



การพัฒนาโมเดลสำหรับวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัว และการเกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ด้วยข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P บริเวณประเทศไทย

Model Development for Analyzing the Distribution Patterns of Nitrogen Dioxide Using Sentinel-5P Satellite Data in Thailand

สิทธิณัฐ มนทียธราสน์, อริศรา เจริญปัญญาเนตร และ พลภัทร เหมวรรณ *
Sitinat Montien-art, Arisara Charoenpanyanet and Phonpat Hemwan *

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University

Received : 8 September 2022

Revised : 14 November 2022

Accepted : 10 December 2022

บทคัดย่อ

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นหนึ่งในสารมลพิษทางอากาศที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบเป็นเวลานาน โดยในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ได้แก่ 1) เพื่ออธิบายสถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในรูปแบบมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ และ 2) เพื่อสร้างโมเดลที่เหมาะสมต่อการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณประเทศไทยในช่วงเดือนมกราคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2563 โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression model) ผลการศึกษาพบว่า สถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณประเทศไทยในช่วงปี 2562 มีค่าเฉลี่ยรวมรายปีสูงกว่าปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงปี 2563 มีค่าเท่ากับ 10.95 ppb และ 10.67 ppb ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ในช่วงเดือนมกราคม 2562 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.37 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ในช่วงเดือนมิถุนายน 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.05 ppb นอกจากนี้ภูมิภาคที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ภาคกลาง ณ สัปดาห์ที่ 4 เดือนมกราคม 2562 มีค่าเท่ากับ 40.69 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดบริเวณภาคเหนือ ณ สัปดาห์ที่ 1 เดือนกันยายน 2562 มีค่าเท่ากับ 2.84 ppb โดยโมเดลที่เหมาะสมต่อการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ คิวบิกโมเดล (Cubic model) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) เท่ากับ 0.72 และ 70.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ : ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ; สมการถดถอย ; เซนติเนลไฟว์พี



Abstract

Nitrogen dioxide (NO_2) is one of air pollution that Thailand has been affected for many years. The aims of this study are separated into two objectives. First, to explain the situation of nitrogen dioxide concentration in spatial temporal and analyze the relationship of factors affecting that led to generation of nitrogen dioxide using by spatial statistic. Secondly, finding a suitable model to be estimated the concentration of nitrogen dioxide from Sentinel-5P data and ground station data using linear regression model during January 2019 to December 2020 in Thailand. As a result, the average of nitrogen dioxide concentration in 2019 has higher than the nitrogen dioxide concentration in 2020 the value was 10.95 ppb and 10.67 ppb respectively. The maximum total annual average of nitrogen dioxide concentration occur during Dry season (between November and April) in January 2019 (18.37 ppb) the minimum average occur during Wet season (between May and October) in June 2020 (8.05 ppb). In addition, the regions with the highest average of nitrogen dioxide concentration was central region during the 4th week of January 2019 (40.69 ppb) and the lowest average concentration of nitrogen dioxide was found in northern region during the first week of September 2019 (2.84 ppb). The suitable model for estimating the concentration of nitrogen dioxide was Cubic model with coefficient of determination (R^2) at 0.72 and its model accuracy overall was 70.29 %

Keywords : nitrogen dioxide concentration ; regression model ; sentinel-5P



บทนำ

มลพิษทางอากาศถือเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่ง ที่สังคมไทยได้รับผลกระทบมาอย่างยาวนาน ลักษณะการเกิดสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Natural sources) คือ กระบวนการเกิดที่ไม่มีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง เช่น การปล่อยสารจากต้นไม้ การปะทุของภูเขาไฟ การเกิดไฟป่า และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic sources) เช่น การเผาในที่โล่ง การเผาป่า หรือการเผาขยะ ทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ และสุขภาพอนามัย กรมควบคุมมลพิษได้แบ่งมลพิษทางอากาศออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) โดยหนึ่งในสารมลพิษที่ผู้ศึกษาสนใจคือ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่สามารถเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ เช่น เกิดจากไฟป่า ภูเขาไฟปะทุ เกิดจากกระบวนการย่อยของแบคทีเรีย หรือเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Lu *et al.*, 2019) เช่น เกิดจากการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงจากรถยนต์ (Stranger *et al.*, 2008) หรือบริเวณพื้นที่เมืองที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และบริเวณที่มีการประกอบอุตสาหกรรมโดยใช้พลังงานจากถ่านหิน (Shikwambana *et al.*, 2020) โดยในประเทศไทยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ถูกจัดอยู่ในมลพิษทางอากาศ ซึ่งปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในประเทศไทยมีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานแบบเฉลี่ยรายชั่วโมง แต่หากมองในเชิงเปรียบเทียบ พบว่า ภูมิภาคที่มีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ ภาคตะวันตกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 118 ไมโครกรัมต่อลิตร (Part per billion: ppb) รองลงมา ได้แก่ บริเวณเขตกรุงเทพมหานคร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.85 ppb บริเวณภาคกลางปริมาณพล (78.8 ppb) ภาคตะวันออก (65.72 ppb) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (60.33 ppb) ภาคเหนือ (55.62 ppb) และภาคใต้ (27.28 ppb) บริเวณที่พบส่วนใหญ่เป็นเขตพื้นที่อุตสาหกรรม และบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น

อดีตการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะศึกษาโดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ (Active sample) และพาสซีฟ (Passive sample) คือการเก็บตัวอย่างจากการใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัด หรือการใช้ปัมป์ในการเก็บตัวอย่างอากาศแล้วนำไปวิเคราะห์ ซึ่งข้อดีคือ ผลการตรวจวัดมีความแม่นยำในระดับพื้นที่ขนาดเล็ก และข้อเสียคือ ไม่สามารถตรวจวัดในลักษณะขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ ปัจจุบันจึงมีการนำวิธีการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing: RS) ร่วมกับแบบจำลองทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple linear regression) โดยใช้ระบบดาวเทียมแบบพาสซีฟ (Passive remote sensing) โดยดาวเทียมที่สามารถตรวจวัดปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ประกอบด้วยดาวเทียม GOME ระบบเซนเซอร์ ERS-2 ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 320×40 ตร.กม. (Burrows *et al.*, 1999) ดาวเทียม ENVISAT ระบบเซนเซอร์ SCIAMACHY และดาวเทียม EOS AURA ระบบเซนเซอร์ Ozone Monitoring Instrument (OMI) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 60×30 ตร.กม. และ 13×24 ตร.กม. ตามลำดับ (Zyrichidou *et al.*, 2009) ส่งผลให้การใช้ข้อมูลดาวเทียมดังกล่าวในการตรวจวัดปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีข้อเสีย คือ การรายงานผลที่ล่าช้าและไม่ตอบโต้ต่อสถานการณ์ในปัจจุบัน ประกอบกับเป็นข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ ด้วยเหตุนี้จากปัญหาและเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้ศึกษา

ได้ทำการนำข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P ที่ถูกพัฒนาจากระบบเซนเซอร์ OMI และ SCIAMACHY โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงกว่าดาวเทียมทั้ง 2 ประเภทเท่ากับ 7*7 ตร.กม. ที่มีการรายงานผลแบบรายวันมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ และประกอบกับข้อมูลสถานีภาคพื้นดินที่มีการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในประเทศไทยยังมีจำนวนจำกัด (30 สถานี) โดยกระจุกตัวอยู่บริเวณภาคกลาง (10 สถานี) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (7 สถานี) บริเวณภาคเหนือ (7 สถานี) บริเวณภาคใต้ (4 สถานี) บริเวณภาคตะวันตก (1 สถานี) และบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (1 สถานี) ทำให้การตระหนัก และการจัดการสารมลพิษดังกล่าวยังไม่ครอบคลุม โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2 ประการ ได้แก่ 1) เพื่ออธิบายสถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในรูปแบบมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และ 2) เพื่อสร้างโมเดลที่เหมาะสมต่อการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบริเวณประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่าง ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือ ถึง ละติจูด 20 องศา 27 ลิปดาเหนือ ลองจิจูดที่ 97 องศา 22 ลิปดาตะวันออก ถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก ประกอบด้วย 77 จังหวัด แบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ (9 จังหวัด) ภาคใต้ (14 จังหวัด) ภาคกลาง (21 จังหวัด) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (7 จังหวัด) ภาคตะวันตก (5 จังหวัด) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (21 จังหวัด) (Figure 1)

