

การจัดการเชิงพื้นที่ของเมืองที่มีผลต่อเกาะความร้อนในเมือง
และการใช้พลังงาน กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

MANAGEMENT OF URBAN SPATIAL SETTING TO DETERMINE
EFFECT OF URBAN HEAT ISLAND AND THE CONSUMPTION OF ENERGY
CASE STUDY ON BANGKOK METROPOLIS THAILAND

สุธาทิพย์ ชวนวณเวสสกุล
SUTATIP CHAVANAVESSKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชาภูมิสถาปัตย์
สาขานานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AR-D-001-102

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**การจัดการเชิงพื้นที่ของเมืองที่มีผลต่อเกาะความร้อนในเมือง
และการใช้พลังงาน กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย**

**MANAGEMENT OF URBAN SPATIAL SETTING TO DETERMINE
EFFECT OF URBAN HEAT ISLAND AND THE CONSUMPTION OF ENERGY
CASE STUDY ON BANGKOK METROPOLIS THAILAND**

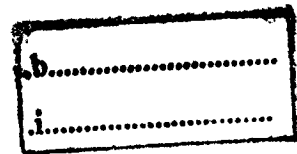


T105520

สุราทิพย์ ชวนะเวสสกุล

SUTATIP CHAVANAVESSKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**105520**
วัน,เดือน,ปี...**2.6 พ.ย. 2552**



**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนภาคและเมืองดุสิตบัณฑิต
สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AR-D-001-102

**MANAGEMENT OF URBAN SPATIAL SETTING TO DETERMINE
EFFECT OF URBAN HEAT ISLAND AND THE CONSUMPTION OF ENERGY
CASE STUDY ON BANGKOK METROPOLIS THAILAND**

SUTATIP CHAVANAVERSSKUL

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY IN URBAN AND ENVIRONMENTAL PLANNING
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-AR-D-001-102

COPYRIGHT 2009

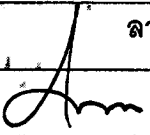


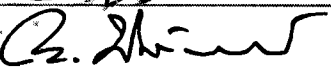

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดการเชิงพื้นที่ของเมืองที่มีผลต่อเกาะความร้อนในเมือง และการใช้พลังงาน
กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
Management of Urban Spatial Setting to Determine Effect of Urban Heat Island and
the Consumption of Energy Case Study on Bangkok Metropolis, Thailand

นักศึกษา นางสาวสุธาทิพย์ ชวนะเวสสกุล
รหัสประจำตัว 44612002
ปริญญา การวางแผนภาคและเมืองดุซงญอ
สาขาวิชา การวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.นพดล สหชัยเสรี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นพดล	สหชัยเสรี	
รศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
ดร.ประพัทธ์พงษ์	อุปลา	
รศ.ดร.นิติชาญ	ปลื้มอารมย์	
ผศ.ดร.สุวรรณภา	โชติสุกานต์	

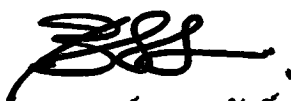
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY (ADKRABANG)

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 13 ตุลาคม 2552 เวลา 09.00 น.

สถานที่สอบ กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง


คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง)

รักษาการแทนคณบดี

วันที่ 29 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจก.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 29 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552
ลงชื่อ 

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการเชิงพื้นที่ของเมืองที่มีผลต่อเกาะความร้อนในเมืองและการใช้พลังงาน กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
นักศึกษา	นางสาวสุรชาติพิศ ชวนะเวสสกุล
รหัสประจำตัว	44622002
ปริญญา	การวางแผนภาคและเมืองดุสิตบัณฑิต
สาขาวิชา	การวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.นพดล สหชัยเสรี

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอแนวทางการจัดการเชิงพื้นที่และสภาพแวดล้อมเมืองภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้นให้มีความน่าอยู่ เนื่องจากเมืองที่มีขนาดโตขึ้น มีความหนาแน่นของประชากรสูงขึ้น ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศท้องถิ่น โดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงการสะสมมลพิษในอากาศเพิ่มขึ้น มีผลกระทบต่อรูปแบบวิถีชีวิตของประชากรในเมืองให้เปลี่ยนไป ได้แก่ การหลีกเลี่ยงที่จะสัมผัสกับธรรมชาติภายนอกอาคารอันเต็มไปด้วยความร้อนและมลพิษ การนิยมใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยคลายร้อน ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น และในระยะยาวจะส่งผลให้สุขภาพของประชากรเสื่อมถอยลง ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของรูปแบบปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ที่มีผลมาจากขนาดของเมือง เช่น การแผ่กว้างของเมือง การมีความชื้นสูง และลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ และการนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) มาบริหารจัดการพื้นที่เมือง เพื่อช่วยลดการสะสมความร้อน ระบายมลพิษ และลดการใช้พลังงานของเมือง โดยเฉพาะเมืองในเขตร้อนชื้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีการศึกษาข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper และ SPOT ระบบ Multispectral Mode พร้อมตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาคือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร เป็นตัวแทนเมืองขนาดใหญ่ เนื่องจากลักษณะ Features ที่แทรกปนในเมืองที่มีความคล้ายกันและมีความต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ส่วนจังหวัดนครปฐมเป็นตัวแทนเมืองขนาดกลาง และจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นตัวแทนของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง)

ผลที่ได้จากการศึกษา คือ ปัจจัยด้านขนาดของเมืองไม่มีความแตกต่างในการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) แต่จะแตกต่างกันเพียงตำแหน่ง การกระจายตัว และระดับอุณหภูมิของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ในทางกลับกันปัจจัยด้าน Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) กล่าวคือ Features ที่มีพื้นผิวปกคลุมด้วยคอนกรีตและกระจกส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิสูงกว่า Features อื่นๆ ที่อยู่โดยรอบซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และจะเป็นเช่นนี้ติดต่อกันไปทั่วทั้งเมือง และเนื่องจากระดับของอุณหภูมิที่มีความร้อนที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อเมืองขนาดใหญ่มากกว่าเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) และด้วยเหตุนี้ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากเมืองขนาดกลางและขนาดเล็ก (ชานเมือง) เป็นพื้นที่รองรับและแลกเปลี่ยนกระแสความร้อนจากเมืองขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ไม่แผ่กว้างมาก และจากการศึกษายังพบว่า ระยะของอุณหภูมิที่มีแนวโน้มค่อยๆ ลดลงเมื่อห่างออกจากปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) จนถึงระดับอุณหภูมิภาวะน่าสบาย ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเทียบได้กับระยะการแผ่กระจายเชิงพื้นที่ของเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) ดังนั้น การพัฒนาเมืองจึงควรให้มีการแผ่ขยายไม่เกิน 30 กิโลเมตร

Thesis	Management of Urban Spatial Setting to Determine Effect of Urban Heat Island and the Consumption Energy. Case Study on Bangkok Metropolis Thailand.
Student	Sutatip Chavanavesskul
Student ID	44622002
Degree	Doctor of Philosophy in Urban and Environmental Planning.
Programme	Urban and Environmental Planning.
Year	2009
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Noppadol Sahachai-seri

. ABSTRACT

This thesis presents ways of spatial management and urban environment in humid area under a concept of lively city scheme. Because of urban growth and increasing of population density, it affects land use changing in urban area. Moreover, the problem causes to changing of local weather in terms of temperature rising as well as increase of air pollution problem in the area. Thus, these problems lead to rising of air-condition usage and consumption of electrical energy that impact to people lifestyle in urban area. The research objective studies on differences of heat island among urban size (e.g. urban sprawl, humidity in the area, and the other features). Then, heat island phenomenon is applied to create urban area strategies in term of reduction of urban heating accumulation, pollution release, and energy consumption under a context of humid urban area.

In this research, LANDSAT 5 (Thematic Mapper) and SPOT (Multispectral Mode) satellite images and temperature inspection are applied for the research. Study area can be divided into 3 categories; urban large scale – caused by urbanization process – represented by Bangkok Metropolis, Nonthaburi province, Pratumthani province, Samutprakarn province, and Samutsakorn province; urban medium scale, represented by Nakhonpratom province; and urban small scale, represented by Chachengsao province.

This research can be found that urban size has not relate to heat island phenomenon but the phenomenon are occurred in dispersed area upon heat island temperature level. On the other

hand, it can be discussed that many feature factors in urban area cause to the occurrence of heat island phenomenon, particularly in concrete and mirror features in built-up area. These features lead higher temperature in the area than the other features as long as the area is covered by both features. However, the temperature will be decreased in the place which is not covered by both features. This phenomenon is happened through the urban area. Due to difference of heat temperature in the area, urban large scale area is given seriously effect than medium and small scale area. From this reason, these areas can be used as a urban heat transit area from urban large scale area. Furthermore, the research also finds that heat temperature will be decreased when distance far away from heat island area. However, the temperature will be fallen to comfortable temperature level at 25°C. This fallen temperature distance from heat island area to comfortable temperature level can be compared as medium and small scale area, which has urban size within 30 km. Thus, urban development policy should limit urban expansion with 30 km.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนขอระลึกถึงไว้ ณ ที่นี้

เหนือสิ่งอื่นใดผู้เขียนขอกราบระลึกถึงพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.นพดล สหชัยเสรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันทรงคุณค่าในการให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ และการแก้ไขปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ดร.ประพัทธ์พงศ์ อุปลา รศ.ดร.นิติชาญ ปลื้มอารมณ์ และ ผศ.ดร.สุวรรณา โชติสุกานต์ ที่กรุณาสละเวลาอันทรงคุณค่าให้คำแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ สาขาการวางแผนภาคและเมืองทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้เขียน ขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา สาขาขาดแคลน (Remote Sensing & GIS) และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนภาพดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อ ตลอดจนให้ทุนพัฒนาบุคลากรสนับสนุนเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สุรัสวดี อธิรัตน์ อาจารย์ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ อาจารย์ปกรณ์ เมฆแสงสวย จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ อาจารย์โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์มณฑล จันทร์แจ่มใส จากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร อาจารย์เผ่าทอง ทองเจือ คุณเผ่าพงษ์ นิติเกษตรสุนทร คุณวิษุฒดา วรรณพันธุ์พงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณและระลึกถึงพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

ถ้าวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สามารถเป็นคุณประโยชน์แก่สังคม ผู้เขียนขอขอบความดีนี้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรชาติพิทย์ ชวนะเวสสกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามของการศึกษา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ข้อจำกัดในการศึกษา.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ.....	4
1.8 กรอบแนวความคิดของการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	6
2.1 ทฤษฎีปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island).....	6
2.1.1 ความหมายของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island).....	7
2.1.2 สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island).....	8
2.1.3 แบบจำลองปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island).....	8
2.2 แนวคิดลักษณะของเมือง.....	10
2.2.1 ที่ตั้งและรูปร่างของเมือง.....	10
2.2.2 ขนาด การขยายตัวและความหนาแน่นของเมือง.....	16
2.2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมของเมือง.....	17
2.2.4 พื้นที่สีเขียวของเมือง.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 แนวคิดลักษณะของเมืองกับปรากฏการณ์ เกาะความร้อน (Heat Island).....	18
2.3 ทฤษฎีภูมิอากาศวิทยา.....	19
2.3.1 องค์ประกอบของภูมิอากาศ.....	19
2.3.2 ภูมิอากาศของเมือง.....	27
2.3.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	31
2.3.4 ทฤษฎีภูมิอากาศกับปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island).....	33
2.4 แนวคิดภาวะน่าสบาย.....	34
2.4.1 เขตสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทย.....	36
2.4.2 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อภาวะน่าสบายทางด้านความร้อน.....	38
2.4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงภาวะน่าสบาย.....	39
2.4.4 แนวคิดภาวะน่าสบายกับปรากฏการณ์ เกาะความร้อน (Heat Island).....	41
2.5 ทฤษฎีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS).....	42
2.5.1 การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing).....	42
2.5.2 ทฤษฎีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographical Information System : GIS).....	47
2.5.3 การสำรวจข้อมูลระยะไกล ทฤษฎีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กับปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island).....	48
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	50
3.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา.....	50
3.1.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	50
3.1.2 วิธีการเลือกบริเวณที่จะทำการศึกษา.....	51
3.2 การเก็บข้อมูลรายละเอียด.....	51
3.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	51
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีการศึกษา.....	52
3.3.1 การเก็บข้อมูลปฐมจุลอากาศ.....	52
3.3.2 การรวบรวมข้อมูลโดยการใช้ข้อมูลทุติยภูมิ.....	54
3.3.3 การตรวจสอบระดับความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม (Classification Accuracy).....	56
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper.....	58
3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode.....	61
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	63
4.1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2530.....	63
4.1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2540.....	66
4.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550.....	67
4.1.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2530-2550).....	71
4.2 การเปรียบเทียบขนาดของเมือง และ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง เพื่อศึกษากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์ เกาะความร้อน.....	73
4.2.1 เมืองขนาดใหญ่.....	75
4.2.2 เมืองขนาดกลาง.....	81
4.2.3 เมืองขนาดเล็กและชานเมือง.....	87
4.3 การบริหารจัดการปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) กับพื้นที่เมือง ภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น.....	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	97
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	97
5.1.1 กระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์ เกาะความร้อน (Heat Island).....	97
5.1.2 การนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มาช่วยลดอุณหภูมิ และลดการใช้พลังงาน.....	98
5.1.3 กลยุทธ์การจัดการเชิงพื้นที่ และแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมให้น่าอยู่.....	99
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	99
บรรณานุกรม	101
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม เปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนาม.....	109
ภาคผนวก ข ข้อมูลอุณหภูมิ.....	127
ภาคผนวก ค คุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 และ SPOT.....	130
ภาคผนวก ง การตีพิมพ์และเสนอผลงานวิจัย.....	135
ประวัติผู้เขียน	161

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	การเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของเมืองในเขตร้อนชื้น..... 13
2.2	ค่า T_r เปรียบเทียบกับ T_r ของวัตถุ 4 ชนิด..... 45
2.3	ลักษณะสภาพเปล่งรังสี (Emissivity) ของวัตถุชนิดต่างๆ..... 46
4.1	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2530..... 65
4.2	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2540..... 66
4.3	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2550..... 67
4.4	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2530 – พ.ศ. 2550..... 72
4.5	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของพื้นที่ศึกษา..... 75
4.6	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดใหญ่..... 75
4.7	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดกลาง..... 81
4.8	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง)..... 87
4.9	แสดงเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมตามขนาดเมือง..... 93
4.10	แสดงอุณหภูมิอากาศในระดับความสูงที่แตกต่างกันของพื้นที่ศึกษา..... 95
ก.1	ค่าความถูกต้องของข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 เมื่อวันที่ 30 มกราคม 2550 เปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนาม..... 113
ก.2	การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพ ดาวเทียม LANDSAT 5 เมื่อวันที่ 30 มกราคม 2550 เปรียบเทียบกับพื้นที่จริง ในภูมิภาคที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม..... 115
ข.1	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือนในคาบ 20 ปี (พ.ศ. 2530-2549)..... 128
ข.2	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวันในช่วง พ.ศ. 2530-2550..... 129
ค.1	คุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ MSS และระบบ TM..... 131
ค.2	คุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode และระบบ Panchromatic Mode..... 134

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของการศึกษา.....	5
2.1	การเกิดปรากฏการณ์ Heat Island ตามภาพตัดขวางของเมือง.....	7
2.2	การสะท้อนกลับ การดูดซับ และการกระจายของพลังงานจากดวงอาทิตย์.....	8
2.3	ความสูงจากระดับน้ำทะเลกับขอบเขต : การพิจารณาภูมิประเทศจากผัง และภาพตัดขวางเกี่ยวกับความลาดเอียงของที่ตั้ง.....	12
2.4	การกำหนดทิศทางกับกระแสลม : การเลือกให้ที่ตั้งในทิศที่ได้รับแสง จากดวงอาทิตย์น้อยที่สุด และได้รับลมประจำถิ่น.....	12
2.5	พืชพรรณกับความชื้น : รูปแบบของพืชพรรณกับความชื้นมีความสัมพันธ์ ต่อศักยภาพของการเข้าถึงของแสงอาทิตย์และกระแสลม.....	12
2.6	องค์ประกอบอื่นๆ ในพื้นที่ : การจัดเตรียมลำดับตำแหน่งของ การเข้าถึงของแสงอาทิตย์.....	12
2.7	พืชพรรณอาจใช้ป้องกันโดยการเปิดช่องทางหรือปิดกั้นกระแสลมในแต่ ละวันหรือฤดูกาล.....	14
2.8	การใช้พันธุ์ไม้ไม่ผลัดใบสามารถให้ร่มเงาในฤดูร้อน.....	14
2.9	การใช้ต้นไม้มีเรือนยอดหลายระดับและใช้ไม้ผลัดใบใกล้อาคาร.....	14
2.10	การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ.....	14
2.11	รูปร่างของเมือง : แบบเกาะกลุ่ม.....	16
2.12	รูปร่างของเมือง : แบบกระจาย.....	16
2.13	รูปร่างของเมือง : แบบแนวเส้นตรง.....	16
2.14	รูปร่างของเมือง : แบบกริด.....	16
2.15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ลงสู่พื้นโลกกับปริมาณรังสีของโลก.....	21
2.16	ลมมรสุม.....	23
2.17	ลมบกกลมทะเล.....	24
2.18	ลมหุบเขาและลมภูเขา.....	24
2.19	ความร้อนจากส่วนเกินของเมืองเทียบกับชนบท.....	28
2.20	การสะสมความร้อน.....	29
2.21	การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมกับความสูงในสภาพแวดล้อมต่างกัน.....	30
2.22	Bioclimatic Chart ของ Victor Olgyay.....	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.23	Bioclimatic Chart ของกรุงเทพฯ ที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ.....	37
2.24	การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม.....	38
2.25	แถบแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นที่สั้นที่สุด ตั้งแต่รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเล็ต ช่วงแสงสว่าง อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ.....	43
2.26	การกระจายของพลังงานจากเทวัตต์สีค่าในช่วงอุณหภูมิต่างๆ.....	44
2.27	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบสู่ผิวโลก.....	45
3.1	แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	51
3.2	แสดงลักษณะและระดับการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ.....	53
3.3	แสดงเส้นทางตรวจวัดอุณหภูมิของเมือง.....	55
3.4	แสดงจุดภาพตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบระดับความถูกต้องข้อมูลดาวเทียม.....	57
3.5	แสดงข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยการทำสีผสม (สีเท็จ)แบบค 4-5-3.....	58
3.6	แสดงข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยการทำสีผสม (สีเท็จ) แบบค 4-5-3 และคัดแก้และตัดภาพเรียบร้อย.....	60
3.7	แสดงการจำแนกสิ่งปกคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยการซ้อนทับข้อมูลบน ภาพข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode.....	62
4.1	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2530.....	64
4.2	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2540.....	68
4.3	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2550.....	70
4.4	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของพื้นที่ศึกษา.....	74
4.5	แสดงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดใหญ่ ณ วันพุธ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	76
4.6	แสดงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดใหญ่ ณ วันอาทิตย์ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	77
4.7	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดใหญ่ และเส้นชั้นอุณหภูมิ ณ วันพุธ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	79
4.8	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดใหญ่ และเส้นชั้นอุณหภูมิ ณ วันอาทิตย์ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	80

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	แสดงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดกลาง ณ วันพุธ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	83
4.10	แสดงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดกลาง ณ วันอาทิตย์ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	84
4.11	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดกลาง และเส้นชั้นอุณหภูมि ณ วันพุธ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	85
4.12	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดกลาง และเส้นชั้นอุณหภูมि ณ วันอาทิตย์ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	86
4.13	แสดงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) ณ วันพุธ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	88
4.14	แสดงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) ณ วันอาทิตย์ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	89
4.15	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) และเส้นชั้นอุณหภูมิ ณ วันพุธ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	91
4.16	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) และเส้นชั้นอุณหภูมิ ณ วันอาทิตย์ ระดับ 200 เซนติเมตร.....	91
4.17	แสดงโครงสร้างปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของพื้นที่ศึกษา.....	94
4.18	แสดงการหมุนเวียนความร้อนออกจากเมืองขนาดใหญ่.....	96
ก.1	การสุ่มจุดภาพตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	111

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการพัฒนาความเป็นเมืองและอุตสาหกรรมเป็นไปอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดเมืองเอกนคร (Primate city) โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางรวมของการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและกิจกรรมต่างๆ ของเมือง ส่งผลให้เมืองมีขนาดใหญ่ มีความหนาแน่นของประชากรสูงกว่าเมืองอื่นๆ ที่มีอันดับรอง เช่นเดียวกับกรุงเทพมหานครที่มีการพัฒนาจนเป็นเมืองเอกนคร (Sternstein, 1986) ซึ่งมีความโดดเด่นมาตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน โดยพบว่ากรุงเทพมหานครมีประชากรมากกว่า 1 ล้านคนขึ้นไปตั้งแต่ พ.ศ. 2490 (ภัสสร ลิมานนท์, 2525 และปราโมทย์ ประสาทกุล, 2543) และในปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีจำนวนประชากรทั้งผู้มีชื่อและไม่มีชื่อในทะเบียนราษฎร ประมาณ 8,937,532 คน (กองวิชาการและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 31 ธันวาคม 2551)

ความเจริญและการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของกรุงเทพฯ เป็นแรงดึงดูดให้เกิดการย้ายถิ่นรายวัน หรือเดินทางไปกลับในวันเดียว (Commute) เพื่อเดินทางเข้ามาทำงาน เข้ามาเพื่อศึกษา ที่มีสถานที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ ซึ่งประชากรเหล่านี้อาศัยอยู่นอกเขตกรุงเทพฯ หรือมักอาศัยอยู่ในจังหวัดปริมณฑลใกล้เคียง (สารคดี, นิตยสาร, 2533) ทำให้ขอบเขตพื้นที่ความเป็นเมืองของกรุงเทพฯ ขยายเพิ่มขึ้น และจากการขยายตัวของกรุงเทพมหานครส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมือง กล่าวคือ พื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่พืชพรรณธรรมชาติ พื้นที่เปิดโล่ง เปลี่ยนแปลงเป็นที่พักอาศัย ย่านพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และเส้นทางคมนาคม เพื่อเอื้อประโยชน์ต่อประชากรในเมือง ดังนั้น พื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งเก็บความชุ่มชื้น พื้นที่สีเขียว และความชื้นในอากาศของเมือง มีขนาดน้อยลงตามลำดับ อีกทั้งการก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ของกรุงเทพฯ ที่ไม่มีแบบแผน ไม่มีการคำนึงถึงรูปแบบ ขนาด ความสูง และทิศทางของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่เข้ามาทดแทนพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดการบังทิศทางลมประจำถิ่น เกิดการสะท้อนไปมาของคลื่นความร้อนระหว่างผนังอาคารด้วยกันเอง หรือระหว่างผนังอาคารกับพื้นดิน ส่งผลให้อุณหภูมิของเมืองเพิ่มสูงขึ้น และสะสมอยู่เหนือพื้นที่เมือง ทำให้อุณหภูมิในเมืองสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ เรียกว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island)

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว เช่น ลักษณะวัสดุพื้นผิวต่างๆ ที่แทรกปนกันอยู่ในเมือง พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้จากกิจกรรมต่างๆ ของประชากรในเมือง ส่งผลให้ระดับอุณหภูมิของเมืองสูงขึ้น และมีผลกระทบต่อรูปแบบวิถีชีวิตของประชากร

ในเมืองให้เปลี่ยนไป ได้แก่ การหลีกเลี่ยงที่จะสัมผัสกับธรรมชาติภายนอกอาคารอันเต็มไปด้วยความร้อนและมลพิษ การนิยมใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยคลายร้อน ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น และในระยะยาวจะส่งผลให้สุขภาพของประชากรเสื่อมถอยลง

การศึกษาในครั้งนี้ มุ่งศึกษาถึงความแตกต่างของรูปแบบปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ที่มีผลมาจากขนาดของเมือง เช่น การแผ่กว้างของเมือง การมีความชื้นสูง และลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ และการนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) มาบริหารจัดการพื้นที่เมือง เพื่อช่วยลดการสะสมความร้อน ระบายมลพิษ และลดการใช้พลังงานของเมือง (William M. Marsk, 1991) โดยเฉพาะเมืองในเขตร้อนชื้น

1.2 คำถามของการศึกษา

1. ขนาดของเมืองและ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง จะก่อให้เกิดรูปแบบ (Pattern) ของเกาะความร้อนที่แตกต่างกันอย่างไร
2. เมืองขนาดใหญ่ที่แผ่กว้างและมีความชื้นสูง จะก่อให้เกิดเกาะความร้อนในรูปแบบใด
3. เมืองที่มีขนาดใหญ่จะสามารถช่วยลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน ได้หรือไม่ และสามารถช่วยระบายมลพิษให้ลดลงได้หรือไม่
4. จะนำปรากฏการณ์เกาะความร้อนมาบริหารจัดการอย่างไรกับพื้นที่เมือง

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น
2. เพื่อนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) มาช่วยในการลดอุณหภูมิ และลดการใช้พลังงาน ภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น
3. เพื่อหากกลยุทธ์ในการจัดการเชิงพื้นที่ และแนวทางจัดการสภาพแวดล้อมให้นำอยู่ภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาในบริบทเมืองในเขตร้อนชื้นครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและบรรลุตามวัตถุประสงค์ กำหนดให้ขอบเขตพื้นที่ศึกษา คือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี

สมุทรปราการ สมุทรสาคร นครปฐม และฉะเชิงเทรา และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในครั้งนี้ จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 ประเภท คือ

1. พื้นที่เมืองและย่านการค้า (Urban and Community Areas) ได้แก่ ย่านการค้า คมนาคม และสถานที่ราชการอื่นๆ
2. พื้นที่พักอาศัย (Residential Areas)
3. พื้นที่อุตสาหกรรม (Industrial Areas)
4. พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture Areas) ได้แก่ พื้นที่ที่ปลูกพืชล้มลุกและพืชถาวร เช่น สวนผัก สวนผลไม้ พืชไร่ และนาข้าว
5. พื้นที่สวนสาธารณะและนันทนาการ (Parks and Recreation Areas)
6. ป่าไม้ (Forest Areas) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ทั่วไป แยกย่อยออกไปตามประเภทของป่า เช่น ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังผสมไม้สน ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมไม้สัก ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าชายเลน ป่าไผ่ ห้วยหญ้าธรรมชาติ และสวนป่า
7. แหล่งน้ำ (Water and Reservoirs) ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นน้ำ ลำธาร หนอง คลอง บึง และแหล่งกักเก็บน้ำที่สร้างขึ้น
8. พื้นที่อื่นๆ (Others Areas) ได้แก่ พื้นที่ที่ปราศจากสิ่งปกคลุมและรวมไปถึงไร้ร้าง

1.5 ข้อจำกัดในการศึกษา

1. ข้อจำกัดในด้านข้อมูลภาพดาวเทียม มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.1 พื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่ ภาพดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper ด้านจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ข้อมูลเพียงส่วนหนึ่งด้านอาณาเขตติดต่อกรุงเทพมหานคร
 - 1.2 ข้อมูลภาพดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode ไม่สามารถหาช่วงเวลาเดียวกับภาพดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper ได้ จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์พื้นที่ที่มีปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) เด่นชัด เพื่อหารูปแบบของเมืองที่เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ครบทั้ง 3 ช่วงเวลา (ได้เพียงช่วง พ.ศ. 2550)
2. ข้อจำกัดในด้านเวลา และงบประมาณ ทำให้ไม่สามารถศึกษาได้อย่างทั่วถึง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ ลดปริมาณการใช้พลังงาน และการระบายมลพิษของเมืองในบริบทภูมิภาคเขตร้อนชื้น

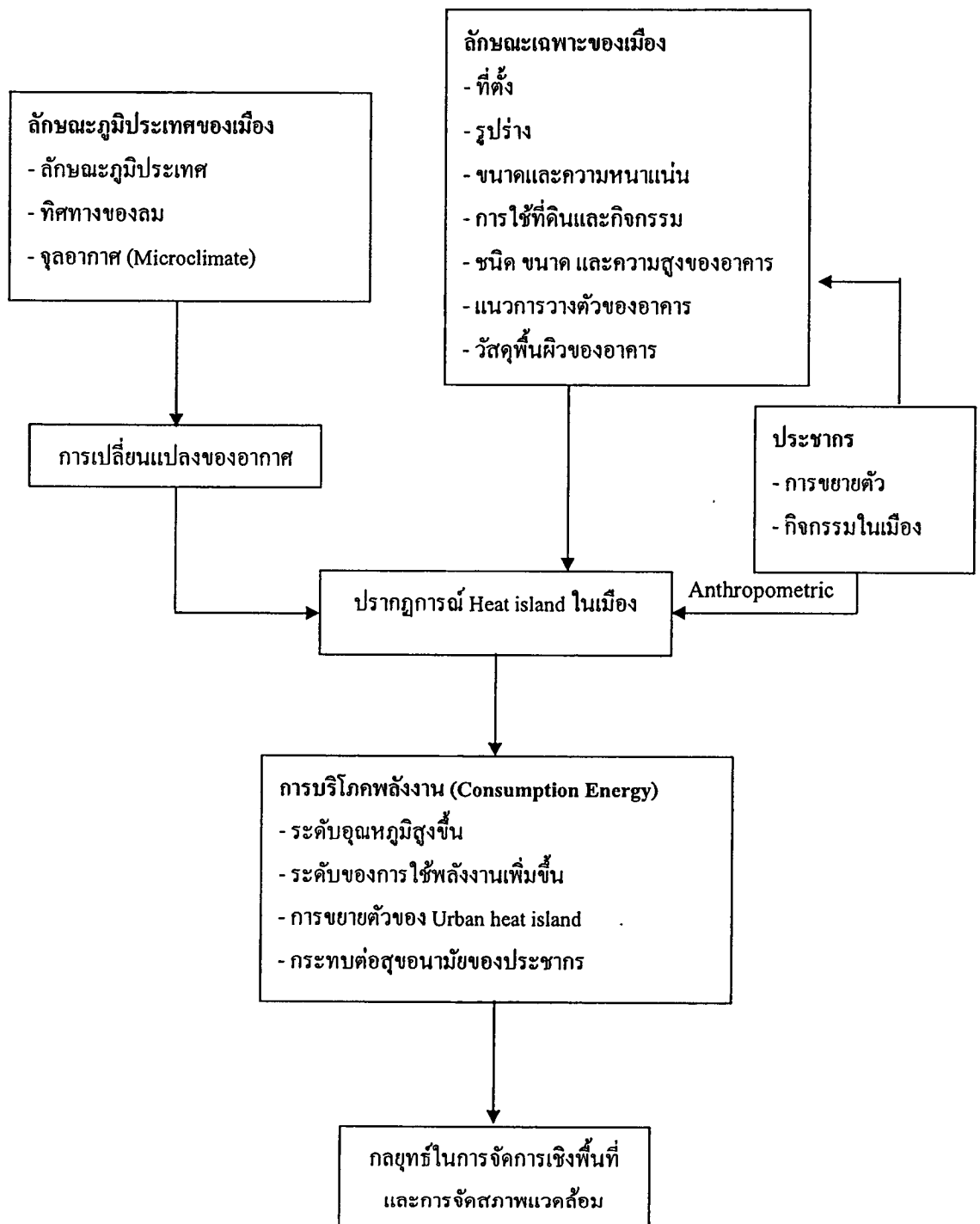
2. เพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบ วางผังเมือง และจัดการเมืองให้เกิดความน่าอยู่ในบริบทภูมิภาคเขตร้อนชื้น

1.7 คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

เมืองในเขตร้อนชื้น (Tropical City) หมายถึง เมืองที่มีที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 10 องศาเหนือ-ละติจูด 10 องศาใต้ มีความแตกต่างในฤดูกาลน้อย ไม่มีเดือนใดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส มีฝนตกตลอดทั้งปี (ฝนที่เกิดจากการพาความร้อน)

Urban Heat Island หมายถึง ปรากฏการณ์ของพื้นที่เมืองที่มีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ประมาณ 2-5 องศาเซลเซียส สาเหตุจากการพัฒนาเมือง เช่น การขาดแคลนพื้นที่สีเขียว โครงสร้างที่มีพื้นผิวสะท้อนแสง โดยเส้นแสดงระดับอุณหภูมิจะมีลักษณะคล้ายโดมขนาดใหญ่อยู่เหนือบริเวณพื้นที่เมือง

1.8 กรอบแนวความคิดของการศึกษา



รูปที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของการศึกษา

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาการจัดการเชิงพื้นที่ของเมืองที่มีผลต่อเกาะความร้อนในเมือง ภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ได้ใช้ทฤษฎีแนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

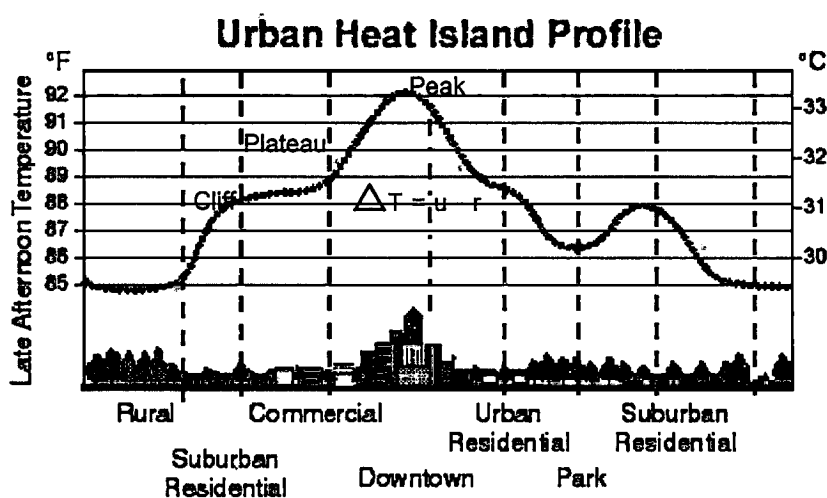
- 2.1 ทฤษฎีปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)
- 2.2 แนวคิดลักษณะของเมือง
- 2.3 ทฤษฎีภูมิอากาศวิทยา
- 2.4 แนวคิดภาวะน่าสบาย (Thermal comfort)
- 2.5 ทฤษฎีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

2.1 ทฤษฎีปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

ปัจจัยหลักในการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) เกิดจาก 2 ปัจจัยหลักคือการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน วัสดุคลุมดิน และรูปทรงของเมือง รวมถึงการเพิ่มของความร้อนจากกิจกรรมมนุษย์ ด้วยคุณสมบัติทางกายภาพของอาคาร และสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ โดยปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ได้เริ่มศึกษาเป็นครั้งแรกใน ค.ศ. 1818 โดยแพทย์ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับสุขภาพของคนในเมือง ต่อมาจึงขยายผลโดยนักภูมิศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมของโลก โดยอยู่บนพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศ พื้นน้ำ (Hydrosphere) สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (Biosphere) และพื้นดิน (Lithosphere) เป็นพื้นฐานที่สำคัญของภูมิศาสตร์ในรูปของที่ตั้ง (Location) สถานที่ (Place) ภูมิภาค (Regions) การเคลื่อนที่ (Movement) และปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Interactive) โดยวิเคราะห์ถึงปัญหาของโลก และความต่อเนื่องระหว่างกันของพื้นที่ เช่น ที่ตั้งใดบ้างที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำที่สุด ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่เป็นอย่างไร และมีองค์ประกอบของมนุษย์ใดบ้างในพื้นที่ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) รวมถึงการเคลื่อนที่ของมนุษย์และอิทธิพลของจุลอากาศในพื้นที่ว่าเป็นอย่างไร เพื่ออธิบายถึงลักษณะทางกายภาพของภูมิภาคและวัฒนธรรมของภูมิภาค เป็นต้น

2.1.1 ความหมายของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) เป็นลักษณะภูมิอากาศที่แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิตามลักษณะภูมิประเทศ โดยใช้เส้นลากตามระดับของอุณหภูมิปรากฏคล้ายรูปเกาะ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ความร้อนในเมืองและอุณหภูมิที่มีความเย็นในเขตชนบท โดยรอบเมือง (Helmut E. Landberg, 1981 : 83) (รูปที่ 2.1) หรืออีกนัยหนึ่งคือ การที่อุณหภูมิอากาศใกล้พื้นดินในเมืองสูงกว่าพื้นที่โดยรอบที่เป็นเขตเกษตรกรรม กสิกรรม และพื้นที่ปกคลุมด้วยป่าไม้ ประมาณ 2-5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1 การเกิดปรากฏการณ์ Heat Island ตามภาพตัดขวางของเมือง

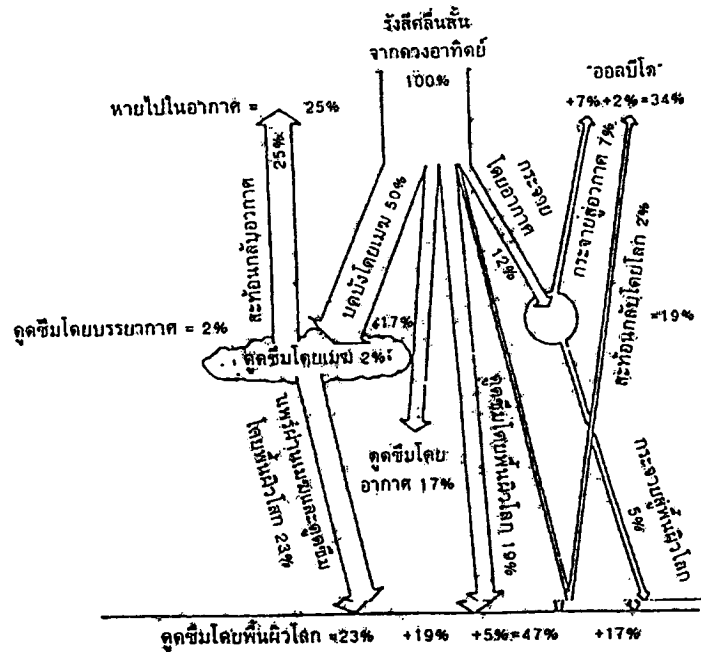
ที่มา : Heat Island Group, LBNL, Retrieved April, 27, 2000. from <http://EETD.LBL.gov/heatisland>;

