บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิดทางทฤษฎี

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

โดยทั่วไป ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบจากการเจริญเติบโตทางด้านปัจจัยการผลิต การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของผลผลิตนั้น นักวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้มักจะใช้วิธีในการศึกษาอยู่ 2 วิธี คือ วิธีการแบบไม่มีพารามิเตอร์ (Non–Parametric Approach) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ไม่จำเป็นต้องมีการสมมติรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตขึ้นมาก่อน และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลมาก แต่อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์จะยึดหลักภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า ตลาดมีการแข่งขันอย่างสมบูรณ์ และวิธีการแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Approach) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่จำเป็นต้องมีการสมมติรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตขึ้นมาก่อน และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) ที่มีจำนวนมากพอ นอกจากนี้ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณโดยวิธีแบบมีพารามิเตอร์สามารถทำการทดสอบทางสถิติได้ เนื่องจากอาศัยวิธีการทางเศรษฐมิติในการประมาณค่าจากสมการการผลิตโดยตรง ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แต่ละวิธีก็มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีนั้น ได้ผลที่ใกล้เคียงกัน (Tim Coelli , D.S. Prasada Rao and Geore E. Battese , 1998)

สำหรับงานวิจัยที่ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบจากการเจริญเติบโตทางด้านปัจจัยการผลิต การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของผลผลิตในประเทศไทยและในต่างประเทศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Kim และ Park (1985) งานวิจัยของปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ (2539) งานวิจัยของ เสถียร ศรีบุญเรือง และชัยณรงค์ พูลเกษม (2539) งานวิจัยของ Rao D.S.P. และ Coelli T.J. (1998) และงานวิจัยของ Nghiem Hong Son และ Coelli T.J. (2001) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

Kim และ Park (1985) ได้ศึกษาผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมและที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตในระบบเศรษฐกิจของประเทศเกาหลี โดยใช้การวิเคราะห์แบบโซโลว์-เดนิสัน

(Solow-Denison) เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยเน้นทำการศึกษาในภาคเศรษฐกิจหลักๆ เช่น ภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปีค.ศ.1972-1982 อัตราความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 20.8 ของอัตราความเจริญเติบโตรวมของระบบเศรษฐกิจของประเทศเกาหลี ในขณะที่ปัจจัยทุนมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 29.8 และแรงงานประมาณร้อยละ 49.4 โดยที่ร้อยละ 28.8 เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของผลิตภาพแรงงาน

ปราณี ทินกร และ ฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ (2539) ได้ศึกษาความเจริญเติบโตของผลผลิตจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิต และความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการผลิต และที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตในระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์แบบโซโลว์-เดนิสัน (Solow-Denison) เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยพิจารณาปัจจัยการผลิตหลัก ซึ่งได้แก่ ปัจจัยแรงงาน ปัจจัยทุน และปัจจัยที่ดิน ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปีพ.ศ.2515-2533 อัตราความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) คิดเป็นร้อยละ 2.6 ต่อปี (ตัวเลขนี้ยังไม่ได้หักคุณภาพของแรงงาน) และเมื่อคำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของผลิตภาพของแรงงาน พบว่าในช่วงปี พ.ศ.2521-2533 อัตราความเจริญเติบโตของประสิทธิภาพปัจจัยการผลิตมีประมาณร้อยละ 12 ต่อปี ในขณะที่อัตราความเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7.6 อธิบายได้ว่า อัตราความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการผลิตมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 15.8 ของความเจริญเติบโตโดยรวมในระบบเศรษฐกิจ ในขณะที่ปัจจัยทุนมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 37.2 ปัจจัยที่ดินประมาณร้อยละ 1.2 และปัจจัยทางด้านแรงงานประมาณร้อยละ 45.8 โดยที่ร้อยละ 19.7 นั้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของผลิตภาพแรงงาน

เสถียร ศรีบุญเรือง และชัยณรงค์ พูลเกษม (2539) ได้ศึกษาวิเคราะห์ผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมและผลิตภาพปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดในภาคการเกษตรของประเทศไทย โดยใช้วิธีการแบบเลขดัชนีแบบ Tornquist-Theil เป็นเครื่องมือในการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า อัตราความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิตมีอัตราการเพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราความเจริญเติบโตของผลผลิต โดยปัจจัยการผลิตมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยรวมประมาณร้อยละ 2.96 ในขณะที่อัตราความเจริญเติบโตของผลผลิตโดยรวมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงประมาณร้อยละ 0.16 นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ผลิตภาพของปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด พบว่า ปัจจัยทุนมีผลิตภาพสูงที่สุด รองลงมา คือ ปัจจัยทางด้านวัตถุดิบ ปัจจัยแรงงาน และปัจจัยที่ดิน ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลิตภาพระหว่างปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการปลูกข้าวกับการปลูกพืชไร่ พบว่าปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการปลูกพืชไร่มีผลิตภาพสูงกว่า

Rao D.S.P. และ Coelli T.J. (1998) ได้ศึกษาความเจริญเติบโตของผลิตภาพการผลิตผลผลิตภาคการเกษตรของประเทศต่างๆ ทั่วโลก ระหว่างปีค.ศ.1980-1995 โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Data Envelopment Analysis (DEA) เพื่อหาดัชนีผลิตภาพการผลิต Malmquist เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยทำการศึกษาทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้ว และประเทศที่กำลังพัฒนารวม 97 ประเทศ ประกอบด้วย ประเทศในทวีปแอฟริการวม 27 ประเทศ ประเทศในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกากลางรวม 11 ประเทศ ประเทศในทวีปอเมริกาใต้รวม 10 ประเทศ ประเทศในทวีปเอเชียรวม 23 ประเทศ ประเทศในทวีปยุโรปรวม 22 ประเทศ ประเทศในแถบออสเตรเลียรวม 3 ประเทศ และประเทศรัสเซียรวมกับยูโกสลาเวียอีก 1 ประเทศ ซึ่งประเทศต่างๆ ที่ถูกเลือกนำมาใช้ในการศึกษาถือว่าครอบคลุมจำนวนประชากรและผลผลิตทางการเกษตรของโลก ผลการศึกษาพบว่า ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) ภาคการเกษตรของประเทศต่างๆ รวม 97 ประเทศ ระหว่างปีค.ศ.1980-1995 มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.7 ต่อปี โดยเป็นผลเนื่องมาจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตมากกว่าเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต

Nghiem Hong Son และ Coelli T.J. (2001) ได้ศึกษาผลกระทบจากการปรับปรุงผลิตภาพการผลิตในอุตสาหกรรมข้าวของประเทศเวียดนาม ระหว่างปีค.ศ.1976-1997 โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Standard Malmquist Data Envelopment Analysis (DEA) เป็นเครื่องมือในการศึกษา ทำการศึกษาใน 8 ภูมิภาคการเกษตรของประเทศเวียดนาม ผลการศึกษาพบว่า ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 3.3 ถึงร้อยละ 3.5 ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงผลิตภาพการผลิตมีส่วนสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตข้าวของประเทศเวียดนาม นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Tornqvist Index และวิธีการวิเคราะห์แบบ Standard Malmquist Data Envelopment Analysis (DEA) พบว่าให้ค่าเฉลี่ยของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมใกล้เคียงกัน

สำหรับงานวิจัยที่ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบจากการเจริญเติบโตทางด้านปัจจัยการผลิต การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของผลผลิตในประเทศไทยและในต่างประเทศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบมีพารามิเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของดิเรก ปัทมสิริวัฒน์ และสะเก็ดดาว ซื่อวัฒนะ (2533) งานวิจัยของ Shenggen Fan (1991) งานวิจัยของทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์ และ Haimin Wang (2539) งานวิจัยของไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ (2541) และงานวิจัยของ Bayarsaihan T. Battese G.E. และ Coelli T.J. (1998) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์ และสะเก็ดดาว ซื่อวัฒนะ (2533) ได้ศึกษาหาที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย ระหว่างปีพ.ศ.2504-2528 โดยใช้การวิเคราะห์จากแบบจำลองของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย ซึ่งได้กำหนดรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตเป็นแบบ Cobb-Douglas เป็นเครื่องมือในการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า อัตราการขยายตัวเฉลี่ยของผลผลิตทางการเกษตร ครอบคลุมพืชจำนวน 20 ชนิดในแต่ละภูมิภาคในแต่ละช่วงเวลามีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 83 ภายในช่วงระยะเวลา 15 ปีหรือประมาณร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งการขยายเนื้อที่เพาะปลูกมีส่วนสำคัญที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรขยายตัวในช่วงแรกในทุกภูมิภาค ส่วนการศึกษาก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพการผลิตและขนาดผลผลิตในทุกภูมิภาค นอกจากนี้ราคาผลผลิตทางการเกษตรและราคาปุ๋ยก็มีส่วนสนับสนุนให้เกิดความเจริญเติบโตของอุปทานทางการเกษตร

Shenggen Fan (1991) ได้ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตและการปฏิรูปทางด้านสถาบันที่มีต่อความเจริญเติบโตทางด้านการผลิตในภาคการเกษตรของประเทศจีนโดยใช้การวิเคราะห์แบบ Stochastic Frontier Approach ผ่านฟังก์ชันการผลิตที่มีลักษณะเป็นแบบ Translog โดยมีเงื่อนไขว่าปัจจัยการผลิตแต่ละตัวสามารถแยกออกจากกันและกันได้ แต่ว่าปัจจัยการผลิตแต่ละตัวไม่สามารถแยกออกจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีได้ เป็นเครื่องมือในการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า อัตราความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) ในช่วงปีค.ศ.1965-1985 คิดเป็นร้อยละ 5.04 ต่อปี โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับร้อยละ 63 ซึ่งเป็นผลมาจากการปฏิรูปทางด้านสถาบัน และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตเท่ากับร้อยละ 37 ส่วนการเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตเท่ากับร้อยละ 57.7

ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์ และ Haimin Wang (2539) ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้ปัจจัยการผลิต การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตและประสิทธิภาพทางเทคนิคการผลิตที่มีต่อการผลิตทางการเกษตรในภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงปีพ.ศ.2518-2534 โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Stochastic Frontier Approach ผ่านฟังก์ชันการผลิตที่มีลักษณะเป็นแบบ Translog โดยมีเงื่อนไขว่าปัจจัยการผลิตแต่ละตัวสามารถแยกออกจากกันและกันได้ แต่ว่าปัจจัยการผลิตแต่ละตัวไม่สามารถแยกออกจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีได้ เป็นเครื่องมือในการศึกษา ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราความเจริญเติบโตของผลผลิตทางการเกษตรนั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของการใช้ปัจจัยการผลิตโดยมีสัดส่วนร้อยละ 54.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตมีสัดส่วนร้อยละ 42.8 และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตมีสัดส่วนร้อยละ 3.1 นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตแบบ neutral technological change มีส่วนช่วย

ให้เกิดความเจริญเติบโตของผลผลิตทางการเกษตรมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 37.8 จากการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดร้อยละ 42.8 ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต

ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ (2541) ได้ศึกษาวิเคราะห์หาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม โดยใช้การวิเคราะห์แบบเศรษฐมิติ ซึ่งประกอบด้วยวิธี Conventional Approach (Parametric) และ Growth Accounting (Non-Parametric Approach) โดยกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตเป็นแบบ Cobb-Douglas เป็นเครื่องมือในการศึกษา ทำการศึกษาใน 8 สาขาการผลิตหลัก ซึ่งประกอบด้วย สาขาเกษตรกรรม สาขาเหมืองแร่ สาขาหัตถอุตสาหกรรม สาขาก่อสร้าง สาขาไฟฟ้าประปา สาขาสื่อสารคมนาคม สาขาพาณิชยกรรม และสาขาบริการ ในช่วงปีพ.ศ.2513-2539 ผลการศึกษาพบว่า การประมาณการโดยวิธี Parametric และ Non Parametric Approach ให้ผลสรุปของค่าประมาณการและลักษณะในรายละเอียดของอัตราการเติบโตของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) และอัตราการส่งเสริมการขยายตัวของผลผลิตอันเนื่องมาจากปัจจัยทุนและปัจจัยแรงงาน (Capital Contribution และ Labour Contribution) ของแต่ละสาขาคล้ายคลึงกัน โดยอัตราการขยายตัวของความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) ของเกือบทุกสาขามีการขยายตัวเฉลี่ยติดลบ ระหว่างช่วงปีพ.ศ.2534-2539 ยกเว้นสาขาหัตถอุตสาหกรรม

Bayarsaihan T. Battese G.E. และ Coelli T.J. (1998) ได้ศึกษาผลิตภาพการผลิตผลผลิตธัญพืชในระดับฟาร์มของประเทศมองโกเลีย ระหว่างปีค.ศ.1976-1989 โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Stochastic Frontier Approach ผ่านฟังก์ชันการผลิตที่มีลักษณะเป็นแบบ Translog โดยมีเงื่อนไขว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีมีเพียงการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบเป็นกลาง (neutral technological change) เท่านั้น เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งทำการศึกษาในระดับฟาร์มรวม 48 ฟาร์ม ผลการศึกษาพบว่า ในกระบวนการผลิตผลผลิตธัญพืชระดับฟาร์มตลอดระยะเวลามากกว่า 14 ปีมีระดับประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยลดลงร้อยละ 7.2 ต่อปี ขณะที่การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตเฉลี่ยลดลงร้อยละ 11.4 ต่อปี และผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity : TFP) ลดลงร้อยละ 18.0 ต่อปี อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในช่วงปีค.ศ.1981-1989 ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลา 9 ปีหลังที่ทำการศึกษา พบว่า อัตราการเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) มีสัดส่วนถึงร้อยละ 58.7 ของแหล่งที่มาของผลผลิตธัญพืชในระดับฟาร์มของประเทศมองโกเลีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตผลผลิตธัญพืชระดับฟาร์มมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตมากขึ้น

2.2 กรอบแนวคิดทางทฤษฎี

กรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลกระทบจากการเจริญเติบโตทางด้านปัจจัยการผลิต การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร ประกอบด้วยหัวข้อ 2 หัวข้อ คือ หัวข้อแรก เป็นการอธิบายถึงแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต (The Sources of Output Growth) หัวข้อที่สอง เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต ซึ่งประกอบด้วย วิธีการวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์ (Non-parametric Approach) และวิธีการวิเคราะห์แบบมีพารามิเตอร์(Parametric Approach)

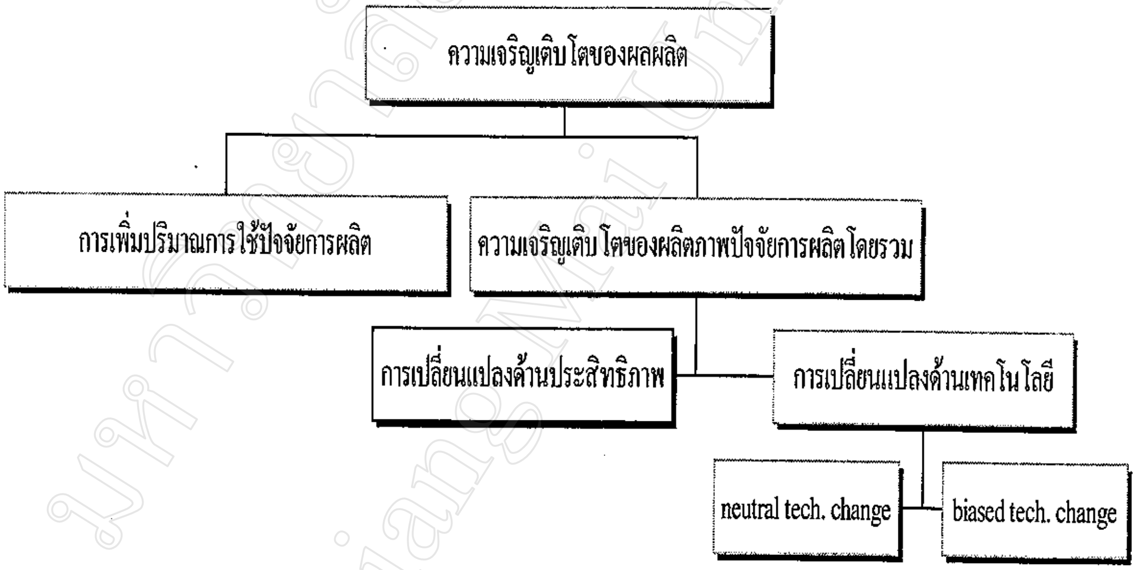
2.2.1 แหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต (The Sources of Output Growth)

ผลิตภาพการผลิต (Productivity) สามารถวัดได้ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ประเภทแรก เป็นการวิเคราะห์ผลิตภาพปัจจัยการผลิตเพียงชนิดเดียว (Partial Factor Productivity) เช่น ผลิตภาพการผลิตของแรงงานในอุตสาหกรรมหนึ่ง ผลิตภาพการผลิตของทุนหรือผลิตภาพการผลิตของเครื่องจักรชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมหนึ่ง เป็นต้น ประเภทที่สอง เป็นการวิเคราะห์ผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity) ซึ่งหมายถึง ขนาดของผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยของปัจจัยการผลิตทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต (ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ , 2541)

ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์การผลิตอธิบายว่า ความเจริญเติบโตของผลผลิต (Output Growth) ประกอบไปด้วยปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิต (Input Growth) และประการที่สอง ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เป็นผลเนื่องมาจากความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) ซึ่งความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมนั้นสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต (Technical Efficiency : TE) และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต (Technological Change : TC) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบเป็นกลาง (neutral technological change) และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบ biased (biased technological change) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ในกระบวนการผลิตใดๆ ความเจริญเติบโตของผลผลิต (Output Growth) ประกอบไปด้วยปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิต (Input Growth) มากขึ้น ซึ่งจะทำให้การขยายตัวของผลผลิตเคลื่อนที่ (movements) ไปตามเส้นฟังก์ชันการผลิต (Production Function) เส้นเดิม และประการที่สอง ความ

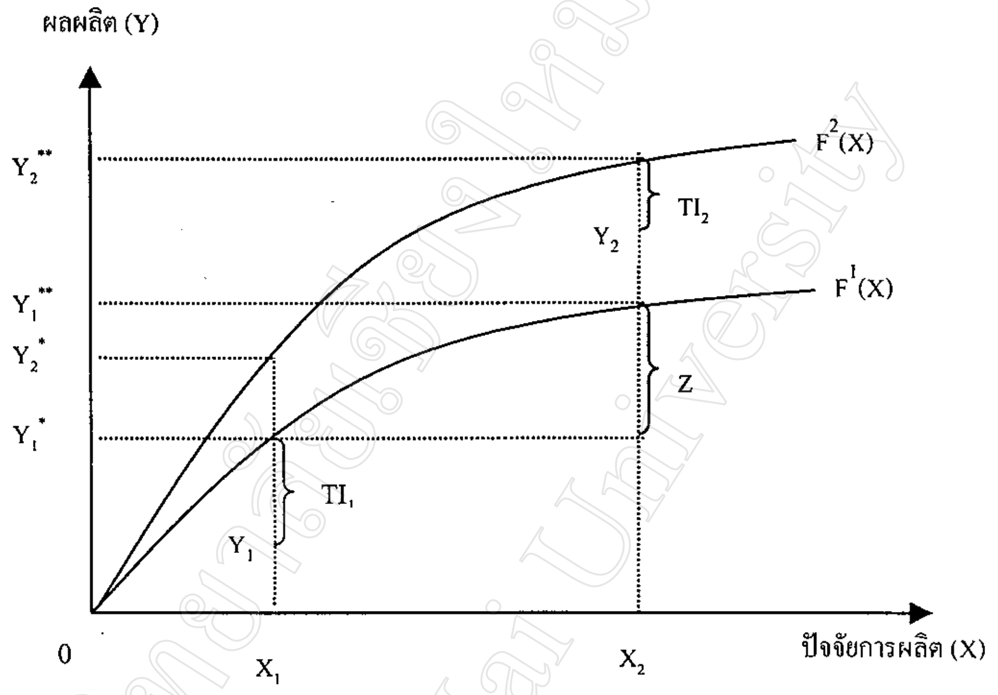
เจริญเติบโตของผลผลิตที่เป็นผลเนื่องมาจากความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) ซึ่งความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต (Technological Change : TC) ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตโดยการเคลื่อนย้าย (shift) ของเส้นฟังก์ชันการผลิตเส้นเดิมไปสู่เส้นฟังก์ชันการผลิตเส้นใหม่ที่สูงขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของผลผลิตดังกล่าวไม่จำเป็นจะต้องเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตใดๆ ให้มากขึ้น และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต (Technical Efficiency : TE) ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตโดยการลดลงของระยะทางระหว่างผลผลิตที่ได้รับจากหน่วยการผลิต โดยการเพิ่มขึ้นของผลผลิตดังกล่าวไม่จำเป็นจะต้องเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตใดๆ ให้มากขึ้นเลย อย่างไรก็ตามเพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจถึงแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต (Output growth)

จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงเส้นฟังก์ชันพรมแดนการผลิต (Production Function Frontier) ของผู้ผลิตในสองช่วงเวลา คือ $F_1(X)$ และ $F_2(X)$ ตามลำดับ ถ้ากำหนดให้ผู้ผลิตสามารถทำการผลิตให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดแล้ว ปริมาณผลผลิตที่ผู้ผลิตจะได้รับนั้นจะมีค่าเท่ากับ Y_1^* และ Y_2^{**} สำหรับช่วงเวลาที่ 1 และช่วงเวลาที่ 2 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากผู้ผลิตดำเนินการผลิตเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งก็หมายความว่าเป็นการผลิตที่ไม่ได้อยู่บนเส้นพรมแดนการ

ผลิต ในกรณีเช่นนี้จะมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้รับจริงของผู้ผลิตในช่วงเวลาที่ 1 และช่วงเวลาที่ 2 นั้น มีค่าเท่ากับ Y_1 และ Y_2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 ผลกระทบจากการเจริญเติบโตทางด้านปัจจัยการผลิต การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของผลผลิต

ความไม่มีประสิทธิภาพทางการผลิต (Technical Inefficiency : TI) นั้น สามารถหาค่าได้โดยใช้ระยะห่างที่อยู่ในแนวดิ่งของผลผลิตที่อยู่บนพรมแดนการผลิต ซึ่งผลผลิตที่ได้รับจริงของผู้ผลิตจะเท่ากับ TI_1 และ TI_2 สำหรับช่วงเวลาที่ 1 และช่วงเวลาที่ 2 ตามลำดับ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสิทธิภาพการผลิต เมื่อเวลาได้เปลี่ยนแปลงไปก็คือ ความแตกต่างระหว่าง TI_1และ TI_2 นั่นเอง ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต (Technological Change) สามารถหาได้จากการเคลื่อนย้าย (shift) ของเส้นฟังก์ชันพรมแดนการผลิต ซึ่งก็คือระยะความแตกต่างระหว่างเส้นพรมแดนการผลิต $F_1(X)$ และ $F_2(X)$ จากแผนภาพ คือ $(Y_2^* - Y_1^*)$ หรือ $(Y_2^{**} - Y_1^{**})$ ณ ระดับการใช้ปัจจัยการผลิต X_1 และ X_2 ตามลำดับ ในขณะที่ผลของการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตอันเนื่องมาจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตจากปริมาณ X_1 เป็น X_2 นั้น มีค่าเท่ากับ $(Y_1^{**} - Y_1^*)$ หรือเท่ากับค่า Z ดังแสดงในรูปที่ 2.2

ดังนั้น ผลรวมของความเจริญเติบโตของผลผลิตเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป สามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 3 ส่วน ดังสมการ

$$
\begin{aligned}
(Y_2 - Y_1) &= (Y_1^{*} - Y_1) + (Y_1^{**} - Y_1^{*}) + (Y_2 - Y_1^{**}) \\
&= (Y_1^{*} - Y_1) + (Y_1^{**} - Y_1^{*}) + (Y_2 - Y_1^{**}) + (Y_2^{**} - Y_2^{**}) \\
&= (Y_1^{**} - Y_1^{*}) + [(Y_1^{*} - Y_1) - (Y_2^{**} - Y_2)] + (Y_2^{**} - Y_1^{**}) \\
&= Z + (TI_1 - TI_2) + (Y_2^{**} - Y_1^{**}) \qquad (2.1)
\end{aligned}
$$

โดยที่ $(Y_2 - Y_1)$ คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิต

Z คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตเนื่องมาจากการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิต (Input Growth)

$(TI_1 - TI_2)$ คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตเนื่องมาจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต (Technical Efficiency : TE)

$(Y_2^{**} - Y_1^{**})$ คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต (Technological Change)

จากกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการวัดค่าผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) ซึ่งให้ความหมายไว้ว่า เป็นสิ่งที่เกิดจากความเจริญเติบโตของผลผลิตโดยหักส่วนของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ปัจจัยการผลิตที่เพิ่มขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมนั้น เป็นการพิจารณาเฉพาะส่วนของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (2.2)

$$
\text{TFP Growth} = (TI_1 - TI_2) + (Y_2^{**} - Y_1^{**}) \qquad (2.2)
$$

ความเจริญเติบโตของผลผลิตเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตนั้น ได้มีนักเศรษฐศาสตร์บางท่านอธิบายว่า เป็นความก้าวหน้าของความรู้ (Advance of Knowledge) หรือเรียกว่า ส่วนที่เหลือ (Residual) หรือตัววัดความไม่รู้ (Measure of Ignorance) ทั้งนี้เพราะว่าการที่ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นนั้น อธิบายไม่ได้ด้วยการเพิ่มขึ้นของการใช้ปัจจัยการผลิต แต่มาจากอะไรบางอย่างที่ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตเพิ่มขึ้น (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ , 2537)

2.2.2 วิธีการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต

วิธีการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์ (Non-parametric Approach) และวิธีที่สองเป็นการวิเคราะห์แบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Approach)

1) วิธีการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตแบบไม่มีพารามิเตอร์ (Non-parametric Approach)

การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตแบบไม่มีพารามิเตอร์นั้น เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ต้องมีการสมมติรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตขึ้นมาก่อน และไม่จำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลของผลผลิตและปัจจัยการผลิตเป็นจำนวนมาก หากมีข้อมูลเพียง 2 จุดหรือ 2 ช่วงเวลาก็สามารถนำมาวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตได้ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์จำเป็นต้องอาศัยข้อสมมติบางประการเกี่ยวกับพฤติกรรมและภาวะดุลยภาพของผู้ผลิต (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ ,2537) กล่าวคือ ตลาดมีการแข่งขันอย่างสมบูรณ์ ไม่มีการผูกขาดจากผู้ผลิตรายใดรายหนึ่ง และพฤติกรรมของผู้ผลิตจะมุ่งแสวงหากำไรสูงสุดโดยจะทำการผลิตในภาวะดุลยภาพ ซึ่งจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิต (output elasticity of input) มีค่าเท่ากับส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิต (factor share) นั้นๆ (ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ , 2541) ดังเช่นตัวอย่างของวิธีการวิเคราะห์แบบ Growth Accounting

เพื่อให้เห็นชัดเจนและเข้าใจยิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่างการหาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตโดยการวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีการแบบ Growth Accounting โดยกำหนดให้ในกระบวนการผลิตผลผลิต (Y) ขึ้นอยู่กับปัจจัยการผลิต n ชนิด และฟังก์ชันการผลิตสามารถเลื่อนขึ้นได้เมื่อเวลา (t) เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตหรือความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม นอกจากนี้ ในการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการแบบ Growth Accounting นั้นจำเป็นต้องมีข้อสมมติที่สำคัญอีก 4 ประการ คือ ประการแรก ในการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบเป็นกลาง (neutral technological change) ซึ่งหมายความว่า การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีจะไม่มีผลทำให้อัตราการทดแทนหน่วยสุดท้ายระหว่างปัจจัยการผลิตเปลี่ยนแปลง ประการที่สอง ฟังก์ชันการผลิตเป็นไปตามกฎลดน้อยถอยลงของผลผลิต (law of diminishing returns) ประการที่สาม ผู้ผลิตมีพฤติกรรมแสวงหากำไรสูงสุดและอยู่ในภาวะดุลยภาพภายใต้ตลาดแข่งขัน และประการที่สี่ สมการการผลิตนั้นต้องมีลักษณะเป็น linearly homogeneous ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการผลิตจะต้องอยู่ในระยะของผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ (constant return to scale) (เสถียร ศรีบุญเรือง และชัย

ณรงค์ พูลเกษม, 2539) ดังนั้น การวิเคราะห์แบบ Growth Accounting นี้จะอาศัยวิธีการวิเคราะห์โดยผ่านสมการฟังก์ชันการผลิตที่อยู่ในรูปทั่วไป (general form) แสดงได้ดังสมการที่ (2.3)

$$Y(t) = f[X_1(t), X_2(t), \ldots, X_n(t), t] \tag{2.3}$$

โดยที่ Y(t) คือ ระดับของผลผลิต ณ เวลาที่ t

X(t) คือ 1 x n เวคเตอร์ของปัจจัยการผลิต ณ เวลาที่ t

t คือ แนวโน้มเวลา (Time trend) ที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต

จากสมการที่ (2.3) เมื่อหาค่าอนุพันธ์ (Total Differentiation) เทียบกับเวลา (t) เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตเมื่อเวลาได้เปลี่ยนแปลงไป จะได้ดังสมการที่ (2.4)

$$\frac{dY(t)}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_i(t)} \frac{dX_i(t)}{dt} + \frac{df(\bullet)}{dt}$$

$$Y^{\bullet}(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_i(t)} X_i^{\bullet}(t) + f^{\bullet}(t) \tag{2.4}$$

โดยที่จุดดำ (·) เหนือตัวแปรใดๆ แสดงถึงค่าอนุพันธ์ของตัวแปรนั้นๆ เทียบกับเวลา (t) และเมื่อหารสมการที่ (2.4) ด้วยสมการที่ (2.3) แล้วจัดรูปใหม่ จะได้สมการที่ (2.5)

$$\frac{Y^{\bullet}(t)}{Y(t)} = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_i(t)} \frac{X_i(t)}{f(\bullet)} \right] \frac{X_i^{\bullet}(t)}{X_i(t)} + \frac{f^{\bullet}(\bullet)}{f(\bullet)}$$

$$\frac{\dot{Y}(t)}{Y(t)} = \sum_{i=1}^{n} \eta_i \frac{\dot{X}_i(t)}{X_i(t)} + \frac{\dot{f}(\bullet)}{f(\bullet)} \tag{2.5}$$

โดยที่ค่า η_i คือ ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตที่ i ; i = 1,2,…,n ซึ่งค่าของ η_i สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (2.6)

$$\eta_i = \frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_i(t)} \frac{X_i(t)}{f(\bullet)} = \frac{\partial Y(t)}{\partial X_i(t)} \frac{X_i(t)}{Y(t)} \tag{2.6}$$

จากสมการที่ (2.5) เรียกสมการนี้ว่า สมการบัญชีของความเจริญเติบโต (Growth Accounting Equation) ซึ่งเป็นฟังก์ชันการผลิตที่เขียนอยู่ในรูปของอัตราความเจริญเติบโตของตัวแปร และแสดงให้เห็นว่าความเจริญเติบโตของผลผลิต $[\dot{Y}(t)/Y(t)]$ นั้น สามารถแยกแหล่งที่มาได้เป็นสองส่วน คือ ความเจริญเติบโตจากปัจจัยการผลิต $[\dot{X}(t)/X(t)]$ ที่ถ่วงน้ำหนักด้วยความยืดหยุ่นของผลผลิตอันเนื่องมาจากปัจจัยการผลิตชนิดนั้นๆ (η_i) และอัตราการเคลื่อนย้าย (shift) ของฟังก์ชันการผลิตหรือความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม $[\dot{f}(\bullet)/f(\bullet)]$ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิต โดยมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างความเจริญเติบโตของผลผลิตกับความเจริญเติบโตของปัจจัยการผลิตที่ถ่วงน้ำหนักด้วยความยืดหยุ่นของผลผลิตอันเนื่องมาจากปัจจัยการผลิตชนิดนั้น ดังแสดงได้ในสมการที่ (2.7)

$$\frac{\dot{f}(\bullet)}{f(\bullet)} = \frac{\dot{Y}(t)}{Y(t)} - \sum_{i=1}^{n} \eta_i \frac{\dot{X}_i(t)}{X_i(t)} \tag{2.7}$$

ถ้าหากมีข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่ปรากฏในด้านขวาของสมการที่ (2.7) ก็จะสามารถวัดความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Growth : TFP Growth) ได้ แต่ในความเป็นจริง จะสามารถสังเกตค่าของผลผลิตและปัจจัยการผลิตชนิดต่างๆ ได้ แต่จะไม่ทราบเกี่ยวกับค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด (η_i) ซึ่งเป็นสาเหตุที่นักเศรษฐศาสตร์ต้องหันไปใช้วิธีการทางเศรษฐมิติมาประมาณค่าดังกล่าวจากฟังก์ชันการผลิตในรูปแบบต่างๆ (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ ,2537)

อย่างไรก็ตาม หากมีข้อมูลไม่มากพอหรือไม่ต้องการสมมติรูปแบบฟังก์ชันการผลิต ก็สามารถวัดค่าความยืดหยุ่นดังกล่าวได้โดยอาศัยข้อสมมติบางประการเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ผลิต ซึ่งจากการวิเคราะห์พฤติกรรมของหน่วยผลิตในระดับจุลภาค หากมีข้อสมมติว่า ผู้ผลิตมีพฤติกรรมแสวงหากำไรสูงสุด (Profit Maximization) แล้ว จะพบว่าผู้ผลิตจะอยู่ในดุลยภาพเมื่อใช้ปัจจัยการผลิตถึงจุดที่ประสิทธิภาพส่วนเพิ่มของผลผลิต (marginal product : MP) ของปัจจัยนั้น เท่ากับต้นทุนที่แท้จริง (real cost) (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ ,2537) หรือจะทำการผลิต ณ

จุดที่ราคาปัจจัยการผลิตเท่ากับมูลค่าของผลผลิตเพิ่ม $[w_i(t) = P(t)MP_{X_i}]$ แสดงได้ดังสมการที่ (2.8)

$$MP_{x_i} = \frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_i(t)} = \frac{W_i(t)}{P(t)} \tag{2.8}$$

โดยที่ $W_i(t)$ คือ ระดับราคาของปัจจัยการผลิตที่ i ; i = 1,2,…,n

$P(t)$ คือ ระดับราคาผลผลิต

นั่นคือ จะได้ว่าเมื่อผู้ผลิตมีพฤติกรรมแสวงหากำไรสูงสุดและอยู่ในภาวะดุลยภาพแล้ว ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตจะมีค่าเท่ากับส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิต (Factor income share) ชนิดนั้นๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (2.9)

$$\eta_i = \frac{\partial f(\bullet)}{\partial X_i(t)} \frac{X_i(t)}{Y(t)} = \frac{W_i(t) X_i(t)}{P(t) Y(t)} \tag{2.9}$$

แสดงว่า เมื่อผู้ผลิตที่มีพฤติกรรมแสวงหากำไรสูงสุดอยู่ในภาวะดุลยภาพ ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตจะเท่ากับส่วนแบ่งของรายได้ที่ปัจจัยการผลิตนั้นได้รับต่อมูลค่าผลผลิต หรือที่มักจะเรียกสั้นๆ ว่า ส่วนแบ่งรายได้ปัจจัยการผลิต (factor income share) (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ ,2537)

ดังนั้นสามารถวัดความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมได้ ดังแสดงในสมการที่ (2.10)

$$\frac{\dot{f}(\bullet)}{f(\bullet)} = \frac{\dot{Y}(t)}{Y(t)} - \sum_{i=1}^{n} \beta_i \frac{\dot{X}_i(t)}{X_i(t)} \tag{2.10}$$

$$; \beta_i = \frac{W_i(t) X_i(t)}{P(t) Y(t)}$$

โดยที่ β_i คือส่วนแบ่งของรายได้ของปัจจัยการผลิตที่ i ; i = 1,2,…,n

จากข้อสมมติที่ว่าการผลิตอยู่ในระยะของผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ ซึ่งทำให้ทราบว่าผลผลิตจะกระจายไปยังปัจจัยการผลิตจนหมด ดังนั้นส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิตจะมีผลรวมเท่ากับหนึ่ง ($\sum \alpha_i = 1$) และส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิตเป็นข้อมูลที่วัดหรือสังเกตได้ง่ายกว่าค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิต ดังนั้นจากสมการที่ (2.10) จะเห็นได้ว่าการมีข้อมูลเกี่ยว

กับผลผลิต ปัจจัยการผลิต และส่วนแบ่งรายได้ของปัจจัยการผลิตเพียง 2 จุด หรือ 2 ช่วงเวลา ก็สามารถที่จะนำมาประเมินความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีหรือประสิทธิภาพการผลิตในระหว่างช่วงเวลานั้นได้ โดยไม่จำเป็นต้องสมมติรูปแบบฟังก์ชันการผลิตว่าเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ ,2537)

นอกจากวิธีการศึกษาแบบ Growth Accounting แล้ว ยังมีวิธีการศึกษาที่อาศัยการหาเลขดัชนี ตัวอย่างเช่น ดัชนีแบบ Tornqvist-Theil Index ซึ่งใช้ในการคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตของตัวแปรระหว่างช่วงเวลาใดๆ หรือเป็นข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete) และดัชนีแบบ Divisia Index ซึ่งมีความเหมาะสมกับการประมาณในกรณีที่ข้อมูลมีความต่อเนื่อง (Continuous) ซึ่งจากสมการที่ (2.10) สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมได้ภายใต้เงื่อนไขว่าข้อมูลที่ใช้จะต้องเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง(continuous) เพราะเป็นผลสืบเนื่องมาจากการดำเนินการด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Derivation) และมาจากฟังก์ชันประเภทต่อเนื่อง (ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ , 2541) แต่ในความเป็นจริงแล้วข้อมูลที่ใช้มักเป็นข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับสมการที่ (2.10) นี้ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องดังกล่าว ซึ่งวิธีหนึ่งที่นิยมก็คือ การใช้ดัชนีแบบ Tornqvist-Theil ซึ่งเป็นดัชนีแบบจุดของเวลา และอยู่ในรูปของผลต่างของค่า Natural Logarithm ดังสมการสมการที่ (2.11)

$$\left[\ln TFP(t)-\ln TFP(t-1)\right]=\left[\ln Y(t)-\ln Y(t-1)\right]$$

$$-\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2}\left(\alpha_{X_i(t)}-\alpha_{X_i(t-1)}\right)\ \left[\ln X_i(t)-\ln X_i(t-1)\right] \qquad (2.11)$$

จากสมการที่ (2.11) จะเห็นได้ว่า ถ้าหากมีข้อมูลของผลผลิต ปัจจัยการผลิตและส่วนแบ่งของรายได้ของปัจจัยการผลิตเพียง 2 ช่วงเวลาก็สามารถที่จะนำมาประเมินความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีหรือความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวมในระหว่างช่วงเวลานั้นได้ โดยไม่จำเป็นต้องสมมติรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตว่าอยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

วิธีการวิเคราะห์แบบไม่มีพารามิเตอร์อีกรูปแบบหนึ่งที่ถือว่ามีความสำคัญและเป็นที่นิยมในปัจจุบัน คือ วิธีการวิเคราะห์แบบ Data Envelopment Analysis (DEA) ซึ่งเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์โดยใช้ linear programming โดยมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดของ Farrell (1957) ในการวัดความมีประสิทธิภาพการผลิต และได้ถูกพัฒนาโดย Charnes , Cooper และ Rhodes (1978) การวิเคราะห์แบบ DEA มีความเหมาะสมกับการศึกษาที่มีจำนวนข้อมูลไม่มาก โดยพยายามหาจุดสูงสุดที่อยู่บนเส้นพรมแดนการผลิต ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์แบบพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีการ

วิเคราะห์แบบ Stochastic Frontier Approach ที่พยายามหาค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นพรมแดนการผลิต ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แบบ DEA ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยในหลายๆ ส่วน ทั้งในภาคการตลาด ภาคการขนส่ง ภาคการเกษตร และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคการเงินการธนาคาร เป็นต้น

2) วิธีการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตแบบพารามิเตอร์ (Parametric Approach)

การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตแบบพารามิเตอร์นั้น จำเป็นต้องสมมติรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตขึ้นมาก่อน ซึ่งรูปแบบของฟังก์ชันการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ 1. สมการการผลิตที่เป็น Linearly Homogeneous (Linearly Homogeneous Production Function) ซึ่งประกอบไปด้วย 1.1 สมการการผลิต Leontief (Fixed Proportion Production Function) 1.2 สมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas (Cobb-Douglas Production Function) 1.3 สมการการผลิตแบบความยืดหยุ่นแห่งการทดแทนระหว่างปัจจัยการผลิตคงที่ (Constant Elasticity of Substitution Production Function : CES) 2. สมการการผลิตที่เป็น Variable Elasticity of Substitution (VES Production Function) และ 3. สมการการผลิตที่เป็น Non-Homothetic Production Function (Nadiri ,1982) ซึ่งรูปแบบสมการการผลิตประเภทนี้ที่เป็นที่แพร่หลายทั่วไปได้แก่ Transcendental Logarithmic Production Function หรือ Translog Production Function (Christensen , Jorgenson and Lau ,1973)

การศึกษาหาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตโดยวิธีการแบบพารามิเตอร์นี้ จะใช้วิธีการประมาณสมการการผลิตโดยตรงโดยใช้วิธีทางเศรษฐมิติ ซึ่งเชื่อว่าจะสามารถทำให้ประมาณค่าองค์ประกอบต่างๆ ที่ทำให้เกิดความเจริญเติบโตของผลผลิตได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อสมมติของดุลยภาพของการผลิตภายใต้เงื่อนไขของการแข่งขันสมบูรณ์มาเป็นเงื่อนไขในการคำนวณหาค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตเพื่อใช้เป็นน้ำหนักของปัจจัยการผลิตในการคำนวณ แต่จะคำนวณหาขนาดของค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิต โดยการใช้กระบวนการทางเศรษฐมิติ เพื่อให้ได้ค่าความยืดหยุ่นดังกล่าวมาเป็นน้ำหนักในการคำนวณได้โดยตรง (ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์, 2541) ซึ่งวิธีการนี้จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาของผลผลิตและปัจจัยการผลิตที่มีจำนวนข้อมูลมากเพียงพอสำหรับการประมาณค่า (ปราณี ทินกร และฉลองภพ สุสังกร์กาญจน์ ,2537)

เพื่อให้เห็นชัดเจนและเข้าใจยิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่าง การหาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต โดยกำหนดรูปแบบฟังก์ชันการผลิตให้อยู่ในรูปสมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas ซึ่งเป็นฟังก์ชันการผลิตรูปแบบหนึ่งของ Linearly Homogeneous Production Function และรูปสม

การการผลิตแบบ Translog Production Function ซึ่งเป็นฟังก์ชันการผลิตในรูปแบบของ Non-Homothetic Production Function (Nadiri ,1982) ซึ่งเป็นรูปแบบสมการการผลิตที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะเป็นรูปแบบสมการการผลิตที่มีความยืดหยุ่น (flexible) มากและยังไม่มีข้อจำกัดต่างๆ ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (priori restrictive constraints) เหมือนกับสมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas โดยฟังก์ชันการผลิตในรูปทั่วไป (general form) แสดงได้ดังสมการที่ (2.12)

$$Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_n, T) \tag{2.12}$$

โดยที่ Y คือ ระดับของผลผลิต

X_i คือ ปัจจัยการผลิตที่ i (i= 1,…,n)

T คือ แนวโน้มเวลา (time trend) ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิต

จากสมการที่ (2.12) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas ได้ดังสมการที่ (2.13)

$$Y = AX_1^{b1}X_2^{b2}\ldots X_n^{bn}\,T \tag{2.13}$$

โดยที่ A คือ ค่าคงที่

$b_1, b_2, \ldots, b_n$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด

จากสมการที่ (2.13) สามารถเขียนสมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas ในรูป natural logarithm ได้ดังสมการที่ (2.14)

$$\ln Y = A + \sum b_i \ln X_i + b_t T \tag{2.14}$$

จากสมการที่ (2.14) เมื่อหาค่าอนุพันธ์ (Total Differentiation) เทียบกับเวลา (t) เพื่อหาความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม (TFP Growth) เมื่อเวลาได้เปลี่ยนแปลงไปจะแสดงได้ดังสมการที่ (2.15)

$$\frac{d\ln Y}{dt} = \left[\sum b_i \cdot \partial \ln X_i / \partial t\right] + \left[\left(\sum \ln X_i \cdot \partial b_i / \partial t\right) + b_t\right] \tag{2.15}$$

จากสมการที่ (2.15) เทอมทางซ้ายมือ คือความเจริญเติบโตของผลผลิต ซึ่งประกอบไปด้วย เทอมแรกทางขวามือ คือความเจริญเติบโตทางด้านปัจจัยการผลิต เทอมที่สองทางขวามือ คือ ความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตที่มีลักษณะเป็นกลาง (neutral technological change) แสดงโดยค่า b_t

จากฟังก์ชันการผลิตในรูปทั่วไป (general form) ในสมการที่ (2.12) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการการผลิตแบบ Translog Production Function ได้ ดังสมการที่ (2.16)

$$\ln Y(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \ln X_i(t) + \sum_{i=1}^{n} \alpha_{ii}[\ln X_i(t)]^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \ln X_i(t) \ln X_j(t)$$

$$+\sum_{i=1}^{n} \gamma_i t \ln X_i(t) + \beta_t t + \beta_{tt} t^2 \qquad (2.16)$$

จากสมการที่ (2.16) สามารถหาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต โดยการหาอนุพันธ์ของสมการที่ (2.16) เทียบกับเวลา (t) ซึ่งจะได้สมการอัตราการเจริญเติบโตของผลผลิตดังสมการที่ (2.17)

$$\frac{d \ln Y(t)}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \eta_i \frac{d \ln X_i(t)}{dt} + [\sum_{i=1}^{n} \gamma_i \ln X_i(t) + \beta_t + 2\beta_{tt} t] \qquad (2.17)$$

จากสมการที่ (2.17) สามารถจำแนกแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตได้ดังนี้ เทอมแรกด้านขวามือของสมการ คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต (Input growth) ที่ถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตชนิดนั้นๆ (η_i) ที่ทำให้เกิดความเจริญเติบโตของผลผลิต เทอมที่สองคือ ผลของความเจริญเติบโตของผลผลิตอันเนื่องมาจากความเจริญเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตโดยรวม ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนย่อย คือ ผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีที่มีลักษณะเป็นกลาง (neutral technological change) และผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีแบบโน้มเอียง (biased technological change) ซึ่งก็คือ $b_t + 2b_{tt}t$ และ $\sum_{i=1}^{n} \gamma_i \ln X_i(t)$ ในสมการที่ (2.17) ตามลำดับ

จากสมการที่ (2.16) สามารถคำนวณหาค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตเมื่อเทียบกับปัจจัยการผลิตที่ i ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (2.18)

$$\eta_i = \frac{\partial \ln Y(t)}{\partial \ln X_i(t)} = \alpha_i + 2\alpha_{ii} \ln X_i(t) + \sum_j \alpha_{ij} \ln X_j(t) + \gamma_i t \qquad (2.18)$$

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตแบบพาราមิเตอร์ โดยเลือกใช้รูปแบบสมการการผลิตแบบ Translog Production Function ในการวิเคราะห์นั้นมักจะประสบกับปัญหา multicollinearity ที่เป็นผลมาจากผลคูณระหว่างปัจจัยการผลิต (interaction term) ทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต นอกจากนี้การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตแบบพารามิเตอร์นั้น ไม่สามารถที่จะคำนวณหาระดับประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิตในแต่ละช่วงเวลา และค่าความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงหรือการปรับปรุงด้านประสิทธิภาพการผลิต (Technical Efficiency Change : TE) ได้ ด้วยเหตุนี้ Aigner, Lovell และ Schmidt (1977) และ Meeusen และ van den Broeck (1977) จึงได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์หาเส้นพรมแดนการผลิตแบบเชิงเฟ้นสุ่ม (Stochastic Frontier Approach) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยมีแนวคิดว่า ข้อมูลที่เกิดขึ้นและเก็บรวบรวมมาได้ (Observed) จากผู้ผลิตนั้นอาจจะเป็นจุดที่ไม่จำเป็นต้องอยู่บนเส้นฟังก์ชันพรมแดนการผลิตเสมอไป และความคลาดเคลื่อน (Error Term) ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพดิน ฟ้า อากาศ และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความไม่มีประสิทธิภาพการผลิตของตัวผู้ผลิตเอง (Technical Inefficiency : TI) โดยถ้าหากเกิดความไม่มีประสิทธิภาพการผลิตดังกล่าวจริงก็จะส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตที่ผู้ผลิตได้รับจริงนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าปริมาณผลผลิต ณ ระดับเส้นพรมแดนการผลิต ดังนั้นในการประมาณจึงจำเป็นที่ต้องพยายามหาแนวของเส้นฟังก์ชันพรมแดนการผลิต (production function frontier) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาระดับประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิต

การวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิตตามกรอบวิธีของ Stochastic Frontier Approach นี้ นอกจากจะทำให้ทราบถึงผลของการเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการผลิตที่ทำให้เกิดความเจริญเติบโตของผลผลิตแล้ว ยังสามารถที่จะคำนวณหาระดับประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิตในแต่ละช่วงเวลา และค่าความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงหรือการปรับปรุงด้านประสิทธิภาพการผลิต (Technical Efficiency Change : TE) ได้อีกด้วย ในขณะที่วิธีการวิเคราะห์แบบพารามิเตอร์ไม่สามารถคำนวณได้

ฟังก์ชันการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (frontier production function) โดยทั่วไปนั้นสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.19)

สมมติให้ในกระบวนการผลิตของผู้ผลิต มีการใช้ปัจจัยการผลิต n ชนิด ในการผลิตผลผลิต 1 ชนิด ดังนั้นจึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิตให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันพรมแดนการผลิตที่มีลักษณะแบบเชิงเฟ้นสุ่ม (stochastic production function frontier) ได้ดังนี้

$$Y_{it} = f(X_{it}, t; \beta) e^{v_{it}} e^{u_{it}}$$

$$; i = 1,2,...,n \ ; \quad t = 1,2,...,T \tag{2.19}$$

โดยที่ Y_{it} คือ ผลผลิตของหน่วยการผลิตที่ i ณ เวลาที่ t

X_{it} คือ $1 \times n$ เวคเตอร์ของปัจจัยการผลิตของหน่วยการผลิตที่ i ณ เวลาที่ t

β คือ เวคเตอร์ของสัมประสิทธิ์ (coefficients)

t คือ แนวโน้มของเวลา (time)

$f(X_{it}, t; \beta)$ คือ ระดับของผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุด (potential output)

v_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถควบคุมได้

u_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ชี้ถึงความไม่มีประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งมีการกระจายข้างเดียว (One-sided distribution) โดยที่ค่า $u_{it} \leq 0$

ในสมการ (2.19) $f(X_{it}, t; \beta) e^{v_{it}}$ คือ ฟังก์ชันพรมแดนการผลิตที่มีลักษณะแบบเชิงเฟ้นสุ่ม โดยที่ v_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการกระจายแบบปกติที่เป็นไปได้ทั้งสองข้าง (two-sided error) และมีค่าความแปรปรวน (variance) เท่ากับ σ_v^2 และค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์หรือ $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ และถือว่าเป็น purely stochastic ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบสุ่มของเส้นพรมแดนการผลิต อันเนื่องมาจากเหตุการณ์ภายนอกในเชิงบวกและลบต่อเส้นพรมแดนการผลิต ส่วนค่า u_{it} คือ ความคลาดเคลื่อนที่สะท้อนถึงความไม่มีประสิทธิภาพการผลิต (technical inefficiency: TI) ของผู้ผลิต โดยค่า u_{it} จะมีค่าไม่เป็นบวก ($u_{it} \leq 0$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตที่แสดงโดย $f(X_{it}, t; \beta) e^{v_{it}} e^{u_{it}}$ จะต้องอยู่ไม่เกินเส้นพรมแดนการผลิต (production frontier) โดยที่ถ้าค่า $u_{it} = 0$ หมายความว่า ผู้ผลิตรายนั้นๆ มีประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดหรือมีประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับหนึ่งและปริมาณผลผลิตที่ผู้ผลิตได้รับจะอยู่บนเส้นฟังก์ชันพรมแดนการผลิต และถ้าค่า u_{it} เพิ่มมากขึ้น (ในรูปของ absolute value) ก็หมายความว่า ปริมาณผลผลิตที่ผู้ผลิตจะได้รับจะอยู่ต่ำกว่าเส้นพรมแดนการผลิต (production frontier) ดังนั้น ค่า u_{it} จึงสะท้อนถึงความไม่มี

ประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิตและสมมุติให้ค่า u_{it} มีการกระจายแบบปกติข้างเดียว (normal one-sided distribution) และมีค่าความแปรปรวน (variance) เท่ากับ σ_u^2 หรือ $u_{it} \sim |N(0,\sigma_u^2)|$ และสำหรับ $t \neq t'$, $E[u_{it}\ u_{it'}] = 0$ สำหรับทุกๆ หน่วยการผลิตที่ i และ $E[u_{it}\ u_{it'}] = 0$ สำหรับทุกๆ หน่วยการผลิตที่ $i \neq j$ และค่าความคลาดเคลื่อน v_{it} และ u_{it} มีการกระจายที่เป็นอิสระต่อกัน $E[u_{it}\ v_{it'}] = 0$

จากสมการที่ (2.19) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ translog production function เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความเจริญเติบโตของผลผลิต ได้ดังสมการที่ (2.20)

$$\ln Y(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \ln X_i(t) + \sum_{i=1}^{n} \alpha_{ii} [\ln X_i(t)]^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \ln X_i(t) \ln X_j(t)$$

$$+ \sum_{i=1}^{n} \gamma_i t \ln X_i(t) + \beta_t t + \beta_{tt} t^2 + \ln(e^{u(t)}) + v(t) \qquad (2.20)$$

จากสมการที่ (2.20) สามารถหาสมการอัตราการเติบโตของผลผลิตโดยการหาอนุพันธ์ (Total differentiation) ของสมการที่ (2.20) เทียบกับเวลา (t) ซึ่งจะได้สมการที่แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดความเจริญเติบโตของผลผลิต ดังสมการที่ (2.21)

$$\frac{d \ln Y(t)}{dt} = \left[\sum_{i=1}^{n} \eta_i \frac{d \ln X_i(t)}{dt}\right] + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \ln X_i(t) + [\beta_t + 2\beta_{tt} t] + \frac{d \ln(e^{u(t)})}{dt} \qquad (2.21)$$

จากสมการอัตราการเติบโตของผลผลิตที่ (2.21) เทอมแรกด้านขวามือ คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตที่ถูกถ่วงน้ำหนักโดยค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิต (η_i) ชนิดนั้นๆ เทอมที่สอง คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีที่มีลักษณะ biased (biased technological change) เทอมที่สาม คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตที่เป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีที่มีลักษณะเป็นกลาง (neutral technological change) และ เทอมสุดท้าย คือ ความเจริญเติบโตของผลผลิตอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงหรือการปรับปรุงด้านประสิทธิภาพการผลิต (technical efficiency change) (Sheggen Fan, 1991)

จากฟังก์ชันพรมแดนการผลิตที่มีลักษณะ Stochastic ในสมการที่ (2.19) สามารถวัดระดับประสิทธิภาพการผลิต (Technical efficiency: TE_{it}) ของหน่วยการผลิตที่ i ณ เวลาที่ t ดังแสดงใน

สมการที่ (2.22)

$$TE_{it} = e^{u_{it}} = \frac{Y_{it}}{f(X_{it}, t; \beta)e^{v_{it}}} \quad ; \quad u_{it} \leq 0 \qquad (2.22)$$

จากสมการที่ (2.22) ระดับของประสิทธิภาพการผลิต (TE) คือ สัดส่วนของปริมาณผลผลิตที่ได้รับจริงต่อปริมาณของผลผลิตที่ระดับของการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากการประมาณ ซึ่งก็คือ ปริมาณของผลผลิตที่อยู่บนเส้นพรมแดนการผลิตนั่นเอง

เนื่องจากการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน u_{it} จากส่วนต่างระหว่างผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงกับค่าที่เกิดขึ้นจากบนเส้นพรมแดนการผลิตที่ได้จากการประมาณนั้น จะมีส่วนประกอบของค่าความคลาดเคลื่อน v_{it} ผสมมาด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Jondrow และคณะ (1982) ได้เป็นกลุ่มแรกที่ได้แสดงวิธีคำนวณค่าประมาณความไม่มีประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละหน่วยการผลิต ซึ่งได้แสดงวิธีในการแยกค่า u_{it} ออกจากค่า v_{it} โดยคำนวณได้จากการหาค่าความคาดหวัง (expected value) ของ u_{it} ภายใต้เงื่อนไข (conditional) ของค่าความคลาดเคลื่อนรวม ε_{it} หรือ $E[u_{it} / \varepsilon_{it}]$ โดยที่ $\varepsilon_{it} = v_{it} + u_{it}$ เมื่อได้ค่า u_{it} แล้วก็นำไปคำนวณหาระดับประสิทธิภาพการผลิต โดยการหา $\exp(u_{it})$

ดังนั้นระดับประสิทธิภาพการผลิตของหน่วยการผลิตที่ i ณ เวลาที่ t ตามวิธีของ Jondrow และคณะ (1982) แสดงได้ดังสมการที่ (2.23)

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

$$= \exp\left[- \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma}\left(\frac{\phi\left(\frac{\lambda \varepsilon_{it}}{\sigma}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{\lambda \varepsilon_{it}}{\sigma}\right)} - \left(\frac{\lambda \varepsilon_{it}}{\sigma}\right)\right)\right] \qquad (2.23)$$

โดยที่ **E** คือ expectations operator

exp คือ exponential

$\phi(.)$ คือ ค่าของ Standard normal density function

$\Phi(.)$ คือ ค่าของ Standard normal distribution function

σ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของ ε_{it}

$;\sigma = \left(\sigma_v^2 + \sigma_u^2\right)^{\frac{1}{2}}$ และ $\lambda = \dfrac{\sigma_u}{\sigma_v}$

การที่จะแก้สมการที่ (2.22) เพื่อหาค่า u_{it} นั้นจะต้องใช้ค่า Variance parameters $(\sigma^2, \sigma_v^2, \sigma_u^2)$ ค่า Lambda (λ) และค่าสัมประสิทธิ์ (coefficients: β_i) ของตัวแปรต่างๆ Aigner, Lovell และ Schmidt (1977) ได้แสดงให้เห็นว่าการประมาณสมการที่ (2.19) ด้วยวิธี Maximum Likelihood Estimates (MLE) นั้น สามารถที่จะนำมาใช้ในการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ทุกๆ ตัวที่ต้องการในการคำนวณหาค่า u_{it} ได้ ซึ่งค่า u_{it} ที่คำนวณได้ดังกล่าวนั้น จะสะท้อนถึงระดับของความไม่มีประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิตแต่ละรายนั่นเอง และนำค่า u_{it} ที่ได้นั้นไปคำนวณหาระดับประสิทธิภาพการผลิต โดยการค่า exponential ค่า u_{it} หรือ $\exp(u_{it})$ ก็จะได้ระดับประสิทธิภาพของผู้ผลิตแต่ละราย