# ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1: การประยุกต์ใช้เทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงกับข้อมูลการรับรู้ระยะไกลระบบคลาวด์บนกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์มเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคง

# TATIP V.1: The Application of Change Detection Technique with Cloud-Based Remote Sensing on Google Earth Engine Platform for the Study of Security Section

**พันเอก พงศ์พันธุ์ จันทะคัต[1,*] พันโท พีรศักดิ์ เอี่ยมละออ[1] เยาวเรศ จันทะคัต[2] แอน กำภู ณ อยุธยา[3] และ จอมภัค จันทะคัต[4]**

*[1] กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จ.นครนายก*
*[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา*
*[3] สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ*
*[4] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จ.นครราชสีมา*
**Corresponding author; E-mail address: pongpun.ju@crma.ac.th*

## บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ความสามารถด้านวิศวกรรมโยธาเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคงเป็นเรื่องที่ท้าทายอย่างยิ่ง การศึกษานี้ได้นำเสนอ “ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1” ซึ่งเป็นเวปแอปพลิเคชั่นหนึ่งในการใช้เทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงกับข้อมูลการรับรู้ระยะไกลในระบบคลาวด์ของกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม เพื่อการเฝ้าติดตามพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อความมั่นคง โดยการศึกษานี้ได้เลือกภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR บนพื้นที่ฐานทัพเรือเรียม, สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ ประเทศกัมพูชา, สนามบินมิทาห์ลุท ประเทศเมียนมา, และสนามบินดอนเมือง ประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2562 ถึง 2565 นำมาใช้วิเคราะห์เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาของความถี่ของการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษา โดยฐานทัพเรือเรียมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับสนามบินสีหนุวิลล์ โดยเฉพาะในช่วงปลายปี พ.ศ. 2563 สำหรับสนามบินมิทาห์ลุทมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งอย่างชัดเจนในช่วงของเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนในแต่ละปี และสนามบินดอนเมืองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2563 สำหรับการประเมินความถูกต้องของการศึกษานี้ใช้การเปรียบเทียบกับข่าวสารช่วงเวลาจริงที่ออกสื่อสาธารณะ ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ ดังนั้นการศึกษานี้ (ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1) สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางและเครื่องมือหนึ่งเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคงในด้านต่าง ๆ สำหรับการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ เช่น ความมั่นคงทางทรัพยากรธรรมชาติ ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ความมั่นคงทางทหาร เป็นต้น

คำสำคัญ: ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1, เทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง, ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล, กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม, ด้านความมั่นคง

## Abstract

The application of civil engineering proficiency for the study of security section is quite a challenge. The study presents the “TATIP V.1”, which is a web application using change detection techniques with cloud-based remote sensing on Google Earth Engine platform for monitoring a significant site of the security. This study selects the satellite images of Sentinel-1 SAR on the areas of the Ream Naval Base (RNB), the Sihanoukville International Airport (SIA) in Cambodia, the Me Tha Lut Airport (MTLA) in Myanmar, and the Don Mueang International Airport (DMIA) in Thailand during the years 2019-2022, are analyzed as case studies. The results of the study show the time-period frequency of changing in the study areas. The RNB has a constant change as well as the SIA, especially at the end of the year 2020. For the MTLA, there is clearly a frequent change in October to November in each year and the DMIA has a frequent change at the beginning of September 2020. The accuracy assessment of this study uses the comparison with true public news. It is found that there is corresponding with the results of the study. Thus, this study (TATIP V.1) can be used as a guideline and tool for the study of security sections to monitor the change of areas such as the security of natural resources, economic, military etc.

Keywords: TATIP V.1, Change Detection Technique, Remote Sensing, Google Earth Engine Platform, Security Section

## 1. คำนำ

จากสถานการณ์ในปัจจุบันการป้องกันรักษาและการเสริมสร้างความมั่นคงของประเทศเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่ง อันเนื่องมาจากภัยคุกคามที่เกิดขึ้นมีทั้งจากภายในและภายนอกประเทศ และในรูปแบบใหม่ๆ รวมถึงภัยทางธรรมชาติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) โดยประเทศไทยได้มีแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) [1] ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยยุทธศาสตร์ชาติ 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความมั่นคง ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

สำหรับยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคงนั้น ได้กำหนดขึ้นโดยมีเป้าหมายการพัฒนา กล่าวคือ “ประเทศชาติมั่นคง ประชาชนมีความสุข เน้นการบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย เอกราช อธิปไตย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับชาติ สังคม ชุมชน มุ่งเน้นการพัฒนาคน เครื่องมือ เทคโนโลยี และระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้มีความพร้อมสามารถรับมือกับภัยคุกคามและภัยพิบัติได้ทุกรูปแบบ และทุกระดับความรุนแรง ควบคู่ไปกับการป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านความมั่นคงที่มีอยู่ในปัจจุบัน และที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้กลไกการแก้ไขปัญหาแบบบูรณาการทั้งกับส่วนราชการ ภาคเอกชน ประชาสังคม และองค์กรที่ไม่ใช่รัฐ รวมถึงประเทศเพื่อนบ้านและมิตรประเทศทั่วโลกบนพื้นฐานของหลักธรรมาภิบาล” [1]

การประยุกต์ใช้ความสามารถด้านวิศวกรรมโยธาเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคงเป็นเรื่องที่ท้าทายเป็นอย่างยิ่ง ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system) และการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) ในปัจจุบัน ได้มีการนำเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (change detection) มาใช้งานร่วมกับข้อมูลการรับรู้ระยะไกลหรือภาพถ่ายดาวเทียม (satellite image) เพื่อการศึกษาด้านความมั่นคง ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลด้วยเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง เช่น Joshua R. และคณะ [2] ได้ทำการวิเคราะห์เฝ้าตรวจการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สนามบินทางทหารขององค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือหรือนาโต้ (The North Atlantic Treaty Organization: NATO) ณ เมืองไกล์เลนเคียร์เชิน (Geilenkirchen) ประเทศเยอรมนี ซึ่งแสดงให้เห็นการเคลื่อนไหวของเครื่องบินรบในแต่ละช่วงเวลาบนสนามบินทางทหารของนาโต้ และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เหมืองแร่ยูเรเนียมบริเวณแม่น้ำ McArthur และบทความของ พงศ์พันธุ์และเยาวเรศ (2565) [3] ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาเครื่องมือเพื่อการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงบนกูเกิลเอิร์ธเอนจิน และยังมีงานวิทยานิพนธ์ของ Van Heyningen ณ มหาวิทยาลัย Delft University of Technology (TU Delft) ประเทศเนเธอร์แลนด์ [4] ได้ใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR เพื่อการประเมินความเสียหายและค้นหาตำแหน่งของอาคารถล่มภายหลังจากการโจมตีทางอากาศบนพื้นที่เมือง East-Ghouta ประเทศซีเรีย และเพื่อสามารถเข้าช่วยเหลือประชาชนที่ติดอยู่ในซากอาคารภายหลังจากการถูกโจมตีทิ้งระเบิดได้ แต่อย่างไรก็ตามจากตัวอย่างงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมายังไม่มีการนำมาวิเคราะห์ผลและใช้ประโยชน์อย่างจริงจังสำหรับการศึกษาทางด้านความมั่นคง เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและเป็นข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นในการวางแผนและเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ 1) การนำชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลหรือภาพถ่ายดาวเทียมนำมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคง ผ่านระบบคลาวด์บนกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (google earth engine platform) และ 2) การพัฒนาแอพพิเคชั่น (application) “ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1 (TATIP V.1)” เพื่อการศึกษาและถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาด้านความมั่นคง เช่น โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จ.นครนายก เป็นต้น และเพื่อสามารถนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์เป็นเครื่องมือหนึ่งในการสนับสนุนงานด้านความมั่นคงของประเทศได้ต่อไป

## 2. การดำเนินการศึกษา

### *2.1 พื้นที่ศึกษา*

การศึกษานี้มุ่งเน้นการเฝ้าติดตามพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา โดยการศึกษานี้ได้เลือกภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR บนพื้นที่ฐานทัพเรือเรียม, สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ ประเทศกัมพูชา, สนามบินมิทาห์ลุท ประเทศเมียนมา, และสนามบินดอนเมือง ประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2562 ถึง 2565 นำมาใช้วิเคราะห์เป็นกรณีศึกษา ในรูปที่ 1 ได้แสดงถึงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในการศึกษานี้

**รูปที่ 1** พื้นที่ศึกษาฐานทัพเรือเรียม, สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ ประเทศกัมพูชา, สนามบินมิทาห์ลุท ประเทศเมียนมา, และสนามบินดอนเมือง ประเทศไทย (ดัดแปลงรูปจาก: https://www.thaipost.net/columnist-people/33665/)

