

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม จังหวัดระยอง

นราธิป เฟ่งพิศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์

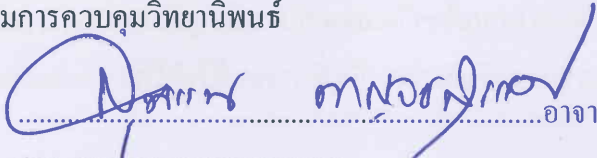
มหาวิทยาลัยบูรพา


สิงหาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ นราธิป เฟ่งพิศ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร.ภัทรพร สร้อยทอง)

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
.....คณบดีคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์  
(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

วันที่ 19 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี และ ดร.ภัทรพร ศรีอภัยทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบบังคับเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และได้ให้คำปรึกษาแนวความคิด จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา คุณพ่อประทีป คุณแม่มาลัย เฟ่งพิศ และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาเป็นอย่างดี อีกทั้งยังให้กำลังใจและความห่วงใยเสมอมา รวมทั้งท่านอื่นๆ ที่มีได้เอื้อนามในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือทางด้านการศึกษาอบรมสั่งสอนสติปัญญาและคุณธรรม อันเป็นเครื่องชี้นำความสำเร็จจนการทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นราธิป เฟ่งพิศ

57910218: สาขาวิชา: ภูมิสารสนเทศศาสตร์; วท.ม. (ภูมิสารสนเทศศาสตร์)

คำสำคัญ: อุณหภูมิพื้นผิวดิน/ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน/ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

นราธิป เฟ่งพิศ: การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม จังหวัดระยอง (ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE FROM SATELLITE DATA, RAYONG PROVINCE, THAILAND) คณะกรรมการผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: สุพรรณ กาญจนสุธรรม, D.Tech.Sc., แก้ว นวลฉวี, Ph.D., ภัทรพร ศรีอยทอง Ph.D., 158. หน้า. ปี พ.ศ. 2559

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการสร้างเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ TIRS และระบบ OLI ด้วยแบบจำลอง Split-Window ร่วมกับการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่อื่น ๆ ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินใดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ ทั้งนี้ยังได้ศึกษาระดับของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจากดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมืองด้วย

ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยองยังคงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 1,546,456.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.66 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 254,131.25 และ 178,787.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.45 และ 8.05 ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ มีค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่ากับ 85.60 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิพื้นผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 30.12 องศาเซลเซียส เมื่อศึกษาสถิติของอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละอำเภอ แสดงให้เห็นว่าอำเภอที่มีพื้นที่ที่มีชุมชนที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้างรวมถึงพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่เป็นส่วนใหญ่ จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูง เช่น อำเภอเมืองระยอง อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอบ้านฉาง ส่วนอำเภอที่มีพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ผลไม่ยืนต้นเป็นส่วนใหญ่ จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ เช่น อำเภอเขาชะเมา อำเภอบ้านค่ายและอำเภอวังจันทร์ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวมไปถึงพื้นที่ป่าไม้ มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิในพื้นที่ มีค่าความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.8317 และ -0.7418 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยองยังไม่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง แต่อุณหภูมิก็เป็นปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มขึ้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง



57910218: MAJOR: GEOINFORMATICS; M.Sc. (GEOINFORMATICS)

KEYWORDS: LAND SURFACE TEMPERATURE/ URBAN HEAT ISLAND/

GEOINFORMATION TECHNOLOGY

NARATHIP PHENGPHIT: ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE FROM SATELLITE DATA, RAYONG PROVINCE, THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: SUPAN KARNCHANASUTHAM, D.Tech.Sc., KAEW NUALCHAWEE, Ph.D., PHATTRAPORN SOYTONG, Ph.D., 158 P. 2016.

The research was the application of remote sensing and geographic information systems for estimation of the land surface temperature, which analysis by used a split-window method for LANDSAT-8 OLI and TIRS and created automatic toolbox in ArcGIS. This research was also an of land use, by studies correlation between land surface temperature and five types of land use consisting Forests, Agricultural land, Water bodies, Urban and building lands and miscellaneous land. It also studied the urban heat island phenomenon by the Urban thermal filed variance index.

The result found Rayong average temperature was 30.12 degrees Celsius and land use found most areas of the province remains an agricultural area, which was 1,546,456.25 Rai or 69.66 % of the total area. Forests was 178,787.50 Rai or 8.05%. Urban and building lands 254,131.25 Rai or 11.45 %. The overall accuracy assessment of land use was 85.60%. The study analyzed the statistics land surface temperature in each district, shown that Amphoe Mueang Rayong, Amphoe Nakhon Phatthana, Amphoe Ban had higher average temperature because land covers mostly was urban and building, field crop and miscellaneous. However, Amphoe Khao Chamao, Amphoe Ban Khai and Amphoe Wang Chan had lower average temperature because land covers mostly was forests, Perennial trees/Fruit trees. The results was consistent with the analysis of the correlation between land surface temperature and land use. The increasing of urban and building area effected to higher temperature. In the contrast, increasing of forest area effected to lower temperature. Both R correlation was 0.8317, -0.7418 respectively (the level of significance 0.05). In addition, most areas of Rayong have not been affected from the urban heat island phenomenon, but the temperature is a factor to increase urban heat island phenomenon.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2 เอกสารงานและวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	9
แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	11
เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ.....	38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	47
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	47
ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....	48
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	49
4 ผลการศึกษา.....	58
การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน.....	58
การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558.....	85
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	91

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การศึกษาระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง .....	100
5 สรุปและอภิปรายผล .....	119
สรุปผล.....	119
อภิปรายผล.....	120
ข้อเสนอแนะ .....	121
บรรณานุกรม .....	123
ภาคผนวก .....	130
ภาคผนวก ก .....	131
ภาคผนวก ข .....	146
ภาคผนวก ค .....	156
ประวัติย่อผู้วิจัย .....	158

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	คุณสมบัติในแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม LANDSAT-8 ..... 40
3-1	รายละเอียดข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ..... 48
3-2	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ Split-Window ..... 52
3-3	ระดับของดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง ..... 56
4-1	การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10 รายอำเภอ จังหวัดระยอง ..... 60
4-2	การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 11 รายอำเภอ จังหวัดระยอง ..... 61
4-3	อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 ของพื้นที่แต่ละอำเภอ จังหวัดระยอง..... 63
4-4	จำนวนพื้นที่ของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 ในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง ..... 63
4-5	อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 ของพื้นที่แต่ละอำเภอ จังหวัดระยอง..... 65
4-6	จำนวนพื้นที่ของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 ในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง ..... 66
4-7	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ รายอำเภอ จังหวัดระยอง ..... 68
4-8	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง รายอำเภอ จังหวัดระยอง..... 70
4-9	ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI รายอำเภอ จังหวัดระยอง..... 71
4-10	ค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน รายอำเภอ จังหวัดระยอง..... 73
4-11	สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก รายอำเภอ จังหวัดระยอง..... 75
4-12	พื้นที่ในแต่ละสภาพไอน้ำในชั้นบรรยากาศ จังหวัดระยอง..... 79
4-13	อุณหภูมิพื้นผิวดินจากการประมาณค่าแบบ Split-Window รายอำเภอ จังหวัดระยอง... 81
4-14	จำนวนพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง.... 82
4-15	จำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปีจังหวัดระยอง พ.ศ. 2558 ..... 86
4-16	จำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายอำเภอจังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558 ..... 86
4-17	การประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ..... 90
4-18	อุณหภูมิพื้นผิวดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดระยอง ..... 91
4-19	อุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดระยอง..... 92
4-20	ร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินของ แต่ละอำเภอ จังหวัดระยอง..... 93
4-21	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่ละประเภทกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลก จังหวัดระยอง ..... 94

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-22 ค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายอุณหภูมิจากพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง จังหวัดระยอง.....	96
4-23 อุณหภูมิตามสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการทำนาย .....	97
4-24 ค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายอุณหภูมิจากพื้นที่ป่าไม้จังหวัดระยอง .....	98
4-25 อุณหภูมิตามสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการทำนาย จังหวัดระยอง .....	99
4-26 จำนวนพื้นที่ของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง ..	100
4-27 จำนวนพื้นที่ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง.....	103
4-28 ร้อยละของจำนวนพื้นที่ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง .....	104
4-29 จำนวนพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง.....	106
4-30 ร้อยละปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับต่อจำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดระยอง .....	106
4-31 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง...	111
4-32 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินกับร้อยละระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจังหวัดระยอง .....	114
4-33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินกับระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง.....	115
ภาคผนวก ก-1 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษากาแฟรังสีเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ .....	132
ภาคผนวก ก-2 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาอุณหภูมิความสว่างผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ.....	134
ภาคผนวก ก-3 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาค่าการสะท้อนผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ....	136
ภาคผนวก ก-4 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ .....	138
ภาคผนวก ก-5 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ.....	139

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ก-6 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาสภาพเปล่งรังสีของผิวโลกผ่านกล่องเครื่องมือ อัตโนมัติ .....	140
ภาคผนวก ก-7 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาสภาพไอน้ำในชั้นบรรยากาศผ่านกล่องเครื่องมือ อัตโนมัติ.....	142
ภาคผนวก ก-8 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ผ่านกล่อง เครื่องมืออัตโนมัติ .....	144

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 แผนที่ขอบเขตการปกครองจังหวัดระยอง.....	5
1-2 กรอบแนวคิดการสร้างเครื่องมือสำหรับประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวดิน.....	7
1-3 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
2-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่รังสีของช่วงคลื่นกับอุณหภูมิ.....	18
2-2 ปฏิสัมพันธ์ของชั้นบรรยากาศกับช่วงอินฟราเรดความร้อน ในแต่ละความยาวคลื่น.....	19
2-3 ปฏิสัมพันธ์ของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนกับวัตถุ.....	19
2-4 การสะท้อนแสงแบบ Bi-Directional Reflectance.....	21
2-5 ค่า FVC ของ Gutman et al ปี ค.ศ. 1998.....	27
3-1 แบบจำลองที่เขียนผ่านคำสั่ง Model Builder ด้วยโปรแกรม ArcGIS For Desktop 10.....	53
3-2 ขั้นตอนการสร้างกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการประมวลผลข้อมูล.....	53
3-3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย.....	57
4-1 แผนที่การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนของแบนด์ 10 จังหวัด ระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	60
4-2 แผนที่การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนของแบนด์ 11 จังหวัด ระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	61
4-3 กราฟความสัมพันธ์ของการแผ่รังสีของแบนด์ 10 และ 11 จังหวัดระยอง.....	62
4-4 แผนที่อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	64
4-5 แผนที่ระดับอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	64
4-6 แผนที่อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	66
4-7 แผนที่ระดับอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	67
4-8 แผนที่การสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	69
4-9 แผนที่การสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	70
4-10 แผนที่ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	72
4-11 กราฟแสดงสถิติดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI รายอำเภอจังหวัดระยอง.....	72
4-12 แผนที่สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (FVC) จังหวัดระยองปี พ.ศ. 2558.....	74
4-13 แผนที่สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	75
4-14 แผนที่สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	76

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-15 แผนที่ค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558 .....	76
4-16 แผนที่ค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558 .....	77
4-17 แผนที่ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558 .....	79
4-18 สัดส่วนหรือร้อยละของไอน้ำในชั้นบรรยากาศในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง .....	80
4-19 กราฟแสดงสถิติอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-window รายอำเภอ จังหวัดระยอง.....	81
4-20 กราฟแสดงสัดส่วนหรือร้อยละของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง ....	82
4-21 แผนที่อุณหภูมิพื้นผิวดิน จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558.....	83
4-22 แผนที่ระดับอุณหภูมิพื้นผิวดิน จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558 .....	84
4-23 แผนที่ภาพสีผสมเท็จจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 จังหวัดระยอง.....	87
4-24 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 จังหวัดระยอง.....	88
4-25 แผนที่จุดอ้างอิงในการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	89
4-26 กราฟแสดงสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินจาก สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง จังหวัดระยอง .....	95
4-27 กราฟแสดงสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินจาก สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ จังหวัดระยอง .....	97
4-28 แผนที่ระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง .....	101
4-29 ภาพตัดขวางของค่าดัชนีความร้อนในเขตเมือง บริเวณมาบตาพุด .....	102
4-30 แผนที่การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (ก) กับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) จังหวัดระยอง.....	108
4-31 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง	109
4-32 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด จังหวัดระยอง.....	110
4-33 กราฟแสดงสมการถดถอยระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยกับร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง .....	116
4-34 กราฟแสดงสมการถดถอยระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยกับร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์ เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด จังหวัดระยอง.....	117



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาคผนวก ก-1 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาการแผ่รังสีในช่วงคลื่น อินฟราเรดความร้อน .....	133
ภาคผนวก ก-2 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาอุณหภูมิความสว่าง ของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 .....	135
ภาคผนวก ก-3 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับศึกษาสะท้อนในช่วงคลื่น อินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง .....	137
ภาคผนวก ก-4 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับศึกษาดัชนีพืชพรรณ NDVI....	138
ภาคผนวก ก-5 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ ปกคลุมดิน .....	139
ภาคผนวก ก-6 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาสภาพเปล่งรังสีของ พื้นผิวโลก .....	141
ภาคผนวก ก-7 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาสภาพไอน้ำในชั้น บรรยากาศ .....	143
ภาคผนวก ก-8 กราฟฟีกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split- Window .....	145

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (Urban Heat Island) เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยเฉพาะสถานะที่โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น หรือที่เรียกว่าภาวะโลกร้อน (Global Warming) องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ระบุว่าปริมาณมลพิษที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลกในระดับที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นในอัตราที่รวดเร็วเกินการคาดหมายอย่างมากและอุณหภูมิพื้นผิวดินจะสูงขึ้นอีก 2 องศาเซลเซียสภายในปี พ.ศ. 2573 และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบรุนแรงจนเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ (สำนักข่าวสิ่งแวดล้อม, 2559) แม้ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นเพียงไม่กี่องศา แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมินั้นส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเกิดภัยพิบัติ เช่น ภัยแล้ง อุทกภัย วัตภัยให้ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นและสาเหตุหนึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของชุมชนเมือง อุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้าง ยิ่งมีการขยายตัวของพื้นที่ดังกล่าวมากขึ้นเท่าใด ก็ยิ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่สูงขึ้นเท่านั้น จนเกิดเป็นปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองตามมาในที่สุด ถึงแม้ว่าการเพิ่มขึ้นของชุมชนเมือง อุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างจะเป็นที่ประจักษ์ในระดับโลก ระดับภูมิภาคหรือระดับประเทศว่ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ แต่ก็ไม่สามารถลดความต้องการของมนุษย์ได้ กิจกรรมดังกล่าวจึงต้องดำเนินการต่อไป (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2556)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากเกษตรกรรมเป็นอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยปกติกุณหภูมิของพื้นที่เกษตรกรรมจะสูงกว่าอุณหภูมิของพื้นที่ป่าไม้ แต่ก็ยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะในกรุงเทพฯ ที่เป็นศูนย์กลางความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม จากความเจริญดังกล่าวส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของชุมชนที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม ในทางตรงข้ามพื้นที่สีเขียวที่ทำหน้าที่ดูดซับรังสีของดวงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีน้อยลง จนเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในที่สุด (ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) โดยกรมอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดอุณหภูมิพบว่า ในปี พ.ศ. 2555 กรุงเทพฯ มีอุณหภูมิต่ำสุด 21.8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดถึง 40 องศาเซลเซียส ปี พ.ศ. 2556 มีอุณหภูมิต่ำสุด 17.8 องศาเซลเซียสและสูงสุดถึง 40.1 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิ

สูงที่สุดในรอบ 10 ปี และในปี พ.ศ. 2557 มีอุณหภูมิต่ำสุด 16.6 องศาเซลเซียสและสูงสุด 39.1 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังพบว่า กรุงเทพฯ มีอุณหภูมิสูงสุดรายวันสูงถึง 37-40 องศาเซลเซียสต่อเนื่องยาวนานมากกว่า 10 วัน ซึ่งยังไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) จากการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองกรุงเทพฯ ในปี พ.ศ. 2556 ด้วยการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวตามแต่ละเขตพื้นที่ของกรุงเทพฯ พบว่า เขตดุสิต เขตห้วยขวางและเขตคลองเตย มีอุณหภูมิสูงกว่าเขตอื่น เช่น เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง ซึ่งอุณหภูมิส่วนต่างนี้จะเห็นได้ชัดในตอนกลางคืนและตอนกลางวันหรือช่วงที่ลมอ่อนตัว (พงศธร กลิ่น โสภณ ภาวิณี เอี่ยมตระกูล สุณิษา มินรินทร์และสมศิริ เชี่ยววัฒนกุล, 2556) โดยมีปัจจัยหลักมาจากการลดลงของพืชพรรณในพื้นที่เมือง สัดส่วนของวัสดุอาคารที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนแสงอาทิตย์ การปลดปล่อยความร้อนและการเก็บกักความร้อน รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้า การคมนาคมขนส่ง และกระบวนการทางด้านอุตสาหกรรม (สมศิริ เชี่ยววัฒนกุลและภาวิณี เอี่ยมตระกูล, 2556) เนื่องจากความเจริญของกรุงเทพฯ ก่อให้เกิดปัญหาแรงงานเคลื่อนย้ายจากทุกภูมิภาคเข้าสู่กรุงเทพฯ สร้างความแออัด เกิดการแข่งขัน ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานไม่เพียงพอต่อการรองรับ เกิดปัญหาน้ำเสีย ขยะล้นเมือง มลพิษ จากปัญหาดังข้างต้น รัฐบาลจึงพยายามสร้างความเจริญและแหล่งเศรษฐกิจใหม่ให้กระจายสู่ภูมิภาคต่าง ๆ โดยเฉพาะแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 ปี พ.ศ. 2525- 2529 ที่มีนโยบายในการผลักดันให้ภาคตะวันออกเป็นเป้าหมายหลักในการดำเนินการยุทธศาสตร์และพัฒนาเศรษฐกิจ เพื่อชะลอการขยายตัวของกรุงเทพฯ ซึ่งจังหวัดระยองเป็นจังหวัดหนึ่งที่อยู่เป้าหมายการดำเนินการทางด้านยุทธศาสตร์และพัฒนาเศรษฐกิจ เนื่องจากมีทำเลที่ตั้งเหมาะสมต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและห่างจากกรุงเทพมหานครไม่มากนัก ผลจากนโยบายดังกล่าวทำให้จังหวัดระยองกลายเป็นศูนย์กลางด้านอุตสาหกรรมเพราะการลงทุนและการส่งออกอยู่ในเขตการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกเอื้อต่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ทำให้มีการเคลื่อนย้ายเงินทุน เคลื่อนย้ายแรงงานมาสู่ภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 จังหวัดระยอง มีนิคมอุตสาหกรรมที่ร่วมดำเนินการกับเอกชน เขตประกอบการอุตสาหกรรม ชุมชนอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม รวมทั้งสิ้น 23 แห่ง เนื้อที่ประมาณ 40,000 ไร่ มีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 2,155 แห่ง จำนวนคนงานรวม 131,847 คน และเพิ่มขึ้นเป็น 2,713 แห่ง ในปี พ.ศ. 2557 มีจำนวนคนงานรวม 145,466 คน การที่อุตสาหกรรมของจังหวัดระยองมีหลากหลายประเภท ทั้งการผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แปรรูปสินค้าเกษตร การผลิตไฟฟ้า การผลิตสารเคมี ซึ่งสร้างมูลค่ารวมในแต่ละปีเกือบ 1 ใน 3 ของงบประมาณรายจ่ายประเทศไทย (สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก, 2558) จากสาเหตุดังกล่าวทำให้จังหวัดระยองมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไปสู่พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวมถึง

อุตสาหกรรมจำนวนมากและพื้นที่อุตสาหกรรมหลายแห่งตั้งอยู่ใกล้พื้นที่อำเภอเมืองระยองจนเกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ อีกทั้งปัญหาความขัดแย้งระหว่างชุมชนที่อยู่อาศัยโดยรอบกับนิคมอุตสาหกรรม จนมีข้อเรียกร้องให้เกิดโครงการสร้างพื้นที่กันชนอุตสาหกรรม (Industrial Buffer Zone) ประเภทพื้นที่สีเขียวในบริเวณเขตรอยต่อของพื้นที่ชุมชนกับพื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดระยอง โดยแนวคิดการป้องกันและบรรเทาผลกระทบด้วยการใช้ธรรมชาติสีเขียวในการส่งเสริมให้ชุมชนและอุตสาหกรรมสามารถอยู่ร่วมกันได้ จากสถิติของอุณหภูมิตพบที่ จังหวัดระยองมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28.3 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเดือนเมษายนของทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2556 พบว่า มีการทำลายสถิติอุณหภูมิสูงสุดที่สถานีตรวจวัดอากาศห้วยโป่งในรอบ 34 ปี มีอุณหภูมิสูงสุด 39 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) จากสถิติดังกล่าวรวมถึงการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนเมืองและอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้องศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดจนการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองว่าในปัจจุบันมีสภาพเป็นเช่นไร มีระดับการเกิดปรากฏการณ์อยู่ในระดับใด

อุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature) เป็นอุณหภูมิในรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาติดตามอุณหภูมิ โดยการตรวจวัดความร้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) ที่อาศัยการแผ่รังสี (Radiance) ความร้อนของสิ่งปกคลุมดินหรือพื้นผิวของโลกและสามารถบอกถึงอุณหภูมิในแต่ละสิ่งปกคลุมดินได้อย่างละเอียดและมีประสิทธิภาพรวมไปถึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศหรือที่รู้จักกันว่า เทคโนโลยี 3S ได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) นั้นสามารถนำมาประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 และยังสามารถพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับโปรแกรม ArcGIS for Desktop 10 ในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม รวมไปถึงการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองได้อีกด้วย

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

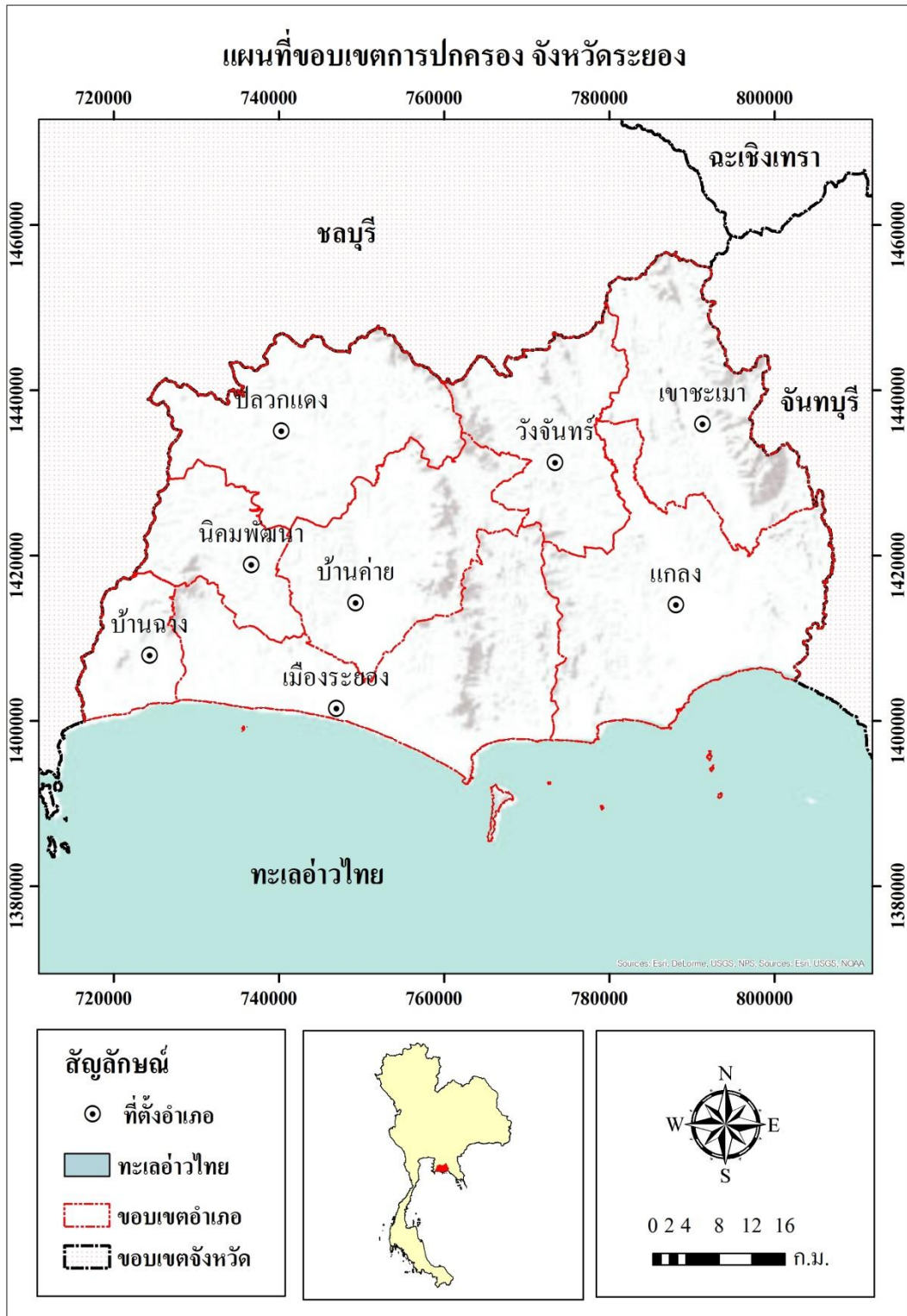
1. เพื่อประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8
2. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน
4. เพื่อศึกษาระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง ปี พ.ศ. 2558

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้เครื่องมืออัตโนมัติสำหรับประมวลผลข้อมูลภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 สำหรับโปรแกรม ArcGIS for Desktop 10 และทราบถึงข้อมูลภูมิพื้นผิวดินจังหวัดระยอง
2. ได้ทราบถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดระยองปี พ.ศ. 2558
3. ได้ทราบถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลภูมิพื้นผิวดินกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน
4. ได้ทราบถึงระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองและจำนวนพื้นที่ของแต่ละระดับของการเกิดปรากฏการณ์ จังหวัดระยอง
5. สามารถนำไปประยุกต์กับพื้นที่อื่นได้

## ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา  
การวิจัยครั้งนี้จะศึกษาพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดระยอง มีพื้นที่ประมาณ 2,220,000 ไร่ หรือ 3,552 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองระยอง อำเภอแกลง อำเภอบ้านค่าย อำเภอบ้านฉาง อำเภอปลวกแดง อำเภอวังจันทร์ อำเภอเขาชะเมาและอำเภอนิคมพัฒนาคุณภาพที่ 1-1
2. ขอบเขตด้านเนื้อหา  
การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างกล่องเครื่องมือ (Arc Toolbox) สำหรับประมวลผลข้อมูลภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop 10 บนพื้นฐานแนวคิดการเพิ่มศักยภาพในการใช้งานโปรแกรมที่มีอยู่อย่างเต็มประสิทธิภาพและใช้งานง่าย รวมถึงการนำข้อมูลภูมิพื้นผิวดิน ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองและคาดการณ์ข้อมูลภูมิพื้นผิวดินของจังหวัดระยองในอนาคต



ภาพที่ 1-1 แผนที่ขอบเขตการปกครองจังหวัดระยอง

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การประมาณค่า (Estimation) หมายถึง การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินด้วยการจัดปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิที่มีความใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด

2. อุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature) หมายถึง ความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของวัตถุบนพื้นผิวโลกที่ตรวจจับได้ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8

3. สภาพเปล่งรังสี (Emissivity) หมายถึง อัตราส่วนของพลังงานทั้งหมดที่แผ่รังสีของวัตถุจริงใด ๆ หาดด้วยพลังงานทั้งหมดที่แผ่รังสีของวัตถุดำ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

4. ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (Urban Heat Island) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่สภาพอากาศในบริเวณเขตเมืองจะมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่สูงกว่าบริเวณชนบทข้างเคียง

5. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการจัดเก็บ (Storage) จัดการ (Management) วิเคราะห์ (Analysis) และแสดงผล (Display) ข้อมูลภูมิศาสตร์หรือข้อมูลเชิงพื้นที่

6. การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) หมายถึง วิทยาศาสตร์หรือศิลปะของการได้มาซึ่งวัตถุพื้นที่หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นสื่อการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

7. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) หมายถึง ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุและรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing and Ranging) จำนวน 24 ดวงที่โคจรอยู่บนพื้นโลกสามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมงที่ทุกๆ จุดบนผิวโลก

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้แบ่งกรอบแนวคิดในการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ การสร้างกล่องเครื่องมือในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ด้วยแบบจำลอง Split-Window แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลักและ 8 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1) การศึกษาอุณหภูมิความสว่าง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การศึกษาการแผ่รังสีและการศึกษาอุณหภูมิความสว่าง 2) การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ การศึกษาการ

สะท้อน การศึกษาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI การศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน และสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก 3) การศึกษาไอน้ำในชั้นบรรยากาศและ 4) การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน ดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-2 กรอบแนวคิดการสร้างเครื่องมือสำหรับประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวดิน

ส่วนที่สอง คือ การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินจากกล่องเครื่องมือประมวลผล โดยศึกษาสถิติพื้นฐานของอุณหภูมิ ได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามขอบเขตการปกครองของแต่ละอำเภอ รวมไปถึงการนำอุณหภูมิพื้นผิวดินดังกล่าวมาศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง

ส่วนที่สาม คือ การศึกษาประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดระยอง โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ แหล่งน้ำ เกษตรกรรม ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงพื้นที่อื่น ๆ เพื่อดูถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาที่ศึกษาวิจัย จนกระทั่งสรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากนั้นนำผลการศึกษาจากส่วนที่สองและส่วนที่สามมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทั้งในด้านของอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและอุณหภูมิพื้นผิวดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง





ภาพที่ 1-3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ครอบคลุมประเด็นศึกษาต่าง ๆ ซึ่งจำแนกหัวข้อดังต่อไปนี้ คือ ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินและคลื่นอินฟราเรดความร้อน ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

จังหวัดระยองตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทยหรือริมฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 180 กิโลเมตรและตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 12 ถึง 13 องศาเหนือและระหว่างลองจิจูด 100 ถึง 101 องศาตะวันออก มีพื้นที่ 3,552 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 2,220,000 ไร่

##### 1. อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	เขตอำเภอหนองใหญ่ อำเภอบ่อทองและอำเภอสรีราชาจังหวัดชลบุรี
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	เขตอำเภอนายายอาม อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	เขตอำเภอสหัสขันธ์และอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

##### 2. ขอบเขตการปกครอง

จังหวัดระยองแบ่งการปกครองออกเป็น 8 อำเภอ 54 ตำบล 439 หมู่บ้าน การปกครองส่วนท้องถิ่นประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาลนคร 1 แห่ง เทศบาลเมือง 2 แห่ง เทศบาลตำบล 25 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล 39 แห่ง อำเภอทั้ง 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอแกลง อำเภอบ้านค่าย อำเภอบ้านฉาง อำเภอปลวกแดง อำเภอวังจันทร์ อำเภอเขาชะเมาและอำเภอนิคมพัฒนา

### 3. ลักษณะภูมิประเทศ

ภูมิประเทศ เป็นที่ราบชายฝั่งที่เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณแอ่งลุ่มน้ำระยอง และที่ลาดสลับเนินเขาและภูเขา มีลักษณะเป็นลอนลูกคลื่นสูงต่ำสลับกันไป โดยมีพื้นที่เป็นที่เขา 2 แนว คือ ทิวเขาชะเมาทางทิศตะวันออก ซึ่งสูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,035 เมตรและทิวเขาที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของตัวจังหวัดเป็นแนวยาวจากอำเภอเมืองระยองขึ้นไปทางเหนือจนสุดเขตจังหวัด มีแม่น้ำสายสั้น ๆ ซึ่งเกิดจากเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัดไหลลงสู่อ่าวไทย แม่น้ำที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำระยอง เป็นต้น ลักษณะชายฝั่งทะเลมีหาดทรายสวยงามและมีเกาะใหญ่น้อยเรียงรายเลียบตามแนวชายฝั่งนับเป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ

### 4. สภาพทางภูมิอากาศ

มีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ลมทะเลพัดผ่านตลอดปี อากาศอบอุ่นไม่ร้อนจัด บริเวณชายฝั่งทะเลเย็นสบาย ในฤดูฝนจะมีฝนตกชุกระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคมของทุกปี สามารถเก็บน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำเพียงพอสำหรับการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมได้ตลอดทั้งปี

### 5. สภาพทางเศรษฐกิจ

เป็นเมืองอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว โดยในช่วง 20 ปีเศษที่ผ่านมา มีเงินลงทุนรวม 9.92 แสนล้านบาท ส่งผลให้จังหวัดระยองเป็นฐานอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญของประเทศ มีอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจเฉลี่ย (ปี 2544-2551) ร้อยละ 6.2 ต่อปี สูงกว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศที่มีอัตราเฉลี่ยที่ร้อยละ 4.8 และมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวมากกว่า 1 ล้านบาทต่อปี ซึ่งสูงเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ นอกจากนี้จังหวัดระยองยังมีศักยภาพทางด้านการท่องเที่ยวรวมทั้งเป็นแหล่งผลิตผลไม้เพื่อการส่งออกที่สำคัญของประเทศ จึงมีแรงงาน เข้าของธุรกิจ เดินทางเข้ามาในพื้นที่จังหวัดระยองจำนวนมาก ทั้งที่อยู่ประจำและไปกลับ ประชากรกลุ่มนี้ได้ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มและความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจให้กับภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการของจังหวัด อันเป็นการเพิ่มผลิตภาพโดยรวมให้กับประเทศ นอกจากนี้จังหวัดระยองยังมีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด คือ ยางพารา สับปะรด มันสำปะหลัง ข้าวและทุเรียน โดยภาพรวมมีธุรกิจที่ใกล้เคียงกับจังหวัดชลบุรีทั้งด้านการกสิกรรม การประมง การอุตสาหกรรมและการพาณิชย์

ภาคการผลิตด้านอุตสาหกรรมมีโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ ซึ่งมีผู้ประกอบการอยู่จำนวนมากในพื้นที่จังหวัดระยอง การทำอุตสาหกรรมประเภทนี้ผู้ประกอบการแต่ละรายมีการรวมกลุ่มกันในเรื่องของการผลิต การตลาด จึงทำให้สามารถเปิดตลาดการค้าได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างแรงงานได้ดีด้วยเช่นกัน

## 6. สภาพทางสังคมและวัฒนธรรม

วิถีชีวิตของชาวระยองที่เกี่ยวข้องโยงกับเรือและทะเลมาเป็นเวลานาน ซึ่งทำให้มีภูมิปัญญาในด้านการผลิตอาหารแปรรูปจากอาหารทะเลในรูปแบบต่าง ๆ ประเพณีที่เกี่ยวข้องกับการทอดผ้าป่ากลางน้ำประแสร์และยังมีพื้นฐานเศรษฐกิจดั้งเดิมจากภาคเกษตรและภาคประมงด้วย แต่ปัจจุบันสภาพสังคมได้ปรับเปลี่ยนไปตามสภาพเศรษฐกิจและการลงทุนในจังหวัด จากการที่มีภาคอุตสาหกรรมเข้ามาลงทุนเป็นจำนวนมาก โดยมีอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เป็นตัวนำ ทำให้มีคนต่างถิ่นเข้ามาอยู่ในเมืองมากขึ้น ทั้งที่อยู่ประจำหรือต้องเดินทางกลับกรุงเทพฯ ในทุกสัปดาห์ คาดว่าประชากรแฝงที่อยู่ในจังหวัดระยองนั้นจะมีอยู่เป็นจำนวนมากทั้งในภาคการผลิตและภาคการบริการต่าง ๆ โดยธุรกิจบริการจำนวนมากได้เกิดขึ้นเพื่อรองรับภาคอุตสาหกรรมและรองรับความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้พื้นที่เกษตรลดน้อยลง นอกจากนี้ จังหวัดระยองเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญจนทำให้มีธุรกิจบริการการท่องเที่ยวและธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ขยายตัวขึ้นด้วยเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวทั้งคนไทยและคนต่างชาติ ซึ่งเป็นอีกกลุ่มประชากรที่สำคัญของจังหวัดระยอง (สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก, 2558)

### แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 1. การใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดิน (Land Use) หมายถึง การนำที่ดินมาใช้สนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม พาณิชยกรรม อุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2537) การใช้ที่ดินแต่ละแบบจะมีผลต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิตของที่ดินและเกิดการเสื่อมโทรมของดิน เพราะที่ดินแต่ละประเภทมีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีคุณสมบัติและองค์ประกอบแตกต่างกันออกไป การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่มีการควบคุมหรือวางผังเมืองจะมีลักษณะคล้ายคลึงปะปนกันไม่เป็นระเบียบ ความแออัดจะกระจุกตัวอยู่ที่ศูนย์กลางและกระจายตัวออกไปรอบนอกชุมชนอย่างไร้ทิศทางและแบบแผน

สถิต วัชรกิตติ (2521) ได้จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพิจารณาถึงสภาพที่ดินที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ภูมิประเทศ ความสูงของพื้นที่ สมรรถนะที่ดิน ความเหมาะสมของที่ดินและสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมสามารถจำแนกได้ 5 ประเภท ดังนี้

1.1 เมืองและสิ่งก่อสร้าง (Urban and Built-Up) ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ย่านการค้า อุตสาหกรรม คมนาคมและสถานที่ราชการอื่น ๆ

1.2 พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชล้มลุกและพืชถาวร เช่น สวนผัก ผลไม้ พืชไร่ นาข้าว เป็นต้น

1.3 ป่าไม้ (Forest) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ทั่วไปและจัดแยกย่อยไปตามประเภทของป่าไม้ เช่น ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าชายเลน ป่าไผ่ หุบเขาธรรมชาติ และสวนป่า เป็นต้น

1.4 แหล่งน้ำ (Water) ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นแม่น้ำ ลำธาร หนอง คลอง บึง ทะเลสาบ และแหล่งกักเก็บน้ำที่สร้างขึ้น

1.5 พื้นที่ว่างเปล่า (Idle) ได้แก่ พื้นที่ที่ปราศจากสิ่งปกคลุมและรวมไปถึงไร่ร้าง

## 2. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

กิจกรรมของมนุษย์บนพื้นดินและสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติบนผืนแผ่นดิน ในที่นี้จะรวมเอาสิ่งคลุมดินเข้าไปด้วยเพื่อที่จะสามารถจัดจำแนกพื้นที่ได้ทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วลำดับชั้นของสิ่งปกคลุมมีด้วยกัน 3 ประการ คือ โครงสร้างทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น ปรากฏการณ์ทางชีวภาพ และการพัฒนาการทุกประเภท สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินนับว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งต่อการวางแผนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ โดยที่สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้นการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอาจต้องมีการปรับปรุงบ่อยครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้ที่ดิน

## 3. ประเภทของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่มีการควบคุมหรือวางผังเมืองจะมีลักษณะคละเคล้าปะปนกันไม่เป็นระเบียบ ความแออัดจะกระจุกตัวอยู่ที่ศูนย์กลางและกระจายออกไปรอบนอกชุมชนอย่างไรทิศทางและแบบแผน เมื่อชุมชนขยายสู่ความเป็นเมือง ปัญหาต่าง ๆ ก็ตามมา การวางผังเมืองเป็นการจัดการระเบียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบคมนาคมขนส่งและเตรียมรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคต โดยการพิจารณาแผนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นการพิจารณาจากการใช้อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีพของประชาชน 3 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่อาศัย ส่วนทำงานและบริการสาธารณะ ส่วนที่พักผ่อนหย่อนใจ ในที่นี้จะขอกกล่าวถึง 4 ประเภทที่สำคัญ คือ

### 3.1 ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย (Residential Land Uses)

แนวความคิดที่ใช้ในการวางผังที่อยู่อาศัย ได้แก่ Neighborhood Concept เป็นการกระจายความเจริญจากชุมชนหลักออกไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของเมือง ให้ประชาชนได้รับบริการทางด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ โดยทั่วถึงและเท่าเทียมกัน มีการอยู่อาศัยที่ดีและน่าพึงปรารถนา กรมการผังเมืองได้จำแนกที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

3.1.1 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่น

3.1.2 ประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก

3.1.3 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง

### 3.1.4 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย

### 3.1.5 ประเภทอนุรักษ์เพื่อการอยู่อาศัย

การกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยมีหลักการสำคัญว่า พื้นที่ดังกล่าวควรจะเป็นบริเวณพื้นที่มีการระบายน้ำดี ลักษณะดินไม่เป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้าง มีศักยภาพในการจัดบริการทางด้านสาธารณูปโภคสาธารณูปการได้อย่างเพียงพอ มีความสะดวกในการเข้าถึง มีความปลอดภัยจากสิ่งรบกวนต่าง ๆ มีสภาพแวดล้อมที่ดีใกล้สถานที่ทำงานและย่านการค้า

## 3.2 ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม (Commercial Land Uses)

การใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชยกรรม เป็นลักษณะที่โดดเด่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมือง เป็นบริเวณที่มีการรวมตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้มข้น เป็นศูนย์กลางธุรกิจการพาณิชย์และการบริการ โดยเฉลี่ยแล้วร้อยละ 2-5 ของพื้นที่เมือง เป็นที่ดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการพาณิชยกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

3.2.1 ร้านค้าเบ็ดเตล็ดและตลาดสด (Neighborhood Convenient Stores and Community Markets) เป็นสถานที่จำหน่ายสินค้าเบ็ดเตล็ดในชีวิตประจำวัน รวมถึงตลาดสด ซึ่งเป็นศูนย์รวมธุรกิจการค้าเบ็ดเตล็ดของชุมชน มีพื้นที่ขนาดเล็กและกระจายตัวอยู่ทั่วไป

3.2.2 ศูนย์กลางพาณิชยกรรมกลางเมือง (Central Business District: CBD) เป็นบริเวณที่กว้างใหญ่ที่สุดและหนาแน่นที่สุดของธุรกิจการค้าขายและการให้บริการ เป็นที่รวมของกิจการค้าปลีก สำนักงานให้บริการ สถาบันการเงิน สถานเริงรมย์ โรงแรมและอื่น ๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

3.2.2.1 C.B.D. ในเมือง ซึ่งใช้พื้นที่น้อย อยู่ในทำเลที่ตั้งของการแข่งขัน ราคาที่ดินแพง อาคารสูง เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเต็มที่ในพื้นที่จำกัด

3.2.2.2 C.B.D. ชานเมืองเป็นผลมาจากปัจจุบัน กิจกรรมที่เป็นธุรกิจกลางของเมืองใหญ่ ๆ ที่อยู่ใจกลางเมืองต้องประสบปัญหาต่าง ๆ อาทิ การจราจรติดขัด ราคาที่ดินสูง ความแออัดและเสื่อมโทรม ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าด้านการสื่อสารและการคมนาคมที่สะดวก จึงได้มีการขยายตัวออกสู่ชานเมือง

การกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม มีหลักที่สำคัญ คือ พื้นที่ดังกล่าวควรอยู่บนที่ราบ ปลอดภัยจากน้ำท่วม สามารถระบายน้ำได้ดี มีความสะดวกในการเข้าถึง มีระบบโครงข่ายถนนที่ได้มาตรฐานและสามารถติดต่อเชื่อมโยงกับบริเวณอื่น ๆ เพื่อความสะดวกในการสัญจร อยู่ในบริเวณที่มีสถาบันการเงินและการบริการสาธารณะอื่น ๆ

## 3.3 ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม (Industrial Land Uses)

ประเทศไทยกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมไว้ไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่เมือง โดยแบ่งที่ดินประเภทอุตสาหกรรมออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ

3.3.1 ประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า

3.3.2 ประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ

3.3.3 ประเภทคลังสินค้า

การวิเคราะห์อุตสาหกรรมเพื่อกำหนดที่ตั้งและขนาดของพื้นที่ในการวางผังเมือง ได้พิจารณาจำแนกประเภทตามกระบวนการผลิตและกระบวนการเชื่อมโยงกับการผลิตเพราะกระบวนการผลิตเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านที่ตั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินแต่ละประเภท หลักการกำหนดที่ตั้งของที่ดินประเภทอุตสาหกรรมที่สำคัญควรเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่เกินร้อยละ 5 เพื่อการระบายน้ำและการกำจัดของเสีย อยู่ใกล้เส้นทางคมนาคมสายหลัก มีความพร้อมในด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ เป็นบริเวณที่มีราคาที่ดินต่ำและมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการขยายตัวของโรงงานในอนาคต อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ อยู่ใกล้ตลาด ไม่อยู่ในทิศทางที่คว้น ลมพัด ลมพัดเข้าเมือง ไม่อยู่ในทิศทางที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ หรือทางลำน้ำธรรมชาติและต้องไม่เกิดผลกระทบกับจุดเด่นของเมือง

3.4 ที่ดินประเภทสงวนและควบคุมการพัฒนา

ที่ดินประเภทที่สงวนและควบคุมการพัฒนา เป็นการ उपयोगที่ดินประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับเมือง วัตถุประสงค์ของการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนี้เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเมืองให้อยู่ในบริเวณที่กำหนด รักษาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศของเมืองและสร้างภาพลักษณ์ของเมืองให้สอดคล้องกับธรรมชาติ โดยแบ่งที่ดินประเภทที่สงวนและควบคุมการพัฒนาออกเป็น 4 ประเภท

3.4.1 ประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

3.4.2 ประเภทอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม

3.4.3 ประเภทอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมไทย

3.4.4 ประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการประมง

พื้นที่ที่เหมาะสมแก่การจัดให้เป็นที่ดินประเภทที่สงวนควบคุมและพัฒนา คือ พื้นที่ที่เป็นแหล่งวัตถุดิบหรือทรัพยากรทางธรรมชาติ พื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังหรือรับการระบายน้ำท่วม พื้นที่สาธารณูปโภคของเมือง พื้นที่อนุรักษ์และสงวนรักษา พื้นที่ที่ปิดกั้นให้เป็นที่โล่ง เป็นต้น

โดยรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวดิน พื้นที่ที่เป็นชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างจะมีค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าไม้

#### 4. ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง อธิบายถึงพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่มีความร้อนมากกว่าพื้นที่ชนบทที่อยู่ใกล้เคียง โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีของเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่ 1 ล้านคน หรือมากกว่า สามารถเพิ่มอุณหภูมิขึ้นประมาณ 1-3 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับพื้นที่ใกล้เคียง (US Environmental Protection Agency, 2015) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองยังมีผลต่อชุมชน เช่น การเพิ่มความต้องการในการใช้พลังงานในฤดูร้อน ค่าใช้ไฟฟ้าในการเปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งทำให้มลพิษทางอากาศและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น

##### 4.1 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวของสิ่งปกคลุม

ในวันที่มีอุณหภูมิสูงเนื่องมาจากสภาวะอากาศที่ร้อนจัด แสงจากดวงอาทิตย์สามารถให้ความร้อนกับพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ในเขตเมือง เช่น ผิวอาคาร พื้นผิวของหลังคาและพื้นถนน ซึ่งสะสมความร้อนได้มาก ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศโดยรอบได้ถึง 2-5 องศาเซลเซียส ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ในร่มเงาหรือพื้นผิวที่มีความชื้น ซึ่งเป็นพื้นผิวที่อยู่ในชนบทเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ยังคงมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับบรรยากาศ การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island) ที่พื้นผิวสามารถเกิดขึ้นทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืน แต่มีแนวโน้มที่จะเกิดมากในช่วงกลางวัน เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังพื้นผิวความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ย ในช่วงกลางวันพื้นผิวระหว่างเขตพื้นที่เมืองที่มีการพัฒนาและพื้นที่ชนบทอาจสูงถึง 10-15 องศาเซลเซียส และช่วงกลางคืนความแตกต่างจะมีค่าประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบนพื้นผิวมากหรือน้อยจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ สิ่งปกคลุมดิน และสภาพอากาศ ซึ่งส่งผลทำให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่พื้นผิวของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูร้อนท้องฟ้าโปร่ง เปิดโล่ง จึงส่งผลให้รังสีจากดวงอาทิตย์สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงกระทบพื้นผิวได้มากกว่าฤดูอื่น ๆ ทั้งยังไม่มีกระแสลมช่วยพัดพาความร้อนออกจากเขตเมืองไปสู่เขตชนบท ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเขตเมืองและเขตชนบทเพิ่มสูงขึ้นในฤดูร้อน

