

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กด้วยดาวเทียมฮิมาวารี 8
ในภาคเหนือของประเทศไทย

A Comparison of Methods for Estimating Fine Particulate Matter Concentrations from Himawari-8 Satellite Over Northern Thailand

กนกวรรณ ภูธรรม^{1*} ปรีชาติ เวชยนต์¹ และนิธิวัฒน์ ชูสกุล²

Kanokwan Putham^{1*} Parichat Wetchayont¹ and Nithiwatthn Choosakul²

Received: August 6, 2020; Revised: October 14, 2020; Accepted: November 2, 2020

บทคัดย่อ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM_{2.5}) สามารถตรวจวัดด้วยเครื่องมือที่ติดตั้งในสถานีวัดภาคพื้นดิน แต่เนื่องจากสถานีวัดภาคพื้นดินมีจำนวนไม่มากพอที่จะให้ข้อมูลครอบคลุมในทุกพื้นที่ได้ ปัจจุบันจึงมีการประยุกต์เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลใช้ในการตรวจวัด PM_{2.5} ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่า PM_{2.5} ด้วยการใช้การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR) และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Principal Component Analysis - General Regression Neural Network: PCA-GRNN) เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการประเมินค่า PM_{2.5} โดยใช้ข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในอากาศ (Aerosol Optical Depth: AOD) จากดาวเทียมฮิมาวารี 8 และข้อมูลภาพถ่าย ได้แก่ แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ดัชนีพืชพรรณ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในเดือนมกราคม - ธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 และทำการสอบเทียบความถูกต้องด้วยข้อมูล PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดิน การศึกษาพบว่า วิธี PCA-GRNN มีค่า RMSE เท่ากับ 17.76 และ R² เท่ากับ 0.566 และวิธี MLR มีค่า RMSE เท่ากับ 33.90 และ R² เท่ากับ 0.012 ดังนั้น วิธี PCA-GRNN สามารถประเมินค่า PM_{2.5} ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดจากสถานีวัดภาคพื้นดินมากกว่าวิธี MLR จึงเหมาะสมนำมาใช้ในการประมาณค่า PM_{2.5} ในพื้นที่ภาคเหนือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : PM_{2.5}; การสำรวจระยะไกล; ดาวเทียมฮิมาวารี 8; PCA-GRNN; การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

¹ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี

¹ Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University, Bangkok

² Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani

* Corresponding Author E - mail Address: kanokwan.putham@g.swu.ac.th

Abstract

Particulate Matter 2.5 micrometres and smaller (PM2.5) could be measured by an instrument at ground-based observatory. But the ground-based observatory cannot provide the data covering wide area. Currently, remote sensing is used to be an application to estimate PM2.5. To address capability of PM2.5 estimation method, the study carried out comparing two methods for estimating PM2.5 concentrations between Multiple Linear Regression (MLR) and Principal Component Analysis - General Regression Neural Network: PCA-GRNN. By using Aerosol Optical Depth (AOD) from Himawari-8 satellite and physical data such as the Digital Elevation Model (DEM), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and meteorological data during January to December 2018. The estimation results from those two methods were evaluated by PM2.5 concentration from ground-bases measuring. The evaluated results show that the PCA-GRNN obtained the root mean square error (RMSE) of 17.76 and R^2 of 0.566, while the MLR obtained RMSE of 33.90 and R^2 of 0.012. Therefore, it is indicated that PCA-GRNN is an appropriate method to estimate PM2.5 concentration over Northern Thailand more than the MLR.

Keywords: PM2.5; Remote Sensing; Himawari-8 Satellite; PCA-GRNN; Multi Linear Regression

