

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}
ในช่วงพ.ศ. 2553 - 2563 กรณีศึกษา: กรุงเทพมหานคร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวางผังและออกแบบเมือง ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Relationship between air pollution $PM_{2.5}$ and city characteristics:
Case study of Bangkok in 2010-2020



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Urban and Regional Planning in Urban Planning and
Design

Department of Urban and Regional Planning

FACULTY OF ARCHITECTURE

Chulalongkorn University

Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิด มลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5} ในช่วงพ.ศ. 2553 - 2563 กรณีศึกษา: กรุงเทพมหานคร
โดย	น.ส. ชัชชนก รักษ์บางแหลม
สาขาวิชา	การวางผังและออกแบบเมือง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธี อนันต์สุขสมศรี

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนะจฤดี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ รัตนวราหะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธี อนันต์สุขสมศรี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์นรี ลิขิตาภรณ์)

ชัชชนก รักษ์บางแหลม : ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในช่วงพ.ศ. 2553 - 2563 กรณีศึกษา: กรุงเทพมหานคร. (Relationship between air pollution PM_{2.5} and city characteristics: Case study of Bangkok in 2010-2020) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สุธิ อนันต์สุขสมศรี

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เพื่อศึกษารูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครในช่วง พ.ศ. 2553-2563 และเพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่เมือง โดยมีสมมุติฐานการวิจัยคือ ลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} และลักษณะเมืองที่มีความแตกต่างกันส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} พื้นที่ศึกษาคือ ตารางกริดพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครทั้งหมด 50 เขต การศึกษานี้ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ แบบจำลองความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงพื้นที่ และแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา มีตัวแปรหลักในการศึกษา ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดิน อุณหภูมิภายในเมือง และค่าความเข้มข้นข้อมูลมลพิษทางอากาศ PM_{2.5} ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับปริมาณการสะสมของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า และที่อยู่อาศัยมีความหนาแน่นอาคาร และความหนาแน่นประชากรเมืองมากกว่าพื้นที่เมืองประเภทอื่น ทั้งนี้ผลจากการศึกษาสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อการป้องกัน และแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในเชิงการวางแผนและการพัฒนาเมือง โดยการกำหนดควบคุมความหนาแน่นอาคาร และความหนาแน่นประชากรในพื้นที่เมือง

สาขาวิชา การวางผังและออกแบบเมือง ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6370010325 : MAJOR URBAN PLANNING AND DESIGN

KEYWORD: Air Pollution, City Characteristics, PM_{2.5}

Chachanok Rukbanglaem : Relationship between air pollution PM_{2.5} and city characteristics:Case study of Bangkok in 2010-2020. Advisor: Asst. Prof. Sutee Anantsuksomsri, Ph.D.

This study aims to analyse the relationship between characteristics of urban areas and the dynamic of air pollution, to study the pattern of air pollution in Bangkok city during 2010-2020, and to apply the results of this study as a guideline for PM_{2.5} air pollution management. This study hypothesizes that different types of land use in urban areas leads to PM_{2.5} concentration levels in a city and different types of land use are related to PM_{2.5}. The observation of this study is urban area in grid cell from 50 districts within Bangkok area. The main variables include population density, building density, land uses, temperature, and fine particulate matters PM_{2.5}. In this study, an interpolation model based on the Kriging approach is used for spatial analysis of the air pollution data, Spatial Regression and Spatio-temporal Regression Kriging is used as the primary method to investigate the relationship between air pollution and the characteristics of urban areas. The result of this study showed that land uses are related to PM_{2.5} concentration and different types of land use effects and related to PM_{2.5} concentration, due to commercial and residential areas where building density and population density are more intense. The findings of this study can be applied as a guideline in urban management by determination building density and population density control in urban areas.

Field of Study: Urban Planning and Design Student's Signature

Academic Year: 2021 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธี อนันต์สุขสมศรี อาจารย์คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ รัตนวราหะ และกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก รองศาสตราจารย์ ดร. พิชญ์นรี ลลิตาภรณ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยเหลือสนับสนุน และแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตร่วมชั้นเรียนระดับปริญญาโทปีการศึกษา 2563 หลักสูตรการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนผังและออกแบบเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณมารดา ดร.ชุตีมา รักษ์บางแหลม บิดา นายสุวดิษฐ์ รักษ์บางแหลม พี่สาว นางสาวชนินาถ รักษ์บางแหลม รวมถึงสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการศึกษาต่อระดับปริญญาโทจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ท้ายที่สุดนี้ ขอมอบความดีและคุณค่าคุณประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แต่บิดา มารดา และคณะอาจารย์ ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนจนประสบความสำเร็จ ขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ก
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	6
1.3 ขอบเขตของพื้นที่การศึกษา.....	7
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	7
1.5 นิยามศัพท์.....	8
1.6 คำถามการวิจัย.....	9
1.7 สมมุติฐานการวิจัย.....	9
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
1.9 ข้อจำกัดของการวิจัย.....	9
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 มลพิษทางอากาศ.....	10
2.1.1 ประเภทของมลพิษทางอากาศ.....	10

2.1.2	ระดับของการเกิดมลพิษทางอากาศ	12
2.2	บริบทของมลพิษทางอากาศในระดับสากล	13
2.2.1	แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในระดับสากล	13
2.2.2	ดัชนีคุณภาพอากาศมาตรฐานสากล	14
2.2.3	กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ในระดับสากล.....	18
2.3	บริบทของมลพิษทางอากาศในประเทศไทย.....	22
2.3.1	แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศของประเทศไทย	22
2.3.2	ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย	23
2.3.3	กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ในประเทศไทย	26
2.3.4	แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ “การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง”	29
2.4	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	32
2.4.1	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ และการประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องมลพิษทางอากาศ.....	32
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
2.5.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในเมือง	34
2.5.2	เครื่องมือและวิธีการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
2.6	สรุปการทบทวนวรรณกรรม.....	42
2.6.1	สรุปเรื่องมลพิษทางอากาศ	42
2.6.2	สรุปเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศ และกฎหมายอากาศบริสุทธิ์.....	43
2.6.3	สรุปเรื่องวิธีวิจัยเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ.....	44
บทที่ 3	ระเบียบวิธีวิจัย.....	47
3.1	วิธีการวิจัย.....	47
3.1.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	47
3.1.2	Conceptual Framework.....	48

3.1.3 การเลือกพื้นที่ศึกษา.....	49
3.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล และข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัย	49
3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
3.1.6 ตัวแปรของข้อมูล และการคิดอัตราร้อยละเปรียบเทียบข้อมูล.....	55
3.1.7 การคำนวณคิดอัตราร้อยละเพื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM _{2.5} แบบรายปี.....	55
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	56
3.2.1 แบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Kriging Interpolation)	56
3.2.2 แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging)	57
3.2.3 เกณฑ์และวิธีการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม (Spatial Regression Model).....	62
3.2.4 ข้อจำกัดของแบบจำลอง.....	66
3.3 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	67
บทที่ 4 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร.....	68
4.1 การกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร.....	68
4.1.1 อัตราร้อยละของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิดในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563 กรุงเทพมหานคร.....	69
4.1.2 การสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในช่วงปีพ.ศ. 2553 – 2563.....	70
4.2 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5}	80
4.2.1 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2556	82
4.2.2 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2557	83
4.2.3 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2556	84
4.2.4 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2559	85
4.2.5 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2560	86
4.2.6 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2561	87

4.2.7 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2562	88
4.2.8 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2563	89
4.3 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	91
4.4 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศภาพถ่ายทางอากาศดาวเทียม.....	93
4.5 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับทิศทางลม.....	94
4.6 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับความหนาแน่นประชากร.....	95
4.7 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับความหนาแน่นอาคาร.....	97
4.8 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับอุณหภูมิภายในเมือง.....	99
4.9 นโยบายที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมของมลพิษทางอากาศพ.ศ. 2553 – 2563.....	102
4.9.1. นโยบายที่เกี่ยวข้องกับหมอกควันข้ามแดนในอนุภูมิภาคแม่โขง.....	102
4.9.2. สถานการณ์ฝุ่นละออง PM2.5 ด้วยเทคโนโลยีอากาศ.....	103
4.9.3. นโยบายป้องกันและขจัดมลพิษการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	104
บทที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5}	105
5.1 หน่วยวิเคราะห์และตัวแปร	105
5.2 การเลือกวิเคราะห์แบบจำลอง	106
5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะพื้นที่เมืองกับมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5}	110
5.3.1 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression Moran's I ภาพรวม ตั้งแต่ 2013-2020.....	110
5.3.2 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2013-2020	112
5.3.3 ผลการวิเคราะห์ Spatiotemporal Regression – Space & Time Analysis.....	113
5.3.4 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2013.....	114
5.3.5 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2014.....	115
5.3.6 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2015.....	116
5.3.7 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2016.....	117
5.3.8 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2017.....	118

5.3.9 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2018.....	119
5.3.10 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2019.....	120
5.3.11 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2020.....	121
5.4 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5}	122
5.4.1 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2013-2020.....	122
5.4.2 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2013	123
5.4.3 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2014	124
5.4.4 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2015	125
5.4.5 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2016	126
5.4.6 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2017	127
5.4.7 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2018	128
5.4.8 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2019	129
5.4.9 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2020	130
5.5 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5} ...	131
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	132
6.1 สรุปและอภิปรายผลวิจัย.....	132
6.2 ข้อยกเว้น	137
6.3 ข้อเสนอแนะ	137
6.3.1 ข้อเสนอแนะด้านนโยบาย และการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์จากงานวิจัย	137
6.3.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อในอนาคต	137
บรรณานุกรม	139
ประวัติผู้เขียน	160

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางค่ามาตรฐานของมลภาวะทางอากาศ AQI แบบ US EPA	16
ตารางที่ 2 ตารางค่ามาตรฐานของมลภาวะทางอากาศ AQI ของประเทศจีน	17
ตารางที่ 3 ตารางค่ามาตรฐานมลภาวะทางอากาศ AQI เปรียบเทียบ US EPA และ WA DER.....	18
ตารางที่ 4 ตารางค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ....	24
ตารางที่ 5 ตารางเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย	24
ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐานของมลพิษแต่ละชนิดของประเทศไทย	26
ตารางที่ 7 แสดงจุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ 46 สถานี กรุงเทพมหานคร และ ริมณฑล.....	51
ตารางที่ 8 แสดงการแปรผลค่า Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) (Gi-Star)	62
ตารางที่ 9 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	67
ตารางที่ 10 เขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรเยอะที่สุดและน้อยที่สุด.....	96
ตารางที่ 11 เขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารเยอะที่สุดและน้อยที่สุด.....	98
ตารางที่ 12 ตารางแสดงการตั้งค่าตัวแปรหุ่น (Dummy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน	106
ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่า Moran's I (error) Lagrange Multiplier, Robust Multiplier.	107

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 การจัดอันดับเมืองหลวงจากทั่วโลกที่ประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5} แสดงระดับผลกระทบด้วยค่าความเข้มข้นถ่วงน้ำหนักโดยประชากรโดยองค์การอนามัยโลกในปี 2020.....	2
รูปที่ 2 การจัดอันดับเมืองหลวงจากทั่วโลกที่ประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศฝุ่นละออง PM _{2.5} จำแนกตามความเข้มข้นเฉลี่ยแบบรายปีของมลพิษทางอากาศฝุ่นละออง PM _{2.5} ปี ค.ศ. 2020	2
รูปที่ 3 แผนที่แสดงค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง PM _{2.5} สะสมของประเทศไทยปี ค.ศ. 2020	3
รูปที่ 4 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM _{2.5} เฉลี่ยแบบรายเดือนของประเทศไทยปี ค.ศ. 2020.....	3
รูปที่ 5 ปริมาณ PM _{2.5} สะสมพื้นที่กรุงเทพมหานคร พื้นที่ประเทศข้างเคียง พ.ศ. 2560-2562.....	5
รูปที่ 6 ปริมาณ PM _{2.5} ที่สะสมในระดับกรุงเทพมหานครแปริมณฑลในปี พ.ศ. 2559-2562	6
รูปที่ 7 จุดพิกัดสถานีตรวจวัดอากาศ จำนวน 46 สถานี และการแบ่งประเภทของเมือง 6 ประเภท..	7
รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการวิจัย	48
รูปที่ 9 แผนภูมิแสดง Conceptual Framework ของงานวิจัย	49
รูปที่ 10 หน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่.....	50
รูปที่ 11 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบสถานีแบบถาวร	50
รูปที่ 12 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบ่งเป็นสถานีติดริมถนนและไม่ติดริมถนน	52
รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงรูปแบบการวิเคราะห์เชิงสถิติ และเชิงพื้นที่	54
รูปที่ 14 แผนภูมิแสดงตัวแปรและการซ้อนทับของชั้นข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์	54
รูปที่ 15 การคำนวณคิดอัตราร้อยละ	55
รูปที่ 16 Grid Index A1-R3	56
รูปที่ 17 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล Moran's I (Global Moran's I statistic)	59
รูปที่ 18 แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation)	60
รูปที่ 19 แผนภูมิแสดงวิธีการวิเคราะห์ด้วย Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)	61
รูปที่ 20 แผนภูมิแสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา	64

รูปที่ 21 จุดพิกัดสถานีตรวจวัดอากาศ 46 สถานี โดยแบ่งเป็นสถานีติดริมถนนและไม่ติดริมถนน ...	68
รูปที่ 22 แผนภูมิเชิงเส้นอัตราร้อยละของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิดในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563	69
รูปที่ 23 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศรายปี PM ₁₀ และ PM _{2.5} ในปี พ.ศ. 2553 – 2563	71
รูปที่ 24 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศ PM ₁₀ รวมแบบรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563	72
รูปที่ 25 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศ PM _{2.5} รวมแบบรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563	72
รูปที่ 26 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2556.....	73
รูปที่ 27 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2557.....	74
รูปที่ 28 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2558.....	74
รูปที่ 29 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2559.....	75
รูปที่ 30 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2560.....	76
รูปที่ 31 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2561.....	77
รูปที่ 32 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2562.....	77
รูปที่ 33 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปี 2563.....	78
รูปที่ 34 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปีพ.ศ. 2556 2560 และ2563. .	79
รูปที่ 35 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงจำนวนรถยนต์จดทะเบียนใหม่ กรุงเทพมหานครพ.ศ. 2553–2563...	80
รูปที่ 36 Grid Index A1-R3	81
รูปที่ 37 วิธีการทำ Kriging Interpolation จากข้อมูลการสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือน.....	81
รูปที่ 38 Kriging interpolation การสะสมของของค่าความเข้มข้น PM _{2.5} ปีพ.ศ. 2556	82
รูปที่ 39 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2557	83
รูปที่ 40 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2558	84
รูปที่ 41 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2559	85
รูปที่ 42 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2560	86
รูปที่ 43 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2561	87
รูปที่ 44 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2562	88

รูปที่ 45 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2563	89
รูปที่ 46 การสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5} เฉลี่ยรวมแบบรายปี.....	90
รูปที่ 47 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2553.....	91
รูปที่ 48 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2563.....	91
รูปที่ 49 แผนที่แสดงจุดความร้อนสะสม (Hotspot) ปี พ.ศ. 2561.....	93
รูปที่ 50 แผนที่แสดงทิศทางการพัดพาของลมปี พ.ศ. 2562	94
รูปที่ 51 แผนที่แสดงทิศทางการพัดพาของลมด้วยเรดาร์ TMD สถานีวัดสุวรรณภูมิ ปี พ.ศ. 2562..	94
รูปที่ 52 แผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร ปีพ.ศ. 2553-2563	95
รูปที่ 53 แผนที่แสดงความหนาแน่นอาคาร ปีพ.ศ. 2553-2563.....	97
รูปที่ 54 แผนที่แสดงอุณหภูมิภายในเมืองปีพ.ศ. 2553-2563	99
รูปที่ 55 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี พ.ศ. 2563 ของประเทศไทยจากค่าปกติ	100
รูปที่ 56 แผนที่แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย	100
รูปที่ 57 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของกรุงเทพมหานคร.....	101
รูปที่ 58 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของกรุงเทพมหานคร.....	101
รูปที่ 59 แผนที่กริดตาราง (Grid) ขนาด 2,000 เมตร x 2,000 เมตร หน่วยวิเคราะห์พื้นที่ศึกษา .	105
รูปที่ 60 แสดงค่า Moran's I ของชุดข้อมูล.....	110
รูปที่ 61 Scatter Plot แสดงมลพิษทางอากาศปี 2013 และปี 2020.....	110
รูปที่ 62 Scatter Plot แสดงความหนาแน่นประชากรปี 2013 และปี 2020.....	111
รูปที่ 63 Scatter Plot แสดงความหนาแน่นอาคาร ปี 2013 และปี 2020.....	111
รูปที่ 64 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ภาพรวม 2013-2020	112
รูปที่ 65 Box and Whisker Plot แสดงมลพิษทางอากาศ ปี 2013 และปี 2020.....	113
รูปที่ 66 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2013.....	114
รูปที่ 67 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2014.....	115

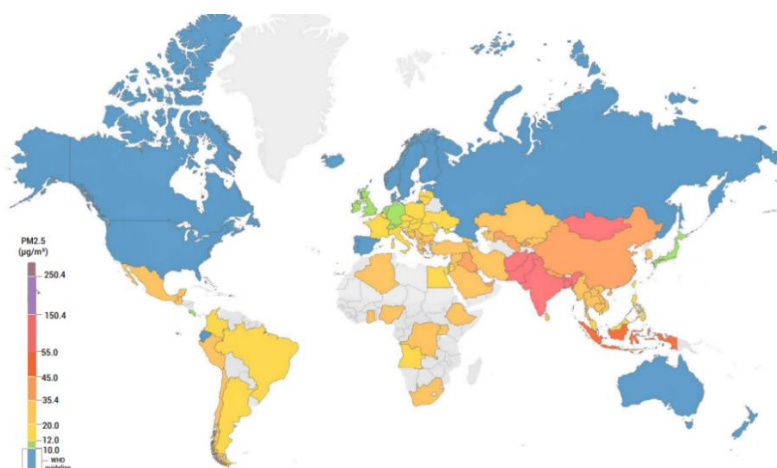
รูปที่ 68 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2015.....	116
รูปที่ 69 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2016.....	117
รูปที่ 70 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2017.....	118
รูปที่ 71 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2018.....	119
รูปที่ 72 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2019.....	120
รูปที่ 73 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2020.....	121
รูปที่ 74 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2013 – 2020	122
รูปที่ 75 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2013	123
รูปที่ 76 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2014	124
รูปที่ 77 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2015	125
รูปที่ 78 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2016	126
รูปที่ 79 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2017	127
รูปที่ 80 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2018	128
รูปที่ 81 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2019	129
รูปที่ 82 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2020	130
รูปที่ 83 การสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น PM _{2.5} ปีพ.ศ. 2556, 2560, 2563....	133
รูปที่ 84 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556, 2560, 2563	135
รูปที่ 85 แผนที่ความหนาแน่นประชากรกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556, 2560, 2563	136
รูปที่ 86 แผนที่ความหนาแน่นอาคารกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. พ.ศ. 2556, 2560, 2563.....	136
รูปที่ 87 แผนที่อุณหภูมิภายในเมืองกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. พ.ศ. 2556, 2560, 2563.....	136

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การเกิดกระบวนการเป็นเมืองในปัจจุบันเกิดขึ้นในพื้นที่เมืองจากหลายประเทศทั่วโลก และมักจะเกิดขึ้นในพื้นที่เมืองหลวง พื้นที่ศูนย์กลางเมือง และพื้นที่ย่านกิจกรรมที่มีความหลากหลายทั้งกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งสามารถส่งผลกระทบก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ รวมถึงปัญหาด้านคุณภาพของอากาศในพื้นที่เมืองซึ่งถูกจัดเป็นปัญหามลพิษในระดับโลก จากรายงานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ในปีค.ศ. 2020 ได้กล่าวถึงมลพิษทางอากาศที่เกิดมาจากการประกอบกิจกรรมจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งก่อให้เกิดเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกระบวนการผลิต ส่งผลกระทบทั้งด้านกายภาพต่อพื้นที่เมือง และสุขภาพของประชาชนบริเวณใกล้เคียง นอกจากประเภทของอุตสาหกรรมแล้ว มลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงก็เป็นอีกหนึ่งปัญหาสำคัญ เช่น การเกิดเป็นเขม่าควันสีดำ การเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มาจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ และนอกจากนี้ลักษณะการทำกิจกรรมที่ก่อให้เกิดเป็นสารมลพิษทางอากาศมากที่สุดในพื้นที่เมืองคือ มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ รถยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนทำให้มีการปล่อยสารมลพิษออกสู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด ซึ่งการระบายควันออกจากท่อไอเสียจัดเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ชนิดของมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะที่ส่งผลกระทบมีหลากหลายประเภท เช่น ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซโอโซน (O₃) ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์และยานพาหนะบนท้องถนน (World Health Organization, 2020)



รูปที่ 1 การจัดอันดับเมืองหลวงจากทั่วโลกที่ประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ แสดงระดับผลกระทบด้วยค่าความเข้มข้นถ่วงน้ำหนักโดยประชากรโดยองค์การอนามัยโลกในปี 2020 จากรายงานคุณภาพอากาศการจัดอันดับมลพิษทางอากาศเมืองและภูมิภาคทั่วโลก, 2020

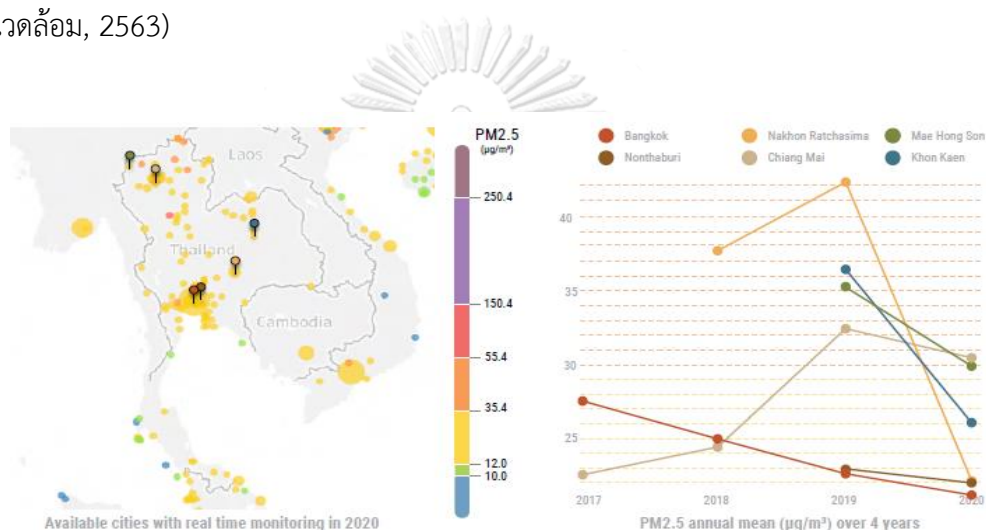
อย่างไรก็ตามจากรายงานของ WHO ในปี ค.ศ. 2020 ยังได้กล่าวถึงสถานที่ที่ประสบปัญหามลพิษทางอากาศมากที่สุดในโลก 50 อันดับ (World's Worst Polluted Places) จากพื้นที่เมืองหลายประเทศทั่วโลกที่เป็นพื้นที่เมืองเศรษฐกิจสำคัญ จัดอันดับตามความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ แสดงด้วยระดับการสะสมของความเข้มข้นเฉลี่ยแบบรายปี ซึ่งประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร จัดอยู่ในอันดับที่ 23 เป็นสถานที่ที่ประสบปัญหามลพิษทางอากาศมากที่สุดในโลก (World Health Organization, 2020) โดยพบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในระดับ 26.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นการจัดอันดับโดยการข้อมูลใช้เมืองหลวงของประเทศต่าง ๆ ภายในภูมิภาคเอเชียและภูมิภาคตะวันออกกลางเปรียบเทียบกับเป้าหมายขององค์การอนามัยโลกในระดับ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงดังรูปที่ 2 โดยการประกอบกิจกรรมที่หลากหลายของผู้อยู่อาศัยในพื้นที่เมืองก่อให้เกิดเป็นสารมลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดโดยตรงสามารถสร้างผลกระทบต่อพื้นที่เมืองและประชากรที่อาศัยอยู่ในเมืองได้ (World Health Organization, 2021)

จำแนกตามความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ $PM_{2.5}$ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

1	บังคลาเทศ	97.1	26	ชิลี	24.9	51	เปอร์โตริโก	13.7
2	ปากีสถาน	74.3	27	เกาหลีใต้	24.0	52	เบลเยียม	13.5
3	อินเดีย	72.5	28	เซอร์เบีย	23.9	53	ฝรั่งเศส	13.2
4	อัฟกานิสถาน	61.8	29	โปแลนด์	22.4	54	เยอรมนี	13.0
5	บาห์เรน	59.8	30	โครเอเชีย	22.2	55	ญี่ปุ่น	12.0
6	มองโกเลีย	58.5	31	ตุรกี	21.9	56	เนเธอร์แลนด์	11.7
7	คูเวต	56.0	32	มาเก๊า	21.2	57	สวีเดน	11.6
8	เนปาล	54.2	33	เม็กซิโก	20.3	58	รัสเซีย	11.4
9	สหรัฐอเมริกาเหนือ	49.9	34	สาธารณรัฐเชค	20.2	59	ลักเซมเบิร์ก	11.2
10	ไนจีเรีย	44.8	35	ฮ่องกง	20.2	60	มอลตา	11.0
11	อินโดนีเซีย	42.0	36	กัมพูชา	20.1	61	สหราชอาณาจักร	10.8
12	จีนแผ่นดินใหญ่	41.2	37	โรมาเนีย	18.6	62	สเปน	10.3
13	ยูกันดา	40.8	38	อิสราเอล	18.6	63	ไอร์แลนด์	9.5
14	บราซิล & เปรู	40.0	39	ไต้หวัน	18.5	64	โปรตุเกส	9.4
15	มาซิโดเนีย	35.5	40	สโลวาเกีย	18.5	65	สหรัฐอเมริกา	9.0
16	อุซเบกิสถาน	34.3	41	ไทย	17.6	66	แคนาดา	7.9
17	เวียดนาม	32.9	42	ลิกัวเนีย	17.5	67	นิวซีแลนด์	7.7
18	ศรีลังกา	32.0	43	ฮังการี	16.8	68	นอร์เวย์	7.6
19	โคลอมเบีย	30.4	44	บราซิล	16.3	69	สวีเดน	7.4
20	คาซัคสถาน	29.8	45	ออสเตรีย	15.0	70	เอสโตเนีย	7.2
21	เปรู	28.0	46	อิตาลี	14.9	71	ออสเตรีย	6.8
22	เอธิโอเปีย	27.1	47	สิงคโปร์	14.8	72	ฟินแลนด์	6.6
23	ประเทศไทย	26.4	48	ฟิลิปปินส์	14.6	73	ไอซ์แลนด์	5.0
24	บัลแกเรีย	25.8	49	ยูเครน	14.0			
25	อิหร่าน	25.0	50	โคลัมเบีย	13.9			

รูปที่ 2 การจัดอันดับเมืองหลวงจากทั่วโลกที่ประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จำแนกตามความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของมลพิษทางอากาศฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ปี ค.ศ. 2020 จากรายงานคุณภาพอากาศการจัดอันดับมลพิษทางอากาศเมืองและภูมิภาคทั่วโลก, 2020

ในปัจจุบันประเทศไทยและหลายประเทศทั่วโลกประสบกับปัญหาค่ามลพิษทางอากาศฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายในเมืองที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีเกินเป้าหมายของ WHO ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและเป็นปัญหาต่อเนื่องในหลายพื้นที่เมืองในประเทศไทย ทั้งนี้รวมถึงพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้รับผลกระทบโดยตรงต่อด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านปัญหาสุขภาพของประชาชน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะขยายตัวไปยังจังหวัดข้างเคียงในภูมิภาคและประเทศข้างเคียง ทั้งนี้แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่สำคัญของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากหลากหลายแหล่ง เช่น การเผาในที่โล่ง การจราจรและการขนส่ง และการทำอุตสาหกรรม เป็นต้น (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

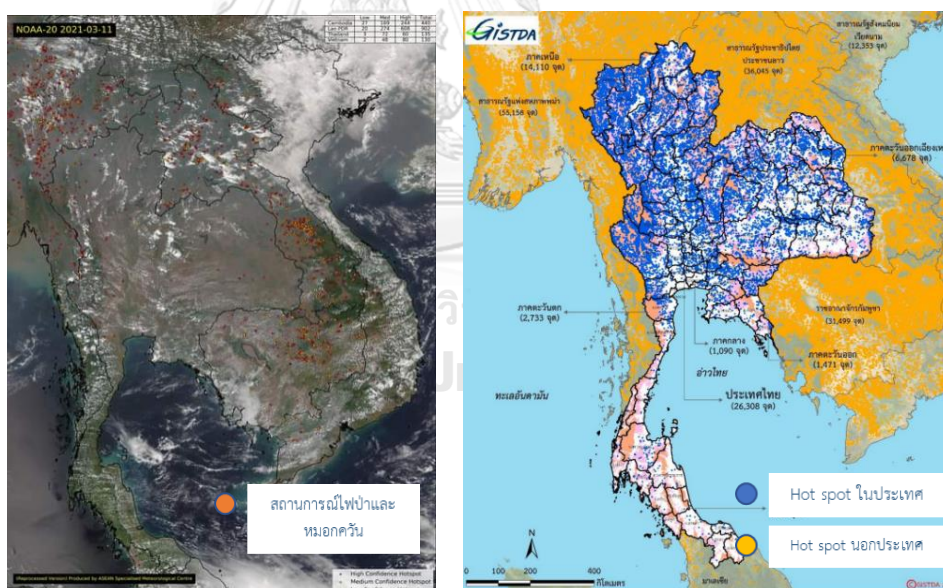


รูปที่ 3 แผนที่แสดงค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{2.5} สะสมของประเทศไทยปี ค.ศ. 2020 จากรายงานคุณภาพอากาศการจัดอันดับมลพิษทางอากาศเมืองและภูมิภาคทั่วโลก, 2020

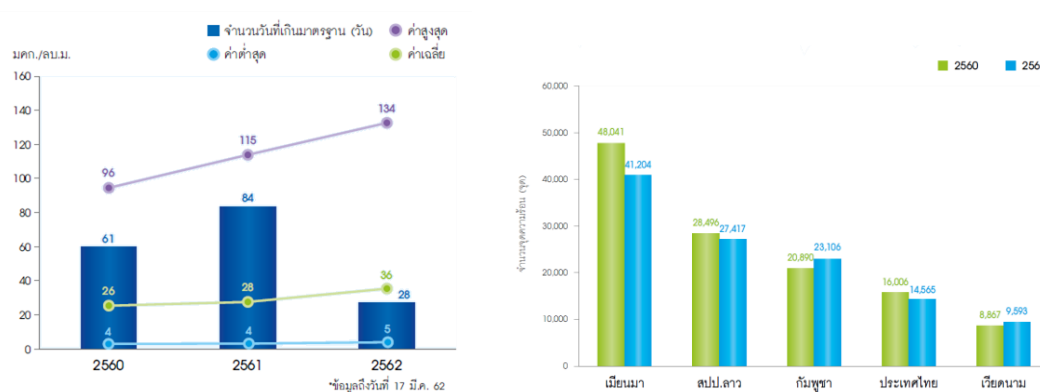
PM _{2.5} : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2020 Annual AVG	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Percent of days in 2020 $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Bangkok	20.6	44.7	43.8	22.2	20.3	12.3	6.9	7.7	9.2	8.9	16.9	24.1	30.4	23.7%
Nonthaburi	21.1	47.3	48.1	23.5	21.1	11.9	5.2	6.4	8.0	7.7	15.7	27.1	32.6	30.1%
Nakhon Ratchasima	21.6	41.5	43.4	40.5	27.8	17.2	7.5	7.8	9.1	8.4	10.9	21.5	24.4	34.7%
Chiang Mai	30.5	42.3	57.5	94.1	66.7	20.7	6.1	6.3	9.3	10.2	9.2	18.5	26.0	39.3%
Khon Kaen	26.1	41.4	44.6	49.5	36.7	24.5	11.4	12.5	12.9	14.1	17.2	27.1	33.3	46.4%
Mae Hong Son	29.7	29.8	87.3	129.1	73.0	17.2	4.8	3.6	4.5	5.0	7.0	11.2	17.6	29.8%

รูปที่ 4 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยแบบรายเดือนของประเทศไทยปี ค.ศ. 2020 จากรายงานคุณภาพอากาศการจัดอันดับมลพิษทางอากาศเมืองและภูมิภาคทั่วโลก, 2020

เนื่องจากมลพิษทางอากาศสามารถแพร่กระจายไปได้ในระยะไกล ทำให้ในช่วงต้นปีพ.ศ. 2561 ประเทศไทยเกิดปัญหาสถานการณ์หมอกควันในพื้นที่ภาคเหนือ 9 จังหวัด ส่วนหนึ่งได้รับผลกระทบจากหมอกควันข้ามดินแดน จากข้อมูลสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศที่ได้มีการติดตามตรวจสอบจุดสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันในพื้นที่ประเทศไทยและประเทศข้างเคียงดังรูปที่ 5 ด้วยการประมวลผลและวิเคราะห์จากข้อมูลดาวเทียม TERRA ระบบ MODIS พบว่า มีจุดความร้อนสะสมสูงที่สุด จำนวน 41,204 จุด ทำให้พื้นที่บางส่วนของประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ดังกล่าว ในช่วงปีพ.ศ. 2561 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2563) กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ยังคงพบปริมาณฝุ่นละอองที่มีค่าเกินเป้าหมาย WHO ต่อเนื่องมาจนถึงปีพ.ศ. 2562 ดังรูปที่ 6 ปริมาณ PM_{2.5} ที่สะสมในระดับกรุงเทพมหานครปริมณฑลในปี พ.ศ. 2559-2562 ทั้งนี้แหล่งกำเนิดหลักยังคงมาจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล การเผาในที่โล่ง โรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดมาจากการก่อสร้าง การสร้างระบบเดินรถไฟฟ้า อาคารสูง ระบบสาธารณสุขโลก การจราจรติดขัดและกิจกรรมของประชาชนที่ก่อให้เกิดมลพิษ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563)



รูปที่ 1 แผนที่แสดงสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันในช่วงเดือนพฤศจิกายน – มกราคม ปี พ.ศ. 2563 รายงานสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควัน ประมวลผลและวิเคราะห์ จากข้อมูลดาวเทียม TERRA ระบบ MODIS

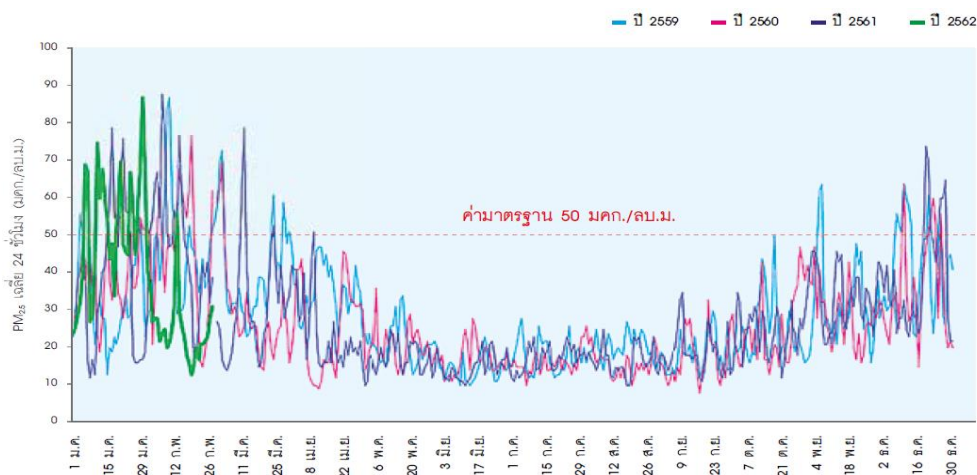


รูปที่ 5(1) ปริมาณ $PM_{2.5}$ สะสมพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปริมาณมลพิษและประเทศข้างเคียง

ปี พ.ศ. 2560-2562

จาก รายงานประจำปี 2562 กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

กรุงเทพมหานครได้รับการพัฒนาและกลายเป็นพื้นที่เมืองอย่างรวดเร็ว ซึ่งภาครัฐได้มีการเร่งแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศในกรุงเทพฯ มากขึ้น กรุงเทพฯ มีประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศเป็นเวลาหลายปีในช่วงระหว่างปีพ.ศ. 2561-2562 ลักษณะคุณภาพอากาศของประเทศไทยมีแนวโน้มที่แย่ลงเรื่อย ๆ เนื่องจากสารมลพิษที่เป็นปัญหาหลักของพื้นที่เมือง คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งจากข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศและบริหารจัดการคุณภาพอากาศจากกรมควบคุมมลพิษในปีพ.ศ. 2563 ได้มีการรายงานผลการตรวจวัดพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีเฉลี่ยรายปีของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองที่มีค่าเกินเป้าหมาย WHO (World Health Organization, 2021) โดยจัดอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และส่งผลกระทบต่อพื้นที่เมืองสาเหตุหลักจากการเผาไหม้เศษวัสดุและการประกอบอาหารที่ก่อให้เกิดควันไฟ การจราจรและยานพาหนะ และอุตสาหกรรม ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จึงจัดเป็นฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เมืองและมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งหมด 2 ด้าน คือ 1. ด้านกายภาพเมือง ฝุ่นละอองส่งผลกระทบต่อทัศนวิสัยของเมืองแย่ง สามารถก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางอากาศ ทางน้ำและทางถนนได้ อีกทั้งถ้ามีการสะสมเป็นระยะเวลาที่ยาวนานจะสามารถทำลายสิ่งก่อสร้างประเภทโลหะ หรือสถาปัตยกรรมภายนอกอาคารให้สึกกร่อนได้ และ 2. ด้านสุขภาพของประชาชน ถ้าหากมีการสะสมในระยะเวลาที่ยาวนานมลพิษจะสามารถเข้าทำลายในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2017)



รูปที่ 6 ปริมาณ $PM_{2.5}$ ที่สะสมในระดับกรุงเทพมหานครแปรผันตามปี พ.ศ. 2559-2562

จาก รายงานประจำปี 2562 กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

ในบริบทของประเทศไทยด้วยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษอากาศหลักคือลักษณะภูมิประเทศ และสิ่งกีดขวางทางลมที่พัดพามลพิษทางอากาศให้แพร่กระจายไปในบริเวณกว้าง เช่น อาคาร บ้านเรือน และสิ่งปลูกสร้าง และจากลักษณะการวางผังเมืองที่มีการกำหนดความหนาแน่นและมีลักษณะการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย (Khamchiangsa et al., 2019) ทั้งนี้ผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วง พ.ศ. 2553-2563 ที่ได้ नियามการแบ่งประเภทตามแบ่งลักษณะและรูปแบบเชิงพื้นที่เมืองแบ่งโดยผังเมือง โดยพื้นที่เมืองในแต่ละประเภทมีองค์ประกอบของความ เป็นเมืองที่เป็นตัวแปรหลักของการศึกษา คือ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดิน และอุณหภูมิภายในเมืองสำหรับการศึกษานี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

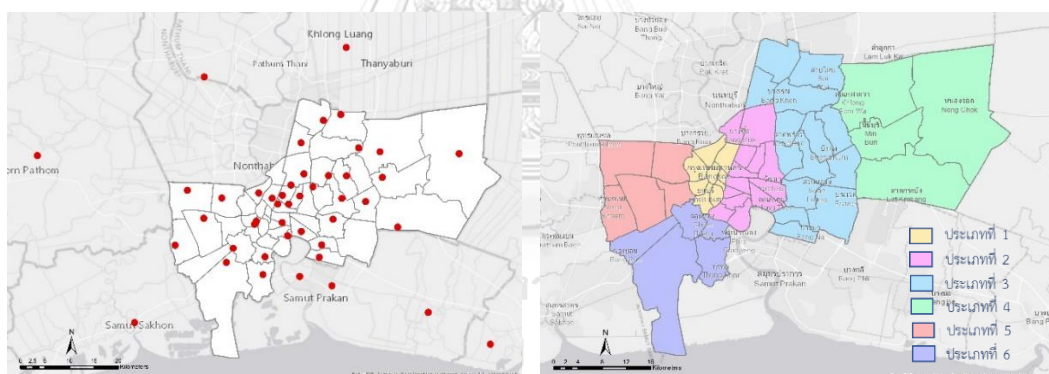
1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563
2. เพื่อศึกษารูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานคร ในช่วง พ.ศ. 2553-2563
3. เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมือง

1.3 ขอบเขตของพื้นที่การศึกษา

ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่กรุงเทพมหานคร 50 เขต โดยมีหน่วยวิเคราะห์คือ ตารางกริดพื้นที่เมือง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตการดำเนินงานของการศึกษาในครั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมคือ การศึกษานี้จะเลือกศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เป็นมลพิษที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เมือง โดยมีตัวแปรหลักในการศึกษา ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดิน อุณหภูมิภายในเมือง และค่าความเข้มข้นของข้อมูลมลพิษทางอากาศด้วยชุดข้อมูลแบบรายเดือนและรายปี ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และในการศึกษาชิ้นนี้ทำการศึกษาความสัมพันธ์เฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น ไม่ได้นำพื้นที่บริเวณรอบนอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร มาวิเคราะห์เนื่องจากข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัด และความไม่แม่นยำของข้อมูลจุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศบริเวณรอบนอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 7 จุดพิกัดสถานีตรวจวัดอากาศ จำนวน 46 สถานี และการแบ่งประเภทของเมือง 6 ประเภท จาก กรมควบคุมมลพิษ และกรมโยธาธิการและผังเมือง, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

รูปที่ 7 แสดงแผนที่จุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ จำนวน 46 สถานี กระจายตัวอยู่ในพื้นที่เขตของกรุงเทพมหานครจำนวน 34 เขต และพื้นที่จังหวัดปริมณฑล โดยแบ่งเป็นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีสถานีตรวจวัดมลพิษจำนวน 34 สถานี แบ่งเป็นสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนน 16 สถานี และสถานีที่ไม่ได้ตั้งอยู่ที่บริเวณริมถนน 28 สถานี และในพื้นที่จังหวัดปริมณฑลสถานีที่ไม่ได้ตั้งอยู่ที่บริเวณริมถนน ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จำนวน 3 สถานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 สถานี

จังหวัดนครปฐม จำนวน 1 สถานี จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 5 สถานี และจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 2 สถานี

จากรูปที่ 7 แสดงแผนที่การแบ่งประเภทพื้นที่เขตเมืองแบ่งเป็น 6 ประเภทพื้นที่เขตเมือง โดยประเภทที่ 1 กลุ่มเขตอนุรักษ์วัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว 9 เขต ประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม 13 เขต ประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย 14 เขต ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก 4 เขต ประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง 5 เขต และประเภทที่ 6. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบน 5 เขต

1.5 นิยามศัพท์

คำสำคัญ: มลพิษทางอากาศ (Air Pollution), ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}), ลักษณะพื้นที่เมือง (City Characteristics)

ลักษณะเมือง (City Characteristics) หมายถึง พื้นที่กรุงเทพมหานครประกอบไปด้วย 50 เขต ซึ่งมีการแบ่งประเภทโดยผังเมือง โดยแบ่งออกเป็น 6 โซน คือ 1. กลุ่มเขตอนุรักษ์วัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว 2. กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม 3. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย 4. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก 5. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง 6. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบน (ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ปรับปรุงครั้งที่ 4, 2563) โดยพื้นที่เมืองในแต่ละประเภทมีองค์ประกอบของความเป็นเมือง คือ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดิน และอุณหภูมิภายในเมือง

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณมาก และเป็นระยะเวลาานพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ พืชและวัตถุต่างๆ เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ วัดค่าความเข้มข้นโดยดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด คือ 1. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 2. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) 3. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) 4. ก๊าซโอโซน (O₃) 5. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) 6. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) หมายถึง ฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาดอนุภาคเล็กมากในลักษณะ ฝุ่นละอองแขวนลอย (Suspended Particulate Matter) มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าขนาดระหว่าง 0.001 ถึง 100 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จัดเป็นฝุ่นละอองเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเกิดเป็นฝุ่นควันโดยตรง มี

สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้จากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ การเผาไหม้เครื่องจักร ควันบูหรี การเผาขยะ เผาหญ้า การก่อสร้าง เผาเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงาน เนื่องด้วยมีขนาดเล็กมากจึงสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพร่างกายของมนุษย์และสภาพแวดล้อมของพื้นที่เมืองได้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563)

1.6 คำถามการวิจัย

1. ลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร
2. ลักษณะเมืองที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ หรือไม่ อย่างไร

1.7 สมมุติฐานการวิจัย

1. ลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$
2. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ส่งผลต่อระดับมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษางานวิจัยนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองที่มีความแตกต่างกัน และสามารถนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองได้

1.9 ข้อยกเว้นของการวิจัย

ข้อยกเว้นของการศึกษาวิจัย คือการศึกษาช่วงเวลาที่มีข้อมูลย้อนหลัง 5-10 ปีขึ้นไปจะมีข้อมูล $PM_{2.5}$ ไม่ครบทุกสถานีตรวจวัดดัชนีคุณภาพอากาศ เนื่องจากช่วง 5-10 ปีที่ผ่านมามีการเพิ่มขึ้นและลดลงของสถานีตรวจวัดอากาศผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาพื้นที่เมืองที่มีความครบถ้วนของข้อมูลทั้งข้อมูลมลพิษทางอากาศและข้อมูลลักษณะของเมืองให้มีความสอดคล้องกัน

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มลพิษทางอากาศ

2.1.1 ประเภทของมลพิษทางอากาศ

ประเภทของมลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เมืองในระดับสากลซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการเกิดกระบวนการเป็นเมืองและการประกอบกิจกรรมหลากหลายประเภทในพื้นที่เมือง ได้แก่ ประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล กระบวนการการผลิตกระแสไฟฟ้า กิจกรรมทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการเผาไหม้ชีวมวล ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อให้เกิดเป็นมลพิษทางอากาศ เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ รวมถึงส่งผลกระทบต่อด้านกายภาพของเมือง (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) สามารถแบ่งประเภทของสารมลพิษทางอากาศหลักทั้งหมด 6 ประเภท ดังนี้:

1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO₂) เป็นก๊าซที่เกิดจากธรรมชาติและการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถัน เป็นส่วนประกอบ สามารถรวมตัวกับสารมลพิษอื่นแล้วก่อตัวเป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก จะพบมากที่สุดในรูปแบบของก๊าซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ และไม่ระเบิด แต่มีกลิ่นที่ส่งผลกระทบต่ออาการหายใจ สามารถก่อให้เกิดโรคหอบหืดได้ถ้ามีในปริมาณสูง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อสะสมเป็นเวลานานจะถูกเปลี่ยนเป็นซัลเฟตและกรดซัลฟูริกด้วยปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical Reaction) ในชั้นอากาศ ก๊าซชนิดนี้มักเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มาจากปิโตรเลียมและถ่านหิน มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากโรงงานอุตสาหกรรมและเครื่องยนต์ดีเซล มีผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ หากได้รับเป็นเวลานานสามารถทำให้เป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังได้

2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Dioxide: NO₂) เป็นก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง และอุตสาหกรรมบางชนิด มักจะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งบนพื้นดินและแหล่งน้ำ เช่น การเกิดฝนกรด ก๊าซชนิดนี้ เกิดจากการเผาไหม้ในอุณหภูมิสูงเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้สามารถทำปฏิกิริยาในละอองน้ำเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO₂) มีความสามารถกัดกร่อนโลหะได้ นอกจากนั้นสามารถทำปฏิกิริยาเคมีแสงซึ่งจะลดความสามารถในการมองเห็นในบรรยากาศ ก๊าซนี้มีผลต่อระบบการมองเห็นและผู้ที่มีอาการหอบหืดหรือ โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) เป็นก๊าซไม่มีสี และไม่มีกลิ่น สามารถคงตัวอยู่ในบรรยากาศได้นานเป็นระยะเวลา 2 ถึง 4 เดือน โดยเกิดมาจากการทำ

กิจกรรมของมนุษย์เป็นหลัก ซึ่งมีผลต่อสุขภาพโดยจะเข้าไปรวมกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ส่งผลกระทำให้ความสามารถในการจับออกซิเจนของเม็ดเลือดแดง ลดลง ทำให้เซลล์ในร่างกายขาดออกซิเจนซึ่งอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้

4. ก๊าซโอโซน (Ozone: O₃) เป็นมลพิษทางอากาศที่มีความซับซ้อนในการเกิดจากแหล่งกำเนิด สามารถควบคุมได้ยาก และแผ่ขยายกระจายในชั้นบรรยากาศได้ง่าย โอโซนแตกต่างจากสารมลพิษอื่น ๆ คือ โอโซนเกิดจากการทำปฏิกิริยาของแสงอาทิตย์กับออกไซด์ของไนโตรเจนและสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound: VOC) ในอากาศซึ่งแหล่งกำเนิดของก๊าซเหล่านี้มีประมาณ 1,000 ชนิด โดยทั่วไปแล้วแหล่งกำเนิดเหล่านี้คือ การระเหยของน้ำมันรถ การละลายทางเคมี การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง กระบวนการผลิตต่าง ๆ และยานพาหนะ สามารถแพร่กระจายไปได้ไกลมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พร้อมกับสารเคมีตัวอื่น ๆ เช่น ไนเตรต (Peroxyacetyl Nitrate: PAN) ก่อให้เกิดสภาพซึ่งมีลักษณะเหมือนหมอกสีขาวปกคลุมอยู่ทั่วไปในอากาศ (Photochemical Smog) โดยทั่วไปแล้วก๊าซโอโซนจะก่อให้เกิดการระคายเคืองตา มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ลดความสามารถในการทำงานของปอด เป็นต้น

5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matters 10: PM₁₀) อนุภาคของของเหลวและของแข็งที่พบในอากาศ มีอนุภาคขนาดเล็กมากที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ขนาดโดยประมาณอยู่ระหว่าง 0.001 ไมครอน (1 ไมครอน = 0.000001 ไมโครเมตร) อนุภาคของของเหลวและของแข็งที่พบในอากาศ ในด้านกรรมคมนาคนขนส่งฝุ่นละอองส่วนใหญ่เกิดจากยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันดีเซลและ ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายอยู่ในถนนขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการรถบรรทุก นอกจากนี้ PM₁₀ เกิดขึ้นได้เมื่อก๊าซที่เป็นสารมลพิษ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์อยู่ในรูปของอนุภาคขนาดเล็ก ฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน จะทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองก่อให้เกิดซึ่งเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาอุบัติเหตุจราจรได้ และยังมีผลกระทบต่อสุขภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ ทั้งนี้ฝุ่นประเภทนี้ก่อให้เกิดผลกระทบได้ 2 ด้านได้แก่ 1.) ปรากฏการณ์ฝุ่นเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีหรือลักษณะทางกายภาพฝุ่นเข้าไปรบกวนระบบหายใจ โดยฝุ่นเป็นตัวพาหรือดูดซับสารพิษเข้าสู่ร่างกายและ 2.) ลักษณะทางกายภาพของเมือง

6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matters 2.5: PM_{2.5}) ฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาดอนุภาคเล็กมาก ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน หรือ ไมโครเมตร ซึ่งมีอนุภาคขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าขนาดโดยประมาณอยู่ระหว่าง 0.0025 ไมครอน (1 ไมครอน = 0.0000025 ไมโครเมตร) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนนั้นมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้จากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ใหม่และเก่าที่มีปริมาณสูงสุดช่วงรถติด ในช่วงเช้าและเย็นของวันทำงาน การเผาไหม้เครื่องจักร ควันบุหรี การเผาขยะ เผาหญ้า การก่อสร้าง เผาเชื้อเพลิงที่

ใช้ในโรงงาน โดยฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนนี้ยังสามารถรวมตัวกับสารมลพิษอื่นและมักจะเกิดในช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศนิ่ง และแห้งเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ฝุ่นไม่ลอยขึ้นที่สูงสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ง่าย เช่น สารไฮโดรคาร์บอน และโลหะหนัก และเนื่องด้วยมีขนาดที่เล็กมากจึงสามารถลอดผ่านการกรองของขนจมูก ไปยังหลอดลม และสามารถลงลึกจนถึงถุงลมปอดและซึมเข้าสู่กระแสเลือด และทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพร่างกายของมนุษย์ได้ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

2.1.2 ระดับของการเกิดมลพิษทางอากาศ

ระดับของการเกิดมลพิษทางอากาศ สามารถมาจากแหล่งกำเนิดธรรมชาติ หรือจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีการปล่อยสารมลพิษเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการผสมผสานมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต หรือ สิ่งไม่มีชีวิตได้ การแบ่งประเภทของมลพิษทางอากาศสามารถกำหนดได้จากแหล่งกำเนิดว่าเป็นตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถจำแนกประเภทมลพิษทางอากาศได้ตามชนิดของสารมลพิษในบรรยากาศ และตามขนาดของผลกระทบที่มีต่อผู้รับได้การจำแนกประเภทมลพิษทางอากาศ (Ohara et al., 2007) สามารถแบ่งระดับทั้งหมด 3 ระดับ:

1. **มลพิษทางอากาศระดับท้องถิ่น (Local Scale Air Pollution)** จะเป็นมลพิษที่มีผลกระทบ เมื่อถูกปล่อยออกมาหรือทำปฏิกิริยาในอากาศในระยะเวลาอันสั้น และครอบคลุมรัศมีไม่กว้างมาก โดยทั่วไปประมาณไม่เกินหลายสิบกิโลเมตร ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดต่อชุมชน โดยมากมักเกิดจากมลพิษใน ระดับนี้ เช่น ปัญหากลิ่น ปัญหาควันหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งใดแห่งหนึ่ง ปัญหามลพิษทางอากาศในเมือง (Urban Air Pollution) เป็นต้น

2. **มลพิษทางอากาศระดับภูมิภาค (Regional Scale Air Pollution)** จะเป็นมลพิษที่มีผลกระทบในวงกว้างรัศมีอาจถึงหลายร้อยกิโลเมตร แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศประเภทนี้จะมีขนาดใหญ่มาก หรือ ปริมาณแหล่งกำเนิดของมลพิษจะมีความหนาแน่นสูง กระจุกตัวอยู่ในบริเวณเดียวกัน และส่งผลกระทบต่อผู้รับโดยการแพร่กระจายไปในบรรยากาศเป็นระยะทางไกล

3. **มลพิษทางอากาศระดับภาคพื้นทวีป (Hemispherical Scale Air Pollution)** จะเป็นมลพิษ ที่มีผลกระทบในวงกว้างรัศมีหลายพันกิโลเมตร แต่ความรุนแรงมักจะไม่มากเท่า มลพิษทางอากาศระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค มลพิษที่ถูกปล่อยไปในอากาศมีอายุยาวนานพอที่จะคงสภาพในอากาศได้เป็นเวลานาน ปัญหามลพิษทางอากาศระดับภาคพื้นทวีปที่เกิด

โดยสาเหตุทางธรรมชาติ ได้แก่ การระเบิดของภูเขาไฟ ส่วนปัญหาที่เกิดโดยมนุษย์ ได้แก่ ปัญหาไฟป่าขนาดใหญ่ ปัญหาการกระจายตัวสารกัมมันตภาพ เป็นต้น

2.2 บริบทของมลพิษทางอากาศในระดับสากล

ในช่วง 5-10 ปีที่ผ่านมาหลายประเทศทั่วโลกมีการพัฒนาพื้นที่เมืองอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้คนมากกว่า 80% ที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองเผชิญกับระดับคุณภาพอากาศที่เกินมาตรฐาน จากข้อมูลสถิติของ WHO ประชากรในพื้นที่เมืองที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศมากที่สุด ซึ่งระดับมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อด้านสุขภาพ และด้านสิ่งแวดล้อม (World Health Organization, 2021)

2.2.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในระดับสากล

การเกิดมลพิษทางอากาศในบริเวณพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองในระดับสากล (Urban Air Pollution) สามารถแบ่งแหล่งกำเนิดของการเกิดมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองออกเป็น 6 ประเภทหลัก (World Health Organization, 2021) ได้แก่:

1. การขนส่ง และการจราจร ในด้านการใช้รถยนต์ส่วนตัวของผู้คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เมือง โดยเฉพาะรถยนต์เซลที่ใช้ในอดีต เป็นแหล่งสำคัญของมลพิษทางอากาศในเมือง ข้อมูลรายงานประจำปี ค.ศ. 2020 จากสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency: EPA) กล่าวถึงประมาณ 75% ของการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในชั้นบรรยากาศนั้นมาจากการขนส่ง และฝุ่นละอองในอากาศในพื้นที่เมืองหรือแหล่งชุมชนส่วนใหญ่เกิดมาจากยานพาหนะ และการจราจรที่ติดขัดในบริเวณพื้นที่เมืองหรือเมืองหลวง

2. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในประเทศ ประชากรใช้เชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร เชื้อเพลิงดังกล่าวเหล่านี้ รวมถึง ไม้ ถ่าน และถ่านหิน ที่มีการเผาไหม้ในเตาอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะปล่อยฝุ่นละอองจำนวนมากที่สร้างความเสียหายต่อสุขภาพและมลพิษที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ออกสู่สิ่งแวดล้อมใกล้เคียง เพิ่มความเสี่ยงต่อโรกระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจและหลอดเลือด

3. การทำอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมยังคงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในเมือง เนื่องจากพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมแสดงระดับของคุณภาพอากาศที่ไม่ดี โดยเฉพาะโรงงานที่มีการปล่อยก๊าซพิษจำนวนมากจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้สารเคมีส่วนใหญ่ สารพิษต่าง ๆ มากกว่า 80 ชนิดสามารถพบได้ในพื้นที่โรงงานปล่อยออกมา ทั้งนี้ตั้งแต่แรโยทินไปจนถึงตะกั่วและโครเมียม เป็นต้น

4. การผลิตไฟฟ้า เนื่องด้วยจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นจากข้อมูลสถิติประชากรทั่วโลกของกรมเศรษฐกิจและสังคมประชากรสหประชาชาติ (Department of Economic and Social Affairs: UN DESA) ที่กล่าวถึงความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เชื้อเพลิงฟอสซิลจึงถูกใช้อย่าง

มหาศาลเพื่อผลิตพลังงาน เนื่องจากมีราคาถูกและพร้อมใช้งาน โรงไฟฟ้าถ่านหินจึงเป็นแหล่งมลพิษทางอากาศที่สำคัญในเมือง

5. การเผาไหม้และการเกษตร การเผาไหม้ของวัสดุทางการเกษตรนั้นจะปล่อยก๊าซพิษออกสู่บรรยากาศและก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในเมือง ส่วนใหญ่เป็นการเผาไหม้ที่ปล่อย CO₂ และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กิจกรรมการเกษตรยังปล่อยก๊าซอื่น ๆ ในบรรยากาศอีก เช่น NO₂ และ ก๊าซมีเทน (CH₄)

6. กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม จากการรายงานของ GRP-UN (Guidelines for Reducing Plastic Waste & Sustainable Ocean and Climate Action Acceleration, United Nations) กล่าวถึงการใช้ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตเพื่อความงามมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมือง ทั้งนี้จากการสำรวจของ GRP-UN เครื่องสำอางและน้ำหอมส่วนใหญ่มีสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds: VOCs) ซึ่งมีส่วนสามารถทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในเมืองเช่นกัน

อย่างไรก็ตามพื้นที่เมืองยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การพัฒนากฎระเบียบ ด้านการบริหารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมมาตรฐานคุณภาพอากาศ และการกำหนดมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของสารมลพิษบางชนิด รวมถึงการกำหนดข้อกำหนดสำหรับกิจกรรมในพื้นที่เมือง การใช้เชื้อเพลิงรถยนต์ สิ่งอำนวยความสะดวกทางอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยมาตรฐานของรัฐบัญญัติอากาศบริสุทธิ์ (Clean Air Act) กฎหมายคุณภาพอากาศของรัฐบาลกลางสหรัฐ เข้ามาเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นข้อกำหนดกฎหมายที่มีอิทธิพลมากที่สุดเพื่อเป็นมาตรฐานให้กับหลายประเทศทั่วโลก

2.2.2 ดัชนีคุณภาพอากาศมาตรฐานสากล

การวัดระดับคุณภาพอากาศแบบมาตรฐานสากลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ดัชนีคุณภาพอากาศ และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ โดยมีนิยามดังต่อไปนี้

- **ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI)** เป็นการรายงานข้อมูลของลักษณะคุณภาพอากาศในภาพรวมของพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ก๊าซโอโซน (O₃) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดย AQI เป็นการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่ระดับจาก 0 ถึง 500 ค่า AQI สูงเท่าใดระดับมลพิษทางอากาศก็จะมากขึ้นเท่านั้น และแสดงถึงระดับผลกระทบต่อสุขภาพ ตัวอย่างเช่น ค่า AQI ที่ 50 หรือต่ำกว่า แสดงถึงคุณภาพอากาศที่ดี ในขณะที่ค่า AQI ที่มากกว่า 300 หมายถึงคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายสำหรับสารก่อมลพิษแต่ละชนิด ค่า AQI ที่ 100 โดยทั่วไปจะสอดคล้องกับความเข้มข้นของ

อากาศที่ไม่เท่ากัน โดยการวัดระดับของมาตรฐานคุณภาพอากาศประเภทนี้เป็นแบบการรายงานแบบระยะสั้น เพื่อการคาดการณ์และระบุค่าความเข้มข้นและผลกระทบของมลพิษได้อย่างรวดเร็วว่าคุณภาพอากาศในชุมชนเมืองอยู่ในระดับใดดัชนีคุณภาพอากาศของสหรัฐอเมริกาใช้สำหรับการสื่อสารคุณภาพอากาศในแต่ละวัน โดยจะใช้หมวดหมู่ตามสีและให้คำชี้แจงเกี่ยวกับคุณภาพอากาศในพื้นที่ นอกจากนี้ยังใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการคาดการณ์คุณภาพอากาศ และการรายงานคุณภาพอากาศในปัจจุบัน โดยมักจะถูกรายงานในพื้นที่ในเมืองใหญ่ที่ประชากรมากกว่า 350,000 คนต้องมีการรายงาน AQI แบบรายวัน เพื่อเป็นบริการสาธารณสุขแก่ประชาชน และการร่วมงานกันของหน่วยงานของภาครัฐและหน่วยงานท้องถิ่น (U.S. Air Quality Index, 2020)

- **ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ** (National Ambient Air Quality Standards: NAAQS) เป็นการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศนั้น ๆ เพื่อทำการคาดการณ์และประเมินสถานการณ์ของฝุ่นละอองภายในแต่ละประเทศ (The California Air Resources, 2020) มาตรฐานคุณภาพอากาศกำหนดปริมาณสูงสุดของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งอยู่ภายนอกอาคารได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน เพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน ทั้งนี้การรายงานคุณภาพอากาศในแต่ละประเทศทั่วโลกขึ้นอยู่กับการใช้เพื่อนำมารายงานผลจากแหล่งใดของประเทศนั้น ยกตัวอย่างเช่น ดัชนีคุณภาพอากาศของสหรัฐอเมริกา ดัชนีวัดคุณภาพอากาศของประเทศจีน และดัชนีวัดคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ดัชนีคุณภาพอากาศของสหรัฐอเมริกา

ดัชนีคุณภาพอากาศมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (United States Air Quality Index: US AQI) ซึ่งถูกออกแบบขึ้นโดยองค์การทางด้านสิ่งแวดล้อมในอเมริกา รับผิดชอบโดยสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (United States Environmental Protection Agency: US EPA) เพื่อใช้ในการแสดงผลของดัชนีคุณภาพอากาศในประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีการแสดงผลทั้งหมด 6 ระดับ ดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ประเทศสหรัฐอเมริกายังใช้ US AQI ร่วมกับการวัดดัชนีมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศและสุขภาพ (Air Quality Health Index: AQHI) ซึ่งเป็นดัชนีคุณภาพอากาศแบบมาตราส่วนที่ออกแบบขึ้นเพื่อช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของคุณภาพอากาศต่อสุขภาพ เป็นเครื่องมือป้องกันสุขภาพที่ใช้ในการตัดสินใจทำกิจกรรมของคน เพื่อลดการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ โดยการปรับระดับกิจกรรมในระหว่างระดับมลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้น (World Health Organization, 2021)

ตารางที่ 1 ตารางค่ามาตรฐานของมลภาวะทางอากาศ AQI แบบ US EPA

AQI	Air Pollution Level	Health Implications	Cautionary Statement (for PM _{2.5})
0 – 50	Good	Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk	None
51 -100	Moderate	Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution.	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion.
101-150	Unhealthy for Sensitive Groups	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected.	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion.
151-200	Unhealthy	Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid prolonged outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit prolonged outdoor exertion
201-300	Very Unhealthy	Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected.	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid all outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit outdoor exertion.
300+	Hazardous	Health alert: everyone may experience more serious health effects	Everyone should avoid all outdoor exertion

หมายเหตุ. จาก IQ Air Quality, 2020

2. ดัชนีคุณภาพอากาศประเทศจีน

นอกเหนือจากดัชนีคุณภาพอากาศของสหรัฐอเมริกา ยังมีมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศจีน (China Air Quality Index: CAQI) ซึ่งจะมีการบังคับใช้บนพื้นที่ที่แตกต่างกันสำหรับเขตเมืองใหญ่พิเศษบางแห่งเพียงเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อจัดการกับพื้นที่ที่มีมลพิษเป็นปัญหาเร่งด่วนในพื้นที่ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศจีนยังคงแบ่งมาตรฐานออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่:

- ระดับที่ 1 จะมีผลบังคับใช้กับภูมิภาคพิเศษในประเทศจีน ทั้งนี้รวมถึงพื้นที่อุทยานแห่งชาติและพื้นที่สงวนของประเทศจีนในบางมณฑลเท่านั้น

- ระดับที่ 2 จะมีผลบังคับใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ทั้งหมดทุกประเภท นอกเหนือจากประเภทอุทยานและพื้นที่สงวน รวมถึงเขตพื้นที่เมืองและเขตอุตสาหกรรมทั้งหมด มีการดำเนินการตามมาตรฐานกฎหมายสิ่งแวดล้อมฉบับล่าสุดในปี พ.ศ. 2559 และจะมีผลบังคับใช้กับทั่วประเทศจีน

จากดัชนีคุณภาพอากาศของสหรัฐอเมริกาซึ่งมีการแปลงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศแต่ละรายการเป็นคะแนนจาก 0 ถึง 500 และระดับ 1-6 ที่สะท้อนถึงผลกระทบต่อสุขภาพนั้น ประเทศจีนได้มีการยึดรูปแบบของต้นฉบับดัชนีคุณภาพอากาศโดยประเทศจีนใช้รูปแบบของมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศที่สอดคล้องกันกับ ค่า AQI ของสหรัฐอเมริกา มีการลดระดับของการวัดค่ามลพิษในระดับดีถึงอันตรายบางระดับซึ่งจะมีระดับในการวัดค่าที่มีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามทั้งนี้ระดับการแสดงผลของค่าการวัดมลพิษนั้นจะเหมือนกันสำหรับทั้ง AQI ของสหรัฐอเมริกาและจีน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางค่ามาตรฐานของมลภาวะทางอากาศ AQI ของประเทศจีน

CHART 1
Air Quality Index Levels

1	0 - 50 EXCELLENT
2	51 - 100 GOOD
3	101 - 150 LIGHTLY POLLUTED
4	151 - 200 MODERATELY POLLUTED
5	201 - 300 HEAVILY POLLUTED
6	> 300 SEVERELY POLLUTED

หมายเหตุ. จากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมประเทศจีน

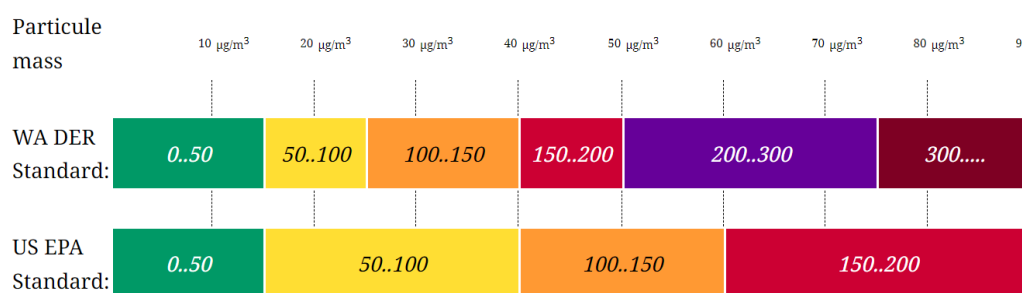
รายงาน IQ Air Quality, 2020

3. ดัชนีคุณภาพอากาศประเทศออสเตรเลีย

ดัชนีคุณภาพอากาศประเทศออสเตรเลีย (The Air Quality data for Perth and Western Australia: WA DER AQI) เป็นการบังคับใช้มาตรฐานของคุณภาพอากาศสำหรับเมืองเพิร์ทและออสเตรเลียฝั่งตะวันตก ซึ่งมีการประกาศใช้ร่วมกันกับแผนมาตรฐานและเป้าหมายในการวัดการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (The department of Environmental Regulation: DER) อย่างไรก็ตามส่วนพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศออสเตรเลียจะไม่ได้ใช้มาตรฐาน WA DER AQI สำหรับปัจจุบันทาง

รัฐบาลได้ประกาศที่จะยังคงใช้มาตรฐาน US EPA เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศออสเตรเลียได้ใช้ประกาศเป็นมาตรฐานโดยภาพรวมประเทศแล้วและอย่างไรก็ตามคุณภาพอากาศสำหรับเมืองเพิร์ทและออสเตรเลียฝั่งตะวันตกจะไม่เหมือนกับในประเทศจีนหรือสหรัฐอเมริกาที่กำหนดไว้ว่า AQI ที่สูงกว่า 200 อยู่ในระดับไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพขั้นรุนแรง (Australia National Environment Protection, 2020)

ตารางที่ 3 ตารางค่ามาตรฐานมลภาวะทางอากาศ AQI เปรียบเทียบระหว่าง US EPA และ WA DER



หมายเหตุ. จากการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งชาติออสเตรเลีย Australia National Environment Protection, 2020

2.2.3 กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ในระดับสากล

1. กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา

กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ (Clean Air Act: CAA) เป็นกฎหมายต้นฉบับของรัฐบาลสหรัฐอเมริกาที่ถูกกำหนดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1975 เพื่อจัดการกับความเสียด้านสาธารณสุขและสวัสดิการที่เกิดจากมลพิษทางอากาศที่แผ่ขยายออกไป การกำหนดมาตรฐานสารก่อมลพิษเหล่านี้ควบคู่ไปกับการกำหนดให้รัฐบาลมีการพัฒนาแผนปฏิบัติการของรัฐ (Structural Insulated Panels: SIPs) มีเนื้อหาที่ครอบคลุมเกี่ยวกับการควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดที่สามารถเคลื่อนไหวและไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ กฎหมายนี้อนุญาตให้สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (United States Environmental Protection Agency: US EPA) กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศแวดล้อมแห่งชาติ (National Ambient Air Quality Standards: NAAQS) เพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน เพื่อควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตราย CAA ได้กล่าวถึงแหล่งที่มาของมลพิษ ตามมาตรา 112 แห่งรัฐบัญญัติอากาศบริสุทธิ์ก็กล่าวถึงการปล่อยมลพิษในอากาศที่เป็นอันตราย โดยนิยามคำว่า “แหล่งกำเนิด” หมายถึง แหล่งกำเนิดที่สามารถเคลื่อนไหวและไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ หรือมีศักยภาพที่จะปล่อยมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตรายต่อพื้นที่เมือง (U.S. Environmental Protection Agency, 2012)

2. กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ของประเทศทวีปยุโรปและออสเตรเลีย

หลังจากการจัดตั้ง CAA หลายประเทศทั่วโลกได้มีการตรากฎหมายฉบับนี้ขึ้นโดยยึดต้นฉบับ CAA ของสหรัฐอเมริกา เช่น CAA สหราชอาณาจักร (CAA United Kingdom 1956), CAA ประเทศนิวซีแลนด์ (Clean Air Act 1972 in New Zealand), CAA ประเทศแคนาดา (Canadian Environmental Protection Act 1999) และ CAA ประเทศฝรั่งเศส (Air Quality and the Rational Use of Energy: LAURE 1996) เป็นต้น เนื่องจากเหตุการณ์ London's Great Smog of 1952 ในช่วงปี ค.ศ. 1952 กรุงลอนดอนได้ตกอยู่ท่ามกลางสถานการณ์หมอกควันพิษ ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการทำเหมืองถ่านหินเพื่อให้แสงสว่างและให้ความร้อน ซึ่งสารพิษจากเหตุการณ์หมอกควันพิษดังกล่าวมีผลต่อชีวิตพลเมืองถึง 12,000 คน หลังจากเหตุการณ์นี้ทางสภาจึงได้เห็นความสำคัญและความร้ายแรงของมลพิษทางอากาศที่มีผลต่อสุขภาพ จึงนำไปสู่การร่างพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศขึ้น โดยมีเจตนารมณ์ของ พ.ร.บ. ฉบับนี้คือการควบคุมมลพิษในเมืองโดยผ่านมาตรการที่หลากหลาย ซึ่งวิธีการที่บังคับใช้นั้นต้องมีส่วนช่วยในการลดระดับมลพิษทางอากาศของเมืองแต่ละแห่งได้อย่างแท้จริง (U.S. Environmental Protection Agency, 2012)

กฎหมายคุณภาพอากาศในทวีปยุโรป (European Environment Agency: EEA) ได้มีการบังคับใช้ทำข้อตกลงร่วมกัน 32 ประเทศในทวีปยุโรปรวมทั้งสหราชอาณาจักร ซึ่งมีต้นแบบมาจากกฎหมายอากาศบริสุทธิ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา จุดมุ่งหมายหลักของกฎหมายฉบับนี้คือเพื่อการบริหารและจัดการคุณภาพการหายใจเอาอากาศที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบคุณภาพอากาศ การพัฒนาเครื่องมือในการวางแผน และการกำหนดมาตรการทางเทคนิค การจัดหางบประมาณและการเงิน การควบคุม และบทลงโทษเพื่อบังคับใช้ร่วมกัน (European Environment Agency, 2021)

คำสั่งและข้อกำหนดของสหภาพยุโรปได้กำหนดให้เมืองและเขตเทศบาลต้องจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศ กฎหมายคุณภาพอากาศกำหนดเครื่องมือในการวางแผนเฉพาะสำหรับการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศในท้องถิ่น แผนระดับภูมิภาคสำหรับคุณภาพอากาศ (Regional Plan for Air Quality: PRQA) เพื่อประเมินมลพิษทางอากาศและกำหนดทิศทางในการลดมลพิษทางอากาศทั่วทั้งภูมิภาค นอกจากนี้ยังร่วมมือกับการวางแผนจราจรในเมือง (Urban Traffic Planning: PDU) ที่จะกำหนดและประสานงานนโยบายการจราจรในเมือง ให้สอดคล้องกับเป้าหมายคือการลดการใช้รถยนต์โดยทำให้ผู้คนจำนวนมากขึ้นใช้ระบบขนส่งสาธารณะที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ลดการใช้พลังงานและลดแหล่งที่ปล่อยสารก่อมลพิษ และทำงานร่วมกับกฎหมายที่ส่งเสริมการพัฒนายานพาหนะสะอาด ซึ่งให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีต่าง ๆ กับประชาชนในพื้นที่ (European Environment Agency, 2021)

3. กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ของประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ในขณะเดียวกันประเทศฝั่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นมีหลายประเทศที่กำหนดตรากฎหมาย อากาศบริสุทธิ์ขึ้น ได้แก่ CAA ประเทศสิงคโปร์ (Clean Air Act Singapore) ซึ่งได้จัดตั้งขึ้นโดยรัฐสภาสิงคโปร์ในปี ค.ศ. 1971 และ CAA ประเทศมาเลเซีย (Environmental Quality Clean Air Regulations) จัดตั้งโดยรัฐบาลมาเลเซียซึ่งได้ร่างข้อบังคับคุณภาพสิ่งแวดล้อมอากาศสะอาด ขึ้นในปี ค.ศ. 2014

ตัวอย่างกฎหมายอากาศบริสุทธิ์ของประเทศฝั่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ WHO ยกให้เป็นต้นแบบของกฎหมายที่บังคับใช้ควบคุมมลพิษทางอุตสาหกรรม ในประเทศในฝั่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ CAA ประเทศสิงคโปร์ โดยในปีค.ศ. 1970 ประเทศสิงคโปร์ขาดกฎหมายที่มีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมในประเทศก็เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ปัญหาของการควบคุมมลพิษทางอากาศมีความเร่งด่วนมากขึ้น จึงทำให้ประเทศสิงคโปร์เผชิญกับจัดการกับมลภาวะทางน้ำและมลภาวะทางอากาศอย่างหนัก ในเวลาต่อมาประเทศสิงคโปร์ได้กำหนดกฎหมายอากาศบริสุทธิ์ควบคุมมลพิษและสิ่งแวดล้อม (Environmental Pollution Control Act 1999: EPC Act) โดยให้อำนาจกับรัฐบาลในการควบคุมมลพิษทางอากาศทั้งหมด มีผลบังคับใช้ในสถานที่ก่อสร้าง โรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่ควบคุมสำหรับกิจกรรมการก่อมลพิษชนิดพิเศษ กล่าวคือผู้ครอบครองสถานที่ก่อมลพิษมีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบประสิทธิภาพ และบำรุงรักษาสถานประกอบการเพื่อลดการปล่อยมลพิษ ซึ่งจากการบังคับใช้กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ควบคุมมลพิษและสิ่งแวดล้อม EPC นั้นสามารถนำมาบังคับใช้กับเมืองสิงคโปร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Singapore Government Agency, 2014)

4. ผลการบังคับใช้กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ในระดับสากล

กฎระเบียบและการควบคุมนโยบายสาธารณะที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในต่างประเทศที่บังคับใช้และเห็นผล ตัวอย่าง ในทวีปยุโรป หลายๆประเทศใช้รูปแบบกระบวนการควบคุมสองขั้นตอน คือ 1.) การพัฒนาตามคำสั่งในระดับของคณะกรรมการการยุโรป 2.) การพัฒนาตามคำสั่งในระดับประเทศผ่านกฎหมายที่สะท้อนถึงคำสั่งของระดับยุโรปซึ่งในแต่ละประเทศจะต้องแสดงให้เห็นฝ่ายบริหารของยุโรปเห็นถึงข้อมูลที่แท้จริงของระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศตามเกณฑ์มาตรฐานสากล เพื่อบังคับใช้ด้วยความเข้มข้นของกฎระเบียบที่แตกต่างกัน หากไม่เป็นเช่นนั้นจะต้องส่งแผนปฏิบัติการไปยังฝ่ายบริหารของยุโรป เช่น ในกรณีของฝรั่งเศส จะมีการยื่นแผนเฉพาะสำหรับ NO₂ และ PM₁₀ เนื่องจากข้อมูลของระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศที่ต่างกันในแต่ละพื้นที่เมืองของฝรั่งเศส

เพราะฉะนั้นในประเทศฝรั่งเศส เมื่อคำสั่งของยุโรปได้รับการยืนยันให้เป็นกฎหมายโดยกฤษฎีกา ประมวลกฎหมายสิ่งแวดล้อม การดำเนินการตามกฎระเบียบจะมอบหมายให้เขตการ

ปกครอง หรือเกณฑ์การกำกับดูแลต่าง ๆ สำหรับมลพิษทางอากาศที่จะสามารถบังคับใช้และบรรลุผลได้ในระยะยาว รวมถึงการกำหนดเป้าหมายสำหรับการคุ้มครองสุขภาพประชาชน หรือการกำกับดูแลที่สอดคล้องกับคำสั่งของยุโรป

แผนปฏิบัติการหลักที่มาจากกฎหมายคุณภาพอากาศของฝรั่งเศสปีค.ศ. 1996 คือ

1.) กฎระเบียบคุณภาพอากาศฝรั่งเศส (Approved Air Quality Monitoring Association: AASQ) ที่มีการวางแผนร่วมกับแผนการจราจรในเขตเมือง (Plans de déplacement urbains: PDU) ซึ่งพัฒนาและความร่วมมือโดยเขตมหานคร 59 แห่งในพื้นที่เขตเมืองที่มีประชากรมากกว่า 100,000 คน

2.) แผนภูมิภาคสำหรับสภาพอากาศ คุณภาพอากาศ และพลังงาน (Schémas régionaux climat air énergie: SRCAE) ซึ่งพัฒนาโดยเขตการปกครอง มีการปรับปรุงกฎระเบียบต่าง ๆ ทุก ๆ 5 ปี โดยแผนนี้จะใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนมากกว่าเครื่องมือกำกับดูแล

3.) แผนคุ้มครองบรรยากาศ (Plans de protection de l'atmosphère: PPA) ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับเขตมหานคร 24 แห่งที่มีผู้อยู่อาศัยอยู่ในเขตเมืองมากกว่า 250,000 คน จะมีการส่งต่อไปโดยตรงที่หัวหน้าเขตการปกครอง เพื่อบังคับใช้ในพื้นที่เมืองนั้น ๆ และมีการปรับปรุงทุก ๆ 5 ปี

แผนดังกล่าวทั้ง 3 แผนจะต้องมีความสอดคล้องกัน มีการตรวจสอบคุณภาพอากาศดำเนินการโดยองค์กรพัฒนาเอกชนด้านคุณภาพอากาศ (Approved Air Quality Monitoring Association: AASQA) และปฏิบัติตามหลักเกณฑ์บางประการของยุโรป เพื่อร่วมมือกันควบคุมการปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดที่เป็นความรับผิดชอบของเขตการปกครอง ในด้านความแตกต่างพื้นฐานระหว่างแนวทางของสหรัฐอเมริกาและฝรั่งเศส คือในฝรั่งเศสการตรวจสอบคุณภาพอากาศนั้นแยกออกจากหน่วยงานบริหารและพัฒนาแผน ส่วนอเมริกานั้นจะนำมารวมกันเป็นองค์กรเดียว โดยฝรั่งเศสมีแนวทางหลัก 3 ประการในการควบคุม คือ

- การห้ามปล่อยมลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดเป็นมลพิษข้ามเขตแดนทั้งหมด เช่น การฉีด DDT ในอเมริกาเหนือและยุโรป ซึ่งทำให้เกิดควันลอยข้ามแดน หรือสารที่ก่อให้เกิดเป็นมลพิษในชั้นบรรยากาศ

- จำกัดการปล่อยมลพิษทางอากาศบางชนิด กำหนดโดยหมวดหมู่แหล่งที่มาและจะต้องเป็นไปตามแหล่งที่มาแต่ละแหล่งของหมวดหมู่ที่กำหนด เช่น การปล่อยไดออกซิน/ฟูแรนจากเตาเผาขยะในฝรั่งเศสและการปล่อยปรอทจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในสหรัฐอเมริกา

- จำกัดการปล่อยมลพิษโดยรวมของมลพิษทางอากาศบางชนิดสำหรับแหล่งที่มาจากแหล่งที่มาของประเภทที่กำหนดโดยรวม เช่น การปล่อย SO₂ และ NO_x จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

2.3 บริบทของมลพิษทางอากาศในประเทศไทย

2.3.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศของประเทศไทย

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญของประเทศไทยสามารถแบ่งเป็น 5 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) ได้แก่:

1. การคมนาคมและขนส่ง จากสถิติกรมการขนส่งทางบก รายงานสถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ในแต่ละปีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.2561 มีจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ 3.09 ล้านคัน และ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ปี พ.ศ. 2562 มีจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ 0.54 ล้านคัน จากสถิติรถจดทะเบียนพบว่าจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมทั่วประเทศเป็นรถดีเซล 10.93 ล้านคัน โดยในกรุงเทพมหานครมีอยู่ทั้งสิ้น 10.33 ล้านคัน และเป็นรถดีเซล 2.7 ล้านคัน รวมถึงปริมาณการจำหน่ายน้ำมันดีเซลทั่วประเทศ จำนวน 22.68 พันล้านลิตร แบ่งเป็นในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 6.86 พันล้านลิตร

2. การเผาในที่โล่ง จากข้อมูลสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ที่ได้มีการติดตามตรวจสอบสถานการณ์ไฟป่าในพื้นที่ประเทศไทยจากดาวเทียม TERRA และ AQUA ระบบ MODIS ระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 31 พฤษภาคมปี พ.ศ. 2561 พบว่า มีจุดความร้อนสะสม (Hotspot) จำนวน 14,565 จุด โดยส่วนใหญ่ เกิดจุดความร้อนสะสมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 5,085 จุด และพบสูงสุดในเดือนมีนาคม โดยเมื่อวิเคราะห์แยกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบจุดความร้อนสะสมสูงสุดในพื้นที่เกษตร ร้อยละ 50 รองลงมาเป็นพื้นที่สปก. ร้อยละ 19 พื้นที่ชุมชน ร้อยละ 11 พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติร้อยละ 10 พื้นที่ป่าอนุรักษ์ร้อยละ 8 และพื้นที่ริมทางหลวง (50 เมตร) ร้อยละ 2 ตามลำดับ

3. การทำอุตสาหกรรม จากข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งรายงานสถิติสะสมของโรงงานอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวน 139,446 แห่ง โดยเป็นโรงงานจำพวกที่ 3 เป็นโรงงานขนาดใหญ่ซึ่งผู้ประกอบการจะต้องได้รับอนุญาตประกอบกิจการก่อนถึงจะประกอบกิจการได้ จำนวน 78,798 โรง

4. การก่อสร้าง ประกอบด้วยทั้งกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองโดยตรง เช่น ฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมการก่อสร้าง ฝุ่นจากการทำงานของเครื่องจักร ฝุ่นจากการขนส่งวัสดุก่อสร้าง ฝุ่นจากการเปิดหน้าดิน ฝุ่นที่เกิดจากการเข้า-ออกพื้นที่โครงการก่อสร้าง และในทางอ้อม โดยการก่อสร้างซึ่งทำให้พื้นผิวจราจรลดลง ทำให้การจราจรติดขัด ส่งผลให้การระบายมลพิษจากยานพาหนะสูงขึ้น

5. หมอกควันข้ามแดน เนื่องจากมลพิษทางอากาศสามารถแพร่กระจายไปได้ในระยะไกล ทำให้ในช่วงต้นปี ระหว่างเดือนมกราคม - เมษายน ที่ประเทศไทยเกิดปัญหาสถานการณ์หมอกควันในพื้นที่ภาคเหนือ 9 จังหวัด และภาคกลางพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ส่วนหนึ่งได้รับผลกระทบจากหมอกควันข้ามแดน จากข้อมูลสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ

สารสนเทศได้ติดตามตรวจสอบสถานการณ์จุดความร้อน (Hotspot) ในประเทศไทยอนุภูมิภาคแม่โขง จากดาวเทียม TERRA และ AQUA ระบบ MODIS ระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 31 พฤษภาคม 2561 พบว่าประเทศเมียนมา มีจุดความร้อนสะสมสูงที่สุด จำนวน 41,204 จุด รองลงมา คือ สปป.ลาว ประเทศกัมพูชา และประเทศเวียดนาม (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

2.3.2 ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยได้นำมาตรฐานสากล US-EPA มาปรับใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศของประเทศไทย ซึ่งดัชนีวัดคุณภาพอากาศของประเทศไทยถูกออกแบบขึ้นโดยกรมควบคุมมลพิษที่ทำหน้าที่บริหารแหล่งข้อมูลและเป็นผู้กำหนดมาตรฐาน AQI ประเทศไทย โดยดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือตั้งแต่ 0 ถึงระดับมากกว่า 300 ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) โดยมีมาตรฐานค่าเฉลี่ยเป็น 2 ระยะ ได้แก่:

1. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (Acute Effect)
2. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรังที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (Chronic Effect) (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

ค่ามาตรฐานของมลภาวะทางอากาศ ด้วยการวัดดัชนี AQI ของประเทศไทยนั้นมีการอ้างอิงมาจากประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งใช้มาตรฐานตามแบบฉบับ US EPA และ AQHI เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าค่ามลพิษแต่ละชนิดระดับใด จัดอยู่ในคุณลักษณะของมลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ แปลงค่าเป็นระดับผลกระทบแบบระดับสี ดีมาก ดี ปานกลาง เริ่มมีผลกระทบ และมีผลกระทบต่อสุขภาพ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) ดังนี้

ตารางที่ 4 ตารางค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI เกณฑ์/ระดับ	PM _{2.5} (มคก./ลบ.ม.)	PM ₁₀ (มคก./ลบ.ม.)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	เกณฑ์
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 1 ชั่วโมง		
0 - 25	0 - 25	0 - 50	0 - 35	0 - 4.4	0 - 60	0 - 100	1 = ดีมาก
26 - 50	26 - 37	51 - 80	36 - 50	4.5 - 6.4	61 - 106	101 - 200	2 = ดี
51 - 100	38 - 50	81 - 120	51 - 70	6.5 - 9.0	107 - 170	201 - 300	3 = ปานกลาง
101 - 200	51 - 90	121 - 180	71 - 120	9.1 - 30.0	171 - 340	301 - 400	4 = เริ่มมีผลกระทบ
มากกว่า 200	91 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	121 ขึ้นไป	30.1 ขึ้นไป	341 ขึ้นไป	401 ขึ้นไป	5 = มีผลกระทบมาก

หมายเหตุ: จาก รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย

ช่วงเวลาเฉลี่ย และหน่วยสารมลพิษทางอากาศที่ใช้ในการคำนวณ

PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม. หรือ µg/m³

O₃ เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

NO₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง : ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

PM₁₀: เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม. หรือ µg/m³

CO เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง : ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm หรือ 1/1,000,000

SO₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง : ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

ตารางที่ 5 ตารางเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	ข้อความแจ้งเตือน	เกณฑ์
0 - 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว	1 = ดีมาก
26 - 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ	2 = ดี
51 - 100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง	3 = ปานกลาง
101 - 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป : ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง	4 = เริ่มมีผลกระทบ

			ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่ปกติ ควรปรึกษาแพทย์	
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งทุกหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น หากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์	5 = มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก

หมายเหตุ: จาก รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย

การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศแต่ละประเภท

คำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยมีระดับของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ระดับต่าง ๆ การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศภายในช่วงระดับ เป็นสมการเส้นตรง ดังนี้ กำหนดให้

$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} (X - X_i) + I_i$$

I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากค่าดัชนี

ย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดค่าดัชนีสูงสุดจะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ ณ ช่วงเวลานั้น

ในส่วนของค่ามาตรฐานฝุ่นละอองของประเทศไทยตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานในค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศแต่ละประเภทโดยมีการกำหนดแบบค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง และการกำหนดแบบค่าเฉลี่ยราย 1 ปี ดังตารางที่ 2.6 โดยในปีดังกล่าวมีการกำหนดใช้ค่ามาตรฐานของค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน แบบรายปี คือ 25 มคก./ลบม. (ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปีพ.ศ. 2560 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา)

ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐานของมลพิษแต่ละชนิดของประเทศไทย

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
3. ก๊าซโอโซน (O ₃)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มก./ลบ.ม.)
5. ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มก./ลบ.ม.
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

หมายเหตุ. จาก กรมควบคุมมลพิษ ดัดแปลงจาก ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความใน พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

2.3.3 กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ในประเทศไทย

สำหรับบริบทของประเทศไทยมีพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง คือ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ซึ่งเป็นกฎหมายที่กล่าวถึงภาพรวมของการคุ้มครองและการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมทุกประเภท เป็นกฎหมายสิ่งแวดล้อมครอบคลุมทุกเรื่องในกฎหมายฉบับเดียว ทั้งนี้ ในส่วนของการควบคุมมลพิษก็เป็นกรกล่าวถึงในภาพรวมมลพิษทุกประเภท แต่ไม่ได้แยกเฉพาะมลพิษทางอากาศเหมือนกับประเทศอื่น ๆ และกฎหมายเฉพาะเรื่องที่ไม่ใช่เรื่องอากาศ ได้แก่ พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 นอกจากนั้นยังกระจัดกระจายอยู่ในกฎหมายอื่น ๆ อีกหลายฉบับ เช่น พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 ซึ่งอยู่ในอำนาจหน้าที่ของหน่วยงานรัฐหลาย

กระทรวงในลักษณะที่แยกส่วนการทำงานกันอย่างชัดเจน ในขณะที่การจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่แยกส่วนไม่ได้ ส่งผลให้การบังคับใช้กฎหมายที่ผ่านมานั้นไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากหน่วยงานยังมีลักษณะต่างฝ่ายต่างทำภายใต้ขอบเขตอำนาจตามกฎหมายที่มีอยู่อย่างจำกัด และขาดการประสานงานร่วมกัน ตลอดจนมาตรฐานและระบบ เกี่ยวกับการจัดการคุณภาพอากาศที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล (Thailand Clean Air Network, 2021)

ในปัจจุบันจึงมีการจัดตั้งเครือข่ายอากาศสะอาด หรือ Thailand Clean Air Network ซึ่งการบริหารจัดการปัญหาหมอกควันพิษให้มีประสิทธิภาพได้นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องออกกฎหมายเพื่อรับรองและคุ้มครองสิทธิของประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ แยกออกจากกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมทุกเรื่อง เนื่องจากการจัดการปัญหาด้านคุณภาพอากาศนั้น เป็นสิ่งที่มีความเฉพาะตัว และไม่สามารถใช้ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของรัฐในปัจจุบันมาใช้แก้ไขปัญหาได้ โดยปัจจุบันมีการจัดทำ “ร่างพระราชบัญญัติกำกับดูแลการจัดการอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพแบบบูรณาการ พ.ศ.” ซึ่งเป็นร่างกฎหมายที่ริเริ่มเสนอโดยภาคประชาชนเพื่อเสนอต่อรัฐสภาให้พิจารณาเห็นชอบบังคับใช้เป็นกฎหมาย (เครือข่ายอากาศสะอาด, 2565) ด้วยบทบัญญัติ 8 ประการ ดังนี้:

1). กฎหมายฉบับนี้ได้กล่าวถึงสิทธิที่จะหายใจอากาศสะอาด ที่จะนำไปสู่การกำหนดให้รัฐมีหน้าที่ต้องดำเนินการเพื่อให้ประชาชนในรัฐได้มาซึ่งสิทธิดังกล่าว กล่าวคือ บุคคลมีสิทธิที่จะดำรงชีวิตด้วยอากาศสะอาดที่ไม่ส่งผลร้ายต่อสุขภาพ และไม่เสียชีวิตก่อนวัยอันควร ซึ่งมีความสอดคล้องและสัมพันธ์กับสิทธิในสุขภาพและสิทธิในชีวิต เป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่ได้รับการรับรองคุ้มครองในฐานะสิทธิมนุษยชน

2). กฎหมายฉบับนี้คำนึงถึงการบูรณาการมิติทางด้านสุขภาพ และมิติทางด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กัน เนื่องมาจากการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศไม่ควรหยุดอยู่เพียงปัญหาสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ควรได้รับความเอาใจใส่ในฐานะที่เป็นปัญหาสุขภาพด้วย โดยเฉพาะบุคคลที่อยู่ในกลุ่มผู้ที่อยู่ในกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็ก หญิงมีครรภ์ ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยเรื้อรัง ผู้ป่วยทางเดินหายใจ หรือผู้ทำงานกลางแจ้ง รวมทั้งการดำเนินนโยบายและมาตรการต่าง ๆ ที่ต้องให้ความสำคัญกับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพเสมอ

3). กฎหมายฉบับนี้ได้กำหนดกลไกการกำกับดูแลการจัดการอากาศสะอาดเพื่อให้การบังคับใช้กฎหมายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดให้มีคณะกรรมการทั้งในระดับนโยบาย (คณะกรรมการร่วมนโยบายอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพ) ระดับกำกับดูแล (คณะกรรมการกำกับดูแลการจัดการอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพ) และระดับปฏิบัติการ (องค์การอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพ) เชื่อมโยงกับส่วนกลาง จังหวัด และเขตพื้นที่เฉพาะ โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือควบคุม ติดตาม ดูแล

ตรวจสอบ และการดำเนินการของหน่วยงานรัฐที่มีอำนาจตามกฎหมาย เพื่อการจัดการอากาศสะอาด เพื่อสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพ

4). เป็นกฎหมายที่สร้างแรงจูงใจควบคู่ไปกับบทลงโทษ โดยกำหนดหมวดกฎหมาย ที่เกี่ยวกับเครื่องมือและมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อสร้างและเพิ่มหรือลดแรงจูงใจ หรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลหรือกลุ่มบุคคล เพื่อเป็นการป้องกัน บำบัด ขจัดหรือลดหมอกควันพิษ หรือส่งเสริมให้มีอากาศสะอาด นอกจากนี้ ยังเปิดโอกาสให้ภาคประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม และร่วมรับผิดชอบในการจัดการหมอกควันพิษด้วย เครื่องมือและมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ที่สำคัญ เช่น การกำหนดและโอนสิทธิในการปล่อยหมอกควันพิษ การประกันความเสี่ยงในความเสียหายต่อระบบนิเวศที่ทำให้คุณภาพอากาศด้อยลง มาตรการอุดหนุน สนับสนุน หรือส่งเสริมบุคคลหรือกิจกรรมสำหรับอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพ เป็นต้น

5). การมุ่งเน้นการจัดการร่วม (Co-management) ที่เชื่อมโยงระหว่าง “ระบบจัดการโดยรัฐ” กับ “ระบบจัดการโดยชุมชน” ผสมผสานกัน โดยเป็นการจัดการร่วมที่มีคุณสมบัติพิเศษ เรียกว่า “การจัดการที่มีชุมชนเป็นฐาน” ซึ่งเป็นการจัดการร่วมที่ชุมชนมีบทบาทหลักและรอง ในการสนับสนุนส่งเสริม ตั้งแต่การจัดทำนโยบาย การกำกับดูแล และการปฏิบัติการ โดยสนับสนุนให้เกิดการมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation) และสร้างความเข้มแข็งโดยการกระจายอำนาจ (Decentralization) เพื่อให้การแก้ปัญหาหมอกควันพิษสามารถดำเนินการได้อย่างเป็นระบบ และทันที่

6). การเปิดช่องแก้ปัญหาหมอกควันพิษในพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ กล่าวคือ การแก้ไขปัญหามอกควันพิษนั้น ต้องหลีกเลี่ยงการแก้ไขปัญหามาโดยวิธีเดียวกันไปแก้ปัญหาทุกเรื่อง (One size fits all) เนื่องจากปัญหามอกควันพิษในแต่ละพื้นที่นั้นมีลักษณะเฉพาะ และอาจจะมีสาเหตุที่แตกต่างกัน ส่งผลให้วิธีการแก้ไขปัญหาก็ต่างกันไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น หมอกควันพิษที่เกิดขึ้นในต่างจังหวัดก็มักมีสาเหตุมาจากการเผาป่า หรือการเผาในภาคเกษตรกรรม ซึ่งแตกต่างจากในเขตเมืองที่มักมาจากภาคอุตสาหกรรมหรือยานพาหนะ ประกอบกับต้องเปิดโอกาสให้คนในพื้นที่ที่ประสบปัญหาได้เข้ามามีบทบาทในการแก้ไขปัญหา เนื่องจากเป็นผู้ที่รู้ถึงสาเหตุของปัญหา

7). เป็นกฎหมายที่มุ่งการบูรณาการ (Integration) ในการทำงานเชิงระบบ เพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานแบบต่างคนต่างทำ ไม่ว่าจะ เป็นระหว่างหน่วยงานของรัฐด้วยกันเอง หรือระหว่างหน่วยงานของรัฐกับภาคประชาสังคม เนื่องจากปัญหามอกควันพิษเป็นปัญหาที่มีความเชื่อมโยงหลายภาคส่วน และสลับซับซ้อนเกินกว่าที่จะขับเคลื่อนด้วยองค์กรใดองค์กรหนึ่ง หรือใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง รวมถึงการบูรณาการระหว่างมิติสิ่งแวดล้อมกับมิติสุขภาพ ระหว่างแรงจูงใจกับบทลงโทษ

8). การกำหนดหมวดหมอกควันพิษข้ามแดน อันเนื่องมาจากปัญหามอกควันพิษเป็นปัญหาที่ไร้พรมแดน กล่าวคือ เหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดหมอกควันพิษในประเทศหนึ่ง อาจส่งผล

กระทบต่อประเทศ รอบข้างได้ จึงจำเป็นต้องกำหนดมาตรการเพื่อป้องกัน และแก้ไขเยียวยาปัญหาที่เกิดขึ้น หากปัญหาเข้าข่ายหมอกควันพิษข้ามแดน โดยกำหนดความผิดสำหรับเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดหมอกควันพิษที่อยู่นอกราชอาณาจักรไทย แต่ปล่อยให้หมอกควันพิษข้ามแดนเข้ามาในราชอาณาจักรไทย ซึ่งในปัจจุบันยังไม่ได้มีการเจรจาระหว่างประเทศเพื่อบังคับใช้มาตรการตามความตกลงระหว่างประเทศเรื่องหมอกควันพิษข้ามแดน ค.ศ. 2002 (ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution, 2002) อย่างจริงจังเพื่อแก้ไขปัญหามอกควันพิษข้ามแดน ตลอดจนกฎหมายภายในประเทศไม่ได้มีฉบับใดบัญญัติมาตรการเกี่ยวกับหมอกควันพิษข้ามแดนเฉพาะ จึงจำเป็นที่จะต้องมียกยัญญัติกฎหมายภายในเรื่องหมอกควันพิษข้ามแดน

กล่าวโดยสรุปคือ ในปัจจุบัน “ร่างพระราชบัญญัติกำกับดูแลการจัดการอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพแบบบูรณาการ พ.ศ. ...” โดยเครือข่ายอากาศสะอาดของประเทศไทย เป็นร่างกฎหมายอากาศสะอาดของภาคประชาชนเพียงร่างกฎหมายเดียว ซึ่งขณะนี้อยู่ในระหว่างการรวบรวมรายชื่อประชาชนผู้สิทธิเลือกตั้งสนับสนุน เพื่อนำสู่ขั้นตอนสำหรับการพิจารณาของรัฐสภาในขั้นต่อไป

ทั้งนี้ประเด็นร่างพระราชบัญญัติกำกับดูแลการจัดการอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพแบบบูรณาการ ที่ผลักดันโดยภาคประชาชน อีกทั้งยังมีความเกี่ยวข้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยมีความเกี่ยวข้องกัน 4 ประการ จากทั้งหมด 17 ประการ (Thailand Clean Air Network, 2021) ได้แก่:

- 1). SDG 3 สุขภาพและสุขภาวะที่ดี ในข้อ (3.9) กล่าวถึงการลดจำนวนการตายและการป่วยจากสารเคมีอันตราย จากการปนเปื้อน มลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน ภายในปี ค.ศ. 2573
- 2). SDG 7 พลังงานสมัยใหม่ในราคาที่ซื้อหาได้ เชื่อถือได้ และยั่งยืน ในข้อ (7.2) กล่าวถึงการเข้าถึงเทคโนโลยีสะอาดในครัวเรือน
- 3). SDG 11 เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความปลอดภัย ทั่วถึง พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงและยั่งยืนภายในพื้นที่เมือง ในข้อ (11.6) กล่าวถึงการลดผลกระทบทางลบของเมืองต่อสิ่งแวดล้อมต่อหัวประชากรโดยรวมถึงการให้ความสนใจเป็นพิเศษต่อคุณภาพอากาศ และ
- 4). SDG 13 กล่าวถึงการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

2.3.4 แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ “การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง”

สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษ ได้ทำการจัดตั้งแผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ “การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง ปี พ.ศ. 2562” โดยมีกรอบแนวคิดเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาคงจะต้องพิจารณาผลกระทบจากมลภาวะทางอากาศในทุกมิติ โดยเฉพาะผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับประชาชน เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการใช้ชีวิตปกติมากเกินไป โดยมีเป้าหมาย “สร้างอากาศดี เพื่อคนไทย และผู้มาเยือน” ทั้งนี้ได้มีการกำหนดขั้นตอนการจัดทำแผนปฏิบัติการขับเคลื่อน

วาระแห่งชาติ การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้มีการดำเนินงาน โดยสรุปได้ดังนี้

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้จัดทำแนวทางและมาตรการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเร่งด่วน ระยะปานกลาง (พ.ศ. 2562 -2564) และระยะยาว (พ.ศ. 2565 - 2567) เพื่อนำไปสู่เป้าหมายในการ “สร้างอากาศดี เพื่อคนไทย และผู้มาเยือน” โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ชัดเจนในช่วงสถานการณ์วิกฤตปัญหาฝุ่นละอองด้วย 3 มาตรการ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) ได้แก่

- (1) การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการและจัดการในเชิงพื้นที่
- (2) การป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง (แหล่งกำเนิด) และ
- (3) การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการมลพิษ

ทั้งนี้ ในช่วงระหว่างเกิดสถานการณ์วิกฤตฝุ่นละอองมลพิษ (เดือนธันวาคม - เดือนเมษายน) เป็นขั้นปฏิบัติการช่วงปริมาณ PM_{2.5} เกินมาตรฐานเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือผู้มีอำนาจหน้าที่สามารถปฏิบัติได้ทันที่ตามการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ฝุ่นละอองโดยได้กำหนดเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- **ระดับที่ 1** เป็นระดับที่ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} มีค่าไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ให้ส่วนราชการทุกหน่วยต้องดำเนินการตามภารกิจ อำนาจหน้าที่ และกฎหมายที่มีอยู่ให้ครบถ้วนตามสถานการณ์ปกติ เพื่อควบคุมรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑลให้อยู่ในระดับปกติ

- **ระดับที่ 2** เป็นระดับที่ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} มีค่าระหว่าง 51 - 75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ให้ทุกส่วนราชการต้องดำเนินการเพิ่มและยกระดับมาตรการต่าง ๆ ให้เข้มงวดขึ้น ในระดับนี้ ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานครและผู้ว่าราชการจังหวัดที่ประสบปัญหาฝุ่นละอองเป็นผู้บัญชาการเหตุการณ์ในพื้นที่รับผิดชอบสำหรับส่วนราชการอื่น ๆ เช่น กระทรวงมหาดไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงคมนาคม กระทรวงสาธารณสุข กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และมีกรมควบคุมมลพิษเป็นหน่วยสนับสนุน

- **ระดับที่ 3** เป็นระดับที่ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} มีค่าระหว่าง 76 - 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และได้มีการดำเนินการในระดับที่ 2 แล้ว แต่สถานการณ์ฝุ่นละอองยังไม่ลดลง และเมื่อคาดการณ์แล้วพบว่าจะมีแนวโน้มสูงขึ้น ให้เป็นอำนาจและหน้าที่ของผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานครและผู้ว่าราชการจังหวัดที่ประสบปัญหาฝุ่นละอองด้วยกฎหมายที่มีอยู่ เช่น พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทา สาธารณภัยแห่งชาติ

พ.ศ. 2550 เป็นต้น เพื่อเข้าไปควบคุมแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อประชาชน ซึ่งผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานครสามารถสั่งการเพื่อให้คุณภาพอากาศกลับสู่สภาวะปกติ

- **ระดับที่ 4** เป็นระดับที่ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ มีค่ามากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีการดำเนินการในระดับที่ 3 แล้ว แต่สถานการณ์ฝุ่นละอองยังไม่ลดลงและมีแนวโน้มสูงขึ้นมากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ต่อเนื่อง แนวทางปฏิบัติกำหนดให้มีการประชุมคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเป็นกรณีเร่งด่วนพิเศษ และพิจารณาแนวทางในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยจะต้องนำแจ้งไปยังนายกรัฐมนตรีเป็นการเร่งด่วน เพื่อพิจารณาในการสั่งการอย่างใดอย่างหนึ่งที่เป็นแนวทางหรือมาตรการลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดของหน่วยงาน (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562)

นอกจากนี้การแก้ไขปัญหาหมอกควันข้ามแดนได้มีการกำหนดมาตรการในการแก้ไขดังนี้

- **มาตรการระยะสั้น (พ.ศ. 2562 - 2564)** ประกอบด้วยการขับเคลื่อนการดำเนินงานตามข้อตกลงเรื่องมลพิษหมอกควันข้ามแดน เพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานตามโรดแมปอาเซียนปลอดหมอกควันข้ามแดน (ASEAN Transboundary Haze - Free Roadmap) และขับเคลื่อนการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการเชียงราย 2017 เพื่อป้องกันมลพิษจากหมอกควันข้ามแดน (Chiang Rai 2017 Plan of Action for Transboundary Haze Pollution Control in the Mekong Sub-Region) การประสานความร่วมมือ

ระหว่างประเทศเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควัน โดยใช้กลไกในทุก ได้แก่ ระดับอาเซียน ระดับคณะกรรมการชายแดนภายใต้กระทรวงกลาโหม และระดับจังหวัดชายแดนคู่ขนานระหว่างประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน และการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันข้ามแดนจากการขนส่ง

- **มาตรการระยะยาว (พ.ศ. 2565 - 2567)** ประกอบด้วยการขับเคลื่อนการดำเนินงานตามข้อตกลงเรื่องมลพิษหมอกควันข้ามแดน เพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานตามโรดแมปอาเซียนปลอดหมอกควันข้ามแดน (ASEAN Transboundary Haze - Free Roadmap) ขับเคลื่อนการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการเชียงราย 2017 เพื่อป้องกันมลพิษจากหมอกควันข้ามแดน (Chiang Rai 2017 Plan of Action for Transboundary Haze Pollution Control in the Mekong Sub-Region) การประสานความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควัน ได้แก่ ระดับอาเซียน ระดับคณะกรรมการชายแดนภายใต้ และระดับจังหวัดชายแดนคู่ขนานระหว่างประเทศไทยประเทศเพื่อนบ้าน (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562)

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ และการประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องมลพิษทางอากาศ

จากการทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหนังสือ Air Pollution: Concepts, Theory, and Applications (2019) ได้กล่าวถึง การปล่อยมลพิษทางอากาศ การกระจายตัวของลักษณะอากาศในชั้นบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอากาศ การสะสมของฝุ่นละอองบนพื้นผิวและระบบนิเวศเมืองในพื้นที่เขตเมืองและพื้นที่นอกเขตเมือง ทั้งนี้ผู้เขียนได้กล่าวถึง เทคโนโลยีการควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศ ผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม กฎระเบียบ ข้อบังคับ กระบวนการควบคุมมลพิษทางอากาศในชั้นบรรยากาศและนโยบายสาธารณะ สำหรับการพัฒนากลยุทธ์เพื่อลดมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมือง และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นแนวความคิดในแง่มุมมองขององค์ประกอบพื้นฐานด้านมลพิษทางอากาศ โดยหัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องหลัก ๆ ทั้งหมด 3 ประการ ได้แก่:

1. อุณหภูมิต่ำในพื้นที่เขตเมือง กล่าวถึงการปล่อยมลพิษมลพิษทางอากาศ การกระจายตัวของลักษณะอากาศในชั้นบรรยากาศในพื้นที่เมือง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมลพิษทางอากาศ โดยผู้เขียนกล่าวถึง การเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมือง ซึ่งความอบอุ่นของพื้นที่ในเมืองจะมากกว่าพื้นที่ชนบทโดยรอบเนื่องจากเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบคลื่นสั้นอัลเบโด (Albedo) ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำกว่า ส่งผลให้การผลิตความร้อนนั้นจะมีความร้อนมาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ในพื้นที่เมือง (Seigneur, 2019)

ทั้งนี้สภาวะมลพิษทางอากาศ มีความแปรผกผันกับความเร็วและทิศทางของลม ซึ่งจำกัดการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของสารมลพิษ และยังเกี่ยวข้องกับระบบความกดอากาศสูงของเคมีในชั้นบรรยากาศและการก่อตัวของมลพิษระดับทุติยภูมิ เช่น โอโซนและฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} รวมถึงอนุภาคที่มีความแปรปรวนในเวลากลางคืนหรือในฤดูที่แตกต่างกันจะจำกัดการกระจายตัวของสารมลพิษในแนวตั้งที่ปล่อยออกมาหรือส่งผลต่อการก่อตัวขึ้นภายในชั้นบรรยากาศ ดังนั้นจึงมีผลต่อความเข้มข้นสูงของมลพิษที่ปล่อยออกมา เช่น จากการจราจรและความร้อนจากที่อยู่อาศัย เป็นต้น