##### 4.2 การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบรรยากาศ

เขตพื้นที่เมืองจะมีอากาศในชั้นบรรยากาศที่ร้อนกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ชนบทโดยรอบ ซึ่งเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในบรรยากาศ การเกิดปรากฏการณ์ลักษณะนี้สามารถแบ่งลักษณะการเกิดกับชั้นบรรยากาศออกเป็นสองประเภทที่แตกต่างกัน คือ



4.2.1 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่เกิดในชั้นของบรรยากาศที่ต่ำกว่าเรือนยอดต้นไม้ เกิดกับชั้นบรรยากาศที่ติดกับพื้นผิวเป็นชั้นบรรยากาศที่ผู้คนอาศัยอยู่ ปรากฏการณ์นี้นับจากพื้นดินขึ้นไปจนถึงเรือนยอดต้นไม้หรือหลังคาบ้าน

4.2.2 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่เกิดในชั้นของบรรยากาศที่สูงกว่าเรือนยอดต้นไม้ขึ้นไป เริ่มนับจากยอดต้นไม้หรือหลังคาบ้านและขยายขึ้นไปถึงยังจุดที่เขตเมืองไม่ส่งผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปชั้นนี้จะมี ความสูงขึ้นไปในบรรยากาศได้ถึง 1.5 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในบรรยากาศจะส่งผลค่อนข้างน้อยในช่วงสาย ตลอดถึงทั้งวันและจะส่งผลมากขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไป เนื่องจากการปลดปล่อยความร้อนอย่างช้า ๆ จากโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ในเมือง ช่วงเวลาที่อุณหภูมิขึ้นสูงสุดจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพื้นผิวเมืองและชนบทโดยรอบ ฤดูกาลและสภาพอากาศ

#### 4.3 การตรวจวัดปรากฏการณ์เกาะความร้อน

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองอาจจะจำแนกได้โดยการวัดอุณหภูมิ 2 แบบ คือ อุณหภูมิพื้นผิวดิน และอุณหภูมิอากาศ ( Air Temperature) โดยอุณหภูมิพื้นผิวจะเป็นอิทธิพลทางอ้อม แต่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ

การวัดอุณหภูมิพื้นผิวโดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล คือ พื้นฐานการตรวจวัดที่มีการบันทึกการสะท้อนและการปล่อยพลังงานของพื้นผิวโลกที่ปกคลุมไปด้วยอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พืชพรรณ ดินและน้ำ พื้นผิวที่กล่าวมาทั้งหมดจะมีการแผ่พลังงานในความยาวคลื่นอินฟราเรดความร้อนและถูกตรวจวัดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนดาวเทียมหรืออื่น ๆ ทำให้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลสามารถจำแนกและตรวจวัดอุณหภูมิในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนได้

### 5. แนวคิดวัตถุดำ (Blackbody Concept)

วัตถุดำ เป็นทฤษฎีที่นำเสนอโดยกุสตาฟ เกอร์ชอฟฟ์ (Gustav Krichhoff) ในปี ค.ศ. 1860 ซึ่งอธิบายถึงวัตถุที่สามารถดูดกลืน (Absorbed) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมดและไม่มี การสะท้อนหรือส่งผ่านพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสมมุติวัตถุขึ้นมาหนึ่งวัตถุที่มีลักษณะเป็นกล่อง ที่มีโพรงหรือช่องว่างขนาดเล็ก ซึ่งคลื่น (Wave) หรือโฟตอน (Photon) จะถูกตีกลับไปกลับมา ระหว่างผิวของกล่องและสามารถกำหนดอุณหภูมิได้โดยการแผ่รังสีที่แผ่ออกมาจากโพรงหรือช่องว่างจากผิวของกล่อง

การแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทุกความยาวคลื่นของวัตถุดำที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ สามารถอธิบายได้โดยกฎของพลังค์ (Planck's Law) ในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ที่มีชื่อว่า Planck Distribution ดังภาพที่ 2-1 ซึ่งอธิบายได้ว่า พลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อวัตถุ

มีอุณหภูมิสูงขึ้นและวัตถุจะแผ่รังสีในช่วงคลื่นสั้นมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น (Visible) จะสามารถตรวจจับรังสีความร้อนได้ เมื่อมีอุณหภูมิของวัตถุประมาณ 5,800 เคลวิน ซึ่งอุณหภูมิส่วนใหญ่ที่พบบนโลกมีอุณหภูมิต่ำกว่า 800 เคลวิน รังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจึงอยู่ในย่านของช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared Radiation) ที่สายตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยสามารถอธิบายในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$M_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^2 e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (2-1)$$

เมื่อ  $M_\lambda$  คือ การแผ่รังสีของวัตถุ หน่วย  $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m$

$h$  คือ ค่าคงที่ของพลังค์ ( $6.626 \times 10^{-34}$ ) หน่วย  $J \cdot s$

$C$  คือ ความเร็วแสง ( $2.9979246 \times 10^8$ ) หน่วย  $m \cdot s^{-1}$

$k$  คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann ( $1.3806 \times 10^{-23}$ ) หน่วย  $J \cdot K^{-1}$

$T$  คือ ค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ (Absolute Temperature) หน่วย  $^\circ K$

$\lambda$  คือ ความยาวคลื่น หน่วย  $\mu m$

กฎของสเตฟาน-โบลทซ์มานน์ (Stefan-Boltzmann's) นักวิทยาศาสตร์ชาวออสเตรีย ซึ่งได้คำนวณหาค่าความเข้มพลังงานการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Infrared) ของวัตถุค่าที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ที่ทุกความยาวคลื่นในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน โดยเรียกกฎนี้ว่า กฎของสเตฟาน-โบลทซ์มานน์ (Stefan-Boltzmann's Law) สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$W = \sigma T^4 \quad (2-2)$$

เมื่อ  $w$  คือ ความเข้มของพลังงาน หน่วย  $W \cdot m^{-2}$

$\sigma$  คือ ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann ( $5.6697 \times 10^{-8}$ ) หน่วย  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$

$T$  คือ อุณหภูมิของวัตถุ หน่วย  $^\circ K$

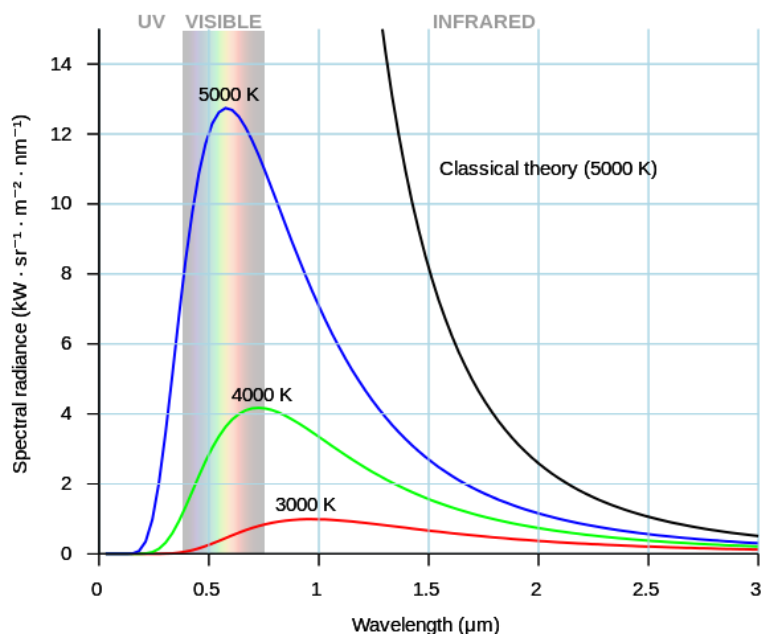
กฎการแทนที่ของเวียน (Wien's Displacement law) เป็นกฎที่อธิบายถึงอุณหภูมิที่ผกผันกับความยาวคลื่นตามกฎของพลังค์ ซึ่งกฎการแทนที่ของเวียน จะทำให้ทราบถึงความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุด เมื่อทราบอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ดังสมการที่ 2-3

$$\lambda_m = c/T \quad (2-3)$$

เมื่อ  $\lambda_m$  คือ ความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุด หน่วย  $m$

C คือ ค่าคงที่  $2.898 \times 10^{-3}$  หน่วย  $m \cdot K$

T คือ อุณหภูมิที่ทราบค่า หน่วย  $^{\circ}K$

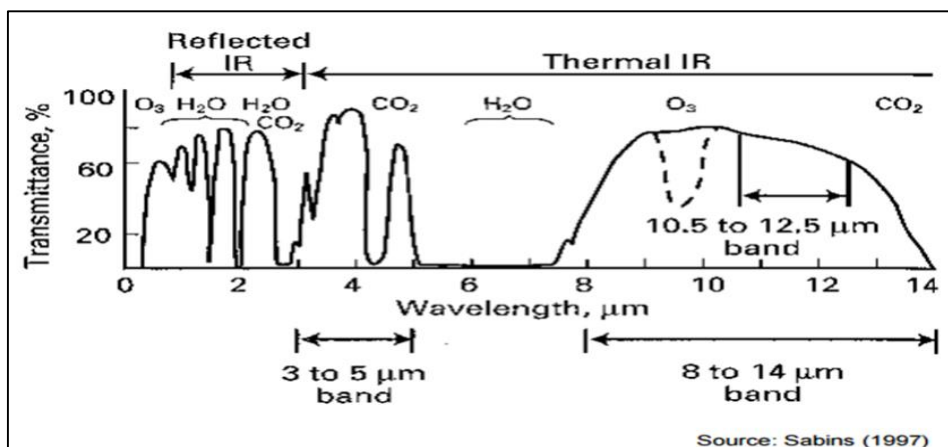


ภาพที่ 2-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่รังสีของช่วงคลื่นกับอุณหภูมิ

(Kuenzer, C., 2013)

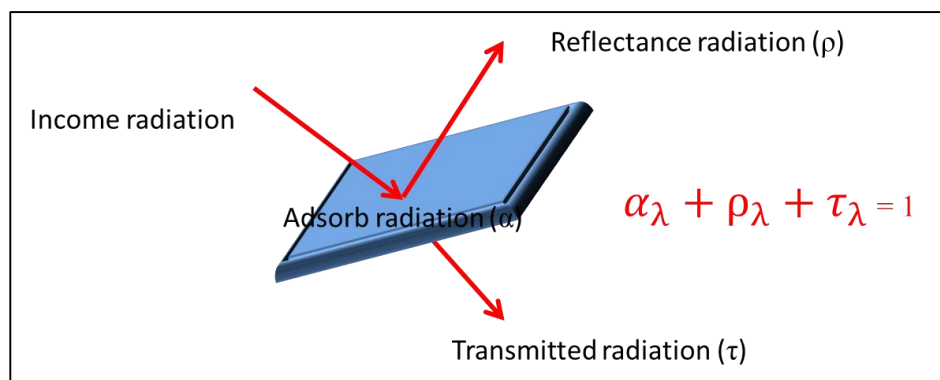
## 6. การแผ่รังสีของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

วัตถุทุกวัตถุที่มีอุณหภูมิมากกว่า 0 เคลวินหรือ  $-273$  องศาเซลเซียสจะมีการแผ่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน จะมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 3-14 ไมโครเมตร ซึ่งความยาวคลื่นประมาณ 5-7 และ 9-10 ไมโครเมตร จะถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศโดยไอน้ำ ( $H_2O$ ) และ โอโซน ( $O_3$ ) ดังภาพที่ 2-2 ช่วงคลื่นดังกล่าวจึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งาน



ภาพที่ 2-2 ปฏิสัมพันธ์ของชั้นบรรยากาศกับช่วงอินฟราเรดความร้อนในแต่ละความยาวคลื่น (Sabins, 1997)

โดยทั่วไปช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจะมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุอยู่ 3 รูปแบบ คือ การดูดกลืน ( $\alpha$ ) การสะท้อน ( $\rho$ ) และการส่งผ่าน ( $\tau$ ) ที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและคุณสมบัติของวัตถุหรือพื้นผิวนั้น ในอีกทางหนึ่ง ปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น (Wavelength) และขึ้นอยู่กับสัดส่วนระหว่างการดูดกลืน การสะท้อนและการส่งผ่าน ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ปฏิสัมพันธ์ของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนกับวัตถุ (Kuenzer, C., 2013)

แนวคิดการแผ่รังสีของวัตถุดำนั้น (Blackbody) เมื่อเปรียบเทียบกับ การแผ่รังสีของวัตถุจริงที่ไม่สามารถดูดกลืนพลังงานได้ทั้งหมด โดยสิ่งปกคลุมดินบนโลกมีการแผ่รังสี (Radiation) ออกมาเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดำสมมุติที่ได้จากแนวความคิด Blackbody จึงมีการเรียก การแผ่รังสีของสิ่งปกคลุมดินจริงว่า สภาพเปล่งรังสี (Emissivity) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ดังนี้

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{M(\lambda, T)}{M_b(\lambda, T)} \quad (2-4)$$

เมื่อ  $M(\lambda, T)$  คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุจริงที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ หน่วย  $W \cdot m^{-2}$

$M_b(\lambda, T)$  คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ หน่วย  $W \cdot m^{-2}$

$\varepsilon(\lambda, T)$  คือ สภาพเปล่งรังสี

สภาพเปล่งรังสี จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ซึ่งคุณสมบัติของผิววัตถุจะเป็นสิ่งที่แสดงถึงความสามารถในการแผ่รังสีในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนและจะถูกกำหนดจากลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบของวัตถุ ทั้งนี้พื้นผิวโลก (Land Surface) แต่ละประเภทจะมีทิศทางการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน แต่ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลส่วนใหญ่มีการแผ่รังสีของแต่ละจุดภาพแตกต่างกันแต่อุณหภูมิกลับไม่มีความแตกต่างกัน ทำให้อุณหภูมิดังกล่าวไม่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน จึงจำเป็นต้องนำสภาพการเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก (Land Surface Emissivity: LSE) มาใช้ในการปรับแก้ค่าอุณหภูมิของจุดภาพนั้น ทั้งนี้สภาพเปล่งรังสีดังกล่าวจะเป็นตัวชี้วัดความสามารถทั้งในเรื่องการแผ่รังสีและการดูดกลืนรังสีของวัตถุบนพื้นผิวโลก โดยปกติการแผ่รังสีของวัตถุที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความสมดุลกับสภาพเปล่งรังสีในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) จะมีค่าเท่ากับปริมาณการดูดกลืนส่งผลให้วัตถุที่ดูดกลืนรังสีได้ดีจะสามารถแผ่รังสีได้ดีด้วยเช่นกัน ดังกฎของกุสตาฟ เคอร์ชอฟฟ์ ดังสมการที่ 2-5

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda \quad (2-5)$$

เมื่อ  $\varepsilon$  คือ สภาพเปล่งรังสี

$\alpha$  คือ การดูดกลืน

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1 \quad (2-6)$$

เมื่อ  $\varepsilon_\lambda$  คือ สภาพเปล่งรังสี

$\rho_\lambda$  คือ ค่าการสะท้อน

## 7. วิธีการประมาณค่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

พื้นผิวโลกจะมีสภาพเปล่งรังสีในทิศทางที่แตกต่างกัน ทั้งนี้สามารถวัดสภาพเปล่งรังสีทางอ้อม (Indirect) ได้ที่มุมซีนิธ (Zenith) 10 องศา แต่ในทางทฤษฎีสามารถวัดได้ที่มุมซีนิธ ตั้งแต่

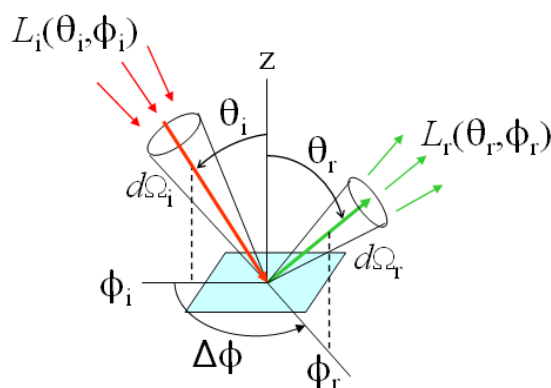
0-90 องศาเพราะจะทำให้การวัดสภาพเปล่งรังสีมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ในการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกเปรียบเสมือนการปรับแก้หรือเพิ่มคุณภาพอุณหภูมิพื้นผิวดินจากการประมาณค่าให้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น

Salisbury et al. (1994) กล่าวว่ามีการตรวจวัดสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกอยู่ 2 วิธี คือ การตรวจวัดทางตรง (Direct) และการตรวจวัดทางอ้อม

### 7.1 การตรวจวัดสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกทางอ้อม

ตั้งอยู่บนกฎของกุสตาฟ เคอร์ชอฟฟ์ โดยวัตถุที่ทึบแสงสภาพเปล่งรังสี ได้มาจากส่วนต่างของค่าการสะท้อนของวัตถุในช่วงคลื่นอินฟราเรด คือ  $(\epsilon_\lambda = 1 - \rho_\lambda)$  เมื่อ  $\rho_\lambda$  เป็นทิศทางการสะท้อนแบบ Bi-Directional Reflectance

การวัดสภาพเปล่งรังสี โดยอาศัยหลักการสะท้อนของแสงแบบ Bi-Directional Reflectance ที่ทิศทางหนึ่งเป็นทิศทางที่แสงตกกระทบและอีกทิศทางหนึ่งเป็นทิศทางที่แสงสะท้อนออกไป โดยมุมที่แสงสะท้อนจะเท่ากับมุมที่แสงตกกระทบ ซึ่งวิธีการวัดทิศทางการสะท้อนดังกล่าวจะสมมติครึ่งวงกลมที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กันขึ้นมา ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 การสะท้อนแสงแบบ Bi-Directional Reflectance

(Curtis Mobley, 2014)

แต่การตรวจวัดทางอ้อมจะมีข้อจำกัด คือ จะต้องตรวจวัดสภาพเปล่งรังสีของวัตถุภายในห้องปฏิบัติการ จึงเกิดข้อจำกัดของการทำงาน การตรวจวัดแบบนี้จะมีความเหมาะสมกับการตรวจวัดวัตถุตัวอย่างขนาดเล็กมากกว่าวัตถุตัวอย่างขนาดใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพของสิ่งแวดล้อม แต่ค่าในการวัดสภาพเปล่งรังสีทางอ้อมนั้นจะมีความถูกต้องสูงมากและถูกนำมาใช้บ่อยในการตรวจวัดที่ต้องการความถูกต้องสูงโดยก่อนหน้าี่การทำงานของ (Salisbury et al., 1994)

แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสภาพเปล่งรังสี ที่ได้จากการตรวจวัดทางอ้อมมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.01

## 7.2 วิธีการตรวจวัดสภาพเปล่งรังสีทางตรง

วิธีการวัดสภาพเปล่งรังสีแบบกล่อง (Emissivity Box) เป็นวิธีที่มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย วิธีการนี้จะใช้กล่องที่มีกั้นลึกลงเพื่อให้ครอบคลุมวัตถุเป้าหมาย ซึ่งผิวของกล่องจะมีคุณสมบัติการสะท้อนสูง จากนั้นปิดฝาครอบ (Cover Plates) ด้วยวัสดุ 2 ประเภทที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน คือ วัสดุหนึ่งมีการสะท้อนสูง ในขณะที่วัสดุอีกวัสดุหนึ่งมีสภาพเปล่งรังสีสูง โดยใช้สลับกันระหว่างฝาครอบทั้ง 2 ประเภท ผลคือ สภาพแวดล้อมแต่ละประเภทมีสภาพเปล่งรังสีที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าวิธีนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับการตรวจวัดอุณหภูมิโดยตรง แต่สามารถควบคุมการแผ่รังสีของสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำของวิธีการนี้มีข้อจำกัด คือ คุณสมบัติของวัสดุที่อยู่ข้างในผิวของกล่อง

วิธีการวัดสภาพเปล่งรังสีทางตรงและทางอ้อม ทั้งการตรวจวัดแบบต้องพึ่งพาพลังงานจากดวงอาทิตย์ (Passive) และไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากดวงอาทิตย์ (Active) แต่ละวิธีต่างมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบที่แตกต่างกัน สำหรับการตรวจวัดสภาพเปล่งรังสี ทั้งในห้องแล็บและในภาคสนาม ความเหมาะสมจะขึ้นอยู่กับวัตถุที่ต้องการวัด แต่โดยทั่วไปจะเลือกวิธีการตรวจวัดจากภาคสนาม ทั้งนี้การคำนวณสภาพเปล่งรังสีเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window จำเป็นต้องทราบถึงสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก โดยในทางปฏิบัติสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวที่มีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านเวลาและสถานที่เป็นที่ยากมากในการได้มาซึ่งความถูกต้องของสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวในแต่ละจุดภาพ โดยเฉพาะสภาพเปล่งรังสีของดิน (Soil Emissivity)

Snyder, W. C., & Wan, Z. (1998) ใช้แบบจำลอง Kernel BRDF ในการตรวจวัดการแผ่รังสีของแต่ละช่วงคลื่นในห้องแล็บ เพื่อศึกษาความเหมาะสมสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวในแต่ละลักษณะจำนวนทั้งหมด 14 ประเภท ให้สอดคล้องกับระบบการจำแนกแบบ (International Geosphere Biosphere Program: IGBP) โดยการรวมข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover) จากดาวเทียมระบบ MODIS เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวกับสิ่งปกคลุมดินที่ถูกสร้างขึ้น สิ่งที่ได้มา คือ สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวในแต่ละพิกเซลของภาพที่จะนำมาปรับแก้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวในแบบจำลอง Split-Window

Wan, Z., & Dozier, J. (1996) พบว่า สภาพเปล่งรังสีของน้ำ น้ำแข็ง หิมะและพืชพรรณมีลักษณะต่างกัน ซึ่งมีความเสถียรภาพและมีความแปรปรวนต่อกลุ่มเพียงเล็กน้อย จึงเหมาะสมกับการจำแนก แต่สภาพเปล่งรังสีของสิ่งปกคลุมดินรูปแบบอื่น ๆ เช่น หินและดินมีลักษณะคล้ายคลึง

กัน จึงมีความแปรปรวนต่อกันมาก ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้นเพราะมีความไม่แน่นอนในการจำแนก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพิกเซลที่มีการผสมผสานกันจนเปลี่ยนจากการใช้ที่ดินรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่ง สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวผ่านการจำแนกด้วยแบบจำลอง Kernel BRDF จึงพบปัญหาอย่างต่อเนื่อง

Van de Griend, A., & Owe, M. (1993) ได้พบว่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalize Difference Vegetation Index: NDVI) ดังสมการที่ 2-7

$$\epsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(\text{NDVI}) \quad (2-7)$$

Oliosio, A. (1995) ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มีความสัมพันธ์กับการสภาพเปล่งรังสีของดินและสภาพเปล่งรังสีของพืช (Vegetation Emissivity) ใบพืช โครงสร้างของพุ่มและลักษณะของใบ

Valor, E., & Caselles, V. (1995) ได้ประยุกต์ดัชนีพืชพรรณ NDVI ในการคำนวณสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิว และผลการศึกษาพบว่า สามารถแยกขนาดของพิกเซลที่มีการผสมกันได้เป็นอย่างดี ดังสมการที่ 2-8

$$\epsilon = \epsilon_v P_v + \epsilon_g (1 - P_v) + d\epsilon \quad (2-8)$$

เมื่อ  $\epsilon_v$  คือ สภาพเปล่งรังสีของพืชพรรณ

$\epsilon_g$  คือ สภาพเปล่งรังสีของผิวดินที่ไม่มีพืชพรรณ

$P_v$  คือ สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

$d\epsilon$  คือ การกระจัดกระจายของจุดภาพ

Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Sòria, G. (2008) ได้นำเสนอเกณฑ์ของดัชนีพืชพรรณ (NDVI) สำหรับข้อมูลจากดาวเทียม AVHRR ระหว่างพื้นที่ที่มีพืชพรรณและพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณและสภาพเปล่งรังสีของพื้นที่ทั้งสองประเภท จึงเป็นสมการคณิตศาสตร์สำหรับข้อมูล AVHRR, MODIS, SEVIRS, AASTR และ TM ดังสมการที่ 2-9

$$\epsilon_\lambda = \begin{cases} a_\lambda + a_\lambda \rho_{red} & \text{NDVI} < \text{NDVI}_s \\ \epsilon_{v\lambda} P_v + \epsilon_{s\lambda} (1 - P_v) + C_\lambda & \text{NDVI}_s \leq \text{NDVI} \leq \text{NDVI}_v \\ \epsilon_{v\lambda} & \text{NDVI} > \text{NDVI}_v \end{cases} \quad (2-9)$$



- เมื่อ  $\rho_{red}$  คือ ค่าการสะท้อนของดินในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)  
 $\varepsilon_{v\lambda}$  คือ สภาพเปล่งรังสีของพืชพรรณ  
 $\varepsilon_{s\lambda}$  คือ สภาพเปล่งรังสีของดิน  
 $P_v$  คือ สัดส่วนของพืชที่ปกคลุมดิน (Fractional Vegetation Cover: FVC)

สำหรับสิ่งปกคลุมดินบางชนิด  $\varepsilon_\lambda$  และ  $\rho_{red}$  มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อย จึงอาจสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2-10

$$\varepsilon_\lambda = \begin{cases} \varepsilon_{s\lambda} & NDVI < NDVI_s \\ \varepsilon_{v\lambda}P_v + \varepsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C_\lambda & NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ \varepsilon_{v\lambda} & NDVI > NDVI_v \end{cases} \quad (2-10)$$

### 8. สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

อัตราส่วนของพืช จากการฉายในแนวตั้ง โดยดูจากกิ่งก้านและใบของพืชบนพื้นดินกับพื้นที่ทั้งหมดของพืชพรรณ สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการชี้วัดการปกคลุมของพืช ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินว่า FVC นอกจากนี้ FVC ยังเป็นดัชนีที่สำคัญในการศึกษาเรื่อง Atmosphere Pedosphere Hydrosphere และ Biosphere ที่สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี FVC ถูกนำมาประยุกต์อย่างกว้างขวางในด้านการเกษตร ป่าไม้ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การใช้ที่ดิน การติดตามพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติและการติดตามความแห้งแล้ง

FVC สามารถบอกถึงสุขภาพของพืชและการดูดกลืนหรือปล่อยก๊าซคาร์บอนและน้ำของพืชพรรณและเป็นพื้นฐานสำหรับชีวภาคและเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาความสมบูรณ์หรือเหี่ยวเฉาของพืชพรรณ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ลักษณะทางกายภาพของพืชพรรณ

การรับรู้จากระยะไกลสามารถแบ่งการตรวจวัด FVC ได้เป็น 2 วิธี คือ 1) แบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical) 2) แบบจำลองเชิงกายภาพ (Physical) ที่สามารถคำนวณได้จากแบบจำลองเชิงสถิติอย่างง่ายหรือความสัมพันธ์ของสมการถดถอย (Regression) โดยปกติแบบจำลองเชิงประจักษ์จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI และสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมที่ถูกสมมุติขึ้นจากค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ส่วนแบบจำลองเชิงกายภาพจะพิจารณาจากการถ่ายโอนรังสีของเรือนยอดของพืชพรรณที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อน การดูดกลืนและการส่งผ่านของใบและส่วนประกอบอื่น ๆ ดังนั้นการคำนวณค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมด้วยแบบจำลองเชิงกายภาพจึงมีความซับซ้อนและค่อนข้างยาก

8.1 แบบจำลองถดถอย (Regression Model) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แบบจำลองเชิงประจักษ์ ที่สร้างสมการถดถอยจากข้อมูลที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลกับค่า FVC ที่วัดจากพื้นที่จริงจากช่วงคลื่นที่เฉพาะเจาะจงหรือหลายช่วงคลื่นกับค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกล ในการประมาณค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน แบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่า FVC ในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยนิยมนำค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index: VI) มาใช้อย่างกว้างขวาง ด้วยการวิเคราะห์หลายเส้นตรงเชิงคลื่นของพืชพรรณ วิธีนี้เป็นการเลือกดัชนีพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับ FVC โดยดัชนีพืชพรรณที่ได้รับความนิยมใช้งานอย่างกว้างขวางในการนำมาพยากรณ์ ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ NDVI สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-11

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (2-11)$$

เมื่อ  $\rho_{NIR}$  คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้  
 $\rho_{Red}$  คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง

มีการประยุกต์ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI อย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงสถานะการเติบโตของพืชพรรณ โดยพิจารณาจากความแตกต่างของการสะท้อนของพืชพรรณในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง มีงานวิจัยมากมายที่แนะนำให้หาค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินจากความสัมพันธ์ของ 2 วิธี คือ ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) และสมการถดถอยที่ไม่ใช่เชิงเส้น (Non-Linear Regression)

8.2 แบบจำลอง Linear Unmixing โดยปกติจุดภาพแต่ละจุดภาพจะมีองค์ประกอบหลายส่วนด้วยกัน (Mixed pixel) การนำแบบจำลอง Linear Unmixing มาประยุกต์เพื่อให้องค์ประกอบของพิกเซลแต่ละพิกเซลที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลสามารถแยกออกจากกันได้ อย่างอิสระและชัดเจน ซึ่งอาศัยค่าดัชนีพืชพรรณเช่นเดียวกัน แบบจำลอง Linear Unmixing แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) แบบจำลองเส้นตรงและแบบจำลองไม่ใช่เส้นตรง อย่างไรก็ตาม การศึกษาส่วนใหญ่มุ่งความสนใจในการประยุกต์แบบจำลอง Linear Unmixing ในการคำนวณค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมของข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล

แบบจำลอง Linear Unmixing มีการนำมาใช้ในการแยกข้อมูลที่มีลักษณะที่พิกเซลหนึ่งพิกเซลมีสิ่งปกคลุมดินหลายประเภทรวมกันอยู่ โดยแบบจำลองนี้ข้อมูลจุดภาพถูกจำลองจากข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบด้วยสมการเชิงเส้น

สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมสามารถคำนวณจากปริมาณสัดส่วนของพืชพรรณในแต่ละพิกเซล โดยในแต่ละพิกเซลจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 ประเภท คือ มีพืชพรรณปกคลุมและไม่มีพืชพรรณปกคลุม ทั้งนี้ความแม่นยำขึ้นอยู่กับแต่ละพิกเซลมีการผสมของสิ่งปกคลุมดินมากน้อยแค่ไหน (Lu, D., & Weng, Q., 2004) และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-12

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (2-12)$$

เมื่อ FVC คือ สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

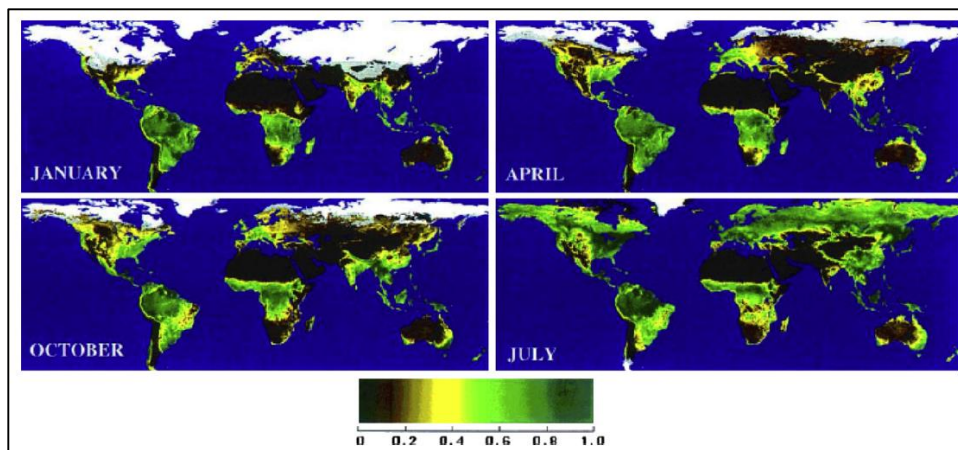
$NDVI_v$  คือ ค่า NDVI ของพืชพรรณ

$NDVI_s$  คือ ค่า NDVI ของดิน

Gutman, G., & Ignatov, A. (1998) และ Zeng, X. B et al. (2000) กล่าวว่า “ในการประมาณค่า FVC โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ควรถูกกำหนดโดยพื้นที่พืชพรรณและพื้นที่ที่ไม่ใช่พืชพรรณ” อย่างไรก็ตาม การกำหนดค่าดัชนีพืชพรรณ  $NDVI_v$  และ  $NDVI_s$  ยังเป็นสิ่งยากและได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย เช่น ดิน รูปแบบของพืชพรรณ คลอโรฟิลล์ แต่พารามิเตอร์เหล่านี้สามารถกำหนดผ่านกระบวนการทางสถิติของข้อมูลพื้นที่และช่วงเวลาของ NDVI ซึ่งข้อมูลอนุกรมเวลาของดัชนีพืชพรรณ NDVI มาทำการวิเคราะห์เชิงสถิติและใช้ค่าสูงสุดของอนุกรมเวลา NDVI เป็นค่าดัชนีพืชพรรณ  $NDVI_v$  ขณะที่ค่าต่ำสุดของอนุกรมเวลา NDVI เป็นค่าดัชนีพืชพรรณ  $NDVI_s$

Xiao, J. F., & Moody, A. (2005) กล่าวว่า “ในอีกทิศทางหนึ่งนักวิจัยบางคนได้เลือกค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ศึกษามาใช้แทนค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI สำหรับพืชพรรณและดินตามลำดับ”

แบบจำลอง Linear Unmixing ถูกนำมาประยุกต์อย่างกว้างขวางเนื่องจาก Gutman et al. (1998) ได้นำแบบจำลองค่าสัดส่วน FVC และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มาวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster) ของค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI จากค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ในแต่ละฤดูกาล โดยผลการศึกษาพบว่าการประมาณค่าสัดส่วน FVC ดังภาพที่ 2-5 ที่ใช้ในโมเดลนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.35



ภาพที่ 2-5 ค่า FVC ของ Gutman et al ปี ค.ศ. 1998

Gutman, G., & Ignatov, A. (1998) ได้ศึกษาค่า FVC โดยใช้การแยกตัวของพิกเซล (Pixel Decomposition) บนพื้นฐานของแบบจำลอง Dimidiate พบว่า ค่า FVC ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายตัวของพืชพรรณในแต่ละพิกเซลที่รวมกัน โดยแต่ละพิกเซลมีการแบ่งรูปแบบและรวมพิกเซลตามขนาดความหนาแน่นของพืชพรรณในแต่ละพิกเซล ซึ่งส่วนสำคัญของการสกัดพิกเซลที่เป็นตัวแทนอย่างแท้จริงจะต้องคำนึงถึงการแปลงสเปกตรัมของสัญญาณ ไปยังพารามิเตอร์ทางด้านกายภาพของพืชพรรณ

Qi, J. et al. (2000) ได้ประยุกต์แบบจำลอง Dimidiate ในการศึกษาพื้นที่และช่วงเวลาของพืชพรรณที่แตกต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำ San Pedro ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI จากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ดาวเทียม SPOT4 และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมาใช้ในการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองนี้สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตของพืชพรรณได้อย่างแม่นยำและน่าเชื่อถือ โดยไม่ต้องปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Correction) แบบจำลองนี้จำเป็นต้องใช้พิกเซลที่เป็นตัวแทนของพืชพรรณและดินอย่างแท้จริง ซึ่งไม่เหมาะสมกับข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่มีความละเอียดต่ำซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะได้รับตัวแทนที่แท้จริงของพืชพรรณและดินจากข้อมูลความละเอียดต่ำ

Xiao, J. F., & Moody, A. (2005) ได้ประมาณค่าสัดส่วนของพืชพรรณ FVC ภายในพื้นที่ประมาณ 4,000 ตารางกิโลเมตร ในประเทศเม็กซิโก โดยใช้วิธีการประมาณค่า 2 วิธี คือ แบบจำลอง Linear Unmixing จากข้อมูล (Spectral Mixture Analysis: SMA3 SMA4 SMA5) และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI-SMA และแบบจำลอง Linear Regression จากข้อมูล NDVI การวิเคราะห์ SMA3 SMA4 และ SMA5 รวมถึงการอภิปรายผลไม่ว่าจะเป็นผลรวมของสัดส่วนในแต่ละส่วนประกอบ

ในแต่ละพิกเซลควรจะไม่เกินค่า 1 ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าสัดส่วนของพืชพรรณ FVC บนพื้นฐานของค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่แห้งแล้งและพื้นที่กึ่งแห้งแล้งมีความเหมาะสมและค่อนข้างง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสะท้อนของผิวดิน อย่างไรก็ตาม การประเมินมากเกินไปของค่า NDVI ของพื้นที่ที่มีพืชพรรณเบาบางจะนำไปสู่การประเมินค่ามากเกินไปของค่าสัดส่วนพืชพรรณ FVC การเลือกจำนวนของส่วนประกอบในแต่ละพิกเซลและการเลือกแต่ละจำนวนสุดท้าย ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของพืชพรรณและลักษณะการกระจายตัวของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาเป็นปัจจัยหลักที่ได้รับผลกระทบจากการประมาณค่า FVC ในแบบจำลอง Linear Unmixing และ Xiao, J. F., & Moody, A. พบว่า SMA5 มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการประมาณค่า FVC ในการศึกษาครั้งนี้

ทั้ง 1) แบบจำลองเชิงประจักษ์ 2) แบบจำลองกายภาพที่ใช้ในการรับรู้จากระยะไกล เป็นกลไกสำหรับการประมาณค่า FVC ซึ่งมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบแตกต่างกัน ในวิธีแบบจำลองประจักษ์ มีค่าสัมประสิทธิ์หลายตัวที่จะต้องถูกกำหนดโดยไม่คำนึงถึงค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองเชิงประจักษ์ในการใช้งาน การได้มาซึ่งพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์และถูกจำกัดโดยเงื่อนไขเกี่ยวกับสิ่งปกคลุมดิน ประเภทของพืชพรรณ เงื่อนไขของแสงและคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องรับสัญญาณที่ใช้งาน การประยุกต์แบบจำลองเชิงประจักษ์มักจะมีข้อจำกัดตามที่กล่าวมาข้างต้น การใช้งานแบบจำลองการถ่ายเทรังสีหรือแบบจำลองกายภาพเป็นการสร้างกรอบการทำงานของอัลกอริทึมที่พิจารณาหลายปัจจัย ดังนั้นจึงอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างแสงกับพารามิเตอร์ทางกายภาพของพืชพรรณและถูกนำมาใช้มากขึ้นอย่างแพร่หลาย เนื่องจากชุดข้อมูลขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้หลาย ๆ ปัจจัย เช่น เวลา อากาศ มุมของดวงอาทิตย์และการตอบสนองของช่วงคลื่นจำเป็นต้องได้รับการพิจารณา ในการนำข้อมูลดาวเทียมมาประยุกต์ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านการขาดข้อมูลที่นำไปใช้ อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้แบบจำลองยังมีพารามิเตอร์มากแบบจำลองที่นำมาใช้ในการประมาณค่าก็จะมี ความซับซ้อนมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งสามารถคำนวณได้ยากขึ้น แต่ถ้าแบบจำลองมีความง่ายก็จะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น จึงเป็นข้อเสียของแบบจำลองเชิงกายภาพ

## 9. การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature)

### 9.1 นิยามและความหมายของอุณหภูมิพื้นผิวดิน

9.1.1 เทอร์โมไดนามิกส์หรืออุณหภูมิ Kinetic ปกติอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากพื้นผิวดินสามารถวัดได้อย่างแม่นยำด้วยเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) โดยนำเครื่องเทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับวัตถุ

Norman, J.M. & Becker, F. (1995) กล่าวว่าเทอร์โมไดนามิกส์ คือ ปริมาณระดับมหภาคที่คงที่กันในทุก ๆ กลุ่มของระบบย่อย เป็นความสมดุลของการถ่ายเทพลังงาน ทั้งนี้ เจื่อนใจสำหรับความสมดุลของการถ่ายเทพลังงานของระบบนั้น ประกอบด้วยระบบย่อยหลายระบบที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเอนโทรปีในแต่ละระบบ สำหรับระบบทั้งหมด ความสมดุลของแต่ละระบบย่อยจะเกิดขึ้น เมื่อความแตกต่างของพลังงานในแต่ละเอนโทรปีไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังสมการที่ 2-13

$$\frac{\partial S}{\partial E} = \frac{1}{T} \quad (2-13)$$

เมื่อ S คือ เอนโทรปี (Entropy)  
E คือ พลังงานใน หน่วย J  
T คือ อุณหภูมิ Kinetic หน่วย °K

จากสมการข้างต้นความแตกต่างของพลังงานที่เกี่ยวกับเอนโทรปีส่วนใหญ่ถูกแนะนำให้อำนาจอื่น ๆ ที่ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนนี้ แม้ว่าผลรวมสูงสุดของเอนโทรปีไม่ได้แสดงให้เห็นในอุดมคติ ดังสมการที่ 2-14

$$PV = NkT \quad (2-14)$$

เมื่อ P คือ แรงดันของอากาศ  
V คือ ปริมาตร  
N คือ จำนวนของโมเลกุล  
k คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann ( $1.38 \times 10^{-23}$ ) หน่วย J/K  
T คือ อุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกส์หรืออุณหภูมิสัมบูรณ์ หน่วย °K

เทอร์โมไดนามิกส์ของอุณหภูมิสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคจากมุมมองทางสถิติและกำหนดบนพื้นฐานของค่าเฉลี่ยพลังงานจลน์ของอนุภาคในระดับมหภาค ค่าเฉลี่ยพลังงานจลน์ของอะตอมเดี่ยวในระบบอนุภาคของแก๊ส โดยปราศจากการหมุนเวียนและการสั่นสะเทือน แสดงได้ดังสมการที่ 2-15

$$\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} kT \quad (2-15)$$

- เมื่อ  $M$  คือ น้ำหนักของอนุภาค  
 $v^2$  คือ ค่าเฉลี่ยของตารางความเร็วของอนุภาค  
 $k$  คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann

9.1.2 อุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature) มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการวัดอุณหภูมิพื้นผิวดินในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) และนำมาประยุกต์ในการรับรู้จากระยะไกลเมื่อการแผ่รังสี วัตถุจริงเท่ากับการแผ่รังสีของวัตถุดำ อุณหภูมิกายภาพของวัตถุดำจะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิความสว่างของวัตถุ โดยอุณหภูมิความสว่างเป็นหนึ่งในมิติของอุณหภูมิ แต่ขาดความหมายทางกายภาพของอุณหภูมิ

9.1.3 อุณหภูมิรังสี (Radiometric Temperature) อุณหภูมิรังสี ( $R_\lambda$ ) เป็นค่าการแผ่รังสีที่วัดได้จากเครื่องวัดพลังงานรังสี (Radiometer) ซึ่งถูกกำหนดโดยค่าการแผ่รังสีที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นผิวดินในที่นี้ใช้สัญลักษณ์แทน ( $L_\lambda$ ) สภาพเปล่งรังสีของสิ่งปกคลุมดินในที่นี้ใช้สัญลักษณ์แทน ( $\epsilon_\lambda$ ) สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$R_\lambda = L_\lambda + (1 - \epsilon_\lambda)R_{u,\lambda} \quad (2-16)$$

- เมื่อ  $L_\lambda$  คือ  $\epsilon_\lambda B_\lambda$  หน่วย  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$   
 $T$  คือ ค่าอุณหภูมิรังสีของพื้นผิวดิน หน่วย K  
 $R_{u,\lambda}$  คือ ชั้นบรรยากาศที่ทำให้การแผ่รังสีต่ำลง หน่วย  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$   
 $B_\lambda$  คือ ฟังก์ชันพลังค์ (Planck Function) ดังสมการที่ 2-17

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\pi\lambda^5 \left( e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1 \right)} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left( e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)} \quad (2-17)$$

- เมื่อ  $h$  คือ ค่าคงที่ ( $6.626 \times 10^{-34}$ ) หน่วย J·s  
 $c$  คือ ความเร็วแสง ( $2.99793 \times 10^8$ ) หน่วย m/s  
 $k$  คือ ค่าคงที่ ( $1.3806 \times 10^{-23}$ ) หน่วย J/K  
 $C_2$  คือ  $hc/k$  (14388) หน่วย  $\mu\text{m} \cdot \text{K}$

อุณหภูมิรังสีเป็นอุณหภูมิของวัตถุดำกับสภาพเปล่งรังสีของ  $L_\lambda / \epsilon_\lambda$  ดังสมการที่ 2-18

$$B^{-1}[L_\lambda / \varepsilon_\lambda] = \frac{C_2}{k \ln\left(\frac{C_1}{\lambda^5(L_\lambda / \varepsilon_\lambda)} + 1\right)} \quad (2-18)$$

9.1.4 อุณหภูมิเทียบเท่าหรืออุณหภูมิเฉลี่ย (Equivalent or Average Temperature) ความแตกต่างและความไม่คงที่ของอุณหภูมิในแต่ละพิกเซลของภาพ ถึงแม้ว่าแต่ละพิกเซลย่อยจะเป็นอุณหภูมิจากวัตถุค่า แต่การแผ่รังสีทั้งหมดไม่สามารถอธิบาย โดยวัตถุค่าที่มีอุณหภูมิคงที่ได้ ในคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่มียาวคลื่นระหว่าง 8-14  $\mu\text{m}$  ในที่นี้แนวความคิดของอุณหภูมิเทียบเท่าหรืออุณหภูมิเฉลี่ยจะต้องมีการนำวิธีการประมาณค่าอุณหภูมิและการแผ่รังสีของผิวดินที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลที่ไม่ได้มีการนำลักษณะความแตกต่างหรือไม่คงที่ของอุณหภูมิมาพิจารณา โดยสมมุติว่าพื้นผิวดินมีอุณหภูมิคงที่ (Isothermal) มาประมาณอุณหภูมิที่คงที่ในแต่ละความยาวคลื่น (Wavelength) ของเครื่องตรวจวัดสัญญาณ สำหรับอุณหภูมิเทียบเท่าหรืออุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละพิกเซลสามารถวัดได้จากการตรวจวัดเชิงรังสีของเครื่องตรวจวัดสัญญาณ (Gillespie et al., 1998) และ (Wan, Z., & Dozier, J., 1996)

## 9.2 การประมาณค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลก (Estimation of Average LST)

แม้ว่ามีการนิยามความหมายของอุณหภูมิพื้นผิวดินหลายความหมายดังที่กล่าวมาข้างต้น แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละพิกเซลเป็นเพียงปริมาณ (Quantity) ที่สามารถรับรู้จากระยะไกล สำหรับความกระชับเราจะเรียก อุณหภูมิพื้นผิวดินว่า “LST” ในระดับภูมิภาคหรือระดับโลกส่วนใหญ่สามารถตรวจจับ LST ได้ในช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared) และช่วงคลื่น Passive Microwave ทั้งนี้การตรวจจับอุณหภูมิในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน นั้นให้รายละเอียดที่ดีกว่า คือ ตั้งแต่รายละเอียด 90 เมตรจากดาวเทียม ASTER ถึงรายละเอียด 1 กิโลเมตร จากดาวเทียมระบบ MODIS ไปจนถึงรายละเอียดขนาดหลาย 10 กิโลเมตรในดาวเทียมอวกาศ แต่มีข้อจำกัดทางด้านผลกระทบของการแผ่รังสีในช่วงคลื่นอินฟราเรด ซึ่งจะต้องปราศจากเมฆหรือท้องฟ้าแจ่มใส ซึ่งตรงกันข้ามกับการแผ่รังสีในช่วงคลื่นไมโครเวฟที่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของชั้นบรรยากาศเพียงเล็กน้อย ซึ่งช่วยให้ LST ของไมโครเวฟสามารถตรวจวัดได้ในทุกสภาพอากาศ แต่เมื่อเปรียบเทียบการตรวจวัดในช่วงคลื่นอินฟราเรดและช่วงคลื่น Passive Microwave พบว่า Passive Microwave ให้รายละเอียดที่ต่ำกว่าและมีความแม่นยำน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดอุณหภูมิทั้งสองประเภทสามารถให้รายละเอียดระดับ 1 กิโลเมตรมาใช้ได้อย่างแม่นยำ (Wang, W., Liang, S., & Meyer, T., 2008) ยกตัวอย่าง เช่น LST จากดาวเทียม MODIS เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าเชื่อถือมากที่สุด มีความแม่นยำในระดับ 1 เคลวินสำหรับพื้นผิวที่เป็นเนื้อเดียวกัน



