

# การเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทางทหาร โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม กรณีศึกษา: สงครามรัสเซีย-ยูเครน พ.ศ. 2565

พงศ์พันธุ์ จันทะคัต<sup>1\*</sup> พิศศักดิ์ เอี่ยมละออ<sup>1</sup> และ เยาวเรศ จันทะคัต<sup>2</sup>

วันที่รับ 1 กรกฎาคม 2565 วันที่แก้ไข 28 กรกฎาคม 2565 วันที่ออกรับ 5 สิงหาคม 2565

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้เสนอแนวทางการใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) ด้วยเทคนิคการตรวจการเปลี่ยนแปลง (Change detection) เพื่อการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวของพื้นที่ทางทหารในกรณีศึกษาสงครามรัสเซีย-ยูเครน ปี พ.ศ. 2565 โดยการศึกษาได้วิเคราะห์พื้นที่ฐานทัพอากาศตามแนวชายแดนของประเทศยูเครนเป็นกรณีศึกษา ได้แก่ 1) Saki Air Base ในไครเมีย 2) Primorsko-Akhtarsk Air Base ในประเทศรัสเซีย และ 3) Machulishchy Air Base ในประเทศเบลารุส ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ร่วมกับวิธีการทดสอบ Omnibus test สามารถนำมาใช้วิเคราะห์เฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทางทหารได้ โดยสามารถประมวลผลผ่านแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine) ซึ่งเป็นวิธีและเครื่องมือหนึ่งที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าตรวจและติดตามความเคลื่อนไหวตามแนวชายแดนของประเทศไทย และสนับสนุนภารกิจทางทหารอื่นๆ ได้ต่อไป

**คำสำคัญ :** ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล, การตรวจการเปลี่ยนแปลง, พื้นที่ทางทหาร, สงครามรัสเซีย-ยูเครน

---

<sup>1</sup> กองวิชาวิศวกรรมโยธา, ส่วนการศึกษา, โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

<sup>2</sup> คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

\* ผู้แต่ง, อีเมล: pongpun.ju@crma.ac.th

# Detecting Change in Military Sites Using Satellite Imagery Case Study: Russia-Ukraine War in 2022

Pongpun Juntakut <sup>1\*</sup> Peerasak Aemlaor <sup>1</sup> and Yaowaret Jantakat <sup>2</sup>

Received 1 July 2022, Revised 28 July 2022, Accepted 5 August 2022

## Abstract

This study is to present a guideline of the remote-sensing application with the change detection techniques for monitoring the change at military sites in case study of Russia-Ukraine war in 2022. In this study, air bases along the Ukrainian border were analyzed for case studies as 1) Saki Air Base in Crimea, 2) Primorsko-Akhtarsk Air Base in Russia and 3) Machulishchy Air Base in Perarus. The results of this study demonstrate the application of satellite images (Sentinel-1 SAR) with the Omnibus test to be able to analyze and monitor the change in military sites by using the Google Earth Engine platform which can be an efficient tool for monitoring the border of Thailand and supporting other military operations.

**Keywords :** Remote sensing, Change detection, Military site, Russia-Ukraine war

---

<sup>1</sup> Civil Engineering Department, Academic Division of Chulachomklao Royal Military Academy

<sup>2</sup> Rajamangala University of Technology Isan

\* Corresponding author, E-mail: pongpun.ju@crma.ac.th

## 1. บทนำ

การรุกรานของรัสเซียที่มีต่อยูเครนอย่างเต็มรูปแบบเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 เป็นการยกระดับความรุนแรงของสงครามรัสเซีย-ยูเครน [1] ภายหลังวิกฤตการณ์ไครเมีย เมื่อปี พ.ศ. 2557 การรุกรานทำให้เกิดวิกฤตผู้ลี้ภัยครั้งใหญ่ที่สุดในยุโรป นับตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สอง โดยมีประชาชนชาวยูเครนประมาณ 7 ล้านคนเดินทางออกนอกประเทศ และหนึ่งในสามกลายเป็นประชากรพลัดถิ่น [2] ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 รัสเซียได้ระดมกำลังทหารราว 100,000 นาย พร้อมด้วยอาวุธยุทโธปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ รถถัง ปืนใหญ่ และกำลังทางอากาศ เข้าประชิดชายแดนที่ติดกับประเทศยูเครน เช่น เมืองคลีโมว แคว้นบริฮันส์ก และเมืองเยลนีเย แคว้นสโมเลนส์ก เป็นต้น [3] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ ๑ การระดมกองกำลังทหารของรัสเซียตามแนวชายแดนของยูเครน ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 (แหล่งภาพข่าวจาก BBC News) [3]

