



ฟังก์ชันประสิทธิภาพต้นทุนของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทย

Cost Efficiency Functions of Thailand's Insurance Industry

ฉันทะ จันทะเสนา* คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

บทคัดย่อ การศึกษานี้ประเมินประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทย โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง 3 รูปแบบฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันแบบทรานสลอก ฟังก์ชันแบบฟูเรียร์ และ ฟังก์ชันแบบสปินเส้นตรง ด้วยวิธีการกระจายแบบอิสระ โดยใช้ข้อมูลชุดของบริษัทประกันภัยและประกันชีวิต 99 บริษัท (จากทั้งหมดที่มี 103 บริษัท) ในช่วงปี พ.ศ. 2540 ถึง 2546 ผลการประเมินประสิทธิภาพต้นทุนจากทั้งสามฟังก์ชันพบว่าให้ค่าใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะพิจารณาจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ คะแนนประสิทธิภาพ หรือในแบบจำลองทอบิต นอกจากนี้ผลจากแบบจำลองทอบิต พบว่า ทรัพย์สิน เบี้ยประกันรับ ส่วนแบ่งการตลาด ความสามารถทำกำไร และเงินสำรองกองทุนประกัน เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพต้นทุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพต้นทุน การกระจายแบบอิสระ ฟังก์ชันทรานสลอก ฟังก์ชันฟูเรียร์ ฟังก์ชันสปินเส้นตรง

Abstract This study evaluated cost efficiencies of insurance firms in Thailand. Three functional forms, i.e. translog, fourier, and linear spline were explored using distribution free approach. The analysis used panel data of life and non-life insurers of 99 firms (103 firms in total) during 1997 to 2003. The results found that the cost efficiencies from the three functions are not notably different in terms of parameter estimation, efficiency scores and tobit model. In addition, the results from tobit model showed that asset, premium, market share, ROA, and fund capital significantly affect the cost efficiencies.

Keywords: cost efficiency, distribution free approach, translog function, fourier function, linear spline function

* Corresponding author: *Chanta Jhantasana* Faculty of Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Paholyotin Road, Konglaung, Patumtani, Thailand, 10380. Tel: (+66)02 5293847, Fax: (+66)02 5293847, e-mail: cjhantasana@yahoo.com

บทนำ

รูปแบบของฟังก์ชันมีความสำคัญต่อผลการศึกษาทางเศรษฐมิติ โดยหากรูปแบบฟังก์ชันที่ใช้ไม่มีความเหมาะสมจะทำให้การประเมินมีความผิดพลาด และจะไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้สนใจเปรียบเทียบประสิทธิภาพต้นทุนของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทยจากสามรูปแบบฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันทรานสลอก (translog function) ฟังก์ชันฟูเรียร์ (fourier function) และ ฟังก์ชันสปินเส้นตรง (linear spline function)

การศึกษานี้อยู่บนพื้นฐานแนวคิดทฤษฎีเรื่องประสิทธิภาพพรหมแดน (efficiency frontier) ซึ่งสามารถศึกษาได้ 4 ด้าน คือ การผลิต ต้นทุน รายได้ และกำไร ทั้งนี้ Jhantasana (2008) วิเคราะห์ประสิทธิภาพต้นทุน รายได้ และกำไรของอุตสาหกรรมประกันของไทย พบว่า คะแนนประสิทธิภาพของต้นทุน (cost efficiency) รายได้ทางเลือก (alternative revenue) และกำไรทางเลือก (alternative profit) ที่ได้จากฟังก์ชันฟูเรียร์มีค่าสัมประสิทธิ์ขนาดใหญ่กว่าปกติ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ดัดแปลงฟังก์ชันฟูเรียร์เพื่อวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพต้นทุนของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากฟังก์ชันทรานสลอก และฟังก์ชันสปินเส้นตรง ในการวัดคะแนนประสิทธิภาพ (efficiency scores) ใช้วิธีการกระจายแบบอิสระของประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทยรวม 99 บริษัท ตัวอย่าง จากบริษัททั้งหมด 103 บริษัท เป็นข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2540 ถึง 2546

Aigner and Chu (1968) ริเริ่มการใช้ฟังก์ชันทรานสลอก ต่อมา McAllister and McManus (1993), Mitchell and Onvural (1996), Cummins and Weiss (1998) และ Humphrey and Vale (2004) ศึกษาเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพที่ได้จากฟังก์ชันทรานสลอกและฟังก์ชันฟูเรียร์ พบว่า ฟังก์ชันฟูเรียร์ให้คะแนนประสิทธิภาพสูงกว่า ส่วนฟังก์ชันทรานสลอกมีข้อจำกัดในการคำนวณตรงที่ไม่ยอมรับตัวแปรตามที่มีค่าเท่ากับศูนย์ (Cummins and Weiss, 1998) และฟังก์ชันทรานสลอกมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งตัวยู (u-shaped curve) ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการถดถอยที่การผลิตเกิดการประหยัดต่อขนาดแบบคงที่ (constant returns to scale) อย่างไรก็ตาม Berger และ Mester (1997) พบว่า คะแนนประสิทธิภาพของธนาคารจากฟังก์ชันทรานสลอกและฟูเรียร์ไม่มีความแตกต่างกันมาก คือ ฟังก์ชันฟูเรียร์ให้คะแนนประสิทธิภาพดีกว่าฟังก์ชันทรานสลอกประมาณร้อยละ 1 เท่านั้น ทำนองเดียวกับ Jhantasana (2008) พบว่า คะแนนประสิทธิภาพของต้นทุน รายได้ และ กำไร ระหว่างฟังก์ชันทรานสลอกและฟูเรียร์ไม่แตกต่างกันมากนัก

Gallant (1982) นำเสนอรูปแบบฟังก์ชันฟูเรียร์ซึ่งสร้างจากฟังก์ชันทรานสลอกบวกด้วยตัวแปรตรีโกณมิติ Mitchell and Onvural (1996) และ McAllister and McManus (1993) พบว่า ประสิทธิภาพต้นทุนของธนาคารจากฟังก์ชันฟูเรียร์ดีกว่าที่ได้จากฟังก์ชันทรานสลอก Humphrey and Vale (2004)

เปรียบเทียบประสิทธิภาพต้นทุนจากสามรูปแบบฟังก์ชัน คือ ทรานสลอก ฟูเรียร์ และสปินเส้นตรง พบว่า ผลการศึกษาจากรูปแบบฟังก์ชันสองวิธีหลังให้คะแนนประสิทธิภาพดีกว่าวิธีแรก

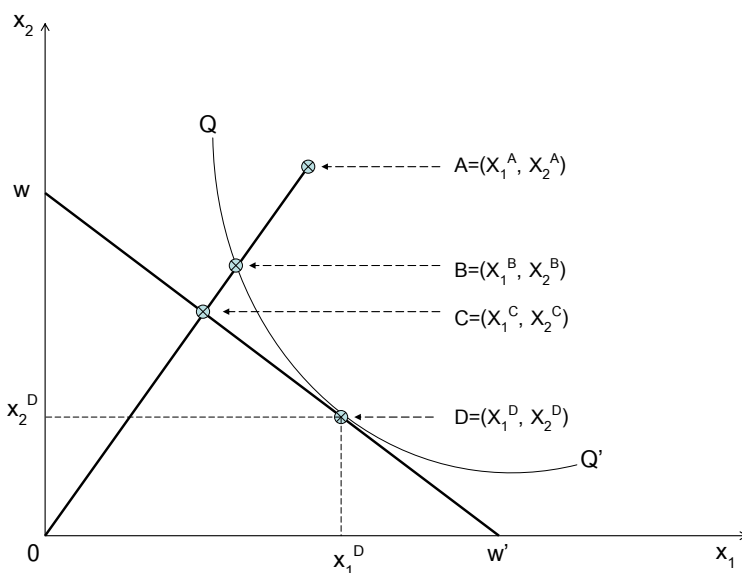
การใช้วิธีกระจายแบบอิสระเริ่มโดย Berger (1993) ได้ประยุกต์วิธีการวัดคะแนนประสิทธิภาพ ด้วยวิธีทางเศรษฐมิติโดยอาศัยข้อมูลชุด (panel data) วัดได้ 3 วิธี คือ fixed effect วัดคะแนนประสิทธิภาพ จากค่าคงที่ (constant) ของสมการ ขณะที่ random effect และ pooled OLS วัดคะแนนประสิทธิภาพจาก ค่าความคลาดเคลื่อน (error term) ของสมการ ทั้งนี้ 2 วิธีแรกสมมติว่าค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (random error) ของสมการเป็นศูนย์ ส่วนวิธีหลังสมมติให้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มไม่เป็นศูนย์ วิธีหลัง จึงตัดพื้นที่การกระจายของคะแนนประสิทธิภาพ ซึ่งโดยทั่วไปสมมติให้มีการกระจายแบบโค้งปกติ (normal curve) อย่างไรก็ตามการตัดพื้นที่การกระจายของ Berger มีความยุ่งยากและไม่มีเหตุผล เนื่องด้วยการตัด บริษัทที่มีค่าการกระจายของคะแนนประสิทธิภาพมากและน้อยเกินไป (extreme value) ที่อยู่บริเวณปลาย ทั้งสองด้านของการกระจายแบบโค้งปกติ ทำให้ไม่สามารถจัดเรียงลำดับบริษัทได้ เพราะบริษัทที่มีคะแนน สุดโต่งด้านน้อยกลายเป็นบริษัทที่อยู่ในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จึงเปรียบเทียบ ตัดพื้นที่การกระจายค่าของคะแนนประสิทธิภาพเฉพาะด้านที่มากเกินไป เมื่อตัดพื้นที่การกระจายของ ประสิทธิภาพออกเพียงร้อยละ 1 จะสามารถทำให้ค่าสุดโต่งด้านน้อยถูกปรับเปลี่ยนขึ้นและสามารถลดความ ผิดพลาดในการคำนวณประสิทธิภาพเฉลี่ยของแต่ละบริษัทได้ และสามารถจัดเรียงลำดับบริษัทเพื่อ เปรียบเทียบประสิทธิภาพได้

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ น่าจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมประกันในประเทศไทยเพื่อ การปรับปรุงประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัท สำหรับในเชิงเทคนิค งานชิ้นนี้เป็นการศึกษาแรกที่ได้อธิบาย เปรียบเทียบรูปแบบฟังก์ชันประสิทธิภาพต้นทุนทั้งสามประเภท และทดสอบกับกรณีของอุตสาหกรรมประกัน ในประเทศไทย และนำเสนอการตัดเปรียบเทียบพื้นที่การกระจายด้านเดียวที่มีเหตุมีผลและง่ายต่อการนำไป ปฏิบัติ ต่อไปนำเสนอกรอบแนวคิดทางทฤษฎีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดประสิทธิภาพ จากนั้นอธิบาย วิธีการศึกษา แบบจำลอง และผลการศึกษา ตามลำดับ ตอนสุดท้ายเป็นสรุปและข้อเสนอแนะ