เท่านั้น เช่น แหล่งน้ำ คินทราย เป็นต้น สำหรับพื้นผิวโลกพื้นผิวที่เป็นเนื้อเดียวกันในระดับ 1 กิโลเมตรขึ้นไปหาได้ยากมาก (Wan,Z., Zhang, Y., Zhang,Q.C., & Li, Z.L., 2004)

### 9.2.1 Single-Channel Algorithms

เป็นการแผ่รังสีของสเปกตรัมที่ได้รับ โดยเครื่องตรวจรับสัญญาณของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนในทิศทาง  $(\theta_r, \phi_r)$  ซึ่งค่าการทะลุผ่านของการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ไม่ได้นำมาพิจารณา ทำให้ความละเอียดของเซนเซอร์รับสัญญาณถูกจำกัดและแต่ละช่อง (Channel) มีความกว้างไม่มาก การตอบสนองของฟังก์ชันของแต่ละช่อง การแสดงสำหรับการแผ่รังสีของสเปกตรัมในแต่ละช่วง จะได้รับการสมมติพื้นผิวดินแบบ Lambertian ที่ไม่ได้สนใจการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ สามารถแสดงสมการการแผ่รังสีของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนได้ดังสมการที่ 2-19

$$L_i = [\varepsilon_i B_i(T_s) + (1 - \varepsilon_i)L_{d,i}] \tau_i + L_{u,i} \quad (2-19)$$

เมื่อ  $L_{d,i}$  คือ การแผ่รังสีที่ลดลงในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Downward Radiance)

$L_{u,i}$  คือ การแผ่รังสีขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Upward Radiance)

สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก (LSE) และพารามิเตอร์ของชั้นบรรยากาศ ( $L_{d,i}$ ,  $L_{u,i}$ ) เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องทราบก่อนการประมาณค่าอุณหภูมิ โดยสามารถแก้ไขได้จาก  $L_i$  สำหรับเซนเซอร์รับสัญญาณที่มีช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเพียงแบนด์เดียว ยกตัวอย่างเช่น ดาวเทียม LANDSAT-5 TM และดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ ถึงแม้ว่าเป็นเรื่องยากที่จะสามารถประมาณค่าอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดเชิงรังสีเพียงแบนด์เดียว ภายใต้งै้นไขแนวความคิดที่ว่าสภาพเปล่งรังสี อุณหภูมิและความชื้นในชั้นบรรยากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องกล่าวถึง แม้ว่าการประมาณค่า LST สามารถแก้ไขได้ตามสมการที่ 2-20 จากสมการการถ่ายเทรังสี วิธีนี้จึงเป็นที่รู้จักกันทั่วไป แต่ในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่ยากที่จะได้รับค่าอุณหภูมิและความชื้นในชั้นบรรยากาศหรือการกำหนดสภาพเปล่งรังสีในการประมาณค่าอุณหภูมิด้วย Single-Channel Algorithm มีพารามิเตอร์ที่หลากหลายที่สามารถใช้กำหนดพารามิเตอร์ของชั้นบรรยากาศและสภาพเปล่งรังสี

#### 9.2.1.1 สมการการถ่ายเทรังสี (The Radiation Transfer Equation)

จากสมการที่ 2-20 ได้กล่าวถึงพารามิเตอร์ 3 ตัวที่เกี่ยวข้องกับชั้นบรรยากาศ ได้แก่ การแผ่รังสีไปยังชั้นบรรยากาศ การแผ่รังสีที่ลดลงในชั้นบรรยากาศและการส่งผ่านชั้นบรรยากาศ สามารถจำลองโดยสมการถ่ายเทชั้นบรรยากาศ โดยสมมุติว่าสภาพเปล่งรังสีเป็นสิ่งที่รู้

และค่าอุณหภูมิสามารถประมาณค่าจากฟังก์ชันการทำงานที่คิดค้น โดย Planck อย่างไรก็ตาม วิธีนี้เป็นวิธียากในทางปฏิบัติ เนื่องจากมีความซับซ้อนของการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นในชั้นบรรยากาศแบบเรียลไทม์ที่นำมาใช้ในการจำลองและไม่สามารถใช้งานได้โดยทั่วไป ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนระบบ TM วิธีนี้จึงถูกมองข้ามจนกระทั่งมีการคิดค้นการประมาณค่าอุณหภูมิแบบ Single-Window และ Generalized Single-Window

#### 9.2.1.2 The Single-Channel Algorithm

วิธีการประมาณค่าอุณหภูมิจากระบบ TM ถูกนำเสนอโดย Qiz, Z., & Karnieli, A. (2001) บนทฤษฎีค่าเฉลี่ยของ McMillin, L. M. (1975) ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมบนชั้นบรรยากาศ  $T_a$  เป็นการแสดงค่าการแผ่รังสีขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศและค่าการแผ่รังสีที่ลดลงในชั้นบรรยากาศโดยประมาณ ซึ่งเป็นการสมมุติอุณหภูมิจากการแผ่รังสีขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศและการแผ่รังสีลดลงในชั้นบรรยากาศเป็นที่เทียบเท่ากับสมการเชิงเส้นของพลังค์ที่สามารถคำนวณอุณหภูมิห้องได้ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2-20

$$T_s = [a(1 - C - D) + (b(1 - C - D) + C + D)T_6 - DT_aC] \quad (2-20)$$

เมื่อ  $T_6$  คือ อุณหภูมิความสว่าง ของแบนด์ 6 ในระบบ TM

a คือ -67.355351

b คือ 0.458606

C คือ  $\varepsilon_6 \tau_6$

D คือ  $(1 - \tau_6) [1 + \tau_6(1 - \varepsilon_6)]$

โดยที่ค่า  $\varepsilon_6$  และ  $\tau_6$  คือ สภาพเปล่งรังสีและค่าความสามารถในการส่งผ่านชั้นบรรยากาศของแบนด์ 6 ในระบบ TM ทั้งนี้อัลกอริทึมดังกล่าวต้องการเพียง 3 พารามิเตอร์ เท่านั้น คือ สภาพเปล่งรังสีผิวโลก ค่าความสามารถในส่งผ่านชั้นบรรยากาศและค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่ง 2 ค่าหลังสามารถประมาณได้จากอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศและค่าความชื้นหรือการสังเกตจากสถานีอุตุนิยมวิทยา สำหรับข้อบกพร่องของวิธีนี้ คือ การกำหนดสมการที่แท้จริงในการประมาณค่าการส่งผ่านของชั้นบรรยากาศและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศที่ใช้เพียงข้อมูลรายละเอียดของชั้นบรรยากาศมาตรฐานที่แสดงโดยค่าเชิงสถิติของตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชั้นบรรยากาศได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีนี้

### 9.2.1.3 Generalized Single-Window Algorithms

Jimenez-Munoz, J.C., & Soborino, J. A. (2003) ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Generalized Single-Window Algorithms ที่สามารถประยุกต์สำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) ในวิธีนี้สามารถประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากสมการดังต่อไปนี้

$$T_s = \gamma \left\{ \frac{1}{\varepsilon} [\phi_1 L_\lambda^{at-sensor} + \phi_2] + \phi_3 \right\} + \delta \quad (2-21)$$

$$\gamma = \left\{ \frac{c_2 B_\lambda(T_0)}{T_0^2} \left[ \frac{\lambda^4}{c_1} B_\lambda(T_0) + \lambda^{-1} \right] \right\}^{-1} \quad (2-22)$$

และ

$$\delta = -\gamma B_\lambda(T_0) + 1 \quad (2-23)$$

เมื่อ $L_\lambda^{at-sensor}$	คือ การแผ่รังสีของช่วงคลื่นในเซนเซอร์
$\varepsilon$	คือ ค่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก
$\lambda$	คือ ความยาวคลื่น
$c_1$	คือ $1.19104 \times 10^8$ หน่วย $W \cdot m^2 \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$
$c_2$	คือ 14388 หน่วย $\mu \cdot K$
$T_0$	คือ อุณหภูมิอ้างอิง ซึ่งปกติใช้อุณหภูมิความสว่าง หน่วย $^{\circ}K$
$\phi_1$ $\phi_2$ และ $\phi_3$	คือ รายละเอียดของน้ำในชั้นบรรยากาศ หน่วย $g/cm^2$

เมื่อเปรียบเทียบกับ Single-Channel Algorithm การเพิ่มพารามิเตอร์ของ Generalized Single-Window Algorithm เพียงค่าสภาพเปล่งรังสีและค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Water Content) ทำให้วิธี Generalized Single-Window Algorithms ดูน่าสนใจมากกว่า

Cristobal, J., Jimenez-Munoz, J. C., Soborino, J. A., & Ninyerola, M. (2009) ได้มีการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมนี้ ได้แก่ 1) แนะนำให้ใช้ฐานข้อมูลเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศทั้ง 4 ฐานข้อมูล ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์คดของชั้นบรรยากาศ 2) แก้การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นบรรยากาศสำหรับ LANDSAT 4, 5 และ 7 การปรับแก้อัลกอริทึมได้รับการประเมินโดยใช้แบบจำลองข้อมูล ผลที่ได้ คือ การบ่งชี้ว่าค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศที่มีค่าอยู่ระหว่าง  $0.5-2 g/m^2$  มีผลลัพธ์ที่น่าพอใจ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ 1-2 เคลวิน ซึ่งค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศที่มากกว่า  $3 g/m^2$  เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถยอมรับได้

Cristobal, J., Jimenez-Munoz, J. C., Sobrino, J. A., & Ninyerola, M. (2009) ได้เพิ่มประสิทธิภาพของ Generalized Single-Window Algorithms ที่นำเสนอโดย Jimenez-Munoz และ Sobrino เมื่อมีการคำนวณฟังก์ชันของชั้นบรรยากาศ  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  และ  $\theta_3$  โดยการใช้ Near-Surface Temperature ที่คิดค้นขึ้น เพิ่มเข้าไปในพารามิเตอร์ ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT TM/ETM+ ใช้เป็นข้อมูลตรวจสอบอัลกอริทึมที่ถูกปรับปรุง ผลการศึกษาที่เปิดเผยว่าการใช้ค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศและ Near-Surface Temperature ทำให้ค่าอุณหภูมิมีความแม่นยำขึ้น โดยมีค่า Root Mean Square Error (RMSE) ที่ 0.9 เคลวิน ซึ่งค่าความแม่นยำของอัลกอริทึมที่ใช้ค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศเพียงอย่างเดียวที่มีค่า RMSE ที่ 1.5 เคลวิน โดยความแม่นยำสำหรับทั้ง 3 อัลกอริทึม Sobrino, J. A., & Romaguera, M. (2004) ได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของทั้ง 3 อัลกอริทึม พบว่า เมื่อใช้ข้อมูลชั้นบรรยากาศแบบ Real Time พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ของวิธี Radiation Transfer Equation เท่ากับ 0.6 เคลวิน ส่วนวิธี Single-Channel Algorithm และ Generalized Single-Window Algorithms มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 0.9 เคลวิน

### 9.2.2 วิธีการประมาณค่าแบบ Split-Window Algorithm

McMillin, L. M. (1975) ได้นำเสนออัลกอริทึมที่มีชื่อว่า Split-Window สำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวทะเล (Sea Surface Temperature) จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลอย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยใช้ความแตกต่างของลักษณะการดูดกลืนในชั้นบรรยากาศของทั้ง 2 แบนด์ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ที่ความยาวคลื่นประมาณ 10.5-12.5 ไมโครเมตร อิทธิพลของชั้นบรรยากาศถูกลบออกจากอุณหภูมิความสว่างของทั้ง 2 แบนด์ โดยอัลกอริทึมนี้ปฏิบัติตามข้อสมมุติที่ว่า น้ำทะเลสามารถประมาณเป็นวัตถุดำกับสภาพเปล่งรังสีที่มีค่าเท่ากับ 1 ชั้นบรรยากาศ มีการดูดกลืนค่อนข้างน้อยและไอน้ำมีการดูดกลืนค่าสัมประสิทธิ์คงที่และฟังก์ชันของ Planck สามารถประมาณการขยายตัวของชุดข้อมูล Taylor รอบส่วนกลางของความยาวคลื่นปกติอัลกอริทึม Split-Window สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_s = a_0 + a_1 T_i + a_2 T_j \quad (2-24)$$

เมื่อ  $a_i$  ( $i = 1, 2$ ) คือ ค่าสัมประสิทธิ์

$T_i$  และ  $T_j$  คือ ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์  $i$  และ  $j$

อัลกอริทึม Split-Window มีรูปแบบที่ง่ายจึงมีการนำไปประยุกต์อย่างกว้างขวาง แต่ในความเป็นจริงแหล่งที่มาของ Split-Window มีความซับซ้อนสูงมาก ต้องอาศัยความรู้เบื้องต้นของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและอุณหภูมิชั้นบรรยากาศ ซึ่งรายละเอียดของความชื้นในชั้นบรรยากาศจำนวนมากถูกสร้างขึ้นมาจากการสุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิความสว่าง โดยใช้โปรแกรมจำลองสมการการถ่ายเทรังสีของบรรยากาศ เช่น LOWTRAN, MODTRAN และอื่น ๆ และค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ 2-24 เป็นสิ่งที่ได้รับมาผ่านสถิติของสมการถดถอย ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาจากผู้วิจัยที่แตกต่างกันและมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

Niclos, R., Caselles, V., Coll, C., & Valor, E. (2007) กล่าวว่า ความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำทะเล ส่งผลให้สภาพเปล่งรังสีมีความสัมพันธ์กับ อัลกอริทึม Split-Window จึงประสบความสำเร็จในการศึกษาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล โดยมีค่าความแม่นยำที่ 0.3 เคลวิน อีกทั้งยังมีผู้วิจัยมากมายที่ประยุกต์อัลกอริทึม Split-Window ในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวน้ำทะเลและพื้นผิวโลกที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โครงสร้างของพื้นผิวโลกที่เป็น 3 มิติ รวมไปถึงปัจจัยจำนวนมากและความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นผลมาจากความหลากหลายของเวลาของพื้นที่และสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก แม้ว่าพื้นผิวโลกไม่สามารถประมาณค่าวัตถุค่าได้ แต่สมการต่าง ๆ ของอัลกอริทึม Split-Window สำหรับการนำมาประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน มีการคิดค้นโดยนักวิจัยหลายคน เช่น Price, J. C. (1984), Becker, F., & Li, Z.-L. (1990), Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., & Becker, F. (1996) เป็นต้น

Price, J. C. (1984) เป็นบุคคลแรกที่ประยุกต์อุณหภูมิผิวน้ำทะเลและพัฒนาไปสู่อุณหภูมิพื้นผิวดิน สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$T_s = [T_4 + 3.33(T_4 - T_5)] \left( \frac{3.5 + \varepsilon_4}{4.5} \right) + 0.75T_5 (\varepsilon_4 - \varepsilon_5) \quad (2-25)$$

เมื่อ  $T_4$  และ  $T_5$  คือ อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 4 และ 5 ของดาวเทียม AVHRR  
 $\varepsilon_4$  และ  $\varepsilon_5$  คือ สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

Becker, F., & Li, Z.-L. (1995) ได้นำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับไอน้ำในชั้นบรรยากาศของอัลกอริทึม Split-Window ที่นำเสนอไปก่อนหน้านี้ในปี 1990 ทำให้อัลกอริทึมนี้จึงถูกนำเงื่อนไขของชั้นบรรยากาศมาใช้เป็นส่วนใหญ่ สามารถแสดงได้จากสมการต่อไปนี้

$$T_s = A_0 P \frac{T_4 + T_5}{2} + M \frac{T_4 - T_5}{2} \quad (2-26)$$

เมื่อ  $A_0$  คือ  $-7.49 - 0.407w$

$P$  คือ  $1.03 + (0.211 - 0.031\cos\theta \cdot w)(1 - \varepsilon_4) - (0.37 - 0.074w)(\varepsilon_4 - \varepsilon_5)$

$M$  คือ  $4.25 + 0.56w + (3.41 + 1.59w)(1 - \varepsilon_4) - (23.58 - 3.89w)(\varepsilon_4 - \varepsilon_5)$

Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., & Becker, F. (1996) ได้นำเสนออัลกอริทึม Split-Window ที่ใช้ค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสี (Mean Land Surface Emissivity) และค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสี (Difference Land Surface Emissivity) ของทั้ง 2 ช่วงคลื่นในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$T_s = T_i + a_1(T_i - T_j) + a_2(T_i - T_j)^2 + a_3(1 - \varepsilon) + a_4w(1 - \varepsilon) + a_5\Delta\varepsilon + a_6w\Delta\varepsilon + a_0 \quad (2-27)$$

เมื่อ  $T_s$  คือ อุณหภูมิพื้นผิวดิน หน่วย °K

$T_i$  และ  $T_j$  คือ ค่าอุณหภูมิความสว่าง ในแบนด์  $i$  และ  $j$  หน่วย °K

$\varepsilon$  คือ ค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

$\Delta\varepsilon$  คือ ค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

$W$  คือ ไออน้ำในชั้นบรรยากาศทั้งหมด หน่วย  $g \cdot cm^{-2}$

$a_i$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของอัลกอริทึม

### 9.3 ไออน้ำในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Water Vapor)

ไออน้ำ (Water Vapor) เป็นพารามิเตอร์หลักสำหรับวัฏจักรของน้ำบนโลกและมีความสัมพันธ์กับการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก การแลกเปลี่ยนพลังงานบนชั้นบรรยากาศและการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed Management) การรับรู้จากระยะไกลเป็นเพียงทางเลือกหนึ่งในการดึงข้อมูลไออน้ำในอากาศมาใช้ในระดับภูมิภาคหรือระดับโลก ตามรายงานในปัจจุบัน วิธีการประมาณค่าไออน้ำจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน คือ 1) วิธีที่ได้จากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-Infrared Method) 2) ช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Method) 3) ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน 4) วิธีหลายช่วงคลื่น (Hyper-Spectral Method) สำหรับข้อมูลอินฟราเรดความร้อน วิธีการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ถูกนำมาประยุกต์อย่างกว้างขวางและมีการดึงรายละเอียดไออน้ำในชั้นบรรยากาศมาใช้ด้วย

อุณหภูมิความสว่าง ซึ่งสมมุติว่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศมีความคงที่ ดังนั้นค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศจึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน

Sobrinho J. A. et al. (1999) ได้นำเสนอวิธีการ Split-Window Covariance-Variance Ratio (SWCVR) เพื่อศึกษาไอน้ำในชั้นบรรยากาศและมีการดัดแปลงใหม่โดย Li, Z. L. et al. (2003) โดยพิจารณาจากพิกเซลจำนวน N พิกเซลที่อยู่ติดกัน การประมาณค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศโดยวิธี (SWCVR) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2-28

$$wv = a + b \cdot \tau_j / \tau_i \quad (2-28)$$

เมื่อ

$$\frac{\tau_j}{\tau_i} \approx R_{ji} = \frac{\sum_{k=1}^N (T_{i,k} - \bar{T}_i)(T_{j,k} - \bar{T}_j)}{\sum_{k=1}^N (T_{i,k} - \bar{T}_i)^2} \quad (2-29)$$

เมื่อ a และ b คือ สัมประสิทธิ์ที่ได้จากการจำลอง  
 $\tau$  คือ ประสิทธิภาพในการทะลุผ่านไอน้ำในชั้นบรรยากาศ  
 i และ j คือ แบนด์ 1 และแบนด์ 2 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน  
 $T_{i,k}$  และ  $T_{j,k}$  คือ ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ที่ i และ j หน่วย °K  
 $\bar{T}_i$  และ  $\bar{T}_j$  คือ ค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ i และ j หน่วย °K  
 $\tau_j / \tau_i$  คือ ความสามารถในการส่งผ่านไอน้ำในชั้นบรรยากาศ

## เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

1. การรับรู้จากระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์หรือศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่และปรากฏการณ์บนพื้นโลกจากเครื่องมือบันทึกข้อมูล ปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุ เป้าหมาย โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อการได้มาของข้อมูล 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

### หลักการได้มาซึ่งข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (Data Acquisition)

1.1 แหล่งพลังงานและหลักการแผ่รังสี (Energy Sources and Radiation Principle)  
 ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานทางธรรมชาติที่ใช้กับการรับรู้จากระยะไกลในระบบพาสซีฟ (Passive System) ระดับความเข้มของพลังงานจากดวงอาทิตย์มักจะผันแปรไปตามกาลเวลาและตำแหน่งบนพื้นโลก ตลอดจนความแตกต่างของสิ่งปกคลุมดิน

ช่วงคลื่นเชิงแสง (Optical Wavelength) อยู่ระหว่าง 0.4-15 ไมโครเมตร ใช้ใน ดาวเทียมระบบพาสซีฟ สามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป และเครื่องรับรู้ประกอบไปด้วยช่วงคลื่นที่มีผลต่อการมองเห็นของมนุษย์หรือช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible Light) มีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร แบ่งเป็น 3 ช่วงคลื่นได้แก่ น้ำเงิน เขียว แดง ถัดมาเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้หรืออินฟราเรดสะท้อน ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.7-3 ไมโครเมตรและอินฟราเรดความร้อนมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 3-15 ไมโครเมตร ยกตัวอย่างเช่น ดาวเทียม LANDSAT-8 โดยมีคุณสมบัติของแต่ละช่วงคลื่นดังตารางที่ 2-1

### 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับวัตถุบนผิวโลก

การแผ่รังสีหรือการสะท้อนพลังงานของโลกจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุบนพื้นโลก เนื่องจากวัตถุต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงและส่งผ่านพลังงานแตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นของแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า ลายเซ็นต์เชิงคลื่น (Spectral Signature) ทำให้แยกชนิดของวัตถุได้

1.2.1 พืชพรรณ (Vegetable) ลายเซ็นต์เชิงคลื่นของพืชจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีพลังงานของดวงอาทิตย์ร่วมกับคลอโรฟิลล์ในใบพืชเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นพืชจะดูดกลืนช่วงคลื่นสีแดง (0.6-0.7 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.3-0.4 ไมโครเมตร) โดยจะสะท้อนช่วงคลื่นสีเขียว (0.5-0.6 ไมโครเมตร) ออกมา ทำให้สายตามนุษย์เห็นพืชพรรณเป็นสีเขียว ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะมีการสะท้อนแสงจากพืชมากที่สุด ถ้ามีกระบวนการสังเคราะห์แสงสูงมากก็จะมีการดูดกลืนรังสีค่อนข้างต่ำ ในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นสีน้ำเงิน ในทางตรงกันข้ามหากมีกระบวนการสังเคราะห์แสงต่ำก็ยิ่งทำการดูดกลืนรังสีมากโดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

1.2.2 ดิน (Soil) ลายเซ็นต์เชิงคลื่นของดิน ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนพลังงานของดินกับความยาวของคลื่นมีความแปรปรวนน้อย ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของดิน คือ ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดินและความขรุขระของผิวดิน ปัจจัยดังกล่าวมีความซับซ้อนและความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เช่น ลักษณะเนื้อดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน ดินทรายหยาบมีการระบายน้ำดีจะสะท้อนพลังงานสูง ดินละเอียดมีการระบายน้ำเลวจะมีการสะท้อนพลังงานต่ำ

1.2.3 น้ำ (Water) ลายเซ็นต์เชิงคลื่นของน้ำ โดยทั่วไปมีคุณสมบัติดูดกลืนพลังงานอย่างไรก็ตาม น้ำมีหลายประเภท ซึ่งจะทำให้มีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกันไป การสะท้อนพลังงานของน้ำมีลักษณะต่างจากวัตถุอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรด น้ำจะดูดกลืนพลังงานอย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถเขียนขอบเขตของน้ำได้ เนื่องจากน้ำที่อยู่บนผิวโลกมีหลาย



สภาพด้วยกัน เช่น น้ำขุ่น น้ำใส หรือน้ำที่มีสารแขวนลอยต่าง ๆ เจือปน ดังนั้น การสะท้อนพลังงานจึงแตกต่างกันออกไป โดยน้ำใสจะดูดกลืนพลังงานมาก น้ำขุ่นจะมีการสะท้อนพลังงานได้มากกว่า

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติในแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม LANDSAT-8

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ (เมตร)
1	0.43 - 0.45 (Coastal Aerosol)	30
2	0.45 - 0.51 (Blue)	30
3	0.53 - 0.59 (Green)	30
4	0.64 - 0.67 (Red)	30
5	0.85 - 0.88 (Near Infrared NIR)	30
6	1.57 - 1.65 (SWIR 1)	30
7	2.11 - 2.29 (SWIR 2)	30
8	0.50 - 0.68 (Panchromatic)	15
9	1.36 - 1.38 (Cirrus)	30
10	10.60 - 11.19 (Thermal Infrared - TIRS 1)	100
11	11.50 - 12.51 (Thermal Infrared - TIRS 2)	100

## 2. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกหรือ GPS ซึ่งถ้าแปลให้ตรงตัวแล้วคือ “ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก” ระบบนี้ได้พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งจัดทำโครงการ Global Positioning System มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 โดยอาศัยดาวเทียมและระบบคลื่นวิทยุนำร่องและรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR จำนวน 24 ดวง โดยแบ่งเป็นชุด ชุดละ 4 ดวง โคจรอยู่รอบโลกวันละ 2 รอบและมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลกที่ความสูง 20,200 กิโลเมตร

หน้าที่สำคัญของดาวเทียม GPS มีดังนี้

2.1 รับข้อมูล วงโคจรที่ถูกต้องของดาวเทียม (Ephemeris Data) ที่ส่งมาจาก สถานีควบคุมดาวเทียมหลัก (Master Control Station) เพื่อส่งกระจายสัญญาณข้อมูลนี้ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ GPS Receiver ใช้ในการคำนวณระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้นกับตัวเครื่อง GPS Receiver และตำแหน่งของดาวเทียมบนท้องฟ้า เพื่อใช้คำนวณหาตำแหน่งพิกัดของตัวเครื่อง GPS Receiver เอง

2.2 ส่งรหัส (Code) และข้อมูล Carrier Phase ไปกับคลื่นวิทยุ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ GPS Receiver ใช้ในการคำนวณระยะห่างระหว่างดาวเทียมดวงนั้นกับตัวเครื่อง GPS Receiver

2.3 ส่งข้อมูลตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมทั้งหมด (Almanac Information) และข้อมูลสุขภาพของดาวเทียมลงไปยังพื้นโลกสำหรับ GPS Receiver ใช้ในการกำหนดดาวเทียมที่จะสามารถรับสัญญาณได้

โดยเราสามารถนำระบบตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกด้วยดาวเทียมมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลได้ พอเราตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแล้ว จึงนำมาประยุกต์กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

### 3. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือ GIS คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูลและฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลายป่า การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้เมื่อปรากฏบนแผนที่จะทำให้สามารถแปลและสื่อความหมายในการใช้งานได้ง่าย

#### 3.1 องค์ประกอบของ GIS

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

3.1.1 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่น ๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน

3.1.2 โปรแกรม คือ ชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc/Info, MapInfo ฯลฯ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชัน การทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล เรียกค้น วิเคราะห์และจำลองภาพ

3.1.3 ข้อมูล คือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยได้รับการดูแลจากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองลงมาจากบุคลากร

3.1.4 บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากร ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาลนั้น ก็จะเป็นเพียงขยะไม่มีคุณค่าใดเลยเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน อาจจะกล่าวได้ว่าถ้าขาดบุคลากรก็จะมีระบบ GIS

3.1.5 วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือ วิธีการที่องค์กรนั้น ๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งาน โดยแต่ละระบบแต่ละองค์กร ย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงานนั้น ๆ เอง

### 3.2 หลักการทำงานของระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์

3.2.1 การนำเข้าและแก้ไขข้อมูล (Data Input and Editing) การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่สู่ GIS ทำได้หลายทาง ได้แก่ ดิจิไตส์ (Digitizing) จากสิ่งพิมพ์โดยใช้โต๊ะหรืออาจจะทำจากข้อมูลดิจิทัลบนจอภาพคอมพิวเตอร์ กราดภาพ (Scanning) จากสิ่งพิมพ์ได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (ภาพถ่ายทางอากาศและจากดาวเทียม) ได้จากเครื่องมือหาพิกัดบนพื้นโลก (Global Positioning)

3.2.2 การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล (Data Storage and Retrieval) การจัดเก็บข้อมูลมักจะพิจารณาที่เก็บในรูปแบบที่ประหยัดเนื้อที่ ปลอดภัยและเรียกใช้ได้ง่ายรวดเร็ว โดยมักจะคำนึงถึงโครงสร้างของข้อมูลและความสัมพันธ์ของแฟ้มข้อมูลที่จะมีต่อกันในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถตอบสนองได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพตามลักษณะการนำไปใช้งาน โครงสร้างของข้อมูลเชิงพื้นที่อาจเป็นได้ทั้งเวกเตอร์และแรสเตอร์ รูปแบบของไฟล์ที่จัดเก็บอาจเป็นได้หลายแบบแล้วแต่ซอฟต์แวร์ที่ใช้งาน

3.2.3 การปรับแก้และวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis) ในการปรับปรุงข้อมูล (Data Manipulation) หรือการปรับแต่งข้อมูลครอบคลุมถึงกระบวนการที่ใช้ในการแปลงมาตราส่วนข้อมูล การปรับแก้เชิงเรขาคณิต การถ่ายเปลี่ยนระบบพิกัด การจัดกลุ่มการจำแนกข้อมูล การแยกและรวมข้อมูลในชั้นข้อมูลเดียวกัน เป็นต้น กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงกระบวนการซ้อนทับชั้นข้อมูล ซึ่งทำให้เกิดการจำแนกแบบใหม่ที่ผสมการจำแนกจากแต่ละชั้นข้อมูล การวิเคราะห์ชั้นพื้นฐานเชิงตรรกะเลขคณิตและสถิติ ในแต่ละชั้นข้อมูลและระหว่างชั้นข้อมูล

3.2.4 การค้นคืนและแสดงผล (Data Query and Display) ข้อมูลที่ได้รับการจัดเตรียมให้เป็นชั้นข้อมูลหรือฐานข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถแล้ว จะใช้สืบค้น ค้นคืนและแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ได้ ใช้จัดรูปแบบเป็นแผนที่ให้สวยงามตามต้องการและสั่งพิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ (Hard copy) ได้ เช่นกัน ระบบเอื้อให้การสืบค้น ค้นคืนและแสดงผลสามารถทำได้แบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับผู้ใช้

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกวรรณ โกลวีระเกตุ (2541) ได้ศึกษาค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน ค่าดัชนีพืชพรรณ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คำนวณได้จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ในการประเมินปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในกรุงเทพมหานครได้ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินและค่าดัชนีพืชพรรณของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 9 ประเภท ผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิพื้นผิวดิน นอกจากนี้ค่าดัชนีพืชพรรณและอุณหภูมิพื้นผิวดินยังแปรผันไปตามลักษณะและคุณสมบัติของพื้นผิว ในขณะที่พื้นที่ก่อสร้างและพื้นที่เปิดโล่งจะมีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำและมีอุณหภูมิพื้นผิวดินสูง ดังนั้นการที่พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมสูงจะมีค่าดัชนีพืชพรรณสูงและมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินต่ำ การลดลงของพืชพรรณและการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ก่อสร้างจะมีผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวดินสูงขึ้น

เอกลักษณ์ สลักคำ (2553) ได้ประยุกต์จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน จากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทต่าง ๆ ตลอดจนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้งจากข้อมูลจากดาวเทียมและสำรวจในภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิพื้นผิวดินในเขตพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่ถูกเผา มีอุณหภูมิพื้นผิวดินที่สูงกว่าในเขตพื้นที่แหล่งน้ำและป่าไม้ นอกจากนี้อุณหภูมิพื้นผิวดินที่ได้จากการประมาณค่าและการตรวจวัดในภาคสนามนั้นมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก

วิษณุ ก่อพิมพ์ (2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนพื้นผิวของกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่เมือง สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ณ วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2552 พื้นที่เมืองมีพื้นที่ 850.86 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 54.23 ของพื้นที่ พื้นที่สีเขียวมีพื้นที่ 586.21 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.36 ของพื้นที่ พื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่น้ำมีพื้นที่ 60.68 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.86 ของพื้นที่ พื้นที่ดินเปิดมีพื้นที่ 71.18 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ

4.53 ของพื้นที่ สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ณ วันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พื้นที่เมืองมีพื้นที่ 1,025.92 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 65.39 ของพื้นที่ พื้นที่สีเขียวมีพื้นที่ 382.51 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 24.38 ของพื้นที่ พื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่น้ำมีพื้นที่ 47.11 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3 ของพื้นที่ พื้นที่ดินเปิดมีพื้นที่ 113.33 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.22 ของพื้นที่ โดยพบว่าพื้นที่เมืองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.16 ของพื้นที่ พื้นที่สีเขียวลดลงร้อยละ 12.98 ของพื้นที่ พื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่น้ำ ลดลงร้อยละ 0.86 ของพื้นที่และพื้นที่ดินเปิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.69 ของพื้นที่ ซึ่งจากการที่พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ว่าพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองสูงยิ่งส่งผลต่ออุณหภูมิที่สูงเพิ่มขึ้นมากกว่าพื้นที่ที่มีสัดส่วนความเป็นเมืองต่ำ

พงศธร กลิ่น ไสภณ ภาวิณี เอี่ยมตระกูล สุนิษา มินรินทร์และสมศิริ เชี่ยววัฒนกุล (2556) ได้ประเมินผลกระทบของอุณหภูมิพื้นผิวดินที่แตกต่างกันในเขตภูมิอากาศเมืองของกรุงเทพฯ และปริมาณผลด้วยการประยุกต์ข้อมูลจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา โดยใช้ปัจจัย 5 ปัจจัย คือ 1) อุณหภูมิ 2) ความหนาแน่น 3) พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง 4) ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ 5) สัณฐานวิทยา ผลการศึกษาพบว่า การมีระดับความเข้มข้นของค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณสูงจะช่วยลดภาวะเกาะความร้อนของเมืองได้ ในทางตรงกันข้าม หากในพื้นที่ดังกล่าวมีค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณต่ำอุณหภูมิในพื้นที่จะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับความหนาแน่นของเมืองก็ส่งผลต่อสภาวะเกาะความร้อนของเมือง ยิ่งเมืองมีความหนาแน่นยิ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่สูงขึ้น

สมศิริ เชี่ยววัฒนกุลและภาวิณี เอี่ยมตระกูล (2556) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในกรุงเทพมหานครและปริมาณผล พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง เกิดจากสาเหตุที่หลากหลายทั้งทางด้านกายภาพจากธรรมชาติและกายภาพเมือง ซึ่งมีโครงสร้างเมืองและรูปแบบการดำเนินชีวิตเป็นตัวแปรที่สำคัญ โดยสามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง คือ 1) การลดลงของพืชพรรณในพื้นที่เมือง ซึ่งในพื้นที่ชนบทมีพื้นที่เปิดโล่งต้นไม้และพืชพรรณให้ร่มเงาและช่วยให้อุณหภูมิลดลงและยังช่วยลดอุณหภูมิอากาศผ่านกระบวนการคายน้ำ 2) สัดส่วนของวัสดุอาคารมีอิทธิพลต่อการสะท้อนแสงอาทิตย์ การปลดปล่อยความร้อนและเก็บกักความร้อน ซึ่งส่งผลต่อสภาวะเกาะความร้อนของเมือง 3) ความร้อนจากมนุษย์ก่อให้เกิดเกาะความร้อนในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์หลาย ๆ กิจกรรม เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ การคมนาคมขนส่งและกระบวนการทางด้านอุตสาหกรรม

Hyung Moo Kim (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการทางสถิติระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินและดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ

TM กับ LANDSAT-7 ระบบ ETM+ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่มีค่าอุณหภูมิสูง จะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมดินน้อยหรือค่า NDVI ต่ำและมีค่าการแปรผันในการตรวจสอบภาคสนามค่อนข้างต่ำและมีความแม่นยำสูง

Xiao R et al (2008) ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินบริเวณเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน โดยการศึกษานี้ได้นำอุณหภูมิพื้นผิวดินมาทำการศึกษาความสัมพันธ์กับลักษณะทางชีววิทยาและประชากรของเมืองที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เช่น เมืองปักกิ่ง โดยได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM มาประยุกต์ร่วมกับข้อมูลความสูงของอาคารที่คำนวณจากเงาอาคารจากข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ระบบ Panchromatic และความหนาแน่นของประชากร โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุดมีประเภทการใช้ที่ดิน 7 ประเภท คือ ถนน หน้าดินเปิด ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งปลูกสร้างหนาแน่นน้อย สิ่งปลูกสร้างหนาแน่นมากและพื้นที่เกษตรกรรม การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวดินมีความซับซ้อนขึ้นโดยมีการปรับแก้ค่าสภาพเปล่งรังสีจากบรรยากาศและนำค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) มาปรับแก้ค่าสภาพเปล่งรังสีของดินและพืช ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิพื้นผิวดินมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินในทิศทางเดียวกัน สำหรับการที่ใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นน้อย สิ่งปลูกสร้างหนาแน่นมาก อาคารที่มีความสูงมาก ความหนาแน่นประชากร มีความสัมพันธ์ผกผันกับป่าไม้พื้นที่เกษตรกรรมและแหล่งน้ำ

Lin Liu and Yuanzhi Zhang (2011) ได้ศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM และข้อมูลจากดาวเทียม ASTER กรณีศึกษา อ่องกง โดยได้ศึกษารูปแบบเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิวดินในพื้นที่ศึกษา อีกทั้งยังหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินกับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI รวมถึงค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง NDBI สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จากการประเมินดัชนีระบบนิเวศน์เปรียบเทียบกับดัชนีความแปรปรวนความร้อนเขตเมือง ผลจากการประเมินดัชนีระบบนิเวศน์โดยใช้ค่าดัชนีความแปรปรวนความร้อนเขตเมืองในการจำแนกระดับเกาะความร้อน พบว่า ในอ่องกงมีปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองที่แข็งแกร่งที่สุดและเลวร้ายที่สุด

Juan C et al (2014) ได้ศึกษาการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน จากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในระบบตรวจวัดของดาวเทียม LANDSAT-8 โดยระบบตรวจวัดสัญญาณของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนนั้นมีสองช่วงคลื่น จึงช่วยให้สามารถนำมาประยุกต์กับกระบวนการของ Split-Window ได้ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการประมาณค่าที่ชื่อว่า Single-Channel โดยใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเพียงหนึ่งช่วงคลื่นในการเปรียบเทียบ ผลการศึกษาพบว่า Split-Window มีความแม่นยำกว่า Single Channel ในทุกสภาพอากาศ

Rajeshwari, A. and Mani, ND (2014) ได้ศึกษาการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน ตำบล ดินดิฏ จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI และเลือกใช้วิธี Split-Window ในการ ประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน โดยใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ได้แก่ แบนด์ 10 (10.60 - 11.19 ไมโครเมตร) แบนด์ 11 (11.50 - 12.51 ไมโครเมตร) และได้ใช้เกณฑ์ของดัชนีพืชพรรณ NDVI มา ช่วยในความแม่นยำของการประมาณค่า ผลการศึกษาพบว่า ค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินมีค่าความแตกต่าง อยู่ระหว่าง 305 ถึง 324 เคลวิน ค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินที่มากกว่า 324 เคลวิน พบมากในพื้นที่แห้งแล้ง และพื้นที่ว่างเปล่า ค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินอยู่ระหว่าง 313-318 เคลวิน พบในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืช ส่วนค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินที่มีค่าต่ำกว่า 105 เคลวิน พบในพื้นที่ที่มีพืชขึ้นปกคลุมหนาแน่น

Huazhong Ren, Chen Du, Rongyun Liu, Guangjian Yan, Zhao-Liang Li and Jinjie Meng (2014) ได้ศึกษาเรื่องการดึงค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนใน ดาวเทียม LANDSAT-8 โดยจุดมุ่งหมายของงานนี้ คือ การประมาณค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศ เพื่อนำมาใช้สำหรับอัลกอริทึม Split-Window Covariance-Variance Ratio (SWCVR) จากอุณหภูมิ ความสว่าง (Brightness Temperature) ของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนทั้ง 2 แบนด์ ผลการศึกษา พบว่า บรรยากาศแห้งมีค่าความถูกต้องที่ดีกว่า  $0.3 \text{ g/cm}^2$  และในบรรยากาศชื้นมีค่าความถูกต้องที่ ดีกว่า  $0.5 \text{ g/cm}^2$  ซึ่งวิธีนี้ได้นำไปประยุกต์ในพื้นที่ที่แตกต่างกัน คือพื้นที่หนึ่งมีบรรยากาศแห้งและ อีกที่หนึ่งคือที่มีบรรยากาศชื้นและมีการตรวจสอบกับสถานีภาคพื้นดินจำนวนทั้งสิ้น 42 สถานีและ ผลกระทบจาก MODIS ผลพบว่า การดึงข้อมูลไอน้ำในชั้นบรรยากาศจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน มีความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลสูง

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินของจังหวัดระยอง จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 เพื่อศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง ทั้งนี้ยังมีการออกแบบและสร้างเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 โดยมีเครื่องมือ ข้อมูลและวิธีการวิจัยดังนี้

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

#### 1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

##### 1.1 คอมพิวเตอร์ Acer Aspire E1-470 G

1.1.1 CPU : Intel (R) Core (TM) i3 1.80 GHz

1.1.2 RAM : 4.00 GB

1.1.3 HDD : 1000 GB

##### 1.2 กล้องถ่ายภาพ Nikon D-5000

##### 1.3 ระบบกำหนดตำแหน่งบน โลก (GPS)

#### 2. ซอฟต์แวร์ (Software)

2.1 โปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับใช้ในการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 และแสดงผลแผนที่ (Map Layout) จากคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2.2 โปรแกรม Microsoft Word เวอร์ชัน 2013 สำหรับเรียบเรียงเนื้อหาและสรุปผลการศึกษาวิจัย จากสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2.3 โปรแกรม Microsoft Excel เวอร์ชัน 2013 สำหรับสร้างกราฟ ตารางและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติในการสรุปผลการศึกษาวิจัย จากสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา



## ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

1. ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI และระบบ TIRS จากเว็บไซต์ <http://earthexplorer.usgs.gov/> ดังตารางที่ 3-1
2. ภาพถ่ายดาวเทียม Terra MODIS รหัสผลิตภัณฑ์ MOD11A2 สำหรับข้อมูล Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day L3 Global 1KM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 รายละเอียดภาพ 1 กิโลเมตร จากเว็บไซต์ <http://earthexplorer.usgs.gov/>
3. แผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 ราวาง 5234I 5234II 5234III 5234IV 5235II 5235III 5334I 5334II 5334III 5334IV 5335III จากกรมแผนที่ทหาร
4. ขอบเขตการปกครองจังหวัดระยอง

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8

Path/Row	แบนด์ที่	รายละเอียดภาพ (เมตร)	บันทึกข้อมูล วัน/เดือน/ปี
128-51	2	30	4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558
	3	30	
	4	30	
	5	30	
	6	30	
	10	100	
	11	100	
129-51	2	30	31 ธันวาคม พ.ศ. 2558
	3	30	
	4	30	
	5	30	
	6	30	
	10	100	
	11	100	

## ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 1. การศึกษาอุณหภูมิจนผิวดิน

#### 1.1 การสร้างเครื่องมืออัตโนมัติ

การประมาณค่าอุณหภูมิจนผิวดิน ผ่านคำสั่งการสร้างแบบจำลอง (Model Builder) บนโปรแกรม ArcGIS for Desktop 10 มีวิธีการดังภาพที่ 3-1 ต่อไปนี้

1.1.1 การนำเข้าข้อมูล (Add Data) ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ที่ต้องการประมวลผลข้อมูลในขั้นตอนการศึกษาต่าง ๆ โดยเลือกประเภทของข้อมูลเป็นข้อมูลแรสเตอร์ (Raster) กำหนดพารามิเตอร์ (Model Parameter) และตั้งชื่อตัวแปร ทั้งนี้ข้อมูลตัวเลขให้เลือกประเภทข้อมูลเป็นข้อมูลจำนวนทศนิยม (Double)

1.1.2 การนำเข้าเครื่องมือ (Add Toolbox) วิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis Tool) แบบ Raster Calculator เพื่อสร้างสมการคณิตศาสตร์ในการประมวลผลข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบแรสเตอร์ตามสมการของอัลกอริทึม Split-Window

1.1.3 การเชื่อมต่อข้อมูลและเครื่องมือ (Connect Data and Tools) สำหรับประมวลผลข้อมูลและสร้างสมการคณิตศาสตร์ของอัลกอริทึม Split-Window จำนวน 8 ขั้นตอนได้แก่

1.1.3.1 ขั้นตอนที่ 1 แปลงค่าดิจิตอลเชิงเลขเป็นค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม (Step 1: Top of Atmospheric DN to Radiance) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-1 (USGS, 2013)

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (3-1)$$

เมื่อ  $L_{\lambda}$  คือ การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม หน่วย  $\text{Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$

$M_L$  คือ ค่า Radiance Multi Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล (Metadata) 0.0003342

$A_L$  คือ ค่า Radiance Add Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล 0.10000

$Q_{cal}$  คือ ค่าดิจิตอลเชิงเลขของแต่ละจุดภาพ

1.1.3.2 ขั้นตอนที่ 2 อุณหภูมิความสว่าง (Step 2: Brightness Temperature) จากค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-2 (USGS, 2013)

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3-2)$$

เมื่อ  $T$  คือ อุณหภูมิความสว่าง หน่วย  $^{\circ}\text{K}$

- $K_1$  คือ ค่าคงที่ 774.89 ในแบนด์ 10 และ 480.89 ในแบนด์ 11  
 $K_2$  คือ ค่าคงที่ 1321.08 ในแบนด์ 10 และ 1201.14 ในแบนด์ 11  
 $L_\lambda$  คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม

1.1.3.3 ขั้นตอนที่ 3 แปลงค่าดิจิตอลเชิงเลขเป็นค่าการสะท้อน (Step 3: Top of Atmospheric DN to Reflectance ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-3 (USGS, 2013)

$$\rho_\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (3-3)$$

- เมื่อ  $\rho_\lambda$  คือ ค่าการสะท้อน  
 $M_\rho$  คือ ค่า Reflectance Multi Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล 0.00002  
 $A_\rho$  คือ ค่า Reflectance Add Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล -0.1  
 $Q_{cal}$  คือ ค่าดิจิตอลเชิงเลขของแต่ละจุดภาพ

1.1.3.4 ขั้นตอนที่ 4 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI (Step 4: Normalized Difference Vegetation Index) จากค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-4

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (3-4)$$

- เมื่อ  $\rho_{NIR}$  คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้  
 $\rho_{Red}$  คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง  
 $\rho$  คือ ค่าการสะท้อน

1.1.3.5 ขั้นตอนที่ 5 การศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (Step 5: Fractional Vegetation Cover) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-5 (Skokovic, D. et al., 2014)

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (3-5)$$

- เมื่อ  $NDVI_v$  คือ ค่าสูงสุดของ NDVI ในพื้นที่ศึกษา  
 $NDVI_s$  คือ ค่าต่ำสุดของ NDVI ในพื้นที่ศึกษา

1.1.3.6 ขั้นตอนที่ 6 สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก (Step 6: Land Surface Emissivity) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-6 (Skokovic, D. et al., 2014)

$$LSE = \varepsilon_s(1 - FVC) + \varepsilon_v * FVC \quad (3-6)$$

เมื่อ  $\varepsilon_s$  คือ ค่าคงที่ของ LANDSAT-8 แบนด์ 10 (0.971) แบนด์ 11 (0.977)

$\varepsilon_v$  คือ ค่าคงที่ของ LANDSAT-8 แบนด์ 10 (0.987) แบนด์ 11 (0.989)

1.1.3.7 ขั้นตอนที่ 7 ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ (Step 7: Atmospheric Water Vapor) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-7 (Li, Z. L. et al. 2003)

$$wv = a + b \cdot \tau_j / \tau_i \quad (3-7)$$

เมื่อ

$$\frac{\tau_j}{\tau_i} \approx R_{ji} = \frac{\sum_{k=1}^N (T_{i,k} - \bar{T}_i)(T_{j,k} - \bar{T}_j)}{\sum_{k=1}^N (T_{i,k} - \bar{T}_i)^2}$$

