับเส้นต้นทุนเท่ากันลงมาเป็น  $ILB_2$  ซึ่งเป็นเส้นที่ขนานกับเส้นเดิม ( $ILB_1$ ) จะทำให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตที่ระดับ  $K_3$  และ  $L_3$  ผลสุดท้ายจะมีการใช้ปัจจัยทุนเพิ่มขึ้นแต่ใช้ปัจจัยแรงงานลดลง

ผลิตภาพการผลิตรวม (Total Factor Productivity: TFP) หมายถึงการเพิ่มขึ้นของผลผลิตโดยมิได้มีที่มาจากเพิ่มขึ้นของปัจจัยการผลิต คือ ปัจจัยแรงงาน ที่ดิน และปัจจัยทุน ซึ่งนักเศรษฐศาสตร์ จะเรียกส่วนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวว่าเป็น Residual Growth หรือเป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technical Progress) และอื่นๆ ซึ่งมีองค์ประกอบหลายปัจจัย ได้แก่ การบริหารจัดการ ประสิทธิภาพ คุณภาพของแรงงานซึ่งขึ้นอยู่กับระดับการศึกษา อายุ เพศ และที่สำคัญคือ ปัจจัยเทคโนโลยีของทุน รวมถึงการวิจัยและพัฒนา (R&D) การมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการผลิต เป็นต้น

การมีผลิตภาพการผลิตในเศรษฐกิจมหภาคขึ้นอยู่กับว่าเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงนั้นมีความสำคัญและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพียงใด โดยที่ผลิตภาพการผลิตในเศรษฐกิจมหภาคนั้นจะมีผลเท่ากับการเปลี่ยนแปลงในระดับของเศรษฐกิจจุลภาค ซึ่งการวัดผลิตภาพการผลิตสามารถวัดได้โดยผลผลิตโดยรวมต่อแรงงาน ซึ่งก็คือระดับความมีประสิทธิภาพพื้นฐานที่มีอยู่ในหน่วยการผลิตและบริการของแต่ละธุรกิจมีค่าเท่ากับดัชนีของความมีประสิทธิภาพในระบบเศรษฐกิจโดยรวม แต่การเปลี่ยนแปลงในเทคโนโลยีส่วนใหญ่ขนาดนั้นอาจจะมีขนาดที่จำกัดหรือมีขอบเขตที่แคบในการที่จะค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพการผลิตโดยรวม แต่ต่อมาถ้ามีการเปลี่ยนแปลงในเทคโนโลยีนั้นแล้วก็จะมีความจำเป็นอย่างมากในกระบวนการผลิตที่จะส่งผลกระทบต่อระดับของผลิตภาพการผลิตโดยรวมตลอดเวลา ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่มีผลอย่างมากต่อผลิตภาพการผลิต ได้แก่ การค้นพบเครื่องจักรกลไอน้ำ การค้นพบกระแสไฟฟ้า การสร้างพลังงานทดแทนและการค้นพบเทคโนโลยีการสื่อสาร เป็นต้น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วันที่ 10 ก.ย. 2555  
เลขทะเบียน 218320  
เลขเรียกหนังสือ

### 2.1.3 ทฤษฎีปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

#### ทฤษฎีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของ Solow (Solow Growth Model)

ตัวแบบของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ตามแนวคิดของสำนักนีโอคลาสสิกซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนา และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในปัจจุบันมากที่สุดตัวแบบหนึ่ง ก็คือ Solow Growth Model มีแบบการผลิตอย่างง่ายของ Solow สามารถเขียนออกมาในรูปสมการดังนี้

$$Y = Af(K, L) \quad (2.1)$$

โดยที่  $Y$  = ปริมาณสินค้าหรือบริการที่สังคมหนึ่งๆสามารถผลิตได้ในช่วงเวลาหนึ่ง (ซึ่งก็คือตัวชี้วัดอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ)

$A$  = ปัจจัยด้านความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technological Progress)

$K$  = ปัจจัยทุนที่ใช้ในการผลิต (Amount of Capital)

$L$  = ปริมาณแรงงาน (Labor)

ตามแนวคิดของ Solow นั้น  $A$  เป็นปัจจัยที่มาจากภายนอก (Exogenous Factor) และในระยะสั้นสามารถให้คงที่ได้ เพราะค่อนข้างเปลี่ยนแปลงช้า ส่วน  $L$  หรือปริมาณแรงงานก็เช่นเดียวกัน กำหนดให้เป็นสัดส่วนที่ขึ้นอยู่กับปริมาณการลงทุน ( $K$ ) กล่าวคือ  $K$  ไม่เพิ่มความต้องการแรงงานเพื่อทำการผลิตก็จะไม่เพิ่มขึ้น แต่ถ้า  $K$  เพิ่มขึ้น ความต้องการแรงงานเพื่อผลิตสินค้าและบริการควบคุมเครื่องมือ เครื่องจักร ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น  $L$  จึงเป็นสัดส่วนของ  $K$

รูปแบบการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของ Solow สามารถอธิบายให้เห็นถึงกฎการลดน้อยถอยลงของผลผลิตส่วนเพิ่ม (Diminishing Return) ของปัจจัยทุน กล่าวคือ เมื่อประเทศใดประเทศหนึ่งพยายามเพิ่มการลงทุน เช่น สร้างโรงงานเพิ่ม ซื้อเครื่องมือเครื่องจักรเพิ่ม ตลอดจนสร้างโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ก็จะส่งผลให้สามารถผลิตสินค้าได้เพิ่มขึ้น ทำให้เศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการลงทุนมากขึ้นไปเรื่อยๆ จะถึงจุดจำกัดในที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากทุกประเทศมีปัจจัยการผลิตอื่นๆ จำกัด เช่น มีที่ดินจำกัด มีแรงงานที่มีทักษะที่เหมาะสม มีทรัพยากร และวัตถุดิบที่จำกัด ดังนั้นการเพิ่มปัจจัยทุนเข้าไปเรื่อยๆ สุดท้ายก็จะถึงขีดจำกัดทำให้ผลผลิตส่วนเพิ่ม (Marginal Product) ที่ได้รับเริ่มลดน้อยถอยลง ดังจะเห็นได้จากเส้น  $Y$  ซึ่งเป็นเส้นการผลิต หรือเส้นการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เป็นเส้นโค้งทอดลงมาเมื่อมีการเพิ่มปัจจัย  $K$  เมื่อมีการเพิ่มปัจจัยทุนเรื่อยๆ การผลิตก็จะถึงขีดจำกัด และมีการขยายตัวที่ลดลง ทำให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจชะลอลงด้วย

อย่างไรก็ตามตัวแบบของ Solow เชื่อว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ( $A$ ) จะมีผลกระทบต่อตัวแบบการผลิตด้วย กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีจะส่งผลให้เส้นการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งก็หมายความว่าปริมาณปัจจัยทุนเท่าเดิม จะทำให้ประเทศสามารถผลิตสินค้าและบริการได้มากขึ้นและมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมากยิ่งขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ( $A$ ) ของ Solow ไม่สามารถวัดกันได้ง่ายๆนัก ในแบบจำลองจึงให้เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดมาจากภายนอก (Exogenous Variable)

Van Den Berg (2001) ได้อธิบายถึงแนวคิดทฤษฎีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของนัก เศรษฐศาสตร์สำนักนีโอคลาสสิกที่ได้ทำการศึกษาถึงความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจโดยอาศัย ฟังก์ชันการผลิตซึ่งอยู่ในรูปทั่วไป ดังนี้

$$Y = f(K, L) \quad (2.2)$$

กำหนดให้  $Y$  = จำนวนผลผลิต

$K$  = ปัจจัยทุน

$L$  = ปัจจัยแรงงาน

$f$  = ฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตกับผลผลิต

แต่รูปทั่วไปของฟังก์ชันการผลิตดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ในการศึกษา กล่าวคือ ฟังก์ชันดังกล่าวสามารถนำมาใช้ได้ดีในการศึกษาเชิงคุณภาพ แต่สำหรับการศึกษาในเชิงปริมาณ รูปทั่วไปของฟังก์ชันการผลิตดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบในการศึกษาได้ เช่น สามารถอธิบายถึงการเพิ่มขึ้นของอัตราการออมว่าจะส่งผลต่อปัจจัยทุนและทำให้ระดับของผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าการเพิ่มขึ้นของระดับผลผลิตนั้น มีการเพิ่มขึ้นในปริมาณเท่าใด ดังนั้นเพื่อให้สามารถหาผลการศึกษาในเชิงปริมาณได้ จึงจำเป็นต้องทำให้ฟังก์ชันการผลิตมาอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Cobb-Douglas Production Function ดังนี้

$$Y = AK^\alpha L^\beta \quad (2.3)$$

กำหนดให้  $Y$  = จำนวนผลผลิต

$K$  = ปัจจัยทุน

$L$  = ปัจจัยแรงงาน

$A$  = เทคโนโลยีและปัจจัยอื่น ๆ ที่เหลือ

นำสมการ (2.3) มา Take Natural Logarithm เพื่อให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น จะได้