จากภาพแสดงให้เห็นเส้นอุณหภูมิเท่า (Isotherm) สามารถแบ่งเป็นช่วงๆ ได้ดังนี้

1. ช่วงลาดชันสูงคล้ายหน้าผา (Cliff) เป็นบริเวณที่มีความร้อนของอากาศจะเพิ่มขึ้นในบริเวณพื้นที่เมือง
2. ช่วงราบคล้ายที่ราบสูง (Plateau) เป็นบริเวณที่ความแตกต่างของอุณหภูมิที่คายออกจากสิ่งปลูกสร้างและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณตัวเมือง
3. ช่วงยอดเขา (Peak) เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงสุด มักพบในพื้นที่เมือง

2.1.2 สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ถูกส่งเข้าสู่บรรยากาศของโลก ในรูปของการแผ่รังสี (Radiant energy) มีขนาดความถี่และความยาวช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน พลังงานที่แผ่เข้าสู่บรรยากาศของโลกจะชนกับอะตอมของสสารที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยบางส่วนสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับเมฆ ฝุ่นละอองในอากาศ ปริมาณการสะท้อนจะมากขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิว โดยร้อยละ 40 ของรังสีดวงอาทิตย์จะสะท้อนกลับ บางส่วนถูกดูดซับไว้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของขนาดวัตถุ ส่วนใหญ่พลังงานที่ถูกดูดซับไว้จะสูญเสียไปเป็นความร้อน กล่าวคือ พื้นดินที่ดูดซับความร้อนไว้จะทำให้พื้นดินส่วนล่างร้อนขึ้น พลังงานแสงดวงอาทิตย์ทำให้เกิดพลังงานจลน์เป็นกระแสลมต่างๆ แต่พื้นผิวของโลกที่ได้รับความร้อนไม่เท่ากันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของบรรยากาศ เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างพื้นที่ต่างๆ เช่น พื้นที่ทวีปกับมหาสมุทร (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 การสะท้อนกลับ การดูดซับ และการกระจายของพลังงานจากดวงอาทิตย์

ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, 2543. มลภาวะทางอากาศ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 23

2.1.3 แบบจำลองปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island)

2.1.3.1 แบบจำลองทางสถิติ (Statistical Model) จะขึ้นอยู่กับขนาดของเมือง อุณหภูมิของเมืองและชนบท และความแตกต่างของความหลากหลายของตัวแปรของภูมิอากาศ

$$\text{กลางวัน : } \Delta T = 1.4^\circ - 0.01n - 0.09u - 0.01T - 0.04e$$

$$\text{กลางคืน : } \Delta T = 2.8^\circ - 0.01n - 0.38u - 0.02T - 0.03e$$

เมื่อ ΔT	= ความเข้มข้นของปรากฏการณ์ Heat island
n	= ปริมาณเมฆ
u	= ความเร็วลม
T	= อุณหภูมิ
e	= ความชื้นในบรรยากาศ

ปรากฏการณ์ Heat island สามารถประมาณได้จากความอ่อนไหวของเมฆและแนวโน้มการกระจายโดยกระแสลม ความเร็วลมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเมือง (Oke and Hainnell, 1970)

2.1.3.2 แบบจำลองสมดุลพลังงาน (Energy Balance Models) เป็นการสมมติปรากฏการณ์ Heat island จากการเปลี่ยนแปลงและการส่งผ่านความร้อนเหนือบริเวณเมืองและชนบทโดยรอบ สามารถหาได้จากรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ

$$R_n = (Q+q)(1-\alpha) - (I\uparrow - I\downarrow)$$

เมื่อ Q และ q	= การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทั้งทางตรงและการกระจาย
α	= ค่าการสะท้อนของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิว
$I\uparrow - I\downarrow$	= การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงของรังสีอินฟราเรด

และหาสมดุลพลังงานได้จาก

$$R_n + F = H + LE + G + \Delta A$$

เมื่อ F	= ความร้อนจากมนุษย์สร้างขึ้นภายในเมือง
H	= การส่งผ่านของความร้อน
LE	= พลังงานในการระเหยรวม
G	= การสะสมความร้อนที่พื้นผิวในชนบทและเมืองสุทธิ
ΔA	= การถ่ายเทพลังงานจากสภาพแวดล้อมชนบทไปเมือง

2.2 แนวคิดลักษณะของเมือง

การรวมกลุ่มของคนโดยส่วนใหญ่ มักมีการเลือกทำเลที่ตั้ง ซึ่งยึดหลักความอยู่รอด ความมั่นคง ความปลอดภัย โดยลักษณะทางกายภาพของเมืองประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ประการ คือ องค์ประกอบทางธรรมชาติ (Natural element) และองค์ประกอบที่สร้างขึ้น (Manmade elements) กล่าวคือ ขอบเขตของเมืองมักประกอบด้วยธรรมชาติ ได้แก่ พื้นที่พื้นที่ราบ พื้นที่ลุ่มน้ำ แม่น้ำ ภูเขา และเมื่อเริ่มมีการตั้งถิ่นฐาน สิ่งก่อสร้าง (Built up หรือ Figure) จะปรากฏตามมา ดังนั้น ลักษณะของเมืองจึงเกิดขึ้นจากหลากหลายปัจจัย เช่น ที่ตั้งและรูปร่างของเมือง ขนาด การขยายตัว และความหนาแน่น การใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมของเมือง พื้นที่สีเขียวของเมือง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ที่ตั้งและรูปร่างของเมือง

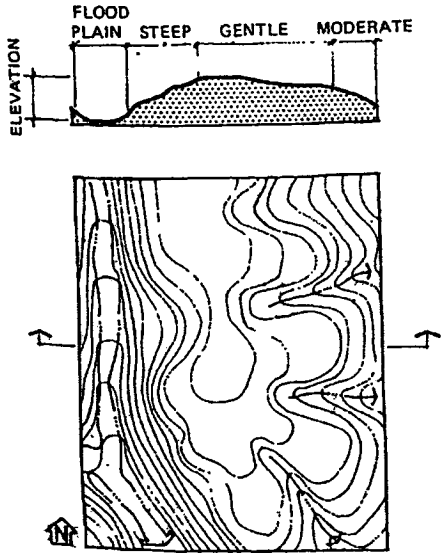
ที่ตั้งของเมืองเป็นปัจจัยสำคัญต่อการวางผังเมืองและออกแบบเมือง โดยเฉพาะเมืองที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนชื้น มักจะเกิดสภาวะไม่สบาย ทำให้ประชากรมักทำกิจกรรมภายในอาคาร มีการใช้พลังงานในการสร้างสภาวะน่าสบายด้วยเครื่องปรับอากาศ ดังนั้น ในการเลือกที่ตั้งของเมืองเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลัก 2 ประการคือ การเข้าถึงของแสงอาทิตย์ และตำแหน่งของอาคารบนที่ตั้งที่สามารถลดความต้องการพลังงาน การกำหนดที่ตั้งที่อยู่อาศัยมีปัจจัยอีกมากที่ใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ โดยมีกระบวนการตั้งแต่การศึกษาภูมิภาคและภูมิประเทศของภูมิภาคนั้นๆ จนถึง การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ซึ่งพื้นที่ทุกๆ ขนาดต้องตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ตั้ง โดยการพิจารณาเลือกที่ตั้ง การกำหนดทิศทางอาคาร และการวางแผนและออกแบบพื้นที่เมือง (Joseph De Chiara, 1984)

ในการก่อสร้าง การพัฒนา หรือการออกแบบ ต้องมีแนวทางสำหรับการเลือกหรือการกำหนดทำเลที่ตั้งให้สามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ในการเลือกที่ตั้งที่ดีที่สุด ควรมีการวิเคราะห์และประเมินอย่างรอบคอบด้วยปัจจัยต่างๆ เช่น

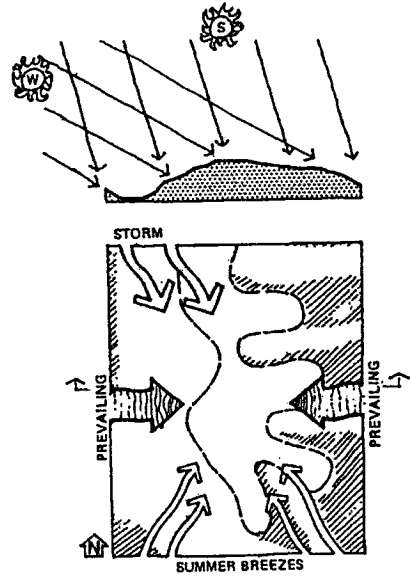
1. ลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ได้แก่ การพาดผ่านของแสงอาทิตย์ในแต่ละวันและแต่ละฤดูกาล รูปแบบการพัดของกระแสลมที่พัดผ่านในแต่ละวันและแต่ละฤดูกาล
2. ลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ความชันของความลาดเอียง แม้ว่าความชันจะสามารถปรับระดับด้วยวิศวกรรมการก่อสร้าง แต่ขึ้นอยู่กับสภาพของเศรษฐกิจการลงทุน

3. การกำหนดทิศทางของความลาดเอียง ได้แก่ การรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดควรอยู่ทางทิศใต้ การรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดหลังเวลาเที่ยงควรอยู่ทิศตะวันตก การรับแสงอาทิตย์ได้มากสุดในตอนเช้าควรอยู่ทิศตะวันออก หรือการรับแสงอาทิตย์น้อยที่สุดควรอยู่ทิศเหนือ
4. ลักษณะธรณีวิทยา ได้แก่ ความลึกและชนิดของหิน หรือความเหมาะสมของสภาพของดินต่อการก่อสร้าง
5. พืชพรรณในปัจจุบัน ได้แก่ ขนาด ความหลากหลาย และตำแหน่งของพืชพรรณ เพราะพืชพรรณมีส่วนช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
6. การป้องกันพื้นที่จากสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ การป้องกันโดยภูมิประเทศ หรือโดยพืชพรรณ
7. ทำเลที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ การอยู่ใกล้ถนนซึ่งยานพาหนะสามารถเข้าถึงได้ หรือใกล้ทางเดินเท้า และสามารถสัมพันธ์กับแสงอาทิตย์หรือกระแสลมได้
8. รูปแบบของการแผ่รังสี ได้แก่ การรับรังสีตลอดวัน หรือตลอดเดือน หรือแล้วแต่ฤดูกาล การมีอุปสรรคกัน อาทิเช่น การปกคลุมของพืชพรรณ หรือเงาของกลุ่มอาคารในพื้นที่
9. รูปแบบการพัดของกระแสลม ได้แก่ ทุกวัน ทุกฤดูกาล หรือมีอุปสรรคกัน อาทิเช่น ความหนาของพืชพรรณที่กั้นการหมุนเวียนของอากาศที่จะผ่านเข้าสู่ที่ตั้ง
10. รูปแบบของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ
11. รูปแบบแหล่งน้ำและทางน้ำ ได้แก่ รูปแบบการไหลผ่านของกระแสน้ำในแต่ละฤดูกาล แต่ละวัน หรือธรรมชาติที่กีดขวางการไหลของกระแสน้ำ

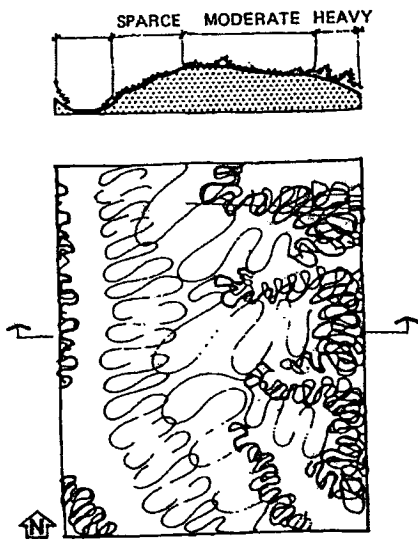
นอกจากนี้ การพิจารณาเลือกที่ตั้งนอกจากการวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแล้ว ควรใช้เครื่องมือสนับสนุน เช่น กล้องถ่ายภาพ แผนที่ภูมิประเทศ การสำรวจพื้นที่ และแผนภูมิสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้การเลือกที่ตั้งมีความสัมพันธ์ระหว่างระบบแสงอาทิตย์ กับกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ ดังตัวอย่างต่อไปนี้ (รูปที่ 2.3-2.6)



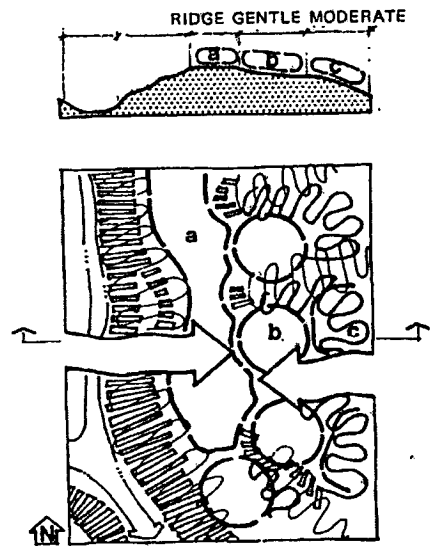
รูปที่ 2.3 ความสูงจากระดับน้ำทะเลกับขอบเขต : การพิจารณาภูมิประเทศจากผัง และภาพตัดขวางเกี่ยวกับความลาดเอียง ของที่ตั้ง



รูปที่ 2.4 การกำหนดทิศทางกับกระแสลม : การเลือกให้ที่ตั้งในทิศทางที่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์น้อยที่สุด และได้รับลมประจำถิ่น



รูปที่ 2.5 พืชพรรณกับความชื้น : รูปแบบของพืชพรรณกับความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อศักยภาพของการเข้าถึงของแสงอาทิตย์และกระแสลม



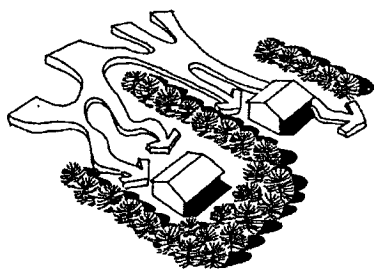
รูปที่ 2.6 องค์ประกอบอื่นๆ ในพื้นที่ : การจัดเตรียมลำดับตำแหน่งของการเข้าถึงของแสงอาทิตย์

การออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับที่ตั้งขึ้นอยู่กับแต่ละภูมิภาค ธรณีวิทยา และระบบนิเวศ โดยส่วนใหญ่ในการก่อสร้างต้องคำนึงถึงที่ตั้งเป็นหลัก โดยให้อาคารมีความขัดแย้งกับที่ตั้งให้น้อยที่สุด ในแต่ละภูมิภาคมีสภาพภูมิอากาศต่างกัน ดังนั้น ในการออกแบบที่ตั้งควรให้ความสนใจเกี่ยวกับองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น ชนิดของพืชพรรณ พื้นผิว รั้ว กำแพง เรือนยอดของต้นไม้ และองค์ประกอบอื่นๆ ตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น เพราะองค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนในการออกแบบอาคารให้เหมาะสม เช่น วัสดุที่ใช้ในการออกแบบอาคาร ควรมีคุณสมบัติในการดูดซับ หรือสะสม หรือสะท้อนรังสีได้ดี โดยขึ้นกับลักษณะของภูมิอากาศ ขนาดและชนิดของพืชพรรณสามารถป้องกัน ควบคุมการปล่อยรังสีจากดวงอาทิตย์ได้ตามต้องการ สามารถควบคุมทิศทางการไหลของลม ปริมาณน้ำฝน ความชื้น และอุณหภูมิได้ ทั้งนี้ สามารถนำปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มาเลือกทำเลที่ตั้งให้เหมาะสม โดยเฉพาะเมืองในเขตร้อนชื้น (ตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.7-2.10)

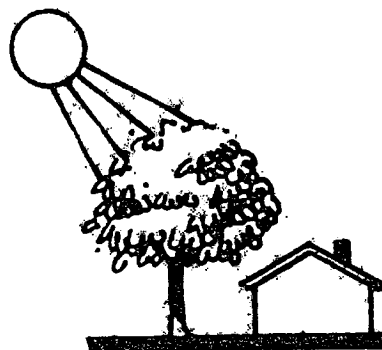
ตารางที่ 2.1 การเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของเมืองในเขตร้อนชื้น

วัตถุประสงค์	วิธีการเลือก
การนำไปประยุกต์ใช้	มีร่มเงามากที่สุด และได้รับลมมากที่สุด
ตำแหน่งบนความลาดเอียง	สูงเพื่อรับลม
ทิศทางการบนความลาดเอียง	ทิศใต้
ความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำ	ใกล้แหล่งน้ำ
ความถี่ของกระแสลม	ควรป้องกันบริเวณทิศเหนือ
การเกาะกลุ่ม	มีพื้นที่เปิดโล่งเพื่อรับลม
ทิศทางของอาคาร	ทิศใต้ รับลมประจำถิ่น
รูปร่างของต้นไม้	ไม้เรือนยอดสูง ใช้ไม้ผลัดใบใกล้อาคาร
ทิศทางของถนน	แนวตะวันออก – ตะวันตก และมีขนาดกว้างๆ
สีของวัสดุ	สีอ่อน

ที่มา : Joseph De Chiara. 1984. *Time-Saver Standards for Housing and Residential Development*. Mc. Graw-Hill Book Company, p.108.

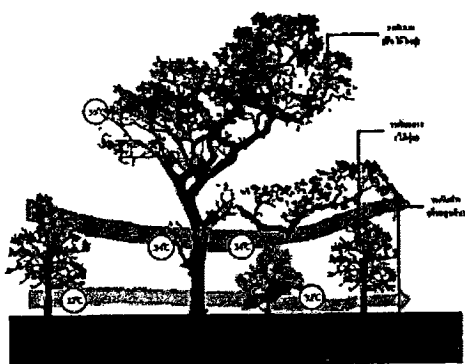


รูปที่ 2.7 พืชพรรณอาจใช้ป้องกันโดยการเปิดช่องทางหรือปิดกั้นกระแสลมในแต่ละวันหรือฤดูกาล

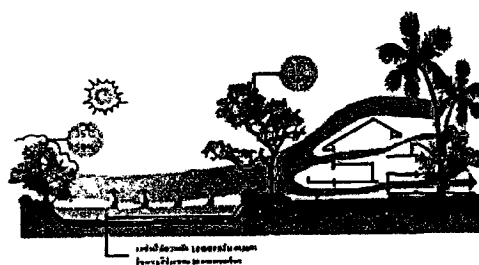


รูปที่ 2.8 การใช้พันธุ์ไม้ไม่ผลัดใบสามารถให้ร่มเงาในฤดูร้อน

ที่มา : Joseph De Chiara. 1984. Time-Saver Standards for Housing and Residential Development. Mc. Graw-Hill Book Company, p.109-110.



รูปที่ 2.9 การใช้ต้นไม้มีเรือนยอดหลายระดับและใช้ไม้ผลัดใบใกล้อาคาร



รูปที่ 2.10 การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

ที่มา : สถาบันสยาม, สมาคม., สถาปนิก และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2547. เมืองน่าอยู่และประหยัดพลังงาน (Liveable City and Energy Saving). การประชุมสัมมนา และปาฐกถา วันที่ 30 มกราคม 2547. กรุงเทพฯ : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.

และจากการที่กรุงเทพฯ มีทำเลที่ตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เนื่องจากมีพิกัดอยู่ที่ละติจูด 13 องศา 45 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา 28 ลิปดาตะวันออก ดังนั้น ในการออกแบบอาคารจึงควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสม

รูปร่างของเมืองมักจะกระจายตัวตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับรูปแบบของกิจกรรมในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปเมืองจะมีรูปร่างไม่แบบใดก็แบบหนึ่งหรืออาจผสมผสานกันในแบบต่างๆ ส่งผลให้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ทั้งนี้ รูปร่างของเมือง

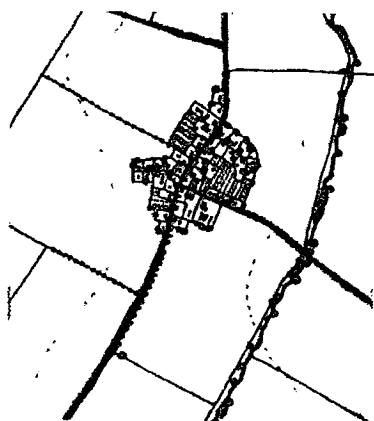
มีความสัมพันธ์กับหน้าที่ของเมือง การสัญจร ที่ว่าง และขอบเขตของแต่ละย่าน โดยแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ (ฉัตรชัย พงศ์ประยูร, 2536) เช่น

1. แบบเกาะกลุ่ม (Cluster Settlement) เป็นการตั้งถิ่นฐานแบบดั้งเดิม เพราะมีความสะดวกตามธรรมชาติ เช่น เกิดตามแหล่งน้ำ แหล่งแร่ และที่เพาะปลูกที่อุดมสมบูรณ์ หรือตามเส้นทางคมนาคม มีอาคารบ้านเรือนหลายหลังสร้างล้อมรอบ บ่อน้ำ ตลาด วัด โรงเรียน หรือบ้านของผู้นำ และเมื่อประชากรเพิ่มขึ้นจะขยายตัวออกจากศูนย์กลาง ส่วนใหญ่พบมากในเขตภาคเหนือและภาคกลางตอนบน ภาคใต้พบตามแหล่งแร่ทั่วไป จะไม่มีขอบเขตที่แน่นอน มักยึดเอาปัจจัยทางธรรมชาติเป็นตัวกำหนดขอบเขตอย่างหยابๆ เช่น แนวคลอง ทิวไม้ หรือสิ่งกีดขวางทางธรรมชาติ เป็นต้น (รูปที่ 2.11)

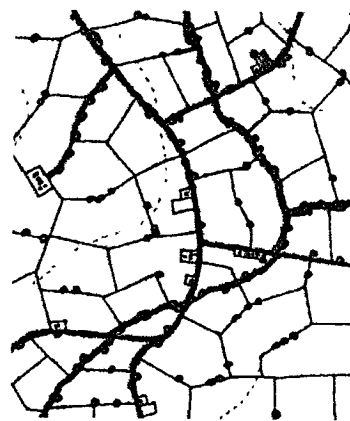
2. แบบกระจัดกระจาย (Scattered Settlement) เป็นการตั้งถิ่นฐานแบบตัวบ้านอยู่กระจัดกระจายจากกัน ถ้าเป็นหมู่บ้านอาจจะมีจำนวนหลังคาเรือนน้อย มักจะตั้งกระจัดกระจายไปตามไร่นา สวน เป็นต้น มีศูนย์บริการชุมชน ได้แก่ วัด โรงเรียน สถานอนามัย อยู่ห่างจากที่พักอาศัย เกิดจากการจับจอง การบุกรุกที่ดิน เพื่อความสะดวกในการประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรม ส่วนใหญ่พบมากทางภาคกลางตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตลอดจนภาคใต้ตามสวนยาง สวนมะพร้าว และสวนผลไม้ การตั้งถิ่นฐานแบบกระจัดกระจายจะมีความสัมพันธ์กับไร่นา หรือพื้นที่เกษตร กับระยะทางที่ต้องเดินทางไปประกอบอาชีพที่ไม่ไกลจากที่อยู่อาศัย (รูปที่ 2.12)

3. แบบแนวเส้นตรง (Line Settlement) เป็นการตั้งถิ่นฐานตามแนวริมน้ำ ชายฝั่งทะเล หรือตามแนวเส้นทางคมนาคม การตั้งถิ่นฐานแบบแนวเส้นตรงหรือแนวยาว จะมีบทบาทของชุมชนที่เน้นการบริการเล็กๆ น้อยๆ ที่กับการเกษตร และการค้าและบริการ ส่วนใหญ่พบมากบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา และลำน้ำต่างๆ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบตามลุ่มน้ำมูลและชี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบตามแนวชายฝั่งทะเล หรือในระยะที่มีพัฒนาการของการสร้างเส้นทางคมนาคม เช่น ถนน ทางรถไฟ (รูปที่ 2.13)

4. แบบกริด (Gridiron Settlement) เป็นการตั้งถิ่นฐานแบบตารางเหลี่ยม โดยใช้ถนนเป็นแนวตัด เพื่อให้เกิดพื้นที่รูปตารางเหลี่ยม มีลักษณะเป็น Block สะดวกในการปกครองและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการประกอบกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจแต่ละชนิด (รูปที่ 2.14)



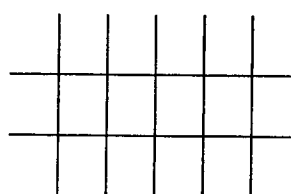
รูปที่ 2.11 รูปร่างของเมือง : แบบเกาะกลุ่ม



รูปที่ 2.12 รูปร่างของเมือง : แบบกระจาย



รูปที่ 2.13 รูปร่างของเมือง : แบบแนวเส้นตรง



รูปที่ 2.14 รูปร่างของเมือง : แบบกริด

ที่มา : Retrieved June, 20, 2002.from www.geographyalltheway.com

2.2.2 ขนาด การขยายตัว และความหนาแน่นของเมือง

ขนาดของเมืองมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเมือง ส่วนใหญ่การกำหนดขนาดของเมืองมักใช้จำนวนประชากรต่อพื้นที่ (กรมผังเมือง, 2544) โดยขนาดพื้นที่ของเมืองสามารถวัดจากปริมาณของสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นในเมือง ได้แก่ สิ่งปลูกสร้างต่างๆ ยิ่งปลูกสร้างมากเท่าใด ยิ่งหมายถึงมีประชากรอาศัยอยู่มาก เพราะการก่อสร้างอาคารที่ขยายตัวออกไปเรื่อยๆ เป็นการสนองตอบความต้องการในการอยู่อาศัยและปริมาณกิจกรรมของประชากรในเมือง ทำให้ขนาดและขอบเขตของเมืองขยายตามไป

เมืองในเขตร้อนชื้นส่วนใหญ่ก็มีพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารสูงมาก และระบายอากาศได้ไม่ดี มีกลุ่มอาคารอยู่ห่างๆ กัน และวางตัวในแนวตั้งฉากกับทิศทางลม โดยโครงสร้างของอาคารจะทำหน้าที่ปิดกั้นกระแสลม ส่งผลให้สภาพของอากาศในบริเวณพื้นถนนและอาคารแออัด (De Carmona, 1984 อ้างใน กฤษณะ แพทย์จะเกร็ง, 2549) ทั้งนี้ ความหนาแน่นของเมืองเป็นปัจจัยหลักของภาวะน่าสบาย กล่าวคือ ความหนาแน่นเป็นตัวกำหนดการระบายอากาศและอุณหภูมิของเมือง โดยเมืองที่มีอาคารหนาแน่นมากจะระบายอากาศได้น้อย และมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นของอาคารเบาบางกว่า ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat

island) ในเมือง ซึ่งอุณหภูมิของเมืองที่อยู่ในเขตร้อนชื้นมักจะเพิ่มระดับสูงขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการพลังงานมากขึ้นเพื่อปรับสภาพอากาศให้อยู่ในภavnนำสบาย ทั้งนี้ อุณหภูมิที่แตกต่างกันในพื้นที่เมืองจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเมือง เป็นผลมาจากความแตกต่างของการออกแบบเมือง และการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมืองมักถูกปกคลุมด้วยอาคาร โดยมีระยะห่างระหว่างอาคารน้อย ถนนไม่กว้าง มีความสูงใกล้เคียงกัน ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการระบายอากาศของเมือง

2.2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมของเมือง

ลักษณะการใช้พื้นที่ภายในเมือง (Urban land use) แบ่งได้เป็น 3 รูปแบบหลักๆ คือ ลักษณะพื้นที่เพื่อสิ่งก่อสร้าง ลักษณะพื้นที่เพื่อการเคลื่อนตัว และลักษณะพื้นที่เพื่อเป็นพื้นที่สีเขียว รูปแบบทั้ง 3 ประกอบเป็น urban fabric ทำให้เกิดสัณฐานของเมืองสูงๆ ต่ำๆ ความหนาแน่นของอาคารและสิ่งก่อสร้าง ช่องว่าง และทางสัญจร

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเมืองโดยธรรมชาติ จำเป็นต้องมีความหลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชนให้สมบูรณ์ที่สุด การตั้งถิ่นฐานมักเป็นพื้นที่เพื่อการพักอาศัยเป็นอันดับแรก ตามด้วยพื้นที่บริการชุมชนในด้านคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ เช่น ตลาด ร้านค้า พื้นที่ทำกินเพื่อเป็นแหล่งผลิตอาหารของชุมชน และพื้นที่การบริหารและการปกครองเพื่อความ เป็นระเบียบและสงบสุขในการอยู่ร่วมกัน ดังนั้น การใช้พื้นที่ในเมืองควรจัดสรรให้เกิดความสมดุล และเหมาะสม

การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองที่มีความหลากหลายและแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกิจกรรมและลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ จึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพแวดล้อมของเมือง เช่น การพัฒนาหรือการขยายตัวของเมือง เพื่อที่พักอาศัย ย่านพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม โครงสร้างพื้นฐานการคมนาคม ส่งผลให้พื้นที่สีเขียว หรือแหล่งน้ำลดลง และขาดความสมดุลของสภาพแวดล้อม

ดังนั้น การบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินเมืองให้เหมาะสมกับการใช้งานและ กิจกรรมในแต่ละพื้นที่ เป็นการลดผลกระทบที่อาจจะเกิด ซึ่งการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง สามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดระเบียบอาคาร (Building inventory) การจำแนกประเภทอาคาร (Building classification) และการจำแนกคุณค่าของอาคาร (Building value) (เอกรินทร์ อนุกุลบุษกร, 2543)

2.2.4 พื้นที่สีเขียวของเมือง

พื้นที่สีเขียวของเมือง เป็นพื้นที่เพื่อการเสริมสร้างภูมิทัศน์ให้เอื้ออำนวยต่อการพักผ่อนหย่อนใจ และได้รับการจัดองค์ประกอบตามหลักวิชาการ (หลักวิชาวนวัฒนวิทยาและภูมิสถาปัตยกรรม) โดยพื้นที่สีเขียวของเมืองมักถูกใช้ในรูปของพื้นที่โล่ง พื้นที่ว่างสาธารณะ เพื่อกิจกรรมของชุมชน โดยส่วนรวม เพื่อการพักผ่อน เพื่อการควบคุมความแออัดของเมือง และเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของเมือง เช่นเดียวกับการพัฒนาการใช้พื้นที่สีเขียวของโลกตะวันตก ซึ่งมีมาแต่ยุคเมโสโปเตเมีย (Mesopotamia) ใช้พื้นที่เกษตรกรรมเป็นขอบเขตของเมือง เรื่อยมาจนถึงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ศตวรรษที่ 18) ทำให้เมืองเกิดความ จึงเกิดแนวคิดอุทยานนคร (Garden city) และแนวคิดเกี่ยวกับ City beautiful movement ส่วนประเทศไทยมีการพัฒนาการใช้พื้นที่สีเขียวของเมืองมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยจนถึงปัจจุบันที่ภาครัฐมีนโยบายสนับสนุน ใจให้ประชาชนมีความใกล้ชิดกับธรรมชาติ โดยสามารถนำพื้นที่ที่มีศักยภาพ เช่น พื้นที่ว่างเว้นตามกฎหมาย พื้นที่สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ พื้นที่ส่วนราชการ พื้นที่ในสถาบันการศึกษา พื้นที่ศาสนสถาน ประวัติศาสตร์ และศิลปวัฒนธรรม พื้นที่สาธารณะของแผ่นดิน และพื้นที่รกร้าง มาพัฒนาให้เป็นพื้นที่สีเขียวของเมือง เพื่อประโยชน์ในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การผังเมือง และสถาปัตยกรรมของเมือง (บุญนาค ตีวกุล, 2545)

2.2.5 แนวคิดลักษณะของเมืองกับปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับลักษณะของเมือง พบว่า ลักษณะภูมิประเทศ หรือตำแหน่งที่ตั้งของเมือง โดยเฉพาะบริเวณที่ราบจะมีโอกาสของการก่อตัวของอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่ราบสูง และช่วงเวลาของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมักจะเกิดในช่วงเวลาเย็นและกลางคืน (T.R. Oke, 1973) ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

ขนาด การขยายตัว และความหนาแน่นของเมือง โดยเฉพาะบริเวณใจกลางเมืองที่มีอาคารสูงจำนวนมาก มีขนาดใหญ่และรูปร่างแผ่กว้าง รวมถึงมีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น (Keisuke Hanaki and Osamu Koide, 1998 / ฌฎฐ พิษกรรม และคณะ, 2541) จะมีผลต่อทำให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มีขนาดใหญ่่มาก และอุณหภูมิจะสูงในบริเวณใจกลางเมือง ที่มีกลุ่มอาคารขนาดใหญ่ มากกว่าบริเวณชานเมือง และในชนบท (Paul R. Baumam, 2001)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน วัสดุปกคลุมดิน และการเพิ่มความร้อนจากกิจกรรมของประชากรในเมือง จะมีผลต่อต่อระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) (Aya Kagoshima, Jun Tanimoto and Tadahisa Katayama, n.d.) โดยเฉพาะบริเวณที่

เงา เช่น ลานจอดรถ และยังพบว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ มักมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม (Mix use) กล่าวคือ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นเกษตรกรรม แหล่งน้ำ พื้นที่สีเขียว (Lu Zhao, n.d.)

พื้นที่สีเขียวของเมือง จะช่วยให้ร่มเงา ดูดซับความร้อนและมลพิษทางอากาศ และลดค่าอุณหภูมิในตอนกลางวันที่มีความร้อนจัด หรือช่วยผ่อนคลายความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ได้ ดังนั้น จึงควรปลูกพืชพรรณประเภทไม้ยืนต้น ปกคลุมบริเวณหลังคาอาคารสิ่งปลูกสร้าง ลานจอดรถ ริมถนน และทางเดินสองข้างทาง อีกทั้งร่มเงายังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารและชุมชนโดยรอบ เช่น ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ (Keisuke Hanaki and Osamu Koide, 1998 / Tadahisa Katayama, 1997 / Greg Mc Pherson, และจรรยา ปัญญาวัฒน์ และคณะ, 2542)

2.3 ทฤษฎีภูมิอากาศวิทยา

ลักษณะอากาศที่ปรากฏขึ้นอยู่กับเนื้อพื้นผิวใดๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงและผันแปรอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะเป็นช่วงสั้นๆ ก็ตาม ภูมิอากาศเป็นปัจจัยของสภาวะแวดล้อมทางกายภาพที่อธิบายถึงปรากฏการณ์อื่นๆ ทางธรรมชาติ และการกระจายของประชากรและสิ่งต่างๆ บนโลก ลักษณะของภูมิอากาศจะแตกต่างกันตามพื้นที่และช่วงเวลา โดยสาเหตุจากความผันแปรขององค์ประกอบของภูมิอากาศ

2.3.1 องค์ประกอบของภูมิอากาศ

2.3.1.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ เป็นระดับความร้อนหนาวของอากาศและสิ่งต่างๆ อาจวัดได้ด้วยเครื่องมือ และเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากของภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของภูมิอากาศอื่นๆ

อุณหภูมิอากาศ เป็นอุณหภูมิที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน 1-2 เมตรขึ้นไป ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานความร้อนของพื้นดินให้กับบรรยากาศ เป็นการเปลี่ยนรูปจากพลังงานรังสีดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน เรียกว่า “ความร้อนรู้สึก” (Sensible heat) โดยมีกระบวนการดังนี้

1. การถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศ (Heat transfer in the atmosphere) คือ การแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อน และการพาความร้อน ซึ่งการถ่ายเทความร้อนในแนวตั้ง (การพาความร้อน (Convection)) และในแนวราบ (Advection) การถ่ายเทความร้อนทั้งสองทิศทางมีผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ การหมุนเวียนของบรรยากาศ และการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ บนพื้นผิวโลก

2. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ (Variations of air temperature) จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวราบและแนวตั้ง กล่าวคือ

2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแนวราบ (Horizontal temperature variation) อุณหภูมิอากาศในแนวราบจะค่อยๆ ลดลงจากบริเวณศูนย์สูตรไปยังละติจูดที่สูงกว่า แต่เนื่องจากพื้นผิวโลกมีส่วนที่เป็นทั้งพื้นดินและพื้นน้ำ ทำให้อุณหภูมิอากาศที่อยู่ในละติจูดเดียวกันเกิดความแตกต่างกัน อากาศเหนือพื้นดินจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ โดยพบว่า อากาศเหนือพื้นดินในช่วงฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ ในทางกลับกันช่วงฤดูหนาว อากาศเหนือพื้นดินจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ รวมถึงอิทธิพลของการเคลื่อนที่ของลมและกระแสน้ำในมหาสมุทร ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวต่างๆ บนพื้นโลก

2.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแนวตั้ง (Vertical temperature variation) อุณหภูมิอากาศจะลดลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 6.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร บางครั้งพบว่าสภาพอากาศมีอุณหภูมิกิ่งที่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูง เรียกว่า ชั้นอุณหภูมิเท่า (Isotherm layer) และบางครั้งสภาพอากาศที่พื้นผิวมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่อยู่สูงขึ้นไปเบื้องบน โดยอุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้นตามระดับความสูง เรียกว่า อุณหภูมิผกผันตามความสูง (Inversion) มักปรากฏขึ้นในคืนท้องฟ้าแจ่มใส หรือหลังฝนตกหรือหิมะปกคลุมดิน

3. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ (Factors effecting on air temperature) ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญ คือ

3.1 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Quantity of solar radiation) ที่พื้นผิวโลกได้รับ

3.2 พื้นดินและพื้นน้ำ (Land and water) โดยบริเวณพื้นดินจะร้อนและเย็นเร็วกว่าบริเวณพื้นน้ำ แม้ว่าจะได้รับพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณเท่ากัน

3.3 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geographic position) บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเลจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ถัดเข้าไปในพื้นดิน เพราะอิทธิพลจากน้ำทะเลจะควบคุมอุณหภูมิอากาศไม่ให้ร้อนหรือหนาวจนเกินไป

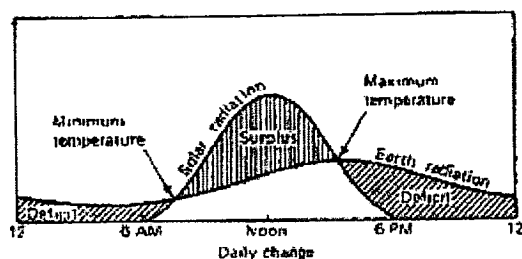
3.4 ความสูงของพื้นที่ (Altitude) บริเวณที่สูงจะมีความกดอากาศและความหนาแน่นของอากาศน้อยกว่าบริเวณพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่า ดังนั้น บริเวณที่มีมวลอากาศน้อยกว่าจะดูดกลืนและสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อย ทำให้พื้นดินบริเวณที่อยู่ในระดับสูงได้รับพลังงานรังสีมากและอากาศเหนือพื้นผิวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืนจะมีความแตกต่างกันมากกว่าบริเวณที่อยู่ในระดับต่ำกว่า

3.5 กระแสน้ำในมหาสมุทร (Ocean current) เป็นตัวการทางธรรมชาติที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศที่สำคัญ อุณหภูมิของอากาศในบริเวณนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามการหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร

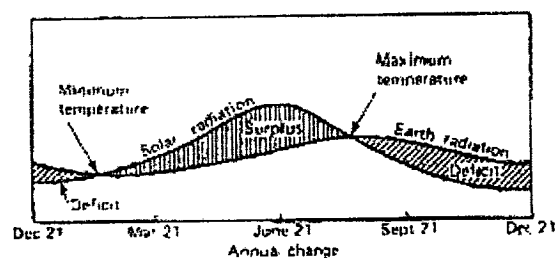
4. วงจรของอุณหภูมิอากาศ (Cycle of air temperature) ประกอบด้วย

4.1 อุณหภูมิอากาศในรอบวัน (Diurnal march of temperature) เป็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในรอบ 24 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิอากาศที่มีค่าต่ำสุดในช่วงเช้าขณะที่ดวงอาทิตย์กำลังจะโผล่พ้นขอบฟ้า และจะค่อยๆ เพิ่มค่าสูงขึ้นจนสูงสุดในช่วงบ่าย ประมาณ 14.00-16.00 นาฬิกา และจะค่อยๆ ลดลงในช่วงก่อนดวงอาทิตย์จะลับขอบฟ้าจนกระทั่งมีค่าต่ำสุดในช่วงเช้าของวันต่อมา ตามปกติช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศสูงสุดจะเกิดขึ้นช้ากว่าช่วงเวลาที่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีค่ามากที่สุดประมาณ 2 ชั่วโมง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ช่วงเวลาล้าของค่าสูงสุด” (Lag of the maximum) (รูปที่ 2.15 ก)

4.2 อุณหภูมิอากาศในรอบปี (Annual march of temperature) เป็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในรอบปี มีลักษณะเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในรอบวัน พบว่า ช่วงเวลาการเกิดอุณหภูมิอากาศต่ำสุดและสูงสุดจะช้ากว่าประมาณ 1-2 เดือนหลังจากช่วงเวลาที่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่ำสุดและสูงสุด (รูปที่ 2.15 ข)



(ก) การเปลี่ยนแปลงในรอบวัน



(ข) การเปลี่ยนแปลงในรอบปี

รูปที่ 2.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ลงสู่พื้นโลกกับปริมาณรังสีของโลก

ที่มา : รังสรรค์ อากาศพิทยกุล. 2547. อุณหภูมิมหาสมุทรเบื้องต้น. หน้า 125. อ้างถึง Lutgens and Tarbuck, 1979.

