

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency)

กับคุณภาพของปัจจัยการผลิต

อารี วิบูลย์พงศ์¹

ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์²

บทคัดย่อ

ในการศึกษาเชิงประจักษ์เรามักจะประสบปัญหาในการระบุตัวแปรอธิบายในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพทางเทคนิค (ในการผลิต) ซึ่งทำให้เกิดความยากลำบากในการเสนอแนะทางด้านนโยบายในการปรับปรุงประสิทธิภาพทางเทคนิค (ในการผลิต) การศึกษานี้ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงทางด้านประสิทธิภาพทางเทคนิคนั้นสามารถอธิบายได้จากการสร้างแบบจำลองที่ไม่ได้คำนึงถึงคุณภาพของปัจจัยการผลิตซึ่งอาจจะมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละค่าสังเกตและได้ทำการพิสูจน์ในเชิงคณิตศาสตร์เพื่อพิสูจน์ความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งผลการศึกษาพบว่าคุณภาพของปัจจัยการผลิตสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิคและการละเลยการใส่ตัวแปรทางด้านคุณภาพของปัจจัยการผลิตเข้าไปในแบบจำลองทำให้เกิด production frontier

1. คำนำ

Aigner, Lovel และ Schmidt, ALS, (1977) และ Meeusen และ Van den Broeck (1977) ได้พัฒนาการวัดประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency) ขึ้นมาโดยมีรูปแบบดังนี้คือ

$$y = x'\beta - u + v \quad u \geq 0$$

โดยที่ y คือ ผลผลิต (output)

x คือ เวกเตอร์ของปัจจัยการผลิต

β คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ของฟังก์ชันการผลิต

u คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่มีลักษณะข้างเดียว (one-sided error) เป็นค่าที่แสดงถึงความไม่มีประสิทธิภาพ

v คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่มีลักษณะสองข้าง (two-sided error) ซึ่งได้แก่งินฟ้าอากาศ ฯลฯ เป็นต้น

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² อาจารย์คณะเศรษฐศาสตร์ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากแบบจำลองของ ALS (1977) ดังกล่าวเราสามารถเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$y = f(x, \beta) + \varepsilon$$

โดยที่ $u = |U|$ และ $U \sim N(0, \sigma_u^2)$
 $V \sim N(0, \sigma_v^2)$
 $\varepsilon = -u + v$ (Greene, 1995, pp309-310)

ในลักษณะนี้จะเห็นได้ว่า u ก็จะมีการแจกแจงปกติแบบตัดปลาย (truncated normal) นั้นเอง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$f(u) = \frac{2}{\sigma_u (2\pi)^{\frac{1}{2}}} \exp\left(\frac{-u^2}{2\sigma_u^2}\right) \quad u \geq 0$$

(Maddala, 1983, pp194-195)

นั่นคือ u มีการแจกแจงแบบค่าสัมบูรณ์ (absolute value) ของ $N(0, \sigma_u^2)$ ซึ่งค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของประชากรของ u สามารถเขียนได้ดังนี้

$$E(-u) = \sigma_u (2/\pi)^{\frac{1}{2}}$$

$$V(u) = \sigma_u^2 (\pi - 2) / \pi$$

(Ali และ Flinn, 1989; Maddala, 1983, p195; ALS, 1977)

ซึ่งจากข้อสมมุติที่ว่า u และ v มีการแจกแจงอย่างเป็นอิสระ และจากการใช้ผลลัพธ์ของ Weinstein (1964) เราจะได้

$$g(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \left[1 - \Phi\left(\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right)\right]$$

โดยที่ $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$
 $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$
 $\phi(\cdot) =$ density function ของ standard normal
 $\Phi(\cdot) =$ distribution function

อย่างไรก็ตาม Jondrow และคณะ (1982) ได้เสนอวิธีวัดค่าเฉลี่ยของ u ของแต่ละค่าสังเกตไว้ดังนี้คือ

$$E(u | \varepsilon) = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma} \left[\frac{\Phi(\varepsilon \lambda / \sigma)}{1 - \Phi(\varepsilon \lambda / \sigma)} - \frac{\varepsilon \lambda}{\sigma} \right]$$

โดย $\varepsilon = -u + v$ (Bravo-Ureta และ Rieger, 1991; Wang, Wailes และ Cramer, 1996)

