



ความเอนเอียงของวิธีดีอีแบบสองขั้นตอน*

อัศวพงศ์ อ้นทอง** สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ บทความนี้ศึกษาถึงความเอนเอียงของการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกใช้วิธีดีอีประเมินค่าประสิทธิภาพในการจัดการ และขั้นตอนที่สองใช้แบบจำลองโทบิตศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สร้างขึ้นจากวิธี Monte Carlo โดยกำหนดให้ปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ ณ ระดับที่แตกต่างกัน ผลการศึกษพบว่า ความแปรปรวนและขนาดของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีผลทำให้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้มีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น ทั้งยังทำให้อิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการเกิดความเอนเอียงและขาดความเที่ยงตรง ผู้ศึกษาที่จะใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน จึงควรตรวจสอบความแปรปรวนและขนาดของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเสียก่อน หากพบปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษาสามารถแก้ไขได้โดยใช้ตัวแปรผลผลิตขจัดอิทธิพลของตัวแปรภายนอก หรือลดความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ natural logarithm วิธีการเหล่านี้จะช่วยให้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้มีความถูกต้องและเที่ยงตรงมากขึ้น

คำสำคัญ: วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน ความเอนเอียง ประสิทธิภาพในการจัดการ

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของ “โครงการท่องเที่ยวไทย: จากนโยบายสู่รากหญ้า” ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้ทุนส่งเสริมกลุ่มวิจัย (เมธีวิจัยอาวุโส สกว.)

** ติดต่อผู้เขียน: นายอัศวพงศ์ อ้นทอง สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์: 053 942593 แฟกซ์: 053 892649 อีเมล: Akarapong_un@hotmail.com



The Bias in the DEA Two-stage Method*

*Akarapong Untong*** Public Policy Studies Institute, Chiang Mai University

Abstract This paper studies the bias of using DEA two-stage method for measuring managerial efficiency. In using the method, first, the managerial efficiency is measured by a DEA method. Then, a tobit model is employed to examine the influence of an exogenous variable. Data used in this study were obtained with a Monte Carlo technique. The analysis determines the variance and the correlation of inputs and exogenous variable at different levels. The results show that the variance and the degree of correlation between inputs and exogenous variable significantly influenced the managerial efficiency score. This caused the efficiency score to be either too high or too low compared to the actual value. This also distorted the influence of exogenous variable, which thus caused a bias and gave an imprecise managerial efficiency score. The analyst thus should test the variance and correlation between inputs and exogenous variable before applying the DEA two-stage method. If problems are detected, this can be corrected by ridding the influence of exogenous variable from the output or reducing the variance of the data by using natural logarithm. These techniques would improve the precision of estimating managerial efficiency score.

Keywords: DEA two-stage method, bias evaluation, managerial efficiency

* This paper is a part of project on "Thailand Tourism: From Policy to Grassroots" supported by The Thailand Research Fund (TRF) under TRF Research-Team Promotion Grant (TRF Senior Research Scholar).

** Corresponding author: Akarapong Untong, Public Policy Studies Institute, Chiang Mai University 239 Huaykaew Road, Muang, Chiang Mai Province, Thailand, 50200. Tel: (+66)53942593, Fax: (+66)53892649, E-mail: Akarapong_un@hotmail.com

บทนำ

ดีอีเอ หรือ data envelopment analysis (DEA) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่นักเศรษฐศาสตร์นิยมใช้ศึกษาประสิทธิภาพในการจัดการของหน่วยธุรกิจ เครื่องมือนี้มีความยืดหยุ่นมากกว่าวิธีการเอสเอฟเอ หรือ stochastic frontier approach (SFA) ทั้งนี้วิธีเอสเอฟเอที่เป็นแบบจำลอง technical efficient effect นำเสนอโดย Battese and Coelli (1993) สามารถชี้ถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่มีประสิทธิภาพของหน่วยธุรกิจ โดยอาศัยวิธีการแบบจำลองทางเศรษฐมิติที่เป็นลักษณะของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันการผลิตและฟังก์ชันความไม่มีประสิทธิภาพไปพร้อมกัน (ลักษณะเป็น simultaneous equation) ส่วนวิธีดีอีเอแบบสองขั้นตอน (DEA two-stage method) สามารถใช้หาคำตอบในลักษณะเดียวกันได้เช่นกัน Wang, Weng, and Chang (2001); Loikkanen and Susiluoto (2002); Mortimer and Peacock (2002); อัครพงศ์ อันทอง (2547); มิ่งสรรพ ขาวสะอาด, นุกูล เครือฟู, และ อัครพงศ์ อันทอง (2548) ได้ประยุกต์วิธีดีอีเอแบบสองขั้นตอนเพื่อวัดประสิทธิภาพในการจัดการ และศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความมีประสิทธิภาพหรือความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการของหน่วยธุรกิจ โดยขั้นตอนแรกใช้ผลผลิต (outputs) และปัจจัยนำเข้า (inputs) ประเมินประสิทธิภาพในการจัดการของหน่วยธุรกิจด้วยวิธีดีอีเอ และขั้นตอนที่สองสร้างสมการถดถอยระหว่างค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่ประเมินได้กับตัวแปรภายนอก (exogenous variables) ที่สามารถควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงได้¹ ในขั้นนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความมีประสิทธิภาพหรือความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการ เท่าที่ผ่านมานิยมประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (ordinary least square, OLS) หรือวิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimation, MLE) วิธีหลังใช้ในกรณีของแบบจำลองทอบิต (tobit model) (อัครพงศ์ อันทอง, 2547)

