



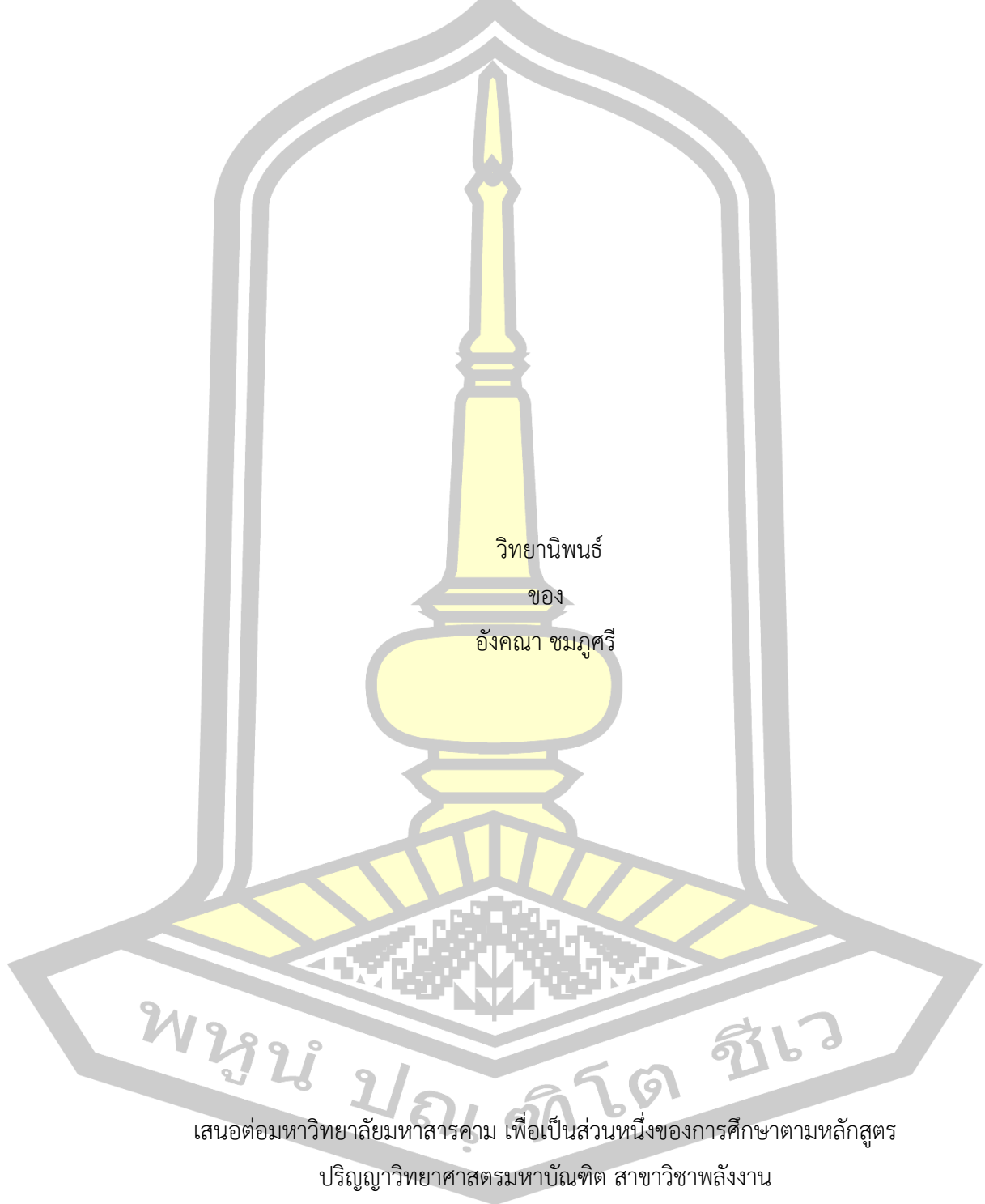
การประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคาในเขตพื้นที่เมืองด้วยแบบจำลองความสูง
ของชั้นเรือนยอด

วิทยานิพนธ์
ของ
อังคณา ชมภูศิริ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงาน
ตุลาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคาในเขตพื้นที่เมืองด้วยแบบจำลองความสูง
ของชั้นเรือนยอด



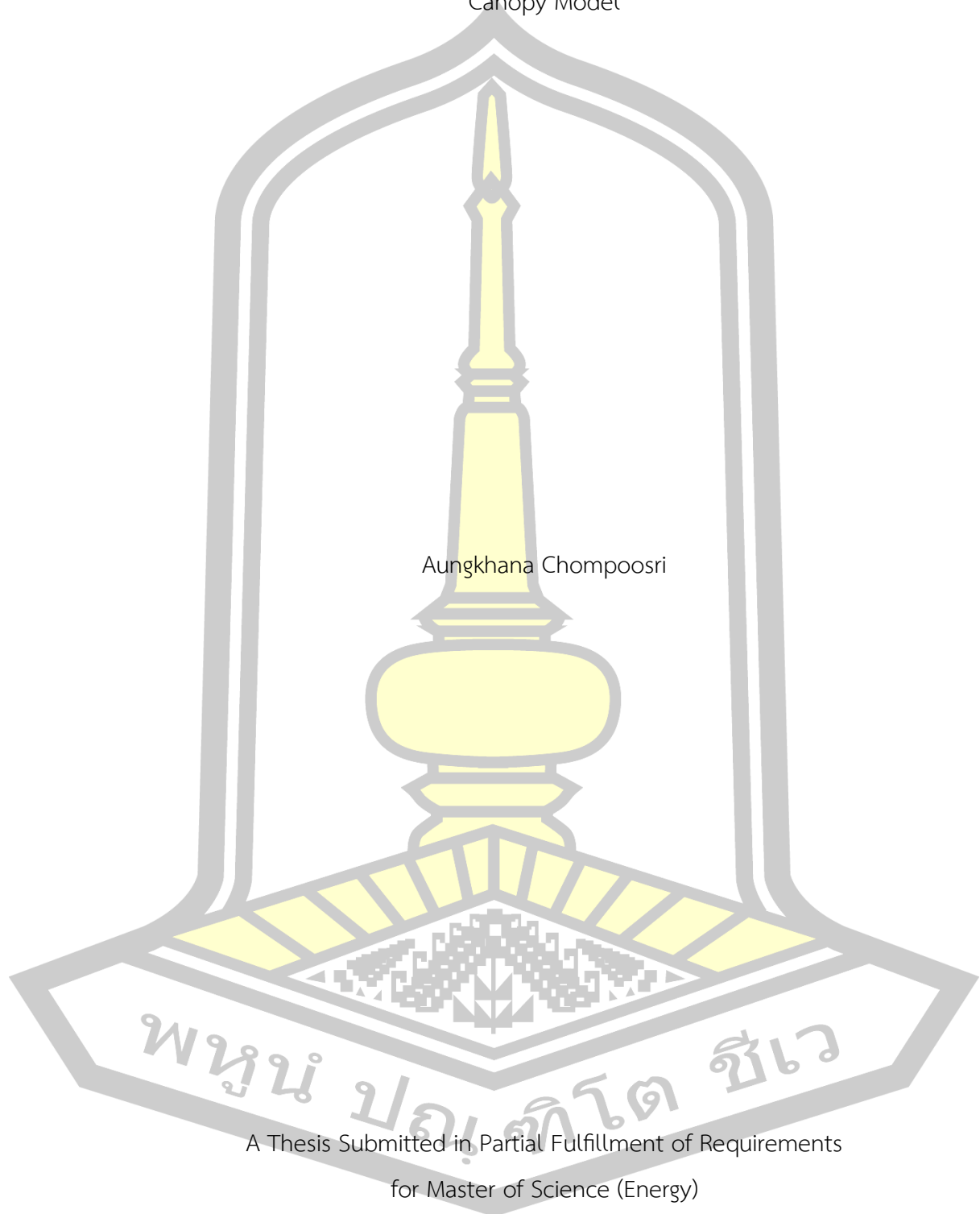
วิทยานิพนธ์
ของ
อังคณา ชมภูศรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงาน

ตุลาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Evaluation of Urban Rooftop Photovoltaic Potential in Urban Areas Based on Digital
Canopy Model



Aungkhana Chomposri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Energy)

October 2023

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวอังคณา ชมภูศรี
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพลังงาน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ไพศาล จีฟู)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. สอาทิตย์ แสงประดิษฐ์)

กรรมการ

(ผศ. ดร. สิริยาภรณ์ แสงอรุณ)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ประเมษฐ์ จันทร์เพ็ง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงาน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคาในเขตพื้นที่เมืองด้วย
แบบจำลองความสูงของชั้นเรือนยอด

ผู้วิจัย อังคณา ชมภูศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สานิต แสงประดิษฐ์

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** พลังงาน
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพความเข้มรังสีอาทิตย์เชิงพื้นที่ และ
จำแนกหลังคาเรือนด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ และเพื่อประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าบนพื้นที่
หลังคาโดยเน้นที่อาคารขนาดใหญ่ ในเขตอำเภอกันทรวิชัย สำหรับส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับการประเมินค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่อำเภอ
กันทรวิชัยและพื้นที่ปลูกสร้างจากการจำแนกข้อมูลด้วยวิธี Random Forest พบว่า 3 ตำบลแรกที่มี
ค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มากที่สุดคือ ตำบลศรีสุข และตำบลขามเรียง สำหรับการสะท้อนรังสี
แสงอาทิตย์พื้นที่ปลูกสร้างพบว่าตำบลท่าขอนยาง และขามเรียงมีค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์
สูงสุด สำหรับการประเมินศักยภาพพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคามพบว่า
อาคารพละ อาคารคณะวิทยาศาสตร์ตึก 1 และอาคารคณะวิทยาศาสตร์ตึก 2 มีค่าพลังงานรังสี
แสงอาทิตย์สูงสุด

คำสำคัญ : เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา, เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ,การประเมินรังสีแสงอาทิตย์

พจนัน ปณุกิตโต ชิวเว

TITLE Evaluation of Urban Rooftop Photovoltaic Potential in Urban Areas Based on Digital Canopy Model

AUTHOR Aungkana Chompoosri

ADVISORS Associate Professor Teerawong Laosuwan , Ph.D.
Assistant Professor Wutthisat Chokkuea , Ph.D.
Assistant Professor Satith Saengpreedit , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Energy

UNIVERSITY Mahasarakham **YEAR** 2023
University

ABSTRACT

The purpose of this research was to assess the spatial solar radiation potential and to extract house roofs using geospatial technology and to assess the electric power potential of the roof area, focusing on large buildings in Kantharawichai District. To promote the solar power generation system installed on the roof. For the evaluation of solar radiation reflectance in Kantharawichai District and the construction area by random forest data classification, it was found that the first 3 sub-districts with the highest solar radiation reflectance were Si Suk and Kham Riang Sub-districts. As for the reflection of solar radiation in the building area, it was found that Tha Khon Yang sub-district and Kham Riang has the highest solar radiation reflectance. For the evaluation of solar radiation potential on the roof in Mahasarakham University area, it was found that the Physical Building, Faculty of Science Building, Building 1 and Faculty of Science Building 2 have the highest solar radiation value.

Keyword : Rooftop solar cells geospatial technology Evaluation of solar radiation

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร. อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต แสงประดิษฐ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งให้คำแนะนำองค์ความรู้มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร.ไพศาล จีฟู ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร.สิริยาภรณ์ แสงอรุณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ .ดร.ปรเมษฐ์ จันท์เพ็ง ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึงและผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยใจจริง และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่าวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจศึกษาต่อไป

อังคณา ชมภูศรี



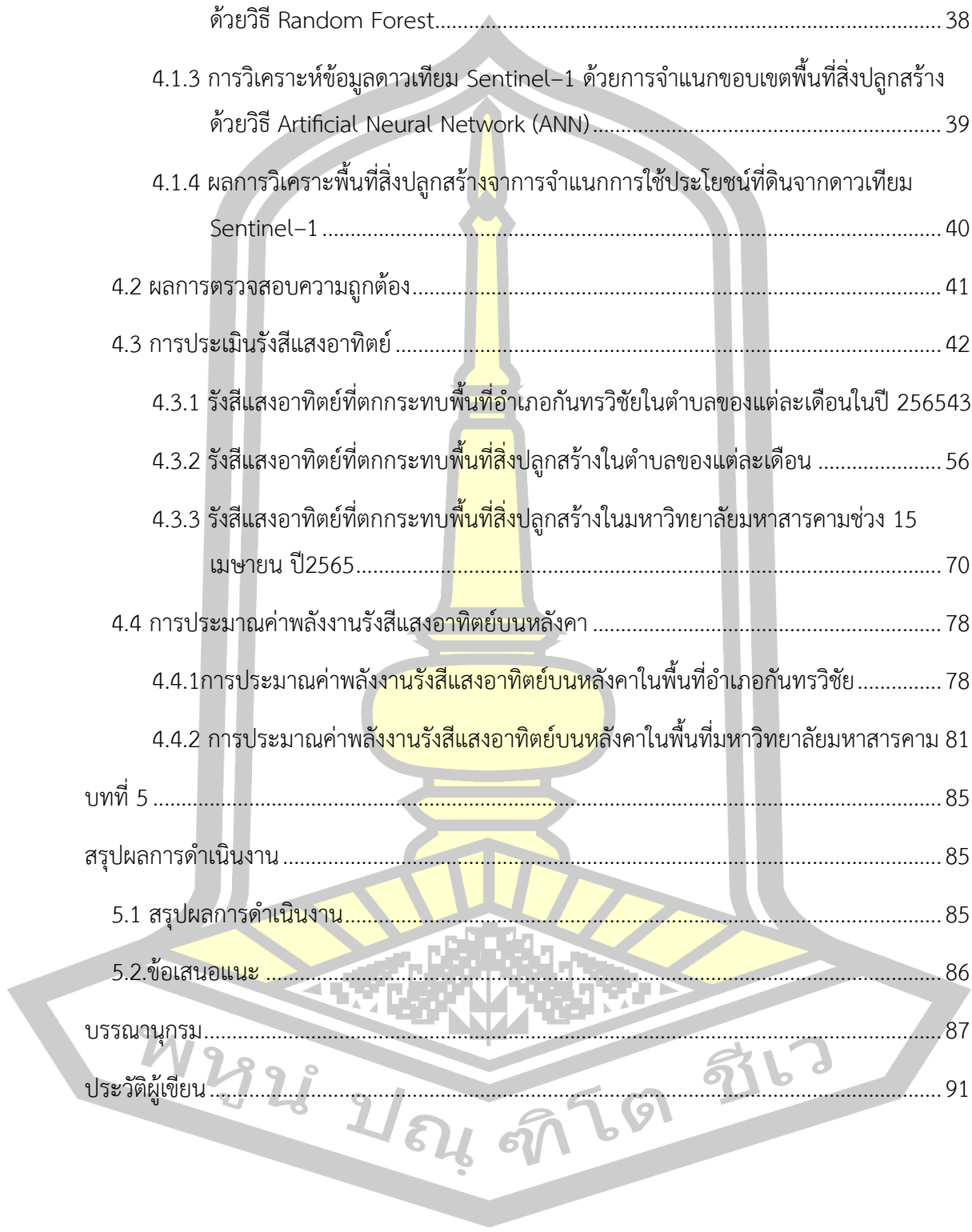
สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญรูปภาพ..... | ฎ |
| บทที่ 1 | 1 |
| บทนำ..... | 1 |
| 1.1 หลักการและเหตุผล | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 3 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา..... | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ | 4 |
| บทที่ 2 | 5 |
| หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 จังหวัดมหาสารคาม | 5 |
| 2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ | 5 |
| 2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ..... | 5 |
| 2.2 ผลงานแสงอาทิตย์ | 6 |
| 2.2.1 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์..... | 6 |
| 2.3 ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 | 7 |

พ.บ. ๒๕๖๑ ส.บ. ๒๕๖๑ ส.บ. ๒๕๖๑

| | |
|--|----|
| 2.4 Building Footprints | 9 |
| 2.5 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) (ANN)..... | 10 |
| 2.6 Random Forest | 12 |
| 2.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) | 13 |
| 2.7.1 องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS)..... | 13 |
| 2.7.2 หน้าที่ของ GIS (How GIS Works) | 15 |
| 2.7.3 การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)..... | 16 |
| 2.7.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) | 16 |
| 2.7.4 เครื่องมือการตรวจวัด..... | 19 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 21 |
| บทที่ 3 | 25 |
| ขั้นตอนการดำเนินงาน | 25 |
| 3.1 พื้นที่ศึกษา..... | 25 |
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 27 |
| 3.3 แผนผังการดำเนินงาน..... | 27 |
| 3.3.1. การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี (Image Difference)..... | 27 |
| 3.3.2 การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี (Random Forest)..... | 32 |
| 3.3.3 การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Artificial neural networks:..... | 33 |
| 3.3.4 การตรวจสอบความถูกต้อง..... | 33 |
| บทที่ 4 | 36 |
| ผลการดำเนินงาน | 36 |
| 4.1 ผลการจำแนกข้อมูลสิ่งปลูกสร้างจากข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1..... | 36 |
| 4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 ด้วยการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธี (Image Difference)..... | 36 |

| | |
|---|----|
| 4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel – 1 ด้วยการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธี Random Forest..... | 38 |
| 4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 ด้วยการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธี Artificial Neural Network (ANN)..... | 39 |
| 4.1.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม Sentinel-1 | 40 |
| 4.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง..... | 41 |
| 4.3 การประเมินรังสีแสงอาทิตย์..... | 42 |
| 4.3.1 รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่อำเภอกันทรวิชัยในตำบลของแต่ละเดือนในปี 2564..... | 43 |
| 4.3.2 รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของแต่ละเดือน | 56 |
| 4.3.3 รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคามช่วง 15 เมษายน ปี2565..... | 70 |
| 4.4 การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคา | 78 |
| 4.4.1 การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย | 78 |
| 4.4.2 การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 81 |
| บทที่ 5 | 85 |
| สรุปผลการดำเนินงาน | 85 |
| 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน..... | 85 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 86 |
| บรรณานุกรม..... | 87 |
| ประวัติผู้เขียน | 91 |



สารบัญตาราง

หน้า

| | |
|--|----|
| ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (ตารางเมตร)..... | 41 |
| ตารางที่ 2 แสดงค่าการประเมินความถูกต้องการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง(ตารางเมตร)..... | 42 |
| ตารางที่ 3 แสดงการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง..... | 42 |
| ตารางที่ 4 การค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของดาดบลิในแต่ละเดือนในปี 2565 (กิโวลต์ต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)..... | 55 |
| ตารางที่ 5 การค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของสิ่งปลูกสร้างในดาดบลิของแต่ละเดือนในปี 2565 (กิโวลต์ต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)..... | 69 |
| ตารางที่ 6 การค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของสิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคามช่วง 15 เมษายน ปี2565 (กิโวลต์ต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)..... | 77 |
| ตารางที่ 7 แสดงค่าพลังงานได้ต่อหลังคา(กิโวลต์ต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)..... | 80 |
| ตารางที่ 8 แสดงค่าพลังที่ได้ต่อหลังคา(กิโวลต์ต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)..... | 83 |



สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|--|------|
| ภาพประกอบที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม | 3 |
| ภาพประกอบที่ 2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์..... | 6 |
| ภาพประกอบที่ 3 องค์ประกอบหลักของระบบ GIS | 14 |
| ภาพประกอบที่ 4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | 17 |
| ภาพประกอบที่ 5 พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | 17 |
| ภาพประกอบที่ 6 การสะท้อนแสงระหว่างวัตถุต่างชนิดกัน..... | 19 |
| ภาพประกอบที่ 7 แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม..... | 26 |
| ภาพประกอบที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... | 27 |
| ภาพประกอบที่ 9 การหาค่าเฉลี่ย(Mean)..... | 30 |
| ภาพประกอบที่ 10 การหาค่าความต่าง (Difference)..... | 31 |
| ภาพประกอบที่ 11 การหา Urban Footprint | 31 |
| ภาพประกอบที่ 12 ภาพแสดงผลการหาค่าการสะท้อนของสิ่งปลูกสร้าง | 37 |
| ภาพประกอบที่ 13 ภาพแสดงผลการหาค่าความต่าง | 37 |
| ภาพประกอบที่ 14 ภาพแสดงผลการสกัดข้อมูลด้วยวิธีการการ Image Difference | 38 |
| ภาพประกอบที่ 15 ผลการจำแนกสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Random Forest..... | 39 |
| ภาพประกอบที่ 16 ผลการจำแนกสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Artificial Neural Network..... | 40 |
| ภาพประกอบที่ 17 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนมกราคม ปี 2565..... | 43 |
| ภาพประกอบที่ 18 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2565..... | 44 |
| ภาพประกอบที่ 19 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนมีนาคม ปี 2565..... | 45 |
| ภาพประกอบที่ 20 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนเมษายน ปี 2565 | 46 |
| ภาพประกอบที่ 21 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนพฤษภาคม ปี 2565 | 47 |
| ภาพประกอบที่ 22 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนมิถุนายน ปี 2565 | 48 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| ภาพประกอบที่ 47 | ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 75 |
| ภาพประกอบที่ 48 | ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 76 |
| ภาพประกอบที่ 49 | กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ช่วง 15 เมษายน ปี2565..... | 78 |
| ภาพประกอบที่ 50 | แผนที่แสดงความลาดชันของพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย | 79 |
| ภาพประกอบที่ 51 | แผนที่แสดงทิศทางรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย | 79 |
| ภาพประกอบที่ 52 | แผนที่แสดงรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย..... | 80 |
| ภาพประกอบที่ 53 | แผนที่แสดงความลาดชันของพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 81 |
| ภาพประกอบที่ 54 | ภาพแสดงผลทิศทางค่ารังสีแสงอาทิตย์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 82 |
| ภาพประกอบที่ 55 | แผนที่แสดงรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบมหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 82 |
| ภาพประกอบที่ 56 | กราฟแสดงค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่ปลูกสร้างมหาวิทยาลัยมหาสารคาม | 83 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยมีการใช้เพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยที่ น้ำมันสำเร็จรูป ยังเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48.3 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน ถ่านหิน/ลิกไนต์ก๊าซธรรมชาติและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ในปี 2563 จากผลกระทบของการแพร่ระบาดของ COVID-19 ทำให้การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายลดลงในทุกสาขาเศรษฐกิจ โดยพบว่า สาขาเกษตรกรรมลดลงร้อยละ 21.2 สาขาอุตสาหกรรม ลดลง ร้อยละ 8.7 สาขาบ้านอยู่อาศัย ลดลง ร้อยละ 9.2 สาขาธุรกิจการค้า ลดลงร้อยละ 7.4 และสาขาขนส่ง ลดลง ร้อยละ 11.7 จากช่วงเดียวกันของปี 2562 โดยสาขาขนส่ง เป็นสาขาที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงกว่าสาขาอื่นของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย รองลงมาเป็นสาขาอุตสาหกรรม บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และเกษตรกรรม

จากการที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยลดสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม (Energy Intensity) พบว่าในช่วงปี 2563 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 11,642 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง ร้อยละ 19.0 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน สัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2553 ซึ่งเป็นปีฐานที่เริ่มดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 – 2573) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 กระทรวงพลังงาน ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านพลังงานของประเทศ จึงได้วางกรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ ได้จัดทำแผนพลังงาน 5 แผนหลัก ได้แก่ 1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย 2) แผนอนุรักษ์พลังงาน 3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 4) แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ และ 5) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาด้านพลังงานและตอบสนองความต้องการพลังงานของประเทศ

การส่งเสริมการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศพัฒนาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมและพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อผลประโยชน์ร่วมในมิติด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชน ให้มีการใช้พลังงานทดแทนเป็น โดยพลังงานทดแทนดังกล่าวอยู่ในรูปของไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ แหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีหลายแหล่ง โดยในกรณีของประเทศไทยแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นคณะกรรมการนโยบาย พลังงานแห่งชาติ (กพข.) จึงมีนโยบายเพื่อการส่งเสริมและพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย ให้เพิ่มการใช้พลังงานทดแทนและพลังงาน

ทางเลือกเป็นร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2579 ซึ่งตามแผนยุทธศาสตร์กำหนดให้ภายในปี พ.ศ. 2579 มีเป้าหมายการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 6,000 (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2561) เช่นเดียวกันในปี 2563 สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 24.2 % (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ,2564) โดยมีมาตรการส่งเสริมโครงการระบบขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งในระดับชุมชนและครัวเรือนรวมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) ให้ได้ 1,000 MW ภายใน 10 ปีด้วยมาตรการ Feed-in Tariff ซึ่งระบบ Solar PV Rooftop ที่จะได้รับการสนับสนุนรวมถึงระบบที่ติดตั้งใน บ้านของประชาชนทั่วไป และชุมชน อาคารสำนักงาน และหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมโครงการบ้านจัดสรร หรือ คอนโดมิเนียม อาคารภาครัฐ (ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และ โสภิตสุดา ทองโสภิต, 2558)

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศด้านการรับรู้จากระยะไกลสามารถทำให้เห็นลักษณะต่าง ๆ บนโลกและชั้นบรรยากาศ และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมธรรมชาติโดยการเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ระบบดาวเทียมนำมาใช้กำหนดตำแหน่งเชิงพื้นที่ และติดตามการได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ สำหรับการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อหาค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียม GMS4 และ GMS5 นำมาเป็นข้อมูลหลักของแบบจำลองรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อคำนวณความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี นำผลที่ได้มาจัดแสดงในรูปแบบที่มาใช้ในสถานีวัดจังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี และสงขลา (เสริม จันทร์ฉาย, 2553) สำหรับการสกัดแยกคุณลักษณะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูง มีการนำเอาวิธีการต่างๆมาใช้อย่างกว้างขวาง เพื่อใช้สำหรับการลดระยะเวลาสำหรับการจัดทำชั้นข้อมูลในการนำมาใช้งานเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์หาพื้นที่ถนนหรือชั้นข้อมูลหลังคาเรือน (สาธิต แสงประดิษฐ์ และสัญญา สราภิรมย์, 2556; สาธิต แสงประดิษฐ์, 2557) สำหรับงานวิจัยที่ใช้การใช้งานเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการสำรวจข้อมูลจากสถานีวัดรังสี (ศาสตรา ศิริแก้ว และคณะ, 2562)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าจากพื้นที่เมืองที่มีการปลูกสิ่งก่อสร้าง บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม หรือโกดังสำหรับการประกอบธุรกิจ ในเขตพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย เพื่อนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ที่จะเกิดขึ้นถ้ามีการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาเรือน โดยการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพในครั้งนี้

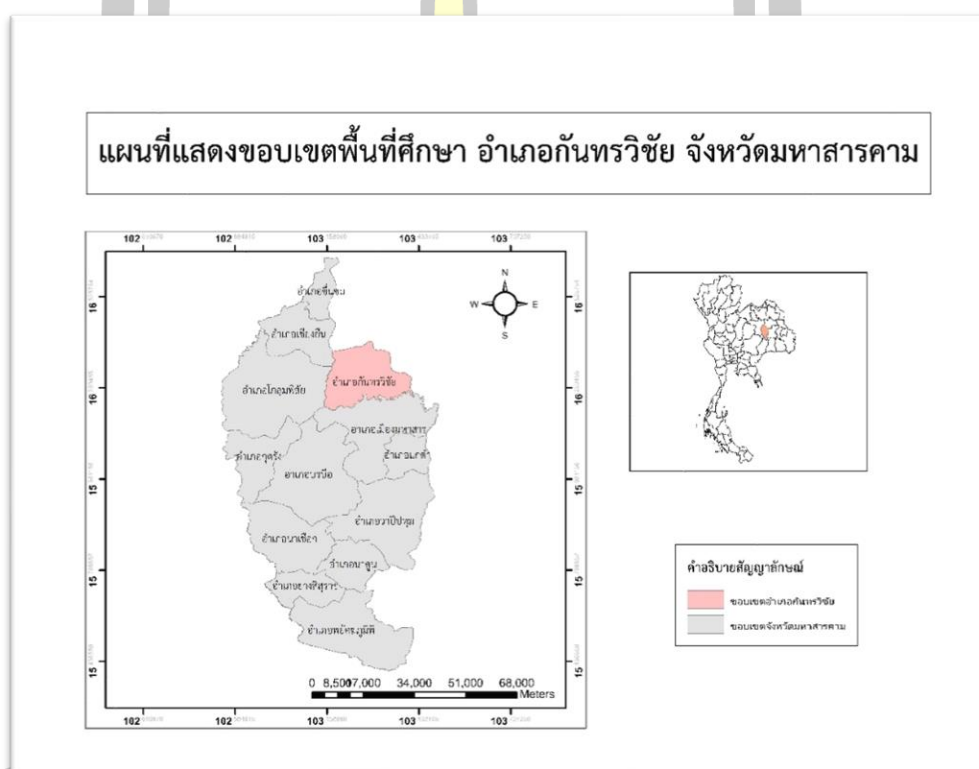
1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินศักยภาพความเข้มรังสีอาทิตย์เชิงพื้นที่ และ สกัคหลังคาเรือนด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

2 เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าบนพื้นที่หลังคาโดยเน้นที่อาคารขนาดใหญ่ ในเขตอำเภอกันทรวิชัย สำหรับส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม



ภาพประกอบที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

พูน ปณ ทิโต ชีเว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบปริมาณของพลังงานทดแทนที่ได้จากการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ได้บนหลังคาเพื่อในการพัฒนาและส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

พื้นที่หลังคาโดยเน้นที่อาคารขนาดใหญ่ คือ อาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไป และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด



บทที่ 2

หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การสำรวจพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

2.1 จังหวัดมหาสารคาม

2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดมหาสารคามเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 5,583 ตารางกิโลเมตร หรือ 3,489,613 ไร่ สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปเนพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 130 -230 เมตร ทิศตะวันตกและทิศเหนือเป็นที่สูงในเขตอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเชียงยืน และอำเภอกันทรวิชัย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งของจังหวัด และค่อนข้าง เทลาดมาทางทิศตะวันออกและทิศใต้จังหวัดมหาสารคามห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 470 กิโลเมตร โดยมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดต่างๆ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้ จังหวัดมหาสารคามมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้คือ

- ทิศเหนือ ติดกับ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์
- ทิศใต้ ติดกับ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดบุรีรัมย์
- ทิศตะวันออก ติดกับ จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดร้อยเอ็ด
- ทิศตะวันตก ติดกับ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดบุรีรัมย์

2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดมหาสารคาม ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนเข้าปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย ทำให้จังหวัดมหาสารคามมีอากาศหนาวเย็นและแห้งทั่วไป ส่วนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพามวลอากาศขึ้นจากทะเลและมหาสมุทรเข้าปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝน (ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม) ทำให้มีฝนตกชุกทั่วไปตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป

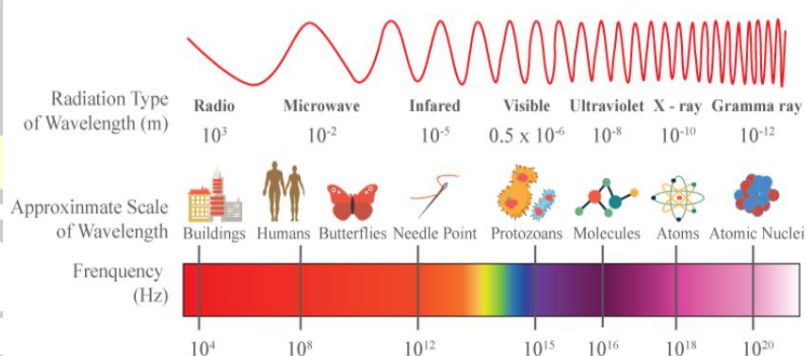
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์หมายถึง รังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลก พลังงานนี้สามารถแปลงเป็นความร้อนและไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์ เรียกว่า “พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)” เป็นภาษาละตินและแปลว่า “เกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์” หากปราศจากแหล่งพลังงานอันทรงพลังนี้ก็จะไม่มีสิ่งมีชีวิต พลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนเนื่องจากมีปริมาณมาก

2.2.1 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์

ในแต่ละส่วนของสเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์มีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน แสงในส่วนที่มองเห็นได้ ของสเปกตรัมแสงสีแดงจะมีพลังงานต่ำสุดและแสงสีม่วงพลังงานสูงสุดในส่วนของแสงที่มองไม่เห็นของ สเปกตรัมโฟตอนในช่วงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งทำให้ผิวเป็นสีแทน มีพลังงานมากกว่าช่วงแสงที่มองเห็นได้ แสงในช่วงที่อินฟราเรดทำในเรารู้สึกร้อน มีพลังงานน้อยกว่า โฟตอนในพื้นที่ที่มองเห็น

การเคลื่อนที่ของแสงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนั้นสามารถอธิบายได้ดีที่สุดว่าเป็นการเคลื่อนที่ของคลื่น และชนิดของการแผ่รังสีแต่แบบสามารถอธิบายโดยความยาวคลื่น ความยาวคลื่นคือระยะทางจากจุดสูงสุดของ คลื่นหนึ่งไปถึงจุดสูงสุดของคลื่นลูกถัดไป การแสดงการแผ่รังสีปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน ยิ่งความยาวคลื่น มากเท่าไรก็ยิ่งใช้พลังงานน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น แสงสีแดงมีความยาวคลื่นที่ยาวกว่าดังนั้นจะมีพลังงาน น้อยกว่าแสงสีม่วงดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบที่ 2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์

การแบ่งรังสีดวงอาทิตย์ตามคุณสมบัติและช่วงคลื่นได้แก่

1. รังสีแสงสว่าง (Visible Radiation) แสงสว่างเป็นรังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ช่วงสเปกตรัมของแสงสว่างต่ำสุด เริ่มตั้งแต่ 360 ถึง 400 นาโนเมตร และสูงสุดอยู่ระหว่าง 360-830 นาโนเมตร(ICI 1987a) ทั้งนี้ 99 เปอร์เซ็นต์ของรังสีแสงสว่างจะอยู่ในช่วง 400-730 รังสีที่ช่วงคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร เรียกว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ต และยาวกว่า 800 นาโนเมตรเรียกว่า รังสีอินฟราเรด
2. รังสีอัลตราไวโอเล็ตมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แบ่งออกเป็น 3 ช่วง (IEC 1987) คือ UV-A: 315...400 ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมากนัก ความเข้มที่ผิวพื้นไม่ขึ้นกับปริมาณโอโซนในบรรยากาศ UV-B: 280...315 มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมาก ความเข้มที่ผิวพื้นขึ้นกับปริมาณโอโซนในบรรยากาศ ความเข้มขึ้นกับความยาวคลื่น UV-C: 100...280 ถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศทั้งหมดไม่พบที่ผิวพื้นโลก
3. รังสีโลก (Terrestrial radiation)เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นยาวที่ปลดปล่อยออกที่ผิวโลก และโดยก๊าซต่างๆ ฝุ่นละออง และเมฆในบรรยากาศ โดยบางส่วนถูกดูดกลืนภายในบรรยากาศ โดยที่อุณหภูมิ 300 เคลวิน (27 องศาเซลเซียส) พลังงาน 99.99 เปอร์เซ็นต์ของรังสีโลกมีช่วงคลื่นยาวระหว่าง 3000 นาโนเมตร และ 99 เปอร์เซ็นต์ยาวกว่า 5000 นาโนเมตรและที่อุณหภูมิต่อกว่านี้สเปกตรัมจะมีช่วงคลื่นที่ยาวกว่านี้