เมื่อ a, b คือ สัมประสิทธิ์ที่ได้จากการจำลอง

$\tau$  คือ ประสิทธิภาพในการทะลุผ่าน

$T_{i,k}$  คือ ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 หน่วย °K

$T_{j,k}$  คือ ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 หน่วย °K

$\bar{T}_i$  คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 หน่วย °K

$\bar{T}_j$  คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 หน่วย °K

1.1.3.8 ขั้นตอนที่ 8 อุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window (Step 8: Split-Window) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-8 (Skokovic, D. et al., 2014)

$$LST = T_{10} + C_1(T_{10} - T_{11}) + C_2(T_{10} - T_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W) \quad (3-8)$$

$$(1 - \varepsilon) + (C_5 + C_6W)\Delta\varepsilon$$

เมื่อ  $T_{10}$  คือ อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 หน่วย °K

$T_{11}$  คือ อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 หน่วย °K

- $\varepsilon$  คือ สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวเฉลี่ยของแบนด์ 10 และ 11 (Mean LSE)
- $\Delta\varepsilon$  คือ ความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิว (Difference LSE) ของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 เท่ากับ  $\varepsilon_{10} - \varepsilon_{11}$
- W คือ ค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศ หน่วย  $\text{g/cm}^2$
- $C_0 - C_6$  คือ ค่าคงที่รายละเอียดดังตารางที่ 3-2

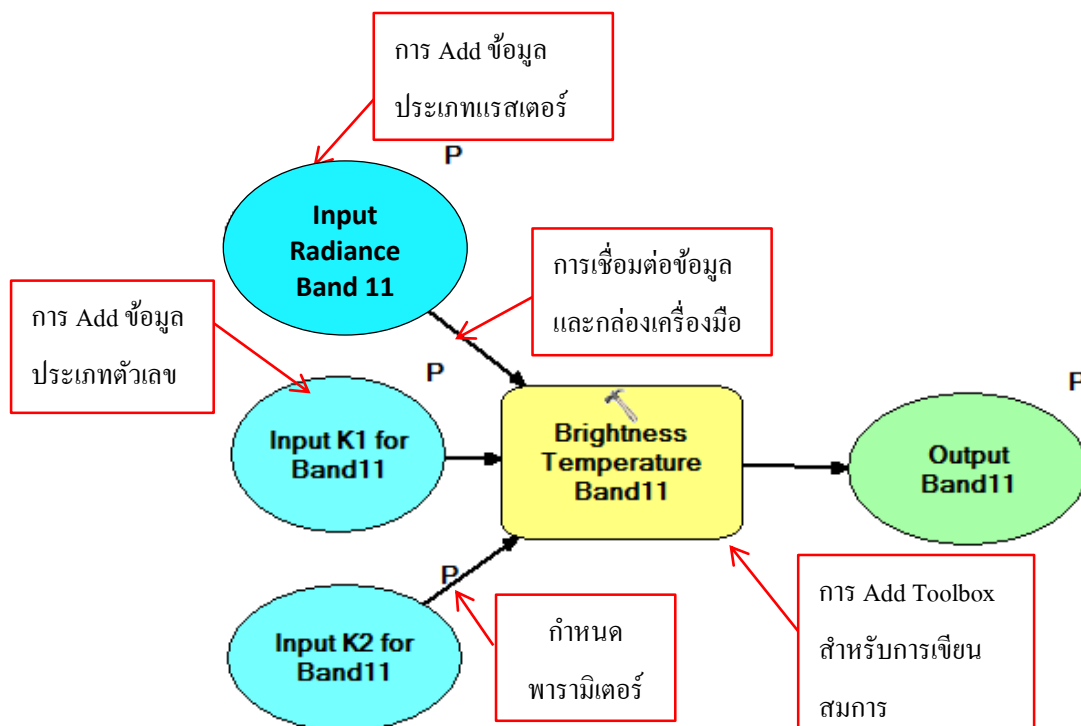
ตารางที่ 3-2 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ Split-Window (Skokovic, D. et al., 2014)

ค่าคงที่ (Constant)	ค่า (Value)
$C_0$	-0.678
$C_1$	1.378
$C_2$	0.183
$C_3$	54.30
$C_4$	-2.238
$C_5$	-129.2
$C_6$	16.40

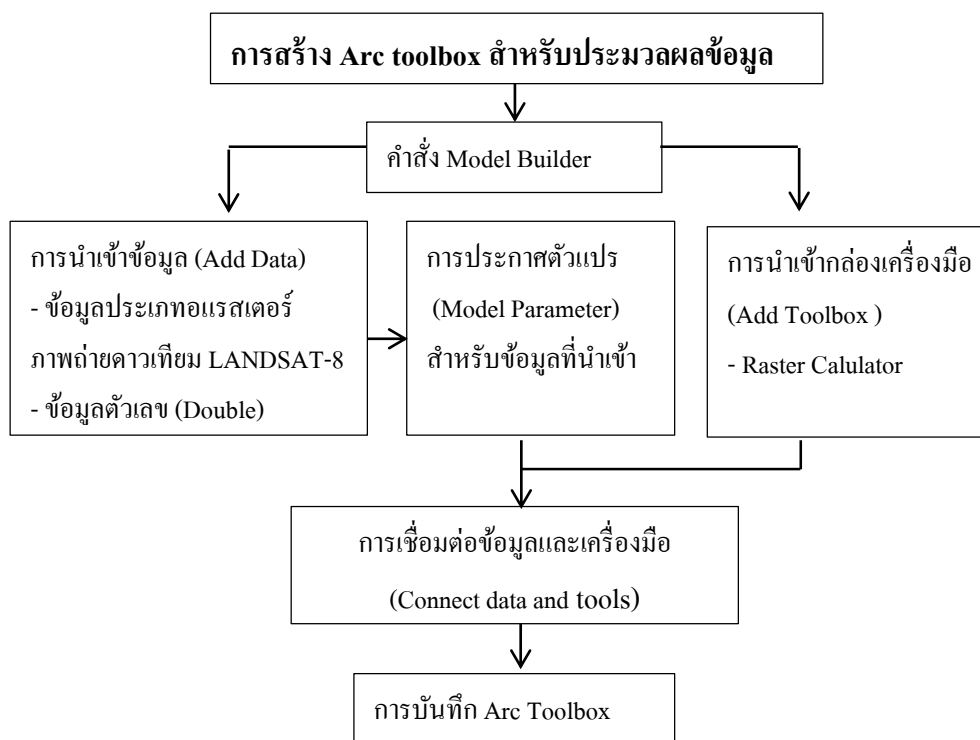
1.1.4 การบันทึกแบบจำลอง (Save Model) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 หรือในเวอร์ชันที่ต่ำกว่า ซึ่งสามารถบันทึกแบบจำลองออกในรูปแบบ Arc Toolbox หรือ Python Script

## 1.2 การศึกษาสถิติของอุณหภูมิพื้นผิวดิน

วิธีการ Zonal Statistics as Table จากค่าอุณหภูมิในแต่ละพิกเซลของแต่ละอำเภอ แต่ละนิคมอุตสาหกรรม แต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 3-1 แบบจำลองที่เขียนผ่านคำสั่ง Model Builder ด้วย โปรแกรม ArcGIS For Desktop 10



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการประมวลผลข้อมูล

## 2. การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน

### 2.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre-Processing)

2.1.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 แบบ Image to Map โดยใช้ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 เป็นแผนที่อ้างอิง (Reference Map)

2.1.2 การรวมภาพและผสมสีภาพ (Color Composites Band) ทำการรวมภาพโดยใช้แบนด์ 4-6 ของดาวเทียม LANDSAT-8 และผสมสีภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ดังนี้

2.1.2.1 สีแดง (Red) : NIR Band (แบนด์ 5)

2.1.2.2 สีเขียว (Green) : SWIR Band (แบนด์ 6)

2.1.2.3 สีน้ำเงิน (Blue) : Red Band (แบนด์ 4)

2.1.3 การต่อภาพ (Mosaic Image) ทำการต่อภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ตำแหน่ง Path 128 Row 51 และ Path 129 Row 51 ให้เป็นพื้นภาพเดียวกัน โดยไม่มีการปรับแก้ค่าใด ๆ ของพิกเซล

2.1.4 การตัดภาพ (Clip Image) ทำการตัดภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ตามขอบเขตการปกครองจังหวัดระยอง

2.2 ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม (Image Classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.1 การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification) แบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) กำหนดพื้นที่ตัวอย่างออกเป็น 5 ประเภท

2.2.1.1 ป่าไม้ (Forest)

2.2.1.2 แหล่งน้ำ (Water)

2.2.1.3 เกษตรกรรม (Agricultural)

2.2.1.4 ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Building)

2.2.1.5 อื่น ๆ (Others)

2.3 การประเมินความถูกต้องของการจำแนก (Accuracy Assessment) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง โดยใช้เทคนิคการสุ่มข้อมูลแบบอิสระ (Random Sampling) อ้างอิงกับข้อมูลจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยมีการประเมินความถูกต้องของการจำแนกออกมาเป็น 3 รูปแบบ คือ

2.3.1 ค่าความถูกต้องสำหรับผู้ผลิต (Producer's Accuracy or Omission Error) เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการไม่จัดเข้ากลุ่มหรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป พิจารณาจากจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินหารด้วยจำนวนจุดตัวอย่างรวมที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง

2.3.2 ค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน (User's Accuracy or Commission Error) เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการถูกจัดเข้ากลุ่มหรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา พิจารณาจากจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินหารด้วยจำนวนจุดรวมที่ได้จากการจำแนกจริง

2.3.3 ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) โดยพิจารณาจากจำนวนที่ถูกต้องทั้งหมดหารด้วยจำนวนจุดรวมทั้งหมดทั้งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

### 3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ด้วยสมการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-9

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (3-9)$$

เมื่อ  $r$  คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

$X$  คือ สัดส่วนหรือร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละอำเภอ

$Y$  คือ อุณหภูมิพื้นผิวดินเฉลี่ยในแต่ละอำเภอ

3.1 การสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินของจังหวัดระยอง จากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในพื้นที่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-10

$$Y = a + b(X) \quad (3-10)$$

เมื่อ  $Y$  คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินจากการทำนาย

$X$  คือ สัดส่วนหรือร้อยละของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน



- a คือ จุดตัดของแกน Y  
b คือ ความลาดชัน (Slope)ของสมการ

#### 4. การศึกษาดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง

การอธิบายระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (Urban Thermal Field Variance Index: UTFVI) ดังตารางที่ 3-3 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-11

$$UTFVI = \frac{T_s - T_{mean}}{T_{mean}} \quad (3-11)$$

- เมื่อ  $T_s$  คือ อุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ของแต่ละพิกเซล หน่วย °C  
 $T_{mean}$  คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ในพื้นที่ศึกษา หน่วย °C

ตารางที่ 3-3 ระดับของดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง (Lin Liu & Yuanzhi Zhang, 2011)

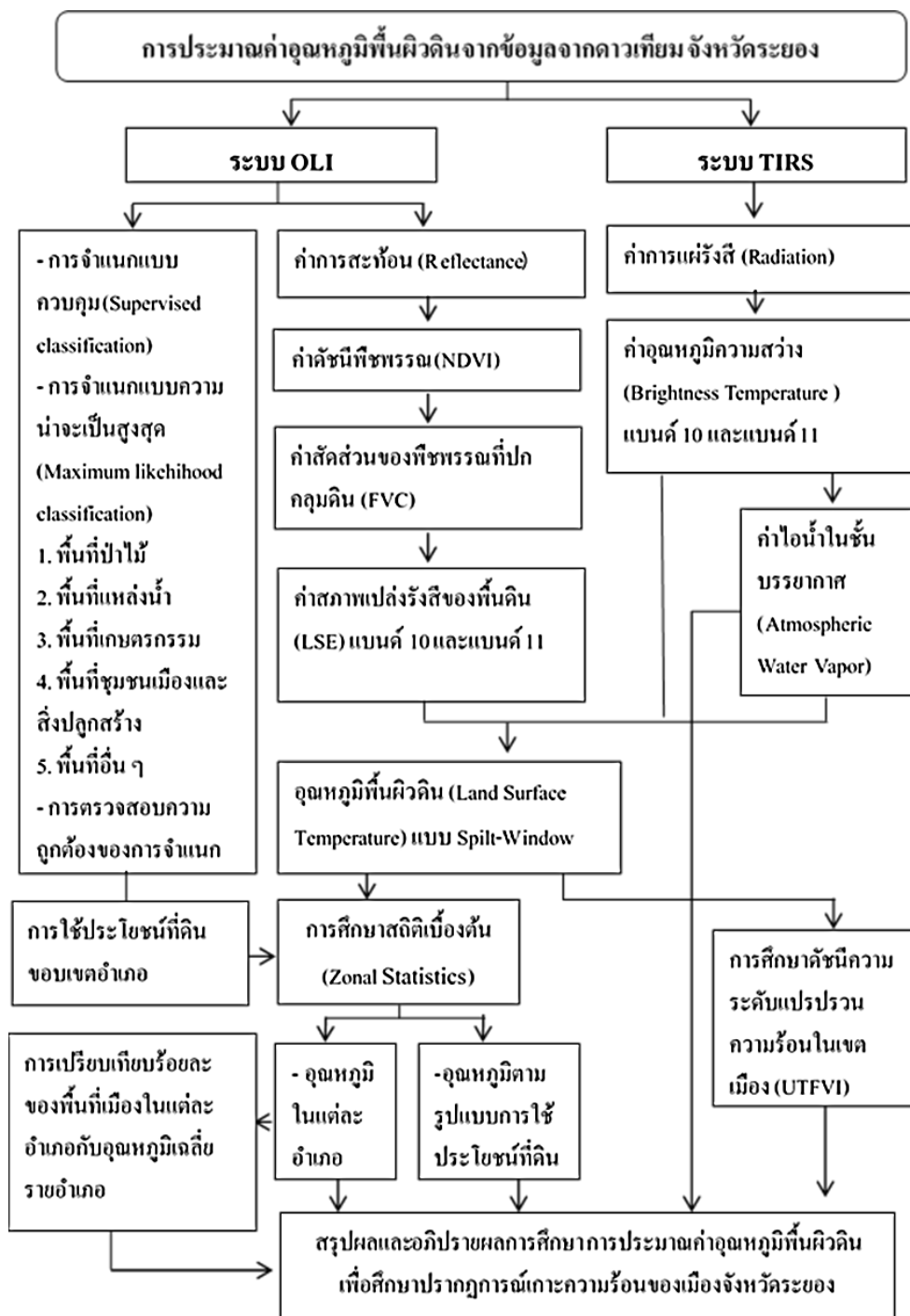
ดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง	ปรากฏการณ์เกาะความร้อน
< 0	ไม่เกิดปรากฏการณ์
0.000-0.0050	เกิดปรากฏการณ์ในระดับต่ำที่สุด
0.0051-0.010	เกิดปรากฏการณ์ในระดับต่ำ
0.011-0.0150	เกิดปรากฏการณ์ในระดับปานกลาง
0.0151-0.020	เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูง
> 0.020	เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงที่สุด

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของสัดส่วนหรือร้อยละของระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับ รวม 6 ระดับต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละอำเภอกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละอำเภอ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ด้วยสมการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-12

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (3-12)$$

- เมื่อ  $r$  คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

X คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ในแต่ละอำเภอ  
 Y คือ สัดส่วนหรือร้อยละของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองใน  
 แต่ละระดับของแต่ละอำเภอ



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม จังหวัดระยอง เป็นการศึกษาอุณหภูมิจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบ Split-Window ร่วมกับการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อหาความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิพื้นผิวดินที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ยังมีการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจังหวัดระยอง โดยแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 4 ประเด็น ได้แก่

1. การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน
2. การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2558
3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน
4. การศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง

### การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ด้วยอัลกอริทึม Split-Window จังหวัดระยอง และมีการสร้างกล่องเครื่องมือประมวลผลอัตโนมัติผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 จำนวน 1 กล่องเครื่องมือ (Toolbox) และมีชื่อกล่องเครื่องมือว่า Land Surface Temperature for LANDSAT-8 ประกอบด้วย 8 เครื่องมือย่อย (Toolset) โดยแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ การประมวลผลอุณหภูมิความสว่าง จำนวน 2 เครื่องมือย่อย การประมวลผลสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก จำนวน 4 เครื่องมือย่อย การประมวลผลไอน้ำในชั้นบรรยากาศ จำนวน 1 เครื่องมือย่อย และการประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window จำนวน 1 เครื่องมือย่อย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาอุณหภูมิความสว่างจำนวน 2 เครื่องมือย่อย ได้แก่

- ขั้นตอนที่ 1 แปลงค่าดิจิทัลเชิงเลขเป็นค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม
- ขั้นตอนที่ 2 อุณหภูมิความสว่าง

การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกจำนวน 4 เครื่องมือย่อย ได้แก่

- ขั้นตอนที่ 3 แปลงค่าดิจิทัลเชิงเลขเป็นค่าการสะท้อน
- ขั้นตอนที่ 4 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI

- ขั้นตอนที่ 5 สักส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

- ขั้นตอนที่ 6 สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

การศึกษาไอน้ำในชั้นบรรยากาศจำนวน 1 เครื่องมือย่อย ได้แก่

- ขั้นตอนที่ 7 ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ

การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window จำนวน 1 เครื่องมือย่อย ได้แก่

- ขั้นตอนที่ 8 อุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window

### 1. การศึกษาอุณหภูมิความสว่าง

การศึกษาอุณหภูมิความสว่าง ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 จังหวัดระยอง จะต้องทราบถึงการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนทั้ง 2 แบนด์ ซึ่งมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

#### 1.1 การศึกษาการแผ่รังสี

การศึกษาการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ผ่านชุดเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 1 พบว่า

การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง แสดงในตารางที่ 4-1 มีค่าการแผ่รังสีสูงสุดเท่ากับ  $10.87 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ในอำเภอเมืองระยองและอำเภอบ้านค่าย ค่าการแผ่รังสีต่ำสุดเท่ากับ  $8.37 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ในอำเภอนิคมพัฒนา มีค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีของทั้งจังหวัด เท่ากับ  $9.54 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  โดยอำเภอนิคมพัฒนา อำเภอบ้านฉางและอำเภอปลวกแดง มีค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีสูงสุดเท่ากับ  $9.66, 9.62$  และ  $9.61 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ตามลำดับ ส่วนอำเภอเขาชะเมา อำเภอวังจันทร์และอำเภอบ้านค่าย มีค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีต่ำสุดเท่ากับ  $9.39, 9.47$  และ  $9.52 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ตามลำดับ

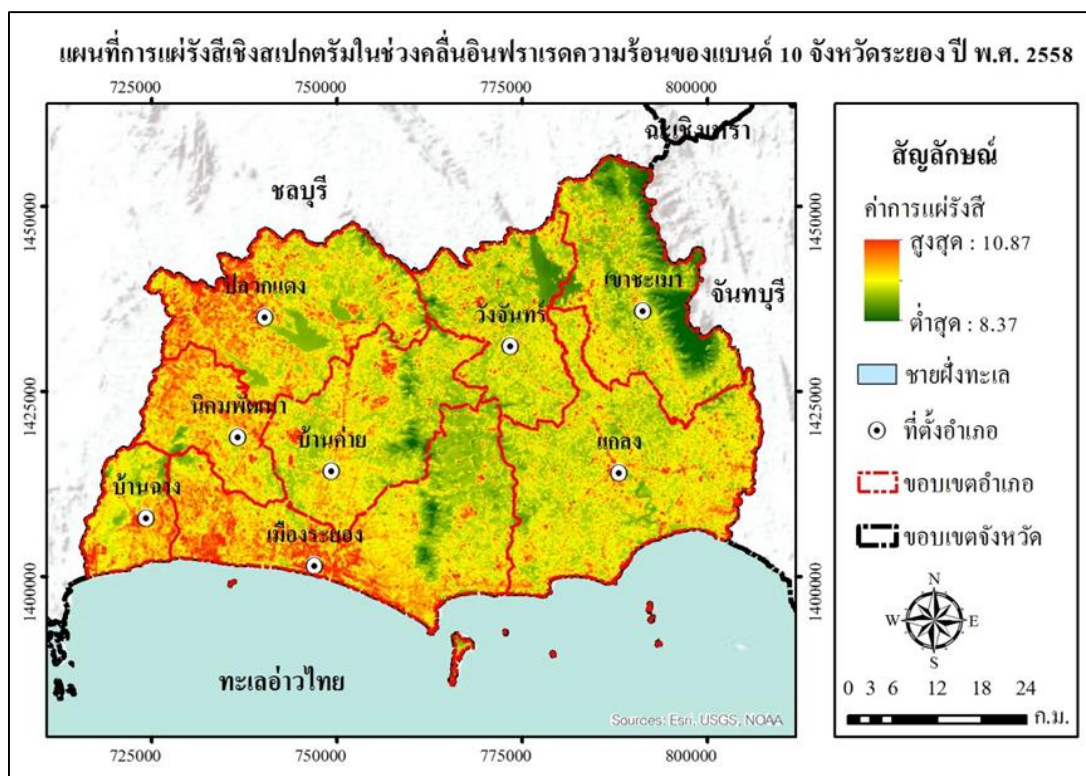
การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง แสดงในตารางที่ 4-2 มีค่าการแผ่รังสีสูงสุดเท่ากับ  $9.56 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ในอำเภอเมืองระยอง ค่าการแผ่รังสีต่ำสุดเท่ากับ  $7.95 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ในอำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอแกลง มีค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีของทั้งจังหวัดเท่ากับ  $8.68 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  โดยอำเภอนิคมพัฒนา อำเภอบ้านฉางและอำเภอปลวกแดง มีค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีสูงสุดเท่ากับ  $8.81, 8.76$  และ  $8.75 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ตามลำดับ ส่วนอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีต่ำสุด ได้แก่ อำเภอเขาชะเมา อำเภอวังจันทร์และอำเภอแกลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.54, 8.60$  และ  $8.65 \text{ Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  ตามลำดับ ซึ่งค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนทั้งแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิความสว่างในขั้นตอนที่ 2 ทั้งนี้การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมสูงจะแสดงด้วยสีแดงเข้ม ส่วนการแผ่รังสีเชิงต่ำจะแสดงด้วยสีเขียวเข้มดังภาพที่ 4-1 และ 4-2

ตารางที่ 4-1 การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10 รายอำเภอ จังหวัดระยอง

หน่วย :  $\text{Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$

$\mu\text{m}^{-1}$

อำเภอ	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	8.51	10.87	9.59	0.22
2. บ้านฉาง	9.14	10.38	9.62	0.19
3. แกลง	8.63	10.69	9.53	0.15
4. วังจันทร์	8.98	10.56	9.47	0.17
5. บ้านค่าย	8.89	10.87	9.52	0.18
6. ปลวกแดง	8.82	10.84	9.61	0.22
7. เขาชะเมา	8.53	10.52	9.39	0.22
8. นิคมพัฒนา	8.37	10.57	9.66	0.17

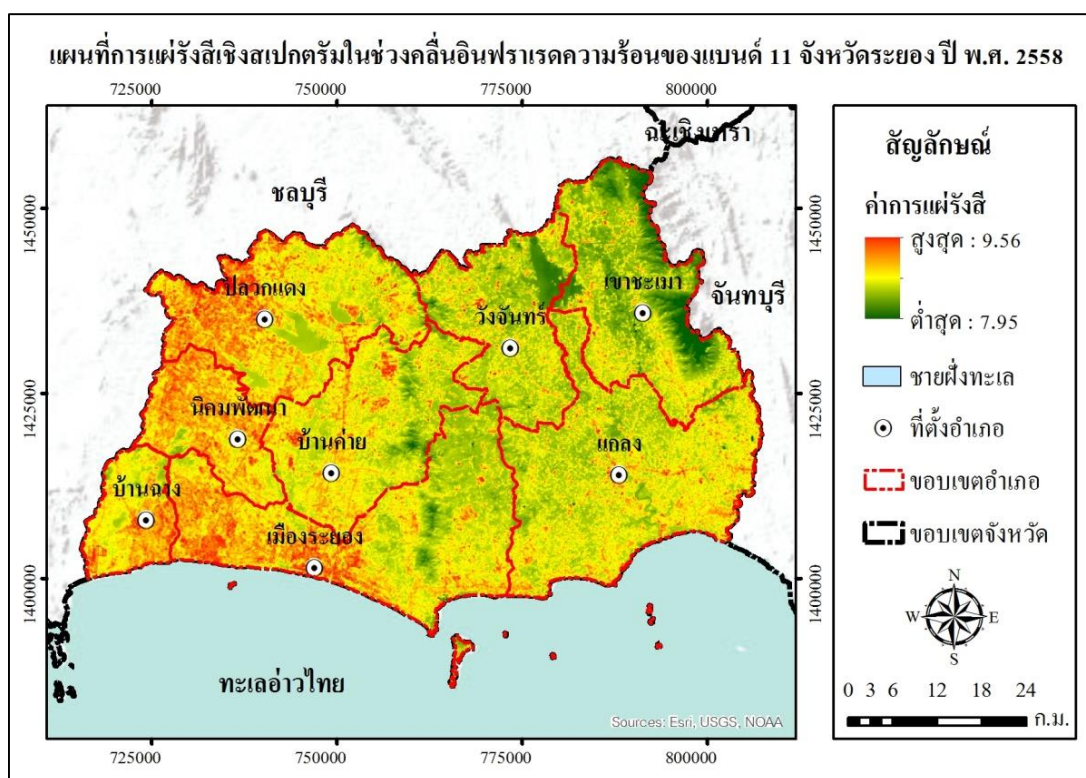


ภาพที่ 4-1 แผนที่การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

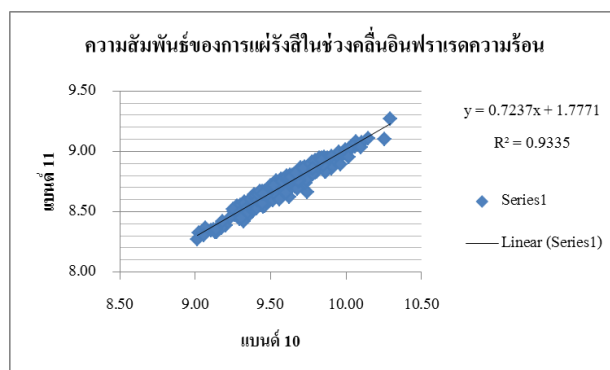
ตารางที่ 4-2 การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 11 รายอำเภอ จังหวัดระยอง

หน่วย :  $\text{Watts}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$

อำเภอ	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	8.05	9.56	8.71	0.15
2. บ้านฉาง	8.35	9.21	8.76	0.13
3. แกลง	7.95	9.37	8.65	0.10
4. วังจันทร์	8.16	9.32	8.60	0.12
5. บ้านค่าย	8.24	9.46	8.68	0.12
6. ปลวกแดง	8.21	9.48	8.75	0.15
7. เขาชะเมา	7.99	9.26	8.54	0.14
8. นิคมพัฒนา	7.95	9.41	8.81	0.11



ภาพที่ 4-2 แผนที่การแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4-3 กราฟความสัมพันธ์ของการแผ่รังสีของแบนด์ 10 และ 11 จังหวัดระยอง

จากภาพที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 พบว่า มีความสัมพันธ์กันระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ  $r^2$  เท่ากับ 0.9335 และข้อมูลทั้ง 2 ชุดข้อมูล มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10 สูงขึ้น ค่าการแผ่รังสีของแบนด์ 11 ก็จะเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน

## 1.2 การศึกษาอุณหภูมิความสว่าง

การศึกษาอุณหภูมิความสว่างจากค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 ในขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาอุณหภูมิความสว่างในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 2 มีดังต่อไปนี้

1.2.1 อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง แสดงในตารางที่ 4-3 พบว่า มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 35.45 องศาเซลเซียส ในอำเภอเมืองระยอง อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 17.88 องศาเซลเซียส ในอำเภอนิคมพัฒนา ทั้งนี้อำเภอนิคมพัฒนา อำเภอบ้านฉางและอำเภอปลวกแดง เป็นอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 27.28, 26.99 และ 26.92 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนอำเภอเขาชะเมา อำเภอวังจันทร์และอำเภอบ้านค่าย เป็นอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 25.39, 25.97 และ 26.29 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะอธิบายถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละอำเภอ ค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง อุณหภูมิในอำเภอนั้นมีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย ซึ่งอุณหภูมิสูงจะแสดงด้วยสีแดงเข้ม ส่วนอุณหภูมิต่ำจะแสดงด้วยสีเขียวเข้ม ดังภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 ของพื้นที่แต่ละอำเภอ จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)

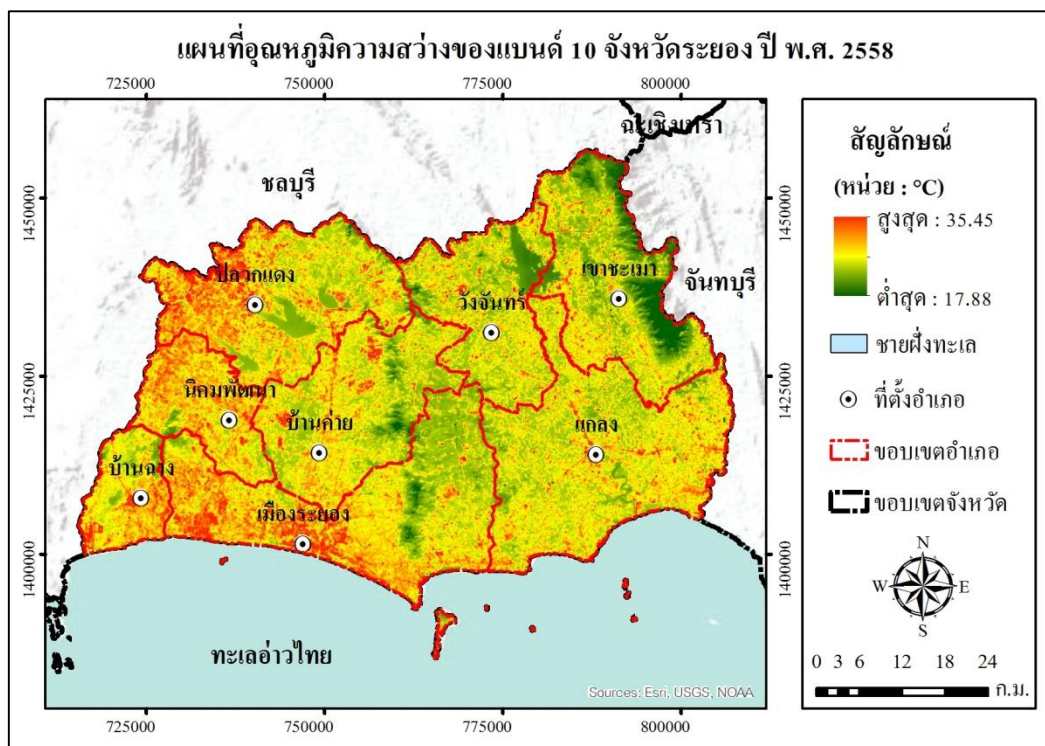
อำเภอ	อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 10			
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	18.94	35.45	26.81	1.54
2. บ้านฉาง	23.61	32.23	26.99	1.32
3. แกลง	19.87	34.27	26.40	1.08
4. วังจันทร์	22.44	33.45	25.97	1.19
5. บ้านค่าย	21.78	35.44	26.29	1.24
6. ปลวกแดง	21.31	35.28	26.92	1.50
7. เขาชะเมา	19.12	33.15	25.39	1.58
8. นิคมพัฒนา	17.88	33.46	27.28	1.18

ผลการจัดระดับอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 โดยใช้หลักสถิติเพื่อหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยเลขคณิตในการกำหนดค่าพิสัยออกเป็น 3 ระดับ แสดงในตารางที่ 4-4 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยองมีอุณหภูมิระดับปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 1,622,036.07 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 73.06 พบทั่วไปในพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้นและไม้ผลผสม ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอแกลงและอำเภอวังจันทร์ อุณหภูมิระดับสูง มีพื้นที่รองลงมาเท่ากับ 349,598.67 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.75 พบทั่วไปในพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวม ไปถึงพื้นที่ว่างเปล่า ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองระยอง อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอปลวกแดง ส่วนอุณหภูมิระดับต่ำ มีพื้นที่เท่ากับ 248,365.26 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.19 ของพื้นที่ทั้งหมด พบทั่วไปในพื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณหนาแน่นและพื้นที่แหล่งน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอแกลง

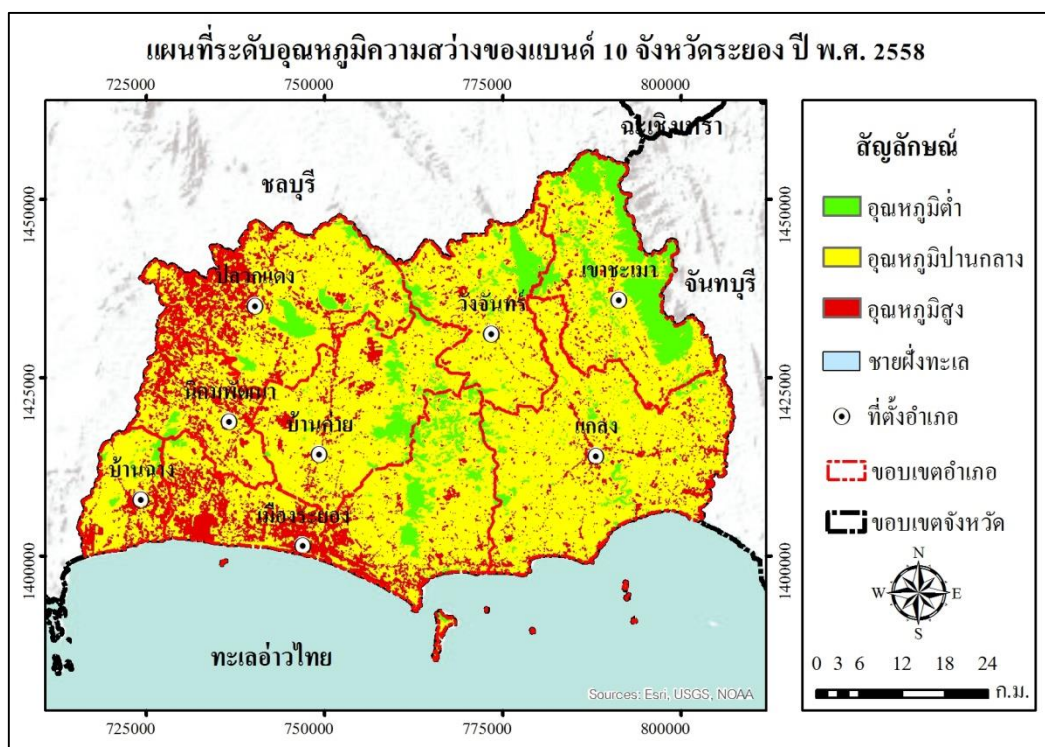
ตารางที่ 4-4 จำนวนพื้นที่ของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 ในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง

ระดับอุณหภูมิ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
อุณหภูมิต่ำ	248,365.26	11.19
อุณหภูมิปานกลาง	1,622,036.07	73.06
อุณหภูมิสูง	349,598.67	15.75
รวม	2,220,000.00	100.00





ภาพที่ 4-4 แผนที่อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4-5 แผนที่ระดับอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

1.2.2 อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง แสดงในตารางที่ 4-5 พบว่า มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 31.90 องศาเซลเซียส ในอำเภอเมืองระยอง อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 18.46 องศาเซลเซียส ในอำเภอนิคมน้ำจืด ทั้งนี้อำเภอนิคมน้ำจืด อำเภอบ้านฉางและอำเภอปลวกแดง เป็นอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 25.75, 25.37 และ 25.32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนอำเภอเขาชะเมา อำเภอวังจันทร์และอำเภอแกลง เป็นอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 23.55, 24.04 และ 24.49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิสูงจะแสดงด้วยสีแดงเข้ม ส่วนอุณหภูมิต่ำจะแสดงด้วยสีเขียวเข้มดังภาพที่ 4-6

ตารางที่ 4-5 อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 ของพื้นที่แต่ละอำเภอ จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)

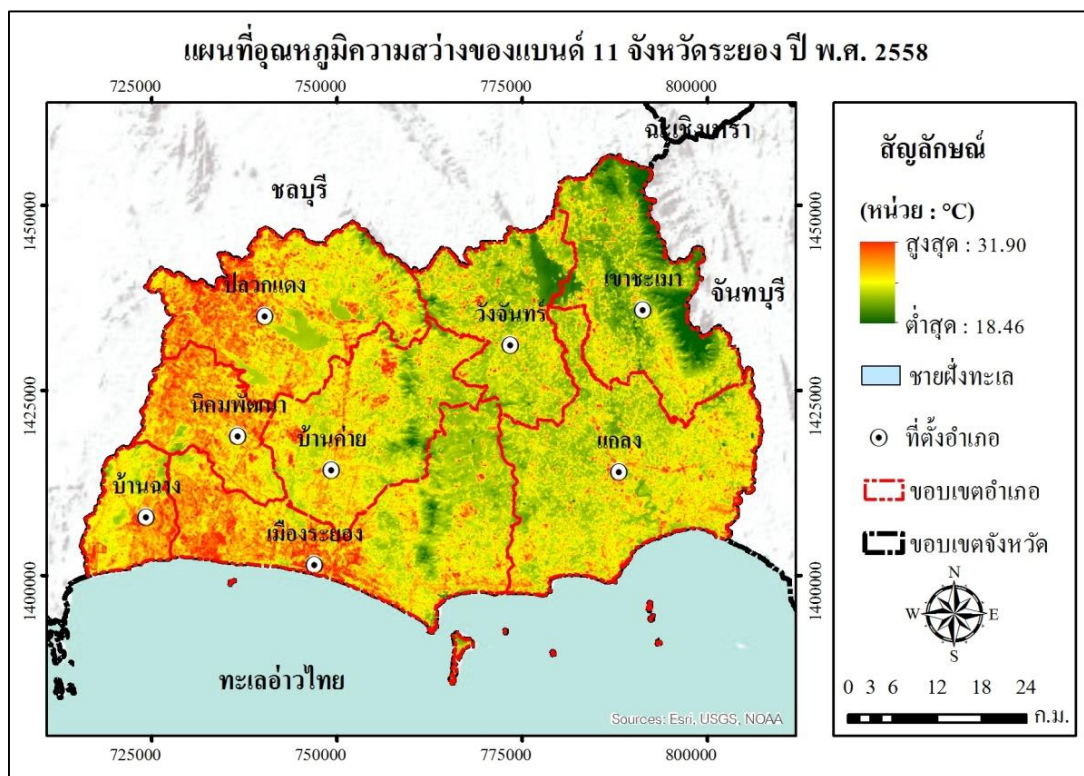
อำเภอ	อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 11			
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1.เมืองระยอง	19.34	31.90	24.98	1.27
2. บ้านฉาง	21.90	29.07	25.37	1.04
3. แกลง	18.49	30.35	24.49	0.87
4. วังจันทร์	20.32	29.95	24.04	0.99
5. บ้านค่าย	21.01	31.08	24.67	1.01
6.ปลวกแดง	20.72	31.24	25.32	1.21
7. เขาชะเมา	18.84	29.49	23.55	1.21
8. นิคมน้ำจืด	18.46	30.71	25.75	0.95

ผลการจัดระดับอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 โดยใช้หลักสถิติเพื่อหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยเลขคณิตในการกำหนดค่าพิสัยออกเป็น 3 ระดับ แสดงในตารางที่ 4-6 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยองมีอุณหภูมิระดับสูง มีพื้นที่เท่ากับ 986,828.85 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.45 พบทั่วไปในพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองระยอง อำเภอนิคมน้ำจืดและอำเภอปลวกแดง อุณหภูมิระดับปานกลางมีพื้นที่รองลงมาเท่ากับ 973,485.72 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 43.85 พบทั่วไปในพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น ไม้ผลผสม ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอแกลง อำเภอวังจันทร์และอุณหภูมิต่ำมีพื้นที่เท่ากับ 259,685.43 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.70 ของพื้นที่ทั้งหมด พบทั่วไปในพื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมอย่างหนาแน่น ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอเขาชะเมา

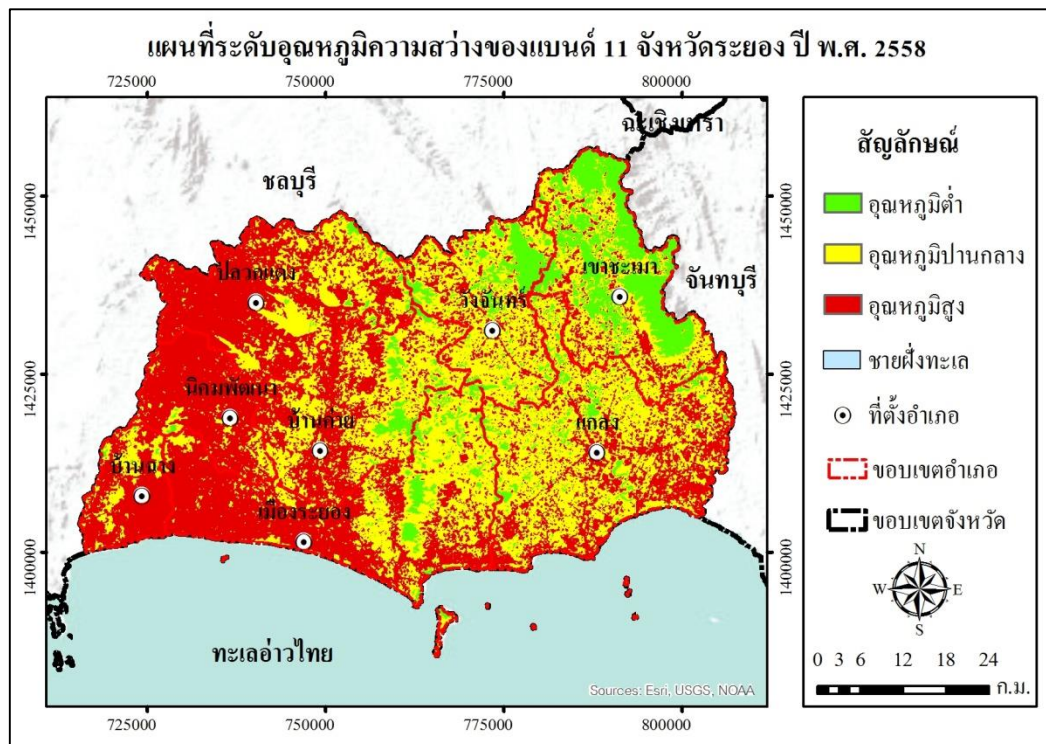
ทั้งนี้ผลการศึกษาอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จะถูกนำไปใช้ในการประมาณค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศในชั้นตอนที่ 7 และการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ในชั้นตอนที่ 8

ตารางที่ 4-6 จำนวนพื้นที่ของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 ในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง

ระดับอุณหภูมิ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
อุณหภูมิต่ำ	259,685.43	11.70
อุณหภูมิปานกลาง	973,485.72	43.85
อุณหภูมิสูง	986,828.85	44.45
<b>รวม</b>	<b>2,220,000.00</b>	<b>100.00</b>



ภาพที่ 4-6 แผนที่อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4-7 แผนที่ระดับอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

## 2. การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก จังหวัดระยอง จากระบบการตรวจวัดสัญญาณแบบ Operational Land Imager (OLI) ของดาวเทียม LANDSAT-8 ด้วยช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ รายละเอียดภาพ 30 x 30 เมตร ซึ่งสภาพเปล่งรังสีจะบอกถึงสถานะการแผ่รังสีของวัตถุจริงเมื่อเทียบกับการแผ่รังสีของวัตถุดำ โดยจะต้องมีการศึกษาค่าดัชนีความแตกต่างพีชพรรณ และศึกษาสัดส่วนของพีชพรรณที่ปกคลุมดินของแต่ละพิกเซลเพื่อกำหนดสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

### 2.1 การศึกษาค่าการสะท้อน

การศึกษาค่าการสะท้อนจากข้อมูลดิจิทัลเชิงเลขจำนวน 16 บิต ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 5) และช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 4) จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 จังหวัดระยอง ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 3 มีผลการศึกษาดังนี้

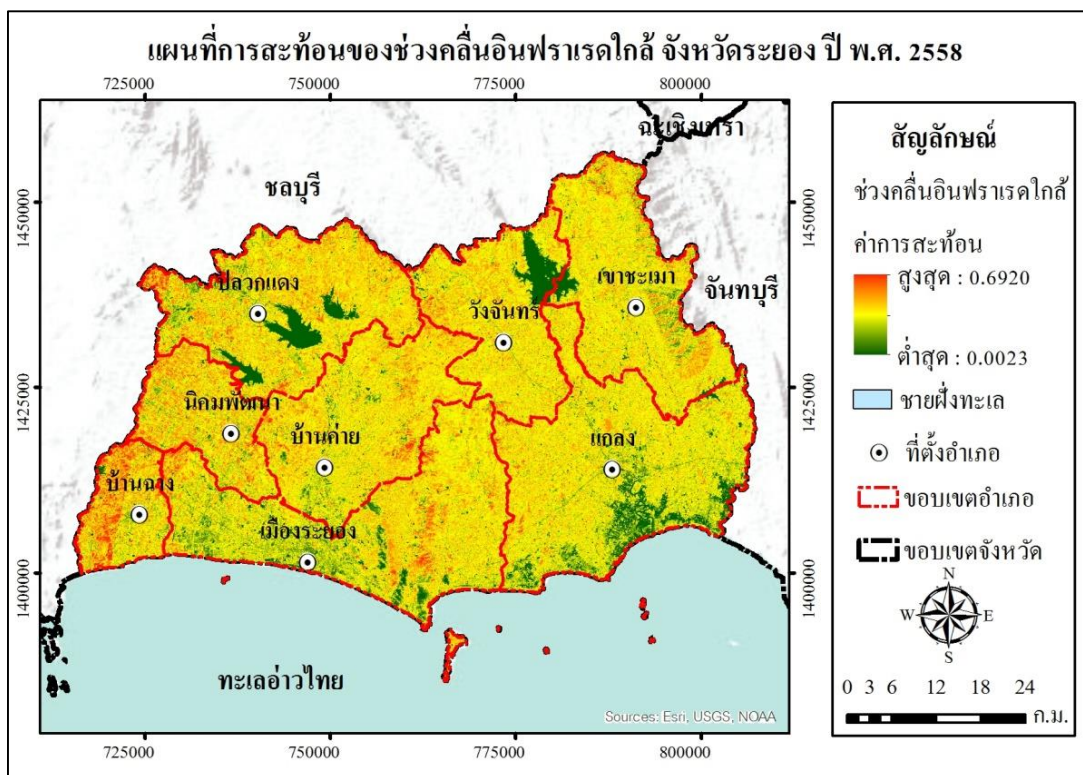
2.1.1 การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ของจังหวัดระยองมีค่าการสะท้อนสูงสุดเท่ากับ 0.6920 ในอำเภอแกลง แสดงด้วยสีเขียวเข้ม ค่าการสะท้อนต่ำสุดเท่ากับ 0.0023 ในอำเภอแกลง แสดงด้วยสีเขียวย่น ดังภาพที่ 4-8 และมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนของทั้งจังหวัดเท่ากับ 0.2196

ซึ่งการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มีค่าสูง จะอธิบายถึงพืชพรรณบริเวณดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์สูง ในทางตรงกันข้ามบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมต่ำหรือพืชพรรณไม่สมบูรณ์ รวมถึงพื้นที่แหล่งน้ำ การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะมีค่าต่ำ จากค่าเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่า อำเภอบ้านฉาง อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอบ้านค่าย มีค่าเฉลี่ยการสะท้อนสูงสุดเท่ากับ 0.2485, 0.2366 และ 0.2295 ตามลำดับ ส่วนอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยการสะท้อนต่ำสุด ได้แก่ อำเภอแกลง อำเภอวังจันทร์และอำเภอปลวกแดง มีค่าเฉลี่ยการสะท้อนต่ำสุดเท่ากับ 0.2060, 0.2154 และ 0.2714 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอำเภอดังกล่าวที่มีค่าเฉลี่ยการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่ำจะมีพื้นที่แหล่งน้ำปกคลุมค่อนข้างมาก จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าอำเภอบ้านค่ายและอำเภอเขาชะเมาเป็นอำเภอที่มีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดเกาะกลุ่มกันมากที่สุดและมีความแตกต่างของค่าการสะท้อนต่ำที่สุด แสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ รายอำเภอ จังหวัดระยอง