แนวคิดทฤษฎี

การศึกษาค้นคว้าอยู่บนพื้นฐานแนวคิดเรื่องการวัดประสิทธิภาพที่นำเสนอโดย Farrell (1957) การวัดประสิทธิภาพแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ ประสิทธิภาพทางเทคนิค (technical efficiency) และ ประสิทธิภาพทางราคา (allocative efficiency) ทั้งนี้ประสิทธิภาพทางเทคนิคแสดงถึงความสามารถของ บริษัทที่สามารถผลิตสินค้าและบริการได้มากที่สุดจากปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ ส่วนประสิทธิภาพทางด้าน ราคาแสดงถึงความสามารถของบริษัทในการใช้ปัจจัยการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อกำหนดราคา และเทคโนโลยี การผลิตมาให้ และบริษัทจะมีประสิทธิภาพรวมสูงสุดเมื่อบริษัทมีประสิทธิภาพทั้งสอง ประเภท (Coelli, Rao, and Battese, 1998)

ในการศึกษานี้ใช้แนวคิดการวัดประสิทธิภาพที่เน้นด้านปัจจัยการผลิต (input-oriented measurement) ซึ่งเป็นวิธีนิยมมากกว่าการวัดจากด้านผลผลิต (output-oriented measurement) (Färe, Grosskopf, and Lovell, 1985; Coelli, Rao, and Battese, 1998; Kumbhakar and Lovell, 2000) ภาพที่ 1 แสดงการวัดประสิทธิภาพด้านปัจจัยการผลิต เมื่อบริษัทใช้ปัจจัยการผลิตสองชนิด x_1 และ x_2 เพื่อผลิตสินค้าและบริการชนิดหนึ่งที่อธิบายด้วยเส้นผลผลิตเท่ากัน (isoquant) QQ' โดยแต่ละจุดบนเส้นนี้แสดงถึงแนวทางการผลิตที่จะได้รับผลผลิตเท่ากันแต่ใช้ปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกัน บริษัทที่ผลิตอยู่บนเส้นนี้จึงถือว่ามีประสิทธิภาพทางเทคนิค (Cummins and Weiss, 1998) สำหรับบริษัทที่ผลิตอยู่ ณ จุดต่างๆ บนเส้นต้นทุนเท่ากัน (isocost) WW' แสดงถึงความสามารถในการผลิตสินค้าและบริการด้วยต้นทุนที่เท่ากันแต่ใช้ปัจจัยการผลิตต่างกัน บริษัทที่ทำการผลิตอยู่บนเส้นนี้จึงได้ประสิทธิภาพทางด้านราคา ดังนั้นบริษัทจะมีประสิทธิภาพรวม (total efficiency) ต้องมีประสิทธิภาพทั้งทางด้านเทคนิคและด้านราคา หรือผลิตอยู่ ณ จุด D ซึ่งเป็นจุดสัมผัสระหว่างเส้นต้นทุนเท่ากันและเส้นผลผลิตเท่ากัน



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพรวมตามแนวคิดของ Farrell

ที่มา: ดัดแปลงจาก Farrell (1957)

ถ้าบริษัทหนึ่งผลิตที่จุด $A = (x_1^A, x_2^A)$ บริษัทนั้นจะไม่มีประสิทธิภาพทั้งด้านเทคนิคและราคา เพราะไม่ได้ทำการผลิตทั้งบนเส้นผลผลิตเท่ากันและเส้นต้นทุนเท่ากัน ความด้อยประสิทธิภาพทางเทคนิคแทนด้วยระยะ AB ซึ่งสามารถวัดในรูปของร้อยละหรืออัตราส่วน AB/OA เมื่อพิจารณาความมีประสิทธิภาพทางเทคนิค (TE) ที่จุด A แทนด้วยอัตราส่วน OB/OA ซึ่งเท่ากับหนึ่งลบด้วยอัตราส่วน AB/OA ประสิทธิภาพทางเทคนิคจึงมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยหากคะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ 1 แสดงถึงบริษัทที่มีประสิทธิภาพ

สูงสุด ส่วนประสิทธิภาพทางด้านราคา (AE) ที่จุด A วัดโดยอัตราส่วน OC/OB และเมื่อนำประสิทธิภาพทั้งสองด้านมารวมกันจะได้ประสิทธิภาพรวมดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพรวม} &= TE \times AE \\ &= (OB/OA) \times (OC/OB) \\ &= OC/OA\end{aligned}\tag{1}$$

ข้อมูลและวิธีการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลชุด (panel data) ช่วงปี พ.ศ. 2540 ถึง 2546 และตัวอย่างที่ศึกษาเป็นบริษัทประกันชีวิตและประกันภัยในประเทศไทยทั้งหมด 99 บริษัทจากจำนวนประชากร 103 บริษัท และเนื่องจากระยะเวลาศึกษาอยู่ในช่วงที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาเศรษฐกิจในปี พ.ศ. 2540 ดังนั้นจึงสร้างตัวแปรหุ่น (dummy variable) เพื่อศึกษาและวัดผลกระทบทางเศรษฐกิจนี้ต่อคะแนนประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทประกัน สำหรับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ศึกษา มีดังนี้

ฟังก์ชันต้นทุน ใช้ผลผลิต 1 หน่วยและปัจจัยการผลิต 4 หน่วย เพื่อศึกษาคะแนนประสิทธิภาพต้นทุนของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทย โดยฟังก์ชันของต้นทุนเป็นฟังก์ชันของปริมาณผลผลิต (y) และราคาปัจจัยการผลิต (w_i) ในรูปล็อกแสดงได้ดังสมการที่ 2

$$\ln C = \ln(y, w_i) + \ln(V) + \ln(U)\tag{2}$$

โดยที่ $\ln C$ คือ ล็อกของต้นทุน

$\ln(y, w_i)$ คือ ล็อกของปริมาณผลผลิต y และล็อกของราคาปัจจัยการผลิต w_i และ $i = 1, 2, 3, 4$

$\ln(V)$ คือ ล็อกของค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มของสมการ

$\ln(U)$ คือ ล็อกของค่าด้อยประสิทธิภาพ

ตัวแปรด้านผลผลิตและราคา ส่วนใหญ่นิยมใช้เบี้ยประกันรับ (premium) เป็นผลผลิตของบริษัทประกัน แต่ Yuengert (1993) เสนอให้ใช้เงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกัน (lose incurred) ร่วมกับเงินสำรองส่วนเพิ่ม (addition to reserve) ซึ่งต่อมานิยมใช้เงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันเป็นผลผลิต เช่น ที่พบใน Yuengert (1993) รวมถึง Cummins, Turchetti, Weiss (1996) และ Cummins and Maria (2002) ใช้เงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันและสินทรัพย์ลงทุนแทนผลผลิต Cummins, Maria, and Zi (2003) ใช้เพียงเงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันแทนผลผลิต เช่นเดียวกับ Jhantasana (2008) ใช้เงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันเพียงอย่างเดียว เพราะเมื่อศึกษาประสิทธิภาพทั้งเรื่องต้นทุน รายได้ และกำไร พบว่าถ้าใช้ผลผลิตสองประเภท คือ เงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันและสินทรัพย์ลงทุนจะทำให้บริษัททั้งหมดมีกำไรทุกปี ซึ่งผิดไปจากความจริงที่พบว่างบดุลหลายบริษัทขาดทุนเนื่องด้วยเป็นบริษัทเปิดใหม่ ดังนั้นจึงใช้เพียงเงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันเป็นผลผลิต ทำให้กำไรขาดทุนที่คำนวณจากตัวแปรมีความใกล้เคียงกับงบดุลของบริษัทและราคาผลผลิต ซึ่งมีการคำนวณดังนี้

$$P_i = \frac{(DP_i + rRe_i) - L_i}{L_i} \quad (3)$$

โดยที่ P_i คือ ราคาผลผลิตของแต่ละบริษัท

DP_i คือ เบี้ยประกันรับ

L_i คือ เงินจ่ายตามเงื่อนไขกรมธรรม์ประกัน

R คือ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

Re_i คือ เงินสำรองในกองทุนประกัน

ตัวแปรปัจจัยการผลิตและราคา Cummins *et al.* (1996) ใช้ปัจจัยการผลิต 4 ประเภท คือ แรงงานของนายหน้าตัวแทน (agent labors) แรงงานในการจัดการ (managerial labor) ทรัพย์สินถาวร (fixed capital) และ ทรัพย์สินส่วนของเจ้าของ (financial equity capital) แต่ Cummins and Zi (1997, 1998) แบ่งปัจจัยการผลิตเป็น 3 ประเภท คือ แรงงาน (ทั้งแรงงานนายหน้าตัวแทนและแรงงานสำนักงาน) ทรัพย์สินที่เป็นตัวเงิน (financial capital) และการสนับสนุนการขายและวัสดุอุปกรณ์ (business service and material) ขณะที่ Cummins and Maria (2002) และ Cummins *et al.* (2003) แบ่งปัจจัยการผลิตออกเป็น 4 ประเภท คือ แรงงาน (เฉพาะแรงงานสำนักงาน) การสนับสนุนการขาย หนี้สิน (financial debt capital) และ ทรัพย์สินส่วนของเจ้าของ ส่วน Karim and Jhantasana (2005) ใช้ปัจจัยการผลิต 4 ประเภทตาม Cummins and Maria (2002) แต่แรงงานแทนด้วยแรงงานเจ้าหน้าที่บริษัทและแรงงานจากนายหน้าและตัวแทนเพื่อศึกษาประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทประกันชีวิตไทย ซึ่งพบว่าแรงงานของนายหน้าเป็นต้นทุนที่สูงมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริษัทขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง (ไม่ขอระบุนาม) โดยเมื่อคิดค่านายหน้าและตัวแทนเข้าไปในค่าแรงจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นไม่เป็นสัดส่วนกับรายได้เมื่อเทียบกับบริษัทอื่นๆ กล่าวคือเมื่อรวมต้นทุนค่านายหน้าเข้าไปในตัวแปรแรงงานแล้ว ทำให้ตัวแปรกำไร (ขาดทุน) ของทุกบริษัทแตกต่างไปจากกำไร (ขาดทุน) จริงในงบดุล

ในการศึกษานี้จึงใช้ปัจจัยการผลิต 4 ประเภท ประกอบด้วย 1) แรงงาน พิจารณาเฉพาะเจ้าหน้าที่สำนักงานของบริษัทโดยไม่รวมแรงงานตัวแทนและนายหน้า 2) ค่าใช้จ่ายในการรับประกัน (underwriting expense) ที่ได้หักเงินเดือนและสวัสดิการออกแล้ว 3) หนี้สิน และ 4) ทรัพย์สินส่วนของเจ้าของ โดยราคาของปัจจัยการผลิตมีดังนี้ 1) ราคาแรงงาน (w_1) คำนวณจากเงินเดือนเฉลี่ย 2) ราคาของค่าใช้จ่ายในการรับประกัน (w_2) คำนวณจากค่าใช้จ่ายในการรับประกันหารด้วยจำนวนกรมธรรม์ทั้งหมดที่ขายได้ในปีนั้น ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายต่อกรมธรรม์ 3) ราคาของหนี้สินหรือดอกเบี้ย (w_3) ใช้อัตราผลตอบแทนจากพันธบัตรรัฐบาลเฉลี่ย และ 4) ราคาของทรัพย์สินส่วนของเจ้าของ (w_4) แทนด้วยอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