2.3 ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1

Sentinel-1เป็นครั้งแรกของโครงการ Copernicusกลุ่มดาวดาวเทียมดำเนินการโดยองค์การอวกาศยุโรป ภารกิจนี้ประกอบด้วยกลุ่มดาวดาวเทียมสองดวงคือ Sentinel-1AและSentinel-1B ซึ่งใช้ระนาบวงโคจรเดียวกัน มีเครื่องมือเรดาร์รับแสงสังเคราะห์ C-band ซึ่งรวบรวมข้อมูลในทุกสภาพอากาศทั้งกลางวันและกลางคืน เครื่องมือนี้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ลงไปถึง 5 ม. และแนวราบสูงสุด 400 กม. กลุ่มดาวอยู่บนวงโคจรแบบ near-polar synchronous orbit แกนเอียง (98.18°) วงโคจรมีรอบซ้ำใน 12 วันและครบ 175 วงโคจรต่อรอบ อายุการใช้งานอยู่ที่ 7 ปี หรือ 12 ปีของอายุการใช้งาน

การทำงาน

1. โหมด Strip Map (SM) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 5 x 5 เมตร และแนวบันทึกแนวราบ 80 กม.
 - การใช้งาน SM เพียงอย่างเดียวคือการตรวจสอบเกาะเล็ก ๆ รวมถึงการจัดการเหตุฉุกเฉินสำหรับเหตุการณ์พิเศษ
 - นำเสนอข้อมูลแบบโพลาริซ์แบบเดี่ยว (HH หรือ VV) หรือแบบคู่ (HH + HV หรือ VV + VH)
2. โหมด Interferometric Wide Swath (IW) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 5 x 20 เมตร และแนวบันทึกแนวกว้าง 250 กม.
 - IW เป็นโหมดการทำงานหลักบนพื้นดิน
 - IW บรรลุผลอินเตอร์เฟอโรเมตรีผ่านการซิงโครไนซ์แบบต่อเนื่อง
 - นำเสนอผลิตภัณฑ์ข้อมูลแบบโพลาริซ์แบบเดี่ยว (HH หรือ VV) หรือแบบคู่ (HH + HV หรือ VV + VH)
3. โหมด Extra Wide Swath (EW) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 25 x 100 เมตร และแนวบันทึกแนวราบ 400 กม.
 - EW ใช้เป็นหลักในการตรวจสอบพื้นที่ชายฝั่งกว้างสำหรับปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น การจลาจลทางเรือและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น เช่น น้ำมันรั่วไหลหรือการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งในทะเล
 - นำเสนอผลิตภัณฑ์ข้อมูลแบบโพลาริซ์แบบเดี่ยว (HH หรือ VV) หรือแบบคู่ (HH + HV หรือ VV + VH)
4. โหมด Wave (WV) มีความละเอียด 5 x 20 เมตร และอัตราข้อมูลต่ำ บันทึกขนาดพื้นที่ 20 x 20 กม. ตามแนววงโคจรที่ระยะ 100 กม.
 - โหมดการทำงานหลักเหนือนมหาสมุทร
 - นำเสนอข้อมูลในแบบโพลาริซ์เดี่ยว (HH หรือ VV)

การใช้งานหลักของ Sentinel-1

การตรวจสอบทางทะเล

- ระดับน้ำทะเลและน้ำแข็ง
- การรั่วไหลของน้ำมันในมหาสมุทร
- กิจกรรมเรือ
- ลมทะเล

การตรวจสอบที่ดิน

- เกษตร
- ป่าไม้
- การทรุดตัว
- เครื่องมือ C-SAR สามารถวัดการทรุดตัวของพื้นดินผ่านการสร้างภาพเรดาร์รับแสงสังเคราะห์แบบอินเทอร์เฟอโรเมตริก (InSAR) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเฟสระหว่างภาพเรดาร์รับแสงสังเคราะห์สองภาพขึ้นไปที่ถ่ายในช่วงเวลาต่างกัน สามารถสร้างแผนที่ของระดับความสูงแบบดิจิทัลและวัดการเสียวรูปของพื้นผิวดินของพื้นที่ได้ ความละเอียดเชิงพื้นที่ (20 ม.) และเวลา (6 วัน) สูงช่วยให้ S1 สามารถปรับปรุงเทคนิค InSAR ในปัจจุบันและให้ความต่อเนื่องกับข้อมูลอย่างเป็นระบบ

การตอบสนองฉุกเฉิน

- น้ำท่วม
- ดินถล่มและภูเขาไฟ
- แผ่นดินไหว
- ไม่นานหลังจากแผ่นดินไหว South Napa ในเดือนสิงหาคม 2014 ข้อมูลที่รวบรวมโดย Sentinel-1A ถูกใช้เพื่อพัฒนาเรดาร์รับแสงกว้างสังเคราะห์อินเทอร์เฟอโรเมตริก หรือ InSAR ซึ่งเป็นรูปภาพของภูมิภาคที่ได้รับผลกระทบ ดาวเทียม Sentinel-1 คาดว่าจะทำการวิเคราะห์แผ่นดินไหวโดยใช้เทคนิค InSAR ได้เร็วและง่ายขึ้น

2.4 Building Footprints

รอยเท้าอาคารเป็นคุณลักษณะรูปหลายเหลี่ยมที่แสดงโครงสร้างอาคารที่จับภาพโดยแกรมเมตริก รอยเท้าอาคารเป็นการประมาณคร่าวๆ ของอาคาร ไม่ได้แสดงรอยเท้าที่แน่นอน

รอยเท้าอาคารรุ่นปัจจุบันอิงจากภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายในฤดูใบไม้ผลิปี 2554 มีการปรับปรุงสำหรับโครงสร้างที่สำคัญตามความจำเป็นจากการอนุมัติแผนพัฒนาแบบดิจิทัลและการแจ้งเตือนการรื้อถอนจนถึงสะพานลอยทางอากาศครั้งถัดไป เลเยอร์ Building Footprints ประกอบด้วยโครงสร้างอาคารรวมถึงบ้านเคลื่อนที่ โรงรถ ถังเก็บน้ำ และคุณลักษณะของอาคารใต้ดินที่เป็นที่รู้จัก

2.5 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) (ANN)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) หรือที่มักจะเรียกสั้น ๆ ว่าข่ายงานประสาท (Neural Network) คือแบบโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ประมวลผลด้วยการคำนวณคอนเนคชันนิส (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของ เครือข่ายประสาทในของมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) การอนุมานความรู้ (Knowledge Deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์

การทำงาน

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมคือเมื่อมีข้อมูลเข้า (Input) เข้ามายังโครงข่ายก็จะเอาข้อมูล (Input) มาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละขา ผลที่ได้จากข้อมูล (Input) ทุกๆขาของโครงข่ายประสาทเทียมจะเอามารวมกันแล้วมาที่เอามาเทียบกับค่าทำนอง (Threshold) ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่าค่านี้ (Threshold) แล้วโครงข่ายประสาทเทียมก็จะส่งข้อมูลส่งออกยังข้อมูลขาเข้า (Input) ของโครงข่ายประสาทเทียมอื่นๆ ที่เชื่อมกันในโครงข่าย ถ้าค่าน้อยกว่าค่านี้ (Threshold) ก็จะไม่เกิดส่งข้อมูลขาออก (Output) สิ่งสำคัญ คือต้องทราบค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่านี้ (threshold) สิ่งที่ต้องการเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าเหล่านั้นได้โดยการสอนให้รู้จักรูปแบบของสิ่งที่ต้องการให้รู้จัก เรียกว่า การแพร่กระจายแบบย้อนกลับ (Back Propagation) ซึ่งเป็นกระบวนการย้อนกลับของการรู้จักในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนข้อมูลไปข้างหน้า (Feed-Forward Neural Networks) จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบ การแพร่กระจายแบบย้อนกลับ (Back Propagation) เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (Network Weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้วข้อมูลขาออก (Output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผล แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป

โครงสร้างของโครงข่าย

โครงข่ายประสาทมีส่วนประกอบพื้นฐาน 3 ส่วน ได้แก่ ชั้นหน่วยข้อมูลขาเข้า (Input unit) เชื่อมโยงกับชั้นหน่วยซ่อน (Hidden Units) และเชื่อมโยกับชั้นหน่วยข้อมูลขาออก (Output Units)

1. การทำงานหน่วยข้อมูลขาเข้า (Input unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลดิบจะถูกส่งเข้าสู่โครงข่าย

2. การทำงานแต่ละหน่วยซ่อน (Hidden Units) ถูกกำหนดโดยการทำงานของหน่วยข้อมูลขาเข้า (Input unit) และค่าน้ำหนัก บนความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยข้อมูลขาเข้าและหน่วยซ่อน
3. การทำงานหน่วยข้อมูลขาออก (Output Units) จะขึ้นอยู่กับการทำงานของหน่วยซ่อน (Hidden Units) และค่าน้ำหนัก ระหว่างหน่วยซ่อนปละหน่วยข้อมูลขาออก (Output Units)

สถาปัตยกรรมของชั้นสามารถจำแนกสถาปัตยกรรมของชั้นออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบชั้นเดียว (Single - Layer) และ แบบหลายชั้น (Multi - Layer)

1. การรับรู้แบบชั้นเดียว (Single-Layer Perception) โครงข่ายประสาทที่ประกอบด้วยชั้นเพียงชั้นเดียว จำนวนโหนดนำเข้าขึ้นอยู่กับจำนวนส่วนประกอบของข้อมูลนำเข้าและหน้าที่การกระตุ้น (Activation Function) -ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลของข้อมูลขาออกเช่น ถ้าข้อมูลขาออกที่ต้องการเป็น “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ต้องใช้ค่าสมการนับ(Threshold Function)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq T \\ 0 & \text{if } x < T \end{cases} \quad T = \text{ThresholdLevel}$$

ถ้าข้อมูลขาออกเป็นค่าตัวเลขที่ต่อเนื่องต้องใช้ฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง (Continuous Function) เช่น Sigmoid Function

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$$

พหุบัน ปณุ ทิ เต ชีเว

2. การรับรู้แบบหลายชั้น (Multi-Layer Perception) โครงข่ายประสาทประกอบด้วยโครงข่ายหลายชั้น โดยแต่ละชั้นประกอบด้วยโหนด (Nodes) หรือ เปรียบได้กับตัวประสาทเซลล์ (Neural) ค่าน้ำหนักของเส้นที่เชื่อมต่อกันระหว่างโหนดของแต่ละชั้น ค่า Bias Vector (b) และค่า Output Vector (a) โดย m เป็นตัวเลขลำดับชั้น กำกับด้านบน เมื่อ p เป็น Input Vector การคำนวณค่าข้อมูลขาออกสำหรับโครงข่ายประสาทที่ M ชั้นดังสมการ

$$a^{m+1} = f^{m+1}(w^{m+1}a^m + b^{m+1})$$

$$\text{เมื่อ } m = 0, 2, \dots, M-1$$

$$a^0 = p$$

$$a = a^m$$

และ f เป็น Transfer Function

2.6 Random Forest

ขั้นตอนวิธีหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องที่นิยมใช้มากใช้ได้ดีในหลายๆ ปัญหาทั้งกับปัญหาแบบ Regression และ Classification โดย Random Forest เป็นขั้นตอนวิธีพัฒนาต่อยอดมาจาก Decision Tree ต่างกันที่ Random Forest เป็นการเพิ่มจำนวนต้นไม้ (Tree) เป็นหลายๆ ต้นทำให้ประสิทธิภาพการทำงานและพยากรณ์สูงขึ้น Random Forest มีหลักการทำงาน คือ จะแบ่งข้อมูลออกเป็น ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) หลายๆ ต้น โดยแต่ละต้นจะได้รับคุณลักษณะ (Feature) และข้อมูล (Data) ที่ ไม่เหมือนกันทั้งหมด เพื่อให้ได้ต้นไม้ที่มีความหลากหลายและมีความอิสระต่อกันมากขึ้น ตัวอย่างการแบ่ง ข้อมูลและการสุ่มเลือก feature

การทำงานของ Random Forest

1. ทำการสุ่มเลือก feature และ data จากชุดข้อมูลทั้งหมดที่มี
2. สร้างต้นไม้ตัดสินใจจากชุดข้อมูลตัวอย่างแต่ละชุด และหาค่าพยากรณ์จากต้นไม้แต่ละต้น
3. เลือกจำนวนต้นไม้ตัดสินใจที่ต้องการ จากนั้นทำซ้ำในขั้นตอน 1 และ 2 ในการสร้างต้นไม้
4. หาค่าพยากรณ์ โดยค่าพยากรณ์ที่ได้จะเป็นการให้ต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นหาค่าพยากรณ์ของใครของมันจากนั้นค่าพยากรณ์สุดท้าย ในกรณีที่มีปัญหาเป็นเพื่อการจำแนก (Classification) จะใช้วิธีผลโหวตมากที่สุด (Majority vote) โดยค่าพยากรณ์ของต้นไม้ตัดสินใจต้นได้รับค่าผลโหวตมากที่สุด จะถูกเลือกให้เป็นค่าพยากรณ์ของปัญหา แต่ถ้าเป็น

ปัญหาวิเคราะห์การถดถอย (Regression) จะใช้วิธีคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยนำเอาค่าพยากรณ์ของทุกต้นไม้ตัดสินใจมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อแสดงเป็นค่าพยากรณ์ของปัญหา

ข้อดีของ Random Forest มีดังนี้

1. ใช้ได้ทั้งกับปัญหา classification และ regression
2. ใช้ได้ทั้งกับข้อมูลมีโครงสร้าง (structured) และไม่มีโครงสร้าง ข้อมูลมีโครงสร้าง เช่น ข้อมูลจัดเก็บเป็นตาราง หรือ คอลัมน์ เป็นต้น ข้อมูลไม่มีโครงสร้าง เช่น รูปภาพ หรือ ข้อความ เป็นต้น
3. ป้องกันการเกิด overfitting กับชุดข้อมูลที่นำมาสร้างอย่างไรก็ตาม Random Forest มีข้อเสีย คือ ผลลัพธ์ที่ได้แปรผลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทำได้ค่อนข้างยาก

2.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวงข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย

2.7.1 องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS)

องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) ข้อมูล (Data) และบุคลากร (People) โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่น ๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน

2. โปรแกรม คือชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc/Info, MapInfo ฯลฯ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชัน การทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล เรียกค้น วิเคราะห์ และ จำลองภาพ

3. ข้อมูล คือข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยได้รับการดูแลจากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองลงมาจากบุคลากร

4. บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากร ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาลนั้น ก็จะเป็นเพียงขยะไม่มีคุณค่าใดเลยเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน อาจจะถูกกล่าวได้ว่า ถ้าขาดบุคลากรก็จะมีระบบ GIS

5. วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือวิธีการที่องค์กรนั้น ๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งาน โดยแต่ละ ระบบแต่ละองค์กรย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงานนั้น ๆ เอง



ภาพประกอบที่ 3 องค์ประกอบหลักของระบบ GIS

2.7.2 หน้าที่ของ GIS (How GIS Works)

1. การนำเข้าข้อมูล (Input) ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลง ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (digital format) เสียก่อน เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลหรือแป้นข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าเช่น Digitizer Scanner หรือ Keyboard เป็นต้น

2. การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางอย่างจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาด หรือ สเกล (scale) ที่แตกต่างกัน หรือใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับให้อยู่ในระดับเดียวกันเสียก่อน

3. การบริหารข้อมูล (Management) ระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS จะถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ที่ได้รับการเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือ DBMS แบบ Relational หรือระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (DBMS) ซึ่งมีหลักการการทำงานพื้นฐานดังนี้คือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ในรูปของตารางหลาย ๆ ตาราง

4. การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ให้เกิด ประโยชน์ เช่น เมืองสองเมืองนี้มีระยะห่างกันกี่กิโลเมตร ดินชนิดใดบ้างที่เหมาะสมสำหรับปลูกอ้อย หรือ ต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น หรือ ต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น

5.การนำเสนอข้อมูล (Visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมายหรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ดี เช่น การแสดงชาร์ต (chart) แบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปภาพจากสถานที่จริง ภาพเคลื่อนไหว แผนที่ หรือแม้กระทั่งระบบมัลติมีเดียสื่อต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมายและมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ฟังอีกด้วย

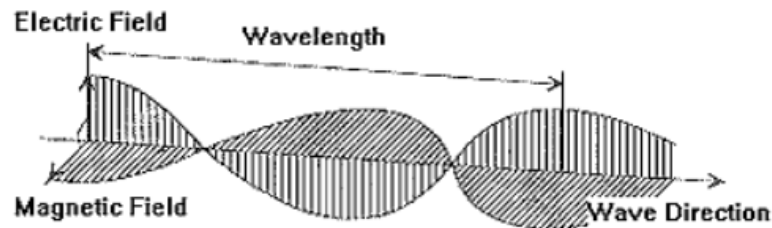
2.7.3 การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)

การสำรวจระยะไกลเป็นการสำรวจจากระยะไกล โดยเครื่องมือวัดไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง กระทำการสำรวจโดยให้เครื่องวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องวัดเช่น กล้องถ่ายภาพไวแสงที่สูง บนบอลลูน บนเครื่องบิน ยาวอวกาศ หรือดาวเทียม แล้วอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ หรือ สะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัด การสำรวจโดยใช้วิธีนี้เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้ข้อมูลจำนวนมาก ในบริเวณกว้างกว่าการสำรวจภาพสนาม จากการใช้เครื่องมือสำรวจระยะไกล โดยเครื่องมือสำรวจไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุตัวอย่าง เช่น เครื่องบินสำรวจเพื่อถ่ายภาพในระยะไกล การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลกในระยะไกล เมื่อก้าวถึงเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มีองค์ประกอบที่จะต้องพิจารณาคือ

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นสื่อที่ใช้เชื่อมระหว่างเครื่องวัด กับวัตถุที่ต้องการสำรวจ
2. เครื่องมือวัดซึ่งเป็นตัวกำหนดช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่จะใช้ในการตรวจวัด ตลอดจนรูปลักษณะของข้อมูลที่จะตรวจวัดได้
3. ยานที่ใช้ติดตั้งเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นตัวกำหนดระยะระหว่างเครื่องมือวัดกับสิ่งที่ต้องการวัดขอบเขตพื้นที่ที่เครื่องมือวัดสามารถครอบคลุมได้ และช่วงเวลาในการตรวจวัด
4. การแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการวัดอันเป็นกระบวนการในการแปลงข้อมูลความเข้ม และรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้ออกเป็นข้อมูลที่ต้องการสำรวจวัดอีกต่อหนึ่ง

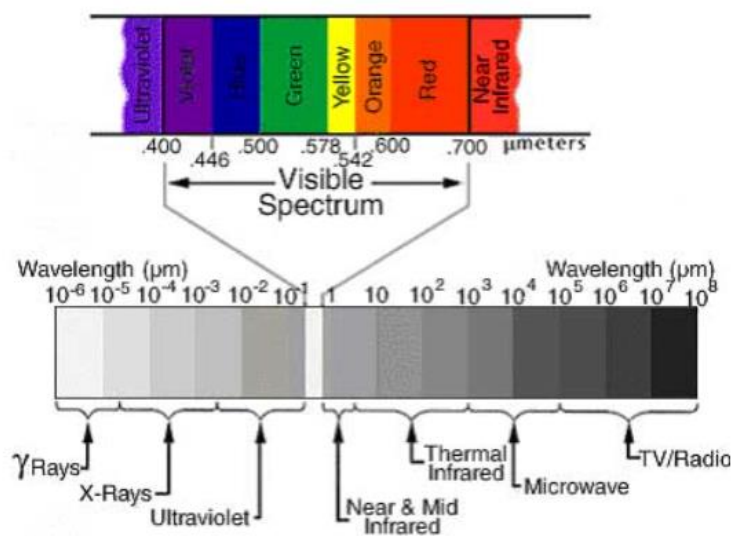
2.7.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นรูปแบบหนึ่งการถ่ายเทพลังงาน จากแหล่งที่มีพลังงานสูงแผ่รังสีออกไปรอบๆ โดยมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ความยาวคลื่น (λ) โดยอาจวัดเป็น nanometer (nm) หรือ micrometer (μm) และ ความถี่คลื่น (f) ซึ่งจะวัดเป็น hertz (Hz) โดยคุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์ผ่านค่าความเร็วแสง ในรูป $c = \lambda f$



ภาพประกอบที่ 4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

พลังงานของคลื่น พิจารณาเป็นความเข้มของกำลังงาน หรือฟลักซ์ของการแผ่รังสี (มีหน่วยเป็น พลังงานต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่ = $\text{Joule s}^{-1} \text{m}^{-2} = \text{watt m}^{-2}$) ซึ่งอาจวัดจากความเข้มที่เปล่งออกมา (radiance) หรือความเข้มที่ตกกระทบ (irradiance)



ภาพประกอบที่ 5 พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

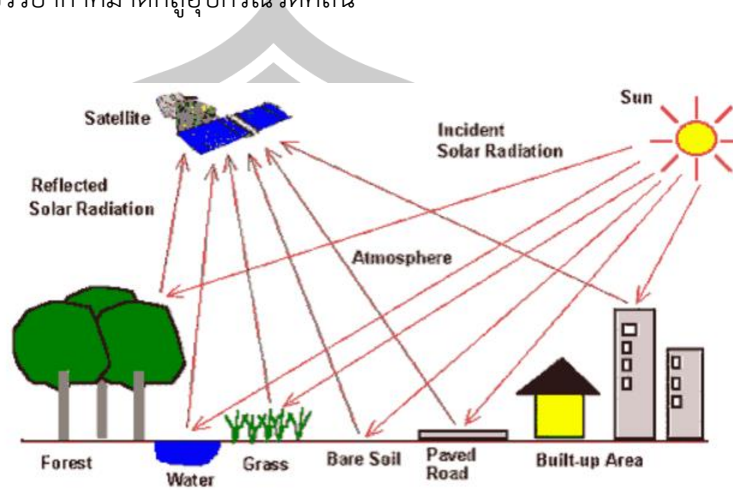
จากภาพเป็นการแสดงช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเครื่องมือวัด (Sensor) ของดาวเทียมหรืออุปกรณ์ตรวจวัดจะออกแบบมาให้เหมาะสมกับช่วงความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่างกัน เช่น

1. ช่วงรังสีแกมมา (gamma ray : $\lambda < 0.1 \text{ nm}$) และช่วงรังสีเอ็กซ์ (x-ray : $0.1 \text{ nm} < \lambda < 300 \text{ nm}$) เป็นช่วงที่มีพลังงานสูง แผ่รังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ หรือจากสารกัมมันตรังสี

2. ช่วงอัลตราไวโอเล็ต เป็นช่วงที่มีพลังงานสูง เป็นอันตรายต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต
3. ช่วงคลื่นแสง เป็นช่วงคลื่นที่ตามนุษย์รับรู้ได้ ประกอบด้วยแสงสีม่วง ไล่ลงมาจนถึงแสงสีแดง
4. ช่วงอินฟราเรด เป็นช่วงคลื่นที่มีพลังงานต่ำ ตามนุษย์มองไม่เห็น จำแนกออกเป็นอินฟราเรดคลื่นสั้น และอินฟราเรดคลื่นความร้อน
 - Near Infrared (NIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 ถึง 1.5 μm .
 - Short Wavelength Infrared (SWIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 ถึง 3 μm .
 - Mid Wavelength Infrared (MWIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 3 ถึง 8 μm .
 - Long Wavelength Infrared (LWIR) ความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 8 ถึง 15 μm .
 - Far Infrared (FIR) ความยาวคลื่นจะมากกว่า 15 μm .
5. ช่วงคลื่นวิทยุ (radio wave) เป็นช่วงคลื่นที่เกิดจากการสั่นของผลึกเนื่องจากได้รับสนามไฟฟ้า หรือเกิดจากการสลับขั้วไฟฟ้า สำหรับในช่วงไมโครเวฟ มีการให้ชื่อเฉพาะ เช่น
 - P band ความถี่อยู่ในช่วง 0.3 - 1 GHz (30 - 100 cm)
 - L band ความถี่อยู่ในช่วง 1 - 2 GHz (15 - 30 cm)
 - S band ความถี่อยู่ในช่วง 2 - 4 GHz (7.5 - 15 cm)
 - C band ความถี่อยู่ในช่วง 4 - 8 GHz (3.8 - 7.5 cm)
 - X band ความถี่อยู่ในช่วง 8 - 12.5 GHz (2.4 - 3.8 cm)
 - Ku band ความถี่อยู่ในช่วง 12.5 - 18 GHz (1.7 - 2.4 cm)
 - K band ความถี่อยู่ในช่วง 18 - 26.5 GHz (1.1 - 1.7 cm)
 - Ka band ความถี่อยู่ในช่วง 26.5 - 40 GHz (0.75 - 1.1 cm)

ความยาวช่วงคลื่นและความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิ 6,000 K จะแผ่พลังงานในช่วงคลื่นแสงมากที่สุด วัตถุต่างๆ บนพื้นโลกส่วนมากจะมีอุณหภูมิประมาณ 300 K จะแผ่พลังงานในช่วงอินฟราเรดความร้อนมากที่สุด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ จะถูกโมเลกุลอากาศ และฝุ่นละอองใน

อากาศดูดกลืน และขวางไว้ทำให้คลื่นกระเจิงคลื่นออกไป คลื่นส่วนที่กระทบถูกวัตถุจะสะท้อนกลับ และเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศมาตกสู่อุปกรณ์วัดคลื่น



ภาพประกอบที่ 6 การสะท้อนแสงระหว่างวัตถุต่างชนิดกัน

เนื่องจากวัตถุต่างๆ มีคุณสมบัติการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่างๆ ไม่เหมือนกัน ดังนั้นเราจึงสามารถใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสำรวจจากระยะไกลได้ แสดงลักษณะการสะท้อนแสงเปรียบเทียบระหว่างวัตถุต่างชนิดกันในช่วงคลื่นต่างๆ กัน ความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุต่างๆ บนพื้นโลกสามารถสรุปได้ดังนี้

1. น้ำสะท้อนแสงในช่วงแสงสีน้ำเงินได้ดี และดูดกลืนคลื่นในช่วงอื่นๆ และให้สังเกตว่าน้ำจะดูดกลืนคลื่น IR ช่วง 0.91 mm ในช่วงนี้ได้ดีมาก
2. ดินสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงได้ดีทุกสี
3. พืชสะท้อนแสงช่วงสีเขียวได้ดี และสะท้อนช่วงอินฟราเรดได้ดีกว่าน้ำและดินมาก

2.7.4 เครื่องมือการตรวจวัด

เครื่องมือวัดในเทคโนโลยีรีโมทเซนซิง คือเครื่องมือที่วัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องมือซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีคือกล้องถ่ายรูป กล้องถ่ายภาพวิดีโอ และเรดาร์ โดยเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วนคือ

1. ส่วนรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (receiver) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับ และขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีความเข้มเพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์วัดสามารถรับรู้ได้ ตัวอย่างของส่วนเครื่องมือนี้คือ เลนส์ของกล้อง และส่วนรับคลื่นวิทยุ (antenna) ซึ่งอาจเป็นเส้นเหมือนเสาวิทยุ หรือเป็นจานกลม (แบบจาน

รับสัญญาณดาวเทียม) ทั้งนี้รูปแบบ ขนาด และวัสดุที่ใช้ของอุปกรณ์ส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต้องการตรวจวัด และรายละเอียดของข้อมูลของสิ่งที่ต้องการสำรวจ เช่นในช่วงคลื่นแสง ส่วนที่รับมักจะเป็นเลนส์ที่ทำจากผลึก quartz โดยมีขนาดและรูปทรงขึ้นอยู่กับว่าต้องการกำลังขยายภาพเท่าใด ในช่วงคลื่นวิทยุ ส่วนที่รับมักจะเป็นจานวิทยุ หรือเสาวิทยุ โดยมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับว่าสิ่งที่เล็กที่สุดที่ต้องการให้มองเห็นมีขนาดเท่าใด

2. ส่วนที่ทำการวัดพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Detector) เป็นส่วนที่แปลงพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต้องการวัด ให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องมือวัดจะเปรียบเทียบค่าได้ ซึ่งการวัดพลังงานอาจใช้ปฏิกิริยาเคมี โดยการเคลือบสารที่ทำปฏิกิริยากับแสง (เช่น silver nitrate) ลงบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งขนาดของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดกับสารที่เคลือบจะแปรผันตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ การเปลี่ยนพลังงานเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ซึ่งจะทำให้ความเข้มของสัญญาณไฟฟ้าแปรผันตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ นอกจากนั้นส่วน detector อาจเป็นแผ่นมีมิติกว้าง-ยาว เช่นแผ่นฟิล์ม ซึ่งสามารถบันทึกภาพได้ทั้งภาพในครั้งเดียว หรืออาจเป็น scanner ซึ่งมักจะประกอบขึ้นจากแถวของอุปกรณ์รับแสง ที่จะบันทึกภาพด้วยการกวาดอุปกรณ์รับแสงนี้ไปที่ละส่วนของภาพ (คล้ายกับการทำงานของเครื่องถ่ายภาพเอกสาร ที่จะค่อยๆ กวาดภาพจากหัวกระดาษไปยังท้ายกระดาษจึงจะได้ภาพทั้งภาพ)

3. ส่วนที่ทำการบันทึกค่าพลังงานที่วัดได้ (Recorder) อาจเป็นตัวแผ่นฟิล์มเองในกรณีการใช้แผ่นฟิล์มเป็นส่วนทำการวัดพลังงาน แต่ถ้าเป็นการวัดโดยแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่วนนี้อาจจะเป็นแถบแม่เหล็ก (เช่นเดียวกับที่ใช้ในกล้องถ่ายภาพวิดีโอ) หรืออาจใช้หน่วยเก็บความจำอื่น เช่นฮาร์ดดิสก์ หรือ RAM เช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ในส่วนของเครื่องมือวัดยังมีส่วนที่จะต้องพิจารณาอีกส่วนหนึ่งคือแหล่งกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจ โดยจำแนกได้เป็นสองกลุ่มคือ

Active sensor เป็นระบบที่เครื่องมือวัดเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองด้วย ในระบบรีโมทเซนซิงที่วัดจากระยะไกลมาก คลื่นกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้จะจำกัดอยู่ในช่วงคลื่นวิทยุเท่านั้น เนื่องจากปัญหาของแหล่งพลังงาน

Passive sensor เป็นระบบที่อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดอื่น เช่นใช้แสงจากดวงอาทิตย์ หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สิ่งที่ต้องการสำรวจแผ่รังสีออกมาเอง (มักจะเป็นช่วงอินฟราเรดความร้อน) ในกรณีที่ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ เครื่องมือวัดจะทำงานได้เฉพาะในเวลากลางวันเท่านั้น นอกจากการศึกษารูปแบบของเมฆในทางอุตุนิยมวิทยา การตรวจวัดยังต้องการท้องฟ้าที่ปลอดโปร่ง ไม่มีเมฆ หรือฝนในช่วงที่ทำการตรวจวัดด้วย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาธิต แสงประดิษฐ์(2557) การสกัดข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง ด้วยวิธีการ การสกัดข้อมูลอาคารจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชติ ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยา เขตพื้นที่ขามเรียง ด้วยวิธีการ watershed segmentation มาใช้ในการวิเคราะห์ ร่วมกับค่าดัชนี ความต่างพีชพรรณ และค่าดัชนีความต่างความชื้น มาใช้ในการสกัดอาคาร โดยผลการวิเคราะห์จาก การตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Branchingfactor, Miss factor, Building detection percentage, และ Quality percentage พบว่ามีความถูกต้องเป็น 0.37, 1.26 , 44.14%, และ 37.83 % ตามลำดับ

ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และคณะ (2558) การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ ของระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้คัดเลือกอาคาร 10 อาคารจากทั้งหมด 183 อาคารในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารที่ได้รับคัดเลือกผ่านเกณฑ์ การคัดกรองทั้งทางด้านกายภาพและด้านภูมิศาสตร์ ทำให้มีพื้นที่การติดตั้งที่เหมาะสมและการ เข้าถึงความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ผลที่ได้ พบว่าผลรวมของศักยภาพเชิงเทคนิค จำนวน 10 อาคารที่ ศึกษา อยู่ที่ 2,949.19 kWh/day และผลการศึกษาศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ที่อัตราส่วนลด 7.08% พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 26,744,616.98 บาท ระยะเวลาการคืนทุน 7.41 ปี และผลตอบแทน ภายใน 15% และเมื่อเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และความต้องการการใช้ ไฟฟ้าของทุกอาคารที่ศึกษา พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการใช้พลังงานได้ ถึง 10.97% ในปี แรกและสามารถลดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปี ต่อๆ ไป

ศาทตตรา ศิริแก้วและคณะ (2562) การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์บนหลังคาภายใต้เงื่อนไขทิศทาง การรับรังสีอาทิตย์ตามทิศทางของหลังคาอาคารสำนัก วิทยบริการ(อาคาร A) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เขตพื้นที่ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม โดย การดำเนินประกอบด้วย (1) ประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ (2) ประเมินศักยภาพรังสีอาทิตย์โดยใช้ข้อมูล รังสีอาทิตย์จากสถานีวัดรังสีอาทิตย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (3) ประเมิน กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยจาก 4 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ และข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SW 285-300 MONO (5-busbar) และ (4) ประเมินพลังงานไฟฟ้าต่อกำลังการติดตั้ง ภายใต้มาตรฐานที่กำหนดโดย IEA (IEA-PVPS T2-03:2002) และแสดงผลการประเมินโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ผลการ ประเมินรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบหลังคา โดยศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีค่าสูงสุดในทิศ SE1 NW1 NW2 SW1 NE1 และ SE2 มีค่า 100.53 86.62 75.76 74.15 71.61 และ 65.54 เมกะวัตต์ ชั่วโมง/ปี ตามลำดับคิดเป็นพลังงานไฟฟ้ารวม 474.20 เมกะวัตต์ชั่วโมง/ปี