อำเภอ	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้			
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	0.0061	0.4982	0.2179	0.0486
2. บ้านฉาง	0.0065	0.4975	0.2485	0.0536
3. แกลง	0.0023	0.6920	0.2060	0.0526
4. วังจันทร์	0.0080	0.4218	0.2154	0.0640
5. บ้านค่าย	0.0051	0.4580	0.2295	0.0389
6. ปลวกแดง	0.0046	0.5901	0.2174	0.0666
7. เขาชะเมา	0.0057	0.4508	0.2208	0.0461
8. นิคมพัฒนา	0.0081	0.4699	0.2366	0.0450





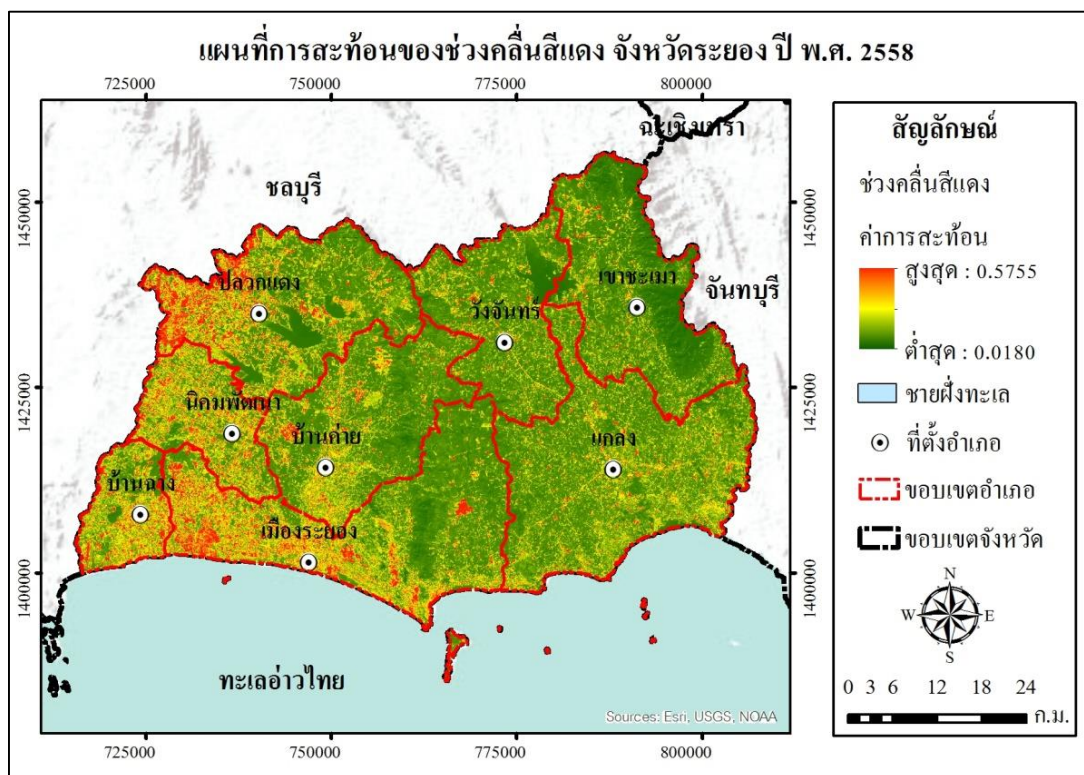
ภาพที่ 4-8 แผนที่การสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

2.1.2 การสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดงของจังหวัดระยอง ซึ่งการสะท้อนสูงจะอธิบายถึงบริเวณดังกล่าวปกคลุมด้วยพืชพรรณไม่สมบูรณ์ เช่น ข้าว โปด มันสำปะหลัง อ้อยหรือไม่ มีพืชพรรณปกคลุม ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชพรรณมีความสมบูรณ์ การสะท้อนจะมีค่าต่ำ เนื่องจากช่วงคลื่นสีแดงถูกดูดกลืนโดยคลอโรฟิลล์ในพืช ซึ่งคลอโรฟิลล์พบมากในพืชที่มีความสมบูรณ์สูง ผลการศึกษาพบว่า ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดงสูงสุดเท่ากับ 0.5755 ในอำเภอแกลง แสดงด้วยสีแดงเข้มและค่าการสะท้อนต่ำสุดเท่ากับ 0.0180 ในอำเภอเขาชะเมา แสดงด้วยสีเขียวเข้ม ดังภาพที่ 4-9 และมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนทั้งจังหวัดเท่ากับ 0.0543 จากค่าเฉลี่ยการสะท้อนของแต่ละอำเภอ แสดงให้เห็นว่า อำเภอบ้านฉาง อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอปลวกแดง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.0701, 0.0690 และ 0.0633 ตามลำดับ จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าอำเภอเขาชะเมา อำเภอวังจันทร์และอำเภอแกลง เป็นอำเภอที่มีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดงในลักษณะที่เกาะกลุ่มกันและมีความแตกต่างของการสะท้อนต่ำที่สุด แสดงในตารางที่ 4-8

ทั้งนี้ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดงจะเป็นตัวกำหนดค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณในขั้นตอนที่ 4

ตารางที่ 4-8 ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง รายอำเภอ จังหวัดระยอง

อำเภอ	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง			
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	0.0195	0.4593	0.0623	0.0376
2. บ้านฉาง	0.0269	0.4351	0.0701	0.0363
3. แกลง	0.0202	0.5755	0.0487	0.0226
4. วังจันทร์	0.0214	0.3265	0.0444	0.0201
5. บ้านค่าย	0.0200	0.4094	0.0507	0.0277
6. ปลวกแดง	0.0205	0.5193	0.0633	0.0403
7. เขาชะเมา	0.0180	0.2744	0.0399	0.0180
8. นิคมพัฒนา	0.0235	0.4162	0.0690	0.0357



ภาพที่ 4-9 แผนที่การสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

## 2.2 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI

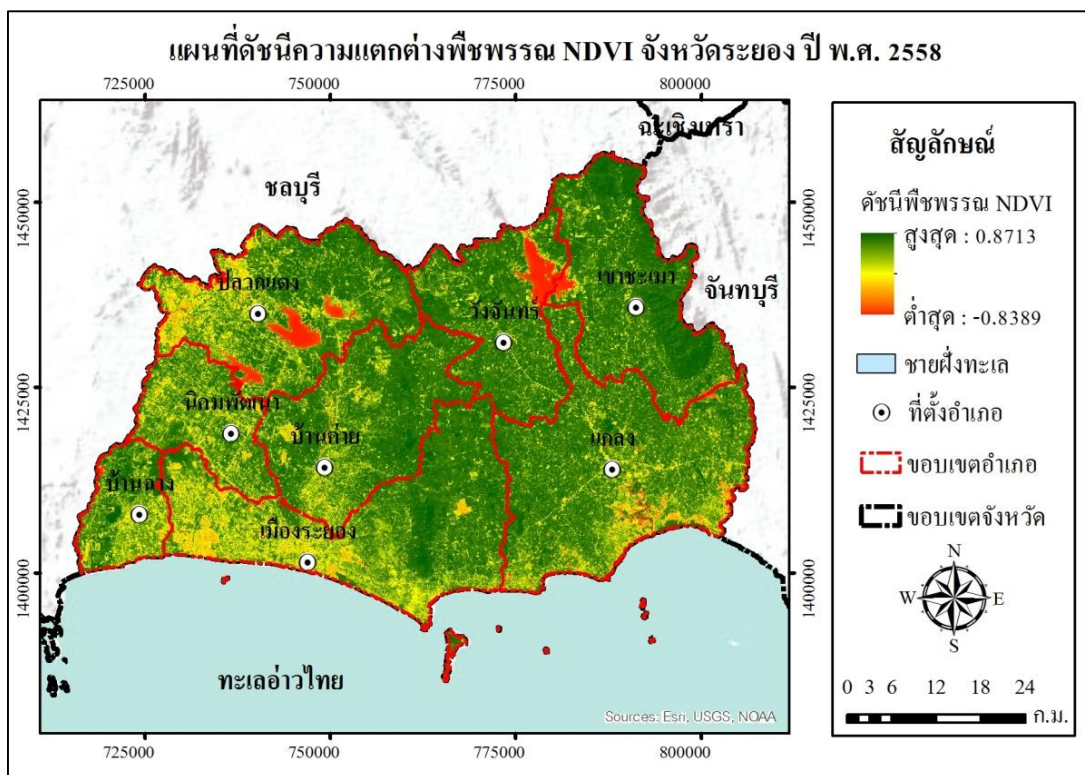
การศึกษาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI จังหวัดระยอง จากค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 4 โดยค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI จะชี้วัดความหนาแน่นและความสมบูรณ์ของพืชพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงด้วยสีเขียวเข้มดังภาพที่ 4-10 อธิบายว่าพืชพรรณบริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่นหรือมีความสมบูรณ์มาก ทั้งนี้ค่า NDVI ที่น้อยกว่า 0 หรือเข้าใกล้ -1 จะอธิบายถึงพื้นที่ดังกล่าวไม่มีพืชพรรณปกคลุม เช่น แหล่งน้ำ แสดงด้วยสีแดงเข้มดังภาพที่ 4-10

ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดระยองมีค่าดัชนี NDVI สูงสุดเท่ากับ 0.8713 ในอำเภอบ้านฉาง ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุดเท่ากับ -0.8289 ในอำเภอแกลงและมีค่า NDVI เฉลี่ยของทั้งพื้นที่จังหวัดเท่ากับ 0.5909 การศึกษาสถิติของค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI แสดงในตารางที่ 4-9 พบว่า อำเภอที่มีค่าเฉลี่ย NDVI สูงสุด ได้แก่ อำเภอเขาชะเมา อำเภอบ้านค่ายและอำเภอวังจันทร์ มีค่าเฉลี่ย NDVI เท่ากับ 0.6794, 0.6398 และ 0.6032 ตามลำดับ ซึ่งอำเภอดังกล่าวส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น (ยางพารา ปาล์มน้ำมัน) ไม้ผลผสมและมีพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างน้อย ส่วนอำเภอที่มีค่าเฉลี่ย NDVI ต่ำสุด ได้แก่ อำเภอปลวกแดง อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง มีค่าเฉลี่ย NDVI เท่ากับ 0.5172, 0.5551 และ 0.5579 ซึ่งอำเภอดังกล่าวส่วนใหญ่ปกคลุมไปด้วยพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างมาก ทั้งนี้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของ NDVI ภายในจังหวัดระยอง จะนำไปใช้ในการประมาณค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินในขั้นตอนที่ 5

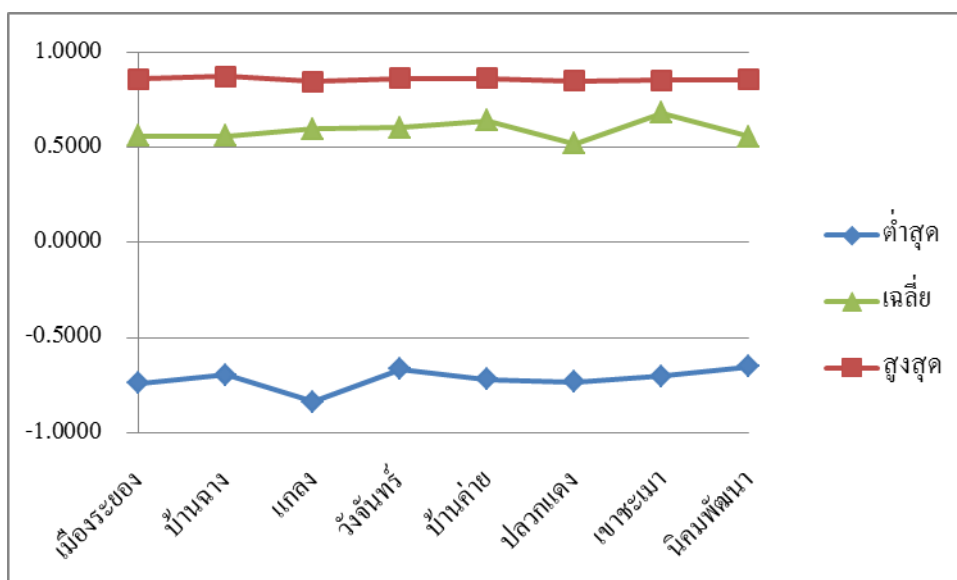
ตารางที่ 4-9 ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI รายอำเภอ จังหวัดระยอง

อำเภอ	ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI			
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	-0.7401	0.8577	0.5579	0.2107
2. บ้านฉาง	-0.6976	0.8713	0.5585	0.2027
3. แกลง	-0.8389	0.8428	0.5949	0.2013
4. วังจันทร์	-0.6661	0.8619	0.6032	0.2702
5. บ้านค่าย	-0.7182	0.8616	0.6398	0.1598
6. ปลวกแดง	-0.7321	0.8475	0.5172	0.2820
7. เขาชะเมา	-0.7012	0.8526	0.6794	0.1705
8. นิคมพัฒนา	-0.6510	0.8559	0.5551	0.1800





ภาพที่ 4-10 แผนที่ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



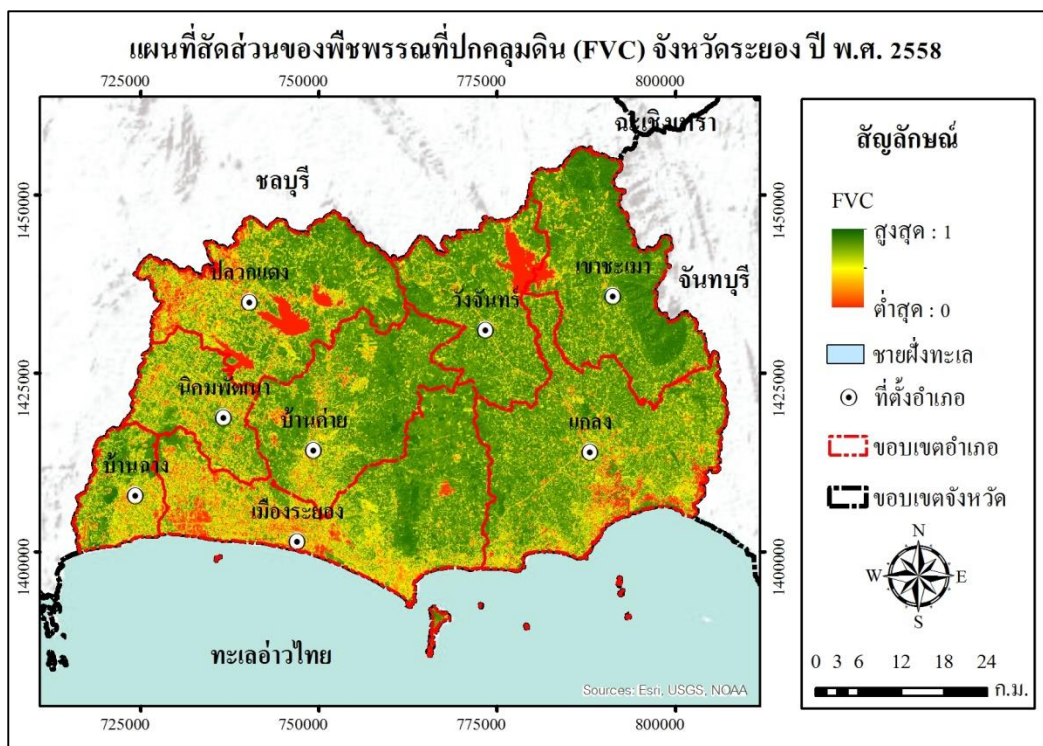
ภาพที่ 4-11 กราฟแสดงสถิติดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI รายอำเภอจังหวัดระยอง

### 2.3 การประมาณค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

การศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินจังหวัดระยอง จากค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 5 โดยค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินจะเป็นตัวบ่งบอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละพิกเซล มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 โดยพื้นที่ที่มีสัดส่วนของพืชพรรณปกคลุมสูงจะมีค่าเข้าใกล้ 1 เช่น พื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้น แสดงด้วยสีเขียวเข้ม ส่วนค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง พื้นที่ที่มีสัดส่วนของพืชพรรณปกคลุมต่ำ เช่น แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง แสดงด้วยสีแดงเข้ม ดังภาพที่ 4-12 ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดระยองมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินเท่ากับ 0.8356 กล่าวคือ โดยเฉลี่ยภายในหนึ่งพิกเซลจะมีพืชพรรณปกคลุมอยู่ถึง 83.56 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ในอำเภอบ้านฉางและมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 ในอำเภอแกลง สถิติของสัดส่วนพืชพรรณที่ปกคลุมดินรายอำเภอ แสดงในตารางที่ 4-10 พบว่าอำเภอเขาชะเมา อำเภอบ้านค่ายและอำเภอวังจันทร์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.8877, 0.8646 และ 0.8432 ตามลำดับ ซึ่งอำเภอดังกล่าวจะปกคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น (ยางพารา ปาล์มน้ำมัน) และไม้ผลผสม ส่วนอำเภอปลวกแดง อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.7929, 0.8151 และ 0.8167 ตามลำดับ ซึ่งอำเภอดังกล่าวจะปกคลุมด้วยพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างมาก ทั้งนี้สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินจะเป็นตัวกำหนดสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 ในขั้นตอนที่ 6

ตารางที่ 4-10 ค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน รายอำเภอ จังหวัดระยอง

อำเภอ	ค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน			
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เมืองระยอง	0.0578	0.9920	0.8167	0.1232
2. บ้านฉาง	0.0826	1.0000	0.8171	0.1185
3. แกลง	0.0000	0.9833	0.8383	0.1177
4. วังจันทร์	0.1010	0.9945	0.8432	0.1580
5. บ้านค่าย	0.0706	0.9943	0.8646	0.0934
6. ปลวกแดง	0.0625	0.9861	0.7929	0.1649
7. เขาชะเมา	0.0805	0.9891	0.8877	0.0997
8. นิคมพัฒนา	0.1099	0.9909	0.8151	0.1052



ภาพที่ 4-12 แผนที่สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (FVC) จังหวัดระยองปี พ.ศ. 2558

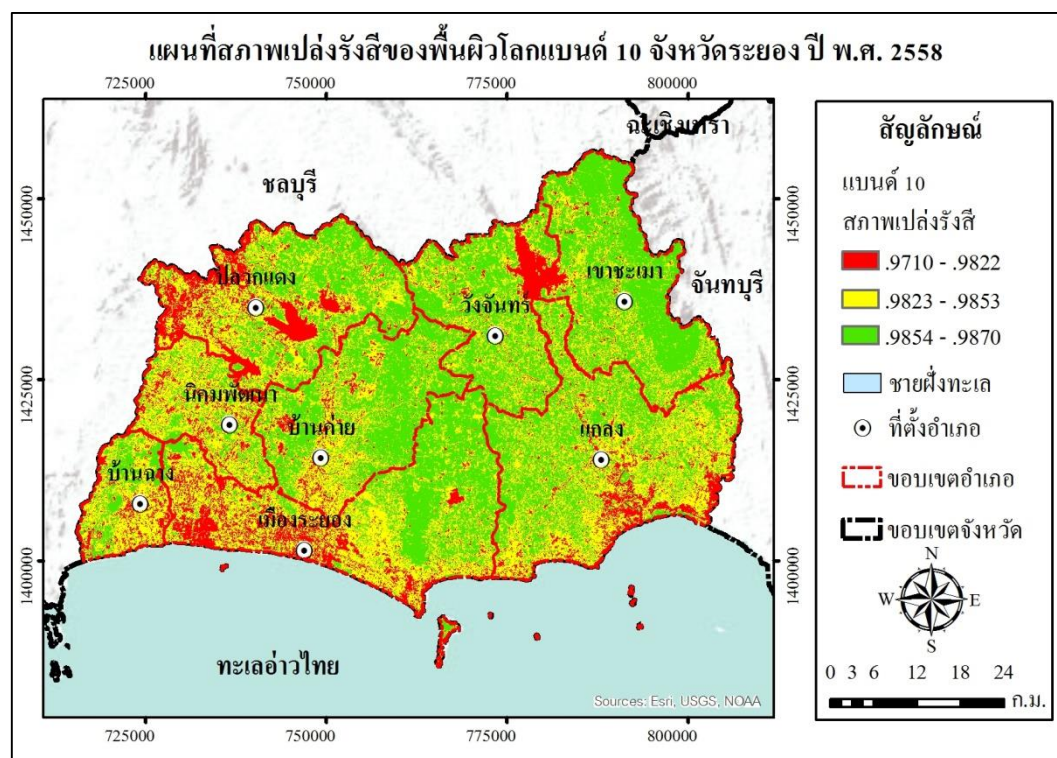
## 2.4 การประมาณค่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกจังหวัดระยอง จากสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 6 โดยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกจะเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการแผ่รังสีของพื้นผิวหรือวัตถุจริง พื้นผิวที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนสูงจะมีสภาพเปล่งรังสีสูง เช่น พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ ส่วนพื้นผิวที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนต่ำจะมีสภาพเปล่งรังสีต่ำ เช่น พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง รวมไปถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมค่อนข้างน้อย ทั้งนี้สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกของแบนด์ 10 ในดาวเทียม LANDSAT-8 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.9710 ถึง 0.9870 และแบนด์ 11 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.9770 ถึง 0.9890 และสภาพเปล่งรังสีของแบนด์ 10 จะมีค่าต่ำกว่าสภาพเปล่งรังสีของแบนด์ 11 อยู่เสมอ เมื่อนำสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกระหว่างแบนด์ 10 และแบนด์ 11 มาหาค่าเฉลี่ย พบว่า จังหวัดระยองมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.9880 ในอำเภอบ้านฉางและต่ำสุดเท่ากับ 0.9740 ในอำเภอแกลง ตามลำดับ ส่วนค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกระหว่างแบนด์ 10 และแบนด์ 11 พบว่า มีค่าความแตกต่างกันสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ -0.0060 และ -0.0020 ตามลำดับ

แสดงในตารางที่ 4-11 ซึ่งค่าสูงสุดจะแสดงด้วยสีเขียวเข้ม ค่าต่ำสุดจะแสดงด้วยสีแดงเข้ม ดังภาพที่ 4-13, 4-14, 4-15 และ 4-16

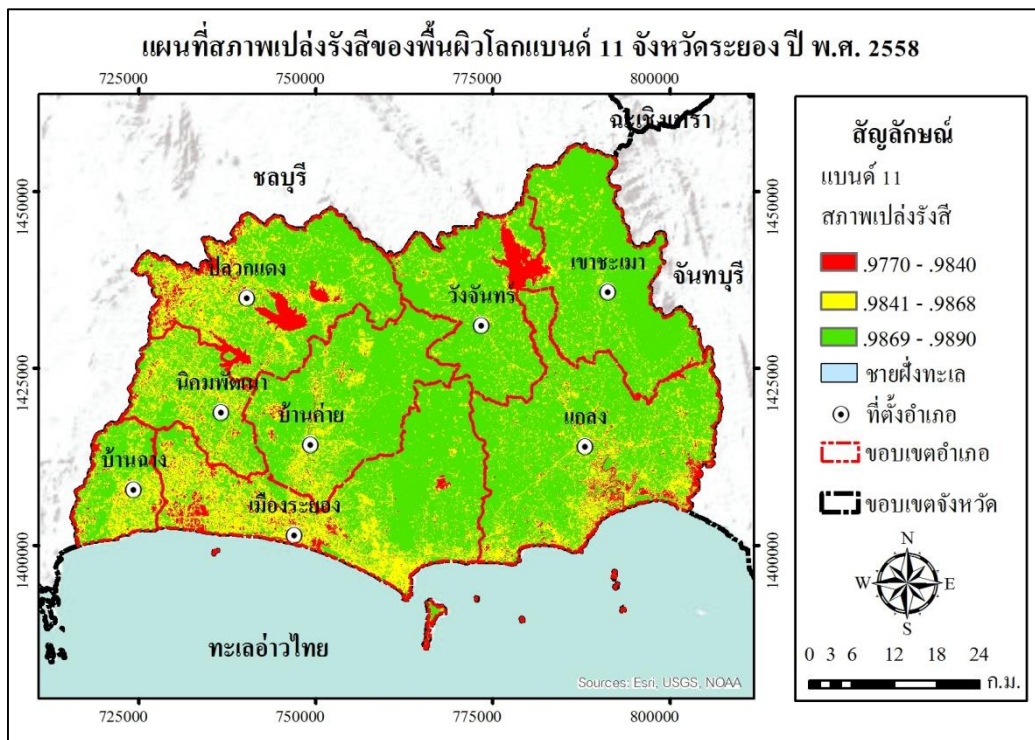
ตารางที่ 4-11 สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก รายอำเภอ จังหวัดระยอง

อำเภอ	แบนด์ 10		แบนด์ 11		ค่าเฉลี่ย		ความแตกต่าง	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
1. เมืองระยอง	0.9719	0.9869	0.9777	0.9889	0.9748	0.9879	-0.0020	-0.0058
2. บ้านฉาง	0.9723	0.9870	0.9780	0.9890	0.9752	0.9880	-0.0020	-0.0057
3. แกลง	0.9710	0.9867	0.9770	0.9888	0.9740	0.9878	-0.0021	-0.0060
4. วิังจันทร์	0.9726	0.9869	0.9782	0.9889	0.9754	0.9879	-0.0020	-0.0056
5. บ้านค่าย	0.9721	0.9869	0.9778	0.9889	0.9750	0.9879	-0.0020	-0.0057
6. ปลวกแดง	0.9720	0.9868	0.9778	0.9888	0.9749	0.9878	-0.0021	-0.0058
7. เขาชะเมา	0.9723	0.9868	0.9780	0.9889	0.9751	0.9878	-0.0020	-0.0057
8. นิคมพัฒนา	0.9728	0.9869	0.9783	0.9889	0.9755	0.9879	-0.0020	-0.0056

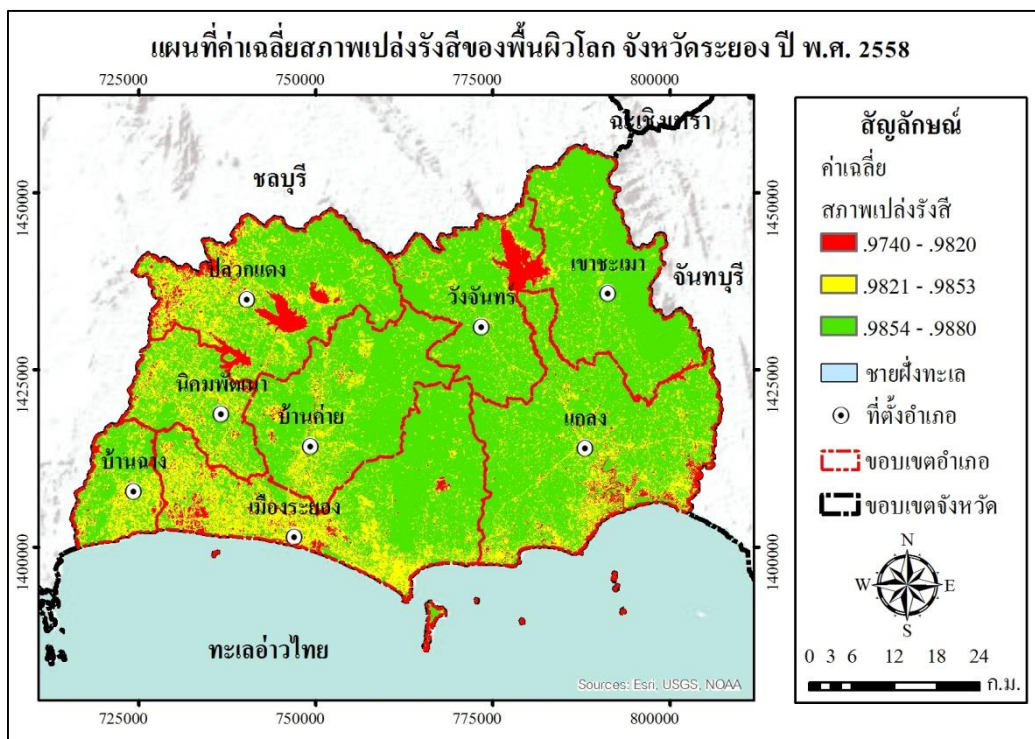


ภาพที่ 4-13 แผนที่สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกแบนด์ 10 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



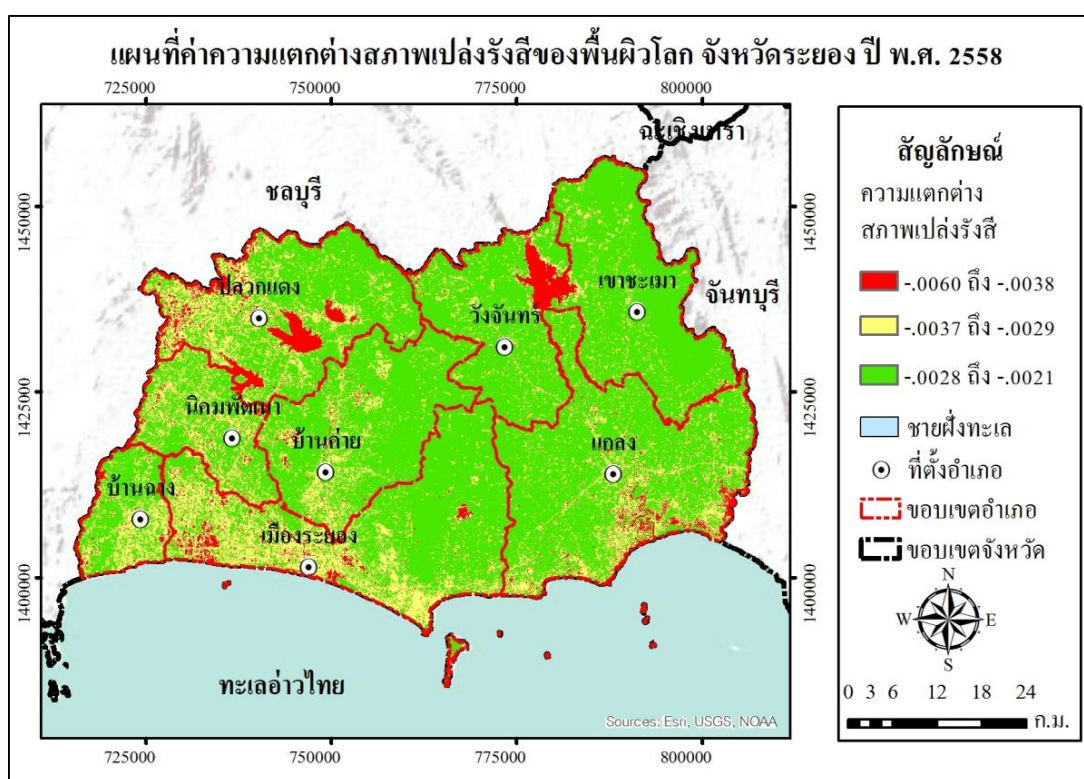


ภาพที่ 4-14 แผนที่สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกแบนด์ 11 จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4-15 แผนที่ค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

จากภาพที่ 4-15 แสดงค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกระหว่างแบนด์ 10 และแบนด์ 11 โดยบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีค่อนข้างต่ำ เป็นบริเวณแหล่งน้ำ โรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนเมืองที่อยู่อาศัย แสดงแทนด้วยสีแดงเข้ม ทั้งนี้พื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีค่อนข้างสูง เป็นพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณเป็นส่วนใหญ่และมีการดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดสูง แสดงแทนด้วยสีเขียวอ่อน การมีค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีต่ำจะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอุณหภูมิค่อนข้างมาก จึงจำเป็นต้องนำค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีไปใช้ในการชดเชยอุณหภูมิที่สูญเสียไปจากลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวโลก ทั้งนี้ยังค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกต่ำเท่าใดก็จำเป็นต้องมีการชดเชยอุณหภูมิให้สูงขึ้นในทิศทางที่ตรงข้ามกัน



ภาพที่ 4-16 แผนที่ค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

จากภาพที่ 4-16 แสดงค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก ระหว่างแบนด์ 10 และแบนด์ 11 โดยบริเวณที่มีความแตกต่างสูง เป็นบริเวณแหล่งน้ำ โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชนเมืองและที่อยู่อาศัย แสดงแทนด้วยสีแดงเข้ม ส่วนบริเวณที่มีความแตกต่างต่ำจะเป็นบริเวณที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณเป็นส่วนใหญ่ แสดงแทนด้วยสีเขียวอ่อน ซึ่งความแตกต่างระหว่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกแบนด์ 10 และแบนด์ 11 ที่มีค่าสูงจำเป็นต้องมีการชดเชยอุณหภูมิให้สูงขึ้นด้วยเช่นกัน

ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 8 สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window

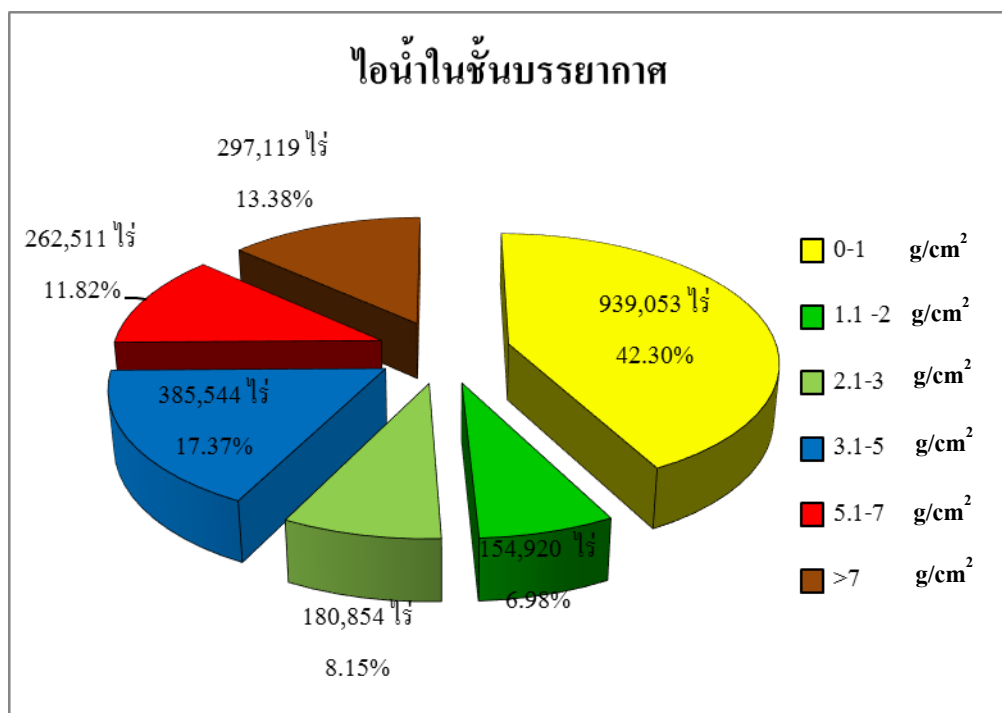
### 3. ไอ้ในชั้นบรรยากาศ

การศึกษาไอ้ในชั้นบรรยากาศจังหวัดระยอง จากอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 7 ซึ่งไอ้ในชั้นบรรยากาศจะเพิ่มประสิทธิภาพการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินด้วยการชดเชยอุณหภูมิที่สูญเสีย จากการดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ยิ่งค่าไอ้ในชั้นบรรยากาศสูงเท่าใดอุณหภูมิก็น่าจะลดลงเท่านั้น มีหน่วยเป็นกรัม/ตารางเซนติเมตร ( $\text{g/cm}^2$ ) ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดระยองมีไอ้ในชั้นบรรยากาศสูงสุดเท่ากับ  $9.10 \text{ g/cm}^2$  และมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่จังหวัดเท่ากับ  $2.84 \text{ g/cm}^2$  โดยพื้นที่ที่พบไอ้ในชั้นบรรยากาศมาก คือ แหล่งน้ำและพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมหนาแน่น ส่วนพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวมไปถึงพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณปกคลุมหรือปกคลุมน้อยจะมีไอ้ในชั้นบรรยากาศค่อนข้างต่ำ ส่วนใหญ่จังหวัดระยองมีไอ้ในชั้นบรรยากาศ ในระดับ  $0-1 \text{ g/cm}^2$  มีพื้นที่เท่ากับ 939,052.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 42.30 ของพื้นที่ทั้งหมด แสดงในตารางที่ 4-12 ซึ่งหมายถึงพื้นที่ดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากไอ้ในชั้นบรรยากาศค่อนข้างต่ำ แสดงด้วยสีเหลือง ส่วนพื้นที่ที่มีไอ้ในชั้นบรรยากาศสูง คือ มีค่าไอ้ในชั้นบรรยากาศมากกว่า  $7 \text{ g/cm}^2$  มีพื้นที่เท่ากับ 297,119.04 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.38 แสดงด้วยสีน้ำตาลเข้มและพื้นที่ที่มีสภาพไอ้ในชั้นบรรยากาศในระดับ  $5.1-7 \text{ g/cm}^2$  มีพื้นที่เท่ากับ 262,511.21 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.82 ของพื้นที่ทั้งหมด แสดงด้วยสีแดงเข้ม ดังภาพที่ 4-17 ซึ่งค่าไอ้ในชั้นบรรยากาศค่อนข้างมากจะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าค่อนข้างสูง

ทั้งนี้ไอ้ในชั้นบรรยากาศจะถูกนำไปใช้ในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินในขั้นตอนที่ 8 ซึ่งพื้นที่ที่มีไอ้ในชั้นบรรยากาศค่อนข้างมากจะถูกชดเชยอุณหภูมิค่า ส่วนพื้นที่ที่มีไอ้ค่อนข้างต่ำจะทำให้มีความแม่นยำในชดเชยอุณหภูมิและทำให้พื้นที่ที่มีไอ้ในชั้นบรรยากาศค่อนข้างต่ำมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าบริเวณที่มีไอ้ในชั้นบรรยากาศมาก







ภาพที่ 4-18 สัดส่วนหรือร้อยละของไอน้ำในชั้นบรรยากาศในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง

#### 4. การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window

การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window จังหวัดระยอง จากข้อมูลอุณหภูมิความสว่าง สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกและไอน้ำในชั้นบรรยากาศ ผ่านเครื่องมือย่อยในขั้นตอนที่ 8 พบว่า จังหวัดระยองมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 46.37 องศาเซลเซียส แสดงด้วยสีแดงเข้ม อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 17.84 องศาเซลเซียส แสดงด้วยสีเขียวเข้มและมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทั้งจังหวัดประมาณ 30.12 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4-21

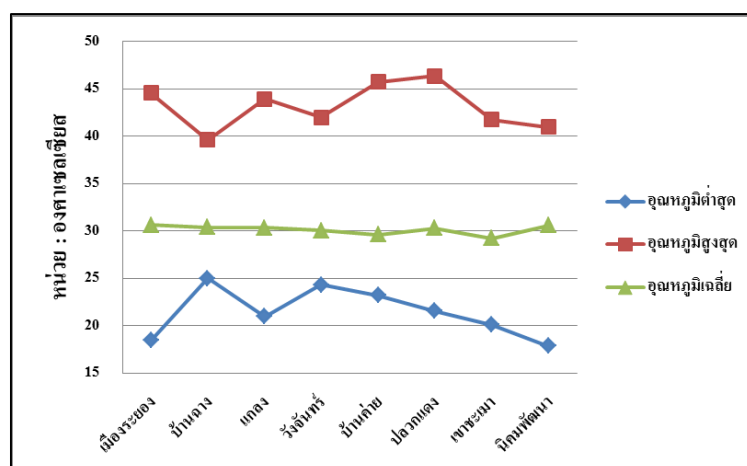
จากสถิติของอุณหภูมิแสดงในตารางที่ 4-13 พบว่า อุณหภูมิสูงสุดของพื้นที่จังหวัดระยอง พบในอำเภอปลวกแดงที่ 46.37 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ อำเภอบ้านค่ายและอำเภอเมืองระยอง มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 45.70 และ 44.57 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิต่ำสุด พบในอำเภอนิคมพัฒนา อำเภอเมืองระยองและอำเภอเขาชะเมา มีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 17.84, 18.43 และ 20.06 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อศึกษาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดิน พบว่า อำเภอเมืองระยอง มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด 30.61 องศาเซลเซียส โดยอำเภอเมืองระยองเป็นศูนย์กลางทางด้านอุตสาหกรรมและชุมชนที่อยู่อาศัย รองลงมาคือ อำเภอนิคมพัฒนา อำเภอบ้านฉางและอำเภอแกลง

มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 30.58, 30.37 และ 30.34 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุด คือ อำเภอเขาชะเมาและอำเภอบ้านค่าย มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเท่ากับ 29.23 และ 29.58 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่อำเภอดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่ค่อนข้างมาก ทั้งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมันและไม้ผล เป็นต้น

ตารางที่ 4-13 อุณหภูมิพื้นผิวดินจากการประมาณค่าแบบ Split-Window รายอำเภอ จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)

อำเภอ	อุณหภูมิพื้นผิวดิน			
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เมืองระยอง	18.43	44.57	30.61	2.49
บ้านฉาง	25.00	39.59	30.37	2.14
แกลง	20.93	43.92	30.34	1.63
วังจันทร์	24.31	41.98	30.02	1.62
บ้านค่าย	23.21	45.70	29.58	1.90
ปลวกแดง	21.52	46.37	30.27	2.33
เขาชะเมา	20.06	41.76	29.23	2.48
นิคมพัฒนา	17.84	40.95	30.58	1.85

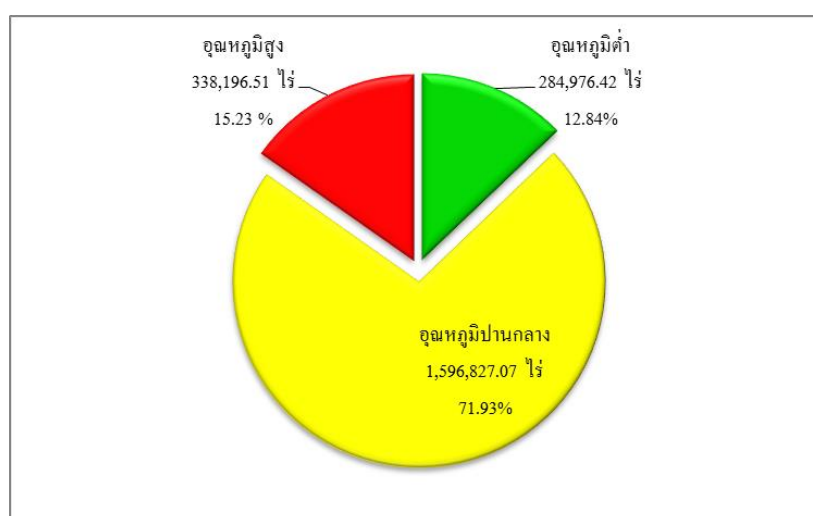


ภาพที่ 4-19 กราฟแสดงสถิติอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window รายอำเภอ จังหวัดระยอง

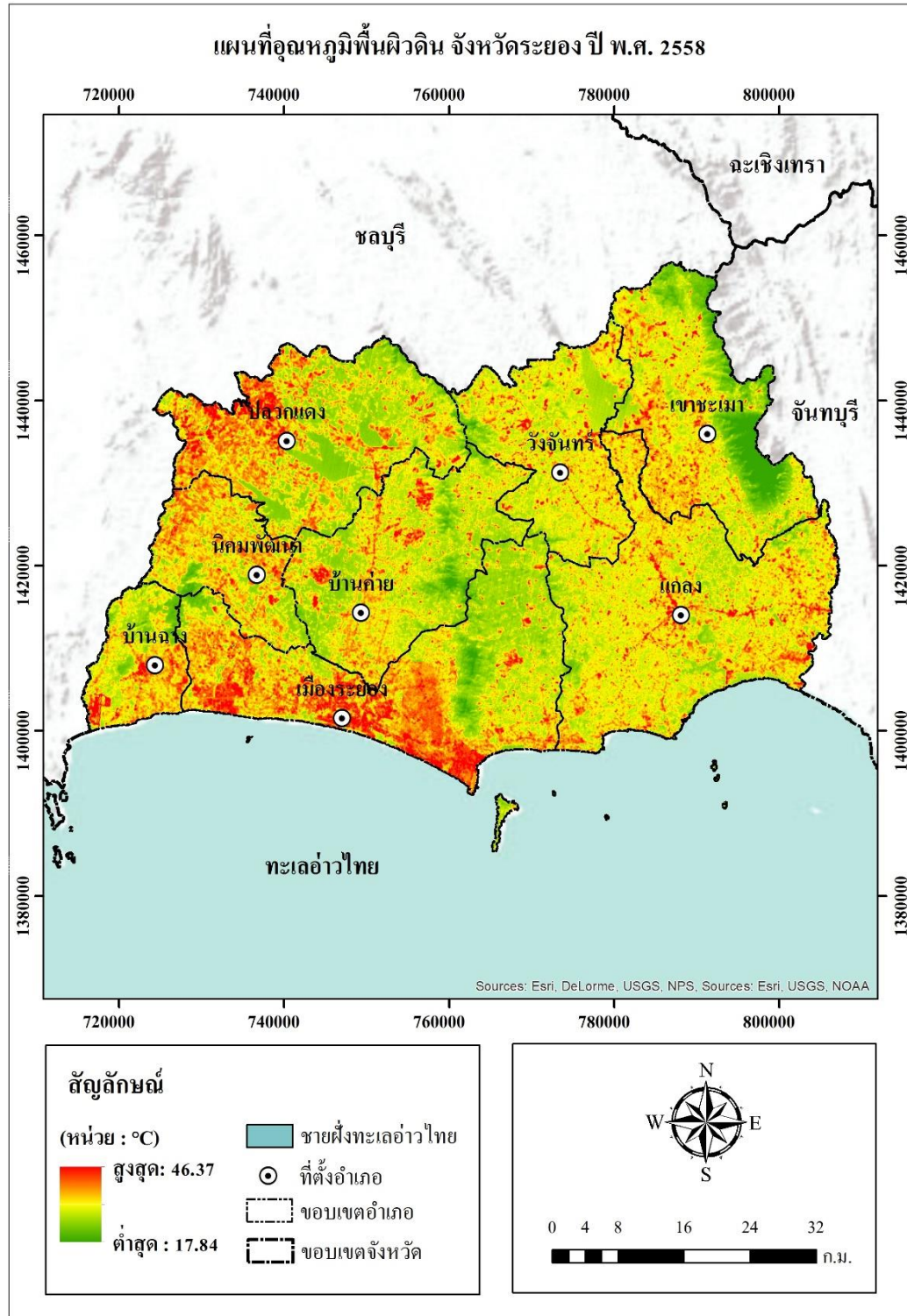
เมื่อจัดระดับของอุณหภูมิพื้นผิวดินออกเป็น 3 ระดับ แสดงในตารางที่ 4-14 ได้แก่ อุณหภูมิต่ำแสดงด้วยสีเขียว อุณหภูมิปานกลางแสดงด้วยสีเหลือง อุณหภูมิสูงแสดงด้วยสีแดง ดังภาพที่ 4-22 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยองมีอุณหภูมิระดับปานกลางหรือมีอุณหภูมิระหว่าง 27.92-32.22 องศาเซลเซียส มีพื้นที่เท่ากับ 1,596,827.07 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 71.93 ของพื้นที่ทั้งหมด อุณหภูมิระดับสูงหรือมีอุณหภูมิมากกว่า 32.22 องศาเซลเซียส มีจำนวนพื้นที่รองลงมาเท่ากับ 338,196.51 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.23 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในพื้นที่อำเภอเมืองระยอง อำเภอปลวกแดง อำเภอนิคมพัฒนา รวมถึงอำเภอบ้านฉางและอุณหภูมิระดับต่ำหรือ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 27.92 องศาเซลเซียส มีพื้นที่เท่ากับ 284,976.42 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.84 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในพื้นที่อำเภอเขาชะเมาและอำเภอบ้านค่าย