5. การวัดอุณหภูมิอากาศ (Temperature measurement) ตามมาตรฐานสากล กำหนดให้วัดที่ระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 2 เมตร และเครื่องมือที่ใช้วัดต้องติดตั้งอยู่ในที่ที่กำบังรังสี โดยตรงจากดวงอาทิตย์ และต้องถ่ายเทอากาศได้ดี เครื่องมือที่ใช้วัดต้องสามารถทดสอบจุดเยือกแข็งที่ 0 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียสได้

2.3.1.2 ความชื้นบรรยากาศ (Atmospheric humidity)

ในบรรยากาศจะมีไอน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากน้อยผันแปรอยู่ระหว่างร้อยละ 0-5 โดยปริมาตร ไอน้ำมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศที่เกิดขึ้นเหนือพื้นผิวโลก แหล่งความชื้นในบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งน้ำบนพื้นโลกและพื้นดินที่ชุ่มชื้น การคายน้ำของพืช กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์จากภาคอุตสาหกรรม การผลิตพลังงานไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจะมีการคายความร้อนแฝง (Latent heat) ออกมา และพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้อากาศเกิดการขยายตัว มีปริมาตรและมีช่องว่างมากขึ้น ทำให้อากาศสามารถรับเอาไอน้ำเข้าไปไว้ในตัว ทำให้สภาพอากาศอึมครึมด้วยไอน้ำ

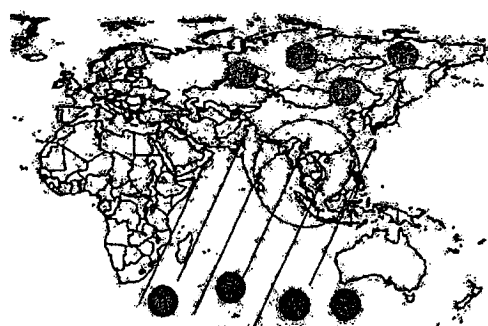
2.3.1.3 ลมและการหมุนเวียนของบรรยากาศ

ลม (Wind) เป็นการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวราบที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศที่สำคัญ เช่น การเกิดเมฆ หมอก ฝน การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร ทั้งนี้ ลมที่สำคัญแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ลมมรสุม ลมประจำถิ่น และลมฝ่ายใต้และลมว่าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

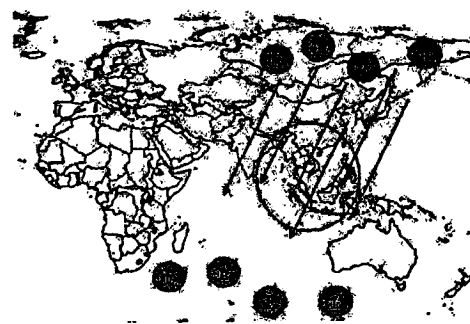
1. ลมมรสุม (Monsoon) เป็นลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางการเปลี่ยนฤดู โดยฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่ง และจะพัดเปลี่ยนทิศทางในทางตรงกันข้ามเมื่อฤดู สำหรับภูมิอากาศของประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม ดังนี้

- ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เกิดจากพื้นที่ส่วนใหญ่ทางตอนเหนือของทวีปเอเชียเป็นพื้นดิน ส่วนตอนใต้เป็นพื้นน้ำ ดังนั้น ในฤดูร้อนพื้นดินมีอุณหภูมิสูงจึงเป็นศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำ ขณะที่พื้นน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีความกดอากาศสูงกว่า ส่งผลให้เกิดลมจากพื้นน้ำเคลื่อนเข้าสู่พื้นที่ดิน และนำเอาความชื้นจากพื้นน้ำเข้ามา จะมีอิทธิพลอยู่ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนกันยายน (รูปที่ 2.16 ก)

- ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดจากดวงอาทิตย์เคลื่อนลงใต้ทางใต้ซึ่งรังสีดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นน้ำเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่พื้นดินได้รับแสงเฉียง ทำให้อุณหภูมิลดลงพื้นดินต่ำ จึงมีความกดอากาศสูง ส่งผลทำให้เกิดลมเคลื่อนที่จากพื้นดินไปสู่พื้นน้ำ เป็นลมที่ไม่มีความชื้น เว้นแต่บางบริเวณที่เมื่อลมพัดออกจากพื้นดินแล้วผ่านทะเลเข้าสู่พื้นดินอีกครั้ง จึงมีความชื้นและทำให้เกิดฝนตก เช่น บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย มีอิทธิพลอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม แต่สำหรับประเทศไทยจะมีอิทธิพลแค่เดือนกุมภาพันธ์ ถัดจากนั้นอิทธิพลของอากาศท้องถิ่นจะเข้ามามีบทบาทแทน (รูปที่ 2.16 ข)



(ก) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



(ข) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปที่ 2.16 ลมมรสุม

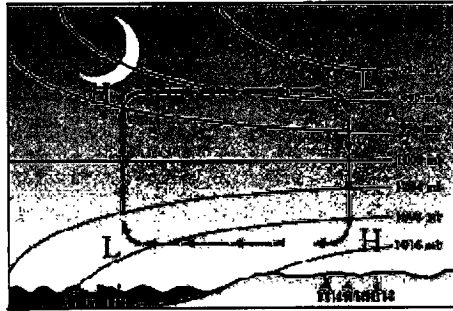
ที่มา : ภาควิชาภูมิทัศน์และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ Retrieved 2009 from www.rmutphysics.com/CHARUD/naturemystery/sci3/geology/2/index_ch_2-6.htm

2. ลมประจำถิ่น (Local Wind) คือ ลมที่พัดเป็นประจำในท้องถิ่นต่างๆ ประกอบด้วย

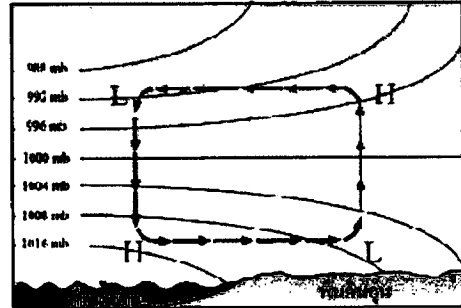
2.1 ลมบกและลมทะเล (Land and sea breeze) เป็นลมที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความดันของอากาศเหนือพื้นดินและเหนือพื้นน้ำ เกิดบริเวณชายฝั่งทะเลและเกิดขึ้นทุกวัน

- ลมทะเล เกิดขึ้นในฤดูร้อนตามชายฝั่งทะเลในเวลากลางวัน เมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ และอากาศเหนือพื้นดินเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวลอยสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่ ลมพัดจากทะเลเข้าหาฝั่ง (รูปที่ 2.17 ก) เริ่มพัดในเวลาประมาณ 10.00 น. ลมทะเลสามารถพัดเข้าหาฝั่งมีระยะไกลถึง 16-48 กิโลเมตร และความแรงของลมจะลดลงเมื่อเข้าถึงฝั่ง ลมทะเลมีความสำคัญต่ออุณหภูมิของอากาศในบริเวณชายฝั่ง ทำให้อุณหภูมิจากอากาศลดลง

- ลมบก เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เมื่อพื้นดินคายความร้อนโดยการแผ่รังสีออก จะคายความร้อนออกได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งร้อนกว่าพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่ เกิดเป็นลมพัดจากฝั่งไปสู่ทะเล (รูปที่ 2.17 ข) จะมีความแรงของลมอ่อนกว่าลมทะเล จึงไม่สามารถพัดเข้าสู่บกเป็นระยะทางไกลได้เหมือนลมทะเล โดยลมบกสามารถพัดเข้าสู่ทะเลมีระยะทางเพียง 8-10 กิโลเมตร



(ก) ลมบก



(ข) ลมทะเล

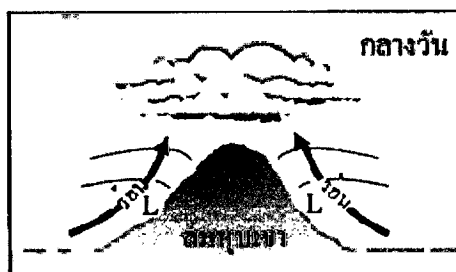
รูปที่ 2.17 ลมบกลมทะเล

ที่มา : โครงการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ Retrieved 2003 from http://203.172.208.242/.../atm_circulation/land_sea.gif

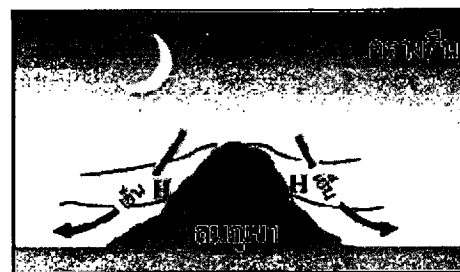
2.2 ลมภูเขาและลมหุบเขา (Mountain and valley breeze) คือ ลมที่เกิดขึ้นบริเวณยอดเขาและหุบเขาเป็นลมประจำถิ่นที่เกิดขึ้นทุกวัน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความดันของอากาศบริเวณภูเขาและหุบเขา

- ลมหุบเขา เกิดขึ้นในเวลากลางวัน คือ อากาศตามภูเขาและลาดเขาจะร้อนเพราะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ ส่วนอากาศที่หุบเขาเบื้องล่างมีความเย็นกว่าจึงไหลเข้าแทนที่ ทำให้ลมเย็นจากหุบเขาเบื้องล่างพัดไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบน (รูปที่ 2.18 ก)

- ลมภูเขา เกิดขึ้นในเวลากลางคืน อากาศตามภูเขาและลาดเขาจะเย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยการคายความร้อนออก อากาศตามลาดเขาที่เย็นและหนักกว่าอากาศบริเวณใกล้เชิงจึงไหลออกมา ทำให้มีลมพัดมาตามลาดเขาสู่หุบเขาเบื้องล่าง (รูปที่ 2.18 ข)



(ก) ลมหุบเขา



(ข) ลมภูเขา

รูปที่ 2.18 ลมหุบเขาและลมภูเขา

ที่มา : โครงการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ Retrieved 2003 from

http://203.172.208.242/.../atm_circulation/valley_mountain.gif

2.3 ลมฝ่ายใต้ (ลมตะเภา) และลมว่าว (ลมข้าวเบา)

- ลมฝ่ายใต้ เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทย พัดจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้ง พื้นที่ภาคกลางตอนล่างตั้งแต่นครสวรรค์จรดอ่าวไทย เป็นพื้นที่ราบและเป็นช่วงที่แสงแดดส่องตั้งฉากกับบริเวณพื้นที่ส่วนนี้ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินกับพื้นน้ำมาก เป็นผลให้ลมพัดจากอ่าวไทยสู่ภาคกลางตอนล่างเนื่องจากพัดมาจากทางทิศใต้ และในสมัยโบราณลมนี้ช่วยพัดเรือสำเภาที่เข้ามาค้าขายให้แล่นไปตามแม่น้ำเจ้าพระยา จึงเรียกว่า “ลมตะเภา” ส่วนมากจะเริ่มพัดตั้งแต่เวลาบ่ายโมง และค่อยๆ แรงขึ้นในเวลา 5-6 โมงเย็น และพัดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งใกล้เวลาเที่ยงคืนจึงสงบ ลมนี้นำความชื้นจากอ่าวไทยมาสู่ภาคกลางตอนล่างเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงนี้สูงมากจึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นเป็นฝน ยกเว้นในบางปีที่มีสภาพอากาศเหมาะสม อาจเกิดฝนบ่อยครั้งได้ในช่วงเดือนดังกล่าว

- ลมว่าว เป็นลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ เกิดระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นลมเย็นที่พัดมาตามลำน้ำเจ้าพระยา และพัดในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อาจเรียกว่า “ลมข้าวเบา” เพราะพัดในช่วงที่ข้าวกำลังออกรวง

จากการศึกษาข้างต้น ทำให้ทราบว่าลมในแต่ละตำแหน่งและแต่ละช่วงเวลาบนโลกมีความแตกต่างกัน สำหรับประเทศไทยการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก แต่กระแสลมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้อีก เนื่องจากอิทธิพลของลมประจำถิ่น จะมีอิทธิพลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากกระแสลมในธรรมชาติจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ลมประจำถิ่น โดยเฉพาะ

การหมุนเวียนบรรยากาศ (Circulation of the atmosphere) เกิดจากพลังงานความร้อนของดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมาสู่โลก ไม่เท่ากันในแต่ละส่วนของพื้นผิวโลก ประกอบกับการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดแรงเหวี่ยง และผิวที่ไม่สม่ำเสมอของโลก

2.3.1.4 การจำแนกภูมิอากาศ

เป็นการกำหนดลักษณะของภูมิอากาศชนิดต่างๆ ตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาพอากาศอย่างเด่นชัด เช่น พืชพรรณชนิดต่างๆ ความชื้น ดิน ใน ค.ศ. 1900 วาลดิมีร์ เคิปเพิน ได้จัดระบบการจำแนกภูมิอากาศ โดยแบ่งตามความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และ

คุณสมบัติต่างๆ ประจำฤดูกาล แบ่งเขตภูมิอากาศใหญ่ๆ ได้ 5 ประเภทใหญ่ พร้อมใช้อักษรโรมันตัวใหญ่ (A-E) มีความหมายแตกต่างกัน คือ A เป็นภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ไม่มีฤดูหนาว มีเฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น B เป็นภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง C เป็นภูมิอากาศแบบฝนเขตอบอุ่น D เป็นภูมิอากาศแบบป่าเขตอบอุ่น และ E เป็นภูมิอากาศแบบขั้วโลก และมีการแยกย่อยอีกระดับหนึ่ง โดยใช้ปริมาณน้ำฝน โดยใช้อักษรโรมันตัวเล็ก

ลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ไม่มีฤดูหนาว (A) ภูมิอากาศประเภทนี้อยู่ระหว่างละติจูด 10 องศาเหนือถึง 10 องศาใต้ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงตลอดปี โดยเดือนที่มีอากาศหนาวสุดมีอุณหภูมิสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตอนกลางวันและกลางคืน มีมากกว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของเดือนที่หนาวที่สุดกับร้อนที่สุด ปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีมีมากกว่าอัตราการระเหยของน้ำในหนึ่งปี มีปริมาณฝนตกมากกว่า 750 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่เป็นฝนที่เกิดจากการพาความร้อน โดยพบภูมิอากาศแบบนี้ประมาณร้อยละ 36 ของพื้นผิวโลก ภูมิอากาศร้อนชื้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ภูมิอากาศป่าฝนเมืองร้อน (Af) ภูมิอากาศมรสุม (Am) และภูมิอากาศแบบสะวันนา (ร้อนชื้นสลับแล้ง) (Aw) โดยใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนของเดือนที่แล้งที่สุดมีไม่น้อยกว่า 6 เซนติเมตร เป็นภูมิอากาศแบบป่าฝนเมืองร้อน (Af) แต่ถ้ามีปริมาณน้ำฝนของเดือนที่แล้งที่สุดน้อยกว่า 6 เซนติเมตร โดยน้ำฝนค่าเท่ากับหรือมากกว่า $10 - r/25$ เป็นภูมิอากาศแบบมรสุม (Am) แต่ถ้ามีน้ำฝนมีค่าน้อยกว่า $10 - r/25$ จัดเป็นภูมิอากาศแบบสะวันนา (Aw)

ทั้งนี้ ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยภาคใต้มีลักษณะภูมิอากาศแบบป่าฝนเมืองร้อน ด้านชายฝั่งตะวันตกมีภูมิอากาศแบบมรสุมและแบบสะวันนา และกรุงเทพฯ มีภูมิอากาศแบบสะวันนา เนื่องจากอุณหภูมิในเดือนที่หนาวที่สุด (คือ เดือนมกราคม) มีอุณหภูมิสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเดือนที่แล้งที่สุดมีปริมาณน้อยกว่า 6 เซนติเมตร

2.3.1.5 การระบายอากาศ (Ventilation)

การระบายอากาศ คือ การนำอากาศเก่าออกไป และนำอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่ามาแทนที่ เป็นกลไกสำคัญในการกำจัดหรือทำให้มลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นเจือจาง (Sutthipong Boonyou, 1999:29) มีหน้าที่ 3 ประการ คือ

1. ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศใหม่ เพราะอากาศที่ถูกปนเปื้อน สามารถทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพมากมาย ตั้งแต่ปวดศีรษะ คลื่นไส้ วิงเวียน ไปจนถึงเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในปอด จึงจำเป็นต้องอาศัยการระบายอากาศ เพื่อนำเอาออกซิเจนมาทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และมลพิษต่างๆ ภายในอาคารเจือจางลง ขึ้นอยู่กับจำนวนคน กิจกรรม กลิ่น และปริมาณสารเป็นพิษ และขนาดของพื้นที่

2. ทำให้มนุษย์รู้สึกเสมือนหนึ่งว่าอุณหภูมิลดลง ความเร็วลม (Wind speed) ที่ผ่านผู้อาศัยมีผลกระทบต่อภาวะนำสบาย ลมจะพัดความร้อนรอบตัวออกไป ทำให้รู้สึกเย็นขึ้น อีกทั้งยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวหนัง ช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น ทำให้ความรู้สึกเย็นเนื่องจากการระเหยของน้ำ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้รู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) อย่างไรก็ตาม ความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างภาวะนำสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไป ผู้อาศัยจะรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่หากความเร็วลมที่มากเกินไป ทำให้รู้สึกรำคาญหรือรบกวนการทำงาน และกิจกรรมต่างๆ

3. ทำให้เกิดการพาของความร้อน (Convection) ระหว่างอากาศภายนอกอาคารกับอากาศภายในอาคาร หรือกับโครงสร้างอาคาร เป็นไปในลักษณะ 2 ทางขึ้นอยู่กับว่า แหล่งใดมีความร้อนสูงกว่า ก็จะถ่ายเทไปสู่อีกแหล่งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้น การระบายอากาศสามารถช่วยให้อุณหภูมิลดลง

2.3.2 ภูมิอากาศของเมือง

ลักษณะทางกายภาพของเมือง มีลักษณะไม่ราบเรียบจะแตกต่างจากชนบท ทำให้ลมที่ระดับพื้นดินมีความเร็วต่ำ ส่งผลให้การไหลเวียนของอากาศร้อนออกได้ช้ากว่าชนบท รวมถึงวัสดุของเมืองส่วนใหญ่เป็นอิฐ คอนกรีต และยางมะตอย ทำให้มีการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ก่อนถ่ายเทสู่บรรยากาศ โดยเมืองมีการสะสมความร้อนไว้มากกว่าชนบท อีกทั้งลักษณะของเมืองยังถูกกำหนดโดยรูปแบบ ความสูงของอาคาร วัสดุ และกิจกรรมที่แตกต่างจากชนบท ลักษณะของเมืองที่แตกต่างกันจะมีต่อสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เช่น เมืองที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเลจะมีพิสัยของอุณหภูมิไม่มากนัก เพราะมีกระแสลมพัดมากโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่ง ทำให้เกิดการระบายอากาศและมลพิษออกจากเมือง ทำให้คุณภาพอากาศของเมืองดีขึ้น ดังนั้น ลักษณะทางกายภาพของเมืองที่แตกต่างกัน มีผลต่อภาวะนำสบายแตกต่างกัน (อุณหภูมิของเมืองจะสูงกว่าของชนบท) ดังนี้

2.3.2.1 อุณหภูมิ

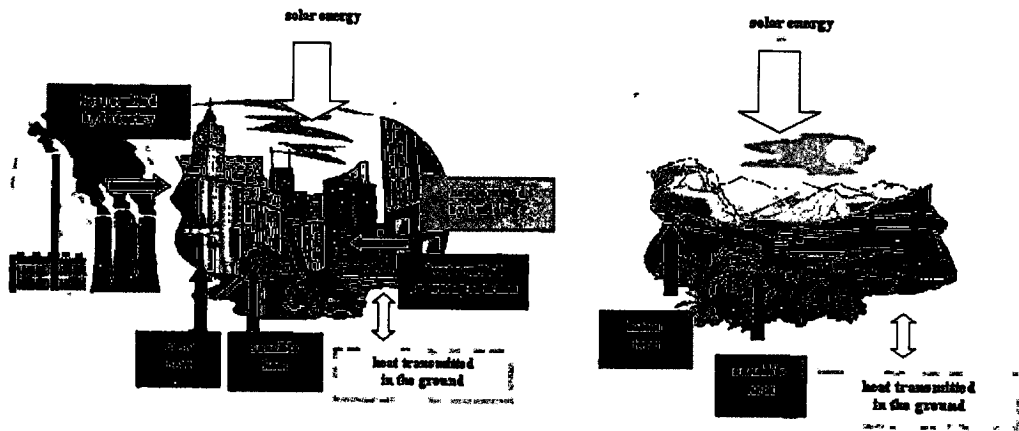
อุณหภูมิของอากาศในเมืองและพื้นผิวของเมืองจะมีอุณหภูมิสูงกว่าชนบทที่อยู่โดยรอบ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังนี้ (Baruch Givoni, 1998)

1. เมืองมักใช้วัสดุเป็นคอนกรีต มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันไม่ให้น้ำที่ผิวดินระเหยได้ ความร้อนจึงถูกสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในเวลากลางวัน ความร้อนจะถูกดูดซับไว้รวมถึงถนนและหลังคาส่วนมากมีสีเข้มถึงดำ ทำให้เกิดการดูดซับความร้อนมากกว่าสีอ่อนหรืออาจ

กว่า ซึ่งในชนบทน้ำที่ผิวดินสามารถระเหยขึ้นสู่บรรยากาศได้ดีกว่า (การระเหยของน้ำเป็นการพาความร้อนออกไป)

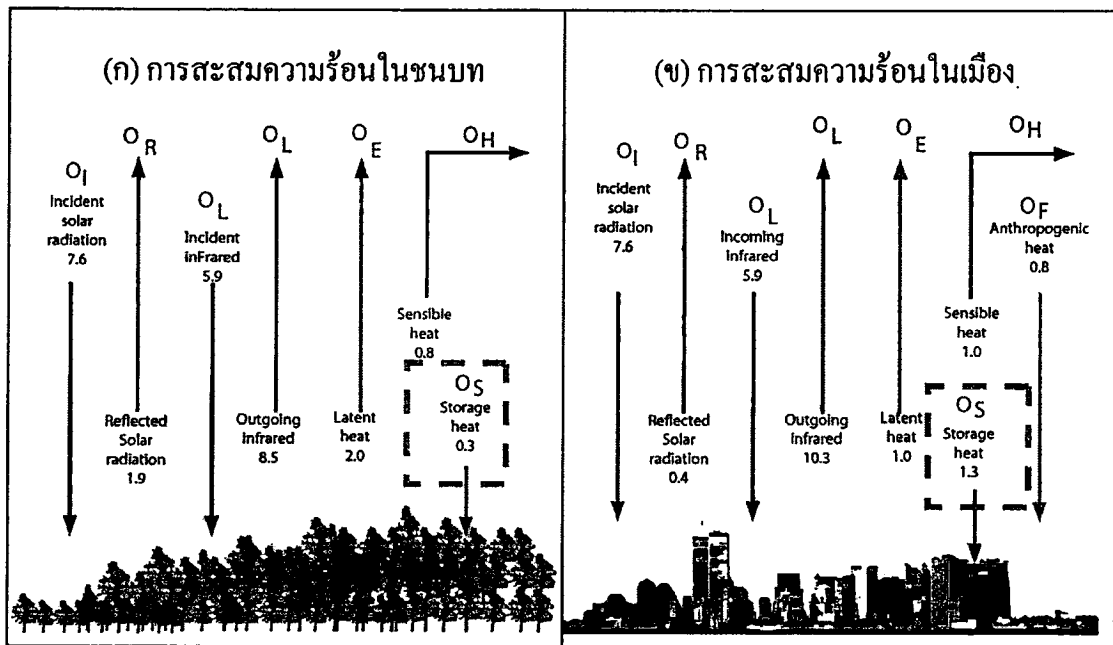
2. เมืองส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ทำให้พื้นที่สีเขียวลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิใกล้ผิวดินสูง ขณะที่ชนบทมีพื้นที่สีเขียวมาก ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าในเมือง เพราะต้นไม้สามารถช่วยลดอุณหภูมิบริเวณใกล้ผิวดินได้จากการคายน้ำ

3. เมืองมักมีความร้อนจากส่วนเกินของอาคารสิ่งปลูกสร้าง ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้อุณหภูมิของเมืองสูงกว่าชนบท (รูปที่ 2.19)



รูปที่ 2.19 ความร้อนจากส่วนเกินของเมืองเทียบกับชนบท

4. เมืองมีการระบายความร้อนได้น้อยกว่าชนบท ทำให้เกิดการสะสมความร้อนในเมือง เพราะเมืองมีอาคารสูงจำนวนมาก เป็นตัวขวางกั้นการเคลื่อนที่ของลมและรังสีความร้อนจากพื้นดินไม่ให้กระจายออกสู่บรรยากาศ ส่วนในตอนกลางคืนผนังอาคารสิ่งปลูกสร้าง พื้นผิวถนนจะคายความร้อน ทำให้อากาศทั้งกลางวันและกลางคืนในเขตเมืองร้อนอยู่ตลอดเวลา (รูปที่ 2.20)



รูปที่ 2.20 การสะสมความร้อน

ที่มา : ประยุกต์จาก Ronald L Sass, Department of Ecology & Evolutionary Biology, Rice University, Houston, Texas. Retrived 1990. from www.ruf.rice.edu.

2.3.2.2 ความเร็วลม (Wind velocity)

กระแสลมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เมืองและชนบทมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เพราะกระแสลมมีส่วนช่วยในการระบายอากาศ พื้นที่ในเมืองส่วนใหญ่มักมีกระแสลมพัดในระดับพื้นดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับพื้นถนน ส่งผลต่อภาวะนำสบายของมนุษย์ สุขภาพ และการใช้พลังงาน เพื่อปรับอุณหภูมิจากเครื่องปรับอากาศ

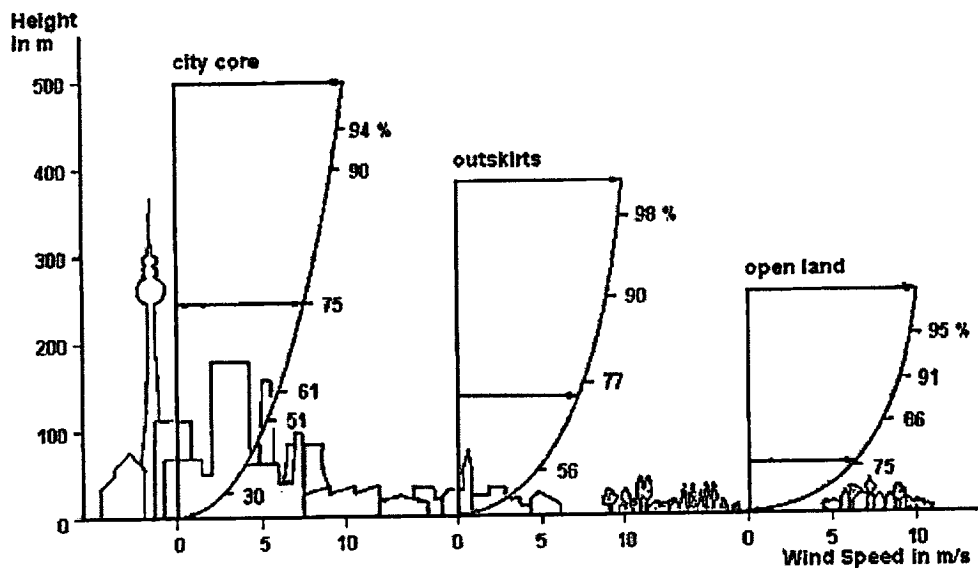
รูปแบบของกระแสลมในเมืองและระดับเหนือเมือง จะมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้น กล่าวคือ รูปทรงของอาคารสิ่งปลูกสร้างในเมืองที่แตกต่างกัน ความสูงไม่เท่ากัน ทำให้รูปแบบของกระแสลมแตกต่างกันในแต่ละสถานที่และเวลาเดียวกัน ดังนั้น การเพิ่มหรือลดความเร็วของกระแสลม จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ มักพบในบริเวณที่มีอาคารสูงตั้งอยู่ใกล้ๆ กัน ดังนั้น ความเร็วของลมจะมีลักษณะต่างกัน ขึ้นกับระดับความสูงต่ำของพื้นที่ โดยจะมีอัตราความเร็วลมน้อยในพื้นที่ระดับใกล้ผิวดิน และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น รวมถึงความเร็วของลมจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการพัดผ่านพื้นที่โล่งกว้าง หรือบริเวณแหล่งน้ำมากกว่าบริเวณเมืองหรือป่าทึบ (รูปที่ 2.21) และสามารถประมาณอัตราความเร็วลมในระดับความสูงต่างๆ เหนือระดับพื้นดินจากสมการดังนี้

$$V_z = V_g (Z/Z_g)^a$$

- เมื่อ V_z คือ ค่าอัตราความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง
 V_g คือ ค่าอัตราความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง
 Z คือ ระดับความสูงของความเร็วมที่ต้องการหา
 Z_g คือ ข้อมูลความเร็วมที่ระดับความสูง
 a คือ ค่าตัวแปรของสภาพอุณหภูมิอากาศ

โดยค่า a ของสภาพภูมิอากาศ มีดังนี้ (Henry J. Crowan, 1991)

- $a = 0.11$ เมื่อเป็นพื้นที่เรียบ ที่โล่ง ไม่มีสิ่งปกคลุม ทะเลทราย
 $a = 0.15$ เมื่อเป็นทุ่งโล่ง พุ่มไม้กระจัดกระจาย
 $a = 0.25$ เมื่อเป็นพื้นที่ชานเมือง ต้นไม้สูงสลบเดียว
 $a = 0.36$ เมื่อเป็นตัวเมือง มีอาคารหนาแน่น



รูปที่ 2.21 การเปลี่ยนแปลงความเร็วมกับ ความสูงในสภาพแวดล้อมต่างกัน

ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์.2543. มลภาวะทางอากาศ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2.3.2.3 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation)

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีผลต่อภาวะน่าสบาย ในตอนกลางวันบริเวณผู้ที่อยู่นอกอาคารสิ่งปลูกสร้างบริเวณชานเมืองจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มากกว่าในเมือง แต่ในตอนเย็นผู้ที่อยู่นอกอาคารสิ่งปลูกสร้างบริเวณเมืองจะได้รับรังสีมากกว่าชานเมือง โดยได้รับในรูปของอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทั้งนี้ เพราะการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในบริเวณเมืองที่มีอาคารสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น จะทำให้รังสีตกกระทบหลังคา ผนังของอาคารเป็นส่วนใหญ่ และมีเพียงเล็กน้อยที่ตกกระทบบริเวณพื้นดิน โดยเฉพาะบริเวณที่มีอาคารสูง โอกาสของรังสีดวงอาทิตย์กระทบลงสู่พื้นดินและถนนน้อยมาก และรังสีที่ตกกระทบกับผนังอาคารจะถูกสะท้อนกลับไปกลับมาระหว่างผนังอาคารกับผนังอาคาร หรือระหว่างผนังอาคารกับพื้นถนน และบางส่วนถูกผนังอาคารต่างๆ หรือหลังคาดูดซับไว้ มีเพียงร้อยละ 20-80 ที่สะท้อนกลับ ปริมาณของการสะท้อนกลับยังขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ สีของผนังอาคาร ทั้งนี้ ส่วนที่ถูกดูดซับไว้ในตอนกลางวันจะถูกปล่อยออกมาในช่วงเย็นและตอนกลางคืน และเปลี่ยนเป็นความร้อนที่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิ โดยส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ Heat island ในขณะที่บริเวณชานเมืองโดยรอบ จะดูดซับรังสีไว้และเปลี่ยนรูปเป็นความร้อนแฝงในกระบวนการคายน้ำของต้นไม้ พืชพรรณชนิดต่างๆ และเหลือเพียงเล็กน้อยที่เปลี่ยนเป็นความร้อนที่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิ

2.3.2.4 ความชื้น (Humidity)

ความชื้นเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อภาวะน่าสบาย แม้ว่าความแตกต่างของไอน้ำในบรรยากาศจะมีเพียงเล็กน้อย โดยพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงจะมีผลต่ออัตราการระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย ส่งผลให้พื้นที่นั้นเย็นลงได้ง่ายกว่าพื้นที่ที่มีความชื้นสูง บริเวณเมืองเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง มีการระเหยได้ง่ายกว่าบริเวณชานเมืองที่ส่วนใหญ่พื้นที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการณ์ที่ทั่วโลกให้ความสนใจในระยะเวลา 10 กว่าปีมานี้ เนื่องจากความกังวลเกี่ยวกับการปล่อยมลพิษจากการเผาผลาญเชื้อเพลิง การใช้ทรัพยากรอย่างรวดเร็ว และการตัดโค่นป่าไม้ที่มนุษย์บนโลกได้ใช้กันอย่างหนักหน่วงในช่วง 200 ปีที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ เพื่อจะยืนยันว่าการที่โลกร้อนขึ้น ฤดูกาลแปรปรวน ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) และอื่นๆ เป็นการเปลี่ยนแปลงตามวงจรปกติของธรรมชาติ หรือเป็นความผิดปกติจากพฤติกรรมของมนุษย์ และ

ความจริงก็เปิดเผยว่าโลกร้อนขึ้นจริงๆ มีการตรวจวัดอุณหภูมิของโลกย้อนหลังไป 1,000 ปี พบว่าแม้โลกจะมีอุณหภูมิที่ขึ้นบ้างลงบ้างแต่ก็เป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กๆ น้อยๆ มาในระยะหลัง ค.ศ. 1861 ที่อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยคริสต์ศตวรรษที่ 1990 ได้ทำลายสถิติของอุณหภูมิที่สูงที่สุดเป็นประวัติการณ์ และความจริงคือ อุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับก๊าซกลุ่มหนึ่ง ที่มีปริมาณสะสมในชั้นบรรยากาศมากขึ้นเรื่อยๆ นับตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1850 ก๊าซเหล่านี้ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) โอโซน (O₃) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซกลุ่มนี้จึงได้ชื่อว่า “ก๊าซเรือนกระจก” เนื่องจากเมื่อก๊าซเหล่านี้ลอยขึ้นไปในชั้นบรรยากาศจะทำหน้าที่สะท้อนความร้อนกลับลงมา ทำให้อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศสูงขึ้น เพราะโลกไม่สามารถระบายความร้อนออกนอกชั้นบรรยากาศได้