ตัวแปรต้นทุน การศึกษานี้ใช้การศึกษาประสิทธิภาพของต้นทุน ทั้งนี้ Jhantasana (2008) พบว่า ผลการศึกษาประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมประกันไทยด้วยต้นทุน รายได้ และกำไรแบบทางเลือก โดยใช้รูปแบบสมการฟูเรียร์ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตามมีแนวโน้มจะเกิดความผิดพลาด เพราะมีขนาดใหญ่มาก ตารางที่ 1 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วยต้นทุน (C) ผลผลิต (y) และราคาปัจจัย แต่ละชนิด (w_i) โดยต้นทุนคำนวณจากปัจจัยผลิต 4 ชนิด โดยเป็นผลรวมของราคากับปริมาณของปัจจัยแต่ละชนิดคูณกัน

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา

(หน่วย: บาท)

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
C/w_4	19,032.1527	58,945.9258	3.4364	639,978.1010
y	602.4812	1,599.6244	0.2533	18,228.6985
w_1	0.0320	0.0298	0.0002	0.3983
w_2	0.6440	6.5712	0.0000	151.9400
w_3	0.0594	0.0128	0.0426	0.0829
w_4	0.0234	0.0163	0.0061	0.0604

แบบจำลอง

ในตอนนี้นำเสนอแบบจำลองที่ศึกษา ได้แก่ ฟังก์ชันทรานสลอก ฟังก์ชันฟูเรียร์ และ ฟังก์ชันสปิน เส้นตรง จากนั้นอธิบายวิธีการกระจายแบบอิสระ และแบบจำลองสมการถดถอยแบบโทบิตเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประสิทธิภาพและตัวกำหนดประสิทธิภาพต้นทุน

ฟังก์ชันทรานสลอก

รูปแบบฟังก์ชันทรานสลอกของต้นทุนในการศึกษานี้สร้างมาจากแนวคิดพื้นฐานใน Coelli *et al.* (1998) และ Jhantasana (2008) พบปัญหาการคำนวณจากทรานสลอกและได้แก้ปัญหาตาม Greene (2003) ที่แนะนำให้ใช้ตัวแปรตัวสุดท้าย (w_4) หารตัวแปรอื่นทุกตัวเพื่อป้องกันปัญหาเอกภาพ (singular) ฟังก์ชันมีลักษณะดังนี้

$$\begin{aligned}
 \ln C / w_4 = & \varphi_0 + \varphi_1 \ln w_1 / w_4 + \varphi_2 \ln w_2 / w_4 + \varphi_3 \ln w_3 / w_4 + \varphi_4 \ln y \\
 & + \varphi_5 \ln w_1 w_2 / w_4^2 + \varphi_6 \ln w_1 w_3 / w_4^2 + \varphi_7 \ln w_2 w_3 / w_4^2 + \varphi_8 \ln w_1 y / w_4 \\
 & + \varphi_9 \ln w_2 y / w_4 + \varphi_{10} \ln w_3 y / w_4 + 0.5 \varphi_{11} \ln w_1^2 / w_4^2 + 0.5 \varphi_{12} \ln w_2^2 / w_4^2 \\
 & + 0.5 \varphi_{13} \ln w_3^2 / w_4^2 + 0.5 \varphi_{14} \ln y^2 + \ln V_{it} + \ln U_{it}
 \end{aligned} \quad (4)$$

ฟังก์ชันฟูเรียร์

ฟังก์ชันฟูเรียร์ที่ศึกษามีลักษณะดังนี้

$$\begin{aligned} \ln C / w_4 = & \varphi_0 + \varphi_1 \ln w_1 / w_4 + \varphi_2 \ln w_2 / w_4 + \varphi_3 \ln w_3 / w_4 + \varphi_4 \ln y \\ & + \varphi_5 \ln w_1 w_2 / w_4^2 + \varphi_6 \ln w_1 w_3 / w_4^2 + \varphi_7 \ln w_2 w_3 / w_4^2 + \varphi_8 \ln w_1 y / w_4 \\ & + \varphi_9 \ln w_2 y / w_4 + \varphi_{10} \ln w_3 y / w_4 + 0.5 \varphi_{11} \ln w_1^2 / w_4^2 + 0.5 \varphi_{12} \ln w_2^2 / w_4^2 \\ & + 0.5 \varphi_{13} \ln w_3^2 / w_4^2 + 0.5 \varphi_{14} \ln y^2 + \varphi_{15} \sin(\ln y^*) + \varphi_{16} \sin(2 \ln y^*) \\ & + \varphi_{17} \sin(3 \ln y^*) + \varphi_{18} \cos(\ln y^*) + \varphi_{19} \cos(2 \ln y^*) + \varphi_{20} \cos(3 \ln y^*) \\ & + \ln V_{it} + \ln U_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

ฟังก์ชันสปินเส้นตรง

ฟังก์ชันสปินเส้นตรงใช้ตามแบบจำลองของ Humphrey and Vale (2004) และศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Girardone, Nankervis, and Fiordelisi (2006)

$$\begin{aligned} \ln C / w_4 = & \varphi_0 + \varphi_1 \ln w_1 / w_4 + \varphi_2 \ln w_2 / w_4 + \varphi_3 \ln w_3 / w_4 + \varphi_4 \ln y_1 \\ & + \varphi_5 \ln y_2 + \varphi_6 \ln y_3 + \varphi_7 \ln w_1 w_2 / w_4^2 + \varphi_8 \ln w_1 w_3 / w_4^2 + \varphi_9 \ln w_2 w_3 / w_4^2 \\ & + 0.5 \varphi_{10} \ln w_1^2 / w_4^2 + 0.5 \varphi_{11} \ln w_2^2 / w_4^2 + 0.5 \varphi_{12} \ln w_3^2 / w_4^2 + \ln V_{it} + \ln U_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

โดยที่ $\ln C / w_4$ คือ ล็อกต้นทุนรวมของแต่ละบริษัทหารด้วยราคาปัจจัยผลิต

y_m คือ ผลผลิตของแต่ละบริษัท ทั้งนี้ในฟังก์ชันสปินเส้นตรงแบ่ง y ออกเป็นสามขนาดตามการแบ่งขนาดบริษัท โดยกำหนดให้ $y_1 \leq 100$, $500 \geq y_2 \geq 101$, $501 \leq y_3$

w_k คือ ราคาปัจจัยการผลิตสี่ชนิด ($k=1,2,3,4$)

$\ln V_{it}$ คือ ค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มของบริษัท i ในปี t

$\ln U_{it}$ คือ ค่าด้อยประสิทธิภาพของบริษัท i

$\ln y^*$ คือ $\ln y(\Phi y) + zy$ ทั้งนี้ $\Phi y = \frac{0.8(2\pi)}{\max(\ln y) - \min(\ln y)}$ และ

$zy = (0.2\pi) - \min(\ln y)\Phi y$ และ $\pi = 3.141593$ ดังนั้น $\ln y^*$ แสดงในรูปเรเดียน (radian) ดูได้จาก Mitchell and Onvural (1996) Berger and Mester (1997) และ Humphrey and Vale (2004)

วิธีการกระจายแบบอิสระ

Berger (1993) เป็นผู้เสนอวิธีการกระจายอิสระ ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้รูปแบบฟังก์ชันเพื่อการวิเคราะห์พหุคูณประสิทธิภาพ โดยวัดประสิทธิภาพจากค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มและค่าคงที่ของสมการ ค่าความผิดพลาดประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ ตัวด้อยประสิทธิภาพ (inefficiency) และค่าความผิดพลาดเชิงสุ่ม (random errors) การศึกษาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ต้องใช้ข้อมูลชุด ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีลักษณะทั้งแบบตัดขวาง

(cross-section) และอนุกรมเวลา (time series) อาทิ ข้อมูลของหลายๆ บริษัทมากกว่าที่รวบรวมไว้เป็นรายปี การศึกษาการกระจายแบบอิสระในที่นี้ จะใช้วิธีการวิเคราะห์ random effect model (REM), fixed effect model (FEM) และ pooled OLS โดยมีสมมติฐาน 2 กรณี คือ ค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มเป็นศูนย์ และค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มไม่เป็นศูนย์ กรณีค่าเป็นศูนย์จะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดย REM และ FEM และกรณีค่าไม่เป็นศูนย์จะวัดประสิทธิภาพโดยวิธี pooled OLS ซึ่งใน REM และ pooled OLS วัดประสิทธิภาพจากค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มของสมการที่ 7 ส่วน FEM วัดจากค่าคงที่ในสมการที่ 8 มีการตัดเปรียบเทียบพื้นที่การกระจายของประสิทธิภาพที่ 1%, 5% และ 10% ตามสมการที่ 9 และ 10

$$EFF_C_i = \exp[\ln(\mathcal{E}_{\min}) - \ln(\mathcal{E}_i)] \quad (7)$$

โดยที่ $\ln(\mathcal{E}_{\min})$ คือ ล็อกของค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มที่น้อยที่สุดในตัวอย่าง

