Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 .No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 8 October 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 13 December 2019

ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองจากข้อมูล MODIS ในประเทศไทย
Aerosol optical depth based on MODIS data in Thailand

อรดี พิลาโฮม[1*] และ วิลาวรรณ์ คำหาญ[1]
Oradee Pilahome[1*] and Wilawan Kumharn[1]
[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
[*] oradee.pi60@snru.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (Aerosol Optical Depth, AOD) ในการศึกษานี้ ได้มาจากข้อมูลดาวเทียม MODIS ที่สถานีตรวจวัด 4 แห่งในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลาในปี ค.ศ. 2000 - ค.ศ. 2017 โดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จาก MODIS กับข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่ได้จาก AERONET (380, 440, 500, 675, 875, และ 1020 nm) ในการศึกษานี้ สมการพหุนามกำลังสองถูกใช้ในการประมาณการณ์หาค่า AOD ที่ 550 nm โดยใช้สมการพหุนามกำลังสอง ผลการศึกษาพบว่า AOD ที่จังหวัดเชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี และสงขลา มีค่า R2 เท่ากับ 0.71, 0.41, 0.78 และ 0.40 ตามลำดับ และ AOD ในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม และจังหวัดอุบลราชธานี มีค่าสูงในฤดูร้อนและมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน ส่วน AOD ในจังหวัดสงขลาไม่พบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่า AOD ที่ชัดเจน ยังพบอีกด้วยว่าค่า AOD มีแนวโนมเพิ่มขึ้นในทุกจังหวัด

คำสำคัญ: ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง, ฝุ่นละออง, สมบัติเชิงแสงของฝุ่นละออง

Abstract {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

The aerosol optical depth (AOD) was retrieved from MODIS product at four monitoring sites in Thailand, including Chiang Mai, Nakhon Pathom, Ubon Ratchathani and Songkhla for the years 2000–2017. MODIS AOD were compared with AOD obtained from AERONET (380, 440, 500, 675, 875, and 1020 nm). A second-order polynomial was applied to the AERONET data to interpolated for AOD at 550 nm. The results of this study show that AOD in Chiang Mai, Nakhon Pathom, Ubon Ratchathani and Songkhla Root mean

square (R2) were 0.71, 0.41, 0.78 and 0.40, respectively. The variation of AOD was seasonal in Chiang Mai, Nakhon Pathom, and Ubon Ratchathani with the higher values found in summer compared with winter, whilst AOD in Songkhla has not found a clear format. It is also found that AOD values tend to increase in all regions.

Keywords: Aerosol optical depth, Aerosol, Aerosol optical properties

บทนำ

โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่โคจรอยู่ในระบบสุริยะจักรวาลมีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง ล้อมรอบโลกจะมีบรรยากาศโอบล้อมอยู่ ซึ่งสิ่งมีชีวิตบนโลกจะอาศัยบรรยากาศโลกในการยังชีพ หากบรรยากาศโลกเกิดความแปรปรวนก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก บรรยากาศโลก คือ อากาศที่ห่อหุ้มโลก มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไปถึงที่ระดับความสูงประมาณ 1,000 กิโลเมตร ซึ่งบริเวณที่ใกล้ระดับน้ำทะเล อากาศจะมีความหนาแน่น และความหนาแน่นจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น อากาศหรือบรรยากาศโลกประกอบด้วยแก๊สต่าง ๆ เช่น แก๊สไนโตรเจน แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ฝุ่นละออง (วิลาวรรณ์ คำหาญ, 2560)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่ลอยอยู่ในบรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นแก๊ส อาจเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ ของของแข็ง หรือผสมกันระหว่างของแข็งและของเหลว (Rangasayi N. Halthore, Eric P. Shettle, Brian L. Markham, & Mango., 2008) ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศจะมีอนุภาคขนาดเล็กตั้งแต่ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ไปจนถึงขนาดใหญ่ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ ที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์อากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก นอกจากนี้ ฝุ่นละอองยังมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นแกนกลางในการก่อตัวของเมฆ ปัจจุบันฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ส่งผลก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) เนื่องจากฝุ่นละอองที่ส่วนประกอบของคาร์บอนดำ (black carbon) จะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศโลกเอาไว้ไม่ให้สะท้อนกลับออกสู่นอกโลก (วิลาวรรณ์ คำหาญ, 2560) อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้า - ออกในบรรยากาศโลก ดังนั้น ปริมาณที่ใช้บ่งบอกถึงการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์เนื่องจากฝุ่นละอองที่ปรากฏขึ้นในชั้นบรรยากาศในแนวที่แสงเดินทางผ่าน คือ AOD อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศจะลดทอนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศที่ทุกความยาวคลื่น ค่า AOD จะลดทอนลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ดัชนีหักเหของ

