



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสง
และขนาดของละอองลอยในประเทศไทย
Seasonal and Interannual Variation of Aerosol Optical Depth
and Aerosol Size in Thailand

ชื่อนิสิต นางสาวจุฑามาศ คงลำธาร เลขประจำตัว 5932804823

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสง
และขนาดของละอองลอยในประเทศไทย

จุฑามาศ คงลำธาร

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

Seasonal and Interannual Variation of Aerosol Optical Depth
and Aerosol Size in Thailand

Jutamart Konglumtharn

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science
Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ ความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสง
และขนาดของละอองลอยในประเทศไทย
โดย นางสาวจุฑามาศ คงลำธาร
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับโครงการ
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499 โครงการวิทยาศาสตร์



..... หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ปัทมา สิงห์รักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์)

..... สมฤดี จิตประไพ กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี จิตประไพ)

..... อธิภา ศิวรักษ์ กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อธิภา ศิวรักษ์)

..... สุจารี บุรีกุล กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล)

Project Title Seasonal and Interannual Variation of Aerosol Optical Depth and Aerosol Size in Thailand
By Miss Jutamart Konglumtharn
Field of Study Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Advisor Assistant Professor Patama Singhruck, Ph.D.

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's Degree.



..... Head of Marine Science Department

(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D.)

PROJECT COMMITTEE

..... Patama Singhruck Project Advisor

(Asst. Prof. Patama Singhruck, Ph.D.)

..... สอภรณ์ จิตประไพ Member

(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph. D.)

..... อิศรา สิวาปรม Member

(Asst. Prof. Itchika Sivaipram, Ph. D.)

..... Sujaree Bureekul Member

(Sujaree Bureekul, Ph.D.)

ชื่อโครงการ	ความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสงและขนาดของละอองลอยในประเทศไทย
ชื่อนิสิต	นางสาวจุฑามาศ คงลำธาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์
ปีการศึกษา	2562
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความลึกเชิงแสง (Aerosol optical depth : AOD) และ ค่าคงที่ของอังสตรอม (Angstrom exponent : AE) ซึ่งบ่งบอกขนาดของละอองลอย ทั้ง 5 ภูมิภาคของประเทศไทย คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ตอนล่าง ในระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019 โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS/Terra และหาความสัมพันธ์กับปัจจัยทางภูมิอากาศและกิจกรรมของมนุษย์ ผลการศึกษาพบว่า เดือนมีนาคม มีค่าเฉลี่ย AOD สูงสุดในทุกภาค ยกเว้นภาคใต้ตอนล่าง ที่มีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน ส่วนค่า Angstrom exponent อยู่ในช่วงระหว่าง 0.8 -1.8 แสดงให้เห็นว่าพบละอองลอยได้ทั้งขนาดใหญ่ ($AE < 1$) และเล็ก ($AE > 1$) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า AOD และดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญาได้ พบว่าช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคมของภาคใต้ตอนล่าง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด ($R = 0.70, p < 0.01$) ถือได้ว่าปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญามีความสัมพันธ์กับความผันแปรของค่า AOD ซึ่งปี ค.ศ. 2015 เกิดสภาวะเอลนีโญรุนแรง จะพบว่า AOD มีค่าสูงมากกว่าปีอื่นๆเช่นกัน จากการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนจากการเผาไหม้ (Hotspot) และแบบจำลองการติดตามอนุภาคในอากาศ HYSPLIT Model เพิ่มเติม แสดงให้เห็นว่า ละอองลอยจากประเทศข้างเคียงสามารถพัดเข้ามายังภายในประเทศไทยได้ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า AOD ที่ต่างกันออกไปตามฤดูกาลและช่วงปี

คำสำคัญ: ละอองลอย ดาวเทียม ความลึกเชิงแสงของละอองลอย ค่าคงที่ของอังสตรอม

Project Title	Seasonal and Interannual Variation of Aerosol Optical Depth and Aerosol Size in Thailand
Name	Miss Jutamart Konglumtharn
Advisor	Assistant Professor Patama Singhruck, Ph.D.
Academic Year	2019
Department	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

The objective of this study is to examine seasonal and interannual variation in aerosol optical depth (AOD) and Angstrom exponent (AE) which indicates the aerosol size in 5 regions of Thailand: northern, northeastern, eastern, central and lower-southern regions during the years 2009 – 2019 using data from the MODIS/Terra satellite. The relationship of AOD and climate factors and human activities are also investigated. The results showed that the highest AOD was found in March in every region except for the lower-southern region where AOD peaked in September. The Angstrom exponent was between 0.8 – 1.8 indicating that both large (AE <1) and small (AE > 1) particles can be found. The relationship between the AOD and the Oceanic Niño Index (ONI), which is an indication of the El Niño-La Niña phenomenon, were analyzed. The lower southern region showed the highest correlation ($R = 0.70$, $p < 0.01$) indicating the connection of El Niño-La Niña and AOD variation. In 2015, there was a severe El Niño and the AOD was higher than other years. In addition, analysis of hotspot counts which suggest numbers of fire hotspots and particle trajectory from HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model showed that biomass burning aerosols can be blown from neighboring countries thereby affecting the variation of AOD in Thailand.

Keywords: Aerosol, MODIS, Aerosol optical depth, Angstrom exponent

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบแก้ไขโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง ภายในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่คอยช่วยเหลือในการทำการวิเคราะห์ข้อมูล และเป็นกำลังใจในการทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ครั้งนี้ให้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

จุฑามาศ คงลำธาร

ผู้จัดทำโครงการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ละอองลอย	4
2.1.1 แหล่งกำเนิดและขนาดของละอองลอย	4
2.1.2 ผลกระทบจากละอองลอย	4
2.2 การใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล.....	5
2.2.1 ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing).....	5
2.2.2 ดาวเทียม Terra	6
2.2.3 ระบบเซ็นเซอร์ MODIS	6
2.3 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	7
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	8
3.1 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	8
3.1.1 ข้อมูล AOD และ Angstrom Exponent.....	8

3.1.2 ข้อมูลของตัวแปรปัจจัยทางกายภาพ	8
3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	9
3.2 วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลา	9
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล	11
4.1 ความลึกเชิงแสงของละอองลอย (Aerosol optical depth : AOD) ในประเทศไทย	11
4.1.1 ความผันแปรรายฤดูกาล	11
4.1.2 ความผันแปรระหว่างปี	16
4.2 ค่าคงที่ของอังสตรอม (Angstrom exponent : AE) ในประเทศไทย	22
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	24
5.1 สรุปผลการศึกษา	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	25

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	3
3.1	8
3.2	9
4.1	12
4.2	13
4.3	14
4.4	15
4.5	17
4.6	17
4.7	18
4.8	18
4.9	19
4.10	19
4.11	20
4.12	20
4.13	21
4.14	21

รูปที่	หน้า
4.15 แผนที่ค่าเฉลี่ย Angstrom exponent ของละอองลอยในรอบปี	
ระหว่างปี ค.ศ. 2009 - 2019.....	22

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	ความแตกต่างระหว่างฝุ่นขนาดใหญ่และฝุ่นขนาดเล็กตามแหล่งที่มาของฝุ่นละออง.....4
4.1	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ AOD ทั้ง 5 ภาคของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 - 2019.....13

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

ละอองลอย คือ อนุภาคที่มีขนาดเล็กมากของของแข็งหรือของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากแหล่งธรรมชาติ เช่น ก๊าซโอโซน คาร์บอนจากภูเขาไฟระเบิด หรือฝุ่นในทะเลทราย และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น คาร์บอนจากโรงงานอุตสาหกรรม เขม่าคาร์บอนจากการขับขี้นยานพาหนะ หรือการเผาป่า เป็นต้น โดยขนาดอนุภาคของละอองลอยได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม Aitken มีรัศมีของอนุภาคน้อยกว่า 0.5 ไมครอน, กลุ่ม accumulation มีรัศมีของอนุภาค 0.5 - 2.5 ไมครอน และกลุ่ม coarse มีรัศมีของอนุภาคมากกว่า 2.5 ไมครอน (NASA GES DISC, n.d.) การที่ปริมาณของละอองลอยในบรรยากาศเพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและทางอ้อมต่อระบบภูมิอากาศในด้านต่างๆ เช่น อุณหภูมิ สมดุลของพลังงาน (บุศราศิริ ธานี, 2551) หรือปริมาณน้ำฝน ความรุนแรงของผลดังกล่าวขึ้นกับปริมาณและขนาดของละอองลอยในบรรยากาศ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา (อภิวัณตรี ยุทธพันธ์, 2549)

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาของฝุ่นละอองที่ปกคลุมไปทั่วทุกภาคตามลักษณะของภูมิประเทศและฤดูกาลของแต่ละปี โดยปัญหาดังกล่าวอาจมีได้หลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นจากการเผาป่า การเผาไหม้ อินทรีย์สารจากการเกษตร (วินัส ต่วนเครือ และ นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2557) การก่อสร้าง การจราจร รวมถึงแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองจากประเทศข้างเคียง (สุนิตย์ โรจนสุวรรณ และ รุสมาตี สะบุตติง, 2559) ทำให้มีฝุ่นละอองเพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีตที่ผ่านมา นอกจากนี้อาจได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างภาวะเอลนีโญ (Abish and Mohanakumar, 2013; Kumar et al., 2018) ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความผันแปรของปริมาณละอองลอยในประเทศไทย ปัญหาดังกล่าวจึงต้องได้รับการแก้ไขอย่างรวดเร็ว และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศดาวเทียม เข้ามาใช้ในการตรวจวัดและติดตามคุณภาพของอากาศ ทำให้ได้รับข้อมูลที่ทันเหตุการณ์มากขึ้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) : GISTDA) โดยข้อมูลดังกล่าวจากดาวเทียมจะทำให้ทราบถึงความขุ่นมัวของละอองลอยในชั้นบรรยากาศ หรือเรียกอีกอย่างว่า ความลึกเชิงแสงของละอองลอย (Aerosol Optical Depth : AOD) ซึ่งความลึกเชิงแสงของละอองลอยแสดงถึงการขวางกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากการดูดกลืนและกระเจิงแสงโดยละอองลอย ทำให้ทราบถึงความขุ่นมัวของละอองลอยในชั้นบรรยากาศพื้นที่นั้นๆ ได้ (Luo et al., 2013) และการคำนวณค่าคงที่อังสตรอม (Angstrom exponent) สามารถบอกขนาดของละอองลอยอย่างคร่าวๆ และอาจทำให้ทราบแหล่งที่มาได้ (Gregory et al., 2006) เช่น ละอองลอยขนาดเล็กส่วนใหญ่จะเป็นประเภทควันไฟป่าหรือควันรถซึ่งมาจากแผ่นดิน ส่วนละอองลอยขนาดใหญ่มักจะเป็นละอองเกลือทะเลซึ่งมาจากมหาสมุทร เป็นต้น

