

การศึกษาเชิงประจักษ์ของผลกระทบจากการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศใน
ภาคอุตสาหกรรมกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย
**The Empirical Study on the Impact of FDI in the manufacturing sector
on CO2 emission in Thailand**

ศศิเพ็ญ ภูพานิช

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)

Sasipen Bhuvapanich

Kasetsart University (Bangkhen)

E-mail: fecospb@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในภัยคุกคามสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แม้ว่าการไหลเข้าของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ จะทำให้ภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศไทยขยายตัว แต่การศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศต่อสิ่งแวดล้อมยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรม ร่วมกับปัจจัยที่สืบเนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจ ได้แก่ การสะสมทุนภายในประเทศ ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศต่อหัว โครงสร้างเศรษฐกิจภาคเกษตร และการค้า โดยใช้แบบจำลอง ARDL ศึกษาข้อมูลอนุกรมเวลาในช่วงปี ค.ศ. 1983 ถึง ค.ศ. 2000 ผลการศึกษาบ่งชี้ว่า (1) การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สอดคล้องกับสมมติฐาน **Pollution halo** (2) การเพิ่มขึ้นของการค้าและการสะสมทุนส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม (3) สัดส่วนภาคเกษตรมีผลในทางตรงกันข้ามกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาไม่พบว่าการเติบโตของเศรษฐกิจมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คำสำคัญ: การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ; การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์; แบบจำลอง ARDL

Abstracts

Climate change is one of the most serious threats to human lives. Although foreign direct investment inflows have contributed to industry and economic expansion in Thailand, the studies on the environmental impact of foreign direct investment have not reached consensus. This paper aims to investigate the relationship between CO₂ emission and FDI in the manufacturing sector in Thailand, together with other factors relating to economic growth, namely, capital accumulation, GDP per capita, economic structure of agriculture, and trade openness. In this study, the Autoregressive Distributed Lag model is used on time series data covering the period of 1983-2020. The empirical results suggest that (i) foreign direct investment in the manufacturing sector contributes to CO₂ emission reductions in Thailand, supporting the pollution halo hypothesis; (ii) trade openness and capital accumulation impedes environmental quality; (iii) agriculture shares has a negative effect on CO₂ emissions. However, our study does not find significant impact of growth on CO₂ emissions. The results of the study also provide policymakers with some policy recommendations.

Keywords: Foreign direct investment; Carbon emissions; Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL)

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อนเป็นวิกฤติด้านสิ่งแวดล้อม ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชากรทั่วโลก มีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC) ยืนยันว่ามีกิจกรรมของมนุษย์เป็นต้นเหตุ โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การใช้พลังงาน และการเผาไหม้จากเชื้อเพลิง ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของไทย อย่างไรก็ตาม การขยายตัวอย่างรวดเร็วของภาคอุตสาหกรรมก็ทำให้การใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยหรือรายงานแห่งชาติฉบับที่ 4 ระบุว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจาก 245,899.56 GgCO₂eq (พหุคูณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) เป็น 372,648.77 GgCO₂eq ระหว่างปี ค.ศ. 2000-2018 หากจำแนกตามแหล่งที่มา การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมอยู่ในอันดับที่ 3 ของประเทศ โดยในปี ค.ศ. 2018 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 40,118.18 GgCO₂eq เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 2000 ร้อยละ 88.57 คิดเป็นร้อยละ 10.8 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ

เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ การขยายตัวทางเศรษฐกิจและการค้าส่งผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากร และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การศึกษาความสัมพันธ์ของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ ปัจจัยทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง กับคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในประเทศ จึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเชิงประจักษ์ที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets โดยใช้ข้อมูลในระดับกลุ่มประเทศและรายประเทศ นอกจากนี้ผลการศึกษาในอดีตเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ผลที่ขัดแย้งกัน อีกทั้งงานที่ศึกษาผลกระทบของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในระดับเขตต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีจำนวนไม่มาก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมร่วมกับปัจจัยที่สืบเนื่องมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจอื่นๆ ว่ามีผลกระทบต่อปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทยอย่างไร ซึ่งผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและกำหนดนโยบายทางเศรษฐกิจที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรม ร่วมกับปัจจัยที่สืบเนื่องกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ ได้แก่ การสะสมทุนภายในประเทศ ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศต่อหัว โครงสร้างเศรษฐกิจภาคเกษตร และการค้า โดยใช้แบบจำลอง ARDL (Autoregressive Distributed Lag)

