

ผลกระทบของการพัฒนาต่อคุณภาพอากาศ

Impact of Developments on Air Quality

สันติ ธีรพัฒน์

Sunti Tirapat

คณะบริหารธุรกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Business School, National Institute of Development Administration (NIDA), Thailand

E-mail: sunti@cbs.chula.ac.th

Received August 8, 2023; Revised September 5, 2023; Accepted October 6, 2023

บทคัดย่อ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ งานชิ้นนี้ศึกษาความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมต่อคุณภาพอากาศรายจังหวัด โดยเน้นการทดสอบว่าความสัมพันธ์ของคุณภาพอากาศและรายได้เป็นไปตามแนวคิด Environmental Kuznets Curve หรือไม่ จากการใช้ข้อมูลพาเนลรายจังหวัด (Panel Data) ของค่า PM2.5 และ PM10 ในการวัดคุณภาพอากาศ ระหว่างปี พ.ศ. 2555 – 2564 โดยรวมพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง PM10 กับรายได้ มีลักษณะเป็นตัวยูคว่ำ (Inverted U Curve) ตามแนวคิด Environmental Kuznets Curve แต่กลับไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวสำหรับ PM2.5 นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยการพัฒนาเศรษฐกิจ เช่น จำนวนโรงงาน ปริมาณการใช้น้ำมัน ความหนาแน่นของประชากร มีความสัมพันธ์ทางบวกกับมลภาวะทางอากาศ การศึกษาสำหรับปัจจัยทางสังคม เช่น หนี้สินทางการเกษตร และรายจ่ายของครัวเรือนต่อเส้นความยากจน มีความสัมพันธ์ในทางลบกับมลภาวะทางอากาศ ในขณะที่การพัฒนาเมืองโดยพิจารณาจากจำนวนวัดต่อประชากรมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับมลภาวะทางอากาศ ในเบื้องต้นผลดังกล่าวอาจหมายความว่ามลภาวะทางอากาศของจังหวัดเกิดจากภาคอุตสาหกรรมและการพัฒนาเมืองเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ในประเด็นดังกล่าวควรได้รับการศึกษาให้ลึกซึ้งต่อไป แต่ที่สำคัญการพบว่า PM2.5 กับรายได้ ไม่เป็นไปตาม Environmental Kuznets Curve สะท้อนว่าภาครัฐควรมีนโยบายที่เข้มงวดในการจัดการกับปัญหาในเรื่องนี้ เพราะมลภาวะที่เกิดจาก PM2.5 จะไม่ลดลงเมื่อประชากรหรือภาคธุรกิจอุตสาหกรรมมีรายได้สูงขึ้นจากการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรนำผลการศึกษาไปประกอบการพิจารณาทางด้านนโยบายสภาวะอากาศเพื่อให้เกิดการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: คุณภาพอากาศ; PM2.5; PM10; การพัฒนา

Abstract

Understanding the effects of economic and social development on air quality is of importance. This study investigated whether the association between provincial developments and air quality in Thailand was consistent with the Environmental Kuznets Curve. Based on the provincial panel data of PM2.5 and PM10 during 2012–2021, the overall results indicated a non-linear "inverted U" curve, which was in line with the Environmental Kuznets Curve. This suggested that as provincial income increases, PM10 levels initially rise, but after reaching a certain threshold, they start to decline. On the other hand, no such relationship was found between PM2.5 levels and provincial income during the same period. The study also documents a positive association between the number of factories, gasoline usage, and population density with provincial air pollution that there was a positive association between the number of factories, gasoline usage, and population density with provincial air pollution. On the other hand, agricultural debt and household expenditures display a negative relationship with air pollution. Surprisingly, the number of temples also showed a positive impact on air pollution levels. Based on the preliminary findings, it appeared that provincial air pollution was primarily linked to the industrial sector rather than agriculture. More importantly, the finding that PM2.5 did not follow the Environmental Kuznets Curve holds significant policy implications for development strategies. Merely relying solely on income growth will not eventually resolve the pollution issue. Therefore, policymakers should incorporate this finding into their strategies for achieving a sustainable future.

Keywords: Air Quality; PM2.5; PM10; Development

บทนำ

มลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่มีค่าเกินมาตรฐานเป็นปัญหาสำคัญที่ประชาชนต้องเผชิญอยู่ทุกปี และนับวันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2566 นี้ หลายจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย ได้ถูกจัดอันดับว่าเป็นเมืองที่มีคุณภาพอากาศแย่ที่สุดหรือเกือบแย่ที่สุดของโลก มลพิษทางอากาศนั้นนอกจากจะมีผลกระทบต่อภาวะสุขภาพของประชาชนโดยตรงแล้ว แต่ยังส่งผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจโดยรวมอีกด้วย ผลกระทบจากสถานการณ์ฝุ่นควัน ได้สร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล โดยต้นทุน

ทางเศรษฐกิจที่สำคัญคือต้นทุนสุขภาพ และการสูญเสียโอกาสทางการท่องเที่ยวของประเทศ การที่สถานการณ์ฝุ่นควันยังมีแนวโน้มทวีความรุนแรงขึ้น ทั้ง ๆ ที่ภาครัฐได้เริ่มต้นตัวในการแก้ไขปัญหาขึ้นมาก¹ ส่วนหนึ่งอาจสะท้อนว่าเรายังขาดความเข้าใจที่ครบถ้วนในเรื่องของสถานการณ์ฝุ่นควัน

ปัญหามลพิษทางอากาศดังกล่าวนี้ อาจมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น กระแสลม อุณหภูมิ ความชื้น แต่ที่สำคัญส่วนหนึ่งเป็นผลจากการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ถึงแม้การเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ จะทำให้ประชาชนมีรายได้เพิ่มขึ้น มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น แต่ในขณะเดียวกันอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศได้ นอกจากนั้น การเปลี่ยนแปลงทางด้านประชากร และโครงสร้างทางสังคมยังมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศอีกด้วย

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเติบโตทางเศรษฐกิจหรือรายได้กับผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมโดยใช้แนวคิดของ Kuznets Curve ทางด้านเศรษฐศาสตร์การพัฒนา (Kuznets 1955) และความเหลื่อมล้ำ โดยแนวคิดนี้เชื่อว่าประเทศที่พัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมจะประสบกับความเหลื่อมล้ำทางรายได้ในช่วงแรกของการพัฒนา แต่ระดับความเหลื่อมล้ำจะลดลงเมื่อมีการพัฒนามากขึ้น ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความเหลื่อมล้ำกับการพัฒนาจะมีลักษณะตัว U กลับหัว (inverted u-shape)

ในบริบททางด้านการพัฒนาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้เรียกแนวคิดของ Kuznets (1955) ว่า Environmental Kuznets Curve (EKC) และหากความสัมพันธ์ของการพัฒนาและมลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นไปตาม EKC ภาครัฐอาจไม่จำเป็นต้องมีมาตรการหรือกฎระเบียบที่เข้มงวดในการจัดการกับปัญหามลภาวะ เนื่องจากเมื่อประเทศมีการพัฒนาถึงระดับหนึ่งแล้วผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือมลภาวะจะเริ่มลดลง จากการที่หน่วยเศรษฐกิจมีความมั่งคั่งมากเพียงพอ หน่วยเศรษฐกิจเหล่านั้นสามารถจัดการกับสภาวะสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น เช่น ภาคธุรกิจอุตสาหกรรม สามารถใช้เทคโนโลยีสะอาดหรือสามารถลงทุนจัดการกับมลภาวะได้ดีขึ้น แต่หากความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตาม EKC ภาครัฐมีความจำเป็นต้องมีมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับปัญหามลภาวะ อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ EKC เช่น Cole and Neumayer (2004), and Gassebner, Lamla and Strum (2011) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษาขึ้นอยู่กับกลุ่มประเทศตัวอย่าง และช่วงเวลาของการศึกษา ตลอดจนตัวแปรที่ต่างกันในแต่ละการศึกษา

การที่ประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจเพื่อให้หลุดพ้นจากกับดักประเทศรายได้ปานกลาง แต่ในขณะเดียวกันปัญหาฝุ่นควันพิษได้ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมกับคุณภาพอากาศ จึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญในการวางนโยบายสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การที่รัฐบาลได้มีการแก้ไข

¹เช่น ปี พ.ศ. 2565 ที่ผ่านมามีกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีนโยบาย “ทส.ยกกำลังเอ็กซ์” มุ่งไปข้างหน้าอย่างไร ชัดจำกัด มุ่งสู่วิสัยทัศน์ “ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีตามแนวคิดใหม่ ภายใต้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน”

พ.ร.บ. โรงงานในปี พ.ศ. 2562 ในการที่ผู้ประกอบการไม่ต้องขอต่ออายุใบอนุญาตประกอบกิจการ (ร.ง. 4) จากเดิมที่ต้องต่อทุกๆ 5 ปี การยกเว้นโรงงานขนาดเล็กออกจากการควบคุม การตัดอำนาจกรมโรงงานเข้าไปควบคุมตรวจสอบ หรือการให้เอกชนสามารถตรวจสอบโรงงานกันเอง ซึ่งทางภาครัฐมีมุมมองว่า การแก้ไขดังกล่าวเพิ่มความสะดวกให้ผู้ประกอบการ เพิ่มประสิทธิภาพในการบริการ ลดระยะเวลาการทำเรื่องขอใบอนุญาตแบบเดิม และลดปัญหาข้อร้องเรียนความโปร่งใส ซึ่งมาตรการนี้จะช่วยดึงดูด การลงทุนมายังไทยเพิ่มขึ้น ซึ่งมุมมองเช่นนี้สามารถยอมรับได้หากความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างรายได้กับมลภาวะเป็นไปตามแนวคิด EKC เพราะเมื่อรายได้เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ปัญหาฝุ่นควันพิษก็จะลดลงได้ในที่สุด แต่หากความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตาม EKC รัฐบาลควรมีมาตรการที่เข้มงวดในการจัดการกับปัญหามลภาวะ เพื่อไม่ให้ประชาชนต้องเผชิญปัญหาฝุ่นควันพิษอย่างต่อเนื่องต่อไป

