

การเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตของไทยจากความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรง  
ในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตและเศรษฐมิติแบบ entropy  
Inter-Industry Linkage in Thailand by Nonlinear Relationship in Input-Output Table  
and Entropy Econometrics

บัณฑิต ชัยวิชญชาติ  
Bundit Chaivichayachat

ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
Department of Economics, Kasetsart University  
50 Ngamwongwan Ladyao Jatujak Bangkok  
E-mail: fecobdc@ku.ac.th

Received: October 24,2019; Revised: June 5,2020; Accepted: June 17,2020

#### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตของเศรษฐกิจไทย จากการรวบรวมตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทยจำนวน 16 สาขาการผลิต ตั้งแต่ปี 2518 ถึงปี 2553 เพื่อประมาณความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบไม่ใช่เส้นตรง ด้วยวิธีทางเศรษฐมิติสำหรับกรณีที่มีข้อมูลน้อย ที่เรียกว่า entropy econometric ที่มีข้อดี คือ สามารถที่จะประเมินระดับผลได้ต่อขนาดของการใช้ปัจจัยการผลิตในการผลิตผลผลิตของแต่ละสาขาการผลิตได้ ผลการศึกษาพบว่า การผลิตผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ ของไทยส่วนมากมีการผลิตแบบผลได้ต่อขนาดที่เพิ่มขึ้น บทสรุปของบทความวิจัยนี้ คือ การผลิตของไทยส่วนมากเป็นการผลิตที่มีผลได้ต่อขนาดเพิ่มขึ้น และ ส่วนมากเป็นสาขาการผลิตกลางน้ำและปลายน้ำที่มีลักษณะของการเชื่อมโยงคงเดิม สำหรับข้อเสนอแนะเชิงนโยบายนั้น จากผลการศึกษาที่ระบุว่าสาขาการผลิตส่วนมากมีผลได้ต่อขนาดเพิ่มขึ้นจึงทำให้การสนับสนุนให้มีการใช้ปัจจัยการผลิตภายในประเทศเพิ่มขึ้นจะทำให้เศรษฐกิจขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งควรมีมาตรการในการส่งเสริมการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตในประเทศให้มีความเข้มแข็งมากขึ้น เช่น การส่งเสริมให้มีการใช้ปัจจัยการผลิตที่สามารถผลิตขึ้นเองได้ในประเทศให้มากขึ้น ส่งให้ประเทศมีการขยายตัวอย่างทางเศรษฐกิจต่อไป

**คำสำคัญ:** ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบไม่ใช่เส้นตรง การเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิต เศรษฐมิติแบบ entropy

#### Abstract

This paper aims to evaluate the inter-industry linkage in Thailand based on the 16 sectors input-output table (1975-2010). By employed the entropy econometric, the nonlinear relationship between input and output for Thai economy were explored. Then, the role of returns to scale of each intermediate goods can be found. The results indicated that the relationships between input and output in Thailand were not in linear form with statistically significance. Both increasing returns to scale and decreasing returns has been found in production process in Thai economy. The conclusion is that most of sectors in Thailand are middle- and down-stream. In order to promote economic expansion, the policy to enhance the linkage among domestic sectors should be focused.

**Keywords:** Nonlinear Input-Output Table, Sectoral Linkage, Entropy Econometrics

**Paper Type:** Research



## 1. บทนำ

การประเมินระดับความเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนการสนับสนุนการขยายตัวของเศรษฐกิจและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ เนื่องจากผลจากการประเมินระดับความเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตจะระบุได้ว่าสาขาการผลิตใดเป็นสาขาการผลิตต้นน้ำ (up-stream) สาขาการผลิตกลางน้ำ (middle-stream) สาขาการผลิตปลายน้ำ (down-stream) และ สาขาสำคัญ (key industry) เช่น Chaivichayachat (2017) ในการประเมินระดับความเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตจะอาศัยตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (input-output table) เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเชื่อมโยงไปด้านหลังและความเชื่อมโยงไปด้านหน้า (backward and forward linkage) จากค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิต (input coefficients) จากข้อสมมติที่สำคัญ คือ การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตให้เป็นแบบเส้นตรง (linear relationship between input and output) จะ มี ผล ให้ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตเป็นไปแบบที่มีผลได้ต่อขนาดคงที่ (constant returns to scale) นับได้ว่าเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของการนำเอาตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตไปใช้ รวมถึงการประเมินระดับการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิต ที่อาจเกิดความผิดพลาดได้หากในความเป็นจริงแล้วความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตไม่ได้เป็นไปแบบที่มีผลได้ต่อขนาดคงที่

งานวิจัยที่ผ่านมา Neussen and Van der Broeck (1977) Aigner et al. (1997) Xiang (2005) Ahlert (2008) Panayiotis et al. (2012) West and Gamage (2012) Michaelidas et al. (2012) Zhang et al. (2014) Fernau der-vazquez (2015) Klijs et al. (2015) และ Sakurai et al. (2017) ได้ชี้ให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตจะไม่ได้ไม่อยู่ในรูปความสัมพันธ์แบบเส้นตรง หรือ ผลต่อได้ขนาดคงที่ ส่วนมากจะเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบที่เป็นความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรง (nonlinear) ที่มีผลได้ต่อขนาดแบบเพิ่มขึ้น (increasing returns to scale) หรือ ผลได้ต่อขนาดแบบลดลง (decreasing returns to scale) งานวิจัยเหล่านี้ ระบุว่า การใช้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตแบบไม่ใช่เส้นตรงจะทำให้การนำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตไปมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Fernau der-vazquez, 2015)

แต่อย่างไรก็ตาม การประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิตแบบไม่ใช่เส้นตรงในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตยังมีข้อจำกัดเนื่องจากการประมาณการพารามิเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบไม่ใช่เส้นตรงนี้จะต้องอาศัยข้อมูลสำหรับการประมาณการจำนวนมากทำให้ไม่สามารถนำเอาเครื่องมือทางเศรษฐมิติมาใช้ได้ งานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นงานเชิงทฤษฎีจะมี