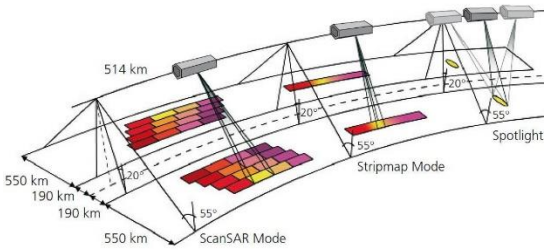
ทั้งสี่พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงด้านทางเศรษฐกิจและทางทหาร โดยฐานทัพเรือเรียมได้มีการเริ่มโครงการปรับปรุงอย่างเป็นทางการด้วยความช่วยเหลือจากประเทศจีน เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ.2565 ซึ่งเมื่อแล้วเสร็จจะช่วยส่งเสริมขีดความสามารถของกองทัพกัมพูชาในการปกป้องอธิปไตยของประเทศกัมพูชา [5] สำหรับสนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ เป็นท่าอากาศยานนานาชาติที่ใหญ่เป็นอันดับที่สามของกัมพูชาอยู่ในจังหวัดพระสีหนุ ก่อสร้างตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 มีจำนวนผู้โดยสารประมาณ 157,000 คนต่อปี และจำนวนเที่ยวบิน 2,700 เที่ยวบิน [6] สนามบินมิทาห์ลุทในประเทศเมียนมาเป็นสนามบินขนาดเล็กใกล้พื้นที่แนวชายแดนไทย-เมียนมา บริเวณริมแม่น้ำสาละวินซึ่งอยู่ในพื้นที่รัฐกะเหรี่ยงอยู่ตรงข้ามกับอำเภอแม่สะเรียงและอำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นพื้นที่ที่การสู้รบระหว่างกองทัพเมียนมาและสหภาพแห่งชาติกะเหรี่ยง จากการสู้รบดังกล่าวได้มีเครื่องบินรบของกองทัพเมียนมาได้รุกล้ำชายแดนไทยในบริเวณพื้นที่ศึกษาบ่อยครั้ง [7] และสนามบินดอนเมืองเป็นท่าอากาศยานที่ตั้งอยู่บนถนนวิภาวดีรังสิต เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร สนามบินดอนเมืองได้เปิดดำเนินการครั้งแรกเมื่อ 27 มีนาคม พ.ศ.2457 และปิดทำการเมื่อ 28 กันยายน พ.ศ. 2549 แต่เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2555 ได้กลับมาเปิดให้บริการอีกครั้งในฐานะท่าอากาศยานนานาชาติแห่งที่ 2 โดยมีจำนวนผู้โดยสารทั้งหมดประมาณ 40,000,000 คนต่อปี และมีจำนวนเที่ยวบินประมาณ 250,000 เที่ยวบิน [8]

### *2.2 เครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง*

#### *2.2.1 ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image)*

ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยระบบเรดาร์รูรับแสงสังเคราะห์ (Synthetic Aperture Radar: SAR) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นเครื่องมือในการสร้างรูปภาพของภูมิประเทศ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายรูปที่ทำการถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูปจากอากาศสู่พื้น [9] โดยระบบเรดาร์ SAR นั้นจะมีลักษณะแบบแอคทีฟคือจะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเอง ซึ่งข้อดีที่สำคัญของระบบเรดาร์ SAR คือสามารถทำงานได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเองจึงไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่างอื่นเพื่อการถ่ายภาพ [9]

โดยทั่วไปหลักการทำงานของระบบเรดาร์ SAR จะอาศัยการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มและการประมวลผลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมาในการสร้างรูรับแสงสังเคราะห์ (synthetic aperture) ซึ่งความยาวของรูรับแสงสังเคราะห์นี้จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่เป้าหมายจะโดนฉายด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ของสายอากาศที่ใช้งาน ในระหว่างการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มระบบเรดาร์ SAR จะทำการส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลงมากระทบกับพื้นผิวด้านล่าง และทำการบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมายังสายอากาศของระบบเรดาร์ ตลอดแนวทางการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม โดยรูปแบบของโหมดการทำงานจะมีหลายรูปแบบในระบบเรดาร์ SAR ตัวอย่างเช่น ScanSAR Mode, Stripmap Mode และ Spotlight เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2