$\ln(\mathcal{E}_i)$ คือ ล็อกของค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มของบริษัทที่วัดประสิทธิภาพต้นทุน

$$EFF_C_i = \exp[\ln(\alpha_{\min}) - \ln(\alpha_i)] \quad (8)$$

โดยที่ $\ln(\alpha_{\min})$ คือ ล็อกของค่าคงที่ที่น้อยที่สุดในตัวอย่าง

$\ln(\alpha_i)$ คือ ล็อกของค่าคงที่ของบริษัทที่วัดประสิทธิภาพต้นทุน

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (9)$$

$$EFF_C_i = \exp[\ln(U_i) - \ln(U_{upper})] \quad (10)$$

กรณีค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มไม่เป็นศูนย์ Berger (1993) มีสมมติฐานว่าคะแนนประสิทธิภาพของแต่ละบริษัทที่มีค่าน้อยสุดโต่งจะถูกรบกวน ทำให้การคำนวณประสิทธิภาพเฉลี่ยของแต่ละบริษัทมีความผิดพลาด จึงตัดพื้นที่การกระจายของค่าประสิทธิภาพสุดโต่งของบริษัทที่อยู่เท่ากับหรือเหนือจุดตัดด้านสุดโต่งด้านมากเท่ากับหนึ่ง สำหรับกรณีสุดโต่งด้านน้อยบริษัทที่อยู่เท่ากับหรือต่ำกว่าจุดตัดจะเปรียบเทียบให้มีประสิทธิภาพเท่ากับหนึ่ง โดยสมมติให้การกระจายของประสิทธิภาพเป็นแบบปกติ ซึ่งวิธีดังกล่าวมีความยุ่งยากและมีบริษัทจำนวนมากถูกตัดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริษัทด้านสุดโต่งน้อยไม่สมควรได้รับค่าประสิทธิภาพเปรียบเทียบเท่ากับหนึ่ง ทำให้ไม่สามารถนำบริษัทดังกล่าวมาเรียงลำดับเปรียบเทียบได้ เพราะค่าประสิทธิภาพหนึ่ง (หมายถึง ร้อยละ 100) ควรเป็นค่าที่ให้กับบริษัทด้านที่มีประสิทธิภาพมาก การศึกษาจึงตัดด้านมากเกินด้านเดียว แล้วเปรียบเทียบให้ค่าบริษัทในอุตสาหกรรมใหม่ทั้งหมด เพราะการตัดเปรียบเทียบพื้นที่เริ่มแรกที่ร้อยละ 1 ก็เพียงพอที่จะลดค่าความผิดพลาดได้มากหรือหมดไปเริ่มจากการคำนวณสมการที่ 9 ค่าเฉลี่ย (μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของการกระจายของประสิทธิภาพและค่า z ที่แสดงถึงพื้นที่ของการกระจายแบบปกติแล้วนำไปแทนค่าหา X คือ ค่าประสิทธิภาพที่จุดตัดตัวอย่างเช่น ต้องการตัดพื้นที่ 10% หรือตัดด้านละ 5% หรือเท่ากับ 0.05 เมื่อเปิดตารางของการกระจายแบบปกติจะได้ $z = 1.65$ นำค่า μ, σ และ z แทนลงในสมการจะได้ค่า X จะเป็นค่าประสิทธิภาพที่จุดตัดด้าน

มากเกินไป หลังจากนั้นใช้ค่า $X = U_{upper}$ แทนลงในสมการที่ 10 หมายความว่า บริษัทที่อยู่จุดตัดและสูงกว่าจะได้รับค่าประสิทธิภาพเปรียบเทียบเท่ากับหนึ่ง ส่วนบริษัทอื่นๆ ที่อยู่ต่ำกว่าจะได้ค่าประสิทธิภาพเปรียบเทียบสูงขึ้นเป็นสัดส่วนเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถนำบริษัททั้งหมดมาเรียงลำดับเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้

ตัวกำหนดของประสิทธิภาพต้นทุน

ในหัวข้อนี้ศึกษาตัวกำหนดประสิทธิภาพของต้นทุนด้วยวิธีสมการถดถอยแบบโทบิต (tobit regression) ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$EFF = \delta_0 + \delta_1 ASSET_i + \delta_2 PREM_i + \delta_3 SHARE_i + \delta_4 OWNS_i + \delta_5 ROA + \delta_6 CR4 + \delta_7 AGE + \delta_8 GDP + \delta_9 FUND + \delta_{10} CRISIS + \varepsilon_i \quad (11)$$

โดยที่ EFF คือ คะแนนประสิทธิภาพ

$ASSET$ คือ ทรัพย์สินรวมของแต่ละบริษัท

$PREM_i$ คือ เบี้ยประกันรับ

$SHARE_i$ คือ อัตราส่วนผลผลิตของบริษัทต่อผลผลิตรวม

$OWNS_i$ คือ ร้อยละการเป็นเจ้าของของต่างชาติ

ROA คือ อัตราส่วนการกำไรของสินทรัพย์

$CR4$ คือ ส่วนแบ่งการตลาดของสี่บริษัทใหญ่

AGE คือ อายุของบริษัทประกัน

GDP คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ

$FUND$ คือ เงินกองทุนประกัน

$CRISIS$ คือ ตัวแปรหุ่นของวิกฤติการณ์ทางการเงินระหว่างช่วงปี 2540-2542 ที่ให้ค่าเท่ากับ 0 เทียบกับช่วงปี 2543-2546 ที่ให้ค่าเท่ากับ 1

ε_i คือ ค่าความผิดพลาดของสมการ (residual)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละสมการ ส่วนที่สองเป็นผลการวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพ และส่วนสุดท้ายเป็นการศึกษาตัวกำหนดประสิทธิภาพ รายละเอียดมีดังนี้

การประมาณค่าพารามิเตอร์

ตารางที่ 2, 3 และ 4 แสดงผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันทรานสลอก ฟูเรียร์ และ สเปน เส้นตรงตามลำดับ จำแนกผลการศึกษาที่ใช้วิธีการประเมินผลแบบ REM คือ แบบจำลอง TLC1 และ SPC1 ส่วนแบบจำลอง TLC2, FFC2 และ SPC2 ใช้วิธีการประเมินแบบ FEM ในขณะที่แบบจำลอง TLC3, FFC3 และ SP3 ใช้วิธีการประเมินแบบ Pooled OLS โดยใช้ค่า R^2 และ ค่าสถิติ Akaike ตรวจสอบความเหมาะสมของสมการ โดยค่า R^2 สูงดีกว่าค่าต่ำ แต่ค่า Akaike เป็นไปในทางตรงข้าม ส่วน Hausman test ใช้เปรียบเทียบผลการศึกษา REM กับ FEM ซึ่งในแต่ละรูปแบบฟังก์ชัน FEM ให้ผลการศึกษาที่ดีกว่า REM และ Pool OLS และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบฟังก์ชัน พบว่า ฟังก์ชันฟูเรียร์ให้ค่าสถิติต่างๆ หรือมีความเหมาะสมมากกว่าฟังก์ชันทรานสลอกและสเปนเส้นตรง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Girardone *et al.* (2006)

ตารางที่ 2 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยฟังก์ชันทรานสลอก

สัมประสิทธิ์	ตัวแปร	TLC1	TLC2	TLC3
φ_0	Constant	4.0425 (0.1245)***	-	3.3158 (0.2920)***
φ_1	$\ln(w_1 / w_4)$	0.1963 (0.0385)***	0.1958 (0.1066)*	0.4569 (0.1105)***
φ_2	$\ln(w_2 / w_4)$	0.0059 (0.0129)	0.0045 (0.0355)	0.0925 (0.0424)**
φ_3	$\ln(w_3 / w_4)$	0.2307 (0.0480)***	0.2319 (0.1323)*	0.0193 (0.1665)
φ_4	$\ln y$	-0.0516 (0.0217)**	-0.0644 (0.0620)	-0.0006 (0.0629)
φ_5	$\ln(w_1 w_2 / w_4^2)$	-0.0304 (0.0040)***	-0.0295 (0.0122)**	-0.0219 (0.0160)
φ_6	$\ln(w_1 w_3 / w_4^2)$	-0.0820 (0.0117)***	-0.0830 (0.0321)***	-0.0934 (0.0438)**
φ_7	$\ln(w_2 w_3 / w_4^2)$	0.0388 (0.0052)***	0.0384 (0.0142)***	0.0416 (0.0187)**
φ_8	$\ln(y w_1 / w_4)$	-0.0208 (0.0052)***	0.0205 (0.0145)	-0.0480 (0.0161)***
φ_9	$\ln(y w_2 / w_4)$	0.0053 (0.0024)**	0.0056 (0.0066)	-0.0070 (0.0076)
φ_{10}	$\ln(y w_3 / w_4)$	0.0155 (0.0057)***	0.0145 (0.0157)	0.0383 (0.0189)**
φ_{11}	$0.5 \ln(w_1^2 / w_4^2)$	0.0934 (0.0122)***	0.0914 (0.0337)***	0.1053 (0.0433)**

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สัมประสิทธิ์	ตัวแปร	TLC1	TLC2	TLC3
Φ_{13}	$0.5\ln(w_3^2 / w_4^2)$	0.1627 (0.0368)***	0.1646 (0.1010)	0.1994 (0.1425)
Φ_{14}	$0.5\ln(y^2)$	0.0404 (0.0036)***	0.0425 (0.0099)***	0.0307 (0.0099)***
R^2		90.08	96.02	90.08
Akaike information			0.7772	1.401
D.W.			0.0688	-
Lagrange Multiplier Test			112.24	
Hausman Test			0.20	-

หมายเหตุ: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$ และ *** $p < 0.01$

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 3 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยฟังก์ชันฟูเรียร์

สัมประสิทธิ์	ตัวแปร	FFC2	FFC3
Φ_0	Constant	-	29.4469 (17.2612)*
Φ_1	$\ln(w_1 / w_4)$	0.2231 (0.1123)**	0.4476 (0.1158)***
Φ_2	$\ln(w_2 / w_4)$	0.0267 (0.0387)	0.0766 (0.0464)*
Φ_3	$\ln(w_3 / w_4)$	-0.0824 (0.2891)	0.1122 (0.4138)
Φ_4	$\ln y$	0.4838 (0.3948)	-0.0029 (0.5616)
Φ_5	$\ln(w_1 w_2 / w_4^2)$	-0.0288 (0.0124)**	-0.0207 (0.0162)
Φ_6	$\ln(w_1 w_3 / w_4^2)$	-0.0687 (0.0324)**	-0.0784 (0.0442)*
Φ_7	$\ln(w_2 w_3 / w_4^2)$	0.0448 (0.0145)***	0.0353 (0.0191)*
Φ_8	$\ln(y w_1 / w_4)$	-0.0287 (0.0156)*	-0.0494 (0.0172)***
Φ_9	$\ln(y w_2 / w_4)$	0.0004 (0.0071)	-0.0038 (0.0081)
Φ_{10}	$\ln(y w_3 / w_4)$	0.0517 (0.0358)	0.0197 (0.0514)
Φ_{11}	$0.5\ln(w_1^2 / w_4^2)$	0.0755 (0.0348)**	0.0944 (0.0442)**

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สัมประสิทธิ์	ตัวแปร	FFC2	FFC3
Φ_{12}	$0.5\ln(w_2^2 / w_4^2)$	-0.0149 (0.0069)**	-0.0120 (0.0084)
Φ_{13}	$0.5\ln(w_3^2 / w_4^2)$	-0.0569 (0.1311)***	0.1094 (0.1850)
Φ_{14}	$0.5\ln(y^2)$	0.0095 (0.0460)	0.0546 (0.1650)
Φ_{15}	SIN1	-10.6626 (17.9130)	-30.2079 (19.664)
Φ_{16}	SIN2	7.8264 (11.4517)	20.4428 (12.2422)*
Φ_{17}	SIN3	-2.1967 (1.7609)	-3.5423 (1.8261)*
Φ_{18}	COS1	-14.5487 (17.6034)	-30.2594 (18.9744)***
Φ_{19}	COS2	4.4269 (2.0874)**	1.1217 (2.4893)***
Φ_{20}	COS3	0.1365 (1.8217)	2.8617 (1.9599)***
R^2		96.13	90.21
Akaike information		0.7640	1.405
D.W.		0.0613	-
Lagrange Multiplier Test		113.15	
Hausman		0.22	

