

ผลกระทบของมลพิษอากาศในเขตเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร

นายสิทธิศักดิ์ ประภัสสรพิทยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECTS OF URBAN AIR POLLUTION ON CLIMATE CHANGE IN BANGKOK

Mr.Sitthisak Prapassornpitaya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของมลพิษอากาศในเขตเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร
โดย	นายสิทธิศักดิ์ ประภัสสรพิทยา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จินศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.ศิริพันธุ์ สงวนสินธุกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัดสุนทรसार)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จินศาสตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.ศิริพันธุ์ สงวนสินธุกุล)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมจิต วัฒนาศยากุล)

สิทธิศักดิ์ ประภัสสรพิทยา : ผลกระทบของมลพิษอากาศในเขตเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร. (EFFECTS OF URBAN AIR POLLUTION ON CLIMATE CHANGE IN BANGKOK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 หลัก: รศ. ดร.วนิดา จันาศาสตร์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.ดร.สิริพันธุ์ สงวนสินธุ
 กุล, 83 หน้า.

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลมลพิษอากาศที่ประกอบด้วย CO O₃ SO₂ NO_x และ PM₁₀ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วย ปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ความเร็วลม, ความชื้น และ ความเข้มแสง ใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง ปี พ.ศ. 2553 ที่เก็บรวบรวมมาจากกรมควบคุมมลพิษ แล้วทำการจัดกลุ่มของข้อมูลด้วยวิธี K-Means Cluster Analysis สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลออกได้เป็น 7 กลุ่มและทำการศึกษาบริเวณการกระจายของมลพิษอากาศพบว่า มลพิษอากาศทุกตัวที่ทำการศึกษา มีการกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างมากกว่าในอดีตอย่างชัดเจน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ทำการศึกษา ด้วยวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ NO_x มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดในตัวแปรมลพิษอากาศ และ ความเร็วลมกับความชื้น มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดในตัวแปรอุตุนิยมวิทยา ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทั้งสองที่มีค่ามากที่สุดคือ O₃ กับ อุณหภูมิ ในการศึกษาด้วยการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของกรุงเทพมหานครด้วยโปรแกรมการสร้างแบบจำลอง SimCLIM ที่ใช้แบบจำลองสถานการณ์ปล่อยแก๊สเรือนกระจก 3 แบบคือ A1F1, A1B และ A2 พบว่า ถ้ายังมีการใช้พลังงานต่างๆ อย่างต่อเนื่องในอัตราเท่ากับปัจจุบันทั้งปริมาณฝนและอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนแต่ถ้าลดการใช้พลังงานลงปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลงส่วนอุณหภูมิจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา.....2554..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5387239820: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : CLIMATE CHANGE / K-MEANS CLUSTER ANALYSIS

SITTHISAK PRAPASSORNPITAYA : EFFECTS OF URBAN AIR POLLUTION ON CLIMATE CHANGE IN BANGKOK. ADVISOR: ASSOC. PROF. WANIDA JINSART, Ph.D., CO-ADVISOR: SIRIPUN SANGUANSINTUKUL, Ph.D., 83 pp.

The association between urban air pollution (CO, O₃, SO₂, NO_x, PM₁₀) concentrations and Meteorological parameters (precipitation, temperature, wind speed, humidity, solar radiation) were studied. The monitoring data from 1997-2010 were comparatively analyzed by Pearson correlation. The relationship between CO and NO_x and the relationships among the most valuable meteorological within the group were wind speed and humidity. K-Means Cluster Analysis of data can be divided into seven groups. All the air pollutions showed extensively distribution in 2010 higher than in 2005. Continuing form the current rate of precipitation, the temperature will rise significantly unless the energy consumptions were reduced. However, if the rate of temperature is higher then the current one, the rate of temperature rise will decrease significantly, as illustrated by SimCLIM.

Field of Study : Environmental Science Student's Signature

Academic Year : 2011 Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของ รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จินศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้มาตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สิริพันธุ์ สงวนสินธุกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ร่วม ที่คอยช่วยให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น ต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์ ที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย จนสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณจินตรัตน์ ราชีวงศ์ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณกณยพัชร ทวีสุข คุณสิริลักษณ์ อารีลักษณ์ชกุล คุณอรุณ บุรีรักษ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนช่วยสอนการใช้โปรแกรม ArcGIS และ Matlab ช่วยให้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณ โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ โครงการย่อยมลพิษอากาศเขตเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (CC307A)

ขอบใจ คุณเพลงประพันธ์ กิ่งทอง และ คุณบุษกร หมายบุญ ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา – มารดา น้อง และญาติๆ ที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
สัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิด.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 นิยามความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	5
2.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	5
2.3 มลพิษอากาศ.....	10
2.4 แบบจำลองภูมิอากาศ.....	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	23
3.2 การศึกษาภาคสนาม.....	23

	หน้า
3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	25
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	27
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 การวิเคราะห์มลพิษอากาศ.....	31
4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศ.....	36
4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมลพิษ.....	37
4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศกับค่าดัชนีมลพิษ.....	39
4.5 การจัดกลุ่มข้อมูลของมลพิษอากาศ.....	40
4.6 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	59
4.7 ผลการตรวจวัด.....	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 บริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศ.....	67
5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์.....	68
5.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต.....	69
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	71
5.5 ข้อจำกัด.....	72
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก	
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	83

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ประเภทของมลพิษอากาศ.....	11
ตารางที่ 2.2 ปริมาณและอาการที่เกิดขึ้นหลังรับสัมผัสคาร์บอนมอนนอกไซด์.....	14
ตารางที่ 2.3 การใช้ GCM ₅ และ SRES ของสถาบันต่างๆ.....	18
ตารางที่ 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	23
ตารางที่ 4.1 ปริมาณมลพิษอากาศแยกตามสถานีตรวจวัด.....	31
ตารางที่ 4.2 ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศของกรมควบคุมมลพิษ.....	35
ตารางที่ 4.3 สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ระหว่าง CO, O ₃ , SO ₂ , NO _x และ PM ₁₀	36
ตารางที่ 4.4 สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ระหว่าง P., T., W., H. และ R.....	37
ตารางที่ 4.5 สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ระหว่างมลพิษอากาศกับค่าดัชนีมลพิษ.....	39
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยค่าดัชนีมลพิษปี พ.ศ. 2548 – 2553.....	41
ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับมลพิษอากาศแยกตามฤดู.....	42
ตารางที่ 4.8 ค่ากึ่งกลาง (ค่าเฉลี่ย) ของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม.....	43
ตารางที่ 4.9 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของมลพิษอากาศ.....	44

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	3
ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	4
ภาพที่ 2.1 โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์และเกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน บนโลก.....	6
ภาพที่ 2.2 วัฏจักรมลพิษที่เกิดขึ้นจากปัจจัย 3 ประการคือ 1. วงโคจรของโลก รอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี 2. แกนหมุนของโลกเอียง 3. แกนโลกเอียง.....	7
ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบของบรรยากาศที่ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด.....	8
ภาพที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของกระแสลมในมหาสมุทรส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ บนผิวโลก.....	9
ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป...	9
ภาพที่ 2.6 ภาวะมลพิษทางอากาศ.....	10
ภาพที่ 2.7 อนุภาคละอองลอยขนาดต่างๆ เทียบกับเส้นผมของมนุษย์.....	16
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างแบบจำลองภูมิอากาศโลก.....	19
ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ.....	24
ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงเส้นทางศึกษา.....	24
ภาพที่ 3.3 ชุดเก็บตัวอย่างที่ทำการตรวจวัด.....	25
ภาพที่ 3.4 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง IAQ.....	26
ภาพที่ 3.5 โปรแกรม ArcGIS.....	27
ภาพที่ 3.6 SRES แบบต่างๆ ตามรายงานของ IPCC.....	29
ภาพที่ 3.7 แบบจำลอง SimCLIM.....	30
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศทุกสถานีตรวจวัดเทียบกับค่ามาตรฐานของกรม ควบคุมมลพิษ.....	34
ภาพที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวของ NO ₂ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2548.....	45
ภาพที่ 4.3 แสดงการกระจายตัวของ NO ₂ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2553.....	45

ภาพที่ 4.4 แสดงการกระจายตัวของ CO ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2548.....	46
ภาพที่ 4.5 แสดงการกระจายตัวของ CO ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2553.....	46
ภาพที่ 4.6 แสดงการกระจายตัวของ PM ₁₀ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2548.....	47
ภาพที่ 4.7 แสดงการกระจายตัวของ PM ₁₀ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2553.....	47
ภาพที่ 4.8 ขอบเขตในการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ ทำการศึกษابริเวณกรุงเทพมหานคร.....	50
ภาพที่ 4.9 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1F1.....	51
ภาพที่ 4.10 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1F1.....	51
ภาพที่ 4.11 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1F1.....	52
ภาพที่ 4.12 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1F1.....	52
ภาพที่ 4.13 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1B.....	53
ภาพที่ 4.14 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1B.....	53
ภาพที่ 4.15 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1B.....	54
ภาพที่ 4.16 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1B.....	54
ภาพที่ 4.17 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A2.....	55
ภาพที่ 4.18 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A2.....	55
ภาพที่ 4.19 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A2.....	56
ภาพที่ 4.20 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A2.....	56
ภาพที่ 4.21 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1F1.....	58
ภาพที่ 4.22 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1F1.....	58
ภาพที่ 4.23 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1F1.....	59
ภาพที่ 4.24 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1F1.....	59
ภาพที่ 4.25 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1B.....	60
ภาพที่ 4.26 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1B.....	60
ภาพที่ 4.27 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1B.....	61
ภาพที่ 4.28 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1B.....	61
ภาพที่ 4.29 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A2.....	62
ภาพที่ 4.30 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A2.....	62

ภาพที่ 4.31 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A2.....	63
ภาพที่ 4.32 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A2.....	63
ภาพที่ 4.33 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศจากการตรวจวัดวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555.....	65
ภาพที่ 4.34 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศจากการตรวจวัดวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555.....	66
ภาพที่ 4.35 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศจากการตรวจวัดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555.....	66

สัญลักษณ์และคำย่อ

A1	ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูง
A2	ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูง-ปานกลาง
BC	ธาตุคาร์บอน
B1	ปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่ำ
B2	ปล่อยแก๊สเรือนกระจกปานกลาง-ต่ำ
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์
GCMs	แบบจำลองภูมิอากาศโลก
GPS	Global Positioning System
IAQ	Indoor Air Quality Monitor
IPCC	คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ
NO _x	ไนโตรเจนออกไซด์
OC	ออกแกนิคคาร์บอน
O ₃	โอโซน
PM ₁₀	ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
ppb	หนึ่งในพันล้านส่วน
ppm	หนึ่งในล้านส่วน
RCM	แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค
SD	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SO ₂	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
SPSS	Statistical Package for the Social Science
SRES	Special Report on Emission Scenarios
UNFCCC	อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ
μg/m ³	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(PM₁₀) มักเกิดจากการจราจร การก่อสร้างและการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามอาคารบ้านเรือน คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ส่วนใหญ่มาจากไอเสียของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ จากการผลิตกระแสไฟฟ้า จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตกรดดินประสิว โอโซน (O₃) มาจากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากรถจักรยานยนต์และรถยนต์ ซึ่งมลพิษเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองและแพร่กระจายสู่บรรยากาศ ถ้าหากมลพิษอากาศแต่ละชนิดมีการสะสมตัวในบริเวณภูมิประเทศที่เหมาะสม แสดงว่าลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศย่อมมีผลต่อการสะสมตัวของมลพิษอากาศแต่ละชนิด นอกจากนี้การเพิ่มขึ้น ลดลง รวมถึงการเกิดมลพิษอากาศชนิดอื่นๆ ที่พัฒนาจากมลพิษอากาศตั้งต้นยังขึ้นอยู่กับค่าทางอุตุนิยมวิทยาด้วย แสดงว่ามลพิษอากาศกับค่าทางอุตุนิยมวิทยาย่อมมีความสัมพันธ์ต่อกัน นอกจากนี้การคาดการณ์มลพิษอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคตมีความสำคัญ ซึ่งทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของมลพิษอากาศและค่าทางอุตุนิยมวิทยาที่อาจจะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ ส่งผลถึงการหาแนวทางป้องกันเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงดำเนินการศึกษาบริเวณที่มีการสะสมตัวของมลพิษอากาศ ความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา คาดการณ์มลพิษอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเขตเมืองของกรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบถึงบริเวณที่มีการสะสมของมลพิษอากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศในเขตเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สถานการณ์มลพิษอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต รวมทั้งยังใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการปัญหามลพิษอากาศในเขตเมืองและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาระดับการสะสมตัวของมลพิษในบริเวณต่างๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศในเขตเมืองกับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา รวมทั้งคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเขตเมืองในอนาคตของกรุงเทพมหานคร

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาบริเวณพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยทำการศึกษาข้อมูลจากการตรวจวัดและข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ, ปริมาณน้ำฝน, ความชื้น, ลม, ความเข้มแสง โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2540-2553 และข้อมูลที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งประกอบด้วย ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), โอโซน (O_3), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2540-2553

นิยามศัพท์

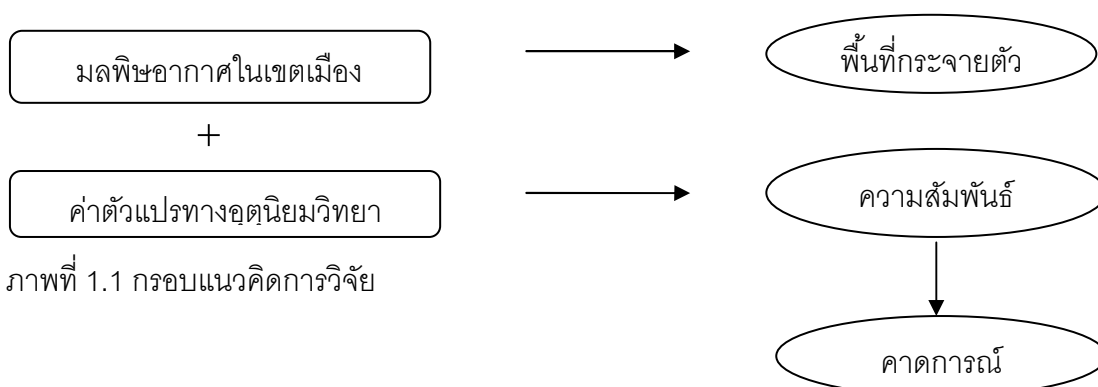
อากาศ (Weather) หมายถึง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอากาศรอบๆตัวเราซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ภูมิอากาศ หมายถึง (Climate) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของปัจจัยภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนในระยะยาวเป็นเวลา 30 ปี

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงใดๆของภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน

1.4 กรอบแนวคิด

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นในเขตเมืองกับค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันหรือไม่ รวมทั้งมุ่งเน้นที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของมลพิษอากาศในเขตเมืองและค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวัง รวมถึงมีมาตรการในการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคต โดยมีสมมติฐานเบื้องต้นว่า มลพิษอากาศในเขตเมืองและค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์กัน



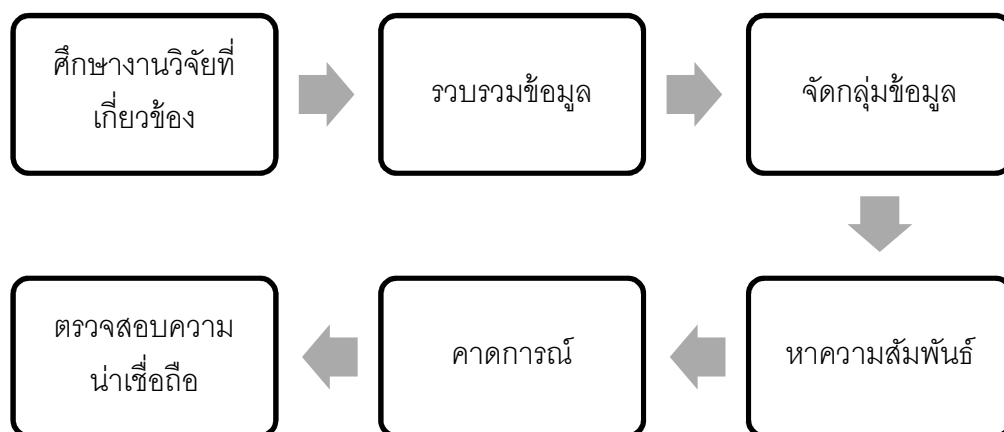
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงบริเวณที่มลพิษอากาศชนิดต่างๆ มีการสะสมตัว
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศในเขตเมืองกับค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา
3. ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าทางอุตุนิยมวิทยาที่เกิดจากมลพิษอากาศในเขตเมืองในอนาคต
4. เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการ การป้องกัน ปัญหามลพิษอากาศในเขตเมือง

1.6 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้จะทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการสำรวจพื้นที่วิจัยเบื้องต้น โดยการตรวจวัดมลพิษอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อสำรวจพื้นที่วิจัยและเก็บข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลมลพิษอากาศ โดยใช้ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และข้อมูลค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา จากกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลแล้วเสร็จ จะทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดยวิธี Data Mining แล้วทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศกับค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา รวมทั้งคาดการณ์ปริมาณมลพิษอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตด้วยวิธีทางสถิติ ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลที่ได้พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับปริมาณมลพิษอากาศในพื้นที่จากการตรวจวัด ทำการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ลงบนโปรแกรม Arc-GIS และ โปรแกรม SimCLIM และสรุปผล



ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

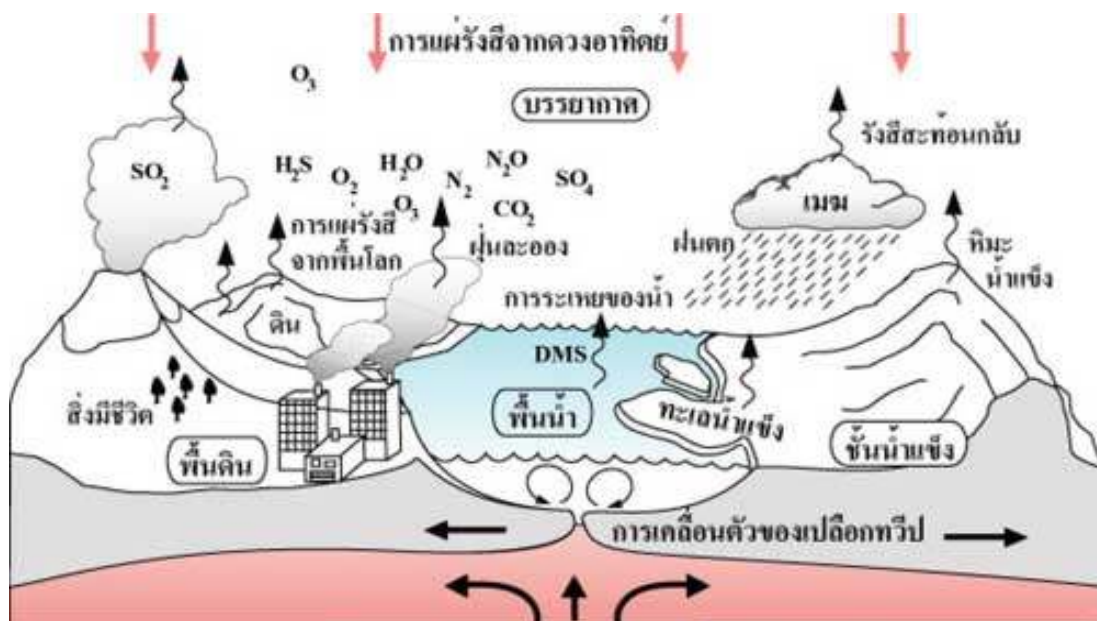
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในความหมายตามกรอบของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลทางตรง หรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ ส่วนคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (IPCC) ให้ความหมายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเนื่องมาจาก ความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งจากที่กล่าวมาพอจะสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ความผันแปรตามธรรมชาติ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป

2.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาจากปัจจัยหลายๆ อย่าง ทั้งปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติเองและปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งโดยส่วนมากแล้วปัจจัยเหล่านี้จะใช้ระยะเวลาการเกิดที่ยาวนานจึงจะเห็นผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยชัดเจน โดยปัจจัยหลักๆ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่

- พลังงานจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีขนาดไม่คงที่ ในยุคเริ่มแรกของระบบสุริยะดวงอาทิตย์มีขนาดเล็กและมีแสงสว่างน้อยกว่าปัจจุบัน ดวงอาทิตย์ขยายตัวใหญ่ขึ้นเนื่องจากการเผาไหม้ก๊าซไฮโดรเจนที่อยู่ภายในเมื่อพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น ความสว่างก็ยิ่งมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ปริมาณและพื้นที่ของจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) ในแต่ละวันยังไม่เท่ากัน ดวงอาทิตย์จะมีจุดมากเป็นวงรอบทุกๆ 11 ปี ซึ่งสิ่งนี้มีผลกระทบต่อพลังงานที่โลกได้รับด้วย



ภาพที่ 2.1 โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์และเกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานบนโลก (ที่มา: <http://portal.edu.chula.ac.th>)

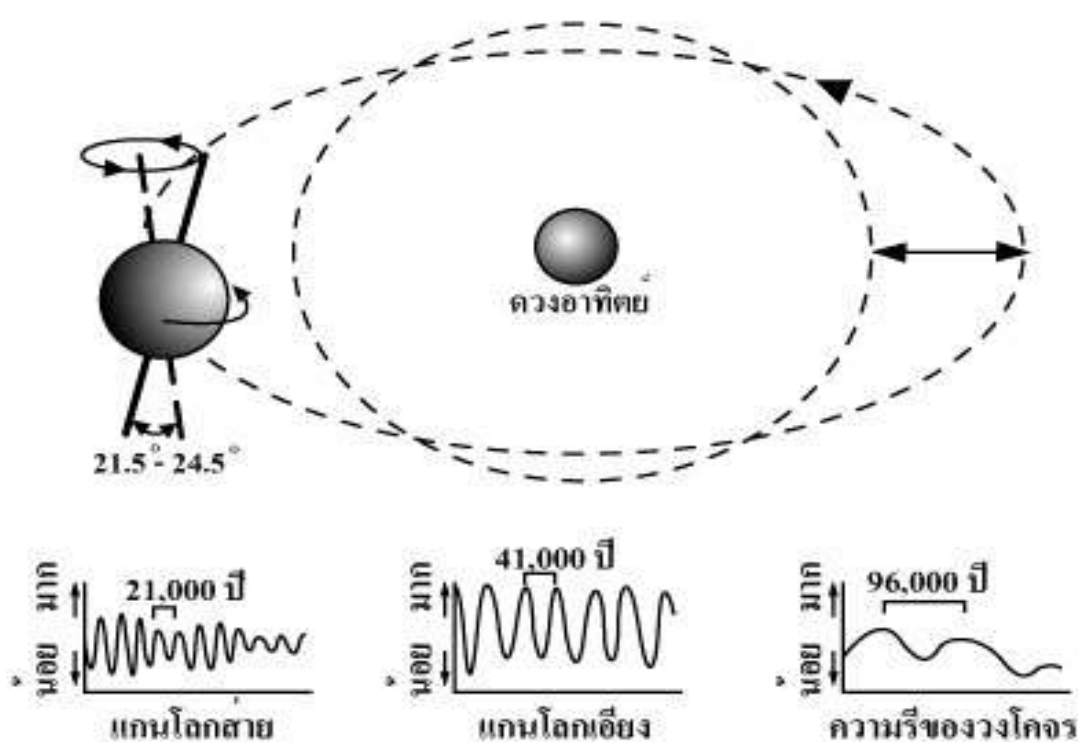
- วัฏจักรมิลานโควิทช์

ในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 นักวิทยาศาสตร์ชาวเซอร์เบียชื่อ มิลูติน มิลานโควิทช์ (Milutin Milankovitch) ได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกเป็นคาบเวลาระยะยาว ซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัย 3 ประการคือ

1. วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ เปลี่ยนแปลงขนาดความรี เป็นวงรอบ 96,000 ปี เมื่อโลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์อุณหภูมิก็จะสูงขึ้น เมื่อโลกอยู่ไกลอุณหภูมิก็จะต่ำลง แม้ว่าการแตกต่างของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ จะมีผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิตามฤดูกาลต่าง ๆ น้อยก็ตามแต่จะมีบทบาทที่สำคัญมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับขณะที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด มากกว่าขณะที่โลกอยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดถึง 20 - 30% ซึ่งจะมีผลทำให้ภูมิอากาศแตกต่างจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

2. แกนหมุนของโลกส่าย รอบละ 21,000 ปี ทำให้แต่ละพื้นที่ของโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปี ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเองแกนของโลกจะแกว่งเหมือนลูกข่าง ผลที่เกิดจากการแกว่งของแกนโลกนี้ ภูมิอากาศจะต้องเปลี่ยนแปลงด้วย

3. แกนของโลกเอียงทำมุมระหว่าง 21.5 - 24.5 องศา กับระนาบของวงโคจรโลกรอบดวงอาทิตย์ กลับไปมาในคาบเวลา 41,000 ปี แกนของโลกเอียงเป็นสาเหตุทำให้เกิดฤดูกาล ปัจจุบันแกนของโลกเอียง 23.5 องศา หากแกนของโลกเอียงมากขึ้น ก็จะทำให้ขั้วโลกได้รับความเข้มข้นมากขึ้นในฤดูร้อนและน้อยลงในฤดูหนาว ซึ่งมีผลทำให้ฤดูร้อนและฤดูหนาวมีอุณหภูมิแตกต่างกันมากขึ้นเปลี่ยนแปลงไป การเอียงของแกนโลกจากเส้นตั้งฉากกับระนาบการหมุนของโลกดวงอาทิตย์ เป็นสาเหตุสำคัญที่สุด ในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามฤดูกาล

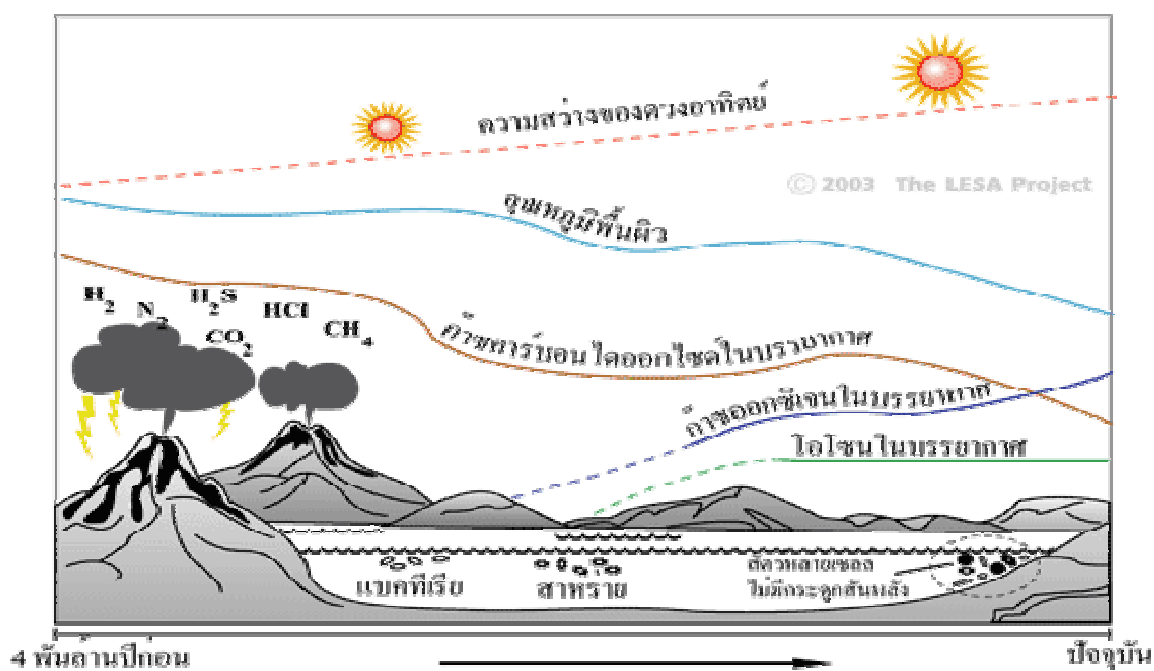


ภาพที่ 2.2 วัฏจักรมิลานโควิทซ์เกิดขึ้นจากปัจจัย 3 ประการคือ 1.วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ เป็นวงรี 2.แกนหมุนของโลกส่าย 3.แกนโลกเอียง (ที่มา: <http://portal.edu.chula.ac.th>)

- องค์ประกอบของบรรยากาศ

สัดส่วนของก๊าซในบรรยากาศไม่ใช่สิ่งคงตัว ก๊าซบางชนิดมีผลกระทบต่ออุณหภูมิของบรรยากาศโดยตรง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน เนื่องจากเป็นก๊าซเรือนกระจก

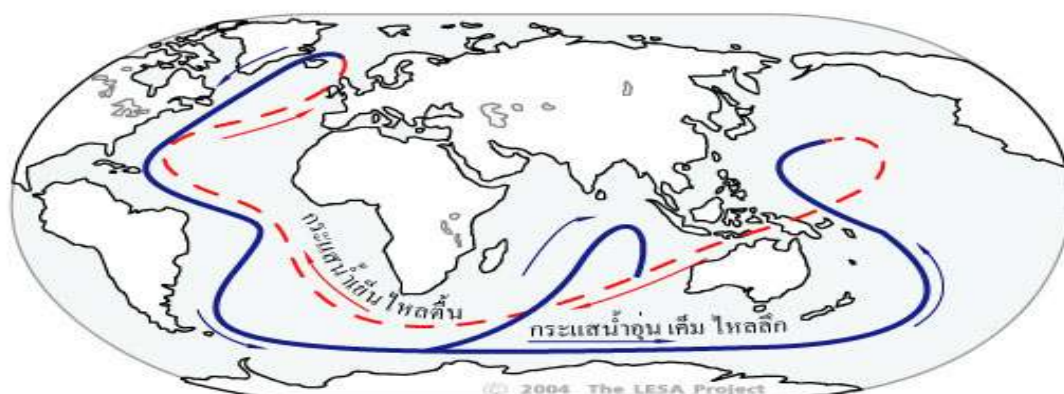
ก๊าซบางชนิดไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของบรรยากาศโดยตรง แต่จะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและองค์ประกอบทางเคมีของบรรยากาศ เช่น ก๊าซออกซิเจน ก๊าซโอโซน



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบของบรรยากาศที่ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด (ที่มา: <http://portal.educchula.ac.th>)

