ผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

ธนาภรณ์ โยธาราษฎร์

ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

ธนาภรณ์ โยธาราษฎร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

ธนาภรณ์ โยธาราษฎร์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ นันทะเสน)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เก นันทะเสน)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.กันตพร ช่วงชิด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เก นันทะเสน)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน
ชื่อผู้เขียน นางสาวธนาภรณ์ โยธาราษฎร์
ชื่อปริญญา เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ นันทะเสน

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่าง ๆ อันเพิ่มขึ้นจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและกลไกการตลาดที่ทำให้มีการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น นำไปสู่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ รวมทั้งสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียนระหว่างปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) และการประมาณค่าแบบการถดถอยพหุคูณ (MLR) โดยผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าประชากรในเมือง ประชากรในชนบท และการบริโภคพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้อัตราการตายและเศรษฐกิจสูงขึ้น ในขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นการยับยั้งอัตราการตายและเศรษฐกิจ เนื่องจากมีการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงในภาคการดูแลสุขภาพที่มีส่วนช่วยในการลดอัตราการตายจากโรคเรื้อรัง นอกจากนี้สถานการณ์และแนวโน้มในระยะยาวปรากฏว่าประชากรในเมือง ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินและการบริโภคพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ประชากรในชนบทที่เพิ่มขึ้นเป็นการยับยั้งการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจากผลลัพธ์นี้ทางภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปพิจารณาปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งเตรียมมาตรการรับมือสำหรับสถานการณ์ปัญหามลพิษในอนาคต

คำสำคัญ : พลังงานไฟฟ้าถ่านหิน, สุขภาพ, มลพิษ

Title EFFECTS OF COAL ELECTRIC POWER AND CARBON DIOXIDE EMISSIONSON MORTALITY AND ECONOMY IN ASEAN

Author Miss Thanaporn Yotharat

Degree Master of Economics in Applied Economics

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Waraporn Nunthasen

ABSTRACT

Currently, various economic activities are increased by advances in technology, and marketing mechanisms are increasingly on electric power leading to an increase in carbon dioxide emissions. This research aims are analyzing the impact of coal-fired power and carbon dioxide emissions on mortality rates and economy, including the situation and trend of coal power consumption and carbon dioxide emissions in ASEAN countries, between 2000 to 2014. Moreover, this research uses the generalized method of moments (GMM) and multiple linear regression (MLR). The results of the research can be concluded that increasing urban populations, rural populations, and consumption of electricity result in higher mortality and economy. Whereas rising health expenditures per capita and carbon dioxide emissions inhibit mortality and economy. Moreover, long-term situations and trends emerge that increased urban populations, coal fuel production, and consumption of electricity are contributing to higher carbon dioxide emissions. While rural populations suppress carbon dioxide emissions. From this result, the government or related agencies can take the information into consideration to change the energy consumption model to be more environmentally friendly as well as being prepare countermeasures to deal with pollution problems in the future.

Keywords : Coal Electric Power, Health, Pollution

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ นันทะเสน อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เก นันทะเสน และอาจารย์ ดร.กันตพร ช่วงชิด ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำและให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณทางครอบครัว และเพื่อน ๆ ที่คอยส่งเสริม สนับสนุน ให้คำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ และคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยในการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่าผลของการวิจัยในครั้งนี้จะมีประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่ต้องการศึกษาต่อไป

ธนาภรณ์ โยธาราษฎร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 8

1.3 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย 8

1.4 ขอบเขตการศึกษา 8

1.5 นิยามศัพท์ 8

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 สถานการณ์และแนวโน้มการใช้ถ่านหิน 11

2.2 แนวคิดทฤษฎี 12

2.2.1 ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC) 12

2.2.2 ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพ 15

2.3 วิธีการประมาณค่า 17

2.3.1 การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) 17

2.3.2 วิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) 18

2.3.3 การออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอย (RDD) 19

2.4 วิธีการทดสอบ 19
2.4.1 Correlation test 20
2.4.2 Multicollinearity 20
2.4.3 Fixed effect 20
2.4.4 Random effect 21
2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 21
2.5.1 สถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21
2.5.2 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตาย 22
2.5.3 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่อเศรษฐกิจ 24
2.6 กรอบแนวคิด 27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 28
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 28
3.1.1 สถานการณ์และแนวโน้มของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 28
3.1.2 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ 29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 30
3.2.1 สถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30
3.2.2 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ 32
3.2.3 Robustness Analysis 35
3.2.4 Correlation analysis 35
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 36

4.1 ผลการศึกษา 36
4.1.1 สถานการณ์และแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 38
4.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ 41
4.2 Robustness Analysis 47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 50
5.1 สรุปผลการวิจัย 50
5.2 ข้อเสนอแนะ 52
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต 52
5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 53
5.2.3 ข้อจำกัดของการวิจัย 53
บรรณานุกรม 54
ประวัติผู้วิจัย 66

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลและที่มาของตัวแปร 29

ตารางที่ 2 ข้อมูลและที่มาของตัวแปร 30

ตารางที่ 3 Variables' Descriptive Statistics 36

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ Correlation analysis 37

ตารางที่ 5 ผลการประมาณค่า (ตัวแปรตาม: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) 39

ตารางที่ 6 ผลการประมาณค่าแบบจำลองที่ 1 (ตัวแปรตาม: อัตราการตาย) 42

ตารางที่ 7 ผลการประมาณค่าแบบจำลองที่ 2 (ตัวแปรตาม: ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว) 45

ตารางที่ 8 ตรวจสอบ Robustness with FM-OLS สำหรับตัวแปรตาม: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (lnCO2) 47

ตารางที่ 9 ตรวจสอบ Robustness with FM-OLS สำหรับตัวแปรตาม: อัตราการตาย (lnM) 48

ตารางที่ 10 ตรวจสอบ Robustness with FM-OLS สำหรับตัวแปรตาม: ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (lnGDP) 49

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของ 10 ประเทศอาเซียน 2
รูปที่ 2 การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งถ่านหิน (% ของทั้งหมด)..... 4
รูปที่ 3 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลตัน)..... 5
รูปที่ 4 อัตราการเสียชีวิต (คน) 7
รูปที่ 5 เส้นโค้งของ Kuznets..... 13
รูปที่ 6 เส้นโค้งของ Kuznets ด้านสิ่งแวดล้อม 14

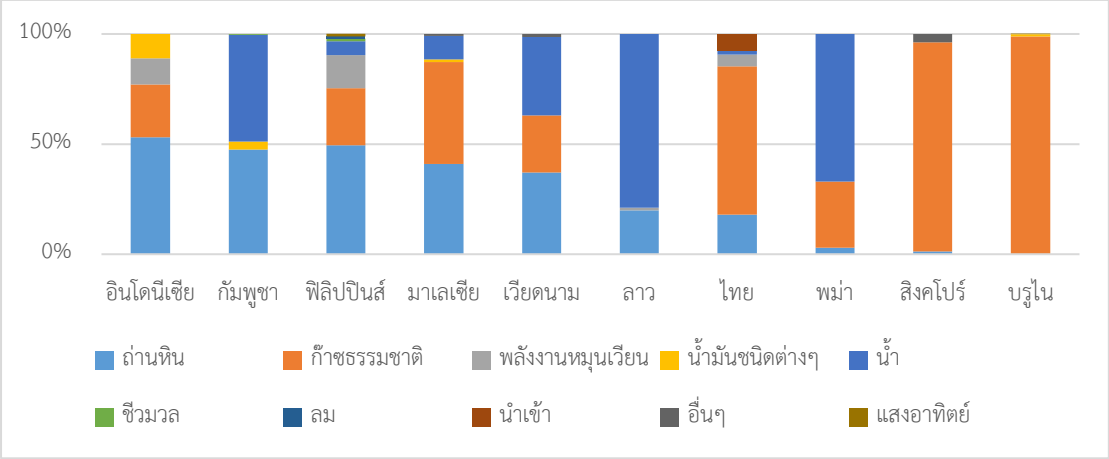
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยุคโลกาภิวัตน์ เป็นยุคของความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและกลไกการตลาด ก่อให้เกิดการเติบโตในด้านการผลิตและการบริโภค (นิลจักร์, 2554) รวมทั้งกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆ เช่น การคมนาคมขนส่ง อุตสาหกรรม และเกษตรกรรมที่ล้วนแต่ต้องพึ่งพาพลังงานทั้งสิ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานแปรรูปที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ (บุญก่อ, 2556) เพื่อใช้ในการตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีพลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่เพียงพอ เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในชีวิตประจำวัน เศรษฐกิจและชุมชน รวมถึงยังเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อความมั่นคงและความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ทั้งในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม รวมถึงเกษตรกรรม (พรรณจิตต์, 2559)

กลุ่มประเทศที่มีขนาดเศรษฐกิจขนาดใหญ่ที่กำลังเติบโตขึ้นอย่างสม่ำเสมอ (กระทรวงพลังงาน, 2554) คือ สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Association of South East Asian Nations) หรือ อาเซียนที่เป็นองค์กรทางภูมิรัฐศาสตร์และองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่งผลให้ประเทศสมาชิกอาเซียนมีตลาดและฐานการผลิตร่วมกัน โดยจะเปิดเสรีทั้งการเคลื่อนย้ายสินค้า บริการ การลงทุน และแรงงานที่มีทักษะ รวมทั้งมีการเคลื่อนย้ายเงินทุนที่เสรีขึ้น เกิดความคล่องตัวในการติดต่อค้าขายระหว่างกัน กลายเป็นตลาดการค้าที่ขยายใหญ่ขึ้น ทำให้ภูมิภาคมีความแข็งแกร่ง สามารถแข่งขันในเวทีเศรษฐกิจโลกได้ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558) โดยมีประเทศสมาชิกทั้งหมด 10 ประเทศ ได้แก่ ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย สิงคโปร์ บรูไน ลาว กัมพูชา เวียดนาม และพม่า ซึ่งขณะนี้อาเซียนกำลังเป็นที่จับตามองจากทั่วโลก โดยมีขนาดประชากรในกลุ่มประเทศอาเซียนในปี 2553 อยู่ที่ 596,017,000 คน เพิ่มขึ้นเป็น 664,824,000 คนในปี 2563 (Health Information System Development Office, 2015) จึงทำให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงตามลำดับ

รูปที่ 1 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของ 10 ประเทศอาเซียน



ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2560)

จะเห็นได้ว่าการเติบโตทางเศรษฐกิจของภูมิภาคอาเซียนทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างประเทศในหลาย ๆ ด้านตามมา และหนึ่งในนั้นคือความร่วมมือด้านพลังงานไฟฟ้า โดยประเทศสมาชิกในอาเซียนส่วนใหญ่ได้มีการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก ซึ่งจะเห็นว่าประเทศที่มีการนำถ่านหินมาผลิตไฟฟ้าเป็นหลักในอนาคต มี 5 ประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และกัมพูชา แต่ในขณะที่ ประเทศสิงค์โปร์และบูรไนเป็นประเทศที่ร่ำรวยด้วยก๊าซธรรมชาติ ไม่ว่าเป็นการนำเข้าหรือผลิตได้เอง จึงทำให้ทั้ง 2 ประเทศมีการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลัก ทำให้สัดส่วนการพึ่งพาเชื้อเพลิงถ่านหินของสิงคโปร์มีเพียงแค่ร้อยละ 1.2 เท่านั้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560) ในขณะที่บรูไนมีแหล่งพลังงานหลัก คือ ก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน สำหรับการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้มีการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก แต่ในอดีตบรูไนเคยเป็นประเทศที่มีการผลิตถ่านหินในอาเซียน (สุพฤฒิพานิชย์, 1991) ส่วนลาวและพม่ามีการพึ่งพาพลังงานน้ำเป็นหลัก เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศที่มีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน จึงทำให้ลาวและพม่าอุดมไปด้วยพลังงานจากน้ำ ดังนั้นสัดส่วนเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้าของประเทศลาวและพม่าจึงมาจากพลังน้ำ (Anonymous, 2018) แต่ยังคงมีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินอยู่ร้อยละ 20 และ 3 ตามลำดับ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)

ภูมิภาคอาเซียนใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก มีสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติสูงที่สุด และรองลงมาเป็นถ่านหิน แต่อย่างไรก็ตาม ในอนาคต สัดส่วนการใช้ถ่านหินในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะแซงหน้าก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากหลาย ๆ ประเทศในอาเซียนได้มีแผนการจะสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินเพิ่มเติมอีก ขณะเดียวกันก็มีความพยายามที่จะเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงาน

ทางเลือกอื่น ๆ เข้ามา ทั้งพลังงานหมุนเวียน และนิวเคลียร์ ส่งผลให้ความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558)

ยกตัวอย่างเช่นในสถานการณ์โลก เมื่อราคาก๊าซเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 หรือมากกว่า จะส่งผลทำให้ส่วนแบ่งของโรงไฟฟ้าถ่านหินเพิ่มขึ้น ในกรณีดังกล่าว ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากโรงไฟฟ้าถ่านหินที่เพิ่มขึ้น ดังเช่นกรณีศึกษาของญี่ปุ่นที่ราคาก๊าซจะแพงกว่าราคาถ่านหิน เพื่อให้ปริมาณของโรงไฟฟ้าถ่านหินไม่ลดลง ซึ่งในปัจจุบันการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยถ่านหินมีเกือบร้อยละ 40 ทั่วโลก ดังนั้น หากปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ปริมาณการใช้ถ่านหินจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 50 ด้วยเหตุนี้ จึงคาดว่าการใช้ถ่านหินจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในอนาคต (Nakamura et al., 2013)

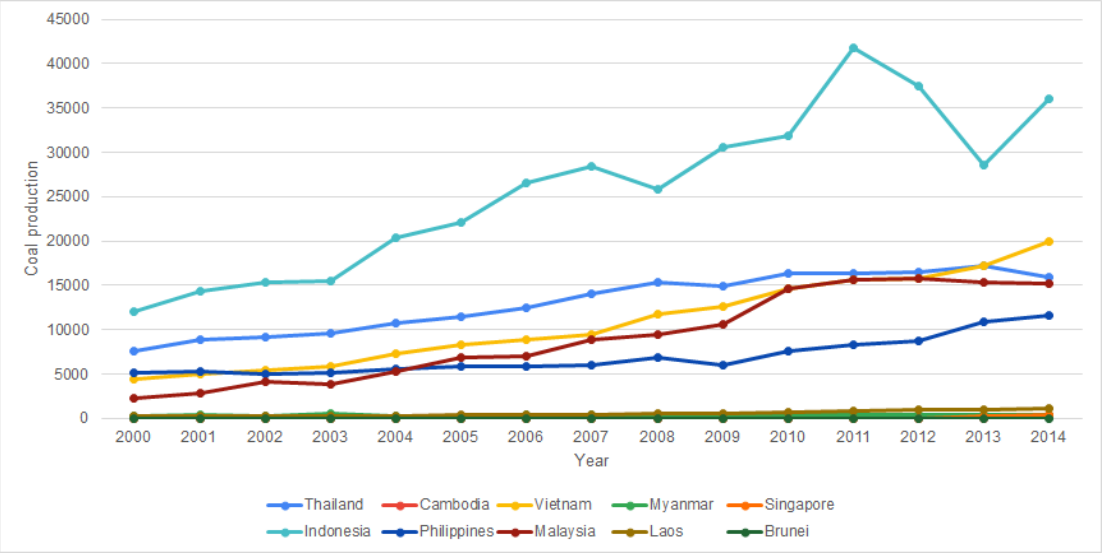
เชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานหมุนเวียน และพลังงานนิวเคลียร์จะมีบทบาทสำคัญในอนาคต แต่การผลิตพลังงานจากฟอสซิลจะยังคงมีบทบาทสำคัญต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ่านหินที่จะถูกใช้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอุปทานที่มีเสถียรภาพและราคาที่ต่ำ (Nakamura et al., 2013) ซึ่งที่ผ่านมา การนำเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างถ่านหินมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้โลกได้ก้าวเข้าสู่การพัฒนาทางอุตสาหกรรมได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากถ่านหินเป็นทรัพยากรพลังงานที่มีปริมาณสำรองเป็นจำนวนมาก ง่ายต่อการขนส่ง อีกทั้งยังสะดวกต่อการใช้งาน และยังให้ความร้อนได้ดี ทำให้สามารถผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมั่นคงและต่อเนื่อง สร้างความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ และยกระดับคุณภาพชีวิตให้ประชาชนทั่วโลกมีความอยู่ดี กินดี (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2559)

ซึ่งภาพรวมการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน อาเซียนได้มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงหลักร้อยละ 32 มีกำลังผลิตจากโรงไฟฟ้าถ่านหินรวมกันกว่า 47,000 เมกะวัตต์ ซึ่ง IEA ยังคาดการณ์ว่าในปี 2578 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 หรือมีกำลังผลิต 261,000 เมกะวัตต์ เนื่องจากความต้องการแหล่งพลังงานที่มีความมั่นคง และราคาไม่แพง ซึ่งช่วยขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจ และความต้องการไฟฟ้าของประชากรกว่า 600 ล้านคนที่ส่วนใหญ่ยังยากจนหรือมีรายได้น้อย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560) รวมทั้งมีการคาดการณ์จากสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศว่าในปี 2573 การใช้ก๊าซธรรมชาติจะเริ่มลดลงจากร้อยละ 44 เหลือร้อยละ 28 ส่วนพลังงานหมุนเวียนจะเพิ่มขึ้นจากประมาณร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 20 ขณะที่สัดส่วนการใช้ถ่านหินจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 31 เป็นร้อยละ 49 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558) ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูงมากสำหรับการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า อันเนื่องมาจากการพัฒนาประเทศและการเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้มีความต้องการทรัพยากรต่าง ๆ ในทุกภาคส่วนเศรษฐกิจอย่างมากมายและก่อให้เกิดกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น

ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ รวมถึงกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Bryan Cave Thailand Limited, 2011)

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินในการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆ เช่น การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง หรือภาคเกษตรกรรม เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคมและสุขภาพ ตลอดจนผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นผลโดยตรงหรือโดยอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งการเข้าถึงไฟฟ้า การใช้พลังงาน และการเติบโตของประชากรในเมืองที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ประชากรในชนบทที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจลดลงจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Rehman and Deyuan, 2018)

รูปที่ 2 การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งถ่านหิน (% ของทั้งหมด)



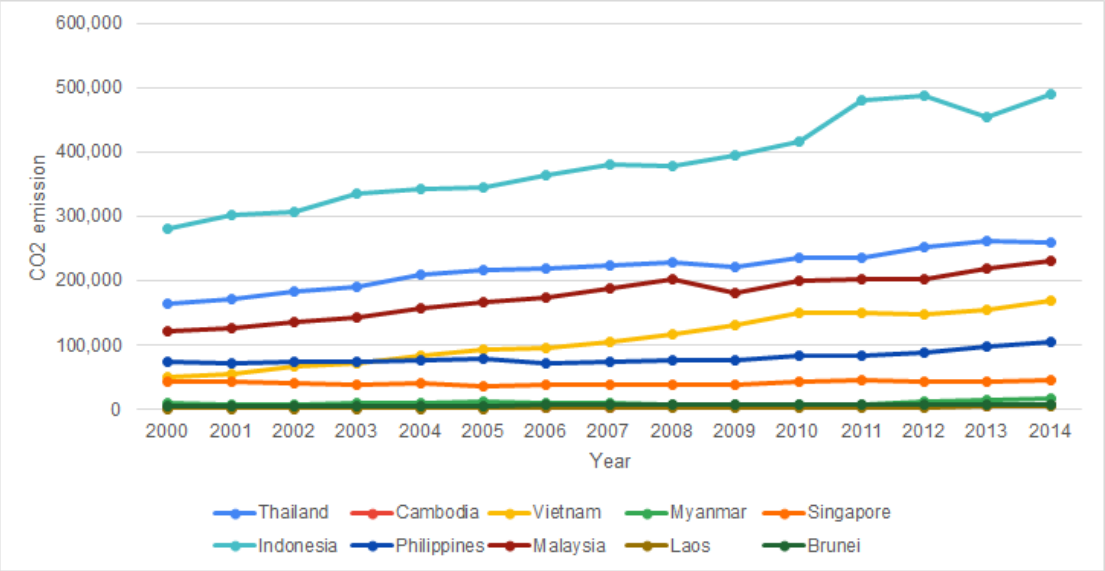
ที่มา: World Bank

ตามข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 2 การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงถ่านหินในกลุ่มประเทศอาเซียนมีการเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 ซึ่งการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงถ่านหินที่สูงขึ้นมักจะนำไปสู่มลพิษทางอากาศที่เพิ่มมากยิ่งขึ้นจากการพัฒนาประเทศและการเติบโตทางเศรษฐกิจ

