

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดน
ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงบนกูเกิลเอิร์ธเอนจิน
กรณีศึกษา ความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารรัสเซียตามแนวชายแดนยูเครนและรัสเซีย
The Development of a Tool for Monitoring Troop Movement at Border using
Satellite Image and Change Detection Technique on Google Earth Engine
in Case Study of Russia's Troop Movement at Ukraine-Russia Border

บทความวิชาการ

พงศ์พันธุ์ จันทะคัต¹ และ เยาวเรศ จันทะคัต²

Pongpun Juntakut and Yaowaret Jantakat

กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า นครนายก ประเทศไทย 26001¹
Department of Civil Engineering, Academic Division of Chulachomklao Royal Military Academy,
Nakhonnayok, Thailand 26001

คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ประเทศไทย 30000²
Faculty of Science and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan,
Nakhonratchasima, Thailand 30000

Email: pongpun.ju@crma.ac.th¹ and yaowaret.ja@rmuti.ac.th²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ การพัฒนาเครื่องมือและวิธีการสำหรับการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดน เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับพื้นที่ตามแนวชายแดนของประเทศไทย และภารกิจทางทหารอื่น ๆ ได้ในอนาคต โดยวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image) ด้วยเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection Technique) และโค้ดภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) ใน กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine) ซึ่งในการศึกษานี้ความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารรัสเซียตามแนวชายแดนของยูเครนและรัสเซียในพื้นที่ค่ายทหาร Klintsy พื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo และพื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ในระหว่างปี พ.ศ.2562-2564 ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ใช้เป็นกรณีศึกษา

¹ พันเอก ผศ.ดร., อาจารย์กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

Colonel Asst. Prof. Dr., Lecturer of Civil Engineering Department, Academic Division of Chulachomklao Royal Military Academy

² ดร., อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

Dr., Lecturer Faculty of Science and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า มีการเสริมกองกำลังทหาร และการซ้อมรบของกองกำลังทหารรัสเซีย ก่อนหน้าการเริ่ม การรุกรานยูเครนอย่างเต็มรูปแบบประมาณ 1-2 ปี และชี้ให้เห็นว่า เครื่องมือและวิธีการทางเทคนิคในการศึกษานี้ สามารถที่จะบอกถึงตำแหน่งและช่วงเวลาความถี่ของ ความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารของรัสเซียตามแนว ชายแดนของประเทศยูเครนได้ ดังนั้น การศึกษานี้สามารถ ที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางและทางเลือกหนึ่งในการพัฒนา และประยุกต์ใช้ให้เป็นเครื่องมือเพื่อการเฝ้าติดตาม ความเคลื่อนไหวทางทหารในพื้นที่ตามแนวชายแดน ของประเทศไทย และสนับสนุนภารกิจทางทหารอื่น ๆ ได้ต่อไป

คำสำคัญ: ความเคลื่อนไหวทางทหาร, ภาพถ่ายดาวเทียม, การตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง, แนวชายแดนยูเครน-รัสเซีย

Abstract

The main objective of this study is to develop a tool and methodology for monitoring troop movement along the border, which can be applied in the future for Thailand's border and other military missions by evaluating satellite images with change detection technique and JavaScript code in Google Earth Engine. In this study, Russia's troop movement at Ukraine-Russia border in Klinty base, Pogonovo and Opuk training area during the years of 2019-2021 were analyzed as case study.

The study results showed that Russia's troops have been built up and trained before the Russia invasion of Ukraine about 1-2 years ago. The tool and methodology of this study can indicate the locations and time periods of

the frequency of Russia's troop movements at the Ukrainian border. Thus, this study can be applied as a guideline for developing a tool for monitoring troop movement in an area of Thailand's border and supporting other military operations.

Keywords: Troop Movement, Satellite Image, Change Detection, Ukraine-Russia Border

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 กองกำลังทหารของรัสเซียได้เริ่มทำการโจมตีและรุกรานประเทศยูเครนอย่างเต็มรูปแบบซึ่งเป็นการยกระดับความรุนแรงของสงครามรัสเซีย-ยูเครน ภายหลังวิกฤตการณ์ไครเมีย เมื่อปี พ.ศ.2557 (Zinets & Vasovic, 2022) การรุกรานของรัสเซียที่มีต่อยูเครนในครั้งนี้ได้รับการประณามอย่างกว้างขวางจากนานาชาติ หลายประเทศ ได้กำหนดมาตรการคว่ำบาตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อ เศรษฐกิจของรัสเซียและทั่วโลก (Thompson, Chernova, & Cotovio, 2022) และการรุกรานทำให้เกิดวิกฤตผู้ลี้ภัยครั้งใหญ่ที่สุดในยุโรปนับตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สอง โดยมีประชาชนชาวยูเครนประมาณ 7 ล้านคน เดินทางออกนอกประเทศและหนึ่งในสามกลายเป็น ประชากรพลัดถิ่น (The United Nations High Commissioner for Refugees [UNHCR], 2022)

