คู่มือการใช้
โปรแกรม DEAP 2.1
สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการ
Data Envelopment Analysis

โดย
นายอัครพงศ์ อั้นทอง
สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มกราคม 2547

คู่มือการใช้โปรแกรม DEAP 2.1
สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis

1. ทบทวนความรู้ในเรื่องการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธี Data Envelopment Analysis (DEA)
2. การกำหนดตัวแปรในแบบจำลอง
3. การเก็บรวบรวมและการจัดการข้อมูลสำหรับการใช้กับโปรแกรม DEAP 2.1
4. การใช้โปรแกรม DEAP 2.1 ในการวิเคราะห์ และการวิเคราะห์ผลที่ได้

1. ทบทวนความรู้ในเรื่องการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธี Data Envelopment Analysis (DEA)

1.1 แนวคิดพื้นฐานของการวัดประสิทธิภาพ (Measurement of Efficiency)

การวัดประสิทธิภาพถือได้ว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่นำมาใช้ในการพิจารณาถึงผลการดำเนินงานของหน่วยผลิต และค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินก็สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างหน่วยผลิตได้ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาถึงระดับความสามารถในการดำเนินงานของหน่วยผลิต โดยทั่วไปแล้ว ประสิทธิภาพของหน่วยผลิตสามารถประเมินได้ ดังนี้

$$\text{efficiency} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

วิธีการวัดประสิทธิภาพที่นิยมนำมาใช้ในการวัดผลการดำเนินงาน ก็คือ การวัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้ในแต่ละหน่วยผลิต กับค่ามาตรฐาน (benchmark) ซึ่งในการเปรียบเทียบระหว่างหน่วยผลิตนั้น ค่ามาตรฐาน ก็คือ ค่าที่ได้จากหน่วยผลิตที่ดีที่สุด (best practice) เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยผลิตที่กำลังศึกษาทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่าหน่วยผลิตนั้นเป็นหน่วยผลิตที่อยู่ในระดับแนวหน้า (frontier) ส่วนหน่วยผลิตอื่นๆ จะมีศักยภาพหรือประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า (inefficiency) โดยทั่วไปแล้วการวัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของหน่วยผลิตสามารถประเมินได้ดังนี้

$$\text{relative efficiency} = \frac{\text{weighted sum of outputs}}{\text{weighted sum of inputs}}$$

สามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{relative efficiency} = \frac{\sum_{j}^{n} \mu_r y_{rj}}{\sum_{i}^{m} \omega_i x_{ij}} \; ; i = 1, \ldots, m, \; r = 1, \ldots, s, \; j = 1, \ldots, n$$

โดยที่ x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้าที่ i ของหน่วยผลิต j

y_{rj} คือ จำนวนของผลผลิตที่ r ของหน่วยผลิต j

μ_r คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของผลผลิต r

ω_i คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า i

n คือ จำนวนของหน่วยผลิต

s คือ จำนวนของผลผลิต

m คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้า

แนวคิดที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการวัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ ก็คือ แนวคิดของ M.J. Farrell (1957) ที่อาศัยหลักการของ Frontier Analysis ในการวัดประสิทธิภาพของหน่วยผลิต แนวคิดดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นให้กับนักเศรษฐศาสตร์หลายท่านได้คิดและพัฒนาวิธีการและแบบจำลองขึ้นมาเพื่อวัดประสิทธิภาพ เช่น Data Envelopment Analysis (DEA), Stochastic Frontier Approach (SFA), Thick Frontier Approach (TFA) และ Distribution Free Approach (DFA) เป็นต้น[1]

1.2 การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA)

วิธีการ DEA เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เนื่องจากวิธีการนี้ไม่ต้องมีการกำหนดรูปแบบของฟังก์ชัน (function form) ที่ใช้ในการพิจารณา และวิธีการนี้ก็สามารถวัดประสิทธิภาพของการดำเนินงานได้ในกรณีที่มีปัจจัยการผลิตและผลผลิตหลายชนิด (multi input and output) Charnes, Cooper and Roberts (1978) ได้นำเสนอวิธีการ DEA เป็นกลุ่มแรก โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Linear Programming (DEA ถือได้ว่าเป็นวิธีการแบบ non-parametric) ในการประเมินค่าประสิทธิภาพของหน่วยผลิต

Charnes et al. (1978) ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวัดประสิทธิภาพของหน่วยผลิต n ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิต i แล้วได้ผลผลิต r ดังนั้นประสิทธิภาพของหน่วยผลิตสามารถหาได้จากการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เสนอโดย Charnes et al. (1978) ซึ่งแบบจำลองนี้จะเป็นการพิจารณาทางด้านปัจจัย (input-oriented) และมีลักษณะของผลตอบแทนคงที่ (Constant Returns to Scale : CRS) สามารถเขียนแบบจำลองได้ดังนี้[2]

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^{m}\omega_i x_{ij0}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{n}\mu_r y_{rj0} = 1,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m}\omega_i x_{ij} \le 0$$

$$\mu_r, \omega_i \ge \varepsilon > 0 \qquad ; i = 1, \ldots, m,\ r = 1, \ldots, s,\ j = 1, \ldots, n \qquad (1)$$

โดยที่ x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้าที่ i ของหน่วยผลิต j

y_{rj} คือ จำนวนของผลผลิตที่ r ของหน่วยผลิต j

μ_r คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของผลผลิต r

ω_i คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า i

n คือ จำนวนของหน่วยผลิต

s คือ จำนวนของผลผลิต

m คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้า

ε คือ ค่าบวกที่มีขนาดเล็ก

---

[1] Anderson, R. I., Fish, M., Xia, Y., & Michello, F. (1999). Measuring efficiency in the hotel industry; A stochastic frontier approach. ***International Journal of Hospitality Management***, 18(1), pp. 45-47.

[2] Charnes, A., & Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. ***European Journal of Operational Research***, 2(6), pp. 429-444.

แบบจำลองข้างต้นนี้เป็นรูปแบบทวีคูณ (multiplier form) ของ DEA เพื่อความสะดวกในการคำนวณประสิทธิภาพของหน่วยผลิต สามารถใช้ปัญหาควบคู่ (dual problem) ของสมการที่ (1) ในการหาคำตอบทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถเขียนปัญหาควบคู่ของแบบจำลองที่ (1) ได้ดังนี้

$$\text{Max } \theta + \varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij0}^{-} + \sum_{r=1}^{s} s_{rj0}^{+}\right)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_{ij0}^{-} = x_{ij0},$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - \theta y_{rj0} - s_{rj0}^{+} = 0$$

$$\lambda_j, s_{ij0}^{-}, s_{rj0}^{+} \geq 0 \qquad ; i = 1, \ldots, m,\ r = 1, \ldots, s,\ j = 1, \ldots, n$$

θ ไม่มีข้อจำกัด (unconstrained) (2)

เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอสำหรับหน่วยผลิตที่ j_0 จะบรรลุประสิทธิภาพก็คือ $g_0 = \theta^* = 1,\ s_{ij0}^{-*} = s_{ij0}^{+*} = 0$ โดยตัวแปรเหล่านี้ได้มาจากการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด สำหรับประสิทธิภาพของหน่วยผลิตนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 หรือเป็นค่าที่อยู่บนเส้นพรมแดน (frontier) ส่วนค่ามาตรฐานที่เป็นจุดมุ่งหมายสำหรับหน่วยผลิตที่ j_0 ที่ไม่มีประสิทธิภาพ สามารถหาได้จาก $x'_{ij0} = x_{ij0} - s_{ij0}^{-*}$ และ $y'_{rj} = \theta^* y_{rj0} - s_{rj0}^{+*}$ เมื่อ s_{ij0}^{-} คือ ปัจจัยนำเข้าส่วนเกิน และ s_{rj0}^{+} คือ ผลผลิตในส่วนที่ขาด[3]

แบบจำลองข้างต้นเป็นแบบจำลองที่มีข้อจำกัดน้อยกว่าแบบจำลองในรูปแบบทวีคูณ ดังนั้นจึงนิยมใช้แบบจำลองในรูปแบบห่อหุ้มในการแก้ปัญหามากกว่าการใช้แบบจำลองในรูปแบบทวีคูณ โดยค่าของ θ จะเป็นค่าประสิทธิภาพของหน่วยผลิตที่ i ซึ่ง $\theta \leq 1$ ถ้า $\theta = 1$ จุดจะอยู่บนเส้นพรมแดน (frontier) หมายความว่า หน่วยผลิตมีประสิทธิภาพทางเทคนิคตามแนวคิดของ Farrell (1957) แบบจำลองข้างต้นเป็นแบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติแบบ CRS ซึ่งจะใช้ได้อย่างเหมาะสมเมื่อหน่วยผลิตทุกหน่วยมีการดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม (Optimal scale) ฉะนั้นเมื่อมีการแข่งขันที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หน่วยผลิตไม่ได้ดำเนินการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาใหม่ โดย Banker, Charnes, and Cooper (1984) ภายใต้ข้อสมมุติ Variable Returns to Scale (VRS)[4] แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ VRS จะต้องเพิ่มสมการข้อจำกัดเข้าไปในแบบจำลอง อีกหนึ่งสมการ คือ $N1'\lambda = 1$ (เป็นข้อจำกัดของค่าความโค้ง : convexity constraint) เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน่วยผลิตขนาดเดียวกันอย่างแท้จริง ต่อมาได้มีการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวโดยการเพิ่มข้อจำกัด $N1'\lambda \leq 1$ เข้าไปในแบบจำลอง แบบจำลองที่พัฒนาใหม่นี้สามารถหาค่าประสิทธิภาพในช่วง Non-Increasing Returns Scale (NIRS.) ได้ ดังนั้นลักษณะของแบบจำลองสุดท้ายภายใต้ข้อสมมติ VRS ที่นิยมใช้ในปัจจุบันสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{Min}_{\theta,\lambda}\ \theta$$

$$\text{Subject to} \quad -y_i + y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_i - x\lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda \leq 1$$

$$\lambda \geq 0 \qquad (3)$$

---

3 Charnes, A., & Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. ***European Journal of Operational Research***, 2(6), pp. 429-444.

4 Coelli, T; Rao, D.S.Prasada and Battese, George E. 1997. ***An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis.*** Boston : Kluwer Academic Publishers.

