



การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซทเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิวในจังหวัดมหาสารคาม

วิทยานิพนธ์
ของ
ธนกฤต พิบขุนทด

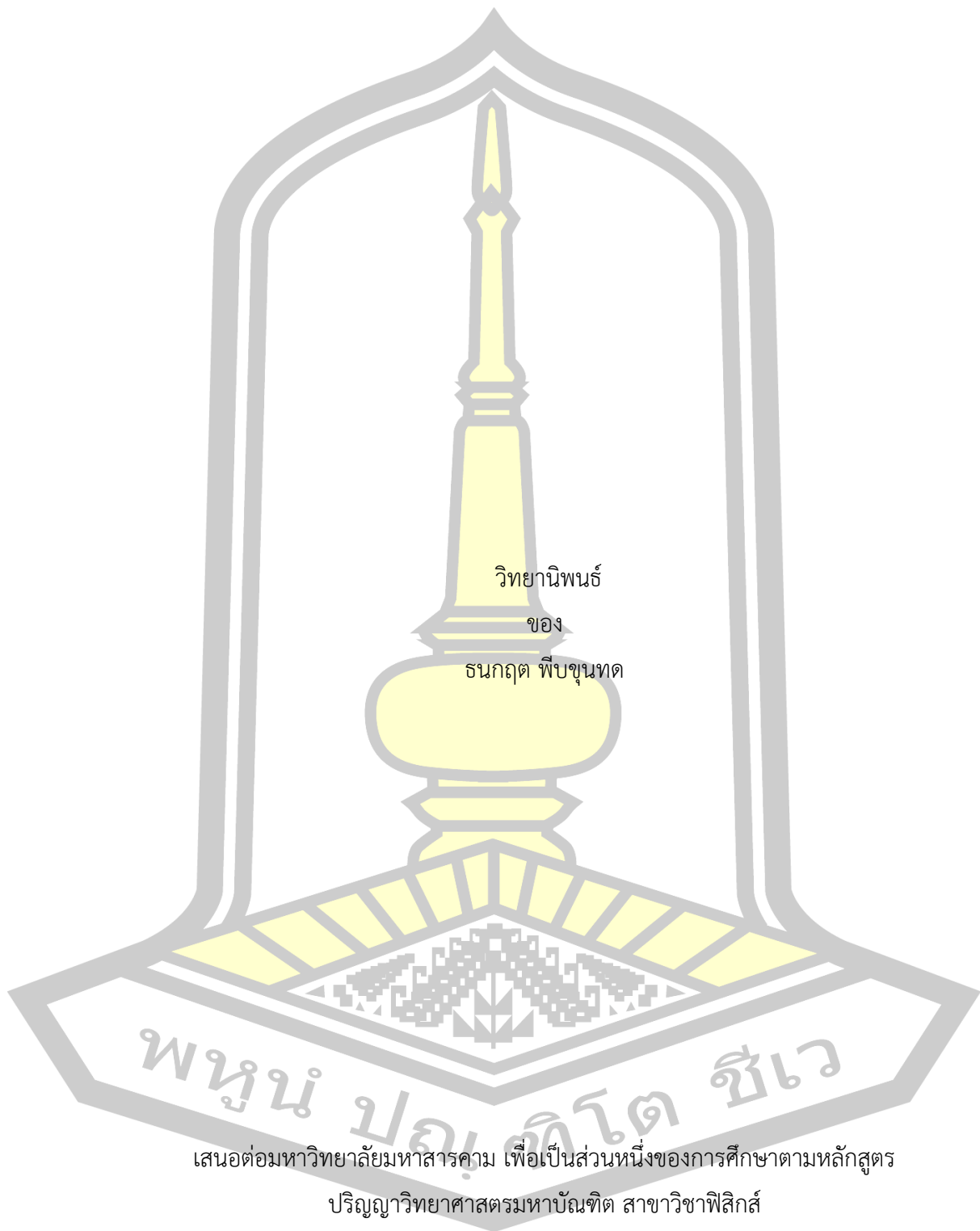
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

เมษายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซทเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิวในจังหวัดมหาสารคาม



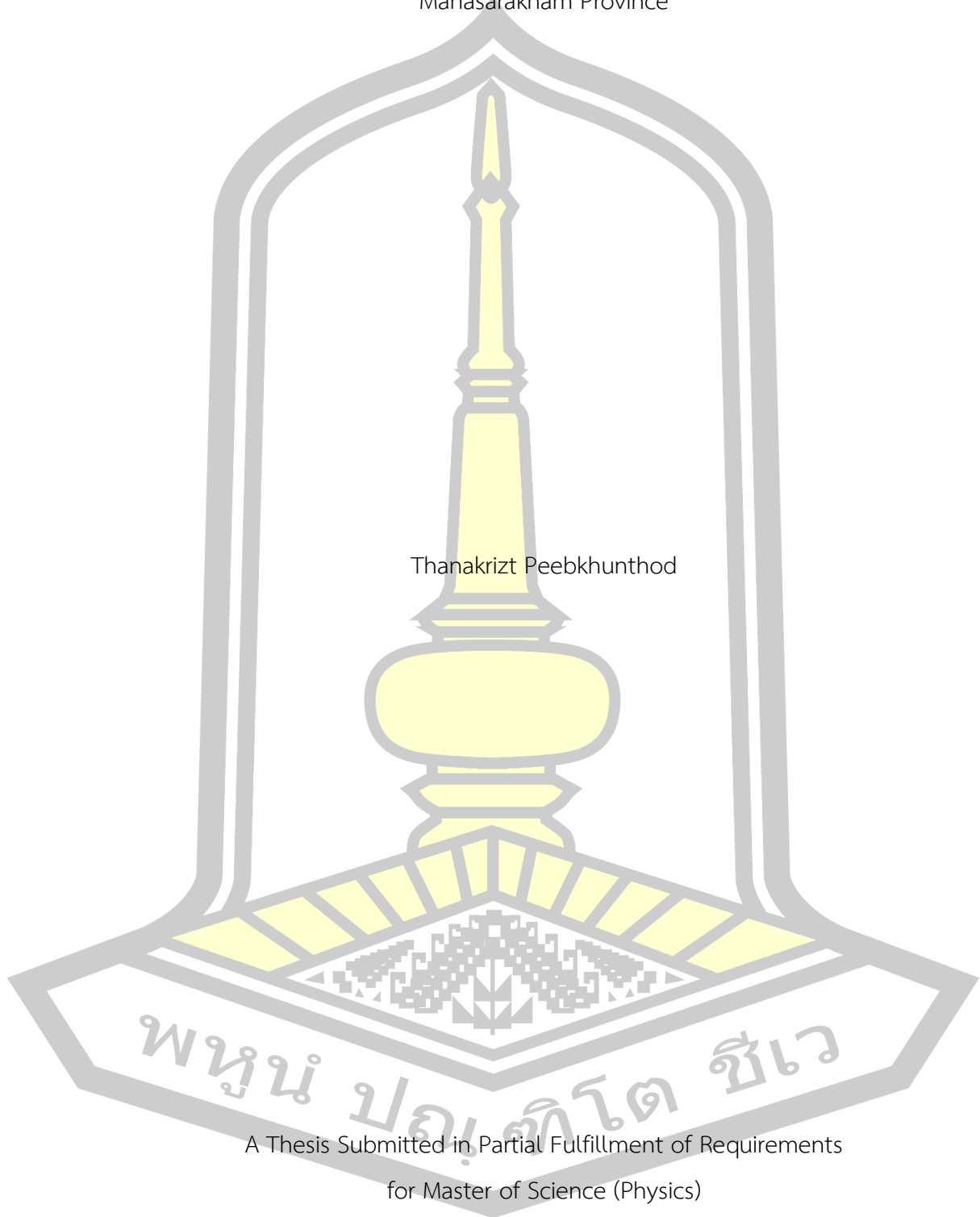
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

เมษายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Application of Landsat Data for Monitoring Land Surface Temperature in
Maharakham Province



Thanakrzt Peebkhunthod

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

April 2020

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายธนกฤต พีบขุนทด แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ไพศาล จั้ฟู)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. ประเมษฐ์ จันทรเพ็ง)

กรรมการ

(ผศ. ดร. สุภกร ทาญสูงเนิน)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ธนา ยีรัมย์)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พูน บัณฑิต ชีวะ

ชื่อเรื่อง	การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซทเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิวใน จังหวัดมหาสารคาม		
ผู้วิจัย	ธนกฤต พิษขุนทด		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรมเมษฐ์ จันทร์เพ็ง		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	ฟิสิกส์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2563

บทคัดย่อ

สภาพภูมิอากาศโลกในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนองค์ประกอบของบรรยากาศโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เห็นได้ชัดเจนคือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงที่จะเกิดสภาพอากาศรุนแรงจนถึงสภาพอากาศรุนแรงสุดขีด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวในจังหวัดมหาสารคามด้วยข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซทจาก 2 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ. 2550 และ ปี พ.ศ. 2558 วิธีการดำเนินการ 1) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมร่วมกับวิธีการทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป 2) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมแลนด์แซทกับอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยจากดาวเทียมแลนด์แซทกับอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดอุณหภูมิภาคพื้นดินนั้นมีความสอดคล้องกัน ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียมแลนด์แซทนั้นมีความน่าเชื่อถือรวมถึงสามารถนำมาใช้ในประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : อุณหภูมิพื้นผิว, ดาวเทียมแลนด์แซท

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

TITLE Application of Landsat Data for Monitoring Land Surface Temperature in Mahasarakham Province

AUTHOR Thanakrirt Peebkhunthod

ADVISORS Associate Professor Teerawong Laosuwan , Ph.D.
Assistant Professor Poramate Chunpang , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Physics

UNIVERSITY Mahasarakham **YEAR** 2020
University

ABSTRACT

Presently global climate has changed continuously owing to human activities that change the composition of the earth's atmosphere. The obviously seen climate change is an increase in the average global temperature, which increases the risk of severe weather to extreme weather status. The main objective of this study is to present the estimation of land surface temperature in Maha Sarakham Province using Landsat data from 2 periods, 2007 and 2015. The research methodology are as follows: 1) To analyze Landsat data with mathematical methods using a software package, 2) To compare relationships relationship between Landsat data analyzed and land surface temperature obtained from ground stations. The study results indicated that the average land surface temperature from Landsat and the average land surface temperature from the ground stations were consistent. The research results indicated that the analysis of land surface temperature from Landsat is reliable and can be used to estimate of land surface temperature effectively.

Keyword : land surface temperature, Landsat

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วย ความกรุณาและความช่วยเหลือจาก อาจารย์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ เหล่าสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมษฐ์ จันทร์เพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จิ์ฟู ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน กรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนา ยีรัมย์ เป็นพระคุณเป็นอย่างสูง

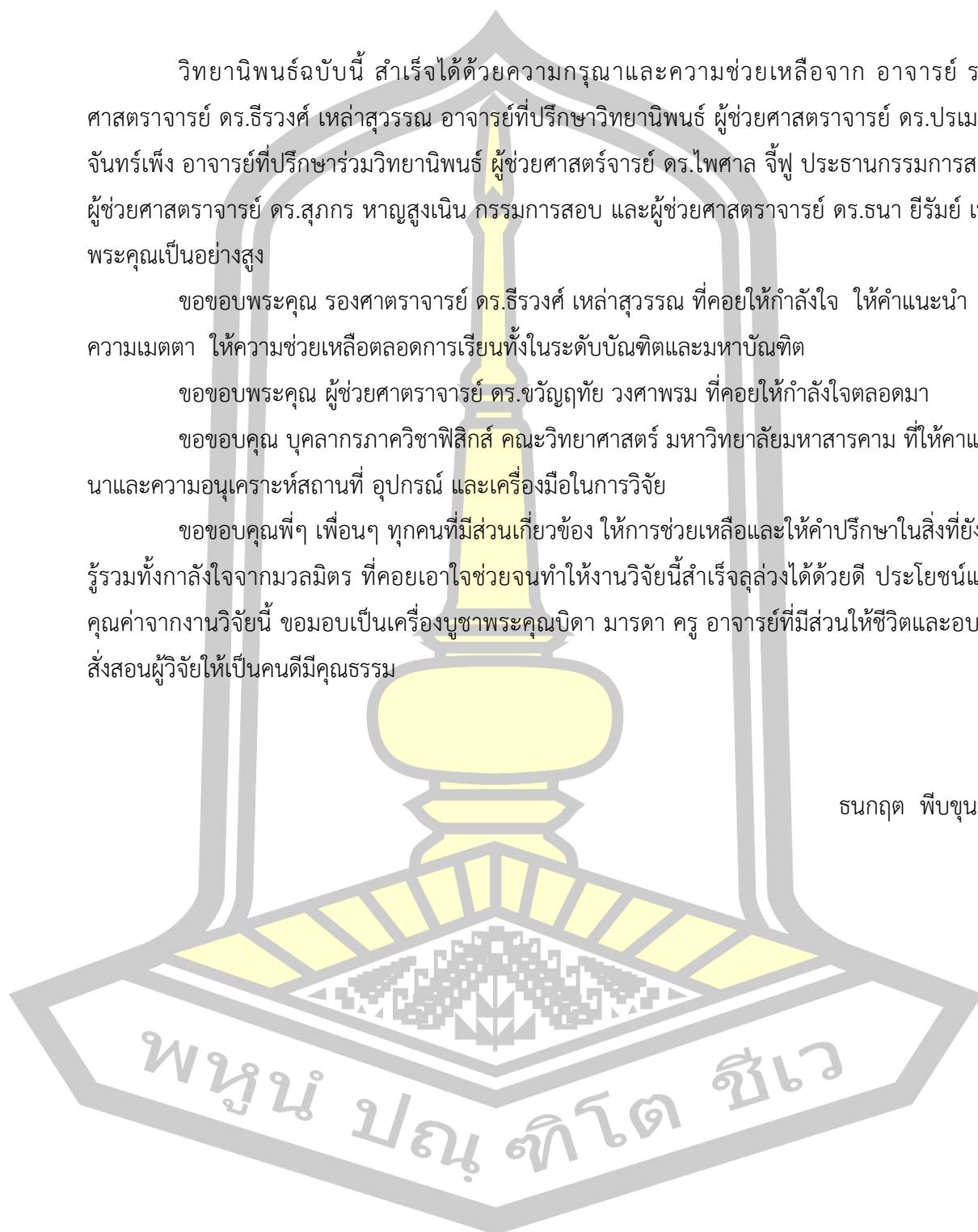
ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ เหล่าสุวรรณ ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ให้ความเมตตา ให้ความช่วยเหลือตลอดการเรียนทั้งในระดับบัณฑิตและมหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญฤทัย วงศาพรม ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ บุคลากรภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ให้การช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในสิ่งที่ยังไม่รู้รวมทั้งกำลังใจจากภวลมิตร ที่คอยเอาใจช่วยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ประโยชน์และคุณค่าจากงานวิจัยนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ที่มีส่วนให้ชีวิตและอบรมสั่งสอนผู้วิจัยให้เป็นคนดีมีคุณธรรม

ธนกฤต พิบขุนทด

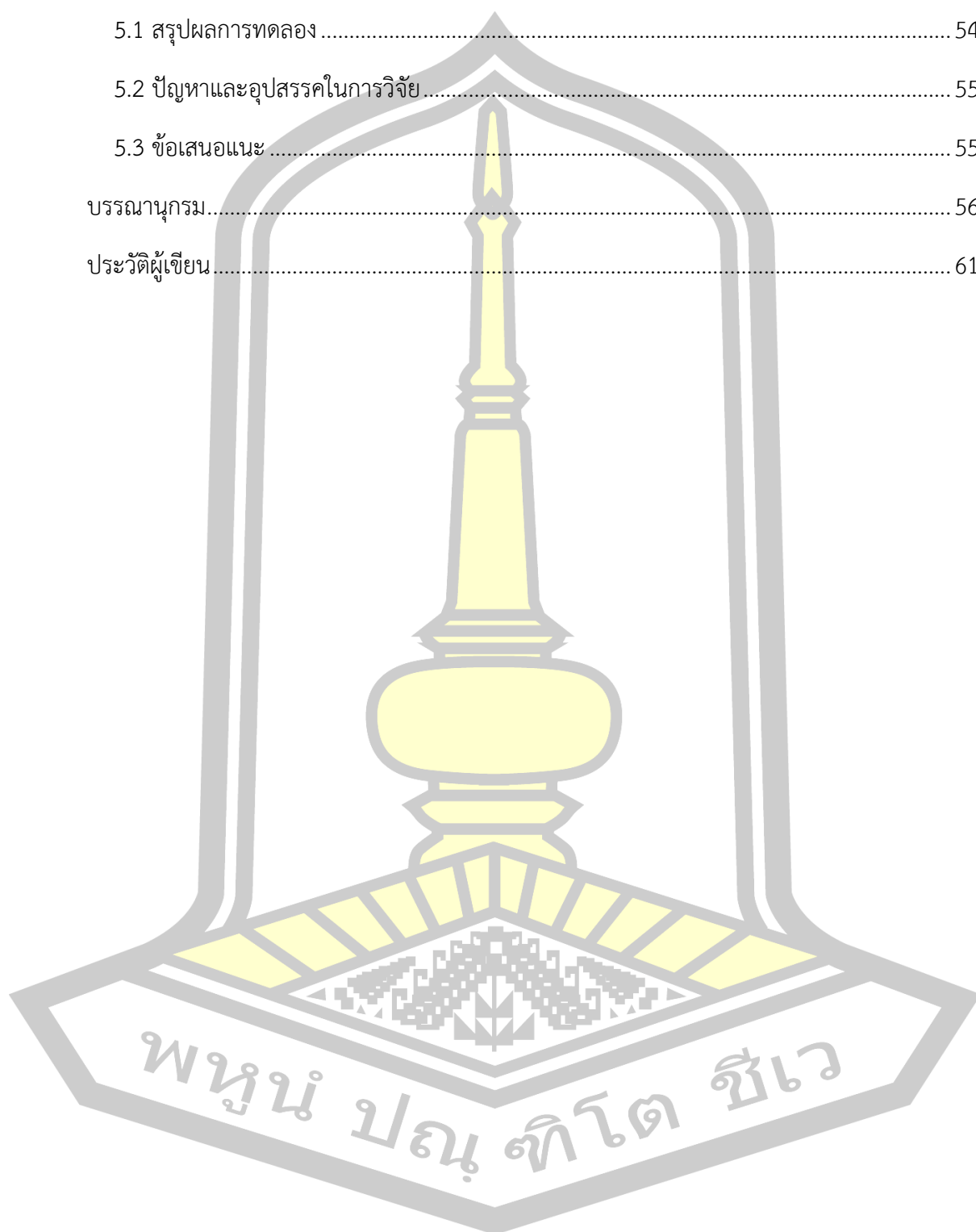


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.3.1 ขอบเขตด้านเวลา.....	2
1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา.....	2
1.3.3 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	3
1.6 สถานที่ทำงานวิจัย.....	4
1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล.....	5
2.1 ลักษณะของการเกิดเกาะความร้อน.....	6
2.1.1 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวของสิ่งปกคลุม (Surface; UHI).....	6
2.1.2 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบรรยากาศ (Atmospheric; UHI).....	7

2.2 หลักการรับรู้จากระยะไกล (Principle of remote sensing)	8
2.2.1 ความหมายของการรับรู้จากระยะไกล.....	8
2.2.2 องค์ประกอบและกระบวนการของการรับรู้จากระยะไกล	8
2.3 คุณลักษณะของข้อมูลจากดาวเทียม.....	11
2.3.1 ดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+	11
2.3.2 ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI	13
2.4 คุณสมบัติของคลื่นอินฟราเรดความร้อน.....	14
2.4.1 วิธีคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากคลื่นอินฟราเรดความร้อน	15
2.4.2 การแปลงค่าเชิงตัวเลขของข้อมูลเป็นค่าการแผ่รังสี ณ อุณหภูมิบันทึก	15
2.4.3 ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น	16
2.5 การจำแนกประเภทข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล	16
2.5.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised classification).....	16
2.5.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification)	17
2.5.3 การประเมินความถูกต้องของการจำแนก.....	19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	26
3.2 การเตรียมข้อมูลจากดาวเทียม (Pre-processing)	27
3.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ (Atmospheric correction).....	28
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน	29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	31
4.1 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว	31
4.2 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจังหวัด	47
4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิพื้นผิว	52

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	54
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	54
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย.....	55
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ประวัติผู้เขียน.....	61



