

06

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณ
คาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยระยะ 10 ปี
จากปัจจัยการเติบโตทางเศรษฐกิจ

PROJECTION OF CHANGE IN THE QUANTITY
OF CARBON DIOXIDES OF THAILAND
FOLLOWING ECONOMIC CHANGES
OVER 10 YEARS

วราทิพย์ วัฒนวินิจชัย^{a,✉} และ สมพจน์ กรรณนุช^a

^aคณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Waratip Wattanawinitchaia^a and Sompote Kunnoot^a

^aSchool of Environmental Development Administration, National Institute of Development

✉ ploywaratip@gmail.com

วันรับ (received) 10 ก.ย.2562 วันที่แก้ไข (revised) 1 ต.ค. 2562 วันที่ตอบรับ (accepted) 9 ต.ค. 2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อคาดการณ์การเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อคาดการณ์ปริมาณ CO₂ ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2568 โดยวิธีสมการแนวโน้มแบบเชิงเส้น แบบกำลังสอง และแบบลูกบาศก์ การคาดการณ์ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่จากอัตราส่วนของปัจจัยทุนกับปัจจัยแรงงานประกอบด้วย 2 ทิศทาง ได้แก่ การเติบโตอัตราต่ำแบบเชิงเส้น และการเติบโตอัตราสูงแบบเอกซ์โปเนนเชียลการคาดการณ์มูลค่าเพิ่มจากผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ พบว่ามีแนวโน้มต่ำลงสำหรับภาคอุตสาหกรรมสูงขึ้นสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า และภาคการขนส่งทั้ง 2 ทิศทาง เป็นผลให้ในกรณีที่ 1 ปริมาณ CO₂ ภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตไฟฟ้าซึ่งมีแนวโน้มลดลงแบบกำลังสอง มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและลดลงในระยะยาว และภาคการขนส่ง ซึ่งมีแนวโน้มลดลงแบบเชิงเส้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและในระยะยาว และในกรณีที่ 2 ปริมาณ CO₂ ภาคอุตสาหกรรม มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและลดลงในระยะยาว ภาคการผลิตไฟฟ้า และภาคการขนส่ง มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและในระยะยาวสำหรับปริมาณ CO₂ จากแหล่งอื่น ๆ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและลดลงในระยะยาว การชะลอการเติบโตของปริมาณ CO₂ อาจจะประกอบด้วยนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด และการส่งเสริมการใช้นานาพาหนะพลังงานไฟฟ้า

คำสำคัญ : การคาดการณ์ GDP ประเทศไทย โครงสร้างเศรษฐกิจ การคาดการณ์ CO₂ โครงสร้าง CO₂

Abstract

The aim of this study was to project the volume of Thailand's economy to be used for the projection of the quantity of CO₂ for years 2015 - 2025, used trend equations including linear, quadratic, and cubic forms from time series database released by the Office of National Economic and Social Development Board, and the World Bank. The projection of chain volume measures gross domestic products (CVMGDP) from the ratio of capital stock and labor force consisted of 2 paths: linear and exponential growth paths. The projection of value added from CVMGDP gave a declining path for manufacturing, and increasing for electricity generation, and transport for the 2 paths. The CO₂ quantity was projected in case 1 to increase in near term and decline in the long term for the manufacturing and electricity generation, as the trend for the two sectors were in quadratic declining form, and to increase in both near and long terms for the transport, as the trend is linear increasing. The CO₂ quantity was projected in case 2 to increase in near term and decline in the long term for the manufacturing and to increase in both near and long terms for the electricity generation and transport. The CO₂ quantity from other sources was projected to increase in near term and decline in the long term. Measures to curb the growth of CO₂ can originate from policies that promote users' own generation of electricity from clean energy and promote transportation powered by electricity.

Keywords : Thailand's GDP projections, Thailand's economic structural change, CO₂ projection, CO₂ structural change

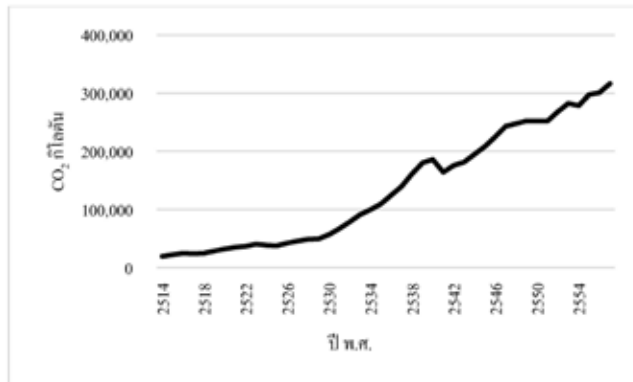
บทนำ

ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกมีประโยชน์ด้านการสร้างความอบอุ่นแก่พื้นผิวโลกและควบคุมความเสถียรของอุณหภูมิของโลกให้มีสภาพเหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (Lovelock, 1988, 2000) หากชั้นบรรยากาศของโลกปราศจากก๊าซเรือนกระจก อุณหภูมิของโลกจะมีสภาพแปรปรวนอย่างรุนแรงจนเป็นอุปสรรคสำหรับการเกิดสิ่งมีชีวิต ในปัจจุบันก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณสะสมเพิ่มขึ้นจนมีปริมาณมากเกินสมดุล ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นปรากฏการณ์โลกร้อน (Global warming) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO₂) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นร้อยละ 77 (Cholathat, 2015) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญนับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2293 - 2343) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทั้งจากการผลิตไฟฟ้า การขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกเพิ่มขึ้นจาก 270 ส่วนต่อล้านส่วน ในช่วงเวลาก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็น 380 ส่วนต่อล้านส่วน ในปี พ.ศ. 2543 และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าหรือประมาณ 540 ส่วนต่อล้านส่วน ในปี พ.ศ. 2643 และมีการคาดการณ์ว่าจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกร้อนขึ้นประมาณ 1.5 - 3.5 องศาเซลเซียส และระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 15 - 95 เซนติเมตร (Gozzoli, Nopakun & Worrawatthanasakun, 2010) อย่างไรก็ตามผลกระทบจากภาวะโลกร้อนยังคงเป็นการคาดการณ์ เช่น รายงานของคณะกรรมการว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) แสดงการคาดการณ์อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียสภายในปี พ.ศ. 2583 และการวิเคราะห์ให้เห็นผลกระทบ ได้แก่ ภาวะแห้งแล้ง พายุเฮอริเคนจะมีความรุนแรงมากขึ้น การสูญเสียปะการัง ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และผลกระทบทางสังคมที่เกิดจากการอพยพย้ายถิ่นจากพื้นที่ชายฝั่ง และการสูญเสียของความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต (Varinsky, 2018) แม้ว่าปัญหาโลกร้อนเป็นประเด็นถกเถียงในสังคม ประชาคมโลกมีการเคลื่อนไหวเพื่อหยุดภาวะโลกร้อน เริ่มตั้งแต่การลงนามในพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ในปี พ.ศ. 2540 จนถึงข้อตกลงปารีสในปี พ.ศ. 2559 (Paris agreement) ในปี พ.ศ. 2562 มีสมาชิกลงนามในข้อตกลงจำนวน 195 ประเทศ และมีคู่สัญญากับข้อตกลงปารีสจำนวน 186 ประเทศ