**รูปที่ 2** โหมดการทำงานของระบบเรดาร์ SAR [10]

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีระบบเรดาร์ SAR ปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยทีมงานวิจัยและหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนั้น หน่วยงานที่ดำเนินงานเกี่ยวข้องกับระบบเรดาร์ SAR โดยตรงคือ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: GISTDA) [11] ซึ่งได้จัดให้มีการให้บริการเกี่ยวกับระบบข้อมูลดาวเทียมทั้งเพื่องานวิจัยและการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านภัยพิบัติ ด้านการเกษตรกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น แต่ทว่ายังไม่มีการนำเอาเทคโนโลยีระบบเรดาร์ SAR และชุดข้อมูลมาใช้ในงานทางทหารอย่างเด่นชัดในประเทศไทย

#### *2.2.2 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 [12]

#### *2.2.3 เทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection Technique)*

สำหรับการศึกษานี้ได้นำเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการทดสอบ Omnibus Test มาใช้วิเคราะห์ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR เพื่อการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ถูกนำเสนอโดย Conradsen และคณะ [13] โดยวิธี Omnibus Test ใช้หลักการ The Complex Wishart Distribution ซึ่งพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์เมทริกซ์

Covariance และค่า Equivalent Number of Looks (ENL) ซึ่งมีรูปแบบของการทดสอบดังแสดงในสมการที่ (1) [14]

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

โดย Q คือค่าทางสถิติการทดสอบของสัดส่วนความเป็นไปได้ (Likelihood Ratio Test Statistic) n คือค่าตัวเลขเทียบเท่า (Equivalent Number) p คือจำนวนมิติ (Dimensionality) k คือจำนวนที่สังเกต (Observation) $X_i$ คือค่าที่คำนวณได้จาก n*C เมื่อ C คือค่าพารามิเตอร์เมทริกซ์แปรปรวน (Covariance Matrix) ดังแสดงในสมการที่ (2) [14]

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

โดย $S_{vv}$ คือค่าแอมพลิจูดในแกนแนวตั้งสำหรับการส่งและรับค่า (Complex Scattering Amplitude for Vertically Polarized Emission) และ $S_{vh}$ คือค่าแอมพลิจูดในแกนแนวตั้งและแนวนอนสำหรับการส่งและรับค่า (Complex Scattering Amplitude for the Vertical Emission Horizontal Reception)

สำหรับการพิจารณาค่าความเป็นไปได้ (Probability) นั้น ค่า -2lnQ จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าสังเกตการณ์ z ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความเป็นไปได้ในเทอมของค่าทางสถิติการทดสอบของค่า Q (Test Statistic of Q) ได้จากสมการที่ (3) [14]

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

โดย $\mathbf{P_{x^2,f}(z)}$ คือค่าความเป็นไปได้จากการแจกแจงแบบ Chi-Square ด้วยค่า f คือค่าระดับอิสระ (Degrees of Freedom) โดย f=2(k-1) ซึ่ง k คือจำนวนที่สังเกต (Observation) และ z คือค่าทางสถิติที่สังเกตการณ์ได้ (Observed Statistics) ในช่วงเวลาที่กำหนด

ซึ่งค่าทางสถิติการทดสอบ (Q) ในวิธีการทดสอบ Omnibus Test สามารถถูกนำมาเขียนในรูปแบบลำดับของการทดสอบทางสถิติ (Sequence of Test Statistics: $R_j$) ดังแสดงในสมการที่ (4) [14]

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

โดย $R_j^l$ คือค่าทางสถิติในรูปแบบลำดับ ซึ่ง l = 1...k-1 และ j = l+1...k ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ (5) [14]

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

ดังนั้นค่าความเป็นไปได้ในเทอมของ $R_j$ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6) [14]

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

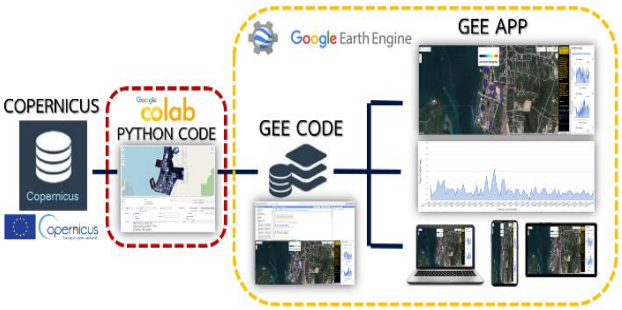
ตัวอย่างการพิจารณาในกรณี k = 5 (จำนวน 5 รูปภาพ) สามารถทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงได้จากการพิจารณาเริ่มจากทีละแถวและทดสอบค่าตามคอลัมน์ ดังแสดงในรูปที่ 3

| $l/j$ | 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 3** ตัวอย่างการพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลง ในกรณี k = 5 (จำนวน 5 รูปภาพ)