อย่างไรก็ตาม Barnum and Gleason (2008) ได้ชี้ให้เห็นถึงความเอนเอียง (bias) และปัญหาความเที่ยงตรง (precision problem) ในการใช้วิธีดีอีเอแบบสองขั้นตอน งานศึกษาดังกล่าวใช้วิธี OLS ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยในขั้นตอนที่สอง แต่การใช้วิธี OLS ทำให้ตัวประมาณค่าที่ได้ขาดคุณสมบัติความมีประสิทธิภาพ (efficiency) เนื่องจากตัวแปรตาม (endogenous) ของสมการที่สองเป็นค่าความมีประสิทธิภาพหรือความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการ และมีลักษณะการแจกแจงแบบตัดปลาย (truncated) ที่มีค่าระหว่าง 0-1 ดังนั้นการใช้วิธี OLS อาจเผชิญกับปัญหา heteroskedasticity (Greene, 2003) โดยค่าสถิติ t (t-statistic) ที่คำนวณได้มีค่าต่ำหรือสูงกว่าความเป็นจริง และจะทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดในการเลือกตัวแปรอิสระของสมการถดถอยในขั้นตอนที่สอง (Anderson *et al.*, 1999; อัครพงศ์ อันทอง, 2547; อัครพงศ์ อันทอง, 2548; Coelli *et al.*, 2005) กอปรกับขนาดของความแปรปรวน (variance) ของปัจจัยนำเข้า

¹ ความไม่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นจากการจัดการหรือการจัดสรรปัจจัยนำเข้าที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพจึงสามารถดำเนินการได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการจัดการหรือการจัดสรรปัจจัยนำเข้าให้มีความเหมาะสมขึ้น

ในขั้นตอนแรกย่อมมีอิทธิพลต่อการคำนวณค่าประสิทธิภาพในการจัดการ ทำให้ค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้อาจมีค่าสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง (อัศวพงศ์ อันทอง, 2547; Coelli, et al., 2005) ขณะเดียวกันขนาดของความแปรปรวนของตัวแปรภายนอกและขนาดของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกย่อมมีอิทธิพลและทำให้ผลการถดถอยในขั้นตอนที่สองเกิดความเอนเอียงและขาดความเที่ยงตรงได้ (Simar and Wilson, 2005; Barnum and Gleason, 2008)

บทความนี้ศึกษาถึงความเอนเอียงและความเที่ยงตรงในการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน โดยขั้นตอนที่สองจะใช้แบบจำลองโทบิตแทนการใช้ OLS ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาความเอนเอียงที่เกิดขึ้นเมื่อปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีระดับของความแปรปรวนและขนาดของสหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน รวมทั้งเสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหานี้ในกรณีดังกล่าว ผลการศึกษานี้แนะนำให้เสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอนว่า ผู้ใช้ควรได้ตระหนักถึงปัญหาด้านเทคนิคของการใช้วิธีดังกล่าว และควรแก้ไขปัญหานี้ในกรณีที่วิธีดังกล่าวเกิดความเอนเอียงและขาดความเที่ยงตรง ต่อไปกล่าวถึงแนวคิดและวิธีการศึกษา แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา และผลการศึกษา จากนั้นเป็นการอภิปรายผลการศึกษา รวมทั้งเสนอแนะวิธีแก้ไขปัญหานี้ในกรณีที่ตัวแปรภายนอกมีสหสัมพันธ์กับปัจจัยนำเข้าค่อนข้างสูง ตามด้วยสรุปและข้อคิดเห็นบางประการในการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน

แนวคิดและวิธีการศึกษา

บทความนี้ใช้วิธี Monte Carlo ในการสร้างชุดข้อมูลเพื่อทดสอบความเอนเอียงและความเที่ยงตรงของการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน ภายใต้ข้อสมมติที่ว่าปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีระดับความแปรปรวนและขนาดของสหสัมพันธ์แตกต่างกัน (ข้อสมมตินี้สอดคล้องตามกรณีทั่วไปที่มีการนำดีอีไปใช้) การศึกษาได้สมมติว่าจำนวนของหน่วยตัดสินใจ (decision making unit, DMU) ที่พิจารณามีทั้งหมด 100 หน่วย มีผลผลิตจำนวน 1 ชนิด ที่เป็นเซตของจำนวนจริงที่มีค่าเป็นบวก ($y_i \in R_+^1$) มีปัจจัยนำเข้า 2 ชนิด และมีตัวแปรภายนอกเพียง 1 ชนิด ที่เป็นเซตของจำนวนจริงที่มีค่าเป็นบวก ($x_{1i}, x_{2i}, z_i \in R_+^2$) เช่นเดียวกัน กำหนดให้ปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีค่าเฉลี่ยคงที่เท่ากับ 100 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3 ระดับ คือ ณ ระดับที่ 5 25 และ 45 ตามลำดับ นอกจากนี้ได้กำหนดให้ x_{1i} มีสหสัมพันธ์กับ z_i ณ ระดับที่ 0 0.5 และ 0.9 ทั้งนี้จะได้ชุดข้อมูลของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่ใช้ในการศึกษารวม 9 ชุด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณลักษณะเฉพาะของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลชุดที่	ρ_{x_1z}	μ_x	σ_x	μ_z	σ_z
1	0.0	100	5	100	5
2	0.0	100	25	100	25
3	0.0	100	45	100	45
4	0.5	100	5	100	5
5	0.5	100	25	100	25
6	0.5	100	45	100	45
7	0.9	100	5	100	5
8	0.9	100	25	100	25
9	0.9	100	45	100	45

