บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิดทางทฤษฎี

บทนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งที่เป็นงานวิจัยที่ศึกษาในประเทศและต่างประเทศ ส่วนที่สองเป็นกรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิต

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ในการหาแหล่งที่มาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม สามารถสรุปวิธีการศึกษาออกเป็น 2 วิธีการ คือ การศึกษาโดยวิธีการแบบไม่มีพารามิเตอร์(Non-Parametric Approach) และการศึกษาโดยวิธีแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Approach) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาโดยวิธีการแบบไม่มีพารามิเตอร์(Non-Parametric Approach) เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ต้องการรูปแบบสมการการผลิต และไม่จำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลผลผลิตและปัจจัยการผลิตเป็นจำนวนมาก การวิเคราะห์โดยวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ วิธีการแบบไม่มีพารามิเตอร์ ได้แก่

Growth Accounting Analysis นักเศรษฐศาสตร์ที่เป็นผู้บุกเบิกในการอธิบายที่มาของความเจริญเติบโตโดยกรอบวิธีนี้คือ Edward F. Denison โดยที่ Growth Accounting เป็นการพัฒนาเพื่ออธิบายส่วนที่เหลือ (Residual) หรือ ตัววัดความไม่รู้ (measure of ignorance) ซึ่งเป็นส่วนของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นที่อธิบายไม่ได้ด้วยการเพิ่มขึ้นของปัจจัยการผลิต นั่นคือ ส่วนของผลิตภาพของการผลิตโดยรวมซึ่งเกิดมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและหรือประสิทธิภาพของการผลิต วิธีการ Growth Accounting จะนำทฤษฎีของเลขดัชนี (index number) มาประยุกต์ใช้ โดยการหาอัตราส่วนระหว่างดัชนีผลผลิตมวลรวมกับดัชนีของปัจจัยการผลิตของปัจจัยการผลิตมวลรวม สำหรับ ดัชนีที่ใช้ในการวัดนั้นมีอยู่หลายแบบซึ่งแต่ละแบบก็จะมีความเหมาะสมกับรูปแบบของแต่ละสมการการผลิตที่แตกต่างกันไปตามข้อสมมติที่อยู่เบื้องหลัง เช่น ดัชนีแบบลาสแปร์มีคุณสมบัติเหมาะกับสมการการผลิตแบบเส้นตรง หรือ ดัชนีแบบเรขาคณิตที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับสมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas นอกจากนี้ยังมีเลขดัชนีแบบ Tornqvist-Theil และดัชนีแบบ Divisia ซึ่งวิธีการ

ประมาณแบบเดียวกันต่างกันเพียงว่าดัชนีแบบ Tornqvist-Theil เป็นดัชนีแบบจุดของเวลา ส่วนดัชนีแบบ Divisia เป็นแบบเวลาที่มีความต่อเนื่อง ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วิธีการนี้ คือ ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์(2537), เสถียร ศรีบุญเรืองและชัยณรงค์ พูลเกษม(2539),Tim Coelli (1998), ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์(1998) สำหรับข้อเสียของวิธีการ Growth Accounting คือ วิธีการนี้มักตั้งอยู่บนข้อสมมติฐานหลายประการตามทฤษฎีการผลิต ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้วข้อสมมติฐานอาจไม่เป็นจริง นอกจากนี้การคำนวณเลขดัชนีดังกล่าวไม่ได้ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางสถิติประการใด และไม่สามารถแยกค่าของ Technological change และ Technical Efficiency change ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีข้อดี คือ เปิดโอกาสให้ทำการศึกษาผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP)ได้ในกรณีที่วิธีการเศรษฐมิติไม่สามารถทำได้ เช่น กรณีที่ข้อมูลมีรายละเอียดมากเมื่อการผลิตมีผลผลิตหลายชนิดหรือในกรณีที่จำนวนค่าสังเกตมีจำนวนน้อยเกินไป เป็นต้น

Data Envelopment Approach(DEA) เป็นวิธีการทางโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นโปรแกรมเชิงเส้นตรง(Linear Programming) วิธีการนี้นักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศนิยมใช้กันมาก นักเศรษฐศาสตร์ที่เป็นผู้บุกเบิก คือ Charnes, Cooper, Rhodes ในปี ค.ศ.1978 และพัฒนาต่อไปโดย Banker, Chanes, Cooper ในปี ค.ศ.1984 โดยเริ่มแรกนั้นมีชื่อว่าแบบจำลอง CCR แต่แบบจำลอง CCR นั้นไม่สะดวก เนื่องจากมีข้อจำกัดทั้งทางด้านตัวแปรและกระบวนการศึกษาที่ยุ่งยากจึงได้มีการพัฒนาจนเป็นแบบจำลอง DEA ซึ่งได้รับความนิยมจากนักวิจัยเป็นอย่างมาก(Ali Emrouznejad,2002) สำหรับการหาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมทำได้ด้วยการประมาณ Distance function ใน Malmquist TFP index ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับ Linear Programs (DEA- like linear Programs) ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในงานวิจัยต่างๆ เช่น งานวิจัยของ Tim Coelli(1998), Ching-Cheng Chang, Yir-Hueih Luh(2000), Tim Coelli and D.S. Prasada Rao(2001), Hong Son Nghiem(2001) โดย Distance function เป็นการอธิบายถึงเทคโนโลยีการผลิตของการใช้ปัจจัยการผลิตหรือผลผลิตหลายตัวโดยไม่ต้องอาศัยข้อสมมติฐานทางพฤติกรรม เช่น การทำให้เกิดต้นทุนต่ำสุดหรือกำไรสูงสุด ซึ่ง Distance function แบ่งออกเป็น input distance function และ output distance function โดย input distance function เป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีการผลิตที่พิจารณาถึงการใช้ปัจจัยการผลิตน้อยที่สุดโดยมีผลผลิตเป็นตัวกำหนด ส่วน output distance function เป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีการผลิตที่พิจารณาถึงการขยายตัวอย่างเหมาะสมมากที่สุดของผลผลิต สำหรับข้อเสียของวิธีนี้คือ ไม่มีการนำค่า error เข้ามาคำนวณด้วย และค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้ไม่สามารถจะนำมาอ้างอิงคุณสมบัติทางสถิติได้ ส่วนข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่ต้องสมมติรูปแบบของสมการการผลิต และไม่จำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลของผลผลิตและปัจจัยการผลิตเป็นจำนวนมาก