ในช่วงของเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ก่อนการรุกรานของกองกำลังทหารรัสเซียได้ระดมกำลังทหารราว 100,000 นาย พร้อมด้วยอาวุธยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ รถถัง ปืนใหญ่ และกำลังทางอากาศ เข้าประชิดชายแดนที่ติดกับประเทศยูเครน และมีการซ้อมรบในพื้นที่ตามแนวชายแดนของยูเครนและรัสเซีย ดังแสดงในภาพที่ 1 (Jewers & Stewart, 2022)

จากสถานการณ์ดังกล่าวการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารในพื้นที่ตามแนวชายแดนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อการเตรียมความพร้อมในการรับมือจากการรุกราน ซึ่งการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection) เพื่อใช้งานทางทหาร จึงเป็นเครื่องมือและวิธีการทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถประเมินสถานการณ์และคาดการณ์การรุกรานของกองกำลังฝ่ายทหารอีกฝ่ายตามแนวชายแดนหรือพื้นที่ที่สนใจได้

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ในการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลด้วยเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงในกูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อใช้งานทางทหาร ได้แก่ Joshua R. และคณะ (Rutkowski, Canty, & Nielsen, 2018) ได้ทำการวิเคราะห์เฝ้าตรวจการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สนามบินทางทหารขององค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือหรือนาโต้ (The North Atlantic Treaty Organization: NATO) ณ เมืองไคล์เลนเคียร์เชิน (Geilenkirchen) ประเทศเยอรมนี ซึ่งแสดงให้เห็นการเคลื่อนไหวของเครื่องบินรบในแต่ละช่วงเวลาบนสนามบินทางทหาร

ของนาโต้ก่อนและระหว่างภารกิจในการสนับสนุนทางทหารให้กับยูเครน และงานวิทยานิพนธ์ของ Van Heyningen ณ มหาวิทยาลัย Delft University of Technology (TU Delft) ประเทศเนเธอร์แลนด์ (Van Heyningen, 2018) ได้ใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR เพื่อการประเมินความเสียหายและค้นหาตำแหน่งของอาคารถล่มหลังจากการโจมตีทางอากาศบนพื้นที่เมือง East-Ghouta ประเทศซีเรียและเพื่อสามารถเข้าช่วยเหลือประชาชนที่ติดอยู่ในซากอาคารภายหลังจากการถูกโจมตีทิ้งระเบิดได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากตัวอย่างงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมายังไม่มีการนำมาวิเคราะห์ผลและใช้ประโยชน์อย่างจริงจังสำหรับภารกิจทางทหารตามแนวชายแดน เพื่อใช้เป็นข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นในการวางแผนและเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการนำชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลหรือภาพถ่ายดาวเทียมนำมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงและนำผลการศึกษามาใช้ประโยชน์ในทางทหารสำหรับการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการสนับสนุนภารกิจทางทหารของประเทศไทยได้ต่อไป



ภาพที่ 1 การระดมกำลังทหารพร้อมด้วยอาวุธยุทโธปกรณ์ของรัสเซียเข้าประชิดชายแดนที่ติดกับประเทศยูเครนในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565

ที่มา: Jewers and Stewart, 2022

วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อพัฒนาเครื่องมือและวิธีการสำหรับการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับพื้นที่ตามแนวชายแดนของประเทศไทย และสนับสนุนภารกิจทางทหารอื่น ๆ ได้ในอนาคต โดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงบนภูมิลักษณ์เอร์ธเอนจิน

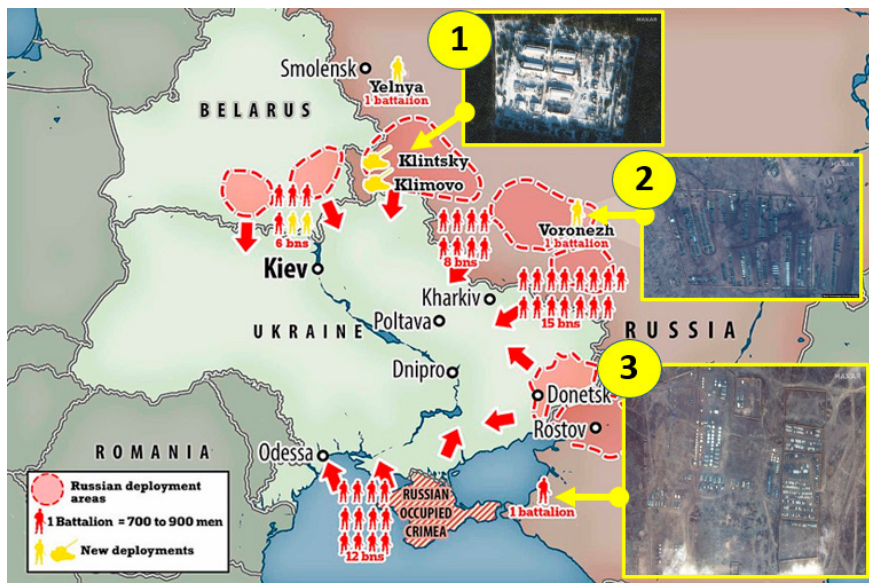
ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงบนภูมิลักษณ์เอร์ธเอนจิน เพื่อวิเคราะห์และประมวลผลความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารรัสเซียตามแนวชายแดนยูเครนและรัสเซีย ในกรณีศึกษา ได้แก่ 1) พื้นที่ค่ายทหารในเมือง Klintsky 2) พื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo ทางทิศใต้ของเมือง Voronezh ประเทศรัสเซีย และ 3) พื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ในไครเมีย ดังแสดงในภาพที่ 2

เครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยระบบเรดาร์รับแสงสังเคราะห์ (Satellite Image with SAR System)

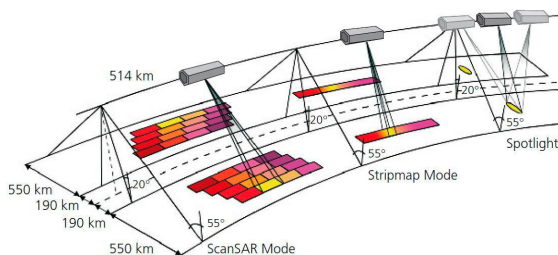
เรดาร์รับแสงสังเคราะห์ (Synthetic Aperture Radar: SAR) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นเครื่องมือในการสร้างรูปภาพของภูมิประเทศซึ่งจะมีลักษณะคล้ายรูปที่ทำการถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูปจากอากาศสู่พื้น โดยระบบเรดาร์ SAR นั้น จะมีลักษณะแบบแอคทีฟคือ จะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเอง ซึ่งข้อดีที่สำคัญของระบบเรดาร์ SAR คือสามารถทำงานได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเอง จึงไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่างอื่น เพื่อการถ่ายภาพ (Otto Hydraulic Bremen, 2022)



ภาพที่ 2 พื้นที่กรณีศึกษา 1) พื้นที่ค่ายทหารในเมือง Klintsky 2) พื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo ในเมือง Voronezh ประเทศรัสเซีย และ 3) พื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ในไครเมีย

ที่มา: Jewer and Stewart, 2022

โดยทั่วไปหลักการทำงานของระบบเรดาร์ SAR จะอาศัยการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มและการประมวลผลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมาในการสร้างรูรับแสงสังเคราะห์ (Synthetic Aperture) ซึ่งความยาวของรูรับแสงสังเคราะห์นี้จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่เป้าหมายจะโดนฉายด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern) ของสายอากาศที่ใช้ (Wikipedia, 2022) ในระหว่างการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม ระบบเรดาร์ SAR จะทำการส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลงมาระทบกับพื้นผิวด้านล่างและทำการบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมายังสายอากาศของระบบเรดาร์ตลอดแนวทางการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม โดยรูปแบบของโหมดการทำงานจะมีหลายรูปแบบในระบบเรดาร์ SAR ตัวอย่างเช่น ScanSAR Mode, Stripmap Mode และ Spotlight เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โหมดการทำงานของระบบเรดาร์ SAR (DLR, 2022)

ที่มา: Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (DLR, 2022)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีระบบเรดาร์ SAR ปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยทีมงานวิจัยและหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนั้น หน่วยงานที่

ดำเนินงานเกี่ยวข้องกับระบบเรดาร์ SAR โดยตรง คือ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: GISTDA) ซึ่งได้จัดให้มีการให้บริการเกี่ยวกับระบบข้อมูลดาวเทียม ทั้งเพื่องานวิจัยและการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านภัยพิบัติ ด้านการเกษตรกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น แต่ทว่ายังไม่มีให้นำเอาเทคโนโลยีระบบเรดาร์ SAR และชุดข้อมูลมาใช้ในการทางทหารอย่างเด่นชัดในประเทศไทย (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2022)

2. กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine)

ปัจจุบันการใช้แพลตฟอร์มในคลาวด์เป็นเรื่องที่สะดวกขึ้นและไม่เสียค่าใช้จ่ายสำหรับการเข้าถึงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 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 โดยการใช้งานโปรแกรม GEE จะเป็นการเขียนโค้ดคำสั่ง (Code Editor) ในภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาวิเคราะห์และประมวลผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา เช่น แสดงข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Precipitation) หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) และรวมถึงชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ที่ใช้สำหรับการศึกษานี้ (Google Earth Engine, 2022)

3. เทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection Technique)

สำหรับการศึกษานี้ได้นำเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการทดสอบ Omnibus Test มาใช้วิเคราะห์ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR เพื่อการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ถูกนำเสนอโดย Conradsen และคณะ (Conradsen, Nielsen, and Skriver, 2016) โดยวิธี Omnibus Test ใช้หลักการ The Complex Wishart Distribution ซึ่งพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์เมทริกซ์ Covariance และค่า Equivalent Number of Looks (ENL) ซึ่งมีรูปแบบของการทดสอบดังแสดงในสมการที่ (1) (Canty, Nielsen, Conradsen, & Skriver, 2020)

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

โดย Q คือ ค่าทางสถิติการทดสอบของสัดส่วนความเป็นไปได้ (Likelihood Ratio Test Statistic) n คือ ค่าตัวเลขเทียบเท่า (Equivalent Number) p คือ จำนวนมิติ (Dimensionality) k คือ จำนวนที่สังเกต (Observation) X_i คือ ค่าที่คำนวณได้จาก $n \times C$ เมื่อ C คือ ค่าพารามิเตอร์เมทริกซ์แปรปรวน (Covariance Matrix) ดังแสดงในสมการที่ (2) (Canty, Nielsen, Conradsen, & Skriver, 2020)