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาลักษณะคุณภาพอากาศจากค่า PM10 และ PM2.5 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่สะท้อนการพัฒนาและคุณภาพอากาศรายจังหวัดของไทยว่าเป็นไปตามแนวคิด EKC หรือไม่ ซึ่งแนวคิดนี้เป็นพื้นฐานทางด้านการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมและสภาวะแวดล้อม ความเข้าใจความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางนโยบายที่เหมาะสมทางด้านสภาวะอากาศต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ลักษณะคุณภาพอากาศ และ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่สะท้อนการพัฒนาและคุณภาพอากาศ โดยการใช้ข้อมูลค่า PM10 และ PM2.5 และปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมรายจังหวัดในช่วง พ.ศ. 2555 – 2565 ของไทย

การทบทวนวรรณกรรม

การสืบค้นการงานที่เกี่ยวข้องพบว่า ในต่างประเทศมีการศึกษาเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและสภาวะอากาศที่หลากหลาย ครอบคลุมประเด็นทางด้าน การพัฒนาด้านเศรษฐกิจกับสภาวะแวดล้อมว่าเป็นไปตามแนวคิดของ EKC หรือไม่ ผลกระทบของโครงสร้างสถาบันต่อสภาวะแวดล้อม ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ ตลอดจนความเกี่ยวข้องของภาวะเรือนกระจกกับคุณภาพอากาศ แต่การศึกษาของไทยทางด้านนี้ยังมีค่อนข้างจำกัด การศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับผลกระทบทางด้านสาธารณสุขและเศรษฐกิจในระดับมหภาค ยังขาดการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมต่อคุณภาพอากาศรายจังหวัด และการทดสอบแนวคิด EKC จากการทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดังนี้

การพัฒนาเศรษฐกิจกับสภาวะแวดล้อม

การพัฒนาเศรษฐกิจมีผลกระทบในทางลบต่อสภาวะแวดล้อมหรือไม่นั้น เป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจศึกษาอย่างต่อเนื่อง เช่น Selden and Song (1994) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติกับมลภาวะทางอากาศ พบว่าการเพิ่มขึ้นของรายได้ของประชากรทำให้เกิดผลเสียต่อสภาวะแวดล้อม แต่เมื่อรายได้เพิ่มขึ้นมลภาวะจะลดลง เป็นไปตามแนวคิดที่เรียกว่า Environmental Kuznets Curve (EKC) สอดคล้องกับ Grossman and Krueger (1995) ที่พบว่ามลภาวะทางอากาศและการปนเปื้อนของน้ำความสัมพันธ์เป็นไปตามแนวคิด EKC ในประเทศที่ยากจน ส่วน Cole and Neumayer (2004) ไม่พบความสัมพันธ์ตามแนวคิด EKC ระหว่างการพัฒนาเมือง (Urbanization) และขนาดของครัวเรือนกับมลภาวะทางอากาศ นอกจากนั้น ยังพบลักษณะที่แตกต่างกัน ของความสัมพันธ์มลภาวะที่วัดโดย Carbon Dioxide และ Sulfur Dioxide

จากการที่การศึกษาที่ผ่านมายังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนเกี่ยวกับแนวคิด EKC Gassebner, Lamla and Sturm (2011) จึงได้ทบทวนและประเมินตัวแปรที่มีผลกระทบต่อมลภาวะทางน้ำและอากาศ โดยแบ่งตัวแปรออกเป็นปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ ด้านการเมือง ด้านประชากร โดยใช้ข้อมูลจาก 120 ประเทศและวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ กัน ได้พบว่ามลภาวะทางน้ำมีลักษณะ Inverted U-Shape ของตัวแปร แต่สำหรับทางด้านอากาศกลับไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่ภาครัฐต้องให้ความสำคัญกับผลกระทบทางลบของมลพิษทางอากาศในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ และมีนโยบายในการจัดการที่เข้มงวด เพราะมลพิษทางอากาศจะไม่ลดลงเมื่อมีการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น Haibo et al. (2019) ได้ชี้ว่าการเพิ่มขึ้นของกระแสการไหลเข้าของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (Foreign Direct Investment) ส่งผลเสียต่อคุณภาพอากาศ แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์เป็นไปตามแนวคิด EKC หรือไม่ ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ใช้วัดมลพิษทางอากาศ

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก Sarkodie et al. (2019) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 กับ รายได้มีลักษณะ Inverted U-Shape สอดคล้องกับ Ma, Ji and Fan (2016) ระบุว่าพัฒนาในระดับมณฑลของประเทศจีนมีความสัมพันธ์กับ PM2.5 ตามแนวคิด EKC ส่วน Wang et al. (2021) ศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านเศรษฐกิจต่อ PM2.5 หลังจากการดำเนินงานตามแผนนโยบาย “อากาศสะอาด (Clean Air Actions)” ของจีน และพบว่าในช่วงแรกของการดำเนินงาน การปล่อยมลภาวะจากภาคอุตสาหกรรมมีผลกระทบมากที่สุดต่อค่า PM2.5 แต่ในช่วงปลายของแผนกลับพบว่าความหนาแน่นของประชากรมีผลกระทบมากที่สุด สะท้อนว่ามาตรการในการลดมลภาวะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนตามสภาพการณ์ที่เปลี่ยนไป

โครงสร้างสถาบันและสภาวะแวดล้อม

โครงสร้างสถาบันในการบริหารของประเทศมีส่วนสำคัญที่ทำให้รัฐบาลจริงจังกับปัญหามลภาวะ รวมทั้งยังมีผลต่อความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศ Torras and Boyce (1998) พบว่าการศึกษา สิทธิทางการเมือง เสรีภาพของพลเมือง มีผลกระทบในทางบวกกับคุณภาพของสิ่งแวดล้อม ในประเทศที่มีรายได้ต่ำ ในขณะที่ Riti et al. (2021) ชี้ว่าประเทศที่มีเสรีภาพสื่อสูงมีผลต่อการลดการปล่อยคาร์บอนได้ สอดคล้องกับ Jahanger et al. (2022) ที่พบว่าการปกครองแบบประชาธิปไตยมีผลในการลดการปล่อยคาร์บอน แต่กลับพบว่าการพัฒนาทางการเงิน (financial development) และโลกาภิวัตน์ (globalization) ส่งผลเสียต่อสภาวะอากาศ แต่การปกครองแบบประชาธิปไตยสามารถช่วยลดผลกระทบทางลบของโลกาภิวัตน์ได้

บทบาทของการพัฒนาทางการเงินต่อสภาวะแวดล้อมเป็นเรื่องที่ได้รับการถกเถียงกันมาก เนื่องจากการพัฒนาทางการเงินทำให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศเพิ่มขึ้น แต่ในอีกแง่หนึ่งการพัฒนาทางการเงินทำให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเงินทุนเพื่อใช้ปรับปรุงเทคโนโลยีหรือกระบวนการผลิตที่ช่วยลดมลภาวะได้ Destek and Sarkodie (2019), and Pata and Yilanci (2020) พบว่าการพัฒนาทางการเงินช่วยทำให้สภาวะแวดล้อมดีขึ้น แต่ในขณะที่ Yasin and Chaudhary (2019), and Saud and Haseeb (2019) ชี้ว่าการพัฒนาทางการเงินทำให้สภาวะแวดล้อมแย่ลง ต่อมา Dada et al. (2022) ศึกษาผลกระทบของการพัฒนาทางการเงินต่อสภาวะแวดล้อมในระยะสั้นและระยะยาว และสรุปว่าการพัฒนาทางการเงินมีผลกระทบทางลบต่อสภาวะแวดล้อมในระยะสั้น แต่มีผลทางบวกในระยะยาว นอกจากนี้ ในระยะสั้น การพัฒนาทางการเงินที่เพิ่มขึ้นทำให้การปล่อยคาร์บอนเพิ่มขึ้น แต่กลับทำให้การปล่อยมลภาวะด้านอื่นที่ไม่ใช่คาร์บอน (non-carbon) ลดลง

ผลกระทบของคุณภาพอากาศ

การศึกษาจำนวนมากให้ความสำคัญกับผลกระทบต่อสุขภาพ Manisalidis et al. (2020) ทบทวนและอธิบายความเชื่อมโยงของปัญหาสุขภาพและมลภาวะทางอากาศที่ครอบคลุมในประเทศต่าง ๆ ด้านสุขภาพ ส่วน Dominski et al. (2021) ใช้การวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) และสรุปว่าการศึกษาที่ผ่านมายืนยันว่าคุณภาพอากาศมีผลกระทบในทางลบต่อสุขภาพอย่างชัดเจน โดยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับผลกระทบต่อทางเดินหายใจ รองลงมาคือทางด้านหัวใจและหลอดเลือด และการศึกษา มักใช้ค่า PM2.5 และ PM10 ในการวัดมลภาวะทางอากาศ สำหรับกลุ่มตัวอย่างของการศึกษาส่วนมากเป็นประชากรทั่วไปตามด้วยกลุ่มเด็ก

นอกจากนั้น ผลกระทบยังมีความไม่เท่าเทียมกัน Lange and Carey (2018) พบว่าในภูมิภาคเอเชียมีการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตก่อนเวลาอันควรสูงกว่าภูมิภาคอื่น และจากรายงานของ World Bank (2020) ชี้ว่าเอเชียใต้ เอเชียตะวันออกและแปซิฟิก มีต้นทุนของปัญหาที่เกิดจาก PM2.5 ต่อ GDP สูงที่สุดสามลำดับแรก ตามด้วย ยุโรปและเอเชียกลาง นอกจากนี้ Thurston et al. (2021) ยัง