### *2.3 วิธีการดำเนินการศึกษา*

การศึกษานี้ได้นำแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลง (Change Detection Technique) ด้วยวิธีการทดสอบ Omnibus Test เพื่อวิเคราะห์และประเมินผลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR สำหรับการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษา โดยในรูปที่ 4 ได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาในภาพรวม ซึ่งได้ใช้แพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) ผ่านการเขียนโค้ดคำสั่งด้วยภาษา Python และ JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากฐานข้อมูลนำมาวิเคราะห์และประมวลผล มีขั้นตอนหลักด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดพื้นที่ที่ศึกษาและช่วงเวลาของข้อมูลเพื่อการดาวน์โหลดจากฐานข้อมูลโดยผ่านโปรแกรมภาษา Python ใน Google Colab 2) การเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลในแบบอัตโนมัติตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาโดยผ่านโปรแกรมภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์ม GEE CODE และ 3) การนำผลลัพธ์ของค่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แสดงในเดรชบอร์ด (Dashboard) และแสดงในรูปแบบออนไลน์โดยผ่านเครื่องมือ GEE APP



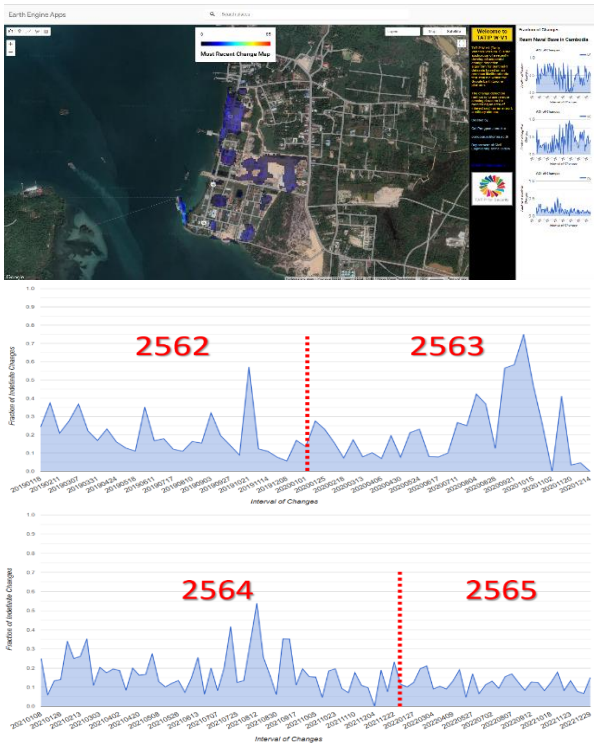

**รูปที่ 4** แผนผังของวิธีการดำเนินการศึกษา

## 3. ผลการศึกษา

### *3.1 พื้นที่ฐานทัพเรือเรียม ประเทศกัมพูชา*

ผลการศึกษานี้ได้แสดงค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (fraction of change) ในแนวแกน y กับช่วงเวลาต่างๆ ของการเปลี่ยนแปลง (interval of change) ในแนวแกน x ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ฐานทัพเรือเรียมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วงปลายปี พ.ศ.2563 และกลางปี