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad (2.4)$$

หาอนุพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (Differential) เทียบกับเวลา จะได้

$$\frac{d \ln Y}{dt} = \frac{d \ln A}{dt} + \alpha \frac{d \ln K}{dt} + \beta \frac{d \ln L}{dt} \quad (2.5)$$

โดยที่

$$\frac{d \ln Y}{dt} = \frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} \quad (2.6)$$

ทำให้อยู่ในรูปการเปลี่ยนแปลงจะได้

$$\frac{dY}{dt} = \dot{Y} = \Delta Y \quad (2.7)$$

ดังนั้น

$$\frac{d \ln Y}{dt} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\Delta Y}{Y} \quad (2.8)$$

ทำนองเดียวกับ  $\frac{d \ln Y}{dt}$  จะได้

$$\frac{d \ln A}{dt} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\Delta A}{A} \quad (2.9)$$

$$\frac{d \ln K}{dt} = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\Delta K}{K} \quad (2.10)$$

$$\frac{d \ln L}{dt} = \frac{\dot{L}}{L} = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.11)$$

นำสมการ (2.8), (2.9), (2.10) และ (2.11) แทนค่าในสมการ (2.5) จะได้

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \alpha \frac{\Delta K}{K} + \beta \frac{\Delta L}{L} \quad (2.12)$$

จากสมการ (2.12) ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลง สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$g_Y = g_A + \alpha g_K + \beta g_L \quad (2.13)$$

โดยที่

|       |   |  |
|-------|---|--|
| $g_Y$ | = | อัตราการเปลี่ยนแปลงของผลผลิต                   |
| $g_A$ | = | อัตราการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและปัจจัยอื่น ๆ |
| $g_K$ | = | อัตราการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทุน                |
| $g_L$ | = | อัตราการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแรงงาน             |

สมการ (2.13) แสดงให้เห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลง 2 ส่วน กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงในปัจจัยการผลิตซึ่งหมายถึงทุนกับแรงงาน และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีและปัจจัยอื่น ๆ ที่เหลือ โดยเราสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด ได้ดังนี้

$$g_Y = c + \beta_1 g_K + \beta_2 g_L + \varepsilon_{it} \quad (2.14)$$

นักเศรษฐศาสตร์เป็นจำนวนมากได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจและทำการวัดผลของปัจจัยเหล่านั้นที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยใช้ สมการ (2.14) เป็นพื้นฐานในการศึกษา ซึ่งเป็นปัจจัยต่าง ๆ ที่น่าจะสามารถอธิบายถึงการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจได้

#### 2.1.4 แนวคิดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ กรณีข้อมูลแบบพาแนล

##### 1) ข้อมูลพาแนล (Panel Data)

ข้อมูลพาแนลเป็นชุดข้อมูลที่เกิดจากการสังเกตซ้ำๆ หลายๆ ครั้งจากข้อมูลชุดเดิมตามระยะเวลาที่เลือกทำการศึกษา ดังนั้นจึงเป็นข้อมูลที่ประกอบไปด้วย ข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Data) กับข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) การประมาณการ โดยแยกปัจจัยที่กระทบแต่ละประเทศข้ามช่วงเวลา เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Panel Data Estimation ซึ่งข้อดีของการประมาณการโดยใช้ Panel Data Estimation (Gujarati, 2003 ; Verbeek, 2004) มีดังต่อไปนี้

1. สามารถอธิบายข้อมูลเฉพาะหน่วยที่มีความสัมพันธ์กันแบบข้ามเวลาได้และแก้ปัญหาที่เกิดจากการขาดข้อมูลในบางช่วงเนื่องจากอาจมีข้อจำกัดทางด้านข้อมูล อันเนื่องมาจากปัญหาการจัดเก็บข้อมูลหรือแหล่งที่มาของข้อมูล
2. ให้ผลการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลภาคตัดขวางและข้อมูลอนุกรมเวลา ไม่ว่าจะ เป็นในเรื่องความละเอียดความหลากหลายของ

ข้อมูล ความแตกต่างระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรมีน้อย รวมทั้งมีค่าระดับความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) สูงกว่า

3. อธิบายการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตของข้อมูลที่เกิดจากการสังเกตซ้ำๆ ได้ดี
4. วัด ได้ง่ายและให้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าการประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลภาคตัดขวางและอนุกรมเวลา เพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง
5. สามารถใช้วิเคราะห์แบบจำลองที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ได้ดีกว่า
6. สามารถใช้ได้กับค่าสังเกตที่มีจำนวนมากๆ ได้

นอกจากนี้ยังมีเหตุผลสำคัญที่ทำให้ข้อมูล Panel ได้เปรียบข้อมูลภาคตัดขวางและข้อมูลอนุกรมเวลาเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่งก็คือ ข้อมูล Panel ไม่มีข้อจำกัดด้านสมมติฐาน และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแต่ละหน่วยและข้ามช่วงเวลาได้

จากแบบจำลองข้อมูล Panel เขียนโดยทั่วไป

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (2.15)$$

เมื่อเพิ่ม Intercept Term จะเขียนได้เป็น

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (2.16)$$

|        |                    |     |  |
|--------|--------------------|-----|--|
| โดยที่ | $i$                | คือ | ข้อมูลภาคตัดขวาง ซึ่ง $i = 1, \dots, N$  |
|        | $t$                | คือ | ข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่ง $t = 1, \dots, T$  |
|        | $Y_{it}$           | คือ | เวกเตอร์ $1 \times 1$ ของตัวแปรตาม       |
|        | $\alpha$           | คือ | จำนวนจริง (Scalar)                       |
|        | $\beta_{it}$       | คือ | เวกเตอร์ $k \times 1$ ของค่าสัมประสิทธิ์ |
|        | $X_{it}$           | คือ | เวกเตอร์ $k \times 1$ ของตัวแปรอธิบาย    |
|        | $\varepsilon_{it}$ | คือ | ค่าความคลาดเคลื่อน                       |

## 2) การทดสอบพาแนลยูนิทรูท (Panel Unit Root Tests)

การทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบพาแนลยูนิทรูท (Verbeek, 2004) มีวิธีการทดสอบดังนี้

พิจารณาจาก Autoregressive Model

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma_i y_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (2.17)$$

สามารถเขียนได้เป็น

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \pi_i y_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (2.18)$$

โดยที่  $\pi_i = \gamma_i - 1$

$i = 1, 2, \dots, N$  (ข้อมูลภาคตัดขวาง) ในช่วงเวลา  $t = 1, 2, \dots, T$

$y_{it}$  คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables)

$\pi_{it}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ Autoregressive

$\varepsilon_{it}$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

สมมติฐาน คือ  $H_0: \pi_i = 0$

$H_1: \pi_i < 0$

ซึ่งในการทดสอบ Panel Unit Root นั้นมีวิธีการทดสอบทั้งหมด 5 วิธี ดังนี้

## 2.1) วิธีการทดสอบของ Levin, Lin, and Chu (LLC) (2002)

### 2.1.1) แบบจำลอง

ให้  $y_{it}$  เป็นข้อมูล Panel โดย  $i = 1, \dots, N$  เป็นข้อมูลภาคตัดขวางสำหรับแต่ละหน่วย และ  $t = 1, \dots, T$  เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา โดยมีข้อสมมติว่า แต่ละหน่วยข้อมูลมีลักษณะเหมือนกันทุกประการในระดับ First-Order แต่ค่าพารามิเตอร์ที่เกิดจากค่าความคลาดเคลื่อนอนุญาตให้แปรผันตามแต่ละหน่วยข้อมูล

สมมติให้  $y_{it}$  มาจากโมเดลต่อไปนี้

แบบจำลองที่ 1: ไม่มีค่าคงที่และไม่มีค่าแนวโน้ม

$$\Delta y_{it} = \delta y_{it-1} + \xi_{it} \quad (2.19)$$

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root คือ

$H_0: \delta = 0$  ข้อมูล Panel มี Unit Root

$H_1: \delta < 0$  ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root

แบบจำลองที่ 2: ค่าคงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละหน่วย

$$\Delta y_{it} = \alpha_{0i} + \delta y_{it-1} + \xi_{it} \quad (2.20)$$

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root คือ

$H_0: \delta = 0$  และ  $\alpha_{0i} = 0$  สำหรับทุก  $i$  ข้อมูล Panel มี Unit Root

$H_1$ :  $\delta < 0$  และ  $\alpha_{0i} \in R$  ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root

แบบจำลองที่ 3: ค่าคงที่และค่าแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละหน่วย

$$\Delta y_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_{1i}t + \delta y_{it-1} + \xi_{it} \quad (2.21)$$

โดยที่  $-2 < \delta \leq 0$  for  $i = 1, \dots, N$

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root คือ

$H_0$ :  $\delta = 0$  และ  $\alpha_{1i} = 0$  สำหรับทุก  $i$  ข้อมูล Panel มี Unit Root

