

การประเมินความถูกต้องของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จากดาวเทียม Sentinel-5P ในกรุงเทพมหานครช่วงมาตรการปิดเมือง จำกัดการระบาดของโควิด-19

ปริชาติ เวชยนต์^{1*}, จิตยา โมกษ์บุรุษ¹, พัทธิธรา ตาซุชาติ¹, พิชามญช ษยาภิวัฒน์¹

¹ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Email: parichatw@g.swu.ac.th

Received: Feb 11, 2022

Revised: Mar 30, 2022

Accepted: Jun 13, 2022

บทคัดย่อ

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นแก๊สที่เป็นพิษกับระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ โดยข้อมูลมลพิษทางอากาศ จะทำการตรวจวัดโดยสถานีพื้นผิวของกรมควบคุมมลพิษเป็นหลัก ซึ่งมีความแม่นยำสูง แต่เนื่องจากการตรวจวัดเฉพาะจุด ไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ดังนั้น การตรวจวัดด้วยดาวเทียม จึงเป็นวิธีทางเลือกที่ได้รับความนิยม แต่เนื่องจากยังให้ค่าความถูกต้อง ไม่สูงมาก การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินความถูกต้องและแก้ค่าอคติของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 จาก ดาวเทียม Sentinel-5P แล้วนำมาทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาผลกระทบจากมาตรการปิดเมืองจำกัดการ ระบาดของโควิด-19 มาตรการปิดเมืองนี้ส่งผลให้มีการลดลงของมลพิษทั่วโลก ผลการประเมินพบว่า ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 จากดาวเทียม Sentinel-5P มีความถูกต้องร้อยละ 36.14 ($R = 0.3614$) และ มีค่าคลาดเคลื่อน $8.98 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^2$ ($\text{RMSE} = 0.000898$) เมื่อใช้วิธีแก้ค่าอคติแล้ว ทำให้ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อย ละ 68.60 ($R = 0.6860$) และ มีค่าคลาดเคลื่อนลดลงเป็น $5.02 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^2$ ($\text{RMSE} = 0.000502$) แต่มีแนวโน้ม ประเมินค่าได้ต่ำกว่าสถานีช่วงที่มีความเข้มข้นก๊าซ NO_2 สูง เมื่อนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ในช่วงมาตรการปิดเมืองจำกัดการระบาดของโควิด-19 พบว่าแสดงแนวโน้มไม่สอดคล้องกันระหว่างสถานีพื้นผิวและข้อมูลจาก ดาวเทียม Sentinel-5P ผลที่ได้จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-5P ในการตรวจ ติดตามสถานการณ์มลพิษได้ เนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง แต่ต้องมีการปรับปรุงความถูกต้องของข้อมูลให้สูงขึ้น

คำสำคัญ: ไนโตรเจนไดออกไซด์, Sentinel-5P, มาตรการปิดเมืองจำกัดการระบาดของโควิด-19, กรุงเทพมหานคร

Assessing Accuracy of Nitrogen Dioxide Concentration Data from Sentinel-5P Satellite over Bangkok during COVID-19 Lockdown

**Parichat Wetchayont^{1*}, Thittaya Mokburut¹, Patteera Tachoochart¹,
Pichamon Chayaphiwat¹**

¹Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University

Email: parichatw@g.swu.ac.th

Received: Feb 11, 2022

Revised: Mar 30, 2022

Accepted: Jun 14, 2022

Abstract

Nitrogen dioxide is a gaseous pollutant which damage the human respiratory system. Generally, pollution data was obtained from the ground-based measurements with high accuracy. However, it is a point measurement which couldn't represent the wide area, especially upcountry area. The satellite measurement become popular choice in recent, but it's accuracy still low. Therefore, this study aims to access and improve accuracy of NO₂ concentration data retrieving from Sentinel-5P satellite. Moreover, to compare the performance between the NO₂ concentration data which obtained from Sentinel-5P and the ground-based data by analyzing the NO₂ concentration changes relating to the COVID-19 lockdown. Results showed that the Sentinel-5P concentration data has $R = 0.3614$ and $RMSE = 0.000898$. Then after the accuracy improvement has done, the Sentinel-5P data has higher R (0.6860) and lower $RMSE$ (0.000502), however, there are performed underestimation at high values. Moreover, the analysis of NO₂ concentration changes exhibited deference trends of NO₂ concentration data which measured by the Sentinel-5P satellite and the ground-based observatory. The results indicated that the data from Sentinel-5P can be used for air pollution monitoring due to it covers for wide area, however, it requires accuracy improvement process.

