

รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์เปรียบเทียบและตรวจสอบความเข้มข้นของ
ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย

Comparative Analysis and Monitoring of
the Urban Heat Island Intensity in Regional Cities of Thailand



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์เปรียบเทียบและตรวจสอบความเข้มข้นของ
ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย

Comparative Analysis and Monitoring of
the Urban Heat Island Intensity in Regional Cities of Thailand



นางสาววันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ

นายนิกร มหาวัน

นางสาววัชรีย์ เอนจัดการ

RUH

OC

981.4

.U4

04357

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 116807 ค- 2

วัน,เดือน,ปี..... 1 6 ส.ค. 2554

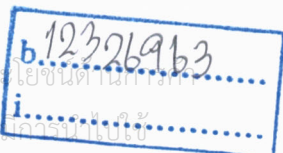
ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การวิเคราะห์เปรียบเทียบและตรวจสอบความเข้มข้นของ
ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย

(ภาษาอังกฤษ) Comparative Analysis and Monitoring of the Urban Heat Island
Intensity in Regional Cities of Thailand

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2553 จำนวนเงิน 1,180,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 ถึง 30 กันยายน 2553

รายชื่อผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

- 1) นางสาว วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ (Wanpen Charoentrakulpeeti)
หัวหน้าโครงการ
สังกัดสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: kewanpen@kmitl.ac.th
- 2) นาย นิกร มหาวัน (Nikorn Mahawan)
ผู้ร่วมวิจัย
สังกัดสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
Email: nikorn512@yahoo.com
- 3) นางสาว วัชรีย์ เจนจัดการ (Watcharee Janjatkar)
ผู้ช่วยวิจัย
สังกัดสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: poojaa@yahoo.com

คำสำคัญ (Keywords): เกาะความร้อนในเมือง (Urban Heat Island)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนเป็นสภาวะของความร้อนในพื้นที่เมืองที่แตกต่างจากพื้นที่ชนบท และมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางพื้นที่และเวลา โดยมีลักษณะเฉพาะในแต่ละเมืองซึ่งจะปรากฏชัดเจนในพื้นที่ที่มีการพัฒนา ดังนั้นการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักของประเทศจะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สำคัญในการกำหนดแนวทางการพัฒนาเมืองที่รักษาภาวะอากาศ ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นเมืองหลักของประเทศ ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี และสงขลา(หาดใหญ่) และได้รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากสถานีตรวจวัดอากาศที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองและชนบทในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ใช้ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นและการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง และข้อมูลสัดส่วนพื้นที่สิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7ETM+ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวด้วยค่าสถิติ F-test พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันอย่างน้อย 2 จังหวัดแตกต่างกัน ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองหลักทั้งหมดในประเทศไทย พบว่าเป็นแบบศูนย์กลางเดียว ยกเว้นกรุงเทพฯ ที่มีเกาะความร้อนเชิงพื้นที่เป็นแบบหลายศูนย์กลาง ในขณะที่รูปแบบเกาะความร้อนในเชิงเวลา พบว่าช่วงเวลาที่ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักส่วนใหญ่มีความเข้มข้นสูงสุดในเวลากลางคืนของฤดูหนาว เมืองเชียงใหม่ เมืองขอนแก่น เมืองนครราชสีมา เท่ากับ 2.0, 3.8, 0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ยกเว้นเมืองหาดใหญ่ที่ค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนพบในช่วงกลางวันของฤดูฝนที่ระดับ 1.3 องศาเซลเซียส และเมืองชลบุรีพบค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนพบในเวลาบ่ายสี่โมงของฤดูหนาวที่ระดับ 1.8 องศาเซลเซียส ในขณะที่กรุงเทพฯ มีค่าความเข้มข้นเกาะความร้อนที่ระดับ 1.2 องศาเซลเซียส ความแตกต่างของลักษณะกายภาพของพื้นที่เมืองและชนบทเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t-test พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยสิ่งปกคลุมดินประเภทอาคารและสิ่งปลูกสร้างมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิเฉลี่ย ในขณะที่พื้นที่ธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิเฉลี่ย

สภาพเกาะความร้อนของกรุงเทพฯ และ 5 เมืองหลักที่ปรากฏมีผลต่อภาวะความสบายซึ่งสามารถบรรเทาได้โดยการคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในการวางแผนพัฒนาเมือง เช่น ทิศทางลมและแสง รวมถึงการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีวัสดุปกคลุมดินที่เป็นพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่น้ำ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Urban Heat Island is the thermal phenomenon that urban areas are warmer than rural surrounding areas. This phenomenon varies in both terms of spaces and time, which make a given city characterizing a unique its atmosphere. Therefore, the major cities of Thailand including Bangkok, Chiang Mai, KhonKhean, Nakhon Rajsrima, Chon Buree, and Had Yai are significant to investigate in order to gain a empirical evidence for development planning and intellectual land use promoting urban climate comfortable. Daily averaged temperatures recorded from ground measurement points are employed to analyze the intensity and diurnal patterns of urban heat islands. Finally, the data acquire from satellite, ASTER and Landsat 7ETM+, are used to test the relationship between the proportion of average temperature and land cover.

The result of the one way ANOVAs test showed daily average temperature of at least two cities are significant difference at 0.05. With regard to spatial patterns of urban heat island, almost all major cities present a center heat island except Bangkok in which has several centers of heat islands. Meanwhile, diurnal heat island patterns of the major cities manifest the maximum heat island intensity in the night time of the winter season with the value of 1.2, 2.0, 3.8, 0.3 degree Celsius for Bangkok, Chiang Mai, KhonKhean, and Nakhon Ratsrima respectively. For Had Yai city, the maximum heat island intensity appears in the night time of the rainy season with the value of 1.3 degree Celsius. In contrast the maximum heat island intensity for Chon Buree city is detected at 4.00 pm of the winter season with the value of 1.8 degree Celsius. The result of relationship between the proportion of land cover types and average temperature are statistical significance with the significant value of 0.05. These support argument that physical environments of urban areas are factors resulting in urban heat island. With insight information, this study found that urban structures (building and pavement areas) has positive relationship while rural structures (forest, water, and agricultural areas) has negative with average temperatures.

The situation of urban heat island of Bangkok and other major cities affect to the perception of urban people in terms of urban heat comfort. These could be mitigated by the intellectual urban **planning which takes the urban climate into consideration of the land-used planning process** โยชนด้านการค้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นสมควรจะโยชนด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาโครงการ การวิเคราะห์เปรียบเทียบและตรวจสอบความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยงาน อาทิเช่น การอนุเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิจากกรมควบคุมมลพิษ และกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่สนับสนุนสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

ท้ายสุดนี้โครงการนี้มีความสามารถดำเนินการได้หากขาดการสนับสนุนเงินงบประมาณแผ่นดิน และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จักเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจด้านสภาวะเกาะความร้อนของเมือง

คณะผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

	บทคัดย่อภาษาไทย	i
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
	กิตติกรรมประกาศ	iii
	สารบัญ	iv
	สารบัญตาราง	vii
	สารบัญรูป	ix
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.4 กรอบการดำเนินโครงการวิจัย	3
	1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	4
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	ทบทวนวรรณกรรม	5
	2.1 เกาะแห่งความร้อน (Urban Heat Island)	5
	2.2 ลักษณะของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อน	8
	2.2.1 รูปแบบภาวะเกาะแห่งความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา	8
	2.2.1.1 โครงสร้างเกาะแห่งความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง	9
	2.2.1.2 โครงสร้างเกาะความร้อนตามฤดูกาล	12
	2.2.2 รูปแบบเกาะแห่งความร้อนเชิงพื้นที่	13
	2.2.3 สรุปรูปปรากฏการณ์เกาะความร้อน	15
	2.3 ปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดเกาะความร้อน	16
	2.3.1 รูปทรงของเมือง	16
	2.3.2 ชนิดของพื้นผิว	17
	2.3.3 การใช้ที่ดิน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	
ระเบียบวิธีวิจัย	21
3.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	21
3.1.1 พื้นที่กรุงเทพมหานคร	23
3.1.2 จังหวัดขอนแก่น	25
3.1.3 จังหวัดชลบุรี	26
3.1.4 จังหวัดเชียงใหม่	28
3.1.5 จังหวัดนครราชสีมา	29
3.1.6 จังหวัดสงขลา	31
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	32
3.2.1 ข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัด	32
3.2.2 ข้อมูลอุณหภูมิจากภาพถ่ายจากดาวเทียม	35
3.2.3 ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม	38
3.3 วิธีการศึกษารูปแบบและความเข้มข้นของเกาะความร้อน	45
3.3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองหลัก	45
3.3.2 การสำรวจสภาวะเกาะความร้อนในแต่ละเมืองหลัก	46
3.3.3 การสำรวจรูปแบบเชิงพื้นที่ของความร้อนในเมืองหลัก	46
3.3.4 การสำรวจความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาในเมืองหลัก	47
3.4 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสิ่งปกคลุมดิน	48
บทที่ 4	
ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย	52
4.1 ความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่างเมือง	52
4.2 ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักของประเทศไทย	58
4.2.1 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของกรุงเทพมหานคร	58
4.2.2 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองเชียงใหม่	59
4.2.3 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองขอนแก่น	60
4.2.4 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมา	61
4.2.5 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองชลบุรี	62
4.2.6 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3	รูปแบบเกาะความร้อนเชิงพื้นที่	63
4.3.1	รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของกรุงเทพมหานคร	64
4.3.2	รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองเชียงใหม่	65
4.3.3	รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองขอนแก่น	68
4.3.4	รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมา	68
4.3.5	รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองชลบุรี	71
4.3.6	รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่	71
4.4	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา	74
4.4.1	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาของกรุงเทพมหานคร	74
4.4.2	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาของเมืองเชียงใหม่	76
4.4.3	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาของเมืองขอนแก่น	77
4.4.4	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาของเมืองนครราชสีมา	78
4.4.5	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาของเมืองชลบุรี	79
4.4.6	รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาของเมืองหาดใหญ่	81
4.4.7	สรุปรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาในเมืองหลัก	82
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ	84
บทที่ 5	บทสรุป	91
5.1	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจังหวัด	91
5.2	ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักในประเทศไทย	92
5.3	รูปแบบเชิงพื้นที่เกาะความร้อน	94
5.4	รูปแบบเชิงเวลาของเกาะความร้อน	95
5.5	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ	97
5.6	แนวทางการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน	98
5.7	ข้อเสนอแนะ	100
	บรรณานุกรม	101
	ภาคผนวก ก.	106
	ภาคผนวก ข.	113
	ภาคผนวก ค.	120
	ภาคผนวก ง.	123

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	คุณสมบัติในการดูดซับพลังงานความร้อนของวัตถุ	17
3-1	รายละเอียดสถานีตรวจวัดอากาศ 6 จังหวัด	33
3-2	รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Aster ที่ใช้ในการศึกษา	35
3-3	แสดงค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ Aster ณ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบของกรุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลัก	38
3-4	รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ ที่ใช้ในการศึกษา	38
3-5	แสดงค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ Aster ณ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบของกรุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลัก	41
4-1	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของจังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร	56
4-2	ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อน ช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของจังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร	57
4-3	ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูฝน ช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของจังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร	57
4-4	ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูหนาว ช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของจังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร	57
4-5	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของสถานีดินแดง และสถานีบางนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร	59
4-6	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของสถานีอุษาราช และสถานีศาลากลาง จังหวัดเชียงใหม่	60
4-7	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของสถานีเมืองขอนแก่น และท่าพระ จังหวัดขอนแก่น	61
4-8	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของสถานีเมืองโคราช และสถานีโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา	61
4-9	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของสถานีเมืองชลบุรี และสถานีศรีราชา จังหวัดชลบุรี	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-10	ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิจนถึงรายวันในช่วงปีพ.ศ. 2549-2551 ของสถานีเทศบาลนคร หาดใหญ่ และสถานีคองหงส์ จังหวัดสงขลา	63
4-11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในกรุงเทพมหานคร	84
4-12	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองเชียงใหม่	85
4-13	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองขอนแก่น	86
4-14	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองโคราช	86
4-15	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองชลบุรี	87
4-16	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองหาดใหญ่	88
4-17	สัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินประเภทต่างๆ ในเมืองหลัก	89



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	แสดงการแยกระดับชั้นอากาศในเมือง	7
2-2	แสดงความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างเมืองและชนบทในรอบ 24 ชั่วโมง	10
2-3	แสดงอัตราระหว่างความเย็นตัวและความร้อนของพื้นที่เมืองและชนบทในรอบ 24 ชั่วโมง	11
2-4	ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในแนวคิง ในชั้นใต้เรือนยอดและเหนือเรือนยอด	12
2-5	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อน	14
2-6	รูปแบบทางพื้นที่ของเกาะความร้อน	14
2-7	แสดงค่าอุณหภูมิของวัตถุที่มีสีต่างกัน	19
3-1	พื้นที่ศึกษา กรุงเทพมหานครและ 5 เมืองหลัก	22
3-2	แสดงที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศพื้นที่ศึกษา	34
3-3	คำรังสีการสะท้อนของกลุ่มอาคาร	42
3-4	คำรังสีการสะท้อนของถนน	42
3-5	คำรังสีการสะท้อนของป่าไม้	43
3-6	คำรังสีการสะท้อนของแหล่งน้ำ	43
3-7	คำรังสีการสะท้อนของพื้นที่ชุ่มน้ำ	44
3-8	คำรังสีการสะท้อนของพื้นที่ว่าง	44
3-9	คำรังสีการสะท้อนของพื้นที่เกษตรกรรม	45
3-10	กริดที่สุ่มในกรุงเทพมหานคร	49
3-11	กริดที่สุ่มในจังหวัดขอนแก่น	49
3-12	กริดที่สุ่มในจังหวัดชลบุรี	50
3-13	กริดที่สุ่มในจังหวัดเชียงใหม่	50
3-14	กริดที่สุ่มในจังหวัดนครราชสีมา	51
3-15	กริดที่สุ่มในจังหวัดสงขลา	51
4-1	แสดงพื้นที่สิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพมหานครและ 5 เมืองหลักของประเทศ	54
4-2	แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่กรุงเทพมหานคร	66
4-3	แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่เมืองเชียงใหม่	67
4-4	แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่เมืองขอนแก่น	69
4-5	แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่เมืองนครราชสีมา	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-6	72
4-7	73
4-8	76
กรุงเทพมหานคร	
4-9	77
เชียงใหม่	
4-10	78
ขอนแก่น	
4-11	79
นครราชสีมา	
4-12	81
4-13	82
หาดใหญ่	
4-14	83
นครศรีธรรมราช	
4-15	83
สงขลา	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในขณะที่แนวโน้มอุณหภูมิของโลกที่ร้อนขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นที่ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยทั่วไป NASA (2007) รายงานอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยของปี 2007 ร้อนกว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 1951-1980 เท่ากับ 0.57 องศาเซลเซียส ในขณะที่ NOAA (2008) พบว่าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นในอัตรา ประมาณ 0.05 องศาเซลเซียส ต่อหนึ่งทศวรรษ และที่สำคัญในช่วงทศวรรษที่ 70 ถึง ทศวรรษที่ 90 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ สูงขึ้นเป็น 0.15 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ และผลกระทบจากภาวะโลกร้อนมีการคาดการณ์ว่าจะกระทบต่อประชาชนทั่วไป ทั้งในระดับท้องถิ่นจนถึงระดับภูมิภาค และหากพิจารณาพื้นที่ในระดับเมืองจนถึงชุมชนแล้วนอกจากจะได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนยังมีผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์อีกปรากฏการณ์หนึ่งซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง (Urban Heat Island) โดยสาระสำคัญของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองเป็นความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองที่มีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชนบท (Oke, 1987) ซึ่งส่งผลกระทบต่อให้ภาวะโลกร้อนทวีความรุนแรงขึ้นในพื้นที่เมือง โดยเฉพาะผลกระทบต่อสภาวะความสบายทางด้านความร้อนของประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมืองที่มีอุณหภูมิสูงกว่าชนบท และนำไปสู่ความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการทำความเย็นภายในที่อยู่อาศัยและที่ทำงานของคนในเมืองเพิ่มสูงขึ้น (Akbari and Konopacki, 2004) โดยสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนคือการที่พื้นที่ธรรมชาติในเมืองถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นอาคารสิ่งปลูกสร้าง (Solecki et al., 2004) และความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่มีต่อเมืองมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ โดยเฉพาะสัดส่วนพื้นที่ธรรมชาติกับของพื้นที่ปลูกสร้างอาคารของเมืองนั้นๆ

การศึกษาถึงกระบวนการเกิดของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของแต่ละเมือง เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนากลยุทธ์เพื่อการวางแผนพัฒนาเมืองที่สร้างความสมดุลระหว่างการพัฒนาพื้นที่กับการรักษาภาวะอากาศที่ปกติของเมือง ภายใต้สถานการณ์การขยายตัวของพื้นที่เมืองในปัจจุบันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และเพื่อเชื่อมโยงกระบวนการวางแผนเมืองกับกลยุทธ์และวิธีการในการบรรเทาผลกระทบจากสภาวะเกาะความร้อนในเมือง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการเร่งสร้างความตระหนักในผลกระทบที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น นักผังเมือง สถาปนิก และวิศวกร (Yow, 2007)

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละเมือง จึงได้มีการสำรวจสถานะเกาะความร้อนในเมืองต่างๆ เช่น ในประเทศเกาหลี Kim and Baik (2004) ได้สำรวจสถานะเกาะความร้อนในเมือง Seoul, Incheon, Daejeon, Daegu, Gwangju และ Busan Liu et al. (2007) ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเกาะความร้อนในแต่ละฤดูของเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน ส่วนอีกหลายเมืองในหลายประเทศ เช่น เม็กซิโก (Jauregui, 1997) ญี่ปุ่น (Yamashita, 1996) หรือแม้แต่ กัวลาลัมเปอร์ ของมาเลเซียก็มีการศึกษาสถานะเกาะความร้อน โดย Tso (1996) สำหรับประเทศไทยการศึกษาสถานะเกาะความร้อนในเมืองยังมีน้อยมาก จากการสืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ตพบเอกสารเพียงฉบับเดียวที่ศึกษาสถานะเกาะความร้อนในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นการศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม MODIS โดย Takeuchi et al. (2007) อย่างไรก็ตามข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS มีความละเอียดของข้อมูลที่ต่ำทำให้การอธิบายสถานะเกาะความร้อนได้ในระดับภาพรวมของพื้นที่ระหว่างเมืองกับชนบท แต่ไม่สามารถอธิบายถึงความแตกต่างของความร้อนในระดับชุมชนหรือเขตการใช้ที่ดินได้ สำหรับเมืองหลักของประเทศไทย ประกอบด้วย เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา สงขลา-หาดใหญ่ และชลบุรี ยังไม่พบว่ามีการศึกษาสถานะเกาะความร้อน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาสถานะเกาะความร้อนในกรุงเทพมหานครและเมืองหลักต่างๆ โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม เช่น Aster และ Landsat ซึ่งมีความละเอียดของข้อมูลในระดับสูง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ประกอบการพิจารณากำหนดแนวทางการพัฒนาเมืองที่รักษาภาวะอากาศที่ปกติเมื่อเปรียบเทียบกับภาวะอากาศในชนบทต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 ตรวจสอบรูปแบบเกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย
- 1.2.2 เปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของภาวะเกาะความร้อนในเมืองหลัก
- 1.2.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 ทบทวนปัจจัยในการเกิดขึ้นและผลกระทบของเกาะความร้อนในประเทศต่างๆ

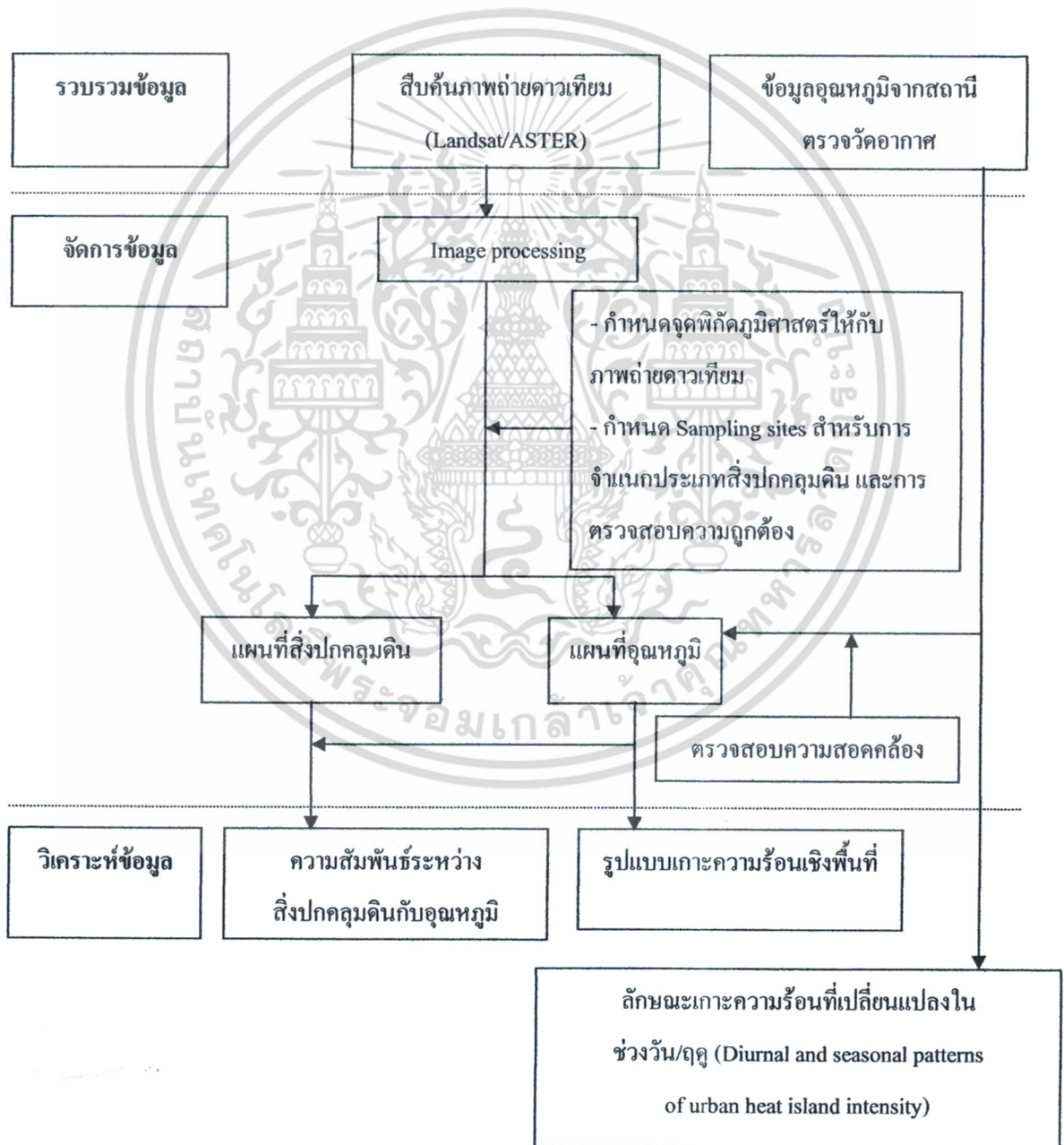
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่เมืองหลักและจากการแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียม

1.3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของภาวะเกาะความร้อนในเมืองหลักเชิงพื้นที่และเชิงเวลา

1.3.4 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ

1.4 กรอบการดำเนินโครงการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- 1.5.1 สืบค้นและติดต่อซื้อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมในพื้นที่ รวมทั้งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ศึกษา
- 1.5.2 สํารวจพื้นที่ศึกษา ได้แก่ กรุงเทพมหานคร และเมืองหลัก 5 เมือง ประกอบด้วย เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา สงขลา-หาดใหญ่ และชลบุรี เพื่อเก็บจุดพิกัดทางภูมิศาสตร์อ้างอิงในพื้นที่เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ให้กับภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละภาพ รวมทั้งการเก็บข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างสำหรับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมพื้นผิวในภาพถ่ายดาวเทียม
- 1.5.3 กำหนดจุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้กับภาพถ่ายทางอากาศ และแปลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อจัดทำแผนที่ประเภทสิ่งปกคลุมดิน และแผนที่อุณหภูมิ
- 1.5.4 ตรวจสอบความถูกต้องแผนที่สิ่งปกคลุมพื้นที่ และแผนที่อุณหภูมิโดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับพื้นที่จริง
- 1.5.5 ศึกษารูปแบบทางพื้นที่ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของเกาะความร้อนในแต่ละเมืองหลัก
- 1.5.6 เปรียบเทียบระดับความเข้มข้น และปัจจัยที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนระหว่างเมืองหลักในประเทศไทย
- 1.5.7 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนักวางแผนและผังเมือง หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาพัฒนาเมืองควบคู่ไปกับการรักษาภาวะอากาศที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัย และไม่เพิ่มความต้องการพลังงานเพื่อทำความเย็นในอาคาร
- 1.6.2 เป็นหลักฐานที่กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างศาสตร์ทางด้านภูมิอากาศกับการวางผังเมือง
- 1.6.3 เป็นฐานข้อมูล องค์ความรู้ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนและด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 เกาะแห่งความร้อน (Urban Heat Island)

ปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนมีผลกระทบต่อกลไกของภูมิอากาศในเมือง งานวิจัยในปัจจุบันได้พยายามทำการศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงความซับซ้อนของกลไกการแทรกแซงของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนที่มีต่อกลไกตามธรรมชาติของภูมิอากาศเมือง (Arnfield, 2003) มีการเผยแพร่อย่างกว้างขวางของงานวิจัยที่เกี่ยวกับการบรรยายลักษณะพื้นฐานและกลไกการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อน เช่นงานของ Oke, 1981; Klysiak and Fortuniak, 2003 เป็นต้น ในขณะที่ลักษณะพื้นฐานของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนเป็นที่เข้าใจกัน โดยทั่วไปว่าเป็นลักษณะของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบท แต่อย่างไรก็ตามยังมีความแตกต่างในรายละเอียดของคำจำกัดความของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนซึ่งอาจจะเป็นการให้ความหมายอย่างกว้างๆ หรือการให้ความหมายอย่างละเอียดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยสามารถแบ่งความหมายของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

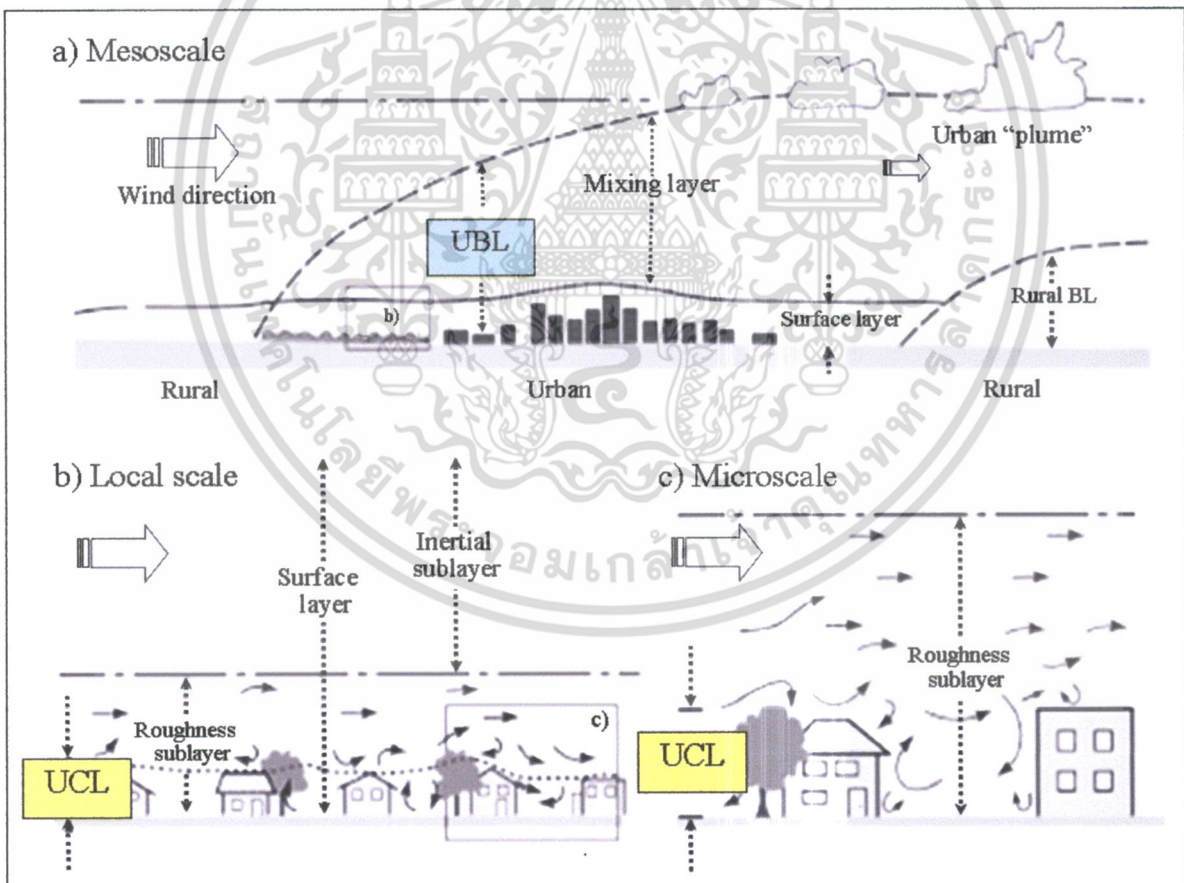
กลุ่มแรกเป็นการให้ความหมายอย่างกว้างๆ กล่าวคือ ปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อน คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบท โดยเป็นผลมาจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของเมืองและชนบท เช่น ชนิดของวัสดุปกคลุมพื้นผิว หรือลักษณะโครงสร้างของสิ่งปกคลุมดิน เป็นต้น (Pidwirny, 1999) กลุ่มที่สองได้ให้ความหมายของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนในลักษณะของความแตกต่างของอุณหภูมิที่เป็นผลมาจากการขยายตัวของพื้นที่เมือง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนพื้นที่อิฐคอนกรีต และยางมะตอยที่เป็นองค์ประกอบหลักของพื้นผิวเมืองส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในเมือง (National Weather Service, ม.ป.ป.) และความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมของประชากรในเมืองเป็นปัจจัยสนับสนุนให้สถานะเกาะแห่งความร้อนมีความเข้มข้นมากขึ้น (Trinity Consultants, 2007; Dougherty, 2000) ทั้งนี้ระดับความเข้มข้นของสถานะเกาะแห่งความร้อนจะสัมพันธ์กับช่วงเวลาในหนึ่งวันและฤดูกาล (Klysiak and Fortuniak, 1999) กลุ่มที่สามให้ความหมายของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนว่าเป็นความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบท ภายใต้การจำกัดเงื่อนไขทางด้านภูมิอากาศในการตรวจสอบความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนในช่วงเวลาที่ลักษณะภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยเป็นเอกลีลาที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่ออยู่ใต้เงาไม้ที่เขียวชอุ่มอันการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกัน (Klysiak and Fortuniak, 2003) การให้ความหมายที่แตกต่างกันของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นในกรณีที่แตกต่างกัน เช่น ความหมายในกลุ่มที่หนึ่งเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นของเกาะแห่งความร้อนที่ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอัตโนมัติ ซึ่งตอบสนองการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลจำนวนมหาศาล และสามารถแสดงลักษณะพื้นฐานของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนที่มุ่งเน้นการอธิบายความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบทเท่านั้น ในขณะที่ความหมายในกลุ่มที่สองเหมาะสำหรับการวิจัยที่มุ่งเน้นการอธิบายถึงสาเหตุของความแตกต่างของอุณหภูมิอื่นเนื่องมาจากการขยายตัวของเมือง ส่วนความหมายในกลุ่มที่สามมีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เนื่องจากมีความเป็นไปได้สูงสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเกาะแห่งความร้อนกับลักษณะโครงสร้างของเมืองด้วยสมการทางสถิติ ภายใต้เงื่อนไขของการจำกัดสภาวะทางภูมิอากาศ หรือจำกัดสภาวะลักษณะโครงสร้างของเมือง (Klysiak and Fortuniak, 2003)

งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาได้แบ่งลักษณะของภูมิอากาศเมืองออกเป็นสองระดับ ประกอบด้วย อากาศผิวพื้น หมายถึงอากาศที่อยู่ในระดับพื้นดินสูงขึ้น ไปถึงระดับหลังคาของอาคารในพื้นที่ ในที่นี้จะใช้คำว่าอากาศในชั้นใต้เรือนยอดของเมือง (Urban Canopy Layer : UCL) และอากาศที่อยู่เหนือระดับหลังคาของอาคารในพื้นที่ ในที่นี้จะเรียกว่าชั้นอากาศในชั้นเหนือเรือนยอดของเมือง (Urban Boundary Layer: UBL) อากาศชั้นใต้เรือนยอดของเมืองถูกควบคุมการเปลี่ยนแปลงด้วยกลไกของลักษณะเฉพาะของพื้นผิว เช่น ชนิด โครงสร้าง สีของวัตถุพื้นผิว ที่อยู่ในพื้นที่ระดับเล็กระหว่างอาคารสองอาคาร ไปถึงกลุ่มอาคารที่มีไม่กี่หลัง ในขณะที่อากาศในชั้นเหนือเรือนยอดของเมืองจะได้รับอิทธิพลจากสภาพสิ่งปกคลุมพื้นผิวร่วมกับกิจกรรมการใช้ที่ดินในพื้นที่ กล่าวอีกนัยหนึ่งอากาศในระดับที่เหนือระดับหลังคาเป็นผลรวมของอากาศในระดับใต้หลังคานั้นเอง การไหลเวียนของอากาศในชั้นใต้เรือนยอดของเมืองทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของอากาศระหว่างพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งมีการแบ่งขนาดพื้นที่ในแนวราบที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศในเมืองออกเป็น 4 ระดับ (Amfield, 2003) ประกอบด้วย พื้นที่ขนาดเล็กมาก (Micro-scale) มีอาณาบริเวณที่เกี่ยวข้องแค่ผนังอาคารด้านที่ติดถนนและพื้นผิวถนนหรือที่ว่างระหว่างอาคาร พื้นที่ขนาดเล็ก (Local scale) คือพื้นที่ของกลุ่มอาคารหลายอาคารรวมกันเป็นย่านเล็กๆในเมือง พื้นที่ขนาดกลาง (Meso-scale) หมายถึงพื้นที่ย่านเล็กๆ รวมกันเป็น โซนการใช้ที่ดินในเมือง และพื้นที่ขนาดใหญ่ (Macro-scale) คือพื้นที่เมืองที่รวมเอาพื้นที่ชนบทรอบนอกเมืองเข้าไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ในแนวตั้งชั้นอากาศของเมืองถูกแบ่งแยกโดยอิทธิพลของการไหลเวียนของลม โดยลมจากชนบทที่พัดเข้าสู่พื้นที่เมืองเป็นปัจจัยกำหนดความสูงของอากาศชั้นอากาศเหนือเรือนยอด หากแบ่งชั้นอากาศในเมืองออกตามแนวตั้ง สามารถแยกออกได้เป็น 3 ชั้น (Collier, 2006) เริ่มจากระดับพื้นผิวขึ้นไปถึงระดับหลังคาของอาคาร ซึ่งในช่วงเวลาที่ลมอ่อน เกิดการถ่ายเทพลังงานจากพื้นที่ในระดับเล็กไปสู่พื้นที่ข้างเคียงรวมถึงลอยขึ้นไปผสมกับอากาศด้านบนซึ่งทำให้ชั้นอากาศในชั้นนี้สูงถึง 2.5 ถึง 3 เท่าของความสูงอาคารในพื้นที่ย่านนั้น (Roth, 2000) เรียกว่า “Roughness sub-layer” สูงขึ้นไปเหนือ Roughness sub-layer เรียกว่า Surface layer เป็นผลรวมของพลังงานที่เกิดจากการผสมผสานกันของพื้นที่ขนาดเล็กหลายๆ พื้นที่รวมกัน และชั้นสุดท้ายคือชั้น Mixed layer เป็นผลรวมของพลังงานที่เกิดจากความแตกต่างของพื้นผิวในระดับกลางขึ้นไปซึ่งชั้นนี้จะขยายตัวสูงขึ้นไปจนถึงส่วนที่สูงที่สุดของชั้นอากาศเหนือเรือนยอด (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 แสดงการแยกระดับชั้นอากาศในเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อน

ปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนเป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นผลมาจากลักษณะทางกายภาพและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ (Amfield, 2003) ลักษณะของที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้ถึงระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนของแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศและประชากรใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะกายภาพของเมืองที่แตกต่างกันก็อาจมีระดับความรุนแรงของเกาะแห่งความร้อนที่แตกต่างกัน เช่น ตัวเมืองคูเวตและเมืองฟินิกซ์ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศแบบทะเลทรายและมีประชากรใกล้เคียงกัน แต่เมืองคูเวตมีพื้นที่ที่พัฒนาแล้วครึ่งหนึ่งของเมืองฟินิกซ์ และอยู่ใกล้แหล่งน้ำขนาดใหญ่มากกว่า ส่งผลให้อัตราของผลกระทบจากภาวะเกาะแห่งความร้อนในเมืองคูเวต (0.07-0.12 องศาเซลเซียส/ 10 ปี) น้อยกว่าเมืองฟินิกซ์ ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นของภาวะเกาะแห่งความร้อนที่ 0.22 องศาเซลเซียส/ 10 ปี (Nasrallah et al., 1990) จากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องเข้าใจในภาพรวมของลักษณะภาวะเกาะแห่งความร้อนก่อนที่จะทำความเข้าใจสถานะภาพของกระบวนการเกาะแห่งความร้อนที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งโดยภาพรวมของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนอาจอธิบายได้ใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของภาวะเกาะแห่งความร้อนที่อธิบายในเชิงเวลาและในเชิงพื้นที่

2.2.1 รูปแบบภาวะเกาะแห่งความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา

ตามนิยามของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนคือความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองกับชนบทโดยรอบ ความเข้มข้นของเกาะแห่งความร้อนจึงหมายถึงความแตกต่างในเชิงปริมาณของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบท (Urban Heat Island Intensity: UHII) ซึ่งนิยมใช้เป็นตัวชี้วัดถึงระดับผลกระทบของภาวะเกาะแห่งความร้อนที่เกิดขึ้น (Yague et al., 1991) ความแตกต่างของอุณหภูมิเมืองกับชนบทที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในเชิงเวลาสามารถอธิบายได้ใน 2 ลักษณะ คือ การเปลี่ยนแปลงใน 24 ชั่วโมงของแต่ละวัน และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคือความสมดุลของพลังงานความร้อนระหว่างเมืองกับชนบท ซึ่งนำไปสู่ความแตกต่างกันของอัตราการร้อนและอัตราการเย็นของพื้นผิวในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง (Oke, 1987) ในขณะที่เงื่อนไขด้านสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่กำหนดความแตกต่างของภาวะเกาะแห่งความร้อนในแต่ละฤดู (Jauregui, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 โครงสร้างเกาะแห่งความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง

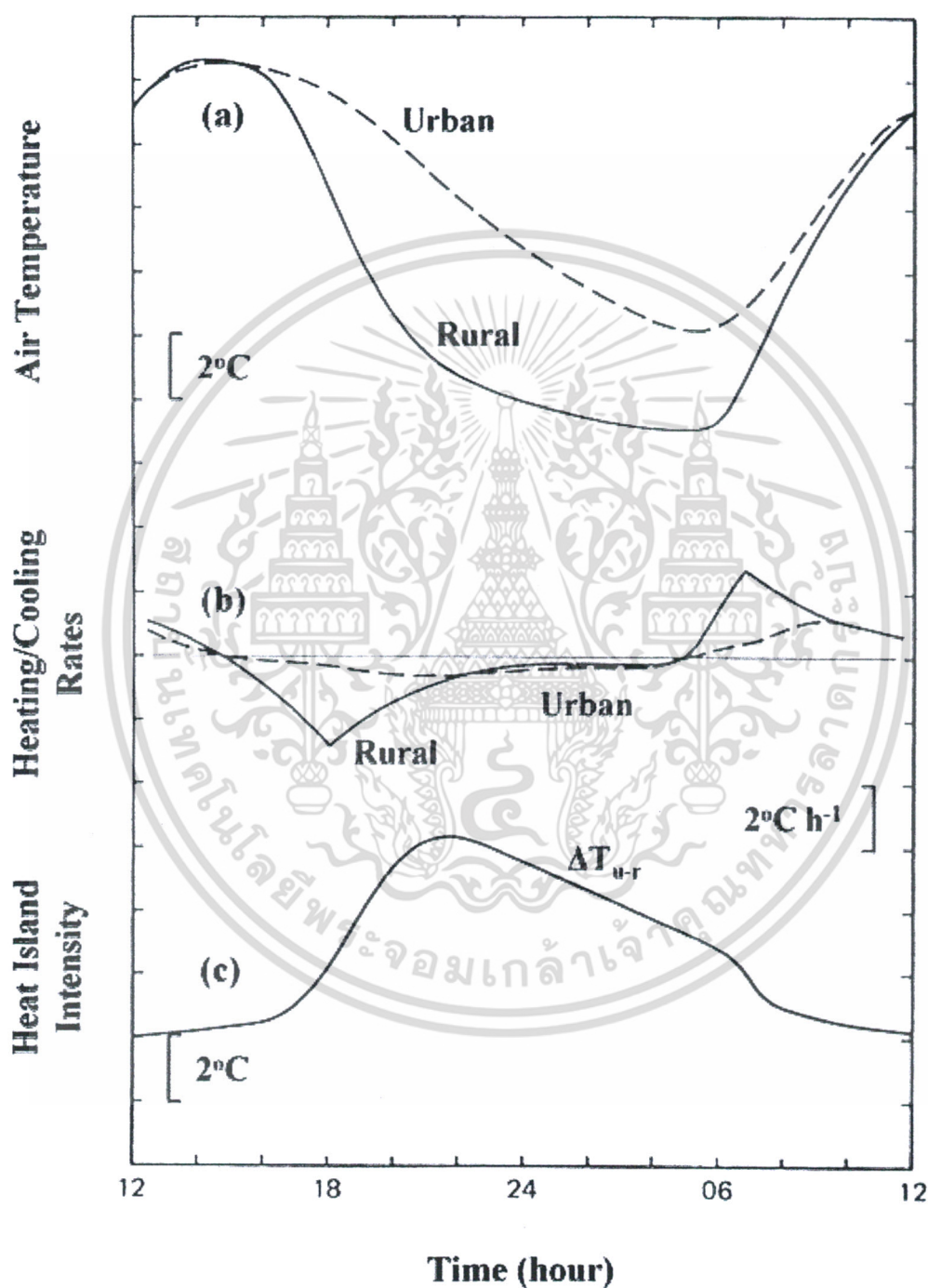
โครงสร้างของเกาะแห่งความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง สามารถอธิบายได้ใน 2 ลักษณะ คือ เกาะแห่งความร้อนในชั้นใต้เรือนยอด (Urban canopy heat island) และเกาะแห่งความร้อนในชั้นเหนือเรือนยอด (Urban boundary heat island) เกาะแห่งความร้อนจะเข้มข้นในสภาวะอากาศที่ท้องฟ้าโปร่งและไม่มีลม เมื่อใช้อุณหภูมิของพื้นที่ชนบทเป็นข้อมูลฐาน ก็จะเห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงในเมือง กระบวนการทำความร้อนของพื้นผิวเริ่มขึ้นในตอนเช้าหลังจากพระอาทิตย์ขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของคุณสมบัติภายในของวัตถุปกคลุมดิน (ดูหัวข้อ 2.3.2) ระหว่างเมือง (พื้นผิวแข็งและดูดซับความร้อนได้ดี) กับชนบทซึ่งมีความชื้นสูงและคายความร้อนได้ดีกว่าวัตถุปกคลุมพื้นผิวในเมือง

Urban canopy heat island เริ่มขึ้นเมื่อพระอาทิตย์โผล่พ้นขอบฟ้าแสงแดดจะค่อยๆ ทำให้พื้นผิวของเมืองร้อนขึ้น ในขณะที่แสงแดดในชนบทถูกใช้สำหรับการระเหยน้ำค้างซึ่งพื้นผิวจะเริ่มร้อนขึ้นเมื่อน้ำค้างระเหยไปจนหมดจึงทำให้พื้นที่ชนบทร้อนช้ากว่าพื้นที่เมือง อัตราการร้อนของพื้นที่เมืองจะสูงกว่าพื้นที่ชนบทในช่วงแรกและจะเริ่มใกล้เคียงกันหลังจากที่พื้นผิวในชนบทแห้งและเท่ากันที่สุดในช่วงเวลาตอนกลางซึ่งเป็นเวลาที่ร้อนที่สุด ช่วงเวลาดังแต่เช้าหลังพระอาทิตย์ขึ้นจนถึงช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน เรียกว่าเป็นช่วงเวลาของกระบวนการทำความร้อนของเมือง (Heating Process) และกระบวนการเย็นตัวของพื้นผิว (Cooling process) เกิดขึ้นหลังจากที่อุณหภูมิถึงจุดสูงสุดของวันแล้ว อุณหภูมิจะเริ่มลดลงเนื่องจากการลดลงของแสงแดดของวันนั้น วัตถุพื้นผิวของเมืองซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนได้ดีจะค่อยๆ ปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่ดูดซับไว้คืนสู่บรรยากาศของเมือง ในขณะที่วัตถุพื้นผิวของชนบทที่มีคุณสมบัติที่เก็บความร้อนได้ไม่ดีและสามารถระบายความร้อนออกอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อุณหภูมิในพื้นที่ชนบทลดลงเร็วกว่าในพื้นที่เมือง โดยอัตราการลดลงของอุณหภูมิในชนบทพบว่าอยู่ที่ 2 ถึง 3 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง และในช่วงเวลากลางคืนอัตราการเย็นตัวของบรรยากาศลดอยู่ที่ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง หากนำข้อมูลการลดลงของอุณหภูมิมาสร้างเส้นกราฟก็จะเห็นว่าอุณหภูมิในพื้นที่ชนบทแสดงเป็นเส้นโค้งเว้าระหว่างเวลาที่พระอาทิตย์ตกดินไปถึงเวลาก่อนพระอาทิตย์ขึ้นในวันใหม่ (รูปที่ 2-2)