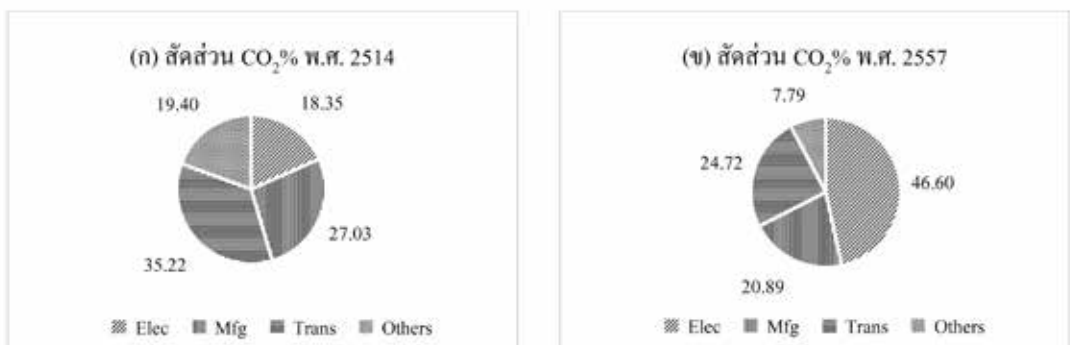
สำหรับประเทศไทยฐานข้อมูลของธนาคารโลกแสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีอัตราเพิ่มแตกต่างกันสำหรับ 2 ช่วงเวลา ในปี พ.ศ. 2503 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงในภาพที่ 1 มีปริมาณ 3,715 กิโลตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 49,703 กิโลตัน ในปี พ.ศ. 2529 โดยมีอัตราเพิ่มเฉลี่ย 1,859 กิโลตันต่อปี การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยหลังจากปี พ.ศ. 2529 มีอัตราเพิ่มเฉลี่ย 9,227 กิโลตันต่อปี ทำให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 56,945 กิโลตัน ในปี พ.ศ. 2530 เป็น 316,213 กิโลตัน ในปี พ.ศ. 2557 ฐานข้อมูลของธนาคารโลกแสดงให้เห็นว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยมีอัตรา 0.1356 ตันต่อหัวประชากร ในปี พ.ศ. 2503 เพิ่มขึ้นเป็น 0.9378 ตันต่อหัวประชากร ในปี พ.ศ. 2529 และ 4.6219 ตันต่อหัวประชากร ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ) จากแหล่งกำเนิดการผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรม การขนส่ง และอื่น ๆ ในปี พ.ศ. 2514 ร้อยละ 18.35 ร้อยละ 27.03 ร้อยละ 35.22 และ ร้อยละ 19.40 ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 2 (ก) สำหรับในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ) จากแหล่งกำเนิดการผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรม การขนส่ง และอื่น ๆ ร้อยละ 46.60 ร้อยละ 20.89 ร้อยละ 24.72 และ ร้อยละ 7.79 ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 2 (ข) แสดงให้เห็นว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าขยายตัวเร็วกว่าจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อุตสาหกรรม การขนส่ง และอื่น ๆ

ปัจจัยที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าขยายตัวเร็วกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรม การขนส่ง และอื่น ๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจ โดยพบว่า การขยายตัวทางเศรษฐกิจของภาคการผลิตไฟฟ้า แสดงในภาพที่ 3 มีอัตราสูงกว่า ผลผลิตมวลรวมในประเทศ ภาคอุตสาหกรรม และการขนส่ง ซึ่งมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจใกล้เคียงกัน จึงพบว่า การผลิตไฟฟ้า มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 1 ในปี พ.ศ. 2533 เป็นร้อยละ 3 ในปี พ.ศ. 2560 ในขณะที่ ภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25 ในปี พ.ศ. 2533 เป็น ร้อยละ 27 ในปี พ.ศ. 2560 และ ภาคการขนส่ง มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6 ในปี พ.ศ. 2533 เป็น ร้อยละ 7 ในปี พ.ศ. 2560 แสดงในภาพที่ 4

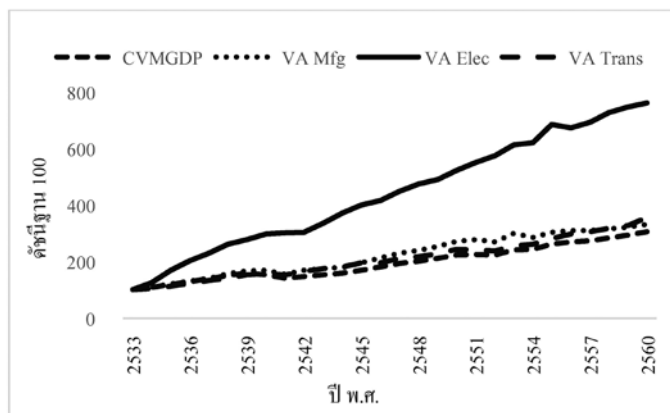
การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อคาดการณ์การเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อคาดการณ์ปริมาณ CO_2 ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2568 โดยวิธีสมการแนวโน้มแบบเชิงเส้น แบบกำลังสอง และแบบลูกบาศก์ จากฐานข้อมูลอนุกรมเวลาเผยแพร่โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และธนาคารโลก เพื่อแสวงหาข้อพิจารณาในเชิงนโยบายสำหรับการควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทย ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงในตารางที่ 1



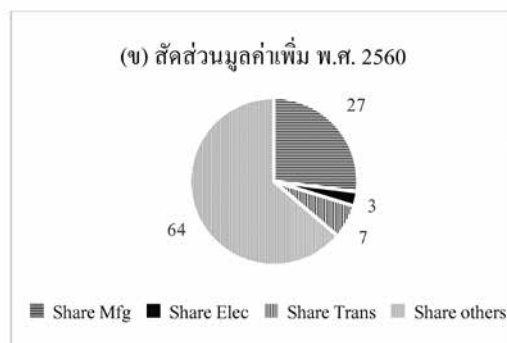
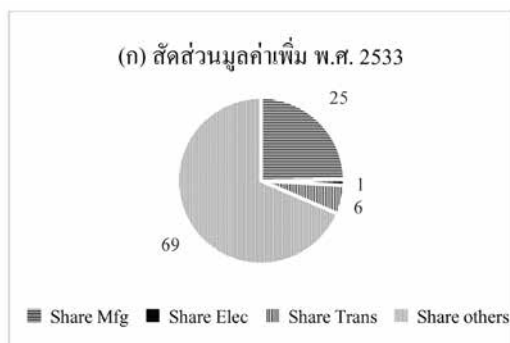
ภาพที่ 1 : การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลตัน) ของประเทศไทย พ.ศ. 2503 - 2557



ภาพที่ 2 : สัดส่วน CO_2 (%) ของประเทศไทย พ.ศ. 2514 (ก) และ พ.ศ. 2557 (ข)



ภาพที่ 3 : ผลผลิตมวลรวมในประเทศมูลค่าเพิ่ม ภาคอุตสาหกรรม การผลิตไฟฟ้า
การขนส่ง ราคาคงที่ ปี พ.ศ. 2545 (ดัชนีฐาน 100)



ภาพที่ 4 : สัดส่วนมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม การผลิตไฟฟ้า การขนส่ง
และอื่น ๆ พ.ศ. 2533 (ก) และ พ.ศ. 2560 (ข)

ตารางที่ 1 : งานวิจัยเกี่ยวกับการคาดการณ์คาร์บอนไดออกไซด์

ผู้เขียน	ข้อมูลที่ใช้	วิธีที่ใช้ในการศึกษา	ขอบเขต/ ช่วงเวลา	ประเด็นผลการศึกษา
Pornputapong (2013)	ข้อมูล GDP ต่อหัว และ ปริมาณการปล่อย CO ₂	วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองทางเศรษฐมิติ	ประเทศไทย	การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ CO ₂
Ruengphol (2016)	ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงและตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ GDP ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวนยานพาหนะ ประชากรและนักท่องเที่ยว	การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นพหุ (multiple regression analysis)	ภาคการขนส่ง ในจังหวัดกลุ่มอันดามัน ประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2573	ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เชื้อเพลิงกับตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจก
Kane & Burke (2010)	ข้อมูลปริมาณการปล่อย CO ₂ และช่วงเวลา	การวิเคราะห์แนวโน้ม (trend analysis) ผ่านวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอย (regression analysis)	25 ประเทศ และระดับโลก พ.ศ. 2514 – 2550	ค่า R ² (R-square) ที่มีค่าระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 0.94 หรือร้อยละ 94 สามารถใช้เป็นภาพฉายและวางแผนการปล่อย CO ₂ ในอนาคต
Davis, Caldeira & Matthews (2010)	ข้อมูลปริมาณการปล่อย CO ₂ จากโรงไฟฟ้า และ ยานพาหนะ	คำนวณการปล่อย CO ₂ โดยใช้ coupled climate-carbon model	ภาคพลังงานระดับโลก พ.ศ. 2553 – 2603	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลตามโครงสร้างพื้นฐานในปัจจุบันมีผลต่อการสะสมปริมาณ CO ₂ ที่เพิ่มขึ้น
Limanond, Jomnonkwao & Srikaew (2011)	ข้อมูล GDP จำนวนประชากร ยานพาหนะ ที่จดทะเบียน การใช้พลังงานในการขนส่ง	การวิเคราะห์แบบ log-linear regression and artificial neural network model	ภาคการขนส่ง ประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573	การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในภาคการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญ
Lin, Liou & Huang (2011)	ข้อมูลปริมาณการปล่อย CO ₂ และการใช้พลังงาน	การวิเคราะห์โดย grey model	ภาคพลังงาน ประเทศไต้หวัน พ.ศ. 2553 – 2555	ปริมาณเชื้อเพลิงจากการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณ CO ₂ ที่เพิ่มขึ้น