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป การศึกษาใช้แบบจำลองที่ใช้กระบวนการ ARDL และการประมาณค่า ECM เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศและตัวแปรอื่นๆ กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย

1. ข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) แบบอนุกรมเวลา (Time Series data) เป็นข้อมูลแบบรายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 ถึงปี ค.ศ. 2020 มีจำนวนข้อมูลตัวอย่าง 228 ตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูล

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย	แหล่งข้อมูล
CO2	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	เมตริกตันต่อหัว	Global Carbon Atlas
FDI_M	เงินลงทุนทางตรงจากต่างประเทศ ไหลเข้าสู่สิทธิในภาคอุตสาหกรรม การผลิตไทย	ล้านดอลลาร์ สหรัฐ	ฐานข้อมูลธนาคารแห่งประเทศไทย
K	มูลค่าเงินลงทุนภายในประเทศ (การสะสมทุนถาวร)	ล้านบาท	ฐานข้อมูลธนาคารโลก
GDP	ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ต่อหัว	Constant LCU	ฐานข้อมูลธนาคารโลก
AGRI	สัดส่วนของภาคเกษตรใน ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ	ร้อยละ	ฐานข้อมูลธนาคารโลก
TO	การค้า (สัดส่วนของการนำเข้าและ ส่งออก ต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม ภายในประเทศ)	ร้อยละ	ฐานข้อมูลธนาคารโลก

ที่มา: นำเสนอโดยผู้วิจัย

2. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้จะใช้แบบจำลองที่คล้ายคลึงกับงานศึกษาก่อนหน้าของ Yanchun (2010) และ Fauzel (2017) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์แบบจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามารถแสดงสมการในรูปแบบอย่างง่ายดังนี้

$$CO_2 = f(FDI_M, K, GDP, AGRI, TO)$$

จากสมการดังกล่าว สามารถกำหนดให้อยู่ในรูป **log-linear** เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายผล เนื่องจากจะทราบค่าความยืดหยุ่นโดยตรงจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln FDI_M_t + \beta_2 \ln K_t + \beta_3 \ln GDP_t + \beta_4 AGRI_t + \beta_5 \ln TO_t + \mu_t$$

โดยที่ μ ในสมการคือ ค่าความคลาดเคลื่อน และค่า β แสดงถึงร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงไป จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละเท่าใด

แนวคิดเชิงทฤษฎีของ ARDL-ECM Bounds Test ซึ่งใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พัฒนาโดย Pesaran and Pesaran (1997) และ Pesaran et al. (2001) ซึ่งมีข้อดี คือ สามารถประยุกต์ใช้ในการศึกษาที่มีกลุ่มตัวอย่างจำนวนไม่มาก สามารถใช้ตัวแปรไม่จำกัดถ้าตัวแปรดังกล่าวมีลักษณะ $I(0)$ หรือ $I(1)$ และขจัดปัญหา serial correlation และปัญหา endogeneity เมื่อประมาณการในระยะสั้นและระยะยาวพร้อมกัน โดยในการวิเคราะห์ว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวหรือไม่ ทำได้โดยการทดสอบ Bounds F-Test สามารถเขียนความสัมพันธ์ของแบบจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\Delta \ln CO_{2t} = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta \ln K_{t-i} + \sum_{i=1}^n \eta_i \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta AGRI_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^n \sigma_i \Delta \ln TO_{t-i} + \lambda_1 \ln CO_{2t-1} + \lambda_2 \ln K_{t-1} + \lambda_3 \ln GDP_{t-1} + \lambda_4 AGRI_{t-1} \\ & + \lambda_5 \ln TO_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}$$

โดยที่ $\alpha, \beta, \eta, \gamma, \sigma$ คือ พารามิเตอร์ของตัวแปรในระยะสั้น

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ คือ พารามิเตอร์ของตัวแปรในระยะยาว