- น้ำในมหาสมุทร

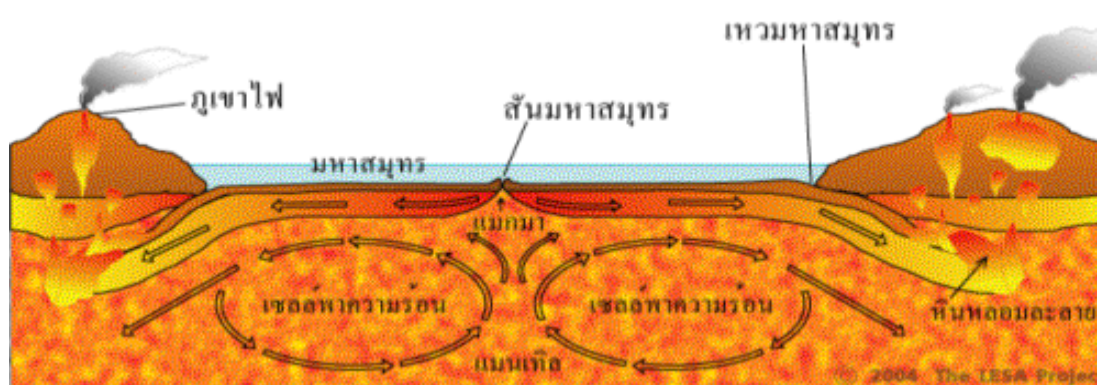
น้ำในมหาสมุทรมีหน้าที่ควบคุมภูมิอากาศโดยตรง ความชื้นในอากาศมาจากน้ำในมหาสมุทร ความเค็มของน้ำทะเลมีผลต่อความจุความร้อนของน้ำ การไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทรจึงมีผลต่อภูมิอากาศบนพื้นโลกโดยตรง ซึ่งสร้างผลกระทบต่อภูมิอากาศโลก เป็นวงรอบ 500 – 2,000 ปี



ภาพที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในมหาสมุทรส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนผิวโลก (ที่มา: <http://portal.edu.chula.ac.th>)

- การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

เปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา กระบวนการธรณีแปรสัณฐาน หรือ เพลตเทคโทนิคส์ (Plate Tectonics) เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของทุกสิ่งทุกอย่างบนผิวโลก อันเป็นปัจจัยนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น ก๊าซจากภูเขาไฟ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศ ฝุ่นละอองภูเขาไฟกรองรังสีจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป (ที่มา: <http://www.navy.mi.th>)

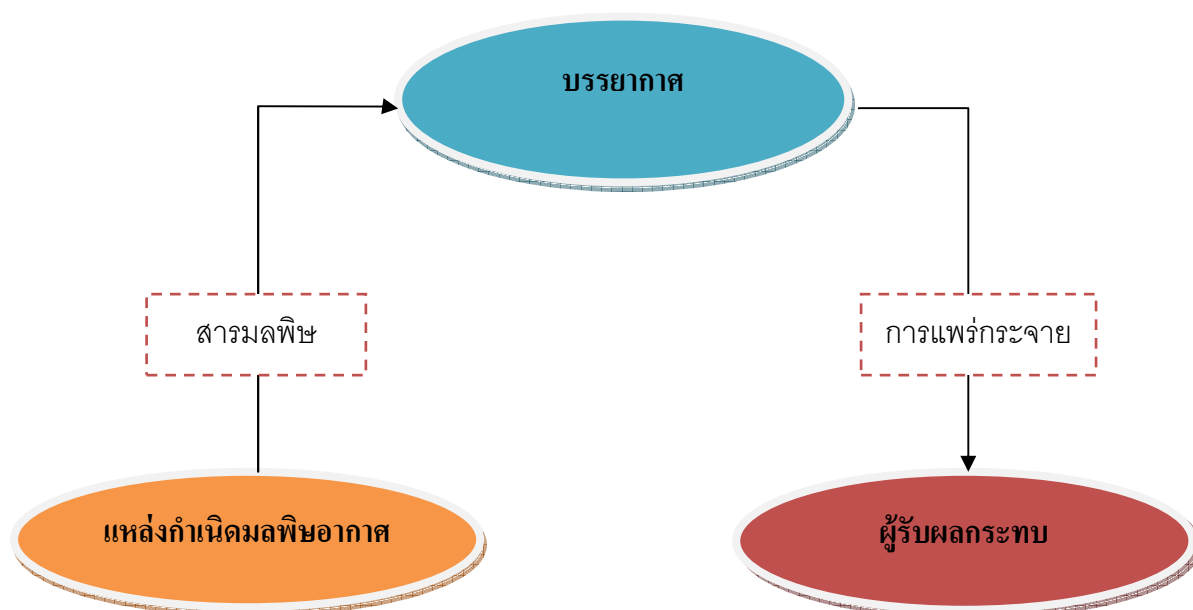
- กิจกรรมของมนุษย์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมและยานพาหนะต่างๆ จากการประเมินของ IPCC พบว่าตั้งแต่ที่

มีการปฏิวัติอุตสาหกรรม ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส ซึ่งก๊าซที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น กิจกรรมของมนุษย์นี้ น่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มากกว่าสาเหตุที่มาจากธรรมชาติซึ่งมีส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

2.3 มลพิษอากาศ

อากาศบริสุทธิ์แห่งที่ระดับน้ำทะเล ประกอบด้วยไนโตรเจน 78.01% โดยปริมาตรและออกซิเจน 20.95% โดยปริมาตร ส่วนที่เหลือ 0.97% ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ฮีเลียม อาร์กอน คริปตอน ซีนอน แก๊สอินทรีย์และอนินทรีย์ อากาศเสีย คือ อากาศที่ไม่บริสุทธิ์เนื่องจากมีสิ่งเจือปนทั้งที่มีพิษและก่อความรำคาญ องค์การอนามัยโลกให้ความหมายว่าของอากาศพิษว่าเป็นสภาพอากาศที่มีสารต่างๆ เจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก จนกล่าวได้ว่าเป็นอากาศสกปรก (วันดา จินศาสตร์, 2551: 76) จากความหมายข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า มลพิษอากาศ คือ ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณมาก จนทำให้อากาศไม่บริสุทธิ์ รวมทั้งอากาศที่มีพิษและก่อความรำคาญต่อมนุษย์



ภาพที่ 2.6 ภาวะมลพิษทางอากาศ

- ประเภทของมลพิษอากาศ

มลพิษอากาศ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ แก๊สและฝุ่นละออง ดังตารางต่อไป

ตารางที่ 2.1 ประเภทของมลพิษอากาศ

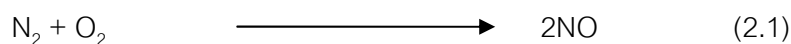
ประเภท	ชนิดของสาร	ตัวอย่างสาร
สารอนินทรีย์	ออกไซด์ของไนโตรเจน	NO, NO ₂
	ออกไซด์ของกำมะถัน	SO ₂ , SO ₃
	ออกไซด์ของคาร์บอน	CO, CO
	สารอนินทรีย์อื่นๆ	H ₂ S, HF, NH ₃ , CL ₂
สารอินทรีย์	ไฮโดรคาร์บอน	methane, butane, octane, benzene, acetylene, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)
	แอลดีไฮด์ คีโตน	formaldehyde, acetone
	สารอินทรีย์อื่นๆ	organochlorines, alcohols-organic acids
ฝุ่นละออง	ละอองลอยที่เป็นของแข็ง	ควีน, เขม่า, ฝุ่น, คาร์บอน, ตะกั่ว, แร่ใยหิน
	ละอองลอยที่เป็นของเหลว	ไอน้ำมัน ไอกรดต่างๆ

(ที่มา: วนิดา จินศาสตร์, 2551: 77)

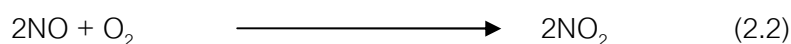
- ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

NO_x สามารถเกิดขึ้นได้จากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ จากธรรมชาติได้แก่ ไฟผ่าภูเขาไฟระเบิด ส่วนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่นอุตสาหกรรมการผลิตสีประสิ่ว เป็นต้น ปฏิกิริยาเคมีของ NO_x สามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาเชิงความร้อนและปฏิกิริยาเคมีทางแสง

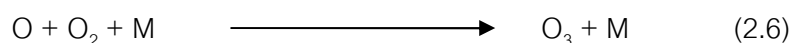
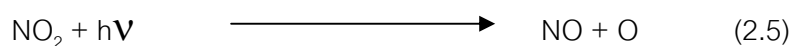
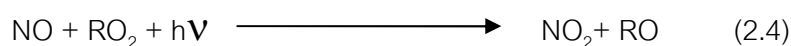
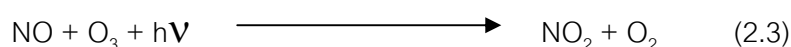
การเกิดไนตริกออกไซด์ อุณหภูมิสูงกว่า 1500°C



การเกิดไนโตรเจนไดออกไซด์ อุณหภูมิต่ำกว่า 150°C



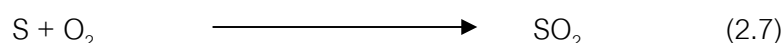
เกิดจากปฏิกิริยาเคมีทางแสง



สมการที่ 2.1 แก๊สไนโตรเจนถูกออกซิไดส์ในอากาศที่อุณหภูมิมากกว่า 1500°C ทำให้เกิดแก๊สไนตริกออกไซด์ การรวมตัวกันของไนตริกออกไซด์กับออกซิเจนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน ในสมการที่ 2.2 ทำให้เกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ นอกจากนี้ในกระบวนการปฏิกิริยาเคมีทางแสง ไนตริกออกไซด์รวมตัวกับโอโซนเกิดเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ ในสมการที่ 2.3 นอกจากนี้ถ้าไนตริกออกไซด์รวมตัวกับไฮโดรคาร์บอนออกไซด์ ไนตริกออกไซด์จะสลายโอโซน ในสมการที่ 2.3 ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดโอโซน โดยมีฝุ่นละออง โลหะหนักหรือไฮโดรคาร์บอนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการที่ 2.5 และ 2.6

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

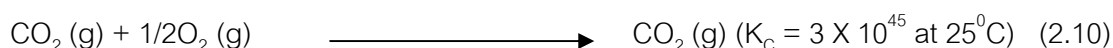
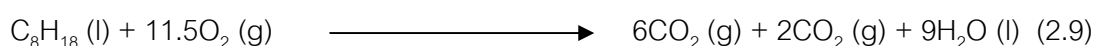
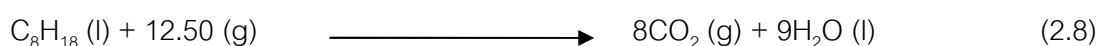
SO₂ ที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดมาจากการกระทำของมนุษย์ รวมทั้งการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง SO₂ เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ และละลายน้ำได้จากสมการที่ 2.7 กำมะถันถูกเผาในอากาศทำให้ซัลเฟอร์ถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนจึงเกิด SO₂



SO₂ มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ขึ้นอยู่กับปริมาณและระยะเวลาสัมผัส ถ้าได้รับในความเข้มข้นสูงจะมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ถ้าได้รับน้อยอาจทำให้เกิดโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ถ้า SO₂ มีการรวมตัวกับฝุ่นละอองจะยังมีผลกระทบต่อสุขภาพมากขึ้นด้วย

- คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

CO เป็นแก๊สที่ไม่มีสี กลิ่นและรส สามารถอยู่ในอากาศได้นาน 2-4 เดือน เป็นแก๊สเฉื่อย เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง มีแหล่งกำเนิดหลักคือ ท่อไอเสียรถยนต์ ถ้าปฏิกิริยาการเผาไหม้สมบูรณ์ ดังสมการที่ 2.8 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดจะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ แต่ถ้าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์จะกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ดังสมการที่ 2.9 และ 2.10



คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นอันตรายต่อผู้สัมผัส ถ้าเข้าสู่ปอดจะแพร่กระจายเข้าสู่กระแสเลือดผ่านผนังของถุงลม เข้าจับกับเฮโมโกลบิน (Haemoglobin) กลายเป็นคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin: Hem.COHB) จะทำให้เม็ดเลือดแดงแลกเปลี่ยนออกซิเจนได้น้อยลง ส่งผลไปยังหัวใจที่ต้องทำงานหนักขึ้น เพื่อให้ร่างกายได้รับออกซิเจนเพียงพอ ถ้าได้รับคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อาจเกิดภาวะขาดออกซิเจนและเสียชีวิตได้

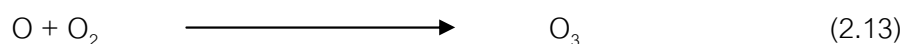
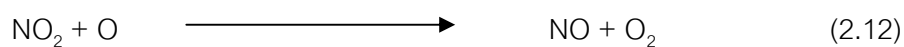
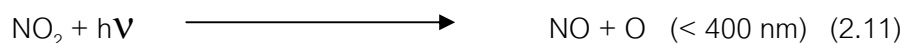
ตารางที่ 2.2 ปริมาณและอาการที่เกิดขึ้นหลังรับสัมผัสคาร์บอนมอนนอกไซด์

ค่าประมาณของ CO ในอากาศ	% Carboxy Hemoglobin (COHb)	อาการ
< 35 ppm และสูบบุหรี่ 0.005%	3 - 8	ไม่แสดงอาการหรืออาจปวดศีรษะเล็กน้อย
0.005% (50 ppm)	10 - 20	ปวดศีรษะเล็กน้อย เหนื่อย เจ็บหน้าอก เมื่อออกแรงมาก
0.01% (100 ppm)	20 - 30	ปวดศีรษะ เหนื่อย เมื่อออกแรงปานกลาง
0.02% (200 ppm)	30 - 40	ปวดศีรษะรุนแรง อ่อนเพลีย ตกใจง่าย ตาพร่า อาเจียน
0.03 – 0.05% (300 – 500 ppm)	40 - 50	ปวดศีรษะ หัวใจเต้นเร็ว หายใจเร็ว ซึม
	50 - 60	เป็นลม
0.08% - 0.12% (800 – 1200 ppm)	60 - 70	หมดสติ ชัก
0.19% (1900 ppm)	>70	เสียชีวิต

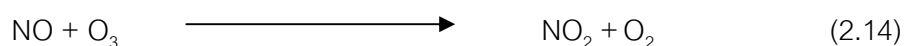
(ที่มา: ปรับปรุงจาก วนิดา จินศาสตร์, 2551: 81)

- โอโซน (O₃)

O₃ เป็นแก๊สที่มีกลิ่นฉุน ไม่มีสีถ้าปริมาณความเข้มข้นต่ำ แก๊สโอโซนในบรรยากาศประมาณ 50% มาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ นอกจากนี้ O₃ ยังสามารถเกิดมาจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ (Photochemical Oxidants) ซึ่งก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ ($\lambda < 400\text{nm}$) ทำให้โมเลกุลของ O₂ แตกตัวเป็นอะตอมเดี่ยว (O) และสามารถรวมตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา ดังสมการที่ 2.11, 2.12 และ 2.13 จนเกิด O₃



ในทางตรงกันข้าม O_3 ก็มีส่วนทำให้เกิด NO_2 ได้



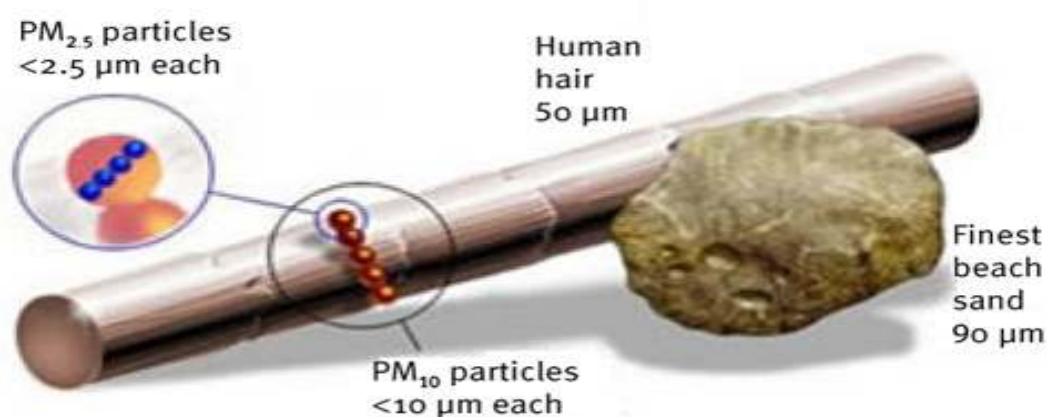
ทางด้านผลกระทบต่อสุขภาพ O_3 ถ้ามีการรับสัมผัส จะทำให้เกิดอาการ ปวดศีรษะ เจ็บคอ ไอ เคืองตา หายใจติดขัด นอกจากนี้หากมีการรับสัมผัสเป็นระยะเวลาาน อาจส่งผลให้มีการเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอกซเรย์ และทำลายโครโมโซมได้ และเมื่อเม็ดเลือดขาวในทอนซิลรับก๊าซโอโซน จะลดการผลิตอินเทอร์เฟอรอน ซึ่งเป็นแอนติบอดีชนิดหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันไวรัส แรงการเกิดเมธิลฮีโมโกลบิน ซึ่งปฏิกิริยาจะรุนแรงโดยเฉพาะเมื่อมีการรวมตัวกับ NO_2 (กณิตา ธนเจริญชณภาส: 10)

- ฝุ่น

อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่อยู่ในอากาศหรือเรียกว่า ฝุ่น มีแหล่งกำเนิดทั้งจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ฝุ่นละอองจำนวนมากที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมีขนาดเล็กจนไม่สามารถจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะเรียกว่า ละอองลอยในบรรยากาศ (Aerosol) ฝุ่นละอองโดยทั่วไปจะมีลักษณะไม่เป็นทรงกลมและลักษณะจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของอนุภาคนั้นๆ เช่น เก้าลอย เกสรดอกไม้ จะมีลักษณะค่อนข้างกลม ฝ้าย แก้ว เส้นใยสังเคราะห์ต่างๆ จะเป็นทรงกระบอก เป็นต้น โดยทั่วไปนิยมแบ่งอนุภาคของฝุ่นออกเป็น 3 ช่วงขนาดได้แก่ ฝุ่นละอองแขวงลอยรวม (TSP) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.005 ไมครอน ถึง 100 ไมครอน ส่วนใหญ่เกิดจากการฟุ้งกระจายของดิน ททราย บริเวณพื้นผิวถนน สถานที่ก่อสร้าง ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ได้แก่ ฝุ่น (dust) ควัน (smoke) ฟุม (fume) เขม่า (soot) ฝุ่นจากละอองไอทะเล การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ การเผาขยะและของเสียจากเกษตรกรรม รวมถึงกระบวนการอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โรงไฟฟ้า ล้วนก่อให้เกิด PM_{10} ทั้งสิ้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) ลักษณะอนุภาคเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็งที่อยู่ในสภาพ

กึ่งระเหย (Semi-Volatile) ส่วนใหญ่เกิดจากการทำปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์ของแก๊สต่างๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOC_s) เป็นต้น $\text{PM}_{2.5}$ เกิดจาก 3 กระบวนการ คือ

1. การเกิดปฏิกิริยากันระหว่างโมเลกุลแก๊สแล้วเปลี่ยนรูปเป็นอนุภาคชนิดใหม่
2. การรวมตัว (Coagulation) ของอนุภาคสองอนุภาคไปเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
3. อันตรกิริยา (Interaction) ของอนุภาคแก๊ส (gas-particle) กับแก๊สที่ถูกดูดซับ และดูดซึมลงบนผิวอนุภาค ปฏิกิริยานี้เกี่ยวข้องกับแก๊สเริ่มต้น เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOC_s) (วนิดา จินศาสตร์, 2551: 94)



ภาพที่ 2.7 อนุภาคละอองลอยขนาดต่างๆ เทียบกับเส้นผมของมนุษย์ (ที่มา: <http://uc.exteenblog.com/health2u/images/blog2012/120226%20smo1.jpg>, 2555)

เมื่อมนุษย์ได้รับฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกาย จะสามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอด ทำให้เกิดการระคายเคือง ไอ มีเสมหะ จาม เยื่อหุ้มปอดถูกทำลาย ถ้ามีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอดจะทำให้ปอดเสื่อม ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง ฝุ่นในบรรยากาศจากการเผาไหม้ชีวมวลจะเป็น ออกไซด์คาร์บอน (OC) ซึ่งกระเจิงแสงรังสีจากดวงอาทิตย์ได้ถึงร้อยละ 90 ส่วนฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรของโรงงานอุตสาหกรรมและยานยนต์ส่วนใหญ่จะเป็น แบล็คคาร์บอน (BC) ซึ่งดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์

มากถึงร้อยละ 50 จะเห็นว่าฝุ่นในบรรยากาศมีบทบาทสำคัญต่อสมดุลของพลังงานของระบบบรรยากาศโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผลทางตรงคือ การทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลกลดลง ทั้งนี้เนื่องจากฝุ่นในบรรยากาศจะดูดกลืนและกระเจิง (scatter) จากการคำนวณสมดุลของพลังงานที่ระดับบนสุดของบรรยากาศ พบว่า ฝุ่นในบรรยากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลจะมีผลทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศลดลง แต่ฝุ่นในบรรยากาศที่เป็น BC (ธาตุคาร์บอน) ซึ่งเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและยานพาหนะจะดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศเพิ่มขึ้น สำหรับผลทางอ้อมของฝุ่นในบรรยากาศ จะมีผลต่อเมฆ เพราะโดยทั่วไปฝุ่นในบรรยากาศจะทำหน้าที่เป็นแกนกลางของการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นเมฆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่นในบรรยากาศทำให้มีอนุภาคของละอองน้ำมีมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้ปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้น จะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของฝุ่นในบรรยากาศจากกิจกรรมของมนุษย์ ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบบรรยากาศที่รุนแรงเช่นเดียวกับก๊าซเรือนกระจก (เสริม จันทร์ฉาย และ ดุษฎี ศุขวัฒน์, 2554: 132)

2.4 แบบจำลองภูมิอากาศ

แบบจำลองภูมิอากาศเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในการจำลอง (simulate) ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในบรรยากาศ มหาสมุทร พื้นดิน และน้ำแข็ง การจัดทำแบบจำลองนี้นำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น การศึกษาพลวัตของอากาศ (weather) และระบบภูมิอากาศ (climate system) แบบจำลองภูมิอากาศทุกชนิดใช้หลักการของสมดุลพลังงานโลก คือ พลังงานที่โลกได้รับในสภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นสั้น สมดุลกับการส่งถ่ายพลังงานออกไปนอกบรรยากาศโลกในสภาพรังสีความร้อนในช่วงคลื่นยาว (กัณฑ์รีย์ บุญประกอบ, 2553: 16) ตัวอย่างของความไม่สมดุลพลังงาน เช่น โลกร้อนขึ้นจากการดูดซับพลังงานความร้อนไว้มาก เนื่องจากแก๊สเรือนกระจกซึ่งมีการดูดกลืนพลังงาน แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models: GCMs) เป็นแบบจำลองที่ทันสมัยที่สุดในปัจจุบันในการจำลองกระบวนการทางกายภาพ ของบรรยากาศ มหาสมุทร น้ำแข็ง และผิวดินต่อการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจก การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นในอนาคตย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกด้วย ซึ่งทาง IPCC ได้กำหนดรูปแบบความเป็นไปได้ของการพัฒนา (IPCC Special Report on Emission Scenario: SRES) 4 รูปแบบหลักคือ A1 (ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูง), A2

(ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูง-ปานกลาง), B1 (ปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่ำ), B2 (ปล่อยแก๊สเรือนกระจกปานกลาง-ต่ำ)

ตารางที่ 2.3 การใช้ GCMs และ SRES ของสถาบันต่างๆ

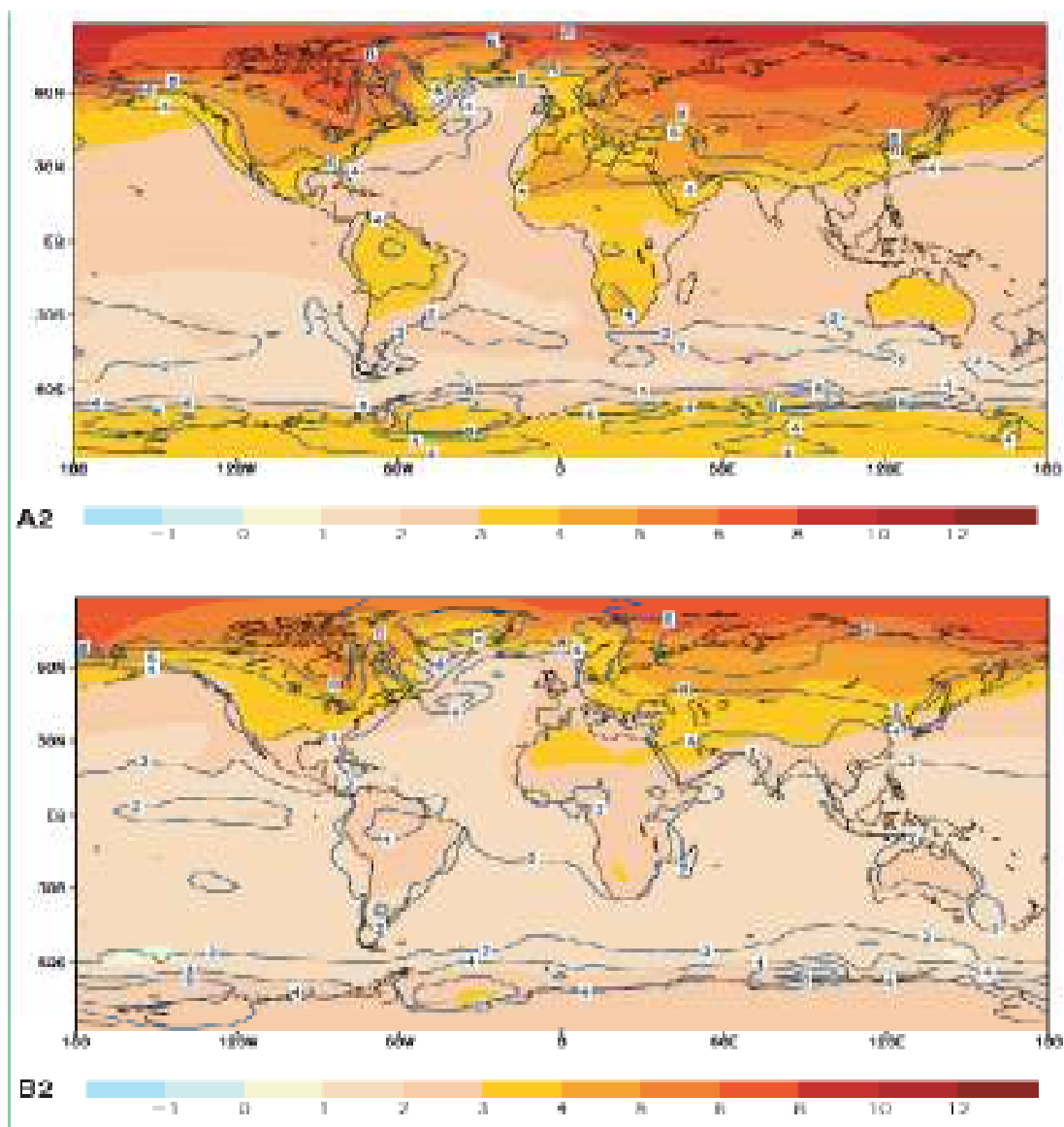
General Circulation Models (GCMs)

Center	Acronym	Model	SRES Scenario Runs					
Max Planck Institute fur Meteorologie	MPIFM	ECHAM4/O PYC3		A2		B2		
Hadley Centre for Climate Prediction and Research	HCCPR	HADCM3	A1FI	A2 A2b A2c	B1	B2 B2b		
Australia's Commonwealth Scientific and industrial Research Organization	CSIRO	CSIRO-Mk2	A1	A2	B1	B2		
National Center for Atmospheric Research	NCAR	NCAR-CSM		A2				
		NCAR-PCM		A2		B2		
Geophysical Fluid Dynamics Research	GFDL	R30		A2		B2		
Canadian Center for Climate Modeling and Analysis	CCCma	CGCM2		A2 A2b A2c		B2 B2b B2b		
Center for Climate Research Studies (CCSR) National Institute for Environmental Studies (NIES)	CCSR/ NIES	CCSR/NIES AGCM CCSR OGCM	A1	A1FI	A1T	A2	B1	B2

(ที่มา: IPCC, 2001)

การสร้างแบบจำลองภูมิอากาศโลกให้เหมาะสมกับการใช้งานขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาดพื้นที่เป็นที่ลุ่มน้ำหรือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ระยะเวลาการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศป่าไม้ อาจใช้ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน ส่วนการศึกษาผลกระทบต่อผลผลิตการเกษตร อาจต้องใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน เป็นต้น การจำลองภูมิอากาศโลกมีพื้นที่ที่แสดงผลขนาดใหญ่จึงจำเป็นต้องทำการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก ให้แสดงผลที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้นในเชิงพื้นที่และเวลา โดยวิธีที่นิยมกันมี 2 วิธีคือ การย่อส่วนด้วยวิธีทางสถิติ (statistical downscale) โดยมีสมมุติฐานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ซึ่งเป็นผลที่ได้จากแบบจำลองกับตัวถูกทำนายที่เป็นข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดโดยตรง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในอนาคตเมื่อนำความสัมพันธ์มาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ส่วนการย่อส่วนด้วยวิธีการพลวัต (dynamic downscale) หรือการใช้แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (RCM) เป็นการจำลองภูมิอากาศที่มีความละเอียดสูง มีการนำความซับซ้อนของภูมิอากาศมาเป็นตัวแปรและคำนึงถึงตัวแปรท้องถิ่น เช่น

ภูเขา ทะเลสาบ ชายฝั่ง การใช้พื้นที่ นอกจากนี้แบบจำลอง RCM ยังสามารถจำลองสถานการณ์ที่รุนแรง เช่น ฝนตกหนัก พายุ ได้ดี



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างแบบจำลองภูมิอากาศโลก (ที่มา: IPCC, 2001)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Li L. และ Liu Y. (2011) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นและระยะยาวของคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นมลพิษอากาศในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ทำการสำรวจเป็นระยะเวลา 11 ปี โดย MOPITT และทำการตรวจวัดเป็นระยะเวลา 10 ปีในการศึกษาทางภาคพื้น ผลกระทบของมลพิษอากาศนี้อาจส่งผลถึงการจัดการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกที่กำลังจะเกิดขึ้น MOPITT ทำการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยเริ่มทำการวัดตั้งแต่เดือนสิงหาคมปี 2000 ถึงปี 2007 ผลการศึกษาพบว่าคาร์บอนมอนอกไซด์มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากพยายามควบคุมมลพิษอากาศ คาร์บอนมอนอกไซด์ในชั้นบรรยากาศและในระดับภาคพื้นมีการลดลงแม้ว่าจะมีการควบคุมการตรวจวัดตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมปี 2008 เพื่อการจัดแข่งขันกีฬาโอลิมปิก อย่างไรก็ตามผลรวมของการลดคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศลดลงประมาณ 13 % และภาคพื้นลดลงประมาณ 44 % ซึ่งบางส่วนเป็นผลต่อเนื่องมาจากการพยายามควบคุมคุณภาพอากาศ จากการศึกษาของ MOPITT พบว่าอัตราส่วนของคาร์บอนมอนอกไซด์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในภาคพื้นในระดับที่สูงขึ้น ผลรวมของคาร์บอนมอนอกไซด์หลังจากปี 2008 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ผลรวมจากการตรวจวัดระดับภาคพื้นมีแนวโน้มลดลง

Elbir T. และคณะ (2010) ศึกษากระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวกับการจัดการคุณภาพอากาศภายในเมืองโดยรอบพื้นที่ของเมืองอิสตันบูล ประเทศตุรกี โดยใช้แบบจำลอง CALMAT/CALPUFF แผนที่อิเล็กทรอนิกส์และใช้โปรแกรม GIS ช่วยในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลอากาศกับข้อมูลมลพิษอากาศ ระบบจะช่วยประมาณระดับอนุภาคสูงสุด ความละเอียดเชิงพื้นที่และสร้างแผนที่แสดงระดับคุณภาพอากาศได้ แผนที่และแบบจำลองของข้อมูลที่ได้สามารถทำการเปรียบเทียบระดับคุณภาพอากาศ ประเมินผลกระทบรวมทั้งการจัดการลดปริมาณมลพิษอากาศได้