ในแต่ละชุดข้อมูลสมมติให้ค่าของผลผลิตเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเท่านั้นโดยไม่มีตัวรบกวน (disturbance) อื่นๆ มาอิทธิพลต่อผลผลิต เพื่อให้ผลผลิตที่เกิดขึ้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเท่านั้น สำหรับรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่มีต่อผลผลิตได้กำหนดให้มีลักษณะเชิงเส้นตรง (linear) และ Cobb-Douglass ดังนี้

$$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$$

$$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$$

โดยที่ y_i คือ ผลผลิตของหน่วยผลิตที่ i

x_{1i} คือ ปัจจัยนำเข้าชนิดที่ 1 ของหน่วยผลิตที่ i

x_{2i} คือ ปัจจัยนำเข้าชนิดที่ 2 ของหน่วยผลิตที่ i

z_i คือ ตัวแปรภายนอกของหน่วยผลิตที่ i

ในที่นี้จะได้ชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 18 ชุด เหตุผลของการกำหนดให้ปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีขนาดความสัมพันธ์กับผลผลิตในลักษณะดังกล่าว เนื่องจากต้องการให้ตัวแปรภายนอกมีอิทธิพลต่อผลผลิตมากกว่าปัจจัยนำเข้า² เพื่อสะท้อนให้เห็นชัดเจนถึงความเอนเอียงที่เกิดขึ้นจากการที่ตัวแปรภายนอกมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (เป็นค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่ประเมินได้) นอกจากนี้ยังควบคุมให้ปัจจัยนำเข้าทั้ง 2 ชนิด มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตในระดับคงที่ สำหรับรูปแบบความสัมพันธ์ที่เลือกใช้เป็นแบบสมการเชิงเส้นตรงและ Cobb-Douglass ซึ่งเป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่นิยมใช้ในการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์

² ในที่นี้กำหนดให้มีเพียงหนึ่งในตัวแปรเท่านั้นและกำหนดให้มีอิทธิพลต่อผลผลิตสูงกว่าปัจจัยนำเข้า แต่ไม่ได้นำมาคิดในการประมาณค่าประสิทธิภาพในการจัดการ เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวไม่ได้เป็นปัจจัยนำเข้าที่ก่อให้เกิดผลผลิต เช่นในกรณีของการประเมินประสิทธิภาพในการจัดการของโรงแรมพบว่า ขนาดของโรงแรมย่อมมีอิทธิพลต่อรายได้ที่ได้รับ แต่ไม่ได้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดรายได้ของโรงแรม

แบบจำลอง

แบบจำลองดีอีที่ใช้ในการศึกษาจะพิจารณาทางด้านปัจจัย (input-oriented) ภายใต้ข้อสมมติ constant returns to scale (CRS) และภายใต้ข้อสมมติ variable returns to scale (VRS) โดยมีรายละเอียดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงตามตารางที่ 2 ทั้งนี้กำหนดให้มีปัจจัยนำเข้า 2 ชนิด ผลผลิต 1 ชนิด และหน่วยตัดสินใจ 100 หน่วย และคำนวณค่าประสิทธิภาพในการจัดการจากชุดข้อมูลที่สร้างขึ้น 18 ชุด ด้วยโปรแกรม DEAP 2.1 ที่พัฒนาขึ้นโดย Coelli (1996)

ตารางที่ 2 แบบจำลองดีอีที่ใช้ในการศึกษา

	แบบจำลองภายใต้ข้อสมมติ CRS		แบบจำลองภายใต้ข้อสมมติ VRS
	$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$		$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$
subject to	$-y_i + y\lambda \geq 0$	subject to	$-y_i + y\lambda \geq 0$
	$\theta x_i - x\lambda \geq 0$		$\theta x_i - x\lambda \geq 0$
	$\lambda \geq 0$		$N'/\lambda \leq 1$
			$\lambda \geq 0$

ที่มา: อัครพงศ์ อันทอง (2548)

ค่าประสิทธิภาพในการจัดการ (θ) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองมีค่าระหว่าง 0-1 (Coelli, 1996) ในขั้นตอนต่อไปจะนำค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่ได้ในแต่ละหน่วยผลิตไปสร้างเป็นสมการถดถอย ดังนี้

$$\theta_i = \beta_0 + \beta_1 z_i$$

โดยที่ θ_i คือ ค่าประสิทธิภาพในการจัดการของหน่วยผลิตที่ i

z_i คือ ตัวแปรภายนอกของหน่วยผลิตที่ i

β_0 และ β_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์

จากแบบจำลองข้างต้นประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองด้วยวิธีการภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด หรือ MLE ตามวิธีการของแบบจำลองโทบิต เนื่องจากตัวแปรตามซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพในการจัดการมีลักษณะของการแจกแจงแบบตัดปลายระหว่าง 0-1 ดังนั้นจึงมี lower tail censoring ที่ 0 และ upper tail censoring ที่ 1