สรุปการวัด DEA ภายใต้ข้อสมมติ Constant Returns to Scale (CRS) และ Variable Returns to Scale (VRS) ในกรณีที่พิจารณาทางด้าน input orientated และ output orientated สามารถประเมินได้จากการทำ Linear Programming ในแบบจำลองดังนี้

แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ Constant Returns to Scale (CRS)

Input orientated	Output orientated
$\text{Min}_{\theta,\lambda}\theta$ Subject to $-y_i + y\lambda \geq 0$ $\theta x_i - x\lambda \geq 0$ $\lambda \geq 0$	$\text{Max}_{\phi,\lambda}\phi$ Subject to $-\phi y_i + y\lambda \geq 0$ $x_i - x\lambda \geq 0$ $\lambda \geq 0$

แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ Variable Returns to Scale (VRS)

Input orientated	Output orientated
$\text{Min}_{\theta,\lambda}\theta$ Subject to $-y_i + y\lambda \geq 0$ $\theta x_i - x\lambda \geq 0$ $N1'\lambda \leq 1$ $\lambda \geq 0$	$\text{Max}_{\phi,\lambda}\phi$ Subject to $-\phi y_i + y\lambda \geq 0$ $x_i - x\lambda \geq 0$ $N1'\lambda \leq 1$ $\lambda \geq 0$

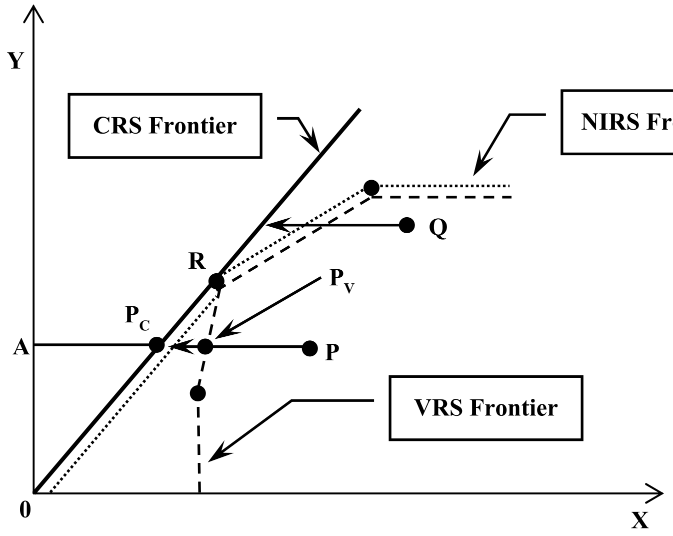
การวัดประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติแบบ VRS นั้น เป็นการวัดประสิทธิภาพในกรณีที่มีการแข่งขันที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้หน่วยธุรกิจหนึ่งไม่ได้ดำเนินการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่การวัดประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติแบบ CRS นั้นจะต้องมีข้อจำกัดที่ว่าหน่วยผลิตทุกหน่วยจะต้องมีการดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม (optimal scale) ดังนั้นประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติ constant retune to Scale (TE_{CRS}) ประกอบไปด้วย scale efficiency (SE) และ pure technical efficiency (TE_{VRS}) ซึ่งถ้าหากหน่วยผลิตบางหน่วยไม่ได้ดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม ค่า TE_{CRS} และ TE_{VRS} จะมีค่าไม่เท่ากัน และ TE_{CRS}/TE_{VRS} จะได้ scale efficiency (SE) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยรูปที่ 1 เมื่อสมมุติให้หน่วยผลิตมีการใช้ปัจจัยการผลิต 1 ชนิด ให้ได้ผลผลิต 1 ชนิด ดังนั้น

$$TE_{CRS} = AP_C/AP$$

$$TE_{VRS} = AP_V/AP$$

$$SE = AP_C/AP_V \quad \text{ซึ่งก็คือ} \quad TE_{CRS}/TE_{VRS}$$

โดยค่าของ TE_{CRS} , TE_{VRS} และ SE มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 จากสมการทั้งสามแสดงว่า $TE_{CRS} = TE_{VRS} \times SE$ ดังนั้น ประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติ constant retune to scale (TE_{CRS}) จะประกอบ ด้วย pure technical efficiency (TE_{VRS}) และ scale efficiency (SE)



ที่มา : Coelli; Rao and Battese (1997).

รูปที่ 1 แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาค่า scale efficiency (SE)

นอกจากนี้ในแบบจำลอง VRS ที่นำเสนอข้างต้น เป็นแบบจำลองที่สามารถบอกได้ว่าหน่วยผลิตนั้นมีผลได้ต่อขนาดเพิ่มขึ้น (increasing returns scale : irs.) หรือมีผลได้ต่อขนาดลดลง (decreasing returns scale : drs.) เนื่องจากในแบบจำลองดังกล่าวได้ใช้ข้อจำกัด $N1'\lambda \leq 1$ ดังนั้นจึงสามารถหาค่าประสิทธิภาพได้ในช่วง Non - Increasing Returns to Scale (NIRS.) ได้

ดังนั้น ถ้า $TE_{NIRS} = TE_{VRS}$ หรือ $TE_{NIRS} \neq TE_{CRS}$ แสดงว่าเป็น decreasing returns to scale (drs.)

$TE_{NIRS} \neq TE_{VRS}$ หรือ $TE_{NIRS} = TE_{CRS}$ แสดงว่าเป็น increasing returns to scale (irs.)

สำหรับการวัดประสิทธิภาพต้นทุน (cost efficiency) และประสิทธิภาพโดยรวม (allocative efficiency) นั้น ต้องทำการประมาณค่าเส้นพรมแดนทางด้นต้นทุน ซึ่งเส้นดังกล่าวจะเป็นเส้นที่แสดงถึงจุดที่หน่วยผลิตมีการใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด สามารถเขียนแบบลองทางคณิตศาสตร์ของการหาประสิทธิภาพทางต้นทุน ภายใต้ข้อสมมติ Variable Returns to Scale (VRS)ได้ดังนี้[5]

[5] Coelli, T.J. (1996). "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program", ***CEPA Working Paper 96/08,*** Department of Econometrics, University of New England, Armidale.

$$\text{Min}_{\lambda, x_i^-} \; w_i' x_i^*$$

Subject to

$$-y_i^* + y\lambda \geq 0$$

$$x_i - x\lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0 \qquad (4)$$

โดยที่ w_i' คือ ราคาปัจจัยการผลิต

x_i^* คือ เวกเตอร์ของปริมาณปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมที่สุดที่มีการใช้ต้นทุนต่ำที่สุด

แบบจำลองข้างต้นนั้นต้องการหาจุดที่มีต้นทุนต่ำที่สุด โดย linear programming ในแบบจำลองข้างต้นจะคำนวณหาปริมาณปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยกำหนดราคาปัจจัย (w_i') และผลผลิต (y_i) มาให้ ดังนั้นประสิทธิภาพต้นทุนรวม (total cost efficiency) หรือประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ (economic efficiency) ของหน่วยผลิตที่ i สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$CE = w_i' x_i^* \big/ w_i' x_i$$

และสามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพโดยรวม (allocative efficiency) ได้ดังนี้

$$AE = CE \big/ TE$$

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ DEA ในการพิจารณาทางด้านรายได้ โดยการคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้มีรายได้สูงสุด โดยกำหนดราคาผลผลิต (p_i') และปัจจัยการผลิต (x) มาให้ ซึ่งสามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการหาประสิทธิภาพทางรายได้ ภายใต้ข้อสมมติ Variable Returns to Scale (VRS) ได้ดังนี้[6]

$$\text{Max}_{\lambda, y_i^-} \; p_i' y_i^*$$

Subject to

$$-y_i + y\lambda \geq 0$$

$$x_i^* - x\lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0 \qquad (5)$$

โดยที่ p_i' คือ ราคาผลผลิต

y_i^* คือ เวกเตอร์ของปริมาณปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมที่สุดที่ก่อให้เกิดรายได้สูงสุด

เช่นเดียวกันสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพทางรายได้ของหน่วยผลิตที่ i ได้ดังนี้

$$RE = p_i' y_i^* \big/ p_i' y_i \quad \text{และ}$$

และสามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพโดยรวม (allocative efficiency) ได้ดังนี้

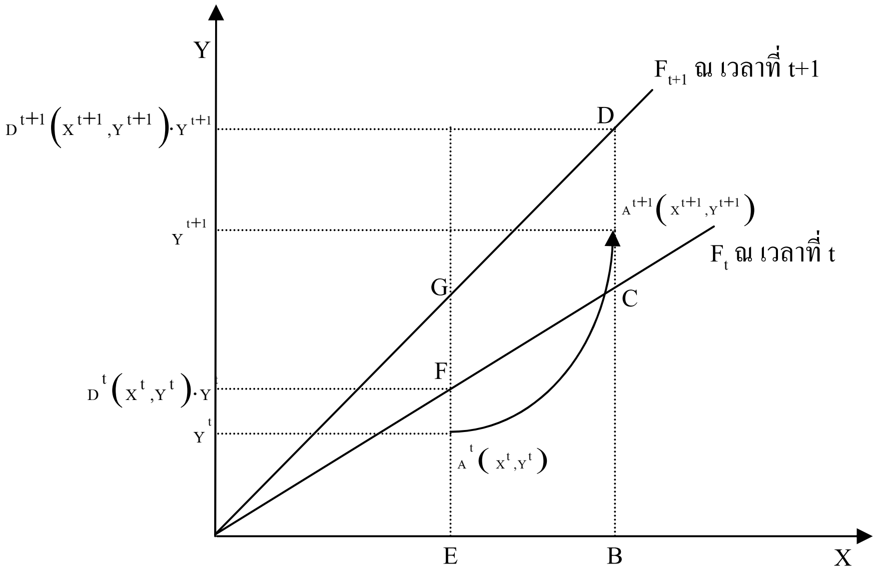
$$AE = RE \big/ TE$$

สำหรับโปรแกรม DEAP 2.1 จะไม่มีการคำนวณประสิทธิภาพทางรายได้

[6] Thanassoulis, Emmanuel. (2001). ***Introduction to the theory and application of data envelopment analysis : a foundation text with integrated software.*** Kluwer Academic Publishers.

1.3 การวัดการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการจัดการ (measurement of managerial efficiency change)

วิธีวัดประสิทธิภาพของหน่วยผลิตที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการวัดการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการจัดการของหน่วยผลิตได้โดยนำวิธีการ DEA มารวมกับ Malmquist Productivity Approach[7] สามารถอธิบายแนวคิดของการวัดการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการจัดการได้ดังรูปที่ 2



ที่มา : Shiuh-Nan Hwang and Te Yi Chang (2003)

รูปที่ 2 วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพที่พิจารณาทางด้านผลผลิต

จากรูปที่ 1 เมื่อกำหนดให้ F_t คือ เส้น Frontier ณ เวลาที่ t และ F_{t+1} คือ เส้น Frontier ณ เวลาที่ t+1 ในขณะที่ ณ จุด $A^t\left(x^t,y^t\right)$ และ $A^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)$ แสดงถึง เวกเตอร์ของปัจจัยนำเข้า-ผลผลิต ของหน่วยผลิต ณ เวลาที่ t และ t+1 ตามลำดับ สำหรับวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพจาก ณ เวลาที่ t ถึง t+1 สามารถทำได้โดยการใช้ฟังก์ชันระยะทางประสิทธิภาพ (efficiency distance functions) $D^{t+1}\left(x^t,y^t\right)$ ฟังก์ชันนี้หมายความว่า เส้น Frontier ณ เวลาที่ t+1 จะถูกใช้อ้างอิงในการประเมินประสิทธิภาพของหน่วยผลิต A ณ เวลาที่ t ซึ่งสามารถแสดงเป็นปัญหาลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (linear programming problem) ได้ดังนี้

$$D^{t+1}\left(x^t,y^t\right) = \text{Max}\ \theta$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{t+1}x_{ij}^{t+1} \le x_{ij}^t,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{t+1}y_{rj}^{t+1} \ge \theta y_{rij0}^t,$$

$$\lambda_j^{t+1} \ge 0 \qquad i = 1, \ldots, m,\ r = 1, \ldots, s,\ j = 1, \ldots, n$$

$$\theta \text{ ไม่มีข้อจำกัด (Unconstrained)} \qquad (6)$$

---

[7] Caves, D.W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, 50(6), pp. 1393-1414.