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสงและขนาดของละอองลอยในประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นมัวและขนาดของละอองลอย สามารถระวังและรับมือกับสถานการณ์ปัญหาฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นได้ โดยใช้ค่าความลึกเชิงแสงของละอองลอยและค่าคงที่อังสตรอม จากข้อมูลดาวเทียม Terra ระบบเซ็นเซอร์ MODIS ในช่วงปี ค.ศ. 2009 – 2019 บริเวณพื้นที่ประเทศไทย

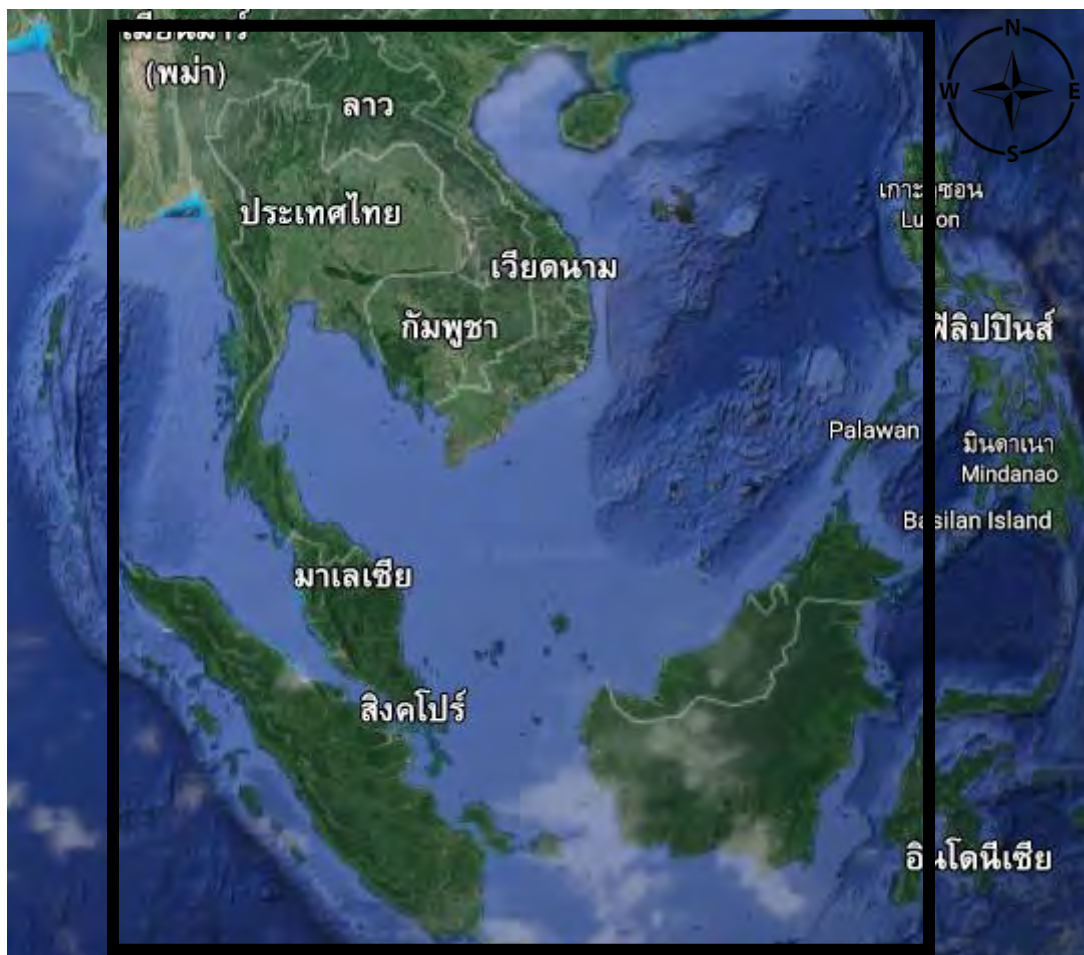
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อวิเคราะห์ความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสงและขนาดของละอองลอยในประเทศไทย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009 – 2019

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

ประเทศไทยและประเทศข้างเคียง ได้แก่ พม่า ลาว และอินโดนีเซีย ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา ประเทศไทยและประเทศข้างเคียง

1.3.2 ขอบเขตข้อมูลการศึกษาและเครื่องมือ

ข้อมูลค่าความลึกเชิงแสงของละอองลอย (Aerosol Optical Depth : AOD) และค่าคงที่อังสตรอม (Angstrom Exponent) จากชุดข้อมูล MOD08_M3 แบบรายเดือน จากดาวเทียม MODIS/Terra Level 3 ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009 – 2019

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วิเคราะห์ข้อมูลความลึกเชิงแสงและขนาดของละอองลอยทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา สามารถทราบแหล่งที่มาของละอองลอย และรับมือเฝ้าระวังกับสถานการณ์ปัญหาของฝุ่นละอองในพื้นที่ที่ศึกษาได้

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ละอองลอย

ละอองลอยเป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็ก ซึ่งถูกแขวนลอยอยู่ในอากาศและมีอิทธิพลต่อสมดุลพลังงานในชั้นบรรยากาศของโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผลกระทบทางตรงของละอองลอยนั้นเกิดจากกระบวนการกระเจิงแสงและการดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิอากาศบนโลกได้ ส่วนผลกระทบทางอ้อมของละอองลอยคือ การส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติและการก่อตัวของเมฆ โดยทำหน้าที่เป็นแกนกลางของการควบแน่นของเมฆ

2.1.1 แหล่งกำเนิดและขนาดของละอองลอย

แหล่งกำเนิดของละอองลอยหรือฝุ่นละอองโดยทั่วไปในบรรยากาศ แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ ละอองลอยที่เกิดกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ ถ่านหิน ฟืน หรือกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม และละอองลอยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น เกิดจากกระแสลมพัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย เหม่าควีนจากไฟป่า ฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างฝุ่นขนาดใหญ่และฝุ่นขนาดเล็กตามแหล่งที่มาของฝุ่นละออง (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ, 2558)

	ฝุ่นขนาดใหญ่	ฝุ่นขนาดเล็ก
แหล่งที่มา	<ul style="list-style-type: none"> - การฟุ้งของฝุ่นดินบนถนน - การฟุ้งของฝุ่นดินที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ เลี้ยงสัตว์ - เศษสิ่งมีชีวิต - การก่อสร้างและเรือถอน - การเผาไหม้ของถ่านหินและน้ำมัน - ทะเล มหาสมุทร 	<ul style="list-style-type: none"> - การเผาไหม้ถ่านหิน น้ำมัน เศษไม้ - การเปลี่ยนสภาพของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ในบรรยากาศ - กระบวนการที่ใช้ความร้อนสูง เตาหลอม โรงบดเหล็ก เป็นต้น

2.1.2 ผลกระทบจากละอองลอย

ผลกระทบของละอองลอยส่งผลกระทบต่อปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านสภาพบรรยากาศทั่วไป เนื่องจากละอองลอยประเภทที่เป็นของแข็งจะลดความสามารถในการมองเห็น และประเภทที่เป็นของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของ

ละอองลอยนั้นๆ นอกจากนี้ละอองลอยบางประเภทในชั้นบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง ความสกปรกของวัตถุ เป็นต้น รวมไปถึงสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ละอองลอยขนาดเล็กมากๆจะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ โดยเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้นๆ เช่น เนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือในช่วงเวลานาน จะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ และทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลงทำให้หลอดลมอักเสบ เกิดหอบหืดถุงลมโป่งพอง และโอกาสเกิดโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.)

2.2 การใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล

2.2.1 ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)

การสำรวจระยะไกลหรือ Remote Sensing คือ การสำรวจจากระยะไกลที่ไม่ได้นำเครื่องมือวัดไปสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง ทำการสำรวจโดยให้เครื่องวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องวัดไว้ เช่น นำกล้องถ่ายภาพติดตั้งไว้ยังที่สูง อย่างบนบอลลูน บนเครื่องบิน ยานอวกาศหรือดาวเทียม แล้วอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่หรือสะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัด การสำรวจโดยใช้วิธีนี้เป็น การเก็บข้อมูลที่ได้ออกมาจำนวนมาก ในบริเวณที่กว้างกว่าการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม ตัวอย่างเครื่องมือสำรวจระยะไกล เช่น เครื่องบินสำรวจเพื่อถ่ายภาพในระยะไกล การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโดยการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลกในระยะไกล เป็นต้น

การสำรวจระยะไกล สามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดพลังงานที่ก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มี 2 กลุ่มใหญ่ คือ Passive remote sensing เป็นระบบที่ใช้กันกว้างขวางตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน โดยมี ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ระบบนี้จะรับและบันทึกข้อมูลได้ในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ และมีข้อจำกัดด้านสภาวะอากาศ คือ ไม่สามารถรับข้อมูลได้ในฤดูฝนหรือเมื่อมีเมฆ หมอก หรือฝน และ Active remote sensing เป็นระบบที่มีแหล่งพลังงานเกิดจากการสร้างขึ้นในตัวของเครื่องมือสำรวจ เช่น ช่วงคลื่นไมโครเวฟที่สร้างในระบบเรดาร์ แล้วส่งพลังงานนั้นไปยังพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้สามารถทำการรับและบันทึกข้อมูล ได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาหรือด้านสภาวะภูมิอากาศ คือสามารถรับส่งสัญญาณได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อีกทั้งยังสามารถทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝนได้ในทุกฤดูกาล (Natural Resources Canada, 2015)

ในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลด้วยข้อมูลดาวเทียม ช่วยให้เราวิเคราะห์พื้นที่ที่ศึกษาที่เข้าถึงได้ยากและกว้างขวางได้ง่ายขึ้นมาก จากตัวแปรต่างๆที่ดาวเทียมเก็บข้อมูลได้ อย่างค่าความลึกเชิงแสงของละอองลอย (Aerosol optical depth : AOD) และค่าคงที่ของอังสตรอม (Angstrom exponent : AE) ซึ่งเป็นดัชนีที่สามารถบ่งบอกถึงความขุ่นมัวและขนาดของละอองลอยได้อย่างคร่าวๆ ตามลำดับ

2.2.2 ดาวเทียม Terra

ดาวเทียม Terra เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรขนาดใหญ่ หนักประมาณ 5 เมตริกตัน ส่งขึ้นสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2542 แต่เดิมมีชื่อว่า EOS AM-1 โครงการดาวเทียม TERRA เป็นความร่วมมือด้านอวกาศระหว่างชาติ คือ องค์การ NASA องค์การสำรวจทรัพยากรแห่งชาติญี่ปุ่น (Japan Resources Observation System Organization: JAROS) และองค์การอวกาศแห่งชาติแคนาดา (CSA) โดยองค์การ NASA พัฒนาตัวยานและระบบเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม คือ Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) และ Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) องค์การ JAROS พัฒนาระบบ Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) และองค์การ CSA พัฒนาระบบ Measurements of Pollution in The Troposphere (MOPITT)

ดาวเทียม Terra ถูกกำหนดภารกิจเพื่อการสำรวจชั้นบรรยากาศ พื้นโลก และมหาสมุทร โคจรจากขั้วโลกเหนือมาใต้ (descending) ผ่านบริเวณแถบศูนย์สูตรช่วงเวลาเช้า มีวงโคจรอยู่ที่ระดับความสูง 705 กิโลเมตร กลับมาที่เดิมทุกๆ 16 วัน มีระบบเซ็นเซอร์ 5 ระบบ ได้แก่ ASTER CERES MISR MODIS และ MOPITT โดยมีระบบ ASTER และ MODIS ใช้ในการรับรู้จากระยะไกลเพื่อสำรวจโลก (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.)