ผู้เขียน	ข้อมูลที่ใช้	วิธีที่ใช้ในการศึกษา	ขอบเขต/ ช่วงเวลา	ประเด็นผลการศึกษา
Saboori, Sulaiman & Mohd (2012)	ข้อมูล GDP และปริมาณ การปล่อย CO ₂	การวิเคราะห์ ความสัมพันธ์เชิง ดุลยภาพระยะยาว (cointegration analysis)	ประเทศมาเลเซีย	การเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจ มีผลต่อการ ปล่อย CO ₂
Wu, Liu, Liu, Fang & Xu (2015)	ข้อมูล real GDP การใช้พลังงาน และ ปริมาณการปล่อย CO ₂	การวิเคราะห์โดย novel multi- variable grey model	กลุ่มประเทศ BRICS ได้แก่ บราซิล รัสเซีย อินเดีย จีน และแอฟริกาใต้ พ.ศ. 2547 - 2553	การเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจและ การใช้พลังงาน มีผลต่อปริมาณ การเกิด CO ₂
Ratanavaraha & Jomnonkwao (2015)	ข้อมูล GDP จำนวน ยานพาหนะ ประชากร และปริมาณ การปล่อย CO ₂	การวิเคราะห์ แบบ log-linear regression และ path analysis	ภาคการขนส่ง ประเทศไทย พ.ศ. 2555 - 2573	การเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจ ขนาด ของยานพาหนะ และจำนวนประชากร มีผลโดยตรงต่อ ปริมาณการเกิด CO ₂
Li, Xu & Ma (2018)	ข้อมูล GDP การใช้พลังงาน และปริมาณการปล่อย CO ₂	การวิเคราะห์โดย grey model	ประเทศจีน พ.ศ. 2548 - 2573	การเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจมีผล โดยตรงต่อปริมาณ การเกิด CO ₂

กรอบแนวคิด

ระบบเศรษฐกิจของมนุษย์เป็นกระบวนการผลิตสินค้าและบริการสำหรับการบริโภคและใช้สอย ซึ่งประกอบด้วยการทำงานปัจจัยการผลิต ได้แก่ เครื่องจักร แรงงาน พลังงาน เพื่อแปรรูปวัตถุดิบเป็นสินค้าและบริการ โดยทั่วไปกระบวนการผลิตมีกากของเสียหลายชนิด ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ บัญชีสมดุลของกระบวนการผลิตประกอบด้วย ปัจจัยการผลิต = ผลผลิต + กากของเสีย (Xue, Kumar & Sutherland, 2007) คาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนหนึ่งของกากของเสีย เป็นผลจากการใช้พลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยทั่วไปปัจจัยการผลิตแปรผันเป็นอัตราส่วนกับผลผลิต จึงทำให้กากของเสียแปรผันเป็นอัตราส่วนกับผลผลิต และปัจจัยการผลิต การขยายตัวของระบบเศรษฐกิจตามการขยายตัวของประชากรมนุษย์ ทำให้กากของเสียและคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ

การคาดประมาณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตให้ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับความเครียดทางสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของ ปัจจัยการผลิต = ผลผลิต + กากของเสีย เป็นแนวคิดสำหรับการคาดประมาณปริมาณ

คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจากปริมาณของกิจกรรมเศรษฐกิจซึ่งใช้ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่เป็นเครื่องบ่งชี้ การศึกษานี้จึงใช้ข้อสมมุติปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์แปรผันเป็นอัตราส่วนกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ โดยมีองค์ประกอบหลักของแหล่งกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า และภาคการขนส่ง การคาดประมาณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จึงผูกพันกับการคาดประมาณผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ มูลค่าเพิ่มของภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า และภาคการขนส่ง

การจำลองระบบการผลิตหลายแบบมีลักษณะคล้ายกัน (Dixon, Parmenter, Powell & Wilcoxon, 1992) สำหรับแบบ cobb-douglas เป็นแบบที่ใช้ข้อสมมุติให้มีการทดแทนปัจจัยการผลิต ได้แก่ $Q = A(K^a, L^b)$ โดยให้ Q แทนผลผลิต A แทนประสิทธิภาพของปัจจัยการผลิต K แทนปัจจัยทุน เช่น เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ L แทนปัจจัยแรงงาน a แทนสัดส่วนของปัจจัยทุน b แทนสัดส่วนของปัจจัยแรงงาน โดยให้ $a + b = 1$ สมการ $Q = A(K^a, L^b)$ แสดงการทดแทนระหว่างปัจจัยทุนกับปัจจัยแรงงาน การศึกษานี้ใช้ข้อสมมุติ CVMGDP = $f(K, L)$ โดยให้ CVMGDP แทนผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ (Chain Volume Measures Gross Domestic Products : CVMGDP) K แทนสต็อกทุน (net capital stock) และ L แทนกำลังแรงงาน (labor force) เพื่อให้ K/L เป็นตัวแทนของการทดแทนระหว่าง K กับ L ในระยะยาวเป็นปัจจัยบังคับทิศทางของการตรวจสอบข้อมูลสำหรับ K พบว่ามีอัตราเติบโตสม่ำเสมอ ในขณะที่ข้อมูลสำหรับ L แสดงทิศทางเพิ่มขึ้น ในอัตราลดลงในอดีตและแสดงทิศทางลดลงในเวลาปัจจุบัน จึงอาจจะคาดได้ว่าจะมีปริมาณลดลงในอนาคต จึงทำให้ K แสดงบทบาททดแทนที่สำคัญ

ข้อมูลและวิธีการศึกษา

ข้อมูลอนุกรมเวลาเผยแพร่โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ประกอบด้วย ข้อมูลแบบปริมาณลูกโซ่ (Chain Volume Measures : CVMs) ของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ (CVMGDP) มูลค่าเพิ่ม (Value Added : VA) สาขาอุตสาหกรรม สาขาการผลิตไฟฟ้า สาขาการขนส่ง สต็อกทุน (capital stock) ของประเทศไทย ข้อมูลอนุกรมเวลาเผยแพร่โดยธนาคารโลก (world bank) ประกอบด้วย ข้อมูลกำลังแรงงานประเทศไทย (labor force) ข้อมูลปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ รวมของประเทศไทยหน่วยกิโลตัน ข้อมูลสัดส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สาขาอุตสาหกรรม สาขาการผลิตไฟฟ้า สาขาการขนส่ง สาขาที่อยู่อาศัยและสำนักงาน และสาขาอื่น ๆ การทดสอบความนิ่ง (unit root) วิธี Dickey-Fuller (DF) : $\Delta y_t = \beta y_{t-1}$ ของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งหมด ยกเว้นผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ พบว่ามีลักษณะไม่นิ่ง (non-stationary) การใช้ข้อมูลจึงไม่สามารถให้ความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ เพื่อให้มีความเชื่อมั่นทางสถิติ การศึกษานี้จึงใช้วิธีจับคู่เปรียบเทียบ ประกอบด้วย K/L หมายถึง อัตราส่วนของสต็อกทุนกับกำลังแรงงาน $CO_2 Mfg/MfgVA$ หมายถึง อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์สาขาอุตสาหกรรมกับมูลค่าเพิ่มสาขาอุตสาหกรรม $CO_2 Elec/ElecVA$ หมายถึง อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์สาขาการผลิตไฟฟ้ากับมูลค่าเพิ่มสาขาการผลิตไฟฟ้า $CO_2 Tran/TranVA$ หมายถึง อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์สาขาการขนส่งกับมูลค่าเพิ่มสาขาการขนส่ง $CO_2 Oth/CVMGDP$ หมายถึง อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอื่น ๆ กับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ และการทดสอบความนิ่งของข้อมูลตัวแปรเปรียบเทียบแสดงค่าสถิติความนิ่ง (unit root statistics) วิธี Dickey-Fuller (DF) : $\Delta y_t = \beta y_{t-1}$ ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ค่าสถิติความนิ่งของข้อมูล (unit root statistics) วิธี Dickey-Fuller (DF) : $\Delta y_t = \beta y_{t-1}$