ε_t คือ เงื่อนไขข้อผิดพลาดแบบสุ่ม

สมมติฐานในการทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว คือ $H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$ ไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาว (no cointegration) และ H_1 : ปฏิเสธ H_0 เมื่อตรวจสอบว่ามีหรือไม่มี cointegration แล้ว ต่อไปจึงเป็นการสร้างแบบจำลองการปรับตัวในระยะสั้น Error Correction Model (ECM) ซึ่งรูปแบบคล้ายกับสมการก่อนหน้า โดยเพิ่มผลกระทบที่เกิดจากความคลาดเคลื่อน (Error Correction Term: ECT) ของการปรับตัวของตัวแปรต่างๆ ในระยะยาว และค่าสัมประสิทธิ์ ϕ แสดงความเร็วของการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว

$$\begin{aligned}\Delta \ln CO_{2t} = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta \ln K_{t-i} + \sum_{i=1}^n \eta_i \Delta \ln GDP_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta AGRI_{t-i} + \sum_{i=1}^n \sigma_i \Delta \ln TO_{t-i} + \phi ECT_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}$$

3. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาวเคราะห์ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: ตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรทุกตัวว่ามีลักษณะนิ่งหรือไม่ โดยการทดสอบยูนิตรูท (Unit root) ด้วยวิธี ADF (Augmented Dickey Fuller)

ขั้นที่ 2: ทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว ด้วยวิธี ARDL Bounds test ว่าในระยะยาวความสัมพันธ์ของตัวแปรมีดุลยภาพหรือไม่

ขั้นที่ 3: ทดสอบการปรับตัวในระยะสั้น (Error Correction Model) เพื่อเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาว

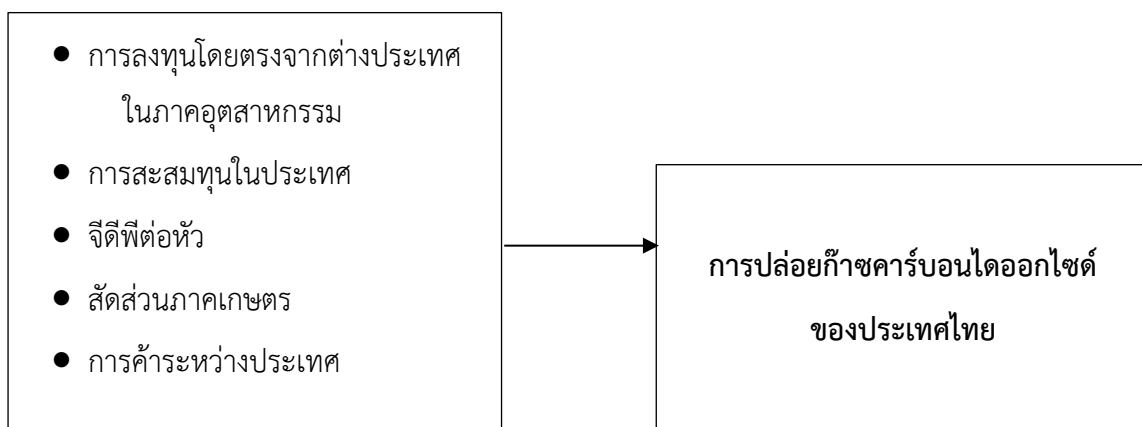
ขั้นที่ 4: ตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic test) ของแบบจำลอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนโดยตรงระหว่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมของไทยและปัจจัยอื่นๆ กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศ สามารถสร้างกรอบแนวคิดได้ ดังในรูปที่ 1 ทั้งนี้ ดังที่กล่าวข้างต้น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ จะทำโดยวิธีการ ARDL ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระยะสั้น ความสัมพันธ์ระยะยาว รวมถึงการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวของตัวแปร

ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรตาม



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล

ตัวแปรทุกตัวในแบบจำลองจะถูกทดสอบด้วยวิธี ADF (Augmented Dickey Fuller) โดยผลการทดสอบ Unit Root แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ unit root

ตัวแปร	แบบจำลองที่มีจุดตัวแกนแต่ปราศจากแนวโน้ม (Intercept)		แบบจำลองที่มีจุดตัวแกนและแนวโน้ม (Intercept and Trend)	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
lnCO2	-3.615**	-3.126**	-0.645	-4.035**
lnFDI_M	-2.933*	-5.749***	-1.572	-6.378***
lnK	-2.435	-3.327**	-2.879	-3.354*
lnGDP	-2.133	-2.946**	-1.494	-3.421*
AGRI	-2.299	-6.911***	-1.865	-7.182***
lnTO	-2.566	-4.957***	0.091	-5.548***