จากข้อมูลข้างต้นกล่าวได้ว่าการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงถ่านหินที่สูงขึ้นนำไปสู่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มประเทศอาเซียน (Taghizadeh-Hesary et al., 2020) โดยจะเห็นได้ชัดจากข้อมูลที่แสดงรูปที่ 3 แสดงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศอาเซียน จาก World Bank ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวในกลุ่มประเทศอาเซียนเพิ่มขึ้นจาก

74,793 กิโลตันในปี 2543 เป็นประมาณ 133,288 กิโลตันในปี 2557 ซึ่งบ่งชี้ว่ามากกว่าทศวรรษที่ผ่านมาปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศเหล่านี้เพิ่มขึ้นเกือบสองเท่า

รูปที่ 3 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลตัน)



ที่มา: World Bank

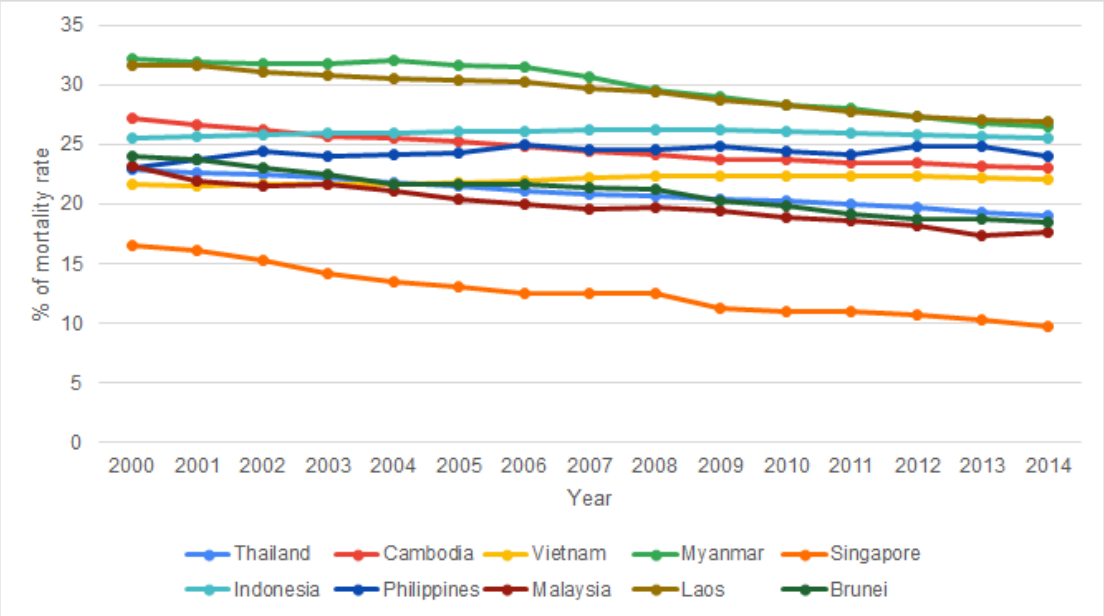
ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน อาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการตาย โดยการศึกษาของ Taghizadeh-Hesary et al. (2020) พบว่าความสัมพันธ์ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงถ่านหินส่งผลต่ออัตราการขาดสารอาหารและอัตราการตาย อีกทั้งถ่านหินนั้นมีธาตุองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน หากเผาไหม้อย่างสมบูรณ์แล้วจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ส่งผลทำให้เกิดโลกร้อน ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่สามารถทำให้เกิดการเสียชีวิตได้ (พรรณสวัสดิ์, 2550)

โดยข้อมูลจาก Greenpeace Thailand (2020) กล่าวว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินนั้นเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของผู้คนทั่วโลกราว 4.5 ล้านคนต่อปี อีกทั้งยังทำให้เกิดโรคเจ็บป่วยเรื้อรังและโรคเจ็บป่วยฉับพลันเพิ่มสูงขึ้น ทำให้คนหลายล้านคนต้องเข้าโรงพยาบาล และต้องขาดงานเพราะลาป่วยหลายพันล้านคนต่อปี รวมถึงยังสร้างความเสียหายต่อทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรม การขยายตัวของเมือง และการเติบโตของประชากร ทำให้การใช้พลังงานต่อปีเพิ่มขึ้นถึง 5.6 เท่า และเมื่อประชากรทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 63 และการใช้ถ่านหินในที่อยู่อาศัยก็เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากผลกระทบรวมของการเพิ่มจำนวนประชากร การขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลง

พลังงานที่อยู่อาศัย (Yun et al., 2021) แต่ในทางตรงกันข้าม Shen et al. (2017) กล่าวว่าการอพยพย้ายถิ่นของประชากรในชนบทสู่เมืองในประเทศจีนสามารถลดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศหรือ PM2.5 โดยรวมของประเทศได้ เนื่องจากการย้ายถิ่นของประชากรเป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนจากเชื้อเพลิงถ่านหินมาเป็นเชื้อเพลิงสะอาดที่นำไปสู่การลดการปล่อยมลพิษและการปรับปรุงคุณภาพอากาศในประเทศ ซึ่งสาเหตุที่ประชากรตัดสินใจย้ายถิ่นจากชนบทสู่เมืองคือความสามารถในการเข้าถึงบริการพื้นฐานต่างๆได้ดีกว่า เช่น ไฟฟ้า น้ำสะอาด โรงพยาบาล เช่นเดียวกับโอกาสในการจ้างงานที่เพิ่มขึ้นและการเข้าถึงการศึกษาที่ดีขึ้น ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าเหตุใดผู้คนถึงตัดสินใจที่จะย้ายไปอยู่ในเมือง และจากลักษณะงานของประชากรในชนบทที่ต้องใช้เวลานอกบ้านเป็นส่วนใหญ่ในการทำงาน เช่น ภาคการเกษตร ทำให้การได้รับมลพิษทางอากาศโดยรวมของชาวชนบทอาจสูงกว่าผู้อยู่อาศัยในเมือง โดย Fan et al. (2020) แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของค่า AQI 10 จุด ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.3 สำหรับประชากรในเมือง และสำหรับประชากรในชนบทเมื่อการเพิ่มขึ้นของค่า AQI 10 จุดจะนำไปสู่การเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.3 ซึ่งมากกว่าผลกระทบต่อเขตเมืองถึงสามเท่า

ทั้งนี้ ข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 4 ที่แสดงถึงอัตราการตายในกลุ่มประเทศอาเซียนกลับลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วง พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่กลุ่มประเทศอาเซียนมีการเปลี่ยนแปลงในภาคการดูแลสุขภาพที่ทำให้ประชากรมีอายุยืนยาวมากขึ้นจากการควบคุมโรคติดต่อได้สำเร็จ และการทำให้อัตราการตายของทารกลดลง จึงทำให้หลายประเทศในอาเซียนจึงได้หันมาให้ความสำคัญกับการรักษาโรคเรื้อรังและการบาดเจ็บซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆมากยิ่งขึ้น (Invest in ASEAN, 2021) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ แสงคำสุข (2559) ระบุว่ายุทธศาสตร์การลดก๊าซเรือนกระจกสามารถนำไปสู่การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรในประเทศในกลุ่มอาเซียน

รูปที่ 4 อัตราการเสียชีวิต (คน)



ที่มา: World Bank

ยกตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาของ Beinand Coker-Farrell (2020) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลทั้งของภาครัฐและเอกชนที่มีความสัมพันธ์ในการลดอัตราการตายของคนในประเทศแถบแอฟริกา แต่ในทางตรงกันข้ามนั้น สหรัฐอเมริกาได้มีการใช้จ่ายถึงร้อยละ 17.8 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศในการดูแลสุขภาพ แต่อายุขัยเฉลี่ยของประชากรในสหรัฐอเมริกากลับอยู่ในอันดับต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับใน 11 ประเทศ (สหราชอาณาจักร, แคนาดา, เยอรมนี, ออสเตรเลีย, ญี่ปุ่น, สวีเดน, ฝรั่งเศส, เนเธอร์แลนด์, สวิตเซอร์แลนด์, และเดนมาร์ก) เฉลี่ยอยู่ที่ 78.8 ปี ซึ่งช่วงอายุขัยสำหรับประเทศอื่นๆนั้นอยู่ที่ 80.7 - 83.9 ปี ค่าเฉลี่ยของทั้ง 11 ประเทศเท่ากับ 81.7 ปี และสหรัฐอเมริกายังมีอัตราการตายของทารกสูงที่สุดถึง 5.8 รายต่อการเกิด 1000 ครั้ง ในขณะที่ค่าเฉลี่ยโดยรวมของทั้ง 11 ประเทศนั้นอยู่ที่ 3.6 รายต่อการเกิด 1,000 ครั้งเท่านั้น (Papanicolas et al., 2018) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากเป็นผลจากค่ารักษาพยาบาลที่สูงจนทำให้ประชาชนไม่สามารถเข้าถึงการรักษาทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในกลุ่มประเทศอาเซียนที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าถ่านหินที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 และคาดว่าการบริโภคถ่านหินทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 74 ระหว่างปี พ.ศ. 2547 - พ.ศ. 2573 ที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นและคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 50 เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการเติบโตของประชากรที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ตลอดจนอัตราการตายของประชากร แต่เนื่องจากข้อมูลอัตราการตายของประชากรในอาเซียนมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลจากการลงทุนในด้าน

สุขภาพที่เพิ่มขึ้นและความแตกต่างของข้อมูล รวมถึงโครงสร้างที่แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมโยงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการใช้พลังงาน มลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพจากเชื้อเพลิงถ่านหินที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายของประชากรในอาเซียนและเศรษฐกิจ รวมถึงการคาดการณ์สถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

1.3 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

1.3.1 ทราบถึงสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน เพื่อให้หน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพยากรณ์ในการเตรียมรับมือกับสถานการณ์หรือแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.2 ทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน เพื่อให้หน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปปรับใช้ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้พลังงานให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบพาแนล (Panel data) ในช่วงระยะเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 รวมระยะเวลาแล้ว 15 ปี ใน 10 ประเทศอาเซียน ได้แก่ ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย สิงคโปร์ บรูไน ลาว กัมพูชา เวียดนาม และพม่า

1.5 นิยามศัพท์

พลังงานไฟฟ้า หมายถึง พลังงานชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า มีความสามารถในการแปลงเป็นพลังงานประเภทอื่น เช่น พลังงานแสง พลังงานความร้อนหรือพลังงานกล (Encyclopedia, 2021) ตัวอย่างพลังงานที่รู้จักกันดี คือ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้า พลังงานลม พลังงานความร้อน เป็นต้น (UAC, 2564)

ถ่านหิน หมายถึง เชื้อเพลิงธรรมชาติที่เกิดจากการสะสมตัวตามธรรมชาติของซากพืชในแอ่งตะกอนน้ำตื้น ถ่านหินเป็นหินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งสามารถติดไฟได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือสารประกอบของคาร์บอน ซึ่งจะมีอยู่ประมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยปริมาณ (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2561)

พลังงานไฟฟ้าถ่านหิน หมายถึง เชื้อเพลิงที่ได้จากแหล่งพลังงานถ่านหิน โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พีต ลิกไนต์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และแอนทราไซด์ โดยถือเป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำคัญในการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า (UAC, 2564)

มลพิษ หมายถึง พิษเกิดจากความมัวหมองหรือความสกปรก ซึ่งเป็นคำกลาง ๆ ใช้นำไปประกอบคำอื่น ๆ ได้ทั่ว ๆ ไป เช่น มลพิษทางทะเล น้ำตามลำคลองเริ่มมีมลพิษ ภาวะมลพิษทางอากาศหลายแห่งในกรุงเทพฯ อยู่ในขั้นวิกฤต ควันจากท่อไอเสียรถโดยสารก่อให้เกิดมลพิษ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558)

ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ หมายถึง เป็นรายจ่ายในการให้การบริการด้านสุขภาพทั้งหมด ซึ่งรวมทั้งรายจ่ายดำเนินงาน และรายจ่ายสะสมทุนจากแหล่งการคลังทั้งภาครัฐ และนอกภาครัฐ (สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ หมายถึง มูลค่าของสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายที่ผลิตขึ้นภายในประเทศในระยะเวลาหนึ่ง โดยไม่คำนึงว่าทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้า และบริการ จะเป็นทรัพยากรของพลเมืองในประเทศหรือเป็นของชาวต่างประเทศ ในทางตรงข้าม ทรัพยากรของพลเมืองในประเทศแต่ไปทำการผลิตในต่างประเทศก็ไม่นับรวมไว้ในผลิตภัณฑ์ในประเทศ (สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

อัตราการตาย หมายถึง อัตราส่วนของจำนวนการตายที่เกิดขึ้นในปีปฏิทินต่อจำนวนประชากรทั้งหมดหรือต่อประชากรเฉลี่ยของปีเดียวกัน ซึ่งอาจใช้จำนวนประชากรกลางปีแทนประชากรเฉลี่ยได้ (สถิติสาธารณสุข, 2553)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หมายถึง ก๊าซในบรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และ ออกซิเจน 2 อะตอม ต่อหนึ่งโมเลกุล. คาร์บอนไดออกไซด์เป็นหนึ่งในสารประกอบเคมีที่เป็นที่รู้จักมากที่สุด และมักเรียกด้วยสูตรเคมี CO2 เมื่ออยู่ในสถานะ ของแข็ง มักจะเรียกว่า น้ำแข็งแห้ง (dry ice) เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิต หรือการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์ ก๊าซนี้สามารถเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ จะเกิดอาการพิษเฉียบพลัน หายใจลึกมากกว่าเดิม หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน รวมถึงปวดศีรษะ วิงเวียน ความ

ดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูง ซึม มึนงง สับสน หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2564)

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบอย่างไรต่ออัตราการตายและระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งยังเป็นการประเมินสถานการณ์และแนวโน้มในอนาคตว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นอย่างไร โดยมีแนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ดังนี้ แนวคิดทฤษฎี วิธีการประมาณค่า วิธีการทดสอบและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาออกแบบกรอบแนวความคิดในงานวิจัยดังกล่าว โดยสามารถนำมาประมวลสรุปสังเคราะห์ได้พอสังเขป ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สถานการณ์และแนวโน้มการใช้ถ่านหิน

ถ่านหิน เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มนุษย์ใช้มานานหลายศตวรรษ เป็นทรัพยากรที่กระจายอยู่ทั่วโลก ขุดใช้งานได้อีกหลายร้อยปี แต่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้ถ่านหิน เป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปสะสมในชั้นบรรยากาศ นำไปสู่ภาวะโลกร้อน จนกลายเป็นเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งปัจจุบันทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (Greenpeace Thailand, 2021)

การเติบโตของเศรษฐกิจในประเทศเกิดใหม่เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหยุดได้ บ้านเมืองที่พัฒนาและการบริโภคของประชากรที่มากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นเหมือนเงาตามตัว ด้วยเหตุนี้แนวโน้มที่ประเทศที่กำลังพัฒนาจำเป็นที่จะยังต้องใช้พลังงานจากถ่านหินจะคงยังมีอยู่และมากขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ทั้งนั้น ราคาก็เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่กำหนดความต้องการของเชื้อเพลิง จึงเป็นสาเหตุว่าประเทศที่ยังมีทรัพยากรและความมั่งคั่งไม่มากยังมีความต้องการพลังงานในต้นทุนที่ต่ำ เพราะต้นทุนต่ำทำให้สามารถลงทุนให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของประชากรได้ และท้ายที่สุดก็สามารถรองรับเศรษฐกิจและการบริโภคที่กำลังเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อประเทศมีความมั่งคั่งเพิ่มขึ้น จึงสามารถลงทุนในพลังงานที่มีต้นทุนสูงขึ้นได้ เพื่อแลกกับความสะอาดต่อสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้น (Investdiary, 2018)

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่หลายประเทศเลือกใช้ แม้ประเทศเหล่านั้นจะมีทรัพยากรพลังงาน ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันอยู่ในประเทศมากก็ตาม เหตุผลคือถ่านหินนั้นมีราคาถูกและค่อนข้างคงที่ รวมทั้งการจัดหาจัดซื้อก็ทำได้ไม่ยาก ยกตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติมากถึงเกือบ 5 ล้านล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ และมีถ่านหินเกือบ 280 ล้านล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ แต่สหรัฐอเมริกาเองก็ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าถึงร้อยละ 55 ของการผลิต

พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในประเทศ รวมถึงประเทศฮ่องกงที่ซึ่งไม่มีทรัพยากรพลังงานเลย และเป็นประเทศเล็ก ๆ ประชากรอยู่หนาแน่น พลังงานไฟฟ้าเกือบทั้งหมดร้อยละ 96.6 ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงทั้งสิ้น (พรรณสวัสดิ์, 2550)

2.2 แนวคิดทฤษฎี

งานวิจัยนี้มีหลายแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับปัญหาพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ออัตราการตายและระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งสถานการณ์และแนวโน้มพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคต โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตทางเศรษฐกิจแบบนีโอคลาสสิกเป็นทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ที่สรุปว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจที่มั่นคงเป็นผลมาจากแรงขับเคลื่อนสามประการร่วมกัน ได้แก่ แรงงาน ทุน และเทคโนโลยี สำนักวิจัยเศรษฐกิจแห่งชาติระบุว่า Robert Solow และ Trevor Swan ได้มีการพัฒนาและแนะนำแบบจำลองการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาวในปี 1956 แบบจำลองแรกพิจารณาว่าการเพิ่มจำนวนประชากรจากภายนอกเพื่อกำหนดอัตราการเติบโต แต่ในปี 1957 Solow ได้รวมเอาเทคโนโลยีเปลี่ยนเป็นรูปแบบของแบบจำลอง ซึ่งทฤษฎีนี้ระบุว่าความสมดุลในระยะสั้นเป็นผลมาจากจำนวนแรงงานและเงินทุนที่แตกต่างกันไปในฟังก์ชันการผลิต อีกทั้งยังระบุด้วยว่าการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีมีอิทธิพลอย่างมากต่อเศรษฐกิจ และการเติบโตทางเศรษฐกิจไม่สามารถดำเนินต่อไปได้หากปราศจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (BANTON, 2020)

ดังนั้น การเติบโตทางเศรษฐกิจนำไปสู่ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ซึ่งทำให้ความต้องการใช้พลังงานมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นตามลำดับ โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 2 ทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงกับการใช้พลังงาน ดังนี้

2.2.1 ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC)

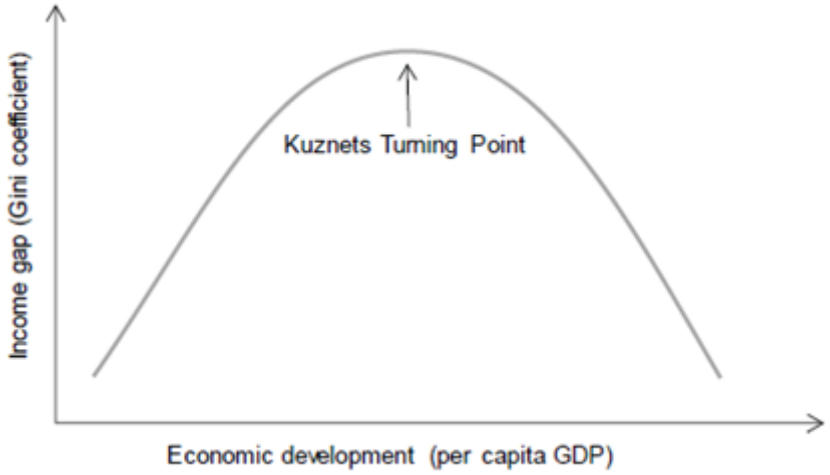
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจกับสิ่งแวดล้อมนั้นมีพื้นฐานมาจากสมมติฐานของ Kuznets (1955) ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเหลื่อมล้ำของการกระจายรายได้กับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ จนกลายมาเป็นแนวความคิดที่แพร่หลาย คือ สมมติฐานสิ่งแวดล้อมของ Environmental Kuznets Curve (EKC)