กระบวนการเย็นตัวของพื้นผิวเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดระดับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบทเนื่องจากความแตกต่างของอัตราการเย็นตัวของพื้นที่เมืองและชนบท ความแตกต่างของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาดังแต่หลังพระอาทิตย์ตกดินต่อเนื่องไปอีกประมาณ 3 ถึง 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

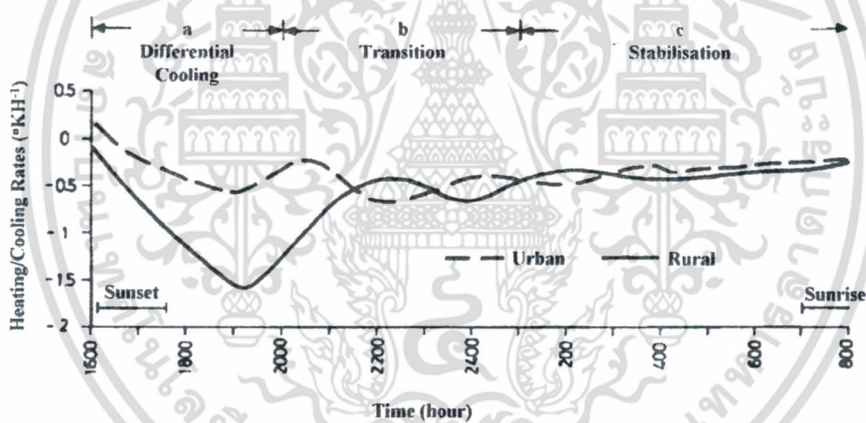
ชั่วโมง และหลังจากนั้นตลอดทั้งคืนความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบทก็จะค่อยๆ ลดลง จนอยู่ในระดับเดียวกันในช่วงเวลาตอนกลางวันที่อุณหภูมิสูงสุด



รูปที่ 2-2 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างเมืองและชนบทในรอบ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

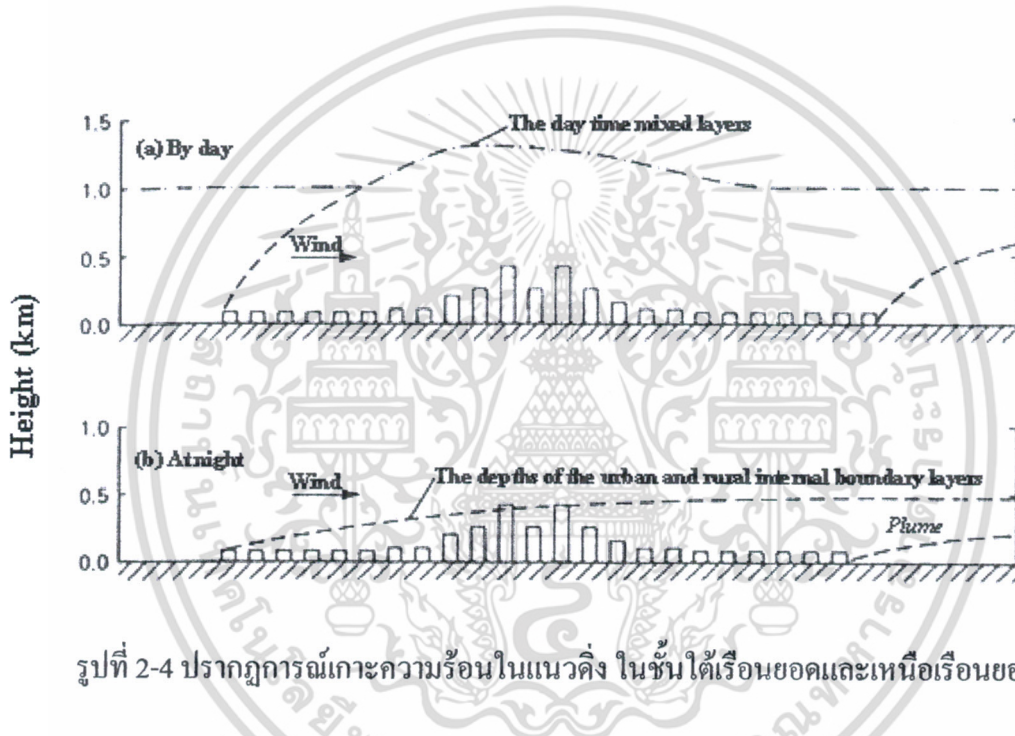
อัตราการเย็นตัวของพื้นผิวอาจแบ่งแยกออกเป็น 3 ชั้น (Haeger-Eugensson and Holmer, 1999) ชั้นแรก เรียกว่า “ชั้นความเย็นที่แตกต่าง” (differential cooling) เกิดขึ้นประมาณช่วงเวลาที่พระอาทิตย์จะลับขอบฟ้า ความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองกับชนบทเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการลดลงของอุณหภูมิในชนบทเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าในเมือง เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงานความร้อนคืนสู่บรรยากาศของวัตถุในเมืองทำให้อุณหภูมิในเมืองค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ชั้นที่สอง เรียกว่า “ชั้นปรับเปลี่ยน” (transition stage) เกิดขึ้นในช่วงตอนกลางคืนประมาณ 3 ถึง 5 ชั่วโมงหลังพระอาทิตย์ตก ซึ่งเป็นเวลาที่วัตถุพื้นผิวในเมืองคายพลังงานความร้อนที่สะสมไว้ออกสู่บรรยากาศของเมือง ในขณะที่อากาศเย็นจากชนบทถูกพัดพาเข้าสู่เมือง จึงทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองที่สูงกว่าชนบทมาก ในช่วงหัวค่ำเริ่มลดลง และขั้นสุดท้ายคือ “ขั้นคงที่” (stabilization) จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณหลังเที่ยงคืน ไปจนถึงพระอาทิตย์ขึ้นซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เมืองกับชนบทมีอัตราการเย็นตัวในระดับเดียวกัน (รูปที่ 2-3)



รูปที่ 2-3 แสดงอัตราระหว่างความเย็นตัวและความร้อนของพื้นที่เมืองและชนบทในรอบ 24 ชั่วโมง

ในกรณีการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เกาะแห่งความร้อนชั้นเหนือเรือนยอด (Urban boundary heat island) เป็นผลต่อเนื่องจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนในชั้นใต้เรือนยอด กระบวนการเกาะความร้อนในชั้นใต้เรือนยอดจะมีอิทธิพลสูงต่อเกาะความร้อนในชั้นเหนือเรือนยอดในสภาวะที่ไม่มีลมเป็นช่วงเวลายาวนาน โดยอากาศร้อนในชั้นใต้เรือนยอดจะลอยตัวสูงขึ้นก่อให้เกิดการขยายตัวของเกาะความร้อนในชั้นเหนือเรือนยอดสูงขึ้นในลักษณะเป็นโดมครอบคลุมเมืองไว้ โดยที่เกาะความร้อนในชั้นเหนือเรือนยอดจะได้รับอิทธิพลของกระบวนการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างพื้นที่ระดับกลางถึงใหญ่ หรืออีกนัยหนึ่งคือผลรวมของเกาะความร้อนในชั้นใต้เรือนยอดนั่นเอง การขยายตัวของอากาศชั้นเหนือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือนยอดถูกควบคุมด้วยปัจจัยด้านภูมิอากาศ (Collier, 2006) กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน พลังงานแสงอาทิตย์ทำให้อากาศชั้นเหนือเรือนยอดจะขยายตัวสูง โดยเฉพาะในสภาวะที่ลมสงบซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ระดับ 0.6–1.5 กิโลเมตร แต่ในช่วงเวลากลางคืนสภาวะที่อากาศเย็นตัวลงและมีลมพัดอยู่ตลอดเวลา ชั้นอากาศเหนือเรือนยอดอาจมีความสูงแค่ 0.1-0.3 กิโลเมตร (Oke, 1987) โดยมีรูปร่างแคบบริเวณพื้นที่เหนือลมเนื่องจากเป็นแนวแรกที่ปะทะกับลมที่พัดมาจากพื้นที่ชนบทและขยายตัวกว้างมากขึ้นเมื่อเข้าสู่พื้นที่ตอนกลางของเมือง ในขณะที่พื้นที่ใต้ลมอากาศจะถูกแยกตัวเป็นสองชั้นคืออากาศร้อนจากเมืองจะถูกยกให้สูงขึ้นเหนืออากาศเย็นที่เกิดจากพื้นที่ชนบททางด้านใต้ลมของเมือง (รูปที่ 2-4)



รูปที่ 2-4 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในแนวตั้ง ในชั้นใต้เรือนยอดและเหนือเรือนยอด

2.2.1.2 โครงสร้างเกาะความร้อนตามฤดูกาล

ความแตกต่างของคุณสมบัติในการดูดซับและคายความร้อนของพื้นผิวดังกล่าวระหว่างเมืองกับชนบทเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมระดับของสภาวะเกาะความร้อนในช่วง 24 ชั่วโมง แต่สำหรับสภาวะเกาะความร้อนตามฤดูกาลเงื่อนไขของสภาวะอากาศเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดค่าสูงสุดของระดับความเข้มข้นของเกาะความร้อน (Jauregui, 1997) ความเข้มข้นของเกาะความร้อนไม่มีรูปแบบทางพื้นที่และเวลาที่แน่นอนเนื่องจากพื้นที่ที่มีลักษณะสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันจะมีช่วงเวลาของความเข้มข้นเกาะความร้อนที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เมืองลอดซ์ (Lodz) ประเทศโปแลนด์ พบว่าในฤดูร้อนเป็นช่วงเวลาที่มึระดับความเข้มข้นของเกาะความร้อนสูงที่สุด 3-4 องศาเซลเซียส (Klysiak and Fortuniak, 1999) เช่นเดียวกับเมืองลอนดอนที่มีช่วงเวลาที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดในฤดูร้อน (1.6 องศาเซลเซียส) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลต่อรูปแบบของเกาะความร้อน อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลต่อรูปแบบของเกาะความร้อน อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลต่อรูปแบบของเกาะความร้อน

(Watkins, 1999) ในขณะที่เมือง กรานาดา ประเทศสเปน พบว่าช่วงเวลาที่ความเข้มข้นของเกาะความร้อนพบในฤดูหนาว ด้วยค่าความเข้มข้น 2.5 องศาเซลเซียส (Montavez et al., 2000) เช่นเดียวกับเมืองต่างๆ ในประเทศเกาหลีที่พบว่าค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนพบในฤดูหนาว (Kim and Baik, 2004) ในขณะที่กรุงปักกิ่ง ประเทศจีนมีค่าความเข้มข้นสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูหนาวด้วยค่าความเข้มข้นประมาณ 2.5 องศาเซลเซียส (Liu et al., 2007)

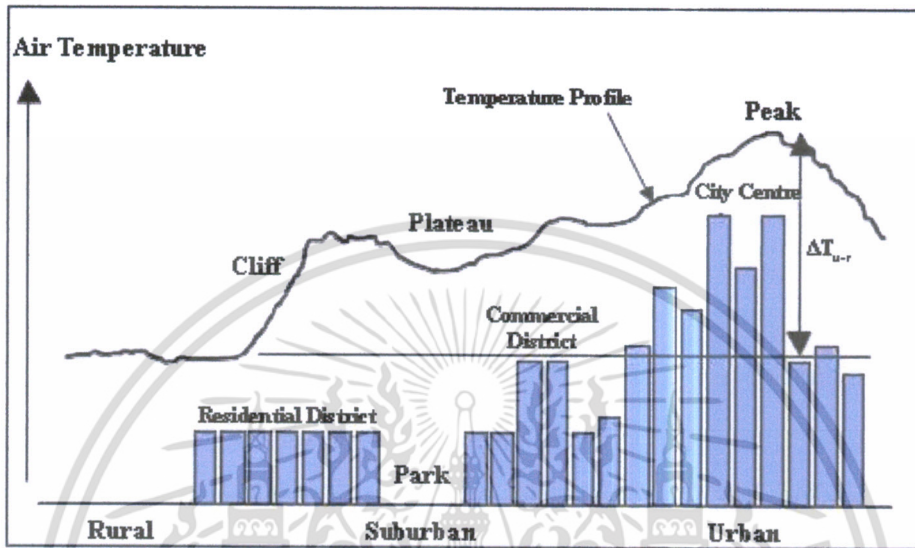
ความเร็วลมและปริมาณเมฆบนท้องฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดลักษณะและความเข้มข้นของเกาะความร้อน ในสภาวะที่ลมแรงหรือท้องฟ้ามีเมฆมากจะทำให้ความเข้มข้นของเกาะความร้อนลดลง (Oke, 1987; Montavez et al., 2000) ตัวอย่างเช่น ในสภาวะที่ท้องฟ้าโปร่งและความเร็วลมประมาณ 0-1 เมตร/วินาที พบว่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนในเมืองลอดซ์ประมาณ 8 องศาเซลเซียส แต่หากความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็น 2-4 เมตร/วินาที ความเข้มข้นของเกาะความร้อนลดลงเหลือประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส และหากความเร็วลมมากกว่า 4 เมตร/วินาที จะไม่เกิดสภาวะเกาะความร้อนในเมืองลอดซ์ (Klysiak and Fortuniak, 1999) ในขณะที่ในกรุงโซล ประเทศเกาหลีพบว่าความเข้มข้นของสภาวะเกาะความร้อนสูงสุดเท่ากับ 4.4 องศาเซลเซียส และเกาะความร้อนจะไม่เกิดหากความเร็วลมในพื้นที่เกินกว่า 6.9 เมตร/วินาที (Kim and Baik, 2004)

2.2.2 รูปแบบเกาะแห่งความร้อนเชิงพื้นที่

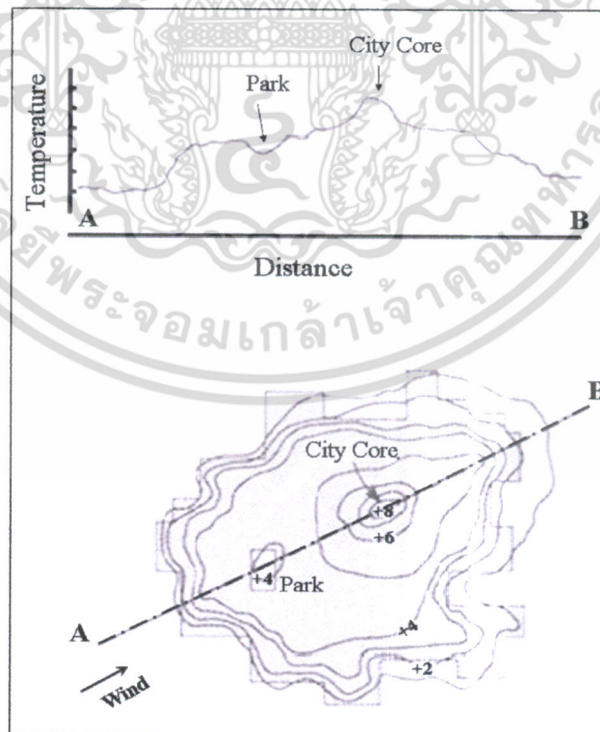
หลักการพื้นฐานของ โครงสร้างทางพื้นที่ของเกาะความร้อนถูกนำเสนอโดย Oke (1987) ประกอบด้วยลักษณะที่โดดเด่น 3 ลักษณะ ประกอบด้วย 1) บริเวณที่อุณหภูมิสูงสุด (Peak) 2) บริเวณที่อุณหภูมิต่ำๆ เพิ่มขึ้น/ลดลง (Plateau) และ 3) บริเวณที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น/ลดลงอย่างรวดเร็ว (Cliff) ลักษณะโดยทั่วไปของปรากฏการณ์เกาะความร้อนบริเวณที่ร้อนที่สุดจะเกิดขึ้นในบริเวณใจกลางเมืองซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นทั้งสิ่งปลูกสร้างและกิจกรรมต่างๆ ที่ส่งเสริมให้อุณหภูมิในบริเวณดังกล่าวร้อนที่สุด ในขณะที่พื้นที่รอบๆ ศูนย์กลางเมืองอุณหภูมิต่ำๆ ลดลงในทิศทางจากใจกลางเมืองไปสู่ชนบทรอบๆ จนถึงพื้นที่รอยต่อระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบทอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะสูงอย่างชัดเจน ซึ่งมากกว่า 4 องศาเซลเซียส/กิโลเมตร (Oke, 1987., Yamashita, 1996., Juan, 2000) (รูป 2-5)

รูปแบบทางพื้นที่ของเกาะความร้อนถูกควบคุมโดยขอบเขตของพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง อย่างไรก็ตาม อาจมีความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของเกาะความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของลักษณะการใช้ที่ดินในเมืองที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของความเข้มข้นของอาคารสิ่งปลูกสร้างและกิจกรรมภายใน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารนั้นๆ (Oke, 1987) เช่น สวนสาธารณะ แหล่งน้ำ หรือที่โล่งในเมืองมีอิทธิพลต่อการทำอุณหภูมิในบริเวณโดยรอบเย็นกว่าพื้นที่เมืองโดยทั่วไป ในทางตรงกันข้าม โรงงานอุตสาหกรรม อาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่มีอิทธิพลทำให้พื้นที่ในบริเวณดังกล่าวร้อนกว่าพื้นที่บริเวณอื่นในเมือง (Oke, 1987) (รูป 2-6)



รูป 2-5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อน ที่มา: Watkins, 1999



รูปที่ 2-6 รูปแบบทางพื้นที่ของเกาะความร้อน ที่มา: Oke, 1987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากนำเงื่อนไขเรื่องความเร็วลมมาประกอบการพิจารณาจะสามารถแบ่งรูปแบบเกาะความร้อน ออกได้เป็น 2 ลักษณะย่อย กล่าวคือ ในสถานะที่ไม่มีลมและท้องฟ้าโปร่งเกาะความร้อนอาจแสดงบริเวณ ที่มีอุณหภูมิสูงสุดหลายบริเวณ แต่ในสถานะที่ลมพัดแรงขึ้นเกาะความร้อนก็จะมีลักษณะทั่วไปคือมี บริเวณที่ร้อนที่สุดบริเวณเดียว เช่น ในกรณีของเมืองลอคซ์ พบว่า เกาะความร้อนแสดงบริเวณที่ร้อนที่สุด หลายบริเวณ ในสถานะที่ท้องฟ้ามีเมฆน้อยและความเร็วลม 0-1 เมตร/วินาที ซึ่งเป็นผลจากความแตกต่าง ของอุณหภูมิบริเวณรอยต่อระหว่างสวนสาธารณะกับพื้นที่เมืองที่มีอาคารหนาแน่นส่งผลให้บริเวณที่มีความร้อนสูงกระจายอยู่ทั่วไป โดยที่ความเข้มข้นของเกาะความร้อนอาจสูงถึง 12 องศาเซลเซียส และเมื่อ ความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็น 2-4 เมตร/วินาที รูปร่างของเกาะความร้อนมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปร่างของเมือง โดยศูนย์กลางความร้อนมีเพียงจุดเดียวและย้ายไปอยู่ทางด้านใต้ลมของเมือง โดยที่ค่าความเข้มข้นของ เกาะความร้อนน้อยกว่า 4 องศาเซลเซียส (Kiyasik and Fortuniak, 1999) อีกตัวอย่างหนึ่งที่เมือง Szeged ประเทศฮังการี พบเกาะความร้อนที่มีสองศูนย์กลางในฤดูใบไม้ร่วง อธิบายได้โดยการลดลงของความเร็ว ลมในบางครั้งบางคราว (Sumeghy and Unger, 2003) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่สนับสนุนปรากฏการณ์เกิด เกาะความร้อนแบบหลายศูนย์กลางส่วนใหญ่มีรายงานจากพื้นที่ในเขตอบอุ่น ส่วนข้อมูลในเขตร้อนยัง ขาดแคลน

2.2.3 สรุปรูปปรากฏการณ์เกาะความร้อน

สถานะเกาะความร้อนเป็นผลของความแตกต่างของอุณหภูมิของพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบท โดย การขยายตัวของพื้นที่เมืองเป็นปัจจัยสำคัญที่ขับเคลื่อนให้เกิดความแตกต่างของสมดุลย์ของพลังงานใน พื้นที่เมืองกับชนบทซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อุณหภูมิของเมืองสูงกว่าชนบท ในขณะที่สถานะของ สภาพอากาศ โดยเฉพาะปริมาณเมฆและความเร็วลมมีบทบาทสำคัญในการกำหนดค่าสูงสุดของความ แตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมืองกับชนบท (ในที่นี้เรียกว่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนอีกอย่างหนึ่ง) ซึ่งความเข้มข้นของเกาะความร้อนจะมีค่าสูงที่สุดในสถานะที่ท้องฟ้าไม่มีเมฆและลมสงบ (Oke, 1987)

ภายใต้เงื่อนไขที่ส่งเสริมให้เกิดเกาะความร้อนสูงสุด ความแตกต่างของอัตราการร้อนตัว และ อัตราการเย็นตัวของพื้นผิวเป็นตัวแปรสำคัญในกระบวนการเกิดสถานะเกาะความร้อน พื้นผิวของเมือง เริ่มร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วทันทีที่ได้รับแสงอาทิตย์ และในตอนเย็นแม้ว่าพระอาทิตย์จะลับขอบฟ้าไปแล้ว พื้นผิวเมืองยังคงคายพลังงานความร้อนที่สะสมไว้ในตอนกลางวันออกมาสู่บรรยากาศของเมืองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะแปรผกผันกับพื้นผิวในชนบท เมื่อกระบวนการนี้ถูกพิจารณาพร้อมกับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติด้านความร้อนของพื้นผิวของเมือง จะยิ่งส่งเสริมให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นที่เมืองกับชนบท ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีความแตกต่างสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากพื้นผิวในเมืองสามารถสะสมความร้อนในตอนกลางวัน ได้มากกว่าพื้นผิวในชนบท และความร้อนที่สะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาหลังพระอาทิตย์ตก ซึ่งการคายความร้อนหลังพระอาทิตย์ตกพบในพื้นที่ชนบทพบว่าเกิดขึ้นเพียงระยะเวลาสั้นๆ (Oke, 1987)

2.3 ปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดเกาะความร้อน

งานศึกษาด้านภูมิอากาศของเมืองต่างมีข้อสรุปในลักษณะเดียวกันเกี่ยวกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับชนบทเป็นผลจากอิทธิพลของคุณสมบัติเฉพาะตัวของโครงสร้างทางพื้นที่ของสิ่งปกคลุมพื้นผิวซึ่งอาจแยกออกได้ใน 3 ลักษณะ คือ รูปทรงของเมือง (Urban geometry) ชนิดของพื้นผิว (Land cover types) และการใช้ที่ดิน (Land use) อาคารสิ่งปลูกสร้างแต่ละอาคารสามารถสร้างลักษณะอากาศที่มีลักษณะเฉพาะตัว ทั้งนี้สิ่งก่อสร้างแต่ละชิ้นมีด้านที่สัมผัสกับแสงอาทิตย์ที่ต่างเวลากัน มีความแตกต่างในเรื่องของการแลกเปลี่ยนพลังงานและการระบายอากาศ ควบคู่ไปกับความแตกต่างของคุณสมบัติของสิ่งก่อสร้างในการแผ่พลังงาน การสะสมพลังงาน การไหลเวียนอากาศ และความชื้น (Oke, 1982) ความแตกต่างของคุณสมบัติเหล่านี้ของวัตถุส่งผลต่อความแตกต่างของลักษณะความร้อนที่พื้นผิวของวัตถุ การผสมผสานพลังงานซึ่งกันและกัน การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างวัตถุ และการถ่ายเทอากาศระหว่างตัวสิ่งปลูกสร้างกับพื้นที่โดยรอบ

2.3.1 รูปทรงของเมือง

รูปทรงของเมืองมีบทบาทสำคัญที่ส่งเสริมการเกิดเกาะความร้อน (Eliasson, 1994) ซึ่งอาจเรียกอีกอย่างว่า หุบเขาของเมือง (Urban Canyon) ประกอบด้วยผนังอาคารและถนนหรือที่โล่งระหว่างอาคาร (Oke, 1987) พื้นผิวถนนจะถูกบดบังแสงแดดจากอาคารด้านข้างจึงทำให้ไม่มีการแผ่รังสีความร้อนในช่วงเวลากลางวัน เท่ากับพื้นผิวถนนดูดซับพลังงานความร้อนทั้งหมด โดยไม่มีการปล่อยพลังงานกลับสู่บรรยากาศในช่วงเวลากลางวัน แต่พลังงานทั้งหมดที่สะสมไว้จะถูกคายออกมาสู่บรรยากาศหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน นอกจากนั้นอาคารด้านข้างยังเป็นสิ่งกีดขวางการระบายอากาศออกจากหุบหรือช่องในอาคาร ส่งผลให้ความเข้มข้นของเกาะความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน (Oke, 1981) จากประสบการณ์ของเมืองสิงคโปร์พบว่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนกับอัตราส่วนความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารต่อความกว้างของถนนมีความสัมพันธ์กันเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อร้อยละ 99 (Goh and Chang, 1999) กล่าวคือความเข้มข้นของเกาะความร้อนจะเพิ่มขึ้นหากอัตราส่วนความสูงของอาคารต่อความกว้างของถนนเพิ่มขึ้น ซึ่งผลของความสัมพันธ์มีลักษณะเดียวกันกับที่พบในหลายๆ เมือง ในออสเตรเลีย ยุโรป และอเมริกาเหนือ (Oke, 1981)

2.3.2 ชนิดของพื้นผิว

วัสดุพื้นผิวของพื้นที่เมืองส่วนใหญ่มีค่าความสามารถในการดูดซับและคายความร้อน (Thermal admittance) สูงกว่าวัสดุพื้นผิวของพื้นที่ชนบท (ตารางที่ 2-1) ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าวัสดุที่มีค่า Thermal admittance สูง จะมีความสามารถในการดูดซับความร้อนและคายความร้อนได้ดีกว่าวัสดุที่มีค่า Thermal admittance ต่ำกว่า และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิในเมืองสูงกว่าชนบท

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติในการดูดซับพลังงานความร้อนของวัสดุ

Surface	Heat capacity	Thermal admittance	Surface	Heat capacity	Thermal admittance
Rural			Urban		
Peat soil	0.58	190	Wood	1.52	535
Sandy soil	1.28	620	Brick	1.37	1065
Clay soil	1.42	600	Glass	1.66	1110
Concrete		2.11		1785	
Asphalt		1.94		1205	

ที่มา: Oke, 1981

หมายเหตุ: Heat capacity มีหน่วยวัดเป็น $Jm^{-3}s^{-1/2}K^{-1} \times 10^6$

Thermal admittance มีหน่วยวัดเป็น $Jm^{-2}s^{-1/2}K^{-1}$

ความแตกต่างของคุณสมบัติภายในในการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุ (Thermal Admittance) ระหว่างพื้นที่เมืองและชนบท เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมกระบวนการทำความร้อนและการเย็นตัวของพื้นผิวในบริเวณต่างๆ จากแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณความร้อนของพื้นที่ผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกันระหว่างพื้นผิวลานคอนกรีตและบริเวณสิ่งปลูกสร้างด้วยเนื้อไม้ในชนบท ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ทั้งสองมากถึง 8 องศาเซลเซียส (Oke, 1981)

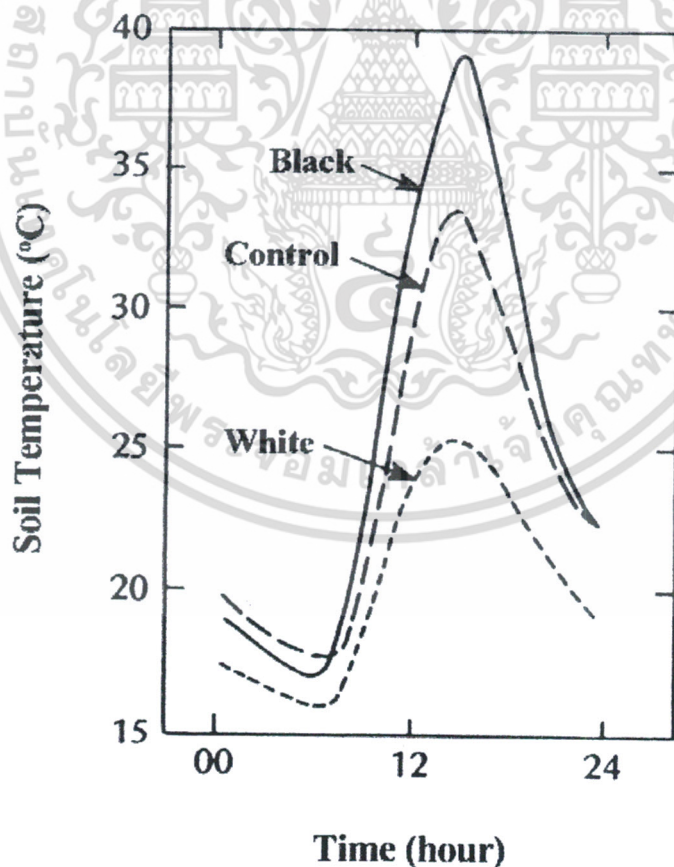
คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของวัสดุพื้นผิวที่สัมพันธ์กับการดูดซับและคายความร้อน คือ สถานะความชื้น ซึ่งกำหนดด้วยความสามารถในการดูดซับน้ำของพื้นผิวในชั้นบรรยากาศใต้เรือนยอด (Oke, 1982) สถานะความชื้นของพื้นผิวเป็นปัจจัยสำคัญในการแบ่งกลุ่มภูมิอากาศในบริเวณเล็กๆ ที่มีความหลากหลายของพื้นผิว เนื่องจากความมีอยู่ของความชื้นของพื้นผิวมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการไหลเวียนของความร้อนในชั้นบรรยากาศใต้เรือนยอด กล่าวคือ การระเหยของน้ำในพื้นที่ที่เปียก เช่น สนามหญ้าที่มีการรดน้ำ สวนหลังบ้าน หรือสวนสาธารณะ จะถูกทำให้มีปริมาณการระเหยเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติโดยอากาศร้อนที่ไหลมาจากพื้นผิวแห้ง โดยรอบ (Kanda, 2007) การไหลเวียนของอากาศร้อนจากพื้นผิวแห้ง ไปสู่พื้นผิวเปียกส่งผลให้เกิดการผสมผสานของอากาศในหน่วยพื้นที่ขนาดเล็ก ส่งผลให้เกิดการระเหยของน้ำในพื้นที่เปียกในปริมาณที่มากกว่าปกติ กระบวนการดังกล่าวเปรียบได้กับการเกิดโอเอซิส หรือห่อมอากาศเย็นในเมือง (Oke, 1987) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวมีปริมาณน้ำมากเพียงพอที่จะให้การระเหยเกิดขึ้นเกินศักยภาพ เนื่องจากปริมาณพลังงานสุทธิน้อยกว่าพลังงานที่ใช้สำหรับการระเหย กลายเป็นไอของน้ำในพื้นที่หนึ่งหน่วย

ความสามารถในการดูดซับน้ำของพื้นผิวเมืองซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่ไม่อุ้มน้ำ จึงทำให้พื้นผิวของเมืองมีลักษณะที่แบ่งแยกสภาวะความแห้งและความเปียกชัดเจน ตัวอย่างเช่น พื้นผิวของเมืองเร่งการระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่ภายในเวลาที่รวดเร็วกว่าพื้นผิวในชนบท และทั้งความชื้นไว้เพียงเล็กน้อย ประกอบกับบรรยากาศในเมืองที่เต็มไปด้วยอากาศร้อนกว่าพื้นที่ชนบททำให้อัตราการระเหยน้ำในพื้นที่ผิวของเมืองไปในเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีผลทำให้ความชื้นของพื้นผิวเมืองมีความชื้นในปริมาณที่น้อยกว่าพื้นผิวของในชนบท ตัวอย่างอัตราการระเหยของหลายเมืองในอเมริกาเหนือระหว่างปี 1990 – 1995 ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มตามลักษณะกายภาพด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยกลุ่มแรกคือพื้นที่ศูนย์กลางเมือง กลุ่มที่สองพื้นที่อุตสาหกรรมเบา และกลุ่มสุดท้ายเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่มีความสูงในระดับหนึ่งถึงสองชั้นและแวดล้อมด้วยต้นไม้ การบันทึกข้อมูลทำในช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูร้อน ยกเว้นพื้นที่กลุ่มแรกที่ทำการบินข้อมูลในช่วงฤดูแล้ง ผลการตรวจสอบพบว่า พื้นที่ศูนย์กลางเมืองและแหล่งอุตสาหกรรมเบาที่ไม่มีพื้นที่น้ำและไม่มีการรดน้ำต้นไม้มีอัตราการระเหยต่ำ ในขณะที่พื้นที่ที่มีอัตราการระเหยสูงที่สุดพบในพื้นที่ศูนย์กลางเมืองที่มีการรดน้ำต้นไม้อย่างต่อเนื่อง เมื่อประกอบกับอากาศที่ร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าพื้นที่อื่นจึงทำให้น้ำที่รดต้นไม้มีการระเหยอยู่ตลอดเวลา ส่วนพื้นที่ที่มีอัตราการระเหยต่ำสุดพบบริเวณชานเมืองที่ไม่มีการรดน้ำต้นไม้และมีสภาพพื้นผิวแห้งยาวนาน (Grimmond, 1999)

คุณสมบัติภายในของวัตถุพื้นผิวอีกประการหนึ่ง คือ ความสามารถในการสะท้อนพลังงานความร้อนของวัตถุ (albedo) ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของวัตถุ และเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งในการควบคุมพลังงานสะสมสุทธิในช่วงเวลากลางวัน กล่าวคือ วัตถุที่มีค่า albedo สูงมีความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยกว่าวัตถุที่มีค่า albedo ต่ำ (Taha, 1997) ซึ่งลักษณะพื้นฐานทั่วไปของวัตถุพื้นผิวของเมืองมีค่า albedo ต่ำกว่าจะมีสีดำหรือมืด ส่วนวัตถุที่มีสีสว่างจะมีค่า albedo สูง ดังตัวอย่างการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิจากพื้นผิวดินต่างๆ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นสามบริเวณ บริเวณที่หนึ่งใช้แป้งสีขาวโรยให้ทั่ว บริเวณที่สองใช้ผงคาร์บอนสีดำโรยให้ทั่ว และที่เหลือคงสภาพสนามหญ้าดั้งเดิม (Oke, 1987) ผลปรากฏว่า บริเวณที่เป็นสีขาวมีค่าอุณหภูมิค่าสุด ในขณะที่บริเวณที่โรยผงสีดำมีค่าอุณหภูมิสูงสุด (รูป 2-7)



รูปที่ 2-7 แสดงค่าอุณหภูมิของวัตถุที่มีสีต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การใช้ที่ดิน

ในขณะที่ปัจจัยด้านรูปทรงของเมือง และวัตถุปกคลุมดิน มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิในพื้นที่ขนาดเล็ก โดยการควบคุมความสมดุลพลังงานในแต่ละบริเวณ ปัจจัยเรื่องการใช้ที่ดินเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของพื้นที่แต่ละจะมีบริเวณที่ใหญ่กว่าสองปัจจัยแรก เป็นปัจจัยที่มีการแลกเปลี่ยนอากาศของพื้นที่ระดับกลาง ระหว่างโซนการใช้ที่ดินเป็นต้นไป การใช้ที่ดินที่แตกต่างกันก่อให้เกิดแหล่งพลังงานความร้อนที่นอกเหนือจากพลังงานแสงอาทิตย์ และมลภาวะในเวลาเดียวกัน และเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ความเข้มข้นของภาวะเกาะความร้อนเพิ่มมากขึ้น การใช้ที่ดินที่เพิ่มพลังงานความร้อนในเมืองส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ที่ดินจำพวกการคมนาคม และสถานีกำเนิดไฟฟ้า (Santamouris, 2001)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

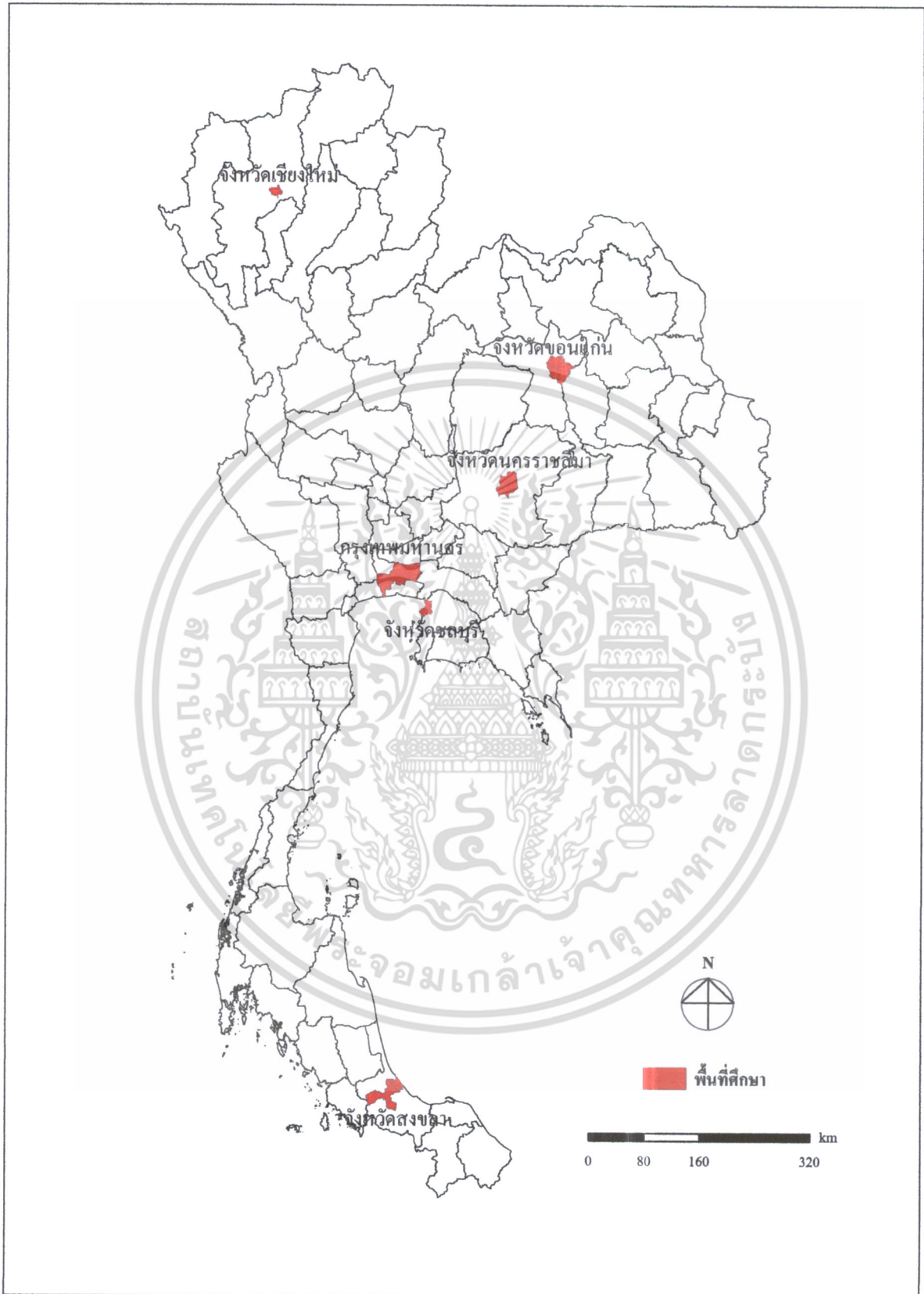
สภาวะเกาะความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในทุกพื้นที่ที่มีความแตกต่างของวัตถุปกคลุมดิน โดยทั่วไปแยกพื้นที่คลุมดินออกกว้างๆ เป็นสองกลุ่ม คือ พื้นที่เมือง และพื้นที่ชนบท โดยพื้นที่เมืองจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่ชนบทอยู่เสมอ ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุปกคลุมพื้นผิวของเมืองมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนในช่วงกลางวันได้ดีและปล่อยคืนสู่บรรยากาศในช่วงเวลากลางคืน ได้ช้ากว่าวัตถุปกคลุมพื้นผิวของพื้นที่ชนบท อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับชนบท ก็มีความแตกต่างกันของแต่ละเมือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของเมืองนั้นๆ เช่น หากเมืองใดมีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างสูงและขาดแคลนต้นไม้ อุณหภูมิของเมืองก็จะมี ความแตกต่างกับชนบทมาก ดังนั้นสภาวะเกาะความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละเมืองจึงมีลักษณะที่แตกต่างกัน และจำเป็นต้องมีการสำรวจระดับความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของแต่ละเมืองเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านสภาพภูมิอากาศและเป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาเมืองที่ส่งเสริมคุณภาพอากาศที่ดีของเมืองนั้นต่อไป

ในการศึกษานี้เป็นการสำรวจสภาพความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในพื้นที่เมืองหลักของประเทศไทย ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา หาดใหญ่-สงขลา และชลบุรี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจากสถานีตรวจวัดอากาศร่วมกับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษาได้นำเสนอในหัวข้อ 3.1 ส่วนรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานำเสนอในหัวข้อ 3.2 ในหัวข้อ 3.3 เป็นการนำเสนอวิธีการศึกษารูปแบบและความเข้มข้นของเกาะความร้อนของแต่ละเมือง และหัวข้อสุดท้าย (3.4) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสิ่งปกคลุมดิน

3.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่เป้าหมายในการศึกษาสภาวะเกาะความร้อนในการศึกษานี้ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลักของประเทศไทย ดังนี้ เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี และสงขลา (หาดใหญ่) ดังแสดงในรูปที่ 3-1 โดยมีรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1 พื้นที่ศึกษารุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 พื้นที่กรุงเทพมหานคร

1) ลักษณะทางกายภาพ

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในบริเวณภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย บริเวณละติจูดที่ 13.45 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.28 องศาตะวันออก โดยเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,568.7 ตารางกิโลเมตร และมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.5-2 เมตร โดยมีความลาดเอียงของระดับพื้นดินจากทิศเหนือ จะค่อยๆ ลาดเอียงสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ โดยเฉพาะลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1.50 เมตร ตั้งอยู่บนพื้นที่ซึ่งในทางภูมิศาสตร์เรียกว่าบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพา (Alluvium) โดยเป็นส่วนหนึ่งของที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย (The Lower General Plain of Thailand) เป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูกข้าวและพืชประเภทต่างๆ อุณหภูมิเฉลี่ยโดยทั่วไปอยู่ที่ 29.2 องศาเซลเซียส

อาณาเขตติดต่อกองกรุงเทพมหานคร ทิศเหนือติดกับจังหวัดนนทบุรีและจังหวัดปทุมธานี ทิศใต้ติดกับจังหวัดสมุทรปราการ ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา ทิศตะวันตกติดกับจังหวัดนครปฐม และจังหวัดสมุทรสาคร

การแบ่งเขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร จากเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นของกองควบคุมและจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2544 ได้จัดแบ่งเขตทั้ง 50 สำนักงานเขตของกรุงเทพฯ ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามที่ตั้งของพื้นที่ ประกอบด้วย

- เขตชั้นใน ประกอบด้วย 21 เขตปกครอง คือ พระนคร ป้อมปราบศัตรูพ่าย สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน บางรัก ยานนาวา สาทร บางคอแหลม ดุสิต บางซื่อ พญาไท ราชเทวี ห้วยขวาง คลองเตย จตุจักร ธนบุรี คลองสาน บางกอกน้อย บางกอกใหญ่ ดินแดง วัฒนา
- เขตชั้นกลาง ประกอบด้วย 18 เขตปกครอง คือ พระโขนง ประเวศ บางเขน บางกะปิ ลาดพร้าว บึงกุ่ม บางพลัด ภาษีเจริญ จอมทอง ราษฎร์บูรณะ สวนหลวง บางนา ทุ่งครุ บางแค วังทองหลาง คันนายาว สะพานสูง สายไหม
- เขตชั้นนอก ประกอบด้วย 11 เขตปกครอง คือ มีนบุรี ดอนเมือง หนองจอก ลาดกระบัง คลองสามวา หนองแขม บางขุนเทียน หลักสี่ คลองสามวา บางบอน ทวีวัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรุงเทพมหานครเป็นที่ตั้งของเมืองหลวง กิจกรรมในชีวิตประจำวันและการใช้พื้นที่ที่ปกครอง โดยกรุงเทพมหานคร (Bangkok Metropolitan Administration: BMA) ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงการขยายอาณาเขตเป็นกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่รู้จักกันในภาษาอังกฤษที่ว่า 'Bangkok Metropolitan Region' (BMR) ซึ่งหมายถึง พื้นที่ปกครองกรุงเทพมหานครรวมกับ 5 เมืองใกล้เคียง ประกอบด้วย สมุทรปราการ สมุทรสาคร ปทุมธานี นนทบุรี และ นครปฐม นอกจากนี้การปรับโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 การแผ่ขยายของกรุงเทพมหานครไปทางเหนือติดอยุธยา ตะวันออกติด ฉะเชิงเทราและตามชายฝั่งจังหวัดระยอง ทำให้ขอบเขตของกรุงเทพมหานครกว้างขวางมาก โดยคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเรียกว่า 'Mega-urban Region' or 'Extended Bangkok Metropolitan Region' (EBMR)

2) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

กรุงเทพมหานครมีประชากรตามทะเบียนราษฎรในปีพ.ศ. 2552 รวมทั้งสิ้น 5,702,595 คน เป็นชาย 2,713,535 คน คิดเป็นร้อยละ 47.6 และเป็นหญิง 2,987,060 คน คิดเป็นร้อยละ 52.4 โครงสร้างอายุประชากรที่อยู่ในวัยทำงาน (15-59 ปี) มีจำนวน 3,846,880 คน หรือร้อยละ 67.46 ของประชากรทั้งจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 2,019,400 ครัวเรือน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 1,287 คนต่อตารางกิโลเมตร (ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ) ประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธมากที่สุด ร้อยละ 94.50 รองลงมาศาสนาอิสลาม มีสัดส่วนร้อยละ 4.34 และศาสนาคริสต์ ร้อยละ 1.02 สำหรับระดับการศึกษาของประชากรที่สำเร็จการศึกษาในระดับต่างๆ พบว่า ระดับประถมศึกษามี 2,055,800 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 34.76 ซึ่งมากที่สุด รองลงมาเป็นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 1,196,900 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20.24 ขณะที่ระดับปริญญาตรีและมัธยมศึกษาตอนต้น มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 15.53 และร้อยละ 15.09 ตามลำดับ

