การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ หลักฐานเชิงประจักษ์จากกลุ่มประเทศอาเซียน

Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Evidence from ASEAN Countries

แสนรัก ทองสวัสดิ์ สุรชัย จันทร์จรัส* และกิตติยา สุขสกล
Saenruk Thongsawat Surachai Chancharat* and Kittiya Sooksakol

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ABSTRACT

The objective of this paper is to study the relationship between economic growth and carbon dioxide emission levels of six Asian countries, namely, Brunei, Indonesia, Malaysia, Philippines, Thailand and Singapore between the years 1970 to 2011. By using national income and carbon dioxide emission levels, the results found that economic growth could be one of the carbon dioxide emissions since the economic activities are increasing. The developing countries produced rising emissions in fast-growing economies that the cause of global warming. Furthermore, the developed countries have realized the environmental impact and likely to reduce the environmental pollutions. Therefore, we need to reduce emissions to stop the global warming, should invent the environmentally friendly technologies and impose the stringent environmental policies to achieve sustainable development in the future.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 22 June 2015
Received in revised form
10 August 2015
Accepted 17 August 2015
Available online
24 June 2016

Keywords:
Economic Growth
(การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ)
Carbon Dioxide
(ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)
Panel Model
(แบบจำลองพาแนล)
Error Correction Mechanism
(ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพ
ระยะสั้น)

* *ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ +66 4320 2401 ต่อ 201; Fax: +66 4320 2402*
E-mail address: csurac@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกลุ่มประเทศอาเซียน 6 ประเทศ ได้แก่ บรูไน อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และสิงคโปร์ ในช่วงปี ค.ศ. 1970 - 2011 โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยสองตัวแปร ได้แก่ รายได้ประชาชาติ และอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ชี้ให้เห็นว่าตัวแปรการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยประเทศกำลังพัฒนาเหล่านี้ มีแนวโน้มปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนหรือสภาวะเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เป็นปัญหาสำคัญของโลกในปัจจุบัน รวมทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วได้ตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีแนวโน้มที่จะลดการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยควรจะมีการคิดค้นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการกำหนดมาตรการและนโยบายการรักษาสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดขึ้นเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต

บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางสภาพ เนื่องจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น และนำไปสู่ปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก และเป็นปัญหาที่ร้ายแรงขึ้นเรื่อย ๆ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 60 (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2009)

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูมิภาคที่เปราะบางที่สุดแห่งหนึ่งของโลกต่อผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นภูมิภาคที่มีประชากร 600 ล้านคน โดยมีอัตราเติบโตของประชากรเกือบร้อยละ 2 ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเฉลี่ยของโลกที่ร้อยละ 1.5 จากการศึกษาของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2000) ประเมินว่าภายใต้สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยในสี่ประเทศ คือ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม จะเพิ่มขึ้น 4.8 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2010 จากระดับเฉลี่ยของปี ค.ศ. 1990

ประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 12 ของทั่วโลกในปี ค.ศ. 2008 และในช่วงปี ค.ศ. 2000-2008 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึงร้อยละ 27 มากกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ซึ่งในอนาคตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภูมิภาคนี้อาจสูงขึ้นจากการใช้พลังงานถึงร้อยละ 83 (Asian Development Bank, 2009) แม้ว่าเป็นเรื่องที่สำคัญแต่ในอดีตที่ผ่านมาไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในแต่ละประเทศนั้นมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นในเมืองหลักของภูมิภาคนี้ และพบว่าต้นทุนเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทั้งสี่ประเทศ

อาจสูงถึงขนาดสูญเสียผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (Gross Domestic Product: GDP) รวมกันร้อยละ 6.7 ในแต่ละปีภายใน ค.ศ. 2100 ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่าอัตราเฉลี่ยโลกมากกว่า 2 เท่า การใช้พลังงานและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้เชื่อมโยงกับหลายปัจจัย ซึ่งประเด็นหลักที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศในแต่ละเมืองขึ้นอยู่กับการปล่อยมลพิษที่มาจากการใช้พลังงาน ในด้านการผลิต นักเศรษฐศาสตร์อย่าง อดัม สมิธ (ศตวรรษที่ 17-18) ได้กล่าวว่า ที่ดิน ทุน และแรงงาน เป็นปัจจัยการผลิตขั้นพื้นฐาน ในศตวรรษที่ 19 ปัจจัยการผลิตของอุตสาหกรรมได้มีได้มีพลังงานเพิ่มเข้ามาตามแนวคิดของ Keynesian การบริโภคและรายได้มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน เปรียบเสมือนกับการบริโภคพลังงานเป็นตัวขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ซึ่งจะนำไปสู่การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเพิ่มผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (Asian Development Bank, 2009)

ปัจจุบันมีงานวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างแพร่หลาย ด้วยวิธีการหลายวิธี ได้แก่ Autoregressive Distributed Lag (ARDL), Environmental Kuznets Curve (EKC), A Panel Error Correction Model (ECM), Panel Cointegration Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS) แต่ยังไม่สามารถหาข้อสรุปที่ชัดเจนทางสถิติว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และไม่มีการศึกษาที่ชัดเจนในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Dinda and Coondoo, 2006; Lee and Lee, 2009; Narayan and Narayan, 2010; Liu, 2013)

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น่าจะมีความสัมพันธ์กัน อีกทั้งรายได้ประชาชาติกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็น่าจะมีความสัมพันธ์กันเช่นกัน จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการหาความสัมพันธ์ของสองตัวแปรนี้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของตัวแปรด้านเศรษฐศาสตร์ (Chancharat, 2015) โดยวิธีพาแนล โคอินทิเกรชั่น ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลในระยะยาว โดยใช้ข้อมูลจากธนาคารโลก (World Development Indicator) ระหว่างปี ค.ศ. 1970 ถึง 2011 ของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ บรูไน อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และสิงคโปร์ โดยไม่ได้ทำการศึกษาในส่วนของเวียดนามเนื่องจากข้อมูลไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางรับมือกับภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (Economic Growth) หมายถึง การเพิ่มขึ้นของความเป็นไปได้ในการผลิตทั้งหมดโดยอาจจะมีความแปรผันบ้างในวัฏจักรธุรกิจ โดยเราสามารถวัดด้วยระดับรายได้ประชาชาติที่แท้จริง ส่วนการพัฒนาเศรษฐกิจ (Economic Development) หมายถึง กระบวนการที่ก่อให้เกิดความเจริญทางเศรษฐกิจโดยสม่ำเสมอ และเป็นระยะเวลายาวนานโดยทำให้รายได้ที่แท้จริงสูงขึ้นและต้อง