รณเดช อมาตยกุล (2564) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยรอบสถานีรถไฟร้อยเอ็ดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ANN (Artificial Neural Network) และ การใช้แบบจำลอง CA (Cellular Automata) และการประยุกต์แบบจำลองถ่วงน้ำหนักภูมิศาสตร์ (Geographic Weighted Regression , GWR) ผลจากการฉายภาพของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2562 มีการเพิ่มตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างส่งผลพื้นที่อื่นๆ พื้นที่เกษตรและพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีการลดลงและจากการฉายภาพของพื้นที่ที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 พื้นที่สิ่งปลูกสร้างเพิ่มมากขึ้น 19.35 % ผลจากการสร้างจากแบบจำลองถ่วงน้ำหนักทางภูมิศาสตร์ จากข้อมูลของปี พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2562 พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือพื้นที่เกษตร คิดเป็น 69.53% พื้นที่หมู่บ้าน 9.25% พื้นที่ตัวเมืองพื้นที่ที่ การค้า 6.31% และพื้นที่ที่เบ็ดเตล็ด 3.06% การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่เกษตรมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ราคาที่ดินและการสร้างพื้นที่หมู่หรือจนกระทั่ง เมืองและย่านการค้าเพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับความต้องการของการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่เกษตรจึงมี ความเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

Serm Janjai (2010) เพื่อตรวจสอบการใช้งานที่เป็นไปได้ของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเข้มข้นและเลือกสถานที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเทคโนโลยี จำเป็นต้องได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการ กระจายทางภูมิศาสตร์ของการฉายรังสีแสงอาทิตย์ปกติโดยตรงในพื้นที่ ด้วยวิธีการประมาณการการ ฉายรังสีปกติโดยตรงจากข้อมูลดาวเทียมสำหรับสภาพแวดล้อมเขตร้อน วิธีการเริ่มต้นด้วยการ ประมาณการการฉายรังสีทั่วโลกบนพื้นผิวแนวนอนจากข้อมูลดาวเทียม MTSAT-1R และข้อมูลเสริม อื่นๆ บนพื้นดิน ในการประเมินประสิทธิภาพการประมาณการการฉายรังสีปกติแบบปกติรายชั่วโมงเฉลี่ย รายเดือนที่สถานีตรวจวัดไพรีโอมิเตอร์ 7 แห่งในประเทศไทย พบว่าค่าของค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงตรงค่า ปกติรายเดือน การฉายรังสีจากการวัดและการประมาณค่าจากวิธีการที่เสนอนั้นอยู่ในข้อตกลงที่ สมเหตุสมผล โดยมีค่าความแตกต่างกำลังสองของค่าเฉลี่ยราคาที่ 16% และค่าอคติเฉลี่ย -1.6% เทียบ กับค่าที่วัดได้เฉลี่ย หลังการตรวจสอบ วิธีนี้ใช้เพื่อประมาณการการฉายรังสีแบบปกติรายชั่วโมงเฉลี่ย รายเดือนทั่วประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม MTSAT-1R สำหรับช่วงเดือนมิถุนายน 2548 ถึง ธันวาคม 2551 ผลลัพธ์จากการคำนวณแสดงเป็นแผนที่การฉายรังสีรายชั่วโมงและรายปี แผนที่ เหล่านี้เผยให้เห็นว่าการฉายรังสีปกติโดยตรงในประเทศไทยได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากมรสุมเขตร ้อนและภูมิประเทศในท้องถิ่นของประเทศ

Jeffrey B ,et al. (2013) การประมาณค่าศักยภาพแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารหลายหลัง สำหรับระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ วัตถุประสงค์ คือการประเมินพลังงานแสงอาทิตย์รายวันหรือรายเดือน ในแต่ละอาคารในเมือง/ภูมิภาคโดยใช้ข้อมูลการตรวจจับแสงและการวัดระยะ (LIDAR) และ แนวทาง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ตามแนวคิด วิธีการจะขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมการมองแบบครึ่งวงกลม

ที่มองขึ้นด้านบน แต่นำมาใช้โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองตามพื้นที่ พิจารณาพารามิเตอร์อินพุต เช่น การวางแผนพื้นผิว เอฟเฟกต์เงา ระดับความสูง และสภาวะบรรยากาศที่ส่งผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลก มีการใช้วิธีการนี้ในอาคาร 212,000 หลังในเมืองน็อกซ์เคาน์ตี้ รัฐเทนเนสซี สหรัฐอเมริกา วิธีการนี้สามารถช่วยให้เมือง/ภูมิภาคที่สนใจในโครงการที่ยั่งยืนสามารถระบุอาคารที่มีศักยภาพสูงสำหรับระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคาได้อย่างรวดเร็ว

Xiaoyang Song et al. (2018) พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนและมีแนวโน้มที่ดีสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) บนหลังคาอาคารเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดสำหรับการใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ในการศึกษานี้ได้พัฒนาแนวทางการจำลองการแผ่รังสีดวงอาทิตย์รายเดือนและรายปีบนหลังคาในแต่ละชั่วโมงเพื่อประเมินศักยภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยข้อมูลจากคุณลักษณะบนชั้นดาดฟ้าจากภาพที่รับรู้จากระยะไกล และแบบจำลองพื้นผิวดิจิทัล วิธีการคำนวณคุณสมบัติของอาคารสำหรับประเภทหลังคา ได้จากคุณลักษณะของอาคารจะถูกรวมเข้ากับข้อมูลการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เพื่อประเมินศักยภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จากแสงอาทิตย์ ผลลัพธ์คือ จำนวนหลังคาที่พร้อมใช้งานสำหรับระบบ PV คือ 743 พื้นที่บนชั้นดาดฟ้าที่มีอยู่คือ 678,805 ตร.ม. และศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อปีอยู่ที่ 63.78 GWh/ปี ในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดี วิธีการคำนวณค่าศักยภาพไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเฉพาะเจาะจงที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ อย่างแม่นยำจะเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายด้านพลังงานสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต

Katalin Bódi ,et al. (2019) ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนชั้นดาดฟ้า (PV) สามารถมีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานของยุโรป การตระหนักถึงศักยภาพนี้ทำให้เกิดความท้าทายในระดับนโยบายและการวางแผนระบบไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ผู้เขียนได้พัฒนาวิธีการเชิงพื้นที่โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ทันสมัยของสต็อค EUbuilding เพื่อหาปริมาณพื้นที่บนชั้นดาดฟ้าที่พร้อมใช้งานสำหรับระบบ PV ในการทำเช่นนี้ จะรวมแหล่งข้อมูลจากดาวเทียมและแหล่งข้อมูลทางสถิติเพื่อให้การประเมินที่เชื่อถือได้ของศักยภาพทางเทคนิคสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาด้วยความละเอียดเชิงพื้นที่ 100 ม. ทัวทั้งสหภาพยุโรป (EU) ผลการวิจัยพบว่าหลังคาของสหภาพยุโรปสามารถผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 680 TWh ต่อปี (คิดเป็น 24.4% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบัน) ผลลัพธ์โดยรวมของประเทศแสดงให้เห็นถึงอุปสรรคที่มีอยู่สำหรับระบบหลังคาที่คุ้มค่าในประเทศที่มีราคาไฟฟ้าต่ำและอัตราดอกเบี้ยการลงทุนสูง รวมทั้งให้ข้อบ่งชี้เกี่ยวกับวิธีการจัดการ

Ryo Saito, et al. (2020) การตรวจจับสิ่งปลูกสร้างใหม่มีประโยชน์ในการจัดการเมือง การกระจายเชิงพื้นที่และการขยายตัวของอาคารและบ้านเรือนใหม่เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางผังเมือง และสามารถเป็นแหล่งในการคาดการณ์การเติบโตของเศรษฐกิจและประชากรโดยเฉพาะในประเทศเกิดใหม่ การสังเกตการณ์จากดาวเทียม การรับภาพอย่างกว้างขวางโดยมีช่วงเวลาสม่ำเสมอ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการค้นหา ภาพเรดาร์รับรู้แสงสังเคราะห์ (SAR) มีข้อได้เปรียบในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นระบบเซ็นเซอร์ที่ทำงานในทุกสภาพอากาศ อย่างไรก็ตาม การมองเห็นภาพนั้นด้อยกว่าภาพเซ็นเซอร์ออปติคัล และเป็นการยากที่จะระบุอาคารใหม่จากภาพ SAR เพียงอย่างเดียว ได้พัฒนาขั้นตอนตามเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจจับสิ่งปลูกสร้างใหม่จากภาพถ่ายดาวเทียม SAR (Sentinel-1) และตรวจสอบว่าอัลกอริทึมของเราสามารถดึงสิ่งปลูกสร้างใหม่จริงได้มากน้อยเพียงใด พื้นที่เป้าหมายถูกเลือกจากชานเมืองของเมืองใหญ่ ๆ ที่ตั้งอยู่บนชายฝั่งตะวันตกของสหรัฐอเมริกา เนื่องจากโครงสร้างขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นใหม่ เช่น คลังสินค้า มีขนาดใหญ่พอสำหรับผู้ประกอบการในการสร้างข้อมูลภายใต้การดูแล

Ilada asoonsri and Satith Sangpradid (2021) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีความสำคัญต่อการจัดการและติดตามการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อ (1) การจำแนกประเภทของฟาร์มกึ่งโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) จากภาพ Sentinel-2 (2) การเปลี่ยนแปลงการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2558 ปี 2561 และ 2563 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินตามเทคนิค ANN และการประเมินความถูกต้องโดยใช้เมตริกซ์ความสับสนและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินแบ่งออกเป็นสิ่งปลูกสร้าง ป่าไม้ แหล่งน้ำ นาข้าว ฟาร์มกึ่ง และพืชไร่ วิธีการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่ใช้คือเทคนิคการสร้างความแตกต่างของภาพกับแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินพบว่าพื้นที่เพาะปลูกร้อยละ 80 ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ผลจากการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนไป แสดงว่าการสร้าง ฟาร์ม และฟาร์มเลี้ยงกึ่งเพิ่มขึ้นตลอดปี 2558 ถึง 2563 ส่วนฟาร์มกึ่งระหว่างปี 2558 ถึง 2563 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกึ่งเป็นความต้องการกึ่งที่ได้รับความนิยมสูงในตลาดโลก

พูนุ ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

บทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินงานในการประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคาในเขตพื้นที่เมืองด้วยแบบจำลองความสูงของชั้นเรือนยอดในเขตพื้นที่ศึกษาที่อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ

3.1 พื้นที่ศึกษา

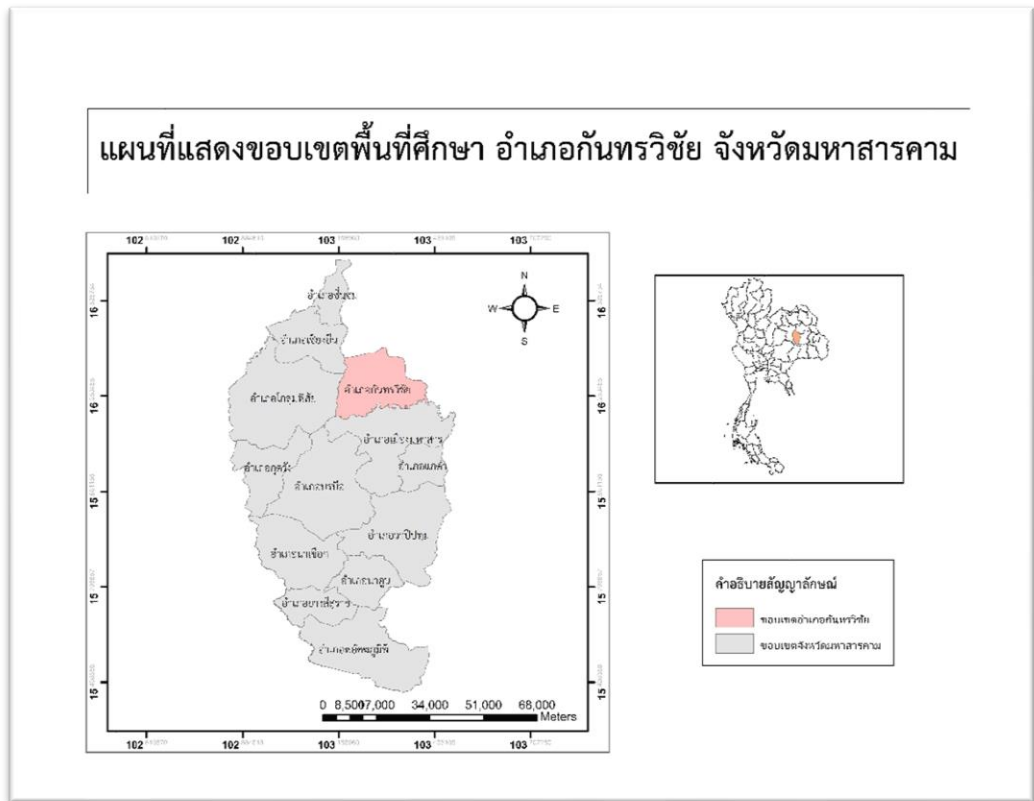
อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่ประมาณ 372.2 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังต่อไปนี้

- ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอยางตลาด (จังหวัดกาฬสินธุ์)
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอยางตลาดและอำเภอฆ้องชัย (จังหวัดกาฬสินธุ์)
- ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอเมืองมหาสารคาม
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอโกสุมพิสัยและอำเภอเชียงยืน

อำเภอกันทรวิชัยแบ่งพื้นที่การปกครองออกเป็น 10 ตำบล ประกอบด้วย

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. โศกพระ | 6. ขามเรียง |
| 2. คันธารราษฎร์ | 7. เขวาใหญ่ |
| 3. มะค่า | 8. ศรีสุข |
| 4. ท่าขอนยาง | 9. กุดไสิ้จ้อ |
| 5. นาสีนวน | 10. ขามเฒ่าพัฒนา |

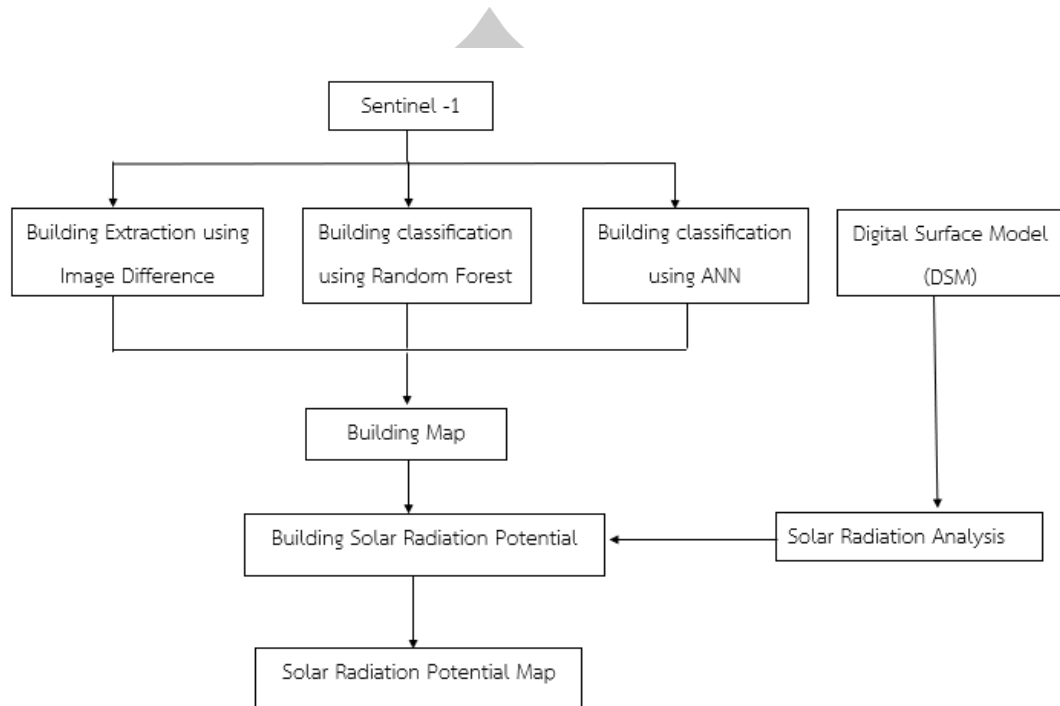
พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบที่ 7 แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม



3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพประกอบที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3 แผนผังการดำเนินงาน

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 ปี พ.ศ.2565 เดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม โดยวิธีการจำแนกพื้นที่เมือง (Image Difference) และ ด้วยวิธีการ Random Forest และ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Network (ANN)

3.3.1. การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี (Image Difference)

3.3.1.1 นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 ในโปรแกรม SNAP โดยไปที่ Open product การเลือกขอบเขตพื้นที่การศึกษา โดยวิธี Sub-swath โดยไปที่ Radar เลือก Sentinel-1 TOPS และเลือก S-1 TOPS Split จากนั้นเลือกภาพที่ต้องจะทำการวิเคราะห์ เลือกที่เก็บข้อมูล และคลิกที่ Processing Parameters เพื่อทำการเลือกตัดบริเวณที่ต้องการศึกษา คลิก Run

- 3.3.1.2 การปรับแก้ค่าวงโคจร (Apply Orbit File) เป็นการอัปเดตค่าวงโคจรของดาวเทียมให้มีความถูกต้อง เนื่องจากตอนรับสัญญาณยังไม่มีค่าโคจร โดยไปที่ Radar เลือก Apply Orbit File เลือกภาพที่ล่าสุด และคลิกที่ Processing Parameters คลิกที่ Do not Fail if new orbit file is not found และคลิก Run
- 3.3.1.3 Calibrate เป็นปรับเทียบค่าสัญญาณของพลังงานที่ได้ โดยไปที่ Radar เลือก Radiometric เลือก Calibrate เลือกภาพที่ล่าสุดที่ทำการ Orbit file เลือกที่เก็บและคลิกที่ Processing Parameters เลือก VV และคลิก Run
- 3.3.1.4 ปรับแก้ช่องว่าง (Deburst) เป็นการปรับเพื่อลดช่องว่างในภาพหายไป โดยไปที่ Radar เลือก Sentinel-1 TOPS เลือก S-1 TOPS Deburst เลือกภาพล่าสุดที่ทำการ Calibrate และเลือกที่เก็บที่ คลิก Run
- 3.3.1.5 ปรับแก้ค่าความละเอียดของภาพ (Multi Looking) โดยไปที่ Radar เลือก SAR Utilities เลือก Multilooking เลือกภาพล่าสุดที่ทำ Deburst และเลือกที่เก็บ และคลิก Run
- 3.3.1.6 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากภูมิประเทศ (Terrain Correction) โดยไปที่ Radar เลือก Geometri เลือก Terrain Correction เลือก Range-Doppler Terrain Correction เลือกภาพล่าสุดที่ทำ Deburst เลือกที่เก็บ และคลิกที่ Processing Parameters โดยตรงที่ Digital Elevation Model เลือก SRTM 1Sec HGT(Auto Download และคลิกเอาเครื่องหมายถูกออก Mask out areas without elevation เนื่องจากไม่มีค่าDEM ถ้าไม่นำออกจะให้การประมวลผลไม่สำเร็จและคลิก Run และทำวิธีเดียวกันตั้งแต่การ Subset จนถึง Terrain Correction

3.3.1.7 การหาค่า Coherence โดยการเลือกภาพทั้งสองภาพที่ทำการวิเคราะห์

Apply Orbit File โดยไปที่ Radar เลือก Coregistration เลือก S1 TOPS Coregistration และเลือก S-1 Back Geocoding และคลิกที่ Add Opened เพื่อนำไฟล์ภาพทั้งสองภาพเข้ามา และไปที่ Back-Geocoding โดยตรงที่ Digital Elevation Model เลือก SRTM 1Sec HGT(Auto Download และเลือกที่เก็บ และคลิกRun

3.3.1.8 Interferometric Coherence โดยไปที่ Radar เลือก Interferometric เลือก Products และเลือก Coherence Estimation เลือกภาพล่าสุดที่ทำการหาค่า Coherence เลือกที่เก็บและคลิก Run

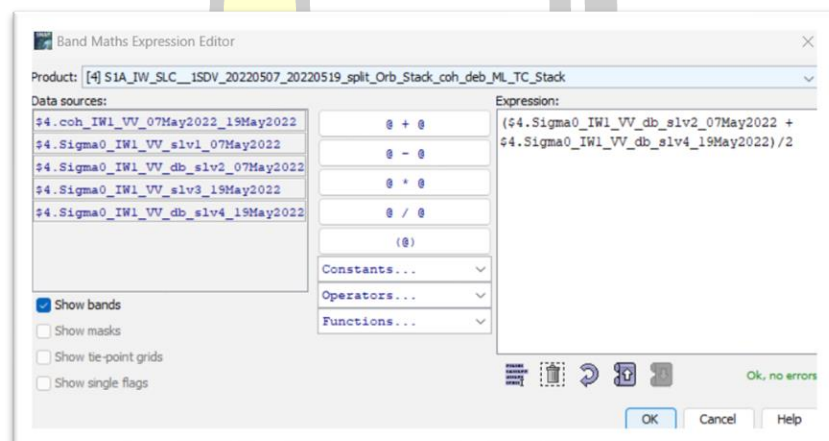
3.3.1.9 ปรับแก้ช่องว่าง (Deburst) เป็นการปรับเพื่อลดช่องว่างในภาพหายไป โดยไปที่ Radar เลือก Sentinel-1 TOPS เลือก S-1 TOPS Deburst เลือกภาพล่าสุดที่ทำ Interferometric Coherence เลือกที่เก็บและคลิก Run

3.3.1.10 ปรับแก้ค่าความละเอียดของภาพ (Multi Looking) โดยไปที่ Radar เลือก SAR Utilities เลือก Multilooking เลือกเลือกภาพล่าสุดที่ทำปรับแก้ช่องว่าง (Deburst) เลือกที่เก็บและคลิก Run

3.3.1.11 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากภูมิประเทศ (Terrain Correction) โดยไปที่ Radar เลือก Geometric เลือก Terrain Correction และเลือก Range-Doppler Terrain Correction เลือกภาพล่าสุดที่ทำปรับแก้ค่าความละเอียดของภาพ (Multi Looking) เลือกที่เก็บและคลิกที่ Processing Parameters โดยตรงที่ Digital Elevation Model เลือก SRTM 1Sec HGT(Auto Download และคลิกเอาเครื่องหมายถูกออก Mask out areas without elevation และคลิก Run

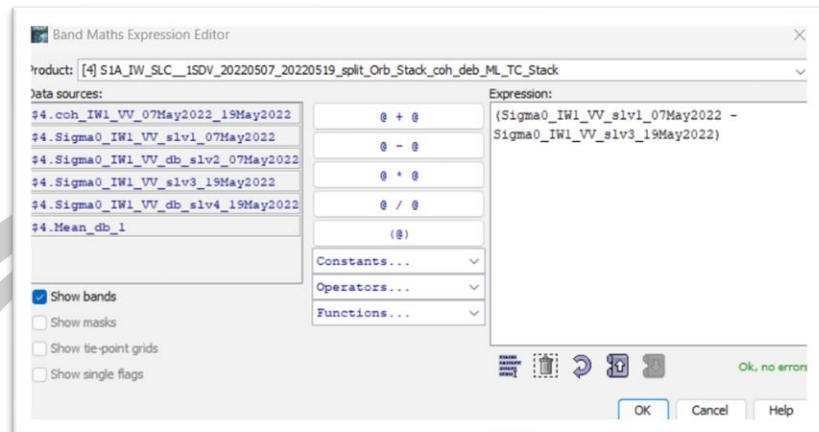
3.3.1.12 นำภาพที่ได้จากการ ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากภูมิประเทศ Terrain Correction ทั้งสามภาพ และทำการรวมภาพโดยไปที่ Coregistration เลือก Stack Tools และเลือก Create Stack คลิก Add Opened เพื่อนำไฟล์ภาพทั้งหมดเข้ามา และคลิกที่ Write เลือกที่เก็บและคลิก Run

3.3.1.13 การหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยคลิกขวาภาพล่าสุดจากการทำ Create Stack ที่เลือก Band Maths โดย Name : mean_db และคลิก Edit Expression โดยเลือกภาพในช่วงเวลา 1 บวก ภาพช่วงเวลาที่ 2 และหารด้วยสอง และคลิก OK



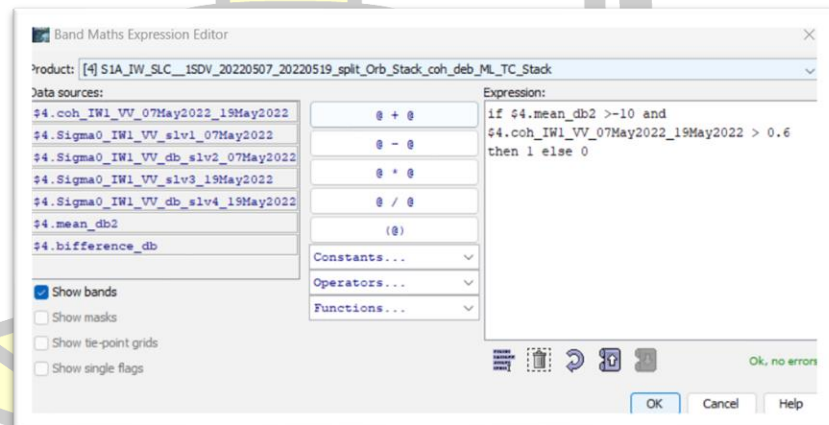
ภาพประกอบที่ 9 การหาค่าเฉลี่ย(Mean)

3.3.1.14 การหาค่าความต่าง (Difference) คลิกขวาภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ Create Stackล่าสุด เลือก Band Maths โดย Name : differan_db เลือก Edit Expression โดยเลือกภาพในช่วงเวลาที่ 1 ลบ ภาพช่วงเวลาที่ 2 และคลิก OK



ภาพประกอบที่ 10 การหาค่าความต่าง (Difference)

3.3.1.15 การหา Urban Footprint คลิกขวาภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ Create Stackล่าสุด เลือก Band Maths โดย Name : Urban_footprint เลือก Edit Expression โดย if mean_db >-10 and ภาพที่รวมกันของทั้งสองภาพ >0.6 then 1 else 0>>>OK



ภาพประกอบที่ 11 การหา Urban Footprint

พหุ ประถมศึกษา

3.3.2 การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี (Random Forest)

3.3.2.1 การเลือกพื้นที่การศึกษา (Subset) โดยการตัดภาพบริเวณที่ต้องศึกษา

3.3.2.2 การปรับเทียบค่าสัญญาณของพลังงานที่ได้ (Calibrate) โดยไปที่ Radar เลือก Radiometric เลือก Calibrate โดยเลือกภาพล่าสุดที่ทำการ Subset คลิก Run

3.3.2.3 การขจัดสัญญาณรบกวนที่พบในข้อมูลด้วยการใช้ตัวกรองหรือฟิวส์เตอร์ (Spackle Filtering) โดยไปที่ Radar เลือก Spackle Filtering เลือก Single Product Spackle filtering เลือกภาพล่าสุดที่ทำการปรับเทียบค่าสัญญาณของพลังงานที่ได้ (Calibrate) คลิก Run

3.3.2.4 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากภูมิประเทศ (Terrain Correction) โดยไปที่ Radar เลือก Geometric เลือก Terrain Correction และเลือก Range doppler terrain correction เลือกภาพล่าสุดที่ทำการขจัดสัญญาณรบกวนที่พบในข้อมูลด้วยการใช้ตัวกรองหรือฟิวส์เตอร์ (Spackle Filtering) คลิกเอาเครื่องหมายถูกออก Mask out areas without elevation และคลิก Run

3.3.2.5 การจำแนกพื้นที่ (Classification) โดยไปที่ Vector เลือก New Vector Data Container เพื่อทำการจำแนกพื้นที่โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และไม่ใช่พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง เมื่อเสร็จแล้วไปที่ Raster เลือก Classification เลือก Supervised Classification และเลือก Random Forest Classifier โดย Add ภาพล่าสุดที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากภูมิประเทศ (Terrain Correction) คลิก Random-Forest-Classifer .ตรง Training vectors เลือกพื้นที่ที่เราทำการจำแนก และตรง Feature bands เลือกทั้งหมด และทำการเลือกที่เก็บ และคลิก Run

3.3.3 การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Artificial neural networks:

3.3.3.1 นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 และคลิกเลือก Load RGB

3.3.3.2 การจำแนกพื้นที่ โดยไปที่ Overlay และเลือก Region of Interest เพื่อทำการจำแนกพื้นที่จะแยกออกเป็น 2 ชั้นข้อมูล คือ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และไม่ใช้พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง เมื่อทำการจำแนกพื้นที่เสร็จและทำการบันทึกข้อมูลโดยไปที่ Fill เลือก Seve ROI จากเลือก Select All Item และ Choose เพื่อบันทึกไฟล์

3.3.3.3 เลือก Classification เลือก Supervised และเลือก Neural Net เลือก ภาพคลิก OK และคลิก Select All Item บันทึกข้อมูลโดยคลิกที่ Choose และกด OK

3.3.4 การตรวจสอบความถูกต้อง

การประเมินความถูกต้องของผลการวิเคราะห์การจำแนกได้อย่างถูกต้อง โดยการนำข้อมูล 2 ชุดซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นจุดภาพหรือข้อมูลที่เป็นรูปทรงเหลี่ยมจากข้อมูลการรับรู้ระยะไกลและข้อมูลภาคพื้นดิน นำมาจำแนกข้อมูลขอบเขตอาคาร ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel -1 โดยการประเมินความถูกต้องได้ดังนี้ (สาธิต แสงประดิษฐ์, 2557) แสดงดังนี้

Branching factor

$$: \frac{FP}{TP}$$

Miss factor

$$: \frac{FN}{TP}$$

Building detection percentage

$$: \frac{TP \times 100}{(TP+FN)}$$

Quality percentage

$$: \frac{TP \times 100}{(TP+FN+FP)}$$

เมื่อ TP = จำนวนของพื้นที่ที่สกัดได้และพื้นที่จริงที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน
 FP = จำนวนเนื้อที่สกัดได้แต่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่จริง
 FN = จำนวนพื้นที่จริงที่ไม่สามารถสกัดได้

3.3.4.1 การวิเคราะห์จำนวนของพื้นที่ที่สกัดได้และพื้นที่จริงที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน โดยนำข้อมูลขอบเขตอาคารที่ได้จากการจำแนกด้วยวิธี Random Forest และข้อมูลลักษณะอาคารในพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม และรวมข้อมูลทั้งสองด้วยวิธี Intersect

3.3.4.2 การวิเคราะห์หาจำนวนเนื้อที่สกัดได้แต่ไม่อยู่ในพื้นที่จริง โดยไปที่ Erase โดย
 Input Features : ข้อมูลขอบเขตอาคารที่ได้จากการจำแนกด้วยวิธี Random Forest Erase Features :ข้อมูลลักษณะอาคารในพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

3.3.4.3 การวิเคราะห์หาจำนวนพื้นที่จริงไม่สามารถสกัดได้ โดยไปที่ Erase โดยไปที่ Erase โดย Input Features : ข้อมูลลักษณะอาคารในพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม Erase Features :ข้อมูลขอบเขตอาคารที่ได้จากการจำแนกด้วยวิธี Random Forest

3.3.4.4 การประเมินรังสีอาทิตย์โดยการนำข้อมูล DSM และข้อมูลการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธีการ Random Forest

3.3.4.5 วิเคราะห์ Hillshade Function เพื่อให้เห็นการตกกระทบของแสง โดยไปที่ Windows เลือก Image Analysis แล้วเลือกข้อมูล DSM คลิกขวา Add Function เลือก Identity Function คลิกขวา Insert Function เลือก Hillshade Function

- 3.3.4.6 การหาพื้นที่การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (Area Solar Radiation) โดยไปที่ Area Solar Radiation เลือกข้อมูล Dsm เลือกที่เก็บ (หน่วยเป็นวัตต์ ชั่วโมงต่อตารางเมตร) โดยกำหนดช่วงเวลาการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ ไปที่ Time configuration (optional) และเลือกช่วงเวลาเริ่มต้นในการคำนวณรังสีแสงอาทิตย์ ไปที่ Hour interval (optional) และกำหนดการคำนวณทิศทางราบการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ คลิกที่ Environment settings เลือก Raster Analysis โดย Mask เลือกข้อมูลขอบพื้นที่ศึกษาที่ต้องการ
- 3.3.4.7 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์จากวัตต์ชั่วโมงเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (Raster Calculator) โดยไปที่ Map Algebra เลือก Raster Calculation เลือกข้อมูลที่ทำกรคำนวณการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (Area Solar Radiation) หารด้วย 1000 และเลือกที่เก็บ
- 3.3.4.8 ความลาดชัน(Slope) โดยไปที่ Surface เลือก Slope เลือกข้อมูล Dsm และเลือกพื้นที่เก็บ คลิกOK
- 3.3.4.9 ทิศทาง(Asspect) โดยไปที่ Surface เลือก Slope เลือกข้อมูล Dsm และเลือกพื้นที่เก็บ คลิกOK
- 3.3.4.10 วิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมและค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ (Conditional) และคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่และไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้แต่พื้นที่จากการวิเคราะห์ (Zonal Statistics as Table)

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการจำแนกข้อมูลสิ่งปลูกสร้างจากข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1

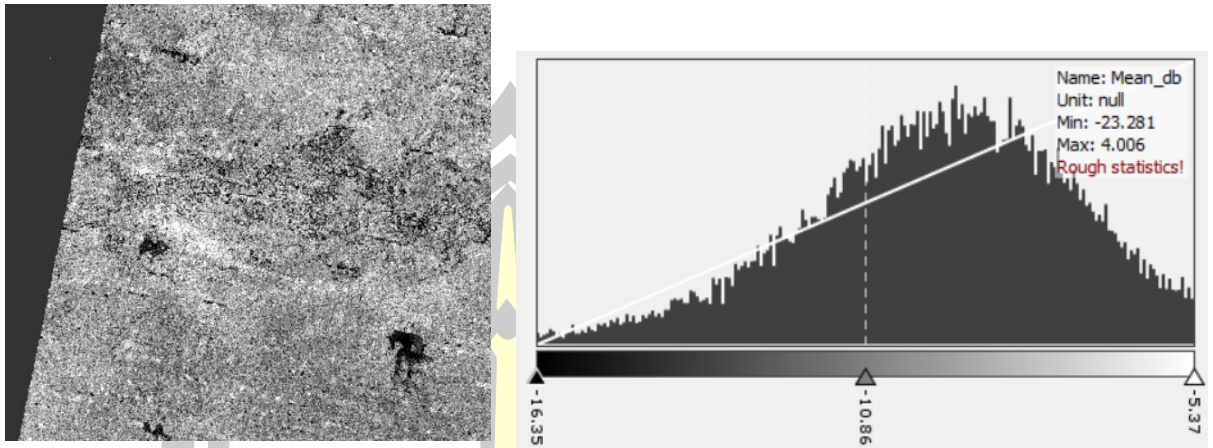
การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 ปี 2565 โดยการใช้การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Image Difference การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธีการ Random Forest และ การจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างข้อมูลด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Network (ANN)