ในทางกลับกันฟังก์ชันระยะทางประสิทธิภาพ $D^t\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right)$ จะหมายความถึง เส้น Frontier ณ เวลาที่ t ที่จะถูกใช้อ้างอิงในการประเมินประสิทธิภาพของหน่วยผลิต A ณ เวลาที่ t+1 และสามารถแสดงเป็นปัญหาลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (linear programming problem) ได้ดังนี้

$$D^t\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right) = \text{Max } \theta$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^t x_{ij}^t \leq x_{ij}^{t+1},$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^t y_{rj}^t \geq \theta y_{rij0}^{t+1},$$

$$\lambda_j^t \geq 0 \qquad i = 1, \ldots, m, r = 1, \ldots, s, j = 1, \ldots, n$$

θ ไม่มีข้อจำกัด (Unconstrained) (7)

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า $D^t\left(x^t, y^t\right)$ และ $D^{t+1}\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right)$ ก็คือ แบบจำลองที่พิจารณาทางด้านผลผลิต (output-oriented) และมีลักษณะผลตอบแทนคงที่ (CRS) เหมือนกับแบบจำลองที่ (2) จากความหมายเรขาคณิต (geometric) ของฟังก์ชันระยะทาง (distance function) ที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น และเมื่อพิจารณารูปที่ 2 อีกครั้ง จะทำให้ทราบว่า

$$D^t\left(x^t, y^t\right) = EF/EA^t,$$

$$D^{t+1}\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right) = BD/BA^t,$$

$$D^t\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right) = BC/BA^t,$$

$$D^{t+1}\left(x^t, y^t\right) = EA^t/EG$$

Caves et al. (1982) และ Färe et al (1992) ได้นำเสนอวิธีการวัด Malmquist productivity index โดยอธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงในประสิทธิภาพ (shift in efficiency: SIE) จากเวลาที่ t ถึงเวลาที่ t+1 นั้น ก็คือสัดส่วนของ BD/BC และ EG/EF สำหรับค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ BD/BC และ EG/EF สามารถหาได้ดังนี้

$$SIE_{t,t+1} = \left[\frac{BD}{BC} \cdot \frac{EG}{EF}\right]^{1/2} = \left[\frac{D^{t+1}\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right)}{D^t\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right)} \cdot \frac{D^{t+1}\left(x^t, y^t\right)}{D^t\left(x^t, y^t\right)}\right]^{1/2} \tag{8}$$

เช่นเดียวกัน CIE (Catching-up in efficiency) จากเวลาที่ t ถึงเวลาที่ t+1 สามารถอธิบายได้ในแบบจำลองที่ (9) ที่เป็นการแสดงถึงสัดส่วนระหว่างประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ (relative efficiency) ของหน่วยผลิต ณ เวลาที่ t+1 เทียบกับ ณ เวลาที่ t

$$CIE_{t,t+1} = \frac{BA^{t+1}}{BD} \cdot \frac{EA^t}{EF}$$

$$= \left[\frac{D^{t+1}\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right)}{D^t\left(x^t, y^t\right)}\right]^{-1}$$

$$= \left[\frac{D^t\left(x^t, y^t\right)}{D^{t+1}\left(x^{t+1}, y^{t+1}\right)}\right] \tag{9}$$

สามารถหาการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพโดยรวม (total efficiency change) ของหน่วยผลิต ณ เวลาที่ t ถึงเวลาที่ t+1 ได้จาก $CIE_{t,t+1} \times SIE_{t,t+1}$ ดังนี้

$$
\begin{aligned}
TEC_{t,t+1} &= CIE_{t,t+1} \times SIE_{t,t+1} \\
&= \frac{D^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)}{D^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)} \cdot \left[\frac{D^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}{D^{t}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)} \cdot \frac{D^{t+1}\left(x^{t},y^{t}\right)}{D^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)} \right]^{1/2} \\
&= \left[\frac{D^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)}{D^{t}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)} \cdot \frac{D^{t+1}\left(x^{t},y^{t}\right)}{D^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)} \right]^{1/2} \qquad (10)
\end{aligned}
$$

แบบจำลองที่ (10) คือ Malmquist productivity index ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพ

2. การกำหนดตัวแปรในแบบจำลอง

การวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) เป็นวิธีการ Non – Parametric ซึ่งไม่ต้องมีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ วิธีการนี้สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในกรณีที่มีปัจจัยการผลิตและผลผลิตหลายชนิด (multi input and output) และยังเป็นวิธีการที่เหมาะสมในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดรูปแบบของแบบจำลองได้ โดยในวิธีการนี้ต้องการทราบแต่เพียงว่า อะไรเป็นปัจจัยนำเข้า อะไรเป็นผลผลิตที่ได้รับ เพื่อความเข้าใจในการอธิบายในที่นี้ขอยกตัวอย่างในการอธิบายดังนี้

เมื่อสมมุติว่า ในการวิจัยมีคำถามอยู่ว่า “ผู้ผลิตศิลาดลในจังหวัดเชียงใหม่มีระดับประสิทธิภาพในการดำเนินงานแตกต่างกันอย่างไร”[8]

จากคำถามงานวิจัยข้างต้นที่ต้องการหาระดับประสิทธิภาพของหน่วยผลิต คือ ผู้ผลิตศิลาดล ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้เพียง 8 รายเท่านั้น สำหรับเครื่องมือที่ต้องการใช้ในงานวิจัย ก็จะใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพตามแนวคิดของ M.J. Farrell (1957) ซึ่งเป็นแนวคิดที่นิยมนำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพของหน่วยผลิต ในแนวคิดนี้มีวิธีการวัดที่นิยมอยู่ 2 วิธีการ คือ Stochastic Frontier Approach (SFA) และ Data Envelopment Analysis (DEA) แต่เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลซึ่งมีจำนวนตัวอย่างเพียง 8 รายเท่านั้น และในการวิจัยครั้งนี้ยังไม่สามารถกำหนดรูปแบบของแบบจำลองได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยเองต้องการผ่อนคลายเงื่อนไขภายใต้ทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ และเงื่อนไขทางสถิติ ดังนั้นจึงได้เลือกวิธีการวัดประสิทธิภาพแบบ DEA

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

ก. ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง

- ปัจจัยนำเข้าในแบบจำลองนี้ ประกอบด้วย
  - จำนวนแรงงาน หน่วย : คน
  - ค่าเสื่อมราคา หน่วย : บาท
  - ต้นทุนขาย หน่วย : บาท
  - ค่าใช้จ่ายในการขายและบริการ หน่วย : บาท
- ผลผลิตในแบบจำลองนี้ คือ
  - รายได้จากการขาย หน่วย : บาท

[8] ตัวอย่างนี้นำมาจากบทความเรื่อง “ศักยภาพและโอกาสของศิลาดลในตลาดของที่ระลึก.” โดย อัครพงศ์ อั้นทอง.

ข. เงื่อนไขและข้อสมมุติที่ใช้ในการศึกษา

- เป็นการพิจารณาทางด้านปัจจัยการผลิต (input-orientated)
- ใช้ข้อสมมุติทั้ง Constant Retune to Scale (CRS) และ Variable Return to Scale (VRS) เนื่องจา ต้องการทดสอบว่าในกลุ่มผู้ผลิตที่กำลังพิจารณาอยู่นี้มีลักษณะของการแข่งขันที่สมบูรณ์หรือไม่ และมีการดำเนินการผลิต ณ จุดที่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งถ้าหากผู้ผลิตมีการดำเนินการผลิต ณ จุดที่ไม่เหมาะสม ค่า TE_{CRS} จะไม่เท่ากับ TE_{VRS}

ประเด็นปัญหา	: ผู้ผลิตศิลาดลมีระดับประสิทธิภาพทางเทคนิคอย่างไรบ้าง
วิธีการที่ใช้	: การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis
ปัจจัยนำเข้า	: จำนวนแรงงาน, ค่าเสื่อมราคา, ต้นทุนขาย และค่าใช้จ่ายในการขายและบริหาร
ผลผลิต	: รายได้จากการขายผลผลิต
เงื่อนไข	: ให้ความสำคัญทางด้านปัจจัยการผลิต (input-orientated)
ข้อสมมติ	: Constant Return to Scale (CRS) และ Variable Return to Scale (VRS)

3. การเก็บรวบรวมและการจัดการข้อมูลสำหรับการใช้กับโปรแกรม DEAP 2.1

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ DEA สามารถใช้ได้ทั้งข้อมูลที่เป็นข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (หรือปฐมภูมิ) หรือข้อมูลทุติยภูมิ ก็ได้ และลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีอยู่ 2 ประเภท คือ

- ข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross – section data)
- ข้อมูล panel data

ในตัวอย่างครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลแบบ “ภาคตัดขวาง (cross – section data) โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิร่วมกับข้อมูลปฐมภูมิจำนวน 8 ตัวอย่าง และได้สมมุติข้อมูล panel data ขึ้นมา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ Malmquist DEA

ขั้นตอนที่ 2 การจัดการข้อมูลให้พร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์

ภายหลังจาก Key ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลแล้ว (ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิก็ตาม) ในขั้นแรกให้ทำการตรวจสอบข้อมูลที่จะนำมาใช้ก่อน โดยการคัดเลือกตัวอย่าง (observation) ที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้ โดยตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ต้องมีตัวแปรที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และในแต่ละตัวแปรจะต้องไม่มีค่า missing อยู่ หรือในบางกรณีที่เป็น missing ก็สามารถที่จะเติมตัวเลข 0.0001 ลงไปได้ ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ DEA นั้น จะต้องแบ่งแยกให้ได้ว่าตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นผลผลิต (output) และตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นปัจจัยนำเข้า (input)

สำหรับโปรแกรม DEAP 2.1 นั้น จะอ่านข้อมูลเป็น ASCII หรือ Text File เช่นเดียวกับโปรแกรม Frontier 41 ดังนั้นผู้ใช้จะต้องบันทึก file ให้อยู่ในรูปแบบดังกล่าว ผู้ใช้สามารถจัดการข้อมูลบนโปรแกรมอะไรก็ได้ แล้วแต่ความถนัด แต่ในที่นี้จะขอเสนอโปรแกรม Excel เพราะ ง่ายในการจัดการข้อมูล ในการจัดการข้อมูลบนโปรแกรม Excel เพื่อให้สามารถใช้กับโปรแกรม DEAP 2.1 มีเงื่อนไขที่จำเป็นและขั้นตอนในการจัดทำดังนี้

เงื่อนไขในการจัดการข้อมูล

File ข้อมูลที่ใช้ควรจัดการให้อยู่ในรูปแบบของ Text file (ASCII) ถ้าจัดการข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel ให้บันทึก file ในนามสกุล .prn สำหรับการจัดการข้อมูลที่ใช้กับ DEAP 2.1 นั้นมีข้อจำกัดของการจัด column ของข้อมูลดังนี้

ก. สำหรับข้อมูล cross – section data

- Column แรกของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรผลผลิต (output)
- Column ต่อมาของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรปัจจัย (input)
- ***Column ต่อมาของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรราคาปัจจัย (input price)****