ช่วงแรกของการรุกรานของรัสเซียได้เริ่มต้นขึ้นที่แนวรบด้านเหนือจากประเทศเบลารุสไปยังเมืองเคียฟ แนวรบด้านตะวันออกเฉียงเหนือไปยังเมืองคาร์คิฟ แนวรบด้านใต้จากแคว้นไครเมีย และแนวรบด้านตะวันออกเฉียงใต้จากเมืองลูฮันสค์และดอนเนตส์ก [4] การรุกรานของรัสเซียที่มีต่อยูเครนในครั้งนี้ได้รับการประณามอย่างกว้างขวางจากนานาชาติ โดยหลายประเทศได้กำหนดมาตรการคว่ำบาตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของรัสเซียและทั่วโลก [5]

จากสถานการณ์ดังกล่าวการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยเทคนิคการติดตามการเปลี่ยนแปลง (Change Detection) เพื่อใช้งานทางทหาร เช่น การเฝ้าตรวจความเคลื่อนไหวของพื้นที่ทหาร จึงเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินสถานการณ์และคาดการณ์การรุกรานของกำลังฝ่ายทหารอีกฝ่ายตามแนวชายแดนหรือพื้นที่ที่สนใจได้ ตัวอย่างเช่นในสงครามรัสเซีย-ยูเครน เป็นต้น

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลด้วยเทคนิคการตรวจการเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้งานทางทหารได้แก่ Joshua R. และคณะ [6] ได้ทำการวิเคราะห์เฝ้าตรวจการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สนามบินทางทหารของนาโต้ (The North Atlantic Treaty Organization: NATO) ณ เมืองไกล์เลนเคียร์เชิน (Geilenkirchen) ประเทศเยอรมนี และงานวิทยานิพนธ์ของ J.C. van Heyningen จากมหาวิทยาลัย TUDelft ประเทศเนเธอร์แลนด์ [7] ได้ใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR เพื่อการตรวจพบการพังทลายของอาคารหลังจากการโจมตีทางอากาศ ณ พื้นที่อีสต์เกอทา (East-Ghouta) ประเทศซีเรีย แต่อย่างไรก็ตามจากตัวอย่างงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมายังไม่มี

การนำมาวิเคราะห์ผลและใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง สำหรับภารกิจทางทหารตามแนวชายแดน เพื่อใช้เป็นข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นในการวางแผนและเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเป็นการเสนอแนวทางการใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลด้วยเทคนิคการติดตามการเปลี่ยนแปลงสำหรับการใช้งานทางทหาร เช่น การเฝ้าติดตามและตรวจความเคลื่อนไหวในพื้นที่ทางทหาร กรณีศึกษาสงครามรัสเซีย-ยูเครน ปี พ.ศ. 2565

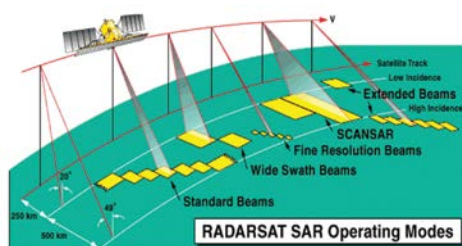
## 3. เครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 เรดาร์รับแสงสังเคราะห์ (Synthetic Aperture Radar)

เรดาร์รับแสงสังเคราะห์ (SAR) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นเครื่องมือในการสร้างรูปภาพของภูมิประเทศ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายรูปที่ทำการถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูปจากอากาศสู่พื้น [8] โดยระบบเรดาร์ SAR นั้นจะมีลักษณะแบบแอคทีฟคือจะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเอง ซึ่งข้อดีที่สำคัญของระบบเรดาร์ SAR คือสามารถทำงานได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเองจึงไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่างอื่นเพื่อการถ่ายภาพ [8]