แนวคิดทฤษฎีของ Kuznets (1955) ถูกนำเสนอครั้งแรกใน The American Economic Review เรื่อง Economic Growth and Income Inequality โดยเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อหัวกับความเหลื่อมล้ำทางรายได้ของประชากร โดยใช้ข้อมูลของประเทศที่พัฒนาแล้ว ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ และเยอรมนี ผลการศึกษาพบว่า เมื่อระบบ

เศรษฐกิจมีการขยายตัวและรายได้ต่อหัวของประชากรเพิ่มขึ้นในระยะแรก จะส่งผลให้การกระจายรายได้ ซึ่งวัดโดยสัมประสิทธิ์จีนี (Gini Coefficient) มีความเหลื่อมล้ำมากยิ่งขึ้น

และเมื่อการเติบทางเศรษฐกิจมีการขยายตัวไปถึงจุดจุดหนึ่ง จะพบว่าความเหลื่อมล้ำทางรายได้มีแนวโน้มลดลง ซึ่งจะทำให้เส้นกราฟมีลักษณะคล้ายรูประฆังคว่ำ (U-shaped Curve) ดังรูปที่ 5 เรียกเส้นโค้งนี้ว่า Kuznets Curve หรือ เส้นโค้งของ Kuznets (วนเศรษฐ, 2559)

รูปที่ 5 เส้นโค้งของ Kuznets

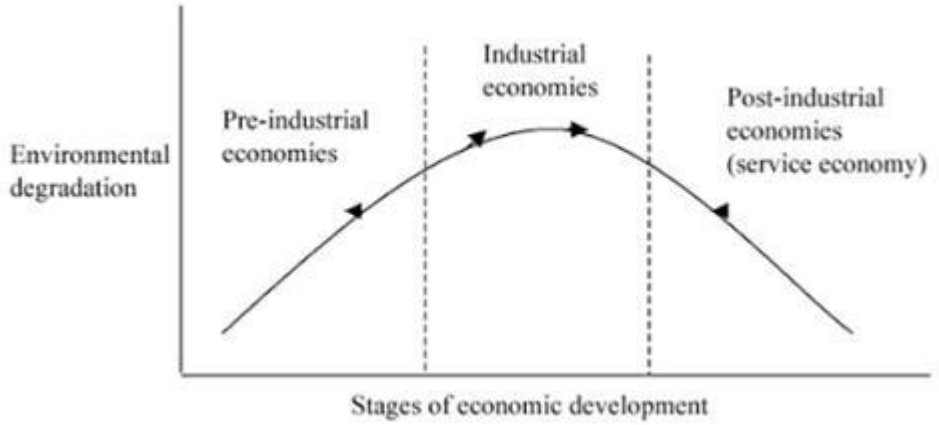


ที่มา: วนเศรษฐ (2559)

แนวคิดความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมกับรายได้ต่อหัว ซึ่งมีการอธิบายโดยอาศัยแนวคิดดั้งเดิมของ Kuznets กล่าวคือเมื่อระดับการพัฒนาเศรษฐกิจอยู่ในระดับต่ำ ภาคการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นภาคเกษตรกรรม หรือ ก่อนอุตสาหกรรม (pre-industrial economic) ระดับความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม (environmental degradation) จะอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากทรัพยากรที่ถูกใช้ไปยังไม่มาก และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระดับรายได้ที่สูงขึ้น การใช้ทรัพยากรเพื่อการเกษตรและอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย อัตราความเสื่อมโทรมของทรัพยากรมีมากกว่าการฟื้นฟู มลภาวะเป็นพิษเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งถึงจุดจุดหนึ่งที่เรียกว่าเป็นจุดวกกลับ เมื่อรายได้เพิ่มขึ้นระดับความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมกลับมีแนวโน้มลดลง มีลักษณะเป็นรูปโค้งระฆังคว่ำ ดังรูปที่ 6 ภาคการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคอุตสาหกรรม เมื่อประชาชนมีรายได้มากขึ้น จะตระหนักถึงความสำคัญของสุขภาพและสภาพแวดล้อมมากขึ้น มีการลงทุนพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการป้องกันและกำจัดของเสียที่จะปล่อยสู่สภาพแวดล้อม รวมทั้งในช่วงหลังที่ภาคการผลิตเริ่มเข้าสู่ภาคบริการ (service economy) มากยิ่งขึ้น ทำให้ระดับความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมมีแนวโน้มต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ในช่วงนี้การฟื้นฟูและการรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมมีมากกว่าอัตราความเสื่อมโทรมของทรัพยากร ซึ่งจะทำให้ความสัมพันธ์มีลักษณะเช่นเดียวกับ Kuznets Curve

เรียกเส้นโค้งนี้ว่า เส้นโค้งของ Kuznets ด้านสิ่งแวดล้อม หรือ Environmental Kuznets Curve (EKC) (วนเศรษฐ, 2559)

รูปที่ 6 เส้นโค้งของ Kuznets ด้านสิ่งแวดล้อม



ที่มา: วนเศรษฐ (2559)

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ประเด็นด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่นักวิจัยศึกษามีหลายทฤษฎี เพื่อใช้ประมาณการ ส่วนใหญ่ใช้ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจและการปล่อยมลพิษ ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่อิงตามสมมติฐาน EKC ที่เสนอโดย Grossmanand Krueger (1995) สมมติฐานนี้เชื่อว่าผลกระทบของการเติบโตทางเศรษฐกิจต่อมลพิษนั้นอยู่ในรูปตัวยูกลับด้าน ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนา การเติบโตทางเศรษฐกิจจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของมลพิษและสิ่งแวดล้อมจะเสื่อมลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับการพัฒนาเศรษฐกิจถึงจุดเปลี่ยนของ EKC ในขณะที่เศรษฐกิจยังคงเพิ่มขึ้น มลพิษจะลดลงและคุณภาพสิ่งแวดล้อมจะดีขึ้น (Han et al., 2021) กล่าวได้ว่าคุณภาพสิ่งแวดล้อมจะเสื่อมลงในระยะแรกของการพัฒนาเศรษฐกิจ (Dinda, 2004) มีการศึกษาจำนวนมากที่ทุ่มเทให้กับการวิจัยและทดสอบสมมติฐาน EKC เช่น การศึกษาของ Pataand Caglar (2021) ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานหมุนเวียนกับการเติบโตทางเศรษฐกิจตามสมมติฐาน EKC; Lealand Marques (2020) ที่พบว่าความสัมพันธ์ EKC ระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมในประเทศที่มีโลกาภิวัตน์ในระดับสูง แต่สมมติฐาน EKC ที่เชื่อมโยงการเติบโตทางเศรษฐกิจและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมในประเทศที่มีโลกาภิวัตน์ในระดับต่ำยังไม่ได้รับการยืนยัน อีกทั้ง Haoand Liu (2016) ยังได้มีการตรวจสอบสมมติฐาน EKC ระหว่างมลพิษ PM2.5 และการพัฒนาเศรษฐกิจในเมืองต่างๆ ของจีน ดังนั้น EKC จึงเป็นแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน การเติบโตทางเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (Stern, 2004) ซึ่งมีสมการตั้งต้นคือ:

$$Y = b_0 + b_1 A + b_1 A^2 + b_1 A^3$$

โดย Y เป็นตัวบ่งชี้ด้านสิ่งแวดล้อม, A เป็นตัวบ่งชี้ทางเศรษฐกิจ, b_0 เป็นพจน์คงที่ และ b_1, b_2 และ b_3 เป็นค่าสัมประสิทธิ์

อย่างไรก็ตาม แบบจำลอง EKC แบบดั้งเดิมสามารถสะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจในภูมิภาคและสิ่งแวดล้อม แบบจำลอง EKC จึงไม่อาจพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรอธิบายอื่นๆ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ใหญ่ขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาอิทธิพลของตัวชี้วัดต่างๆ ให้ครบถ้วนก่อนที่จะสรุปข้อสรุปที่ครอบคลุมเกี่ยวกับพื้นที่ที่ศึกษาได้ ซึ่งจากการวิจัยของ Dietzand Rosa (1997) แบบจำลอง STIRPAT แบบดั้งเดิมถูกนำมาใช้เป็นทฤษฎีพื้นฐานและกรอบการวิเคราะห์ โดยโมเดลนี้ไม่เพียงแต่รวมตัวบ่งชี้ด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ยังสามารถขยายเพื่อเพิ่มประเภทตัวบ่งชี้อื่นๆ ได้อีกด้วย สิ่งนี้มีประโยชน์สำหรับการศึกษาการเติบโตทางเศรษฐกิจและความสัมพันธ์ EKC ของมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม (Han et al., 2021) ซึ่งมีแบบจำลองดังนี้:

$$I = aP^b A^c T^d e$$

โดยที่ I เป็นตัวแทนของแรงกดดันด้านสิ่งแวดล้อม และ P, A และ T เป็นตัวแทนของประชากร, ความมั่งคั่ง, และระดับเทคโนโลยี a, b, c, d คือพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง e หมายถึงเงื่อนไขข้อผิดพลาดแบบสุ่ม (Han et al., 2021) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแบบง่าย ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อแสดงการปล่อยมลพิษทั้งหมดเป็นผลของการปล่อยมลพิษที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น ประชากร ความมั่งคั่ง และเทคโนโลยี (Sandu et al., 2019) โดยในปี 1971 Ehrlich และ Holdren ได้สันนิษฐานถึงวิธีการอธิบายผลกระทบของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม (Influence) ผลลัพธ์จากประชากร (Population) ความมั่งคั่ง (Affluence) และนวัตกรรมทางเทคโนโลยี (Technology) เรียกว่าแบบจำลอง IPAT เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์ผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม [Chertow (2000) และ York et al. (2003)]

2.2.2 ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพ

ความต้องการด้านสุขภาพเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถใช้เป็นปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพให้มีความเหมาะสมกับการลงทุนขั้นต้นด้านสุขภาพในแต่ละช่วงเวลา โดยการลงทุนด้านสุขภาพจะอยู่ในรูปแบบของการซื้อการรักษาพยาบาลและปัจจัยการผลิตอื่น ๆ และค่าเสื่อมราคาจะถูกตีความว่าเป็นการเสื่อมสภาพด้านสุขภาพตามธรรมชาติเมื่อเวลาผ่านไป

ปัญหาความสัมพันธ์ของการใช้พลังงาน มลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพที่นักวิจัยได้ศึกษามีหลายทฤษฎีที่นำมาเพื่อใช้ประมาณการ ซึ่งส่วนมากจะใช้ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพโดย Grossman ที่ได้พัฒนาแบบจำลองความต้องการด้านสุขภาพแบบไดนามิกตามทฤษฎีการผลิตในครัวเรือนของ Becker (1965) จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีสมการตั้งต้นคือ:

Health issue = F (influential factors on health of society)

ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาพประกอบไปด้วยโรคหลอดลมและมะเร็งปอด (TLC), โรคระบบทางเดินหายใจ (RD), ความชุกของการขาดสารอาหาร (PU) และอัตราการเสียชีวิตเนื่องจากการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศภายนอกอาคารและในครัวเรือน (DR) เป็นต้น (Taghizadeh-Hesary et al., 2020)

โดยแบบจำลอง Grossman ให้กรอบทฤษฎีที่เหมาะสมในการอธิบายความต้องการด้านสุขภาพและความต้องการบริการทางการแพทย์ (Nocera S and Zweifel P, 1998) รวมถึงอธิบายแนวคิดที่ว่าการลงทุนด้านสุขภาพเป็นกิจกรรมที่นำการรักษาพยาบาลมาผสมผสานกับปัจจัยอื่นๆ เพื่อสร้างสุขภาพใหม่ และลดปัญหาสุขภาพที่เสื่อมลง (Muurinen, 1982) ซึ่งแบบจำลอง Grossman ได้มีการขยายออกไปสู่ความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างสถานะทางเศรษฐกิจและบริบทด้านสุขภาพ (Bolin et al., 2002) เนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์หลายอย่างที่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างมีประโยชน์ในสภาพแวดล้อมแบบรวมกลุ่มหรือแบบสถาบันที่อาจส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความสัมพันธ์ระหว่างสถานะทางเศรษฐกิจและสุขภาพ (Tipper, 2010) ซึ่งแบบจำลองของ Grossman (1972) ความต้องการด้านสุขภาพนั้นได้รับการโต้แย้งว่าเป็นหนึ่งในนวัตกรรมทางทฤษฎีที่สำคัญที่เกิดขึ้นจากเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข (Culyer et al., 1981) ว่าวิธีการแบบ Grossman นั้นเป็นการให้ข้อมูลเชิงลึกไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับความต้องการในการรักษาพยาบาลเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการกำหนดสุขภาพอีกด้วย ดังนั้นจึงมีกรอบการทำงานสำหรับการวิเคราะห์ประเด็นต่างๆ เช่น ความไม่เท่าเทียมกันทางเศรษฐกิจและสังคมในด้านสุขภาพ การออกแบบนโยบายการป้องกัน และผลกระทบของการว่างงานต่อสุขภาพ เป็นต้น [Maynard (1983), Muurinenand Grand (1985) และ AdamWagstaff (1986)] ซึ่ง PINTO (2014) ได้มีการตรวจสอบปัจจัยในการกำหนดสถานะของสุขภาพในโปรตุเกส ซึ่งเป็นการทำนายการรับรู้ด้านสุขภาพที่แม่นยำยิ่งขึ้น สอดคล้องกับแบบจำลองทางทฤษฎีของ Grossman โดยใช้ปัจจัยทางชีววิทยา เศรษฐกิจสังคม และการดูแลทางการแพทย์เป็นปัจจัยหลัก และได้มีการสนับสนุนแบบจำลองของ Grossman ไม่มากก็น้อย

2.3 วิธีการประมาณค่า

งานวิจัยนี้มีหลายวิธีในการประมาณค่าเกี่ยวกับปัญหาพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ออัตราการตายและระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งสถานการณ์และแนวโน้มพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคต โดยแบ่งเป็น 3 วิธีการ ดังนี้

2.3.1 การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ถ้าศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวหรือการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ถ้าตัวแปรอิสระมีมากกว่าหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม รวมถึงเป็นการทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม เพื่อหาความสัมพันธ์หรือสร้างสมการการทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม (Y) หนึ่งตัว จากกลุ่มตัวแปรอิสระ (X) หลายตัว (ชนะบุญ, 2560) โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k$$

โดยที่ y คือค่าของตัวแปรตาม. b_0 คือค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย. b_i คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ X แต่ละตัว และตามหลักการแล้ว ตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) หรือ ตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) หรือมีระดับการวัดเป็น Interval หรือ Ratio Scale อีกทั้งตัวแปรอิสระแต่ละตัวต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระไม่ควรมีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน (ชนะบุญ, 2560) อย่างไรก็ตาม ตัวแปรบางตัวอาจตรงหรือเกือบมากในการรวมกันเชิงเส้นกับตัวแปรอื่นๆ ในทางเทคนิค เรียกว่า multicollinearity (Maindonald and Braun, 2007) สำหรับแต่ละความสัมพันธ์แบบ multicollinearity จะมีการประมาณผลกระทบของตัวแปรหนึ่งในการตอบสนองต่อการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่มีแนวโน้มที่จะมีความแม่นยำน้อยกว่า ถ้าตัวทำนายไม่สัมพันธ์กัน โดยการตรวจหา multicollinearity เกณฑ์ที่เป็นทางการคือปัจจัยเงินเฟ้อความแปรปรวน (VIF) ซึ่งวัดผลกระทบของ multicollinearity ระหว่างตัวแปรอธิบายในแบบจำลองการถดถอยในความแม่นยำของการประมาณค่า เป็นการแสดงออกถึงระดับที่ความหลากหลายร่วมระหว่างตัวทำนายทำให้ความแม่นยำของการประมาณการลดลง โดยทั่วไป ค่า VIF ที่มาก กว่า 10 เป็นเรื่องที่น่ากังวล (Van den Poel and Lariviere, 2004)

2.3.2 วิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM)

วิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) นั้นเป็นเพียงชุดของเงื่อนไขชั่วขณะ ซึ่งบ่งบอกโดยสมมติฐานของแบบจำลองทางเศรษฐมิติพื้นฐาน แต่วิธีการของ GMM นั้นจะมีความน่าสนใจก็ต่อเมื่อ:

1. มีช่วงเวลาที่หลากหลายที่อนุมานได้จากสมมติฐานของแบบจำลองทางทฤษฎี
2. มีแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ที่ความซับซ้อน กล่าวคือ เป็นการยากที่จะเขียนฟังก์ชันความเป็นไปได้ที่ติดตามได้และนำไปใช้ได้
3. มีการแก้ไขความซับซ้อนในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับตัวประมาณ ML (Mućk, 2019)

โดยมีงานวิจัยของ Taghizadeh-Hesary et al. (2020) กล่าวว่าความน่าเชื่อถือของวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) ได้รับการพิสูจน์โดยนักวิชาการหลายคน เช่น Arellanoand Bond (1991); Martínez-Zarzoso et al. (2009); Kahouliand Maktouf (2015); และ Lin (2015). โดย Arellanoand Bond (1991) ได้มีการโต้แย้งว่าตัวประมาณค่า GMM ที่ประกอบไปด้วยตัวแปรภายในที่เกิดความล่าช้าของข้อมูล (t-1) เป็นตัวแปรที่ดีกว่าสำหรับข้อมูลแบบพาแนล (Panel data) เพราะให้ผลลัพธ์ที่คงที่และน่าเชื่อถือมากขึ้นเมื่อเกิด heteroskedasticity ซึ่งโดยทั่วไปตัวแบบการถดถอยในรูปของ GMM จะเขียนได้ดังนี้:

$$Y_{it} = \alpha + \beta Y_{it-1} + yX_{it} + \eta_{it} + \varepsilon_{it}$$

โดยที่ *Y* ระบุตัวแปรตาม และ *X* แทนตัวแปรที่อธิบายทั้งหมด, η_{it}หมายถึงผลกระทบแต่ละประเทศและ ε_{it} คือเงื่อนไขข้อผิดพลาด จากการศึกษาของ Taghizadeh-Hesary et al. (2020) ที่เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับปัญหาสุขภาพ (เช่น มะเร็งหลอดลม หลอดลมและปอด โรคระบบทางเดินหายใจ การขาดสารอาหาร อัตราการตายจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศทั้งภายนอกและภายในครัวเรือน) โดยใช้วิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) สำหรับข้อมูลจาก 18 ประเทศในเอเชีย (ทั้งประเทศที่มีรายได้น้อยและรายได้ปานกลาง) ในช่วงปี พ.ศ. 2534 - พ.ศ. 2561 พบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวในประเทศในเอเชียที่มีรายได้ต่ำและรายได้ปานกลางส่งผลให้เกิดโรคปอดและทางเดินหายใจที่เพิ่มมากขึ้น ในส่วนที่เกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรนี้เพิ่มความเสี่ยงต่อโรคปอดและทางเดินหายใจ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวและการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ส่งผลต่ออัตราการขาดสารอาหารและอัตราการตาย รวมถึงการค้นพบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวและค่าใช้จ่ายด้านการดูแลสุขภาพอาจช่วยลดอัตราการขาดสารอาหารและอัตราการตายได้