Keywords: Nitrogen dioxide, Sentinel-5P TROPOMI, COVID-19 lockdown, Bangkok

บทนำ

กรุงเทพมหานครมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วจนกลายเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษต่าง ๆ ตามมา โดยเฉพาะมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นพิษเมื่อมีความเข้มข้นของสารมลพิษในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐาน ในปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษใช้สารมลพิษหลักจำนวน 6 ชนิดในการบ่งชี้คุณภาพอากาศ คือ ฝุ่นละอองในอากาศ (PM10 และ PM2.5) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) [1] ซึ่งสารมลพิษหลักในเขตกรุงเทพฯ ถูกปล่อยมาจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และกลุ่มก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x , NO และ NO_2) ส่วนใหญ่ถูกปล่อยมาจากท่อไอเสียรถยนต์ เนื่องจากรถติดบนท้องถนน [2] และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยเฉพาะก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จัดอยู่ในกลุ่มก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่ส่งผลให้สมรรถภาพของปอดลดลง [3] และยังเป็นก๊าซตั้งต้นของก๊าซ O_3 ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่ส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจอีกชนิดหนึ่งด้วย [1] ในเขตกรุงเทพฯ พบว่าข้อมูลความเข้มข้นของ NO_2 ในอดีตตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2557 พบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 30.9 ppb [2] ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน (170 ppb)

ใน พ.ศ. 2563 เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือ โควิด-19 ไปทั่วโลก ทำให้หลายประเทศต้องประกาศมาตรการปิดเมืองจำกัดการระบาดของโรคโควิด-19 (covid-19 lockdown) ซึ่งคือ มาตรการห้ามไม่ให้บุคคลในพื้นที่เดินทางออกนอกพื้นที่และห้ามไม่ให้บุคคลนอกพื้นที่เดินทางเข้ามาในพื้นที่ รวมถึงการสั่งหยุดกิจกรรมที่เสี่ยงต่อการระบาดของโรคโควิด 19 เพื่อลดการแพร่กระจายของโรค และขอความร่วมมือให้ประชาชนลดการออกมาทำกิจกรรมนอกบ้าน เปลี่ยนระบบการทำงานเป็นแบบทำงานจากบ้าน งดเดินทางข้ามจังหวัด รวมถึงระงับ การเดินทางระหว่างประเทศ

โดยเด็ดขาด ซึ่งกรุงเทพมหานครมีปริมาณรถที่สัญจรบนท้องถนนก็ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยดัชนีรถติดจาก Longdo ใน พ.ศ. 2563 ลดลง 21.17% เมื่อเทียบกับ พ.ศ. 2562 [4] นอกจากนี้ Wetchayont [4] ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของสารมลพิษหลัก 6 ชนิดในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดพื้นผิวของกรมควบคุมมลพิษ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า ในช่วงมาตรการปิดเมืองจำกัดการระบาดของโควิด-19 มีการลดลงของความเข้มข้นสารมลพิษหลัก 6 ชนิดในบรรยากาศ 6% - 30% อย่างมีนัยสำคัญ และยังสัมพันธ์กับปริมาณรถบนถนนลดลงอีกด้วย

เนื่องจากสถานีตรวจวัดความเข้มข้นสารมลพิษในอากาศของกรมควบคุมมลพิษเป็นการตรวจวัดแบบจุด (point observation) จึงไม่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีจำนวนสถานีตั้งอยู่น้อยและห่างไกลกัน เช่น พื้นที่ต่างจังหวัดเป็นต้น เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (remote sensing) เช่น ดาวเทียม (satellite) จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากสำรวจและครอบคลุมพื้นที่กว้างได้ แต่ดาวเทียมตรวจวัดจากค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ จากพื้นผิว ซึ่งต้องผ่านชั้นบรรยากาศของโลกก่อนจะถึงอุปกรณ์รับแสงสะท้อน (sensor) ของดาวเทียม ซึ่งไม่ได้ตรวจวัดความเข้มข้นก๊าซ NO_2 โดยตรง ความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียมนี้จึงยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก ดาวเทียม Sentinel-5P ซึ่งได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดประเภท สเปกโตรมิเตอร์ชื่อ TROPospheric Monitoring Instrument (TROPOMI) สามารถตรวจวัดรังสีในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต (UV) แสงที่ตามองเห็นได้ (VIS) อินฟราเรดใกล้ (NIR) และความยาวคลื่นสั้นอินฟราเรด (SWIR) ที่สามารถตรวจวัดสารมลพิษหลายชนิดในบรรยากาศได้ โดยมีความละเอียดสูงทั้งเชิงพื้นที่และเวลามากกว่าดาวเทียมรุ่นเก่ามาก