ลักษณะทางเศรษฐกิจ จากผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ปี 2552 เท่ากับ 2,352,108 ล้านบาท คิดเป็นรายได้เฉลี่ยต่อคน 342,605 บาท/ปี สาขาการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคการขายส่งและขายปลีกของใช้ในครัวเรือน การผลิตอุตสาหกรรม และการขนส่ง การคมนาคม ตามลำดับ จากการศึกษาสัดส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวมของกรุงเทพมหานคร ในสาขาการผลิตหลัก 3 สาขา ได้แก่ สาขาปฐมนุฏิมิ พุฒินุฏิมิ และ คติยุนุฏิมิ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ปรากฏว่ากรุงเทพมหานครมีผลิตภัณฑ์มวลรวมในสาขาคติยุนุฏิมิมากที่สุด (กลุ่มสาขาการผลิตที่ประกอบด้วยคมนาคมและการสื่อสาร, การค้าปลีก, การธนาคาร, ประกันภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอสังหาริมทรัพย์ ที่อยู่อาศัย บริหารราชการและการป้องกันประเทศ การบริการ) สาขารองลงมาคือ ทูติยภูมิ (กลุ่มสาขาการผลิตที่ประกอบด้วยอุตสาหกรรมก่อสร้าง และไฟฟ้า ประปา) สำหรับสาขาปฐมภูมิ (กลุ่มสาขาการผลิตที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ กสิกรรม ปศุสัตว์ ประมง เหมืองแร่ และขุดหิน มีสัดส่วนน้อยที่สุดไม่ถึงร้อยละ 1 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของกรุงเทพมหานคร

3.1.2 จังหวัดขอนแก่น

1) ลักษณะทางกายภาพ

จังหวัดขอนแก่น ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 445 กิโลเมตร อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15-17 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 101-103 องศาตะวันออก จังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่ 10,886 ตารางกิโลเมตร หรือ 6.8 ล้านไร่ พื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสูงทางทิศตะวันตกสูงมากเพราะมีแนวเขาภูกระดึง และเพชรบูรณ์ สำหรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะสูงต่ำ มีที่ราบลุ่มแถบลุ่มน้ำชีและน้ำพอง พื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางโดยเฉลี่ย 100 – 200 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยโดยทั่วไป 27-28 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 36 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส (http://kkn.brrd.in.th/km/index.php?option=com_content&view=article&id=45)

อาณาเขตติดต่อของจังหวัดขอนแก่นทางด้านทิศเหนือติดกับจังหวัดอุดรธานี จังหวัดเลยและจังหวัดหนองบัวลำภู ทางทิศใต้ติดกับจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดบุรีรัมย์ ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดกาฬสินธุ์ และจังหวัดมหาสารคาม และทิศตะวันตกติดกับจังหวัดชัยภูมิและจังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดขอนแก่นแบ่งการปกครองออกเป็น 26 อำเภอ 198 ตำบล 2,307 หมู่บ้าน 280 ชุมชน

2) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ประชากรตามทะเบียนราษฎรของจังหวัดขอนแก่นปี พ.ศ. 2552 รวมทั้งสิ้น 1,762,242 คน เป็นชาย 873,735 คน หรือร้อยละ 49.6 เป็นหญิง 888,507 คน หรือร้อยละ 50.4 โครงสร้างอายุประชากรที่อยู่ในวัยทำงาน (15-59 ปี) มีจำนวน 1,205,080 คน หรือร้อยละ 68.38 ของประชากรทั้งจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 528,300 ครัวเรือน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 162 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

ประชาชนส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ มีสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนา 1,312 แห่ง ประกอบด้วย วัด 1,261 แห่ง โบสถ์คริสต์ 45 แห่ง และมัสยิด 6 แห่ง นอกจากนี้ยังมีศูนย์อบรมเด็กก่อนเกณฑ์ ในวัด 103 แห่ง โรงเรียนพระปริยัติธรรมแผนกธรรม - บาลี 165 แห่ง และมหาวิทยาลัยสงฆ์ 2 แห่ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำนักงานพระพุทธศาสนาจังหวัดขอนแก่น, 2553) โรงเรียนทุกสังกัดที่เปิดสอนการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 1,111 แห่ง จำนวนนักเรียน 247,982 คน จำนวนครู 12,089 คน จำนวนห้องเรียน 13,405 ห้อง (ที่มา : สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่นเขต 1-5 ปี 2552) สถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา 7 แห่ง เป็นของรัฐ 4 แห่ง เอกชน 3 แห่ง

ลักษณะทางเศรษฐกิจ พบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ปี 2552 จำนวน 143,184 ล้านบาท รายได้เฉลี่ยต่อคน 76,055 บาท/ปี อยู่ในอันดับที่ 1 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาขาการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคการผลิตอุตสาหกรรม การขายส่งและขายปลีกของใช้ในครัวเรือน และการเกษตร ตามลำดับ การเกษตรเป็นอาชีพหลักของประชาชนในจังหวัด ประมาณร้อยละ 75 ของประชากรทั้งจังหวัดประกอบอาชีพเกษตรกรรม พืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้หลักให้แก่เกษตรกร ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย โรงงาน ฯลฯ ด้าน ปศุสัตว์ มีการเลี้ยงโค-กระบือหนาแน่นจังหวัดหนึ่งในภาคอีสาน และมีการเลี้ยงสุกร ไก่เนื้อ และไก่ไข่ และการทำประมง

3.1.3 จังหวัดชลบุรี

1) ลักษณะทางกายภาพ

จังหวัดชลบุรีตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย หรือริมฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย ประมาณเส้นรุ้งที่ 12 องศา 30 ลิปดา-13 องศา 43 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศา 45 ลิปดา-101 องศา 45 ลิปดาตะวันออก ระยะทางจากกรุงเทพมหานครตามเส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 (ถนนสายบางนา-ตราด) รวมระยะทางประมาณ 81 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีเส้นทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 หรือ Motorway (กรุงเทพฯ-ชลบุรี) ระยะทาง 79 กิโลเมตร มีพื้นที่ 4,363 ตารางกิโลเมตร (2,726,875 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ประเทศไทย สภาพภูมิประเทศมีภูเขาทอดผ่านเป็นแนวยาวจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสลับเนินเขาและที่ราบชายฝั่งทะเลบริเวณตอนเหนือเป็นที่ราบเหมาะแก่การทำเกษตรกรรม ทิศตะวันออกและทิศใต้เดิมเป็นป่าเขามีสภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่มดอนซึ่งปัจจุบันได้เปลี่ยนสภาพจากป่าไม้มาเป็นพื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.76 องศาเซลเซียส (ข้อมูลปี พ.ศ. 2548)

อาณาเขตติดต่อของจังหวัดชลบุรีทางทิศเหนือติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา ทิศใต้ติดกับจังหวัดระยอง ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดระยอง ทิศตะวันตกติดกับชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งเขตการปกครองของจังหวัดชลบุรีแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 11 อำเภอ 92 ตำบล 687 หมู่บ้าน การปกครองส่วนท้องถิ่นประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนจังหวัด เทศบาลนคร 1 แห่ง เทศบาลเมือง 8 แห่ง เทศบาลตำบล 30 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล 58 แห่ง และมีรูปแบบการปกครองพิเศษ 1 แห่ง คือ เมืองพัทยา แยกจากการปกครองของอำเภอบางละมุง เนื่องจากเป็นเมืองท่องเที่ยวระดับนานาชาติ ซึ่งมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

2) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ประชากรจังหวัดชลบุรีปีพ.ศ. 2552 มีประชากรตามทะเบียนราษฎรรวมทั้งสิ้น 1,289,590 คน เป็นชาย 632,356 คน หรือร้อยละ 49.0 เป็นหญิง 657,234 คน หรือร้อยละ 51.0 โครงสร้างอายุประชากรที่อยู่ในวัยทำงาน (15-59 ปี) มีจำนวน 871,957 คน หรือร้อยละ 67.62 ของประชากรทั้งจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 376,900 ครัวเรือน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 296 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

ประชาชนในปัจจุบันนับถือศาสนาพุทธมากถึงร้อยละ 97 ส่วนที่เหลือนับถือศาสนาคริสต์ อิสลาม และอื่นๆ สถาบันการศึกษามีตั้งแต่วัยอนุบาลไปจนถึงอุดมศึกษา ข้อมูลในปี พ.ศ. 2548 มีสถาบันการศึกษาในระบบโรงเรียน 166 แห่ง และมีครู-อาจารย์ ทั้งหมด 5,129 คน สอนนักเรียนทั้งหมด 99,768 คน และมีการศึกษานอกระบบโรงเรียนของกรมการศึกษานอกโรงเรียน 11 แห่ง สำหรับระดับอาชีวศึกษา มีวิทยาลัยเทคนิค วิทยาลัยสารพัดช่าง วิทยาลัยเกษตรกรรมชลบุรี วิทยาลัยอาชีวศึกษา วิทยาลัยพลศึกษา และวิทยาลัยเอกชนหลายแห่ง สอนทั้งระดับ ปวช. และปวส. ส่วนระดับอุดมศึกษา มีอยู่ 4 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางพระ มหาวิทยาลัยศรีปทุม และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตบางพระ

ลักษณะทางเศรษฐกิจของจังหวัดชลบุรีพบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ปี 2552 จำนวน 460,733 ล้านบาท รายได้เฉลี่ยต่อคน 385,366 บาท/ปี อยู่ในอันดับที่ 3 ของภาคตะวันออก สาขาการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคการผลิตอุตสาหกรรม การขนส่งและการคมนาคม และการไฟฟ้า ก๊าซ และการประปา ตามลำดับ ร้อยละ 48.53 ของพื้นที่จังหวัดเป็นพื้นที่การทำเกษตรพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่มีการเพาะปลูกกันมาก คือ พืชไร่/นา/ไม้ยืนต้น ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าว ยางพารา และสับปะรด และการทำอาชีพประมง แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การประมงทะเล การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และการประมงชายฝั่ง นอกจากนั้นการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของจังหวัด เนื่องจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่เป้าหมายโครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ปี 2551 มีโรงงานอุตสาหกรรมนอกนิคมอุตสาหกรรมจำนวนทั้งสิ้น 2,777 แห่ง และมีโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรม 5 นิคม จำนวน 646 แห่ง รวมมีโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ชลบุรี จำนวน 3,423 แห่ง และจากการสำรวจในปี 2550 มีรายได้จากการท่องเที่ยวคิดเป็นเงิน 61,698.46 ล้านบาท เนื่องจากมีสถานที่ท่องเที่ยวที่สวยงามเป็นจำนวนมาก โดยจำแนกสถานที่ท่องเที่ยวได้หลายประเภท ประกอบด้วย แหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ แหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ และแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม

3.1.4. จังหวัดเชียงใหม่

1) ลักษณะทางกายภาพ

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย เส้นรุ้งที่ 16 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 99 องศาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,027 ฟุต (310 เมตร) ส่วนกว้างจากทิศตะวันตกจรดทิศตะวันออกประมาณ 138 กิโลเมตร ส่วนยาวจากทิศเหนือจรดทิศใต้ประมาณ 320 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 750 กิโลเมตร โดยทางรถไฟ และรถยนต์ประมาณ 720 กิโลเมตรตามแนวทางหลวงแผ่นดินสายเหนือ มีพื้นที่กว้างใหญ่เป็นอันดับที่ 1 ของภาคเหนือ และเป็นอันดับ 2 ของประเทศ รองจากจังหวัดนครราชสีมา โดยมีพื้นที่ 20,107 ตารางกิโลเมตร (12,566,911 ไร่) โดยทั่วไปมีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาและป่าละเมาะ มีที่ราบอยู่ตอนกลางตามสองฟากฝั่งแม่น้ำปิง สภาพพื้นที่แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือพื้นที่ภูเขา ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันตกของจังหวัด คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 80% ของพื้นที่จังหวัด เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร ไม่เหมาะต่อการเพาะปลูก พื้นที่ราบลุ่มน้ำและที่ราบเชิงเขากระจายอยู่ทั่วไประหว่างหุบเขาทอดค้วในแนวเหนือ-ใต้ อันได้แก่ ที่ราบลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำฝาง และลุ่มน้ำแม่จัด เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเกษตร อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 25 องศาเซลเซียส

อาณาเขตติดต่อของจังหวัดเชียงใหม่ด้านทิศเหนือติดกับรัฐฉานของสหภาพพม่า ทิศใต้ติดกับจังหวัดตาก ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน และทิศตะวันตกติดกับจังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 25 อำเภอ 204 ตำบล 2,066 หมู่บ้าน

2) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ปี พ.ศ. 2552 จังหวัดเชียงใหม่มีประชากรตามทะเบียนราษฎรรวมทั้งสิ้น 1,632,548 คน เป็นชาย 797,521 คน หรือร้อยละ 48.6 เป็นหญิง 835,027 คน หรือร้อยละ 51.4 โครงสร้างอายุประชากรที่อยู่ในวัยทำงาน (15-59 ปี) มีจำนวน 1,067,800 คน หรือร้อยละ 65.41 ของประชากรทั้งจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนเอ็กสาร์เป็นเอ็กสาร์ทสงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษานาน นี ไม่น่าจะเหมาะไปเขยื้อนด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสิ้น 536,300 ครัวเรือน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 81 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

ประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ นับถือศาสนาพุทธร้อยละ 91.80 ศาสนาคริสต์ร้อยละ 5.60 ศาสนาอิสลามร้อยละ 1.17 ศาสนาพราหมณ์-ฮินดูและลัทธิร้อยละ 0.02 และอื่น ๆ ร้อยละ 1.14 โดยมีสำนักสงฆ์ 471 แห่ง โบสถ์คริสต์ 356 แห่ง มัสยิด 13 แห่ง และโบสถ์พราหมณ์ 3 แห่ง จังหวัดเชียงใหม่รับรองระบบการศึกษาตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับอุดมศึกษา โดยมีสถานศึกษาทั้งสิ้น 1,146 แห่ง ประกอบด้วยสถาบันอุดมศึกษา 10 แห่ง อาชีวศึกษา 8 แห่ง โรงเรียนนานาชาติ 8 แห่ง สถาบันการศึกษาเอกชน 140 แห่ง สถาบันการศึกษาขั้นพื้นฐาน 893 แห่ง และอื่นๆ

ลักษณะทางเศรษฐกิจ พบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ปี 2552 จำนวน 132,098 ล้านบาท รายได้เฉลี่ยต่อคน 82,752 บาท/ปี อยู่ในอันดับที่ 3 ของภาคเหนือ สาขาการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคการเกษตร การขายส่งและขายปลีกของใช้ในครัวเรือน และการผลิตอุตสาหกรรม ตามลำดับ รายได้ส่วนใหญ่ของจังหวัดขึ้นอยู่กับสาขาพืชผล ปศุสัตว์ และป่าไม้ ซึ่งพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ ลำไย ข้าว ส้ม กระเทียม และมะม่วง ส่วนอุตสาหกรรมที่สำคัญ 4 ประเภทได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมขนส่ง และอุตสาหกรรมเครื่องคั้น นอกจากนี้จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีศักยภาพในการท่องเที่ยวในระดับประเทศ และระดับนานาชาติ มีแหล่งท่องเที่ยวที่หลากหลาย โดยเฉพาะแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมและธรรมชาติที่สวยงาม โดยในปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนนักท่องเที่ยว 5,590,326 คน มีรายได้จากการท่องเที่ยวจำนวน 39,785 ล้านบาท อยู่ในอันดับที่ 4 ของประเทศรองจากจังหวัดกรุงเทพมหานคร ภูเก็ต และชลบุรี

3.1.5 จังหวัดนครราชสีมา

1) ลักษณะทางกายภาพ

จังหวัดนครราชสีมา ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บนที่ราบสูงโคราช ละติจูด 15 องศาเหนือ ลองจิจูด 102 องศาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 187 เมตร ตัวจังหวัดอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยทางรถยนต์ 255 กิโลเมตร และโดยทางรถไฟ 264 กิโลเมตร มีพื้นที่ 20,493.964 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,808,728 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 12.12 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นและพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 บริเวณ คือบริเวณเทือกเขาและที่สูงทางตอนใต้ของจังหวัดบริเวณที่สูงทางตอนกลาง 27.4 องศาเซลเซียส

อาณาเขตติดต่อของจังหวัดนครราชสีมาทางทิศเหนือติดกับจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น ทิศใต้ติดกับจังหวัดนครนายก จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดสระแก้ว ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดบุรีรัมย์ และทิศตะวันตกติดกับจังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมาแบ่งปกครองแบ่งออกเป็น 32 อำเภอ 289 ตำบล 3743 หมู่บ้าน

2) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ปี พ.ศ. 2552 จังหวัดนครราชสีมามีประชากรรวมทั้งสิ้น 2,571,292 คน เป็นชาย 1,272,264 คน หรือร้อยละ 49.5 เป็นหญิง 1,299,028 คน หรือร้อยละ 50.5 โครงสร้างอายุประชากรที่อยู่ในวัยทำงาน (15-59 ปี) มีจำนวน 1,729,990 คน หรือร้อยละ 67.28 ของประชากรทั้งจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 789,100 ครัวเรือน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 125 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

จังหวัดนครราชสีมา มีพุทธศาสนิกชน 2,530,031 คน วัดพระอารามหลวง 5 แห่ง วัดที่มีวิสุคามสีมา 935 แห่ง สำนักสงฆ์ 870 แห่ง ที่พักสงฆ์ 798 แห่ง วัดร้าง 72 แห่ง พระภิกษุ 13,872 รูป สามเณร 1,935 รูป (บรรยายสรุปจังหวัดนครราชสีมา, 2553) สถาบันการศึกษาตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับอุดมศึกษา มีทั้งสิ้น 418 แห่ง ประกอบด้วย สถาบันการศึกษาขั้นพื้นฐาน 346 แห่ง สถาบันการศึกษาเอกชน 71 แห่ง และอื่นๆ และมีจำนวนนักเรียน 132,280 คน เป็นนักเรียนชาย 66,655 คน และนักเรียนหญิง 65,625 คน (ข้อมูลสถิติจังหวัดนครราชสีมา, 2553)

ลักษณะทางเศรษฐกิจพบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ปี 2552 จำนวน 162,974 ล้านบาท รายได้เฉลี่ยต่อคน 58,095 บาท/ปี อยู่ในอันดับที่ 2 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองจากจังหวัดขอนแก่น สาขาการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคการเกษตร การผลิตอุตสาหกรรม และการขายส่งและขายปลีกของใช้ในครัวเรือน ตามลำดับ

นักลงทุนทั้งในประเทศไทยและต่างชาติต่างให้ความสำคัญกับจังหวัดนครราชสีมา จึงได้ตั้งฉายาให้กับเมืองนี้ว่าเป็น "มหานครแห่งอีสาน" เป็นเสมือนเมืองหลวงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะเป็นศูนย์กลางทางด้านต่าง ๆ ของภูมิภาค ได้แก่ การปกครอง การศึกษา การคมนาคมขนส่ง การอุตสาหกรรม

การเงินการธนาคาร การพาณิชย์ การสื่อสาร ฯลฯ การเกษตรส่วนใหญ่เป็นการทำนาทำไร่ มีพืชสำคัญ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ข้าวเจ้า ข้าวโพด มันสำปะหลัง ปอ ฝ้าย และข้าวฟ่าง ด้านการอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงาน ที่เกี่ยวกับผลผลิตทางการเกษตร เช่น โรงสีข้าว โรงทำมันเส้น มันอัดเม็ด ทำน้ำตาล ทอกระสอบ ทอผ้า ไหม ทำแป้งมันสำปะหลัง ฟาร์มไก่ ฟาร์มหมู ฯลฯ

3.1.6 จังหวัดสงขลา

1) ลักษณะทางกายภาพ

จังหวัดสงขลาตั้งอยู่ฝั่งตะวันออกของภาคใต้ ระหว่างละติจูดที่ $6^{\circ}17'$ - $7^{\circ}56'$ เหนือ ลองจิจูดที่ $100^{\circ}01'$ - $101^{\circ}06'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 4 เมตร อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครตาม เส้นทางรถไฟ 947 กิโลเมตร และทางหลวงแผ่นดิน 950 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 7,393.889 ตาราง กิโลเมตร หรือประมาณ 4,621,181 ไร่ มีขนาดใหญ่เป็นอันดับที่ 27 ของประเทศ และใหญ่เป็นอันดับที่ 3 ของภาคใต้ รองจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดนครศรีธรรมราช สภาพพื้นที่ทางตอนเหนือเป็น คาบสมุทรแคบและยาวยื่นลงมาทางใต้เรียกว่า คาบสมุทรสทิงพระ กับส่วนที่เป็นแผ่นดินรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้าทางตอนใต้ แผ่นดินทั้งสองส่วนเชื่อมต่อกัน โดยสะพานติณสูลานนท์ พื้นที่ทางทิศเหนือ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม ทิศตะวันออกเป็นที่ราบริมทะเล ทิศใต้และทิศตะวันตกเป็นภูเขาและที่ราบสูง ซึ่ง เป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำลำธารที่สำคัญ อุณหภูมิเฉลี่ยโดยทั่วไป 28.5 องศาเซลเซียส

อาณาเขตติดต่อกับจังหวัดสงขลาทางทิศเหนือติดกับจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดพัทลุง ทิศใต้ติดกับ จังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี รัฐเคดาห์ และรัฐเปอร์ลิส ประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันออกติด กับอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดกับจังหวัดพัทลุง และจังหวัดสตูล จังหวัดสงขลาแบ่งปกครองแบ่งออกเป็น 16 อำเภอ 124 ตำบล 1,022 หมู่บ้าน

2) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ปี พ.ศ. 2552 จังหวัดสงขลา มีประชากรตามทะเบียนราษฎรรวมทั้งสิ้น 1,343,954 คน เป็นชาย 656,113 คน หรือร้อยละ 48.8 เป็นหญิง 687,841 คน หรือร้อยละ 51.2 โครงสร้างอายุประชากรที่อยู่ในวัยทำงาน (15-59 ปี) มีจำนวน 871,153 คน หรือร้อยละ 64.82 ของประชากรทั้งจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 413,100 ครัวเรือน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 182 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

ประชากรจังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 64.03 รองลงมาคือ ศาสนา อิสลาม ร้อยละ 32.84 และศาสนาคริสต์ ร้อยละ 2.37 นอกนั้นนับถือศาสนาอื่นๆ อีกร้อยละ 0.76 (สำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดสงขลา, 2553) ในปีพ.ศ. 2549 จังหวัดสงขลา มีนักเรียน (อนุบาล – อาชีวศึกษา) จำนวน 289,827 คน สังกัดการศึกษาของรัฐ 194,000 คน สังกัดเอกชน 95,827 คน โรงเรียนทั้งหมด 668 โรง ครู 14,191 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้ มีมหาวิทยาลัยจำนวน 5 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และมหาวิทยาลัยหาดใหญ่ (เอกชน) (ที่ทำการปกครองจังหวัดสงขลา, 2553)

ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ปี 2552 จำนวน 163,054 ล้านบาท รายได้เฉลี่ยต่อคน 112,716 บาท/ปี อยู่ในอันดับที่ 5 ของภาคใต้ สาขาการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในภาคการผลิตอุตสาหกรรม การเกษตร และการขายส่งและขายปลีกของใช้ในครัวเรือน ตามลำดับ สงขลาเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมภาคใต้ โรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลาส่วนใหญ่จะเป็น โรงงานที่ต่อเนื่องจากการเกษตรที่ผลิตเพื่อการส่งออก ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง อาหารทะเลแช่แข็งและห้องเย็น อุตสาหกรรมจากยางพาราทั้งจากน้ำยางพารา และ ไม้ยางพารา พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ยางพารา นาข้าว และไม้ผล ตามลำดับจังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ติดต่อกับชายฝั่งทะเล 2 ด้านด้านตะวันออกติดต่อกับอ่าวไทย และด้านตะวันตกติดต่อกับทะเลสาบสงขลา ทำให้อาชีพการประมงเป็นอาชีพที่สำคัญและสร้างรายได้ให้กับจังหวัดสงขลาเป็นอย่างมาก

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

เนื่องจากรูปแบบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเวลาและพื้นที่ ดังนั้นข้อมูลที่เป็นสำหรับการสำรวจและวิเคราะห์สภาวะเกาะความร้อนในการศึกษานี้ประกอบด้วย ข้อมูลจากสองแหล่งคือ ข้อมูลอุณหภูมิที่บันทึกจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินซึ่งสามารถอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเกาะความร้อนในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของความร้อนตลอดพื้นที่เมือง ณ จุดเวลาเดียวกัน

3.2.1 ข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัด

ข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศในการศึกษานี้ได้มาจาก 2 แหล่ง คือกรมควบคุมมลพิษ จัดเก็บข้อมูลรายชั่วโมง และกรมอุตุนิยมวิทยาจัดเก็บข้อมูลรายสามชั่วโมง ช่วงปีพ.ศ. 2548-2552 ในพื้นที่ศึกษา 6 เมือง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ขอนแก่น ชลบุรี เชียงใหม่ นครราชสีมา และสงขลา (หาดใหญ่) โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

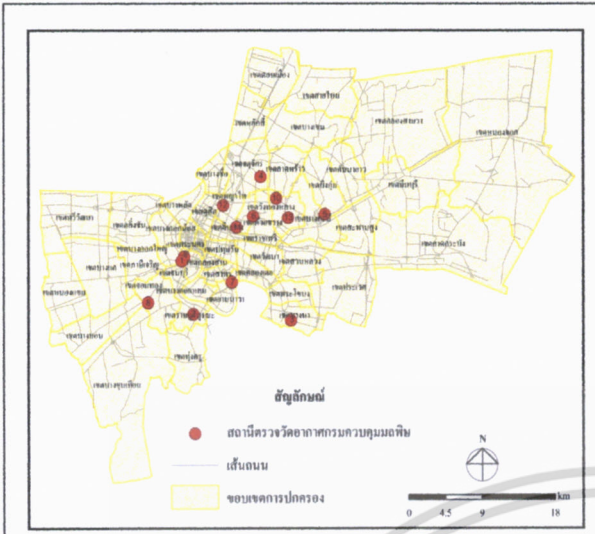
สถานีตรวจอากาศทั้งหมด 25 สถานีตรวจวัด (ดังแสดงในรูปที่ 3-2 แสดงที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และตารางที่ 3-1 แสดงพิกัดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ)

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดสถานีตรวจวัดอากาศ

พื้นที่ศึกษา	ตำแหน่งสถานี	พิกัดสถานี (UTM)		แหล่งที่มาข้อมูล
		X	Y	
กรุงเทพมหานคร	1. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	661709	1518237	กรมควบคุมมลพิษ
	2. ไพรชนีย์ราษฎร์บูรณะ	662839	1511558	กรมควบคุมมลพิษ
	3. กรมอุตุนิยมวิทยาบางนา	674863	1510847	กรมควบคุมมลพิษ
	4. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	671144	1527662	กรมควบคุมมลพิษ
	5. การเคหะชุมชนคลองจั่น	679033	1523209	กรมควบคุมมลพิษ
	6. สนามกีฬาเคหะชุมชนห้วยขวาง	670231	1522975	กรมควบคุมมลพิษ
	7. โรงเรียนนนทรีวิทยา	667586	1515293	กรมควบคุมมลพิษ
	8. โรงเรียนสิงหราช	657268	1512892	กรมควบคุมมลพิษ
	9. การไฟฟ้าอ้อยธนบุรี	661402	1517744	กรมควบคุมมลพิษ
	10. สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย	673087	1525102	กรมควบคุมมลพิษ
	11. การเคหะชุมชนดินแดง	668164	1521701	กรมควบคุมมลพิษ
	12. กรมประชาสัมพันธ์	666523	1524294	กรมควบคุมมลพิษ
	13. โรงเรียนบดินทรเดชา	674551	1522837	กรมควบคุมมลพิษ
ขอนแก่น	1. บ้านพักปลัดอำเภอเมืองขอนแก่น	269586	1818307	กรมควบคุมมลพิษ
	2. ท่าพระ สกย.	263539	1807092	กรมอุตุนิยมวิทยา
ชลบุรี	1. สนามกีฬาเทศบาลแหลมฉบัง	709461	1446601	กรมควบคุมมลพิษ
	2. ศูนย์เยาวชนเทศบาลศรีราชา	708931	1457135	กรมควบคุมมลพิษ
	3. สำนักงานสามัญศึกษาชลบุรี	714930	1477877	กรมควบคุมมลพิษ
เชียงใหม่	1. ศาลากลางเชียงใหม่	497147	2082873	กรมควบคุมมลพิษ
	2. โรงเรียนยุพราช	499288	2077408	กรมควบคุมมลพิษ
	3. แม่โจ้ สกย.	500000	2091607	กรมอุตุนิยมวิทยา
นครราชสีมา	1. บ้านพักทหารมณฑลทหารบกที่ 21	187273	1656965	กรมควบคุมมลพิษ
	2. โชคชัย	195102	1629149	กรมอุตุนิยมวิทยา
สงขลา	1. เทศบาลนครหาดใหญ่	662889	774078	กรมควบคุมมลพิษ
	2. คอหงษ์ สกย.	665695	774013	กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

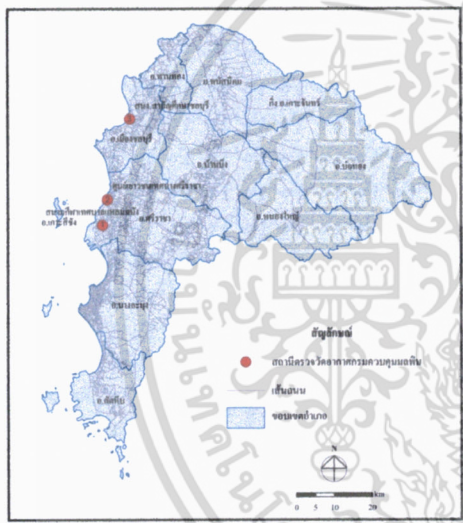
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กรุงเทพมหานคร



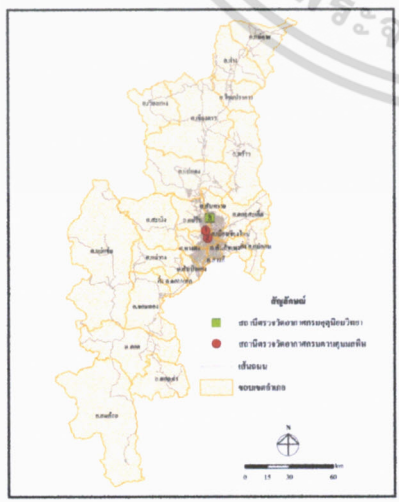
นครราชสีมา



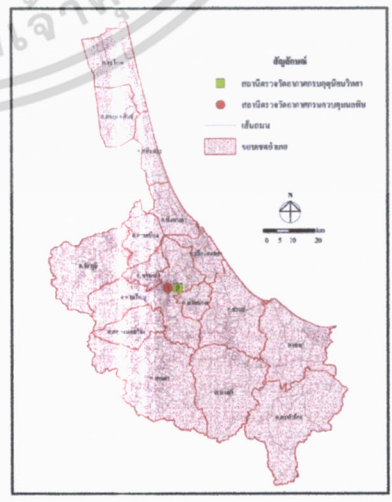
ชลบุรี



ขอนแก่น



เชียงใหม่



สงขลา (หาดใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 3-2 แสดงที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศพื้นที่ศึกษา** ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ข้อมูลอุณหภูมิจากภาพถ่ายดาวเทียม

ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนพื้นผิวโลก ที่ถูกตรวจจับได้โดยอุปกรณ์ตรวจจับพลังงานที่ติดตั้งบนดาวเทียม (Sensors) การนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้โดยทั่วไปจำเป็นต้องมีการปรับแก้ไขข้อมูลใน 3 เรื่องหลัก คือ

1) การปรับแก้ไขเชิงแสง (Radiometric Correction) เป็นความคลาดเคลื่อนของพลังงานที่บันทึกได้อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของตัวอุปกรณ์เอง ซึ่งศูนย์ควบคุมดาวเทียมแต่ละดวงต้องเป็นผู้ตรวจสอบก่อนการเผยแพร่ข้อมูลไปสู่ผู้ใช้

2) การปรับแก้ไขเชิงแสงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของชั้นบรรยากาศที่พลังงานเดินทางผ่านก่อนสัมผัสเครื่องตรวจรับ (Atmospheric Correction)

3) การปรับแก้ไขความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิต (Geometric Correction)

ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Aster-A2B03 สำหรับเป็นแหล่งข้อมูลอุณหภูมิที่ให้รายละเอียดในเชิงพื้นที่ของเมืองหลักต่างๆ ที่ศึกษา ซึ่งภาพถ่าย Aster-A2B03 เป็นภาพถ่ายระดับ L1A ที่ผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลค่าสะท้อนความร้อนจากพื้นผิวเป็นอุณหภูมิพื้นผิวเรียบร้อยแล้ว (Surface Kinetic Temperature Product) แต่จัดเก็บในรูปแบบของ Digital Number (DN) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพ 90x90 เมตร โดยได้ข้อมูลมาจากหน่วยงาน Earth Remote Sensing Data Analysis Center หรือ ERSDAC จากการสำรวจข้อมูลภาพถ่ายที่มีคุณภาพ(ไม่มีเมฆปกคลุม) เหนือพื้นที่เมืองหลักแต่ละเมืองเพื่อใช้ในการศึกษานี้ พบว่ามีภาพถ่ายดาวเทียมที่มีคุณสมบัติและถูกเลือกใช้ในการศึกษานี้ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Aster ที่ใช้ในการศึกษา

พื้นที่ศึกษา	บันทึกเมื่อ
กรุงเทพมหานคร	วันที่ 13 ธันวาคม 2552
ขอนแก่น	วันที่ 9 มกราคม 2548
ชลบุรี	วันที่ 15 มกราคม 2550
เชียงใหม่	วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552
นครราชสีมา	วันที่ 14 ธันวาคม 2549
สงขลา	วันที่ 25 มกราคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปสู่การวิเคราะห์จำเป็นต้องมีกระบวนการก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล (Pre-image processing) ซึ่งประกอบด้วย การปรับแก้เชิงแสง และการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม

ขั้นตอนการปรับแก้เชิงแสงของพลังงานสะท้อน (Radiometric correction) การปรับแก้เชิงแสงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของชั้นบรรยากาศที่พลังงานเดินทางผ่านก่อนสัมผัสเครื่องตรวจจับ (Atmospheric Correction) พลังงานที่ตรวจจับได้ ณ เครื่องตรวจจับ เป็นผลรวมของพลังงานทั้งที่สะท้อนจากบรรยากาศและพื้นผิวที่อยู่โดยรอบพื้นที่เป้าหมาย หมายความว่า พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านบรรยากาศกระทบกับพื้นผิวโลกก่อนที่จะสะท้อนผ่านบรรยากาศไปตกกระทบเครื่องตรวจจับ การเดินทางของพลังงานที่สัมผัสกับบรรยากาศ ก่อให้เกิดการกระจายตัว การสะท้อน หรือการดูดซับพลังงาน โดยอนุภาคในอากาศ และพื้นผิวโลก ดังนั้นพลังงานที่ตรวจจับได้ ณ เครื่องตรวจจับอาจจะมีค่าสูง หรือต่ำกว่าที่ค่าพลังงานของวัตถุเป้าหมายควรจะเป็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานะของบรรยากาศในขณะที่พลังงานเดินทางผ่าน

การปรับแก้เชิงแสงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของบรรยากาศมีวิธีการดำเนินการอยู่ 2 วิธีการ คือ การปรับแก้โดยยึดข้อมูลสภาพอากาศที่ตรงกับช่วงเวลาการบันทึกข้อมูลของดาวเทียมเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Physically-based correction) และการปรับแก้โดยยึดข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Image-based correction) วิธีการแรกให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากที่สุด แต่มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้ระยะเวลาในการดำเนินการนาน ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลภูมิอากาศในขณะที่ดาวเทียมทำการบันทึกข้อมูลวิธีการที่สองจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้วิธีการการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน โดยยึดข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจเฉพาะช่วงคลื่นสั้นบริเวณช่วงคลื่นที่ตามองเห็นเท่านั้น ในขณะที่ช่วงคลื่นที่ยาวกว่านั้นพบว่าอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่มากกว่า การไม่ปรับแก้ข้อมูล (Moran et al., 1992) นอกจากนั้นในช่วงคลื่นความร้อน พบว่าในสถานะที่ท้องฟ้าโปร่งผลกระทบที่เกิดจากการดูดซับพลังงานของอนุภาคในบรรยากาศจะถูกชดเชยจากพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคข้างเคียง ดังนั้นจึงอาจไม่จำเป็นต้องทำการปรับแก้เชิงแสงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของบรรยากาศในกรณีที่ภาพถ่ายดาวเทียมถูกบันทึกในสถานะอากาศที่ท้องฟ้าโปร่ง (สภาพท้องฟ้าที่มีทัศนวิสัยที่มองเห็นได้ไกลและมีไอน้ำในบรรยากาศต่ำ) (Sugita and Brutsaert, 1993) ใน

การศึกษานี้ได้เลือกให้ภาพถ่ายในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ และไม่มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบข้อมูลกับภาพที่บันทึกต่างเวลาประกอบกับไม่มีข้อมูลสภาพอากาศในเวลาทีภาพถ่ายดาวเทียมบันทึกภาพ

ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลที่ไม่มีการปรับแก้เชิงแสงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล Aster-A2B03 ได้ผ่านกระบวนการ Radiometric correction จากหน่วยงานเจ้าของข้อมูล แล้ว และจัดเก็บในรูปแบบของ Digital Number (DN) ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูล Digital Number (DN) ให้เป็นหน่วยของอุณหภูมิก่อนการนำไปกระบวนการวิเคราะห์ โดยใช้สูตร

$$\text{value} = \text{DN} * \text{scaling factor} \quad : \quad \text{โดยที่ scaling factor} = 0.1$$

และเมื่อแปลงข้อมูลดังกล่าวแล้วจะได้ภาพถ่ายที่มีค่าอุณหภูมิหน่วยเคลวิน (K°) ซึ่งทำการแปลงเป็นค่าอุณหภูมิหน่วยองศาเซลเซียส (C°) โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$C^{\circ} = K^{\circ} - 273.15$$

ขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม (Geometric correction) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (Geometric Correction) ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตโดยใช้วิธีแผนที่สู่ภาพ (Map to Image) โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุดที่ L7018 และการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจเช็คความถูกต้องของพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยกำหนดค่าพิกัดให้อยู่ในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47 โดยใช้สมการในการแปลงที่อยู่ในรูปของสมการ โพลีโนเมียลดีกรีที่ 1 ควบคุมความผิดพลาดเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ที่ไม่เกิน 1/2 จุดภาพ และใช้วิธีสุ่มซ้ำ (Resampling) แบบ Nearest neighbor โดยกำหนดจุดภาพใหม่เท่ากับความละเอียดของภาพเดิม ซึ่งในการศึกษานี้ได้ตั้งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของภาพโดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จำนวน 20 จุด และจุดตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (Check point) จำนวน 12 จุด จากตารางที่ 3-3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ Aster ณ จุดควบคุม และจุดตรวจสอบของกรุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลัก พบว่า จุดควบคุมกรณีกรุงเทพมหานคร มีค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตเฉลี่ยเท่ากับ 0.156 และจากจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.167 ในกรณีของพื้นที่เมืองขอนแก่น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยด้านเรขาคณิตของภาพ (RMSE) สำหรับจุดควบคุมเท่ากับ 0.147 และสำหรับจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.163 สำหรับพื้นที่เมืองชลบุรี พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.160 และของจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.170 ในกรณีของพื้นที่เมืองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชียงใหม่ ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.178 และจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.132 สำหรับพื้นที่เมืองนครราชสีมามีค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.152 และของจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.151 และพื้นที่เมืองสงขลา-หาดใหญ่พบค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.154 และของจุดควบคุมเท่ากับ 0.145 (รายละเอียดเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3-3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ Aster ๓ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบของกรุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลัก

พื้นที่ศึกษา	ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ย	
	จุดควบคุม	จุดตรวจสอบ
กรุงเทพมหานคร	0.156	0.167
ขอนแก่น	0.147	0.163
ชลบุรี	0.160	0.170
เชียงใหม่	0.178	0.132
นครราชสีมา	0.152	0.151
สงขลา	0.154	0.145

3.2.3 ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ จัดเก็บภาพโดย The United States Geological Survey หรือ USGS มีความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพ 30x30 เมตร จากการคัดเลือกข้อมูลที่มีคุณภาพเพียงพอ (ไม่มีเมฆปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษา) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิในแต่ละเมืองหลักแสดงดังตารางที่ 3-4 ตารางที่ 3-4 รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ ที่ใช้ในการศึกษา

พื้นที่	Path/Row	บันทึกเมื่อ
กรุงเทพมหานคร	129/50	วันที่ 9 มกราคม 2551
ขอนแก่น	128/49	วันที่ 9 มกราคม 2548
ชลบุรี	129/51	วันที่ 9 มกราคม 2551
เชียงใหม่	131/47	วันที่ 28 มกราคม 2553
นครราชสีมา	128/50	วันที่ 15 มกราคม 2550
สงขลา	128/55	วันที่ 25 มกราคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแก้เชิงแสง (Radiometric correction) เนื่องจากข้อมูล Landsat 1T ผ่านกระบวนการการปรับแก้เชิงแสง (Radiometric Correction) โดยศูนย์ควบคุมภาคพื้นดินของดาวเทียม Landsat ก่อนเผยแพร่สู่ผู้ใช้ข้อมูลแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับแก้เชิงแสง ใดๆก็ตามการใช้ข้อมูล Landsat ระดับ 1T จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้กลับมาเป็นหน่วยของพลังงาน (Radiance Unit) ก่อนการนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งการแปลงข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้ (NASA, มปป.)

$$L_{\lambda} = \left(\frac{(LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda})}{(QCALMAX - QCALMIN)} \right) \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

เมื่อ:

L_{λ}	คือ ค่าพลังงานที่ตรวจรับ ณ อุปกรณ์ตรวจรับ มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
QCAL	คือ ค่าพลังงานที่ตรวจรับได้ในแต่ละจุดภาพ (pixel)
$LMIN_{\lambda}$	คือ ค่าต่ำสุดของพลังงานที่อุปกรณ์สามารถตรวจรับได้ในแต่ละช่วงคลื่น มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
$LMAX_{\lambda}$	คือ ค่าสูงสุดของพลังงานที่อุปกรณ์สามารถตรวจรับได้ในแต่ละช่วงคลื่น มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
QCALMIN	คือ ค่าต่ำสุดของข้อมูลในหนึ่งจุดภาพ
QCALMAX	คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลในหนึ่งจุดภาพ

หลังจากได้ข้อมูลซึ่งอยู่ในหน่วยของพลังงานรังสี (Radiance unit) จำเป็นต้องแปลงให้เป็นพลังงานในรูปของค่าสะท้อนของพื้นที่ผิวโลก ณ เครื่องตรวจรับ (at-satellite reflectance values; ρ_p) ซึ่ง Markham และ Barker (1986) ได้นำเสนอวิธีการคำนวณไว้ดังนี้

$$\rho_p = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos \theta_s}$$

เมื่อ:

L_{λ}	คือ ค่า พลังงานรังสี (mW cm ⁻² ster ⁻¹ μm ⁻¹)
d	คือ ระยะทางจากดวงอาทิตย์ถึงโลก ในหน่วยทางดาราศาสตร์: ซึ่งสามารถคำนวณได้โดย:

$$d = 1.00014 - 0.01371 \cos G - 0.00014 \cos 2G; G = 357^{\circ}.528 + 0^{\circ}.9856003n; \text{ และ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$n = -4749.5 + \text{ลำดับของวันในหนึ่งปี} + \text{เศษเวลาในหนึ่งวัน}$$

ESUN คือ ค่าเฉลี่ยของรังสีที่ตกกระทบของดวงอาทิตย์ ($\text{mW cm}^{-2} \text{ ster}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$) (แสดงไว้ใน Header file ของทุกภาพ)

θ_s คือ มุมของรังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นโลก (แสดงไว้ใน Header file ของทุกภาพ)

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม (Geometric correction) เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตโดยใช้วิธีแผนที่สู่ภาพ (Map to Image) โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุดที่ L7018 และการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยกำหนดค่าพิกัดให้อยู่ในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47 โดยใช้สมการในการแปลงที่อยู่ในรูปของสมการ โพลีโนเมียลดีกรีที่ 1 ควบคุมความผิดพลาดเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ที่ไม่เกิน 1/2 จุดภาพ และใช้วิธีสุ่มซ้ำ (Resampling) แบบ Nearest neighbor โดยกำหนดจุดภาพใหม่เท่ากับความละเอียดของภาพเดิม ซึ่งในการศึกษานี้ได้ตั้งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของภาพโดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จำนวน 20 จุด และจุดตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (Check point) จำนวน 12 จุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ (Root Mean Square Error: RMSE) กรุงเทพมหานครและ 5 เมืองหลัก แสดงในตารางที่ 3-5 โดยพบว่าจุดควบคุมกรณี กรุงเทพมหานครเท่ากับ 0.207 และจากจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.192 ในกรณีของพื้นที่เมืองขอนแก่น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยด้านเรขาคณิตของภาพ (RMSE) จุดควบคุมเท่ากับ 0.213 และสำหรับจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.213 สำหรับพื้นที่เมืองชลบุรี พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.202 และของจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.327 ในกรณีของพื้นที่เมืองเชียงใหม่ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.201 และจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.197 สำหรับพื้นที่เมืองนครราชสีมา ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.220 และของจุดตรวจสอบเท่ากับ 0.187 และพื้นที่เมืองสงขลา-หาดใหญ่พบค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของจุดควบคุมเท่ากับ 0.225 และของจุดควบคุมเท่ากับ 0.226 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