2.3.3 การออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอย (RDD)

การออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอย (RDD) เป็นตัวเลือกการประเมินกึ่งทดลองที่วัดผลกระทบของการแทรกแซงหรือการรักษาโดยใช้กลไกการกำหนดการรักษาตามดัชนีคุณสมบัติอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง โดยการออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอย (RDD) ใช้สำหรับจัดอันดับประชากรที่ให้ผลลัพธ์ที่จำกัด เนื่องจากผลลัพธ์สามารถสรุปได้เฉพาะในบางส่วนในระยะที่กำหนดเท่านั้น (Qasim and Stevens, 2020) โดยมีสมการตั้งต้นดังนี้

$$y_i = \alpha + \tau D_i + \beta x_i + e_i$$

โดยที่ x คือตัวแปรการกำหนดอย่างต่อเนื่องที่กำหนดการรักษา และ D คือตัวแปรการรักษาแบบไบนารี (binary) ที่ถูกใช้งาน เมื่อ x ไม่ตรงกับเกณฑ์บางค่าของ c ซึ่งการวิเคราะห์ RD โดยพื้นฐานแล้วจะใช้บุคคลที่มีกำหนดการรักษาหรือ x ต่ำกว่าจุดตัด c เป็นกลุ่มควบคุมสำหรับผู้ที่มีกำหนดการรักษาหรือ x อยู่เหนือจุดตัด (Montana State University, 2013)

วิธีการไม่ต่อเนื่องของการถดถอยถูกนำมาใช้โดย Thistlethwaiteand Campbell (1960) เริ่มนำไปใช้อย่างกว้างขวางในการวิจัยทางเศรษฐกิจในช่วงปลายทศวรรษ 1990 ด้วยการอนุมานเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร ความไม่ต่อเนื่องของการถดถอยเป็นทางเลือกที่ดีแทนการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาตัวแปรอธิบาย (Explanatory variable) ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความคลาดเคลื่อน (Error term) ของโมเดล ซึ่งเป็นวิธีการวิจัยกึ่งทดลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อศึกษาผลการรักษาในสังคมศาสตร์พฤติกรรมและวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง การศึกษาจำนวนมากได้ใช้การออกแบบความต่อเนื่องของการถดถอยเพื่อประเมินผลกระทบของนโยบายของกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อม [เช่น Penghuiand Ruobing (2015)] เนื่องจากการออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอยนั้นสามารถแก้ไขปัญหาภายในที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ OLS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอยจึงมีลักษณะของ 'การทดลองสุ่มในพื้นที่' และเป็นการลดปัญหาตัวแปรอธิบาย (Explanatory variable) ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความคลาดเคลื่อน (Error term) ของโมเดล (Zeng et al., 2020)

2.4 วิธีการทดสอบ

ในส่วนของการทดสอบตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ รวมถึงสมการในแบบจำลองต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบความแม่นยำ ความแข็งแกร่งของข้อมูล รวมทั้งบ่งบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยเลือกวิธีการทดสอบด้วยกัน 4 วิธี ดังนี้

2.4.1 Correlation test

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเริ่มจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร 2 ตัว เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้น โดยนักวิจัยสามารถคำนวณหาค่าเพื่อใช้วัดระดับความสัมพันธ์ของตัวแปร เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปร เครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมายลบ (-) จะเป็นการแสดงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าระหว่าง +1 ถึง -1 ซึ่งค่า +1 นั้นจะแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสมบูรณ์ และค่า 0 นั้นจะแสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์ใดๆต่อกัน สุดท้ายค่า -1 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ที่แปรปรวนหรือตรงกันข้ามต่อกันอย่างสมบูรณ์ (อังศุโชติ, 2564)

การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัวนั้น สามารถทำได้โดยใช้กราฟหรือแผนภาพการกระจายที่จะแสดงจุดตำแหน่งของความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปร แต่ถ้าต้องการการคำนวณจำเป็นต้องใช้สถิติในการวิเคราะห์ เช่น สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) เป็นต้น

2.4.2 Multicollinearity

ปัญหา Multicollinearity เกิดขึ้นเมื่อตัวแปรอิสระสองตัวมีค่าสหสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูงแต่ไม่สมบูรณ์ จะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดและค่าประมาณการกำลังสองน้อยที่สุด (R-square) มีค่าที่สูง รวมทั้งยังทำให้ค่าทดสอบ t มีค่าที่ต่ำมากจนทำให้นักวิจัยส่วนใหญ่อาจแปรค่าได้ว่าตัวแปรอิสระนั้นไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติ ซึ่งทำให้การตัดสินใจผิดพลาด

การสังเกตว่าข้อมูลมีปัญหา Multicollinearity หรือไม่ สามารถสังเกตได้ดังนี้

- ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละคู่ มีค่าความแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ
- ตัวสถิติทดสอบ t เกือบทั้งหมดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ตัวทดสอบ F มีนัยสำคัญทางสถิติ
- ค่าสัมประสิทธิ์ความชันและจุดตัดแกนมีเครื่องหมายบวกหรือลบแตกต่างจากที่คาดการณ์ไว้

การแก้ปัญหา Multicollinearity สามารถทำได้โดยการนำตัวแปรอิสระที่ไม่มีนัยสำคัญบางตัวออกจากแบบจำลอง ทำให้ไม่เกิดปัญหา Multicollinearity ซึ่งการเลือกตัวแปรออกสามารถทำได้โดยการใช้การสร้างแบบจำลอง Stepwise Regression (WANGPRATHAM, 2020)

2.4.3 Fixed effect

เป็นวิธีการที่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีมากกว่า 2 ช่วงเวลา จะใช้วิธีกการประมาณสมการถดถอยที่มี Fixed effects หรือ Fixed effect regression โดยให้ค่าตัวแปรที่มีค่าแตกต่างไปตาม

หน่วย (entities) หรือบุคคล (Individuals) แต่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เช่น วัฒนธรรม หรือค่านิยม ซึ่งในทางปฏิบัติ (มณีจักร, 2561) การประมาณสมการถดถอยที่มี Fixed effects สามารถทำได้ 2 วิธี

1. กำหนดตัวแปรหุ่น สำหรับแต่ละหน่วย แต่การที่จำนวนหน่วยตัวอย่างมีมากจะทำให้การประมวลผลมีความยุ่งยาก และอาจเกิดปัญหา Over-parameter

2. วิธี Demean เป็นการใช้หลักการการแปลงข้อมูล Y และ X ใหม่ เพื่อกำจัด Fixed effect ออกไป และเมื่อประมาณสมการด้วยวิธี OLS แล้ว ค่า intercept ที่ได้จะมีค่าเข้าใกล้ 0 นั่นคือ fixed effect ได้ถูกกำจัดออกไปแล้ว

2.4.4 Random effect

แนวคิดหลักของ Random effects คือความแตกต่างระหว่างหน่วย ตัวอย่างเช่น รัฐ โดยจะต้องสุ่ม และต้องไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ (X) ที่ใส่ในแบบจำลอง ซึ่งข้อดีคือสามารถประมาณผลของตัวแปรที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แต่มีอิทธิพลต่อ Y ได้ เช่น เพศ เป็นต้น นอกจากนั้นการแยกแยะระหว่าง Fixed effect กับ Random effect สามาถทำได้โดยวิธีการทดสอบด้วย Hausman test ในการตรวจสอบว่า U_i มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอธิบายหรือไม่ (มณีจักร, 2561)

2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีหลายวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ออัตราการตายและระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งสถานการณ์และแนวโน้มพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคต โดยผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 3 หัวข้อดังนี้

2.5.1 สถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การปล่อยคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้กระตุ้นความสนใจทั่วโลก รายงานการประเมินที่ห้าของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ยืนยันว่าก๊าซเรือนกระจก (GHG) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์เป็นแรงผลักดันหลักในการเร่งให้เกิดภาวะโลกร้อน นักวิจัยหลายคนกำลังทำงานเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรวมถึงแบบจำลองการวัด การวิเคราะห์แนวโน้ม ปัจจัยผลกระทบ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น Razak et al. (2015) ได้ศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) และอุตสาหกรรมการผลิต โดยคำนึงถึงความเชื่อมโยงระหว่างการเติบโตของประชากรและสิ่งแวดล้อมระดับ ซึ่งผลสรุปได้ว่า

มลพิษที่เพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับเครื่องมือในลักษณะของกระบวนการผลิต นอกจากนี้ นโยบายการค้าที่อยู่ภายใต้กิจกรรมหลักในผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) กำหนดว่ายิ่งเศรษฐกิจเปิดกว้างมากเท่าใด โอกาสในการนำเข้าและส่งออกสินค้าโภคภัณฑ์ที่มีมลพิษมากก็จะยิ่งมีมากขึ้น

โดยงานศึกษาของ Torrey (2004) ได้ค้นพบว่าการเพิ่มขึ้นของประชากรในเมืองส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการบริโภคอาหาร พลังงาน น้ำ และที่ดินที่เพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันสภาพแวดล้อมภายในเมืองที่มีการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ น้ำ ดินที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชากรในเมืองที่ลดลง แต่จากการศึกษาของ McGeeand York (2018) ได้กล่าวว่าในช่วงที่อุตสาหกรรมตกต่ำ การอพยพย้ายถิ่นของประชากรจากเขตเมืองไปยังชนบทที่เพิ่มขึ้น มีส่วนช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการพัฒนาอุตสาหกรรมได้ ซึ่งการใช้พลังงานนั้นจึงเป็นแหล่งปล่อยมลพิษที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งคิดเป็นประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ของการปล่อยก๊าซทั้งหมด และระดับของการปล่อยก๊าซนั้นยังคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีก หากไม่มีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้อง โดยถ่านหินและไฟฟ้านั้นเป็นที่ต้องการสำหรับการใช้พลังงานและมีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าพลังงานรูปแบบอื่น จึงทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการเผาถ่านหินนั้นมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (Saleh et al., 2016)

ในส่วนของ Apergis et al. (2018) จะเป็นการตรวจสอบสาเหตุระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ, การใช้พลังงานหมุนเวียนและค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ โดยพิจารณาว่าค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพสามารถมีผลกระทบสำคัญต่อสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างไร มีตัวแปรตามเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และตัวแปรอิสระเป็นพลังงานหมุนเวียนและค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ ซึ่งผลลัพธ์ของทั้งการใช้พลังงานหมุนเวียนและค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพมีส่วนทำให้ระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ในขณะที่การเติบโตทางเศรษฐกิจจะเพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.

2.5.2 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตาย

โรงไฟฟ้าถ่านหินก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศอันเลวร้าย ไม่ว่าจะเป็น กรดแก๊ส เขม่าควันไฟ และฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมถ่านหินขนาดใหญ่ที่ได้กลายเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศที่สามารถผ่านเข้าไปสู่ปอดและกระแสเลือดของมนุษย์ได้โดยการหายใจ จากงานวิจัยของทางมหาวิทยาลัย Stuttgart ซึ่งศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์จากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ 300 แห่งทั่วยุโรปและคาดการณ์ผลกระทบของโครงการโรงไฟฟ้าแห่งใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอีก 50

แห่ง โดยใช้รูปแบบการประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า มลพิษจากโรงไฟฟ้าถ่านหินในยุโรปเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของประชาชนมากกว่า 1,000 คน อีกทั้งยังทำให้ชาวยุโรปมีอายุขัยสั้นลง (Greenpeace Thailand, 2015) ซึ่งประเทศในแถบเอเชียก็ไม่เว้น นับตั้งแต่การกำเนิดของเหมืองถ่านหินเมื่อ 4,000 ปีก่อนในประเทศจีน คนงานเหมืองถ่านหินจำนวนนับไม่ถ้วนได้เสียชีวิตทุกปี (Cunningham, 2014) และยังได้รับผลกระทบด้านสุขภาพ ได้แก่ โรคปอด โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) โรคปอดบวมของผู้ปฏิบัติงานถ่านหิน (CWP "โรคปอดดำ") ถุงลมโป่งพอง ภาวะกล้ามเนื้อพังผืดแบบก้าวหน้า (PMF) และโรคซิลิโคซิส [PhDand FRCP (2007); Department of Health and Human Services (2011)] โดยในปี 2013 โรคปอดบวมของผู้ปฏิบัติงานถ่านหิน (CWP "โรคปอดดำ") ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 25,000 รายทั่วโลก (GBD, 2013) จะเห็นได้ว่า การบริโภคถ่านหินมีผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของมนุษย์ (Gohlke et al., 2011)

จากการศึกษามีหลายงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลต่ออัตราการตาย เช่น Sirag et al. (2017) ที่มีการประเมินผลกระทบของการจัดหาเงินทุนด้านสุขภาพและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อผลลัพธ์ด้านสุขภาพของประชากรในประเทศแถบแอฟริกาตอนใต้ โดยใช้ตัวแปรตามเป็นอัตราการตายอายุต่ำกว่า 5 ปี (UN5) และตัวแปรอิสระ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (GDP), ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ (HF), การศึกษา (SE), และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) โดยใช้ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพของ Grossman และวิธีการประมาณค่า 2 วิธี ได้แก่ การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดที่แก้ไขอย่างเต็มที่ (FM-OLS) และการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดแบบไดนามิก (DOLS) ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ (HF) และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) มีผลในเชิงบวกและมีนัยสำคัญต่ออัตราการเสียชีวิตที่อายุต่ำกว่า 5 ปี, ส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (GDP) กับการศึกษา (SE) นั้นมีผลในเชิงลบและมีนัยสำคัญต่ออัตราการเสียชีวิตที่อายุต่ำกว่า 5 ปี

ในขณะเดียวกันนั้น ผลกระทบในปัจจุบันของมลพิษทางอากาศต่อการตาย การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศและอัตราการตายที่เกิดจากการเปิดเครื่องทำความร้อนในฤดูหนาว ส่งผลให้อัตราการตายสูงขึ้นในภาคเหนือของจีน โดยการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยวิธีการประมาณค่าการออกแบบความไม่ต่อเนื่องของการถดถอย (RDD) แสดงให้เห็นว่ามลพิษทางอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น 36% และทำให้อัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น 14% ซึ่งความแตกต่างระหว่างชนบทและเมืองแสดงให้เห็นความไม่เท่าเทียมกันที่ เนื่องจากเงินอุดหนุนการทำความร้อนในฤดูหนาวเป็นระบบสวัสดิการที่ส่วนใหญ่ให้บริการแก่ประชากรในเมือง แต่ในพื้นที่ชนบททำให้เกิดมลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหันซึ่งก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมอย่างมากในความเป็นอยู่ที่ดีทางกายภาพของประชากรใน

ชนบทที่อยู่ติดกัน (Fan et al., 2020) และยิ่งไปกว่านั้น การเพิ่มขึ้นของมลพิษที่เกิดจากการใช้ปริมาณไฟฟ้าที่สูงขึ้น จากการวิจัยของ Gohlke et al. (2011) พบว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินที่เพิ่มขึ้นนั้นสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นและอายุขัยเฉลี่ยที่ลดลงหลังจากการพิจารณาถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นแล้ว

2.5.3 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่อเศรษฐกิจ

การเติบโตทางเศรษฐกิจที่แข็งแกร่งของภูมิภาคจะช่วยขับเคลื่อนไฟฟ้าและการบริโภคในอุตสาหกรรม (International Energy Agency, 2019) เนื่องจากพลังงานเป็น 'เชื้อเพลิง' หลักสำหรับการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจ และเนื่องจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงานมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก (World Energy Council, 2013)

ในประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะอินเดียและจีน ยังคงใช้ถ่านหินและมีการสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น เนื่องจากเหตุผลที่ว่าถ่านหินนั้นมีราคาถูกช่วยให้ประเทศเหล่านี้ปรับปรุงผลผลิตทางเศรษฐกิจ (GDP) ได้ แต่กลับต้องเผชิญกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน ในเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม นี่ถือเป็นความล้มเหลวของตลาด เนื่องจากผลกระทบทางเศรษฐกิจโดยรวมของการเผาไหม้ถ่านหินที่ส่งผลทำให้สุขภาพไม่ดี คุณภาพอากาศไม่ดี (Mac, 2016) แต่อย่างไรก็ตาม ถ่านหินนั้นยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ ยกตัวอย่างเช่นการศึกษาของ Rocco et al. (2021) ที่ได้กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงด้านสุขภาพของประชากรที่ส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ สามารถสรุปได้ว่าทั้งการตายและการเจ็บป่วยนั้นมีผลเสียต่อการเติบโตของ GDP ต่อหัว ผลของการลดอัตราการตายลงร้อยละ 10 คือการเพิ่มอย่างน้อยร้อยละ 9.6 ให้กับการเติบโตของ GDP ต่อหัวในช่วงเวลาประมาณหนึ่งในสี่ของศตวรรษ

ซึ่ง Negariand Mishra (2019a) พยายามที่จะตรวจสอบบทบาทของการย้ายถิ่นในชนบทและในเมืองต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในชนบทของเอธิโอเปีย โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและเชิงอนุมานเพื่อศึกษาผลกระทบและการทดสอบสมมติฐานในเอธิโอเปีย การย้ายถิ่นในชนบทมีผลกระทบอย่างมากต่อการพัฒนาชนบท ในการศึกษานี้ มีการระบุเหตุการณ์หรือตัวบ่งชี้หลักสองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการอพยพย้ายถิ่นในชนบทสู่เมือง นั่นคือ การทำให้เป็นเมืองและผลิตภาพของแรงงานในชนบท ในรูปแบบเมืองและผลผลิตของแรงงานในชนบทถูกกำหนดโดยการเติบโตของประชากรในเมืองและการว่างงานในชนบทที่อพยพไปยังเขตเมืองตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้คือประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอพยพย้ายถิ่นในชนบทซึ่งส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในชนบทที่ลดลง

โดยจากการศึกษาของ CAMPOand SARMIENTO (2013) ได้มีการประเมินความยืดหยุ่นของความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างการใช้พลังงานและ GDP สำหรับ 10 ประเทศในละตินอเมริกา

โดยใช้การทดสอบการรวมแผงของ Pedroni (2004) และ Pedroni (2002) เพื่อตรวจสอบว่าความสัมพันธ์ระยะยาว การทดสอบการรวมรวมของ Westerlund (2006) สำหรับข้อมูลแผงใช้เพื่อประมาณความชันของตัวแปรความสัมพันธ์ระยะยาว การค้นพบนี้ให้แนวทางเชิงประจักษ์สำหรับนโยบายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและประสิทธิภาพ พบว่ามีการรวมตัวระหว่างตัวแปรทั้งสองอยู่ในความสัมพันธ์ทั้งสองทิศทาง

ในส่วนของ Xiang et al. (2021b) ได้ทำการวิเคราะห์การแยกส่วนตรวจพบแนวโน้มที่ชัดเจนของการแยกตัวแยกการเติบโตทางเศรษฐกิจจากการปล่อยคาร์บอนในประเทศจีน และสร้างผลลัพธ์ที่หลากหลายสำหรับประเทศอื่นๆ การประมาณการความเชื่อมโยงกันของเวฟเล็ตแนะนำว่าประเทศในกลุ่ม BRICS ประสบกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประเภทต่างๆ ในการเชื่อมโยงกันของการเติบโตและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผลลัพธ์ในระยะสั้น บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์เชิงลบและความเป็นเหตุเป็นผลจากการปล่อยก๊าซสู่การเติบโตของ GDP โดยทั่วไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปล่อยคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นยับยั้งการเติบโตของเศรษฐกิจ เหตุผลเบื้องหลังคือหลังจากระยะการพัฒนาเศรษฐกิจที่เติบโตอย่างรวดเร็ว การปล่อยคาร์บอนเริ่มยับยั้งการเติบโตทางเศรษฐกิจในระดับหนึ่ง ในขณะเดียวกัน การปล่อยมลพิษที่เพิ่มขึ้นอย่างมากได้ผลักดันให้รัฐบาลสร้างสมดุลระหว่างเป้าหมายของการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