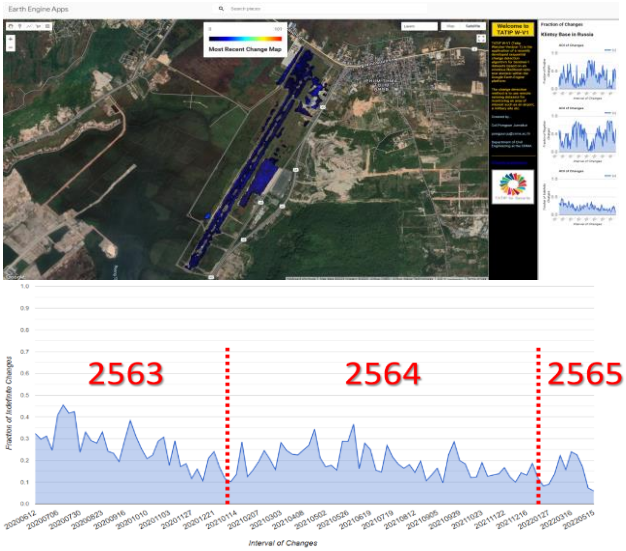
พ.ศ.2564 แต่ทว่าได้มีการประชาสัมพันธ์ในสื่อทางสาธารณะว่ามีการเริ่มโครงการปรับปรุงอย่างเป็นทางการเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ว่ามีการเริ่มการก่อสร้างปรับปรุงฐานทัพเรือเรียมมาแล้วก่อนหน้า ก่อนการประชาสัมพันธ์ออกสื่อทางสาธารณะในปี พ.ศ.2565 ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกับข่าวสารด้านความมั่นคงในข่าวสารผ่านทาง The Intelligence (https://intsharing.co/archives/16284) ที่ได้รายงานข่าวว่าประเทศกัมพูชาเริ่มก่อสร้างโครงการปรับปรุงฐานทัพเรือเรียมอย่างเป็นทางการด้วยความช่วยเหลือจากประเทศจีน




**รูปที่ 5** พื้นที่ฐานทัพเรือเรียม ประเทศกัมพูชา

*3.2 พื้นที่สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ ประเทศกัมพูชา*

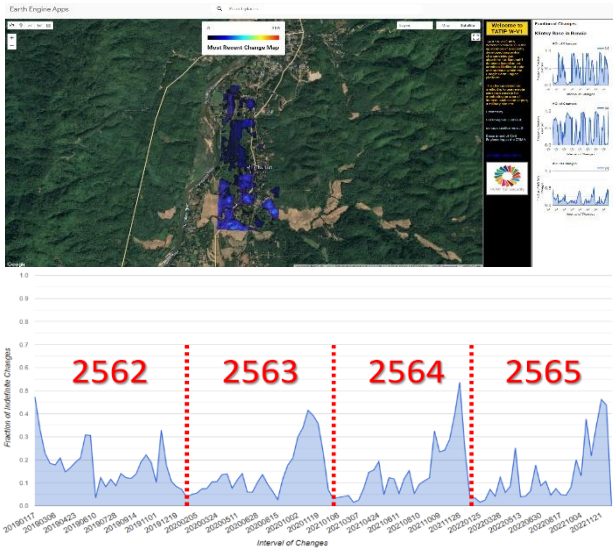
ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับฐานทัพเรือเรียม โดยเฉพาะในช่วงปลายปี พ.ศ.2563 ซึ่งในปี พ.ศ.2564 และ 2565 มีการเปลี่ยนแปลงหรือความเคลื่อนไหวที่น้อยกว่าปี พ.ศ.2563 นั้น มีความเป็นไปได้ว่าอันเนื่องมาจากเหตุการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกับข่าวสารผ่านสื่อทางช่องข่าว ThaiPBS (https://www.thaipbs.or.th/news/content/324468) ที่ได้รายงานข่าวว่าโควิด-19 เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การก่อสร้างโครงการต่างๆ ในสีหนุวิลล์หยุดชะงักพักการลงทุนการก่อสร้างชั่วคราว