Griffin [5] ได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากดาวเทียม Sentinel-5P เป็นครั้งแรกที่เมืองอัลเบอร์ตา

ประเทศแคนาดา โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากสถานีพื้นผิว พบว่าดาวเทียม Sentinel-5P ประมาณค่าได้มากกว่าสถานีพื้นผิว 15-30% และ Lalongo [6] ได้ตรวจสอบเช่นเดียวกันที่เมืองเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ พบว่า มากกว่าค่าความเป็นจริงที่ผิวพื้นอยู่ 10% โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.68

ดังนั้น ถ้าข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-5P มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น จะทำให้สามารถตรวจวัดมลพิษอากาศในพื้นที่ที่มีสถานีตรวจวัดน้อยหรือไม่มีได้ จะเป็นประโยชน์ในการแจ้งเตือนอันตรายแก่ประชาชนในพื้นที่อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เมื่อมีเหตุการณ์มลพิษทางอากาศเกิดขึ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความถูกต้องและปรับแก้ค่าอคติของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จาก ดาวเทียม Sentinel-5P ในพื้นที่กรุงเทพฯ ระหว่างพ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2563

2. เพื่อเปรียบเทียบการตรวจจัดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากผลกระทบของมาตรการปิดเมืองจำกัดโควิด-19 ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-5P และสถานีพื้นผิว

ระเบียบวิธีวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาและการรวบรวมข้อมูล

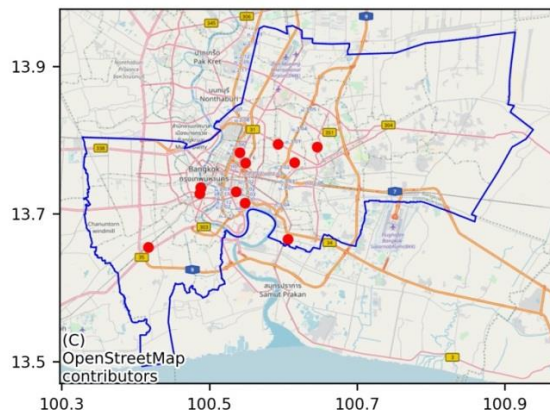
การศึกษานี้เลือกกรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด 1,568.7 ตารางกิโลเมตร ตั้งแต่ละติจูด 13.45°N ถึง 14.00°N และ

ลองจิจูด 100.30°E ถึง 100.98°E โดยมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศพื้นผิว จำนวน 11 สถานี ตั้งอยู่ ได้แก่ สถานีที่ 02t 03t 05t 10t 12t 50t 52t 53t 54t 59t และ 61t ดังรูปที่ 1 ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ในอากาศบริเวณพื้นผิวจากสถานีตรวจวัดพื้นผิวรายชั่วโมง ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากกรมควบคุมมลพิษ

ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ระดับ 3 ของดาวเทียม Sentinel-5P TROPOMI ในช่วงเวลาที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยประมาณ 13:30 น. ของทุกวัน โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ ในช่วงเวลาเดียวกับข้อมูลสถานีพื้นผิว คือ ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึง วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลได้ทั้งสิ้น 427 ภาพ

2. การจับคู่ข้อมูลและสอบเทียบความถูกต้อง

เนื่องจากข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ที่ได้จาก การตรวจวัดพื้นผิวมีการตรวจวัดเป็นรายชั่วโมง แต่ดาวเทียม Sentinel-5P จะมีข้อมูลเฉพาะในช่วงเวลาที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทย คือ ประมาณ 13:30 ของทุกวัน จุดภาพของดาวเทียมที่ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพฯ มีจำนวน 42,000 จุดภาพ โดยการจับคู่ข้อมูลจึงใช้ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P เป็นหลัก โดยจับคู่กับข้อมูลจากสถานีพื้นผิวในชั่วโมงและพิกัดของสถานีที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่าน นอกจากนี้ข้อมูลก๊าซ NO_2 ทั้งสองมีหน่วยการวัดที่แตกต่างกัน โดย