การศึกษาโดยวิธีการแบบมีพารามิเตอร์(Parametric Approach) เป็นการวัดโดยอาศัยวิธีการทางเศรษฐมิติซึ่งสามารถทำการประมาณโดยตรงจากสมการการผลิต หรืออาจทำการประมาณทางอ้อมโดยผ่านสมการต้นทุนและหรือสมการกำไรก็ได้โดยอาศัยทฤษฎีคู่(duality theory) เช่นงานวิจัยของ Yanrui Wu(1999), ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์(1998) ดังนั้นวิธีการนี้จึงต้องสมมติสมการการผลิตว่าอยู่ในรูปแบบใด เช่น แบบ Cobb-Douglas หรือ แบบ Translog Production function สำหรับในปัจจุบันงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศนิยมใช้สมการการผลิตที่มีลักษณะ Stochastic frontier เช่น งานวิจัยของ Shenggen Fan(1991), Igbekele A. Ajibefun(1996), T. Bayarsaihan, G.E. Battese and Tim Coelli(1997), K.P. Kalirajan and R.T. Shand(1997), Tim Coelli(1998), R. Mahadevan (2000), ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์ และ Haimin Wang(2539) สมการการผลิตที่มีลักษณะ Stochastic frontier ได้แยก error term ออกเป็น 2 ส่วน โดยให้ส่วนแรกเป็นความแปรปรวนอันเนื่องมาจากสภาพทางกายภาพและปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ความไม่แน่นอนทางธรรมชาติ ส่วนที่สองเป็นความแปรปรวนอันเนื่องจากตัวของผู้ผลิตซึ่งส่วนนี้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความไม่มีประสิทธิภาพที่แท้จริง โดยแนวคิดนี้ Aigner, Lovell และ Schmidt (1977) ได้นำมาใช้เป็นครั้งแรก ซึ่งการแยก error term ออกเป็นสองส่วนนี้นอกจากจะทำให้การประมาณค่าประสิทธิภาพถูกต้องยิ่งขึ้นเนื่องจาก error term ที่นำมาหาค่าประสิทธิภาพนั้นได้ตัดความแปรปรวนที่ไม่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพออกไปแล้ว ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ ต้องอาศัยจำนวนข้อมูลอนุกรมเวลาของผลผลิตและปัจจัยการผลิตมากเพียงพอสำหรับการประมาณค่าเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาลำดับขั้นของความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) หากเป็นการประมาณค่าทางอ้อมผ่านสมการต้นทุนการผลิตหรือสมการกำไรแล้วต้องมีสมมติฐานเพิ่มขึ้นอีก คือ จะต้องเป็นตลาดแข่งขันทางด้านราคาอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้สมการการผลิตแบบ Stochastic frontier ยังสมมติอีกว่า u_{it} มีการกระจายแบบปกติแบบข้างเดียว และมีความแปรปรวน (variance) เท่ากับ σ_u^2 ส่วน v_{it} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการกระจายแบบปกติด้วยค่า mean เท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ_v^2 และ $E(u_{it}\ v_{it}) = 0$ เพื่อลดความซับซ้อนซึ่งข้อสมมติอาจจะไม่เป็นจริงหรือไม่เหมาะสมกับข้อมูลก็ได้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีข้อดีในแง่ที่ว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยและไม่จำเป็นต้องมีข้อสมมติฐานทางทฤษฎีการผลิตมากมายเหมือนกับวิธีแบบ Growth Accounting นอกจากนี้วิธีการประมาณค่าก็สามารถใช้วิธีการทั่ว ๆ ไปที่สามารถทำได้ง่ายและยังมีทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติรองรับอยู่

สำหรับในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมในภาคเหนือครั้งนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์แบบมีพารามิเตอร์(Parametric Approach) โดยใช้สมการการผลิตที่มีลักษณะ stochastic frontier และจะทำการทดสอบหารูปแบบสมการการผลิตที่เหมาะสม

เพื่อใช้ในการศึกษา โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบสมการพรมแดนการผลิตแบบ Cobb-Douglas ซึ่งเป็นรูปแบบสมการที่ Nakarugsa(1995) และไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ (2541) ใช้ในการศึกษา รูปแบบสมการพรมแดนการผลิตแบบ translog ที่พิจารณาใส่ข้อจำกัดที่ว่าปัจจัยการผลิตทุกชนิดสามารถจะแยกออกจากกันและกันได้ (separable) แต่ว่าปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดไม่สามารถจะแยกออกจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีได้ ซึ่งเป็นรูปแบบสมการที่ Shenggen Fan (1991) และทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์ และ Haimin Wang (2539) ใช้ในการศึกษา เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับรูปแบบสมการพรมแดนการผลิตแบบ translog กรณีที่ไม่ใส่ข้อจำกัดใด ๆ และใช้ค่าสถิติ likelihood-ratio test ในการทดสอบ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ตัวแปรด้านผลผลิต คือ มูลค่าของผลิตภัณฑ์ภาคการเกษตรของแต่ละเขตเกษตรเศรษฐกิจ ณ ราคาคงที่ปี 2531 และตัวแปรด้านปัจจัยการผลิต ประกอบด้วย ปัจจัยพื้นที่เพาะปลูกพืช ปัจจัยแรงงานภาคการเกษตร ปัจจัยพื้นที่ชลประทาน และปัจจัยสินเชื่อเพื่อการเกษตรของแต่ละเขตเกษตรเศรษฐกิจ