ข. สำหรับข้อมูล panel data

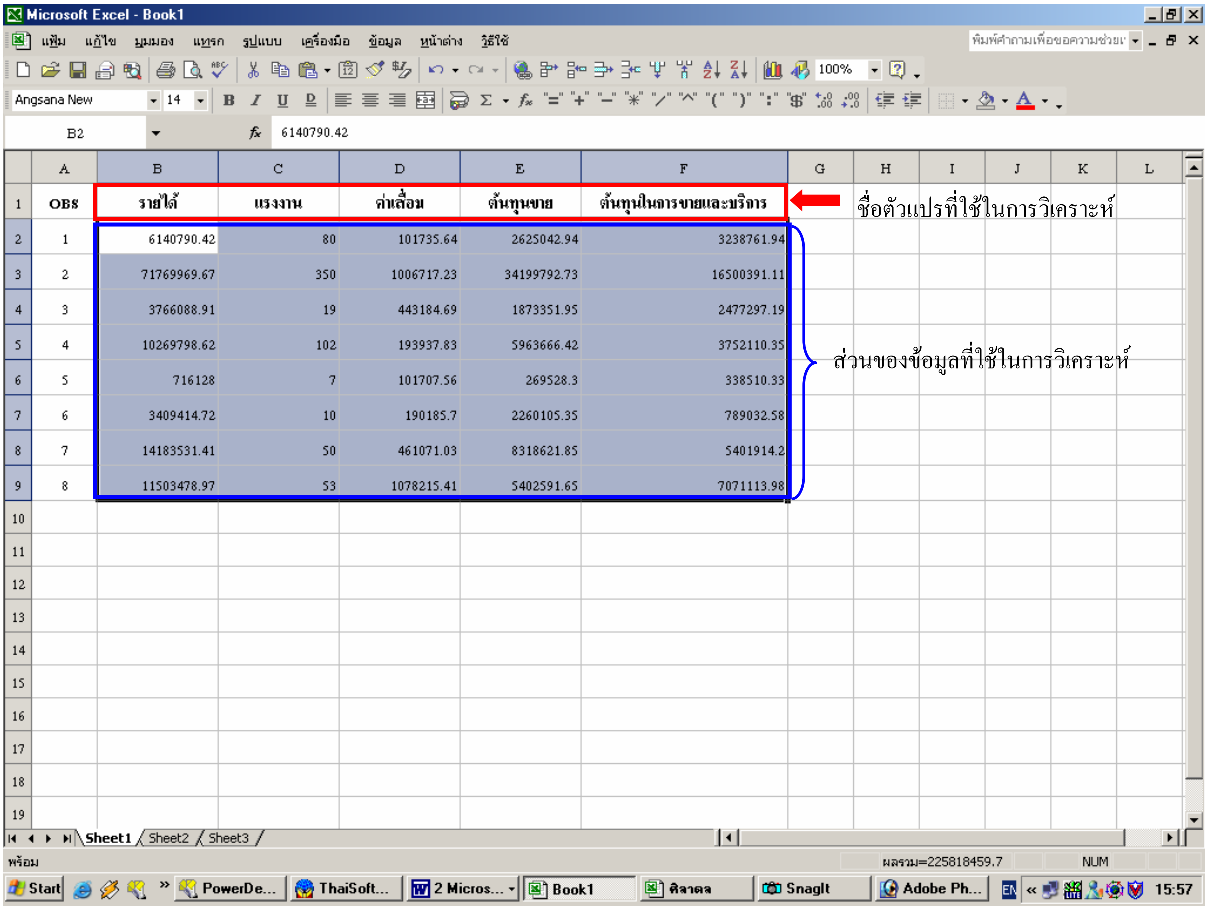
- Column แรกของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงลำดับที่ของตัวอย่าง โดยเรียงลงมาตามปี เช่น ถ้าหากมีข้อมูล 8 โรงงาน จำนวน 2 ปี ให้เรียงข้อมูลในปีที่ 1 ก่อน ของทั้ง 8 โรงงานก่อน แล้วค่อยต่อด้วยข้อมูลในปีที่ 2 ของทั้ง 8 โรงงาน
- Column แรกของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรผลผลิต (output)
- Column ต่อมาของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรปัจจัย (input)
- ***Column ต่อมาของข้อมูลจะต้องเป็น Column ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรราคาปัจจัย (input price)****

หมายเหตุ : 1. ตัวแปรราคาปัจจัยใช้สำหรับการประมาณค่าประสิทธิภาพทางต้นทุน (cost Efficiency) เท่านั้น ถ้าหากเป็นการประมาณค่าปกติก็ไม่ต้องใส่ข้อมูลดังกล่าว

2. DEAP 2.1 สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในกรณี single output หรือ multi output ก็ได้

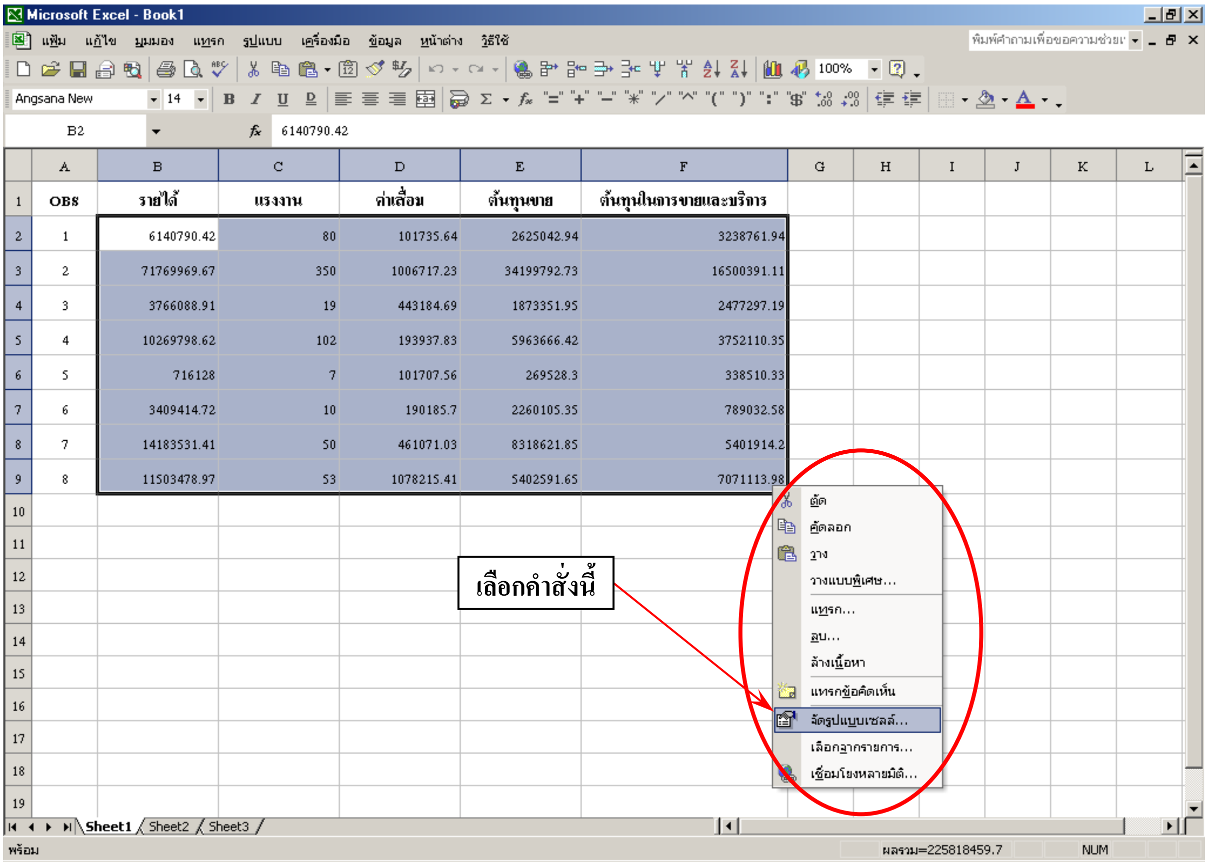
เมื่อลงข้อมูลและจัดการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการต่อดังนี้

1. ให้เลือก cell ทั้งหมดดังรูป เพื่อเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลแบบตัวเลข

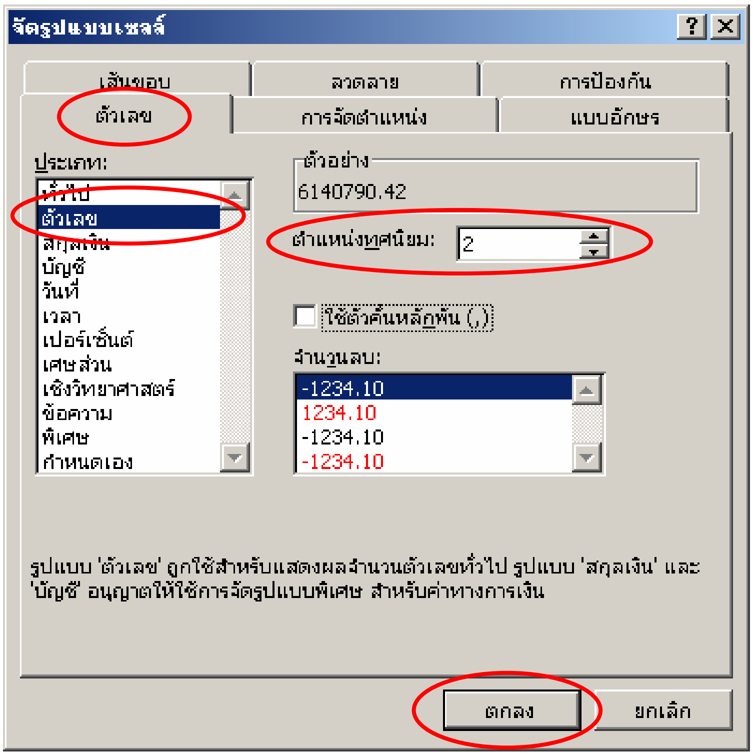


OBS	รายได้	แรงงาน	ค่าเสื่อม	ต้นทุนขาย	ต้นทุนในการขายและบริการ
1	6140790.42	80	101735.64	2625042.94	3238761.94
2	71769969.67	350	1006717.23	34199792.73	16500391.11
3	3766088.91	19	443184.69	1873351.95	2477297.19
4	10269798.62	102	193937.83	5963666.42	3752110.35
5	716128	7	101707.56	269528.3	338510.33
6	3409414.72	10	190185.7	2260105.35	789032.58
7	14183531.41	50	461071.03	8318621.85	5401914.2
8	11503478.97	53	1078215.41	5402591.65	7071113.98