4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 ด้วยการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี (Image Difference)

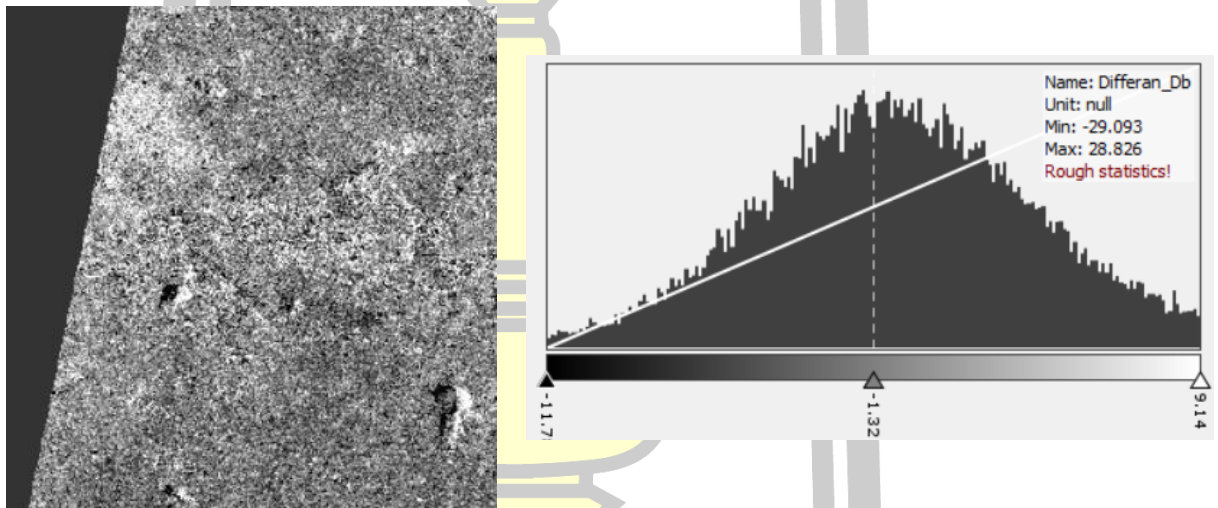
การวิเคราะห์ภาพดาวเทียม Sentinel-1 การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้นก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 เพื่อเป็นการเพิ่มความแม่นยำมากขึ้นสำหรับการจำแนกข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากต้องทำการปรับแก้ค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม sentinel-1 โดยพิจารณาค่า interferometric coherence (มีค่าเป็น 0-1) สำหรับแต่ละช่องโพลาริเซชัน (VV, VH) เนื่องจากภาพจากดาวเทียม sentinel-1 มีการกำหนดค่า backscattering ของช่องสัญญาณ VV ที่สูงกว่าค่าโพลาริเซชันของ VH การตรวจสอบภาพแสดงค่าความเข้มสูงของ σ_0

ผลลัพธ์จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสกัดข้อมูลอาคารในเขตเมืองโดยการสร้างขอบเขตอาคาร (Footprint) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Sentinel-1 พบว่าค่าการคำนวณค่าแอดิจูดและกราฟแสดงข้อมูลพบว่า Min -23.281 และ Max 4.006 ของทั้งสองภาพ แสดงภาพประกอบที่ 12 การหาค่าความต่างของทั้งสองภาพและกราฟแสดงข้อมูลพบว่า Min -29.093 และ Max 28.826 ของทั้งสองภาพ แสดงภาพประกอบ 13

การสกัดข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยการวิเคราะห์การสะท้อนของค่าโพลาริเซชันในระบบ VV จากข้อมูลความแตกต่าง ข้อมูล 2 ช่วงเวลา ผลการสกัดข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง แสดงดังภาพประกอบที่ 14

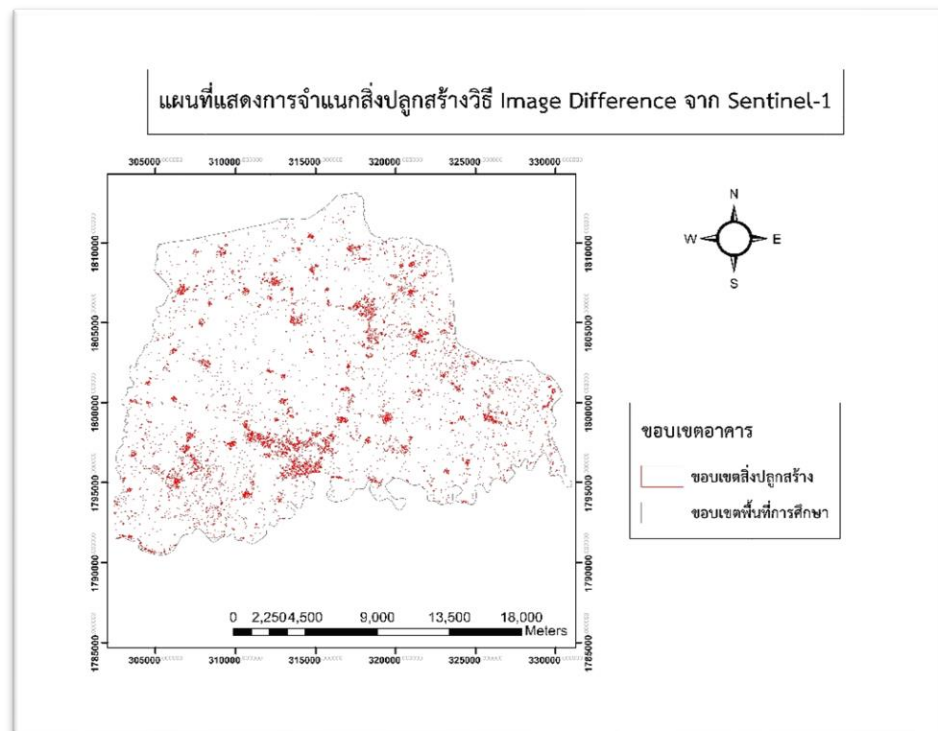


ภาพประกอบที่ 12 ภาพแสดงผลการหาค่าการสะท้อนของสิ่งปลูกสร้าง



ภาพประกอบที่ 13 ภาพแสดงผลการหาค่าความต่าง

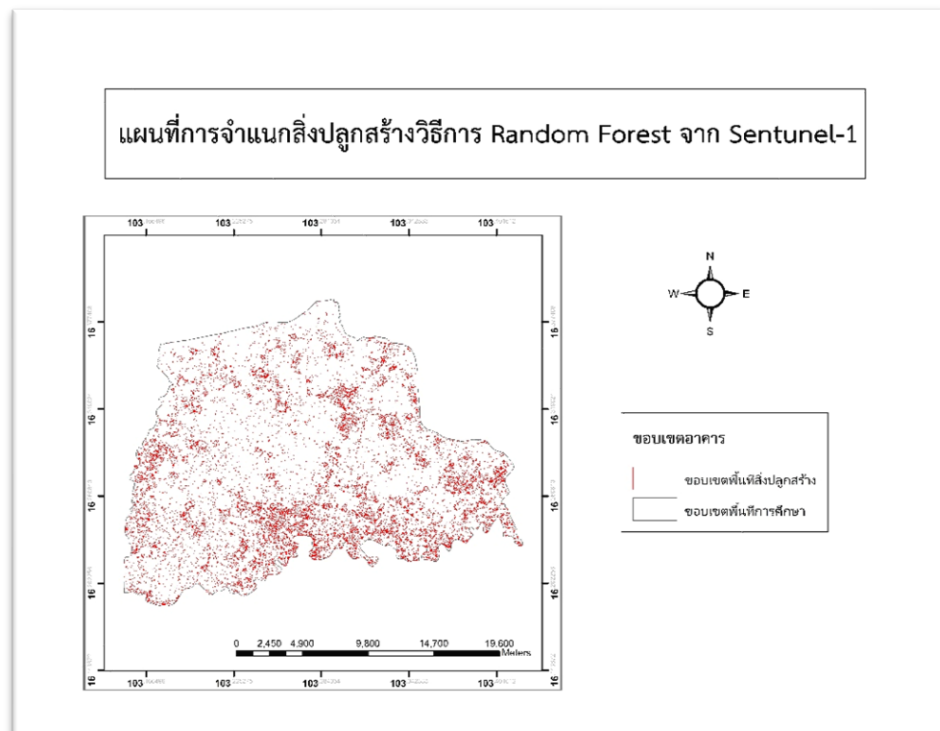




ภาพประกอบที่ 14 ภาพแสดงผลการสกัดข้อมูลด้วยวิธีการการ Image Difference จากข้อมูล Sentinel-1

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel – 1 ด้วยการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Random Forest

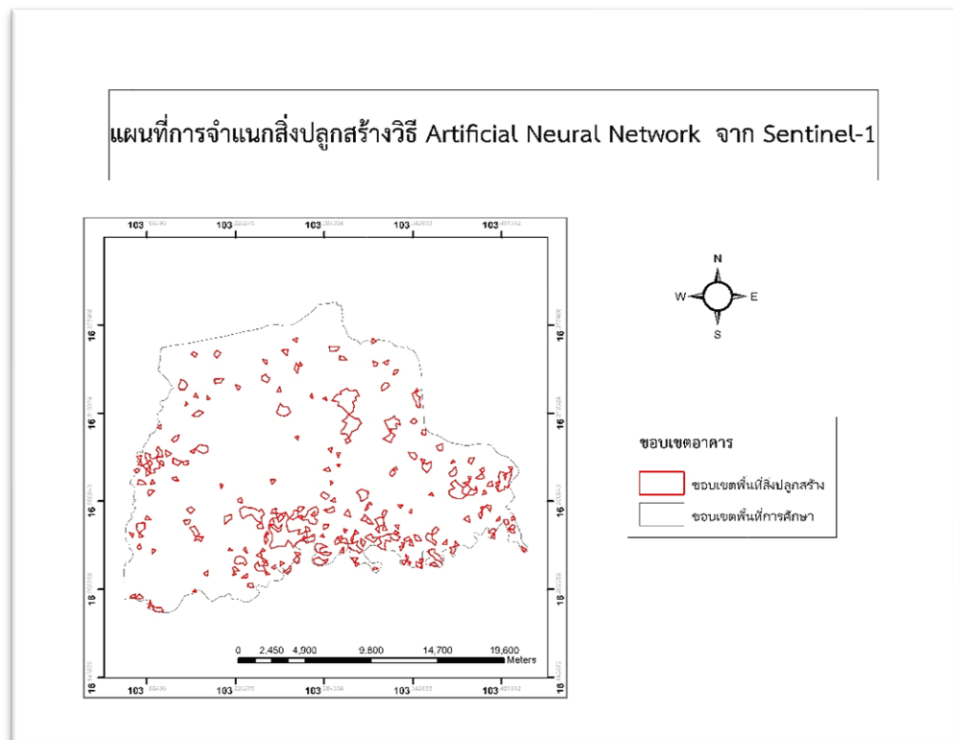
เนื่องจากต้องทำการปรับแก้ค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพดาวเทียม sentinel-1 สำหรับแต่ละช่องโพลาไรเซชัน (VV, VH) เนื่องจากภาพจากดาวเทียม sentinel-1 มีโดยใช้ค่าของช่องสัญญาณ VV เพื่อใช้จำแนกข้อมูลสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervise Classification) ด้วยวิธีการต้นไม้สุ่ม (Random Forest) โดยการกำหนดหรือเลือกพื้นที่ตัวอย่าง โดยมีการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 Class คือ พื้นที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง และไม่ใช่อพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง สำหรับเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ sentinel-1 ผลการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างแสดงดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบที่ 15 ผลการจำแนกสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Random Forest จากข้อมูล sentinel-1

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 ด้วยการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Artificial Neural Network (ANN)

การจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Network (ANN) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ Hidden layer เท่ากับ 1 และ จำนวนนซ้ามีค่าเท่ากับ 1,000 รอบ เพื่อใช้จำแนกข้อมูลสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervise Classification) โดยการกำหนดหรือเลือกพื้นที่ตัวอย่าง โดยมีการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 Class คือ พื้นที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง และไม่ใช่อพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง สำหรับเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ sentinel-1 ผลการจำแนกสิ่งปลูกสร้างแสดงดังภาพประกอบที่ 16



ภาพประกอบที่ 16 ผลการจำแนกสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธี Artificial Neural Network จากข้อมูล sentinel-1

4.1.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม Sentinel-1

ผลการวิเคราะห์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม Sentinel-1 พบว่า วิธีการ Image Difference มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 28,716,604.99 ตารางเมตร วิธีการจำแนกด้วย Random Forest มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 25,739,934.04 ตารางเมตร และวิธีการจำแนกด้วยโครงข่ายประสาทเทียม มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 53,177,536.00 ตารางเมตร แสดงดังตารางที่ 1

พหุ ประถมศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (ตารางเมตร)

| ตำบล | Image Difference | Random Forest | Artificial Neural Network |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| โคกพระ | 2,572,394.26 | 2,880,141.83 | 4,969,373.00 |
| คันธารราษฎร์ | 1,227,092.45 | 1,024,234.08 | 3,450,744.00 |
| มะค่า | 3,162,220.98 | 1,087,978.32 | 5,232,495.00 |
| ท่าขอนยาง | 4,862,409.26 | 4,111,986.34 | 8,674,600.00 |
| นาสีนวน | 3,041,036.79 | 2,276,551.64 | 3,487,767.00 |
| ขามเรียง | 4,274,162.04 | 5,486,566.12 | 7,585,056.00 |
| เขวาใหญ่ | 2,564,117.92 | 2,886,431.40 | 7,265,977.00 |
| ศรีสุข | 2,366,559.80 | 2,329,563.83 | 4,645,867.00 |
| กุฉีสง่า | 2,307,597.71 | 1,490,692.22 | 4,253,612.00 |
| ขามเฒ่าพัฒนา | 2,339,013.77 | 2,165,788.25 | 3,612,045.00 |
| รวม | 28,716,604.99 | 25,739,934.04 | 53,177,536.00 |

4.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรจำแนกข้อมูลอาคารจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 เป็นการประเมินความถูกต้องของผลการจำแนกข้อมูล 2 ชุด โดยใช้การคำนวณทางสถิติของการสกัดขอบเขตอาคารข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 โดยผลการประเมินเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (Building detection percentage) ของการจำแนก ด้วยวิธีการ Image Difference มีค่าเป็น 47.704 วิธีการ Random Forest มีค่าเป็น 77.581 และวิธี Artificial Neural Network มีค่าเป็น 69.855 แสดงว่าวิธีการ Random Forest มีเปอร์เซ็นต์การจำแนกมากกว่า วิธี Segmentation และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ในขณะที่เดียวกันคุณภาพของการจำแนก (Quality percentage) ของวิธีการ Image Difference มีค่าเป็น 17.007 ซึ่งมากกว่าวิธีอื่น แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่าการประเมินความถูกต้องการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง(ตารางเมตร)

| ประเภทของปัจจัยการจำแนกพื้นที่ | ค่าผลรวมการจำแนก | | |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------------------|
| | Image Difference | Random Forest | Artificial Neural Network |
| TP : True Positive | 2,168,699.606 | 3,526,965.294 | 317,5727 |
| FP : False Positive | 8,205,571.433 | 2,623,5705.95 | 29,408,489 |
| FN : False Negative | 2,377,442.499 | 1,019,176.795 | 137,0415 |

ตารางที่ 3 แสดงการจำแนกขอบเขตพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง

| ประเภทของปัจจัยการจำแนกพื้นที่ | Area Level | | |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------------------|
| | Image Difference | Random Forest | Artificial Neural Network |
| Branching factor | 3.784 | 7.439 | 9.260 |
| Miss factor | 1.096 | 0.289 | 0.432 |
| Building detection percentage | 47.704% | 77.582% | 69.855% |
| Quality percentage | 17.007% | 11.458% | 9.353% |

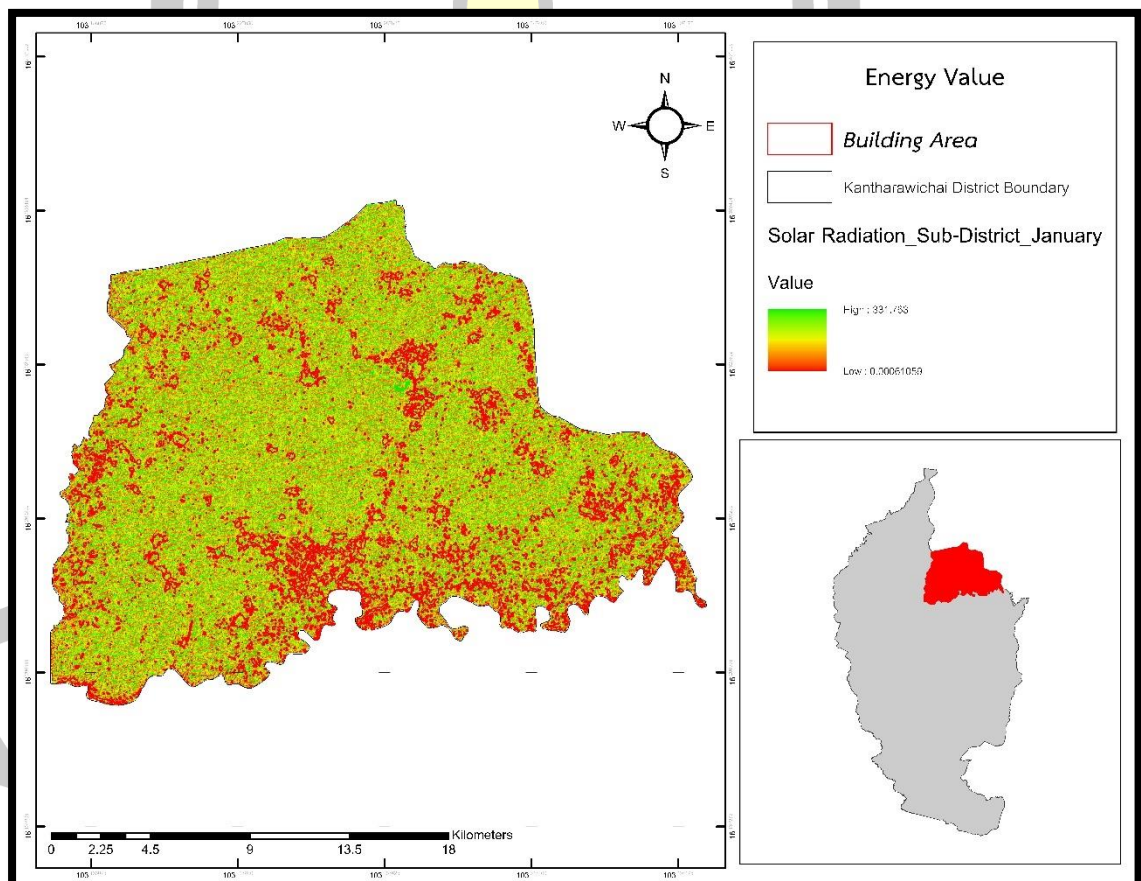
4.3 การประเมินรังสีแสงอาทิตย์

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับจากพื้นผิวเป็นเพียงส่วนหนึ่งของสิ่งที่จะได้รับนอกชั้นบรรยากาศเป็นคุณสมบัติของชั้นบรรยากาศที่แสดงเป็นอัตราส่วนของพลังงาน (ความยาวคลื่นโดยรวมเฉลี่ย) ถึงพื้นผิวโลก ค่ามีตั้งแต่ 0 (ไม่มีการส่ง) ถึง 1 (การส่งผ่านที่สมบูรณ์) ค่าพลังงานที่ได้รับที่พื้นผิวโลกอยู่ที่เส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านชั้นบรรยากาศ (นั่นคือดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดสุดยอดหรือเหนือศีรษะโดยตรง) ละติจูดสำหรับขนาดพื้นที่ (หน่วย: ระดับทัศนียภาพสำหรับซีกโลกเหนือและลบสำหรับซีกโลกใต้) ถูกนำมาใช้ในการคำนวณเนื่องจากความเข้มของแสงอาทิตย์จากความแตกต่างของพื้นที่จึงต้องกำหนดโซนในพื้นที่ศึกษา และมีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (WH / m^2)

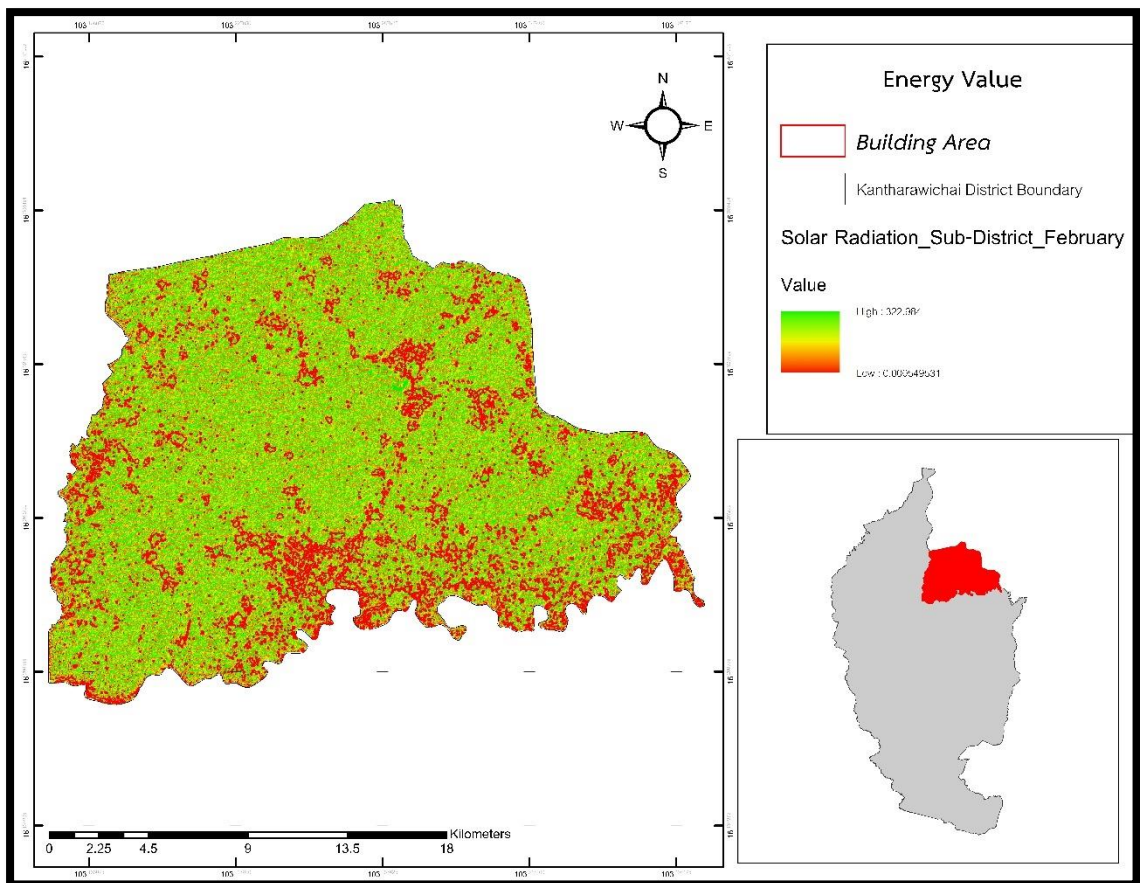
4.3.1 รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่อำเภอกันทรวิชัยในตำบลของแต่ละเดือนในปี 2565

จากผลการจำแนกด้วยวิธี Image Difference วิธี Random Forest และ วิธี Artificial Neural Network พบว่าวิธี Random Forest มีเปอร์เซ็นต์ของการจำแนกสิ่งปลูกสร้างได้มากกว่าวิธีอื่น ดังนั้นนำเอาพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่ได้จากวิธี Random Forest มาวิเคราะห์หาค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์โดยพิจารณาผลการวิเคราะห์รังสีแสงอาทิตย์เป็นรายเดือน ของปี 2565 แสดงดังภาพประกอบที่ 17 ถึงภาพประกอบที่ 28 และค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุด 3 เดือนแรก คือ สิงหาคม พฤษภาคม และ กรกฎาคม มีค่าเป็น 72,819,776 72,292,028 และ 72,272,815 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4

จากภาพประกอบที่ 29 กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์รายเดือน ปี 2565 พบว่าช่วงเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ มีค่ารังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละตำบลมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าต่ำไปค่าที่สูง

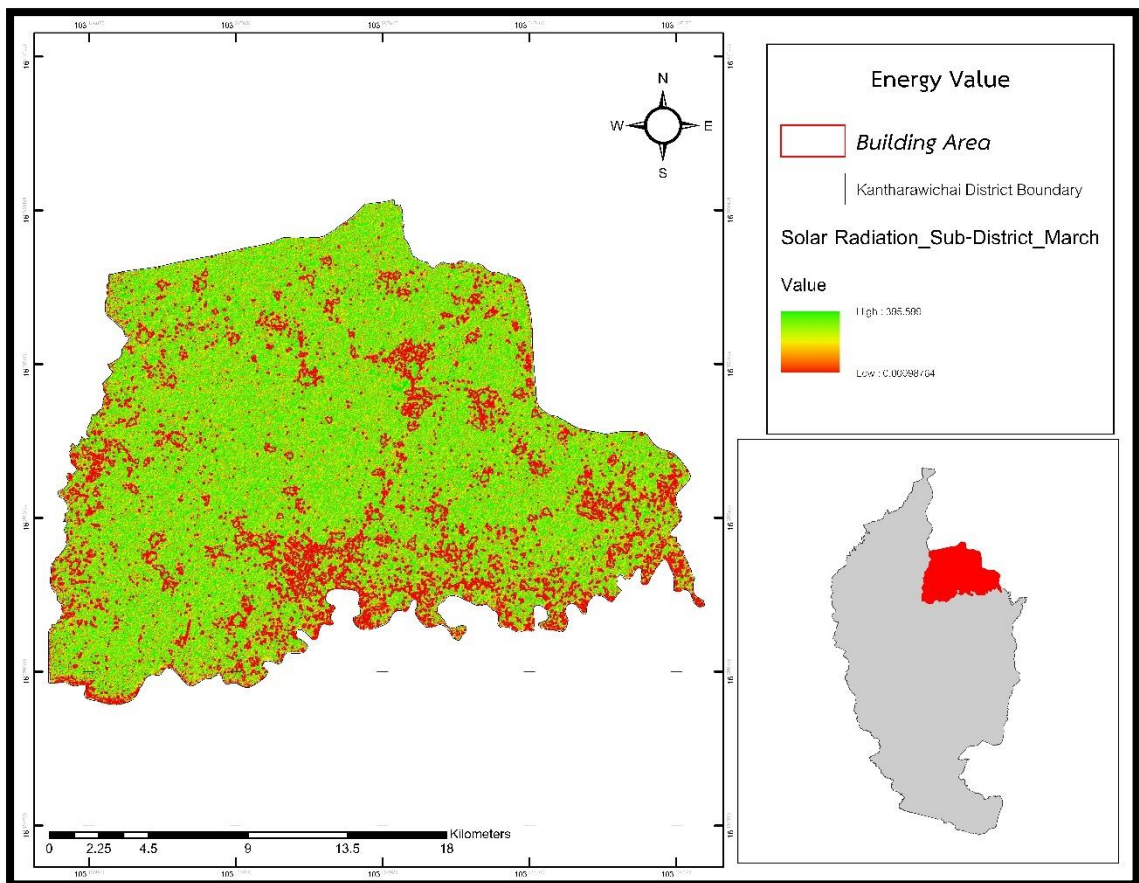


ภาพประกอบที่ 17 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนมกราคม ปี 2565



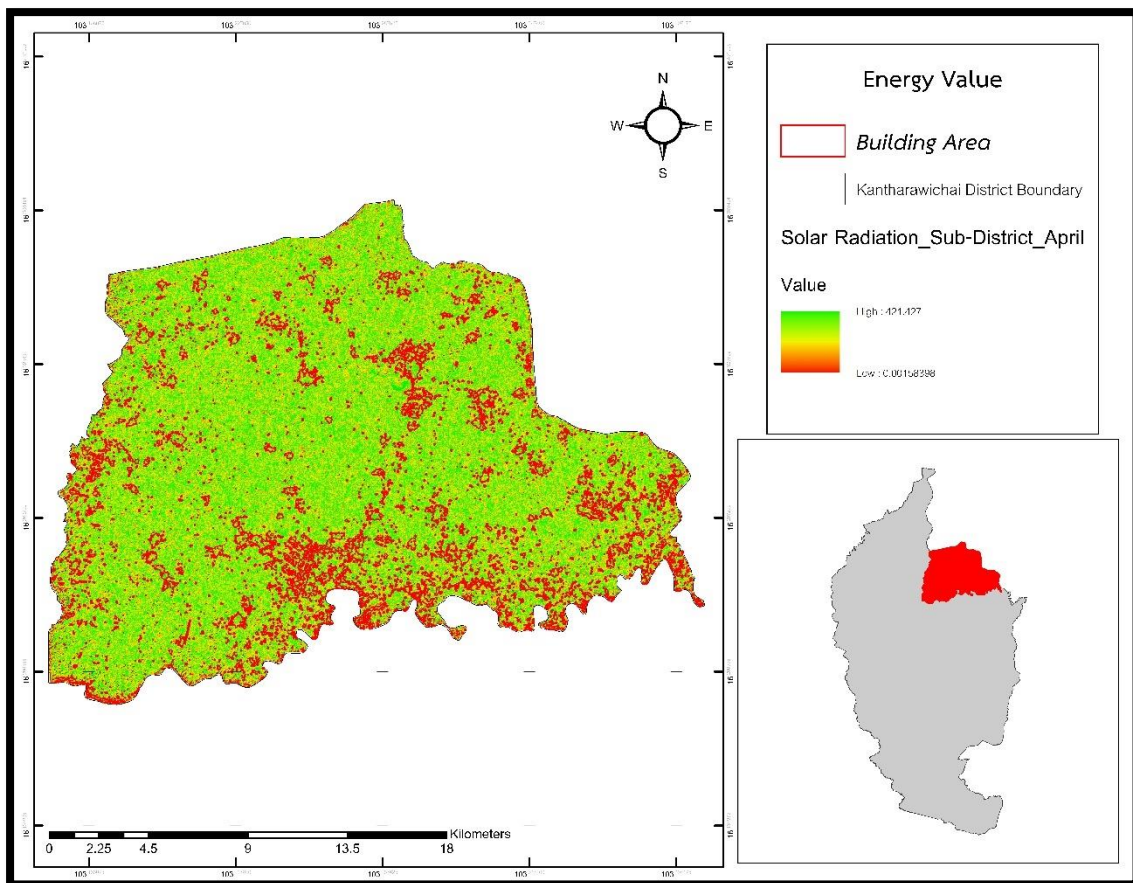
ภาพประกอบที่ 18 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2565





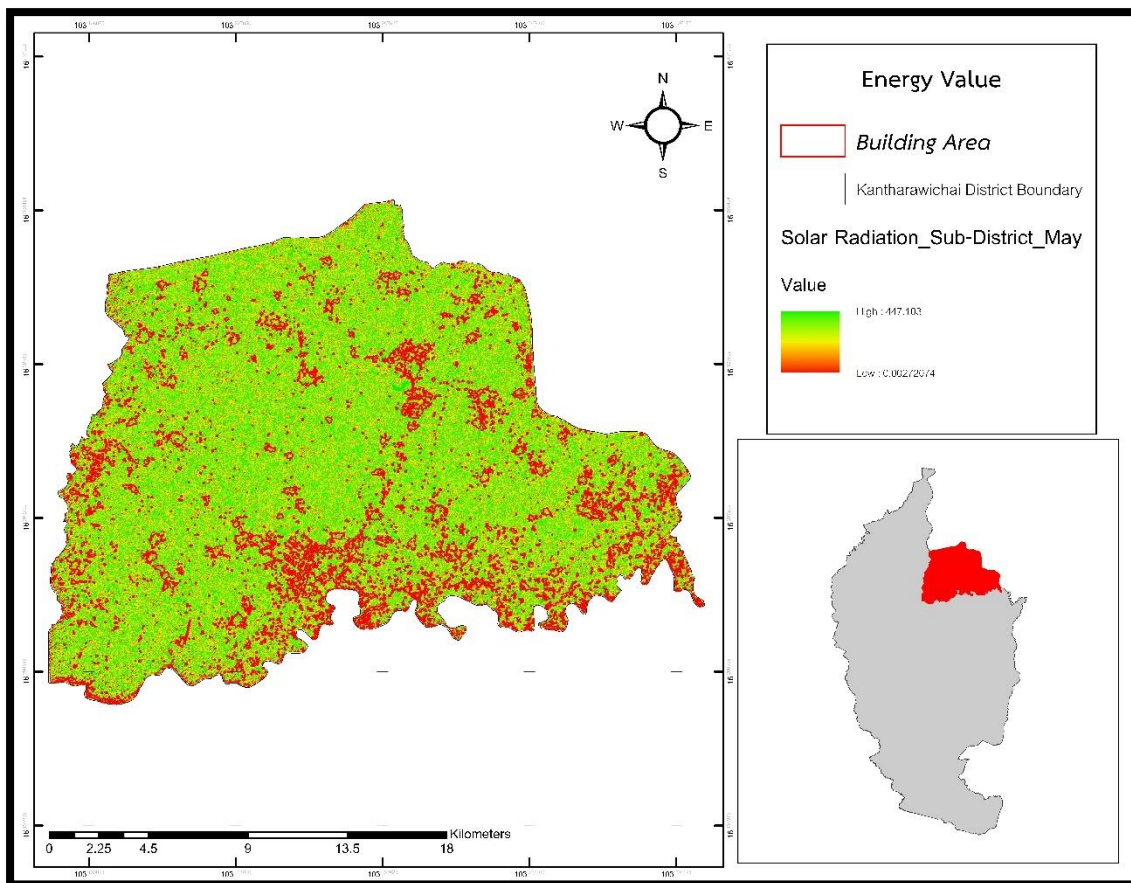
ภาพประกอบที่ 19 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนมีนาคม ปี 2565