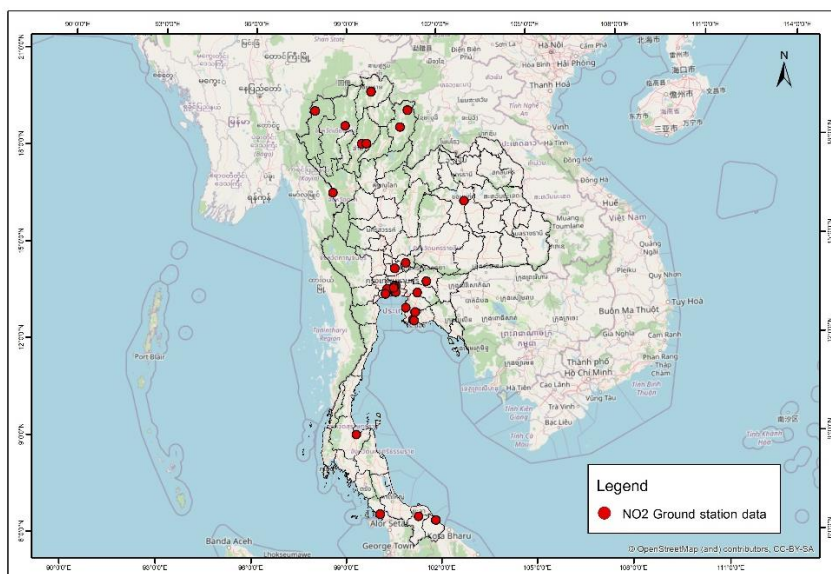


Figure 1 Study area

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลปฐมภูมิ

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-5P ระบบเซ็นเซอร์ TROPOMI ที่ทำการบันทึกภาพพื้นที่ศึกษาในช่วงเดือนมกราคม ปี 2562 ถึงเดือนธันวาคม ปี 2563

ข้อมูลทุติยภูมิ

- ข้อมูลสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินที่มีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จากกรมควบคุมมลพิษ ทั้งหมด 30 สถานี (Figure 1) โดยทำการตรวจวัดแบบรายชั่วโมง
- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลความเร็วลม ทำการรวบรวมจากกรมควบคุมมลพิษ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งตามวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ข้อ ได้แก่ 1) การอธิบายสถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในรูปแบบมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และ 2) การสร้างโมเดลที่เหมาะสมต่อการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Figure 2)

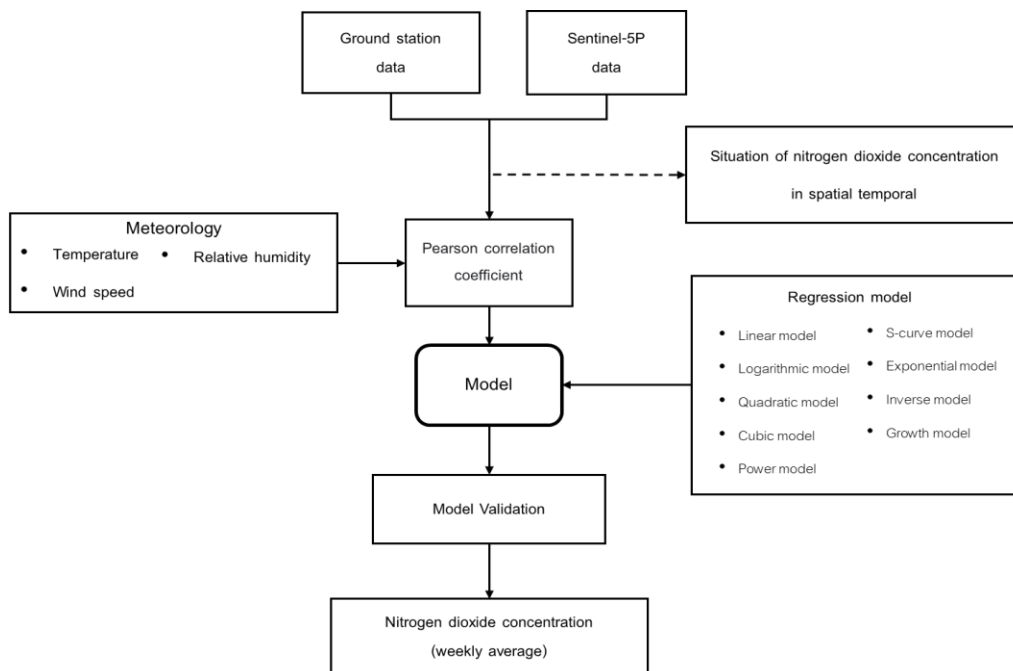


Figure 2 Conceptual framework



1. การอธิบายสถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในรูปแบบมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

1.1 การอธิบายสถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในรูปแบบมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปี 2562 - 2563 ทำการวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยแบบรายสัปดาห์จำนวนทั้งหมด 96 สัปดาห์ จากข้อมูลสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน จำนวน 30 สถานี และทำการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเชิงพื้นที่

1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ทำการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยา เช่น ข้อมูลอุณหภูมิตามภูมิ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ และข้อมูลความเร็วลม นำมาวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์กับชุดข้อมูลค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยใช้วิธีการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) โดยมีสมการดังนี้

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

โดยที่ r = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

X_i = ค่าของตัวแปร X

Y_i = ค่าของตัวแปร Y

\bar{Y} และ \bar{X} = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร X และตัวแปร Y

2. การสร้างโมเดลที่เหมาะสมต่อการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

การสร้างโมเดลประกอบด้วยข้อมูลคุณภาพจากดาวเทียม Sentinel-5P ระบบเซ็นเซอร์ TROPOMI ที่ประมวลผลจากแพลตฟอร์ม Google Earth Engine และข้อมูลค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินแบบเฉลี่ยรายสัปดาห์ ในช่วงเดือนมกราคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2563 โดยเลือกชุดข้อมูลจำนวน 120 ชุดข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา ได้แก่

- สัปดาห์ที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์สูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ สัปดาห์ที่ 4 เดือนมกราคม 2562
- สัปดาห์ที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์ต่ำสุดในช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 เดือนเมษายน 2562
- สัปดาห์ที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์ต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ได้แก่ สัปดาห์ที่ 2 เดือนสิงหาคม 2563
- สัปดาห์ที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์สูงสุดในช่วงฤดูฝน ได้แก่ สัปดาห์ที่ 4 เดือนตุลาคม 2563



2.1 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการนำข้อมูลจุดภาพจากดาวเทียม Sentinel-5P จำนวน 6 แบนด์ (Table 1) และข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน โดยทำการเลือกค่าพิกเซลของตำแหน่งสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ณ ช่วงเวลาเดียวกัน ด้วยวิธีการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์สัมพัทธ์เพียร์สัน

Table 1 Data processing

Data	Band	Name
Near Real-Time (NRT)	NO2_column_number_density	NRT_DEN
	tropospheric_NO2_column_number_density	NRT_TROPO
	NO2_slant_column_number_density	NRT_SLANT
Offline (OFFL)	NO2_column_number_density	OFFL_DEN
	tropospheric_NO2_column_number_density	OFFL_TROPO
	NO2_slant_column_number_density	OFFL_SLANT