$H_1$ :  $\delta < 0$  และ  $\alpha_{1i} \in R$  ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root

$\xi_{it}$  มีการกระจายอย่างเป็นอิสระตามแต่ละหน่วย

$$\xi_{it} = \sum_{j=1}^{\infty} \theta_{ij} \xi_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (2.22)$$

$i = 1, \dots, N$  และ  $t = 1, \dots, T$

### 2.1.2) ขั้นตอนการทดสอบ

$$\Delta y_{it} = \delta y_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL} \Delta y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mt} + \varepsilon_{it} \quad m = 1, 2, 3 \quad (2.23)$$

|        |                    |     |   |
|--------|--------------------|-----|---|
| โดยที่ | $\Delta y_{it}$    | คือ | Difference Term ของ $y_{it}$            |
|        | $y_{it}$           | คือ | ข้อมูล Panel                            |
|        | $\delta$           | คือ | $\rho - 1$                              |
|        | $p_i$              | คือ | จำนวน Lag Order สำหรับ Difference Terms |
|        | $d_{mt}$           | คือ | จำนวนตัวแปรภายนอก (Exogenous Variable)  |
|        | $\varepsilon_{it}$ | คือ | ค่าความคลาดเคลื่อน                      |

กระบวนการทดสอบมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการถดถอยสมการ ADF ของแต่ละหน่วย ทำให้ได้ส่วนตกค้างลงเหลือสองตัวจากสมการ (2.23)

The Lag Order  $p_i$  กำหนดให้แปรผันไปตามแต่ละหน่วย จากนั้นให้เลือก Lag ที่เหมาะสมที่สุด  $p_{\max}$  และใช้ค่า t-statistics ของ  $\hat{\theta}_{iL}$  อธิบาย แล้วทำการถดถอยสมการจะได้ส่วนตกค้างคือ

$$\hat{e}_{it} = \Delta y_{it} - \sum_{L=1}^{Pi} \hat{\pi}_{iL} \Delta y_{it-L} - \tilde{\alpha}_{mi} d_{mt} \quad (2.24)$$

$$\text{และ} \quad \hat{v}_{it} = y_{it-1} - \sum_{L=1}^{Pi} \hat{\pi}_{iL} \Delta y_{it-L} - \tilde{\alpha}_{mi} d_{mt} \quad (2.25)$$

เพื่อควบคุมข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน จึงทำการปรับ  $\hat{e}_{it}$  และ  $\hat{v}_{it}$  โดยทำการถดถอยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสมการ  $Y_{it} = \alpha_i + X'_{it} \beta_{it} + \varepsilon_{it}$

$$\tilde{e}_{it} = \frac{\hat{e}_{it}}{\hat{\sigma}_{\varepsilon}}, \hat{v}_{it-1} = \frac{\hat{v}_{it-1}}{\hat{\sigma}_{\varepsilon}} \quad (2.26)$$

โดยที่  $\hat{\sigma}_{\varepsilon}$  คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการถดถอยสมการสมการ (2.23) ซึ่งสามารถหาค่าได้จาก

$$\hat{e}_{\varepsilon}^2 = \frac{1}{T - p_i - 1} \sum_{t=p_i+2}^T (\hat{e}_{it} - \hat{\delta}_i \hat{v}_{it-1})^2 \quad (2.27)$$

**ขั้นตอนที่ 2** ทำการคำนวณหาอัตราส่วนของค่าความแปรปรวนระยะสั้นกับค่าความแปรปรวนระยะยาวสำหรับแต่ละหน่วยภายใต้สมมติฐานหลักของ Unit Root ค่าความแปรปรวนระยะยาว จากแบบจำลองที่ 1 หาได้จาก

$$\hat{e}_{yi}^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T \Delta y_{it}^2 + 2 \sum_{L=1}^{\bar{k}} W_{\bar{k}L} \left[ \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T \Delta y_{it} \Delta y_{it-L} \right] \quad (2.28)$$

จากแบบจำลองที่ 2 แทนที่  $\Delta y_{it}$  ในสมการ (2.23) ด้วย  $\Delta y_{it} - \Delta \bar{y}_i$  โดย  $\Delta \bar{y}_i$  คือ ค่าเฉลี่ยของ  $\Delta y_{it}$  สำหรับแต่ละหน่วย ( $i$ )

สำหรับแต่ละหน่วย อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะยาวต่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะสั้น คือ

$$s_i = \sigma_{yi} / \sigma_{\varepsilon} \quad (2.29)$$

และ  $\hat{s}_i = \hat{\sigma}_{yi} / \hat{\sigma}_{\varepsilon}$  ทำให้อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น  $s_N = (1/N) \sum_i s_i$  และ  $\hat{s}_N = (1/N) \sum_i \hat{s}_i$  ซึ่งค่านี้มีความสำคัญในการอธิบายความหมายของค่า  $t$ -statistics ในขั้นตอนที่ 3

### ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า $t$ -statistics โดยวิธี Pooled

$$\text{จากสมการ Pooled: } \tilde{e}_{it} = \delta \tilde{v}_{it-1} + \tilde{\varepsilon}_{it} \quad (2.30)$$

โดยมีปัจจัยพื้นฐานคือ มีจำนวนค่าสังเกตเท่ากับ  $NT$  โดย  $\tilde{T} = T - \bar{p} - 1$

คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตต่อหน่วยในข้อมูล Panel และ  $\bar{p} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i$  คือ ค่าเฉลี่ยของ Lag

สำหรับแต่ละหน่วยจาก ADF Regression

ขั้นตอนการหาค่า  $t$ -statistics เพื่อทดสอบว่า  $\delta = 0$

$$t_\delta = \frac{\hat{\delta}}{STD(\hat{\delta})} \quad (2.31)$$

โดยที่

$$\hat{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2+p_i}^T \tilde{v}_{it-1}^2 \tilde{e}_{it}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2+p_i}^T \tilde{v}_{it-1}^2} \quad (2.32)$$

$$STD(\hat{\delta}) = \hat{\sigma}_{\varepsilon} \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{t=2+p_i}^T \tilde{v}_{it-1}^2 \right]^{-1/2} \quad (2.33)$$

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 = \left[ \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=2+p_i}^T (\tilde{e}_{it} - \hat{\delta} \tilde{v}_{it-1})^2 \right] \quad (2.34)$$

ภายใต้สมมติฐาน  $H_0: \delta = 0$  ทำการลดรอยเพื่อหาค่า  $t$ -statistics ( $t_\delta$ ) ทำให้เกิดการกระจายแบบปกติใน แบบจำลองที่ 1 แต่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนเข้าสู่  $-\infty$  ในแบบจำลองที่ 2 และแบบจำลองที่ 3 อย่างไรก็ตามเพื่อความง่ายยิ่งขึ้นจึงมีการปรับค่า  $t$ -statistics เป็น

$$t_\alpha^* = \frac{t_\alpha - N\tilde{T}\hat{S}_N \hat{\sigma}^{-2} STD(\hat{\delta}) \mu_{m\bar{T}}^*}{\sigma_{m\bar{T}}^*} \rightarrow N(0,1) \quad (2.35)$$

ค่าสถิติ  $t$ -statistics ของ  $\hat{\alpha}$  ที่มีการแจกแจงแบบปกติ หาได้ดังนี้

$$t_{\alpha}^* = \frac{t_{\alpha} - N\tilde{T}S_N \hat{\sigma}^{-2} se(\hat{\alpha}) \mu_{m\bar{T}}}{\sigma_{m\bar{T}}} \rightarrow N(0,1) \quad (2.36)$$

|        |  |  |
|--------|--|--|
| โดยที่ | $t_{\alpha}^*$                           | คือ ค่าสถิติ $t$ -statistics สำหรับ $\hat{\alpha} = 0$                       |
|        | $\hat{\sigma}^{-2}$                      | คือ ค่าความแปรปรวนที่ประมาณได้จากความคลาดเคลื่อน (Error Term)                |
|        | $se(\hat{\alpha})$                       | คือ Standard Error ของ $(\hat{\alpha})$                                      |
|        | $S_N$                                    | คือ อัตราส่วนค่าเฉลี่ย Standard Deviation (Average Standard Deviation Ratio) |
|        | $\mu_{m\bar{T}}$ และ $\sigma_{m\bar{T}}$ | คือ Adjustment Term ของค่าเฉลี่ย (Mean) และ Standard Deviation               |

ถ้าค่าเฉลี่ย  $t$ -statistics ของ  $t_{\alpha}^*$  มีนัยสำคัญทางสถิติ (Significant) แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root แต่ถ้า  $t_{\alpha}^*$  ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel มี Unit Root