มีการกระจายรายได้อย่างเสมอภาครวมถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจ สังคม ทัศนคติ ระบบการเมือง การบริหารการศึกษาและค่านิยมของสังคมที่เหมาะสมกับการพัฒนา (Chaiphan, 2003)

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าคำว่าความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจนั้นมีความหมายที่แคบกว่าคำว่าการพัฒนาเศรษฐกิจ ดังนั้นความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาเศรษฐกิจไม่จำเป็นที่จะต้องเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันด้วยเหตุที่ว่าในบางประเทศที่มีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการค้นพบแหล่งทรัพยากรใหม่ หรือมาจากการเปลี่ยนแปลงในด้านเทคนิคที่ใช้ในการผลิตใหม่จนส่งผลให้ผลผลิตที่ได้นั้นเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้น แต่ประเทศดังกล่าวนั้นอาจจะไม่มีการพัฒนาเศรษฐกิจก็ได้ด้วยเหตุว่าโครงสร้างด้านอื่น ๆ นั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงหรือที่เรียกว่า ความจำเริญโดยปราศจากการพัฒนา (Growth without Development) อย่างไรก็ตามประเทศที่มีการพัฒนาเศรษฐกิจมักจะมีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจควบคู่กันไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก การพัฒนาเศรษฐกิจนั้นเกิดจากความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ กับการเปลี่ยนแปลงในตัวของโครงสร้างด้านต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความอยู่ดีกินดีของประชาชนในประเทศ โดยที่เราอาจจะอธิบายรูปแบบของการพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อให้เข้าใจในความหมายง่าย ๆ ดังนี้

การพัฒนาเศรษฐกิจ = ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ + การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางด้านต่าง ๆ

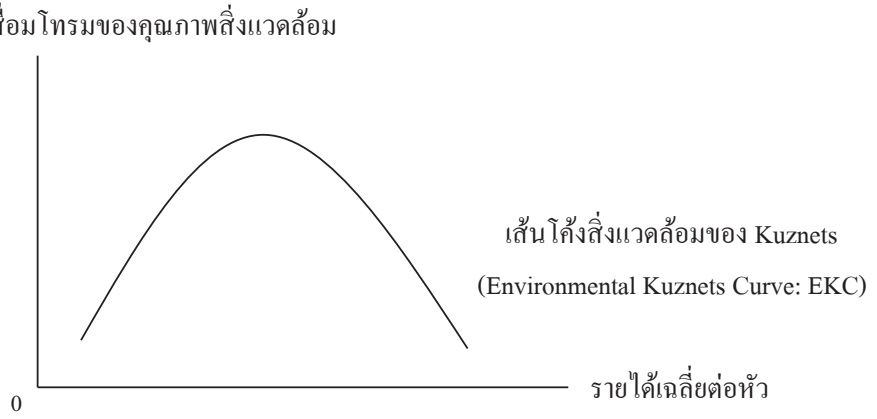
สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการชี้วัดระดับการพัฒนาเศรษฐกิจนั้น อาจจะใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้น (Gross Domestic Product หรือ GDP) มาใช้เป็นตัวชี้วัดโดยสามารถอธิบายได้ว่าหากผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้น เพิ่มสูงขึ้นนั้นหมายถึงประชาชนในประเทศจะมีความอยู่ดีกินดีแต่ในบางครั้งราคาสินค้าในปีนั้นอาจจะสูงขึ้นเนื่องจากเกิดภาวะเงินเฟ้อ (Inflation) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้น เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงอาจจะจำเป็นต้องใช้รายได้ประชาชาติที่แท้จริงต่อหัวประชากร (Real National Per Capita Income) มาเป็นเครื่องมือในการชี้วัด โดยการนำจำนวนประชากรทั้งหมดในประเทศหารด้วยรายได้ประชาชาติที่แท้จริงซึ่งประเทศที่มีรายได้ประชาชาติที่แท้จริงต่อหัวประชากรสูง นั่นหมายถึงประชาชนในประเทศมีความอยู่ดีกินดี และมีฐานะทางเศรษฐกิจที่ดีขึ้นดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าเครื่องชี้วัดระดับการพัฒนาเศรษฐกิจ ก็คือรายได้ประชาชาติที่แท้จริงต่อหัวประชากรประเทศที่มีรายได้ประชาชาติที่แท้จริงต่อหัวประชากรค่อนข้างต่ำถือว่าเป็นประเทศกำลังพัฒนา (Chaiphan, 2003)

2. แนวคิดสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets (environmental Kuznets curve hypothesis: EKC)

สมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets (Environmental Kuznets Curve Hypothesis: EKC) เป็นสมมติฐานที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมและรายได้ โดยการอธิบายการเปลี่ยนแปลงระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมและกิจกรรมทางเศรษฐกิจโดย Kuznets (1955)

นักเศรษฐศาสตร์รางวัลโนเบลชาวรัสเซีย-อเมริกันได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนาเศรษฐกิจในการยกระดับความยากจนสู่ความมั่งคั่งความมีเหตุผลกำกับของสมมติฐานดังกล่าวเนื่องมาจากระดับมลพิษมีนัยสำคัญต่อผลกระทบทางด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมรวมถึงต้นทุนในการกำจัดมลพิษซึ่งเมื่อเกิดการเติบโตของรายได้ที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้อุปสงค์ต่อคุณภาพของสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นด้วยส่งผลทำให้ระดับการผลิตมลพิษลดต่ำลง (Bureecam, 2009)

แนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ที่เป็นสมมติฐานหลักของเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมและรายได้นั้นสามารถอธิบายได้จากเส้นโค้งความสัมพันธ์รูประฆังคว่ำ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets

ที่มา: Kuznets, S. (1955) และ Dinda, S. (2004)