สถานการณ์ของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน (Global Climate Situation) จากข้อมูล ค.ศ. 2001 พบว่า อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 23 ล้านตันต่อปี หรือเทียบเท่ากับ ร้อยละ 1 ของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศ และใน 2 ปีที่ผ่านมา ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น 2 ส่วนในล้านส่วนจากระดับ 1.5 ส่วนในล้านส่วนที่ตรวจวัดได้ในช่วงก่อนหน้านี้ ข้อมูลดังกล่าวมีการยืนยันจากผลการตรวจวัดที่ฮาวาย ไอร์แลนด์ และเกาะในทะเลอาร์กติกของนอร์เวย์ห่างจากขั้วโลกเหนือเพียง 800 ไมล์ ส่วนซีกโลกทางใต้ได้รับผลกระทบน้อยกว่าทางเหนือ หากแนวโน้มยังเป็นอยู่เช่นนี้ ผลกระทบของภาวะโลกร้อนจะเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าที่ได้เคยคาดการณ์ไว้ นับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นแล้วราว 0.8 องศาเซลเซียส และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศสูงขึ้นถึงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในโลกตลอดระยะเวลา 10,000 ปี ก่อน ค.ศ. 1800 มีการเปลี่ยนแปลงแต่เพียงเล็กน้อยไม่เกินร้อยละ 10 แม้ตั้งข้อสมมติว่าครึ่งหนึ่งของคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์จะถูกดูดซับไปโดยป่าไม้และมหาสมุทรก็ตาม ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศก็จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ทุกๆ 20 ปี ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ส่งผลให้สมดุลของการไหลเวียนของพลังงานในโลกเปลี่ยนไปราว 2.5 วัตต์ต่อตารางเมตร หมายถึง 1% ของพลังงานแสงอาทิตย์สุทธิที่ต้องเข้ามาในโลกและเป็นตัวขับเคลื่อนสภาพภูมิอากาศของโลก หรือพลังงานที่กล่าวถึงอาจเทียบได้กับการเผาผลาญน้ำมัน 1.8 ล้านตันในทุกๆ นาที หรือคิดเป็น 100 เท่าของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน

นักวิทยาศาสตร์ขององค์การสหประชาชาติ ได้ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (Climate models) คำนวณว่าหากก๊าซเรือนกระจกยังถูกปล่อยออกในอัตราที่เป็นอยู่ จะทำให้ อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นถึง 1.4 – 5.8 องศาเซลเซียส ภายใน ค.ศ. 2100 หรืออีกประมาณ 100 ปี ข้างหน้า

สรุปได้ว่าขณะนี้สภาพภูมิอากาศของโลกได้เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ดังนี้

1. อุณหภูมิโลกเฉลี่ยสูงขึ้นประมาณ 0.6 ± 0.2 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับปลายศตวรรษที่ 19 เท่าที่ผ่านมา ช่วง ค.ศ. 1990 เป็นช่วงที่ร้อนที่สุด โดยปีที่ร้อนที่สุดคือ ค.ศ. 1998
2. ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย สูงขึ้น 10 – 20 เซนติเมตร
3. ปริมาณหิมะลดลงประมาณร้อยละ 10 บริเวณซีกโลกทางเหนือและพื้นที่สูง เมื่อเทียบกับช่วง ค.ศ. 1960
4. บริเวณซีกโลกทางเหนือบางแห่งมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น แต่บางแห่งมีปริมาณน้ำฝนลดลง และหลายแห่งของเอเชียและแอฟริกาแล้งบ่อยและรุนแรงขึ้น

สรุปได้ว่า ภูมิอากาศของเมืองมีความแตกต่างจากภูมิอากาศตามธรรมชาติ สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น การสร้างถนน ลานจอดรถ อาคารสิ่งปลูกสร้าง มีวัสดุคอนกรีตและยางมะตอย เป็นตัวดูดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในตอนกลางวัน และคายความร้อนในตอนกลางคืน ปิดกั้นการระเหยของน้ำจากผิวดิน ขวางทิศทางลม รวมถึงการปล่อยพลังงานความร้อนจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้เกิดหมอกควันปิดกั้นการกระจายรังสีความร้อนจากพื้นดินสู่บรรยากาศ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเมืองและชนบท ดังนี้

1. เมืองจะมีอุณหภูมิสูงกว่าชนบท 8-15 องศาเซลเซียส
2. ความชื้นสัมพัทธ์ของเมืองจะต่ำกว่าชนบทร้อยละ 5-10 โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของพื้นที่สีเขียวของเมือง
3. กระแสลมและความเร็วของลมในเมืองจะลดลงครึ่งหนึ่ง แต่ในบางพื้นที่จะมีความเร็วสูงขึ้นเท่าตัว เนื่องจากอาคารสิ่งปลูกสร้างจะเป็นตัววิคลม หรือก่อให้เกิดความปั่นป่วนของลม โดยกระแสลมจะวนด้านหลังของอาคาร ทำให้มลพิษของเมืองไม่กระจายตัวออกไป

2.3.4 ทฤษฎีภูมิอากาศกับปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

จากการทบทวนวรรณกรรมทฤษฎีภูมิอากาศ พบว่า ลักษณะอากาศมีผลต่อรูปแบบการเกิด และความเข้มข้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) เช่น ในวันที่อากาศสงบ จะพบว่าบริเวณศูนย์กลางของเมืองจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น อันเนื่องมาจากการพาความร้อนจากพื้นที่ด้านนอกของเมืองเข้าสู่เมือง (Maria Jose Leveratto, Silvia De Schiller and J. Martin Evans, 2000) ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในเมืองลดลง หรือในวันที่มีกระแสลมพัด อัตราความเร็วลมจะมีผลต่อความเข้มของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของภูมิภาคนั้นๆ เพราะความเร็วลมจะสามารถทำให้การปกคลุมของเมฆเปลี่ยนแปลงไป รวมถึงอิทธิพลจากลมบกลมทะเล ซึ่งในตอนกลางวันลม

ทะเลจะพัดเข้าสู่แผ่นดิน และจะขยายตัวมากขึ้นเมื่อพัดผ่านเมือง จึงสามารถช่วยลดอุณหภูมิในฤดูร้อนได้ และอิทธิพลของการหมุนเวียนของอากาศ จะมีผลต่ออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของเมือง โดยความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที จะสามารถพาความร้อนออกไปนอกเมืองได้ (J.C. Gatina, F. Pignolet – Tardan and Others, n.d. / Aya Kagoshima, Jun Tanimoto and Tadahisa Katayama, n.d.) ดังนั้น การวางผังถนนให้กระแสลมสามารถพัดผ่านได้สะดวกทั้งเมือง จะช่วยให้อุณหภูมิของเมืองลดลง (Tadahisa Katayama, 1997)

2.4 แนวคิดภาวะนำสบาย

การศึกษาเกี่ยวกับภาวะนำสบาย เป็นการศึกษาถึงเงื่อนไขที่จำเป็นในการสร้างความพอใจในสภาพแวดล้อม สำหรับความต้องการของมนุษย์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเอื้อต่อความรู้สึกไม่ร้อนและไม่หนาว สามารถตัดสินใจได้จากประสาทสัมผัสของมนุษย์ โดยมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคลแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการรับรู้สภาพแวดล้อม เช่น เงื่อนไขทางสังคม ได้แก่ ประเพณีวัฒนธรรม ค่านิยมทางสังคม การดำรงชีวิต และเงื่อนไขทางกายภาพซึ่งขึ้นกับสภาพร่างกาย การแต่งกาย กิจกรรมที่ทำ ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างภาวะนำสบาย เกิดจากการสร้างสมดุลความร้อนภายในตัวมนุษย์กับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน โดยจำแนกออกได้ดังนี้ (Victor Olgyay, 1969 และ P.O. Fanger, 1967)

1. สภาพภายในร่างกายที่มีผลต่อภาวะนำสบาย ได้แก่ สภาพร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่ เช่น การขับเหงื่อของคนในเมืองร้อนจะง่ายกว่าคนในเมืองหนาว การทนต่ออุณหภูมิสูงของคนเมืองร้อนจะทนได้มากกว่าคนเมืองหนาว เป็นต้น สรุปได้ว่าภาวะนำสบายภายในร่างกายของคนแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยองค์ประกอบที่เกิดจากมนุษย์ ได้แก่

1.1 กลไกทางร่างกายของมนุษย์ (Metabolism) ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของมนุษย์ เช่น การยืน เดิน นั่ง นอน หรือสภาพธรรมชาติของเผ่าพันธุ์ เช่น สีผิว โครงสร้างกาย เป็นต้น กลไกทางร่างกายที่แตกต่างกันจะทำให้ภาวะนำสบายแตกต่างกันไป

1.2 เสื้อผ้าที่มนุษย์ใช้สวมใส่ เป็นอีกองค์ประกอบที่ส่งผลถึงภาวะนำสบาย เพราะถ้าอากาศที่ร้อนอบอ้าว แต่ใส่เสื้อผ้าที่หนาเกินไปทำให้เกิดภาวะนำสบายแก่ร่างกายได้ แม้ว่าสภาพแวดล้อมจะอยู่ในเขตสบายแล้วก็ตาม

2. สภาพภายนอกร่างกายที่มีผลต่อภาวะนำสบาย ได้แก่ อุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ แสงแดด การแผ่รังสี ความเร็วลม และทิศทางของลม รวมถึงวัสดุที่นำมาใช้ในสถาปัตยกรรม องค์ประกอบทั้งหมดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น โดยองค์ประกอบที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ได้แก่

2.1 อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air temperature) หมายถึง อุณหภูมิอากาศที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์

2.2 อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT) หมายถึง ค่าถ่วงเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ รวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆ ในห้องและตำแหน่งที่วัด MRT นั้น โดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิว โดยหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็น MRT (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวงศ์, 2536)

2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง ค่าเปรียบเทียบสัดส่วนเป็นร้อยละของความชื้นในอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศสามารถรับได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ

2.4 ความเร็วลม (Wind Speed) เป็นความเร็วลมที่ผ่านผู้อยู่อาศัย โดยลมที่พัดจะพาความร้อนทำให้รู้สึกเย็น นอกจากนั้นยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวหนังร่างกาย จะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสร้างภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไปจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกอึดอัด ไม่มีอากาศถ่ายเท แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้รู้สึกรำคาญหรือรู้สึกว่าถูกรบกวนได้

โดยทั่วไปการรับรู้ต่อการเคลื่อนไหวของลมตามธรรมชาติ หรือที่เกิดจากพัดลมที่ทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงนั้นขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของลม โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที (Victor Olgyay, 1969) ในสภาวะทั่วไปนั้นความรู้สึกต่ออัตราความเร็วลมเป็นดังนี้

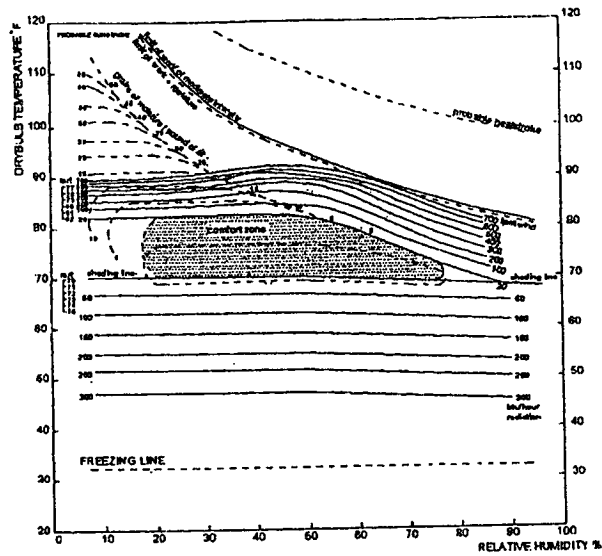
0.00 – 0.25 เมตรต่อวินาที	จะไม่รู้สึกหรือสังเกตได้
0.25 – 0.50 เมตรต่อวินาที	รู้สึกสบาย
0.50 – 1.00 เมตรต่อวินาที	รู้สึกสบายโดยสามารถรับรู้ว่าการเคลื่อนไหวของอากาศ
1.00 – 1.50 เมตรต่อวินาที	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวน
>.1.50 เมตรต่อวินาที	รู้สึกถูกรบกวน

อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้น อัตราความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมที่รู้สึกสบาย และอัตราความเร็วลมภายในห้อง 1.5 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมที่ยอมรับได้ แต่ถ้าเกิน 1.5 เมตรต่อวินาที จะรู้สึกถูกรบกวนและกระคาย หรือวัดดูอาจปลิวได้

2.4.1 เขตสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทย

เขตสบายใน Bioclimatic Chart ของ victor Olgyay (รูปที่ 2.22) คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (Mean Temperature) 70–80 องศาฟาเรนไฮต์ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (Mean Relative Humidity) ร้อยละ 18–77 สำหรับผู้อยู่ในเขตอบอุ่นที่เส้นละติจูด 40 องศาเหนือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 ฟุต สวมเสื้อสบายๆ และทำกิจกรรมเบาๆ เช่น นั่งอ่านหนังสือ หากนำมาปรับใช้กับพื้นที่ใกล้ศูนย์สูตรจะต้องเพิ่มขอบเขตของอุณหภูมิ 3/4 องศาฟาเรนไฮต์ ทุกๆ 5 องศา 27 ลิปดาเหนือ และ 20 องศา 27 ลิปดาเหนือ ขอบเขตของภาชนะสบาย คือ 87.25 องศาฟาเรนไฮต์ (คิดที่เส้นละติจูด 6 องศาเหนือ) เกิน 85 องศาฟาเรนไฮต์ ดังนั้น ประเทศไทยจึงใช้ที่อุณหภูมิ 85 องศาฟาเรนไฮต์

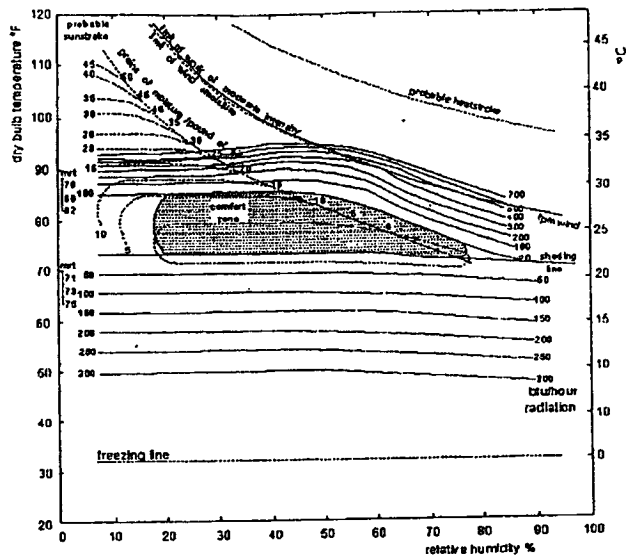
ตามที่ ASHRAE Comfort Zone (Baruch Givoni, 1992) กำหนดไว้ว่า “ความเร็วลมในระดับที่คงที่ (Still air 0.15 เมตรต่อวินาทีในฤดูหนาว และ 0.25 เมตรต่อวินาทีในฤดูร้อน) ทำให้ขอบเขตของอุณหภูมิของความรู้สึกสบายยอมรับได้เป็น 26 องศาเซลเซียส เมื่อความชื้นเท่ากับ 12 กรัมต่อกิโลกรัม และ 27 องศาเซลเซียส เมื่อความชื้นเท่ากับ 4 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.275 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ยอมรับได้จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศาเซลเซียส แต่ความเร็วลมสูงสุดไม่เกิน 0.8 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส” นั้น หากนำมาใช้ในการประเมินสภาวะอาคารที่ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ ความชื้น และความเร็วลมสูงสุดที่กำหนดไว้ จะไม่สอดคล้องกับภาชนะสบายของผู้อาศัยในเขตร้อน จะรู้สึกสบายในขอบเขตที่สูงกว่ากำหนด โดยความเร็วลมทั่วไปในอาคารที่มี Cross Ventilation จะสูงได้ถึง 2 เมตรต่อวินาที จะสอดคล้องกับที่ Victor Olgyay กำหนดให้เขตสบายของพื้นที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จะต้องเพิ่มขอบเขตของอุณหภูมิให้สูงได้โดยไม่เกิน 85 องศาฟาเรนไฮต์



รูปที่ 2.22 Bioclimatic Chart ของ Victor Olgyay

ที่มา : Victor Olgyay. 1998. Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. John Wiley and Son, Inc. New York.

จากการศึกษา Bioclimatic Chart ของกรุงเทพฯ จัดทำโดย The Center for Tropical and Near Eastern Architecture, Pratt Institute, Brooklyn, New York ค.ศ. 1967-1968 ขอบเขตของเขตสบายจะอยู่ที่อุณหภูมิ 22-29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 20-75 (รูปที่ 2.23)



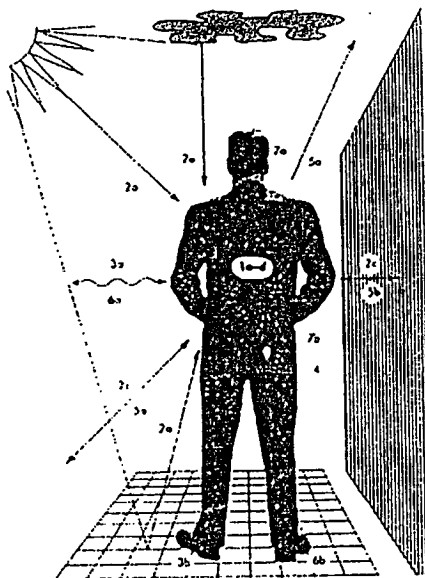
รูปที่ 2.23 Bioclimatic Chart ของกรุงเทพฯ ที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ

เมื่อพิจารณาจากความเหมาะสมกับสภาวะอากาศ และสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศ ไทย จึงใช้ขอบเขตของเขตสบายของประเทศไทยที่อุณหภูมิเฉลี่ย 22–29 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 20–75 โดยที่อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบมีค่าเท่ากัน ความเร็วลมค่อนข้างสบาย แต่งกายแบบลำลอง และทำกิจกรรมเบาๆ เป็นช่วงกว้างๆ ของเขตสบาย เนื่องจากยังมีตัวแปรอื่นๆ เช่น วัฒนธรรม ลักษณะทางกายภาพ จิตใจ ความชอบ ความคุ้นเคย เสื้อผ้าที่สวมใส่ และ สภาพแวดล้อม เป็นต้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดสภาวะอากาศในช่วงของเขตไม่สบายที่ต้อง ใช้กระแสมมาช่วยต่อไป

2.4.2 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อภาวะนำสบายทางด้านความร้อน

ปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิด ความรู้สึกนำสบายทางด้านความร้อน ประกอบด้วย (รูปที่ 2.24)

- 2.4.2.1 ผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศ
- 2.4.2.2 ผลกระทบจากความดันไอน้ำในอากาศ
- 2.4.2.3 ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ
- 2.4.2.4 ผลกระทบจากอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ



รูปที่ 2.24 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม

ที่มา : Victor Olgyay. 1998. *Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*.
John Wiley and Son, Inc. New York.

ความร้อนที่ร่างกายได้รับ

1. การผลิตความร้อน :
 - ก. อัตราการดูดซึม
 - ข. การเคลื่อนไหว
 - ค. การย่อยอาหาร
 - ง. การบีบคั้นของกล้ามเนื้อเมื่อกระทบความเย็น
2. การรับความร้อนจากการแผ่รังสี :
 - ก. จากดวงอาทิตย์
 - ข. จากวัสดุที่มีความร้อน
 - ค. จากวัสดุที่ดูดความร้อนไว้
3. การรับความร้อนจากการนำความร้อน :
 - ก. จากอากาศที่มีอุณหภูมิสูง
 - ข. จากการสัมผัสวัสดุที่มีอุณหภูมิสูง
4. การกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศ

ความร้อนที่สูญเสียไปจากร่างกาย

5. การแผ่ความร้อนออก :
 - ก. สู่อากาศ
 - ข. สู่อากาศที่เย็นกว่า
6. การนำความร้อนออกไป :
 - ก. สู่อากาศที่เย็นกว่า
 - ข. การสัมผัสกับวัสดุที่เย็นกว่า
7. การระเหยเป็นไอ :
 - ก. จากการหายใจ
 - ข. จากผิวหนัง

2.4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงภาวะนำสบาย

สภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร อยู่ในพื้นที่ที่มีความร้อนและความชื้นสูง การนำอากาศภายนอกเข้าสู่อาคาร โดยตรงจึงไม่สามารถสร้างสภาวะที่เหมาะสมให้กับสภาพอากาศภายในอาคารได้ จึงต้องปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้เข้าใกล้ภาวะนำสบายมากยิ่งขึ้น

แนวทางในการปรับปรุงสภาพอากาศสำหรับกรุงเทพมหานครที่เหมาะสม ต้องอาศัยปัจจัยภายนอกช่วย เพื่อให้สภาพอากาศมีภาวะนำสบายได้มากยิ่งขึ้น แผนภูมิไบโอ โคลเมติกได้กล่าวถึงปัจจัย 2 ประการที่มีความเหมาะสมต่อการปรับปรุงภาวะนำสบายสำหรับสภาพอากาศในเขตร้อนชื้น ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ สามารถสร้างความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิเย็นและความเร็วลมจะช่วยสร้างความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิเย็นลง และช่วยลดความชื้นที่สะสมอยู่ในอากาศได้ แนวทางการแก้ไขปัญหาด้านภาวะนำสบายที่ดีย่อมเริ่มจากการขจัดต้นเหตุทางความร้อนและความชื้นภายในอาคารอย่างถูกต้อง ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม การออกแบบโดยอาศัยปัจจัยภายนอกทั้ง 2 ประการ ได้แก่ การสร้างสภาพอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่เย็น และการใช้ความเร็วลมที่ถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาด้านภาวะนำสabayจากสภาพทางอุณหภาพ ย่อมเริ่มจากการขจัดต้นเหตุทางความร้อน ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบทางภูมิสถาปัตยกรรม สภาพแวดล้อมที่เย็นย่อมสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่ได้ การเลือกใช้ปัจจัยต่างๆ ในการปรับปรุงสภาพอากาศที่ดี ประกอบด้วยแนวทางต่างๆ ดังนี้

1. แนวทางในการปรับสภาพแวดล้อมให้เย็น กล่าวคือ รังสีจากดวงอาทิตย์จะถูกส่งออกมาในลักษณะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้น มาบนพื้นผิววัสดุต่างๆ บนผิวโลก พลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน โดยค่าการดูดซับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ของพื้นผิว การดูดซับพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขยกระดบัอุณหภูมิผิวของวัสดุที่ตกกระทบจากการเปลี่ยนรูปพลังงาน และส่งความร้อนออกมาจากผิววัสดุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภาพใน 2 รูปแบบ คือ การเกิดการพาความร้อน (Heat convection) จากพื้นผิว และการแผ่รังสีความร้อน (Heat radiation) จากพื้นผิวในลักษณะคลื่นยาว (Long-wave)

จากทฤษฎีเบื้องต้น ปัจจัยสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นสามารถกระทำได้ โดยการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct solar radiation) ให้กับพื้นผิววัสดุภายในพื้นที่ สภาพแวดล้อมที่เย็นย่อมส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศที่ผ่านเข้ามาภายในพื้นที่ (Microclimate) ให้เย็นลงด้วย

การสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นสามารถใช้ปัจจัยต่างๆ ทางธรรมชาติเข้ามาแก้ไขปัญหาด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

- การใช้พืชพันธุ์เพื่อป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์
- การลดพื้นที่ผิววัสดุมวลสารมากที่โดนรังสีตรงจากดวงอาทิตย์
- การใช้ประโยชน์จากค่าความจุความร้อนในแหล่งน้ำ

2. การใช้พืชพันธุ์เพื่อป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ สามารถช่วยป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ไม่ให้ตกกระทบพื้นผิววัสดุต่างๆ ภายในพื้นที่ได้ การใช้พืชพันธุ์ต่างๆ มีข้อสำคัญในการเลือกทรงพุ่มที่จะสามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์อย่างเหมาะสมต่อการใช้งานพื้นที่นั้นๆ ดังนั้น การเลือกใช้ไม้ยืนต้นและไม้พุ่ม อาจเหมาะสมสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ไม่มีกิจกรรมมาก ส่วนการใช้พืชคลุมดินต่างๆ อาจเหมาะกับพื้นที่ทั่วไปที่มีกิจกรรมเกิดขึ้น เพราะจะไม่กีดขวางทางเดิน สิ่งสำคัญในการใช้พืชพันธุ์ต่างๆ คือ การให้ร่มเงาแก่ผิววัสดุมวลสารภายในพื้นที่ เนื่องจากวัสดุที่มีมวลสารมาก เช่น ดิน โดยเฉพาะดินแห้งจะขยกระดบัอุณหภูมิพื้นผิวขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อโดนรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และจะคงความร้อนไว้ภายในมวลสารของดิน ไปจนถึงช่วงเวลากลางคืน ค่าความจุความร้อนที่สูงมากของดิน จะทำให้ความร้อนที่ถูกกักเก็บไว้ในเวลากลางวันถูกปล่อยสู่สภาพแวดล้อม ในเวลากลางคืน ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่สูงกว่าภาวะนำสabayทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืน การป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ จึงถือเป็นปัจจัยเริ่มแรกที่มีความสำคัญต่อการสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นให้กับพื้นที่

3. การลดพื้นที่ผิววัสดุมวลสารมาก เช่น อิฐ คอนกรีต เมื่อได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะเกิดการกักเก็บความร้อนไว้ภายในตามระดับค่าความจุความร้อนของวัสดุ โดยทั่วไปวัสดุที่มีมวลสารยิ่งมากจะยิ่งมีค่าความจุความร้อนที่สูง ความร้อนที่กักเก็บไว้จะถูกปลดปล่อยออกมาตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิในสภาพแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุนั้น รวมถึงเวลากลางคืนที่หมดแสงแดดแล้ว เนื่องจากความร้อนปริมาณมหาศาลที่เก็บไว้ภายในมวลสารของวัสดุยังไม่หมดไป สภาพอากาศภายในพื้นที่ที่มีวัสดุมวลสารมากและได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง จึงจะมีสภาพทางอุณหภูมิที่ร้อนอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ แนวทางการแก้ไขเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็น คือ การลดพื้นที่ที่ก่อสร้างด้วยวัสดุมวลสารมากลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นไม่ว่าจะเป็นทางเท้า ถนน ทางเดิน ถ้าจำเป็นจะต้องมีควรจะมีการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ด้วยร่มเงาต่างๆ ตามธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นไม้ยืนต้น ไม้พุ่มหรือ พืชคลุมดิน เพื่อลดแหล่งพลังงานที่จะถูกกักเก็บไว้ในมวลสารลง

4. การใช้ประโยชน์จากค่าความจุความร้อนในแหล่งน้ำ เพราะน้ำเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีค่าความจุความร้อนสูงมาก อุณหภูมิของผิวน้ำที่ได้รับการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะคงที่และค่อนข้างต่ำกว่าอุณหภูมิกอากาศในช่วงกลางวัน การสร้างแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ จึงสามารถเป็นแหล่งกักเก็บความเย็นที่ใช้ในการสร้างภาวะน่าสบายให้กับพื้นที่ได้ รวมถึงการระเหยของน้ำ (Evaporative) ยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศโดยตรง เนื่องจากน้ำที่มีสถานะเป็นของเหลวในบริเวณพื้นผิว ต้องการพลังงานในการเปลี่ยนสถานะจึงดูดความร้อนจากอากาศที่พัดผ่านพื้นผิวไปใช้ ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศที่พัดผ่านบริเวณผิวน้ำเย็นลง ซึ่งอากาศที่พัดผ่านน้ำจะมีความชื้นสูงขึ้น และอาจมากกว่าสภาวะน่าสบาย อีกทั้งประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การเพิ่มความชื้นเข้าไปอีกอาจทำให้เกิดความอึดอัดขึ้นได้

2.4.4 แนวคิดภาวะน่าสบายกับปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

จากการทบทวนวรรณกรรมแนวคิดภาวะน่าสบาย พบว่า ประชากรส่วนใหญ่มีความต้องการอาศัยอยู่ภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคาร เพราะต้องเผชิญกับความร้อน อันเนื่องมาจากกิจกรรมของประชากรในเมืองที่มีความทันสมัย รวมถึงการปลดปล่อยพลังงานความร้อนพร้อมๆ กัน ทั้งความร้อนสะสมในอาคาร และโครงสร้างอาคารที่ได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในตอนกลางวัน จะส่งผลให้อุณหภูมิของเมืองสูงขึ้น และเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) (Ken-Ichi Kimura, n.d. / Keisuke Hanaki and Osamu Koide, n.d.)

เมื่ออุณหภูมิของเมืองสูงขึ้นมากกว่า 36 องศาเซลเซียส ทำให้การสร้างภาวะน่าสบายภายในอาคารของเมือง ส่วนใหญ่เกิดจากการบริโภคพลังงานที่สูงขึ้น ก่อให้เกิดมลพิษมากขึ้น ความ

ร้อนในเมืองสูงขึ้น และสูงขึ้นมากกว่าการได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ (Lu Zhao, n.d. / Paul R. Baumann, 2001)

2.5 ทฤษฎีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

2.5.1 การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote sensing)

การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) เป็นการจำแนก บ่งบอก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุเป้าหมาย มักอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

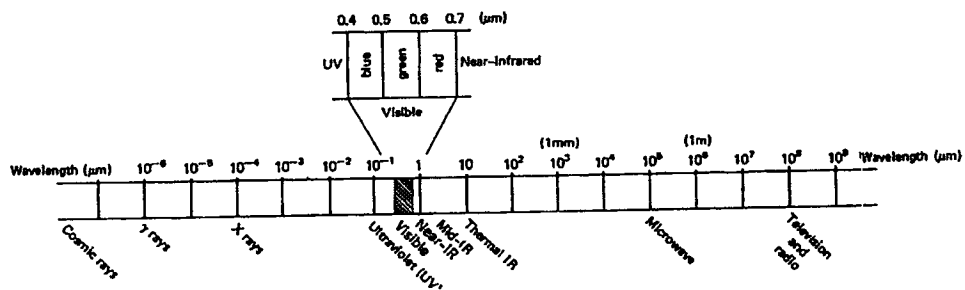
องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสงที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เช่น ระบบเรดาร์ เรียกว่า Active Remote Sensing

2.5.1.1 กระบวนการสำรวจข้อมูลระยะไกล

กระบวนการสำรวจข้อมูลระยะไกล ประกอบด้วย

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) เป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวช่วงคลื่นหลายเมตร ถึงเศษส่วนของพันล้านเมตร (Nanometers) ซึ่งเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศในลักษณะเป็นคลื่นเท่าความเร็วของแสง ซึ่งแม่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่นที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิก (Harmonic) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่ง มีความเร็วเท่าแสง (c) สามารถกำหนดความแตกต่างของพลังงานได้โดยดูจากความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งตามความยาวช่วงคลื่น เรียกว่า แบนด์ (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นสั้นที่สุดในแถบรังสีแกมมา (Gamma Ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10^{-6} เมตร จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวหลายกิโลเมตร ดังนั้น ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยช่วงคลื่นตามลำดับ คือ รังสีแกมมา เอ็กซ์เรย์ อุลตราไวโอเลต ช่วงคลื่นแสงสว่าง อินฟราเรด ไมโครเวฟ และวิทยุ ซึ่งช่วงคลื่นแสงที่ใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง Optical Wavelength คือ 0.3-14 μm สามารถถ่ายภาพและ

บันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูปและอุปกรณ์บันทึกภาพ (Scanner) ในช่วงคลื่นแสงสว่างที่เป็นช่วงคลื่นแคบ มีผลสนองต่อมนุษย์ตั้งแต่ 0.36-0.7 μm แบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ สีนํ้าเงิน สีเขียว และสีแดง ช่วงคลื่นถัดไปเป็นอินฟราเรด ที่แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้างๆ คือ อินฟราเรดใกล้ หรืออินฟราเรดสะท้อนแสง ระหว่าง 0.7-3 μm และอินฟราเรดความร้อนระหว่าง 3-15 μm ช่วงคลื่นที่มีความยาวต่ำกว่า 15 μm คือช่วงอินฟราเรดลงมา เรียกเป็นความยาวคลื่น ส่วนที่เหนือขึ้นไปเรียกเป็นความถี่ (จำนวนรอบต่อวินาที หรือ เฮิร์ตซ (Hertz)) ส่วนความยาวคลื่นไมโครเวฟ เรดาร์ และคลื่นวิทยุ เรียกชื่อตามระดับความถี่ จากความถี่ต่ำสุด (ELF) ถึงความถี่สูงสุด (EHF) นอกจากนี้ ในช่วงไมโครเวฟของคลื่นเรดาร์ ยังมีช่วง Ka แบนด์ (ประมาณ 1 μm) x แบนด์ (ประมาณ 5 μm) และ L แบนด์ (20 μm) (รูปที่ 2.25)

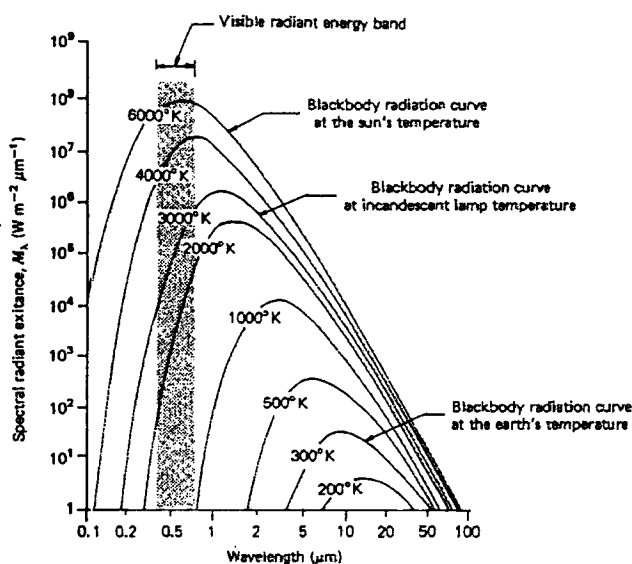


รูปที่ 2.25 แถบแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นที่สั้นที่สุด ตั้งแต่รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเล็ต ช่วงแสงสว่าง อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ

ที่มา : Campbell, J.B. 1996. Introduction to Remote Sensing. 2nd ed. New York : The Guilford Press.

2. แหล่งพลังงานและการแผ่รังสี (Energy Sources and Radiation) คือ ความยาวคลื่นมากให้พลังงานต่ำ มีความสำคัญในการสำรวจข้อมูลระยะไกล เช่น ไมโครเวฟจากพื้นโลก จะยากต่อการบันทึกมากกว่าพลังงานในช่วงคลื่นสั้นกว่า ฉะนั้น การบันทึกพลังงานช่วงคลื่นยาว ต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้างและใช้เวลานานพอ พลังงานแผ่ออกมามากน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นผิววัตถุ พลังงานทั้งหมดที่แผ่จากวัตถุจะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์กำลัง 4 ดังนั้น พลังงานที่แผ่ออกมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยกฎนี้ใช้กับเทหวัตถุสีดำ (Black body) ซึ่งหมายถึง “วัตถุหรือมวลๆ หนึ่งที่สามารถดูดกลืนพลังงานทั้งหมดที่กระทบและจะแผ่พลังงานในปริมาณที่มากที่สุดที่ทุกๆ อุณหภูมิ” เทหวัตถุสีดำจึงเป็นสิ่งสมมติขึ้น เพราะไม่มีสารใดๆ ในโลกที่มีคุณสมบัติดังกล่าว มีแต่สภาพใกล้เคียงเท่านั้น

สรุปได้ว่า อุณหภูมิของพื้นผิวโลกประมาณ 300°K แผ่พลังงานสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ $9.7\ \mu\text{m}$ การแผ่รังสีนี้มีความสัมพันธ์กับความร้อนผิวโลก จึงมักเรียกรังสีที่แผ่ออกมานี้ว่า อินฟราเรดความร้อน ซึ่งไม่สามารถมองเห็นและถ่ายภาพได้ด้วยกล้องธรรมดา ต้องใช้ Radiometer หรือ Scanner ดวงอาทิตย์มีพลังงานสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ $0.5\ \mu\text{m}$ ในช่วงคลื่นสีเขียวซึ่งตามมนุษย์และฟิล์มถ่ายภาพสามารถวัดช่วงคลื่นนี้ได้ (รูปที่ 2.26)



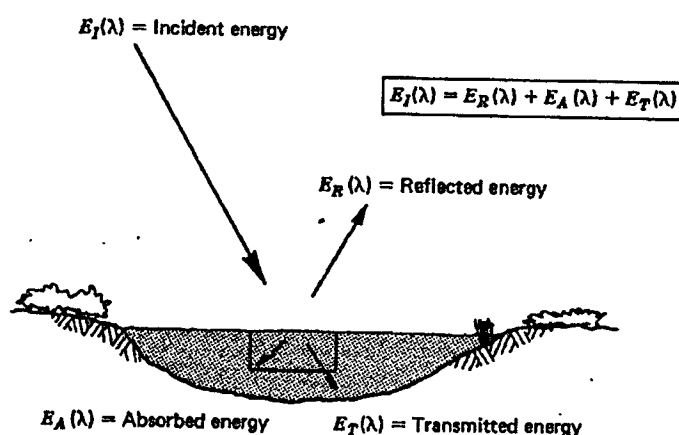
รูปที่ 2.26 การกระจายของพลังงานจากแหล่งตัวสีดำในช่วงอุณหภูมิต่างๆ

ที่มา : Campbell, J.B. 1996. Introduction to Remote Sensing. 2nd ed. New York : The Guilford Press.

3. ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ (Energy Interactions in Atmosphere) กล่าวคือ คลื่นแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก แล้วสะท้อนกลับสู่บรรยากาศอีกครั้ง ก่อนที่จะถูกบันทึกโดยอุปกรณ์สำรวจ บรรยากาศของโลกจึงเป็นตัวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแสงในด้านทิศทาง ความเข้ม ตลอดจนความยาวและความถี่ช่วงคลื่น เพราะชั้นบรรยากาศประกอบด้วยฝุ่นละออง ไอน้ำ และก๊าซต่างๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลื่นแสง 3 กระบวนการคือ การกระจัดกระจายของแสง การดูดซับ และการหักเห ทำให้ปริมาณแสงตกกระทบผิวโลกน้อยลง

4. ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก (Energy Interaction with Earth Surface Features) จะเกิดปฏิกิริยาหลัก 3 อย่างคือ การสะท้อนพลังงาน (Reflection = E_r) การดูดกลืนพลังงาน (Absorption = E_a) และการส่งผ่านพลังงาน (Transmission = E_t) อันเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญในการสำรวจระยะไกลที่วัตถุบนพื้นผิวโลก มีพลังงานที่บันทึกด้วยอุปกรณ์

สำรวจในปริมาณแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ จากสมการความสมดุลของพลังงาน (Energy Balance Equation) (รูปที่ 2.27)



รูปที่ 2.27 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเมื่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบสู่ผิวโลก

ที่มา : Lillesand, Thomas M. 1979:12

5. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมกับอุณหภูมิจริงของวัตถุ อุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากเครื่องตรวจวัดความร้อน (Thermal Sensor) คือ การวัดค่าของอุณหภูมิของวัตถุที่ตัวรับสัญญาณบันทึกได้ (T_r) ดังนั้น ในการคำนวณหาอุณหภูมิจึงต้องพิจารณาถึงค่าสภาพการเปล่งของรังสี (Emissivity) ของวัตถุด้วย ซึ่งเทหวัตถุค่ามีค่าสภาพการเปล่งของรังสีเท่ากับ 1 แต่วัตถุอื่นนั้นจะมีค่าสภาพการเปล่งรังสีแตกต่างกันออกไป ดังนั้น T_r (อุณหภูมิที่วัดได้จากดาวเทียม) จะมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิจริงของวัตถุ (T_k) (ดังตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ค่า T_k เปรียบเทียบกับ T_r ของวัตถุ 4 ชนิด

วัตถุ	Emissivity (ϵ)	Kinetic temperature T_k [$^{\circ}\text{K}$ ($^{\circ}\text{C}$)]	Radiant temperature $T_r = \epsilon^{1/4} T_k$ [$^{\circ}\text{K}$ ($^{\circ}\text{C}$)]
เทหวัตถุสีดำ	1.00	300 (27)	300.0 (27.0)
พืชพรรณ	0.98	300 (27)	298.5 (25.5)
ดินเปียก	0.96	300 (27)	297.0 (24.0)
ดินแห้ง	0.92	300 (27)	293.8 (20.8)

$$\text{สภาพเปล่งรังสี} = \frac{\text{พลังงานการแผ่รังสีของวัตถุ}}{\text{พลังงานการแผ่รังสีของเทหวัตถุสีดำที่อุณหภูมิเดียวกับวัตถุ}}$$

โดยสภาพเปล่งรังสีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 (1 คือ เทหวัตถุสีดำ) ขึ้นอยู่กับความขรุขระของพื้นผิว อุณหภูมิ ความยาวคลื่น มุมมอง ฯลฯ (ดังตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ลักษณะสภาพเปล่งรังสี (Emissivity) ของวัตถุชนิดต่างๆ

วัตถุ	ค่าเปล่งรังสี	วัตถุ	ค่าเปล่งรังสี
ผิวหนังของมนุษย์	0.98	คอนกรีต	0.92
น้ำทะเล	0.98	ทราย	0.91
น้ำกลั่น	0.96	ไม้	0.90
น้ำแข็ง	0.96	หินแกรนิต	0.89
ใบไม้	0.96	หิมะ	0.85
ดินเปียก	0.95	แผ่นเหล็ก (เป็นสนิม)	0.70
หญ้า	0.94	เหล็กหล่อม้วน	0.63
สี (สีเฉลี่ย 16 สี)	0.94	เหล็กหล่อขัดเงา	0.21
อิฐ	0.93	สแตนเลสสีอ่อน	0.16
ดินแห้ง	0.92	ทองขัดเงา	0.02

ที่มา : Lillesand and Kiefer, 1987 : 403

2.5.1.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของข้อมูลอินฟราเรดความร้อน

พลังงานอินฟราเรดความร้อน (3-15 μm) สามารถแผ่ออกจากวัตถุชนิดต่างๆ ได้ตลอดเวลา จากความสามารถในการถ่ายภาพในเวลากลางคืน ใน ค.ศ. 1950 ได้มีการพัฒนาระบบอินฟราเรดความร้อนเพื่อใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบทางด้านทหารเกี่ยวกับการแปลความหมายของพื้นที่ ใน ค.ศ. 1960 มีการนำอินฟราเรดความร้อนมาใช้ในการสำรวจทางธรณีวิทยา และพัฒนาต่อมาจนถึงปัจจุบันข้อมูลอินฟราเรดความร้อนสามารถนำมาใช้อย่างไม่มีข้อจำกัด (Floyd F. Sabins. 1996)

ใน ค.ศ. 1960 ดาวเทียมที่รับข้อมูลอินฟราเรดความร้อนดวงแรกที่ส่งขึ้นสู่อวกาศ ได้แก่ U.S. meteorological Television IR Operational Satellites (TIROS) ดาวเทียมดวงนี้มีความ

ละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการสังเกต ลักษณะเมฆและอุณหภูมิของน้ำทะเล ซึ่งมีความละเอียดน้อย เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ต้องการขนาดใหญ่ ใน ค.ศ. 1978 NASA Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) สำรวจข้อมูลอินฟราเรดความร้อนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ด้วยรายละเอียดภาพ 600 เมตรเพื่อการประยุกต์ใช้ทางด้านธรณีวิทยา ต่อมาดาวเทียม LANDSAT 4 และ 5 ในระบบ Thematic map (TM) ได้มีการบันทึกข้อมูลอินฟราเรดความร้อนใน Band 6

โดยทั่วไปข้อมูลอินฟราเรดความร้อนจะเก็บข้อมูลในช่วงคลื่น 8-14 μm ในเครื่องบินและช่วงคลื่น 10.5-12.5 μm จากข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม ใน ค.ศ. 1980 NASA และ JPL ได้ร่วมกันพัฒนาระบบ Thermal Infrared Multispectral Scanner (TIMS) มีการบันทึกข้อมูล 10 ช่วงคลื่น โดยมีระยะห่างระหว่างช่วงคลื่น 1 μm หรือน้อยกว่านั้น การบันทึกแบบหลายช่วงคลื่นนี้มีประโยชน์ในการสำรวจหรือจำแนกชนิดหินทางธรณีวิทยาเนื่องจากองค์ประกอบที่แตกต่างของแร่ซิลิกา (Floyd F. Sabins. 1996: 135)

พื้นโลกที่ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในทุกช่วงเวลา ทั้งกลางวันกลางคืน ตามฤดูกาลต่างๆ ตลอดทั้งปี ทำให้ผิวโลกมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลง ช่วงกว้างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้มาจากองค์ประกอบทางกายภาพของวัตถุที่ประกอบขึ้นเป็นพื้นผิวโลก เรียกว่า Thermal inertia ดังนั้น การตรวจวัดช่วงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจึงสามารถบ่งบอกถึงข้อมูลหรือจำแนกองค์ประกอบที่ประกอบกันเป็นพื้นผิวโลก (W.G. Rees. 2001:153)

2.5.2 ทฤษฎีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographical Information System : GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่งเส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้าย ถิ่นฐาน การบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย

GIS เป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมาย เชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์อื่นๆ สภาพท้องถิ่น สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วน ระยะทางและพื้นที่จริงบนแผนที่ ข้อมูลที่จัดเก็บใน GIS มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่แสดงในรูปของภาพ (graphic) แผนที่ (map) ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล (Database) การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อมๆ กัน เช่น สามารถจะค้นหาตำแหน่งของจุดตรวจวัดควันดำ – ควันขาวได้โดยการระบุชื่อจุดตรวจ หรือในทางตรงกันข้ามสามารถที่จะสอบถาม รายละเอียดของ จุดตรวจจากตำแหน่งที่เลือกขึ้นมา และแผนที่ใน GIS จะมีความสัมพันธ์กับ ตำแหน่งในเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ คือ ค่าพิกัดที่แน่นอน ข้อมูลใน GIS ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และ ข้อมูลเชิงบรรยายสามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้ โดยอาศัยระบบพิกัดทาง ภูมิศาสตร์ (Geocode) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยทางตรง หมายถึง ข้อมูล ที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับ ทางอ้อม เช่น ข้อมูลของบ้าน (รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์) ซึ่งจาก ข้อมูลที่อยู่ ทำให้ทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่ ณ ที่ใดบนพื้นโลก เนื่องจากบ้านทุกหลังจะมี ที่อยู่ไม่ซ้ำกัน

องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ อุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) ข้อมูล (Data) และ บุคลากร (People) โดยมีภาระหน้าที่หลักๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ควรจะมีอยู่ด้วยกัน 5 อย่างคือ การนำเข้าข้อมูล (Input) การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) การบริหารข้อมูล (Management) การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis) และการนำเสนอข้อมูล (Visualization) ทั้งนี้ ปรากฏการณ์หรือวัตถุต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเรา สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ สภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถแสดงลงบนแผนที่ได้ด้วย จุด (Point) เส้น (Line) พื้นที่ (Area หรือ Polygon) และตัวอักษร (Text) อธิบายลักษณะสิ่งที่ปรากฏได้ด้วย สี (Color) สัญลักษณ์ (Symbol) และข้อความบรรยาย (Annotation)

2.5.3 การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) และทฤษฎีระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ (GIS) กับปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

จากการทบทวนวรรณกรรม การสำรวจข้อมูลระยะไกล พบว่า การสำรวจด้วย ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นการศึกษาแบบ Double-sided เพราะเมืองมีความสัมพันธ์ของละแวกบ้านใน พื้นที่ และลักษณะภูมิประเทศท้องถิ่นของเมือง จึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ทุกแบนด์ เนื่องจากฤดูกาลที่แตกต่าง และเงื่อนไขอื่นๆ ทางอุตุนิยมวิทยา ดังนั้น ใหญ่จึงนิยมใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT TM ซึ่งระบบสำรวจข้อมูลระยะไกลได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการปฏิบัติการทางปรากฏการณ์ภูมิอากาศในพื้นที่เมือง กล่าวคือ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มีความสัมพันธ์กับภูมิประเทศในแต่ละท้องถิ่นและภูมิภาค การหมุนเวียนของบรรยากาศ การปกคลุมของเมฆ และการระเหย สามารถสังเกตได้จากภาพดาวเทียมอินฟราเรด

จึงกล่าวได้ว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกล สามารถหาความสัมพันธ์ของการเติบโตของแหล่งชุมชน หากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับอุณหภูมิได้ และจำแนกพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยเรือนยอดของต้นไม้ ซึ่งพบปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) บริเวณใจกลางเมือง และมีค่าความเข้มข้นของความร้อน 3-5 องศาเซลเซียส (จรียา ปัญญวัฒน์ และคณะ, 2542 / กนกวรรณ โกมลวีระเกตุ, 2541) และพบความต่างของความร้อนพื้นผิวเมืองจะสูงกว่าชนบทและชานเมือง และอยู่ในช่วงเวลากลางวันมากกว่ากลางคืน โดยค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 5-9 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ ปรากฏการณ์เกาะความร้อนมีระดับความร้อนต่างๆ ขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการปกคลุมของพืชพรรณ (Cynthia Rosenzweig, William D. Solecki, Lily Parshall, Mark Chopping, Gergory Pope and Richard Goldberg, 2005 / Paul R. Bauman, 2001 / Greg Mc Pherdon, n.d.)

และจากทฤษฎีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พบว่า การสำรวจ ตรวจสอบวัดอุณหภูมิด้วยการใช้รถยนต์ติดอุปกรณ์ตรวจวัดนั้น สามารถใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) หาตำแหน่งของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ได้ และสามารถสร้างเส้นอุณหภูมิเท่า (Isotherm) และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) กับปัจจัยวัสดุพื้นผิวต่างๆ (János Unger and Zoltán Sümegehy, n.d. / ธนภฤต เทียนมณี, 2545) ซึ่งพบว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) จะปรากฏบริเวณที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น เช่น ย่านพักอาศัย ย่านพาณิชยกรรม และบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น และมีลักษณะเกือบกลม ค่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าไปใกล้ศูนย์กลางเมือง (János Unger and Zoltán Sümegehy, n.d.)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

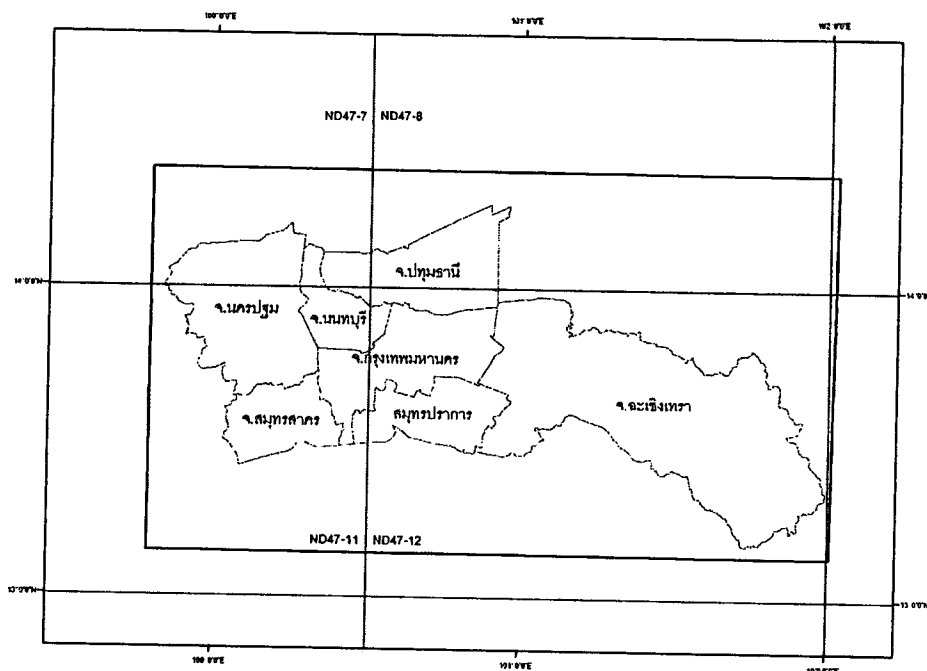
ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาแบบค้นคว้าจากเอกสารและบทความที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยกรอบแนวความคิดที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม เพื่อหาแนวทางการจัดการเชิงพื้นที่และสภาพแวดล้อมเมืองภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้นให้มีความน่าอยู่ โดยเฉพาะในเรื่องของความแตกต่างของรูปแบบปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ที่มีผลมาจากขนาดของเมือง เช่น การแผ่กว้าง การมีความชื้นสูง และลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ และการนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) มาบริหารจัดการพื้นที่เมือง เพื่อช่วยลดการสะสมความร้อน ระบายมลพิษ และลดการใช้พลังงานของเมือง

3.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกกรุงเทพมหานครเป็นตัวแทนเมืองในเขตร้อนชื้น เนื่องจากกรุงเทพมหานครมีที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนชื้น และมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย และซับซ้อน ประกอบไปด้วยการกระจุกตัวของอาคารสิ่งปลูกสร้าง แหล่งพืชพรรณ แหล่งน้ำ และพื้นที่เปิดโล่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ขอบเขตพื้นที่ศึกษา คือ กรุงเทพมหานครและจังหวัด โดยรอบ ได้แก่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดฉะเชิงเทรา (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา

3.1.2 วิธีการเลือกบริเวณที่ทำการศึกษา

บริเวณที่ทำการศึกษาใช้เกณฑ์ในการแบ่ง โดยแบ่งตามลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนในเมืองที่มีความคล้ายกันและมีความต่อเนื่องกัน ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งลักษณะของ Features แตกต่างออกไป กล่าวคือ แบ่งตามลักษณะอาคารสิ่งปลูกสร้างที่มีความต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จากนั้นนำเส้นขอบเขตการปกครองมาแบ่งพื้นที่อีกครั้ง เพื่อให้ได้บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ชัดเจนและทำการศึกษาได้สะดวกขึ้น ดังนั้น สามารถแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ คือ

1. กรุงเทพมหานคร จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนนทบุรี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร เป็นตัวแทนของเมืองขนาดใหญ่
2. จังหวัดนครปฐม เป็นตัวแทนเมืองขนาดกลาง
3. จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นตัวแทนของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง)

3.2 การเก็บข้อมูลรายละเอียด

3.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1. ภาพดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยถ่ายภาพเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.

2530 เวลา 14.30 น. วันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2540 เวลา 14.30 น. และวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2550 เวลา 14.30 น.

2. ภาพดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยถ่ายภาพเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2549 เวลา 03.39 น.

3. แผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 มาตรฐาน 1:50000 จากกรมแผนที่ทหาร

4. ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้น ทิศทางและความเร็วลม ฯลฯ ของพ.ศ. 2530 พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2550

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบ Intel Core Duo ขึ้นไป มี Hard Disk อย่างน้อย 160 GB และ Ram อย่างน้อย 1 GB พร้อมเครื่องพิมพ์

2. เครื่องวัดพลังงานความร้อน (Thermograph)

3. เครื่องวัดพิกัดตำแหน่ง (GPS)

4. โปรแกรมที่ใช้ในการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ ENVI 4.0

5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ARCVIEW 3.3 และ ArcGIS 9.3.1

3.3 วิธีการศึกษา

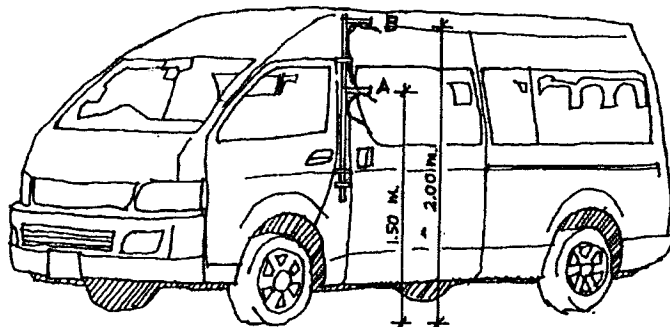
การศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของพื้นที่ศึกษา และนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มาช่วยในการลดอุณหภูมิ และลดการใช้พลังงาน โดยหากกลยุทธ์ในการจัดการเชิงพื้นที่ และแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อมให้น่าอยู่นั้น มีวิธีการศึกษา ดังนี้

3.3.1 การเก็บข้อมูลปฐมจตุอากาศ โดย

3.3.1.1 การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ โดยการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermograph) และเครื่องวัดพิกัด (GPS) ไว้ที่รถยนต์ โดยกำหนดให้รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำการบันทึกอุณหภูมิและพิกัดตำแหน่งอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที เริ่มบันทึกเวลา 22.00 น. ซึ่งเป็นเวลาหลังพระอาทิตย์ตก 4 ชั่วโมง และเป็นช่วงเวลาที่เกิดการคลายความร้อนจาก Features

ต่างๆ ของเมืองสู่บรรยากาศอย่างเต็มที่ (IPCC : องค์คณะรัฐบาลนานาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ) และอาจกล่าวได้ว่าเป็นปรากฏการณ์ Inverse ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island)

3.3.1.2 ระดับการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับ 150 เซนติเมตร และ 200 เซนติเมตรจากระดับพื้นดิน (รูปที่ 3.2)



A = ตำแหน่งเครื่องมือตรวจวัดอากาศ ที่ระดับความสูง 1.5 เมตรจากพื้นดิน
B = ตำแหน่งเครื่องมือตรวจวัดอากาศ ที่ระดับความสูง 2.0 เมตรจากพื้นดิน

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะและระดับการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ

3.3.1.3 วันเวลาในการตรวจวัดอุณหภูมิ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การเลือกเดือนในการตรวจวัดอุณหภูมิเป็นเดือนมีนาคม พิจารณาจากเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย ตลอดคาบ 20 ปี (พ.ศ. 2530-2549) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.6 องศาเซลเซียส (ตารางที่ ข.1)

2. การเลือกใช้วันในการตรวจวัดอุณหภูมิเป็นวันอาทิตย์และวันพุธของสัปดาห์ พิจารณาจากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวัน ในช่วง พ.ศ. 2530-2550 (ตารางที่ ข.2) พบว่า

- วันอาทิตย์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในคาบ 20 ปี คือ อุณหภูมิเฉลี่ย 29.6 องศาเซลเซียส และมีกิจกรรมสะสมพลังงานความร้อนน้อยที่สุดของสัปดาห์ เนื่องจากเป็นวันหยุดสุดสัปดาห์ และมีกิจกรรมต่างๆ ของเมืองน้อยกว่าวันอื่นๆ ในสัปดาห์

- วันพุธ มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในคาบ 20 ปี คือ อุณหภูมิเฉลี่ย 29.9 องศาเซลเซียส และมีกิจกรรมสะสมพลังงานความร้อนมากที่สุดของสัปดาห์ เนื่องจากเป็นวันกึ่งกลางสัปดาห์ และมีการสะสมพลังงานจากกิจกรรมต่างๆ ของเมืองมาเรื่อยๆ ตั้งแต่ต้นสัปดาห์

3.3.1.4 กำหนดเส้นทางตรวจวัดอุณหภูมิของเมือง ให้ครอบคลุมทุกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง โดยกำหนด 3 เส้นทาง คือ (รูปที่ 3.3)

- เส้นทางที่ 1 ตรวจสอบวัดอุณหภูมิในแนวทิศเหนือ-ใต้ของพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเมืองและย่านการค้า และอุตสาหกรรม เพื่อเป็นตัวแทนของสิ่งปกคลุมพื้นผิวแบบคอนกรีต

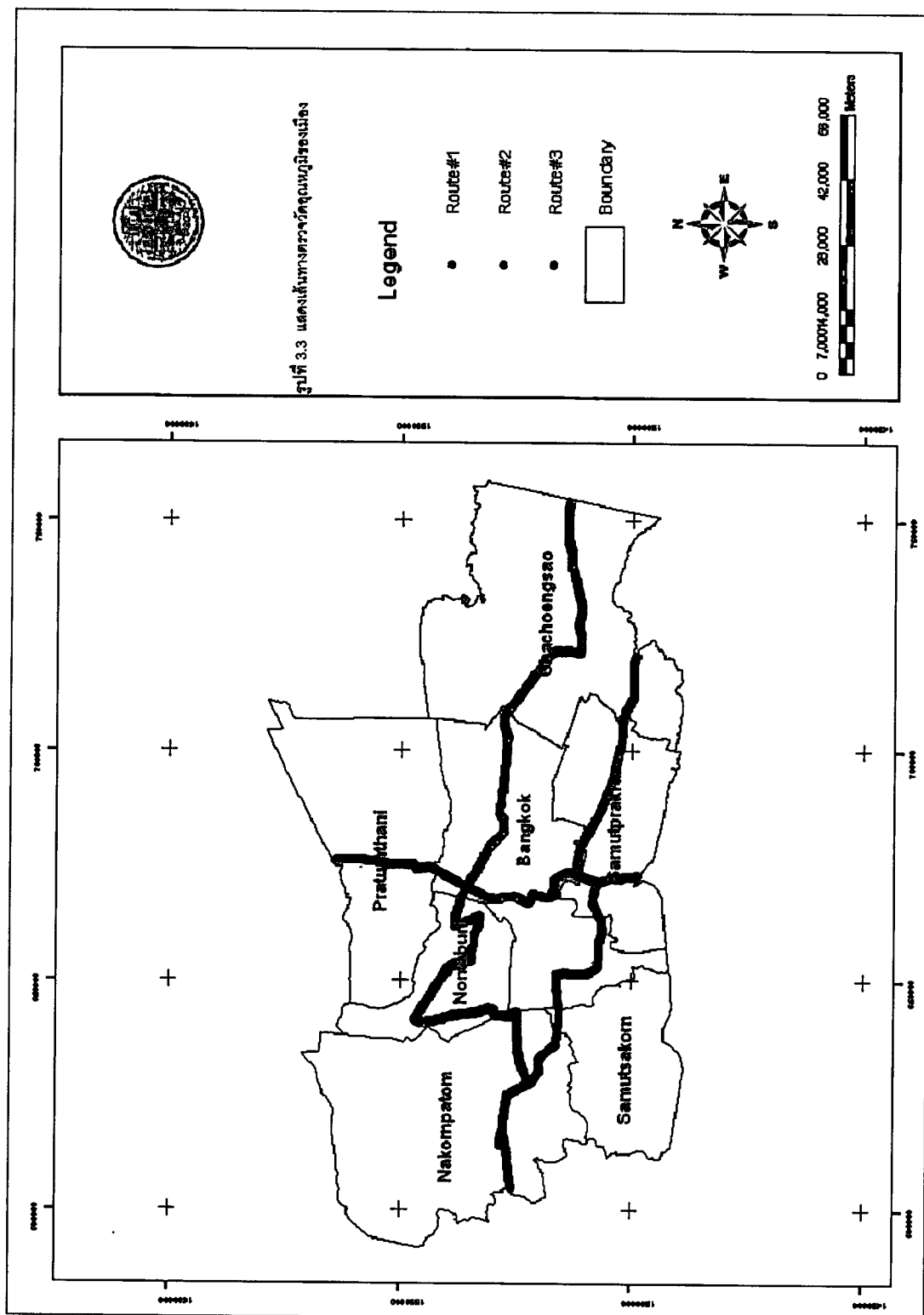
- เส้นทางที่ 2 ตรวจสอบวัดอุณหภูมิในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ดอนบนของพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม คือ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเมืองและย่านการค้า ที่พักอาศัย เกษตรกรรม ป่าไม้ สวนสาธารณะและนันทนาการ และแหล่งน้ำ เพื่อเป็นตัวแทนของสิ่งปกคลุมแบบคอนกรีต พืชพรรณแบบมีน้ำ พืชพรรณแบบไม่มีแหล่งน้ำ และแหล่งน้ำ

- เส้นทางที่ 3 ตรวจสอบวัดอุณหภูมิเหมือนเส้นทางที่ 2 แต่อยู่ตอนล่างของพื้นที่ศึกษา เพื่อให้สามารถตรวจสอบวัดอุณหภูมิได้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลโดยการใช้ข้อมูลทุติยภูมิ โดย

3.3.2.1 ศึกษาโดยการทบทวนตำรา เอกสาร และสิ่งพิมพ์ต่างๆ เพื่อศึกษาถึงปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ในเขตพื้นที่เมือง

3.3.2.2 ศึกษาโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper และดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมพื้นผิวของพื้นที่ศึกษา



3.3.3 การตรวจสอบระดับความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม (Classification Accuracy)

ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม เปรียบเทียบกับผลจากการสำรวจภาคสนาม (Ground truth) หรือแผนที่ หรือรูปถ่ายทางอากาศ เพื่อทราบถึงระดับความถูกต้องของการแปลหรือการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยมีขั้นตอนในการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนี้

3.3.3.1 การสุ่มจุดภาพตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุด เพื่อทำการตรวจสอบข้อมูลด้วยการออกสำรวจภาคสนาม ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ Cluster (Campbell, 1996) สามารถประมาณจำนวนจุดภาพตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุด ที่ควรนำมาตรวจสอบด้วยสูตรตามหลักการของ Binominal probability theory ดังสมการต่อไปนี้

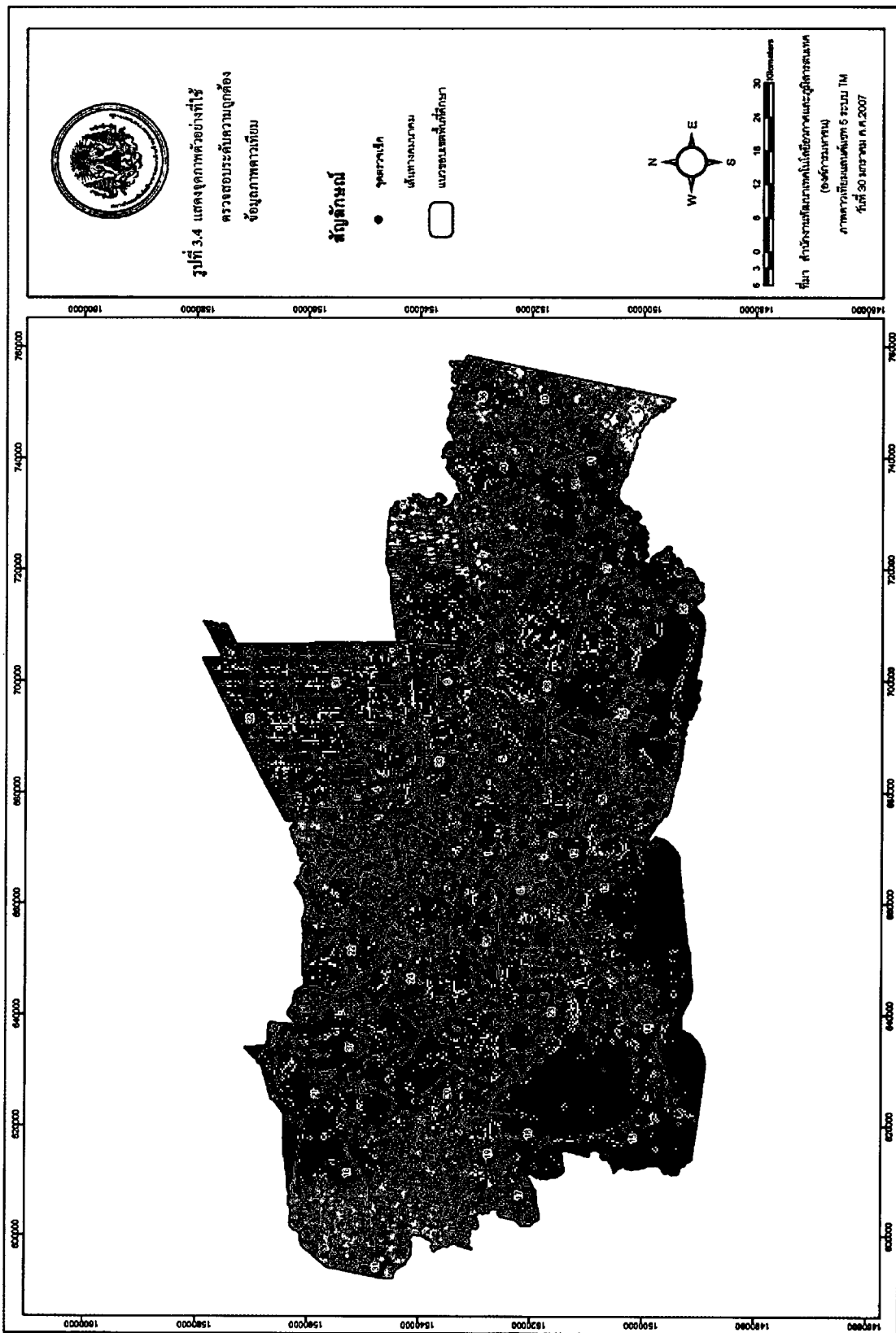
$$N = \frac{4(p)(q\sim)}{E^2}$$

โดย N	คือ	จำนวนจุดภาพอย่างน้อยที่สุดที่ควรจะใช้สุ่มเป็นตัวอย่าง
p	คือ	โอกาสความน่าจะเป็นที่จุดภาพนั้นน่าจะถูกต้อง
q~	คือ	ค่าความแตกต่างระหว่าง 100-p
E	คือ	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับ

ทั้งนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้โอกาสความน่าจะเป็นที่จุดภาพนั้นน่าจะถูกต้อง (p) เท่ากับ 90% และให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับ (E) เท่ากับ 10% ดังนั้น จำนวนจุดภาพอย่างน้อยที่สุดที่ควรจะใช้สุ่มเป็นตัวอย่าง (N) เท่ากับ 36 จุด (รูปที่ 3.4 และภาคผนวก ก)

3.3.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ด้วยวิธีที่นิยมกันมาก คือ การใช้ตาราง Confusion Matrix และการคำนวณค่าความถูกต้องรวม (Overall Accuracy) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความขาดหายไปหรือตกหล่น (Error of Omission) และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความเกินมาหรือมีข้อมูลอื่นปลอมปนอยู่ (Error of Commission) (Congalton, 1991)

การศึกษาครั้งนี้ ค่าความถูกต้องของข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper เมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2550 เปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนาม มีค่าเท่ากับ 86.11%

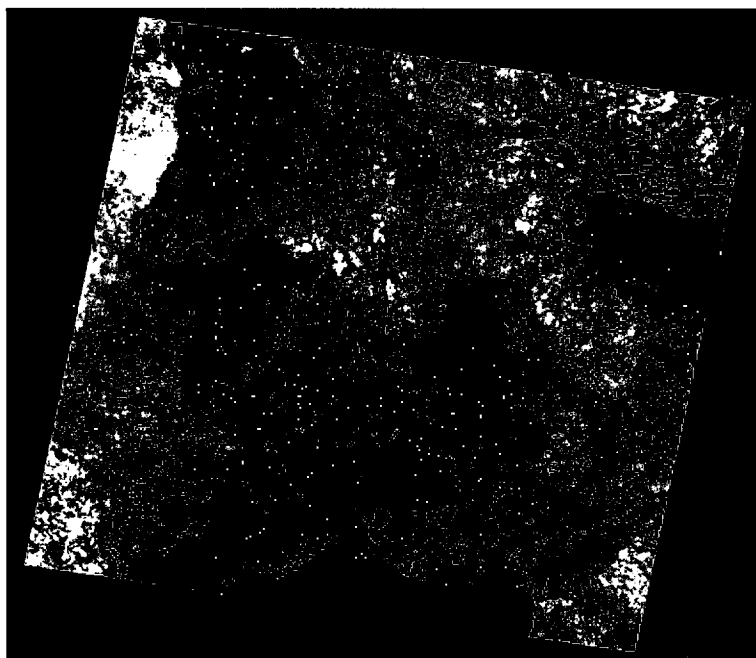


3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษารั้วนี้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper และการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode ร่วมกับข้อมูลตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ เพื่อได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะเป็นกลยุทธ์ในการจัดการเชิงพื้นที่ และจัดการสภาพแวดล้อมเมืองให้น่าอยู่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper

การใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper เพื่อประโยชน์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper จำนวน 3 แบนด์ คือ แบนด์ 3 แบนด์ 4 และแบนด์ 5 (ภาคผนวก ค) โดยเลือกใช้การทำสีผสม (ภาพสีเท็จ) กำหนดให้แบนด์ 4 สีแดง แบนด์ 5 สีเขียว และแบนด์ 3 สีน้ำเงิน จะได้รายละเอียดในการจำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 แสดงข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ Thematic Mapper บริเวณพื้นที่ศึกษา เมื่อวันที่ 30 มกราคม 2550 เวลา 14.30 น. โดยการทำสีผสม (สีเท็จ) แบนด์ 4-5-3

ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

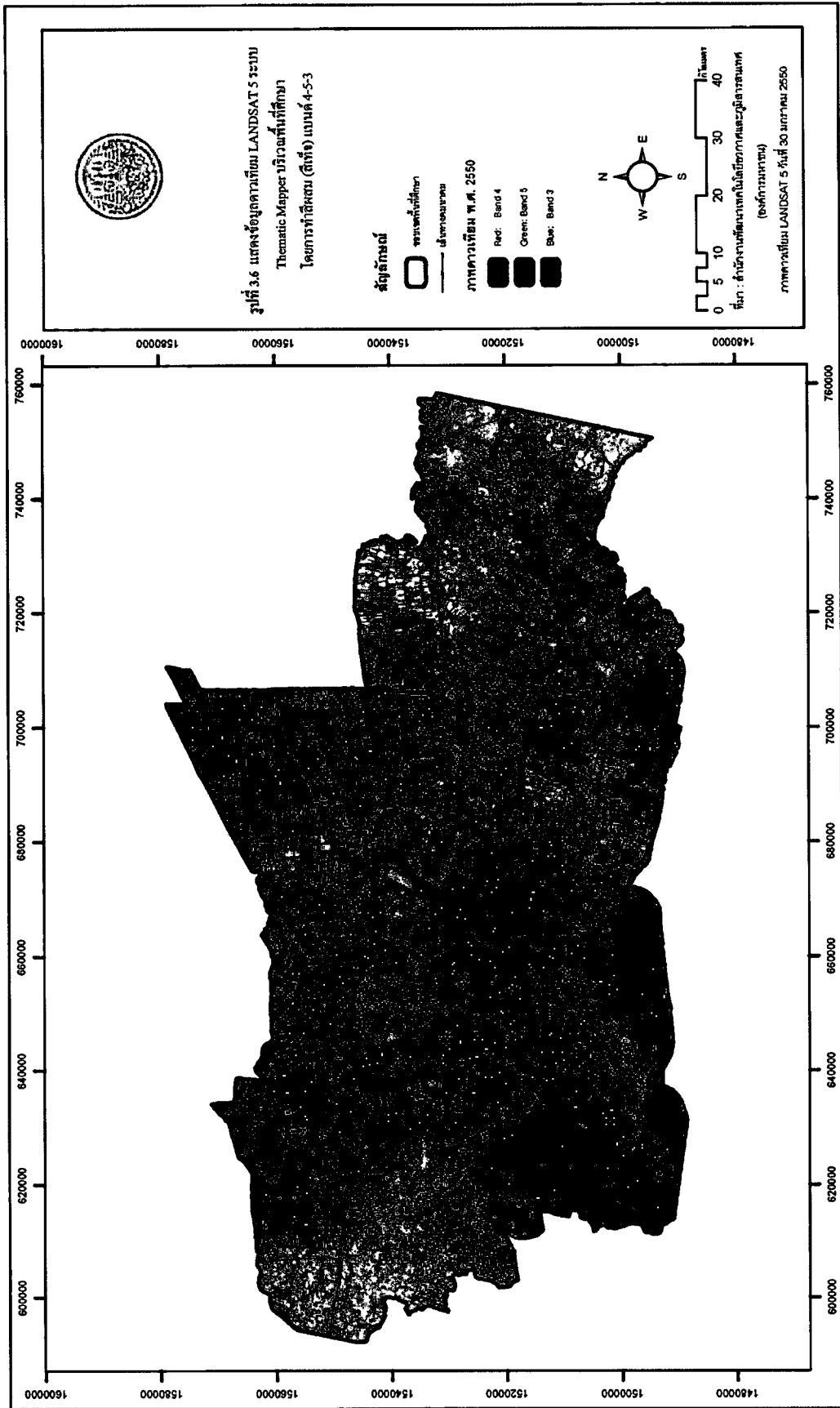
และวิธีการแปลภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีดังนี้ (รูปที่ 3.6)