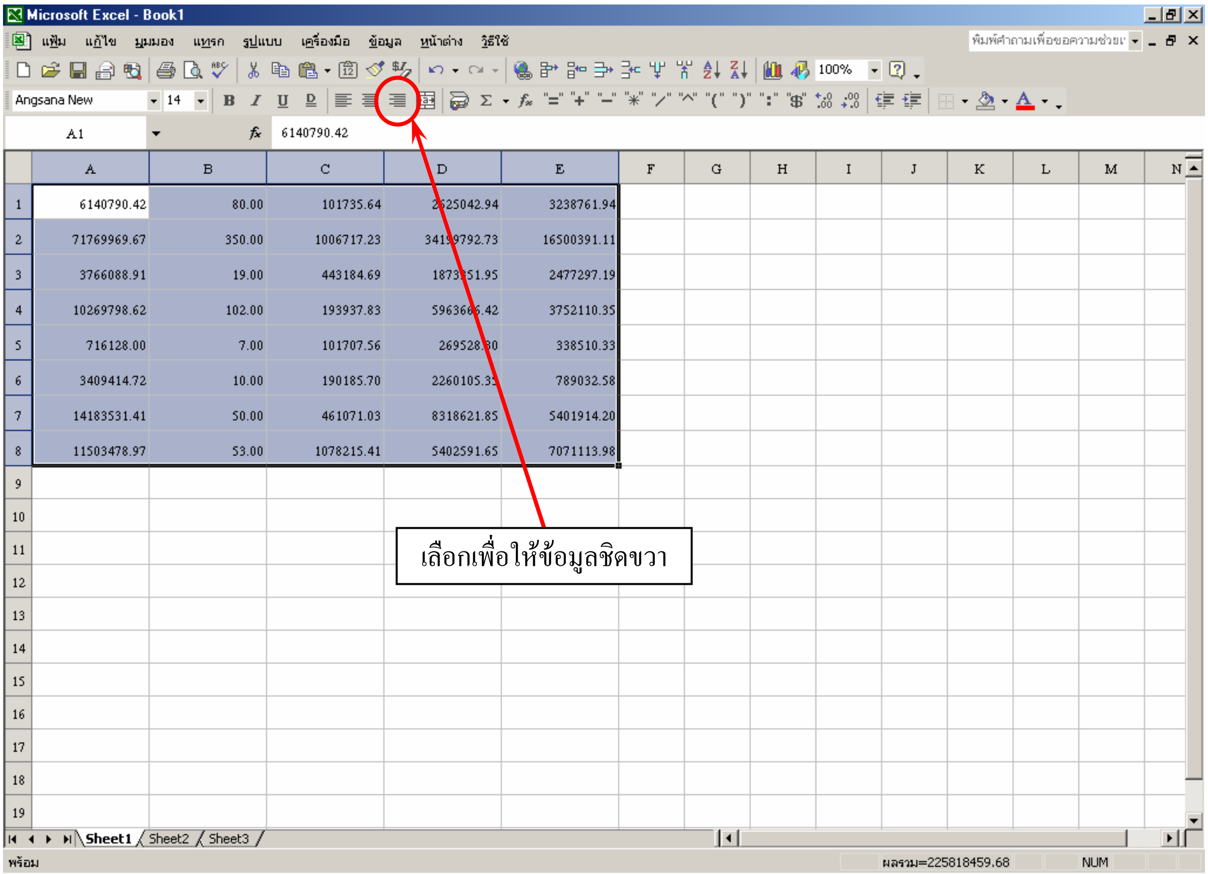
2. คลิกด้านขวา แล้วจะปรากฏหน้าต่างให้เลือก ให้เลือกคำสั่ง **"จัดรูปแบบเซลล์"** ดังรูป



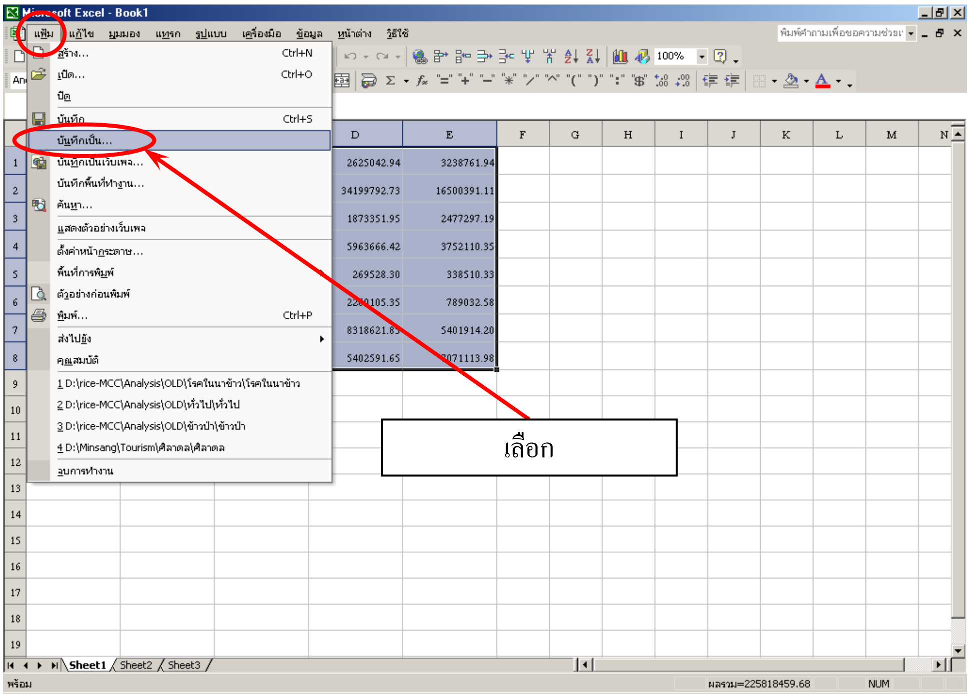
3. จะปรากฏหน้าต่างดังรูป แล้วเลือกที่ช่อง **"ตัวเลข"** แล้วกำหนด **"ตำแหน่งทศนิยม"** ซึ่งแล้วแต่จะเลือก ในที่นี้จะเลือกที่ 2 ตำแหน่ง หลังจากนั้นให้กดปุ่ม **"ตกลง"**



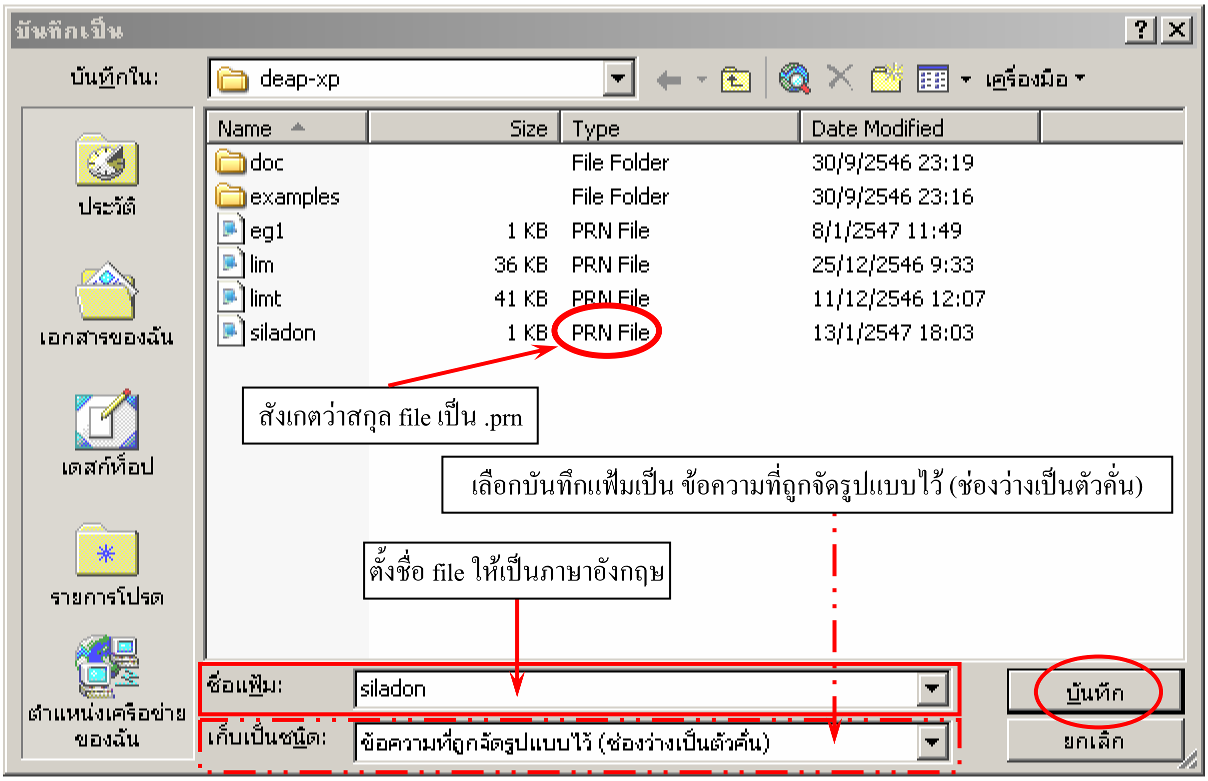
4. ต่อไปให้ลบชื่อตัวแปร และลบ column obs ออกจากตาราง และจัดช่องของ column ให้มีขนาดเท่ากัน และให้ครอบคลุมตัวเลขทั้งหมด ในตาราง Excel จะต้องให้เหลือเฉพาะข้อมูลเพียงอย่างเดียว และให้จัดข้อมูลให้ชิดขอบทางด้านขวามือ โดยกดปุ่ม ดังรูป



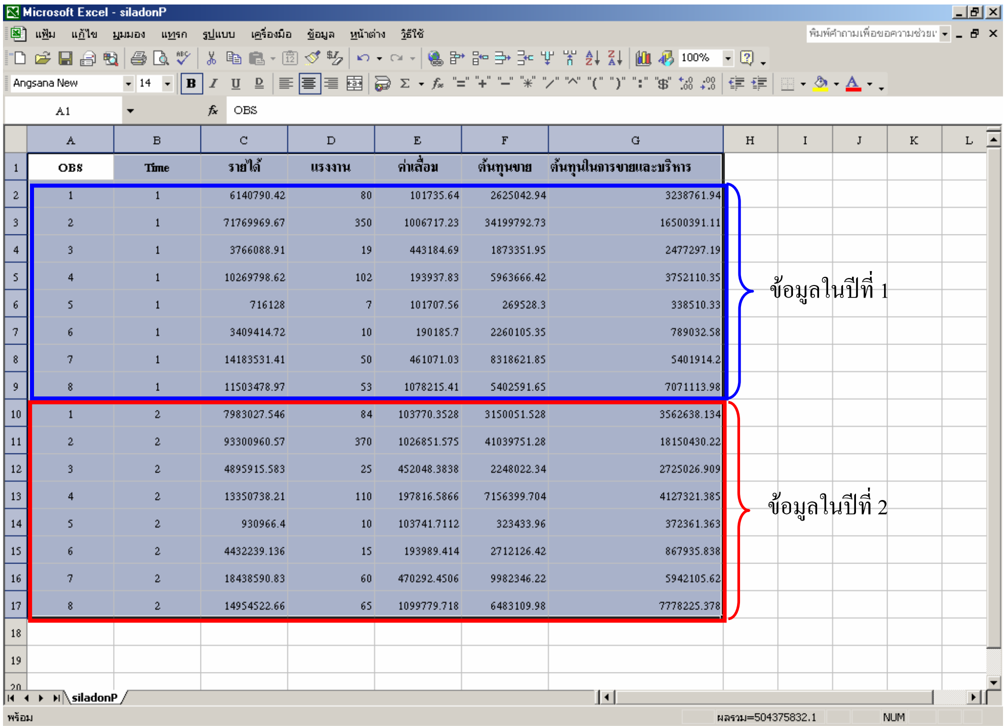
5. หลังจากนั้นก็ทำการบันทึกรูปแบบของแฟ้มข้อมูลให้เป็น **"ข้อความที่ถูกจัดรูปแบบไว้ (ช่องว่างเป็นตัวคั่น)"** ซึ่งมีนามสกุล file *.prn โดยเลือก **แฟ้ม** และไปที่ **บันทึกเป็น...**