ประเภทของมลพิษและแหล่งกำเนิด มีกระบวนการเกิดที่ต่างกัน เช่น มลพิษที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้ มลพิษที่ปล่อยออกมาจากการระเหย มลพิษที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการทางกล มลพิษที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติและที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการทางธรรมชาติหรือจากมนุษย์ เป็นต้น ตัวอย่าง การปล่อยมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น การจราจรอุตสาหกรรม การทำความร้อนในที่พักอาศัย และการประกอบธุรกิจ ธุรกิจต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดความร้อน เกษตรกรรม การเผาชีวมวลที่มนุษย์สร้างขึ้น การจราจรบนถนน การ

ปล่อยก๊าซจากรถยนต์ดีเซล รถยนต์เบนซินและรถจักรยานยนต์ เป็นต้น และการปล่อยก๊าซธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยปราศจากกิจกรรมของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น การปล่อยก๊าซชีวภาพจากพืชพรรณ ฝุ่นทะเลทรายบนพื้นผิวโลก การเกิดไฟฟ้า ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น (Kim, 2020)

อย่างไรก็ตามมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกอาคารนั้นขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศ โดยกิจกรรมของแหล่งกำเนิดต้นทางจะถูกกำหนดแตกต่างกันไปตามชนิดของแหล่งที่มา ตัวอย่างเช่น การจราจรบนท้องถนน ระยะทางเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือในกรณีของเครื่องทำความร้อนที่อยู่อาศัยประเภทต่าง ๆ ที่ผลิตปริมาณเชื้อเพลิงออกมาจากครัวเรือน (Seigneur, 2019)

2. ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเมือง สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศสำหรับผู้ใช้อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตเมือง จะต้องมีการประเมินความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ Health Risk Assessment (HRA) คือการใส่ข้อมูลลงในโปรแกรมเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของการประเมินด้านสุขภาพโดยการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสุขภาพและอนามัยของประชาชนในด้านมลพิษทางอากาศ (Naughton et al., 2018)

โดยจากการศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเมืองส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่มลพิษทางอากาศภายนอกอาคารอย่างเดียว เพื่อสนับสนุนการพัฒนามาตรฐานคุณภาพอากาศแวดล้อม แต่แท้ที่จริงแล้วควรประเมินมลพิษทางอากาศภายในอาคารเช่นเดียวกัน สำหรับมลพิษทางอากาศบางชนิดมีความเป็นไปได้ที่จะระบุความเข้มข้นของมลพิษในอากาศที่ต่ำกว่าซึ่งอาจจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพใด ๆ เช่น CO, O₃, NO₂ และ SO₂ เป็นต้น และสำหรับสารก่อมะเร็งในอากาศ เช่น เบนซิน ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์ใด ๆ มารองรับ และจัดให้เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ส่วนอนุภาคอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศ ผลลัพธ์จากการศึกษาทางระบาดวิทยา ยังคงไม่ได้ระบุความเข้มข้นของเกณฑ์ที่ต่ำกว่าเช่นกัน ซึ่งจะไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพใด ๆ แต่ในกลุ่มของผู้ที่อ่อนไหวบางคนอาจได้รับผลกระทบในระดับความเข้มข้นต่ำได้เช่นกัน (Seigneur, 2019)

3. กฎระเบียบและการควบคุมนโยบายสาธารณะที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ กล่าวถึงกฎระเบียบและการควบคุม รวมถึงนโยบายสาธารณะที่มีความครอบคลุมในส่วนของมลพิษทางอากาศอย่างครบถ้วนตั้งแต่แหล่งกำเนิดไปจนถึงผลกระทบต่อด้านสุขภาพและด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีการยกตัวอย่างนโยบายสาธารณะที่มีการบังคับใช้จริงและประสบความสำเร็จของ Christian Seigneur ศาสตราจารย์จากบัณฑิตวิทยาลัยด้านวิศวกรรมของฝรั่งเศสได้มีการริเริ่มกฎระเบียบและการควบคุมนโยบายสาธารณะที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ภายใต้บริษัทวิจัยและให้คำปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อมและชั้นบรรยากาศ (Atmospheric & Environmental Research: AER) โดยความเข้มข้นของกฎระเบียบขึ้นอยู่กับผลการศึกษาทางพิษวิทยาและทางระบาดวิทยาทางอากาศ โดย

สถาบันวิจัยได้ศึกษาหาความสอดคล้องกันระหว่างการศึกษาทางพิษวิทยาและทางระบาดวิทยา ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างผลกระทบต่อด้านสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ และโอกาสการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ ทั้งนี้ความสอดคล้องระหว่างการศึกษาทางระบาดวิทยามีผลสรุปของการศึกษาทางระบาดวิทยาหลายครั้งนำไปสู่ความเสี่ยงที่สัมพันธ์กัน โดยการศึกษาประกอบไปด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ชนิดของตัวบ่งชี้ ระยะเวลาการรับแสงอาทิตย์ ที่ตั้งของสถานีเฝ้าระวังมลพิษ ค่าความเข้มข้นของมลพิษแต่ละชนิด รูปแบบสถิติ และวิธีการวัด สำหรับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษจะวัดทั้งระยะสั้นและระยะยาว อย่างไรก็ตาม กฎระเบียบด้านคุณภาพอากาศที่อิงตามเกณฑ์ของ US EPA และ HRA ถือว่าความเสี่ยงต่อสุขภาพเป็นที่ยอมรับได้ ค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศที่ต่ำกว่าจะไม่มีผลเสียต่อสุขภาพระดับรุนแรงโดยมลพิษนั้นคือ CO, NO₂, SO₂ และ O₃ เป็นต้น (Seigneur, 2019)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในเมือง

จากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาด้านมลพิษเมืองมีงานวิจัยที่หลากหลายด้าน งานวิจัยชิ้นหนึ่งซึ่งศึกษาเกี่ยวมลพิษเมือง ในกรณีศึกษาประเทศจีน เมืองปักกิ่ง ได้มีการศึกษาพลวัตของมลภาวะทางอากาศจากการเกิดกระบวนการเป็นเมืองในปี ค.ศ. 1973 ถึงปี ค.ศ. 2013 โดยจากผลการศึกษาค้นพบว่าลักษณะทางด้านกายภาพ ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคมของเมืองปักกิ่งมีผลต่อการเกิดมลภาวะทางอากาศมีองค์ประกอบหลักคือ จำนวนประชากรในพื้นที่เมือง และ GDP ของประเทศที่เป็นลักษณะการเติบโตของ มลภาวะทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงการทำกิจกรรมของมนุษย์ในแต่ละช่วงเวลาโดยอาจจะมึผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพอากาศในช่วงเวลานั้น ๆ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของมนุษย์แสดงถึงลักษณะความสัมพันธ์ของ PM_{2.5} กับพื้นที่เมืองกล่าวถึงมลพิษ PM₁₀ ที่มี PM_{2.5} ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของมลภาวะทางอากาศและการเกิดผลกระทบต่อพื้นที่เมือง โดยจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการเกิดมลภาวะทางอากาศที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (Han et al., 2016)

งานวิจัยดังกล่าวค้นพบว่ามลพิษฝุ่น PM_{2.5} หรือ PM₁₀ จะบ่งบอกถึงโอกาสและแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากขึ้นในอนาคต จากการศึกษาพบอัตราส่วนในพื้นที่เมืองปักกิ่ง 71% แสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญต่อสุขภาพของประชากร จากความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{2.5} และ PM₁₀ ที่เป็นองค์ประกอบหลักที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เมือง จากการศึกษาด้วยระยะเวลาประมาณ 40 ปี ซึ่งสาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของ PM_{2.5} ตั้งแต่ปีค.ศ. 1973 ถึงปีค.ศ. 2013 มาจากจำนวนประชากรและ GDP และการเติบโตของ PM_{2.5} จะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา มีอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ จากผลกระทบปีค.ศ. 2004 และปีค.ศ. 2008 มีนโยบายการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ทำให้ความเข้มข้นของ PM_{2.5} ลดลง ซึ่งปักกิ่งมีการพัฒนาอุตสาหกรรมหนักที่ทำให้

GDP เพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่ทำให้สภาพแวดล้อมและบรรยากาศเป็นมลพิษ ในปีค.ศ. 2008 มีนโยบายเนื่องจากการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกและนโยบายการปกป้องสิ่งแวดล้อม จึงมีการย้ายฐานอุตสาหกรรมหนักออกไปนอกกรุงปักกิ่งเพื่อลด $PM_{2.5}$ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ และการขยายตัวของเมือง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอีกครั้งอย่างสูงในปีค.ศ. 2003 ถึง ปีค.ศ. 2008 เนื่องจากเมืองปักกิ่งนั้นมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว (Han et al., 2016)

ในบริบทของประเทศไทยด้วยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษอากาศหลักคือลักษณะภูมิประเทศ (Hamed et al., 2021) ทั้งนี้รวมถึงสิ่งกีดขวางทางลมที่พัดพามลพิษให้แพร่กระจายในบริเวณกว้าง เช่น อาคาร บ้านเรือน และสิ่งปลูกสร้าง และจากลักษณะการวางผังเมืองที่มีการกำหนดความหนาแน่นและมีลักษณะการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย (Khamchiangta & Dhakal, 2019) โดยในช่วงปีพ.ศ. 2563 ที่ดินประเภทพักอาศัยที่จะมีแนวโน้มการปล่อยมลพิษประเภทคริวเรือนมากกว่าอาคารสำนักงาน เป็นการกระจายตัวของแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญในช่วงปีที่ผ่านมา รวมถึงความหนาแน่นของอาคาร และความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ และจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าลักษณะเมืองที่แตกต่างกันในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินจะส่งผลให้การปล่อยปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เมืองปริมาณที่ต่างกัน (Chirasophon & Pochanart, 2020)

ส่วนในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาหนึ่งศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ ด้วยการใช้เทคนิคการถดถอยการใช้ที่ดิน (LUR) โดยใช้เพื่อจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ แบบรายวันกับตัวแปรต่าง ๆ เช่น ลักษณะของการจราจรและการขนส่ง ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา และการใช้ที่ดิน เพื่อนำมาทำนายจากแบบจำลอง LUR โดยใช้ข้อมูลจากปีพ.ศ. 2562 ซึ่งผลลัพธ์ของการศึกษาคือ ผลกระทบของการเกิด $PM_{2.5}$ ตามฤดูกาลนั้นมีผลกระทบอย่างมาก อย่างไรก็ตาม เวลาไม่มีความแปรผันกับตัวแปรอื่น ๆ รวมถึงลักษณะการจราจรและการขนส่ง ในขณะเดียวกันขนาดรัศมีของโรงงานชีวมวลซึ่งมีการทำนายคาดการณ์การเผาไหม้บอกเป็นนัยสำคัญว่าจะต้องมีมาตรการลด $PM_{2.5}$ โดยการจำกัดการเผาไหม้ชีวมวลแบบเปิด และการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างประเทศร่วมด้วย เนื่องจากเกิดเพลิงไหม้ภายในพื้นที่กันชนในประเทศเพื่อนบ้านนอกประเทศไทย โดยแบบจำลอง LUR แสดงให้เห็นถึงการเลือกใช้แบบจำลองด้วยความเหมาะสมทางสถิติและความแม่นยำของการทำนายคาดการณ์เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษา LUR ก่อนหน้านั้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลนั้นมีความละเอียดมากขึ้น (Chalermpong et al., 2021)

2.5.2 เครื่องมือและวิธีการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(1) Geographic Information System (GIS)

การขยายตัวของเขตเมืองและการเพิ่มจำนวนอาคารในลักษณะต่าง ๆ เช่น ถนน สิ่งแวดล้อม ส่งผลต่ออุตุนิยมหาวิทยาลัยในเขตเมือง ทำให้การกระจายตัวของมลพิษเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลต่อ เนื่องมาจากการพัฒนาเมือง บทความวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบข้อมูล ทางภูมิศาสตร์ GIS และมีวิธีการวิเคราะห์ทางนิเวศวิทยาภูมิทัศน์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงใน รูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดินและภูมิทัศน์ในเมืองเฉิงตู ประเทศจีน โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกรูปแบบการกำหนดพารามิเตอร์แบบจำลองการวิจัยและพยากรณ์สภาพอากาศ (Weather Research and Forecasting: WRF) รวมถึงข้อมูลความเร็วลมและอุณหภูมิจำลอง มาประกอบการวิเคราะห์ร่วม โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินทั้งเก่าและใหม่ มาทำการประเมินและเปรียบเทียบในปีค.ศ. 1980 และ 2015 ข้อมูลการปล่อยมลพิษนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลมาจากมหาวิทยาลัยถึงซัว (Tsinghua University) เมืองเฉิงตู ประเทศจีน (Sun et al., 2019)

ผลการทดลองโดยใช้แบบจำลอง WRF สำหรับเมืองเฉิงตูภายใต้สภาวะทาง ภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงพัฒนาของเมืองที่แปรปรวนในช่วงระยะเวลา 20 ปี พบว่าแหล่งที่มา ของมลพิษไม่เปลี่ยนแปลงตามข้อมูลการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่การเปลี่ยนแปลงการใช้ ที่ดินในเขตเมืองจากผลลัพธ์การจำลองพบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง 2015 มีปริมาณมลพิษ $PM_{2.5}$ ใน ชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเมืองเฉิงตูที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเป็น การทำพาณิชยกรรม รองลงมาคือพื้นที่สีเขียว ทั้งนี้โมเดล WRF การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในเขตเมืองนั้นจะมีปริมาณสูงกว่าในพื้นที่เขตชาน เมืองและพื้นที่โดยรอบ (Sun et al., 2019)

(2) Kriging Interpolation

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถใช้สำหรับทำนายข้อมูลมลพิษทางอากาศใน แบบจำลองวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ซึ่งข้อมูลจากการวัดสารก่อมลพิษ สามารถส่งผลให้การ พยากรณ์มลพิษทางอากาศดีขึ้น การศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลอง Kriging Interpolation และ LUR (Land use regression) นำมาวิเคราะห์ร่วมกันแบบผสมผสาน เพื่อประเมินความแปรปรวนเชิงพื้นที่ และเวลาของ $PM_{2.5}$ สำหรับประเทศไต้หวัน จากข้อมูล $PM_{2.5}$ ที่นำค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ระดับ 71 จากสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศด้วยความละเอียดแบบประจำปีและแบบรายเดือน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554 โดยใช้วิธี Kriging โดยอิงจากการสังเกตข้อมูล "n-1" คือความเข้มข้นที่ คาดการณ์ไว้ ถูกสร้างขึ้นและนำมาใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ ส่วนวิธี Kriging จะนำมาใช้ในการ พยากรณ์มลพิษทางอากาศ โดยผลสรุปจากการวิเคราะห์ด้วยโมเดล สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพ การทำนายสำหรับ $PM_{2.5}$ เชิงพื้นที่ได้ดีกว่าการไม่วิเคราะห์แบบผสมผสาน โดยผลลัพธ์จาก

แบบจำลองดังกล่าวยังได้แสดงถึงความละเอียดเชิงพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน และสามารถยืนยันเปรียบเทียบความแม่นยำของผลลัพธ์ได้ (Hsu et al., 2020)

(3) Spatial Temporal Analysis / Spatio-temporal Model

มลพิษทางอากาศได้กลายเป็นปัญหาสำคัญในเมืองต่าง ๆ ทั่วโลก การศึกษานี้ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับพื้นที่และเวลาในรูปแบบของ $PM_{2.5}$ และการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเมืองที่มีค่ามลพิษทางอากาศเกินค่ามาตรฐานของประเทศในแต่ละวัน ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของช่วงวัน จากรายงานค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ พบว่า 338 เมือง มีค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ สูงกว่าระดับมาตรฐานในประเทศจีน การศึกษานี้ได้เชิงพื้นที่ โดยวิเคราะห์จุดพิคต์ความร้อนของ $PM_{2.5}$ (Hot spot) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เชิงสำรวจ ปัจจัยอุตุณิยมหาวิทยาลัยที่มีผลต่อ $PM_{2.5}$ ด้วยวิธี Spatial Temporal Analysis ผลลัพธ์จากการศึกษาสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของ $PM_{2.5}$ แสดงแนวโน้มโดยมีค่าต่ำสุดในช่วงบ่ายของวัน และความเข้มข้นสูงสุดเกิดขึ้นหลังจากสิ้นสุดชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้าและเย็น และจาก 338 เมืองพบว่า 235 เมืองมีค่ามลพิษที่เกินมาตรฐาน CAQI อยู่ที่ ≤ 35 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และการกระจายเชิงพื้นที่ของความเข้มข้น $PM_{2.5}$ แตกต่างกันอย่างมา และจุดพิคต์ความร้อนของ $PM_{2.5}$ สำหรับมลพิษส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ใน ปักกิ่ง-เทียนจิน-เหอเป่ย์ ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากการปล่อยควันและฝุ่นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วลมก็มีผลกับการเกิดมลพิษเช่นกัน (Ye et al., 2018)

ในขณะเดียวกันแม้ว่าการสร้างแบบจำลองการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองจะได้รับการตรวจสอบและนำไปใช้ในประเทศจีนแล้ว แต่การประเมินระยะยาวที่แม่นยำด้วยความละเอียดเชิงพื้นที่สูงในระดับประเทศยังคงเป็นเรื่องที่ถูกนำมาพิจารณาในปัจจุบัน บทความวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ อุตุณิยมหาวิทยาลัย และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยวิธี Machine Learning และ Spatiotemporal Modeling ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) ภาพถ่ายทางดาวเทียม (2) การสร้างแบบจำลองความเข้มข้น $PM_{2.5}$ รายวัน ในขนาดกริด 1 กม. \times 1 กม. โดยวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วย Spatiotemporal และ (3) การลดขนาดการคาดการณ์ $PM_{2.5}$ รายวันเป็นความละเอียด 100 ม. ในพื้นที่เมือง การประเมินความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ รายวันในประเทศจีน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2556-2562 การลดขนาดความละเอียดเชิงพื้นที่จะช่วยปรับปรุงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในระดับเมืองได้ โดยการศึกษานี้เป็นประโยชน์ต่อการคาดการณ์ $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองและการศึกษาทางระบาดวิทยา (Huang et al., 2021)

การศึกษาอีกชิ้นหนึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของมลพิษทางอากาศ ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลในกลุ่มเมืองของลุ่มน้ำเสฉวนในภาคตะวันตกใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ พิจารณาจากความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , CO , NO_2 และ SO_2 ประกอบกับข้อมูลอุตุณิยมหาวิทยาลัยแบบประจำปีค.ศ. 2015-2017 เพื่อศึกษาลักษณะมลพิษทางอากาศในภูมิภาค ด้วยวิธีวิจัยคือการวิเคราะห์

รูปแบบเชิงพื้นที่ (Spatiotemporal Modeling) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นมลพิษ โดยมีผลสรุปของงานวิจัยคือ เมืองฝั่งตะวันตกของจีนมีความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศแวดล้อมของจีน (China Ambient Air Quality Standards: CAAQS) เนื่องจากผลกระทบร่วมของการปล่อยมลพิษในอุตสาหกรรม และการคมนาคมขนส่งจากเมืองโดยรอบ อุตสาหกรรมมีผลกระทบต่อโอโซนในเมือง สามารถเกิดขึ้นได้ง่ายภายใต้สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงร่วมกับระยะเวลาการส่องสว่างของแสงแดด และ ความชื้นสัมพัทธ์ (Zhao et al., 2019)

การศึกษาอีกชิ้นหนึ่งได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของการปรับปรุงพัฒนาระบบระบบขนส่งมวลชนรูปแบบใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกับมูลค่าการพัฒนาที่ดินที่อยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครมีวิธีการศึกษาด้วย การศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) และมีวิธีการคัดเลือกโมเดลการวิเคราะห์ผลการถดถอยของตัวกำหนดมูลค่าที่ดินแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สุดด้วยการวิเคราะห์ค่าของโมเดล จากการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial Lag Spatial Error และ OLS ด้วยการวิเคราะห์ค่า Lagrange multiplier และ ค่า Robust Lagrange Multiplier เพื่อนำโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์ และการแสดงค่าผลลัพธ์ที่มีความชัดเจน (Anantsuksomsri & Tontisirin, 2015)

(4) Spatio-temporal Regression Kriging (STRK)

การศึกษาวิจัยชิ้นหนึ่งได้วิเคราะห์ การถดถอยเชิงพื้นที่สำหรับความเข้มข้นของ NO_2 ในพื้นที่เมือง เพื่อทำการตรวจสอบความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในเชิงพื้นที่และเวลา โดยใช้วิธีวิเคราะห์คือ Spatio-temporal Regression Kriging (STRK) เพื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงพื้นที่และเวลา และเพื่อทำนายการกระจายตัวของความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ต่อพื้นที่เมือง พื้นที่ศึกษาสำหรับการศึกษานี้คือเมืองไอนด์โฮเวน ประเทศเนเธอร์แลนด์ วิเคราะห์ในขนาดแผนที่ความละเอียด 25 ม. X 25 ม. แบบกริด และข้อมูลความละเอียดแบบรายชั่วโมง มีการหาแนวโน้มจากแบบจำลอง Autocorrelation โดยมีการสร้างแบบจำลองโมเดล Variogram แผนภูมิแสดงข้อมูลการถดถอยเชิงพื้นที่และเวลา และวิเคราะห์ค่า Covariances เพื่อดูความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลาของค่ามลพิษทางอากาศ การสรุปผลจาก Variogram แสดงผลลัพธ์ว่า ระยะห่างจากพื้นที่ชุมชนถึงพื้นที่โรงงานอาจมีความเกี่ยวข้องเนื่องจากเป็นเมืองที่การทำอุตสาหกรรมสูง และมีการปล่อยมลพิษของโรงงาน และมีปัจจัยร่วมคือ การจราจรขึ้นอยู่กับชั่วโมงของวันและวันธรรมดา วันหยุดสุดสัปดาห์ เป็นสิ่งที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งนี้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สามารถช่วยผู้กำหนดนโยบายในการตัดสินใจด้านโครงสร้างพื้นฐาน และนักระบาดวิทยาในการทำแผนที่เชิงพื้นที่แสดงความเสี่ยงด้านสุขภาพ และสามารถปรับปรุงนโยบายเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zoest et al., 2020)

(5) Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) (Spatial Statistics)

การศึกษาวิจัยชิ้นหนึ่งใช้ข้อมูลคุณภาพอากาศของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด คือ $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , CO , NO_2 และ SO_2 แบบรายปีตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. ถึง 31 ธ.ค. ของปีพ.ศ. 2559 ในพื้นที่เมืองจำนวน 338 แห่งของประเทศจีนที่มีการวัดดัชนีคุณภาพอากาศใช้มาตรฐานแบบครอบคลุม (Comprehensive Air Quality Index: CAQI) ใช้เพื่อวัดสถานะของคุณภาพอากาศ การกระจายตัวเชิงพื้นที่และสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ มีการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบ Spatiotemporal พบว่าเมืองที่มีค่า CAQI สูง จะมีการกระจุกตัวอยู่ทางเหนือและใต้ของจีน ในขณะที่ภาคตะวันออกของจีน มีค่า CAQI สูงสุดสะสมในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ และมีค่าต่ำสุดในฤดูร้อน นอกจากนี้ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} จัดเป็นมลพิษหลักที่มีผลกระทบต่อในภาคตะวันออกและตอนกลาง-ใต้ของจีน และจากการวิเคราะห์แบบสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่ (Autocorrelation) แสดงถึงนัยสำคัญต่อการจัดกลุ่มเมืองที่มีความมลพิษของ CAQI เกินมาตรฐานโดยสามารถสังเกตจากจุดความร้อนเชิงพื้นที่ในมณฑลซินเจียง ตะวันตกเฉียงใต้ รวมถึงปักกิ่ง-เทียนจิน-เหอเป่ย์ (Ye et al., 2018)

อย่างไรก็ตาม ยังมีการศึกษาวิจัยอีกชิ้นหนึ่งได้ตรวจสอบความแปรผันในช่วงเวลาที่ต่างกันของการเกิดมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ ในเมืองจีน 269 แห่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2559 และได้เชื่อมโยงกับปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม เพื่อจุดประสงค์การระบุกลยุทธ์ที่เป็นไปได้สำหรับการลดมลพิษ $PM_{2.5}$ โดยมีวิธีวิจัยคือการหาปริมาณรูปแบบเชิงพื้นที่ (Spatiotemporal Modeling) ของความเข้มข้น $PM_{2.5}$ จากนั้นทำการความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) ระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมกับ $PM_{2.5}$ รวมถึงความเข้มข้นและการเปลี่ยนแปลง ผลการวิจัยพบว่าเมืองในภาคตะวันออกของจีนมี $PM_{2.5}$ ที่ลดลง แม้ว่าเมืองเหล่านี้ส่วนใหญ่มีระดับมลพิษ $PM_{2.5}$ สูงอยู่แล้ว แต่ในขณะเดียวกันลักษณะคลัสเตอร์ของเมืองไม่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ และขนาดของพื้นที่เมืองแสดงความผกผัน แต่ความหนาแน่นของประชากร และพื้นที่อุตสาหกรรมเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกิดมลพิษทางอากาศ อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นของประชากรเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่สำคัญที่สุดสำหรับการควบคุมมลพิษทางอากาศในประเทศจีน สามารถนำไปใช้เพื่อกำหนดกฎระเบียบ และการดำเนินการตามภูมิภาค และขั้นตอนการพัฒนาที่แตกต่างกันตามสถานที่เมือง (Zhao et al., 2019)

การศึกษาวิจัยอีกแห่งหนึ่งของฝั่งทวีปยุโรปนี้ได้พิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อัตโนมัติ (Spatial autocorrelation) และมีการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการจราจรที่เกี่ยวข้องกับด้านมลพิษทางอากาศ ในระดับพื้นที่ขนาดเล็กในเมืองสตราสบูร์ก ประเทศฝรั่งเศส และประเมินผลกระทบของสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ มีการเก็บจากข้อมูลสำมะโนประชากร เพื่อนำมาประเมิน SES (Socioeconomic Status) และความเหลื่อมล้ำทางสังคมในระดับบล็อก ผลสรุปพบว่าปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2543 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อัตโนมัติ

ระหว่างการสัมผัสกับไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยใช้แบบจำลองกำลังสองน้อยที่สุดธรรมดา (Ordinary least squares: OLS) และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อัตโนมัติไปพร้อมกัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม ในด้านมลพิษทางอากาศที่เกี่ยวข้องกับการจราจร ในเขตมหานครสตราสบูร์กในระดับบล็อก กล่าวคือพื้นที่ชานเมือง 50% เป็นพื้นที่ของครัวเรือน ผู้มีสิทธิพิเศษพื้นที่มีรถยนต์ตั้งแต่ 2 คันขึ้นไป ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยประสบปัญหาการจราจรค่อนข้างสูง โดยบล็อกที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่าเส้นความยากจน ดังนั้นจึงต้องอาศัยอยู่ในที่ได้รับเงินอุดหนุนภาครัฐหรือเอกชน ซึ่งถึฐานการจัดกระจายอยู่รอบเมืองสตราสบูร์ก (Havard et al., 2009)

(6) Spatial Regression Model (Land use Regression: LUR)

บทความวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวมข้อมูลปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งที่มาและอุตุนิยมวิทยาโดยใช้แบบจำลองแบบผสมผสานคือ การกระจายตัวของบรรยากาศ และเทคนิคการถดถอยการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการทำนายหาแนวโน้มของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (NO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละออง (PM_{10}) พื้นที่ศึกษาตอนเหนือและใต้ของเมืองเดอร์บัน ประเทศแอฟริกาใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่แหล่งทำอุตสาหกรรมจำนวนมาก และแหล่งพื้นที่ท่าเรือ รวมถึงมีอาคารเชิงพาณิชย์และที่อยู่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว วิธีการวิจัยใช้แบบจำลองการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของ NO_2 , SO_2 และ PM_{10} ด้วยแบบจำลอง (Land use Regression: LUR) รวมถึงการวิเคราะห์แหล่งที่มาของจุดอุตสาหกรรม การปล่อยมลพิษในเรือ การเผาไหม้เชื้อเพลิง และการปล่อยควันจากยานพาหนะ มีตัวแปรเป็นฤดูกาลคือ ฤดูร้อน และฤดูหนาว เพื่อทำนายแนวโน้มการเกิดของมลพิษทางอากาศ โดยการอภิปรายผลความเข้มข้นของระดับ NO_2 และ SO_2 พบว่ามีปริมาณที่สูงขึ้นในเดอร์บันใต้เมื่อเปรียบเทียบกับเดอร์บันเหนือเนื่องจากเป็นสารมลพิษที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม อีกทั้งความแปรปรวนของการจราจร ประชากร และท่าเรือถูกมีความสัมพันธ์กันกับการเกิดมลภาวะทางอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (Tularam et al., 2021)

ไม่ใช่การอ้างถึงตัวบ่งชี้เองที่ถูกต้อง

การเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว การแผ่ขยายของเมืองใหญ่ และการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยไม่ได้วางแผนอย่างกรณีศึกษาประเทศปากีสถาน ส่งผลทำให้ลดคุณภาพอากาศในประเทศกำลังพัฒนาด้วย ประเทศจึงจำเป็นต้องประมาณการกระจายตัวของ $\text{PM}_{2.5}$ เชิงพื้นที่ในระดับละเอียด เพื่อให้มีวางแผนด้านสิ่งแวดล้อมและเจ้าหน้าที่ของรัฐสามารถใช้เพื่อการพัฒนาระเบียบการด้านสิ่งแวดล้อมและการกำหนดนโยบาย ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้แบบจำลองการถดถอยการใช้ที่ดินเชิงพื้นที่ (Spatiotemporal land use regression: LUR) แบบจำลองผลลัพธ์ได้อธิบายความผันแปรของระดับความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ พบว่าการขนส่งทางถนนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของ $\text{PM}_{2.5}$ ในปากีสถาน การขยายตัวของเมืองอาจเป็นสาเหตุหลักของมลพิษทางอากาศทั่วประเทศ จากแบบจำลอง LUR และแผนที่เชิงพื้นที่ของระดับความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$

สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนสำหรับการจัดการความเสี่ยงด้านสุขภาพการวางแผนด้านสิ่งแวดล้อม และนำไปสู่การจัดการคุณภาพอากาศของปากีสถานได้ (Shi et al., 2020)

(7) เครื่องมืออื่น ๆ

นอกจากเครื่องมือทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น มีกรณีศึกษาจากประเทศจีนอีกกรณีหนึ่งซึ่งให้ความสำคัญกับสถานการณ์การประสบปัญหามลพิษทางอากาศอย่างร้ายแรงมาหลายปีเนื่องมาจากการทำอุตสาหกรรมที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศของประเทศจีนกับการทำงานของแผนควบคุมมลพิษยังคงแก้ปัญหาร่วมกันจนถึงปัจจุบัน บทความวิจัยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับแผนการควบคุมมลพิษทางอากาศในประเทศจีน ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2557 โดยใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์แบบระยะห่างแบบถ่วงน้ำหนักแบบผกผัน (Inverse distance weighting: IDW) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) บทความนี้ได้เสนอแนะนโยบายบางประการสำหรับการกำกับดูแลมลพิษทางอากาศในประเทศจีน โดยผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ปรากฏการณ์มลพิษยังคงมีอยู่ในประเทศจีนซึ่งจำเป็นจะต้องมีแผนการควบคุมมลพิษทางอากาศจากรัฐบาล โดยแผนการยังคงมีประสิทธิภาพสูงอยู่ แต่แผนการควบคุมมลพิษช่วงปีพ.ศ. 2556-2557 แสดงให้เห็นถึงความล่าช้าในการจัดการกับมลพิษและยังไม่สัมฤทธิ์ผลเท่าที่ควร (Su et al., 2018)

มลพิษทางอากาศภายนอกอาคารยังเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนทำให้เกิดภาวะโรคในประเทศจีน ซึ่งจากรายงานของ WHO ปี ค.ศ. 2018 ประเทศจีนยังมีจำนวนผู้เสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศมากที่สุดเฉลี่ยต่อปีเป็นอันดับ 4 โดยบทความวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการพัฒนาและประเมินแบบจำลองในระดับชาติสำหรับประเทศจีน โดยมีการวิเคราะห์ด้วยการถดถอยการใช้ที่ดิน (Land Use Regression: LUR) การวัดด้วยภาพถ่ายดาวเทียม และ Kriging สำหรับการแก้ไขที่ดิน จำนวนการจราจร สัญจรของยานพาหนะ และลักษณะทางอุทุนิยมวิทยา โดยรวมตัวแปรสำหรับการสร้างแบบจำลอง ได้แก่

- 1) การเปรียบเทียบแบบจำลองที่พัฒนาโดยใช้การเลือกตัวแปรไปข้างหน้ากับการลดตัวแปรแบบช่องสี่เหลี่ยมน้อยที่สุดบางส่วน (Partial Least Squares regression: PLS)
- 2) การเปรียบเทียบแบบจำลอง ที่มีการวัดด้วยดาวเทียมและไม่ได้วัดด้วยดาวเทียม
- 3) การตรวจสอบความถูกต้องด้วยเทคนิคการทดสอบแบบพิเศษคือ Leave-One-Province-Out CV (LOPO-CV) และ Leave-One-City-Out CV (LOCOCV)

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและการวิเคราะห์ด้วย Kriging เป็นส่วนเสริมในการทำให้การคาดการณ์แม่นยำยิ่งขึ้นโดยการ Kriging จะช่วยปรับปรุงแบบจำลองการวิเคราะห์ในพื้นที่ได้ ข้อมูลดาวเทียม โมเดลถูกนำไปใช้บนกริด 1 กม. เพื่อรองรับการวิจัยในอนาคต ผลลัพธ์งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์สำหรับบรรดาวิทยาการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (Xu et al., 2019)

จากการรายงานสถิติมลพิษทางอากาศประจำปีของประเทศจีน สำหรับ 11 เมืองในมณฑลเหอเป่ย์ระหว่างปี ค.ศ. 2000-2015 ได้มีการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของ $PM_{2.5}$ ในพื้นที่ ขนาดตาราง 0.01×0.01 กม. การศึกษาได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ และการใช้ที่ดินอย่างเข้มข้นและอิทธิพลของตัวแปรต่อการใช้ที่ดินในเมืองเหอเป่ย์ ผลการวิจัยพบว่าด้านช่วงเวลา ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในเมืองเหอเป่ย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างปีพ.ศ. 2543-2558 สูงสุดในฤดูหนาวและต่ำสุดในฤดูร้อน ด้านพื้นที่ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ อยู่ในระดับสูงมากทางตะวันออกเฉียงใต้และต่ำมากในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในช่วง 16 ปีที่ผ่านมาระดับการใช้ที่ดินในเมืองเหอเป่ย์เพิ่มขึ้นทุกปี จากแบบจำลองเชิงพื้นที่ GIS แสดงความเข้มข้นการใช้ที่ดิน และโครงสร้างการใช้ที่ดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้น $PM_{2.5}$ งานวิจัยนี้นำไปส่งเสริมการพัฒนาทรัพยากรที่ดินในเมืองอย่างเข้มข้นและยั่งยืน (Shao et al., 2020)

กรณีศึกษาอีกที่หนึ่งคือประเทศเม็กซิโก เขตมหานครเม็กซิโกซิตี (MCMA) เป็นหนึ่งในสภาพแวดล้อมเมืองที่ใหญ่ที่สุดและมีประชากรมากที่สุดในโลกซึ่งประสบกับมลพิษทางอากาศในระดับสูง เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่ประเมินความเข้มข้นของสารก่อมลพิษในระดับเมือง และปรับปรุงการประเมินการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศด้านสุขภาพในเม็กซิโก การศึกษานี้วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยการใช้ที่ดินเชิงพื้นที่ สำหรับ $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 , CO และ SO_2 จะใช้แบบจำลองเอฟเฟกต์แบบผสมด้วยตัวดำเนินการการหดตัวและการคัดเลือกแบบสัมบูรณ์น้อยที่สุด (Least absolute shrinkage and selection operator: LASSO) วิเคราะห์ร่วมกับความหนาแน่นของการจราจรรายชั่วโมง และแบบจำลองจะใช้ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง รายวัน รายเดือน ราย 6 เดือน และรายปี การพัฒนาแบบจำลองได้พัฒนาอย่างประสบความสำเร็จโดยใช้แบบจำลองเอฟเฟกต์แบบผสมผสาน LASSO และแสดงประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า โดยเฉพาะสำหรับความละเอียดในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลา รวมถึงการปรับปรุงการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชน (Son et al., 2018)

2.6 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

2.6.1 สรุปเรื่องมลพิษทางอากาศ

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้ว่าประเภทของสารมลพิษทางอากาศหลักมีผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์ รวมถึงส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของเมืองทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ 1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO_2) 2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Dioxide: NO_2) 3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide: CO) 4. ก๊าซโอโซน (Ozone: O_3) 5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matters 10: PM_{10}) และ

6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matters 2.5: PM_{2.5}) (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศของประเทศไทยมลพิษทางอากาศ เกิดจากการเผาไหม้ของสารประกอบในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดเขม่าหรือก๊าซพิษปะปนอยู่ในชั้นบรรยากาศ เช่น การใช้ชีวิตประจำวันในครัวเรือนหรือที่พิกอาศัย แก๊สหุงต้มอาหาร หรือสารเคมีจากในครัวเรือน จากโรงงานอุตสาหกรรมและคมนาคม การเกษตรกรรม จำนวนการใช้ยานพาหนะบนท้องถนน ล้วนแต่มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดก๊าซพิษ รวมถึงอนุภาคเขม่าขนาดเล็กที่มองไม่เห็น ทั้งนี้รวมไปถึงการจราจรบนถนน การก่อสร้าง การผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบทำความร้อนในอาคาร การเผาไหม้การทำเกษตรกรรม การกำจัดขยะ กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม (Zhao et al., 2018)

อย่างไรก็ตามมลพิษทางอากาศนั้นสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติอากาศเสียที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ โดยเฉพาะผลกระทบจาก ไฟป่า เป็นผลกระทบที่สร้างอากาศพิษในวงกว้างได้มากที่สุดเขม่าควันขนาดใหญ่สามารถเป็นพิษต่อการหายใจได้ทั้งนี้หมอกควันพิษยังสามารถเดินทางไปยังที่ต่าง ๆ ด้วยปริมาณ ทิศทางของลมช่วยให้เขม่าควันเคลื่อนไปปกคลุมในบริเวณใกล้เคียงได้ แม้จะเป็นพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งมลพิษ (World Health Organization, 2020)

การเกิดมลพิษในเมืองโดยส่วนใหญ่ นั่นคือฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้จากยานพาหนะ เครื่องจักร ควันบุหรี่ การเผาขยะ เผาหญ้า การก่อสร้าง เผาเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงาน โดยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนนี้ยังสามารถรวมตัวกับสารมลพิษอื่นและมักจะเกิดในช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศนิ่ง และแห้งเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ง่าย และเนื่องด้วยฝุ่นชนิดนี้มีขนาดที่เล็กมากจึงสามารถส่งผลกระทบต่อสภาพร่างกายของมนุษย์ได้ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

กล่าวโดยสรุปคือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ก่อให้เกิดผลกระทบในพื้นที่เมือง เช่น วิสัยทัศน์ของเมือง การจราจรและการสัญจรของยานพาหนะ และยังมีผลกระทบต่อสุขภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ในพื้นที่เมือง เพราะฉะนั้นฝุ่นละอองประเภทนี้ ก่อให้เกิดผลกระทบได้ทั้งหมดหลักๆ 2 ด้านได้แก่ 1.) ด้านสุขภาพของประชาชน และ 2.) ลักษณะทางกายภาพของเมือง

2.6.2 สรุปเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศ และกฎหมายอากาศบริสุทธิ์

ในปัจจุบันนั้นต้นแบบของกฎหมายอากาศบริสุทธิ์ คือ กฎหมายอากาศบริสุทธิ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Clean Air Act: CAA) เพื่อเป็นการควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศแวดล้อมแห่งชาติ และเพื่อปกป้องสุขภาพของ

ประชาชน ทั้งนี้กฎหมายอากาศบริสุทธิ์จากทั่วโลกยังมีอีกมากมาย เช่น CAA สหราชอาณาจักร, CAA ประเทศนิวซีแลนด์, CAA ประเทศแคนาดา CAA ประเทศฝรั่งเศส และกฎหมายคุณภาพอากาศในทวีปยุโรป EEA รวมถึงประเทศฝั่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้มีกำหนดตรากฎหมายอากาศบริสุทธิ์ขึ้นเช่นกัน ได้แก่ CAA ประเทศสิงคโปร์ CAA ประเทศมาเลเซีย เป็นต้น เพื่อการบริหารและจัดการคุณภาพการปล่อยมลพิษที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนพื้นที่เมือง (U.S. Environmental Protection Agency, 2012)

สำหรับประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2563 กรมควบคุมมลพิษมีการกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางอากาศและเสียงเพื่อให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) ดังนี้

1. ดำเนินการแล้วเสร็จและมีประกาศใช้แล้ว เช่นการกำหนดให้รถโดยสารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยควันดำ เพื่อให้เจ้าพนักงานควบคุมมลพิษสามารถเข้าตรวจสอบเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลด้านผลิตภัณฑ์ยานยนต์ค่าที่ได้รับการรับรองไว้จากกรมการขนส่งทางบก

2. การดำเนินการทบทวนและปรับปรุงมาตรฐานควบคุมมลพิษทางอากาศและเสียง ซึ่งอยู่ระหว่างการเสนอ เช่น การผลักดันให้มีการประกาศมาตรฐานการระบายมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ใหม่ตามมาตรฐานยูโร 5 และมาตรฐานยูโร 6 โดยติดตั้งกรองเขม่าไอเสียดักจับฝุ่นละออง (Diesel Particulate Filter: DPF) และปรับปรุงค่ามาตรฐานการปล่อยทิ้งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถยนต์ เป็นต้น และ

3. การปรับปรุงกฎหมายและมาตรฐานควบคุมมลพิษทางอากาศและเสียง ซึ่งอยู่ระหว่างการศึกษาและรวบรวมข้อมูล เช่น การปรับปรุงค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} ชั้นบรรยากาศ

2.6.3 สรุปเรื่องวิธีวิจัยเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ

จากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องวิธีการวิจัยเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ การศึกษาวิจัยหลายชิ้นได้ใช้ชุดข้อมูลคุณภาพอากาศของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด คือ PM_{2.5}, PM₁₀, O₃, CO, NO₂ และ SO₂ แบบรายเดือน และรายปี โดยมีการวัดค่าความเข้มข้นของมลพิษแต่ละชนิดค่าตามการวัดดัชนีคุณภาพอากาศ AQI ตามมาตรฐานของในแต่ละประเทศนั้น ๆ การศึกษาและวิจัยด้านมลพิษในการศึกษาการกระจายตัวของมลพิษนิยมใช้มากที่สุดคือ Geographic Information System (GIS) เพื่อใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ รวมถึงการวิเคราะห์ทางนิเวศวิทยาพร้อมด้วย และใช้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการใช้การพยากรณ์มลพิษทางอากาศและ

การกระจายตัวคือแบบจำลอง Kriging Interpolation เพื่อเป็นการศึกษาการกระจายตัวของมลภาวะทางอากาศได้อย่างแม่นยำ (Sun et al., 2019)

ส่วนการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เกี่ยวกับมลภาวะทางอากาศ และรูปแบบการกระจุกตัวของมลพิษทางอากาศ นิยมใช้วิธีวิจัยคือ การวิเคราะห์แบบสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) (Global Moran's I) ในแต่ละช่วงเวลาเพื่อศึกษาหาผลกระทบเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพอากาศ ร่วมกับการใช้แบบจำลองกำลังสองน้อยที่สุดธรรมดา (Ordinary least squares) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ไปพร้อมกัน และการหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับทำนายข้อมูลมลพิษทางอากาศจะนิยมใช้แบบจำลองวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Land use regression: LUR) เพื่อประเมินความแปรปรวนเชิงพื้นที่และเวลาของมลภาวะทางอากาศแต่ละชนิด และการทำนายหาแนวโน้มของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ทั้งนี้วิธีวิเคราะห์ด้านการสำรวจเกี่ยวกับพื้นที่และเวลาของมลพิษทางอากาศ คือวิธีแบบจำลอง Spatial Temporal Analysis ส่วนใหญ่จะมีการวิเคราะห์ร่วมกับจุดพิคัดความร้อนของ PM_{2.5} (Hot spot) เพื่อเป็นการสร้างแบบจำลองการสัมผัสกับฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่เมือง เนื่องจากมีความแม่นยำด้วยความละเอียดเชิงพื้นที่ร่วมกับการใช้ข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ อดุณิยมวิทยา (Xu et al., 2019) นอกจากนี้เครื่องมือทั้งหมดดังกล่าวยังมีตัวอย่างกรณีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับแผนการควบคุมมลพิษ โดยใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์แบบระยะห่างแบบถ่วงน้ำหนักแบบผกผัน (Inverse distance weighting: IDW) และวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Sun et al., 2019)

โดยสรุปจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด ผู้วิจัยจึงเลือกแบบจำลองด้วยวิธี Kriging Interpolation, Spatial Regression วิเคราะห์ร่วมกับ Spatio-temporal Regression Kriging (STRK) ซึ่งการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) Kriging Interpolation และ Spatial Regression จะใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์หลักสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ และมีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาร่วมด้วยวิธี Spatio-temporal Regression Kriging (STRK) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการนี้จะแสดงผลในลักษณะแผนที่เชิงพื้นที่ GIS แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติการถดถอยเชิงพื้นที่ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลาของตัวแปรด้วยการวิเคราะห์แบบสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่ Spatial Regression (Spatial autocorrelation) (Global Moran's I)

จากวิธีการวิจัยดังกล่าวจะนำมาวิเคราะห์ในพื้นที่ขนาด 60 กิโลเมตร x 40 กิโลเมตร พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่เขตเมืองในกรุงเทพมหานครจำนวน 50 เขต โดยมีการแบ่งออกเป็นกริดเซลล์ตารางที่มีขนาดเท่ากัน 2 กิโลเมตร x 2 กิโลเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์เพื่อหาการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของมลภาวะทางอากาศ PM_{2.5} ที่ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร และพื้นที่จังหวัดปริมณฑลโดยรอบอ้างอิงจากจุดจุดพิกัดข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและขอบเขตของกรุงเทพมหานคร เพื่อความละเอียดและความแม่นยำของการวิเคราะห์ข้อมูล และในส่วนของการวิเคราะห์ลักษณะของการกระจายตัวมลภาวะทางอากาศนั้นได้มีการปรับฐานข้อมูลให้อยู่ในช่วงฐานเดียวกันคือ การปรับชุดข้อมูลโดยการนำมาหาค่าเฉลี่ยให้อยู่ในรูปแบบของรายเดือนและรายปีเพื่อความแม่นยำของข้อมูล และการปรับฐานข้อมูลเพื่อให้มีค่ามาตรฐานที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และในการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรที่จะนำมาใช้ตัวแปรหลักในการศึกษา ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดิน อุณหภูมิภายในเมือง และค่าความเข้มข้นของข้อมูลมลพิษทางอากาศฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน และในการศึกษาขั้นนี้ทำการศึกษาความสัมพันธ์เฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น ไม่ได้นำพื้นที่บริเวณรอบนอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร มาวิเคราะห์เนื่องจากข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัด และความไม่แม่นยำของข้อมูลจุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศบริเวณรอบนอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยแบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging (Kriging Interpolation) สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของมลพิษทางอากาศ จะใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Regression) เป็นแบบจำลองหลักในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับลักษณะของพื้นที่เขตเมืองในกรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์ร่วมกับ แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging: STRK) โดยมีตัวแปรคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร และอุณหภูมิภายในเมือง

3.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จากแผนภูมิระเบียบวิธีวิจัยดังรูปที่ 8 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. การทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากชุดข้อมูลปีพ.ศ. 2553 – 2563 ได้แก่
 - ข้อมูลคุณภาพอากาศ
 - ข้อมูลความหนาแน่นประชากร
 - ข้อมูลประเภทเมือง
 - ข้อมูลอุณหภูมิ
 - ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน
 - ข้อมูลความหนาแน่นอาคาร
 - ข้อมูลความเร็วลม
3. การทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ จากชุดข้อมูลปีพ.ศ. 2553 – 2563 โดยมีข้อมูลที่รวบรวมได้แก่ การนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืององค์ประกอบของเมืองแต่ละประเภท กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วง พ.ศ. 2553-2563

โดยมีการวิเคราะห์ 2 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์เชิงสถิติ และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง เช่น Spatial Regression, GIS Arc Map, Kriging Interpolation Map และ Spatio-temporal Regression Kriging (STRK)

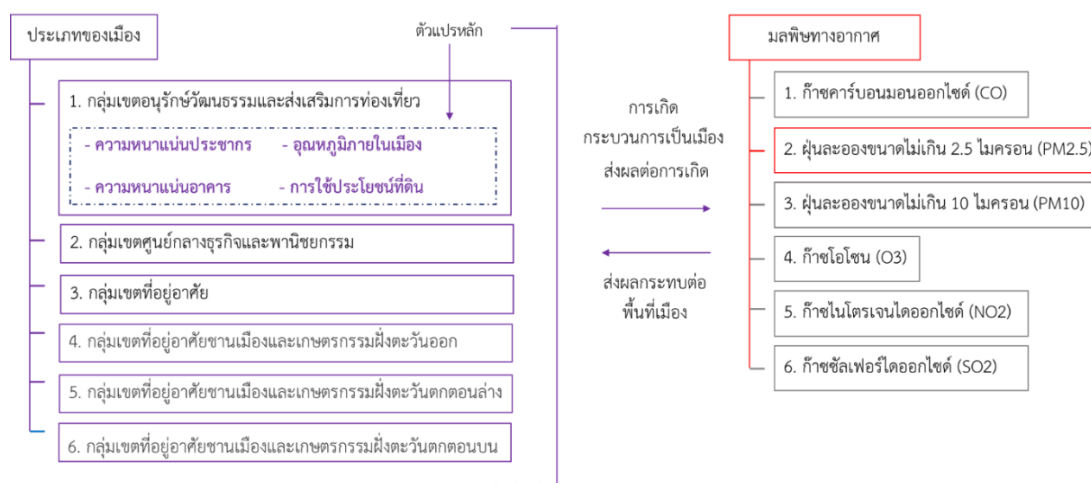
5. ขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัย คือ การวิเคราะห์สรุปผลการศึกษางานวิจัย และอภิปรายผลการศึกษางานวิจัย และการศึกษาต่อในอนาคต



รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการวิจัย

3.1.2 Conceptual Framework

การแบ่งประเภทพื้นที่เขตเมืองแบ่งเป็น 6 ประเภทพื้นที่เขตเมือง ซึ่งแบ่งโดยผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2563 โดยประกอบด้วย ประเภทที่ 1 กลุ่มเขตอนุรักษวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว 9 เขต ประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม 13 เขต ประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย 14 เขต ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก 4 เขต ประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง 5 เขต และประเภทที่ 6. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบน 5 เขต สามารถส่งผลกระทบต่อให้เกิดเป็นมลพิษทางอากาศเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมือง สามารถแบ่งประเภทของสารมลพิษทางอากาศหลักทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ 1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO₂) 2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Dioxide: NO₂) 3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide: CO) 4. ก๊าซโอโซน (Ozone: O₃) 5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matters 10: PM₁₀) และ 6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matters 2.5: PM_{2.5}) (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) ดังรูปที่ 9 แสดงแผนภูมิแสดง Conceptual Framework ของงานวิจัย



รูปที่ 9 แผนภูมิแสดง Conceptual Framework ของงานวิจัย

3.1.3 การเลือกพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาที่เลือกศึกษาคือ พื้นที่กรุงเทพมหานครทั้งหมด 50 เขต และรวมถึงพื้นที่ปริมาณพลจำนวน 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร พื้นที่โดยรวมทั้งหมดขนาด 60 กิโลเมตร x 40 กิโลเมตร รวมเป็น 2,400 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ของกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมาณพล

3.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล และข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้จะทำการศึกษาจากข้อมูลทุติยภูมิดังกล่าวตาม รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการวิจัย โดยรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลคุณภาพอากาศ มลพิษทางอากาศแบบรายเดือนและรายปีย้อนหลัง อ้างอิงชุดข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาประกอบด้วยมลพิษจำนวน 6 ชนิด คือ 1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ 3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 4. ก๊าซโอโซน 5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และ 6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ข้อมูลมลพิษทางอากาศดังกล่าวข้างต้นมีค่าหน่วยตรวจวัดมลพิษทางอากาศดังต่อไปนี้

- PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม. หรือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม. หรือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- O₃ เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
- CO เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm หรือ 1/1,000,000
- NO₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
- SO₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศตามพิกัดจุดพื้นที่ในกรุงเทพมหานครทั้งหมด จำนวน 46 สถานี จุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ จำนวน 46 สถานี กระจายตัวอยู่ในพื้นที่เขตของ กรุงเทพมหานครจำนวน 34 เขต และพื้นที่จังหวัดปริมณฑล โดยแบ่งเป็นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มี สถานีตรวจวัดมลพิษจำนวน 34 สถานี เป็นสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนน 16 สถานี และสถานีที่ไม่ได้ ตั้งอยู่ที่บริเวณริมถนน 28 สถานี และในพื้นที่จังหวัดปริมณฑลได้แก่ จังหวัดนครปฐม จำนวน 3 สถานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 สถานี จังหวัดนครปฐม จำนวน 1 สถานี จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 5 สถานี และจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 2 สถานี

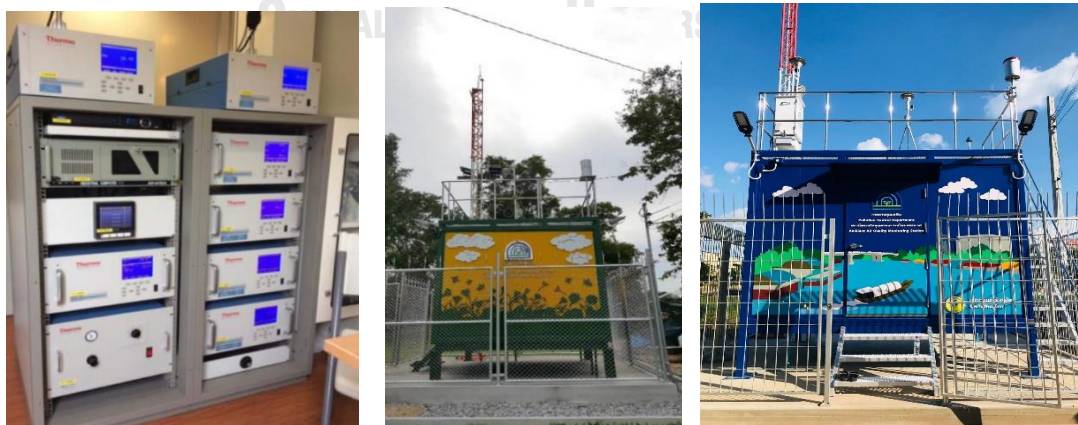
โดยการรวบรวมข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวร ดังรูปที่ 11 และ 2. หน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่

จาก กรมควบคุมมลพิษ, 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 11 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบสถานีแบบถาวร

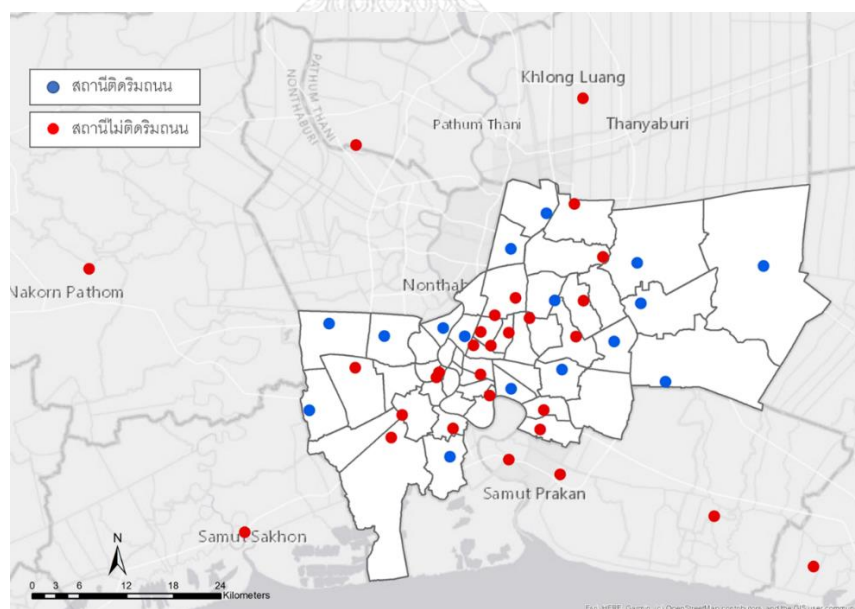
จาก กรมควบคุมมลพิษ, 2563

ตารางที่ 7 แสดงจุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ 46 สถานี กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	Latitude	Longitude
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.73	100.49
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.87	100.68
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดการทางบางขุนเทียนที่ 2	13.66	100.43
03T2	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ	13.67	100.51
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุนิยมวิทยาบางนา	13.67	100.61
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.82	100.58
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77	100.65
11T	กรุงเทพมหานคร	สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง	13.78	100.57
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทรีวิทยา	13.71	100.55
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงหราชพิทยาคม)	13.68	100.45
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76	100.53
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.80	100.55
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73	100.54
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีการไฟฟ้าอยุธยาบุรี	13.73	100.49
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย	13.80	100.59
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76	100.55
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.78	100.54
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนบดินทร์เดชา(สิงห์ สิงหเสนี)	13.82	100.65
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99	100.39
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช	13.93	100.64
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.05	100.65
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพคนพิการและทุพพลภาพ	13.69	100.61
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63	100.57
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและเหมืองแร่	13.51	100.92
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.62	100.63
19T	สมุทรปราการ	การเคหะชุมชนบางพลี	13.57	100.80
14T	สมุทรสาคร	แขวงการทางสมุทรสาคร	13.74	100.39
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.55	100.27
81T	นครปฐม	อ่างเก็บน้ำประปา	13.85	100.09
B101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสามวา	13.86	100.72

B79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหบุรานุกิจ เขตมีนบุรี	13.81	100.72
B80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนเลียบบาวารี เขตหนองจอก	13.86	100.86
B78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72	100.75
B60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77	100.52
B87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.79	100.36
B71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.74	100.63
B99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.77	100.69
B74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.92	100.61
B97	กรุงเทพมหานคร	แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.88	100.57
B96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.82	100.62
B94	กรุงเทพมหานคร	แขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71	100.57
B86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพุทธมณฑล 1 เขตตลิ่งชัน	13.78	100.43
B89	กรุงเทพมหานคร	ถนนมาเจริญ เพชรเกษม 81 เขตหนองแขม	13.69	100.34
B103	กรุงเทพมหานคร	ถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด	13.78	100.49
B91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.64	100.50

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2563



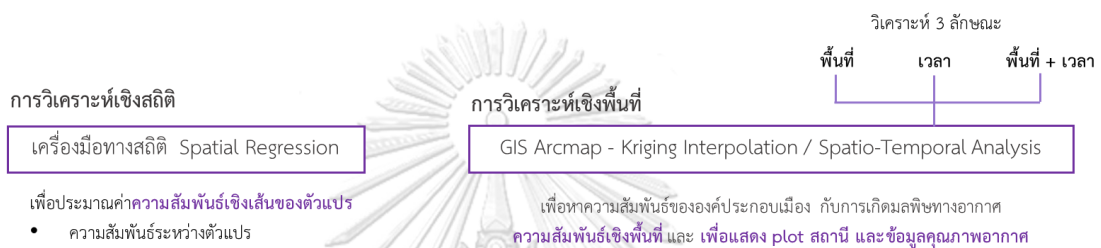
รูปที่ 12 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบ่งเป็นสถานีตรวจวัดและไม่ตรวจวัด
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

2. ข้อมูลความหนาแน่นประชากร ใช้ข้อมูลแบบรายปีของพื้นที่กรุงเทพมหานครด้วยข้อมูลแบบรายเขต ในช่วงปีพ.ศ. 2553-2563 โดยอ้างอิงชุดข้อมูลจากสำมะโนประชากร สำนักงานสถิติแห่งชาติ และนำมาหาความหนาแน่นเฉลี่ยเป็นรายเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร
3. ข้อมูลประเภทเมือง อ้างอิงจากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ปรับปรุงครั้งที่ 4 ปีพ.ศ. 2563 โดยแบ่งประเภทเมืองเป็น 6 ประเภทซึ่งมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ประเภทที่ 1 กลุ่มเขตอนุรักษ์วัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว ประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชย์กรรม ประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก ประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง และประเภทที่ 6 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบน
4. ข้อมูลอุณหภูมิ แบบรายเดือน และแบบรายปี จากสถานีตรวจวัดอุณหภูมิจำนวน 54 สถานีตรวจวัด อ้างอิงชุดข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลใช้หน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)
5. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยมีชุดข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2550 และ ปี พ.ศ. 2560 อ้างอิงชุดข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน Projection WGS 1984 UTM Zone 47N โดยมีชั้นข้อมูลและประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินดังนี้
 - Type U คือ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up Land) ได้แก่ U1 ตัวเมืองและย่านการค้า (City, Commercial and Service), U2 หมู่บ้าน (Village), U3 สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ (Institution), U4 สถานีคมนาคมและขนส่ง (Transportation and Communication), U5 ย่านอุตสาหกรรม (Industrial Land) และ U6 อื่น ๆ
 - Type A คือ พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Land)
 - Type F คือ พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land)
 - Type W คือ พื้นที่น้ำ (Water) และ
 - Type M คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous) เช่น เหมืองแร่ เป็นต้น
6. ข้อมูลความหนาแน่นอาคาร จากพื้นที่ 50 เขต กรุงเทพมหานคร โดยมีชุดข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2550 และ ปี พ.ศ. 2560 อ้างอิงชุดข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูล Google Street Map, Open Street Map และ Google Earth มีหน่วยวัดเป็นอาคาร / ตารางกิโลเมตร และ
7. ข้อมูลความเร็วลม จากพื้นที่ 50 เขต กรุงเทพมหานคร อ้างอิงชุดข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลย้อนหลังในช่วง พ.ศ. 2553-2563 และอ้างอิงชุดข้อมูลจากสถิติอากาศกรุงเทพมหานคร สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ กรมอุตุนิยมวิทยา มีหน่วยวัดเป็นกิโลเมตร / ชั่วโมง

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

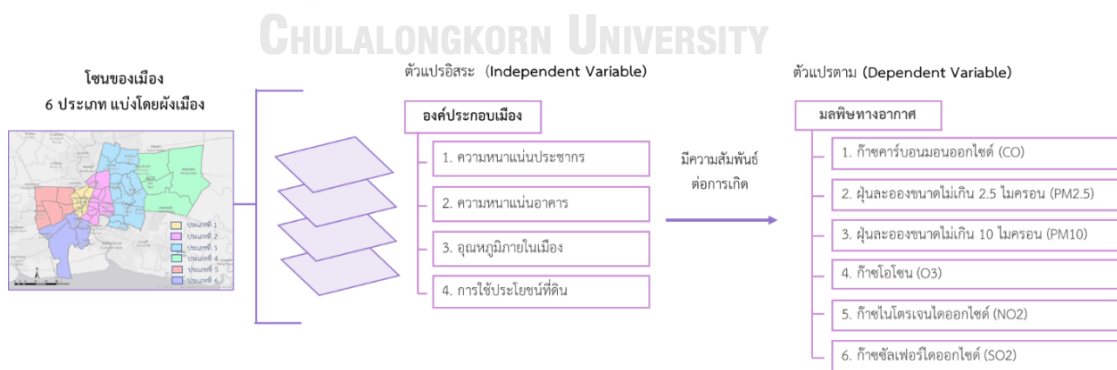
การใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 2 รูปแบบคือ การวิเคราะห์เชิงสถิติ และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ดังรูปที่ 13 แสดงแผนภูมิแสดงรูปแบบการวิเคราะห์เชิงสถิติ และเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่จะใช้แบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging (Kriging Interpolation) วิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging: STRK) และในส่วนของข้อมูลความหนาแน่นประชากร ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลความหนาแน่นอาคาร และข้อมูลความเร็วลม จะนำมาทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของข้อมูลมลพิษทางอากาศด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Regression)



รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงรูปแบบการวิเคราะห์เชิงสถิติ และเชิงพื้นที่

แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Regression) มีตัวแปรอิสระคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร และอุณหภูมิภายในเมือง และมีตัวแปรตามคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ทั้งนี้ผู้ศึกษาเลือกศึกษาเฉพาะ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนเพื่อนำมาหาผลสรุปและอภิปรายผลของงานวิจัย



รูปที่ 14 แผนภูมิแสดงตัวแปรและการซ้อนทับของชั้นข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์

3.1.6 ตัวแปรของข้อมูล และการคิดอัตราร้อยละเปรียบเทียบข้อมูล

การกำหนดตัวแปรของข้อมูล โดยกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามในการวิเคราะห์ดังนี้

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

- ความหนาแน่นประชากร (หน่วย: คน/ตารางกิโลเมตร/กริดเซลล์)
- ความหนาแน่นอาคาร (หน่วย: อาคาร/ตารางกิโลเมตร/กริดเซลล์)
- การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- อุณหภูมิภายในเมือง (หน่วย: องศาเซลเซียส)

ในส่วนของตัวแปรอิสระ ผู้ศึกษาได้ทำการคัดเลือกจากการทบทวนวรรณกรรมโดยเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการสะสมของมลพิษทางอากาศ โดยนอกเหนือจากตัวเล็อกดังกล่าวนี้ยังคงมีส่วนของปัจจัยภายนอก (External Factor) นอกเหนือจากตัวแปรที่ผู้ศึกษาได้เลือกมาวิเคราะห์ที่อาจจะจะมีผลต่อผลลัพธ์การวิจัย ตัวอย่างเช่น ปริมาณการจราจร เกาความร้อนในเมือง ปริมาณการบริโภคของประชากรในเมือง ปริมาณการใช้ถ่านหิน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า การเกิดไฟป่า ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น (Seigneur, 2019)

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

- ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (หน่วย: ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร/กริดเซลล์)

3.1.7 การคำนวณคิดอัตราร้อยละเพื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM_{2.5} แบบรายปี

การคำนวณคิดอัตราร้อยละเพื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM_{2.5} แบบรายปีมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราร้อยละของข้อมูล} = \frac{\text{ค่าความเข้มข้นของ PM}_{2.5} \text{ ของปีก่อนหน้า} \times 100}{\text{ผลรวมของค่าความเข้มข้น PM}_{2.5} \text{ ปีปัจจุบัน} \div \text{[ค่าความเข้มข้นของ PM}_{2.5} \text{ แบบรายปี จากทุกสถานี]}}$$

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (ปีฐาน พ.ศ. 2553) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (ปีเปรียบเทียบ พ.ศ. 2554 – 2563)

2553 – 2554 2554 – 2555 2562 – 2563

รูปที่ 15 การคำนวณคิดอัตราร้อยละ

โดยจากรูปที่ 15 การคำนวณสูตรการเปรียบเทียบแบบอัตราร้อยละของข้อมูลโดยใช้ค่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} ของปีก่อนหน้านำมาหารด้วยปีปัจจุบันและคูณด้วย 100 โดยจะนำมาเปรียบเทียบ

ในทุก ๆ ปี เริ่มจากปีฐาน ปี พ.ศ. 2553 เทียบกับปี พ.ศ. 2554 นำมาเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า ไปจนถึงปี พ.ศ. 2563 แสดงเป็นอัตราเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน ปี 2553

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 แบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Kriging Interpolation)

ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้แบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging (Kriging Interpolation) ด้วยโปรแกรม ESRI ArcGIS ArcMap Version 10.3.1 เครื่องมือ Kriging Interpolation (Spatial Analyst) ในการศึกษาขนาดของแผนที่สำหรับการวิเคราะห์คือ ขนาด 60 กิโลเมตร x 40 กิโลเมตร รวมเป็น 2,400 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ของ กรุงเทพมหานครและพื้นที่จังหวัดปริมณฑลบริเวณโดยรอบ และใช้โปรแกรม ESRI ArcGIS ArcMap Version 10.3.1 เครื่องมือ Create Grid Fishnet เพื่อทำกริดเซลล์ตารางขนาด 2 กิโลเมตร x 2 กิโลเมตร ต่อกริดเซลล์ทั้งหมด 237 กริดเซลล์ เพื่อสร้างกริดเซลล์ให้ครอบคลุมบริเวณพื้นที่

แบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging เป็นวิธีการแก้ไขเชิงพื้นที่ในด้านธรณีวิทยาที่ใช้จุดข้อมูลตัวอย่างเพื่อประเมินค่าของตัวแปรในช่วงของข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถนำมาใช้ศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดที่สุ่มตัวอย่างเพื่อสอดแทรกค่าในเชิงพื้นที่ การคาดการณ์และทำนายด้วยวิธี Kriging และวิเคราะห์การกระจายตัวได้ (Environmental Systems Research Institute, 2016)



รูปที่ 16 Grid Index A1-R3

รูปที่ 16 ได้แบ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นกริดเซลล์เป็นตารางขนาด 2 กิโลเมตร x 2 กิโลเมตร ต่อกริดเซลล์ออกมาทั้งหมด 237 กริดเซลล์ที่มีขนาดเท่ากัน แทนสัญลักษณ์ด้วย Grid Index A1 - R3

3.2.2 แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging)

สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาของข้อมูลมลพิษทางอากาศ จะใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging: STRK) การทำแผนที่ Hot Spot Analysis โดยใช้โปรแกรม ESRI ArcGIS ArcMap Version 10.3.1 เครื่องมือ Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*) ในแถบเครื่องมือ ArcGIS Spatial Analysis และ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ Spatio-temporal Regression โดยใช้โปรแกรม GeoDa 1.20.0.8 GeoDa Software ในแถบเครื่องมือ Regression โดยวิธีและขั้นตอนสำหรับการวิเคราะห์แสดงดังแผนภูมิ แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา โดยแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา ประกอบไปด้วยแบบจำลองต่อไปนี้

แบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression) แบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยถูกจัดอยู่ในสาขาเศรษฐมิติเชิงพื้นที่ตั้ง หรือ “Spatial Econometrics” (Anselin, 1988) ซึ่งจะมีการคำนึงถึงอิทธิพลทางภูมิศาสตร์เชิงพื้นที่ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งโดยขยายขอบเขตการวิเคราะห์ที่มีความละเอียดและแม่นยำมากยิ่งขึ้น แบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression) มีตัวแปรข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

สมการ Regression

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n$$

ค่าของตัวแปรจากสมการ Regression

$$Y = \text{การเกิดมลภาวะทางอากาศ PM}_{2.5}$$

$$B_0 = \text{ค่า Intercept}$$

$$B_1 B_2 B_3 \dots B_n = \text{ค่า Coefficients}$$

$$X_1 = \text{ความเร็วลม}$$

$$X_2 = \text{ความหนาแน่นประชากร}$$

$$X_3 = \text{ความหนาแน่นอาคาร}$$

$$X_4 = \text{อุณหภูมิ}$$

$$X_5 = \text{ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน Dummy1}$$

$$X_6 = \text{ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน Dummy2}$$

$$X_7 = \text{ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน Dummy3}$$

$$X_8 = \text{ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน Baseline}$$

เพราะฉะนั้นแบบจำลองประเภท Spatial Regression จึงประกอบด้วย 2 แบบจำลองหลัก คือ

1. แบบจำลอง Spatial Lag Model ซึ่งให้ตัวแปรตามนั้นสัมพันธ์กันเอง โดยจะต้องมีการตั้งค่าเมทริกซ์น้ำหนักเชิงพื้นที่ (Spatial weight matrix) ซึ่งเป็นอินเวอร์สเมตริกซ์ของเมตริกซ์ด้วยระยะทาง (Distance Matrix) โดยใช้เป็นน้ำหนักถ่วงของการหาความสัมพันธ์ มีสมการดังต่อไปนี้

$$P_i = \beta_0 + \rho W P_i + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ji} + \varepsilon_i$$

โดยมีการกำหนดค่าตัวแปรพารามิเตอร์และเมทริกซ์น้ำหนักเชิงพื้นที่ด้วยสัญลักษณ์แทนค่าดังต่อไปนี้ (Anselin, 1988)

ρ คือ พารามิเตอร์แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

W คือ เมทริกซ์น้ำหนักเชิงพื้นที่ มีขนาด $n \times n$ โดย กำหนดให้พื้นที่ที่ติดกันมีค่าเท่ากับ 1 และพื้นที่ที่ไม่ติดกัน มีค่าเท่ากับ 0

β คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอื่น ๆ และ ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

2. แบบจำลอง Spatial Error model ที่มีการกำหนดให้ค่า Error ในการคำนวณ Spatial Regression ได้ให้ความสัมพันธ์กันเองโดยตรงแต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการถ่วงน้ำหนักด้วยเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) เช่นกัน เพื่อเป็นการช่วยแก้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) โดยทั้ง 2 โมเดล Spatial Lag และ Error Model เป็นตัวแบบจำลองที่รวมเอาอิทธิพลเชิงพื้นที่ที่ตั้งที่เกิดจากความไม่เป็นอิสระต่อกันเชิงพื้นที่มาไว้ในแบบจำลองมีสมการดังต่อไปนี้

$$P_i = \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ji} + \varepsilon_i ; \varepsilon_i = \lambda W \varepsilon + u_i$$

แบบจำลอง Spatial Error เป็นแบบจำลองที่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างแฝงในข้อมูล (Spatial Heterogeneity) กล่าวคือเป็นแบบจำลองที่รวมเอาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างเชิงพื้นที่ที่ตั้งไว้ในแบบจำลอง (Anselin, 1988) โดยที่กำหนดให้

λ คือ พารามิเตอร์ของความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ (Spatial Error Parameter)

β คือค่าพารามิเตอร์ ของตัวแปรอื่น ๆ

ε คือค่าความคลาดเคลื่อน และ

u คือความคลาดเคลื่อน

3. แบบจำลอง Ordinary least squares (OLS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรง โดยประมาณค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อให้ผลรวมกำลังสองของค่าประมาณของความคลาดเคลื่อน (Error) มีค่าต่ำสุด (Minimum Sum square) และคำนึงถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) (ESRI, 2008)

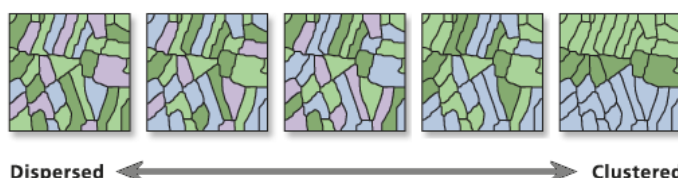
$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ (β s) ของสมการถดถอยระหว่างตัวแปร X และ Y โดยทำให้ผลรวมกำลังสองของค่าหลงเหลือ (Sum of squared residuals) มีค่าน้อยที่สุด

4. แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ การศึกษาจะใช้สถิติวิเคราะห์คือ สถิติ Moran's I (Global Moran's I statistic) สามารถแสดงการวิเคราะห์ที่ได้ดังสมการต่อไปนี้ (Moran, 1950)

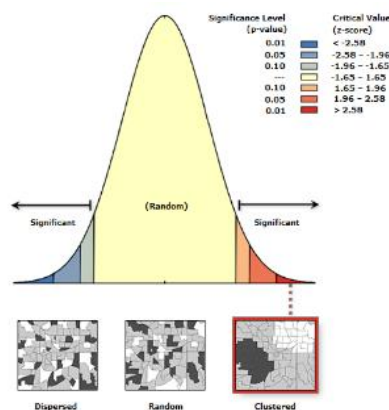
$$I = \frac{1}{s^2} \frac{\sum_i \sum_j (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_i \sum_j w_{ij}}$$

สถิติที่ใช้วัดความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูล มีความเกาะกลุ่ม หากมีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าข้อมูลกระจาย และมีค่าเข้าใกล้ 0 การกระจายมีลักษณะสุ่ม ค่าความสัมพันธ์ของมอแรน มีแกนตั้งเป็นค่าความสัมพันธ์ของมอแรน และมีแกนอนเป็นระยะทาง ทั้งนี้ I จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทิศทางเดียวกันถ้าค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทิศทางตรงข้ามและค่า 0 แสดงว่ามีการกระจายตัวแบบสุ่ม หรือไม่มีรูปแบบแน่นอน โดยค่า I ที่ค่าน้อยกว่า 0 มีรูปแบบการกระจายตัวแบบสะเปะสะปะ (Dispersed Pattern) และค่า I ที่ค่ามากกว่า 0 มีรูปแบบการจัดตัวแบบเป็นกลุ่ม (Clustered Pattern)



รูปที่ 17 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล Moran's I (Global Moran's I statistic)

จาก Environmental Systems Research Institute, 2005



รูปที่ 18 แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation)

จาก Environmental Systems Research Institute, 2005

Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*) การวิเคราะห์ด้วยค่าคะแนนมาตรฐานของการประเมิณเชิงพื้นที่ในที่ตำแหน่งใด ๆ (G_i^*) เป็นการบ่งชี้กลุ่มของตัวแปรอิสระที่มีค่าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งกลุ่มที่มีค่ามาก (Hot Spots) จะมีค่า G_i^* มากกว่า 1.96 และกลุ่มที่มีค่าน้อย (Cold Spots) จะมีค่า G_i^* น้อยกว่า -1.96 ในแต่ละพื้นที่ย่อยและพื้นที่รวมทั้งหมดค่า G_i^* ที่ตำแหน่งใด ๆ (ESRI, 2008) สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1}}}$$

G_i^2 เป็นค่าคะแนนมาตรฐานความสัมพันธ์ของประเมิณเชิงพื้นที่ที่ตำแหน่งใด ๆ

X_j เป็นตัวแปรอิสระ

\bar{X} ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ

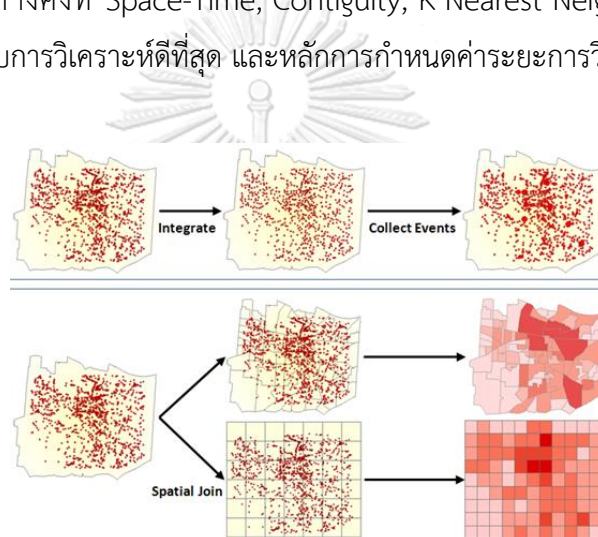
w_{ij} เป็นค่าถ่วงน้ำหนักระหว่าง i และ j n เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ

ค่าคะแนนมาตรฐานที่ตำแหน่งใด ๆ G_i^* เป็นการบ่งชี้กลุ่มของตัวแปรอิสระที่มีค่าเป็นแบบกลุ่มเดียวกัน ซึ่งกลุ่มที่มีค่ามาก (Hot spot) จะมีค่า G_i มากกว่า (Cold spot) จะมีค่า G_i^* น้อยกว่า ในแต่ละพื้นที่ย่อยและพื้นที่รวมทั้งหมด ค่า G_i^* ที่ตำแหน่งใด ๆ ผลการคำนวณค่า G_i^* จะต้องได้รับการพิสูจน์ด้วย ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-Scores) และค่าความน่าจะเป็น (P-value) (ESRI, 2008)

การสร้างชั้นข้อมูล G_i _Bin ที่มีการระบุจุดร้อนและจุดเย็นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่ว่าจะใช้การแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่หรือไม่ก็ตาม โดยมีการแปรค่าความหมายของกริดมีดังต่อไปนี้

ช่องกริดที่มีค่า $+/-3$ สะท้อนนัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
 ช่องกริดที่มีค่า $+/-2$ สะท้อนนัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ช่องกริดที่มีค่า $+/-1$ สะท้อนนัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

และการจัดกลุ่มสำหรับช่องกริดใน Bin 0 นั้นจะแสดงผลค่าเป็นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งนัยสำคัญทางสถิติจะขึ้นอยู่กับชั้นข้อมูลค่า p-value และ z-score โดยมีแนวความคิดของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ใดที่เหมาะสม ด้วยค่า Distance Band หรือ Threshold Distance โดยการกำหนดค่าเริ่มต้น ของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สำหรับเครื่องมือวิเคราะห์ฮอตสปอต (Getis-Ord G_i^*) ด้วยแถบระยะทางคงที่ Space-Time, Contiguity, K Nearest Neighbor และ Delaunay Triangulation สำหรับการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด และหลักการกำหนดค่าระยะการวิเคราะห์ (ESRI, 2008)



รูปที่ 19 แผนภูมิแสดงวิธีการวิเคราะห์ด้วย Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*)

จาก Environmental Systems Research Institute, 2008

ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-Scores) เป็นค่าที่สามารถใช้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างชุดได้เพื่อแก้ปัญหาการวิเคราะห์เชิงสถิติที่พบกันโดยทั่วไป คือ ข้อมูลแต่ละชุด ส่วนใหญ่จะมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการปรับค่ามาตรฐานให้กับข้อมูลทุกชุดที่จะนำมาใช้

ค่าความน่าจะเป็น (P-Value) หรือ ความน่าจะเป็น (Probability) คือ ค่าที่ใช้ประเมินสถานการณ์ที่ยังไม่เกิดขึ้นโดยการพิจารณาว่าเมื่อถึงเวลาเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งแล้วจะเกิดในลักษณะแบบใด และมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด (ESRI, 2008)

ตารางที่ 8 แสดงการแปรผลค่า Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*) (Gi-Star)

Cluster type	G_i^* z-scores	Confidence
Hotspot	>1.65	90%
	>1.96	95%
	>2.58	99%
Cold Spot	>-1.65	90%
	>-1.96	95%
	>-2.58	99%

3.2.3 เกณฑ์และวิธีการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม (Spatial Regression Model)

การเลือกแบบจำลองมีเกณฑ์การเลือก 4 วิธีคือ R^2 , AIC, Lagrange และ Robust Multiplier ดังนี้ 1) การอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระด้วยค่า R^2 ซึ่งสามารถแปลความได้ว่าเป็นร้อยละของความแปรปรวนในตัวแปรตามที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรพยากรณ์เป็นสัดส่วนที่ลดลงของความคลาดเคลื่อน (Proportion reduction in error) ยิ่งค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ดีและมีความแม่นยำมาก (Anselin, 1988)

2) การเปรียบเทียบความกลมกลืนระหว่างแบบจำลองด้วยค่า Akaike Information Criterion (AIC) ซึ่งสามารถใช้เปรียบเทียบแบบจำลองที่ไม่ได้มีการทับซ้อนกันอยู่ (Non-nested model) และพัฒนาขึ้นมาตามแนวคิดของ Information theorem โดยการแสดงค่ายังมีค่า AIC น้อยแสดงว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนกับชั้นข้อมูลที่มีอยู่ดีกว่าแบบจำลองอื่น (Akaike, 1981)

3) Gideon E. Schwarz ได้พัฒนาเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบที่ได้มาจากการดัดแปลงแบบเบส์ ของเกณฑ์ AIC เรียกว่าเกณฑ์ข้อสนเทศของเบส์ (Schwarz's Bayesian Information Criteria: Bayesian Information Criteria: BIC) ดังสมการดังต่อไปนี้

$$AIC = -2\ell(x; \phi, \theta, \sigma^2) + 2(p + q + 1)$$

$$AICc = -2\ell(x; \phi, \theta, \sigma^2) + \frac{2(p + q + 1)n}{n - (p + q)}$$

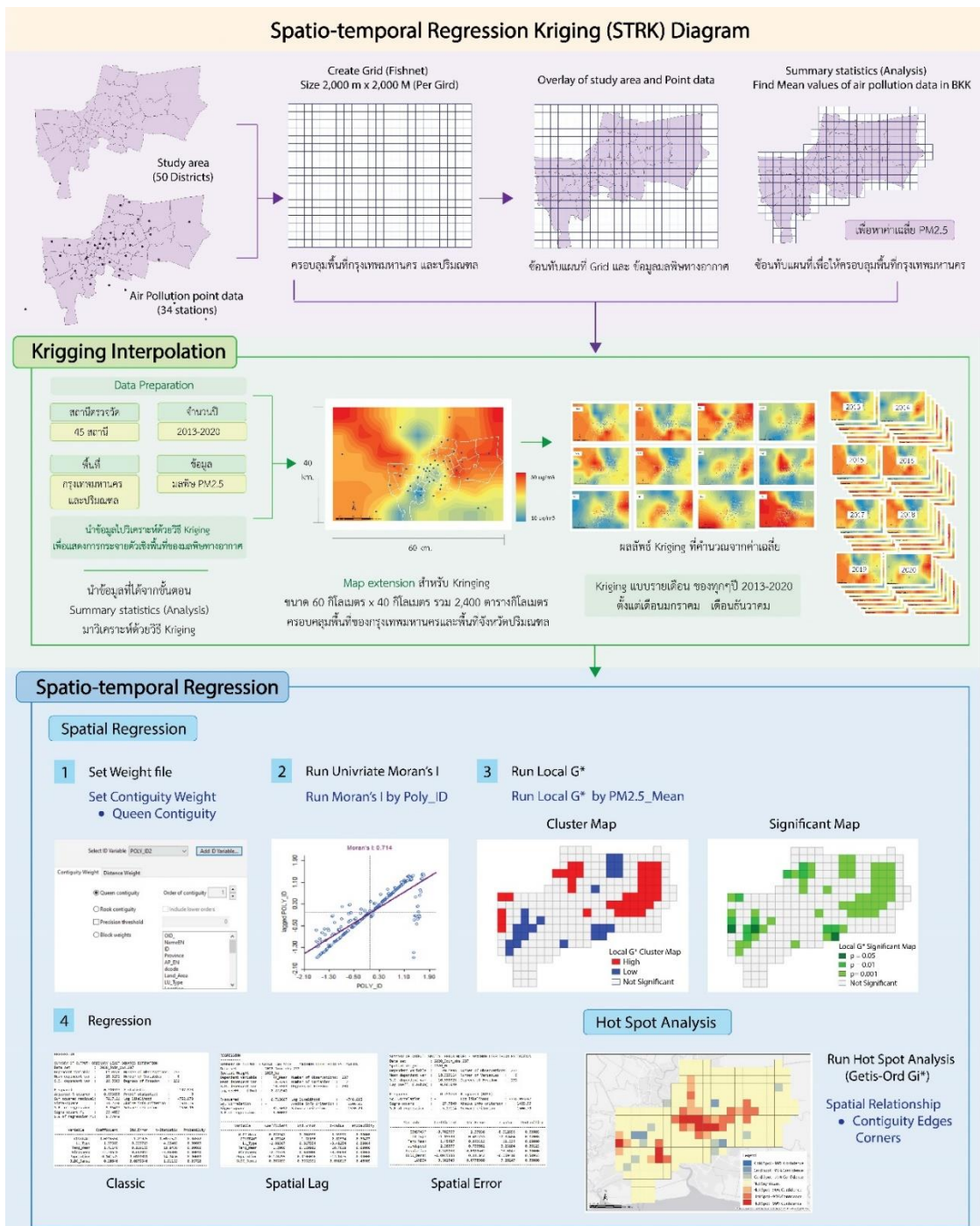
$$BIC = -2\ell(x; \phi, \theta, \sigma^2) + (p + q + 1) \log n$$

จากสมการดังกล่าวข้างต้นการใช้ BIC นั้นจะพยายามเลือกโมเดลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ข้อมูลที่มีมาอยู่รองรับกับโมเดลนั้น ๆ ในการเลือกแบบจำลองโดยใช้ BIC

กำหนดให้เลือกแบบจำลองที่มีค่า BIC ต่ำที่สุดจึงจะคัดเลือกเพื่อแบบจำลองที่ดีที่สุด (Kashima et al., 2018)

4) การศึกษาชิ้นหนึ่งได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของการปรับปรุงพัฒนาระบบระบบขนส่งมวลชนรูปแบบใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกับมูลค่าการพัฒนาที่ดินที่อยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร มีวิธีการศึกษาด้วยการศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) และมีวิธีการคัดเลือกโมเดลที่มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ผลการถดถอยของตัวกำหนดมูลค่าที่ดินแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สุดด้วยการวิเคราะห์ค่าของโมเดล จากการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial Lag Spatial Error และ OLS ด้วยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่า Lagrange multiplier และ ค่า Robust Lagrange Multiplier จากตัวโมเดล เพื่อนำโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์ และการแสดงค่าผลลัพธ์ที่มีความชัดเจนและแม่นยำ (Anantsuksomsri & Tontisirin, 2015)

โดยสรุปจากเกณฑ์และวิธีการเลือกโมเดลที่เหมาะสม (Spatial Regression Model) ผู้วิจัยได้เลือกวิเคราะห์ค่า Lagrange multiplier และ ค่า Robust Lagrange Multiplier โดยมีการเปรียบเทียบการมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Lagrange หรือด้วยการเปรียบเทียบค่าที่มากกว่าจากค่า Robust Lagrange Multiplier เพื่อนำโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการแสดงค่าผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและชัดเจนมีความกลมกลืนเหมาะสมกับชั้นข้อมูลที่ผู้วิจัยมีอยู่ และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาของตัวแปรทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์



รูปที่ 20 แผนภูมิแสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging)

จากรูปที่ 20 แผนภูมิแสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา มีขั้นตอนการวิเคราะห์ Spatio-temporal Regression Kriging (STRK) แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การแปลงค่าข้อมูล การเพิ่มความละเอียดข้อมูล และการครอบตัดพื้นที่ศึกษา (ArcMap)

1. ข้อมูลในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย ค่ามลพิษทางอากาศ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเร็วลม จำนวนประชากร ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และความหนาแน่นอาคาร
2. การนำพื้นที่ศึกษามาสร้างเป็นกริด (Fishnet) ขนาด 2,000 ม. X 2,000 ม. (2 กม. X 2 กม.) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล หลังจากได้กริดมาแล้ว นำไปซ้อนทับกับพื้นที่ศึกษา (ขอบเขต) เพื่อครอบตัดเฉพาะบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานคร
3. จากการครอบตัดพื้นที่ศึกษาจะทำให้ได้จำนวนหน่วยวิเคราะห์ (Observation) ที่ละเอียดมากยิ่งขึ้นจะได้ทั้งหมดเท่ากับ 273 หน่วยวิเคราะห์ และนำไปทำ Spatial Join ระหว่างชั้นข้อมูลและข้อมูลพื้นที่แบบกริด

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ Kriging (ArcMap)

1. จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Kriging เพื่อแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของมลพิษทางอากาศ พื้นที่โดยรวมทั้งหมดขนาด 60 กิโลเมตร x 40 กิโลเมตร รวมเป็น 2,400 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ของกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑลโดยรอบ
2. นำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Kriging ในแถบเครื่องมือ Geostatistical Analyst ค่าของมลพิษทางอากาศจะถูกคำนวณเปลี่ยนให้เป็นค่าเฉลี่ย (Mean) โดยวิเคราะห์ข้อมูลมลพิษทางอากาศแบบรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม ของทุก ๆ ปี ตั้งแต่ปี 2013-2020
3. นำผลลัพธ์นั้นมาแสดงผลการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของมลพิษทางอากาศ PM_{2.5}

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา (GeoDa)

1. จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในโปรแกรม GeoDa ด้วยวิธี Regression เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามที่กำหนดโดยมีตัวแปรอิสระค่าอุณหภูมิ ค่าความเร็วลม จำนวนประชากร ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และความหนาแน่นอาคาร และกำหนดตัวแปรตามคือ ค่ามลพิษทางอากาศ ฝุ่น PM_{2.5}
2. เริ่มต้นจากการสร้าง Weights Matrix File ด้วย POLY_ID ของชั้นข้อมูลแต่ละปี เลือก Contiguity Weight โดยใช้ Queen Contiguity ด้วย POLY_ID
3. หลังจากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ Univariate Moran's I เพื่อหาค่าของ Moran's ว่ามี Spatial Auto Correlation ต่อกันและมี Cluster หรือไม่

4. หลังจากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ Local G* เพื่อแสดงผล Cluster Map ด้วยระดับการแสดงผล High-Low และ Significant Map ด้วยระดับการแสดงผล $p = 0.05$, $p = 0.01$ และ $p = 0.001$ ของมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ เชิงพื้นที่
5. หลังจากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ Spatial Regression โดยมีตัวแปรอิสระค่าอุณหภูมิ ค่าความเร็วลม จำนวนประชากร ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และความหนาแน่นอาคาร และกำหนดตัวแปรตามคือ ค่ามลพิษทางอากาศ ผุ่น $PM_{2.5}$
6. หลังจากการวิเคราะห์ด้วย Spatial Regression แล้ว จะมีการนำไปทดสอบ VIF Multicollinearity เพื่อตรวจสอบว่ามี Correlation ต่อกันหรือไม่
7. การแสดงผล Spatial Regression คือ Ordinary least squares (OLS), Spatial Lag, Spatial Error และแสดงผลค่า R^2 ค่า R-Squared แสดงค่าความผันแปรของตัวแปร ค่า Z-Value ค่า P-Value และแสดงผล Heteroskedasticity Diagnostic
8. การแสดงผล Hot Spot Map ในโปรแกรม ArcMap ด้วยแถบเครื่องมือ Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*) เลือ ก Distance Band or Threshold แบบ u Euclidean Distance และเลือกการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Contiguity edges corners
9. การแสดงผล Hot Spot Map จะแสดงระดับของการวิเคราะห์ คือ Cold Spot และ Hot Spot ที่ระดับ 90%, 95%, 99% Confidence

3.2.4 ข้อจำกัดของแบบจำลอง

โดยสรุปจากการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้เลือกวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Regression ด้วยเครื่องมือแบบจำลอง Ordinary least squares (OLS) แบบจำลอง Spatial Lag และแบบจำลอง Spatial Error ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อแสดงค่าผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและชัดเจนเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาของตัวแปรทั้งหมดที่มี โดยแบบจำลองนี้มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์เนื่องจากความครบถ้วนและสมบูรณ์ของข้อมูลที่ผู้วิจัยมีอยู่สำหรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นมีอยู่อย่างจำกัดไม่ครบตามจำนวนปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2563 โดยข้อมูลที่มีอยู่มีความจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้ในลักษณะของช่วงปีซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงปีคือ ช่วงที่ 1: ปี พ.ศ.2553-2555 ช่วงที่ 2: ปี พ.ศ.2556-2559 ช่วงที่ 3: ปี พ.ศ.2560-2563 เพราะฉะนั้นจึงทำให้โปรแกรมแบบจำลองการวิเคราะห์เชิงลึกแบบจำลองอื่นนอกเหนือจากแบบจำลองดังกล่าวข้างต้นอาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยชิ้นนี้

3.3 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 9 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

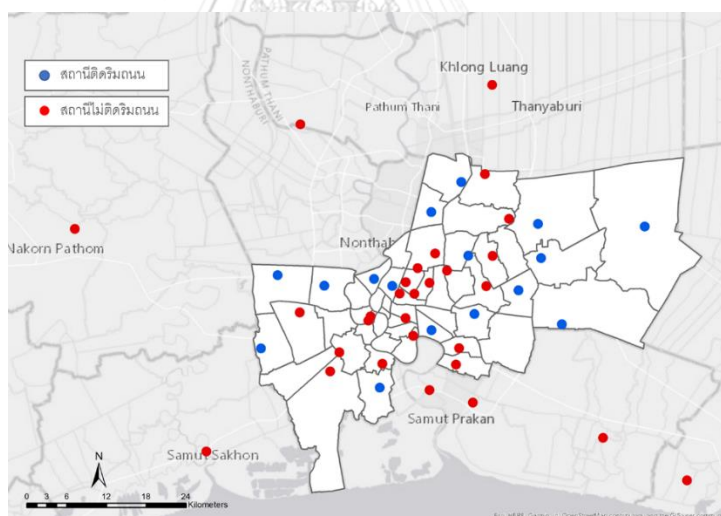
เครื่องมือ	โปรแกรม	วัตถุประสงค์	ตัวแปรที่ใช้
Kriging Interpolation	ESRI ArcGIS ArcMap Version 10.3.1	เพื่อหาการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ PM _{2.5}	มลพิษทางอากาศ PM _{2.5}
Spatio-temporal Regression ○ Spatial Lag ○ Spatial Error ○ OLS	GeoDa 1.20.0.8	เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลาของมลพิษทางอากาศ PM _{2.5}	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความเร็วลม ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร อุณหภูมิภายในเมือง
Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)	ESRI ArcGIS ArcMap Version 10.3.1	เพื่อหา Hot Spot การเกาะกลุ่มเชิงพื้นที่ของมลพิษทางอากาศ PM _{2.5}	มลพิษทางอากาศ PM _{2.5}

บทที่ 4

รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

4.1 การกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

จากการศึกษาการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานครในระยะเวลา 11 ปี ตั้งแต่ ปี 2553 – ปี 2563 ด้วยการวิเคราะห์จากชั้นข้อมูลมลพิษทางอากาศ ข้อมูลจากการวัดคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบสถานีแบบถาวร และหน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ ในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครและพื้นที่เมืองในปริมณฑล จำนวน 46 สถานี ดังรูปที่ 21 แสดงแผนที่จุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ จำนวน 46 สถานี กระจายตัวอยู่ในพื้นที่เขตของกรุงเทพมหานครจำนวน 34 เขต และพื้นที่จังหวัดปริมณฑล โดยแบ่งเป็นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีสถานีตรวจวัดมลพิษจำนวน 34 สถานี และในพื้นที่จังหวัดปริมณฑลได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จำนวน 3 สถานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 สถานี จังหวัดนครปฐม จำนวน 1 สถานี จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 5 สถานี และจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 2 สถานี



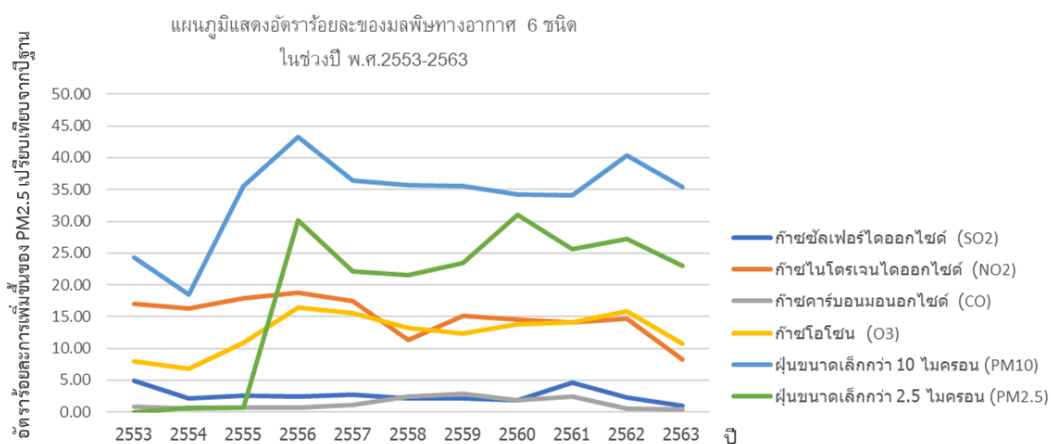
รูปที่ 21 จุดพิกัดสถานีตรวจวัดอากาศ 46 สถานี โดยแบ่งเป็นสถานีติดริมถนนและไม่ติดริมถนน จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

ดังรูปที่ 21 จุดพิกัดสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ จำนวน 46 สถานี กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศจะประกอบไปด้วยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบสถานีแบบถาวร และหน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ การเลือกศึกษาสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบสถานีถาวรแทนด้วยรหัสสถานี 02T-15T 03R-54R 08T-81T และหน่วย

ตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่แทนด้วยรหัสสถานี B71 – B103 โดยในการศึกษานี้เลือกเฉพาะสถานีที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

4.1.1 อัตราร้อยละของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิดในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563

กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 22 แผนภูมิเชิงเส้นอัตราร้อยละของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิดในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563

จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย 2565

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเชิงเส้นแสดงถึงข้อมูลมลพิษทางอากาศทุกชนิด ซึ่งมีการปรับข้อมูลชั้นปฐมภูมิเป็นอัตราร้อยละของมลพิษทางอากาศ 6 ชนิดในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563 ข้อมูลชั้นปฐมภูมิ ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) โดยที่มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง มคก./ลบ.ม. ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง มคก./ลบ.ม. ก๊าซโอโซน (O₃) มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง คิดเป็นส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง คิดเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 1 ชั่วโมง คิดเป็นส่วนในพันล้านส่วน (ppb) และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 1 ชั่วโมง คิดเป็นส่วนในพันล้านส่วน และนำในแต่ละประเภทนั้น มาคำนวณเฉลี่ยเป็นรายปีเพื่อแสดงเป็นอัตราร้อยละที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับปีฐานปีแรก

พบว่าค่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในพื้นที่กรุงเทพมหานครแสดงแนวโน้มของการเกิดมลพิษทางอากาศ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงปีพ.ศ. 2558 – 2560 เพิ่มจากอัตราร้อยละ 21 เป็น

ร้อยละ 32 จากการวิเคราะห์และคำนวณด้วยอัตราร้อยละ ในขณะเดียวกันช่วงปีพ.ศ. 2553-2555 เนื่องจากฐานข้อมูลของมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ นั้นมีการนำมารวมกับข้อมูลฝุ่นรวมและมลพิษทางอากาศ PM_{10} มีการตรวจวัดแยกประเภทในปีพ.ศ. 2555 จึงส่งผลทำให้การแสดงผลอัตราร้อยละของมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ นั้นเพิ่มขึ้นมาจากเดิมเป็นร้อยละ 30 และมลพิษทางอากาศ PM_{10} แสดงผลอัตราร้อยละ 43 และช่วงปีสุดท้ายในช่วงปีพ.ศ. 2562-2563 แสดงแนวโน้มของการเกิดมลพิษทางอากาศในทุกชนิดมีแนวโน้มอัตราร้อยละของการสะสมของมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ ที่ลดลง

สถานการณ์มลพิษทางอากาศตามฤดูกาลและทิศทางลม

สภาพอุตุนิยมวิทยาเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งส่งผลต่อปริมาณมลพิษทางอากาศ โดยสถานการณ์ฝุ่นมลพิษทางอากาศเกิดขึ้นเป็นประจำตามฤดูกาลสามารถอธิบายเป็นรายฤดูกาลได้ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

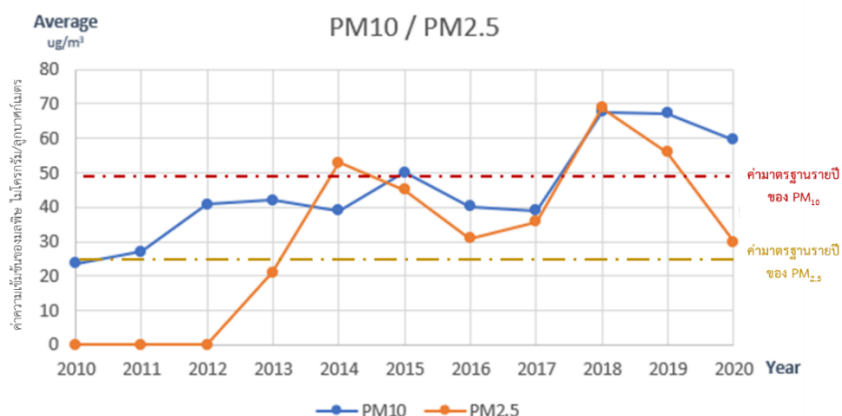
ช่วงฤดูหนาว เดือนพฤศจิกายน - เดือนกุมภาพันธ์ ลักษณะของกระแสลมมีการอ่อนตัวลง ประกอบกับอากาศเย็นในตอนกลางคืนทำให้เกิดชั้นอุณหภูมิมืดฝนใกล้ระดับผิวพื้น ทำหน้าที่เป็นฝาครอบกักเก็บอากาศและมลพิษไว้ภายใน ส่งผลให้เกิดสถานการณ์วิกฤตมลพิษทางอากาศ

ช่วงฤดูร้อน เดือนมีนาคม - เดือนเมษายน ลักษณะของกระแสลมจากอ่าวไทยที่เข้าสู่พื้นที่กรุงเทพมหานคร ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะเริ่มมีลมพัดแรงมากขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีคุณภาพอากาศดีขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงนี้ประเทศเพื่อนบ้านมีการเผาในที่โล่งเป็นบริเวณกว้าง จากภาพถ่ายดาวเทียมจะเห็นเป็นจุดความร้อนจำนวนมาก มลพิษที่เกิดขึ้นสามารถส่งผลกระทบต่อพื้นที่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดสถานการณ์วิกฤตมลพิษทางอากาศ เรียกว่าสถานการณ์หมอกควันข้ามแดน

ช่วงฤดูฝน เดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม มีลักษณะของกระแสลมแรง และมีฝนตก ส่งผลทำให้คุณภาพอากาศดีในทุกภาคของประเทศสำหรับภาคใต้ ได้รับอิทธิพลจากกระแสลมทะเล จึงมีคุณภาพอากาศดีกว่าภาคอื่น ๆ ตลอดทั้งปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

4.1.2 การสะสมของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในช่วงปีพ.ศ. 2553 – 2563

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยที่มีการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง และนำมาหาค่าเฉลี่ยแบบรายปี จากจุดวัดมลพิษรวมของกรุงเทพมหานครที่สถานีกรมประชาสัมพันธ์ ในเขตพญาไท และนำมาหาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยแบบรายปี จากแนวโน้มสถานการณ์มลพิษทางอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563 ประเทศไทย มีแนวโน้มดังรูปที่ 23

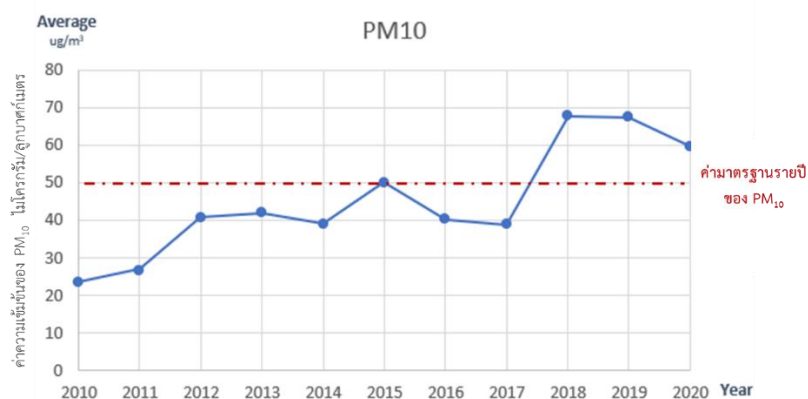


รูปที่ 23 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศรายปี PM₁₀ และ PM_{2.5}
ในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563

จากรูปที่ 23 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศ PM₁₀ และ PM_{2.5} ในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563 แสดงการสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ข้อมูลนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเป็นแบบรายปี โดยในช่วงปีพ.ศ. 2561-2563 โดยมีการกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองตามมาตรฐานของปีพ.ศ. 2561 ดังนี้

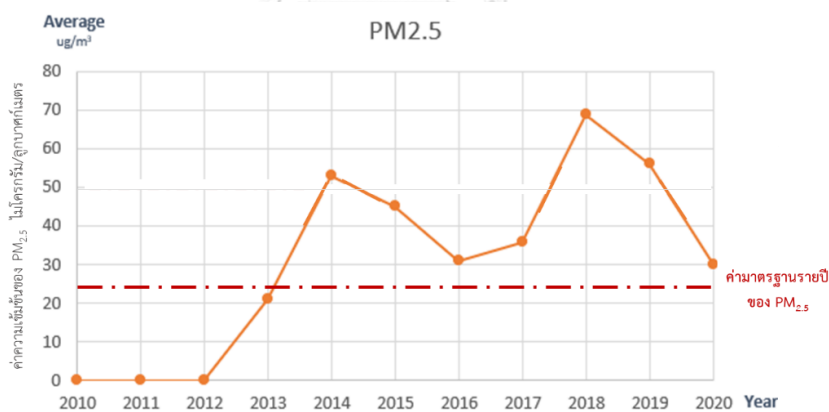
- ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ไม่เกิน 50 มคก./ลบ.ม.
ค่าเฉลี่ยรายปี ไม่เกิน 25 มคก./ลบ.ม.
- ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM₁₀ ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ไม่เกิน 120 มคก./ลบ.ม.
ค่าเฉลี่ยรายปี ไม่เกิน 50 มคก./ลบ.ม.

จากแผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศ PM₁₀ และ PM_{2.5} สามารถอธิบายได้ว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปีพ.ศ. 2557 และในปีพ.ศ. 2563 มีปริมาณค่าความเข้มข้นของค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} ลดลงจากปีก่อนหน้าอย่างเห็นได้ชัด จากข้อมูลจุดตรวจวัดทั้งหมดที่นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนั้น พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแบบรายปีสูงสุดที่ 70 มคก./ลบ.ม. และต่ำสุด 20 มคก./ลบ.ม. และในขณะเดียวกันตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555-2563 มีค่าความเข้มข้นของค่ามลพิษที่มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา แต่ในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณการสะสมของค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ลดลงจากปีก่อนหน้า อย่างไรก็ตามมลพิษทั้งสองชนิดมีแนวโน้มที่มีความใกล้เคียงกัน



รูปที่ 24 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศ PM₁₀ รวมแบบรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563

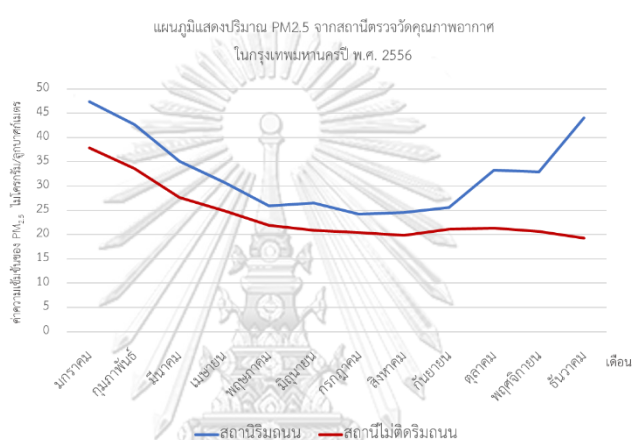
รูปที่ 24 สามารถอธิบายได้ว่ามลพิษทางอากาศรายปี PM₁₀ ในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563 พบว่าในปี พ.ศ.2561 และ 2562 มีปริมาณความเข้มข้นมลพิษที่สูงมากในระยะเวลา 10 ปี และมีค่าความเข้มข้นมลพิษ PM₁₀ เฉลี่ยสูงสุดที่ 69 มคก./ลบ.ม. และค่าต่ำที่สุด 23 มคก./ลบ.ม. อยู่ในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย (เดือนตุลาคม-มกราคม) ในขณะที่เดียวกันแนวโน้มค่ามลพิษ PM₁₀ มีแนวโน้มลดน้อยลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นไป



รูปที่ 25 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงมลพิษทางอากาศ PM_{2.5} รวมแบบรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563

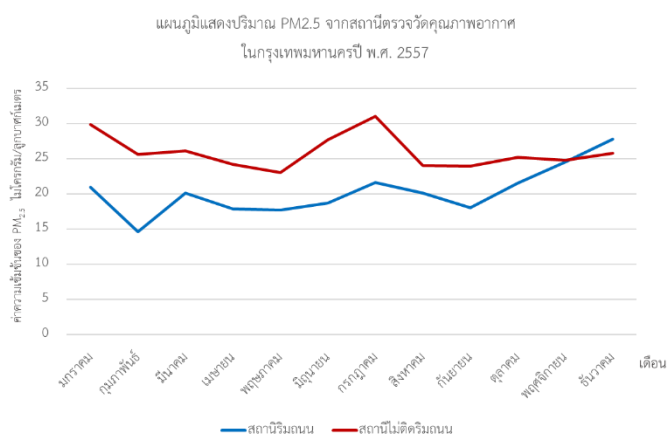
รูปที่ 25 สามารถอธิบายได้ว่ามลพิษทางอากาศรายปี PM_{2.5} ในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2563 พบว่าในปี พ.ศ.2561 มีปริมาณความเข้มข้นมลพิษที่เกินค่ามาตรฐาน PM_{2.5} แบบรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ซึ่งค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} มีค่าเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 25 มคก./ลบ.ม. โดยมียค่ามลพิษรวมสูงที่สุดในระยะเวลา 10 ปี 70 มคก./ลบ.ม. และมียค่ามลพิษต่ำที่สุด 20 มคก./ลบ.ม. แต่ทั้งนี้ถ้าหากวิเคราะห์จากฐานข้อมูลแบบรายเดือนจะแสดงถึงการสะสมของค่าความเข้มข้นของมลพิษในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย (เดือนตุลาคม – มกราคม) และมีแนวโน้มค่ามลพิษ PM_{2.5} ที่จะเพิ่มสูงขึ้น

ในช่วงฤดูหนาวของทุก ๆ ปี อย่างไรก็ตามการสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยภาพรวมแบบ 10 ปีมีความแตกต่างจากออกไปจากการวิเคราะห์แบบรายเดือน จากการหาค่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศทั้งหมด เพื่อแสดงแนวโน้มการสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือน โดยมีการจัดกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเป็น 2 ประเภท คือสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่อยู่บริเวณริมถนนและไม่ติดริมถนน เส้นแผนภูมิสีฟ้าเป็นตัวแทนของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่อยู่บริเวณริมถนน และเส้นแผนภูมิสีแดงเป็นตัวแทนของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่อยู่บริเวณริมถนน โดยสามารถอธิบายและแสดงแนวโน้มในด้วยข้อมูลแบบรายเดือนในแต่ละปีดังต่อไปนี้



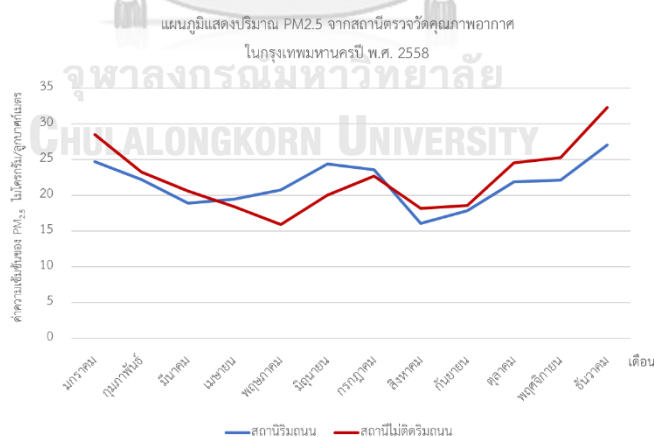
รูปที่ 26 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ปี 2556
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

จากรูปที่ 26 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในปีพ.ศ. 2556 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 48 มคก./ลบ.ม. เป็นสถานีที่มีที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนน และพบค่ามลพิษต่ำที่สุด 19 มคก./ลบ.ม. โดยอยู่ที่บริเวณเขตเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชย์กรรม ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว พบอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) ของปี เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นลดลง 1-2 องศาเซลเซียสจากระดับอุณหภูมิปกติ ร่วมกับทิศทางของลมซึ่งมีการพัดพาไปยังทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) ในช่วงฤดูดังกล่าวของปี มีผลกระทบต่อการสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนสำหรับค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ภายในพื้นที่



รูปที่ 27 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ปี 2557
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

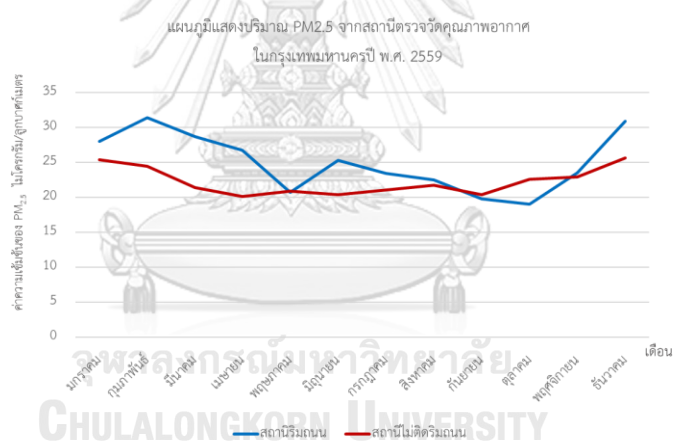
จากรูปที่ 27 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ในปีพ.ศ. 2557 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 32 มคก./ลบ.ม. ซึ่งสถานีส่วนใหญ่เป็นสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณไม่ได้ติดริมถนน อยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) ของปี และมียค่ามลพิษต่ำที่สุด 14 มคก./ลบ.ม. โดย มีผลกระทบจากการสะสมของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่บริเวณเขตเมืองประเภท กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตราชบุรีบูรณะ เขตลาดพร้าว และ เขตจตุจักร



รูปที่ 28 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ปี 2558
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

จากรูปที่ 28 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ในปีพ.ศ. 2558 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 33 มคก./ลบ.ม. และมียค่ามลพิษต่ำที่สุด 16 มคก./ลบ.ม. และในปีนี้มีปริมาณ

การสะสมรายปีสูงที่สุดถึง 48 มคก./ลบ.ม. โดยมีผลกระทบอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในที่บริเวณเขตพื้นที่อยู่อาศัย ได้แก่ เขตดอนเมือง เขตมีนบุรี เขตตลิ่งชัน และเขตบางขุนเทียน ซึ่งในปีนี้มีพบค่ามลพิษส่วนใหญ่มีแนวโน้มค่ามลพิษยังคงเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) ของปี ในปีนี้เนื่องจากแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ของการสะสมฝุ่น $PM_{2.5}$ และส่งผลต่อการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในปีถัดไป โดยในปีดังกล่าวข้างต้นภาครัฐได้มีการวางมาตรการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในนโยบายและแผนระดับชาติ ตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2563) เป็นแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593 และแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ (National Adaptation Plan: NAP) เพื่อจัดทำยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ ในการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อพัฒนาระบบป้องกัน เตรียมความพร้อม และดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายในพื้นที่เมือง

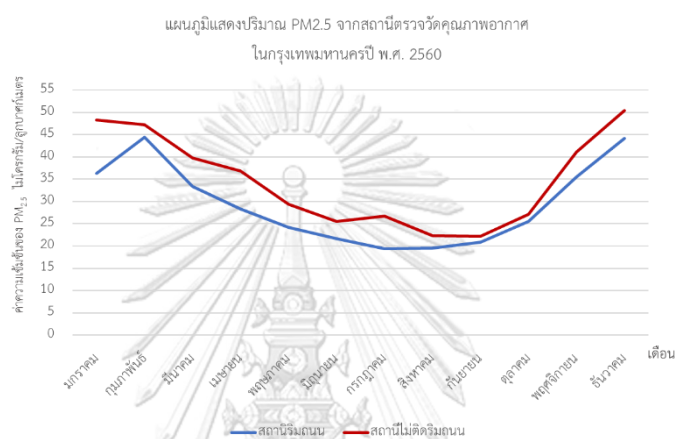


รูปที่ 29 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ปี 2559

จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

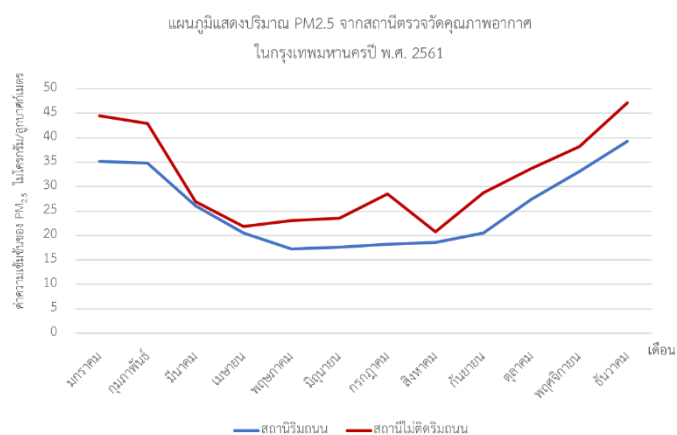
จากรูปที่ 29 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในปีพ.ศ. 2559 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 32 มคก./ลบ.ม. และมีค่ามลพิษต่ำที่สุด 18 มคก./ลบ.ม. โดยมีผลกระทบอยู่ในบริเวณเขตพื้นที่อยู่อาศัย ได้แก่ เขตลาดกระบัง เขตมีนบุรี เขตตลิ่งชัน และเขตบางขุนเทียน พบค่ามลพิษส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม) เหตุผลหนึ่งคือเนื่องจากอิทธิพลของทิศทางการแพร่กระจายของลมในชั้นบรรยากาศ ร่วมกับปริมาณน้ำฝนและความเร็วลม โดยในตอนเที่ยงของวันซึ่งมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงกว่าช่วงอื่น ๆ ของวัน โดยการมีอุณหภูมินั้นเป็นตัวควบคุมหลักสำหรับปริมาณการสะสมของ $PM_{2.5}$ อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ความเร็วลมและ

ทิศทางของลมมีกระแสลมจากอ่าวไทยที่เข้าสู่พื้นที่กรุงเทพมหานคร ภาคกลาง และภาคตะวันออก ส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีคุณภาพอากาศดีขึ้น แต่ในช่วงนี้จากการรายงานสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันในประเทศเพื่อนบ้านมีการเผาในที่โล่งเป็นบริเวณกว้างจำนวนมาก กลายเป็นพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้นได้รับผลกระทบจากสถานการณ์หมอกควันข้ามแดน โดยส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดเกาะความร้อนในเมืองมีอุณหภูมิที่เพิ่มสูงมากขึ้น (Pietro, et al., 2021) แต่อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มของค่ามลพิษที่ยังคงเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) ของปี



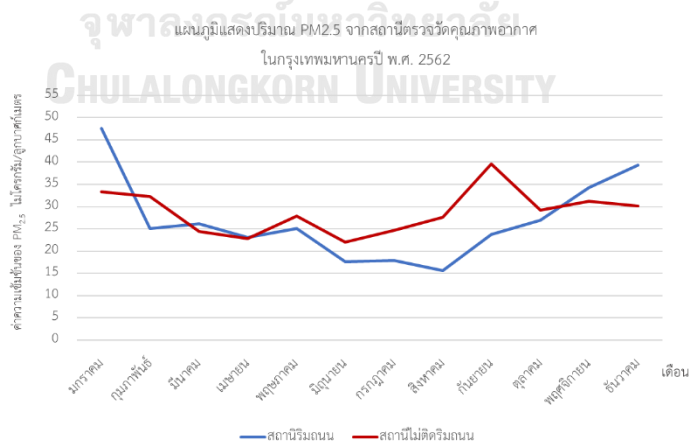
รูปที่ 30 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ปี 2560
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

จากรูปที่ 30 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ในปีพ.ศ. 2560 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 51 มคก./ลบ.ม. และมีค่ามลพิษต่ำที่สุด 17 มคก./ลบ.ม. โดยอยู่ที่บริเวณเขตพื้นที่เขตเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตราชบุรีบูรณะ เขตลาดพร้าว เขตพญาไท ในปีนี้พบค่ามลพิษส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติในช่วงฤดูร้อนเนื่องจากทิศทางและกระแสลมที่พัดไปยังทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และการสะสมของหมอกควันข้ามแดนที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มของค่ามลพิษที่ยังคงเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) ของปี



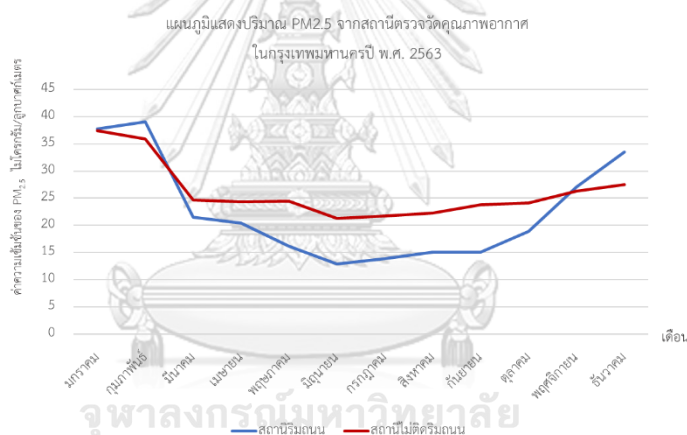
รูปที่ 31 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ปี 2561
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

จากรูปที่ 31 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ในปีพ.ศ. 2561 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 48 มคก./ลบ. และมียค่ามลพิษต่ำที่สุด 16 มคก./ลบ.ม. โดยอยู่ที่บริเวณเขตพื้นที่เขตเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตพญาไท และเขตจตุจักร ในปีนี้พบค่ามลพิษส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติในช่วงฤดูร้อน แต่ยังคงมีแนวโน้มของค่ามลพิษที่ยังคงเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) ของปีเช่นเดียวกัน ทั้งนี้จากช่วงเดือนที่ยังคงมีการสะสมของมลพิษสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนตุลาคมในปีที่แล้วนั้นส่งผลต่อการสะสมของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ในปีถัดไป คือช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ของปีพ.ศ. 2562



รูปที่ 32 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ปี 2562
จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

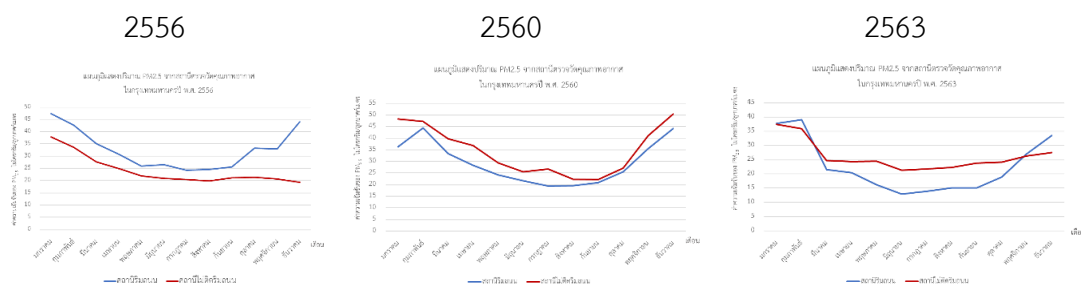
จากรูปที่ 32 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในปีพ.ศ. 2562 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 48 มคก./ลบ.ม. และมีค่ามลพิษต่ำที่สุด 15 มคก./ลบ.ม. โดยอยู่ที่บริเวณเขตพื้นที่เขตเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตพญาไท เขตคลองสานและเขตห้วยขวาง แต่อย่างไรก็ตามในปีนี้มีแนวโน้มของมลพิษค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ นั้นมีความแปรปรวนในทุกช่วงฤดูของปี ในขณะเดียวกันช่วงเดือน ในช่วงเดือนมกราคมของปี ได้รับผลต่อการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในปีก่อนหน้า คือช่วงเดือนธันวาคมของปีพ.ศ. 2561 ส่วนใหญ่คือบริเวณสถานีที่มีที่ตั้งติดกับริมถนนมีปริมาณการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังจากเดือนมกราคม แต่ในขณะเดียวกันช่วงเดือนมิถุนายน-เดือนกันยายน เนื่องจากในปีในช่วงเดือนดังกล่าวมีลักษณะของกระแสลมมีการอ่อนตัวลง ร่วมกับสภาพอากาศที่ยังคงร้อนอยู่ในตอนกลางวันทำให้เกิดการกักเก็บมลพิษไว้ภายในพื้นที่ ส่งผลให้เกิดสถานการณ์วิกฤตมลพิษทางอากาศส่งผลให้มีการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$



รูปที่ 33 แนวโน้มการสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ปี 2563

จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565

จากรูปที่ 33 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในปีพ.ศ. 2563 พบค่ามลพิษสูงที่สุดถึง 39 มคก./ลบ.ม. และมีค่ามลพิษต่ำที่สุด 13 มคก./ลบ.ม. โดยอยู่ที่บริเวณเขตพื้นที่เขตเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตพญาไท เขตคลองสานและเขตห้วยขวาง อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มค่ามลพิษที่ยังคงเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวเดือน (ตุลาคม-มกราคม) และในปีพบค่ามลพิษส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในทุกช่วงของปี



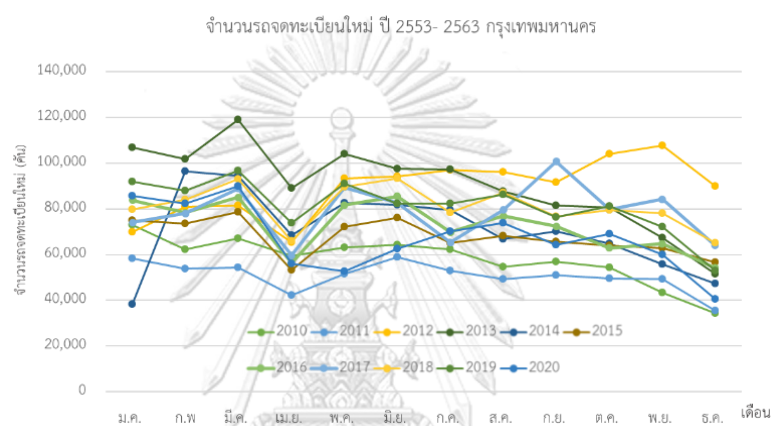
รูปที่ 34 การสะสมฝุ่นละอองแบบรายเดือนค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ปีพ.ศ. 2556 2560 และ 2563 จาก กรมควบคุมมลพิษ, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

จากภาพข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่าในช่วงปี พ.ศ. 2556 พ.ศ. 2560 และพ.ศ.2563 ช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) และช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน-เดือนพฤษภาคม) มีปริมาณการสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนมากที่สุด โดยสถานีตรวจคุณภาพอากาศส่วนใหญ่อยู่บริเวณสถานีที่ไม่ได้อยู่ติดกับพื้นที่ริมถนนมากที่สุดอยู่ที่บริเวณเขตเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่น เช่น เขตปทุมวัน เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว นอกเหนือจากนี้ยังคงมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปกติ

ในช่วงปี พ.ศ. 2556 มีการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ โดยส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี - ปานกลาง มีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในบางสถานีตรวจคุณภาพอากาศที่อยู่ติดริมถนน ได้แก่ในช่วงฤดูหนาว และในช่วงฤดูร้อน บริเวณที่มีการสะสมของฝุ่นละอองมีระดับของมลพิษที่สูงที่สุดเฉลี่ยที่ 48 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่เดียวกันการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ ช่วงปี พ.ศ. 2560 และช่วงปี พ.ศ. 2563 บริเวณที่มีการสะสมของฝุ่นละอองที่มีแนวโน้มลดลงกว่าปีอื่น ๆ ในช่วงฤดูหนาว ถ้าหากวิเคราะห์จากรายสถานียังคงมีบางสถานีที่มีระดับการสะสมของมลพิษที่สูงกว่าสถานีอื่น ๆ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในทุกช่วงฤดูของปี เช่น เขตปทุมวัน เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละช่วงเดือน ปริมาณน้ำฝน ความเร็วของลมและทิศทางลม และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ และปริมาณการสัญจรของยานพาหนะบนถนน อีกทั้งยังรวมถึงผลกระทบจากหมอกควันข้ามแดน

ทั้งนี้ข้อมูลค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศแบบรายเดือน $PM_{2.5}$ ในบางปีและบางเดือนนั้นไม่ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ จึงทำให้แสดงผลค่ามลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ เท่ากับ 0 มคก./ลบ.ม. โดยในปี พ.ศ. 2563 กรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่าปริมาณฝุ่นละอองแบบค่าเฉลี่ยรายปีนั้นมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้แหล่งกำเนิดหลักมาจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล การเผาในที่โล่ง โรงงานอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งสถิติจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม ณ เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2563 จากสถิติกรมการขนส่งทางบก รายงานสถิติจำนวนรถจดทะเบียน

ทะเบียนใหม่ในแต่ละปีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2563 มีจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ในกรุงเทพมหานคร 806,668 คัน และในช่วงปี พ.ศ. 2556 มีจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ 1,084,080 คัน ในขณะที่หากย้อนกลับไปในปี พ.ศ. 2553 มีจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ 695,234 คัน จากสถิติรถจดทะเบียนพบว่าจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วงมกราคมปี พ.ศ. 2563 มีจำนวนรถที่จดทะเบียนเป็นรถดีเซล 45,862 คัน ทำให้ในระยะเวลา 10 ปีในกรุงเทพมหานครมีรถที่จดทะเบียนใหม่สะสมด้วยรถระบบดีเซลทั้งสิ้น 806,668 คัน นอกจากนี้มลพิษไม่เพียงแต่มาจากยานพาหนะแต่ยังมาจากการก่อสร้าง ระบบรถไฟฟ้า อาคารสูง ระบบสาธารณสุขโรคซึ่งส่งผลให้การจราจรติดขัดทำให้ปริมาณการระบายมลพิษเพิ่มขึ้นในช่วงดังกล่าว (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)



รูปที่ 35 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงจำนวนรถยนต์จดทะเบียนใหม่ กรุงเทพมหานครช่วงปี พ.ศ. 2553-2563

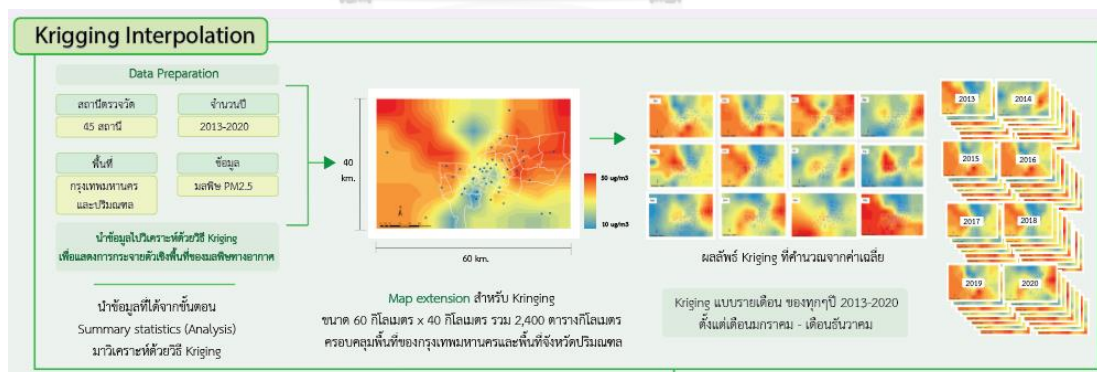
4.2 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}

เนื่องจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษารูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครในช่วง พ.ศ. 2553-2563 ผู้ศึกษาจึงได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Kriging Interpolation Map โดยการสร้างกริดเซลล์เป็นตารางขนาด 2,000 เมตร x 2,000 เมตร (2 กิโลเมตร X 2 กิโลเมตร) ต่อกริดเซลล์ออกมาทั้งหมด 237 กริดเซลล์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการกระจายตัวมลพิษทางอากาศ PM_{2.5} ด้วยวิธี Kriging Interpolation ดังรูปที่ 36



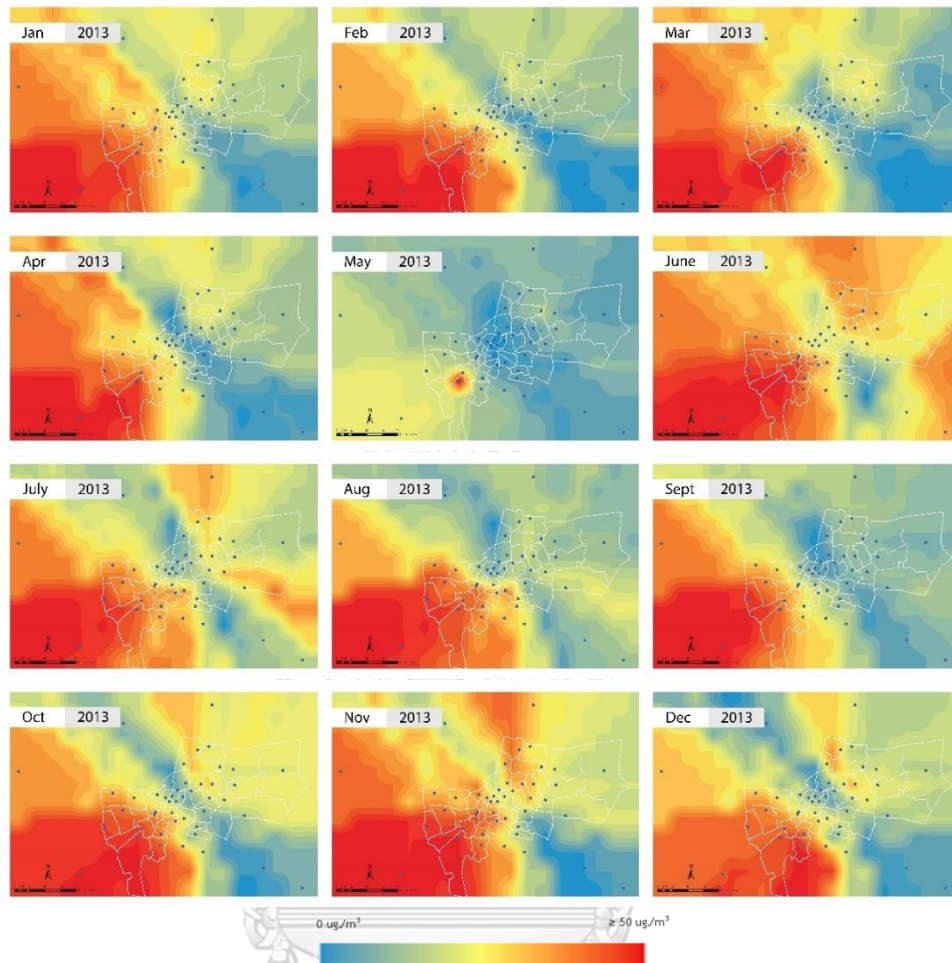
รูปที่ 36 Grid Index A1-R3

โดยวิธีการทำ Kriging Interpolation จากข้อมูลการสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือน โดยมี Map Extension ขนาด 60 กิโลเมตร x 40 กิโลเมตร รวม 2,400 ตารางกิโลเมตร นำข้อมูลมลพิษทางอากาศ PM_{2.5} จำนวน 45 สถานี ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มาคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยและแสดงผลการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ ดังรูปที่ 37 และสามารถวิเคราะห์เป็นรายปีดังต่อไปนี้



รูปที่ 37 วิธีการทำ Kriging Interpolation จากข้อมูลการสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือน

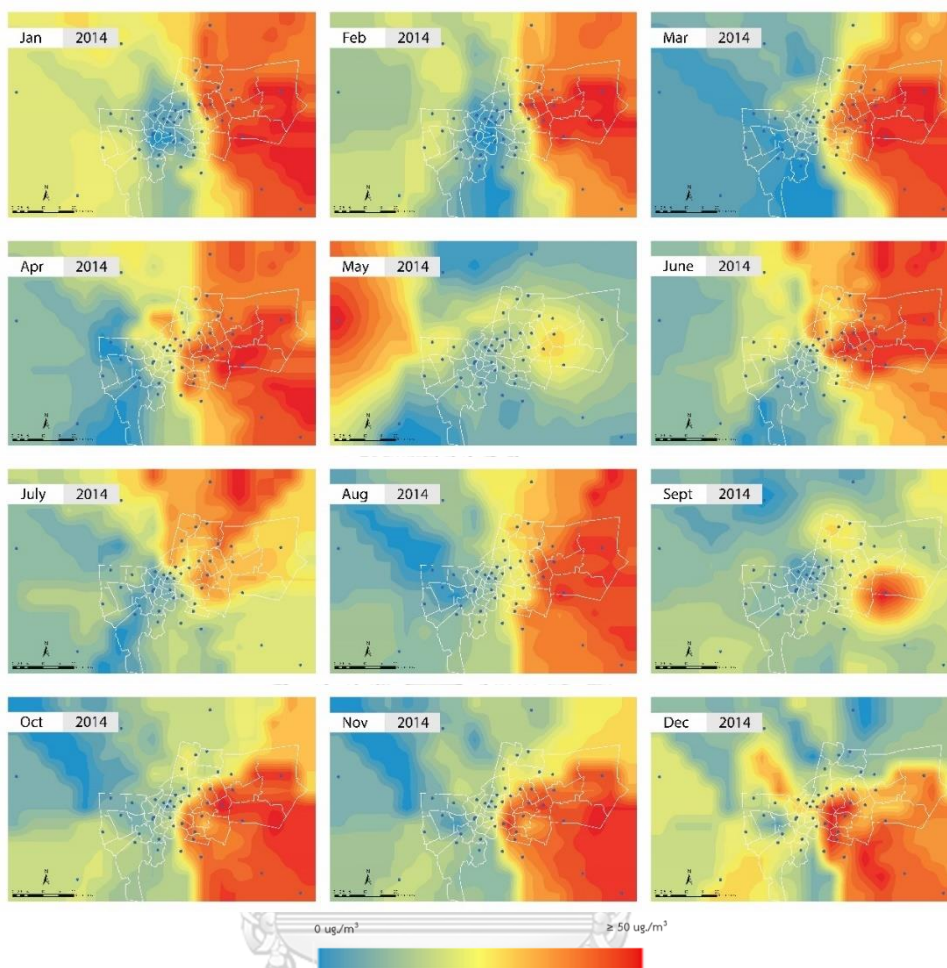
4.2.1 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2556



รูปที่ 38 Kriging interpolation การสะสมของของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ปีพ.ศ. 2556

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดสะสมอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) โดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 139 มคก./ลบ.ม. ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เมืองเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบนและตะวันตกตอนล่าง เช่น เขตหนองแขม เขตทวีวัฒนา เขตบางแค รวมถึงพื้นที่ที่มีขอบเขตติดกับจังหวัดปริมณฑลคือ จังหวัดนครปฐม โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมเบา (Light Industry) จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ตามมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศแบบรายวันของแต่ละเดือนส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี-มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยในปีนี้ได้รับผลกระทบจากทิศทางการพัดพาของกระแสลมไปสะสมยังฝั่งตะวันตกจึงทำให้มีการสะสมของฝุ่นละอองในฝั่งตะวันตกของพื้นที่

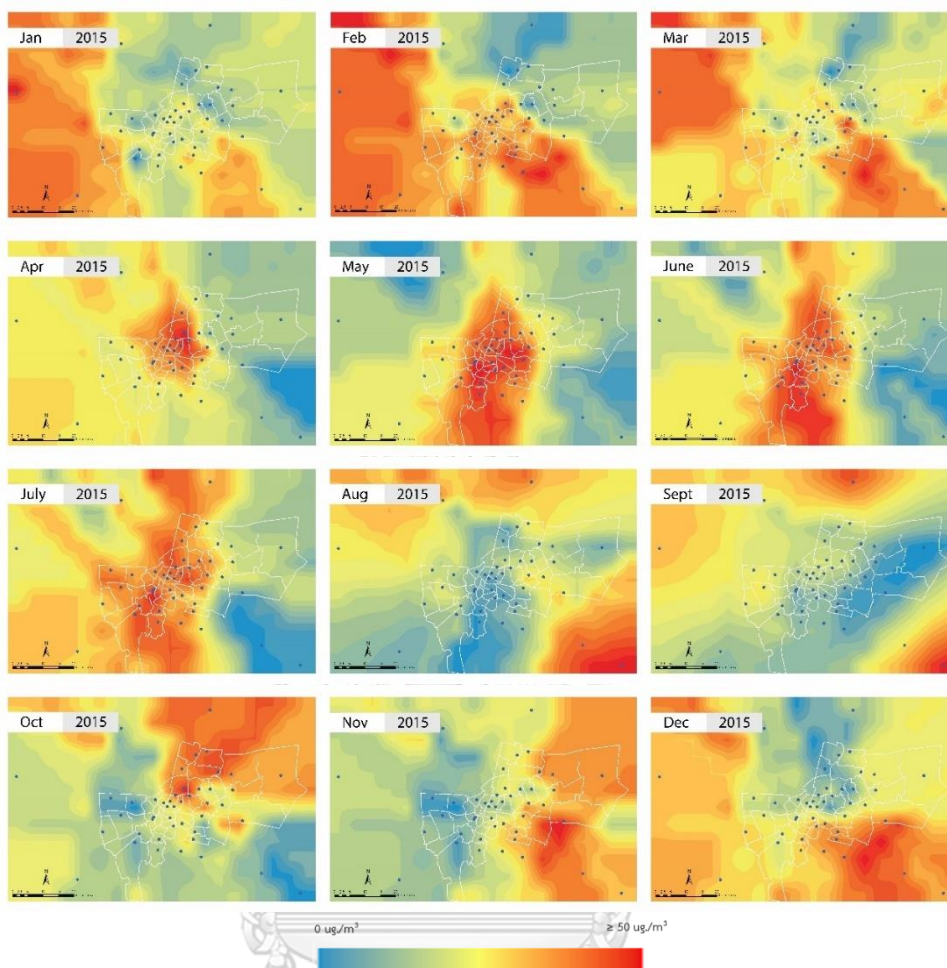
4.2.2 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2557



รูปที่ 39 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2557

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดสะสมอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนมกราคม-เดือนกุมภาพันธ์) โดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 118 มก./ลบ.ม. จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี – มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน อยู่ในพื้นที่เมืองประเภท กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก เช่น เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง เขตหนองจอก มีขอบเขตติดกับจังหวัดปริมณฑลคือ จังหวัดสมุทรปราการ โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และการทำเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมแบบเบา (Light Industry) ในบางส่วนของพื้นที่ และในช่วงฤดูร้อนในปีนี้ได้รับผลกระทบจากการอุณหภูมิตที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลากลางวันโดยมีผลต่อการสะสมของความเข้มข้น $PM_{2.5}$

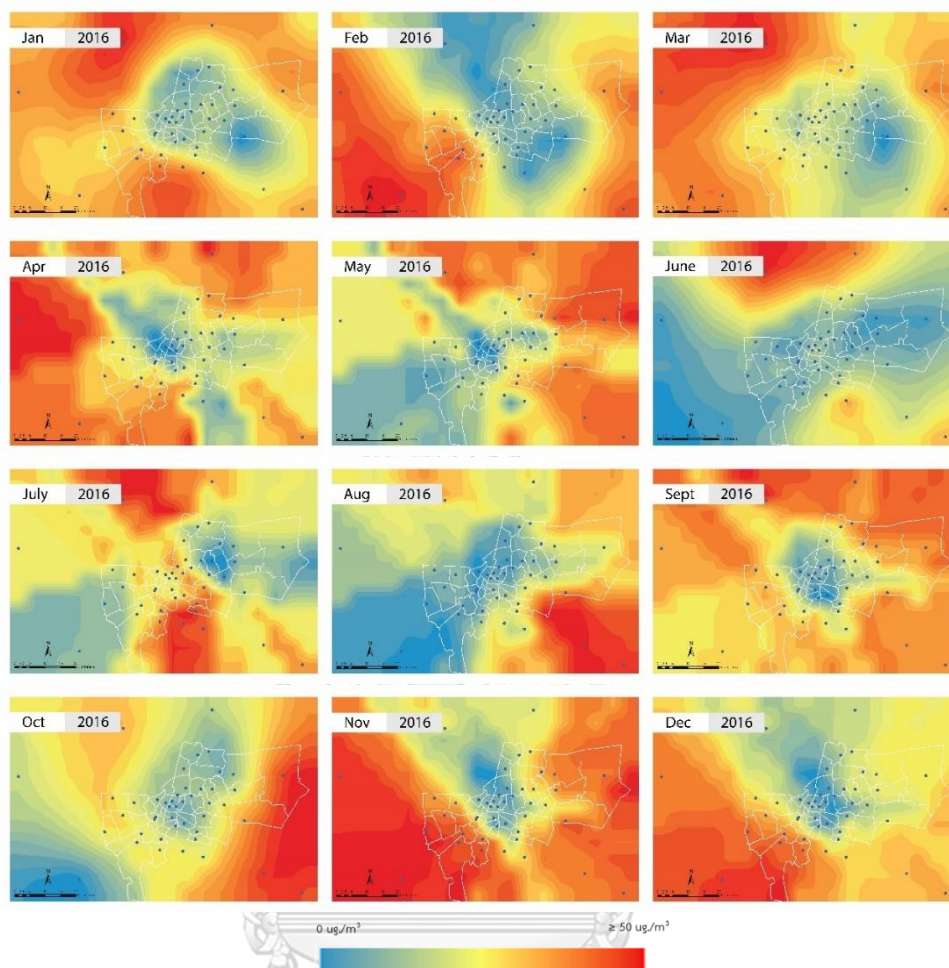
4.2.3 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2556



รูปที่ 40 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2558

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดสะสมอยู่ในช่วงฤดูร้อนของปี (เดือนเมษายน-เดือนมิถุนายน) โดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 134 มคก./ลบ.ม. จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี - ปานกลาง ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม เช่น เขตลาดพร้าว เขตจตุจักร เขตพญาไท เขตดินแดง เขตราชเทวี และเขตห้วยขวาง รวมถึงมีขอบเขตติดกับจังหวัดปริมณฑลคือ จังหวัดสมุทรปราการ โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม มีปริมาณรถยนต์สัญจรในช่วงเวลาเร่งด่วนที่หนาแน่น ในช่วงฤดูร้อนนี้ได้รับผลกระทบจากทิศทางการพัดพากระแสลมฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ จากพื้นที่อ่าวไทยมีผลต่อการสะสมของความเข้มข้น $PM_{2.5}$

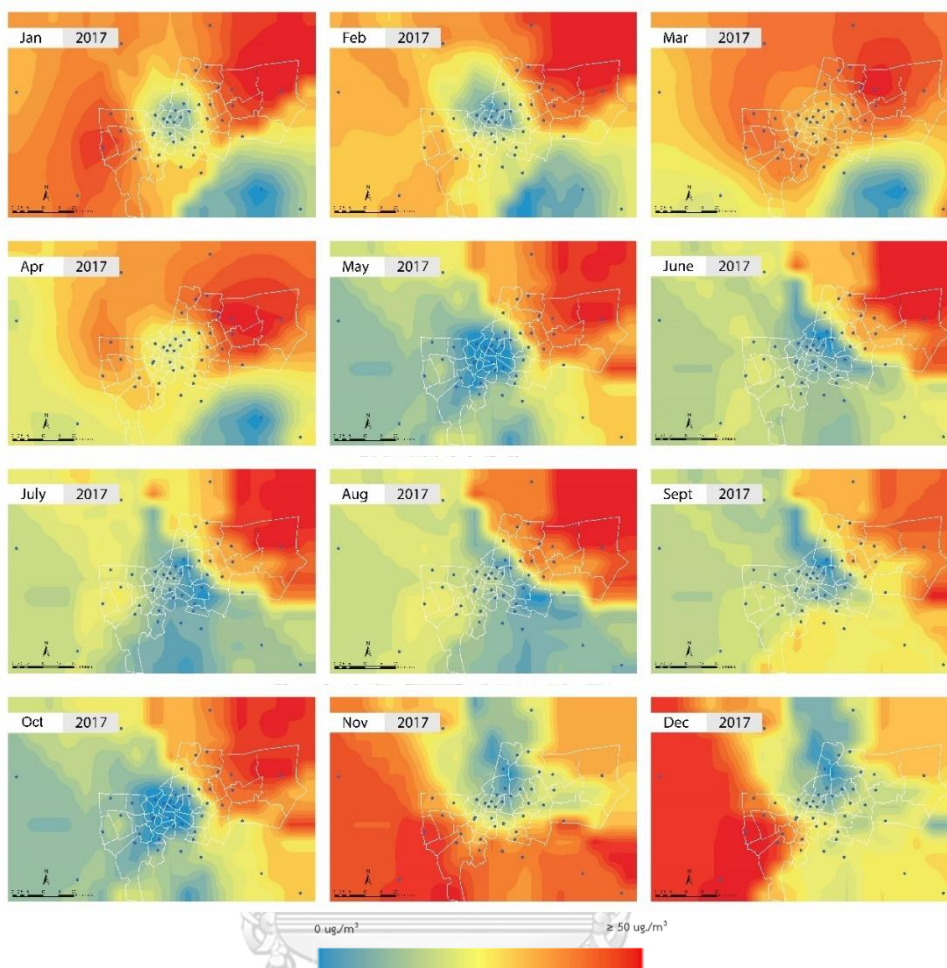
4.2.4 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2559



รูปที่ 41 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2559

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน-เดือนกุมภาพันธ์) ของปีโดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 145 มคก./ลบ.ม.จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี - มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง เช่น เขตบางขุนเทียน เขตบางบอน และเขตหนองแขม รวมถึงมีขอบเขตติดกับจังหวัดปริมณฑลคือ จังหวัดสมุทรสาคร โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และการทำอุตสาหกรรม นอกจากนี้ในช่วงฤดูหนาวในปีนี้มีผลต่อการสะสมของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มากกว่าช่วงฤดูอื่น ๆ เนื่องจากประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์หมอกควันข้ามแดน

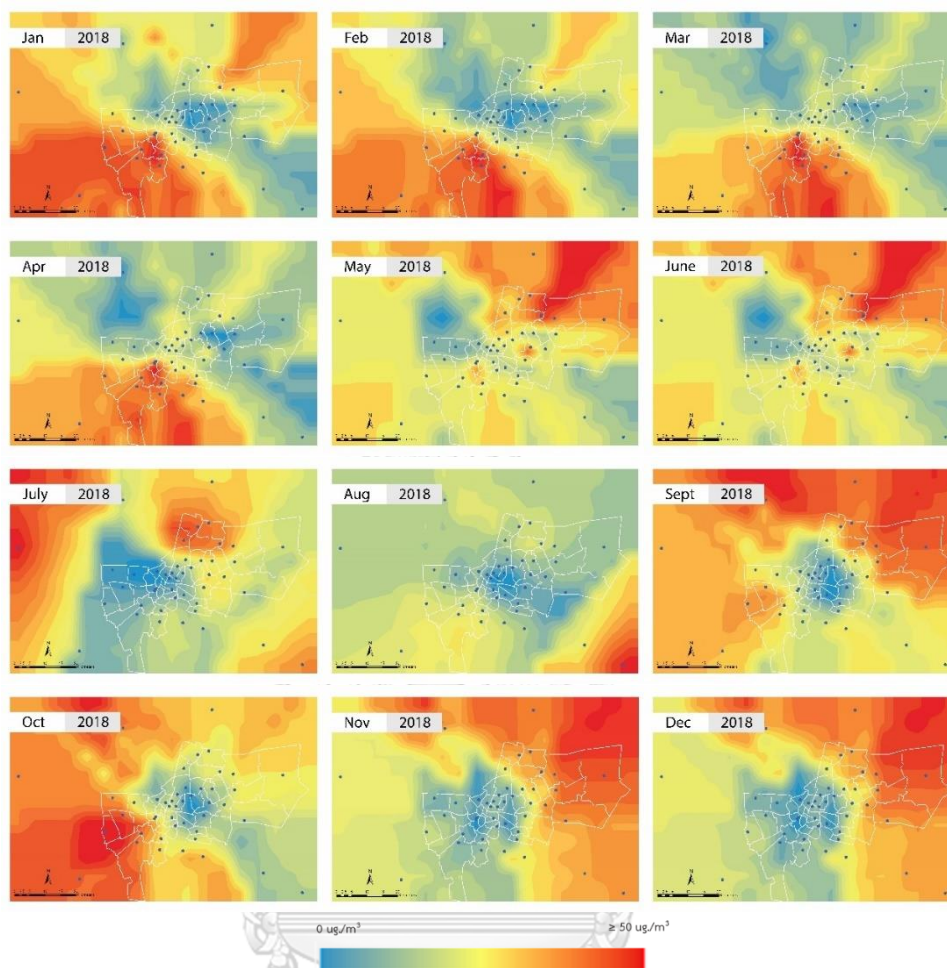
4.2.5 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2560



รูปที่ 42 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2560

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดอยู่ทั้งในช่วงฤดูร้อน และช่วงฤดูหนาวตลอดช่วงของปี โดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 139 มคก./ลบ.ม. จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี – มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก เช่น เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง เขตหนองจอก รวมถึงมีขอบเขตติดกับจังหวัดปริมณฑลคือ จังหวัดนนทบุรี และปทุมธานี มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย พื้นที่พาณิชยกรรมศูนย์กลางเมือง และอุตสาหกรรมแบบเบา (Light Industry) และในปีประเทศไทยยังคงได้รับผลกระทบจากสถานการณ์หมอกควันข้ามแดน

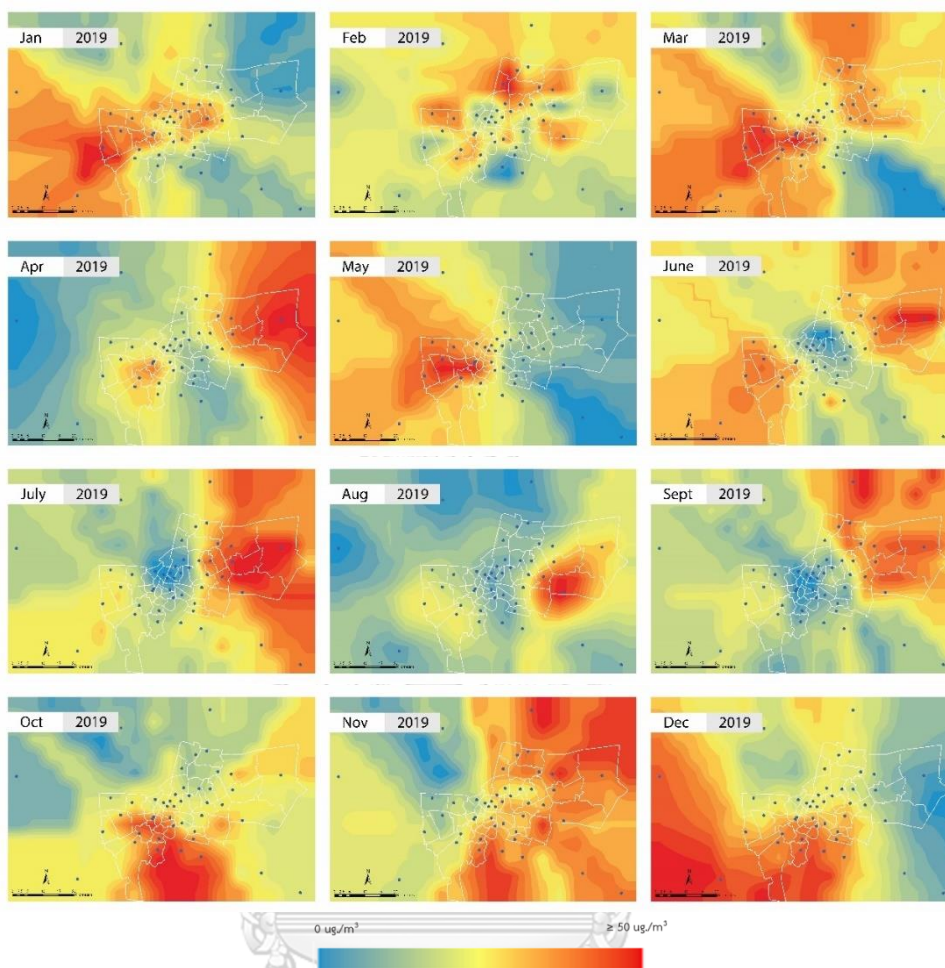
4.2.6 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2561



รูปที่ 43 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2561

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนกันยายน-เดือนธันวาคม) ของปี โดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 144 มคก./ลบ.ม. จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี – มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก เช่น เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง เขตหนองจอก รวมถึงมีขอบเขตติดกับจังหวัดปริมณฑลคือ จังหวัดสมุทรปราการ โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และการทำเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมแบบเบา (Light Industry) ในบางส่วนของพื้นที่ ทั้งนี้ในปีนี้ได้รับอิทธิพลของกระแสลมที่มีความแปรปรวนจึงทำให้การพัดพาฝุ่นไปสะสมอยู่บริเวณฝั่งตะวันออกของพื้นที่เมือง

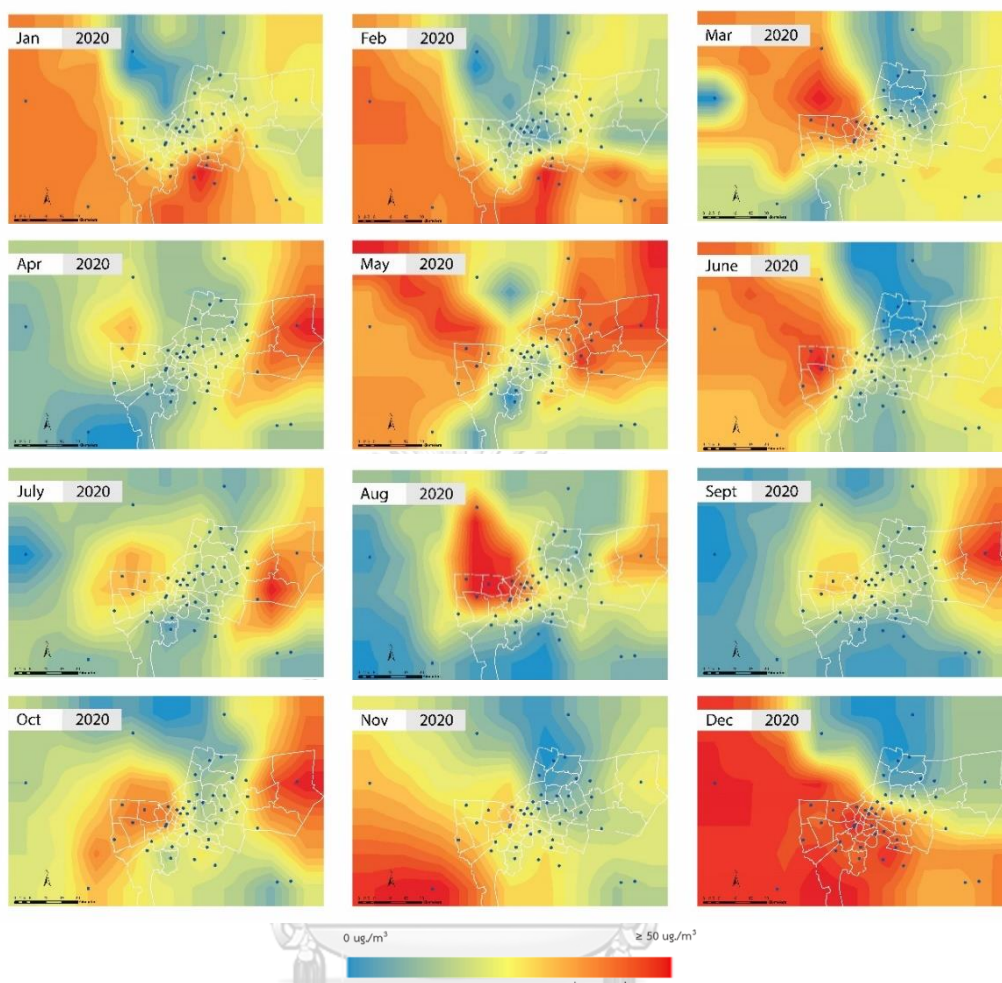
4.2.7 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2562



รูปที่ 44 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2562

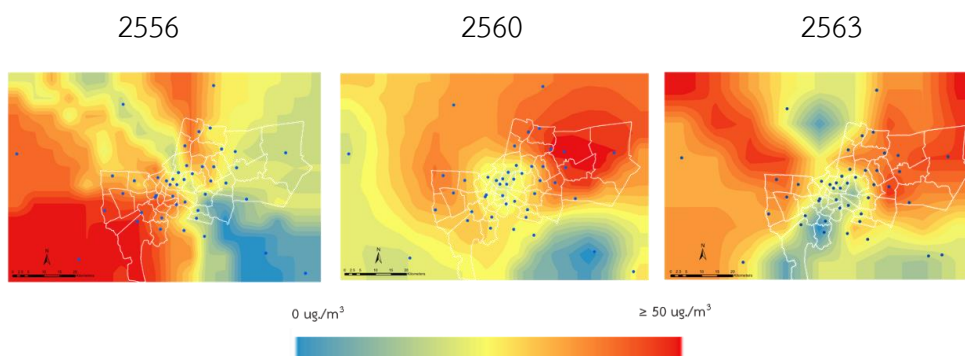
จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วงฤดูหนาว (เดือนกันยายน-เดือนธันวาคม) ของปี โดยช่วงเดือนดังกล่าวพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 125 มคก./ลบ.ม. จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี - มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 และประเภทที่ 6 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรม เช่น เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง เขตหนองจอก เขตบางขุนเทียน โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และการทำเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมแบบเบา (Light Industry) บางส่วนของพื้นที่ อย่างไรก็ตามในปีนี้ได้รับอิทธิพลจากกระแสลมมีการอ่อนตัวลง ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศค่าความเข้มข้น PM_{2.5} สะสมเพิ่มมากขึ้นในเวลากลางคืนของช่วงวัน

4.2.8 Kriging Interpolation แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2563



รูปที่ 45 Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือนปีพ.ศ. 2563

จากการวิเคราะห์ พบว่าการสะสมของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} แบบเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม - เดือนตุลาคม โดยพบค่ามลพิษสะสมรายเดือนสูงที่สุดถึง 138 มคก./ลบ.ม. จากรายงานข้อมูลค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่ในระดับดี - มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ในช่วงเวลาดังกล่าวเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา-19 ส่วนใหญ่การทำกิจกรรมที่อยู่ในเมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม มีปริมาณการสะสมของฝุ่นละอองที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงต้นปี ส่งผลทำให้มีการสะสมของฝุ่นละอองค่าความเข้มข้น PM_{2.5} อยู่ในเมืองประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย และประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมมากขึ้น เช่น เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง เขตหนองจอก เขตบางขุนเทียน

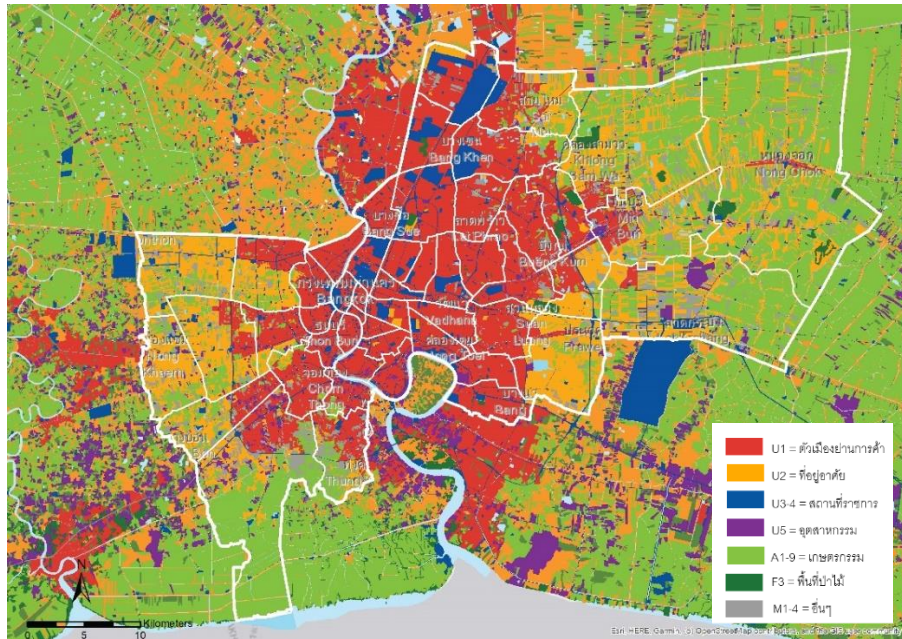


รูปที่ 46 การสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$
เฉลี่ยรวมแบบรายปีพ.ศ. 2556, 2560, 2563

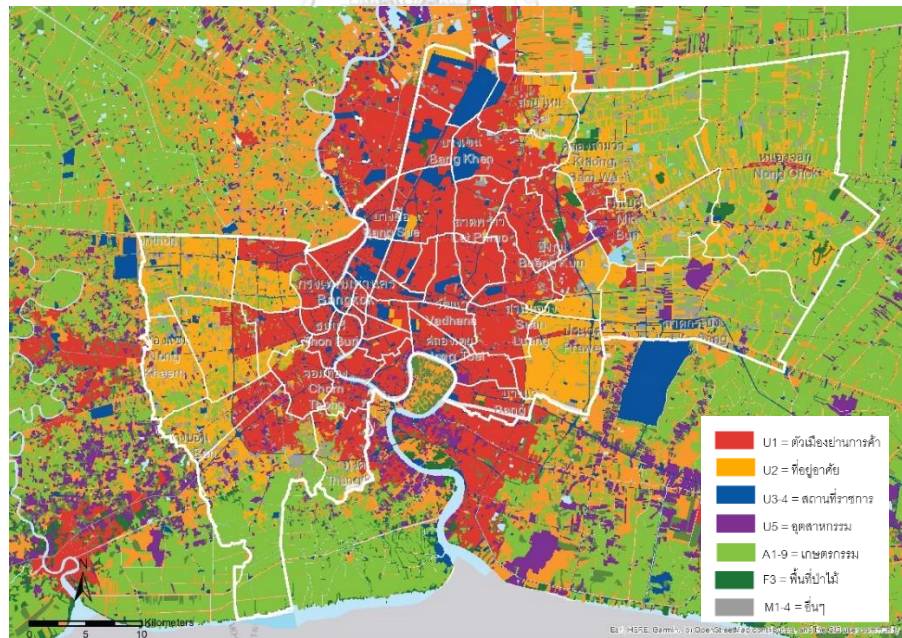
การวิเคราะห์จากรูปที่ 4.26 แสดงการสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ แบบรายปีที่มีการสะสมของมลพิษในระดับตั้งแต่ 0 มคก./ลบ.ม. – มากกว่า 50 มคก./ลบ.ม. โดยแผนที่แสดงการการสะสมของมลพิษจากตัวอย่างทั้งหมด 3 ช่วงปี คือปีพ.ศ. 2556, 2560 และ 2563 เนื่องจากกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศประเทศไทยในช่วงปีดังกล่าวให้มีค่าเฉลี่ยราย 1 ปี กำหนดค่ามาตรฐานระดับ 25 มคก./ลบ.ม. สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ในช่วงปีพ.ศ. 2556, 2560 และ 2563 มีปริมาณการสะสมของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายปี มีการสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ระดับ 48 มคก./ลบ.ม. 51 มคก./ลบ.ม. และ 39 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ โดยมีจุดสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศมีค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศรายปีเกิน 25 มคก./ลบ.ม. มากกว่า 30 สถานี ได้แก่สถานีที่มีที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนนและไม่ได้ตั้งอยู่บริเวณริมถนน ได้แก่ เขตบางขุนเทียน เขตดอนเมือง เขตหลักสี่ เขตปทุมวัน เขตราชเทวี เขตดินแดง และเขตปทุมวัน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ย่านการค้าและศูนย์กลางเมือง โดยฝั่งตะวันตกของพื้นที่ได้รับผลกระทบจากพื้นที่ปริมณฑลจังหวัดข้างเคียงมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เป็นพื้นที่ย่านการค้าและศูนย์กลางเมือง และยังมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัย และรวมถึงเป็นที่ตั้งของสนามบินนานาชาติดอนเมือง ส่งผลต่อปริมาณการสะสมของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในพื้นที่และในขณะเดียวกันช่วงปี พ.ศ. 2560 มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้สภาพอากาศแปรปรวนทำให้การสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ ไม่คงที่ในแต่ละช่วงของปี (World Health Organization, 2020) รวมถึงกระแสลมและทิศทางสภาพอากาศของลมในพื้นที่ อุณหภูมิในแต่ละช่วงฤดูโดยเฉพาะช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) และช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน-เดือนพฤษภาคม) ส่งผลต่อการสะสมของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในบริเวณเมืองกลุ่มเขตที่อยู่อาศัยในเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบน เช่น เขตหนองแขม เขตทวีวัฒนา เขตบางแค เขตตลิ่งชัน

4.3 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 47 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2553
จาก กรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.