บทนำ

มลพิษทางอากาศ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของชาวไทยมาอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรประมาณ 50,000 คนต่อปี [1] จากสถิติการร้องเรียนด้านมลพิษ ในหลายปีที่ผ่านมาพบว่า มลพิษทางอากาศได้รับการร้องเรียนมากที่สุด โดยเฉพาะฝุ่นละอองในอากาศ [2] สารมลพิษหลักที่เป็นภัยคุกคามร้ายแรงที่สุดต่อสุขภาพ คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (Particulate Matter 2.5 micrometres and smaller: PM2.5) ซึ่งเป็นฝุ่นละเอียดที่สามารถผ่านจมูก เข้าสู่ร่างกายได้ง่าย ทำให้เกิดความเสียหายที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ จากการตรวจวัด PM2.5 ปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ 12 จังหวัดในประเทศไทยพบว่า หลายจังหวัดในภาคเหนือ มีค่า PM2.5 สูงเกินมาตรฐาน และจากการจัดอันดับดัชนีคุณภาพอากาศ หรือ Air Quality Index (AQI) เมื่อวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2562 จะพบว่าจังหวัดเชียงใหม่อยู่อันดับที่ 1 ของพื้นที่ที่ค่า AQI สูงถึง 232 ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพมาก [3] โดยสาเหตุหลักของการเกิด PM2.5 มาจากไฟป่าและการเผาพื้นที่การเกษตร ทำให้พื้นที่ภาคเหนือเป็นพื้นที่วิกฤตด้านปัญหาฝุ่นละออง

ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของ PM2.5 ในอากาศ ได้แก่ ปริมาณและชนิดของสารมลพิษ ที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (Topography) จะเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศสำหรับพื้นที่ที่อยู่ไกล ออกไปจากแหล่งกำเนิด [4] จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา Guo, J., Xia, F., Zhang, Y., Liu, H., Li, J.,

Lou, M., He, J., Yan, Y., Wang, F., Min, M., and Zhai, P. [5] มีการศึกษาผลกระทบจากความแปรปรวนของปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยาต่อความสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 กับ AOD ในประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่า PM2.5 มีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและลดลงในช่วงบ่าย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้ PM2.5 มีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ความสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 และ AOD จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่และฤดูกาล อีกทั้งพบว่าเมฆและความชื้นสัมพัทธ์มีผลทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 และ AOD มีค่าลดลง และ Zhang, W., Xu, H., and Zheng, F. [6] การประมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร (Particulate Matter 1 micrometres and smaller: PM1) ซึ่งขนาดอนุภาคเล็กกว่า PM2.5 ในประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ (Surface Relative Humidity: RH) อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature: TEMP) ความเร็วลม (Wind Speed: WS) ความกดอากาศ (Surface Pressure: SP) และความสูงของชั้นบรรยากาศ (Boundary Layer Height: BLH) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูล AOD และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับ PM1 ดังนั้นจะเห็นว่าปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยาและลักษณะภูมิประเทศ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการอธิบายการแพร่กระจายของ PM2.5 ในอากาศ และนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

การตรวจวัดคุณภาพอากาศและ PM2.5 ในพื้นที่ภาคเหนือ มีการตรวจวัดเป็นรายสถานีวัดที่มีความถูกต้องและความละเอียดเชิงเวลารายชั่วโมง แต่เนื่องจากการตรวจวัดเป็นแบบจุดทำให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ยังไม่เพียงพอต่อการติดตามและเฝ้าระวัง PM2.5 ได้ ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลในการตรวจวัด PM2.5 มากขึ้น เพราะสามารถให้ข้อมูลที่มีความละเอียดทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา เช่น ข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในอากาศ (Aerosol Optical Depth: AOD) เป็นต้น แต่ข้อเสียของการตรวจวัดระยะไกล คือ ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้น การศึกษานี้จึงทำการเปรียบเทียบการประมาณค่า PM2.5 ด้วย 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Principal Component Analysis - General Regression Neural Network: PCA-GRNN) โดยใช้ข้อมูล AOD จากดาวเทียมฮิมาวาริ 8 และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ภาคเหนือ เพื่อหาวิธีการให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับค่า PM2.5 ที่ตรวจวัดจากสถานีวัดภาคพื้นดิน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการติดตาม PM2.5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือ ประเทศไทย โดยมี 9 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน และอุตรดิตถ์ (รูปที่ 1) ซึ่งภาคเหนือมีลักษณะภูมิประเทศเป็นทิวเขายาวจากเหนือลงมาได้ มีลักษณะภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อน โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส

เมื่อ

NIR คือ ข้อมูลการสะท้อนพื้นผิวในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