โดยทั่วไปหลักการทำงานของระบบเรดาร์ SAR จะอาศัยการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มและการประมวลผลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมาในการสร้างรูรับแสงสังเคราะห์ (Synthetic Aperture) ขึ้นมา ซึ่งความยาวของรูรับแสงสังเคราะห์นั้นจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่เป้าหมายจะโดนฉายด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern) ของสายอากาศที่ใช้งาน [9] ในระหว่างการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม ระบบเรดาร์ SAR จะทำการส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลงมากระทบกับพื้นผิวด้านล่าง และทำการบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมายังสายอากาศของระบบเรดาร์ ตลอดแนวทางการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม โดยรูปแบบของโหมดการทำงานจะมีหลายรูปแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่น ScanSAR, Wide Swath และ Standard Beams ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ ๒ โหมดการทำงานของระบบเรดาร์ SAR [9]

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีระบบเรดาร์ SAR ปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยทีมงานวิจัยและหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนั้น หน่วยงานที่ดำเนินงานเกี่ยวข้องกับระบบเรดาร์ SAR โดยตรงคือ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: GISTDA) [10] ซึ่งได้ให้บริการเกี่ยวกับระบบข้อมูลดาวเทียมทั้งเพื่องานวิจัยและการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านภัยพิบัติ ด้านการเกษตรกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น แต่ทว่ายังไม่มีการนำเอาเทคโนโลยีระบบเรดาร์ SAR และชุดข้อมูลมาใช้งานทางทหารอย่างเด่นชัดในประเทศไทย

### 3.2 Google Earth Engine (GEE)

ปัจจุบันการใช้แพลตฟอร์มในคลาวด์เป็นสิ่งที่สะดวกขึ้นและไม่เสียค่าใช้จ่ายสำหรับการเข้าถึงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ตัวอย่างแพลตฟอร์มที่ให้บริการ ได้แก่ Amazon Web Services (AWS) และกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) โดยกูเกิลเอิร์ธเอนจินเป็นแพลตฟอร์มภูมิสารสนเทศของกูเกิล (Google) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์และการสร้างภาพ (Visualization) จากชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ของภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image) โดยกูเกิลได้จัดทำภาพถ่ายดาวเทียมและเก็บข้อมูลบันทึกย้อนหลังมากกว่า 40 ปี ไว้ในแบบคลังข้อมูลสาธารณะ โดยการใช้งานแพลตฟอร์ม GEE จะเป็นการเขียนโค้ดคำสั่ง (Code Editor) ด้วยภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาวิเคราะห์และประมวลผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา เช่น แสดงข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Precipitation) หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) และรวมถึงชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ที่ใช้สำหรับการศึกษานี้ [11]

### 3.3 Omnibus Test for Change Detection

สำหรับการศึกษานี้ได้นำวิธีการทดสอบ Omnibus test ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของการตรวจการเปลี่ยนแปลงนำมาใช้ในการวิเคราะห์ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ได้ถูกนำเสนอโดย Conradsen และคณะ [12] โดยวิธี Omnibus test ใช้หลักการ The complex Wishart distribution ซึ่งพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์เมทริกซ์ covariance และค่า equivalent number of looks (ENL) ซึ่งมี

รูปแบบของการทดสอบดังแสดงในสมการที่ (1) [13]

$$\ln Q = n(pk \ln k + \sum_{i=1}^k \ln |X_i| - k \ln \left| \sum_{i=1}^k X_i \right|) \quad (1)$$

โดย Q คือค่าทางสถิติการทดสอบของสัดส่วนความเป็นไปได้ (Likelihood ratio test statistic) n คือค่าตัวเลขเทียบเท่า (Equivalent number of looks) p คือค่ามิติ (Dimensionality) k คือค่าจำนวนที่สังเกต (Observation)  $X_i$  คือค่าที่คำนวณได้จาก  $n \cdot C$  เมื่อ C คือค่าพารามิเตอร์เมทริกซ์แปรปรวน (Covariance matrix) ดังแสดงในสมการที่ (2) [13]

$$C = \begin{bmatrix} (S_{vv}|^2) & 0 \\ 0 & (S_{vh}|^2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

โดย  $S_{vv}$  คือค่าแอมพลิจูดในแกนแนวตั้งสำหรับการส่งและรับค่า (Complex scattering amplitude for vertically polarized emission) และ  $S_{vh}$  คือค่าแอมพลิจูดในแกนแนวตั้งและแนวนอนสำหรับการส่งและรับค่า ตามลำดับ (Complex scattering amplitude for the vertical emission horizontal reception)