การวิเคราะห์ใช้แบบจำลองโทบิต เนื่องด้วยเป็นการวิเคราะห์กรณีที่ตัวแปรตามมีลักษณะการแจกแจงแบบตัดปลาย โดยตัวแปรตามมีค่าต่อเนื่อง แต่ค่าในช่วงปลายหายไปเพราะไม่สามารถวัดค่าหรือสังเกตค่าได้ อย่างเช่นกรณีของข้อมูลค่าใช้จ่ายในการบริโภคสินค้าจะมีค่าอยู่ในช่วงค่าบวกเท่านั้น ไม่สามารถหาค่าสังเกตของช่วงที่เป็นลบได้ กรณีนี้สอดคล้องกับแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาที่ตัวแปรที่มีค่าตัดปลายเป็นค่าบวกเท่านั้น รูปแบบของแบบจำลองจึงมีลักษณะดังต่อไปนี้ (อัครพงศ์ อันทอง, 2550)

สมการถดถอยของตัวแปรแฝง (latent) คือ

$$y_i^* = \beta'x_i + \varepsilon_i \quad ; \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

ตัวแปรตามที่เกิดขึ้นได้ คือ

$$\text{ถ้า } y_i^* \leq L_i \quad \text{เมื่อ } y_i = L_i \text{ (lower tail censoring)}$$

$$\text{ถ้า } y_i^* \geq U_i \quad \text{เมื่อ } y_i = U_i \text{ (upper tail censoring)}$$

$$\text{ถ้า } L_i < y_i^* < U_i \quad \text{เมื่อ } y_i = y_i^* = \beta'x_i + \varepsilon_i$$

จากข้างต้นสามารถนิยามแบบจำลองทอบิต ดังนี้

$$y_i = \beta'x_i + \varepsilon_i \quad ; \quad \beta'x_i + \varepsilon_i > 0, \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

$$y_i = 0 \quad ; \quad \text{else } [\beta'x_i + \varepsilon_i \leq 0]$$

ดังนั้นกรณีที่ $y_i = 0$ ถ้า $\varepsilon_i \leq -\beta'x_i$ จะได้ว่า

$$P|y_i = 0| = P|\varepsilon_i \leq -\beta'x_i|$$

$$P|y_i = y_i^* | y_i > 0|$$

เช่นเดียวกันในกรณีที่ $y_i = 1$ ถ้า $\varepsilon_i > -\beta'x_i$ ก็จะได้ว่า

$$\begin{aligned} P|y_i = y_i^* | y_i > 0| &= P|\varepsilon_i > -\beta'x_i| \\ &= (2\pi\sigma^2)^{-1/2} e^{\frac{-(y_i - \beta'x_i)^2}{2\sigma^2}} \cdot \frac{1}{P|Y_i > 0|} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } P|y_i = y_i^*| &= P|y_i = y_i^* | y_i > 0| \cdot P|y_i > 0| \\ &= (2\pi\sigma^2)^{-1/2} e^{\frac{-(y_i - \beta'x_i)^2}{2\sigma^2}} \end{aligned}$$

สมมติว่ามีค่าสังเกต $y_i = 0$ จำนวน n_0 ค่า และค่าสังเกต $y_i > 0$ จำนวน n_1 ค่า ดังนั้น maximum likelihood function คือ

$$L = \prod_{y_i=0} \pi(1-F(\beta'x_i)) \prod_{y_i>0} \pi(2\pi\sigma^2)^{-1/2} e^{\frac{-(y_i - \beta'x_i)^2}{2\sigma^2}}$$

จะได้ log-likelihood function คือ

$$\log L = \sum_{y_i=0} \log(1-F(\beta'x_i)) - \frac{1}{2} \sum_{y_i>0} \log(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{y_i>0} (y_i - \beta'x_i)^2$$

จาก log-likelihood function สามารถประมาณค่า β และ σ ได้ด้วยวิธี MLE

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งเป็นสองส่วน ในส่วนแรกนำเสนอผลลัพธ์ของการประเมินค่าประสิทธิภาพในการจัดการสำหรับกรณีต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของวิธีดีอีแบบสองขั้นตอน และอีกส่วนเป็นผลลัพธ์ของขั้นตอนที่สองที่เป็นผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองโทบิตด้วยวิธี MLE

ผลลัพธ์จากขั้นตอนแรกพบว่า ไม่ว่าจะใช้ข้อมูลสมมติ CRS หรือ VRS ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้ภายใต้ข้อมูลสมมติ VRS จะสูงกว่าข้อมูลสมมติ CRS ทุกกรณี เนื่องจากเส้นพรมแดนภายใต้ข้อมูลสมมติ CRS เป็นเส้นตรงที่อยู่สูงกว่าหรือเท่ากับเส้นพรมแดนภายใต้ข้อมูลสมมติ VRS ดังนั้นค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้ภายใต้ข้อมูลสมมติ CRS จะมีค่าไม่สูงไปกว่าค่าที่ได้จากข้อมูลสมมติ VRS และค่าที่คำนวณได้มีค่าลดลงเมื่อความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีผลทำให้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการมีค่าเพิ่มขึ้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่ได้จากการกำหนดค่าผลผลิตด้วยสมการเส้นตรงมีค่าต่ำกว่ากรณีที่กำหนดค่าผลผลิตด้วยสมการ Cobb-Douglass เพราะสมการ Cobb-Douglass ให้ค่าผลผลิตที่มีความแปรปรวนต่ำกว่า นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประสิทธิภาพในการจัดการ พบว่า เมื่อปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้มีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ขณะที่การเพิ่มขึ้นของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีผลทำให้ความแปรปรวนของค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้ลดลง (ตารางที่ 3 และ 4)