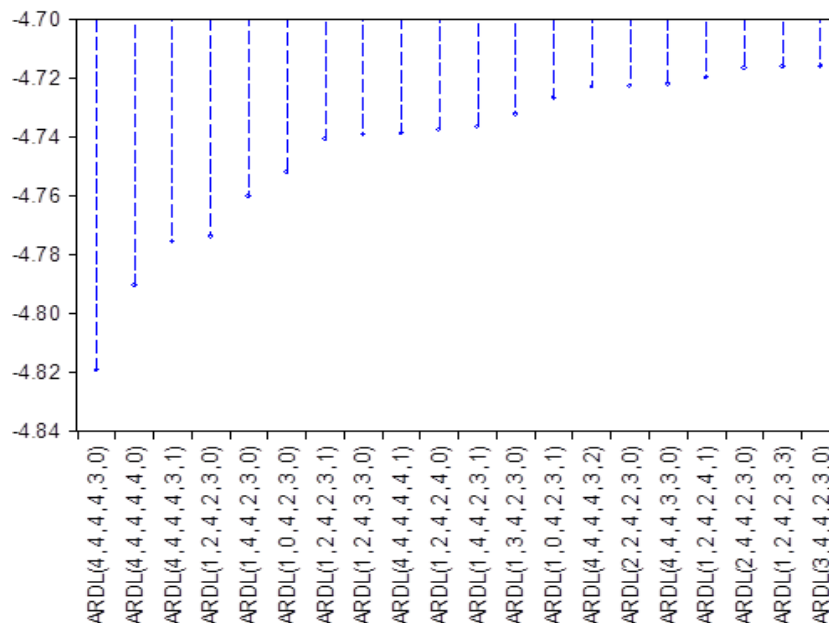
ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ***, **, * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% , 5% , 10% ตามลำดับ

ผลการทดสอบความคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในแบบจำลอง พบว่าตัวแปรทั้งหมดมีคุณสมบัติคงที่ที่ $I(0)$ หรือ $I(1)$ ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ร้อยละ 5 ผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวมีลักษณะนิ่ง หรือไม่มี Unit Root ดังนั้น จึงสามารถนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทุกตัวมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวต่อไป

2. ผลของแบบจำลอง ARDL

ในการคำนวณเพื่อเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม เลือกความล่าช้า (lag) ที่เหมาะสมของตัวแปรในแบบจำลอง โดยดูจากค่าความล่าช้าที่ทำให้ Akaike Information Criterion (AIC) มีค่าต่ำที่สุด จากรูปที่ 2 พบว่าแบบจำลอง ARDL(4,4,4,3,0) เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมมากที่สุด



รูปที่ 2 แบบจำลอง ARDL(4,4,4,4,3,0) ที่เลือกโดยใช้เกณฑ์ AIC

จากผลการคำนวณในตารางที่ 3 อาจกล่าวได้ว่า ในระยะสั้น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปีก่อนหน้ามีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปีถัดไป การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงร้อยละ 0.03 ในอีกสองปีถัดมา ขณะที่การสะสมทุนในประเทศที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับบวกร้อยละ 0.26 ในปีนั้น ลบร้อยละ 0.25 ในปีถัดมา และบวกร้อยละ 0.49 ในปีที่สอง การค้าที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.36 ในปีที่สอง สัดส่วนภาคเกษตรส่งผลเป็นลบและเป็นบวกในปีนั้นและหนึ่งปีให้หลัง ตามลำดับ

ผลของ **Bounds Test** ที่แสดงในตารางที่ 3 ค่า **F-statistics** มีค่าเท่ากับ 5.174 ซึ่งสูงกว่าค่าวิกฤตขอบเขตบน (**Upper Critical Bound**) หรือ **I(1) Bound** ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 1 จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระในสมการมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวต่อกัน นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์การกระจายของตัวคลาดเคลื่อน (**analysis of residuals**) ของสมการการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ **ARDL(4,4,4,4,3,0)** ไม่พบปัญหาการกระจายตัวที่ไม่ปกติ (**no problem of non-normal distribution**) ปัญหาความสัมพันธ์ในตัว (**no problem of serial correlation**) และปัญหาค่าความแปรปรวนไม่คงที่ (**no problem of heteroskedasticity**)

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณของแบบจำลอง ARDL(4,4,4,3,0)