เพียงงานวิจัยไม่กี่งานที่มีการใช้เครื่องมือทางเศรษฐมิติมาใช้ในการประมาณความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิตในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่ไม่ใช่เส้นตรง ซึ่งหนึ่งในทางวิธีที่เป็นที่ยอมรับ คือ การใช้เศรษฐมิติแบบ entropy หรือ เศรษฐมิติสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กมาก ด้วยเหตุนี้ บทความวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประเมินการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตจากการประมาณการความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทยด้วยเศรษฐมิติแบบ entropy เพื่อพัฒนาตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทยให้มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตในรูปแบบที่ไม่ใช่เส้นตรง และเพื่อการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสาขาการผลิตได้อย่างสอดคล้องกับความเป็นจริง และสามารถนำไปใช้เพื่อการวิเคราะห์จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตต่อไป

## 2. แนวคิดทางทฤษฎีเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิต

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบเส้นตรงจะกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของสาขาการผลิตที่  $j$  (output:  $x_j$ ) กับการใช้สินค้าขั้นกลางจากสาขาการผลิตที่  $i$  (intermediate inputs:  $z_{ij}$ ) กับผลผลิตมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง (linear) ดังนี้

$$z_{ij} = a_{ij}x_j \quad (2.1)$$

โดยที่  $a_{ij}$  คือ สัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยี (technology coefficients) ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $a_{ij} = z_{ij} / x_j$  มีข้อสมมติ คือ มีค่าคงที่ และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หรือ กำหนดให้อัตราส่วนในการใช้ปัจจัยการผลิตเพื่อการผลิตมีค่าคงที่

สัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยีสามารถจะนำไปใช้เพื่อการคำนวณระดับผลผลิตของระบบเศรษฐกิจ โดยการกำหนดให้  $X$  เป็น เวกเตอร์ของผลผลิตขนาด  $n \times 1$ ,  $A$  คือ เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์เทคโนโลยี (หรือ สัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิต, input coefficient) และ  $f$  คือ เวกเตอร์ของการใช้ผลผลิตเป็นสินค้าขั้นสุดท้าย หรือ อุปสงค์ขั้นสุดท้าย (final demand) ขนาด  $n \times 1$  จะเขียนความสัมพันธ์ระหว่างเมทริกซ์ทั้ง 3 ได้ดังนี้

$$X = AX + f \quad (2.2)$$

$$\text{หรือ} \quad X = (I - A)^{-1}f = Lf \quad (2.3)$$

โดยที่ เมทริกซ์  $(I - A)^{-1}$  หรือ  $L$  คือ เมทริกซ์อินเวอร์สแบบ Leontief (Leontief's inverse matrix) สมาชิกในเมทริกซ์นี้ คือ  $l_{ij}$  แสดงความต้องการต่อผลผลิตจากสาขาการผลิต  $i$  เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ขั้นสุดท้ายในสาขาการผลิต  $j$  เรียกว่า ตัวทวีผลผลิต (output multiplier)

สมการข้างต้น นอกจากจะนำไปใช้สำหรับการคำนวณระดับผลผลิตแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการวัดผลกระทบทางเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ขั้นสุดท้าย การคำนวณระดับความเชื่อมโยงไปด้านหน้า (forward linkage:  $FL_i$ ) และ ความเชื่อมโยงไปด้านหลัง (backward linkage:  $BL_j$ ) ได้ ดังนี้

$$FL_i = \sum_{j=1}^{16} L_{ij} / (\sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} L_{ij})/n \quad (2.4)$$

และ  $BL_j = \sum_{i=1}^{16} L_{ij} / (\sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} L_{ij})/n \quad (2.5)$

โดยที่ กรณีที่  $FL_i > 1$  แสดงว่า สาขาการผลิตที่  $i$  เป็นสาขาการผลิตที่มีการเชื่อมโยงไปด้านหน้าสูง  $FL_i < 1$  แสดงว่า สาขาการผลิตที่  $i$  เป็นสาขาการผลิตที่มีการเชื่อมโยงไปด้านหน้าต่ำ  $BL_j > 1$  แสดงว่า สาขาการผลิตที่  $j$  มีการเชื่อมโยงไปด้านหลังสูง และ  $BL_j < 1$  แสดงว่า สาขาการผลิต  $j$  มีการเชื่อมโยงไปด้านหลังต่ำ การพิจารณาการเชื่อมโยงไปด้านหน้าและการเชื่อมโยงไปด้านหลังจะสามารถแบ่งสาขาการผลิตตามลักษณะการผลิตได้เป็นสาขาการผลิตต้นน้ำ (upstream) คือ สาขาการผลิตที่มี  $FL > 1$  และมี  $BL < 1$  สาขาการผลิตกลางน้ำ (middle-stream) คือ สาขาการผลิตที่มีค่า  $FL$  และ  $BL$  น้อยกว่า 1 สาขาการผลิตปลายน้ำ (down-stream) คือ สาขาการผลิตที่มี  $FL < 1$  และมี  $BL > 1$  และ สาขาการผลิตที่สำคัญ (key sector) คือ สาขาการผลิตที่มี  $FL$  และ  $BL$  มากกว่า 1

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการนำเอาเมตริกซ์อินเวอร์สแบบ Leontief's ไปใช้ คือ การที่ค่าสัมประสิทธิ์  $a_{ij}$  สัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยีมีค่าคงที่ เนื่องจากในความเป็นจริงแล้วค่าสัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยีไม่จำเป็นต้องมีค่าคงที่เสมอไป สาเหตุประการหนึ่ง คือ รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ผลผลิตชั้นกลาง  $z_{ij}$  กับ ผลผลิต  $x_j$  แบบที่ไม่ใช่เส้นตรงได้ ดังนี้

$$z_{ij}(x_j) = \alpha_{ij} x_j^{\beta_{ij}} \quad (2.6)$$

โดยที่  $\alpha_{ij}, \beta_{ij} \geq 0$

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ผลผลิตชั้นกลางกับผลผลิตนี้ หากมีค่า  $\beta_{ij} = 1$  ก็จะเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรงแบบเดิม กล่าวได้ว่า รูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรงจะเป็นรูปแบบหนึ่งตามความสัมพันธ์ข้างต้น ค่าของ  $\beta_{ij}$  มีบทบาทในการกำหนดขนาดการเปลี่ยนแปลงของตัวทวีผลผลิตตามสมการข้างต้น กรณีที่  $\beta_{ij} > 1$  จะมีผลให้การผลผลิตผลผลิต  $x_j$  เพิ่มขึ้นมีความต้องการใช้ผลผลิตชั้นกลาง  $z_{ij}$  เพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มขึ้นของ  $x_j$  กล่าวได้ว่า การผลิตในสาขาการผลิต  $j$  มีผลได้ต่อขนาดจากการใช้ผลผลิตชั้นกลางจากสาขาการผลิต  $j$  ลดลง (decreasing returns to scale) ในทางตรงข้าม กรณีที่  $\beta_{ij} < 1$  จะมีผลให้การผลิตผลผลิต  $x_j$  เพิ่มขึ้นมีความต้องการใช้ผลผลิตชั้นกลาง  $z_{ij}$  เพิ่มขึ้นน้อยกว่า