สำหรับการพิจารณาค่าความเป็นไปได้ (Probability) นั้น ค่า  $-2 \ln Q$  จะมีค่าน้อยกว่าค่าสังเกตการณ์ z ซึ่งสามารถคำนวณหาความเป็นไปได้ในทอมของค่าทางสถิติการทดสอบของค่า Q (Test Statistic of Q) ได้จากสมการที่ (3) [13]

$$\Pr(-2 \ln Q \leq z) \cong P_{x^2, 2(k-1)}(z) \quad (3)$$

โดย  $P_{x^2, f}(z)$  คือค่าความเป็นไปได้จากการแจกแจงแบบ Chi-Square ด้วยค่า f คือค่าระดับอิสระ (Degrees of freedom) โดย  $f=2(k-1)$  ซึ่ง k คือ

จำนวนที่สังเกต (Observation) และ  $z$  คือค่าทางสถิติที่สังเกตการณ์ได้ (Observed statistics) ในช่วงเวลาที่กำหนด

ซึ่งค่าทางสถิติการทดสอบ ( $Q$ ) ในวิธีการทดสอบ Omnibus test สามารถถูกนำมาเขียนในรูปแบบลำดับของการทดสอบทางสถิติ (Sequence of test statistics:  $R_j$ ) ได้ดังแสดงในสมการที่ (4) [13]

$$\ln Q = \sum_{j=2}^k \ln R_j^l \quad (4)$$

โดย  $R_j^l$  คือค่าทางสถิติในรูปแบบลำดับ ซึ่ง  $l = 1 \dots k-1$  และ  $j = l+1 \dots k$  ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ (5)

$$\ln R_j = n(p(j \ln j - (j-1) \ln(j-1) + (j-1) \ln \left| \sum_{i=1}^{j-1} X_i \right| + \ln |X_j| - j \ln \left| \sum_{i=1}^j X_i \right|) \quad (5)$$

ดังนั้น ค่าความเป็นไปได้ในเทอมของ  $R_j$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6) [13]

$$\Pr(-2 \ln R_j^l \leq z) \cong P_{x^2, 2}(z) \quad (6)$$

ตัวอย่างการพิจารณาในกรณี  $k = 5$  (จำนวน 5 รูปภาพ) สามารถทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงได้จากการพิจารณาเริ่มจากทีละแถวและทดสอบค่าตามคอลัมน์ ดังแสดงในรูปที่ 3

| $l/j$ | 2       | 3       | 4       | 5       |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | $R_2^1$ | $R_3^1$ | $R_4^1$ | $R_5^1$ |
| 2     |         | $R_3^2$ | $R_4^2$ | $R_5^2$ |
| 3     |         |         | $R_4^3$ | $R_5^3$ |
| 4     |         |         |         | $R_5^4$ |

รูปที่ ๓ ตัวอย่างการพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงในกรณี  $k = 5$  (จำนวน 5 รูปภาพ)

## 4. วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ได้นำแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการทดสอบ Omnibus test เพื่อการวิเคราะห์และประเมินผลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ในการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทางทหาร โดยในรูปที่ 4 ได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาในแพลตฟอร์ม GEE ผ่านการเขียนโค้ดคำสั่งด้วยภาษา Python และ JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากฐานข้อมูลนำมาวิเคราะห์และประมวลผล

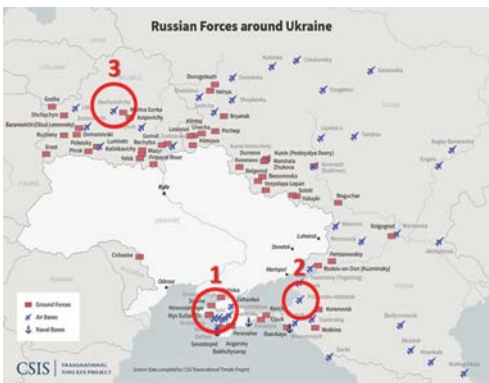


รูปที่ ๔ แผนผังของวิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ได้แบ่งวิธีการศึกษาออกเป็นขั้นตอนหลักด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดพื้นที่ที่ศึกษาและช่วงเวลาของข้อมูลเพื่อการดาวน์โหลดจากฐานข้อมูลโดยผ่านโปรแกรมภาษา Python ใน Google colab 2) การเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลในแบบอัตโนมัติตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาโดยผ่านโปรแกรมภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์ม GEE CODE และ 3) การนำผลลัพธ์ของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แสดงในแดชบอร์ด (Dashboard) และแสดงในรูปแบบออนไลน์โดยผ่านเครื่องมือ GEE APP