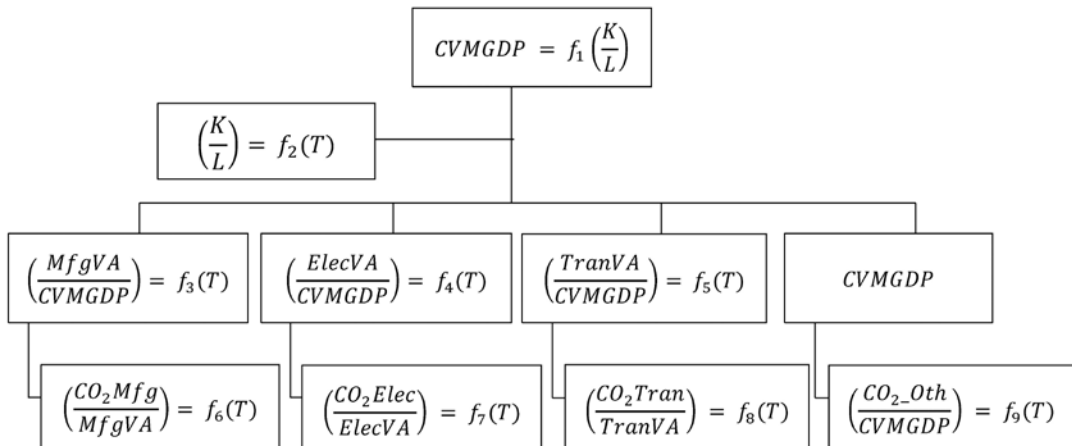
ข้อมูล/ตัวแปร	ค่า DF β	Sig. $\alpha= 0.05$
CVMGDP	-4.439	-2.986
$\frac{K}{L}$	-2.993	-2.986
$\frac{MfgVA}{CVMGDP}$	-4.127	-2.986
$\frac{ElecVA}{CVMGDP}$	-4.089	-2.986
$\frac{TranVA}{CVMGDP}$	-3.667	-2.986
$\frac{CO_2\ Elec}{ElecVA}$	-3.114	-2.986
$\frac{CO_2\ Elec}{ElecVA}$	-5.890	-2.986
$\frac{CO_2\ Tran}{TranVA}$	-3.148	-2.986
$\frac{CO_2\ -Oth}{CVMGDP}$	-4.718	-2.986

เนื่องจากตัวแปรเปรียบเทียบทำให้ข้อมูลมีลักษณะนิ่งและมีความเชื่อมั่นทางสถิติ จึงนำมาประกอบเป็นกรอบแนวคิดความสัมพันธ์แสดงในภาพที่ 5

ความสัมพันธ์ $CVMGDP = f_1(K/L)$ ใช้ข้อมูลมูลค่าให้อัตราส่วนของปัจจัยทุนกับปัจจัยแรงงานแปรผันตามเวลา (T) โดย K/L บ่งชี้ผลิตภาพของปัจจัยแรงงานซึ่งเติบโตตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีซึ่งสะสมเพิ่มขึ้นตามเวลา และใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2534 - 2558

ความสัมพันธ์ $MfgVA/CVMGDP = f_3(T)$ และใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2538 - 2560 ความสัมพันธ์ $ElecVA/CVMGDP = f_4(T)$ และใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2535 - 2559 ความสัมพันธ์ $TranVA/CVMGDP = f_5(T)$ และใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2540 - 2559 ใช้ข้อมูลมูลค่าให้อัตราส่วนมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรมกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ แปรผันกับเวลา อัตราส่วนมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้ากับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ แปรผันกับเวลา อัตราส่วนมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่งกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ แปรผันกับเวลา ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ $CO_2Mfg/MfgVA = f_6(T)$ ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2536 - 2557 ความสัมพันธ์ $CO_2Elec/ElecVA = f_7(T)$ ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2535 - 2557 ความสัมพันธ์ $CO_2Tran/TranVA = f_8(T)$ ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2541 - 2555 และความสัมพันธ์ $CO_2Oth/CVMGDP = f_9(T)$ ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา พ.ศ. 2540 - 2557 ใช้ข้อมูลมูลค่าให้อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากภาคอุตสาหกรรมกับมูลค่าเพิ่มสาขาอุตสาหกรรมแปรผันกับเวลา อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากภาคการผลิตไฟฟ้ากับมูลค่าเพิ่มสาขาการผลิตไฟฟ้าแปรผันกับเวลา อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากภาคการขนส่งกับมูลค่าเพิ่มสาขาการขนส่งแปรผันตามเวลา และอัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอื่นกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่แปรผันกับเวลา ตามลำดับ



ภาพที่ 5 : กรอบแนวคิดการคาดประมาณคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการศึกษา

ผลการคาดประมาณสัมประสิทธิ์และค่าคงที่จากสมการถดถอย แสดงในตารางที่ 3 สมการที่ 1 ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล K/L กับข้อสมมุติกรณีที่ 1 K/L มีแนวโน้มการเติบโตแบบเชิงเส้น ได้แก่ $K/L (1) = 0.5733 T + 19.224$ ซึ่งเป็นข้อสมมุติให้ K/L (1) มีอัตราเติบโตต่อปีลดลงในระยะยาว สมการที่ 2 ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล K/L กับข้อสมมุติกรณีที่ 2 K/L มีแนวโน้มการเติบโตยกสูงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ได้แก่ $K/L (2) = 19.556e^{0.0227T}$ ซึ่งเป็นข้อสมมุติให้ K/L (2) มีอัตราเติบโตต่อปีคงที่ในระยะยาว ข้อสมมุติทั้งสองเป็นปัจจัยบังคับทิศทางการเติบโตของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ (CVMGDP) ให้มีทิศทางที่ 1 แบบอนุรักษกับทิศทางที่ 2 แบบอัตราเติบโตสูง

สมการที่ 3 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของทิศทางการเติบโตของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ (CVMGDP) กับปัจจัยบังคับ K/L (1) ทิศทางที่ 1 แบบอนุรักษ และสมการที่ 4 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของทิศทางการเติบโตของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ (CVMGDP) กับปัจจัยบังคับ K/L (2) ทิศทางที่ 2 แบบอัตราเติบโตสูง

สมการที่ 5 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรมกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ ($\ln_MfgVA/\ln_CVMGDP$) กับข้อสมมุติ $\ln_MfgVA/\ln_CVMGDP = -0.0067 T^2 + 0.1933 T + 90.965$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรมจะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในระยะต้น ชะลอตัว และลดลงแบบกำลังสองเทียบกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่

สมการที่ 6 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้ากับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ ($ElecVA/CVMGDP$) กับข้อสมมุติ $ElecVA/CVMGDP = -0.0028 T^2 + 0.1228 T + 1.52$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้าจะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในระยะต้น ชะลอตัว และลดลงแบบกำลังสองเทียบกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่

สมการที่ 7 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่งกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ ($TranVA/CVMGDP$) กับข้อสมมุติ $TranVA/CVMGDP = 0.0009 T^3 - 0.0277 T^2 + 0.2283 T + 5.6914$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามูลค่าเพิ่มภาคการขนส่งจะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในระยะต้น ชะลอตัว ลดลง และเพิ่มขึ้นแบบลูกบาศก์เทียบกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่

สมการที่ 8 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์กับมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม ($CO_2 Mfg/MfgVA$) กับข้อสมมุติ $CO_2 Mfg/MfgVA = -0.0016x^2 + 0.0241x + 2.5665$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภาคอุตสาหกรรมจะมีสัดส่วนลดลงแบบกำลังสองเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม

สมการที่ 9 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์กับมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้า ($CO_2 Elec/ElecVA$) กับข้อสมมุติ $CO_2 Elec/ElecVA = 0.0149 T^2 - 1.0072 T + 67.828$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภาคการผลิตไฟฟ้าจะมีสัดส่วนลดลงแบบกำลังสองเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้า

สมการที่ 10 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์กับมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่ง ($CO_2 Tran/TranVA$) กับข้อสมมุติ $CO_2 Tran/TranVA = -0.165 T + 16.997$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภาคการขนส่งจะมีสัดส่วนลดลงแบบเชิงเส้นเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่ง

สมการที่ 11 ใช้ทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอัตราส่วนของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอื่นกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ ($CO_2 Oth/CVMGDP$) กับข้อสมมุติ $CO_2 Oth/CVMGDP = -0.0002 T^2 + 0.003 T + 0.277$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า $CO_2 Oth/CVMGDP$ มีทิศทางลดลงแบบกำลังสอง

ตัวแปรหุ่น (dummy variables) D1 และ D2 ใช้เป็นตัวแทนเหตุการณ์พิเศษซึ่งเป็นผลให้ข้อมูลมีลักษณะผันผวน และมีบทบาทในการปรับทิศทางของค่าพยากรณ์ของสมการถดถอย