ตัวกลาง และความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ (John H. Seinfeld & Pandis., 2016) ดังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา AOD โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม MODIS

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบ AOD ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลภาคพื้นดิน
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ AOD จากข้อมูลดาวเทียม

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูล AOD จาก 2 แหล่งข้อมูลใหญ่ ๆ คือ ข้อมูลภาคพื้นดิน (ground-based data) และข้อมูลดาวเทียม (Satellite data) ข้อมูลภาคพื้นดิน (ground based data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งเครื่องมือวัดภาคพื้นดิน ซึ่งใช้ในการสอบเทียบข้อมูลดาวเทียม เนื่องจากเครื่องมืออยู่ใกล้พื้นผิวโลกมากกว่าข้อมูลดาวเทียม ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำและถูกต้องมากกว่า ส่วนข้อมูลดาวเทียมทำให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทุกพื้นที่ แต่มีความแม่นยำน้อย เนื่องจากข้อจำกัดหลาย ๆ อย่าง และอยู่ห่างจากพื้นผิวโลก ข้อมูลภาคพื้นดินได้จากเครือข่าย AERONET (Aerosol Robotic Network) ในประเทศไทยมีอยู่ทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา ส่วนข้อมูลดาวเทียมใช้ข้อมูลจาก MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) เป็นเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม AQUA

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลภาคพื้นดิน ข้อมูลพื้นฐานของแต่ละสถานี

สถานี	ตำแหน่ง	ช่วงการเก็บข้อมูล
เชียงใหม่	18.78° N, 98.98° E	ค.ศ. 2006 - ค.ศ. 2018
นครปฐม	13.82° N, 100.04° E	ค.ศ. 2006 - ค.ศ. 2018
อุบลราชธานี	15.25° N, 104.87° E	ค.ศ. 2009 - ค.ศ. 2018
สงขลา	7.2° N, 100.60° E	ค.ศ. 2007 - ค.ศ. 2018

อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศจะลดทอนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศโลกที่ทุกความยาวคลื่น รังสีดวงอาทิตย์จะลดทอนลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ดัชนีหักเหของตัวกลาง และความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ (JH Seinfeld & SN Pandis, 1998) การลดลงของรังสีดวงอาทิตย์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศสามารถคำนวณตามกฎของเบียร์ (Beer's law) (Iqbal, 1983) ได้ดังนี้

$$I_\lambda = I_{0\lambda} E_0 \exp(-m\tau) \quad (1)$$

เมื่อ I_λ คือ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ (W/m^2)

$I_{0\lambda}$ คือ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่นอกบรรยากาศโลกที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

(W/m^2)

E_0 คือ ตัวประกอบสำหรับแก้ผลจากการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์

τ คือ ความลึกเชิงแสงขององค์ประกอบของบรรยากาศ

$$\tau = (\tau_{O_3} + \tau_{SO_2} + \tau_{NO_2} + \tau_W + \tau_g + \tau_r + \tau_a) \quad (2)$$