ระบุว่าแหล่งที่มาของ PM2.5 มีผลกระทบต่อสุขภาพที่แตกต่างกัน ที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลส่งผลต่อความเสี่ยงสุขภาพสูงที่สุด

คุณภาพอากาศยังมีผลต่อความเหลื่อมล้ำของประชากร จากข้อมูล 129 ประเทศ ESCAP (2018)² รายงานว่าความสูญเสียจากการปล่อยฝุ่นควันมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความเหลื่อมล้ำ ส่วน Das and Basu (2022) พบว่าคุณภาพอากาศทำให้ความเหลื่อมล้ำสูงขึ้น และการเสียชีวิตจาก PM2.5 ส่งผลให้ความเหลื่อมล้ำสูงขึ้นในประเทศที่ส่งออกเชื้อเพลิง รวมทั้งประเทศที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลง (countries in transition) และกำลังพัฒนา สำหรับ Zhang et al. (2022) ศึกษาผลกระทบของมลภาวะทางอากาศต่อความเหลื่อมล้ำระหว่างเมืองและชนบท และพบความสัมพันธ์สอดคล้องกับแนวคิด EKC ระหว่างมลภาวะทางอากาศและช่องว่างรายได้ของเมืองและชนบท

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับคุณภาพอากาศ

จากการตื่นตัวทางด้านกระแสโลกร้อนทำให้มีการศึกษาผลกระทบของนโยบายหรือกลไกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับมลภาวะทางอากาศ เช่น Dong et al. (2019) พบว่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วยให้ PM2.5 ลดลง แต่ผลกระทบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากรและความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในแต่ละพื้นที่ Liu et al. (2021) พบว่านโยบายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศจีนโดยส่งเสริมให้มีระบบการซื้อขายการปล่อยคาร์บอน (Carbon Emissions Trading Scheme) สามารถลด PM2.5 ได้ และยังส่งผลทางอ้อมไปสู่เมืองที่ใกล้เคียงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอุตสาหกรรม สอดคล้องกับการศึกษาของ Weng et al. (2022) ที่พบว่าระบบการซื้อขายคาร์บอนสามารถช่วยลดมลภาวะจาก PM2.5 ได้

การศึกษาที่เกี่ยวข้องของไทย

การศึกษาของไทยที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของ PM2.5 กับปัจจัยทางกายภาพ เช่น Amnuaylojaroen (2022) ศึกษาการพยากรณ์ค่า PM2.5 ใน 3 จังหวัดภาคเหนือ โดยใช้ Aerosol Optical Depth ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้น และค่าก๊าซที่วัดจากผิวดิน และส่วนใหญ่เป็นการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ Ahmad et al. (2022) ศึกษาผลกระทบทางด้านสาธารณสุขของผู้อยู่อาศัยในกรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาจากแหล่งที่มาของ PM2.5 และ PM10 ต่าง ๆ เช่น ควันไอเสียรถยนต์ ควันจากโรงงาน การเผาไหม้ การศึกษาชี้ว่าสารเหล่านี้มีผลเสียต่อสุขภาพแต่ไม่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง ส่วน Amnuaylojaroen et al. (2022) ใช้ Hazard Quotient ในการวัดความเสี่ยงของสุขภาพในภาคเหนือ และพบว่าความเสี่ยงด้านสุขภาพจะสูงในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน สำหรับ Linh Thao et al. (2022) ประเมินผลกระทบด้านสาธารณสุขและเศรษฐกิจของไทยเทียบกับประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ภาคพื้นทวีป (Mainland Southeast Asia) และได้สรุปว่าการเผาที่โล่งส่งผลต่อ

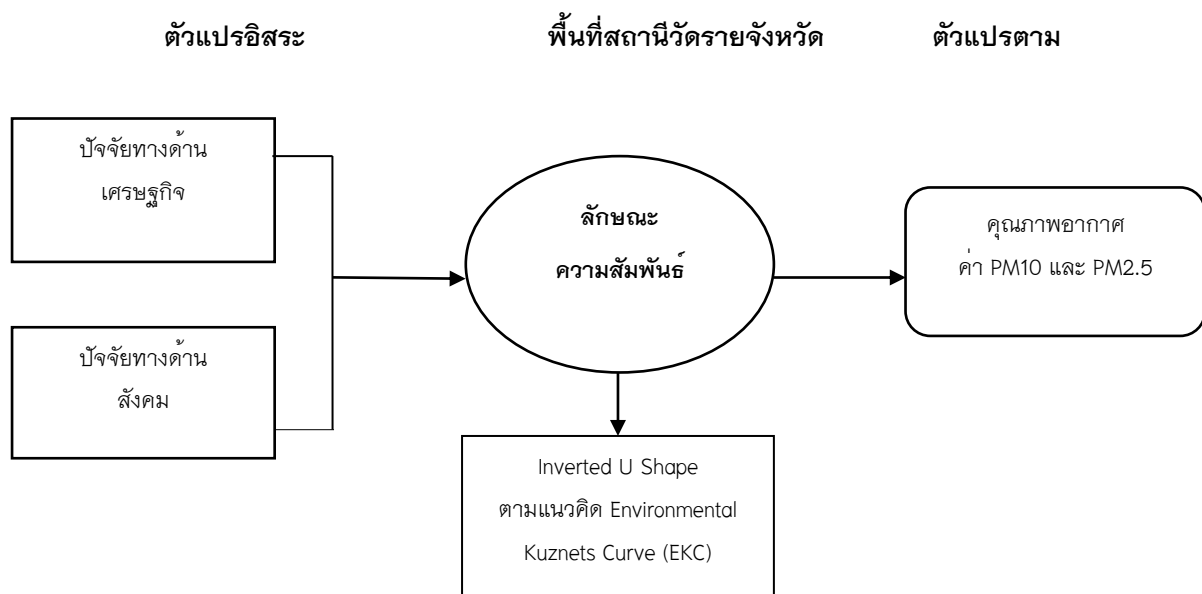
²บทที่ 3 ของ Inequality in Asia and the Pacific in the era of the 2030 agenda for sustainable development. ESCAP Publication. 2018.

PM2.5 ของไทยเป็นลำดับ 3 รองจากพม่าและกัมพูชา ส่งผลต่อการเสียชีวิตเป็นลำดับ 2 รองจากพม่า แต่ไทยเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจสูงที่สุด

ส่วนการศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจ Srinamphon et al. (2022) สํารวจผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อธุรกิจการท่องเที่ยวและธุรกิจขนาดเล็กในเชียงใหม่ ระบุว่าปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบที่รุนแรงทำให้ลูกค้าลดลง และยังมีกระทบต่อการดำเนินงานของกิจการทางด้านการผลิตและการจ้างงาน สำหรับ Attavanich (2019) ศึกษาต้นทุนทางสังคมที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ โดยได้ประเมินมูลค่าต้นทุนความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์จากฝุ่น PM ของกรุงเทพ และประมาณมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายหน่วยสุดท้ายรายจังหวัด

โดยสรุป การทบทวนวรรณกรรมพบว่า การศึกษาในต่างประเทศได้ให้ความสำคัญกับผลกระทบของการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมกับคุณภาพอากาศ โดยมีประเด็นหลักทางด้านแนวคิดของ EKC แต่ผลการศึกษาเชิงประจักษ์ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษาขึ้นอยู่กับประเทศและช่วงเวลาที่ใช้ศึกษา ทางด้านการศึกษาในประเทศไทย มักเน้นเรื่องผลกระทบจากมลภาวะทางอากาศต่อสุขภาพและเศรษฐกิจโดยรวม ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมต่อคุณภาพอากาศ โดยใช้ข้อมูลระดับจังหวัด ซึ่งมีความสำคัญต่อการวางนโยบายการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของประเทศ

กรอบแนวคิดการวิจัย



การพัฒนาทางเศรษฐกิจสังคมย่อม อาจมีผลกระทบในทางลบต่อสภาวะแวดล้อม แต่ผลกระทบของความสัมพัทธ์ดังกล่าวอาจไม่ได้เป็นเส้นตรงแต่มีลักษณะถดถอย (inverted U curve) คือ มีผลกระทบทางลบมากในช่วงแรกของการพัฒนา และลดลงเมื่อมีการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น ตามแนวคิดที่

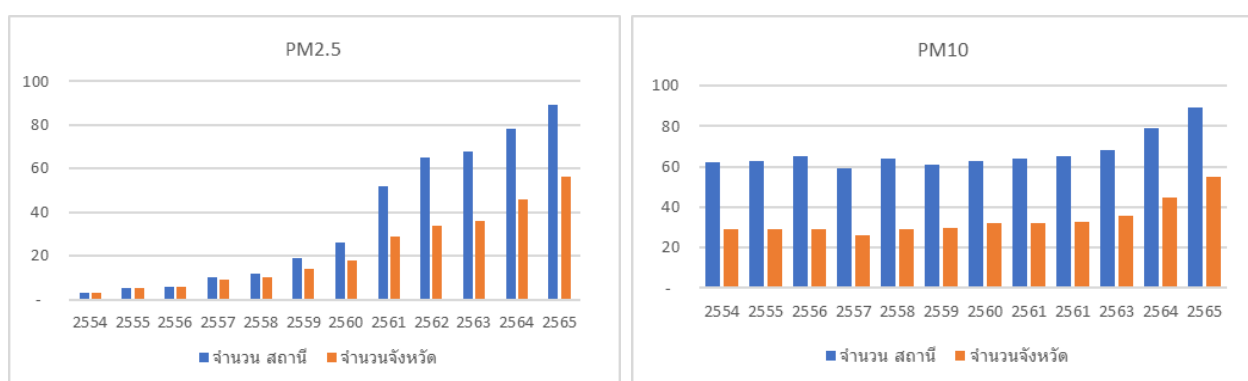
เรียกว่า Environmental Kuznets Curve (EKC) ในการทดสอบแนวคิดดังกล่าว ใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยข้อมูลรายจังหวัด โดยตัวแปรตามคือคุณภาพอากาศ ตัวแปรอิสระคือปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม โดยใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมต่อหัวเป็นตัวแทนของรายได้หรือระดับการพัฒนา ตามแนวคิด EKC สัมประสิทธิ์ของรายได้จะเป็นบวก และรายได้กำลังสองจะเป็นลบ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาใช้ข้อมูลทุติยภูมิรายจังหวัด ตัวแปรคุณภาพอากาศคือ PM10 และ PM2.5³ จากกรมควบคุมมลภาวะ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูล PM10 และ PM2.5 เฉลี่ยของแต่ละจังหวัดมาจากสถานีวัดอากาศที่มีจำนวนไม่เท่ากันในแต่ละปีและไม่ครอบคลุมทุกอำเภอ บางจังหวัดเพิ่งเริ่มมีสถานีในการเก็บข้อมูล และบางจังหวัดก็ไม่มีสถานีวัดอากาศเลย ข้อมูลจึงเป็นลักษณะ unbalanced panel