Jinsart W. และคณะ (2010) ศึกษาปัญหามลพิษอากาศของกรุงเทพมหานครที่มาจากการจราจร โดยใช้แบบจำลอง TAPM และข้อมูลความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์จาก 6 สถานีตรวจวัดที่ทำการตรวจวัดตลอดทั้งปี ในการจำลองนี้ใช้วิธีการทางสถิติในการศึกษาแบบจำลองได้แสดงถึงค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ในฤดูหนาวของกรุงเทพมหานครแต่อย่างไรก็ตามการสร้างแบบจำลองนี้ยังคำนึงถึงฤดูร้อนที่มีความน่าสนใจอยู่

Yin C. และคณะ (2010) ศึกษาการจำลองภูมิอากาศแบบย่อส่วนด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้พื้นฐานของ non-linear classification technique known as self-organizing maps (SOMs)

และวิธี SOM-SD การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองในพื้นที่ขนาดใหญ่กับแบบจำลองในพื้นที่ขนาดเล็กของตัวอย่าง ในการศึกษานี้ใช้การจำลองข้อมูลโดยวิธี Monte Carlo การจำลองข้อมูลนี้เป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต การศึกษานี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของออสเตรเลียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ปี 1958 ถึง 2008 จาก Australian Bureau of Meteorology จากการศึกษาพบว่าวิธีการทั้งสองทำการจำลองได้สอดคล้องกันในพื้นที่ที่ทำการศึกษาภูมิอากาศ โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่นอกขอบเขตภูมิอากาศในการจำลองพื้นที่ขนาดเล็ก ไม่ว่าจะทำการศึกษากันหลายครั้งอย่างต่อเนื่องไม่ว่าปริมาณน้ำฝนจะน้อยหรือมากก็ตาม

Stylianou M. และ Nicolich M.J. (2552) ศึกษามลพิษอากาศ 5 ชนิด ได้แก่ โอโซน (มีการสะสมตัว 3 วัน), ฝุ่น (มีการสะสมตัว 200 วัน), ไนโตรเจนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเสียหาย 3 ประการที่จะทำให้ตาย โดยใช้ข้อมูลของ 9 เมืองหลักจาก NMMAPS ทำการวิเคราะห์ตัวแปรสำคัญ 2 ตัว โดยมีขีดจำกัดของฝุ่นและโอโซนอยู่ที่ $25-45 \mu\text{m g/m}^3$ และ $10-45 \text{ ppb}$ ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์เบื้องต้นโดยใช้สมการเส้นตรงและข้อมูลที่ทำการศึกษาไม่มีความต่อเนื่องของข้อมูล จากการวิเคราะห์พบว่าแหล่งที่มาของความเสียหายทั้ง 9 เมืองหลักเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุรวมกันและไม่สามารถที่จะแก้ปัญหาได้

Tagaris E. และคณะ (2007) ศึกษาการจำลองผลกระทบของโอโซนและฝุ่นละอองขนาดเล็กตั้งแต่ปี 2049-2051 ในสหรัฐอเมริกาโดยใช้ข้อมูลช่วงปี 2000-2002 ทำการใส่ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในแบบจำลอง CMAQ chemical transport และการจำลองสถานการณ์ใช้แบบ MM5-based regional climate ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการลดค่าของไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 50 เปอร์เซ็นต์ในการคาดการณ์ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคจะลดลง ถ้ามีการควบคุมการปล่อยมลพิษอากาศให้ลดลง อย่างไรก็ตามมีกรณีที่มีมลพิษนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆ ด้วย ผลกระทบโดยรวมของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและลดการปล่อยมลพิษลง 20 เปอร์เซ็นต์ในกลางฤดูร้อนที่มีช่วงเวลากลางวันยาวนานที่สุด 8 ชั่วโมงพบว่ามียุทธศาสตร์โอโซนเกินค่ามาตรฐาน ค่าเฉลี่ยประจำปีของฝุ่นละอองขนาดเล็กลดลงประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ การลดลงที่สำคัญของ ซัลเฟต ไนเตรทและแอมโมเนีย ฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งเป็นส่วนประกอบรวมกันมีส่วนในระดับของการค่าของออกแกนิคคาร์บอนในระดับภูมิภาคพบว่าทางตะวันออกมีผลกระทบมากกว่าภูมิภาคอื่นจากการลด ค่าของโอโซนและค่าของฝุ่นละอองขนาดเล็กเพราะว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ รวมถึงค่าทาง

อุตุนิยมวิทยา การลดค่าของโอโซนที่มีค่าสูงในระดับภูมิภาคนั้นก็ยังมีค่ามากกว่าค่าโอโซนในคุณภาพอากาศมาตรฐาน

McGUFFIE K. และคณะ (1999) ศึกษาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 5 แบบ ได้แก่ CCM1Oz, BMRC, CCM1W, CCM1 และ CCM0 โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของแบบจำลอง ความถี่ของการเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับภูมิภาคและระดับโลก แบบจำลองนี้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลา 10 ปีของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของทั้งระดับภูมิภาคและระดับโลก ปริมาณน้ำฝนจะทำเก็บข้อมูลในระยะเวลานั้นๆ ในฤดูฝนแต่ทำการเก็บหลายพื้นที่ มีการลดลงของความถี่ในการเกิดอุณหภูมิต่ำและเกิดอุณหภูมิสูงขึ้นในหลายพื้นที่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นระดับของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิระหว่างแบบจำลองต่างๆ ทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลกแต่ความแตกต่างระหว่างการจำลองข้อมูลในแบบจำลองของปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่คงที่

Gomez M. L. และคณะ (1987) ศึกษาอนุภาคขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในบรรยากาศ ในเมือง Valladolid เป็นเวลา 13 เดือน โดยใช้เทคนิค multivariate clustering Q ในการวิเคราะห์ โดยใช้ตัวแปรประกอบด้วย คาบฤดูร้อน อุณหภูมิต่ำสุด การตกกลับ ค่าเฉลี่ยลม จากการทำการศึกษาพบว่าสามารถทำการจัดกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กออกได้เป็น 6 กลุ่ม และละอองลอยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นที่ทำการศึกษาหลังจากทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม 2 กลุ่มคือ P1 และ P2 นอกจากนี้มลพิษอากาศแบ่งออกได้เป็น กลุ่มที่มีมลพิษต่ำ และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยมลพิษเท่าๆ กัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลมลพิษอากาศและค่าอตุณิยมวิทยาของกรุงเทพมหานครจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกรมอตุณิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ดังนี้

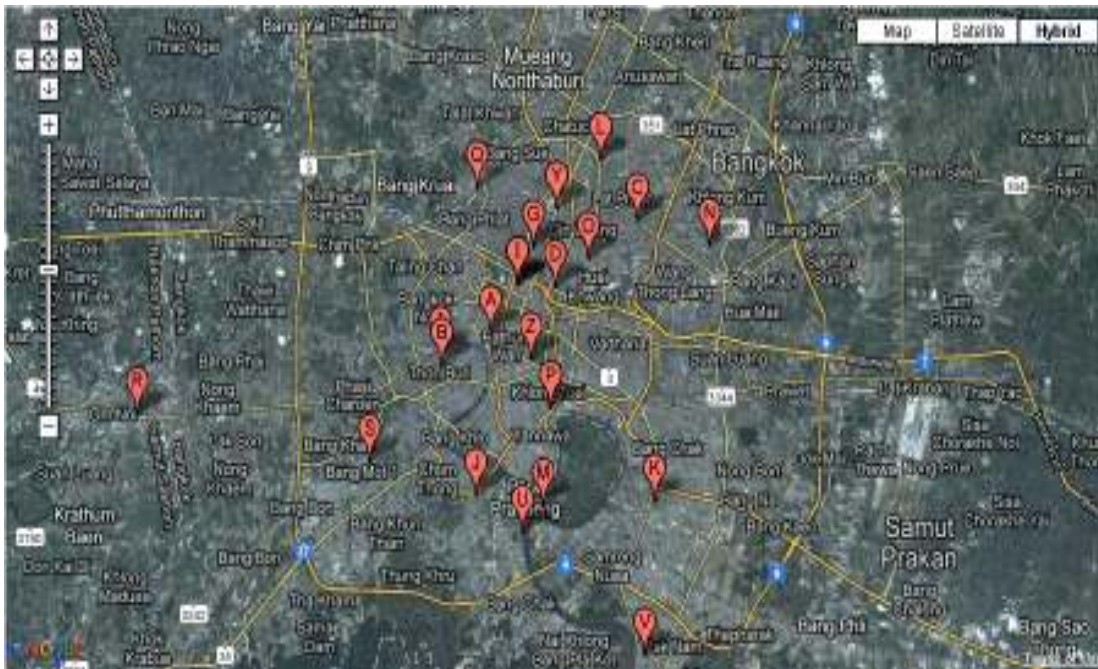
ตารางที่ 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

มลพิษอากาศ	SO ₂ , CO, NO _x , PM ₁₀ , O ₃
ค่าอตุณิยมวิทยา	อุณหภูมิ, ปริมาณน้ำฝน, ความชื้น, ความเร็วลม, ความเข้มแสง
จำนวนสถานีเก็บตัวอย่าง	13 สถานี*
ช่วงเวลา	ปี พ.ศ. 2540 - 2553

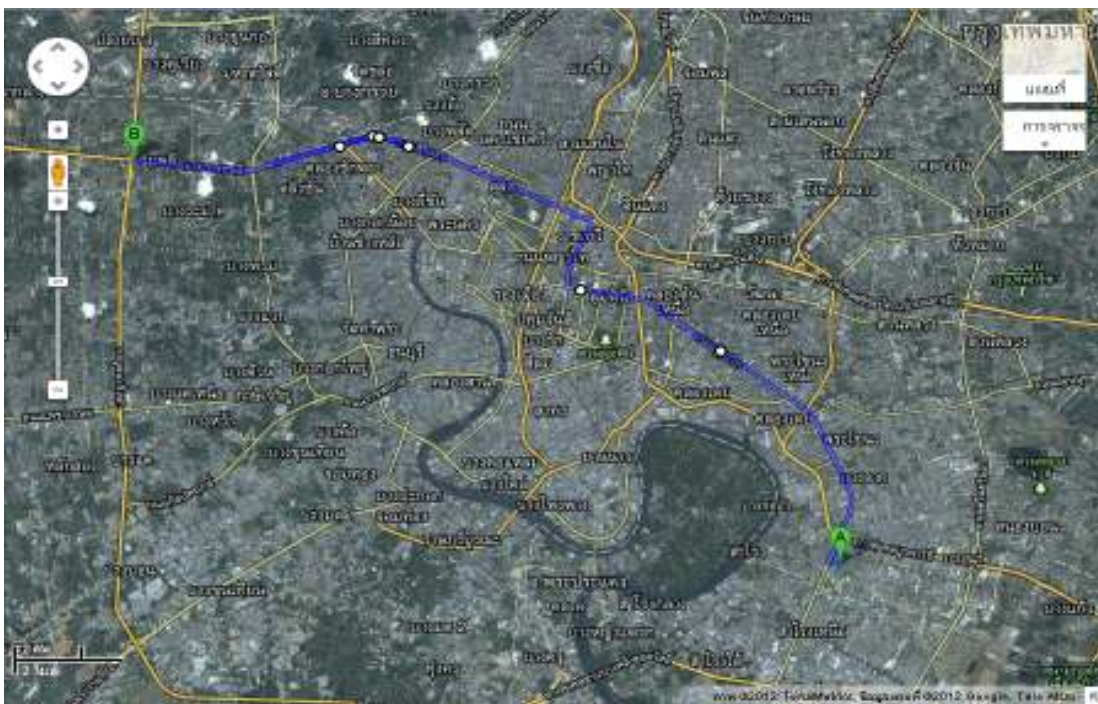
*ประกอบด้วย 1.มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 2.กรมอตุณิยมวิทยา 3.คลองจั่น 4.นนทบุรี 5.อินทพรพิทักษ์ 6.ดินแดง 7.บดินทรเดชา 8.ไปรษณีย์ราชบุรีบูรณะ 9.จันทระเกษม 10.ห้วยขวาง 11.สิงหราช 12.ลาดพร้าว 13.กรมประชาสัมพันธ์

3.2 การศึกษาภาคสนาม

การกำหนดพื้นที่การศึกษา พิจารณาจากปริมาณการเกิดมลพิษอากาศในบริเวณเส้นทางจราจรที่มีการเกิดมลพิษอากาศ เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณมลพิษอากาศที่ได้จากแบบจำลองโดย ทำการเลือกเส้นทางบนถนนสุขุมวิทเริ่มตั้งแต่แยกบางนา เลี้ยวขวาเข้าถนนพญาไท เลี้ยวซ้ายถนนราชวิถีและตรงไปจนถึงแยกพุทธมณฑลสาย 2 เนื่องจากเส้นทางนี้ผ่านกลางกรุงเทพมหานครรวมทั้งย่านธุรกิจ การค้า ชุมชนที่รวมถึงเป็นบริเวณที่มีการจราจรอย่างหนาแน่นตลอดทั้งวัน ทางผู้วิจัยจึงเลือกเส้นทางนี้เพื่อเป็นตัวแทนบริเวณที่มีมลพิษอากาศของกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษในกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงเส้นทางการเก็บตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานคร

3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.3.1 วัสดุอุปกรณ์และการเตรียมการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแก๊สจะใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality Monitor: IAQ) เก็บตัวอย่างแก๊สในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร เครื่อง IAQ มีหลักการเก็บตัวอย่างคือ เครื่องจะดูดอากาศเข้าไปในตัวเครื่องผ่านเซ็นเซอร์อ่านค่ามลพิษอากาศแล้วปล่อยออก หลังจากนั้นเครื่องก็จะแสดงค่ามลพิษอากาศออกมา ดังนั้นก่อนทำการตรวจวัดทุกครั้งต้องทำการสอบเทียบเครื่องโดยการใช้แก๊สมาตรฐานสำหรับการสอบเทียบ (Calibration Gas)

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ อีก คือ เทปขาว กรรไกร แบตเตอรี่ สายไฟ คีมปากแหลม ถุงพลาสติก เครื่อง GPS



ภาพที่ 3.3 ชุดเก็บตัวอย่างที่ทำการตรวจวัด

3.3.2 ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณเส้นทางที่กำหนด ในช่วงฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศแห้งและไม่มีฝนตก เนื่องจากข้อมูลมลพิษอากาศอาจมีการแปรผันสูง โดยจะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาประมาณ 9.00 – 12.00 น. เป็น 3 ซ้ำโมง ติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน

3.3.3 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างแก๊ส มีขั้นตอนดังนี้

- ประกอบอุปกรณ์ได้แก่ เครื่อง IAQ สายยาง หัวกรองฝุ่น เข้าด้วยกัน ทำการติดตั้งอุปกรณ์บนรถยนต์ดังภาพ 3.3 และทำการตรวจวัดตลอดเส้นทางการเดินทางรถดังภาพ 3.2

- ติดเครื่องมือให้แน่นด้วยเทปกาวยโดยเฉพาะสายยางสำหรับให้เครื่องดูดอากาศเข้า โดยให้หัวกรองฝุ่นลอยอยู่สูงจากพื้น ในตำแหน่งคว่ำลงและต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางเข้าของอากาศสู่เครื่อง
- เปิดเครื่อง IAQ และทำการขับเคลื่อนรถยนต์เพื่อทำการเก็บตัวอย่าง
- ดำเนินการเก็บตัวอย่างจนครบตามเส้นทางที่กำหนด
- ปิดเครื่อง IAQ และทำการนำข้อมูลออกมาสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

3.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊ส

การวิเคราะห์ตัวอย่างของแก๊สหลังจากทำการเก็บตัวอย่าง จะทำการดึงข้อมูลออกจากเครื่อง IAQ มาไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม ProRAE-Suite แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล

Date	Time	NO2 (ppm)	VOC (ppm)	CO2 (ppm)	H ₂ S (%)	Temp (degC)
02/18/2012	16:00	0.0	0.00	808	0.1	28.4
02/18/2012	16:05	0.0	0.00	807	0.0	28.5
02/18/2012	16:07	0.0	0.00	804	0.0	28.4
02/18/2012	16:08	0.0	0.00	808	0.0	28.2
02/18/2012	16:09	0.0	0.00	798	0.0	28.1
02/18/2012	16:10	0.0	0.00	792	0.0	28.2
02/18/2012	16:11	0.0	0.00	792	0.1	28.2
02/18/2012	16:53	0.0	0.00	794	0.1	28.2
02/18/2012	16:53	0.0	0.00	797	0.0	28.2
02/18/2012	16:54	0.0	0.00	793	0.0	28.1
02/18/2012	16:55	0.0	0.00	798	0.0	28.1
02/18/2012	16:59	0.0	0.00	798	0.1	28.2
02/18/2012	16:57	0.0	0.00	797	0.0	28.2
02/18/2012	16:58	0.0	0.00	797	0.0	28.1
02/18/2012	16:58	0.0	0.00	797	0.0	28.1
02/18/2012	16:59	0.0	0.00	792	0.0	28.2
02/18/2012	17:00	0.0	0.00	797	0.0	28.1
02/18/2012	17:01	0.0	0.00	777	0.0	28.1
02/18/2012	17:02	0.0	0.00	798	0.0	28.2
02/18/2012	17:03	0.0	0.00	798	0.0	28.2
02/18/2012	17:04	0.0	0.00	798	0.1	27.9
02/18/2012	17:05	0.0	0.00	797	0.1	28.0
02/18/2012	17:06	0.0	0.00	797	0.1	28.1
02/18/2012	17:07	0.0	0.00	794	0.0	28.1
02/18/2012	17:08	0.0	0.00	798	0.0	28.1

ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างตารางข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดแก๊ส NO₂, VOC, CO₂

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

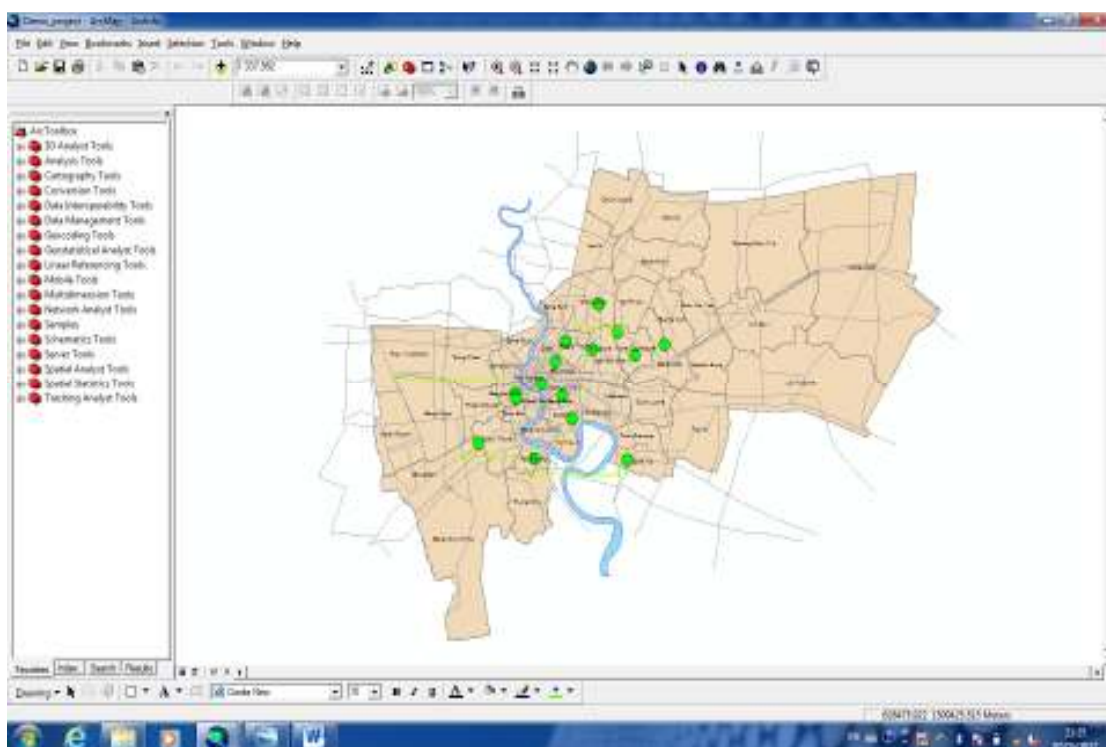
3.4.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของข้อมูลจากสถานีตรวจวัดและ รายงานค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

3.4.2 การจัดกลุ่มข้อมูลของมลพิษอากาศ เพื่อหาบริเวณการกระจายตัวของมลพิษในบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดรูปแบบการเข้ากลุ่มข้อมูลที่เหมือนกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันและต่างกลุ่มกันก็จะมีลักษณะที่แตกต่างออกไป ทำให้สามารถแยกบริเวณของมลพิษได้อย่างชัดเจน การวิเคราะห์จะใช้วิธี k-means โดยกำหนดให้มีค่า $k = 7$

- นำข้อมูลมลพิษอากาศที่ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลทำการวิเคราะห์ โดยโปรแกรม MATLAB2009

- วิเคราะห์ข้อมูล ทำการแบ่งกลุ่ม ข้อมูลเหมือนกันอยู่กลุ่มเดียวกัน โดยกำหนดให้ค่า $k = 7$

- แสดงข้อมูลในรูปแบบของตารางและแผนที่การกระจายตัวของมลพิษอากาศ โดยโปรแกรม ArcGIS



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างโปรแกรม ArcGIS ที่ใช้ในการจัดทำข้อมูล

3.4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศ

นำค่ามลพิษอากาศมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันในแต่ละคู่ โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กำหนด $p \leq 0.05$ สำหรับการทดสอบ ทำการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS Version 16.0

3.4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวิทยา

นำค่าดัชนีมวิทยามาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันในแต่ละคู่ โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กำหนด $p \leq 0.05$ สำหรับการทดสอบ ทำการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS Version 16.0

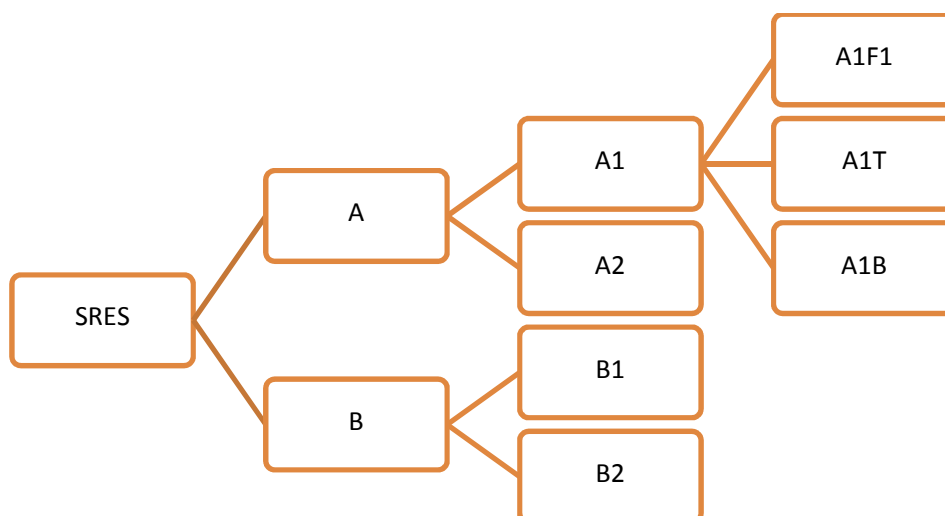
3.4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวิทยามาและมลพิษอากาศ

นำค่าดัชนีมวิทยามาและมลพิษอากาศมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันในแต่ละคู่ โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กำหนด $p \leq 0.05$ สำหรับการทดสอบ ทำการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS Version 16.0

3.4.6 สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของกรุงเทพมหานคร

- นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมเข้าฐานข้อมูลของการสร้างแบบจำลอง
- สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยแบบจำลอง SimCLIM

ซึ่งในการจัดทำแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จำเป็นจะต้องมีการกำหนดภาพการจำลองการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่มาจากรายงานพิเศษเรื่องการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของ IPCC (IPCC Special Report on Emission Scenario: SRES) ซึ่งทำการแบ่งภาพการจำลองการปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกเป็น 2 แบบใหญ่ คือ แบบ A เป็นการกำหนดโดยให้ความสำคัญกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นหลักและ แบบ B กำหนดให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ นอกจากนี้ ภาพการจำลองการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในแต่ละแบบยังสามารถแบ่งย่อยออกได้อีกดังนี้



ภาพที่ 3.6 SRES แบบต่างๆ ตามรายงานของ IPCC

การศึกษานี้ใช้มีการใช้ SRES ใน 3 รูปแบบ คือ

A1F1 (Fossil intensive) เป็นสถานการณ์การพัฒนาที่ขึ้นอยู่กับพลังงานต่างๆ เช่น น้ำมัน ถ่านหินอย่างมาก

A1B (Balance of all sources) เป็นสถานการณ์ที่มีการพัฒนาที่มีความสมดุลของแหล่งพลังงาน ไม่เน้นการใช้พลังงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งทั้งพลังงานฟอสซิลหรือพลังงานหมุนเวียน แต่มีการผสมผสานการใช้พลังงานทั้ง 2 รูปแบบไปพร้อมๆ กัน

A2 เป็นสถานการณ์การพัฒนาของโลกในอนาคตที่มีความหลากหลาย มีการพึ่งตนเองมากขึ้นภายในภูมิภาค มีการอนุรักษ์เอกลักษณ์ท้องถิ่น จำนวนประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค ส่วนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีช้ากว่าแบบอื่นๆ

โปรแกรมการสร้างแบบจำลอง SimCLIM จะทำการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีสมการในรูปทั่วไปดังนี้

$$\text{Future temperature} = \text{Present temperature} + (\text{MAGICC value} * \text{Standardised GCM pattern of temperature change, in } ^\circ\text{C}) \quad (3.1)$$

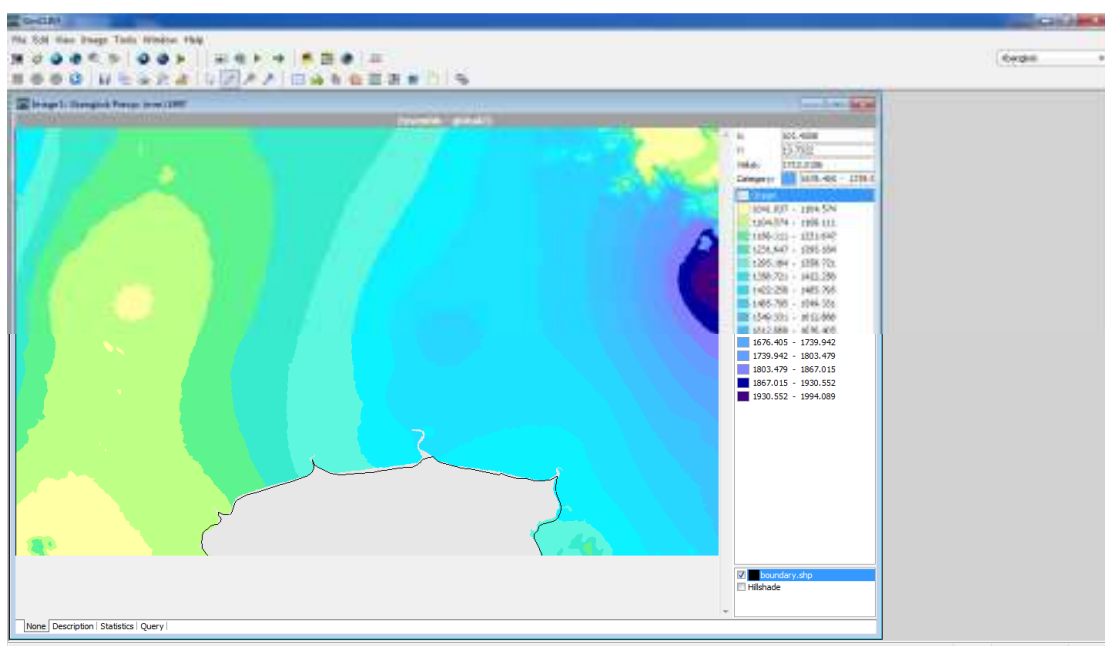
$$\text{Future precipitation} = \text{Present precipitation} + (\text{MAGICC value} * \text{Standardised GCM pattern of } t \text{ precipitation change, in } ^\circ\text{C}) \quad (3.2)$$

และข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย

ข้อมูลมลพิษอากาศ คือ CO

ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย คือ ปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเข้มแสง

นอกจากนี้ยังทำการกำหนดแบบจำลองภูมิอากาศโลก หรือ General Circulation Model (GCMs) ที่มีอยู่ในการสร้างแบบจำลอง SimCLIM ทั้งหมด 21 แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 1. BCCRBCM2 2. CCCMA-31 3. CCSM—30 4. CNRM-CM3 5. CSIRO-30 6. CSIRO-35 7. ECHO—G 8. FGOALS1G 9. GFDLCM20 10. GFDLCM21 11. GISS—EH 12. GISS—ER 13. INMCM-30 14. IPSL_CM4 15. MIROC-HI 16. MIROCMED 17. MPIECH-5 18. MRI-232A 19. NCARPCM1 20. UKHADCM3 และ 21. UKHADGEM



ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างโปรแกรมการสร้างแบบจำลอง SimCLIM

- แสดงผลการสร้างแบบจำลอง โดยแผนที่ที่จัดทำจากโปรแกรม ArcGIS

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์มลพิษอากาศ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมลพิษอากาศจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2540 – 2553 จากสถานีตรวจวัดมลพิษอากาศในกรุงเทพมหานครจำนวน 13 สถานี ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณมลพิษอากาศแยกตามสถานีตรวจวัด

สถานี	มลพิษอากาศ*	n	Max	Min	Mean	S.D**
กรมประชาสัมพันธ์	CO	21317	4.7	0	0.331	0.4267
	O ₃	21317	172	0	14.68	18.469
	SO ₂	21317	25	0	1.75	1.715
	NO _x	21317	347	0	32.98	29.365
	PM ₁₀	21317	242	1	39.72	27.505
กรมอุตุนิยมวิทยา	CO	18775	5.9	0	0.716	0.5609
	O ₃	18775	151	0	16.13	14.238
	SO ₂	18775	46	0	4.70	3.168
	NO _x	18775	344	0	32.33	29.018
	PM ₁₀	18775	264	1	41.32	2.574
คลองจั่น	CO	95783	7.0	0	0.765	0.5467
	O ₃	95783	193	0	18.52	20.241
	SO ₂	95783	150	0	5.880	5.277
	NO _x	95783	454	0	38.34	36.247
	PM ₁₀	95783	451	1	43.94	27.740

*CO หน่วยคือ ppm, O₃, SO₂ และ NO_x หน่วยคือ ppb, PM₁₀ หน่วยคือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**S.D คือ Standard Deviation

ตารางที่ 4.1 ปริมาณมลพิษอากาศแยกตามสถานีตรวจวัด (ต่อ)