และถ้าหากเราให้ฟังก์ชันการผลิต (production function) อยู่ในรูป Cobb-Douglas production function โดยมีปัจจัยการผลิต 2 ปัจจัยคือ แรงงาน (L) และทุน (K) เราสามารถเขียนฟังก์ชันดังกล่าวได้ดังนี้ $q = AL^\alpha K^\beta e^{-u+v}$ และเมื่อ $u = 0$ เราจะได้ $q^F = AL^\alpha K^\beta e^v$ ซึ่งคือ เส้นพรมแดนการผลิต (production frontier) ซึ่งในกรณีนี้ประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency) จะเป็น

$$\frac{q}{q^F} = \frac{AL^\alpha K^\beta e^{-u+v}}{AL^\alpha K^\beta e^v} = e^{-u}$$

Seyoum, Battese และ Fleming (1996) และ Seyoum, Battese และ Fleming (1998) ได้พยายามอธิบายความไม่มีประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค โดยใช้ลักษณะของคุณภาพของแรงงาน เช่น อายุ การศึกษา และการได้รับการส่งเสริมเป็นตัวแปรที่อธิบายความไม่มีประสิทธิภาพ

ที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่า จุดอ่อนของวิธีการของ ALS (1977) ก็คือ เราจะต้องสมมุติรูปแบบของฟังก์ชันของ u เช่น เป็นฟังก์ชันปกติครึ่งเดียว (half normal distribution) ซึ่งค่าประมาณของประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency) จะไว้อย่างมากต่อการเปลี่ยนรูปแบบของฟังก์ชันของ u (Maddala 1983, p196)

คำถามที่เกิดขึ้นในการศึกษานี้ก็คือว่า (1) เราไม่ต้องสมมุติรูปแบบของฟังก์ชันของ u ได้หรือไม่ ถ้าได้เราจะคำนวณหาค่า u ได้โดยวิธีใด (2) ประสิทธิภาพทางเทคนิคสามารถที่จะอธิบายได้ด้วยตัวแปรทางด้านลักษณะของแรงงานเท่านั้นหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ตัวแปรที่จะอธิบายประสิทธิภาพทางเทคนิคดังกล่าวควรประกอบไปด้วยอะไรบ้าง (3) โดยแท้จริงแล้วคำว่าประสิทธิภาพทางเทคนิคในทางเศรษฐศาสตร์คืออะไร (4) ในกรณีใดบ้างที่เราควรใช้เส้นพรมแดนการผลิตเชิงเฟ้นสุ่ม (stochastic production frontier) และในกรณีใดบ้างที่เราไม่ต้องใช้

เพื่อที่จะตอบคำถามดังกล่าวเราจะเริ่มการวิเคราะห์ โดยสมมุติฟังก์ชันการผลิตให้อยู่ในรูป Cobb-Douglas โดยมีปัจจัยการผลิต 2 ปัจจัยคือ แรงงาน (L) และทุน (K) และหลังจากนั้นจะสมมุติให้ฟังก์ชันการผลิตอยู่ในรูปเชิงเส้น (linear)

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเทคนิค (technical efficiency) จากฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas

สมมุติให้ฟังก์ชันการผลิตแบบพรมแดนเขียนได้ในรูป

$$q_i = AL_i^\alpha K_i^\beta e^{-u_i+v_i} \quad \alpha, \beta > 0 \quad (1)$$

สิ่งที่เราต้องการศึกษาก็คือ แท้จริงแล้วค่าของ u นั้นประกอบไปด้วยอะไรบ้างมีที่มาที่ไปอย่างไร

สมมุติว่าเราพิจารณาฟังก์ชันการผลิตที่มีการพิจารณาคุณภาพของปัจจัยการผลิตประกอบไปด้วย ทั้งหมดทั้งนี้เพราะว่าในฟังก์ชันการผลิตตามสมการ (1) เราได้สมมุติว่าคุณภาพของแรงงาน (L) และทุน (K) นั้นมีคุณภาพเหมือนกัน แต่ในทางปฏิบัติคุณภาพของปัจจัยการผลิตเช่น แรงงานก็อาจมีคุณภาพแตกต่างกันได้ เช่น แรงงานที่มีการศึกษาต่างกัน อายุต่างกัน ประสบการณ์ต่างกัน เป็นต้น เหล่านี้ทำให้แรงงานของแต่ละค่าสังเกตมีค่าที่แตกต่างกันได้ ทางด้านปัจจัยทุน (K) ก็เช่นกัน สมมุติว่าทุนในกรณีนี้คือเครื่องจักร เครื่องจักรที่มีอายุใช้งานต่างกัน รุ่นที่ต่างกันเป็นต้น ก็จะทำให้คุณภาพของเครื่องจักรไม่เหมือนกัน แม้ว่าจะใช้จำนวนเครื่องจักรเท่ากันก็ตาม ย่อมให้ผลผลิตไม่เท่ากัน ถ้าให้แต่ละค่าสังเกตมีความแตกต่างกันในคุณภาพของปัจจัยการผลิตแบบ Cobb Douglas ฟังก์ชันการผลิตปกติทั่วไปก็สามารถจะเขียนได้ดังนี้