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและจุดสีแดงแสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศพื้นผิว ของกรมควบคุมมลพิษ จำนวน 11 สถานี

ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดพื้นผิวซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) และข้อมูลจากดาวเทียมที่มีหน่วยเป็นโมเลกุลต่อตารางเซนติเมตร (mol/cm^2) จึงต้องทำการแปลงหน่วยของข้อมูลก๊าซ NO_2 ที่ได้จากการตรวจวัดพื้นผิวให้เป็นหน่วยเดียวกับข้อมูลจากดาวเทียม ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลที่ได้จากการจับคู่ออกเป็น 2 ชุดโดยใช้วิธีสุ่มในจำนวนที่เท่ากัน คือ ชุดที่ 1 ใช้ในการหาค่าอคติและชุดที่ 2 ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ระดับ 3 ของดาวเทียม Sentinel-5P ที่ได้รับการแก้ค่าอคติแล้วการทดสอบความถูกต้องข้อมูลทั้งสองชุด โดยใช้ค่าทางสถิติ คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ดังสมการที่ (1) และค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (root-mean-square error, RMSE) ดังสมการที่ (2) เพื่อใช้ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 จากดาวเทียม Sentinel-5P [7, 8]

$$R = \frac{\sum(C_{\text{obs}} - \bar{C}_{\text{obs}})(C_{\text{sat}} - \bar{C}_{\text{sat}})}{\sqrt{\sum(C_{\text{obs}} - \bar{C}_{\text{obs}})^2 \sum(C_{\text{sat}} - \bar{C}_{\text{sat}})^2}} \quad (1)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum \frac{(C_{\text{obs}} - C_{\text{sat}})^2}{n}} \quad (2)$$

C_{sat} คือ ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 จาก ดาวเทียม Sentinel-5P

C_{obs} คือ ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 จากสถานีพื้นผิว

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3. การแก้ค่าอคติและเพิ่มความถูกต้อง

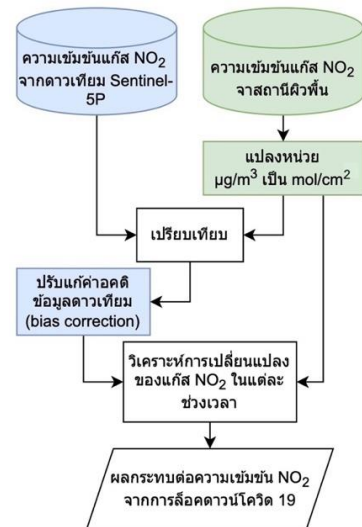
ข้อมูลชุดที่ 1 ใช้หาค่าอคติ (bias factor) เพื่อให้ได้ค่าอคติประจำสถานีพื้นผิว 11 สถานี ดังสมการที่ (3) แต่เนื่องจากจำนวนสถานีพื้นผิวมีจำนวนน้อย และตำแหน่งที่ติดตั้งเกาะกลุ่มอยู่ที่บริเวณตรงกลางของพื้นที่กรุงเทพฯ มีสถานีจำนวนน้อยในพื้นที่อื่น โดยเฉพาะในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพฯ หรือไม่มีสถานีตรวจวัดเลย ค่าอคติที่ได้จำนวน 11 ค่า นี้เมื่อนำมาใช้แก้ค่าอคติจากข้อมูลดาวเทียมซึ่งมีจำนวน 42,000 จุดภาพ ทำให้ข้อมูลยังมีค่าไม่ถูกต้องเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากจุดภาพอื่นที่มีตำแหน่งไม่ตรงกับสถานีพื้นผิว ยังไม่ถูกปรับแก้ค่าอคติ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำให้ต้องทำการประมาณค่าอคติ ณ ตำแหน่งที่จุดภาพของข้อมูลดาวเทียมที่มีตำแหน่งไม่ตรงกับตำแหน่งสถานีตรวจวัดพื้นผิวตั้งอยู่ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักระยะผกผัน (inverse distance weight: IDW) เพื่อทำให้ทุกจุดภาพของข้อมูลดาวเทียมถูกแก้ค่าอคติ โดยค่าอคติที่ได้นี้จะถูกนำไปแก้ค่าอคติแบบคูณด้วยค่า

$$\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square = \frac{\square(\square\square\square)}{\square(\square\square\square)} \quad (3)$$

ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 ทั้งหมดจากสถานีตรวจวัดพื้นผิวและจากดาวเทียม Sentinel-5P ที่แก้ค่าอคติแล้วจะถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยตามช่วงเวลา โดยแบ่งช่วงเวลาในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วง [8, 10] ดังนี้ ก่อนมาตรการปิดเมือง: 1 มกราคม-25 มีนาคม มาตรการปิดเมือง: 26 มีนาคม-31 พฤษภาคม และหลังมาตรการปิดเมือง: 1 มิถุนายน-31 กรกฎาคม จำนวน 2 ปี คือ พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 แล้วนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าก๊าซ NO_2 (changes) จากผลกระทบของมาตรการปิดเมืองจำกัดการระบาดของโควิด-19 ในแต่ละช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 ดังสมการที่ (4)

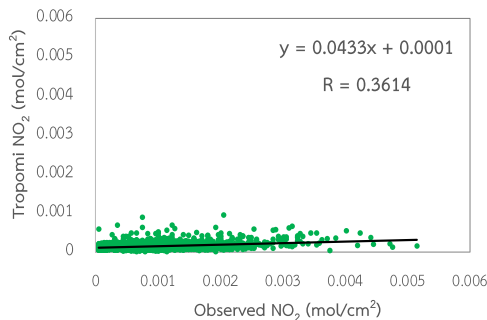
$$changes = \frac{\overline{C_{sat(2563)}} - \overline{C_{sat(2562)}}}{C_{sat(2562)}} \times 100 \quad (4)$$

$C_{\text{sat}}(2563)$ คือ ค่าความเข้มข้นก๊าซ NO_2 เฉลี่ย พ.ศ.
2563



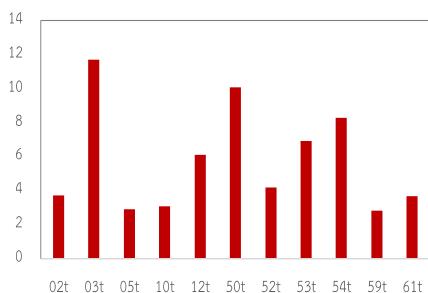
ผลการวิจัย

จากการสอบเทียบความถูกต้องของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P ด้วยข้อมูลจากสถานีพื้นผิวชุดที่ 1 พบว่า ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P สามารถวัดความเข้มข้นก๊าซ NO₂ ได้น้อยกว่าการตรวจวัดจากสถานีพื้นผิวมาก โดยมีความสัมพันธ์กันร้อยละ 36.14 (R = 0.3614) และมีค่าคลาดเคลื่อน 8.98×10^{-4} mol/cm² (RMSE = 0.000898069) ในรูปที่ 3 พบว่าสถานี 03t มีค่าอคติสูงที่สุด (รูปที่ 4ก) ซึ่งตั้งอยู่ริมถนนกาญจนาภิเษก เขตบางขุนเทียน (รูปที่ 4ข) โดยปกติจะตรวจวัดความเข้มข้นก๊าซ NO₂ ได้ค่าสูง แต่ดาวเทียม Sentinel-5P ประมาณค่าก๊าซ NO₂ ได้ค่าต่ำกว่าสถานีพื้นผิวมาก จึงมีค่าอคติสูง ซึ่งพบในสถานี 03t 50t และ 54t ที่มีค่าอคติสูงกว่าสถานีอื่น ๆ

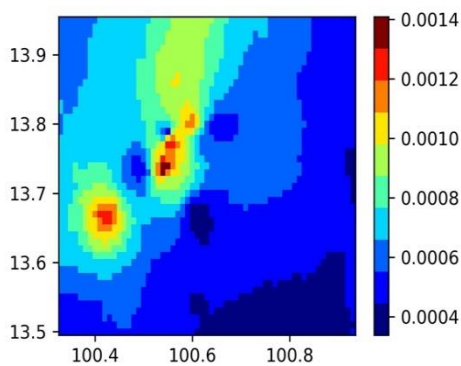


รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายข้อมูลชุดที่ 1: ความเข้มข้นก๊าซ NO₂ ก่อนปรับแก้ค่าอคติ

(ก) ค่าอคติในแต่ละสถานี



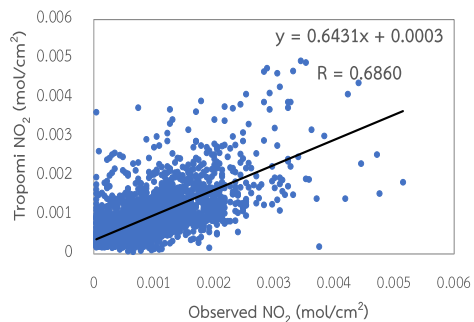
(ข) การกระจายตัวของค่าอคติเชิงพื้นที่



รูปที่ 4 ค่าอคติในแต่ละสถานี (ก) และการกระจายตัวค่าอคติเชิงพื้นที่ (ข)