ตารางที่ 3 : ผลการทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลกับข้อสมมุติแบบโน้มจากสมการถดถอย

สมการ			
1	Dependent variable	K/L (1)	T-Stat
	No. Observation	25	
	C	-1.780	-1.407
	$0.5733 T + 19.224$	1.050	23.626
	D1	-2.385	-3.846
	D2	2.783	7.232
	R^2	0.981	
	Adjusted R^2	0.979	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.12 < d_U = 1.66 < d = 1.879$	
2	Dependent variable	K/L (2)	T-Stat
	No. Observation	25	
	C	1.083	0.837
		0.952	21.051
	D1	-3.448	-5.199
	D2	2.651	5.923
	R^2	0.976	
	Adjusted R^2	0.972	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.12 < d_U = 1.66 < d = 1.726$	
3	Dependent variable	CVMGDP(1)	T-Stat
	No. Observation	27	
	C	-133.569	-6.917
	K/L(1)	1.697	15.990
	D1	45.339	5.056
	D2	-20.699	-4.297
	R_2	0.942	
	Adjusted R_2	0.935	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.16 < d_U = 1.65 < d = 1.729$	

สมการ			
4	Dependent variable	CVMGDP (2)	T-Stat
	No. Observation	27	
	C	-118.158	-6.866
	K/L (2)	1.607	17.058
	D1	40.480	4.929
	D2	-21.815	-4.813
	R ²	0.950	
	Adjusted R ²	0.942	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.16 < d_U = 1.65 < d = 1.666$	
5	Dependent variable	ln_MfgVA/ln_CVMGDP	T-Stat
	No. Observation	23	
	C	0.161	0.026
	$-0.0067 T^2 + 0.1933 T + 90.965$	0.998	14.955
	R ²	0.914	
	Adjusted R ²	0.910	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.26 < d_U = 1.44 < d = 1.755$	
6	Dependent variable	ElecVA/CVMGDP	T-Stat
	No. Observation	25	
	C	0.001	0.008
	$-0.0028 T^2 + 0.1228 T + 1.52$	1.000	26.892
	D1	-0.139	-1.911
	R ²	0.971	
	Adjusted R ²	0.968	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.21 < d_U = 1.55 < d = 1.638$	

สมการ			
7	Dependent variable	TranVA/CVMGDP	T-Stat
	No. Observation	20	
	C	1.050	0.947
	$0.0009T3 - 0.0277T2 + 0.2283T + 5.6914$	0.829	4.563
	D1	-0.213	-1.896
	D2	0.149	2.289
	R^2	0.737	
	Adjusted R^2	0.688	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.0 < d_U = 1.68 < d = 1.842$	
8	Dependent variable	CO2Mfg/MfgVA	T-Stat
	No. Observation	24	
	C	-0.580	-0.622
	$-0.0016x2 + 0.0241x + 2.5665$	1.209	3.340
	D1	0.250	2.396
	R^2	0.437	
	Adjusted R^2	0.377	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.15 < d_U = 1.54 < d = 1.568$	
9	Dependent variable	CO2Elec/ElecVA	T-Stat
	No. Observation	24	
	C	-2.973	-0.536
	$0.0149 T2 - 1.0072 T + 67.828$	1.043	11.092
	D1	3.629	2.989
	R^2	0.862	
	Adjusted R^2	0.848	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.17 < d_U = 1.54 < d = 1.710$	

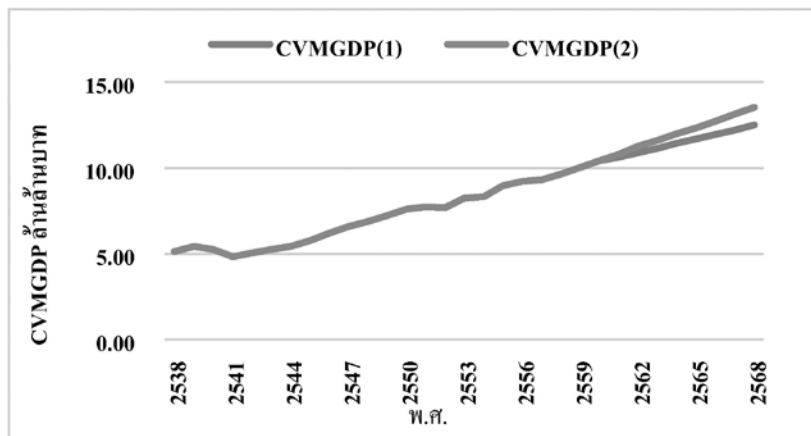
สมการ			
10	Dependent variable	CO2Tran/TranVA	T-Stat
	No. Observation	15	
	C	-0.002	-0.001
	-0.165 T + 16.997	1.000	3.129
	R ²	0.430	
	Adjusted R ²	0.0386	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.08 < d_U = 1.36 < d = 1.544$	
11	Dependent variable	CO ₂ Oth/CVMGDP	T-Stat
	No. Observation	18	
	C	-0.051	-0.351
	-0.0002 T ² + 0.003 T + 0.277	1.194	2.333
	D1	-0.022	-2.543
	R ²	0.405	
	Adjusted R ²	0.325	
	DW ($\alpha=0.05$)	$d_L = 1.046 < d_U = 1.535 < d = 1.940$	

การคาดประมาณการเติบโตทางเศรษฐกิจ

ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ (CVMGDP) มูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม (MfgVA) มูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้า (ElecVA) และมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่ง (TranVA) พ.ศ. 2538 - 2557 และคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 กรณีที่ 1 = (1) และ กรณีที่ 2 = (2) (หน่วย ล้านล้านบาท) แสดงในตารางที่ 4 การคาดประมาณพบว่าในปี พ.ศ. 2568 ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ กรณีที่ 2 มีระดับสูงกว่า กรณีที่ 1 เป็นมูลค่า 1.04 ล้านล้านบาท เป็นผลจากข้อสมมุติปัจจัยบังคับ K/L (2) ให้มีอัตราการเติบโตสูงเทียบกับกรณีที่ 1 ซึ่งใช้ข้อสมมุติปัจจัยบังคับ K/L (1) ให้มีอัตราการเติบโตแบบเชิงเส้นซึ่งทำให้มีอัตราเติบโตที่ลดลงในระยะยาว มูลค่าผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ พ.ศ. 2538 - 2560 และการคาดประมาณ พ.ศ. 2561 - 2568 (หน่วย ล้านล้านบาท) แสดงในภาพที่ 6 การคาดประมาณพบว่ามูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม (MfgVA) จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นในระยะสั้นแต่จะลดลงในระยะยาว เทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้า (ElecVA) และภาคการขนส่ง (TranVA) ซึ่งจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

ตารางที่ 4 : ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ (CVMGDP) และมูลค่าเพิ่มสาขาอุตสาหกรรม (MfgVA) ไฟฟ้า (ElecVA) และ ขนส่ง (TranVA) พ.ศ. 2538 - 2557 และการคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 กรณีที่ 1 = (1) และ กรณีที่ 2 = (2) (หน่วย : ล้านล้านบาท)