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1.1 แสดงระยะเวลาการทำวิจัย.....	3
ตาราง 2.1 ลักษณะการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่บันทึกในแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ (13).....	11
ตาราง 2.2 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่น ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI (14).....	13
ตาราง 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแต่ละอำเภอในจังหวัดมหาสารคามปี พ.ศ. 2550.....	31
ตาราง 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแต่ละอำเภอในจังหวัดมหาสารคามปี พ.ศ. 2558.....	39
ตาราง 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่แต่ละอำเภอ ของจังหวัดมหาสารคาม ของปีพ.ศ. 2550	48
ตาราง 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่แต่ละอำเภอของจังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2558.....	50
ตาราง 4.5 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียม แลนด์แซทกับข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน	52



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 2.1 แสดงภาพตัดขวางของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตเมือง (9).....	6
ภาพประกอบ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่ (11).....	8
ภาพประกอบ 2.3 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกล (13).....	9
ภาพประกอบ 2.4 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกล (13).....	9
ภาพประกอบ 2.5 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (13).....	10
ภาพประกอบ 2.6 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (21).....	18
ภาพประกอบ 2.7 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (22).....	18
ภาพประกอบ 3.1 จังหวัดมหาสารคาม.....	26
ภาพประกอบ 3.2 LANDSAT 7 ETM+ (ก) ช่วงคลื่นวิสิเบิล (ข) ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน	27
ภาพประกอบ 3.3 Landsat 8 OLI (ก) ช่วงคลื่นวิสิเบิล (ข) ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน	27
ภาพประกอบ 4.1 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม.....	33
ภาพประกอบ 4.2 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม.....	33
ภาพประกอบ 4.3 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม.....	34
ภาพประกอบ 4.4 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอแกลง จังหวัดมหาสารคาม	34
ภาพประกอบ 4.5 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม	35
ภาพประกอบ 4.6 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม	35

ภาพประกอบ 4.7 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอภูกระดึง จังหวัดมหาสารคาม.....	36
ภาพประกอบ 4.8 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม	36
ภาพประกอบ 4.9 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม.....	37
ภาพประกอบ 4.10 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอนาคู จังหวัดมหาสารคาม.....	37
ภาพประกอบ 4.11 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม	38
ภาพประกอบ 4.12 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม	38
ภาพประกอบ 4.13 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอยางสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม	39
ภาพประกอบ 4.14 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม.....	41
ภาพประกอบ 4.15 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม.....	41
ภาพประกอบ 4.16 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม.....	42
ภาพประกอบ 4.17 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอแกลง จังหวัดมหาสารคาม	42
ภาพประกอบ 4.18 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม	43
ภาพประกอบ 4.19 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม	43

ภาพประกอบ 4.20 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม.....	44
ภาพประกอบ 4.21 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม	44
ภาพประกอบ 4.22 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม.....	45
ภาพประกอบ 4.23 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอนาดูน จังหวัดมหาสารคาม.....	45
ภาพประกอบ 4.24 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม	46
ภาพประกอบ 4.25 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอนาป่า จังหวัดมหาสารคาม	46
ภาพประกอบ 4.26 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม	47
ภาพประกอบ 4.27 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ใน วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 ของจังหวัดมหาสารคาม.....	49
ภาพประกอบ 4.28 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ใน วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 ของจังหวัดมหาสารคาม.....	51
ภาพประกอบ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูล ดาวเทียมแลนดแซทกับข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินในจังหวัด มหาสารคาม.....	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพื้นที่เมืองได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องมาจากการเจริญเติบโตในด้านเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งสาเหตุดังกล่าวได้ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านส่งปกคลุมดิน (land cover) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) โดยพื้นที่ต่าง ๆ นั้นได้ถูกเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพื่อรองรับการพัฒนาไปเป็นพื้นที่เศรษฐกิจ ซึ่งพื้นที่เดิมที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) พื้นที่ว่างเปล่า (Bare soil) นั้นได้ถูกแทนที่ด้วยสิ่งปลูกสร้าง เช่น อาคาร บ้านเรือน ถนน และโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ โดยจากพื้นที่เดิมเป็นพื้นผิวที่น้ำสามารถแทรกซึมได้ดีและมีความชื้น เช่น พื้นที่พืชพรรณ พื้นที่ดิน และพื้นที่แหล่งน้ำ ได้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นผิวที่มีส่วนประกอบของคอนกรีต ยางมะตอย ทำให้พื้นผิวบริเวณตัวเมืองสามารถดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากขึ้นโดยเฉพาะช่วงเวลากลางวัน และในเวลากลางคืนพบว่าพื้นผิวในบริเวณตัวเมืองจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่ถูกสะสมไว้ในตอนกลางวันออกสู่ชั้นบรรยากาศได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติ เช่นกัน (1)

สำหรับปรากฏการณ์โดมความร้อน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island, UHI) คือ ปรากฏการณ์ที่พื้นที่บริเวณกลางเมืองมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณโดยรอบอย่างมีนัย โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเกาะความร้อนเมืองได้แก่การเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของแผ่นดินจากการพัฒนาเมือง ความร้อนที่ปล่อยออกจากการใช้พลังงานตามอาคารสถานที่ต่าง ๆ มีส่วนน้อยในการเกิดเกาะความร้อน เมื่อศูนย์กลางประชากรของเมืองเพิ่ม การเปลี่ยนแปลงพื้นผิวแผ่นดินก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามไปเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มอุณหภูมิทั่วไปโดยเฉลี่ย ผลของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองทำให้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในบริเวณใต้ลมที่ห่างจากใจกลางเมืองออกไปประมาณ 60 กิโลเมตรเพิ่มขึ้นจากปกติประมาณร้อยละ 28 เมื่อเทียบกับบริเวณพื้นที่เหนือลม (2)

ทั้งนี้จากผลจากงานศึกษาวิจัยในหลายเรื่องก็เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายภายใต้ความสัมพันธ์ระหว่างส่งปกคลุมดินการใช้ประโยชน์ที่ดินและอุณหภูมิ (3-6) และได้ระบุว่าพื้นที่สีเขียวนั้นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (7) สำหรับประเทศไทยโดย สมพงษ์ เลียงโรคาพาธ (8) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของส่งปกคลุมดินที่มีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศของพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบTM ผลการศึกษาพบว่าหากมีการเพิ่มพื้นที่ต้นไม้ทุก ๆ ร้อยละ 1 บนพื้นที่ขนาด 0.1 ตารางกิโลเมตร จะทำให้อุณหภูมิจะลดลง 0.028 องศาเซลเซียส

สำหรับการศึกษาคั้งนี้ได้เลือกศึกษาในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม โดยทำการวิเคราะห์ อุณหภูมิพื้นผิวในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared Band) จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ Path 128 Row 49 บันทึกข้อมูลในวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 จำนวน 1 ภาพ และ LANDSAT 8 OLI/TIRS Path 128 Row 49 บันทึกข้อมูลในวันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 จำนวน 1 ภาพ ซึ่งเป็นภาพที่ไม่มีเมฆปกคลุมและครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลจากดาวเทียมจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible band) แบนด์ที่ 1 2 3 4 5 และ 7 มีความละเอียดที่ 30 × 30 เมตร ส่วนความละเอียดเชิงพื้นที่ของในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนแบนด์ที่ 6 มีความละเอียดที่ 120 × 120 เมตร และความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลจากดาวเทียมจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible band) แบนด์ที่ 1 2 3 4 5 6 และ 7 มีความละเอียดที่ 30 × 30 เมตร ส่วนความละเอียดเชิงพื้นที่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนแบนด์ 10 มีความละเอียดที่ 100 × 100 เมตร

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ และข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared band)

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมและอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีภาคพื้นดินของกรมอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดมหาสารคาม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านเวลา

การศึกษาคั้งนี้ได้พิจารณาศึกษาในช่วงเวลาที่ห่างกัน 8 ปี คือ ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ในวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 Path 128 Row 49 และข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ในวันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 Path 128 Row 49

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาคั้งนี้เป็นการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมสองดวงคือ คือข้อมูลจากดาวเทียมดวงที่หนึ่ง Landsat 7 ETM+ Path 128 Row 49 ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนความถี่แบนด์ที่ 6 ในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวและใช้ข้อมูลจากดาวเทียมดวงที่สอง Landsat 8 OLI Path 128 Row 49 ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนความถี่แบนด์ที่ 10 ในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว โดยข้อมูลดังกล่าวจะทำการดาวน์โหลดจากสำนักงาน

ธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา (The United States Geological Survey) ที่เว็บไซต์ <http://glovis.usgs.gov/> จากนั้นจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการวิเคราะห์ดาวเทียมกับอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีภาคพื้นดินของกรมอุตุนิยมวิทยา

1.3.3 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมจังหวัดมหาสารคามประกอบด้วย 13 อำเภอ คือ 1. อำเภอเมืองมหาสารคาม 2. อำเภอแกดำ 3. อำเภอโกสุมพิสัย 4. อำเภอกันทรวิชัย 5. อำเภอเชียงยืน 6. อำเภอบรบือ 7. อำเภอนาเชือก 8. อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย 9. อำเภอนาหว้า 10. อำเภอนาคู 11. อำเภอยางสีสุราช 12. อำเภอกุดรัง 13. อำเภอชื่นชม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงอุณหภูมิพื้นผิวของจังหวัดมหาสารคามในช่วงปี 2550 และ ปี 2558

1.4.2 ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมและอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีภาคพื้นดินของกรมอุตุนิยมวิทยา

1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย

ตาราง 1.1 แสดงระยะเวลาการทำวิจัย

กิจกรรม	ระยะเวลา (เดือน)				
	ส.ค.-ก.ย. 58	ต.ค.- พ.ย.58	ธ.ค.58- ม.ค.58	ก.พ.- มี.ค.58	เม.ย.-พ.ค. 58
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←————→				
2. รวบรวมข้อมูลดาวเทียม			←————→		
3. วิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลดาวเทียม			←————→		
4. สืบค้นข้อมูลภาคสนาม			←————→		
5. ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล				←————→	
6. จัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์				←————→	

1.6 สถานที่ทำงานวิจัย

ห้อง SC1-211 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานวิจัย

- 1.7.1 ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน
- 1.7.2 ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS I ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน
- 1.7.3 ข้อมูลอุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยา
- 1.7.4 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม
- 1.7.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง
- 1.7.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิภาคสนาม
- 1.7.7 เครื่องวัดค่าพิกัดจากดาวเทียม (Global Positioning System)



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา ความหมาย สาเหตุของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง รวมถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้

วิชญ์ ก่อพิมพ์ (1) กล่าวว่า ในปัจจุบันการพัฒนาในด้านเศรษฐกิจและสังคมได้รุดหน้าไปมาก ทำให้ส่งผลต่อการขยายตัวในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในด้านเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม จากการพัฒนาดังกล่าวทำให้พื้นที่เมืองมีการขยายตัวเพื่อสอดคล้องกับการพัฒนา และเมื่อมีการพัฒนาจึงส่งผลถึงการใช้อยู่อาศัยที่ดินมากขึ้น เพื่อใช้ในการสร้างระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน อาคาร สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ รวมทั้งพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมเพื่อตอบสนองให้ทันต่อการพัฒนาในระยะสั้นและในระยะยาว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้อยู่อาศัยที่ดินดังกล่าวเปรียบเสมือนเป็นสิ่งที่กระตุ้นทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนหรือที่เรียกว่า Urban Heat Island ซึ่งเกิดจากการสะสมความร้อนของพื้นผิวซึ่งเป็นวัสดุที่สะสมความร้อน เช่น พื้นถนน หลังคาอาคาร ความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ ควันเสียจากโรงงาน ซึ่งส่งผลต่อการดำรงชีวิตรวมทั้งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของกลุ่มคนที่อาศัยอยู่ในตัวเมือง และมีแนวโน้มของอุณหภูมิในตัวเมืองซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจะยิ่งเพิ่มสูงมากขึ้นในอนาคต

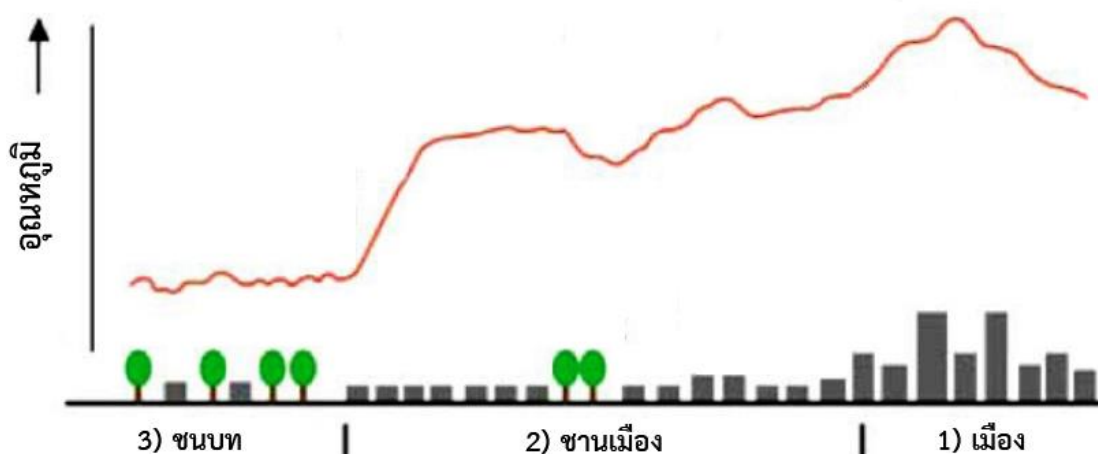
ธนภุต เทียนมณี (9) ได้ศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนโดยมุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบชุมชนเมืองต่อไปในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการดำเนินงานผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในกรุงเทพมหานคร เพราะมีการขยายตัวของชุมชนมากมีการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ อย่างไม่มีแบบแผน รวมถึงอาคารที่มีความสูงและขนาดต่าง ๆ ทำให้ลมประจำปีไม่พัดผ่านทำให้เกิดฝุ่นและมลพิษ กลายเป็นกลุ่มหมอกควันอยู่เหนือเมือง และทำให้เกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้นอยู่เหนือเมือง และการที่พื้นผิวของอาคารก่อสร้างถูกแดดอยู่ตลอดเวลาในช่วงเวลากลางวันทำให้มีการดูดซับและสะสมความร้อนเป็นจำนวนมากและทำให้มีการคลายความร้อนสู่บรรยากาศเพิ่มมากขึ้น จึงได้เลือกพื้นที่มา 5 บริเวณ ในระหว่างฤดูฝน และฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2544 และจัดกลุ่มพื้นที่เป็น 3 กลุ่มตามความหนาแน่นของพื้นที่ (ภาพประกอบ 2.1) โดยใช้ค่าพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน เป็นตัวกำหนดค่าความแตกต่างของความหนาแน่นเมืองและอุณหภูมิของอากาศ ผลวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า

1) อุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้น และปรากฏการณ์เกาะความร้อนจะปรากฏในบริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างอยู่ รวมกันอย่างหนาแน่น ซึ่งได้แก่บริเวณที่พักอาศัย บริเวณธุรกิจการค้า และบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น (10)

2) อุณหภูมิอากาศที่ต่ำจะปรากฏในบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความหนาแน่นของอาคารต่ำ

3) บริเวณพื้นที่ที่มีสวนสาธารณะซึ่งมีพื้นที่สีเขียวเป็นองค์ประกอบหลัก

โดยการค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าในการออกแบบชุมชนเมือง ควรคำนึงถึงทิศทางการพัดของลมประจำถิ่นและควรหลีกเลี่ยงการวางอาคารเป็นแนวยาวเพื่อเปิดทางให้ลมผ่านได้ นอกจากนี้ควรมีพื้นที่เปิดโล่ง ในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูง เพื่อลดผลกระทบต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน



ภาพประกอบ 2.1 แสดงภาพตัดขวางของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตเมือง (9)

2.1 ลักษณะของการเกิดเกาะความร้อน

ลักษณะของการเกิดเกาะความร้อนเมือง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้ 1) การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวของสิ่งปกคลุม (Surface; UHI) และ 2) การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบรรยากาศ (Atmospheric; UHI) (1, 8)

2.1.1 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวของสิ่งปกคลุม (Surface; UHI)

ในวันที่มีอุณหภูมิสูงเนื่องจากสภาวะอากาศที่ร้อนจัด แสงจากดวงอาทิตย์สามารถให้ความร้อนกับพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ในเขตเมือง เช่น ผิวอาคาร พื้นผิวของหลังคา และพื้นถนน ซึ่งสะสมความร้อนได้มาก ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศโดยรอบได้ถึง 27-50 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันที่ พื้นี่ในร่มเงาหรือพื้นผิวที่มีความชื้น ซึ่งเป็นพื้นผิวที่ตั้งอยู่ในชนบทเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ยังคงมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับบรรยากาศ การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island) ที่พื้นผิวสามารถเกิดขึ้นทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืน แต่มีแนวโน้มที่จะเกิดมากในช่วงกลางวัน เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังพื้นผิวความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ย ในช่วงกลางวันพื้นผิว

ระหว่างเขตพื้นที่เมืองที่มีการพัฒนาและพื้นที่ชนบทอาจสูงถึง 10-15 องศาเซลเซียส และช่วงกลางคืน ความแตกต่างจะมีค่า ประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) ที่พื้นผิวมากหรือน้อยจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ สิ่งปกคลุมดิน และสภาพอากาศ ซึ่งส่งผลทำให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่พื้นผิวเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูร้อนท้องฟ้าโปร่งเปิดโล่ง จึงส่งผลให้รังสีจากดวงอาทิตย์สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงกระทบพื้นผิวได้มากกว่าฤดูอื่น ๆ ทั้งยังไม่มีกระแสลมช่วยพัดพาความร้อนออกจากเขตเมืองไปสู่เขตชนบท ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเขตเมืองและเขตชนบทเพิ่มสูงขึ้นในฤดูร้อน

2.1.2 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบรรยากาศ (Atmospheric; UHI)

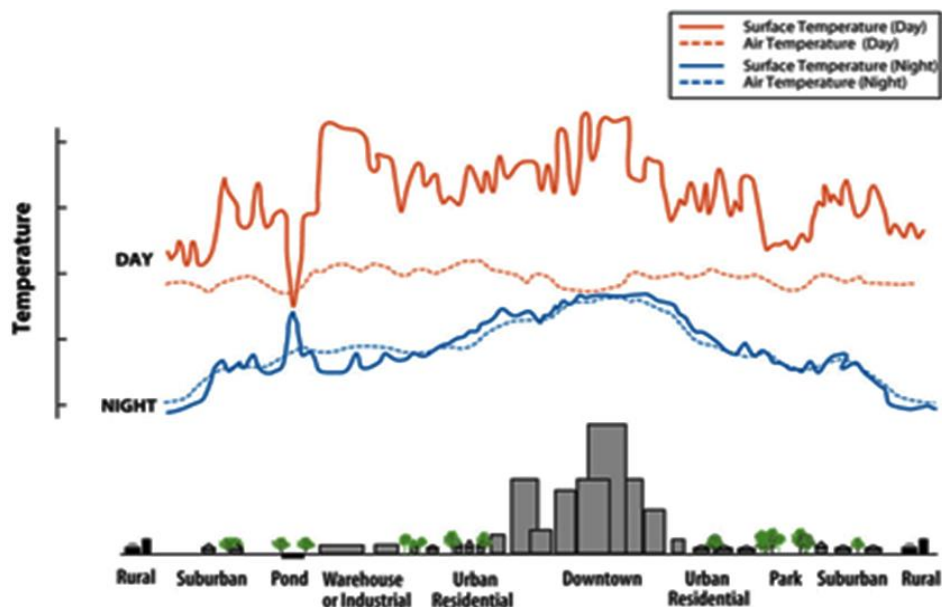
เขตพื้นที่เมืองจะมีอากาศในชั้นบรรยากาศที่ร้อนกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่ชนบทโดยรอบ ซึ่งเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบรรยากาศการเกิดปรากฏการณ์ลักษณะนี้สามารถแบ่งลักษณะการเกิดกับชั้นบรรยากาศออกเป็นสองประเภทที่แตกต่างกัน ได้แก่

1) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่เกิดในชั้นของบรรยากาศที่ต่ำกว่าเรือนยอดต้นไม้ เกิดกับชั้นบรรยากาศที่ติดกับพื้นผิวเป็นชั้นบรรยากาศที่ผู้คนอาศัยอยู่ ปรากฏการณ์นี้นับจากพื้นดินขึ้นไปจนถึงเรือนยอดต้นไม้หรือหลังคาบ้าน และ

2) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่เกิดในชั้นของบรรยากาศที่สูงกว่าเรือนยอดต้นไม้ขึ้นไปเริ่มนับจากยอดต้นไม้หรือหลังคาบ้านและขยายขึ้นไปถึงยังจุดที่เขตเมืองไม่ส่งผลต่อชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปชั้นนี้จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในบรรยากาศได้ถึง 1.5 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในบรรยากาศจะส่งผลค่อนข้างน้อยในช่วงสาย ตลอดถึงทั้งวันและจะส่งผลมากขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไป เนื่องจากการปลดปล่อยความร้อนอย่างช้า ๆ จากโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ในเมือง ช่วงเวลาที่อุณหภูมิขึ้นสูงสุดจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพื้นผิวเมืองและชนบทโดยรอบ ฤดู และสภาพอากาศ

อุณหภูมิของพื้นผิวส่งผลโดยอ้อมแต่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุณหภูมิของอากาศในชั้นที่ติดกับพื้นผิว อย่างเช่น ในสวนสาธารณะหรือในพื้นที่เพาะปลูก จะมีอุณหภูมิพื้นผิวที่เย็นกว่าจึงทำให้อากาศเย็นกว่า ในทางตรงข้ามในพื้นที่ที่เต็มไปด้วยอาคารในเมืองส่งผลให้มีอุณหภูมิในอากาศที่ร้อนกว่า เนื่องจากอากาศที่ผสมปนเปกันในชั้นบรรยากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวและอากาศจะไม่คงที่ และอุณหภูมิของอากาศโดยทั่วไปจะต่ำกว่าอุณหภูมิของพื้นผิวทั่วทุกพื้นที่ตามภาพประกอบที่ 2.2



ภาพประกอบ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่ (11)

2.2 หลักการรับรู้จากระยะไกล (Principle of remote sensing)

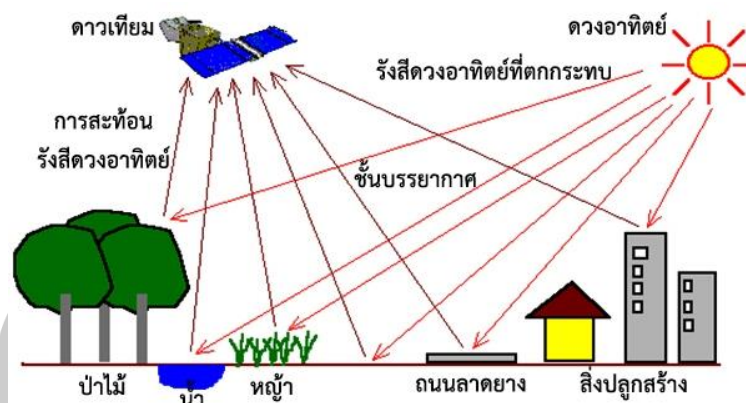
2.2.1 ความหมายของการรับรู้จากระยะไกล

การรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing) ตามศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถานในปี พ.ศ. 2544 ได้ใช้คำว่า “การรับรู้จากระยะไกล” หมายถึงการบันทึกหรือการได้มาซึ่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่เป้าหมาย ด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุ นั้น ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณ (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) ของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก (12)

2.2.2 องค์ประกอบและกระบวนการของการรับรู้จากระยะไกล

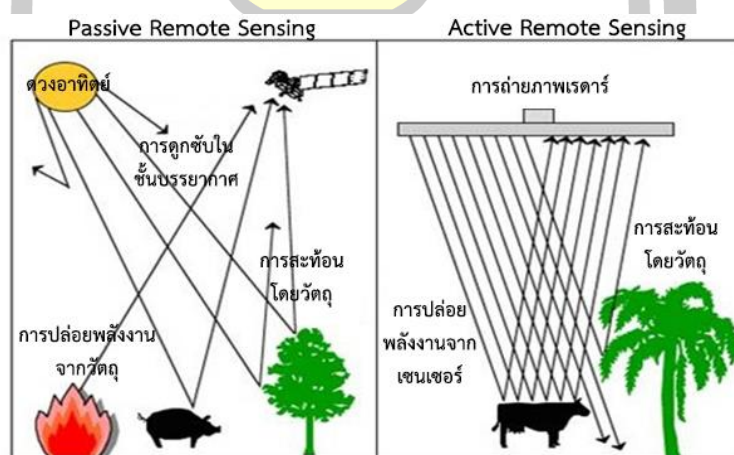
องค์ประกอบที่สำคัญของการรับรู้จากระยะไกล (ภาพประกอบ 2.3) ได้แก่ 1) แหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ 2) วัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก เช่น ป่าไม้ น้ำ ถนนลาดยาง และสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น และ 3) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูลที่ถูกติดตั้งไว้บนดาวเทียม

ทั้งนี้การรับรู้จากระยะไกลที่ใช้พลังงานจากธรรมชาติเรียกว่า “Passive remote sensing” (ภาพประกอบ 2.4) ซึ่งในระบบนี้จะอาศัยพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่มาตกกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลซึ่งส่วนใหญ่ก็จะอยู่บนดาวเทียม

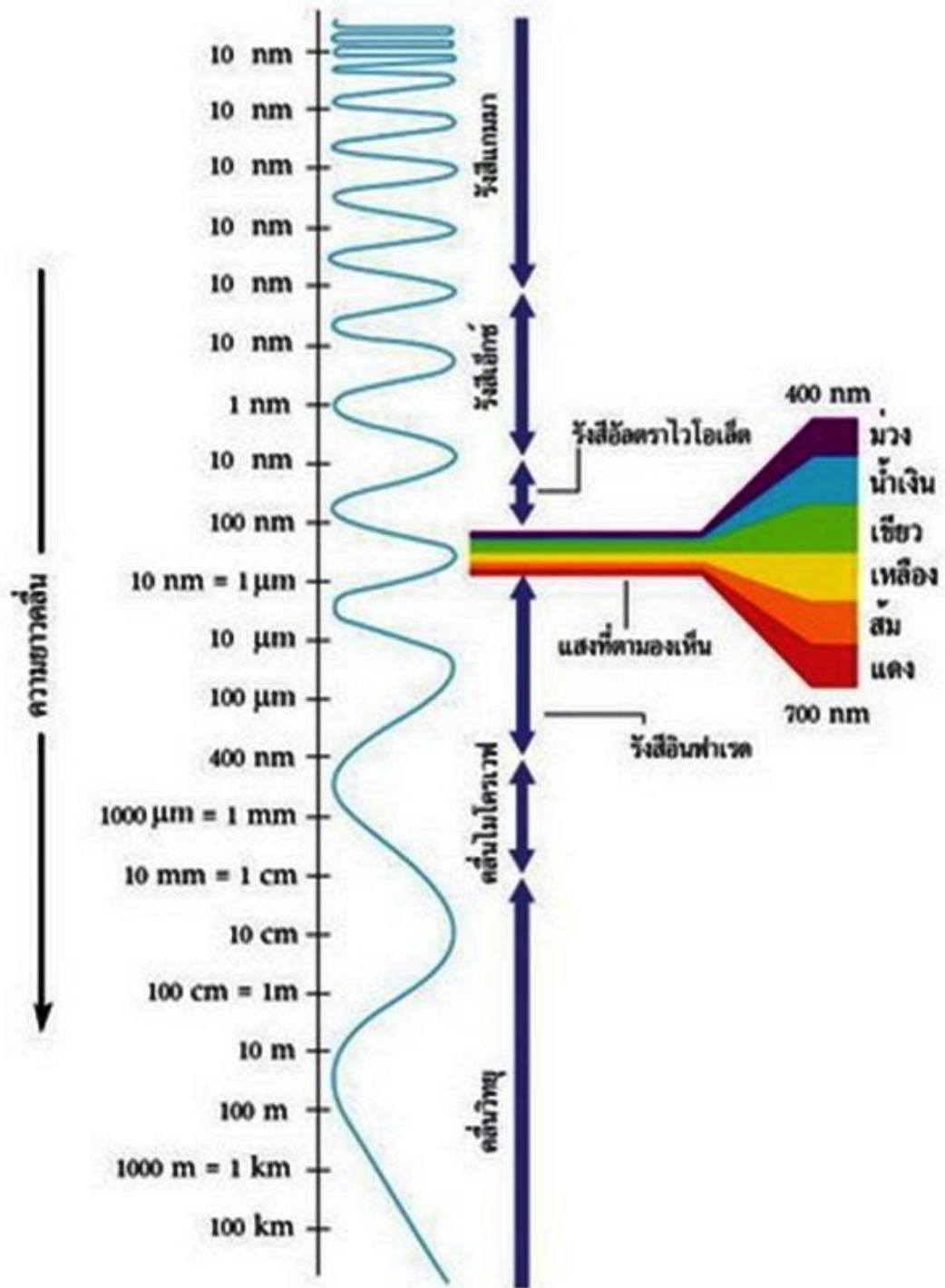


ภาพประกอบ 2.3 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกล (13)

นอกจากนี้ยังมีพลังงานอีกส่วนหนึ่งเป็นการเปล่งรังสีของวัตถุเอง ตามหลักทางฟิสิกส์ที่ว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 0 เคลวิน (K) (-273 องศาเซลเซียส) สสารสามารถเปล่งรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนเครื่องบันทึกข้อมูลที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เช่น ระบบเรดาร์เรียกว่า “Active remote sensing” ในระบบนี้ดาวเทียมหรือเครื่องบันทึกภาพจะต้องส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปกระทบกับวัตถุแล้ววัดค่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมา ทั้งนี้ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) นั้น สามารถแบ่งตามความยาวคลื่นที่เรียกว่าช่วงคลื่น (Band) ได้ตั้งแต่ช่วงคลื่นสั้นจนถึงช่วงคลื่นยาวดังภาพประกอบ 2.5



ภาพประกอบ 2.4 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกล (13)



ภาพประกอบ 2.5 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (13)

2.3 คุณลักษณะของข้อมูลจากดาวเทียม

2.3.1 ดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+

ดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของสหรัฐอเมริกา โดยมีหน่วยงานรับผิดชอบ 3 หน่วยงานคือองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Aeronautics and Space Administration : NASA) องค์การบริหารสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA) และกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey : USGS) ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2542 สูงจากพื้นโลก 705 ก.ม. โคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ในแนวเหนือใต้และโคจรซ้ำบริเวณเดิมทุก 16 วัน ติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ซึ่งสามารถให้ข้อมูลที่มีคุณสมบัติครบถ้วน เช่นเดียวกับระบบ Thematic Mapper (TM) เพื่อสนองการประยุกต์ใช้งานด้านการเปลี่ยนแปลงของโลกและด้านอื่น ๆ โดยระบบ ETM+ ประกอบด้วยระบบบันทึกข้อมูล 2 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบบันทึกข้อมูลหลายช่วงคลื่น (Multi-spectral) จำนวน 7 แบนด์ (เหมือนกับระบบ TM แต่แบนด์ที่ 6 ของระบบ ETM+ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 60 เมตร) และระบบบันทึกข้อมูลช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic) จำนวน 1 แบนด์ ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 15 เมตร

ตาราง 2.1 ลักษณะการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่บันทึกในแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ (13)

แบนด์	ช่วงคลื่น	ความละเอียด	การประยุกต์ใช้
1	0.45-0.52 μm (Blue-Green)	30 m.	สามารถทะลุน้ำได้โดยเฉพาะบริเวณที่ขุ่นน้อย เป็นประโยชน์ในการทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง แสดงความแตกต่างระหว่างดินและพืชพรรณ ความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ
2	0.52-0.60 μm (Green)	30 m.	ให้รายละเอียดค่าการประเมินความแข็งแรงของพืช (สูงสุดที่ 0.55 ไมโครมิเตอร์) ประเมินการตกตะกอน และสามารถทะลุน้ำที่ค่อนข้างขุ่นได้
3	0.63-0.69 μm	30 m.	ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการดูดกลืนแสงของ

แบนด์	ช่วงคลื่น	ความละเอียด	การประยุกต์ใช้
	(Red)		คลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่าง ๆ (ช่วยในการแยกชนิดของพืชพรรณ)
4	0.76-0.90 μm (Near IR)	30 m.	ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ (Biomass) แสดงความหนาแน่นของพืชพรรณ และศึกษาความเครียดของพืชพรรณ (เช่น ขาดน้ำ, แมลงทำลาย) รวมทั้งดูความแตกต่างของส่วนที่เป็นน้ำและไม่ใช่น้ำ
5	1.55-1.75 μm (Short wave IR)	30 m.	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของพืชพรรณและความชื้นของดิน พืชที่มีความเครียด (stress) และแร่ธาตุ ตลอดจนเป็นประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างหิมะกับเมฆ
6	10.4- 12.5 μm (Thermal IR)	60 m	ใช้หาอุณหภูมิของพื้นผิว จำแนกแหล่งชุมชน จำแนกบริเวณที่ถูกเผาไหม้จากแหล่งน้ำและการหาแหล่งความร้อน ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องมาจากความร้อนในพืช แสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน
7	2.08-2.35 μm (Short wave IR)	30 m.	มีศักยภาพในการจำแนกชนิดของหินในการหาแหล่งแร่ธาตุ จำแนกชนิดของดินและจำแนกบริเวณหรือแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิตั้ง
8	0.52-0.90 μm (Green - Near IR)	15 m.	ความสามารถถ่ายภาพถ่ายทางอากาศเนื่องจากมีความละเอียดของพื้นที่มาก โดยเฉพาะข้อมูลเชิงเส้น ทำให้สามารถนำไปศึกษาด้านการทำแผนที่ได้

2.3.2 ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI

ดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ OLI ขึ้นสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2556 มีลักษณะการโคจรรอบโลกหนึ่งรอบในเวลา 99 นาทีในแนวขั้วโลกเหนือใต้โดยประมาณ ที่ระดับความสูงจากพื้นโลกประมาณ 705 กิโลเมตร ถ่ายภาพในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ (ตาราง 2.2) ได้แก่ ช่วงคลื่น Coastal aerosol (0.43-0.45 μm) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45-0.51 μm) ช่วงคลื่นสีเขียว (0.53-0.59 μm) ช่วงคลื่นสีแดง (0.64-0.67 μm) อินฟราเรดใกล้ (0.85-0.88 μm) จำนวน 1 ช่วงคลื่น และอินฟราเรดคลื่นสั้น (1.57-1.65 และ 2.11-2.29 μm) จำนวน 2 ช่วงคลื่น ความละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal IR) จำนวน 2 ช่วงคลื่นความละเอียด 100 เมตร และภาพขาวดำ (Panchromatic) ความละเอียด 15 เมตร ระบบการเก็บข้อมูล 16 บิต โคจรกลับมาถ่ายภาพซ้ำตำแหน่งเดิมทุก 16 วัน

ตาราง 2.2 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่น ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI (14)

แบนด์	ช่วงคลื่น	ความละเอียด	การประยุกต์ใช้
1	0.43 -0.45 μm (Coastal aerosol)	30 m.	สังเกตเขตชายฝั่งทะเล
2	0.45 - 0.51 μm (Blue)	30 m.	แสดงความแตกต่างระหว่างดินและพืช พรรณ ความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบและ ป่าไม่ผลัดใบ
3	0.53 - 0.59 μm (Green)	30 m.	ให้รายละเอียดการประเมินความแข็งแรง ของพืช
4	0.64-0.67 μm (Red)	30 m.	ให้รายละเอียดพืชพรรณบนพื้นที่ลาดเอียง
5	0.85 - 0.88 μm (Near IR)	30 m.	แยกรายละเอียดขอบเขต พืชพรรณ ดิน น้ำ และ ธรณีสัณฐาน
6	1.57 - 1.65 μm (SWIR-1)	30 m.	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของพืช พรรณและความชื้นของดิน พืชที่มี ความเครียด (stress) และแร่ธาตุ
7	2.11 - 2.35 μm (SWIR-2)	30 m.	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของพืช พรรณและความชื้นของดิน พืชที่มี ความเครียด (stress) และแร่ธาตุ โดยเฉพาะ

แบนด์	ช่วงคลื่น	ความละเอียด	การประยุกต์ใช้
			เวลากลางคืน
8	0.50 - 0.68 μm (Panchromatic)	15 m.	ความสามารถคล้ายภาพถ่ายทางอากาศ เนื่องจากมีความละเอียดของพื้นที่มาก โดยเฉพาะข้อมูลเชิงเส้น ทำให้สามารถนำไป ศึกษาด้านการทำแผนที่ได้
9	1.36 - 1.38 μm (Cirrus)	30 m.	ให้รายละเอียดการตรวจจับเมฆ
10	10.60 - 11.19 μm (Thermal IR 1)	100 m.	ใช้หาอุณหภูมิของพื้นผิว จำแนกแหล่ง ชุมชน จำแนกบริเวณที่ถูกเผาไหม้จากแหล่ง น้ำและการหาแหล่งความร้อน
11	11.50 - 12.51 μm (Thermal IR2)	100 m.	ใช้หาอุณหภูมิของพื้นผิว จำแนกแหล่ง ชุมชน จำแนกบริเวณที่ถูกเผาไหม้จากแหล่ง น้ำและการหาแหล่งความร้อน

2.4 คุณสมบัติของคลื่นอินฟราเรดความร้อน

คลื่นอินฟราเรดความร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหนึ่ง ซึ่งเกิดจากพลังงานของรังสีซึ่งแผ่ออกมาจากวัตถุดำ ซึ่งเป็นไปตามกฎของ Stefan-Boltzmann โดยวัตถุที่มีอุณหภูมิมากกว่า 0 K หรือ $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะมีคุณสมบัติในการแผ่รังสี ซึ่งความเข้มในการแผ่รังสี องค์กรประกอบเชิงคลื่น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในตัววัตถุ และอุณหภูมิของวัตถุจากการแผ่รังสีจากวัตถุ จึงจะสามารถคำนวณค่าจากการแผ่รังสีของวัตถุ ณ อุณหภูมิหนึ่งหาด้วยการแผ่รังสีเทวัตถุดำที่อุณหภูมิเดียวกัน (1, 13)

พหุ ประถมศึกษา

2.4.1 วิธีคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากคลื่นอินฟราเรดความร้อน

ในการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวสำหรับการศึกษาคำนี้ จะทำการคำนวณค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (Spectral radiance) จากค่าการสะท้อนแล้วนำค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นไปคำนวณอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสี (Absolute Radiance Temperature) ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$CV_{R1} \text{ คือ } gain \times DN + bias \quad (2.1)$$

เมื่อ CV_{R1} คือ ค่าการแผ่รังสี (Spectral radiance)
 DN คือ ค่าการสะท้อน (Digital Number)
 $bias$ คือ 1.278 ค่า Offset ของ Band 6 LANSAT 7 ETM+ และ 0.0003342
 ค่า Offset ของ Band 10 LANSAT 8 OLI
 $gain$ คือ ค่า gain LANSAT 7 ETM+ และ LANSAT 8 OLI

2.4.2 การแปลงค่าเชิงตัวเลขของข้อมูลเป็นค่าการแผ่รังสี ณ อุปกรณ์บันทึก

$$CV_{R1} = \left(\frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN}} \right) * (QCAL - QCAL_{MIN}) + L_{MIN} \quad (2.2)$$

เมื่อ CV_{R1} คือ ค่าการแผ่รังสี (Spectral radiance)
 L_{max} คือ ค่ารังสีสูงสุดของแต่ละแบนด์ ($m^2 wsr^{-1} \mu m^{-1}$)
 L_{min} คือ ค่ารังสีต่ำสุดของแต่ละแบนด์ ($m^2 wsr^{-1} \mu m^{-1}$)
 $QCAL_{min}$ คือ ค่าเชิงตัวเลขต่ำสุดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 0
 $QCAL_{max}$ คือ ค่าเชิงตัวเลขต่ำสุดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 255
 DN คือ ค่าเชิงตัวเลขของแต่ละภาพจุด (Digital number)

พหุ ประถมศึกษา

2.4.3 คำนวณอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1 \times \varepsilon}{CV_{R1}} + 1\right)} \quad (2.3)$$