2.2 การสร้างโมเดลผู้ศึกษาได้ทำการนำตัวแปรที่ผ่านการทดสอบสหสัมพันธ์ นำมาสร้างโมเดลโดยใช้สมการถดถอย 9 ประเภท ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear model) แบบลอการิทึม (Logarithmic model) แบบควอดราติกส์ (Quadratic model) แบบคิวบิก (Cubic model) แบบยกกำลัง (Power model) แบบตัวเอส (S-curve model) แบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential model) แบบ Inverse model และแบบ Growth model โดยมีรูปแบบสมการดังนี้ (Table 2)

Table 2 Regression model

Model	Equations
Linear model	$Y = aX + b$
Quadratic model	$Y = aX^2 + bX + c$
Cubic model	$Y = aX^3 + bX^2 + cX + d$
Logarithmic model	$Y = a \ln(X) + b$
Power model	$Y = aX^b$
S-curve model	$Y = e^{(a/X)+b}$
Exponential model	$Y = ab^X$
Growth model	$\ln(Y) = ax + b$
Inverse model	$Y = (a/x) + b$

ผลการวิจัย

สถานการณ์ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในรูปแบบมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณประเทศไทย หากเปรียบเทียบระหว่างปี 2562-2563 พบว่า ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในช่วงปี 2562 มีค่าเฉลี่ยรวมรายปีที่สูงกว่าปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในช่วงปี 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.95 ppb และ 10.67 ppb ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงปี 2563 เกิดการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ในประเทศไทย (ระลอกที่ 1) โดยประเทศไทยมีการพบผู้ติดเชื้อรายแรกในช่วงเดือนมกราคม 2563 และพบผู้ติดเชื้อมากกว่า 100 ราย ในช่วงเดือนมีนาคม 2563 ส่งผลให้เกิดมาตรการล็อกดาวน์ ทำให้ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรมได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว ซึ่งไปสอดคล้องกับปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงเดือนมีนาคม 2563 ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในช่วงปี 2562 (Figure 3)

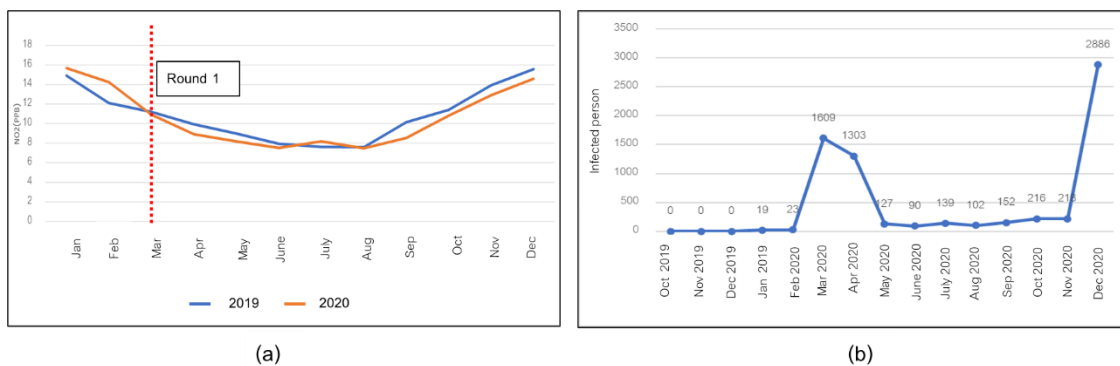


Figure 3 Nitrogen dioxide concentration (Monthly average) during 2019-2020 (a) and the number of people infected with The Covid-19 virus (Round 1) (b)

นอกจากนี้แนวโน้มของปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มีลักษณะที่แตกต่างกันแล้วแต่ภูมิภาค โดยทำการวิเคราะห์บริเวณ 6 ภูมิภาค ได้แก่ 1) ภาคกลางมีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์สูงสุด ณ สัปดาห์ที่ 4 เดือนมกราคม 2562 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.69 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 60 (สัปดาห์ที่ 4 เดือนมีนาคม 2563) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.90 ppb (Figure 4) 2) ภาคตะวันออกมีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์สูงสุด ณ สัปดาห์ที่ 4 เดือนมกราคม 2562 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.34 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 78 (สัปดาห์ที่ 2 เดือนสิงหาคม 2563) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.47 ppb (Figure 5) 3) ภาคเหนือมีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์สูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 12 (สัปดาห์ที่ 4 เดือนมีนาคม 2562) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.56 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 33 (สัปดาห์ที่ 1 เดือนกันยายน 2562) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 ppb (Figure 6)

4) ภาคใต้มีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด ณ สัปดาห์ที่ 58 (สัปดาห์ที่ 2 เดือนมีนาคม 2563) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79 ppb (Figure 7) และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 85 (สัปดาห์ที่ 1 เดือนตุลาคม 2563) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.94 ppb 5) ภาคตะวันตกมีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด ณ สัปดาห์ที่ 56 (สัปดาห์ที่ 4 เดือนกุมภาพันธ์ 2563) มีค่าเท่ากับ 20.76 ppb และมีค่าต่ำสุด ณ สัปดาห์ที่ 19 (สัปดาห์ที่ 3 เดือนพฤษภาคม 2562) มีค่าเท่ากับ 1.34 ppb (Figure 8) และ 6) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด ณ สัปดาห์ที่ 5 (สัปดาห์ที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์ 2562) มีค่าเท่ากับ 23.83 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 71 (สัปดาห์ที่ 3 เดือนมิถุนายน 2563) มีค่าเท่ากับ 4.45 ppb (Figure 9)

โดยจากสถานการณ์ดังกล่าวพบว่า ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในสัปดาห์ที่ 4 เดือนมกราคม 2562 เนื่องจากบริเวณภาคกลางในพื้นที่กรุงเทพมหานคร แหล่งกำเนิดของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาด้านการคมนาคมเนื่องจากการจราจรหนาแน่น และเป็นแหล่งศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ จึงมีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูง ได้แก่ บริเวณสถานีตำรวจวัดริมถนนพระราม4 (50t) ในพื้นที่เขตปทุมวัน บริเวณสถานีริมถนนลาดพร้าว (53t) ในพื้นที่เขตวังทองหลาง และบริเวณสถานีริมถนนดินแดน (59t) ในพื้นที่เขตดินแดน ขณะที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงสุดบริเวณตัวเมือง และเขตพื้นที่อุตสาหกรรม ได้แก่ บริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (32t) และอำเภอเมือง จังหวัดระยอง (สถานีตำรวจวัดในพื้นที่ ได้แก่ 29t 31t และ 74t) ซึ่งประกอบด้วยนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบังในพื้นที่ นอกจากนี้ บริเวณภาคเหนือ และภาคใต้มีแนวโน้มของปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม เนื่องจากภาคเหนือตรงกับช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน และประกอบกับภายในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ที่มีนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือในพื้นที่ และอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (40t) ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ และอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ (35t) ที่มีการขยายตัวของเมืองส่งผลต่อการคมนาคม นอกจากนี้บริเวณภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มของปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ภายในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส (62t) และอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น (46t) ซึ่งจากที่กล่าวมา พบว่าปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงในบริเวณพื้นที่ตัวเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น และบริเวณแหล่งนิคมอุตสาหกรรม

นอกจากนี้หากเปรียบเทียบเชิงฤดูกาลโดยผู้ศึกษาได้แบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (Dry season) และฤดูฝน (Wet season) พบว่า ภูมิภาคทั้ง 6 ภูมิภาค มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ในช่วงเดือนมกราคม 2562 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.37 ppb รองลงมาได้แก่



เดือนธันวาคม 2562 และเดือนธันวาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.57 ppb และ 17.27 ppb ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในช่วงเดือนมิถุนายน 2563 มีค่าเท่ากับ 8.05 ppb