ผลกระทบตามข้อสมมติพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ดังกล่าวสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงในระดับมลพิษกับรายได้ตามสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets ที่สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจใน 3 ระยะ คือในระยะแรกหรือช่วงของการเติบโตทางเศรษฐกิจ (Stages of Economic Growth) ซึ่งเป็นการพัฒนาจากโครงสร้างเศรษฐกิจที่มีภาคเกษตรเป็นพื้นฐานมาเป็นโครงสร้างเศรษฐกิจที่เน้นหนักภาคอุตสาหกรรมเพื่อที่จะเปลี่ยนผ่านไปสู่โครงสร้างเศรษฐกิจที่พึ่งพาภาคบริการโดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อนโดยผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจดังกล่าวทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มเสื่อมโทรมมากขึ้นผลกระทบที่เกิดขึ้นกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมนี้อธิบายว่าเป็นผลกระทบจากขนาดการผลิต (Scale Effect) ซึ่งเมื่อมีการขยายตัวของกิจกรรมการผลิตไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการใช้ทรัพยากรการผลิตที่เพิ่มขึ้นแต่ยังทำให้ปริมาณผลผลิตและการบริโภคผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของกิจกรรมการผลิตและการบริโภคย่อมส่งผลต่อการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมอันมีผลทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมด้อยลงหรือกล่าวอีก

นัยหนึ่งก็คือการปลดปล่อยมลพิษและของเสียเป็นผลพลอยได้ (By-Product) ของกิจกรรมทางเศรษฐกิจในระยะเวลาต่อมาภายหลังจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจจากภาคชนบทมาเป็นภาคเมืองหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานจากภาคเกษตรมาสู่ภาคอุตสาหกรรมหรือที่เรียกว่าผลจากการเปลี่ยนโครงสร้างการผลิต (Composition Effect) ทำให้รายได้เพิ่มสูงขึ้นและสัดส่วนในค่าใช้จ่ายในการเสริมสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมดีขึ้นในระยะสุดท้ายเป็นระยะที่เป็นจุดวกกลับของเส้นโค้งของ Kuznets (Environmental Kuznets Curve) ซึ่งผลทางด้านเทคนิค (Technique Effect) อันเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technological Progress) จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นลดการใช้ทรัพยากรการผลิตและมีของเสียจากกระบวนการผลิตลดลงโดยในกิจกรรมการผลิตในภาคอุตสาหกรรมเดิมที่เคยเน้นหนักในการใช้ทรัพยากรที่เป็นการเพิ่มการผลิตมลพิษได้เปลี่ยนมาสู่กิจกรรมที่เน้นหนักการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information-Intensive Activities) มากขึ้นนอกจากนี้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากขึ้นยังส่งผลทำให้เกิดการทำเอาของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและการบริโภคแปรสภาพนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นไปโดยความสมัครใจของผู้ผลิตในการลดต้นทุนการผลิตและอีกส่วนหนึ่งเป็นผลกระทบเชิงนโยบายบนพื้นฐานการขับเคลื่อนของกลไกตลาด (Policy Effect Driven By Market-Instruments) ด้วยการบังคับใช้ของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำลายสิ่งแวดล้อมต้องเป็นผู้รับภาระค่าใช้จ่ายผลกระทบเหล่านี้มีส่วนทำให้การปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจลดลงด้วยเช่นกันในอีกด้านหนึ่งผลลัพธ์จากการพัฒนาเศรษฐกิจทำให้รายได้ประชากรเพิ่มสูงขึ้นความต้องการคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นหรือผลกระทบจากความพึงพอใจในการบริโภค (Preference-Drive Effect) ส่งผลต่ออุปสงค์ในคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเป็นสินค้าฟุ่มเฟือย (Luxury Good) ในที่สุดแล้วผลจากการพัฒนาเศรษฐกิจถึงแม้ว่าจะทำให้ระดับมลพิษเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการพัฒนาแต่จะลดต่ำลงในภายหลังดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอันเป็นตัวสะท้อนคุณภาพสิ่งแวดล้อมกับระดับรายได้ที่เป็นผลมากจากกระบวนการพัฒนาเศรษฐกิจจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำที่เป็นไปตามการประยุกต์ใช้สมมติฐานของ Kuznets

แนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ที่เป็นสมมติฐานหลักของเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของ Kuznets ที่อธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงของรายได้ที่มีต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย

ประการแรกรายได้ที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบเชิงลบต่อขนาด (Negative Scale Effect) ที่มีผลต่อการลดลงในการปลดปล่อยมลพิษ

ประการที่สองรายได้ที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบเชิงบวกต่าง ๆ (Positive Effects) ที่มีส่วนต่อการเพิ่มขึ้นส่งเสริมในกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่าง ๆ เช่น ผลกระทบองค์ประกอบของกิจกรรมทางเศรษฐกิจในผลิตภัณฑ์ประชาชาติ (Composition Effect of Economic Activities) ผลกระทบจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technological Effect) ผลกระทบจากความพึงพอใจในการบริโภค (Preference-Drive Effect) ตลอดจนผลกระทบเชิงนโยบายบนพื้นฐานการขับเคลื่อนของกลไกตลาด (Policy Effect Driven

by Market-Instruments)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dinda and Coondoo (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรายได้และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้แบบจำลอง Related Error Correction Model แสดงถึงความสัมพันธ์ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว ซึ่งใช้ชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างประเทศรายปี 88 ประเทศ จากปี ค.ศ. 1960 ถึง 1990 มีการใช้การทดสอบความนิ่งของข้อมูลแต่ละชุดตามวิธีการของ Im, Pesaran and Shin (2003) หรือที่เรียกว่า IPS Test พบว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ (เกิดความไม่นิ่งของข้อมูลอนุกรม) ส่วนการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวจากผลการวิเคราะห์ พบว่ายังมีความสัมพันธ์ในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบสองทิศทาง (Bidirectional) ระหว่างตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของกลุ่มประเทศแอฟริกา อเมริกา ยุโรปและทั้งโลก แสดงว่าการเคลื่อนไหวของตัวแปรหนึ่งมีผลต่อตัวแปรอื่นๆ ผ่านระบบการปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ต่อมา Lee and Lee (2009) ได้ตรวจสอบความคงที่ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่แท้จริงของ 109 ประเทศ ใน 7 ภูมิภาค ช่วงปี ค.ศ. 1971-2003 โดยทำการทดสอบความนิ่งของข้อมูล ด้วยวิธีการSeemingly Unrelated Regressions Augment Dickey-Fuller Test หรือเรียกว่า ADF Test ซึ่งถูกพัฒนาโดย Breuer ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่แท้จริงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศเหล่านี้เป็นการทำให้เกิดความนิ่งของข้อมูล (Staionary) รูปแบบการทดสอบความนิ่งของข้อมูลนั้นสามารถนำไปสู่การอนุมานที่ผิดและการวิเคราะห์โคอินทิเกรชัน อาจจะไม่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์สามารถชี้ให้เห็นนัยสำคัญสำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเนื่องจากการทำ Different Orders of Integration สำหรับตัวแปร 2 ตัวดังกล่าว