เมื่อ	CV_{R1}	คือ ค่าการแผ่รังสี (Spectral radiance)
	T	คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น (K)
	K_1	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 7 ETM คือ 666.09 ($m^2 wsr^{-1} \mu m^{-1}$)
	K_2	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 7 ETM คือ 1282.71 (K)
	K_1	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 8 TIR 1 BAND 10 คือ 774.89 ($m^2 wsr^{-1} \mu m^{-1}$)
	K_2	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 8 TIR 1 BAND 10 คือ 1321.08 (K)
	ε	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี LANSAT 7 ETM Band 6 คือ 0.95
	ε	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี LANSAT 8 TIR Band 10 คือ 0.987

ทั้งนี้ สมการที่ 2.1 2.2 และ 2.3 (14-18)

2.5 การจำแนกประเภทข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

ในการจำแนกประเภทข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลนั้น สามารถแบ่งวิธีการในการจำแนกออกเป็น 2 วิธีการดังนี้ (12, 13, 19, 20)

2.5.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (ภาพประกอบ 2.6) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดลักษณะของประเภทข้อมูลเอง โดยเป็นผู้เลือกตัวอย่างประเภทข้อมูลให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกการจำแนกข้อมูลประเภทนี้ว่าเป็นวิธีแบบควบคุมโดยผู้วิเคราะห์ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิด โดยข้อมูลตัวแทนหรือข้อมูลตัวอย่างที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดนั้นได้จากการตีความหมายภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ถูกต้องด้วยสายตาโดยอาศัยประสบการณ์ ความเข้าใจและความรู้ที่มีอยู่ตลอดจนกระบวนการต่าง ๆ ในการตีความหมาย เช่น การสำรวจภาคสนาม การใช้แผนที่ภาพถ่ายต่าง ๆ และสถิติอื่น ๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความหมายถูกต้องตามระบบการจำแนก ตัวอย่างที่เลือกเป็นข้อมูลทางสถิติที่กำหนดคุณลักษณะของข้อมูล ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะนำคุณลักษณะทางสถิติของพื้นที่ตัวอย่างนั้นไปทำการประมวลผล แล้วจำแนกแต่ละจุดภาพของ

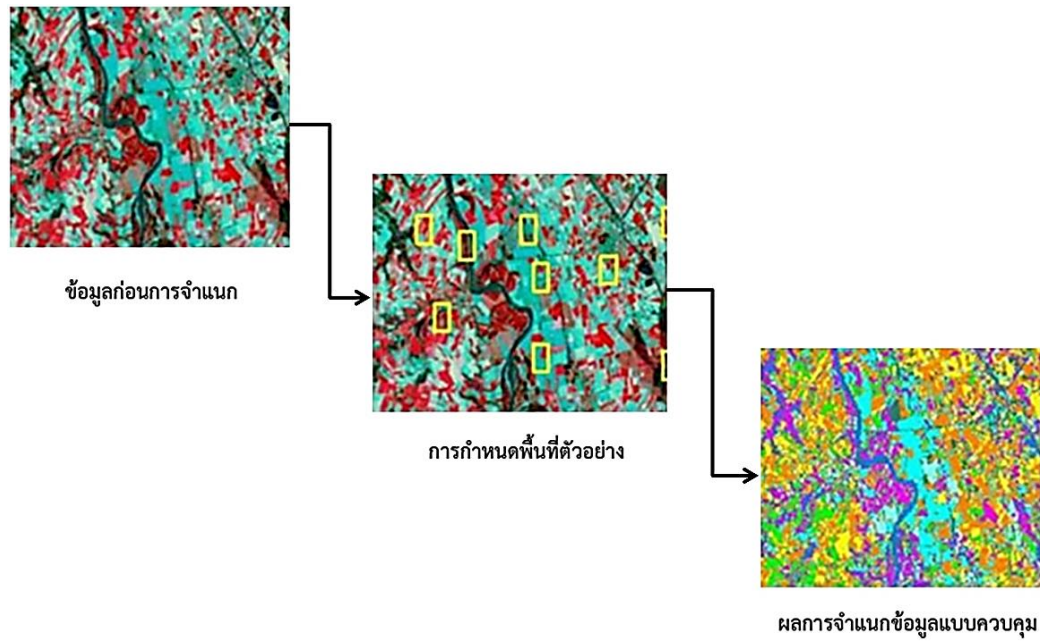
ข้อมูลดาวเทียมให้เป็นประเภทข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ตามพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการจำแนกวิธีนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพื้นที่ตัวอย่างว่า มีความหลากหลายครอบคลุมทุกประเภทข้อมูลหรือไม่ และเป็นตัวแทนของประชากรข้อมูลทุกประเภทหรือไม่ วิธีการนี้ผู้ใช้งานจะต้องมีความรู้ในพื้นที่ศึกษาเป็นอย่างดี โดยศึกษาจากข้อมูลอื่น ๆ ประกอบเพิ่มเติมตลอดจนการสังเกตลักษณะเชิงกายภาพของประเภทข้อมูลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

2.5.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification)

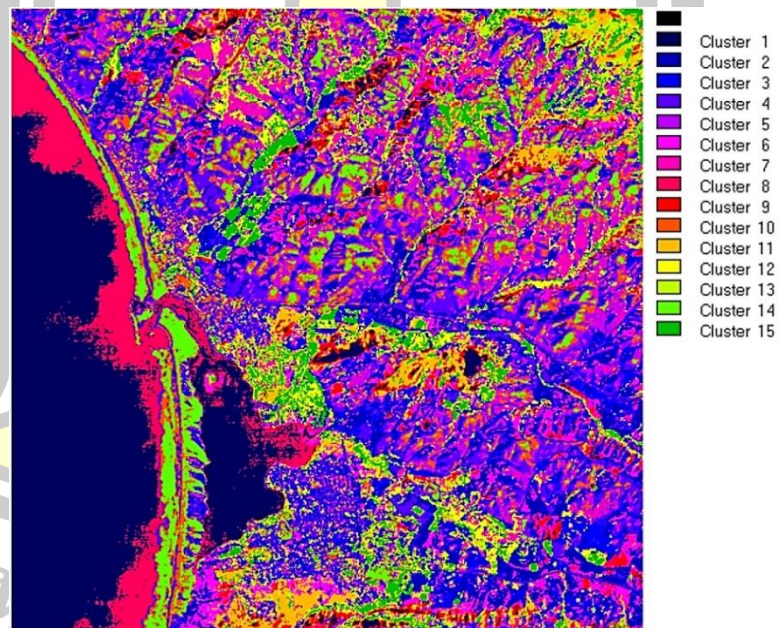
การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (ภาพประกอบ 2.7) เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ มักจะใช้ในกรณีไม่มีข้อมูลเพียงพอในพื้นที่ที่ทำการจำแนก หรือผู้ใช้ไม่มีความรู้ความเคยชินในพื้นที่ศึกษา วิธีการนี้สามารถทำได้โดยสุ่มตัวอย่างแบบคละ แล้วจึงนำกลุ่มข้อมูลดังกล่าว มาแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ โดยแต่ละประเภทมีลักษณะเชิงคลื่นที่เหมือนกัน โดยใช้เทคนิคการรวมกลุ่ม (Clustering) ซึ่งแบ่งออก เป็นสองแบบ คือ 1) การรวมกลุ่มแบบลำดับชั้น (Hierarchical clustering) วิธีนี้จุดภาพจะถูกจัดรวมเป็นกลุ่มที่คล้ายกันโดยใช้ระยะห่างเป็นเครื่องวัด เริ่มต้นด้วยการสมมติว่าแต่ละจุดภาพเป็น 1 กลุ่มจุดภาพที่มีระยะห่างกันน้อยที่สุดก็จะรวมตัวเข้าด้วยกัน ถัดจากนั้นจะเป็นการรวมกลุ่มจุดภาพไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้กลุ่มตามจำนวนที่กำหนดไว้จึงหยุด และ 2) การรวมกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับชั้น (Non-hierarchical clustering) เริ่มต้นด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มชั่วคราวจำนวนหนึ่ง หลังจากนั้นสมาชิกในแต่ละกลุ่มจะถูกตรวจสอบโดยใช้ตัวแปรหรือระยะห่างที่เลือกมาเพื่อทำการจัดตำแหน่งใหม่ให้อยู่ในกลุ่มที่เหมาะสมกว่าโดยมีการแบ่ง กลุ่มชัดเจนดี เช่น การรวมกลุ่มวิธีนี้ได้แก่ วิธี ISODATA และวิธี K-mean

ด้วยวิธีนี้ผู้ใช้งานจะให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณหาตัวอย่าง แล้วทำการแยกประเภทข้อมูลให้ออก โดยผู้ใช้งานไม่ต้องกำหนดประเภทตัวอย่างให้ แต่หลังจากได้ผลลัพธ์แล้วผู้ใช้งานต้องตีความเองว่าแต่ละประเภทข้อมูลที่ได้รับคืออะไร

พหุ ประ โท ชีวะ



ภาพประกอบ 2.6 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูลแบบคววม (21)



ภาพประกอบ 2.7 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่คววม (22)

2.5.3 การประเมินความถูกต้องของการจำแนก

หลังทำการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน จำเป็นต้องมีการประเมินความถูกต้องของการจำแนก (Classification accuracy assessment) ซึ่งเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำแนกกับแผนที่ที่ใช้อ้างอิง ซึ่งผู้วิเคราะห์เป็นผู้สร้างขึ้นจากการออกสำรวจภาคสนาม โดยเลือกสุ่มตัวอย่างเฉพาะบางบริเวณ ในการเลือกจุดภาพเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องนั้น ไม่ควรเลือกใช้จุดภาพจากพื้นที่ต้นแบบที่มาใช้ในการจำแนกแบบกำกับดูแลมาเป็นพื้นที่สำหรับการตรวจสอบจำนวนจุดภาพเพื่อใช้ในการสร้างแผนที่อ้างอิงสำหรับการประเมินความถูกต้อง (12, 13, 19, 20, 22, 23) ทั้งนี้การประเมินความถูกต้องของการจำแนกสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2} \quad (2.3)$$

โดยที่ p คือ ความถูกต้องที่คาดหวังเป็นร้อยละ

q คือ 100-p

E คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

Z คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องการ

จากนั้นนำผลของการวิเคราะห์สร้างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error matrix) หรือเมทริกซ์ของความสับสน (Confusion error matrix) ที่สร้างขึ้นจะมีจำนวนแถวและสดมภ์เท่ากับจำนวนประเภทการใช้ที่ดินที่จะทำการตรวจสอบ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุจิตรา เจริญศิริอุทัยยศ (24) ศึกษาปัญหาการขยายตัวของเมืองที่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอันหนึ่งของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรประกอบกับความจำกัดในด้านพื้นที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงเพื่อตอบสนองกับความต้องการที่มีมากขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนเหนือมหานคร ที่ส่งผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอุณหภูมิพื้นผิวได้ ด้วยข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียม Landsat 5 TM ช่วงคลื่นความร้อนสามารถบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับอุณหภูมิพื้นผิว เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอาคารสิ่งปลูกสร้างจะส่งผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวในกรุงเทพมหานครเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในบริเวณที่มีอาคารหนาแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิวในระดับกลุ่มอาคาร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าในบริเวณกลุ่มอาคารที่มีความเฉลี่ย 1-23 เมตร เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุดและรูปแบบของอาคารในบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงนั้นจะมีลักษณะเป็นอาคารแถวที่มีความสูง

ใกล้เคียงกันและอยู่ชิดกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน เช่น ตึกแถว อาคารพาณิชย์ หมู่บ้านจัดสรร โรงงานและ คลังสินค้า นอกจากนี้ในบริเวณที่มีบ้านเรือนขนาดเล็กที่ปลูกติดกันอย่างหนาแน่นพบว่าเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงเช่นกัน ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อนนี้จะช่วยทำให้ การวางผังเมืองและกรออกแบบภูมิทัศน์ เพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดจากอาคารมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการมีสิ่งปลูกสร้างเพิ่มมากขึ้นและการลดลงของพื้นที่เปิดโล่ง ได้ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิว ของกรุงเทพมหานคร เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในบริเวณที่มีอาคารหนาแน่นนั้นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เช่น เหล็ก คอนกรีต นั้นเป็นตัวดูดซับและกักเก็บความร้อนเอาไว้ หรือตึกสูงตั้งขวางทิศทางที่ลมพัดผ่าน เมื่อประกอบเข้ากับการลดลงของพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำ ทำให้อัตราการคายน้ำสู่บรรยากาศลดลง จึงส่งผลให้อุณหภูมิในเมืองสูงขึ้น

พรรณทิภา สายวัฒน์ และ กฤตพร หัวเจริญ (25) ศึกษาการพัฒนาพื้นที่โล่งในเขตเมือง เพื่อแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยอาศัยข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการ พัฒนาพื้นที่โล่งและการแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน รวมทั้งการสำรวจพื้นที่โล่งบริเวณ พื้นที่การศึกษา ซึ่งพบว่าพื้นที่โล่งที่สามารถแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อนได้นั้นต้องเป็นพื้นที่ โล่งเพื่อประโยชน์ในการนำธรรมชาติเข้ามาภายในพื้นที่เมือง เพื่อสุขอนามัยและการรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อม สร้างความรื่นรมย์ ผ่อนคลายความเครียด เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ ทางเศรษฐกิจ แต่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางด้านสังคม นอกจากลักษณะทางสิ่งแวดล้อมแล้ว พื้นที่โล่ง ยังต้องมีองค์ประกอบทางกายภาพที่ให้ความรู้สึกว่าเป็นพื้นที่สาธารณะที่สามารถเข้าไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งการพัฒนาพื้นที่โล่งให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมในเขตเมืองจะเป็นการพัฒนาให้กลายเป็น สวนสาธารณะและสวนแนวตั้ง โดยได้ศึกษาพื้นที่บริเวณพื้นที่ย่านสีลมพบว่า พัฒนาการของพื้นที่ย่าน สีลมตั้งแต่อดีต พ.ศ. 2398 จนถึงปัจจุบัน พ.ศ. 2550 ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างมาก จึงประสบปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่ย่านสีลมสูงขึ้น ประกอบกับแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่โล่งในเขตเมือง ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการ พัฒนาพื้นที่โล่งเหล่านี้ให้เป็นสวนสาธารณะและสวนแนวตั้งจากแนวคิดข้างต้น ทำให้ทราบถึงปัจจัย สาเหตุ และประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่ส่งผลให้พื้นที่ย่านสีลมเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน และพื้นที่ โล่งภายในเมืองลดลง จึงเกิดเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่โล่งเพื่อแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อนโดยได้นำแนวคิดลักษณะของสวนแนวตั้งมาประยุกต์ใช้ในการเสนอแนะแนวทางในการพัฒนา พื้นที่ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน

ศุภธินี ดนตรี และชาคริต โชติอมรศักดิ์ (26) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว และรูปแบบการใช้ที่ดินจากข้อมูลระยะไกล ในแอ่งเชียงใหม่-ลำพูน วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ อุณหภูมิพื้นผิวที่ดินจากคลื่นอินฟราเรดความร้อนของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT กับอุณหภูมิพื้นผิวที่ ได้จาก แบบจำลองสภาพอากาศ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดินและอุณหภูมิ

พื้นผิวโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม และ LANDSAT 5 TM และ LANDSAT 7 ETM+ ใน พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2549 เพื่อจำแนกการใช้ที่ดิน คำนวณอุณหภูมิพื้นผิว และเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม กับแบบจำลอง MM5 ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดิน และอุณหภูมิพื้นผิวด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมาก ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียมกับแบบจำลอง MM5 และมีรูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิเชิงพื้นที่ที่เหมือนกัน จึงมีความน่าเชื่อถือในด้านความถูกต้อง ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดิน และอุณหภูมิพื้นผิว พบว่าวัตถุที่เป็นป่าไม้ผลัดใบ และน้ำลึกมีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำที่สุด และพื้นที่ชุมชนเมือง หนาดินเปิดต่าง ๆ และพื้นที่ที่ถูกเผามีอุณหภูมิพื้นผิวสูงที่สุด พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวเปลี่ยนแปลงแบบผกผัน กับปริมาณของน้ำหรือความชื้นพืชที่ปกคลุมดิน และระดับความสูงของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท

เอกลักษณ์ สลักคำ (27) ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 TM ช่วงคลื่นความร้อนในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ดิน จากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ประเภทต่าง ๆ ตลอดจนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่ดิน และประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 TM บันทึกข้อมูลในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และหาค่าเกี่ยวกับอุณหภูมิพื้นผิว กระบวนการในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่ดินและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้งจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและสำรวจในภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิพื้นผิวในเขตพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่ที่ถูกเผา มีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงกว่าในเขตพื้นที่แหล่งน้ำและป่าไม้ นอกจากนี้อุณหภูมิพื้นผิวที่ดินที่ได้จากการประมาณค่าและการตรวจวัดในภาคสนามนั้นมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก

กาญจนาเชจร ชูชีพ (28) ศึกษาเรื่องการประมาณหาอุณหภูมิพื้นผิวในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล เพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ นำอุณหภูมิดังกล่าวมาสร้างเป็น Surface ละเส้นชั้นอุณหภูมิเท่า แล้วหาความสัมพันธ์กับพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของกรุงเทพฯ โดยใช้วิธีการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-5 TM วันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 มาสร้างความสัมพันธ์กับการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิของวัตถุพื้นผิว เวลา 08.00 – 12.00 น. ของวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิพื้นผิววัตถุด้วยลำแสงอินฟราเรด จำนวน 22 จุด สร้างสมการและทำนายค่าอุณหภูมิพื้นผิววัตถุ และนำมาสร้างเป็น Surface โดยวิธี Spline interpolation สร้างเส้นชั้นอุณหภูมิเท่าแล้วซ้อนกันกับข้อมูลการแบ่งเขตพื้นที่ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร แบ่งเป็น 3 พื้นที่ คือ เขตเมืองชั้นใน เขตต่อเมืองหรือเมืองชั้นกลาง และเขตชาน

เมืองหรือเมืองชั้นนอก พบว่าข้อมูล LANDSAT-5 แบนด์ที่ 6 มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวมากที่สุด ในรูปแบบสมการเส้นตรงมีค่าสัมประสิทธิ์ของค่ากำหนด 0.6876 และมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ส่วนรูปแบบสมการทำนายอุณหภูมิพื้นผิววัดที่ดีที่สุด คือ สมการแบบเอกซ์โพเนนเชียล มีค่า $r^2 = 0.707$ สุ่มจุดวัดค่าเชิงตัวเลข 1,125 จุด โดยในพื้นที่ตัวเมืองกรุงเทพมหานครวัดค่าเป็นระบบห่างกันทุก ๆ ระยะ 1 กิโลเมตร ขณะที่ตำแหน่งอื่น ๆ วัดค่าห่างกันทุก ๆ 5 กิโลเมตร เพื่อสร้างอุณหภูมิพื้นผิววัดทำนาย สร้าง Surface มีขนาดความละเอียดเทียบเท่าจุดภาพ 25 เมตร สร้างเส้นชั้นอุณหภูมิเท่าที่ระดับความต่าง 1,2 และ 5 องศาเซลเซียสที่บริเวณสนามบินดอนเมือง และอุณหภูมิพื้นผิวต่ำที่สุด 25.36 องศาเซลเซียส บริเวณสวนผลไม้ในเขตพื้นที่ตลิ่งชัน นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณตัวเมืองที่มีสิ่งก่อสร้างหนาแน่นจะมีอุณหภูมิพื้นผิววัดสูง ส่วนบริเวณชานเมืองจะมีอุณหภูมิพื้นผิววัดต่ำกว่า โดยย่านเกษตรกรรมจำพวกไม้ผลยืนต้นจะมีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าย่านเกษตรกรรมที่เป็นนาข้าวและพื้นที่ที่รกร้าง

Malaret et al., (29) ได้ทำการศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-5 ระบบ TM เป็นการศึกษาเพื่อหาความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของแต่ละแบนด์ และหาความผิดพลาดเชิงคลื่นของข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-4 และ LANDSAT-5 และศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-5 ช่วงคลื่นความร้อนกับค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำ 7 แห่ง โดยทำการเปรียบเทียบรูปแบบสมการวิเคราะห์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุดจาก 3 รูปแบบ คือ สมการแบบเส้นตรง สมการแบบโพลิโนเมียลกำลัง 2 และสมการแบบโพลิโนเมียลกำลัง 3 พบว่า ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีค่าแตกต่างกันมากกว่า 10 องศาเซลเซียส จะมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เส้นตรง โดยรูปแบบสมการที่มีรูปร่างเข้ากับรูปแบบความสัมพันธ์ที่สุดคือ สมการแบบโพลิโนเมียลกำลัง 3 ซึ่งค่าอุณหภูมิทำนายมีค่าแตกต่างจากอุณหภูมิอ้างอิง 0.3 – 2.4 องศาเซลเซียส เนื่องจากไม่ได้ทำการปรับแก้ค่าความผิดพลาดจากบรรยากาศ