สถานี	มลพิษอากาศ*	n	Max	Min	Mean	S.D**
จันทระเกษม	CO	4692	4.4	0	0.957	0.5146
	O ₃	4692	129	0	18.75	17.645
	SO ₂	4692	14	0	2.68	2.017
	NO _x	4692	458	6	43.86	33.880
	PM ₁₀	4692	295	0	52.93	32.033
ดินแดง	CO	93586	1.4	0	1.986	1.423
	O ₃	93586	106	0	6.21	7.876
	SO ₂	93586	144	0	7.67	8.228
	NO _x	93586	938	0	173.18	135.537
	PM ₁₀	93586	953	1	75.68	54.225
นนทบุรี	CO	98300	8.1	0	0.758	0.5115
	O ₃	98300	142	0	13.89	15.542
	SO ₂	98300	170	0	7.23	6.964
	NO _x	98300	452	0	52.61	34.770
	PM ₁₀	98300	592	1	54.97	34.691
บดินทรเดชา	CO	40698	6.4	0	0.845	0.5741
	O ₃	40698	155	0	17.93	18.537
	SO ₂	40698	39	0	5.23	2.966
	NO _x	40698	470	0	39.19	34.282
	PM ₁₀	40698	276	1	39.41	23.084
ไปรษณีย์ราชบุรณะ	CO	10868	5.2	0	0.382	0.4100
	O ₃	10868	153	0	18.88	15.032
	SO ₂	10868	49	0	2.09	2.888
	NO _x	10868	337	1	36.66	38.237
	PM ₁₀	10868	189	1	23.86	19.684

*CO หน่วยคือ ppm, O₃, SO₂ และ NO_x หน่วยคือ ppb, PM₁₀ หน่วยคือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**S.D คือ Standard Deviation

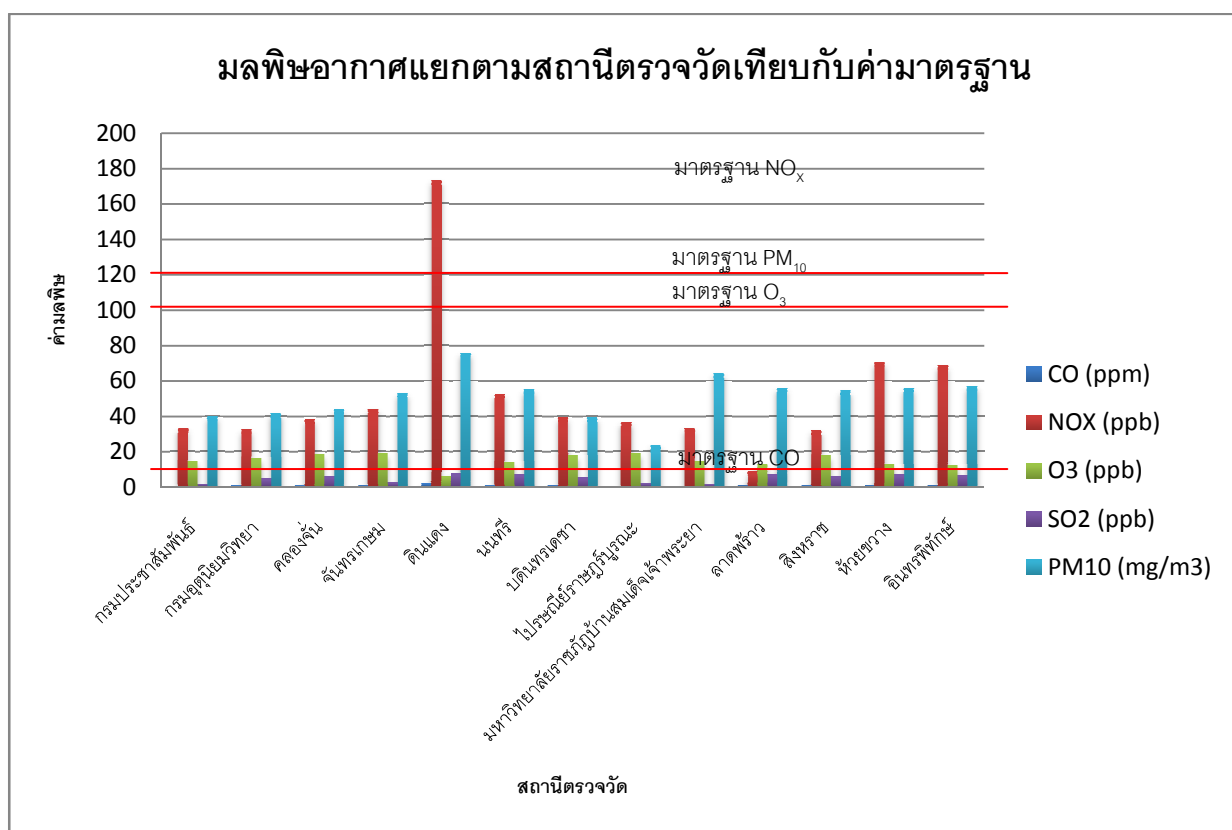
ตารางที่ 4.1 ปริมาณมลพิษอากาศแยกตามสถานีตรวจวัด (ต่อ)

สถานี	มลพิษอากาศ*	n	Max	Min	Mean	S.D**
สถาบันราชภัฏบ้าน	CO	16986	4.5	0	0.253	0.4201
สมเด็จพระเจ้าพระยา	O ₃	16986	139	0	14.75	1.556
	SO ₂	16986	23	0	1.42	1.617
	NO _x	16986	356	0	33.22	29.262
	PM ₁₀	16986	489	2	64.17	3.673
ลาดพร้าว	CO	97259	33.7	0	1.235	0.7877
	O ₃	97259	136	0	12.74	12.552
	SO ₂	97259	123	0	7.10	6.218
	NO _x	97259	4.76	0	8.77	4.480
	PM ₁₀	97259	881	1	56.01	41.662
สิงหราช	CO	93119	12	0	0.92	0.720
	O ₃	93119	181	0	17.70	18.109
	SO ₂	93119	110	0	6.01	5.274
	NO _x	93119	395	0	32.19	31.066
	PM ₁₀	93119	494	0	54.49	39.156
ห้วยขวาง	CO	100725	10	0	1.095	0.6446
	O ₃	100725	190	0	12.62	15.349
	SO ₂	100725	177	0	7.17	6.636
	NO _x	100725	500	0	70.25	42.826
	PM ₁₀	100725	928	1	55.79	37.365
อินทพรพิทักษ์	CO	98397	8.7	0	1.192	0.7789
	O ₃	98397	145	0	12.46	14.528
	SO ₂	98397	123	0	6.711	5.901
	NO _x	98397	456	0	68.44	43.723
	PM ₁₀	98397	765	0	56.76	41.663

*CO หน่วยคือ ppm, O₃, SO₂ และ NO_x หน่วยคือ ppb, PM₁₀ หน่วยคือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**S.D คือ Standard Deviation

จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณของมลพิษอากาศที่ประกอบด้วย CO, O₃, SO₂, NO_x และ PM₁₀ ในเขตของกรุงเทพมหานครจะพบมากที่สุดบริเวณสถานีตรวจวัดดินแดง ส่วนสถานีตรวจวัดอื่นๆ ก็ยังตรวจพบปริมาณมลพิษอากาศที่มีค่าแตกต่างกันไปตามสถานี จากการวิเคราะห์สภาพพื้นที่ของสถานีตรวจวัดดินแดงทำให้ทราบได้ว่า การที่สถานีตรวจวัดดินแดงวัดค่าของมลพิษอากาศได้มากที่สุดกว่าทุกๆ สถานีตรวจวัดที่ทำการศึกษา เนื่องจากบริเวณของสถานีตรวจวัดอยู่บริเวณจุดอับ การถ่ายเทของอากาศไม่สะดวก อีกทั้งบริเวณรอบๆ จุดตรวจวัดยังเป็นตึกและสะพานโดยรอบ รวมทั้งบริเวณที่ทำการตรวจวัดนั้นมีการจราจรหนาแน่นตลอดทั้งวัน จึงน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้บริเวณสถานีตรวจวัดดินแดง เป็นจุดตรวจวัดที่พบค่ามลพิษอากาศสูงสุดในทุกสถานีตรวจวัดที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศทุกสถานีตรวจวัดเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ

จากภาพที่ 4.1 กราฟที่แสดงค่าตรวจวัดมลพิษอากาศทุกสถานีของกรุงเทพมหานคร เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานมลพิษอากาศของกรมควบคุมมลพิษพบว่า NO_x เป็นมลพิษอากาศที่มีค่า 173.18 ppb ซึ่งเป็นค่าที่เกินค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ โดยค่ามาตรฐานอยู่ที่ 170 ppb ส่วนมลพิษอากาศตัวอื่นๆ ไม่มีค่าเกินค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ และกราฟยังแสดงให้เห็นถึงค่าของมลพิษแต่ละสถานีตรวจวัด โดยค่ามาตรฐานของ CO , SO_2 , O_3 และ PM_{10} มีค่า 9 ppm, 300 ppb, 100 ppb และ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นใน	
	เวลา	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 มคก./ลบ.ม.)
5. ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
8. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

หมายเหตุ 1. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect)

2. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect)

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศ

การดำเนินการศึกษาครั้งนี้ ทำการรวบรวมข้อมูลมลพิษอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมควบคุมมลพิษจำนวน 13 สถานีตรวจวัดซึ่งจากข้อมูลที่ได้นี้น่าจะมีความสัมพันธ์กัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศแต่ละชนิดทั้ง 5 ชนิด จะใช้การทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation: r) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS Version 16.0 ได้แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ระหว่าง CO, O₃, SO₂, NO_x และ PM₁₀

มลพิษอากาศ	CO	O ₃	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
CO	1	-0.223	0.373	0.734	0.534
O ₃	-0.223	1	-0.116	-0.294	-0.080
SO ₂	0.373	-0.116	1	0.364	0.373
NO _x	0.734	-0.294	0.364	1	0.481
PM ₁₀	0.534	-0.080	0.373	0.481	1

จากตารางที่ 4.3 พบว่าทุกคู่ของความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) บอกระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวซึ่งค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 หรือ -1 ($-1 < r < 1$) จะแสดงถึงความสัมพันธ์ที่มีต่อกันสูง (ไม่ได้พิจารณาถึงเครื่องหมายว่า + หรือ - แต่เครื่องหมายดังกล่าวแสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันหรือแปรผกผันกัน) และถ้าค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0 จะแสดงถึงคู่ที่มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ในทางสถิติจะนิยมพิจารณาค่า r^2 มากกว่าค่า r เนื่องจากสามารถอ่านค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ($1 < r^2 < 0$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศทั้ง 5 ชนิด ที่เกิดจากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันทั้ง 13 สถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ คู่ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดมีค่า 0.734 คือ คู่ของ CO กับ NO_x ด้วยความสัมพันธ์กันที่สูงนี้ การทำนายค่าตัวแปรตัวหนึ่งด้วยตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีความแม่นยำสูง ส่วนตัวแปรอื่นที่มีความสัมพันธ์กับ O₃ จะพบว่ามีค่าติดลบ คือ มีความสัมพันธ์ในทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าอุตุนิยมวิทยา

การดำเนินการศึกษาครั้งนี้ ทำการรวบรวมข้อมูลมลพิษอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมควบคุมมลพิษจำนวน 13 สถานีตรวจวัดซึ่งจากข้อมูลที่ได้นี้น่าจะมีความสัมพันธ์กัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าอุตุนิยมวิทยาแต่ละค่าทั้ง 5 ค่า จะใช้การทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation): r และทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS Version 16.0 ได้แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ระหว่าง ปริมาณน้ำฝน (P) อุณหภูมิ (T) ความเร็วลม (W) ความชื้น (H) ความเข้มแสง (R)

อุตุนิยมวิทยา	P	T	W	H	R
P	1	-0.050	0.019	0.081	-0.042
T	-0.050	1	0.152	-0.464	0.557
W	0.019	0.152	1	-0.722	-0.069
H	0.081	-0.464	-0.722	1	-0.208
R	-0.042	0.557	-0.069	-0.208	1

จากตารางที่ 4.4 พบว่าทุกคู่ของความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) บอกระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวซึ่งค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 หรือ -1 ($-1 < r < 1$) จะแสดงถึงความสัมพันธ์ที่มีต่อกันสูง (ไม่ได้พิจารณาถึงเครื่องหมายว่า + หรือ - แต่เครื่องหมายดังกล่าวแสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันหรือแปรผกผันกัน) และถ้าค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0 จะแสดงถึงคู่ที่มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ในทางสถิติจะนิยมพิจารณาค่า r^2 มากกว่าค่า r เนื่องจากสามารถอ่านค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ($1 < r^2 < 0$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าอุตุนิยมวิทยาทั้ง 5 ค่า ที่เกิดจากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันทั้ง 13 สถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ คู่ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดมีค่า -0.722 คือ คู่ของ W. กับ H. แต่เป็นความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันคือ เมื่อ

ความเร็วลมเพิ่มขึ้นความชื้นในบรรยากาศจะมีค่าลดลง ด้วยความสัมพันธ์ที่สูงนี้ การทำนายค่าตัวแปรตัวหนึ่งด้วยตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีความแม่นยำสูง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่ารองลงมามีค่า 0.557, -0.464 คือ T กับ G และ T กับ H ตามลำดับ แต่ค่าของ T กับ H เป็นความสัมพันธ์ที่แปรผกผันซึ่งกันและกันหรือคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความชื้นในบรรยากาศจะมีค่าลดลงกลุ่มต่อมาคือค่า -0.208, 0.152 คือค่าของ H. กับ G, T กับ W ตามลำดับ ถึงแม้ว่าค่าของความสัมพันธ์จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าความสัมพันธ์ของกลุ่มแรกแต่ยังคงมีความสัมพันธ์กัน ส่วนค่าความสัมพันธ์ระหว่าง H กับ G เป็นความสัมพันธ์ที่แปรผกผันซึ่งกันและกันหรือคือ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นความเข้มแสงจะลดลง

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กลุ่มสุดท้ายมีค่า 0.081, -0.069, -0.050, -0.042 และ 0.019 คือค่าของ P กับ H, W กับ G, P กับ T, P กับ G และ P กับ W ตามลำดับ กลุ่มนี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นแต่ยังมีความสัมพันธ์กัน ส่วนค่าความสัมพันธ์ของ W กับ G, P กับ T และ P กับ G เป็นความสัมพันธ์ที่แปรผกผันซึ่งกันและกันกล่าวคือเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นความเข้มแสงจะลดลง ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะลดลงและเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นความเข้มแสงจะลดลง

4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมลพิษอากาศกับค่าอุณหภูมิมิถวิทยา

ตารางที่ 4.5 สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ระหว่างมลพิษอากาศกับค่าอุณหภูมิมิถวิทยา

	CO	O ₃	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	P	T	W	H	R
CO	1	-0.223	0.373	0.734	0.534	-0.009	-0.057	-0.048	0.010	-0.038
O ₃	-0.223	1	-0.116	-0.294	-0.080	-0.003	0.165	0.030	-0.088	-0.084
SO ₂	0.373	-0.116	1	0.364	0.373	0.010	-0.037	-0.015	0.007	0.006
NO _x	0.734	-0.294	0.364	1	0.481	-0.015	-0.073	-0.034	0.028	-0.036
PM ₁₀	0.534	-0.080	0.373	0.481	1	0.011	-0.057	-0.035	0.007	-0.007
P	-0.009	-0.057	-0.048	0.010	-0.038	1	-0.050	0.019	0.081	-0.042
T	-0.003	0.165	0.030	-0.088	-0.084	-0.050	1	0.152	-0.464	0.557
W	0.010	-0.037	-0.015	0.007	0.006	0.019	0.152	1	-0.722	-0.069
H	-0.015	-0.073	-0.034	0.028	-0.036	0.081	-0.464	-0.722	1	-0.208
R	0.011	-0.057	-0.035	0.007	-0.007	-0.042	0.557	-0.069	-0.208	1

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างชุดของข้อมูลเพื่อดูความคู่ของความสัมพันธ์ ตลอดจนระดับนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งการหาความสัมพันธ์นี้จะใช้การทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation): ค่า r ได้ผลดังตารางที่ 4.5 พบว่า คู่ความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดคือ O₃ กับ T มีค่า 0.165 และ ส่วนคู่ความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยที่สุดคือ SO₂ กับ G มีค่า 0.006 คู่ของ SO₂ กับ H, PM₁₀ กับ H และ PM₁₀ กับ G มีค่า 0.007 และคู่ของ CO กับ H, SO₂ กับ P มีค่า 0.010 ซึ่งถือว่ามี ความสัมพันธ์กันน้อยมากแต่ยังมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.5 การจัดกลุ่มข้อมูลของมลพิษอากาศ

การจัดกลุ่มข้อมูลหรือการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis) เป็นเทคนิคที่มีการแบ่งกลุ่มของข้อมูลออกเป็นอย่างน้อย 2 กลุ่มย่อย โดยมีหลักการว่า ให้กลุ่มของข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกันหรือเหมือนกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันและกลุ่มของข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกันให้อยู่ต่างกลุ่มกัน K-Means Cluster Analysis เป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยเมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก โดยกำหนดจำนวนกลุ่มให้มีจำนวน k กลุ่ม การดำเนินการจะมีการทำงานหลายๆ รอบ ในแต่ละรอบจะมีการรวมข้อมูลให้ไปอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง โดยเลือกกลุ่มข้อมูลที่มีระยะห่างจากค่ากลางของกลุ่มน้อยที่สุด แล้วทำการคำนวณค่ากลางของกลุ่มใหม่ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งค่ากลางของกลุ่มไม่เป็นแปลงหรือครบตามจำนวน k ที่กำหนด โดยมีสมการทั่วไปดังนี้

$$I = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i - c_j\|^2 \quad (4.1)$$

โดยที่ k คือ จำนวนของคลัสเตอร์

X_i คือ ข้อมูลจุดที่ i

C_j คือ เป็นค่ากึ่งกลางกลุ่ม

n คือ จำนวนข้อมูลที่เป็นตัววัดระยะทางระหว่างข้อมูลจุดที่ X_i และ ค่ากึ่งกลางกลุ่มที่ C_j

J คือ ค่ากึ่งกลางของกลุ่มใหม่

ขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-Means Cluster Analysis มีดังนี้

1. จัดกลุ่มข้อมูลออกเป็น k กลุ่ม โดยอาจจะทำการแบ่งกลุ่มออกอย่างคร่าวๆ ก่อน เพื่อทำการประมาณค่า k
2. คำนวณหาจุดกึ่งกลาง (ค่าเฉลี่ย) กลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่ม
3. คำนวณระยะห่างจากข้อมูลแต่ละตัวไปยังจุดกึ่งกลาง (ค่าเฉลี่ย) ของข้อมูลแต่ละกลุ่ม และพิจารณาเปลี่ยนข้อมูลไปยังกลุ่มที่มีระยะห่างต่ำสุด
4. ทำการย้ายข้อมูลไปยังกลุ่มต่างๆ โดยพิจารณาจากค่าที่คำนวณได้ในข้อ 3.

ถ้าในข้อ 4. ไม่มีการย้ายข้อมูลไปยังกลุ่มต่างๆ แล้ว แสดงว่ากลุ่มที่แบ่งได้นั้นมีความเหมาะสม แต่ถ้ายังมีการย้ายข้อมูลเข้าหรือออกจากกลุ่ม จะต้องทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 อีกครั้งจนกว่าจะไม่มีมีการย้ายข้อมูลอีก

การศึกษากำหนดกลุ่มข้อมูลนี้ใช้ข้อมูลมลพิษอากาศของกรมควบคุมมลพิษจาก 13 สถานีตรวจวัดและข้อมูลค่าอนุภาคมิถวิทยาจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ช่วงของข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2553 จากการศึกษาการจำกัดกลุ่มข้อมูลทำการศึกษาทำการศึกษาในช่วงเวลานั้น เพื่อจะศึกษาบริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศของกรุงเทพมหานครในเวลาใกล้เคียงกับช่วงเวลาปัจจุบัน โดยการจำกัดกลุ่มข้อมูลที่ศึกษาทำการเปรียบเทียบปริมาณมลพิษอากาศของกรุงเทพมหานครจะทำการเปรียบเทียบมลพิษอากาศด้วยภาพการกระจายตัวของมลพิษอากาศระหว่างปี พ.ศ. 2548 กับ พ.ศ. 2553 เพื่อดูความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบบริเวณที่มลพิษอากาศมีการกระจายตัว

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยค่าอนุภาคมิถวิทยาปี พ.ศ. 2548 – 2553

ปี	อุณหภูมิ	ปริมาณฝน	ความชื้น	ความเร็วลม	ความเข้มแสง
2548	28.7	137.61	69.2	1.4	6.02
2549	28.9	133.22	67.7	1.3	6.38
2550	29.0	140.35	68.7	1.3	6.35
2551	28.8	158.53	67.6	1.2	6.16
2552	29.3	205.88	66.2	1.3	7.10
2553	29.7	166.14	69.2	1.3	7.58
Mean	29.06	156.95	68.10	1.30	6.59
S.D.	0.37	27.18	1.16	0.06	0.60

จากตารางที่ 4.6 ปี พ.ศ. 2553 มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงที่สุดใน 6 ปีที่ทำการศึกษาคือ 29.7 องศาเซลเซียส รองลงมาได้แก่ ปี พ.ศ. 2552, 2550, 2549, 2551 และ 2548 คือ 29.3, 29.0, 28.9, 28.8 และ 28.7 ตามลำดับ ปี พ.ศ. 2552 เป็นปีที่มีปริมาณฝนสูงสุด คือ 205.88 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ปี พ.ศ. 2553, 2551, 2550, 2548 และ 2549 คือ 166.14, 158.53, 140.35, 137.61 และ 133.22 ตามลำดับ ปีที่มีปริมาณความชื้นเท่ากันคือปี พ.ศ. 2548 กับ 2553 คือ 69.2

เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ปี พ.ศ. 2550, 2549, 2551, 2552 คือ 68.7, 67.7, 67.6, 66.2 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วลมมีปีที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน 4 ปี คือ พ.ศ. 2549, 2550, 2552, 2553 คือ 1.3 เมตรต่อวินาที ปีที่มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมสูงสุดคือปี พ.ศ. 2548 คือ 1.4 เมตรต่อวินาทีและปีที่มีค่าเฉลี่ยน้อยสุดคือปี พ.ศ. 2551 คือ 1.2 เมตรต่อวินาทีและความเข้มแสงมีปีที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ พ.ศ. 2553 มีค่า 7.58 รองลงมาคือ ปี พ.ศ. 2552, 2549, 2550, 2551, 2548 คือ 7.10, 6.38, 6.35, 6.02 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับมลพิษอากาศแยกตามฤดู

2548	ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม)		ฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม)		ฤดูหนาว (ตุลาคม-มกราคม)	
	Correlation	Sig.	Correlation	Sig.	Correlation	Sig.
SO ₂ (ppb)	-0.084	0.000	-0.231	0.000	-0.190	0.000
NO ₂ (ppb)	-0.414	0.000	-0.287	0.000	-0.174	0.000
CO (ppm)	-0.212	0.000	-0.256	0.000	-0.228	0.000
O ₃ (ppb)	0.417	0.000	0.729	0.000	0.456	0.000
PM ₁₀ (µg/m ³)	-0.169	0.000	-0.151	0.000	-0.247	0.000
2553	ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม)		ฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม)		ฤดูหนาว (ตุลาคม-มกราคม)	
	Correlation	Sig.	Correlation	Sig.	Correlation	Sig.
SO ₂ (ppb)	-0.106	0.000	-0.142	0.000	-0.239	0.000
NO ₂ (ppb)	-0.325	0.000	-0.233	0.000	-0.103	0.000
CO (ppm)	-0.042	0.037	-0.290	0.000	-0.124	0.000
O ₃ (ppb)	0.411	0.000	0.496	0.000	0.513	0.000
PM ₁₀ (µg/m ³)	-0.048	0.011	-0.089	0.000	-0.145	0.000

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับมลพิษอากาศแยกตามฤดู พบว่า ทั้งในปี พ.ศ. 2548 และ 2553 มลพิษอากาศที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิมากที่สุดคือ O_3 โดยในปี พ.ศ. 2548 มีความสัมพันธ์กันในฤดูฝนและในปี พ.ศ. 2553 มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิมากที่สุดใฤดูหนาว แต่ค่าความสัมพันธ์ของ O_3 กับ อุณหภูมิ ในปี พ.ศ. 2553 ระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นอาจจะสรุปได้ว่า O_3 กับ อุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กันในฤดูฝน

ตารางที่ 4.8 ค่ากึ่งกลาง (ค่าเฉลี่ย) ของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

Cluster(n)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	CO (ppm)	O ₃ (ppb)	PM ₁₀ (µg/m ³)
1(39)	4.74	30.34	0.98	16.64	58.83
2(12)	4	40.30	1.14	13.01	88.24
3 (3)	5.93	52	2.33	4.26	140.66
4(85)	4.68	18.28	0.73	13.28	27.209
5(63)	6.57	31.36	1.02	17.97	41.388
6 (2)	6.9	29.7	1.05	14	457.95
7(48)	4.07	14.82	0.61	19.90	39.934

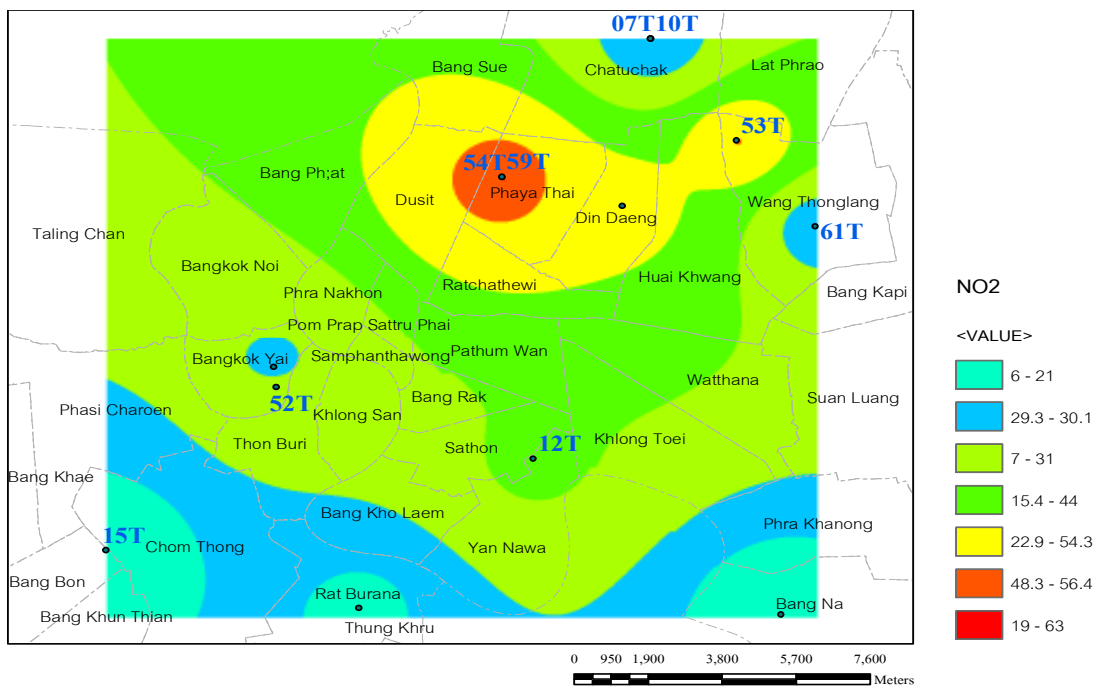
ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนกลุ่มที่สามารถแบ่งได้และค่ากึ่งกลางของแต่ละกลุ่มพบว่า จากการคำนวณค่า K แล้ว สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลออกได้ทั้งหมด 7 กลุ่ม และในแต่ละกลุ่มจะมีจำนวนข้อมูลที่ไม่เท่ากัน กลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลมากที่สุดคือ กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลน้อยที่สุดคือ กลุ่มที่ 6

ตารางที่ 4.9 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของมลพิษอากาศ

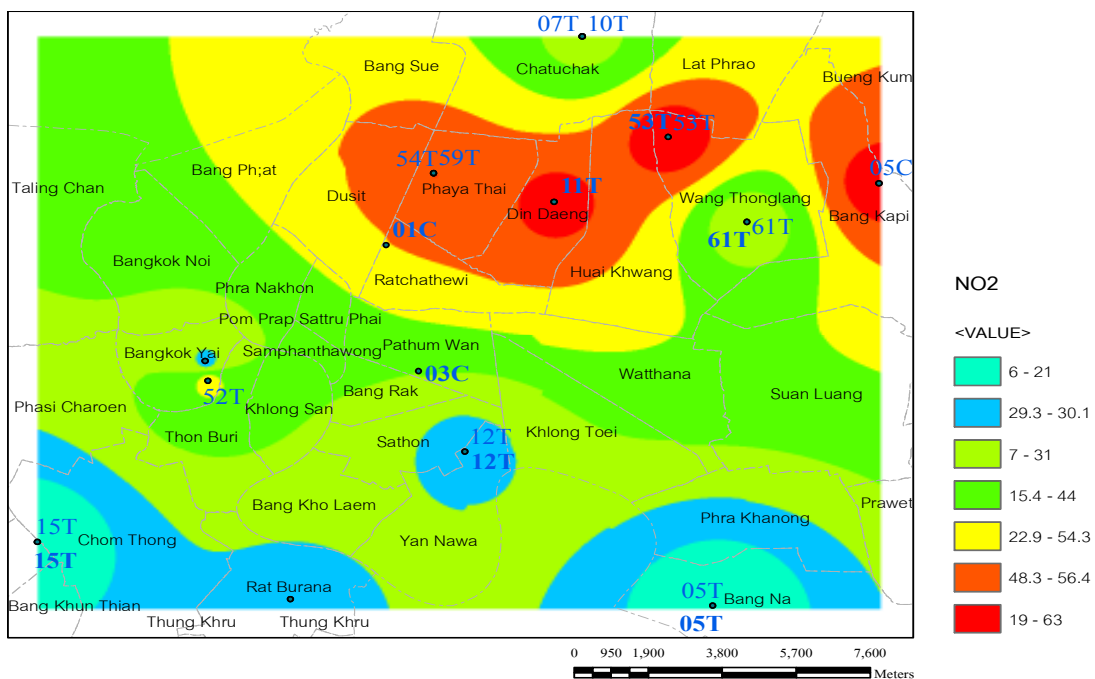
Cluster	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀
	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
1	0-12.7	15.4-44	0.3-1.7	1.8-35	49.8-70
2	1-11.6	19-63	0.3-2	0.7-25	73-104.7
3	5.1-6.7	48.3-56.4	2.3-2.4	3.2-6.2	134.1-144.5
4	0-10.5	7-31	0.2-1.3	6.9-29	15-35.6
5	2-53.5	22.9-54.3	0.4-1.7	4-31.4	28.3-50.9
6	6.6-7.2	29.3-30.1	1-1.1	10.2-17.8	368-547.9
7	0-9.2	6-21	0.1-1.4	8-35	28.8-52.8

และจากตารางที่ 4.9 ที่แสดงถึงค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูลจะพบว่า ในแต่ละกลุ่มจะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดไม่เท่ากันถึงแม้ว่าจะเป็นค่ามลพิษอากาศชนิดเดียวกัน ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณนี้จะนำไปทำการแสดงบนแผนที่เพื่อดูบริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศ

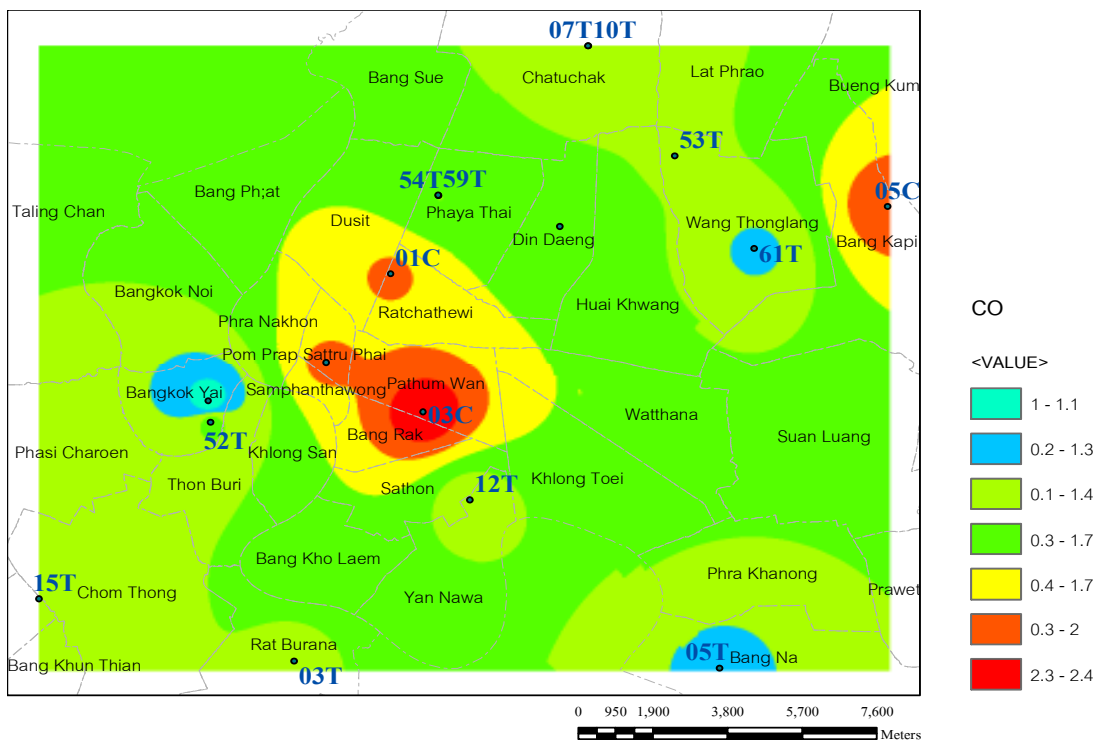
หลังจากทำการคำนวณค่าต่างๆ แล้วนำค่าการจัดกลุ่มที่ได้มาแสดงผลลงบนแผนที่ เพื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของมลพิษอากาศระหว่าง พ.ศ. 2548 กับ พ.ศ. 2553 ทำให้สามารถเปรียบเทียบบริเวณที่มลพิษอากาศมีการกระจายตัวได้ง่ายขึ้น ซึ่งในการแสดงผลนี้จะทำการเลือกมลพิษอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่อย่างชัดเจน 3 ชนิด คือ NO₂, CO และ PM₁₀



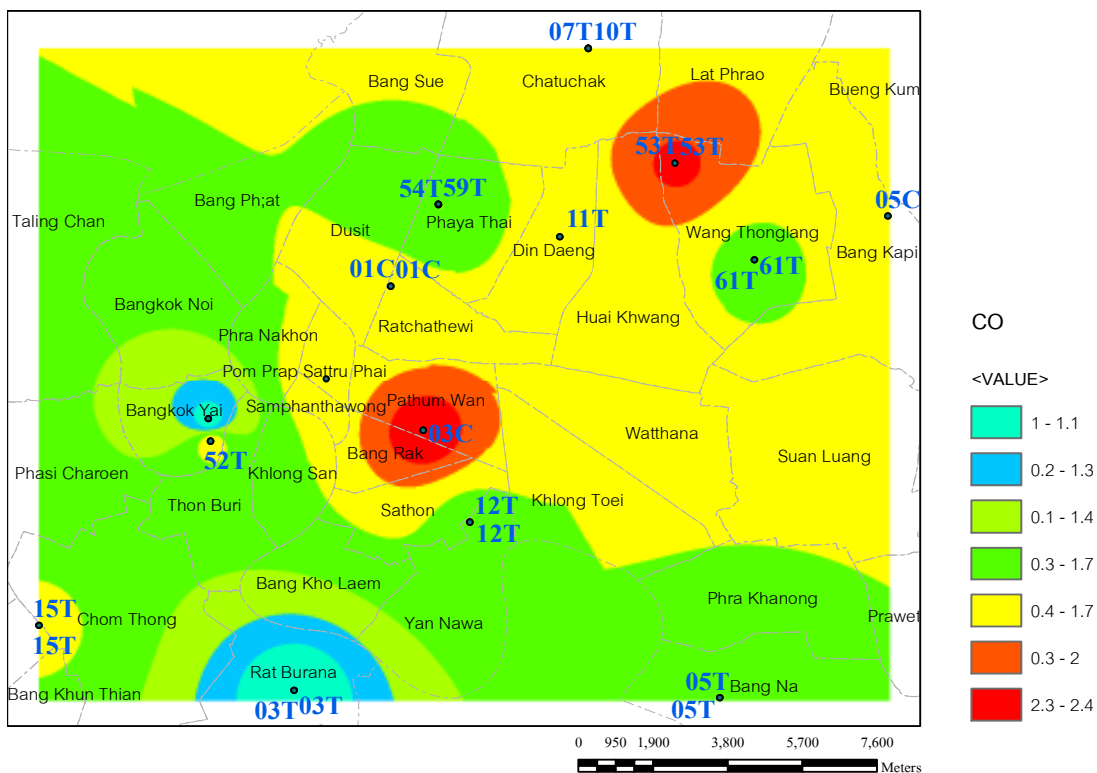
ภาพที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวของ NO₂ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2548



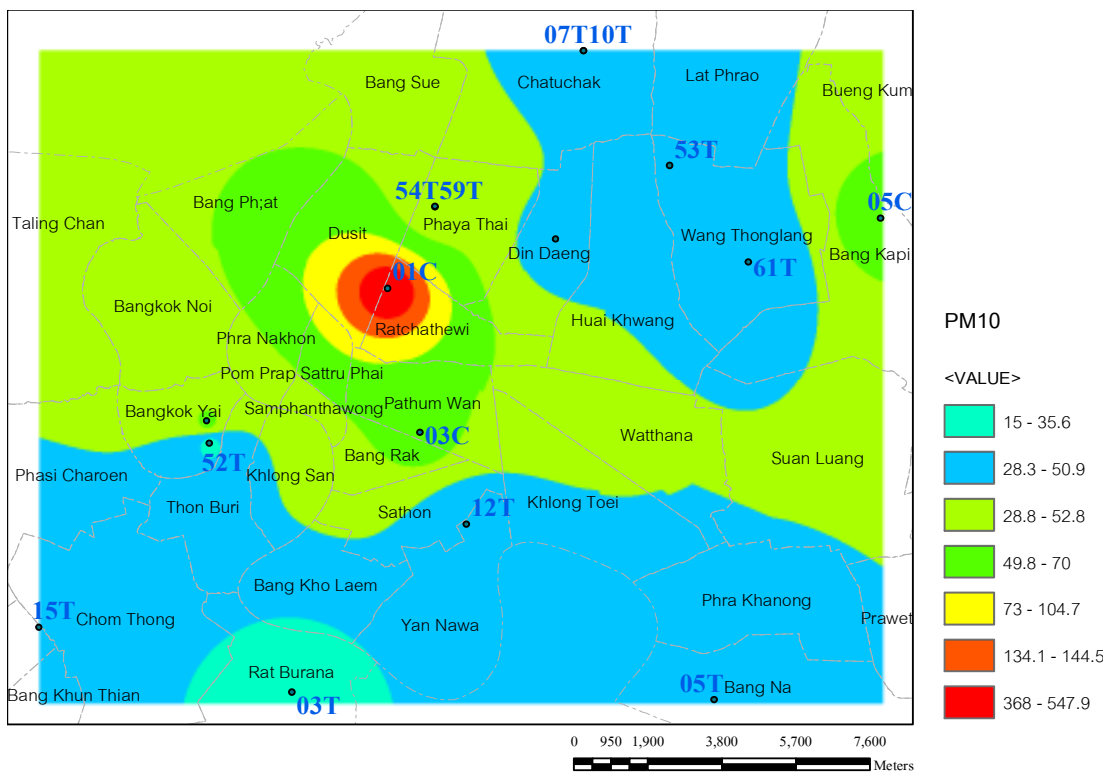
ภาพที่ 4.3 แสดงการกระจายตัวของ NO₂ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2553



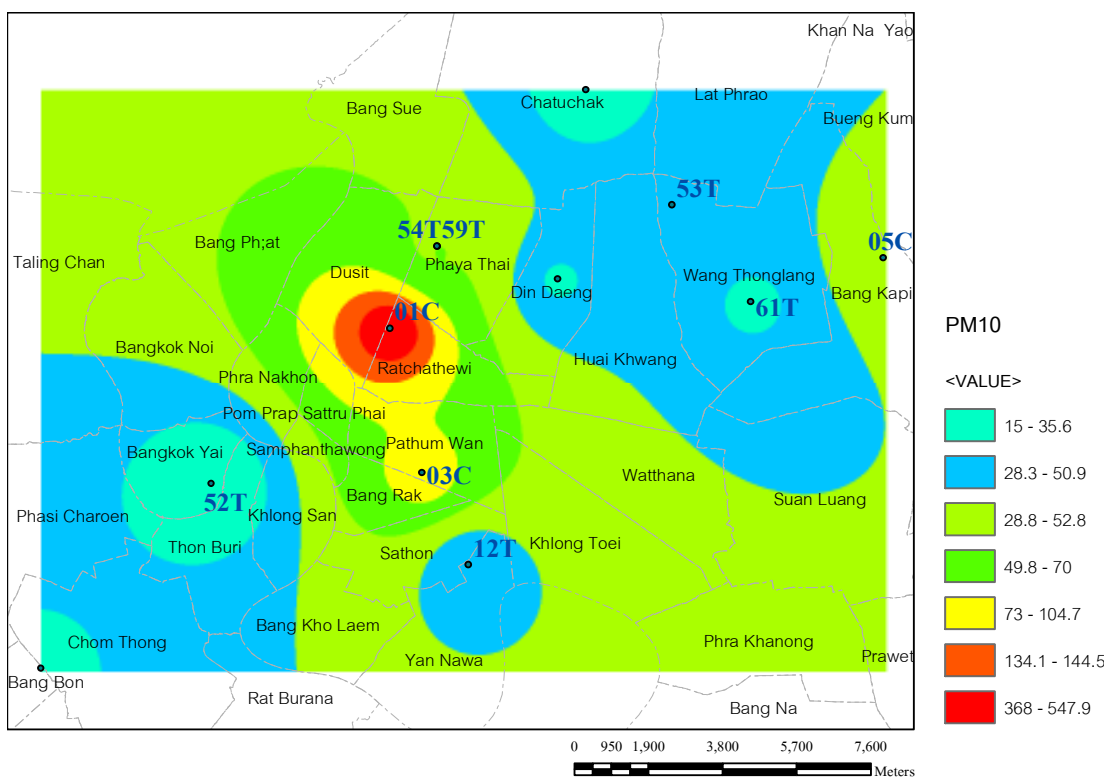
ภาพที่ 4.4 แสดงการกระจายตัวของ CO ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2548



ภาพที่ 4.5 แสดงการกระจายตัวของ CO ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2553



ภาพที่ 4.6 แสดงการกระจายตัวของ PM₁₀ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2548



ภาพที่ 4.7 แสดงการกระจายตัวของ PM₁₀ ของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2553

จากภาพที่ 4.2 และ 4.3 เปรียบเทียบการกระจายตัวของ NO_2 ระหว่างปี พ.ศ. 2548 กับ พ.ศ. 2553 ในกรุงเทพมหานคร พบว่าบริเวณการกระจายตัวของ NO_2 ในปี พ.ศ. 2553 มีบริเวณที่กว้างขึ้นทางตอนบนของกรุงเทพมหานคร (เขตบางเขน เขตลาดพร้าว เขตบางกะปิ) จุดที่มีปริมาณ NO_2 สูงสุดคือ บริเวณดินแดง และพบว่าปริมาณของ NO_2 เพิ่มขึ้นบริเวณตอนล่างของกรุงเทพมหานคร (เขตบางคอแหลม เขตยานนาวา เขตคลองเตย) ซึ่งโดยรวมแล้วมลพิษอากาศมีการกระจายตัวในบริเวณที่กว้างมากกว่าเดิมอย่างชัดเจน

จากภาพที่ 4.4 และ 4.5 เปรียบเทียบการกระจายตัวของ CO ระหว่างปี พ.ศ. 2548 กับ พ.ศ. 2553 ในกรุงเทพมหานคร พบว่าบริเวณการกระจายตัวของ CO ในปี พ.ศ. 2553 มีการกระจายตัวมากตั้งแต่บริเวณตอนบนไล่มาจนถึงบริเวณกลางกรุงเทพมหานคร (เขตจตุจักร เขตดินแดง เขตห้วยขวาง เขตราชเทวี เขตทวีวัฒนา) การกระจายตัวของ CO เปลี่ยนจากการกระจุกตัวอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง เป็นการกระจายไปในวงกว้างไม่กระจุกตัวและบริเวณที่มีปริมาณ CO เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนคือ บริเวณลาดพร้าว ส่วนบริเวณที่มีปริมาณ CO ลดลงอย่างชัดเจนคือ บริเวณราชบุรณะและบางกอกใหญ่ก็ยังมีปริมาณ CO อยู่ในระดับต่ำเหมือนเดิม

จากภาพที่ 4.6 และ 4.7 เปรียบเทียบการกระจายตัวของ PM_{10} ระหว่างปี พ.ศ. 2548 กับ พ.ศ. 2553 ในกรุงเทพมหานคร พบว่าบริเวณการกระจายตัวของ PM_{10} ในปี พ.ศ. 2553 มีการกระจายตัวเพิ่มขึ้นในบริเวณตอนล่างของกรุงเทพมหานคร (เขตสาทร เขตทวีวัฒนา เขตสวนหลวง เขตคลองเตย เขตพระโขนง เขตบางคอแหลมและเขตยานนาวา) อย่างชัดเจน ส่วนบริเวณที่มีปริมาณ PM_{10} มากที่สุดคือ บริเวณเขตราชเทวี ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2548 แต่มีการกระจายตัวเพิ่มมากขึ้นมาทางเขตปทุมวัน ส่วนบริเวณที่การกระจายตัวของ PM_{10} มีปริมาณลดลงได้แก่ ตอนบนของเขตสวนหลวง บางส่วนของเขตบางกะปิและเขตห้วยขวาง

4.6 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในการจำลองปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกันของพลังงานต่างๆ ที่อยู่ในโลก แบบจำลองนี้จัดทำเพื่อสร้างภาพเหตุการณ์ภูมิอากาศในอนาคตที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณมลพิษอากาศในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร

การจัดทำแบบจำลองนี้จะใช้โปรแกรมการสร้างแบบจำลอง SimCLIM ทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและอุณหภูมิ เนื่องจากการผลของเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณฝนและอุณหภูมิมีผลกระทบมากที่สุดจึงทำการคัดเลือก 2 ตัวแปรนี้มาทำการจำลอง โดยการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้มีสมการทั่วไปคือ

$$\text{Future temperature} = \text{Present temperature} + (\text{MAGICC value} * \text{Standardised GCM pattern of temperature change, in } ^\circ\text{C}) \quad (4.2)$$

$$\text{Future precipitation} = \text{Present precipitation} + (\text{MAGICC value} * \text{Standardised GCM pattern of t precipitation change, in } ^\circ\text{C}) \quad (4.3)$$

ทำการเลือกแบบจำลองการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 3 แบบ ประกอบด้วย

A1F1 (Fossil intensive) เป็นสถานการณ์การพัฒนาที่ขึ้นอยู่กับพลังงานต่างๆ เช่น น้ำมัน ถ่านหินอย่างมาก

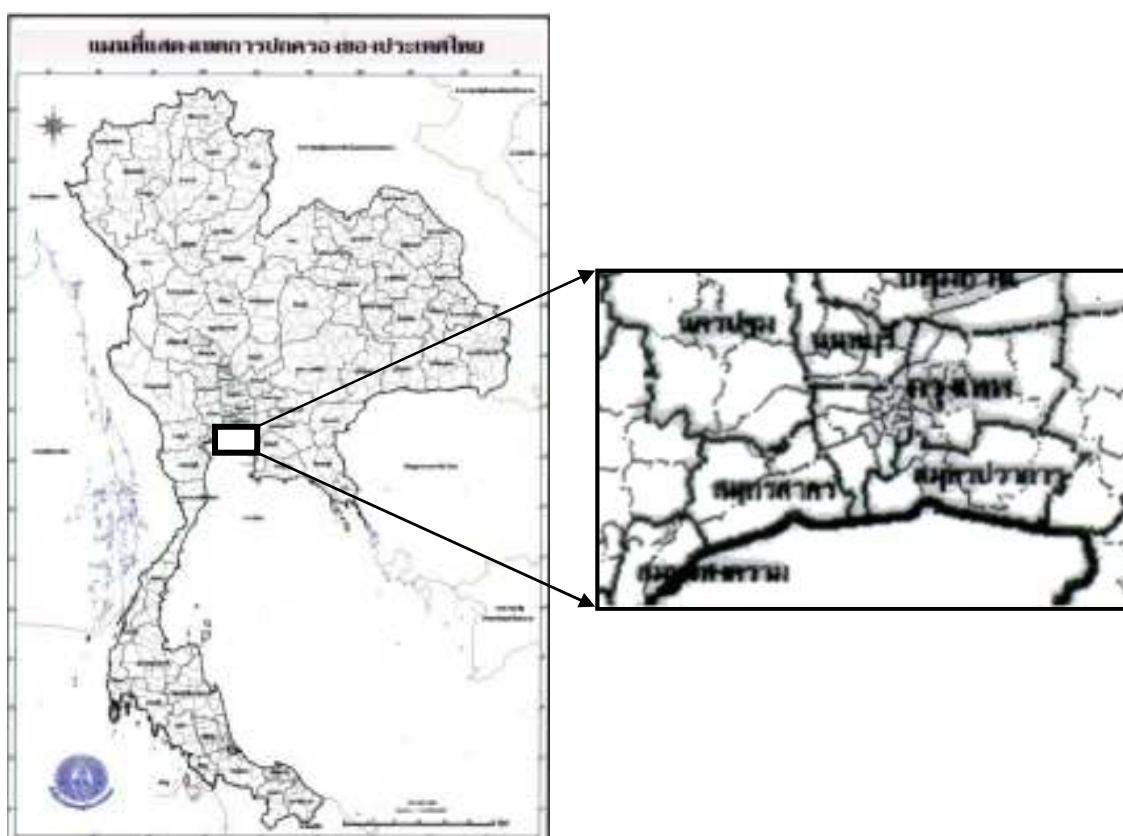
A1B (Balance of all sources) เป็นสถานการณ์ที่มีการพัฒนาที่มีความสมดุลของแหล่งพลังงาน ไม่เน้นการใช้พลังงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งทั้งพลังงานฟอสซิลหรือพลังงานหมุนเวียน แต่มีการผสมผสานการใช้พลังงานทั้ง 2 รูปแบบไปพร้อมๆ กัน

A2 เป็นสถานการณ์การพัฒนาของโลกในอนาคตที่มีความหลากหลาย มีการพึ่งตนเองมากขึ้นภายในภูมิภาค มีการอนุรักษ์เอกลักษณ์ท้องถิ่น จำนวนประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่าง

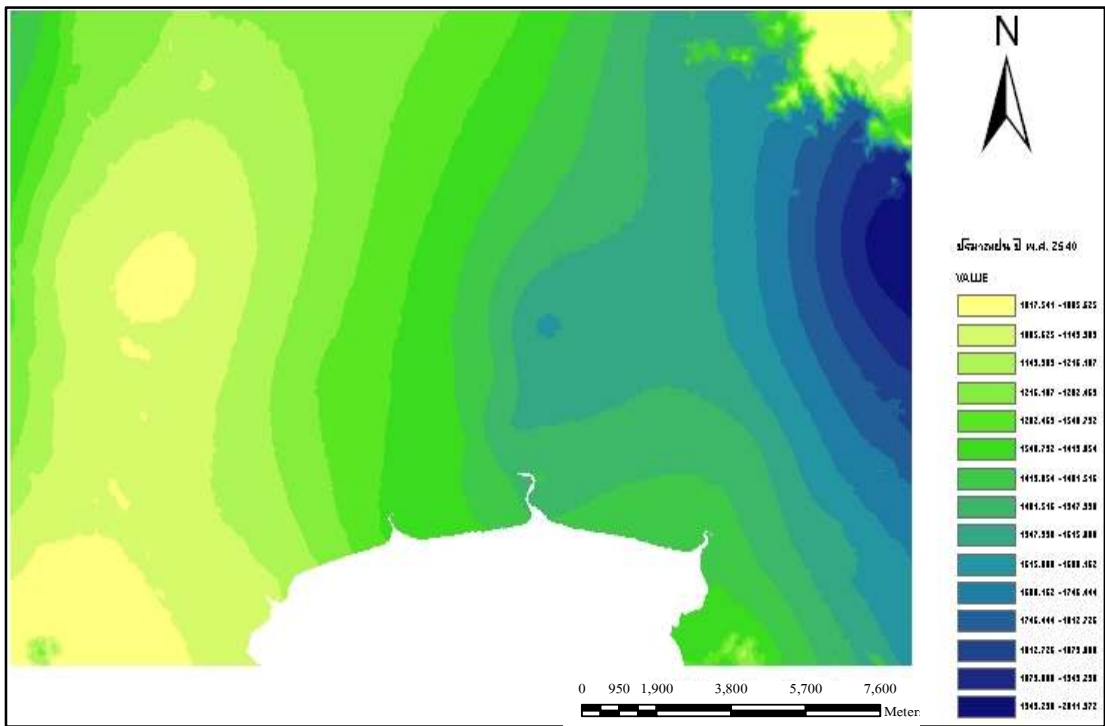
ต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค ส่วนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีช้ากว่าแบบอื่นๆ

นอกจากนี้จะใช้ข้อมูลมลพิษอากาศ คือ CO และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่ประกอบด้วย ปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเข้มแสง เป็นตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยแบ่งการจำลองการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 4 ระยะ คือ การเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ. 2540 ปี พ.ศ. 2553 ปี พ.ศ. 2593 และ ปี พ.ศ. 2643 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งในอดีต ปัจจุบันและในอนาคตเปรียบเทียบกัน

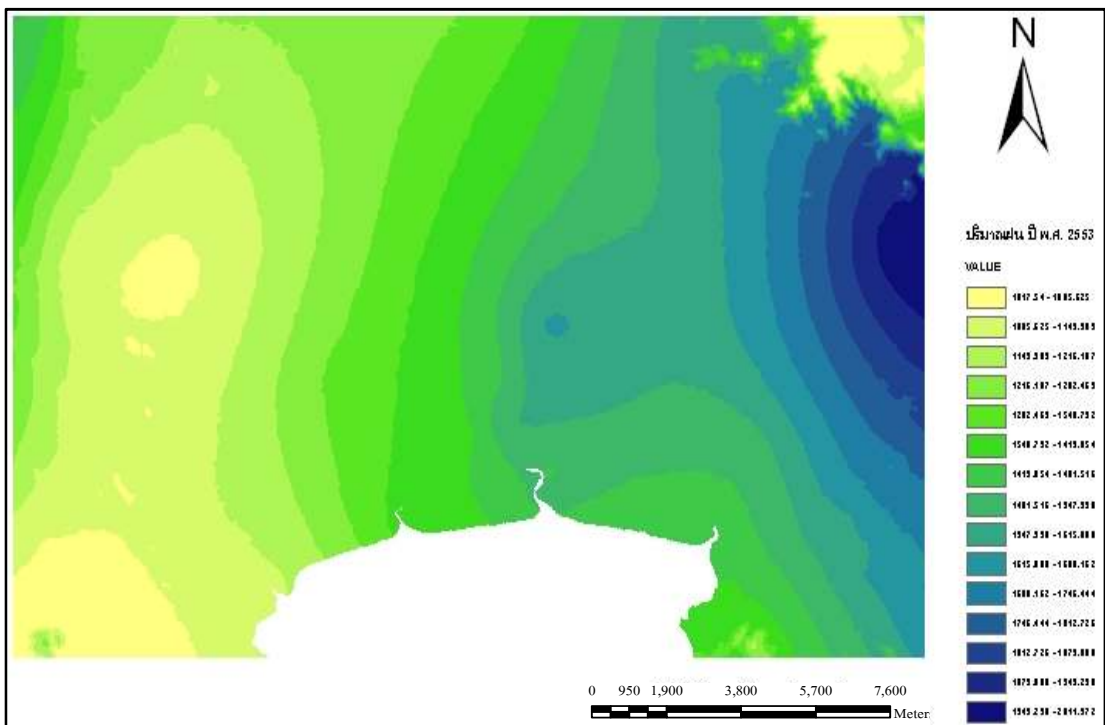
หลังจากทำการพิจารณาตัวแปรและค่าอื่นๆ เรียบร้อยแล้วจึงทำการจัดทำแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งได้ผลดังภาพต่อไปนี้



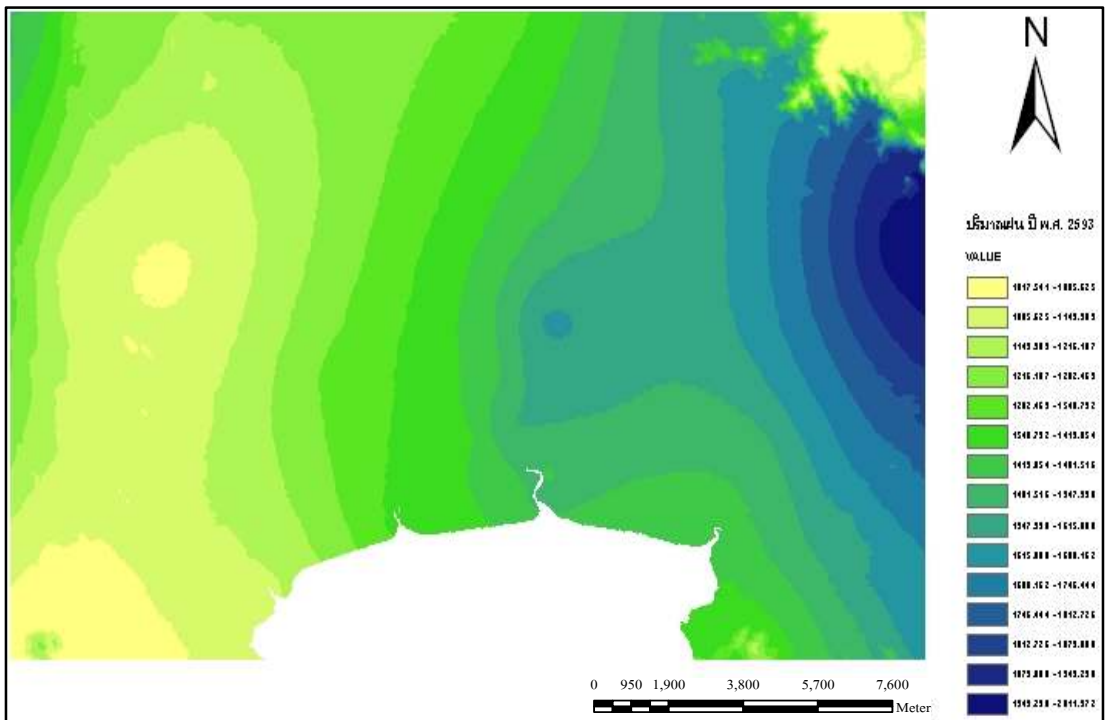
ภาพที่ 4.8 ขอบเขตในการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำการศึกษา บริเวณกรุงเทพมหานคร(ที่มา:http://www.mof.or.th/economic_plan/eco_plant_oilpalm.html, 2555)



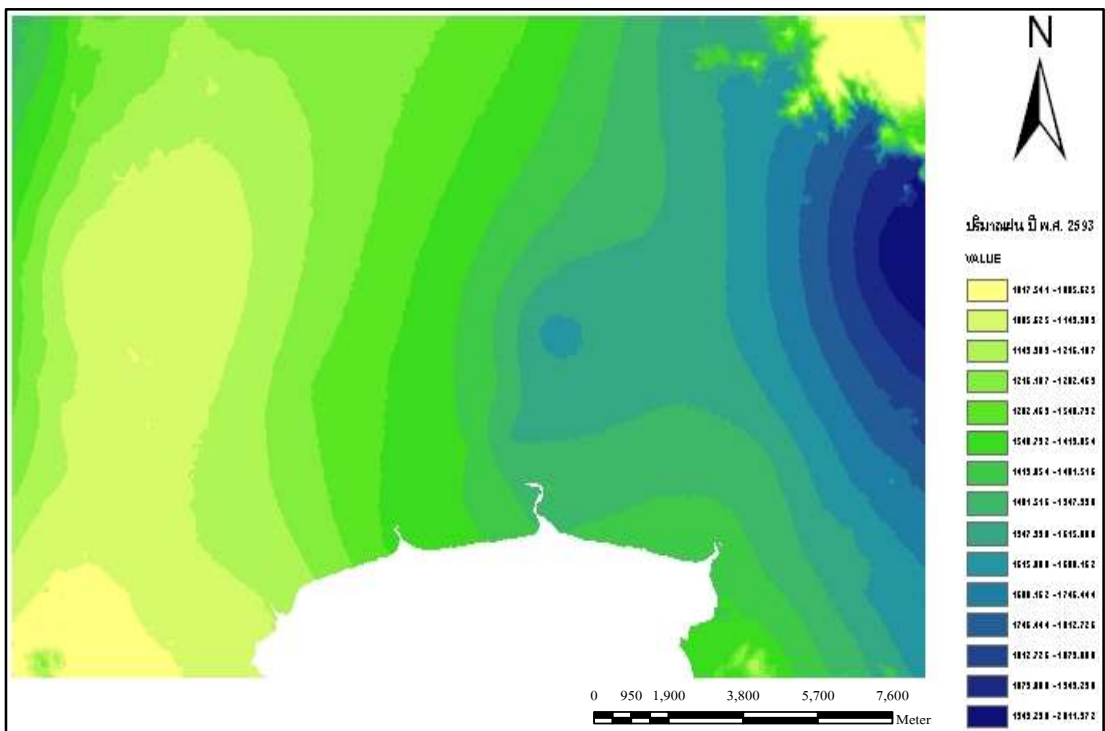
ภาพที่ 4.9 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1F1