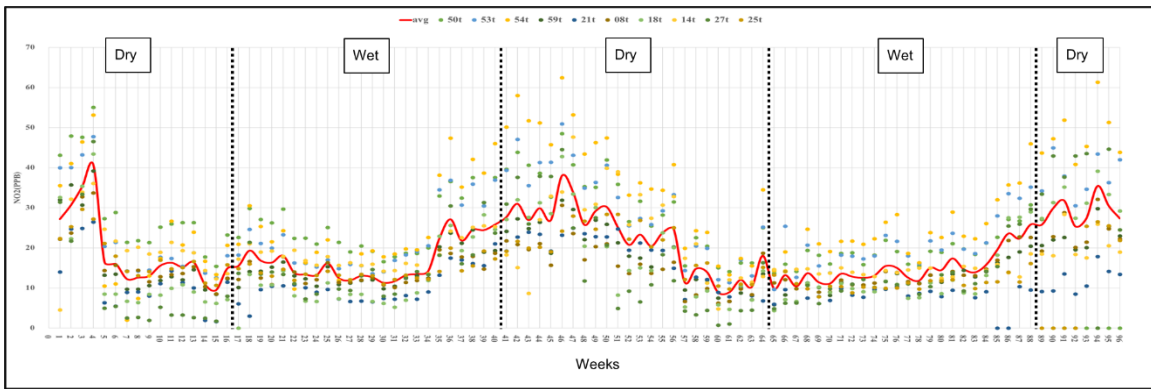


Figure 4 Nitrogen dioxide concentration (Central region)

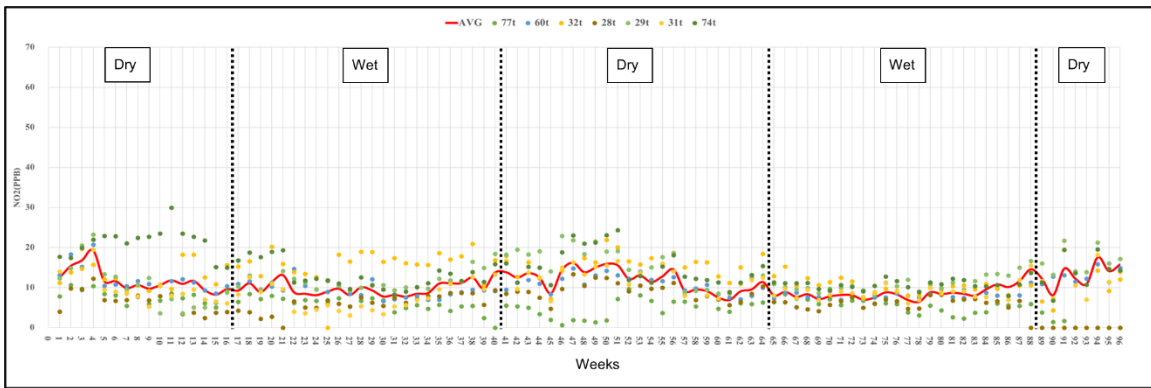


Figure 5 Nitrogen dioxide concentration (Eastern region)

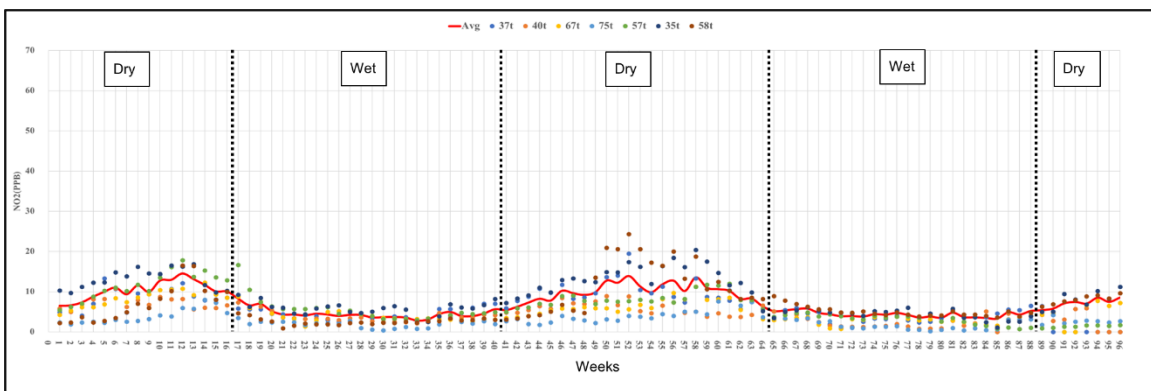


Figure 6 Nitrogen dioxide concentration (Northern region)

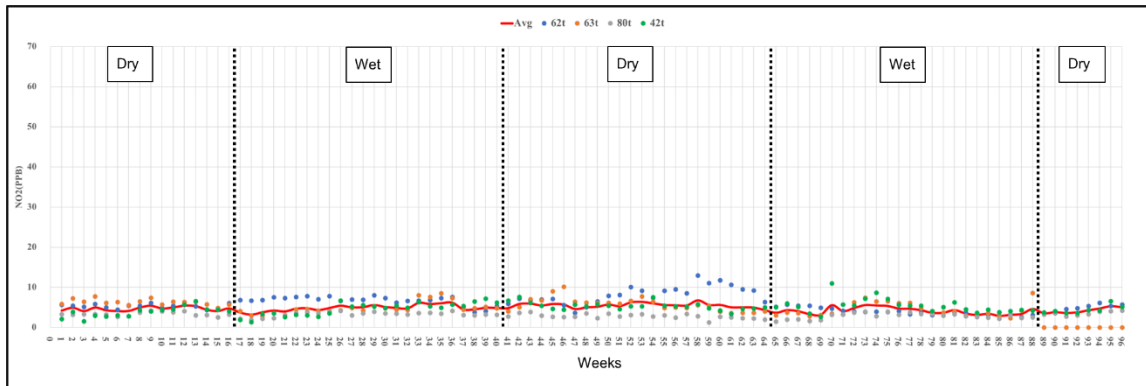


Figure 7 Nitrogen dioxide concentration (Southern region)

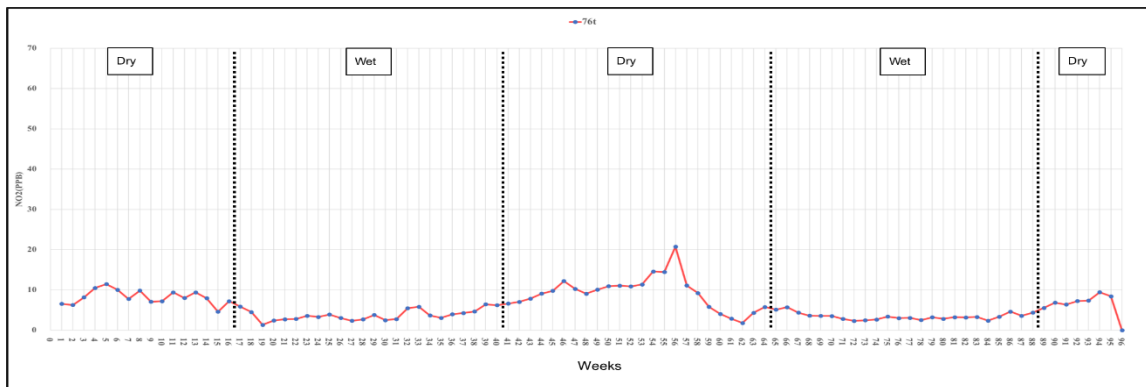


Figure 8 Nitrogen dioxide concentration (Western region)