$$q_i = A \left(e^{-a_i} L_i \right)^\alpha \left(e^{-b_i} K_i \right)^\beta e^{v_i} \quad (2)$$

โดยที่ e^{-a_i} และ e^{-b_i} ซึ่ง $a_i \geq 0, b_i \geq 0$ เป็นค่าที่ลดทอนคุณภาพของแรงงาน (L) และทุน (K) จากจำนวนเต็มหนึ่งหน่วย เพื่อให้ค่าสังเกตแต่ละค่ามีแรงงาน (L) และทุน (K) เป็นจำนวนหน่วยที่เท่ากันเปรียบเทียบกันได้

จากสมการ (2) จัดรูปใหม่ จะได้

$$q_i = AL_i^\alpha K_i^\beta e^{-(a_i\alpha + b_i\beta)} e^{v_i} \quad (3)$$

ในกรณีนี้จะสังเกตได้ว่าค่า $(a_i\alpha + b_i\beta) \geq 0$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมการ (3) ก็คือสมการ (1) โดยที่ $u_i = (a_i\alpha + b_i\beta)$ สมมุติให้คุณภาพของแรงงาน (L) และทุน (K) เขียนได้เป็นสมการดังนี้

$$a_i = \phi_0 + \phi_1 F_{1i} + \phi_2 F_{2i} + \theta_i \quad (4)$$

และ

$$b_i = \gamma_0 + \gamma_1 P_{1i} + \gamma_2 P_{2i} + \mu_i \quad (5)$$

โดยที่ $\phi_0, \phi_1, \phi_2, \gamma_0, \gamma_1, \gamma_2$ = ตัวพารามิเตอร์
 F_1, F_2 = ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อน a_i
 P_1, P_2 = ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อน b_i
 θ_i, μ_i = ค่าความคลาดเคลื่อน

แทนค่า (4) และ (5) ลงในสมการ (3) จะได้

$$q_i = AL_i^\alpha K_i^\beta e^{-[\phi_0\alpha + \phi_1\alpha F_{1i} + \phi_2\alpha F_{2i} + \gamma_0\beta + \gamma_1\beta P_{1i} + \gamma_2\beta P_{2i} + \theta_1\alpha + \mu_1\beta]} e^{v_i} \quad (6)$$

ในที่สุดเราก็สามารถจะประมาณค่าสมการ (6) ได้จากการใช้วิธี least squares ดังนี้

$$\ln q_i = \ln A + \alpha \ln L_i + \beta \ln K_i - [\phi_0\alpha + \phi_1\alpha F_{1i} + \phi_2\alpha F_{2i} + \gamma_0\beta + \gamma_1\beta P_{1i} + \gamma_2\beta P_{2i}] + v_i - \theta_1\alpha - \mu_1\beta + v_i \quad (7)$$

ในการใช้สมการ (7) จะพบว่ามีจุดอ่อน 2 ประการคือ เราไม่สามารถจะประมาณค่า ϕ_0 ได้ และที่สำคัญไปกว่านั้นก็คือ ไม่มีการรับประกันได้ว่าค่า $[\alpha_0 + \alpha_1 F_{1i} + \alpha_2 F_{2i}]$ และ $[\gamma_0\beta + \gamma_1\beta P_{1i} + \gamma_2\beta P_{2i}]$ จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

ในการศึกษาเชิงประจักษ์ เพื่อให้ค่า $a_i \geq 0$ และ $b_i \geq 0$ เราจะให้รูปแบบของฟังก์ชันของ a_i และ b_i ณ ค่าเฉลี่ย (mean) ซึ่งคือ $\bar{a}_i$, $\bar{b}_i$ ตามลำดับดังนี้

$$\bar{a}_i = e^{\phi_0 + \phi_1 F_{1i} + \phi_2 F_{2i}} \quad (8)$$

$$\bar{b}_i = e^{\gamma_0 + \gamma_1 P_{1i} + \gamma_2 P_{2i}} \quad (9)$$

นำ (8) และ (9) ไปแทนค่าใน (3) จะได้

$$q_i = AL_i^\alpha K_i^\beta e^{-\left[\left(e^{\phi_0 + \phi_1 F_{1i} + \phi_2 F_{2i}}\right)\alpha + \left(e^{\gamma_0 + \gamma_1 P_{1i} + \gamma_2 P_{2i}}\right)\beta\right]} e^{v_i} \quad (10)$$