2.2.3 ระบบเซ็นเซอร์ MODIS

ระบบเซ็นเซอร์ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) เป็นหนึ่งในห้าระบบเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Terra โดยพัฒนามาจากระบบ AVHRR ที่ติดตั้งบนดาวเทียม NOAA บันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นโลกทุกๆ 1-2 วัน มีแนวถ่ายภาพกว้าง 2,330 กิโลเมตร สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นต่างๆ ได้ถึง 36 แบนด์ ตั้งแต่ความยาวคลื่น 0.4 ถึง 14.4 ไมโครเมตร มีขนาดความละเอียดเชิงพื้นที่แตกต่างกันสามระดับคือ ที่ขนาด 250 เมตร (แบนด์ 1 และ 2) ขนาด 500 เมตร (แบนด์ 3 – 7) และขนาด 1 กิโลเมตร (แบนด์ 8 – 36) จากคุณลักษณะดังกล่าว ทำให้ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมระบบ MODIS ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งบนบกและในทะเล

ระบบเซ็นเซอร์ MODIS มีชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ Level 0 Level 1 Level 2 และ Level 3 ซึ่งชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์ของ MODIS Aerosol ที่ได้จากการตรวจวัดทั้งบนบกและในทะเล จะอยู่ใน Level 3 Product ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอา Level 1 มาประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าตัวแปร AOD และ Angstrom Exponent (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.)

2.3 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

Janjai et al. (2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าความลึกเชิงแสงของละอองลอย ในระหว่างปี ค.ศ. 2006 - 2011 ที่ประเทศไทย ในจังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา ที่ความยาวคลื่น 500 nm โดย 3 สถานีแรกมีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด คือ 0.92, 0.78 และ 0.61 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - เมษายน) และค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) ส่วนสถานีจังหวัดสงขลามีความแตกต่างกับอีก 3 สถานี เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองในท้องถิ่นน้อยกว่าและขึ้นกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางทะเล ทำให้ค่าความลึกเชิงแสงของละอองลอยมีค่าคงที่และต่ำตลอดทั้งปี โดยมีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดเท่ากับ 0.27 และต่ำสุดเท่ากับ 0.16

Verma et al. (2015) ได้ทำการศึกษาแบ่งประเภทของละอองลอยโดยใช้ค่าคงที่ของอังสตรอมในปี ค.ศ. 2009 - 2012 ที่ประเทศอินเดีย พบว่าค่าคงที่ของอังสตรอมน้อยกว่า 1 มักจะเป็นละอองลอยจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นทะเลทราย ละอองเกลือทะเล และค่าคงที่ของอังสตรอมมากกว่า 1 มักจะเป็นละอองลอยที่เกิดจากมนุษย์ อย่างเช่น การเผาไหม้มลชีวภาพ หรือควันจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

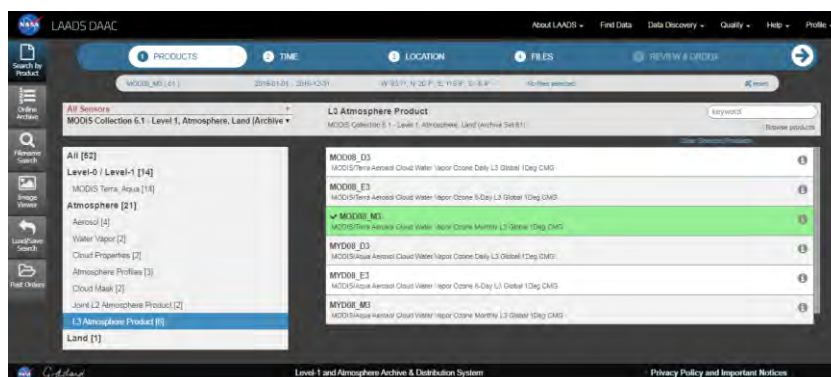
สุนิตย์ โรจนสุวรรณ และ รุสมชาติ สະบุติง (2559) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองตามเวลาในรอบปีของ 3 สถานี คือ สถานีจังหวัดสงขลา รัฐปีนัง และรัฐซาราวัคของประเทศมาเลเซีย ที่ความยาวคลื่น 500 nm พบว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองค่อนข้างน้อย อาจเป็นเพราะทั้ง 3 สถานี ตั้งอยู่ใกล้ชายทะเล และฝุ่นละอองส่วนใหญ่เป็นละอองเกลือ ซึ่งพัดเข้าสู่ฝั่งตลอดทั้งปี นอกจากนี้บริเวณดังกล่าวมีฤดูฝนยาวนาน จึงมีการชะล้างฝุ่นละอองในบรรยากาศลงสู่พื้นผิวโลกเกือบตลอดทั้งปี

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

3.1 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ข้อมูล AOD และ Angstrom Exponent

ข้อมูลค่า AOD และ Angstrom Exponent จากการตรวจวัดด้วยระบบเซ็นเซอร์ MODIS โดยข้อมูลอยู่ในชุดผลิตภัณฑ์ Level 3 ชื่อ MOD08_M3 เฉพาะช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. (ตามเวลาที่ท้องถิ่น UTC+7) สามารถเข้าถึงได้จาก <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>



รูปที่ 3.1 LAADS Web ชุดผลิตภัณฑ์ MOD08_M3 จากดาวเทียม MODIS/Terra

3.1.2 ข้อมูลของตัวแปรปัจจัยทางกายภาพ

- ดัชนี Oceanic Nino Index (ONI)

ONI เป็นค่าดัชนีชี้วัดที่คำนวณจากค่าอุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเล (Sea surface temperature, SST) ที่เปลี่ยนไปจากค่าอุณหภูมิน้ำทะเลปกติโดยค่า ONI จะคำนวณจากพื้นที่บริเวณที่เรียกว่า Nino 3.4 region ซึ่งจะกินพื้นที่บริเวณละติจูดที่ 5°S - 5°N และลองจิจูดที่ 120°W - 170°W และทาง National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ได้ใช้ค่าดังกล่าวเป็นตัวดัชนีในการทำนายการเกิดปรากฏการณ์ ENSO และประเมินค่าความแรงของปรากฏการณ์ โดยถ้าดัชนีมีค่าอยู่ในช่วงบวกหรือลบ 0.5 - 0.9 ถือว่าเป็นค่าที่มีกำลังอ่อน ถ้ามีค่าอยู่ในช่วงบวกหรือลบ 1.0 - 1.4 ถือว่ามีกำลังปานกลาง และถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 จะถือว่าเป็นปรากฏการณ์ El Nino หรือ La Nina ที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนนั้นๆ มีกำลังแรง ซึ่งค่าดังกล่าวมักจะบันทึกเฉลี่ยทุกๆ สามเดือนครั้ง (Climate Prediction Center, n.d.) สามารถเข้าถึงข้อมูลได้จาก

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

- จำนวนจุดความร้อนจากการเผาไหม้ (Hotspot) ของประเทศไทย พม่า ลาว และอินโดนีเซีย จากข้อมูลดาวเทียม VIIRS (ASEAN Specialised Meteorological Centre, 2020) เข้าถึงได้จาก

<http://asmc.asean.org/asmc-haze-hotspot-annual-new#Hotspot>

- แบบจำลองการติดตามอนุภาคของละอองลอยในชั้นบรรยากาศ (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory : HYSPLIT) (Stein et al., 2015)

เป็นการจำลองทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศหรือละอองลอยในชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถรันแบบจำลองออนไลน์ (Rolph et al., 2017) ได้จาก

<https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive>

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

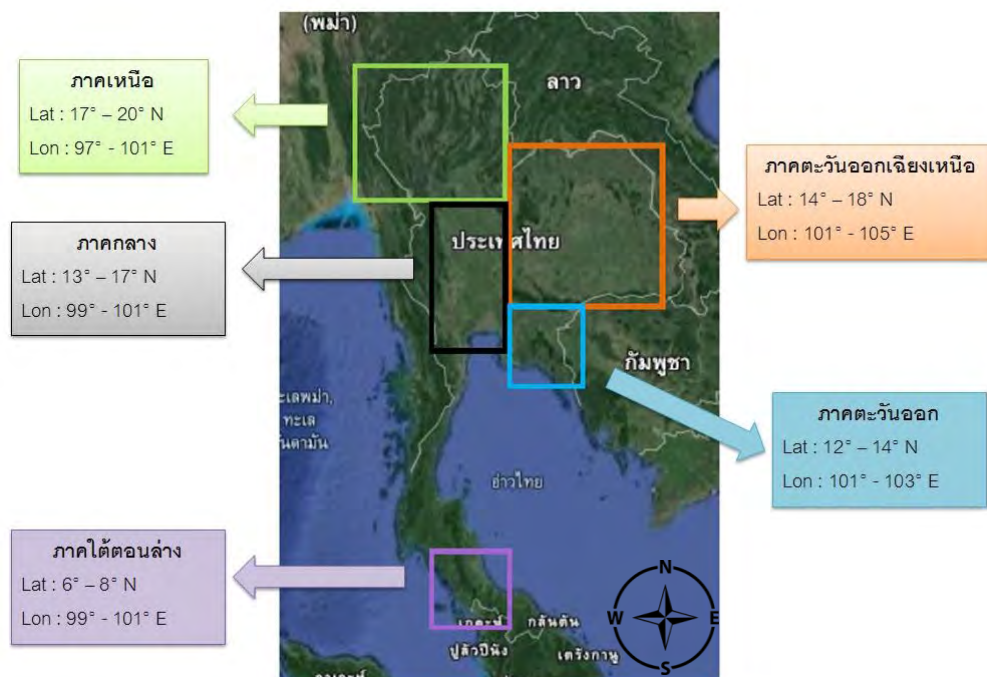
- โปรแกรม MATLAB version R2019b

ใช้ในการทำแผนที่เฉลี่ยค่าความลึกเชิงแสงของละอองลอยและค่าคงที่อองสตรอม ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019 เพื่อให้เห็นภาพการกระจายตัวและขนาดของละอองลอยในพื้นที่ศึกษาได้ง่ายขึ้น

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลา

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ได้นำข้อมูลมาดำเนินการวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยรายเดือนและระหว่างปี จากการทำแผนที่ความลึกเชิงแสงของละอองลอยและค่าคงที่อองสตรอมในโปรแกรม MATLAB และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของทั้ง 5 ภาคที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.2 แผนที่ในการแบ่งพื้นที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ภาคในประเทศไทย

2) หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เชิงแสงของละอองลอยรายเดือนที่มีการเปลี่ยนแปลงกับค่าดัชนี ONI โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ผลจากการวิเคราะห์จะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient ; r) ที่จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด จากการที่สร้าง scatter plot diagram ระหว่างตัวแปร AOD กับ ONI และกำหนดค่า r หากค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นๆ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ในทางกลับกัน หากค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นๆมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย หรือไม่มีเลย (จุฬาลักษณ์ สมวันดี และ มัลลิกา สุกิจปาณีนิจ, 2559)

3) วิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้กับปัจจัยทางภูมิอากาศด้วยแบบจำลอง HYSPLIT โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของมวลอากาศ ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธี Trajectory Ensemble เพื่อวิเคราะห์วิถีโคจรจากหลายๆ ตำแหน่งที่เกี่ยวข้อง และพิจารณาประกอบกับข้อมูลจุดความร้อน โดยวิเคราะห์ออกเป็น 2 แบบ คือ แบบไปข้างหน้า (forward trajectories) เพื่อให้ทราบว่ามีมวลอากาศจากพื้นที่ที่ศึกษาไหลไปยังทิศทางใด และแบบย้อนกลับ (backward trajectories) เพื่อให้ทราบพื้นที่ที่มวลอากาศไหลผ่านมาก่อนที่จะเคลื่อนมายังพื้นที่ศึกษา

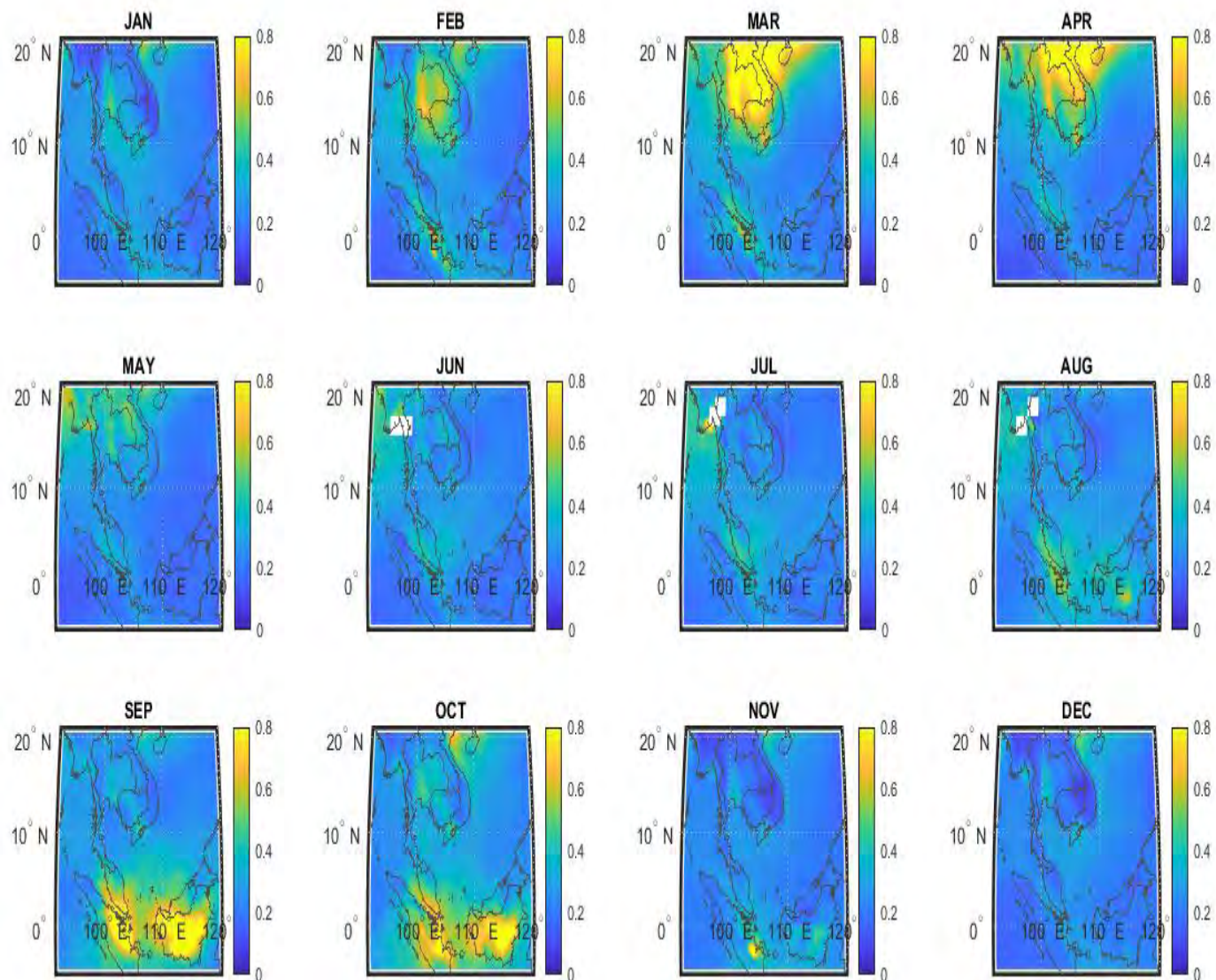
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล

4.1 ความลึกเชิงแสงของละอองลอย (Aerosol optical depth : AOD) ในประเทศไทย

4.1.1 ความผันแปรรายฤดูกาล

จากการวิเคราะห์ความผันแปรรายเดือนของ AOD ที่ความยาวคลื่น 550 nm ในประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019 (รูปที่ 4.1) ได้ทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 5 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ (รูปที่ 4.2) พบว่า ใน 4 ภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง มีลักษณะการผันแปรของค่าความลึกเชิงแสงตามฤดูกาลในรอบปีที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ จะมีค่ามากที่สุดในเดือนมีนาคม หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลงจนมีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ส่วนบริเวณภาคใต้ค่า AOD ในบรรยากาศมีค่าค่อนข้างคงที่ และจะมีค่ามากที่สุดในเดือนกันยายน โดยค่าเฉลี่ยรายเดือนที่มากที่สุดของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ เท่ากับ 0.66, 0.81, 0.62, 0.67 และ 0.36 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยรายเดือนที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.18, 0.21, 0.26, 0.26 และ 0.22 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

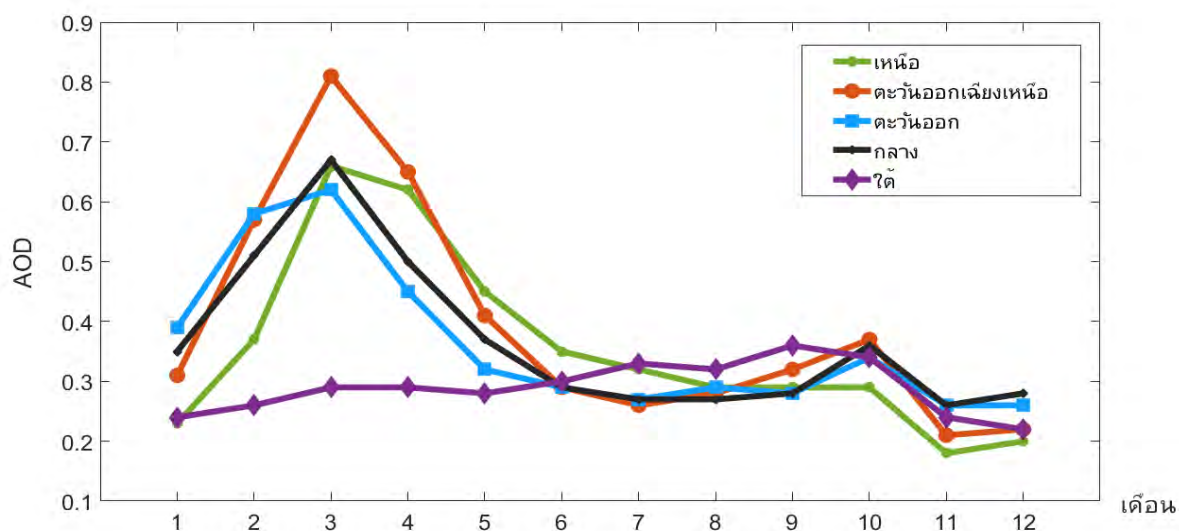
นอกจากนี้ ช่วงค่าเฉลี่ยรายเดือน AOD มากและน้อย มีความสอดคล้องกับฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ - เมษายน) และฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้รับอิทธิพลอย่างมากจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน - มกราคม) และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม - ตุลาคม) (รูปที่ 4.3) ซึ่งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดมวลอากาศเย็นและแห้งมายังภูมิภาคตอนบนของประเทศไทย เมื่อเข้าสู่เดือนมีนาคมและเมษายนจะมีฝนตกน้อยมากและอุณหภูมิอากาศสูง จึงเกิดการพาความร้อนเพิ่มขึ้นในระหว่างวัน ซึ่งพัดพาละอองลอยจำพวกฝุ่นละอองจากพื้นดินไปสู่ชั้นบรรยากาศได้ และในช่วงเดือนดังกล่าวของปีบางภูมิภาคในประเทศไทย มักจะมีการเผาป่าหรือเผาไร่เพื่อทำการเกษตร โดยดูข้อมูลคร่าวๆได้จากจุดความร้อนของการเผาไหม้ (รูปที่ 4.4) ทำให้ค่า AOD ในฤดูร้อนเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเข้าสู่เดือนพฤษภาคมจะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดจากทะเลฝั่งอันดามันเข้ามายังแผ่นดิน ทำให้เกิดฝนตกทั่วทั้งประเทศ ซึ่งฝนจะทำให้ละอองลอยจากการเผาไหม้มวลชีวภาพในชั้นบรรยากาศของภูมิภาคนั้นๆถูกชะล้างออกไป จึงทำให้ค่า AOD ลดน้อยลงในฤดูฝน