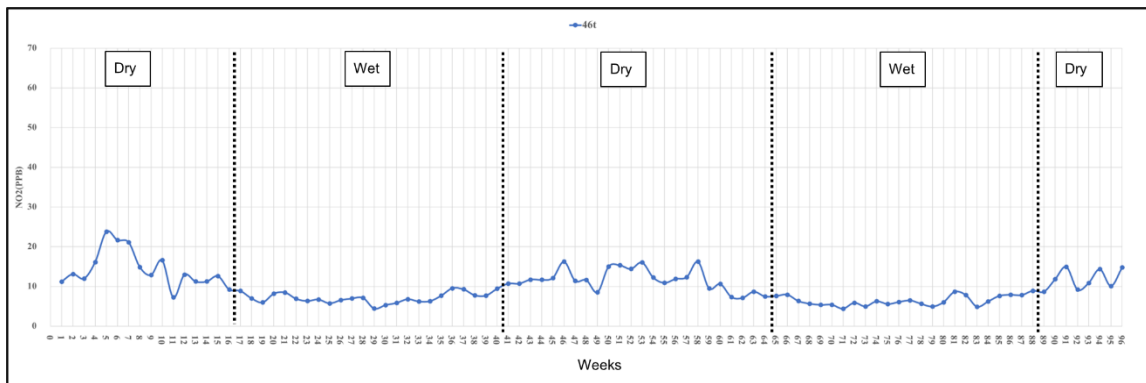


Figure 9 Nitrogen dioxide concentration (Northeast region)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณประเทศไทย ทำการวิเคราะห์จากการนำปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลความเร็วลม นำมาวิเคราะห์สัมพันธ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน โดยแบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ บริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Table 3) พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณค่าความเข้มข้น



ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยภูมิภาคที่มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด ได้แก่ ภาคกลาง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.9 รองลงมา ได้แก่ ภาคตะวันออก และภาคเหนือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.79 และ -0.62 ตามลำดับ โดยภาคกลาง และภาคเหนือมีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่แปรผกผันต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม เนื่องจากความเร็วลมจะพัดพามลพิษทำให้ไม่เกิดการกระจุกตัวของก๊าซดังกล่าว (Elminir, 2005) และเมื่อปริมาณความชื้นในอากาศได้รับแสงจากดวงอาทิตย์จะเกิดการแตกตัวของน้ำในอากาศเกิดเป็นไฮดรอกซิลแรดดิคัล (Hydroxyl radical) ซึ่งส่งผลต่อก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Cros *et al.*, 2015) ในขณะที่ภาคตะวันออกปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์แปรผันตรงต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากภาคตะวันออกมีภูมิประเทศที่ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทำให้เกิดการระเหยของไอน้ำสูงและทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงขึ้น ส่งผลให้มลพิษทางอากาศไม่สามารถลอยตัวขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศอื่นได้ (Bootdee *et al.*, 2019) และภาคใต้ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ไม่มีความสัมพันธ์ต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Figure 10)

Table 3 The correlation between nitrogen dioxide concentration and meteorological data

Pearson Correlation			
Regions	Windspeed	temperature	Relative Humidity
Central region	-0.53	0.02	-0.90**
Eastern region	0.24	0.55	0.79
Northern region	-0.48	0.02	-0.62
Southern region	-0.58	-0.28	0.31
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).			
Northeast and Western cannot analyst because of Insufficient data			

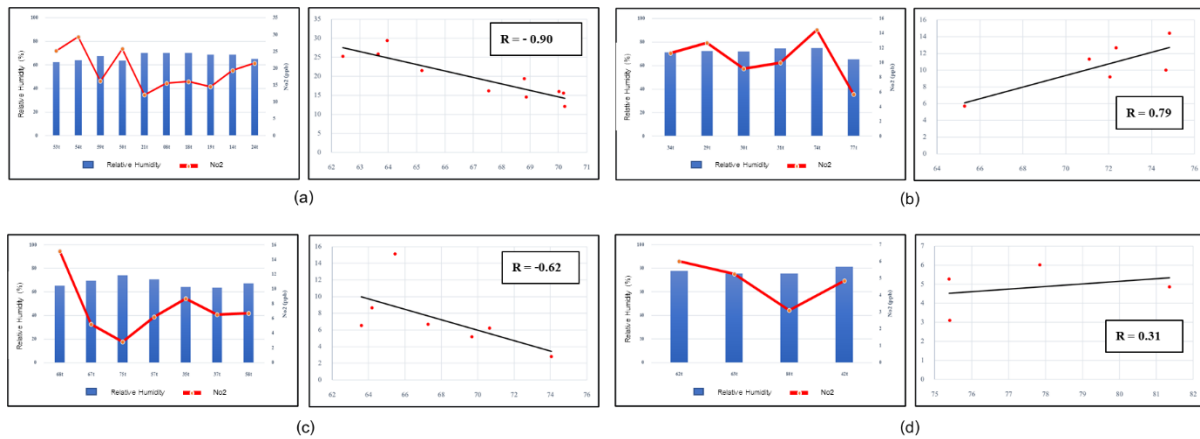


Figure 10 Relationship between nitrogen dioxide concentration and relative humidity data (weekly total average) during 2019-2020 central region (a) eastern region (b) northern region (c) southern region (d)

การสร้างโมเดลในการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ บริเวณประเทศไทย

การสร้างโมเดลในการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ทำการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน และข้อมูลจุดภาพจากดาวเทียม Sentinel-5P จำนวน 6 แบนด์ จำนวน 120 ชุดข้อมูล นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน และข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-5P มีความสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ แบนด์ OFFL_SLANT มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.833 ลำดับถัดมา ได้แก่ แบนด์ NRT_SLANT และแบนด์ OFFL_DEN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.828 และ 0.825 ตามลำดับ (Table 4)

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสหสัมพันธ์มาสร้างโมเดลโดยใช้สมการถดถอย 9 ประเภท (Table 5) โดยผู้ศึกษาได้ทำการกำหนดตัวแปรได้แก่ ตัวแปร Y คือ ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน และตัวแปร X คือ ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P แบนด์ OFFL_SLANT ที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินจำนวนชุดข้อมูล 120 ชุดข้อมูล พบว่า โมเดลมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงสุด ได้แก่ Cubic model มีค่าเท่ากับ 0.72 รองลงมา ได้แก่ Quadratic model และ Linear model มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.70 และ 0.69 ตามลำดับ โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y = 4196974330470.98(X)^3 + 2929078104.75(X)^2 - 466000.66(X) + 28.26 \quad (R\text{-square} = 0.72) \quad (2)$$

โดย Y คือ ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์

X คือ ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P แบนด์ OFFL_SLANT



Table 4 Pearson correlation coefficient

Pearson correlation							
Data	NO ₂ (ppb)	NRT_ DEN	NRT_ TROPO	NRT_ SLANT	OFFL_ DEN	OFFL_ TROPO	OFFL_ SLANT
No ₂ (ppb)	1	.815**	.787**	.828**	.825**	.803**	.833**
NRT_DEN	.815**	1	.970**	.947**	.991**	.970**	.931**
NRT_TROPO	.787**	.970**	1	.931**	.974**	.995**	.920**
NRT_SLANT	.828**	.947**	.931**	1	.946**	.942**	.996**
OFFL_DEN	.825**	.991**	.974**	.946**	1	.977**	.935**
OFFL_TROPO	.803**	.970**	.995**	.942**	.977**	1	.934**
OFFL_SLANT	.833**	.931**	.920**	.996**	.935**	.934**	1

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

Table 5 Coefficient of Multiple determination from regression model

No.	Model	OFFL_SLANT Band (R-square)	No.	Model	OFFL_SLANT Band (R-square)
1	Cubic model	0.72	6	Exponential model	0.45
2	Quadratic model	0.70	7	Growth model	0.45
3	Linear model	0.69	8	power model	0.45
4	Logarithmic model	0.61	9	S-curve model	0.40
5	Inverse model	0.49			