ตารางที่ 4-14 จำนวนพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง

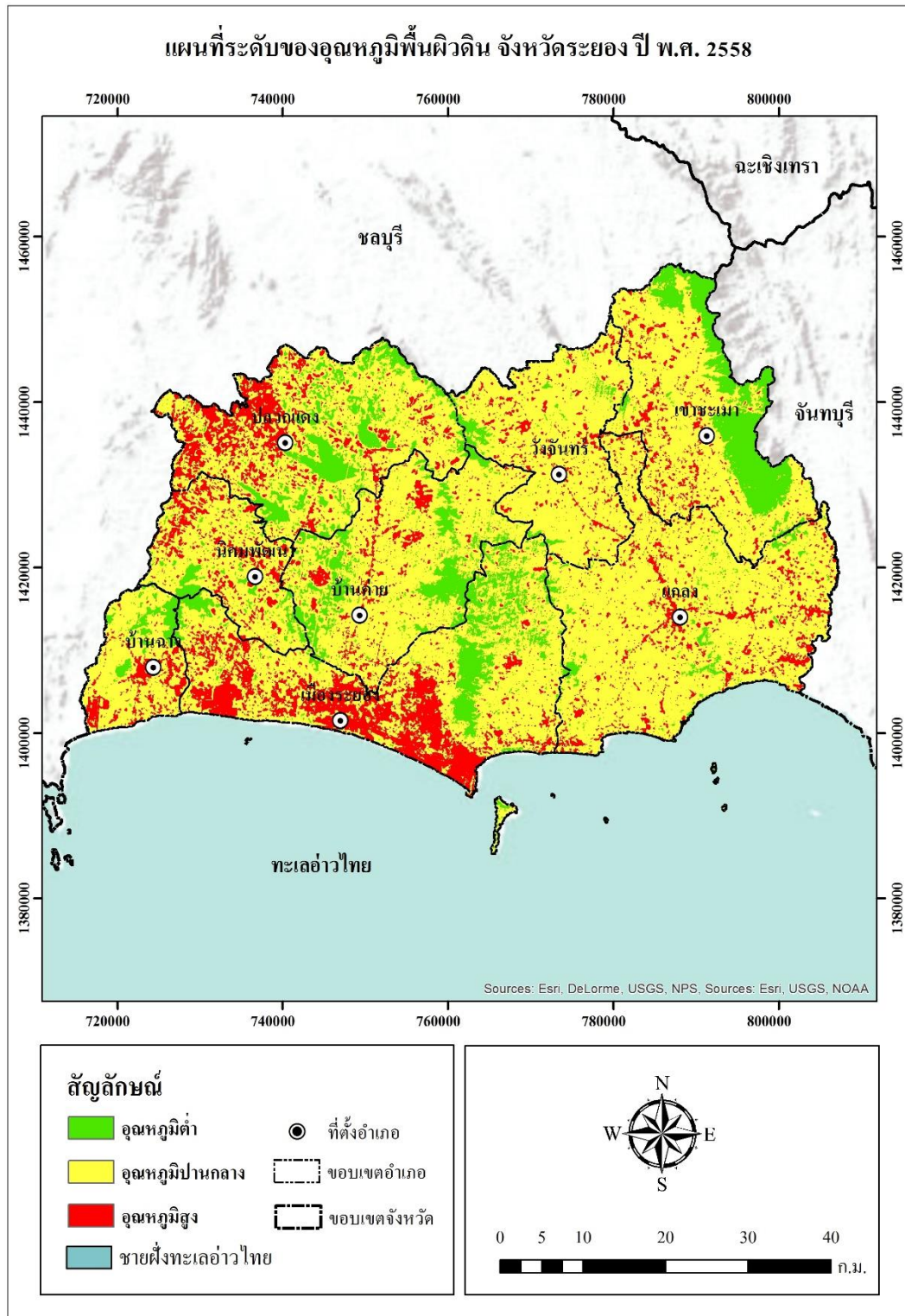
ระดับอุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	พื้นที่	
		ไร่	ร้อยละ
อุณหภูมิต่ำ	< 27.92	284,976.42	12.84
อุณหภูมิปานกลาง	27.92-32.22	1,596,827.07	71.93
อุณหภูมิสูง	> 32.22	338,196.51	15.23
<b>รวม</b>		<b>2,220,000.00</b>	<b>100</b>



ภาพที่ 4-20 กราฟแสดงสัดส่วนหรือร้อยละของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง



ภาพที่ 4-21 แผนที่อุณหภูมิพื้นผิวดิน จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4-22 แผนที่ระดับอุณหภูมิพื้นผิวดิน จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

## การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2558

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2558 ในตำแหน่ง Path 128 Row 51 และบันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ในตำแหน่ง Path 129 Row 51 ดังภาพที่ 4-23 ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลแบบความน่าจะเป็นสูงสุด แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ แสดงด้วยสีเขียวเข้ม พื้นที่เกษตรกรรม แสดงด้วยสีเขียวอ่อน พื้นที่แหล่งน้ำ แสดงด้วยสีน้ำเงินเข้ม พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง แสดงด้วยสีแดงและพื้นที่อื่นๆ แสดงด้วยสีเทาดำ ดังภาพที่ 4-24 ผลการศึกษาพบว่า

พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 1,546,456.25 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 69.66 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในพื้นที่อำเภอเกล่งเท่ากับ 394,500 ไร่ อำเภอบ้านค่ายเท่ากับ 237,681.25 ไร่ และอำเภอปลวกแดงเท่ากับ 231,056.25 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะปลูกยางพารา พื้นที่เพาะปลูกไม้ผลผสมและพื้นที่เพาะปลูกข้าว

พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 178,787.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.05 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอเขาชะเมาเท่ากับ 49,475 ไร่ อำเภอเมืองระยองเท่ากับ 27,762.50 ไร่ และอำเภอบ้านค่ายเท่ากับ 23,787.50 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ผลัดใบ ป่าไม้ไม่ผลัดใบและป่าชายเลน

พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 254,131.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.45 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอปลวกแดงเท่ากับ 59,718.75 ไร่ อำเภอเมืองระยองเท่ากับ 57,043.75 ไร่ และอำเภอเกล่งเท่ากับ 53,656.25 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุมชนเมือง ย่านการค้าและนิคมอุตสาหกรรมต่าง ๆ

พื้นที่อื่น ๆ มีพื้นที่เท่ากับ 174,262.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.85 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอปลวกแดงเท่ากับ 52,256.25 ไร่ อำเภอบ้านฉางเท่ากับ 28,343.75 ไร่ และอำเภอนิคมพัฒนาเท่ากับ 28,062.50 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่า เพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชนเมืองที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรมรวมไปถึงทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 66,362.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.99 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในพื้นที่อำเภอปลวกแดงเท่ากับ 25,393.75 ไร่ อำเภอวังจันทร์เท่ากับ 17,431.25 ไร่ และอำเภอเกล่งเท่ากับ 15,950 ไร่ ตามลำดับ โดยมีแหล่งน้ำผิวดิน คือ แม่น้ำประแสที่ไหลผ่านอำเภอเกล่ง แม่น้ำระยองที่ไหลผ่านอำเภอเมืองระยอง เป็นแม่น้ำสายสำคัญรวมไปถึงอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อ่างเก็บน้ำดอกกราย อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ ในอำเภอปลวกแดงและอ่างเก็บน้ำประแส (อ่างเก็บน้ำเขาหินแดด) ในอำเภอวังจันทร์ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-15 และ 4-16

ตารางที่ 4-15 จำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปีจังหวัดระยอง พ.ศ. 2558

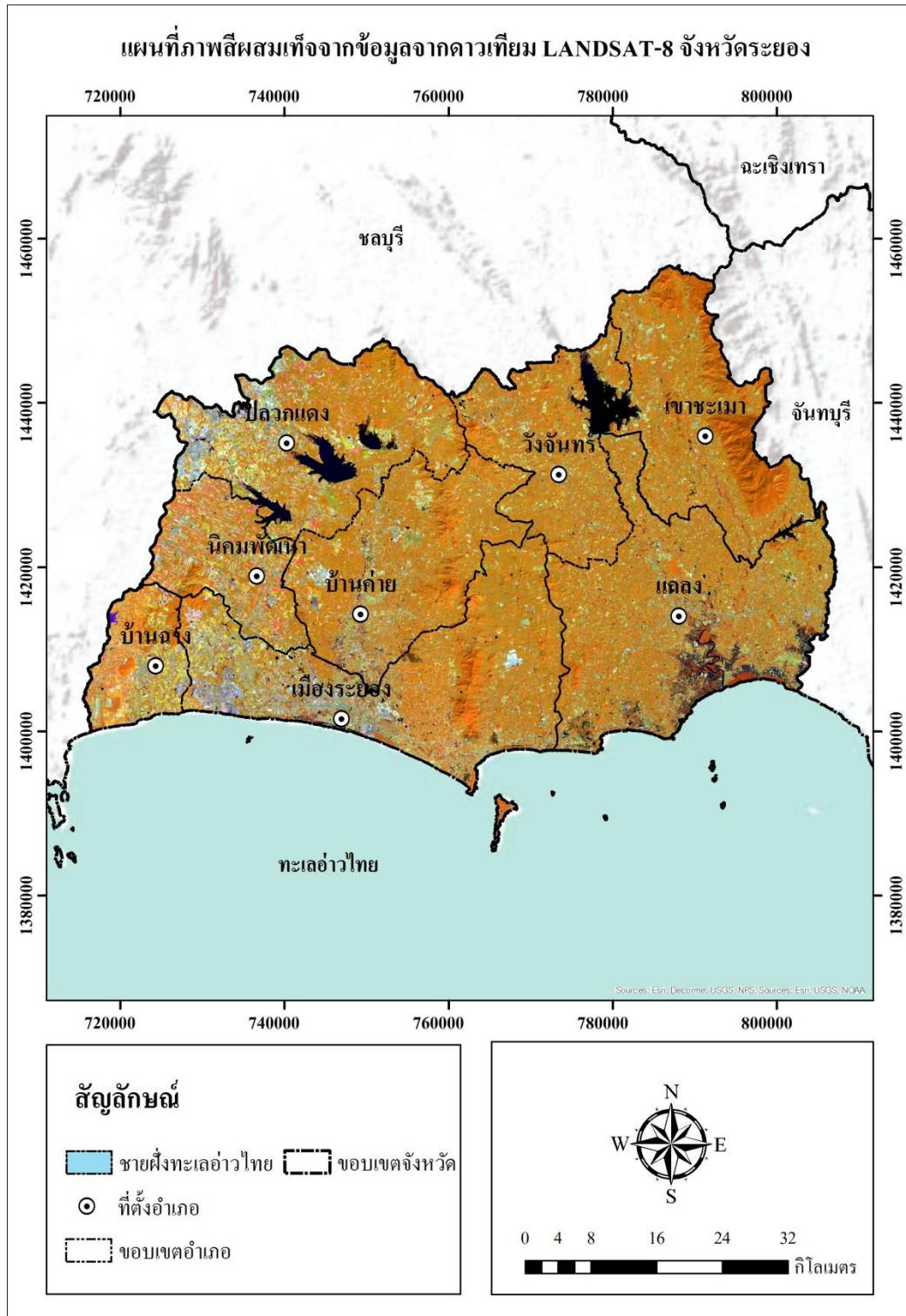
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ป่าไม้	178,787.50	8.05
เกษตรกรรม	1,546,456.25	69.66
แหล่งน้ำ	66,362.50	2.99
ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง	254,131.25	11.45
อื่น ๆ	174,262.50	7.85
<b>รวม</b>	<b>2,220,000.00</b>	<b>100</b>

ตารางที่ 4-16 จำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายอำเภอจังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2558

หน่วย : ไร่

อำเภอ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558					
	ป่าไม้	เกษตรกรรม	แหล่งน้ำ	สิ่งปลูกสร้าง	อื่น ๆ	รวม
1.เมือง	27,762.50	214,031.25	2,537.50	57,043.75	20,187.50	321,562.50
2.บ้านฉาง	16,756.25	81,418.75	362.50	22,118.75	28,343.75	149,000.00
3.แกลง	18,050.00	394,500.00	15,950.00	53,656.25	10,631.25	492,787.50
4.วังจันทร์	20,331.25	186,456.25	17,431.25	10,893.75	11,918.75	247,031.25
5.บ้านค่าย	23,787.50	237,681.25	912.50	24,237.50	19,381.25	306,000.00
6.ปลวกแดง	18,037.50	231,056.25	25,393.75	59,718.75	52,256.25	386,462.50
7.เขาชะเมา	49,475.00	106,243.75	3,381.25	6,137.50	3,481.25	168,718.75
8.นิคมพัฒนา	4,587.50	95,068.75	393.75	20,325.00	28,062.50	148,437.50
<b>รวม</b>	<b>178,787.50</b>	<b>1,546,456.25</b>	<b>66,362.50</b>	<b>254,131.25</b>	<b>174,262.50</b>	<b>2,220,000</b>



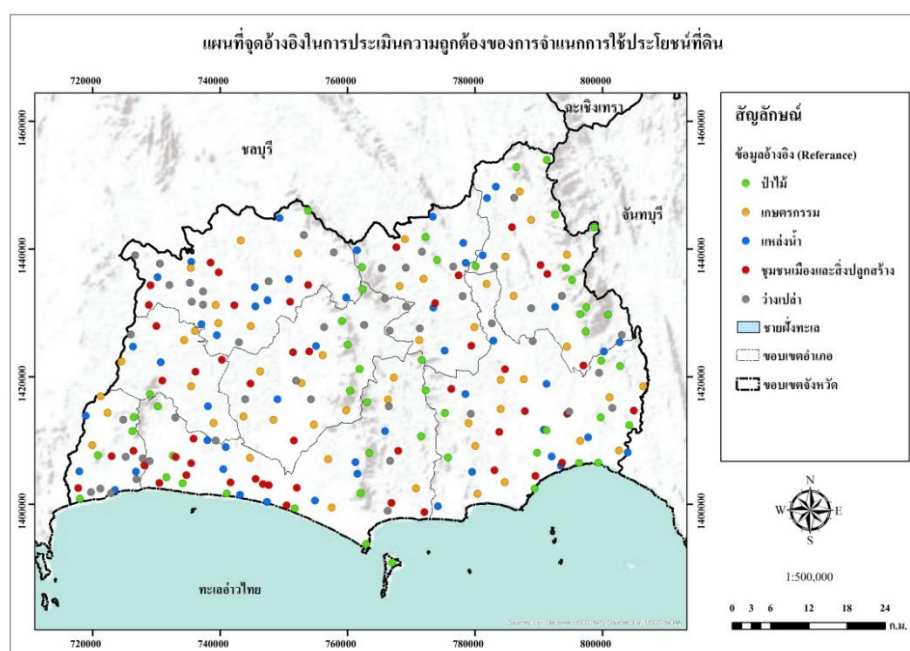


ภาพที่ 4-23 แผนที่ภาพถ่ายผสมเท็จจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 จังหวัดระยอง





**1. การประเมินความถูกต้องสำหรับการจำแนก (Accuracy Assessment)** เนื่องมาจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวเป็นการจำแนกด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างจึงจำเป็นต้องมีการประเมินค่าความถูกต้องสำหรับการจำแนก ผลจากการประเมินความถูกต้องสำหรับการจำแนกจากการสุ่มตัวอย่างแบบธรรมดา (Simple Random Sampling) จำนวนทั้งสิ้น 250 ตัวอย่าง พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกอยู่ในระดับดีเท่ากับ 85.60 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 4-17 จะอธิบายถึงการประเมินค่าความถูกต้องสำหรับการจำแนก เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ พบว่าพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 98 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำ มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน (User Accuracy) สำหรับการนำไปใช้งานในพื้นที่จริง พบว่า พื้นที่แหล่งน้ำมีค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 95.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งานต่ำที่สุดเท่ากับ 73.13 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า เมื่อนำแผนที่ไปใช้งานในพื้นที่จริง มีโอกาส 73.13 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง ส่วนที่เหลืออีก 26.87 เปอร์เซ็นต์ มีโอกาสเป็นพื้นที่อื่น เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างการทำงานของระบบกับความบังเอิญทางสถิติ พบว่า มีค่าความสอดคล้องของข้อมูลอยู่ในระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 83.19 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4-25 แผนที่จุดอ้างอิงในการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตารางที่ 4-17 ค่าความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน		ข้อมูลอ้างอิง (Reference Data)					รวม	EC%	CA%
		ป่าไม้	เกษตรกรรม	แหล่งน้ำ	ชุมชนเมือง	อื่นๆ			
ข้อมูลจากการจำแนก	ป่าไม้	40	2	0	0	0	42	4.76	95.24
	เกษตรกรรม	10	42	0	1	1	54	22.22	77.78
	แหล่งน้ำ	0	0	44	0	0	44	0.00	100
	ชุมชนเมือง	0	3	5	49	10	67	26.87	73.13
	อื่นๆ	0	3	1	0	39	43	9.30	90.70
รวม		50	50	50	50	50	250		
EO%		20.00	16.00	12.00	2.00	22.00			
PA%		80.00	84.00	88.00	98.00	78			

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับ  $(214/250)*100 = 85.60\%$

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient: K) เท่ากับ 83.19

“หมายเหตุ”

EO = Error of Omission หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากไม่ถูกจัดเข้ากลุ่ม

PA = Producer Accuracy หรือ ค่าความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก

EC = Error of Comission หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากถูกจัดเข้ากลุ่ม

CA = User Accuracy หรือ ค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน

### การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตารางที่ 4-18 แสดงถึงสถิติของอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการสุ่มตัวอย่าง พบว่าพื้นที่อื่น ๆ พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 40.98 และ 40.96 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดพบในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมมีอุณหภูมิเท่ากับ 23.52 และ 26.69 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยพื้นที่แหล่งน้ำเป็นพื้นที่ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่ำที่สุด ทั้งนี้ยังพบว่าพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 35.00 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ พื้นที่อื่น ๆ และพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 34.48 และ 29.83 องศาเซลเซียส ส่วนพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 27.19 และ 28.46 องศาเซลเซียส ซึ่งพื้นที่ป่าไม้จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ประมาณ 1-8 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของพื้นที่สีเขียว ถึงแม้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ แต่ก็มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างอยู่ประมาณ 5 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4-18 อุณหภูมิพื้นผิวดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	อุณหภูมิพื้นผิวดิน			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ป่าไม้	23.53	31.77	27.19	1.53
เกษตรกรรม	26.89	36.10	29.83	2.20
แหล่งน้ำ	26.96	32.85	28.46	1.18
ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง	30.00	40.96	35.00	2.10
อื่นๆ	30.75	40.98	34.48	2.47

จากตารางที่ 4-18 จะเห็นได้ว่าพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด เมื่อนำเขตนิกมอุตสาหกรรมการภายในจังหวัดระยอง จำนวนทั้งสิ้น 8 นิกมอุตสาหกรรม ประกอบด้วย 1) นิกมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ 2) นิกมอุตสาหกรรมเหมราชอีสเทิร์นซีบอร์ด 3) นิกมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด 4) นิกมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล 5) นิกมอุตสาหกรรมเอเชีย 6) นิกมอุตสาหกรรมมาบตาพุด 7) นิกมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (มาบตาพุด) 8) นิกมอุตสาหกรรมผาแดง ด้วยวิธีการ Zonal Statistics as Table รายละเอียดแสดงดังตาราง 4-19

ตารางที่ 4-19 อุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)

ชื่อ	อุณหภูมิพื้นผิวดิน		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้	21.52	46.37	33.10
นิคมอุตสาหกรรมเหมราชอีสเทิร์น ซีบอร์ด	24.88	38.47	32.16
นิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์น ซีบอร์ด	26.78	42.52	34.51
นิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล	28.64	36.43	32.61
นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย	28.19	36.61	31.96
นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	27.79	40.24	33.58
นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (มาบตาพุด)	27.83	39.71	33.05
นิคมอุตสาหกรรมผาแดง	30.37	37.02	34.15

จากตารางที่ 4-19 อธิบายได้ว่าอุณหภูมิสูงสุดของจังหวัดระยอง พบในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้มีอุณหภูมิเท่ากับ 46.37 องศาเซลเซียส โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของนิคมอุตสาหกรรมทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 33.14 องศาเซลเซียส ซึ่งนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 34.51 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนใหญ่เป็น โรงงานผลิตอุปกรณ์ ชิ้นส่วนและอะไหล่รถยนต์ รองลงมาคือ นิคมอุตสาหกรรมผาแดงและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 34.15 และ 33.58 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็น โรงงานผลิตปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์ เหล็ก โลหะและ โรงกลั่นน้ำมัน ส่วนนิคมอุตสาหกรรมที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุด ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย นิคมอุตสาหกรรมเหมราชอีสเทิร์นซีบอร์ดและนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 31.96, 32.16 และ 32.61 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็น โรงงานผลิตพลาสติก อะไหล่รถยนต์และเคมีภัณฑ์

ทั้งนี้การทราบถึงสถิติของอุณหภูมิพื้นผิวดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท รวมถึงแต่ละนิคมอุตสาหกรรมยังไม่สามารถบอกชี้ถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวดินได้ จึงต้องมีการนำสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทมาศึกษาหาความสัมพันธ์ ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

### 1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับ อุณหภูมิพื้นผิวดิน จังหวัดระยอง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทจากการจำแนกข้อมูลดาวเทียมต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละอำเภอกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ของแต่ละอำเภอ โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร คือ 1) สัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละอำเภอ (x) และ 2) ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละอำเภอ (y) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 ร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินของ  
แต่ละอำเภอ จังหวัดระยอง

หน่วย : ร้อยละ

อำเภอ	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	สัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน				
		ป่าไม้	เกษตรกรรม	แหล่งน้ำ	สิ่งปลูกสร้าง	อื่นๆ
1.เมือง	30.61	8.63	66.56	0.79	17.74	6.28
2.บ้านฉาง	30.37	11.24	54.64	0.24	14.85	19.02
3.แกลง	30.34	3.66	80.06	3.24	10.89	2.16
4.วังจันทร์	30.02	8.23	75.48	7.05	4.41	4.83
5.บ้านค่าย	29.58	7.77	77.67	0.30	7.92	6.33
6.ปลวกแดง	30.27	4.67	59.79	6.57	15.45	13.52
7.เขาชะเมา	29.23	29.32	62.97	2.00	3.64	2.06
8.นิคมพัฒนา	30.58	3.09	64.04	0.27	13.69	18.90

### ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับ อุณหภูมิพื้นผิวดิน

สัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวดิน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทางบวกเท่ากับ 0.8317 ดังตารางที่ 4-21 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมื่อสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินจะสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน

สัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวดิน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทางลบเท่ากับ -0.7418 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมื่อสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินจะลดลงในทิศทางตรงกันข้าม

สัดส่วนของพื้นที่อื่น ๆ พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่แหล่งน้ำ นั้นไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวดิน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5386, -0.1928 และ -0.0501 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสัดส่วนจากพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแต่ละอำเภอได้อย่างชัดเจน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินกับสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท พบว่าพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยอง ส่วนพื้นที่อื่น ๆ พื้นที่เกษตรกรรมนั้นยังไม่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมจะเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่ แต่มีทั้งพืชพรรณที่สมบูรณ์ต่ำ เช่น พืชไร่และพืชพรรณที่มีความสมบูรณ์ปานกลาง เช่น ไม้ยืนต้น ไม้ผลผสมปะปนกัน ทั้งนี้พื้นที่แหล่งน้ำจะไม่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นที่ แต่พื้นที่แหล่งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอุณหภูมิของแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 4-21 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวดิน จังหวัดระยอง

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
ป่าไม้	-0.7418
เกษตรกรรม	-0.1928
แหล่งน้ำ	-0.0501
ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง	0.8317
อื่น ๆ	0.5386

## 2. การสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อทำนายอุณหภูมิในอนาคต

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรพบว่าสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างและสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม่มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงนำชุดข้อมูลดังกล่าวมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ด้วยวิธีการกำลัง 2 น้อยที่สุด สำหรับการประมาณค่านอกช่วงระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวแปรต้น (x) และอุณหภูมิพื้นผิวดินเป็นตัวแปรตาม (y)

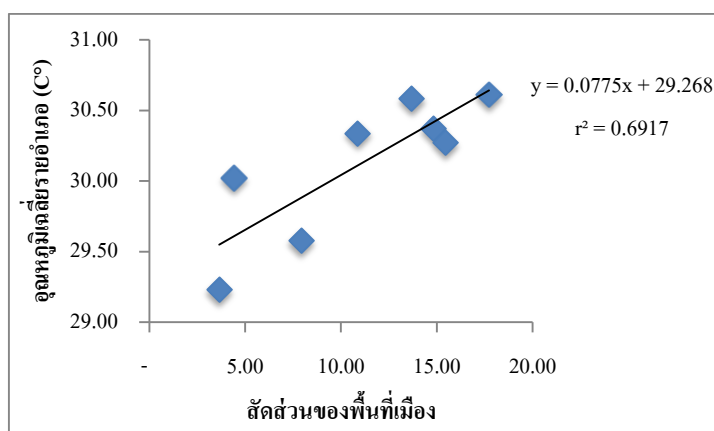
### 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง

สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างต่อพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามอำเภอ สามารถแสดงเป็นสมการสัมประสิทธิ์ถดถอยดังสมการที่ 4-1

$$y = 0.0775x + 29.267 \quad (4-1)$$

เมื่อ x คือ สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง

y คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดิน



ภาพที่ 4-26 กราฟแสดงสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินจากสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง จังหวัดระยอง

จากภาพที่ 4-26 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (x) กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่ (y) ด้วยแผนภาพกระจาย (Scatter Plot) เพื่อแสดงจุดตัดระหว่างแกน (x, y) ของแต่ละชุดข้อมูล ซึ่งตำแหน่งของชุดข้อมูลมีลักษณะเกาะกลุ่มกันตามเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $r^2$ ) เท่ากับ 0.6917 และมีความสัมพันธ์ทางบวกอยู่ในระดับปานกลาง สามารถอธิบายได้ว่าผลของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่ (y) ที่เป็นผลหรืออิทธิพล



จากพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (x) เท่ากับ 69.17 เปอร์เซนต์ ส่วนที่เหลือ 30.83 เป็นผลมาจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่น เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนน้อยทำให้ต้องมีการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อน Root Mean Square Error (RMSE) ของค่าอุณหภูมิที่ได้จากการทำนายจากสมการดังกล่าว

#### ผลจากการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนของสมการสัมประสิทธิ์ถดถอย

จากการทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จากสมการที่ 4-1 กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจริงของแต่ละอำเภอ จำนวน 8 อำเภอ เป็นค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเกต แสดงในตารางที่ 4-22 พบว่า มีค่า RMSE เท่ากับ 0.0108 องศาเซลเซียส ซึ่งอำเภอวังจันทร์มีความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุดเท่ากับ 0.41 องศาเซลเซียส ซึ่งลักษณะของอำเภอวังจันทร์ จะมีชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างน้อยและพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนอำเภอที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยเป็นพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 4-22 ค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายอุณหภูมิจากพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)

อำเภอ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิทำนาย (Y)	ความแตกต่าง	RMSE
1. เมืองระยอง	30.61	30.64	- 0.03	0.0108
2. บ้านฉาง	30.37	30.42	- 0.05	
3. แกลง	30.34	30.11	0.23	
4. วังจันทร์	30.02	29.61	0.41	
5. บ้านค่าย	29.58	29.88	- 0.30	
6. ปลวกแดง	30.27	30.46	- 0.19	
7. เขาชะเมา	29.23	29.55	- 0.32	
8. นิคมพัฒนา	30.58	30.33	0.25	

การทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตามสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง พบว่าถ้าสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างของจังหวัดระยองเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 ของพื้นที่จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดประมาณ 31.59 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 33.14 องศาเซลเซียส เมื่อพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่จังหวัด ทั้งนี้ถ้ามีพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเต็มพื้นที่จังหวัด จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิประมาณ 37.02 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4-23

ตารางที่ 4-23 อุณหภูมิตามสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการทำนาย

สัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมือง (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
10.00	30.04
30.00	31.59
50.00	33.14
70.00	34.69
100.00	37.02

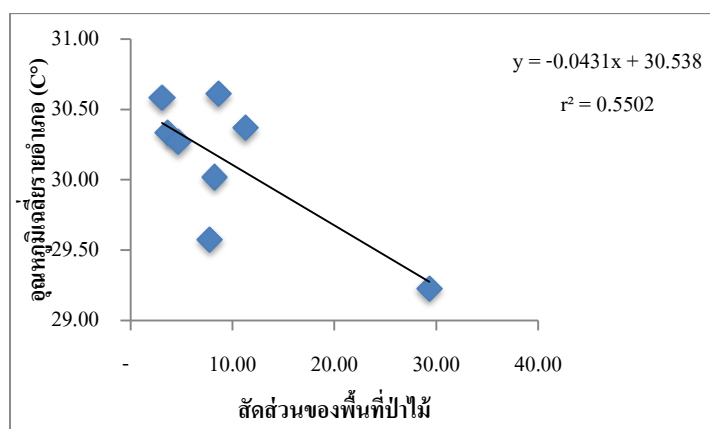
## 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของพื้นที่ป่าไม้

สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ต่อพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรายอำเภอสามารถแสดงเป็นสมการสัมประสิทธิ์ถดถอยดังสมการที่ 4-2

$$y = -0.0431x + 30.538 \quad (4-2)$$

เมื่อ  $x$  คือ สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม้

$y$  คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดิน



ภาพที่ 4-27 กราฟแสดงสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินจาก สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ จังหวัดระยอง

จากภาพที่ 4-27 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ (x) กับ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่ (y) ด้วยแผนภาพกระจาย เพื่อแสดงจุดตัดระหว่างแกน (x, y) ของแต่ละ ชุดข้อมูล ซึ่งตำแหน่งของชุดข้อมูลมีลักษณะเกาะกลุ่มกันตามเส้นตรงมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสั้นใจ ( $r^2$ ) เท่ากับ 0.5502 และมีความสัมพันธ์ทางลบอยู่ในระดับปานกลาง สามารถอธิบายได้ว่าผลของ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่ (y) เป็นผลหรืออิทธิพลจากพื้นที่ป่าไม้ (x) เท่ากับ 55.02 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ 45.98 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่น

#### ผลจากการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนของสมการสัมประสิทธิ์ถดถอย

ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการสัมประสิทธิ์ถดถอย จากการทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ในพื้นที่จากสมการที่ 4-2 กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละอำเภอ จำนวน 8 อำเภอ เป็นค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเกต แสดงในตารางที่ 4-24 พบว่ามีค่า RMSE เท่ากับ 0.1575 องศาเซลเซียส ซึ่งอำเภอ บ้านค่ายมีความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุดเท่ากับ - 0.63 องศาเซลเซียส ส่วนอำเภอที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยจะมีพืชพรรณปกคลุมค่อนข้างมาก เช่น อำเภอเขาชะเมาและอำเภอแกลง

ตารางที่ 4-24 ค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายอุณหภูมิจากพื้นที่ป่าไม้ จังหวัดระยอง

หน่วย : (°C)				
อำเภอ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ทำนาย (Y)	ความแตกต่าง	RMSE
1. เมืองระยอง	30.61	30.17	0.45	0.1575
2. บ้านฉาง	30.37	30.05	0.32	
3. แกลง	30.34	30.38	-0.04	
4. วังจันทร์	30.02	30.18	-0.16	
5. บ้านค่าย	29.58	30.20	-0.63	
6. ปลวกแดง	30.27	30.34	-0.07	
7. เขาชะเมา	29.23	29.27	-0.04	
8. นิคมพัฒนา	30.58	30.41	0.18	

การทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินจากสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตามสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ พบว่าถ้าสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดระยองเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิประมาณ 29.50 องศาเซลเซียสและจะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิลดลงเท่ากับ 28.63 องศาเซลเซียส เมื่อพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 อุณหภูมิตามสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการทำนาย จังหวัดระยอง

สัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)
10.00	30.36
30.00	29.50
50.00	28.63
70.00	27.77
100.00	26.48

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและสร้างสมการถดถอยสำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินดังกล่าว แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการลดอุณหภูมิในพื้นที่สามารถทำได้โดยการเพิ่มสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ให้เกิดความสมดุลกับสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่สีเขียวรวมถึงนำไปประยุกต์กับการวางแผนพัฒนาพื้นที่จังหวัดระยองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

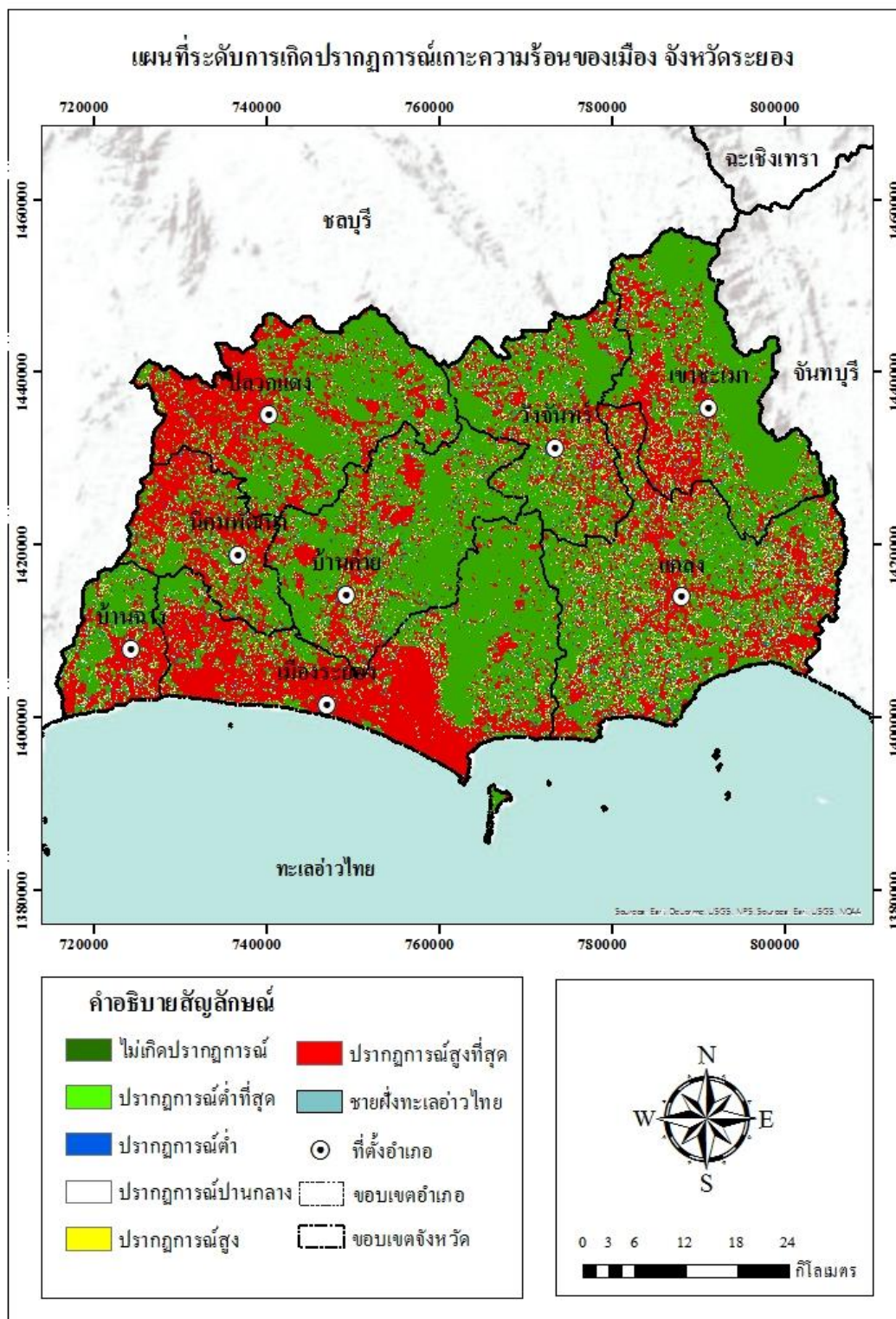
### การศึกษาระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง

การศึกษาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจังหวัดระยอง ด้วยดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง ซึ่งเป็นการหาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแต่ละจุดภาพกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยอง โดยใช้อุณหภูมิจากการประมาณค่าด้วยวิธี Split-Window ในการบ่งบอกระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง ซึ่งแบ่งระดับของปรากฏการณ์ออกเป็น 6 ระดับ คือ 1) ไม่เกิดปรากฏการณ์ 2) ระดับต่ำสุด 3) ระดับต่ำ 4) ระดับปานกลาง 5) ระดับสูง และ 6) ระดับสูงที่สุด ดังภาพที่ 4-28 และตารางที่ 4-26

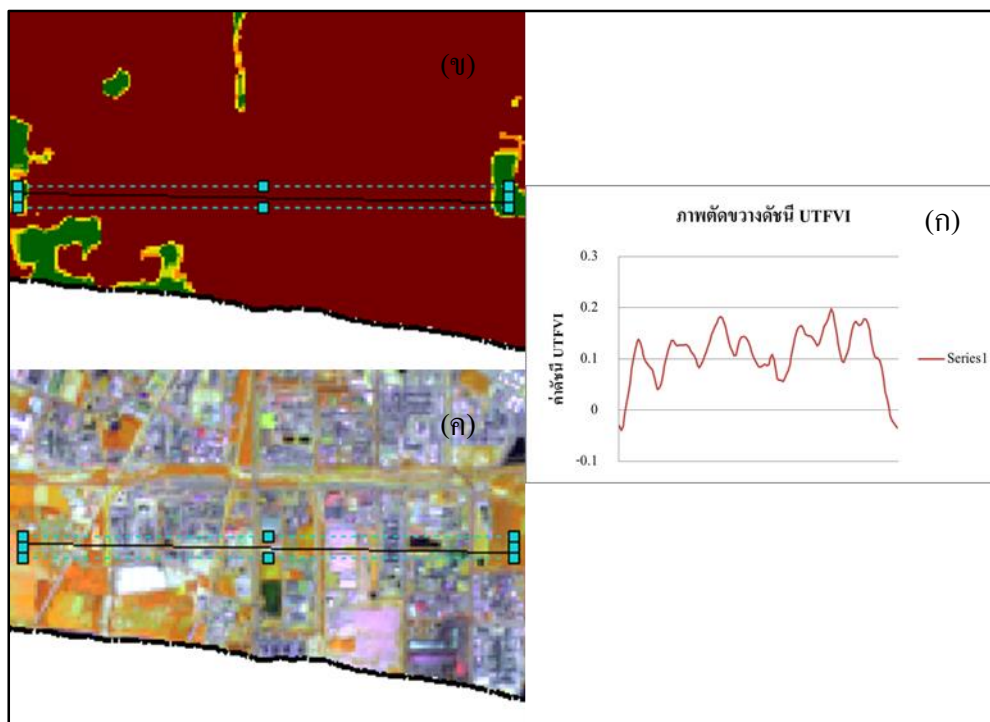
ตารางที่ 4-26 จำนวนพื้นที่ของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง

ค่า UTFVI	ระดับปรากฏการณ์	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
<0	ไม่เกิดปรากฏการณ์	1,162,618.75	52.37
0-0.0050	ระดับต่ำที่สุด	76,362.50	3.44
0.0051-0.010	ระดับต่ำ	76,062.50	3.43
0.011-0.0150	ระดับปานกลาง	72,506.25	3.27
0.0151-0.020	ระดับสูง	67,912.50	3.06
>0.020	ระดับสูงที่สุด	764,537.50	34.44
<b>รวม</b>		<b>2,220,000.00</b>	<b>100.00</b>

จากตารางที่ 4-26 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยอง ยังไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหรือมีค่าดัชนี UTFVI น้อยกว่า 0 มีพื้นที่เท่ากับ 1,162,618.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.37 รองลงมาคือ พื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองสูงสุดหรือมีค่าดัชนี UTFVI มากกว่า 0.020 มีพื้นที่เท่ากับ 764,537.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34.44 ส่วนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองระดับต่ำสุดหรือมีดัชนี UTFVI อยู่ระหว่าง 0 - 0.0050 มีพื้นที่เท่ากับ 76,362.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.44 และแสดงให้เห็นถึงว่าพื้นที่จำนวนดังกล่าวเริ่มเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหรือได้รับอิทธิพลจากความร้อนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง



ภาพที่ 4-28 แผนที่ระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง



ภาพที่ 4-29 ภาพตัดขวางของค่าดัชนีความร้อนในเขตเมือง บริเวณมาบตาพุด

จากภาพที่ 4-29 แสดงภาพตัดขวางของค่าดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง (UTFVI) บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (ก) ซึ่งค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยอง และค่าอุณหภูมิของแต่ละพิกเซลจะเป็นตัวกำหนดค่าดัชนี UTFVI (ข) หมายความว่า ยิ่งอุณหภูมิของแต่ละพิกเซลสูงกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยองมากขึ้น ค่าดัชนี UTFVI ก็จะเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าบริเวณที่ปกคลุมด้วยพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (ค) จำนวนมาก นั้นเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูงและเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุดและจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อค่อย ๆ ห่างจากพื้นที่ดังกล่าวจนมีลักษณะคล้ายเกาะ

### 1. การศึกษาระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองรายอำเภอ จังหวัดระยอง

การศึกษาระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองรายอำเภอ จังหวัดระยอง ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ซ้อนทับ (Overlay Analysis) ระหว่างดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมืองทั้ง 6 ระดับและขอบเขตการปกครองของจังหวัดระยอง ประกอบด้วย อำเภอเมืองระยอง บ้านฉาง แกลง วังจันทร์ บ้านค่าย ปลวกแดง เขาชะเมาและนิคมพัฒนา รวม 8 อำเภอ

ตารางที่ 4-27 จำนวนพื้นที่ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง

หน่วย: ไร่

อำเภอ	ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง						รวม
	ไม่เกิดปรากฏการณ์	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด	
1. เมืองระยอง	144,493.75	6,900.00	7,018.75	6,987.50	6,968.75	149,193.75	321,562.50
2. บ้านฉาง	67,618.75	5,431.25	5,512.50	5,381.25	5,093.75	59,962.50	149,000.00
3. แกลง	236,618.75	24,356.25	24,756.25	23,400.00	21,143.75	162,512.50	492,787.50
4. วังจันทร์	147,543.75	10,212.50	9,762.50	9,118.75	8,293.75	62,100.00	247,031.25
5. บ้านค่าย	197,881.25	9,662.50	9,375.00	8,456.25	7,743.75	72,881.25	306,000.00
6. ปลวกแดง	204,618.75	9,843.75	9,637.50	9,300.00	8,950.00	144,112.50	386,462.50
7. เขาชะเมา	106,850.00	5,193.75	5,143.75	4,862.50	4,687.50	41,981.25	168,718.75
8. นิคมพัฒนา	56,993.75	4,762.50	4,856.25	5,000.00	5,031.25	71,793.75	148,437.50
<b>รวม</b>	<b>1,162,618.75</b>	<b>76,362.50</b>	<b>76,062.50</b>	<b>72,506.25</b>	<b>67,912.50</b>	<b>764,537.50</b>	<b>2,220,000.00</b>



ตารางที่ 4-28 ร้อยละของจำนวนพื้นที่ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง

หน่วย: ร้อยละ

อำเภอ	ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง						รวม
	ไม่เกิดปรากฏการณ์	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด	
1. เมืองระยอง	44.93	2.15	2.18	2.17	2.17	46.40	100
2. บ้านฉาง	45.38	3.64	3.70	3.61	3.42	40.24	100
3. แกลง	48.02	4.94	5.02	4.75	4.29	32.98	100
4. วังจันทร์	59.73	4.14	3.95	3.69	3.36	25.14	100
5. บ้านค่าย	64.67	3.16	3.06	2.76	2.53	23.82	100
6. ปลวกแดง	51.02	2.45	2.40	2.35	2.28	39.51	100
7. เขาชะเมา	63.33	3.08	3.05	2.88	2.78	24.88	100
8. นิคมพัฒนา	38.40	3.21	3.27	3.37	3.39	48.37	100

จากตารางที่ 4-27 และ 4-28 แสดงผลการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับรายอำเภอ พบว่ามี 2 อำเภอที่มีจำนวนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุดมากกว่าพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ คือ 1) อำเภอเมืองระยอง มีจำนวนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงสุดเท่ากับ 149,193.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 46.40 และมีพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เท่ากับ 144,493.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.93 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ และ 2) อำเภอนิคมพัฒนาที่มีจำนวนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงสุดเท่ากับ 71,793.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 48.37 และมีพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เท่ากับ 56,993.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.40 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอดังกล่าวจะมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวมถึงพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่

ส่วนอำเภอที่มีจำนวนพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์มากกว่าพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงสุด มีจำนวน 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอบ้านฉาง แกลง วังจันทร์ บ้านค่าย ปลวกแดงและเขาชะเมา โดยอำเภอบ้านค่ายและอำเภอเขาชะเมา มีพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์มากที่สุดเท่ากับ 197,881.25 และ 106,850 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 64.67 และ 63.33 ตามลำดับ ซึ่งอำเภอบ้านค่ายและอำเภอเขาชะเมา ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น ไม้ผลผสมและมีพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมค่อนข้างมาก

จะเห็นว่าอำเภอที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุมชนเมือง สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ นั้นมีอิทธิพลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จึงมีการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในหัวข้อต่อไป

## 2. การศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง (UTFVI) มาทำการวิเคราะห์ซ้อนทับ (Overlay Analysis) กับการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการจำแนกด้วยภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 29 และ 30

ตารางที่ 4-29 จำนวนพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับ จังหวัดระยอง

หน่วย : ไร่

ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง						รวม
	ไม่เกิดปรากฏการณ์	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด	
ป่าไม้	156,818.75	3,050.00	2,231.25	1,293.75	568.75	14,825.00	178,787.50
เกษตรกรรม	892,043.75	63,668.75	62,643.75	58,650.00	54,268.75	415,181.25	1,546,456.25
แหล่งน้ำ	60,768.75	100.00	150.00	225.00	225.00	4,893.75	66,362.50
สิ่งปลูกสร้าง	28,831.25	4,687.50	5,406.25	6,181.25	6,418.75	202,606.25	254,131.25
อื่น ๆ	24,156.25	4,856.25	5,631.25	6,156.25	6,431.25	127,031.25	174,262.50
รวม	1,162,618.75	76,362.50	76,062.50	72,506.25	67,912.50	764,537.50	2,220,000.00

ตารางที่ 4-30 ร้อยละปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับต่อจำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดระยอง

ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (ร้อยละ)						รวม
	ไม่เกิดปรากฏการณ์	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด	
ป่าไม้	87.71	1.71	1.25	0.72	0.32	8.29	100
เกษตรกรรม	57.68	4.12	4.05	3.79	3.51	26.85	100
แหล่งน้ำ	91.57	0.15	0.23	0.34	0.34	7.37	100
สิ่งปลูกสร้าง	11.35	1.84	2.13	2.43	2.53	79.73	100
อื่น ๆ	13.86	2.79	3.23	3.53	3.69	72.90	100

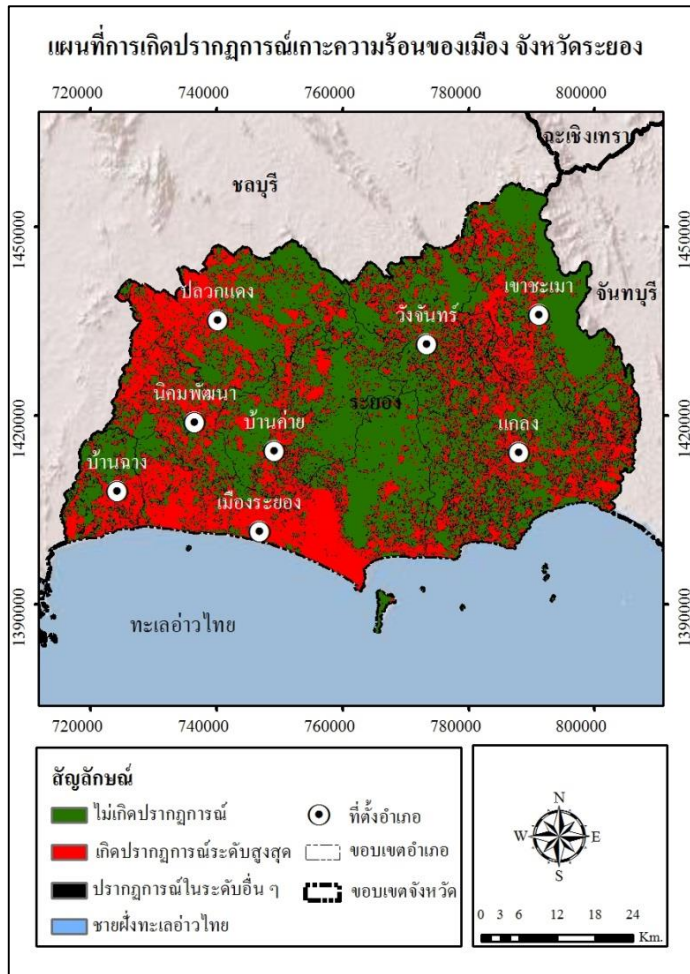
จากตารางที่ 4-29 และ 4-30 แสดงถึงจำนวนพื้นที่และร้อยละของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับกับประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สามารถอธิบายได้ดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ทั้งสิ้น 178,787.50 ไร่ พบว่าร้อยละ 87.71 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง มีพื้นที่เท่ากับ 156,818.75 ไร่ โดยมีพื้นที่ป่าไม้เพียงร้อยละ 8.29 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด มีพื้นที่เท่ากับ 14,825 ไร่ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีพื้นที่ป่าไม้น้อยมากที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดระยอง

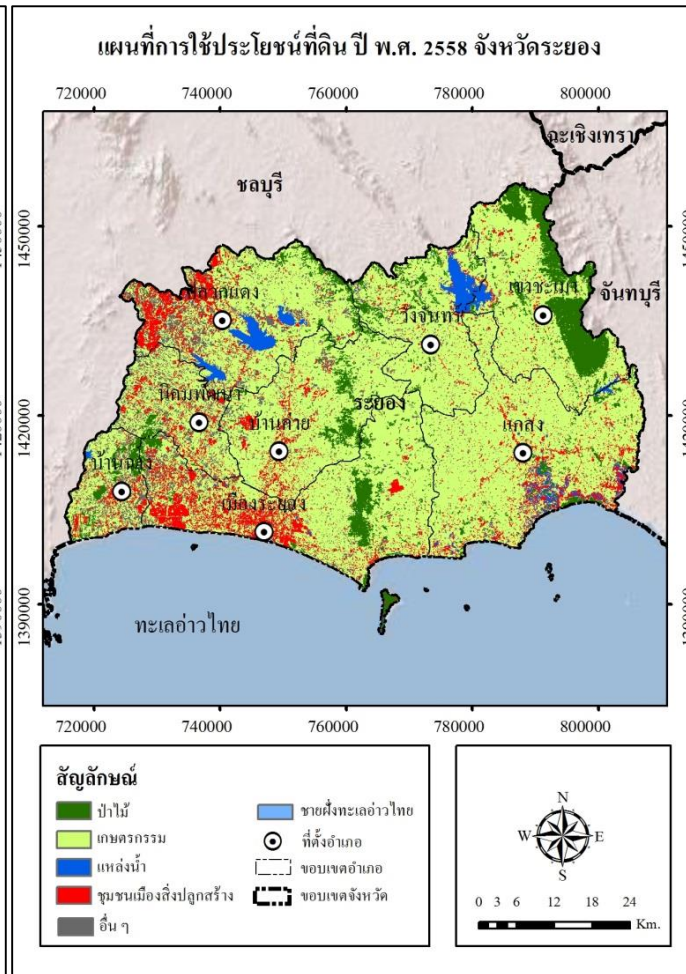
พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ทั้งสิ้น 1,546,456.25 ไร่ พบว่าร้อยละ 57.68 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง มีพื้นที่เท่ากับ 892,043.75 ไร่ ซึ่งเป็นผลมาจากพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นไม้ยืนต้นและไม้ผล เช่น พื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ปลูกปาล์ม น้ำมันและพื้นที่ปลูกผลไม้ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 26.85 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในระดับสูงสุด มีพื้นที่เท่ากับ 415,181.25 ไร่ และส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ เช่น ข้าว มันสำปะหลังและอ้อย ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไม้ยืนต้นหรือไม้ผลผสมส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นที่จังหวัดระยองและไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง

พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่ทั้งสิ้น 66,362.50 ไร่ พบว่าร้อยละ 91.57 ของพื้นที่แหล่งน้ำทั้งหมดส่วนใหญ่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง มีพื้นที่เท่ากับ 60,768.75 ไร่ และมีพื้นที่แหล่งน้ำประมาณ 4,893.75 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.37 เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด ทั้งนี้พื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองระดับต่ำที่สุดคือ มีค่าดัชนี UTFVI อยู่ระหว่าง 0-0.0050 และพื้นที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองระดับต่ำคือมีค่าดัชนี UTFVI อยู่ระหว่าง 0.0051-0.0100 ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในพื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรมและแหล่งน้ำ

ส่วนพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวมถึงพื้นที่อื่น ๆ ส่วนใหญ่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด มีพื้นที่เท่ากับ 202,606.25 และ 127,031.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 79.73 และ 72.90 ตามลำดับ ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวมีจำนวนพื้นที่เพียงเล็กน้อยที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง มีพื้นที่เท่ากับ 28,831.25 และ 24,156.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.35 และ 13.86 ตามลำดับ ทั้งนี้ยังพบว่าพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองระดับปานกลางคือ มีค่าดัชนี UTFVI อยู่ระหว่าง 0.0110 - 0.0150 และพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองระดับสูงคือ มีค่าดัชนี UTFVI อยู่ระหว่าง 0.0151 - 0.0200 ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างรวมถึงพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างจะพบมากในอำเภอเมืองระยอง อำเภอปลวกแดงและอำเภอนิคมพัฒนา

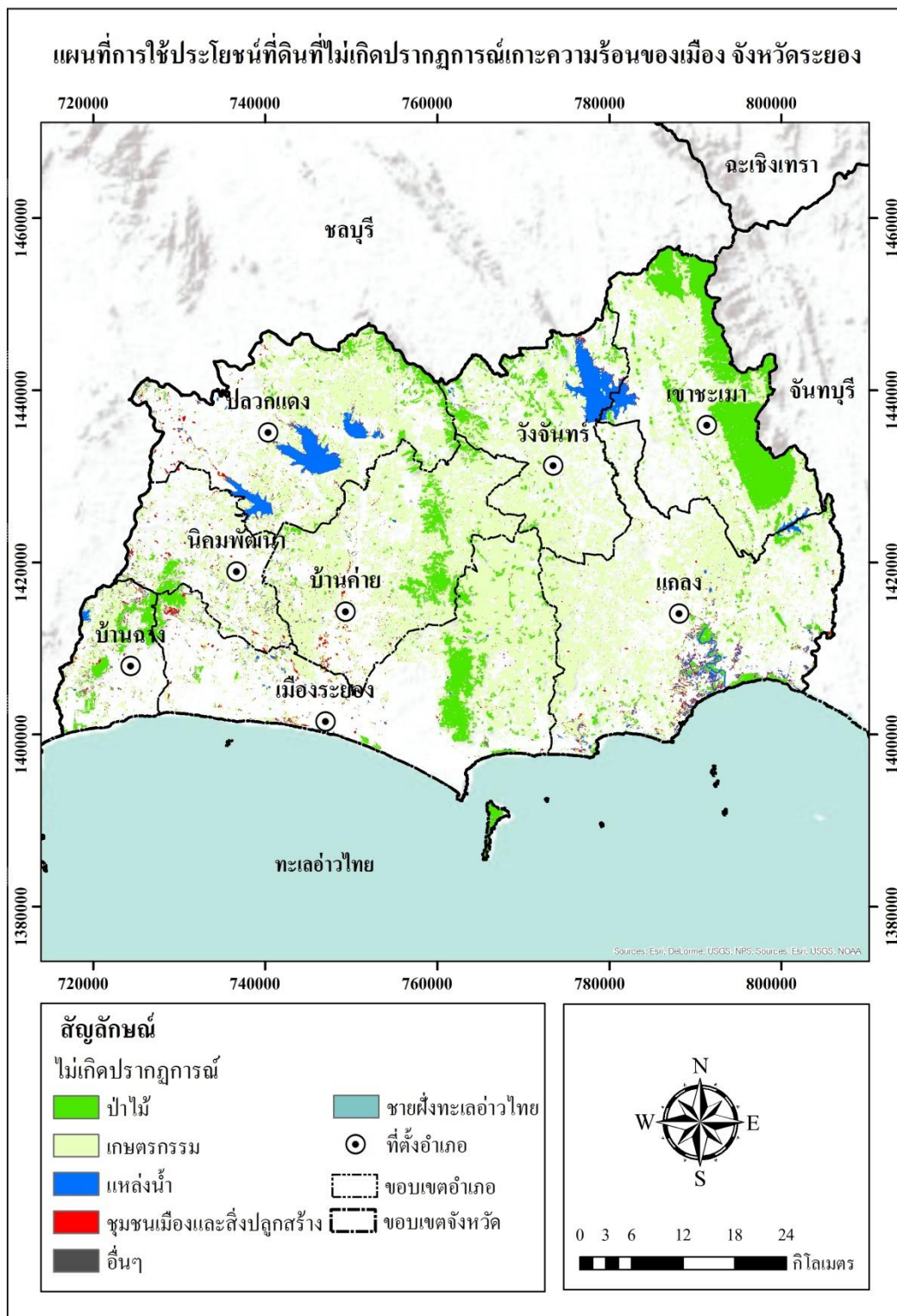


(ก)



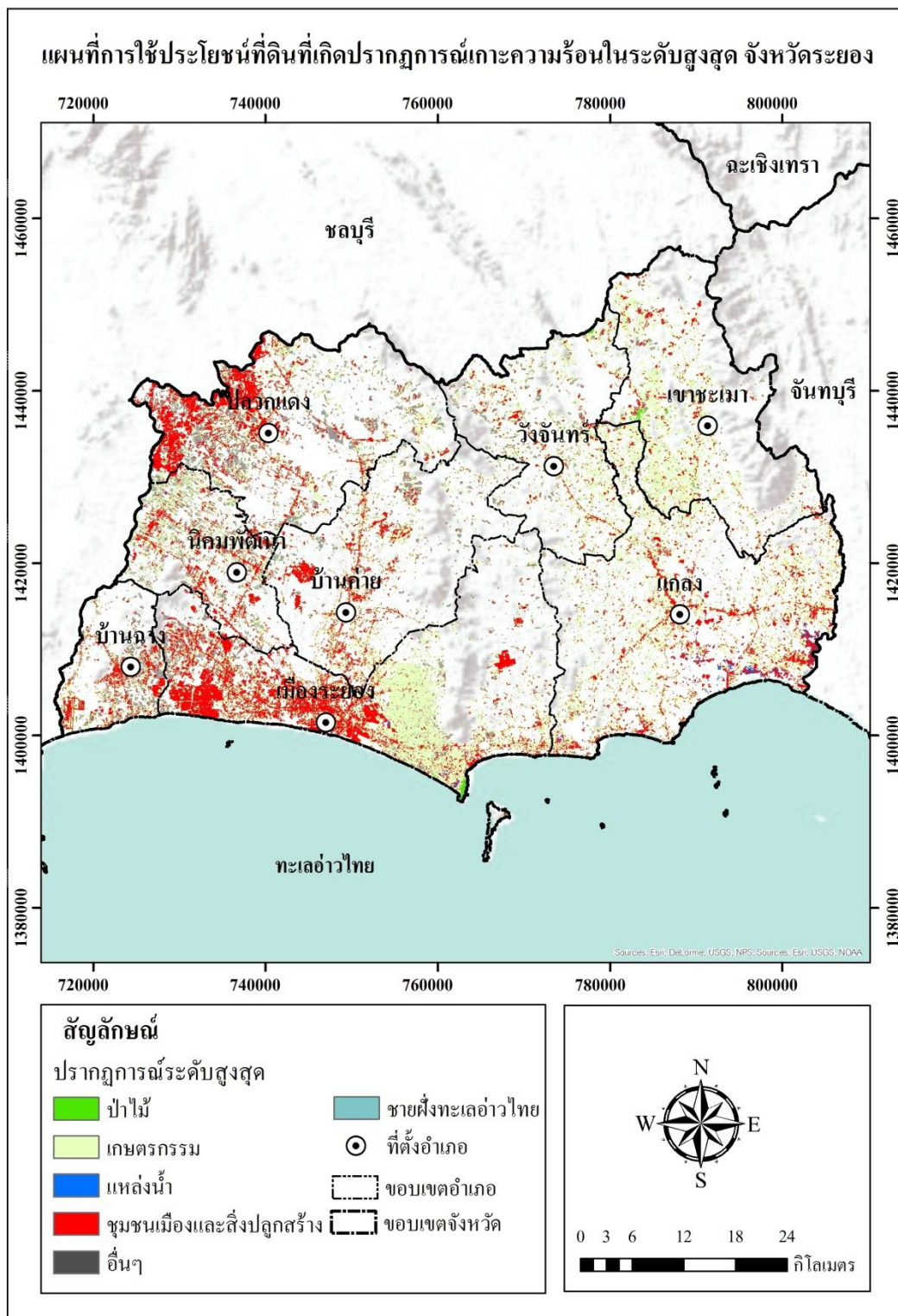
(ข)

ภาพที่ 4-30 แผนที่การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (ก) กับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) จังหวัดระยอง




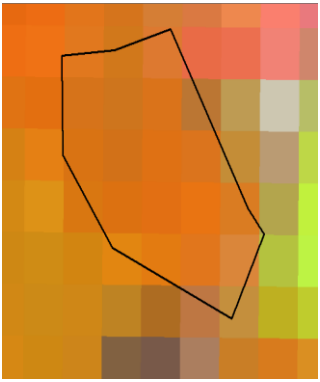
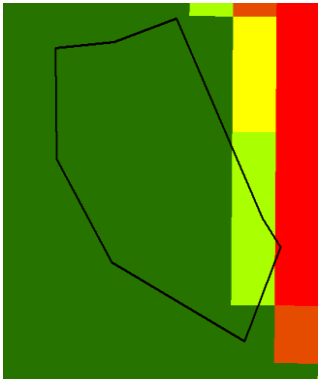

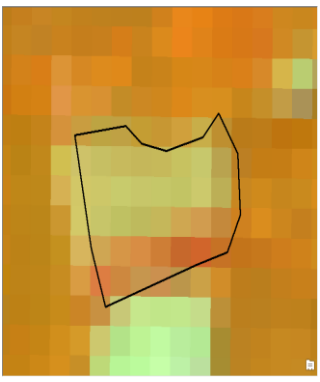


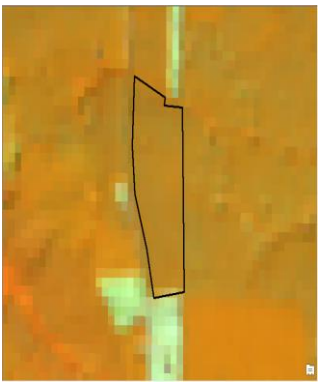
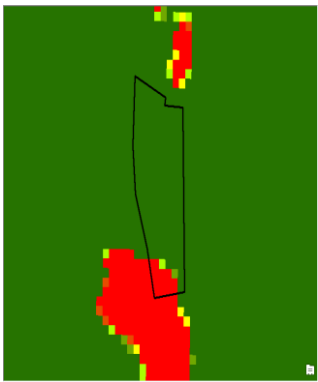
ภาพที่ 4-31 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง









ภาพที่ 4-32 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด จังหวัดระยอง

ตารางที่ 4-31 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง


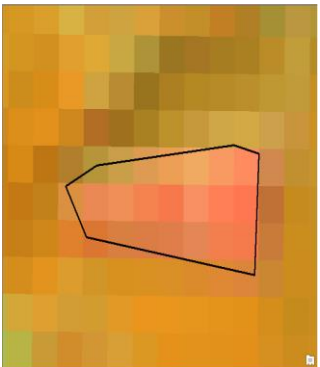


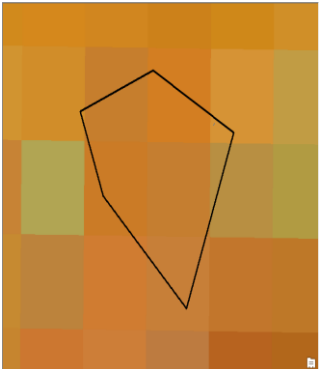
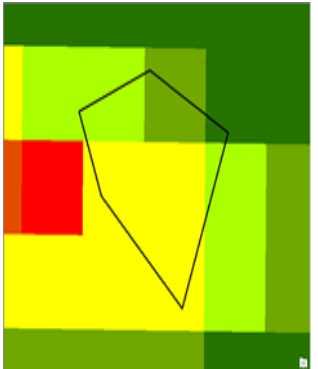

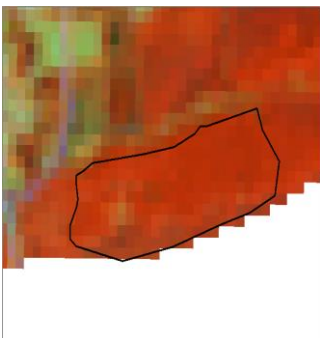
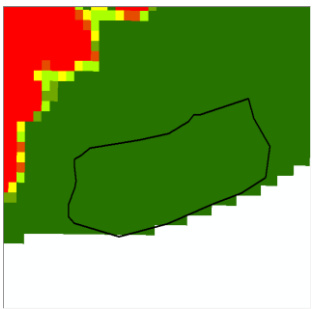
ภาพถ่ายจากการสำรวจ	ดาวเทียม LANDSAT-8 5:6:4	ปรากฏการณ์เกาะความร้อน ของเมือง
<p>ต.ชะหาร อ.ปลวกแดง X: 13.008617 Y: 101.275847</p>  <p>ปาล์มน้ำมัน</p>		
<p>ต.บางบุตร อ.บ้านค่าย X: 12.871662 Y: 101.378380</p>  <p>กล้วย</p>		
<p>ต.กระเจ็ด อ.เมือง X: 12.841992 Y: 101.449045</p>  <p>ยางพารา</p>		

“หมายเหตุ”

	= ไม่เกิดปรากฏการณ์		= ต่ำที่สุด		= ต่ำ
	= ปานกลาง		= สูง		= สูงที่สุด




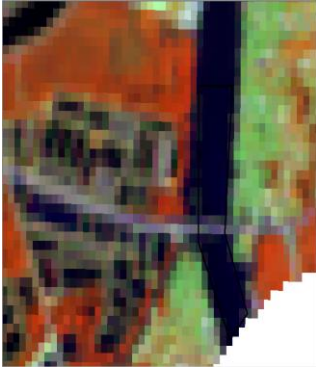
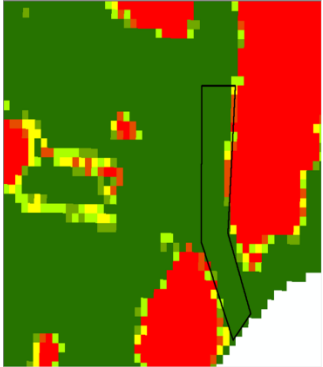

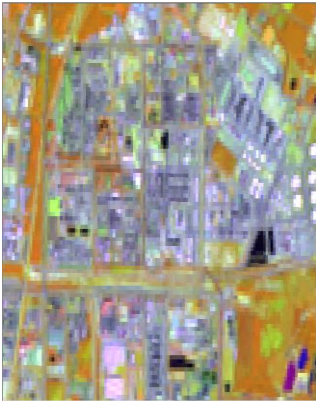
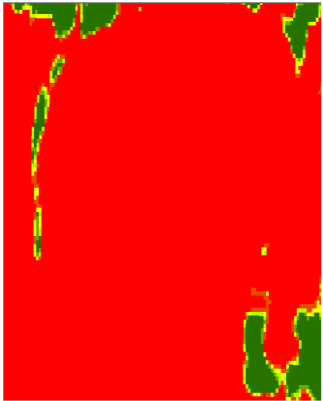


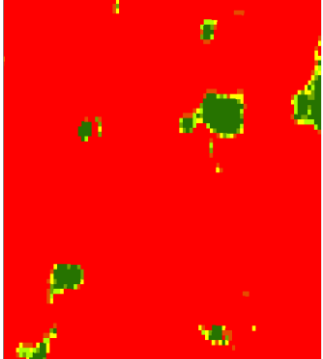
ตารางที่ 4-31 (ต่อ)

ภาพถ่ายจากการสำรวจ	ดาวเทียม LANDSAT-8 5:6:4	ปรากฏการณ์เกาะความร้อน ของเมือง
<p>ต. บางบุตร อ. บ้านค่าย X: 12.874758 Y: 101.414628 สับปะรด</p> 		
<p>ต. ชากโดน อ. แกลง X: 12.690355 Y: 101.623253 มังคุด</p> 		
<p>ต. ปากน้ำปะแส อ. แกลง X: 12.699124 Y: 101.706413 ป่าชายเลน</p> 		

“หมายเหตุ”

	= ไม่เกิดปรากฏการณ์		= ต่ำที่สุด		= ต่ำ
	= ปานกลาง		= สูง		= สูงที่สุด

ตารางที่ 4-31 (ต่อ)

ภาพถ่ายจากการสำรวจ	ดาวเทียม LANDSAT-8 5:6:4	ปรากฏการณ์เกาะความร้อน ของเมือง
<p>ต. ประแส อ. แกลง X: 12.697082 Y: 101.702850</p>  <p>ปากน้ำประแส</p>		
<p>ต. มาบตาพุด อ.มาบตาพุด X: 12.692205 Y: 101.147018</p>  <p>โรงงานอุตสาหกรรม</p>		
<p>ต.ท่าประดู่ อ.เมืองระยอง X: 12.681944 Y: 101.272441</p>  <p>ชุมชนเมืองและที่อยู่อาศัย</p>		

“หมายเหตุ”

■ = ไม่เกิดปรากฏการณ์	■ = ต่ำที่สุด	■ = ต่ำ
■ = ปานกลาง	■ = สูง	■ = สูงที่สุด

จากตารางที่ 4-31 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำจากการสำรวจภาคสนาม เป็นพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมที่เพาะปลูกปาล์ม น้ำมันและยางพาราที่มีใบปกคลุมค่อนข้างหนาแน่นนั้นจะไม่เกิดปรากฏการณ์เช่นเดียวกัน แต่พื้นที่ปลูกผลไม้ที่เพิ่งเริ่มปลูกนั้นจะเกิดปรากฏการณ์ในระดับต่ำที่สุด ต่ำและปานกลาง ส่วนพื้นที่ที่เพิ่งเริ่มต้นเพาะปลูกยางพาราที่มีการปลูกพืชไร่หรือพืชสวนที่มีใบปกคลุมค่อนข้างน้อยแทรกอยู่ เช่น กล้วยหรือสับปะรด นั้นจะเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในระดับสูงสุดและจะกลายเป็นพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เมื่อยางพารานั้นมีอายุมากขึ้น ในส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงนิคมอุตสาหกรรมนั้นพบว่าเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด

### 3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่ในการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดิน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปร x คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละอำเภอและตัวแปร y คือ ร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในแต่ละระดับรายอำเภอ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-32 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4-32 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินกับร้อยละระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง

อำเภอ	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (ร้อยละ)					
		ไม่เกิด	ต่ำ	ต่ำที่สุด	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด
1. เมืองระยอง	30.61	44.93	2.15	2.18	2.17	2.17	46.40
2. บ้านฉาง	30.37	45.38	3.64	3.70	3.61	3.42	40.24
3. แกลง	30.34	48.02	4.94	5.02	4.75	4.29	32.98
4. วังจันทร์	30.02	59.73	4.14	3.95	3.69	3.36	25.14
5. บ้านค่าย	29.58	64.67	3.16	3.06	2.76	2.53	23.82
6. ปลวกแดง	30.27	51.02	2.45	2.40	2.35	2.28	39.51
7. เขาชะเมา	29.23	63.33	3.08	3.05	2.88	2.78	24.88
8. นิคมพัฒนา	30.58	38.40	3.21	3.27	3.37	3.39	48.37

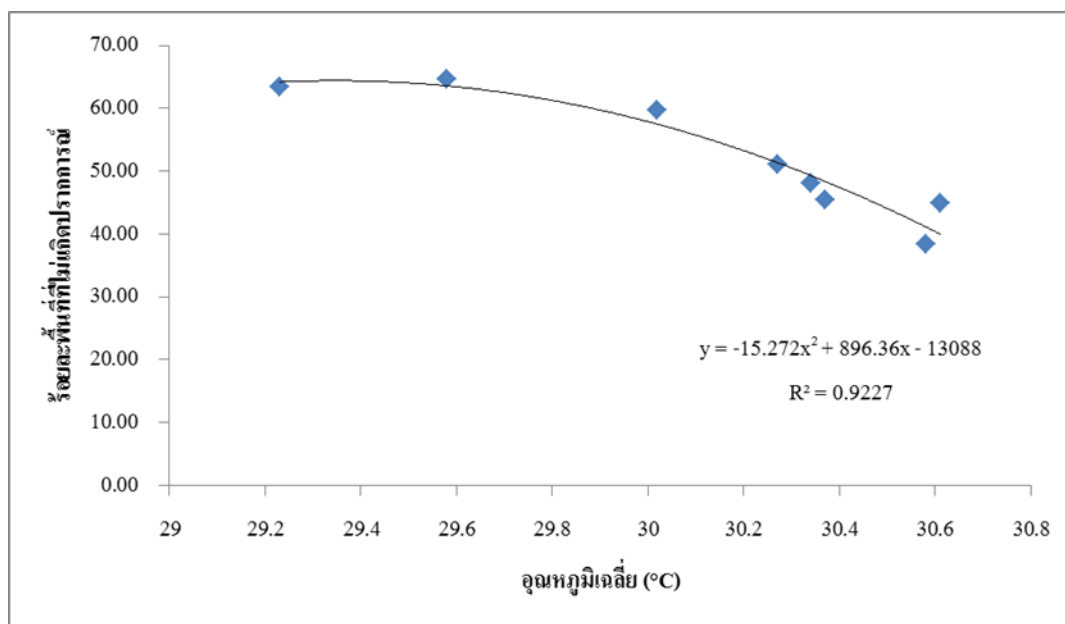
ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ พบว่าร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองแต่ละอำเภอมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละอำเภอที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.9152 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีความสัมพันธ์สูง การมีความสัมพันธ์ในทางลบชี้ให้เห็นว่า เมื่อค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินลดลงจำนวนร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ก็จะเพิ่มขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุดในแต่ละอำเภอมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินในแต่ละอำเภอที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8641 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีความสัมพันธ์สูง การมีความสัมพันธ์ในทางบวกชี้ให้เห็นว่า เมื่อค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินเพิ่มขึ้น จำนวนร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับอื่น ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 4-33

จากการพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินกับระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (ระดับสูงสุดกับไม่เกิดปรากฏการณ์) อย่างมีนัยสำคัญ จึงนำมาสร้างสมการถดถอยที่ไม่ใช่เชิงเส้นในการทำนายจำนวนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองเมื่อค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง แสดงได้ดังภาพที่ 4-33 และ 4-34

ตารางที่ 4-33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินกับระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง

ค่าดัชนี UTFVI	ปรากฏการณ์เกาะความร้อน	ค่าสหสัมพันธ์
<0	ไม่เกิดปรากฏการณ์	-0.9152
0-0.0050	ต่ำที่สุด	-0.0320
0.0051-0.0010	ต่ำ	0.0214
0.0011-0.0015	ปานกลาง	0.1253
0.00151-0.0020	มาก	0.1894
0.002	มากที่สุด	0.8641



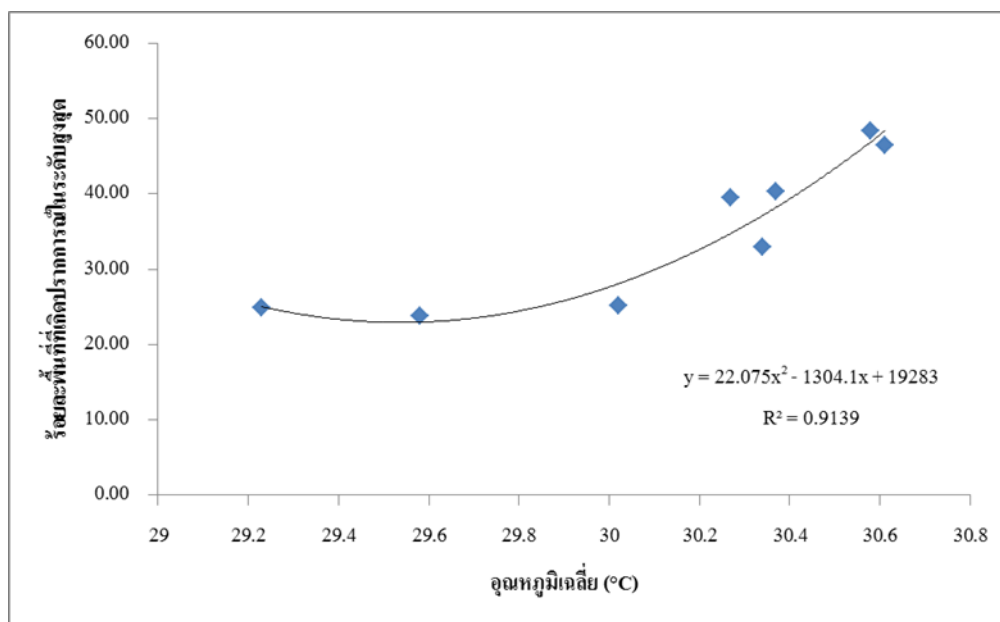
ภาพที่ 4-33 กราฟแสดงสมการถดถอยระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยกับร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง จังหวัดระยอง

จากภาพที่ 4-33 แสดงถึงสมการสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ไม่ใช่เชิงเส้นที่ได้จากวิธี โพลีโนเมียล (Polynomial) ในการทำนายร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง เมื่อค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินลดลง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $r^2$ ) เท่ากับ 0.9227 สามารถอธิบายได้ว่าผลของร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (y) ที่เป็นผลหรืออิทธิพลจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่เท่ากับ (x) 92.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ 7.73 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่อุณหภูมิและสามารถแสดงสมการถดถอยที่ไม่ใช่เชิงเส้นได้ดังนี้

$$y = -15.272x^2 + 896.36x - 13088 \quad (4-3)$$

เมื่อ x คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดิน

y คือ ร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน



ภาพที่ 4-34 กราฟแสดงสมการถดถอยระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยกับร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด จังหวัดระยอง

จากภาพที่ 4-34 แสดงถึงสมการสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ไม่ใช่เชิงเส้น ที่ได้จากวิธีโพลีโนเมียล ในการทำนายร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในระดับสูงสุด เมื่อค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินเพิ่มขึ้น มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $r^2$ ) เท่ากับ 0.9139 สามารถอธิบายได้ว่าผลของร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด ( $y$ ) ที่เป็นผลหรืออิทธิพลจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่ ( $x$ ) เท่ากับ 91.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ 8.61 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่อุณหภูมิ สามารถแสดงสมการได้ดังนี้

$$y = -22.075x^2 - 1304.1x + 19283 \quad (4-4)$$

เมื่อ  $x$  คือ อุณหภูมิพื้นผิวดินเฉลี่ย

$y$  คือ ร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุด

ทั้งนี้สมการที่ 4-3 และ 4-4 จะมีความสัมพันธ์กับสมการที่ 4-1 คือ  $Y = 0.0775x + 29.268$  ที่เป็นการทำนายค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยอง เมื่อสัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น เมื่อทราบอุณหภูมิจากการทำนายจากสมการดังกล่าว จะสามารถ

นำมาหาร้อยละของพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองได้จากสมการที่ 4-3 ที่มีรูปสมการคือ  $y = -15.272x^2 + 896.36x - 13088$  และสามารถหาร้อยละของพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุดได้จากสมการที่ 4-4 ที่มีรูปสมการคือ  $y = -22.075x^2 - 1304.1x + 19283$  และจะสามารถคำนวณย้อนออกมาเป็นจำนวนพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนและจำนวนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุดได้ ซึ่งผลดีต่อการวางแผนและพัฒนาผังเมืองของจังหวัดระยอง

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

#### สรุปผล

ผลการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินด้วยอัลกอริทึม Split-Window พบว่า จังหวัดระยองมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 46.37 องศาเซลเซียส ในอำเภอปลวกแดง อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 17.84 องศาเซลเซียสและมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวดินเท่ากับ 30.12 องศาเซลเซียส โดยอำเภอเมืองระยอง อำเภอนิคมน้ำอ้นและอำเภอบ้านฉาง มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 30.61, 30.58, และ 30.37 องศาเซลเซียสตามลำดับ ส่วนอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด ได้แก่ อำเภอเขาชะเมาและอำเภอบ้านค่าย มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเท่ากับ 29.23 และ 29.58 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อทำการจำแนกอุณหภูมิพื้นผิวดินออกเป็น 3 ระดับ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีอุณหภูมิอยู่ในระดับปานกลาง 1 หรือมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.92-32.22 องศาเซลเซียส จำนวน 1,596,827.07 ไร่ หรือร้อยละ 71.93 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคืออุณหภูมิสูงหรือมีอุณหภูมิมากกว่า 32.22 องศาเซลเซียส จำนวน 338,196.51 ไร่ หรือร้อยละ 15.23 ของพื้นที่ทั้งหมดและอุณหภูมิต่ำหรือมีอุณหภูมิน้อยกว่า 27.92 องศาเซลเซียส มีจำนวน 284,976.42 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.84 ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า จังหวัดระยองมีพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด จำนวน 1,546,456.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.66 รองลงมาคือพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อื่น ๆ และพื้นที่แหล่งน้ำ มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 254,131.25, 178,787.50, 174,262.50 และ 66,362.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.45, 8.05, 7.85 และ 2.99 ตามลำดับ โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกเท่ากับ 85.60 เปอร์เซนต์และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 83.19 ซึ่งมีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับดี

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนหรือร้อยละของพื้นที่ชุมชนเมือง สิ่งปลูกสร้างและพื้นที่ป่าไม้ มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดิน มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8317 และ -0.7418 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่น ๆ นั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวดิน เมื่อนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์มาสร้างสมการถดถอยสำหรับทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดระยองในอนาคต พบว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างสามารถแสดงสมการได้ คือ  $y=0.0775x+29.268$  ทั้งนี้เมื่อสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างในอนาคตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 33.14 องศาเซลเซียส ส่วนพื้นที่ป่าไม้



สามารถแสดงสมการได้คือ  $y = -0.0431x + 30.538$  เมื่อสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 28.63 องศาเซลเซียส

การศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองจังหวัดระยองด้วยดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมือง จากอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window พบว่า จังหวัดระยองมีจำนวนพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์มากที่สุดเท่ากับ 1,162,618.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.37 พบมากในอำเภอบ้านค่าย อำเภอเขาชะเมาและอำเภอวังจันทร์ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับ 892,043.75 ไร่ พื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 156,818.75 ไร่ และพื้นที่แหล่งน้ำเท่ากับ 60,768.75 ไร่ ส่วนพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในระดับสูงสุดมีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 764,537.50 คิดเป็นร้อยละ 34.44 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอนิคมพัฒนา อำเภอเมืองระยองและอำเภอบ้านฉาง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 202,606.25 ไร่ และพื้นที่อื่น ๆ เท่ากับ 127,031.25 ไร่ ทั้งนี้ยังพบว่าดัชนีความแปรปรวนความร้อนในเขตเมืองมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ มีความค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.9152 สำหรับพื้นที่ที่ไม่เกิดปรากฏการณ์และมีความค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8641 สำหรับพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงสุดอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทั้งนี้การศึกษาในครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนหรือร้อยละของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินและความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวดินกับระดับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง กล่าวคือเมื่อพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและจำนวนพื้นที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับสูงสุดจะเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์ทั้งหมดนี้จะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาและวางผังเมืองจังหวัดระยองในอนาคต

## อภิปรายผล

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน จากข้อมูลจากดาวเทียมจังหวัดระยอง ด้วยข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 แบบ Split-Window โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิความสว่างของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนทั้ง 2 แบนด์ สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก และไอน้ำในชั้นบรรยากาศและมีการสร้างเครื่องมือสำหรับการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 ให้มีลักษณะการใช้งานง่ายตามสมการที่นำเสนอโดย Skokovic, D. et al. (2014) ได้ศึกษาเรื่องวิธีการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อนในดาวเทียม LANDSAT-8 ทั้งนี้เครื่องมืออัตโนมัติที่สร้างขึ้นสามารถนำมาประยุกต์กับพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทยได้

จังหวัดระยองมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม รองลงมาคือพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง สอดคล้องกับรายงานสรุปการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดระยองปี พ.ศ. 2553 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมในปัจจุบันลดลงร้อยละ 2.28 หรือลดลงประมาณ 50,446.75 ไร่ ส่วนพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.74 หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 16,174.25 ไร่ และพื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 0.23 หรือลดลงประมาณ 6,959.5 ไร่ ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินยังแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างและการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ นั้นมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวดินจังหวัดระยองในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงศกร กลิ่น โสภณ ภาวิณี เอี่ยมตระกูล สุนิษา มินรินทร์และสมศิริ เชี่ยววัฒนากุล (2556) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินผลกระทบของอุณหภูมิพื้นผิวดินที่แตกต่างกันในเขตภูมิอากาศเมืองของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสถานะเกาะความร้อนของเมืองประกอบด้วย 5 ปัจจัย คือ 1.อุณหภูมิ 2.ดัชนีพืชพรรณ 3.ความหนาแน่นของเมือง 4.พื้นที่สิ่งปลูกสร้างและ 5.ฐานหินวิทยาและการพัฒนาเมืองเพื่อบรรเทาปัญหาการเกิดเกาะความร้อนของเมืองจะต้องพิจารณาถึงความสมดุลของสัดส่วนของพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียว ดังนั้นการรักษาความสมดุลระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง จะช่วยลดอุณหภูมิหรือชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยองได้

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นถึงระดับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองว่าแต่ละพื้นที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในระดับใดและยังพบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (พื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง) กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่จังหวัดระยองและความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของพื้นที่กับร้อยละการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (ไม่เกิดปรากฏการณ์กับเกิดปรากฏการณ์ในระดับสูงสุด) ซึ่งถือเป็นการต่อยอดและยังสามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์อุณหภูมิและระดับของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง เมื่อมีการวางแผนและพัฒนาผังเมืองระยองได้

## ข้อเสนอแนะ

1. การสร้างเครื่องมือประมวลผลข้อมูลครั้งนี้ถูกสร้างมาใช้กับ โปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์และมีผู้ใช้งานเฉพาะกลุ่ม ดังนั้นจึงควรพัฒนาต่อยอดให้สามารถนำมาประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิดได้
2. การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 เป็นเพียงการประยุกต์อัลกอริทึม Split-Window ที่มีการนำเสนอและทดสอบแล้วว่ามีคามแม่นยำในการ

ประมาณค่า ซึ่งค่าคงที่บางค่าขึ้นอยู่กับผู้วิจัยแต่ละคน ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาค่าคงที่ดังกล่าวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน

3. ควรมีการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินในหลายช่วงเวลา เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษาอย่างชัดเจน

4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดินไม่ได้ขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียงอย่างเดียว จึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพล เช่น ธรณีสัณฐานวิทยา ความหนาแน่นของเมือง เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- กนกวรรณ โกมลวีระเกตุ. (2541). ผลของสิ่งปกคลุมดินต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *สรุปประเภทสภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2553*. เข้าถึงได้จาก [http://www.ldd.go.th/web\\_OLP/Lu\\_53/Lu53\\_E/rayong\\_53.htm](http://www.ldd.go.th/web_OLP/Lu_53/Lu53_E/rayong_53.htm)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2557). *สถิติอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิสูงสุด*. วันที่ค้นข้อมูล 23 ธันวาคม 2557, เข้าถึงได้จาก [http://www.tmd.go.th/programs/uploads/tempstat/max\\_stat\\_latest.pdf](http://www.tmd.go.th/programs/uploads/tempstat/max_stat_latest.pdf)
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. (2537). การใช้ที่ดินป่าไม้กับการเกษตรกรรม. ใน *เอกสารการสอนชุดวนศาสตร์ เกษตร* (หน้า 68-69). ปากเกร็ด, นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.
- พงศธร กลิ่นโสภณ, ภาวิณี เอี่ยมตระกูล, สุณิษา มีนรินทร์และสมศิริ เชี่ยววัฒนกุล. (2556). การประเมินผลกระทบของอุณหภูมิพื้นผิวที่แตกต่างกันในเขตภูมิอากาศเมืองของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *Built Environment Research Associates Associates Conference, BERAC 4*, (หน้า 495-501). ปทุมธานี: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. เข้าถึงได้จาก <http://www.berac.org/BERAC/BERAC%204/10%20Urban%201.pdf>
- วิษณุ ก่อพิมพ์. (2556). อิทธิพลของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนพื้นผิวของกรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). *ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง*. เข้าถึงได้จาก [http://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Cweatherclimate%5CUrban\\_heat\\_Island.pdf](http://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Cweatherclimate%5CUrban_heat_Island.pdf)
- สถิต วัชรกิตติ. (2521). *ระบบการแบ่งแยกการใช้ประโยชน์ที่ดิน*. ภาควิชาการจัดการป่าไม้, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมศิริ เชี่ยววัฒนกุล และภาวิณี เอี่ยมตระกูล. (2556). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *Built Environment Research Associates Conference*, (หน้า 530-536.). ปทุมธานี: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. เข้าถึงได้จาก <http://www.berac.org/BERAC/BERAC%204/10%20Urban%201.pdf>

- สำนักข่าวสิ่งแวดล้อม. (2559). *อีกแค่ 14 ปี อุณหภูมิพุ่งสูงทะลุ 2 องศา*. เข้าถึงได้จาก [www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=87](http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=87)
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2525). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 5 พ.ศ. 2525-2529*. เข้าถึงได้จาก [www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=87](http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=87)
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2556). *ลดโลกร้อน"ด้วยตัวเรา"*. เข้าถึงได้จาก [http://www.eppo.go.th/encon/ebook/Global\\_warming.pdf](http://www.eppo.go.th/encon/ebook/Global_warming.pdf)
- สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (2558). *แผนพัฒนาจังหวัดระยอง พ.ศ. 2558-2561*. เข้าถึงได้จาก [www.eastosm.com](http://www.eastosm.com)
- เอกลักษณ์ สลักคำ. (2553). *การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลเพื่อประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Becker, F., & Li, Z.-L. (1990). Toward a local split window method over land surface. *International Journal of Remote Sensing*, 11, 369-293. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/248976658\\_Becker\\_F\\_Li\\_Z\\_Towards\\_a\\_local\\_split\\_window\\_method\\_over\\_land\\_surfaces\\_International\\_Journal\\_of\\_Remote\\_Sensing](https://www.researchgate.net/publication/248976658_Becker_F_Li_Z_Towards_a_local_split_window_method_over_land_surfaces_International_Journal_of_Remote_Sensing)
- \_\_\_\_\_. (1995). Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems. *Remote Sens*, 12, 225-253. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/239727004>
- Cristobal, J., Jimenez-Munoz, J. C., Sobrino, J. A., & Ninyerola, M. (2009). Improvements in land surface temperature retrieval from the Landsat series thermal band using water vapor and air temperature. *Journal of Geophysical Research*, 114, 1-16. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/251437211>
- Curtis Mobley. (2014). *Bi-Directional Reflectance Distribution Function*. Retrieved from [http://www.oceanopticsbook.info/view/surfaces/the\\_brdf](http://www.oceanopticsbook.info/view/surfaces/the_brdf)
- Gillespie, A. R., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothorn, J. S., Hook, S. J., & Kahle, A. B. (1998). A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 36, 1113-1126. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=700995>

- Gutman, G., & Ignatov, A. (1998). The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of Remote Sensing*, 19(8), 1533-1543. Retrieved from <http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/osb/sst/ignatov/peer/GutmanIgnatov-IJRS-1998.pdf>
- Huazhong Ren, Chen Du, Qiming Qin, Rongyuan Liu & Jinjie Meng. (2014). ATMOSPHERIC WATER VAPOR RETRIEVAL FROM LANDSAT 8 AND ITS VALIDATION. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 3045-3048. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6947119>
- Hyung Moo Kim, Beob Kyun Kim, & Kang Soo You. (2005). A Statistic Correlation Analysis Algorithm Between Land Surface Temperature and Vegetation Index. *International Journal of Information Processing Systems*, 1(1), 102-106. Retrieved from <http://www.jips-k.org/file/down?pn=17>
- Jimenez-Munoz, J. C., & Soborino, J. A. (2003). A generalized single-channel method for retrieving lan surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 108. Retrived from [http://www.uv.es/ucg/articulos/2005/Publications\\_2003\\_13.pdf](http://www.uv.es/ucg/articulos/2005/Publications_2003_13.pdf)
- Juan, C., Jimenez-Munoz., Cristobal, J., Sobrino, J. A., Soria, G., Ninyerola, M. & Pons, X. (2009). Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat Thermal-infrared data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 47, 339-349. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4689350>
- Juan, C., Jimenez-Munoz, Sobrino, J. A., Skokovic, D., Mattar, C., & Cristoba, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 Thermal Infrared Sensor data. *IEEE Geosci. Remote Sens*, 11(10), 1840-1843. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6784508>
- Kuenzer, C. (2013). *Physical Principle of Remote Sensing*. Retrieved from <https://earth.esa.int/documents/973910/1002056/CK3.pdf/4e5b4e5a-d898-43b8-9e5c-ba7494aa58c8>
- Li, Z. L., Jia, L., Su, Z., Wan, Z., & Zhang, R. (2003). A new approach for retrieving precipitable water from ATSR2 splitwindow channel data over land area. *International Journal of*

- Remote Sensing*, 24, 5095-5117. Retrieved from  
<https://www.researchgate.net/publication/40115693>
- Lin Liu & Yuanzhi Zhang . (2011). Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sens*, 3, 1535-1552. Retrieved from  
<http://www.mdpi.com/2072-4292/3/7/1535/pdf>
- Lu, D., & Weng, Q. (2004). Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(9), 1053-1062. Retrieved from  
[http://www.iub.edu/~act/files/curriculum\\_vitae/dlu\\_webCV/PERS\\_September\\_2004.pdf](http://www.iub.edu/~act/files/curriculum_vitae/dlu_webCV/PERS_September_2004.pdf)
- McMillin, L. M. (1975). Estimation of sea surface temperature from two infrared window measurements with different absorption. *Journal of Geophysical Research*, 20, 11587-11601. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/248787140>
- Niclos, R., Caselles, V., Coll, C., & Valor, E. (2007). Determination of sea surface temperature at large observation angles using an angular and emissivity dependent split-window equation. *Remote Sensing of Environment*, 111, 107-1211. Retrieved from  
<https://www.researchgate.net/publication/222823027>
- Norman, J. M. & Becker, F. (1995). Terminology in thermal infrared remote sensing of natural surfaces. *Remoted Sens*, 12, 153-166. Retrieved from  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016819239502259Z>
- Oliosio, A. (1995). Simulating the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index. *International Journal of Remote Sensing*, 16, 3211-3216. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/233322939>
- Price, J. C. (1984). Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 Advanced Very High Resolution Radiometer. *Journal of Geophysical Research*, 89, 7231-7237. Retrieved from  
<https://www.researchgate.net/publication/240485214>
- Qi, J., Marsett, R. C., Moran, M. S., Goodrich, D. C., Heilman, D. C., Heilman, P., Kerr, Y. H., & Zhang, X, X. (2000). Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area. *Agricultural and Forest Meteorology*, 105, 55-68. Retrieved from  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192300001957>

- Qiz, Z., & Karnieli, A. (2001). Mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22, 3719-3746. Retrieved from [http://www.bgu.ac.il/bidr/research/phys/remote/Papers/2001Qin\\_Mono\\_Window\\_IJRS\\_01.pdf](http://www.bgu.ac.il/bidr/research/phys/remote/Papers/2001Qin_Mono_Window_IJRS_01.pdf)
- Rajeshwari, A. & Mani, N. D. (2014). ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE OF DINDIGUL DISTRICT USING LANDSAT 8 DATA. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5), 122-126. Retrieved from <http://esatjournals.net/ijret/2014v03/i05/IJRET20140305025.pdf>
- Sabins, F. F. (1997). *Remote Sensing and Principles and Image Interpretation*. New York. Retrieved from <https://earth.esa.int/documents/973910/1002056/CK3.pdf/4e5b4e5a-d898-43b8-9e5c-ba7494aa58c8>
- Salisbury, J. W., Wald, A., & A'aria, D. M. (1994). Thermal infrared remote sensing and Kirchhoff's law 1. Laboratory measurements. *Journal of Geophysical Research*, 99, 11897-11911. Retrieved from <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc1993/pdf/1619.pdf>
- Skokovic, D., Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., Soria, G., Julien, Y., Mattar, C., & Cristobal, J. (2014). *Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8-TIRS sensor*. Retrieved from [https://earth.esa.int/documents/700255/2126408/ESA\\_Lpve\\_Sobrino\\_2014a.pdf](https://earth.esa.int/documents/700255/2126408/ESA_Lpve_Sobrino_2014a.pdf)
- Snyder, W. C., & Wan, Z. (1998). BRDF models to predict spectral reflectance and emissivity in the thermal infrared. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36, 214-225. Retrieved from <https://www.cis.rit.edu/~cnspci/references/snyder1998.pdf>
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., Soria, G. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 316-327. Retrieved from <http://www.umbc.edu/rssipl/people/aplaza/Papers/Journals/2008.TGARS.LandSurface.pdf>
- Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., & Becker, F. (1996). Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 2089-2114. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Francois\\_Becker3/publication/259062187](https://www.researchgate.net/profile/Francois_Becker3/publication/259062187)



- Sobrino, J. A., Raissouni, N., Simarro, J., Nerry, F., & Petitcolin, F. (1999). Atmospheric water vapor content over land surfaces derived from the AVHRR data: application to the Iberian Peninsula. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *37*(3), 1425 - 1434. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?tp=&arnumber=76330>
- Sobrino, J. A., & Romaguera, M. (2004). Land surface temperature retrieval from MSG1-SEVIRI data. *Remote Sensing of Environment*, *92*, 247-254. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425704001889>
- US Environmental Protection Agency. (2015). *Heat Island Effect*. Retrieved from <https://www.epa.gov/heat-islands>
- USGS. (2013). *Using the USGS Landsat 8 Product*. Retrieved from [http://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)
- Valor, E., & Caselles, V. (1995). Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas. *Remote Sensing of Environment*, *57*, 167-184. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425796000399>
- Van de Griend, A. A., & Owe, M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and normalized difference vegetation index for natural surface. *Int J Remote sens*, *14*, 1119-1131. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/23851967>
- Wan, Z., & Dozier, J. (1996). A generalized split window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, *34*, 892-905. Retrieved from <http://www2.bren.ucsb.edu/~dozier/Pubs/WanDozierIEEE1996.pdf>
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q. C., & Li, Z. L. (2004). Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, *25*, 261-274. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Zhao-Liang-Li/publication/228540455\\_Quality\\_assessment\\_and\\_validation\\_of\\_the\\_MODIS\\_global\\_land\\_surface\\_temperature/links/545f27620cf27487b44f16e5.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Zhao-Liang-Li/publication/228540455_Quality_assessment_and_validation_of_the_MODIS_global_land_surface_temperature/links/545f27620cf27487b44f16e5.pdf)
- Wang, W., Liang, S., & Meyer, T. (2008). Validating MODIS land surface temperature product using long-term nighttime ground measurement. *Remote Sensing of Environment*, *112*,

623-635. Retrieved from

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425707003914>

Xiao, J. F., & Moody, A. (2005). A comparison of methods for estimating fractional green vegetation cover within a desert-to-upland transition zone in central New Mexico, USA.