รูปที่ 1 แสดงจำนวนสถานีและจังหวัดที่มีการวัดค่า PM2.5 และ PM10 ของไทย จะเห็นได้ว่าประเทศไทยเพิ่งให้ความสำคัญกับ PM2.5 ก่อนปี พ.ศ. 2558 มีเพียง 10 จังหวัด ที่มีการวัดค่า PM2.5 ในขณะที่มีประมาณ 30 จังหวัดที่มีการวัดค่า PM10 ทั้ง ๆ ที่ PM2.5 มีผลกระทบต่อสุขภาพที่รุนแรงกว่า PM10 และในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2565) ประเทศไทยมีสถานีวัดอากาศเพียง 89 สถานีจาก 878 อำเภอทั่วประเทศ หรือคิดเป็นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของอำเภอทั่วประเทศ กรมควบคุมมลภาวะมีการรายงานค่า PM10 และ PM2.5 ของแต่ละสถานีวัดอากาศในแต่ละจังหวัดเป็นรายเดือน ในการวัดค่าคุณภาพรายปีของแต่ละจังหวัดในแต่ละเดือน คำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่า PM10 และ PM2.5 ของสถานีวัดที่มีในแต่ละจังหวัด และใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนเป็นตัวแทนคุณภาพอากาศของจังหวัดในแต่ละปี



รูปที่ 1 จำนวนสถานีและจังหวัดที่มีการวัดค่า PM2.5 และ PM10

³ เนื่องจากประเทศไทยไม่มีข้อมูลดัชนีภาวะอากาศ (Air Quality Index) ย้อนหลัง

ข้อมูลตัวแปรภาวะเศรษฐกิจและสังคมรายจังหวัด รวบรวมจากสำนักงานสถิติแห่งชาติและธนาคารแห่งประเทศไทย ที่ได้มีการรวบรวมข้อมูลตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจและสังคมจากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เอาไว้ หากข้อมูลตัวแปรบางตัวแปรที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนทุกปีในช่วงที่ศึกษา หรือไม่ได้รายงานเป็นรายปี การศึกษานี้ใช้การประมาณค่าจากข้อมูลที่มีอยู่ (imputation) เช่น หนี้สินเฉลี่ยต่อครัวเรือนเพื่อใช้ในการเกษตรรายจังหวัด และรายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือนต่อครัวเรือน มีข้อมูลรายสองปี จะใช้ข้อมูลเฉลี่ยของปีก่อนและหลัง

การใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดต่อหัว (Gross Provincial Product Per Capita) เป็นตัวแทนรายได้ของประชากรของจังหวัด สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา เช่น Cole and Neumayer (2004) ที่ใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมต่อหัวเป็นตัวแทนรายได้ของประชากรในประเทศ หรือ Ma et al. (2016) ใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมต่อหัวของเมืองเป็นตัวแทนรายได้ของประชากรในเมือง ตัวแปรอื่นทางด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ จำนวนโรงงาน (FACTORY) การใช้น้ำมัน (ENERGY-Fuel) การใช้ก๊าซ (ENERGY-Gas) และตัวแปรด้านสังคมได้แก่ จำนวนวัดของจังหวัด (TEMPL) หนี้สินเพื่อการเกษตร (AGRDEBT) ความหนาแน่นของประชากร (DENSITY)

เนื่องจากตัวแปรทางเศรษฐกิจสังคมรายจังหวัดของไทยเพิ่งเริ่มมีข้อมูลที่ค่อนข้างครบถ้วนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จากข้อจำกัดดังกล่าว การศึกษาใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2564 จำนวนทั้งสิ้น 298 และ 191 ตัวอย่าง (จังหวัด-ปี) ตามลำดับ โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาสรุปได้ดังนี้

คุณภาพอากาศ

PM10 = ค่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีที่รายงานในจังหวัดนั้นของในปีตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

PM2.5 = ค่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีที่รายงานในจังหวัดนั้นของในปีตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

เศรษฐกิจและสังคม

GPP	= ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดต่อหัว (บาท)
TEMPL	= สัดส่วนจำนวนวัดของจังหวัดต่อประชากร
AGRDEBT	= หนี้สินเพื่อการเกษตร (บาท)
EXPPPOV	= รายจ่ายครัวเรือนปรับตัวระดับเส้นความยากจน (บาท)
FACTORY	= สัดส่วนจำนวนโรงงานต่อประชากรในจังหวัด
ENERGY-Fuel	= ปริมาณการใช้น้ำมัน (พันลิตร)
ENERGY-Gas	= ปริมาณการใช้ก๊าซ (พันกิโลกรัม)
DENSITY	= สัดส่วนจำนวนประชากรต่อพื้นที่จังหวัด

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศ ใช้การวิเคราะห์โดยสมการถดถอยที่มีตัวแบบเบื่องต้น (baseline regression) ดังนี้

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_j \beta_j E_{ijt} + \sum_k \beta_k S_{itk} + \delta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Y_{it} = ตัวแปรคุณภาพอากาศของจังหวัด i ณ ปีที่ t ; E_{it} = ตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจที่สนใจของจังหวัด i ณ ปีที่ t ; S_{it} = ตัวแปรทางด้านสังคมที่สนใจของจังหวัด i ณ ปีที่ t ; β = ค่าสัมประสิทธิ์; δ = fixed effect; ε_{it} = ความผิดพลาดในการทดสอบแนวคิด EKC ตัวแปรทางหลักทางเศรษฐกิจที่สนใจคือ GPP และ GPP² หากค่าสัมประสิทธิ์ของ GPP และ GPP² เป็นบวกและลบตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศเป็นไปตามแนวคิด EKC

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ในส่วนที่ 1 เป็นลักษณะคุณภาพอากาศรายจังหวัดโดยพิจารณาจากค่าสถิติเบื่องต้นรายจังหวัดและรายภาค และ ในส่วนที่ 2 เป็นผลความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศ เพื่อทดสอบแนวคิด EKC นอกจากนั้นยังได้ศึกษาเพิ่มเติมในช่วงเดือนที่มีปัญหาสภาวะอากาศ และการใช้ข้อมูลการสำรวจรายได้ครัวเรือนแทนการใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดต่อหัว

1. ลักษณะคุณภาพอากาศ

ค่าสถิติเบื่องต้นของมลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองเฉลี่ยรายเดือนทั้งปีของจังหวัดที่มีการรายงานค่า PM2.5 (ส่วนที่ 1) และ PM10 (ส่วนที่ 2) แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยรวมไม่พบว่าค่ามลภาวะฝุ่นมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างชัดเจน แต่ความผันผวนของ PM2.5 มีแนวโน้มที่ลดลง ในขณะที่ความผันผวนของ PM10 ค่อนข้างคงที่ ในรูปที่ 2 ส่วนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยทุกจังหวัด กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล และเชียงใหม่ รูปที่ 2 ในส่วนที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยรายภาค ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของมลภาวะฝุ่นในแต่ละภาคเช่นกัน

ตารางที่ 1 ค่าสถิติเบื้องต้นของมลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองเฉลี่ยรายเดือนทั้งปี

ส่วนที่ 1 ค่า PM2.5

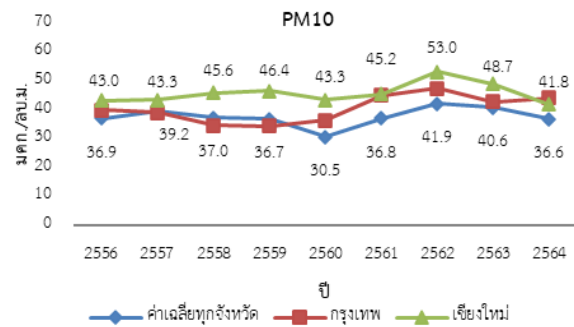
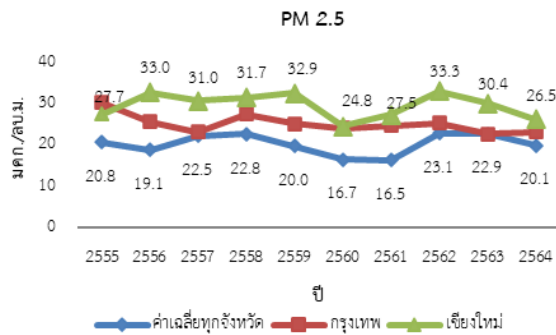
ปี (พ.ศ.)	ค่าเฉลี่ย (มคก. / ลบ.ม.)	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75
2555	20.8	10.0	14.1	21.7	28.4
2556	19.1	10.1	15.3	19.1	24.1
2557	22.5	8.3	18.6	24.0	29.2
2558	22.8	9.1	21.7	27.2	27.7
2559	20.0	7.9	16.1	19.7	25.4
2560	16.7	6.7	12.4	18.9	21.5
2561	16.5	9.3	7.0	17.8	24.8
2562	23.1	7.9	16.8	24.5	28.5
2563	22.9	6.3	18.9	22.8	27.1
2564	20.1	6.2	16.8	21.9	24.9