1. การแก้ไขเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ภาพดาวเทียม โดยทั่วไปจะมีความคลาดเคลื่อนจากการหมุนของโลก ความโค้งของเปลือกโลก ความไม่สม่ำเสมอในการทรงตัวของดาวเทียม ความไม่สม่ำเสมอในการกวาดภาพ และลักษณะภูมิประเทศ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการปรับแก้ โดยการปรับแก้ต้องกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP : Ground Control Points) หรือจุดควบคุมทางราบ (Horizontal) โดยมีการอ้างอิงจุดต่างๆ จากแผนที่ภูมิประเทศ L7018 มาตราส่วน 1:50000 จุดควบคุมภาคพื้นดินควรเป็นจุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา เช่น บริเวณทางแยกของถนน จุดตัดของถนน และควรมีจุดควบคุมภาคพื้นดินประมาณ 9-10 จุด ครอบคลุมให้ทั่วภาพดาวเทียม ทำการกำหนดจุดและลงพิกัดโดยอ่านค่าพิกัดจากแผนที่ภูมิประเทศที่เป็นจุดเดียวกับภาพแล้วใช้ขั้นตอนในการตรึงภาพ (Warp) คือ การบิดภาพให้ถูกต้องตามพิกัดที่กำหนดไว้

2. การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) โดยการนำภาพดาวเทียมที่ตัดแก้เรียบร้อยแล้ว มาจำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้วิธี Supervised Classification แบบ Parallelepiped โดยขั้นแรกต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท โดยกำหนดประเภทของพื้นที่ที่มีค่าสะท้อนพลังงานสม่ำเสมอปรากฏเป็นสีเดียวกัน และสม่ำเสมอบนจอภาพ และกำหนดให้มีจำนวนจุดภาพมากพอสมควร เพื่อให้เป็นตัวแทนที่ดีของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท โดยอาจเลือกหลายๆ บริเวณบนภาพถ่ายโดยให้มีการกระจายตัวที่ดี ซึ่งสามารถจำแนกประเภทข้อมูลเป็น 8 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้

- ตัวเมืองและย่านการค้า
- ที่พักอาศัย
- อุตสาหกรรม
- เกษตรกรรม
- สวนสาธารณะและพื้นที่นันทนาการ
- ป่าไม้
- แหล่งน้ำ
- อื่นๆ

3. การปรับตกแต่งข้อมูลภายหลังการจำแนกข้อมูล (Post classification) เป็นการปรับแต่งประเภทของข้อมูลจากผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และถูกต้องตามความเป็นจริง ส่วนของข้อมูลที่กระจัดกระจายเป็นส่วนย่อยๆ ให้ดำเนินการทำ Filtering โดยวิธี Clump class เป็นการทำให้ข้อมูลจุดเล็กกลายเป็นข้อมูลหลัก และเป็นการรวมกลุ่มข้อมูลที่ใกล้เคียงกันให้เป็นกลุ่มเดียวกันเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์



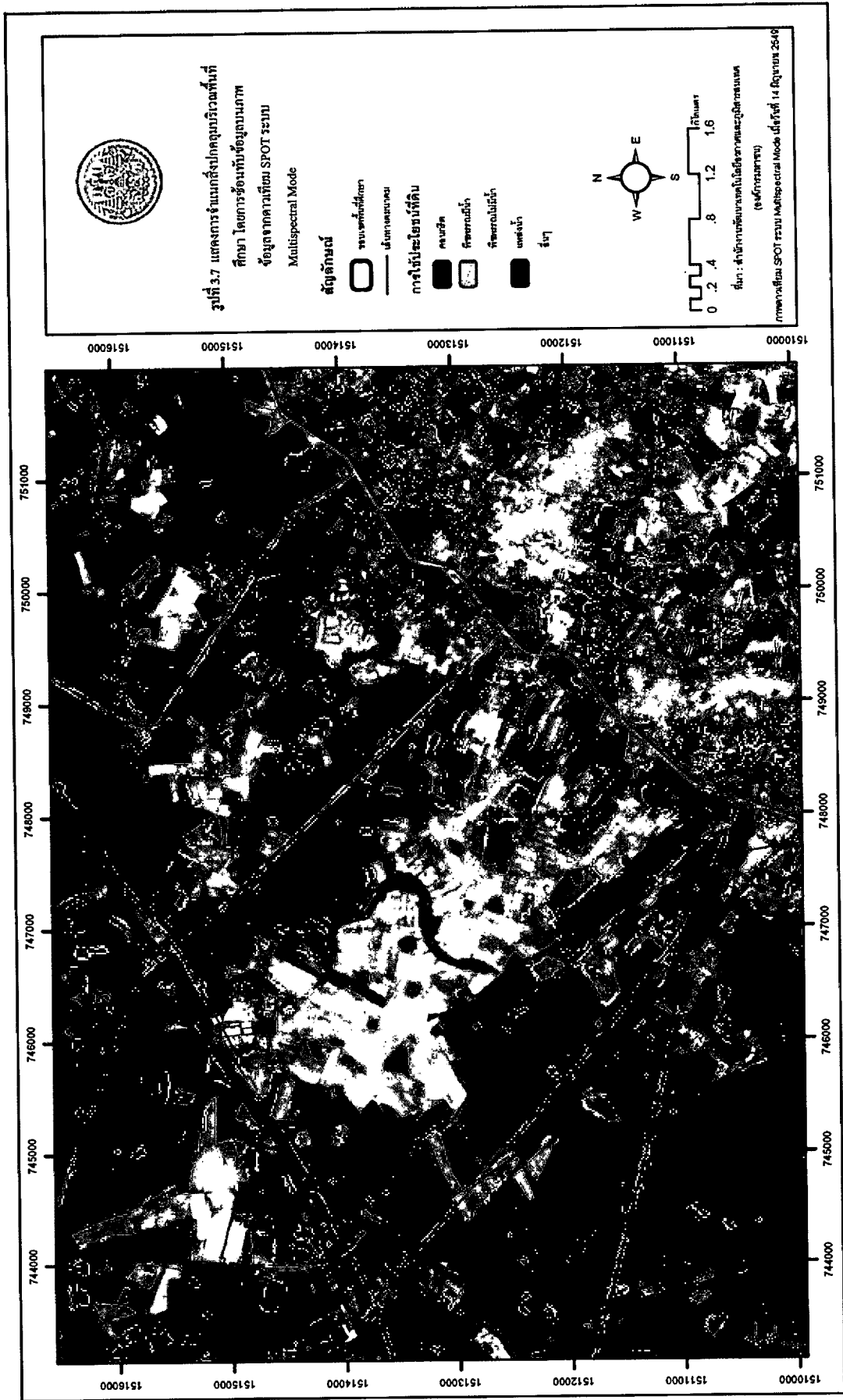
4. ทำการแปลงข้อมูลที่จำแนกแล้วจากข้อมูลจุดภาพ (Raster) เป็นข้อมูลตัวเลข (Vector) เพื่อไปใช้งานต่อในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการแปลงเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT

การใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode เพื่อประโยชน์เกี่ยวกับการแปลสิ่งปกคลุมของเมือง โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode จำนวน 3 ช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่น 1 ช่วงคลื่น 2 และช่วงคลื่น 3 (ภาคผนวก ค) จะได้รายละเอียดในการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมของเมือง และใช้วิธีการแก้ไขเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) และนำข้อมูลภาพที่ได้มาจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมด้วยสายตาร่วมกับการจำแนกด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และสามารถแบ่งสิ่งปกคลุมเมืองออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้ (รูปที่ 3.7)

- ประเภทคอนกรีต (ไม่ดูดซึมน้ำ)
- ประเภทพืชพรรณมีน้ำปะปน
- ประเภทพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน
- ประเภทแหล่งน้ำ
- ประเภทอื่นๆ

และนำข้อมูลภาพที่จำแนกแล้วจากข้อมูลจุดภาพ (Raster) มาดำเนินการเป็นข้อมูลตัวเลข (Vector) เพื่อไปใช้งานต่อในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการแปลงเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลตรวจวัดอุณหภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา



บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) และนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มาช่วยในการลดอุณหภูมิ และลดการใช้พลังงาน พร้อมหากลยุทธ์ในการจัดการเชิงพื้นที่ และแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อมให้น่าอยู่ของเมืองภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น สามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

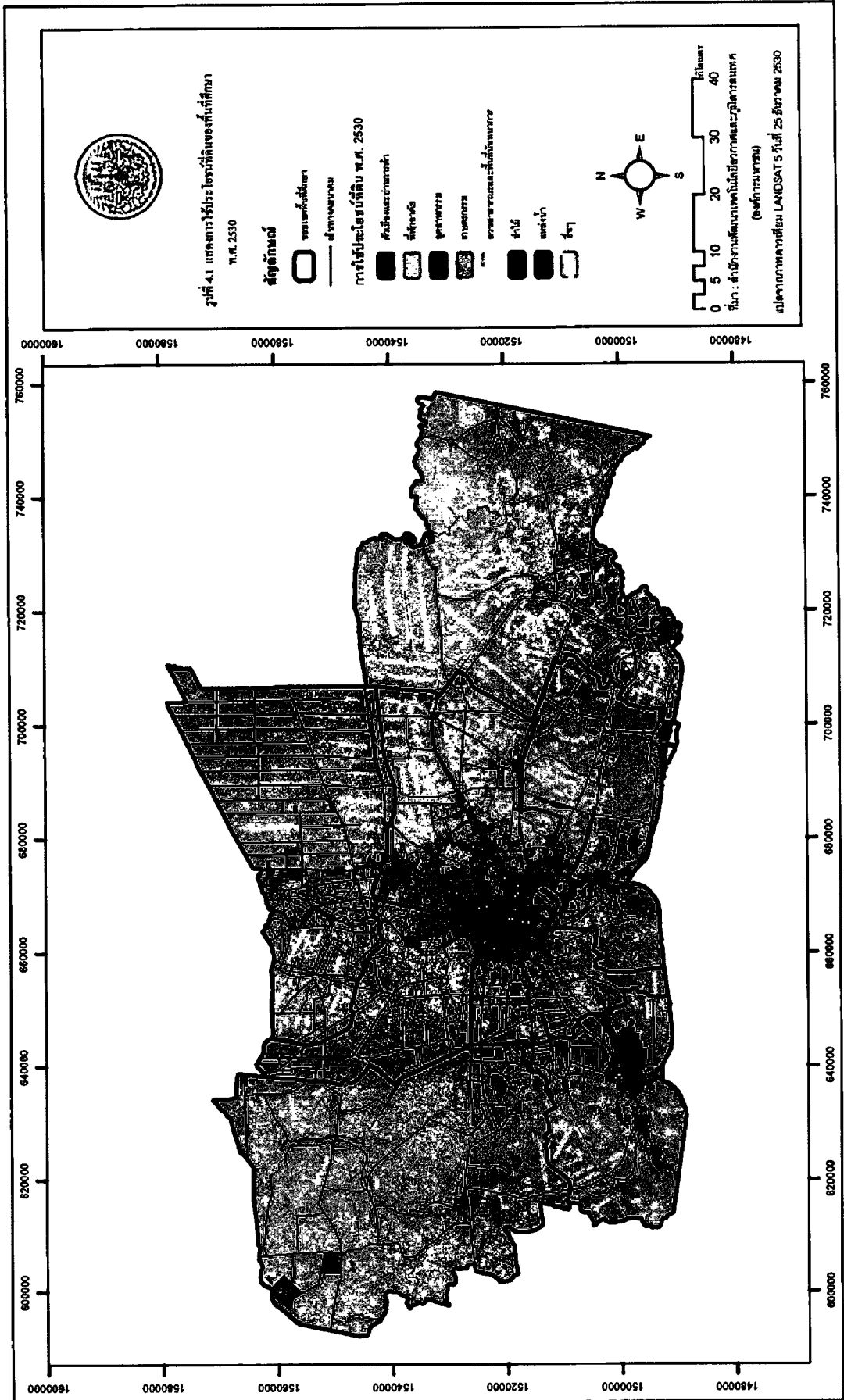
1. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
2. การเปรียบเทียบขนาดของเมืองและ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง เพื่อศึกษากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)
3. การบริหารจัดการปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) กับพื้นที่เมืองภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น

4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตามสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ส่วนใหญ่มีปัจจัยมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2530 - พ.ศ. 2550) (ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2550) มีขนาดพื้นที่ 9,728.275 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 8 ประเภท คือ เมืองและย่านการค้า ที่พักอาศัย อุตสาหกรรม เกษตรกรรม สวนสาธารณะ ป่าไม้ แหล่งน้ำ และอื่นๆ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2530

การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2530 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เพื่อเกษตรกรรม รองลงมาได้แก่ ที่พักอาศัย เมืองและย่านการค้า แหล่งน้ำ ป่าไม้ ตามลำดับ โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ น้อยที่สุด รายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1)



ตารางที่ 4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2530

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
เมืองและย่านการค้า	624.318	6.42
ที่พักอาศัย	737.125	7.58
อุตสาหกรรม	71.908	0.74
เกษตรกรรม	7,933.490	81.55
สวนสาธารณะและนันทนาการ	5.188	0.05
ป่าไม้	163.023	1.68
แหล่งน้ำ	187.596	1.93
อื่นๆ	5.625	0.06
รวม	9,728.275	100.00

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม มีพื้นที่ทั้งหมด 7,933.490 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 81.55 มีการกระจายตัวอยู่เกือบทั่วไป ยกเว้น บริเวณตอนในของกรุงเทพมหานคร และบริเวณพื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้าของแต่ละจังหวัด โดยรอบกรุงเทพมหานคร เกษตรกรรมส่วนใหญ่ที่พบในพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่นา พื้นที่สวน และบ่อเลี้ยงปลา ส่วนประเภทที่พักอาศัย มีพื้นที่ทั้งหมด 737.125 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.85 พบบริเวณโดยรอบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมืองและย่านการค้า มีการกระจายตัวตามเส้นทางคมนาคมขนส่ง ส่วนใหญ่มีทิศทางการกระจายตัวไปด้านเหนือ ด้านตะวันออก และด้านใต้ของกรุงเทพมหานคร ส่วนประเภทเมืองและย่านการค้า มีพื้นที่ทั้งหมด 624.318 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.42 ส่วนใหญ่พบบริเวณตอนในของกรุงเทพมหานคร รองลงมาคือ บริเวณตอนในของแต่ละจังหวัดโดยรอบกรุงเทพมหานคร ซึ่งในกรุงเทพมหานครมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างหนาแน่นมากที่สุด ส่วนประเภทแหล่งน้ำ มีพื้นที่ทั้งหมด 187.596 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.93 ประกอบด้วยแหล่งน้ำธรรมชาติประเภทแม่น้ำ คลอง บึง โดยแหล่งน้ำที่สำคัญคือ แม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งไหลผ่ากลางกรุงเทพมหานคร และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลองชลประทานและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากการทำการเกษตรและการคมนาคมขนส่ง เช่น จังหวัดปทุมธานี นนทบุรี เป็นต้น ส่วนประเภทป่าไม้ มีพื้นที่ทั้งหมด 163.023 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.68 พบบริเวณที่ติดชายทะเลของจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดสมุทรปราการ ป่าไม้ที่พบเป็นประเภทป่าชายเลน ส่วนจังหวัดฉะเชิงเทราพบบริเวณที่เป็นป่าไม้เพียงเล็กน้อย ส่วนประเภทอุตสาหกรรม มีพื้นที่ทั้งหมด 71.908 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.74 พบมากในจังหวัดสมุทรปราการ รองลงมาคือ จังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดปทุมธานี โรงงานอุตสาหกรรมที่พบส่วนใหญ่ที่พบเป็นโรงงาน

ประเภทแปรรูป สิ่งทอ ส่วนประเภทอื่นๆ มีพื้นที่ทั้งหมด 5.625 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.06 ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่กร้าง ส่วนใหญ่พบบริเวณรอบนอกของพื้นที่เมือง และประเภทสวนสาธารณะ มีพื้นที่ทั้งหมด 5.188 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.05 พบบริเวณตอนในของจังหวัด ส่วนใหญ่เป็นสวนสาธารณะประจำเมือง เช่น สวนลุมพินี เป็นต้น

4.1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2540

การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2540 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม รองลงมาได้แก่ ประเภทที่พักอาศัย ประเภทเมืองและย่านการค้า ประเภทแหล่งน้ำ ประเภทอุตสาหกรรม และประเภทป่าไม้ตามลำดับ โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทสวนสาธารณะและนันทนาการน้อยที่สุด (ภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ.2540

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
เมืองและย่านการค้า	725.485	7.46
ที่พักอาศัย	997.430	10.25
อุตสาหกรรม	93.484	0.96
เกษตรกรรม	7,665.989	78.80
สวนสาธารณะและนันทนาการ	7.051	0.07
ป่าไม้	67.102	0.69
แหล่งน้ำ	136.226	1.40
อื่นๆ	35.507	0.36
รวม	9,728.275	100.00

ทั้งนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2540 มีการเปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ. 2530 ดังนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม มีพื้นที่ทั้งหมด 7,665.989 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 78.80 มีสัดส่วนของพื้นที่ลดลงจาก คิดเป็นร้อยละ 3.372 เนื่องมาจากการขยายตัวของที่พักอาศัย ส่วนประเภทที่พักอาศัย มีพื้นที่ทั้งหมด 997.430 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.25 มีสัดส่วนของพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 35.314 ส่วนประเภทเมืองและย่านการค้า มีพื้นที่ทั้งหมด 725.485 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.46 มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.304 ส่วนประเภทแหล่งน้ำ มีพื้นที่ทั้งหมด 136.226 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.40 มีสัดส่วนพื้นที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ

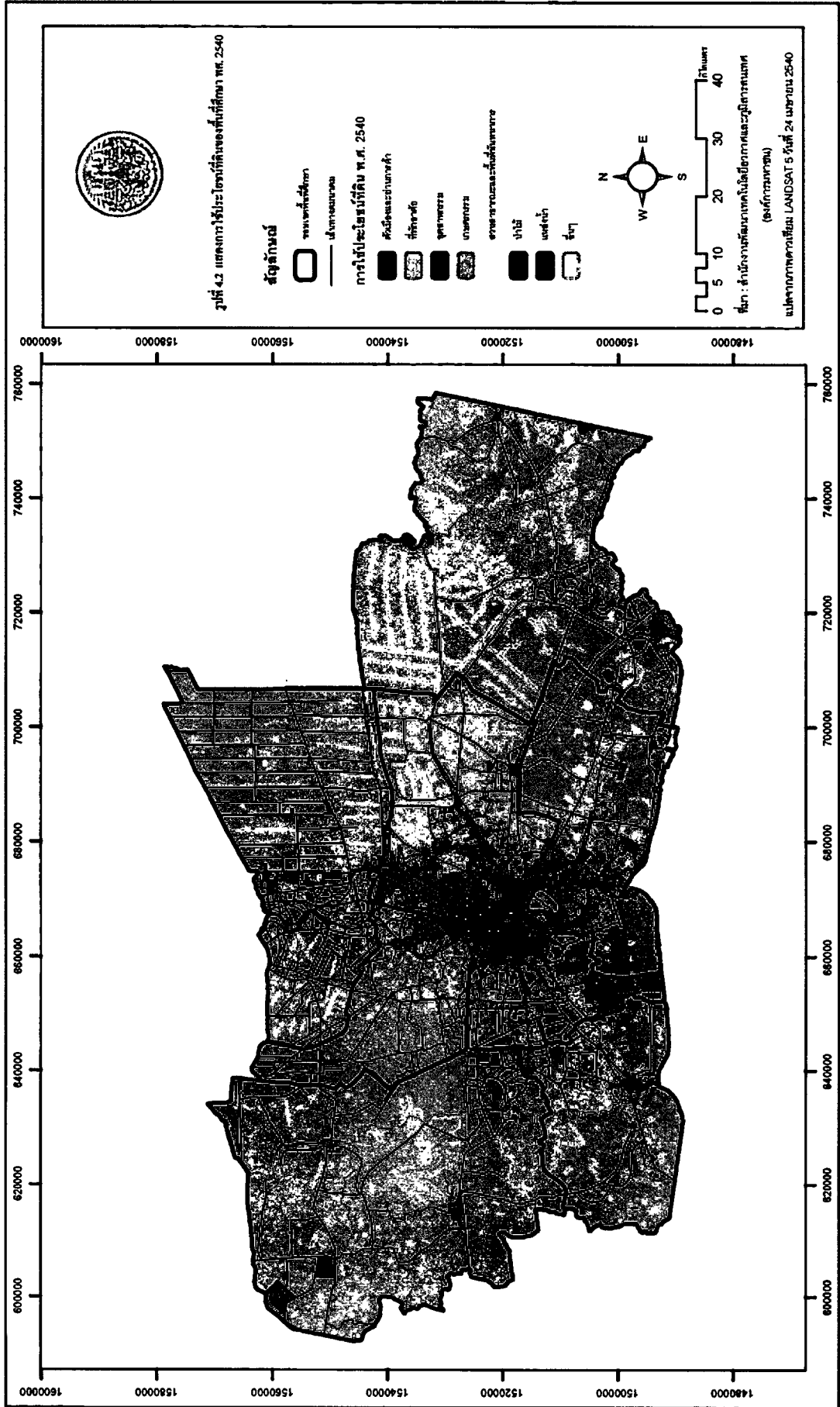
27.384 เนื่องมาจากการขยายตัวของเส้นทางคมนาคม เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง ส่วนประเภทอุตสาหกรรม มีพื้นที่ทั้งหมด 93.484 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.96 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 30.005 ส่วนประเภทป่าไม้ มีพื้นที่ทั้งหมด 67.102 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.69 มีสัดส่วนพื้นที่ลดลงเป็นจำนวนมาก คิดเป็นร้อยละ 58.839 เนื่องมาจากการขยายตัวของเมืองและย่านการค้า โรงงานอุตสาหกรรม และที่พักอาศัย ส่วนประเภทอื่นๆ มีพื้นที่ทั้งหมด 35.507 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.36 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 5 เท่าจากเดิม ส่วนประเภทสวนสาธารณะ มีพื้นที่ทั้งหมด 7.051 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.07 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 35.921

4.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550

การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม รองลงมาได้แก่ เพื่อที่พักอาศัย เพื่อเมืองและย่านการค้า อุตสาหกรรม แหล่งน้ำ อื่นๆ ตามลำดับ โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทสวนสาธารณะและนันทนาการน้อยที่สุด (ภาพที่ 4.3 และตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2550

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
เมืองและย่านการค้า	932.417	9.58
ที่พักอาศัย	1,729.798	17.78
อุตสาหกรรม	194.298	2.00
เกษตรกรรม	6,553.260	67.36
สวนสาธารณะและนันทนาการ	12.140	0.12
ป่าไม้	91.00	0.94
แหล่งน้ำ	108.556	1.12
อื่นๆ	106.806	1.10
รวม	9,728.275	100.00



ทั้งนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2550 มีการเปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ. 2540 ดังนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม มีพื้นที่ทั้งหมด 6,553.260 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 67.36 มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง คิดเป็นร้อยละ 14.515 ส่วนประเภทที่พักอาศัย มีพื้นที่ทั้งหมด 1,729.798 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.78 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 73.426 ส่วนประเภทเมืองและย่านการค้า มีพื้นที่ทั้งหมด 932.417 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.58 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 28.523 ส่วนประเภทอุตสาหกรรม มีพื้นที่ทั้งหมด 194.298 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.00 มีสัดส่วนของพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 1 เท่าจากเดิม ส่วนประเภทแหล่งน้ำ มีพื้นที่ทั้งหมด 108.556 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.12 มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง คิดเป็นร้อยละ 20.331 ส่วนประเภทอื่นๆ มีพื้นที่ทั้งหมด 106.806 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.10 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 71.299 ส่วนประเภทป่าไม้ มีพื้นที่ทั้งหมด 91.00 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.94 มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 35.614 และประเภทสวนสาธารณะ มีพื้นที่ทั้งหมด 12.140 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.12 มีสัดส่วนของพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.169

4.1.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2530 - พ.ศ. 2550)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการวิเคราะห์จากการซ้อนทับ (Overlay Technique) ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อที่พักอาศัย ตัวเมืองและย่านการค้า และอุตสาหกรรม (ตารางที่ 4.4)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2530-พ.ศ. 2550) มีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้ ประเภทเมืองและย่านการค้า มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 49.350 ส่วนประเภทที่พักอาศัย มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นถึง 1.34 เท่า ส่วนประเภทอุตสาหกรรม มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 1.70 เท่า ส่วนประเภทเกษตรกรรม มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง คิดเป็นร้อยละ 17.398 ส่วนสวนสาธารณะมีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 1.34 เท่า ส่วนประเภทป่าไม้ มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง คิดเป็นร้อยละ 44.180 ส่วนประเภทแหล่งน้ำ มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง คิดเป็นร้อยละ 42.133 และประเภทอื่นๆ มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 17.98 เท่า

ทั้งนี้ สรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่พักอาศัยมีการเพิ่มขึ้นตลอด เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนี้จะสัมพันธ์กับเส้นทางคมนาคม กล่าวคือ ในช่วงแรกๆ เมืองมีรูปร่างแนวเส้นตรงโดยการเกาะกลุ่มอยู่บริเวณตามแนวของแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักในอดีตก่อนที่ระบบการคมนาคมทางถนนจะได้รับการพัฒนาขึ้น ต่อมาการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนี้มีการกระจายไปตามแนวเส้นถนนเช่นกัน ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ลดลง คือการใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรม ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ซึ่งจากการแปลค่าของสภาพดาวเทียมที่ไม่ได้อยู่ในช่วงเวลา (ฤดูกาล) เดียวกันนั้น ทำให้พื้นที่ที่เกี่ยวเนื่องผลผลิตทางการเกษตรไปแล้วกลายเป็นพื้นที่โล่ง ดังนั้น ค่าที่ได้จากการแปลสภาพดาวเทียมประเภทพื้นที่ว่างเปล่าใน พ.ศ. 2530 มีพื้นที่มากกว่าในช่วงปีอื่นๆ แต่หากนำค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งสองมารวมกันเพื่อดูแนวโน้มของการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า พื้นที่มีแนวโน้มที่ลดลง จึงคาดการณ์ได้ว่าพื้นที่เมืองและย่านการค้าที่เพิ่มขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่โล่งกลายเป็นพื้นที่เมืองและย่านการค้า

ทั้งนี้ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2530-2550) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้วัสดุปกคลุมดินเปลี่ยนแปลงไปก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ในเมือง และยังส่งผลกระทบต่อระดับความรุนแรงของ

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบงบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2530 – พ.ศ. 2550

ประเภท การใช้ประโยชน์ ที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน			การเปลี่ยนแปลง					
	พ.ศ. 2530	พ.ศ. 2540	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2530 - 2540		พ.ศ. 2540 - 2550		พ.ศ. 2530 - 2550	
	พื้นที่ (ตร. กม.)	พื้นที่ (ตร. กม.)	พื้นที่ (ตร. กม.)	(ตร. กม.)	ร้อยละ	(ตร. กม.)	ร้อยละ	(ตร. กม.)	ร้อยละ
เมืองและย่านการค้า	624.318	725.485	932.417	+101.167	+16.204	+206.932	+28.523	+308.099	+49.350
ที่พักอาศัย	737.125	997.430	1,729.798	+260.305	+35.314	+732.368	+73.426	+992.673	+134.668
อุตสาหกรรม	71.908	93.484	194.298	+21.576	+30.005	+100.814	+107.840	+122.389	+170.201
เกษตรกรรม	7,933.490	7,665.989	6,553.260	-267.501	-3.372	-1,112.73	-14.515	-1,380.230	-17.398
สวนสาธารณะ	5.188	7.051	12.140	+1.863	+35.921	+5.089	+72.169	+6.952	+134.013
ป่าไม้	163.023	67.102	91.000	-95.921	-58.839	+23.898	+35.614	-72.023	-44.180
แหล่งน้ำ	187.596	136.266	108.556	-51.371	-27.384	-27.669	-20.311	-79.040	-42.133
อื่นๆ	5.625	35.507	106.806	+29.882	+531.211	+71.299	+200.802	101.181	+1,798.696

หมายเหตุ : การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินคำนวณจากความแตกต่างของพื้นที่ระหว่างช่วงปีที่ใช้ในการศึกษาในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

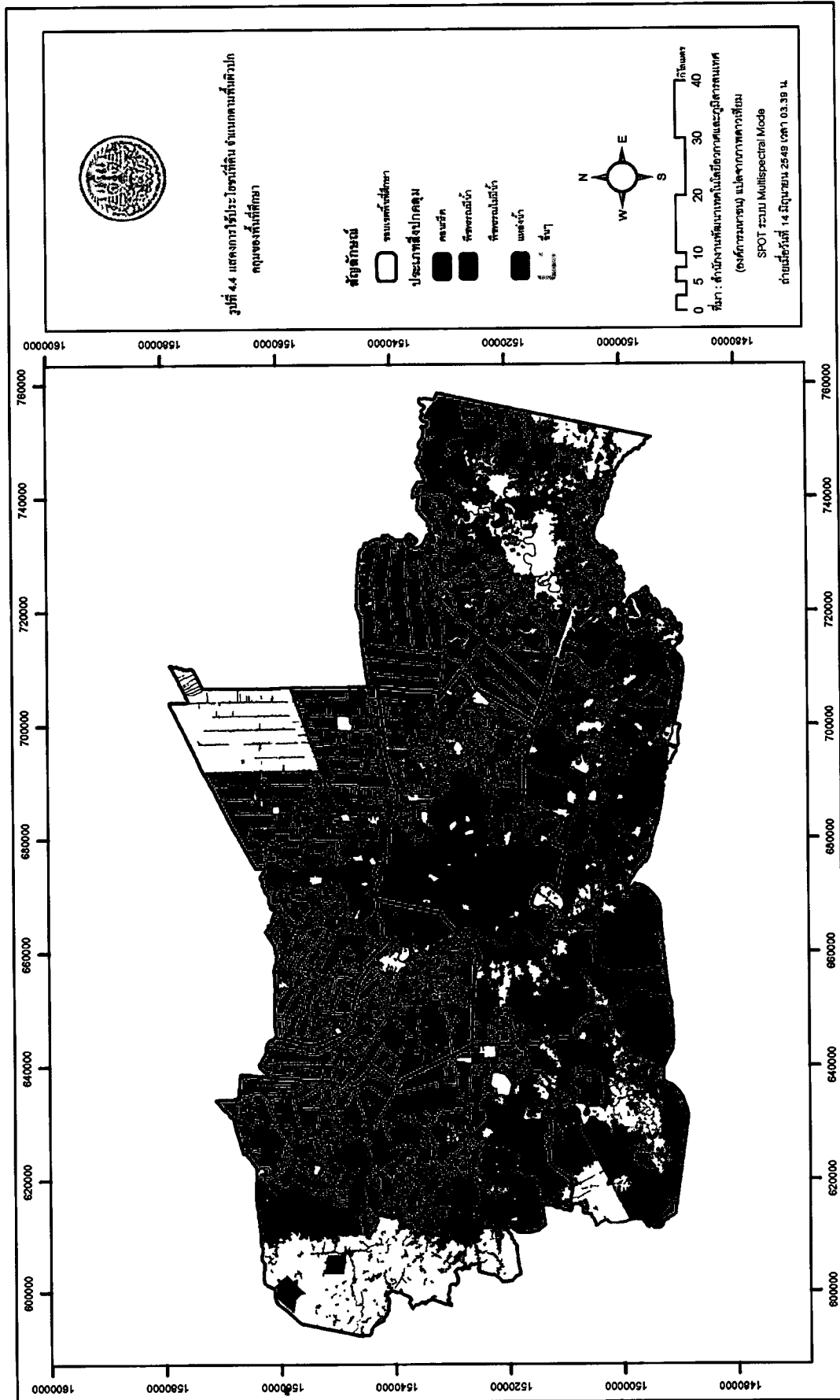
+ คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มขึ้น - คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลง

ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) (Aya Kagoshima, Jun Tanimoto and Tadahisa Katayama, n.d.) โดยเฉพาะบริเวณที่ไม่มีร่มเงา วัสดุปกคลุมเป็นประเภทคอนกรีตและแอสฟัลต์ เช่น พื้นที่โล่ง ลานจอดรถ จะมีระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มากกว่าบริเวณที่มีร่มเงา และวัสดุปกคลุมเป็นประเภทพืชพรรณและแหล่งน้ำ เพราะพืชพรรณสามารถให้ร่มเงา และช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารและชุมชนโดยรอบ เช่น การลดใช้เครื่องปรับอากาศ (Keisuke Hanaki and Osamu Koide, 1998 / Tadahisa Katayama, 1997 / Greg Mc Pherson, และจริษา ปัญญวัฒน์ และคณะ, 2542)

4.2 การเปรียบเทียบขนาดของเมืองและ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง เพื่อศึกษากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

ขนาดของเมืองและ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง มีผลต่อระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) โดยพบว่าเมืองที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างและจำนวนประชากรมาก หรืออาจกล่าวได้ว่า พื้นที่ของเมืองส่วนใหญ่มีพื้นผิวปกคลุมด้วยคอนกรีต แอสฟัลต์ และกระจก ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ดูดซึมน้ำ ไม่สะท้อนแสง และมีผิวมันวาว จะมีระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มากกว่า และมักจะเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนได้หลายบริเวณได้มากกว่าเมืองที่มีขนาดเล็ก และส่งผลให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นสูงขึ้นกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยรอบ (Jean Gottman อ้างใน Paul R. Baumam, 2001)

การใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามสิ่งปกคลุมของพื้นที่ศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่มีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณมีน้ำปะปน มีสัดส่วนพื้นที่ 3,810.9261 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.17 รองลงมาคือ แบบคอนกรีต มีสัดส่วนพื้นที่ 3,005.6461 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 30.90 แบบแหล่งน้ำ มีสัดส่วนพื้นที่ 1,563.6732 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.07 แบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน มีสัดส่วนพื้นที่ 1,335.1541 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.72 และอื่นๆ มีสัดส่วนพื้นที่ 12.8367 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.13 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4)



ตารางที่ 4.5 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามสิ่งปกคลุมของพื้นที่ศึกษา

ประเภทสิ่งปกคลุม	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
คอนกรีต	3,005.6461	30.90
พืชพรรณแบบมีน้ำปะปน	3,810.9621	39.17
พืชพรรณแบบไม่มีน้ำปะปน	1,335.1541	13.72
แหล่งน้ำ	1,563.6732	16.07
อื่นๆ	12.8367	0.13
รวม	9,728.285	100.00