Henry et al., (30) ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบวิธีการใช้ข้อมูลดาวเทียม การตั้งสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน และการใช้แบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมือง เพื่อศึกษาการเกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองเกนนิสวิลล์ รัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเปรียบเทียบวิธีการได้มาซึ่งค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การใช้ยานพาหนะติดเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ การใช้ข้อมูลระยะไกลโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม NOAA ระบบ AVHRR และการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ DYNASPACE Meso Climate พบว่าเกิดผลกระทบจากปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองจริง โดยวิธีการสำรวจข้อมูลระยะไกล พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองและชนบทแตกต่างกันสูงสุด 9 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีการใช้ยานพาหนะตรวจวัดอุณหภูมิ พบว่า ค่าอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองและชนบทแตกต่างกันเพียง 3 องศาเซลเซียส ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเนื่องจาก

การสำรวจข้อมูลระยะไกลสามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้ทุกจุดของเมืองทั้งที่มีอุณหภูมิสูงมากและต่ำมาก แต่การใช้ยานพาหนะตรวจวัดสามารถตรวจวัดบริเวณที่เป็นพื้นถนน ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมากและต่ำมากได้

Lo and Quattrochi (31) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองและผลกระทบต่อสุขภาพ โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน การทำนายค่าอุณหภูมิพื้นผิว และการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ เพื่อศึกษาการเกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองแอตแลนตา รัฐเจอร์เจีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT ระบบ TM ของปี พ.ศ. 2516 2522 2526 2530 2535 และ 2540 ทำการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายเทียมแบบไม่มีกำกับดูแลด้วยเทคนิค ISODATA พิจารณาประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศอินฟราเรดสี มาตราส่วน 1: 40,000 ทำนายค่าอุณหภูมิพื้นผิวโดยใช้ค่าเชิงตัวเลข ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-5 แบนด์ที่ 6 ช่วงคลื่นความร้อน มาคำนวณสมการการวิเคราะห์กาดลอยแบบโพลีโนเมียลกำลัง 2 และใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินถูกเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมเป็นที่อยู่อาศัย ทำให้ระดับอุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นในทางกลับกันค่าดัชนีพืชพรรณก็ลดลงต่ำลง ซึ่งเมื่อนำข้อมูลคุณภาพอากาศจำแนกตามพื้นที่ของเมืองแอตแลนตา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้แก่ ปริมาณสารประกอบอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds : VOC) สารไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxides : NO_x) ปริมาณผู้ป่วยเกี่ยวกับโรคหัวใจ และปริมาณผู้ป่วยเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจ นำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ จะสามารถหาพื้นที่ปลอดภัยต่อสุขภาพได้

Nichol (32) ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อศึกษาปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน เพื่อศึกษาปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันตกของเกาะฮ่องกง ใช้ของข้อมูลดาวเทียมสองดวง ได้แก่ ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT ระบบ ETM+ ใช้ศึกษาในช่วงกลางวัน โดยนำค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (Radiance) ของช่วงคลื่นความร้อน มาทำการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว โดยใช้สมการสำเร็จรูปที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว และนำข้อมูลดาวเทียม TERRA (ASTER) Level 2 Surface Kinetic temperature มาใช้ศึกษาในช่วงกลางคืน โดยนำข้อมูลอุณหภูมิจากดาวเทียมมาทำการปรับแก้สภาพการเปล่งรังสีและผลกระทบจากสภาพบรรยากาศ ได้เป็นค่าอุณหภูมิพื้นที่ พบว่าในช่วงเวลากลางวัน พื้นที่บริเวณที่มีอาคารสูงหนาแน่นมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าที่ไม่มีการสูง ได้แก่ พื้นที่อยู่อาศัย ที่เปิดโล่ง ลานจอดรถ และสถานีรถประจำทาง เป็นต้น ประมาณ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากพื้นที่อาคารสูงได้รับรังสีมาก ส่วนช่วงเวลากลางคืน พื้นที่สิ่งก่อสร้างที่เปิดโล่ง เช่น ลานจอดรถ และสถานีรถประจำทาง มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าพื้นที่อาคารสูงประมาณ 1 องศาเซลเซียส

Chen et al., (33) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกล เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองกับการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน เพื่อศึกษาการเกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมืองใน จังหวัดกวางตง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน สัมพันธ์กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน/ สิ่งปกคลุมดินและค่าดัชนีต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT ระบบ TM และ ETM+ ของปี พ.ศ. 2543 หาค่าอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทำนาย โดยใช้ค่าเชิงตัวเลขของช่วงคลื่นความร้อนมาเข้าสมการทำนาย และจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบกำกับดูแล โดยใช้เทคนิค Maximum Likelihood นำมาวิเคราะห์ร่วมกับ ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีแหล่งน้ำ (NDWI) ดัชนีพื้นที่ว่างเปล่า (NDBal) และดัชนีสิ่งก่อสร้าง (NDBI) พบว่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีแหล่งน้ำ (NDWI) และดัชนีพื้นที่ว่างเปล่า (NDBal) มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว ส่วนดัชนีสิ่งก่อสร้าง (NDBI) มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว

Hartz et al., (34) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิอินฟราเรดแบบพกพา เพื่อศึกษาสภาพอากาศในระดับกลุ่มบ้าน เพื่อศึกษาปรากฏการณ์การความร้อนระดับกลุ่มบ้านในเมืองฟีนิกซ์ รัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งช่วงเวลากลาง วันและกลางคืน โดยนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข TERRA (ASTER) level 2 Surface Kinetic temperature มาทำการปรับแก้สภาพการเปล่งรังสีเพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวพื้นใช้เครื่องวัดอุณหภูมิพื้นผิวแบบอินฟราเรดแบบมือถือ บันทึกค่าอุณหภูมิพื้นผิวภาคสนาม และนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข TERRA (ASTER) ช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ จำแนกพื้นที่ออกเป็น 3 กลุ่มบ้าน ซึ่งมีองค์ประกอบของพืชพรรณและความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างแตกต่างกัน พบว่า ช่วงเวลากลางวัน กลุ่มบ้านที่มีค่าอุณหภูมิสูง คือกลุ่มบ้านที่มีความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างต่ำ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่โล่งและแห้ง ขณะที่ช่วงเวลากลางคืน พบว่า กลุ่มบ้านที่มีอุณหภูมิสูงกลับเป็นกลุ่มบ้านที่มีความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างสูง

Kato and Yamaguchi (35) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ข้อมูล TERRA (ASTER) เพื่อประมาณค่าการกักเก็บความร้อนในพื้นที่เมือง เพื่อศึกษาของการสะสมความร้อนบริเวณพื้นที่เมืองนาโกย่า ประเทศญี่ปุ่นในช่วงเวลากลางวันของฤดูร้อนและฤดูหนาว และช่วงเวลากลางคืนของฤดูใบไม้ร่วง โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข TERRA (ASTER) ดังนี้ Level 2B03 : Surface Kinetic temperature Level 2B04 : Surface Spectral Emissivity และ Level 2B05V : VNIR Surface Spectral Reflectance เพื่อคำนวณหาค่าการสะสมความร้อน โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเพื่อเปรียบเทียบกับค่าจากข้อมูลดาวเทียมข้างต้น และใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข TERRA (ASTER) level 4A01 : Relative Digital Elevation Model เพื่อศึกษาลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ พบว่า ช่วงเวลากลางวันย่านใจกลางเมืองและย่านพาณิชยกรรม มีการสะสมความร้อนสูง

กว่าย่านที่อยู่อาศัยโดยรอบ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว ส่วนช่วงเวลากลางคืนย่านใจกลางเมืองจะสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมาก โดยพื้นผิวเมืองจะสะสมความร้อนในช่วงเวลากลางวันและระบายความร้อนในช่วงเวลากลางคืน ขณะที่ย่านอุตสาหกรรมมีการสูญเสียพลังงานทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน เนื่องจากโรงงานมีการใช้พลังงานในการผลิตจำนวนมาก

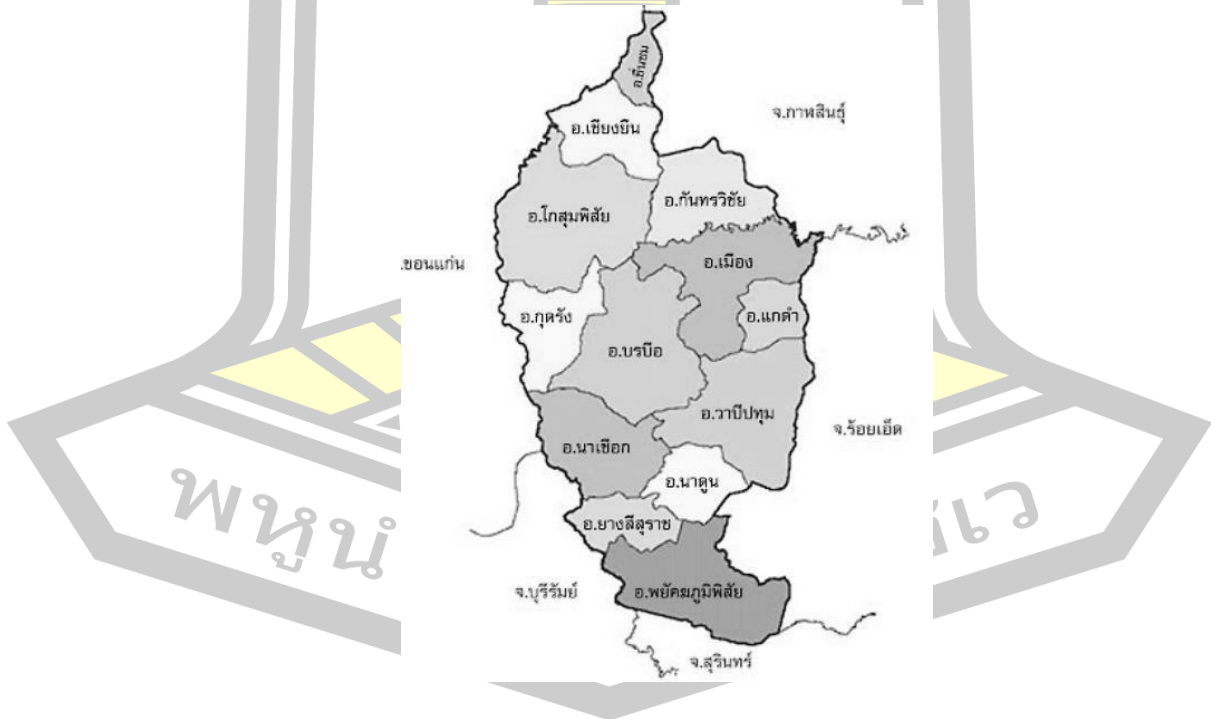
Tiangco et al., (36) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม TERRA (ASTER) เพื่อศึกษาปรากฏการณ์โดมความร้อนในช่วงเวลากลางคืนของมหานครมะนิลา เป็นการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนของมหานครมะนิลาในช่วงเวลากลางคืน และใช้ค่าดัชนีพีชพรรณเพื่อศึกษาพีชพรรณระหว่างพีชพรรณกับอุณหภูมิ โดยนำข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข TERRA (ASTER) Level 2 Surface Kinetic temperature หรือข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียม ความถูกต้องสัมบูรณ์ 1 – 4 องศาเซลเซียส มาใช้ในการศึกษา โดยนำข้อมูลอุณหภูมิของอากาศจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินของศูนย์บรรยากาศภูมิสารสนเทศและดาราศาสตร์แห่งประเทศไทยฟิลิปปินส์ (PAGASA) มาใช้ตรวจสอบค่าอุณหภูมิพื้นผิวดาวเทียม และใช้ข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข TERRA (ASTER) ช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ที่บันทึกข้อมูลในช่วงเวลากลางวันมาคำนวณดัชนีพีชพรรณ พบว่าข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียมมีความสัมพันธ์กับข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดของ PAGASA โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.74 และวิเคราะห์การถดถอยได้รูปแบบสมการแบบเส้นตรง มีค่าประสิทธิภาพในการทำนาย 0.55 อุณหภูมิพื้นผิวจากดาวเทียมสามารถอธิบายความแปรปรวนของอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดได้ร้อยละ 55 ส่วน ความเข้มของโดมความร้อนมีค่า 2.96 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่เมืองสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ชนบท 2.96 องศาเซลเซียส ขณะที่ดัชนีพีชพรรณมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าอุณหภูมิ โดยพื้นที่ที่มีพีชพรรณปกคลุมจะมีค่าอุณหภูมิลดต่ำลง

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

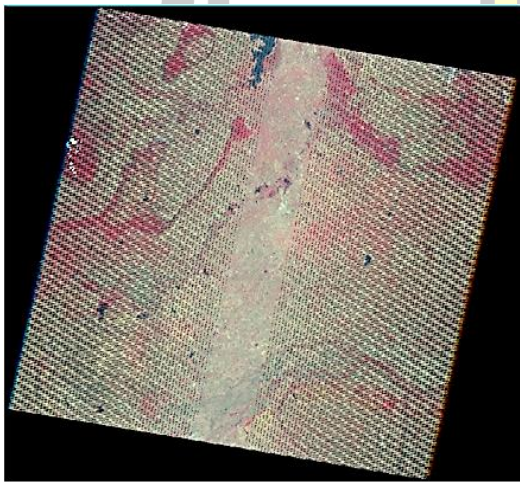
จังหวัดมหาสารคาม (ภาพประกอบที่ 3.1) ตั้งอยู่ตอนกลางของภาคอีสาน มีบรรยากาศของเมืองที่สงบเงียบและเรียบง่ายตามแบบฉบับของเมืองอีสาน ปัจจุบันมีความสำคัญในฐานะเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาแห่งหนึ่งของภูมิภาค เนื่องจากมีสถาบันการศึกษามากมาย จึงได้ชื่อว่าเป็น "ตักศิลาแห่งอีสาน" อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 475 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 5,291 ตารางกิโลเมตร หรือ 3.31 ล้านไร่ แบ่งการปกครองออกเป็น 13 อำเภอ 133 ตำบล 1,804 หมู่บ้าน เป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 42 ของประเทศ ตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบสูงโคราช ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 130–230 เมตร โดยทางด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือเป็นที่สูง และค่อย ๆ ลาดเทมาทางทิศตะวันออกและทิศใต้ มีแม่น้ำสำคัญคือ แม่น้ำชี ทั้งนี้จังหวัดมหาสารคามมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงดังนี้ ทิศเหนือ : ติดต่อกับ จังหวัดกาฬสินธุ์ ทิศใต้ : ติดต่อกับ จังหวัดสุรินทร์ และ จังหวัดบุรีรัมย์ ทิศตะวันออก : ติดต่อกับ จังหวัดร้อยเอ็ด ทิศตะวันตก : ติดต่อกับ จังหวัดขอนแก่น



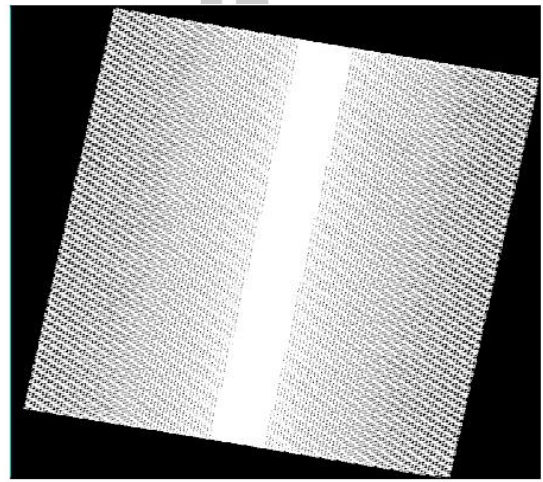
ภาพประกอบ 3.1 จังหวัดมหาสารคาม

3.2 การเตรียมข้อมูลจากดาวเทียม (Pre-processing)

1) ข้อมูลจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ วันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 Path 128 Row 49 (ภาพประกอบที่ 3.2) และข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI Path 128 Row 49 วันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 (ภาพประกอบที่ 3.3)

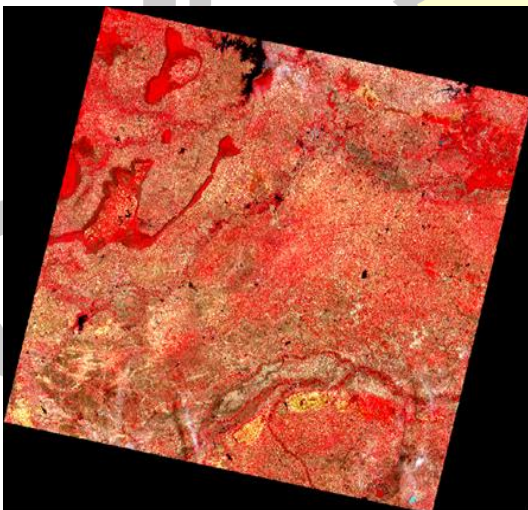


(ก)

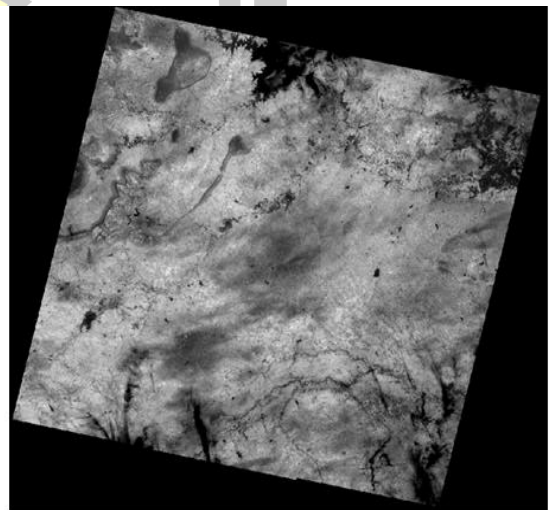


(ข)

ภาพประกอบ 3.2 LANDSAT 7 ETM+ (ก) ช่วงคลื่นวิสิเบิล (ข) ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน



(ก)



(ข)