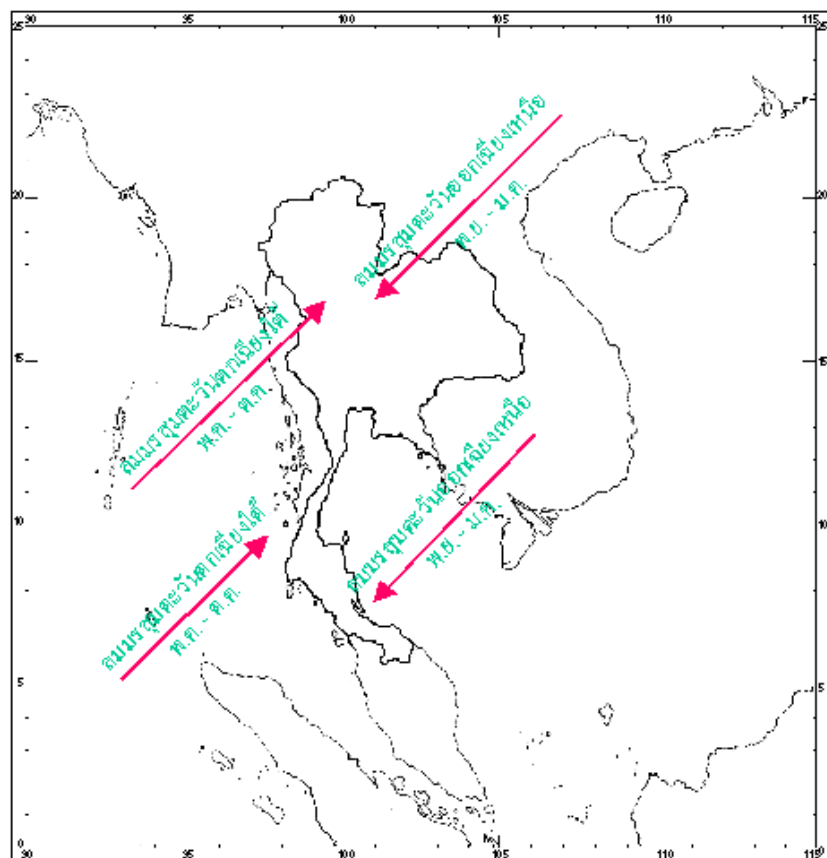
รูปที่ 4.1 แผนที่ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ AOD ในรอบปี
บริเวณประเทศไทยและประเทศข้างเคียง ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ AOD ทั้ง 5 ภาคของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019
(สีแดง = ค่าสูงสุด , สีฟ้า = ค่าต่ำสุด)

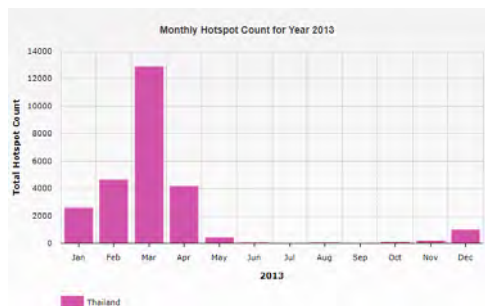
เดือน	ภูมิภาค				
	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง	ใต้
มกราคม	0.23	0.31	0.39	0.35	0.24
กุมภาพันธ์	0.37	0.57	0.58	0.51	0.26
มีนาคม	0.66	0.81	0.62	0.67	0.29
เมษายน	0.62	0.65	0.45	0.50	0.29
พฤษภาคม	0.45	0.41	0.32	0.37	0.28
มิถุนายน	0.35	0.29	0.29	0.29	0.30
กรกฎาคม	0.32	0.26	0.27	0.27	0.33
สิงหาคม	0.29	0.28	0.29	0.27	0.32
กันยายน	0.29	0.32	0.28	0.28	0.36
ตุลาคม	0.29	0.37	0.34	0.36	0.34
พฤศจิกายน	0.18	0.21	0.26	0.26	0.24
ธันวาคม	0.20	0.22	0.26	0.28	0.22



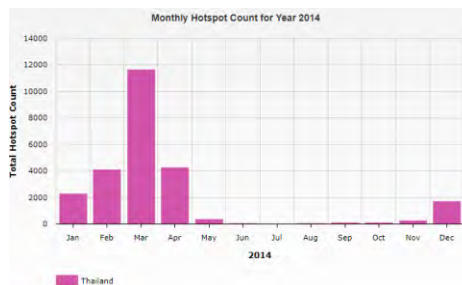
รูปที่ 4.2 แผนภูมิการเปรียบเทียบผลค่าเฉลี่ยรายเดือนของ AOD
ทั้ง 5 ภาคในประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



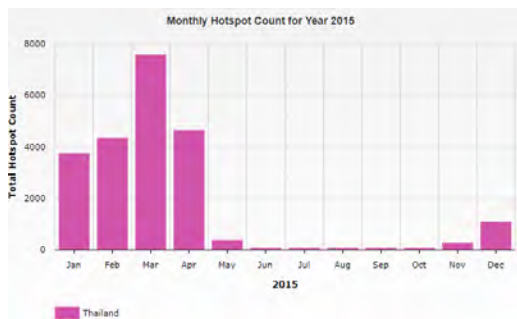
รูปที่ 4.3 ทิศทางของลมมรสุมที่เข้ามายังประเทศไทยตามฤดูกาลในรอบปี
(กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)



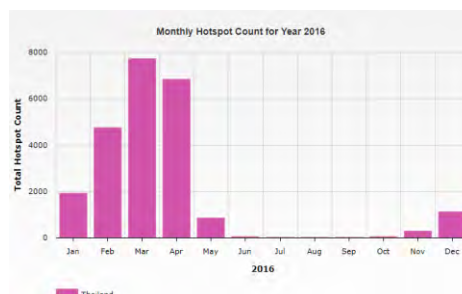
ก) ปี ค.ศ. 2013



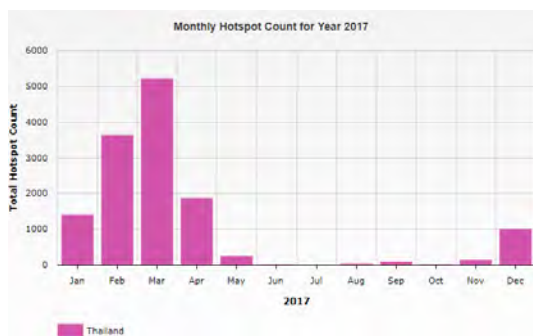
ข) ปี ค.ศ. 2014



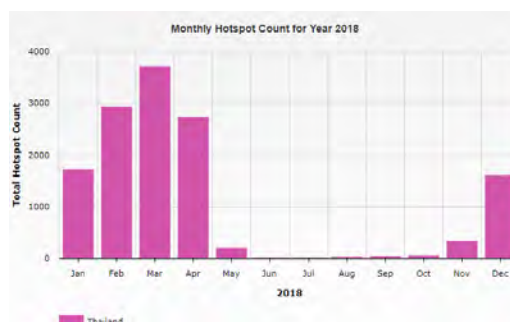
ค) ปี ค.ศ. 2015



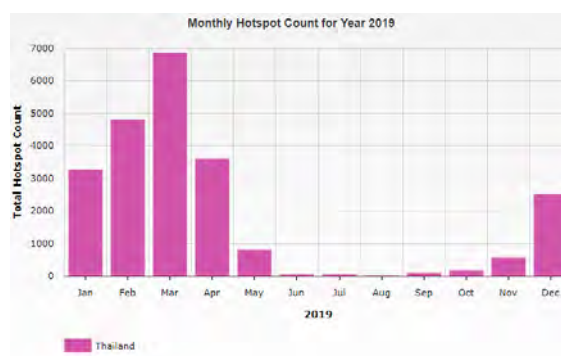
ง) ปี ค.ศ. 2016



จ) ปี ค.ศ. 2017



ฉ) ปี ค.ศ. 2018



ช) ปี ค.ศ. 2019

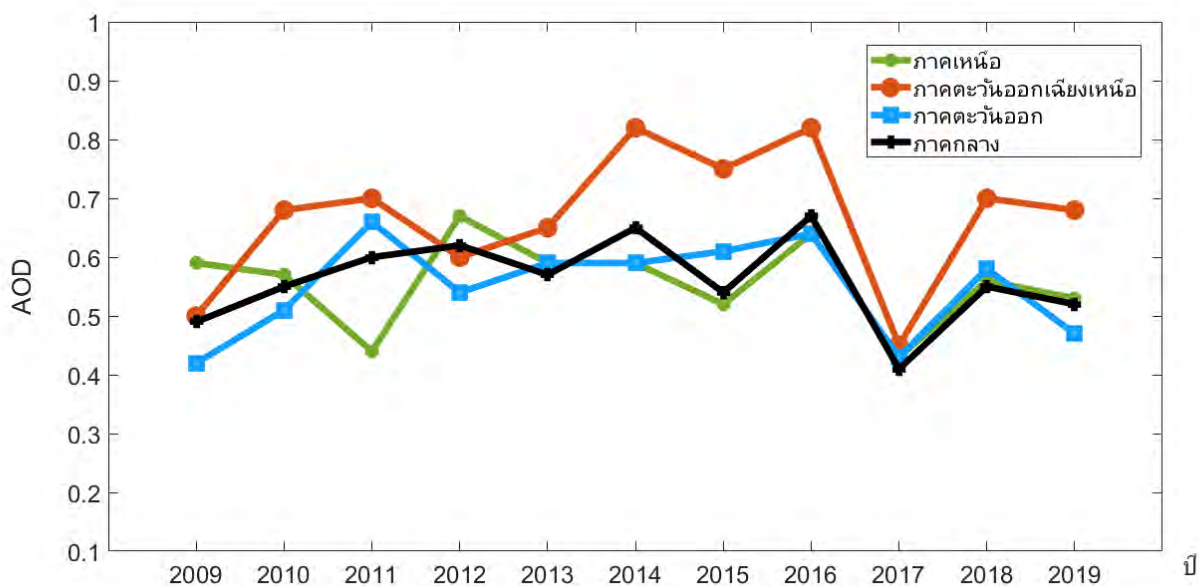
รูปที่ 4.4 (ก-ช) จุดความร้อนจากการเผาไหม้ (hotspot) ของประเทศไทยในรอบปี ระหว่างปี ค.ศ. 2013 - 2019