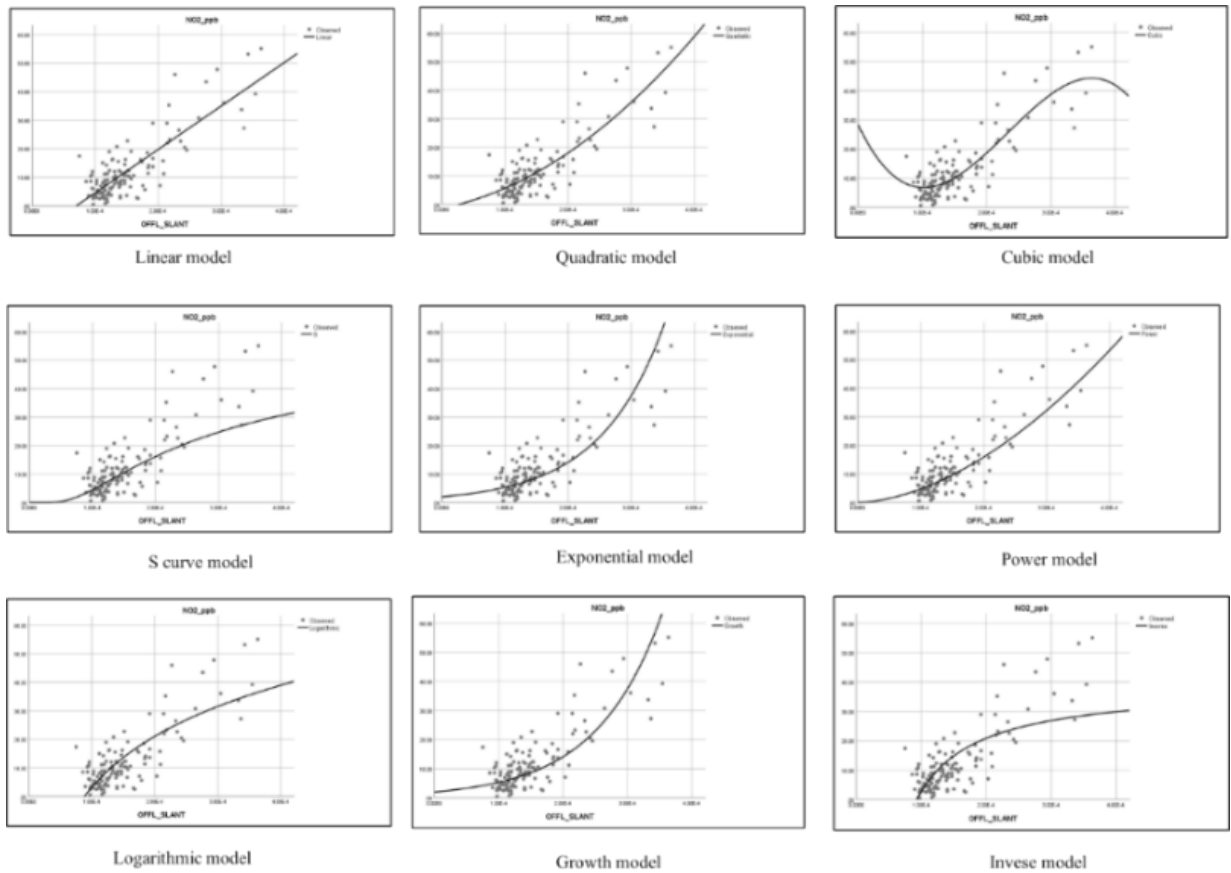


Figure 11 9 Types of regression equations.

สำหรับขั้นตอนต่อไป นำสมการถดถอยดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์ (Figure 12)

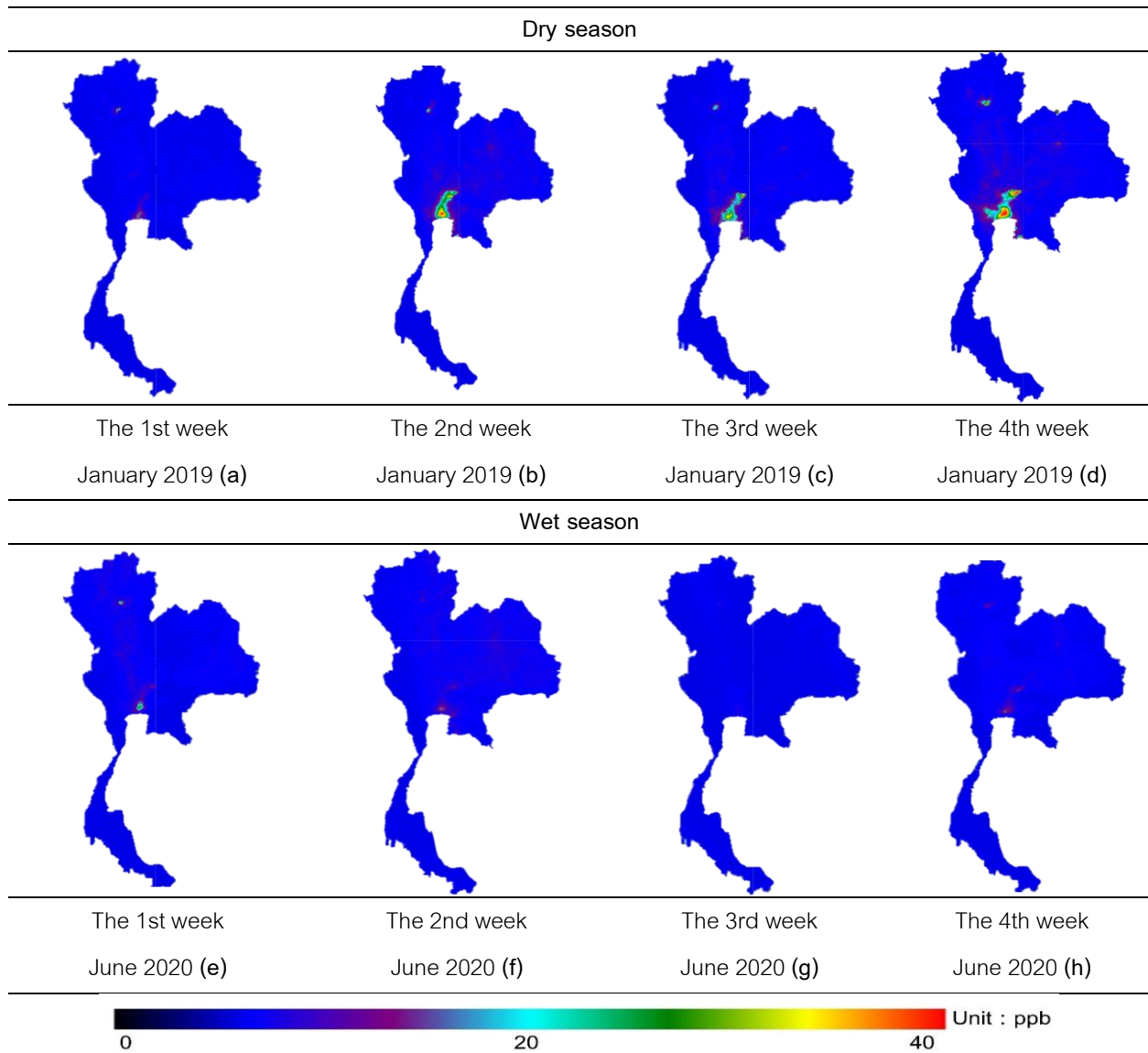


Figure 12 Nitrogen dioxide concentration (Weekly average) from cubic model between dry season (a-d) and wet season (e-h)

โดยการประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลที่ได้จากโมเดล ทำการประเมินจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากโมเดลการถดถอยแบบคิวบิกกับปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ทำการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินจำนวน 30 สถานี ดังนี้ (Table 6)