เมื่อ τ คือ ความลึกเชิงแสงขององค์ประกอบของบรรยากาศ

τ_w คือ ไอน้ำ

τ_g คือ โมเลกุลของแก๊ส

τ_r คือ การกระเจิงแสงแบบเรย์ลี

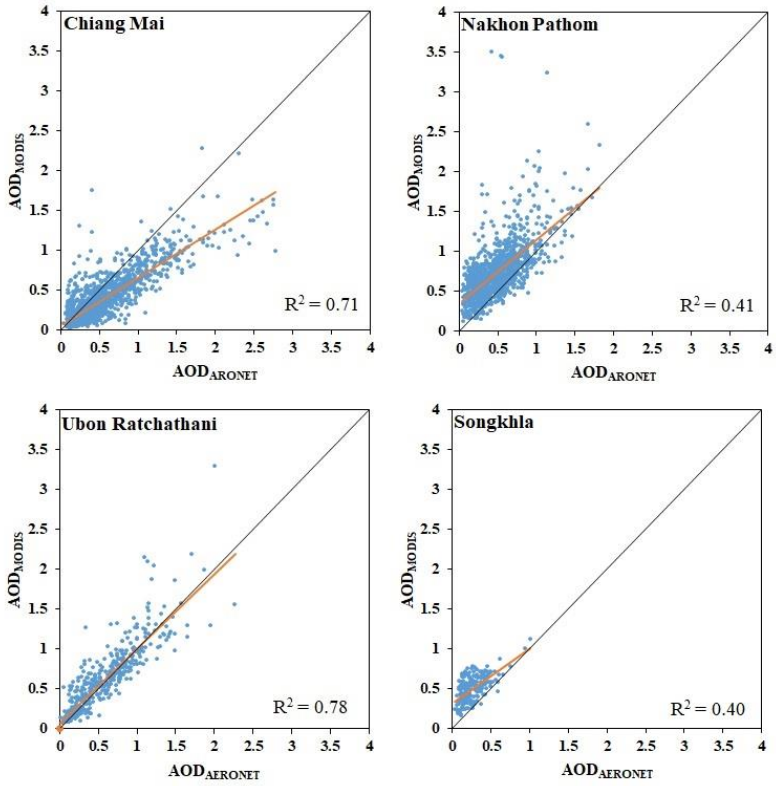
τ_a คือ ฝุ่นละออง

ข้อมูล AOD ที่ได้จากเครือข่าย AERONET ที่ความยาวคลื่น 340, 380, 440, 500, 675, 870, 940 และ 1,020 nm เพื่อให้ได้ AOD ความยาวคลื่นที่ตรงกับข้อมูล MODIS ที่ความยาวคลื่น 550 nm จึงใช้สมการพหุนามลำดับที่สองประมาณการณ์ค่า AOD ที่ 550 nm ซึ่งหาได้จากสมการ

$$AOD_{550} = a\lambda^2 + b\lambda + c \quad (3)$$

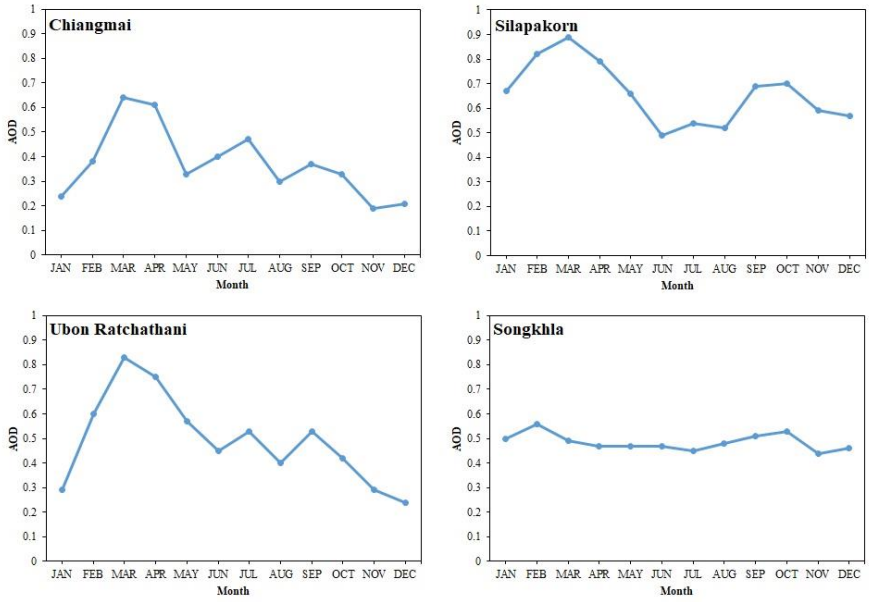
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเปรียบเทียบ AOD ระหว่างข้อมูลภาคพื้นดิน จาก AERONET กับข้อมูลดาวเทียม จาก MODIS พบว่า ข้อมูล AOD ทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา ค่า R^2 มีค่า 0.78, 0.46, 0.77 และ 0.42 ตามลำดับ และพบว่าค่า AOD ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมมีค่าสูงกว่าข้อมูลภาคพื้นดิน ที่จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสงขลา เนื่องจากจังหวัดสงขลารอบด้วยแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวส่งผลให้ค่า AOD ที่ได้ทีค่าสูงมากกว่าปกติ ส่วนที่ AOD จากข้อมูลดาวเทียมมีค่าต่ำกว่าข้อมูลภาคพื้นดินในเชียงใหม่เนื่องจากผลกระทบของ albedo พื้นผิว และสภาพทางภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตาม Aqua MODIS มีแนวโน้มที่จะประเมินค่า AOD ต่ำภายใต้สภาวะ AOD ได้ต่ำมากและจะประเมินค่า AOD ได้สูงกว่าภายใต้สภาวะ AOD ระดับกลางหรือระดับสูง