Variable	Coefficient	t-Statistic
LNCO2(-1)	0.828***	4.533
LNCO2(-2)	0.052	0.210
LNCO2(-3)	-0.105	-0.517
LNCO2(-4)	-0.262	-1.595
LNFDI M	-0.011	-1.024
LNFDI M(-1)	-0.005	-0.611
LNFDI M(-2)	-0.034**	-2.603
LNFDI M(-3)	-0.012	-1.005
LNFDI M(-4)	-0.025	-2.129
LNK	0.263***	3.516
LNK(-1)	-0.251**	-2.552
LNK(-2)	0.072	0.593
LNK(-3)	-0.112	-1.140
LNK(-4)	0.194**	2.844
LNT0	0.087	0.963
LNT0(-1)	0.041	0.448
LNT0(-2)	0.361***	3.139
LNT0(-3)	0.078	0.751
LNT0(-4)	0.117	1.450
AGRI	-0.010**	-2.322
AGRI(-1)	0.011**	2.412
AGRI(-2)	-0.001	-0.398
AGRI(-3)	-0.007*	-1.780
LNGDP	0.054	0.422
C	-4.981**	-2.542
R-squared = 0.999466	Mean dependent var	0.903934
Adjusted R-squared = 0.998480	S.D. dependent var	0.493732
S.E. of regression = 0.019251	Akaike info criterion	-4.819339
Sum squared resid = 0.004818		
F-bounds test	Significance	I(0) Bound
5.174	10%	2.26
	5%	2.62
	2.5%	2.96
	1%	3.41
Diagnostic Test	p-value	
Serial Correlation LM Test:	F-statistics 0.482	0.216
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	F-statistics 0.468	0.821
Jarque-Bera normal distribution test	Jarque-Bera stat.	0.550
	1.197	

ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ***, **, * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% , 5% , 10% ตามลำดับ

ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในระยะยาวในตารางที่ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของของตัวแปรอิสระทุกตัวยกเว้นผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะมีผลในระยะยาวทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงร้อยละ 0.18 หากเมื่อการสะสมทุนในประเทศเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะมีผลในระยะยาวทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.34 และเมื่อสัดส่วนการค้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะมีผลในทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.41 ส่วนโครงสร้างเศรษฐกิจภาคเกษตรมีผลในทางที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณของสมการระยะยาว

Variable	Coefficient	t-Statistic
LNFDI_M	-0.183***	-3.371
LNK	0.342**	2.343
LNT0	1.411***	5.555
AGRI	-0.015**	-2.395
LNGDP	0.112	0.489
C	-10.232***	-11.660

ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ***, **, * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% , 5% , 10% ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลคำนวณสมการระยะสั้น (ECM)