RED คือ ข้อมูลการสะท้อนพื้นผิวในช่วงคลื่นสีแดง

3) แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 x 30 เมตร เป็นข้อมูลที่บอกถึงความสูงค่าของแต่ละพื้นที่ ซึ่งได้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ASTER ดาวเทียม Terra จาก NASA (จากเว็บไซต์ <https://lpdaac.usgs.gov/>)

2.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความกดอากาศ จาก European Centre for Medium - Range Weather Forecasts (ECMWF) โดยข้อมูลมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.125 x 0.125 องศา และความละเอียดเชิงเวลาเป็นราย 6 ชั่วโมง (จากเว็บไซต์ <https://apps.ecmwf.int/datasets/ERA-Interim>) ผลของข้อมูลที่ได้มาจากการนำข้อมูลจากการสำรวจทางอุตุนิยมวิทยาทั้งในอดีตและปัจจุบัน ผสมเข้ากับโมเดลพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคกลวมกลืนข้อมูล (Data Assimilation) ซึ่งในปัจจุบันได้รับการยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการศึกษาปรากฏการณ์ทางอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2.3 ข้อมูล PM2.5

ข้อมูล PM2.5 จากเครื่องตรวจวัดสถานีวัดภาคพื้นดินของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งในพื้นที่ภาคเหนือ มีจำนวนทั้งหมด 14 สถานี ได้แก่ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัยจังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ การประปาส่วนภูมิภาคแม่เมาะจังหวัดลำปาง สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลำปาง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่าสี่จังหวัดลำปาง โรงพยาบาลเฉลิมพระเกียรติจังหวัดน่าน สำนักงานเทศบาลเมืองน่าน สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดแพร่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดแพร่ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย สำนักงานสาธารณสุขแม่สายจังหวัดเชียงราย สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดแม่ฮ่องสอน สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลำพูน และอุทยานการเรียนรู้ องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา โดยมีการติดตามและตรวจสอบความถูกต้องของระบบและข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อจัดทำเป็นรายงานดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พร้อมทั้งมีการเผยแพร่ข้อมูลสถานการณ์และคุณภาพอากาศรายชั่วโมงและรายวัน

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ชุดข้อมูล	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล	หน่วย	ความละเอียดเชิงเวลา	ความละเอียดเชิงพื้นที่
ข้อมูลดาวเทียม	AOD	Himawari-8	ไม่มีหน่วย	รายชั่วโมง	5 x 5 กิโลเมตร
	NDVI	MODIS	ไม่มีหน่วย	รายวัน	500 x 500 เมตร
	DEM	ASTER	เมตร	-	30 x 30 เมตร

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ชุดข้อมูล	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล	หน่วย	ความละเอียด เชิงเวลา	ความละเอียด เชิงพื้นที่
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	อุณหภูมิอากาศ	ECMWF	องศา-เซลเซียส	ราย 6 ชั่วโมง	$0.125 \times 0.125^\circ$
	ความชื้นสัมพัทธ์	ECMWF	เปอร์เซ็นต์	ราย 6 ชั่วโมง	$0.125 \times 0.125^\circ$
	ความเร็วลม	ECMWF	เมตรต่อวินาที	ราย 6 ชั่วโมง	$0.125 \times 0.125^\circ$
	ความกดอากาศ	ECMWF	ปาสกาล	ราย 6 ชั่วโมง	$0.125 \times 0.125^\circ$
ข้อมูล PM2.5	ฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร (PM2.5)	กรมควบคุม มลพิษ	ไมโครกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.)	รายชั่วโมง	-

3. การจับคู่ข้อมูลด้วยวิธี Spatio-Temporal Collocation Method

จากตารางที่ 1 เนื่องจากข้อมูลแต่ละชุดมีความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจับคู่ข้อมูลทั้งหมดเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไป ด้วยวิธี Spatio-Temporal Collocation Method [7] โดยทำการจับคู่ข้อมูลทุกชุด ณ ตำแหน่งสถานีวัดภาคพื้นดินที่และเวลาเดียวกันเป็นรายชั่วโมง

4. การประมาณค่า PM2.5

การศึกษานี้ทำการประมาณค่า PM2.5 ด้วย 2 วิธี ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR)

เป็นการวิเคราะห์ที่ถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้น ดังสมการที่ (2) [8]