การเพิ่มขึ้นของ  $x_j$  กล่าวได้ว่า การผลิตในสาขาการผลิต  $j$  มีผลได้ต่อขนาดจากการใช้ผลผลิตชั้นกลางจากสาขาการผลิต  $j$  เพิ่มขึ้น (increasing returns to scale) สำหรับกรณีของความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ผลผลิตชั้นกลางกับผลผลิตในรูปแบบความสัมพันธ์เส้นตรงจะมีค่า  $\beta_{ij} = 1$  จะมีผลให้ค่าสมการข้างต้นเป็น 0 หรือ ขนาดการเปลี่ยนแปลงของตัวทวีผลผลิตไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับผลผลิต ซึ่งสามารถนำไปกำหนดเป็นฟังก์ชันการผลิตในรูปแบบต่างๆ ต่อไป

หากจัดสมการข้างต้นใหม่จะได้

$$a_{ij}^*(x_j) = \frac{z_{ij}}{x_j} = \frac{\alpha_{ij} x_j^{\beta_{ij}}}{x_j} = \alpha_{ij} x_j^{(\beta_{ij} - 1)} \quad (2.7)$$

สมการนี้ แสดงให้เห็นว่า สัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยีกำหนดจากระดับของผลผลิต ซึ่งจะเขียนในรูปเมตริกซ์ คือ  $A^*(x)$  หรือ เมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์เทคโนโลยีใหม่จากความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ผลผลิตชั้นกลางกับผลผลิต

ในส่วนของแนวคิดเกี่ยวกับเศรษฐมิติกรณีที่มีจำนวนข้อมูลน้อยจะเป็นแนวทางในการประมาณการพารามิเตอร์ตามสมการ (2.5) เพราะการรวบรวมข้อมูลจากตารางบัญชีการผลิตและผลผลิตจะมีไม่มากพอสำหรับการประมาณการพารามิเตอร์จึงทำให้การใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด หรือ วิธี maximum likelihood ไม่สามารถทำได้ สำหรับแนวคิดเกี่ยวกับเศรษฐมิติสำหรับกรณีที่มีจำนวนข้อมูลน้อย เรียกว่า เศรษฐมิติแบบ entropy หรือ entropy econometrics (Kapur and Kesavan, 1992; Golan et al., 1996 และ Golan, 2006) ด้วยวิธีนี้จะเป็นการหารูปแบบการแจกแจงน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ไม่สามารถหารูปแบบได้ (recover unknown probability distribution of random variable) ผลก็คือจะเกิดตัวแปรสุ่ม  $M$  ชั้นที่มีความน่าจะเป็น  $p$  จากรูปแบบการแจกแจงน่าจะเป็นที่ไม่ทราบความน่าจะเป็น  $p$  ซึ่งจะให้ผลเช่นเดียวกับการเลือกรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น  $q$  ที่เหมาะสมไว้ก่อนจากข้อมูลที่รวบรวมได้ เรียกวิธีนี้ว่า cross entropy procedure (CE)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตในรูปแบบที่ไม่ใช่เส้นตรงมีอยู่ไม่มากนัก Xiang (2005) พัฒนาการใช้แบบจำลอง autoregressive moving average (ARMA) และ nonlinear ARMA ในการประมาณการความสัมพันธ์แบบที่ไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิต รวมถึงการพยากรณ์ค่าสัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยี (technology coefficients) ในตารางบัญชีการผลิตและผลผลิต สำหรับ Ahlert (2008) ใช้ tourism satellite accounts (TSAs) ของประเทศเยอรมันและประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตใน

รูปแบบที่ไม่ใช่เส้นตรง เพื่อศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการท่องเที่ยวต่างชาติ

Panayiotis et al. (2012) กำหนดความสัมพันธ์แบบที่ไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตของเมือง Massiaia ประเทศกรีซ จากการใช้ stochastic frontier approach และประมาณการพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามขั้นตอน (three stage least square: 3SLS) เช่นเดียวกับงานของ Aigner et al. (1997) และ Neeusen and Van der Broeck (1977) เพื่อศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจของภาคการท่องเที่ยว โดยอาศัยการคำนวณตัวทวีคูณของการท่องเที่ยว (tourism income multiplier) ผลได้ต่อขนาด (returns to scale) และ ผลผลิตภาพรวมของปัจจัยการผลิต (total factor productivity) นอกจากนี้ Panayiotis et al. (2007) ยังได้นำเอาวิธี iterative Gauss-Newton สำหรับ nonlinear least squares งานของ West and Gamage (2012) กำหนด ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรง ระหว่างผลผลิต กับปัจจัยการผลิต เมื่อประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจ จากการท่องเที่ยวของรัฐวิกตอเรีย ประเทศออสเตรเลีย ในช่วงปี 1993-1994 โดยแบ่งรูปแบบของนักท่องเที่ยวเป็น 4 กลุ่ม คือ นักทัศนจร (day-tripper) นักท่องเที่ยวภายในรัฐ (intrastate) นักท่องเที่ยวระหว่างรัฐ (interstate) และนักท่องเที่ยวต่างชาติ (international tourists) คำนวณเป็น tourism input multipliers ได้ ในขณะที่ Michaelidas et al. (2012) ทำการประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตกับผลผลิตในรูปแบบของความสัมพันธ์แบบที่ไม่ใช่เส้นตรง ซึ่งมีผลให้การวัดผลได้จากขนาด (return to scale) TFP และ Technical efficiency (TE) ที่แตกต่างกันไป จากกรณีที่กำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตกับผลผลิตแบบเส้นตรง

Zhang et al. (2014) ประมาณการผลกระทบจากการบริโภคพลังงานในกรุงปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยการใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของเศรษฐกิจกรุงปักกิ่ง ตั้งแต่ปี 1987, 1990, 1992, 1995, 1997, 2000, 2002, 2005 และ 2007 ใน 30 สาขาการผลิต โดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เส้นตรง ในงานของ Fernau der-vazquez (2015) ประยุกต์ entropy econometrics ในการกำหนดความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศสเปนในช่วงปี 1995-2011 งานวิจัยได้เลือก generalized entropy econometrics (GME) เพื่อการประมาณการ  $\beta_{ij}$  ของ 10 สาขาการผลิตผลจากการใช้ GME เมื่อประมาณการ  $\beta_{ij}$  ซึ่งมีความใกล้เคียงกับ  $\beta_{ij}$  จริงมากมีความแตกต่างจากค่าจริงโดยเฉลี่ยร้อยละ 7.1 ในงานของ Klijs et al. (2015) ใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่ปรับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตให้มี

ความสัมพันธ์แบบที่ไม่ใช่ความสัมพันธ์แบบเส้นตรงใน Zeeland เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจจากภาคการท่องเที่ยวและสุขภาพ ทำการจำลองสถานการณ์ 8 รูปแบบ คือ รายได้จากการท่องเที่ยวของ Zeeland เพิ่มร้อยละ 10 พบว่าการใช้ NLIO สามารถประเมินผลกระทบได้ใกล้เคียงกับค่าจริง มีความผิดพลาดน้อยมาก ล่าสุด Sakurai et al. (2017) ประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจจากการท่องเที่ยวโดย Sightseeing Area ของ Kaykouken ประเทศญี่ปุ่น โดยการประเมินความสัมพันธ์แบบที่ไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิต

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะทำให้เห็นแนวทางในการประมาณการความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยการผลิตกับผลผลิตในหลายวิธีรวมถึงการนำเอาผลการประมาณการความสัมพันธ์มาเพื่อใช้ประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจนับว่าเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้อย่างมาก

### 3. วิธีการศึกษาและข้อมูล

การประมาณการความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิตตามสมการดังต่อไปนี้

$$x = A^*(x) x + f = L^*(x) f \quad (3.1)$$

การประมาณการค่า  $\alpha_{ij}$  และ  $\beta_{ij}$  จากอาศัยข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อมูลที่มีการรวบรวมแบบอนุกรมเวลา หรือ ภาคตัดขวาง) ที่มีจำนวนสาขาการผลิต n สาขาการผลิต ส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลผลิตชั้นกลางของสาขาการผลิต i สำหรับการผลผลิตในสาขา j ( $Z_{ij}$ ) กับผลผลิตในสาขาการผลิต j ( $x_j$ ) มีจำนวนสมการทั้งสิ้น  $n^2$  สมการ ดังนี้

$$z_{ijt}(x_{jt}) = \alpha_{ij} x_{jt}^{\beta_{ij}} ; t = 1, \dots, T \quad (3.2)$$

ในการประมาณการด้วย generalized entropy econometrics (GME) จะปรับสมการข้างต้นให้อยู่ในรูปของสมการเส้นตรงโดยอาศัยการปรับด้วย logarithmic ดังนี้

$$\ln(z_{ijt}) = \ln(\alpha_{ij}) + \beta_{ij} \ln(x_{jt}) + \varepsilon_{ijt} \quad (3.3)$$

จัดสมการใหม่จะได้

$$\ln(z_{ijt}) = \ln \left( \sum_{m=1}^M a_m p_{am} \right) + \sum_{m=1}^M b_m p_{bm} \ln(x_{jt}) + \sum_{j=1}^J v_j w_{tj} \quad (3.4)$$

โดยที่  $a_m$ ,  $b_m$  และ  $v_j$  เป็นค่าที่รวมอยู่ในเวกเตอร์  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  และ ความคลาดเคลื่อน ( $\varepsilon_t$ ) รวมถึงตอบสนองต่อค่าความน่าจะเป็นที่ไม่รู้ค่า  $p_{am}$  และ  $p_{tj}$

GME optimization จะเป็นการแก้ปัญหาต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Max}_{p_a, p_b, W} \text{Ent}(p_a, p_b, W) = & - \sum_{m=1}^M p_{am} \ln(p_{am}) \\ & - \sum_{m=1}^M p_{bm} \ln(p_{bm}) \\ & - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J w_{tj} \ln(w_{tj}) \end{aligned}$$

เงื่อนไข

$$\begin{aligned} \ln(z_{ijt}) = & \ln \left( \sum_{m=1}^M a_m p_{am} \right) + \sum_{m=1}^M b_m p_{bm} \ln(x_{jt}) \\ & + \sum_{j=1}^J v_j w_{tj} \\ \sum_{m=1}^M p_{am} = & \sum_{m=1}^M p_{bm} = 1 ; p_{am}, p_{bm} > 0 \\ \sum_{j=1}^J w_{tj} = & 1 ; w_{tj} > 0, \forall t = 1, \dots, T \end{aligned} \quad (3.5)$$

คำตอบจากการแก้ปัญหาข้างต้นจะนำมาใช้สำหรับการคำนวณค่าตัวประมาณการพารามิเตอร์ของ  $\alpha_{ij}$  และ  $\beta_{ij}$

หรือ  $\hat{\alpha}_{ij}$  และ  $\hat{\beta}_{ij}$  ดังนี้

$$\hat{\alpha}_{ij} = a'p_a = \sum_{m=1}^M a_m p_{am} ; i, j = 1, \dots, n \quad (3.6)$$

$$\hat{\beta}_{ij} = b'p_b = \sum_{m=1}^M b_m p_{bm} ; i, j = 1, \dots, n \quad (3.7)$$

ตัวประมาณการพารามิเตอร์ข้างต้นจะต้องมีค่าไม่ติดลบ (non-negative) หรือ

$$\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij} \geq 0 ; i, j = 1, \dots, n \quad (3.8)$$

ค่าของตัวประมาณการพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากการแก้ปัญหาข้างต้นจะนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของเทคโนโลยีที่ขึ้นกับขนาดของผลผลิต (scale-dependent input coefficients) ดังนี้

$$a_{ij}^*(x_j) = \frac{z_{ij}}{x_j} = \frac{\alpha_{ij} x_j^{\beta_{ij}}}{x_j} = \alpha_{ij} x_j^{(\beta_{ij} - 1)} \quad (3.9)$$