2.2 กรอบแนวคิดทางทฤษฎี

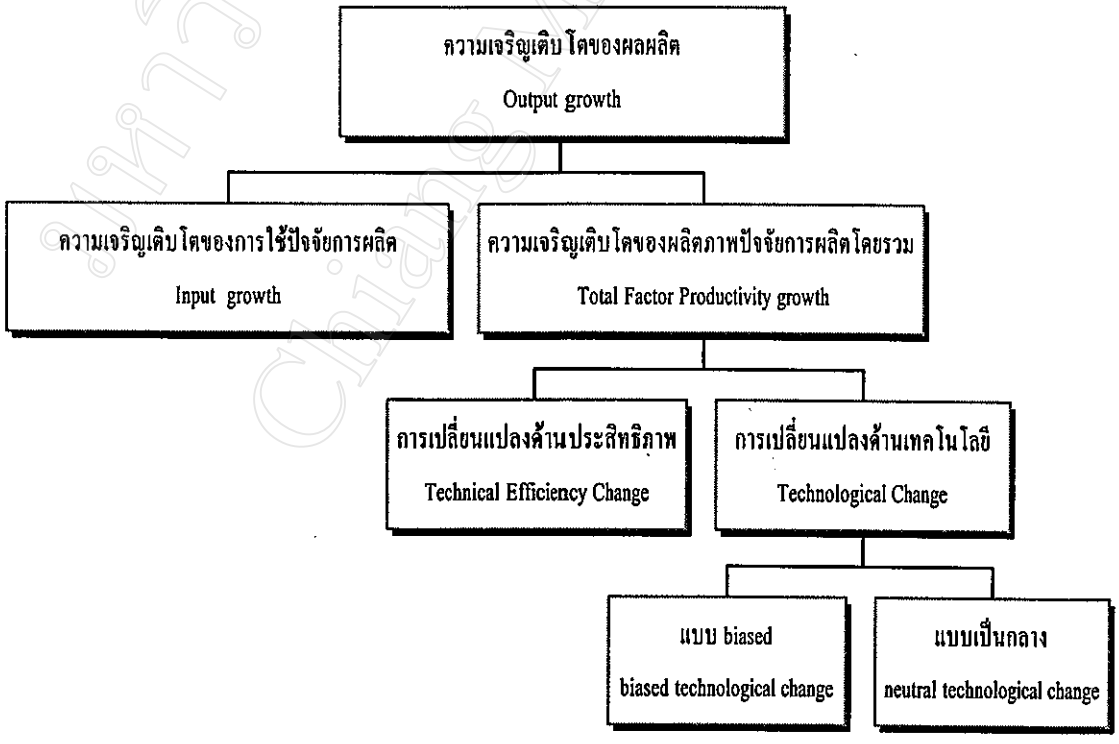
สำหรับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีนั้นจะประกอบด้วยหัวข้อหลักสามส่วนด้วยกัน ส่วนแรกเป็นการอธิบายถึงแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิต (Sources of Total Factor Productivity Growth) ส่วนที่สองเป็นส่วนที่อธิบายถึงการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อย่อยด้วยกัน คือ การวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์(Non-Parametric Approach) และการวิเคราะห์แบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Approach) และส่วนสุดท้ายเป็นการกล่าวถึงวิวัฒนาการของสมการพรมแดนการผลิต

2.2.1 แหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Sources of Total Factor Productivity Growth)

ทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์นั้น สามารถแบ่งผลิตภาพการผลิตได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ 1) ผลิตภาพเฉพาะปัจจัยหนึ่ง ๆ (Partial productivity) เช่น ผลิตภาพของแรงงานในหน่วยธุรกิจการผลิตหนึ่ง เป็นต้น และ 2) ผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity : TFP) ซึ่งหมายถึงขนาดของผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยของปัจจัยการผลิตทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตนั้น(Tim Coelli, D.S. Prasadao and George E. Battese,1998) ดังนั้น ในการคำนวณผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมจำเป็นต้องรวมปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการผลิตเข้าด้วยกันก่อนแล้วเฉลี่ยออกมาให้เสมือนหนึ่งว่าเป็นปัจจัยการผลิตตัวหนึ่งในกระบวนการผลิตนั้น และโดยหลักการทั่วไปจะใช้วิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average) โดยน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณนี้ได้แก่สัดส่วน

ของปัจจัยการผลิตชนิดนั้น ๆ (factor output elasticity) ทั้งนี้ภายใต้ข้อสมมติฐานของตลาดแข่งขันสมบูรณ์ (John M. Antle and Susan M. Capalbo,1988)

โดยทั่วไปแล้ว การเจริญเติบโตของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตนั้นมักเกิดขึ้นโดยมีสาเหตุมาจาก 2 ประการด้วยกัน คือ ประการแรก การเจริญเติบโตของผลผลิตเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต โดยความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิตนั้นทำให้การขยายตัวของผลผลิตเคลื่อนที่(movement)ไปตามเส้นสมการการผลิต(production function)เส้นเดิมหรืออยู่ใต้เส้นพรมแดนการผลิต และประการที่สอง การเจริญเติบโตของผลผลิตเกิดขึ้นเนื่องจากพัฒนาการที่ดีขึ้นของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity growth : TFP growth) โดยหากเป็นความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมจะเป็นการเพิ่มผลผลิตโดยไม่จำเป็นต้องมีการใช้ปัจจัยการผลิตใด ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิต(Technical Efficiency Change)เป็นการเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากเส้นพรมแดนการผลิต และ 2) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี(Technological Change)เป็นการเปลี่ยน เคลื่อนย้าย(shift)เส้นพรมแดนการผลิต(Shenggen Fan,1991) ซึ่งการเจริญเติบโตของผลผลิตโดยรวมจึงมีสาเหตุมาจากสาเหตุอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองสาเหตุ (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 แสดงถึงองค์ประกอบของความเจริญเติบโตของผลผลิต