ปี พ.ศ.	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2			
	CVMGDP(1)	MfgVA(1)	ElecVA(1)	TranVA(1)	CVMGDP(2)	MfgVA(2)	ElecVA(2)	TranVA(2)
2538	5.13	1.33	0.10	0.27	5.13	1.33	0.10	0.27
2539	5.42	1.41	0.11	0.29	5.42	1.41	0.11	0.29
2540	5.25	1.42	0.11	0.30	5.25	1.42	0.11	0.30
2541	4.83	1.31	0.11	0.29	4.83	1.31	0.11	0.29
2542	5.03	1.44	0.12	0.32	5.03	1.44	0.12	0.32
2543	5.26	1.48	0.13	0.33	5.26	1.48	0.13	0.33
2544	5.44	1.51	0.14	0.34	5.44	1.51	0.14	0.34
2545	5.77	1.65	0.15	0.37	5.77	1.65	0.15	0.37
2546	6.18	1.81	0.16	0.37	6.18	1.81	0.16	0.37
2547	6.58	1.95	0.17	0.40	6.58	1.95	0.17	0.40
2548	6.85	2.03	0.18	0.42	6.85	2.03	0.18	0.42
2549	7.20	2.15	0.19	0.43	7.20	2.15	0.19	0.43
2550	7.60	2.30	0.20	0.46	7.60	2.30	0.20	0.46
2551	7.74	2.36	0.21	0.46	7.74	2.36	0.21	0.46
2552	7.66	2.28	0.22	0.45	7.66	2.28	0.22	0.45
2553	8.25	2.54	0.23	0.49	8.25	2.54	0.23	0.49
2554	8.33	2.41	0.24	0.50	8.33	2.41	0.24	0.50
2555	8.95	2.58	0.26	0.54	8.95	2.58	0.26	0.54
2556	9.22	2.63	0.26	0.57	9.22	2.63	0.26	0.57
2557	9.32	2.63	0.27	0.58	9.32	2.63	0.27	0.58
2558	9.66	2.67	0.28	0.61	9.66	2.67	0.28	0.61
2559	10.01	2.73	0.29	0.63	10.01	2.73	0.29	0.63
2560	10.43	2.81	0.29	0.68	10.43	2.81	0.29	0.68
2561	10.61	2.79	0.30	0.65	10.78	2.83	0.30	0.66
2562	10.88	2.79	0.30	0.67	11.24	2.88	0.31	0.69
2563	11.15	2.79	0.30	0.68	11.60	2.89	0.32	0.71
2564	11.41	2.78	0.31	0.70	11.97	2.90	0.32	0.73
2565	11.68	2.76	0.31	0.72	12.34	2.90	0.33	0.76
2566	11.95	2.73	0.31	0.73	12.73	2.89	0.33	0.78
2567	12.22	2.69	0.31	0.75	13.12	2.87	0.33	0.81
2568	12.49	2.65	0.31	0.77	13.52	2.85	0.33	0.83



ภาพที่ 6 : มูลค่าผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ พ.ศ. 2538 - 2560 และคาดประมาณ พ.ศ. 2561 - 2568 (หน่วย : ล้านบาท)

การคาดประมาณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ พ.ศ. 2538 - 2557 และคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 (หน่วย เมกกะตัน) แสดงในตารางที่ 5 การคาดประมาณพบว่าในปี พ.ศ. 2568 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กรณีที่ 2 มีระดับสูงกว่า กรณีที่ 1 ปริมาณ 26.07 เมกกะตัน เป็นผลจากข้อสมมุติผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ กรณีที่ 2 มีมูลค่าสูงกว่า กรณีที่ 1 มูลค่า 1.04 ล้านบาท ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ พ.ศ. 2538 - 2557 และคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 (หน่วย เมกกะตัน) แสดงในภาพที่ 7

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จำแนกรายสาขา พ.ศ. 2538 - 2557 และคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 (หน่วย เมกกะตัน) สำหรับกรณีที่ 1 แสดงในภาพที่ 8 (ก) และกรณีที่ 2 ภาพที่ 8 (ข)

เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ภาคอุตสาหกรรมจะมีสัดส่วนลดลงแบบกำลังสองเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม และเนื่องจากมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 1) จึงพบว่าในกรณีที่ 1 คาร์บอนไดออกไซด์สาขาอุตสาหกรรม ($\text{CO}_2 \text{ Mfg}$) จะมีปริมาณลดลงจาก 66.07 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 42.95 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568 และในกรณีที่ 2 จะมีปริมาณลดลงเป็น 46.17 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568

แม้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภาคการผลิตไฟฟ้าจะมีสัดส่วนลดลงแบบกำลังสองเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้า แต่เนื่องจากมูลค่าเพิ่มภาคการผลิตไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) จึงพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์สาขาการผลิตไฟฟ้า (CO_2Elec) ในกรณีที่ 1 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 147.35 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 155.98 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568 และในกรณีที่ 2 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 168.93 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568

แม้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์ภาคการขนส่งจะมีสัดส่วนลดลงแบบเชิงเส้นเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่ง แต่เนื่องจากมูลค่าเพิ่มภาคการขนส่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) จึงพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์สาขาการขนส่ง (CO_2Tran) ในกรณีที่ 1 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 78.16 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 94.90 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568 และในกรณีที่ 2 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 102.78 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568

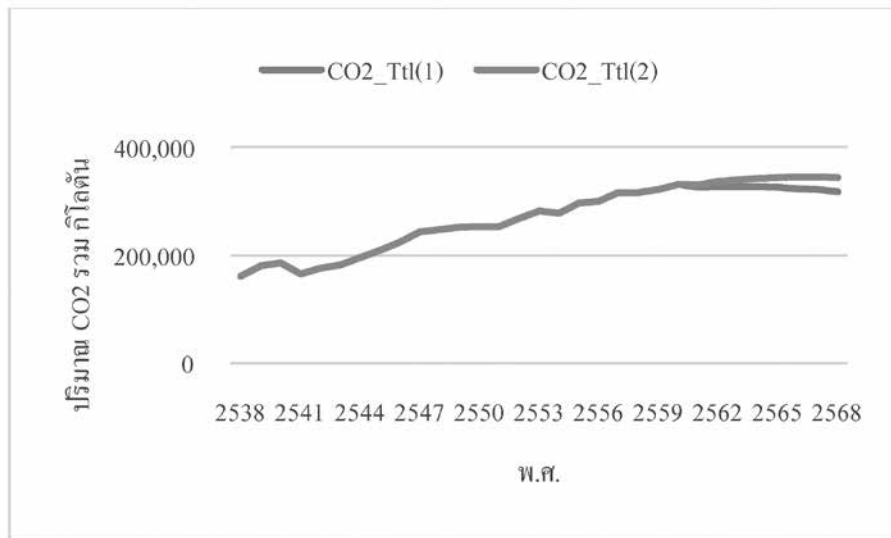
สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์สาขาอื่น ๆ แม้ว่าผลผลิตมวลรวมภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอื่นมีสัดส่วนลดลงแบบกำลังสองเทียบกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ จึงพบว่าในกรณีที่ 1 จะมีปริมาณลดลงจาก 24.63 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 24.45 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568 แต่ในกรณีที่ 2 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 24.63 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 26.48 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์รวมของประเทศไทยเป็นผลรวมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และภาคอื่น ๆ แม้ว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีสัดส่วนลดลงเทียบกับมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และเทียบกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ การเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นปัจจัยให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์รวมของประเทศไทยเพิ่มขึ้นในช่วงต้นแต่จะลดลงในช่วงปลาย โดยพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์รวมของประเทศไทย ในกรณีที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 316.21 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 330.99 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2560 แต่จะลดลงเป็น 318.29 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568 ในกรณีที่ 2 เพิ่มขึ้นจาก 316.21 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 344.91 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2567 แต่จะลดลงเป็น 344.36 เมกกะตัน ในปี พ.ศ. 2568

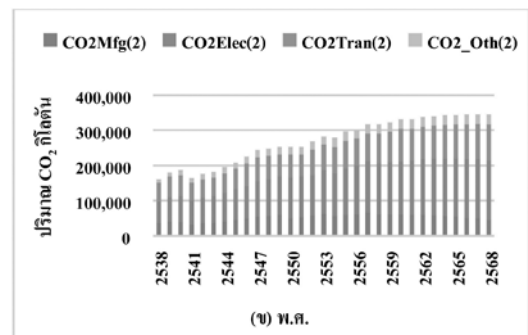
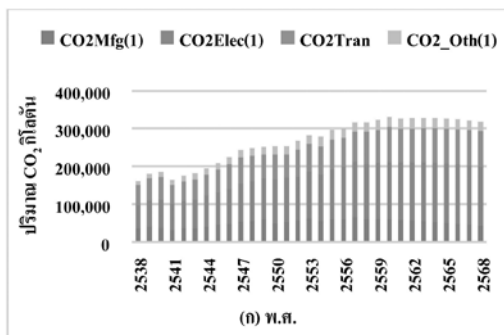
ปริมาณรวมของ CO_2 เป็นผลรวมของ CO_2 ภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และอื่น ๆ พบว่าจะมีสัดส่วนในกรณีที่ 1 ร้อยละ 13.50 ร้อยละ 49.01 ร้อยละ 29.82 และ ร้อยละ 7.68 ตามลำดับ และในกรณีที่ 2 ร้อยละ 13.41 ร้อยละ 49.06 ร้อยละ 29.85 และร้อยละ 7.69 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 : ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ พ.ศ. 2538 - 2557 และการคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 (หน่วย : เมกกะตัน)