โดยที่ผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้ในแต่ละ column จะต้องไม่เกิน 1 ดังนี้

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}^*(x_j) = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j^{(\beta_{ij} - 1)} < 1 \quad (3.10)$$

ในด้านการคำนวณตัวประมาณการพารามิเตอร์นั้น จะอาศัยแนวทางของ Mohammad-Djafari (2001) และ Fernandez-Vazquez (2015) เป็นพื้นฐานในการประยุกต์กับงานวิจัยนี้ โดยขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัยนี้สรุปได้ดังภาพที่ 3.1

#### 4. ผลการศึกษา

การประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของสาขาการผลิตที่  $j$  (output:  $x_j$ ) กับการใช้สินค้าขั้นกลางจากสาขาการผลิตที่  $i$  (intermediate inputs:  $z_{ij}$ ) กับผลผลิตแบบไม่ใช้เส้นตรง (nonlinear) จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2518 ถึงปี 2553 ทั้งสิ้น 9 ตารางปัจจัยการผลิต (2518, 2523, 2528, 2533, 2538, 2541, 2543, 2548 และ 2553) จำนวนทั้งสิ้น 16 สาขาการผลิต คือ เกษตรกรรม (01) เหมืองแร่ (02) อุตสาหกรรมอาหาร (03) สิ่งทอ (04) ผลิตภัณฑ์ไม้ (05) กระดาษและสิ่งพิมพ์ (06) ยาง เคมี และปิโตรเลียม (07) อโลหะ (08) โลหะและเครื่องจักร (09) อุตสาหกรรมอื่นๆ (10) การใช้จ่ายสาธารณะ (11) ก่อสร้าง (12) การค้า (13) ขนส่งและโทรคมนาคม (14) บริการ (15) และ การผลิตอื่นๆ (16) มีผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการประมาณการพารามิเตอร์ตามความสัมพันธ์แบบไม่ใช้เส้นตรง และ ระดับการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.1 ผลการประมาณการพารามิเตอร์ตามความสัมพันธ์แบบไม่ใช้เส้นตรง

การประมาณการพารามิเตอร์จากความสัมพันธ์แบบไม่ใช้เส้นตรงระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิตตามสมการ (3.3) จาก generalized maximum entropy estimators (GME) ตามสมการ (3.5) ที่พัฒนาจากงานของ Mohadmmad-Djafari (2001) และ Fernandez-Vazquez (2015) ผลจากการแก้ปัญหาวิธี generalized maximum entropy estimators จะได้ค่าของตัวประมาณการพารามิเตอร์สมการ (3.6) และสมการ (3.7) ดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 ผลจากการประมาณการอธิบายได้ว่า ค่า  $\hat{\alpha}_{ij}$  มีค่ามากกว่าศูนย์ทุกตัวตามข้อสมมติ สำหรับค่า  $\hat{\beta}_{ij}$  ที่ประมาณการได้เป็นค่าที่แสดงถึงผลได้จากการใช้ปัจจัยการผลิต  $i$  สำหรับการผลิตผลผลิต  $j$  จากตารางที่ 4.2 เห็น

ตารางที่ 4.1  $\hat{\alpha}_{ij}$  จากวิธี GME

สาขาการผลิต	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3.1890	2.2785	1.3851	2.2829	2.2506	2.2728	2.2142	2.2877	2.1545	2.2611	2.3265	2.4317	2.2897	2.4010	2.1425	2.2578
2	3.1069	2.5012	2.8547	3.1180	3.1618	2.9038	1.8716	2.2531	2.6780	2.5974	1.7912	2.2787	1.4523	3.2523	3.2871	2.8135
3	1.4090	2.3602	0.3465	3.5199	3.9373	3.2700	2.7990	3.3757	3.8561	2.7875	2.3602	2.9903	3.0439	2.8997	14.2342	2.5471
4	3.0804	2.7662	2.2538	2.5876	2.8310	2.8081	2.3081	2.6244	1.8397	2.4429	2.7739	1.9031	1.5886	0.1581	1.5613	2.5497
5	0.9753	1.8309	1.6422	1.8396	0.2694	1.9811	1.2299	1.3966	0.1828	1.1350	2.2596	1.3255	0.9383	1.1347	0.9166	1.3995
6	2.3561	2.6163	1.6216	1.8815	2.1207	0.9702	1.7747	2.0395	1.5166	1.8188	2.3164	2.4821	1.5823	1.8663	0.2906	1.9831
7	2.3472	2.7096	2.7519	2.3658	3.0673	3.1193	1.6897	2.8255	2.1624	2.6399	2.5511	2.8722	2.6637	1.7900	2.4473	3.0379
8	2.5277	3.0774	1.8933	2.9007	2.4834	2.9601	2.4645	1.4571	1.5391	2.2423	2.9385	0.4410	2.4471	2.9859	2.3147	2.2650
9	2.8463	2.9852	2.8633	3.0769	3.1627	3.2062	2.9782	3.0949	1.1183	2.9739	3.0412	2.7390	2.9477	2.4899	2.7337	2.9434
10	3.1839	3.1350	3.0809	2.4681	2.9822	3.2774	2.8972	3.1424	2.7051	1.9665	3.1288	3.0847	2.5582	2.9458	2.4920	2.7530
11	2.9019	2.9019	2.2581	2.0430	2.7394	2.7939	2.0141	2.3066	1.8673	2.6288	1.4549	2.8075	2.0361	2.3972	1.6359	3.0013
12	2.4577	2.6744	2.4756	2.5071	2.7825	2.6784	2.3324	2.4602	2.0500	2.5444	2.3729	2.5396	2.3050	2.4702	1.8168	2.7223
13	1.9547	3.0158	3.0443	1.9719	2.4349	2.4185	1.6367	2.7303	0.4140	1.6865	2.8395	2.1428	2.6304	2.1833	1.5538	2.6504
14	2.5094	2.7662	2.2538	2.5876	2.8310	2.8081	2.3081	2.6244	1.8397	2.4429	2.7739	1.9031	1.5886	0.1581	1.5613	2.5497
15	2.3010	2.1200	2.0306	2.2051	2.7887	2.7552	2.1010	2.4963	1.5854	2.2959	2.1275	2.3539	0.6213	1.3524	0.4758	2.6729
16	0.8277	1.3787	0.5431	0.6351	1.3011	1.2154	0.9785	1.0706	0.4859	0.9621	0.7483	1.1485	0.6406	0.4116	0.4539	1.1127