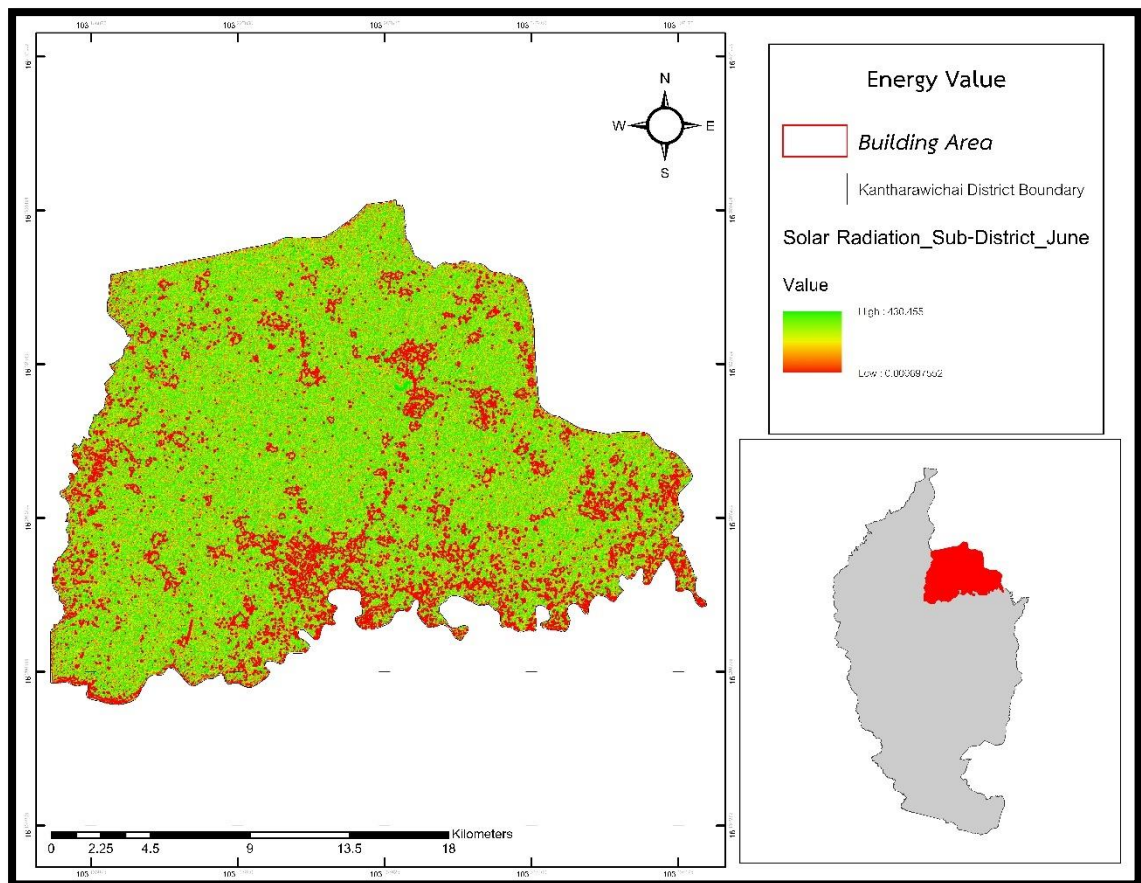
ภาพประกอบที่ 20 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนเมษายน ปี 2565





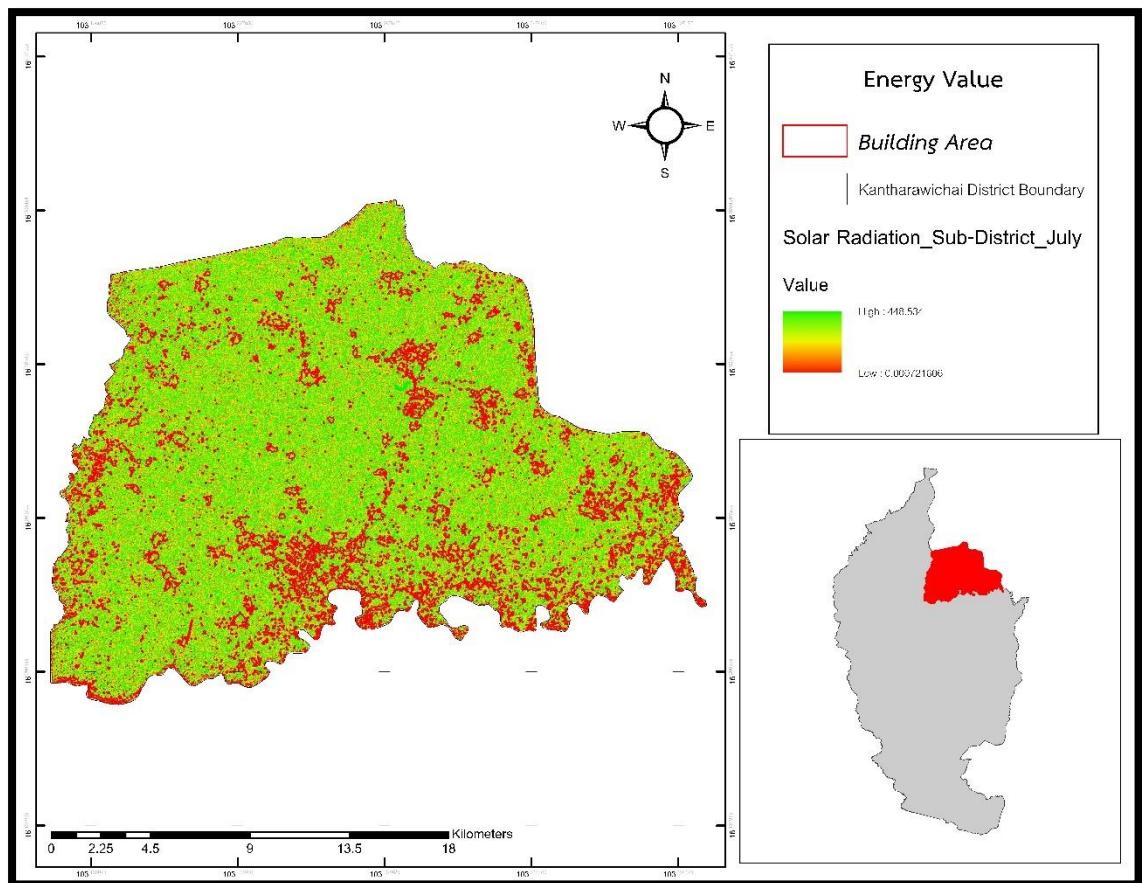
ภาพประกอบที่ 21 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนพฤษภาคม ปี 2565





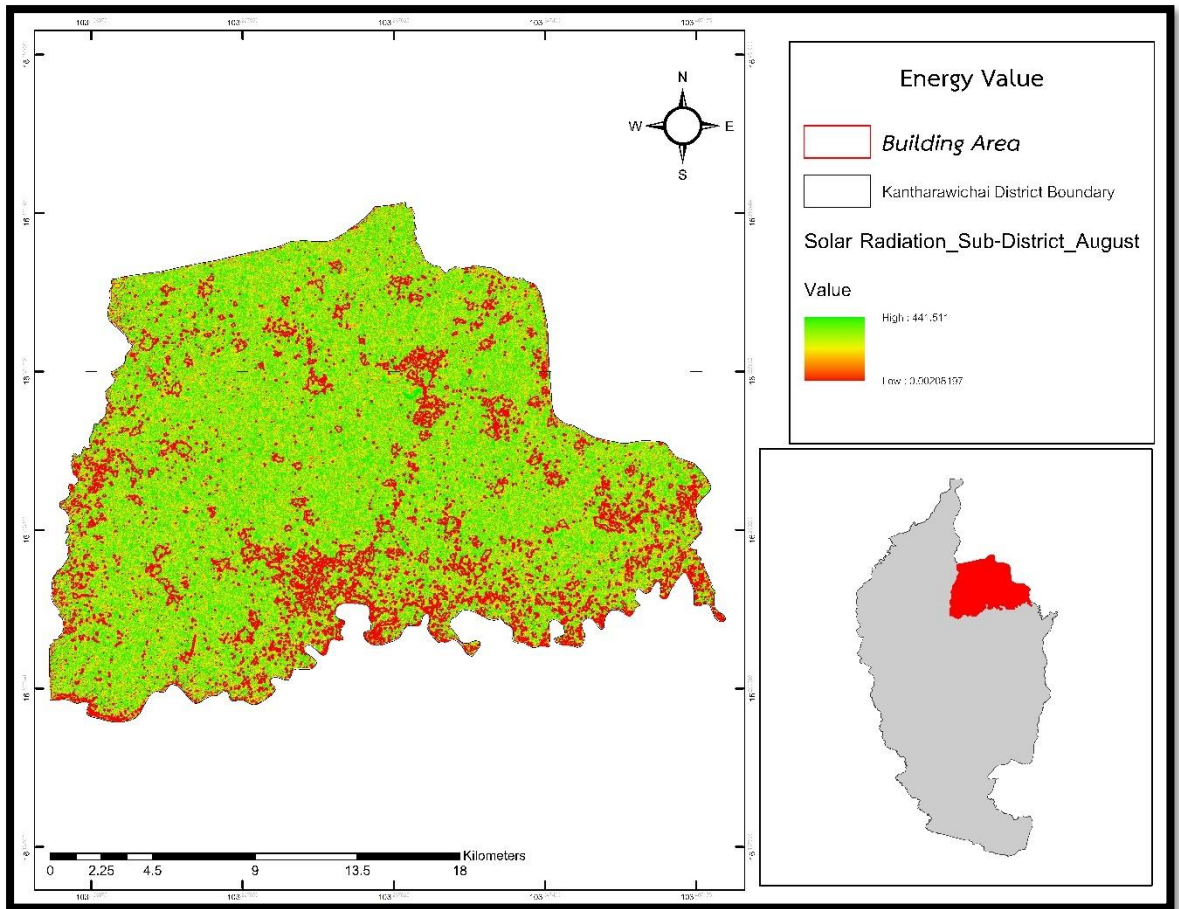
ภาพประกอบที่ 22 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนมิถุนายน ปี 2565





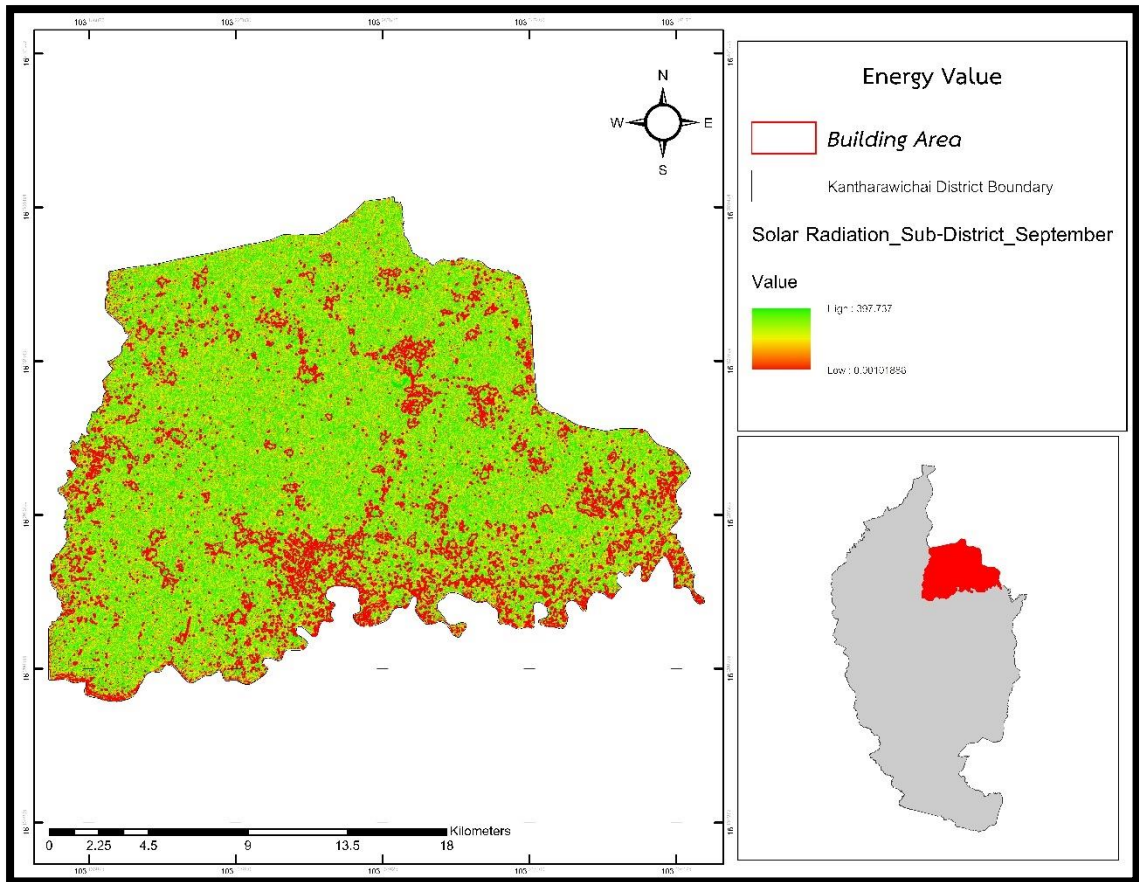
ภาพประกอบที่ 23 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนกรกฎาคม ปี 2565





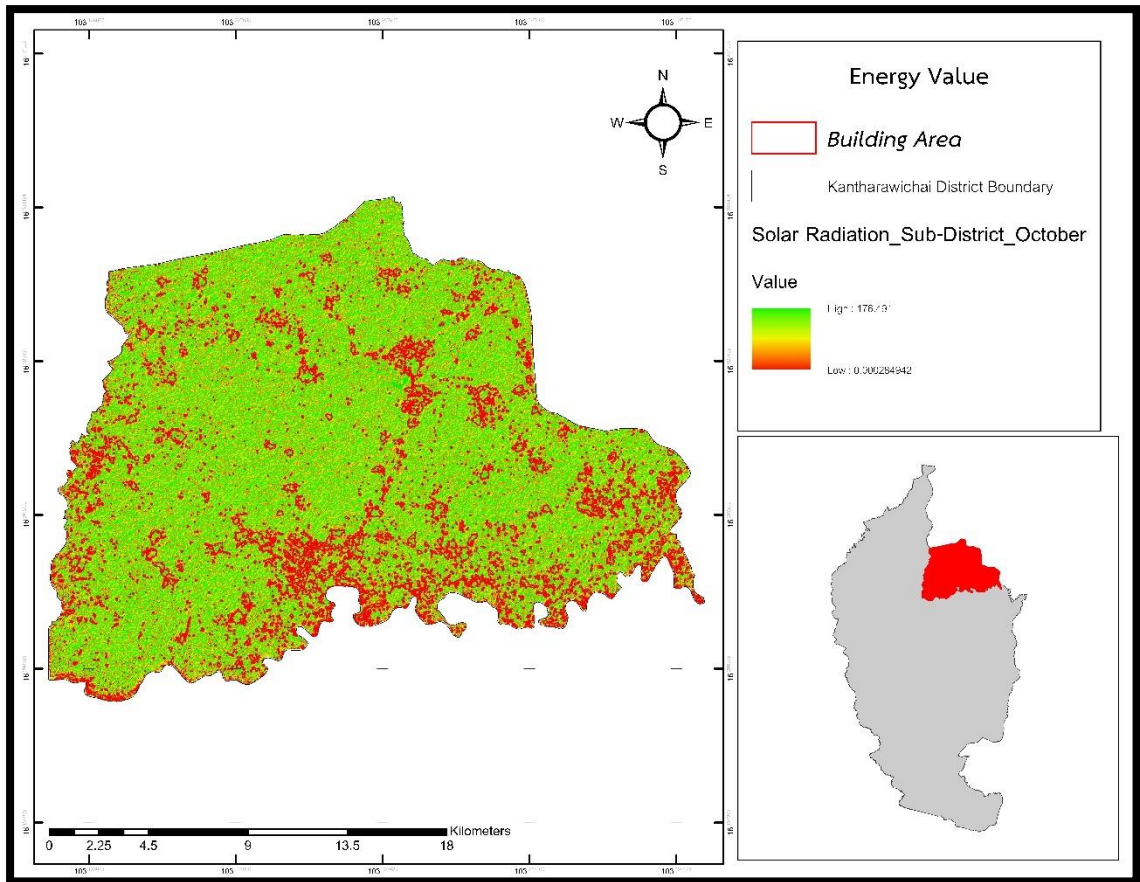
ภาพประกอบที่ 24 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนสิงหาคม ปี 2565





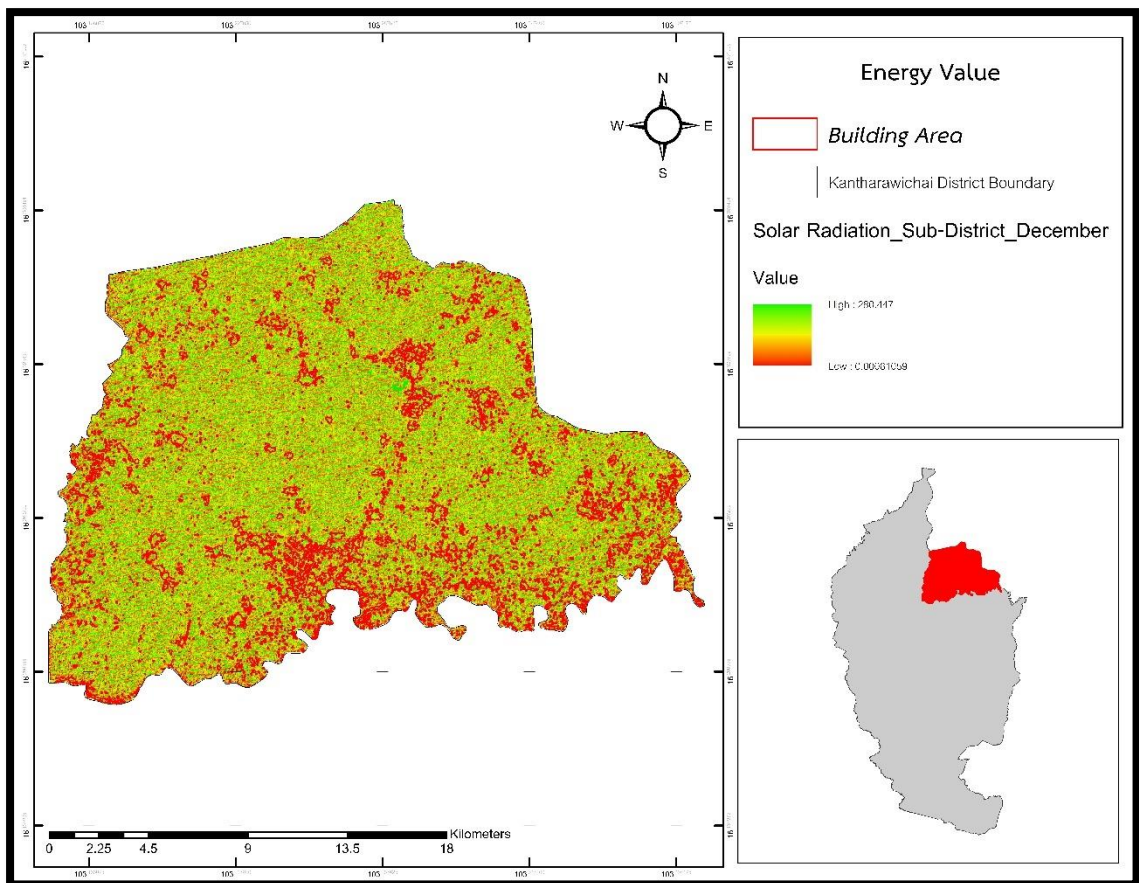
ภาพประกอบที่ 25 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนกันยายน ปี 2565





ภาพประกอบที่ 26 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนตุลาคม ปี 2565



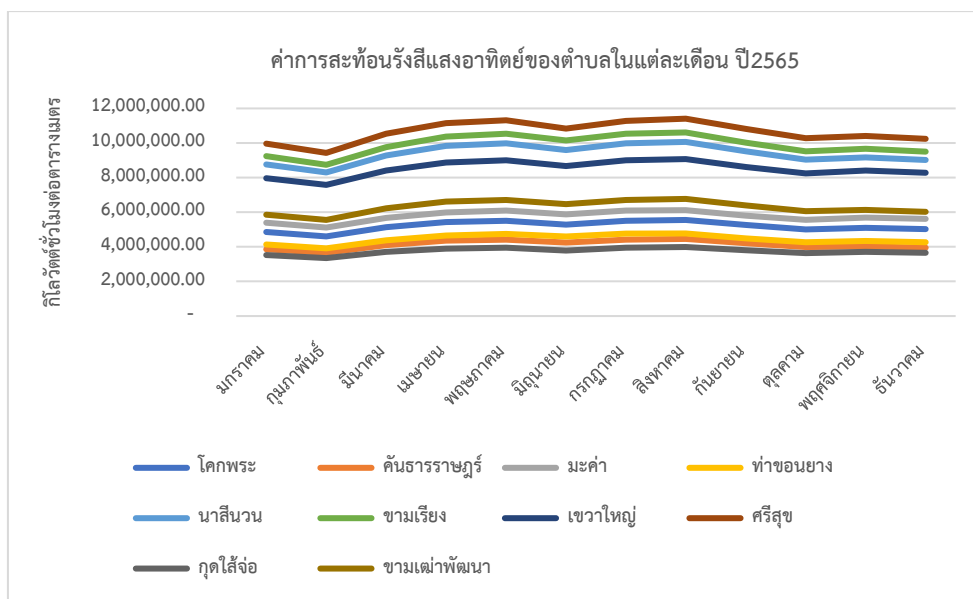


ภาพประกอบที่ 28 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลของเดือนธันวาคม ปี 2565



ตารางที่ 4 การค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของตำบลในแต่ละเดือนในปี 2565 (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

| ตำบล | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม | รวม |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| โคกพระ | 4,858,379.55 | 4,602,429.93 | 5,135,681.00 | 5,427,714.80 | 5,510,565.14 | 5,283,319.45 | 5,502,423.35 | 5,553,719.43 | 5,259,871.97 | 5,010,679.47 | 5,099,094.49 | 5,016,768.19 | 62,260,640.78 |
| คันธารราษฎร์ | 3,856,249.20 | 3,650,570.10 | 4,093,055.03 | 4,355,681.60 | 4,422,843.56 | 4,256,609.26 | 4,423,124.84 | 4,456,821.90 | 4,205,780.53 | 3,980,374.94 | 4,027,293.28 | 3,958,647.32 | 49,687,051.57 |
| มะค่า | 5,389,286.55 | 5,115,314.98 | 5,666,181.88 | 5,979,449.54 | 6,091,578.80 | 5,879,729.80 | 6,101,868.17 | 6,119,831.84 | 5,796,372.68 | 5,555,397.21 | 5,689,378.85 | 5,609,912.11 | 68,994,302.40 |
| ท่าขอนยาง | 4,132,706.15 | 3,913,400.63 | 4,373,472.88 | 4,658,422.23 | 4,754,129.16 | 4,592,127.36 | 4,763,477.57 | 4,773,375.44 | 4,492,648.56 | 4,261,442.03 | 4,331,132.77 | 4,265,798.78 | 53,312,133.56 |
| นาสีนวน | 8,763,473.60 | 8,300,136.20 | 9,276,467.20 | 9,836,040.52 | 9,992,405.44 | 9,592,252.22 | 9,983,370.73 | 10,064,958.61 | 9,514,921.66 | 9,041,020.95 | 9,176,293.10 | 9,029,325.26 | 112,570,665.48 |
| ขามเรียง | 9,234,149.64 | 8,742,849.53 | 9,767,617.23 | 10,371,283.62 | 10,537,971.34 | 10,156,197.56 | 10,545,995.90 | 10,610,957.19 | 10,024,664.36 | 9,522,008.51 | 9,666,561.71 | 9,510,340.18 | 118,690,596.75 |
| เขวาใหญ่ | 7,963,484.97 | 7,580,774.59 | 8,416,375.42 | 8,876,880.69 | 9,002,415.60 | 8,672,466.18 | 9,007,412.68 | 9,071,659.33 | 8,611,780.54 | 8,241,241.20 | 8,409,426.33 | 8,279,795.10 | 102,133,712.63 |
| ศรีสฤษดิ์ | 9,959,345.87 | 9,429,277.94 | 10,544,338.45 | 11,156,749.09 | 11,307,303.33 | 10,830,967.30 | 11,284,622.65 | 11,407,574.41 | 10,809,306.12 | 10,274,682.12 | 10,414,005.51 | 10,237,174.33 | 127,655,367.13 |
| กุดไล่จ้อ | 3,531,839.33 | 3,350,135.42 | 3,719,304.07 | 3,904,322.85 | 3,955,203.47 | 3,784,038.98 | 3,945,342.71 | 3,990,328.09 | 3,799,485.95 | 3,641,705.82 | 3,719,649.26 | 3,662,601.14 | 45,003,957.08 |
| ขามเฒ่าพัฒนา | 5,849,527.40 | 5,556,944.58 | 6,227,230.94 | 6,617,802.31 | 6,717,612.36 | 6,458,731.84 | 6,715,176.24 | 6,770,549.60 | 6,395,379.37 | 6,058,129.49 | 6,133,262.34 | 6,030,664.34 | 75,531,010.81 |
| รวม | 63,538,436.26 | 60,241,833.90 | 67,219,744.11 | 71,184,347.24 | 72,292,028.20 | 69,506,439.95 | 72,272,814.83 | 72,819,775.83 | 68,910,211.75 | 65,586,681.73 | 66,666,097.64 | 65,601,026.76 | |



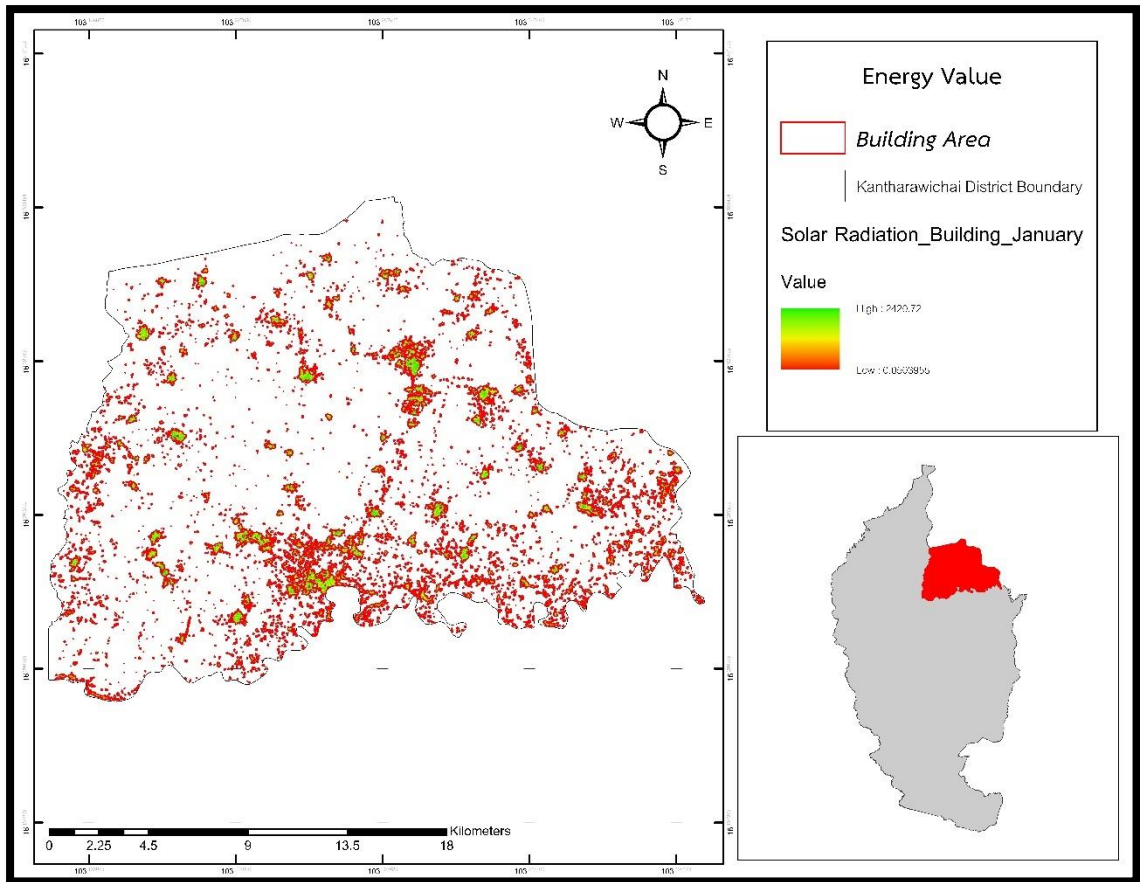
ภาพประกอบที่ 29 กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ในตำบลรายเดือน ปี 2565

4.3.2 รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของแต่ละเดือน

ผลการวิเคราะห์รังสีแสงอาทิตย์ของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างรายเดือนปี 2565 แสดงดังภาพประกอบที่ 30 ถึงภาพประกอบที่ 41 และค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุด 3 เดือนแรก คือ มีค่าเป็น 5,570,196 , 5,450,902 และ 5,440,483 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร ตามลำดับ คือ เดือนมกราคม พฤษภาคมและเมษายน ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 5

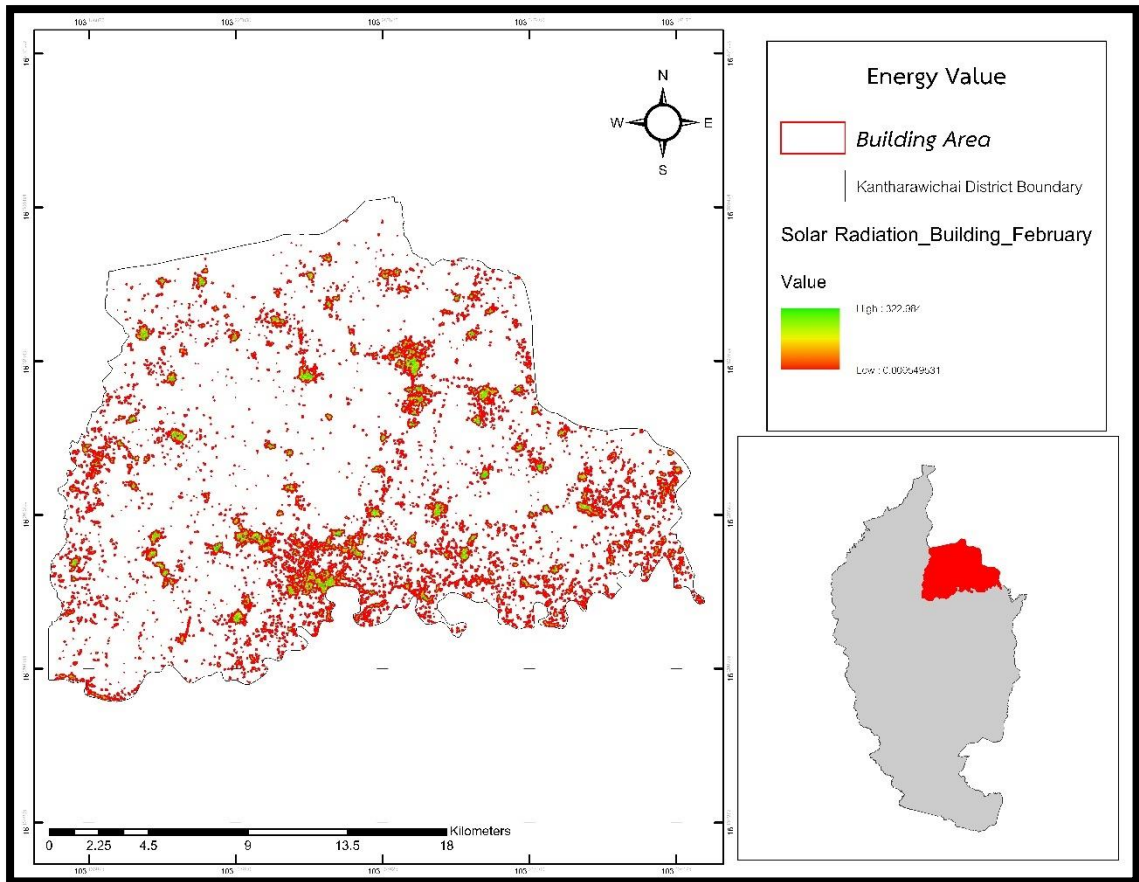
จากภาพประกอบที่ 42 กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์รายเดือน ปี 2565 พบว่า ช่วงเดือนมิถุนายนค่าการสะท้อนรังสีจะลดลง และ ตำบลคันธารราษฎร์มีเปลี่ยนแปลงของรังสีแสงอาทิตย์น้อย

พหุ ประ โท ชีวะ



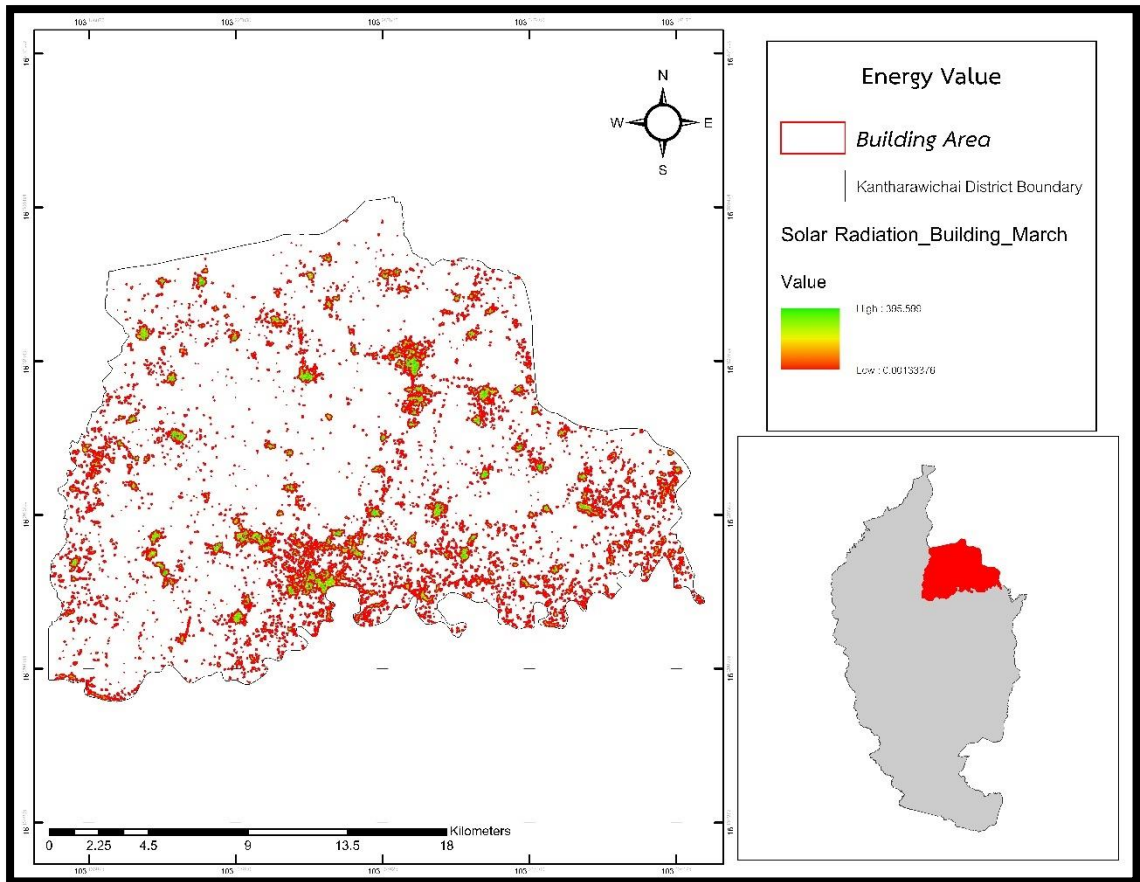
ภาพประกอบที่ 30 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนมกราคม
ปี 2565