**รูปที่ 6** พื้นที่สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ ประเทศกัมพูชา

*3.3 พื้นที่สนามบินมิทาห์ลุท ประเทศเมียนมา*

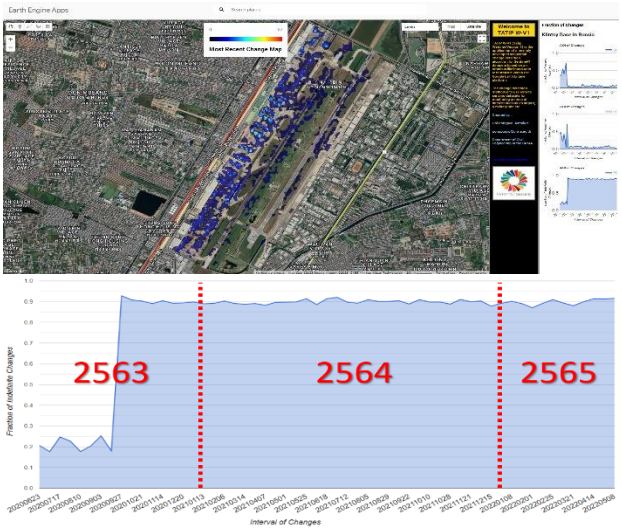
ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สนามบินมิทาห์ลุทซึ่งอยู่ใกล้แนวชายแดนไทยและเมียนมา มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งอย่างชัดเจนในช่วงปลายปีของเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนในแต่ละปี จากผลการศึกษานี้สันนิษฐานได้ว่าการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งในช่วงปลายปีที่เกิดขึ้นนั้น มีความเป็นไปได้ว่าเกิดจากการทำการเกษตรในพื้นที่บริเวณใกล้กับสนามบินมิทาห์ลุทหรืออาจเกิดจากการใช้พื้นที่ดังกล่าวสำหรับภารกิจทางทหาร ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข่าวสารที่มีการรายงานข่าวผ่านสื่อสาธารณะในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2565 ที่ผ่านมาทาง Transborder news (https://transbordernews.in.th/home/?p=31952) นั้น ว่ามีเครื่องบินรบเมียนมาปฏิบัติการบินเฉียดแดนไทยเพื่อทิ้งระเบิดริมแม่น้ำสาละวิน แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาในพื้นที่ศึกษามีความสอดคล้องของการเปลี่ยนแปลงกับข่าวสารในช่วงเวลาดังกล่าว




**รูปที่ 7** พื้นที่สนามบินมิทาห์ลุท ประเทศเมียนมา

*3.4 พื้นที่สนามบินดอนเมือง ประเทศไทย*

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สนามบินดอนเมืองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกันยายนของปี พ.ศ. 2563 ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด ที่ส่งผลทำให้สนามบินต่างๆ รวมถึงสนามบินดอนเมืองปิดทำการและเปิดการใช้งานอีกครั้งภายหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิดน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 8 เมื่อนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับข่าวสารผ่านสื่อทางช่องข่าว Amarin (https://www.amarintv.com/news/detail/29081) ที่ได้รายงานข่าวว่าสนามบินดอนเมืองกลับมาเปิดให้บริการเที่ยวบินภายในประเทศเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ.2563 เป็นวันแรก หลังหยุดให้บริการชั่วคราวจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 นั้น จะเห็นได้ว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกับข่าวสารดังกล่าว

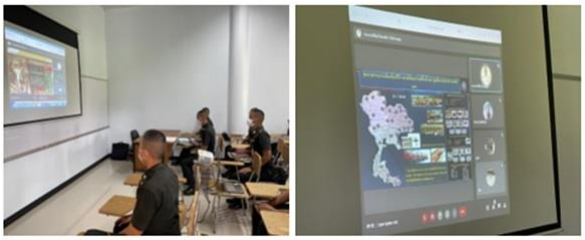



**รูปที่ 8** พื้นที่สนามบินดอนเมือง ประเทศไทย

ผลการศึกษาทั้งสี่พื้นที่ศึกษาในข้อที่ 3.1, 3.2, 3.3 และ 3.4 ได้แสดงไว้ในรูปแบบออนไลน์ผ่านทาง Google Earth Engine App ภายใต้ชื่อโครงการ “ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1 (TATIP V.1)” เพื่อการศึกษาด้านความมั่นคง ซึ่งสามารถเข้าแอปพลิเคชันได้โดยสแกนบนบาร์โค้ดในรูปที่ 9 และในรูปที่ 10 แสดงการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยแอปพลิเคชัน “ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1” ผ่านการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาด้านความมั่นคง ณ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จ.นครนายก

(3.1) (3.2) (3.3) (3.4)

**รูปที่ 9** ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1 (TATIP V.1)



**รูปที่ 10** การถ่ายทอดองค์ความรู้ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1 (TATIP V.1) ผ่านการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาด้านความมั่นคง