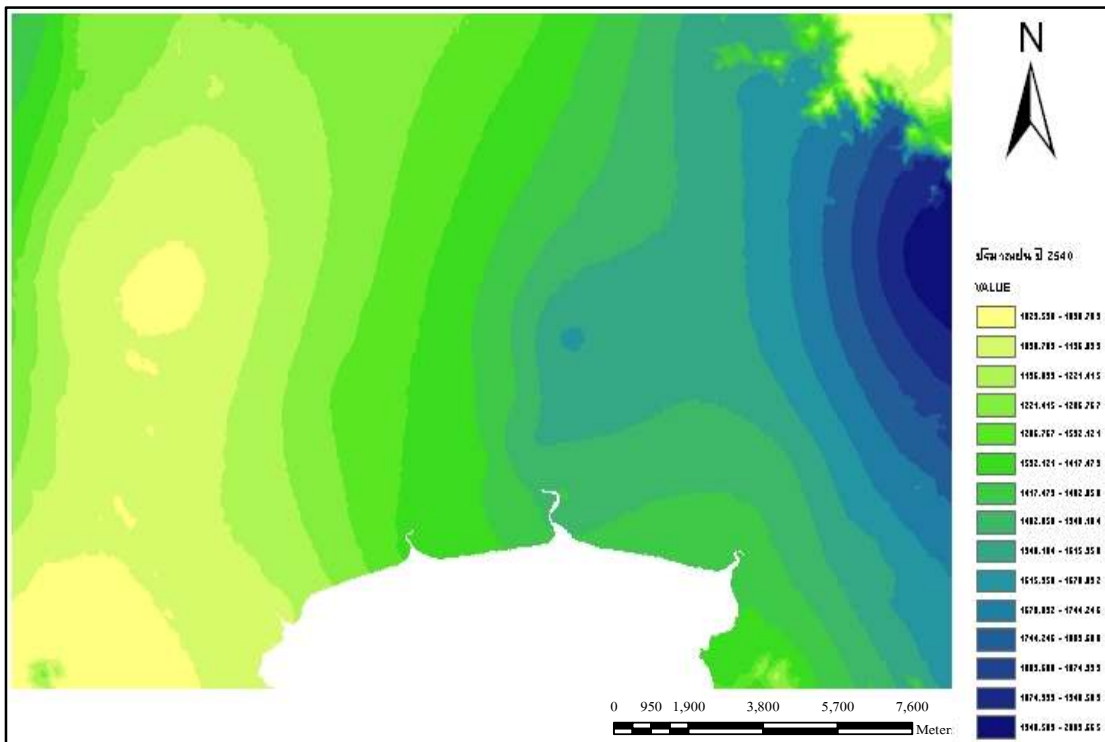
ภาพที่ 4.10 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1F1



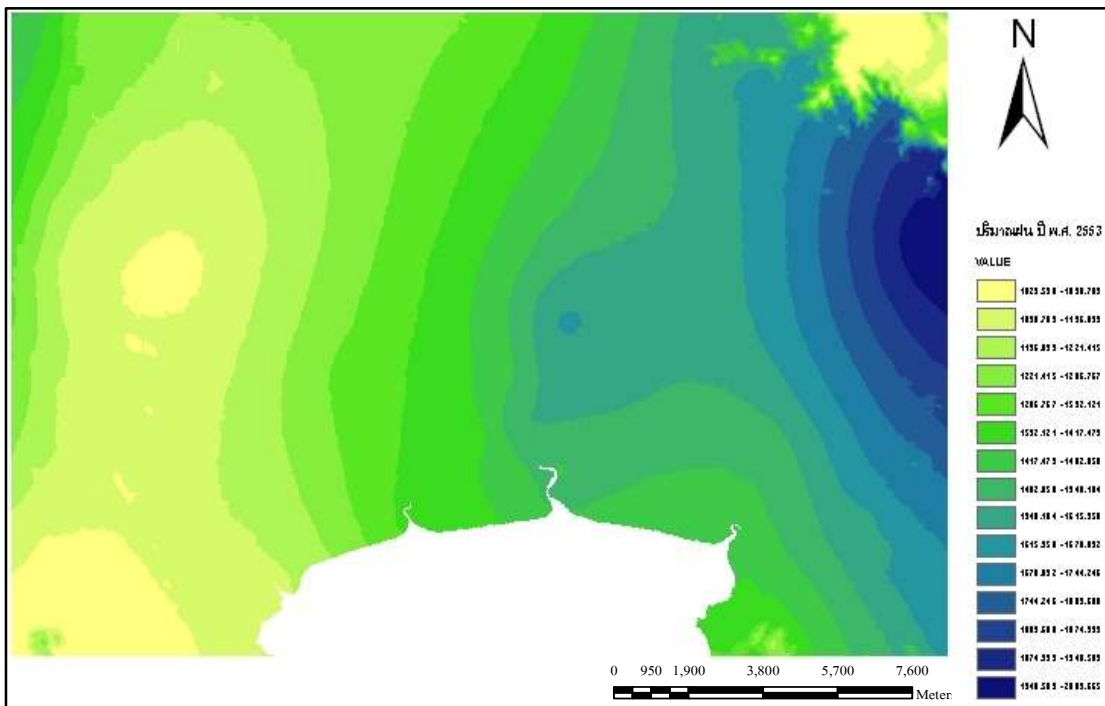
ภาพที่ 4.11 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1F1



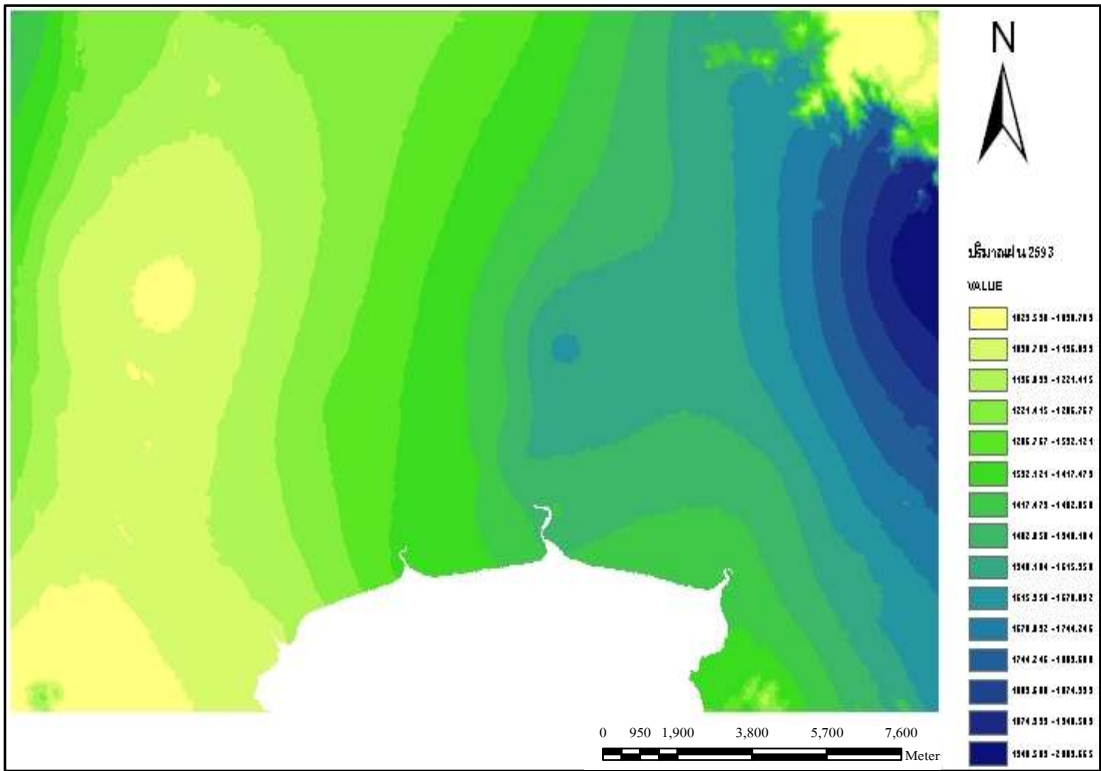
ภาพที่ 4.12 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1F1



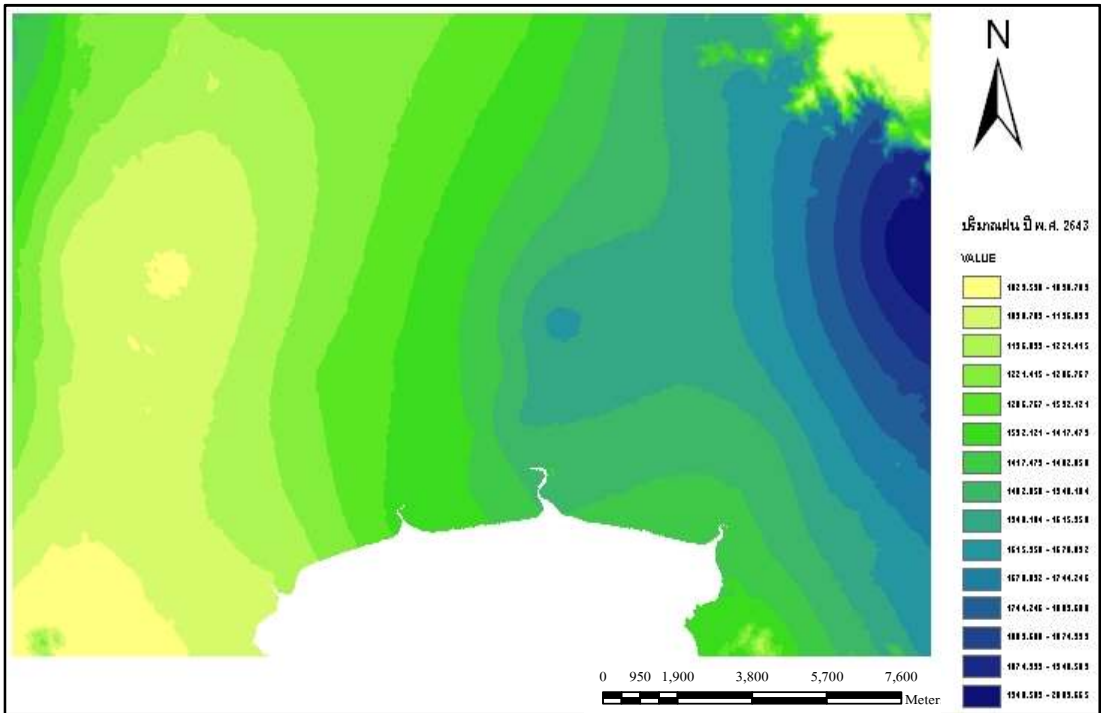
ภาพที่ 4.13 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1B



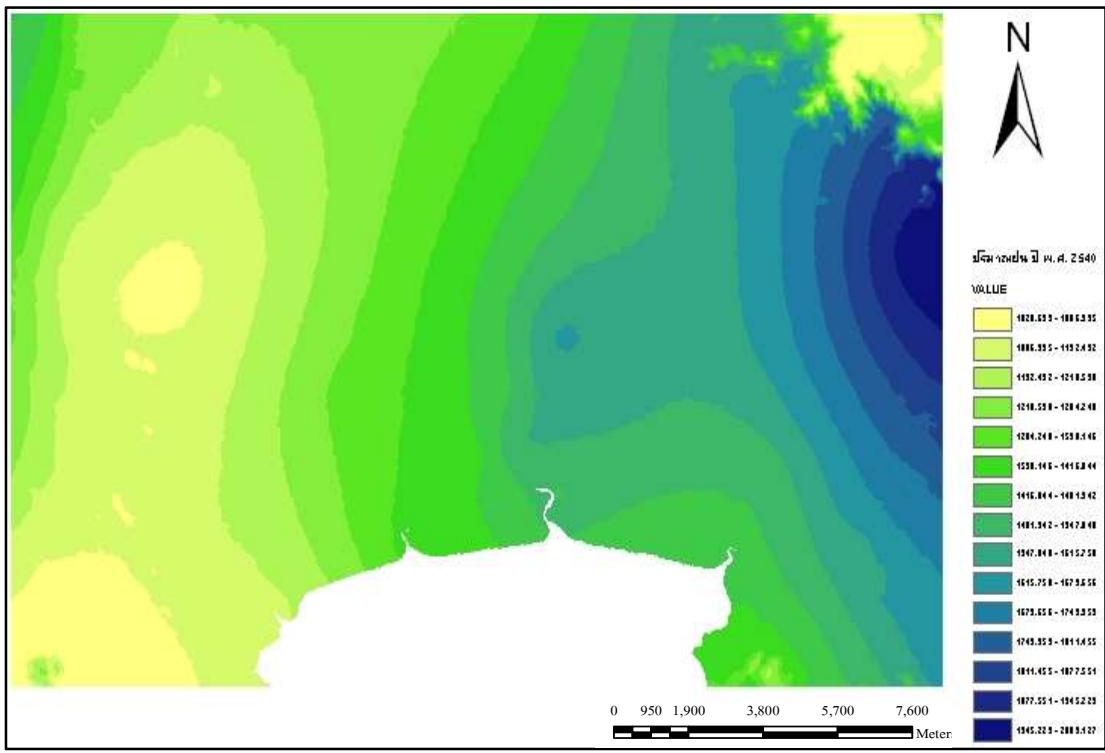
ภาพที่ 4.14 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1B



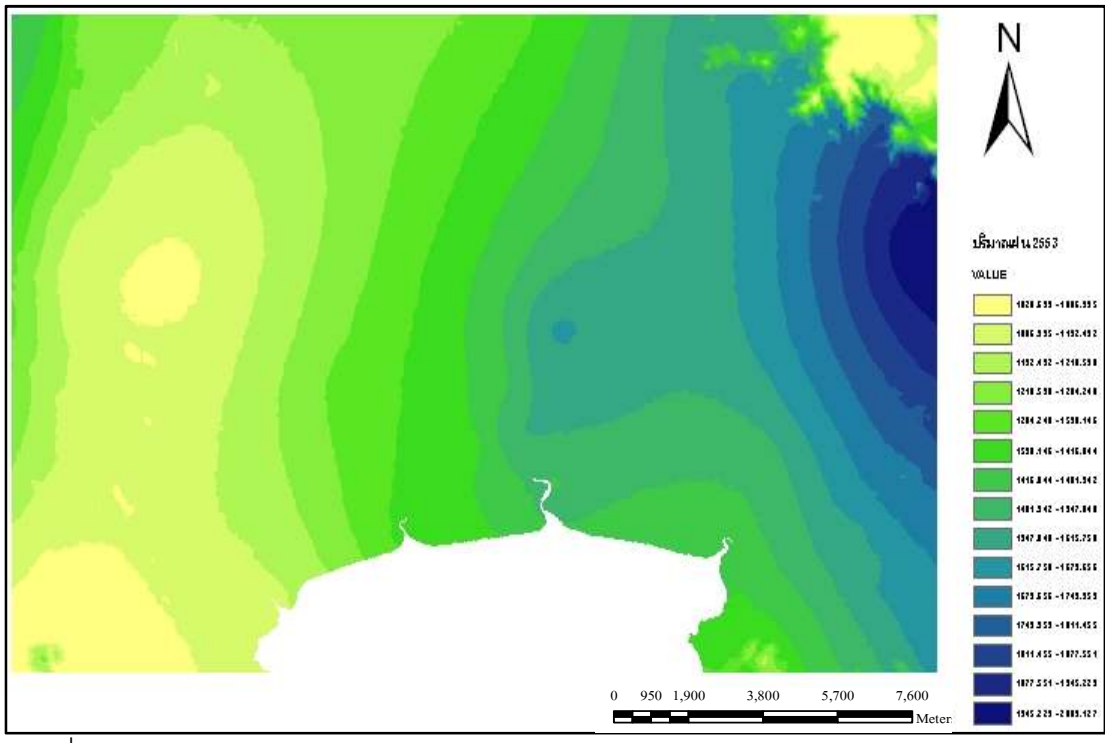
ภาพที่ 4.15 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1B



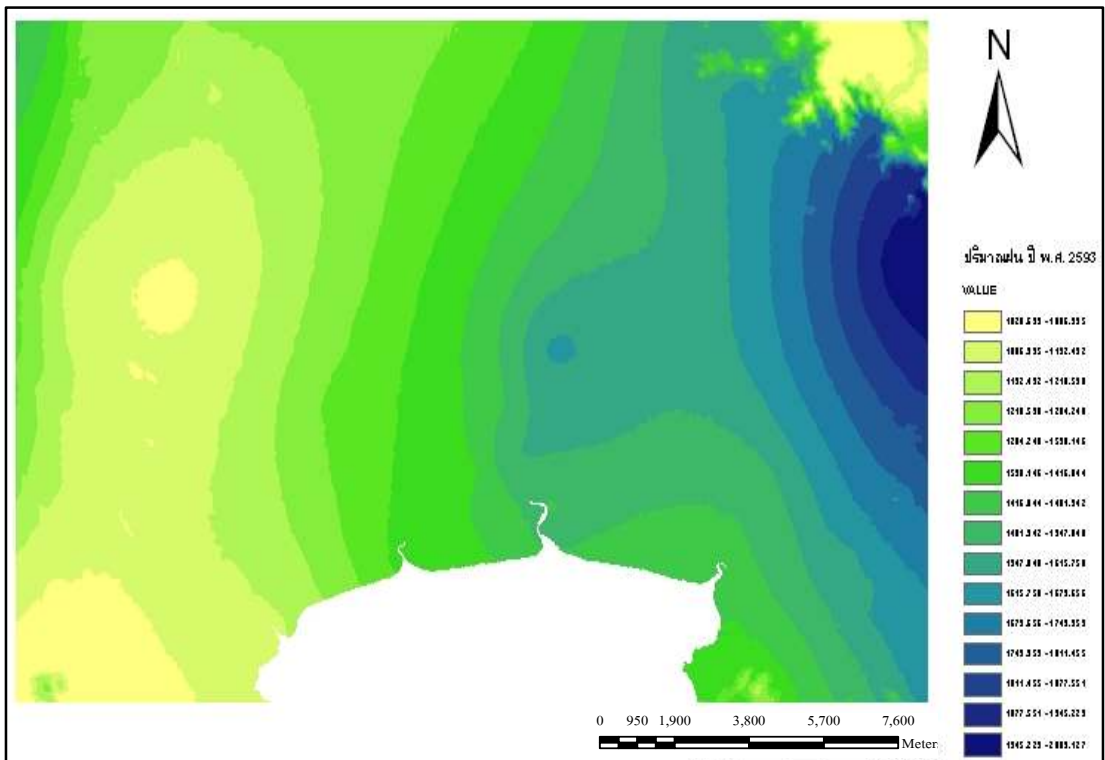
ภาพที่ 4.16 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1B



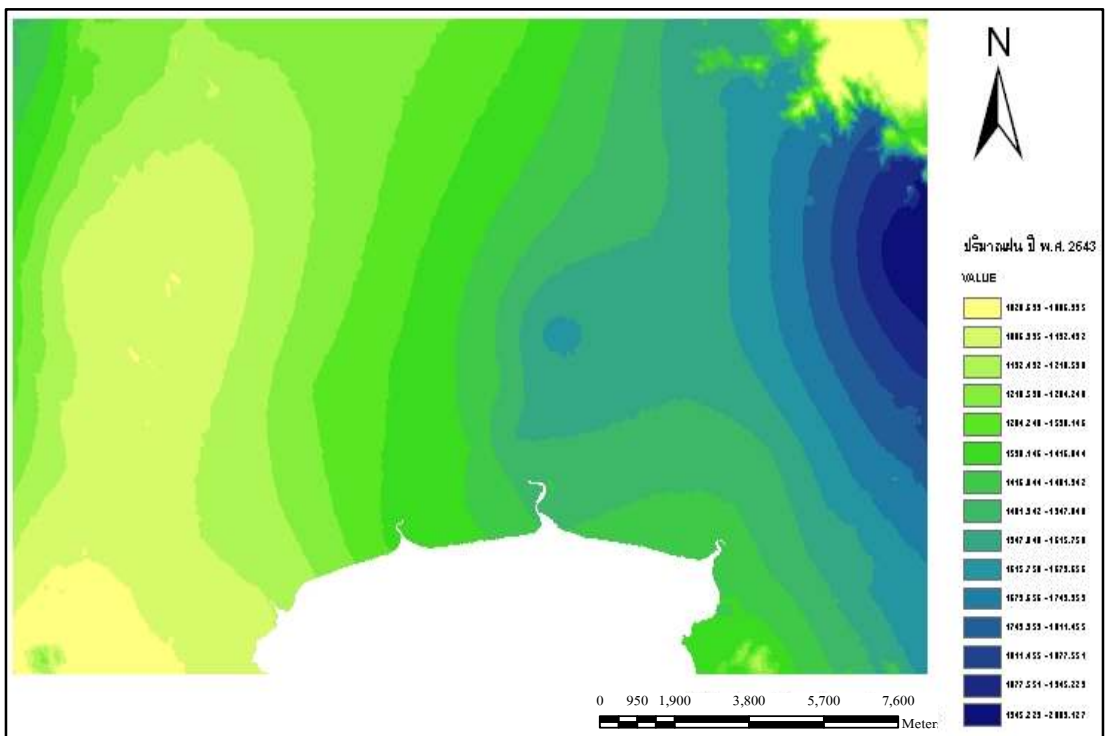
ภาพที่ 4.17 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A2



ภาพที่ 4.18 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A2



ภาพที่ 4.19 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A2



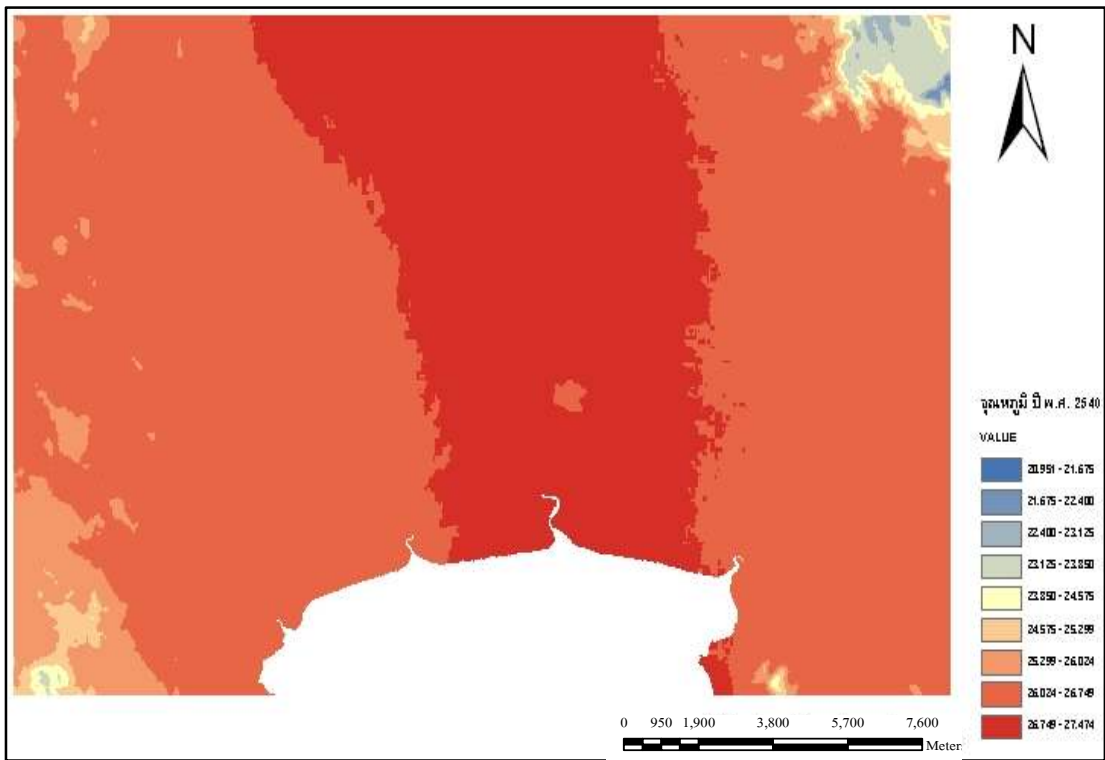
ภาพที่ 4.20 ปริมาณฝน ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A2

จากภาพที่ 4.9 ถึง ภาพที่ 4.12 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540, 2553, 2593 และ 2643 ภายใต้ SRES A1F1 พบว่าปริมาณฝนมีปริมาณมากทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (เขตหนองจอก เขตลาดกระบัง) ส่วนทางด้านตะวันตกจะมีปริมาณฝนที่น้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน ปี พ.ศ. 2540 เป็นปีที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดในจำนวน 4 ปีที่ทำการศึกษ หลังจากนั้นปริมาณฝนจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณฝนบริเวณทางด้านตะวันออกจะค่อยๆ ลดลงและจะเพิ่มขึ้นทางด้านตะวันตกแทน แต่จะเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ไล่ไปจากด้านตะวันออกไปทางตะวันตก การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดขึ้นจากลมมรสุมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงขึ้นในทะเลจีนใต้จนมีอิทธิพลทำให้ปริมาณฝนกระจายเข้าสู่พื้นที่ส่วนกลางของกรุงเทพมหานครเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการจำลองการเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ. 2643 หรือในอีก 89 ปีข้างหน้าจะพบว่าปริมาณฝนจะมีการกระจายเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน

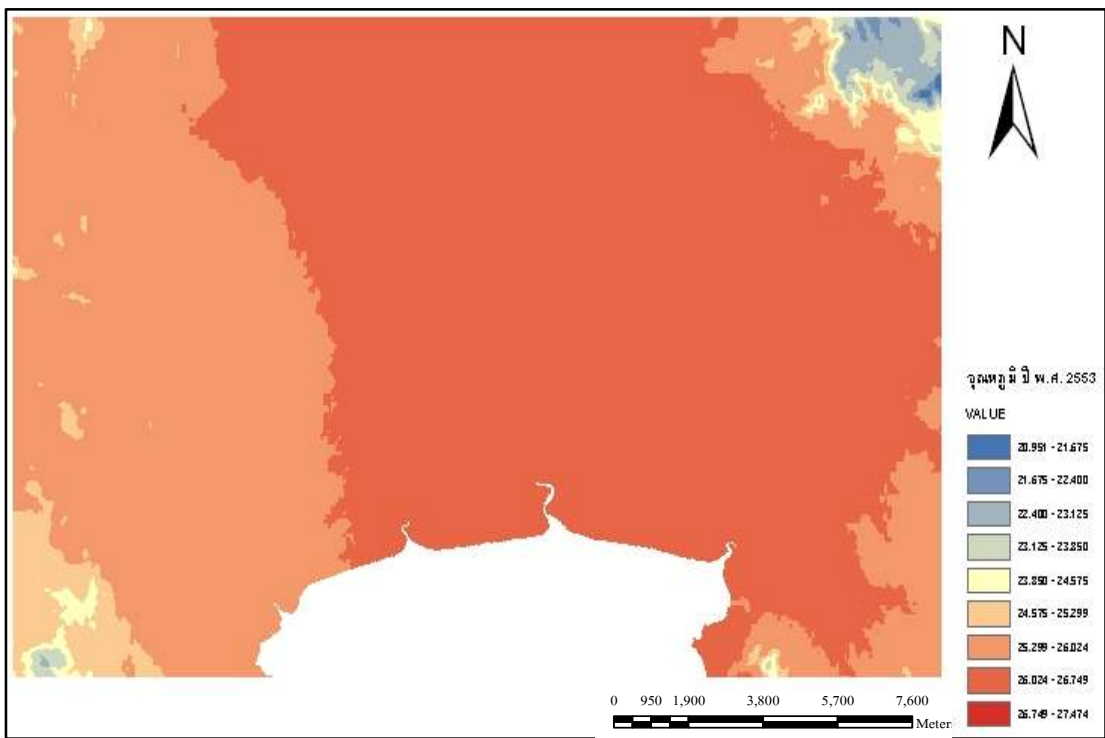
จากภาพที่ 4.13 ถึง ภาพที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540, 2553, 2593 และ 2643 ภายใต้ SRES A1B พบว่าปริมาณฝนทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครมีการกระจายตัวเข้ามาภายในของกรุงเทพมหานครเพิ่มมากขึ้น ส่วนทางด้านตะวันตกกลับพบว่าปริมาณฝนนั้นลดลง โดยเริ่มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึงแม้ว่าจะมีบางจุดทางด้านตะวันตกจะมีปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้น แต่โดยรวมการกระจายตัวของปริมาณฝนกลับลดลง

จากภาพที่ 4.17 ถึง ภาพที่ 4.20 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540, 2553, 2593 และ 2643 ภายใต้ SRES A2 พบว่าปริมาณฝนมีการกระจายตัวจากทางด้านตะวันออกมาทางด้านตะวันตกของกรุงเทพมหานคร ส่วนทางด้านตะวันตก (เขตตลิ่งชัน) มีการกระจายตัวของปริมาณฝนมากขึ้นแต่ปริมาณฝนโดยรวมกลับลดลง โดยการกระจายตัวของปริมาณฝนจะเริ่มชัดเจนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2593 และชัดเจนที่สุดในปี พ.ศ. 2643 บริเวณที่ปริมาณฝนน้อยทางด้านตะวันตกลดลง

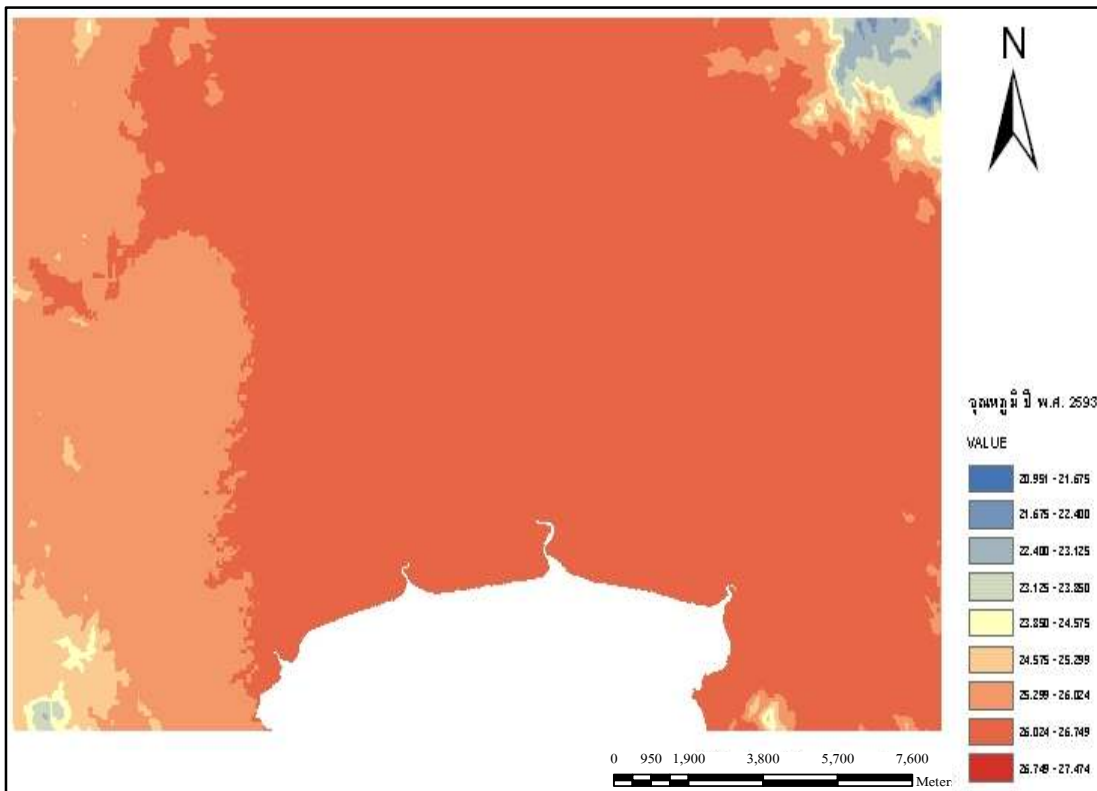
โดยรวมแล้วจากภาพที่ 4.9 ถึง ภาพที่ 4.20 พบว่า ภายใต้ SRES A1F1 ปริมาณการกระจายตัวของฝนมีการกระจายตัวอย่างชัดเจน ปริมาณฝนมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนภายใต้ SRES A1B และ A2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนจะคล้ายกัน แต่ ภายใต้ SRES A2 จะมีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่า ภายใต้ SRES A1B