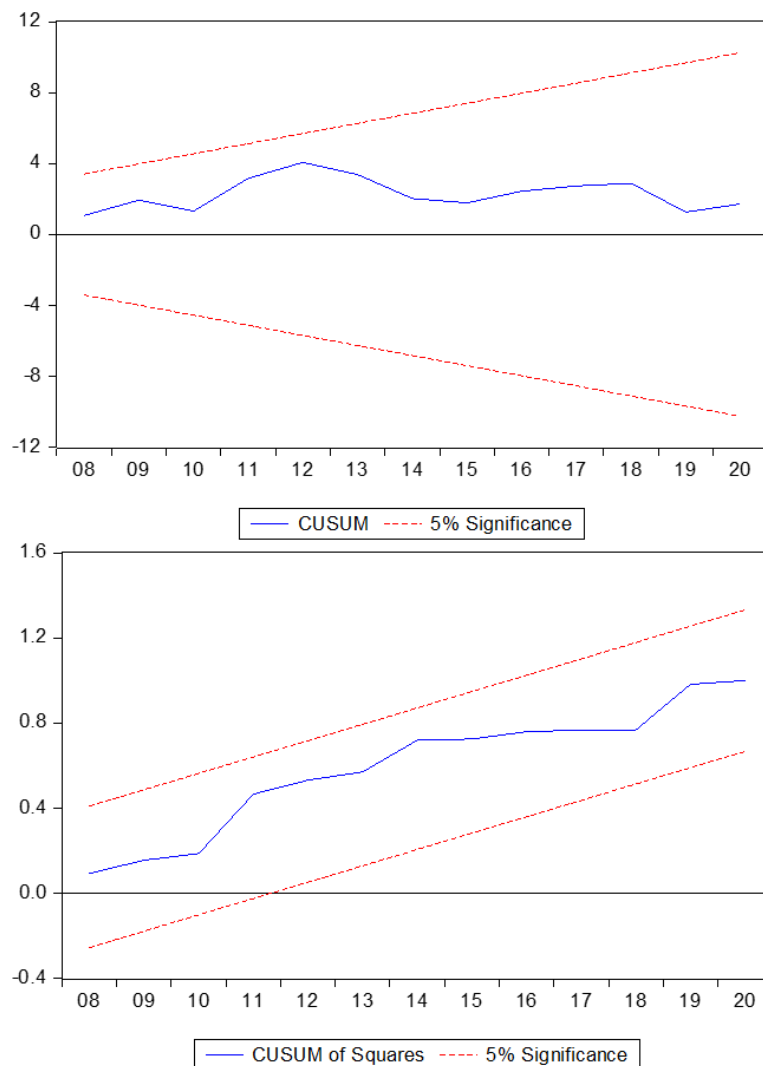
Variable	Coefficient	t-Statistic
D(LNCO2(-1))	0.315	1.424
D(LNCO2(-2))	0.368*	1.818
D(LNCO2(-3))	0.262	1.595
D(LNFDI_M)	-0.011	-1.024
D(LNFDI_M(-1))	0.034**	2.603
D(LNFDI_M(-2))	0.012	1.005
D(LNFDI_M(-3))	0.026*	2.129
D(LNK)	0.263***	3.516
D(LNK(-1))	-0.073	-0.593
D(LNK(-2))	0.113	1.140
D(LNK(-3))	-0.194**	-2.844
D(LNT0)	0.088	0.963
D(LNT0(-1))	-0.361***	-3.139
D(LNT0(-2))	-0.079	-0.751
D(LNT0(-3))	-0.118	-1.450
D(AGRI)	-0.010**	-2.322
D(AGRI(-1))	0.002	0.398
D(AGRI(-2))	0.007*	1.780
D(LNGDPCAP)	0.055	0.422
CointEq(-1)	-0.487**	-2.633
Cointeq = LNCO2 - (-0.1830*LNFDI_M + 0.3422*LNK + 1.4114*LNT0 - 0.0155*AGRI + 0.1124*LNGDPCAP -10.2330)		

ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ***, **, * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% , 5% , 10% ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์ของ $CointEq(-1)$ ในตารางที่ 5 สะท้อนความเร็วในการปรับตัวจากระยะสั้นไปสู่ดุลยภาพระยะยาวที่ร้อยละ 48.7 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5

ข้อมูลอนุกรมเวลาระยะยาวอาจมีการเปลี่ยนแปลง (Structural break) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง จึงต้องมีการทดสอบเสถียรภาพของค่าสัมประสิทธิ์ของสมการในระยะสั้นและระยะยาว รูปที่ 3 แสดงค่า CUSUM และ CUSUM squares ที่อยู่ในขอบของเส้นความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณการมีเสถียรภาพ



รูปที่ 3 ค่า CUSUM และ CUSUM squares ของแบบจำลอง $ARDL(4,4,4,4,3,0)$

ที่มา: จากการคำนวณ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทยมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ หากการลงทุนเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน Pollution halo และสอดคล้องกับงานวิจัยเชิงประจักษ์ของ Zhu et al. (2016) และ Pazienza (2019) ที่ใช้ข้อมูลพาแนลของหลายประเทศ และ Yi et al. (2023), Sung et al. (2018) ที่ศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศจีน ทั้งนี้ สาเหตุของทิศทางความสัมพันธ์ที่เป็นลบ เนื่องจาก Composition effect และ Technique effect โดยการลงทุนทางตรงจากต่างประเทศในประเทศไทยประเภทที่เป็นการลงทุนใหม่ (Greenfield Investment) ส่วนใหญ่อยู่ในเซกเตอร์ที่สะอาด (ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ) และเมื่อเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงาน บริษัทข้ามชาติมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าบริษัทไทย โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มสูง กล่าวคือ การผลิตเครื่องจักร ยานยนต์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ และในภาคบริการ (OECD, 2021) ขณะที่การสะสมทุนในประเทศที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการปล่อยก๊าซในทิศทางเดียวกัน ตัวแปรภาคเกษตรมีความสัมพันธ์เป็นลบ เนื่องจากการทำเกษตรกรรมปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าภาคอุตสาหกรรม ทว่าการค้ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเสื่อมถอยของสภาพแวดล้อม เนื่องจากการค้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม งานศึกษานี้ไม่พบว่าการเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติต่อหัวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลการลงทุนโดยตรงระหว่างประเทศจากธนาคารแห่งประเทศไทย ซึ่งในช่วงที่ผ่านมา มีการปรับปรุงการจัดทำฐานข้อมูล จึงไม่มีข้อมูลอนุกรมเวลาที่สอดคล้องและยาวเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ภาคอุตสาหกรรมในระดับย่อย (Sub-sector) นอกจากนี้ งานศึกษามีข้อจำกัดเรื่องข้อมูลของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับภาคเศรษฐกิจและในระดับพื้นที่ ทำให้การศึกษาความสัมพันธ์เป็นในลักษณะของการดูภาพรวม ทั้งนี้ ในอนาคตเมื่อข้อมูลมีเพียงพอและครบถ้วน งานวิจัยในอนาคตควรประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในระดับอุตสาหกรรมย่อยหรือระดับพื้นที่เพิ่มเติม