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพในการจัดการเฉลี่ย ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$						$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$					
	$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_1z} = 0.5$		$\rho_{x_1z} = 0.9$		$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_1z} = 0.5$		$\rho_{x_1z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	0.951	0.958	0.954	0.965	0.965	0.970	0.953	0.960	0.964	0.973	0.975	0.981
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	0.687	0.741	0.765	0.813	0.765	0.844	0.738	0.801	0.841	0.884	0.780	0.867
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	0.502	0.617	0.601	0.690	0.588	0.713	0.641	0.731	0.764	0.821	0.765	0.866

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม DEAP 2.1

ตารางที่ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประสิทธิภาพในการจัดการเฉลี่ย ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$						$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$					
	$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_2z} = 0.5$		$\rho_{x_3z} = 0.9$		$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_2z} = 0.5$		$\rho_{x_3z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	0.025	0.026	0.024	0.025	0.019	0.019	0.025	0.026	0.020	0.019	0.014	0.013
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	0.110	0.119	0.087	0.100	0.092	0.099	0.115	0.125	0.073	0.080	0.091	0.093
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	0.166	0.209	0.158	0.179	0.145	0.167	0.168	0.185	0.134	0.142	0.129	0.106

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม DEAP 2.1

ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับข้อสังเกตของ Coelli *et al.* (2005) ที่ว่า ความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าย่อมมีผลต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้ ขณะที่ Barnum and Gleason (2008) ได้ให้ข้อสังเกตเพิ่มเติมว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกอาจมีอิทธิพลต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการ และอาจทำให้ค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้ขาดความเที่ยงตรงหรือเกิดความเอนเอียงในการประเมินค่าประสิทธิภาพ จากการพิสูจน์ข้างต้นได้แสดงให้เห็นในเชิงประจักษ์ว่า ข้อสังเกตดังกล่าวมีความสมเหตุสมผล และเป็นข้อควรระวังที่ผู้ใช่วิธีดีอีเอในการประเมินประสิทธิภาพในการจัดการไม่ควรมองข้าม ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณโดยขาดการตรวจสอบในประเด็นดังกล่าวจะเป็นค่าประสิทธิภาพที่มีความเอนเอียงและขาดความเที่ยงตรง ซึ่งจะนำมาสู่ข้อสรุปหรือผลการวิเคราะห์ที่ผิดพลาดได้

สำหรับผลการศึกษาในขั้นตอนที่สอง เป็นการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองโทบิตระหว่างตัวแปรประสิทธิภาพในการจัดการ (หรือค่า θ ที่ได้จากขั้นตอนที่หนึ่ง) กับตัวแปรภายนอก (หรือ z_i) ด้วยวิธี MLE พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม หรือค่า marginal effect ของตัวแปรภายนอก มีค่าลดลงเมื่อปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น หรือเมื่อปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้น กล่าวคือ หากปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีค่าความแปรปรวนสูงและตัวแปรทั้งสองมีสหสัมพันธ์สูง จะทำให้อิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการมีค่าลดลง (ตารางที่ 5) ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ sigma (disturbance standard deviation)³ กลับมีการเปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เพราะค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้และตัวแปรภายนอกที่ใช้ในแบบจำลองโทบิตมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มขึ้นของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกไม่ได้แสดงให้เห็นถึงแบบแผนของการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ sigma ที่ชัดเจน (ตารางที่ 6)

³ ค่า sigma เป็นค่าที่ใช้สำหรับพิจารณาถึงความเหมาะสมของการใช้ MLE ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองโทบิต โดยค่าสัมประสิทธิ์ sigma จะต้องมีความแตกต่างไปจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 ค่า marginal effect ของตัวแปรภายนอกที่ประมาณค่าด้วยวิธี MLE ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$						$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$					
	$\rho_{x,z} = 0$		$\rho_{x,z} = 0.5$		$\rho_{x,z} = 0.9$		$\rho_{x,z} = 0$		$\rho_{x,z} = 0.5$		$\rho_{x,z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	0.0038	0.0041	0.0027	0.0036	0.0004	0.0012	0.0038	0.0041	0.0022	0.0031	0.0003	0.0011
	(0.0003)	(0.0004)	(0.0004)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0004)	(0.0003)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	0.0029	0.0036	0.0011	0.0020	0.0012	0.0022	0.0033	0.0044	0.0009	0.0018	-0.0018	-0.0007
	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0002)	(0.0003)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0003)
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	0.0024	0.0034	0.0013	0.0023	0.0008	0.0017	0.0029	0.0037	0.0013	0.0018	0.0010	0.0011
	(0.0003)	(0.0004)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0003)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Nlogit 4.0