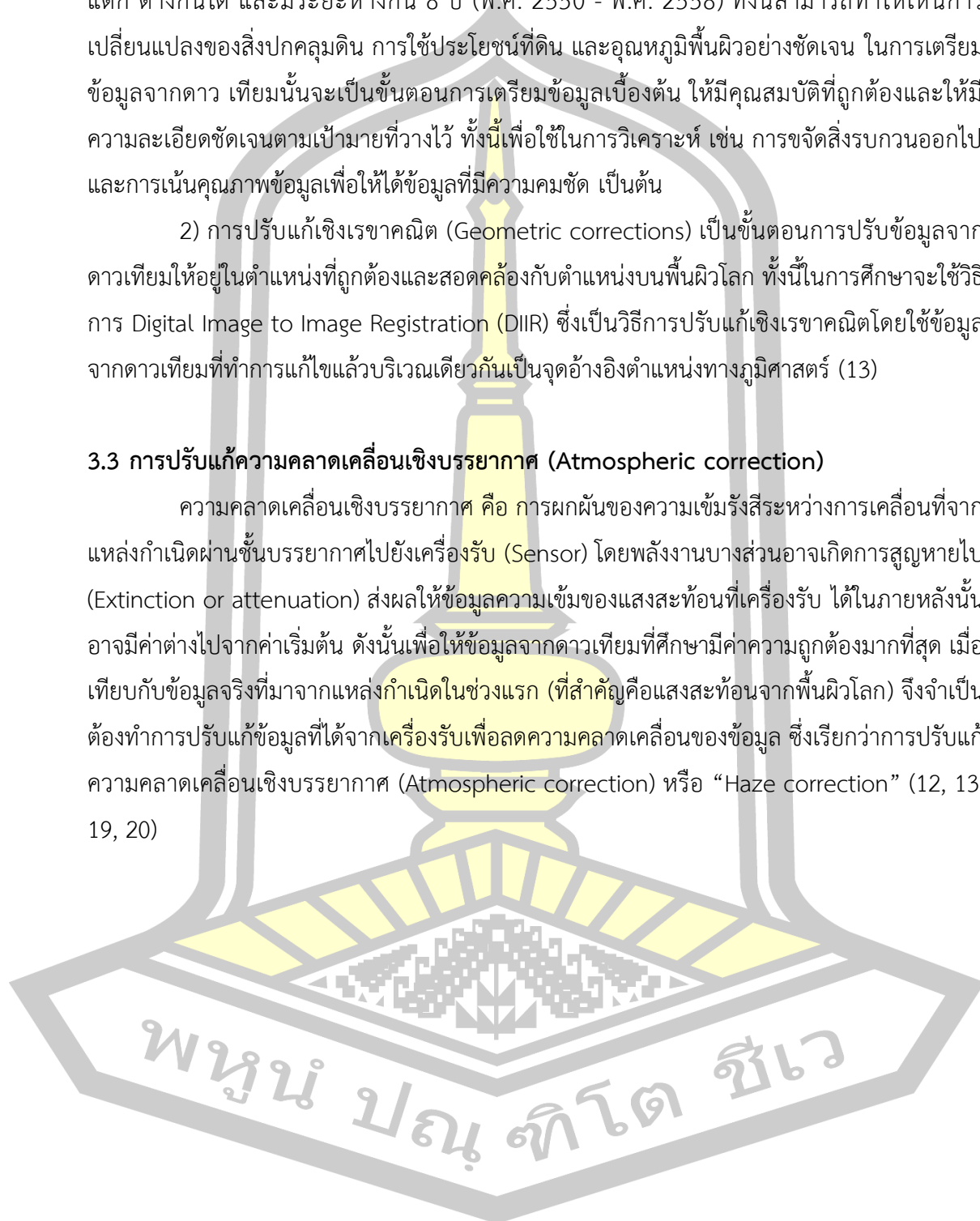
ภาพประกอบ 3.3 Landsat 8 OLI (ก) ช่วงคลื่นวิสิเบิล (ข) ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

โดยเหตุผลที่เลือกข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงเวลาดังกล่าวก็คือ เป็นช่วงเวลาที่มียุทธภูมิแตกต่างกันได้ และมีระยะห่างกัน 8 ปี (พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2558) ทั้งนี้สามารถทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และอุณหภูมิพื้นผิวอย่างชัดเจน ในการเตรียมข้อมูลจากดาว เทียมนั้นจะเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเบื้องต้น ให้มีคุณสมบัติที่ถูกต้องและให้ความละเอียดชัดเจนตามเป้าหมายที่วางไว้ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ เช่น การจัดสิ่งรบกวนออกไป และการเน้นคุณภาพข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความคมชัด เป็นต้น

2) การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric corrections) เป็นขั้นตอนการปรับข้อมูลจากดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและสอดคล้องกับตำแหน่งบนพื้นผิวโลก ทั้งนี้ในการศึกษาจะใช้วิธีการ Digital Image to Image Registration (DIIR) ซึ่งเป็นวิธีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมที่ทำการแก้ไขแล้วบริเวณเดียวกันเป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (13)

3.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ (Atmospheric correction)

ความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ คือ การผกผันของความเข้มรังสีระหว่างการเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดผ่านชั้นบรรยากาศไปยังเครื่องรับ (Sensor) โดยพลังงานบางส่วนอาจเกิดการสูญหายไป (Extinction or attenuation) ส่งผลให้ข้อมูลความเข้มของแสงสะท้อนที่เครื่องรับ ได้ในภายหลังนั้น อาจมีค่าต่างไปจากค่าเริ่มต้น ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลจากดาวเทียมที่ศึกษามีค่าความถูกต้องมากที่สุด เมื่อเทียบกับข้อมูลจริงที่มาจากแหล่งกำเนิดในช่วงแรก (ที่สำคัญคือแสงสะท้อนจากพื้นผิวโลก) จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล ซึ่งเรียกว่าการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ (Atmospheric correction) หรือ “Haze correction” (12, 13, 19, 20)



3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

การวิเคราะห์ข้อมูลภูมิพื้นผิวสำหรับการศึกษานี้ จะใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ วันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 Path 128 Row 49 แบนด์ 6 และใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI วันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 แบนด์ 10 โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$CV_{R1} \text{ คือ } gain \times DN + bias \quad (4.1)$$

เมื่อ CV_{R1} คือ ค่าการแผ่รังสี (Spectral radiance)

DN คือ ค่าการสะท้อน (Digital Number)

bias คือ 1.278 ค่า Offset ของ Band 6 LANSAT 7 ETM+ และ 0.0003342
ค่า Offset ของ Band 10 LANSAT 8 OLI

gain คือ ค่า gain LANSAT 7 ETM+ และ LANSAT 8 OLI

2) การแปลงค่าเชิงตัวเลขของข้อมูลเป็นค่าการแผ่รังสี ณ อุกรณ์บันทึก สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$CV_{R1} = \left(\frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN}} \right) \times (QCAL - QCAL_{MIN}) + L_{MIN} \quad (4.2)$$

เมื่อ CV_{R1} คือ ค่าการแผ่รังสี (Spectral radiance)

L_{max} คือ ค่ารังสีสูงสุดของแต่ละแบนด์ ($m^2 \text{ wsr}^{-1} \mu m^{-1}$)

L_{min} คือ ค่ารังสีต่ำสุดของแต่ละแบนด์ ($m^2 \text{ wsr}^{-1} \mu m^{-1}$)

$QCAL_{min}$ คือ ค่าเชิงตัวเลขต่ำสุดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 0

$QCAL_{max}$ คือ ค่าเชิงตัวเลขต่ำสุดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 255

DN คือ ค่าเชิงตัวเลขของแต่ละภาพจุด (Digital number)

3) การคำนวณอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น สามารถคำนวณได้จากสมการ
ดังต่อไปนี้

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1 \times \varepsilon}{CV_{R1}} + 1\right)} \quad (4.3)$$

เมื่อ	CV_{R1}	คือ ค่าการแผ่รังสี (Spectral radiance)
	T	คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น (K)
	K_1	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 7 ETM คือ $666.09 \text{ (m}^2\text{wsr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}\text{)}$
	K_2	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 7 ETM คือ 1282.71 (K)
	K_1	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 8 TIR 1 BAND 10 คือ $774.89 \text{ (m}^2\text{wsr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}\text{)}$
	K_2	คือ ค่าคงที่ของ LANSAT 8 TIR 1 BAND 10 คือ 1321.08 (K)
	ε	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี LANSAT 7 ETM Band 6 คือ 0.95
	ε	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี LANSAT 8 TIR Band 10 คือ 0.987

โดยค่าคงที่ของและค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของ Landsat 7 ETM+ แบนด์ 6 อ้างอิง
จาก The Yale Center for Earth Observation, 2010; ค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของ
Landsat 8 OLI แบนด์ 10 (17, 37)

4) การแปลงค่าอุณหภูมิเคลวินเป็นค่าอุณหภูมิมองศาเซลเซียส
สำหรับการแปลงค่าอุณหภูมิเคลวินเป็นค่าอุณหภูมิมองศาเซลเซียส สามารถคำนวณ
ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$T (^{\circ}\text{C}) = T(\text{k}) - 273.15 \quad (4.4)$$

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชิว

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สำหรับผลการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ และข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared band) สามารถแสดงได้ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว

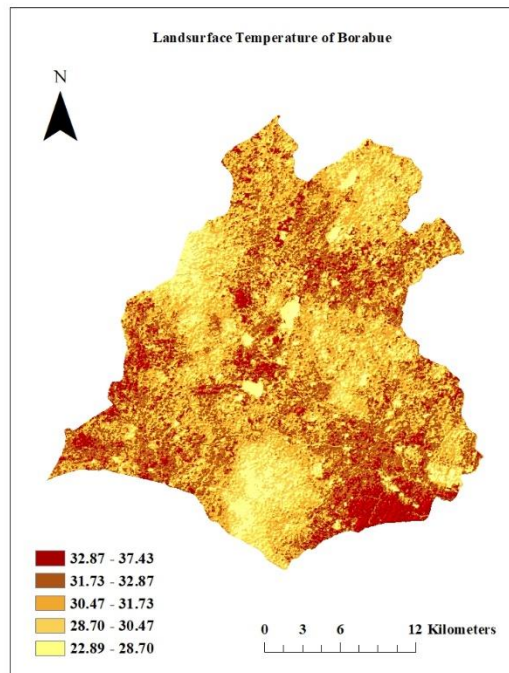
จากการนำข้อมูลจากดาวเทียมในปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2558 มาปรับแก้ค่าสะท้อนของชั้นบรรยากาศและทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมดังกล่าว ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแต่ละอำเภอในจังหวัดมหาสารคามปี พ.ศ. 2550

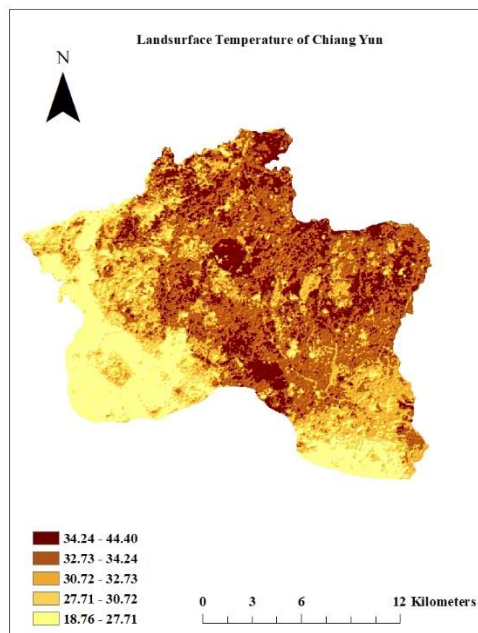
วัน/เดือน/ปี/ ดาวเทียม	อำเภอ	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
		ค่าต่ำสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าสูงสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
- 5 เมษายน พ.ศ. 2550 - ข้อมูลจาก ดาวเทียม Landsat-7 ETM+	อำเภอบรบือ (Borabue)	22.89	37.43	30.16	1.54
	อำเภอเชียงยืน (Chaing Yun)	18.76	44.40	31.58	1.40
	อำเภอชนบท (Chuen Chom)	24.50	46.95	35.73	1.41
	อำเภอแกดำ (Kae Dam)	22.99	35.86	29.43	1.09
	อำเภอกันทรวิชัย (Kantharawichai)	21.19	41.58	31.39	1.61
	อำเภอโกสุมพิสัย (Kosum Phisai)	17.00	37.96	27.48	1.90

วัน/เดือน/ปี/ ดาวเทียม	อำเภอ	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
		ค่าต่ำสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าสูงสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	อำเภอกุดรัง (Kut Rang)	24.58	39.02	31.80	1.17
	อำเภอเมืองมหาสารคาม (Muang Mahasarakhamv)	17.36	37.69	27.53	1.58
	อำเภอนาเชือก (Na Chueak)	24.29	39.82	32.06	1.65
	อำเภอนาดูน (Na Dun)	24.26	39.33	31.80	1.27
	อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย (Phayakkaphum Phisa)	23.88	43.93	33.91	1.87
	อำเภอลำปำ (Wapi Pathum)	22.91	49.66	36.29	1.44
	อำเภอยางสีสุราช (Yang Srisurat)	23.81	40.33	32.07	1.57

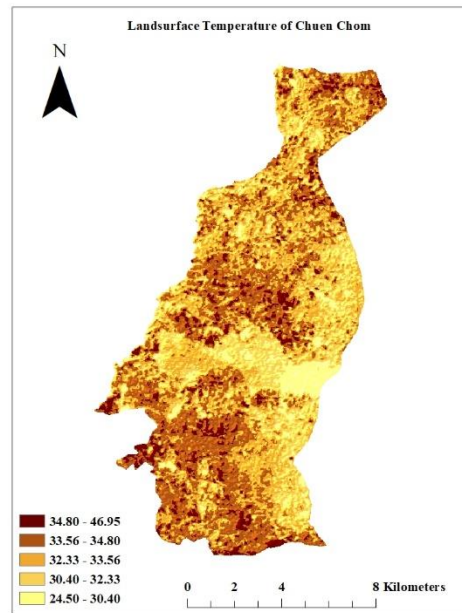




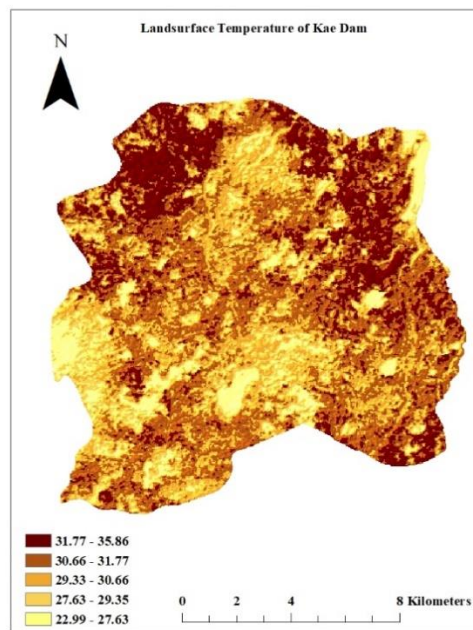
ภาพประกอบ 4.1 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม



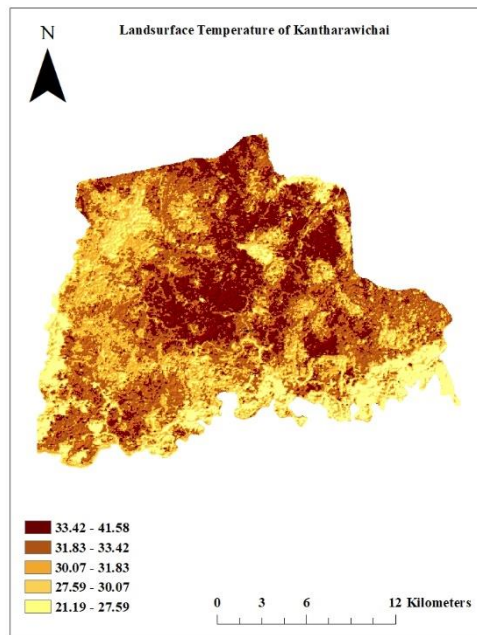
ภาพประกอบ 4.2 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม



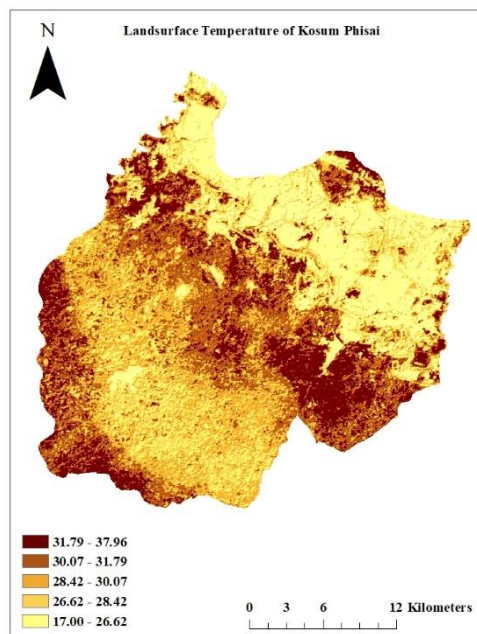
ภาพประกอบ 4.3 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม



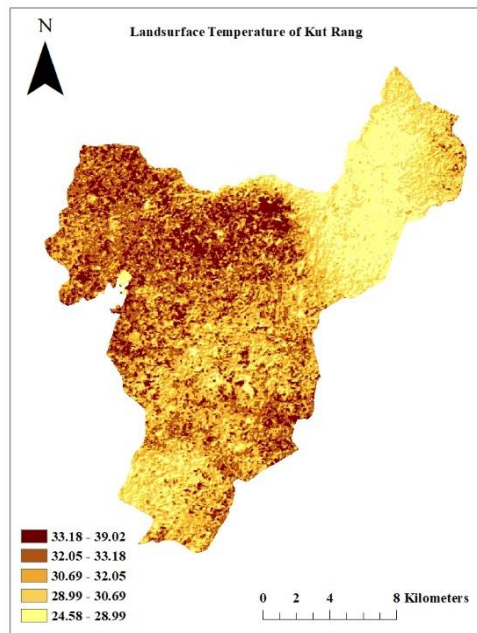
ภาพประกอบ 4.4 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอแกลง จังหวัดมหาสารคาม



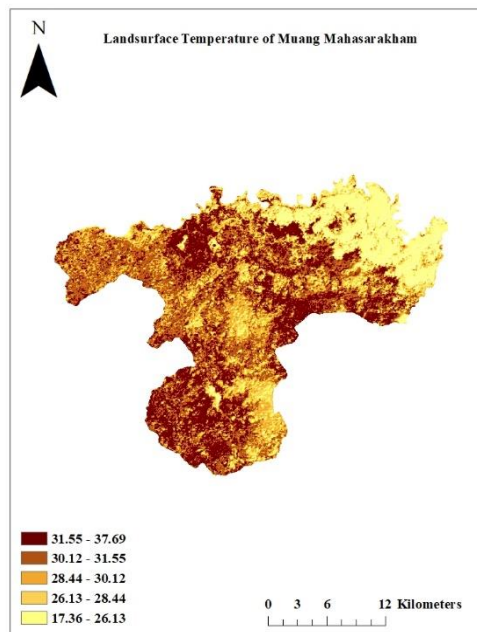
ภาพประกอบ 4.5 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม



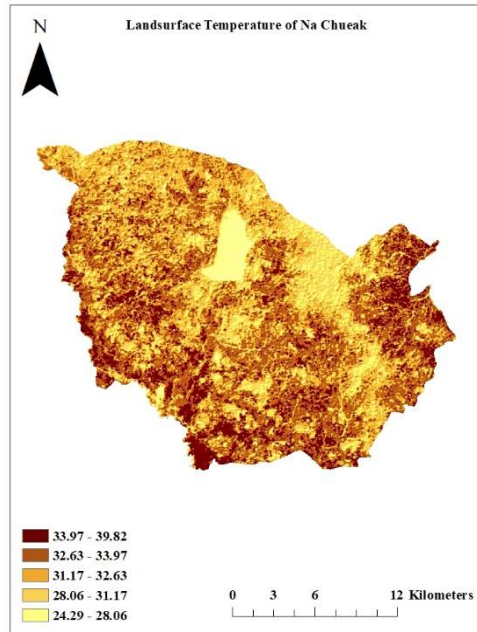
ภาพประกอบ 4.6 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม



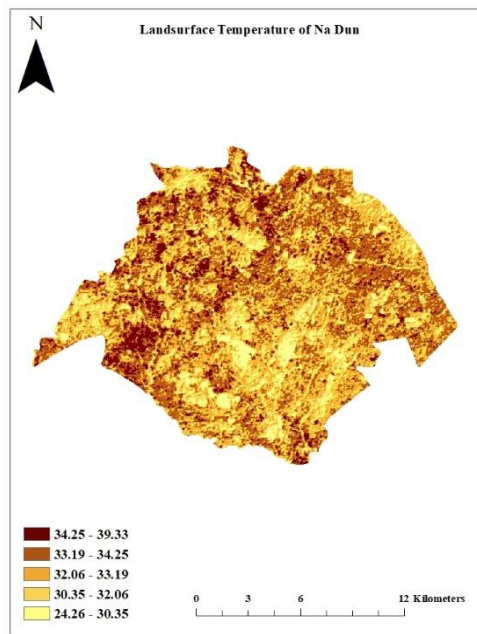
ภาพประกอบ 4.7 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม



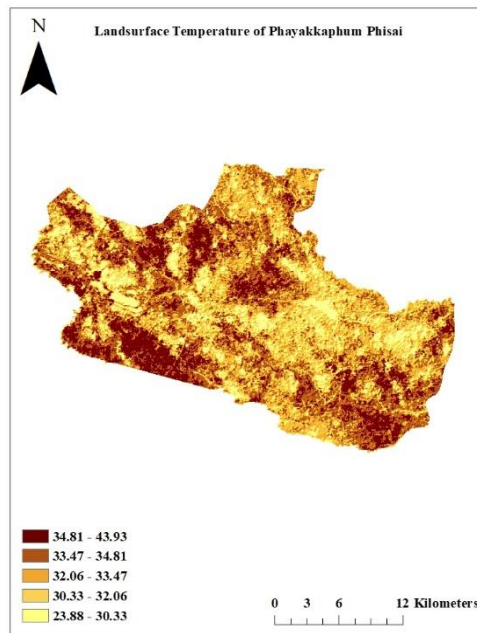
ภาพประกอบ 4.8 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม



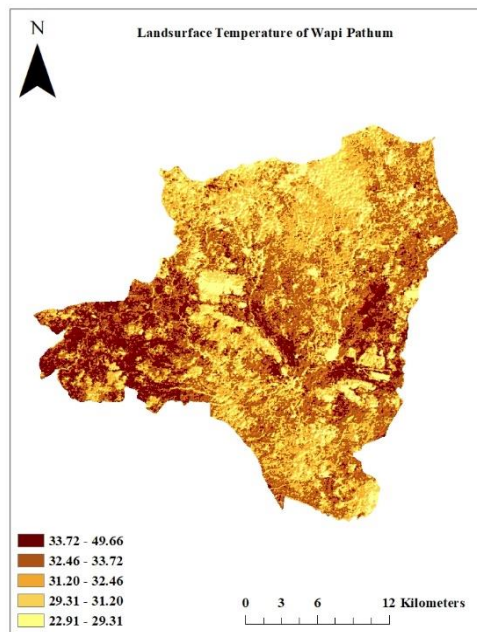
ภาพประกอบ 4.9 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม



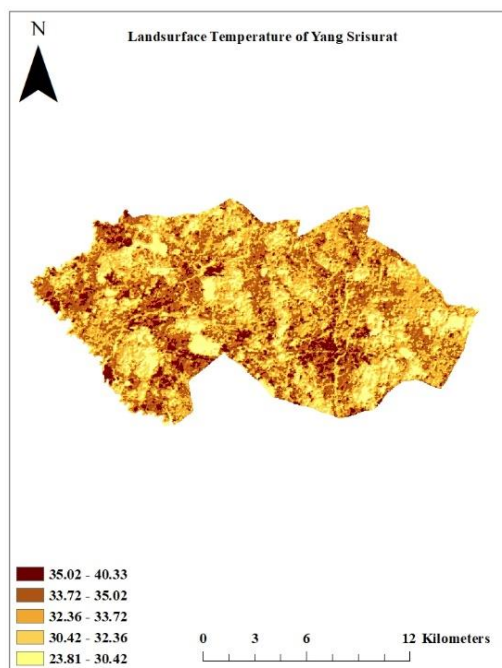
ภาพประกอบ 4.10 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอนาดูน จังหวัดมหาสารคาม



ภาพประกอบ 4.11 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม



ภาพประกอบ 4.12 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอลำปำ จังหวัดมหาสารคาม

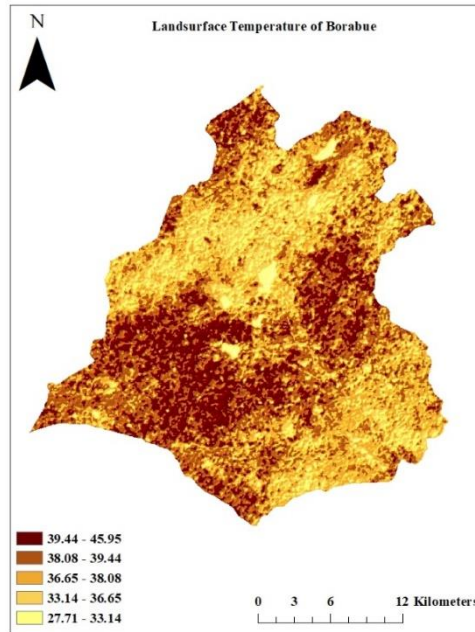


ภาพประกอบ 4.13 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 อำเภอยางสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม

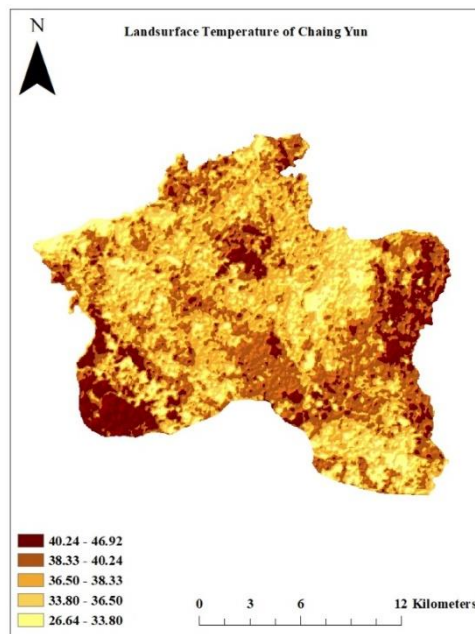
ตาราง 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแต่ละอำเภอในจังหวัดมหาสารคามปี พ.ศ. 2558

วัน/เดือน/ปี/ ดาวเทียม	อำเภอ	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
		ค่าต่ำสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าสูงสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	
-3 เมษายน พ.ศ. 2558 -ข้อมูลจาก ดาวเทียม Landsat- 8OLI	อำเภอบรบือ (Borabue)	27.71	45.95	38.34	1.93
	อำเภอเชียงยืน (Chaing Yun)	26.64	44.44	37.73	2.03
	อำเภอชื่นชม (Chuen Chom)	29.47	42.61	37.87	1.85
	อำเภอแกลง (Kae Dam)	30.89	41.69	37.24	1.18

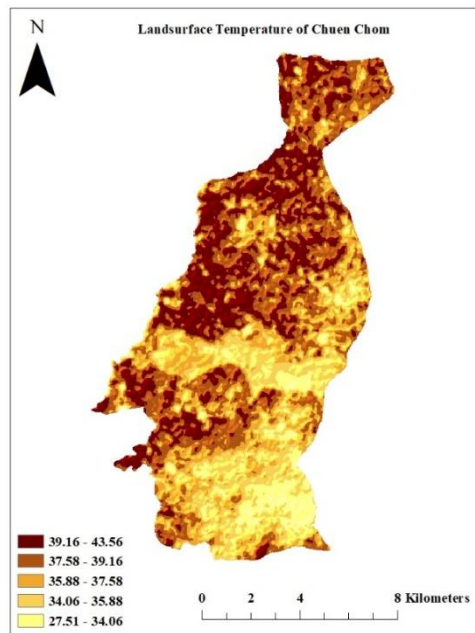
วัน/เดือน/ปี/ ดาวเทียม	อำเภอ	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
		ค่าต่ำสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าสูงสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	อำเภอกันทรวิชัย (Kantharawichai)	30.39	43.91	37.55	1.54
	อำเภอโกสุมพิสัย (Kosum Phisai)	22.66	45.67	38.93	2.12
	อำเภอกุดรัง (Kut Rang)	16.54	42.39	36.93	1.73
	อำเภอเมืองมหาสารคาม (Muang Mahasarakhamv)	24.76	41.02	35.04	2.13
	อำเภอนาเชือก (Na Chueak)	27.11	44.94	38.18	2.58
	อำเภอนาดูน (Na Dun)	28.76	39.67	35.00	1.09
	อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย (Phayakkaphum Phisa)	26.20	43.75	36.59	1.98
	อำเภอลำปำ (Wapi Pathum)	27.99	42.27	36.19	1.77
	อำเภอยางสีสุราช (Yang Srisurat)	28.36	41.58	35.94	1.56



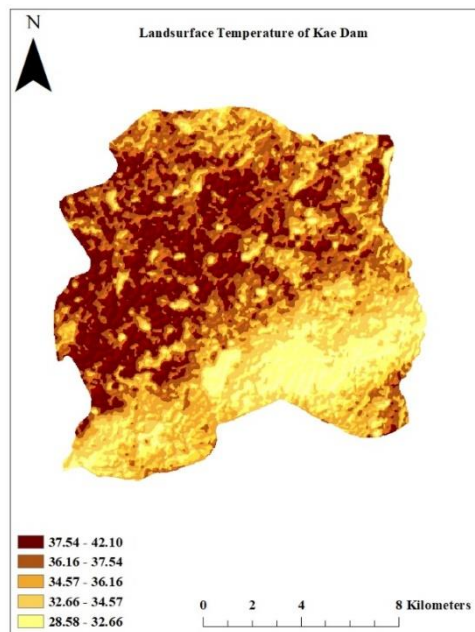
ภาพประกอบ 4.14 แสดงภาพการวิเคราะห์ห่ออุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม



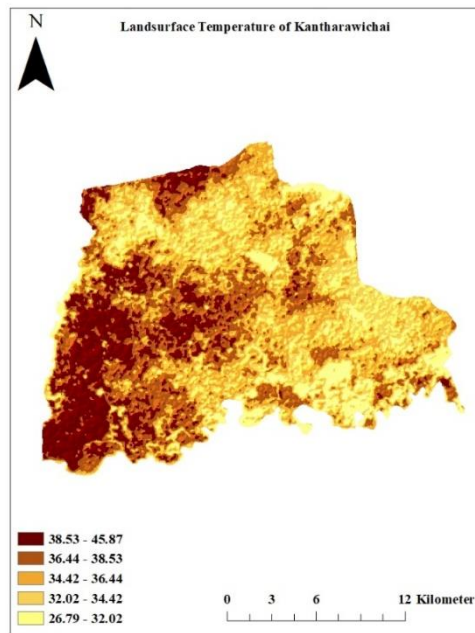
ภาพประกอบ 4.15 แสดงภาพการวิเคราะห์ห่ออุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม



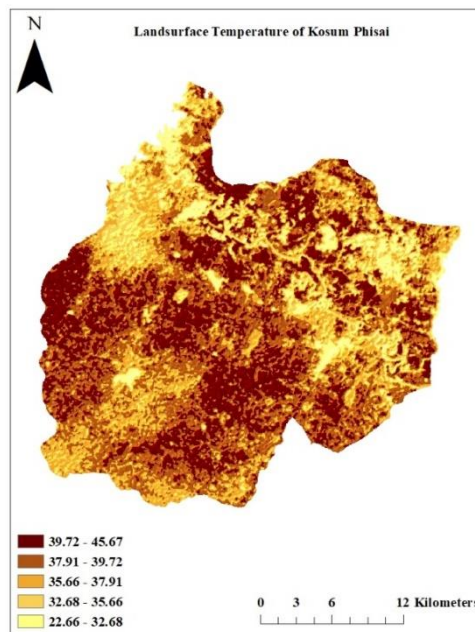
ภาพประกอบ 4.16 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม



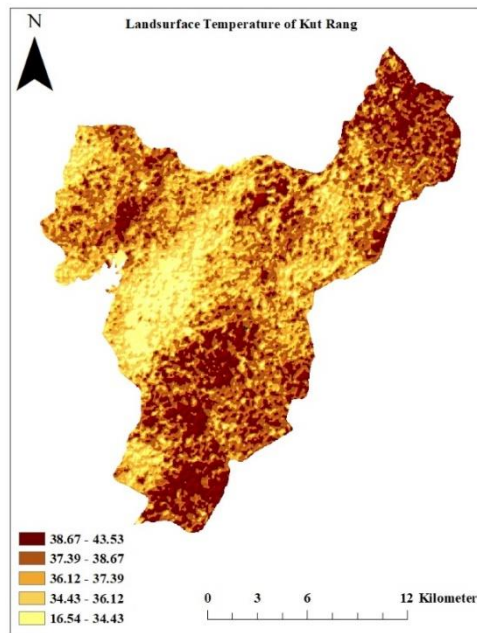
ภาพประกอบ 4.17 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอแกลง จังหวัดมหาสารคาม



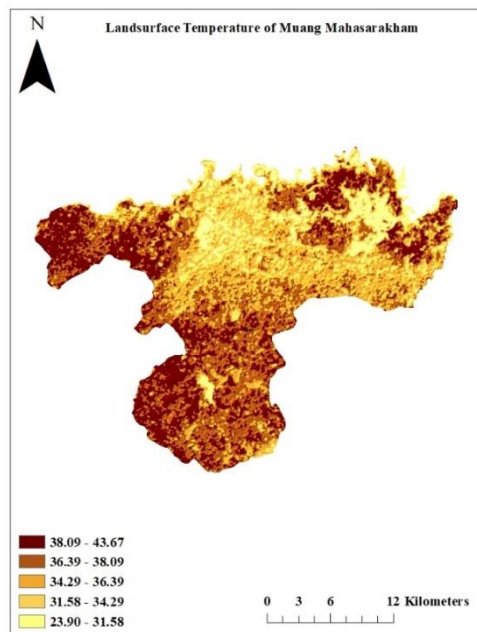
ภาพประกอบ 4.18 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม



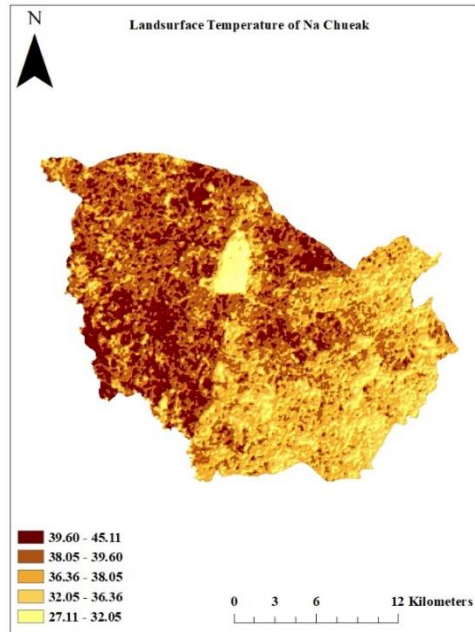
ภาพประกอบ 4.19 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม



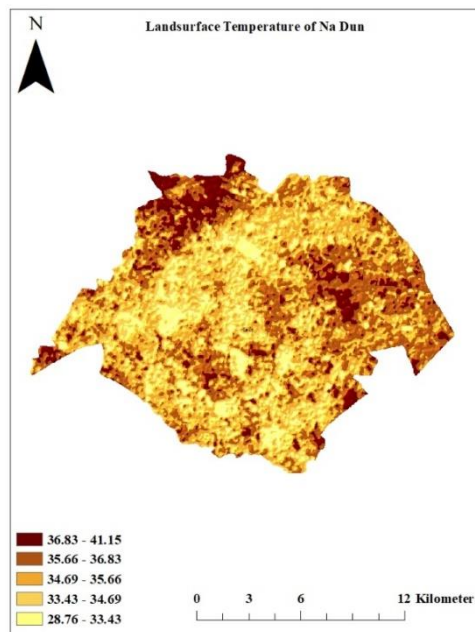
ภาพประกอบ 4.20 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม



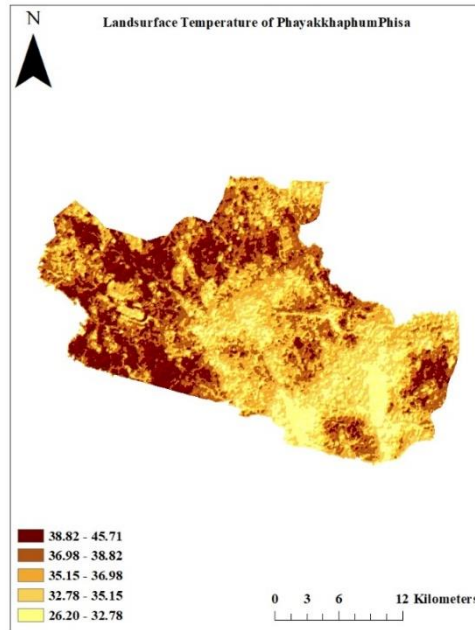
ภาพประกอบ 4.21 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม



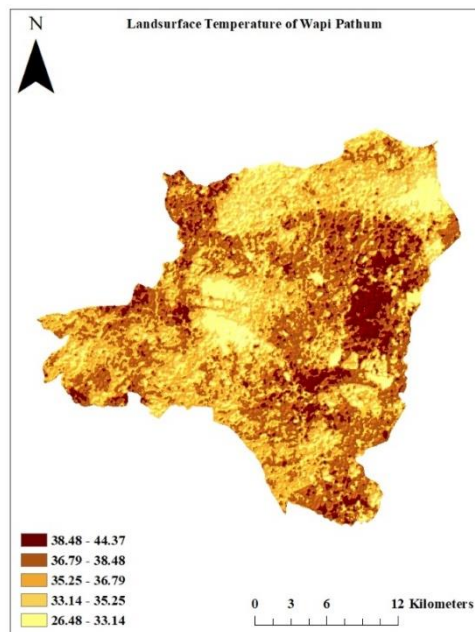
ภาพประกอบ 4.22 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม



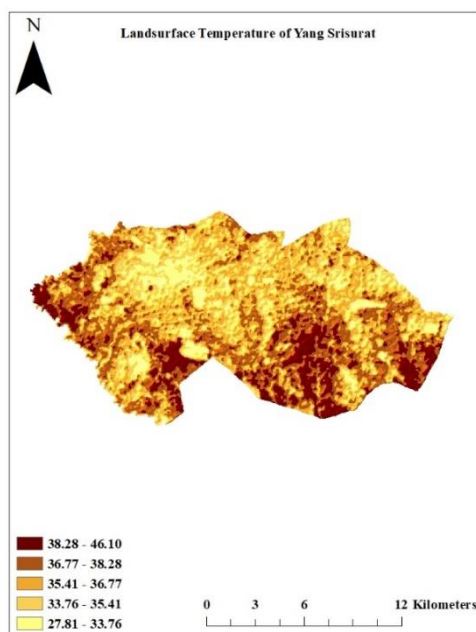
ภาพประกอบ 4.23 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอนาดูน จังหวัดมหาสารคาม



ภาพประกอบ 4.24 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม



ภาพประกอบ 4.25 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภอลำปำ จังหวัดมหาสารคาม



ภาพประกอบ 4.26 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 อำเภออย่างสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม

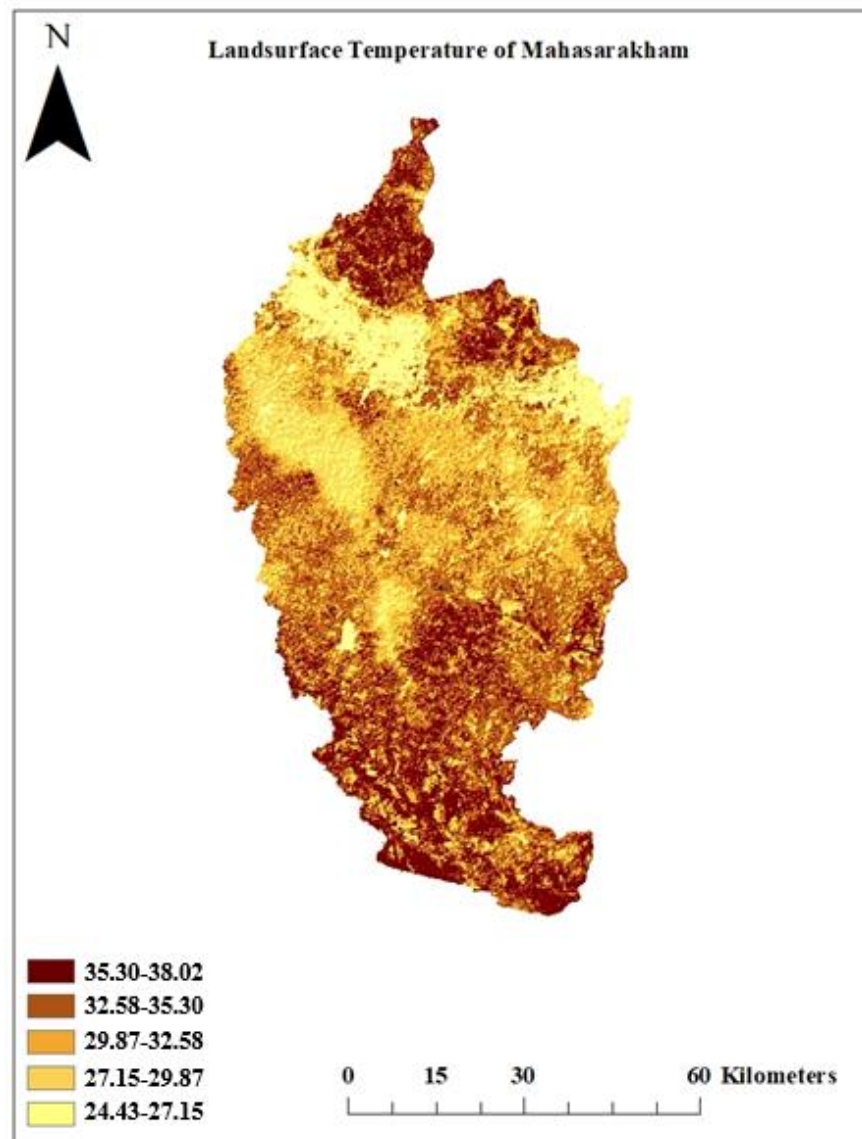
4.2 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจังหวัด

ข้อมูลอุณหภูมิอ้างอิงจากข้อมูลดาวเทียมที่ทำการบันทึกภาพในแต่ละอำเภอนำมาตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว โดยข้อมูลจากดาวเทียมที่ได้ในวัน และปี พ.ศ. ที่ต่างกันจะใช้ข้อมูลที่ต่างชนิดกันออกไป ซึ่งข้อมูลที่ได้ในแต่ละปีจะประกอบด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-7 ETM+ และดาวเทียม Landsat-8 OLI/TIR ทั้งนี้ดาวเทียมยังได้มีการพัฒนาดวงใหม่ขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้ข้อมูลจากดาวเทียมที่ได้มาจากดาวเทียมต่างชนิดกัน

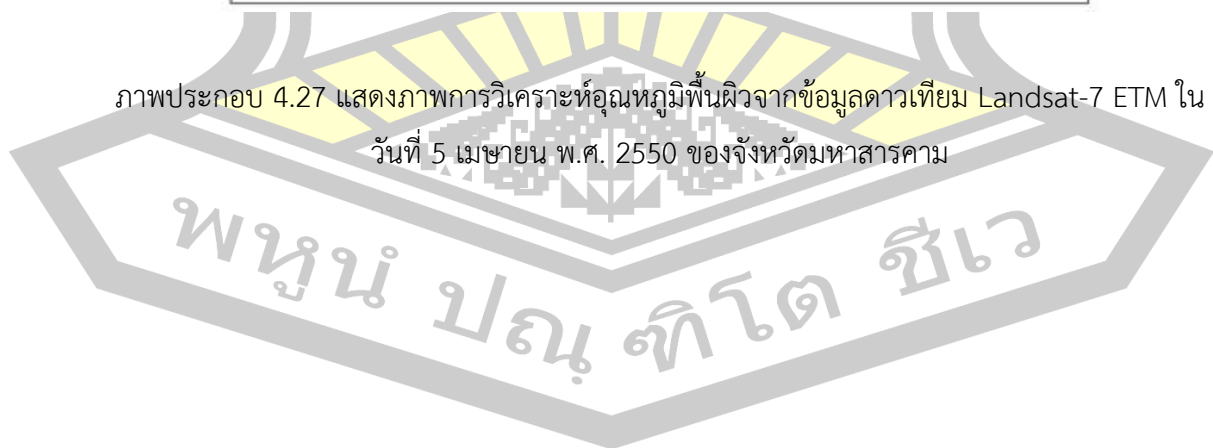
จากข้อมูลที่เราสามารถนำมาศึกษาวิเคราะห์ดังแสดงในตารางข้างต้น ได้จากการสุ่มตรวจวัดและวิเคราะห์เพียงบางจุดในแต่ละอำเภอทั้งหมด 13 อำเภอ ของจังหวัดมหาสารคาม สามารถนำค่าอุณหภูมิที่ได้ในแต่ละอำเภอมาค่าเฉลี่ยเพื่อวิเคราะห์เป็นอุณหภูมิของจังหวัดมหาสารคามในแต่ละอำเภอ

ตาราง 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่แต่ละอำเภอ ของจังหวัดมหาสารคาม ของปีพ.ศ. 2550

ปี พ.ศ.	อำเภอ	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
		ค่าต่ำสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าสูงสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
2550	อำเภอบรบือ	24.08	36.38	31.10	1.54
	อำเภอเชียงยืน	21.91	39.21	33.69	1.40
	อำเภอชื่นชม	26.04	37.69	33.28	1.41
	อำเภอแกดำ	24.77	34.92	30.70	1.09
	อำเภอกันทรวิชัย	25.75	41.58	32.97	1.61
	อำเภอโกสุมพิสัย	23.99	36.19	30.07	1.90
	อำเภอกุฉินารายณ์	25.75	36.63	32.28	1.17
	อำเภอเมือง มหาสารคาม	22.62	35.82	30.80	1.58
	อำเภอนาเชือก	24.87	39.02	32.35	1.65
	อำเภอนาดูน	24.26	39.33	32.91	1.27
	อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย	23.88	39.66	33.02	1.87
	อำเภอวาปีปทุม	24.32	37.81	32.23	1.44
	อำเภอยางสีสุราช	25.46	40.02	33.26	1.57
	ค่าเฉลี่ยรวม	24.43	38.02	32.20	1.50

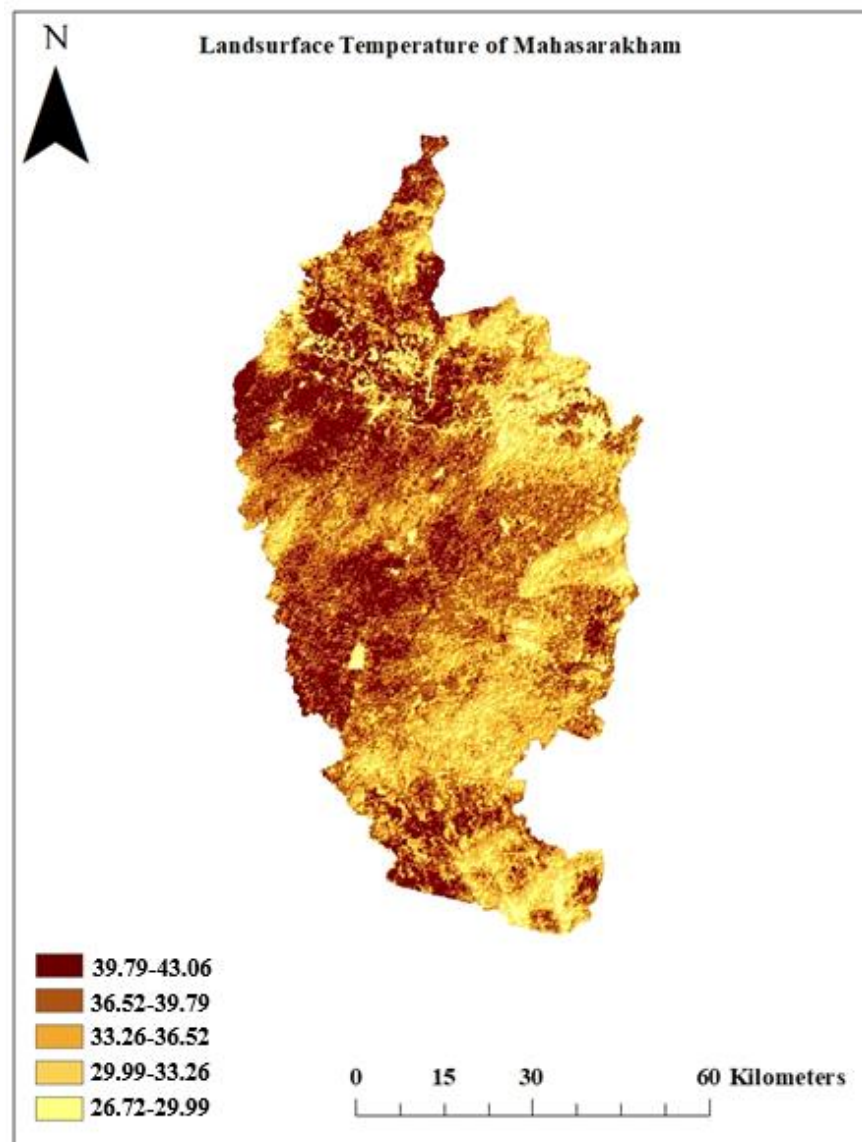


ภาพประกอบ 4.27 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM ในวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 ของจังหวัดมหาสารคาม



ตาราง 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่แต่ละอำเภอของจังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2558

ปี พ.ศ.	อำเภอ	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
		ค่าต่ำสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าสูงสุด (องศา เซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
2558	อำเภอบรบือ	27.71	45.95	38.34	1.93
	อำเภอเชียงยืน	26.64	44.44	37.73	2.03
	อำเภอชื่นชม	29.47	42.61	37.87	1.85
	อำเภอแกดำ	30.89	41.69	37.24	1.18
	อำเภอกันทรวิชัย	30.39	43.91	37.55	1.54
	อำเภอโกสุมพิสัย	22.66	45.67	38.93	2.12
	อำเภอกุฉินารายณ์	16.54	42.39	36.93	1.73
	อำเภอเมือง มหาสารคาม	24.76	41.02	35.04	2.13
	อำเภอนาเชือก	27.11	44.94	38.18	2.58
	อำเภอนาดูน	28.76	39.67	35.00	1.09
	อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย	26.20	43.75	36.59	1.98
	อำเภอลือชัย	27.99	42.27	36.19	1.77
	อำเภอยางสีสุราช	28.36	41.58	35.94	1.56
	ค่าเฉลี่ยรวม	26.72	43.06	37.04	1.80



ภาพประกอบ 4.28 แสดงภาพการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 OLI ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 ของจังหวัดมหาสารคาม

พหุ ประ โท ชี เว

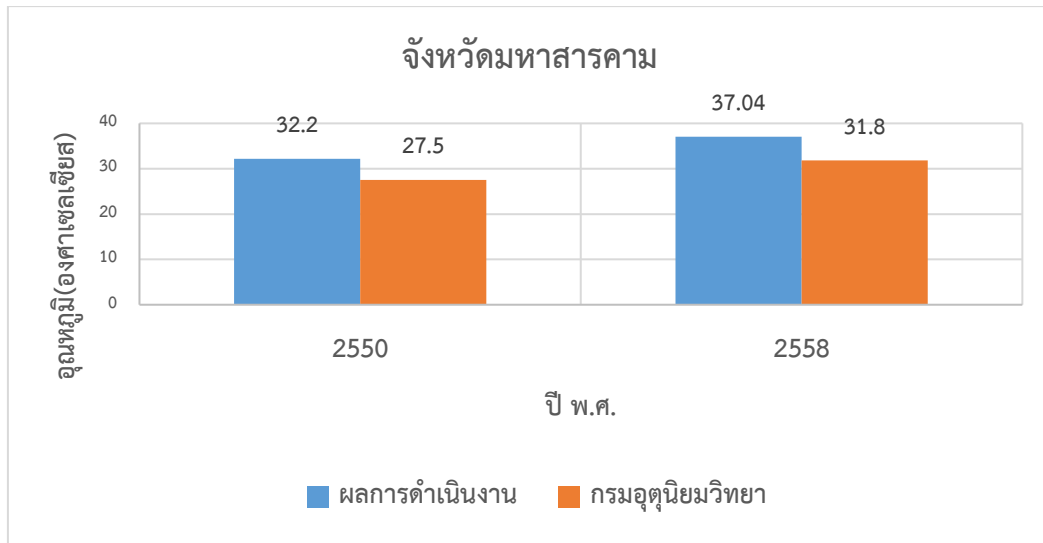
4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิพื้นผิว

เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียมแลนดแซทกับข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินของกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 จากข้อมูลดาวเทียม Landsat-7 ETM+ และวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 จากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 ETM+ Landsat-8 OLI/TIR โดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 4.5 และภาพประกอบ 4.5

ตาราง 4.5 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียมแลนดแซทกับข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน

ปี พ.ศ.	อุณหภูมิพื้นผิวจากการวิเคราะห์ (องศาเซลเซียส)				อุณหภูมิจากสถานี ตรวจวัดภาคพื้นดิน (องศาเซลเซียส)
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย
2550	24.43	38.02	32.20	2.11	27.50
2558	26.72	43.06	37.04	2.20	31.80

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียมแลนดแซทกับข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินในจังหวัดมหาสารคาม



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณจังหวัดมหาสารคาม โดยศึกษาในช่วงเวลาที่ห่างกัน 8 ปี คือ ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ในวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 Path 128 Row 49 และข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIR ในวันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 Path 128 Row 49 ซึ่งทำการสุ่มพื้นที่ 13 อำเภอ ของจังหวัดมหาสารคาม

ผลการดำเนินงานพบว่าในวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 13 อำเภอกลุ่มตัวอย่างมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 24.43 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 38.02 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 32.20 องศาเซลเซียส และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.50 ผลการดำเนินงานพบว่าในวันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 13 อำเภอกลุ่มตัวอย่างมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 26.72 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 43.06 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37.04 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.80

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซทกับข้อมูลอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินของกรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 วัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวได้ที่ 27.5 องศาเซลเซียส และวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2558 วัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวได้ที่ 31.8 องศาเซลเซียส

เมื่อนำข้อมูลของผลการดำเนินงาน และข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยามาทำการเปรียบเทียบกัน พบว่าในวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 13 อำเภอกลุ่มตัวอย่างมีค่าอุณหภูมิ ต่างกัน 4.70 องศาเซลเซียสคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อน 17.09 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 13 อำเภอกลุ่มตัวอย่างมีค่าอุณหภูมิ ต่างกัน 5.24 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อน 16.48 เปอร์เซ็นต์

จากผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบข้อมูลของอุณหภูมิผิวเกาะความร้อนของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่างผลการดำเนินงานกับข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา มีความใกล้เคียงกันแบบมีนัยสำคัญ จึงสามารถสรุปได้ว่า เกาะความร้อนพื้นผิวบริเวณจังหวัดมหาสารคาม ในช่วงเวลา 8 ปี มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย 4.84 องศาเซลเซียส และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

5.2.1 การดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีความล่าช้า เนื่องจากอินเทอร์เน็ตภายในมหาวิทยาลัยมีความเร็วค่อนข้างช้า การดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจึงเหมาะสมกับอินเทอร์เน็ตที่มีความเร็วสูง

5.2.2 การดำเนินการขอข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาค่อนข้างล่าช้า เพราะต้องผ่านขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อขอข้อมูลพื้นผิวของจังหวัดมหาสารคาม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรดำเนินการขอข้อมูลดาวเทียมจากกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่เริ่มทำงานวิจัย

5.3.2 ควรใช้คอมพิวเตอร์ความเร็วสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. วิษณุ ก่อพิมพ์, "อิทธิพลของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนพื้นผิวของกรุงเทพมหานคร", มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2556.
2. Fuchs D, "Adaptation to global warming", [Online], Available from: http://www.inasp.info/uploads/filer_public/2013/05/02/handout_2_wikipedia_adaptation.pdf, [Accessed: 13-Apr-2020].
3. Roberto F, Bonafoni S, Biondi R, "Satellite and Ground-Based Sensors for the Urban Heat Island Analysis in the City of Rome", Remote Sensing, 2010;2.
4. Liu L, Zhang Y, "Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER Data: A case study in Hong Kong", Remote Sensing, 2011;3:1535-52.
5. Laosuwan T, Sangpradit S, "Urban heat island monitoring and analysis by using integration of satellite data and knowledge based method", International Journal of Development Sustainability, 2012;1(2):99-110.
6. วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ, "มิติเชิงพื้นที่และเวลาของสถานะเกาะแห่งความร้อนเมืองเชียงใหม่", วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล, 2557;19(2):162-72.
7. Wong NH, Yu C, "Study of green areas and urban heat island in a tropical city", Habitat international, 2005;29(3):547-58.
8. สมพงษ์ เลียงโรคาพาธ, "การสังเกตปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตเมืองด้วยดาวเทียม", สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2556.
9. ธนกฤต เทียนมณี, "ปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง", มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.
10. อรรถพล ห่อมณี, "ปัจจัยทางกายภาพกับความแตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมือง : กรณีศึกษากรุงเทพมหานครและปริมณฑล", จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
11. U.S. Environmental Protection Agency, "Heat Islands", [Online], Available from: <http://www3.epa.gov/statelocalclimate/local/topics/heat-islands.html>, [Accessed: 13-Apr-2020].
12. สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์, "ความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ", กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2553.
13. ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ, "เทคโนโลยีอวกาศประยุกต์", พิมพ์ครั้งที่ 1, มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์, 2557.

14. U.S. Geological Survey, "Landsat 8", [Online], Available from: <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>, [Accessed: 13-Apr-2020].

15. Chander G, Markham BL, Helder DL, "Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors", Remote Sensing of Environment, 2009;113(5):893-903.

16. The Yale Center for Earth Observation, "Converting Landsat TM and ETM+ thermal bands to temperature", [Online], Available from: http://geography.middlebury.edu/data/gg1002/Handouts/Landsat_DN_Temp.pdf, [Accessed: 13-Apr-2020].

17. Skoković D, Sobrino J, Jimenez-Munoz J, Soria G, Julien Y, Mattar C, et al., "Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8-TIRS sensor", LPVE, 2014.

18. Laosuwan T, Uttaruk P, "Estimating tree biomass via remote sensing, MSAVI 2, and fractional cover model", IETE Technical Review, 2014;31(5):362-8.

19. สุวิทย์ วิบุลย์เศรษฐ์, "สถานภาพและแนวโน้มของการพัฒนา Remote Sensing กับ GIS. ใน “ ดร. สลิต วัชรกิตติ อนุสรณ์ ”, ครั้งที่ 5, กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2538.

20. สมพร สว่างวงศ์, " รีโมทเซนซิงเบื้องต้น และกรณีศึกษา รีโมทเซนซิง. เชียงใหม่", นพบุรีการพิมพ์. 2543.

21. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), "หลักการรับรู้จากระยะไกล", [Online], Available from: http://www.social.nu.ac.th/th/paper/E-Learning/gistdaRS/RS/c3_06.html, [Accessed: 13-Apr-2020].

22. Japan Association on Remote Sensing, "Remote Sensing Note", Nihon Printing Co. Ltd., Tokyo 1993.

23. สรรค์ใจ กลิ่นดาว, "การสำรวจระยะไกล: การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น", พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอเดียนส์โตร์, 2550.

24. สุจิตรา เจริญทรัพย์ยศ, "การใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ช่วงคลื่นความร้อนในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิว: ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงในเขตกรุงเทพฯ.", จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2545.

25. Saiyavath P, Haocharoen K, "Development of downtown open space to mitigate urban heat island effect: A case study of Silom road, Bangkok", *Journal of Architectural/Planning Research Studies*, 2009;6(2):33-44.
26. ศุภธินันตริ และ ชาคริต โชติอมรศักดิ์, "ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและรูปแบบการใช้ที่ดินจากข้อมูลระยะไกลในแอ่งเชียงใหม่-ลำพูน", 2552.
27. เอกลักษณ์ สลักคำ, "การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลเพื่อประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ดิน", มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
28. กาญจน์เขจร ชูชีพ, "การประมาณหาอุณหภูมิพื้นผิวในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล", *วารสารวิทยาศาสตร์*, 2546;22(1):36-50.
29. Malaret E, Bartolucci LA, Lozano DF, Anuta PE, McGillem CD, "Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper Data Quality Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1985;9:1407-16.
30. HENRY J, WETTERQVIST O, ROGUSKI S, DICKS S, "Comparison of satellite, ground-based, and modeling techniques for analyzing the urban heat island", *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 1989;55(1):69-76.
31. Lo CP, Quattrochi D, "Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications: A Remote Sensing Approach", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2003;69:1053-63.
32. Nichol J, "Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2005;71.
33. Chen X-L, Zhao H-M, Li P-X, Yin J, "Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes", *Remote Sensing of Environment*, 2006;104:133-46.
34. Hartz DA, Prashad L, Hedquist BC, Golden J, Brazel AJ, "Linking satellite images and hand-held infrared thermography to observed neighborhood climate conditions", *Remote Sensing of Environment*, 2006;104(2):190-200.
35. Kato S, Yamaguchi Y, "Estimation of storage heat flux in an urban area using ASTER data", *Remote Sensing of Environment*, 2007;110(1):1-17.

36. Tiangco M, Lagmay A, Argete J, "ASTER - based study of the night - time urban heat island effect in Metro Manila", International Journal of Remote Sensing, 2008;29(10):2799-818.

37. U.S. Department of the Interior, "Landsat 8 (L8) Data Users Handbook", [Online], Available from: https://landsat.usgs.gov/l8handbook_appendixb.php, [Accessed: 13-Apr-2020].



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธนกฤต พิบขุนทด
วันเกิด	วันที่ 2 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลด่านขุนทด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 80 ซอย1 ถนนคุ้มวัดป่าเรไร ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพงษ์ศิริวิทยา ตำบลตลาด อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย 2 ถนนมิตรภาพ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2563 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ์ ปณุ์ ทิโต ชีเว