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

โดย S_{vv} คือ ค่าแอมพลิจูดในแกนแนวตั้งสำหรับการส่งและรับค่า (Complex Scattering Amplitude for Vertically Polarized Emission) และ S_{vh} คือ ค่าแอมพลิจูดในแกนแนวตั้งและแนวนอนสำหรับการส่งและรับค่า (Complex Scattering Amplitude for the Vertical Emission Horizontal Reception)

สำหรับการพิจารณาค่าความเป็นไปได้ (Probability) นั้น ค่า $-2 \ln Q$ จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าสังเกตการณ์ z ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความเป็นไปได้ในเทอมของค่าทางสถิติการทดสอบของค่า Q (Test Statistic of Q) ได้จากสมการที่ (3) (Canty, Nielsen, Conradsen, & Skriver, 2020)

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

โดย $\Pr_{x^2, f}(z)$ คือ ค่าความเป็นไปได้จากการแจกแจงแบบ Chi-Square ด้วยค่า f คือ ค่าระดับอิสระ (Degrees of Freedom) โดย $f=2(k-1)$ ซึ่ง k คือ จำนวนที่สังเกต (Observation) และ z คือ ค่าทางสถิติที่สังเกตการณ์ได้ (Observed Statistics) ในช่วงเวลาที่กำหนด

ซึ่งค่าทางสถิติการทดสอบ (Q) ในวิธีการทดสอบ Omnibus Test สามารถถูกนำมาเขียนในรูปแบบลำดับของการทดสอบทางสถิติ (Sequence of Test Statistics: R_j) ดังแสดงในสมการที่ (4) (Canty, Nielsen, Conradsen, & Skriver, 2020)

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

โดย R_j^l คือค่าทางสถิติในรูปแบบลำดับ ซึ่ง $l = 1 \dots k-1$ และ $j = l+1 \dots k$ ซึ่งหาได้จากสมการที่ (5) (Canty, Nielsen, Conradsen, & Skriver, 2020)

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

ดังนั้น ค่าความเป็นไปได้ในเทอมของ R_j สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6) (Canty, Nielsen, Conradsen, & Skriver, 2020)

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

ตัวอย่าง การพิจารณาในกรณี $k = 5$ (จำนวน 5 รูปภาพ) สามารถทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงได้จากการพิจารณาเริ่มจากทีละแถวและทดสอบค่าตามคอลัมน์ดังแสดงในภาพที่ 4

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

ภาพที่ 4 ตัวอย่าง การพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงในกรณี $k = 5$ (จำนวน 5 รูปภาพ)

วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ได้นำแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection Technique) ด้วยวิธีการทดสอบ Omnibus Test

เพื่อวิเคราะห์และประเมินผลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR สำหรับการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทางทหาร โดยในภาพที่ 5 ได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาในภาพรวม ซึ่งได้ใช้แพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) ผ่านการเขียนโค้ดคำสั่งด้วยภาษา Python และ JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากฐานข้อมูลนำมาวิเคราะห์และประมวลผลมีขั้นตอนหลักด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดพื้นที่ที่ศึกษาและช่วงเวลาของข้อมูลเพื่อการดาวน์โหลดจากฐานข้อมูลโดยผ่านโปรแกรมภาษา Python ใน Google Colab 2) การเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลในแบบอัตโนมัติตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาโดยผ่านโปรแกรมภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์ม GEE CODE และ 3) การนำผลลัพธ์ของค่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แสดงในแดชบอร์ด (Dashboard) และแสดงในรูปแบบออนไลน์โดยผ่านเครื่องมือ GEE APP



ภาพที่ 5 แผนผังของวิธีการดำเนินการศึกษา

ผลการศึกษา

1. พื้นที่ค่ายทหาร Military Base in Klinty

พื้นที่ค่ายทหาร เมือง Klinty ตั้งอยู่ทางตะวันตกของประเทศรัสเซีย ซึ่งอยู่ห่างจากแนวชายแดนของยูเครนทางตอนเหนือ 46 กิโลเมตร (ภาพที่ 2) ในภาพที่ 6 ได้แสดงผลการศึกษาโดยชี้ให้เห็นถึงตำแหน่งของการเคลื่อนไหวในพื้นที่ค่ายทหาร Klinty ซึ่งพื้นที่ที่ได้แสดงเป็นสีเหลือง เขียว และฟ้าอ่อน หมายถึง ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง จากผลการศึกษาและข้อมูลภาพในแผนที่สันนิษฐานได้ว่าพื้นที่ที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยครั้งในพื้นที่ค่ายทหาร Klinty นั้น อาจจะเป็นพื้นที่อาคารคลังกระสุนและยุทโธปกรณ์

จากแผนภูมิในภาพที่ 6 ได้แสดงให้เห็นถึงความถี่ของความเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลาในพื้นที่ค่ายทหาร Klinty โดยจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในช่วงต้นปีและปลายปี พ.ศ.2564 มีความเคลื่อนไหวที่บ่อยครั้งในพื้นที่ค่ายทหารดังกล่าว ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเป็นช่วงเวลาของการเตรียมการสำหรับการเคลื่อนพลและยุทโธปกรณ์เพื่อการรุกรานประเทศยูเครน ซึ่งได้เกิดขึ้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565