อีกทั้งในงานศึกษาของ Jinand Kim (2018a) ยังได้มีการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ถ่านหินกับการเติบโตทางเศรษฐกิจสำหรับ 30 ประเทศในกลุ่ม OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) และ 32 ประเทศที่ไม่ใช่ OECD โดยใช้การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร สำหรับการวิเคราะห์ เราได้ดำเนินการกระบวนการดีแฟกเตอร์ร่วมกันการทดสอบการรูทหน่วย การทดสอบการรวมเหรียญ เวกเตอร์การรวมตัวระยะยาว และการทดสอบเวคเตอร์ของ Granger ผลลัพธ์ของเราแนะนำดังต่อไปนี้: ประการแรก ไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างการบริโภคถ่านหินกับการเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD; อย่างไรก็ตาม ในประเทศที่ไม่ใช่ OECD ความสัมพันธ์ยังคงมีอยู่ ประการที่สอง การใช้ถ่านหินมากเกินไปอาจขัดขวางการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว สุดท้ายนี้ สมมติฐานการเติบโต (การใช้ถ่านหินส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในเชิงบวก) ได้รับการสนับสนุนในระยะสั้นสำหรับประเทศที่ไม่ใช่ OECD เนื่องจากการใช้ถ่านหินส่งผลดีต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะสั้นและส่งผลเสียในระยะยาว นโยบายการอนุรักษ์พลังงานจึงอาจมีผลเสียในระยะสั้นเท่านั้น

ซึ่งจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรม ในบทนี้ได้มีการอธิบายถึงทฤษฎีที่มีความเชื่อมโยงเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบไปด้วยวิธีการประมาณค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา รวมถึงตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้อง เพื่อให้สอดคล้องกับ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยในวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นการศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน ผู้วิจัยได้เลือกใช้ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC) และวิธีการประมาณค่าการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) พร้อมด้วยตัวแปร ดังนี้ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประชากรในชนบท ประชากรในเมือง การใช้พลังงาน การใช้ถ่านหิน และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวเพื่อประเมินสถานการณ์และแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้เลือกใช้ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพของ Grossman และวิธีการประมาณค่าแบบวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) พร้อมทั้งตัวแปรที่ประกอบไปด้วย การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ประชากรในชนบท, ประชากรในเมือง, การใช้พลังงาน, การใช้ถ่านหิน, ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว อัตราการตาย ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพในการแก้ปัญหา เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

2.6 กรอบแนวคิด

FFECTS OF COAL ELECTRIC POWER AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS ON MORTALITY AND ECONOMY IN ASEAN
ผลกระทบจากพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

วัตถุประสงค์ที่ 1:
เพื่อศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน

วัตถุประสงค์ที่ 2:
เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน

คำถามวิจัย: พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกะทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจหรือไม่

$$lnM_{it} = \alpha_1 lnCO2_{it} + \alpha_2 lnEC_{it} + \alpha_3 lnUP_{it} + \alpha_4 ln\,RP_{it} - \alpha_5 lnHE_{it} + \alpha_6 lnCC_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$lnGDP_{it} = -\alpha_1 lnCO2_{it} + \alpha_2 lnEC_{it} + \alpha_3 lnUP_{it} - \alpha_4 ln\,RP_{it} - \alpha_5 lnHE_{it} - \alpha_6 lnCC_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$lnCO2_{it} = \beta_1 lnUPit - \beta_2 lnRPit + \beta_3 lnGDPit + \beta_4 lnECit + \beta_5 lnCCit + \varepsilon it$$

ตัวแปรต้น:
M หมายถึง อัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์)

ตัวแปรต้น:
GDP หมายถึง ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)

ตัวแปรต้น:
CO2 หมายถึง การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลตัน)

ตัวแปรตาม

ตัวแปร	เครื่องหมาย	ความหมาย	หน่วย
UP	+	ประชากรในเมือง	คน
RP	-	ประชากรในชนบท	คน
HE	-	ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว	ดอลลาร์สหรัฐฯ
EC	+	การบริโภคพลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตร
CC	-	ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน	พันตันน้ำมันดิบ
CO2	-	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	กิโลตัน

ตัวแปรตาม

ตัวแปร	เครื่องหมาย	ความหมาย	หน่วย
UP	+	ประชากรในเมือง	คน
RP	-	ประชากรในชนบท	คน
EC	+	การบริโภคพลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตร
CC	+	ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน	พันตันน้ำมันดิบ
CO2	+	การปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์	กิโลตัน

ตัวแปรตาม

ตัวแปร	เครื่องหมาย	ความหมาย	หน่วย
UP	+	ประชากรในเมือง	คน
RP	+	ประชากรในชนบท	คน
HE	-	ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว	ดอลลาร์สหรัฐฯ
EC	+	การบริโภคพลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตร
CC	+	ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน	พันตันน้ำมันดิบ
CO2	+	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	กิโลตัน

ขอบเขตการศึกษา

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 รวมระยะเวลาแล้ว 15 ปี ใน 10 ประเทศอาเซียน ได้แก่ ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย สิงคโปร์ บรูไน ลาว กัมพูชา เวียดนาม และพม่า โดยใช้ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพ และ ทฤษฎี EKC รวมถึงวิธีการประมาณค่าแบบวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) และการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและระบบเศรษฐกิจ และการประเมินสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศอาเซียน โดยจะมีทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพของ Grossman และทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC) ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์แบบวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) และการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 สถานการณ์และแนวโน้มของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) ในการประมาณค่า โดยรวบรวมข้อมูลจาก 15 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 ในการคาดการณ์สถานการณ์และแนวโน้มของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2568 ใน 10 ประเทศอาเซียน ได้แก่ ไทย พม่า ลาว กัมพูชา มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม อินโดนีเซีย สิงคโปร์ และบรูไน

ตารางที่ 1 ข้อมูลและที่มาของตัวแปร

ตัวแปร	ความหมาย	แหล่งอ้างอิง	หน่วย
GDP	ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว	ธนาคารโลก (World Bank)	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
CO2	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	ธนาคารโลก (World Bank)	กิโลตัน
EC	การบริโภคพลังงานไฟฟ้า	1. ธนาคารโลก (World Bank) 2. บริษัทที่ปรึกษาและข้อมูลอิสระที่เชี่ยวชาญในตลาดพลังงานและคาร์บอนทั่วโลก (Enerdata)	กิโลวัตรต่อหัว
UP	ประชากรในเมือง	ธนาคารโลก (World Bank)	คน
RP	ประชากรในชนบท	ธนาคารโลก (World Bank)	คน
CC	ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน	สำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency)	พันตันน้ำมันดิบ

3.1.2 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ

การวิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ โดยใช้ข้อมูลรูปแบบ Panel และใช้วิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) ในการประมาณค่า โดยรวบรวมข้อมูลจาก 15 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 ใน 10 ประเทศอาเซียน ได้แก่ ไทย พม่า ลาว กัมพูชา มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม อินโดนีเซีย สิงคโปร์ และบรูไน

ตารางที่ 2 ข้อมูลและที่มาของตัวแปร

ตัวแปร	ความหมาย	แหล่งอ้างอิง	หน่วย
M	อัตราการตาย	ธนาคารโลก (World Bank)	เปอร์เซ็นต์
GDP	ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว	ธนาคารโลก (World Bank)	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
CO2	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	ธนาคารโลก (World Bank)	กิโลตัน
EC	การบริโภคพลังงานไฟฟ้า	1. ธนาคารโลก (World Bank) 2. บริษัทที่ปรึกษาและข้อมูลอิสระที่เชี่ยวชาญในตลาดพลังงานและคาร์บอนทั่วโลก (Enerdata)	กิโลวัตรต่อหัว
UP	ประชากรในเมือง	ธนาคารโลก (World Bank)	คน
RP	ประชากรในชนบท	ธนาคารโลก (World Bank)	คน
HE	ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว	ธนาคารโลก (World Bank)	ดอลลาร์สหรัฐฯ
CC	ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน	สำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency)	พันตันน้ำมันดิบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 สถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แบบจำลองเชิงประจักษ์ถูกสร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจและการปล่อยมลพิษ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน การเติบโตทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม (Stern, 2004) เพื่อให้สามารถตอบโจทย์ปัญหาในวัตถุประสงค์เกี่ยวกับสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน เนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของมลพิษและสิ่งแวดล้อมจะเสื่อมลงอย่าง

ต่อเนื่อง โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเรียกว่า "IPAT" ซึ่ง Ehrlich และ Holdren สันนิษฐานว่าผลกระทบของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม (Influence) เป็นผลมาจากประชากร (Population) ความมั่งคั่ง (Affluence) และนวัตกรรมทางเทคโนโลยี (Technology) และสามารถแสดงได้โดยใช้สมการ Influence = Population × Affluence × Technology เรียกว่าแบบจำลอง IPAT เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์ผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

ซึ่งการศึกษาของ Liang et al. (2018) ได้มีการใช้ทฤษฎี IPAT ในการประมาณค่า ระบุว่าพลวัตของพื้นที่ป่ามักถูกขับเคลื่อนโดยประชากร (Rome, 2010) และการพัฒนาเศรษฐกิจ (Turner et al., 2006) และนโยบายต่างๆ (Zhang and Gan, 2007) เรียกว่าแบบจำลอง STIRPAT ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจัยอื่นๆ ทำให้เกิดการใช้สมการที่คล้ายกับแบบจำลอง STIRPAT

ดังนั้น แบบจำลอง STIRPAT จึงเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน การเติบโตทางเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม มีการจัดเรียงตัวแปร ประกอบไปด้วย การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว การบริโภคพลังงานไฟฟ้า ประชากรในเมือง ประชากรในชนบท และปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน จะเห็นได้ดังสมการต่อไปนี้

$$lnCO2_{it} = \beta_1 lnUPit - \beta_2 lnRPit + \beta_3 lnGDPit + \beta_4 lnECit + \beta_5 lnCCit + \varepsilon it$$

โดย CO2 หมายถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อธิบายถึงผลกระทบของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อมจากทฤษฎี UP หมายถึงประชากรในเมืองที่อธิบายประชากรจากทฤษฎี โดยการเพิ่มขึ้นของประชากรในเมืองส่งผลทำให้เกิดการบริโภคพลังงานที่เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรในเมืองที่ลดลง (Torrey, 2004) RP หมายถึงประชากรในชนบทที่อธิบายถึงประชากรจากทฤษฎี โดยการย้ายถิ่นฐานของประชากรเข้ามาในชนบทที่เพิ่มขึ้น มีส่วนช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการพัฒนาอุตสาหกรรมได้ (McGee and York, 2018) GDP หมายถึงผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศที่อธิบายถึงความมั่งคั่งจากทฤษฎี โดยการเพิ่มขึ้นของมลพิษอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต นอกจากนี้ นโยบายการค้าที่อยู่ภายใต้กิจกรรมหลักในผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) กำหนดว่ายิ่งเศรษฐกิจเปิดกว้าง โอกาสในการนำเข้าและส่งออกสินค้าโภคภัณฑ์ที่มีมลพิษยิ่งมีมากขึ้น (Razak et al., 2015) CC หมายถึงปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินที่อธิบายถึงความมั่งคั่งจากทฤษฎี โดยถ่านหินนั้นเป็นที่ต้องการสำหรับการใช้พลังงานและมีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าพลังงานรูปแบบอื่น จึงทำให้การผลิตพลังงาน

ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการเผาถ่านหิน ทำให้ระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น (Saleh et al., 2016) EC หมายถึงการบริโภคพลังงานไฟฟ้าที่อธิบายถึงนวัตกรรมทางเทคโนโลยีจากทฤษฎี โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการเผาถ่านหิน ส่งผลทำให้ระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น (Saleh et al., 2016) ε คือเงื่อนไขข้อผิดพลาด *i* แสดงข้อมูลจากประเทศ และ *t* คือช่วงเวลา

ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์จากสมการ ได้นำวิธีการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) มาใช้ในรูปแบบการทำงานของข้อมูลพาแนล (Panel data) สำหรับการคาดการณ์สถานการณ์และแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาเซียน ซึ่งจากการศึกษาของ Razak et al. (2015); Torrey (2004) และ Saleh et al. (2016) มีการคาดการณ์ได้ว่าประชากรในเมือง ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน และการใช้พลังงานไฟฟ้ามีผลกระทบเชิงบวกต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรในเมืองส่งผลให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเผาถ่านหินเพิ่มขึ้นทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยิ่งเศรษฐกิจเปิดกว้างมากเท่าใดโอกาสในการนำเข้าและส่งออกสินค้าโภคภัณฑ์ที่มีมลพิษมากก็จะยิ่งมีมากขึ้น ในขณะที่ McGeeand York (2018) มีการคาดการณ์ว่าประชากรในชนบทมีผลกระทบเชิงลบต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการอพยพย้ายถิ่นของประชากรจากเขตเมืองไปยังชนบทที่เพิ่มขึ้น มีส่วนช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.2.2 พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ

แบบจำลองเชิงประจักษ์ได้รับแรงบันดาลใจมาจากโมเดลความต้องการสุขภาพของ Grossman เพื่อให้สามารถตอบโจทย์ปัญหาในวัตถุประสงค์เกี่ยวกับผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน ซึ่งแบบจำลองของ Grossman ได้รับการโต้แย้งว่าเป็นหนึ่งในนวัตกรรมทางทฤษฎีที่สำคัญที่เกิดขึ้นจากเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข (Culyer et al., 1981) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาพนั้นปรากฏในงานวิจัยของการศึกษาก่อนหน้านี้ [เช่น Taghizadeh-Hesary et al. (2020); Sirag et al. (2017); Fan et al. (2020); Apergis et al. (2018); Bein et al. (2020) และ Gohlke et al. (2011)] มีการจัดเรียงตัวแปรประกอบไปด้วย อัตราการเสียชีวิต การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว การบริโภคพลังงานไฟฟ้า ประชากรในเมือง ประชากรในชนบท ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว และปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน จึงจะได้สมการดังต่อไปนี้

โดยแบบจำลองที่ 1 ขึ้นอยู่กับตัวแปรตามตัวแรก (อัตราการตาย (M)):

$$lnM_{it} = \alpha_1 lnCO2_{it} + \alpha_2 lnEC_{it} + \alpha_3 lnUP_{it} + \alpha_4 ln\,RP_{it} - \alpha_5 lnHE_{it} + \alpha_6 lnCC_{it} + \varepsilon_{it}$$

โดยสัมประสิทธิ์ α_1, α_2, α_3, α_4, α_5, และ α_6 บ่งชี้ถึงความยืดหยุ่นในระยะยาวของปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง M หมายถึง อัตราการเสียชีวิตที่ได้รับผลกระทบจากตัวแปรต่างๆ เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การบริโภคพลังงานไฟฟ้า ประชากรในเมือง ประชากรในชนบท ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพและปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน [Fan et al. (2020) และ Rasoulinezhad et al. (2020)] CO2 หมายถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศและอัตราการตายที่เกิดจากการเปิดเครื่องทำความร้อนในฤดูหนาว ส่งผลให้อัตราการตายสูงขึ้น (Fan et al., 2020) EC หมายถึงการบริโภคพลังงานไฟฟ้า โดยการเพิ่มขึ้นของมลพิษที่เกิดจากการใช้ปริมาณไฟฟ้าที่สูงขึ้น ทำให้เพิ่มอัตราการเสียชีวิตและลดอายุขัยเฉลี่ยลง (Gohlke et al., 2011) UP หมายถึงประชากรในเมือง โดยการเพิ่มขึ้นของประชากรในเมือง ทำให้มลพิษจากการเติบโตทางเศรษฐกิจเพิ่ม ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของโรคปอดและระบบทางเดินหายใจนั้น ส่งผลทำให้เกิดการตายที่เพิ่มขึ้น (Taghizadeh-Hesary et al., 2020) RP หมายถึงประชากรในชนบท โดยประชากรในชนบท ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศจากเขตเมืองที่ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ ส่งผลทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้น (Fan et al., 2020) HE หมายถึง ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว โดยการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของสุขภาพที่ถดถอย รวมถึงอัตราการตายจากโรงเรื้อรังที่เพิ่มขึ้น (Sirag et al., 2017) CC หมายถึงปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินที่เพิ่มขึ้นนั้นสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นและอายุขัยเฉลี่ยที่ลดลงหลังจากการพิจารณาถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น (Gohlke et al., 2011) ε คือเงื่อนไขข้อผิดพลาด *i* แสดงข้อมูลจากประเทศ และ *t* คือช่วงเวลา

แบบจำลองที่ 2 ขึ้นอยู่กับตัวแปรตามตัวที่สอง (ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP))

$$lnGDP_{it} = -\alpha_1 lnCO2_{it} + \alpha_2 lnEC_{it} + \alpha_3 lnUP_{it} - \alpha_4 ln\,RP_{it} - \alpha_5 lnHE_{it} - \alpha_6 lnCC_{it} + \varepsilon_{it}$$

โดยสัมประสิทธิ์ α_1, α_2, α_3, α_4, α_5, และ α_6 บ่งชี้ถึงความยืดหยุ่นในระยะยาวของปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง GDP หมายถึง ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวที่ได้รับผลกระทบจากตัวแปรต่างๆ เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การบริโภคพลังงานไฟฟ้า ประชากรในเมือง ประชากรในชนบท ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ และปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน CO2 หมายถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการปล่อยคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นเป็นการยับยั้งการเติบโตของเศรษฐกิจในระดับหนึ่ง (Xiang et al., 2021a) EC หมายถึงการบริโภคพลังงานไฟฟ้า โดยการเพิ่มขึ้นของการบริโภคพลังงานไฟฟ้า ส่งผลทำให้เกิดการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจ มีการเติบโตทางเศรษฐกิจที่

เพิ่มขึ้น (CAMPO and SARMIENTO, 2013) UP หมายถึงประชากรในเมือง โดยประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอพยพย้ายถิ่นในชนบท ส่งผลทำให้เกิดการพัฒนากิจกรรมทางเศรษฐกิจ (Negari and Mishra, 2019b) RP หมายถึงประชากรในชนบท โดยการย้ายถิ่นในชนบทมีผลกระทบอย่างมากต่อการพัฒนาชนบท ซึ่งส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในชนบทที่ลดลง (Negari and Mishra, 2019b) HE หมายถึงค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว โดยการเปลี่ยนแปลงด้านสุขภาพของประชากรที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ถดถอย (Rocco et al., 2021) CC หมายถึงปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน โดยพบว่าปริมาณการผลิตถ่านหินที่มากเกินไปอาจเป็นการขัดขวางการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว (Jin and Kim, 2018b) ε_{it} คือเงื่อนไขข้อผิดพลาด i แสดงข้อมูลจากประเทศ และ t คือช่วงเวลา

ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 ได้นำวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) มาใช้ในรูปแบบการทำงานของข้อมูลพาแนล (Panel data) สำหรับความสัมพันธ์ของการใช้พลังงาน – มลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม – และปัญหาสุขภาพของประเทศในกลุ่มอาเซียน ซึ่งมีการคาดการณ์ในแบบจำลองที่ 1 ได้ว่าจากการศึกษาของ Fan et al. (2020); Gohlke et al. (2011) และ Rasoulinezhad et al. (2020) พบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้พลังงานไฟฟ้า ประชากรในเมือง ประชากรในชนบท และปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินมีผลกระทบเชิงบวกต่ออัตราการตาย เนื่องจากการเปิดเครื่องทำความร้อนในเขตเมืองส่งผลต่ออัตราการตายที่สูงขึ้น โดยประชากรในเขตชนบทจะได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศจากเขตเมืองที่ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ รวมทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนั้นสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Taghizadeh-Hesary et al. (2020) พบว่าค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวมีผลกระทบเชิงลบต่ออัตราการตาย เนื่องจากค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลสามารถลดอัตราการขาดสารอาหารและอัตราการเสียชีวิตได้