Narayan and Narayan (2010) ได้ทำการทดสอบสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์ในประเทศกำลังพัฒนา 43 ประเทศ โดยศึกษาความยืดหยุ่นระยะสั้นและยาวของรายได้ พบว่าประมาณร้อยละ 35 ของกลุ่มประเทศตัวอย่าง หากมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เนื่องจากความยืดหยุ่นในระยะยาวนั้นน้อยกว่าในระยะสั้น และได้ทำการวิเคราะห์ EKC ของภูมิภาคต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค Cointegration และ Long Run Estimation พบว่าในตะวันออกกลางและเอเชียใต้มีความยืดหยุ่นด้านรายได้ในระยะยาวนั้นน้อยกว่าในระยะสั้น สรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงในขณะที่รายได้เพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ Noor and Siddiqi (2010) ได้ทำการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงานและความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศบังคลาเทศ ศรีลังกา เนปาล ปากีสถาน และอินเดีย ในช่วงปี ค.ศ. 1971-2006 โดยวิธี Error Correction Model (ECM) และ Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS) ในการคาดการณ์

ระยะสั้นและยาว ในระยะสั้นพบว่ารายได้ต่อหัวและการใช้พลังงานต่อหัวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนในระยะยาว พบว่าเมื่อการบริโภคพลังงานต่อหัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้รายได้ต่อหัวลดลง ร้อยละ 0.13 แสดงว่าการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นทำให้เศรษฐกิจแย่ลง การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในระยะยาวของค่าความคลาดเคลื่อนชี้ให้เห็นว่าการปรับตัวเข้าสู่จุดดุลยภาพในระยะสั้นนั้นเกิดจากการปรับตัวกลับเข้าสู่จุดดุลยภาพในระยะยาว นอกจากนี้การบริโภคพลังงานต่อหัวนั้นมีการตอบสนองต่อการปรับตัวกลับเข้าสู่จุดดุลยภาพ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 59 ปี

Liu (2013) ได้ใช้วิธี Panel Unit Root, Heterogeneous Panel Cointegration และ Panel-Based Dynamic OLS ในการศึกษาตัวแปรร่วมและความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคพลังงานและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจใน 30 เมืองของประเทศจีน ระหว่างปี ค.ศ. 1985-2007 ผลการศึกษาพบว่า รายได้ต่อหัวที่แท้จริงแปรผันตรงกับการบริโภคพลังงาน และได้ทำการศึกษา ภาคตะวันออกและภาคตะวันตกของประเทศจีน พบว่าในระยะยาว เมื่อรายได้ต่อหัวที่แท้จริงเพิ่มขึ้นร้อยละ1 ทำให้การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.48-0.50 และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.41-0.43 การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในภาคตะวันออกของจีนขึ้นอยู่กับพลังงานและนอกจากนี้มีความยืดหยุ่นมากกว่าทางตะวันตกประมาณ 2 เท่า ในขณะที่ Kim, Leeb and Namc (2010) ได้ใช้แบบจำลอง Smooth Transition Autoregressive (STAR Model) ตรวจสอบคุณสมบัติของความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เส้นตรงระหว่างตัวแปรการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศเกาหลีใต้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิตอุตสาหกรรมไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ และการทดสอบโดยใช้สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ตามแนวคิดของ Granger พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันในทางตรงระหว่างตัวแปร แต่หากทดสอบโดยใช้สมการที่ไม่ใช้เส้นตรงตามแนวคิดของ Granger พบว่าความสัมพันธ์แบบสองทางระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ส่วนความสัมพันธ์ที่เห็นเด่นชัดระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ชี้ให้เห็นว่าเศรษฐกิจได้รับผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ความคาดหวังเกี่ยวกับการลดระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเกิดขึ้นในประเทศเกาหลีใต้ งานของ Susan (2010) ได้ศึกษาปัจจัยที่กำหนดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนใน 69 ประเทศทั่วโลก โดยใช้แบบจำลองข้อมูลภาคตัดขวางพลวัตร (Dynamic Panel Data) ตัวแปรที่ใช้อ้างอิงตามระดับรายได้ของแต่ละประเทศ และใช้ข้อมูลการเปิดเสรีการค้า รายได้ประชาชาติต่อหัว และการใช้พลังงานในการศึกษา พบว่า รายได้ประชาชาติต่อหัว และการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานโดยรวมต่อหัว เป็นตัวกำหนดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกระดับของรายได้ นอกจากนี้ Jayanthakumaran, Verma and Liu (2011) ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างประเทศอินเดียและจีน โดยใช้แนวทางของ BoundsTesting ศึกษาระดับของความสัมพันธ์จนถึงดุลยภาพระยะยาว ร่วมกับวิธีการ ARDL เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระยะสั้นและระยะยาวระหว่างการเจริญเติบโตทางการค้าและการใช้พลังงาน และได้ทดสอบวิธี

Endogenously DeterminedStructural Breaks พบว่าระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศจีนได้รับผลกระทบจากรายได้เฉลี่ยต่อหัว การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ และปริมาณการใช้พลังงาน ในขณะที่รูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้กับประเทศอินเดีย เนื่องจากรูปแบบเศรษฐกิจของอินเดียไม่เป็นแบบแผน และมีขนาดใหญ่กว่าจีนมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติแบบอนุกรมรายปี ค.ศ. 1970-2011 ของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 6 ประเทศ ได้แก่ บรูไน อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และสิงคโปร์ จาก World Development Indicators (WDI) ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้น และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กำหนดรูปแบบสมการดังสมการที่ 1

$$Y_t = \alpha + \beta CO_{2t} + \varepsilon_t \quad (1)$$

โดยที่ Y = ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้น
CO_2 = การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
t = เวลา
ε = ค่าความคลาดเคลื่อน

การศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบความนิ่งของข้อมูลพาแนล (Panel Unit Root Tests) เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลลักษณะอนุกรมเวลาร่วมกับภาคตัดขวาง โดยให้ Y_{it} เป็นข้อมูลพาแนลของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดย i = 1,…6 เป็นข้อมูลภาคตัดขวางสำหรับแต่ละประเทศ และ t = 1,…, 41 เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายปีย้อนหลัง 41 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1970 ถึง 2011 และทำการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน (Panel Cointegration Test) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ด้วยวิธีของ Pedroni (2004) ดังนี้

สมมติฐานในการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน กรณีที่สมมติฐานให้ข้อมูลทุกประเทศมีลักษณะเหมือนกัน

H_0 : ไม่มีโครอินทิเกรชัน
H_1 : มีโครอินทิเกรชัน $(\rho = \rho) < 1$ สำหรับทุก i

สมมติฐานในการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน กรณีที่สมมติฐานให้ข้อมูลทุกประเทศมีลักษณะที่แตกต่างกัน ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานหลักคือ Group Panel Statistics

H_0 : ไม่มีโครอินทิเกรชัน ($\rho_i = 1$)

H_1 : มีโครอินทิเกรชัน ($\rho_i < 1$) สำหรับทุก i

ถ้าค่าสถิติ Panel Statistic ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าตัวแปรทุกตัวในแบบจำลองพาแนลโคอินทิเกรชันของทุกประเทศมีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้าค่าสถิติ Group Panel Statistic ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าตัวแปรทุกตัวในแบบจำลองพาแนลโคอินทิเกรชั่นมีความสัมพันธ์กันอย่างน้อย 1 ประเทศ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมการพาแนล (Panel Equation Testing) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ด้วยวิธี Hausman (1978) Test และวิธี Redundant Fixed Effects Test โดยวิธี Hausman (1978) Test ทดสอบโดยสมมติฐานให้การประมาณค่าความแปรปรวนของ Fixed Effects และ Random Effects มีค่าเท่ากับ $(\hat{\beta}_{RE} - \hat{\beta}_{FE} = 0)$

H_0 : Random Effects

H_1 : Fixed Effects

ถ้าผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานหลักแสดงว่าควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบ Random Effects และถ้าผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงว่าควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบ Fixed Effects

ส่วนวิธี Redundant Fixed Effects Test มีสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : No Fixed Effects

H_1 : Fixed Effects

ถ้าผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานหลักแสดงว่าควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบ Random Effects และถ้าผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงว่าควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบ Fixed Effects

ผู้วิจัยได้ทำการประมาณค่าแบบจำลอง โดยใช้วิธีการทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ Pooled OLS, Fixed Effects Model และ Random Effects Model ซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้

1. การประมาณค่าโดยวิธี Pooled OLS

Pooled OLS เป็นการทดสอบอย่างง่าย โดยมีข้อสมมติฐานว่าค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการมีค่าเท่ากันทุกประเทศและตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ซึ่งไม่ได้ประมาณค่าความแตกต่างระหว่างประเทศในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังสมการที่ 2

$$\Delta(\ln Y_{it}) = \alpha_i + \beta\Delta(\ln CO_{2it}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

โดยที่ Y คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้น

CO_2 คือ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$i = 1, 2, \ldots, 6$ เป็นข้อมูลภาคตัดขวางสำหรับแต่ละประเทศ

$t = 1, 2, \ldots, 41$ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายปีย้อนหลัง 41 ปี

2. การประมาณค่าโดยวิธี Fixed Effects Model

Fixed Effects Model เป็นแบบจำลองเชิงเส้นอย่างง่ายที่ Intercept Term แปรผันไปตามแต่ละหน่วยเฉพาะ (ประเทศ) ดังสมการที่ 3

$$\Delta(\ln Y_{it}) = \alpha_i + \beta\Delta(\ln CO_{2it}) + \varepsilon_{it} \quad ; \ \varepsilon_{it} \sim IID(0, \sigma^2{}_{\varepsilon}) \tag{3}$$

โดยที่ i คือ ข้อมูลภาคตัดขวางซึ่ง $i = 1,\ldots,6$

t คือ ข้อมูลภาคตัดขวางซึ่ง $t = 1,\ldots, 252$

Y_{it} คือ เวกเตอร์ 1×1 ของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

α คือ จำนวนจริง (Scalar)

β คือ เวกเตอร์ k × 1 ของค่าสัมประสิทธิ์

CO_{2it} คือ เวกเตอร์ 1×1 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ε_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

3. การประมาณค่าโดยวิธี Random Effects Model

กำหนดให้ ε_{it} เป็นปัจจัยสุ่ม มีความเป็นอิสระ และมีการกระจายเหมือนกันในแต่ละข้ามช่วงเวลา ดังนั้นสามารถเขียนแบบจำลอง Random Effects ได้ดังสมการที่ 4

$$\Delta(\ln Y_{it}) = \mu + \beta\Delta(\ln CO_{2it}) + \alpha_i + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

โดย $\alpha_i + \varepsilon_{it}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกเป็นค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละหน่วยเฉพาะซึ่งไม่แปรผันตามช่วงเวลา ส่วนที่สองเป็นส่วนของเหลือของค่าคลาดเคลื่อนที่มีข้อสมมติว่าไม่มีความเกี่ยวข้องกันในแต่ละข้ามช่วงเวลาความสัมพันธ์ทั้งหมดของ Error Terms ในช่วงต่อของเวลาเป็นผลมาจากผลกระทบที่เกิดขึ้นเฉพาะ α_i จึงมีข้อสมมติว่า $\alpha_i + \varepsilon_{it}$ มีความสัมพันธ์ที่เป็นอิสระและไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรตาม นั่นแสดงให้เห็นว่าการคำนวณเพื่อหาค่า μ และ β โดยใช้ OLS Estimator ไม่เบี่ยงเบนและมีค่าสม่ำเสมอ จากโครงสร้างของ Error Terms แสดงให้เห็นว่า $\alpha_i + \varepsilon_{it}$ เป็นส่วนหนึ่งของ Autocorrelation (ปัญหาที่เกิดจากตัวคลาดเคลื่อนมีการกระจายที่ไม่เป็นอิสระแก่กัน)

หลังจากทำการทดสอบได้ว่าแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีความสัมพันธ์ในระยะยาวแล้ว จึงทำการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้น โดยใช้แบบจำลอง ECM ซึ่งแสดงถึงกลไกการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาว สามารถเขียนแบบจำลองในรูป ECM ได้ดังสมการที่ 5

$$\Delta(\ln Y_t) = \alpha_1 + \alpha_2 ECM_{t-1} + \alpha_3 \Delta(\ln CO_{2t}) + \mu_t \quad (5)$$