ส่วนที่ 2 ค่า PM10

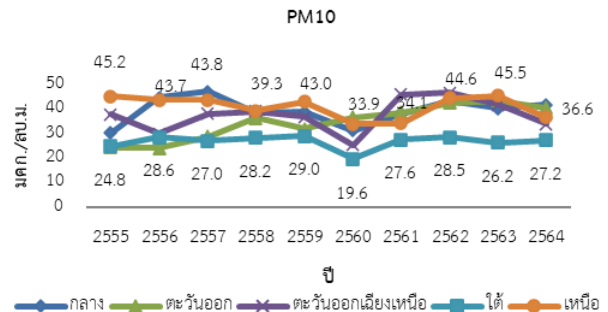
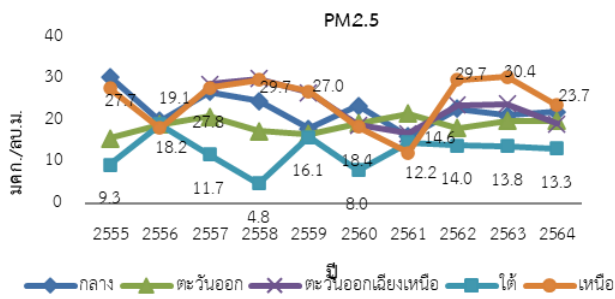
ปี (พ.ศ.)	ค่าเฉลี่ย (มคก. / ลบ.ม.)	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75
2555	34.3	11.5	27.0	34.0	42.0
2556	36.9	10.5	33.0	40.0	42.8
2557	39.2	10.5	33.0	42.0	45.0
2558	37.0	5.8	34.3	37.0	41.0
2559	36.8	8.5	33.5	38.0	43.0
2560	30.5	11.3	21.5	32.5	37.5
2561	36.8	9.9	31.3	36.0	45.0
2562	41.9	10.0	37.5	44.0	48.5
2563	40.6	10.0	34.3	42.0	48.5
2564	36.6	10.8	32.0	37.0	43.5

รูปที่ 2 ค่ามลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองในช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2564

ส่วนที่ 1 ค่าเฉลี่ยทุกจังหวัด กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และเชียงใหม่



ส่วนที่ 2 ค่าเฉลี่ยรายภาค



ตารางที่ 2 แสดงค่าสถิติเบื้องต้นของมลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองเฉลี่ยของช่วงเดือนที่มีปัญหาในเดือนมกราคมถึงเมษายน (เดือน 1-4) ของ PM2.5 (ส่วนที่ 1) และ PM10 (ส่วนที่ 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยและความผันผวนของค่า PM10 และ PM2.5 สูงกว่าค่ามลพิษฝุ่นละอองเฉลี่ยทั้งปีในตารางที่ 1 อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2 ค่าสถิติเบื้องต้นของมลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองเฉลี่ยรายเดือน 1-4

ส่วนที่ 1 PM2.5

ปี (พ.ศ.)	ค่าเฉลี่ย (มคก. / ลบ.ม.)	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75
2555	34.4	14.7	28.3	38.6	42.5
2556	33.9	14.9	23.6	34.1	44.4
2557	38.1	14.1	28.1	43.2	47.5
2558	70.1	36.4	54.2	59.7	77.3
2559	40.4	14.0	32.4	39.3	52.0
2560	29.8	8.7	24.7	32.7	33.6
2561	33.5	12.1	22.0	36.6	38.8
2562	37.6	16.7	26.1	32.3	52.1
2563	40.0	18.4	29.5	40.3	54.6
2564	36.0	12.3	28.3	35.2	43.4

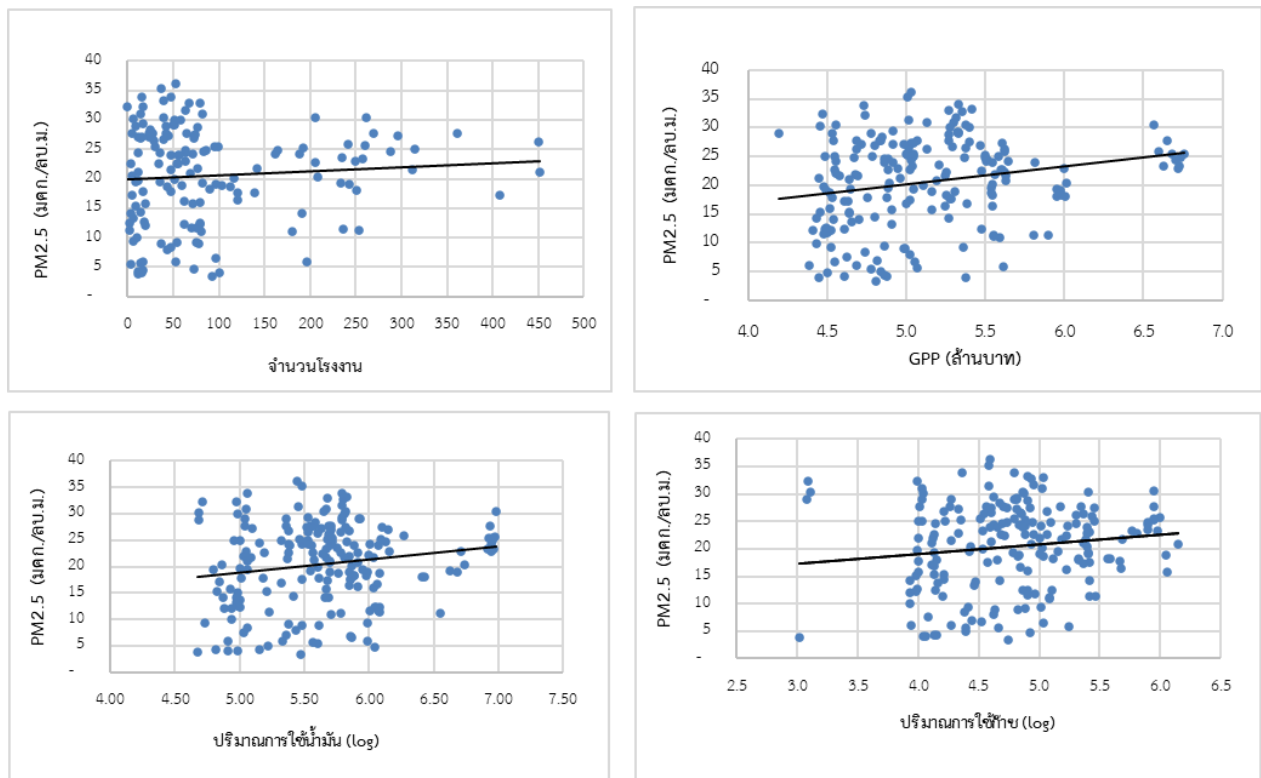
ส่วนที่ 2 PM10

ปี (พ.ศ.)	ค่าเฉลี่ย (มคก. / ลบ.ม.)	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50	เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75
2555	52.7	28.7	29.9	43.1	80.0
2556	52.7	22.4	32.4	48.8	70.7
2557	57.3	22.3	41.3	64.3	77.2
2558	57.4	18.1	41.6	57.2	75.3
2559	61.0	17.7	46.4	56.9	78.8
2560	49.1	14.2	41.9	51.3	55.7
2561	54.1	17.5	43.1	54.4	65.1
2562	57.7	19.8	45.2	51.9	76.6
2563	63.9	23.0	51.3	66.7	80.9
2564	59.7	15.8	50.1	59.6	70.1

2. ความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศ

เพื่อความเข้าใจเบื้องต้น รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ค่า PM2.5 กับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่สนใจบางตัวแปร เช่น จำนวนโรงงาน รายได้หรือผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) ปริมาณการใช้น้ำมันและก๊าซ ซึ่งพบว่าตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับระดับมลภาวะฝุ่น ซึ่งจะได้ทำการวิเคราะห์ในรายละเอียดต่อไป

รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม



การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยสมการถดถอย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศโดยสมการถดถอยตามสมการ (1) แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยในส่วนที่ 1 ของตารางเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย PM10 รายเดือนของแต่ละจังหวัด และส่วนที่ 2 ใช้ค่า PM2.5 เป็นตัววัดคุณภาพอากาศ จากตารางส่วนที่ 1 (คอลัมน์ 1) พบว่าค่า PM10 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับรายได้ของจังหวัด ($\ln GPP$) และมีความสัมพันธ์ทางลบกับรายได้กำลังสอง ($\ln GPP^2$) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 90% สอดคล้องกับแนวคิด Environmental Kuznets Curve (EKC) สำหรับตัวแปรอื่นที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่า PM10 ตามที่คาดไว้ ได้แก่ จำนวนโรงงานต่อประชากร การใช้น้ำมัน และความหนาแน่นของประชากร เมื่อตัวแปรเหล่านี้เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มลภาวะทางอากาศสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จำนวนโรงงานต่อประชากรและการใช้น้ำมันของจังหวัด ซึ่งมีระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 99% นอกจากนี้ ยังพบว่าหนี้สินทางการเกษตร และรายจ่ายของครัวเรือนต่อเส้นความยากจน มีความสัมพันธ์ในทางลบกับมลภาวะทางอากาศ

การที่ตัวแปรหนี้สินทางการเกษตร ซึ่งอาจเป็นตัวแทนภาคเกษตรของจังหวัด (เนื่องจากไม่มีข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคเกษตรรายจังหวัด) มีความสัมพันธ์ในทางลบ ประกอบกับการที่จำนวนโรงงานต่อประชากรและการใช้น้ำมันของจังหวัดมีความสัมพันธ์ทางบวก ผลการศึกษาจะอนุมานได้ว่ามลภาวะทางอากาศของจังหวัดมาจากภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก สำหรับความสัมพันธ์ทางลบของ