เมื่อแก้ค่าอคติด้วยวิธีแบบคุณแล้ว พบว่า ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P สามารถประมาณความเข้มข้นก๊าซ NO₂ ได้ถูกต้องมากขึ้น โดยมีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 68.60 (R = 0.6860) และ มีค่าคลาดเคลื่อนลดลงเป็น

$5.02 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^2$ (RMSE = 00050237) ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P ที่มีค่ามากกว่า 0.0015 mol/cm² มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าก่อนการแก้ค่าอคติ ซึ่งทำให้บางข้อมูลก็มีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จากสถานี



รูปที่ 5 แผนภาพการกระจายข้อมูลชุดที่ 2: ความเข้มข้นก๊าซ NO₂ หลังปรับแก้ค่าอคติ

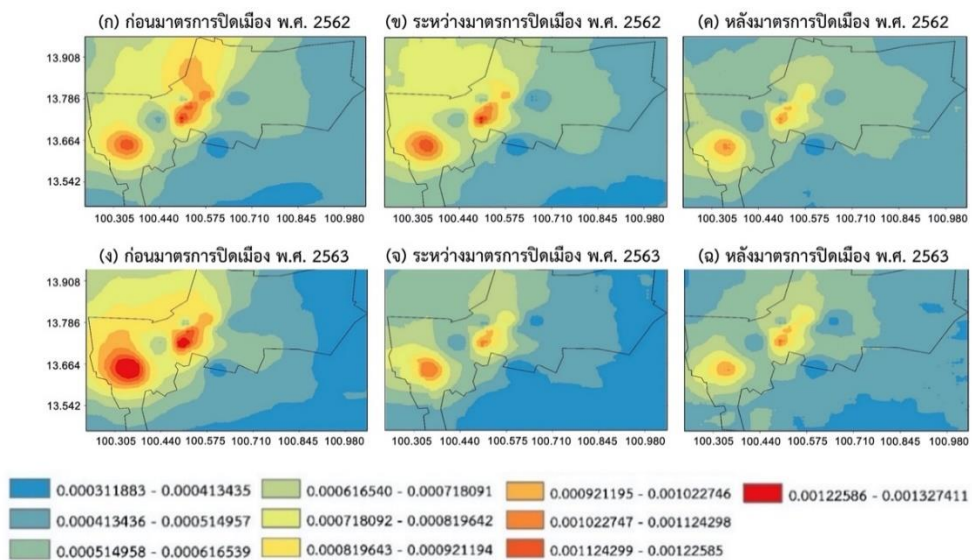
2. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศเชิงพื้นที่จากข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P

เมื่อแบ่งข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P TROPOMI ออกเป็นช่วงเวลาก่อนมาตรการปิดเมือง ระหว่างมาตรการปิดเมือง และหลังมาตรการปิดเมืองใน พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2563 พบว่าข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P แสดงการเปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่างปี คือ ความเข้มข้นของก๊าซ NO₂ ในบรรยากาศมีค่าสูงในช่วงก่อนมาตรการปิดเมือง แล้วลดลงในช่วงมาตรการปิดเมืองและมีค่าต่ำสุดในช่วงหลังมาตรการปิดเมืองในทั้งสองปี (รูปที่ 6) นอกจากนี้ยังแสดงความเข้มข้นของก๊าซ NO₂ ในบรรยากาศมีค่าสูงที่สถานี 03t 50t และ 54t ในทุกช่วงเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P สามารถตรวจจับความเข้มข้นของก๊าซ NO₂ ในบรรยากาศที่มีปริมาณต่างกันในแต่ละช่วงเวลา และยังแสดงความแตกต่างกันแต่ละพื้นที่ได้