*Remote Sensing of Environment*, 98, 237-250. Retrieved from

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425705002464>

Xiao, R., Weng, Q., Ouyang, Z., Li, Z., Erich, W., Schienke., & Zhang, Z. (2008). Land surface temperature variation and major factors in Beijing, China, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 74(4), 451–461. Retrieved from

[http://isu.indstate.edu/qweng/PERS\\_2008\\_apr\\_451-461.pdf](http://isu.indstate.edu/qweng/PERS_2008_apr_451-461.pdf)

Zeng, X. B., Dickinson, R. E., Walker, A., Shaikh, M., DeFries, R. S., & Qi, J. G. (2000).

Derivation and evaluation of global 1-km fractional vegetation cover data for land modeling. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 826-839. Retrieved from

<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520->

[0450%282000%29039%3C0826%3ADAEOGK%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%282000%29039%3C0826%3ADAEOGK%3E2.0.CO%3B2)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน

### การศึกษาการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม

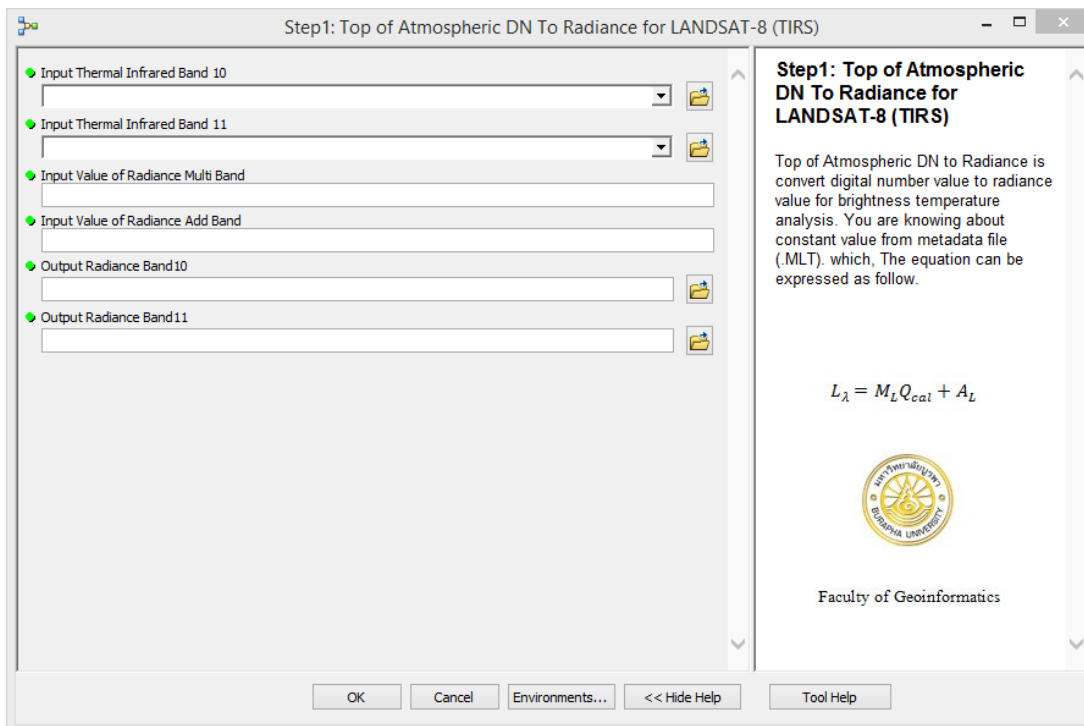
การสร้างเครื่องมือย่อย (Toolset) ด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่าน โปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับการประมวลผลการแผ่รังสีของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 มีชื่อเครื่องมือย่อยว่า) ซึ่งมีพารามิเตอร์ในการศึกษา คือ ค่าดิจิทัลเชิงเลข (Digital Number) ของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 อยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์ ค่า Radiance Multi Band และค่า Radiance Add Band ในรูปข้อมูลจำนวนทศนิยม (Double) แสดงในตารางภาคผนวก ก-1

ตารางภาคผนวก ก-1 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่นอินฟราเรด ความร้อนผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบของข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Thermal Infrared Band 10	Raster Layer	ค่าดิจิทัลเชิงเลขแบนด์ 10
Input Thermal Infrared Band 11	Raster Layer	ค่าดิจิทัลเชิงเลขแบนด์ 11
Input Value of Radiance Multi Band	Double	ค่าคงที่จากคำอธิบายข้อมูล (MLT file) หรือใส่ค่า 0.003342
Input Value of Radiance Multi Band	Double	ค่าคงที่จากคำอธิบายข้อมูล (MLT file) หรือใส่ค่า 0.1
Output Radiance Band 10	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์แบนด์ 10
Output Radiance Band 11	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์แบนด์ 11

ภาพภาคผนวก ก-1 กราฟฟิกแสดงหน้าต่างเครื่องมืออัตโนมัติผ่านการประมวลผลบนโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 เพื่อแสดงถึงการนำเข้าข้อมูลและส่งออกข้อมูลที่เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งจะมีคำแนะนำและคำอธิบายการใช้งานเบื้องต้นของแต่ละพารามิเตอร์ทางด้านขวาสุดของกล่องเครื่องมือ (Tool Help) ด้านบนสุดจะแสดงถึงชื่อของกล่องเครื่องมือย่อย เช่น Step 1: Top of Atmospheric DN to Radiance for LANDSAT 8 TIRS โดยช่องว่างแต่ละช่องจะมีชื่อพารามิเตอร์กำกับอยู่ด้านบน ซึ่งจะสอดคล้องกับตารางอธิบายรายละเอียดในการศึกษาข้อมูลของแต่ละวิธีการ สัญลักษณ์รูปโฟลเดอร์ (Folder) สีเหลือง จะแสดงถึงการเรียกข้อมูลที่จัดเก็บภายในโฟลเดอร์ ในรูปแบบของข้อมูลแรสเตอร์ โดยการมีสัญลักษณ์ลูกศรชี้ลงกำกับภายในช่องว่าง หมายถึง การเลือกข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้า ส่วนช่องว่างที่ไม่มีลูกศรภายในช่องว่างกำกับ หมายถึง การเลือกที่จัดเก็บข้อมูลในการส่งออกหรือผลลัพธ์ ทั้งนี้ช่องว่างที่ไม่มีสัญลักษณ์รูปโฟลเดอร์สี

เหลือเท่ากับ หมายถึง การใส่ค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลจำนวนทศนิยม (Double) ซึ่งคำอธิบายดังกล่าวนี้จะอธิบายถึงภาพภาคผนวก ก-2, ก-3, ก-4, ก-5, ก-6, ก-7 และ ก-8



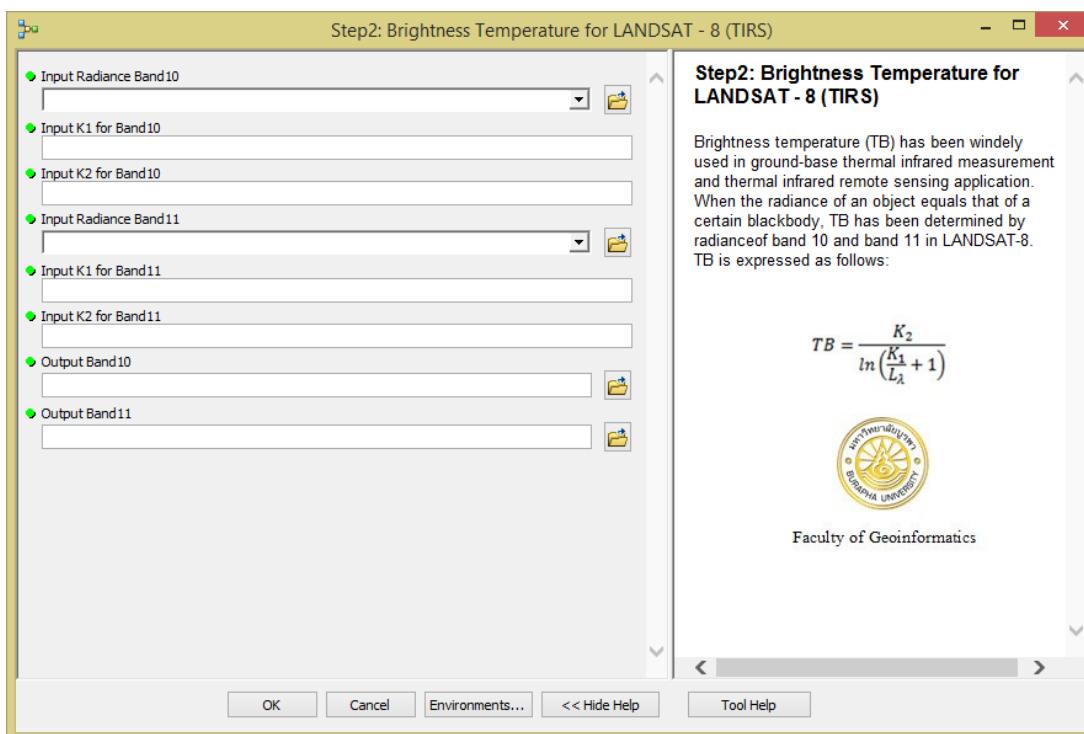
ภาพภาคผนวก ก-1 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษารังสีในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

## การศึกษาอุณหภูมิความสว่าง

การสร้างเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และ แบนด์ 11 มีชื่อชุดเครื่องมือย่อยว่า Step2: Brightness Temperature for LANDSAT-8 (TIRS) ซึ่งผลลัพธ์จะอยู่ในหน่วยของเคลวิน มีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10 และ 11 จากการประมวลผลผ่านขั้นตอนที่ 1 อยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์และค่าคงที่ K1 และ K2 ของแบนด์ 10 และ 11 จากข้อมูลคำอธิบายข้อมูลอยู่ในรูปแบบข้อมูลจำนวนทศนิยมดังตารางภาคผนวก ก-2 และภาพภาคผนวก ก-2

ตารางภาคผนวก ก-2 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาอุณหภูมิความสว่างผ่านกล่องเครื่องมือผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบของข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Radiance Band 10	Raster Layer	ค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 10
Input K1 for Band 10	Double	ค่าคงที่จากคำอธิบายข้อมูล (MLT file) หรือใส่ค่า 774.89
Input K2 for Band 10	Double	ค่าคงที่จากคำอธิบายข้อมูล (MLT file) หรือใส่ค่า 1321.08
Input Radiance Band 11	Raster Layer	ค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของแบนด์ 11
Input K1 for Band 11	Double	ค่าคงที่จากคำอธิบายข้อมูล (MLT file) หรือใส่ค่า 480.89
Input K2 for Band 11	Double	ค่าคงที่จากคำอธิบายข้อมูล (MLT file) หรือใส่ค่า 1201.14
Output Band 10	Raster Dataset	ที่จัดเก็บผลลัพธ์อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10
Output Band 11	Raster Dataset	ที่จัดเก็บผลลัพธ์อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11



ภาพภาคผนวก ก-2 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาอุณหภูมิความสว่าง  
ของแบนด์ 10 และแบนด์ 11

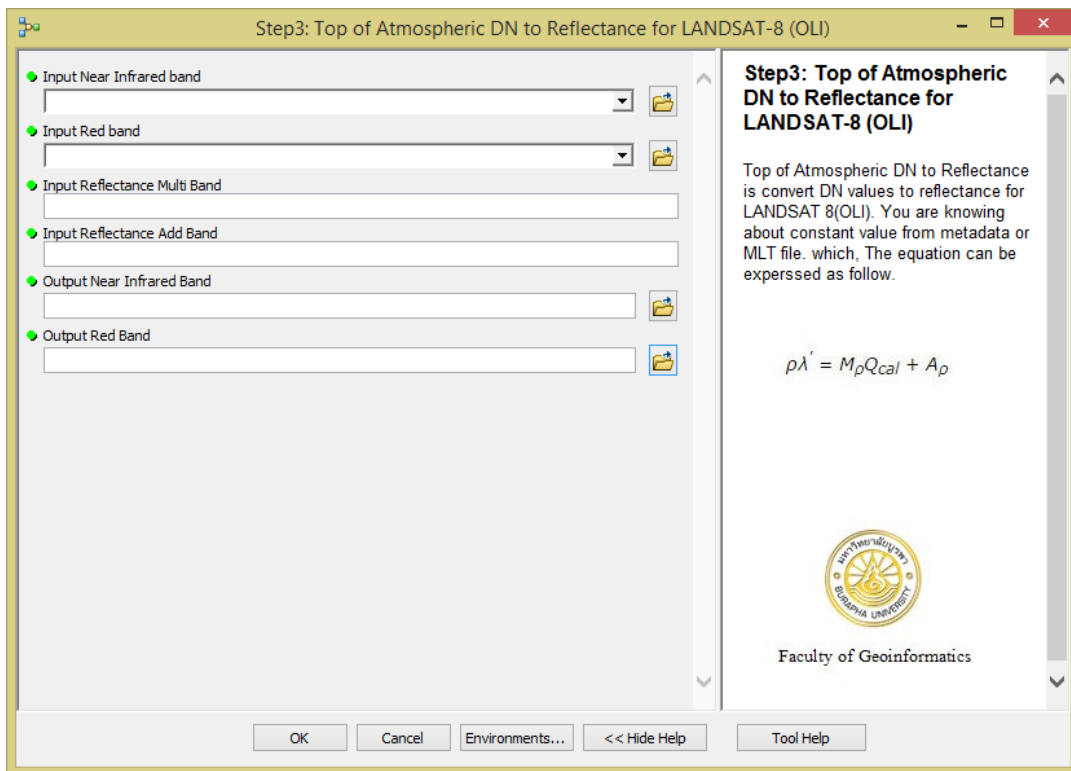


## การศึกษาค่าการสะท้อน

การสร้างเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่าน โปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 มีชื่อเครื่องมือย่อยว่า Step:3 Top of Atmospheric DN to Reflectance for LANDSAT-8 (OLI) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าดิจิทัลเชิงเลขของแบนด์ 4 และ 5 ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ ค่าคงที่ของ Reflectance Multi Band และ Reflectance Add Band อยู่ในรูปแบบข้อมูลจำนวนทศนิยม จากข้อมูลคำอธิบายข้อมูล แสดงในตารางภาคผนวก ก-3 และภาพภาคผนวก ก-3

ตารางภาคผนวก ก-3 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาค่าการสะท้อนผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Near Infrared Band	Raster Layer	แบนด์ 5 ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8
Input Red Band	Raster Layer	แบนด์ 4 ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8
Input Reflectance Multi Band	Double	ค่า Reflectance Multi Band ของแบนด์ 5 และแบนด์ 4 จากข้อมูลคำอธิบายข้อมูล (Metadata: MTL) ดาวเทียม LANDSAT-8 หรือใส่ค่า 0.00002
Input Reflectance Add Band	Double	ค่า Reflectance Add Band ของแบนด์ 5 และแบนด์ 4 จากข้อมูลคำอธิบายข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 (Metadata: MTL) หรือใส่ค่า -0.1
Output Near Infrared Band	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น NIR
Output Red Band	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น Red



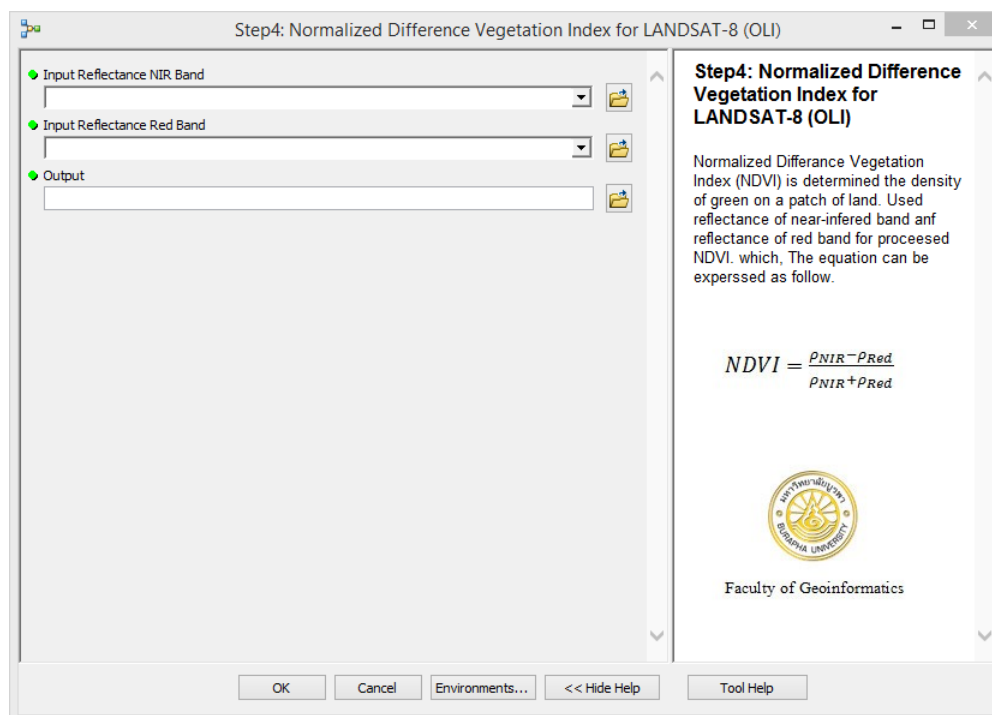
ภาพภาคผนวก ก-3 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับศึกษาสะท้อนในช่วงคลื่น  
อินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง

## การศึกษาค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ

การสร้างชุดเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับการประมวลผลดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI มีชื่อชุดเครื่องมือย่อยว่า Step: 4 Normalized Difference Vegetation Index for LANDSAT-8 (OLI) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของแบนด์ 5 และการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง ของแบนด์ 4 จากผลการประมวลผลในขั้นตอนที่ 3 รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ก-4 และภาพภาคผนวก ก-4

ตารางภาคผนวก ก-4 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Reflectance Near Infrared Band	Raster Layer	การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
Input Reflectance Red Band	Raster Layer	การสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง
Output	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ NDVI จาก การประมวลผล



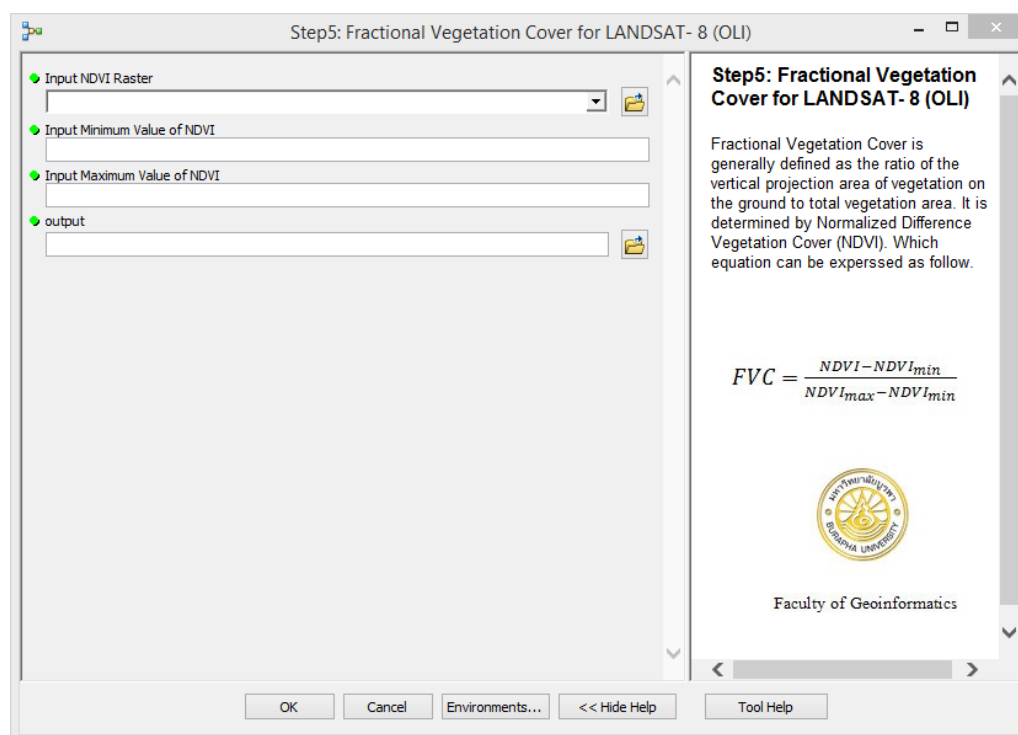
ภาพภาคผนวก ก-4 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI

## การศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

การสร้างเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับการประมวลผลสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน หรือ FVC มีชื่อเครื่องมือย่อยว่า Step 5: Fractional Vegetation Cover for LANDSAT-8 (OLI) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI อยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของ NDVI ในพื้นที่ศึกษาอยู่ในรูปแบบจำนวนทศนิยม รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ก-5 ภาพผนวก ก-5

ตารางภาคผนวก ก-5 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input NDVI Raster	Raster Layer	ดัชนีพืชพรรณ NDVI
Input Minimum of NDVI	Double	ค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ศึกษา
Input Maximum of NDVI	Double	ค่าสูงสุดของดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ศึกษา
Output	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ FVC



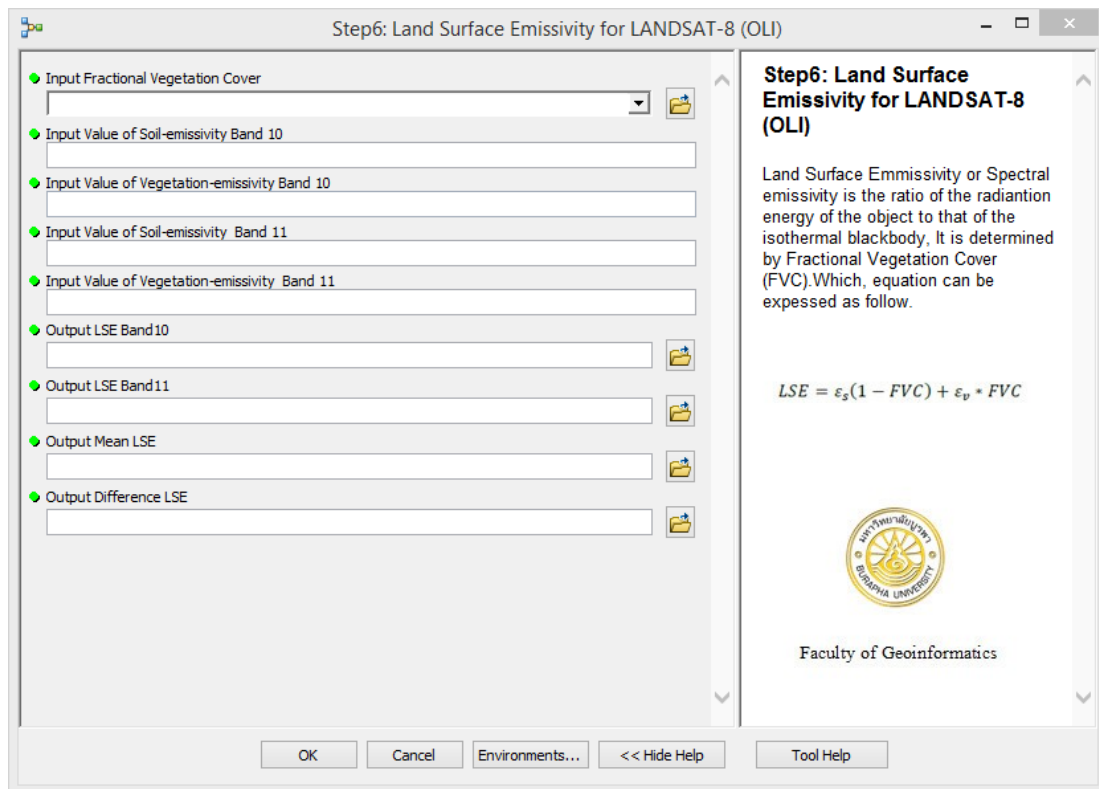
ภาพภาคผนวก ก-5 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

## การศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

การสร้างเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับการประมวลผลสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก หรือ LSE มีชื่อเครื่องมือย่อยว่า Step 6: Land Surface Emissivity for LANDSAT-8 (OLI) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (FVC) จากกระบวนการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 5 อยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์และค่าคงที่ของสภาพเปล่งรังสีของดินและพืชพรรณของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 อยู่ในรูปแบบข้อมูลจำนวนทศนิยม รายละเอียด แสดงในตารางภาคผนวก ก-6 ภาพภาคผนวก ก-6

ตารางภาคผนวก ก-6 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาสภาพเปล่งรังสีของผิวโลกผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Fractional Vegetation Cover	Raster Layer	สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินในแต่ละพิกเซล
Input Value of Soil-emissivity Band 10	Double	ใส่ค่าคงที่สภาพเปล่งรังสีของดินแบนด์ 10 หรือใส่ค่า 0.971 (Skokovic, D. et al., 2014)
Input Value of Vegetation-emissivity Band 10	Double	ใส่ค่าคงที่สภาพเปล่งรังสีของพืชพรรณแบนด์ 10 หรือใส่ค่า 0.987 (Skokovic, D. et al., 2014)
Input Value of Soil-emissivity Band 11	Double	ใส่ค่าคงที่สภาพเปล่งรังสีของfboแบนด์ 10 หรือใส่ค่า 0.977 (Skokovic, D. et al., 2014)
Input Value of Vegetation-emissivity Band 11	Double	ใส่ค่าคงที่สภาพเปล่งรังสีของพืชพรรณแบนด์ 11 หรือใส่ค่า 0.989 (Skokovic, D. et al., 2014)
Output LSE Band10	Raster dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ LSE ของแบนด์ 11
Output LSE Band11	Raster dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ LSE ของแบนด์ 11
Output Mean LSE	Raster dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ Mean LSE
Output Difference LSE	Raster dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์ Difference LSE



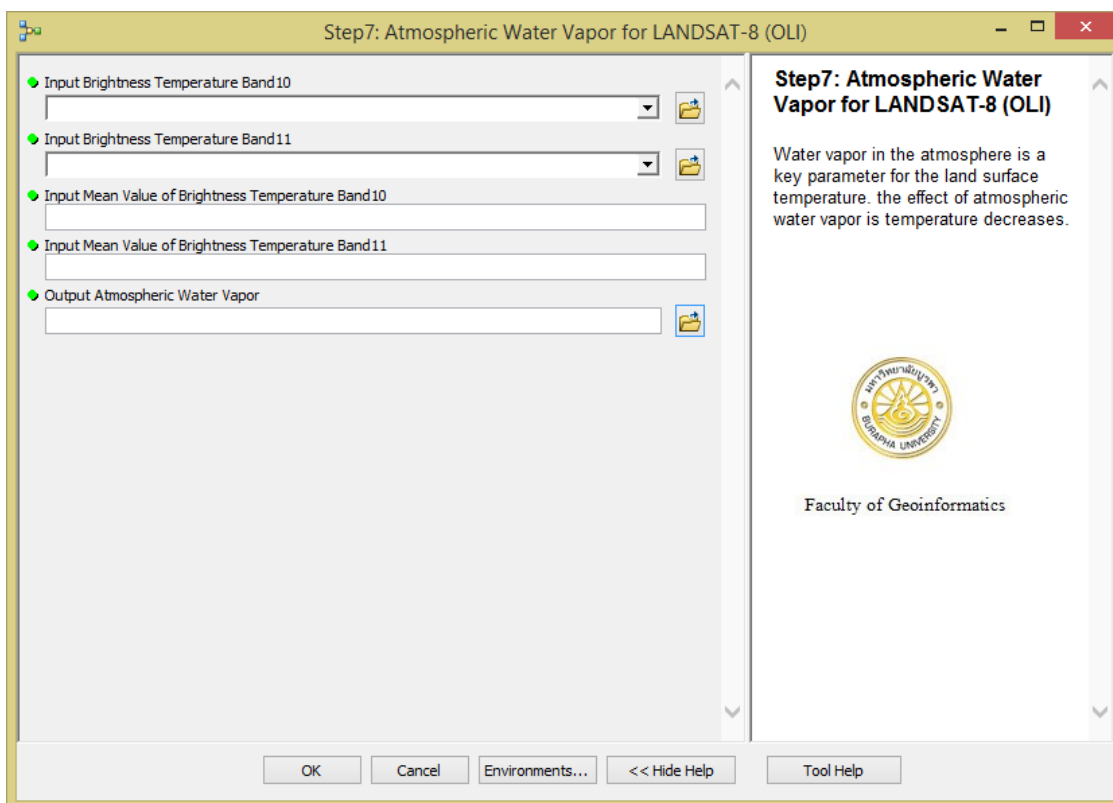
ภาพภาคผนวก ก-6 กราฟที่แสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

## การศึกษาไอน้ำในชั้นบรรยากาศ

การสร้างเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับประมาณค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศ จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 มีชื่อเครื่องมือย่อยว่า Step 7: Atmospheric Water Vapor for LANDSAT-8 (TIRS) ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จากการประมวลผลข้อมูลในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 อยู่ในรูปแบบข้อมูลจำนวนทศนิยม รายละเอียดในตารางภาคผนวก ก-7 และภาพภาคผนวก ก-7

ตารางภาคผนวก ก-7 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาสภาพไอน้ำในชั้นบรรยากาศผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Brightness Temperature Band 10	Raster Layer	อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 10
Input Brightness Temperature Band 11	Raster Layer	อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 11
Input Mean Value of Brightness Temperature Band 10	Double	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 ภายในพื้นที่ศึกษา
Input Mean Value of Brightness Temperature Band 11	Double	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 11 ภายในพื้นที่ศึกษา
Output Atmospheric Water Vapor	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์สภาพไอน้ำในชั้นบรรยากาศ



ภาพภาคผนวก ก-7 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการศึกษาสภาพไอน้ำในชั้นบรรยากาศ



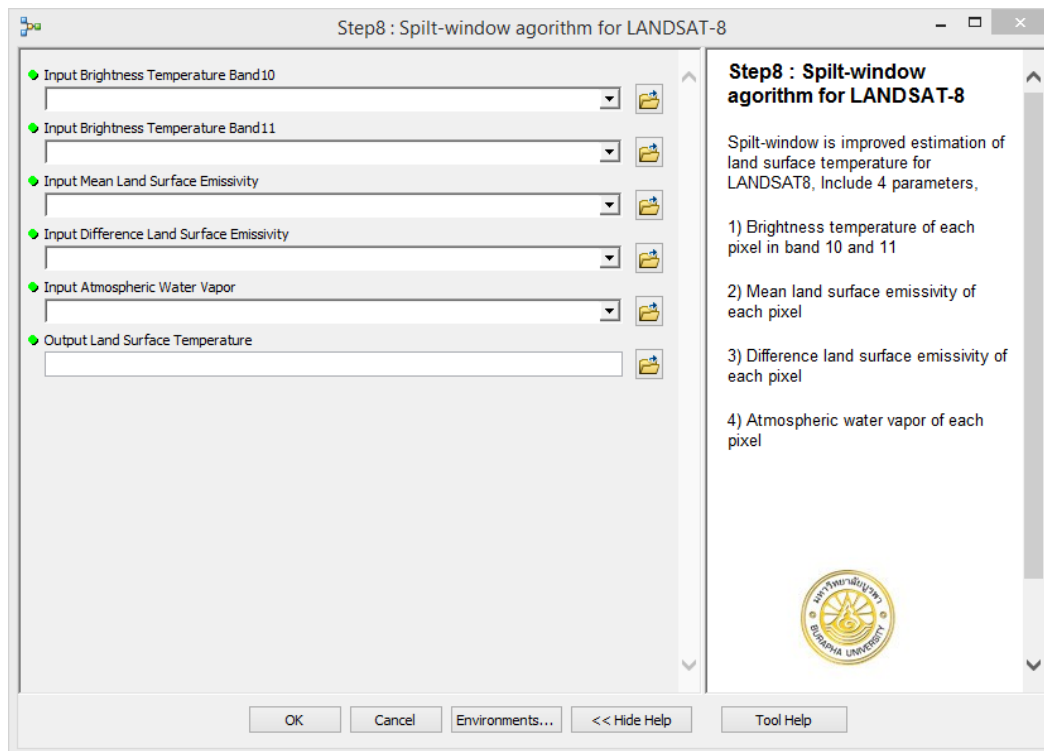
## การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน

การสร้างเครื่องมือย่อยด้วยคำสั่ง Model Builder ผ่านโปรแกรม ArcGIS for Desktop เวอร์ชัน 10 สำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 มีชื่อเครื่องมือย่อยว่า Step 8: Splil-window ซึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญ 4 พารามิเตอร์ แสดงในตาราง ภาคผนวก ก-8 ภาพภาคผนวก ก-8

- อุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 2 อยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์
- ค่าเฉลี่ยของสภาพเปล่งรังสีพื้นผิวของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 6 อยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์
- ค่าความแตกต่างของสภาพเปล่งรังสีพื้นผิวโลกของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 จากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 6 อยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์
- ไอน้ำในชั้นบรรยากาศจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 7 อยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์

ตารางภาคผนวก ก-8 พารามิเตอร์สำหรับการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ผ่านกล่องเครื่องมืออัตโนมัติ

พารามิเตอร์	รูปแบบข้อมูล	คำอธิบายในการใช้งาน
Input Brightness Temperature Band 10	Raster Layer	อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 10
Input Brightness Temperature Band 11	Raster Layer	อุณหภูมิความสว่างแบนด์ 11
Input Mean Land Surface Emissivity	Raster Layer	ค่าเฉลี่ยสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก
Input Difference Land Surface Emissivity	Raster Layer	ค่าความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก
Input Atmospheric Water Vapor	Raster Layer	สภาพไอน้ำในชั้นบรรยากาศ
Output Atmospheric Water Vapor	Raster Dataset	เลือกที่จัดเก็บผลลัพธ์อุณหภูมิพื้นผิวดิน



ภาพภาคผนวก ก-8 กราฟฟิกแสดงกล่องเครื่องมืออัตโนมัติการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window

ภาคผนวก ข

ไพออน สตรีปต์สำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดิน

## ไพธอนสคริปต์ (Python Script) สำหรับการศึกษการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัม

```
# -----
# Step 1: Top of Atmospheric DN to Radiance for LANDSAT-8 (TIRS).py
# Usage: Top of Atmospheric DN to Radiance for LANDSAT-8 (TIRS)
<Input_Thermal_Infrared_Band_10_> <Input_Thermal_Infrared_Band_11>
<Input_Value_of_Radiance_Multi_Band> <Input_Value_of_Radiance_Add_Band>
<Output_Radiance_Band10> <Output_Radiance_Band11>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Thermal_Infrared_Band_10_ = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Thermal_Infrared_Band_11 = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_Value_of_Radiance_Multi_Band = arcpy.GetParameterAsText(2)
Input_Value_of_Radiance_Add_Band = arcpy.GetParameterAsText(3)
Output_Radiance_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(4)
Output_Radiance_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(5)

# Local variables:

# Process: TOA to Radiance Band 10
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(float(%Input Value of Radiance Multi Band%) * \"%Input Thermal
Infrared Band 10 %\") + float(%Input Value of Radiance Add Band%)", Output_Radiance_Band10)

# Process: TOA to Radiance Band 11
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(float(%Input Value of Radiance Multi Band%) * \"%Input Thermal
Infrared Band 11 %\") + float(%Input Value of Radiance Add Band%)", Output_Radiance_Band11)
```

## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาอุณหภูมิความสว่าง

```

# -----
# Step 2: Brightness Temperature for LANDSAT-8 (TIRS).py
# Usage: Step 2: Brightness Temperature for LANDSAT-8 (TIRS) <Input_Radiance_Band10>
<Input_K1_for_Band10> <Input_K2_for_Band10> <Input_Radiance_Band11>
<Input_K1_for_Band11> <Input_K2_for_Band11> <Output_Band10> <Output_Band11>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Radiance_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_K1_for_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_K2_for_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(2)
Input_Radiance_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(3)
Input_K1_for_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(4)
Input_K2_for_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(5)
Output_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(6)
Output_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(7)

# Local variables:

# Process: Brightness Temperature Band10
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("float(%Input K2 for Band10%) / Ln((float(%Input K1 for
Band10%)^\"%Input Radiance Band10%\") + 1)", Output_Band10)

# Process: Brightness Temperature Band11
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("float(%Input K2 for Band11%) / Ln((float(%Input K1 for   Band11%) /
\"%Input Radiance Band11%\") + 1)", Output_Band11)

```

## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาการสะท้อน

```

# -----
# Step 3: Top of Atmospheric DN to Reflectance for LANDSAT-8 (OLI).py
# Usage: Step 3: Top of Atmospheric DN to Reflectance for LANDSAT-(OLI)
<Input_Near_Infrared_band> <Input_Red_band> <Input_Reflectance_Multi_Band>
<Input_Reflectance_Add_Band> <Output_Near_Infrared_Band> <Output_Red_Band>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Near_Infrared_band = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Red_band = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_Reflectance_Multi_Band = arcpy.GetParameterAsText(2)
Input_Reflectance_Add_Band = arcpy.GetParameterAsText(3)
Output_Near_Infrared_Band = arcpy.GetParameterAsText(4)
Output_Red_Band = arcpy.GetParameterAsText(5)

# Local variables:

# Process: TOA DN to Reflectance NIR Band
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(float(%Input Reflectance Multi Band%) * \"%Input Near Infrared
band%\")+float(%Input Reflectance Add Band%)", Output_Near_Infrared_Band)

# Process: TOA DN to Reflectance Red Band
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(float(%Input Reflectance Multi Band%) * \"%Input Red
band%\")+float(%Input Reflectance Add Band%)", Output_Red_Band)

```

## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI

```
# -----
# Step 4: Notmalized Difference Vegetation Index for LANDSAT-8 (OLI).py
# Usage: - Step 4: Notmalized Difference Vegetation Index for LANDSAT-8 (OLI)
<Input_Reflectance_NIR_Band> <Input_Reflectance_Red_Band_> <Output>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Reflectance_NIR_Band = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Reflectance_Red_Band_ = arcpy.GetParameterAsText(1)
Output = arcpy.GetParameterAsText(2)

# Local variables:

# Process: NDVI Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("((\%Input Reflectance NIR Band%\ " - \%Input Reflectance Red
Band %\)/(\%Input Reflectance NIR Band%\ " + \%Input Reflectance Red Band %\))", Output)
```

## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

```
# -----
# Step 5: Fractional Vegetation Cover for LANDSAT-8 (OLI).py
# Usage: Step 5: Fractional Vegetation Cover for LANDSAT-8 (OLI) <Input_NDVI_Raster>
<Input_Minimum_Value_of_NDVI> <Input_Maximum_Value_of_NDVI> <output>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_NDVI_Raster = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Minimum_Value_of_NDVI = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_Maximum_Value_of_NDVI = arcpy.GetParameterAsText(2)
output = arcpy.GetParameterAsText(3)

# Local variables:

# Process: Fractional Vegetation Cover Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(\"%Input NDVI Raster%\" - float(%Input Minimum Value of NDVI%)) /
(float(%Input Maximum Value of NDVI%) - float(%Input Minimum Value of NDVI%))", output)
```



## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

```
# -----
# Step 6: Land Surface Emissivity for LANDSAT-8 (OLI).py
# Usage: Step 6: Land Surface Emissivity for LANDSAT-8 (OLI)
<Input_Fractional_Vegetation_Cover> <Input_Value_of_Soil-emissivity_Band_10>
<Input_Value_of_Vegetation-emissivity_Band_10> <Input_Value_of_Soil-emissivity__Band_11>
<Input_Value_of_Vegetation-emissivity__Band_11> <Output_LSE_Band10> <Output_LSE_Band11>
<Output_Mean_LSE> <Output_Difference_LSE>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Fractional_Vegetation_Cover = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Value_of_Soil-emissivity_Band_10 = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_Value_of_Vegetation-emissivity_Band_10 = arcpy.GetParameterAsText(2)
Input_Value_of_Soil-emissivity__Band_11 = arcpy.GetParameterAsText(3)
Input_Value_of_Vegetation-emissivity__Band_11 = arcpy.GetParameterAsText(4)
Output_LSE_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(5)
Output_LSE_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(6)
Output_Mean_LSE = arcpy.GetParameterAsText(7)
Output_Difference_LSE = arcpy.GetParameterAsText(8)

# Local variables:

# Process: Land Surface Emissivity Band 10 Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(float(%Input Value of Soil-emissivity Band 10%)*(1-\"%Input Fractional Vegetation Cover%\")+float(%Input Value of Vegetation-emissivity Band 10%)*\"%Input Fractional Vegetation Cover%\")", Output_LSE_Band10)

# Process: Land Surface Emissivity Band 11 Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(float(%Input Value of Soil-emissivity Band 11%)*(1-\"%Input Fractional Vegetation Cover%\")+float(%Input Value of Vegetation-emissivity Band 11%)*\"%Input Fractional Vegetation Cover%\")", Output_LSE_Band11)

# Process: Mean Land Surface Emissivity processed
```

```
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(" + "%Output LSE Band10%" + "%Output LSE Band11%" + " / 2",  
Output_Mean_LSE)
```

**# Process: Difference Land Surface Emissivity Processed**

```
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(" + "%Output LSE Band10%" + "%Output LSE Band11%" + ")",  
Output_Difference_LSE)
```

## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาไอน้ำในชั้นบรรยากาศ

```
# -----
# Step 7: Atmospheric Water Vapor for LANDSAT-8 (TIRS).py
# Usage: Step 7: Atmospheric Water Vapor for LANDSAT-8 (TIRS)
<Input_Brightness_Temperature_Band10> <Input_Brightness_Temperature_Band11>
<Input_Mean_Value_of_Brightness_Temperature_Band10>
<Input_Mean_Value_of_Brightness_Temperature_Band11> <Output_Atmospheric_Water_Vapor>
# -----

# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Brightness_Temperature_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Brightness_Temperature_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_Mean_Value_of_Brightness_Temperature_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(2)
Input_Mean_Value_of_Brightness_Temperature_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(3)
Output_Atmospheric_Water_Vapor = arcpy.GetParameterAsText(4)

# Local variables:
Transmittance_Output = Input_Brightness_Temperature_Band10
Atmospheric_Water_Vapor = Transmittance_Output

# Process: Transmittance Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa(("(%Input Brightness Temperature Band10%) - float(%Input
Mean Value of Brightness Temperature Band10%))*(%Input Brightness Temperature Band11%) -
float(%Input Mean Value of Brightness Temperature Band11%) / Power(%Input Brightness
Temperature Band10% - float(%Input Mean Value of Brightness Temperature Band10%),2))",
Transmittance_Output)

# Process: Atmospheric Water Vapor Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa(("(-9.674*Power(%Transmittance Output%,2) + (0.653 *
%Transmittance Output% + 9.088))", Atmospheric_Water_Vapor)

# Process: Atmospheric Water Vapor >0 Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("Con(%Atmospheric Water Vapor%<= 0,0,%Atmospheric
Water Vapor%)", Output_Atmospheric_Water_Vapor)
```

## ไพธอนสคริปต์สำหรับการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวดิน

```
# -----
# Step 8: Split Window Algorithm.py
# Usage Step 8: Split Window Algorithm <Input_Brightness_Temperature_Band10>
<Input_Brightness_Temperature_Band11> <Input_Mean_Land_Surface_Emissivity>
<Input_Difference_Land_Surface_Emissivity> <Input_Atmospheric_Water_Vapor>
<Output_Land_Surface_Temperature>
# -----
# Import arcpy module
import arcpy

# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")

# Script arguments
Input_Brightness_Temperature_Band10 = arcpy.GetParameterAsText(0)
Input_Brightness_Temperature_Band11 = arcpy.GetParameterAsText(1)
Input_Mean_Land_Surface_Emissivity = arcpy.GetParameterAsText(2)
Input_Difference_Land_Surface_Emissivity = arcpy.GetParameterAsText(3)
Input_Atmospheric_Water_Vapor = arcpy.GetParameterAsText(4)
Output_Land_Surface_Temperature = arcpy.GetParameterAsText(5)
if Output_Land_Surface_Temperature == '#' or not Output_Land_Surface_Temperature:
    Output_Land_Surface_Temperature = "C:\\Users\\Narathip\\Documents\\ArcGIS\\Default.gdb\\5"
# provide a default value if unspecified

# Local variables:
# Process: Split-Window Processed
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("(\\%Input_Brightness_Temperature_Band10%\" + 1.378 * (\\%Input
Brightness_Temperature_Band10%\" - \\%Input_Brightness_Temperature_Band11%\") + (0.183 *
Power(\\%Input_Brightness_Temperature_Band10%\"-\\%Input_Brightness_Temperature
Band11%\",2)) - (0.268) +((54.300 - 2.238 * \\%Input_Atmospheric_Water_Vapor%\") * (1 -
\\%Input_Mean_Land_Surface_Emissivity%\") + ((-129.200+(16.4 * \\%Input_Atmospheric_Water
Vapor%\") * \\%Input_Difference_Land_Surface_Emissivity%\"))\"),
Output_Land_Surface_Temperature)
```

ภาคผนวก ค  
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

FVC	Fractional Vegetation Cover
GIS	Geographic Information Systems
GPS	Global Positioning System
LSE	Land Surface Emissivity
LST	Land Surface Temperature
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	Near Infrared
OLI	Operational Land Imager
RS	Remote Sensing
TIRS	Thermal Infrared Sensor
USGS	United States Geological Survey
UTFVI	Urban Thermal Field Variance Index