รายจ่ายของครัวเรือนต่อเส้นความยากจน อาจหมายความว่าจังหวัดที่มีรายจ่ายของครัวเรือนต่ำ ครัวเรือนดังกล่าวอาจมีลักษณะการดำรงชีพที่ก่อให้เกิดมลภาวะที่สูง เช่น การใช้พื้นที่ในการหุงหาอาหาร นอกจากนั้น ยังพบว่าจำนวนวัดต่อประชากรมีความสัมพันธ์ในทางบวก ซึ่งในเบื้องต้นจำนวนวัด อาจสะท้อนถึงมิติในการพัฒนาของเมือง (urban development) ซึ่งการศึกษาเช่น Cole and Neumayer (2004) พบว่าการพัฒนาเมืองมีผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยทางสังคม เหล่านี้ควรได้รับการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

เมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยโดยใช้ fixed effect รายภาค (คอลัมน์ 2) โดยรวมพบว่าระดับ ความเชื่อมั่นลดลง และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ของจังหวัดและมลภาวะ สะท้อนว่าตัวแปรที่ ในตัวแบบได้มีการคำนึงถึงความแตกต่างรายภาคอยู่แล้ว เช่น จากข้อมูลสำนักงานสภาพัฒนาการ เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2563 รายได้เฉลี่ยต่อหัวของประชากรในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 86,223 บาทต่อปี ในขณะที่รายได้เฉลี่ยต่อหัวของประชากรของภาค ตะวันออก 436,255 และภาคเหนือเท่ากับ 108,472 บาทต่อปี ตามลำดับ

สำหรับความสัมพันธ์ของ PM2.5 ในส่วนที่ 2 (คอลัมน์ 3) ของตาราง ไม่พบว่า PM2.5 กับ รายได้เป็นไปตามแนวคิด EKC ถึงแม้ว่า PM2.5 มีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างรายได้ของจังหวัด (lnGPP) และทางลบกับรายได้กำลังสอง (lnGPP²) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตัวแปรอื่นยังคงมี ความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันกับค่า PM10 แต่มีระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่แตกต่างกันบ้าง และ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ fixed effect รายภาค (คอลัมน์ 4) โดยรวมพบว่าระดับความเชื่อมั่นลดลง

ในเบื้องต้น ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามแนวคิดของ EKC โดยใช้ข้อมูลรายจังหวัดของ ไทย มีความแตกต่างกันระหว่าง PM10 และ PM2.5 ค่าเฉลี่ยทั้งปีของ PM10 มีความสัมพันธ์ทางบวก กับรายได้ของจังหวัด (lnGPP) และความสัมพันธ์ทางลบกับรายได้กำลังสอง (lnGPP²) ที่ความเชื่อมั่น ทางสถิติที่ 90 เปอร์เซนต์ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวในกรณีของ PM2.5 ถึงแม้ว่าทิศทางของค่า สัมประสิทธิ์สอดคล้องแนวคิด EKC แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนทั้งปี
ส่วนที่ 1 คุณภาพอากาศใช้ PM10

	ตัวแปรตาม PM10							
	(1)				(2)			
	Coeff.	SE	P		Coeff.	SE	P	
Ln(GPP)	126.90	65.90	0.055	*	30.03	72.26	0.678	
Ln(GPP) ²	-12.08	6.28	0.055	*	-2.81	6.95	0.687	
TEMPL	14.00	2.24	0.000	***	7.79	4.31	0.072	*
AGRDEBT	-6.15e-5	0.00	0.076	*	-6.21e-5	3.40e-7	0.069	*
EXPOV	-1.82	0.411	0.000	***	1.60	0.42	0.000	***
FACTORY	0.01	0.005	0.008	***	0.004	0.01	0.521	
ENERGY-Fuel	8.45	2.18	0.000	***	7.06	2.32	0.003	**
ENERGY-Gas	-2.14	1.85	0.248		-0.36	2.05	0.859	
DENSITY	0.003	0.001	0.020	**	4.36e-5	0.002	0.979	
Intercept	-327.60	170.40	0.056	*	-70.79	185.20	0.703	
Fixed Effect	No		yes					
Observations	298		298					
F-stat	11.51		10.22					
Adjusted R ²	0.2416		0.3178					

ส่วนที่ 2 คุณภาพอากาศใช้ PM2.5

	ตัวแปรตาม PM2.5							
	(3)				(4)			
	Coeff.	SE	P		Coeff.	SE	P	
Ln (GPP)	99.47	66.96	0.139		46.74	70.80	0.510	
Ln (GPP) ²	-9.57	6.34	0.133		-4.69	6.76	0.489	
TEMPL	10.57	2.16	0.000	***	2.24	3.92	0.569	
AGRDEBT	-6.09e-5	3.26e-5	0.063	*	-5.79e-5	3.31e-5	0.082	*
EXPROV	-1.28	0.42	0.003	***	-1.14	0.44	0.011	**
FACTORY	0.01	0.005	0.205		-0.01	0.01	0.212	
ENERGY-Fuel	3.68	2.16	0.090	*	3.58	2.27	0.117	
ENERGY-Gas	-0.22	1.92	0.907		0.27	2.15	0.901	
DENSITY	0.003	0.001	0.001	***	1.25e-4	0.002	0.934	
Intercept	-254.40	174.60	0.147		-104.10	182.80	0.570	
Fixed Effect	No				yes			
Observations	191				191			
F-stat	5.583				5.289			
Adjusted R ²	0.1784				0.2529			

หมายเหตุ: *** ระดับนัยสำคัญที่ 99%, ** ระดับนัยสำคัญที่ 95%, * ระดับนัยสำคัญที่ 90%

การวิเคราะห์เพิ่มเติม

ในส่วนนี้ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ค่า PM10 และ PM2.5 เฉลี่ยในช่วงเดือนที่มีปัญหาสภาวะอากาศ เนื่องจากปัญหามลภาวะอากาศของไทยมีลักษณะเป็นฤดูกาล ตามที่ Amnuaylojaroen et al. (2022) ได้พบว่าความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Hazard Quotient) สูงในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน ทำให้การใช้ค่าเฉลี่ยทั้งปีจึงอาจมีผลต่อความสัมพันธ์ได้ นอกจากนั้น ในการวิเคราะห์ยังได้ใช้ข้อมูลการสำรวจรายได้ครัวเรือน เป็นตัววัดรายได้แทนการใช้ GPP per capital โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยจะไม่พิจารณา fixed effect ดังที่ได้ระบุไว้ข้างต้น

ช่วงเวลาที่มีปัญหาสภาวะอากาศ

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนช่วงเวลาที่มีปัญหาสภาวะอากาศ คือในช่วงเดือนมกราคม – เมษายน (เดือน 1–4) ตารางที่ 4 (คอลัมน์ 1) แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง PM10 และรายได้รายจังหวัดสอดคล้องกับผลในตารางที่ 3 ที่ใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งปี ค่าสัมประสิทธิ์ของรายได้ (lnGPP) และรายได้กำลังสอง (lnGPP²) เป็นบวกและลบตามลำดับ แต่มีระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่สูงขึ้นที่ 99% และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของ PM2.5 คอลัมน์ 2 ของตาราง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของรายได้ (lnGPP) และรายได้กำลังสอง (lnGPP²) เป็นบวกและลบตามลำดับ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดิม ผลการวิเคราะห์จึงแสดงว่าความสัมพันธ์ของ PM10 สอดคล้องกับแนวคิด EKC และยืนยันว่าความสัมพันธ์ของ PM2.5 ไม่เป็นไปตามแนวคิดของ EKC

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศ ค่าเฉลี่ยรายเดือน 1–4

	ตัวแปรตาม PM10				ตัวแปรตาม PM2.5			
	(1)				(2)			
	Coeff.	SE	P		Coeff.	SE	P	
Ln (GPP)	318.50	110.80	0.004	***	42.87	157.30	0.786	
Ln (GPP) ²	-30.19	10.56	0.005	***	-4.31	14.84	0.772	
TEMPL	39.43	3.80	0.000	***	31.42	5.04	0.000	***
AGRDEBT	-7.58e-5	5.99e-5	0.206		-1.12e-4	7.78e-5	0.153	
EXPOV	-2.97	0.73	0.000	***	-2.77	1.07	0.011	**
FACTORY	0.03	0.01	0.000	***	0.03	0.01	0.012	**
ENERGY-Fuel	13.59	3.68	0.000	***	17.19	5.01	0.001	***
ENERGY-Gas	-13.57	3.11	0.000	***	-12.08	4.47	0.008	***
DENSITY	0.007	0.002	0.000	***	0.004	0.002	0.063	*
Intercept	-796.00	286.30	0.006	***	-106.30	411.10	0.796	
Fixed Effect	No				no			
Observations	285				163			
F-stat	27.56				8.197			
Adjusted R ²	0.4571				0.2856			

หมายเหตุ: *** ระดับนัยสำคัญที่ 99%, ** ระดับนัยสำคัญที่ 95%, * ระดับนัยสำคัญที่ 90%

รายได้ครัวเรือนจากการสำรวจ

การวิเคราะห์ก่อนหน้าใช้ผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัวเป็นตัวแทนรายได้ของประชากรในจังหวัด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในต่างประเทศที่พบทวน ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนนี้ ได้ใช้รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน (บาท) จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ⁴ เป็นตัววัดรายได้แทนผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยส่วนที่ 1 เป็นค่า PM10 และส่วนที่ 2 เป็นค่า PM2.5 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกับ EKC ยกเว้นค่าเฉลี่ยทั้งปีของ PM10 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่าจังหวัดที่มีรายได้ครัวเรือนสูงขึ้นในช่วงแรกจะทำให้ปัญหาฝุ่นควันลดลงได้ แต่เมื่อรายได้ครัวเรือนสูงขึ้น ถึงระดับหนึ่งจะส่งผลทำให้คุณภาพอากาศแย่ลง โดยรวมความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตามแนวคิดของ EKC