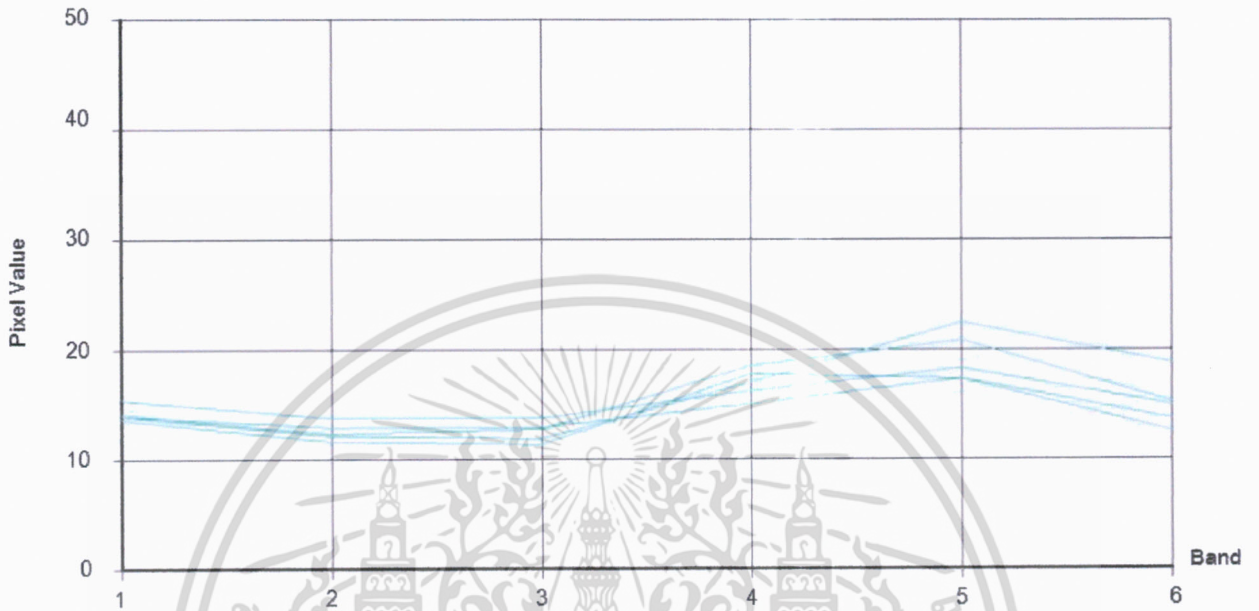
ตารางที่ 3-5 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ Aster ๓ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบ
ของกรุงเทพมหานคร และ 5 เมืองหลัก

พื้นที่ศึกษา	ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ย	
	จุดควบคุม	จุดตรวจสอบ
กรุงเทพมหานคร	0.207	0.192
ขอนแก่น	0.213	0.213
ชลบุรี	0.202	0.327
เชียงใหม่	0.197	0.201
นครราชสีมา	0.220	0.187
สงขลา	0.225	0.266

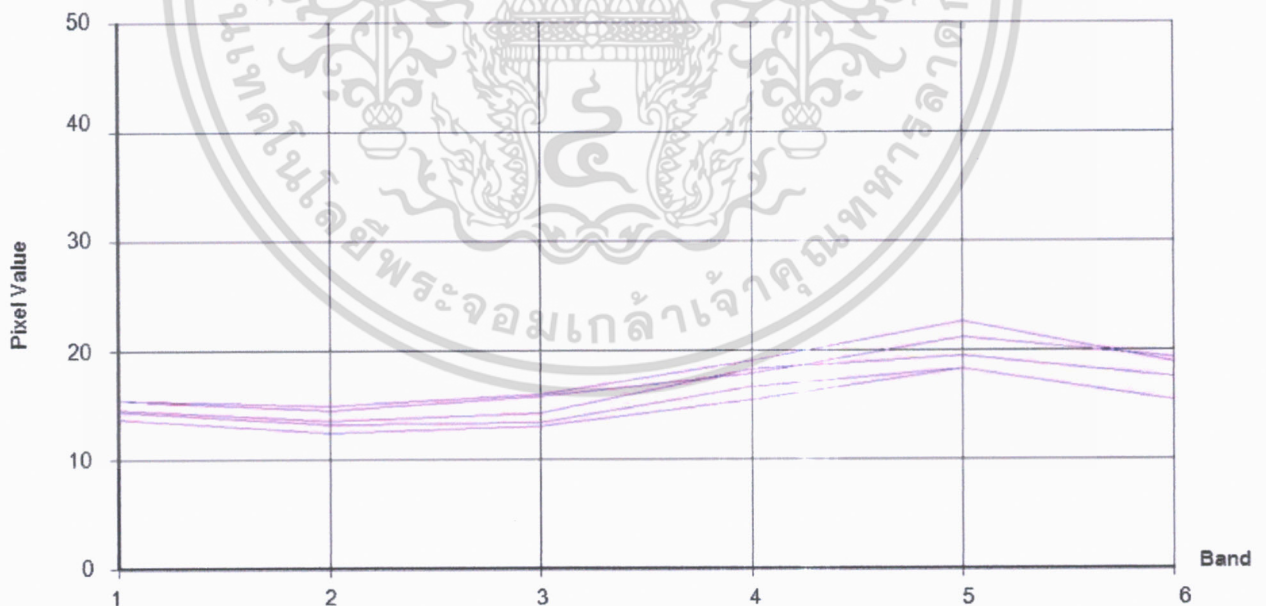
หลังจากที่ทำการปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ เจริญเรขาคณิตแล้ว จึงทำการจำแนก
ลักษณะสิ่งปกคลุมดิน ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervise classification) โดยนำข้อมูลที่ได้
ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตแล้ว รวมทั้งได้ปรับลดค่าพลังงานที่ได้รับอิทธิพลจากบรรยากาศ
และพลังงานที่สะท้อนจากจุดภาพอื่นออกให้เป็นค่าเฉพาะของแต่ละจุดภาพ มาจำแนกสิ่งปกคลุมดิน จาก
ข้อมูลแผนที่ฐานเปรียบเทียบกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง และการสำรวจภาคสนาม ทำให้
สามารถกำหนดประเภทของสิ่งปกคลุมดินในแต่ละจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม

จากการพิจารณารูปแบบค่ารังสีสะท้อน (Spectral Signatures) ในแต่ละช่วงคลื่นของสิ่งปกคลุม
ดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 7
ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่กลุ่มอาคาร 2) ถนน 3) พื้นที่ป่าไม้ 4) แหล่งน้ำ 5) พื้นที่ชุ่มน้ำ 6) พื้นที่โล่ง และ
7) พื้นที่เกษตรกรรม (ดังตัวอย่างของค่ารังสีสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินที่แสดงในรูปภาพที่ 3-3 ถึง 3-9)
อย่างไรก็ตามการกระจายตัวของพลังงานรังสีสะท้อนในแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน เช่น พื้นที่เมือง
ประกอบด้วยกลุ่มอาคารและถนน เป็นสิ่งปกคลุมดินที่มีรังสีสะท้อนกระจายตัวสูงในช่วงคลื่นที่ 5 (รูปที่
3-3) ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้มีการกระจายตัวของรังสีสะท้อนสูงในช่วงคลื่นที่ 4 (รูปที่ 3-4) สำหรับพื้นที่
เกษตรกรรมมีค่ารังสีสะท้อนที่กว้างอยู่ในช่วงคลื่นที่ 3 ถึง ช่วงคลื่นที่ 5 โดยมีรังสีสะท้อนสูงสุดในช่วง
คลื่นที่ 4 (รูปที่ 3-5) พื้นน้ำมีค่ารังสีสะท้อนได้ดีในช่วงคลื่นที่ 1 และต่ำที่สุดในช่วงคลื่นที่ 6 (รูปที่ 3-6)
และพื้นที่โล่ง มีการกระจายตัวรังสีสะท้อนสูงในช่วงคลื่นที่ 5 จากลักษณะของรังสีสะท้อนของสิ่งปก
คลุมดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้ จึงกำหนดประเภทสิ่งปกคลุมดินเพื่อใช้จำแนก
เอกลักษณะเป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่การเกษตรเชิงพื้นที่นั้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทสิ่งปกคลุมดินในภาพถ่ายดาวเทียมออกเป็นทั้งหมด 5 ประเภท ประกอบด้วย 1) พื้นที่เมือง 2) พื้นที่ป่าไม้ 3) พื้นที่เกษตรกรรม 4) พื้นน้ำ และ 5) พื้นที่โล่ง

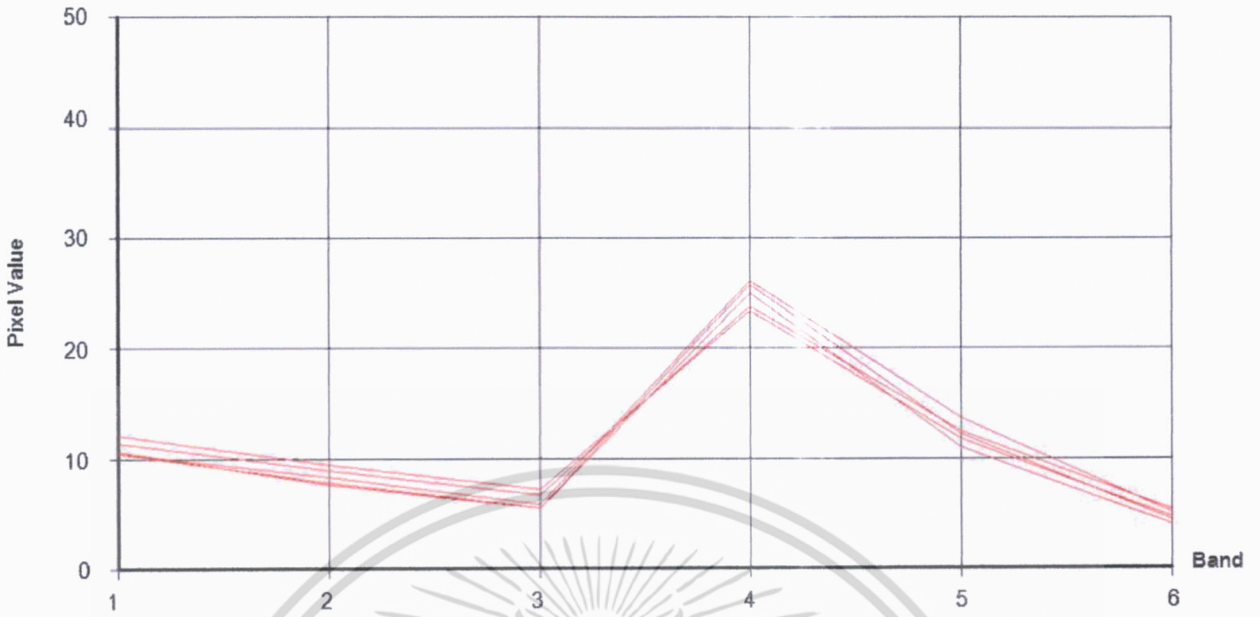


รูปที่ 3-3 คำรังสีการสะท้อนของกลุ่มอาคาร

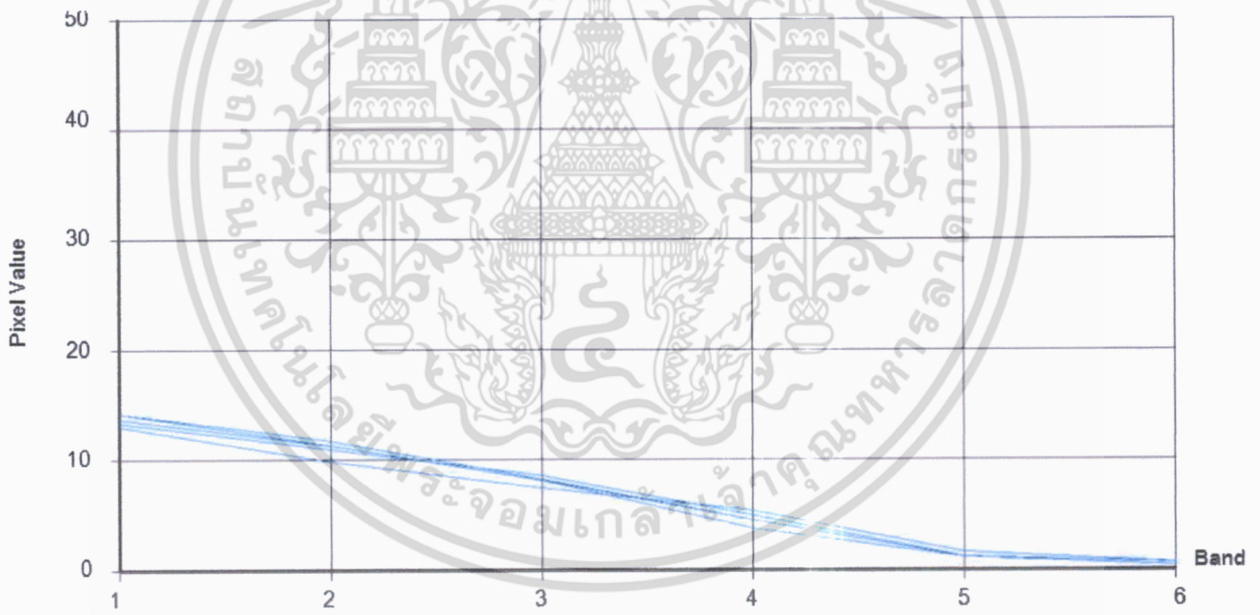


รูปที่ 3-4 คำรังสีการสะท้อนของถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

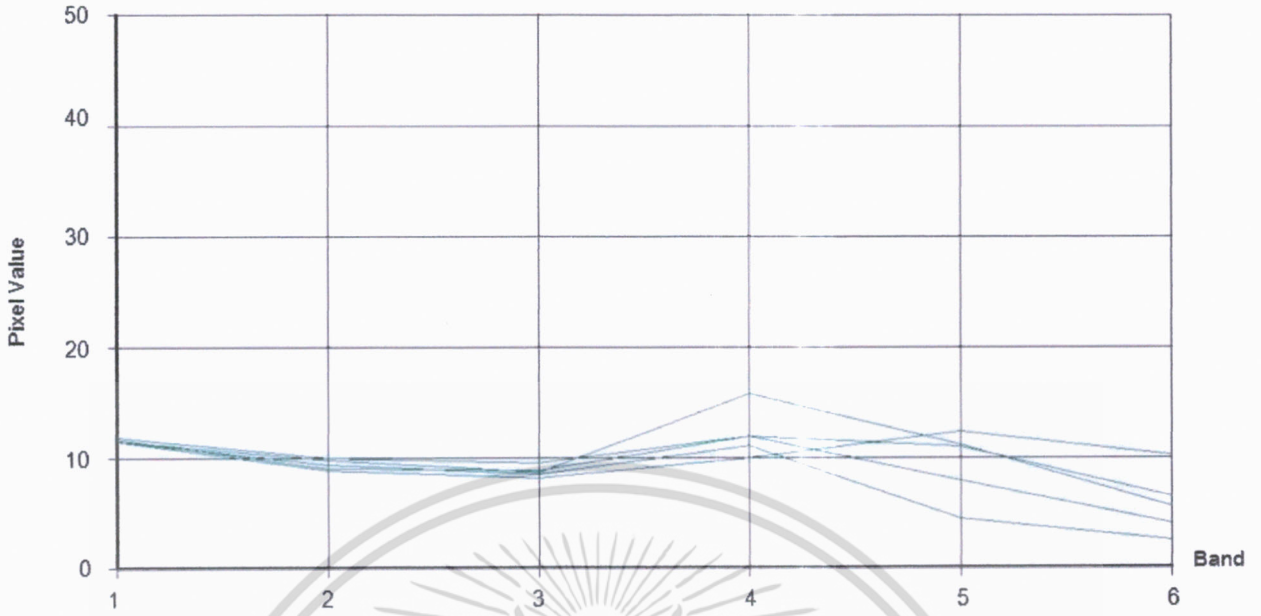


รูปที่ 3-5 คำรังสีการสะท้อนของป่าไม้

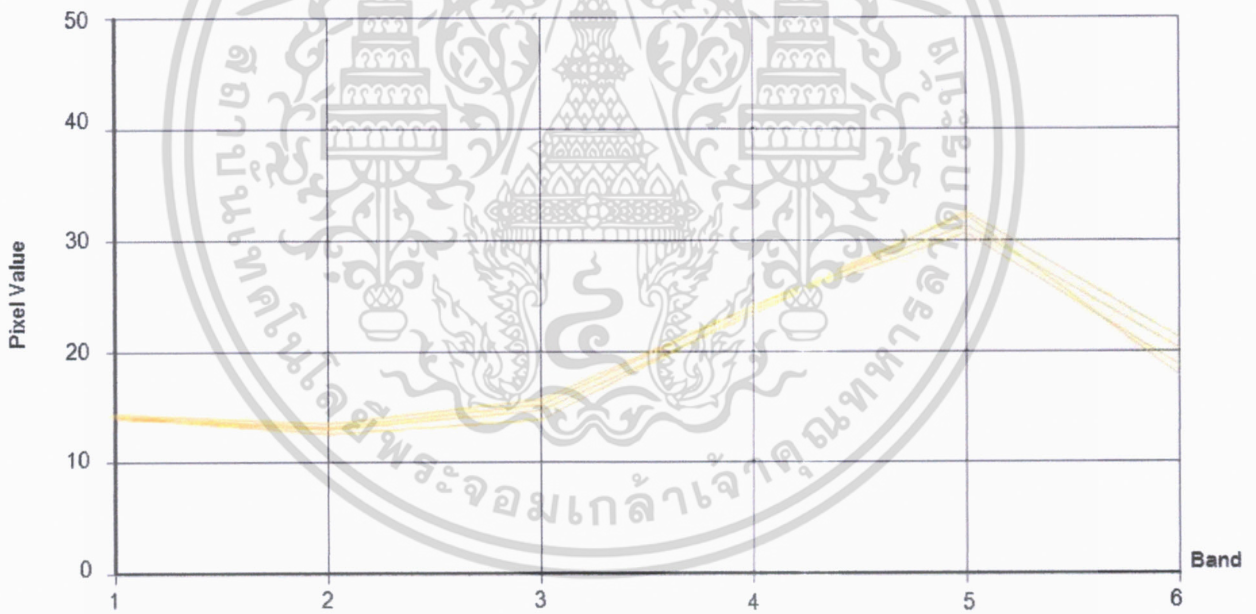


รูปที่ 3-6 คำรังสีการสะท้อนของแหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

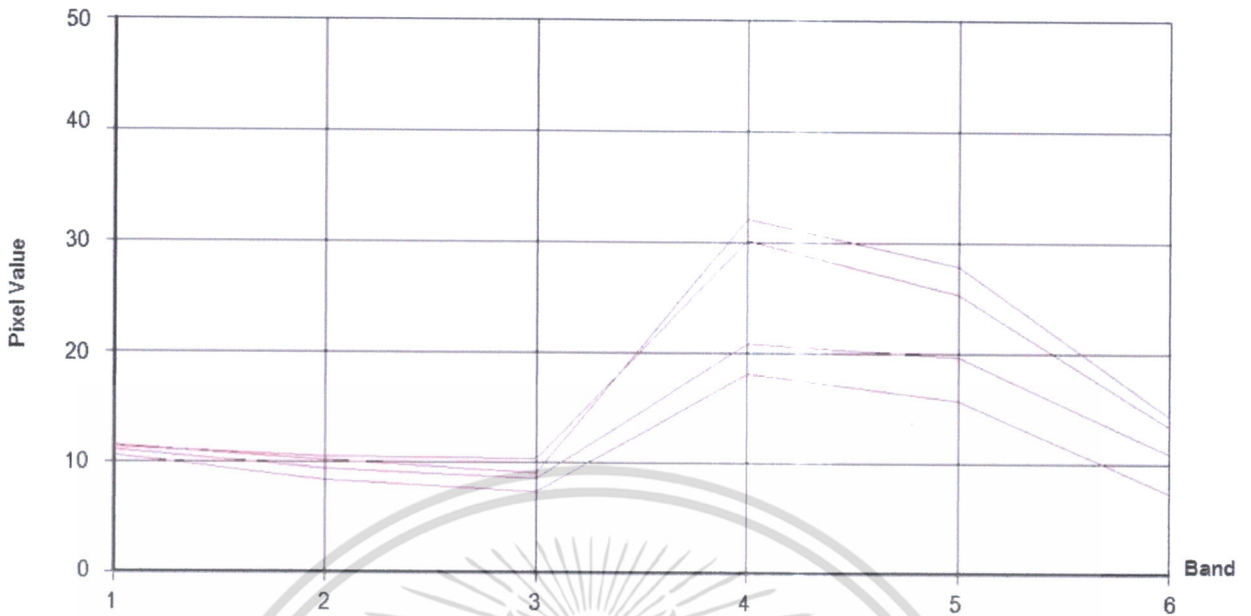


รูปที่ 3-7 ค่ารังสีการสะท้อนของพื้นที่ชุ่มน้ำ



รูปที่ 3-8 ค่ารังสีการสะท้อนของพื้นที่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 ค่ารังสีการสะท้อนของพื้นที่เกษตรกรรม

3.3 วิธีการศึกษารูปแบบและความเข้มข้นของเกาะความร้อน

เมืองหลักของประเทศไทยในแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกันในสภาพแวดล้อมทางกายภาพและภูมิอากาศซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน ในขณะที่เกาะความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสำรวจเพื่อสร้างความเข้าใจสถานการณ์เกาะความร้อนในเมืองต่างๆ และนำไปสู่การเตรียมการหรือปรับปรุงแก้ไขให้คุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองดีขึ้น ในการศึกษาวิจัยนี้จึงได้ทำการทดสอบเพื่อหาคำตอบในกรณีต่างๆ ดังนี้

3.3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองหลัก

ความรู้สึกทั่วไปอาจจะเข้าใจว่าเมืองที่อยู่ทางตอนเหนือของประเทศจะมีอากาศเย็นกว่าเมืองที่อยู่ทางใต้ แต่ข้อเท็จจริงเป็นไปอย่างที่เข้าใจหรือไม่นั้นยังไม่มีการศึกษาที่แน่ชัด ดังนั้นก่อนที่จะพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบทของเมืองหลัก จึงควรเข้าใจความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองหลักต่างๆ ที่กระจายในทุกภูมิภาคของประเทศ

ค่าสถิติ F-test จึงถูกนำมาใช้ในการทดสอบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันระหว่างกลุ่มเมืองหลักต่างๆ ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าอย่างน้อยสองเมืองหลักที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันแตกต่างกัน โดยแยกการพิจารณาออกเป็นกรณีการพิจารณาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตามฤดูกาล และทำการทดสอบต่อเนื่อง ด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยค่าสถิติ LSD เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแต่ละคู่ โดยข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ได้จากการบันทึกข้อมูลรายชั่วโมงในช่วง 2548-2552 ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่อยู่ในพื้นที่เมืองของ 6 เมืองหลัก ได้แก่ ข้อมูลจากสถานีดินแดงใช้สำหรับการวิเคราะห์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ส่วนเมืองเชียงใหม่ใช้ข้อมูลจากสถานีโรงเรียนยุพราช เมืองขอนแก่นใช้ข้อมูลจากสถานีบ้านพักปลัดอำเภอเมืองขอนแก่น เมืองนครราชสีมาใช้ข้อมูลจากสถานีบ้านพักทหารมณฑลทหารบกที่ 21 เมืองชลบุรีใช้ข้อมูลจากสถานีสำนักงานสามัญศึกษาชลบุรี เมืองสงขลา (หาดใหญ่) (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ 3.2.1)

3.3.2 การสำรวจสถานะเกาะความร้อนในแต่ละเมืองหลัก

สถานะเกาะความร้อนคือการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบท เป็นการพิจารณาความแตกต่างของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศที่อยู่ในพื้นที่เมืองกับสถานีตรวจวัดที่อยู่ในพื้นที่ชนบทรอบเมือง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บรายชั่วโมงในช่วง 2548-2552 ของสถานีตรวจวัดที่มีในแต่ละเมือง (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 3.2.1) ดังนี้

กรุงเทพมหานคร เปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีดินแดงกับสถานีบางนา เมืองเชียงใหม่ เปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีโรงเรียนยุพราชกับสถานีศาลากลางเมือง เมืองขอนแก่นเปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีบ้านพักปลัดอำเภอเมืองขอนแก่นกับสถานีท่าพระสภ. เมืองนครราชสีมาเปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีบ้านพักทหารมณฑลทหารบกที่ 21 กับสถานีโชคชัย เมืองชลบุรีเปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีสำนักงานสามัญศึกษาชลบุรีกับสถานีศูนย์เยาวชนเทศบาลศรีราชา และเมืองสงขลา (หาดใหญ่) เปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีเทศบาลนครหาดใหญ่กับสถานีคอหงษ์ สภ. โดยใช้ค่าสถิติ t-test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างสถานีเมืองกับสถานีในชนบท ภายใต้สมมุติฐานหลัก (H_0) ที่ว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีเมือง ไม่มีความแตกต่างจากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีชนบทรอบนอกเมือง โดยแยกการพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างสองสถานี

3.3.3 การสำรวจรูปแบบเชิงพื้นที่ของความร้อนในเมืองหลัก

ในอดีตรูปแบบการศึกษารูปแบบเชิงพื้นที่ของความร้อนที่เป็นไปได้มีเพียงสองวิธี คือ การศึกษาจากข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศ ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องความเพียงพอของสถานีตรวจวัดที่ครอบคลุมพื้นที่ที่มากพอจะเป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งเมืองได้ ดังนั้นจึงนำไปสู่วิธีการที่สอง คือการบันทึกข้อมูลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือตรวจวัดอากาศที่ติดอยู่กับรถยนต์แล้ววิ่งไปตามเส้นทางสายหลักๆ ของเมือง วิธีการนี้สามารถแสดงเส้นตัดขวางของลักษณะความร้อนของเมืองที่แตกต่างกันในแต่ละลักษณะการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันของเมือง อย่างไรก็ตามก็ยังไม่สามารถแก้ไขข้อจำกัดของวิธีการแรกได้ทั้งหมด และเมื่อข้อมูลความร้อนสามารถตรวจรับได้จากดาวเทียม ข้อจำกัดที่มีในสองวิธีการที่กล่าวในตอนต้นจึงไม่ใช่ปัญหาสำหรับการสำรวจรูปแบบเชิงพื้นที่ของความร้อนในเมืองอีกต่อไป

ในการศึกษานี้เป็นการสำรวจรูปแบบเกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย ได้อาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (ASTER) เป็นพื้นฐาน ซึ่งเป็นข้อมูลสถานะความร้อนในช่วงเวลาประมาณ 10.30 น ของทุกพื้นที่ ด้วยความละเอียดเชิงพื้นที่ 90 x 90 เมตร และข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลระดับ L1A ที่ผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลค่าสะท้อนความร้อนจากพื้นผิวเป็นอุณหภูมิพื้นผิวเรียบร้อยแล้ว (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 3.2.2) ดังนั้นจึงสามารถนำไปวิเคราะห์หารูปแบบความร้อนในเมืองได้ทันที โดยการสร้างเส้นชั้นความร้อนจากข้อมูลความร้อนในแต่ละจุดภาพของภาพถ่าย ASTER ซึ่งสามารถทำได้ในโปรแกรม ARC/Map จากเส้นชั้นความร้อนที่ได้ก็สามารถวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ของความร้อนในแต่ละพื้นที่ได้

3.3.4 การสำรวจความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลาในเมืองหลัก

ด้วยหลักการพื้นฐานที่กำหนดให้สภาวะความร้อนของพื้นที่ชนบทเป็นสภาวะปกติ ความเข้มข้นของเกาะความร้อน คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมืองที่สูงกว่าอุณหภูมิกับชนบทโดยรอบ ซึ่งนอกจากความเข้าใจถึงอิทธิพลของสภาพทางพื้นที่โดยรอบจุดตรวจวัดที่ทำให้อุณหภูมิของพื้นที่ทั้งสองมีความแตกต่างกันแล้ว ระดับความแตกต่างกันของอุณหภูมิในช่วง 24 ชั่วโมง เป็นประเด็นที่ในการศึกษานี้มุ่งทำความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละเมืองหลัก เนื่องจากความเข้มข้นของเกาะความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละชั่วโมงหมายถึงอิทธิพลของภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อผู้ที่อาศัยในเมือง เนื่องจากความผิดปกติของความร้อนในเมืองที่แตกต่างจากพื้นที่ชนบทรอบนอกเมืองนั้นๆ

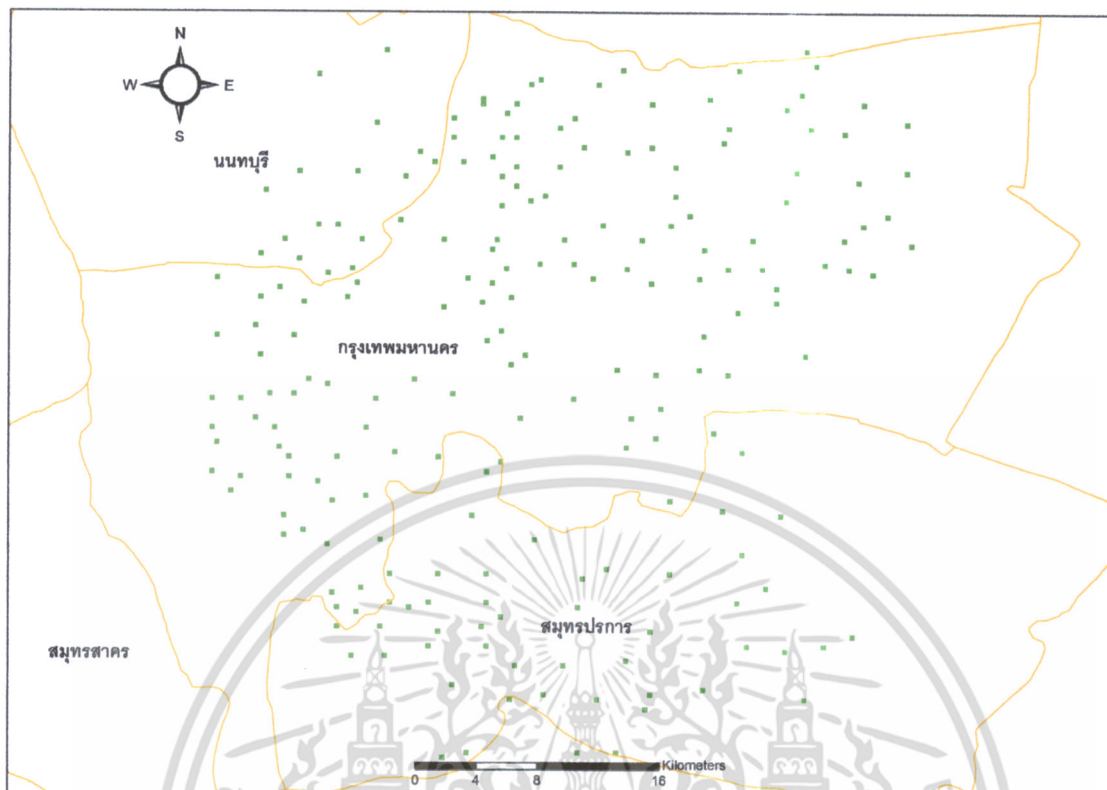
ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ที่ได้จากการบันทึกตลอดช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2552 จากสถานีตรวจวัดอากาศในแต่ละเมืองหลักดังที่ให้แสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.2.1 คือข้อมูลหลักที่ใช้สำหรับการแสดงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นเกาะความร้อนในช่วง 24 ชั่วโมง โดยการนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างเส้นกราฟ ก็จะสามารถเสนอลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของแต่ละเมืองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

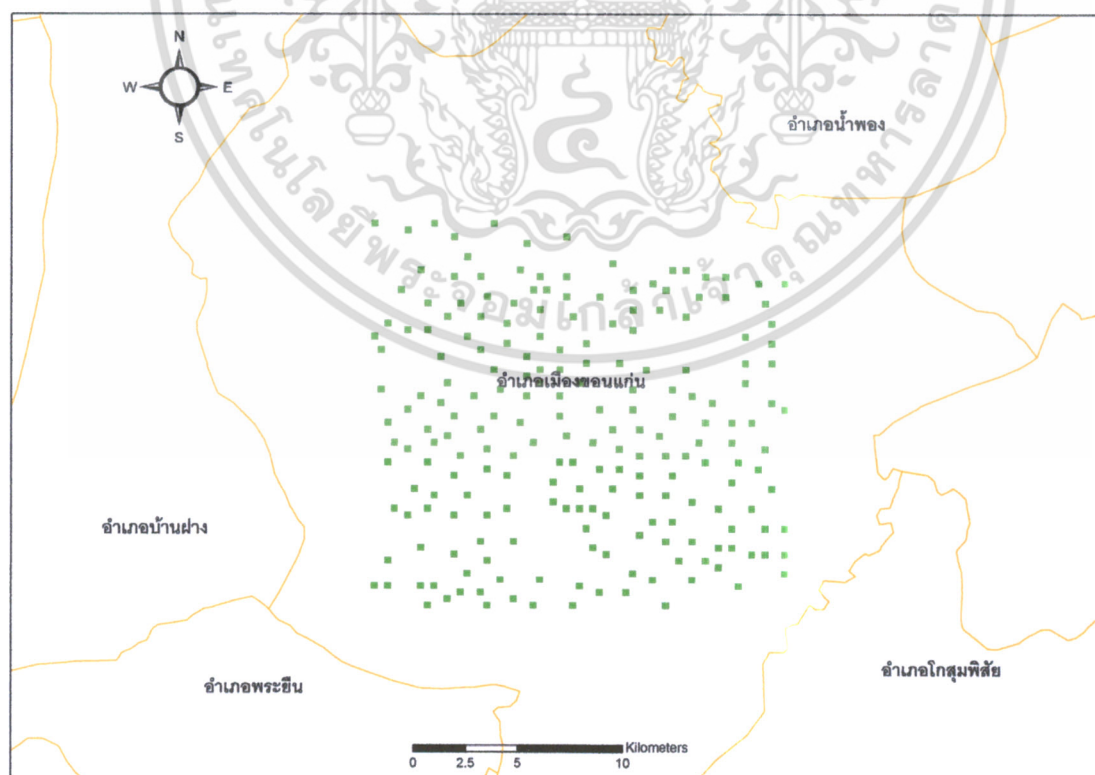
3.4 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสิ่งปกคลุมดิน

เพื่อทดสอบอิทธิพลของสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อความเข้มข้นเกาะความร้อนที่เกิดขึ้น ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7ETM+ ที่ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี และ สงขลา(ภาคใหญ่) ใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน ใน การศึกษานี้ได้แยกประเภทสิ่งปกคลุมดินสำหรับการหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิออกเป็น 5 ประเภท (ประกอบด้วย พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า พื้นน้ำ ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม) ซึ่งในที่สุดสามารถนำไปคำนวณ ค่าสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.3 ในขณะที่ข้อมูลอุณหภูมิของพื้นที่เมือง ดังกล่าวได้มาจากข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.2.2

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ จำเป็นต้องมีข้อมูลสัดส่วนสิ่ง ปกคลุมดินและค่าอุณหภูมิที่มาจากพื้นที่เดียวกัน ซึ่งในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม Arc/map ในการสร้าง ตารางกริดขึ้นครอบคลุมพื้นที่เมืองทั้งหมด โดยมีขนาดพื้นที่ 316 x 316 เมตร ซึ่ง Eliasson (1996) พบว่า พื้นที่ขนาดดังกล่าวสามารถสร้างลักษณะภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ขึ้นมาได้ ซึ่งนำไปสู่การแลกเปลี่ยนอากาศ กับพื้นที่ข้างเคียง กริดขนาดดังกล่าวจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นกรอบของพื้นที่ โดยการซ้อนทับตารางกริด ลงบนแผนที่สิ่งปกคลุมดินสำหรับนับจำนวนข้อมูลสัดส่วนพื้นที่ของสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทที่อยู่ ภายในกริด ซึ่งในหนึ่งกริดจะประกอบด้วยจุดภาพ (Pixel) ของสิ่งปกคลุมดินอยู่ 100 จุดภาพซึ่งเท่ากับ ร้อยเปอร์เซ็นต์ของสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินในแต่ละกริด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการคัดเลือกข้อมูลกริด โดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการสุ่มกริดจำนวนทั้งสิ้น 210 กริด และทำ เช่นเดียวกันกับข้อมูลอุณหภูมิ โดยวิธีการดังกล่าวจะทำให้ได้ค่าข้อมูลสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิ ที่อยู่ในแต่ละกริด ดังแสดงในรูปที่ 3-10 ถึงรูปที่ 3-15 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกนำไปหาความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test โดยทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนสิ่งปกคลุมดิน (ประกอบด้วย พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า พื้นน้ำ ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม) และอุณหภูมิ ทีละคู่ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดมี ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

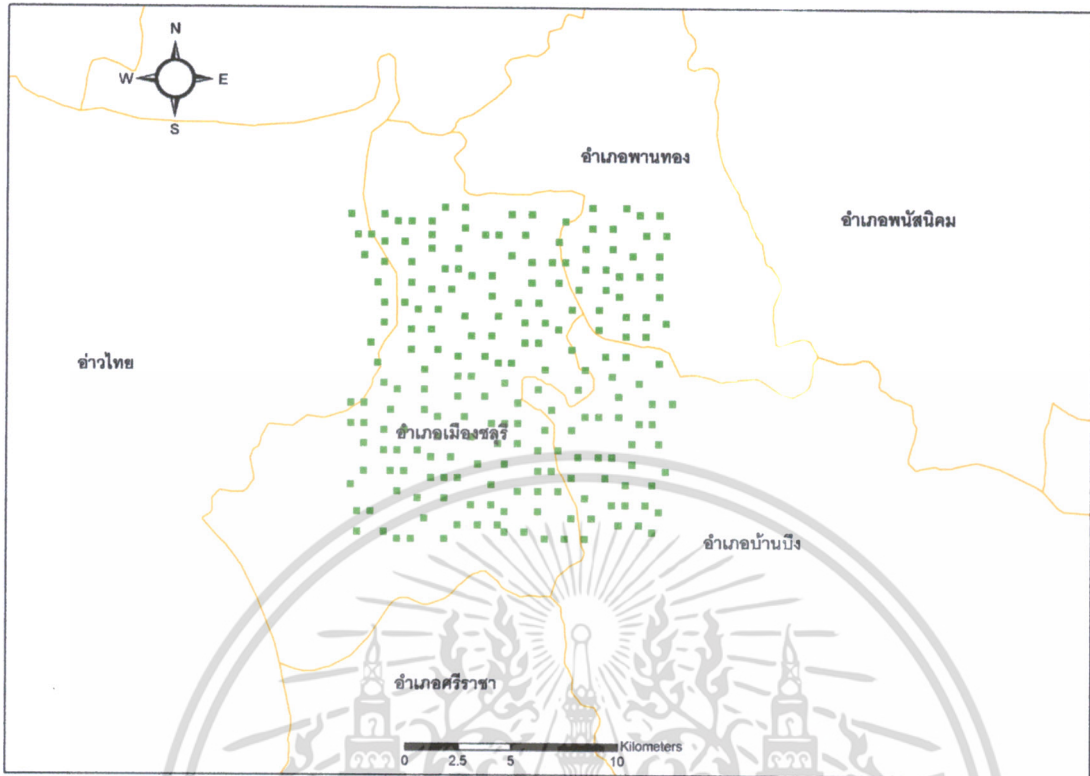


รูปที่ 3-10 กริดที่สุ่มในกรุงเทพมหานคร

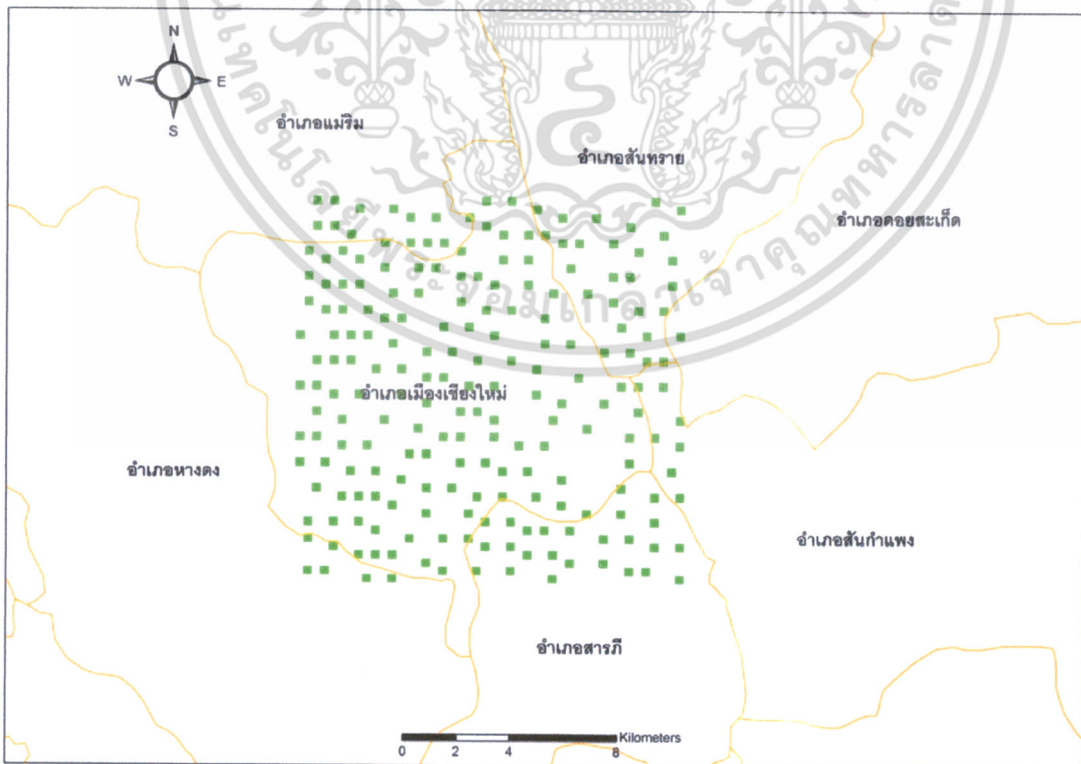


รูปที่ 3-11 กริดที่สุ่มในเมืองขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

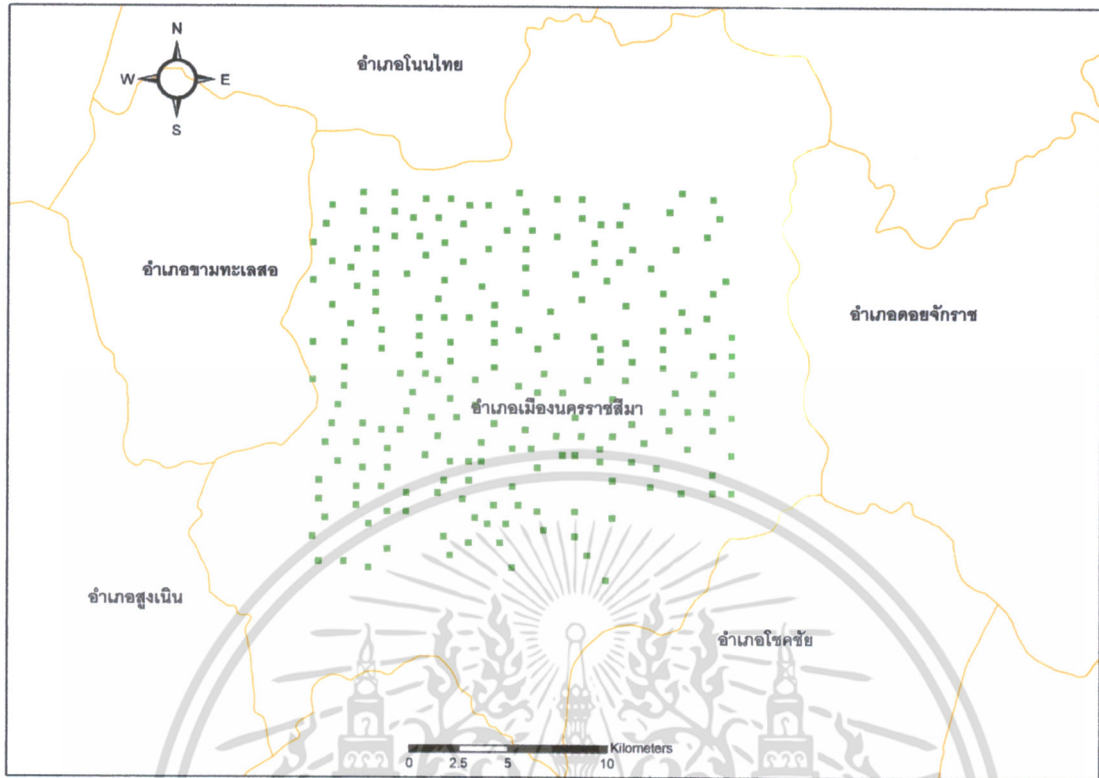


รูปที่ 3-12 กริดที่สุ่มในเมืองชลบุรี

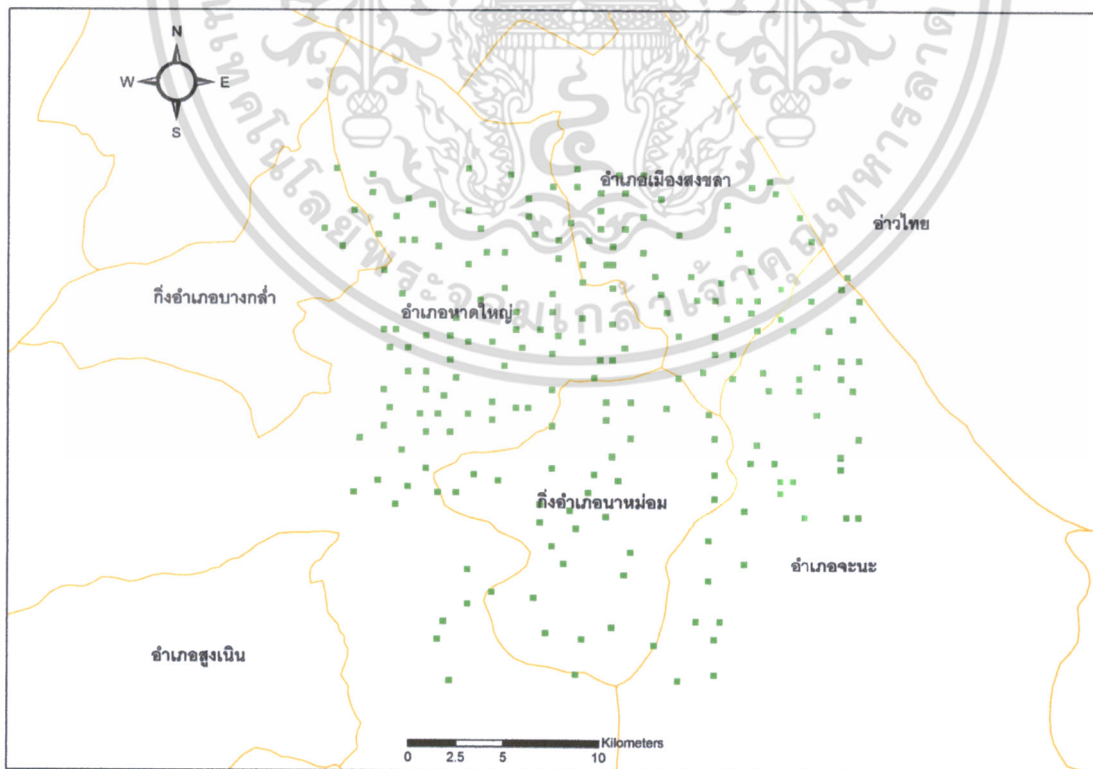


รูปที่ 3-13 กริดที่สุ่มในเมืองเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 กริดที่สุ่มในเมืองนครราชสีมา