4.1.2 ความผันแปรระหว่างปี

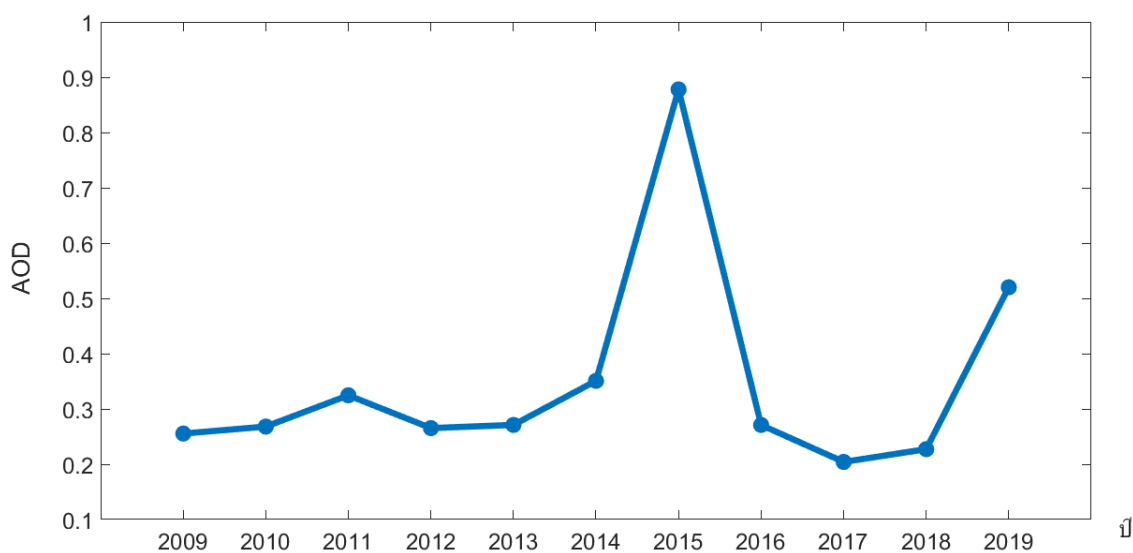
จากการวิเคราะห์ความผันแปรระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019 ของค่าเฉลี่ย AOD ที่ความยาวคลื่น 550 nm ในประเทศไทย ได้ทำการแบ่งช่วงเวลาที่ศึกษาออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง (รูปที่ 4.5) และช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคมของภาคใต้ (รูปที่ 4.6) จะเห็นว่าค่าเฉลี่ย AOD มีแนวโน้มไปในทางเพิ่ม-ลดแบบปีเว้นปี เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า AOD สามารถมาได้ทั้งจากทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ จากผลการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่าง Aerosol optical depth (AOD) กับ Ocean nino index (ONI) โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (รูปที่ 4.7 – 4.10) พบว่า ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์ระหว่าง AOD กับ ONI (NDJ หรือ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม) สาเหตุที่ไม่ใช้ค่า ONI ตรงกับช่วงเวลาที่ศึกษาเพราะเห็นความสัมพันธ์ได้ไม่ชัด และค่าย้อนหลัง 3 เดือน ทำให้เห็นผลจากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อค่า AOD ในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยได้ผลการศึกษาดังกล่าวมีความสัมพันธ์ระดับต่ำ ซึ่งมีค่า R เท่ากับ 0.33 และ 0.46 ตามลำดับ ส่วนภาคตะวันออกและภาคกลาง มีความสัมพันธ์ระหว่าง AOD กับ ONI ในระดับต่ำมาก ซึ่งมีค่า R เท่ากับ 0.10 และ 0.26 ตามลำดับ อาจมีปัจจัยจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับค่า AOD ด้วย เช่น การเผาป่าหรือเผาพื้นที่เพื่อทำการเกษตร ถึงแม้จะเผาบ่อยลงหรือหยุดเผาไปแล้ว แต่ก็สามารถได้รับฝุ่นหรือละอองลอยจากประเทศข้างเคียงที่พัดพาตามกระแสลมซึ่งสามารถลอยเข้ามายังพื้นที่ดังกล่าวได้

เมื่อพิจารณาถึงทิศทางและแหล่งกำเนิดของละอองลอย โดยใช้แบบจำลอง HYSPLIT (Hybrid-Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) ด้วยวิธี Trajectory Ensemble และทำการจำลองการเคลื่อนที่ของมวลอากาศจากแหล่งกำเนิดแบบไปข้างหน้า (รูปที่ 4.12) เพื่อดูการกระจายของละอองลอยจากประเทศข้างเคียงอย่างประเทศลาวและพม่า ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2016 เป็นระยะเวลาไปข้างหน้า 3 วัน พบว่าทิศทางของมวลอากาศดังกล่าวบางส่วนได้พัดเข้ามายังประเทศไทย

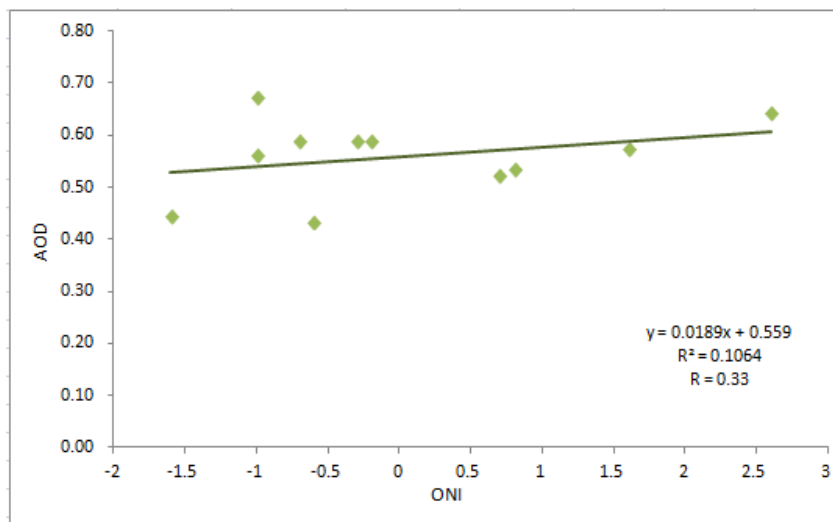
ส่วนช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม ของภาคใต้ตอนล่างมีความสัมพันธ์ระหว่าง AOD กับ ONI (JJA หรือ ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม) ในระดับสูง (รูปที่ 4.11) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.70 ถึงแม้จะมีค่าเฉลี่ย AOD ค่อนข้างต่ำ แต่จะเห็นได้ว่า ปี ค.ศ. 2015 และ ปี ค.ศ. 2019 ที่มีค่าสูงมาก เนื่องจากช่วงเดือนที่ทำการศึกษา ในทุกๆปีจะมีการเผาป่าของประเทศเพื่อนบ้านและในปีดังกล่าวมีการเผาป่ามากกว่าปีอื่นๆ ซึ่งสังเกตได้จากจำนวนจุดความร้อนที่มากกว่าปกติ (รูปที่ 4.13) และยังมีอิทธิพลของกระแสลมที่ทำให้ละอองลอยพัดเข้ามายังประเทศไทยอีกด้วย โดยดูจากแบบจำลอง HYSPLIT ด้วยวิธี Trajectory Ensemble (รูปที่ 4.14) เป็นระยะเวลาย้อนหลัง 3 วัน พบว่าทิศทางของมวลอากาศพัดเข้ามายังประเทศไทย จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่ากลุ่มมวลอากาศดังกล่าวมาจากประเทศข้างเคียงที่เคลื่อนที่มายังภาคใต้ตอนล่าง



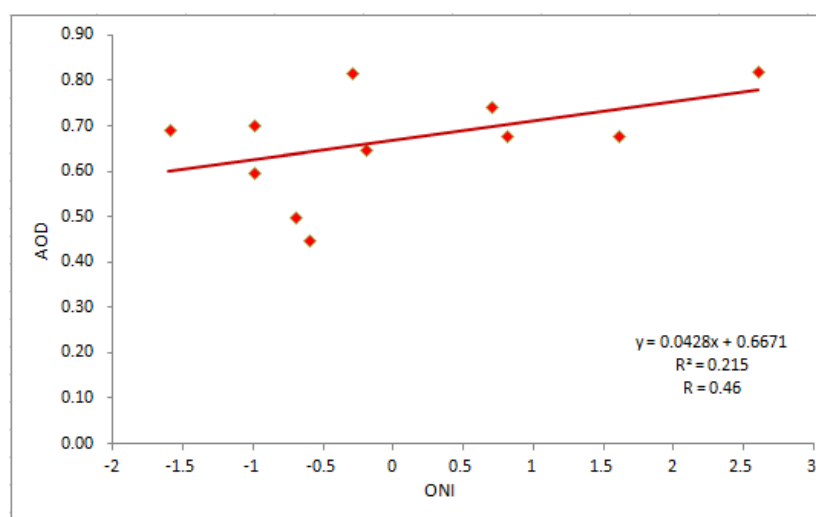
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง ของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



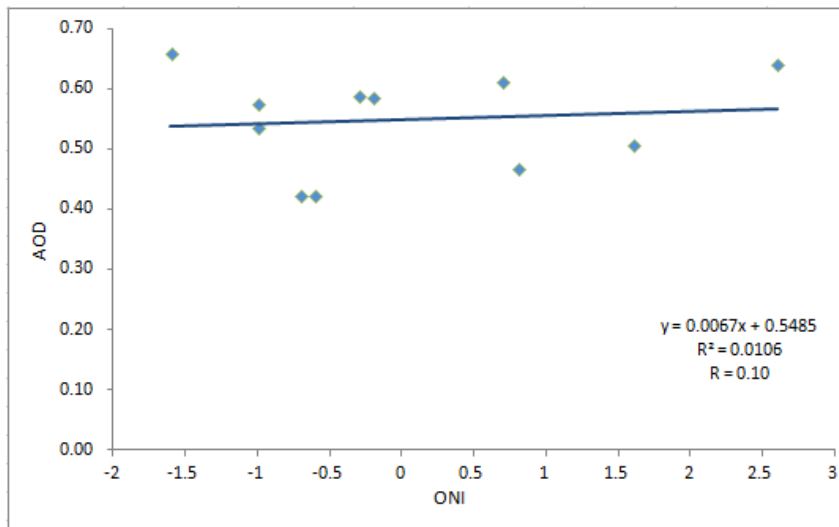
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



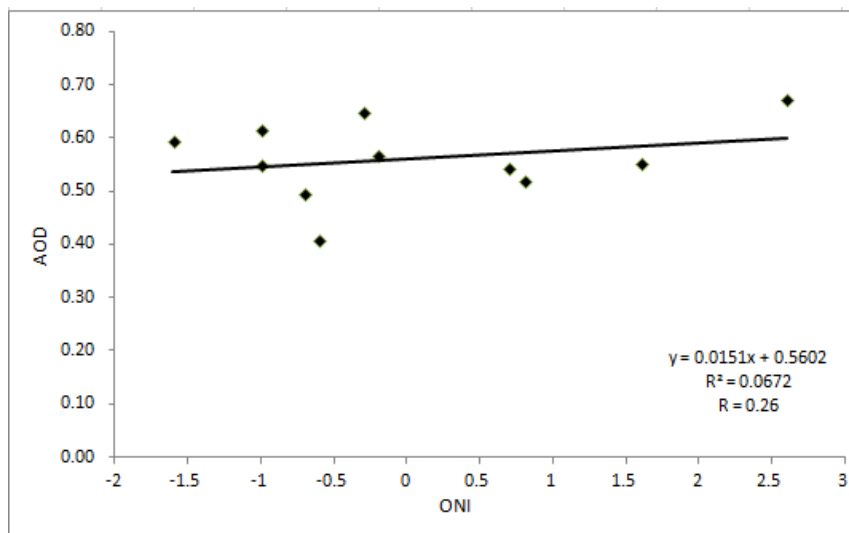
รูปที่ 4.7 scatter plot diagram ระหว่างค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ ONI (NDJ) บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