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ

H_0 : $\alpha_2 = 0$

H_1 : $-1 < \alpha_2 < 0$

รูปแบบการทดสอบระยะสั้นจะคำนึงผลกระทบที่เกิดจากความเคลื่อนไหว โดยพิจารณาการปรับตัวของตัวแปรระยะยาว นั่นคือ ECM_{t-1} ซึ่งรูปแบบการปรับตัวในระยะสั้นตามแบบจำลอง ECM จากสมการที่ (5) สามารถอธิบายได้ว่าเป็นกลไกที่แสดงการปรับตัวในระยะสั้น เมื่อขาดความสมดุลเพื่อให้เข้าสู่ภาวะสมดุลในระยะยาว ในส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของ ECM_{t-1} จะแสดงให้เห็นถึงขนาดของการขาดสมดุลระหว่างค่า Y_t และ CO_{2t} ในช่วงเวลาก่อนรูปแบบ ECM ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของ Y_t จะไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลง CO_{2t} เท่านั้น แต่ขึ้นกับขนาดของการขาดความสมดุลในระยะยาวระหว่างค่า Y_t และ CO_{2t} ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาก่อนหน้าด้วย

เมื่อทำการทดสอบแล้วพบว่าผลการทดสอบสมมติฐานหลัก สามารถสรุปได้ว่า Y_t และ CO_{2t} ไม่มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น แต่ถ้าผลที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลักสามารถสรุปได้ว่า Y_t และ CO_{2t} มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น

ผลการวิจัย

1. การทดสอบพาแนลยูนิทรูท

ผลการทดสอบพาแนลยูนิทรูทตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเบื้องต้น (GDP หรือ Y) และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พบว่า ค่าสถิติที่ได้ของตัวแปรทุกตัวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ข้อมูลมียูนิทรูท หรือข้อมูลไม่นิ่งที่ระดับ Level หรือ $I(0)$ ดังนั้นจึงทำการทดสอบที่ระดับ First Difference ดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบพาแนลยูนิทรูทของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการทดสอบด้วยวิธี IPS Test (Im et al., 2003) ที่ระดับ First Difference โดยกำหนดให้มีค่าคงที่ (Individual Intercept) และแนวโน้มเวลา (Individual Intercept and Trend) พบว่า เมื่อนำข้อมูลมาทำการทดสอบที่ระดับ First Difference ค่าสถิติที่ได้ของตัวแปรทุกตัวปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ข้อมูลบางประเทศไม่มียูนิทรูทหรือข้อมูล

บางประเทศมีความนิ่ง ดังนั้นตัวแปร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเบื้องต้น (Y) และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีความนิ่งที่อันดับความสัมพันธ์ของข้อมูล เท่ากับ 1 หรือ $I(1)$ ดังนั้นตัวแปรทุกตัวมีอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูลเดียวกัน คือ อันดับที่ 1 หรือ $I(1)$ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบพาแนลยูนิทรูทของตัวแปรที่ระดับ First Difference

ประเทศ	ผลการทดสอบที่ระดับ First Difference หรือ $I(1)$			
	with individual intercept		with intercept and trend	
	Y	CO_2	Y	CO_2
บรูไน	-7.1357***	-6.2164***	-7.1943***	-6.1101***
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
อินโดนีเซีย	3.6714**	-6.3272***	-3.9479**	-5.6680***
	(0.0143)	(0.0000)	(0.0189)	(0.0002)
มาเลเซีย	-1.7591	-0.9884	-4.9647**	0.2160
	(0.3944)	(0.7449)	(0.0014)	(0.9971)
ฟิลิปปินส์	-0.9337	-7.2875***	-3.9416**	-2.2070
	(0.7664)	(0.0000)	(0.0220)	(0.4699)
สิงคโปร์	-0.3855	-5.8899***	-4.3452**	-6.6301***
	(0.9001)	(0.0000)	(0.0082)	(0.0000)
ไทย	-3.9883**	-3.8451**	-4.4904**	-4.2017**
	(0.0036)	(0.0053)	(0.0048)	(0.0101)

หมายเหตุ: ค่า Probability Values แสดงในวงเล็บ

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. ผลการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชัน

จากตารางที่ 2 พบว่า ในกรณีที่ทำการทดสอบโดยกำหนดให้ไม่มีค่าคงที่ (Intercept) และแนวโน้มของเวลา (Trend) ค่าสถิติ Panel ν - Statistic มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อทำการทดสอบโดยกำหนดให้มีค่าคงที่ พบว่าค่าสถิติ Panel ν- Statistic มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลักนั่นคือ มีโคอินทิเกรชัน ดังนั้นตัวแปรในแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีโคอินทิเกรชัน หรือมีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบพาแนลโคอินทิเกรชันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาด้วยวิธี Pedroni Test

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ	Specification		
	None	Intercept	Intercept and Trend
Panel ν - Statistic	5.7172***	1.7775**	1.0831
	(0.0000)	(0.0377)	(0.1394)
Panel ρ - Statistic	2.6971	1.5625	0.7648
	(0.9965)	(0.9409)	(0.7778)
Panel pp - Statistic	3.4352	2.5930	1.4498
	(0.9997)	(0.9952)	(0.9264)
Panel ADF - Statistic	-1.3282	1.4705	-0.1819
	(0.0920)	(0.9293)	(0.4278)
Group pp Statistic	3.6260	2.5728	1.2896
	(0.9999)	(0.9950)	(0.9014)
Group pp – Statistic	5.0619	4.9495	1.8172
	(1.0000)	(1.0000)	(0.9654)
Group ADF - Statistic	-0.4324	3.0843	0.6255
	(0.3327)	(0.9990)	(0.7342)

หมายเหตุ: ค่า Probability Values แสดงในวงเล็บ

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ผลการทดสอบสมการพาแนล

จากการทดสอบตัวแปรที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจซึ่งเป็นตัวแปรตามและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ พบว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีโคอินทิเกรชันหรือมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นจึงทำการประมาณค่าแบบจำลอง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งต้องทำการทดสอบสมการพาแนลเสียก่อนว่าสมควรทำการประมาณค่าแบบใดจึงจะมี ความเหมาะสมที่สุด ระหว่าง Pooled Estimator, Fixed Effects หรือ Random Effects ด้วยวิธี Hausman Test และวิธี Redundant Fixed Effects Test โดยผลการทดสอบแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมการพาแนลด้วยวิธี Hausman (1978) Test