ตารางที่ 4.2  $\hat{\beta}_{ij}$  จากวิธี GME

สาขาการผลิต	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.5882	0.6427	0.9844	0.6385	0.6603	0.6456	0.6775	0.6383	0.7056	0.6523	0.6163	0.5575	0.6375	0.5773	0.7189	0.6546
2	0.6089	0.5412	0.2948	0.6221	0.6674	0.3515	0.8614	0.7092	0.4024	0.4625	0.9323	0.7014	1.0363	0.8209	0.8829	0.2627
3	0.9580	1.0530	1.0428	1.1176	1.0316	0.7301	0.2998	0.8843	0.8220	0.3099	0.7050	0.4086	0.4532	0.3071	0.9996	0.4922
4	0.5074	0.3252	0.6753	0.4670	0.2666	0.2885	0.6420	0.4392	0.8474	0.5628	0.3181	0.8342	0.9242	1.1245	0.9310	0.4921
5	1.0142	0.7673	0.8498	0.7781	1.1843	0.7073	0.9657	0.9201	1.1191	0.9930	0.5418	0.9686	1.0310	0.9765	1.0282	0.9127
6	0.5733	0.3775	0.9200	0.8243	0.7116	1.0635	0.8661	0.7540	0.9483	0.8484	0.5995	0.4859	0.9337	0.8304	1.1539	0.7791
7	0.6444	0.3953	0.3606	0.6279	0.4734	0.5358	0.9127	0.2967	0.7448	0.4503	0.5179	0.2639	0.4329	0.8981	0.5872	0.4373
8	0.4639	0.6075	0.8239	0.4143	0.4963	0.4628	0.5128	0.9703	0.9440	0.6584	0.4356	1.1554	0.5260	0.4926	0.6130	0.6431
9	0.2848	0.3756	0.2666	0.4814	0.5901	0.6489	0.3684	0.5025	1.0294	0.3645	0.4395	0.3818	0.3355	0.5818	0.3856	0.3305
10	0.6647	0.5993	0.5292	0.5577	0.4129	0.8008	0.3208	0.6092	0.3763	0.8247	0.5911	0.5344	0.4945	0.3717	0.5415	0.3348
11	0.3228	0.3232	0.6853	0.7918	0.3474	0.2996	0.8033	0.6568	0.8610	0.4401	0.9871	0.2834	0.7923	0.6019	0.9388	0.4306
12	0.4997	0.3384	0.4885	0.4640	0.2766	0.3312	0.5747	0.4924	0.7172	0.4351	0.5499	0.4411	0.5947	0.4914	0.8178	0.2985
13	0.7982	0.4227	1.0344	0.7927	0.5652	0.5763	0.8975	0.3607	1.1450	0.8822	0.2670	0.7297	0.4396	0.7016	0.9259	0.4219
14	0.5218	0.3252	0.6753	0.4670	0.2666	0.2885	0.6420	0.4392	0.8474	0.5628	0.3181	0.8342	0.9242	1.1245	0.9310	0.4921
15	0.6341	0.7161	0.7569	0.6808	0.3065	0.3339	0.7274	0.5198	0.8979	0.6347	0.7131	0.6065	1.0696	0.9510	1.1903	0.4010
16	1.0570	0.9147	1.1044	1.0899	0.9394	0.9650	1.0255	1.0035	1.1124	1.0286	1.0708	0.9838	1.1741	1.1203	1.1170	0.9929

ได้ว่า ค่า  $\hat{\beta}_{ij}$  ที่ประมาณการได้ส่วนมากจะมีค่าต่ำกว่า 1 กล่าวคือ ในภาพรวมของการผลิตผลผลิตมีรูปแบบการผลิตที่มีผลได้ต่อขนาดที่เพิ่มขึ้น (increasing returns to scale) เป็นส่วนใหญ่ ในจำนวนนี้มี 5 สาขาการผลิต ที่มีคุณสมบัติผลได้ต่อขนาดที่เพิ่มขึ้นในทุกปัจจัยการผลิต คือ เกษตรกรรม (01) อุตสาหกรรมยาง เคมี และ ปิโตรเลียม (07) อุตสาหกรรมอื่นๆ (10) การใช้จ่ายสาธารณะ (11) และ การก่อสร้าง (12) ในทางตรงข้าม สาขาการผลิตที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตแล้วมีผลได้ต่อขนาดลดลง (decreasing returns to scale) ที่มีค่าของ  $\hat{\beta}_{ij}$  มากกว่า 1 นั้น ในแต่ละสาขาการผลิตจะมีเพียงการใช้ปัจจัยการผลิตจากเพียง 1 หรือ 2 สาขาการผลิตที่มีผลได้ต่อขนาดลดลง

จะมี 3 สาขาการผลิตที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตที่เป็นผลได้ต่อขนาดลดลงมากกว่า 3 ปัจจัยการผลิต คือ สาขาการผลิตอื่นๆ (16) ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตจาก 11 สาขาที่มีผลได้ต่อขนาดลดลง สาขาผลิตภัณฑ์ไม้ (05) ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตจาก 5 สาขาที่มีผลได้ต่อขนาดลดลง และ สาขาอุตสาหกรรมอาหาร (03) ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตจาก 4 สาขาที่มีผลได้ต่อขนาดลดลง จากผลการประมาณการข้างต้น กล่าวได้ว่า ในภาพรวมการผลิตส่วนใหญ่มีลักษณะของการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีผลได้ต่อขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีความแตกต่างจากการที่กำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปัจจัยการผลิตเป็นแบบเส้นตรง