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์ sigma (disturbance standard deviation) ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$						$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$					
	$\rho_{x,z} = 0$		$\rho_{x,z} = 0.5$		$\rho_{x,z} = 0.9$		$\rho_{x,z} = 0$		$\rho_{x,z} = 0.5$		$\rho_{x,z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	0.017	0.019	0.021	0.018	0.019	0.019	0.016	0.018	0.017	0.012	0.014	0.013
	(0.0012)	(0.0015)	(0.0015)	(0.0014)	(0.0014)	(0.0015)	(0.0012)	(0.0014)	(0.0012)	(0.0009)	(0.0010)	(0.0010)
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	0.080	0.076	0.082	0.080	0.085	0.076	0.076	0.057	0.069	0.063	0.073	0.101
	(0.0058)	(0.0057)	(0.0059)	(0.0059)	(0.0062)	(0.0057)	(0.0056)	(0.0043)	(0.0050)	(0.0048)	(0.0053)	(0.0078)
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	0.126	0.168	0.147	0.150	0.140	0.144	0.106	0.114	0.120	0.118	0.116	0.093
	(0.0092)	(0.0131)	(0.0108)	(0.0118)	(0.0103)	(0.0108)	(0.0079)	(0.0090)	(0.0089)	(0.0092)	(0.0086)	(0.0072)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Nlogit 4.0

สำหรับค่า log likelihood⁴ ที่คำนวณได้มีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยปกติค่า log likelihood จะมีค่าน้อยกว่า 0 แต่ในกรณีนี้มีค่ามากกว่า 0 เพราะค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่เป็นตัวแปรตามมีความแปรปรวนน้อยมาก ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยตามไปด้วย กอปรกับข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาค้างนี้มาจากวิธี Monte Carlo ซึ่งสุ่มตัวเลขขึ้นมาภายใต้ข้อสมมติที่กำหนด

⁴ ค่า log likelihood เป็นค่าที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่มีค่า log likelihood ที่สูงกว่าจะมีความแม่นยำในการทำนายตัวแปรตามได้ดีกว่าแบบจำลองที่มีค่า log likelihood ต่ำกว่า

ข้อมูลจึงมีลักษณะตรงตามข้อสมมติทางสถิติ รวมทั้งการกำหนดให้ค่าผลผลิตขึ้นอยู่กับปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเท่านั้น โดยไม่ให้มีตัวรบกวนอื่นใดเข้ามามีอิทธิพลต่อผลผลิต จึงทำให้ค่าคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้มีค่าน้อย และทำให้ค่า log likelihood ที่คำนวณได้มีค่าเป็นบวก อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ชัดเจนว่าการเพิ่มขึ้นของความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอก ทำให้ค่า log likelihood ลดลง ขณะที่การเพิ่มขึ้นของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกไม่ได้แสดงให้เห็นถึงแบบแผนของการเปลี่ยนแปลงของค่า log likelihood ชัดเจน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่า log likelihood ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$								$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$			
	$\rho_{x,z} = 0$		$\rho_{x,z} = 0.5$		$\rho_{x,z} = 0.9$		$\rho_{x,z} = 0$		$\rho_{x,z} = 0.5$		$\rho_{x,z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	246.779	213.360	220.096	215.787	236.463	216.870	248.541	216.399	240.634	246.009	263.217	242.338
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	100.165	98.981	100.654	96.583	96.459	94.372	105.526	122.874	114.645	108.453	110.999	63.844
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	56.089	18.188	41.523	26.612	45.672	38.504	69.542	49.517	57.696	46.084	62.634	50.419

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Nlogit 4.0

ในขั้นตอนที่สองนี้จะนิยมใช้ค่าความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการเป็นตัวแปรตามในแบบจำลองมากกว่าที่จะใช้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการ โดยค่าความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการดังกล่าวคำนวณได้จาก หนึ่งลบด้วยค่าประสิทธิภาพในการจัดการ (managerial inefficiency = 1 – managerial efficiency) (Mortimer and Peacock, 2002; อัครพงศ์ อันทอง, 2547; Coelli *et al.*, 2005; มิ่งสรรพ ขาวสะอาด และคณะ, 2548; Barnum and Gleason, 2008) ค่าความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้ให้ผลลัพธ์ที่ตรงกันข้ามกับกรณีที่ใช้ค่าความมีประสิทธิภาพในการจัดการ กล่าวคือ ถ้าหากปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีความแปรปรวนสูงก็จะทำให้ค่าความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันค่าความแปรปรวนของความไม่มีประสิทธิภาพก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกพบว่า การเพิ่มขึ้นของสหสัมพันธ์ดังกล่าวจะทำให้ค่าความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการและค่าความแปรปรวนของความไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการลดลง (ตารางที่ 8 และ 9)

ตารางที่ 8 ความไม่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ประมาณค่าได้ ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$						$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$					
	$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_1z} = 0.5$		$\rho_{x_1z} = 0.9$		$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_1z} = 0.5$		$\rho_{x_1z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	0.049	0.041	0.046	0.035	0.035	0.029	0.047	0.040	0.036	0.027	0.025	0.019
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	0.312	0.257	0.235	0.186	0.234	0.155	0.261	0.198	0.159	0.116	0.219	0.132
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	0.496	0.376	0.398	0.306	0.410	0.285	0.357	0.265	0.236	0.181	0.235	0.134

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Nlogit 4.0

ตารางที่ 9 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความไม่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ประมาณค่าได้ ณ ระดับความแปรปรวนและสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกที่แตกต่างกัน