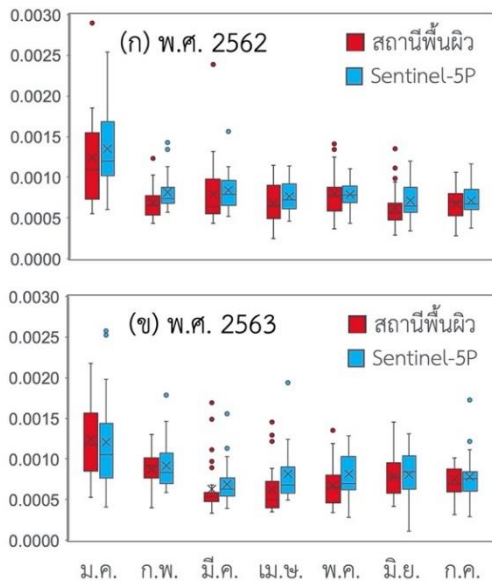
3. การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศระหว่างพ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563

รูปที่ 7(ก) แสดงความเข้มข้นก๊าซ NO_2 เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีพื้นผิว (สีแดง) และ จากดาวเทียม Sentinel-5P ใน พ.ศ. 2562 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นก๊าซ NO_2 รายเดือนจากดาวเทียม Sentinel-5P มีค่าสูงกว่าสถานีพื้นผิวในเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และมีค่าใกล้เคียงกันในเดือนอื่น ๆ ส่วนรูปที่ 7 (ข) แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นก๊าซ NO_2 รายเดือนใน พ.ศ. 2563 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นก๊าซ NO_2 รายเดือนจากดาวเทียม Sentinel-5P มีค่าสูงกว่าสถานีพื้นผิวในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมิถุนายน แต่มีค่าน้อยกว่าสถานีพื้นผิวในเดือนมกราคม เดือนมีนาคมและ

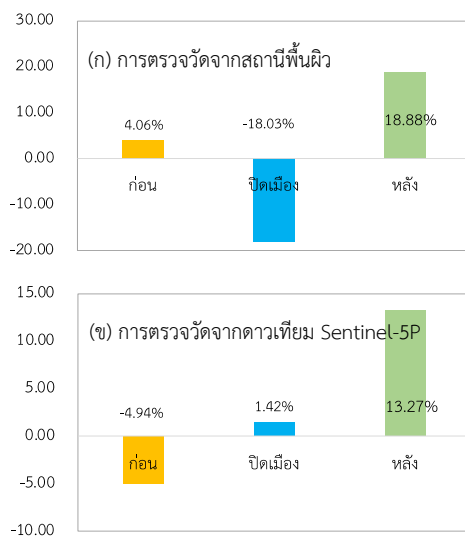
เดือนเมษายน นอกนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO_2 จากสถานีพื้นผิวและดาวเทียม Sentinel-5P ใน พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 มาเปรียบเทียบกันในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าข้อมูลจากสถานีพื้นผิว แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซ NO_2 เท่ากับ 4.06% -18.03% และ 18.88% ในช่วงมาตรการปิดเมือง ระหว่างมาตรการปิดเมือง และหลังมาตรการปิดเมือง ตามลำดับ ส่วนข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-5P แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -4.94% 1.42% และ 13.27% ในช่วงก่อนมาตรการปิดเมือง ระหว่างมาตรการปิดเมือง และหลังมาตรการปิดเมือง ตามลำดับ (รูปที่ 8)



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างปีที่ตรวจวัดจากดาวเทียม Sentinel-5P ใน พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563



รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยรายเดือนจาก (ก) สถานีพื้นผิว และ (ข) ดาวเทียม Sentinel-5P



รูปที่ 8 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ พ.ศ. 2563 เทียบกับ พ.ศ. 2562

สรุปและอภิปรายผล

ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P ในพื้นที่กรุงเทพฯ สามารถประเมินได้ต่ำกว่าสถานีตรวจวัด โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 36.14 และมีค่าคลาดเคลื่อน 8.98×10^{-4} mol/cm² การศึกษาครั้งนี้สามารถปรับแก้ความถูกต้องของข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ โดยการแก้ค่าอคติแบบคูณ ทำให้ข้อมูลข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P ประมาณค่าได้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 68.60 และมีค่าคลาดเคลื่อนลดลงเป็น 5.02×10^{-4} mol/cm² แต่มีแนวโน้มประมาณค่าได้ต่ำกว่าสถานีพื้นผิวในช่วงค่าที่มีความเข้มข้นก๊าซ NO₂ สูง

ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P ที่แก้ค่าอคติแล้วสามารถแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นก๊าซ NO₂ ในบรรยากาศได้ดีทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา เมื่อนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซ NO₂ เนื่องจากการปิดเมืองจำกัดการระบาดของโควิด-19 พบว่าแสดงแนวโน้มที่ตรงข้ามกัน คือ สถานีพื้นผิวตรวจพบความเข้มข้นก๊าซ NO₂ เพิ่มขึ้นในช่วงก่อนมาตรการปิดเมืองและลดลงในช่วงมาตรการปิดเมืองของ ใน พ.ศ. 2563 จาก พ.ศ. 2562 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [4, 10] แต่ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P แสดงการลดลงในช่วงก่อนมาตรการปิดเมืองและเพิ่มขึ้นในช่วงมาตรการปิดเมือง ใน พ.ศ. 2563 จาก พ.ศ. 2562 เนื่องจากจำนวนสถานีตรวจวัดพื้นผิวมีจำนวนไม่มากพอและตำแหน่งของสถานีไม่กระจายครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพฯ ทำให้มีแนวโน้มประมาณค่าได้ต่ำกว่าสถานีช่วงที่มีค่าสูง แต่ในช่วงข้อมูลค่ากลางจนถึงต่ำ ข้อมูลจากดาวเทียมมีค่าใกล้เคียงสถานีตรวจวัดพื้นผิว ซึ่งการตรวจวัดด้วยดาวเทียมนี้ให้ค่าแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ระดับเมือง [5, 6]

ดังนั้น ข้อมูลความเข้มข้นก๊าซ NO₂ จากดาวเทียม Sentinel-5P สามารถนำมาใช้ในการศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ ได้แต่ควรพัฒนาความถูกต้องให้มากกว่านี้ โดยใช้ข้อมูลสถานีพื้นผิวที่มีจำนวนมากขึ้น

และมีตำแหน่งกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ศึกษา
 จะทำให้ได้ผลที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

References

- [1] Pollution Control Department, Ministry of Resources Nature and Environment, Situation Report Pollution of Thailand 2020, Bangkok: Style Creative House Co., Ltd., 2021
- [2] P. Uttamang, V.P. Aneja, and A.F. Hanna, "Assessment of gaseous criteria pollutants in the Bangkok Metropolitan Region, Thailand," *Atmos. Chem. Phys.*, vol.18, pp. 12581–12593. August, 2018.
- [3] U. Ackermann-Liebrich, "Respiratory and Cardiovascular Effects of NO₂ in Epidemiological Studies," *In: Encyclopedia of environmental health* (J. O. Nriagu, Ed.). Elsevier, Burlington, pp. 840-844. March, 2011.
- [4] P. Wetchayont, "Investigation on the Impacts of COVID-19 Lockdown and Influencing Factors on Air Quality in Greater Bangkok, Thailand," *Advances in Meteorology*, vol. 2021, Article ID 6697707, 11 pages. Februry, 2021.
- [5] D. Griffin, X.Y. Zhao, C.A. McLinden, et al., "High-resolution mapping of nitrogen dioxide with TROPOMI: first results and validation over the Canadian oil sands," *Geophys Res. Lett.*, vol. 46, pp. 1049–1060. January, 2019.
- [6] I. Ialongo, H. Virta, H. Eskes, J. Hovila, and J. Douros, "Comparison of TROPOMI/ Sentinel-5 Precursor NO₂ observations with ground-based measurements in Helsinki," *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 13, pp. 205–218, December, 2020.
- [7] J. Bai, X. Chen, A. Dobermann, H. Yang, K. G. Cassman, and F. Zhang, "Evaluation of NASA satellite- and model-derived weather data for simulation of maize yield potential in China," *Agronomy Journal*, vol. 102, no. 1, pp. 9–16, January, 2010.
- [8] P. Wetchayont, T. Hayasaka, T. Satomura, S. Katagiri and S. Baimoung, "Retrieval of rainfall by combining rain gauge, ground-based radar and satellite measurements over Phimai, Thailand," *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, vol. 9, pp. 166-169, November, 2013.
- [9] P. Wetchayont, K. Waiyasuri, K. Sumpradit, and P. Nongnang. "Development of GIS Application for Satellite Rainfall Bias Correction," *The Journal of Industrial Technology: Suan Sunandha Rajabhat University*, vol.8, no.1, pp.13-21, June, 2020.
- [10] P. Wetchayont, T. Hayasaka, P. Khatri, "Air Quality Improvement during COVID-19 Lockdown in Bangkok Metropolitan, Thailand: Effect of the Long-range Transport of Air Pollutants," *Aerosol Air Qual. Res.* 21, 200662. June, 2021.