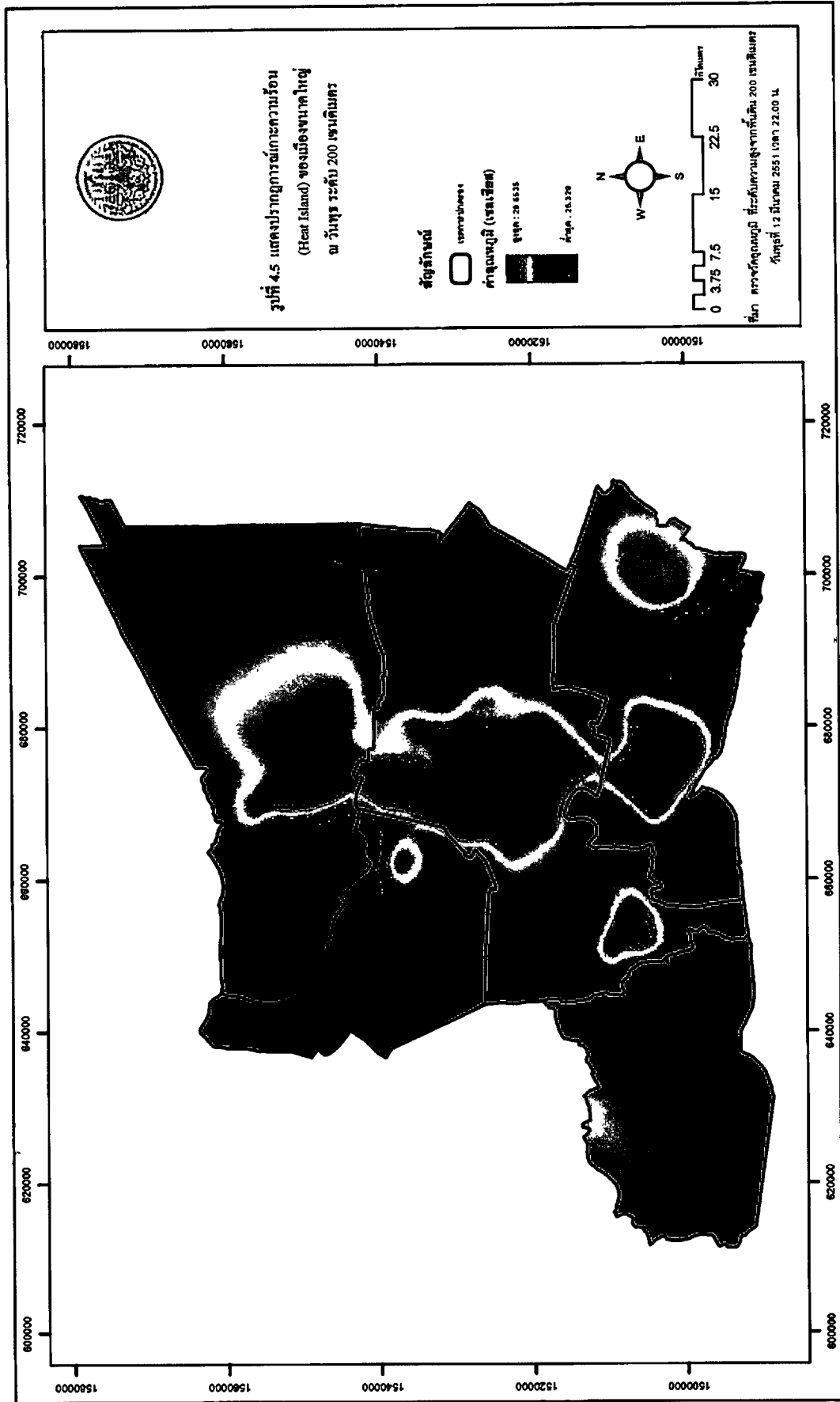
4.2.1 เมืองขนาดใหญ่

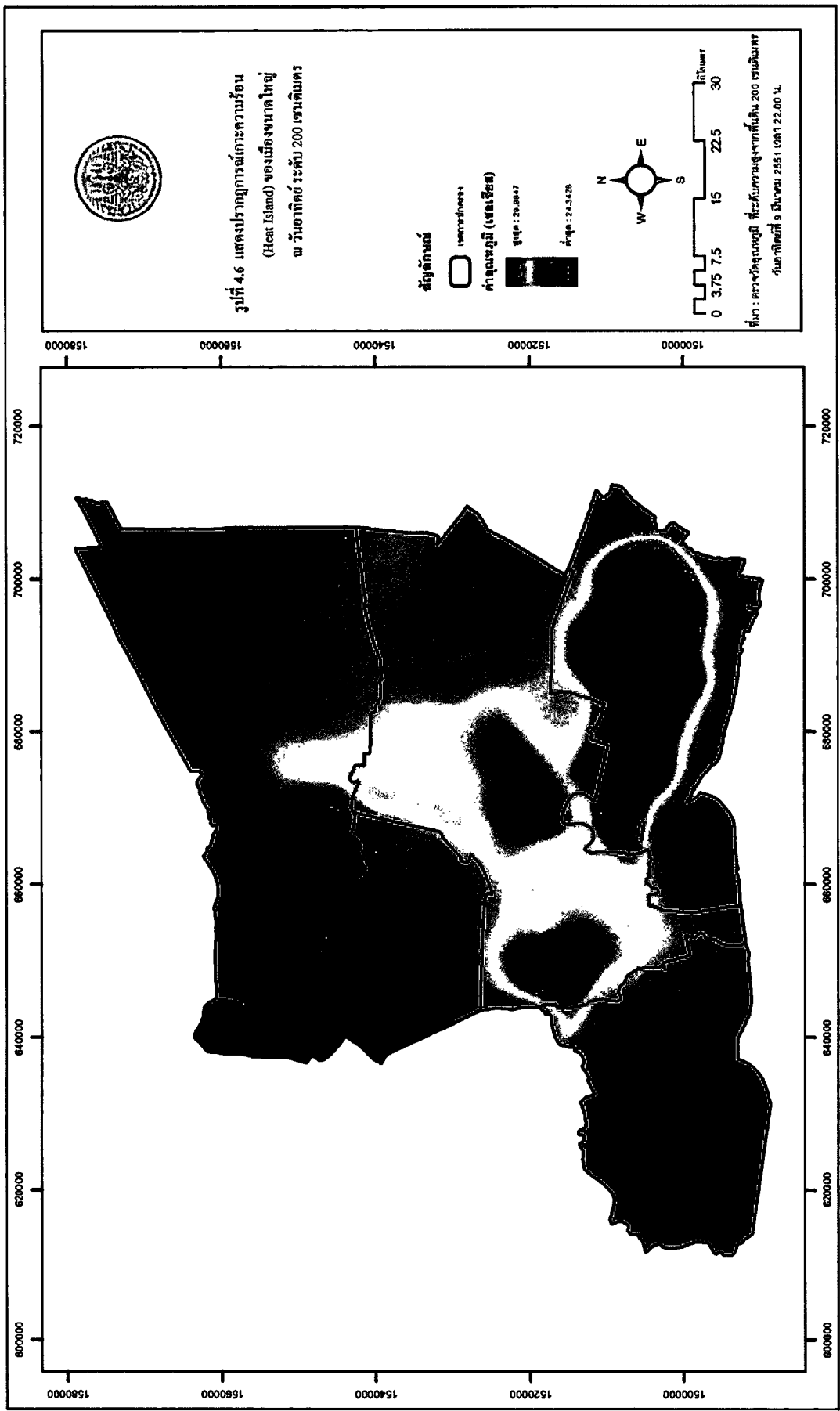
เมืองขนาดใหญ่ ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร พบว่า ส่วนใหญ่มีสิ่งปกคลุมแบบคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 38.97 รองลงมาคือแบบพืชพรรณมีน้ำปะปน คิดเป็นร้อยละ 32.08 แบบแหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 17.83 แบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน คิดเป็นร้อยละ 11.12 และแบบอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 0.003 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดใหญ่

ประเภทสิ่งปกคลุม	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
คอนกรีต	2,077.7145	38.97
พืชพรรณแบบมีน้ำปะปน	1,710.7203	32.08
พืชพรรณแบบไม่มีน้ำปะปน	593.0887	11.12
แหล่งน้ำ	950.5940	17.83
อื่นๆ	0.0170	0.0003
รวม	5,332.1345	100.00

จากการศึกษาพบว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดใหญ่ กระจายอยู่ในกรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดปทุมธานี โดยมีระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) อยู่ในแนวถนนวิภาวดีรังสิต และถนนสายบางนา-ตราด



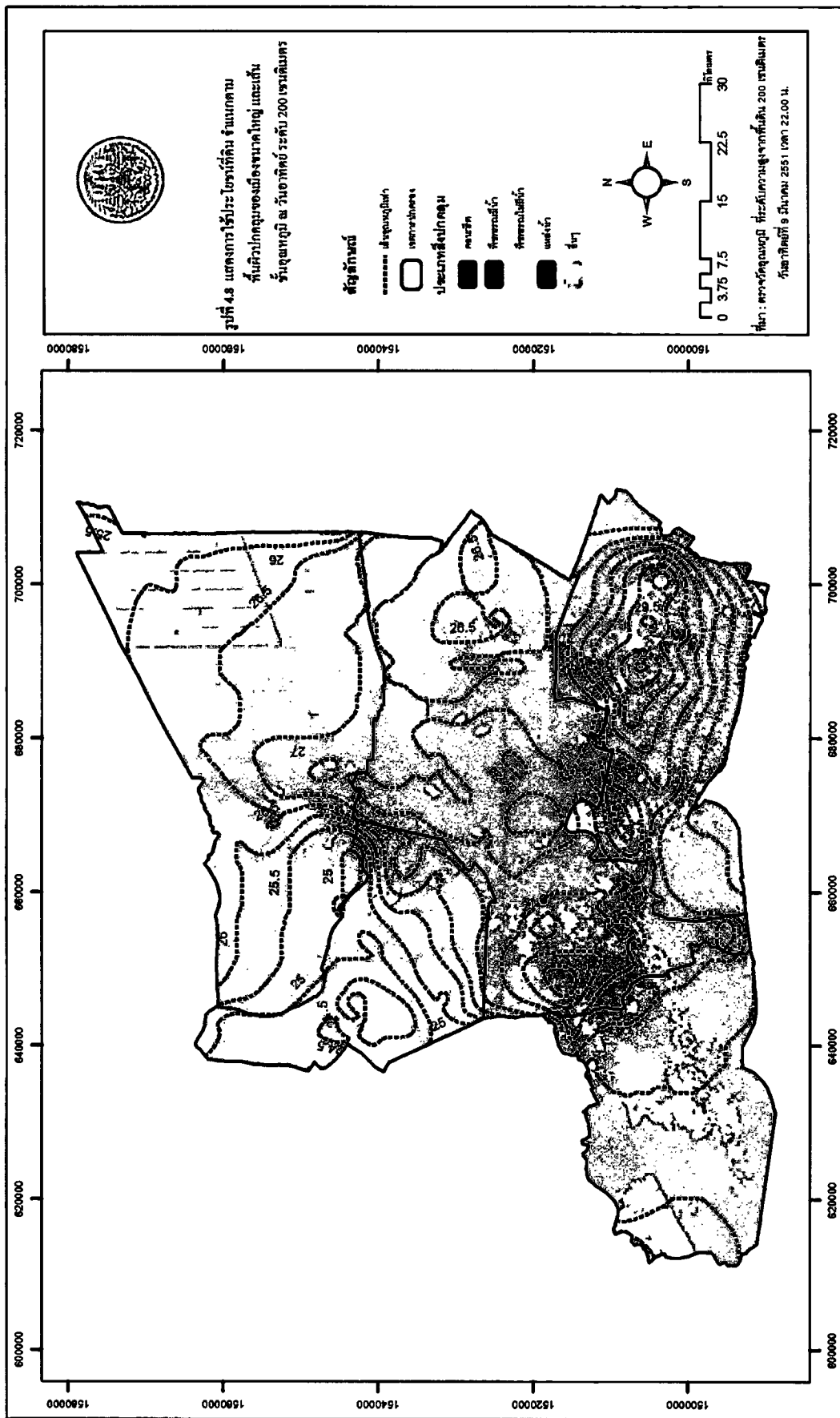


และเมื่อพิจารณาตามลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนในเมืองขนาดใหญ่ ในวันที่แตกต่างกันในสัปดาห์ พบว่า ความแตกต่างของวันมีผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ อุณหภูมิอากาศที่ระดับการตรวจวัดเท่ากัน คือ ระดับ 200 เซนติเมตรจากพื้นดิน โดยมีความแตกต่างดังนี้

- วันพุธ มีพิสัยของอุณหภูมิเท่ากับ 25.5-31.1 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิค่าสุดพบในบริเวณชายฝั่งทะเลอำเภอบางบ่อ อำเภอบางพลี และอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีสิ่งปกคลุมแบบแหล่งน้ำ กิจกรรมในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นการเกษตรประเภทเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น นากุ้ง กระชังปลา และบ่อปลา รวมถึงการมีอาณาบริเวณติดอ่าวไทย จึงรับอิทธิพลจากลมบกลมทะเล ช่วยให้อุณหภูมิในบริเวณดังกล่าวต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ และมีระดับอุณหภูมิสูงสุด คือ 31.1 องศาเซลเซียส ในบริเวณถนนวิภาวดีรังสิต โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ใต้ทางยกระดับโทลเวย์ และอุณหภูมิจากเมืองสูงกว่าพื้นที่บริเวณโดยรอบ โดยมีพิสัยเท่ากับ 5.6 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.5)

- วันอาทิตย์ มีพิสัยอุณหภูมิ เท่ากับ 24.5-30 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิค่าสุดพบในบริเวณอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งมีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณมีน้ำปะปนเป็นส่วนใหญ่ กิจกรรมในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นการเกษตรประเภทนาข้าว และมีระดับอุณหภูมิสูงสุด คือ 29.5 องศาเซลเซียส ในบริเวณถนนบางนาโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ใต้ทางยกระดับโทลเวย์ และอุณหภูมิจากเมืองสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ โดยมีพิสัยเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.6)

จากการศึกษาพบว่า เมืองขนาดใหญ่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ซึ่งมีรูปแบบเชิงพื้นที่ค่อนข้างกลม (János Unger and Zoltán Sümegehy, n.d.) ในบริเวณที่มีสิ่งปกคลุมเป็นคอนกรีตและแอสฟัลต์ ซึ่งมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นตัวเมืองและย่านการค้า การขยายตัวของเมืองเป็นแบบเกาะกลุ่ม โดยขยายเป็นบริเวณกว้างจากกรุงเทพมหานครต่อเนื่องไปยังอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ และอำเภอกระทุ่มแบน อำเภอบ้านแพ้ว อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งมีแนวถนนสายหลักของเมืองเป็นแกนในการเชื่อมต่อและขยายตัวของเมือง เช่น ถนนบางนา-ตราด ถนนลำลูกกา ถนนรังสิต-องครักษ์ และระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) จะลดต่ำลงเมื่อมีระยะห่างออกไป พบในบริเวณที่มีสิ่งปกคลุมเป็นแบบพืชพรรณทั้งมีน้ำปะปนและไม่มีน้ำปะปน และแหล่งน้ำ โดยสิ่งปกคลุมแบบแหล่งน้ำจะมีระดับอุณหภูมิต่ำสุด รองลงมาคือ สิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณมีน้ำปะปน และพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน ทั้งนี้ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดของทั้ง 2 วัน พบบริเวณภายใต้สิ่งปกคลุมชนิดเดียวกัน คือ บริเวณภายใต้ทางยกระดับ ซึ่งมีโครงสร้างปิดกั้นการระบายความร้อนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้ค่าอุณหภูมิในบริเวณดังกล่าวมีค่าสูงสุด และมีค่าอุณหภูมิจากเมืองของทั้ง 2 วันมีความแตกต่างกัน เท่ากับ 1-1.6 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8)



4.2.2 เมืองขนาดกลาง

เมืองขนาดกลาง คือ นครปฐม พบว่า ส่วนใหญ่มีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณมีน้ำปะปน คิดเป็นร้อยละ 34.94 รองลงมาคือ แบบคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 26.15 แบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน คิดเป็นร้อยละ 22.07 แบบแหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 16.43 และแบบอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 0.42 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดกลาง

ประเภทสิ่งปกคลุม	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
คอนกรีต	544.0845	26.15
พืชพรรณแบบมีน้ำปะปน	727.0350	34.94
พืชพรรณแบบไม่มีน้ำปะปน	459.2069	22.07
แหล่งน้ำ	342.8592	16.43
อื่นๆ	8.6421	0.42
รวม	2,080.8637	100.00

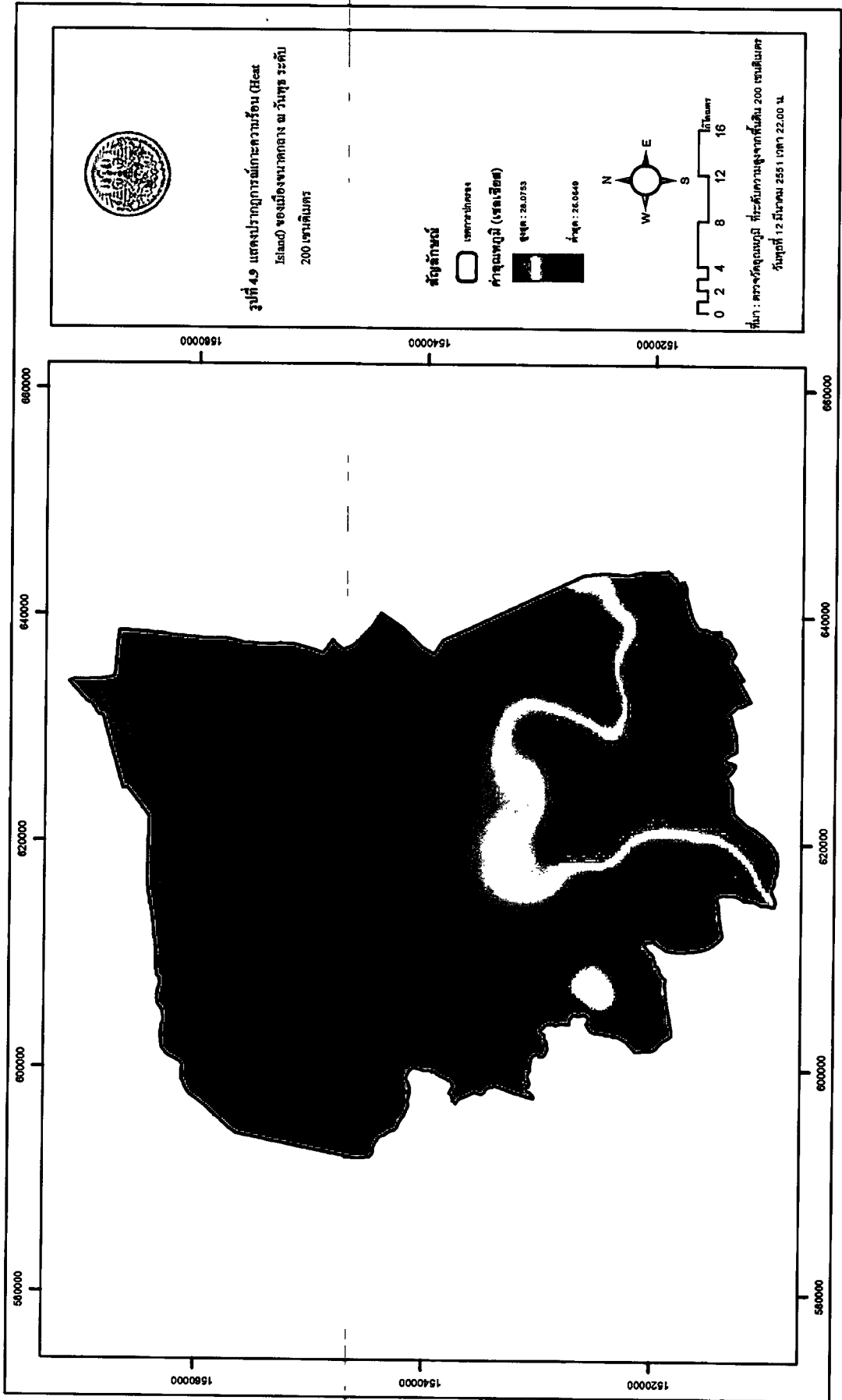
จากการศึกษาพบว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดกลาง กระจายอยู่ด้านทิศใต้ของเมือง บริเวณอำเภอสามพราน โดยมีอาณาเขตติดกับจังหวัดสมุทรสาคร และเมื่อพิจารณาตามลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนในเมืองขนาดกลาง ในวันที่แตกต่างกันใน สัปดาห์ พบว่า ความแตกต่างของวันมีผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ อุณหภูมิอากาศที่ระดับ การตรวจวัดเท่ากัน คือ ระดับ 200 เซนติเมตรจากพื้นดิน โดยมีความแตกต่างดังนี้

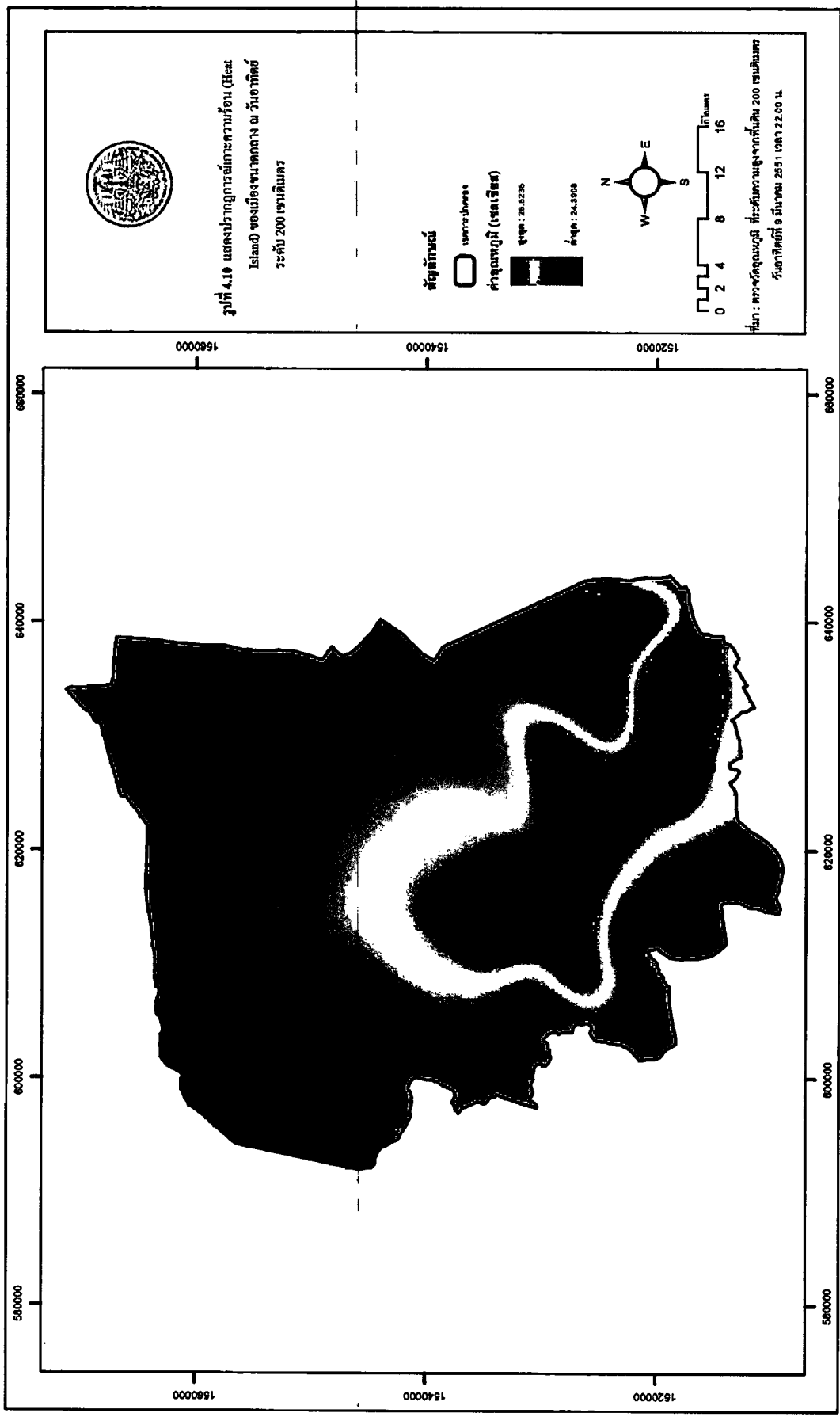
- วันพุธ มีพิสัยอุณหภูมิ คือ 26.5-28 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุดพบใน ก่อนไปทางทิศใต้ ซึ่งมีสิ่งปกคลุมแบบคอนกรีต กิจกรรมในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็น อุตสาหกรรม และที่พักอาศัย และมีระดับอุณหภูมิสูงสุด คือ 28 องศาเซลเซียส ในบริเวณพื้นที่ อำเภอสามพรานและอำเภอนครชัยศรี มีอุณหภูมิของเมืองสูงกว่าพื้นที่บริเวณโดยรอบ โดยมีพิสัย เท่ากับ 1.5 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.9)

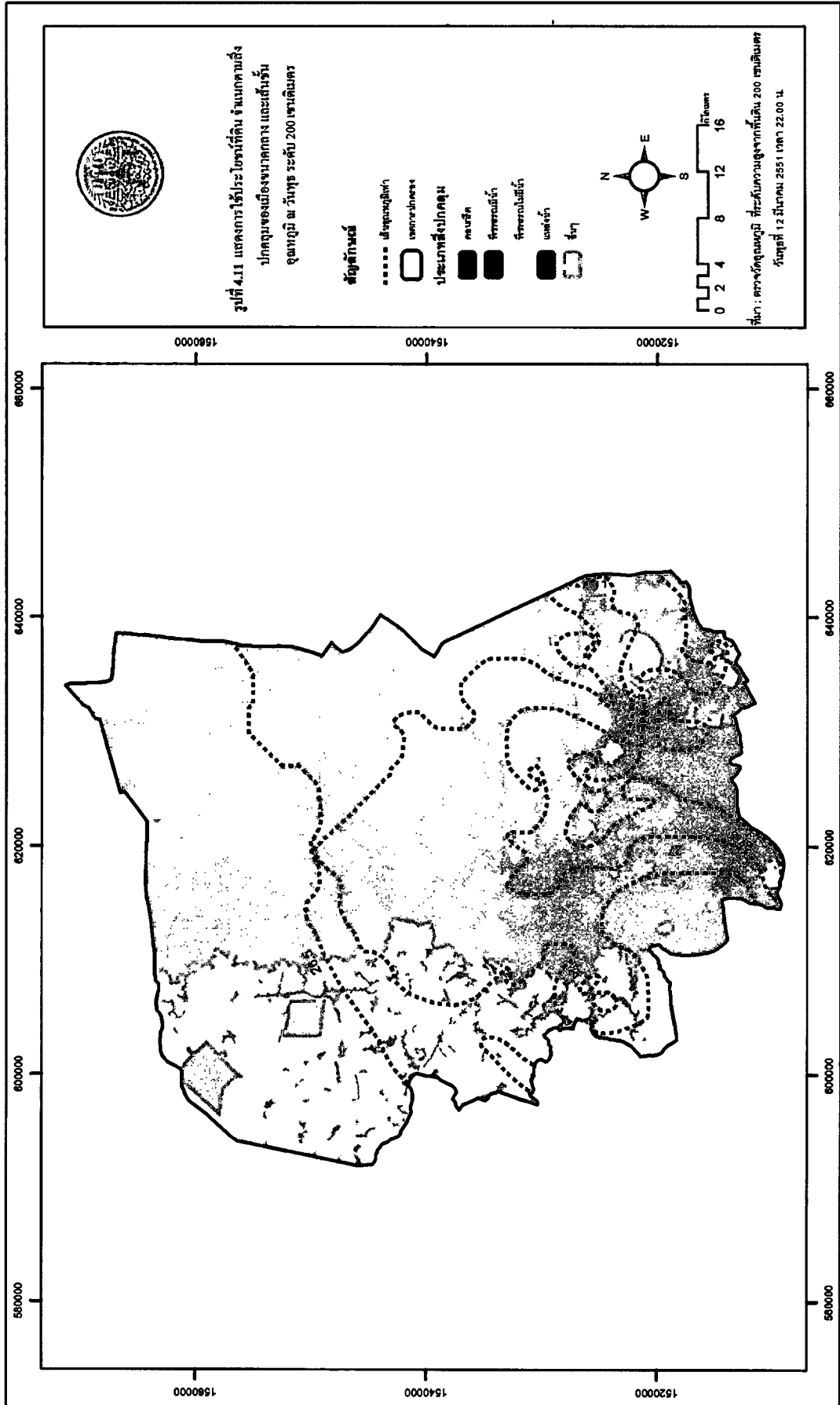
- วันอาทิตย์ มีพิสัยอุณหภูมิ เท่ากับ 24.5-28.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุด พบบริเวณอำเภอกำแพงแสน ซึ่งมีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปนเป็นส่วนใหญ่ กิจกรรม ในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นการเกษตรประเภทพืชไร่ และมีระดับอุณหภูมิสูงสุด คือ 28.5 องศาเซลเซียส ในบริเวณถนนบรมราชชนนี มีกิจกรรมประเภทที่พักอาศัย ซึ่งเป็นผลพวงมาจากการ

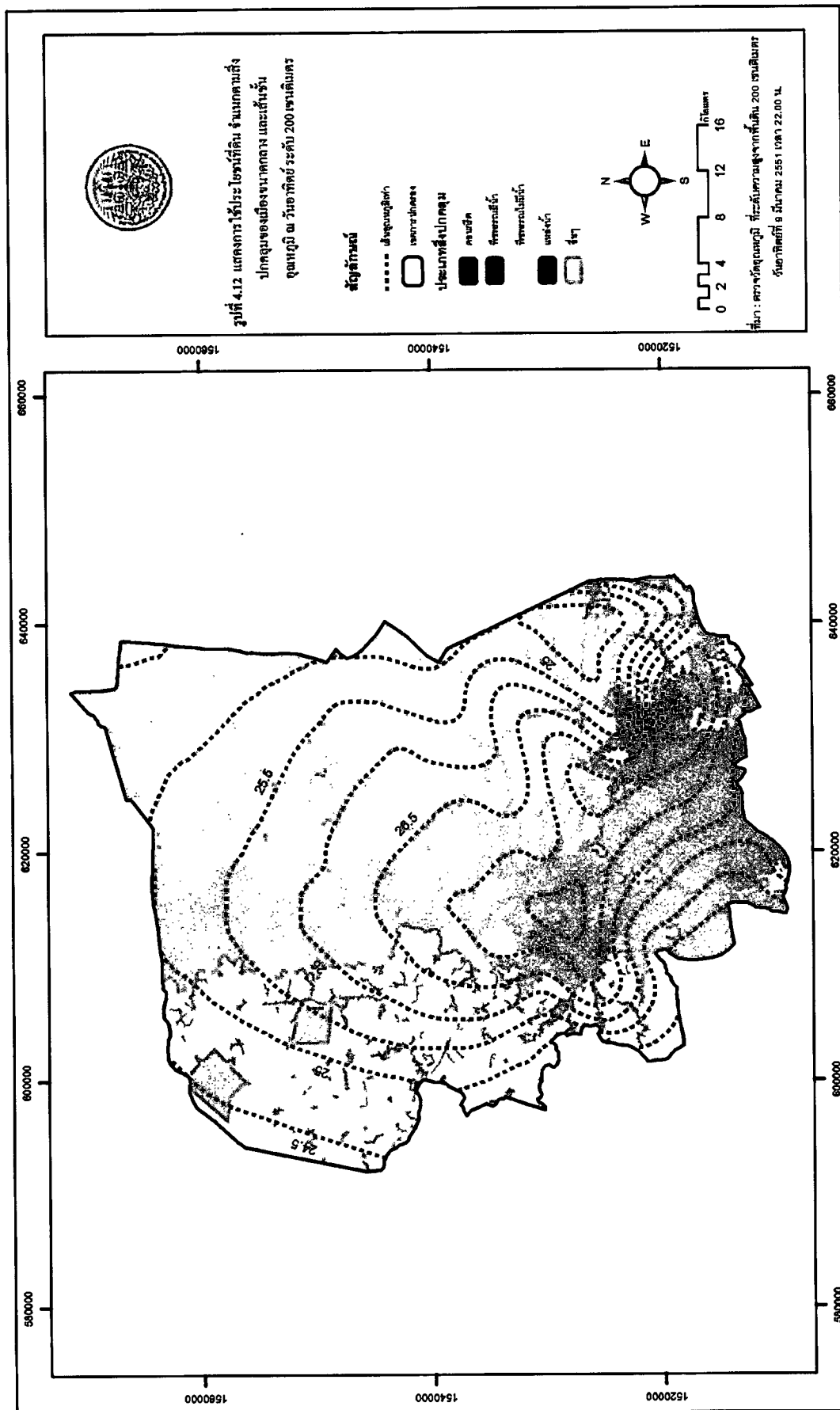
ขยายตัวของเมืองเชื่อมต่อมาจากกรุงเทพมหานคร และอุณหภูมิของเมืองสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ โดยมีพิสัยเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.10)

จากการศึกษาพบว่า เมืองขนาดกลางเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ซึ่งมีรูปแบบเชิงพื้นที่แบบแผ่กว้าง ซึ่งมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นย่านอุตสาหกรรม และที่พักอาศัย รูปร่างของเมืองเป็นแบบเกาะกลุ่ม บริเวณอำเภอสามพราน อำเภอเมืองนครปฐม และกระจายไปตามแนวถนนสายหลักของเมือง เช่น อำเภอพุทธมณฑล และอำเภอดอนตูม และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพืชพรรณไม่มีน้ำปะปนและมีน้ำปะปนล้อมรอบพื้นที่เมืองขนาดกลาง ส่งผลให้ลักษณะของ Features ประเภทคอนกรีตและแอสฟัลต์ไม่ต่อเนื่องกับเมืองขนาดใหญ่ และระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) จะลดต่ำลงเมื่อมีระยะห่างออกไป พบในบริเวณที่มีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณทั้งมีน้ำปะปนและไม่มีน้ำปะปน และแหล่งน้ำ โดยสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปนมีระดับอุณหภูมิต่ำสุด รองลงมาคือ สิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณมีน้ำปะปน และแหล่งน้ำ ทั้งนี้ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดของทั้ง 2 วัน พบบริเวณอำเภอสามพราน เรื่อยไปถึงอำเภอนครชัยศรี ซึ่งสิ่งปกคลุมชนิดเดียวกัน คือ ย่านอุตสาหกรรมและที่พักอาศัย และมีค่าอุณหภูมิของทั้ง 2 วันแตกต่างกัน เท่ากับ 2 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.11 และ 4.12)









4.2.3 เมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง)

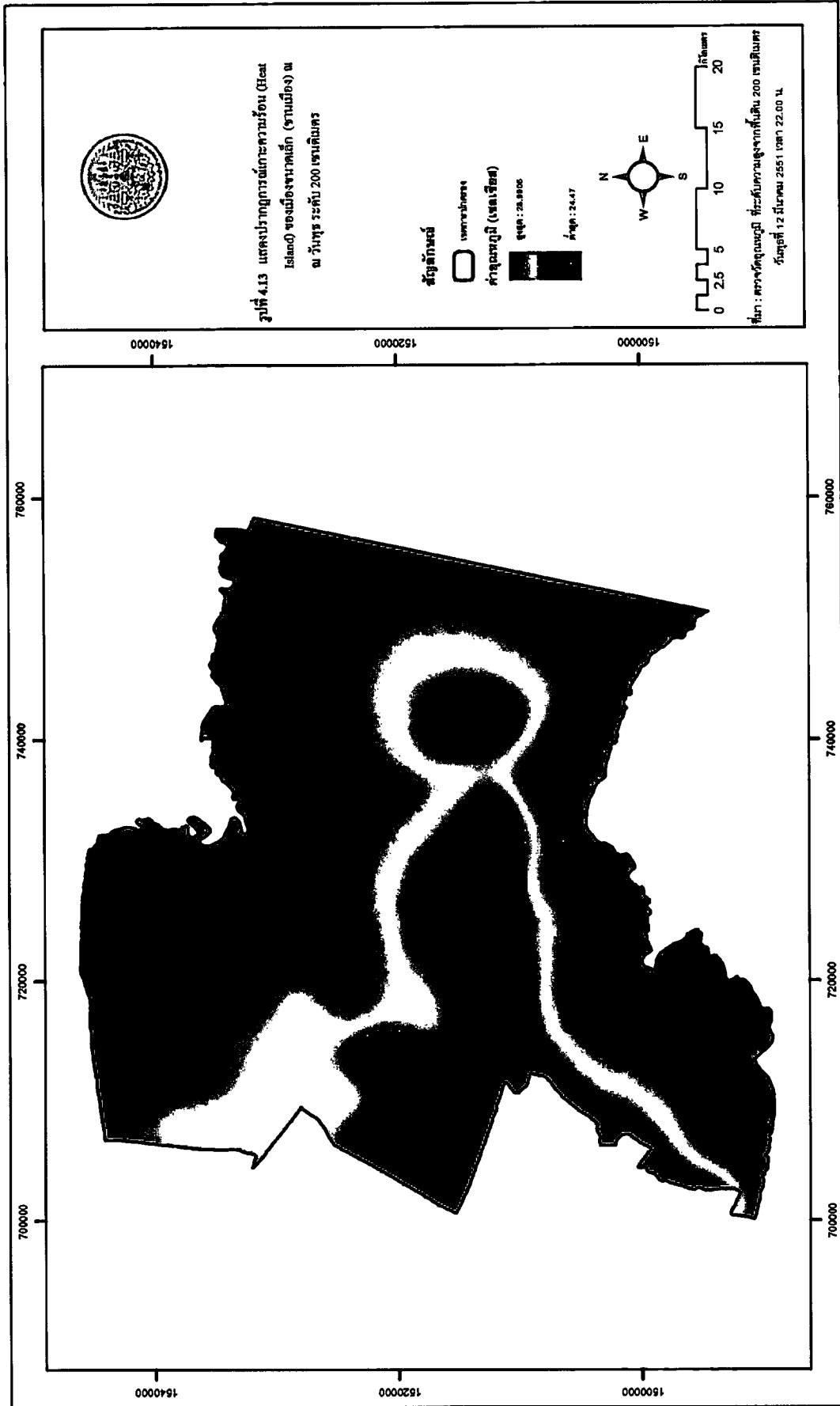
เมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) คือ ฉะเชิงเทรา พบว่า ส่วนใหญ่มีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณมีน้ำปะปน คิดเป็นร้อยละ 34.94 รองลงมาคือ แบบคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 26.15 แบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน คิดเป็นร้อยละ 22.07 แบบแหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 16.43 และแบบอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 0.42 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

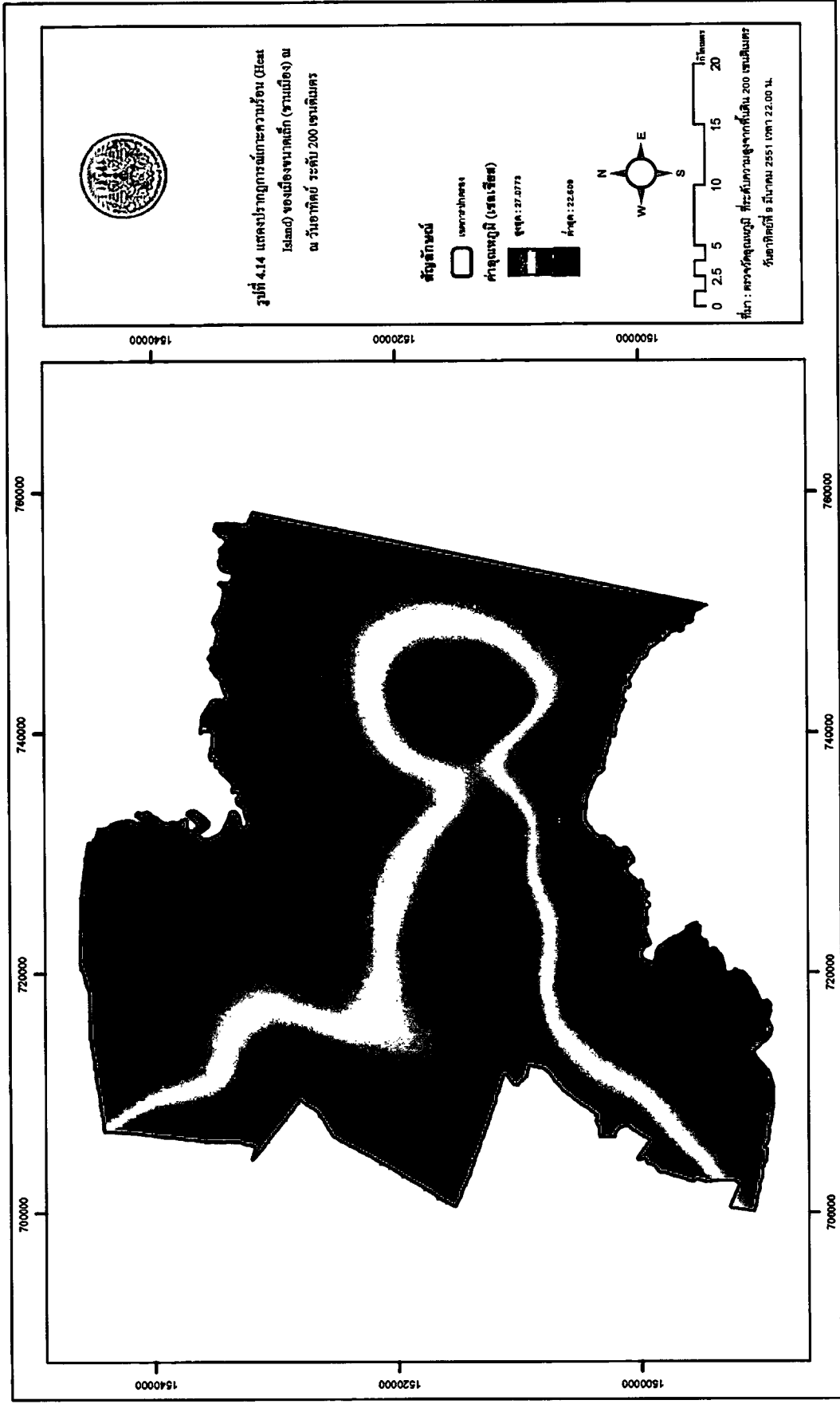
ตารางที่ 4.8 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามสิ่งปกคลุมของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง)