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + e \tag{2}$$

เมื่อ

- Y คือ ตัวแปรตาม
- b_0 คือ ค่าคงที่ หรือจุดตัดแกน Y
- b_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรต้น x_i
- x_i คือ ค่าตัวแปรต้นแต่ละตัว
- e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Principal Component Analysis - General Regression Neural Network: PCA-GRNN)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ โดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์หลายเทคนิค ซึ่งสามารถนำมาจัดการกับข้อมูลผสมหลายชนิด เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูล อีกทั้งยังช่วยลดความซับซ้อนและมิติของข้อมูล ผลการวิเคราะห์ทำให้ได้มิติของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันสูง ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้ องค์ประกอบสำคัญของข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่า 0.9 [9] โดยปัจจุบัน PCA มีการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับ GRNN เพื่อลดจำนวนมิติของข้อมูลนำเข้า และทำให้ GRNN สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) โครงข่ายประสาทเทียมแบบ General Regression Neural Network (GRNN)

เป็นโครงข่ายประสาทเทียมประเภทหนึ่งที่มีการประมาณค่าตัวแปรแบบต่อเนื่อง ทั้งแบบเชิงเส้น (Linear) และไม่ใช่เชิงเส้น (Nonlinear) และใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ดังสมการที่ (3) [10]

$$Y(X) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i e^{\left(\frac{-D_i^2}{2\sigma^2}\right)}}{\sum_{i=1}^n e^{\left(\frac{-D_i^2}{2\sigma^2}\right)}} \tag{3}$$

เมื่อ

$Y(X)$ คือ ผลลัพธ์ที่ได้

Y_i คือ ผลลัพธ์ของตัวอย่าง i

$-D_i^2$ คือ ระยะห่างระหว่าง Training Data กับข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง i สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$-D_i^2 = (x - x_i)^T (x - x_i) \tag{4}$$

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นตัวแปรอิสระที่ต้องกำหนด โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เหมาะสมสามารถตรวจสอบได้จากผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากที่สุด

n คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

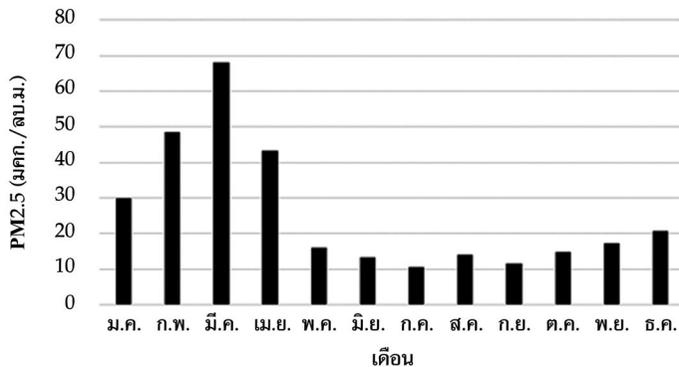
5. การประเมินผลทางสถิติ

การประเมินผลการประมาณค่า PM2.5 จะใช้ 2 วิธี คือ 1) สัมประสิทธิ์การกำหนด (The Coefficient of Determination: R^2) บ่งบอกความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 กับ PM2.5 จากสถานีวัดภาคพื้นดิน และ 2) รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ใช้ประเมินความแม่นยำของผลลัพธ์จากค่าผิดพลาดของผลลัพธ์