#### 4.2 ระดับการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิต





ในส่วนนี้จะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์เทคโนโลยีที่คำนวณได้จากการประมาณการด้วยวิธี generalized maximum entropy มาใช้ในการคำนวณความเชื่อมโยงไปด้านหน้า (FL) และ ความเชื่อมโยงไปด้านหลัง (BL) ตามสมการ (2.4) และ สมการ (2.5) ผลการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 พบว่า ในภาพรวมแล้ว สาขาการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสาขาการผลิตน้อย ส่วนมากจะมีลักษณะของสาขาการผลิตที่คงเดิมตั้งแต่ปี 2518 โดยสามารถสรุปเป็นตารางที่ 4.4 ซึ่งจะพบว่า สาขาผลิตภัณฑ์ไม้ และ สาขาการขนส่งและโทรคมนาคม เป็นสาขาการผลิตที่สำคัญ กล่าวคือ สาขาการผลิตทั้งสองสาขานี้มีความเชื่อมโยงไปด้านหน้าและความเชื่อมโยงไปด้านหลังมากกว่าหนึ่งทั้งสองกรณี ในขณะที่สาขาอุตสาหกรรมอาหารและสาขาการผลิตอื่นๆ เป็นสาขาการผลิตที่มีการเชื่อมโยงไปด้านหน้าสูง หรือเป็นสาขาการผลิตต้นน้ำ และ ในส่วนของสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ สาขา

โลหะและเครื่องจักร และ สาขาการค้าส่งและค้าปลีก เป็นสาขาการผลิตที่มีการเชื่อมโยงไปด้านหลังสูง หรือเป็นสาขาการผลิตที่เป็นสาขาการผลิตปลายน้ำ ในส่วนของสาขาการผลิตเกษตรกรรม เหมือนแร่ กระดาษและสิ่งพิมพ์ ยาง เคมี และปิโตรเลียม อโลหะ อุตสาหกรรมอื่นๆ การใช้จ่ายสาธารณะ ก่อสร้าง และ ขนส่งและโทรคมนาคม เป็นสาขาการผลิตกลางน้ำ สรุปได้ว่า สาขาการผลิตในประเทศไทยมีความเชื่อมโยงระหว่างกันไม่มากนัก มีน้อยสาขาการผลิตที่จะมีบทบาทด้านการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตที่สูง สาขาการผลิตส่วนมากเป็นสาขาการผลิตกลางน้ำและสาขาการผลิตปลายน้ำ

ตารางที่ 4.3 การเชื่อมโยงไปด้านหน้าและการเชื่อมโยงไปด้านหลังจากการประมาณการความสัมพันธ์แบบไม่ใช้เส้นตรงระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิต

2518				2523				2528			
สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง
1	0.87	0.93	1	0.89	0.93	1	0.86	0.94			
2	0.93	0.92	2	0.91	0.91	2	0.95	0.91			
3	1.36	FL	3	1.30	FL	3	1.25	FL	3	1.00	BL
4	0.89	1.18	4	0.88	1.14	4	0.87	1.16	4	0.87	BL
5	1.10	FL	5	1.06	FL	5	1.05	FL	5	1.00	BL
6	1.02	FL	6	0.98	0.91	6	0.97	0.92			
7	0.87	0.92	7	0.87	0.90	7	0.85	0.93			
8	0.97	0.91	8	0.95	0.90	8	0.93	0.91			
9	0.89	1.06	9	0.88	1.02	9	0.87	1.05	9	0.87	BL
10	0.87	0.91	10	0.86	0.90	10	0.85	0.92			
11	0.90	0.93	11	0.89	0.92	11	0.87	0.95			
12	0.86	0.98	12	0.86	0.96	12	0.85	0.97			
13	0.99	1.14	13	0.97	1.10	13	0.95	1.17	13	0.95	BL
14	0.89	0.97	14	0.88	0.95	14	0.86	0.97			
15	1.03	FL	15	1.01	FL	15	0.99	1.28	15	0.99	BL
16	1.58	FL	16	1.46	FL	16	2.05	FL	16	2.05	FL
2533				2538				2541			
สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง
1	0.90	0.94	1	0.91	0.94	1	0.97	0.97			
2	0.99	0.94	2	1.00	FL	2	0.91	0.89			
3	1.28	FL	3	1.26	FL	3	1.17	FL	3	0.93	0.93
4	0.91	1.15	4	0.92	1.14	4	0.87	1.07	4	0.87	BL
5	1.07	FL	5	1.06	FL	5	1.01	FL	5	1.01	FL
6	1.01	FL	6	1.00	FL	6	0.94	0.89			
7	0.90	0.93	7	0.91	0.94	7	0.86	0.88			
8	0.97	0.92	8	0.97	0.93	8	0.93	0.88			
9	0.94	1.06	9	0.92	1.03	9	0.87	0.97			
10	0.90	0.93	10	0.91	0.93	10	0.86	0.88			
11	0.91	0.95	11	0.92	0.95	11	0.87	0.90			
12	0.90	0.98	12	0.90	0.98	12	0.86	0.93			
13	0.99	1.13	13	0.98	1.13	13	0.93	1.05	13	0.93	BL
14	0.91	0.98	14	0.92	0.98	14	0.87	0.92			
15	1.04	FL	15	1.04	FL	15	0.98	1.15	15	0.98	BL
16	1.38	FL	16	1.37	FL	16	1.26	FL	16	1.26	FL
2543				2548				2553			
สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง
1	0.92	0.95	1	0.93	0.95	1	0.93	0.95			
2	0.95	0.95	2	0.95	0.95	2	0.95	0.96			
3	1.24	FL	3	1.23	FL	3	1.21	FL	3	1.21	FL
4	0.93	1.13	4	0.94	1.13	4	0.94	1.12	4	0.94	BL
5	1.08	FL	5	1.06	FL	5	1.07	FL	5	1.07	FL
6	1.00	FL	6	1.00	FL	6	1.01	FL	6	1.01	FL
7	0.92	0.94	7	0.92	0.94	7	0.93	0.94			
8	0.99	0.94	8	0.99	0.94	8	0.99	0.94			
9	0.93	1.02	9	0.93	1.02	9	0.93	1.02	9	0.93	BL
10	0.92	0.94	10	0.92	0.94	10	0.93	0.95			
11	0.93	0.95	11	0.93	0.95	11	0.93	0.95			
12	0.92	0.99	12	0.92	0.99	12	0.92	0.99			
13	0.99	1.10	13	0.99	1.10	13	0.99	1.09	13	0.99	BL
14	0.93	0.98	14	0.93	0.98	14	0.94	0.98			
15	1.05	FL	15	1.05	FL	15	1.05	FL	15	1.05	FL
16	1.31	FL	16	1.32	FL	16	1.29	FL	16	1.29	FL

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้าและดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลังจากการประมาณการความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิต (2518-2553)