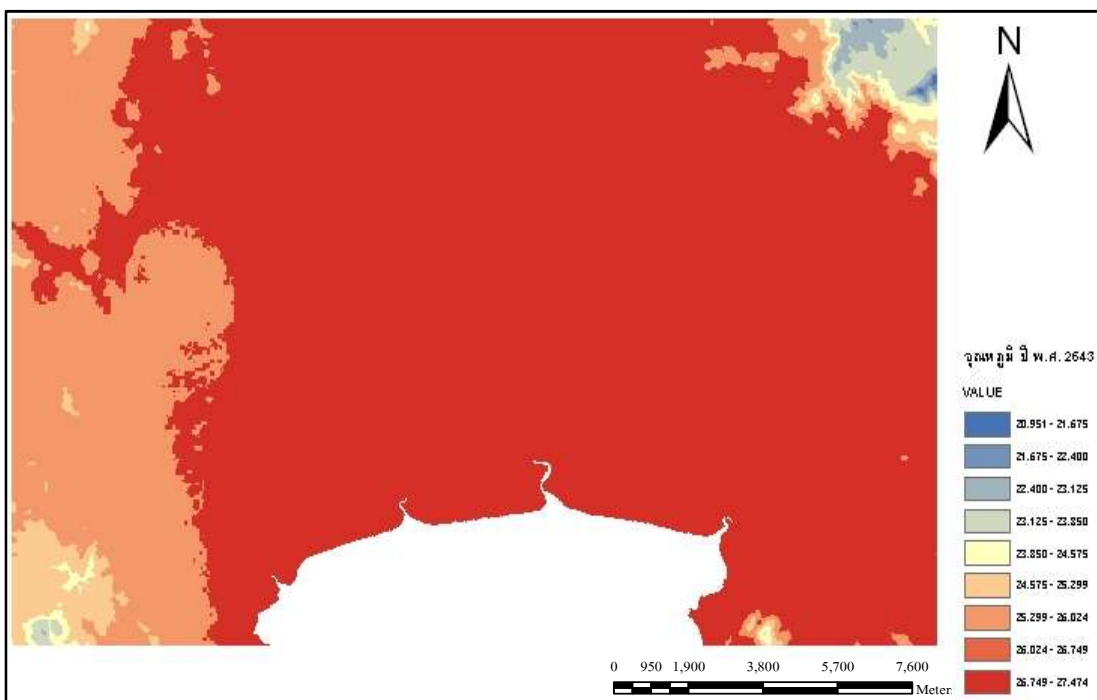
ภาพที่ 4.21 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1F1



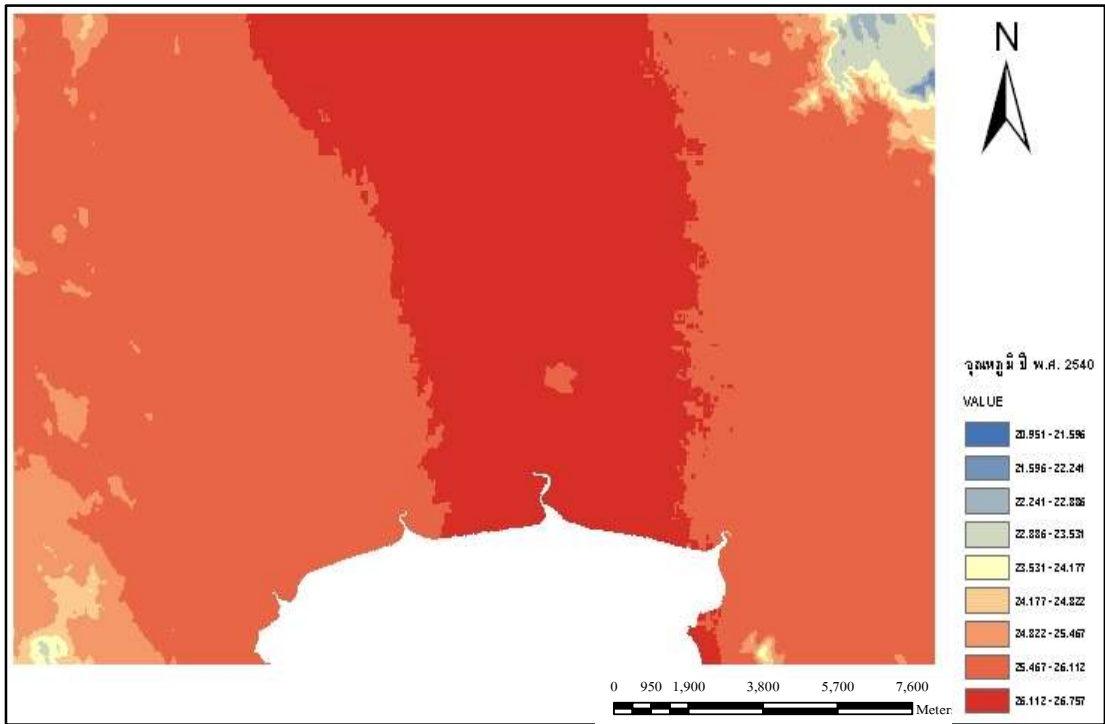
ภาพที่ 4.22 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1F1



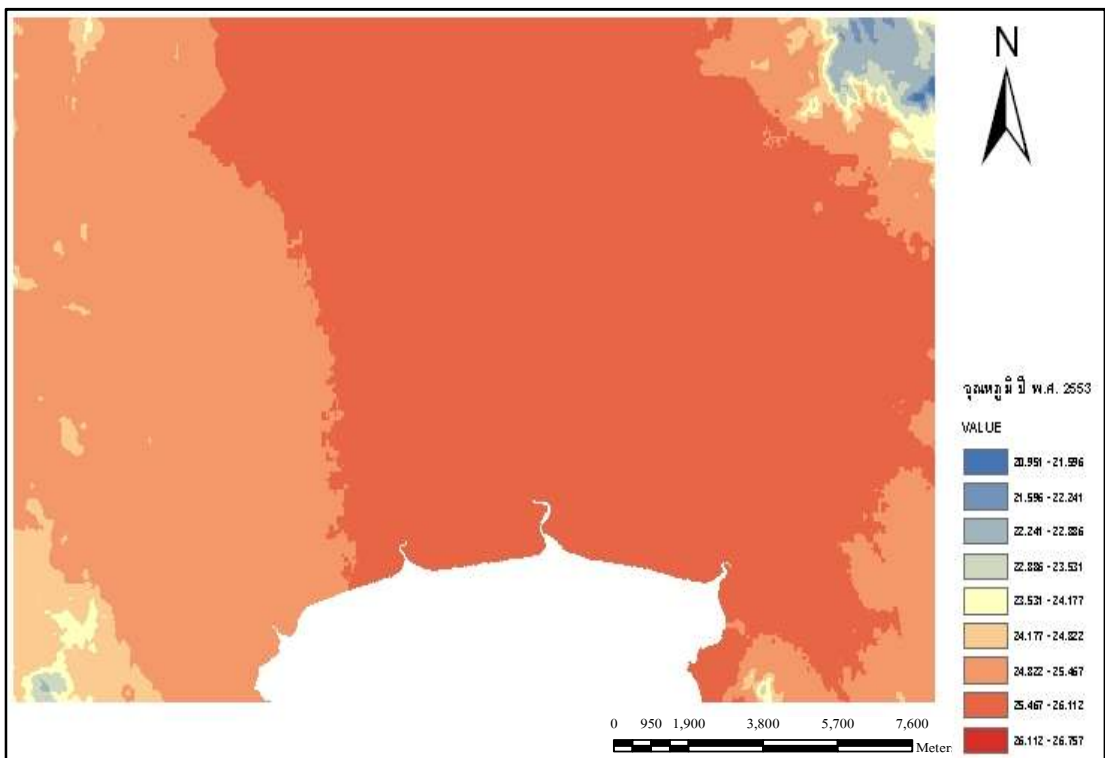
ภาพที่ 4.23 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1F1



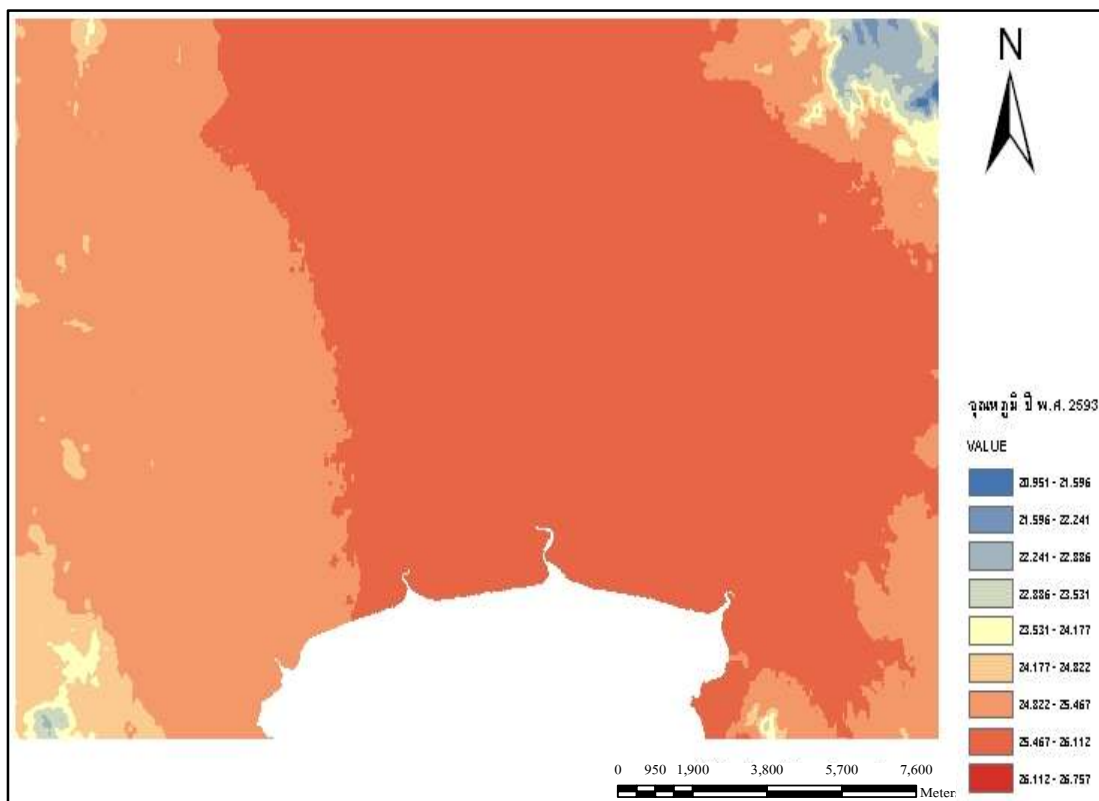
ภาพที่ 4.24 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1F1



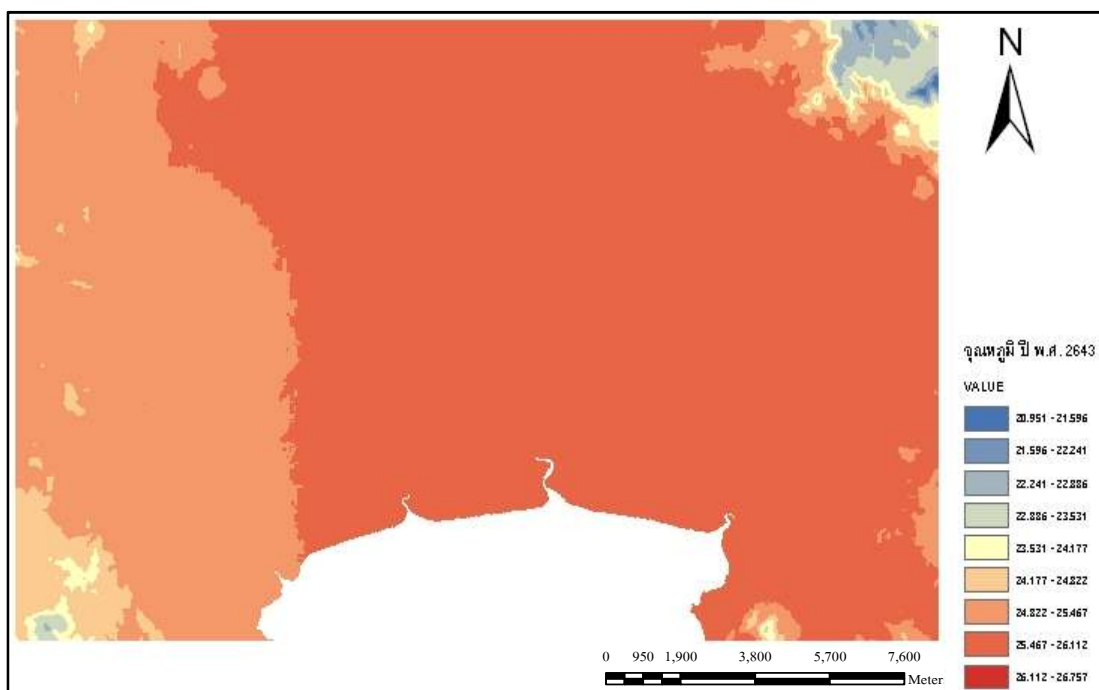
ภาพที่ 4.25 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A1B



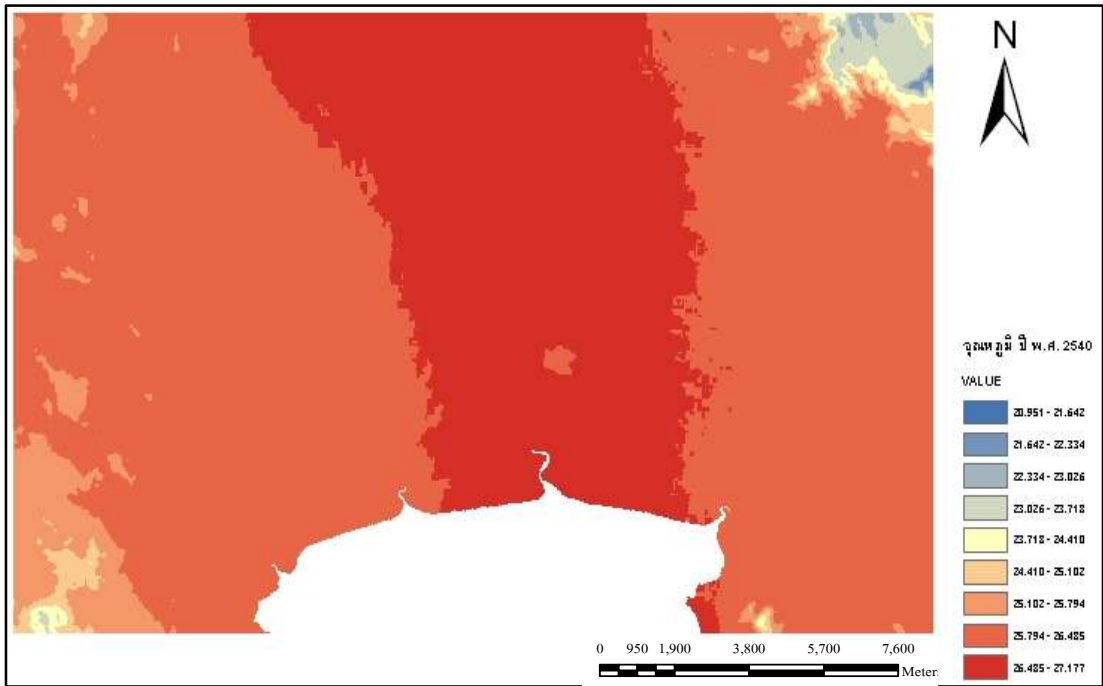
ภาพที่ 4.26 อุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A1B



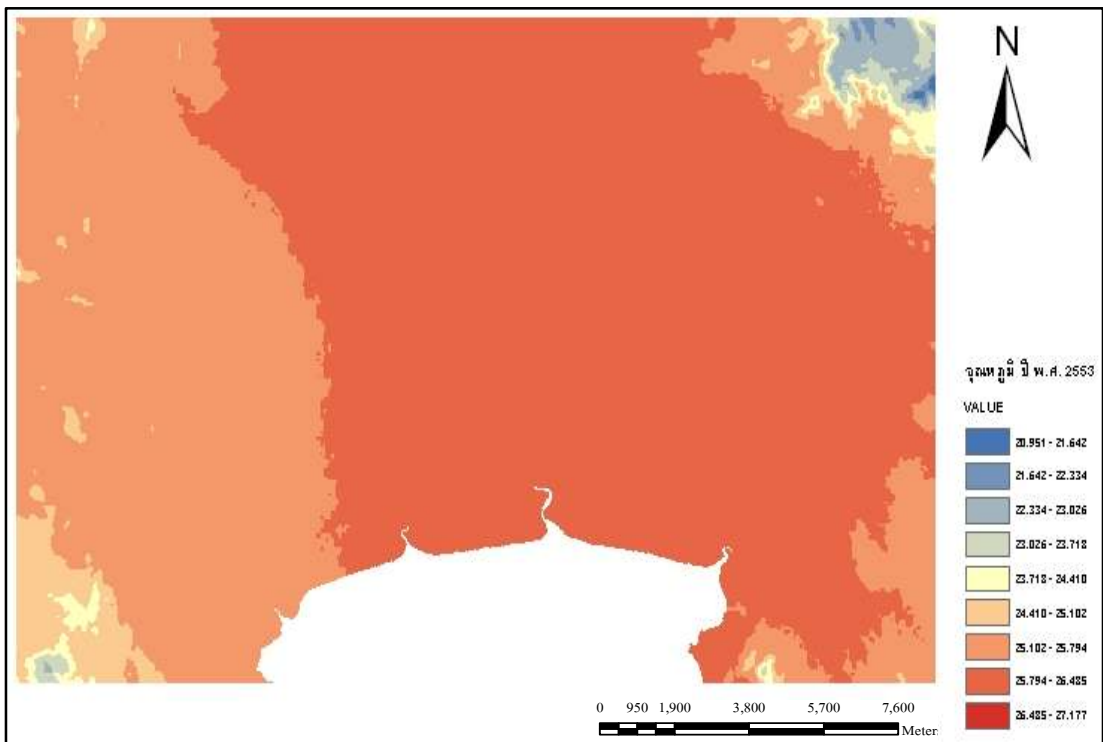
ภาพที่ 4.27 จุดหมุมปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A1B



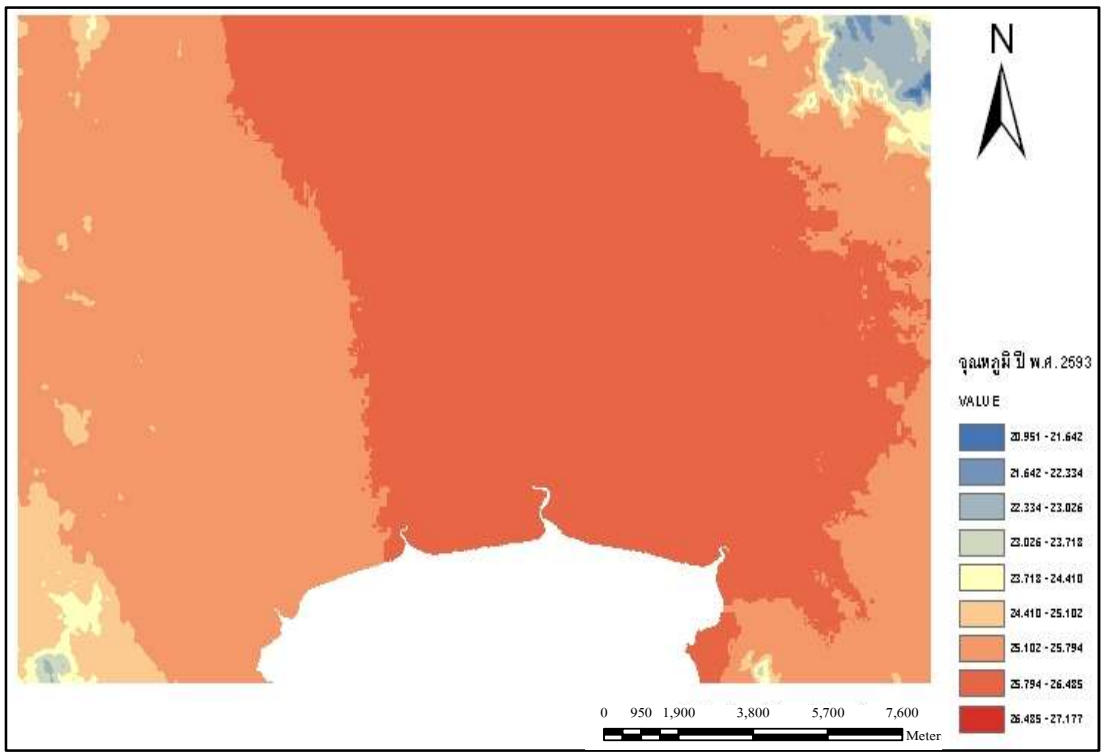
ภาพที่ 4.28 จุดหมุมปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A1B



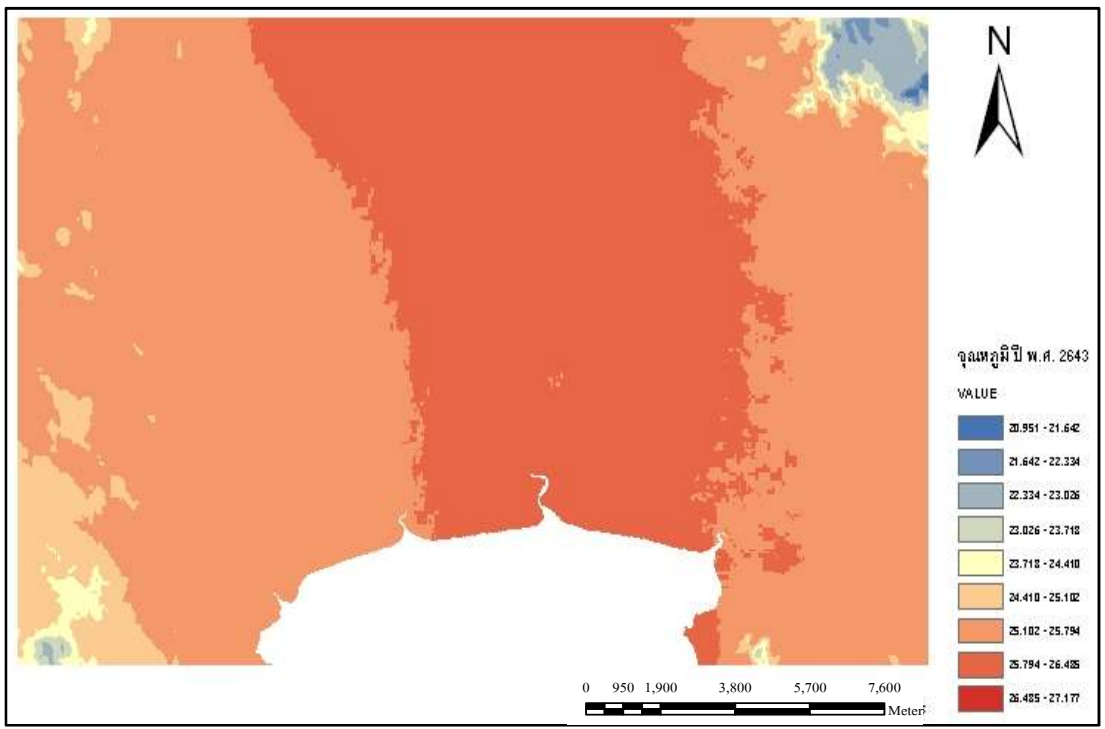
ภาพที่ 4.29 จุดหมอกน้ำ ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้ SRES A2



ภาพที่ 4.30 จุดหมอกน้ำ ปี พ.ศ. 2553 ภายใต้ SRES A2



ภาพที่ 4.31 จุดเหนือปี พ.ศ. 2593 ภายใต้ SRES A2



ภาพที่ 4.32 จุดเหนือปี พ.ศ. 2643 ภายใต้ SRES A2

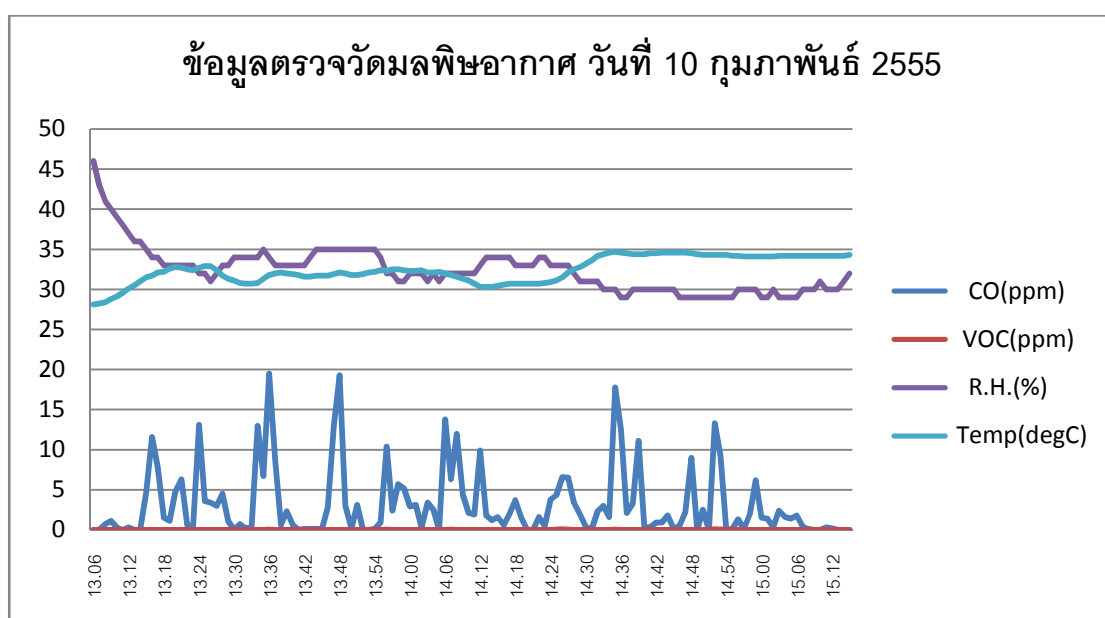
จากภาพที่ 4.21 ถึง ภาพที่ 4.24 แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิในปี พ.ศ. 2540, 2553, 2593 และ 2643 ภายใต้ SRES A1F1 พบว่าในปี พ.ศ. 2540 กรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิสูงบริเวณตอนกลาง ซึ่งเป็นเขตเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครที่มีการเจริญเติบโตและมีชุมชนอยู่อย่างหนาแน่น ในปี พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเริ่มมีการกระจายตัวออก อุณหภูมิเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครมีค่าเท่าๆ กัน แต่การกระจายตัวจะออกไปทางทางตะวันออกของกรุงเทพมหานครมากกว่าทางด้านตะวันตก ส่วนในปี พ.ศ. 2593 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกระจายตัวครอบคลุมกรุงเทพมหานครทั้งหมด ทำให้อุณหภูมิของกรุงเทพมหานครจะสูงขึ้นและในปี พ.ศ. 2643 อุณหภูมิของกรุงเทพมหานครสูงขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัดเจนนี้อเนื่องมาจากการขยายตัวทั้งทางด้านเศรษฐกิจและด้านประชากร ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากภาพที่ 4.25 ถึง ภาพที่ 4.28 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540, 2553, 2593 และ 2643 ภายใต้ SRES A1B พบว่า ในปี พ.ศ. 2540 อุณหภูมิของกรุงเทพมหานครจะสูงบริเวณกลางเมืองเท่านั้น ส่วนบริเวณชานเมืองอุณหภูมิจจะไม่สูงเท่าในเมือง เนื่องจากการขยายตัวของเมืองยังไม่ขยายออกไปทางชานเมืองเท่าใดนัก ส่วนในปี พ.ศ. 2553, 2593 และ 2643 พบว่า อุณหภูมิบริเวณชานเมืองสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยการเปลี่ยนแปลงจะเกิดมากที่บริเวณทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (เขตลาดกระบัง เขตหนองจอก) โดยในปี พ.ศ. 2643 จะพบการเปลี่ยนแปลงที่มากที่สุด ในจำนวนปีที่ทำการศึกษาและการเปลี่ยนแปลงในปีนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านตะวันตกของกรุงเทพมหานครค่อนข้างชัดเจน

จากภาพที่ 4.29 ถึง ภาพที่ 4.32 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540, 2553, 2593 และ 2643 ภายใต้ SRES A2 พบว่าในปี พ.ศ. 2540 อุณหภูมิยังคงสูงอยู่บริเวณกลางกรุงเทพมหานครเหมือนกับ SRES A1F1 และ A1B การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะเริ่มเห็นชัดในปี พ.ศ. 2553 บริเวณชานเมืองมีอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร แต่ในปี พ.ศ. 2593 หรือในอนาคตอีก 38 ปี อุณหภูมิของกรุงเทพมหานครกลับลดลง โดยเฉพาะด้านตะวันออกและเห็นผลอย่างชัดเจนในปี พ.ศ. 2643 อุณหภูมิลดลงมากจนบริเวณที่มีอุณหภูมิลดลงใกล้เคียงกับปี พ.ศ. 2540 และอาจต่ำกว่าอีกด้วย

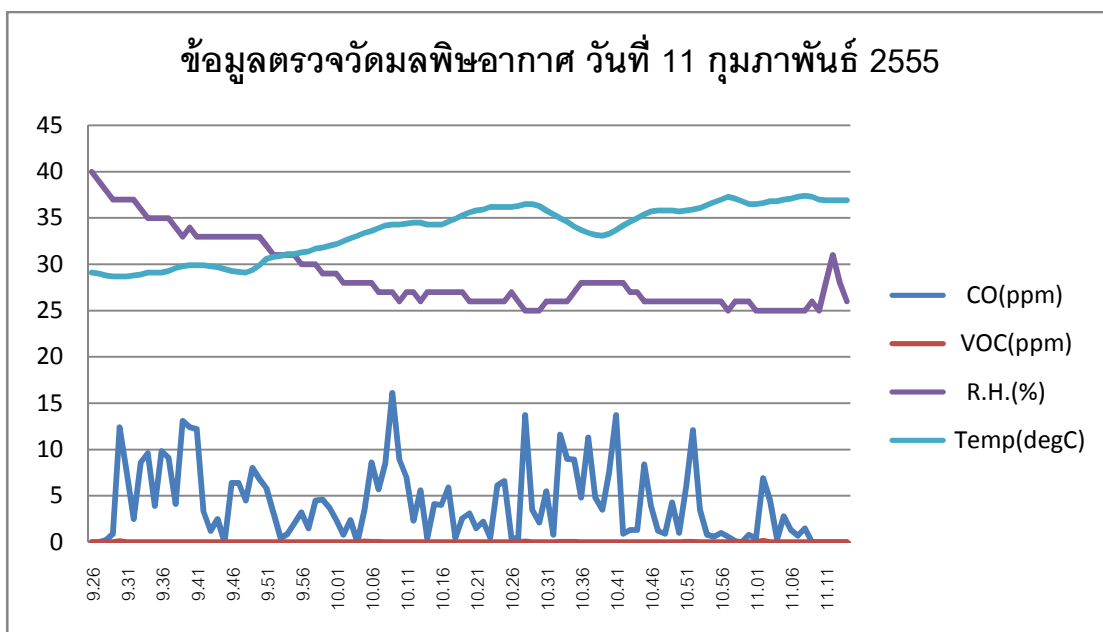
4.7 ผลการตรวจวัด

ทำการตรวจวัดในพื้นที่กำหนด ดังภาพที่ 3.2 เป็นเวลา 3 วัน พบว่าวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2555 เป็นวันที่มลพิษอากาศมีค่าน้อยที่สุดในภาพที่ 4.33 เนื่องจากวันที่ทำการตรวจวัดเป็นวันพฤหัสบดี ช่วงบ่ายการจราจรไม่ติดขัดทำให้ค่ามลพิษไม่สูงมาก ทั้งนี้จากการตรวจวัดจะพบว่า ถ้าทำการตรวจวัดบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS ค่ามลพิษจะสูงมากกว่าบริเวณอื่นๆ (บริเวณที่เปิดโล่ง) เนื่องจากบริเวณนั้นอากาศไม่สามารถถ่ายเทได้สะดวกอีกทั้งบริเวณรอบข้างยังเป็นตึกตลอดแนวถนน จึงเป็นสาเหตุให้มลพิษอากาศมีการสะสมตัวบริเวณใต้สถานี BTS มากกว่าบริเวณอื่นๆ