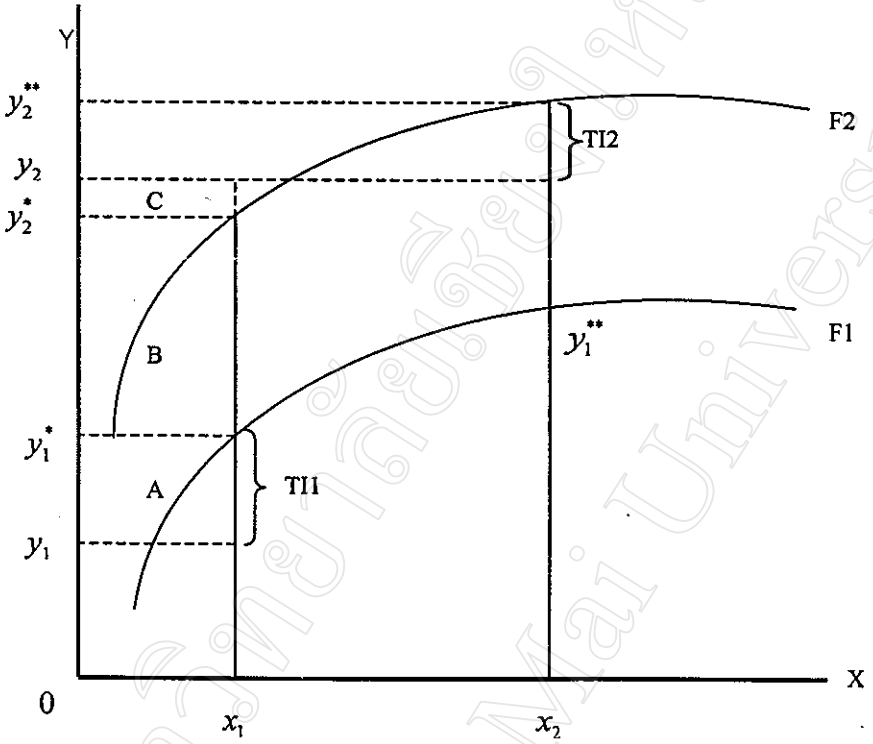
ที่มา : ดัดแปลงจาก สุทัส พลพวก(2544)

อย่างไรก็ตามเพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจถึงแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต สามารถพิจารณาได้จากจากรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเส้นสมการพรมแดนการผลิต (Production funtion Frontier) ของผู้ผลิตใน 2 ช่วงเวลา และองค์ประกอบของความเจริญเติบโตของผลผลิตอันประกอบไปด้วย ส่วนแรกคือ ความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิต (input growth) และส่วนที่สองคือ ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนย่อย ๆ สองส่วนคือ 1) ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี (technical progress) และ 2) คือการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต (technical efficiency improvement)

ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ผู้ผลิตมีเส้นพรมแดนการผลิตเป็น F1 และ F2 ตามลำดับ ถ้าผู้ผลิตทำการผลิต ณ ระดับที่มีประสิทธิภาพที่สุด(Technical Efficiency Firm) หรือมีระดับประสิทธิภาพทางเทคนิค (Technical Efficiency) เท่ากับหนึ่งแล้ว ผู้ผลิตจะได้รับผลผลิตจริงจะเท่ากับ y_1^* และ y_2^{**} ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งอยู่บนเส้นพรมแดนการผลิต

ณ ระดับการผลิต y_1^* ผู้ผลิตที่มีประสิทธิภาพการผลิตจะสามารถเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นได้ 2 วิธี คือ หนึ่ง เพิ่มผลผลิตจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตให้มากขึ้น(Total Input Growth) จาก x_1 เป็น x_2 ซึ่งจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นไปสู่ระดับผลผลิตที่ y_1^{**} และวิธีที่สอง คือ เพิ่มผลผลิตจากความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยที่ยังคงมีการใช้ปัจจัยการผลิตในปริมาณเท่าเดิม นั่นคือ ระดับของผลผลิตจะเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ y_2^* ณ ระดับปัจจัยการผลิต x_1 และถ้าผู้ผลิตได้มีการใช้ปัจจัยการผลิตควบคู่กันไปด้วยแล้ว คือ มีการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนถึง x_2 ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) จะช่วยทำให้ผลผลิตขยายออกไปตามเส้นพรมแดนการผลิต F2 จนถึง ณ ระดับ y_2^{**} ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตเท่ากับ x_2 แต่ถ้าหากผู้ผลิตไม่ได้ทำการผลิต ณ จุดที่มีประสิทธิภาพที่สุดแล้ว หรือ ไม่ได้ทำการผลิตอยู่บนเส้นพรมแดนการผลิตจะส่งผลทำให้ผลผลิตจริงของผู้ผลิตเท่ากับ y_1 ในช่วงเวลาที่ 1 และ y_2 ในช่วงเวลาที่ 2 นั่นคือได้เกิดความไม่มีประสิทธิภาพการผลิต (Technical inefficiency : TI) ซึ่งสามารถวัดได้จากระยะทางในแกนตั้งระหว่างผลผลิตบนเส้นพรมแดนการผลิตกับผลผลิตที่ได้รับจริงของผู้ผลิต เช่น TI1 ก็คือ ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตของผู้ผลิตในช่วงเวลาที่ 1 และ TI2 คือ ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตของผู้ผลิตในช่วงเวลาที่ 2 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางการผลิตในช่วงเวลาต่าง ๆ สามารถแสดงในรูปของความแตกต่างระหว่าง TI1 และ TI2 (TI1 – TI2) นั่นเอง สำหรับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technological Change : TC) นั้นสามารถวัดได้จากระยะห่างของเส้นพรมแดนการผลิต F1 และ F2 เช่น หากผู้ผลิตทำการผลิตใช้ปัจจัยการผลิต ณ ระดับ x_1 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเท่ากับ

$\left(y_2^* - y_1^*\right)$และ หากผู้ผลิตทำการผลิตใช้ปัจจัยการผลิต ณ ระดับ x_2 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเท่ากับ $\left(y_2^{**} - y_1^{**}\right)$



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของความเจริญเติบโตของผลผลิต

ที่มา : K.P. Kalirajan and R.T. Shand,1997

จากรูปที่ 2.2 สามารถแยกองค์ประกอบความเจริญเติบโตของผลผลิตออกมาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\left(y_2 - y_1\right) &= A + B + C \\ &= \left(y_1^* - y_1\right) + \left(y_1^{**} - y_1^*\right) + \left(y_2 - y_1^{**}\right) \\ &= \left(y_1^* - y_1\right) + \left(y_1^{**} - y_1^*\right) + \left(y_2 - y_1^{**}\right) + \left(y_2^{**} - y_2^{**}\right) \\ &= \left(y_1^{**} - y_1^*\right) + \left[\left(y_1^* - y_1\right) - \left(y_2^{**} - y_2\right)\right] + \left(y_2^{**} - y_1^{**}\right) \\ \left(y_2 - y_1\right) &= \Delta y_x + \left(TI1 - TI2\right) + TC \qquad (2.1)\end{aligned}$$

เมื่อ $\left(y_2 - y_1\right)$ = ความเจริญเติบโตของผลผลิต (Output growth)

Δy_x = ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่มีสาเหตุมาจากความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิต(Input growth)