2. พื้นที่การฝึก Pogonovo Training Area

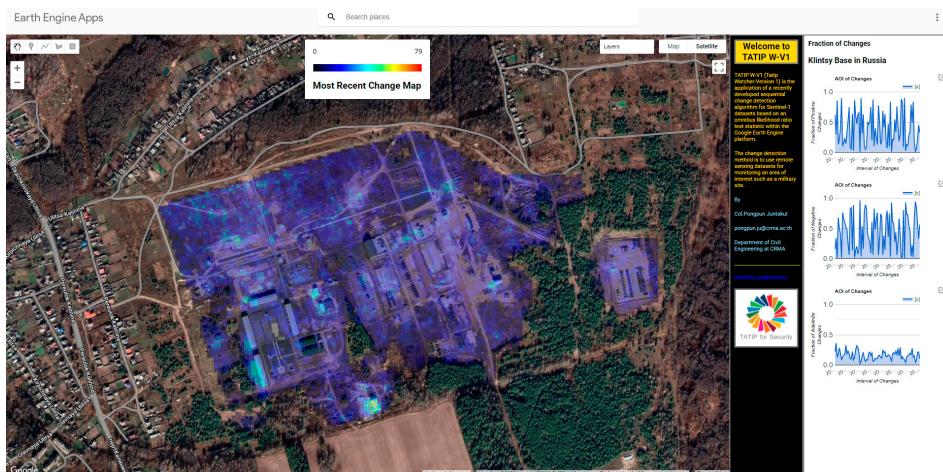
พื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo อยู่ทางทิศใต้ของเมือง Voronezh ในประเทศรัสเซีย (ภาพที่ 2) ซึ่งกองกำลังทหารของรัสเซียใช้พื้นที่ดังกล่าวในการซ้อมรบก่อนเริ่มการโจมตีประเทศยูเครน ในภาพที่ 7 ได้แสดงผลการศึกษาโดยชี้ให้เห็นถึงตำแหน่งของการเคลื่อนไหวในพื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo ซึ่งพื้นที่ที่ได้แสดงเป็นสีฟ้าอ่อน คือ ตำแหน่งที่มีความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในพื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo จากผลการศึกษาและข้อมูลภาพในแผนที่สันนิษฐานได้ว่าพื้นที่ที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยครั้งในพื้นที่การฝึกทางทหารดังกล่าวนี้เป็นพื้นที่รวมพลของยุทโธปกรณ์ทางทหารก่อนการฝึกและหลังการฝึก

จากแผนภูมิในภาพที่ 7 ได้แสดงให้เห็นถึงความถี่ของความเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลาในพื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo โดยจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในช่วงตลอดกลางปี พ.ศ.2563 และ พ.ศ.2564 ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่ามีการซ้อมรบเกิดขึ้นเพื่อเตรียมการทางทหารอย่างต่อเนื่องก่อนที่จะเริ่มภารกิจการโจมตีเข้ารุกรานยูเครนมากกว่า 1 ปี

3. พื้นที่การฝึก Opuk Training Area

พื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ตั้งอยู่ในโครเมีย ซึ่งอยู่ห่างจากแนวชายแดนของยูเครนประมาณ 60 กิโลเมตร (ภาพที่ 2) ในภาพที่ 8 ได้แสดงผลการศึกษาโดยชี้ให้เห็นตำแหน่งของความเคลื่อนไหวในพื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ซึ่งพื้นที่ที่ได้แสดงเป็นสีฟ้าอ่อน คือ ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยตำแหน่งของความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งนั้นมีการกระจายตัวในพื้นที่การฝึกและมีการเคลื่อนไหวที่ไม่บ่อยครั้งมากนัก จึงสันนิษฐานได้ว่าในพื้นที่การฝึกทางทหารดังกล่าวรัสเซียอาจจะไม่ได้ใช้เป็นพื้นที่การฝึกทางทหารและพื้นที่รวมพลและยุทโธปกรณ์หลัก สำหรับภารกิจการโจมตียูเครนของกองกำลังทหารรัสเซีย

จากแผนภูมิในภาพที่ 8 ได้แสดงให้เห็นถึงความถี่ของความเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลา โดยจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งมากในช่วงปี พ.ศ.2563 ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่ากองกำลังทหารรัสเซียได้มีการใช้พื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ในการเตรียมความพร้อม สะสมและเสริมกำลังทางทหารก่อนที่จะเริ่มภารกิจการโจมตีเข้ารุกรานยูเครนมากกว่า 1 ปี