รูปที่ 48 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2563
จาก กรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยมีชุดข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2550 และ ปี พ.ศ. 2560 อ้างอิงชุดข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน Projection WGS 1984 UTM Zone 47N โดยแบ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินดังนี้

Type U คือ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up Land) แบ่งออกเป็น U1-U5 โดยกำหนดให้แต่ละประเภทแทนด้วยสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

U1 = ตัวเมืองและย่านการค้า (City, Commercial and Service) แทนด้วยสีแดง

U2 = ที่อยู่อาศัย (Residential) แทนด้วยสีส้ม

U3-4 = สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ (Institution) แทนด้วยสีน้ำเงิน

U5 = ย่านอุตสาหกรรม (Industrial Land) และ U6 อื่น ๆ แทนด้วยสีม่วง

Type A แบ่งเป็น A1-9 = พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Land) แทนด้วยสีเขียวอ่อน

Type F แบ่งเป็น F3 = พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land) แทนด้วยสีเขียวเข้ม และ

Type M แบ่งเป็น M = พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous) เช่น เหมืองแร่ แทนด้วยสีเทา

เนื่องจากชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมีอยู่อย่างจำกัดไม่ครบสำหรับทุกปี ผู้ศึกษาจึงเลือก

- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2550 ใช้เพื่อวิเคราะห์กับข้อมูลมลพิษปี พ.ศ.2556
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2557 ใช้เพื่อวิเคราะห์กับข้อมูลมลพิษปี พ.ศ.2557-2559
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2560 ใช้เพื่อวิเคราะห์กับข้อมูลมลพิษปี พ.ศ.2560-2563

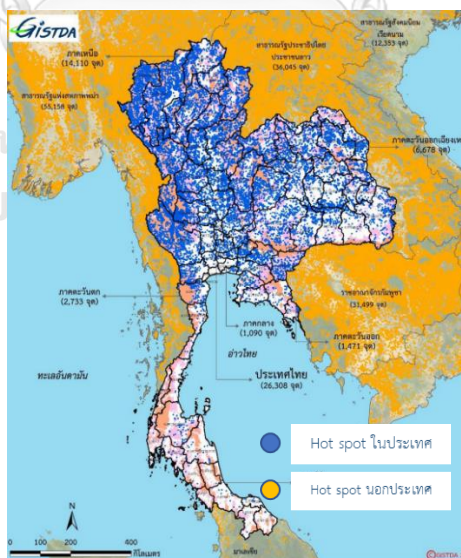
จากรูปที่ 47 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2553 กรุงเทพมหานครมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างประกอบไปด้วย ตัวเมืองและย่านการค้า ที่อยู่อาศัยสถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ และย่านอุตสาหกรรม ร้อยละ 63.82 ของพื้นที่ทั้งหมด ในขณะที่ปี พ.ศ. 2553 กรุงเทพมหานครมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 68.36 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

จากการวิเคราะห์ขั้นต้นของด้านกายภาพรูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการวิเคราะห์ด้วย Kriging interpolation การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือน ในช่วงปี 2553-2557 การสะสมของฝุ่นละออง PM_{2.5} ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ตัวเมืองและย่านการค้า ที่อยู่อาศัย รวมถึงพื้นที่ปริมาตรที่มีส่วนส่งผลกระทบต่อการสะสมของฝุ่นละออง PM_{2.5} การสะสมของฝุ่นละอองแบบรายเดือน ในช่วงปี 2558-2563 เนื่องจากตัวเมืองมีการขยายมากขึ้นทำให้พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่ในทุก ๆ ปี จะมีการสะสมของฝุ่นละออง PM_{2.5} ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม.

4.4 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศภาพถ่ายทางอากาศดาวเทียม

จากข้อมูลของดาวเทียม TERRA และ AQUA ระบบ MODIS ซึ่งครอบคลุมบริเวณพื้นที่ประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมาร์ ลาว กัมพูชา และเวียดนาม ทั้งหมด 5 ประเทศ แสดงการติดตามสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันข้ามประเทศ แสดงจุดความร้อนสะสม 5 ประเทศ ระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 31 พฤษภาคม 2562 สถานการณ์ไฟป่าและหมอกควัน 5 ประเทศพบว่า จุดความร้อนสะสมตลอดช่วง 5 เดือน ประเทศเมียนมาร์ มีจุดความร้อนมากที่สุด จำนวน 57,533 จุด และ ประเทศเวียดนามมีจุดความร้อนน้อยที่สุด จำนวน 12,680 จุด โดยช่วงเดือนมีนาคม มีจำนวนจุดความร้อนสะสมสูงสุดใน 4 ประเทศ คือ เมียนมาร์ จำนวน 26,501 จุด ประเทศลาว จำนวน 23,071 จุด ประเทศไทย จำนวน 10,810 จุด และประเทศเวียดนาม จำนวน 4,040 จุด ซึ่งประเทศกัมพูชามีจำนวนจุดความร้อนสะสมสูงสุด (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2563)

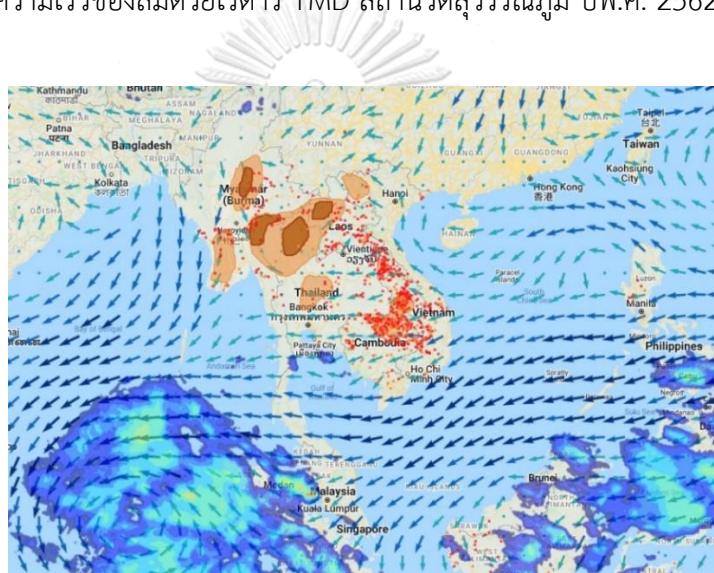
ทั้งนี้มาจากการเผาในที่โล่งเป็นส่วนใหญ่ สถานการณ์ไฟป่าในพื้นที่ประเทศไทยจากดาวเทียม TERRA และ AQUA ระบบ MODIS ระหว่างแสดงจุดความร้อนสะสม (Hotspot) จำนวน 14,565 จุด จากการวิเคราะห์แยกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบจุดความร้อนสะสมสูงสุดในพื้นที่เกษตร ร้อยละ 50 รองลงมาเป็นพื้นที่ สปก. ร้อยละ 19 พื้นที่ชุมชน ร้อยละ 11 พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ร้อยละ 10 พื้นที่ป่าอนุรักษ์ ร้อยละ 8 และพื้นที่ริมทางหลวง(50 เมตร) ร้อยละ 2 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2563)



รูปที่ 49 แผนที่แสดงจุดความร้อนสะสม (Hotspot) ปี พ.ศ. 2561 จาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2561.

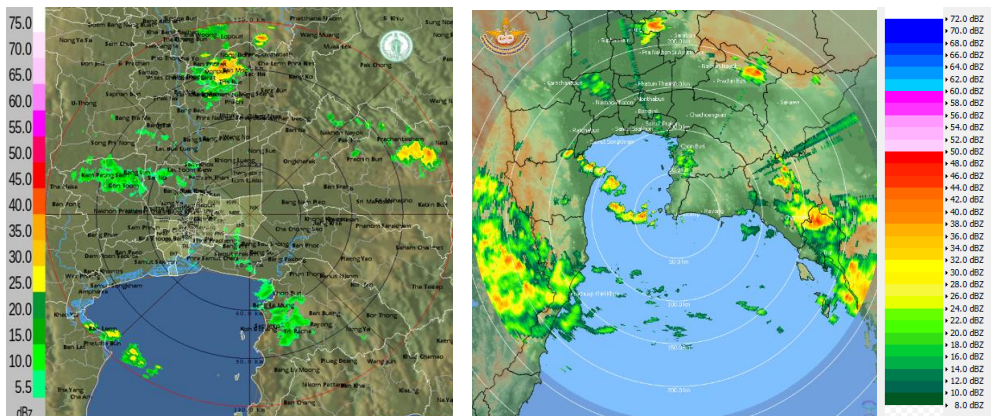
4.5 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับทิศทางลม

ข้อมูลความเร็วลม จากพื้นที่ 50 เขต กรุงเทพมหานคร อ้างอิงชุดข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลย้อนหลังในช่วง พ.ศ. 2553-2563 และอ้างอิงชุดข้อมูลจากสถิติอากาศ กรุงเทพมหานคร สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีหน่วยวัดเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง จากการรายงานสถานการณ์ลมกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วง พ.ศ. 2553-2563 ในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในช่วงฤดูฝน มีลักษณะของลมตะวันตกเฉียงใต้ ความเร็วเฉลี่ยต่อปี 10-20 กิโลเมตร/ชั่วโมง ร้อน ลักษณะของลมตะวันตกเฉียงใต้ ความเร็วเฉลี่ยต่อปี 8-17 กิโลเมตร/ชั่วโมง และในช่วงฤดูหนาว ตะวันออกเฉียงเหนือความเร็วเฉลี่ยต่อปี 11-22 กิโลเมตร/ชั่วโมง รูปที่ 50 แสดงทิศทางความเร็วของลมด้วยเรดาร์ TMD สถานีวัดสุวรรณภูมิ ปีพ.ศ. 2562



รูปที่ 50 แผนที่แสดงทิศทางการพัดพาของลมปี พ.ศ. 2562

จาก กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562.

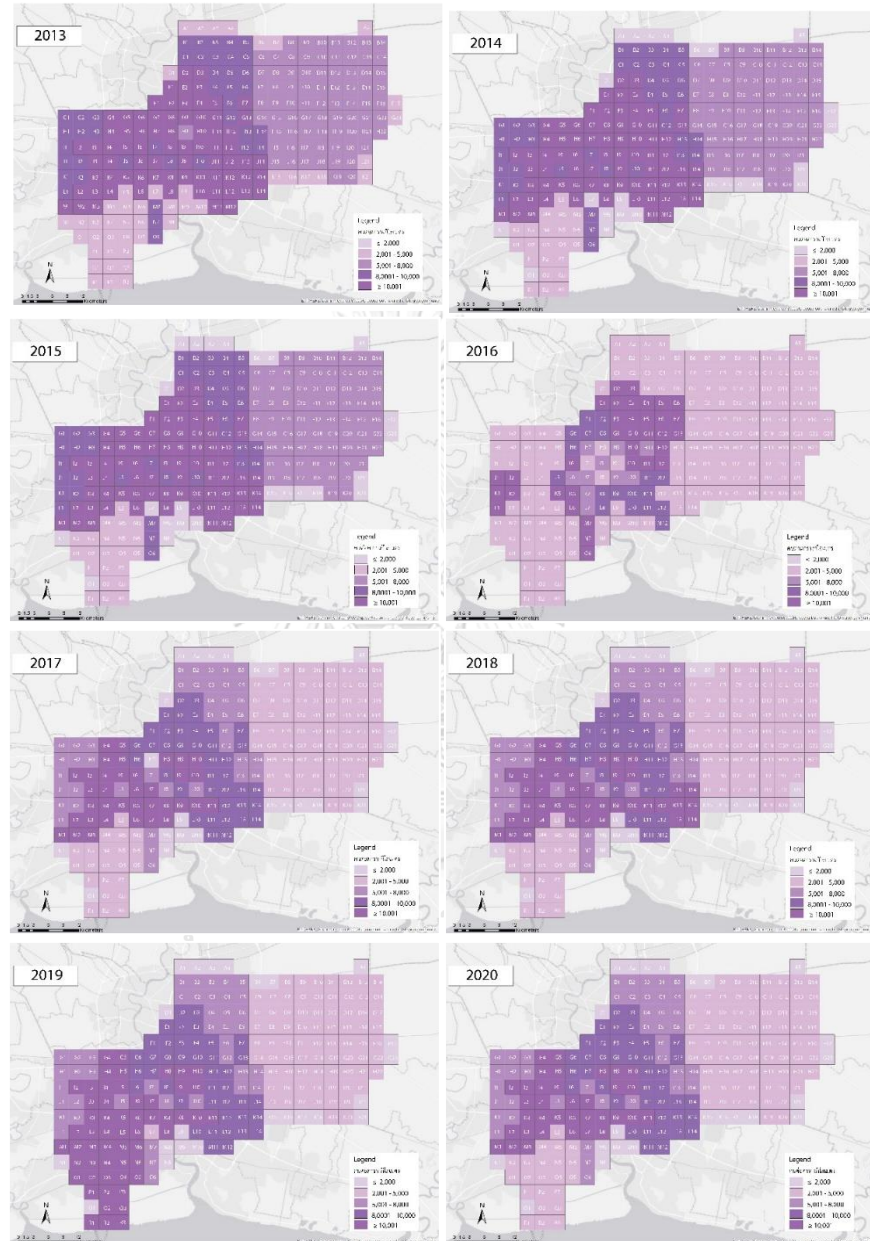


รูปที่ 51 แผนที่แสดงทิศทางการพัดพาของลมด้วยเรดาร์ TMD สถานีวัดสุวรรณภูมิ ปี พ.ศ. 2562

จาก กรมอุตุนิยมวิทยาและสำนักกระแสน้ำ กรุงเทพมหานคร, 2562.

4.6 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับความหนาแน่นประชากร

ข้อมูลความหนาแน่นประชากร ใช้ข้อมูลแบบรายปีของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ข้อมูลแบบรายเขต ในช่วงปีพ.ศ. 2553-2563 โดยอ้างอิงชุดข้อมูลจากสำมะโนประชากร สำนักงานสถิติแห่งชาติ



รูปที่ 52 แผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร ปีพ.ศ. 2553-2563

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากรด้วยกริดเซลล์ ซึ่งมีหน่วยวัดเป็น คน/ตารางกิโลเมตร ดังรูปที่ 52 แผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร ปีพ.ศ. 2553-2563 ในแต่ละช่วงปีแสดงเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรเยอะที่สุดและน้อยที่สุดดังตารางสรุปต่อไปนี้

ตารางที่ 10 เขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรเยอะที่สุดและน้อยที่สุด

ปี	เขต	ความหนาแน่นประชากร คน/ตร.กม./กริดเซลล์
2013	เขตราชเทวี	10,185
	เขตลาดกระบัง	60
2017	เขตดินแดง	14,366
	เขตบางขุนเทียน	65
2020	เขตบางรัก	12,276
	เขตลาดกระบัง	28

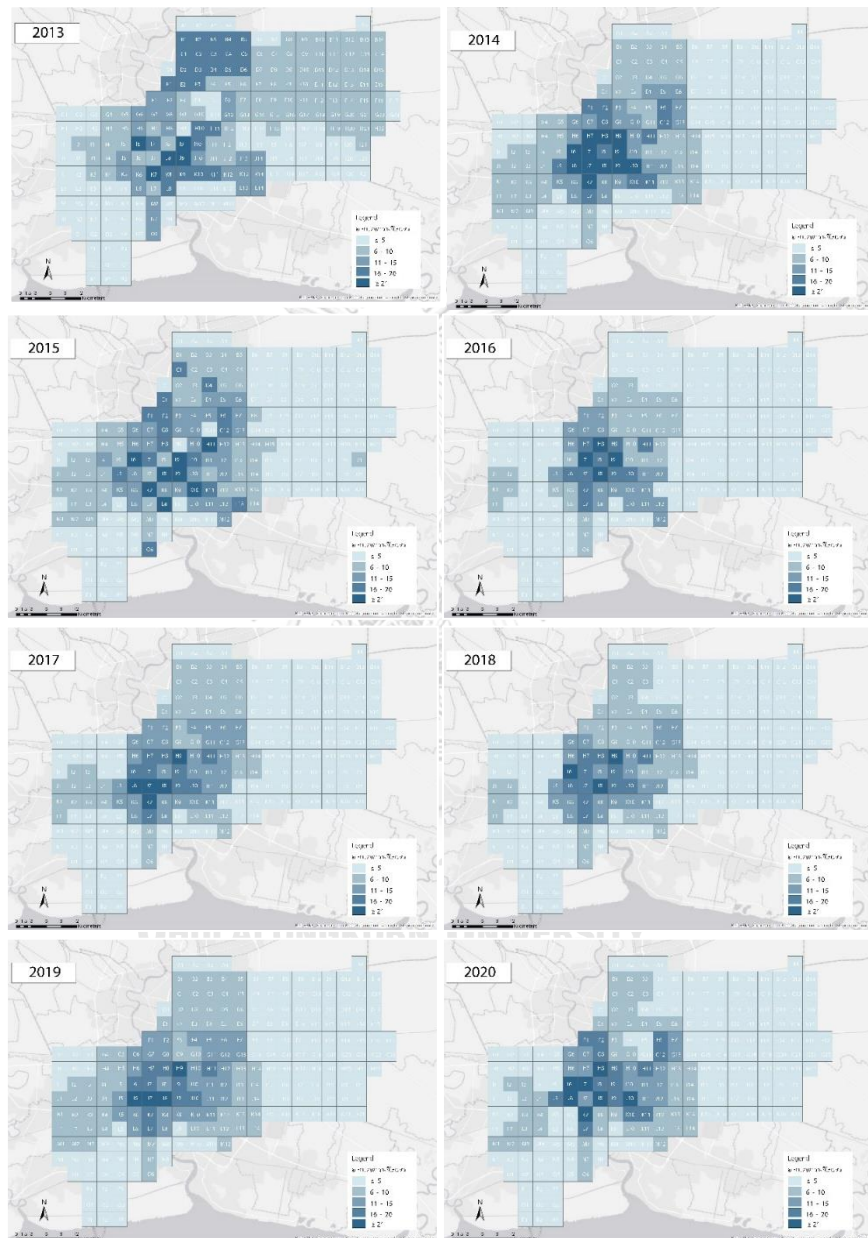
จากการวิเคราะห์ตารางที่ 10 และแผนที่แสดงความหนาแน่นประชากรสามารถอธิบายได้ว่า เขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรเยอะที่สุดในปี พ.ศ. 2556 คือเขตราชเทวี 10,185 คน/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม และเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรน้อยที่สุดคือ เขตลาดกระบัง 60 คน/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก ซึ่งมีการแทนค่าด้วยกริดเซลล์ E1-G11, I4-I12, J4-J13, K5-K11

ส่วนเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรเยอะที่สุดในปี พ.ศ. 2560 คือเขตดินแดง 14,366 คน/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม และเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรน้อยที่สุดคือ เขตบางขุนเทียน 65 คน/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง ซึ่งมีการแทนค่าด้วยกริดเซลล์ D2-D4, E1-G13, J11-J14, K12-M12

ส่วนเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรเยอะที่สุดในปี พ.ศ. 2563 คือเขตบางรัก 12,276 คน/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในเมืองประเภทกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม และเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นประชากรน้อยที่สุดคือ เขตลาดกระบัง 28 คน/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก ซึ่งมีการแทนค่าด้วยกริดเซลล์ D2-F7, H6-I12, J9-K14, L10-M12

4.7 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับความหนาแน่นอาคาร

ข้อมูลความหนาแน่นอาคาร จากพื้นที่ 50 เขต กรุงเทพมหานคร โดยมีชุดข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2550 และ ปี พ.ศ. 2560 อ้างอิงชุดข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูล Google Street Map และ Open Street Map



รูปที่ 53 แผนที่แสดงความหนาแน่นอาคาร ปีพ.ศ. 2553-2563

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นอาคารด้วยกริดเซลล์ ซึ่งมีหน่วยวัดเป็น อาคาร/ตารางกิโลเมตร/กริดเซลล์ ดังรูปที่ 53 แผนที่แสดงความหนาแน่นอาคาร ปีพ.ศ. 2553-2563 ในแต่ละช่วงปี แสดงเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารเยอะที่สุดและน้อยที่สุดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11 เขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารเยอะที่สุดและน้อยที่สุด

ปี	เขต	ความหนาแน่นอาคาร อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์
2013	เขตบางขุนเทียน	29.45
	เขตราษฎร์บูรณะ	1.09
2017	เขตคลองสามวา	16.45
	เขตพระโขนง	1.81
2020	เขตคลองสาน	16.05
	เขตดอนเมือง	1.83

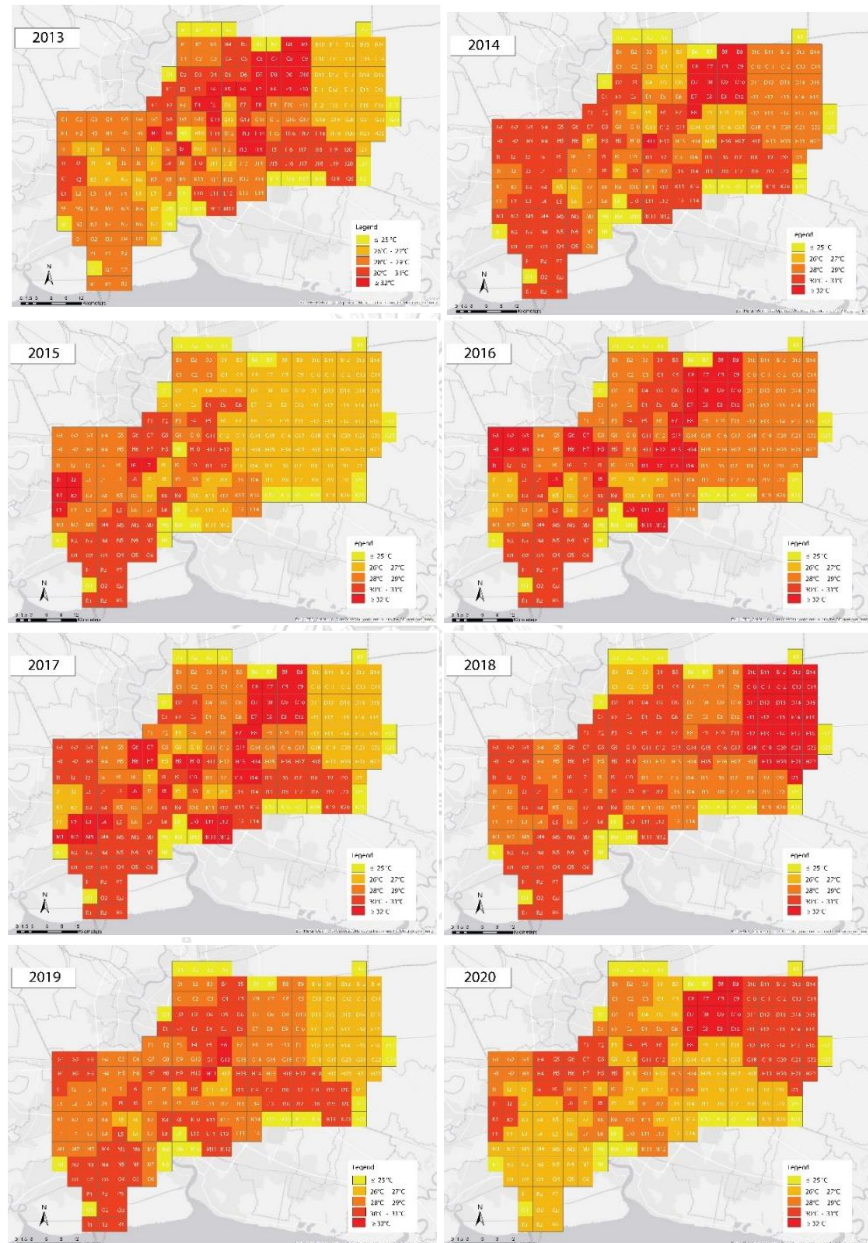
จากการวิเคราะห์ตารางที่ 11 และแผนที่แสดงความหนาแน่นอาคารสามารถอธิบายได้ว่าเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารเยอะที่สุดในปี พ.ศ. 2556 คือเขตบางขุนเทียน 29.45 อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์ ประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง และเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารน้อยที่สุดคือ เขตราษฎร์บูรณะ 1.09 อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ซึ่งมีการแทนค่าด้วยกริดเซลล์ B1-E3, I6-J9, J8-J11, K8-K11

ส่วนเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารเยอะที่สุดในปี พ.ศ. 2560 คือเขตคลองสามวา 16.45 อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก และเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารน้อยที่สุดคือ เขตพระโขนง 1.81 อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ซึ่งมีการแทนค่าด้วยกริดเซลล์ H7-I12, L6-L12, K5-K11

ส่วนเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารเยอะที่สุดในปี พ.ศ. 2563 คือเขตคลองสาน 16.06 อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์ อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม และเขตในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นอาคารที่มากที่สุดคือ เขตดอนเมือง 1.83 อาคาร/ตร.กม./กริดเซลล์อยู่ในกลุ่มเมืองประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ซึ่งมีการแทนค่าด้วยกริดเซลล์ F1-G13, H8-J12, K5-L7 กล่าวโดยสรุปคือความหนาแน่นอาคารที่มากที่สุดในแต่ละช่วงปี ตั้งแต่ปีพ.ศ.2556 พ.ศ. 2560 และพ.ศ. 2563 ยังคงอยู่กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมกลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม โดยเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยและพื้นที่พาณิชยกรรมนั้นส่งผลต่อปริมาณการสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}

4.8 รูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศกับอุณหภูมิภายในเมือง

ข้อมูลอุณหภูมิ แบบรายเดือน และรายปี จากสถานีตรวจวัดอุณหภูมิจำนวน 54 สถานีตรวจวัด อ้างอิงข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลหน่วยเป็นองศาเซลเซียส แสดงอุณหภูมิดังนี้



รูปที่ 54 แผนที่แสดงอุณหภูมิภายในเมืองปีพ.ศ. 2553-2563

แผนที่แสดงอุณหภูมิภายในเมืองปี พ.ศ. 2553-2563 ในปี พ.ศ. 2563 นั้นประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 27.5 °C (องศาเซลเซียส) สูงกว่าค่าปกติ 0.4 °C โดยในปีพ.ศ. 2563 มีค่าปกติที่ 27.1 °C โดยปีนี้มียุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนของประเทศสูงกว่าค่าปกติเกือบทุก

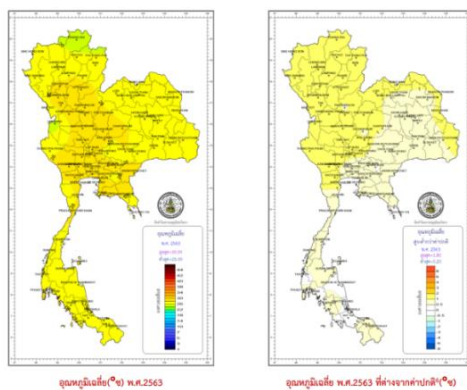
เดือน ยกเว้นในช่วงเดือนมกราคมและเมษายนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติ 0.5 °C และ 0.8 °C จากแผนที่แสดงอุณหภูมิภายในเมืองปีพ.ศ. 2563 สามารถเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของกรุงเทพมหานครนั้นลดลงมาแตกต่างจากปีอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)

ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของประเทศไทยนั้นสูงกว่าค่าปกติเกือบตลอดปี โดยมีค่าที่สูงกว่าปกติมากที่สุด 1.4 °C ในเดือนพฤศจิกายนและมีเพียงเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติ ดังรูปที่ 55 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของประเทศไทย

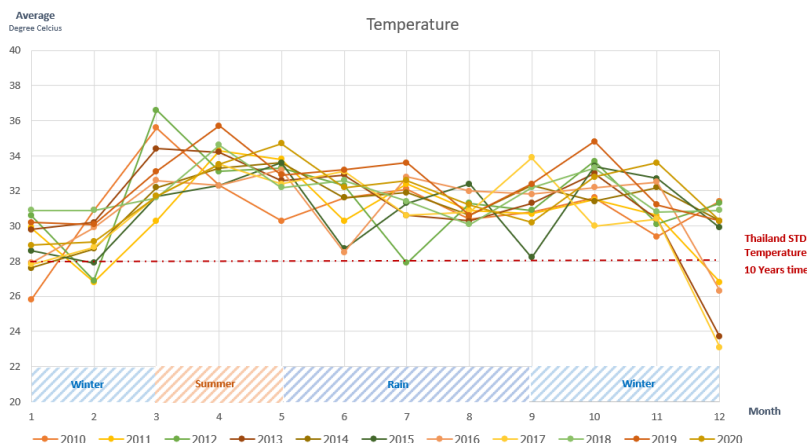


รูปที่ 55 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี พ.ศ. 2563 ของประเทศไทยจากค่าปกติ จาก กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563

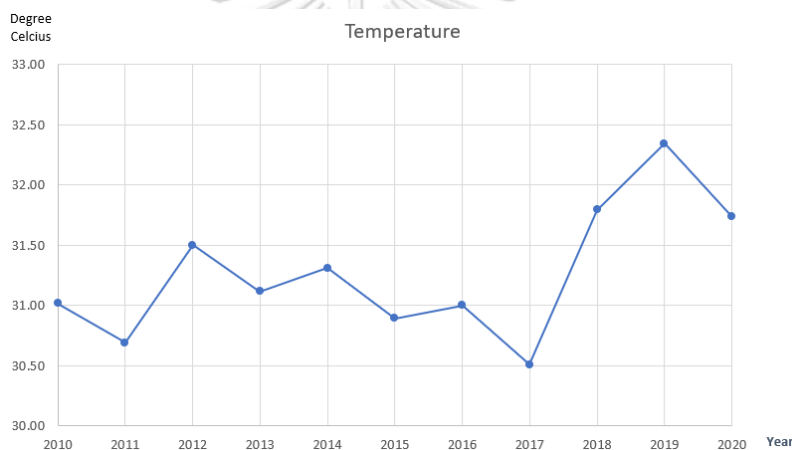
พื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ. 2563 มีอุณหภูมิต่ำสุด 25-27 °C อุณหภูมิสูงสุด 32-35 °C โดยในช่วงต้นปี (มกราคม และกุมภาพันธ์) ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวต่อเนื่อง และประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากบริเวณความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนที่แผ่ลงมาปกคลุมเกือบตลอดช่วง และมีกระแสลมฝ่ายตะวันตกในระดับบนจากประเทศเมียนมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)



รูปที่ 56 แผนที่แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย จาก กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563



รูปที่ 57 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของกรุงเทพมหานคร จาก กรมอุตุนิยมวิทยา, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565



รูปที่ 58 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของกรุงเทพมหานคร จาก กรมอุตุนิยมวิทยา, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565

ประเทศไทยในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ค่าเฉลี่ยมาตรฐานอุณหภูมิของประเทศไทยอยู่ที่ 28 °C (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563) จากการแสดงผลด้วยแผนภูมิเชิงเส้น ของรูปที่ 58 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของกรุงเทพมหานคร รูปที่ 58 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของ กรุงเทพมหานครแสดงถึงในช่วงปี พ.ศ. 2560-2561 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายปีในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยและกรุงเทพมหานครมอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จาก 30.50 °C เพิ่มขึ้นเป็น 31.75 °C และเพิ่มสูงขึ้นอีกในปีพ.ศ. 2562 เป็น 32.42 °C ซึ่งส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแบบรายปีของช่วงปีดังกล่าวสูงขึ้นและมีค่าเกินค่ามาตรฐานอุณหภูมิของประเทศไทยทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ในช่วงของฤดูร้อนของประเทศไทย และลดลงมาอีกครั้งในปี พ.ศ. 2563 โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 31.33 °C

4.9 นโยบายที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมของมลพิษทางอากาศพ.ศ. 2553 – 2563

4.9.1. นโยบายที่เกี่ยวข้องกับหมอกควันข้ามแดนในอนุภูมิภาคแม่โขง

ภายใต้การดำเนินงานตามข้อตกลงอาเซียน เรื่อง มลพิษจากหมอกควันข้ามแดน (ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution) ประเทศไทยได้ริเริ่มผลักดันแผนปฏิบัติการโดยเริ่มที่จังหวัดเชียงรายเป็นนโยบายนำร่อง เพื่อป้องกันมลพิษจากหมอกควันข้ามแดน (Chiang Rai Plan of Action for Transboundary Haze Pollution Control in the Mekong Sub-Region) ในอนุภูมิภาคแม่โขง เพื่อให้ประเทศเมียนมา กัมพูชา สปป. ลาว เวียดนาม และไทย ใช้เป็นกรอบการดำเนินการ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันข้ามแดน แผนดังกล่าวเกิดจากการจัดลำดับความสำคัญของมาตรการและกิจกรรมที่ประเทศอนุภูมิภาคแม่โขงที่จะช่วยกันเร่งรัดดำเนินการร่วมกัน ประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์หลักของ ASEAN Transboundary Haze (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560) ได้แก่

- 1) การจัดการไฟป่าและการเผาในพื้นที่เกษตร
- 2) การพัฒนาและประยุกต์ใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ
- 3) การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน และ
- 4) การลดผลกระทบต่อสุขภาพและความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม

โดยมีเป้าหมายเพื่อลดจำนวนจุดความร้อนรวมในอนุภูมิภาคแม่โขง ให้ลดลงลงเหลือไม่เกิน 50,000 จุด ในปี 2563 โดยสมาชิกในอนุภูมิภาคแม่โขง มีส่วนร่วมในการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการเชียงราย 2017 (Chiang Rai 2017 Plan of Action) ที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลักดัน ซึ่งประกอบไปด้วยการจัดลำดับความสำคัญของมาตรการและกิจกรรมที่ประเทศอนุภูมิภาคแม่โขงจะเร่งรัดดำเนินการร่วมกัน ซึ่งสามารถทำได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ประเทศไทยได้มีการเสนอให้มีการขยายแผนปฏิบัติการเชียงรายที่จะสิ้นสุดในปีนี้อีก 5 ปี จนถึงปี 2568 เพื่อใช้เป็นแผนปฏิบัติการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันข้ามแดนในอนุภูมิภาคแม่โขงต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ในข้อตกลงอาเซียน เรื่อง มลพิษจากหมอกควันข้ามแดน ประเทศสมาชิกได้มีการแลกเปลี่ยนสถานการณ์ไฟป่า การเผา และหมอกควันทั้งในระดับประเทศและระดับอนุภูมิภาคแม่โขง รวมถึงมาตรการต่าง ๆ ที่แต่ละประเทศดำเนินการเพื่อควบคุมสถานการณ์และแก้ไขปัญหา ทั้งนี้เป็นความรับผิดชอบและการร่วมมือระหว่างกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศสมาชิก เพื่อแก้ไขปัญหาหมอกควันในประเทศและหมอกควันข้ามแดนอย่างเด็ดขาด และเห็นผลได้อย่างชัดเจน (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

4.9.2. สถานการณ์ฝุ่นละออง PM_{2.5} ด้วยเทคโนโลยีอวกาศ

นอกเหนือจากหมอกควันข้ามแดน ยังมีการตรวจสอบและติดตามสถานการณ์ฝุ่นละออง PM_{2.5} ด้วยเทคโนโลยีอวกาศ ความร่วมมือระหว่างองค์กรในประเทศ กรมควบคุมมลพิษ และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ได้ร่วมกับศูนย์เตรียมความพร้อมป้องกันภัยพิบัติแห่งเอเชีย (Asian Disaster Preparedness Center: ADPC) ที่ได้รับการสนับสนุนจากองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration : NASA) และหน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Agency for International Development: USAID) ภายใต้โครงการเซอร์เวียร์แม่โขง (SERVIR-Mekong) จัดทำระบบติดตามและพยากรณ์ฝุ่นละออง PM_{2.5} ด้วยเทคโนโลยีอวกาศ โดยใช้การประมวลผลจากข้อมูลดาวเทียม ร่วมกับข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ของการติดตามและรายงานสถานการณ์ฝุ่นละออง PM_{2.5} เชิงพื้นที่ครอบคลุมทั้งประเทศ พร้อมทั้งมีการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 วัน เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่เตรียมความพร้อมและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวเป็นการดำเนินงาน และสนับสนุนงานภายใต้แผนเฉพาะกิจเพื่อการแก้ไขปัญหาหมอกควันด้านฝุ่นละออง โดยใช้เทคโนโลยีดาวเทียมสนับสนุน การพยากรณ์ฝุ่นละอองการประเมินปริมาณฝุ่นละอองเชิงพื้นที่

นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุง ศูนย์ข้อมูลคุณภาพอากาศ เพื่อทำการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศ โดยมีศูนย์ข้อมูลคุณภาพอากาศ ณ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพ อากาศแบบอัตโนมัติทั่วประเทศที่อยู่ใน การดูแลของกรมควบคุมมลพิษ และดำเนินการดูแล ตรวจสอบ ควบคุมคุณภาพของข้อมูล ซึ่งเป็น บทบาท หน้าที่สำคัญที่จะทำให้ข้อมูลคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ ตลอดเวลา เพื่อให้มีประสิทธิภาพทันต่อเทคโนโลยี โดยศูนย์ข้อมูลคุณภาพอากาศสามารถรองรับการ ดึงข้อมูลจาก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่มีหลากหลายมากยิ่งขึ้น จากทั้งสถานี ตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติ หน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ พัฒนาให้มีการ เรียกรับข้อมูลคุณภาพอากาศแบบ อัตโนมัติแบบทันที (real time) ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากนั้นข้อมูลจะถูกนำ เข้าสู่เว็บไซต์ AQM Thai เพื่อสนับสนุนและเชื่อมต่อข้อมูลไปยังเว็บไซต์และ แอปพลิเคชัน Air4Thai เป็นการรายงานคุณภาพอากาศสู่สาธารณชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

4.9.3. นโยบายป้องกันและขจัดมลพิษการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

เนื่องจากการมีนโยบายป้องกันและขจัดมลพิษภายใต้นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2540-2560 มีจุดประสงค์ในการควบคุมคุณภาพอากาศในเขตควบคุมมลพิษและเขตเมือง โดยเฉพาะฝุ่นละอองจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ โดยทั่วไปฝุ่นละอองในบริเวณทั่วไปมีค่าเฉลี่ย 1 ปีไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองในบริเวณริมถนน จะมีความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยนโยบายป้องกันและขจัดมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วยนโยบาย 4 ประการ คือ

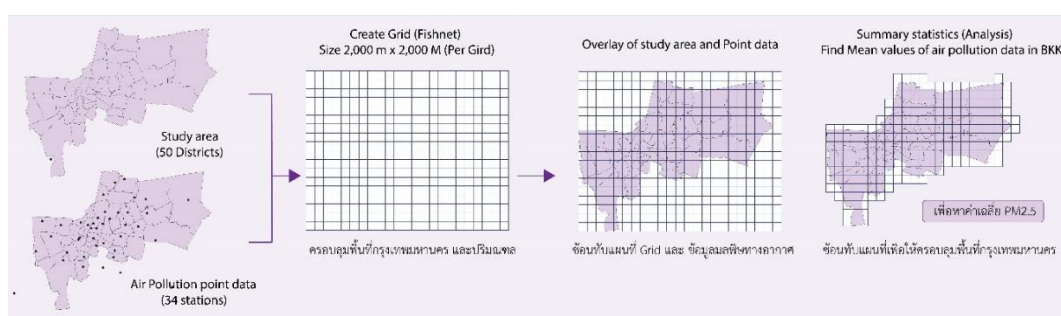
1. เร่งรัดการลดมลพิษทางอากาศ อันเนื่องมาจากยานพาหนะและกิจกรรมการก่อสร้างและการขนส่ง
2. รักษาคุณภาพอากาศในพื้นที่ที่มีคุณภาพอากาศเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ไม่ให้เสื่อมโทรมลงไปจนเกินเกณฑ์มาตรฐาน
3. ส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ระบบขนส่งที่มีมลพิษน้อย และ
4. ส่งเสริมให้ภาครัฐ ภาคเอกชนและประชาชนทั่วไป ทั้งที่เป็นผู้ก่อมลพิษและผู้ได้รับมลพิษ ได้มีส่วนร่วมรักษา (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

บทที่ 5

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$

5.1 หน่วยวิเคราะห์และตัวแปร

หน่วยวิเคราะห์พื้นที่ศึกษา (Observation) ทั้งหมด 237 หน่วยวิเคราะห์ ซึ่งมาจากการซ้อนทับแผนที่กริดตาราง (Grid) ขนาด 2,000 เมตร x 2,000 เมตร ต่อกฎตาราง เพื่อการวิเคราะห์ที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้นครอบคลุมบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดังรูปที่ 59



รูปที่ 59 แผนที่กริดตาราง (Grid) ขนาด 2,000 เมตร x 2,000 เมตร หน่วยวิเคราะห์พื้นที่ศึกษา

โดยตัวแปรทั้งหมด 8 ตัวแปร ประกอบไปด้วย ความหนาแน่นประชากร อุณหภูมิ ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นอาคาร และความเร็วลม ซึ่งมีตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามและหน่วยวัดของตัวแปรเพื่อการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression) ดังนี้

ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

1) มลพิษทางอากาศ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีหน่วยวัดเป็น ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) (มคก./ลบม.) ค่าเฉลี่ยแบบรายปี

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

- 1) อุณหภูมิ มีหน่วยวัดเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$ Celsius) ค่าเฉลี่ยแบบรายปี และมีการตั้งชื่อตัวแปรคือ Temp_Mean
- 2) ความหนาแน่นประชากร มีหน่วยวัดเป็น คนต่อตารางกิโลเมตร แบบรายปี และมีการตั้งชื่อตัวแปรคือ POP_Densi
- 3) ความหนาแน่นอาคาร มีหน่วยวัดเป็น อาคารต่อตารางกิโลเมตร และมีการตั้งชื่อตัวแปรคือ BLDG_Densi

4) ความเร็วลม มีหน่วยวัดเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง (KM/h) และมีการตั้งค่าชื่อตัวแปรคือ Windspeed

5) การใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม โดยในตัวแปรนี้จะมีการตั้งค่าตัวแปรหุ่น (Dummy) ดังต่อไปนี้

- ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย ชื่อตัวแปรคือ LU_Res
- ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ชื่อตัวแปรคือ LU_Com
- ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม ชื่อตัวแปรคือ LU_Ind

และตั้งค่าตัวแปรพื้นฐาน (Baseline) คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตารางแสดงการตั้งค่าตัวแปรหุ่น (Dummy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	Dummy		
การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย	1	0	0
การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม	0	1	0
การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม	0	0	1
การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม	แบบจำลองพื้นฐาน (Baseline)		

5.2 การเลือกวิเคราะห์แบบจำลอง

การเลือกวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับการศึกษาจะเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดด้วยการวิเคราะห์ค่าของโมเดล จากการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial Lag Spatial Error และ OLS ด้วยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่า Lagrange multiplier และ ค่า Robust Lagrange Multiplier จากตัวโมเดล เพื่อนำโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุดมาใช้วิเคราะห์ และการแสดงค่าผลลัพธ์ที่มีความชัดเจนและแม่นยำ (Anantsuksomsri & Tontisirin, 2015) แบบจำลองจากการวิเคราะห์ค่า Lagrange Multiplier และ ค่า Robust Multiplier แสดงค่าดังนี้

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่า Moran's I (error) Lagrange Multiplier และ Robust Multiplier

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
2013			
Moran's I (error)	0.2512	7.97	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	22.17	0.00
Robust LM (lag)	1	0.50	0.48
Lagrange Multiplier (error)	1	50.85	0.00
Robust LM (error)	1	29.18	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	51.35	0.00
2014			
Moran's I (error)	0.4753	14.71	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	153.27	0.00
Robust LM (lag)	1	1.44	0.23
Lagrange Multiplier (error)	1	182.12	0.00
Robust LM (error)	1	30.30	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	183.57	0.00
2015			
Moran's I (error)	0.3492	10.88	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	61.73	0.00
Robust LM (lag)	1	3.00	0.08
Lagrange Multiplier (error)	1	98.29	0.00
Robust LM (error)	1	39.56	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	101.29	0.00
2016			
Moran's I (error)	0.2759	8.70	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	48.16	0.00
Robust LM (lag)	1	0.62	0.43
Lagrange Multiplier (error)	1	61.36	0.00
Robust LM (error)	1	13.81	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	61.97	0.00
2017			
Moran's I (error)	0.2399	7.65	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	28.67	0.00
Robust LM (lag)	1	0.06	0.80
Lagrange Multiplier (error)	1	46.40	0.00
Robust LM (error)	1	17.79	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	46.46	0.00
2018			
Moran's I (error)	0.2943	9.30	0.00

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Lagrange Multiplier (lag)	1	55.41	0.00
Robust LM (lag)	1	0.08	0.78
Lagrange Multiplier (error)	1	69.84	0.00
Robust LM (error)	1	14.51	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	69.92	0.00
2019			
Moran's I (error)	0.2708	8.60	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	35.22	0.00
Robust LM (lag)	1	1.88	0.17
Lagrange Multiplier (error)	1	59.14	0.00
Robust LM (error)	1	25.80	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	61.02	0.00
2020			
Moran's I (error)	0.2943	9.24	0.00
Lagrange Multiplier (lag)	1	45.68	0.00
Robust LM (lag)	1	0.10	0.75
Lagrange Multiplier (error)	1	69.84	0.00
Robust LM (error)	1	24.26	0.00
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	69.94	0.00

จากแบบจำลองจากการวิเคราะห์ค่า Lagrange Multiplier และ Robust LM แสดงผลว่าแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ แบบจำลอง Spatial Error ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้ แบบจำลอง Spatial Error หลังจากนั้นนำตัวแปรไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยพหุคูณ (Multicollinearity) ด้วยค่าความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ (VIF: Variance inflation factor) โดยแสดงผลค่า VIF ดังต่อไปนี้

2013

Variable	VIF	1/VIF
LU_Res	17.60	0.056823
LU_Com	16.88	0.059253
Temp_Mean	10.31	0.097014
Windspeed	2.41	0.415687
BLDG_Densi	2.18	0.458285
LU_Ind	2.08	0.481647
POP_Densi	1.35	0.741794
Mean VIF	7.54	

2014

Variable	VIF	1/VIF
LU_Res	20.42	0.048979
Temp_Mean	17.23	0.058030
LU_Com	12.59	0.079453
Windspeed	6.05	0.165349
BLDG_Densi	2.39	0.419071
LU_Ind	1.98	0.504258
POP_Densi	1.27	0.788873
Mean VIF	8.85	

2015

Variable	VIF	1/VIF
Temp_Mean	6.48	0.154340
Windspeed	4.62	0.216231
LU_Com	3.17	0.314963
LU_Res	2.84	0.352655
BLDG_Densi	2.59	0.386212
LU_Ind	1.55	0.644852
POP_Densi	1.53	0.654895
Mean VIF	3.25	

2016

Variable	VIF	1/VIF
Temp_Mean	3.86	0.258743
Windspeed	3.20	0.312057
LU_Res	2.42	0.413260
LU_Com	2.30	0.434850
LU_Ind	1.52	0.657142
BLDG_Densi	1.45	0.690694
POP_Densi	1.34	0.746573
Mean VIF	2.30	

2017

Variable	VIF	1/VIF
Temp_Mean	5.28	0.189304
Windspeed	3.36	0.297637
LU_Com	3.13	0.319171
LU_Res	2.92	0.341980
BLDG_Densi	1.89	0.529041
LU_Ind	1.63	0.612522
POP_Densi	1.53	0.651856
Mean VIF	2.82	

2018

Variable	VIF	1/VIF
Temp_Mean	4.46	0.224242
LU_Com	3.07	0.325229
Windspeed	2.96	0.338283
LU_Res	2.74	0.364969
BLDG_Densi	2.39	0.418699
LU_Ind	1.65	0.607282
POP_Densi	1.43	0.699497
Mean VIF	2.67	

2019

Variable	VIF	1/VIF
LU_Com	2.85	0.351445
LU_Res	2.82	0.354560
Windspeed	2.72	0.367104
Temp_Mean	2.47	0.405532
BLDG_Densi	2.10	0.476600
LU_Ind	1.60	0.625748
POP_Densi	1.44	0.694641
Mean VIF	2.28	

2020

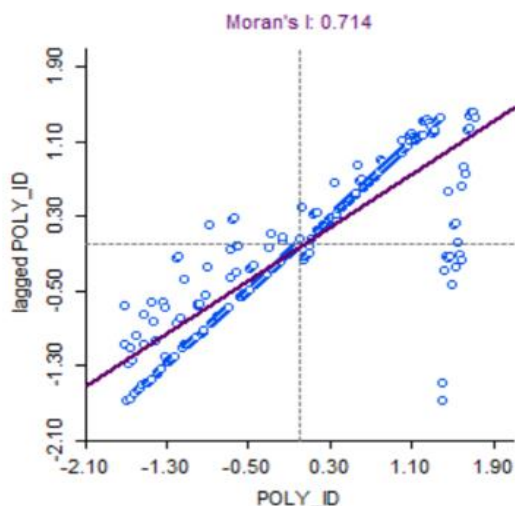
Variable	VIF	1/VIF
Temp_Mean	7.28	0.137412
Windspeed	6.12	0.163484
LU_Com	3.12	0.320292
LU_Res	3.00	0.333004
BLDG_Densi	2.01	0.497246
LU_Ind	1.56	0.641314
POP_Densi	1.37	0.730577
Mean VIF	3.49	

ผลลัพธ์ของการทดสอบค่าแบบจำลองการถดถอยพหุคูณด้วยค่า VIF โดยค่าของตัวแปรแต่ละตัวมีค่าที่ใกล้กับ 1 ไม่เกิน 10 นั้นหมายความว่าไม่มีสหสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายมากสามารถพิจารณาการวิเคราะห์ถดถอยในขั้นต่อไปได้ ไม่มีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงในตัวแบบจำลอง

5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะพื้นที่เมืองกับมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}

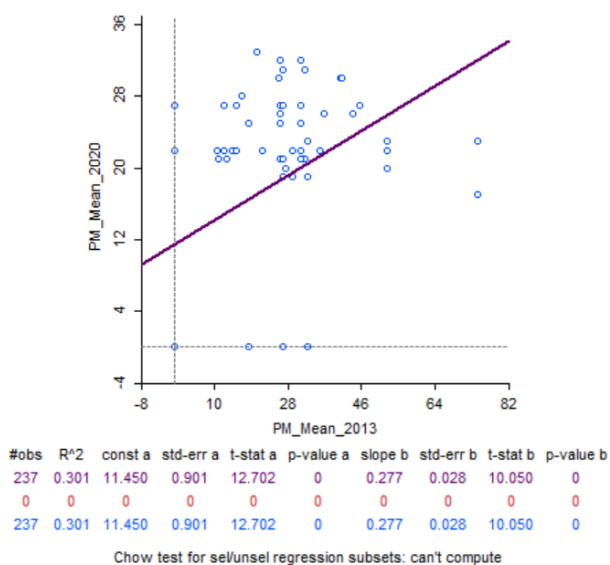
5.3.1 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression Moran's I ภาพรวม