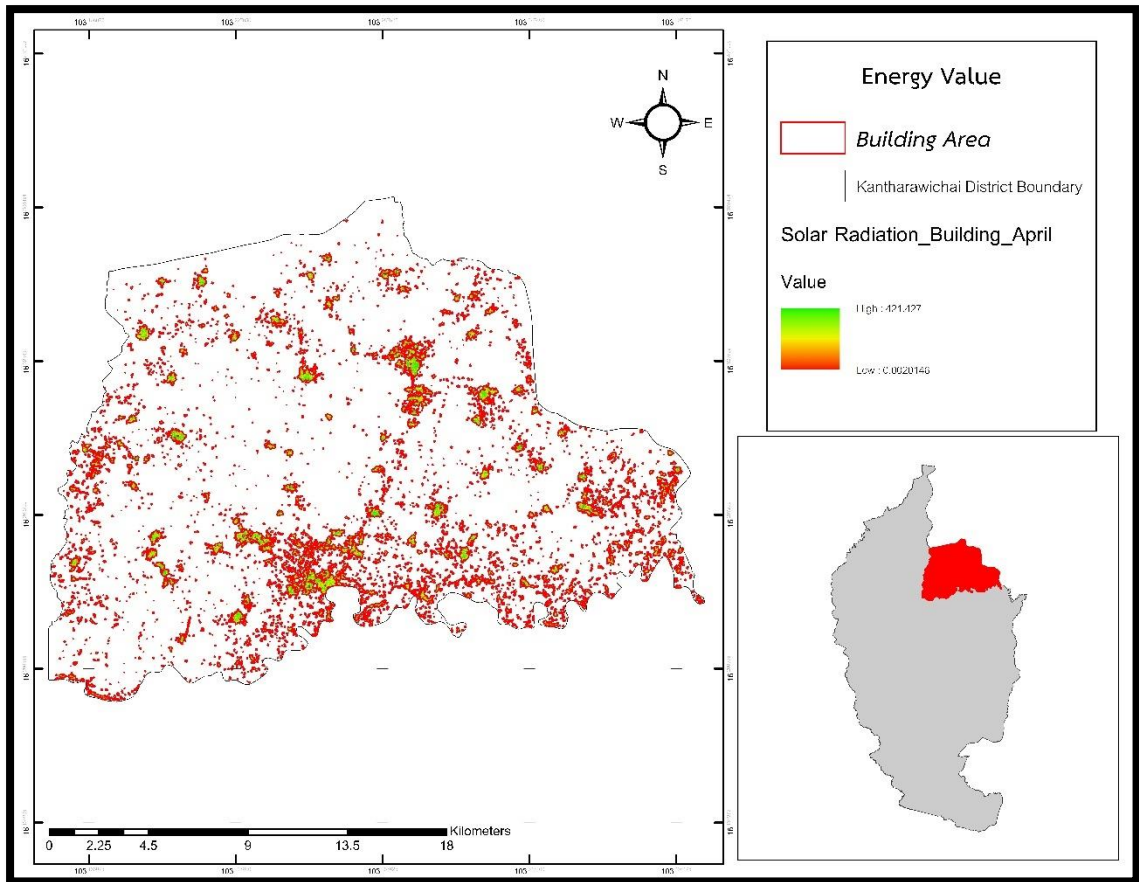
ภาพประกอบที่ 31 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนกุมภาพันธ์
ปี 2565





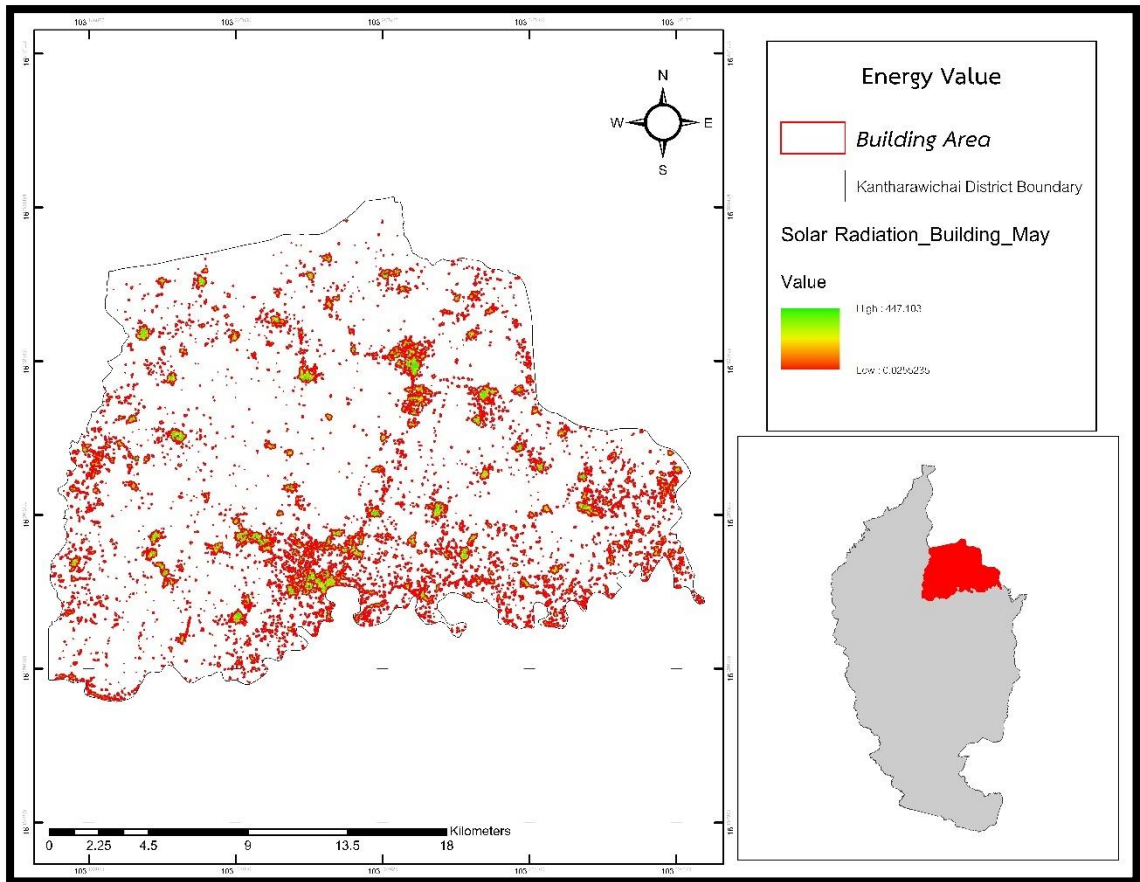
ภาพประกอบที่ 32 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนมีนาคม
ปี 2565





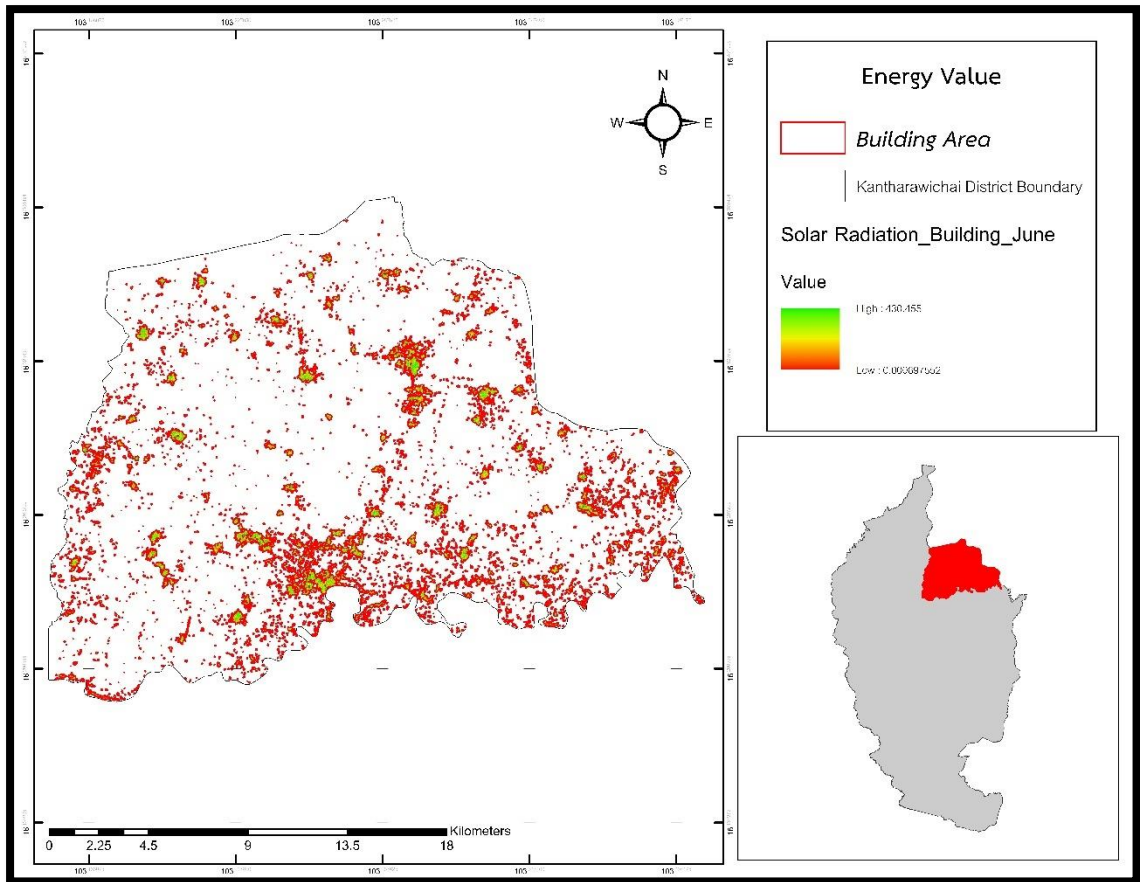
ภาพประกอบที่ 33 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนเมษายน ปี 2565





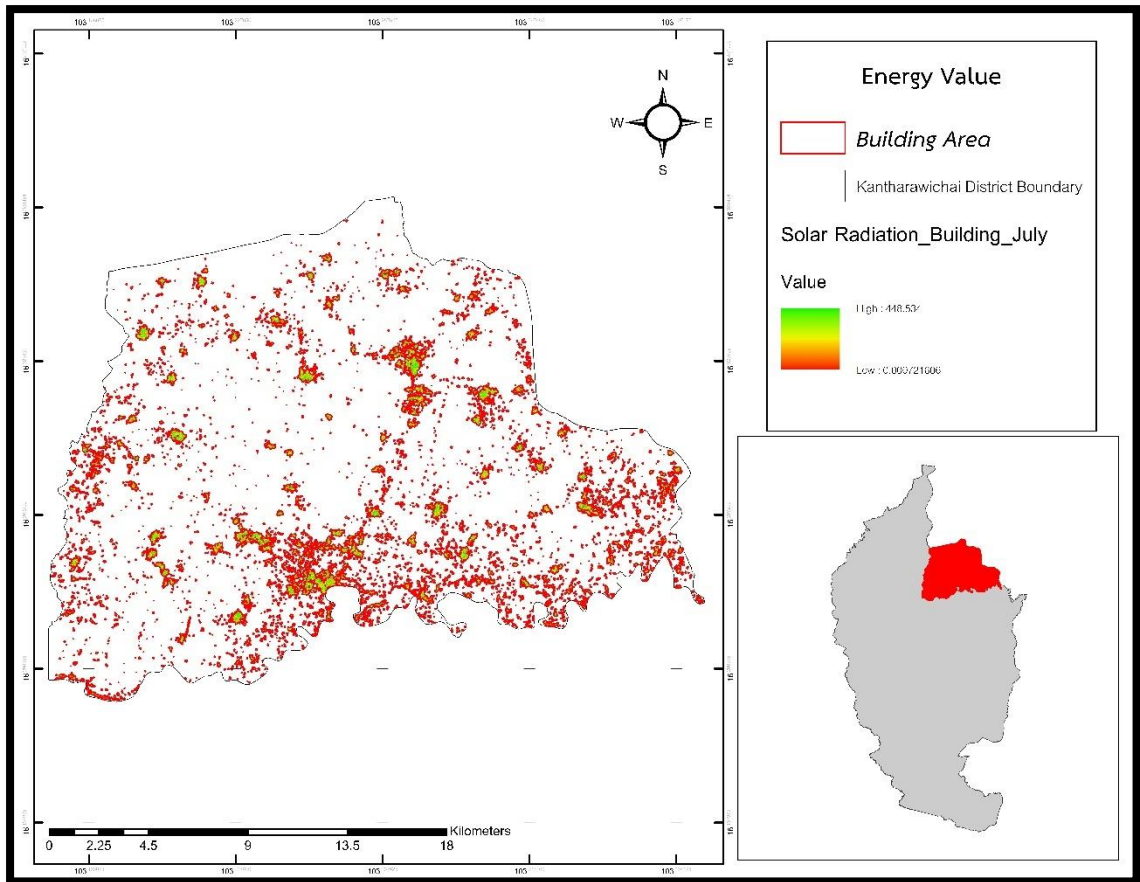
ภาพประกอบที่ 34 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนพฤษภาคม
ปี 2565





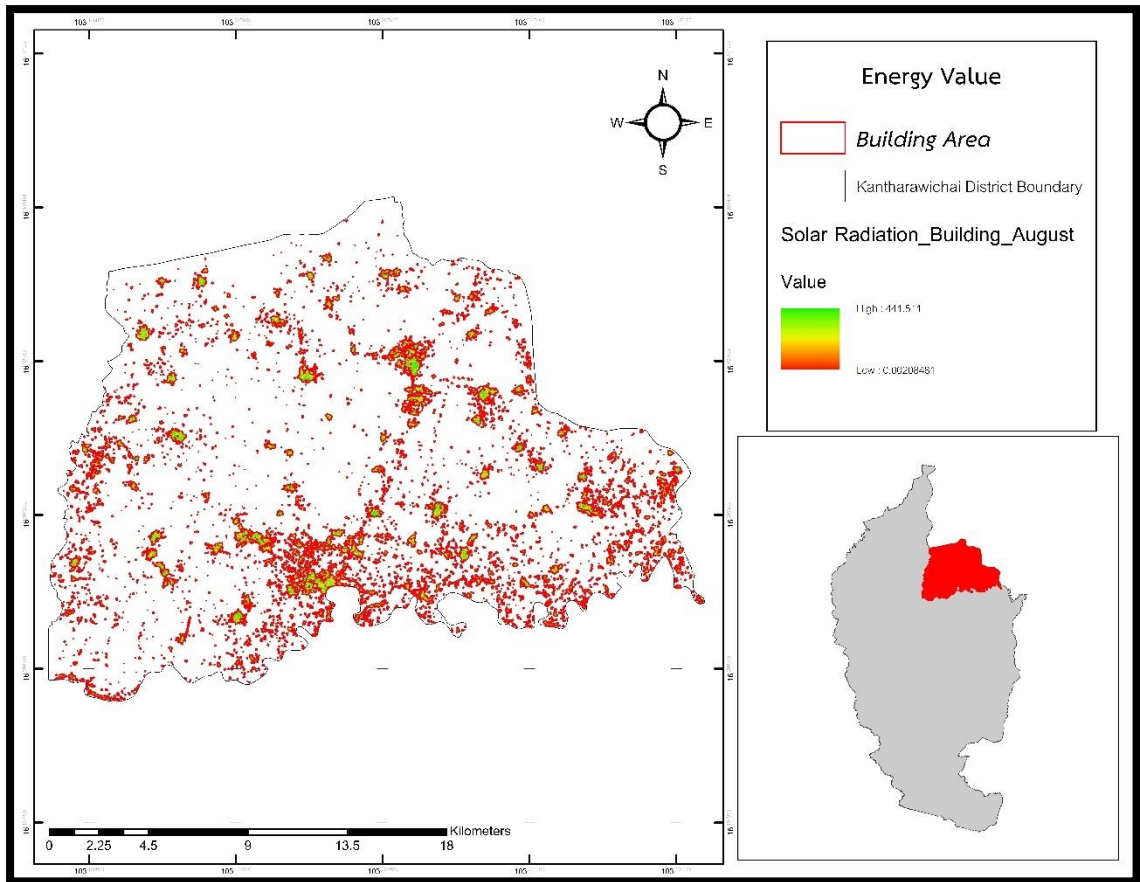
ภาพประกอบที่ 35 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนมิถุนายน
ปี 2565





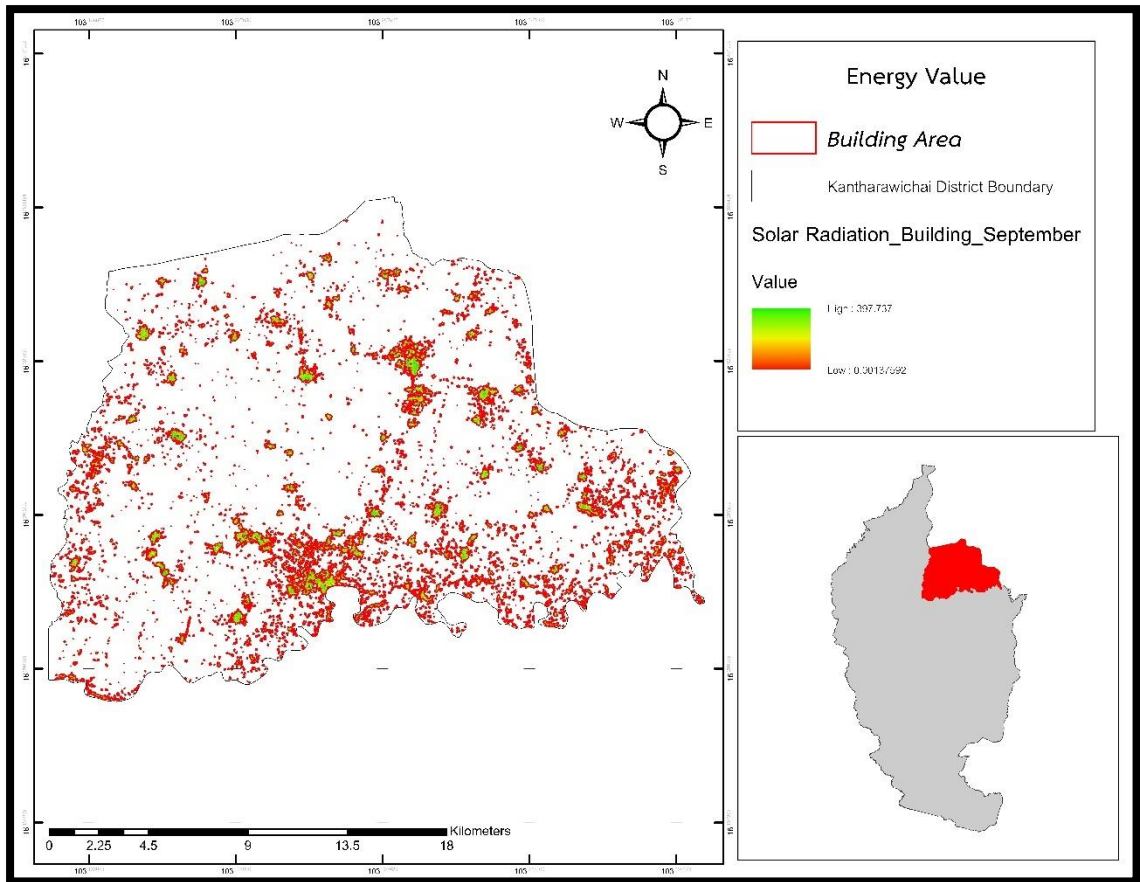
ภาพประกอบที่ 36 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนกรกฎาคม
ปี 2565





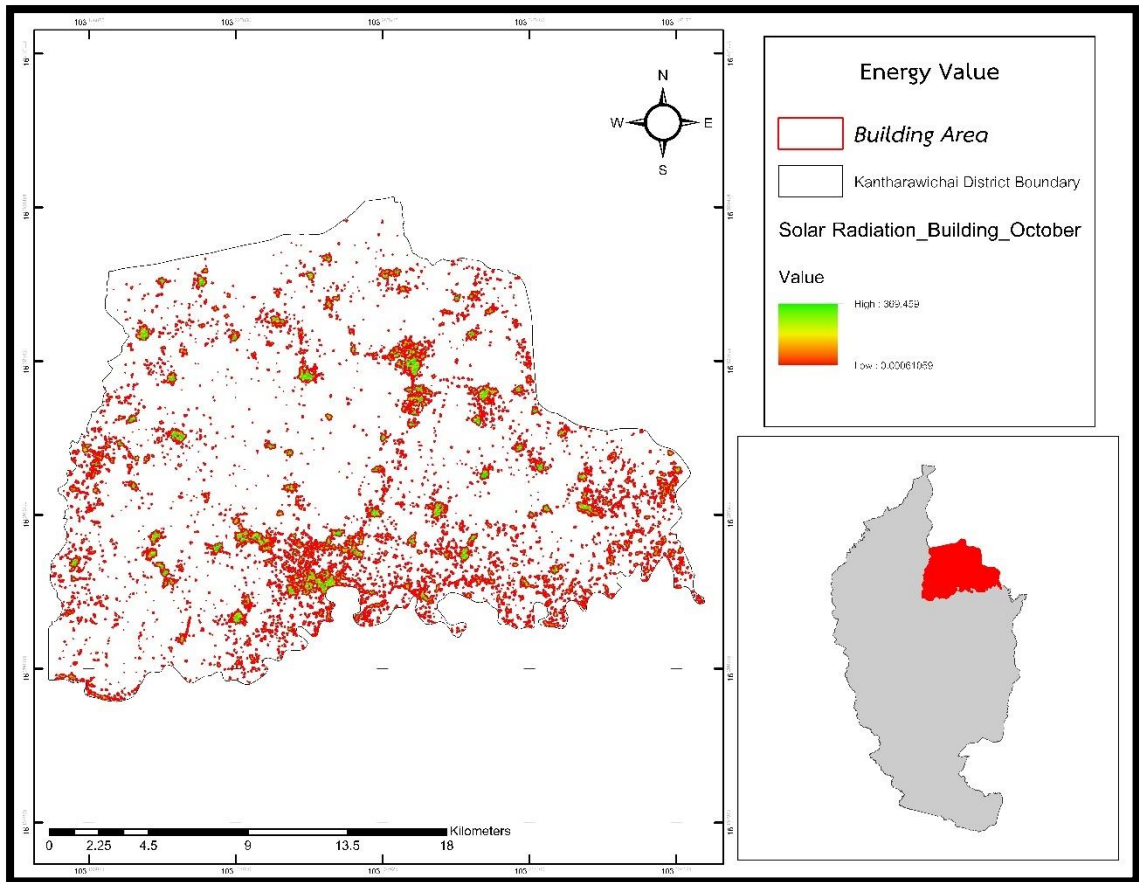
ภาพประกอบที่ 37 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนสิงหาคม
ปี 2565





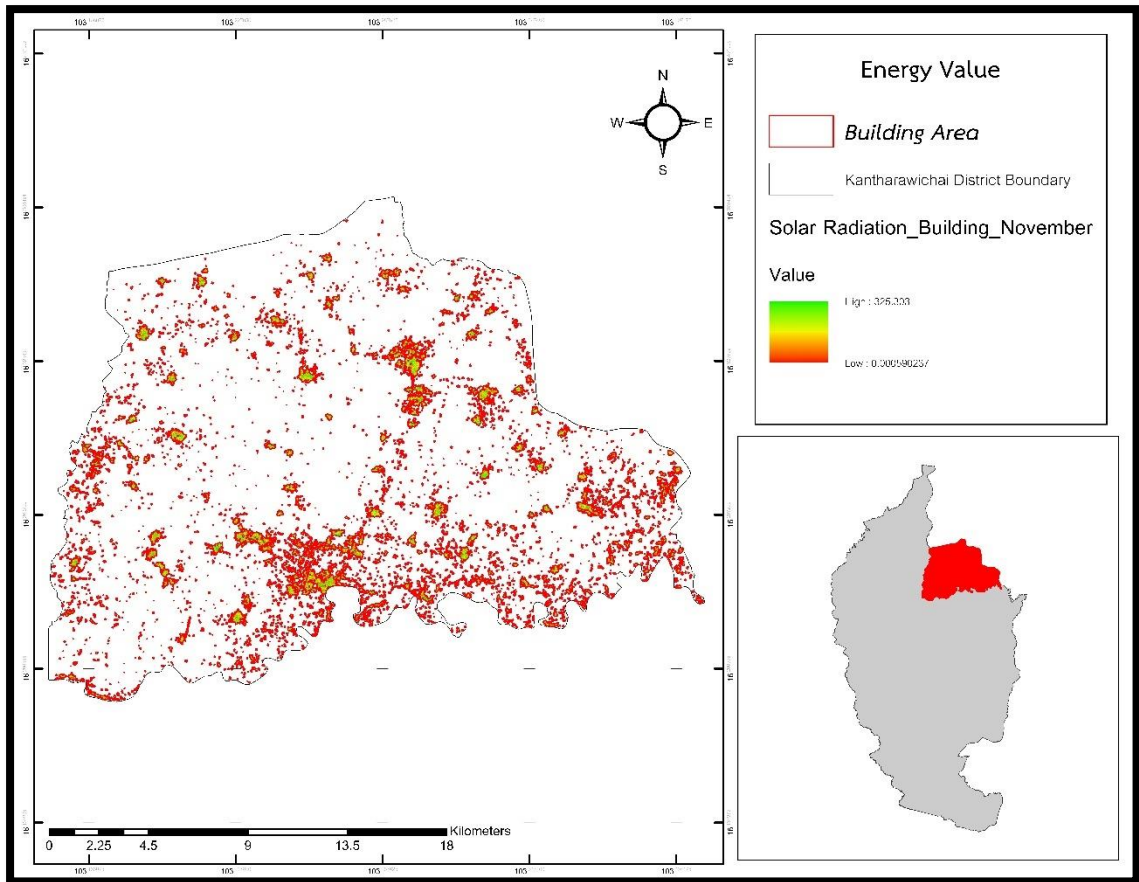
ภาพประกอบที่ 38 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนกันยายน
ปี 2565





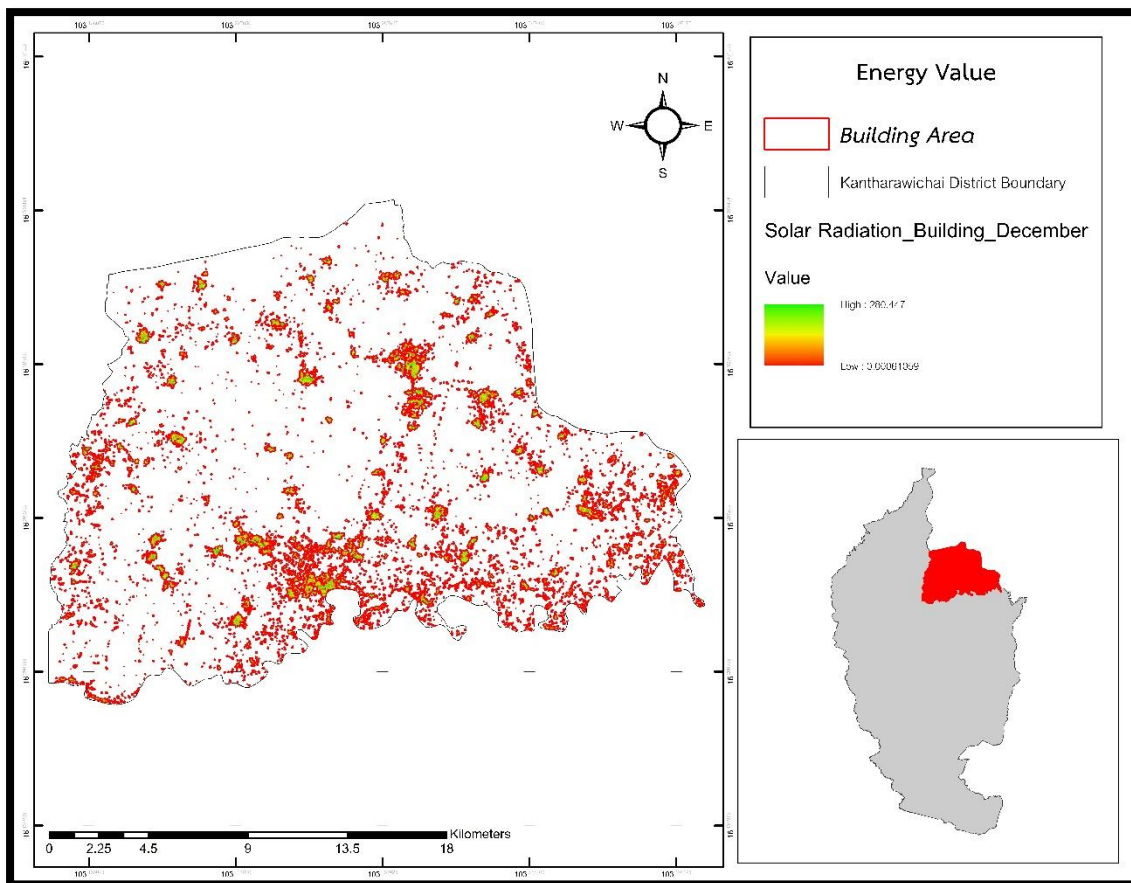
ภาพประกอบที่ 39 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนตุลาคม
ปี 2565





ภาพประกอบที่ 40 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนพฤศจิกายน
ปี 2565



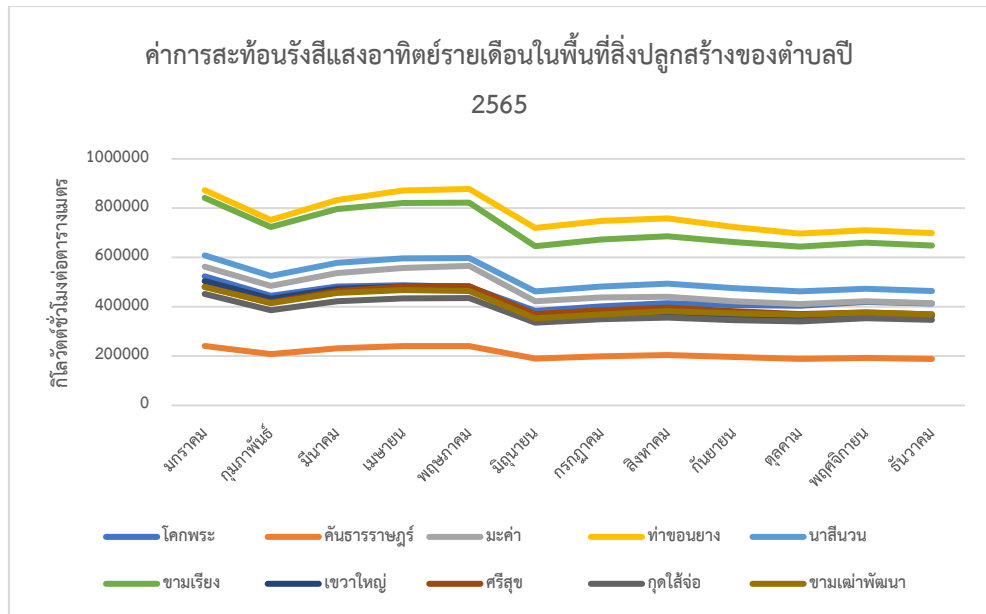


ภาพประกอบที่ 41 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลของเดือนธันวาคม
ปี 2565



ตารางที่ 5 การค่าการสะท้อนสีแสงอาทิตย์ของสิ่งปลูกสร้างในตำบลของแต่ละเดือนในปี 2565 (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

| ตำบล | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม | รวม |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| โคกพระ | 523,616.26 | 445,029.74 | 481,962.26 | 487,582.86 | 480,570.24 | 383,474.59 | 401,145.53 | 414,115.45 | 407,182.93 | 404,327.38 | 419,523.23 | 412,842.42 | 5,261,372.89 |
| คันธารราษฎร์ | 241,114.95 | 208,424.71 | 231,363.15 | 240,482.74 | 240,626.27 | 190,628.39 | 199,095.79 | 203,812.40 | 196,082.42 | 188,926.74 | 192,164.54 | 188,473.66 | 2,521,195.77 |
| มะค่า | 563,325.71 | 484,631.26 | 536,135.31 | 557,777.48 | 566,027.73 | 422,346.41 | 438,701.29 | 441,250.22 | 422,163.57 | 411,113.14 | 422,568.66 | 415,162.59 | 5,681,203.37 |
| ท่าขอนยาง | 873,713.56 | 751,831.91 | 832,950.14 | 871,337.38 | 877,985.29 | 719,769.65 | 748,714.15 | 758,765.28 | 724,394.03 | 697,004.47 | 711,407.61 | 699,462.87 | 9,267,336.33 |
| นาสีนวน | 608,627.99 | 524,732.51 | 578,111.58 | 596,046.73 | 597,158.76 | 462,472.78 | 482,804.41 | 493,558.83 | 476,263.00 | 463,174.68 | 473,055.03 | 463,541.48 | 6,219,547.79 |
| ขามเรียง | 841,793.10 | 723,676.05 | 795,954.63 | 821,298.69 | 822,644.38 | 645,685.79 | 672,897.26 | 686,526.86 | 662,187.44 | 644,102.80 | 660,082.19 | 647,894.09 | 8,624,743.29 |
| เขาใหญ่ | 504,433.53 | 433,417.49 | 473,630.51 | 482,658.53 | 482,461.42 | 347,318.46 | 361,870.31 | 369,640.88 | 361,095.96 | 359,089.59 | 371,393.80 | 363,657.52 | 4,910,667.98 |
| ศรีสุข | 480,591.56 | 416,937.36 | 463,536.73 | 481,738.99 | 483,478.30 | 369,934.75 | 386,659.50 | 396,817.11 | 382,906.93 | 370,821.17 | 377,188.50 | 369,063.96 | 4,979,674.87 |
| กุตุไธ้อ | 452,129.82 | 386,324.71 | 423,027.03 | 33,849.98 | 435,459.31 | 335,629.77 | 350,000.24 | 356,650.63 | 346,532.20 | 341,054.82 | 353,196.65 | 347,649.08 | 4,561,504.24 |
| ขามเฒ่าพัฒนา | 480,849.66 | 414,270.63 | 455,792.30 | 467,710.03 | 464,490.12 | 353,228.61 | 369,804.76 | 381,861.33 | 373,309.83 | 367,571.62 | 377,378.68 | 369,619.15 | 4,875,886.72 |
| รวม | 5,570,196.147 | 4,789,276.379 | 5,272,463.641 | 5,440,483.409 | 5,450,901.83 | 4,230,489.197 | 4,411,693.241 | 4,502,998.99 | 4,352,118.318 | 4,247,186.409 | 4,357,958.878 | 4,277,366.817 | |