6. แล้วจะปรากฏหน้าต่างดังรูป ให้ทำดังนี้
    - ➢ ตั้งชื่อ file ควรจะใช้ชื่อ file ที่เป็นภาษาอังกฤษ
    - ➢ เลือกบันทึกแฟ้มงานเป็น **ข้อความที่ถูกจัดรูปแบบไว้ (ช่องว่างเป็นตัวคั่น)** ซึ่งจะมีสกุล file ว่า .prn
    - ➢ ให้เลือกบันทึก file อยู่ใน Directory ของโปรแกรม DEAP 2.1
    - ➢ ตอบตกลง



ที่ผ่านมาเป็นการจัดการข้อมูลสำหรับในกรณีข้อมูลเป็น cross section data แต่ถ้าข้อมูลเป็น panel data นั้นจะมีการจัดการเรียงข้อมูลไม่เหมือนกัน โดยผู้ใช้จะต้องเรียงข้อมูลในลักษณะนี้



OBS	Time	รายได้	แรงงาน	ค่าเสื่อม	ต้นทุนขาย	ต้นทุนในการขายและบริหาร
1	1	6140790.42	80	101735.64	2625042.94	3238761.94
2	1	71769969.67	350	1006717.23	34199792.73	16500391.11
3	1	3766088.91	19	443184.69	1873351.95	2477297.19
4	1	10269798.62	102	193937.83	5963666.42	3752110.35
5	1	716128	7	101707.56	269528.3	338510.33
6	1	3409414.72	10	190185.7	2260105.35	789032.58
7	1	14183531.41	50	461071.03	8318621.85	5401914.2
8	1	11503478.97	53	1078215.41	5402591.65	7071113.98
1	2	7983027.546	84	103770.3528	3150051.528	3562638.134
2	2	93300960.57	370	1026851.575	41039751.28	18150430.22
3	2	4895915.583	25	452048.3838	2248022.34	2725026.909
4	2	13350738.21	110	197816.5866	7156399.704	4127321.385
5	2	930966.4	10	103741.7112	323433.96	372361.363
6	2	4432239.136	15	193989.414	2712126.42	867935.838
7	2	18438590.83	60	470292.4506	9982346.22	5942105.62
8	2	14954522.66	65	1099779.718	6483109.98	7778225.378

ภายหลังจากจัดข้อมูลแบบนี้แล้วให้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 – 7 เหมือนกับกรณีที่ข้อมูลเป็น cross Section Data

<u>ข้อควรจำ</u> สำหรับ file ข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์โดย DEAP 2.1 จะต้องทำการปิด file นั้นก่อนทุกครั้งที่จะวิเคราะห์

(TIP ; ในการจัดการข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละโปรแกรมควรทำการ Copy แล้วสร้างเป็น file ใหม่อยู่เสมอ ไม่ควรไปยุ่งหรือจัดการบน file ฐานข้อมูล เพราะ เมื่อมีปัญหาแล้วจะไม่สามารถเรียกข้อมูลเก่ามาใช้ได้)

4. การใช้โปรแกรม DEAP 2.1 ในการวิเคราะห์ และการวิเคราะห์ผลที่ได้

4.1 ข้อมูลจำเพาะของโปรแกรม DEAP 2.1

โปรมแกรม DEAP 2.1 เป็นโปรแกรมที่ถูกเขียนด้วยภาษา Fortran (Lahey F77LEM/32) โดย Professor Tim Coelli ซึ่งปัจจุบันอยู่ที่ Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) School of Economics University of Queensland Australia โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ DOS หรือในลักษณะ command line ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ต่อมา Michel Deslierres ได้เขียนโปรแกรม Win4DEAP ขึ้นมา โดยให้นำเอาโปรแกรม DEAP 2.1 มาปรับปรุงให้สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ได้ แต่ในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะโปรแกรม DEAP 2.1 ซึ่งถ้าหากผู้ใช้มีความเข้าใจในโปรแกรมนี้แล้ว ก็สามารถใช้โปรแกรม Win4DEAP ได้อย่างง่ายดาย

โปรแกรม DEAP 2.1 มีความต้องการระบบ คือ คอมพิวเตอร์ต้องมีหน่วยประมวลผลระดับ 386 ที่มี math – coprocessor หรือสูงกว่า มีขนาดของหน่วยความจำ (RAM) 4 MB หรือสูงกว่า และใช้กับระบบปฏิบัติการ DOS 5.0 และหรือ Windows 3.1 หรือสูงกว่าก็ได้ ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงให้สามารถใช้กับระบบปฏิบัติการ windows XP ได้แล้ว

โปรแกรม DEAP 2.1 เป็นโปรแกรมประเภท free ware กล่าวคือ โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการนำมาใช้หรือการติดตั้งแต่อย่างใด ท่านสามารถหา download โปรแกรมนี้ได้ที่ website http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm ภายใน folders ของโปรแกรม DEAP 2.1 ประกอบด้วย

- Executable file, DEAP.exe
- Start up file, DEAP.000
- User manual, DEA.pdf
- Data file (file ตัวอย่าง ได้แก่ Test.dta)
- Instruction file (file ตัวอย่าง ได้แก่ Test.ins)
- Output file (file ตัวอย่าง ได้แก่ Test.out)

การติดตั้งโปรแกรมสามารถทำได้โดยการ copy files ทั้งหมดดังกล่าวไปไว้ที่ฮาร์ดดิสค์ เช่น ที่ C:\DEAP\ เป็นต้นหรือสามารถเก็บไว้ใน floppy disk ก็ได้ ในที่นี่ผู้เขียนแนะนำให้เก็บไว้ในฮาร์ดิสค์ดีกว่า และตัวโปรแกรมเองก็ใช้เนื้อที่บนฮาร์ดิสค์เพียง 812 KB เท่านั้น

4.2 ความสามารถของโปรแกรม DEAP 2.1

1. คำนวณประสิทธิภาพทางเทคนิค ด้วยวิธี DEA ทั้งที่เป็นข้อสมมติ CRS และ VRS ทั้งในด้าน output-oriented และ input-oriented นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณในกรณี multiple output และ input ได้
2. คำนวณประสิทธิประสิทธิภาพต้นทุน (cost efficiency) และประสิทธิภาพโดยรวม (allocative efficiency) ได้
3. คำนวณ Malmquist DEA ในกรณีที่ข้อมูลเป็น panel data ได้ ซึ่งทำให้ได้ TFP change, technological change, technical efficiency change and scale efficiency change

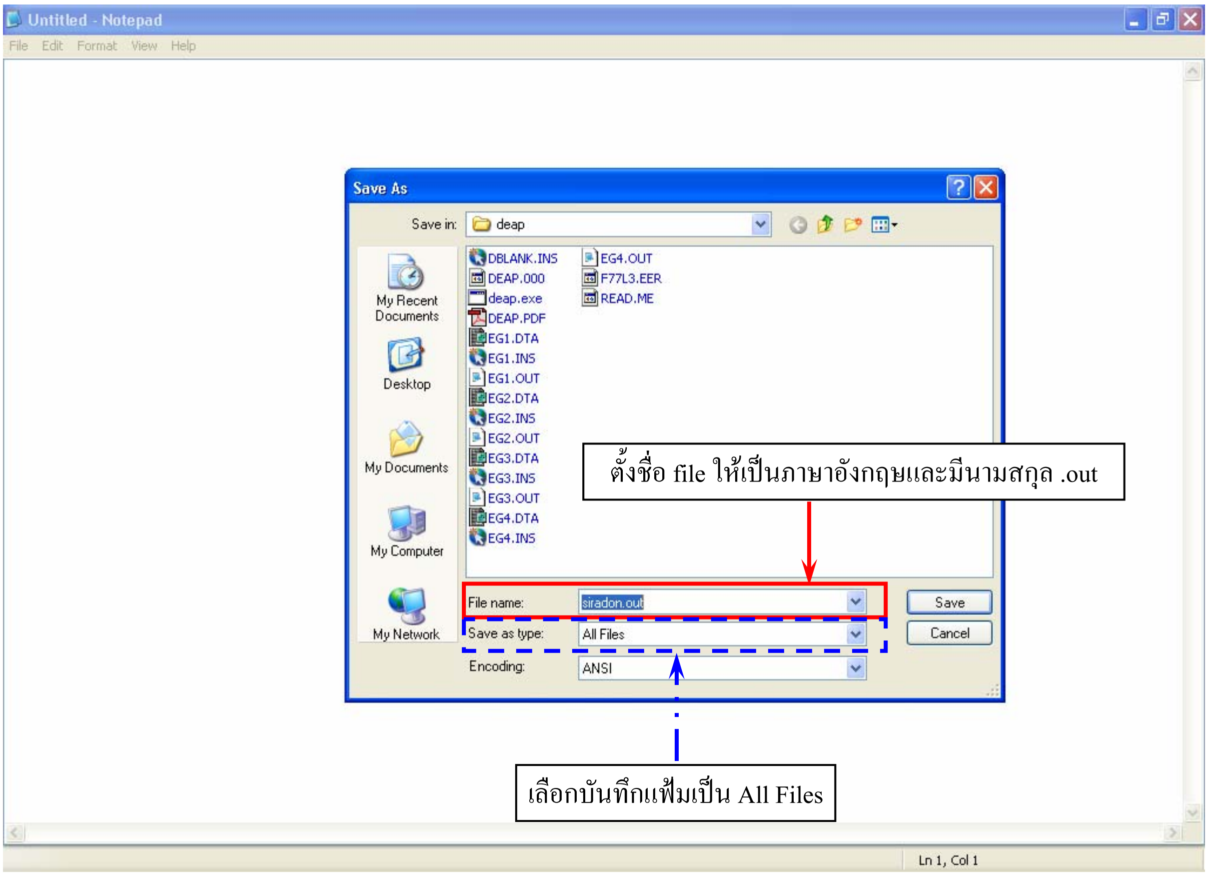
4.3 ข้อควรจำบางอย่างสำหรับการใช้โปรแกรม DEAP 2.1

- ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม DEAP 2.1 จะต้องมีการจัดการ file อยู่ 3 file คือ
  - Data file จัดการให้อยู่ในรูปแบบของ Text file (ASCII) ปกติจะใช้นามสกุล .prn และ file ข้อมูลจะต้องไม่มีข้อความอยู่ ให้จัดการข้อมูลตามวิธีการที่ได้เสนอไว้ในหัวข้อที่ 3
  - Output file จะมีนามสกุล .out
  - Instruction file จะมีนามสกุล .ins
- File ทั้งสามควรอยู่ที่เดียวกันทั้งหมด และต้องอยู่ที่เดียวกับ file deap.exe (ซึ่งควรอยู่ใน Directory DEAP ที่ตั้งไว้)
- ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1 ในกรณีวิเคราะห์ DEA ปกติ ประกอบด้วย
  - ค่า Technical Efficiency (TE) (ถ้าเลือกแบบข้อสมมติ VRS จะได้ TE ทั้ง CRS, VRS และ SE)
  - ค่า Output Slacks และ Output Targets
  - ค่า Input Slacks และ Input Targets
  - ผลลัพธ์ที่เป็นรายละเอียดตามตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์
- ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1 ในกรณีวิเคราะห์ Cost – DEA ประกอบด้วย
  - ค่า Technical Efficiency (TE)
  - Allocative Efficiency (AE) (CE/TE)
  - Cost Efficiency (CE)
- ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1 ในกรณีวิเคราะห์ Malmquist DEA ประกอบด้วย
  - Technical Efficiency Change (relative to a CRS technology)
  - Technological Change
  - Pure Technical Efficiency Change (relative to a VRS technology)
  - Scale Efficiency Change
  - Total Factor Productivity Change