ตั้งแต่ 2013-2020

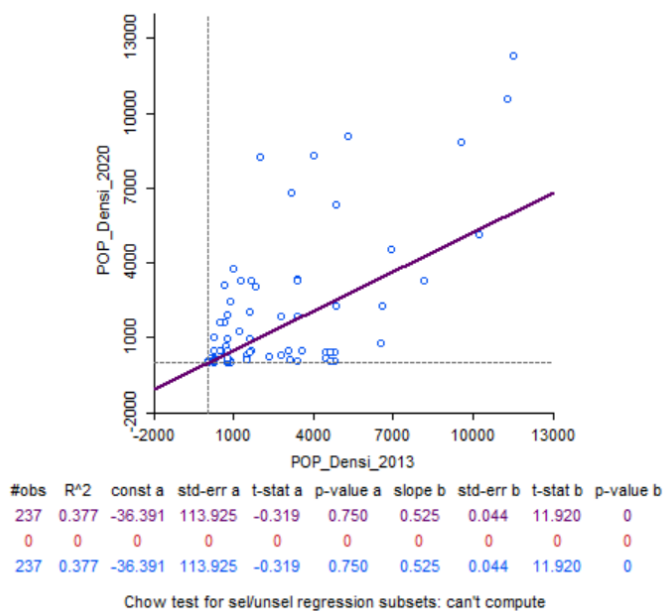


รูปที่ 60 แสดงค่า Moran's I ของชุดข้อมูล

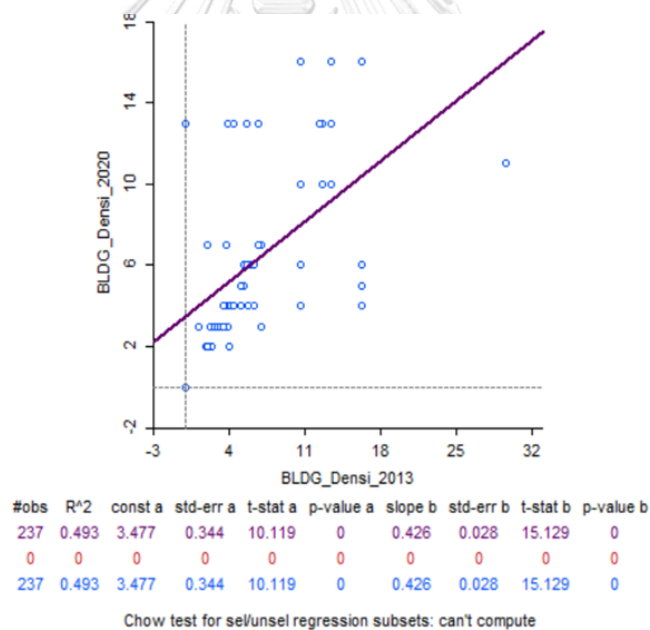
จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ด้วยสถิติ Moran's I (Global Moran's I statistic) สามารถแสดงการวิเคราะห์ได้ว่า จากแผนภูมิและแบบจำลองแสดงค่า Moran's I = 0.714 ซึ่งมีค่าที่เข้าใกล้ 1 หมายถึงข้อมูลมีความเกาะกลุ่มมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทิศทางเดียวกัน โดยค่า I ที่มีค่ามากกว่า 0 มีลักษณะรูปแบบการจัดตัวแบบเป็นกลุ่ม (Clustered Pattern)



รูปที่ 61 Scatter Plot แสดงมลพิษทางอากาศปี 2013 และปี 2020



รูปที่ 62 Scatter Plot แสดงความหนาแน่นประชากรปี 2013 และปี 2020



รูปที่ 63 Scatter Plot แสดงความหนาแน่นอาคาร ปี 2013 และปี 2020

จากแผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) ดังรูปที่ 62- 63 แสดง Scatter Plot มลพิษทางอากาศ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร ปี 2013 และปี 2020 โดยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทางบวกค่าตัวแปรของปี 2013 และปี 2020 มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันเพิ่มขึ้นจากปี 2013 ถึง ปี 2020

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2013-2020

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : Time-Series_ALL_Year
Spatial Weight : Time-Series_ALL_Year
Dependent Variable : PM_Mean_All  Number of Observations: 237
Mean dependent var : 19.581788  Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 10.679262  Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.475545

R-squared      : 0.520996  R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : -      Log likelihood    : -810.733973
Sigma-square   : 54.6288  Akaike info criterion : 1637.47
S.E of regression : 7.39113  Schwarz criterion : 1665.21

-----
Variable      Coefficient      Std. Error      z-value      Probability
-----
CONSTANT      -0.152471        1.84058        -0.0828386   0.93398
Temp_Mean_All 0.335364        0.232579        1.44194     0.14932
Windspeed All 0.901211        0.85684        1.05178     0.29290
BLDG_Densi_All 0.840586        0.15906        5.2847      0.00000
POP_Densi_All -0.000367735    0.000261688    -1.40524    0.15995
LU_Res        -0.231296        2.88144        -0.0802709   0.93602
LU_Com        -2.16667         3.18592        -0.680076    0.49646
LU_Ind        0.76374         4.43716        0.172124    0.86334
LAMBDA        0.475545        0.263376        1.80558     0.07098
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST
Breusch-Pagan test      DF      VALUE      PROB
                        7      111.2464   0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Time-Series_ALL_Year
TEST
Likelihood Ratio Test      DF      VALUE      PROB
                        1      1.5605    0.21159
===== END OF REPORT =====

```

*ค่า P-Value = 0.00 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

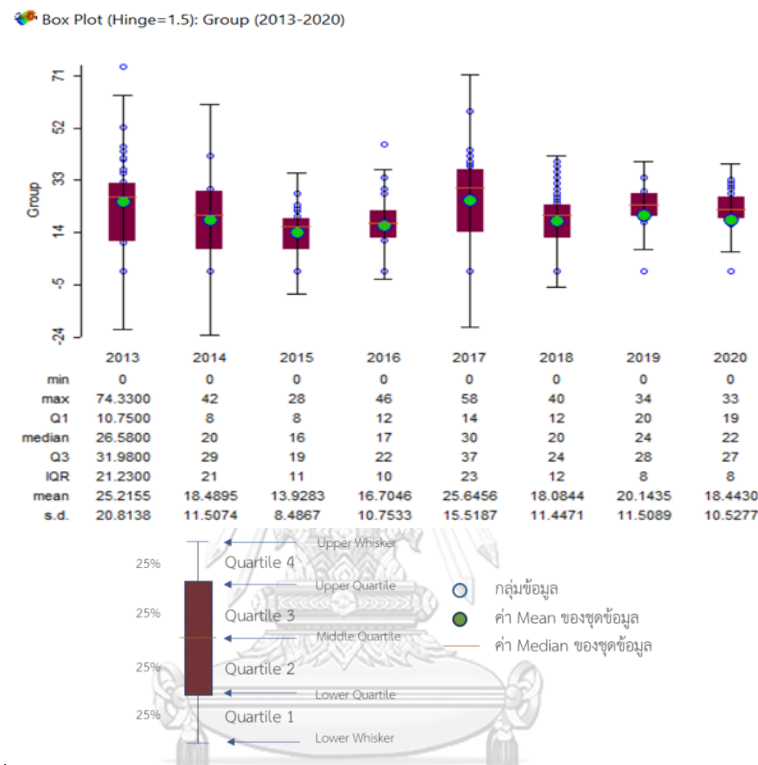
รูปที่ 64 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ภาพรวมปี 2013-2020

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ด้วยแบบจำลอง Spatial Error โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2013-2020 แบบจำลองสามารถอธิบายได้ว่าจากค่า R² (R-Squared) = 0.52 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 52 ค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi_All) สามารถอธิบายได้ว่าความหนาแน่นอาคาร มีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่น 1 อาคาร/ตารางกิโลเมตร/กริดเซลล์ ส่งผลให้ค่าของ PM_{2.5} เพิ่มขึ้น 0.84 หน่วย

ส่วนประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความสัมพันธ์กับมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากประเภทเกษตรกรรมที่เป็นตัวแปรพื้นฐานกับตัวแปรหุ่นการที่ใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม และอุตสาหกรรม เปรียบเทียบกันแล้วประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่อการลดลงหรือการเพิ่มขึ้นของฝุ่น PM_{2.5} แต่การเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปยังประเภทหนึ่งไม่มีผลต่อการลดลงหรือการเพิ่มขึ้น

ของ $PM_{2.5}$ อย่างไรก็ตาม ตัวแปรอุณหภูมิ ความเร็วลม ความหนาแน่นประชากร ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย ประเภทพาณิชย์กรรม และประเภทอุตสาหกรรม ไม่มีผลต่อการเกิดฝุ่น $PM_{2.5}$

5.3.3 ผลการวิเคราะห์ Spatiotemporal Regression – Space & Time Analysis



รูปที่ 65 Box and Whisker Plot แสดงมลพิษทางอากาศ ปี 2013 และปี 2020

จากผลการวิเคราะห์ Spatiotemporal Regression Space & Time Analysis ในรูปแบบของ Box and Whisker Plot แสดงมลพิษทางอากาศ ปี 2013-2020 มีค่าเฉลี่ยฝุ่น $PM_{2.5}$ ไม่ต่างกันในช่วงปี 2018-2020 จาก Quartile ที่ 1- Quartile ที่ 3 แสดงค่าผันแปรของชุดข้อมูลน้อยกว่าปีอื่นเนื่องจากช่วงระหว่างค่า Maximum และ Minimum ของข้อมูล $PM_{2.5}$ แสดงช่วงของค่าที่แคบกว่ากว่าปีอื่น ๆ และใน Quartile ที่ 2 - Quartile ที่ 3 แสดงช่วงค่าของข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกัน มีค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยอยู่ที่ 12-30 มคก./ลบ.ม. ส่วนความเบ้ของข้อมูล (Skewness) ข้อมูลมีการแจกแจงเบ้ไปทางด้านซ้าย ชั้นข้อมูลมีการแจกแจงความถี่โดยมีค่าเฉลี่ยข้อมูล $PM_{2.5}$ ในทุกปีมีค่าฝุ่น $PM_{2.5}$ เฉลี่ยตั้งแต่ 30 มคก./ลบ.ม. ขึ้นไป การสะสมของมลพิษทางอากาศในแต่ละปีแตกต่างกันจากผล Spatial Regression แบบรายปีในตั้งแต่ปี 2013-2020 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังต่อไปนี้

5.3.4 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2013

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2013_Final
Spatial Weight : 2013_Weight
Dependent Variable : PM_Mean      Number of Observations: 237
Mean dependent var : 25.215485    Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 20.769847     Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.655070

R-squared      : 0.762188    R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : -          Log likelihood : -894.854600
Sigma-square   : 102.589    Akaike info criterion : 1805.71
S.E of regression : 10.1286    Schwarz criterion : 1833.45
-----
Variable      Coefficient    Std.Error    z-value    Probability
-----
CONSTANT      -0.157721     2.96934     -0.0531163  0.95764
Temp_Mean     0.451674     0.251109    1.79871    0.07206
Windspeed    -0.033206     0.597975    -0.0555307  0.95572
BLDG_Densi    1.76561      0.18142     9.73214    0.00000
POP_Densi    -0.00187861   0.000468837 -4.00697    0.00006
LU_Res       -0.0296359    5.08502     -0.00582807  0.99535
LU_Com       -0.0513134    5.51417     -0.00930574  0.99258
LU_Ind       -1.08161      7.61203     -0.142092    0.88701
LAMBDA       0.65507      0.0671305    9.75816    0.00000
-----
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      7      82.9680    0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2013_Weight
TEST          DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test    1      49.6436    0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 66 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2013

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2013 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.76 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 76 มีค่า Breusch-Pagan = 82.96 ค่า Likelihood Ratio Test = 49.64 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) และ ค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi)

สามารถอธิบายได้ว่าค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 1.7 และค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi) ความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = -0.01

ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่น 1 อาคารต่อตารางกิโลเมตรนั้นจะส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 1.7 หน่วย แต่ในขณะเดียวกัน ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) ค่าความเร็วลม (Windspeed) ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย (LU_Res) ประเภทพาณิชยกรรม (LU_Com) และประเภทอุตสาหกรรม (LU_Ind) ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$

5.3.5 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2014

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2014_Final
Spatial Weight : 2014_Weight
Dependent Variable : PM_Mean   Number of Observations: 237
Mean dependent var : 18.367089 Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 11.524888 Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.790046

R-squared      : 0.686008   R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : -          Log likelihood    : -794.530900
Sigma-square   : 41.7053   Akaike info criterion : 1605.06
S.E of regression : 6.45797   Schwarz criterion : 1632.81
-----
Variable      Coefficient   Std.Error   z-value   Probability
-----
CONSTANT      1.65887      2.59461     0.63935   0.52259
Temp_Mean     0.97685      0.203585    4.79824   0.00000
Windspeed    -2.30095      0.607914    -3.78499   0.00015
BLDG_Densi   0.123721     0.124448    0.994158   0.32015
POP_Densi    -0.000420478 0.000287305 -1.46352   0.14332
LU_Res       1.53918      5.03789     0.305521   0.75997
LU_Com       -2.7389      5.36073     -0.510918   0.60941
LU_Ind      -0.841054     3.5666      -0.235814   0.81358
LAMBDA       0.790046     0.0488201   16.1828    0.00000
-----
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      7      143.2987    0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2016_weight
TEST          DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test    1      56.6215    0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 67 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2014

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2014 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.68 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 68 มีค่า Breusch-Pagan = 143.29 ค่า Likelihood Ratio Test = 56.6215 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) ค่าความเร็วลม (Windspeed) สามารถอธิบายได้ว่าค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 0.97 และมีค่าความเร็วลม (Windspeed) ความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ = -2.30

ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น $1^\circ C$ นั้นจะส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.97 หน่วย ในส่วนของค่าความเร็วลม (Windspeed) ถ้าหากมีความเร็วลดลง 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และทิศทางการพัดพาของลมส่งผลให้ค่าของ $PM_{2.5}$ ลดลง 2.30 หน่วย ในขณะเดียวกันค่าความหนาแน่นอาคาร ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย ประเภทพาณิชยกรรม และประเภทอุตสาหกรรม ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$

5.3.6 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2015

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2015_Final
Spatial Weight : 2015_Weight
Dependent Variable : PM_Mean Number of Observations: 237
Mean dependent var : 13.835443 Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 8.500331 Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.727789

R-squared      : 0.589674 R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : - Log likelihood : -750.819714
Sigma-square   : 29.6484 Akaike info criterion : 1517.64
S.E of regression : 5.44503 Schwarz criterion : 1545.38

-----
Variable      Coefficient   Std. Error   z-value   Probability
-----
CONSTANT      -1.7844       1.78404     -1.0002   0.31721
Temp_Mean     0.911742     0.118737    7.67867   0.00000
Windspeed    -0.942654     0.401821    -2.34596   0.01898
BLDG_Densi   -0.138096     0.101941    -1.35467   0.17552
POP_Densi    -0.000864535  0.000259224 -3.3351    0.00085
LU_Res       -2.54859     1.48292     -1.71863   0.08568
LU_Com       -2.27266     1.74266     -1.30413   0.19219
LU_Ind       -0.272232     1.58361     -0.171906  0.86351
LAMBDA       0.727789     0.0577578   12.6007    0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      7      58.3567    0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2015_Weight
TEST          DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test    1      76.6661    0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 68 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2015

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2015 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.58 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 58 มีค่า Breusch-Pagan = 58.35 ค่า Likelihood Ratio Test = 76.66 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) ค่าความเร็วลม (Windspeed) และค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi)

สามารถอธิบายได้ว่าค่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ = 0.91 ค่าความเร็วลม มีค่าสัมประสิทธิ์ = -0.94 และค่าความหนาแน่นประชากร ความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ = -0.01 ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น $1^{\circ}C$ ส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.91 หน่วย ค่าความเร็วลม ถ้าหากมีความเร็วลดลง 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และทิศทางการพัดพาของลมส่งผลให้ค่าของ $PM_{2.5}$ ลดลง 0.91 หน่วย และค่าความหนาแน่นอาคาร ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$

5.3.7 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2016

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2016_Final
Spatial Weight : 2016_Weight
Dependent Variable : PM_Mean      Number of Observations: 237
Mean dependent var : 16.578059   Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 10.749901    Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.694873

R-squared      : 0.598968   R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : -         Log likelihood    : -802.276905
Sigma-square   : 46.3434   Akaike info criterion : 1620.55
S.E of regression : 6.8076   Schwarz criterion : 1648.3

-----
Variable      Coefficient      Std. Error      z-value      Probability
-----
CONSTANT      0.702888         2.26136         0.310825     0.75593
Temp_Mean     0.321007         0.107366        2.98985      0.00279
Windspeed     0.601548         0.378805        1.58801      0.11228
BLDG_Densi    0.955036         0.189595        5.03725      0.00000
POP_Densi     -0.000409311    0.000217488     -1.882       0.05984
LU_Res        -1.40412         1.6658          -0.842914    0.39928
LU_Com        -2.40674         1.66607         -1.44456     0.14858
LU_Ind        -0.00135674     2.31789         -0.000585333 0.99953
LAMBDA        0.694873         0.0621271      11.1847      0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      7      143.2987   0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2016_Weight
TEST          DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test    1      56.6215   0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 69 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2016

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2016 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.59 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 59 มีค่า Breusch-Pagan = 143.28 ค่า Likelihood Ratio Test = 56.6215 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) ค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi)

สามารถอธิบายได้ว่าค่าอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 0.32 และมีค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) ความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ = 0.95

ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น $1^{\circ}C$ นั้นจะส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.32 หน่วย ในส่วนของค่าความหนาแน่นอาคาร ถ้าหากมีความหนาแน่นอาคารเพิ่มขึ้น 1 อาคารต่อตารางกิโลเมตรจะส่งผลให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.95 หน่วย ในขณะเดียวกัน แปรผกผันการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$

5.3.8 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2017

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2017_Final
Spatial Weight : 2017_Weight
Dependent Variable : PM_Mean      Number of Observations: 237
Mean dependent var : 25.489451    Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 15.557058    Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.608438

R-squared      : 0.620677    R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : -          Log likelihood : -880.061363
Sigma-square   : 91.8045    Akaike info criterion : 1776.12
S.E of regression : 9.58146    Schwarz criterion : 1803.87
-----
Variable      Coefficient    Std. Error    z-value    Probability
-----
CONSTANT      -0.360542     2.58782      -0.139323   0.88919
Temp_Mean     0.565293     0.199173     2.8382      0.00454
Windspeed     1.00219      0.542615     1.84696     0.06475
BLDG_Densi    1.35635      0.265691     5.105       0.00000
POP_Densi     -0.000443748 0.000402388  -1.10279    0.27012
LU_Res        -6.80707      2.58152      -2.63685    0.00837
LU_Com        -7.93252      2.89453      -2.74052    0.00613
LU_Ind        -6.80203      3.37462      -2.01565    0.04384
LAMBDA        0.608438     0.072643     8.37572     0.00000
-----
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      7      96.2626    0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2017_Weight
TEST          DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test    1      41.0076    0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 70 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2017

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2017 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.62 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 62 มีค่า Breusch-Pagan = 96.26 ค่า Likelihood Ratio Test = 41.00 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) ค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) และ ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภท

สามารถอธิบายได้ว่าค่าความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 1.35 และค่าตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินของทุกประเภทมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ = -6.81 (LU_Res) -7.93 (LU_Com) -6.80 (LU_Ind)

ผลการวิเคราะห์หมายถึง ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากประเภทเกษตรกรรม เมื่อเปรียบเทียบกับกับประเภทพาณิชยกรรม และประเภทอุตสาหกรรม มีความสัมพันธ์กันโดยส่งผลต่อการลดลงของมลพิษทางอากาศ $PM_{2.5}$ -6.81 -7.93 และ -6.80 หน่วย

5.3.9 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2018

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2018_Final
Spatial Weight : 2018_Weight
Dependent Variable : PM_Mean Number of Observations: 237
Mean dependent var : 17.983122 Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 11.476252 Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.684793

R-squared      : 0.564960 R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : - Log likelihood : -826.997023
Sigma-square   : 57.2966 Akaike info criterion : 1669.99
S.E of regression : 7.56945 Schwarz criterion : 1697.74

-----
Variable      Coefficient   Std.Error   z-value   Probability
-----
CONSTANT      -2.68497     2.26469    -1.18558   0.23579
Temp_Mean     0.387384    0.151462   2.55763   0.01054
Windspeed     1.42342     0.398269   3.574     0.00035
BLDG_Densi    0.249256    0.233753   1.06632   0.28628
POP_Densi     -0.000557133 0.000248921 -2.2382   0.02521
LU_Res        -1.64388    2.02333    -0.812465 0.41652
LU_Com        -0.309756   2.28957    -0.13529  0.89238
LU_Ind        -0.863628   2.69033    -0.321012 0.74820
LAMBDA        0.684793    0.063422   10.7974   0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      7      119.6726   0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2018_Weight
TEST          DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test    1      59.9265   0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 71 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2018

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2018 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.56 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 56 มีค่า Breusch-Pagan = 119.67 ค่า Likelihood Ratio Test = 59.92 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) ค่าความเร็วลม (Windspeed) และ ค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi)

สามารถอธิบายได้ว่าค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 0.38 ค่าความเร็วลม (Windspeed) มีค่าสัมประสิทธิ์ = 1.42 และค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi) ความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ = -0.05

ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น $1^\circ C$ นั้นจะส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.38 หน่วย และความเร็วของลมและทิศทางส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 1.42 หน่วย และความหนาแน่นประชากรลดลงส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ ลดลง 0.05 หน่วย แต่ในขณะเดียวกัน ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$

5.3.10 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2019

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2019_Final
Spatial Weight : 2019_Weight
Dependent Variable : PM_Mean      Number of Observations: 237
Mean dependent var : 20.025316    Number of Variables   : 8
S.D. dependent var : 11.546978      Degrees of Freedom    : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.626070

R-squared      : 0.571293    R-squared (BUSE)      : -
Sq. Correlation : -              Log likelihood        : -824.506845
Sigma-square    : 57.1607    Akaike info criterion : 1665.01
S.E of regression : 7.56047    Schwarz criterion     : 1692.76

-----
Variable      Coefficient    Std.Error    z-value    Probability
-----
CONSTANT      -0.879235     2.07792     -0.423132   0.67220
Temp_Mean     0.547962     0.106146     5.16237     0.00000
Windspeed     0.855087     0.292315     2.92522     0.00344
BLDG_Densi    0.346338     0.211923     1.63427     0.10220
POP_Densi    -0.000486355  0.000284714 -1.70822     0.08760
LU_Res        -3.80879     2.03179     -1.8746     0.06085
LU_Com        -3.88727     2.21816     -1.75248     0.07969
LU_Ind        -1.30016     2.67532     -0.485981   0.62698
LAMBDA        0.62607     0.0706004    8.8678     0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST
Breusch-Pagan test          DF      VALUE      PROB
                          7      113.5982   0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2019_Weight
TEST
Likelihood Ratio Test      DF      VALUE      PROB
                          1      47.7758   0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 72 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2019

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2019 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R^2 (R-Squared) = 0.57 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 57 มีค่า Breusch-Pagan = 113.59 ค่า Likelihood Ratio Test = 47.75 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) และค่าความเร็วลม (Windspeed)

สามารถอธิบายได้ว่าค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 0.54 ค่าความเร็วลม (Windspeed) มีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 0.85

ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) เฉลี่ยเพิ่มขึ้น $1^\circ C$ นั้นจะส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.54 หน่วย และความเร็วของลมและทิศทางส่งผลทำให้ค่าของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 0.85 หน่วย ในขณะที่ความหนาแน่นประชากร (POP_Densi) ความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย (LU_Res) ประเภทพาณิชยกรรม (LU_Com) และประเภทอุตสาหกรรม (LU_Ind) ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$

5.3.11 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปี 2020

```

REGRESSION
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : 2020_Final
Spatial Weight : 2020_Weight
Dependent Variable : PM_Mean   Number of Observations: 237
Mean dependent var : 18.329114  Number of Variables : 8
S.D. dependent var : 10.558323  Degrees of Freedom : 229
Lag coeff. (Lambda) : 0.795040