ปี พ.ศ.	กรณีที่ 1					กรณีที่ 2				
	รวม	อุตสาหกรรม	ไฟฟ้า	ขนส่ง	อื่น ๆ	รวม	อุตสาหกรรม	ไฟฟ้า	ขนส่ง	อื่น ๆ
2538	161.14	36.66	60.90	53.87	9.71	161.14	36.66	60.90	53.87	9.71
2539	180.26	41.19	69.48	58.61	10.97	180.26	41.19	69.48	58.61	10.97
2540	185.93	37.96	75.21	58.70	14.06	185.93	37.96	75.21	58.70	14.06
2541	164.35	31.67	70.29	49.46	12.93	164.35	31.67	70.29	49.46	12.93
2542	176.10	36.43	72.22	52.58	14.87	176.10	36.43	72.22	52.58	14.87
2543	181.27	36.67	76.51	52.60	15.49	181.27	36.67	76.51	52.60	15.49
2544	194.60	40.94	82.17	55.18	16.31	194.60	40.94	82.17	55.18	16.31
2545	208.32	46.48	85.70	58.91	17.23	208.32	46.48	85.70	58.91	17.23
2546	224.57	48.37	92.31	64.91	18.98	224.57	48.37	92.31	64.91	18.98
2547	243.18	54.26	100.29	68.96	19.66	243.18	54.26	100.29	68.96	19.66
2548	247.48	56.43	104.64	67.90	18.52	247.48	56.43	104.64	67.90	18.52
2549	252.05	60.49	107.93	64.05	19.57	252.05	60.49	107.93	64.05	19.57
2550	252.44	49.64	115.79	67.03	19.98	252.44	49.64	115.79	67.03	19.98
2551	252.43	53.42	116.47	62.24	20.31	252.43	53.42	116.47	62.24	20.31
2552	267.62	57.82	114.47	72.76	22.56	267.62	57.82	114.47	72.76	22.56
2553	281.94	63.02	123.74	72.14	23.03	281.94	63.02	123.74	72.14	23.03
2554	278.31	55.41	122.64	75.52	24.73	278.31	55.41	122.64	75.52	24.73
2555	296.59	60.43	131.79	77.98	26.38	296.59	60.43	131.79	77.98	26.38
2556	300.08	61.32	139.21	75.72	23.83	300.08	61.32	139.21	75.72	23.83
2557	316.21	66.07	147.35	78.16	24.63	316.21	66.07	147.35	78.16	24.63
2558	316.47	60.73	145.20	85.24	25.30	316.47	60.73	145.20	85.24	25.30
2559	321.85	60.69	148.48	86.95	25.73	321.85	60.69	148.48	86.95	25.73
2560	330.99	60.96	150.79	92.98	26.25	330.99	60.96	150.79	92.98	26.25
2561	325.70	58.92	152.65	88.01	26.12	330.79	59.78	155.08	89.41	26.53
2562	326.78	57.29	154.21	89.16	26.13	337.57	59.05	159.38	92.15	27.00
2563	327.14	55.41	155.43	90.25	26.06	340.31	57.47	161.78	93.94	27.12
2564	326.80	53.29	156.31	91.29	25.91	342.44	55.65	163.90	95.72	27.17
2565	325.74	50.97	156.82	92.27	25.68	343.93	53.59	165.70	97.50	27.13
2566	323.97	48.46	156.95	93.20	25.36	344.76	51.32	167.17	99.27	27.01
2567	321.48	45.78	156.68	94.08	24.95	344.91	48.83	168.25	101.03	26.80
2568	318.29	42.95	155.98	94.90	24.45	344.36	46.17	168.93	102.78	26.48



ภาพที่ 7 : ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์รวมของประเทศไทย พ.ศ. 2538 - 2557
และคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 กรณีที่ 1 การเติบโตทางเศรษฐกิจต่ำ CO₂(1)
กรณีที่ 2 การเติบโตทางเศรษฐกิจสูง CO₂(2)(หน่วย : กิโลตัน)



ภาพที่ 8 : ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรม ไฟฟ้า และขนส่ง พ.ศ. 2538 - 2557
และคาดประมาณ พ.ศ. 2558 - 2568 (หน่วย : กิโลตัน) กรณีที่ 1 (ก) การเติบโตทางเศรษฐกิจต่ำ
และกรณีที่ 2 (ข) การเติบโตทางเศรษฐกิจสูง

ปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อทิศทางการเติบโตของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทย

ปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อทิศทางการเติบโตของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยอาจจะเกิดจากวิวัฒนาการของเทคโนโลยีของโลก ทำให้การเติบโตของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยอาจจะเบี่ยงเบนออกจากทิศทางที่คาดประมาณจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตไฟฟ้า ซึ่งอาจจะมี การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคเอกชนเพื่อใช้ในกิจการของตนเองที่แพร่หลายมากขึ้น จึงช่วยชะลอ การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น โซลาร์รูฟท็อป (Solar rooftop) สำหรับการเติบโตของปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยอาจจะเบี่ยงเบนออกจากทิศทางที่คาดประมาณจากปัจจัยอื่น ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งการค้นคว้าวิธีประหยัดพลังงานเป็นส่วนสำคัญ ของการผลิตเครื่องจักรเครื่องมืออุปกรณ์รุ่นใหม่ที่จะนำมาใช้ในกิจการอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้การกำเนิด โรงงานอุตสาหกรรมรุ่นใหม่มีคุณสมบัติประหยัดพลังงานซึ่งเกิดจากเครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์รุ่นใหม่ มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับภาคการขนส่งซึ่งมีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มกับผลผลิตมวลรวม ในประเทศเพิ่มขึ้น แต่มีแนวโน้มของสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับมูลค่าเพิ่มต่ำลงแบบเชิงเส้น อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงและเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยียานพาหนะส่วนบุคคลและยานพาหนะเพื่อการค้าและ การขนส่งอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นปัจจัยที่ช่วยประหยัดพลังงานและผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลง ได้แก่ เทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายในมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับ เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Hybrid) และการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนยานยนต์เต็มร้อย (Electric vehicle) แพร่หลายมากขึ้นซึ่งแนวโน้มดังกล่าวคาดว่าจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของโลกและของประเทศไทย

สรุปและข้อพิจารณาเชิงนโยบาย

การศึกษานี้ใช้การคาดประมาณการเติบโตทางเศรษฐกิจสำหรับการคาดประมาณปริมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยระยะ 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2559 - 2568 โดยวิธีสมการแนวโน้มแบบ เชิงเส้น แบบกำลังสอง และแบบลูกบาศก์ ตามลักษณะเฉพาะของข้อมูลอนุกรมเวลา เนื่องจากแหล่งกำเนิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีโครงสร้างในปี พ.ศ. 2557 ประกอบด้วย ภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และอื่น ๆ ร้อยละ 20.89 ร้อยละ 46.60 ร้อยละ 24.27 และ ร้อยละ 7.79 ตามลำดับฐานข้อมูล สำหรับการคาดประมาณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประกอบด้วยฐานข้อมูลอนุกรมเวลาแบบปริมาณ ลูกโซ่ของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ มูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และ สต็อกทุนของประเทศไทย เผยแพร่โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฐานข้อมูลอนุกรม เวลาเผยแพร่โดยธนาคารโลก ได้แก่ กำลังแรงงานของประเทศไทย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สัดส่วน ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และอื่น ๆ

ข้อสมมุติสำหรับการเคลื่อนไหวของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลง ของปัจจัยทุน จากข้อมูลสต็อกทุน ซึ่งมีแนวโน้มการเติบโตอย่างสม่ำเสมอ และปัจจัยแรงงาน จากข้อมูล กำลังแรงงาน ซึ่งมีแนวโน้มลดลง การคาดประมาณผลผลิตมวลรวมภายในประเทศจากอัตราส่วนของปัจจัย ทุนกับปัจจัยแรงงานแสดงให้เห็นการทดแทนระหว่างปัจจัยทุน กับปัจจัยแรงงาน ประกอบด้วย 2 ทิศทาง ได้แก่ ทิศทางที่ 1 การเติบโตอัตราต่ำแบบเชิงเส้น ซึ่งจะทำให้ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศมีอัตราเติบโตต่อปีต่ำลง ในระยะยาว และทิศทางที่ 2 การเติบโตอัตราสูงแบบเอกซ์โปเนนเชียล ซึ่งจะทำให้ผลผลิตมวลรวมภายใน ประเทศมีอัตราเติบโตต่อปีสูงในระยะยาว การคาดประมาณมูลค่าเพิ่มจากอัตราส่วนของมูลค่าเพิ่มกับ

ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ พบว่ามีแนวโน้มต่ำลงสำหรับภาคอุตสาหกรรม สูงขึ้นสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า และภาคการขนส่งทั้ง 2 ทิศทาง

การคาดประมาณปริมาณ CO_2 จากอัตราส่วนของปริมาณ CO_2 กับมูลค่าเพิ่ม พบว่าในกรณีที่ 1 ปริมาณ CO_2 ภาคอุตสาหกรรม และภาคการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีแนวโน้มลดลงแบบกำลังสอง มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและลดลงในระยะยาว และภาคการขนส่ง ซึ่งมีแนวโน้มลดลงแบบเชิงเส้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและในระยะยาว และในกรณีที่ 2 ปริมาณ CO_2 ภาคอุตสาหกรรม มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและลดลงในระยะยาว ภาคการผลิตไฟฟ้า และภาคการขนส่ง มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและในระยะยาว สำหรับปริมาณ CO_2 จากแหล่งอื่น ๆ จากอัตราส่วนของปริมาณ CO_2 จากแหล่งอื่น ๆ กับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ พบว่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและลดลงในระยะยาว

ปริมาณรวมของ CO_2 เป็นผลรวมของ CO_2 ภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และอื่น ๆ พบว่าจะมีสัดส่วนในกรณีที่ 1 ร้อยละ 13.50 ร้อยละ 49.01 ร้อยละ 29.82 และ ร้อยละ 7.68 ตามลำดับ และในกรณีที่ 2 ร้อยละ 13.41 ร้อยละ 49.06 ร้อยละ 29.85 และร้อยละ 7.69 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงวิถีของเทคโนโลยีซึ่งมีอิทธิพลต่อวิถีทางเศรษฐกิจและชีวิตประจำวัน อาจจะคาดเดาได้ว่า การผลิตไฟฟ้าอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงโครงสร้าง ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคเอกชน ภาคประชาชน และภาครัฐ การเปลี่ยนแปลงวิถีของเทคโนโลยีสำหรับภาคการขนส่งนับว่าจะเป็นช่วงเปลี่ยนผ่านที่สำคัญในระยะ 10 ปีข้างหน้า ซึ่งเกิดจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการใช้งานยานยนต์ที่ใช้ไฟฟ้าเต็มร้อย เช่นเดียวกับวิถีของเทคโนโลยีสำหรับภาคอุตสาหกรรมนับว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องนับจากยุคแรกของอุตสาหกรรม ซึ่งมีลัทธิชาตินิยมปรับปรุงและพัฒนาเพื่อยกระดับประสิทธิภาพของเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ ในขณะเดียวกันเป็นผลดีในด้านการประหยัดพลังงานและลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น เทคโนโลยีหุ่นยนต์ ปัญญาประดิษฐ์ และอุปกรณ์อัจฉริยะ ใช้ในกระบวนการออกแบบ และกระบวนการผลิต การหมุนเวียนวัสดุและพลังงาน

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่การกำเนิดจากกระบวนการทางเศรษฐกิจที่ยังคงมีการขยายตัวในระยะยาว อาจจะมีอัตราขยายตัวต่ำลงจากการเปลี่ยนแปลงวิถีของเทคโนโลยีวิถีเศรษฐกิจ และชีวิตประจำวัน การเปลี่ยนแปลงอาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและราบรื่นจากนโยบายที่มีลักษณะก้าวหน้า ส่งเสริม และเอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนแปลง ครอบคลุมการพัฒนาในระดับต้นน้ำ ได้แก่ ด้านการศึกษา วิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศที่สอดคล้องกับวิถีการเปลี่ยนแปลงของโลก โดยการจัดสรรงบประมาณสำหรับการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีแก่สถาบันการศึกษาด้านเทคโนโลยี การผลิตบุคลากรด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีครอบคลุมจากระดับวิชาชีพให้มีมากเพียงพอในการผลิตงานที่มีคุณภาพ และได้รับการยอมรับ เช่น งานด้านพลังงานแสงอาทิตย์ การพัฒนาในระดับกลางน้ำ ได้แก่ นโยบายเลือกส่งเสริมกิจการเศรษฐกิจที่ติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ครอบคลุมจากกิจการระดับครัวเรือน ธุรกิจขนาดเล็ก ขนาดกลาง ไปจนถึงขนาดใหญ่ เช่น นโยบายยกเว้นภาษีการค้า ภาษีเงินได้ ภาษีเครื่องจักร การพัฒนาในระดับปลายน้ำ ได้แก่ นโยบายด้านผู้บริโภค โดยเลือกส่งเสริมการบริโภคสินค้าที่ผลิตจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และสินค้าที่ไม่ใช้พลังงานฟอสซิล เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าเต็มร้อย เพื่อให้สินค้าชนิดนี้มีสถานะได้เปรียบในเชิงการแข่งขัน และการพัฒนาในระดับปลายน้ำที่มีความสำคัญอีกด้าน ได้แก่ การพัฒนา กำกับดูแล ควบคุมมาตรฐาน ระบบงานบริการผู้บริโภคสินค้าที่ไม่ใช้พลังงานฟอสซิล เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าเต็มร้อย เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- Boonpa, S., & Sharp, A. (2015). Conversion of Solid Waste-to-Energy (WtE) in Thailand. *International Conference on Sustainable Energy and Environmental Engineering (SEEE 2015)*, 2015, 42-45.
- Chaiprasert, P. (2011). Biogas Production from Agricultural Wastes in Thailand. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 2011, 63-65.
- Cholathat, R. (2015). Climate Change and Potential Solutions. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 18(January-December), 416-431.
- Davis, S., Caldeira, K., & Matthews, H. D. (2010). Future CO₂ Emissions and Climate Change from Existing Energy Infrastructure. *Science (New York, N.Y.)*, 329, 1330-1333.
- Dixon, P. B., Parmenter, B. R., Powell, A. A., & Wilcoxon, P. J. (1992). *Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics*. Amsterdam: North-Holland.
- Gozzoli, P. C., Nopakun, T., & Worrawatthanasakun, P. (2010). Climate Change Effects and Sustainable Development [In Thai]. *Economic and Social Journal*, 47(1), 4-10.
- Köne, A. Ç., & Büke, T. (2010). Forecasting of CO₂ emissions from fuel combustion using trend analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2906-2915.
- Li, F., Xu, Z., & Ma, H. (2018). Can China achieve its CO₂ emissions peak by 2030?. *Ecological Indicators*, 84, 337-344.
- Limanond, T., Jomnonkwao, S., & Srikaew, A. (2011). Projection of future transport energy demand of Thailand. *Energy Policy*, 39(5), 2754-2763.
- Lin, C.-S., Liou, F.-M., & Huang, C.-P. (2011). Grey forecasting model for CO₂ emissions: A Taiwan study. *Applied Energy*, 88(11), 3816-3820.
- Lovelock, J. (1988). *The Ages of Gaia: A Biography of Our Living Earth*. New York: Oxford University Press.
- Lovelock, J. E. (2000). *Gaia: the practical science of planetary medicine*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Pattanapongchai, A., & Limmeechokchai, B. (2011). Least cost energy planning in Thailand: A case of biogas upgrading in palm oil industry. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(6), 705-715.
- Pornputapong, T. (2013). The relationship between economic growth and global warming in Thailand based on the environmental Kuznets curve hypothesis [In Thai]. *Romphruek Journal Kirk University*, 2(31), 100-116.
- Ratanavaraha, V., & Jomnonkwao, S. (2015). Trends in Thailand CO₂ emissions in the transportation sector and Policy Mitigation. *Transport Policy*, 41, 136-146.
- Ruengphol, S. (2016). Greenhouse gas emission from the road transportation sector in Andaman provinces, Thailand [In Thai]. Published Master's thesis, Prince of Songkla University.

- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic growth and CO₂ emissions in Malaysia: A cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 51, 184-191.
- Varinsky, D. (2018). We're altering the climate so severely that we'll soon face apocalyptic repercussions. Retrieved August 24, 2019, from <https://amp.businessinsider.com/how-to-stop-global-warming-plan-carbon-capture-2018-10>
- Wu, L., Liu, S., Liu, D., Fang, Z., & Xu, H. (2015). Modelling and forecasting CO₂ emissions in the BRICS (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) countries using a novel multi-variable grey model. *Energy*, 79, 489-495.
- Xue, H., Kumar, V., & Sutherland, J. W. (2007). Material flows and environmental impacts of manufacturing systems via aggregated input-output models. *Journal of Cleaner Production*, 15(13), 1349-1358.