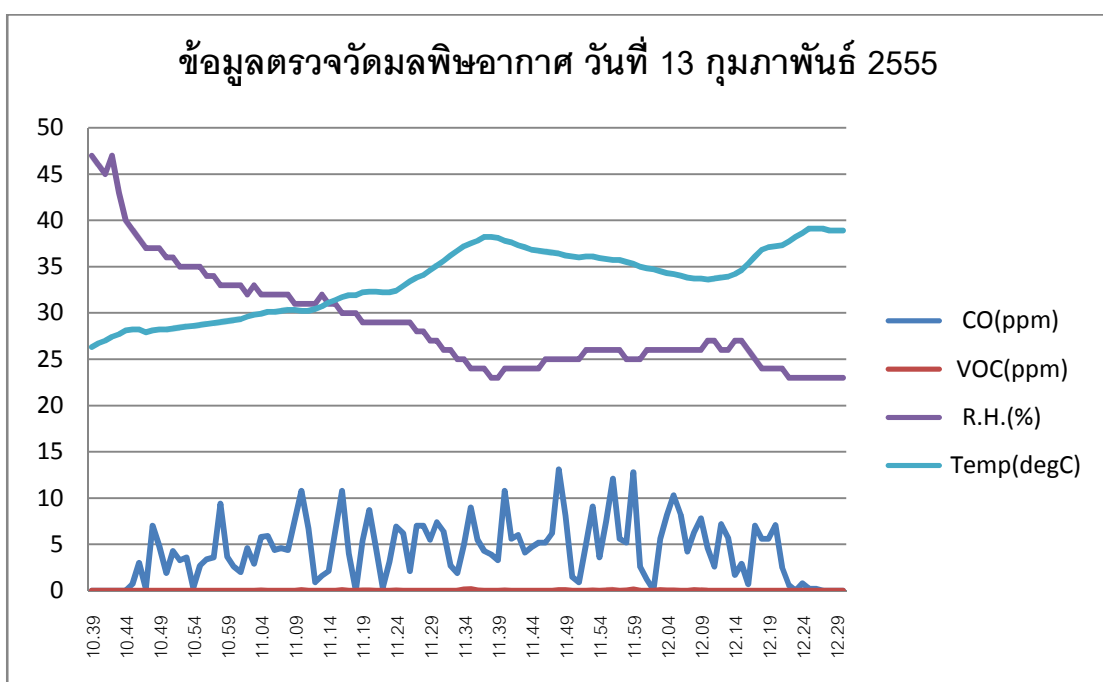
ภาพที่ 4.33 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศจากการตรวจวัดวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

ผลการตรวจวัดวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2555 ที่ทำการตรวจวัดในเส้นทางเดียวกับวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2555 วันที่ทำการตรวจวัดนี้ค่ามลพิษสูง เนื่องจากทำการตรวจวัดในช่วงเช้า ซึ่งเป็นช่วงที่จำนวนรถยนต์บนถนนมีมากจนการจราจรติดขัด นอกจากนี้มลพิษอากาศที่ตรวจวัดบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS ยังคงมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งได้ผลการตรวจวัดดังภาพที่ 4.34



ภาพที่ 4.34 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศจากการตรวจวัดวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

ส่วนผลการตรวจวัดในวัน 13 กุมภาพันธ์ 2555 เป็นวันที่มีค่ามลพิษอากาศสูงสุดในจำนวน 3 วันที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากวันที่ทำการตรวจวัดนี้เป็นวันจันทร์ปริมาณการจราจรจึงหนาแน่นมากจนถึงติดขัดกว่าวันอื่นๆ นอกจากนี้บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า BTS ยังคงเป็นบริเวณที่มีค่ามลพิษอากาศสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ที่ทำการตรวจวัด ในภาพที่ 4.35



ภาพที่ 4.35 กราฟแสดงค่ามลพิษอากาศจากการตรวจวัดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 บริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศ

จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูลมลพิษอากาศด้วยวิธี K-Mean Cluster Analysis พบว่า สามารถจัดกลุ่มมลพิษได้ทั้งหมด 7 กลุ่ม นอกจากนี้หลังจากทำการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มของมลพิษอากาศแล้ว จัดทำแผนที่มลพิษอากาศเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของมลพิษอากาศและบริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจัดทำแผนที่บริเวณที่มีการกระจายตัวของมลพิษอากาศในปี พ.ศ. 2548 และปี พ.ศ. 2553 และเลือกมลพิษอากาศที่จัดทำแผนที่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษอากาศคือ NO_2 , CO, PM_{10} ซึ่งมลพิษอากาศทั้งสามชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนที่สุดการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า NO_2 มีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นโดยบริเวณที่มีการกระจายตัวก็เพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2548 NO_2 มีการกระจายตัวอยู่บริเวณส่วนกลางของกรุงเทพมหานคร บริเวณเขตพญาไท ซึ่งมีปริมาณ NO_2 มากที่สุดและกระจายตัวไปยังเขตดินแดงและลาดพร้าว ส่วนปี พ.ศ. 2553 มีบริเวณการกระจายตัวเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะบริเวณเขตดินแดงและลาดพร้าวมีปริมาณ NO_2 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและบริเวณที่มีการกระจายตัวของมลพิษเพิ่มมากขึ้นได้แก่ เขตบางกะปิ

CO เป็นมลพิษอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศอย่างชัดเจน โดยปี พ.ศ. 2548 CO มีการกระจายตัวอยู่บริเวณเขตปทุมวัน เขตป้อมปราบศัตรูพ่ายและเขตบางกะปิ ปี พ.ศ. 2553 CO มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณการกระจายตัวของมลพิษอากาศอย่างชัดเจน โดย CO มีการกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างมากขึ้นอย่างชัดเจนแต่จะไม่มีจุดที่มีการสะสมตัวมาก คงเหลือแต่บริเวณเขตปทุมวันเท่านั้นที่มีการสะสมตัวของ CO มากอยู่

PM_{10} มีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณที่มีการสะสมตัว ปี พ.ศ. 2548 PM_{10} สะสมตัวอยู่มากบริเวณเขตราษฎร์เทวี หลังจากนั้น ปี พ.ศ. 2553 บริเวณพื้นที่ที่พบ PM_{10} เพิ่มมากขึ้นมีการกระจายออกมาทางบริเวณเขตคลองเตย เขตบางรัก เขตสาทร เขตพระโขนง ซึ่งปริมาณของ PM_{10} มีการกระจายตัวเป็นบริเวณมากขึ้นกว่าเดิม

จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-Mean Cluster Analysis และจัดทำแผนที่มลพิษอากาศ สรุปได้ว่าการแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็น 7 กลุ่มมีความเหมาะสมและมลพิษอากาศมีบริเวณการกระจายตัวเพิ่มมากขึ้นและมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นทุกตัวที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้งความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในข้อมูลมลพิษอากาศและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยเอง รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมลพิษอากาศและข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย ซึ่งข้อมูลมลพิษอากาศประกอบด้วย CO, O₃, NO_x, SO₂ และ PM₁₀ ส่วนข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยประกอบด้วย ปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ความเร็วลม, ความชื้น และความเข้มแสง ใช้ข้อมูลที่ทำการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2553 ที่ทำการรวบรวมจากกรมควบคุมมลพิษที่ทำการหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในข้อมูลมลพิษอากาศที่มีค่าความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ NO_x ที่มีค่า 0.734 ส่วนคู่ที่มีค่าความสัมพันธ์รองลงมาคือ CO กับ PM₁₀ มีค่า 0.534 และอันดับสามคือ NO_x กับ PM₁₀ มีค่า 0.481 ส่วนคู่ความสัมพันธ์ที่เหลือก็ยังคงมีความสัมพันธ์กันอยู่แต่ค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างมีค่าน้อยหรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กัน

ส่วนความสัมพันธ์ภายในกลุ่มข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ทำการทดสอบด้วยวิธีเดียวกันพบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่มีค่ามากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความชื้น มีค่า -0.722 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันค่อนข้างมากแต่เป็นในทิศทางตรงกันข้ามหรือแปรผกผันต่อกัน ส่วนความสัมพันธ์ที่มีค่ารองลงมาคือ อุณหภูมิกับความเข้มแสง มีค่า 0.557 และอันดับสามคือ อุณหภูมิกับความชื้น มีค่า -0.464 เป็นค่าความสัมพันธ์ที่มีต่อกันปานกลางและมีทิศทางตรงกันข้ามหรือแปรผกผันต่อกันส่วนความสัมพันธ์ของตัวแปรอุตุนิยมหาวิทยาลัยตัวอื่นๆ ยังมีความสัมพันธ์ต่อกันแต่มีความสัมพันธ์ต่อกันค่อนข้างน้อย

และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ส่วนสุดท้ายคือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมลพิษอากาศและข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยพบว่า คู่ความสัมพันธ์ที่มีค่าความสัมพันธ์มากที่สุดในการทดสอบคือ O₃ กับ อุณหภูมิ มีค่า 0.165 ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์นี้มีค่าน้อยมาก ส่วนความสัมพันธ์ของคู่ความสัมพันธ์อื่นๆ ก็มีค่าน้อยมากเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้งภายในกลุ่มข้อมูลและระหว่างกลุ่มสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มจะมีค่ามากกว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม เนื่องจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มนั้นอาจจะมีปัจจัยอื่นๆ แอบแฝงอยู่ภายในกลุ่ม นอกจากปัจจัย ความสัมพันธ์ยังขึ้นอยู่กับค่าข้อมูล ถ้าข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์มากก็จะทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์น้อย ซึ่งการจะหาเหตุปัจจัยดังกล่าวจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์อย่างละเอียด จึงไม่ได้แสดงถึงการวิเคราะห์ในการทำการศึกษาคั้งนี้

5.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำการศึกษา ปริมาณฝนและอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น เนื่องจากตัวแปรทั้งสองตัวมีอิทธิพลหรือส่งผลกระทบต่ออย่างเห็นได้ชัดต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งตัวแปรทั้งสองยังเป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทั่วโลกเน้นทำการศึกษาค้นคว้าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยในการศึกษาจะทำการศึกษาภายใต้ SRES ทั้ง 3 แบบ อันได้แก่ A1F1, A1B และ A2

จากการทำแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของปริมาณฝน พบว่า ในกรณีของ A1F1 ปริมาณฝนมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยฝนที่ตกส่วนใหญ่จะตกบริเวณทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นโดยปริมาณฝนทางตอนกลางหรือในส่วนของกรุงเทพฯ ชั้นในจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทางด้านตะวันตกจะมีปริมาณฝนที่เพิ่มมากขึ้นและมีการกระจายตัวเป็นบริเวณกว้าง โดยในปี พ.ศ. 2643 ปริมาณฝนของกรุงเทพมหานครจะมียิ่งกว่าปี พ.ศ. 2540 และ 2553 ค่อนข้างมาก

กรณี A1B การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนก็ยังคงเปลี่ยนแปลงไปค่อนข้างคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของกรณี A1F1 แต่การเปลี่ยนแปลงในกรณีนี้จะเกิดค่อนข้างช้ากว่าในกรณีแรก

ส่วนในกรณีของ A2 นั้น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนจะเกิดขึ้นอย่างไม่ชัดเจนมากนัก โดยการกระจายตัวของปริมาณฝนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึง 2643 ค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยแต่ไม่มากนัก แต่ที่น่าสนใจจากการศึกษาค้นคว้ากรณีนี้คือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนทางด้านตะวันตกของกรุงเทพมหานครมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างชัดเจนโดย จากปี พ.ศ. 2540 ปริมาณฝนทางด้านตะวันตกบางบริเวณมีปริมาณฝนที่น้อยกว่าบริเวณอื่นอย่างชัดเจน จากนั้นในปี พ.ศ. 2553 บริเวณดังกล่าวมีขนาดเล็กลงหรือแคบลง แสดงว่าได้รับฝนในปริมาณที่มากขึ้น หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2593 การกระจายตัวของปริมาณฝนทางด้านตะวันตกมากขึ้นอย่างมากทำให้บริเวณที่ได้รับฝนในปริมาณที่น้อยมรปี พ.ศ. 2540 และ 2553 น้อยลง จนในปี พ.ศ. 2643 พื้นที่ทางด้านตะวันตกของกรุงเทพมหานครได้รับฝนในปริมาณที่เท่าๆ กัน หรือคือ มีบริเวณที่ฝนตกครอบคลุมพื้นที่มากกว่าทั้ง 3 ปีแรกที่ทำการศึกษามาก

ทางด้านการศึกษาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของอุณหภูมิ พบว่า ในกรณีของ A1F1 อุณหภูมิของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2540 จะสูงอยู่ในบริเวณกลางกรุงเทพมหานครหรือก็คือใจกลางเมืองส่วนบริเวณชานเมืองนั้นอุณหภูมียังไม่สูงมากนัก หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2553 อุณหภูมิของกรุงเทพมหานครมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน อุณหภูมิมีการกระจายตัวมากขึ้น โดยอุณหภูมิของกรุงเทพมหานครสูงขึ้นทั่วบริเวณพื้นที่โดยเฉพาะทางด้าน

ตะวันออกที่จาก ปี พ.ศ. 2540 คุณหมุมิบริเวณดังกล่าวยังมีความแตกต่างจากใจกลางเมืองแต่ในปีนี้ก็กลับมีคุณหมุมิสูงขึ้นเทียบเท่าใจกลางเมืองแล้ว ปี พ.ศ. 2593 การเปลี่ยนแปลงยังคงมากขึ้นจนกระทั่งปี พ.ศ. 2643 การเปลี่ยนแปลงของคุณหมุมิเกิดขึ้น คุณหมุมิของกรุงเทพมหานครเพิ่มขึ้นมากจากปี พ.ศ. 2540 โดยเฉพาะทางด้านตะวันตกที่คุณหมุมิสูงขึ้นมาก

กรณี A1B การเปลี่ยนแปลงของคุณหมุมิยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปี พ.ศ. 2540 มีคุณหมุมิสูงบริเวณกลางกรุงเทพมหานครส่วนบริเวณชายเมืองยังคงมีความแตกต่างของคุณหมุมิค่อนข้างมาก หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2553 คุณหมุมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยบริเวณที่คุณหมุมิสูงขึ้นกระจายไปทั่วกรุงเทพมหานครแตกต่างจาก ปี พ.ศ. 2540 ที่คุณหมุมิจะสูงเฉพาะบริเวณกลางเมืองเท่านั้น ปี พ.ศ. 2593 การเปลี่ยนแปลงของคุณหมุมิเกิดขึ้นไม่มากนักจากปี พ.ศ. 2553 คุณหมุมิในปีนี้ต่ำกว่าปี พ.ศ. 2540 แต่มีบริเวณที่คุณหมุมิสูงกว้างกว่าเดิม ส่วนในปี พ.ศ. 2643 คุณหมุมิไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2553 และ 2593 มากนัก และมีแนวโน้มว่าคุณหมุมิของกรุงเทพมหานครเริ่มลดลง

ส่วนกรณี A2 ปี พ.ศ. 2540 คุณหมุมิสูงในบริเวณกลางเมืองเหมือนกับในกรณี A1F1 และ A1B ในปี พ.ศ. 2553 บริเวณที่มีคุณหมุมิสูงครอบคลุมพื้นที่ของกรุงเทพมหานครมากขึ้นอย่างชัดเจนโดยบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของคุณหมุมิมากคือ บริเวณทางด้านตะวันออกส่วนทางด้านตะวันตกก็มีการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่ชัดเจนเท่าทางด้านตะวันออก ปี พ.ศ. 2593 คุณหมุมิของกรุงเทพมหานครเริ่มลดลง โดยบริเวณทางด้านตะวันออกเป็นบริเวณแรกที่คุณหมุมิจะลดลงก่อนบริเวณอื่น ส่วนในปี พ.ศ. 2643 การเริ่มลงของคุณหมุมิเกิดขึ้นอย่างชัดเจน บริเวณทางด้านตะวันออกเป็นบริเวณที่คุณหมุมิลดลงมากที่สุด คุณหมุมิในปีนี้ลดลงอย่างมากโดยบริเวณที่มีคุณหมุมิสูงกลับมาสูงอยู่เฉพาะบริเวณกลางกรุงเทพมหานครโดยครอบคลุมพื้นที่เกือบเท่ากับปี พ.ศ. 2540 แต่คุณหมุมิในปีนี้ต่ำกว่าปี พ.ศ. 2540 ค่อนข้างมาก และบริเวณชานเมืองคุณหมุมิก็ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเช่นกัน

สรุปได้ว่าการจัดทำแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครจะพบ ถ้ายังมีการใช้พลังงานต่างๆ อย่างต่อเนื่องในอัตราเท่ากับปัจจุบันทั้งปริมาณฝนและคุณหมุมิจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่ถ้าลดการใช้พลังงานลงปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลงส่วนคุณหมุมิจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน

5.4 ข้อเสนอแนะ

- ควรทำการพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบของข้อมูลที่รวบรวมมาก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูลทุกครั้ง
- ในการนำมาข้อมูลมาดำเนินการวิเคราะห์ควรจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล
- การจัดกลุ่มข้อมูลควรจะทำการศึกษาในจำนวนปีที่ทำการศึกษาให้มากกว่านี้ และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาควรมีจำนวนตัวอย่างมากกว่านี้ เพื่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ข้อมูล
- ควรมีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ (ที่ไม่ใช่ปัจจัยจากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ) ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางอุตุนิยมวิทยารวมด้วย
- การนำเสนอข้อมูลด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ควรมีการทำแบบจำลองทุกตัวแปรอุตุนิยมวิทยาที่ทำการศึกษา
- ควรทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในสถานการณ์ตามแบบ SRES ให้ครบทุกรูปแบบ
- การวิเคราะห์ข้อมูลจะต้องมีการใช้ข้อมูลทั้งค่ามลพิษอากาศและค่าอุตุนิยมวิทยา ดังนั้นควรเลือกสถานีเก็บตัวอย่างที่ทำการเก็บค่าทั้งสองพร้อมๆ กันในวันและเวลาเดียวกัน
- ในการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรมีการใช้แบบจำลองที่หลากหลาย เนื่องจากแบบจำลองแต่ละแบบนั้นมีความเหมาะสมกับพื้นที่หนึ่งๆ ไม่เหมือนกัน จึงน่าจะจัดทำหลายแบบจำลองจนผลที่ได้จากการจำลองมีความเหมาะสมกับพื้นที่นั้น แล้วจึงเลือกแบบจำลองที่ได้ทำการจำลองต่อไป

5.5 ข้อจำกัด

- เนื่องจากในการศึกษามีการใช้ข้อมูลจำนวนมากและข้อมูลที่ทำกรรวบรวมได้ อาจจะได้ยังไม่สามารถจัดการข้อมูล จึงทำให้ค่าที่ได้ อาจจะทำให้เกิดความผิดปกติได้ในบางกรณี
- ในการตรวจวัดแต่ละวัน ใช้เวลาในการตรวจวัดไม่เท่ากันเนื่องจากการจราจรที่ติดขัดและสภาพอากาศในแต่ละวันยังมีความแตกต่างกัน อาจที่ตรวจวัดอาจจะมีค่าแตกต่างกันได้
- การวิเคราะห์ข้อมูลจะต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย แต่เนื่องจากกรุงเทพมหานครมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์จากที่ดินบ่อยครั้งและรวดเร็วจึงทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงทั้งมลพิษอากาศและสภาพภูมิอากาศ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ควบคุมมลพิษ,กรม. 2554. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2553. 2,000.
กรุงเทพมหานคร : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,
กัณฑ์รี บัญประกอบ. 2553. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ใน
อำนาจ ชิดไธสง, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพ
ภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต, 15 - 31. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย,
กณิตา ธนเจริญชนภาส. มลสารและสภาวะแวดล้อมในอาคารและผลกระทบต่อสุขภาพ Indoor
Air Pollution : Impacts on Human Health. 10. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร,
กิจการหิน สวัสดิการสัตว์. 2554. การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://www.navy.mi.th/sattahibase/unit/wfrock/crust.php>. [25 ตุลาคม 2554]
คณินิจ เสรีวงษ์. 2550. เอกสารประกอบการสอนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยเชิง
เส้นตรงอย่างง่าย. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
คณินิจ เสรีวงษ์. 2550. สรุปขั้นตอนการใช้โปรแกรม SPSS for Windows ในการวิเคราะห์
สหสัมพันธ์. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
จิรวัดณ์ จีงศิริกุลวิทย์. 2554. ฝุ่นละอองในอากาศกับการปรับตัว. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
[http://www.bangkokhealth.com/index.php/Chest/3764-Particulate-Matter-](http://www.bangkokhealth.com/index.php/Chest/3764-Particulate-Matter-(PM).html)
(PM).html. [25 ตุลาคม 2554]
จิรสรณ์ สันติสิริสมบุญ และ เจียมใจ เครือสุวรรณ. 2554. ภาพจำลองภูมิอากาศโลกและ
ภูมิอากาศอนาคต. ในอัศมน ลิ้มสกุล, อำนาจ ชิดไธสง และกัณฑ์รี บัญประกอบ,
รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ.
คณะทำงานกลุ่มที่ 1, 155 - 183. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย,
นันทปภา ศรีราชา และ บัณฑิต อภิสมจารกุล. 2553. การประเมินผลของการเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิในเขตเมืองต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซโอโซนในบรรยากาศทั่วไป. ปริญา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
วนิดา จินศาสตร์. 2551. มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ. 2,000. 1.
กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

วีรญา แฟงแสง. 2547. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อภาวะมลพิษอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร. ปริญญาอักษรศาสตร์บัณฑิต ภูมิศาสตร์ อักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. 2554. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโลก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/5/temp_change/temp_change/emp_change.html. [25 ตุลาคม 2554]

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. 2554. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโลก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/5/temp_change/temp_change/temp_change.html. [25 ตุลาคม 2554]

สมานชัย เลิศกมลวิทย์ . 2543. การหาปริมาณฝุ่นขนาด (PM_{2.5}, PM_{10-2.5}, PM₁₀) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุเพชร จิระจรกูล. 2552. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1. 3,000. 1. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,

เสริม จันทร์ฉายและดุษฎี ศุขวัฒน์. 2554. ละอองในบรรยากาศและเมฆกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ในอัศมน ลิมสกุล, อำนาจ ชิดไธสง และกัณฑ์รี บุญประกอบ, รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 1, 129 - 154. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย,

อำนาจ ชิดไธสง. 2553. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 1 สภาพภูมิอากาศในอดีต. 2,000. 2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทยลำดับที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย,

องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร. 2555. แผนที่แสดงเขตการปกครองของประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.mof.or.th/economic_plant/eco_plant_oilpalm.html. [15 มีนาคม 2555]

ภาษาอังกฤษ

Baggott, S., Cai, X., McGregor, G., Harrison, R.M. 2006. Model simulation of meteorology and air quality during the summer PUMA intensive measurement

- campaign in the UK West Midlands Conurbation. Science of the Total Environment 360: 26 – 42.
- Elbir, T., Mangir, N., Kara, M., Simsir, S., Eren, T., and Ozdemir, S. 2010. Development of a GIS-based decision support system for urban air quality management in the city of Istanbul . Atmospheric environment 44: 441-454.
- Gong, X., and Richman, M. 1995. On the Application of Cluster Analysis to Growing Season Precipitation Data in North America East of the Rockies. Journal of Climate: 897 – 931.
- Jinsart, W., Sripraparkorn, C., Siems S.T., Hurley P.J., Thepanondh S. 2010. Application of The Air Pollution Model (TAPM) to the urban airshed of Bangkok, Thailand. Int. J. Environment and pollution Vol. 42, Nos. 1/2/3: 68-84.
- Johns, T.C., Gregory, J.M., Ingram, W.J., Johnson, C.E., Jones, A., Lowe, J.A., Mitchell, J.F.B., Roberts, D.L., Sexton, D.M.H., Stevenson, D.S., Tett, S.F.B., and Woodage, M.J. 2003. Anthropogenic climate Change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. Climate Dynamics 20: 583 – 612.
- Li, L., and Liu Y. 2011. Space-borne and ground observations of the characteristics of CO pollution in Beijing, 2000 – 2010. Atmospheric Environment 45: 2367 – 2372.
- Mcguffie, K., henderson-sellers, A., holbrook, N., kothavala, Z., balachova, O., and Hoekstra, J. 1999. assessing simulations of daily temperature and precipitation variability with global climate models for present and enhanced greenhouse climates. international journal of climatology 19: 1 -26.
- Mickley, L.J., Jacob, D.J., and Field B.D. 2004. Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States. Geophysical Research Letters Vol. 31, L24103.
- Stylianou, M., and Nicolich, M.J. 2009. Cumulative effects and threshold levels in air pollution mortality:Data analysis of nine large US cities using the NMMAPS dataset. Environmental pollution 157: 2216-2223.

- Tagaris, E., Manomaiphiboon, K., Liao, K., Leung, L.R., Woo, J., He, S., Amar, P., and Russell, L.R. 2007. Impacts of global climate change and emissions on regional ozone and fine particulate matter concentrations over the United States. Journal of Geophysical Research Vol. 112, D14312.
- Watson, R.T.. 2012. Climate Change 2001: Synthesis Report. [online]. Resources: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/english/pdf/front.pdf. 5 February 2012
- Working Group I of the IPCC. 2012. Technical Summary. [online]. Resources: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/english/pdf/wg1ts.pdf. 12 February 2012
- Yin, C., Li Y., Ye, W., Bornman, J.F., Yan, X. 2010. Statistical downscaling of regional daily precipitation over southeast Australia based on self-organizing maps. Theor Appl Climatol. 105: 11-26

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศ

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
CO	.995	.9565	1325248
O3	13.90	16.042	1171317
SO2	5.58	6.043	1333756
NOX	59.67	65.672	1294846
PM10	55.9953	41.08827	1001142

Correlations

		CO	O3	SO2	NOX	PM10
CO	Pearson Correlation	1	-.223**	.373**	.734**	.534**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	1325248	1115516	1257629	1245361	926720
O3	Pearson Correlation	-.223**	1	-.116**	-.294**	-.080**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	1115516	1171317	1112039	1099902	883077
SO2	Pearson Correlation	.373**	-.116**	1	.364**	.373**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	1257629	1112039	1333756	1244523	907893
NOX	Pearson Correlation	.734**	-.294**	.364**	1	.481**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	1245361	1099902	1244523	1294846	903253
PM10	Pearson Correlation	.534**	-.080**	.373**	.481**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	926720	883077	907893	903253	1001142

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวิทยา

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
RAIN	.35	3.142	1321232
TEMP	29.135	3.1297	1314286
WIND	2.98	6.782	1382192
HIT	68.262	23.7613	1365786
SUN	134.000	200.1908	949313

Correlations

		RAIN	TEMP	WIND	HIT	SUN
RAIN	Pearson Correlation	1	-.050**	.019**	.081**	-.042**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	1321232	1312857	1300990	1284705	869379
TEMP	Pearson Correlation	-.050**	1	.152**	-.464**	.557**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	1312857	1314286	1302223	1278954	865253
WIND	Pearson Correlation	.019**	.152**	1	-.722**	-.069**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	1300990	1302223	1382192	1358380	934025
HIT	Pearson Correlation	.081**	-.464**	-.722**	1	-.208**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	1284705	1278954	1358380	1365786	929500
SUN	Pearson Correlation	-.042**	.557**	-.069**	-.208**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	869379	865253	934025	929500	949313

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศกับค่าดัชนีมลพิษ

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
CO	.995	.9565	1325248
O3	13.90	16.042	1171317
SO2	5.58	6.043	1333756
NOX	59.67	65.672	1294846
PM10	55.9953	41.08827	1001142
Rain	.35	3.142	1321232
Temp	29.135	3.1297	1314286
Wind	2.98	6.782	1382192
H	68.262	23.7613	1365786
SUN	134.000	200.1908	949313

Correlations

	CO	O3	SO2	NOX	PM10	Rain	Temp	Wind	H	SUN
CO										
Pearson Correlation	1	-.223**	.373**	.734**	.534**	-.009**	-.057**	-.048**	.010**	-.038**
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	1325248	1115516	1257629	1245361	926720	1120156	1114648	1178863	1163655	821037
O3										
Pearson Correlation	-.223**	1	-.116**	-.294**	-.080**	-.003**	.165**	.030**	-.088**	-.084**
Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000
N	1115516	1171317	1112039	1099902	883077	1002643	997523	1057281	1042507	713119
SO2										
Pearson Correlation	.373**	-.116**	1	.364**	.373**	.010**	-.037**	-.015**	.007**	.006**

	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	1257629	1112039	1333756	1244523	907893	1125652	1119635	1182522	1167235	820593
NOX	Pearson Correlation	.734**	-.294**	.364**	1	.481**	-.015**	-.073**	-.034**	.028**	-.036**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	1245361	1099902	1244523	1294846	903253	1091890	1085899	1148594	1133988	804760
PM10	Pearson Correlation	.534**	-.080**	.373**	.481**	1	.011**	-.057**	-.035**	.007**	-.007**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	N	926720	883077	907893	903253	1001142	834431	830405	883144	869906	592937
Rain	Pearson Correlation	-.009**	-.003**	.010**	-.015**	.011**	1	-.050**	.019**	.081**	-.042**
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
	N	1120156	1002643	1125652	1091890	834431	1321232	1312857	1300990	1284705	869379
Temp	Pearson Correlation	-.057**	.165**	-.037**	-.073**	-.057**	-.050**	1	.152**	-.464**	.557**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
	N	1114648	997523	1119635	1085899	830405	1312857	1314286	1302223	1278954	865253
Wind	Pearson Correlation	-.048**	.030**	-.015**	-.034**	-.035**	.019**	.152**	1	-.722**	-.069**

	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	117886 3	105728 1	118252 2	114859 4	883144	130099 0	130222 3	138219 2	135838 0	93402 5
H	Pearson Correlation	.010**	-.088**	.007**	.028**	.007**	.081**	-.464**	-.722**	.1	-.208**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	116365 5	104250 7	116723 5	113398 8	869906	128470 5	127895 4	135838 0	136578 6	92950 0
SUN	Pearson Correlation	-.038**	-.084**	.006**	-.036**	-.007**	-.042**	.557**	-.069**	-.208**	.1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	821037	713119	820593	804760	592937	869379	865253	934025	929500	94931 3

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสิทธิศักดิ์ ประภัสสรพิทยา เกิดวันที่ 16 กรกฎาคม 2529 ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จบการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2552 และได้เข้าศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2553 ได้เดินทางไปดูงาน ณ ประเทศสิงคโปร์และเผยแพร่ผลงาน ณ เมืองไช้คแลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ ในเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2554