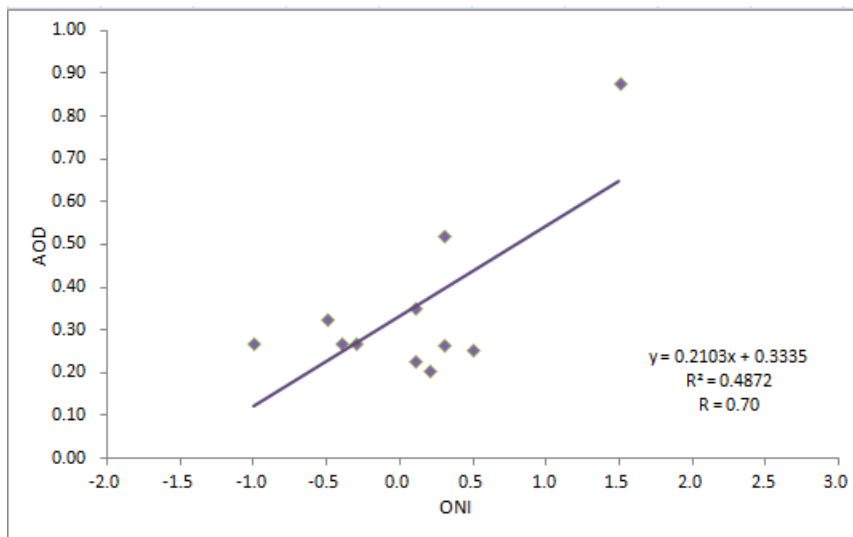
รูปที่ 4.8 scatter plot diagram ระหว่างค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ ONI (NDJ) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



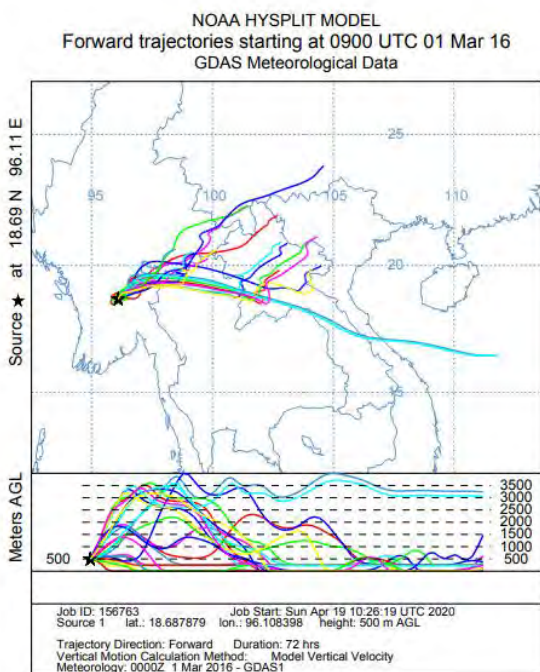
รูปที่ 4.9 scatter plot diagram ระหว่างค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ ONI (NDJ) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



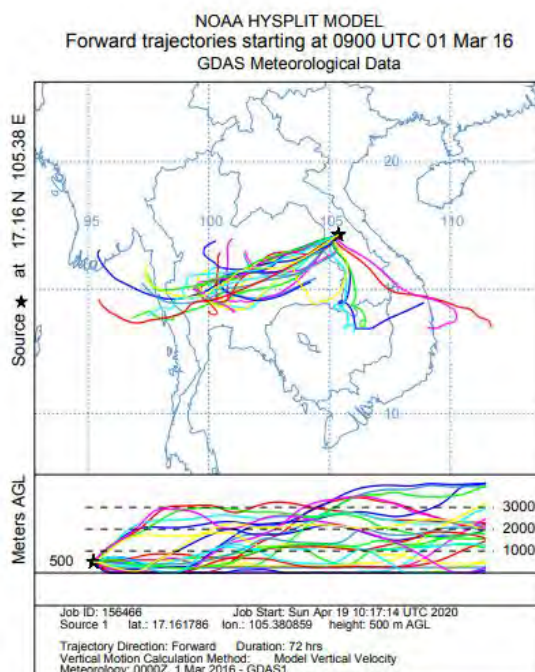
รูปที่ 4.10 scatter plot diagram ระหว่างค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ ONI (NDJ) บริเวณภาคกลางของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019



รูปที่ 4.11 scatter plot diagram ระหว่างค่าเฉลี่ย AOD ช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม และ ONI (JJA) บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019

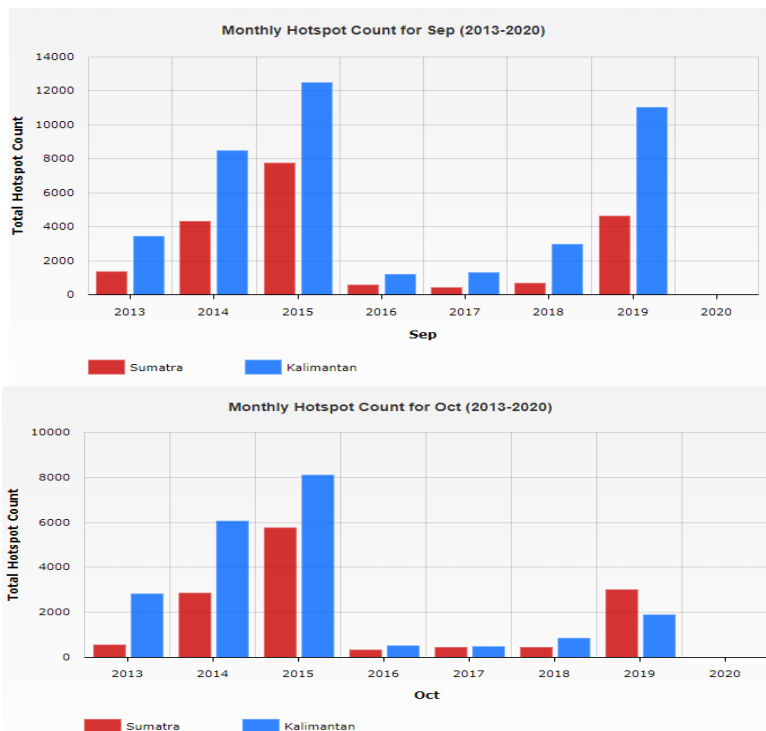


ก) ภาคเหนือ

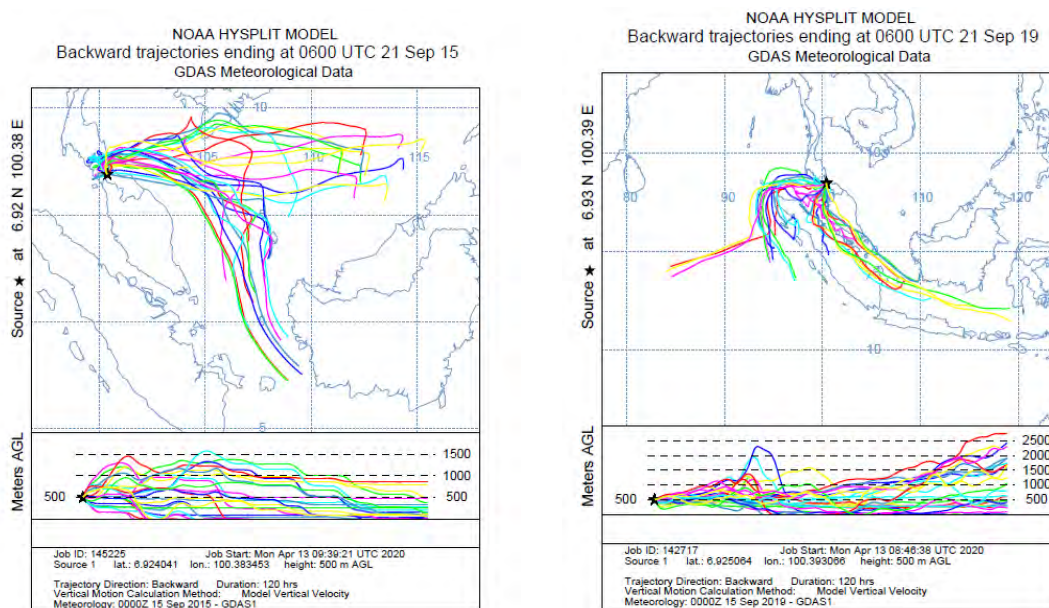


ข) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปที่ 4.12(ก-ข) แบบจำลอง HYSPLIT วันที่ 27 มีนาคม ค.ศ. 2016



รูปที่ 4.13 จุดความร้อนจากการเผาไหม้ (hotspot) ของประเทศข้างเคียงในปี ค.ศ. 2015 และ 2019



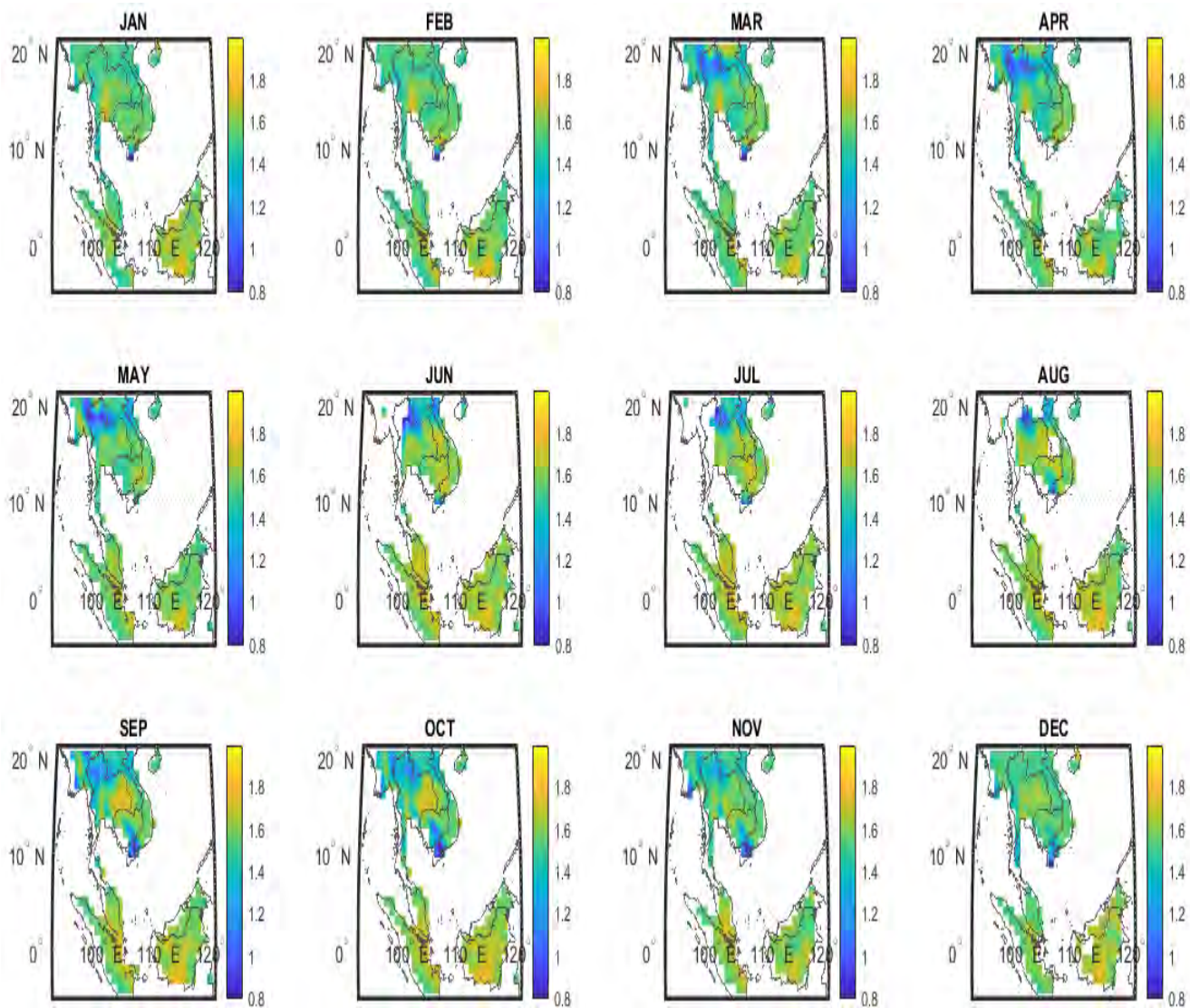
ก) ปี ค.ศ. 2015

ข) ปี ค.ศ. 2019

รูปที่ 4.14 (ก-ข) แบบจำลอง HYSPLIT บริเวณภาคใต้ตอนล่าง ณ วันที่ 21 กันยายน ค.ศ. 2015 และ 2019