รูปที่ 3-15 กริดที่สุ่มในเมืองสงขลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย

ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island Phenomenon) เป็นสภาวะของความแตกต่างของอุณหภูมิของพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทางด้านกายภาพ และสภาพภูมิอากาศซึ่งมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของพื้นที่นั้นๆ จากลักษณะดังกล่าวจึงทำให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเกิดขึ้นมาตั้งแต่ในอดีตเมื่อเริ่มมีการแบ่งแยกพื้นที่เมืองกับชนบท เพียงแค่ความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นไม่มากเท่าสถานการณ์ในปัจจุบันที่ความหนาแน่นของพื้นที่เมืองเพิ่มมากขึ้นจากในอดีต สำหรับในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบสถานการณ์เกาะความร้อน ในเมืองหลักของประเทศไทย ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา สงขลา (หาดใหญ่) และชลบุรี นอกจากการทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ข้างเคียงของแต่ละเมืองแล้ว ยังได้ทำการทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างเมืองดังกล่าวว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

ในบทนี้ได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบด้วยค่าทางสถิติของอุณหภูมิระหว่างเมืองในหัวข้อ 4.1 และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสถานีซึ่งอธิบายถึงความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island Intensities) ของแต่ละเมืองแสดงในหัวข้อ 4.2 ในหัวข้อ 4.3 เป็นการนำเสนอรูปแบบเกาะความร้อนของแต่ละเมืองในเชิงพื้นที่ (Spatial Heat Island Patterns) ส่วนรูปแบบเกาะความร้อนในเชิงเวลา (Temporal Heat Island Patterns) ของแต่ละเมืองจะถูกนำเสนอในหัวข้อ 4.4 ในหัวข้อ 4.5 เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิด้วยค่าทางสถิติ t-test

4.1 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมือง

พื้นที่ดำเนินการในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยเมืองหลักที่เป็นหัวเมืองในภาคต่างๆ ของประเทศไทย ประกอบด้วยเมืองเชียงใหม่ในภาคเหนือ เมืองขอนแก่น และนครราชสีมาที่อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรุงเทพมหานครในภาคกลาง เมืองชลบุรีในภาคตะวันออก และเมืองหาดใหญ่ที่อยู่ในภาคใต้ จากการกระจายตัวของพื้นที่ศึกษาที่อยู่ทั่วประเทศเป็นการแน่ใจว่าพื้นที่ในเมืองต่างๆ มีลักษณะทางกายภาพและสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นที่เข้าใจกันว่าสภาพภูมิอากาศในแต่ละภาคของประเทศไทยมีความแตกต่างกัน เช่น เป็นที่เข้าใจว่าเชียงใหม่ที่อยู่ทางภาคเหนือจะมีอากาศเย็นกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

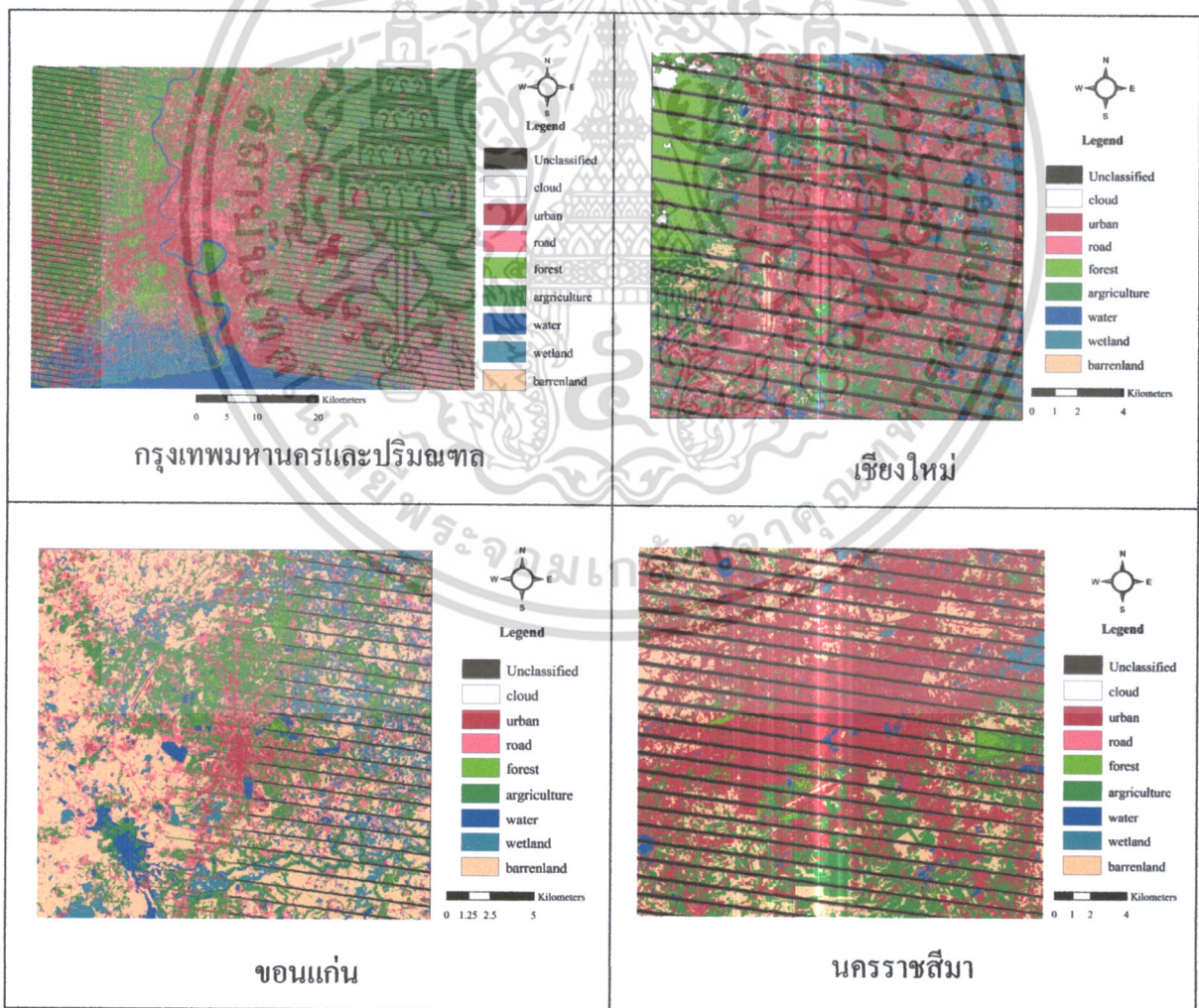
พื้นที่ในภูมิภาคอื่น อย่างไรก็ตามความเข้าใจดังกล่าวเป็นเพียงความรู้สึกที่ยังไม่มีการทดสอบว่าถูกต้องทางสถิติแต่อย่างใดในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบคำถามที่ว่าอุณหภูมิของเมืองหลักในประเทศไทยมีความแตกต่างกัน

จากข้อมูลอุณหภูมิมันทิกโดยกรมควบคุมมลพิษในช่วงปี พ.ศ. 2549-2551 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของกรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา สงขลา (หาดใหญ่) และชลบุรี ในช่วงฤดูร้อนเป็นดังนี้ 29.69, 29.28, 28, 28.42, 29.49, และ 28.07 ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเป็นดังนี้ 29.6, 27.83, 29.15, 27.98, 28.32, และ 27.64 ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูหนาวเป็นดังนี้ 26.82, 24.28, 25.78, 24.91, 28.02, และ 26.9 ตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเมืองไม่เท่ากันและเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดู อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่พบดังกล่าวยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นความแตกต่างกันจริงอย่างมีนัยสำคัญจนกว่าจะมีการทดสอบด้วยวิธีทางสถิติ

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 -2551 โดยแยกออกเป็นฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ของเมืองเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร ด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธี วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันอย่างน้อย 2 เมือง ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน และเมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparison Test) โดยค่าสถิติ “LSD” อุณหภูมิเฉลี่ยเกือบทุกเมืองมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแต่ละฤดู ซึ่งสามารถแยกพิจารณาเป็นรายฤดูได้ดังนี้

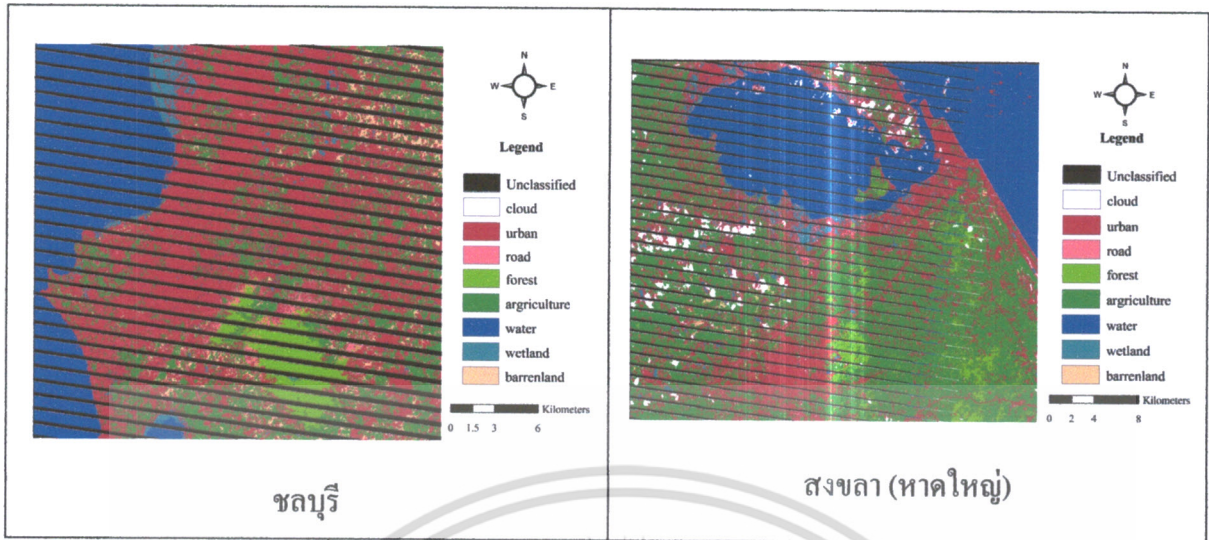
ตารางที่ 4-2 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนรายคู่ระหว่างเมืองเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร พบว่า เมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยในหน้าร้อนแตกต่างจากเมืองขอนแก่น นครราชสีมา และหาดใหญ่ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยเมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยเมืองเชียงใหม่ไม่แตกต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองชลบุรี และกรุงเทพฯ สอดคล้องกับผลเปรียบเทียบของอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองขอนแก่น นครราชสีมา และหาดใหญ่ ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยแตกต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองชลบุรี และกรุงเทพฯ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กล่าวโดยสรุปคือในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองหลักของประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ และชลบุรี มีอากาศร้อนเหมือนกัน ในขณะที่เมืองขอนแก่น นครราชสีมา และหาดใหญ่ มีอากาศที่เย็นกว่าในกลุ่มแรก คำอธิบายถึงกรณีดังกล่าวอาจเป็นเพราะความหนาแน่นของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในกรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ และชลบุรี สูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าเมืองในพื้นที่เมืองของกลุ่มหลัง ดังแผนที่แสดงสัดส่วนสิ่งปลูกคลุมดินในรูปที่ 4-1 โดยพื้นที่สีแดงเป็นพื้นที่เมืองที่ปกคลุมด้วยสิ่งก่อสร้างซึ่งเป็นคอนกรีตเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่สีเขียวเป็นพื้นที่ถนน พื้นที่สีเขียวอ่อนเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่สีเขียวเข้มเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่สีน้ำเงินเป็นพื้นน้ำ พื้นที่สีเขียวฟ้าเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่สีเหลือง ไข่ไก่เป็นพื้นที่โล่ง ซึ่งจากรูปพบว่ากรุงเทพมหานครพื้นที่เกือบทั้งหมดเป็นพื้นที่เมืองและพื้นที่ถนน และมีบางส่วนเป็นพื้นน้ำคือแม่น้ำเจ้าพระยา และพื้นที่เกษตรกรรมและสวนสาธารณะ คือ บางกระเจ้า และกระจายห่อมเล็กๆ เป็นสวนสาธารณะ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับพื้นที่เมืองอื่น ได้แก่ เมืองเชียงใหม่ เมืองชลบุรี และเมืองโคราช ที่พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เมือง ในขณะที่เมืองสงขลา (หาดใหญ่)พื้นที่เมืองจะมีสองแห่งคือตัวเมืองสงขลา และตัวเมืองหาดใหญ่ และได้รับอิทธิพลจากทะเล สำหรับพื้นที่เมืองขอนแก่นพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีการกระจายของบ่อน้ำอยู่ในพื้นที่จำนวนมาก (ดูรายละเอียดสัดส่วนของสิ่งปลูกคลุมดินเพิ่มเติมได้ ในหัวข้อ 4.5)



รูปที่ 4-1 แสดงพื้นที่สิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพมหานครและ 5 เมืองหลักของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-1 แสดงพื้นที่สิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพมหานครและ 5 เมืองหลักของประเทศ

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนรายคู่ระหว่างเมืองเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของเมืองขอนแก่นมีความแตกต่างจากเมืองอื่นๆ ทุกเมืองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดรองจากกรุงเทพมหานครเพียงเมืองเดียว ในขณะที่เมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างจากเมืองนครราชสีมา และหาดใหญ่

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวรายคู่ระหว่างเมืองเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเกือบทุกเมืองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.05 ยกเว้น กรุงเทพมหานครกับหาดใหญ่ ที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยเมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูหนาวต่ำที่สุด และเมืองชลบุรีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด

จากผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ “LSD” สรุปได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนแยกสภาพอากาศของเมืองหลักในประเทศไทยออกเป็นสองกลุ่มได้ชัดเจนคือ ขอนแก่น นครราชสีมา และหาดใหญ่ มีอากาศไม่แตกต่างกัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ประมาณ 28 องศาเซลเซียส และกรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ และชลบุรีเป็นอีกกลุ่มที่มีอากาศใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 29 องศาเซลเซียส ในกรณีฤดูฝน กรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (29.6 องศาเซลเซียส) แต่ในขณะที่เดียวกันจากค่าสถิติ “LSD” แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยกรุงเทพมหานคร และชลบุรี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในฤดูฝนพบที่เมืองสงขลาซึ่งค่าสถิติ “LSD” แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญกับเมืองเชียงใหม่ และนครราชสีมา โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ส่วนในฤดูหนาวเมืองชลบุรีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่ 28.02 องศาเซลเซียส รองลงมาคือกรุงเทพมหานครและหาดใหญ่ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ประมาณ 26.86 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ 24.28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยร้อนชื้นเล็กน้อยที่เมืองนครราชสีมา (24.91 องศาเซลเซียส) และเมืองขอนแก่นมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 25.78

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 -2551 ของเมืองเชียงใหม่
ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร

ฤดู	เมือง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวน	F-value	F-prob
ร้อน	เชียงใหม่	29.28	1.18	90	20.22	.000
	ขอนแก่น	28	1.95	85		
	นครราชสีมา	28.42	1.21	79		
	ชลบุรี	29.49	0.57	79		
	สงขลา-หาดใหญ่	28.07	0.48	90		
	กรุงเทพฯ	29.69	2.64	87		
ฤดู	เมือง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวน	F-value	F-prob
ฝน	เชียงใหม่	27.83	0.56	90	63.27	.000
	ขอนแก่น	29.15	1.31	64		
	นครราชสีมา	27.98	0.88	88		
	ชลบุรี	28.32	1.23	90		
	สงขลา-หาดใหญ่	27.64	0.45	90		
	กรุงเทพฯ	29.6	0.76	86		
ฤดู	เมือง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวน	F-value	F-prob
หนาว	เชียงใหม่	24.28	1.03	85	145.57	.000
	ขอนแก่น	25.78	0.9	77		
	นครราชสีมา	24.91	1.27	80		
	ชลบุรี	28.02	0.84	70		
	สงขลา-หาดใหญ่	26.9	0.5	85		
	กรุงเทพฯ	26.82	1.34	85		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อน ช่วงปี พ.ศ. 2549-2551 ของเมือง เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร

เมือง	ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ย (ช่วงฤดูร้อน)					ผลสรุปเมืองที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่างกัน
	ขอนแก่น (2)	นครราชสีมา(3)	ชลบุรี (4)	สงขลา(5)	กรุงเทพฯ (6)	
เชียงใหม่ (1)	1.28*	0.85*	-0.22	1.2*	-0.42	(1,2) (1,3) (1,5)
ขอนแก่น (2)		-0.43	-1.5*	-0.08	-1.70*	(2,4) (2,6)
นครราชสีมา (3)			-1.07*	0.35	-1.27*	(3,4) (3,6)
ชลบุรี (4)				1.42*	-0.2	(4,5)
สงขลา (5)					-1.62*	(5,6)
กรุงเทพฯ (6)						

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูฝน ช่วงปี พ.ศ. 2549-2551 ของเมืองเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร

เมือง	ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ย (ช่วงฤดูฝน)					ผลสรุปเมืองที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่างกัน
	ขอนแก่น (2)	นครราชสีมา (3)	ชลบุรี (4)	สงขลา (5)	กรุงเทพฯ (6)	
เชียงใหม่ (1)	-1.32*	-0.15	-0.49*	0.19	-1.77*	(1,2) (1,4) (1,6)
ขอนแก่น (2)		1.17*	0.83*	1.52*	-0.44*	(2,3) (2,4) (2,5) (2,6)
นครราชสีมา (3)			-0.34*	0.34*	-1.62*	(3,4) (3,5) (3,6)
ชลบุรี (4)				0.69*	-1.27	(4,5)
สงขลา (5)					-1.96*	(5,6)
กรุงเทพฯ (6)						

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ในฤดูหนาว ช่วงปี พ.ศ. 2549-2551 ของเมืองเชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพมหานคร

เมือง	ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ย (ช่วงฤดูหนาว)					ผลสรุปเมืองที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่างกัน
	ขอนแก่น (2)	นครราชสีมา (3)	ชลบุรี (4)	สงขลา (5)	กรุงเทพฯ (6)	
เชียงใหม่ (1)	-1.5*	-0.64*	-3.74*	-2.62*	-2.54*	(1,2) (1,3) (1,4)(1,5) (1,6)
ขอนแก่น (2)		0.87*	2.24*	-1.12*	-1.03*	(2,3) (2,4) (2,5) (2,6)
นครราชสีมา (3)			-3.1*	-1.99*	-1.9*	(3,4) (3,5) (3,6)
ชลบุรี (4)				1.12*	1.2*	(4,5) (4,6)
สงขลา (5)					0.09	
กรุงเทพฯ (6)						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำไปให้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักในประเทศไทย

เพื่อที่จะทดสอบความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักแต่ละเมืองข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ 2 สถานีถูกคัดเลือกเพื่อให้เป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองและชนบท แล้วใช้ข้อมูลของทั้งสองสถานีในการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสถานีตัวอย่าง และทดสอบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t -test เพื่อยืนยันความแตกต่างที่เกิดขึ้นว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

4.2.1 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของกรุงเทพมหานคร

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของกรุงเทพมหานครพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วง ปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงกับสถานีตรวจวัดอากาศบางนา โดยแยกตามฤดูพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงกับสถานีตรวจวัดอากาศบางนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงฤดูร้อนกับฤดูหนาวที่ระดับ 0.05 ส่วนในฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศบางนา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความแตกต่างเท่ากับ 0.61 องศาเซลเซียส ส่วนในฤดูฝนอุณหภูมิระหว่างสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงกับสถานีตรวจวัดอากาศบางนาไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงต่างจากสถานีตรวจวัดอากาศบางนา -0.02 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงฤดูหนาวพบว่า สถานีตรวจวัดอากาศดินแดงมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศบางนาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าความต่างที่ 1.16 องศาเซลเซียส ดูรายละเอียดในตารางที่ 4-5

เป็นที่น่าสังเกตว่าสถานีดินแดงซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างมากแต่กลับมีอุณหภูมิต่ำกว่าสถานีบางนาซึ่งอยู่ในบริเวณรอบนอกของกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าปัจจุบันมีการขยายตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างออกไปสู่พื้นที่โดยรอบมากขึ้นและบริเวณใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดอากาศบางนาเป็นจุดเชื่อมต่อของเส้นทางคมนาคมที่จะออกไปสู่ภาคตะวันออกซึ่งมีปริมาณการจราจรคับคั่งกว่าสถานีตรวจวัดอากาศดินแดง ความร้อนที่ปล่อยออกจากยานพาหนะอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในบริเวณสถานีตรวจวัดอากาศบางนาสูงกว่าบริเวณสถานีตรวจวัดอากาศดินแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีดินแดงและสถานีบางนา เมืองกรุงเทพมหานคร

ฤดู	สถานี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนชุดข้อมูล	สถิติที่ใช้ทดสอบ t		ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
					t-value	p-value	ต่ำสุด	สูงสุด
ร้อน	ดินแดง	29.69	2.64	87	-2.417	0.017	-1.1084	-0.11243
	บางนา	30.3	0.71	120				
ฝน	ดินแดง	29.6	0.76	86	-0.238	0.812	-0.20096	0.15763
	บางนา	29.62	0.54	120				
หนาว	ดินแดง	26.82	1.34	85	-7.293	.000	-1.4822	-0.85119
	บางนา	27.98	0.91	113				

4.2.2 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองเชียงใหม่

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองเชียงใหม่พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีตรวจวัดอากาศยุพราชซึ่งตั้งอยู่บริเวณกลางตัวเมืองเชียงใหม่กับสถานีตรวจวัดอากาศศาลากลางอยู่บริเวณเชิงเขาไปทางทิศเหนือของตัวเมืองเชียงใหม่โดยแยกตามฤดูพบว่าสถานีตรวจวัดอากาศยุพราชมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงกว่าสถานีตรวจวัดศาลากลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกฤดู โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อนเท่ากับ 1.27 องศาเซลเซียส ฤดูฝนค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศยุพราชสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศศาลากลาง 0.74 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศยุพราชสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศศาลากลาง 1.03 องศาเซลเซียส ดูรายละเอียดในตารางที่ 4-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-6 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีอุปราษและสถานีศาลากลางเมืองเชียงใหม่

ฤดู	สถานี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวนชุด ข้อมูล	สถิติที่ใช้ทดสอบ t		ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
					t-value	p-value	ต่ำสุด	สูงสุด
ร้อน	อุปราษ	29.27	1.18	90	7.377	.000	0.92627	1.6028
	ศาลากลาง	28	1.11	90				
ฝน	อุปราษ	27.83	0.56	90	9.333	.000	0.58681	0.90159
	ศาลากลาง	27.09	0.49	85				
หนาว	อุปราษ	24.28	1.03	85	6.837	.000	0.7352	1.33219
	ศาลากลาง	23.25	0.94	84				

4.2.3 ปრაกฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองขอนแก่น

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองขอนแก่นพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองกับสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระ โดยแยกตามฤดูพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองกับสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงฤดูฝนกับฤดูหนาวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนในฤดูร้อน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความแตกต่างเท่ากับ 0.3 องศาเซลเซียส ส่วนในฤดูฝนอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าความแตกต่างเท่ากับ 1.59 องศาเซลเซียส สำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงฤดูหนาวพบว่า สถานีตรวจวัดอากาศเมืองมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าความต่างที่ 1.58 องศาเซลเซียส คุรยละเอียดในตารางที่ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-7 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 - 2551 ของสถานีเมือง
ขอนแก่นและท่าพระ เมืองขอนแก่น

ฤดู	สถานี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวนชุด ข้อมูล	สถิติที่ใช้ทดสอบ t		ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
					t-value	p-value	ต่ำสุด	สูงสุด
ร้อน	เมือง	27.99	1.95199	85	-1.207	0.229	-0.79696	0.19201
	ท่าพระ	28.29	1.318	90				
ฝน	เมือง	29.15	1.31209	64	10.091	.000	1.27979	1.90295
	ท่าพระ	27.56	0.60832	90				
หนาว	เมือง	25.78	0.89854	77	11.064	.000	1.62946	2.33754
	ท่าพระ	23.8	1.3201	85				

4.2.4 ปραกฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมา

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน
ในช่วง ปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองกับสถานีตรวจวัดอากาศโชคชัย โดยแยกตาม
ฤดูพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองกับสถานีตรวจวัดอากาศโชคชัย แตกต่างกัน
อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกฤดูที่ระดับ 0.05 โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดู
ร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เท่ากับ -0.31, 0.01, และ -0.11 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีเมือง
โคราชและสถานีโชคชัย เมืองนครราชสีมา

ฤดู	สถานี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวนชุด ข้อมูล	สถิติที่ใช้ทดสอบ t		ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
					t-value	p-value	ต่ำสุด	สูงสุด
ร้อน	เมือง	28.42	1.21348	79	-1.873	0.063	-0.64295	0.01685
	โชคชัย	28.73	0.95588	90				
ฝน	เมือง	27.98	0.88391	88	0.051	0.96	-0.2055	0.2055
	โชคชัย	27.97	0.49111	90				
หนาว	เมือง	24.91	1.26656	80	-0.566	0.572	-0.48505	0.26894
	โชคชัย	25.02	1.18585	85				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปยังวงในให้ประโยชน์แก่บุคคลอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองชลบุรี

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองชลบุรีพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองกับสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา โดยแยกตามฤดู พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองกับสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกฤดูที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อนเท่ากับ 0.75 องศาเซลเซียส ฤดูฝนค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา 0.3 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา 0.88 องศาเซลเซียส ดูรายละเอียดในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีเมืองชลบุรี และสถานีศรีราชา เมืองชลบุรี

ฤดู	สถานี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน	จำนวนชุด	สถิติที่ใช้ทดสอบ t		ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
			มาตรฐาน	ข้อมูล	t-value	p-value	ต่ำสุด	สูงสุด
ร้อน	เมือง	29.49	0.57329	79	8.186	.000	0.57091	0.93386
	ศรีราชา	28.74	0.61293	89				
ฝน	เมือง	28.32	1.23471	90	8.186	0.037	-0.58242	-0.01852
	ศรีราชา	28.62	0.52691	88				
หนาว	เมือง	28.02	0.83733	70	6.922	.000	0.62562	1.12533
	ศรีราชา	27.14	0.7365	85				

4.2.6 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2551 ของสถานีตรวจวัดอากาศเทศบาลกับสถานีตรวจวัดอากาศกองหษ์ โดยแยกตามฤดูพบว่าสถานีตรวจวัดอากาศเทศบาลมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศกอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้งษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในทุกฤดู โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อนเท่ากับ 0.63 องศาเซลเซียส ฤดูฝนค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเทศบาลสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศคองหษ์ 0.83 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเทศบาลสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศคองหษ์ 0.69 องศาเซลเซียส ครายละเอียดในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2551 - 2552 ของสถานีเทศบาลนครหาดใหญ่และสถานีคองหษ์ เมืองสงขลา

ฤดู	สถานี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนชุดข้อมูล	สถิติที่ใช้ทดสอบ t		ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
					t-value	p-value	ต่ำสุด	สูงสุด
ร้อน	เทศบาล	28.62	0.43843	51	-8.135	.000	-0.76603	-0.46588
	คองหษ์	27.99	0.35932	60				
ฝน	เทศบาล	28.83	0.53943	57	-7.939	.000	-1.0748	-0.64555
	คองหษ์	28	0.62667	60				
หนาว	เทศบาล	27.44	0.52716	57	-7.656	.000	-0.87593	-0.51574
	คองหษ์	26.75	0.43932	57				

4.3 รูปแบบเกาะความร้อนเชิงพื้นที่ (Spatial Heat Island Patterns)

รูปแบบเกาะความร้อนเชิงพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายปัจจัยแต่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสภาวะเกาะความร้อนอย่างชัดเจนคือสัดส่วนสิ่งปลูกสร้างและกิจกรรมในพื้นที่ นอกจากนั้นสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของเกาะความร้อนให้มีลักษณะที่ต่างกันออกไป เช่น จากวรรณกรรมที่ทบทวนพบว่าในสภาวะที่ลม ไม่มีหรือลมอ่อน ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนจะมีลักษณะศูนย์กลางเดียว แต่ในสภาวะที่ลมแรงขึ้นรูปแบบของเกาะความร้อนจะเปลี่ยนเป็นในลักษณะศูนย์กลางกระจายไปตามพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างและกิจกรรมการใช้พื้นที่หนาแน่นสูง ในขณะที่สภาวะเกาะความร้อนจะไม่เกิดขึ้นในสภาวะที่ลมแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษานี้เป็นการสำรวจรูปแบบเกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทย ซึ่งอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (ASTER) เป็นพื้นฐาน ดังนั้นรูปแบบของเกาะความร้อนในเมืองหลักต่างๆ จึงเป็นข้อมูลสภาวะความร้อนในช่วงเวลาประมาณ 10.30 น ของทุกพื้นที่ และไม่ได้พิจารณาความแตกต่างในประเด็นของสภาวะลม ณ ช่วงเวลานั้น เนื่องจากการสำรวจข้อมูลในหลายพื้นที่ หากต้องการข้อมูลละเอียดจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษามาก และควรเป็นการศึกษาที่เน้นในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเพื่อจะได้ข้อมูลที่ครบถ้วน ในการศึกษานี้จึงได้กำหนดกรอบการศึกษาไว้เฉพาะการสำรวจรูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในเมืองหลักของประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี และสงขลา (ภาคใหญ่)

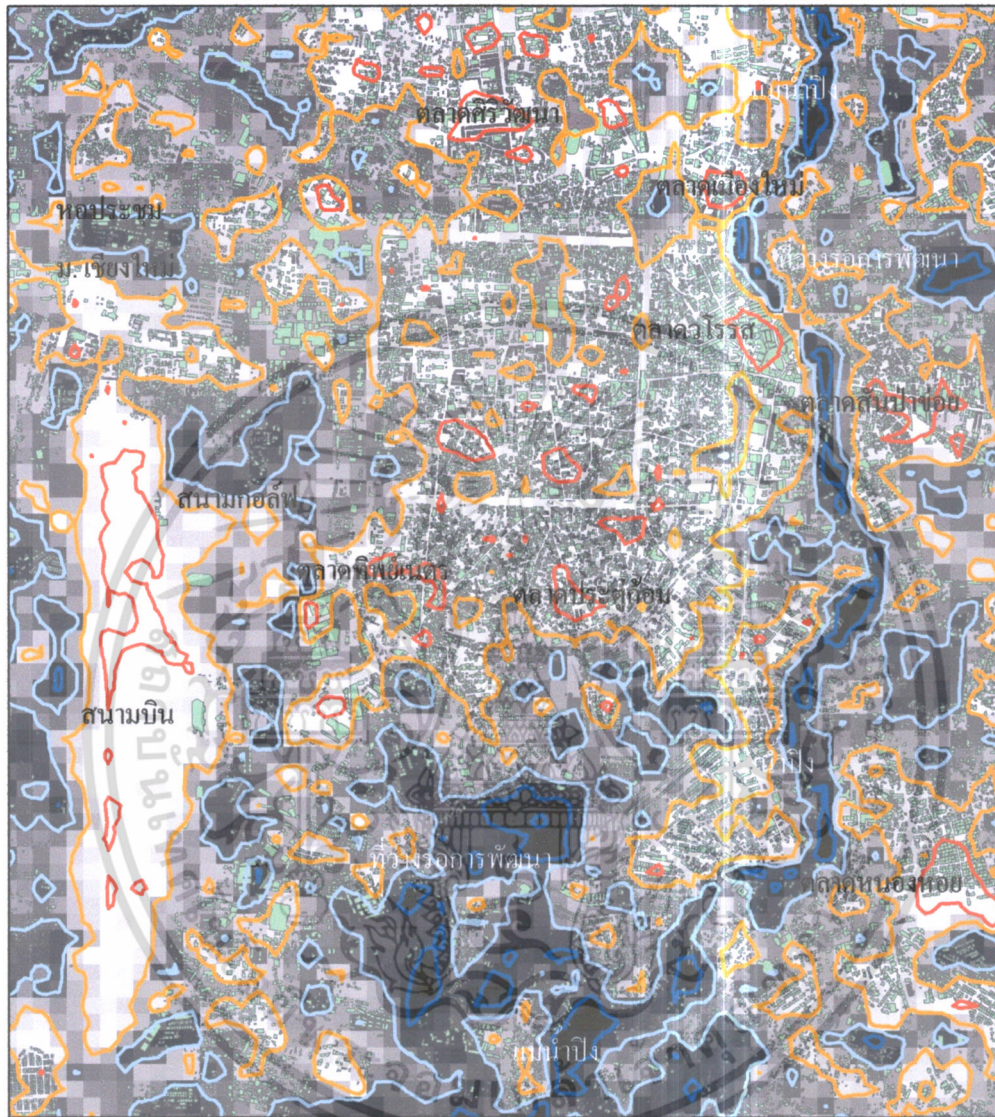
4.3.1 รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองศูนย์กลางขนาดใหญ่ของกิจกรรมการพัฒนาในด้านต่างๆ ซึ่งมีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างและกิจกรรมการใช้ที่ดินสูงกระจายอยู่เกือบทั่วพื้นที่รวมถึงเมืองข้างเคียง มีศูนย์กลางการพัฒนาพื้นที่ในลักษณะกระจายตัว จากข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ณ เวลา 10.30 น (รูปที่ 4-2) แสดงให้เห็นว่าบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจ เช่น บริเวณพระราม3 คลองเตย และพระประแดง และเมืองสมุทรปราการซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมด้านอุตสาหกรรมหนาแน่นเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงสุด (39 องศาเซลเซียสขึ้นไป) ในขณะที่พื้นที่เมืองทั่วไปในกรุงเทพฯ ซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นและมีกิจกรรมการใช้ที่ดินหนาแน่นมีอุณหภูมิในช่วง 36 – 39 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครยังมีพื้นที่สวนสาธารณะหรือพื้นที่อื่นที่มีความหนาแน่นของต้นไม้สลับอยู่ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารสิ่งปลูกสร้างอยู่บ้าง เช่น สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ รวมถึงแม่น้ำเจ้าพระยา และพื้นที่ว่างเปล่าและพื้นที่เกษตรที่รกรากพัฒนา เป็นต้น ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส สลับกับบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 36 องศาเซลเซียสขึ้นไปในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในกรุงเทพมหานครจะมีลักษณะหลายศูนย์กลางกระจายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเมืองใกล้เคียง โดยพบพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงในบริเวณที่มีกิจกรรมอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น

4.3.2 รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองเชียงใหม่

เมืองเชียงใหม่เป็นเมืองศูนย์กลางการพัฒนาทางภาคเหนือ มีการขยายตัวของพื้นที่อาคาร สิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่องในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การพัฒนาขยายตัวออกจากพื้นที่เมืองเก่าออกสู่พื้นที่โดยรอบด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศใต้ ยกเว้นด้านทิศตะวันตกเป็นอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ – ปุย มีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงส่งผลพื้นที่การพัฒนาของตัวเมืองไม่สามารถขยายตัวออกไปได้จึงทำให้เมืองเชียงใหม่มีแหล่งธรรมชาติที่ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ข้างเคียง พื้นที่เมืองเชียงใหม่มีขนาดเล็ก และพื้นที่พัฒนาก่อนข้างเกาะกลุ่มเป็นศูนย์กลางเดียว เมื่อเทียบกับพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร ดังนั้นลักษณะของเส้นความร้อนที่เกิดขึ้นจากข้อมูลความร้อนที่ได้จาก ASTER (รูปที่ 4-3) จึงแสดงในลักษณะที่เป็นศูนย์กลางเดียว โดยมีค่าความร้อนที่ 36-39 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามก็สามารถพบบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 39 องศาเซลเซียส ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ แต่เป็นบริเวณที่ไม่กว้างมากนักเช่นที่พบในกรุงเทพมหานคร โดยบริเวณที่พบว่ามีความร้อนสูงที่สุดส่วนใหญ่กระจายตามบริเวณที่เป็นที่ตั้งของตลาด ทั้งนี้อาจจะอธิบายได้ด้วยกิจกรรมในตลาดที่มีการใช้ความร้อนในการประกอบอาหาร ประกอบกับมีการจราจรคับคั่ง และพบพื้นที่ที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเป็นบริเวณกว้างในบริเวณสนามบินเชียงใหม่ ในทางตรงกันข้ามที่ เช่น วัด โรงเรียน หรือที่พักอาศัยที่ยังคงมีพื้นที่ต้นไม้อยู่มากก็จะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 36 องศาเซลเซียส และเช่นเดียวกับกรุงเทพมหานครที่แม่น้ำเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุด เมืองเชียงใหม่ซึ่งมีแม่น้ำปิงไหลจากทิศเหนือลงไปทิศใต้ผ่านด้านทิศตะวันออกของเมืองเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส

แผนที่แสดงเส้นชั้นอุณหภูมিবริเวณพื้นที่เมืองจังหวัดเชียงใหม่



เส้นอุณหภูมิต (องศาเซลเซียส)



แหล่งข้อมูล: ASTER (AST08) 09 พฤศจิกายน 2552



0 0.5 1 2 Kilometers

รูปที่ 4-3 แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิตในพื้นที่เมืองเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองขอนแก่น

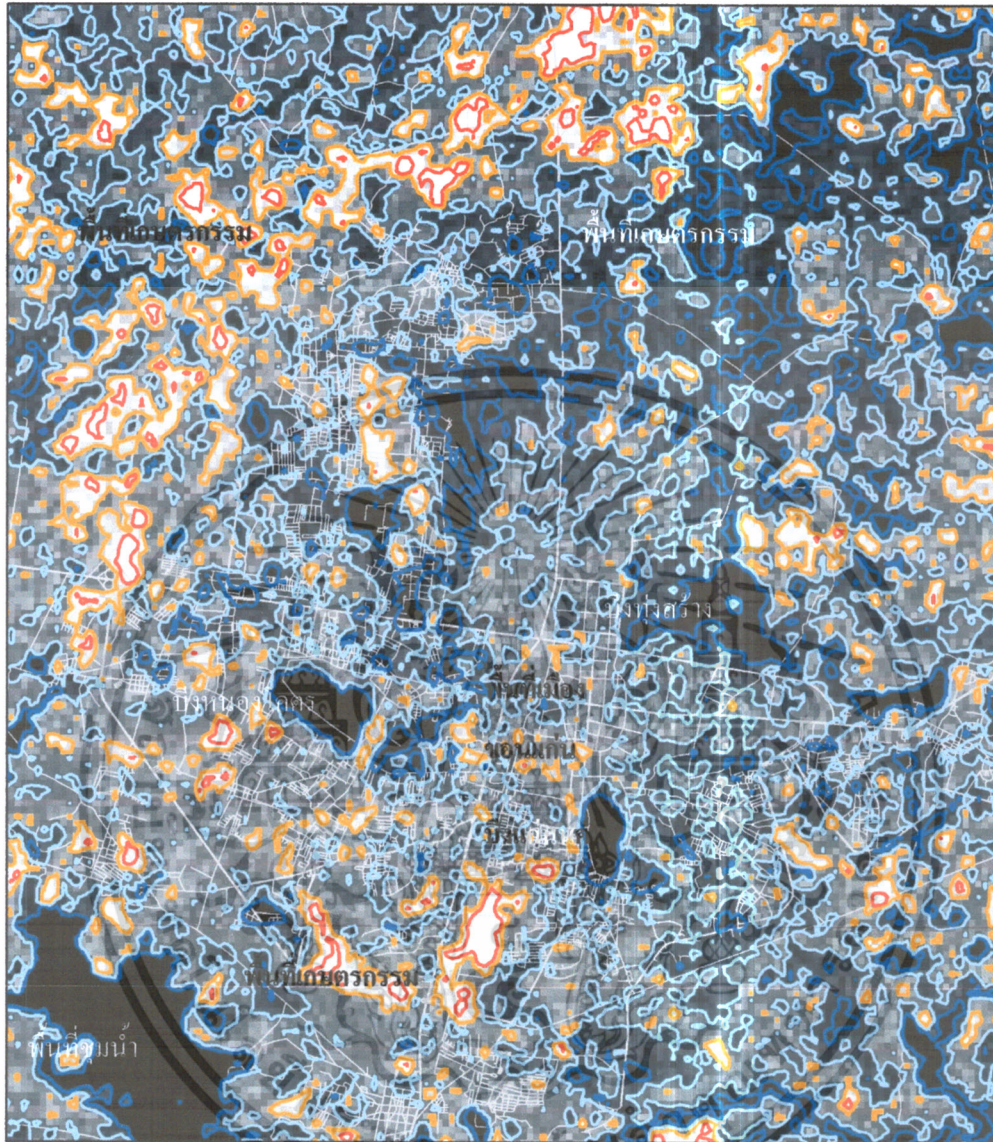
เมืองขอนแก่นเป็นศูนย์กลางการพัฒนาในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะกายภาพของเมืองขอนแก่นยังมีอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ไม่หนาแน่นมาก ดังเช่น กรุงเทพมหานคร และเชียงใหม่ ในทางตรงกันข้ามพื้นที่เมืองขอนแก่นประกอบด้วยพื้นที่สีเขียวและบึงน้ำขนาดใหญ่กระจายอยู่โดยรอบพื้นที่เมือง พื้นที่สีเขียวที่กระจายอยู่รอบเมืองในรูปของสวนสาธารณะ สวนหย่อม เนื่องจากมีการดำเนินงานตามวิสัยทัศน์ที่กำหนดไว้ Khonkhen Green City ทำให้ปีพ.ศ. 2550 เทศบาลเมืองขอนแก่นมีพื้นที่สีเขียว 1,242 ไร่ หรือคิดเป็น 15.55 ตารางเมตรต่อคน สำหรับบึงน้ำ พบบึงน้ำขนาดใหญ่อยู่กลางเมืองขอนแก่น คือ บึงทุ่งสร้าง และบึงแก่นนคร รวมถึงบึงขนาดเล็กกระจายอยู่รอบเมือง โดยเทศบาลเมืองขอนแก่นมีพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำผิวดิน 2,360 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.21 ของพื้นที่เขตเทศบาล ดังนั้นหากเปรียบเทียบสภาพความร้อนของเมืองขอนแก่นเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ลักษณะทางกายภาพทำให้เกาะความร้อนเชิงพื้นที่ของเมืองขอนแก่นมีลักษณะตั้งอยู่บนกล่องอุณหภูมิที่มีฐานความร้อนที่ 33 – 36 องศาเซลเซียส โดยมีหลุมอากาศเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส กระจายอยู่บริเวณโดยรอบศูนย์กลาง ซึ่งเป็นพื้นที่บึงน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม โดยรอบพื้นที่เมืองที่อยู่ตรงกลางกล่อง ในขณะที่มีเนินความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 39 องศาเซลเซียส กระจายในบริเวณขอบกล่องด้านเหนือ เป็นแนวโค้งไปทางทิศตะวันตกอ้อมลงไปทางด้านใต้ของกล่อง (รูปที่ 4-4) หย่อมความร้อนสูงที่เกิดขึ้นพบในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งอธิบายปรากฏการณ์ความร้อนที่ผิดปกติเกิดจากการเผาเศษฟางหรือซากเศษของพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูหนาว

4.3.4 รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมา

เมืองนครราชสีมาเป็นเมืองใหญ่ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนืออีกเมืองหนึ่งที่อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 255 กิโลเมตร เป็นประตูเมืองสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะกายภาพของเมืองนครราชสีมาที่มีอาคารสิ่งปลูกสร้างไม่หนาแน่นมากและมีพื้นที่เกษตรกรรมอยู่รอบพื้นที่เมือง มีพื้นที่บึงน้ำอยู่บ้างทางด้านทิศใต้ของเมืองแต่มีขนาดไม่กว้างเท่ากับพื้นที่บึงน้ำของเมืองขอนแก่น และมีสนามบินอยู่ด้านทิศใต้ของเมือง ลักษณะเกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมาค่อนข้างชัดเจนว่าพื้นที่เมืองมีความร้อนระหว่าง 33 – 36 องศาเซลเซียส โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ล้อมรอบพื้นที่เมืองด้านนอก ในขณะที่พื้นที่ในเมืองมีหย่อมอากาศร้อน 36-39 บริเวณเล็กกระจายอยู่ภายในเมืองซึ่งเป็นบริเวณที่มีอาคารหนาแน่นมาก (รูปที่ 4-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนที่แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิบริเวณพื้นที่เมืองจังหวัดขอนแก่น