หมายเหตุ: *p<0.10, **p<0.05 และ ***p<0.01

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 4 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยฟังก์ชันสปินเส้นตรง

สัมประสิทธิ์	ตัวแปร	SPC1	SPC2	SPC3
Φ_0	Constant	-9.5866 (1.9066)***		-11.3054 (3.1158)***
Φ_1	$\ln(w_1 / w_4)$	-0.0039 (0.0472)	-0.0065 (0.0559)	0.0288 (0.0639)
Φ_2	$\ln(w_2 / w_4)$	-0.0181 (0.0114)	-0.0138 (0.0137)	-0.0110 (0.0151)
Φ_3	$\ln(w_3 / w_4)$	0.1470 (0.1001)	0.1411 (0.1138)	0.0431 (0.1637)
Φ_4	$\ln y_1$	0.0147 (0.0017)*	0.0148 (0.0024)*	0.1652 (0.0251)*

ตารางที่ 4 (ต่อ)

สัมประสิทธิ์	ตัวแปร	SPC1	SPC2	SPC3
Φ_5	$\ln y_2$	0.0021 (0.0042)*	0.0214 (0.0035)**	0.0652 (0.0014)*
Φ_6	$\ln y_3$	0.8317 (0.1311)	0.1457 (0.1251)*	0.9189 (0.2136)*
Φ_7	$\ln(w_1 w_2 / w_4^2)$	-0.0176 (0.0101)*	-0.0194 (0.0117)*	0.0114 (0.0151)
Φ_8	$\ln(w_1 w_3 / w_4^2)$	-0.0313 (0.0318)	-0.0307 (0.0362)	-0.0550 (0.0505)
Φ_9	$\ln(w_2 w_3 / w_4^2)$	0.0092 (0.0116)	0.0099 (0.0133)	-0.0086 (0.0175)
Φ_{10}	$0.5 \ln(w_1^2 / w_4^2)$	0.0107 (0.0334)	0.0125 (0.0381)	-0.0225 (0.0509)
Φ_{11}	$0.5 \ln(w_3^2 / w_4^2)$	-0.0095 (0.0044)*	-0.0116 (0.0052)**	-0.0066 (0.0059)
Φ_{12}	$0.5 \ln(w_3^2 / w_4^2)$	-0.0675 (0.1222)	-0.0722 (0.1381)	-0.0108 (0.2009)
R^2		0.8580	0.9461	0.8580
Akaike information			1.065	1.748
D.W.			0.0541	
Lagrange Multiplier Test			151.27	
Hausman Test			-0.1	

หมายเหตุ: *p<0.10, **p<0.05 และ ***p<0.01

ที่มา: จากการคำนวณ

การวัดคะแนนประสิทธิภาพ

ตารางที่ 5, 6 และ 7 แสดงค่าประสิทธิภาพที่ประเมินโดยฟังก์ชันทรานสลอก ฟูเรียร์ และสปินเส้นตรงตามลำดับ โดยใช้วิธีการประเมินสามวิธี คือ REM, FEM และ pooled OLS แต่นำคะแนนประสิทธิภาพจากการประเมินโดยวิธี pooled OLS หรือแบบจำลอง TLC3, FFC3 และ SP3 เท่านั้น มาตัดพื้นที่การกระจายของคะแนนประสิทธิภาพเพื่อเปรียบเทียบให้ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพต้นทุนจากฟังก์ชันทรานสลอก จำแนกรายบริษัท

บริษัท	TLC1	TLC2	TLC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%	บริษัท	TLC1	TLC2	TLC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%
1	0.3282	0.2319	0.3807	0.6043	0.6709	0.7069	51	0.3589	0.2551	0.4046	0.6189	0.6872	0.7240
2	0.1994	0.1428	0.2201	0.5146	0.5714	0.6020	52	0.2397	0.1726	0.2598	0.5355	0.5945	0.6264
3	0.5189	0.3717	0.5783	0.7363	0.8175	0.8613	53	0.3585	0.2561	0.3983	0.6150	0.6829	0.7195
4	0.5948	0.4276	0.6415	0.7844	0.8708	0.9175	54	0.3666	0.2607	0.4124	0.6237	0.6925	0.7296
5	0.0904	0.0649	0.0983	0.4556	0.5058	0.5330	55	0.3651	0.2604	0.4097	0.6220	0.6906	0.7276
6	0.2956	0.2072	0.3561	0.5896	0.6546	0.6897	56	0.4407	0.3149	0.4883	0.6729	0.7471	0.7872
7	0.3140	0.2234	0.3542	0.5885	0.6534	0.6884	57	0.4514	0.3216	0.5047	0.6841	0.7595	0.8002

ตารางที่ 5 (ต่อ)

บริษัท	TLC1	TLC2	TLC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%	บริษัท	TLC1	TLC2	TLC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%
8	0.3418	0.2429	0.3856	0.6073	0.6742	0.7104	58	0.5137	0.3686	0.5558	0.7199	0.7993	0.8421
9	0.1480	0.1067	0.1605	0.4849	0.5383	0.5672	59	0.6155	0.4433	0.6635	0.8018	0.8902	0.9379
10	0.2674	0.1870	0.3245	0.5713	0.6342	0.6682	60	0.7367	0.5339	0.7632	0.8859	0.9835	1.0000
11	0.4269	0.3053	0.4701	0.6608	0.7337	0.7730	61	0.2906	0.2106	0.3045	0.5600	0.6217	0.6550
12	0.2494	0.1755	0.2921	0.5531	0.6141	0.6470	62	0.2721	0.1964	0.2885	0.5511	0.6119	0.6446
13	0.3459	0.2492	0.3695	0.5976	0.6635	0.6990	63	0.4728	0.3419	0.4948	0.6773	0.7520	0.7923
14	0.2767	0.1966	0.3115	0.5639	0.6261	0.6596	64	0.2832	0.2032	0.3079	0.5619	0.6238	0.6572
15	0.2648	0.1857	0.3155	0.5662	0.6286	0.6623	65	0.3684	0.2651	0.3932	0.6119	0.6794	0.7158
16	0.2346	0.1683	0.2593	0.5352	0.5942	0.6261	66	0.3588	0.2514	0.4261	0.6324	0.7021	0.7397
17	0.4973	0.3562	0.5458	0.7128	0.7914	0.8338	67	0.3332	0.2378	0.3700	0.5979	0.6638	0.6994
18	0.5279	0.3777	0.5783	0.7363	0.8175	0.8614	68	0.4109	0.2953	0.4427	0.6429	0.7138	0.7521
19	0.5609	0.4035	0.6023	0.7542	0.8373	0.8822	69	0.2504	0.1785	0.2831	0.5481	0.6085	0.6411
20	0.6291	0.4569	0.6509	0.7918	0.8791	0.9262	70	0.3242	0.2345	0.3407	0.5806	0.6446	0.6791
21	0.2891	0.2050	0.3305	0.5747	0.6381	0.6723	71	0.5104	0.3672	0.5458	0.7128	0.7914	0.8338
22	0.4239	0.3016	0.4760	0.6647	0.7380	0.7776	72	0.2493	0.1772	0.2869	0.5502	0.6108	0.6436
23	0.2076	0.1504	0.2183	0.5137	0.5703	0.6009	73	0.4439	0.3098	0.5363	0.7060	0.7838	0.8259
24	0.1660	0.1191	0.1807	0.4948	0.5493	0.5787	74	0.2676	0.1941	0.2783	0.5455	0.6056	0.6381
25	0.3150	0.2203	0.3827	0.6055	0.6723	0.7083	75	0.3332	0.2409	0.3505	0.5863	0.6510	0.6858
26	0.5006	0.3621	0.5256	0.6985	0.7756	0.8171	76	0.5524	0.3994	0.5782	0.7362	0.8174	0.8612
27	0.4341	0.3057	0.5170	0.6925	0.7689	0.8101	77	0.4362	0.3160	0.4535	0.6499	0.7216	0.7603
28	0.4202	0.2975	0.4829	0.6693	0.7431	0.7829	78	0.7165	0.5221	0.7293	0.8563	0.9507	1.0000
29	0.4815	0.3518	0.4925	0.6758	0.7503	0.7905	79	0.4067	0.2912	0.4554	0.6511	0.7229	0.7617
30	0.2564	0.1827	0.2871	0.5503	0.6110	0.6437	80	0.4359	0.3089	0.4972	0.6790	0.7538	0.7942
31	0.5396	0.3874	0.5892	0.7443	0.8264	0.8707	81	0.3880	0.2803	0.4102	0.6224	0.6910	0.7280
32	0.3296	0.2350	0.3648	0.5947	0.6603	0.6957	82	0.3021	0.2152	0.3426	0.5817	0.6459	0.6805
33	0.3218	0.2319	0.3439	0.5825	0.6467	0.6813	83	0.2501	0.1781	0.2818	0.5474	0.6077	0.6403
34	0.5148	0.3700	0.5530	0.7179	0.7971	0.8398	84	0.6034	0.4331	0.6522	0.7928	0.8802	0.9274
35	0.4557	0.3318	0.4639	0.6567	0.7292	0.7682	85	0.2693	0.1955	0.2803	0.5466	0.6068	0.6393
36	0.4555	0.3301	0.4756	0.6644	0.7377	0.7772	86	0.5046	0.3695	0.5014	0.6818	0.7570	0.7976
37	0.5337	0.3857	0.5605	0.7233	0.8031	0.8461	87	0.2526	0.1822	0.2686	0.5402	0.5998	0.6319
38	0.3600	0.2555	0.4116	0.6232	0.6920	0.7290	88	0.4216	0.3013	0.4646	0.6572	0.7296	0.7687
39	0.4463	0.3163	0.5100	0.6877	0.7635	0.8044	89	0.8917	0.6469	0.9266	1.0000	1.0000	1.0000
40	0.4087	0.2952	0.4314	0.6357	0.7058	0.7436	90	0.7871	0.5656	0.8466	0.9629	1.0000	1.0000
41	0.6113	0.4383	0.6602	0.7992	0.8873	0.9349	91	0.2941	0.2121	0.3120	0.5642	0.6264	0.6600
42	0.3838	0.2755	0.4157	0.6258	0.6948	0.7321	92	0.6487	0.4729	0.6584	0.7977	0.8857	0.9331
43	0.1529	0.1095	0.1675	0.4883	0.5421	0.5712	93	0.3041	0.2173	0.3373	0.5786	0.6424	0.6768
44	0.1822	0.1308	0.1969	0.5028	0.5583	0.5882	94	0.6552	0.4636	0.7511	0.8752	0.9717	1.0000
45	0.4711	0.3383	0.5082	0.6865	0.7622	0.8030	95	0.5789	0.4127	0.6475	0.7891	0.8761	0.9230
46	0.2400	0.1702	0.2739	0.5431	0.6030	0.6353	96	1.0000	0.7322	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
47	0.2508	0.1796	0.2758	0.5441	0.6041	0.6365	97	0.5642	0.4099	0.5841	0.7406	0.8222	0.8663
48	0.5104	0.3614	0.5816	0.7387	0.8202	0.8641	98	0.4775	0.3526	0.4605	0.6545	0.7267	0.7656
49	0.4887	0.3509	0.5270	0.6995	0.7766	0.8182	99	0.7985	1.0000	0.7795	0.9004	0.9997	1.0000
50	0.6227	0.4501	0.6504	0.7913	0.8786	0.9257							
Total								41.0417	29.8905	44.4781	64.8486	71.7096	75.3128
Average								0.4146	0.3019	0.4493	0.6550	0.7243	0.7607