4.4 วิธีการใช้โปรแกรม DEAP 2.1

1. สร้าง Data file โดยการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ ตามที่ได้เสนอมาแล้วในหัวข้อที่ 3 แล้วบันทึกให้อยู่ในนามสกุล *.prn

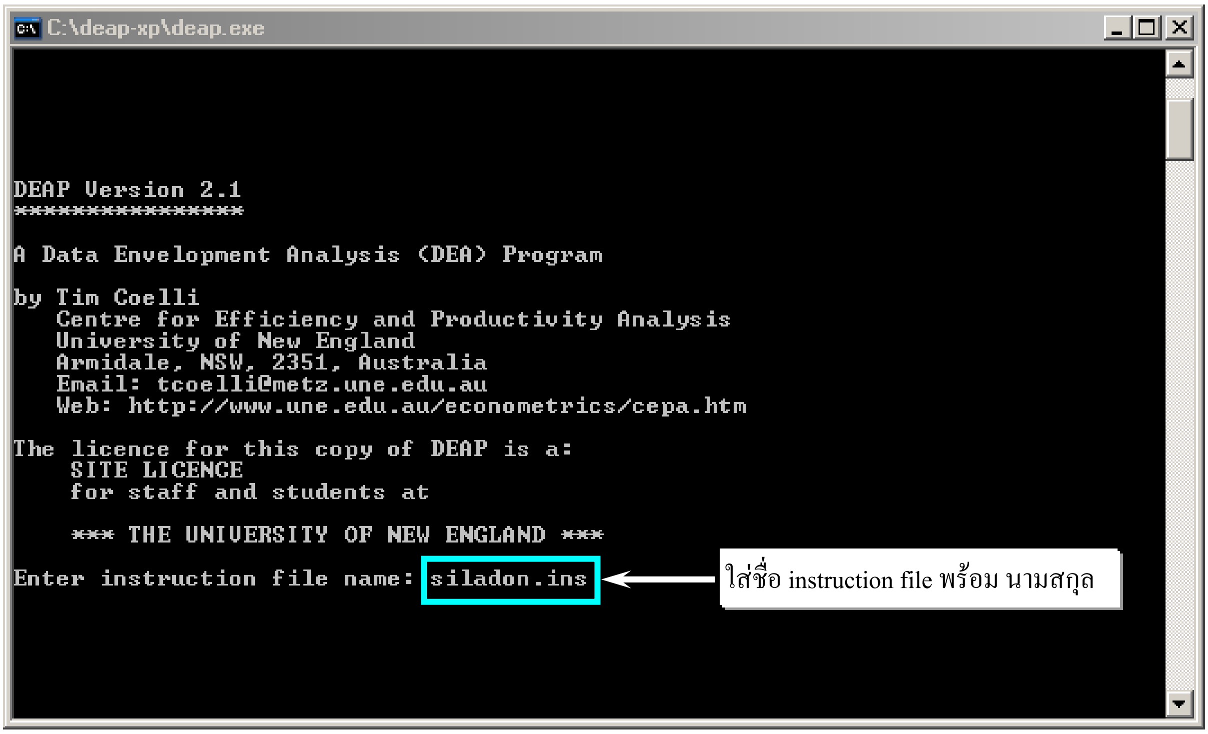
2. สร้าง Output file ซึ่งเป็น file ที่มีความสำคัญมาก เพราะ เป็น file ที่เก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการ run ข้อมูล วิธีการสร้าง file นี้ทำได้โดยการใช้โปรแกรม notepad แล้วบันทึก file ให้อยู่ในนามสกุล *.out และให้เก็บไว้ใน Directory DEAP โดยใช้อยู่ที่เดียวกับ Data file และ Instruction file หรือว่าเปิด file อะไรก็ได้ที่เป็น *.out แล้วทำการแก้ไขชื่อตามที่ต้องการแต่ต้องให้มีนามสกุล *.out สำหรับวิธีการสร้างโดยใช้โปรแกรม notepad สามารถแสดงได้ดังรูปนี้



3. สร้าง Instruction file ซึ่งเป็น file คำสั่งและกำหนดค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการสั่งให้โปรแกรม DEAP 2.1 ทำงาน file ประเภทนี้จะมีนามสกุล *.ins วิธีการสร้างที่ง่ายที่สุด ก็คือ การเปิด Instruction file เดิมที่มีอยู่แล้ว โดยใช้โปรแกรม notepad ซึ่งภายหลังจากเปิด file ดังกล่าวแล้วให้ทำการกำหนดค่าต่างๆ ตามความต้องการ

siladon.prn	DATA FILE NAME	***ชื่อ Data file***
siladon.out	OUTPUT FILE NAME	***ชื่อ Output file***
8	NUMBER OF FIRMS	***จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์***
1	NUMBER OF TIME PERIODS	***จำนวนเวลา***
1	NUMBER OF OUTPUTS	***จำนวนผลผลิต***
4	NUMBER OF INPUTS	***จำนวนปัจจัยการผลิต***
0	0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED	***พิจารณาทางด้านไหน***
1	0=CRS AND 1=VRS	***ข้อสมมุติที่ใช้***
0	0=DEA (MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA (1-STAGE), 4=DEA (2-STAGE)	***วิธีการ DEA ที่ใช้ในการวิเคราะห์***

ภายหลังจากกำหนดค่าต่างๆ แล้วให้ทำการ save file ไว้ที่เดียวกับ Data file และ Output file ในที่สุดแล้วจะมี file ที่ต้องการทั้งหมดครบ 3 file คือ Data file, Output file และ Instruction file ต่อมาให้ไปที่ Directory ที่เก็บโปรแกรม DEAP 2.1 แล้วเลือก file deap.exe (ดับเบิลคลิก) จะปรากฏหน้าต่างดังนี้



ต่อมาให้พิมพ์ชื่อ Instruction file พร้อมนามสกุลลงไป เช่น ในตัวอย่างก็คือ siladon.ins แล้วกด enter ซึ่งภายหลังจากโปรแกรมคำนวณเสร็จแล้วจะขึ้นว่า **"output stored in : siladon.out"** แสดงว่า โปรแกรมได้ทำงานเสร็จแล้ว และได้ save output ไปไว้ที่ file : siladon.out หลังจากนั้นโปรแกรมก็จะปิดตัวเอง

ต่อมาให้ไปเปิด output file ด้วยโปรแกรม notepad เพื่อดูผลลัพธ์ของการคำนวณ ซึ่งโปรแกรม DEAP 2.1 จะให้ผลลัพธ์ตามที่ได้นำเสนอมาแล้ว ในที่นี่จะขอยกตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1 ทั้งในกรณีที่ข้อมูลเป็น cross section data, panel data และการวิเคราะห์โดยใช้ Cost-DEA ดังนี้

กรณีที่ข้อมูลเป็น cross section data

จากกรณีตัวอย่างเรื่องศิลาดลที่ต้องการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหน่วยผลิต โดยมีเงื่อนไขดังนี้

ความสำคัญ : พิจารณาทางด้านปัจจัย

ข้อสมมติ : Variable Return to Scale (VRS)

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1

Results from DEAP Version 2.1	
Instruction file = siladon.ins	***บอกชื่อ Instruction file***
Data file = siladon.prn	***บอกชื่อ Data file***
Input orientated DEA	***บอกว่าพิจารณาทางด้านไหน ในที่นี้พิจารณาทางด้านปัจจัยการผลิต (Input Orientated)***
Scale assumption: VRS	***บอกข้อสมมติที่ใช้ ในที่นี้ใช้ข้อสมมติ Variable Return to Scale (VRS)***
Slacks calculated using multi-stage method	***บอกวิธีการคำนวณ Slacks ซึ่งในที่นี้ใช้วิธีการ multi-stage method***

EFFICIENCY SUMMARY:

ผลการประมาณค่าประสิทธิภาพ

firm	crste	vrste	scale	
1	1.000	1.000	1.000	-
2	1.000	1.000	1.000	-
3	0.939	0.980	0.958	irs
4	0.802	0.937	0.856	irs
5	1.000	1.000	1.000	-
6	1.000	1.000	1.000	-
7	1.000	1.000	1.000	-
8	1.000	1.000	1.000	-
mean	0.968	0.990	0.977	

ถ้าเลือกข้อสมมติแบบ VRS โปรแกรมจะคำนวณค่าประสิทธิภาพมาให้ 3 ตัว คือ

1. ประสิทธิภาพภายใต้ข้อสมมติ CRS (crste)
2. ประสิทธิภาพภายใต้ข้อสมมติ VRS (vrste)
3. scale efficiency (scale)

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA

vrste = technical efficiency from VRS DEA

scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

. . .

. . .

. . .

ส่วนนี้จะเป็นการนำเสนอผลลัพธ์ ในเรื่องของ Slack output and input, Peer และ Target output and input

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	6140790.420	0.000	0.000	6140790.420
input	1	80.000	0.000	0.000	80.000
input	2	101735.640	0.000	0.000	101735.640
input	3	2625042.940	0.000	0.000	2625042.940
input	4	3238761.940	0.000	0.000	3238761.940

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
1	1.000

ส่วนนี้จะเป็นการนำเสนอผลลัพธ์ต่างๆ โดยละเอียดทั้งหมด ในแต่ละหน่วยผลิต หรือในแต่ละตัวอย่าง โดยโปรแกรม DEAP 2.1 จะเสนอผลลัพธ์เช่นนี้ทุกหน่วยผลผลิต และตัวอย่างทั้งหมด

จากผลการคำนวณที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วยผลิตที่กำลังพิจารณามีประสิทธิภาพทั้งหมด 6 ราย โดยมีหน่วยผลิตเพียง 2 รายเท่านั้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ และความไม่มีประสิทธิภาพดังกล่าวเกิดจากการใช้ input มากจนเกินไป นอกจากนี้ หน่วยผลิตทั้งสองหน่วยที่ไม่มีประสิทธิภาพนั้น ดำเนินการผลิต ณ จุดที่ไม่เหมาะสม เนื่องจาก ค่า TE_{CRS} และ TE_{VRS} ที่คำนวณได้มีค่าต่างกัน และทั้งสองหน่วยการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพมีลักษณะผลตอบแทนการผลิตแบบ increasing return to scale

กรณีที่ข้อมูลเป็น panel data

จากกรณีตัวอย่างเรื่องศิลาดลที่ต้องการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหน่วยผลิต โดยมีเงื่อนไขดังนี้

ความสำคัญ : พิจารณาทางด้านปัจจัย

ข้อสมมติ : Variable Return to Scale (VRS)

ลักษณะข้อมูล : panel data จำนวน 2 เวลา

วิธีการวิเคราะห์ : MALMQUIST-DEA

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = siladon.ins — ***บอกชื่อ Instruction file***

Data file = siladon.prn — ***บอกชื่อ Data file***

Input orientated Malmquist DEA — ***บอกวิธีการคำนวณซึ่งในที่นี้ใช้วิธีการ Malmquist DEA***

DISTANCES SUMMARY — ***สรุปผลการคำนวณ distance (หรือ TE) ในแต่ละปี***

year = 1

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.000	0.200	0.204	1.000
2	0.000	0.040	0.041	0.101
3	0.000	0.221	0.316	0.368
4	0.000	0.420	0.428	0.524
5	0.000	1.000	1.429	1.000
6	0.000	0.840	1.200	1.000
7	0.000	0.309	0.315	1.000
8	0.000	0.211	0.302	1.000
mean	0.000	0.405	0.529	0.749

ผลการคำนวณ Distance (หรือ TE) ในปีที่ 1 ของแต่ละหน่วยผลิตหรือแต่ละตัวอย่าง โดยโปรแกรม DEAP 2.1 จะนำเสนอผลคำนวณ 4 ดัชนี คือ

1. ค่า TE_{CRS} ในปีก่อนหน้า
2. ค่า TE_{CRS} ในปีที่กำลังพิจารณา (ปีปัจจุบัน)
3. ค่า TE_{CRS} ในปีต่อไป
4. ค่า TE_{VRS} ในปีปัจจุบัน

สำหรับข้อมูลบรรทัดสุดท้ายจะเป็นค่าเฉลี่ยของ TE แต่ละตัว

หากมีข้อมูลที่มากกว่า 2 เวลา ช่อง t-1 ก็จะมีค่า TE_{CRS} และโปรแกรมจะรายงานเช่นนี้ในทุกๆ ปี

. . .
. . .
. . .