## 5. ผลการศึกษา

จากสถานการณ์สงครามยูเครนและรัสเซีย การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ทางทหารโดยมุ่งเน้นพื้นที่ฐานทัพอากาศเพื่อแสดงผลการศึกษาเป็นตัวอย่่างของการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทางยุทธศาสตร์ทางทหาร ได้แก่ 1) Saki Air Base ในไครเมีย 2) Primorsko-Akhtarsk Air Base ในประเทศรัสเซีย และ 3) Machulishchy Air Base ในประเทศเบลารุส ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ ๕ พื้นที่ศึกษา 1) Saki Air Base ในไครเมีย 2) Primorsko-Akhtarsk Air Base ในประเทศรัสเซีย และ 3) Machulishchy Air Base ในประเทศเบลารุส [14]

### 5.1 Saki Air Base

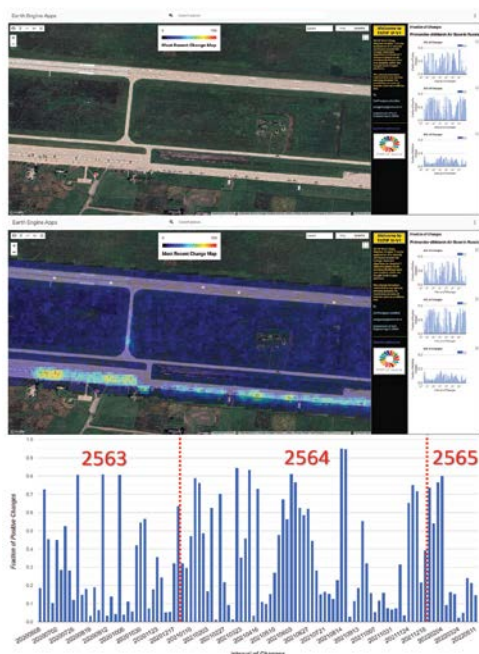
สนามบิน Saki Air Base เป็นฐานทัพอากาศที่ตั้งอยู่ในไครเมีย สามารถรองรับเครื่องบินรัสเซียอย่างน้อยได้จำนวน 26 ลำ [1] ผลการศึกษาชี้ให้เห็นตำแหน่งของความเคลื่อนไหวของเครื่องบินที่มีบ่อยครั้งขึ้นเริ่มตั้งแต่ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2564 ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าสนามบิน Saki Air Base ถูกใช้เป็นฐานบินเพื่อเตรียมการรุกรานประเทศยูเครน ซึ่งได้เกิดขึ้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2565 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ ๖ ผลการศึกษา ณ ฐานทัพอากาศ Saki Air Base ในไครเมีย ระหว่างวันที่ 6 มิถุนายน 2564 ถึง 2 พฤษภาคม 2565

### 5.2 Primorsko-Akhtarsk Air Base

สนามบิน Primorsko-Akhtarsk Air Base เป็นฐานทัพอากาศหนึ่งของกองทัพอากาศรัสเซีย ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศรัสเซีย โดยได้ก่อตั้งมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นตำแหน่งของความเคลื่อนไหวของเครื่องบินที่มีบ่อยครั้งขึ้นเริ่มตั้งแต่ในช่วงกลางปี พ.ศ. 2564 และมีการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหวที่ชัดเจนในช่วงต้นปี พ.ศ. 2565 ซึ่งสอดคล้องกับเวลาที่กองกำลังรัสเซียได้เริ่มโจมตีอย่างเต็มรูปแบบ โดยจากผลการศึกษาสามารถสันนิษฐานถึงความเป็นไปได้ว่าสนามบิน Primorsko-Akhtarsk Air Base ได้ถูกใช้เป็นสนามบินหลักในการโจมตียูเครน ดังแสดงในรูปที่ 7