$(TI1-TI2)$ = ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงในประสิทธิภาพทางเทคนิคของผู้ผลิต

TC = ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่มีสาเหตุมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี(Technological Change)

จากแนวคิดของ solow และนักเศรษฐศาสตร์บางคนที่เรียก TFP growth ว่า "Residual Growth" หรือ ความเจริญเติบโตของปัจจัยที่เหลือที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยอื่น ๆ แต่ได้มาจากอะไรบางอย่างที่ทำให้ผลผลิตเกิดการเปลี่ยนแปลง(John M. Antle and Susan M. Capalbo,1988) และจากการแยกองค์ประกอบตามสมการข้างต้น ทำให้ค่าของตัวรบกวนของ solow ที่วัดค่าความมีประสิทธิภาพการผลิตมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพราะผลที่ได้จากการแยกองค์ประกอบได้แสดงให้เห็นถึงความเจริญเติบโตของผลผลิตว่ามีลักษณะอย่างไร เป็นการเคลื่อนที่ตามเส้นหรืออยู่ใต้เส้นพรมแดนการผลิต(ความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิต)เป็นการเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากเส้นพรมแดนการผลิต(การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิต)เป็นการเปลี่ยนแปลง(shift)เส้นพรมแดนการผลิต(ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี) (K.P. Kalirajan and R.T. Shand,1997)

แนวคิดของการวัดความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ได้ให้ความหมายของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมว่า เป็นความเจริญเติบโตของผลผลิตที่ไม่นับรวมการใช้ปัจจัยการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจากสมการที่ (2.1) ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมจึงประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) การเปลี่ยนแปลงทางเทคนิคการผลิตของผู้ผลิต และ 2) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี นั่นคือ

$$TFP\,growth = (TI1-TI2)+TC \qquad (2.2)$$

กล่าวอีกนัยหนึ่ง ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม คือ การเพิ่มผลผลิตโดยไม่ต้องเพิ่มจำนวนปัจจัยการผลิตแต่อย่างใด แต่เป็นผลที่เกิดจากการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการผลิต ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิตได้โดยใช้ต้นทุนหรือทรัพยากรประหยัดมากขึ้น

2.2.2 การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม

การวิเคราะห์หาที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ ด้วยกัน ได้แก่ การแบบไม่มีพารามิเตอร์(Non-parametric Approach) และการ

แบบมีพารามิเตอร์(Parametric Approach) นอกจากนี้ในส่วนท้ายยังได้มีการกล่าวถึงการวิเคราะห์หาที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมโดยอาศัยพรมแดนการผลิตแบบ Stochastic (Stochastic Frontier Approach) เป็นวิธีการที่ได้รับการพัฒนามาจากวิธีการแบบมีพารามิเตอร์อีกด้วย ซึ่งเป็นรูปแบบวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

1) การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมแบบไม่มีพารามิเตอร์ (Non-parametric Approach)

การหาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตแบบนี้เป็นการประมาณค่าโดยไม่อาศัยวิธีการทางเศรษฐมิติใด ๆ ไม่จำเป็นต้องสมมติหรือกำหนดรูปแบบของสมการการผลิตเพียงแต่ใช้ในรูปสมการการผลิตแบบทั่วไป (general form) และไม่ต้องมีข้อมูลจำนวนมาก(Tim Coelli, D.S. Prasadao and George E. Battese,1998) ซึ่งวิธีการที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ การประมาณเส้นพรมแดนการผลิตโดยใช้วิธี Linear Programming ซึ่งเป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ วิธีการแบบ Growth Accounting หรือ วิธีการศึกษาที่อาศัยการหาเลขดัชนีต่าง ๆ เช่น Tornqvist – Theil index หรือ Divisia index เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสามารถหาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมได้โดยการประมาณ Distance function ใน Malmquist TFP index โดยการใช้ Data Envelopment Analysis (DEA) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับ Linear Programs (DEA-like linear Programs) ซึ่ง Distance function เป็นการอธิบายถึงเทคโนโลยีการผลิตของการใช้ปัจจัยการผลิตหรือผลผลิตหลายตัว โดยไม่ต้องอาศัยข้อสมมติฐานทางพฤติกรรม เช่นการทำให้เกิดต้นทุนต่ำสุดหรือกำไรสูงสุด Distance function แบ่งออกเป็น input distanceและ output distance โดย input distance function เป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีการผลิตที่พิจารณาถึงการใช้ปัจจัยการผลิตน้อยที่สุดโดยมีผลผลิตเป็นตัวกำหนด ส่วน output distance function เป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีกรผลิตที่พิจารณาถึงการขยายตัวอย่างเหมาะสมมากที่สุดของผลผลิตโดยมีปัจจัยเป็นตัวกำหนด นักเศรษฐศาสตร์ที่เป็นผู้บุกเบิกในการอธิบายที่มาของความเจริญเติบโต โดยใช้กรอบการวิเคราะห์แบบ Growth Accounting คือ Edward F. Denison (ปราณี ทินกรและฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์,2537) และต่อมาได้มีผู้ใช้วิธีการเช่นเดียวกันในประเทศอื่น ๆ อย่างแพร่หลาย ซึ่งสามารถอธิบายแนวคิดทางทฤษฎีของการวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์ให้เข้าใจง่าย ๆ โดยใช้กรอบการวิเคราะห์แบบ Growth Accounting ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้ ได้ดังนี้

จากฟังก์ชันการผลิตในรูปทั่วไป (general form)

$$Y_t = f\left(X_{jt}, t\right) \tag{2.3}$$

เมื่อ Y_t คือ ผลผลิต ณ เวลาที่ t

X_{jt} คือ vector ของปัจจัยการผลิต n ชนิด หรือ $[X_{1t}, X_{2t}, \ldots, X_{nt}]$

t คือแนวโน้มเวลา(time trend) ที่ใช้อธิบายถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

เมื่อหาค่าอนุพันธ์เทียบกับเวลาและคิดอัตราการเปลี่ยนแปลง จะได้

$$\frac{f^{\bullet}(\bullet)}{f(\bullet)} = \frac{Y^{\bullet}}{Y} - \sum_{j=1}^{n} \eta_j \frac{X_{jt}^{\bullet}}{X_{jt}} \qquad (2.4)$$