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพต้นทุนจากฟังก์ชันฟูเรียร์ จำแนกรายบริษัท

บริษัท	FFC2	FFC3	Pooled1%	Pooled5%	Pooled_0%	บริษัท	FFC2	FFC3	Pooled1%	Pooled5%	Pooled_0%
1	0.2695	0.3634	0.5883	0.6544	0.6901	51	0.3294	0.4096	0.6161	0.6853	0.7228
2	0.1820	0.2152	0.5072	0.5642	0.5951	52	0.2182	0.2573	0.5290	0.5885	0.6206
3	0.5026	0.5920	0.7393	0.8224	0.8673	53	0.3365	0.4111	0.6170	0.6863	0.7238
4	0.5842	0.6639	0.7944	0.8837	0.9320	54	0.3446	0.4206	0.6229	0.6929	0.7307
5	0.0895	0.1027	0.4532	0.5042	0.5317	55	0.3221	0.4027	0.6118	0.6806	0.7177
6	0.2476	0.3198	0.5631	0.6264	0.6607	56	0.4095	0.4969	0.6723	0.7478	0.7887
7	0.2759	0.3517	0.5814	0.6467	0.6821	57	0.4130	0.5089	0.6804	0.7568	0.7982
8	0.3013	0.3834	0.6001	0.6676	0.7040	58	0.4867	0.5491	0.7083	0.7879	0.8309
9	0.1365	0.1571	0.4786	0.5324	0.5615	59	0.6136	0.6935	0.8183	0.9103	0.9600
10	0.2060	0.2897	0.5465	0.6079	0.6411	60	0.7261	0.7688	0.8823	0.9815	1.0000
11	0.3939	0.4721	0.6558	0.7295	0.7693	61	0.2825	0.3126	0.5591	0.6220	0.6560
12	0.1900	0.2659	0.5336	0.5935	0.6260	62	0.2636	0.2931	0.5483	0.6100	0.6433
13	0.3338	0.3766	0.5961	0.6631	0.6993	63	0.4594	0.4975	0.6727	0.7483	0.7892
14	0.2470	0.3045	0.5546	0.6169	0.6506	64	0.2728	0.3154	0.5607	0.6237	0.6578
15	0.2062	0.2896	0.5464	0.6078	0.6410	65	0.3547	0.3932	0.6060	0.6741	0.7110
16	0.2318	0.2689	0.5352	0.5953	0.6279	66	0.3282	0.4295	0.6285	0.6991	0.7373
17	0.4925	0.5732	0.7256	0.8071	0.8512	67	0.3096	0.3758	0.5956	0.6626	0.6988
18	0.5009	0.5802	0.7306	0.8128	0.8572	68	0.3725	0.4375	0.6335	0.7047	0.7432
19	0.5383	0.6072	0.7506	0.8350	0.8806	69	0.2294	0.2842	0.5434	0.6045	0.6375
20	0.6035	0.6496	0.7832	0.8712	0.9188	70	0.3159	0.3425	0.5761	0.6408	0.6759
21	0.2486	0.3283	0.5680	0.6318	0.6663	71	0.4870	0.5399	0.7018	0.7807	0.8234
22	0.3754	0.4760	0.6583	0.7323	0.7723	72	0.2179	0.2603	0.5306	0.5903	0.6225
23	0.2053	0.2246	0.5120	0.5696	0.6007	73	0.4003	0.5459	0.7061	0.7854	0.8283
24	0.1559	0.1802	0.4898	0.5448	0.5746	74	0.2650	0.2830	0.5428	0.6038	0.6368
25	0.3312	0.4013	0.6110	0.6796	0.7167	75	0.3218	0.3504	0.5806	0.6459	0.6812
26	0.4915	0.5313	0.6958	0.7740	0.8163	76	0.5413	0.5834	0.7330	0.8153	0.8599
27	0.3649	0.4850	0.6643	0.7389	0.7793	77	0.4300	0.4581	0.6467	0.7193	0.7586
28	0.3944	0.5008	0.6749	0.7507	0.7917	78	0.7079	0.7266	0.8459	0.9410	0.9924
29	0.4825	0.5049	0.6777	0.7538	0.7950	79	0.3901	0.4688	0.6536	0.7271	0.7668
30	0.2295	0.2850	0.5439	0.6050	0.6381	80	0.3952	0.5008	0.6749	0.7507	0.7918
31	0.5259	0.6168	0.7579	0.8431	0.8892	81	0.3761	0.4146	0.6192	0.6887	0.7264
32	0.3134	0.3639	0.5885	0.6547	0.6904	82	0.2649	0.3310	0.5695	0.6335	0.6681
33	0.3015	0.3457	0.5779	0.6429	0.6780	83	0.2227	0.2786	0.5404	0.6012	0.6340
34	0.4749	0.5452	0.7055	0.7848	0.8277	84	0.5800	0.6526	0.7855	0.8738	0.9216
35	0.4468	0.4703	0.6546	0.7282	0.7680	85	0.2627	0.2847	0.5437	0.6048	0.6379
36	0.4209	0.4541	0.6441	0.7165	0.7556	86	0.5185	0.5240	0.6907	0.7683	0.8103
37	0.5259	0.5713	0.7242	0.8055	0.8496	87	0.2469	0.2741	0.5380	0.5985	0.6312
38	0.2976	0.3774	0.5965	0.6636	0.6998	88	0.3892	0.4655	0.6515	0.7247	0.7643
39	0.4052	0.5151	0.6846	0.7615	0.8031	89	0.8153	0.9008	1.0000	1.0000	1.0000
40	0.3812	0.4233	0.6246	0.6948	0.7327	90	0.7596	0.8552	0.9619	1.0000	1.0000
41	0.5898	0.6692	0.7986	0.8884	0.9369	91	0.2756	0.3080	0.5565	0.6191	0.6529
42	0.3643	0.4228	0.6242	0.6944	0.7323	92	0.6448	0.6658	0.7960	0.8854	0.9338
43	0.1445	0.1717	0.4856	0.5402	0.5697	93	0.2711	0.3342	0.5713	0.6355	0.6702
44	0.1773	0.1996	0.4994	0.5555	0.5859	94	0.5913	0.7516	0.8673	0.9647	1.0000
45	0.4452	0.5014	0.6753	0.7512	0.7923	95	0.5608	0.6770	0.8049	0.8954	0.9443
46	0.2153	0.2755	0.5387	0.5993	0.6320	96	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
47	0.2408	0.2860	0.5444	0.6056	0.6387	97	0.5227	0.5804	0.7308	0.8130	0.8574

ตารางที่ 6 (ต่อ)

บริษัท	FFC2	FFC3	Pooled1%	Pooled5%	Pooled_0%	บริษัท	FFC2	FFC3	Pooled1%	Pooled5%	Pooled_0%
48	0.4724	0.5815	0.7316	0.8138	0.8583	98	0.5152	0.4989	0.6736	0.7493	0.7903
49	0.4728	0.5429	0.7039	0.7830	0.8258	99	0.7936	0.7787	0.8911	0.9913	1.0000
50	0.6233	0.6808	0.8080	0.8988	0.9479						
Total							38.8070	44.6509	64.4183	71.3627	75.0001
Average							0.3920	0.4510	0.6507	0.7208	0.7576

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพต้นทุนจากฟังก์ชันสปิ้นเส้นตรง จำแนกรายบริษัท

บริษัท	SPC1	SPC2	SPC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%	บริษัท	SPC1	SPC2	SPC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%
1	0.3094	0.2548	0.3142	0.5427	0.6142	0.6534	51	0.3617	0.7943	0.3652	0.5712	0.6464	0.6876
2	0.2682	0.2367	0.2690	0.5187	0.5871	0.6245	52	0.1411	0.3057	0.1425	0.4571	0.5173	0.5503
3	0.5909	0.5243	0.5918	0.7164	0.8108	0.8624	53	0.2974	0.1200	0.3005	0.5354	0.6059	0.6445
4	0.8550	0.7679	0.8546	0.9317	1.0000	1.0000	54	0.4054	0.2515	0.4091	0.5968	0.6754	0.7184
5	0.1070	0.0959	0.1070	0.4412	0.4993	0.5311	55	0.2828	0.3445	0.2866	0.5280	0.5975	0.6356
6	0.2738	0.2128	0.2810	0.5250	0.5941	0.6320	56	0.3799	0.2353	0.3835	0.5817	0.6583	0.7003
7	0.2709	0.2286	0.2738	0.5213	0.5899	0.6275	57	0.4202	0.3218	0.4240	0.6058	0.6855	0.7292
8	0.3214	0.2740	0.3243	0.5482	0.6204	0.6600	58	0.5323	0.3561	0.5343	0.6764	0.7654	0.8142
9	0.1616	0.1451	0.1615	0.4659	0.5273	0.5609	59	0.8315	0.4637	0.8314	0.9104	1.0000	1.0000
10	0.2877	0.2279	0.2943	0.5320	0.6021	0.6405	60	0.8193	0.7430	0.8207	0.9007	1.0000	1.0000
11	0.4807	0.4250	0.4820	0.6419	0.7265	0.7728	61	0.1799	0.7266	0.1806	0.4749	0.5374	0.5717
12	0.2451	0.2005	0.2492	0.5086	0.5755	0.6122	62	0.2605	0.1577	0.2619	0.5151	0.5829	0.6201
13	0.3742	0.3343	0.3743	0.5764	0.6523	0.6939	63	0.4996	0.2262	0.4992	0.6531	0.7391	0.7862
14	0.2932	0.2529	0.2951	0.5325	0.6026	0.6410	64	0.2507	0.4480	0.2523	0.5102	0.5773	0.6142
15	0.2838	0.2289	0.2893	0.5294	0.5991	0.6373	65	0.4165	0.2165	0.4168	0.6014	0.6806	0.7240
16	0.2737	0.2410	0.2747	0.5217	0.5904	0.6281	66	0.6001	0.3708	0.6084	0.7284	0.8243	0.8769
17	0.8088	0.7183	0.8099	0.8910	1.0000	1.0000	67	0.3049	0.4964	0.3077	0.5392	0.6102	0.6491
18	0.6811	0.6024	0.6823	0.7843	0.8876	0.9442	68	0.3023	0.2587	0.3035	0.5370	0.6077	0.6464
19	0.4852	0.4270	0.4868	0.6450	0.7299	0.7765	69	0.1999	0.2642	0.2031	0.4857	0.5496	0.5847
20	0.4171	0.3757	0.4167	0.6013	0.6805	0.7239	70	0.2603	0.1647	0.2609	0.5146	0.5823	0.6195
21	0.2511	0.2105	0.2542	0.5111	0.5785	0.6153	71	0.5814	0.2300	0.5822	0.7096	0.8030	0.8542
22	0.3747	0.3205	0.3779	0.5785	0.6546	0.6964	72	0.1744	0.5139	0.1782	0.4737	0.5361	0.5703
23	0.2442	0.1493	0.2435	0.5057	0.5723	0.6087	73	0.7454	0.1390	0.7578	0.8458	0.9572	1.0000
24	0.1929	0.2985	0.1931	0.4809	0.5442	0.5789	74	0.2044	0.6074	0.2049	0.4866	0.5506	0.5857
25	0.2899	0.6889	0.2985	0.5343	0.6047	0.6432	75	0.2647	0.1807	0.2651	0.5168	0.5848	0.6221
26	0.4344	0.2687	0.4358	0.6129	0.6936	0.7379	76	0.6248	0.2337	0.6253	0.7408	0.8384	0.8918
27	0.4036	0.4757	0.4126	0.5989	0.6778	0.7210	77	0.4451	0.5552	0.4458	0.6191	0.7006	0.7453
28	0.4715	0.2786	0.4781	0.6394	0.7236	0.7697	78	0.6151	0.3943	0.6148	0.7331	0.8296	0.8825
29	0.3460	0.2844	0.3481	0.5615	0.6354	0.6759	79	0.2818	0.5513	0.2867	0.5281	0.5976	0.6357
30	0.2288	0.8642	0.2313	0.4996	0.5654	0.6014	80	0.4587	0.2314	0.4640	0.6305	0.7135	0.7590
31	0.4179	0.2562	0.4224	0.6048	0.6844	0.7281	81	0.3071	0.3835	0.3079	0.5393	0.6104	0.6493
32	0.4695	0.3048	0.4727	0.6360	0.7197	0.7656	82	0.2272	0.2704	0.2309	0.4994	0.5652	0.6012
33	0.2332	0.2818	0.2341	0.5010	0.5669	0.6031	83	0.2088	0.1864	0.2113	0.4897	0.5542	0.5895
34	0.4880	0.1993	0.4890	0.6464	0.7316	0.7782	84	0.6224	0.1743	0.6253	0.7408	0.8383	0.8918
35	0.4560	0.6477	0.4553	0.6250	0.7073	0.7524	85	0.2569	0.5413	0.2574	0.5128	0.5803	0.6173
36	0.3325	1.0000	0.3314	0.5522	0.6249	0.6647	86	0.5067	0.2278	0.5051	0.6569	0.7434	0.7908
37	0.6244	0.3569	0.6244	0.7402	0.8377	0.8911	87	0.2064	0.4601	0.2071	0.4877	0.5519	0.5870