2.2) **วิธีทดสอบของ Breitung (2000)** มีวิธีการทดสอบ Panel Unit Root เช่นเดียวกับ LLC Test แต่การหาค่าตัวแทนแตกต่างกัน คือ

$$\text{จาก} \quad \Delta \tilde{y}_{it} = \left( \Delta y_{it} - \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\beta}_{ij} \Delta y_{it-j} \right) / s_i \quad (2.37)$$

$$\tilde{y}_{it-1} = \left( y_{it-1} - \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\beta}_{ij} y_{it-j} \right) / s_i \quad (2.38)$$

สามารถเขียนได้เป็น

$$\Delta y_{it}^* = \sqrt{\frac{T-t}{T-t+1}} \left( \Delta \tilde{y}_{it} - \frac{\Delta \tilde{y}_{it+1} + \dots + \Delta \tilde{y}_{it+T}}{T-t} \right) \quad (2.39)$$

$$y_{it}^* = \Delta \tilde{y}_{it-1} - c_{it} \quad (2.40)$$

ค่าพารามิเตอร์  $\alpha$  หาได้จากสมการตัวแทน

$$\Delta y_{it}^* = \alpha y_{it-1}^* + v_{it} \quad (2.41)$$

ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลักคือ

$$B_{nT} = \left[ \left( \frac{\hat{\sigma}^2}{nT^2} \right) \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^{T-1} (y_{it-1}^*)^2 \right]^{-1/2} \left[ \left( \frac{1}{\sqrt{nT}} \right) \left( \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^{T-1} (y_{it}^*) (y_{it-1}^*) \right) \right] \quad (2.42)$$

$$\text{หรือ } B_{nT} = [B_{2nT}]^{\frac{1}{2}} B_{1nT} \quad (2.43)$$

โดยที่  $\hat{\sigma}^2$  คือ ค่าประมาณของ  $\sigma^2$   
 $B_{nT}$  คือ ค่าสถิติ  $t$ -statistics ของ Breitung

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root คือ

$H_0$ : ข้อมูล Panel มี Unit Root

$H_1$ : ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root

ถ้าค่าสถิติ  $t$ -statistics ของ  $B_{nT}$  มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือ ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root แต่ถ้า  $B_{nT}$  ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel มี Unit Root

2.3) วิธีทดสอบ IPS (Im, Pesaran and Shin, 2003) ทดสอบโดยใช้ Augmented Dickey-Fuller (ADF) โดยแยกพิจารณาข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วย มีสมการดังนี้

$$\text{จาก } \Delta y_{it} = \alpha y_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X'_{it} \delta + \varepsilon_{it} \quad (2.44)$$

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root คือ

$H_0$ :  $\alpha_i = 0$  สำหรับทุก  $i$

$H_1$ :  $\begin{cases} \alpha_i = 0 & \text{สำหรับ } i = 1, 2, \dots, N_1 \\ \alpha_i < 0 & \text{สำหรับ } i = N + 1, N + 2, \dots, N \end{cases}$

ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ  $t$ -statistics สำหรับ  $\alpha_i$  คือ

$$\bar{t}_{NT} = \left( \sum_{i=1}^N t_{iT}(p_i) \right) / N \quad (2.45)$$

โดยที่  $\bar{t}_{NT}$  มีการแจกแจงแบบปกติและสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$W_{iNT} = \frac{\sqrt{N} \left( \bar{t}_{NT} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(\bar{t}_{iT}(p_i)) \right)}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(\bar{t}_{iT}(p_i))}} \rightarrow N(0,1) \quad (2.46)$$

โดยที่  $W_{iNT}$  คือ  $W$ -statistics

ถ้า  $W_{iNT}$  มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root แต่ถ้า  $W_{iNT}$  ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel มี Unit Root

2.4) **วิธีทดสอบ Fisher Type Test** โดยใช้ ADF และ PP-Test (Maddala and Wu (1999) and Choi (2001) ใช้ Fisher's ( $P_\lambda$ ) Test ในการทดสอบโดยการรวมค่า  $p$ -value

โดยที่  $\pi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) คือ ค่า  $p$ -value ของการทดสอบ Unit Root ของข้อมูลภาคตัดขวาง  $i$  จากข้อมูลภาคตัดขวางทั้งหมด  $N$  เป็นตัวแปรอิสระที่มี  $U(0,1)$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-Squared:  $\chi^2$ ) และมี Degree of Freedom เท่ากับ  $2N$  ดังนี้

$$P_\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \log_e \pi_i \quad (2.47)$$

ในกรณีของ Choi ให้  $p_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) คือ ค่า  $p$ -value ของการทดสอบ Unit Root ของข้อมูลภาคตัดขวาง  $i$  จากข้อมูลภาคตัดขวางทั้งหมด

$$P_\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \ln(p_i) \rightarrow \chi_{2N}^2 \quad (2.48)$$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ

$$Z = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N \phi^{-1}(p_i) \quad (2.49)$$

โดยที่  $\phi(\cdot)$  มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน  $N(0,1)$  และ

$$L = \sum_{i=1}^N \ln \left( \frac{P_i}{1-P_i} \right) \quad (2.50)$$

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root ด้วย Fisher's ( $P_\lambda$ ) Test และ Z – Statistics Test คือ

$$\begin{aligned} H_0 &: \text{ข้อมูล Panel มี Unit Root} \\ H_1 &: \text{ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root} \end{aligned}$$

ถ้าทั้ง Fisher's ( $P_\lambda$ ) Test และ Z – Statistics Test มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root แต่ถ้าทั้ง Fisher's ( $P_\lambda$ ) Test และ Z – Statistics Test ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel มี Unit Root

2.5) วิธีทดสอบของ Hadri (1999) ทำการทดสอบจากส่วนที่คงเหลือ (Residual) จากสมการ Ordinary Least Square ของ  $y_{it}$  ที่คงที่ (Constant) และมีแนวโน้ม (Trend)

$$\text{จาก} \quad y_{it} = \delta_i + \eta_i t + \varepsilon_{it} \quad (2.51)$$

โดยที่  $y_{it}$  คือ Panel Data ซึ่ง ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) คือ Cross-Section Unit หรือ คือ Cross-Section

$\delta_i$  คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

$\eta_i$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ  $t$  หรือแนวโน้ม (Trend)

$\varepsilon_{it}$  คือ ส่วนคงเหลือ หรือส่วนที่ตกค้าง (Residual)

ให้ส่วนคงเหลือจากการถดถอย  $\varepsilon_{it}$  อยู่ในรูปของค่าสถิติ LM (LM Statistic)

$$LM_1 = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \left( \sum_t S_i(t)^2 / T^2 \right) / f_0 \right) \quad (2.52)$$

โดยที่  $S_i(t)$  คือ ค่าสะสมของ Sums of The Residuals

$$S_i(t) = \sum_{s=1}^t \hat{\varepsilon}_{is} \quad (2.53)$$

และ  $\bar{f}_0$  คือ ค่าเฉลี่ยของการประมาณค่าส่วนคงเหลือที่ความถี่เท่ากับศูนย์

$$\bar{f}_0 = \sum_{i=1}^N f_{i0} / N \quad (2.54)$$

สำหรับค่าสถิติ  $LM$  ( $LM$  Statistic) ในกรณีที่  $i$  มีความแตกต่างกัน (Heteroskedasticity) เขียนสมการได้ดังนี้

$$LM_2 = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \left( \sum_t S_i(t)^2 / T^2 \right) / f_{i0} \right) \quad (2.55)$$

ดังนั้นจึงใช้  $LM_1$  ในกรณีเป็น Homoskedasticity และใช้  $LM_2$  ในกรณีที่เป็น Heteroskedasticity ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลักคือ  $Z$ -Statistics ดังนี้

$$Z = \frac{\sqrt{N}(LM - \xi)}{\zeta} \rightarrow N(0,1) \quad (2.56)$$

โดยที่  $N$  คือ จำนวนค่าสังเกตในข้อมูล Panel

$\xi = 1/6$  และ  $\zeta = 1/45$  ถ้าแบบจำลองมีค่าคงที่เพียงอย่างเดียว ( $\eta_i$  มีค่าเป็นศูนย์ สำหรับทุกๆ  $i$ )

$\xi = 1/15$  และ  $\zeta = 11/6300$  สำหรับกรณีอื่น

สมมติฐานการทดสอบ Panel Unit Root คือ

$H_0$ : ข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root

$H_1$ : ข้อมูล Panel มี Unit Root

ถ้าค่าสถิติ  $Z$ -Statistics มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel มี Unit Root แต่ถ้า  $Z$ -Statistics ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก หรือข้อมูล Panel ไม่มี Unit Root

### 3) การทดสอบพหุสมการโคอินทิเกรชัน (Panel Cointegration Tests)

การทดสอบพหุสมการโคอินทิเกรชัน (Panel Cointegration Tests) หรือการทดสอบความสัมพันธ์ในแบบจำลอง ซึ่งการทดสอบพหุสมการโคอินทิเกรชัน ทดสอบด้วยวิธี Pedroni Test และ วิธี Kao Test ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