แบบจำลองที่ 2 ได้มีการคาดการณ์ว่าจากการศึกษาของ Moomawand Shatter (1996); CAMPOand SARMIENTO (2013); Cederborgand Snöbohm (2016); Piabuoand Tieguhong (2017) และ Gurguland Lach (2011) พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และประชากรในเมือง มีผลกระทบเชิงบวกต่อเศรษฐกิจ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรส่งผลทำให้การบริโภคพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจ มีการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Veneriand Ruiz (2013); (Jin and Kim, 2018b) และ (Rocco et al., 2021) พบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประชากรในชนบท ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว และปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินมีผลกระทบเชิงลบต่อระบบเศรษฐกิจ เนื่องจากประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นจากการอพยพย้ายถิ่นในชนบทซึ่งส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในชนบทที่ลดลง และการใช้ถ่านหินในปริมาณที่มาก

เกินไป รวมถึงการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชากรที่เพิ่มขึ้นอาจขัดขวางการเติบโตทางเศรษฐกิจ

3.2.3 Robustness Analysis

ตรวจสอบผลการประมาณค่าจากวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) และวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) โดยใช้เทคนิคข้อมูลพาเนลทางเลือก ได้แก่ การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดที่แก้ไขอย่างเต็มที่ (FM-OLS) เพื่อตรวจสอบความทนทานของผลการวิจัย ซึ่งการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดที่แก้ไขอย่างเต็มที่ (FM-OLS) เดิมออกแบบโดย Phillipsand Hansen (1990) เพื่อให้ค่าประมาณที่เหมาะสมที่สุดของการรวมการถดถอย วิธีการนี้ปรับเปลี่ยนกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อพิจารณาผลกระทบของความสัมพันธ์แบบอนุกรมในระยะยาวของตัวแปรอิสระโดยตรงต่อตัวแปรตาม

3.2.4 Correlation analysis

ตรวจสอบระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัวแปร (ตัวแปร x และ y) ว่ามีมากน้อยเพียงใด และมีทิศทางความสัมพันธ์อย่างไร เมื่อ x เป็นตัวแปรอิสระ และ y เป็นตัวแปรตาม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation coefficient) ของข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง นิยมเขียนแทนด้วย r โดยวัดออกมาเป็นตัวเลขที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 กับ 1 (จันทร์สุวรรณ, 2564) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าที่แสดงว่าตัวแปร x มีอิทธิพลต่อตัวแปร y มากน้อยเพียงใด สรุปได้ดังนี้

ถ้า r มีค่าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรสองตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันมาก และมีทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้า x มีค่ามาก y จะมีค่ามากด้วย

ถ้า r มีค่าใกล้ -1 แสดงว่า ตัวแปรสองตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันมาก แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน กล่าวคือ ถ้า x มีค่ามาก y จะมีค่าน้อย หรือ x มีค่าน้อย y จะมีค่ามาก

ถ้า r จะเข้าใกล้ 0 แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันน้อย

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ทฤษฎีความต้องการด้านสุขภาพของ Grossman และเพื่อประเมินสถานการณ์แนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC) โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษา

ในขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสถิติเชิงพรรณนาเบื้องต้นของตัวแปร ได้แก่ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน การบริโภคพลังงานไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ อัตราการตาย ประชากรในชนบท และประชากรในเมือง จะเห็นได้จากในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 Variables' Descriptive Statistics

	LN_CO2	LN_CC	LN_EC	LN_GDP	LN_HE	LN_M	LN_RP	LN_UP
Mean	10.42	6.21	7.04	1.38	4.49	3.11	14.80	16.02
Median	11	7.40	7.29	2	4.28	3.14	16.82	16.53
Maximun	13	10.64	13.26	3	7.69	3.47	18.62	18.71
Std. Dev	7	0	3.48	-1	1.46	2.28	0	12.37
Sum	1564	931.62	1056.06	208	674.06	466.90	2220.44	2404.31
Observations	150	150	150	150	150	150	150	150

หมายเหตุ 1: UP = ประชากรในเมือง, RP = ประชากรในชนบท, HE= ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว, EC = การบริโภคพลังงานไฟฟ้า, CC = ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน, CO2 = การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, M = อัตราการตาย, GDP = ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว

หมายเหตุ 2: (ln) ระบุตัวแปรในลอการิทึมธรรมชาติ

ตารางที่ 3 แสดงสถิติเชิงพรรณนาเบื้องต้นของตัวแปร โดยเริ่มจาก LN_CO2 ที่มีกลุ่มตัวอย่างจาก 10 ประเทศในอาเซียนในช่วงปี พ.ศ. 2543 – พ.ศ. 2557 ที่มีการปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยต่อคนอยู่ที่ 10.42 กิโลตัน และค่าเฉลี่ยของ LN_CC กลุ่มตัวอย่างคือ 6.21 พันตันน้ำมันดิบต่อวัน โดยส่วนแบ่งของการใช้ผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินทั้งหมดสูงสุด 10.64 พันตันน้ำมันดิบต่อวัน ส่วน LN_EC และ LN_GDP ใน 10 ประเทศที่เลือกในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.04 และ 1.38 ตามลำดับ ในขณะที่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวมีค่าสูงสุดร้อยละ 3 ต่อปี ส่วน LN_HE หรือค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวนั้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.49 ดอลลาร์สหรัฐฯต่อคน เนื่องจาก LN_M ที่มีค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.47 โดย LN_RP และ LN_UP ที่มีผลรวมอยู่ที่ 2220.44 และ 2404.31 ตามลำดับ

และต่อมาในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ Correlation analysis เนื่องจากต้องการตรวจสอบระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัวแปร (ตัวแปร x และ y) จึงต้องทำการทดสอบ Correlation ของตัวแปรสองตัวแปร โดยการทดสอบ Correlation analysis

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ Correlation analysis

	LN_M	LN_UP	LN_RP	LN_HE	LN_CC	LN_CO2	LN_EC	LN_GDP
LN_M	1	0.1008	0.7856	-0.8522	0.2219	-0.3525	-0.6003	0.2835
LN_UP	0.1008	1	0.4558	-0.3093	0.8531	0.792	-0.3096	0.2053
LN_RP	0.7856	0.4558	1	-0.7121	0.5968	0.1120	-0.5509	0.1617
LN_HE	-0.8522	-0.3093	-0.7121	1	-0.3287	0.2455	0.7572	-0.4720
LN_CC	0.2219	0.8531	0.5968	-0.3287	1	0.6750	-0.1007	0.1249
LN_CO2	-0.3525	0.7920	0.1120	0.2455	0.6750	1	0.1624	-0.1270
LN_EC	-0.6003	-0.3096	-0.5509	0.7572	-0.1007	0.1624	1	-0.4346
LN_GDP	0.2835	0.2053	0.1617	-0.4720	0.1249	-0.1270	-0.4346	1

หมายเหตุ 1: UP = ประชากรในเมือง, RP = ประชากรในชนบท, HE= ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว, EC = การบริโภคพลังงานไฟฟ้า, CC = ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน, CO2 = การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, M = อัตราการตาย, GDP = ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว

หมายเหตุ 2: (ln) ระบุตัวแปรในลอการิทึมธรรมชาติ

จากตารางที่ 4 พบว่าการทดสอบ Correlation analysis ปรากฏว่าค่าสถิติที่คำนวณได้ของปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน (IN_CC) การบริโภคพลังงานไฟฟ้า (IN_EC) และค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว (IN_HE) มีค่ามากกว่า 0.75 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรเกิดปัญหา multicollinearity บ่งชี้ว่าอาจมีความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรเหล่านี้ในระดับสูง ซึ่งไม่สามารถแก้โดยการตัดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งทิ้งได้ เนื่องตัวแปรทุกตัวมีความสำคัญต่อตัวแปรตาม ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการ

ประมาณค่าตัวแปรที่เกิดปัญหา multicollinearity อาจไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อตัวแปรตาม เนื่องจากตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง

4.1.1 สถานการณ์และแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการศึกษาของ วัฒนวินิจฉัย (2562a) มีจุดมุ่งหมายในการคาดการณ์การเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อคาดประมาณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2568 โดยใช้วิธีการสมการแนวโน้มแบบเชิงเส้น แบบกำลังสองและแบบลูกบาศก์ มีตัวแปรผลผลิตมวลรวมภายในประเทศแบบปริมาณลูกโซ่ มูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม การผลิตไฟฟ้า และการขนส่ง ผลที่ได้พบว่าการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางเศรษฐกิจเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ มูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรมจะเพิ่มขึ้นในระยะสั้นแต่จะลดลงในระยะยาว ภาคการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นในระยะสั้นแต่จะคงตัวในระยะยาว และภาคการขนส่งจะเพิ่มขึ้นในระยะสั้นและระยะยาว แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับมูลค่าเพิ่มภาคอตสาหกรรม ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และสัดส่วนของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนอื่นกับผลผลิตมวลรวมภายในประเทศมีแนวโน้มที่แตกต่างกัน ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวนั้นแสดงให้เห็นว่าคาร์บอนไดออกไซด์จะมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับเศรษฐกิจที่มีการเพิ่มขึ้นในอนาคต

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการประมาณค่าลอการิทึมธรรมชาติจากสมการที่ 1 โดยใช้วิธีการประมาณค่า MLR ที่มีการใส่เอฟเฟกต์สุ่มสองทาง (Two-Way Random-Effects) ในการประมาณค่าเพื่อให้ได้ค่าที่มีความเสถียร พร้อมทั้งอธิบายผลทางสถิติที่เป็นผลจากการคาดการณ์สถานการณ์และแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการประมาณค่า (ตัวแปรตาม: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
lnUP	0.981117	0.159859	6.137393	0.0000***
lnRP	-0.096233	0.053934	-1.784263	0.0765*
lnEC	0.089657	0.038735	2.314608	0.0220**
lnCC	0.058183	0.035368	1.692921	0.0926*
lnGDP	-0.001737	0.036931	-0.047031	0.9626
C	-4.865105	2.362525	-2.059281	0.0413**
R^2	0.411813			
Adjusted R^2	0.391390			

หมายเหตุ: *มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 10, **มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5, ***มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1

จากตารางที่ 5 ผลลัพธ์แสดงค่า R-squared ที่อธิบายแต่ละตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 41.1 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 58.9 เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าจากการคาดการณ์ประชากรในเมือง ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน และการบริโภคพลังงานไฟฟ้ามีผลกระทบในเชิงบวกต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ประชากรในชนบทมีผลกระทบในเชิงลบต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวไม่มีผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ค่าสัมประสิทธิ์ UP โดยประมาณคือ 0.981117 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าจำนวนประชากรในเมืองมีผลในเชิงบวกต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อจำนวนประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 0.981117 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Churkina (2016) ที่พบว่าพื้นที่ในเมืองที่มีจำนวนประชากรเป็นจำนวนมากนั้นมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 70 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล อีกทั้งการขยายตัวของเมืองในเขตร้อนมีส่วนรับผิดชอบต่อร้อยละ 5 ของการปล่อยมลพิษประจำปีจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ค่าสัมประสิทธิ์ RP โดยประมาณคือ -0.096233 ซึ่งนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 10 บ่งชี้ว่า จำนวนประชากรในชนบทมีผลในเชิงลบต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อประชากรในชนบทเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเกือบร้อยละ 0.096233 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ McGeeand York (2018) ที่พบว่าการย้ายถิ่นจากเมืองสู่ชนบทในประเทศที่พัฒนาแล้วอาจไม่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับในประเทศที่พัฒนาน้อยกว่า เนื่องจากพื้นที่ชนบทในประเทศที่พัฒนาแล้วมักมีโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้พลังงานหมนุเวียนเป็นหลัก เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ เป็นต้น ซึ่งไม่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์ EC โดยประมาณคือ 0.089657 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5 บ่งชี้ว่าการบริโภคพลังงานไฟฟ้าถ่านหินมีผลเชิงบวกต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อการบริโภคพลังงานไฟฟ้าถ่านหินเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 0.089657 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Saleh et al. (2016) พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินที่เผาไหม้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ค่าสัมประสิทธิ์ CC โดยประมาณคือ 0.058183 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 10 บ่งชี้ว่าปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินมีผลเชิงบวกต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 0.058183 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Chirthanyawong et al. (2556) พบว่าการเพิ่มสัดส่วนโรงไฟฟ้าในการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน ส่งผลทำให้ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการได้มาซึ่งไฟฟ้าจากพลังงานถ่านหินเพิ่มขึ้นเป็น 0.9043 kgCO2/kWh จาก 0.3822 kgCO2/kWh ในขณะที่การศึกษาของ วัฒนวินิจฉัย (2562b) ค้นพบว่าการใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมเข้ามาใช้ยกระดับธุรกิจเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันโดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละภาคส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดหลักในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ค่าสัมประสิทธิ์ GDP โดยประมาณคือ -0.001737 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวไม่มีผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลลัพธ์นี้ไม่สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ แต่สอดคล้องกับการศึกษาของ Jinand Kim (2018b) ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างการบริโภคถ่านหินกับการเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD อย่างไรก็ตาม ในประเทศที่ไม่ใช่ OECD ความสัมพันธ์ยังคงมีอยู่

จากการรวบรวมข้อมูลในปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2557 และคาดการณ์สถานการณ์และแนวโน้มการใช้พลังงานถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2568 พบว่าปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานถ่านหิน กับประชากรในเมือง ประชากรในชนบท การบริโภคพลังงานไฟฟ้าถ่านหิน ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว มีแนวโน้มแตกต่างกัน ดังนี้ ประชากรในเมืองส่งผลทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ประชากรในชนบทส่งผลทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง การบริโภคพลังงานไฟฟ้าถ่านหินส่งผลทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินส่งผลทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และสุดท้ายผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ แนวโน้มดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นควบคู่ไปกับการเติบโตทางเศรษฐกิจที่จะมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

4.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้มีการประมาณค่าลอการิทึมธรรมชาติจากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 โดยใช้วิธีการประมาณค่า GMM และอธิบายผลทางสถิติที่เป็นผลจากการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจ ดังนี้

ตารางที่ 6 ผลการประมาณค่าแบบจำลองที่ 1 (ตัวแปรตาม: อัตราการตาย)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
lnUP	0.103361	0.048992	2.109760	0.0368**
lnRP	0.039407	0.005831	6.758272	0.0000***
lnHE	-0.111270	0.021382	-5.204022	0.0000***
lnEC	0.100364	0.038031	2.639833	0.0093***
lnCC	-0.046946	0.018687	-2.512263	0.0132**
lnCO2	-0.065848	0.022160	-2.971515	0.0035***
C	1.642979	0.786940	2.087808	0.0387**
R^2	0.844398			
Adjusted R^2	0.837378			

หมายเหตุ: **มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5, ***มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1

จากตารางที่ 6 ผลลัพธ์แสดงค่า R-squared ที่อธิบายแต่ละตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายประมาณร้อยละ 84.4 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 15.6 เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าประชากรในเมือง ประชากรในชนบท และการบริโภคพลังงานไฟฟ้ามีผลกระทบในเชิงบวกต่ออัตราการตาย ในขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลกระทบในเชิงลบต่ออัตราการตาย

ค่าสัมประสิทธิ์ UP โดยประมาณคือ 0.103361 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5 บ่งชี้ว่าจำนวนประชากรในเมืองมีผลในเชิงบวกต่ออัตราการตาย เมื่อประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 0.103361 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Fan et al. (2020) พบว่าเครื่องทำความร้อนในฤดูหนาวเพิ่มทั้ง AQI และการตายที่สอดคล้องกับผลลัพธ์พื้นฐานที่ว่า AQI เพิ่มขึ้น 10 จุด ทำให้เพิ่มอัตราการเสียชีวิตของประชากรในเมืองร้อยละ 2.3 และการศึกษาของ Taghizadeh-Hesary et al. (2020) พบว่าผลกระทบที่สำคัญของการเติบโตของประชากรใน

เมืองต่อการเพิ่มขึ้นของโรคปอดและระบบทางเดินหายใจนั้นส่งผลทำให้เกิดการตายที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มประเทศเอเชียที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง

ค่าสัมประสิทธิ์ RP โดยประมาณคือ 0.039407 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าจำนวนประชากรในชนบทมีผลในเชิงบวกต่ออัตราการตาย เมื่อประชากรในชนบทเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 0.039407 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Fan et al. (2020) ที่พบว่าคุณภาพอากาศจะมีการเสื่อมลงทันทีหลังจากเริ่มฤดูร้อนในพื้นที่ชนบท สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศในพื้นที่ชนบทที่เกิดจากมลพิษจากระบบทำความร้อนในฤดูหนาวและสามารถกระจายมลพิษทางอากาศขณะเดินทางได้ รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ชนบทจากการเพิ่มขึ้นของ AQI นำไปสู่การเสียชีวิตรายสัปดาห์ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.3 ในพื้นที่ชนบท ดังนั้น สามารถกล่าวได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของประชากรในชนบทส่งผลทำให้สุขภาพแย่ลงเนื่องจาก AQI ที่เพิ่มขึ้นจากประชากรที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Iftikhar et al. (2016) ที่ค้นพบว่าการเติบโตของประชากรในชนบทนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้เสียชีวิต ($P<0.01$) เนื่องจาก การเติบโตอย่างรวดเร็วของประชากรในพื้นที่ชนบททำให้ครัวเรือนมีภาระหนักเกินไป

ค่าสัมประสิทธิ์ HE โดยประมาณคือ -0.111270 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวมีผลเชิงลบต่ออัตราการตาย เมื่อค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้อัตราการตายลดลงเกือบร้อยละ 0.111270 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Taghizadeh-Hesary et al. (2020) พบว่าค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลสามารถลดอัตราการขาดสารอาหารและอัตราการเสียชีวิตได้ อีกทั้ง Bein et al. (2020) ยังค้นพบถึงความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลกับจำนวนการเสียชีวิตของทารกแรกเกิด ทารก และอายุต่ำกว่าห้าขวบ รวมถึง Beinand Coker-Farrell (2020) ที่กล่าวว่าค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลของรัฐนั้นมีความสัมพันธ์ที่สูงกว่ารายจ่ายของเอกชนในการลดอัตราการเสียชีวิต วัณโรค และเอชไอวีสำหรับประเทศแอฟริกา

ค่าสัมประสิทธิ์ EC โดยประมาณคือ 0.100364 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าการบริโภคพลังงานไฟฟ้าถ่านหินมีผลเชิงบวกต่ออัตราการตาย เมื่อการบริโภคพลังงานไฟฟ้าถ่านหินเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 0.100364 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Shobande (2020) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าถ่านหินมีผลกระทบด้านลบและมีนัยสำคัญต่ออัตราการเสียชีวิตในกลุ่มประเทศในแอฟริกา ผลการศึกษาเพิ่มเติมแสดงให้เห็นว่ามลภาวะในระดับสูงทำให้อัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์ CC โดยประมาณคือ -0.046946 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5 บ่งชี้ว่าปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินมีผลเชิงลบต่ออัตราการตาย เมื่อปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้อัตราการตายลดลงเกือบร้อยละ 0.046946 ซึ่งผลลัพธ์นี้ไม่สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ เนื่องจากมีการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงในภาคการดูแลสุขภาพที่มีส่วนช่วยในการลดอัตราการตายจากโรคเรื้อรัง (Invest in ASEAN, 2021) ในขณะที่การศึกษาของ Rasoulinezhad et al. (2020) มีการค้นพบว่าความแปรปรวนของการตายสูงสุดสามารถอธิบายได้โดยความแปรปรวนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกี่ยวกับปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิล การประมาณการได้พิสูจน์ว่าตัวแปรนี้ส่งผลในทางบวกต่อการตายจาก CVD, DM, มะเร็ง และ CRD ซึ่งได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับการคาดการณ์ในครั้งนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ CO2 โดยประมาณคือ -0.065848 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลเชิงลบต่ออัตราการตาย เมื่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้อัตราการตายลดลงเกือบร้อยละ 0.065848 ซึ่งผลลัพธ์นี้ไม่สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ เนื่องจากมีการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงในภาคการดูแลสุขภาพที่มีส่วนช่วยในการลดอัตราการตายจากโรคเรื้อรัง (Invest in ASEAN, 2021) แต่สอดคล้องกับการศึกษาของ Cropper et al. (2020) ที่พบว่าความเสียหายต่อสุขภาพจากโรงไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการเปลี่ยนโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงด้วยแหล่งพลังงานหมุนเวียน