ตารางที่ 7 (ต่อ)

บริษัท	SPC1	SPC2	SPC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%	บริษัท	SPC1	SPC2	SPC3	Pooled_1%	Pooled_5%	Pooled_10%
38	0.2941	0.4488	0.2991	0.5346	0.6050	0.6436	88	0.3792	0.1811	0.3817	0.5807	0.6571	0.6990
39	0.4685	0.2251	0.4746	0.6372	0.7211	0.7671	89	0.5318	0.3259	0.5305	0.6738	0.7625	0.8111
40	0.3573	0.3363	0.3571	0.5666	0.6412	0.6820	90	1.0000	0.4820	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
41	0.9496	0.4409	0.9531	1.0000	1.0000	1.0000	91	0.2715	0.8909	0.2719	0.5203	0.5888	0.6263
42	0.3161	0.8310	0.3177	0.5447	0.6164	0.6557	92	0.6050	0.2390	0.6030	0.7245	0.8199	0.8722
43	0.1231	0.2745	0.1242	0.4489	0.5080	0.5403	93	0.2435	0.5490	0.2460	0.5070	0.5737	0.6103
44	0.1778	0.1045	0.1788	0.4740	0.5364	0.5706	94	0.7006	0.2054	0.7081	0.8048	0.9107	0.9688
45	0.4675	0.1539	0.4689	0.6336	0.7170	0.7627	95	0.7153	0.5865	0.7225	0.8164	0.9239	0.9828
46	0.2339	0.4104	0.2371	0.5025	0.5686	0.6049	96	0.7137	0.6084	0.7130	0.8087	0.9152	0.9735
47	0.2087	0.1944	0.2109	0.4895	0.5540	0.5893	97	0.3119	0.6423	0.3120	0.5416	0.6129	0.6520
48	0.6546	0.1759	0.6605	0.7674	0.8684	0.9238	98	0.3371	0.2779	0.3334	0.5533	0.6261	0.6660
49	0.5809	0.5545	0.5823	0.7097	0.8031	0.8543	99	0.3934	0.3201	0.3899	0.5854	0.6625	0.7047
50	0.8844	0.5113	0.8839	0.9595	1.0000	1.0000							
Total								40.4446	36.7766	40.6571	60.3215	67.8030	71.6610
Average								0.4085	0.3715	0.4107	0.6093	0.6849	0.7238

ที่มา: จากการคำนวณ

ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยจากฟังก์ชันฟูเรียร์ให้ค่าที่ดีกว่าฟังก์ชันทรานสล็อกและสปีนเส้นตรงเพียงประมาณร้อยละ 2-8 โดยวิธี FEM และประมาณร้อยละ 1-4 โดยวิธี pooled OLS แต่ฟังก์ชันฟูเรียร์ไม่ให้เกิดวิเคราะห์ในวิธี REM และทั้ง 3 วิธีให้ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.3019 ถึง 0.4510 ซึ่งจัดว่าต่ำ หรือมีค่าด้อยประสิทธิภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 55 ถึง 70 แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มของการศึกษานี้ไม่เป็นศูนย์ และไปรบกวนการคำนวณ ทำให้คะแนนประสิทธิภาพที่ได้รับมีค่าต่ำ จึงได้เสนอวิธีการตัดพื้นที่การกระจายของคะแนนประสิทธิภาพโดยการตัดพื้นที่การกระจายทั้งสองด้านของการกระจายแบบโค้งปกติที่ตำแหน่งร้อยละ 1, 5 และ 10 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าทั้งฟังก์ชันทรานสล็อก ฟูเรียร์ และสปีนเส้นตรง มีตำแหน่งการตัดพื้นที่การกระจายที่เหมาะสม คือ ที่ตำแหน่งร้อยละ 5 เพราะคะแนนประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากที่สุด เช่น ในฟังก์ชันทรานสล็อกเมื่อตัดพื้นที่ร้อยละ 1 พบว่าคะแนนประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 0.2057 (มาจาก 0.6550-0.4493) หรือประมาณร้อยละ 21 และเมื่อตัดพื้นที่เพิ่มอีก ร้อยละ 4 หรือตัดพื้นที่การกระจายเป็นร้อยละ 5 ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.0693 (0.7243-0.6550) หรือค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 แต่ถ้าตัดพื้นที่การกระจายเป็นร้อยละ 10 หรือตัดเปรียบเทียบพื้นที่การกระจายเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 5 คะแนนประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียง 0.0364 (0.7607-0.7243) หรือประมาณร้อยละ 4 นอกจากนี้ยังพบว่าสำหรับฟังก์ชันทรานสล็อกมีบริษัทจำนวน 52 บริษัทที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ยของทั้งอุตสาหกรรม ส่วนในฟังก์ชันฟูเรียร์และสปีนเส้นตรงมีจำนวน 55 และ 54 บริษัท ตามลำดับ

ตัวกำหนดประสิทธิภาพต้นทุน

ปัจจัยกำหนดประสิทธิภาพต้นทุนที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย ทรัพย์สินรวม เบี้ยประกันรับ อัตราส่วนผลผลิตของบริษัทต่อผลผลิตรวม (หรือส่วนแบ่งการตลาด) สัดส่วนการถือหุ้นในแต่ละบริษัท (ร้อยละการเป็นเจ้าของของต่างชาติ) อัตราส่วนการทำกำไรของสินทรัพย์ ส่วนแบ่งการตลาดของบริษัทใหญ่ (แทนส่วนแบ่งการตลาดของแต่ละบริษัท) อายุของบริษัทประกัน ผลผลิตทั้งหมดรวมภายในประเทศ เงินกองทุนประกัน และตัวแปรหุ่นของวิกฤติการณ์ทางการเงินปี พ.ศ. 2540 ที่ต้องการวัดถึงผลกระทบวิกฤตเศรษฐกิจการเงินต่อประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทในอุตสาหกรรมประกัน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการได้ว่าเครื่องหมายของตัวแปรทั้งหมดเป็นบวก ยกเว้นตัวแปรหุ่นวิกฤตการณ์ทางการเงินที่ให้ค่าลบ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ข้างต้นที่สัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันประสิทธิภาพต้นทุน ขณะที่วิกฤตเศรษฐกิจมีผลทำให้ประสิทธิภาพต้นทุนของแต่ละบริษัทลดลง

การศึกษานี้ใช้สมการถดถอยแบบโทบิต ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประสิทธิภาพและตัวกำหนดประสิทธิภาพต้นทุนโดยใช้คะแนนประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ประเมินโดยวิธี pooled OLS (TLC3, FFC3 และ SPC3) เป็นตัวแทนของแต่ละฟังก์ชันในการประเมินตัวกำหนดประสิทธิภาพ เพราะเป็นคะแนนประสิทธิภาพที่ใช้ในการตัดเปรียบเทียบพื้นที่การกระจาย ผลการศึกษาพบว่า ฟังก์ชันฟูเรียร์มีค่า log likelihood ใกล้เคียงกับฟังก์ชันทรานสลอก และสปินเส้นตรง (ตารางที่ 8) สำหรับตัวแปรที่มีนัยสำคัญ ใกล้เคียงกันทั้งในสามฟังก์ชัน คือ ทรัพย์สินรวม เบี้ยประกันรับ อัตราส่วนการทำกำไรของสินทรัพย์ และเงินกองทุนประกัน โดยสปินเส้นตรงมีตัวแปรที่มีนัยสำคัญเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งตัว คือ ส่วนแบ่งการตลาด โดยค่าสัมประสิทธิ์ทรัพย์สินรวมและอัตราส่วนการทำกำไรของสินทรัพย์ให้เครื่องหมายเป็นลบ ซึ่งไม่เป็นตามที่คาดไว้ อธิบายได้ว่าเมื่อพิจารณาจากทรัพย์สินรวม บริษัทขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพต้นทุนมากกว่าบริษัทขนาดใหญ่ แต่ถ้าคำนึงถึงขนาดบริษัทโดยวัดจากเบี้ยประกันรับ บริษัทที่มีเบี้ยประกันรับมากกว่าจะมีประสิทธิภาพต้นทุนมากกว่าบริษัทที่มีเบี้ยประกันรับน้อยกว่า ผลการศึกษายังพบอีกว่า บริษัทประกันที่มีกำไรสูงจะมีประสิทธิภาพต้นทุนต่ำกว่าบริษัทที่มีกำไรต่ำ ขณะที่บริษัทที่มีเงินกองทุนประกันสูงกว่าจะมีประสิทธิภาพต้นทุนมากกว่า และบริษัทที่มีส่วนแบ่งการตลาดมากกว่าจะมีประสิทธิภาพต้นทุนมากกว่า