### 3.1) วิธี Pedroni Test

Pedroni (1999, 2001, 2004) เสนอวิธีการทดสอบพหุสมการโคอินทิเกรชันที่มีพื้นฐานมาจากการทดสอบโคอินทิเกรชันของ Engle-Grange ซึ่งวิธีการทดสอบของ Pedroni จะให้ข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วยมีค่าคงที่ (Intercept) และแนวโน้ม (Trend) แตกต่าง (Heterogeneous) พิจารณาจากสมการถดถอยดังนี้

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} X_{1i,t} + \beta_{2i} X_{2i,t} + \dots + \beta_{Mi} X_{Mi,t} + e_{i,t} \quad (2.57)$$

โดยที่  $i = 1, 2, \dots, N$  คือ ข้อมูลภาคตัดขวาง

$t = 1, 2, \dots, T$  คือ ข้อมูลอนุกรมเวลา

และ  $m = 1, 2, \dots, M$  คือ ตัวแปรถดถอย

สมมติให้  $y_{it}$  และ  $X_{Mi,t}$  มี Order of Integration = 1 หรือ  $I(1)$  สำหรับแต่ละหน่วย  $i$

ค่าสัมประสิทธิ์  $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \dots, \beta_{Mi}$  ของภาคตัดขวางแต่ละหน่วยจะแตกต่างกัน สำหรับค่าพารามิเตอร์  $\alpha_i$  คือ ผลกระทบของภาคตัดขวางแต่ละหน่วย (Individual Effects) ซึ่งแต่ละหน่วยภาคตัดขวางจะมีความแตกต่างกัน ส่วน  $\delta_i t$  คือ ผลกระทบจากแนวโน้ม (Trend Effects) ซึ่งแต่ละหน่วยภาคตัดขวางจะมีความแตกต่างกัน หรืออาจกำหนดให้ไม่มีผลกระทบจากแนวโน้ม

ภายใต้สมมติฐานหลัก  $H_0$  : ไม่มีโคอินทิเกรชัน ส่วนคงค้างหรือส่วนคงเหลือ (Residual)  $e_{i,t}$  ซึ่งได้จากการถดถอยสมการ (2.57) จะเป็น  $I(1)$  และทดสอบได้จากสมการดังนี้

$$e_{it} = \rho_i e_{it-1} + \mu_{it} \quad (2.58)$$

หรือ

$$e_{it} = \rho_i e_{it-1} + \sum_{j=1}^p \psi_{ij} \Delta e_{it-j} + v_{it} \quad (2.59)$$

สำหรับข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วยมีหลายวิธีในการสร้างค่าสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานหลักและมีสมมติฐานรอง 2 แบบที่แตกต่างกัน

สมมติฐานในการทดสอบพหุสมการโคอินทิเกรชัน กรณีที่สมมติให้ข้อมูลภาคตัดขวางทุกหน่วยมีลักษณะเหมือนกัน (Homogeneous)

$$H_0 : \text{ไม่มีโคอินทิเกรชัน } (\rho_i = 1)$$

$$H_1 : \text{มีโคอินทิเกรชัน } (\rho_i = \rho) < 1 \text{ สำหรับทุก } i$$

สมมติฐานในการทดสอบพหุสมการโคอินทิเกรชัน กรณีที่สมมติให้ข้อมูลภาคตัดขวางทุกหน่วยมีลักษณะแตกต่างกัน (Heterogeneous)

$H_0$  : ไม่มีโคอินทิเกรชัน ( $\rho_i = 1$ )

$H_1$  : มีโคอินทิเกรชัน  $\rho_i < 1$  สำหรับทุก  $i$

ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบโคอินทิเกรชัน คือ  $\mathfrak{N}_{N,T}$  ซึ่งได้จากส่วนตกค้างจากสมการ (2.58) หรือ (2.59) ซึ่งจะได้ค่าสถิติทั้งหมด 7 ค่าเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลักได้แก่ (Pedroni, 1999)

ค่าสถิติ Panel  $v$ -Statistic คือ

$$T^2 N^{\frac{2}{3}} Z \hat{v}_{N,T} \equiv T^2 N^{\frac{2}{3}} \left( \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1} \quad (2.60)$$

ค่าสถิติ Panel  $\rho$ -Statistic คือ

$$T \sqrt{N} Z \hat{\rho}_{N,T} \equiv T \sqrt{N} \left( \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i) \quad (2.61)$$

ค่าสถิติ Panel  $pp$ -Statistic คือ

$$Z t_{N,T} \equiv \left( \hat{\sigma}_{N,T}^2 \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1/2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i) \quad (2.62)$$

ค่าสถิติ Panel  $ADF$ -Statistic คือ

$$\tilde{Z}^* t_{N,T} \equiv \left( \tilde{s}_{N,T}^{*2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1/2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{1li}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^* \Delta \hat{e}_{i,t}^* \quad (2.63)$$

ค่าสถิติ Group  $\rho$ -Statistic คือ

$$TN^{-1/2} \tilde{Z} \hat{\rho}_{N,T} \equiv TN^{-1/2} \sum_{i=1}^N \left( \sum_{t=1}^T \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1} \sum_{t=1}^T (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i) \quad (2.64)$$

ค่าสถิติ Group  $pp$ -Statistic คือ

$$N^{-1/2} \tilde{Z} t_{N,T} \equiv N^{-1/2} \sum_{i=1}^N \left( \hat{\sigma}_i^2 \sum_{t=1}^T \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1/2} \sum_{t=1}^T (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i) \quad (2.65)$$

ค่าสถิติ Group  $ADF$ -Statistic คือ

$$N^{-1/2} \tilde{Z}^* t_{N,T} \equiv N^{-1/2} \sum_{i=1}^N \left( \sum_{t=1}^T \hat{s}_{N,T}^{*2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1/2} \sum_{t=1}^T \hat{e}_{i,t-1}^* \Delta \hat{e}_{i,t}^* \quad (2.66)$$

ซึ่งค่าสถิติพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลัก คือ

$$\frac{N_{N,T} - \mu\sqrt{N}}{\sqrt{v}} \Rightarrow N(0,1) \quad (2.67)$$

โดยที่  $N_{N,T}$  คือ รูปแบบที่เหมือนกันของค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โคอินทิเกรชันของแต่ละวิธีทดสอบให้  $\mu$  และ  $v$  คือ ตัวปรับค่า Monte Carlo ของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

โดยค่าสถิติ Panel Statistics จะใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลักในกรณีที่สมมติฐานให้ข้อมูลภาคตัดขวางทุกหน่วยมีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งเป็นการทดสอบ Panel Cointegration Test หรือ Within Dimension และค่าสถิติ Group Panel Statistics จะใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลัก ในกรณีที่สมมติฐานให้ข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วยมีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการทดสอบ Group Mean Panel Cointegration Test หรือ Between Dimension

ถ้าค่าสถิติ Panel Statistics ปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงว่าตัวแปรในแบบจำลองพาแนลโคอินทิเกรชันของทุกหน่วยภาคตัดขวางมีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้าค่าสถิติ Group Panel Statistics ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าตัวแปรในแบบจำลองพาแนลโคอินทิเกรชันของภาคตัดขวาง อย่างน้อย 1 หน่วย มีความสัมพันธ์กัน

### 3.2) วิธี Kao Test

Kao (1999) ได้เสนอวิธีการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน โดยมีวิธีการทดสอบพื้นฐานคล้ายกับวิธีของ Pedroni แต่ให้ข้อมูลภาคตัดขวางมีค่าคงที่ (Intercepts) แตกต่างกันและให้ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากันในตัวแปรที่ทำการถดถอยครั้งแรก (First-Stage Regressors) พิจารณาจากสมการดังนี้

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + e_{it} \quad (2.68)$$

$$\text{สำหรับ} \quad y_{it} = y_{it-1} + u_{it} \quad (2.69)$$

$$x_{it} = x_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (2.70)$$

โดยที่  $i = 1, 2, \dots, N, t = 1, 2, \dots, T$  ทำการถดถอยสมการ (2.57) ซึ่งให้  $\alpha_i$  ของข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วยแตกต่างกัน  $\beta_i$  ของข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วยเหมือนกันและให้ค่าสัมประสิทธิ์  $\gamma_i$  ทั้งหมดของแนวโน้มมีค่าเข้าสู่ 0

ทำการถดถอย 
$$e_{it} = \rho e_{it-1} + v_{it} \quad (2.71)$$

หรือ 
$$e_{it} = \tilde{\rho} e_{it-1} \sum_{j=1}^p \psi_j \Delta e_{it-j} + v_{it} \quad (2.72)$$