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

2.1 ประโยชน์ที่ประเทศไทยได้รับจากการที่นักลงทุนต่างชาติเข้ามาลงทุน นอกจากเงินทุนแล้วยังได้รับประโยชน์จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วย โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม การที่เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตของบริษัทข้ามชาติเหนือกว่าบริษัทไทย ส่วนหนึ่งเป็นผลให้การลงทุนโดยตรงที่เพิ่มขึ้น มีส่วนช่วยเรื่องคุณภาพสิ่งแวดล้อมในประเทศ ทั้งนี้ เพื่อให้ประเทศได้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดังกล่าวอย่างเต็มที่ จำเป็นที่ต้องมีความพร้อมด้านทุนมนุษย์ นอกจากนี้ ประเทศไทยยังควรให้ความสำคัญกับนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคอุตสาหกรรม เช่น จัดทำและบังคับใช้กฎหมายเพื่อจำกัดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กำหนดมาตรฐานด้านเทคนิค กำหนดบรรทัดฐานเพื่อให้บริษัทเปิดเผยข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รมรณรงค์การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2.2 ทั้งประเทศผู้ลงทุน (Home countries) และประเทศที่ได้รับการลงทุน (Host countries) สามารถมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโลกได้ โดยประเทศผู้ลงทุนควรสนับสนุนให้บริษัทข้ามชาติลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่เพียงแต่ในประเทศตนเองแต่ตลอดห่วงโซ่การผลิต ด้านประเทศที่ได้รับการลงทุน ควรนำประเด็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาร่วมพิจารณาในการวางนโยบายดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ และประเทศควรมุ่งพัฒนาอุตสาหกรรมไฮเทคโดยเฉพาะประเภทที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้โครงสร้างของอุตสาหกรรมในประเทศสามารถก้าวไปสู่การอนุรักษ์และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เข้าสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Low carbon economy)

เอกสารอ้างอิง

- Fauzel, S.B. (2017). The Impact of FDI on CO2 emission in a Small Island Developing State: A Cointegration Approach. *Economics and Business Letters*. 6, 6-13.
- OECD. (2021). OECD Investment Policy Reviews: Thailand, OECD Investment Policy Reviews, OECD Publishing, Paris. (Online)
- Pazienza, Pasquale. (2019). The Impact of FDI in the OECD Manufacturing Sector on CO2 Emission: Evidence and Policy Issues. *Environmental Impact Assessment Review*. 77, 60-68.
- Pesaran, M.H., Pesaran, B. (1997). *Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis; Windows Version*. Oxford: Oxford University Press.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*. 16 (3), 289-326.
- Sung, B., Song, W., & Park, S. (2018). How Foreign Direct Investment Affects CO 2 Emission Levels in the Chinese Manufacturing Industry: Evidence from Panel Data. *Economic Systems*. 42 (2), 320-331.
- Yanchun, Y. (2010). FDI and China's Carbon Dioxide Emissions: 1978-2008, in *Proceedings of the 7th International Conference on Innovation & Management*, Wuhan University of Technology, China.

- Yi, Jinchao & Hou, Yilin & Zhang, Zach. (2023). The Impact of Foreign Direct Investment (FDI) on China's Manufacturing Carbon Emissions. *Innovation and Green Development*. 2 (4), 100086.
- Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The Effects of FDI, Economic Growth and Energy Consumption on Carbon Emissions in ASEAN-5: Evidence from Panel Quantile Regression. *Economic Modelling*. 58, 237-248.