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ของตัวกำหนดประสิทธิภาพต้นทุน

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ทรานสลอก	ฟูเรียร์	สปินเส้นตรง
δ_0	Constant	-1.1966 (0.7554)	-0.7729 (0.7584)	-1.1823 (0.7971)
δ_1	ASSET	-4.959E-05 (1.386E-05)***	-8.14E-05 (1.97E-05)***	-6.75E-05 (1.46E-05)***
δ_2	PREM	5.823E-05 (2.294E-05)**	7.87E-05 (2.58E-05)***	7.33E-05 (2.43E-05)***
δ_3	SHARE	0.4403	1.1296	3.0222

ตารางที่ 8 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ทรานสลอก	ฟูเรียร์	สปินเส้นตรง
		(0.7685)	(0.7788)	(0.8126)***
δ_4	OWNS	0.0003 (0.0008)	3.68E-04 (7.76E-04)	-4.87E-04 (8.50E-04)
δ_5	ROA	-1.3110 (0.1305)***	-1.2722 (0.1309)***	-1.4459 (0.1388)***
δ_6	CR4	2.0248 (1.5423)	1.7756 (1.5421)	2.5414 (1.6248)
δ_7	AGE	-0.0017 (0.0013)	-1.34E-03 (1.30E-03)	-6.48E-04 (1.37E-03)
δ_8	GDP	9.571E-05 (6.977E-05)	2.43E-05 (7.05E-05)	4.35E-05 (7.37E-05)
δ_9	FUND	4.387E-05 (1.495E-05)***	7.19E-05 (1.92E-05)***	5.11E-05 (1.57E-05)***
δ_{10}	CRISIS	-0.0973 (0.0629)	-4.44E-02 (6.31E-02)	-2.52E-02 (6.63E-02)
	Sigma	0.4560 (0.0187)***	0.4567 (1.89E-02)***	0.4853 (1.96E-02)***
Log likelihood function		-444.3462	-442.511	-462.515

หมายเหตุ: *p<0.10, **p<0.05 และ ***p<0.01

ที่มา: จากการคำนวณ

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ต้องการเปรียบเทียบผลการวัดประสิทธิภาพต้นทุนของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทยระหว่าง 3 รูปแบบฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันทรานสลอก ฟังก์ชันฟูเรียร์ และฟังก์ชันสปินเส้นตรง โดยวิธีการกระจายแบบอิสระ ผลการศึกษาทั้งในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าประสิทธิภาพต้นทุน และตัวกำหนดประสิทธิภาพพบว่า ค่าที่ได้จากทั้ง 3 ฟังก์ชันมีค่าใกล้เคียงกัน

การศึกษานี้ให้ข้อสรุปที่สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในสหรัฐอเมริกาและยุโรป เรื่องการวัดประสิทธิภาพพรหมแดนโดยวิธีการกระจายอิสระ ซึ่งพบว่าค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มไม่เป็นศูนย์ ทำให้คะแนนประสิทธิภาพมีค่าน้อย กล่าวคือ คะแนนประสิทธิภาพของแต่ละบริษัทไม่เกินร้อยละ 50 อาจสรุปได้ว่าวิธีการกระจายแบบอิสระไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ศึกษาประสิทธิภาพพรหมแดน เพราะถึงแม้จะมีการตัดพื้นที่เปรียบเทียบให้แต่ละบริษัทมีคะแนนประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยสมมติว่าค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มเป็นศูนย์ แต่ค่าที่คำนวณได้ก่อนการตัดเปรียบเทียบพื้นที่การกระจาย ถูกคำนวณมาจากค่าความผิดพลาดเชิงสุ่มไม่เป็นศูนย์ ดังนั้นเมื่อปรับคะแนนประสิทธิภาพให้มีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นโดยการตัดเปรียบเทียบพื้นที่การกระจาย

จำนวนบริษัทที่มีคะแนนประสิทธิภาพต่ำกว่าคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ยของอุตสาหกรรมยังคงเท่าเดิม นั่นคือค่าเฉลี่ยของอุตสาหกรรมก็เพิ่มไปในสัดส่วนเดียวกัน

นอกจากนี้ เมื่อนำคะแนนประสิทธิภาพไปเปรียบเทียบกับวิธี SFA (stochastic frontier analysis) ซึ่ง Jhantasana (2008) ใช้ศึกษาด้วยข้อมูลชุดเดียวกันนี้พบว่า ประสิทธิภาพต้นทุนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.6927 สูงกว่าค่าที่ได้จากวิธีการกระจายแบบอิสระ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าวิธีการศึกษาการกระจายแบบอิสระยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ศึกษาประสิทธิภาพพรหมแดนของอุตสาหกรรมประกันในประเทศไทยการใช้วิธีการกระจายอิสระเพื่อศึกษาในกรณีของประเทศพัฒนาแล้ว ทั้งในอุตสาหกรรมธนาคารและอุตสาหกรรมประกัน ก็พบว่าผลการวัดก็ให้ค่าคะแนนประสิทธิภาพต่ำเช่นกัน

การปรับเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทประกันชีวิตและประกันภัยมีแนวทางที่แตกต่างกันด้วยต้นทุนของบริษัทประกันชีวิตส่วนใหญ่อยู่ที่ค่านายหน้าและตัวแทน ดังนั้นบริษัทขนาดใหญ่ที่มีผลกำไรสูงจึงไม่มีประสิทธิภาพต้นทุนมากนักเมื่อเทียบกับบริษัทขนาดเล็ก ในขณะที่บริษัทประกันภัยมีกระบวนการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนเป็นแบบดั้งเดิมที่ไม่มีประสิทธิภาพจึงสร้างภาระต้นทุนให้กับบริษัท ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนของบริษัทประกันชีวิตอาจทำได้โดยการเพิ่มช่องทางการจำหน่ายผ่านธนาคาร เพื่อลดต้นทุนค่านายหน้าหรือตัวแทน ส่วนในบริษัทประกันภัยอาจเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนได้โดยการปรับปรุงกระบวนการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนจากแบบดั้งเดิมให้เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (internet) ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ลงได้

เอกสารอ้างอิง

- Aigner, D. J. and S. F. Chu. 1968. "On Estimating the Industry Production Function." *American Economic Review* 58 (4): 826-839.
- Berger, A. N. 1993. "Distribution-Free Estimates of Efficiency in the U.S. Banking Industry and Tests of the Standard Distributional Assumptions." *Journal of Productivity Analysis* 4: 261-292.
- Berger, A. N. and L. J. Mester. 1997. "Inside the black box: What Explains Differences in the Efficiencies of Financial Institutions?." *Journal of Banking and Finance* 21 (7): 895-947.
- Coelli, T. J., D. S. P. Rao, and G. E. Battese. 1998. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cummins, J. D. and H. Zi. 1997. *Measuring Cost Efficiency in the U.S. Life Insurance Industry: Econometrics and Mathematical Programming Approaches*. Working paper. Philadelphia: Wharton Financial Institutions Center.

- Cummins, J. D. and R. M. Maria. 2002. **Deregulation, Consolidation, and Efficiency: Evidence from the Spanish Insurance Industry**. Working Paper. Philadelphia: Wharton Financial Institutions Center.
- Cummins, J. D., G. Turchetti, and M. A. Weiss. 1996. **Productivity and Technical Efficiency in the Italian Insurance Industry**. Working Paper. Philadelphia: Wharton Financial Institutions Center.
- Cummins, J. D., R. M. Maria, and H. Zi. 2003. **Organization Structure and Efficiency: Evidence from the Spanish Insurance Industry**. Working Paper. Philadelphia: Wharton Financial Institutions Center.
- Cummins, J.D. and H. Zi. 1998. "Comparison of Frontier Efficiency Methods: An Application to the U.S. Life Insurance Industry." **Journal of Productivity Analysis** 10 (2): 131-152.
- Cummins, J.D. and M.A. Weiss. 1998. **Analyzing Firm Performance in the Insurance Industry Using Frontier Efficiency Methods**. Working Paper. Philadelphia: Wharton Financial Institutions Center.
- Färe R., S. Grosskopf, and C. A. K. Lovell. 1985. **The Measurement of Production Efficiency**. Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing.
- Farrell, M. J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency." **Journal of the Royal Statistical Society** 120 (3): 252-290.
- Gallant, R. 1982. Unbiased Determination of Production Technologies. **Journal of Econometrics** 20 (2): 285-323.
- Girardone, C., J. C. Nankervis, and F. Fiordelisi. 2006. **Efficiency, Ownership and Financial Structure in European Banking: Across-Country Comparison** (online). Discussion paper no. 0606. University of Essex. [www.essex.ac.uk/AFM/finance-discussion-papers/Microsoft %20 Word%20-%20Girardone-Nankervis-Velentza-v19-03.pdf](http://www.essex.ac.uk/AFM/finance-discussion-papers/Microsoft%20Word%20-%20Girardone-Nankervis-Velentza-v19-03.pdf), August 4, 2007.
- Greene, W. H. 2003. **Econometric Analysis**. 5th ed. New Jersey: Pearson Education.
- Humphrey, D. B. and B. Vale. 2004. "Scale Economies, Bank Mergers, and Electronic Payment: A Spline Function Approach." **Journal of Banking and Finance** 28 (7): 1671-1696.
- Jhantasana, C. 2008. **Efficiency, Scale Economies and Firm Size in Thailand's Insurance Industry**. Doctor of Philosophy Thesis in Economics, University Utara Malaysia.

- Karim, M. Z. A and C. Jhantasana. 2005. "Efficiency and Profitability In Thailand's Life Insurance Industry: A Cost Frontier Function and Hausman Test, 1997-2002." **International Journal of Applied Econometrics and Quantitative Studies** 2 (4): 19-36.
- Kumbhakar, S. C. and C. A. K. Lovell. 2000. **Stochastic Frontier Analysis**. New York: Cambridge University Press.
- McAllister, P. H. and D. McManus. 1993. "Resolving the Scale Efficiency Puzzle in Banking." **Journal of Banking and Finance** 17 (2/3): 389-405.
- Mitchell, K. and N. M. Onvural. 1996. "Economies of Scale and Scope at Large Commercial Banks: Evidence from the Fourier Flexible Functional Form." **Journal of Money, Credit, and Banking** 28 (2): 178-199.
- Yuengert, A. 1993. "The Measurement of Efficiency in Life Insurance: Estimates of a Mixed Normal-Gamma Error Model." **Journal of Banking and Finance** 17 (2/3): 483-496.