ใส่ natural logarithm ในสมการ (10) จะได้

$$\ln q_i = \ln A + \alpha \ln L_i + \beta \ln K_i - \left[\left(e^{\phi_0 + \phi_1 F_{1i} + \phi_2 F_{2i}}\right)\alpha + \left(e^{\gamma_0 + \gamma_1 P_{1i} + \gamma_2 P_{2i}}\right)\beta\right] + v_i \quad (11)$$

จะเห็นได้ว่าสมการ (11) อยู่ในรูปของ nonlinear ในพารามิเตอร์

เพราะฉะนั้นในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการ (11) เราจะต้องใช้วิธี Maximum Likelihood

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency) จากฟังก์ชันการผลิตเชิงเส้น (linear)

สมมติฟังก์ชันการผลิตแบบพรมแดนเขียนได้ดังนี้

$$y = x' \beta - u + v \quad (12)$$

ในลักษณะเดียวกันให้ฟังก์ชันการผลิตทั่วไปที่มีการนำเอาคุณภาพของปัจจัยการผลิตเข้ามาพิจารณาด้วย และเพื่อความสะดวก สมมติให้มีปัจจัยการผลิตเพียง X_1 และ X_2 เท่านั้น สมการ (12) ก็สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} y_i &= \beta_0 + \beta_1 (a_i X_{1i}) + \beta_2 (b_i X_{2i}) + v_i \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + [\beta_1 a_i X_{1i} + \beta_2 b_i X_{2i} - \beta_1 X_{1i} - \beta_2 X_{2i}] + v_i \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} - \beta_1 [1 - a_i] X_{1i} - \beta_2 [1 - b_i] X_{2i} + v_i \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} - [\beta_1 (1 - a_i) X_{1i} + \beta_2 (1 - b_i) X_{2i}] + v_i \end{aligned} \quad (13)$$

โดยที่ $0 \leq a_i \leq 1$ และ $0 \leq b_i \leq 1$ และจะเห็นได้ว่าเทอม $[\beta_1 (1 - a_i) X_{1i} + \beta_2 (1 - b_i) X_{2i}] \geq 0$ ซึ่งสอดคล้องกับค่าของ $u \geq 0$ เช่นกัน

ในการศึกษาเชิงประจักษ์จะเกิดปัญหา 2 ประการด้วยกันในการประมาณค่าสมการ (13) กล่าวคือ ประการแรก เราไม่สามารถประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ตรงไปตรงมาที่เราไม่ทราบค่า a_i และ b_i ประการที่สอง เราไม่สามารถคำนวณค่าของ $[\beta_1 (1 - a_i) X_{1i} + \beta_2 (1 - b_i) X_{2i}]$ ซึ่งคือค่าของ u_i ออกมาได้ และเนื่องจาก a_i และ b_i เป็นค่าที่ไม่ทราบค่าและอาจไม่สามารถสังเกตได้ ดังนั้นจะต้องมีการประมาณค่า a_i และ b_i ดังกล่าวและในการประมาณค่านี้ค่า a_i และ b_i จะต้องมีความมากกว่าศูนย์ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้คือ

$$a_i = \frac{1}{1 + e^{-(\phi_0 + \phi_1 F_{1i} + \phi_2 F_{2i})}} \quad (14)$$

และ

$$b_i = \frac{1}{1 + e^{-(\gamma_0 + \gamma_1 P_{1i} + \gamma_2 P_{2i})}} \quad (15)$$

นำสมการ (14) และ (15) ไปแทนค่าในสมการ (13) และใช้วิธี Maximum Likelihood ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

4. Monte Carlo Study

สิ่งที่เราต้องการทราบต่อไปก็คือว่า ถ้าแบบจำลองที่ถูกต้อง (true model) ถูกกำหนดมาให้ และเราสามารถสร้างข้อมูลจากแบบจำลองดังกล่าว โดยแบบจำลองที่ถูกต้อง (true models) สามารถมีได้หลายแบบจำลอง ถ้านำข้อมูลที่ถูกรวบรวมขึ้นมาจากแบบจำลองเหล่านั้น นำไปประมาณค่าโดยวิธีเส้นพรมแดนเชิงเฟ้นสุ่ม (stochastic frontier) คำถามก็คือว่าค่าประมาณของพารามิเตอร์เหล่านั้นจะคลาดเคลื่อนไปอย่างไรหรือไม่