$\sigma_x = \sigma_z$	$y_i = 0.3x_{1i} + 0.3x_{2i} + 0.4z_i$						$y_i = x_{1i}^{0.3} x_{2i}^{0.3} z_i^{0.4}$					
	$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_1z} = 0.5$		$\rho_{x_1z} = 0.9$		$\rho_{x_1z} = 0$		$\rho_{x_1z} = 0.5$		$\rho_{x_1z} = 0.9$	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
$\sigma_x = \sigma_z = 5$	0.019	0.020	0.015	0.019	0.002	0.007	0.019	0.020	0.012	0.016	0.002	0.006
$\sigma_x = \sigma_z = 25$	0.080	0.098	0.035	0.065	0.040	0.071	0.090	0.114	0.030	0.055	0.060	0.023
$\sigma_x = \sigma_z = 45$	0.115	0.154	0.069	0.121	0.052	0.100	0.136	0.159	0.067	0.091	0.062	0.063

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Nlogit 4.0

อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการศึกษานี้ชี้ว่า ในการประเมินค่าประสิทธิภาพในการจัดการด้วยวิธีดีอีนั้น ผู้ใช้พึงระมัดระวังในการใช้ปัจจัยนำเข้าและผลผลิต โดยควรตรวจสอบความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าและผลผลิตก่อนที่จะใช้วิธีดีอีในการคำนวณค่าประสิทธิภาพในการจัดการ เพราะถ้าหากปัจจัยนำเข้าและผลผลิตมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงก็จะทำให้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้ต่ำกว่าความเป็นจริง โดยทั่วไปแล้วจะแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการแปลงข้อมูล (transform data) โดยทำ natural logarithm ข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ด้วยวิธีดีอี การแปลงข้อมูลดังกล่าวเป็นวิธีหนึ่งที่นักเศรษฐศาสตร์นิยมใช้ในการลดความแปรปรวนของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (Studenmund, 2006)

สำหรับกรณีที่ใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน ผู้ใช้ควรตรวจสอบสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีดีอี เพราะขนาดของสหสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีผลต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้ และมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ marginal effect ของแบบจำลองโทบิตในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งอาจนำมาสู่การตัดสินใจเลือกแบบจำลองที่ผิดพลาดได้ ถ้าหากปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีสหสัมพันธ์กันสูงย่อมทำให้ค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง

ขณะเดียวกันก็จะทำให้อิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการลดลงด้วย กรณีที่พบว่าตัวแปรภายนอกมีสหสัมพันธ์กับปัจจัยนำเข้าค่อนข้างสูง ผู้ศึกษาอาจแก้ไขปัญหานี้โดยเลือกใช้วิธีการเลือกตัวแปรภายนอกใหม่ หรืออาจใช้วิธี principal components วิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างตัวแปรภายนอกกับปัจจัยนำเข้า แต่วิธีที่นิยมใช้กันคือ การปรับค่าผลผลิตด้วยตัวแปรภายนอก โดยหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับตัวแปรภายนอกด้วยวิธี OLS หลังจากนั้นจึงนำค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมาสร้างตัวแปรผลผลิตใหม่ ดังนี้ (Färe and Zelenyuk, 2002; Färe, Grosskopf, and Zelenyuk, 2004; Barnum and Gleason, 2007; Barnum and Gleason, 2008)

$$y_i^* = y_i - \alpha z_i$$

โดยที่ y_i^* คือ ค่าผลผลิตที่ปรับค่าแล้วของหน่วยผลิตที่ i

z_i คือ ตัวแปรภายนอกของหน่วยผลิตที่ i

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับตัวแปรภายนอกด้วยวิธีการ OLS

หลังจากนั้นจึงนำค่า y_i^* ที่คำนวณได้ไปหาค่าประสิทธิภาพในการจัดการจะทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่ไม่มีอิทธิพลของตัวแปรภายนอก และไม่มีอิทธิพลของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายนอกกับปัจจัยนำเข้า วิธีนี้จะทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่มีความเที่ยงตรงมากกว่าการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอนที่ใช้กันโดยทั่วไป

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้น ข้อควรระวังอีกประการหนึ่งในการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอนก็คือ ปัญหา serious multicollinearity ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอก ปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกไม่ควรมีความสัมพันธ์สหสัมพันธ์เกิน 0.80 (Kennedy, 2003; Gujarati, 2003) ปัญหาดังกล่าวย่อมทำให้การตัดสินใจเลือกตัวแปรภายนอกเพื่ออธิบายความมีประสิทธิภาพหรือความไม่มีประสิทธิภาพผิดพลาดได้ และจะทำให้ตัวประมาณค่าขาดคุณสมบัติ efficiency จะทำให้ค่าสถิติ t ที่คำนวณได้ขาดความน่าเชื่อถือ เพราะค่าความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์ไม่ได้มีค่าต่ำสุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ศึกษาความเอนเอียงและความเที่ยงตรงของการใช้วิธีดีอีแบบสองขั้นตอน โดยใช้วิธี Monte Carlo ในการสร้างชุดข้อมูลทั้งหมด 18 ชุด ที่มีผลผลิต 1 ชนิด ปัจจัยนำเข้า 2 ชนิด และตัวแปรภายนอก 1 ชนิด โดยให้ปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีระดับความแปรปรวนที่แตกต่างกัน รวมทั้งให้ปัจจัยนำเข้าชนิดที่ 1 มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรภายนอก ณ ระดับต่างๆ สำหรับผลผลิตได้กำหนดให้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเท่านั้น ไม่มีอิทธิพลจากตัวแปรภายนอกอื่นๆ และกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีลักษณะเชิงเส้นตรงและ Cobb-Douglass ผลการศึกษาพบว่าความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีอิทธิพลต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้