ตารางที่ 7 ผลการประมาณค่าแบบจำลองที่ 2 (ตัวแปรตาม: ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
lnUP	3.995410	0.936705	4.265386	0.0009***
lnRP	9.676612	2.984402	3.242396	0.0064***
lnHE	-0.644907	0.269175	-2.395869	0.0323**
lnEC	1.130095	0.788349	1.433495	0.1753
lnCC	-0.068243	0.120669	-0.565534	0.5183
lnCO2	-1.939490	0.363900	-5.329742	0.001***
C	-190.3542	48.90604	-3.892244	0.0019***
R^2	0.528269			
Adjusted R^2	0.471205			

หมายเหตุ: *มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 10, **มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5, ***มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1

จากตารางที่ 7 ผลลัพธ์แสดงค่า R-squared ที่อธิบายแต่ละตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ประมาณร้อยละ 52.8 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 47.2 เป็นผลจากปัจจัยอื่นๆ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าประชากรในเมืองและประชากรในชนบทมีผลกระทบในเชิงบวกต่อเศรษฐกิจ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลกระทบในเชิงลบต่อเศรษฐกิจ แต่การบริโภคพลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินไม่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ

ค่าสัมประสิทธิ์ UP โดยประมาณคือ 3.995410 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าจำนวนประชากรในเมืองมีผลในเชิงบวกต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว เมื่อประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวเพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 3.995410 ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Negariand Mishra (2019b) ที่ได้กล่าวว่าประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอพยพย้ายถิ่นในชนบทซึ่งส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจในชนบทที่ลดลง แต่ส่งผลให้เศรษฐกิจในเมืองนั้นมีการเติบโต

ค่าสัมประสิทธิ์ RP โดยประมาณคือ 9.676612 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่า จำนวนประชากรในเมืองมีผลในเชิงบวกต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว เมื่อประชากรในชนบทเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวเพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 9.676612 ซึ่งผลลัพธ์นี้ไม่สอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ แต่สอดคล้องกับการศึกษาของ Essangand Mabawonku (1975) พบว่าประชากรที่ได้อพยพเคลื่อนย้ายจากในเมืองมาสู่ชนบทนั้นจะส่งผลทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านการเกษตร ซึ่งก่อให้เกิดการจ้างงาน ส่งผลให้ประชากรในชนบทนั้นมีรายได้เมื่อมีการจ้างงานและรายได้เกิดขึ้นย่อมทำให้เศรษฐกิจมีการเติบโตขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์ HE โดยประมาณคือ -0.644907 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5 บ่งชี้ว่า ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวมีผลเชิงลบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว เมื่อค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวลดลงเกือบร้อยละ 0.644907 สอดคล้องกับการศึกษาของ World Health Organizationand Organisation Mondiale De La Sante (2004) ที่ค้นพบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ ก็แสดงให้เห็นถึงสุขภาพที่ย่ำแย่ ซึ่งจะลดความสามารถของครัวเรือนในการหารายได้และสะสมความมั่งคั่งด้วยการจำกัดงาน เพิ่มค่ารักษาพยาบาล และลดเงินออม ส่งผลทำให้เศรษฐกิจถดถอย ในขณะที่การศึกษาของ Raghupathiand Raghupathi (2020) ชี้ให้เห็นว่า โดยทั่วไปมีความเชื่อมโยงเชิงบวกระหว่างการใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลกับตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจของผลิตภาพแรงงาน รายได้ส่วนบุคคล GDP ต่อหัว และการใช้จ่ายอื่นๆ

ค่าสัมประสิทธิ์ EC โดยประมาณคือ 1.130095 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่าการบริโภคพลังงานไฟฟ้าไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Topolewski (2021) ที่กล่าวได้ว่าในระยะสั้นการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ การตรวจสอบความสัมพันธ์นี้ในระยะยาวก็ไม่ได้มีการยืนยันเช่นกัน

ค่าสัมประสิทธิ์ CC โดยประมาณคือ -0.068243 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่าปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Jinand Kim (2018b) ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างการบริโภคถ่านหินกับการเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD อย่างไรก็ตาม ในประเทศที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่ม OECD ความสัมพันธ์ยังคงมีอยู่ รวมทั้งการใช้ถ่านหินที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดการขัดขวางการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว

ค่าสัมประสิทธิ์ CO2 โดยประมาณคือ -1.939490 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1 บ่งชี้ว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลเชิงลบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว เมื่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวลดลงเกือบร้อยละ 1.939490 สอดคล้องกับการศึกษาของ Han et al. (2021) ที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์เชิงลบและความเป็นเหตุเป็นผลจากการปล่อยก๊าซสู่การเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศโดยทั่วไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปล่อยคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นยับยั้งการเติบโตของเศรษฐกิจ

4.2 Robustness Analysis

จากการตรวจสอบผลการประมาณค่าจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) และวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) โดยใช้เทคนิคข้อมูลพาเนลทางเลือก ได้แก่ ค่ากำลังสองน้อยที่สุดที่แก้ไขอย่างเต็มที่ (FM-OLS) เพื่อตรวจสอบความทนทานของผลการวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 8 ตรวจสอบ Robustness with FM-OLS สำหรับตัวแปรตาม: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (lnCO2)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
lnUP	1.083158	0.433332	2.499606	0.0000***
lnRP	2.714290	1.001269	2.710850	0.0000***
lnEC	0.098387	0.055284	1.779652	0.0000***
lnCC	0.077389	0.076063	1.017430	0.0000***
lnGDP	-0.042243	0.059582	-0.708988	0.8785
R^2	0.755519			
Adjusted R^2	0.747030			

หมายเหตุ 1: UP = ประชากรในเมือง, RP = ประชากรในชนบท, EC = การบริโภคพลังงานไฟฟ้า, CC = ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน, GDP = ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว

หมายเหตุ 2: (ln) ระบุตัวแปรในลอการิทึมธรรมชาติ

หมายเหตุ 3: *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 1

ตารางที่ 9 ตรวจสอบ Robustness with FM-OLS สำหรับตัวแปรตาม: อัตราการตาย (InM)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
InUP	-0.012860	0.285890	-0.044982	0.9643
InRP	0.211562	0.539117	0.392423	0.6963
InHE	-0.046635	0.050958	-0.915155	0.3642
InEC	0.001740	0.017165	0.101362	0.9196
InCC	-0.027544	0.025690	-1.072176	0.2884
InCO2	0.017440	0.056537	0.308472	0.7589
R^2	0.916542			
Adjusted R^2	0.893360			

หมายเหตุ 1: UP = ประชากรในเมือง, RP = ประชากรในชนบท, HE= ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว, EC = การบริโภคพลังงานไฟฟ้า, CC = ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน, CO2 = การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หมายเหตุ 2: (ln) ระบุตัวแปรในลอการิทึมธรรมชาติ

ตารางที่ 10 ตรวจสอบ Robustness with FM-OLS สำหรับตัวแปรตาม: ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (lnGDP)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
lnUP	4.2038	2.264819	1.856130	0.0689*
lnRP	11.06725	4.270885	2.591325	0.0123**
lnHE	-1.134488	0.4030690	-2.810297	0.0069***
lnEC	0.096717	0.135984	0.711243	0.4800
lnCC	-0.407533	0.203513	-2.002491	0.0503*
lnCO2	0.121736	0.447890	0.271799	0.7868
R^2	0.491889			
Adjusted R^2	0.350746			

หมายเหตุ 1: UP = ประชากรในเมือง, RP = ประชากรในชนบท, HE= ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัว, EC = การบริโภคพลังงานไฟฟ้า, CC = ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหิน, CO2 = การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หมายเหตุ 2: (ln) ระบุตัวแปรในลอการิทึมธรรมชาติ

หมายเหตุ 3: *, ** และ *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 10, 5 และ 1 ตามลำดับ

ซึ่งผลลัพธ์ในตารางที่ 8 และตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยต่าง ๆ มีผลกระทบระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัวในอาเซียน จากผลลัพธ์จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การประมาณโดยใช้ตัวประมาณ FMOLS มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบ่งชี้ถึงความทนทานของผลลัพธ์ (ยกเว้น lnEC, lnCO2, และ lnGDP) ในขณะที่ผลลัพธ์ในตารางที่ 9 ปัจจัยที่เลือกไม่มีผลกระทบระยะยาวต่ออัตราการตายในอาเซียน จากผลลัพธ์จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การประมาณโดยใช้ตัวประมาณ FMOLS ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดได้จากหลาย ๆ ปัจจัยภายนอกต่าง ๆ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาเชิงประจักษ์นี้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินสถานการณ์แนวโน้มด้านการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษในอาเซียนระหว่างปี พ.ศ. 2543 – พ.ศ. 2557 โดยใช้การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) ที่เป็นวิธีเศรษฐมิติเพื่อศึกษาการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลลัพธ์พบว่าการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับประชากรในเมืองที่มีจำนวนประชากรเป็นจำนวนมาก ทำให้มีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 70 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล อีกทั้งการขยายตัวของเมืองในเขตร้อนมีส่วนรับผิดชอบต่อร้อยละ 5 ของการปล่อยมลพิษประจำปีจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Churkina, 2016)

โดยปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นพลังงานไฟฟ้ามีการเพิ่มขึ้นจากการคาดการณ์ประมาณ 789 พันล้านกิโลวัตต์ - ชั่วโมงในปี พ.ศ. 2556 เป็น 2,200 พันล้านกิโลวัตต์ - ชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2583 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558) ซึ่งเป็นการเพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากโรงไฟฟ้าถ่านหินคือตัวการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกว่าร้อยละ 72 ของการปล่อยทั้งหมดที่มาจากการผลิตไฟฟ้า แม้ว่าจะเป็นโรงไฟฟ้าถ่านหินที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแต่ก็ยังคงปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติถึงสองเท่า และมากถึง 20 – 80 เท่าเมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานหมุนเวียน (Endcoal, 2015)

การบริโภคพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของภาคพลังงานคือการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งภาคพลังงานยังเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า (สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2561)

ในขณะที่ประชากรในชนบทที่เพิ่มขึ้นเป็นการยับยั้งการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากพื้นที่ชนบทในประเทศที่พัฒนาแล้วมักมีโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นหลัก เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ เป็นต้น ซึ่งไม่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (McGee and York, 2018)

นอกจากนี้ การศึกษาผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่ออัตราการตายและเศรษฐกิจในอาเซียน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มีการใช้แบบจำลองวิธีการทั่วไปของช่วงเวลา (GMM) ที่เป็นวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ที่คงที่และน่าเชื่อถือ เพื่อศึกษาการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่ออัตราการตาย และความสัมพันธ์ของพลังงานไฟฟ้าถ่านหินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งผลลัพธ์พบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการตายขึ้นอยู่กับประชากรในเมือง เนื่องจากการเติบโตของประชากรในเมืองต่อการเพิ่มขึ้นของโรคปอดและระบบทางเดินหายใจส่งผลทำให้เกิดการตายขึ้นในประเทศเอเชียที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (Taghizadeh-Hesary et al., 2020) รวมทั้งประชากรในเมืองที่เพิ่มขึ้นจากการอพยพย้ายถิ่นส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น (Negari and Mishra, 2019b)

อีกทั้งการบริโภคพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มของอัตราการตาย เนื่องจากมลภาวะจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับสูงทำให้อัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น (Shobande, 2020) จากโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหอบหืด โรคมะเร็งปอด และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2555) แต่ในระยะสั้นการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ (Topolewski, 2021)

และประชากรในชนบทที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มของอัตราการตาย เนื่องจากยิ่งประชากรในชนบทเพิ่มขึ้นก็จะยิ่งทำให้สุขภาพแย่ลง เนื่องจาก AQI ที่เพิ่มขึ้นจากการกระทำของประชากรที่เพิ่มขึ้น (Fan et al., 2020) รวมทั้งยังส่งผลทำให้เกิดการพัฒนาการเกษตร ที่ก่อให้เกิดการจ้างงาน มีรายได้ เศรษฐกิจดีขึ้น เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของประชากร (Essang and Mabawonku, 1975)

ในขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อหัวที่เพิ่มขึ้นเป็นการยับยั้งอัตราการตาย เนื่องจากสามารถลดอัตราการขาดสารอาหารและอัตราการเสียชีวิตได้ (Taghizadeh-Hesary et al., 2020) แต่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ ก็แสดงให้เห็นถึงสุขภาพที่ย่ำแย่ ซึ่งจะลดความสามารถของครัวเรือนในการหารายได้และสะสมความมั่งคั่งด้วยการจำกัดงาน เพิ่มค่ารักษาพยาบาล และลดเงินออม ส่งผลทำให้เศรษฐกิจถดถอย (World Health Organization and Organisation Mondiale De La Sante, 2004)

โดยปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นพลังงานไฟฟ้ามีการเพิ่มขึ้นจากการคาดการณ์ประมาณ 789 พันล้านกิโลวัตต์ – ชั่วโมงในปี พ.ศ. 2556 เป็น 2,200 พันล้านกิโลวัตต์ - ชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2583 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558) เป็นการยับยั้งอัตราการตาย เนื่องจากมีการลงทุนด้านสุขภาพเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับอัตราการตายที่เกิดจากโรคทางเดินหายใจ มะเร็ง

ปอดที่ได้รับผลมาจากถ่านหิน (Invest in ASEAN, 2021) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างการบริโภคถ่านหินกับการเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD (Jin and Kim, 2018b)

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นการยับยั้งอัตราการตาย เนื่องจากมีการลงทุนด้านสุขภาพเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับอัตราการตายที่เกิดจากโรคทางเดินหายใจ มะเร็งปอดที่ได้รับผลมาจากถ่านหิน (Invest in ASEAN, 2021) รวมถึงมีการเปลี่ยนโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงด้วยแหล่งพลังงานหมุนเวียน เป็นการช่วยลดอัตราการตายที่เกิดจากโรคทางเดินหายใจที่มาจากมลพิษทางอากาศ (Cropper et al., 2020) อีกทั้งการปล่อยคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นยังเป็นการยับยั้งการเติบโตของเศรษฐกิจ (Xiang et al., 2021a)

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้างต้น สามารถพิจารณาได้ว่าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสุขภาพที่หันมาให้ความสำคัญต่อการรักษาโรคเรื้อรัง จะเป็นการช่วยลดการเสียชีวิตจากการผลิตเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นพลังงานไฟฟ้าในการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นในภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร ภาคการบริการ หรือภาคการขนส่ง ซึ่งเป็นส่วนช่วยทำให้เกิดการลดลงของการปล่อยมลภาวะทางอากาศ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้พลังงานทางเลือกอื่น ๆ ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดการปล่อยมลภาวะ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการลดการปล่อยมลภาวะทางอากาศและมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงยังเป็นการส่งเสริมเทคโนโลยี ช่วยให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงและขยายบริการด้านสุขภาพที่มีการลงทุนในห้องปฏิบัติการใหม่เพื่อปฏิวัติการวินิจฉัยและการรักษาโรคให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น การคิดค้นเทคโนโลยีที่ช่วยดักจับมลพิษทางอากาศ เพื่อให้สามารถควบคุมปริมาณการปล่อยมลพิษได้

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากมีการมุ่งเน้นที่ปัญหามลพิษทางอากาศจากโรงไฟฟ้าถ่านหินเพียงอย่างเดียว ในขณะที่องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น มลพิษทางน้ำหรือมลพิษทางดินก็มีความสำคัญเช่นกัน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของงานวิจัยควรจะต้องศึกษาในประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยสนับสนุนให้มีการพัฒนาการศึกษาในอนาคตที่ใช้ตัวแปรควบคุมที่แตกต่างกัน เช่น การเปิดกว้างทางการค้า อัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อ โดยเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองทางเศรษฐมิติ เพื่อพิจารณาผลกระทบทางตรงและทางอ้อม พร้อมทั้งทำการทดสอบเชิงสาเหตุเพื่อแยกความแตกต่างในระยะสั้นและระยะยาว เช่น FM-OLS และ DOLS เป็นต้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

เพื่อให้การดำเนินงานบริหารจัดการการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ประเทศสมาชิกในอาเซียนควรมีการการพัฒนานโยบายเพื่อเพิ่มประสิทธาการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคการบริการ ภาคการขนส่ง เป็นต้น รวมถึงแนวทางและรูปแบบการพัฒนานโยบายระดับประเทศ โดยการเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียน การประหยัดพลังงาน โดยการลดการใช้พลังงานทั้งหมดลงร้อยละ 30 การมุ่งใช้มาตรการประสิทธิภาพพลังงาน โดยการเน้นการลงทุนในด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อหานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่จะช่วยในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือการส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้สีเขียวก็ตาม

ซึ่งแผนการเชิงนโยบายที่มีเป้าหมายที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่าง ๆ นั้นมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละโครงสร้างของแต่ละประเทศสมาชิก ขึ้นอยู่กับศักยภาพและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของประเทศ ดังนั้น การใช้พลังงาน มลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพนั้นเป็นเรื่องที่ทุกฝ่าย ทุกหน่วยงาน ทุกประเทศสมาชิกในอาเซียนจำเป็นที่จะต้องให้ความร่วมมือกันในการพัฒนาให้เกิดความยั่งยืน

5.2.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

ข้อจำกัดของงานวิจัยในครั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น วัฒนธรรม โครงสร้างหรือลักษณะเฉพาะเจาะจงในแต่ละประเทศ รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาและมีส่วนทำให้ค่าของตัวแปรตาม หรือ ตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาเกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้การจัดเก็บข้อมูลที่ทำได้ยาก โดยเฉพาะข้อมูลของแต่ละประเทศ เนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลที่จำกัด ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลตัวแปรได้ทั้งหมด รวมถึงข้อมูลที่ไม่มีการเคลื่อนไหวที่ทันต่อเหตุการณ์ในปัจจุบัน

บรรณานุกรม

AdamWagstaff. 1986. The demand for health: Some new empirical evidence. **Journal of Health Economics**, 5(3), 195-233.

Anonymous. 2018. การใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน. (Publication. Available http://luangtai2561.blogspot.com/

Apergis, N., Jebli, M. B. & Youssef, S. B. 2018. Does Renewable Energy Consumption and Health Expenditures Decrease Carbon Dioxide Emissions? Evidence for sub-Saharan Africa Countries. **Renewable Energy**, 127(1011-1016.

Arellano, M. & Bond, S. 1991. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. **The Review of Economic Studies**, 58(2), 277–297.

BANTON, C. 2020. **Neoclassical Growth Theory**. [Online]. Available https://www.investopedia.com/terms/n/neoclassical-growth-theory.asp.

Becker, G. S. 1965. A Theory of the Allocation of Time. **The Economic Journal**, 75(299), 493–517.

Bein, M., Coker-Farrell & Y., E. 2020. The association between medical spending and health status: A study of selected African countries. **Malawi medical journal : the journal of Medical Association of Malawi**, 32(1), 37-44.

Bein, M. & Coker-Farrell, E. Y. 2020. The association between medical spending and health status: A study of selected African countries. **Malawi Med J.**, 32(1), 37-44.

Bolin, K., Jacobson, L. & Lindgren, B. 2002. The family as the health producer - When spouses act strategically. **Journal of Health Economics**, 21(3), 475-495.

Bryan Cave Thailand Limited. 2011. โครงการศึกษาวิจัยผลกระทบต่อประเทศไทยจากความตกลงการค้าบริการและการลงทุนในกรอบความตกลงการค้าเสรีอาเซียน-อินเดีย.