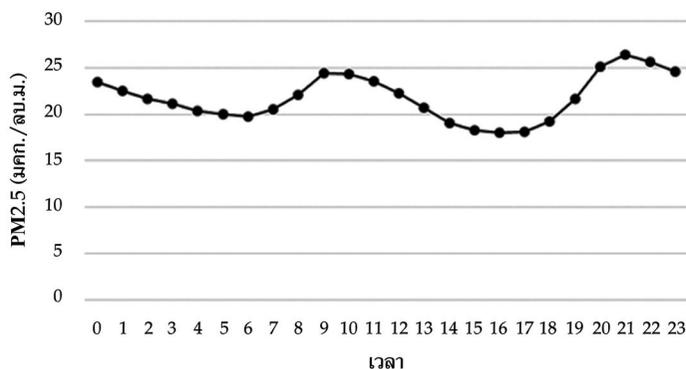
ผลการวิจัย

1. ความผันแปรของค่า PM2.5 ในเชิงเวลา

จากการวิเคราะห์ความผันแปรของค่า PM2.5 จากสถานีวัดภาคพื้นดิน บริเวณภาคเหนือ โดยใช้ข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม - ธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 พบว่า ค่าเฉลี่ย PM2.5 รายเดือนสูงสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 68.111 มคก./ลบ.ม. รองลงมาคือ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และเดือนมกราคม มีค่าเท่ากับ 48.541 43.156 และ 29.875 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ โดยช่วงเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม จะมีค่า PM2.5 น้อยกว่า 20 มคก./ลบ.ม. ดังรูปที่ 2(ก) ส่วนค่าเฉลี่ย PM2.5 รายชั่วโมง จะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า เวลา 07.00 - 10.00 น. และค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลา 11.00 - 16.00 น. และเพิ่มขึ้นในช่วงเย็น เวลา 17.00 น. และมีค่าสูงสุดในเวลา 21.00 น. จากนั้นลดลงในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 22.00 น. ถึงช่วงเช้า 06.00 น. ดังรูปที่ 2(ข)



(ก) ค่าเฉลี่ย PM2.5 รายเดือน บริเวณพื้นที่ภาคเหนือ



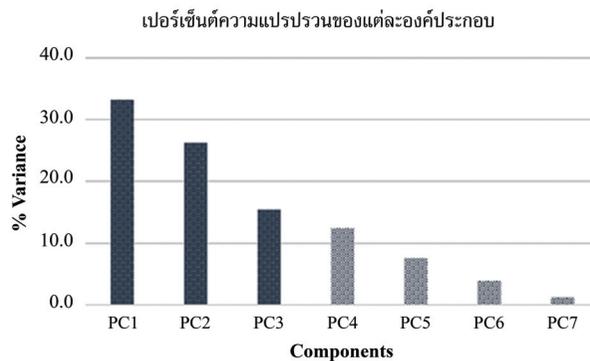
(ข) ค่าเฉลี่ย PM2.5 รายชั่วโมง บริเวณพื้นที่ภาคเหนือ

รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ย PM2.5 รายเดือนและรายชั่วโมง จากสถานีวัดภาคพื้นดิน ในปี พ.ศ. 2561 บริเวณภาคเหนือ