## 4. บทสรุป

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการนำชุดข้อมูลการรับรู้ระยะไกลหรือภาพถ่ายดาวเทียมนำมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเทคนิคการตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคง ผ่านระบบคลาวด์บนกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (google earth engine platform) และการพัฒนาแอพพิเคชั่น (application) “ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1 (TATIP V.1)” เพื่อการศึกษาและถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาด้านความมั่นคง โดยการศึกษานี้เลือกภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR บนพื้นที่ฐานทัพเรือเรียม, สนามบินนานาชาติสีหนุวิลล์ ประเทศกัมพูชา, สนามบินมิทาห์ลุท ประเทศเมียนมา, และสนามบินดอนเมือง ประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2562 ถึง 2565 นำมาใช้วิเคราะห์เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาของความถี่ของการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษา โดยฐานทัพเรือเรียมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับสนามบินสีหนุวิลล์โดยเฉพาะในช่วงปลายปี พ.ศ. 2563 สำหรับสนามบินมิทาห์ลุทมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งอย่างชัดเจนในช่วงของเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนในแต่ละปี และสนามบินดอนเมืองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2563 สำหรับการประเมินความถูกต้องของการศึกษานี้ใช้การเปรียบเทียบกับข่าวสารช่วงเวลาจริงที่ออกสื่อสาธารณะซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ ดังนั้นการศึกษานี้ (ตาทิพย์เวอร์ชั่น 1) สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางและเครื่องมือหนึ่งเพื่อการศึกษาด้านความมั่นคงในด้านต่าง ๆ สำหรับการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ เช่น ความมั่นคงทางทรัพยากรธรรมชาติ, ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และความมั่นคงทางทหาร ในด้านการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวตามแนวชายแดน เป็นต้น

## 5. ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้ใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 SAR จากฐานข้อมูลของ Copernicus ซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ แต่ทว่าช่วงเวลาของชุดข้อมูลที่มีอยู่เพื่อนำมาวิเคราะห์นั้น อาจจะไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนั้นควรมีการนำวิธีการศึกษานี้ใช้งานร่วมกับชุดข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ในอนาคตต่อไป สำหรับผลลัพธ์ของการศึกษานี้เป็นข้อมูลข่าวสารเบื้องต้น ซึ่งการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านความมั่นคงได้ต่อไปนั้นควรจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องในระดับภาคสนามอีกครั้ง

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จและเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากคณะผู้วิจัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ซึ่งการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการต่อยอดองค์ความรู้เพื่อการศึกษาด้านความมั่นคงภายใต้โครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561 – 2580 (ฉบับย่อ). หน้า 2-4.

[2] 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, vol. 46, no. 3, pp. 48–59.

[3] พงศ์พันธุ์ จันทะคัต และ เยาวเรศ จันทะคัต. (2565). การพัฒนาเครื่องมือเพื่อการเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวทางทหารตามแนวชายแดนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคตรวจค้นการเปลี่ยนแปลงบนภูเกิลเอิร์ธเอนจิน กรณีศึกษา ความเคลื่อนไหวของกองกำลังทหารรัสเซียตามแนวชายแดนยูเครนและรัสเซีย. วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ, ปีที่ 13, ฉบับที่ 2, หน้า 37-49.

[4] Van Heyningen, J.C. (2018). Building Damage Detection Using Google Earth Engine. M.S. dissertation, Delft Univ. of Tech., Delft, Netherlands

[5] The Intelligence. (2565). *กัมพูชาเริ่มโครงการปรับปรุงฐานทัพเรือเรียมอย่างเป็นทางการด้วยความช่วยเหลือจากจีน.* https://intsharing.co/archives/16284

[6] Sihanoukville. (2018). Sihanoukville airport. Available at https://www.sihanoukville-cambodia.com/about-sihanoukville/airport.html

[7] สำนักข่าวชายขอบ. (2565). บินรบพม่าปฏิบัติการเฉียดแดนไทยอีกทิ้งระเบิดริมแม่น้ำสาละวิน-คนเจ็บอื้อ. https://transbordernews.in.th/home/?p=31952

[8] AOT. (2016). AOT Air Traffic Calendar Year 2016. Available at https://investor.airportthai.co.th/misc/statistic/2017/20170123-aot-traffic-calendar-2016-12m.pdf

[9] OHB. (2022). SAR-Lupe. สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2565, จาก https://www.ohb-system.de/sar-lupe-english.html

[10] DLR. (2022). Syn-thet-ic Aper-ture Radar (SAR). Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2565, จาก https://www.dlr.de/content/en/articles/missions-projects/terrasar-x/synthetic-aperture-radar.html

[11] GISTDA. (2022). ข้อมูลขององค์กร Geo-Informatics and Space Technology Development Agency สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2565, จาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=1435&lang=TH

[12] Google Earth Engine. (2022). A planetary-scale platform for Earth science data & analysis. สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2565, จาก https://earthengine.google.com

[13] 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.

[14] 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 Sens., 12, 46.