โดยที่

$$\eta_{jt} = \frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_{jt}} \frac{X_{jt}}{f(\bullet)} = \frac{\partial Y_t}{\partial X_{jt}} \frac{X_{jt}}{Y_t} \qquad (2.5)$$

ซึ่ง η_{jt} คือ ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตชนิดที่ j และ j = 1, 2, ... , n

หากมีข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่ปรากฏในด้านขวาของสมการที่ (2.4) ก็จะสามารถวัดความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมได้ แต่ในความเป็นจริง ข้อมูลที่ได้มักจะเป็นค่าของผลผลิตและปัจจัยการผลิตชนิดต่าง ๆ แต่จะไม่ทราบค่าเกี่ยวกับความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด (η_{jt}) ซึ่งเป็นสาเหตุให้นักวิจัยส่วนใหญ่ต้องหันไปใช้วิธีการทางเศรษฐมิติประมาณค่าดังกล่าวจากสมการการผลิตรูปแบบต่าง ๆ (ปราณี ทินกรและฉลองภพ สุสังกร์ กาญจน์,2537) อย่างไรก็ตาม หากไม่มีข้อมูลมากพอที่จะทำให้ผลประมาณการน่าเชื่อถือ หรือไม่ต้องการสมมติรูปแบบสมการการผลิต ก็สามารถที่จะวัดค่าความยืดหยุ่นดังกล่าวได้โดยอาศัยข้อสมมติบางประการเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค นั่นคือ จากพฤติกรรมของหน่วยผลิตในระดับจุลภาค ซึ่งมีข้อสมมติว่า ผู้ผลิตมีพฤติกรรมแสวงหากำไรสูงสุด(profit maximization)แล้ว ผู้ผลิตจะอยู่ในดุลยภาพเมื่อใช้ปัจจัยการผลิตถึงจุดที่ประสิทธิภาพส่วนเพิ่มของผลผลิต (marginal product) ของปัจจัยนั้นเท่ากับต้นทุนที่แท้จริง (real cost) หมายความว่า ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตจะเท่ากับส่วนแบ่งของรายได้ที่ปัจจัยการผลิตนั้นได้รับต่อมูลค่าผลผลิต หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิต (factor income share)

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ตามที่ปรากฏในสมการ (2.4) คือ

$$\frac{f^{\bullet}(\bullet)}{f(\bullet)} = \frac{Y^{\bullet}}{Y} - \sum_{j=1}^{n} \beta_j \frac{X_{jt}^{\bullet}}{X_{jt}} \qquad (2.6)$$

โดยที่

$$\beta_j = \frac{W_{jt} \quad X_{jt}}{P_t \quad Y_t}$$ = ส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิต j

ซึ่งเป็นข้อมูลที่ควรจะวัดหรือสังเกตได้ง่ายกว่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิต

2) การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Approach)

การวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ต้องมีการประมาณฟังก์ชันการผลิต(Production Function) เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยการผลิตในการคำนวณโดยอาศัยค่าของความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตนั้นโดยตรง แทนที่จะใช้เงื่อนไขของดุลยภาพของการผลิต(Tim Coelli, D.S. Prasadao and George E. Battese,1998) ซึ่งในการประมาณสมการการผลิตดังกล่าวจำเป็นต้องมีการสมมติสมการการผลิตให้อยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

จากสมการการผลิตในรูปทั่วไป (general form) ในสมการที่ (2.3) หากเขียนเป็น Translog function ที่ไม่มีข้อจำกัด สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\ln Y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln X_{jt} + \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \alpha_{jk} \ln X_{jt} \ln X_{kt} + \sum_{j=1}^{n} \alpha_{jt} \ln X_{jt} t + \alpha_t t + \alpha_{tt} t^2 \quad (2.7)$$

อย่างไรก็ตาม translog function มีจำนวนตัวแปรมาก ทำให้ต้องการข้อมูลเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหา multicollinearity ได้ ฉะนั้น ในบางงานวิจัย เช่น ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์และ Haimin Wang(1991), Shenggen Fan(1991) จะพิจารณาใส่ข้อจำกัดที่ว่า ปัจจัยการผลิตทุกชนิดสามารถจะแยกออกจากกันและกันได้ (separable) แต่ว่าแต่ละปัจจัยไม่สามารถจะแยกออกจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_t = f\{g_1(X_{1t}, T), \ldots, g_n(X_{nt}, T)\} \quad (2.8)$$

เมื่อ Y_t คือ ผลผลิต ณ เวลาที่ t

X_{jt} คือ ปัจจัยการผลิต n ชนิด ณ ปีที่ t หรือ $(X_{1t}, X_{2t}, \ldots, X_{nt})$

T คือ แนวโน้มเวลา(time trend) ที่ใช้อธิบายถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

ซึ่งอาจแสดงได้ดังรูปสมการต่อไปนี้

$$\ln Y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln X_{jt} + \sum_{j=1}^{n} \alpha_{jt} \ln X_{jt} t + \alpha_t t + \alpha_{tt} t^2 \qquad (2.9)$$

แต่ถ้าปัจจัยการผลิตและเวลาสามารถแยกออกจากกันได้ (separable) สมการการผลิตก็จะมีรูปแบบเป็น Cobb-Douglas ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$\ln Y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln X_{jt} + \alpha_t t \qquad (2.10)$$

เมื่อหาอนุพันธ์อันดับแรกของสมการ (2.7) เทียบกับเวลาจะได้สมการอัตราความเจริญเติบโตของการผลิตซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$\frac{d \ln Y_t}{dt} = \left\{ \sum_{j=1}^{n} \eta_{jt} \frac{d \ln X_{jt}}{dt} \right\} + \left\{ \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln X_{jt} + \alpha_t + 2\alpha_{tt} t \right\} \qquad (2.11)$$

$$\eta_{jt} = \alpha_j + \alpha_{jk} \ln X_{kt} + \alpha_{jt} t \qquad (2.12)$$

เมื่อ η_{jt} ค่าความยืดหยุ่นของปัจจัยการผลิตต่อปัจจัยการผลิตชนิดที่ j โดยที่ $j=1,2,\ldots,n$