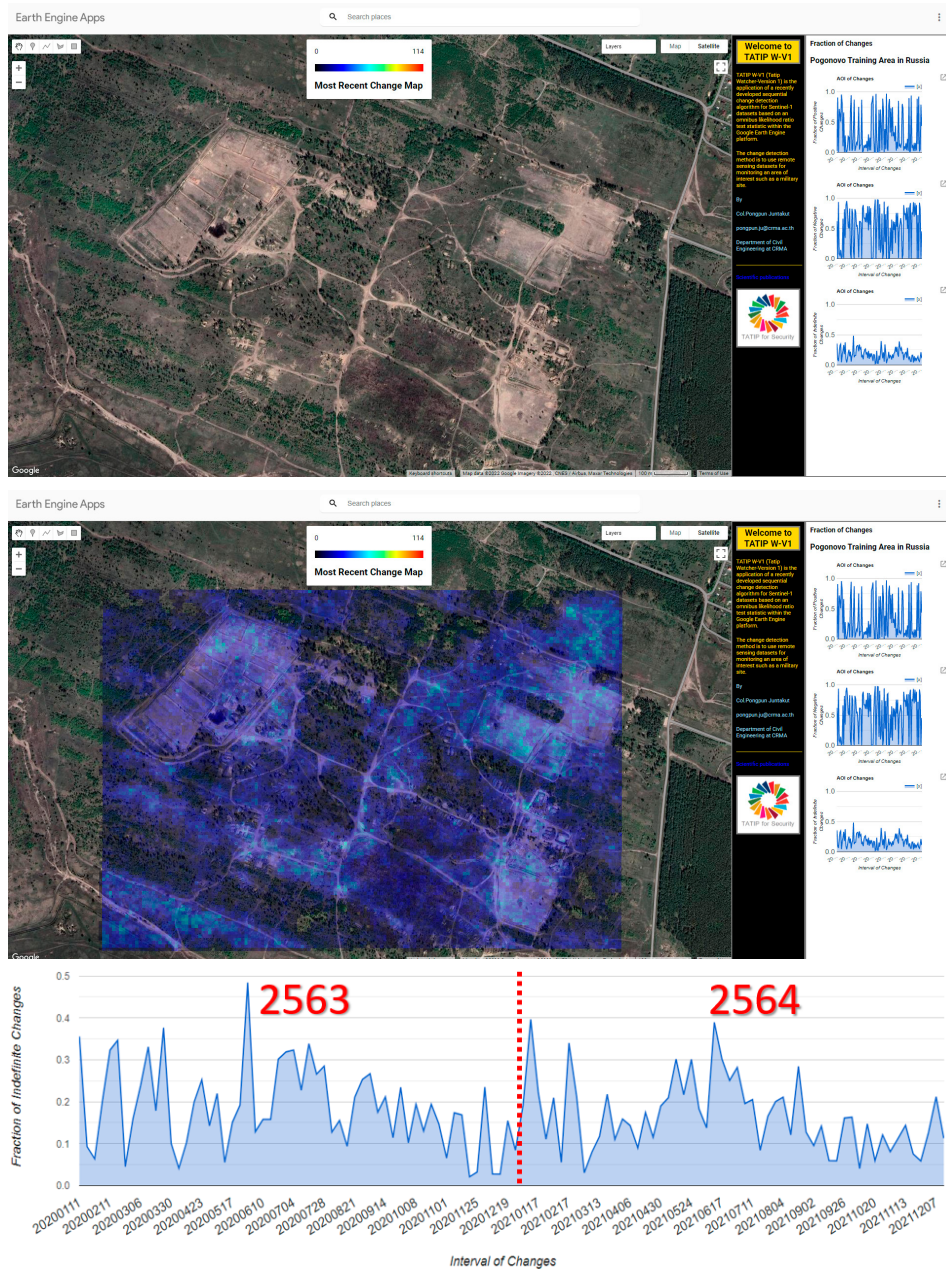
<https://juntakut37.users.earthengine.app/view/klintsy-military-base-in-russia>

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565
Volume 13 Issue 2 July - December 2022