Test Cross-Sections Random Effect			
Test Summary	**Chi-Sq. Statistic**	**Chi-Sq. d.f.**	**Prob.**
Cross-Sections Random	2.3774	1	0.1231

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมการพาแนลด้วยวิธี Redundant Fixed Effects Test

Test Cross-Sections Random Effect			
Effects Test	**Statistic**	**d.f.**	**Prob.**
Cross-Section F	2.9883	(5,245)	0.0123
Cross-Sections Chi-Square	14.9179	5	0.0107

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมการด้วยวิธี Hausman (1978) Test พบว่า การประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบRandom Effects มีความเหมาะสมมากที่สุด และได้ทำการทดสอบสมการพาแนลด้วยวิธี Redundant Fixed Effects Test แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า ควรทำการประมาณค่าแบบจำลองในรูปแบบ Fixed Effects จึงจะมีความเหมาะสมมากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าการประมาณค่าแบบจำลองการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถใช้ได้ทั้ง Random Effects และ Fixed Effects

4. ผลการประมาณค่าแบบจำลอง

ตารางที่ 5 ผลการประมาณค่าแบบจำลองพาแนล

ตัวแปร	**การประมาณค่า**		
	Pooled OLS	**Fixed effect**	**Random effect**
Constant	12.8316***	12.5134***	12.8165***
	(36.8685)	(21.5128)	(35.3212)
$\Delta\ln(CO_2)$	1.0828***	1.1130***	1.0843***
	(33.0155)	(20.2032)	(31.7213)
R-squared	0.8134	0.8172	0.8013
Adjusted R-squared	0.8127	0.8127	0.8005
F-statistic	1090.0240	182.5282	1008.4830
Durbin-Watson stat	0.2501	0.2679	0.2513

หมายเหตุ: ค่า t-Statistic แสดงในวงเล็บ

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 5 ผลการประมาณค่าแบบจำลองที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในรูปแบบ Panel Data Estimation แยกผลการประมาณค่าของแต่ละวิธี ดังนี้

ผลการประมาณค่าด้วยวิธี Pooled OLS พบว่า เมื่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1.0828 ในทิศทางเดียวกัน สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\Delta(\ln Y) = 12.8316 + 1.0828\Delta(\ln CO_2)$$

ผลการประมาณค่าด้วยวิธี Fixed Effect Model พบว่า เมื่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1.113070 ในทิศทางเดียวกัน สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\Delta(\ln Y) = 12.8316 + 1.1130\Delta(\ln CO_2)$$

ผลการประมาณค่าด้วยวิธี Random Effect Model พบว่า เมื่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1.0843 ในทิศทางเดียวกัน สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\Delta(\ln Y) = 12.8316 + 1.0843\Delta(\ln CO_2)$$

ผลการศึกษา จากประมาณค่าทั้ง 3 วิธี เมื่อพิจารณาจากค่า R-squared พบว่า วิธี Fixed Effect model มีค่า R-squared เท่ากับ ร้อยละ 81.7 ซึ่งถือว่ามีความน่าเชื่อถือสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการประมาณค่าด้วยวิธี Pooled OLS และวิธี Random Effect Model จึงเลือกพิจารณาผลการประมาณด้วยวิธี Fixed Effect Model

5. ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้น Error Correction Mechanism (ECM)

จากตารางที่ 6 ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะสั้น ด้วยวิธี Error Correction Mechanism (ECM) ซึ่งเป็นการศึกษาการปรับตัวในระยะสั้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวของแบบจำลอง ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของแต่ละประเทศ ในรูปแบบกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares: OLS) แยกผลการประมาณค่าของแต่ละวิธี ดังนี้

ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของประเทศบูรไน พบว่าความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะมีการปรับตัว เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพร้อยละ 8.30 ในช่วงเวลาปัจจุบัน เขียนเป็นสมการการปรับตัวในระยะสั้นคือ

$$\Delta(\ln Y)_{BR} = 15.5502 + 0.7581\Delta(\ln CO_2)_{BR} - 0.8304ECM_{BRt-1}$$

ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะมีการปรับตัวเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพร้อยละ 6.57 ในช่วงเวลาปัจจุบัน เขียนเป็นสมการการปรับตัวในระยะสั้นคือ

$$\Delta(\ln Y)_{IN} = 10.2978 + 1.2876\Delta(\ln CO_2)_{IN} - 0.6572ECM_{INt-1}$$

ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของประเทศมาเลเซีย พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะมีการปรับตัวเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพร้อยละ 104.1 ในช่วงเวลาปัจจุบัน เขียนเป็นสมการการปรับตัวในระยะสั้นคือ

$$\Delta(\ln Y)_{MY} = 17.2530 + 0.6798\Delta(\ln CO_2)_{MY} - 1.0410ECM_{MYt-1}$$

ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะมีการปรับตัวเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพร้อยละ 8.78 ในช่วงเวลาปัจจุบัน เขียนเป็นสมการการปรับตัวในระยะสั้นคือ

$$\Delta(\ln Y)_{PH} = 4.0558 + 1.9160\Delta(\ln CO_2)_{PH} - 0.8784ECM_{PHt-1}$$

ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของประเทศสิงคโปร์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะมีการปรับตัวเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพร้อยละ 9.08 ในช่วงเวลาปัจจุบัน เขียนเป็นสมการการปรับตัวในระยะสั้นคือ

$$\Delta(\ln Y)_{SG} = 3.0713 + 2.0369\Delta(\ln CO_2)_{SG} - 0.9075ECM_{SGt-1}$$

ผลการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นของประเทศไทย พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะมีการปรับตัว เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือมีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพร้อยละ 8.94 ในช่วงเวลาปัจจุบัน เขียนเป็นสมการการปรับตัวในระยะสั้นคือ

$$\Delta(\ln Y)_{TH} = 13.4605 + 1.0243\Delta(\ln CO_2)_{TH} - 0.8939ECM_{THt-1}$$