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล AOD ภาคพื้นดินกับข้อมูลดาวเทียม ที่ความยาวคลื่น 550 nm ที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา

การเปลี่ยนแปลง AOD ทั้ง 4 สถานี พบว่า จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี AOD มีค่า สูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงทำให้ฝุ่นละอองสะสมอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่าปกติ ส่งผลให้ค่ามีค่าในช่วงฤดูร้อน ส่วน AOD มีค่าต่ำในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน เนื่องจากการชะล้างของฝน ส่วนจังหวัดสงขลามีค่า AOD ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี แต่มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เนื่องจากในปี 2015 เดือนตุลาคม ในประเทศอินโดนีเซียเกิดเหตุไฟไหม้ป่า ส่งผลให้พื้นที่ภาคใต้ได้รับผลกระทบเกิดค่าฝุ่นละอองในช่วงนั้นมีค่าสูง



รูปที่ 2 กราฟการเปลี่ยนแปลง AOD ทั้ง 4 สถานี ที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ปีค.ศ. 2000 – 2017 พบค่าเฉลี่ย AOD สูงในแต่ละสถานี 0.64 0.89 0.83 และ 0.56 ตามลำดับ สถานีที่จังหวัดเชียงใหม่ นครปฐม และอุบลราชธานี มีการเปลี่ยนแปลง AOD ขึ้นอยู่กับฤดูกาลคอนข้างชัดเจน ส่วนกราฟการเปลี่ยนแปลงของจังหวัดสงขลาไม่พบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน เนื่องจากมีแค่ฤดูฝนและฤดูร้อนสลับกันตลอดทั้งปี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษา AOD ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม MODIS ในช่วง ค.ศ. 2000 - 2017 พบว่า ค่า R^2 มีค่าเป็นบวก และมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าข้อมูลดาวเทียมมีความสอดคล้องกันข้อมูลภาคพื้นดิน การเปลี่ยนแปลง AOD ทั้ง 4 สถานี มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มีค่าสูงในช่วงฤดูร้อน เมื่อเทียบกับฤดูฝน ยกเว้นจังหวัดสงขลา นอกจากนี้ยังพบว่า AOD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสถานี

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิลาวรรณ์ คำหาญ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสระ มะศิริ ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม IDL ในการวิเคราะห์ค่าความลึกเชิงแสงจากดาวเทียม และขอขอบคุณข้อมูลของสหพันธ์เครือข่ายการสำรวจระยะไกลของฝุ่นละอองภาคพื้นดิน

จัดตั้งขึ้นโดยองค์การนาซ่าและโฟตอน เครือข่าย AERONET (https://aeronet.gsfc.nasa.gov/) และ MODIS (https://modis.gsfc.nasa.gov/)

เอกสารอ้างอิง

Iqbal, M. (**1983).** *An Introduction to Solar Radiation*. New York: ACADEMIC PRESS.

JH Seinfeld, & SN Pandis. (**1998).** *Atmospheric chemistry and physics :from air pollution to climate change*. New York: J Wiley.

John H. Seinfeld, & Pandis., S. N. (**2016).** *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. New York: J. Wiley.

Rangasayi N. Halthore, Eric P. Shettle, Brian L. Markham, & Mango., S. A. (**2008).** Role of aerosol absorption in satellite sensor calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,* **5(2), 157 - 161.**

วิลาวรรณ์ คำหาญ. (2560). ฝุ่นละอองในบรรยากาศ (**Vol.** 230): สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.