Table 6 Comparison of the results from cubic model and data from ground station

No.	Station	NO ₂ (ppb)		No.	Station	NO ₂ (ppb)	
		Ground station	Cubic model			Ground station	Cubic model
1	50t	55.08	44.31	16	28t	12.27	8.73
2	53t	47.79	37.75	17	77t	10.43	10.31
3	54t	53.16	43.64	18	76t	10.53	8.15
4	59t	39.22	44.18	19	37t	7.04	14.06
5	21t	26.48	25.68	20	40t	8.14	27.42
6	08t	33.71	42.83	21	67t	6.19	7.49
7	18t	43.44	34.55	22	75t	2.61	6.82
8	14t	36.08	39.46	23	57t	8.80	8.26
9	27t	46.54	32.84	24	35t	12.32	10.35
10	25t	27.20	43.19	25	58t	2.41	7.01
11	60t	20.77	8.37	26	62t	5.89	6.79
12	32t	15.76	20.28	27	63t	7.75	6.75
13	29t	23.22	22.41	28	80t	3.37	6.78
14	31t	19.50	28.28	29	42t	3.01	6.89
15	74t	22.0	21.74	30	46t	16.18	9.88

โดยในการประเมินความแม่นยำของโมเดล พบว่า โมเดลที่สร้างจากสมการถดถอยแบบคิวบิก มีค่าความแม่นยำโดยรวมเท่ากับร้อยละ 70.29 (Figure 13)

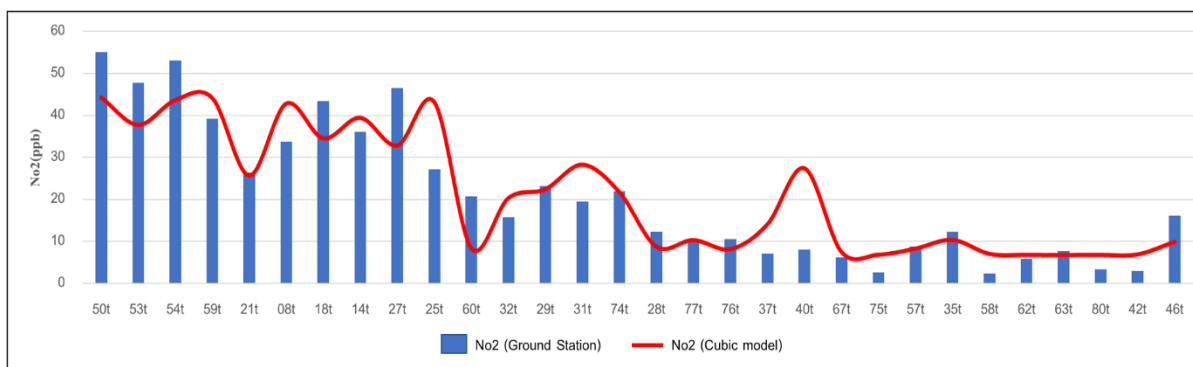


Figure 13 Evaluation of cubic model accuracy

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาทำการประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลที่ได้จากคิวบิกโมเดล โดยแบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาค พบว่า ภูมิภาคที่มีค่าความแม่นยำสูงสุดได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 78.33 รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง คิดเป็นร้อยละ 77.86 ภาคตะวันตก คิดเป็นร้อยละ 70.72 ภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 66.35 ภาคเหนือ คิดเป็นร้อยละ 58.49 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 36.12 (Figure 14)

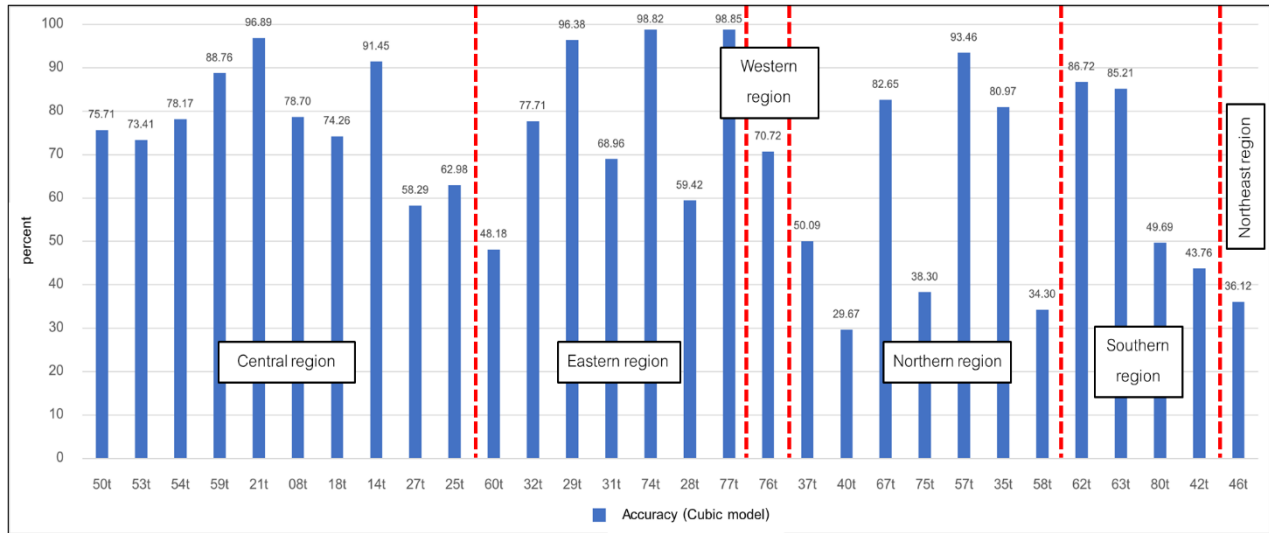


Figure 14 Evaluation of cubic model accuracy (Regions)

วิจารณ์ผลการวิจัย

รูปแบบการเกิดและกระจายตัวของปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มักมีแนวโน้มสูงบริเวณแหล่งอุตสาหกรรม และบริเวณที่มีการขยายตัวของเมือง (Georgoulas *et al.*, 2019) นอกจากนี้หากเปรียบเทียบเชิงฤดูกาล การศึกษาของ Josipovic *et al.* (2010) พบว่า ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงสุดตรงกับช่วงฤดูหนาว ในขณะที่ฤดูร้อน และฤดูใบไม้ร่วงมีการพบปริมาณค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Adame *et al.* (2020) ที่กล่าวว่า ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงสุดในช่วงฤดูหนาว (ในช่วงเดือนธันวาคม) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7.1 \pm 2.1 \mu\text{g m}^{-3}$ และในช่วงเดือนมกราคมเท่ากับ $5.9 \pm 1.2 \mu\text{g m}^{-3}$ ในขณะที่ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าต่ำสุดในช่วงปลายฤดูฝน และช่วงฤดูร้อนตอนต้น (เมษายน-มิถุนายน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4 \pm 0.9 \mu\text{g m}^{-3}$ โดยบริเวณประเทศไทยพบว่าปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณกรุงเทพมหานคร และจังหวัดระยองมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ในขณะที่ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณภาคเหนือ (จังหวัดเชียงใหม่) มีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนเมษายน เนื่องจากมีการประกอบกิจกรรมเกี่ยวกับการเผาเกิดขึ้น (Lalitapom *et al.*, 2013) ซึ่งไปสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pharasit



&Chaiyakarm (2019) พบว่า ปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณกรุงเทพมหานคร มีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม (135 ppb) หรือในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-มีนาคม)

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ การศึกษาของ Janta *et al.* (2020) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กับข้อมูลปริมาณน้ำฝน และข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์มีค่าความสัมพันธ์ที่แปรผกผันต่อกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cheewinsiriwat (2016) พบว่า ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลความเร็วลม ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และพื้นที่อุตสาหกรรม มีค่าความสัมพันธ์แปรผกผันต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และ Hochadel *et al.* (2006) พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ คือ จำนวนยานพาหนะหนักต่อวันภายใน 10 กิโลเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.73 รองลงมาคือ จำนวนยานพาหนะเฉลี่ยต่อวัน และความหนาแน่นประชากร มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.69 และ 0.61 ตามลำดับ

การใช้ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P ในการตรวจวัดและติดตามปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มีความแม่นยำสูง โดยจากงานวิจัย Zheng *et al.* (2020) พบว่า ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดกับข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดกับข้อมูลดาวเทียม EOS AURA ระบบเซนเซอร์ Ozone Monitoring Instrument (OMI) มีค่าเท่ากับ ($r = 0.97$) และ ($r = 0.81$) ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