4.2 ค่าคงที่ของอังสตรอม (Angstrom exponent : AE) ในประเทศไทย

จากรูปที่ 4.15 แสดงแผนที่ค่าเฉลี่ย Angstrom exponent ของละอองลอยในรูปปี ระหว่างปี ค.ศ. 2009 - 2019 พบว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ทุกพื้นที่ในประเทศไทย มีค่า Angstrom exponent มากกว่า 1 หมายความว่าพบละอองลอยแบบละเอียด (fine mode) หรือขนาดเล็ก ซึ่งละอองลอยดังกล่าวอาจเกิดจากการเผาป่าหรือพื้นที่เพื่อทำการเกษตร นอกจากนี้ละอองชนิดดังกล่าวสามารถลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นาน และช่วงเดือนมีนาคมถึงสิงหาคมบางบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีค่า Angstrom exponent น้อยกว่า 1 หมายความว่าพบละอองลอยแบบหยาบ (course mode) หรือขนาดใหญ่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นละอองลอยจำพวกเศษฝุ่นดินบนถนนหรือจากการก่อสร้างต่างๆ เพราะละอองลอยดังกล่าวถือว่าเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ อีกเหตุผลหนึ่งที่เป็นเช่นนี้ เพราะสภาพภูมิประเทศของภาคเหนือล้อมรอบไปด้วยภูเขา ทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ โดยปกติละอองลอยจะลอยขึ้นไปในอากาศได้สูง แต่เมื่อมีภูเขาสูงกั้นและเมืองมีลักษณะที่เป็นแอ่งกระทะ ทำให้ละอองลอยเหล่านั้นไม่สามารถกระจายตัวออกไปได้ และเกิดการสะสมรวมตัวกันในบริเวณนั้นๆ ทั้งละอองลอยขนาดเล็กและใหญ่ ส่วนทางภาคใต้ตอนล่างระบบเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่าดังกล่าวได้ยาก แต่จะเห็นว่าบริเวณใกล้ชายฝั่งจะมีค่า Angstrom exponent น้อยกว่า 1 ซึ่งเป็นละอองลอยขนาดใหญ่และเกิดขึ้นใกล้ชายฝั่งของทะเล จึงสันนิษฐานได้ว่าเป็นละอองลอยประเภทเกลือทะเล



รูปที่ 4.15 แผนที่ค่าเฉลี่ย Angstrom exponent ของละอองลอยในรอบปี ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความผันแปรรายฤดูกาลและระหว่างปีของความลึกเชิงแสงและขนาดของละอองลอยในประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2009 – 2019 พบว่าความผันแปรรายฤดูกาลของค่าเฉลี่ย AOD ในภูมิภาคส่วนใหญ่จะมีความเกี่ยวข้องกับฤดูกาลในรอบปี คือ มีค่า AOD สูงในช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ - เมษายน) และมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) โดยเดือนที่มีค่าเฉลี่ย AOD มากที่สุดในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง คือ เดือนมีนาคม ส่วนในภาคใต้ คือ เดือนกันยายน และในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนของแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย AOD ที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงสลับปีกัน และปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญ่าค่อนข้างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า AOD น้อย ต่างจากภาคใต้ตอนล่าง ในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม โดยเฉพาะปี ค.ศ. 2015 และ 2019 ที่มีค่าสูงมาก ซึ่งตรงกับช่วงการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญขนาดใหญ่ ทั้ง 5 ภาคของประเทศไทยนั้นได้รับอิทธิพลอื่นๆที่อาจทำให้ค่าเฉลี่ย AOD แตกต่างกันได้ เช่น กระแสลมที่สามารถนำพาละอองลอยจากประเทศเพื่อนบ้านเข้ามาในพื้นที่ได้ และกิจกรรมมนุษย์ เช่น การเผาป่า การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าเฉลี่ย AOD แตกต่างกันในแต่ละปี ส่วนความผันแปรขนาดของละอองลอยในประเทศไทยนั้น มีค่า Angstrom exponent ระหว่าง 0.8 – 1.8 หมายความว่าสามารถพบละอองลอยได้ทั้งขนาดใหญ่และเล็ก จะเห็นได้ว่าปัญหาเรื่องฝุ่นละอองยังคงมีให้เห็นอยู่ทุกๆปี การที่จะแก้ไขเรื่องดังกล่าว ควรได้รับการช่วยเหลืออย่างการออกกฎหมายในเรื่องควบคุมมลพิษอย่างจริงจังในประเทศของเราเอง และขอความร่วมมือกับประเทศข้างเคียง จึงจะสามารถแก้ไขปัญหาฝุ่นควันได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานศึกษานี้ แบ่งขอบเขตพื้นที่ศึกษาเป็น grid รูปสี่เหลี่ยม อาจจะไม่ครอบคลุม ทำให้ผลข้อมูลไม่ละเอียดเท่าที่ควร ควรที่จะแบ่งเส้นตามเขตภูมิประเทศ เพื่อให้ได้ผลข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น อีกทั้งข้อมูลจากดาวเทียม MODIS/Terra มีบางพื้นที่อย่างเช่น ภาคใต้ตอนล่าง ที่มีหลายช่วงเดือนไม่สามารถเก็บข้อมูลค่าตัวแปรที่ศึกษาได้ ควรเลือกใช้ดาวเทียมที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ เพื่อเก็บข้อมูลได้ในทุกพื้นที่ศึกษา และการวิเคราะห์ขนาดของละอองลอยเป็นเพียงการคาดการณ์โดยอิงข้อมูลจากทฤษฎี เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการศึกษา ควรที่จะทำการวิเคราะห์ทางเคมีเพิ่มเติมในงานวิจัยครั้งหน้า

เอกสารอ้างอิง

ออนไลน์

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.). เกร็ดความรู้เรื่องฝุ่นละออง.

[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm [21 เมษายน 2563]

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. หนังสืออุตุนิยมวิทยา “ลมมรสุม”.

[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52> [21 เมษายน 2563]

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2558. แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศกรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER17/DRAWER002/GENERAL/DATA0000/00000200.PDF> [21 เมษายน 2563]

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). ดาวเทียม Terra/Aqua-

MODIS. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.gistda.or.th/main/th/node/603> [27 มกราคม 2563]

ASEAN Specialised Meteorological Centre. 2020. Hotspot Information. [Online]. Available from: <http://asmc.asean.org/asmc-haze-hotspot-annual-new#Hotspot> [2020, April 21]

Climate Prediction Center, National Centers for Environmental Prediction, NOAA/ National Weather Service. (n.d.). Cold & Warm Episodes by Season. [Online]. Available from: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php [2020, Mar 06] (for ONI)

NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC). (n.d.).

Aerosol Effective Radius. [Online]. Available from:

<https://disc.gsfc.nasa.gov/information/glossary?title=Aerosol%20Effective%20Radius> [2020, Jan 27]

Natural Resources Canada. 2015. Passive vs. Active Sensing. [Online]. Available from:

<https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/introduction/passive-vs-active-sensing/14639> [2020, Jan 27]

ภาษาไทย

- จุฬาลักษณ์ สมวันดี และมัลลิกา สุกิจปาณีนิจ. 2559. การประเมินความสัมพันธ์ปริมาณฝุ่นละออง (PM10) ที่ได้จากการติดตามตรวจสอบภาคพื้นดินและข้อมูลดาวเทียม MODIS ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุศราศิริ ธนะ. 2551. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างละอองในบรรยากาศต่อปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ บริเวณสถานีวิจัยชั้นบรรยากาศ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วินัส ต่วนเครือ และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2558. ผลกระทบของละอองลอยในบรรยากาศที่เกิดจากไฟป่า และการเผาชีวมวลต่อลักษณะของฝนบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ 34: 1-15.
- สุนิตย์ โรจนสุวรรณ และ รุสมาทิ สะบูติง. 2559. ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในบรรยากาศที่ภาคใต้ของประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย. ใน รายงานการประชุมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืนสู่โลกาภิวัตน์. หน้า 790 – 801. 15 ธันวาคม 2559 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.
- อภันตรี ยุทธพันธ์. 2549. การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของฝุ่นละอองในอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Abish, B. and Mohanakumar, K. 2013. Absorbing aerosol variability over the Indian subcontinent and its increasing dependence on ENSO. Global and Planetary Change 106: 13–19.
- Gregory, L.S., Oleg, D., and Brent, N.H. 2006. Angstrom exponent and bimodal aerosol size distributions. Journal of Geophysical Research 111, D07207, doi:10.1029/2005JD006328.
- Janjai, S., Nunez, M., Masiri, I., Wattan, R., Buntoung, S., Jantarach, T., and Promsen, W. 2012. Aerosol Optical Properties at Four Sites in Thailand. Atmospheric and Climate Sciences 2: 441-453.

- Kumar, M., Parmar, K.S., Kumar, D.B., Mhawish, A., Broday, D.M., Mall, R.K., and Banerjee, T. 2018. Long-term aerosol climatology over Indo-Gangetic Plain: Trend, prediction and potential source fields. Atmospheric Environment 180: 37 – 50.
- Luo, Y., Zheng, X., Zhao, T., and Chen J. 2013. A climatology of aerosol optical depth over China from recent 10 years of MODIS remote sensing data. International Journal of Climatology 34: 863 – 870.
- Rolph, G., Stein, A., and Stunder, B. 2017. Real-time Environmental Applications and Display sYstem: READY. Environmental Modelling & Software 95: 210-228, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.025>
- Stein, A.F., Draxler, R.R., Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F. 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, Bulletin of the American Meteorological Society 96: 2059-2077, <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>
- Verma, S., Prakash, D., Ricaud, P., Payra, S., Attié, J., and Soni, M. 2015. A New Classification of Aerosol Sources and Types as Measured over Jaipur, India. Aerosol and Air Quality Research 15: 985 – 993.