โดยค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่คำนวณได้อาจมีค่าสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง สำหรับขนาดของสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกพบว่า มีอิทธิพลต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นการใช้วิธีดีอีเอประเมินค่าประสิทธิภาพในการจัดการ ผู้ใช้ควรตรวจสอบระดับของความแปรปรวนของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาทั้งที่เป็นตัวแปรผลผลิตและปัจจัยนำเข้า

สำหรับในขั้นตอนที่สอง ขนาดของความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกมีผลทำให้เกิดอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อค่าประสิทธิภาพในการจัดการเกิดการเอนเอียงและขาดความเที่ยงตรงรวมทั้งปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกเกิดปัญหา serious multicollinearity ดังนั้นผู้ใช้วิธีดีอีเอแบบสองขั้นตอน จึงพึงระวังเรื่องขนาดของความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอกและสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรภายนอก กรณีที่เกิดปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับปรุงค่าผลผลิต โดยการขจัดอิทธิพลของตัวแปรภายนอกออกจากค่าผลผลิต ซึ่งจะทำได้ค่าประสิทธิภาพในการจัดการที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและมีความเที่ยงตรงมากกว่ากรณีที่ไม่มีการปรับปรุงค่าผลผลิต นอกจากนี้แบบจำลองที่ใช้อธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความมีประสิทธิภาพหรือความไม่มีประสิทธิภาพจะได้คุณสมบัติไม่เอนเอียงและเที่ยงตรงอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

มิ่งสรรพ ขาวสอาด, นุกูล เครือฟู, และ อัศวพงศ์ อันทอง. 2548. **อุตสาหกรรมโรงแรมของประเทศไทย.**

สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัศวพงศ์ อันทอง. 2547. **ประสิทธิภาพการดำเนินงานของโรงแรมและเกสต์เฮาส์ในจังหวัดภาคเหนือ**

ตอนบนของไทย. เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษเรื่องประสิทธิภาพการดำเนินงานของโรงแรมและเกสต์เฮาส์ในจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย วันที่ 16 มกราคม 2547

ณ คณะวิทยาการจัดการและสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.

อัศวพงศ์ อันทอง. 2548. **คู่มือการใช้โปรแกรม DEAP 2.1 สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการ**

Data Envelopment Analysis. สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (เอกสารอัดสำเนา).

อัศวพงศ์ อันทอง. 2550. **คู่มือการใช้โปรแกรม LIMDEP เบื้องต้น: สำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติ.**

สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (เอกสารอัดสำเนา).

Anderson, R. I. et al. 1999. "Measuring Efficiency in the Hotel Industry: A Stochastic Frontier Approach." *International Journal of Hospitality Management* 18 (1): 45-57.

Barnum D. T. and J. M. Gleason. 2008. "Bias and Precision in the DEA Two-stage Method." *Applied Economics* 40 (18): 2305-2311.

Barnum, D. T. and J. M. Gleason. 2007. "Technical Efficiency Bias in Data Envelopment Analysis Caused by Intra-output Aggregation." *Applied Economics Letters* 14 (9): 623-626.

- Battese, G. E. and T. J. Coelli. 1993. "A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects." **Working Papers in Econometrics and Applied Statistics No.69**. Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- 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. J. *et al.* 2005. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. New York: Springer.
- Färe, R. and V. Zelenyuk. 2002. "Input Aggregation and Technical Efficiency." **Applied Economics Letters** 9 (10): 635-636.
- Färe, R., S. Grosskopf, and V. Zelenyuk. 2004. "Aggregation Bias and Its Bounds in Measuring Technical Efficiency." **Applied Economics Letters** 11 (10): 657-660.
- Greene, W. H. 2003. **Econometric Analysis**. 5th ed. New Jersey: Printice Hall.
- Gujarati, D. 2003. **Basic Econometrics**. 4th ed. Boston: McGraw-Hill.
- Kennedy, P. 2003. **A Guide to Econometrics**. 5th ed. Oxford: Blackwell Publishing.
- Loikkanen, H. A. and I. Susiluoto. 2002. **An Evaluation of Economic Efficiency of Finnish Regions by DEA and Tobit Modes**. The 42nd Congress of the European Regional Science Association. Dortmund, August 27-31, 2002, Germany.
- Mortimer, D. and S. Peacock. 2002. "Hospital Efficiency Measurement: Simple Ratios vs Frontier Methods." **Working Paper 135**. Centre for Health Program Evaluation, Monash University, Australia.
- Simar, L. and P. W. Wilson. 2005. "Estimation and Inference in Two-stage, Semi-parametric Models of Production Processes." **Journal of Econometrics** 136 (1): 31-64.
- Studenmund, A. H. 2006. **Using Econometrics: A Practical Guide**. 5th ed. Boston: Pearson Education, Inc.
- Wang, K., C. Weng, and M. Chang. 2001. "A Study of Technical Efficiency of Travel Agencies in Taiwan." **Asia Pacific Management Review** 6 (1): 73-90.