สมมติฐานหลักการทดสอบ คือ  $H_0 : \rho_i = 1$  (ไม่มีโคอินทิเกรชัน) ค่าสถิติในการทดสอบด้วยวิธี Dickey-Fuller (DF) คือ

$$DF_\rho = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}-1) + 3\sqrt{N}}{\sqrt{10.2}} \quad (2.73)$$

$$DF_t = \sqrt{1.25t_\rho} + \sqrt{1.875N} \quad (2.74)$$

$$DF_\rho^* = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}-1) + 3\sqrt{N}\hat{\sigma}_v^2 / \hat{\sigma}_{0v}^2}{\sqrt{3 + 36\hat{\sigma}_v^4 / 5\hat{\sigma}_{0v}^4}} \quad (2.75)$$

$$DF_t^* = \frac{t_\rho + \sqrt{6N}\hat{\sigma}_v / (2\hat{\sigma}_{0v}^2)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{0v}^2 / (2\hat{\sigma}_v^2) + 3\hat{\sigma}_v^2 / (10\hat{\sigma}_{0v}^2)}} \quad (2.76)$$

และ  $\rho > 0$  ค่าสถิติในการทดสอบด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) คือ

$$ADF = \frac{t_\rho + \sqrt{6N}\hat{\sigma}_v / (2\hat{\sigma}_{0u}^2)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{0v}^2 / (2\hat{\sigma}_v^2) + 3\hat{\sigma}_v^2 / (10\hat{\sigma}_{0v}^2)}} \quad (2.77)$$

ซึ่งค่าสถิติมีการแจกแจงปกติมาตรฐาน หรือ  $N(0,1)$  ค่าความแปรปรวน คือ  $\hat{\sigma}_v^2 = \hat{\sigma}_u^2 - \hat{\sigma}_{ue}^2 \hat{\sigma}_\varepsilon^{-2}$  และค่าความแปรปรวนในระยะยาว คือ  $\hat{\sigma}_{0v}^2 = \hat{\sigma}_{0u}^2 - \hat{\sigma}_{0ue}^2 \hat{\sigma}_{0\varepsilon}^{-2}$

ค่าความแปรปรวนร่วมของ  $w_{it} = \begin{bmatrix} u_{it} \\ \varepsilon_{it} \end{bmatrix}$  (2.78)

ประมาณค่าโดย 
$$\hat{\Sigma} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_u^2 & \hat{\sigma}_{ue}^2 \\ \hat{\sigma}_{ue}^2 & \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{w}_{it} \hat{w}_{it}' \quad (2.79)$$

และค่าความแปรปรวนร่วมในระยะยาวประมาณค่าโดย

$$\hat{\Omega} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{0u}^2 & \hat{\sigma}_{0u\varepsilon}^2 \\ \hat{\sigma}_{0u\varepsilon}^2 & \hat{\sigma}_{0\varepsilon}^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{w}_{it} \hat{w}'_{it} + \kappa(\hat{w}_i) \right] \quad (2.80)$$

โดย  $\kappa$  คือ Kernel Fuction

#### 4) การทดสอบสมการพหุคูณ (Panel Equation Testing)

การทดสอบสมการพหุคูณ คือ การทดสอบว่าควรทำการประมาณค่าแบบจำลอง Panel Cointegration รูปแบบใดระหว่าง Pooled OLS, Fixed Effects Model หรือ Random Effects Model สำหรับการศึกษานี้จะทำการทดสอบสมการพหุคูณ 2 วิธี คือ วิธี Hausman Test และวิธี Redundant Fixed Effects Test มีรายละเอียดดังนี้

##### 4.1) วิธี Hausman Test

เป็นการทดสอบว่าควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบใดระหว่าง Fixed Effects และ Random Effects ภายใต้สมมติฐานหลัก คือค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ

$$H_0 : E(u_{it} / X_{it}) = 0$$

โดยวิธีการของ Hausman (1978) ทดสอบโดยสมมติให้การประมาณค่าความแปรปรวนร่วมของ Fixed Effects และ Random Effects มีค่าเท่ากัน ( $\hat{\beta}_{RE} - \hat{\beta}_{FE} = 0$ ) ถ้ายอมรับสมมติฐานหลักควรทำการประมาณแบบจำลองในรูปแบบ Random Effects ถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลักควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบ Fixed Effects

##### 4.2) วิธี Redundant Fixed Effects Test

Moulton and Randolph (1989) พบว่า Anova F-test ที่ใช้ทดสอบ Fixed Effects เหมาะสำหรับ One-way Error Component ซึ่ง Anova F-test มีสมการในรูปแบบทั่วไป คือ

$$F = \frac{y'MD(D'MD) - D'My/(p-r)}{y'Gy/[NT - (\tilde{k} + p - r)]} \quad (2.81)$$

โดยมีสมมติฐานหลักว่าข้อมูลมีการกระจายแบบ F-distribution

$$H_0 : \sigma_\mu^2 = 0$$

เมื่อ  $p-r$  และ  $NT - (\tilde{k} + p - r)$  คือ Degree of Freedom,  $D = I_N \otimes I_T$ ,  $M = \bar{P}_z$ ,  $\tilde{k} = K'$ ,  $p = N$ ,  $r = K' + N - \text{rank}(Z, D)$  และ  $G = \bar{P}_{(Z, D)}$  เมื่อ  $P_z = Z(Z'Z)^{-1}Z'$

## 5) การประมาณค่าแบบจำลองพาแนล (Panel Estimation)

การประมาณค่าความสัมพันธ์ของแบบจำลองพาแนล ที่พิจารณาแยกความแตกต่างของหน่วยภาคตัดขวางและช่วงเวลาที่ต่างกัน จะทำการประมาณค่าโดยแยกปัจจัยที่กระทบต่อหน่วยภาคตัดขวางและช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยข้อสมมติของค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์มีได้หลายแบบ ซึ่งมีการประมาณค่าแบบจำลองที่มีข้อสมมติของค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ต่างกัน สามารถแสดงได้ 3 ประเภท ดังนี้

การวิเคราะห์แบบจำลอง Panel Data มี 3 ประเภท คือ

1. Pooled OLS
2. Fixed Effects Models
3. Random Effects Models

แบบจำลองทั้งสอง 3 ประเภทนี้ เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเป็น Dynamic Panel, Robust และ Covariance Structure Models

### 5.1) แบบจำลอง Pooled OLS

การวิเคราะห์แบบ Constant Coefficient Models หรือแบบจำลอง ที่ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าคงที่ หรือเรียกว่า Pooled regression model เป็นการประมาณ Panel Model ที่กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์รวมถึงค่าคงที่และสัมประสิทธิ์มีค่าคงที่ด้วย โดยเป็นการประมาณข้อมูลที่เป็นข้อมูลภาคตัดขวางและอนุกรมเวลาด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

การประมาณแบบ Pooled Estimator เป็นวิธีการประมาณที่ง่ายและเป็นพื้นฐานการประมาณแบบอื่น ๆ โดยแบบจำลองพื้นฐานที่ใช้ในการประมาณคือ

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (2.82)$$

โดยสมมติให้  $\varepsilon_{it} \approx IID(0, \sigma^2_\varepsilon)$  สำหรับทุก  $i$  และ  $t$  นั่นคือให้ค่าของแต่ละประเทศและค่าสังเกตเป็นค่าอนุกรมที่ไม่เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ ในขณะที่แต่ละประเทศ ช่วงเวลาและพจน์รบกวน เป็นความเบี่ยงเบนที่มีลักษณะคงที่

การประมาณแบบจำลองข้างต้นเป็นการประมาณทางตรงนี้ ซึ่งสมมติให้มีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงเส้นตรงของคลาสสิก วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์แบบ Pooled Data จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด สมมติฐานคือแต่ละค่าสังเกตจะมีลักษณะเป็น iid (Yaffee, 2003)

## 5.2) แบบจำลอง Fixed Effects Models

แบบจำลอง Fixed Effects Models เป็นการประมาณแบบจำลองโดยสมมติให้ค่าคงที่ของสมการเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละหน่วยหรือตามแต่ละประเทศโดยที่

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2.83)$$

โดยที่  $i = 1, 2, \dots, N$

$t = 1, 2, \dots, T$

โดย  $i$  คือจำนวนของประเทศ และ  $t$  คือลำดับของช่วงเวลา และสมมติให้  $N$  คือ จำนวนที่มากที่สุดของประเทศ และให้  $T$  คือ จำนวนที่มากที่สุดของช่วงเวลา ถ้าแต่ละประเทศ มีจำนวนเวลาเท่ากันทุกประเทศ เราจะเรียก Panel Data นี้ว่า Balance Panel

จากข้อสมมติเกี่ยวกับค่าคงที่ และค่าสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันออกไปสามารถแบ่งจำลอง Fixed Effects Models ได้ดังนี้ (Gujarati, 2003)

5.2.1) เป็นการสมมติให้ค่าสัมประสิทธิ์ทุกค่าเป็นค่าคงที่หรือมีค่าเดียวกันในทุกช่วงประเทศและช่วงเวลา และพจน์คลาดเคลื่อนมีค่าแตกต่างกันในทุกประเทศ และช่วงเวลา โดยใช้การประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุด

5.2.2) รูปแบบนี้เป็นการสมมติให้ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าคงที่ แต่ค่าคงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละประเทศซึ่งจะให้ค่าคงที่มีหลายค่าตามจำนวนประเทศ โดยสมมติให้ค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละประเทศเป็นค่าคงที่ นั่นคือค่าคงที่ที่ประมาณได้จากสมการมีค่าแตกต่างกันสำหรับหน่วย  $i$  ที่แตกต่างกันเขียนสมการได้ดังนี้ (Verbeek, 2004)

จากสมการ (2.16) แสดงแบบจำลองของข้อมูลพาแนล

$$Y_{it} = \alpha_i + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (2.84)$$

โดยที่  $\varepsilon_{it} \approx IID(0, \sigma^2_\varepsilon)$

ให้  $X_{it}$  ไม่ขึ้นอยู่กับ  $\varepsilon_{it}$  เขียนสมการถดถอยโดยมีตัวแปรหุ่นเป็นแต่ละหน่วย  $i$  ได้ดังนี้

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^N \alpha_j d_{ij} + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (2.85)$$

โดยที่  $d_{ij} = 1$  ถ้า  $i = j$   
และ  $d_{ij} = 0$  อื่นๆ

จากสมการ (2.85) จึงมีกลุ่มของตัวแปรหุ่นจำนวน  $N$  และค่าพารามิเตอร์ คือ  $\alpha_1, \dots, \alpha_N$  และ  $\beta$

ให้  $y_{it}$  คือ ตัวแปรตาม  $X_{2it}, X_{3it}$  คือ ตัวแปรอิสระ และ  $\varepsilon_{it}$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนซึ่ง  $i = 1, 2, 3, 4$  และ  $t = 1, 2, \dots, 20$  โดย  $D_{2i}, D_{3i}, D_{4i}$  เป็นตัวแปรหุ่นของหน่วยที่ต่างกัน

จากสมการ (2.84) สามารถเขียนแบบจำลองพหุคูณได้ดังนี้

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2.86)$$

ดังนั้นสามารถเขียนแบบจำลอง Fixed Effects Model ได้ดังนี้

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2.87)$$

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของหน่วย สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_4 D_{4i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2.88)$$

โดยตัวแปรหุ่นที่ใช้ในสมการจะมีน้อยกว่าจำนวนของประเทศ 1 ค่า ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการติดตัวแปรหุ่นและค่า  $\alpha_1$  แสดงถึงค่าคงที่ของประเทศที่ไม่ได้ใช้ตัวแปรหุ่น การใช้ตัวแปรหุ่นในการประมาณ Fixed Effects ในสมการ (2.88) นั้นเรียกว่า Least-Squares Dummy Variable Model (LSDV)

การประมาณค่าโดยใช้วิธี LSDV จะทำให้นัยสำคัญทางสถิติของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์และค่า  $R^2$  และค่า Durbin-Watson มีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบ 5.2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประมาณค่าในแบบที่ 5.2.2 จะได้ผลการประมาณที่ดีกว่าแบบที่ 5.2.1

5.2.3) ค่าสัมประสิทธิ์เป็นค่าเฉลี่ยคงที่ แต่ค่าคงที่ที่แตกต่างกันสำหรับหน่วยที่ต่างกันและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน นั่นคือค่าคงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละประเทศและช่วงเวลา เขียนสมการได้ดังนี้

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_4 D_{4i} + \lambda_0 + \lambda_1 Dum_1 + \dots + \lambda_{19} Dum_{19} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2.89)$$

เมื่อประมาณสมการข้างต้นจะพบว่าตัวแปรหุ่นของแต่ละประเทศ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละประเทศจะมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เวลาของตัวแปรหุ่นจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าจะเกิดผลกระทบในแต่ละประเทศแต่จะไม่เกิดผลทางด้านผลของเวลา

5.2.4) ในกรณีนี้สมมติให้ค่าสัมประสิทธิ์และค่าคงที่แตกต่างกันสำหรับหน่วยที่ต่างกัน นั่นคือ ค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างกันในทุกประเทศ โดยสามารถขยายรูปแบบของสมการ LSDV เขียนสมการได้ดังนี้

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_4 D_{4i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \gamma_1 (D_{2i} X_{2it}) + \gamma_2 (D_{2i} X_{3it}) + \gamma_3 (D_{3i} X_{2it}) + \gamma_4 (D_{3i} X_{3it}) + \gamma_5 (D_{4i} X_{2it}) + \gamma_6 (D_{4i} X_{3it}) + \varepsilon_{it} \quad (2.90)$$

โดยที่  $\gamma$  คือ ค่าที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศและ  $\alpha_2, \alpha_3$  และ  $\alpha_4$  คือ ค่าคงที่ที่แตกต่างกัน ถ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ของ  $\gamma$  เพียงหนึ่งตัวหรือมากกว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ จะสามารถบอกได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์หนึ่งค่าหรือมากกว่ามีค่าแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง คือถ้า  $\beta_2$  และ  $\gamma_1$  มีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรณีนี้  $\beta_2 + \gamma_1$  จะแสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ  $X_2$  ในประเทศที่ 2 มีค่าแตกต่างจากประเทศที่ 1 หรือแตกต่างจากประเทศอื่น

### 5.3) แบบจำลอง Random Effects Models

แม้ว่าวิธี Fixed Effects หรือ LSDV จะเป็นวิธีที่ง่ายสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ แต่ไม่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองที่มีค่า Degree of Freedom จำนวนมากหรือข้อมูลภาคตัดขวางมีจำนวนมาก การประมาณโดยวิธี Random Effect Model ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณ โดยแบบจำลองนี้มีข้อสมมติให้ความแตกต่างในค่าคงที่ของสมการเป็นการสุ่มและถูกรวมเข้าไปอยู่ในส่วนประกอบของพจน์คลาดเคลื่อน ซึ่งแบบจำลองนี้เรียกว่า Error Component Model (ECM) หรือ Random Effect Model (REM) (Gujarati, 2003)

สมมติให้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยมีปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตามแต่ไม่ได้รวมอยู่กับตัวแปรถดถอย ซึ่งสามารถแสดงในรูปของค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Random Error Term) ข้อสมมติที่ได้คือ  $\alpha_i$  คือตัวแปรสุ่ม (Random Factors) ซึ่งเป็นอิสระและมีการกระจายในแต่ละหน่วย ดังนั้นสามารถเขียนแบบจำลอง Random Effect Model (REM) ได้ดังนี้ (Verbeek, 2004)

$$Y_{it} = \mu + X' \beta_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (2.91)$$

โดย  $\varepsilon_{it} \approx IID(0, \sigma^2_\varepsilon)$

$\alpha_{it} \approx IID(0, \sigma^2_\alpha)$

โดย  $\alpha_i + \varepsilon_{it}$  คือค่าความคลาดเคลื่อน (Error Term) ซึ่งประกอบด้วยส่วนของความแตกต่างของแต่ละหน่วยที่ไม่มีความแตกต่างในช่วงเวลาและส่วนตกค้างหรือส่วนคงเหลือที่ไม่มีความสัมพันธ์กันในช่วงเวลา ดังนั้นความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาคือผลกระทบจากความแตกต่างของแต่ละหน่วย ( $\alpha_i$ )

จากสมการแบบจำลองสมการ (2.62) Fixed Effects Model

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2.92)$$

ให้ค่า  $\beta_{1i}$  คือค่าคงที่ ซึ่งสมมติให้เป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $\beta_1$  และค่าคงที่ของแต่ละหน่วย หรือแต่ละประเทศเขียนได้ดังนี้ (Gujarati, 2003)

$$\beta_{1i} = \beta_1 + u_i \quad (2.93)$$

โดยที่  $i = 1, \dots, N$

ซึ่ง  $u_i$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ  $\sigma^2_u$  ดังนั้นค่าคงที่ของแต่ละหน่วยคือ ค่าเฉลี่ย ( $\beta_1$ ) และความแตกต่างของค่าคงที่ในแต่ละหน่วยเป็นผลมาจากค่าความคลาดเคลื่อน  $u_i$

แทนค่าสมการ (2.93) ในสมการ Fixed Effects Model (2.92) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} Y_{it} &= \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + u_i + \varepsilon_{it} \\ &= \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + w_{it} \end{aligned}$$

ซึ่ง  $w_{it}$  ประกอบด้วย  $u_i$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาคตัดขวางแต่ละหน่วย หรือ ค่าที่ไม่สามารถสังเกตได้ (Unobservable หรือ Latent Variable) ของแต่ละประเทศ และ  $\varepsilon_{it}$  คือค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาคตัดขวางและข้อมูลอนุกรมเวลา ของแต่ละประเทศและแต่ละช่วงเวลา

### เปรียบเทียบ Fixed Effects Model (LSDV) กับ Random Effects Model

มีการศึกษาค้นคว้าจำนวนมากเพื่อหาข้อสรุปที่ว่า การประมาณแบบไหนดีกว่ากัน ระหว่างการประมาณแบบ Fixed Effects และ Random Effects โดยที่มีข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็น ค้นคว้าข้างต้นอยู่ที่หลักการและข้อสมมติของความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละหน่วยหรือแต่ละประเทศ ส่วนประกอบของพจน์คลาดเคลื่อนคือ  $u_i$  และตัวแปร  $X$