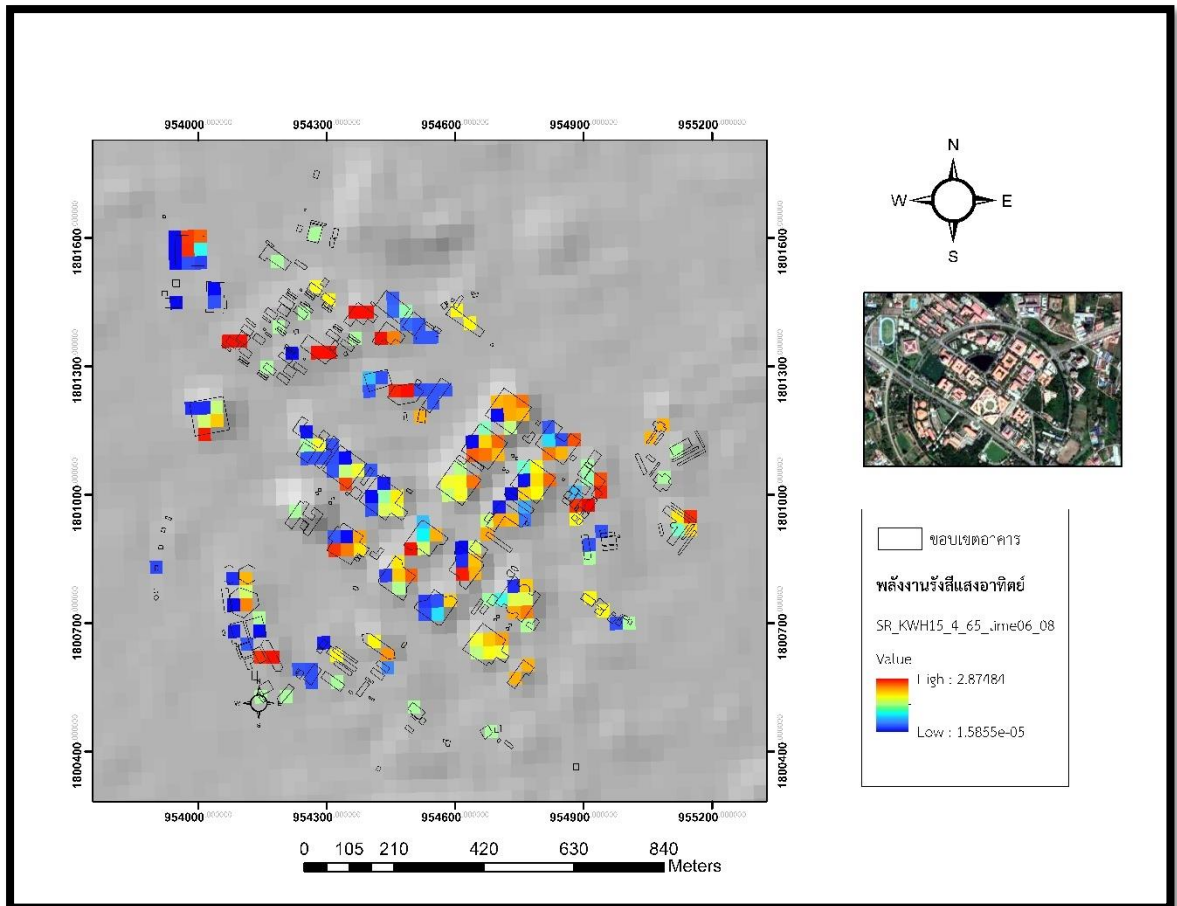
ภาพประกอบที่ 42 กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์รายเดือน ปี 2565

4.3.3 รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคามช่วง 15 เมษายน ปี2565

ผลการวิเคราะห์รังสีแสงอาทิตย์ของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในช่วงวันที่ 15 เมษายน 2565 เวลา 06.00 ถึง 18.00 นาฬิกา แสดงดังภาพประกอบที่ 43 ถึง 48 และพบว่า ค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดมีค่าเป็น 149.540 และ 127.459 และ 76.569 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร คือช่วง 06.00 - 08.00 และ 08.00 - 10.00 และ 10.00 - 12.00 นาฬิกา แสดงดังตารางที่ 6

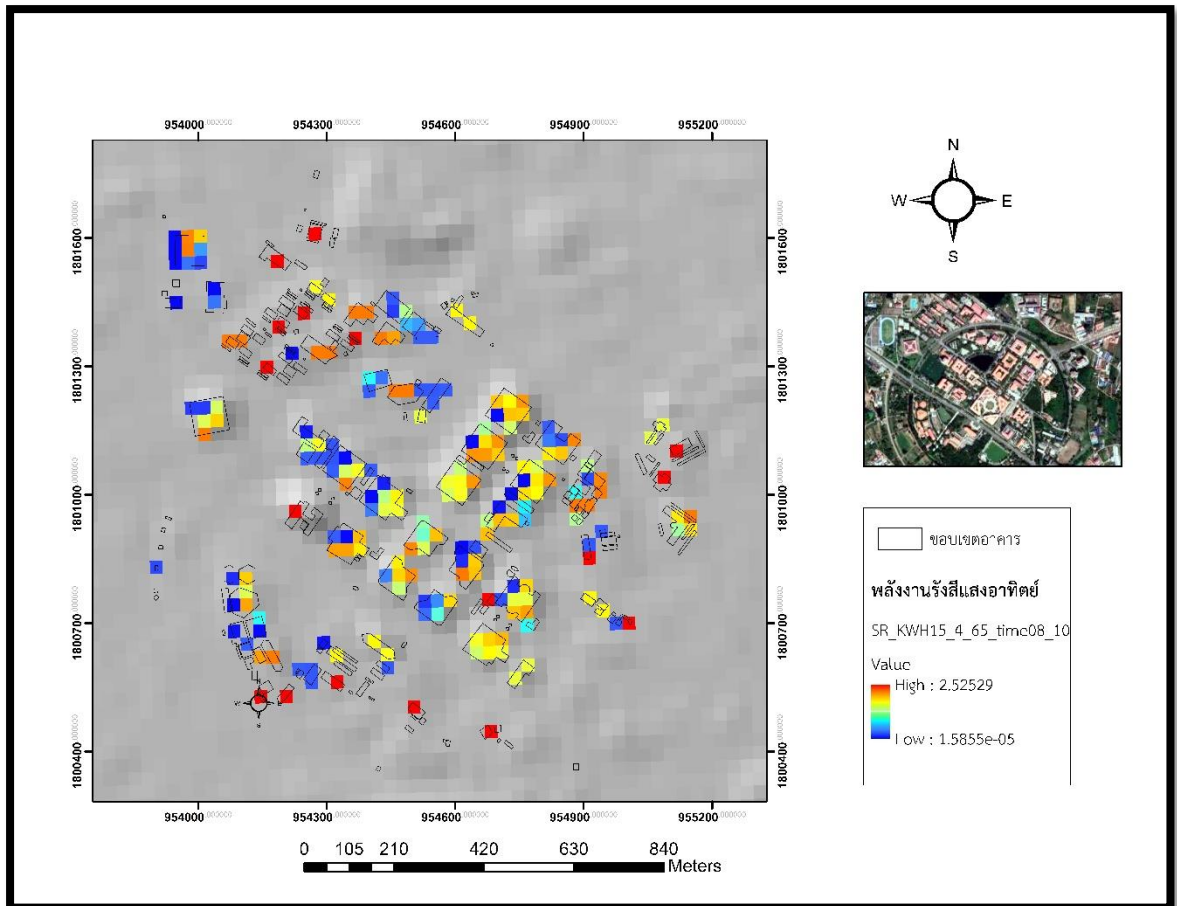
จากภาพประกอบที่ 49 กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ช่วง 15 เมษายน ปี2565 พบว่า คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร และ คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 2 มีการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มากที่สุด และน้อยสุดอาคารราชนครินทร์

พูน ปณ ทิโต ชเว



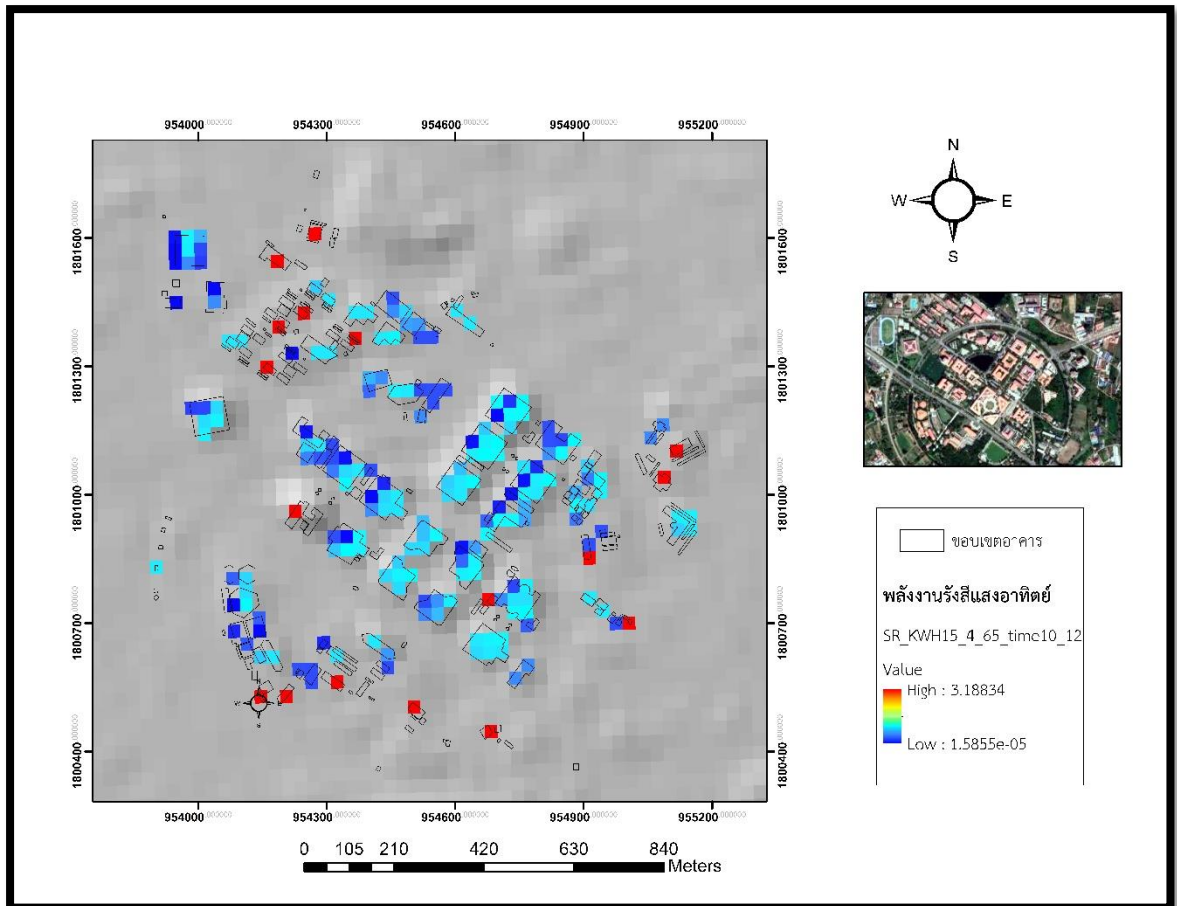
ภาพประกอบที่ 43 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างใหม่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เวลา 06.00 – 08.00 นาฬิกา





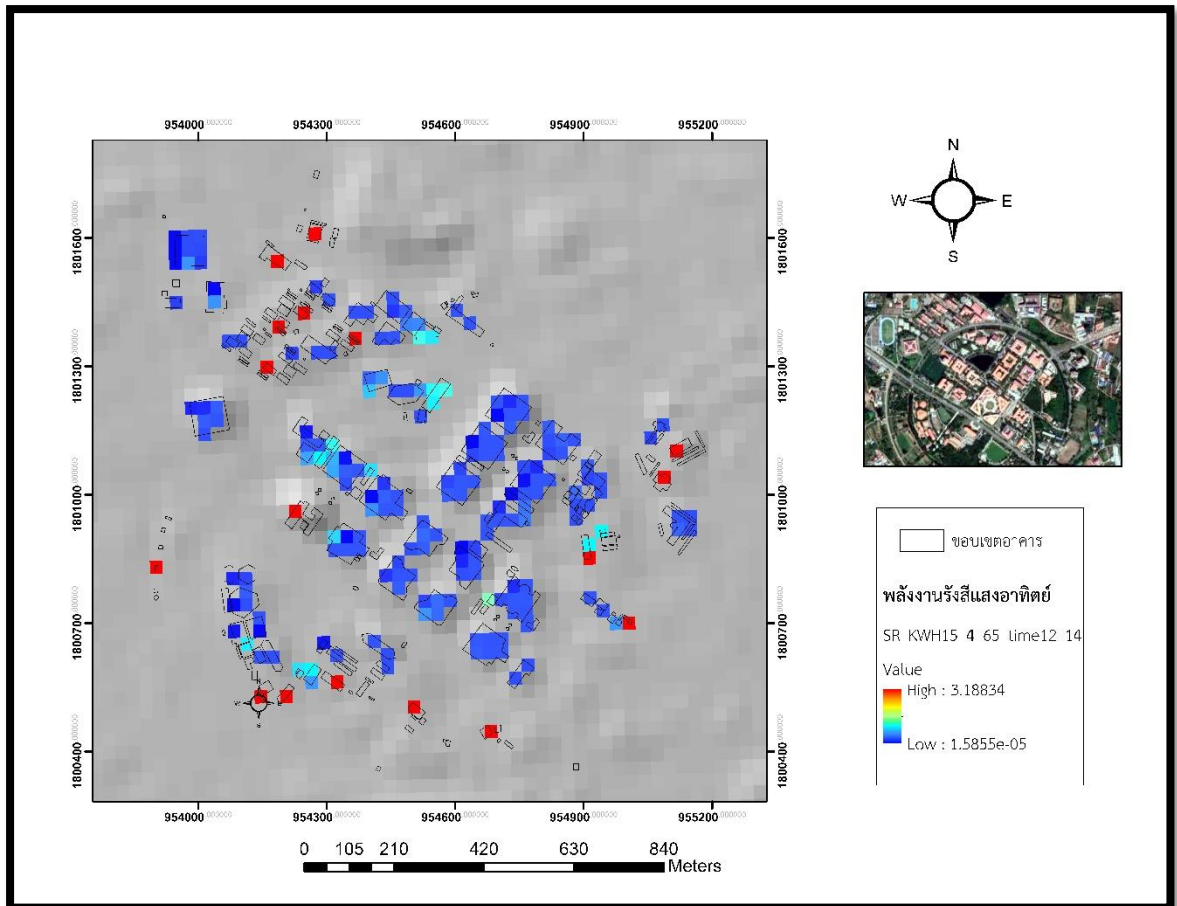
ภาพประกอบที่ 44 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างใหม่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เวลา 08.00 – 10.00 นาฬิกา





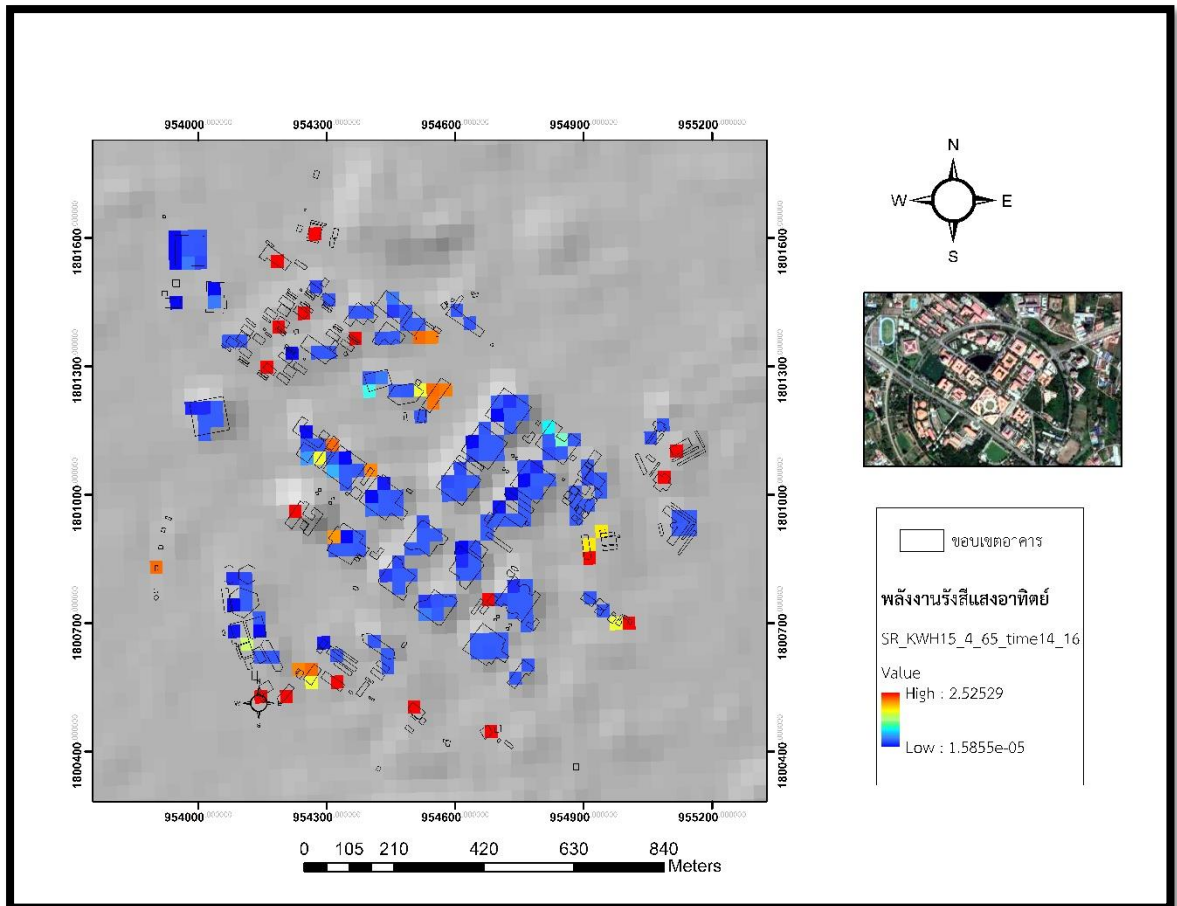
ภาพประกอบที่ 45 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างใหม่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 เวลา 10.00 – 12.00 นาฬิกา





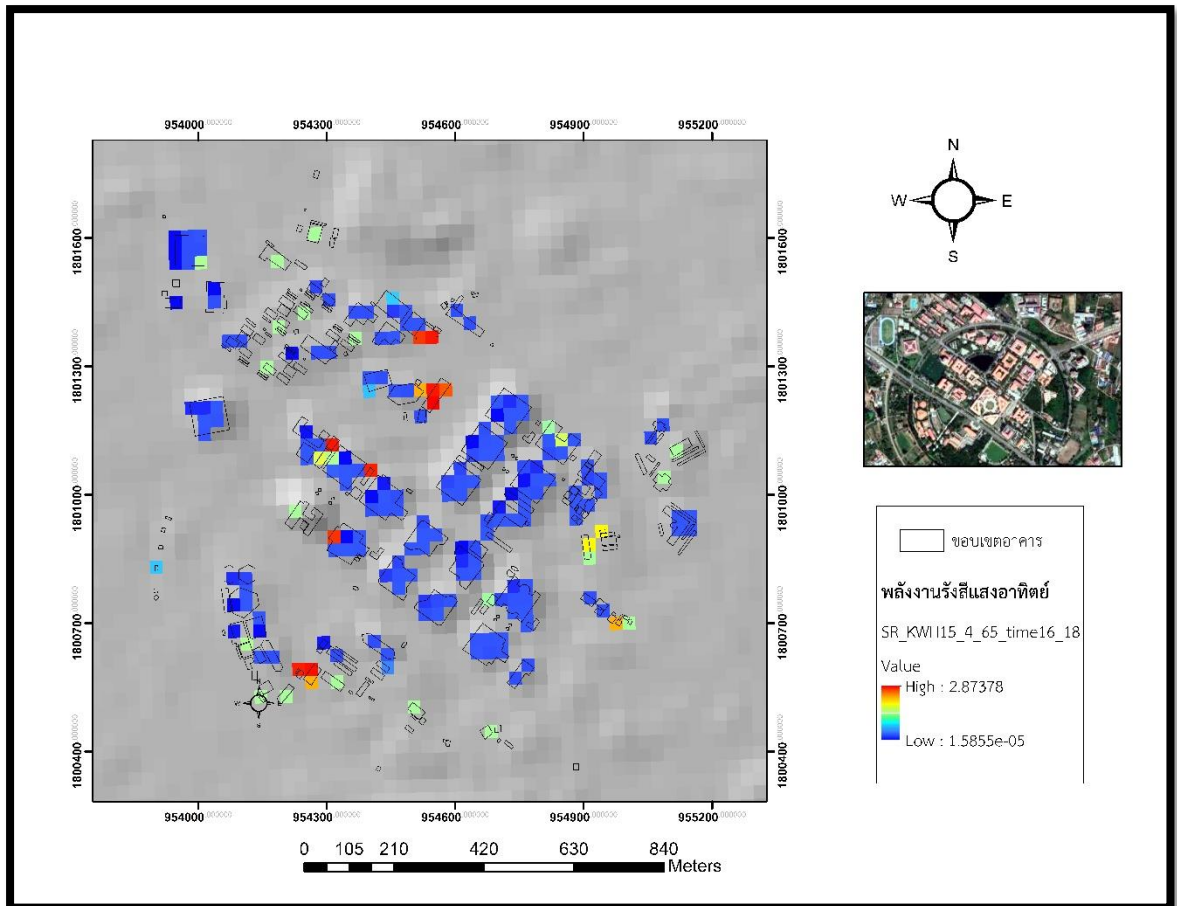
ภาพประกอบที่ 46 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างใหม่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เวลา 12.00 – 14.00 นาฬิกา





ภาพประกอบที่ 47 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างใหม่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เวลา 14.00 – 16.00 นาฬิกา



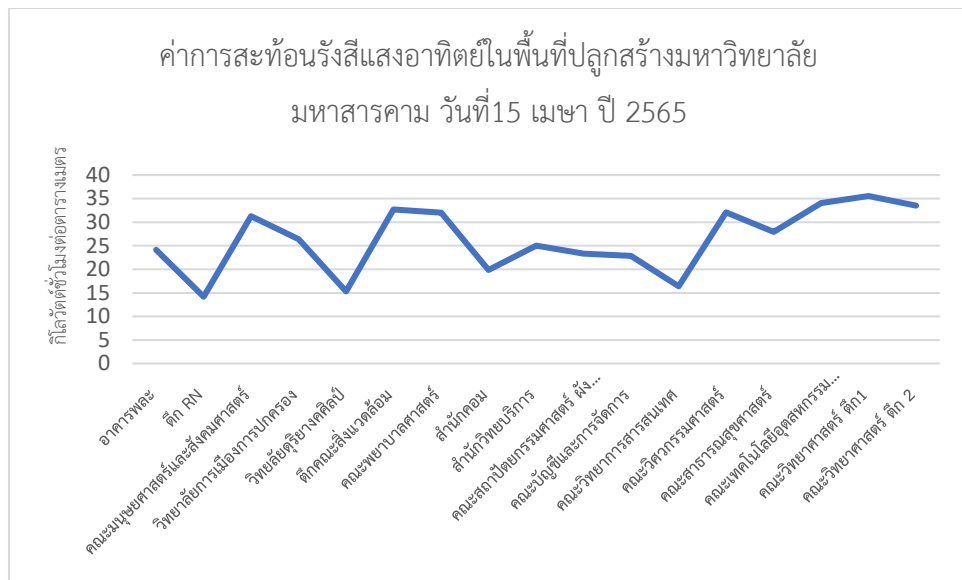


ภาพประกอบที่ 48 ค่าสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เวลา 16.00 – 18.00 นาฬิกา



ตารางที่ 6 การคำนวณต้นทุนวัสดุของสิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคามช่วง 15 เมษายน ปี 2565 (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

| ชื่ออาคาร | ช่วงเวลา | | | | | | | | | | รวม |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|--|--|--|-----|
| | 06.00-08.00 | 08.00-10.00 | 10.00-12.00 | 12.00-14.00 | 14.00-16.00 | 16.00-18.00 | รวม | | | | |
| อาคารพลชะ | 8.337 | 7.223 | 4.313 | 1.520 | 1.371 | 1.371 | 24.135 | | | | |
| อาคารราชนครินทร์ | 1.377 | 2.525 | 3.188 | 3.188 | 2.525 | 1.377 | 14.181 | | | | |
| คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ | 9.916 | 8.009 | 4.202 | 2.032 | 3.173 | 3.939 | 31.272 | | | | |
| วิทยาลัยการเมืองการปกครอง | 8.403 | 7.425 | 4.741 | 1.352 | 3.173 | 1.275 | 26.370 | | | | |
| วิทยาลัยดุริยางคศิลป์ | 3.690 | 3.768 | 3.210 | 1.938 | 1.404 | 1.280 | 15.290 | | | | |
| ศึกษาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | 11.499 | 10.029 | 5.847 | 1.885 | 1.727 | 1.727 | 32.713 | | | | |
| คณะพยาบาลศาสตร์ | 11.433 | 9.170 | 5.807 | 1.994 | 1.821 | 1.821 | 32.047 | | | | |
| สำนักคอม | 7.405 | 6.026 | 3.453 | 1.005 | 0.980 | 0.980 | 19.849 | | | | |
| สำนักวิทยบริการ | 8.397 | 7.643 | 4.477 | 1.628 | 1.432 | 1.432 | 25.009 | | | | |
| คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ฝั่งเมืองและนฤมิตรศิลป์ | 7.101 | 6.602 | 4.456 | 2.070 | 1.577 | 1.501 | 23.306 | | | | |
| คณะบัญชีและการจัดการ | 6.644 | 5.767 | 3.744 | 2.348 | 1.728 | 2.646 | 22.876 | | | | |
| คณะวิทยาการสารสนเทศ | 5.016 | 4.502 | 3.744 | 1.242 | 0.934 | 0.934 | 16.373 | | | | |
| คณะวิศวกรรมศาสตร์ | 11.764 | 10.488 | 5.113 | 1.664 | 1.543 | 1.543 | 32.114 | | | | |
| คณะสาธารณสุขศาสตร์ | 8.797 | 6.715 | 3.520 | 1.849 | 2.949 | 4.107 | 27.937 | | | | |
| คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร | 13.127 | 10.803 | 5.216 | 1.686 | 1.610 | 1.610 | 34.053 | | | | |
| คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 1 | 13.317 | 11.085 | 5.983 | 1.779 | 1.697 | 1.697 | 35.557 | | | | |
| คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 2 | 13.317 | 9.679 | 5.554 | 1.736 | 1.610 | 1.610 | 33.507 | | | | |
| รวม | 149.540 | 127.459 | 76.569 | 30.916 | 31.255 | 30.851 | | | | | |

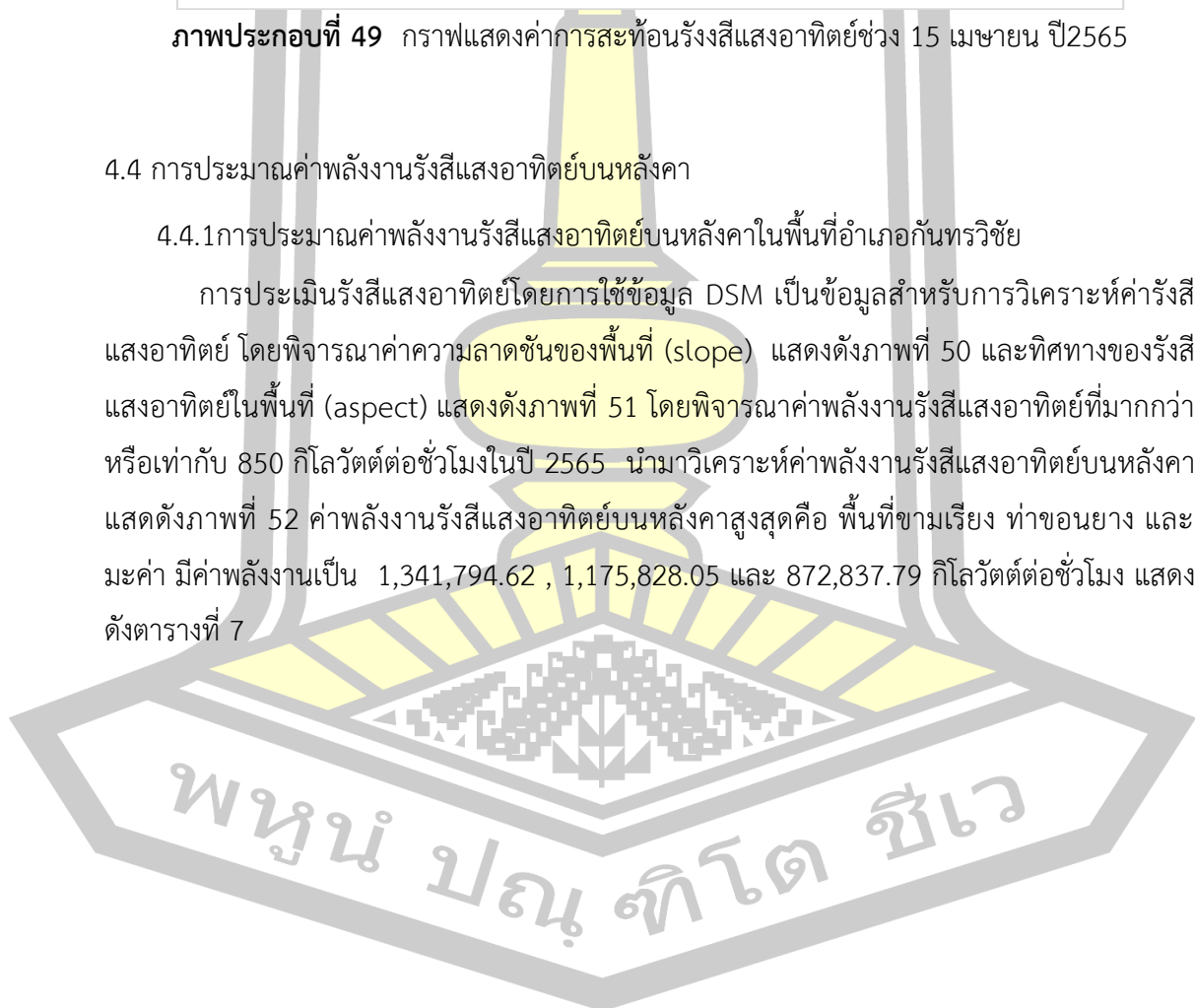


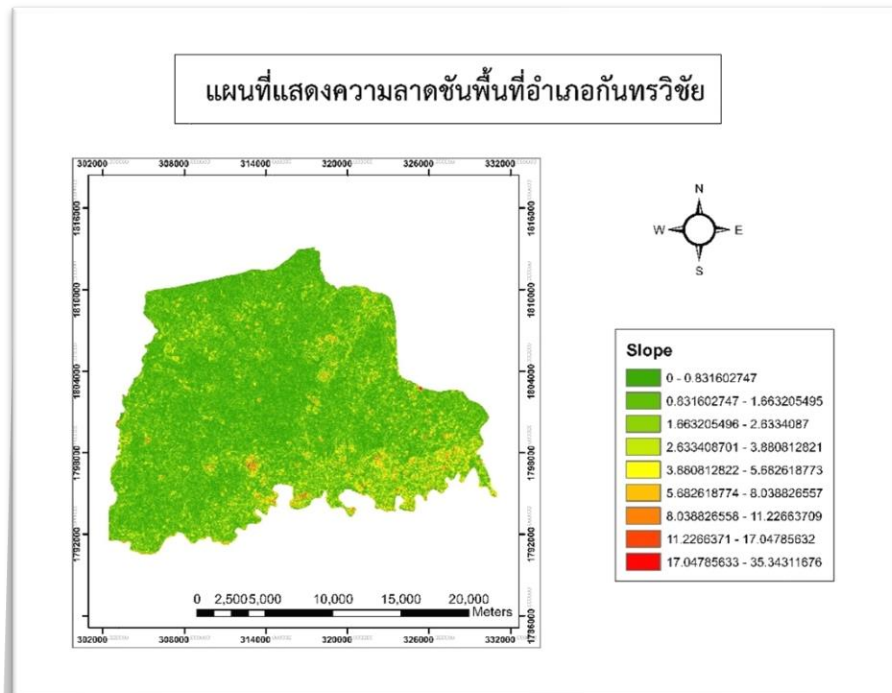
ภาพประกอบที่ 49 กราฟแสดงค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ช่วง 15 เมษายน ปี 2565

4.4 การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคา

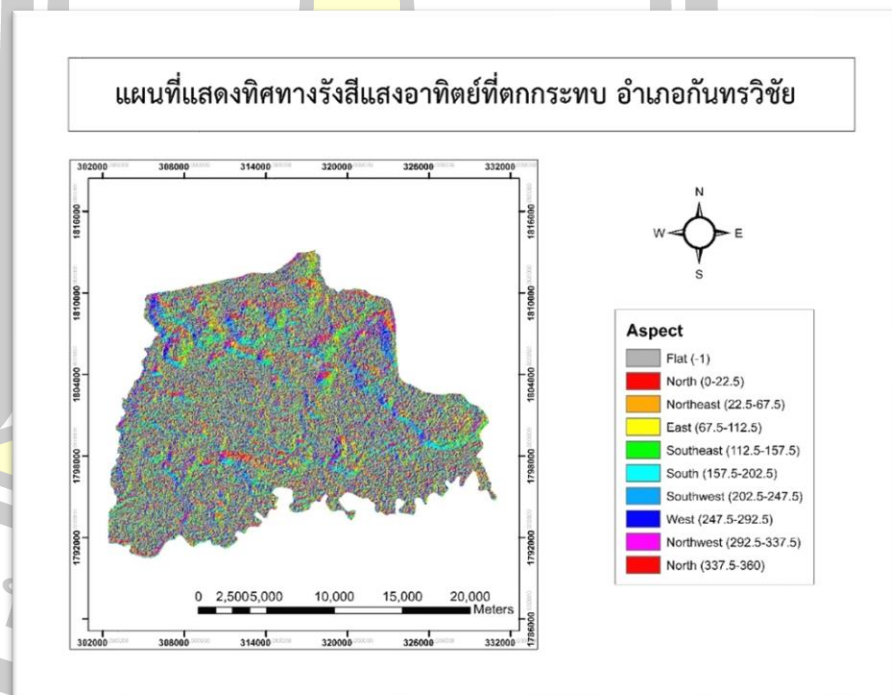
4.4.1 การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย

การประเมินรังสีแสงอาทิตย์โดยการใช้ข้อมูล DSM เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ค่ารังสีแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาค่าความลาดชันของพื้นที่ (slope) แสดงดังภาพที่ 50 และทิศทางของรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่ (aspect) แสดงดังภาพที่ 51 โดยพิจารณาค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 850 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงในปี 2565 นำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคา แสดงดังภาพที่ 52 ค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาสูงสุดคือ พื้นที่ขามเรียง ท่าขอนยาง และมะค่า มีค่าพลังงานเป็น 1,341,794.62 , 1,175,828.05 และ 872,837.79 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 7

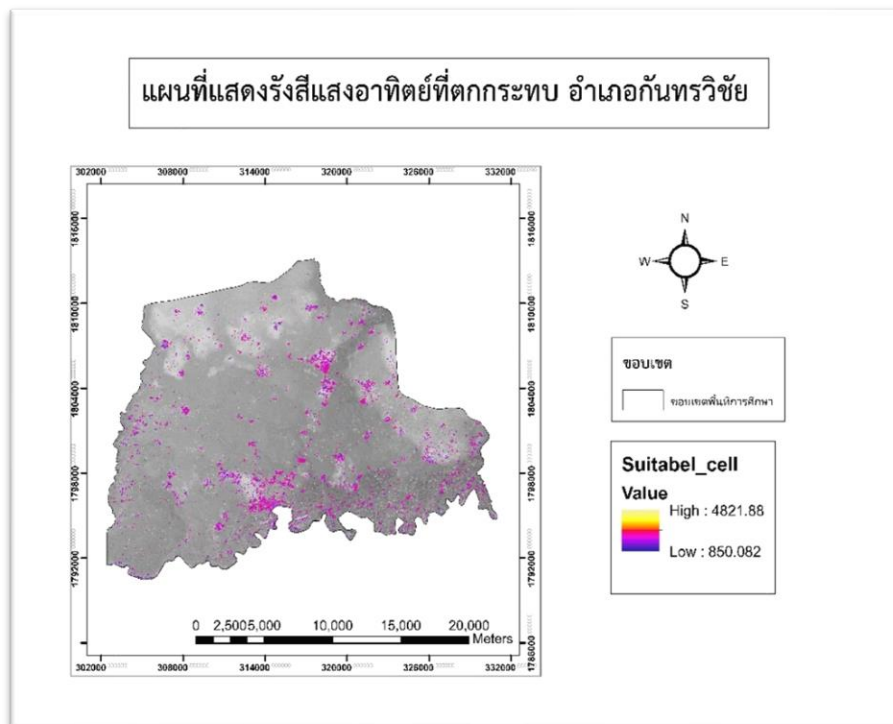




ภาพประกอบที่ 50 แผนที่แสดงความลาดชันของพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย



ภาพประกอบที่ 51 แผนที่แสดงทิศทางรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย



ภาพประกอบที่ 52 แผนที่แสดงรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย

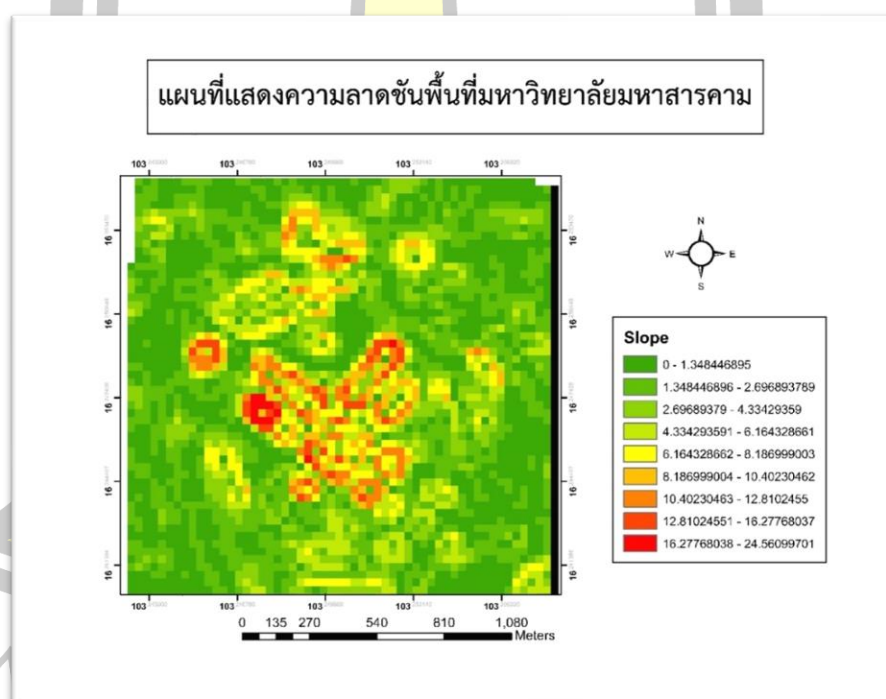
ตารางที่ 7 แสดงค่าพลังงานใต้ต่อหลังคา(กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

| ตำบล | ค่าพลังงานต่อหลังคา |
|--------------|---------------------|
| โคกพระ | 704,178.50 |
| คันธารราษฎร์ | 341,737.67 |
| มะค่า | 872,837.79 |
| ท่าขอนยาง | 1,341,794.62 |
| นาสีนวน | 844,546.26 |
| ขามเรียง | 1,175,828.05 |
| เขวาใหญ่ | 690,992.34 |
| ศรีสุข | 668,456.70 |
| กุดไสิ้จ้อ | 631,923.47 |
| ขามเฒ่าพัฒนา | 679,550.93 |
| รวม | 7,951,846.32 |

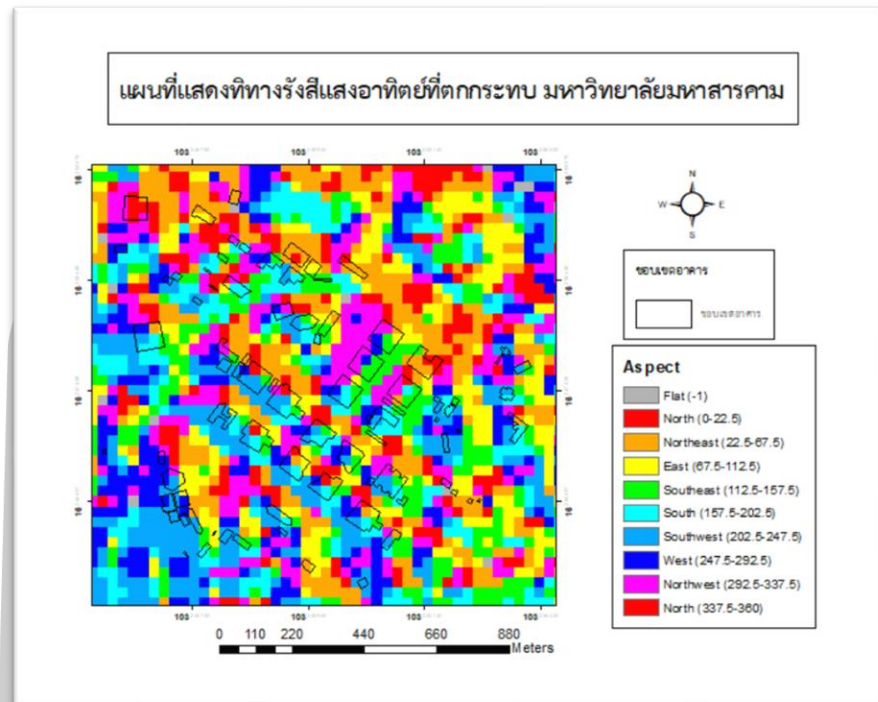
4.4.2 การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคามจากการวิเคราะห์การประมาณค่ารังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคามพบว่าความลาดชันของพื้นที่ในมหาวิทยาลัยมหาสารคามสูงสุดอยู่ที่ 16.278- 24.561 องศา คือ พื้นที่หลังคาอาคารเรียนแสดงดังภาพที่ 53 และพบว่าทิศทางของการรับรังสีแสงอาทิตย์ในเขตพื้นที่ปลูกสร้างของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงดังภาพประกอบที่ 54 จากการวิเคราะห์รังสีแสงอาทิตย์ของพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคามพบว่า High มีค่า 4822.55 และ Lowมีค่า 855.902 แสดงดังภาพประกอบที่ 55

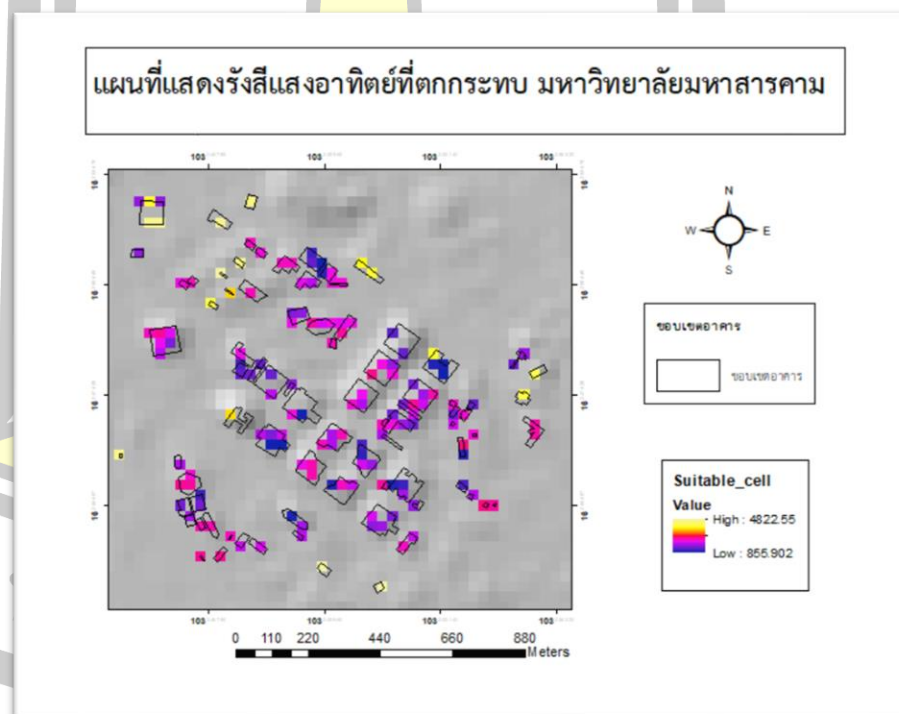
จากภาพประกอบที่ 56 กราฟแสดงค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปี 2565 พบว่า ค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ที่สูงมี 3 มีค่าเป็น 1,703.519 1,642.163 และ 1,493.848 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 8



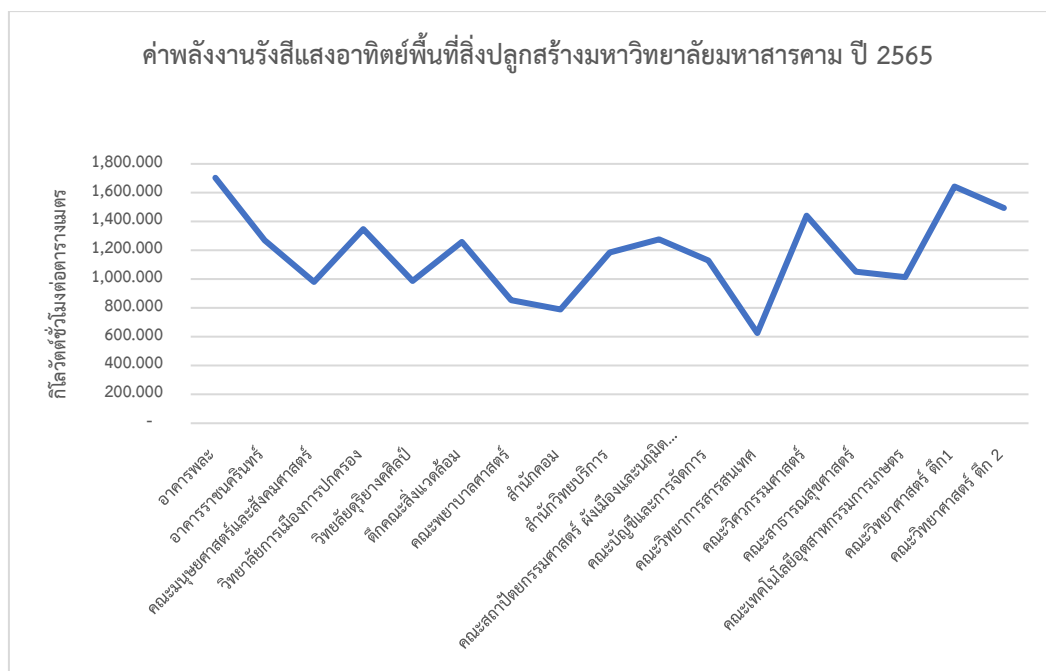
ภาพประกอบที่ 53 แผนที่แสดงความลาดชันของพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ภาพประกอบที่ 54 ภาพแสดงผลทิศทางค่ารังสีแสงอาทิตย์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ภาพประกอบที่ 55 แผนที่แสดงรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



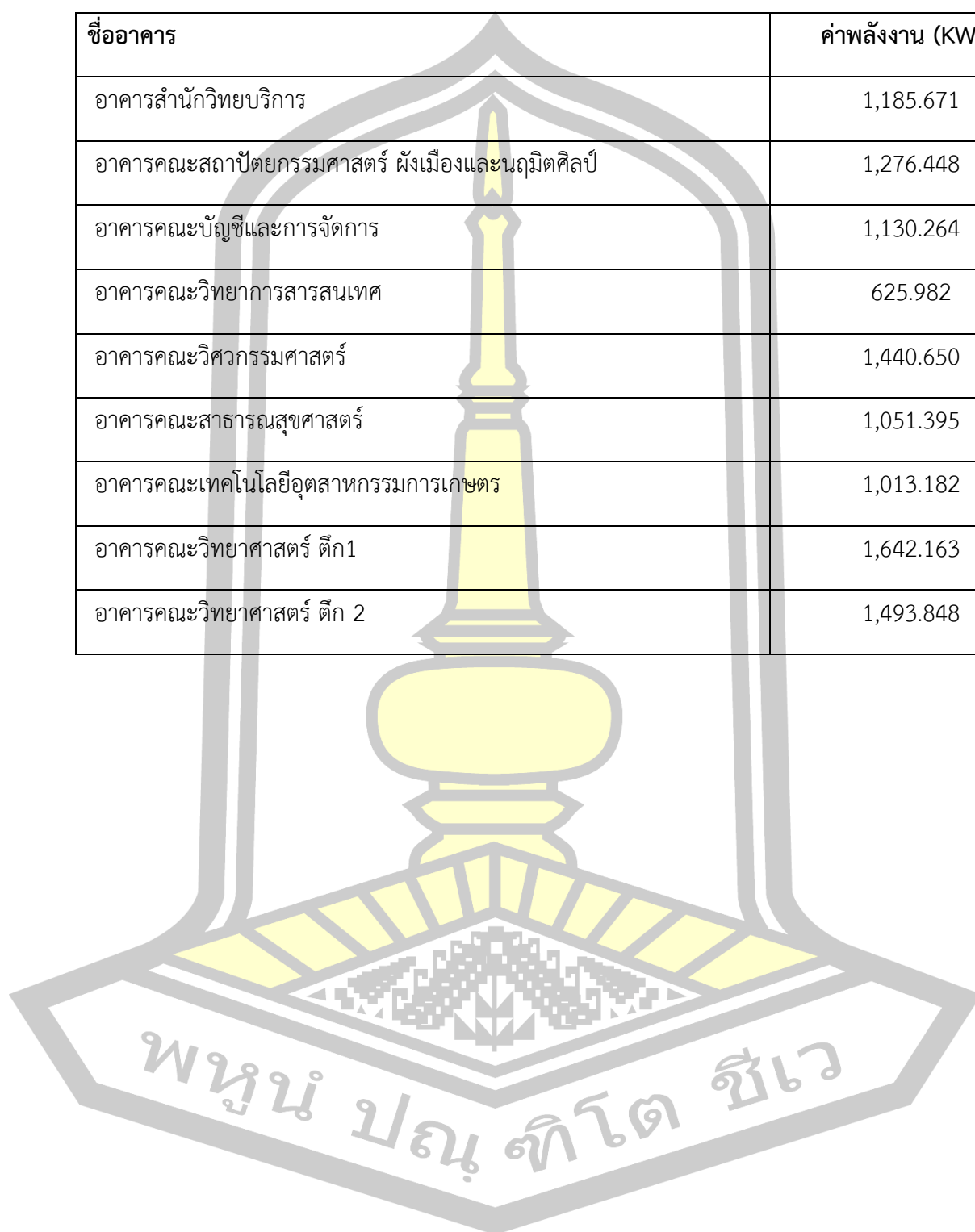
ภาพประกอบที่ 56 กราฟแสดงค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่ปลูกสร้างมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปี 2565

ตารางที่ 8 แสดงค่าพลังที่ได้ต่อหลังคา(กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

| ชื่ออาคาร | ค่าพลังงาน (KWH) |
|-----------------------------------|------------------|
| อาคารพลະ | 1,703.519 |
| อาคารราชนครินทร์ | 1,268.557 |
| อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ | 981.038 |
| วิทยาลัยการเมืองการปกครอง | 1,346.987 |
| วิทยาลัยดุริยางคศิลป์ | 987.346 |
| อาคารคณะสิ่งแวดล้อม | 1,259.248 |
| อาคารคณะพยาบาลศาสตร์ | 853.011 |
| อาคารสำนักคอม | 790.290 |

ตารางที่ 8 แสดงค่าพลังที่ได้ต่อหลังคา(กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร) (ต่อ)

| ชื่ออาคาร | ค่าพลังงาน (KWH) |
|---|------------------|
| อาคารสำนักวิทยบริการ | 1,185.671 |
| อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ | 1,276.448 |
| อาคารคณะบัญชีและการจัดการ | 1,130.264 |
| อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ | 625.982 |
| อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ | 1,440.650 |
| อาคารคณะสาธารณสุขศาสตร์ | 1,051.395 |
| อาคารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร | 1,013.182 |
| อาคารคณะวิทยาศาสตร์ ตึก1 | 1,642.163 |
| อาคารคณะวิทยาศาสตร์ ตึก 2 | 1,493.848 |



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์การจำแนกและการประเมินรังสีแสงอาทิตย์และการประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคา ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 ในพื้นที่อำเภอกันทรวิชัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์การจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1 ด้วยวิธี Image Difference และวิธี Random Forest และ วิธี Artificial Neural Network พบว่าค่าโดยผลการประเมินเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (Building detection percentage) ของการจำแนกวิธีการ Random Forest มีค่าเป็น 77.581 มีเปอร์เซ็นต์การจำแนกมากกว่าวิธีอื่น ขณะเดียวกันคุณภาพของการจำแนก (Quality percentage) ของวิธีการ Image Difference มีค่าเป็น 17.007 ซึ่งมากกว่าวิธีอื่น และค่าความแตกต่าง (Miss factor) ของวิธี Random Forest มีค่าเท่ากับ 0.289 ซึ่งน้อยกว่าวิธีอื่น

ผลการประเมินรังสีแสงอาทิตย์รายเดือน พบว่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในพื้นที่ตำบลของอำเภอกันทรวิชัย สูงสุดคือ ตำบลศรีสุข ตำบลขามเรียง และตำบลนาสีนวน เนื่องลักษณะความลาดชันของพื้นที่และทิศทางการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่ตำบลและรวมพื้นที่สิ่งปลูกสร้างทั้งหมดมีผลต่อการสะท้อนของรังสีแสงอาทิตย์ และพบว่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลสูงสุดคือ ตำบลท่าขอนยาง ตำบลขามเรียง และตำบลนาสีนวน เนื่องจากความหนาแน่นของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลจึงมีค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์สูง ซึ่งในเขตพื้นที่ตำบลขามเรียงมีสะท้อนของรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่ตำบลและพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในตำบลที่สูงซึ่งเป็นพื้นที่ตั้งของมหาวิทยาลัยมหาสารคามและผลประเมินรังสีแสงอาทิตย์ในวันที่ 15 เมษายน ในพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมหาวิทยาลัยมหาสารคามพบว่า คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร และ คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 2 มีการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มากที่สุด และน้อยสุดอาคารราชนครินทร์ เนื่องจากทิศทางการตกกระทบและความลาดชันของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีผลต่อการสะท้อน

ผลการประมาณค่าพลังงาน พบว่าพื้นที่ในตำบล ท่าขอนยาง ขามเรียง และมะค่า มีค่าพลังงานต่อหลังคาที่สูงที่สุด เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันเหมาะสม และทิศทางการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่ จึงมีผลต่อการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ และการประมาณค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคามพื้นที่อาคารพละ อาคารวิทยาศาสตร์ ตึก 1 และ อาคารคณะอาคารวิทยาศาสตร์ ตึก 2 มีค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บนหลังคาที่สูง เนื่องจาก

พื้นที่ความลาดชันและขนาดพื้นที่ของหลังคา และทิศทางการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์โดยทิศทางการรับรังสีแสงอาทิตย์คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ซึ่งจากการวิเคราะห์พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในมหาวิทยาลัยมหาสารคามมีพื้นที่หลังคารวมอาคารสำนักวิทยบริการที่วิเคราะห์พื้นที่รวม 4451.98 ตารางเมตร และมีทิศทางการรับรังสีแสงอาทิตย์คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อศึกษาเทียบกับข้อมูลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ : กรณีศึกษาอาคารสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ของศาสตราและคณะ (2562) พบว่าพื้นที่ของหลังคารวม 2744 ตารางเมตร และ จำแนกทิศทางการรับรังสีอาทิตย์ตามทิศทางของหลังคาโดยใช้มุมอะซิมุทพื้นดิน (γ) ได้ 6 ทิศทางได้แก่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือเอียงทำมุมกับทิศใต้ แทนด้วย NE1 ทิศตะวันออกเฉียงใต้เอียงทำมุม กับทิศใต้ แทนด้วย SE1 และ SE2 ตามลำดับ ทิศตะวันตกเฉียงใต้เอียงทำมุม 15 องศา กับทิศใต้ (-15) แทนด้วย SW1 และทิศตะวันตกเฉียงเหนือเอียงทำมุม 105 และ 150 องศา กับทิศใต้ (-105 และ -150) แทนด้วย NW1 และ NW2 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์

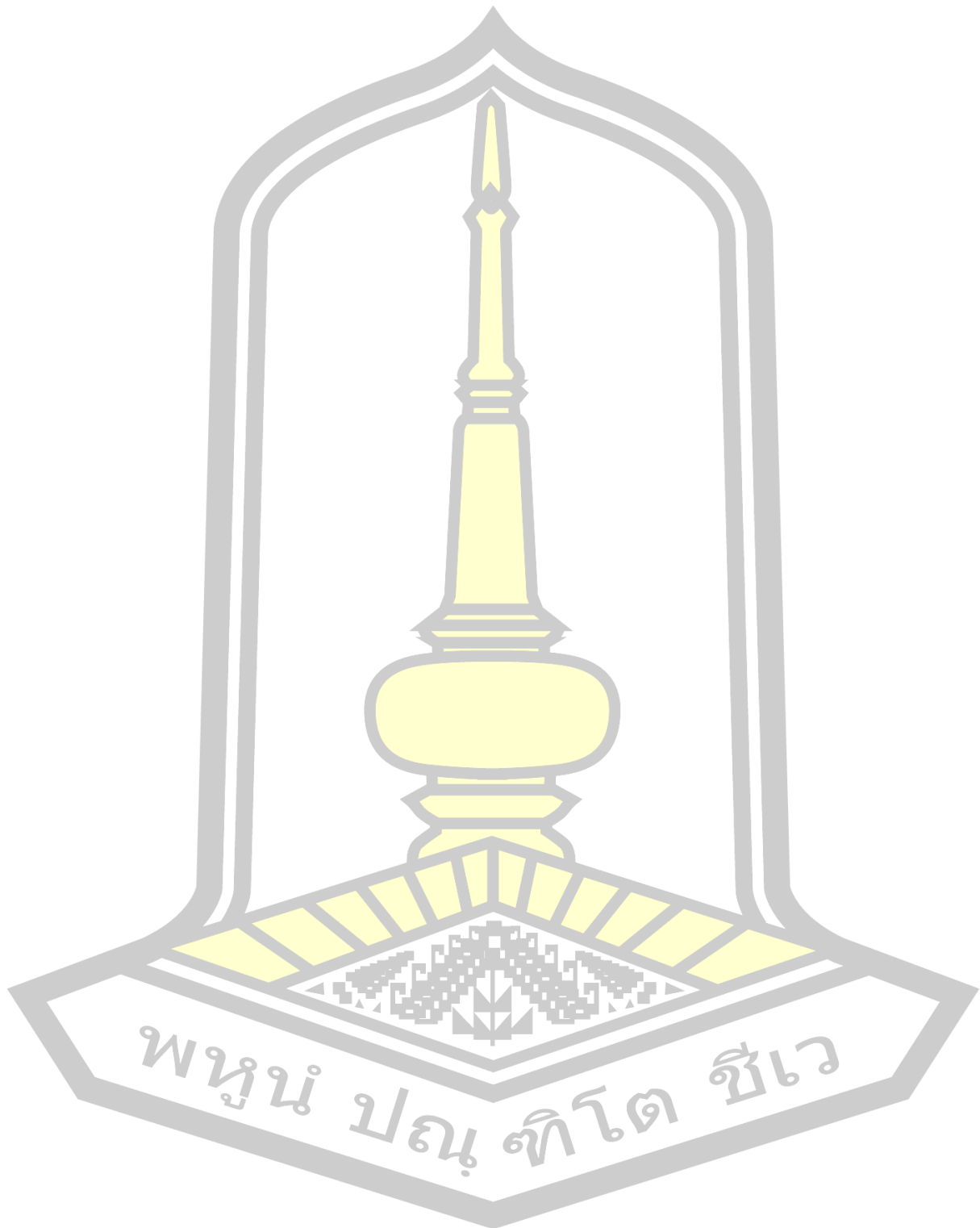
ดังนั้นจากการใช้เทคนิคการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยพบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ คือ พื้นที่ต่ำบล ท่าขอนยาง และตำบลขามเรียง เนื่องจากมีพื้นที่และพื้นที่ปลูกสร้างหนาแน่น และพื้นที่เหมาะสมในมหาวิทยาลัยมหาสารคามคือ พื้นที่ อาคารคณะวิทยาศาสตร์ตึก 1และอาคารคณะวิทยาศาสตร์ตึก 2

5.2.ข้อเสนอแนะ

ควรทำการวิเคราะห์ออกมาเป็นรายวันและทำการวิเคราะห์ย้อนหลังเป็นรายปีเพื่อเพิ่มความถูกต้องและลดความผิดพลาดของข้อมูล

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บรรณานุกรม



- ณัชชิสร์ ศรีสุขพรชัย และคณะ(2563) “การศึกษาศักยภาพการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและเชื่อมต่อสายสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.) ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน
- ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และคณะ (2558) “การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 12 ฉบับที่2 (กรกฎาคม -ธันวาคม).
- ฐิตาพร แสงนาค (2563) “แรงจูงใจที่ส่งผลต่อการตัดสินใจติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและระบบกักเก็บพลังงานในระดับครัวเรือนในภาคกลางของประเทศไทย” สารนิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
- ชนเดช อมาตยกุล(2564) “การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟรางคู่จังหวัดร้อยเอ็ด” ปริญญานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาภูมิสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2561) “รายงานฉบับสมบูรณ์การติดตามสถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- ศศิวิมล ทรงไตร (2559) “การประเมินสมรรถนะ และความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์และแบบรับแสงคงที่ในประเทศไทย” วารสารวิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 มีนาคม 2559
- ศาดตรา ศิริแก้ว และคณะ (2562) “การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ : กรณี อาคารสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม”วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม - มิถุนายน
- สาธิต แสงประดิษฐ์ (2557) “การสกัดขอบเขตอาคารจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง” .วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 2(พฤษภาคม - สิงหาคม)
- สุรียนต์ ชมดี (2558) “การประเมินการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านอยู่อาศัยในภาคเหนือของประเทศไทย” ปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- Bidur R., et al. (2015) "Assessment of urban roof top solar photovoltaic potential to solve power shortage problem in Nepal" *Energy and Buildings* 86 (2015) 735–744
- Chuiqing Z., et al. (2013) "An Evaluation System for Building Footprint Extraction From Remotely Sensed Data" *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING*, VOL. 6, NO. 3, JUNE 2013
- Ha T., et al. (2013) "Automated quantification of solar photovoltaic potential in cities" *International review for spatial planning and sustainable development*, Vol.1 No.1 (2013), 49-60 ISSN: 2187-3666
- Ilada asoonsri and Satith Sangpradid (2021) *ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR THE CLASSIFICATION OF SHRIMP FARM FROM SATELITE IMAGERY*. *Geographia Technica*, Vol.16, Issue 2, 2021, pp 149 to 159
- Jeffrey B., et al. (2013). "Methodology for estimating solar potential on multiple building rooftops for photovoltaic systems" *Sustainable Cities and Society* 8 (2013) 31–41
- Jibrani., et al. (2013) "Estimation of rooftop solar photovoltaic potential using geospatial techniques: A perspective from planned neighborhood of Karachi Pakistan" *Renewable Energy* 90 (2016) 188 - 203
- Jihui Y., et al. (2016) "A method to estimate the potential of rooftop photovoltaic power generation for a region" *Urban Climate* 17 (2016) 1–19
- Katalin Bódi., et al. (2019)" A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union " *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 114 (2019) 109309
- Lado K., et al. (2016) "Estimating technical potential for rooftop photovoltaics in California, Arizona and New Jersey" *Renewable Energy* 95 (2016) 286e302

Ryo Saito, et al. (2020) “New building detection with SAR satellite Based on deep on deep learning” .Remote Sens.2019 ,11(12),1444

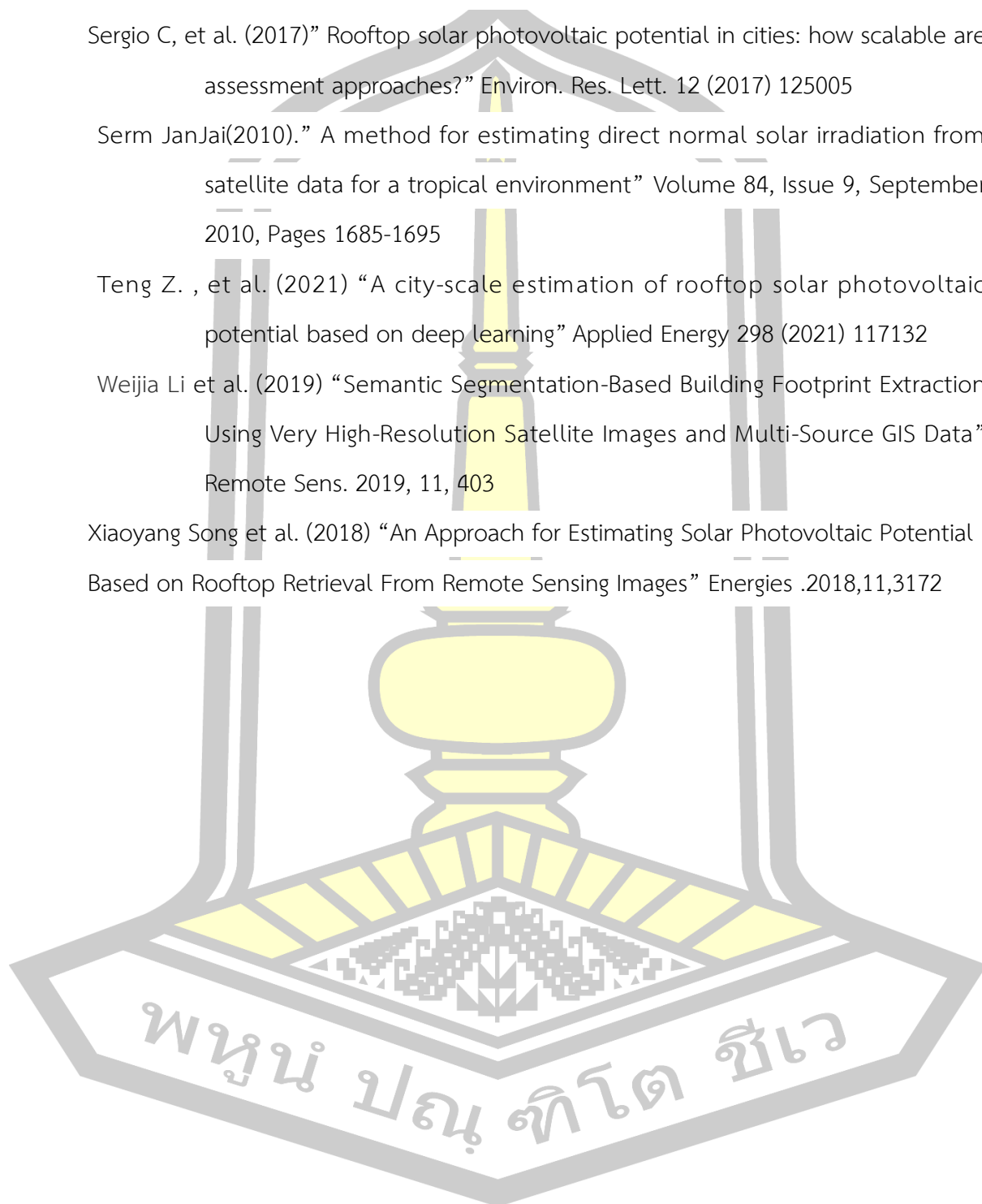
Sergio C, et al. (2017)” Rooftop solar photovoltaic potential in cities: how scalable are assessment approaches?” Environ. Res. Lett. 12 (2017) 125005

Serm JanJai(2010).” A method for estimating direct normal solar irradiation from satellite data for a tropical environment” Volume 84, Issue 9, September 2010, Pages 1685-1695

Teng Z. , et al. (2021) “A city-scale estimation of rooftop solar photovoltaic potential based on deep learning” Applied Energy 298 (2021) 117132

Weijia Li et al. (2019) “Semantic Segmentation-Based Building Footprint Extraction Using Very High-Resolution Satellite Images and Multi-Source GIS Data” Remote Sens. 2019, 11, 403

Xiaoyang Song et al. (2018) “An Approach for Estimating Solar Photovoltaic Potential Based on Rooftop Retrieval From Remote Sensing Images” Energies .2018,11,3172



ประวัติผู้เขียน

| | |
|----------------------|---|
| ชื่อ | นางสาวอังคณา ชมภูศรี |
| วันเกิด | 30 มิถุนายน 2539 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดเชียงใหม่ |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 76 หมู่ 4 ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ 50120 |
| ตำแหน่งหน้าที่การงาน | - |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | - |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ.2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ.2566 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม) สาขาพลังงาน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม |
| ทุนวิจัย | - |
| ผลงานวิจัย | - |