สถานการณ์ของปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณประเทศไทยในช่วงปี 2562 มีค่าเฉลี่ยรวมรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงปี 2563 เนื่องจากในช่วงปี 2563 ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการระบาดเชื้อไวรัสโควิด-19 (Figure 3) โดยทั้ง 6 ภูมิภาคมีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายสัปดาห์สูงสุดอยู่ในบริเวณภาคกลาง ณ สัปดาห์ที่ 4 เดือนมกราคม 2562 มีค่าเท่ากับ 40.69 ppb เนื่องจากปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณภาคกลางเกิดจากปัญหาของการจราจร และการขยายตัวของเมือง ทำให้มีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เช่น จากเครื่องปรับอากาศทั้งในภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรม และในช่วงเดือนดังกล่าวไม่มีฝนตก ส่งผลให้ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศสูง และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดบริเวณภาคเหนือ ณ สัปดาห์ที่ 1 เดือนกันยายน 2562 มีค่าเท่ากับ 2.84 ppb เนื่องจากในช่วงดังกล่าวตรงกับช่วงฤดูฝน และไม่ตรงกับช่วงฤดูกลางเผา ส่งผลให้ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศต่ำ หากเปรียบเทียบเชิงฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมกราคม 2562 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ในเดือนมิถุนายน 2563 และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ และในการสร้างโมเดล พบว่า แบนด์ $NO_2_slant_column_number_density$ จากดาวเทียม Sentinel-5P มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยโมเดลที่เหมาะสมต่อการประมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ คิวบิกโมเดล



นอกจากนี้ การศึกษาดังกล่าวยังขาดการนำปัจจัยทางด้านกายภาพที่ส่งผลต่อปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มาใช้ในการวิเคราะห์ เช่น ข้อมูลปริมาณการจราจร ข้อมูลตำแหน่งโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงขึ้น หรือการมีข้อมูลจุดสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินเพิ่มขึ้น หากนำปัจจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์อาจช่วยอธิบายถึงสถานการณ์ของปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้แม่นยำมากขึ้น และสามารถนำไปต่อยอดในการรายงานสถานการณ์แบบรายวัน เพื่อให้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถจัดทำแผน และนำเสนอต่อประชาชนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานดังกล่าวทั้งในด้านการให้คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษา กรมควบคุมมลพิษ และกรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารอ้างอิง

- Adame, J. A., Gutierrez-Alvarez, I., Bolivar, J. P., & Yela, M. (2020). Ground-based and OMI-TROPOMI NO₂ measurements at El Arenosillo observatory: Unexpected upward trends. *Environmental Pollution*, 264, 114771.
- Aman, N., Manomaiphiboon, K., Pengchai, P., Suwanathada, P., Srichawana, J., & Assareh, N. (2019). Long-term observed visibility in eastern Thailand: Temporal variation, association with air pollutants and meteorological factors, and trends. *Atmosphere*, 10(3), 122.
- Bootdee, S., Wongtim, S., Kerdtawee, N., Phantu, S., and Chuathong, N. (2019). Spatial and temporal Variation of ambient nitrogen dioxide concentration in Pattaya city, Chon Buri province. *The Journal of KMUTNB*, vol 29, no.3,pp. 481-494, (in Thai)
- Burrows, J. P., Weber, M., Buchwitz, M., Rozanov, V., Ladstätter-Weißemayer, A., Richter, A., ... & Perner, D. (1999). The global ozone monitoring experiment (GOME): Mission concept and first scientific results. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 56(2), 151-175.



- Charoenpanyanet, A., & Hemwan, P. (2019). Suitable Model for Estimation of PM_{2.5} Concentration Using Aerosol Optical Thickness (AOT) and Ground based Station: Under the Dome in Upper Northern, Thailand. *International Journal of Geoinformatics*, 15(3), 33-43.
- Cheewinsiriwat, P. (2016). Estimation of nitrogen dioxide concentrations in Inner Bangkok using Land Use Regression modeling and GIS. *Applied Geomatics*, 8(2), 107-116.
- Chen, L., Bai, Z., Kong, S., Han, B., You, Y., Ding, X., Du, S., Liu, A. (2010). A land use regression for predicting NO₂ and PM₁₀ concentrations in different seasons in Tianjin region, China. *Journal of Environmental Sciences*, 22(9), 1364–1373.
- Chen, L., Wang, Y., Li, P., Ji, Y., Kong, S., Li, Z., Bai, Z. (2012). A land use regression model incorporating data on industrial point source pollution. *Journal of Environmental Sciences*, 24(7), 1251–1258.
- Cros, C. J., Terpeluk, A. L., Crain, N. E., Juenger, M. C., & Corsi, R. L. (2015). Influence of environmental factors on removal of oxides of nitrogen by a photocatalytic coating. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(8), 937-947.
- Elminir, H. K. (2005). Dependence of urban air pollutants on meteorology. *Science of the total environment*, 350(1-3), 225-237.
- Hochadel, M., Heinrich, J., Gehring, U., Morgenstern, V., Kuhlbusch, T., Link, E., Wichmann, H.E., Kramer, U. (2006). Predicting long-term average concentrations of traffic-related air pollutants using GIS-based information. *Atmospheric Environment*, 40(3), 542–553.
- Georgoulas, A. K., van der A, R. J., Stammes, P., Boersma, K. F., & Eskes, H. J. (2019). Trends and trend reversal detection in 2 decades of tropospheric NO₂ satellite observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(9), 6269-6294.



- Janta, R., Kaewrat, J., Rattikansukha, C., & Sichum, S. (2020). Measurement of nitrogen dioxide concentration in traffic areas of Nakhon Si Thammarat Province and health risk assessment. *The Journal of KMUTNB*, *vol*, *30*(3), 481-494. (in Thai)
- Josipovic, M., Annegarn, H. J., Kneen, M. A., Pienaar, J. J., & Piketh, S. J. (2010). Concentrations, distributions and critical level exceedance assessment of SO₂, NO₂ and O₃ in South Africa. *Environmental monitoring and assessment*, *171*(1), 181-196
- Lalitaporn, P., Kurata, G., Matsuoka, Y., Thongboonchoo, N., & Surapipith, V. (2013). Long-term analysis of NO₂, CO, and AOD seasonal variability using satellite observations over Asia and intercomparison with emission inventories and model. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *6*(4), 655-672.
- Lu, M., Schmitz, O., Vaartjes, I., & Karssenber, D. (2019). Activity-based air pollution exposure assessment: differences between homemakers and cycling commuters. *Health & place*, *60*, 102233.
- Pharosit, M., Chaiyakarn, T. (2019). Geoinformatics Application on Air Quality Assessment: A Case Study in Bangkok. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*, *Vol. 28*, No. 5 May 2020. (in Thai)
- Shikwambana, L., Mhangara, P., & Mbatha, N. (2020). Trend analysis and first time observations of sulphur dioxide and nitrogen dioxide in South Africa using TROPOMI/Sentinel-5 P data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *91*, 102130.
- Stranger, M., Krata, A., Kontozova-Deutsch, V., Bencs, L., Deutsch, F., Worobiec, A. & Van Grieken, R. (2008). Monitoring of NO₂ in the ambient air with passive samplers before and after a road reconstruction event. *Microchemical Journal*, *90*(2), 93-98.
- Zheng, F., Xia, Y., Ge, Q., & Cai, K. (2020, December). Comparison of Satellite-retrieved NO₂ Vertical Column Density with Ground-level NO₂ concentration in a provincial scale region. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 615, No. 1, p. 012123). IOP Publishing.



Zyrichidou, I., Koukouli, M. E., Balis, D. S., Katragkou, E., Melas, D., Poupkou, A., ... & Richter, A. (2009). Satellite observations and model simulations of tropospheric NO₂ columns over south-eastern Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(16), 6119-6134.