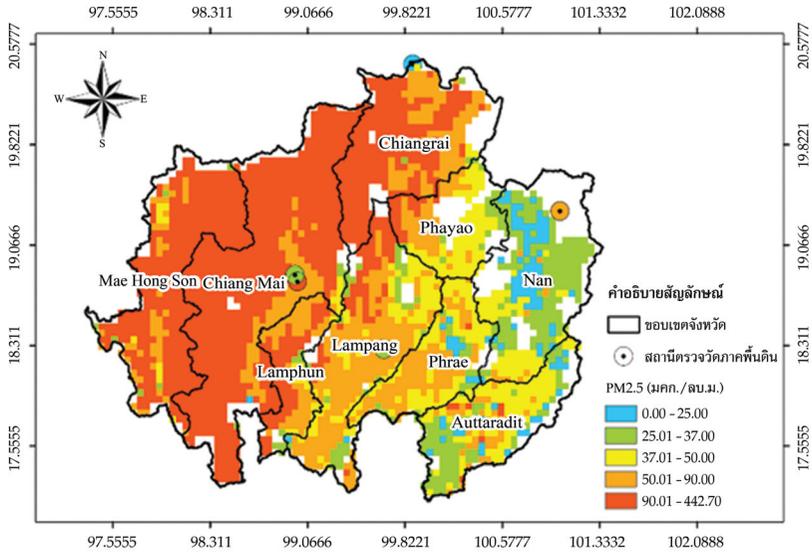
2. ผลการประมาณค่า PM2.5 ในเชิงพื้นที่

จากการประมาณค่า PM2.5 โดยใช้ข้อมูล PM2.5 จากสถานีวัดภาคพื้นดิน และข้อมูลดาวเทียม ได้แก่ ข้อมูล AOD NDVI และ DEM ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ (TEMP) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ความกดอากาศ (SP) และความเร็วลม (WS) ด้วย 2 วิธี คือ 1) วิธี MLR ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (5) และ 2) วิธี PCA-GRNN ซึ่งใช้ PCA ในการลดมิติและความซ้ำซ้อนของข้อมูลทั้งหมดที่นำมาใช้ในการศึกษาผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบของแต่ละข้อมูล (Component: PCs) ในรูปแบบสหสัมพันธ์ ทำให้ได้องค์ประกอบทั้งหมด 7 องค์ประกอบ โดยการวิเคราะห์จะพิจารณาองค์ประกอบหลักที่สำคัญที่มีความแปรปรวนมากกว่า 0.9 ผลลัพธ์พบว่า มีจำนวน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ PC1 PC2 และ PC3 ซึ่งองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) จะสามารถอธิบายข้อมูลได้มากที่สุด รองลงมาคือ องค์ประกอบที่ 2 (PC2) และองค์ประกอบที่ 3 (PC3) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนคือ PC1 เท่ากับ 33.23 % PC2 เท่ากับ 26.20 % และ PC3 เท่ากับ 15.44 % (ดังรูปที่ 3) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลทั้ง 2 วิธี ทำให้พบว่าค่า PM2.5 และ AOD มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก กล่าวคือค่า PM2.5 เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า AOD เพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ โดยเมื่อ PM2.5 และ AOD มีค่าเพิ่มขึ้น ในพื้นที่ที่มีความสูงลดลง ความหนาแน่นของพืชพรรณน้อยลง มีอุณหภูมิและความเร็วลมลดลง แต่มีความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศเพิ่มขึ้น โดยผลลัพธ์จากการประมาณค่า PM2.5 ในเชิงพื้นที่ดังตัวอย่างรูปที่ 4 ซึ่งเป็นข้อมูลในวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2561 เวลา 13.00 น. จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี PCA-GRNN มีความสอดคล้องกับตำแหน่งสถานีวัดภาคพื้นดินที่แสดงระดับคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษมากกว่าวิธี MLR

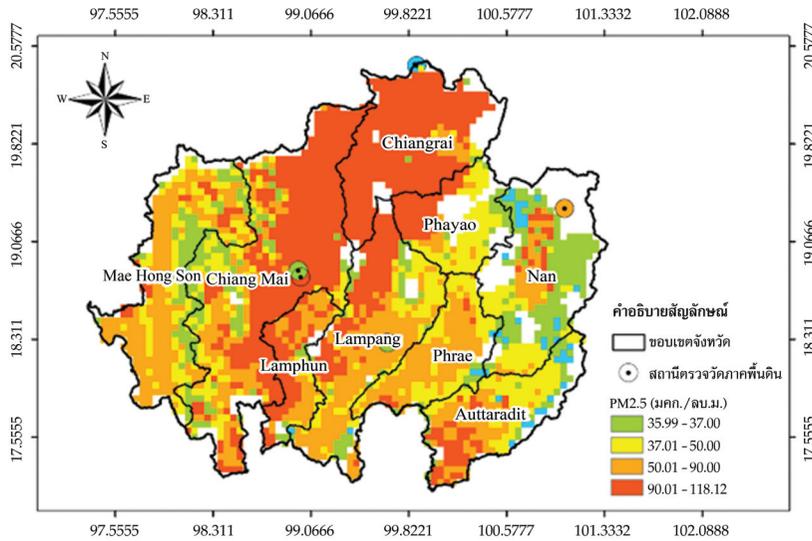
$$\text{PM2.5(MLR)} = -794.33 + 27.58\text{AOD} + 0.23\text{DEM} - 33.58\text{NDVI} - 1.04\text{RH} + 0.01\text{SP} + 1.80\text{TEMP} - 2.24\text{WS} \quad (5)$$