CAMPO, J. & SARMIENTO, V. 2013. THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND GDP: EVIDENCE FROM A PANEL OF 10 LATIN AMERICAN COUNTRIES. **Latin american journal of economics**, 50.

Cederborg, J. & Snöbohm, S. 2016. Is there a relationship between economic growth and carbon dioxide emissions? . **Economics**.

Chertow, M. R. 2000. The IPAT Equation and Its Variants. **Yale University**, 4(4), 13-29.

Chirthanyawong, C., Phungrassami, H. & Usubharatana, P. 2556. การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้า พลังความร้อนแบบถ่านหินบดชนิดความดันต่ำกว่าวิกฤติด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต. p. 1498-1505. In การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10.

Churkina, G. 2016. The Role of Urbanization in the Global Carbon Cycle. **Front. Ecol. Evol.**

Cropper, M., Cui, R., Guttikunda, S., Hultman, N., Jawahar, P., Park, Y., Yao, X. & Song, X.-P. 2020. The mortality impacts of current and planned coal-fired power plants in India. **PNAS,** 118.

Culyer, A. J., Newhouse, J. P., Pauly, M. V., G, T., McGuire & Barros, P. P. 1981. **Handbook of Health Economics**.

Cunningham, N. 2014. **Coal: The World's Deadliest Source Of Energy**. [Online]. Available https://oilprice.com/Energy/Coal/Coal-The-Worlds-Deadliest-Source-Of-Energy.html.

Department of Health and Human Services. (2011). **Coal Mine Dust Exposures and Associated Health Outcomes**. Document Number)

Dietz, T. & Rosa, E. A. 1997. Effects of population and affluence on CO2 emissions. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 94(1), 175-179.

Dinda, S. 2004. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**, 49(4), 431-455.

Encyclopedia. 2021. ความหมายของพลังงานไฟฟ้า. [Online]. Available https://th.encyclopedia-titanica.com/significado-de-energ-el-ctrica.

Endcoal. 2015. ถ่านหินสะอาดคือการโป้ปดอันสกปรก. [Online]. Available https://endcoal.org/wp-content/uploads/2015/03/EndCoalCleanCoalFactsheet-D.pdf.

Essang, S. M. & Mabawonku, A. F. 1975. Impact of Urban Migration on Rural Development: Theoretical Consideration and Empirical Evidence from Southern Nigeria.

Fan, M., He, G. & Zhou, M. 2020. The winter choke: Coal-Fired heating, air pollution, and mortality in China. **Journal of Health Economics**, 71.

GBD. 2013. Global, regional, and national age–sex specifi c all-cause and cause-specifi c mortality for 240 causes of death, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. **Lancet**, 385, 71-117.

Gohlke, J. M., Thomas, R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Prüss-üstün, A., Hales, S. & Portier, C. J. 2011. Estimating the Global Public Health Implications of Electricity and Coal Consumption. **Environ Health Perspect**, 119(6), 821-826.

Greenpeace Thailand. 2015. เหตุผลที่ทำให้ประเทศในทวีปยุโรปนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้แทนพลังงานถ่านหิน. [Online]. Available https://www.greenpeace.org/thailand/publication/8168/silent-killers/.

Greenpeace Thailand. 2020. รายงานอากาศพิษ : ราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิล. [Online]. Available https://www.greenpeace.org/thailand/publication/11116/climate-airpollution-toxic-air-report-executive-summary/.

Greenpeace Thailand. 2021. ทิศทางและภาพรวม "พลังงานถ่านหินไทยในปี 2564". [Online]. Available https://www.greenpeace.org/thailand/story/20303/climate-coal-livestream-conclusion-coal-industries/.

Grossman, G. M. & Krueger, A. B. 1995. Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, 110(2), 353-377.

Gurgul, H. & Lach, Ł. 2011. The role of coal consumption in the economic growth of the Polish economy in transition. **Energy Policy**, 36(4), 2088-2099.

Han, C., Gu, Z. & Yang, H. 2021. EKC Test of the Relationship between Nitrogen Dioxide Pollution and Economic Growth—A Spatial Econometric Analysis Based on Chinese City Data. **Int J Environ Res Public Health**, 18(18).

Hao, Y. & Liu, Y.-M. 2016. The influential factors of urban PM2.5 concentrations in China: a spatial econometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, 112, 1443-1453.

Health Information System Development Office. 2015. *ASEAN Population*. Retrieved. from https://www.hiso.or.th/hiso/picture/reportHealth/ThaiHealth2015/eng2015_4.pdf .

Iftikhar, M., Husnain, M. I. U., Haider, A., Salman, A., Zahid, H. M., Khan, M. & Shaheen, F. 2016. An Econometric Analysis of the Statistical Relationship between Carbon Dioxide Emissions and Infant Mortality in South Asia. **Journal of Scientific Research and Reports**, 9(2), 1-8.

International Energy Agency. 2019. *Coal* 2019. Retrieved. from https://www.iea.org/reports/coal-2019.

Invest in ASEAN. 2021. **Healthcare**. [Online]. Available http://investasean.asean.org/index.php/page/view/healthcare.

Investdiary. 2018. ถ่านหินยังไม่ตาย และจะยังถูกเผาต่อไป. (Publication. Available https://investdiary.co/2018/11/04/157/.

Jin, T. & Kim, J. 2018. Coal Consumption and Economic Growth: Panel Cointegration and Causality Evidence from OECD and Non-OECD Countries. **Economic and Business Aspects of Sustainability**, 10(3), 660.

Kahouli, B. & Maktouf, S. 2015. The determinants of FDI and the impact of the economic crisis on the implementation of RTAs: A static and dynamic gravity model. **International Business Review**, 24(3), 518-529.

Kuznets, S. 1955. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, 45, 1-28.

Leal, P. H. & Marques, A. C. 2020. Rediscovering the EKC hypothesis for the 20 highest CO2 emitters among OECD countries by level of globalization. **International Economics**, 164, 36-47.

Liang, L., Chen, F., Shi, L. & Niu, S. 2018. NDVI-derived forest area change and its driving factors in China. **PLoS ONE**, 13(10).

Lin, F. 2015. Estimating the effect of the Internet on international trade. **The Journal of International Trade & Economic Development**, 24(3), 409-428.

Mac, D. 2016. How does coal affect our economy? (Publication. Available https://socratic.org/questions/how-does-coal-affect-our-economy.

Maindonald, J. & Braun, W. 2007. Data analysis and graphics using R – An example-based approach, Third edition.

Martínez-Zarzoso, I., Felicitas, N.-L. D. & Horsewood, N. 2009. Are regional trading agreements beneficial?: Static and dynamic panel gravity models. **The North American Journal of Economics and Finance**, 20(1), 46-65.

Maynard, A. 1983. The Production of Health and Health Care. **Journal of Economic Studies**.

McGee, J. A. & York, R. 2018. Asymmetric relationship of urbanization and CO2 emissions in less developed countries. **PLoS ONE**, 13(12).

Montana State University. 2013. Regression Discontinuity. (Publication. Available https://www.montana.edu/cstoddard/2013-562/documents/RD%20and%20BD.pdf.

Moomaw, R. L. & Shatter, A. M. 1996. Urbanization and Economic Development: A Bias toward Large Cities? **Journal of Urban Economics**, 40(1), 13-37.

Mućk, J. 2019. Econometrics of Panel Data. (Publication. Available https://www.researchgate.net/profile/Susana-Sekyi/post/What_is_GMM_estimation_in_Panel_Data_Analysis/attachment/5d7a7359cfe4a7968dcaac04/AS%3A802347710181376%401568306009462/download/Econometrics+of+Panel+Data.pdf.

Muurinen, J. M. 1982. Demand for health: a generalised Grossman model. **J Health Econ**, 1(1), 5-28.

Muurinen, J. M. & Grand, J. L. 1985. The economic analysis of inequalities in health. **Soc Sci Med**, 20(10), 1029-1035.

Nakamura, T., Makino, K., Shibata, K. & Harada, M. 2013. Forecast of Advanced Technology for Coal Power Generation Towards the Year of 2050 in CO2 Reduction Model of Japan. **Energy Procedia**, 37, 7557-7564.

Negari, D. W. & Mishra, D. M. K. 2019. IMPACT OF RURAL-URBAN MIGRATION ON ECONOMIC GROWTH OF RURAL ETHIOPIA. **Journal of Management**, 6.

Nocera S & Zweifel P. 1998. The demand for health: an empirical test of the Grossman model using panel data. **Developments in health economics and public policy**, 6, 35-49.

Papanicolas, I., Woskie, L. R. & Jha, A. K. 2018. Health care spending in the United States and other high-income countries. **Jama**, 319(10), 1024-1039.

Pata, U. K. & Caglar, A. E. 2021. Investigating the EKC hypothesis with renewable energy consumption, human capital, globalization and trade openness for China: Evidence from augmented ARDL approach with a structural break. **Energy**, 216.

Pedroni, P. 2002. Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, 61(1), 653-670.

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.

Penghui, X. & Ruobing, L. 2015. Can air pollution influence the local environmental protection expenditure-based on the multiple-cutoffs regression discontinuity design. **Statistical Research**, 32(9), 76–83.

PhD, P. A. M. & FRCP, P. W. 2007. Electricity generation and health. 370(9591), 979-990.

Phillips, P. C. B. & Hansen, B. E. 1990. Statistical inference in instrumental variables regressions with I(1) processes. **Review of Economic Studies**, 57, 99-125.

Piabuo, S. M. & Tieguhong, J. C. 2017. Health expenditure and economic growth - a review of the literature and an analysis between the economic community for central African states (CEMAC) and selected African countries. **Health Economics Review**.

PINTO, A. M. T. M. 2014. ASSESSMENT OF HEALTH PERCEPTION PREDICTORS: AN APPLICATION OF GROSSMAN'S MODEL TO THE PORTUGUESE POPULATION. **Economics and Management**.

Qasim, Q. & Stevens, K. 2020. Regression Discontinuity. (Publication. Available https://www.betterevaluation.org/en/evaluation-options/regressiondiscontinuity.

Raghupathi, V. & Raghupathi, W. 2020. Healthcare Expenditure and Economic Performance: Insights From the United States Data. **Front Public Health**, 8.

Rasoulinezhad, E., Taghizadeh-Hesary, F. & Taghizadeh-Hesary, F. 2020. How Is Mortality Affected by Fossil Fuel Consumption, CO2 Emissions and Economic Factors in CIS Region? **energies**, 13, 2255.

Razak, M. I. M., Norizan, N. S., Kodri, A. N. M., Ruslan, A. F., Fuzi, S. F., Ramlan, A. F. & Yahaya, F. Y. H. 2015. IPAT MODEL ANALYSIS FOR AIR POLLUTION MANAGEMENT IN MALAYSIA. **International Journal of Economics, Commerce and Management**, 3(5).

Rehman, A. & Deyuan, Z. 2018. Investigating the Linkage between Economic Growth, Electricity Access, Energy Use, and Population Growth in Pakistan. **Appl. Sci**, 8.

Rocco, L., Fumagalli, E., Mirelman, A. J. & Suhrcke, M. 2021. Mortality, morbidity and economic growth. **PLoS ONE**, 16(5).

Rome. 2010. *Global Forest Resources Assessment* 2010. Retrieved. from https://www.fao.org/3/i1757e/i1757e.pdf.

Saleh, C., Dzakiyullah, N. R. & Nugroho, J. B. 2016. Carbon dioxide emission prediction using support vector machine **Materials Science and Engineering**, 114.

Sandu, S., Yang, M., Mahlia, T. M. I., Wongsapai, W., Ong, H. C., Putra, N. & Rahman, S. M. A. 2019. Energy-Related CO2 Emissions Growth in ASEAN Countries: Trends, Drivers and Policy Implications. **Energies**, 12.

Shen, H., Tao, S., Chen, Y., Ciais, P., Güneralp, B., Ru, M., Zhong, Q., Yun, X., Zhu, X., Huang, T., Tao, W., Yuanchen Chen, Li, B., Xilong Wang, Liu, W., Liu, J. & Zhao, S. 2017. Urbanization-induced population migration has reduced ambient PM2.5 concentrations in China. **Sci Adv**, 3(7).

Shobande, O. A. 2020. The effects of energy use on infant mortality rates in Africa. **Environmental and Sustainability Indicators**, 5.

Sirag, A., Nor, N. M., Law, S. H., Abdullah, N. M. R. & Lacheheb, M. 2017. The impact of health financing and CO2 emission on health outcomes in Sub-Saharan Africa: A cross-country analysis. **GeoJournal**, 82(6), 1247-1261.

Stern, D. I. 2004. Environmental Kuznets Curve. In C. J. Cleveland (Ed.), **Encyclopedia of Energy** (pp. 517-525). New York: Elsevier.

Taghizadeh-Hesary, F., Rasoulinezhad, E., Yoshino, N., Chang, Y., Taghizadeh-Hesary, F. & Morgan, P. J. 2020. THE ENERGY–POLLUTION–HEALTH NEXUS: A PANEL DATA ANALYSIS OF LOW- AND MIDDLE-INCOME ASIAN NATIONS. **ADBI Working Paper** 1086.

Thistlethwaite, D. L. & Campbell, D. T. 1960. Regression-discontinuity analysis: An alternative to the ex post facto experiment. **Journal of Educational Psychology**, 51(6), 309–317.

Tipper, A. 2010. Economic models of the family and the relationship between economic status and health. **Soc Sci Med**, 70(10), 1567-1573.

Topolewski, Ł. 2021. Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in European Countries: Evidence from Dynamic Panel Data Analysis. **Energies**, 14.

Torrey, B. B. 2004. Urbanization: An Environmental Force to Be Reckoned With. **Social and Environmental Dimensions of Health**.

Turner, J. A., Buongiorno, J. & Zhu, S. 2006. An economic model of international wood supply, forest stock and forest area change. **Scandinavian Journal of Forest Research**, 21(7), 73-86.

UAC. 2564. ประเภทของพลังงาน. [Online]. Available https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/336/types-of-energy.

Van den Poel, D. & Lariviere, B. 2004. Customer attrition analysis for financial services using proportional hazard models. **European Journal of Operational Research**, 157(1), 196-217.

Veneri, P. & Ruiz, V. 2013. Urban-to-Rural Population Growth Linkages.

WANGPRATHAM, N. 2020. ปัญหา Multicollinearity. (Publication. Available https://nutdnuy.medium.com/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%AB%E0%B8%B2-multicollinearity-695fbac8735d.

Westerlund, J. 2006. Testing for Panel Cointegration With Multiple Structural Breaks. **Oxford Bulletin of Economics & Statistics**, 68(1), 101-132.

World Energy Council. 2013. *WORLD ENERGY RESOURCES:* 2013 *SURVEY*. Retrieved. from https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-resources-2013-survey.

World Health Organization & Organisation Mondiale De La Sante. 2004. *The impact of health expenditure on households and options for alternative financing* Retrieved. from https://www.who.int/health_financing/documents/emrc51-4-healthexpenditureimpact.pdf?ua=1.

Xiang, L., Chen, X., Su, S. & Yin, Z. 2021. Time-Varying Impact of Economic Growth on Carbon Emission in BRICS Countries: New Evidence From Wavelet Analysis. **Front. Environ. Sci.**

York, R., Rosa, E. A. & Dietz, T. 2003. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. **Ecological Economics**, 46(3), 351-365.

Yun, X., Meng, W., Xu, H., Zhang, W., Yu, X., Shen, H., Chen, Y., Shen, G., Ma, J., Li, B., Cheng, H., Hu, J. & Tao, S. 2021. Coal Is Dirty, but Where It Is Burned Especially Matters. **Environ. Sci. Technol**, 55, 7316–7326.

Zeng, J., Guijarro, M. & Carrilero-Castillo, A. 2020. A regression discontinuity evaluation of the policy effects of environmental regulations. **Economic Research-Ekonomska Istraživanja**, 33.

Zhang, J. & Gan, J. 2007. Who Will Meet China's Import Demand for Forest Products. **World Development**, 35(12), 2150-2160.

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน. 2561. ถ่านหิน. Retrieved. from https://dmf.go.th/public/list/data/index/menu/630/mainmenu/630/.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2555) แนวทางการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ โครงการโรงไฟฟ้า. Retrieved. from http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER17/DRAWER002/GENERAL/DATA0000/00000192.PDF.

กระทรวงพลังงาน. 2554. ภูมิภาคอาเซียนกับการรับมือพลังงานในอนาคต. **energy plus**, 31.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2558. อาเซียน ใช้อะไรผลิตไฟฟ้า. [Online]. Available https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1887:20170310-art11&catid=49&Itemid=251.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2559. *Electricity Generating Authority of Thailand*. Retrieved from https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1747:article-20161114-02.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2560. อาเซียน ใช้อะไรผลิตไฟฟ้า. [Online]. Available https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1887:20170310-art11&catid=49&Itemid=251.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2564. อันตรายจากคาร์บอนไดออกไซด์. Retrieved. from https://www.sci.psu.ac.th/news/2021/07/get-to-know-carbon-dioxide/.

จันทร์สุวรรณ, ว. 2564. การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม MS Excel. (Publication. Available https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=8206

ชนะบุญ, ส. 2560. สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยเบื้องต้น: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น. Document Number)

นิลจักร์, ก. 2554. การพัฒนาอย่างยั่งยืน. [Online]. Available https://www.sites.google.com/site/theskykittipongniljak/kar-phathna-xyang-yangyun.

บุญก่อ, อ. 2556. พลังงานและสิ่งแวดล้อม.

พรรณจิตต์, พ. 2559. ความมั่นคงทางพลังงาน: ความมั่นคงทางพลังงานสู่ความมั่นคงของชาติ. **The National Defence College of Thailand Journal**, 58.

พรรณสวัสดิ์, ธ. 2550. พลังงาน ปัจจัยสำคัญของชีวิต. Retrieved. from http://www.eppo.go.th/images/Infromation_service/Publication/Publication/Publication_1/40.pdf.

มณีจักร, ภ. 2561. แบบจำลอง Regression กับข้อมูลรวมภาคตัดขวาง และข้อมูลช่วงยาว (Publication. Available https://mparavee.files.wordpress.com/2018/10/5-panel-regression_updated.pdf.

วนเศรษฐ, อ. 2559. แนวคิดทฤษฎีเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์ (Environmental Kuznets Curve). (Publication. Available https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom21/01-01.html.

วัฒนวินิจฉัย, ว. 2562. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทย ระยะ 10 ปี จากปัจจัยการเติบโตทางเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแหล่งกำเนิด และการเปลี่ยนแปลงของประชากร. **Environmental Managment**.

สถิติสาธารณสุข. (2553). สูตรที่ใช้ในการคำนวณ. Retrieved. from http://www.pcko.moph.go.th/Health-Statistics/calculation.pdf.

สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). คู่มือการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการภาคพลังงานและของเสีย. Retrieved from http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2018/GHG_Reduciton.pdf.

สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. 2560. ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อรายประชากร (**Health Expenditure percapita)**. [Online]. Available http://healthkpi.moph.go.th/kpi2/kpi-list/view/?id=91.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2558. **pollution** มลภาวะ หรือ มลพิษ. [Online]. Available http://legacy.orst.go.th/?knowledges=pollution-%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%B0-%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD-%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B8%A9.

สุพฤฒิพานิชย์, ส. 1991. ความต้องการใช้ถ่านหินของกลุ่มอาเซียนในอนาคต และประโยชน์แบบใหม่จากเถ้าถ่านหิน. **COAL**.

แสงคำสุข, ธ. 2559. ผลประโยชน์ร่วมจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (*Quantified Co-benefits of Climate Change Mitigation)*. Retrieved. from http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2016/Article_CO-BENEFIT%20OF%20CCM.pdf.

อังศุโชติ, ส. 2564. เทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร. (Publication. Available https://www.stou.ac.th/offices/ore/info/cae/uploads/pdf/636366560441132172.pdf.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล ธนาภรณ์ โยธาราษฎร์

เกิดเมื่อ 24 พฤษภาคม 2541

ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนสรรพวิทยาคม

ปริญญาเศรษฐศาสตร์บัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้