ตารางที่ 6 ค่าสถิติของตัวแปรที่ได้จากการทดสอบการปรับตัวระยะสั้นของแต่ละประเทศ

ตัวแปร	การประมาณค่า					
	บรูไน	อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	ฟิลิปปินส์	สิงคโปร์	ไทย
Constant	15.5502***	10.2978***	17.2530***	4.0558***	3.0713**	13.4605***
	(19.5369)	(17.6448)	(26.5576)	(6.0765)	(2.61121)	(56.0102)
$\Delta(\ln CO_2)$	0.7581***	1.2876***	0.6798***	1.9160***	2.0369***	1.0243***
	(8.0317)	(26.0750)	(11.4210)	(30.7933)	(18.0734)	(48.0389)
ECM_{t-1}	-0.8304***	-0.6572***	-1.0410***	-0.8784***	-0.9075***	-0.8939***
	(-9.6190)	(-5.4577)	(-14.9279)	(-10.7606)	(-11.7367)	(-13.1285)
R-squared	0.8087	0.9490	0.9093	0.9652	0.9278	0.9849
Adjusted R-squared	0.7987	0.9463	0.9045	0.9633	0.9240	0.9842
F-statistic	0.8087	353.5824	190.4089	526.6815	244.0258	1242.8120
Durbin-Watson stat	2.2271	1.5574	1.8799	1.7310	2.2188	1.2741

หมายเหตุ: ค่า t-Statistic แสดงในวงเล็บ

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุป จากผลการศึกษา จากประมาณค่าทั้ง 6 ประเทศ พบว่า ประเทศมาเลเซีย ค่าสัมประสิทธิ์ของ ECM ในช่วงเวลาที่แล้ว มากที่สุด มีค่าเท่ากับ -1.0410 สามารถอธิบายได้ว่า การคาดประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในระยะยาวของค่าความคลาดเคลื่อนชี้ให้เห็นว่าการปรับตัวเข้าสู่จุดดุลยภาพในระยะสั้นนั้นเกิดจากการปรับตัวกลับเข้าสู่จุดดุลยภาพในระยะยาว กล่าวคือ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีการตอบสนองต่อการปรับตัวกลับเข้าสู่จุดดุลยภาพ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 104 ปี

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษากล่าวได้ว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noor and Siddiqi (2010) ที่กล่าวว่า รายได้ต่อหัว และการใช้พลังงานต่อหัวเป็นไปในทิศทางเดียวกันในระยะยาวเท่านั้น เมื่อการบริโภคพลังงานต่อหัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้รายได้ต่อหัวลดลงร้อยละ 0.13 งานวิจัยของ Narayan and Narayan (2010) การศึกษานี้ทำการทดสอบสมมติฐาน เส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์ (Environment Kuzet's Curve: EKC) ในประเทศกำลังพัฒนา 43 ประเทศ พบว่า ประเทศที่มีมีรายได้เพิ่มขึ้นจะทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง แสดงให้เห็นว่า หากมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะน้อยลง งานวิจัย

ของ Dinda and Coondoo (2006) งานวิจัยนี้ศึกษาเรื่องความ สัมพันธ์ระหว่างรายได้และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ผลกระทบต่อนโยบายการควรคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีนัยสำคัญ และงานวิจัยของ Kim et al. (2010) ทำการวิจัยโดยการใช้แบบจำลอง STAR ได้ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เส้นตรง ความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันระหว่างตัวแปรการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศเกาหลี พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ชี้ให้เห็นว่าเศรษฐกิจได้รับผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าตัวแปรการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยประเทศกำลังพัฒนาเหล่านี้ มีแนวโน้มปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วได้ตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีแนวโน้มที่จะลดการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยคิดค้นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการกำหนดมาตรการและนโยบายการรักษาสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดขึ้น เช่น การเข้าไปลงทุนในประเทศกำลังพัฒนา หรือประเทศอุตสาหกรรมเกิดใหม่ ที่เน้นด้านการส่งเสริมการลงทุนจากต่างประเทศ การเพิ่มการส่งออก การค้าระหว่างประเทศ อันเป็นที่มาของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจให้ทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้สามารถเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและการกำหนดนโยบายการค้าระหว่างประเทศและการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศให้ควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เข้าร่วม การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 29 ณ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ

เอกสารอ้างอิง

Asian Development Bank. (2009). Empirical Study of the Relationship between Economic Growth and Environmental Quality in Thailand. (In Thai). **The 47th Kasertsart University Annual Conference.** Bangkok: Kasertsart University.

Bureecam, C. (2009). **Foundation Economics.** (In Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Chaiphan, C. (2003). **Foundation Economics.** (In Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Chancharat, S. (2015). **Econometrics: Theory and Applications.** (In Thai). Khon Kaen: Khon Kaen University Press.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. **Ecological Economics** 49(4): 431-455.

Dinda, S. and Coondoo, D. (2006). Income and emission: A panel data-based cointegration analysis. **Ecological Economics** 57(2): 167-181.

Hausman, J.A. (1978). Specification tests in Econometrics. **Econometrica** 46 (6): 1251-1271.

Im, K.S., Pesaran, H.M. and Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. **Journal of Econometrics** 115: 53-74.

IPCC. (2000). **Special Report on Emissions Scenarios, A Special Report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group III.** Cambridge: Cambridge University Press.

Jayanthakumaran, K., Verma, R. and Liu, Y. (2011). CO_2 emissions energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India. **Energy Policy** 42: 450-460.

Kim, S., Leeb, K. and Namc, K. (2010). The relationship between CO_2 emissions and economic growth: The case of Korea with nonlinear evidence. **Energy Policy** 38: 5938-5946.

Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. **American Economic Review** 45: 1-28.

Lee, C.C. and Lee, J.D. (2009). Income and CO_2 emissions: Evidence from panel unit root and cointegration tests. **Energy Policy** 37 (2): 413-423.

Liu, Y. (2013). Energy production and regional economic growth in china: A more comprehensive analysis using a panel model. **Energies** 6: 1409-1420.

Noor, S. and Siddiqi, H.W. (2010). Energy Consumption and Economic Growth in South Asian Countries: A co-integrated Panel Analysis. I**nternational Journal of Human and Social Sciences** 5(14): 921-926

Narayan, P.K. and Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. **Energy Policy** 38 (1): 661-666.

Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis. **Econometric Theory** 20 (3): 597-625.

Susan, S. (2010). Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. **Applied Energy** 88: 376-382.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2009). **The Effects of Climate Change in the World** [On-line]. (In Thai). Available: http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view =category&id=36&Itemid=57