5. สรุป

โดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่า (1) การที่มีเส้นพรมแดนการผลิต (production frontier) ขึ้นมาก็เนื่องจากว่าในการประมาณค่า พารามิเตอร์ของฟังก์ชันการผลิตเราไม่ได้ใส่ปัจจัยความแตกต่างของคุณภาพของปัจจัยการผลิตเข้าไปในแบบจำลอง ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นก็คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้อาจเกิดความเอนเอียง (bias) ได้ (2) ถ้าเราใส่ปัจจัยความแตกต่างของคุณภาพของปัจจัยการผลิตให้ครบบริบูรณ์ก็ไม่มีผลจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการเส้นพรมแดนเชิงเฟ้นสุ่ม (stochastic production frontier) ในการประมาณค่าฟังก์ชันการผลิตอีกต่อไป แต่ต้องแน่ใจว่าเราได้ใส่ปัจจัยการผลิตและความแตกต่างของคุณภาพของปัจจัยการผลิตครบถ้วนแล้ว (3) ถ้าไม่แน่ใจว่าจะต้องใส่คุณภาพของปัจจัยการผลิตเข้าไปในแบบจำลองหรือไม่ให้ทำการประมาณค่าฟังก์ชันการผลิต เชิงเฟ้นสุ่มเสียก่อน และทำการทดสอบว่ามีเส้นพรมแดนการผลิต (production frontier) อยู่จริงหรือไม่ ถ้าไม่มีเส้นพรมแดนการผลิตก็หมายความว่าแบบจำลองนั้นถูกต้องแล้ว (โดยสมมุติว่าเราใส่ตัวแปรครบทุกตัว และรูปแบบของฟังก์ชันถูกต้อง) ฟังก์ชันการผลิตนั้นสามารถนำไปใช้ได้เลย แต่ถ้าปรากฏว่ามีเส้นพรมแดนการผลิตอยู่จริง เราก็ไม่สามารถละเลยปัจจัยความแตกต่างในคุณภาพของปัจจัยการผลิต ในการประมาณค่าแบบจำลองของเราได้ (4) ถ้ามีเส้นพรมแดนการผลิตอยู่จริงวิธีที่เสนอมาดังข้างต้นจะดีกว่าวิธีการใช้เส้นพรมแดนการผลิตเชิงเฟ้นสุ่ม (stochastic production frontier) เพราะว่าเราไม่ต้องสมมุติรูปแบบของฟังก์ชันของ u และเรายังสามารถอธิบายประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency) ได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

- Aigner, D.J.; Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. 1977. "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models." **Journal of Econometrics**. 6 : 21-37.
- Bravo - Ureta, B. and Rieger, L. 1991. "Dairy Farm Efficiency Measurement Using Stochastic Frontiers and Neoclassical Duality." **American Journal of Agricultural Economics**. 73 : 421-427.
- Jondrow, J.; Lovell, C.A.K.; Materov, I. and Schmidt, P. 1982. "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model." **Journal of Econometrics**. 19 : 233-238.
- Greene, W. 1977. **Econometric Analysis**. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.

- Maddala, G.S. 1983. **Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics.**
Cambridge : Cambridge University Press.
- Seyoum, E.T.; Battese, G.E. and Fleming, E.M. 1996. **Technical Efficiency and Productivity of Maize Producers in Eastern Ethiopia : A Study of Farmers Within and Outside the Sasakawa-Global 2000 Project : CEPA Working Papers No. 6/96.** Armidale, NSW : Department of Econometrics, University of New England.
- _____. 1998. "Technical Efficiency and Productivity of Maize Producers in Eastern Ethiopia : A Study of Farmers within and outside the Sasakawa-Global 2000 Project." **Agricultural Economics** 19 : 341-348.
- Wang, J.; Wailes, E. and Cramer, G. 1996. "A Shadow-Price Frontier Measurement of Profit Efficiency in Chinese Agriculture." **American Journal of Agricultural Economics**. 78 : 146-156.
- Weinstein, M.A. 1964. "The Sum of Values from a Normal and Truncated Normal Distribution." **Technometrics** 6:104-5.

□□□ □□ □□□ □□ □□□ □□