รูปที่ 3 ความแปรปรวนของแต่ละองค์ประกอบ

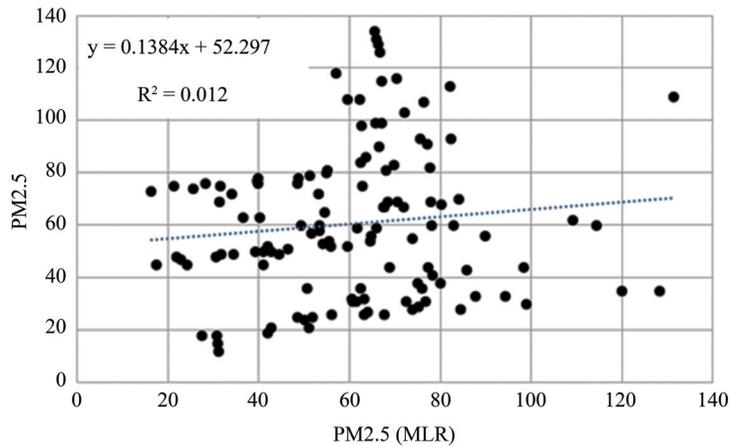


(ก) ผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 ด้วยวิธี MLR

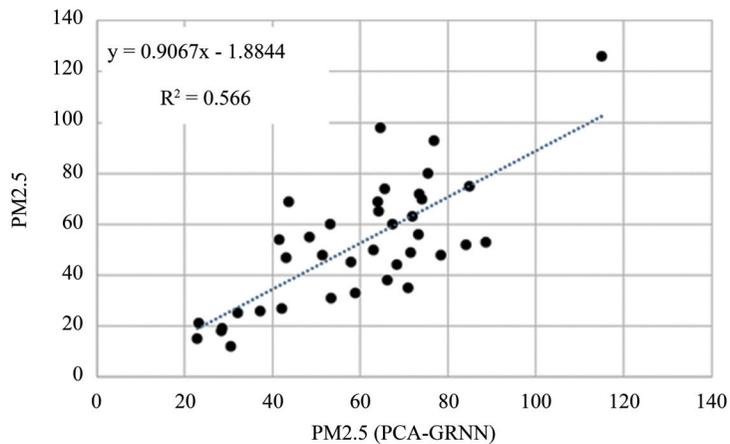


(ข) ผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 ด้วยวิธี PCA-GRNN

รูปที่ 4 ผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 แบบ MLR และ PCA-GRNN โดยเปรียบเทียบกับข้อมูล PM2.5 จากสถานีวัดภาคพื้นดิน วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2561 เวลา 13.00 น. บริเวณพื้นที่ภาคเหนือ



(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 กับ PM2.5 จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน (MLR)



(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 กับ PM2.5 จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน (PCA-GRNN)

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การประมาณค่า PM2.5 แบบ MLR และ PCA-GRNN กับข้อมูล PM2.5 จากสถานีวัดภาคพื้นดิน

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การสอบเทียบความแม่นยำของผลลัพธ์

วิธีการ	จำนวนคู่ที่ใช้ สร้างสมการ	จำนวนคู่ที่ใช้ ทดสอบสมการ	R ²	RMSE (มกก./ลบ.ม.)	ค่าความแตกต่าง (มกก./ลบ.ม.)
MLR	87	37	0.01	33.90	22.22
PCA-GRNN	87	37	0.57	17.76	0.58

3. การสอบเทียบความแม่นยำของผลลัพธ์

ผลลัพธ์การสอบเทียบผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} ด้วยการจับคู่ข้อมูลผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} กับค่า PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดิน ณ ตำแหน่งและเวลาเดียวกัน จำนวนทั้งหมด 37 คู่ โดยการประเมินความแม่นยำของผลลัพธ์ด้วยค่า RMSE พบว่าวิธี MLR มีค่า RMSE เท่ากับ 33.90 มก./ลบ.ม. ส่วนวิธี PCA-GRNN มีค่า RMSE เท่ากับ 17.76 มก./ลบ.ม. และการทดสอบความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} กับ PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดิน ด้วย R² พบว่าวิธี MLR มีค่า R² เท่ากับ 0.01 และวิธี PCA-GRNN มีค่า R² เท่ากับ 0.57 ดังรูปที่ 5 ซึ่งผลการคำนวณความแตกต่างของค่า PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดินกับผลลัพธ์จากวิธีทั้งสอง พบว่าผลลัพธ์จากวิธี MLR มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} กับ PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดินเท่ากับ 22.22 มก./ลบ.ม. และ PCA-GRNN มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} กับ PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดินเท่ากับ 0.58 มก./ลบ.ม. ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าวิธี PCA-GRNN มีความแม่นยำมากกว่าวิธี MLR (ดังตารางที่ 2)