เส้นอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



โครงข่ายถนน

แหล่งข้อมูล: ASTER (ast08) 09 มกราคม 2552

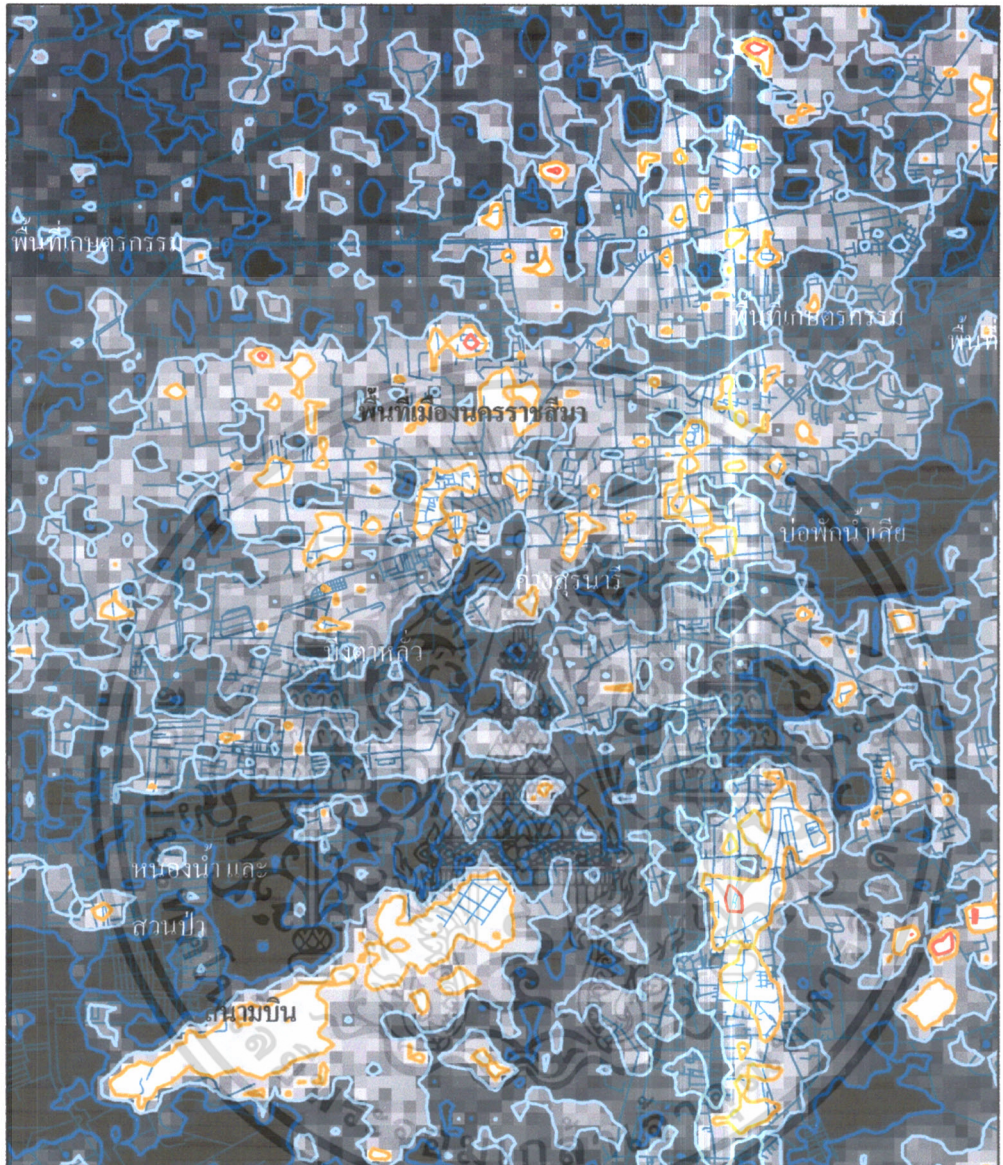


0 1 2 4 Kilometers

รูปที่ 4-4 แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่เมืองขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนที่แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิจนบริเวณพื้นที่เมืองจังหวัดนครราชสีมา



เส้นอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



แหล่งข้อมูล: ASTER (ast08) 14 ธันวาคม 2549



รูปที่ 4-5 แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่เมืองนครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

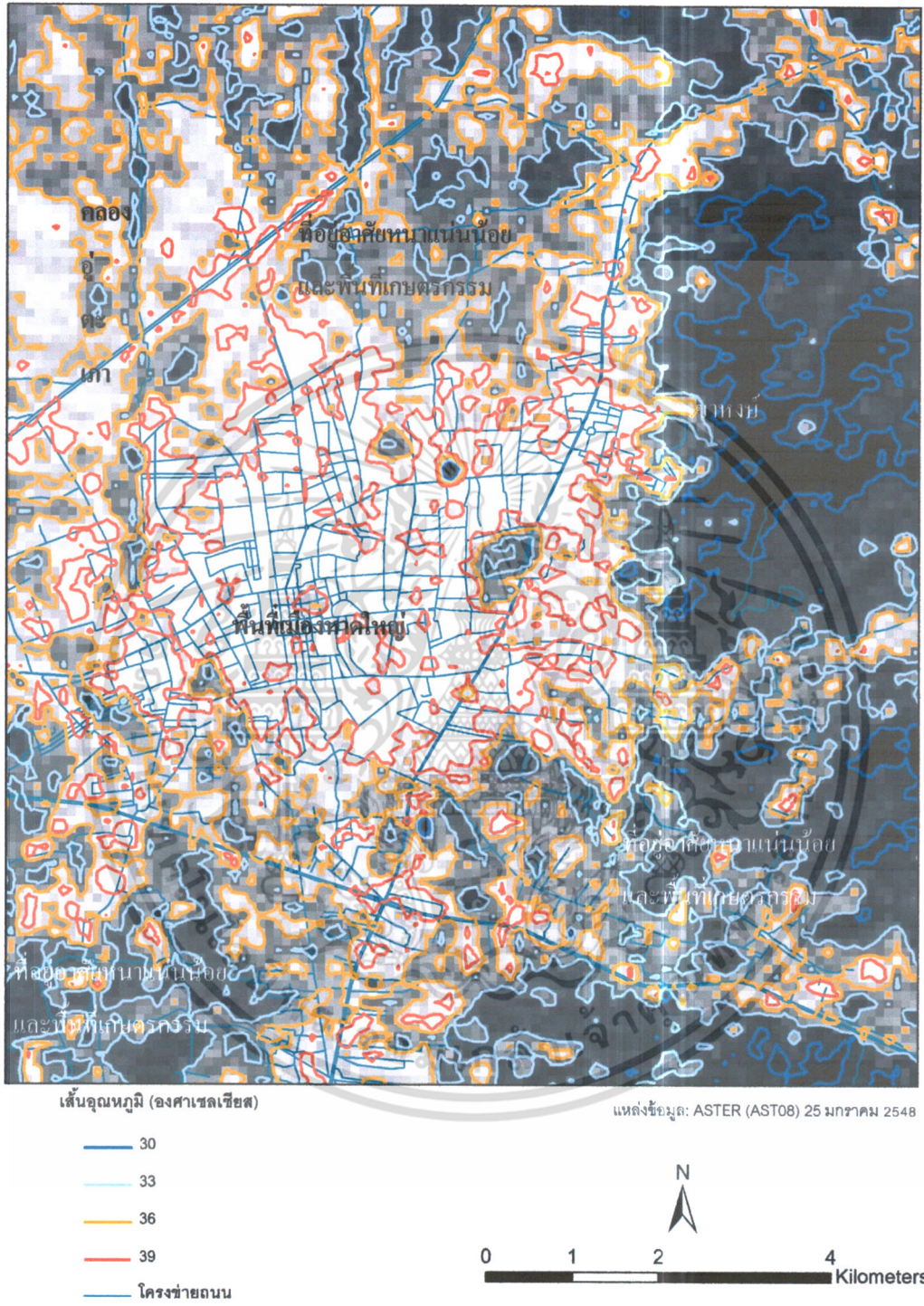
4.3.5 รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองชลบุรี

เมืองชลบุรีเป็นมีลักษณะการเติบโตที่แตกต่างจากเมืองหลักอื่นที่ได้กล่าวมาในข้างต้น โดยมีการแยกพื้นที่ของกิจกรรมพัฒนาอย่างชัดเจน กล่าวคือ กิจกรรมการท่องเที่ยวที่เป็นที่รู้จักมาช้านานอยู่ที่เมืองพัทยา บางแสน และศรีราชา ในขณะที่กิจกรรมด้านอุตสาหกรรมกระจุกตัวอยู่บริเวณอำเภอแหลมฉบัง แม้ในปัจจุบันมีการขยายพื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นแต่ก็เป็นการเพิ่มพื้นที่ในบริเวณอำเภอรอบนอกเมืองชลบุรี ดังนั้นตัวเมืองชลบุรีจะมีบทบาทชัดเจนในด้านที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรม ซึ่งมีความหนาแน่นมากบริเวณริมชายฝั่งทะเลจนถึงริมทางหลวงหมายเลข 3 และขยายตัวออกไปตามริมเส้นทางสายหลักที่เชื่อมต่อกับพื้นที่เมืองชลบุรี และรวมถึงเส้นทางเลียบเมืองชลบุรี โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมอยู่โดยรอบพื้นที่ที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมดังกล่าว เมื่อพิจารณารูปแบบของเกาะความร้อนในเมืองชลบุรีพบว่าพื้นที่เมืองส่วนใหญ่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 33-36 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4-6) อย่างไรก็ตามในพื้นที่เมืองชลบุรีมีพื้นที่เขาบางทราย และพื้นที่เกษตรกรรมสลับอยู่กับพื้นที่ที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมอยู่ จึงทำให้พบพื้นที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส สลับกับพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 33 องศาเซลเซียส ส่วนพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดพบในบริเวณที่มีน้ำ โดยเฉพาะพื้นที่ทะเล สิ่งที่น่าสังเกตคือ พบว่ามีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 39 องศาเซลเซียส เป็นบริเวณเล็กๆ กระจายอยู่ในพื้นที่โล่งและพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเนื่องจากช่วงเวลาที่ภาพถ่ายดาวเทียมบันทึกข้อมูลอยู่ในช่วงเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งเกษตรกรจะทำการเผาเศษวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคที่อาจจะตกค้างจากการปลูกพืชในรอบที่ผ่านมา

4.3.6 รูปแบบเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่

เมืองหาดใหญ่มีพื้นที่พัฒนาที่ชัดเจน โดยมีความหนาแน่นมากจากศูนย์กลางและขยายออกสู่พื้นที่รอบนอกเป็นวงกลม มีการพัฒนาที่ชัดเจนเช่นเดียวกับเมืองชลบุรี คือ เป็นแหล่งพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัย ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่มีลักษณะชัดเจนกว่าเมืองหลักอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่าลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่เป็นลักษณะศูนย์กลางเดียวซึ่งมีขนาดกว้างเท่ากับขอบเขตของพื้นที่เมือง (รูปที่ 4-7) โดยมีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 39 องศาเซลเซียส เป็นค่าอุณหภูมิของเกาะความร้อนที่สูงที่สุดของเมืองหลักอื่นๆ ที่กล่าวมาในข้างต้น ในพื้นที่เมืองจะพบบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 39 องศาเซลเซียสบ้าง ในพื้นที่ที่มีต้นไม้หนาแน่นซึ่งพบในบริเวณที่เป็นสถานที่ราชการ เช่น โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ สวนสาธารณะหาดใหญ่ โรงพยาบาลค่ายเสนาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนที่แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิบริเวณพื้นที่เมืองหาดใหญ่



รูปที่ 4-7 แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในพื้นที่เมืองหาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา (Temporal patterns of Heat Island Intensities)

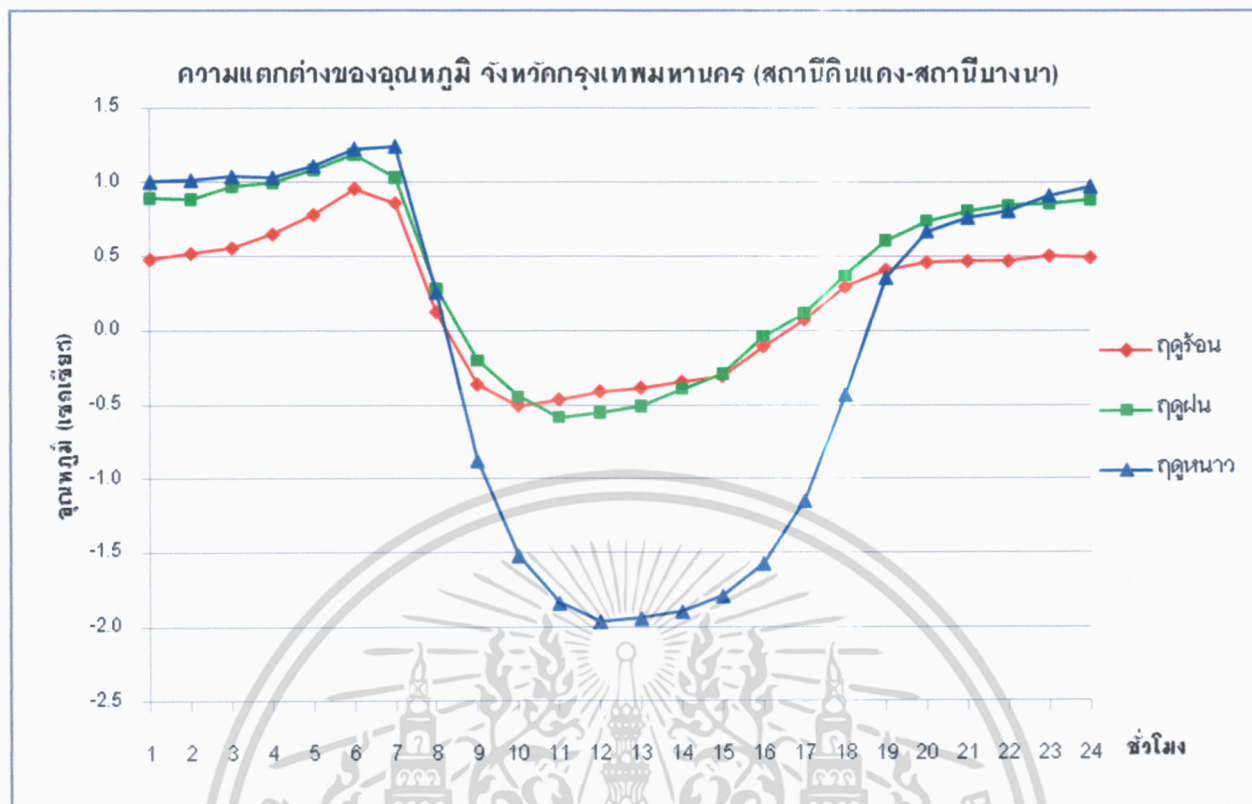
นอกจากความเข้าใจถึงอิทธิพลของสภาพทางพื้นที่โดยรอบจุดตรวจวัดที่ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันแล้ว ระดับความแตกต่างกันของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาเป็นอีกประเด็นที่ควรทำความเข้าใจ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นในอาคารที่แตกต่างกันของสองพื้นที่ ณ เวลาที่ความร้อนของเมืองแตกต่างกัน ซึ่งการทำความเย็นในอาคารเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อสร้างความรู้สึกสบายแก่ผู้อยู่อาศัยในเมือง โดยเฉพาะในภูมิภาคเขตร้อน เช่น ประเทศไทย

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดตรวจวัดที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีลักษณะสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันสองจุด ที่ถูกกำหนดให้เป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองและชนบทในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา ชลบุรี และสงขลา (ภาคใหญ่) (สามารถดูรายละเอียดข้อมูลความแตกต่างอุณหภูมิเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ค) อย่างไรก็ตาม การเลือกตัวแทนของจุดตรวจวัดยังมีข้อจำกัด เนื่องจากความไม่เพียงพอของจุดตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ศึกษาทำให้ไม่สามารถกำหนดจุดตรวจวัดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองและชนบทที่มีความแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน และเนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่ต้องบันทึกรายชั่วโมง และมีความต่อเนื่องกันย้อนหลังเป็นเวลาอย่างน้อย 5 ปี จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่ดำเนินการโดยหน่วยงานที่มีหน้าที่ทำการตรวจสอบสภาพภูมิอากาศที่มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากการจัดเก็บจาก 2 แหล่งข้อมูล คือ กรมอุตุนิยมวิทยาจัดเก็บข้อมูลเป็นราย 3 ชั่วโมง และกรมควบคุมมลพิษจัดเก็บข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

4.4.1 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ของกรุงเทพมหานคร

รูปแบบเกาะความร้อนเชิงเวลา (Temporal Urban Heat Island Patterns) ของกรุงเทพมหานคร แสดงในรูปที่ 4-8 จากข้อมูลความเข้มข้นสูงสุดของสภาวะเกาะความร้อน (Urban Heat Island Intensities: UHII) ในกรุงเทพมหานคร แสดงในช่วงเวลาประมาณ 6.00 น. ของทุกฤดู โดยค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนในฤดูหนาวและฤดูฝน เท่ากับ 1.2 องศาเซลเซียส และในฤดูร้อน เท่ากับ 1.0 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นเวลาก่อนที่พระอาทิตย์จะโผล่พ้นขอบฟ้า หลังจากนั้น ความเข้มข้นของเกาะความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ภายในเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง (8.00 น.) อุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่รอบนอกเมืองมีค่าใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นเกิดปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิในเมืองต่ำกว่าอุณหภูมิในพื้นที่รอบนอกของเมือง (Heat Sink) เนื่องจากพื้นที่รอบนอกเมืองได้รับความเข้มของแสงแดดมากกว่าพื้นที่ในเมืองซึ่งมีอาคารสูงจำนวนมากทำให้แสงไม่สามารถส่องถึงพื้นที่ได้ทั้งหมด ดังเช่นที่พื้นที่ผิวของพื้นที่รอบนอกเมืองได้รับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาว อุณหภูมิในพื้นที่เมืองต่ำกว่าพื้นที่รอบนอกเมืองมากที่สุด เท่ากับ -2.0 องศาเซลเซียส ณ เวลา 12.00 น. ในขณะที่ฤดูฝนและฤดูร้อน อุณหภูมิของเมืองต่ำกว่าพื้นที่รอบนอกเมือง ที่ 0.6 องศาเซลเซียส และ 0.5 องศาเซลเซียส ในเวลาใกล้เคียงกัน ในช่วงบ่ายพื้นที่ผิวของพื้นที่เมืองได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น อุณหภูมิของพื้นที่เมืองเริ่มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิของพื้นที่เมืองและพื้นที่รอบนอกเมืองลดลง ซึ่งในฤดูร้อนและฤดูฝนพบว่าอุณหภูมิของทั้งสองพื้นที่จะกลับมามีค่าใกล้เคียงกันในเวลาประมาณ 16.00 น. แต่ในฤดูหนาวจะพบว่าไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมืองและพื้นที่รอบนอกเมืองในเวลาประมาณ 18.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่พระอาทิตย์กำลังตก หลังจากแสงอาทิตย์ลับขอบฟ้าความร้อนที่ถูกสะสมไว้ในพื้นที่ผิวของพื้นที่เมืองถูกปลดปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่พื้นที่ผิวของพื้นที่รอบนอกเมืองเก็บความร้อนไว้น้อยกว่า และปลดปล่อยออกได้รวดเร็วกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิในพื้นที่รอบนอกเมืองเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งก่อให้เกิดลักษณะเกาะความร้อนในเมือง โดยความเข้มข้นของสภาวะเกาะความร้อนจะค่อยเพิ่มจนถึงจุดสูงสุดในเวลาเช้าของอีกวันหนึ่ง หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง พบว่าฤดูหนาวอุณหภูมิมักมีการเปลี่ยนแปลงสูงสุด เท่ากับ 3.2 องศาเซลเซียส ฤดูร้อนมีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเกาะความร้อนน้อยที่สุด (1.5 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงที่ 1.8 องศาเซลเซียส



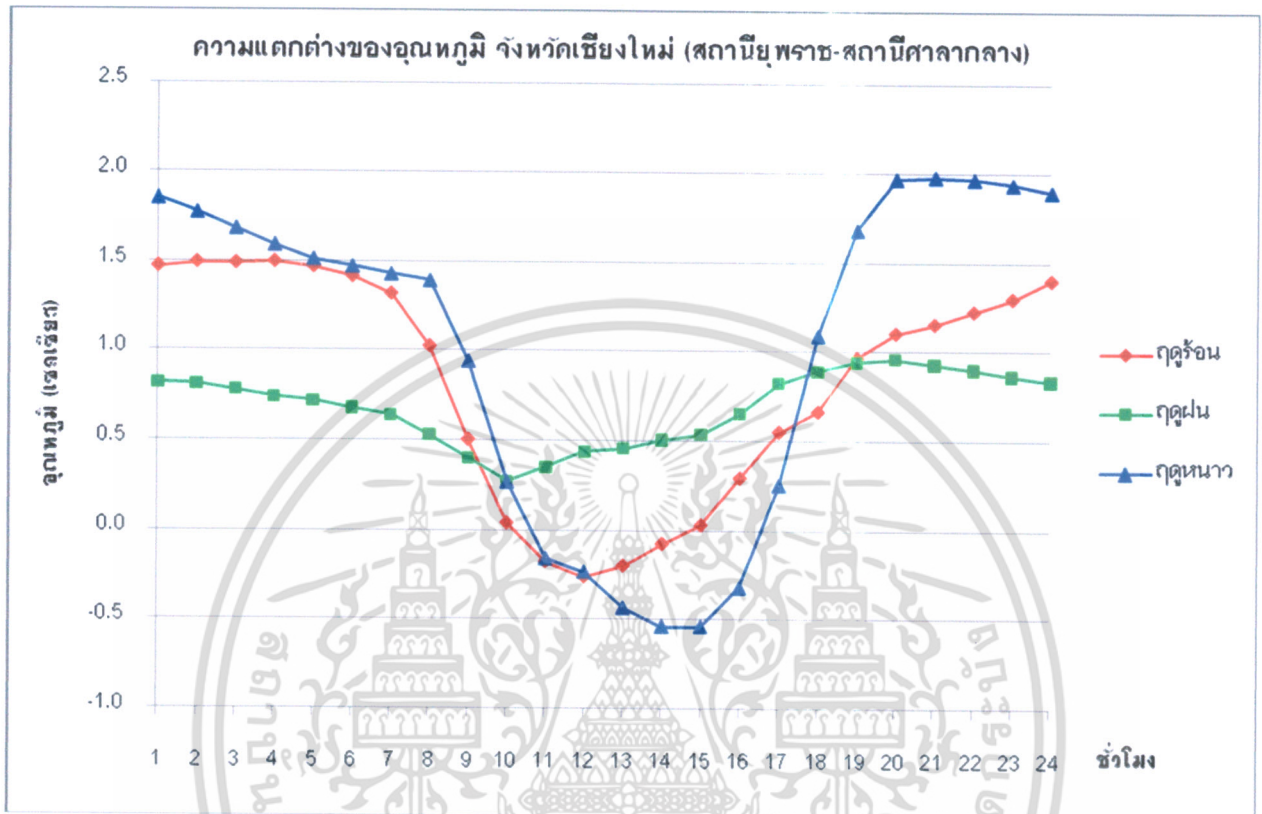
รูปที่ 4-8 แสดงรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานคร

4.4.2 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ของเมืองเชียงใหม่

รูปแบบเกาะความร้อนเชิงเวลา (Temporal Urban Heat Island Patterns) ของเมืองเชียงใหม่ ความเข้มข้นสูงสุดของสถานะเกาะความร้อน (urban heat island intensities) ในเมืองเชียงใหม่ (รูปที่ 4-9) พบในช่วงเวลา 20.00 น. ของช่วงฤดูหนาว และฤดูฝน ซึ่งเป็นเวลาหลังจากพระอาทิตย์ตกประมาณ 2 ชั่วโมง มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 2 และ 1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูร้อนค่าสูงสุดของความเข้มข้นของเกาะความร้อน เท่ากับ 1.5 องศาเซลเซียส พบในเวลาประมาณ 02.00 ซึ่งห่างจากเวลาที่พระอาทิตย์ตกถึง 8 ชั่วโมง ในขณะที่ในช่วงเวลากลางวันพบว่าในช่วงบ่าย อุณหภูมิในพื้นที่เมืองจะต่ำกว่าอุณหภูมิในพื้นที่ชนบทรอบเมือง โดยช่วงเวลาที่อุณหภูมิเมืองต่ำกว่าชนบทรอบเมืองมากที่สุด เท่ากับ 0.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15.00 น. ของฤดูหนาว ในขณะที่ฤดูร้อนอุณหภูมิเมืองต่ำกว่าชนบทรอบเมืองมากที่สุด เท่ากับ 0.3 องศาเซลเซียส พบในเวลาเที่ยงวัน โดยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 16.00 น. เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิเมืองต่ำกว่าชนบทรอบเมือง อย่างไรก็ตาม ในช่วงฤดูฝน จะพบว่าอุณหภูมิในเมืองสูงกว่าอุณหภูมิในชนบทรอบเมืองตลอด 24 ชั่วโมง หากพิจารณาความต่างของค่าเกาะความร้อนในรอบ 16 วัน พบว่า ฤดูหนาวมีความแตกต่างของอุณหภูมิของเมือง และชนบทรอบเมืองมากที่สุด โดยค่าความ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างเท่ากับ 2.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแตกต่างของเกาะความร้อนในฤดูร้อน และฤดูฝน ในรอบ 1 วัน มีค่าเท่ากับ 1.8 องศาเซลเซียส และ 0.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

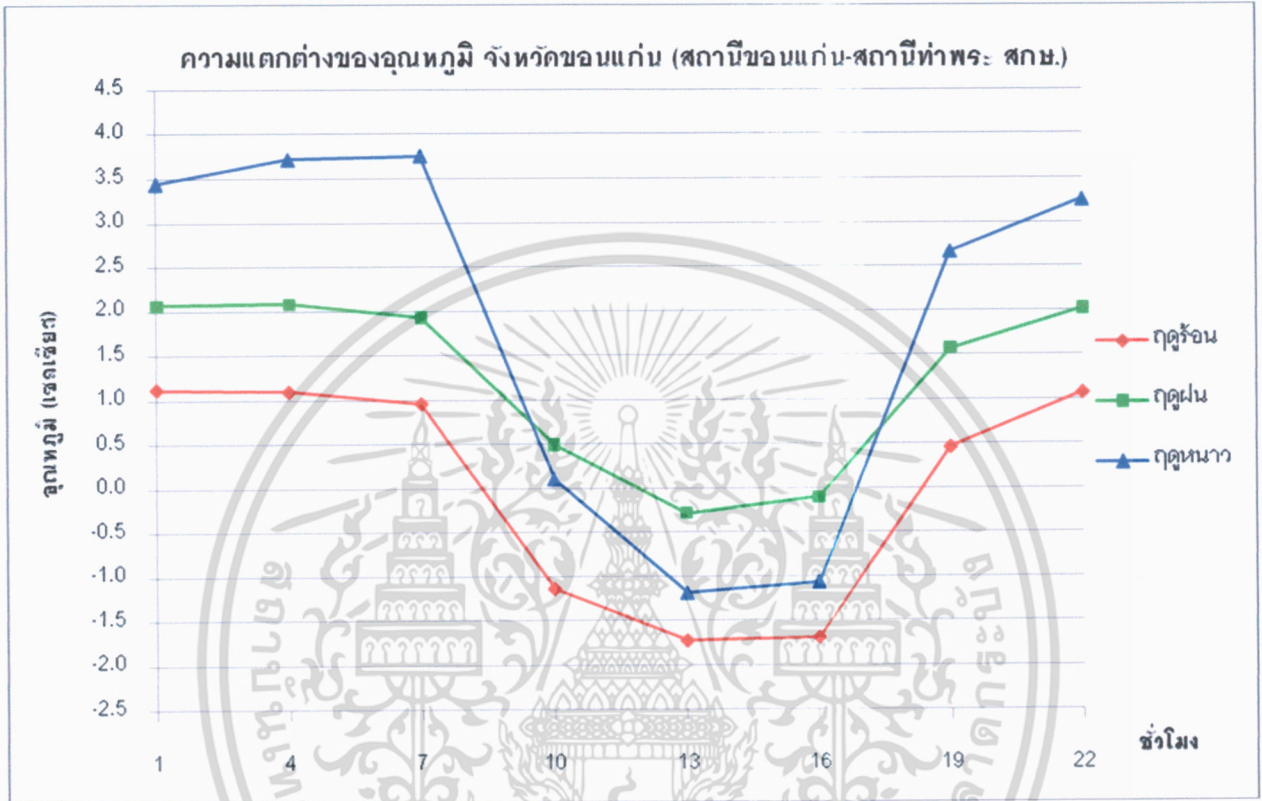


รูปที่ 4-9 แสดงรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ของเมืองเชียงใหม่

4.4.3 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ของเมืองขอนแก่น

สภาวะเกาะความร้อน (urban heat island intensities) ในเมืองขอนแก่นแสดงในรูปที่ 4-10 จากข้อมูลพบความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 07.00 น. ของช่วงฤดูหนาว ในฤดูฝนพบค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนในช่วงเวลา 01.00 น. ในขณะที่ฤดูร้อนค่าสูงสุดของ พบในเวลาประมาณ 22.00 โดยค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนเท่ากับ 3.8 องศาเซลเซียส 2.1 องศาเซลเซียส และ 1.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งค่าของความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อน พบในช่วงเวลากลางคืนในทุกฤดู สอดคล้องกับกรณีของเมืองเชียงใหม่ เช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นของสภาวะความร้อนในช่วงเวลากลางวันที่พบว่าในช่วงบ่าย อุณหภูมิในพื้นที่เมืองจะต่ำกว่าอุณหภูมิในพื้นที่ชนบทรอบเมือง โดยช่วงเวลาที่อุณหภูมิเมืองต่ำกว่าชนบทรอบเมืองมากที่สุด เท่ากับ 1.7 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13.00 น. ของฤดูร้อน ในขณะที่ฤดูหนาวและฤดูฝน เท่ากับ 1.2 องศาเซลเซียส และ 0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หากพิจารณาความเอ็กสาร์นี่เป็นเอ็กสาร์ที่สวงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างของค่าเกาะความร้อนในรอบ 1 วัน พบว่า ฤดูหนาวมีความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองและชนบท รอบเมืองมากที่สุด โดยค่าความต่างเท่ากับ 4.9 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแตกต่างของเกาะความร้อน ในฤดูร้อนและฤดูฝนในรอบ 1 วัน เท่ากับ 2.8 และ 2.4 องศาเซลเซียส



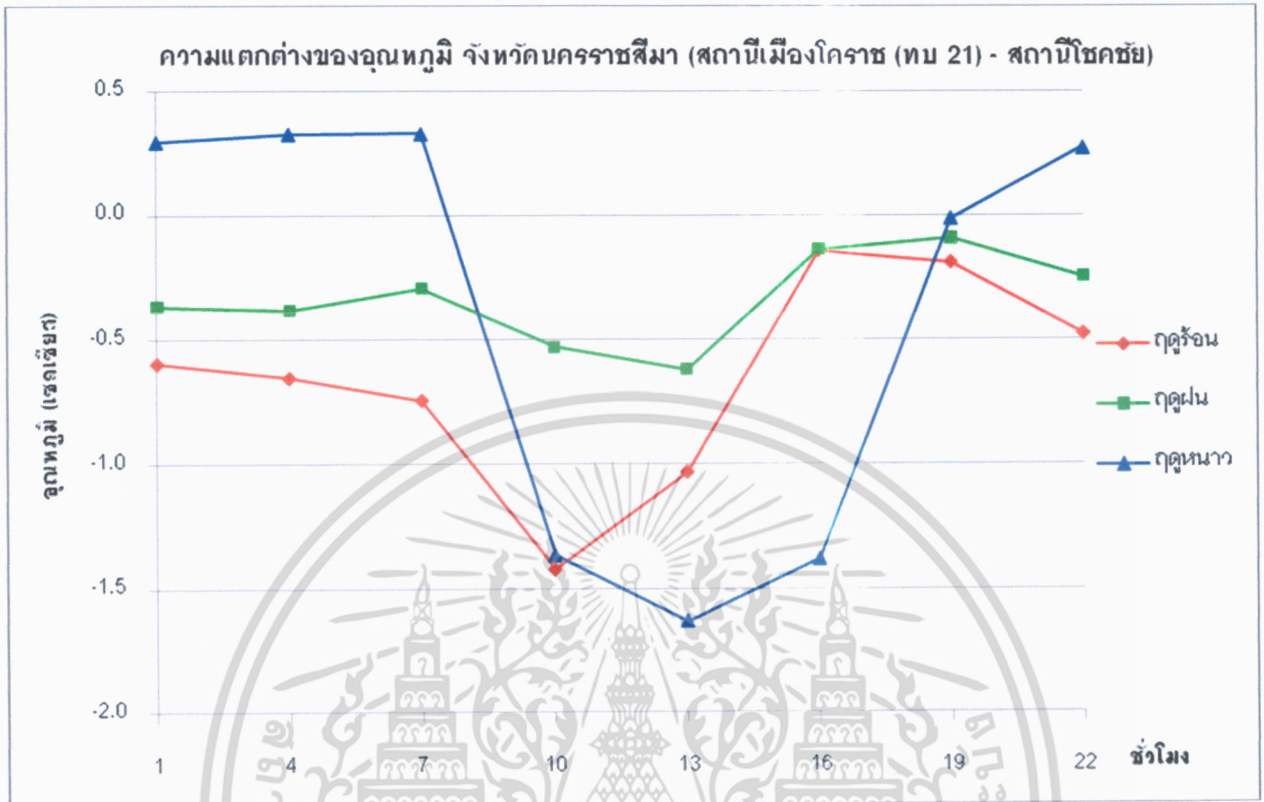
รูปที่ 4-10 แสดงรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ของเมืองขอนแก่น

4.4.4 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ของเมืองนครราชสีมา

สถานะเกาะความร้อน (urban heat island intensities) ในเมืองนครราชสีมา (โคราช) แสดงในรูปที่ 4-11 จากข้อมูลพบว่าอุณหภูมิในเมืองโคราชต่ำกว่าพื้นที่รอบนอก (โชคชัย) ในฤดูร้อนและฤดูฝนพบสถานะเมืองโคราชเย็นกว่าโชคชัย (heat sink) ตลอดช่วงเวลาในรอบ 24 ชั่วโมง ในขณะที่สถานะเกาะความร้อนเกิดขึ้นเฉพาะเวลากลางคืนของฤดูหนาว ตั้งแต่เวลา 22.00 น. ถึง 7.00 น. ด้วยค่าความเข้มข้นเพียง 0.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของเมืองโคราชต่างจากโชคชัยมากที่สุดในฤดูหนาว ณ เวลา 13.00 น. ด้วยค่าอุณหภูมิ -1.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่ฤดูร้อนเมืองโคราชมีค่าความต่างของอุณหภูมิจากโชคชัย ที่ -1.4 ณ เวลา 10.00 น. ในฤดูฝนอุณหภูมิของเมืองโคราชต่ำกว่าโชคชัย ประมาณ 0.1 - 0.5 องศาเซลเซียส

ตลอด 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 แสดงรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ของเมืองนครราชสีมา

4.4.5 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ของเมืองชลบุรี

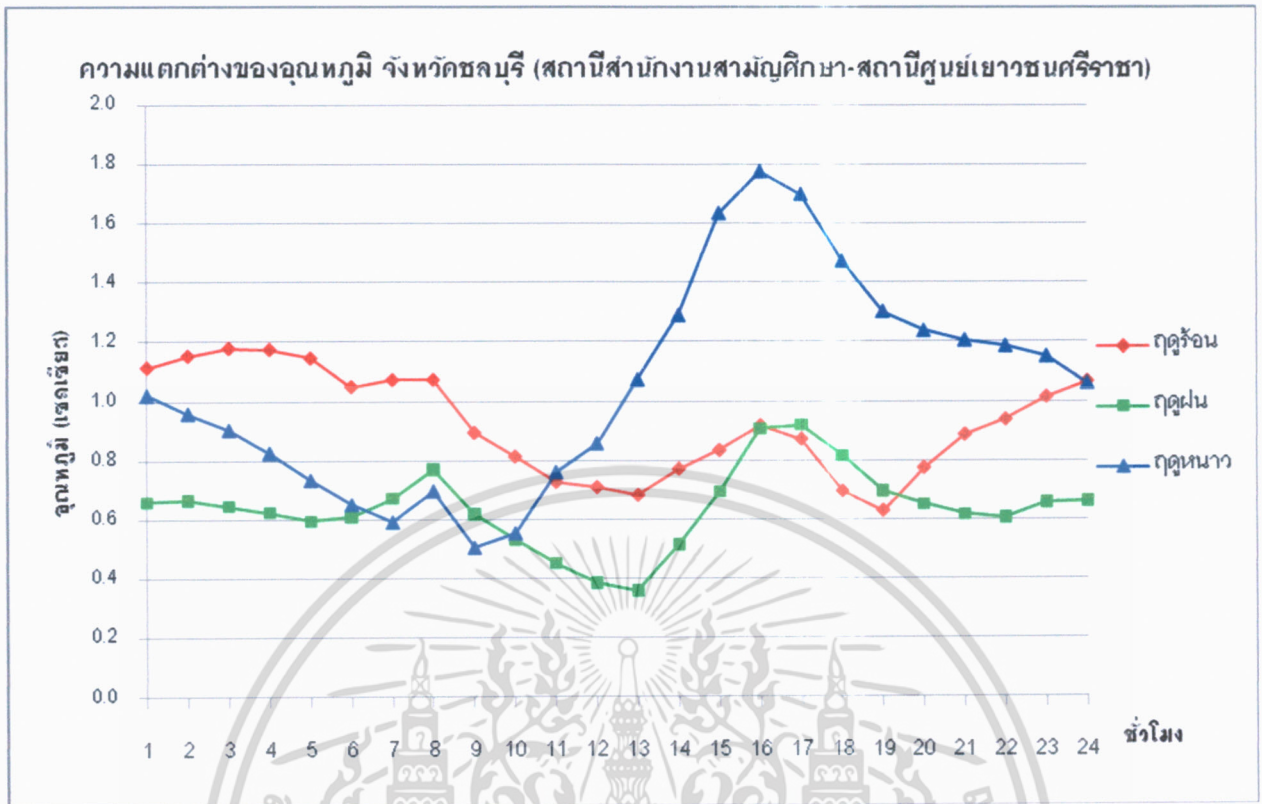
ความเข้มข้นสูงสุดของสถานะเกาะความร้อน (urban heat island intensities) ในเมืองชลบุรี (รูปที่ 4-12) พบว่าค่าความเข้มข้นของเกาะความร้อนในเมืองชลบุรีมีลักษณะสองยอด ผลลัพธ์จากเส้นกราฟในฤดูหนาวและฤดูฝนแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ จุดสูงสุดของสถานะเกาะความร้อนพบในช่วงเวลา 16.00 น. โดยค่าความเข้มข้นเป็น 1.8 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว และ 0.9 องศาเซลเซียส ในฤดูฝน และจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงเวลา 19.00 น. จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเช้า เวลาประมาณ 6.00-7.00 น. ค่าความเข้มข้นจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งแสดงลักษณะยอดกราฟอีกยอดหนึ่ง แต่ไม่มีค่าสูงมากเท่ากับยอดแรก โดยค่าความเข้มข้นของยอดที่สองเป็น 0.7 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว และ 0.8 องศาเซลเซียส ในฤดูฝน แล้วความเข้มข้นจะลดลงจนถึงจุดต่ำสุด เวลา 13.00 น. ที่ 0.4 องศาเซลเซียส ในฤดูฝน และ เวลา 9.00 น. ที่ 0.5 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของฤดูร้อนลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเกาะความร้อนแตกต่างจากฤดูฝนและฤดูหนาว กล่าวคือ ความเข้มข้นสูงสุดของสภาวะเกาะความร้อนเท่ากับ 1.2 องศาเซลเซียส ในเวลา 2.00 น. – 4.00 น.แล้วค่อยๆ ลดลงก่อนจะถึงจุดต่ำสุด ค่าความเข้มข้นกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง (13.00 น.) ทำให้เห็นลักษณะของยอดกราฟที่สอง โดยยอดกราฟที่สองมีค่าเท่ากับ 0.9 องศาเซลเซียส ณ เวลา 16.00 น. แล้วจึงลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดต่ำสุดที่ 0.6 องศาเซลเซียส ณ เวลา 17.00 น.