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาและคุณภาพอากาศ โดยใช้รายได้ครัวเรือน
ส่วนที่ 1 คุณภาพอากาศใช้ PM10

	ตัวแปรตาม PM10				ตัวแปรตาม PM10 (Avg Month 1-4)			
	(1)				(2)			
	Coeff.	SE	P		Coeff.	SE	P	
HINOME	0.003	0.001	0.556		-0.002	9.50e-4	0.030	**
HINOME ²	-9.37e-9	8.53e-9	0.273		3.02e-8	1.51e-8	0.047	**
TEMPL	14.46	2.32	0.000	***	39.19	3.94	0.000	***
AGRDEBT	-6.92e-5	3.46e-5	0.047	**	-6.22e-5	5.98e-5	0.299	
EXPROV	-1.13	0.80	0.160		-0.87	1.47	0.557	
FACTORY	0.01	0.005	0.023	**	0.03	0.008	0.000	***
ENERGY-Fuel	8.72	2.14	0.000	***	13.95	3.61	0.000	***
ENERGY-Gas	-1.82	1.92	0.342		-9.90	3.23	0.002	***
DENSITY	0.003	0.001	0.019	**	0.003	0.002	0.163	
Intercept	-4.84	8.00	0.545		38.60	13.52	0.005	***
Fixed Effect	no				no			
Observations	298				285			
F-stat	11.26				26.81			
Adjusted R ²	0.2372				0.4499			

⁴ จากนิยามรายได้ของครัวเรือน หมายถึง “เงินหรือสิ่งของ” ที่ครัวเรือนได้รับมาจากการทำงานหรือผลิตเอง หรือจากทรัพย์สินหรือได้รับความช่วยเหลือจากผู้อื่น ซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดถึงความมั่งคั่งและความเป็นอยู่ของหน่วยเศรษฐกิจย่อย สำนักงานสถิติแห่งชาติทำการสำรวจครัวเรือนทุก 2 ปี ในการวิเคราะห์โดยการ interpolation ข้อมูลในปีที่ไม่ได้มีการสำรวจ

ส่วนที่ 2 คุณภาพอากาศใช้ PM2.5

	ตัวแปรตาม PM2.5				ตัวแปรตาม PM2.5 (Avg Month 1-4)			
	(3)				(4)			
	Coeff.	SE	P		Coeff.	SE	P	
HINOME	-0.001	5.12e-4	0.030	**	-0.004	0.001	0.002	***
HINOME ²	1.76e-8	8.36e-9	0.036	**	6.40e-8	1.93e-8	0.001	***
TEMPL	9.88	2.18	0.000	***	29.07	4.98	0.000	***
AGRDEBT	-4.61e-5	3.23e-5	0.155		-7.7e-5	7.45e-5	0.299	
EXPPOV	-0.66	0.82	0.420		-0.90	2.05	0.660	
FACTORY	0.01	0.005	0.140		0.04	0.01	0.001	***
ENERGY-Fuel	3.68	2.13	0.086	*	17.59	4.78	0.000	***
ENERGY-Gas	0.80	1.94	0.680		-10.26	4.37	0.020	**
DENSITY	0.002	0.001	0.202		-8.96e-4	0.003	0.752	
Intercept	10.84	8.64	0.211		32.43	19.91	0.105	
Fixed Effect	no				no			
Observations	191				163			
F-stat	5.887				9.992			
Adjusted R ²	0.188				0.3331			

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะคุณภาพอากาศพบว่า ประเทศไทยเพิ่งให้ความสำคัญกับปัญหามลพิษฝุ่นควัน ก่อนปี พ.ศ. 2558 มีเพียง 10 (30) จังหวัด ที่มีการวัดค่า PM2.5 (PM10) และในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีสถานีวัดอากาศเพียง 89 สถานีจาก 878 อำเภอทั่วประเทศ หรือเพียงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น การศึกษายังพบว่าค่าเฉลี่ยของมลภาวะมีความแตกต่างกันในแต่ละจังหวัดและแต่ละภาค นอกจากนั้น มลภาวะ PM10 และ PM2.5 มีความรุนแรงและผันผวนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงเดือน 1 – 4 ของปี

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของรายได้กับสภาวะอากาศ ซึ่งเป็นหลักของการวิจัยนี้ พบว่า PM10 เป็นลักษณะ Inverted U Curve ตามแนวคิด Environmental Kuznets Curve (EKC) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวสำหรับ PM2.5 นอกจากนั้น การศึกษาชี้ว่า จำนวนโรงงาน การใช้น้ำมัน ความหนาแน่นของประชากร ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศที่เพิ่มขึ้น แต่ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางด้านสังคมยังไม่สามารถตีความได้อย่างชัดเจน ซึ่งควรมีการศึกษาบริบทของโครงสร้างสังคมในแต่ละจังหวัดในรายละเอียดเพิ่มขึ้น

การพบความแตกต่างระหว่าง PM10 และ PM2.5 มีนัยที่สำคัญทางนโยบาย ภาครัฐควรมีมาตรการที่เข้มงวดในการจัดการกับการปล่อยมลภาวะของ PM2.5 เนื่องจากการให้ความสำคัญกับการพัฒนาโดยเชื่อว่าการมีรายได้เพิ่มขึ้นจะช่วยให้มลภาวะ PM2.5 ลดลงเองได้ต่อไปนั้นไม่สอดคล้องกับผลการศึกษา ที่สำคัญ ต้นตอที่มาหลักของ PM10 และ PM2.5 ยังมีความแตกต่างกัน (Thurston

et al. 2021) แหล่งที่มาหลักของ PM2.5 ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ในการเดินทาง กระบวนการอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิต การหุงต้มของครัวเรือน และการเผาทำการเกษตร ในขณะที่ PM10 มีแหล่งที่มาหลักจากพายุฝุ่น ฝุ่นจากถนน กระบวนการอุตสาหกรรมบางประเภท และการก่อสร้าง มาตรการของรัฐจึงควรเน้นความเข้มงวดในกระบวนการอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิต และการเผาทำการเกษตร

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล PM10 และ PM2.5 และตัวแปรการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมรายจังหวัด เพื่อทดสอบแนวคิด EKC ที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางด้านการพัฒนาและสิ่งแวดล้อม แต่กลับยังไม่มีการศึกษาในประเทศไทย การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษฝุ่นควันมักเน้นทางด้านผลกระทบจากมลภาวะทางด้านสุขภาพและความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้กับคุณภาพสภาวะอากาศ การศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของรายได้กับ PM10 มีลักษณะ Inverted U Curve สะท้อนว่ามลพิษจาก PM10 สามารถลดลงได้เมื่อจังหวัดมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจสูงขึ้น จากการที่เมื่อหน่วยเศรษฐกิจมีรายได้เพิ่มขึ้น ภาคอุตสาหกรรมสามารถลงทุนในการรักษาสภาวะแวดล้อม รวมทั้งภาคประชาชนสามารถเลือกการดำเนินชีวิตที่ลดมลภาวะได้ แต่สำหรับมลภาวะจาก PM2.5 ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงสะท้อนว่ารัฐบาลมีความจำเป็นต้องมีมาตรการที่เข้มงวดในการจัดการกับปัญหา PM2.5 เนื่องจากปัญหานี้ไม่ลดลงเมื่อประเทศมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

สรุป

โดยสรุปงานวิจัยนี้ได้ศึกษาลักษณะคุณภาพอากาศ จากข้อมูล PM10 และ PM2.5 รายจังหวัด ในช่วง พ.ศ. 2555 – 2564 และได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมและคุณภาพอากาศรายจังหวัด โดยทดสอบแนวคิดของ EKC ในภาพรวมการศึกษาพบว่าสำหรับความสัมพันธ์ของรายได้รายจังหวัดกับ PM10 สอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว แต่ความสัมพันธ์ของรายได้รายจังหวัดกับ PM2.5 ไม่เป็นไปตามที่แนวคิด EKC นอกจากนั้น ยังพบว่าปัจจัยการพัฒนาเศรษฐกิจ เช่น จำนวนโรงงาน ปริมาณการใช้น้ำมัน ความหนาแน่นของประชากร มีผลให้มลภาวะเพิ่มขึ้น และปัจจัยทางสังคม เช่น หนี้สินทางการเกษตร และรายจ่ายของครัวเรือนต่อเส้นความยากจน มีผลในทางลบกับมลภาวะ ในขณะที่การพัฒนาเมืองมีผลในทางบวกกับมลภาวะ ในเบื้องต้นผลดังกล่าวอาจหมายความว่ามลภาวะทางอากาศของจังหวัดเกิดจากภาคอุตสาหกรรมและการพัฒนาเมืองเป็นหลัก ความสัมพันธ์พื้นฐานเหล่านี้มีนัยที่สำคัญต่อนโยบายในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและมลภาวะทางอากาศของประเทศ โดยเฉพาะความแตกต่างของความสัมพันธ์ระหว่างรายได้กับค่า PM10 และ PM2.5

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการศึกษาหลักที่พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง PM10 กับรายได้เป็นตามแนวคิด EKC แต่ในขณะที่ความสัมพันธ์ของ PM2.5 ไม่เป็นตาม EKC ประกอบกับจากการที่ PM2.5 มีผลกระทบต่อสุขภาพที่รุนแรงกว่า PM10 ดังนั้นภาครัฐจึงจำเป็นต้องมีนโยบายที่เข้มงวดในการจัดการกับปัญหา PM2.5 โดยทบทวนนโยบายที่เอื้อภาคอุตสาหกรรม เช่น การแก้ไข พ.ร.บ. โรงงานในปี พ.ศ. 2562 โดยเฉพาะอย่างยิ่งการต่ออายุการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหินที่แม่เมาะ ในปี พ.ศ. 2562 เนื่องจาก PM2.5 ที่เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลมีผลกระทบต่อสุขภาพสูงที่สุด (Thurston et al. 2021) รัฐบาลไม่สามารถใช้ข้อโต้แย้งได้ว่ามลภาวะที่เกิดขึ้นจะลดลงเองเมื่อประชากรหรือภาคอุตสาหกรรมมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการเติบโตทางเศรษฐกิจ แตกต่างจาก PM10 ที่เกิดจากฝุ่นถนนและการก่อสร้าง ซึ่งปัญหาจะลดลงเมื่อมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ

รัฐบาลควรสนับสนุนและเร่งผลักดันให้เกิด พ.ร.บ. อากาศสะอาดอย่างรวดเร็ว เพราะการประกาศนโยบายให้การแก้ไขปัญหามลภาวะฝุ่นละอองเป็นวาระแห่งชาติตั้งแต่ พ.ศ. 2562 นั้นอาจเป็นเพียงแค่นโยบายที่อยู่ในกระดาษ เนื่องจากปัญหามลภาวะยังมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกปี และควรพิจารณามาตรการหรือกลไกที่เป็นรูปธรรม เช่น การปรับให้แรงจูงใจอย่างเพียงพอกับชุมชนและเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ มีตัวชี้วัดของอธิบดีกรมควบคุมมลพิษที่ผูกกับค่า PM2.5 หรือการสร้างโรงกำจัดขยะในชุมชน เนื่องจากผู้ที่อยู่ในชุมชนไม่มีทางเลือกในการจัดการกับขยะนอกจากการเผาเนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด เป็นต้น

นอกจากนั้น จากการที่พบว่าลักษณะของปัญหามลภาวะ PM10 และ PM2.5 มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และมีความรุนแรงในช่วงเดือน 1 – 4 ของปี ผู้ที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดสรรงบประมาณที่แตกต่างกันตามความรุนแรงของพื้นที่ และควรมีการเตรียมพร้อมในการรับมือก่อนที่ปัญหาจะเกิดขึ้น นอกจากนี้ การที่รัฐบาลเพิ่งเริ่มต้นตัวกับปัญหา โดยในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีจำนวนสถานีวัดมลภาวะ ที่ครอบคลุมเพียงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของอำเภอทั้งหมดของประเทศ (ดูรูปที่ 1) ดังนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องจึงควรจัดให้มีสถานีวัดมลภาวะให้ครอบคลุมทั่วประเทศ เพื่อให้ทราบข้อมูลสภาวะอากาศที่ครบถ้วน และทำให้สามารถในการรับมือปัญหามลภาวะที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพื้นที่และเพิ่มความรุนแรงขึ้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น อาจมีข้อจำกัดที่สำคัญทางด้านความแม่นยำในการวัดค่า PM10 และ PM2.5 เนื่องจากมีสถานีวัดมลภาวะที่ไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ของแต่ละจังหวัด และการมีจำนวนข้อมูลสภาวะอากาศย้อนหลังที่ค่อนข้างน้อย ทำให้ความสัมพันธ์ที่ประมาณได้อ่อนไหวกับรูปแบบ (model specification) ได้ และในการแปรผลของความสัมพันธ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแปรทางด้าน

สังคม ควรมีการศึกษาในพื้นที่เพื่อให้เข้าใจบริบททางด้านสังคมเพิ่มเติม นอกจากนั้น การศึกษาต่อไปยังควรให้ความสำคัญในเรื่องประสิทธิภาพและการจัดสรรทรัพยากรของภาครัฐในการจัดการมลภาวะของแต่ละจังหวัด รวมถึงศึกษาผลกระทบของมาตรการทางภาครัฐที่ผ่านมาในการเชื้อภาคอุตสาหกรรมต่อมลภาวะทางอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, M. et al. (2022). Chemical composition, sources, and health risk assessment of PM_{2.5} and PM₁₀ in urban sites of Bangkok, Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114281>.
- Amnuaylojaroen, T. (2022). Prediction of PM 2.5 in an urban area of Northern Thailand using multivariate linear regression model. *Advances in Meteorology*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/3190484>.
- Amnuaylojaroen, T., Parasin, N., & Limsakul, A. (2022). Health risk assessment of exposure near-future PM_{2.5} in Northern Thailand. *Air Quality Atmosphere & Health*, 15, 1963–1979. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01231-x>.
- Attavanich, W. (2019). *Social cost of air pollution in Thailand and solutions*. PIER Discussion Paper.
- Cole, M. A., & Neumayer, E. (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment*, 26(1), 5–21.
- Dada, J. T., Ojeyinka, T. A., & Al-Faryan, M. A. S. (2023). Does financial development has(A)symmetric effect on environmental quality? insights from South Africa. *Journal of Economic Studies*, 50(6), 1130–1157. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JES-06-2022-0352/full/html>.
- Das, M., & Basu, S. R. (2022). Understanding the relationship between income inequality and pollution: A fresh perspective with cross-country evidence. *World Development Perspectives*, 26, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2022.100410>.
- Destek, M.A., & Sarkodie, S.A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650(2), 2483–2489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017>.
- Dominski, F. H., Branco, J. H. L., Buonanno, G., Stabile, L., Gameiro da Silva, M., & Andrade, Al. (2021). Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environmental Research*, 201, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111487>.

- Dong, F., Bolin, Y., & Yuling, P. (2019). Examining the synergistic effect of CO₂ emissions on PM_{2.5} emissions reduction: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 223, 759–771. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.152>.
- Gassebner, M., Lamla, M. J., & Sturm, J. E. (2011). Determinants of pollution: What do we really know?. *Oxford Economic Papers*, 63(3), 568–595. <https://www.jstor.org/stable/23015143>.
- Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://www.jstor.org/stable/2118443>.
- Haibo, C., Ayamba, E. C., Agyemang, A. O., Afriyie, S. O., & Anaba, A. O. (2019). Economic development and environmental sustainability—the case of foreign direct investment effect on environmental pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 7228–7242. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-04167-5>.
- Jahanger, A., Usman, M., & Lorente, D. (2022). Linking institutional quality to environmental sustainability. *Sustainable Development*, 30(6), 1749–1765. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sd.2345>.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28. <https://assets.aeaweb.org/asset-server/files/9438.pdf>.
- Lange, G.M., Wodon, Q., & Carey, K. (2018). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*. The World Bank Group. Washington DC: World Bank eLibrary. <https://elibrary.worldbank.org/doi/epdf/10.1596/978-1-4648-1046-6>.
- Linh Thao, N. N., Pimonsree, S., Prueksakorn, K., Bich Thao, P. T., & Vongruang, P. (2022). Public health and economic impact assessment of PM_{2.5} from open biomass burning over countries in mainland Southeast Asia during the smog episode. *Atmospheric Pollution Research*, 13(6), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101418>.
- Liu, J.U., Woodward, R. T., & Zhang, Y. J. (2021). Has carbon emissions trading reduced PM_{2.5} in China?. *Environmental Science & Technology*, 55(10), 6631–6643. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00248>.
- Ma, Y. R., Ji, Q., & Fan, Y. (2016). Spatial linkage analysis of the impact of regional economic activities on PM_{2.5} pollutions in China. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1157–1167. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.152>.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Front Public Health*, 8(14), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>.

- Pata, U.K., & Yilanci, V. (2020). Financial development, globalization and ecological footprint in G7: further evidence from threshold cointegration and fractional frequency causality tests. *Environmental and Ecological Statistics*, 27, 803–825.
<https://doi.org/10.1007/s10651-020-00467-z>.
- Riti, J., Shu, Y., & Kamah, M. (2021). Institutional quality and environmental sustainability: The role of freedom of press in most freedom of press countries. *Environmental Impact Assessment Review*, 91, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106656>.
- Sarkodie, S. A., Strezo, V., Jiang, Y., & Evans, T. (2019). Proximate determinants of particulate matter (PM_{2.5}) emission, mortality and life expectancy in Europe, Central Asia, Australia, Canada and the US. *Science of The Total Environment*, 683, 489–497.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.278>.
- Saud, S., Chen, S., & Haseeb, A. (2019). Impact of financial development and economic growth on environmental quality: An empirical analysis from Belt and Road Initiative (BRI) countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2253–2269.
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-3688-1>.
- Selden, T.M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147–162. <https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1031>.
- Srinamphon, P., Chernbumroong, S., & Tippayawong, K.Y. (2022). The effect of small particulate matter on tourism and related SMEs in Chiang Mai, Thailand. *Sustainability*, 14(13), 1–9.
<https://doi.org/10.3390/su14138147>.
- Thurston, G., Awe, Y., Ostro, B., & Sanchez-Triana, E. (3 September 2021). *Are all air pollution particles equal? how constituents and sources of fine air pollution particles (PM_{2.5}) affect health*. The World Bank Group. Washington DC: World Bank Publications.
<http://hdl.handle.net/10986/36269>.
- Torras, M., & Boyce, J.K. (1998). Income, inequality, and pollution: A reassessment of the environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 147–160.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8).
- Wang, Yi., Liu, C.G., Wang, Q., Qin, Q., Ren, H., & Cao, J. (2021). Impacts of natural and socioeconomic factors on PM_{2.5} from 2014 to 2017. *Journal of Environmental Management*, 284, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112071>.

- Weng, Z. Cheng, C., Xie, Y., & Ma, H. (2022). Reduction effect of carbon emission trading policy in decreasing PM2.5 concentrations in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316208>.
- World Bank. (2020, November 1). *The global health cost of ambient PM2.5 air pollution*. Washington DC: World Bank Publications. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10986/35721>.
- Yasin, I., Ahmad, N., & Chaudhary, M.A. (2020). Catechizing the environmental–impression of urbanization, financial development, and political institutions: A circumstance of ecological footprints in 110 developed and less–developed countries. *Social Indicators Research*, 147, 621–649. <https://doi.org/10.1007/s11205-019-02163-3>.
- Zhang, M., Wang, L., Ma, P., & Wang, W. (2022). Urban–rural income gap and air pollution: A stumbling block or stepping stone. *Environmental Impact Assessment Review*, 94, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106758>.