ในด้านขวามือของสมการ (2.11) เทอมแรก คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ปัจจัยการผลิต (input growth) ที่ถูกถ่วงด้วยน้ำหนักด้วยค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตชนิดนั้น ๆ (η_{jt}) เทอมที่สอง คือ ผลของการเจริญเติบโตของผลผลิตอันเนื่องมาจากความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP growth) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนย่อย คือ ผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบ biased (biased technological changes) และผลจากการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีที่มีลักษณะเป็นกลาง (neutral technological changes) ตามลำดับ

พัฒนาการของการหาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมได้พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาโดยอาศัยการประมาณพรมแดนการผลิตแบบ Stochastic ในขั้นตอนของการประมาณสมการการผลิตก็เป็นพัฒนาการหนึ่งต่อจากการวิเคราะห์

แบบพารามิเตอร์ซึ่งเกิดจากแนวคิดที่ว่า ข้อมูลที่เกิดขึ้นและเก็บรวบรวมมาได้ (observed) จากผู้ผลิตนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องอยู่บนเส้นพรมแดนการผลิตเสมอไปเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิคของผู้ผลิต ฉะนั้น จึงต้องหาแนวของเส้นพรมแดนการผลิต เพื่อใช้เปรียบเทียบหาระดับความมีประสิทธิภาพทางเทคนิคของผู้ผลิต นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาค่าความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงประสิทธิภาพทางเทคนิค (Technical Efficiency Change)ได้ ซึ่งทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาอย่างละเอียดและชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Tim Coelli, D.S. Prasadao and George E. Battese,1998)

สมการการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่สุด (frontier production function) โดยทั่วไปนั้นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_{it} = f\left(X_{jt}, b\right)e^{v_{it}}e^{u_{it}} \qquad (2.13)$$

และจากการใช้ natural log เข้าไปในสมการทั้งสองข้าง

$$\ln Y_{it} = \ln f\left(X_{it}, b\right) + v_{it} + u_{it} \qquad (2.14)$$

โดยที่ i = หน่วยการผลิต (firm) ที่ i โดย $i = 1,2,\ldots,n$

t = แนวโน้มของเวลา (Time)

Y_{it} = ผลผลิตของหน่วยการผลิตที่ i ณ เวลาที่ t

X_{it} = $1\times j$ เว็คเตอร์ของปัจจัยการผลิต ณ หน่วยการผลิตที่ i ณ เวลาที่ t

v_{it} = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถควบคุมได้

u_{it} = ความไม่มีประสิทธิภาพทางด้านการผลิต (Technological inefficiency:TI) มีการกระจายข้างเดียว(one-sided distribution) โดยที่ $u_{it} \leq 0$

$f(X_{it}, b)\,e^{v_{it}}$ คือฟังก์ชันการผลิตที่ดีที่สุดที่มีลักษณะเป็น stochastic ค่าของ $u_{it} \leq 0$ แสดงให้เห็นว่าผลผลิตซึ่งแสดงโดย $f(X_{it}, b)\,e^{v_{it}u_{it}}$ จะต้องไม่อยู่เกินเส้นฟังก์ชันการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าประสิทธิภาพสามารถจะเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อเวลาได้เปลี่ยนไป และนอกจากนี้ยังสมมติอีกว่า u_{it} มีการกระจายแบบปกติแบบข้างเดียว และมีความแปรปรวน (variance) เท่ากับ σ_u^2 ส่วน v_{it} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการกระจายแบบปกติด้วยค่า mean เท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ_v^2 และ $E(u_{it}\, v_{it}) = 0$

นำสมการ (2.9) มาเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln X_{jt} + \sum_{j=1}^{n} \alpha_{jt} \left(\ln X_{jt}\right) t + \alpha_{it} t^2 + \alpha_t t + \ln\left(e^{u_{it}}\right) + v_{it} \qquad (2.15)$$

และสามารถหาอนุพันธ์อันดับแรกของสมการที่ (2.15) เมื่อเทียบกับเวลาแสดงในรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$\frac{d \ln Y_{it}}{dt} = \sum_{j=1}^{n} \left[\eta_{jt} \frac{d \ln X_{jt}}{dt} + \left(\alpha_j \ln X_{jt}\right) \right] + \left(\alpha_{it} t + \alpha_t\right) + \frac{d \ln\left(e^{u_{it}}\right)}{dt} \qquad (2.16)$$

เมื่อ $\eta_{jt} = \alpha_j + \alpha_{jt} t$ คือ ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตชนิดที่ j

สมการที่ (2.16) เป็นสมการอัตราการเจริญเติบโตของผลผลิตที่มีแหล่งที่มาจากความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิตที่ถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตชนิดนั้น ๆ $\left(\eta_{jt}\right)$ซึ่งในด้านขวามือของสมการที่ (2.16) เทอมแรก ส่วนเทอมที่สอง คือผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบ biased (biased technological changes) เทอมที่สามคือ ผลจากการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีที่มีลักษณะเป็นกลาง (neutral technological changes) และเทอมสุดท้ายคือ ผลจากการเปลี่ยนแปลงระดับของประสิทธิภาพทางเทคนิค (TE change)ตามลำดับ (Shenggen Fan,1991)

จากสมการพรมแดนการผลิตที่มีลักษณะเป็น Stochastic สามารถวัดระดับประสิทธิภาพทางเทคนิคของหน่วยการผลิตที่ i ในเวลาที่ t ได้ดังนี้

$$TE_{it} = e^{u_{it}} = \frac{Y_{it}}{f\left(X_{jt}, \beta\right) e^{v_{it}}}; u_{it} \le 0 \qquad (2.17)$$

TE(Technical Efficiency) คือ ระดับของประสิทธิภาพทางเทคนิค หรือ สัดส่วนของปริมาณผลผลิตที่ได้รับจริงต่อปริมาณของผลผลิตที่ระดับของการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากการประมาณซึ่งก็คือปริมาณของผลผลิตที่อยู่บนเส้นพรมแดนการผลิตนั่นเอง

เนื่องจากการคำนวณหาค่า u_{it} จากส่วนต่างระหว่างผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงกับค่าที่เกิดขึ้นจากการประมาณบนเส้นพรมแดนการผลิตนั้น จะมีส่วนประกอบของค่า v_{it} ผสมมาด้วย แต่อย่างไรก็

ตาม Jondrow et al.(1982) ได้แสดงวิธีในการแยกค่า u_{it} ออกจากค่า v_{it} โดยคำนวณจากค่าความคาดหวัง (expected value) ของ u_{it} ภายใต้เงื่อนไข (condition) ε_{it} หรือ $E[u_{it}/\varepsilon_{it}]$ โดยที่ $\varepsilon_{it}=v_{it}+u_{it}$ เมื่อได้ค่า u_{it} แล้วนำไปคำนวณหาค่าความมีประสิทธิภาพทางเทคนิค โดยการหาค่า $\exp(u_{it})$

$$TE_{it}=E\left\{\exp\left(\frac{u_{it}}{u_{it}+v_{it}}\right)\right\}$$

$$=\exp\left[-\frac{\sigma_u\sigma_v}{\sigma}\left(\frac{\phi\left(\frac{\lambda\varepsilon_{it}}{\sigma}\right)}{1-\Phi\left(\frac{\lambda\varepsilon_{it}}{\sigma}\right)}-\left(\frac{\lambda\varepsilon_{it}}{\sigma}\right)\right)\right] \qquad (2.18)$$

โดยที่ E คือ expectations operator

exp คือ exponential

$\phi(g)$ คือ ค่าของ standard normal density function

$\Phi(g)$ คือ ค่าของcumulative distribution function

$\sigma=\left(\sigma_v^2+\sigma_u^2\right)^{1/2}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของ ε_{it}

และ $\lambda=\frac{\sigma_u}{\sigma_v}$

2.2.3 สมการพรมแดนการผลิต (Frontier Production Function)

ในส่วนนี้จะเป็นการกล่าวถึงพัฒนาการของแนวคิดสมการพรมแดนการผลิตที่จำเป็นจะต้องทำการประมาณในการศึกษาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ซึ่งจะกล่าวเรียงไปตามลำดับของวิวัฒนาการ โดยเริ่มจาก Deterministic Non-Parametric Frontierโดย Farrell (1957) เป็นผู้เสนอการประมาณเส้นพรมแดนแบบนี้ ทำการประมาณเส้นพรมแดนด้วยวิธีการ Linear Programming วิธีการนี้มีจุดเด่นคือไม่จำเป็นต้องมีรูปแบบสมการที่ถูกกำหนดโดยข้อมูล แต่เส้นพรมแดนรูปแบบนี้มีข้อด้อยคือ มีข้อสมมติที่ให้เทคโนโลยีเป็นแบบตอบแทนต่อขนาดคงที่ (constant returns to scale) ทำให้เมื่อเป็นเทคโนโลยีแบบผลตอบแทนต่อขนาดไม่คงที่ (non-constant returns to scale) จะมีความยุ่งยากในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และยังอ่อนไหวต่อข้อมูลของตัวอย่างที่ผิดพลาดหรือเกินจริง เนื่องจากวิธีการประมาณเส้นพรมแดนแบบนี้อาศัยวิธีการ Linear Programming ซึ่งจะใช้ข้อมูลบางส่วนเท่านั้นในการประมาณเส้นพรมแดนคือ อาศัยข้อมูลที่ควรจะเป็นค่าสูงสุดหรือต่ำสุดมาวิเคราะห์

วิธีการประมาณเส้นพรมแดนแบบ Deterministic Parametric เสนอโดย Aigner และ Chu (1968) เพื่อที่จะแก้ไขข้อจำกัดของ Farrell ในเรื่องผลตอบแทนต่อขนาดให้มีความยืดหยุ่นขึ้น ซึ่งวิธีนี้สามารถที่จะเขียนเส้นพรมแดนในรูปแบบคณิตศาสตร์อย่างง่ายได้ และยังสอดคล้องกับเทคโนโลยีแบบผลตอบแทนต่อขนาดไม่คงที่ด้วย อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีจุดด้อยคือ ยังอ่อนไหวกับข้อมูลที่ผิดพลาดหรือข้อมูลที่มีค่าสูงหรือต่ำเกินจริง (outliner) เนื่องจากยังคงใช้วิธีการทาง Linear Programming ในการประมาณเส้นพรมแดนเช่นเดียวกับ Farrell และรูปแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้ยังง่ายเกินไป ต้องมีข้อจำกัดเกี่ยวกับตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพเสมอและค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ยังขาดคุณสมบัติทางสถิติทำให้ไม่สามารถที่จะทำการทดสอบทางสถิติได้จึงมีผลต่อความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตามปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางสถิตินี้ Aigner และ Chu ได้เสนอแนวคิดคือ กำหนดให้มีข้อสมมติเกี่ยวกับ error term ในสมการการผลิตดังนี้ ให้ error term เป็นอิสระและมีการกระจายปกติ ให้ error term เป็นตัวแปรภายนอก (exogenous) แล้วทำการประมาณเส้นพรมแดนด้วยวิธีการ Maximum Likelihood (ML) หรือวิธีการ Corrected Ordinary Least Squares (COLS)

วิธีประมาณเส้นพรมแดนแบบ Stochastic Frontiers เนื่องจากการประมาณเส้นพรมแดนด้วยวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้คำนึงถึงความแปรปรวนของการผลิตอันเนื่องมาจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้การประมาณดัชนีประสิทธิภาพผิดพลาดได้ ดังนั้นวิธีการนี้จึงแยก error term ออกเป็น 2 ส่วน โดยให้ส่วนแรกเป็นความแปรปรวนอันเนื่องมาจากสภาพทางกายภาพและปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ความไม่แน่นอนทางธรรมชาติ ส่วนที่สองเป็นความแปรปรวนอันเนื่องจากตัวของผู้ผลิตซึ่งส่วนนี้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความไม่มีประสิทธิภาพที่แท้จริง โดยแนวคิดนี้ Aigner, Lovell และ Schmidt (1977) ได้นำมาใช้เป็นครั้งแรก ซึ่งการแยก error term ออกเป็นสองส่วนนี้นอกจากจะทำให้การประมาณค่าประสิทธิภาพถูกต้องยิ่งขึ้นเนื่องจาก error term ที่นำมาหาค่าประสิทธิภาพนั้นได้ตัดความแปรปรวนที่ไม่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพออกไปแล้วและวิธีการนี้ยังสอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้นกว่าวิธีการอื่นด้วย (Mieko Nishimizu and John M. Page,1982)