จุดสูงสุดของค่าความเข้มข้นของฤดูฝนและฤดูหนาวเกิดขึ้นในตอนเย็น และยอดกราฟที่สองเกิดขึ้นในช่วงเช้า ในขณะที่จุดต่ำสุดพบในช่วงก่อนเที่ยง ซึ่งค่าสูงสุดและต่ำสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน แตกต่างจากฤดูร้อนที่พบจุดสูงสุดของค่าความเข้มข้นในช่วงหลังเที่ยงคืน นอกจากนี้ลักษณะกราฟสองยอดที่พบในเมืองชลบุรีแตกต่างจากลักษณะความเข้มข้นของเกาะความร้อนของเมืองหลักอื่นที่ค่าความเข้มข้นสูงสุดเกิดขึ้นในเวลากลางคืนและค่าต่ำสุดพบในช่วงกลางวันในทุกฤดู แสดงให้เห็นว่ามีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะเกาะความร้อนในเมืองชลบุรีที่ซับซ้อนกว่าเมืองหลักอื่นๆ เช่น ความเร็วลม กล่าวคือ หากมีความเร็วลมต่ำส่งผลให้ความเข้มข้นของเกาะความร้อนสูง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น ปริมาณเมฆน้อยที่อาจทำให้ระดับความเข้มข้นสูง เป็นต้น อย่างไรก็ตามอิทธิพลจากปัจจัยดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการศึกษาเชิงลึกเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว

การเปลี่ยนแปลงของค่าเกาะความร้อนในรอบ 1 วัน พบว่า ฤดูหนาวมีความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองและชนบทรอบเมืองมากที่สุด โดยค่าความต่างเท่ากับ 1.3 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแตกต่างของเกาะความร้อนในฤดูร้อนและฤดูฝนในรอบ 1 วัน เท่ากับ 0.6 องศาเซลเซียส และ 0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



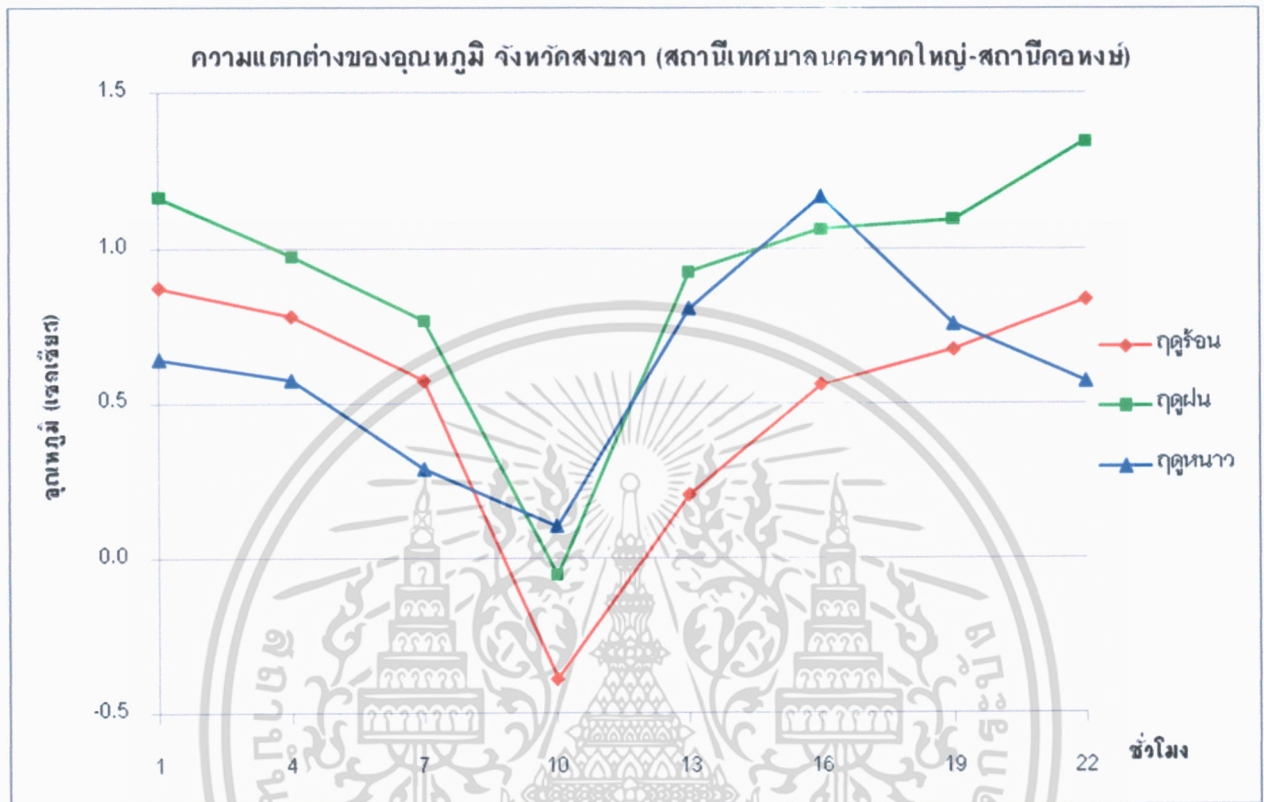
รูปที่ 4-12 แสดงรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ของเมืองชลบุรี

4.4.6 รูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ของเมืองหาดใหญ่

สภาวะเกาะความร้อน (urban heat island intensities) ในเมืองหาดใหญ่ เมืองสงขลาแสดงในรูปที่ 4-13 จากข้อมูลดังกล่าวพบความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 22.00 น. ของช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ในขณะที่ฤดูหนาวพบความเข้มข้นสูงสุดของสภาวะเกาะความร้อน ณ เวลา 16.00 น. โดยในฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นมากที่สุด (1.3 องศาเซลเซียส) และฤดูร้อนมีค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนต่ำที่สุด (0.9 องศาเซลเซียส) ความเข้มข้นของสภาวะเกาะความร้อน ค่อยๆ ลดลงหลังจากผ่านจุดสูงสุด และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเช้า หลังจากพระอาทิตย์ขึ้น ไปถึงจุดต่ำสุดในเวลาประมาณ 10.00 น. ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว เกาะความร้อนในฤดูหนาวพบน้อยมาก มีค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 0.1 องศาเซลเซียส ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ตรงข้าม (Heat Sink) ในฤดูร้อนกับฤดูฝน โดยพบว่าพื้นที่เมืองมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่นอกเมือง 0.4 องศาเซลเซียส และ 0.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หากพิจารณาความต่างของค่าเกาะความร้อนในรอบ 1 วัน พบว่า ฤดูหนาวมีความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองและชนบทรอบเมืองน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าความต่างเท่ากับ 1.1 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแตกต่างของเกาะความร้อนในฤดูร้อนและฤดูฝนในรอบ 1 วัน เท่ากับ 1.3 องศาเซลเซียส

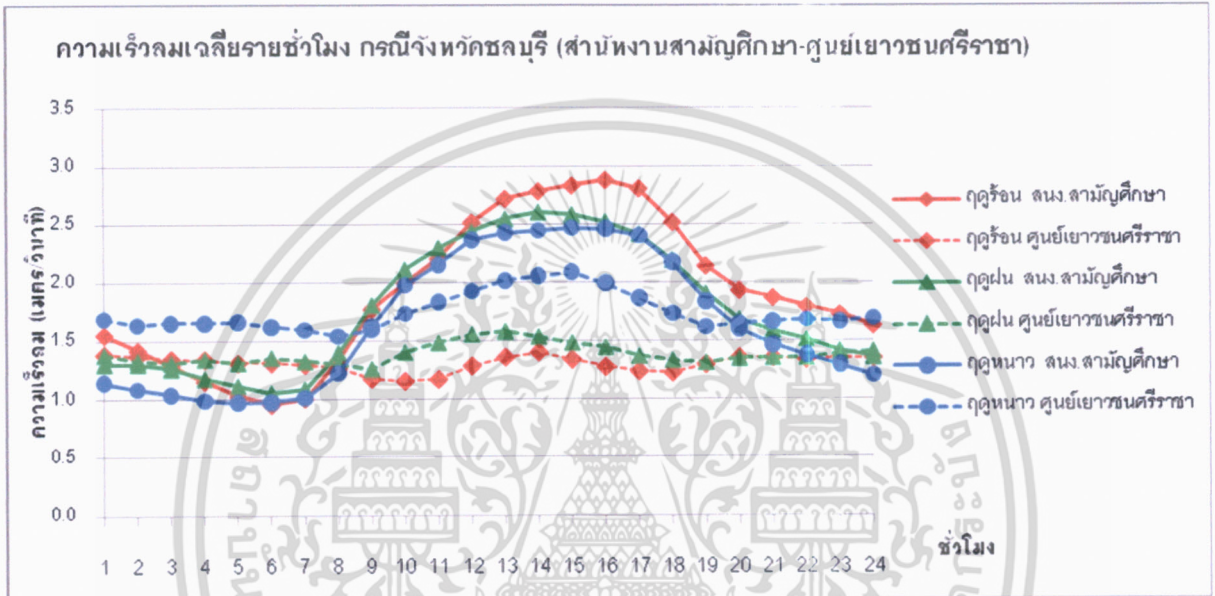


รูปที่ 4-13 แสดงรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ของเมืองหาดใหญ่

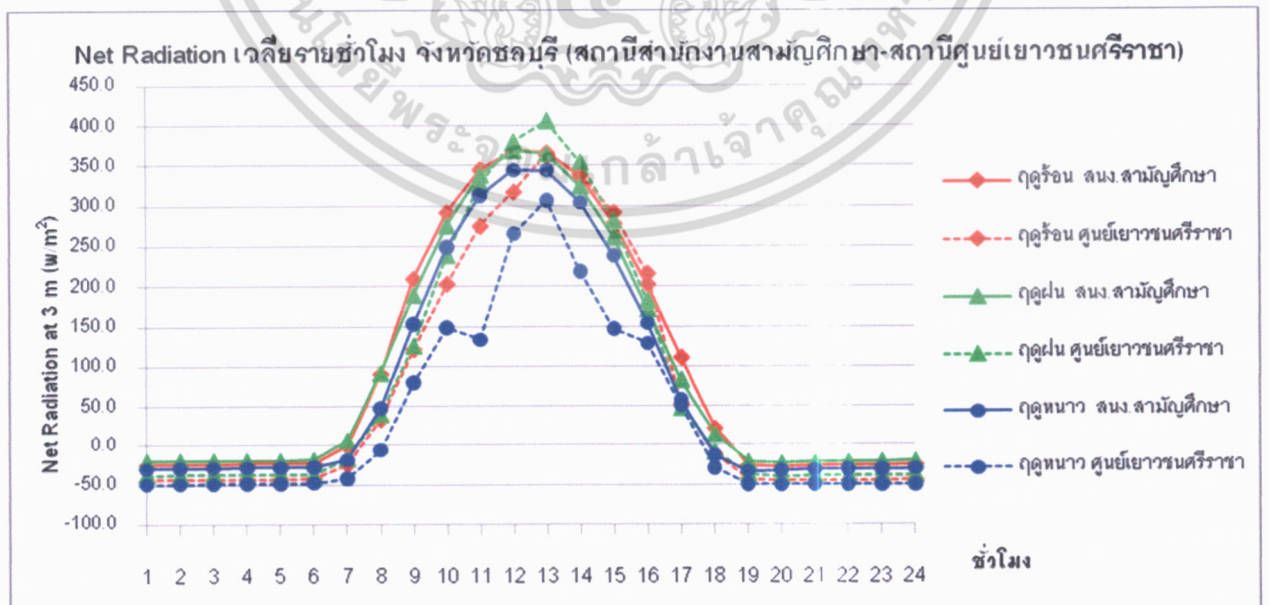
4.4.7 สรุปรูปแบบความเข้มข้นของเกาะความร้อนเชิงเวลา ในเมืองหลัก

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่พบในกรุงเทพมหานคร เมืองเชียงใหม่ เมืองขอนแก่น เมืองโคราช และเมืองหาดใหญ่ มีลักษณะสอดคล้องกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่เกิดขึ้นทั่วไป (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) กล่าวโดยสรุป คือสภาวะเกาะความร้อนเกิดขึ้นหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน เนื่องจากพลังงานความร้อนที่เก็บสะสมในวัสดุพื้นผิวของเมืองในช่วงกลางวันค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในเมืองอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่พื้นผิวของชนบทเก็บสะสมความร้อนได้น้อยกว่า และปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศได้เร็วกว่าจึงทำให้บรรยากาศหลังช่วงเวลาพระอาทิตย์ตกดินในชนบทเย็นตัวลงรวดเร็วกว่าพื้นที่เมืองส่งผลให้บรรยากาศเมืองร้อนกว่าในพื้นที่ชนบท อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลพบว่า เมืองชลบุรีมีรูปแบบของเกาะความร้อนที่แตกต่างจากทั่วไป กล่าวคือ พบว่าเกาะความร้อนเกิดขึ้นในช่วงกลางวัน และมียอดกราฟสองยอด ทั้งนี้อาจอธิบายปรากฏการณ์ของยอดกราฟในช่วงเช้าของฤดูฝนและฤดูหนาวได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยปัจจัยของลมทะเล (รูปที่ 4-14) เนื่องจากสถานีตรวจวัดที่เป็นตัวแทนพื้นที่ชนบทอยู่ติดกับทะเลมากกว่าสถานีตัวแทนของเมือง นอกจากนั้นลักษณะกายภาพโดยรอบมีลักษณะที่เปิดโล่งในขณะที่สถานีในเมืองมีอาคารล้อมรอบ จึงทำให้สถานีตรวจวัดที่เป็นตัวแทนพื้นที่ชนบทได้รับอิทธิพลจากลมทะเลในช่วงเวลากลางวันมากจึงส่งผลให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าสถานีในเมืองมาก สำหรับยอดกราฟในช่วงบ่ายอาจอธิบายได้จากปริมาณเมฆที่ทำให้ความเข้มของแสงลดลง (รูปที่ 4-15)



รูปที่ 4-14 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง กรณีเมืองชลบุรี



รูปที่ 4-15 แสดงความเข้มของแสง (Net Radiation) เมืองชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นยังพบว่ามีการปรากฏการณ์พื้นที่เมืองเย็นกว่าพื้นที่ชนบท (Heat Sink) ในช่วงเวลา กลางวันของกรุงเทพมหานคร เมืองเชียงใหม่ เมืองขอนแก่น และเมืองโคราช ซึ่งจะเกิดขึ้นชัดเจนในฤดู หนาวและฤดูร้อน ในขณะที่ฤดูฝนปรากฏการณ์ heat sink เกิดขึ้นในระดับที่ไม่สูงมากเมื่อเทียบกับ สองฤดูแรก ทั้งนี้อธิบายได้ด้วยอิทธิพลของความเข้มของพลังงานแสงที่พื้นผิวได้รับ พื้นที่เมืองถูกบดบัง ด้วยอาคารสิ่งปลูกสร้างมากกว่าพื้นที่ชนบท ดังนั้นการรับแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชนบทจึงมีมากกว่าจะทำให้ พื้นผิวได้รับความร้อนในช่วงเวลากลางวันมากกว่าพื้นผิวในเมือง นอกจากนี้พื้นผิวของเมืองยังมี คุณสมบัติในการเก็บกักความร้อนที่ดีกว่าพื้นผิวในชนบท ในกรณีฤดูฝนเนื่องจากท้องฟ้าถูกปกคลุมด้วย เมฆ ความแตกต่างของอิทธิพลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อความร้อนบนพื้นผิวระหว่างเมืองกับชนบทจึงลดลง

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ

ข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนพื้นที่คลุมดินกับอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิ ของเมืองแปรผันตรงกับ การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนพื้นที่ผิวที่เป็นอาคารสิ่งปลูกสร้าง ในขณะที่ แปรผกผันกับสัดส่วนพื้นที่ธรรมชาติ (Mahawan, 2010; วันเพ็ญ และ นิกธ 2553) อย่างไรก็ตาม สภาพ ความร้อนในบรรยากาศของแต่ละบริเวณขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพ รวมถึงสภาพภูมิอากาศ ของแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ส่งผลต่อระดับความสัมพันธ์ของสัดส่วนพื้นที่คลุม ดินกับอุณหภูมิในบริเวณนั้นๆ ในหัวข้อนี้ได้นำเสนอข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชนิดสิ่งปกคลุมดินที่ได้ จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม (รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียมแสดงในบทที่ 3 และสัดส่วนของสิ่งปก คลุมดินแสดงในภาคผนวก ง) กับอุณหภูมิ ในบรรยากาศของเมืองกรุงเทพมหานคร เมืองเชียงใหม่ เมือง ขอนแก่น เมืองนครราชสีมา เมืองชลบุรี และเมืองหาดใหญ่ ซึ่งมีความแตกต่างกันในสภาพทางกายภาพ และชีวภาพ รวมถึงสภาพภูมิอากาศของแต่ละเมือง

ตารางที่ 4-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในกรุงเทพมหานคร

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	พื้นที่เมือง		พื้นที่ป่า		พื้นที่น้ำ		ที่โล่ง		เกษตรกรรม	
	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob
กรุงเทพมหานคร	.384	.000	-.262	.010	-.242	.062	.161	.050	-.268	.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในกรุงเทพมหานครแสดงในตารางที่ 4-11 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ ที่ระดับ 95% พบว่า อุณหภูมิในกรุงเทพมหานครมีความสัมพันธ์กับพื้นที่เมือง พื้นที่ป่า และพื้นที่เกษตรกรรม แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ พื้นที่น้ำ และที่โล่ง และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สันพบว่า พื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนพื้นที่ป่า และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปในลักษณะผกผัน อุณหภูมิจะลดลงเมื่อสัดส่วนพื้นที่ป่า หรือพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่พบแสดงในระดับค่อนข้างต่ำ 0.384, -0.262, และ -0.268 สำหรับ พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า และพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับ

ตารางที่ 4-12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองเชียงใหม่

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	พื้นที่เมือง		พื้นที่ป่า		พื้นที่น้ำ		ที่โล่ง		เกษตรกรรม	
	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob
เชียงใหม่	.718	.000	-.800	.000	-.427	.000	-.236	.014	-.264	.000

ตารางที่ 4-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองเชียงใหม่ ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ ที่ระดับ 95% พบว่า อุณหภูมิในเมืองเชียงใหม่มีความสัมพันธ์กับทุกปัจจัย ประกอบด้วย พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สันพบว่า พื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนพื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปในลักษณะผกผัน อุณหภูมิจะลดลงเมื่อสัดส่วนพื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ ที่โล่ง หรือ พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อพื้นที่เมือง และพื้นที่ป่าพบในระดับค่อนข้างสูง 0.718, -0.800 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองขอนแก่น

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	พื้นที่เมือง		พื้นที่ป่า		พื้นที่น้ำ		ที่โล่ง		เกษตรกรรม	
	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob
ขอนแก่น	.134	.053	-.343	.005	.055	.487	.187	.009	-.328	.000

ตารางที่ 4-13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองขอนแก่น ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความสัมพันธที่ระดับ 95% พบว่า อุณหภูมิในเมืองขอนแก่นมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ป่า ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ พื้นที่เมือง และพื้นที่น้ำ และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สันพบว่า พื้นที่โล่งมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนพื้นที่โล่งเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนพื้นที่ป่า และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปในลักษณะผกผัน อุณหภูมิจะลดลงเมื่อสัดส่วนพื้นที่ป่า หรือ พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่พบแสดงในระดับค่อนข้างต่ำ -0.343, 0.187, และ -0.328 สำหรับ พื้นที่ป่า ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับ

ตารางที่ 4-14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองโคราช

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	พื้นที่เมือง		พื้นที่ป่า		พื้นที่น้ำ		ที่โล่ง		เกษตรกรรม	
	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob
โคราช	-.163	.019	-.256	.048	-.152	.169	.293	.000	.128	.087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองโคราช ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ ที่ระดับ 95% พบว่า อุณหภูมิในเมืองโคราชมีความสัมพันธ์กับพื้นที่เมือง พื้นที่ป่า และที่โล่ง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ พื้นที่น้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สันพบว่า ที่โล่งมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนที่โล่งเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนพื้นที่เมือง และพื้นที่ป่า เป็นไปในลักษณะผกผัน อุณหภูมิจะลดลงเมื่อสัดส่วนพื้นที่ป่า หรือ พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่พบแสดงในระดับค่อนข้างต่ำ -0.163, -0.256, และ 0.293 สำหรับพื้นที่เมือง พื้นที่ป่า และที่โล่ง ตามลำดับ

ตารางที่ 4-15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองชลบุรี

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	พื้นที่เมือง		พื้นที่ป่า		พื้นที่น้ำ		ที่โล่ง		เกษตรกรรม	
	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob
ชลบุรี	.396	.000	-.616	.077	-.840	.000	.138	.169	-.048	.531

ตารางที่ 4-15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองชลบุรีผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ ที่ระดับ 95% พบว่า อุณหภูมิในเมืองชลบุรีมีความสัมพันธ์กับพื้นที่เมือง และพื้นที่น้ำ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ พื้นที่ป่า ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรม และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สันพบว่า พื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนพื้นที่น้ำ เป็นไปในลักษณะผกผัน อุณหภูมิจะลดลงเมื่อสัดส่วนพื้นที่น้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่พบแสดงในระดับค่อนข้างต่ำ 0.396 สำหรับกรณีพื้นที่เมือง แต่แสดงในระดับค่อนข้างสูง -0.84 สำหรับพื้นที่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองหาดใหญ่

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	พื้นที่เมือง		พื้นที่ป่า		พื้นที่น้ำ		ที่โล่ง		เกษตรกรรม	
	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob	r	t-prob
หาดใหญ่	.608	.000	-.565	.000	-.388	.000	.327	.000	-.250	.000

ตารางที่ 4-16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนสิ่งปกคลุมพื้นผิวในเมืองเมืองหาดใหญ่ ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ ที่ระดับ 95% พบว่า อุณหภูมิในเมืองหาดใหญ่มีความสัมพันธ์กับทุกปัจจัยประกอบด้วย พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม และเมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สันพบว่า พื้นที่เมือง และที่โล่งมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อสัดส่วนพื้นที่เมือง หรือ ที่โล่งเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนพื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปในลักษณะผกผัน อุณหภูมิจะลดลงเมื่อสัดส่วนพื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ หรือ พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่อพื้นที่เมือง และพื้นที่ป่าพบในระดับปานกลาง 0.608, -0.565 ตามลำดับ และระดับค่อนข้างต่ำในกรณีของ พื้นที่น้ำ ที่โล่ง และพื้นที่เกษตรกรรม -0.388, 0.327, และ -0.250 ตามลำดับ

ผลสรุปโดยทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนพื้นที่ในหมวดตัวแปรดังกล่าวยังอาจมีความสัมพันธ์ระหว่างกันซึ่งมีผลต่อระดับความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดความแตกต่างของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินระหว่างเมืองหลักต่างๆ

อุณหภูมิในเมืองเชียงใหม่และเมืองหาดใหญ่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินในทุกชนิด โดยอุณหภูมิแปรผันตรงกับสัดส่วนพื้นที่เมือง ในระดับความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูง และแปรผกผันกับสัดส่วนพื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลที่พบในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Mahawan, 2010; วันเพ็ญ และ นิกร 2553) ในขณะที่อุณหภูมิของกรุงเทพมหานคร เมืองขอนแก่น เมือง
เอกสารฉบับเอกสารที่ส่งมาเพื่อใช้ในการแข่งขันเพื่อชิงรางวัลที่หนึ่ง โดยผู้เขียนได้เขียนและเรียบเรียงเนื้อหา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคราช และเมืองชลบุรี มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินในบางชนิด และไม่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนพื้นผิวน้ำบางชนิดดังที่ได้กล่าวในรายละเอียดตอนต้น ซึ่งหากพิจารณาเป็นรายชนิดของพื้นผิวน้ำจะพบว่า พื้นที่เมืองส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกในทุกเมือง ยกเว้นเมืองขอนแก่นที่ไม่มี ความสัมพันธ์ และเมืองโคราชที่มีความสัมพันธ์ในทางลบ ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างจากผลของงานวิจัยอื่น ทั้งนี้อาจจะอธิบายได้ด้วยลักษณะกายภาพของเมืองขอนแก่น และเมืองโคราชที่มีที่โล่งในเมือง จำนวนมากถึง ร้อยละ 23.76 และ ร้อยละ 21.31 ในขณะที่สัดส่วนที่โล่งในเมืองหลักอื่นไม่ถึงร้อยละ 10 (ตารางที่ 4-17) ประกอบกับลักษณะของพื้นที่เมืองที่ไม่หนาแน่นเท่ากับเมืองหลักอื่น อย่างเช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ชลบุรี และหาดใหญ่ จากลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่ออิทธิพลของปัจจัยอื่นที่ เกี่ยวเนื่องจากที่โล่ง เช่น การไหลเวียนของลมในพื้นที่เมืองมากพอที่ทำให้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับ สัดส่วนพื้นที่เมืองไม่เด่นชัด หรือแตกต่างจากเมืองอื่น

ตารางที่ 4-17 แสดงสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินประเภทต่างๆ ในเมืองหลัก

ร้อยละ	พื้นที่เมือง	พื้นที่ป่า	พื้นที่น้ำ	ที่โล่ง	เกษตรกรรม
กรุงเทพฯ	42.27	7.21	7.94	7.57	35.01
เชียงใหม่	48.86	5.93	9.45	5.72	30.04
ขอนแก่น	31.43	2.14	16.75	23.76	25.92
โคราช	50.58	3.25	5.51	21.31	19.36
ชลบุรี	64.29	1.42	7.15	4.86	22.27
หาดใหญ่	31.75	7.41	5.62	1.22	53.99

ที่มา: คำนวณจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7ETM

กรณีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ป่า พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทุกเมืองยกเว้นเมือง ชลบุรี ซึ่งจากข้อมูลสัดส่วนพื้นที่ป่าในเมืองชลบุรีน้อย เพียงร้อยละ 1.42 จึงอาจมีผลต่อความสัมพันธ์ ดังกล่าว ในส่วนอิทธิพลของพื้นที่น้ำ ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่น้ำที่มี ต่ออุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากข้อมูลที่พบในการศึกษานี้พบว่าพื้นที่น้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ สำหรับกรณีเมืองเชียงใหม่ เมืองชลบุรี และเมืองหาดใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น (Mahawan, 2010; วันเพ็ญ และนิกร 2553) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ในกรณีของกรุงเทพมหานคร เมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอนแก่น และเมืองโคราช ซึ่งอาจอธิบายด้วยปัจจัยในเรื่องการถ่ายเทของอากาศในพื้นที่น้ำกับพื้นที่ข้างเคียง ส่งผลถึงความสัมพันธ์ที่ไม่พบในกรณีของกรุงเทพมหานคร เมืองขอนแก่น และเมืองโคราช ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาอาจจะอธิบายถึงปรากฏการณ์ของความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมกับอุณหภูมิที่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กันในกรณีของเมืองโคราชและเมืองชลบุรี ซึ่งจากข้อมูลพบว่าทั้งสองเมืองนี้มีสัดส่วนพื้นที่เกษตรกรรมน้อยกว่าเมืองอื่นๆ

สำหรับกรณีที่โล่งพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในกรณีของกรุงเทพมหานคร และเมืองชลบุรี แต่พบว่ามีความสัมพันธ์ในกรณีของเมืองเชียงใหม่ เมืองขอนแก่น เมืองโคราช และเมืองหาดใหญ่ แต่มีความแตกต่างในลักษณะของความสัมพันธ์ที่พบ กล่าวคือ ในกรณีเมืองเชียงใหม่ที่โล่งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ แต่ในเมืองที่เหลือเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก ซึ่งคำอธิบายถึงลักษณะของความสัมพันธ์ต่างกันของความสัมพันธ์ระหว่างที่โล่งกับอุณหภูมิ อาจกล่าวได้ว่าเกิดจากของข้อมูลการกำหนดพื้นที่โล่งที่ไม่ได้แยกชนิดของวัตถุปกคลุมพื้นผิวออกจากกัน ดังนั้น พื้นที่โล่งที่พื้นที่ผิวถูกปกคลุมด้วยคอนกรีต และพื้นดิน หรือแม้แต่พื้นหญ้าก็อาจถูกรวมให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันอิทธิพลของวัตถุ เช่น คอนกรีตเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในคุณสมบัติการดูดซับ กักเก็บ และปลดปล่อยความร้อนได้ดีกว่าพื้นดิน หรือพื้นหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

ความแตกต่างของอุณหภูมิในพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชนบทรอบเมืองเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอาคาร และกิจกรรมในเมือง หากเมืองมีอาคารและกิจกรรมภายในเมืองมีความหนาแน่นสูงความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองกับชนบทรอบเมืองจะมีความแตกต่างมาก ในกรณีเมืองหลักของประเทศไทย เช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชสีมา (โคราช) ชลบุรี และสงขลา (หาดใหญ่) เป็นพื้นที่หัวเมืองใหญ่ที่กระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศไทยที่มีลักษณะความหนาแน่นของอาคารสิ่งปลูกสร้าง และกิจกรรมภายในเมืองที่มีความแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบด้วยค่าทางสถิติของอุณหภูมิระหว่างเมือง ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของแต่ละเมือง รูปแบบเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของเกาะความร้อนของแต่ละเมือง และสุดท้ายคือการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ

5.1 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมือง

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างเมืองด้วยค่าสถิติ “LSD” สรุปได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน แยกสภาพอากาศของเมืองหลักในประเทศไทยออกเป็นสองกลุ่มได้ชัดเจนคือ ขอนแก่น นครราชสีมา และหาดใหญ่ มีอากาศไม่แตกต่างกัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ประมาณ 28 องศาเซลเซียส และอีกกลุ่มหนึ่งประกอบด้วยกรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ และชลบุรีที่มีสภาพอากาศใกล้เคียงกัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 29 องศาเซลเซียส ในกรณีฤดูฝนกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (29.6 องศาเซลเซียส) แต่ในขณะเดียวกันจากค่าสถิติ “LSD” แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยกรุงเทพมหานคร และชลบุรี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในฤดูฝนพบที่เมืองสงขลาซึ่งค่าสถิติ “LSD” แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเมืองเชียงใหม่ และนครราชสีมา โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ส่วนในฤดูหนาวเมืองชลบุรีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่ 28.02 องศาเซลเซียส รองลงมาคือกรุงเทพมหานครและหาดใหญ่ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ประมาณ 26.86 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ 24.28 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิเฉลี่ยร้อนขึ้นเล็กน้อยที่เมืองนครราชสีมา (24.91 องศาเซลเซียส) และเมืองขอนแก่นมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 25.78 องศาเซลเซียส

5.2 ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักในประเทศไทย

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของกรุงเทพมหานคร ในช่วงฤดูร้อนกับฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงกับสถานีตรวจวัดอากาศบางนา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ส่วนในฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดงต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศบางนา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยค่าความแตกต่างเท่ากับ 0.61 องศาเซลเซียส ส่วนในฤดูหนาวพบว่า สถานีตรวจวัดอากาศดินแดงมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศบางนา 1.16 องศาเซลเซียส สถานีดินแดงซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างมากแต่กลับมีอุณหภูมิต่ำกว่าสถานีบางนาซึ่งอยู่ในบริเวณรอบนอกของกรุงเทพมหานคร การขยายตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างออกไปสู่พื้นที่โดยรอบมากขึ้นและบริเวณใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดอากาศบางนาเป็นจุดเชื่อมต่อของเส้นทางคมนาคมที่จะออกไปสู่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีปริมาณการจราจรคับคั่งกว่าสถานีตรวจวัดอากาศดินแดง ความร้อนที่ปล่อยออกจากยานพาหนะอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ในบริเวณสถานีตรวจวัดอากาศบางนาสูงกว่าบริเวณสถานีตรวจวัดอากาศดินแดง นอกจากนี้การเลือกตัวแทนของพื้นที่ชนบท (กรณีสถานีบางนา) อาจไม่ใช่ตัวแทนที่เหมาะสม เนื่องจากลักษณะทางกายภาพไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนักกับสถานีเมือง (กรณีสถานีดินแดง) ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยไม่ค่อยมีความแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองเชียงใหม่บริเวณกลางตัวเมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงกว่าบริเวณเชิงเขาไปทางทิศเหนือของตัวเมืองเชียงใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ตลอดทั้งปี โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อนเท่ากับ 1.27 องศาเซลเซียส ฤดูฝนค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน เท่ากับ 0.74 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน เท่ากับ 1.03 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองขอนแก่น อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองขอนแก่นกับสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงฤดูฝนกับฤดูหนาวที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ส่วนในฤดูร้อนไม่มีความแตกต่างกัน ในฤดูฝนอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองขอนแก่นสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศท่าพระ เท่ากับ 1.59 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงฤดูหนาวพบว่า สถานีตรวจวัดอากาศเมืองขอนแก่นมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงกว่า สถานีตรวจวัดอากาศท่าพระ 1.58 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมา ไม่พบปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองโคราชอย่างมีนัยสำคัญ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองโคราช กับสถานีตรวจวัดอากาศโชคชัย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกฤดูที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองชลบุรี อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองชลบุรีกับสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตลอดทั้งปีที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองชลบุรีสูงกว่า สถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา 0.75 องศาเซลเซียส และ 0.88 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว ส่วนฤดูฝนค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศเมืองชลบุรีต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอากาศศรีราชา 0.3 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหาดใหญ่ พบว่าสถานีตรวจวัดอากาศเทศบาลเมืองหาดใหญ่ (เมือง) มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงกว่าสถานีตรวจวัดอากาศคอหงส์ (ชานเมือง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ในทุกฤดู โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในฤดูร้อนเท่ากับ 0.63 องศาเซลเซียส ฤดูฝนและฤดูหนาว ค่าแตกต่างเท่ากับ 0.83 องศาเซลเซียส และ 0.69 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ลักษณะปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองหลักและกรุงเทพมหานคร พบว่าค่าความแตกต่างของความเข้มข้นของเกาะความร้อน ในรอบวันระหว่างเมืองและชนบทมีความแตกต่างกันสูงสุด ในฤดูหนาวที่ระดับ 2.0-4.9 องศาเซลเซียส ยกเว้นเมืองหาดใหญ่พบค่าความแตกต่างสูงสุดในฤดูฝนและฤดูร้อนที่ระดับ 1.3 องศาเซลเซียส โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเมืองและชนบทของกรุงเทพมหานคร และเมืองหลักของประเทศไทยมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่พบในเมืองอื่นๆ เช่นเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน (Montavez et al., 2000) และ เมืองกรานาดา ประเทศสเปน (Liu et al., 2007) พบค่าความแตกต่างสูงสุดในฤดูหนาวที่ค่า 2.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมืองลอดซ์ ประเทศโปแลนด์ Klysik and Fortuniak, 1999) และเมืองลอนดอน ประเทศสหราชอาณาจักร (Watkins, 1999) พบว่าความแตกต่างสูงสุดในฤดูร้อนที่ค่า 3-4 องศาเซลเซียส และ 1.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 รูปแบบเชิงพื้นที่เกาะความร้อน

ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Aster เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสำรวจรูปแบบเกาะความร้อนเชิงพื้นที่ ซึ่งดาวเทียม Aster โคจรผ่านพื้นที่ประเทศไทยในเวลา 10.30 น. โดยประมาณ ดังนั้นรูปแบบของเกาะความร้อนเชิงพื้นที่ในเมืองหลักต่างๆ จึงเป็นข้อมูลสถานะความร้อนในช่วงเวลาประมาณ 10.30 น.

ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในกรุงเทพมหานครมีลักษณะหลายศูนย์กลางกระจายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเมืองใกล้เคียง โดยพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงสุด (39 องศาเซลเซียสขึ้นไป) พบบริเวณศูนย์กลางการเศรษฐกิจ เช่น บริเวณพระราม 3 คลองเตย และพื้นที่อุตสาหกรรมหนาแน่น บริเวณพระประแดง และเมืองสมุทรปราการ ในขณะที่พื้นที่เมืองทั่วไปในกรุงเทพฯ ซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นและมีกิจกรรมการใช้ที่ดินหนาแน่นมีอุณหภูมิในช่วง 36 – 39 องศาเซลเซียส พื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด (ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส) พบบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และพื้นที่ว่างเปล่า รวมถึงพื้นที่เกษตรที่รอการพัฒนา

ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในเมืองเชียงใหม่มีลักษณะที่เป็นศูนย์กลางเดียว โดยมีค่าความร้อนที่ 36-39 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามพบบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่า 39 องศาเซลเซียส กระจายตามบริเวณที่เป็นที่ตั้งของตลาดแต่เป็นบริเวณที่ไม่กว้างมากนัก แม่น้ำเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุด (ต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส)

ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในเมืองขอนแก่นมีลักษณะที่เป็นศูนย์กลางเดียว โดยอุณหภูมิมีฐานความร้อนที่ 33 – 36 องศาเซลเซียส สลับกับหลุมอากาศเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส กระจายอยู่บริเวณโดยรอบศูนย์กลางซึ่งเป็นพื้นที่มีน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมกระจายโดยรอบพื้นที่เมือง เช่นเดียวกับเมืองขอนแก่น ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในเมืองนครราชสีมา มีลักษณะที่เป็นศูนย์กลางเดียว โดยอุณหภูมิมีฐานความร้อนที่ 33 – 36 องศาเซลเซียส และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด (ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส) ล้อมรอบพื้นที่เมืองด้านนอก

ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในเมืองชลบุรีมีลักษณะที่เป็นศูนย์กลางเดียว โดยมีค่าความร้อนที่ 36-39 องศาเซลเซียส สลับกับหลุมอากาศเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นพื้นที่เขาบางทราย และพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดพบในบริเวณที่มีน้ำโดยเฉพาะพื้นที่ทะเล (ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเชิงพื้นที่ของเกาะความร้อนในเมืองหาดใหญ่มีลักษณะที่เป็นศูนย์กลางเดียวที่ชัดเจนมากที่สุดซึ่งในจำนวนเมืองหลักที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยขอบเขตของเกาะความร้อนมีขนาดกว้างเท่ากับขอบเขตของพื้นที่เมือง ซึ่งมีค่าอุณหภูมิสูงมากกว่า 39 องศาเซลเซียส ถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรมที่มีค่าอุณหภูมิต่ำอยู่ระหว่าง 30 – 33 องศาเซลเซียส และพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำสุดพบบริเวณภูเขาที่มีป่าไม้สมบูรณ์ถัดออกไปจากพื้นที่เกษตรกรรมมีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส

5.4 รูปแบบเชิงเวลาของเกาะความร้อน

ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่เมืองและชนบทโดยรอบในรอบ 24 ชั่วโมง มีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนที่อาศัยอยู่ในเมืองที่ต้องเผชิญกับสภาวะอากาศที่ร้อนมากกว่าปกติ ซึ่งจากข้อมูลในการศึกษานี้ได้แสดงถึงระดับความผิดปกติของอุณหภูมิในแต่ละเมืองดังนี้

เกาะความร้อนมีค่าความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตกดินซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลาที่อาจแตกต่างกันในแต่ละเมืองและละติจูด ค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนในกรุงเทพมหานคร พบในช่วงเวลา 7.00 – 8.00 น. โดยฤดูหนาวและฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นสูงสุด (1.2 องศาเซลเซียส) ส่วนในฤดูร้อนความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 1 องศาเซลเซียส ในกรณีของเมืองเชียงใหม่พบว่า เวลาที่เกาะความร้อนมีค่าความเข้มข้นสูงสุดแตกต่างกันในแต่ละฤดู โดยฤดูหนาวและฤดูฝนพบว่าเวลาสูงสุดของความเข้มข้นของเกาะความร้อนเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงหลังพระอาทิตย์ตกดิน (20.00 น.) โดยค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 2 และ 1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูร้อนค่าสูงสุดของความเข้มข้นของเกาะความร้อน เท่ากับ 1.5 องศาเซลเซียส พบในเวลาประมาณ 02.00 น. ซึ่งห่างจากเวลาที่พระอาทิตย์ตกถึง 8 ชั่วโมง

ในกรณีของเมืองขอนแก่น เวลาที่เกิดความเข้มข้นสูงสุดพบในเวลาที่แตกต่างกันตามฤดูกาล โดยฤดูหนาวซึ่งมีความเข้มข้นสูงสุด (3.8 องศาเซลเซียส) เกิดขึ้นในช่วงเวลา 07.00 น. ในขณะที่ฤดูฝนค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อน เท่ากับ 2.1 องศาเซลเซียส พบในช่วงเวลา 01.00 น. และฤดูร้อนมีค่าสูงสุด 1.1 องศาเซลเซียส พบในเวลาประมาณ 22.00 น.

ในกรณีของเมืองโคราชเป็นลักษณะที่แตกต่างจากที่พบในกรุงเทพมหานคร เมืองเชียงใหม่ และเมืองขอนแก่น กล่าวคือ สภาวะเกาะความร้อนในเมืองโคราชพบเฉพาะในฤดูหนาว โดยมีความเข้มข้นสูงสุด 0.3 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นตั้งแต่ เวลา 22.00 น. ถึง 7.00 น. ในขณะที่ฤดูร้อน และฤดูฝนเกิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์พื้นที่เมืองเย็นกว่าพื้นที่ชนบท (Heat Sink) ตลอดทั้งวัน ทั้งนี้เนื่องจากความจำกัดของข้อมูลที่ต้องอาศัยแหล่งข้อมูลที่มีการบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องมาในช่วงเวลาหลายปี ซึ่งต้องขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับการจัดเก็บข้อมูลสภาวะอากาศของประเทศที่มีข้อมูลต่อเนื่องย้อนหลัง (กรมควบคุมมลพิษ และกรมอุตุนิยมวิทยา) ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดในการเลือกสถานีตรวจวัดอากาศที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ชนบทรอบเมืองโคราชเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับสถานีในเมืองโคราช จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากสถานีบริเวณอำเภอโชคชัยเป็นตัวแทนของพื้นที่ชนบท ซึ่งอาจมีผลต่อผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงลักษณะของ Heat Sink ตลอดทั้งวัน

รูปแบบเกาะความร้อนเชิงเวลาในเมืองชลบุรีเป็นอีกกรณีที่แตกต่างกันจากลักษณะโดยทั่วไป โดยพบว่าช่วงเวลาที่ค่าความเข้มข้นสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน นอกจากนั้นยังพบว่าลักษณะของกราฟแสดงความเข้มข้นเกาะความร้อนมีขดกราฟสองยอด โดยในฤดูฝนและฤดูหนาวความเข้มข้นเกาะความร้อนสูงสุดเกิดขึ้นในเวลาประมาณ 16.00 น. โดยค่าความเข้มข้นเป็น 1.8 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว และ 0.9 องศาเซลเซียส ในฤดูฝน และค่อยลดลงจนเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งก่อนที่จะลดลงจนถึงค่าต่ำสุด แสดงให้เห็นขดกราฟที่สองในเวลาประมาณ 7.00 น. โดยค่าความเข้มข้นของยอดที่สองเป็น 0.7 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว และ 0.8 องศาเซลเซียส ในฤดูฝน แล้วความเข้มข้นจะลดลงจนถึงจุดต่ำสุด เวลา 13.00 น. ที่ 0.4 องศาเซลเซียส ในฤดูฝน และ เวลา 9.00 น. ที่ 0.5 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว ในกรณีของฤดูร้อน ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเกาะความร้อนแตกต่างจากฤดูฝนและฤดูหนาว กล่าวคือ ความเข้มข้นสูงสุดของสภาวะเกาะความร้อนเท่ากับ 1.2 องศาเซลเซียส ในเวลา 02.00 น. – 04.00 น. แล้วค่อยๆ ลดลงก่อนที่จะถึงจุดต่ำสุด ค่าความเข้มข้นกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง (13.00 น.) ทำให้เห็นลักษณะของขดกราฟที่สองโดยขดกราฟที่สองมีค่าเท่ากับ 0.9 องศาเซลเซียส ณ เวลา 16.00 น. แล้วจึงลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดต่ำสุดที่ 0.6 องศาเซลเซียส ณ เวลา 17.00 น. ลักษณะดังกล่าวเป็นกรณีที่แตกต่างกันจากลักษณะโดยทั่วไปของรูปแบบเกาะความร้อนในรอบ 24 ชั่วโมง ซึ่งอาจได้รับผลจากปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบเชิงเวลาของเกาะความร้อนในเมืองชลบุรี ทั้งนี้อาจอธิบายปรากฏการณ์ของขดกราฟในช่วงเช้าของฤดูฝนและฤดูหนาวได้ด้วยปัจจัยของลมทะเล เนื่องจากสถานีตรวจวัดที่เป็นตัวแทนพื้นที่ชนบทอยู่ติดกับทะเลมากกว่าสถานีตัวแทนของเมือง นอกจากนั้นลักษณะกายภาพโดยรอบมีลักษณะที่เปิดโล่งในขณะที่สถานีในเมืองมีอาคารล้อมรอบ จึงทำให้สถานีตรวจวัดที่เป็นตัวแทนพื้นที่ชนบทได้รับอิทธิพลจากลมทะเลในช่วงเวลากลางวันมากจึงส่งผลให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าสถานีในเมืองมาก สำหรับขดกราฟในช่วงบ่ายอาจอธิบายได้จากปริมาณเมฆที่มากปกคลุมทำให้ความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลง อย่างไรก็ตามเหตุผลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวเป็นข้อสนับสนุนเบื้องต้นซึ่งมิได้อยู่ในข้อพิจารณาของการวิจัยในครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาลักษณะเกาะความร้อนของ Sumeghy and Unger (2003) ในเมือง Szeged ในประเทศฮังการี พบเกาะความร้อน 2 ศูนย์กลางในฤดูใบไม้ร่วง และให้เหตุผลว่าเกิดจากการลดลงของความเร็วลมในบางครั้ง โดยงานวิจัยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในพื้นที่อบอุ่น แต่พื้นที่ในเขตร้อนยังขาดการศึกษาที่เพียงพอ ดังนั้นปรากฏการณ์ดังกล่าวควรจะได้รับการศึกษาเชิงลึก

รูปแบบเกาะความร้อนเชิงเวลาในเมืองหาดใหญ่พบความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 22.00 น. ของฤดูร้อนและฤดูฝน ในขณะที่ฤดูหนาวพบความเข้มข้นสูงสุดของสภาวะเกาะความร้อน ณ เวลา 16.00 น. โดยในฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นมากที่สุด (1.3 องศาเซลเซียส) และฤดูร้อนมีค่าความเข้มข้นสูงสุดของเกาะความร้อนต่ำที่สุด (0.9 องศาเซลเซียส) กรณีค่าความเข้มข้นสูงสุดที่พบในฤดูหนาวเป็นอีกกรณีที่แตกต่างกันจากลักษณะทั่วไปของรูปแบบเกาะความร้อนที่มีปัจจัยพื้นฐานของการเกิดเกาะความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งค่าความเข้มข้นสูงสุดพบจะเกิดขึ้นหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน ดังนั้นกรณีที่ความเข้มข้นสูงสุดที่พบในช่วงบ่ายแสดงให้เห็นว่ามีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลมากกว่าอาจส่งผลให้ช่วงเวลาของค่าสูงสุดของค่าความเข้มข้นแตกต่างไปจากสภาวะปกติ ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจและควรมีการศึกษาต่อไป

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิ

จากข้อมูลพบว่าโดยส่วนใหญ่อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน โดยพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิ ในขณะที่พื้นที่ธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่า พื้นที่น้ำ และพื้นที่เกษตรกรรมมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเชิงลบ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น Mahawan, 2010; วันเพ็ญ และ นิกร 2553; กนกวรรณ 2541; ธนกฤต 2545; Kimura และ Takahashi, 1991; Eliasson, 1996; Asaeda et al., 1996; Svensson, 2002)

อย่างไรก็ตามมีบางกรณีที่ผลทางสถิติแสดงว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะกายภาพของพื้นที่ เช่น ในกรณีของพื้นที่น้ำที่ไม่มีความสัมพันธ์ในกรณีของกรุงเทพมหานคร เมืองขอนแก่น และเมืองโคราช ซึ่งอาจอธิบายด้วยปัจจัยในเรื่องการถ่ายเทของอากาศในพื้นที่น้ำกับพื้นที่ข้างเคียง ส่งผลถึงความสัมพันธ์ที่ไม่พบในกรณีของกรุงเทพมหานคร เมืองขอนแก่น และเมืองโคราช ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาอาจจะอธิบายถึงปรากฏการณ์ของความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมกับอุณหภูมิต่างที่ไม่พบว่ามีสัมพันธ์กันในกรณีของเมืองโคราชและเมืองชลบุรี ซึ่งจากข้อมูลพบว่าทั้งสองเมืองนี้มีสัดส่วนพื้นที่เกษตรกรรมน้อยกว่าเมืองอื่นๆ ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นยังมีกรณีที่โล่งที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในกรณีของกรุงเทพมหานคร และเมืองชลบุรี แต่พบว่ามีความสัมพันธ์ในกรณีของเมืองเชียงใหม่ เมืองขอนแก่น เมืองโคราช และเมืองหาดใหญ่ แต่มีความแตกต่างในลักษณะของความสัมพันธ์ที่พบ กล่าวคือ ในกรณีเมืองเชียงใหม่ที่โล่งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ แต่ในเมืองที่เหลือเป็นความสัมพันธ์ในเชิงลบ ซึ่งคำอธิบายถึงลักษณะของความแตกต่างกันของความสัมพันธ์ระหว่างที่โล่งกับอุณหภูมิ อาจกล่าวได้ว่าเกิดจากของข้อมูลการกำหนดพื้นที่โล่งที่ไม่ได้แยกชนิดของวัตถุปกคลุมพื้นผิวออกจากกัน ดังนั้น พื้นที่โล่งที่พื้นที่ผิวถูกปกคลุมด้วยคอนกรีต และพื้นดิน หรือแม้แต่พื้นหญ้าก็อาจถูกรวมให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งอิทธิพลของวัตถุ เช่น คอนกรีตเป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปในคุณสมบัติการดูดซับ กักเก็บ และปลดปล่อยความร้อนได้ดีกว่าพื้นดิน หรือพื้นหญ้า

5.6 แนวทางการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในเมืองอย่างต่อเนื่อง ไม่เฉพาะในกรุงเทพมหานคร แต่หากรวมถึงเมืองหลักทั้ง 5 เมือง และอาจรวมถึงเมืองอื่นๆ ที่อยู่ในระหว่างกระบวนการพัฒนาความเป็นเมือง สาเหตุหลักนั้นมาจากการลดลงของพื้นที่สีเขียวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมืองมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพที่ซับซ้อน และกิจกรรมของมนุษย์มีความเข้มข้นสูง นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นเช่นการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศ การลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เมืองมีอุณหภูมิสูงกว่าชนบท จากข้อค้นพบของงานวิจัยนี้ที่ตรวจสอบสภาพเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานคร และเมืองหลักทั้ง 5 เมืองของประเทศ และอิทธิพลของสิ่งปกคลุมดินที่ต่ออุณหภูมิในบรรยากาศ พบว่าเมืองมีความเข้มข้นของเกาะความร้อนสูงกว่าชนบทในทุกพื้นที่ศึกษา (6 เมือง) ซึ่งมีผลต่อสภาวะความสบายของผู้อาศัย ดังนั้นนโยบายและกลยุทธ์ในการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเป็นสิ่ง ทำหาย โดยเฉพาะการบูรณาการความรู้ทางด้านภูมิอากาศที่ยังขาดหายไปในการวางผังเมือง ซึ่งสามารถช่วยบรรเทาสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องได้

กระแสหลักของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับการวางแผนพัฒนาเริ่มได้รับความสนใจ โดยมีบทความที่กล่าวถึงจะวางผังเมืองอย่างไรที่จะช่วยลดโลกร้อนได้ (Blakely, 2007; Eliasson, 2000; Mills, 2006; Yuen & Kong, 2009) มีการกำหนดนโยบายการรับมือและการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมในแผนการพัฒนา หน่วยงาน เช่น UN-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Habitat และองค์ระหว่างประเทศได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการวางผังเมืองเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพราะหากเมืองมีการวางแผนที่ดีจะเป็นรากฐานในการพัฒนาที่ยั่งยืนมากกว่าเมืองที่ไม่มีการวางแผน การวางผังเมืองและการควบคุมการพัฒนาสามารถช่วยลดผลกระทบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนได้ โดยการเพิ่มพื้นที่โล่งและสวนสาธารณะซึ่งเปรียบเสมือนแหล่งเก็บความร้อน (urban heat sinks) ในพื้นที่เมือง การลดรอยเท้าทางนิเวศน์ของเมืองด้วยการวางแผนโดยให้เมืองมีการใช้ที่ดินผสมผสาน (mixed use) เมืองมีความกะทัดรัด (compact city) และให้มีการเดินทางโดยอยู่บนพื้นฐานของการพึ่งพาระบบขนส่งสาธารณะ ในการวางแผนเมืองมีการเปลี่ยนแปลงจากมาตรการการบรรเทา (mitigation) ไปสู่มาตรการการปรับตัว (adaptation) ซึ่งเป็นมาตรการระยะยาว เช่น การป้องกันน้ำท่วมและการเลื่อนตัวของแผ่นดิน (landslides) การป้องกันหรือการหาที่ดั้งใหม่ให้กับผู้ที่อาศัยในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อภัยพิบัติ การปรับปรุงระบบการระบายน้ำ และการป้องกันการพัฒนาที่จะเกิดขึ้นใหม่ที่อาจได้รับผลกระทบจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นหรือน้ำท่วม เป็นต้น การวางแผนเชิงบูรณาการที่คำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในอนาคตเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมือง พื้นที่เมืองขนาดใหญ่ (mega-cities) และพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการคุกคาม (vulnerable areas) การหิบบกเอนนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้เนื้อหาการพัฒนาที่ยั่งยืนจึงมีความสำคัญมาก

การศึกษาเชิงบูรณาการด้านการวางผังเมืองโดยพิจารณาสภาพภูมิอากาศจำเป็นต้องมีการค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยอาจพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ กล่าวคือ 1) ในกรณีพื้นที่ที่อยู่ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรคำนึงถึงความหนาแน่นของอาคาร ความสูงของอาคาร ที่ตั้งของอาคาร รวมถึงความกว้างของถนนและการวางตัวของถนน และที่โล่งที่ควรมีพื้นที่ 100,000 ตารางเมตร หรือ 0.1 ตารางกิโลเมตรเป็นอย่างต่ำ เพราะจากการศึกษาของ Eliasson พบว่าขนาดพื้นที่โล่งดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดการถ่ายเทของอากาศสู่พื้นที่โดยรอบได้ ร่วมกับปัจจัยด้านภูมิอากาศ เช่น ทิศทางลม ทิศทางของแสงแดด เพื่อช่วยในการระบายอากาศและถ่ายเทความร้อนได้ นอกจากนี้ควรพิจารณาลักษณะกายภาพของเมืองที่ส่งเสริมต่อการไหลเวียนของอากาศ เช่น ลักษณะร่องหุบเขา เิงเขา หรือแม่น้ำ โดยกำหนดให้พื้นที่ที่มีความหนาแน่นอาคารและความสูงในระดับที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณในแนวร่องเขา หรือริมแม่น้ำ ควรเป็นที่เปิดโล่ง หรือถ้าจะมีอาคารก็ต้องมีช่องที่สามารถถ่ายเทอากาศจากแม่น้ำกับพื้นที่ด้านในได้สะดวกเพียงพอ และ 2) ในกรณีของพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองค่อนข้างสูง เช่น ย่านพาณิชยกรรมที่มีความหนาแน่นสูง ควรหลีกเลี่ยงการเพิ่มความหนาแน่นของอาคารในพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อาจเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลกระทบต่อภาวะระบายอากาศ และเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่น้ำในบริเวณช่องว่างระหว่างอาคาร พื้นที่ด้านหน้า-หลังอาคาร หรือพื้นที่บริเวณหลังคา เช่น การจัดสวนบนหลังคา (green roof garden) หรือปลูกไม้เลื้อยบริเวณกำแพง เป็นต้น นอกจากนี้อาจารย์ณรงค์ให้มีการเปลี่ยนสีของวัสดุในเมืองให้มีสีขาหรือสีที่อ่อน และการเปลี่ยนวัสดุอาคารด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติดูดซับความร้อนต่ำ เพื่อลดการสะสมความร้อนของวัสดุ (Estes et al. 1999; Solecki et al. 2004)

5.7 ข้อเสนอแนะ

1) ผลงานวิจัยพบปรากฏการณ์ที่ยังไม่สามารถอธิบายเชิงลึกได้ เช่น ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองชลบุรีที่ปรากฏกราฟ 2 ยอด ในช่วงเช้าและช่วงบ่าย และปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองนครราชสีมาที่อุณหภูมิเมืองต่ำกว่าชนบท ซึ่งอาจเกิดจากความเร็วลม ปริมาณเมฆที่มีผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ ดังนั้นปรากฏการณ์ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องได้รับการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม

2) ในการคัดเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศควรเลือกสถานีหรือพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบทที่แท้จริง ซึ่งจะทำให้สามารถเทียบกันและอธิบายถึงความแตกต่างของอุณหภูมิที่อย่างชัดเจน และส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนลดน้อยลง ซึ่งในกรณีดังกล่าวเป็นข้อจำกัดของการวิจัยในครั้งนี้เนื่องจาก ไม่มีสถานีที่เพียงพอจึงจำเป็นต้องใช้สถานีเมืองและสถานีชนบทที่มีลักษณะกายภาพที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงทำให้ผลที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อนบ้าง โดยเฉพาะพื้นที่สถานีที่เป็นตัวแทนสถานีชนบทของกรุงเทพมหานคร

3) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินของพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 เมือง ใช้ข้อมูลจากการอ่านค่าภาพถ่ายดาวเทียม Aster และ Landsat 7 ETM+ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลในช่วงเวลา 10.30 น ซึ่งไม่ใช่ช่วงเวลาที่เกิดเกาะความร้อนสูงสุด ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปอาจเลือกใช้ดาวเทียมดวงอื่นที่มีการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาอื่น

4) เนื่องจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองและชนบทมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งผลการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ดังนั้นปรากฏการณ์เกาะความร้อนควรได้รับการศึกษาและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกวรรณ โกมลวีระเกตุ (2541) ผลของสิ่งปกคลุมดินต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง
ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะ
สิ่งแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ข้อมูลสถิติจังหวัดนครราชสีมา 2553 [Online]. เข้าถึงได้จาก: <http://nkrat.nso.go.th/main.jsp>

ธนกฤต เทียนมณี (2545) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพกายภาพของเมือง. วิทยานิพนธ์
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบชุมชนเมือง บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ และ นิกร มหาวัน (2553) รายงานการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม
ในการกำหนดสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมดินที่เหมาะสม เพื่อสภาวะแวดล้อมเมืองที่สบายและน่าอยู่.
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่น 2553 [Online]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.kkzone1.go.th/home.php>

สำนักงานจังหวัดสงขลา 2553 [Online]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.songkhla.go.th/>

สำนักงานพระพุทธศาสนาจังหวัดขอนแก่น 2553 [Online]. เข้าถึงได้จาก: <http://kkn.onab.go.th/>

สำนักงานสถิติแห่งชาติ 2553 [Online]. เข้าถึงได้จาก:

<http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/BaseStat/basestat.html>

Akbari, H. & Konopacki, S. (2004) Energy effects of heat-island reduction strategies in Toronto,
Canada. *Energy*, **29**, 191-210.

Arnfield, A. J. (2003) Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of
energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, **23**, 1-26.

Asaeda, T., CA, V. T. & Wake, A. (1996) Heat storage of pavement and its effect on the lower
atmosphere. *Atmospheric Environment*, **30**, 413-427.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Blakely, E.J. (2007). *Urban Planning for Climate Change*. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper no. WP07EB1.
- Collier, C. G. (2006) The impact of urban areas on weather. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **132**, 1-25.
- Dougherty, J. (2000) Urban heat island definition. Ecology Photographic.
- ELIASSON, I. (1994) Urban-suburban-rural air-temperature differences related to street geometry. *Physical Geography*, **15**, 1-22.
- Eliasson, I. (1996) Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. *Atmospheric Environment*, **30**, 379-392.
- Eliasson, I. (2000) The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and urban planning*, **48**, 31-44.
- Goh,, K. C. & Chang, C. H. (1999) The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22 : 00 h for Singapore. *International Journal of Climatology*, **19**, 1011-1023.
- Jauregui, E. (1997) Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment*, **31**, 3821-3831.
- Juan, P. M., Antonio R., Juan I., J. (2000) A study of the Urban Heat Island of Granada. *International Journal of Climatology*, **20**, 899-911.
- Kanda, M. (2007) Progress in urban meteorology: A review. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **85B**, 363-383
- Kim, Y. H. & Baik, J. J. (2004) Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea. *Theoretical and Applied Climatology*, **79**, 151-164.
- Kimura, F. & Takahashi, S. (1991) The Effects of Land-Use and Anthropogenic Heating on the Surface-temperature in the Tokyo Metropolitan-Area - a Numerical Experiment. *Atmospheric Environment Part B-Urban Atmosphere*, **25**, 155-164.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Klysik, K. & Fortuniak, K. (1999) Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. *Atmospheric Environment*, **33**, 3885-3895.
- Klysik, K. & Fortuniak, K. (2003) *Observed UHI Intensity in Lodz – Definition and Typical Values*. Fifth International Conference on Urban Climate, 1-5 September 2003. Lodz, Poland
- Liu, W., Ji, C., Zhong, J., Jiang, X. & Zheng, Z. (2007) Temporal characteristics of the Beijing urban heat island. *Theoretical and Applied Climatology*, **87**, 213-221.
- Mahawan, N. (2010) *Ground and satellite-based Measurement of Bangkok Intra-urban Temperature Dynamics in Relation to Human Comfort and Energy Demand* (Ph.D. Thesis). School of Civil Engineering and Geosciences, Faculty of Sciences, Agriculture and Engineering, Newcastle University. United Kingdom
- Mills, G., (2006) *Progress towards sustainable settlements: a role for urban climatology*. *Theor. Appl. Climatol.* **84** (1-3), 69-76, doi: 10.1007/s00704-005-0145-0.
- Montavez, J. P., Rodriguez, A. & Jimenez, J. I. (2000) A study of the Urban Heat Island of Granada. *International Journal of Climatology*, **20**, 899-911.
- Moran, M. S., Jackson, R. D., Slater, P. N. & Teillet, P. M. (1992) Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. *Remote Sensing of Environment*, **41**, 169-184.
- NASA (2007) *Global Temperature Trends: 2007 Summation*. Goddard Institute for Space Studies.
- Nasrallah, H. A., Brazel, A. J. & Balling, R. C. (1990) Analysis of the Kuwait-City Urban Heat-Island. *International Journal of Climatology*, **10**, 401-405.
- National Weather Service (undated) *Urban heat island definition*.
- NOAA (2008) *Climate of 2007: Annual Report*. NOAA Satellite and Information Service (NOAA); National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS); National Climatic Data Center (NCDC).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Oke, T. R. (1981) Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat-Island – Comparison of Scale Model and Field Observations. *Journal of Climatology*, **1**, 237.
- Oke, T. R. (1982) The Energetic Basis of the Urban Heat-Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **108**, 1-24.
- Oke, T. R. (1987) *Boundary Layer Climates*, Cambridge, Routledge
- Roth, M. (2000) Review of atmospheric turbulence over cities. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **126**, 941-990.
- Santamouris, M. (2001) Thermal balance in the urban environment. In Santamouris, M. (Ed.) *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. London, James & James.
- Solecki, W. D., Rosenzweig, C., Pope, G., Chopping, M., Goldberg, R. & Polissar, A. (2004) *Urban heat Island and Climate Change: An Assessment of Interacting and Possible Adaptations in the Camden, New Jersey Region*. New Jersey, NJDEP, Division of Science, Research & Technology.
- Sugita, M. & Brutsaert, W. (1993) Comparison of Land-Surface Temperatures Derived from Satellite-Observations with Ground Truth During Fife. *International Journal of Remote Sensing*, **14**, 1659-1676.
- Sumeghy, Z. & Unger, J. (2003) *Seasonal case studies on the urban temperature cross-section*. Szeged, Hungary, University of Szeged.
- Svensson, M. K. & Eliasson, I. (2002) Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. *Landscape and Urban Planning*, **61**, 37-54.
- Taha, H. (1997) Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, **25**, 99-103
- Trinity Consultants. (2007) *Urban heat island definition*. Trinity Consultants.

Watkins, R. (1999) *The Impact of the Urban Environment on the Energy demand for cooling buildings.*

Brunel University and the Building Research Establishment Ltd.

Yague, C., Zurita, E. & Martinez, A. (1991) Statistical-Analysis of the Madrid Urban Heat-Island.

Atmospheric Environment Part B-Urban Atmosphere, **25**, 327-332.

Yamashita, S. (1996) Detailed structure of heat island phenomena from moving observations from

electric tram-cars in Metropolitan Tokyo. *Atmospheric Environment*, **30**, 429-435.

Yuen, B. and Kong, L. (2009) *Climate Change and Urban Planning in Southeast Asia*. Fifth Urban

Research Symposium.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Aster สำหรับจุดควบคุม และจุดตรวจสอบ กรุงเทพมหานคร

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	359.59	-327.87	674211.27	1540632.57	0.069
	2	332.47	-620.02	668414.30	1515009.95	0.166
	3	612.66	-388.97	695602.11	1531937.11	0.063
	4	213.79	-447.03	660066.65	1531937.11	0.176
	5	220.84	-371.97	661558.50	1538520.42	0.188
	6	478.67	-307.27	684862.43	1540928.77	0.154
	7	477.13	-491.94	682544.13	1524526.83	0.180
	8	291.81	-649.20	664541.24	1512947.21	0.055
	9	249.92	-583.27	661649.13	1519346.76	0.040
	10	679.57	-602.40	698960.05	1512079.40	0.161
	11	651.11	-559.68	696970.73	1516276.71	0.212
	12	451.96	-414.79	681254.98	1531705.56	0.123
	13	322.18	-675.95	666871.25	1510160.67	0.179
	14	237.76	-472.09	661899.50	1529405.03	0.260
	15	242.79	-560.86	661287.13	1521444.17	0.117
	16	142.00	-526.17	652884.00	1525832.85	0.135
	17	120.36	-397.52	652509.77	1537535.99	0.149
	18	128.02	-352.17	653700.49	1541448.38	0.262
	19	307.12	-584.08	666648.36	1518537.05	0.167
	20	340.17	-379.15	671888.41	1536325.80	0.265
			Mean			0.156
Check Points	1	306.36	-321.33	669628.04	1541902.14	0.073
	2	177.42	-333.82	658203.67	1542461.37	0.237
	3	145.68	-596.21	652397.73	1519547.74	0.092
	4	526.06	-453.86	687269.73	1527288.99	0.108
	5	680.61	-375.58	701685.71	1532258.38	0.175
	6	559.26	-551.25	689057.86	1518183.43	0.224
	7	605.49	-541.41	693197.35	1518492.79	0.226
	8	260.28	-647.81	661810.84	1513465.76	0.193
	9	453.20	-605.11	679155.29	1514785.86	0.116
	10	289.23	-506.52	665958.68	1525654.00	0.230
	11	360.83	-537.00	671874.48	1522012.49	0.178
	12	656.56	-439.09	698857.35	1526919.59	0.152
			Mean			0.167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Aster สำหรับจุดควบคุม และจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองขอนแก่น

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	468.96	-537.04	905872.80	1820139.78	0.159
	2	645.94	-474.57	922460.56	1823690.90	0.067
	3	590.19	-584.69	916305.93	1814520.11	0.150
	4	528.10	-497.25	911628.67	1823014.01	0.225
	5	457.51	-592.87	904257.31	1815305.89	0.132
	6	600.34	-381.74	919332.85	1832453.57	0.201
	7	544.80	-584.45	912214.31	1815074.38	0.052
	8	468.87	-495.84	906277.67	1823805.19	0.128
	9	451.66	-396.67	905748.53	1832832.30	0.113
	10	413.76	-584.97	900391.74	1816513.27	0.066
	11	419.16	-531.52	901421.95	1821215.29	0.134
	12	339.72	-463.89	894976.49	1828136.23	0.097
	13	341.35	-422.42	895557.64	1831781.61	0.211
	14	513.94	-554.68	909739.26	1818077.09	0.087
	15	560.29	-381.42	915710.15	1832967.91	0.238
	16	503.97	-343.05	911013.53	1837009.18	0.199
	17	463.38	-667.36	904015.94	1808640.17	0.146
	18	396.46	-683.83	897812.04	1807941.13	0.169
	19	369.03	-623.28	895947.95	1813620.76	0.173
	20	649.54	-544.37	922050.87	1817434.58	0.199
			Mean			0.147
Check Points	1	578.58	-439.06	916775.20	1827623.66	0.187
	2	503.34	-424.82	910112.97	1829734.92	0.141
	3	496.13	-515.30	908553.28	1821769.43	0.163
	4	602.23	-615.69	917057.01	1811648.40	0.142
	5	511.13	-609.10	908914.55	1813264.21	0.068
	6	354.16	-390.82	897023.55	1834476.53	0.181
	7	442.14	-444.89	904418.96	1828653.20	0.203
	8	338.49	-526.54	894210.08	1822581.20	0.100
	9	333.24	-577.99	893191.16	1818050.67	0.185
	10	365.11	-585.29	895993.18	1817031.76	0.187
	11	593.23	-470.28	917780.34	1824674.47	0.237
	12	399.00	-371.55	901259.17	1835672.81	0.165
				Mean		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก- 3 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Aster สำหรับจุดควบคุม และจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองชลบุรี

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	288.20	-411.23	714128.79	1491361.00	0.179
	2	395.02	-633.54	721145.16	1470226.01	0.245
	3	641.99	-589.15	743519.62	1471259.66	0.181
	4	415.54	-407.15	725457.64	1490244.52	0.137
	5	225.75	-630.65	706127.86	1472471.26	0.239
	6	310.51	-534.04	714740.48	1480104.84	0.234
	7	426.23	-501.20	725354.85	1481683.80	0.131
	8	367.86	-385.67	721455.90	1492708.45	0.152
	9	343.31	-487.87	718139.54	1483879.77	0.223
	10	535.70	-438.39	735752.08	1486030.92	0.215
	11	574.64	-404.43	739601.37	1488584.09	0.124
	12	509.21	-663.77	730909.24	1466174.17	0.069
	13	247.28	-602.02	708372.66	1474803.10	0.127
	14	221.76	-384.69	708511.50	1494525.30	0.128
	15	174.86	-423.58	703936.41	1491619.50	0.149
	16	274.91	-365.68	713457.54	1495607.25	0.147
	17	404.24	-535.71	723022.81	1478879.39	0.143
	18	556.79	-631.12	735491.29	1468536.24	0.095
	19	598.75	-562.29	739990.83	1474187.66	0.095
	20	488.57	-565.53	730183.30	1475217.64	0.192
			Mean			0.160
Check Points	1	460.68	-640.53	726881.99	1468813.32	0.189
	2	373.45	-428.47	721481.53	1488814.70	0.113
	3	342.00	-673.89	715980.66	1467250.49	0.109
	4	307.32	-560.92	714165.64	1477737.07	0.277
	5	317.85	-447.20	716325.76	1487801.64	0.256
	6	394.60	-614.41	721293.90	1471943.40	0.049
	7	565.38	-470.35	738021.39	1482807.72	0.244
	8	646.45	-633.47	743425.11	1467275.90	0.187
	9	380.04	-499.70	721285.08	1482358.84	0.175
	10	271.83	-630.44	710229.87	1471970.89	0.123
	11	318.99	-389.03	717086.08	1493001.68	0.130
	12	458.95	-487.85	728398.46	1482513.64	0.192
			Mean			0.170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Aster สำหรับจุดควบคุม และจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองเชียงใหม่

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	421.18	-153.80	499400.46	2082248.77	0.318
	2	376.63	-219.26	494673.21	2077266.65	0.209
	3	455.64	-189.69	502019.60	2078347.75	0.190
	4	428.95	-194.33	499608.69	2078433.09	0.284
	5	396.23	-122.62	497608.53	2085595.00	0.131
	6	380.94	-155.92	495854.67	2082897.76	0.192
	7	393.97	-259.00	495687.93	2073329.40	0.147
	8	354.49	-273.07	491992.62	2072890.35	0.303
	9	457.25	-168.88	502419.98	2080171.21	0.031
	10	440.23	-231.54	500132.80	2074878.55	0.131
	11	466.15	-241.80	502305.71	2073433.22	0.275
	12	481.40	-201.05	504127.46	2076794.99	0.234
	13	415.88	-267.00	497524.10	2072181.47	0.058
	14	406.72	-215.87	497340.99	2076979.05	0.220
	15	367.83	-193.77	494191.44	2079762.37	0.151
	16	365.31	-148.21	494557.66	2083900.74	0.070
	17	358.92	-248.09	492726.53	2075038.04	0.013
	18	497.57	-135.41	506386.79	2082362.58	0.236
	19	436.30	-127.76	501107.71	2084304.54	0.221
	20	427.16	-288.18	498252.06	2070026.37	0.140
	Mean					0.178
Check Points	1	331.53	-202.17	490895.31	2079727.13	0.118
	2	405.96	-199.03	497486.02	2078518.83	0.264
	3	350.30	-159.46	493092.21	2083205.56	0.114
	4	341.32	-255.00	491078.38	2074784.09	0.107
	5	353.00	-286.40	491700.84	2071708.42	0.190
	6	402.38	-169.70	497559.25	2081228.35	0.126
	7	349.60	-128.18	493421.47	2086024.95	0.063
	8	480.63	-143.87	504807.69	2081961.06	0.129
	9	471.08	-184.14	503435.15	2078521.16	0.151
	10	435.34	-116.23	501148.54	2085365.76	0.033
	11	440.99	-213.18	500437.82	2076510.76	0.184
	12	423.46	-248.21	498420.05	2073714.38	0.100
		Mean				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Aster สำหรับจุดควบคุม และจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองนครราชสีมา

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	430.35	-414.18	840042.00	1657231.00	0.090
	2	320.85	-478.14	829602.00	1653001.00	0.204
	3	265.66	-329.67	826542.00	1666771.00	0.054
	4	245.47	-512.15	822537.00	1650931.00	0.144
	5	299.66	-441.76	828162.00	1656466.00	0.173
	6	387.77	-344.08	837162.00	1663936.00	0.266
	7	296.06	-423.51	828072.00	1658131.00	0.213
	8	350.70	-454.85	832527.00	1654666.00	0.121
	9	276.16	-542.91	824877.00	1647826.00	0.186
	10	381.25	-434.03	835452.00	1656106.00	0.235
	11	439.44	-386.83	841189.57	1659509.70	0.163
	12	306.16	-368.89	829646.11	1662801.31	0.118
	13	329.56	-511.13	829991.10	1649968.14	0.210
	14	419.15	-312.66	840282.76	1666326.93	0.156
	15	421.82	-477.65	838520.07	1651746.86	0.079
	16	468.33	-460.10	842847.76	1652696.30	0.048
	17	367.39	-406.41	834591.41	1658695.64	0.210
	18	369.68	-417.90	834642.74	1657669.01	0.068
	19	369.59	-382.02	835087.61	1660834.45	0.128
	20	308.16	-396.72	829458.26	1660321.14	0.180
	Mean					0.152
Check Points	1	464.14	-426.21	842877.20	1655737.57	0.099
	2	262.36	-391.59	825491.68	1661346.76	0.111
	3	368.58	-531.46	833183.03	1647670.09	0.158
	4	350.01	-439.93	832622.71	1655981.35	0.230
	5	434.49	-433.12	840188.69	1655501.05	0.068
	6	335.82	-537.84	830210.36	1647545.36	0.199
	7	363.17	-322.34	835248.70	1666181.58	0.161
	8	390.00	-373.84	836960.71	1661302.35	0.195
	9	264.55	-440.66	825089.55	1657020.37	0.195
	10	325.43	-497.70	829776.39	1651214.34	0.169
	11	309.21	-421.73	829274.19	1658111.07	0.152
	12	364.36	-505.70	833104.82	1649999.22	0.071
		Mean				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-6 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Aster สำหรับจุดควบคุม และจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองสงขลา-หาดใหญ่

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	148.69	441.29	664112.83	780531.94	0.156
	2	155.28	337.95	663429.13	771197.86	0.229
	3	248.44	545.96	674347.08	788580.43	0.148
	4	344.14	467.52	681929.61	780292.83	0.046
	5	394.18	381.85	685361.73	771982.06	0.226
	6	468.05	311.23	691072.18	764684.32	0.079
	7	567.62	356.07	700517.66	767354.54	0.262
	8	258.00	331.32	672553.10	769273.76	0.183
	9	150.60	293.87	662464.86	767316.07	0.277
	10	71.84	362.78	656288.42	774553.68	0.141
	11	231.15	660.71	674191.90	799072.55	0.178
	12	197.66	600.10	670483.27	794090.48	0.244
	13	253.30	612.75	675576.56	794486.72	0.201
	14	635.09	368.19	706731.22	767558.77	0.122
	15	361.38	339.88	681892.73	768658.98	0.029
	16	223.97	388.42	670192.05	774812.07	0.135
	17	165.84	182.06	662460.26	757149.63	0.084
	18	156.88	94.93	660591.04	749483.21	0.164
	19	160.38	60.93	660463.59	746391.22	0.120
	20	172.82	499.80	667004.43	785447.57	0.057
			Mean			0.154
Check Points	1	402.47	460.49	687039.52	778897.85	0.189
	2	751.77	304.26	716367.21	760290.99	0.048
	3	469.05	91.31	688463.85	745024.10	0.192
	4	450.54	180.59	687889.83	753233.82	0.125
	5	376.01	209.61	681595.40	756825.58	0.091
	6	253.91	155.14	669992.30	753570.11	0.097
	7	261.39	431.29	674077.04	778164.16	0.112
	8	238.02	496.54	672808.75	784306.12	0.203
	9	225.14	615.16	673089.71	795081.71	0.210
	10	659.41	272.48	707713.48	758699.14	0.220
	11	83.18	261.02	656029.73	765313.81	0.210
	12	506.42	392.98	695523.42	771479.15	0.047
				Mean		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพ Landsat ณ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบ กรุงเทพมหานคร

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMSE
จุดควบคุม (Ground Control Points)	1	667057.29	1518045.20	667404.41	1517692.52	0.099
	2	666896.06	1532363.28	667306.82	1532060.99	0.005
	3	648539.57	1515928.33	648920.32	1515549.21	0.154
	4	687728.21	1527651.34	688069.96	1527353.36	0.393
	5	644346.72	1524730.09	644776.60	1524377.86	0.419
	6	654668.46	1510323.66	655010.34	1509930.74	0.323
	7	688899.85	1517757.84	689195.02	1517426.48	0.036
	8	677768.00	1516603.07	678083.71	1516256.24	0.257
	9	677904.24	1522116.78	678244.52	1521789.50	0.309
	10	677203.91	1531814.47	677588.23	1531521.02	0.246
	11	673881.99	1524707.13	674242.61	1524385.07	0.170
	12	661507.95	1524442.45	661896.17	1524106.62	0.126
	13	652325.17	1524213.79	652733.83	1523867.91	0.072
	14	660688.68	1515693.40	661040.35	1515326.02	0.110
	15	677887.86	1511439.74	678181.05	1511074.84	0.283
	16	674136.23	1512845.12	674443.98	1512481.61	0.296
	17	664461.86	1513614.60	664795.51	1513243.57	0.068
	18	666734.65	1515256.50	667070.52	1514893.89	0.323
	19	658876.66	1521151.42	659256.32	1520801.23	0.294
	20	670200.37	1526767.42	670578.62	1526448.68	0.159
		Mean				0.207
จุดตรวจสอบ (Check Points)	1	670246.50	1521013.82	670599.27	1520675.03	0.193
	2	672790.91	1516357.87	673117.50	1516005.24	0.200
	3	664932.92	1521988.26	665302.52	1521647.55	0.219
	4	665332.48	1525438.70	665716.59	1525110.21	0.308
	5	661720.71	1518913.36	662084.08	1518558.34	0.080
	6	666549.91	1529492.93	666948.79	1529180.28	0.129
	7	654457.66	1516447.24	654827.21	1516076.11	0.141
	8	684152.45	1518839.42	684463.55	1518506.78	0.266
	9	681950.87	1525453.71	682296.17	1525142.37	0.055
	10	658758.67	1524774.80	659154.97	1524437.13	0.293
	11	650833.86	1521289.07	651233.25	1520931.10	0.251
	12	670820.31	1535474.19	671235.81	1535187.02	0.173
			Mean			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพ Landsat ณ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองขอนแก่น

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMSE
จุดควบคุม (Ground Control Points)	1	268661.76	1826776.75	908916.53	1829725.71	0.154
	2	261628.79	1819876.83	902105.96	1822623.28	0.255
	3	277683.78	1818492.94	918188.96	1821691.49	0.398
	4	266244.28	1813286.61	906923.13	1816159.70	0.119
	5	268145.46	1818803.56	908649.95	1821733.48	0.054
	6	264709.61	1826048.90	904990.98	1828885.85	0.136
	7	263348.13	1815141.05	903971.83	1817933.79	0.234
	8	269357.69	1813309.87	910032.67	1816271.10	0.187
	9	272142.74	1817437.49	912685.81	1820479.38	0.229
	10	255988.10	1820089.21	896464.55	1822676.59	0.261
	11	267055.96	1816087.68	907646.13	1818985.39	0.299
	12	271574.54	1826705.09	911829.10	1829736.16	0.299
	13	261822.37	1817392.07	902376.98	1820142.76	0.211
	14	280450.71	1818564.79	920950.42	1821841.62	0.245
	15	274417.60	1823736.79	914762.05	1826846.52	0.274
	16	264513.70	1806035.04	905421.08	1808855.25	0.350
	17	265218.73	1808110.81	906060.22	1810952.26	0.060
	18	275720.76	1818470.21	916228.23	1821613.58	0.073
	19	263327.20	1819601.30	903811.75	1822395.64	0.228
	20	267653.04	1807286.99	908517.84	1810196.79	0.188
			Mean			0.213
จุดตรวจสอบ (Check Points)	1	269475.78	1819602.60	909953.99	1822570.67	0.22
	2	267610.47	1817982.89	908141.12	1820897.53	0.304
	3	265311.84	1817259.04	905867.55	1820108.30	0.232
	4	267536.12	1812934.89	908224.61	1815844.17	0.161
	5	275344.59	1815401.35	915948.49	1818532.24	0.252
	6	271950.84	1817022.97	912507.12	1820059.42	0.25
	7	271929.10	1814802.88	912554.68	1817837.23	0.263
	8	265994.15	1811457.83	906730.33	1814322.97	0.009
	9	268626.91	1824154.31	908963.76	1827100.91	0.177
	10	261397.23	1818545.62	901916.64	1821284.82	0.254
	11	263223.24	1824506.32	903554.53	1827300.27	0.242
	12	268638.56	1817258.81	909190.75	1820201.89	0.188
				Mean		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพ Landsat สำหรับจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองชลบุรี

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMSE
จุดควบคุม (Ground Control Points)	1	721694.76	1483307.72	721661.22	1483063.11	0.160
	2	707681.63	1469371.52	707813.64	1469390.12	0.122
	3	736922.04	1486971.29	736835.94	1486941.82	0.350
	4	717042.75	1460418.37	717266.87	1461058.02	0.144
	5	712514.69	1473733.77	712594.18	1473680.96	0.377
	6	718230.63	1481060.05	718224.86	1480828.20	0.013
	7	717094.53	1477157.87	717132.97	1477068.30	0.088
	8	721612.87	1487534.09	721532.91	1487102.86	0.269
	9	721634.53	1491581.62	721509.50	1490974.65	0.207
	10	727876.26	1491418.36	727748.35	1490971.63	0.410
	11	715994.40	1471213.10	716099.63	1471355.96	0.138
	12	719737.89	1476418.24	719782.16	1476426.14	0.252
	13	728504.75	1485113.49	728446.11	1484957.59	0.134
	14	729789.49	1471147.06	729884.80	1471632.69	0.380
	15	732249.11	1464475.28	732416.31	1465312.27	0.023
	16	736547.73	1468033.14	736672.08	1468820.56	0.173
	17	724964.39	1474972.23	725020.77	1475171.78	0.123
	18	741358.23	1462535.20	741540.07	1463681.08	0.171
	19	710493.59	1460502.40	710721.66	1460976.87	0.294
	20	716444.30	1488421.19	716358.47	1487824.25	0.204
	Mean					0.202
จุดตรวจสอบ (Check Points)	1	714383.37	1476812.26	714427.91	1476671.26	0.323
	2	716255.63	1484966.72	716208.16	1484516.02	0.260
	3	715382.29	1478162.48	715410.70	1477987.16	0.255
	4	717128.97	1482698.15	717105.69	1482367.69	0.198
	5	723007.31	1489543.91	722903.52	1489059.76	0.400
	6	715430.94	1466534.09	715588.65	1466867.46	0.404
	7	735622.97	1488155.88	735525.28	1488042.55	0.225
	8	710047.20	1469635.41	710174.76	1469700.69	0.363
	9	715381.73	1474859.81	715446.87	1474828.09	0.315
	10	711271.05	1475523.16	711331.76	1475361.40	0.334
	11	719932.00	1482615.46	719907.51	1482357.24	0.435
	12	721594.94	1489295.79	721495.07	1488787.75	0.416
	Mean					0.327

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพ Landsat ๘ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองเชียงใหม่

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMSE
จุดควบคุม (Ground Control Points)	1	497613.42	2075240.19	497281.82	2075563.06	0.254
	2	502779.83	2076900.57	502463.35	2077201.63	0.256
	3	496612.58	2078788.27	496268.22	2079152.33	0.121
	4	501144.83	2079713.90	500815.02	2080054.08	0.182
	5	498317.37	2079984.66	497976.52	2080347.46	0.277
	6	496193.17	2077551.74	495850.25	2077906.61	0.272
	7	497652.49	2076642.28	497317.24	2076978.19	0.132
	8	499248.72	2076607.86	498919.71	2076932.10	0.261
	9	499350.41	2078152.78	499017.73	2078490.62	0.249
	10	501881.53	2077059.83	501560.99	2077368.92	0.231
	11	503064.02	2074804.63	502753.56	2075083.56	0.200
	12	500748.44	2074081.17	500431.11	2074370.42	0.326
	13	495741.92	2072405.38	495410.29	2072714.24	0.252
	14	496364.90	2081144.85	496013.78	2081533.30	0.139
	15	501253.99	2081219.44	500921.08	2081573.13	0.135
	16	504407.18	2076548.37	504097.57	2076834.68	0.231
	17	503352.19	2073502.41	503046.14	2073766.96	0.030
	18	493775.91	2073066.60	493435.29	2073396.39	0.173
	19	495564.53	2076337.08	495222.38	2076685.15	0.029
	20	498310.21	2072739.08	497987.03	2073032.72	0.196
	Mean					0.197
จุดตรวจสอบ (Check Points)	1	497722.82	2078205.71	497383.84	2078556.09	0.244
	2	501908.23	2079092.95	501582.89	2079421.50	0.014
	3	500854.19	2078387.69	500526.69	2078717.34	0.228
	4	499030.75	2074848.38	498705.26	2075157.33	0.243
	5	497331.42	2082822.97	496980.02	2083220.40	0.258
	6	504059.35	2074658.77	503752.85	2074929.38	0.200
	7	495840.34	2079247.30	495491.97	2079621.32	0.103
	8	502005.04	2074406.46	501691.83	2074689.44	0.142
	9	500679.49	2081745.22	500342.82	2082107.91	0.241
	10	496736.19	2075571.02	496400.56	2075903.37	0.283
	11	501429.14	2078731.40	501103.00	2079060.19	0.251
	12	497690.84	2077434.75	497354.03	2077777.78	0.201
		Mean				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 ค่าความคลาดเคลื่อนเรขาคณิตของภาพ Landsat ณ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองนครราชสีมา

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMSE
จุดควบคุม (Ground Control Points)	1	189541.93	1657078.78	834650.10	1657692.58	0.159
	2	184365.48	1655787.12	829493.74	1656281.97	0.160
	3	184537.52	1650686.80	829775.00	1651224.24	0.270
	4	193267.42	1650884.60	838513.77	1651637.39	0.241
	5	186932.38	1658165.86	832013.17	1658706.87	0.266
	6	188440.87	1659879.87	833487.68	1660445.56	0.171
	7	192178.47	1663402.64	837155.19	1664035.19	0.260
	8	191198.67	1666088.05	836116.61	1666675.89	0.124
	9	183005.15	1655946.24	828127.94	1656405.65	0.445
	10	197931.75	1651874.72	843163.44	1652736.20	0.185
	11	184489.23	1644498.94	829858.98	1645081.03	0.152
	12	179325.08	1647895.20	824614.25	1648323.58	0.170
	13	188849.66	1658172.17	833933.26	1658760.78	0.166
	14	182911.41	1658302.19	827983.71	1658742.15	0.134
	15	179460.04	1654930.56	824598.91	1655310.02	0.338
	16	196079.61	1658747.75	841161.57	1659511.72	0.253
	17	186465.61	1657096.97	831568.92	1657634.33	0.111
	18	194636.18	1666666.72	839546.83	1667336.10	0.288
	19	193916.21	1666546.05	838828.70	1667198.24	0.253
	20	193236.08	1664835.12	838184.14	1665483.03	0.246
		Mean				0.220
จุดตรวจสอบ (Check Points)	1	183786.64	1651872.49	828997.64	1652382.06	0.110
	2	184172.66	1657258.88	829269.07	1657738.16	0.207
	3	184507.84	1662273.72	829497.64	1662723.89	0.232
	4	187401.78	1664518.43	832347.71	1665023.64	0.022
	5	187831.84	1657035.02	832938.53	1657606.83	0.136
	6	190128.80	1655588.85	835269.61	1656228.69	0.187
	7	181281.28	1648198.39	826567.10	1648673.32	0.179
	8	180594.22	1650666.97	825826.37	1651105.97	0.325
	9	183078.05	1653165.65	828260.34	1653647.99	0.083
	10	187765.97	1652380.02	832971.86	1652984.77	0.121
	11	194429.06	1649156.52	839713.71	1649951.48	0.393
	12	184393.19	1659891.38	829433.74	1660356.51	0.249
		Mean				0.187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพ Landsat ณ จุดควบคุมและจุดตรวจสอบ พื้นที่เมืองสงขลา-หาดใหญ่

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMSE
จุดควบคุม (Ground Control Points)	1	674306.91	788534.17	674353.10	788577.19	0.461
	2	658088.08	775745.68	658033.50	775797.90	0.111
	3	685830.72	771809.05	685872.60	771767.19	0.137
	4	662491.19	771494.03	662441.33	771519.88	0.339
	5	662494.85	767303.12	662432.57	767316.49	0.035
	6	672572.78	769285.78	672555.71	769275.12	0.362
	7	657906.76	772509.61	657842.27	772552.54	0.315
	8	656611.74	765713.18	656521.76	765738.99	0.091
	9	663356.36	758555.53	663271.26	758539.69	0.248
	10	692251.74	765028.55	692298.63	764947.30	0.135
	11	656217.85	768278.40	656133.86	768313.14	0.164
	12	666341.40	779697.69	666330.71	779737.62	0.098
	13	682863.09	778818.93	682914.04	778807.48	0.231
	14	646728.98	786090.39	646660.95	786207.80	0.214
	15	678095.31	793570.23	678171.86	793617.79	0.343
	16	661662.67	776347.46	661623.91	776390.86	0.035
	17	686536.97	753561.35	686527.77	753462.12	0.292
	18	685358.03	748177.46	685327.95	748064.86	0.279
	19	689057.67	746976.60	689039.02	746849.67	0.348
	20	653366.22	778676.34	653302.00	778751.62	0.257
	Mean					0.225
จุดตรวจสอบ (Check Points)	1	673019.29	784977.20	673050.11	785013.26	0.270
	2	668585.46	780948.59	668587.47	780985.92	0.352
	3	672150.68	770256.38	672134.68	770250.28	0.054
	4	662716.24	768389.82	662658.11	768406.02	0.185
	5	656378.25	774427.70	656312.89	774481.05	0.350
	6	663785.19	772571.87	663743.68	772597.63	0.210
	7	658167.23	774147.80	658108.02	774194.81	0.289
	8	688302.65	749035.42	688286.87	748917.25	0.352
	9	695322.78	771619.20	695401.48	771548.77	0.334
	10	660113.93	770492.40	660051.53	770522.20	0.420
	11	654563.10	777343.14	654499.79	777410.46	0.221
	12	660669.41	750626.44	660550.71	750594.18	0.161
	Mean					0.266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเมืองและชนบทของกรุงเทพมหานคร เมืองเชียงใหม่ และเมืองชลบุรี

ชั่วโมง	กรุงเทพมหานคร			เชียงใหม่			ชลบุรี		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
1	0.5	0.9	1.0	1.5	0.8	1.9	1.1	0.7	1.0
2	0.5	0.9	1.0	1.5	0.8	1.8	1.2	0.7	1.0
3	0.6	1.0	1.0	1.5	0.8	1.7	1.2	0.6	0.9
4	0.7	1.0	1.0	1.5	0.7	1.6	1.2	0.6	0.8
5	0.8	1.1	1.1	1.5	0.7	1.5	1.1	0.6	0.7
6	1.0	1.2	1.2	1.4	0.7	1.5	1.0	0.6	0.7
7	0.9	1.0	1.2	1.3	0.6	1.4	1.1	0.7	0.6
8	0.1	0.3	0.3	1.0	0.5	1.4	1.1	0.8	0.7
9	-0.4	-0.2	-0.9	0.5	0.4	0.9	0.9	0.6	0.5
10	-0.5	-0.4	-1.5	0.0	0.3	0.3	0.8	0.5	0.6
11	-0.5	-0.6	-1.8	-0.2	0.4	-0.2	0.7	0.5	0.8
12	-0.4	-0.6	-2.0	-0.3	0.4	-0.2	0.7	0.4	0.9
13	-0.4	-0.5	-1.9	-0.2	0.5	-0.4	0.7	0.4	1.1
14	-0.3	-0.4	-1.9	-0.1	0.5	-0.5	0.8	0.5	1.3
15	-0.3	-0.3	-1.8	0.0	0.5	-0.5	0.8	0.7	1.6
16	-0.1	0.0	-1.6	0.3	0.6	-0.3	0.9	0.9	1.8
17	0.1	0.1	-1.1	0.5	0.8	0.3	0.9	0.9	1.7
18	0.3	0.4	-0.4	0.7	0.9	1.1	0.7	0.8	1.5
19	0.4	0.6	0.4	1.0	0.9	1.7	0.6	0.7	1.3
20	0.5	0.7	0.7	1.1	1.0	2.0	0.8	0.7	1.2
21	0.5	0.8	0.8	1.2	0.9	2.0	0.9	0.6	1.2
22	0.5	0.9	0.8	1.2	0.9	2.0	0.9	0.6	1.2
23	0.5	0.9	0.9	1.3	0.9	1.9	1.0	0.7	1.2
24	0.5	0.9	1.0	1.4	0.8	1.9	1.1	0.7	1.1

หมายเหตุ: หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ ปีพ.ศ. 2549-2551 เก็บข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 แสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเมืองและชนบทของเมืองขอนแก่น เมืองนครราชสีมา และเมืองสงขลา (ภาคใหญ่)

ชั่วโมง	ขอนแก่น			นครราชสีมา			สงขลา (ภาคใหญ่)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
1	1.1	2.1	3.4	-0.6	-0.4	0.3	-0.6	-0.4	0.3
4	1.1	2.1	3.7	-0.7	-0.4	0.3	-0.7	-0.4	0.3
7	1.0	1.9	3.8	-0.7	-0.3	0.3	-0.7	-0.3	0.3
10	-1.1	0.5	0.1	-1.4	-0.5	-1.4	-1.4	-0.5	-1.4
13	-1.7	-0.3	-1.2	-1.0	-0.6	-1.6	-1.0	-0.6	-1.6
16	-1.7	-0.1	-1.1	-0.1	-0.1	-1.4	-0.1	-0.1	-1.4
19	0.5	1.6	2.7	-0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.1	0.0
22	1.1	2.0	3.3	-0.5	-0.2	0.3	-0.5	-0.2	0.3

หมายเหตุ: หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ปีพ.ศ. 2549-2551 เก็บข้อมูลเป็นราย 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1 แสดงข้อมูลตัวอย่างสัดส่วนสิ่งปกคลุมดินและอุณหภูมิในแต่ละกริดของเมืองเชียงใหม่

ID Grid	สัดส่วนสิ่งปกคลุมดิน (ร้อยละ)					อุณหภูมิ (°C)
	พื้นที่เมืองและถนน	พื้นที่สีเขียว	พื้นน้ำ	ที่โล่ง	พื้นที่เกษตรกรรม	
1	2.48	0.00	4.13	66.94	26.45	29.039
2	52.73	0.00	3.64	10.91	32.73	31.900
3	27.27	0.00	9.09	7.44	56.20	30.106
4	63.00	0.00	11.00	9.00	17.00	31.794
5	83.64	0.00	4.55	0.00	11.82	34.383
6	69.00	0.00	14.00	15.00	2.00	34.442
7	50.52	0.00	1.03	2.06	46.39	31.128
8	46.00	0.00	7.00	9.00	38.00	35.617
9	97.27	0.00	2.73	0.00	0.00	35.600
10	61.98	0.00	8.26	1.65	28.10	31.025
11	17.89	0.00	6.32	0.00	75.79	32.650
12	10.10	2.02	0.00	0.00	87.88	31.272
13	91.74	0.00	5.50	0.00	2.75	37.372
14	89.09	0.00	8.18	0.00	2.73	38.333
15	30.58	0.00	0.83	0.83	67.77	32.917
16	89.09	0.00	2.73	0.00	8.18	36.350
17	55.45	0.00	9.09	6.36	29.09	33.617
18	41.82	0.00	6.36	0.00	51.82	32.339
19	73.64	0.00	11.82	7.27	7.27	31.394
20	38.84	0.00	29.75	0.83	30.58	32.261
21	63.64	1.65	4.13	0.00	30.58	32.894
22	88.18	0.00	4.55	0.00	7.27	34.075
23	94.21	0.00	4.96	0.00	0.83	32.728
24	64.00	0.00	0.00	0.00	36.00	33.006
25	38.02	0.00	9.09	4.13	48.76	32.483

หมายเหตุ: จำนวนกริดทั้งหมดเท่ากับ 210 กริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้