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลในการประมาณค่า PM_{2.5} หลายวิธีโดยการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูล AOD จากดาวเทียม และข้อมูลที่ทำให้ทราบถึงลักษณะการเกิดและแพร่กระจายของ PM_{2.5} ได้แก่ แหล่งกำเนิด PM_{2.5} และปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้มีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบและช่วงค่าของข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า PM_{2.5} สำหรับการศึกษาที่มีการใช้ข้อมูล AOD จากดาวเทียมฮิมวาริ 8 และข้อมูลกายภาพ ประกอบด้วย DEM NDVI และข้อมูลอุณหภูมิมติยา และเปรียบเทียบผลลัพธ์จาก 2 วิธี คือ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR) และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Principal Component Analysis - General Regression Neural Network: PCA-GRNN) ผลการศึกษาทำให้พบว่าวิธี PCA-GRNN เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการประมาณค่า PM_{2.5} ในพื้นที่ภาคเหนือมากกว่าวิธี MLR โดยมีความสอดคล้องกับรูปแบบการเกิด PM_{2.5} ในเชิงเวลา และมีผลลัพธ์จากการสอบเทียบความแม่นยำด้วยค่า RMSE เท่ากับ 17.76 และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} กับข้อมูล PM_{2.5} จากสถานีวัดภาคพื้นดินด้วยค่า R² เท่ากับ 0.57 แต่ทั้งนี้ผลลัพธ์การประมาณค่า PM_{2.5} บางส่วนยังมีความคลาดเคลื่อน สำหรับแนวทางการศึกษาต่อไปควรมีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด PM_{2.5} ด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและ Hotspot รวมถึงเพิ่มช่วงเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้เข้าใจรูปแบบการแพร่กระจายของ PM_{2.5} มากยิ่งขึ้น

References

- [1] Greenpeace. (2016). **Right to Clean Air**. Access (5 March 2019). Available (<http://www.greenpeace.org/seasia/th/>)
- [2] Pollution Control Department. (2005). **Situation and Management of Air and Noise Pollution Problems in 2004**. He's Company Limited Publishers. (in Thai)

- [3] Air Visual. (2018). **World AQI Ranking**. Access (6 March 2019). Available (<https://www.airvisual.com>)
- [4] Pollution Control Department. (2011). **Know About Air Pollution, Persons Concepts and Management**. Kochakorn Publishing Publishers. (in Thai)
- [5] Guo, J., Xia, F., Zhang, Y., Liu, H., Li, J., Lou, M., He, J., Yan, Y., Wang, F., Min, M., and Zhai, P. (2016). Impact of Diurnal Variability and Meteorological Factors on the PM_{2.5} - AOD Relationship: Implications for PM_{2.5} Remote Sensing. **Environmental Pollution**. Vol. 221, pp. 94-104. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.11.043
- [6] Zhang, W., Xu, H., and Zheng, F. (2018). Aerosol Optical Depth Retrieval Over East Asia Using Himawari-8/AHI Data. **Remote Sensing**. Vol. 10, Issue 137, pp. 1-19. DOI: 10.3390/rs10010137
- [7] Hirtl, M., Mantovani, S., Kruger, B. C., Triebnig, G., Flandorfer, C., Bottoni, M., and Cavicchi, M. (2014). Improvement of Air Quality Forecasts with Satellite and Ground Gased. **Atmospheric Environment**. Vol. 84, pp. 20-27. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.11.027
- [8] Wiratchai, N. (2010). **Multiple Linear Regression**. Sukhothai Thammathirat Open University Publishers. (in Thai)
- [9] Zang, L., Mao, F., Guo, J., Wang, W., and Pan, X. (2018). Estimating Hourly PM₁ Concentrations from Himawari-8 Aerosol Optical Depth in China. **Environmental Pollution**. Vol. 241, pp. 654-663. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.05.100
- [10] Al-Mahasneh, A. J., Anavatti, S., Garratt, M., and Pratama, M. (2018). Applications of General Regression Neural Networks in Dynamic Systems. **Digital Systems**. pp. 133-154. DOI: 10.5772/intechopen.80258