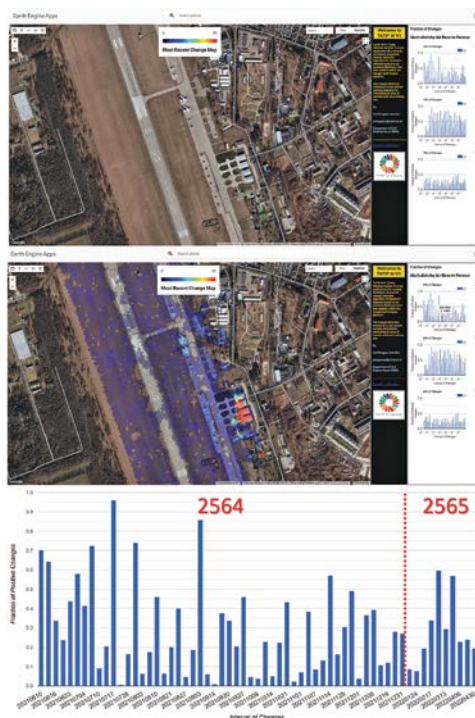


รูปที่ ๗ ผลการศึกษา ณ ฐานทัพอากาศ Primorsko-Akhtarsk Air Base ในประเทศรัสเซีย ระหว่างวันที่ 8 มิถุนายน 2563 ถึง 11 พฤษภาคม 2565

### 5.3 Machulishchy Air Base

สนามบิน Machulishchy Air Base เป็นฐานทัพอากาศของกองทัพอากาศและกองกำลังป้องกันภัยทางอากาศของประเทศเบลารุส ซึ่งตั้งอยู่ที่เมือง Machulishchy ในภูมิภาค Minsk เป็นที่ตั้งของฐานทัพอากาศคอมโพสิตที่ 50 ประเภทของเครื่องบินที่ใช้บินในสนามบินนี้ ได้แก่ Antonov An-26s, Ilyushin Il-76MD's, Mil Mi-8 และ Mil Mi-24s [1] จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นตำแหน่งของความเคลื่อนไหวของเครื่องบินรบในสนามบิน Machulishchy Air Base โดยช่วงเวลาของการเริ่มมีการโจมตีเครื่องบินอย่างเต็มรูปแบบของกองกำลังรัสเซียเมื่อต้นปี พ.ศ. 2565 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงความเคลื่อนไหวที่ไม่มากนัก ซึ่งจากผลการศึกษา

สามารถสันนิษฐานได้ว่าสนามบิน Machulishchy Air Base ไม่ได้ถูกใช้พื้นฐานปฏิบัติการทางอากาศในช่วงของการเริ่มมีการโจมตีเครื่องบิน ซึ่งสอดคล้องกับที่ตั้งของสนามบิน Machulishchy Air Base ที่ตั้งอยู่ในประเทศเบลารุส โดยไม่ได้สนับสนุนการโจมตีหลักให้กับกองกำลังรัสเซีย ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ ๘ ผลการศึกษา ณ ฐานทัพอากาศ Machulishchy Air Base ในประเทศเบลารุส ระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2564 ถึง 30 เมษายน 2565

### 5.4 แอปพลิเคชันของผลการศึกษา

ผลการศึกษาทั้งสามพื้นที่ทางทหารในข้อที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 ได้แสดงไว้ในรูปแบบออนไลน์ผ่านทาง Google Earth Engine App ซึ่งสามารถเข้าแอปพลิเคชันได้โดยสแกนบาร์โค้ดในรูปที่ 9



<https://juntaku37.users.eorthingne.app/view/novodorivka-saki-air-base-in-ukraine>



<https://juntaku37.users.eorthingne.app/view/primorsko-akhtarsk-air-base-in-russia>



<https://juntaku37.users.eorthingne.app/view/machulishchy-air-base-in-belarus>

รูปที่ ๙ แอปพลิเคชันแสดงผลการศึกษา

## 6. บทสรุป

จากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้คือการนำเสนอแนวทางการใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) ด้วยเทคนิคการติดตามการเปลี่ยนแปลง (Change detection) สำหรับการใช้งานทางทหาร เช่น การเฝ้าติดตามและตรวจความเคลื่อนไหวในพื้นที่ทางทหาร กรณีศึกษาสงครามรัสเซีย-ยูเครน ปี พ.ศ. 2565 โดยการศึกษาได้วิเคราะห์พื้นที่ฐานทัพอากาศตามแนวชายแดนของยูเครนเป็นกรณีศึกษา ได้แก่ 1) Saki Air Base ในไครเมีย 2) Primorsko-Akhtarsk Air Base ในประเทศรัสเซีย และ 3) Machulishchy Air Base ในประเทศเบลารุส ซึ่งจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสนามบิน Saki Air Base ในไครเมีย และสนามบิน Primorsko-Akhtarsk Air Base ทางตอนใต้ของประเทศรัสเซีย มีความเป็นไปได้ว่าสนามบินทั้งสองเป็นสนามบินที่ถูกใช้พื้นฐานปฏิบัติการทางอากาศในช่วงเวลาของการเริ่มมีการโจมตียูเครนอย่างเต็มรูปแบบของกองกำลังรัสเซียเมื่อต้นปี พ.ศ. 2565 แต่หาว่าสนามบิน Machulishchy Air Base ในประเทศเบลารุส ไม่ได้ถูกใช้พื้นฐานบินสนับสนุนในช่วงเวลาของการเริ่มมีการโจมตียูเครนของกองกำลังรัสเซีย