เป็นผลการคำนวณ Distance (หรือ TE) ในปีต่อมา จนครบทุกปี

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

MALMQUIST INDEX SUMMARY — ***สรุปผลการคำนวณ Malmquist Index ในแต่ละหน่วยผลิตหรือตัวอย่าง และในแต่ละปี***

year = 2

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
2	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
3	1.086	0.700	1.086	1.000	0.760
4	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
5	1.000	0.828	1.000	1.000	0.828
6	0.952	0.742	1.000	0.952	0.707
7	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
8	1.165	0.700	1.000	1.165	0.815
mean	1.024	0.852	1.010	1.013	0.872

ผลการคำนวณ Malmquist Index ในปีที่ 2 ของแต่ละหน่วยผลิตหรือแต่ละตัวอย่าง โดยโปรแกรม DEAP 2.1 จะนำเสนอผลคำนวณ 5 ดัชนี คือ

1. การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิค (ข้อสมมติ CRS)
2. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี
3. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคนิค (ข้อสมมติ VRS)
4. การเปลี่ยนแปลง scale efficiency
5. การเปลี่ยนแปลง total factor productivity (TFP)

โปรแกรม DEAP 2.1 จะรายงานเช่นนี้ในทุกๆ ปี

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS

สรุปผลการคำนวณค่าเฉลี่ย Malmquist Index ในแต่ละปี

year	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	1.024	0.852	1.010	1.013	0.872
mean	1.024	0.852	1.010	1.013	0.872

ผลการคำนวณค่าเฉลี่ย Malmquist Index ในแต่ละปี และค่าเฉลี่ยทั้งหมด

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS

สรุปผลการคำนวณ Malmquist Index ในแต่ละหน่วยผลิตหรือตัวอย่าง

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
2	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
3	1.086	0.700	1.086	1.000	0.760
4	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
5	1.000	0.828	1.000	1.000	0.828
6	0.952	0.742	1.000	0.952	0.707
7	1.000	0.980	1.000	1.000	0.980
8	1.165	0.700	1.000	1.165	0.815
mean	1.024	0.852	1.010	1.013	0.872

ผลการคำนวณ Malmquist Index ของแต่ละหน่วยผลิตหรือแต่ละตัวอย่าง โดยโปรแกรม DEAP 2.1 จะนำเสนอผลคำนวณ 5 ดัชนี คือ

1. การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิค (ข้อสมมติ CRS)
2. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี
3. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคนิค (ข้อสมมติ VRS)
4. การเปลี่ยนแปลง scale efficiency
5. การเปลี่ยนแปลง total factor productivity (TFP)

ค่าเฉลี่ยของดัชนีทั้ง 5 ตัว

[Note that all Malmquist index averages are geometric means]

จากผลการคำนวณที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพและเทคโนโลยีของหน่วยผลิตด้วยวิธีการ Malmquist DEA พบว่า หน่วยผลิตที่มีดัชนีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิคมากกว่า 1 มีจำนวน 2 ราย ซึ่งแสดงว่าหน่วยผลิตทั้งสองมีประสิทธิภาพทางเทคนิคเพิ่มขึ้น ในขณะที่หน่วยผลิตที่มีดัชนีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิคน้อยกว่า 1 มีจำนวน 1 ราย แสดงว่า หน่วยผลิตนี้มีประสิทธิภาพทางเทคนิคลดลง ในขณะที่หน่วยผลิตที่เหลือ (จำนวน 5 ราย) มีดัชนีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิคเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่าหน่วยผลิตทั้ง 5 ราย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทางเทคนิค เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี พบว่า ไม่มีหน่วยผลิตใดมีเทคโนโลยีในการผลิตที่ดีขึ้น ซึ่งดูได้จากค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่มีค่าต่ำกว่า 1 ทุกราย ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม (Total Factor Productivity Change) ของทุกหน่วยการผลิตก็มีค่าต่ำกว่า 1 เช่นเดียวกัน แสดงว่า หน่วยการผลิตทุกหน่วยมีประสิทธิภาพการผลิตลดลง

เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการคำนวณ COST-DEA ในเอกสารคู่มือการใช้ DEAP 2.1 ของ Coelli[9] มาเป็นตัวอย่างในการอธิบาย ดังนี้

เมื่อกำหนดให้

- มีหน่วยผลิตที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 5 หน่วยผลิต
- มีผลผลิตหนึ่งอย่าง
- มีปัจจัยการผลิตและราคาปัจจัยการผลิต 2 ชนิด
- ภายใต้ข้อสมมุติ CRS (ผู้วิจัยสามารถเลือก CRS หรือ VRS ก็ได้)
- วิธีการวิเคราะห์ COST – DEA

[9] Coelli, T.J. (1996). "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program", ***CEPA Working Paper 96/08,*** Department of Econometrics, University of New England, Armidale. pp. 41 – 42.

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม DEAP 2.1

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = eg3.ins — ***บอกชื่อ Instruction file***

Data file = eg3.dta — ***บอกชื่อ Data file***

Cost efficiency DEA — ***บอกวิธีการคำนวณซึ่งในที่นี้ใช้วิธีการ? Cost – DEA***

Scale assumption: CRS — ***บอกข้อสมมุติที่ใช้ ซึ่งในที่นี้ใช้ข้อสมมติ Constant Return to Scale (CRS)***

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	te	ae	ce
1	0.500	0.706	0.353
2	1.000	0.857	0.857
3	0.833	0.900	0.750
4	0.714	0.933	0.667
5	1.000	1.000	1.000
mean	0.810	0.879	0.725

ผลการคำนวณ Cost Efficiency ของแต่ละหน่วยผลิตหรือแต่ละตัวอย่าง โดยโปรแกรม DEAP 2.1 จะนำเสนอผลคำนวณ 3 ดัชนี คือ

1. ดัชนีประสิทธิภาพทางเทคนิค (TE)
2. ดัชนีประสิทธิภาพโดยรวม (AE)
3. ดัชนีประสิทธิภาพทางต้นทุน (CE)

ค่าเฉลี่ยของดัชนีทั้ง 3 ตัว (mean)

Note: te = technical efficiency

ae = allocative efficiency = ce/te

ce = cost efficiency

SUMMARY OF COST MINIMISING INPUT QUANTITIES:

firm	input: 1	2
1	3.000	1.000
2	6.000	2.000
3	9.000	3.000
4	3.000	1.000
5	6.000	2.000

ผลการคำนวณปริมาณปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมของแต่ละหน่วยผลิตหรือตัวอย่าง

จากผลการคำนวณที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วยผลิตที่กำลังพิจารณามีประสิทธิภาพทางเทคนิคเฉลี่ย 81% มีประสิทธิภาพทางต้นทุนเฉลี่ย 73% และมีประสิทธิภาพโดยรวมเฉลี่ย 88% โดยมีหน่วยผลิตเพียง 1 หน่วยเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพทั้งสามประเภท (มีค่า TE, CE และ AE เท่ากับ 1) นอกจากนี้ยังทราบว่า โดยภาพรวมแล้วหน่วยผลิตที่กำลังพิจารณาทั้ง 5 มีระดับประสิทธิภาพทางเทคนิคสูงกว่าประสิทธิภาพทางต้นทุน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหน่วยผลิตมีใช้ปัจจัยนำเข้ามากกว่าที่ควรจะเป็น เมื่อกำหนดระดับราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิตมาให้ ดังนั้นหน่วยผลิตควรมีการลดการใช้ปัจจัยนำเข้า ให้น้อยกว่าในปัจจุบัน นอกจากหน่วยผลิตจะมีการใช้ปัจจัยนำเข้ามากเกินไปแล้ว หน่วยผลิตยังไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการปัจจัยการผลิตให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตผลผลิต ณ ระดับเดียวกันซึ่งดูได้จากดัชนีประสิทธิภาพทางเทคนิคที่มีค่าต่ำกว่าหนึ่ง ดังนั้นโดยสรุปแล้ว ผลที่ได้จากการคำนวณทำให้ทราบว่าหน่วยผลิตใดด้อยประสิทธิภาพทางเทคนิค ประสิทธิภาพทางต้นทุน และประสิทธิภาพโดยรวม

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์. 2546. ***ความรู้คู่สังคม 2 รวมผลงานวิจัยของคณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.*** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ พี.เอ.ลิฟวิ่ง.

อัครพงศ์ อั้นทอง. 2547. ***ประสิทธิภาพการดำเนินงานของโรงแรมและเกสต์เฮาส์ในจังหวัดภาคเหนือตอนบน.*** บทความ. สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัครพงศ์ อั้นทอง. 2547. ***ศักยภาพและโอกาสของศิลาดลในตลาดของที่ระลึก.*** บทความ. สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Anderson, R. I., Fish, M., Xia, Y., & Michello, F. (1999). Measuring efficiency in the hotel industry; A stochastic frontier approach. ***International Journal of Hospitality Management***, 18(1), pp. 45-47.

Ali, F. Darrat; Topuz, Can and Yousef, Tarik. (2002). ***Assessing Cost and Technical Efficiency of Bank in Kuwait.*** [Online]. Available : http://www.ert.org.eg/htm/Finance_8th /Assessingcost. Darrat &Yousef.pdf. 15 June 2003.

Caves, D.W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. ***Econometrica,*** 50(6), pp. 1393-1414.

Charnes, A., & Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. **European *Journal of Operational Research***, 2(6), pp. 429-444.

Coelli, T.J. (1996). "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program", ***CEPA Working Paper 96/08,*** Department of Econometrics, University of New England, Armidale.

Coelli, T; Rao, D.S.Prasada and Battese, George E. (1997). ***An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis.*** Boston : Kluwer Academic Publishers.

Davutyan, Nurhan. (2001). ***Efficiency Enhancement in the Tourism Sector: Some Turkish Examples***. [Online]. Available : http://www.ecomod.net/conference/ecomod2002/papers/davatyan.pdf. 18 June 2003.

Shiun-Nan Hwang and Te-Yi Chang. (2003). Using data envelopment analysis to measure hotel managerial efficiency change in Taiwan. ***Tourism Management*** 24. pp. 357-369

Thanassoulis, Emmanuel. (2001). ***Introduction to the theory and application of data envelopment analysis : a foundation text with integrated software.*** Kluwer Academic Publishers.