ถ้าสมมติให้  $u_i$  และ  $X$ 's มีลักษณะไม่เป็นสหสัมพันธ์ การประมาณโดยวิธี Error Component Model (ECM) หรือ Random Effect Model (REM) จะมีความเหมาะสมมากกว่า แต่ถ้าหาก  $u_i$  และ  $X$ 's มีลักษณะสหสัมพันธ์การประมาณโดยวิธี Fixed Effects Model (FEM) จะดีกว่า เนื่องจากหลักการพื้นฐานที่แตกต่างกันระหว่าง FEM และ REM ดังนั้นจึงได้มีแนวทางในการ เลือกใช้ระหว่าง FEM และ REM ดังนี้ (Gujarati, 2003)

1. ถ้าจำนวนของ T (จำนวนข้อมูลของอนุกรมเวลา) มีขนาดใหญ่และ N (จำนวนข้อมูลของแต่ละหน่วยหรือแต่ละประเทศ) มีขนาดเล็กกว่าและมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ระหว่างการประมาณค่าสัมประสิทธิ์โดยวิธี FEM และ REM ดังนั้นทางเลือกในการประมาณที่ดีกว่าคือการประมาณด้วย FEM

2. เมื่อ N มีขนาดใหญ่และ T มีขนาดเล็กกว่า การประมาณจากทั้ง 2 วิธี การจะให้ค่า นัยสำคัญจากสถิติที่แตกต่างกัน และในขณะที่ REM ประกอบด้วย  $\beta_{1i} = \beta_1 + \mu_i$  โดยที่  $u_i$  ประกอบด้วยตัวแปรเชิงสุ่มของแต่ละหน่วยหรือของแต่ละประเทศ และ FEM ประกอบด้วย  $\beta_{1i}$  มีค่าคงที่ และไม่ได้เป็นตัวแปรเชิงสุ่ม โดยที่ข้อมูลแต่ละหน่วยหรือแต่ละประเทศ และกลุ่มตัวอย่าง ไม่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ ในกรณีนี้การประมาณแบบ FEM จะเหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตามถ้ากลุ่มตัวอย่างของประเทศเป็นแบบการสุ่ม การใช้ REM จะเหมาะสมกว่าสำหรับการอนุมานค่าสถิติที่ไม่มีข้อจำกัด

3. ถ้าแต่ละส่วนของพจน์คลาดเคลื่อน  $u_i$  และตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว หรือมากกว่ามีความสัมพันธ์กันเอง การประมาณโดยวิธี REM จะเอนเอียง ในขณะที่การประมาณโดยวิธี FEM จะไม่เอนเอียง

4. ถ้า N มีขนาดใหญ่ และ T มีขนาดเล็กกว่าและการประมาณภายใต้สมมติฐาน REM จะ มีประสิทธิภาพดีกว่าการประมาณโดยวิธี FEM (Gujarati, 2003)

## 2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กวิน ชิมะวงศ์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ: กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2525-2534 และ พ.ศ. 2535-2549 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งที่มาและโครงสร้างเทคโนโลยีสารสนเทศกับศึกษาผลของปัจจัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ทุน แรงงาน และปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ มูลค่าการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ สัดส่วนของมูลค่าการลงทุนทางด้านวิทยาศาสตร์ต่อค่าใช้จ่ายเพื่อการวิจัยและพัฒนาของประเทศ และจำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ต โดยใช้ฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas และคาดประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ผลการศึกษาพบว่าเทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างการผลิต จากการศึกษาพบว่า การขยายตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทุน ปัจจัยแรงงาน และปัจจัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตและมูลค่าการลงทุนด้านวิทยาศาสตร์ต่อค่าใช้จ่ายเพื่อการวิจัยและพัฒนาประเทศมีผลในทางลบต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการลงทุนและการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศดังกล่าวไม่ได้มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรง และยังพบว่าเทคโนโลยีสารสนเทศนั้นมีบทบาทต่อการผลิตในภาคอุตสาหกรรมในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน

ศิริขวัญ เจริญวิริยะกุล (2551) ได้ทำการศึกษาผลของการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มประเทศอาเซียน ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศกับมูลค่าการใช้พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ และเพื่อศึกษาผลของการใช้พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศอาเซียน ซึ่งการศึกษาดังกล่าวอาศัยฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas ที่ประกอบด้วยปัจจัยการผลิต คือ สต็อกของทุน จำนวนแรงงาน และกำหนดให้รายจ่ายทางเทคโนโลยีสารสนเทศและมูลค่าการใช้พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนที่เหลือ (Residual) ในปัจจัยการผลิตที่มีกระทบต่อการเจริญเติบโตในกลุ่มประเทศอาเซียน โดยใช้ข้อมูลแบบภาคตัดขวางผสมเวลา (Panel Data) ซึ่งประกอบด้วยประเทศที่ทำการศึกษาทั้งหมด 5 ประเทศ ได้แก่ ประเทศไทย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศมาเลเซีย ประเทศเวียดนามและประเทศอินโดนีเซีย และครอบคลุมช่วงเวลาเป็นรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2549

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศแล้วมีผลกระทบต่อพหุคูณ อีเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากการพหุคูณอีเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนหนึ่งของการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศ ดังนั้นถ้ามีการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มมากขึ้น จึงมีผลทำให้มูลค่าการใช้พหุคูณอีเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศนั้น พบว่าถ้ามีรายจ่ายทางเทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ในกระบวนการผลิตสามารถผลิตผลผลิตได้เพิ่มมากขึ้นได้ ดังนั้นย่อมส่งผลให้เศรษฐกิจในกลุ่มประเทศอาเซียนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยและภายหลังจากที่ได้มีการใช้พหุคูณอีเล็กทรอนิกส์เข้ามาเป็นโครงสร้างพื้นฐานของกระบวนการผลิตแล้ว สามารถทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้ เนื่องจากการพหุคูณอีเล็กทรอนิกส์เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ไม่ต้องมีคนกลางระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย แต่จะเป็นการซื้อขายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ลดเวลาในการดำเนินการ ลดค่าใช้จ่ายลงได้ เมื่อต้นทุนการผลิตลดลงก็สามารถที่จะเพิ่มปัจจัยการผลิตได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะผลิตผลผลิตได้เพิ่มมากขึ้น

**Ark, Inklaar and McGuckin (2003)** ทำการศึกษาเรื่อง ICT and Productivity in Europe and The United State. Where do The Differences Come From? โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของผลิตภาพการผลิตทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) โดยเป็นการเปรียบเทียบผลการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของทวีปยุโรปและประเทศอเมริกาที่มีผลต่อผลิตภาพการผลิต โดยเป็นการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของประสิทธิภาพการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมในประเทศอเมริกากับทวีปยุโรปจำนวน 51 อุตสาหกรรม สำหรับในทวีปยุโรปได้มีการใช้ข้อมูลทั้งหมด 11 ประเทศ ซึ่งข้อมูลที่ใช้อยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1990 – 2000

ผลการศึกษาพบว่าสาเหตุที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจนั้นมีผลมากจากการปรับตัวทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยที่ทวีปยุโรปนั้นการเจริญเติบโตของผลิตภาพการผลิตมีความล่าช้ากว่าทางด้านประเทศอเมริกา เนื่องจากในยุโรปส่วนใหญ่มีการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศน้อยกว่าอเมริกา ยิ่งไปกว่านั้นการเจริญเติบโตของผลิตภาพการผลิตในอเมริกายังมีความรวดเร็วกว่าในยุโรปตั้งแต่กลางทศวรรษ 1990 เป็นต้นมา

**Meijers (2007)** ได้ทำการศึกษาเรื่อง ICT Externalities: Evidence From Cross Country Data โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบภายนอกของการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและระดับผลิตภาพการผลิต โดยข้อมูลที่ใช้เป็นแบบ Panel และภาคประมาณด้วยวิธี Fixed Effect ที่ประกอบด้วย 15 ประเทศและครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1996-2004

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการลงทุนในไอทีซอฟต์แวร์ (IT Software) และอุปกรณ์การติดต่อสื่อสาร (Telecommunication Equipments) มีผลทำให้ผลิตภาพการผลิตเพิ่มขึ้น แต่ไอที

ฮาร์ดแวร์ (IT Hardware) กลับไม่ส่งผล ซึ่งพิจารณาผลกระทบของช่วงเวลาพบว่า ช่วงเวลาที่มีการลงทุนในอุปกรณ์การติดต่อสื่อสาร จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจใช้เวลาอยู่ที่ 3 ปี และการลงทุนในไอทีซอฟต์แวร์จะใช้เวลามากกว่า 7 ปี ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้และการปฏิบัติ (Learning-by-Doing) มีผลกระทบให้เกิดการเจริญเติบโตได้ภายหลังจากการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศ