

บทที่ 4

แบบจำลองและวิธีการศึกษา

4.1 แบบจำลอง Stochastic Frontier

แนวคิดที่สำคัญเกี่ยวกับแบบจำลอง Stochastic Frontier คือ ส่วนผิดพลาดคลาดเคลื่อน (Error Term) ของแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วน กล่าวคือ ส่วนประกอบแรก (v) แสดง Random Error ที่มีลักษณะเป็นตัวรบกวนแบบสมมาตร (Symmetric Disturbance) แสดงถึงความผิดพลาดทางสถิติ (Statistical Noise) และการรบกวนแบบฉับพลัน (Random Shock) ที่อยู่นอกการควบคุมของหน่วยผลิต เช่น คุณภาพ การเข้าถึงวัตถุดิบ ความผิดพลาดในการวัดตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ เป็นต้น ส่วนประกอบที่สอง (u) สะท้อนถึงความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิค (Technical Inefficiency) โดยที่ส่วนประกอบทั้งสองส่วนเป็นอิสระต่อกัน (Coelli, Prasada Rao and Battese, 1997, p.185)

ถ้ากำหนดให้สมการของข้อมูลผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงในรูป Natural Logarithm ดังนี้

$$y_{iA} = f(x_i; \beta) + v_i - u_i \quad (4.1)$$

โดยที่ v_i คือค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Error) ซึ่งเกิดจากปัจจัยภายนอกอยู่นอกเหนือการควบคุมของหน่วยผลิตดังอธิบายข้างต้น ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่างไปจากขอบเขตการผลิต $f(x_i; \beta)$ โดยทั่วไปสมมติให้ v_i มีลักษณะเป็น iid (Identically and Independently Distributed) ซึ่งจะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ก็ได้ แต่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนมีค่าคงที่เท่ากับ σ_v^2 [$v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$] และเป็นอิสระกับ u_i

ส่วนประกอบ u_i สะท้อนถึงความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิค และมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ หาก u_i มีค่ามากกว่าศูนย์แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนจากขอบเขตการผลิต บ่งบอกถึงความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต ในทางตรงกันข้ามหาก $u_i = 0$ แสดงว่าหน่วยผลิตมีประสิทธิภาพในการผลิตมากที่สุด

ให้ขอบเขตผลผลิตที่เป็นไปได้เมื่อ $u_i = 0$ เป็น y_{iF} ดังนั้นจากสมการที่ (4.1) เขียนได้เป็น

$$y_{iA} = y_{iF} - u_i \quad (4.2)$$

และนั่นคือ
$$y_{iF} = f(x_i; \beta) + v_i \quad (4.3)$$

นิยามให้ประสิทธิภาพทางเทคนิค (Technical Efficiency, TE) เป็นอัตราส่วนระหว่างผลผลิตที่ผลิตได้จริง (Y_{iA}) กับผลผลิตที่ผลิตได้อย่างเต็มที่บนเส้นขอบเขต (Y_{iF})

$$TE_i = \frac{Y_{iA}}{Y_{iF}} \leq 1 \quad \text{เสมอ} \quad (4.4)$$

แทนค่าสมการที่ (4.1) และ (4.3) ลงในสมการที่ (4.4) สามารถหาค่า TE ได้ดังนี้

$$TE_i = \frac{Y_{iA}}{Y_{iF}} = \frac{e^{(f(x_i; \beta) + v_i - u_i)}}{e^{(f(x_i; \beta) + v_i)}} = e^{(-u_i)} \quad (4.5)$$

ค่า Natural Logarithm ของสมการที่ (4.5) คือ

$$\ln\left(\frac{Y_{iA}}{Y_{iF}}\right) = -u_i$$

$$\ln(Y_{iA}) - \ln(Y_{iF}) = -u_i$$

$$\ln(Y_{iF}) = \ln(Y_{iA}) + u_i$$

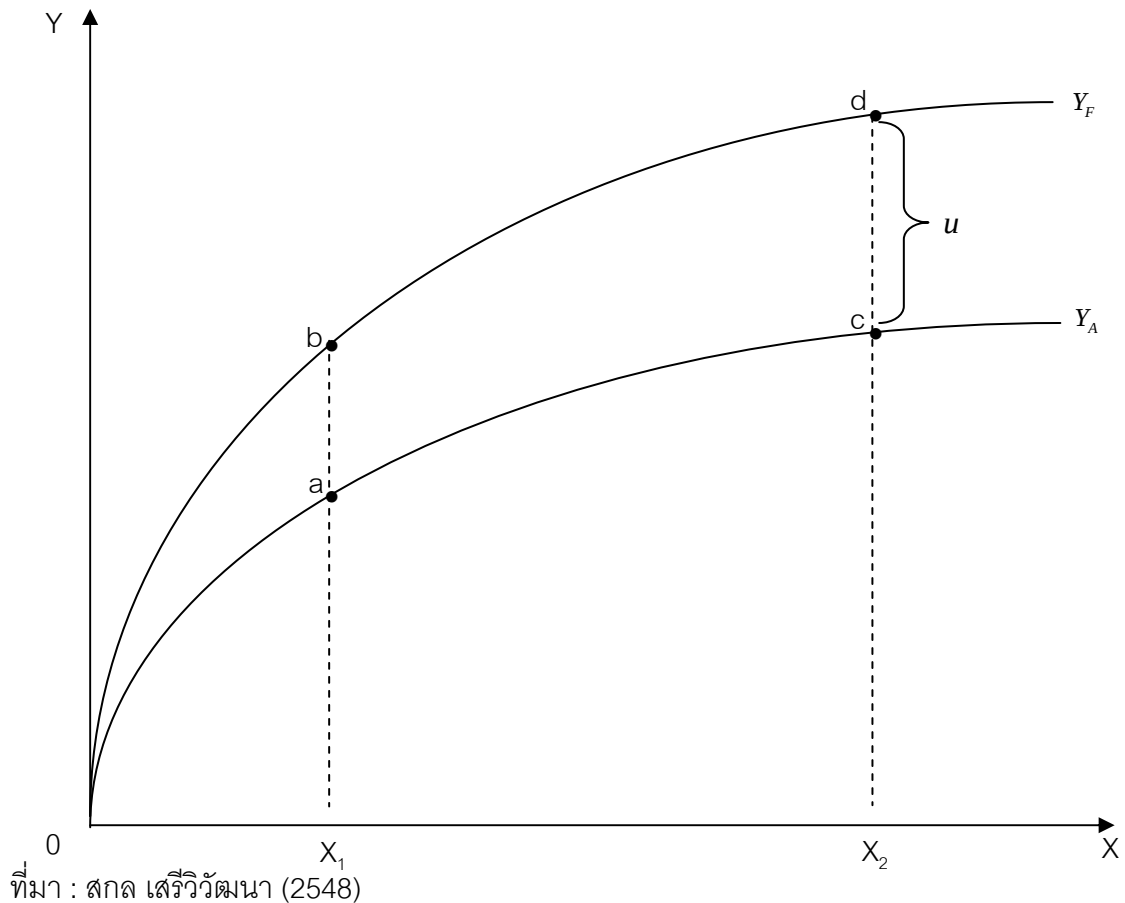
โปรดระลึกว่า $\ln(Y_{iF})$ คือ y_{iF} และ $\ln(Y_{iA})$ คือ y_{iA} ดังนั้น

$$y_{iF} = y_{iA} + u_i \quad (4.6)$$

ดังแสดงในสมการที่ (4.2)

ภาพที่ 4.1

Stochastic Production Frontier



เพื่อให้ความเข้าใจในแนวคิด Stochastic Production Frontier มากขึ้น ภาพที่ 4.1 แสดงฟังก์ชันการผลิตระยะสั้นของการใช้ปัจจัยแปรผัน X ที่ปรากฏอยู่ในตำราเศรษฐศาสตร์ทั่วไป แกนตั้งแสดงระดับผลผลิตที่ได้รับและแกนอนแสดงระดับการใช้ปัจจัยการผลิต เส้น Y_F และ Y_A เป็นเส้นผลผลิตรวม (Total Product Curve) ในกรณีที่ $u=0$ และ $u>0$ ตามลำดับ ที่ระดับปัจจัยการผลิตเท่ากับ X_1 พบว่าความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิคเท่ากับระยะ ab และที่ระดับปัจจัยการผลิตเท่ากับ X_2 พบว่าความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิคเท่ากับระยะ cd

จากรูปข้างต้นที่จุด a และ c เป็นจุดที่ไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต ส่วนที่จุด b และ d แสดงถึงจุดที่มีประสิทธิภาพในการผลิต ทั้งนี้การผลิต ณ จุด a และ c ไม่มีประสิทธิภาพเพราะว่า ด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ สามารถที่จะเพิ่มผลผลิตได้ถึงจุด b และ d ตามลำดับได้ โดยไม่ต้องเพิ่ม

ปัจจัยการผลิต ซึ่งความมีประสิทธิภาพทางด้านเทคนิคที่จุด a และ c เท่ากับ x_1a/x_1b และ x_2c/x_2d ตามลำดับ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองของ Battese and Coelli (1995) ซึ่งกำหนดให้ ความไม่ประสิทธิภาพเป็นฟังก์ชันของตัวแปรต่างๆ ที่เป็นปัจจัยกำหนดความไม่ประสิทธิภาพ มาเป็นแบบจำลองในการศึกษาปัจจัยกำหนดความไม่ประสิทธิภาพดังนี้

$$u_i = z_i\delta + w_i \quad (4.7)$$

โดยที่ z_i คือ เวกเตอร์ของตัวแปรที่นำมาอธิบายความไม่ประสิทธิภาพ

δ คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า

w_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ศูนย์ และมีความแปรปรวนคงที่ σ_w^2 และเมื่อ $u_i \geq 0$ ทำให้ $w_i \geq -z_i\delta$

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ตามแบบจำลอง Stochastic Frontier และแบบจำลอง Inefficiency Effects ตามวิธีการของ Battese and Coelli (1995) ดังกล่าว จะใช้วิธีการประมาณค่าแบบระบบสมการที่เกี่ยวข้องกัน (Simultaneous Equation) ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) โดยใช้ซอฟต์แวร์ FRONTIER Version 4.1 เข้ามาช่วยในการประมาณค่าพารามิเตอร์

4.2 การกำหนดแบบจำลองและตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

จากที่ได้กล่าวถึงทฤษฎีการผลิต ปัจจัยการผลิตประกอบไปด้วย ที่ดิน แรงงาน ทุน โดยมีผู้ประกอบการเป็นผู้รวบรวมปัจจัยการผลิต และฟังก์ชันการผลิตซึ่งเป็นเครื่องมือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตต่างๆและผลผลิต (ภราดร ปริดาศักดิ์, 2547, น.148) ดังนั้น ในงานศึกษานี้จึงสามารถกำหนดความสัมพันธ์ของฟังก์ชันการผลิตข้าวได้ดังนี้ โดยมีผลผลิต (Output) คือ ปริมาณผลผลิตข้าวที่เกษตรกรผลิตได้ และปัจจัยการผลิต (Input) อันประกอบไปด้วย ที่ดิน คือพื้นที่ที่เกษตรกรใช้ทำการเพาะปลูกข้าว แรงงาน คือ ทรัพยากรมนุษย์ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการผลิต นั่นก็คือแรงงานที่ใช้ในการผลิตข้าว เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การปลูก และบำรุงรักษา จนกระทั่งการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทุน คือ เครื่องจักร เครื่องมือที่นำมาใช้ในการผลิตข้าว ซึ่งวัดเป็นมูลค่าการใช้เครื่องจักร และผู้ประกอบการ คือ เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายที่ทำการผลิตข้าว

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดรูปแบบฟังก์ชันการผลิตในรูปแบบ Cobb-Douglas เนื่องจากง่ายต่อการประมาณค่าโดยสามารถเปลี่ยนเป็นสมการเส้นตรงในรูปแบบ Logarithm ได้ และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการ Cobb-Douglas แสดงถึงความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด นอกจากนั้นแล้วผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระยังแสดงถึงผลได้ต่อขนาดการผลิต (Return to Scale)

ฟังก์ชันการผลิตที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ตามแบบฟังก์ชันของ Cobb-Douglas ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยการผลิต n ชนิด มีรูปแบบทั่วไปคือ

$$Y = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} \dots X_n^{\beta_n} \quad (4.8)$$

โดยที่ A คือ ค่าคงที่แสดงระดับเทคโนโลยี

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ; $0 < \beta_j < 1$ เมื่อ $j = 1, 2, 3, \dots, n$

จากฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas ดังสมการที่ (4.7) แสดงฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas ของการผลิตข้าวแบบอินทรีย์ได้ดังนี้

$$Y_i = AX_{1i}^{\beta_1} X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{\beta_4 D_{1i} + v_i - u_i} \quad (4.9)$$

ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง ค่าลอการิทึมของสมการที่ (4.9) คือสมการที่ (4.10) แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นเมื่อตัวแปรเป็นค่าลอการิทึม ฉะนั้นจึงสามารถแสดงฟังก์ชันการผลิตข้าวรูปแบบ Cobb-Douglas ของการผลิตข้าวแบบอินทรีย์ในรูปแบบของสมการเส้นตรงได้ดังสมการที่ (4.10) ได้ดังนี้

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 D_{1i} + v_i - u_i \quad (4.10)$$

เมื่อสัญลักษณ์ i แทนหน่วยผลิตที่ i ; $i = 1, 2, 3, \dots, 41$

และฟังก์ชันการผลิตข้าวรูปแบบ Cobb-Douglas ของการผลิตข้าวแบบใช้สารเคมีในรูปแบบของสมการเส้นตรงแสดงได้ดังสมการที่ (4.11) ดังนี้

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 \ln X_{4i} + \beta_5 \ln X_{5i} + \beta_6 D_{1i} + v_i - u_i \quad (4.11)$$

เมื่อสัญลักษณ์ i แทนหน่วยผลิตที่ i ; $i=1,2,3,\dots,50$

โดยที่คำจำกัดความของตัวแปรที่ใช้ในฟังก์ชันการผลิตทั้งสองเป็นดังนี้

1 ตัวแปร Y_i คือ ปริมาณผลผลิตข้าว (ข้าวเปลือก) ที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายผลิตได้จากการปลูกข้าวนาปี ในปีการผลิต 2548/2549 (หน่วย : กิโลกรัม)

2 ตัวแปร X_{1i} คือ จำนวนที่ดินที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายใช้ในการปลูกข้าวนาปี ในปีการผลิต 2548/2549 (หน่วย : ไร่)

3 ตัวแปร X_{2i} คือ จำนวนแรงงานคนที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายใช้ โดยคิดจากจำนวนแรงงานในขั้นตอนการผลิตที่ใช้เฉพาะแรงงานคนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น มิได้รวมแรงงานคนจากขั้นตอนการผลิตที่เป็นการใช้แรงงานคนร่วมกับแรงงานเครื่องจักร ในการปลูกข้าวนาปี ในปีการผลิต 2548/2549 (หน่วย : คน-วัน)

4 ตัวแปร X_{3i} คือ ค่าใช้เครื่องจักรที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายใช้ในการปลูกข้าวนาปี ในปีการผลิต 2548/2549 คิดจากค่าจ้างเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่เกษตรกรแต่ละรายจ้างมาใช้ในการผลิตข้าว หรือในกรณีที่ใช้เครื่องจักรของตนเองจะคิดจากรายจ่ายค่าเชื้อเพลิงในการใช้เครื่องจักรของตนเองรวมกับรายจ่ายค่าแรงงานคน (ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการใช้แรงงาน) ที่ใช้ร่วมกับเครื่องจักรของตนเองซึ่งเกษตรกรแต่ละรายใช้ในกิจกรรมการผลิต (หน่วย : บาท)

5 ตัวแปร X_{4i} คือ ปริมาณปุ๋ยเคมีทั้งหมดที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายใช้ในการปลูกข้าวนาปี ในปีการผลิต 2548/2549 (หน่วย : กิโลกรัม)

6 ตัวแปร X_{5i} คือ มูลค่าสารเคมีป้องกันและกำจัดโรค แมลงศัตรูพืชและวัชพืช ทั้งหมดที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแต่ละรายใช้ในการปลูกข้าวนาปี ในปีการผลิต 2548/2549 (หน่วย : บาท)

7 ตัวแปร D_{1i} คือ ตัวแปรหุ่นของการมีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันของเกษตรกรแต่ละราย จึงใช้ตัวแปรหุ่นจำแนกระหว่างเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ และเกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ

$D_{1i} = 0$ คือ เกษตรกรตัวอย่างที่ไม่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ

$D_{1i} = 1$ คือ เกษตรกรตัวอย่างที่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ

หนึ่งตามปกติแล้วฟังก์ชันการผลิตเป็นการแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ (Physical Relationship) ระหว่างปริมาณปัจจัยการผลิตและปริมาณผลผลิตดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ดังนั้นตัวแปรปัจจัยสารเคมีที่เกษตรกรใช้ในการเกษตรและตัวแปรปัจจัยการใช้เครื่องจักร จึงควรวัดในหน่วยทางกายภาพ (Physical Unit) คือปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกร และชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร (Service Hours) ตามลำดับ แต่ด้วยข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล เนื่องจากมีการใช้เครื่องจักรหลายประเภท รวมทั้งมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรหลายชนิด ซึ่งสารเคมีแต่ละชนิดที่เกษตรกรใช้ป้องกันและกำจัด โรคพืช แมลงศัตรูพืชและวัชพืช นั้นมีอัตราส่วนของสารออกฤทธิ์แตกต่างกันไป จึงไม่สามารถหาค่าตัวแปรสารเคมีในหน่วยปริมาณ และหาค่าตัวแปรการใช้เครื่องจักรในหน่วยชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรได้ ประกอบกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-Section Data) ที่เก็บมาในช่วงเวลาเดียวกันและภายในพื้นที่เดียวกัน จึงมีข้อสมมติว่าราคาสารเคมีทางการเกษตร ราคาค่าจ้างเครื่องจักร ราคาเชื้อเพลิง และราคาค่าจ้างแรงงานคน ที่เกษตรกรแต่ละรายเผชิญนั้นเท่ากัน มูลค่าสารเคมีสะท้อนถึงปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรแต่ละราย ดังนั้นจึงใช้มูลค่าสารเคมีเป็นตัวแทนปริมาณการใช้สารเคมี เช่นเดียวกับการใช้รายจ่ายค่าจ้างเครื่องจักร และรายจ่ายค่าเชื้อเพลิงรวมกับรายจ่ายแรงงานคนที่ใช้ร่วมกับเครื่องจักร มาเป็นตัวแทนของปริมาณการใช้เครื่องจักร (Service Hours)

ค่า $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ และ β_6 คือค่าสัมประสิทธิ์ของ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 และ D_1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด ซึ่งคาดว่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะมีค่ามากกว่าศูนย์

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ และ β_6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด ซึ่งการประมาณค่าแบบจำลองจะทำให้ทราบขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามจากกฎการลดน้อยถอยลงของผลได้ (Law of Diminishing Returns) ที่กล่าวว่าเมื่อผู้ผลิตเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตชนิดใดชนิดหนึ่งแต่เพียงชนิดเดียวขึ้นเรื่อยๆ เพื่อใช้ร่วมกับปัจจัยการผลิตชนิดอื่นที่มีจำนวนคงที่ ผลได้ที่เกิดจากการใช้ปัจจัยแปรผันแต่ละหน่วยเพิ่มขึ้นคือค่าผลได้หน่วยสุดท้าย (Marginal Product) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\beta_j * Y/X_j$ จะเพิ่มขึ้นในระยะแรก แต่ต่อมาเมื่อยังมีการเพิ่มปัจจัยชนิดเดิมเข้าไปอีก โดยยังคงใช้ปัจจัยอื่นเท่าเดิม ผลผลิตหน่วยสุดท้ายจะลดลงเรื่อยๆจนเป็นศูนย์ และถ้ายังคงเพิ่มปัจจัยการผลิตเดิมเข้าไปอีก ผลผลิตหน่วยสุดท้าย จะติดลบ มีผลให้ผลผลิตรวมและผลผลิตเฉลี่ยลดลงไปด้วย (วันรักษ์ มิ่งมณีนาคนิ, 2547, น.119-122 และ นวาทิพย์ ชุตินวงศ์, 2543, น.134-136) ดังนั้นในกรณีฟังก์ชันการผลิตเป็น

แบบ Cobb-Douglas แล้ว ค่า β_j จะต้องโตกว่าศูนย์และมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง ($0 < \beta_j < 1$)¹
(สมนึก ทับพันธุ์, 2550, น.200)

ในขณะเดียวกันสัมประสิทธิ์ของตัวแปรหุ่น D_1 ก็คาดการณ์ว่าจะมีค่ามากกว่าศูนย์เช่นกัน จากสมมติฐานคือ การที่เกษตรกรมีพื้นที่ผลิตข้าวติดแหล่งน้ำทำให้สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำได้ง่าย มีผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ผลิตข้าวติดแหล่งน้ำ

สำหรับแบบจำลองความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิค (Inefficiency Effect) ในการศึกษาครั้งนี้คือ

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 z_{1i} + \delta_2 z_{2i} + \delta_3 z_{3i} + \delta_4 z_{4i} + \delta_5 z_{5i} + \delta_6 z_{6i} + \delta_7 D_{1i} + w_i \quad (4.12)$$

โดยที่ u_i คือ ความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิค

z_{1i} คือ สัดส่วนแรงงานครัวเรือนต่อแรงงานทั้งหมด

z_{2i} คือ ประสบการณ์ในการทำงาน เพื่อพิจารณาว่าประสบการณ์มีผลต่อประสิทธิภาพหรือไม่ (หน่วย : ปี)

z_{3i} คือ จำนวนปีที่เข้ารับการศึกษาระบบของเกษตรกร เพื่อพิจารณาว่าระดับการศึกษามีผลต่อค่าประสิทธิภาพในการผลิตหรือไม่ ซึ่งคาดว่าระดับการศึกษาที่สูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตดีขึ้น (หน่วย : ปี)

z_{4i} คือ ขนาดพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของเกษตรกร (หน่วย : ไร่)

z_{5i} คือ สัดส่วนของรายได้อื่นๆนอกเหนือจากการปลูกข้าวต่อรายได้ทั้งหมด

z_{6i} คือ สัดส่วนการใช้แรงงานต่อพื้นที่ (หน่วย : คน-วัน/ไร่)

¹ จากสมการที่ (4.10)

$$Y = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4} X_5^{\beta_5} e^{\beta_6 D_1}$$

$$MP_{X_1} = \frac{\partial Y}{\partial X_1} = \beta_1 AX_1^{\beta_1-1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4} X_5^{\beta_5} e^{\beta_6 D_1}$$

$$MP_{X_1} = \frac{\beta_1 AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4} X_5^{\beta_5} e^{\beta_6 D_1}}{X_1}$$

$$MP_{X_1} = \beta_1 * \frac{Y}{X_1} \quad \text{ดังนั้น } MP_{X_1} > 0 \text{ เมื่อ } \beta_1 > 0$$

$$\text{และ } \frac{\partial MP_{X_1}}{\partial X_1} = \frac{\partial^2 Y}{\partial X_1^2} = \beta_1 (\beta_1 - 1) AX_1^{\beta_1-2} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4} X_5^{\beta_5}$$

จะมีค่าน้อยกว่าศูนย์เมื่อ $(\beta_1 - 1) < 0$ นั่นคือ $\beta_1 < 1$

D_{ii} คือ ตัวแปรหุ่นของการมีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ

$D_{ii} = 0$ คือ เกษตรกรตัวอย่างที่ไม่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ

$D_{ii} = 1$ คือ เกษตรกรตัวอย่างที่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ

δ_0 คือ ค่าคงที่

$\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6$ และ δ_7 คือ ค่าพารามิเตอร์

w_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ_w^2 ; $w_i \geq -z_i \delta$

สมมติฐานความสัมพันธ์ของตัวแปรปัจจัยกำหนดความไม่มีประสิทธิภาพทางเทคนิค

1 สัดส่วนแรงงานครัวเรือนต่อแรงงานทั้งหมด เนื่องจากประสิทธิภาพของแรงงานครัวเรือนน่าจะต่ำกว่าประสิทธิภาพของแรงงานอื่น เพราะในการจ้างแรงงานนั้นผู้จ้างสามารถควบคุมดูแลการทำงานของผู้รับจ้างได้ อีกทั้งแรงงานจ้างต้องพยายามทำผลงานให้ได้ดีเพื่อจะมีโอกาสได้รับการว่าจ้างอีกในฤดูกาลผลิตถัดไป ต่างจากแรงงานครัวเรือนซึ่งอาจได้รับค่าจ้างตามส่วนหรือไม่ได้รับค่าจ้างเป็นตัวเงิน และในบางกรณีหัวหน้าครัวเรือนไม่สามารถกำกับการทำงานได้ใกล้ชิดดังเช่นแรงงานจ้าง (พรรณี สมบุญ, 2549) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนแรงงานครัวเรือนต่อแรงงานทั้งหมดกับความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต จึงน่าจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน² (มีค่ามากกว่าศูนย์) หมายความว่ายิ่งมีการใช้จำนวนแรงงานครัวเรือนมากขึ้น ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตก็จะมากขึ้นด้วย ($\delta_1 > 0$)

2 ประสบการณ์ในการทำนา³ (หน่วย : ปี) ของเกษตรกรหัวหน้าครัวเรือน เนื่องมาจากการผลิตข้าวของเกษตรกรมีลักษณะของการเรียนรู้จากสิ่งที่ได้กระทำไปในอดีต เป็นการสั่งสมความรู้เพื่อนำมาใช้พัฒนาวิธีการผลิต ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ในการทำนากับความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต จึงน่าจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม (มีค่าน้อยกว่าศูนย์) หมายความว่ายิ่งเกษตรกรมีประสบการณ์ในการทำนามากขึ้น ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตก็จะน้อยลง ($\delta_2 < 0$)

² ความสัมพันธ์ดังกล่าวตั้งอยู่บนข้อสมมติที่ว่า เกษตรกรผู้ว่าจ้างนั้นจะต้องสามารถควบคุมดูแลการทำงานของแรงงานจ้างได้อย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันมิให้ผู้รับจ้างขาดความรับผิดชอบในการทำงาน และมีพฤติกรรมเลี่ยงการทำงานได้

³ ประสบการณ์ในการผลิตข้าวในที่นี้ จะเริ่มนับตั้งแต่เกษตรกรหัวหน้าครัวเรือนเป็นผู้ผลิตข้าวเอง มีอำนาจในการตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิตด้วยตนเอง

3 ระดับการศึกษา (หน่วย : ปี) วัดอยู่ในรูปจำนวนปีที่เข้ารับการศึกษาระบบของเกษตรกรหัวหน้าครัวเรือน เนื่องจากการศึกษาช่วยให้เกษตรกรมีความรู้สามารถอ่านออกเขียนได้ สามารถรับรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวผ่านทางสื่อต่างๆ ได้มากกว่า ยอมรับวิทยาการผลิตใหม่ๆ ในรูปแบบต่างๆ ได้มากขึ้น นำมาปรับปรุงพัฒนาการผลิตของตนเป็นผลให้มีประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต จึงน่าจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม (มีค่าน้อยกว่าศูนย์) หมายความว่ายิ่งเกษตรกรมีระดับการศึกษาสูงขึ้น ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตก็จะน้อยลง ($\delta_3 < 0$)

4 ขนาดพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของเกษตรกรตัวอย่าง (หน่วย : ไร่) เนื่องจากเกษตรกรแต่ละรายมีพื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ในความรับผิดชอบต่างกัน เกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ มีพื้นที่ที่ต้องดูแลมาก อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูแลเอาใจใส่ในกระบวนการผลิตข้าวได้ไม่ทั่วถึง จึงมีสมมติฐานว่าความสัมพันธ์ระหว่างการมีพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมากๆ กับความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตน่าจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (กุศล ทองงาม, 2547 และ Masterson, 2007) หมายความว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวขนาดใหญ่ ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตก็จะมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้มีพื้นที่ปลูกข้าวขนาดใหญ่ ($\delta_4 > 0$)

5 สัดส่วนของรายได้จากแหล่งอื่นนอกเหนือจากการทำนาต่อรายได้ทั้งหมด เนื่องจากเกษตรกรแต่ละรายอาจประกอบอาชีพหลายอย่าง ดังนั้นจึงอาจส่งผลกระทบต่อความดูแลเอาใจใส่ การที่มีอาชีพอื่นทำให้เกษตรกรต้องแบ่งเวลาของการดูแลแปลงนาให้กับกิจกรรมอื่น ซึ่งหากเกษตรกรมีแหล่งรายได้จากการทำนาเพียงอย่างเดียวแล้ว แปลงนาน่าจะได้รับการดูแลดีกว่าการที่เกษตรกรต้องแบ่งเวลาเพื่อหารายได้จากแหล่งอื่นด้วย จึงคาดว่าความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนรายได้จากแหล่งอื่นนอกเหนือจากการทำนาต่อรายได้ทั้งหมด กับความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตน่าจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน หมายความว่าเกษตรกรที่มีสัดส่วนของรายได้จากแหล่งอื่นนอกเหนือจากการทำนาสูง ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตก็จะมากกว่าในกรณีที่เกษตรกรมีรายได้จากการทำนาเพียงอย่างเดียว ($\delta_5 > 0$)

6 สัดส่วนจำนวนแรงงานต่อพื้นที่ (หน่วย : คน-วัน/ไร่) เนื่องจากการปลูกข้าวจำเป็นต้องได้รับการดูแลเอาใจใส่จากเกษตรกร ทั้งในด้านการบำรุงและการป้องกันการทำลายต้นข้าวจากโรคและแมลงศัตรูข้าว รวมทั้งจากวัชพืช ดังนั้นเกษตรกรที่มีเวลาในการบำรุงและดูแลแปลงนามาก ความไม่มีประสิทธิภาพจากการผลิตก็จะน้อยกว่าในกรณีที่แปลงนาขาดการบำรุงรักษา ($\delta_6 < 0$)

7 ตัวแปรหุ่นการที่เกษตรกรมีพื้นที่ผลิตข้าวติดแหล่งน้ำ จากการคาดการณ์ว่าการมีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำแล้วจะทำให้สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำได้ง่าย มีผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น

เมื่อเทียบกับเกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ผลิตข้าวติดแหล่งน้ำ ดังนั้นเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำจึงน่าจะมีความไม่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ปลูกข้าวติดแหล่งน้ำ ($\delta_7 < 0$)

อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้มีความแตกต่างกัน ระหว่างปัจจัยที่ใช้ในการอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์และแบบใช้สารเคมี เนื่องด้วยมีความเหมาะสมข้อจำกัด และลักษณะจำเพาะของข้อมูลแตกต่างกันไป โดยในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์นั้นผู้วิจัยมิได้นำปัจจัยขนาดพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของเกษตรกร จำนวนแรงงานต่อพื้นที่ และตัวแปรหุ่นการมีพื้นที่ติดแหล่งน้ำมาใช้เป็นตัวแปรอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต

สาเหตุที่มีได้นำปัจจัยขนาดพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดมาเป็นตัวแปรอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์ เนื่องมาจากมีเกษตรกรผู้ผลิตแบบอินทรีย์บางรายที่ทำการปลูกข้าวทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งขนาดพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของเกษตรกรที่จะนำมาใช้เป็นตัวแปรอธิบายว่าการที่เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกข้าวในความรับผิดชอบจำนวนมากแล้วจะมีความไม่มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากหรือน้อยนั้น เป็นพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดที่อยู่ในความดูแลของเกษตรกรแต่ละรายทั้งที่เป็นการผลิตแบบอินทรีย์และแบบใช้สารเคมี เพราะถึงอย่างไรเสียเกษตรกรก็มีภาระที่ต้องดูแลแปลงนาทั้ง 2 รูปแบบการผลิต แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกแบบใช้สารเคมีที่อยู่ในความดูแลของเกษตรกรที่ปลูกข้าวแบบอินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงมิได้ใช้ตัวแปรพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของเกษตรกรมาเป็นตัวแปรอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์

เหตุที่มีได้ใช้ปัจจัยจำนวนแรงงานต่อพื้นที่มาเป็นตัวแปรอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์ เนื่องจากแรงงานที่จะนำมาใช้เป็นตัวแปรอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพนั้นเป็นแรงงานที่ใช้ในทุกขั้นตอนการผลิต ในขณะที่การเก็บข้อมูลจากผู้ผลิตข้าวแบบอินทรีย์นั้นไม่สามารถเก็บข้อมูลแรงงานที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวแบบอินทรีย์ใช้ในกิจกรรมการทำปุ๋ยหมักได้ ดังนั้นจึงมิได้ใช้ตัวแปรจำนวนแรงงานต่อพื้นที่มาเป็นตัวแปรอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์

การที่มีได้ใช้ตัวแปรหุ่นการมีพื้นที่ติดแหล่งน้ำในการอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีความแตกต่างกันในประการหนึ่งคือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นั้นสามารถทนแล้งได้ดี ในขณะที่ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีความต้องการน้ำมากกว่า (บุญหงษ์ จงคิด, 2547, น.95) นอกจากนั้นแล้วการปลูกข้าวแบบอินทรีย์ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ต่างจากการปลูกข้าวแบบใช้สารเคมีซึ่งต้องการน้ำมาเป็นตัวทำละลายปุ๋ยเคมีเพื่อที่ต้นข้าวจะสามารถดูดซึมธาตุอาหารนำไปใช้ ประกอบกับในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคือเป็นฤดูการเพาะปลูกแบบนาปีซึ่งแปลงนาจะได้รับ

น้ำฝนอยู่แล้ว ดังนั้นจึงมิได้นำตัวแปรหุ่นการมีพื้นที่ติดแหล่งน้ำมาใช้ในการอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแบบอินทรีย์

สำหรับในการถ่วงการปลูกข้าวแบบใช้สารเคมีนั้นมิได้นำตัวแปรประสบการณ์และระดับการศึกษามาใช้ในการอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องด้วยข้อมูลตัวแปรประสบการณ์ของผู้ผลิตแบบใช้สารเคมีมีความผันแปร (Variation) ไม่สูงนัก⁴ ประกอบกับเกษตรกรที่ทำการผลิตแบบใช้สารเคมีโดยส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา เป็นความรู้ขั้นพื้นฐานทั่วไปซึ่งเป็นการศึกษาภาคบังคับไม่เกี่ยวข้องกับทักษะในการผลิตข้าวแบบใช้สารเคมีของเกษตรกรซึ่งถ่ายทอดมาจากผู้ผลิตในรุ่นก่อนหน้าแบบรุ่นสู่รุ่น ระดับการศึกษาจึงไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตข้าว (กุศล ทองงาม, 2547) ในขณะที่เกษตรกรที่ผลิตแบบอินทรีย์นั้นมีจำนวนของผู้สำเร็จการศึกษาระดับสูงกว่าการศึกษภาคบังคับในสัดส่วนที่สูงกว่าเกษตรกรที่ผลิตแบบใช้สารเคมี ซึ่งการศึกษาที่สูงขึ้นนั้นจะส่งเสริมการผลิตแบบอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ เพราะการผลิตแบบอินทรีย์เป็นวิธีการผลิตในรูปแบบใหม่มีบางส่วนแตกต่างจากที่เคยปฏิบัติสืบทอดกันมา จำเป็นต้องอาศัยการยอมรับและการเรียนรู้ของเกษตรกรที่มีต่อวิธีการผลิตแบบอินทรีย์ ซึ่งการมีระดับการศึกษาที่สูงขึ้นนั้นจะมีส่วนช่วยขยายโอกาสในการยอมรับวิทยาการและการเรียนรู้ของเกษตรกรผ่านทางช่องทางต่างๆได้มากขึ้น

⁴ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของตัวแปรประสบการณ์ของผู้ผลิตแบบใช้สารเคมีมีค่าเท่ากับ 10.71 ในขณะที่ตัวแปรประสบการณ์ของผู้ผลิตแบบอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 11.20 (ตารางที่ 3.2)