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคตรวจจค้น

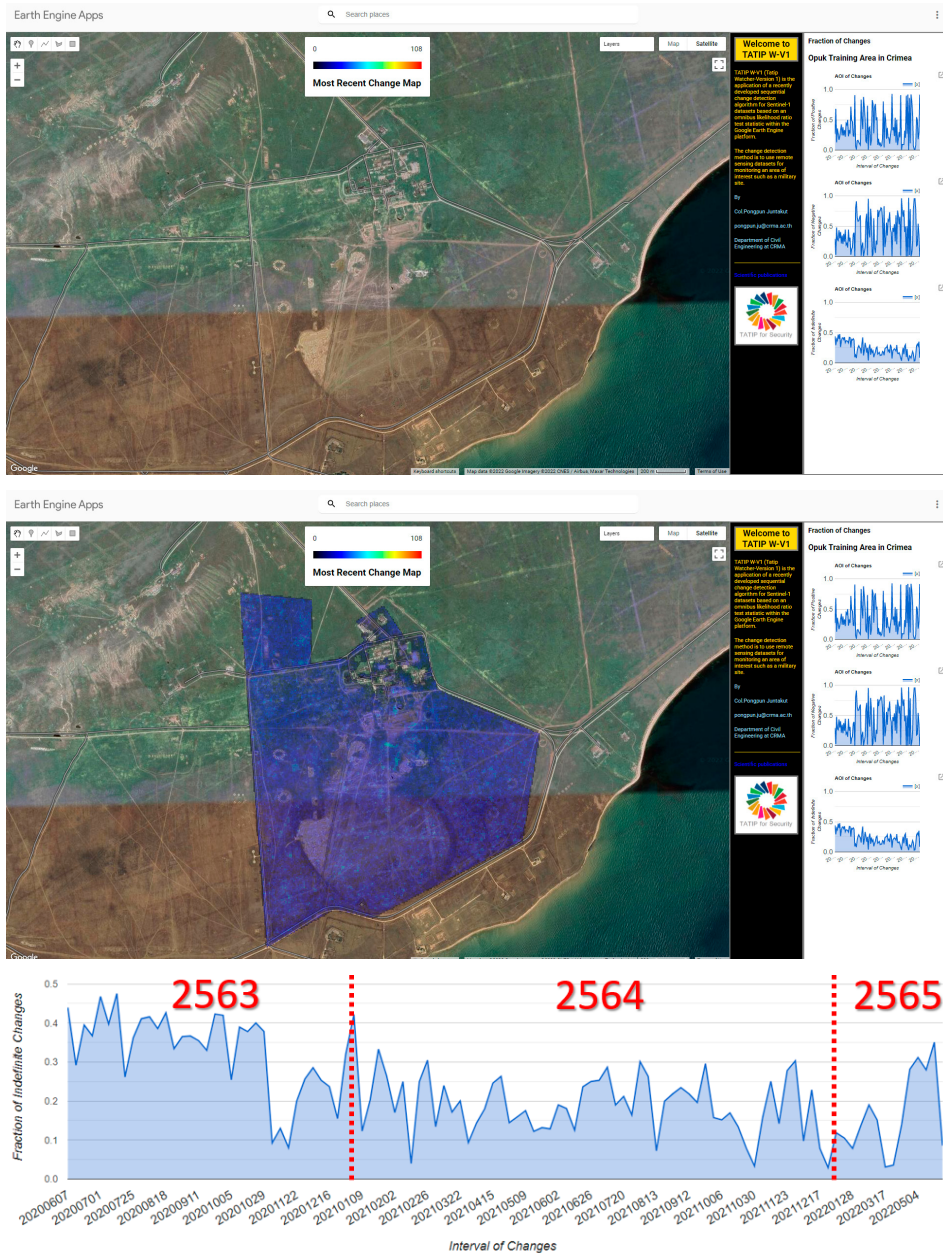
การเปลี่ยนแปลงบนภูมิสารสนเทศจีน กรณีศึกษา ความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารรัสเซียตามแนวชายแดนยูเครนและรัสเซีย

The Development of a Tool for Monitoring Troop Movement at Border using Satellite Image and Change Detection Technique on Google Earth Engine in Case Study of Russia's Troop Movement at Ukraine-Russia Border



<https://earthengine.app/view/pogonovo-training-area-in-russia>

ภาพที่ 7 ผลการศึกษา ณ พื้นที่ฝึกทางทหาร Pogonovo ในประเทศรัสเซีย ระหว่างวันที่ 11 มกราคม พ.ศ.2563 ถึงวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ.2564 และบาร์โค้ดเพื่อสแกนเข้าแอปพลิเคชันออนไลน์



<https://ui.adsabs.org/earthengine/app/view/opuk-training-area-in-crimea>

ภาพที่ 8 ผลการศึกษา ณ พื้นที่ฝึกทางทหาร Opuk ในประเทศรัสเซีย ระหว่างวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2563 ถึงวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ.2565 และบาร์โค้ดเพื่อสแกนเข้าแอปพลิเคชันออนไลน์

สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาโดยการวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image) ด้วยเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection Technique) และโค้ดภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) ในกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine) สามารถนำมาช่วยสนับสนุนใช้เป็นข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นในการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดนได้ โดยการศึกษานี้ได้วิเคราะห์และประมวลผลความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารรัสเซียตามแนวชายแดนยูเครนและรัสเซีย ได้แก่ 1) พื้นที่ค่ายทหาร Klinty 2) พื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo และ 3) พื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk (ภาพที่ 2) ในระหว่างปี พ.ศ.2562-2564 ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ใช้เป็นพื้นที่กรณีศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ทางทิศใต้ของพื้นที่ค่ายทหาร Klinty มีความเคลื่อนไหวบ่อยครั้งมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ ในพื้นที่ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีความสำคัญทางยุทธวิธีและอาจจะเป็นอาคารคลังกระสุนและยุทโธปกรณ์ได้ ซึ่งสามารถนำมาประกอบการวางแผนในทางยุทธวิธีทางทหารสำหรับการเข้าโจมตีได้ต่อไป (ภาพที่ 6) สำหรับพื้นที่การฝึกทางทหาร Pogonovo ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงตำแหน่งพื้นที่ที่มีความเคลื่อนไหวบ่อยครั้ง ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าตำแหน่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่รวมพลของยุทโธปกรณ์ทางทหารก่อนการฝึกและหลังการฝึก โดยสามารถพิจารณาได้ว่าพื้นที่การฝึกนี้มีความสำคัญต่อกองกำลังทหารของรัสเซียเพื่อการเข้ารุกรานยูเครน และสามารถนำมาพิจารณาถึงเส้นทางการเคลื่อนพล การเข้ารุกรานของกองกำลังรัสเซียได้ต่อไป (ภาพที่ 7) สำหรับพื้นที่การฝึกทางทหาร Opuk ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า มีการกระจายตัวของตำแหน่งของความเคลื่อนไหวในพื้นที่ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าพื้นที่การฝึก Opuk รัสเซียไม่ได้นำมาใช้เป็นพื้นที่การฝึกทางทหารและพื้นที่รวมพลของยุทโธปกรณ์หลัก ในการซ้อมรบสำหรับภารกิจการโจมตียูเครนของกองกำลังทหารรัสเซีย และสามารถนำข้อมูลที่ได้นำมาประกอบการพิจารณาถึงเส้นทางการเคลื่อนพลของกองกำลังทหารของรัสเซียได้ (ภาพที่ 8)

ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อพิจารณาความเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลาในพื้นที่กรณีศึกษาทั้งสามพื้นที่ ผลการศึกษาพบว่า กองกำลังทหารรัสเซียมีความเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง มีการเสริมกองกำลังทหารและการซ้อมรบก่อนหน้าประมาณ 1-2 ปี ก่อนเริ่มการรุกรานประเทศยูเครนอย่างเต็มรูปแบบเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงเครื่องมือและวิธีการทางเทคนิคที่ได้นำมาใช้ในการศึกษานี้สามารถเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถบอกถึงข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นในการระบุถึงตำแหน่งและช่วงเวลาความถี่ของความเคลื่อนไหวทางทหารได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาเป็นเพียงข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นเพื่อที่จะนำมาช่วยสนับสนุนและใช้ประกอบในการตัดสินใจสำหรับการวางแผนในการกิจต่าง ๆ เท่านั้น

ดังนั้น การศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางและวิธีการหนึ่งในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ให้เป็นเครื่องมือเพื่อการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารในพื้นที่ตามแนวชายแดนของประเทศไทย และสนับสนุนภารกิจทางทหารอื่น ๆ ได้ต่อไปในอนาคต เช่น การเฝ้าระวังจากการสู้รบระหว่างกองกำลังทหารเมียนมาและชนกลุ่มน้อย การเฝ้าตรวจเส้นทางการลักลอบเข้าเมืองผิดกฎหมายและการลักลอบค้ายาเสพติดตามแนวชายแดนของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้ใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR ในฐานะข้อมูลของ Copernicus และกูเกิลเอิร์ธเอนจิน ซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ แต่ทว่าช่วงเวลาของชุดข้อมูลที่มีอยู่เพื่อนำมาวิเคราะห์ได้นั้น อาจจะไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน สำหรับแนวทางการพัฒนาของเครื่องมือและวิธีการทางเทคนิคจากการศึกษานี้คือให้สามารถนำมาใช้งานร่วมกับชุดข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และชุดข้อมูลภาพถ่ายของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2022). ข้อมูลขององค์กร. Retrieved March 21, 2022 from https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=1435&lang=TH
- Canty, M.J., Nielsen, A.A., Conradsen, K., & Skriver, H. (2020). Statistical Analysis of Changes in Sentinel-1 Time Series on the Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(1), 46.
- Conradsen, K., Nielsen, A.A., & Skriver, H. (2016). Determining the Points of Change in Time Series of Polarimetric SAR Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54(5), 3007-3024.
- Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt. (2022). Synthetic Aperture Radar (SAR). Retrieved March 21, 2022 from <https://www.dlr.de/content/en/articles/missions-projects/terrasar-x/synthetic-aperture-radar.html>
- Google Earth Engine. (2022). *A planetary-scale platform for Earth science data & analysis*. Retrieved March 21, 2022 from <https://earthengine.google.com>
- Jewers, C. & Stewart, W. (2022). Ukraine slams Germany for refusing to supply weapons to Kiev and summons German ambassador over comments made by naval chief calling Russian plans to invade 'inept'. *Mailonline*. Retrieved February 22, 2022 from <https://www.dailymail.co.uk/news/article-10430565/Ukraine-slams-Germany-refusing-supply-weapons-Kyiv-summons-German-ambassador.html>
- Otto Hydraulic Bremen. (2022). *SAR-Lupe*. Retrieved June 24, 2022 from <https://www.ohb-system.de/sar-lupe-english.html>
- Rutkowski, J., Canty, M.J., & Nielsen, A.A. (2018). Site Monitoring with Sentinel-1 Dual Polarization SAR Imagery Using Google Earth Engine. *Journal of Nuclear Materials Management*, 46(3), 48-59.
- The United Nations High Commissioner for Refugees. (2022). *Ukraine Refugee Situation*. Retrieved June 24, 2022 from <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>
- Thompson, M., Chernova, A., & Cotovio, V. (2022). *Russia faces financial meltdown as sanctions slam its economy*. Retrieved March 21, 2022 from <https://edition.cnn.com/2022/02/28/business/russia-ruble-banks-sanctions/index.html>
- Van Heyningen, J.C. (2018). *Rapid Disaster Response Building Damage Detection Using the Google Earth Engine* (Master's thesis). Delft University of Technology.
- Wikipedia. (2022). *เรดาร์รูรับแสงสังเคราะห์*. สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2565, จาก https://hmong.in.th/wiki/Synthetic-aperture_radar
- Zinet, N. & Vasovic, A. (2022). *Missile rain down around Ukraine*. Retrieved February 23, 2022 from <https://www.reuters.com/world/europe/putin-orders-military-operations-ukraine-demands-kyiv-forces-surrender-2022-02-24>