R-squared      : 0.680545  R-squared (BUSE) : -
Sq. Correlation : -      Log likelihood : -776.111120
Sigma-square   : 35.6123  Akaike info criterion : 1568.22
S.E of regression : 5.9676  Schwarz criterion : 1595.97
-----
Variable      Coefficient   Std. Error   z-value   Probability
-----
CONSTANT      0.460295     2.26631     0.203103   0.83905
Temp_Mean     1.12846     0.145104    7.7769     0.00000
Windspeed    -2.65957     0.877288   -3.03158   0.00243
BLDG_Densi   -0.0710689   0.196271   -0.362095   0.71728
POP_Densi    -0.00254259  0.000310273 -8.19469   0.00000
LU_Res       -1.92518     1.66218    -1.15822   0.24677
LU_Com       -3.06511     1.85395    -1.65329   0.09827
LU_Ind       -1.79442     2.12917    -0.84278   0.39935
LAMBDA       0.79504     0.0480591  16.543     0.00000
-----
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST
Breusch-Pagan test      DF      VALUE      PROB
                        7      142.4184   0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 2020_Weight
TEST
Likelihood Ratio Test   DF      VALUE      PROB
                        1      82.4415   0.00000
===== END OF REPORT =====

```

รูปที่ 73 ผลการวิเคราะห์ Spatial Regression แบบจำลอง Spatial Error ปีค.ศ. 2020

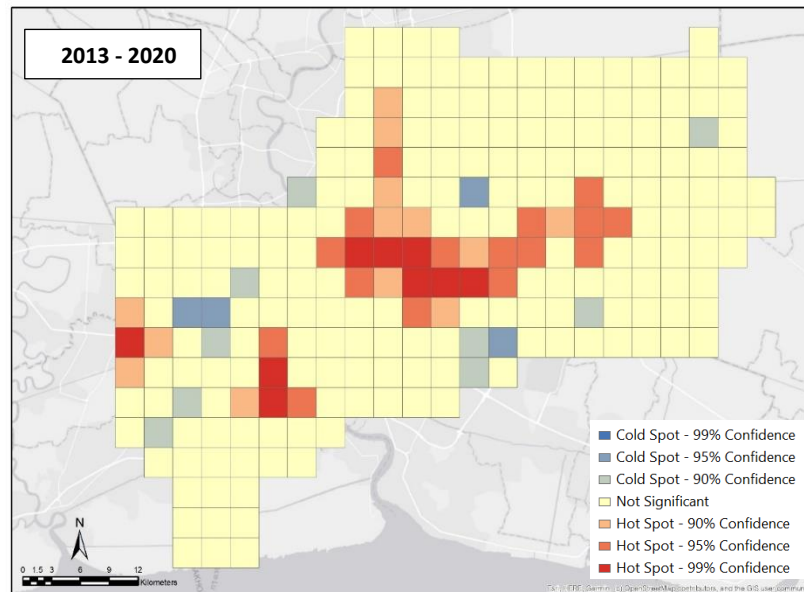
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ด้วยแบบจำลอง Spatial Error ในปีค.ศ. 2020 โดยแบบจำลองสามารถอธิบายได้จากค่า R² (R-Squared) = 0.68 แบบจำลองสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์ร้อยละ 68 มีค่า Breusch-Pagan = 142.41 ค่า Likelihood Ratio Test = 82.44 และค่า P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) และค่าความเร็วลม (Windspeed) และ ค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi)

สามารถอธิบายได้ว่าค่าอุณหภูมิ (Temp_Mean) มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} (PM_Mean) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = 1.12 ค่าความเร็วลม (Windspeed) มีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) = -2.65 และค่าความหนาแน่นประชากร (POP_Densi) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} (PM_Mean)

ผลการวิเคราะห์หมายถึงการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1°C นั้นจะส่งผลทำให้ค่าของ PM_{2.5} เพิ่มขึ้น 1.12 หน่วย แต่ในขณะเดียวกันในปีนี้ความเร็วของลมและทิศทางส่งผลทำให้ค่าของ PM_{2.5} ลดลง 2.65 หน่วย เช่นเดียวกันกับความหนาแน่นประชากร แต่อย่างไรก็ตามความหนาแน่นอาคาร และตัวแปรหุ่นทุกประเภทในปีนี้ยังคงไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ PM_{2.5}

5.4 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}

5.4.1 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2013-2020



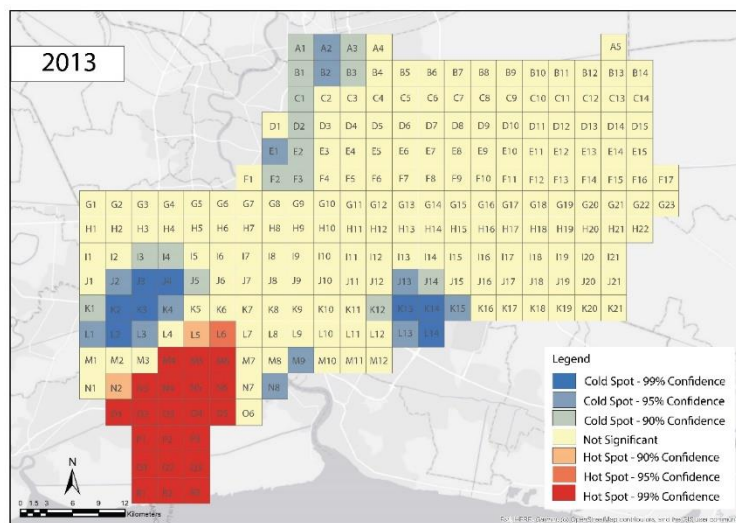
รูปที่ 74 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปี.ศ. 2013 – 2020

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2013-2020 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R² (R-Squared) = 0.52

โดยพื้นที่ที่มีค่า Gi* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 2.34 – 5.16 z-scores จำนวน 21 เซลล์กริดมีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตบางขุนเทียน และเขตทุ่งครุเกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมประเภทเบา อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า Gi* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -2.34 – -3.76 z-scores จำนวน 8 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เซลล์กริดครอบคลุมพื้นที่เขตประเวศ เขตบางแค และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.2 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2013



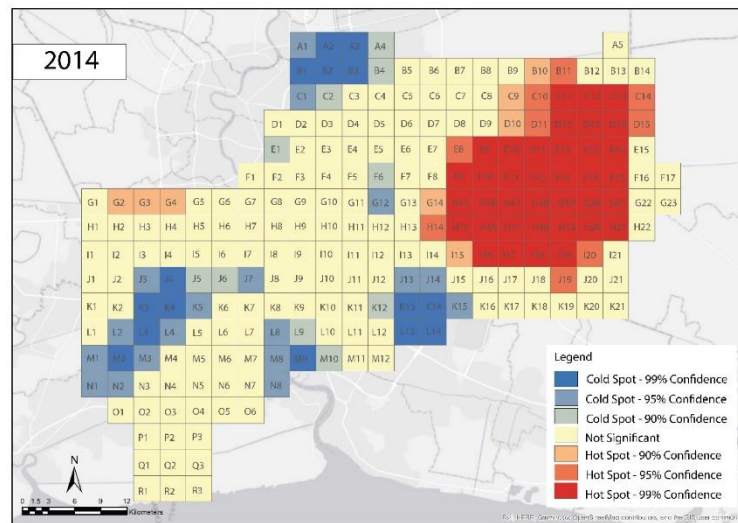
รูปที่ 75 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2013

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2013 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 0.76

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 2.34 – 5.16 z-scores จำนวน 21 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตบางขุนเทียน และเขตทุ่งครุเกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. ขึ้นไป มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมประเภทเบา อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -2.34 – -3.76 z-scores จำนวน 8 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตประเวศ เขตบางแค และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.3 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2014



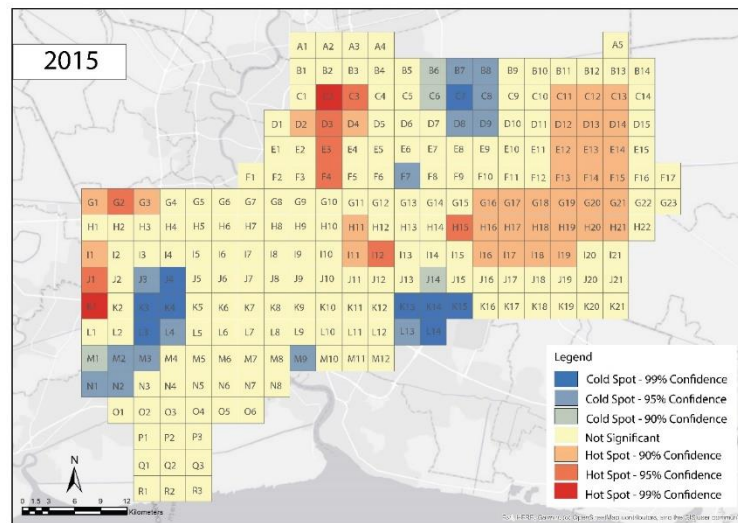
รูปที่ 76 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2014

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2014 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 068

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 2.64 – 4.36 z-scores จำนวน 38 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตหนองจอก และเขตมีนบุรี และเขตลาดกระบังเกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และการเกษตรกรรม อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -1.85 – -3.51 z-scores จำนวน 21 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตดอนเมือง เขตหลักสี่ และเขตประเวศ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.4 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2015



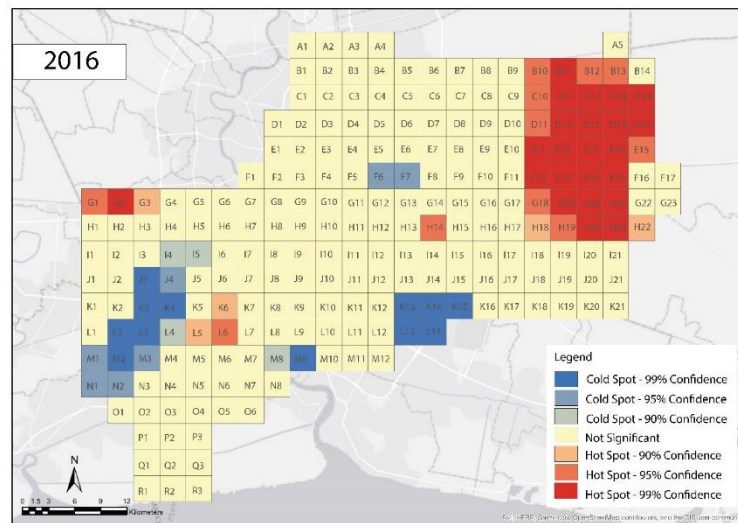
รูปที่ 77 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2015

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2015 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 0.58

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 2.47 – 5.16 z-scores จำนวน 2 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% และ Hot Spot ที่ 95% จำนวน 10 เซลล์กริดซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตมินบุรี เขตหนองจอก และเขตลาดพร้าว เขตจตุจักร เกือบทั้งหมด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และพื้นที่ตัวเมืองย่านการค้าและพาณิชยกรรม อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย และประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -3.24 – -4.16 z-scores จำนวน 10 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตประเวศ เขตบางแค เขตคลองสามวา และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.5 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2016



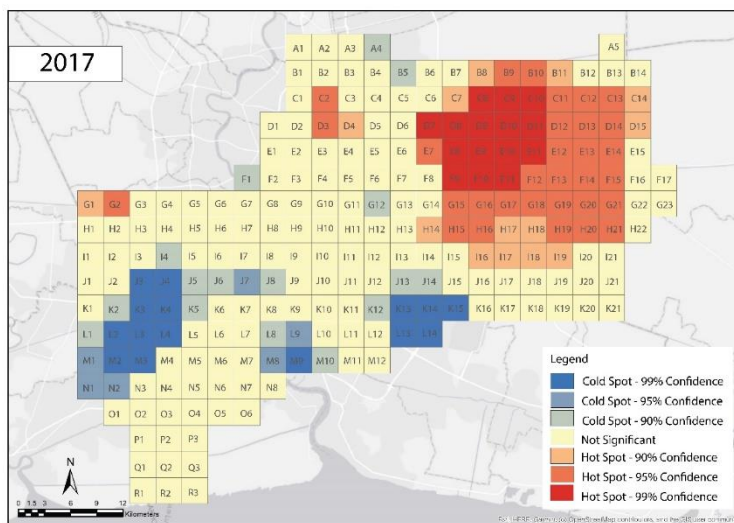
รูปที่ 78 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2016

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2016 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R² (R-Squared) = 0.59

โดยพื้นที่ที่มีค่า Gi* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 1.84 – 3.76 z-scores จำนวน 24 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตมีนบุรี เขตหนองจอกเกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า Gi* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -2.74 – -3.72 z-scores จำนวน 9 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตทุ่งครุ เขตบางแค และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.6 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2017



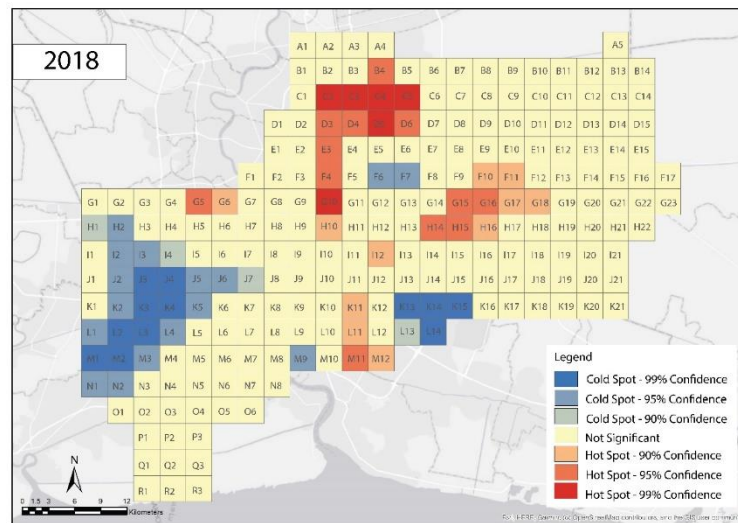
รูปที่ 79 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2017

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2017 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 0.62

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 2.15 – 3.57 z-scores จำนวน 18 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่เขตมีนบุรี เขตหนองจอก เกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมประเภทเบา อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -1.49 – -3.96 z-scores จำนวน 12 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตประเวศ เขตบางแค และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.7 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2018



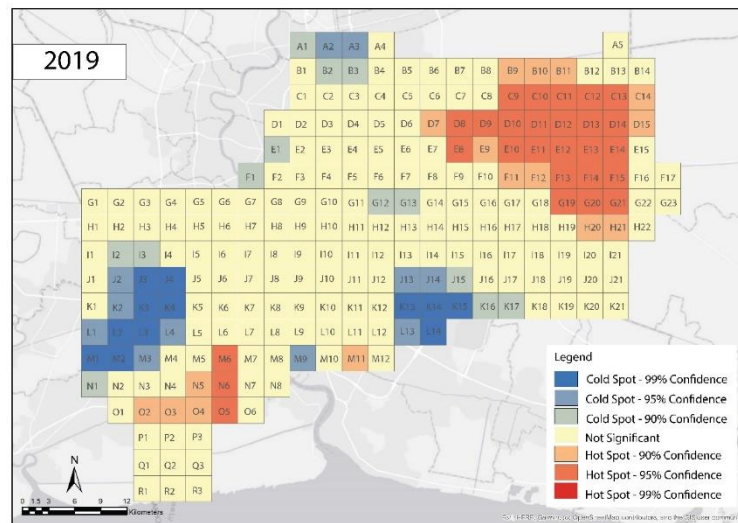
รูปที่ 80 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2018

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2018 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 0.56

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 0.94 – 3.96 z-scores จำนวน 7 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณ เขตหลักสี่ เขตบางเขน เขตจตุจักร เขตลาดพร้าว และเขตดินแดง ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมอยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -1.24 – -3.87 z-scores จำนวน 19 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตประเวศ เขตบางแค เขตหนองแขม และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.8 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2019



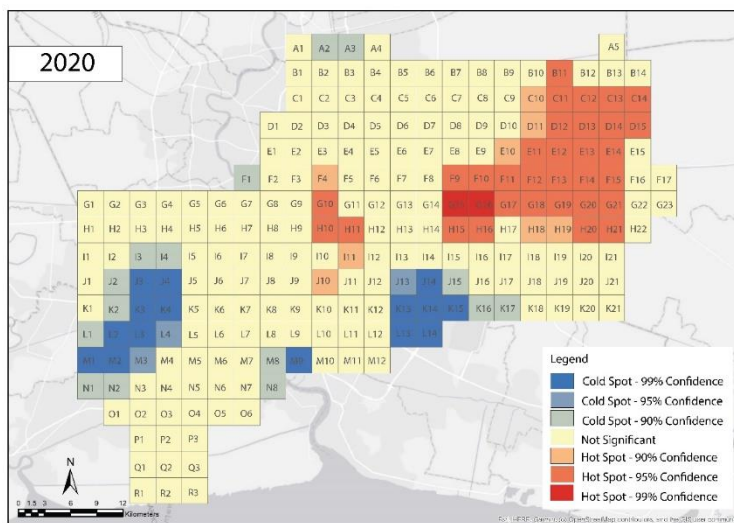
รูปที่ 81 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2019

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2019 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 0.57

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 1.62 – 2.12 z-scores จำนวน 35 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 95% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณ เขตมีนบุรี เขตหนองจอก เขตลาดกระบังเกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมประเภทเบา อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -2.74 – -4.16 z-scores จำนวน 8 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตประเวศ เขตบางแค และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.4.9 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot Analysis ปี 2020



รูปที่ 82 ผลการวิเคราะห์ Hot Spot ปีค.ศ. 2020

การวิเคราะห์ Hot Spot แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกระจายปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการวิเคราะห์ Ordinary least squares (OLS) ของปีค.ศ. 2020 พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า R^2 (R-Squared) = 0.68

โดยพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores เป็นบวกอยู่ในช่วง 1.54 – 2.96 z-scores จำนวน 30 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Hot Spot ที่ 99% ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Hot spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตมีนบุรี เขตหนองจอก เขตลาดกระบังเกือบทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายปีที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และอุตสาหกรรมประเภทเบา อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก

ในส่วนของพื้นที่ที่มีค่า G_i^* z-scores ติดลบอยู่ในช่วง -1.94 – -3.62 z-scores จำนวน 15 เซลล์กริด มีนัยสำคัญทางสถิติ Cold Spot ที่ 99% เป็นการรวมกลุ่มของค่าสูงเป็น Cold spot ของความเข้มข้นในการกระจายตัวของปริมาณมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ เซลล์กริดนั้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตประเวศ เขตบางแค และเขตบางบอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ปกติต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

5.5 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}

สรุปความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} จากคำถามวิจัยข้อที่ 1 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial Error และ OLS ค่าของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ผลสรุป คือ ลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} นั้นมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งตรงกับสมมติฐานการวิจัยที่มีผลสรุปว่า ลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5}

โดยความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} เมื่อนำมาเทียบค่ากันแล้วด้วยค่าตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ส่งผลให้ค่า PM_{2.5} เพิ่มขึ้นและลดลงในค่าที่มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งตรงกับสมมติฐานการวิจัยที่มีผลสรุปว่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ส่งผลต่อระดับฝุ่น PM_{2.5} และมีตัวแปรอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันเมื่อนำมาวิเคราะห์แบบรายปี ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความหนาแน่นอาคาร และค่าความเร็วลม แต่ในขณะเดียวกันการวิเคราะห์แบบภาพรวมตั้งแต่ปี 2013- 2020 แสดงผลลัพธ์ว่า ค่าความหนาแน่นอาคารมีผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} ในขณะที่ตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค่าอุณหภูมิ ค่าความหนาแน่นประชากร และค่าความเร็วลมไม่มีผลการเกิดฝุ่น PM_{2.5} ในขณะเดียวกันหากวิเคราะห์แบบรายปีในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-เดือนมกราคม) เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงเวลานั้นลดลงจากระดับอุณหภูมิปกติ ทิศทางของลมซึ่งมีการพัดพาของลม อาจส่งผลต่อการสะสมของค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ภายในพื้นที่

อย่างไรก็ตามเกี่ยวเนื่องกับคำถามวิจัยข้อที่ 2 ลักษณะเมืองที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} หรือไม่ จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial Error และ OLS และ วิเคราะห์ด้วย Hot Spot Analysis ในส่วนของค่าตัวแปรหุ่นการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละประเภทแสดงถึง ลักษณะเมืองที่แตกต่างกัน หรือประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} โดยแบบจำลองที่นำมาทดสอบสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าของหน่วยวิเคราะห์และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ในทุกแบบจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2563 และมีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ที่เป็นประเภทที่อยู่อาศัย และประเภทศูนย์กลางธุรกิจและย่านการค้า อยู่ในพื้นที่เมืองประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก และพื้นที่เมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากประเภทเกษตรกรรมที่เป็นแบบจำลองพื้นฐาน (Baseline) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับประเภทพาณิชยกรรม ประเภทที่อยู่อาศัย และประเภทอุตสาหกรรม มีความสัมพันธ์กันโดยส่งผลต่อการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศ PM_{2.5}

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปและอภิปรายผลวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563 เพื่อศึกษารูปแบบการเกิดมลพิษทางอากาศและการกระจายตัวของมลภาวะทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครในช่วง พ.ศ. 2553-2563 และเพื่อทำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ภายในขอบเขตของพื้นที่ศึกษาคือพื้นที่กรุงเทพมหานครจำนวน 50 เขต

การศึกษามลพิษทางอากาศทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ 1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) 3. ก๊าซโอโซน (O_3) 4. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) 5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) 6. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งการศึกษานี้จะเลือกศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เป็นมลพิษที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เมือง คือ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และมีการแบ่งประเภทโดยผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งออกเป็น 6 โซน คือ ประเภทที่ 1 กลุ่มเขตอนุรักษ์วัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว ประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม ประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก ประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง ประเภทที่ 6. กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนบน

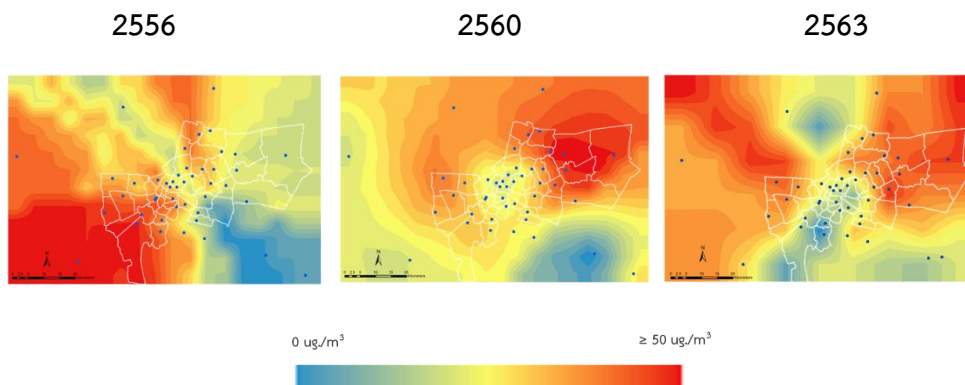
การเก็บข้อมูลจากการวัดคุณภาพอากาศขึ้นข้อมูลตั้งแต่ พ.ศ.2553 - พ.ศ.2563 ทั้งหมด 11 ช่วงปี จากสถานีหน่วยตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบสถานีแบบถาวรและเป็นสถานีที่มีที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนนและไม่ได้ตั้งอยู่บริเวณริมถนน จำนวน 46 สถานี กระจายตัวอยู่ในพื้นที่เขตของกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งเป็นในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากสถานีตรวจวัดมลพิษจำนวน 34 สถานี และในพื้นที่จังหวัดปริมณฑล จำนวน 12 สถานี

โดยการศึกษานี้ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยแบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging (Kriging Interpolation) สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของมลพิษทางอากาศ จะใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Regression) เป็นแบบจำลองหลักในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับลักษณะของพื้นที่เขตเมืองในกรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์ร่วมกับ แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression)

Kriging: STRK) โดยมีตัวแปรคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นอาคาร และอุณหภูมิภายในเมือง

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของมลภาวะทางอากาศด้วยการสะสมค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ แบบรายปีพบว่าส่วนใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วงปีพ.ศ. 2553-2563 มีการสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่เขตเมืองมากที่สุด 5 อันดับตั้งแต่ช่วงปีพ.ศ. 2553-2563 ในช่วงระยะเวลา 10 ปี ได้แก่ 1. เขตพญาไท 2. เขตปทุมวัน 3. เขตบางขุนเทียน 4. เขตลาดพร้าว และ 5. เขตดินแดง โดยส่วนใหญ่อยู่ในเมืองประเภทที่ 2 กลุ่มเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมประเภทที่ 3 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัย ประเภทที่ 4 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันออก และประเภทที่ 5 กลุ่มเขตที่อยู่อาศัยชานเมืองและเกษตรกรรมฝั่งตะวันตกตอนล่าง โดยถ้าหากพิจารณาจากข้อมูลการสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่ด้วยดัชนีคุณภาพอากาศไทยนั้น พื้นที่กรุงเทพมหานครที่มีการสะสมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่เขตเมืองมากที่สุด 5 อันดับดังกล่าวข้างต้นมีการรายงานค่าความเข้มข้นของการสะสมของฝุ่นละออง

ในช่วงระยะเวลา 10 ปี โดยภาพรวมซึ่งมีผลกระทบต่อพื้นเมืองและสุขภาพประชาชน ในช่วงปีพ.ศ. 2556 แสดงการสะสมของฝุ่นมลพิษที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม. แบบเฉลี่ยรายปีอยู่ในพื้นที่เขตราชเทวี เขตบางนา เขตคลองสาน และเขตพญาไท เป็นต้น ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวเมืองและย่านการค้าเป็นส่วนใหญ่ มีความสัมพันธ์กับการสะสมของมลพิษทางอากาศเนื่องจากมีพาณิชยกรรม สถานที่ราชการ ภายในพื้นที่ในขณะเดียวกันปีพ.ศ. 2563 ช่วงโรคระบาดโควิด 19 แสดงการสะสมของของมลพิษทางอากาศอยู่ในเขตหนองแขม เขตบางบอน ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยบริเวณชานเมือง และมีความสัมพันธ์กับการสะสมของฝุ่นมลพิษ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีการปล่อยมลพิษจากประเภทครัวเรือนมากกว่าประเภทพาณิชยกรรม และสถานที่ราชการ รวมถึงการทำกิจกรรมของประชากรเมืองนั้นจะอยู่ในพื้นที่อยู่อาศัยมากที่สุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) แสดงได้ดังรูปที่ 83



รูปที่ 83 การสะสมของค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ปีพ.ศ. 2556, 2560, 2563

สภาพอากาศแปรปรวนซึ่งมีความเกี่ยวข้องส่งผลกับการสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ ไม่คงที่ในแต่ละช่วงทั้งนี้ปีพ.ศ. 2563 การสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ ลดระดับของการสะสมลงมาอยู่ในระดับที่น้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ระดับ 25 มคก./ลบม. เนื่องจากการวางมาตรการการป้องกันและแก้ไข ปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ของรัฐบาล 3 มาตรการหลัก (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) ได้แก่

1. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ ให้นำหน่วยงานที่เกี่ยวข้องติดตามเฝ้าระวังสถานการณ์ ก่อน ระหว่าง และหลังเกิดเหตุ
2. มาตรการและการป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง การเข้มงวดตรวจจับรถควันดำ เร่งระบายนการจราจรไม่ให้ติดขัด ส่งเสริมการใช้ระบบขนส่ง และ
3. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการมลพิษ ให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เฝ้าระวัง และตรวจสอบ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Regression) และแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-temporal Regression Kriging: STRK) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่าในช่วงปีพ.ศ. 2553-2554 นั้นลักษณะการกระจายตัวฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กับการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นไม่มีผลต่อกัน เนื่องจากชั้นข้อมูลของช่วงปีดังกล่าวทั้งการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนนั้นมีความไม่สมบูรณ์ บางจุดพิกัดตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ส่วนของอุณหภูมิภายในเมือง (Temperature) และความเร็วลม (Windspeed) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นและลดลงของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน โดยมีการทดสอบตัวแปรไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยพหุคูณ (Multicollinearity) ด้วยค่าความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ (VIF: Variance inflation factor) แสดงถึงความมีสหสัมพันธ์ของตัวแปรต่อการทำนายในระดับมาก ซึ่งสามารถนำตัวแปรนั้นไปพิจารณาการวิเคราะห์ถดถอยในขั้นต่อไปได้ และไม่มีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงในตัวแบบจำลอง

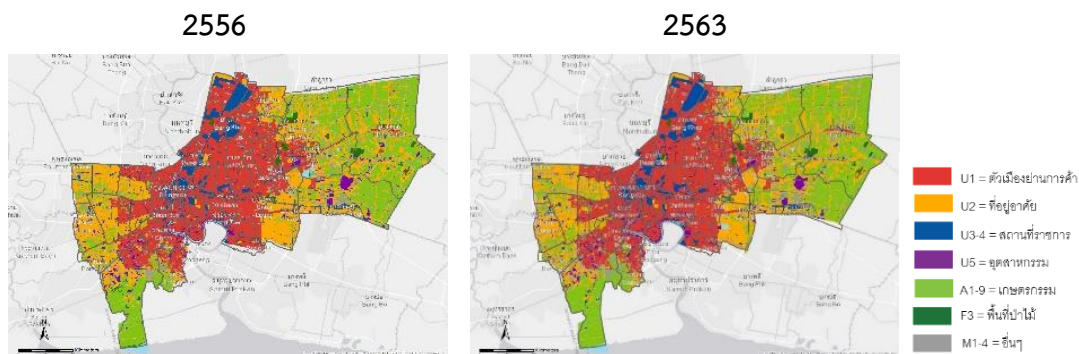
ส่วนของความเกี่ยวข้องในช่วงฤดูเวลานั้น ส่วนใหญ่จะเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในฤดูร้อนและฤดูหนาวของพื้นที่กรุงเทพมหานคร การมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าปกติในช่วงฤดูหนาวนั้นส่งผลให้มีการสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ สูงไปด้วย ในขณะที่เดียวกันความเร็วลมก็มีผลในการพัดพาฝุ่นละอองและทิศทางของลมส่งผลต่อการสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยสามารถพัดพาออกไปจากพื้นที่หรือพัดพาไปสะสมยังพื้นที่อื่นที่ใกล้เคียง โดยกล่าวคือในช่วงฤดูร้อนมีการสะสมของหมอกควันข้ามแดนมากกว่าช่วงฤดูอื่น ๆ และเนื่องจากสภาพอากาศที่ยังคงร้อนอยู่ทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืนทำให้เกิดการกักเก็บมลพิษไว้ภายในพื้นที่ได้ง่ายกว่า จึงส่งผลให้เกิดสถานการณ์วิกฤตมลพิษทางอากาศและส่งผลให้มีปริมาณการสะสมของค่าความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่ได้

ส่วนของความหนาแน่นอาคาร (BLDG_Densi) และความหนาแน่นประชากร (POP_Densi) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นและลดลงของมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบางปีเท่านั้น ส่งผลต่อความชัดเจนของความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ซึ่งแสดงผลที่มีค่าใกล้เคียงกัน ความหนาแน่นอาคารในมิติของในมิติของเวลาการเพิ่มขึ้น และลดลงของจำนวนอาคารในแต่ละเขตของพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$

ส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงปี โดยความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทส่งผลทำให้ฝุ่น $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น โดยเมื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน กับ แบบจำลองพื้นฐาน (Baseline) ที่ตั้งค่าไว้เป็นเกณฑ์กรรม เมื่อมีการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลองพื้นฐานเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ มีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากผลของการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ซึ่งมีผลลัพธ์ค่าที่ใกล้เคียงกันและมีผลต่างกันไม่มากนัก

จากการวิเคราะห์สามารถตอบคำถามการวิจัย ข้อที่ 1. ลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร ซึ่งมีผลลัพธ์เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยคือ ลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กัน และข้อที่ 2. ลักษณะเมืองที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ หรือไม่ อย่างไร ซึ่งมีผลลัพธ์เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยคือ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ส่งผลต่อระดับมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ และการเพิ่มขึ้นของค่ามลพิษนั้นไม่ต่างกัน

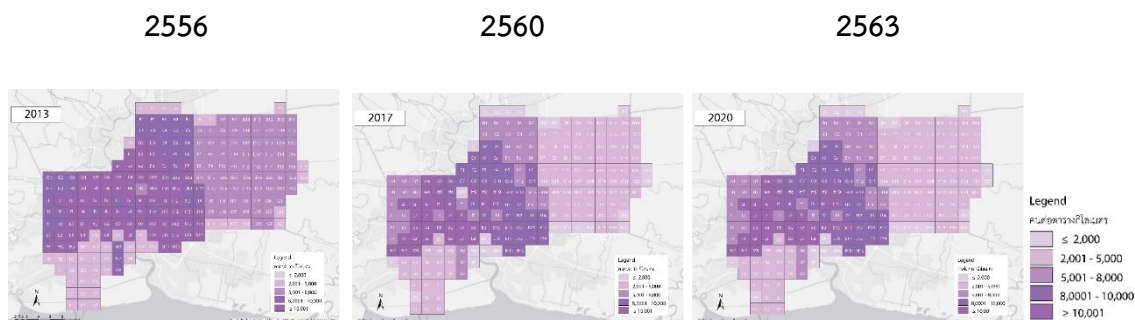
จากการวิเคราะห์ทั้งหมด สามารถอภิปรายผลงานวิจัยได้ว่า ลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า และที่อยู่อาศัย ซึ่งมีความหนาแน่นอาคาร และความหนาแน่นประชากรมากกว่าบริเวณพื้นที่อื่นสัมพันธ์กันกับปริมาณการสะสมของฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงปี



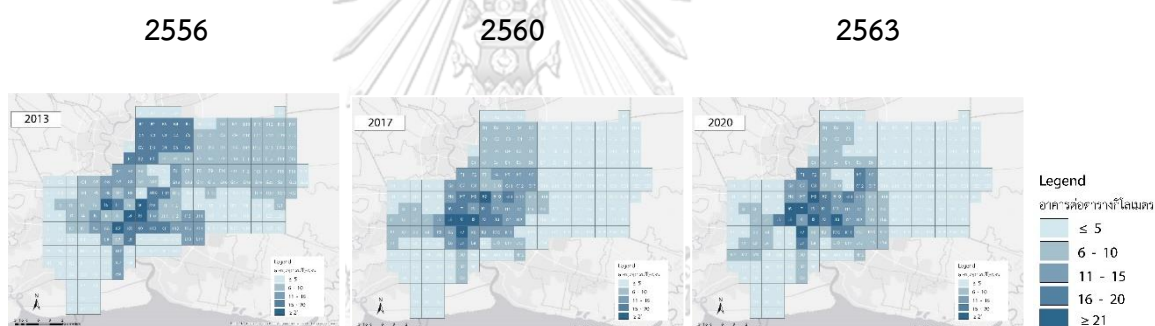
รูปที่ 84 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556, 2560, 2563

จาก กรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน, ปรับปรุงโดยผู้วิจัย, 2565.

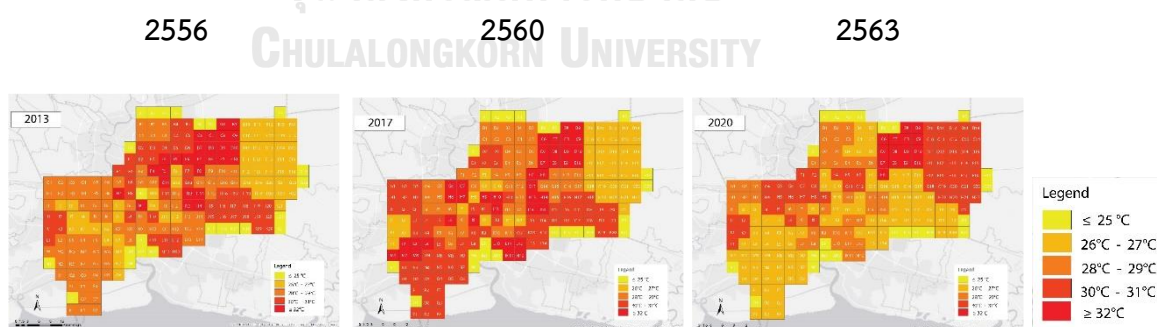
กล่าวโดยสรุปคือ อุณหภูมิภายในพื้นที่เมือง ด้วยตัวแปรอุณหภูมิ และความเร็วลม หรือ สภาพอากาศนั้นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ แต่สิ่งที่สามารถควบคุมได้ และสามารถนำมาวิเคราะห์ เพื่อการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษ PM_{2.5} ในเชิงการวางแผนและด้านผังเมืองคือ การกำหนด หรือการควบคุมความหนาแน่นอาคาร และการกำหนดหรือการควบคุมความหนาแน่นประชากร



รูปที่ 85 แผนที่ความหนาแน่นประชากรกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556, 2560, 2563



รูปที่ 86 แผนที่ความหนาแน่นอาคารกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. พ.ศ. 2556, 2560, 2563



รูปที่ 87 แผนที่อุณหภูมิภายในเมืองกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. พ.ศ. 2556, 2560, 2563

6.2 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัยนี้ คือการศึกษาช่วงเวลาที่มีข้อมูลย้อนหลัง 5-10 ปีขึ้นไปจะมีข้อมูลมลพิษฝุ่น $PM_{2.5}$ ไม่ครบทุกสถานีตรวจวัดดัชนีคุณภาพอากาศ เนื่องจากช่วง 5-10 ปีที่ผ่านมา มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของสถานีตรวจวัดอากาศผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาพื้นที่เมืองที่มีความครบถ้วนของข้อมูลทั้งข้อมูลมลพิษทางอากาศและข้อมูลลักษณะของเมืองให้มีความสอดคล้องกัน ความไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ของชั้นข้อมูลอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ในเชิงลึกได้

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 ข้อเสนอแนะด้านนโยบาย และการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์จากงานวิจัย

ข้อเสนอแนะจากผลลัพธ์การศึกษาวิจัยในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นที่เมืองกับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563 แสดงถึงลักษณะของพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับการเกิดมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับมลพิษทางอากาศฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการวิเคราะห์สรุปผลและอภิปรายผลโดยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ในเชิงการวางแผนและด้านผังเมืองคือ การกำหนดหรือการควบคุมความหนาแน่นอาคาร และการกำหนดหรือการควบคุมความหนาแน่นประชากรภายในพื้นที่เมือง เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ เช่น ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ หรือสภาพอากาศนั้นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ และยากที่จะควบคุม

2. จากการวางมาตรการการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ของรัฐบาล เช่น การติดตามเฝ้าระวังสถานการณ์ การป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทางอาจจะเป็นเพียงการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในช่วงระยะสั้น แต่ทั้งนี้จากผลลัพธ์การวิจัยสามารถนำไปพิจารณาเพื่อกำหนดแนวทางในระยะยาวเกี่ยวกับด้านผังเมืองได้

3. นักวิจัย หน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง หรือผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำผลวิจัย ไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดทำกระบวนการบริหารและจัดการด้านการแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ได้

6.3.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อในอนาคต คือ ในการศึกษาและวิจัยในอนาคตควรศึกษาข้อมูลเชิงลึกเพื่อนำมากำหนดเป็นแนวทางของการลดปริมาณมลภาวะทางอากาศหรือการวางมาตรการในการลดปริมาณมลภาวะทางอากาศที่มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปศึกษาต่อในเชิงลึกในด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับการเกิดมลภาวะทางอากาศโดยสามารถประยุกต์ใช้กับแบบจำลองประเภทอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และการสร้างแบบจำลอง

ทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างสองกระบวนการที่แตกต่างกันตามพื้นที่และเวลา (Space-Time Analysis) เกี่ยวเนื่องกับทฤษฎีการทำนายและการคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดของโมเดล เพื่อได้มาซึ่งผลลัพธ์การทำนายและที่มีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์ โดยสามารถลดความแปรปรวนร่วมเชิงพื้นที่ระหว่างข้อมูลให้มีน้อยที่สุดสำหรับปรากฏการณ์เชิงพื้นที่และเวลาที่มีความซับซ้อนได้

การเลือกแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมถึงการศึกษาด้วยวิธีการศึกษาปรากฏการณ์และพลวัต (Dynamic Study) การศึกษาในเชิงลึกถึงปรากฏการณ์และมีความเป็นเหตุเป็นผลในการวิเคราะห์ ควรเลือกแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อศึกษาต่อในอนาคตในส่วนของแบบจำลองเชิงสถิติเชิงลึกอื่น ๆ ควรเป็นแบบจำลองทางสถิติที่ชี้ให้เห็นกระบวนการเชิงพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาอย่างไรและสามารถแสดงถึงเหตุผลได้ด้วยตัวอย่างเช่น โปรแกรม Spatio-temporal Model in R- Studio โดยอ้างอิงการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการประเมินการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศร่วมกับโมเดลแบบจำลองการถดถอยอัตโนมัติ Spatial Autoregressive (SAR) ทั้งนี้ยังสามารถวิเคราะห์ โปรแกรมเชิงสถิติ เช่น STATA พร้อมกับระบุการถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดมากขึ้น และการแปรผลข้อมูลที่มีหลากหลายวิธีในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอนุกรมเวลา โดยในโปรแกรม R ดังกล่าวสามารถแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่และช่วงเวลาด้วยโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาที่มีรูปแบบเชิงสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนได้ สามารถแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาในหลายมิติได้ เช่น สอง หรือ สามมิติช่วงเวลา (Wikle et al., 2019) {Organization, 2020 #51}

บรรณานุกรม

- Anantsuksomsri, S., & Tontisirin, N. (2015). The Impacts of Mass Transit Improvements on Residential Land Development Values: Evidence from the Bangkok Metropolitan Region. *Urban Policy and Research*, 33(2), 195-216.
<https://doi.org/10.1080/08111146.2014.982791>
- Chalermpong, S., Thaithatkul, P., Anuchitchanchai, O., & Sanghatawatana, P. (2021). Land use regression modeling for fine particulate matters in Bangkok, Thailand, using time-variant predictors: Effects of seasonal factors, open biomass burning, and traffic-related factors. *Atmospheric Environment*, 246(December 2020), 118128.
- Chirasophon, S., & Pochanart, P. (2020). The Long-term Characteristics of PM10 and PM2.5 in Bangkok, Thailand. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 14(1), 73-83. <https://doi.org/10.5572/ajae.2020.14.1.073>
- Hamed, H. H., Jumaah, H. J., Kalantar, B., Ueda, N., Saeidi, V., Mansor, S., & Khalaf, Z. A. (2021). Predicting PM2.5 levels over the north of Iraq using regression analysis and geographical information system (GIS) techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 1778-1796.
<https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1946602>
- Han, L., Zhou, W., & Li, W. (2016, Mar 31). Fine particulate (PM2.5) dynamics during rapid urbanization in Beijing, 1973-2013. *Sci Rep*, 6, 23604.
<https://doi.org/10.1038/srep23604>

- Havard, S., Deguen, S., Zmirou-Navier, D., Schillinger, C., & Bard, D. (2009, Mar). Traffic-related air pollution and socioeconomic status: a spatial autocorrelation study to assess environmental equity on a small-area scale. *Epidemiology*, 20(2), 223-230. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31819464e1>
- Hsu, C. Y., Zeng, Y. T., Chen, Y. C., Chen, M. J., Lung, S. C., & Wu, C. D. (2020, Sep 23). Kriging-Based Land-Use Regression Models That Use Machine Learning Algorithms to Estimate the Monthly BTEX Concentration. *Int J Environ Res Public Health*, 17(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph17196956>
- Huang, D., He, B., Wei, L., Sun, L., Li, Y., Yan, Z., Wang, X., Chen, Y., Li, Q., & Feng, S. (2021). Impact of land cover on air pollution at different spatial scales in the vicinity of metropolitan areas. *Ecological Indicators*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108313>
- IQAir. (2020). *World Air Quality Report* <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2020-en.pdf>
- IQAir. (2020). World Air Quality Report. *2020 World Air Quality Report*, August, 1–41. <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2020-en.pdf>
- Kashima, S., Yorifuji, T., Sawada, N., Nakaya, T., & Eboshida, A. (2018, Aug 1). Comparison of land use regression models for NO₂ based on routine and campaign monitoring data from an urban area of Japan. *Sci Total Environ*, 631-632, 1029-1037. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.334>
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S. (2019, Oct 15). Physical and non-physical factors driving

urban heat island: Case of Bangkok Metropolitan Administration, Thailand. *J Environ Manage*, 248, 109285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109285>

Kim, H. (2020). Land Use Impacts on Particulate Matter Levels in Seoul, South Korea: Comparing High and Low Seasons. South Korea: Department of Urban Design and Planning, Hongik University

National Aeronautics and Space Administration. (2017). *What's the Difference Between Weather and Climate?* Retrieved June 20, 2022, from https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html

Naughton, O., Donnelly, A., Nolan, P., Pilla, F., Misstear, B. D., & Broderick, B. (2018, Jul 15). A land use regression model for explaining spatial variation in air pollution levels using a wind sector based approach. *Sci Total Environ*, 630, 1324-1334. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.317>

Ohara, T., Akimoto, H., Kurokawa, J., Horii, N., Yamaji, K., Yan, X., & Hayasaka, T. (2007). An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980–2020. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7(16), 4419–4444. <https://doi.org/10.5194/acpd-7-6843-2007>

Pollution Control Department Thailand. (2019). *National action plan, solving air pollution*. CHULALONGKORN UNIVERSITY

Seigneur, C. (2019). Emissions of Air Pollutants and Emission Control Technologies. *Air Pollution*, 6–32. <https://doi.org/10.1017/9781108674614.002>

Seigneur, C. (2019). Brief History of Air Pollution. *Air Pollution*, 1–5. <https://doi.org/10.1017/9781108674614.001>

Shao, J., Ge, J., Feng, X., & Zhao, C. (2020). Study on the relationship between PM_{2.5} concentration and intensive land use in Hebei Province based on a spatial

regression model. *PLoS ONE*, 15(9 September), 1–21.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238547>

Shi, Y., Bilal, M., Ho, H. C., & Omar, A. (2020, Nov). Urbanization and regional air pollution across South Asian developing countries - A nationwide land use regression for ambient PM_{2.5} assessment in Pakistan. *Environ Pollut*, 266(Pt 2), 115145. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115145>

Son, Y., Osornio-Vargas, A. R., O'Neill, M. S., Hystad, P., Texcalac-Sangrador, J. L., Ohman-Strickland, P., Meng, Q., & Schwander, S. (2018, Oct 15). Land use regression models to assess air pollution exposure in Mexico City using finer spatial and temporal input parameters. *Sci Total Environ*, 639, 40-48.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.144>

Su, P., Lin, D., & Qian, C. (2018). Study on Air Pollution and Control Investment from the Perspective of the Environmental Theory Model: A Case Study in China, 2005–2014. *Sustainability*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/su10072181>

Sun, W., Liu, Z., Zhang, Y., Xu, W., Lv, X., Liu, Y., Lyu, H., Li, X., Xiao, J., & Ma, F. (2019). Study on Land-use Changes and Their Impacts on Air Pollution in Chengdu. *Atmosphere*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/atmos11010042>

Sun, X., Luo, X. S., Xu, J., Zhao, Z., Chen, Y., Wu, L., Chen, Q., & Zhang, D. (2019). Spatio-temporal variations and factors of a provincial PM_{2.5} pollution in eastern China during 2013–2017 by geostatistics. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-40426-8>

Tularam, H., Ramsay, L. F., Muttou, S., Brunekreef, B., Meliefste, K., de Hoogh, K., & Naidoo, R. N. (2021, Apr 1). A hybrid air pollution / land use regression model

for predicting air pollution concentrations in Durban, South Africa. *Environ Pollut*, 274, 116513. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116513>

United States Environmental Protection Agency. (2012). USEPA. USA: Washington, D.C. Retrieved March 13, 2022, from http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status_page_p.htm.

Wikle, C. K., Mangion, A. Z., & Crc, H. (n.d.). *Spatio-Temporal Statistics with R*.

World Health Organization. (2020). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. Retrieved March 13, 2022, from <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511353>

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Retrieved March 13, 2022, from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

World Health Organization. (2021). *Air pollution. In: Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. 2021*, 194. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-EHD-21.02>

Wu, C. Da, Zeng, Y. T., & Lung, S. C. C. (2018). A hybrid kriging/land-use regression model to assess PM_{2.5} spatial-temporal variability. *Science of the Total Environment*, 645, 1456–1464. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.073>

Xu, H., Bechle, M. J., Wang, M., Szpiro, A. A., Vedal, S., Bai, Y., & Marshall, J. D. (2019, Mar 10). National PM_{2.5} and NO₂ exposure models for China based on land use regression, satellite measurements, and universal kriging. *Sci Total Environ*, 655, 423-433. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.125>

Xu, W., Jin, X., Liu, M., Ma, Z., Wang, Q., Zhou, Y. (2021). Analysis of spatiotemporal variation of PM_{2.5} and its relationship to land use in China. Nanjing: China:

School of Geography and Ocean Sciences, Nanjing University.

Ye, W. F., Ma, Z. Y., & Ha, X. Z. (2018). Spatial-temporal patterns of PM_{2.5} concentrations for 338 Chinese cities. *Science of the Total Environment*, 631–632, 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.057>

Ye, W.-F., Ma, Z.-Y., Ha, X.-Z., Yang, H.-C., & Weng, Z.-X. (2018). Spatiotemporal patterns and spatial clustering characteristics of air quality in China: A city level analysis. *Ecological Indicators*, 91, 523-530. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.007>

Zhao, S., Yu, Y., Yin, D., Qin, D., He, J., & Dong, L. (2018, May 15). Spatial patterns and temporal variations of six criteria air pollutants during 2015 to 2017 in the city clusters of Sichuan Basin, China. *Sci Total Environ*, 624, 540-557. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.172>

Zhao, X., Zhou, W., Han, L., & Locke, D. (2019, Dec). Spatiotemporal variation in PM_{2.5} concentrations and their relationship with socioeconomic factors in China's major cities. *Environ Int*, 133(Pt A), 105145. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105145>

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). โครงการศึกษา แหล่งกำเนิดและ แนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). สถานการณ์และการจัดการ ปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2563. กรุงเทพฯ: กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ “การแก้ไขปัญหาหมอกควันและฝุ่นละออง”. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2563). รายงานสถานการณ์มลพิษทางอากาศประจำปี 2563. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2563). กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ใส่ใจสิ่งแวดล้อม ชีวิตวิถีใหม่. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล. 21.

เครือข่ายอากาศสะอาด ประเทศไทย. (2565). บันทึกเจตนากรมร่างพระราชบัญญัติกำกับดูแลการจัดการอากาศสะอาดเพื่อสุขภาพแบบบูรณาการ. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2565, จากแหล่งที่มา <https://thailandcan.org/knowledge>

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (20 กันยายน 2560). กำหนดมาตรฐานก๊าซในชั้นบรรยากาศโดยทั่วไป. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 134. ตอน 230 ง.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2563). รายงานสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS GISTDA. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2565, จากแหล่งที่มา https://fire.gistda.or.th/fire_report/Fire_2563.pdf กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

ศูนย์วิจัยสารสนเทศประเทศไทย. (2560). วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2565, จาก แหล่งที่มา <http://www.gisthai.org/>



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2556 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำบล/พื้นที่	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.73331	100.4994	73.5	26.8	31.8	54.6	31.8	29.8	30.6	28.2	44.6	42.3	54.6	44.6
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	97	92	52	44	33	33	24	26	27	60	49	89
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดการทางบางขุนเทียนที่ 2	13.65887	100.4346	93	102	70	46	50	60	51	66	70	83	75	126
03T	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ	13.66911	100.5054	93	102	70	46	50	60	51	66	70	83	75	126
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุนิคมวิทยาสงนา	13.66809	100.6053	38	34	21	19	14	17	14	14	14	32	27	65
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศกม	13.81878	100.577	14	17	14	14	14	17	19	14	17	22	34	21
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการขนส่งคลองจั่น	13.77463	100.6464	33	33	24	26	27	14	14	32	27	33	24	26
11T	กรุงเทพมหานคร	สนามกีฬาการเคหะชุมชนหัวขวาง	13.77888	100.5695	38	34	21	19	14	17	14	14	14	32	27	65
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทบุรีวิทยา	13.70699	100.5472	36	48	40	33	16	11	18	19	26	26	18	15
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงทรายพิทยาคม)	13.68454	100.4472	11	13	21	15	8	19	19	24	22	19	11	15
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	19.7	20.7	16.1	13.6	13.3	24.3	27.5	35.3	0	0	0	0
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	93	43	36	34	28	31	27	27	26	43	47	55
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.75102	100.537	28	31	27	27	26	31	27	28	31	24	24	24
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	13.73102	100.537	97	92	52	44	33	33	24	26	27	60	49	89
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลจตุจักร	13.72774	100.4863	97	92	52	44	33	33	24	26	27	60	49	89
54R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลจตุจักร	13.79554	100.5933	34	28	31	27	28	31	27	22	27	22	26	43
54R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.76403	100.5488	57	56	38	32	23	38	23	24	30	29	53	0
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประมงสามพัน	13.77996	100.5373	61	60	47	46	33	36	29	32	28	44	50	59
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมทหาร(สิงห์ สิงหเสนี)	13.81556	100.655	52.7	44.9	53	38.1	27.4	36.2	34.4	32.6	35	57.6	60.8	71.7
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	50.6	54.7	59.8	45.5	32.4	34	28.6	25.6	27.8	48	49.6	58.8
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมศาสตร์	13.92639	100.6446	32.5	31.6	32.3	26.6	20.8	23	18.2	17.9	18.2	26.7	27.6	34.7
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04736	100.6545	37	25	26	26	25	25	26	25	34	30	26	26
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์ฟื้นฟูสุขภาพเด็กและสุขภาพ	13.69033	100.6095	32	25	28	25	27	26	49	39	28	25	27	25
16T	สมุทรปราการ	โรงพยาบาลพระประแดง	13.63342	100.5693	39	43	33	29	23	16	13	14	16	28	26	39
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและเหมืองแร่	13.51092	100.9188	25	26	26	25	25	54	44	32	37	22	23	23
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	29	32	24	24	19	18	15	21	18	19	19	19
19T	สมุทรปราการ	กรมการขนส่งทางบก	13.56863	100.805	17	20	20	23	25	17	16	17	21	25	23	23
14T	สมุทรสาคร	โครงการทางสมุทรสาคร	13.73879	100.3933	19	18	15	21	18	19	19	18	17	18	18	18
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.55009	100.2666	62	47	46	33	36	29	32	28	44	28	28	28
81T	นครปฐม	อ่างเก็บน้ำประปา	13.85207	100.0882	62	53	43	35	30	24	22	24	21	21	25	12
b101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสาน	13.88892	100.7165	32.4	34	28.6	25.6	27.8	48	49.6	28.6	25.6	27.8	30	32.2
b79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีสุราษฎร์ เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	65	45	40	45	41	38	34	31	27	24	20	17
b80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนเสียวาว เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	33	25	14	13	10	18	18	14	18	31	25	25
b78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	22	18	10	13	10	8	8	10	12	12	14	15

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มารศาสตร์	คุณภาพพื้น	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
b60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพหลโยธิน 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	25	29	20	18	13	9	7	7	9	21	13	13
b87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.76928	100.3633	41.6	38.9	36.2	33.5	30.8	28.1	25.4	21.7	48.7	25.4	22	25.4
b71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.73686	100.6304	38	34	31	27	24	20	23	32	23	23	22	21
b99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	39	43	33	29	23	16	13	14	16	28	26	39
b74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	29	32	24	24	19	18	15	21	18	19	19	19
b97	กรุงเทพมหานคร	แคว้นทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	62	53	43	35	30	24	22	24	21	21	25	12
b96	กรุงเทพมหานคร	เขตสายไหม	13.81584	100.622	12	12	13	14	6	8	10	12	12	14	8	8
b94	กรุงเทพมหานคร	แขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	10	8	8	10	12	12	14	8	8	10	12	12
b86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน เขตดุสิต	13.77519	100.4266	62	47	46	33	36	29	32	28	44	28	28	28
b89	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน เขตหนองแขม	13.68992	100.3407	62	53	43	35	30	24	22	24	21	21	25	12
b103	กรุงเทพมหานคร	ถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	10	13	10	8	8	10	12	12	14	15	17	18
b91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประเสริฐสุข เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	62	53	43	35	30	24	22	24	21	21	25	12

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศกลุ่ม PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2557 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.73331	100.4894	34	21	21	13	19	22	17	19	15	19	27	40
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	15	16	13	11	19	18	23	22	20	29	29	21
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดการทางบางเขนเขื่อนที่ 2	13.65887	100.4946	15	16	13	11	19	18	23	22	20	29	29	21
03T	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราชบุรีโรดม	13.66911	100.5054	15	16	13	11	19	18	23	22	20	29	29	21
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุวิทยามหาสารคาม	13.66809	100.6053	21	13	20	19	19	15	19	27	23	18	22	31
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.81878	100.577	20	12	18	21	16	30	30	21	13	20	19	19
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	18	14	45	14	15	12	10	18	17	17	37	34
11T	กรุงเทพมหานคร	สวนที่ทำการเคหะชุมชนทวีวัฒนา	13.77888	100.5695	15	16	13	11	19	18	23	22	20	29	29	21
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทบุรีวิทยา	13.70699	100.5472	21	13	20	19	19	15	19	27	23	18	22	31
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนวัดบางพลีใหญ่(สิงห์พรพิทยาคม)	13.68454	100.4472	21	13	19	22	17	21	30	12	14	17	13	19
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	0	21	21	13	19	22	17	19	15	19	27	40
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	34	21	21	13	19	22	17	19	15	19	27	40
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	20	12	18	21	16	30	30	21	13	20	19	19
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟหัวหมาก	13.72774	100.4863	21	13	20	16	13	11	19	18	23	18	22	31
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลโศภน	13.79554	100.5933	21	13	19	22	17	21	30	12	14	17	13	19
54R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.76403	100.5488	0	0	44	45	30	28	28	29	24	37	43	51

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	மாகამ	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	21	13	19	22	17	18	23	22	20	29	29	21
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา(สิงห์ สิงหเสนี)	13.81556	100.655	21	13	20	16	13	11	19	18	23	18	22	31
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	12	11	10	13	12	11	10	9	8	19	25	33
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมศาสตร์	13.92639	100.6446	21	13	20	16	13	11	19	18	23	18	22	31
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	20	12	18	21	16	30	30	21	13	20	19	19
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.69033	100.6095	21	13	19	22	17	18	23	22	20	29	29	21
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63342	100.5693	21	13	20	16	13	11	19	18	23	18	22	31
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.51092	100.9188	21	13	19	22	17	18	23	22	20	29	29	21
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	20	12	18	21	16	30	30	21	13	20	19	19
19T	สมุทรปราการ	กรมศุลกากร	13.56863	100.805	34	21	21	13	19	22	17	19	15	19	27	40
14T	สมุทรสาคร	เขตกว๊านสมุทรสาคร	13.75879	100.3933	34	21	21	13	19	22	17	19	15	19	27	40
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.55009	100.2666	21	13	20	16	13	11	19	18	23	18	22	31
81T	นครปฐม	อ่างน้ำบึงประปา	13.85207	100.0882	9	8	19	25	33	8	19	25	18	12	11	8
b.101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสาน	13.85892	100.7165	38	34.33333	30.83333	27.33333	28.83333	20.33333	23	32	23	23	22	21
b.79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหราชภิรมย์ เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	62	53	43	35	30	24	22	24	21	21	25	12
b.80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนสีหราชภิรมย์ เขตหนองจอก	13.85335	100.8616	20	12	18	21	16	30	30	21	13	20	19	19
b.78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	24	22	24	21	21	25	12	62	53	43	35	30
b.60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	12	12	13	12	14	8	8	0	0	0	0	0
b.87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.3633	32.4	34	28.6	25.6	27.8	48	49.6	28.6	25.6	27.8	30	32.2
b.71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.75686	100.6304	52.7	45	53	38	27	36	34	32.6	35	57.6	60.8	71.7
b.99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	32.4	34	28.6	25.6	27.8	48	49.6	28.6	25.6	27.8	30	32.2
b.74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	37	25	26	26	25	25	26	25	34	30	26	26
b.97	กรุงเทพมหานคร	เขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	32	25	28	25	27	26	49	39	28	25	27	25
b.96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.81584	100.622	25	26	26	25	25	54	44	32	37	22	23	23
b.94	กรุงเทพมหานคร	เขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	21	13	19	22	17	21	30	12	14	17	13	19
b.86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน 1 เขตดุสิต	13.77519	100.4266	17	20	20	23	25	17	16	17	21	25	23	23
b.89	กรุงเทพมหานคร	ถนนนาเจริญ เขตพระราม 81 เขตหนองแขม	13.68992	100.3407	34	21	21	13	19	22	17	12	18	21	16	20
b.103	กรุงเทพมหานคร	ถนนเจริญสุขุมวิท เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	21	13	19	22	17	21	30	12	14	17	13	19
b.91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	17	20	20	23	25	17	16	17	21	25	23	23

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2558 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.75331	100.4894	30	40	29	24	23	19	18	18	15	23	28	32
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดการทางบางเขนเขื่อนที่ 2	13.65887	100.4346	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
03T	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราชบุรีธรรมะ	13.66911	100.5054	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุโยมวิทยาบางนา	13.66809	100.6053	44	46	23	23	18	17	16	15	15	33	47	51
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.81878	100.577	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	30	40	29	24	23	19	18	18	15	23	28	32
11T	กรุงเทพมหานคร	สวนที่ทำการเคหะชุมชนร่วมดวง	13.77888	100.5695	14	17	14	17	26	30	27	12	14	17	13	19
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทบุรีวิทยา	13.70699	100.5472	16	15	18	19	28	32	29	14	16	19	15	21
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงห์ราชพิทยาคม)	13.68454	100.4472	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	14	17	14	17	26	30	27	12	14	17	13	19
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟชานเมืองนนทบุรี	13.72774	100.4863	14	17	14	17	26	30	27	12	14	17	13	19
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลโศภน	13.79554	100.5933	15	15	15	18	27	31	28	13	15	18	14	20
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76403	100.5488	62	58	37	37	28	23	25	23	25	39	42	47
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	N/A	N/A	N/A	28	13	12	15	11	22	23	25	29
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมทหาร(สิงห์ สิงห์สี)	13.81556	100.655	46	35	22	22	14	20	23	18	22	31	31	41
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมศาสตร์	13.92639	100.6446	34	26	23	23	18	17	16	15	15	33	47	31
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	28	13	12	15	11	22	23	25	29	18	14	20
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์ข้อมูลวิศวกรรมและการขนส่งทางอากาศ	13.69033	100.6095	18	14	19	14	24	20	19	19	15	19	37	34
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63942	100.5693	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.51092	100.9188	28	13	12	15	11	22	23	25	29	18	14	20
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	14	16	19	15	21	30	27	12	14	17	13	19
19T	สมุทรปราการ	การเคหะชุมชนบางพลี	13.56863	100.805	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
14T	สมุทรสาคร	เขวงการทางสมุทรสาคร	13.73879	100.3933	28	13	12	15	11	22	23	25	29	18	14	20
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.35009	100.2666	62	34	21	25	14	13	15	13	15	29	36	43
81T	นครปฐม	อ่างเก็บน้ำประปา	13.85207	100.0882	46	35	22	22	14	20	23	18	22	31	31	41
b.101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสาน	13.85892	100.7165	0	0	0	0	0	0	22	17	21	30	30	40
b.79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหบุรานุกิจ เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	21	11	9	7	6	15	16	13	11	19	18	23
b.80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนเสียววารี เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	14	16	19	15	21	30	27	12	14	17	13	19
b.78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	45	34	21	21	13	20	19	19	15	19	27	40

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
b60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	45	34	21	21	13	19	22	17	21	30	30	40
b87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.3633	24	20	19	19	15	19	27	12	14	17	13	19
b71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน เขตสวนหลวง	13.75686	100.6304	24	20	19	19	15	19	27	12	14	17	13	19
b99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	18	14	19	14	24	20	19	19	15	19	37	34
b74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	14	16	19	15	21	30	27	12	14	17	13	19
b97	กรุงเทพมหานคร	แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	45	34	21	21	13	19	22	17	21	30	31	41
b96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.81584	100.622	24	21	38	35	26	31	27	29	27	40	30	0
b94	กรุงเทพมหานคร	แขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	45	34	21	21	13	19	22	17	21	30	31	41
b86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน เขตดุสิต	13.77519	100.4266	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
b89	กรุงเทพมหานคร	ถนนบางจรัญ เขตบางเขน	13.68992	100.3407	45	34	21	21	13	19	22	17	21	30	31	41
b103	กรุงเทพมหานคร	ถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
b91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	45	34	21	21	13	19	22	17	21	30	31	41

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2559 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มกค./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.73331	100.4894	16	27	18	23	7	6	10	0	0	10	12	24
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	16	27	18	23	7	6	10	13	5	10	12	24
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดการทางบางขุนเทียนที่ 2	13.65887	100.4346	31	43	35	28	11	6	13	14	9	13	20	37
03T	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราชบุรีบูรณะ	13.66911	100.5054	31	43	35	28	11	6	13	14	9	13	20	37
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุณวิทยางาม	13.66809	100.6053	20	20	25	26	20	14	18	21	20	28	37	45
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.81878	100.577	24	20	19	19	15	19	27	12	14	17	13	19
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	18	12	10	18	17	6	13	14	9	13	37	34
11T	กรุงเทพมหานคร	สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง	13.77888	100.3695	16	27	18	23	7	6	10	13	5	10	12	24
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนารีวิทยา	13.70699	100.5472	23	25	25	18	14	20	22	19	19	22	23	28
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงทรายวิทยาคม)	13.68454	100.4472	46	74	36	58	53	50	41	35	47	35	56	31
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	13	16	13	16	25	29	26	11	13	16	12	18
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	14	19	22	22	28	37	51	21	19	15	34	31
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟฟ้าย่อยธนบุรี	13.72774	100.4863	19	22	0	0	0	14	19	22	22	28	37	51
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลใต้พิชัย	13.79554	100.5933	14	16	19	15	21	30	27	12	14	17	13	19
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76403	100.5488	45	53	49	44	30	32	25	26	0	0	0	0

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	மாகამ	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	15	11	22	23	25	29	22	25	0	0	0	0
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา(สิงห์ สิงหเสนี)	13.81556	100.655	36	48	40	33	16	11	18	19	14	18	25	42
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	50	15	51	46	37	69	51	46	37	31	18	24
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมศาสตร์	13.92639	100.6446	22	58	53	26	35	30	20	30	51	13	37	34
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	42	18	19	28	18	54	49	41	40	18	19	28
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพคนพิการและพิพฒนาการ	13.69033	100.6095	18	18	18	23	30	39	36	37	0	0	0	0
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63342	100.5693	44	25	26	35	25	39	25	10	20	31	21	56
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.51092	100.9188	36	48	40	33	16	51	21	19	15	34	23	42
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	44	20	21	30	20	56	51	43	42	20	21	30
19T	สมุทรปราการ	กรมศุลกากร	13.56863	100.805	31	42	18	19	28	23	13	49	44	40	45	36
14T	สมุทรสาคร	เขตกวาทรงสมุทรสาคร	13.75879	100.3933	34	51	36	28	23	13	23	35	27	25	26	31
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.55009	100.2666	34	52	41	24	14	13	16	0	0	0	42	56
81T	นครปฐม	อ่างน้ำบึงประปา	13.85207	100.0882	36	48	40	33	16	11	18	19	14	18	25	42
b.101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสาน	13.85892	100.7165	32	18	3	13	24	14	-2	8	19	9	32	29
b.79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหบุรีวงษ์ เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	14	23	13	49	22	16	8	44	17	11	21	30
b.80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนสีหบุรี เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	45	53	49	28	23	13	49	23	13	45	23	31
b.78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	0	0	0	0	24	21	21	19	15	31	19	21
b.60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	23	25	29	18	14	20	22	19	19	22	23	28
b.87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.3633	42	40	35	31	24	25	23	22	28	27	29	33
b.71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.75686	100.6304	26	22	21	21	17	21	29	14	16	19	15	21
b.99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	31	42	18	19	28	23	13	49	44	40	45	36
b.74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	13	15	29	36	43	46	35	22	22	14	20	22
b.97	กรุงเทพมหานคร	เขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	19	15	21	16	15	18	19	28	14	17	14	17
b.96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.81584	100.622	22	14	20	23	18	22	31	14	24	20	19	15
b.94	กรุงเทพมหานคร	เขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	23	23	18	17	19	15	19	37	13	12	15	11
b.86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน 1 เขตดุสิต	13.77519	100.4266	30	27	12	14	17	15	18	15	15	15	18	27
b.89	กรุงเทพมหานคร	ถนนนาเจริญ เขตบางเขน 81 เขตหนองแขม	13.68992	100.3407	22	19	19	22	23	22	17	21	30	31	23	22
b.103	กรุงเทพมหานคร	ถนนเจริญสุขวงศ์ เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	21	23	27	16	12	18	20	17	17	20	21	28
b.91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	43	32	19	19	11	17	20	15	19	28	29	39

ที่มา: กรมควบคุมพื้นที่ กระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2560 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำบล/กิ่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.75331	100.4894	41	54	39	32	25	24	19	20	20	24	39	49
03R	กรุงเทพมหานคร	รัตนโกสินทร์	13.86593	100.6774	49	49	51	59	64	66	57	66	60	63	0	0
03T	กรุงเทพมหานคร	ทิวทองแดง	13.65887	100.4346	38	51	36	29	22	21	16	17	17	21	36	46
03T	กรุงเทพมหานคร	ปทุมธานี	13.66911	100.5054	38	51	36	29	22	21	16	17	17	21	36	46
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตสาหกรรมพิเศษ	13.66809	100.6053	43	56	41	34	27	26	21	22	22	26	41	51
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.81878	100.577	42	55	40	33	26	25	20	21	21	25	40	50
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	39	52	37	30	23	22	17	18	18	22	37	47
11T	กรุงเทพมหานคร	สนามกีฬาการเคหะชุมชนหัวขวาง	13.77888	100.5695	44	57	42	35	28	27	22	23	23	27	42	52
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทบุรีวิทยา	13.70699	100.5472	41	54	39	32	25	24	19	20	20	24	39	49
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงห์ราชพิทยาคม)	13.68454	100.4472	45	58	43	36	29	28	23	24	24	28	43	53
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	21	23	27	16	12	18	20	17	17	20	21	28
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	19	15	31	19	21	19	17	22	23	22	17	19
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	15	14	19	18	11	18	17	18	20	28	32	38
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	13.72774	100.4863	42	49	31	28	22	20	21	21	23	33	37	46
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	13.79554	100.5933	14	16	19	15	21	0	0	0	0	0	13	19
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76403	100.5488	43	56	41	34	27	26	21	22	22	26	41	51
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	30	40	29	24	23	19	18	18	15	23	28	32
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมทหาร(สิงห์ สิงห์สี)	13.81556	100.655	37	45	30	24	19	15	15	14	15	25	31	40
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	42	55	40	33	26	25	20	21	21	25	40	50
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช	13.92639	100.6446	39	52	37	30	23	22	17	18	18	22	37	47
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	44	57	42	35	28	27	22	23	23	27	42	52
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์อุตสาหกรรมเคมีการเกษตรสมุทรปราการ	13.69033	100.6095	36	42	27	23	18	16	13	13	16	30	33	44
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63942	100.5693	41	54	39	32	25	24	19	20	20	24	39	49
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.51092	100.9188	45	58	43	36	29	28	23	24	24	28	43	53
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	39	25	10	20	49	22	16	8	44	20	49	0
19T	สมุทรปราการ	การเคหะชุมชนบางพลี	13.56863	100.805	0	0	0	0	0	15	15	15	18	27	31	38
14T	สมุทรสาคร	เขตอู่ตะเภาสมุทรสาคร	13.73879	100.3933	47	60	45	38	31	30	25	26	26	30	45	55
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.35009	100.2666	44	46	23	23	18	17	16	15	15	33	47	51
81T	นครปฐม	อ่างน้ำประปา	13.85207	100.0882	37	45	30	24	19	15	15	14	15	25	31	40
b.101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสามวา	13.85892	100.7165	51	71	53	38	25	26	29	34	33	50	60	56
b.79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหบุรานุกิจ เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	49	53	41	42	35	28	27	22	22	26	41	51
b.80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนสีหบุรานุกิจ เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	48	52	40	41	34	27	26	21	21	25	40	50
b.78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	45	49	37	38	31	24	23	18	18	22	37	47

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
b60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	45	49	37	38	31	24	23	18	18	22	37	47
b87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.3633	50	54	42	43	36	29	28	23	23	27	42	52
b71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.75686	100.6304	47	51	39	40	33	26	25	20	20	24	39	49
b99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	51	55	43	44	37	30	29	24	24	28	43	53
b74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	53	57	45	46	39	32	31	26	26	30	45	55
b97	กรุงเทพมหานคร	แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	44	48	36	37	30	23	22	17	17	21	36	46
b96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.81584	100.622	49	37	38	31	24	24	28	23	23	27	42	51
b94	กรุงเทพมหานคร	แขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	48	36	37	30	23	23	27	22	22	26	41	50
b86	กรุงเทพมหานคร	ถนนสุขุมวิท 1 เขตคลองเตย	13.77519	100.4266	45	33	34	27	20	20	24	19	19	23	38	47
b89	กรุงเทพมหานคร	ถนนจรัญญู เขตบางกอก 81 เขตหนองแขม	13.68992	100.3407	50	38	39	32	25	25	29	24	24	28	43	52
b103	กรุงเทพมหานคร	ถนนรัชฎีภิเษก เขตบางเขน	13.78445	100.4941	47	35	36	29	22	22	26	21	21	25	40	49
b91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	51	39	40	33	26	26	30	25	25	29	44	53

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2561 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.73331	100.4894	29	22	14	12	14	13	14	18	27	32	42	51
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	51	43	28	18	19	19	27	26	41	27	36	37
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดการทางบางขุนเทียนที่ 2	13.65887	100.4346	56	53	45	30	20	21	21	29	28	43	29	38
03T	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราชบุรีบูรณะ	13.66911	100.5054	56	53	45	30	20	21	21	29	28	43	29	38
05T	กรุงเทพมหานคร	กมดู่ศูนย์วิทยุบางนา	13.66809	100.6053	32	39	31	16	13	13	16	14	16	20	30	35
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.81878	100.577	19	15	21	16	15	18	19	28	14	17	14	17
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	34	33	39	23	21	27	19	27	21	19	28	36
11T	กรุงเทพมหานคร	สถานีทหารเคหะชุมชนห้วยขวาง	13.77888	100.3695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	30	35
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนารีวิทยา	13.70699	100.5472	54	51	43	28	18	19	19	27	26	41	27	36
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงทรายวิทยาคม)	13.68454	100.4472	31	42	18	19	28	23	13	0	0	0	0	0
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	40	37	29	14	4	5	5	13	12	27	13	22
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	31	24	16	14	16	15	16	20	29	34	44	53
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	41	47	32	27	20	17	19	19	22	26	35	34
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีการไฟฟ้าอยุธยา	13.72774	100.4863	50	55	32	23	17	16	18	16	19	24	37	42
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลใต้พิชัย	13.79554	100.5933	15	14	19	18	11	18	17	18	20	28	32	38
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76403	100.5488	23	23	31	36	42	47	0	0	0	0	0	0

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	மாகამ	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	38	23	29	22	14	12	14	13	14	18	27	32
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา(สิงห์ สิงหเสนี)	13.81556	100.655	40	47	32	28	19	16	17	16	16	19	30	38
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	30	23	15	13	15	14	15	19	28	33	43	52
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมศาสตร์	13.92639	100.6446	33	26	18	16	18	17	18	22	31	36	46	55
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	31	24	16	14	16	15	16	18	27	32	42	51
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมพื้นฐานและการพาณิชย์	13.69033	100.6095	45	50	34	30	23	21	24	21	24	30	41	48
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63342	100.5693	41	54	39	32	25	24	19	20	20	24	39	49
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการพาณิชย์	13.51092	100.9188	47	53	36	31	22	34	43	45	29	31	40	45
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	0	0	0	0	0	0	15	12	15	22	30	33
19T	สมุทรปราการ	กรมศุลกากร	13.56863	100.805	43	47	34	27	17	15	16	14	19	23	32	39
14T	สมุทรสาคร	เขตกว้างสมุทรสาคร	13.75879	100.3933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	39	34
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.55009	100.2666	55	49	28	29	18	14	17	19	22	38	50	63
81T	นครปฐม	อ่างเก็บน้ำประปา	13.85207	100.0882	57	62	34	28	35	38	52	18	27	32	42	51
b.101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสาน	13.85892	100.7165	30	23	15	13	15	14	15	17	26	31	41	50
b.79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหราชวิถิง เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	27	20	12	10	12	11	12	14	23	28	38	47
b.80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนสีหราชวิถิง เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	32	25	17	15	17	16	17	19	28	33	43	52
b.78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	29	22	14	12	14	13	14	16	25	30	40	49
b.60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	33	26	18	16	18	17	18	20	29	34	44	53
b.87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.3633	35	28	20	18	20	19	20	22	31	36	46	55
b.71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.75686	100.6304	26	19	11	9	11	10	11	13	22	27	37	46
b.99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	58	63	35	29	36	39	53	19	28	33	43	52
b.74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	55	60	32	26	33	36	50	16	25	30	40	49
b.97	กรุงเทพมหานคร	เขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	59	64	36	30	37	40	54	20	29	34	44	53
b.96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.81584	100.622	61	66	38	32	39	42	56	22	31	36	46	55
b.94	กรุงเทพมหานคร	เขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	52	57	29	23	30	33	47	13	22	27	37	46
b.86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน 1 เขตดุสิต	13.77519	100.4266	37	45	10	17	18	13	17	24	48	21	15	23
b.89	กรุงเทพมหานคร	ถนนนาเจริญ เขตบางเขน 81 เขตหนองแขม	13.68992	100.3407	56	53	45	30	20	21	21	29	28	43	29	38
b.103	กรุงเทพมหานคร	ถนนเจริญสุขวิถิง เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	59	56	48	33	23	24	24	32	31	46	32	41
b.91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	63	60	52	37	27	28	28	36	35	50	36	45

ที่มา: กรมควบคุมพื้นที่ฯ กระทรวงการรวมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2562 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.75331	100.4894	17	24	29	34	39	44	17	9	17	24	29	37
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	62	37	38	34	35	27	29	28	32	31	37	42
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดทหารทางบางเขนเขื่อนที่ 2	13.65887	100.4346	62	37	38	34	35	27	29	28	32	31	37	42
03T	กรุงเทพมหานคร	ไปรษณีย์ราชบุรีภิรมะ	13.66911	100.5054	62	37	38	34	35	27	29	28	32	31	37	42
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุนิคมวิทยาบางนา	13.66809	100.6053	45	17	19	14	18	12	15	10	19	23	31	35
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.81878	100.577	60	32	33	24	27	17	19	18	27	31	40	46
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	47	22	22	17	20	11	12	9	18	21	29	28
11T	กรุงเทพมหานคร	สวนที่ทำการเคหะชุมชนร่วมดวง	13.77888	100.5695	46	25	24	19	20	13	14	12	21	23	30	31
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทบุรีวิทยา	13.70699	100.5472	23	29	34	23	23	23	23	9	19	23	29	34
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์(สิงห์ราชพิทยาคม)	13.68454	100.4472	59	27	29	22	27	21	18	18	26	31	41	48
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	43	20	20	16	19	11	11	11	18	21	27	33
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	43	20	23	16	19	11	11	11	18	21	27	33
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	45	20	23	20	24	14	20	23	34	42	43	48
52R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.72774	100.4863	62	37	38	34	35	27	29	28	32	31	37	42
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟชานเมืองนนทบุรี	13.79554	100.5933	62	37	38	34	35	27	29	28	32	31	37	42
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76403	100.5488	60	32	33	24	27	17	19	18	27	31	40	46
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	43	20	20	16	19	11	11	11	18	21	27	33
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมทหาร(สิงห์ สิงห์สี)	13.81556	100.655	57	26	26	22	23	15	16	13	24	25	31	37
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	51	23	24	19	19	12	13	11	20	23	29	37
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช	13.92639	100.6446	24	23	18	28	23	26	19	9	18	23	32	41
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	50	29	30	21	23	14	13	11	18	23	32	37
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค	13.69033	100.6095	60	32	33	24	27	17	19	18	27	31	40	46
16T	สมุทรปราการ	โรงไฟฟ้าพระนครใต้	13.63942	100.5693	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13	14	10	19	21	29	33
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.51092	100.9188	46	19	23	34	23	13	13	11	19	21	28	30
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	45	20	23	20	24	14	20	23	34	42	43	48
19T	สมุทรปราการ	การเคหะชุมชนบางพลี	13.56863	100.8005	52	23	22	17	19	13	15	13	22	27	33	28
14T	สมุทรสาคร	เขวงการทางหลวงพิเศษ	13.73879	100.3933	59	27	29	22	27	21	18	18	26	31	41	48
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.35009	100.2666	73	20	20	13	18	10	12	10	25	27	43	49
81T	นครปฐม	อ่างเก็บน้ำประปา	13.85207	100.0882	23	14	13	11	18	8	10	8	15	22	35	44
b.101	กรุงเทพมหานคร	เขตคลองสาน	13.85892	100.7165	38	46	42	37	23	14	23	13	49	22	16	24
b.79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหบุรานุกิจ เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	23	13	23	44	6	30	34	28	40	28	49	24
b.80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนเสียวาวี เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	23	13	23	44	6	30	34	28	40	28	49	24
b.78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	31	42	18	19	28	23	13	49	44	40	45	36

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
b60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77484	100.5187	32	22	28	37	51	21	19	28	18	54	23	34
b87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.3633	23	44	30	15	25	26	46	19	28	23	23	32
b71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน เขตสวนหลวง	13.75686	100.6304	42	18	19	28	18	54	49	41	40	18	19	28
b99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	36	37	23	14	23	13	49	44	6	30	23	42
b74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	31	42	26	10	13	55	30	22	44	40	45	36
b97	กรุงเทพมหานคร	แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	15	51	15	25	26	21	29	23	44	6	30	27
b96	กรุงเทพมหานคร	เขตสาทร	13.81584	100.622	31	42	26	10	13	5	10	12	44	40	45	36
b94	กรุงเทพมหานคร	แขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	30	41	25	9	12	4	9	11	43	39	44	35
b86	กรุงเทพมหานคร	ถนนพหลโยธิน เขตดุสิต	13.77519	100.4266	37	45	10	17	18	13	17	24	48	21	15	23
b89	กรุงเทพมหานคร	ถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด	13.68992	100.3407	41	17	36	19	20	18	14	33	39	17	18	27
b103	กรุงเทพมหานคร	ถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	68	18	27	22	43	16	10	20	29	18	33	22
b91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาสุวิทย์ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	31	21	27	36	50	20	18	27	17	53	22	33

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศฝุ่น PM_{2.5} แบบรายเดือนปีพ.ศ. 2563 (โดยมีหน่วยวัดค่าความเข้มข้นเป็น มคก./ลบ.ม.)

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	พิกัด x	พิกัด y	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
02T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.73331	100.4894	47	44	29	26	24	20	20	21	21	25	37	46
03R	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนกาญจนาภิเษก	13.86593	100.6774	40	38	18	18	12	9	10	10	11	16	23	28
03T	กรุงเทพมหานคร	หมวดกลางบางเขนเขยที่ 2	13.65887	100.4346	32	37	20	18	16	13	12	12	11	15	23	30
03T	กรุงเทพมหานคร	ปริมณฑลราชบุรีระยะ	13.66911	100.5054	39	39	21	19	15	10	11	12	12	17	25	30
05T	กรุงเทพมหานคร	กรมอุตุนิยมวิทยาบางนา	13.66809	100.6053	36	38	19	17	14	12	13	13	13	19	27	33
07T	กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจรัญชเกษม	13.81878	100.577	33	24	21	23	20	18	17	20	18	19	28	33
10T	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	13.77463	100.6464	32	37	20	18	16	13	12	12	11	15	23	30
11T	กรุงเทพมหานคร	สวนนกฟ้าการเคหะชุมชนทวีวัฒนา	13.77888	100.5695	39	39	21	19	15	10	11	12	12	17	25	30
12T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนนนทบุรีวิทยา	13.70699	100.5472	36	38	19	17	14	12	13	13	13	19	27	33
15T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนวัดคันดิน(สีหราชพิทยาคม)	13.68454	100.4472	41	43	24	22	19	17	18	18	18	24	32	38
48R	กรุงเทพมหานคร	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13.76427	100.5289	22	19	17	18	18	18	24	32	38	18	18	24
49R	กรุงเทพมหานคร	กรมการขนส่งทางบก	13.79876	100.5532	22	19	17	18	18	18	24	32	38	18	18	24
50R	กรุงเทพมหานคร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	13.73102	100.537	42	44	25	23	17	14	16	18	17	22	28	36
52R	กรุงเทพมหานคร	สถานีรถไฟหัวลำโพง	13.72774	100.4863	41	38	19	18	13	13	14	16	15	21	29	37
53R	กรุงเทพมหานคร	สถานีตำรวจนครบาลโตเกียว	13.79554	100.5933	40	40	20	20	14	10	11	11	11	21	32	37
54R	กรุงเทพมหานคร	การเคหะชุมชนดินแดง	13.76403	100.5488	52	50	32	30	26	21	21	20	22	28	37	47

ID	จังหวัด	ตำแหน่ง	ชื่อ x	ชื่อ y	มารดา	ภูมิลำเนา	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
59T	กรุงเทพมหานคร	กรมประชาสัมพันธ์	13.77996	100.5373	36	36	20	20	14	10	11	9	8	14	22	28
61T	กรุงเทพมหานคร	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา(สิงห์ สิงหเสนี)	13.81556	100.655	41	41	23	23	17	13	13	14	14	16	17	27
13T	นนทบุรี	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	13.99412	100.3941	42	41	21	21	15	10	11	12	11	17	26	35
22T	นนทบุรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมศาสตร์	13.92639	100.6446	42	44	21	17	11	8	8	9	8	13	23	28
20T	ปทุมธานี	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต	14.04756	100.6545	41	42	23	23	17	12	11	13	12	15	24	30
08T	สมุทรปราการ	ศูนย์พัฒนาอาชีพการเกษตรและพาณิชยกรรม	13.69033	100.6095	49	44	23	22	16	12	13	14	14	20	27	34
16T	สมุทรปราการ	โรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา	13.63342	100.5693	36	36	16	16	12	8	9	12	10	17	25	30
17T	สมุทรปราการ	บ้านพักกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่	13.51092	100.9188	35	36	18	16	12	8	9	10	9	15	22	27
18T	สมุทรปราการ	ศาลากลางจังหวัด	13.61652	100.6281	51	64	32	32	25	22	22	21	22	28	39	45
19T	สมุทรปราการ	กรมศุลกากร	13.56863	100.805	32	36	21	20	15	12	13	14	14	20	24	28
14T	สมุทรสาคร	เขตกองกลางสมุทรสาคร	13.73879	100.3933	48	48	25	22	19	16	16	18	15	20	33	42
27T	สมุทรสาคร	โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย	13.55009	100.2666	40	37	16	16	12	9	11	11	11	24	44	48
81T	นครปฐม	อ่างน้ำร้อนประปา	13.85207	100.0882	42	41	22	19	14	7	8	8	8	14	28	34
b101	กรุงเทพมหานคร	เขตกองกลาง	13.85892	100.7165	16	16	18	18	20	19	25	26	28	28	28	29
b79	กรุงเทพมหานคร	ถนนสีหราชวิจิตร เขตมีนบุรี	13.81255	100.7207	49	62	30	30	23	20	20	19	34	26	37	43
b80	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนสีหราชวิจิตร เขตหนองจอก	13.85535	100.8616	23	23	17	32	32	25	23	19	40	32	32	25
b78	กรุงเทพมหานคร	ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง	13.72264	100.7491	31	25	27	30	32	40	38	40	30	25	27	30
b60	กรุงเทพมหานคร	ริมถนนพระราม 5 เขตดุสิต	13.77084	100.5187	29	26	24	20	20	21	21	24	32	25	37	46
b87	กรุงเทพมหานคร	คลองทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา	13.78928	100.5633	39	32	32	32	32	32	25	22	22	21	22	22
b71	กรุงเทพมหานคร	ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง	13.73686	100.6304	41	42	23	23	17	12	11	13	12	15	24	30
b99	กรุงเทพมหานคร	เขตสะพานสูง	13.76895	100.6902	40	41	22	22	16	11	10	12	11	14	23	29
b74	กรุงเทพมหานคร	เขตดอนเมือง	13.91569	100.6124	41	42	23	23	17	12	30	30	30	23	17	12
b97	กรุงเทพมหานคร	แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่	13.87505	100.5718	40	40	22	20	16	11	12	13	13	18	26	31
b96	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดพร้าว	13.81584	100.622	54	34	42	23	23	17	22	23	17	35	17	14
b94	กรุงเทพมหานคร	แขวงคลองเตย เขตคลองเตย	13.71469	100.5721	45	29	24	33	45	27	25	28	27	29	24	22
b86	กรุงเทพมหานคร	ถนนสุขุมวิท 1 เขตคลองเตย	13.77519	100.4266	33	45	27	25	28	27	29	24	25	29	33	32
b89	กรุงเทพมหานคร	ถนนนาเจริญ พระราม 81 เขตหนองแขม	13.68992	100.3407	39	39	21	19	15	34	26	26	33	23	21	17
b103	กรุงเทพมหานคร	ถนนศรีปทุมวงศ์ เขตบางพลัด	13.78445	100.4941	39	39	21	19	39	21	19	25	13	25	26	27
b91	กรุงเทพมหานคร	ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ	13.63683	100.5017	40	40	22	20	16	11	12	13	13	18	26	31

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวชชนก รักษ์บางแหลม
วัน เดือน ปี เกิด	9 สิงหาคม 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดนราธิวาส
วุฒิการศึกษา	การศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรการผังเมืองบัณฑิต สาขาวิชาการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 การศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 1 ซ.ร่มบุญ 98 ถ.พัฒนาการคูขวาง ต.ในเมือง อ.เมือง จ. นครศรีธรรมราช