ดังนั้น การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ร่วมกับวิธีการทดสอบ Omnibus test สามารถนำมาใช้วิเคราะห์เฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทางทหารได้ โดยสามารถประมวลผลผ่านแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine) ซึ่งเป็นวิธีและเครื่องมือทางเลือกหนึ่งที่จะเป็นประโยชน์ต่อภารกิจเฝ้าตรวจและติดตามความเคลื่อนไหวตามแนวชายแดนของประเทศไทย และสนับสนุนภารกิจทางทหารอื่นๆ ได้ต่อไป

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] CNBC. "Russian Forces Invade Ukraine." CNBC.com. <https://www.cnbc.com/2022/02/24/russian-forces-invade-ukraine.html> (accessed Aug. 30, 2022).
- [2] United Nations High Commissioner for Refugees. "Ukraine Refugee Situation." UNHCR.org. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine> (accessed Jun. 24, 2022).

- [3] BBC News. “รัสเซียเสริมกำลังพลที่พรมแดนยูเครนใหญ่เพียงใด.” BBC.com. <https://www.bbc.com/thai/international-60170269> (accessed Jun. 24, 2022).
- [4] The New York Times. “Ukraine Says Russia Begins Assault in the East After Raining Missiles Nationwide.” <https://www.nytimes.com/2022/04/18/world/europe/ukraine-russia-missiles-lviv-donbas.html> (accessed Mar. 21, 2022).
- [5] CNN Business. “Russia Faces Financial Meltdown as Sanctions Slam Its Economy.” CNN.com. <https://edition.cnn.com/2022/02/28/business/russia-ruble-banks-sanctions/index.html> (accessed Mar. 21, 2022).
- [6] J. Rutkowski, M. J. Canty, and A. A. Nielsen, “Site Monitoring with Sentinel-1 Dual Polarization SAR Imagery Using Google Earth Engine.” *J. Nucl. Mater. Manage.*, vol. 46, no. 3, pp. 48 – 59, 2018.
- [7] J. C. van Heyningen, “Building Damage Detection Using Google Earth Engine,” M.S. dissertation, Delft Univ. Tech., Delft, Netherlands, 2018.
- [8] OHB. “SAR-Lupe.” OHB-SYSTEM.de <https://www.ohb-system.de/sar-lupe-english.html> (accessed Jun. 24, 2022).
- [9] A. Moreira and G. Krieger, “Spaceborne Synthetic Aperture Radar (SAR) Systems: State of the Art and Future Developments,” in *11th GAAS Symp.*, Munich, Germany, 2003, pp. 385 – 388.
- [10] Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). “ข้อมูลขององค์กร.” GISTDA.or.th. [https://www.gistda.or.th/news\\_view.php?n\\_id=1435&lang=TH](https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=1435&lang=TH) (accessed Jun. 19, 2022).
- [11] Google Earth Engine. “A Planetary-scale Platform for Earth Science Data & Analysis.” EARTHENGINE.GOOGLE.com. <https://earthengine.google.com> (accessed Mar. 31, 2022).
- [12] K. Conradsen, A. A. Nielsen, and H. Skriver, “Determining the Points of Change in Time Series of Polarimetric SAR Data,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 54, no. 5, pp. 3007 – 3024, 2016.
- [13] M. J. Canty, A. A. Nielsen, K. Conradsen, and H. Skriver, “Statistical Analysis of Changes in Sentinel-1 Time Series on the Google Earth Engine,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 1, 2020.
- [14] CSIS. “Russia’s Losing Hand in Ukraine.” CSIS.org. <https://www.csis.org/analysis/russias-losing-hand-ukraine> (accessed Jun. 21, 2022).