	สาขาการผลิต	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหน้า	ดัชนีการเชื่อมโยงไปด้านหลัง		
001	เกษตรกรรม	0.91	0.94		
002	เหมืองแร่	0.95	0.93		
003	อุตสาหกรรมอาหาร	1.25	FL	0.98	
004	อุตสาหกรรมสิ่งทอ	0.91		1.13	BL
005	ผลิตภัณฑ์ไม้	1.06	FL	1.01	BL
006	อุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งพิมพ์	0.99		0.93	
007	อุตสาหกรรมยาง เคมี และ ปิโตรเลียม	0.89		0.93	
008	อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ	0.96		0.92	
009	อุตสาหกรรมโลหะและเครื่องจักร	0.91		1.03	BL
010	อุตสาหกรรมอื่นๆ	0.89		0.92	
011	การใช้จ่ายสาธารณะ	0.90		0.94	
012	การก่อสร้าง	0.89		0.97	
013	การค้าปลีกและค้าส่ง	0.97		1.11	BL
014	การขนส่งและโทรคมนาคม	0.90		0.97	
015	การบริการ	1.03	FL	1.24	BL
016	อื่นๆ	1.45	FL	0.91	

## 5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความวิจัยนี้ได้ทำการประเมินระดับการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตจากประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิตในรูปแบบของความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของการกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตเป็นแบบผลได้คงที่จากการรวบรวมตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทยจำนวน 16 สาขาการผลิตตั้งแต่ปี 2518 ถึงปี 2553 จำนวน 9 ตารางปัจจัยการผลิตทำการประมาณการพารามิเตอร์ด้วยวิธีทางเศรษฐมิติสำหรับกรณีที่มีข้อมูลน้อย หรือ เศรษฐมิติแบบ entropy ผลการศึกษา ระบุว่าการผลิตผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ ของไทยส่วนมากมีการผลิตแบบผลได้ต่อขนาดที่เพิ่มขึ้น (increasing returns to scale) มีส่วนน้อยที่มีการผลิตแบบผลได้ต่อขนาดลดลง และเมื่อนำไปใช้เพื่อการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตด้วยการเชื่อมโยงไปด้านหน้าและการเชื่อมโยงไปด้านหลัง สาขาการผลิตในประเทศไทยมีความเชื่อมโยงระหว่างกันไม่มากนัก มีสาขาการผลิตเพียงไม่กี่สาขาการผลิตที่จะมีบทบาทด้านการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตที่สูง มีลักษณะของสาขาการคงเดิมตั้งแต่ปี 2518 และสาขาการผลิตส่วนมากเป็นสาขาการผลิตกลางน้ำและสาขาการผลิตปลาย

น้ำ ผลการศึกษาในส่วนนี้แตกต่างจากงานในอดีต เช่น Thanasritunyakul (2014) ที่ใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบเส้นตรงสรุปว่า มีการลดลงของการเชื่อมโยงเชื่อมโยงไปด้านหลัง บทสรุปของบทความวิจัยนี้ คือ การผลิตของไทยส่วนมากเป็นการผลิตที่มีผลได้ต่อขนาดเพิ่มขึ้น และ ส่วนมากเป็นสาขาการผลิตกลางน้ำและปลายน้ำที่มีลักษณะของการเชื่อมโยงคงเดิมสำหรับข้อเสนอแนะเชิงนโยบายนั้น จากผลการศึกษาที่ระบุว่าสาขาการผลิตส่วนมากมีผลได้ต่อขนาดเพิ่มขึ้นจึงทำให้การสนับสนุนให้มีการใช้ปัจจัยการผลิตภายในประเทศเพิ่มขึ้นจะทำให้เศรษฐกิจขยายตัวอย่างรวดเร็ว รวมทั้งควรมีมาตรการในการส่งเสริมการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตในประเทศให้มีความเข้มแข็งมากขึ้น เช่น การส่งเสริมให้มีการใช้ปัจจัยการผลิตที่สามารถผลิตขึ้นเองได้ในประเทศให้มากขึ้น ส่งให้ประเทศมีการขยายตัวอย่างทางเศรษฐกิจต่อไป

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เรียบเรียงจากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบไม่ใช่เส้นตรงของเศรษฐกิจไทย (A Development of Nonlinear Input-Output



Model for Thai Economy) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยภาควิชา  
เศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
ปีงบประมาณ 2561

## 7. References

- Chaivichayachat, B. (2017). Inter-industry Linkage of Tourism Related Sectors in Thailand: Past, Present and Future. *Information*, 20(A), 7191-7198.
- Chaivichayachat, B. (2018). *A Development of Nonlinear Input-Output Model for Thai Economy*. Working Paper No.2, Department of Economics: Kasetsart University.
- Chander, P. (1983). The Nonlinear Input-Output Model. *Journal of Economic Theory*, 30, 219-229.
- Fernandez-Vazquez, E. (2015). Empirical Estimation of Non-Linear Input-Output Models: An Entropy Econometrics Approach. *Economic Systems Research*, 27(4), 508-524.
- Klijs, J., Peerlings, J., & Heijman, W.J.M. (2015). Usefulness of Non-linear Input-Output Models for Economic Impact Analyses in Tourism and Recreation. *Tourism Economics*, 21(5), 931-956.
- Mohammad-Djafari, A. (2017). *A Matlab Program to Calculate the Maximum Entropy Distribution*. Laboratoire des Signaux Systemes: France.
- Michaelides, P.G., Belegri-Roboli, A., & Markaki, M. (2012). *A Non-linear Leontief-type Input-Output Model*. MPRA Paper 74447, University of Munich, Germany.
- Rhodes, C. & Morari, M. (1998). Determining the Model Order of Nonlinear Input/Output Systems. *AIChE Journal*, 44(1), 151-163.
- Thanasritunyakul, A. (2014). Backward Linkages in Industry Sector: Measure and Implication for Development Policy. *Thammasat Economic Journal*, 32(1), 1-33.
- West, G., & Gamage, A. (2012). Macro Effects of Tourism in Victoria, Australia: A Nonlinear Input-Output Approach. *Journal of Travel Research*, 12, 101-109.
- Xiang, C. (2005). *Existence of Global Input-Output Model for Nonlinear Systems*. In 2005 International Conference on Control and Automation (125-130). Budapest, Hungary.