ประเภทสิ่งปกคลุม	จำนวน (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
คอนกรีต	329.3129	15.57
พืชพรรณแบบมีน้ำปะปน	1,280.5837	60.54
พืชพรรณแบบไม่มีน้ำปะปน	259.4691	12.27
แหล่งน้ำ	241.9196	11.44
อื่นๆ	3.9887	0.19
รวม	2,115.2740	100.00

จากการศึกษาพบว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) กระจายอยู่ด้านทิศตะวันตกของเมือง บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา และอำเภอบางคล้า และเมื่อพิจารณาตามลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนในเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) ในวันที่แตกต่างกันในสัปดาห์ พบว่า ความแตกต่างของวันมีผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ อุณหภูมิอากาศที่ระดับการตรวจวัดเท่ากัน คือ ระดับ 200 เซนติเมตรจากพื้นดิน โดยมีความแตกต่างดังนี้

- วันพุธ มีพิสัยอุณหภูมิ เท่ากับ 24.5-29 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุดพบบริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ซึ่งมีสิ่งปกคลุมแบบที่พืคอาศัย พืชพรรณแบบมีน้ำปะปนและไม่มีน้ำปะปน กิจกรรมในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นการเกษตรประเภทนาข้าวและพืชสวน และมีระดับอุณหภูมิสูงสุด คือ 29 องศาเซลเซียส ในบริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา มีอุณหภูมิของเมืองสูงกว่าพื้นที่บริเวณโดยรอบ โดยมีพิสัยเท่ากับ 4.5 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.13)



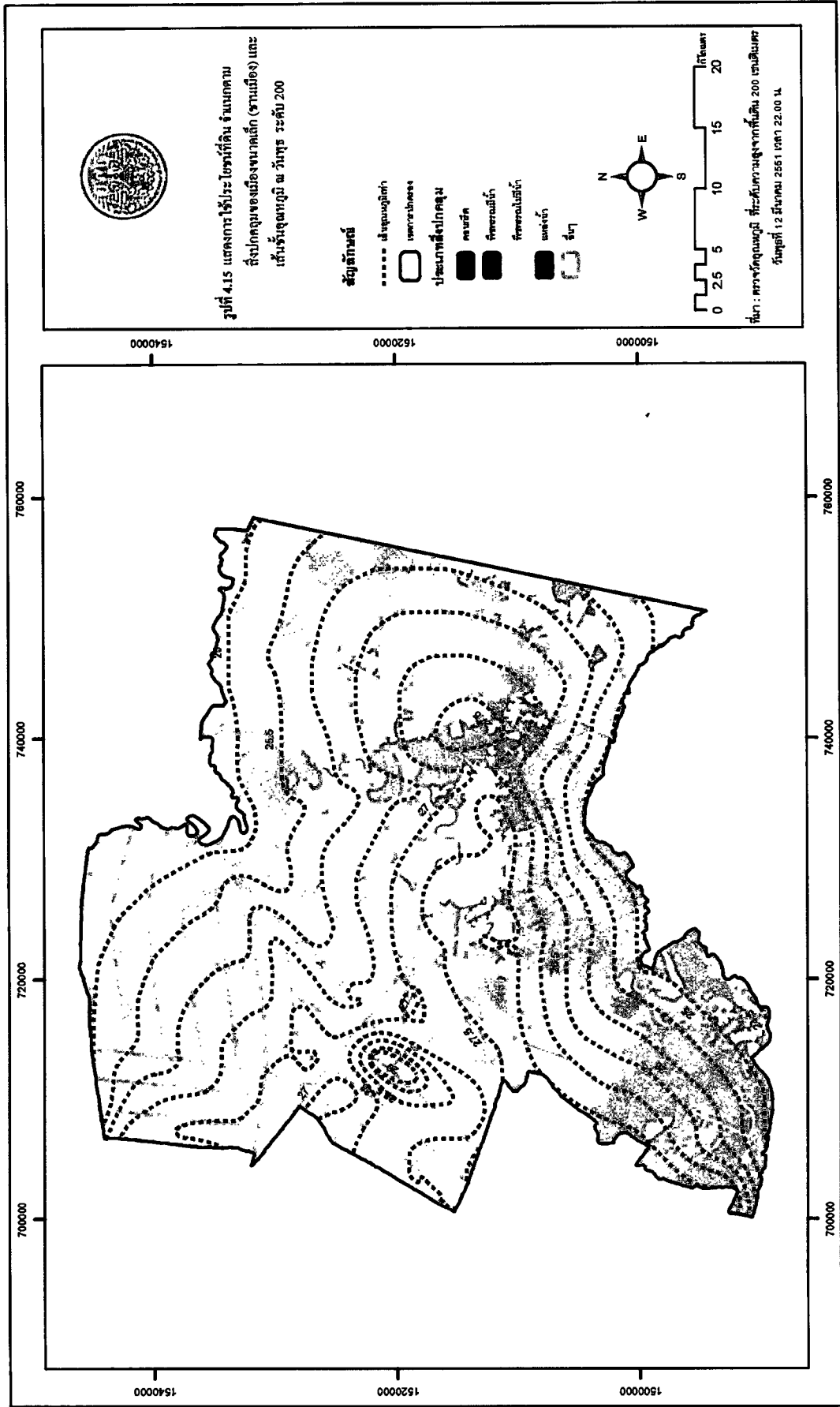


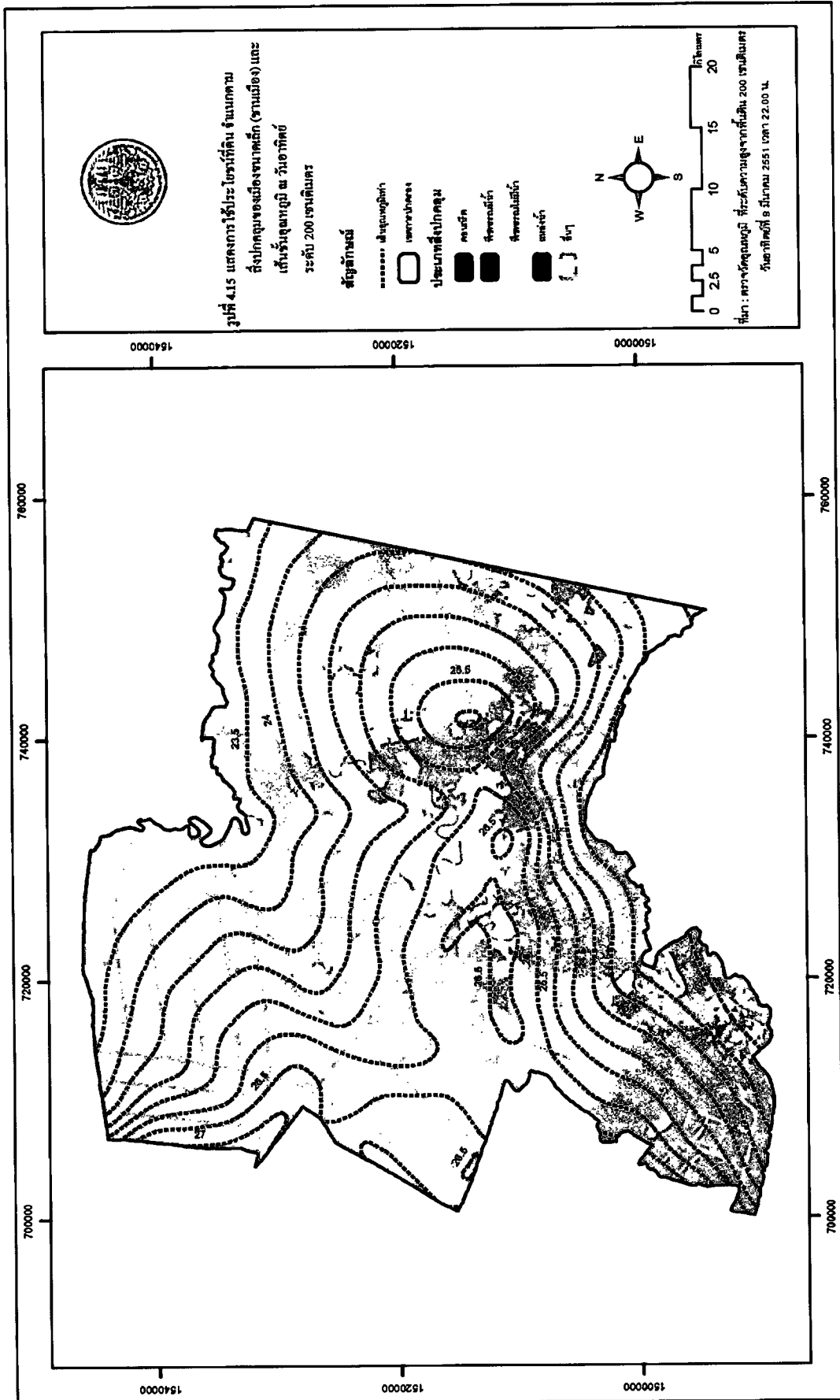
- วันอาทิตย์ มีพิสัยอุณหภูมิ เท่ากับ 23-27 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุดพบ บริเวณอำเภอบางปะกง ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม มีสิ่งปกคลุมแบบคอนกรีต แบบพืชพรรณมีน้ำปะปนและไม่มีน้ำปะปน และแหล่งน้ำ อีกทั้งมีอาณาเขตติดอ่าวไทย ทำให้ได้รับอิทธิพล จากลมบกลมทะเล ส่งผลให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอื่น และมีอุณหภูมิต่ำกว่าวันพุธถึง 1.5 องศาเซลเซียส และมีระดับอุณหภูมิสูงสุด คือ 27 องศาเซลเซียส ในบริเวณอำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา และอำเภอบางคล้า ซึ่งรูปแบบของเมืองบริเวณอำเภอบางคล้า จะมีความแตกต่าง กับอำเภอบางน้ำเปรี้ยวและอำเภอเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา กล่าวคือ มีรูปร่างของเมืองเป็นแนวเส้นตรงตามลำแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นการขยายตัวของเมืองจากอดีตที่ตั้งถิ่นฐานบริเวณเส้นทางคมนาคมทางน้ำ (แม่น้ำบางปะกง) กิจกรรมในบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นที่พักอาศัย โดยบริเวณอำเภอบางน้ำเปรี้ยว และอำเภอเมืองฉะเชิงเทราเป็นผลมาจากการขยายตัวของเมืองต่อมาจากกรุงเทพมหานคร ตามแนวถนนสุขุมวิท ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่โดยรอบ มีพิสัยเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.14)

จากการศึกษาพบว่า เมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ซึ่งมีรูปแบบเชิงพื้นที่แบบเกือบกลม (János Unger and Zoltán Sümegehy, n.d.) มีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นที่พักอาศัย และตัวเมืองและย่านการค้า และระดับอุณหภูมิจะสูงขึ้นเมื่อมีระยะเข้าใกล้ศูนย์กลางปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) และมีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณทั้งมีน้ำปะปนและไม่มีน้ำปะปน และแหล่งน้ำ ทั้งนี้ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดของทั้ง 2 วัน พบบริเวณอำเภอบางน้ำเปรี้ยวและอำเภอบางคล้า ซึ่งอยู่ภายใต้สิ่งปกคลุมชนิดเดียวกัน คือ ที่พักอาศัย และมีค่าอุณหภูมิของทั้ง 2 วันแตกต่างกันถึง 2 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16)

ดังนั้น จากการศึกษเปรียบเทียบขนาดของเมืองและ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง ที่มีผลต่อกระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) พบดังนี้

1. ปัจจัยขนาดของเมืองไม่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) เมื่อเปรียบเทียบพิสัยอุณหภูมิอากาศในพุธ มีค่าพิสัยเท่ากับ 4-5.6 องศาเซลเซียส และพิสัยอุณหภูมิในวันอาทิตย์ มีค่าพิสัยเท่ากับ 1.5-2 องศาเซลเซียส แต่จะมีความแตกต่างกันคือ ตำแหน่งของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) และระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) โดยสังเกตได้จากช่วงความถี่ของเส้นชั้นอุณหภูมิ ซึ่งพบว่า ระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมือง จะแผ่กระจายไปตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีสิ่งปกคลุมแบบคอนกรีตและแอสฟัลต์ และลดระดับความรุนแรงลงเมื่อถึงปกคลุมแบบพืชพรรณมี





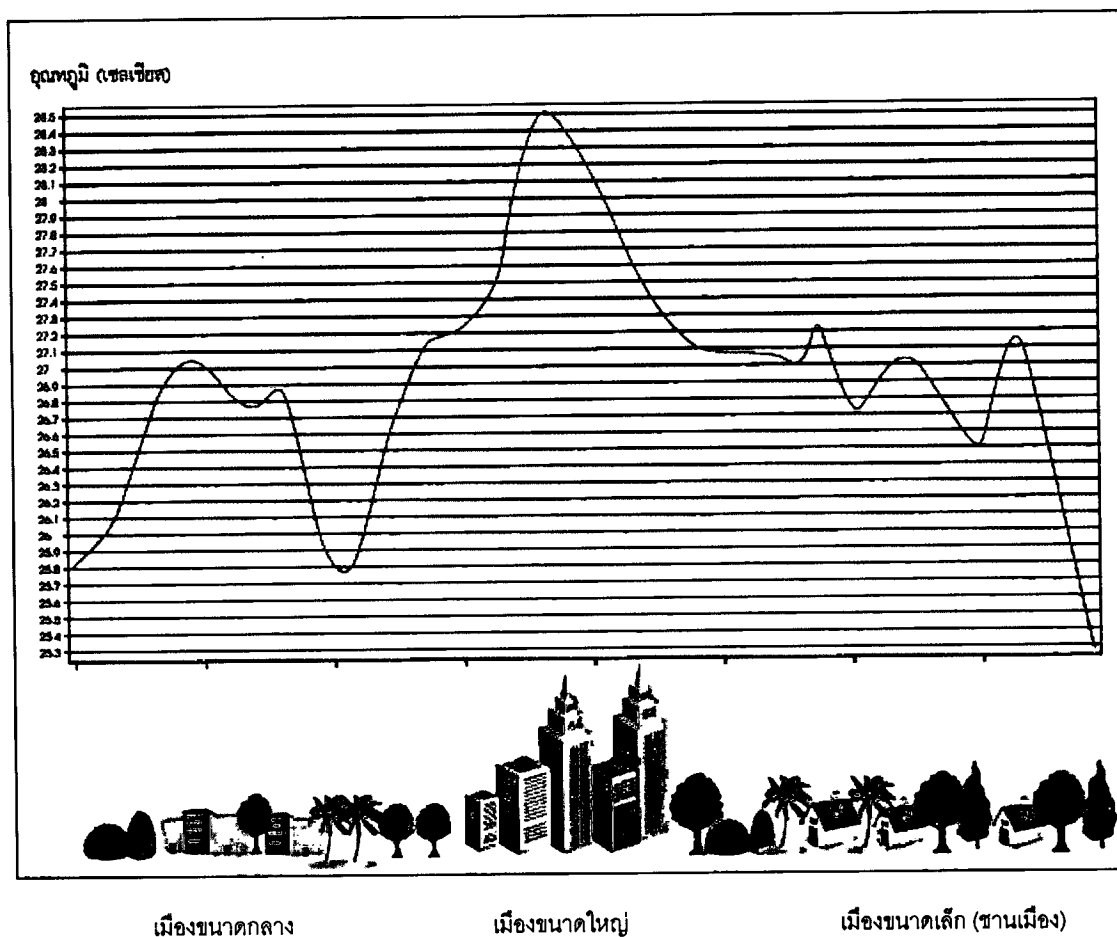
น้ำปะปนและไม่มีน้ำปะปน และแหล่งน้ำ

ตารางที่ 4.9 แสดงเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกตามสิ่งปกคลุมตามขนาดเมือง

ประเภทสิ่งปกคลุม	ขนาดใหญ่		ขนาดกลาง		ขนาดเล็ก (ชานเมือง)	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
คอนกรีต	2,077.7145	38.97	544.0845	26.15	329.3129	15.57
พืชพรรณแบบมีน้ำปะปน	1,710.7203	32.08	727.0350	34.94	1,280.5837	60.54
พืชพรรณแบบไม่มีน้ำปะปน	593.0887	11.12	459.2069	22.07	259.4691	12.27
แหล่งน้ำ	950.5940	17.83	342.8592	16.43	241.9196	11.44
อื่นๆ	0.0170	0.0003	8.6421	0.42	3.9887	0.19
รวม	5332.1345	100.00	2,080.8637	100.00	2,115.2740	100.00

2. ปัจจัยด้าน Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง พบว่า ลักษณะของ Features มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) โดย Features แบบคอนกรีตและแอสฟัลต์ ส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิสูงกว่า Features อื่นๆ ที่อยู่โดยรอบ เช่น นาข้าว แหล่งน้ำ สวน ฯลฯ และอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ติดต่อกันไปทั่วทั้งเมือง โดยบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดของเมือง พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นแบบผสม (Mix use) (Lu Zhao, n.d.)

ทั้งนี้ จากปัจจัยด้านขนาดของเมือง และลักษณะของ Features ต่างๆ ที่แทรกตัวอยู่ในเมือง สามารถสร้างภาพตัดขวางให้เห็นรูปแบบของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) (รูปที่ 4.17) ซึ่งพบว่า บริเวณเมืองขนาดใหญ่มีระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มากสุด และเมืองขนาดกลางและขนาดเล็ก (ชานเมือง) มีระดับความรุนแรงไม่แตกต่างกันมากนัก คือ มีพิสัยของอุณหภูมิอยู่ที่ 27-27.2 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิต่ำสุด คือ 25.3 องศาเซลเซียส อยู่บริเวณเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) ซึ่งมีสิ่งปกคลุมแบบพืชพรรณไม่มีน้ำปะปน



รูปที่ 4.17 แสดงโครงสร้างปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของพื้นที่ศึกษา

ที่มา : การสำรวจอุณหภูมิจากการตรวจวัดอากาศ วันพุธที่ 9 มีนาคม 2552 และวันอาทิตย์ที่ 12 มีนาคม 2552
เปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550

4.3 การบริหารจัดการปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) กับพื้นที่เมืองภายใต้บริบทเมืองในเขตร้อนชื้น

ตามทฤษฎีการพาความร้อนและกระแสลม (T.R.Oke, 1973. / Ken-Ichi Kimura, n.d. / Tadahisa Katayama, 1997. / Richard J. Kopec, n.d. / Keisuke Hanaki and Osamu Koide, n.d. / จริยา ปัญญวัฒน์ และคณะ, 2542) สามารถช่วยระบายความร้อนและมลพิษออกจากพื้นที่เมืองได้ โดยการพาความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าลอยตัวขึ้นสู่ที่สูง และอาศัยกระแสลมประจำถิ่น เช่น ลมบก ลมทะเล พัดพาความร้อนออกสู่นอกเมือง ทั้งนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีประเภทกิจกรรมและสิ่ง

ปกคลุมพื้นผิวที่แตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของกระแสลมเย็นจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่เมือง (Lu Zhao, n.d.)

และจากการศึกษา ยังพบว่า ความแตกต่างของระดับการตรวจวัดอุณหภูมิมีผลต่ออุณหภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 200 เซนติเมตรจากพื้นดิน จะมีค่าอุณหภูมิมากกว่าที่ระดับ 150 เซนติเมตรจากพื้นดิน โดยมีพิสัยของอุณหภูมิสูงสุด ประมาณ 1 องศาเซลเซียส และพิสัยของอุณหภูมิต่ำสุด ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิอากาศในระดับความสูงที่แตกต่างกันของพื้นที่ศึกษา

วัน - ระดับวัด (เซนติเมตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)					
	เมืองขนาดใหญ่		เมืองขนาดกลาง		เมืองขนาดเล็กและชานเมือง	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
พุธ - 150	26	30	26	28	24.5	28
พุธ - 200	25.5	30	26.5	28	24.5	29
อาทิตย์ - 150	24	29	24.5	27	23	27
อาทิตย์ - 200	24.5	30	24.5	28.5	23	27

ที่มา : การตรวจวัดอุณหภูมิ เมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2552 และวันอาทิตย์ที่ 12 มีนาคม 2552

และยังพบว่า เมืองขนาดใหญ่ มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างกันมากที่สุด โดยมีพิสัยอุณหภูมิประมาณ 4-5.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) มีพิสัยของอุณหภูมิประมาณ 2-4.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ เนื่องมาจากเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม (Mix use) ทำให้ระดับอุณหภูมิของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ไม่รุนแรงเท่ากับเมืองขนาดใหญ่ ดังนั้น จึงสามารถนำความแตกต่างของอุณหภูมิของเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) มาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นพื้นที่เพื่อรองรับและแลกเปลี่ยนกระแสความร้อนจากเมืองขนาดใหญ่ (รูปที่ 4.18) แต่ในกรณีที่มีเมืองขนาดใหญ่มีรูปร่างเชิงพื้นที่แผ่กว้างมาก และลักษณะของ Features ที่ปกคลุมด้วยคอนกรีตมาก จะทำให้การพาความร้อนออกไปนอกเมืองได้น้อย เพราะจะเกิดการสะท้อนคลื่นความร้อนไปมาระหว่างผนังอาคารกับพื้นดิน หรือระหว่างผนังอาคารกับผนังอาคาร และส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนมลพิษทางอากาศอยู่แต่ภายในเมือง (อ้างอิง : J.C. Gatina, F. Pignolet – Tardan and Others) ทำให้อุณหภูมิของเมืองกลับเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.18 แสดงการหมุนเวียนความร้อนออกจากเมืองขนาดใหญ่

ที่มา : ประยุกต์จาก Background on Urban Growth and Urban Heat Islands Retrieved from
<http://rsd.gsfc.nasa.gov/912/urban/circulation.gif>

และจากการศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ในพื้นที่ศึกษานั้น พบว่าระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มีแนวโน้มของอุณหภูมิค่อยๆ ลดลงเมื่อมีระยะห่างออกจากศูนย์กลางปรากฏการณ์ ซึ่งพบว่าที่ระดับภาชนะน้ำสบาย 25 องศาเซลเซียส จะมีระยะห่างจากปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ประมาณ 29-30 กิโลเมตร โดยพบได้ในเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) ในขณะที่เมืองขนาดใหญ่มีระยะห่างออกจากศูนย์กลางปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ถึงระดับภาชนะน้ำสบาย มีระยะประมาณ 60-62 กิโลเมตร คิดเป็น 2 เท่าของขนาดของเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง)

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการศึกษาหาความแตกต่างของรูปแบบปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ที่มีผลมาจากขนาดของเมือง เช่น การแผ่กว้างของเมือง การมีความชื้นสูง และลักษณะ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ และการนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) มาบริหารจัดการพื้นที่เมือง เพื่อช่วยลดการสะสมความร้อน ระบายมลพิษ และลดการใช้พลังงานของเมือง (William M. Marsk, 1991) โดยเฉพาะเมืองในเขตร้อนชื้น สามารถสรุปผลการศึกษา ดังนี้

5.1.1 กระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island)

กระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมต่างๆ ในเมือง โดยขนาดของเมืองมีผลต่อระดับความรุนแรงและการกระจายของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) โดยพบว่า

1. การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2530-2550) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่พักอาศัย เมืองและย่านการค้า และอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมมีส่วนการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 1.70 เท่าของพื้นที่เดิม รองลงมาคือ ที่พักอาศัยเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นถึง 1.34 เท่าของพื้นที่เดิม เมืองและย่านการค้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียง 0.49 เท่าของพื้นที่เดิม ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม ป่าไม้ และแหล่งน้ำ (ตารางที่ 4.4)

2. ขนาดของเมืองและลักษณะของ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง มีผลต่อระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) โดยเมืองที่มีขนาดใหญ่ มีอาคารสิ่งปลูกสร้างและจำนวนประชากรหนาแน่นมาก พื้นผิวส่วนใหญ่ปกคลุมไปด้วยคอนกรีต แอสฟัลต์ และกระจก ซึ่งมีคุณลักษณะไม่ดูดซับน้ำ จะมีผลต่อระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มากกว่าเมืองขนาดกลาง และเมืองขนาดเล็ก (ชานเมือง) โดยอุณหภูมิอากาศภายในเมืองจะมีระดับสูงมากกว่าพื้นที่โดยรอบที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ และแหล่งน้ำ

3. การกระจายของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) จะปรากฏขึ้นได้หลายบริเวณในพื้นที่เมืองขนาดใหญ่ จากการศึกษพบว่า ตำแหน่งของปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) เกิดขึ้น 2 บริเวณหลักๆ ของเมืองขนาดใหญ่ คือ

- บริเวณเมืองที่มีรูปร่างเกาะกลุ่ม แต่กระจายเป็นบริเวณกว้าง แบบกรุงเทพมหานครต่อเนื่องถึงอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ และอำเภอกระทุ่มแบน อำเภอบ้านแพ้ว อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร

- บริเวณที่มีโครงสร้างปิดกั้นการหมุนเวียนความร้อนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ เช่น บริเวณใต้ทางยกระดับ บริเวณใต้ทางรถไฟฟ้า BTS ฯลฯ

4. ความถี่ของเส้นชั้นอุณหภูมิ (Isotherm) พบว่า ในเมืองที่มีลักษณะของ Features ที่แตกต่างกัน จะมีความถี่ของเส้นชั้นอุณหภูมิไม่เท่ากัน และพบว่าแนวโน้มของอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลง เมื่อมีระยะห่างออกจากบริเวณศูนย์กลางปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) และจะเป็นเช่นนี้ติดต่อกันไปทั่วทั้งเมือง

5.1.2 การนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มาช่วยลดอุณหภูมิและลดการใช้พลังงาน

การนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มาช่วยในการลดอุณหภูมิและลดการใช้พลังงาน ต้องอาศัยความแตกต่างของระดับของอุณหภูมิอากาศในเมือง และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศรอบนอกเมือง โดยอาศัยการพาความร้อนและกระแสลม เช่น ลมประจำถิ่น ลมบกลมทะเล เป็นต้น เพื่อช่วยในการหมุนเวียนอากาศเย็นจากภายนอกเมืองเข้ามาแทนที่ โดยพบว่า

1. ขนาดของเมือง มีผลต่อการพาความร้อนภายในเมืองและการพาความร้อนออกสู่นอกเมือง

2. ลักษณะของ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง มีผลต่อการพาความร้อนภายในเมืองและการพาออกสู่นอกเมือง โดยเมืองขนาดใหญ่ที่มีความหลากหลายของ Features จะมีอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกันในตำแหน่งของ Features ที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการพาความร้อนภายในเมือง และออกสู่นอกเมือง

3. ลมประจำถิ่นและลมบกลมทะเล มีส่วนช่วยในการพาความร้อนออกสู่นอกเมือง ซึ่งอัตราเร็วลมปกติที่ 10 เมตรต่อวินาที จะสามารถพาความร้อนออกสู่นอกเมืองได้

ทั้งนี้ ถ้าขนาดของเมืองมีการแผ่กว้างเป็นบริเวณขนาดใหญ่มาก จะทำให้การพาความร้อนออกสู่นอกเมืองได้น้อยหรือแทบจะไม่ได้เลย เพราะการพาความร้อนไม่สามารถหมุนเวียน

อากาศให้พ้นออกจากขอบเขตพื้นที่เมืองได้ แต่ในทางกลับกัน จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของ อากาศภายในเมือง และเป็นการเพิ่มการสะสมความร้อนและมลพิษทางอากาศ ซึ่งจะส่งผลให้การ บริโภคพลังงานกลับเพิ่มมากขึ้นแทนที่จะสามารถลดการบริโภคพลังงาน

5.1.3 กลยุทธ์การจัดการเชิงพื้นที่ และแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมให้น่าอยู่

การนำปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) มาเป็นกลยุทธ์ในการจัดการเชิง พื้นที่และแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมให้น่าอยู่นั้น ต้องมีการควบคุมขนาดและลักษณะของ Features ต่างๆ ที่แทรกปนอยู่ในเมือง ให้เอื้อต่อการใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) กล่าวคือ เมืองต้องมีขนาดเชิงพื้นที่ไม่แผ่กว้างมากจนเกินไป และความหลากหลาย ของ Features ต่างๆ ในเมือง ต้องได้รับการจัดการเชิงพื้นที่ จากการศึกษาพบว่า

1. ขนาดของเมืองที่เหมาะสมไม่ควรแผ่กว้างเชิงพื้นที่เกินรัศมีประมาณ 30 กิโลเมตร
2. การจัดการเชิงพื้นที่เพื่อให้สภาพแวดล้อมน่าอยู่ สามารถจัดการด้วยวิธีการต่างๆ โดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียว แหล่งน้ำ ให้เมืองที่มีขนาดแผ่กว้าง ซึ่งควรให้มีการคั่นกลางระหว่างพื้นที่ที่มีความต่อเนื่องและหนาแน่นของกลุ่มกิจกรรมประเภทคอนกรีต ด้วยพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำ จะช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ว่างขนาดเล็กๆ เช่น พื้นที่ริมถนน และช่องว่างต่างๆ ของเมือง สร้างเป็นระบบโครงข่ายสีเขียวในเมือง

ทั้งนี้ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ว่างของเมือง ยังเป็นการช่วยลดการกระจายของ ทิศทางลมในเมือง ที่เกิดจากการสะท้อนกลับไปที่กลับมาระหว่างช่องว่างของเมือง และยังช่วยทำให้ พื้นที่เมืองมีระดับอุณหภูมิที่ลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อการจัดการสภาพแวดล้อมเมืองให้มีความน่าอยู่ ควรใช้กลยุทธ์ใน การจัดการเชิงพื้นที่ ดังนี้

1. ควรมีการปรับสัดส่วนของพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำในเมืองเพิ่มขึ้น เช่น การเพิ่มพื้นที่ สีเขียวในบริเวณพื้นที่พักอาศัย พื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ลานแข็ง เช่น ลานจอดรถ คาดฟ้าอาคาร เพราะ จำนวนพืชพรรณสามารถช่วยในการลดการใช้พลังงาน และลดมลพิษในอากาศของพื้นที่โดยรอบ
2. ควรมีการจัดตำแหน่งและประเภทของพืชพรรณ เพื่อการสร้างร่มเงา และจัดทิศทาง กระแสลมให้ถูกต้อง เพื่อช่วยให้ร่มเงา ลดระดับของอุณหภูมิอากาศ ซึ่งจะส่งผลให้การบริ โภคพลังงานลดลง

สำหรับการศึกษารั้งต่อไป ควรทำการสำรวจเก็บข้อมูลปฐมภูมิของพื้นที่ศึกษา ควรจัดเก็บข้อมูลให้หลากหลายวิธีการ เพื่อทำการศึกษเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิได้ละเอียดมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลในการศึกษารั้งนี้ มีไม่ครบถ้วน และช่วงเวลาที่ใช่ของข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ไม่ใช่ช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้ของการศึกษาไม่สมบูรณ์ไม่สามารถเปรียบเทียบกัน ได้ชัดเจน

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ โกมลวีระเกตุ. 2541. “ของสิ่งปกคลุมดินต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน
ผลของเมืองในกรุงเทพมหานคร.” ปริญญาณิพนธ์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. ม.ป.ป. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพฯ :
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2547. “โครงการศึกษาจัดทำฐานข้อมูลติดตามการ
เปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมระดับพื้นที่ ด้านการสำรวจระยะไกล กรณีศึกษา
จังหวัดกระบี่ และพังงา.” กรุงเทพฯ : รายงานฉบับสมบูรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- กฤษ เพิ่มทันจิตต์. 2536. ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเกิดเป็นเมือง. กรุงเทพฯ :
คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. 2536. การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วย
ดาวเทียม. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- การเคหะแห่งชาติ. 2548. “โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงาน สำหรับใช้
ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย กรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร.” กรุงเทพฯ :
รายงานผลการศึกษารายฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- กิตติพงศ์ ทองปลิว. 2537. “ความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลการตรวจวัดอากาศแนวตั้งจากดาว
เทียมอุตุนิยมวิทยาเพื่อการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย.” ปริญญา
ณิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ภาควิชาภูมิศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, สำนักงาน. 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล
(Remote Sensing Note). กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ
สิ่งแวดล้อม. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- โครงการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2003. [Online]. Available :
http://203.172.208.242/.../atm_circulation/land_sea.gif
..... 2003. [Online]. Available :
http://203.172.208.242/.../atm_circulation/valley_mountain.gif

- จำนง แก้วชะฎา. 2544. เอกสารวิชาการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบ.
กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิชาการภูมิอากาศ กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.
- จิราภรณ์ จุฑาภรณ์ และชลัมภ์ อุ๋นอารีย์. 2545. เอกสารวิชาการอุณหภูมิสุขสบายของมนุษย์.
กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิชาการภูมิอากาศ กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.
- จตุวัฒน์ วโรคมพันธ์. 2543. “การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม.”
ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จริยา บุญญวัฒน์ และคณะ. 2542. “โคมความร้อนเหนือนานคร วิธีการตรวจวัดและแนวทางการควบคุม.” จุฬารวิจัย. 18 (15).
- ณัฐ พิษกรรม และคณะ. 2541. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวที่มีต่อสภาพ
ในเขตเมือง. กรุงเทพฯ.
- คาราศรี คาวเรือง. 2533. รีโมทเซนซิงพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-
ญี่ปุ่น) และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ดวงพร นพคุณ. 2536. ภูมิอากาศวิทยา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนกฤต เทียนมณี. 2545. ปრაกฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง. กรุงเทพฯ :
ปริญญาานิพนธ์สถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นงศ์นาถ อยู่ประสิทธิ์วงศ์. 2544. ดัชนีและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทย.
กรุงเทพฯ : กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.
- นพภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. 2544. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ.
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิติชาญ ปลื้มอารมณ์. 2547. การวางผังภูมิทัศน์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สาขาการวางแผนชุมชน
เมืองและสภาพแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุญนาถ ตีวกุล. 2545. เมืองและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ภูมิทัศน์และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม, ภาควิชา. 2009. เชียงใหม่ : คณะผลิตกรรมการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ [Online]. Available :
http://www.rmutphysics.com/CHARUD/naturemystery/sci3/geology/2/index_ch_2-6.htm.

- รังสรรค์ อากาศ์พละกุล. 2547. *อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วชิระ แสงรัศมี. 2542. “รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดเพื่อการประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา การออกแบบอาคาร “ทาวน์เฮาส์” ในจังหวัด.” *ปริญญาณิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*.
- วิเชียร สุวรรณรัตน์. 2537. *ภูมิอากาศวิทยาและการออกแบบสถาปัตยกรรม*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ. 2540. *อุตุนิยมวิทยา*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- สุนีย์ โมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ภาคใต้. ม.ป.ป. *การพัฒนาเทคโนโลยีรีโมทเซนซิง (Remote Sensing : RS)*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมบัติ อยู่เมือง. ม.ป.ป. *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [Online]. Available : <http://www.eric.chula.ac.th/gisthai>.
- สำนักบริหารการทะเบียน. 2550. *สถิติประชากร*. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. [Online]. Available : <http://www.borathailand.org/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=15>
- สุวพันธ์ นิลายน. 2543. *อุตุนิยมวิทยา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 4.
- สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. 2536. “หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล”. *การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม*. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- เอกรินทร์ อนุกุลยุทธชน. 2543. *เอกสารประกอบการสอนการวางผังเมืองเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Allan Konyan. 1980. *Design Primer for Hot Climates*. London : The Architectural Press.

- Annilea Nilsson. 1993. **Greenhouse Earth**. Published on behalf of the Scientific Committee on Problem of the Environment (SCOPE) of the International Council of Scientific Unions (ICSU).
- Anthony J. Brazel. *et. al.* 2001. **CAP LTER Climate**. Arizona : Arizona State University.
- Aya Kagoshima. *et. al.* n.d. **An Intrigued Analysis to Quantify the Cause for Urban Heat Island**. Japan : The Revised Architecture-Urban-Soil-Simulation Model (AUSSSM), Kyishu University.
- Background on Urban Growth and Urban Heat Islands**. [Online]. Available : <http://rsd.gsfc.nasa.gov/912/urban/background.htm>.
- Baruch Givoni. 1998. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. John Wiley and Son, Inc. New York.
- Benjamin Stien and John S. Reynolds. n.d. "Thermal Control". **Mechanical and Electrical Equipment for Building**. 8th ed. Oregon : John Wiley & Sons.
- Campbell, J.B. 1996. **Introduction to Remote Sensing**. 2nd ed. New York : The Guilford Press.
- Christopher Small and Roberta Balstad Miller. n.d. **Monitoring the Urban Environment from Space**. New York : Columbia University.
- C.J.G. (Jon) Morris. n.d. **Urban Heat Islands and Climate Change : Melbourne, Australia**. School of Earth Sciences. Australia : The University of Melbourne.
- _____. n.d. **Urban Heat Island in Small Towns : Deniliquin, Australia**. School of Earth Sciences. Australia : The University of Melbourne.
- Climate**. [Online]. Available : <http://www.brunel.ac.uk/research/solvent/pdf/climate.pdf>.
- Congalton, R.G. 1991. A View of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing Environment**. 37 (1) : 35-46.
- Cynthia Rosenzweig, William D. Solecki, Lily Parshall, Mark Chopping, Gergory Pope and Richard Goldberg. 2005. Characterizing the urban heat island in current and future climates in New Jersery. **Environmental Hazards**. 6 : 51-62.
- Dan Shangming and Dan Bo. 2001. "Analysis of the Effects of Urban Heat Island by Satellite Remote Sensing". in **The 22nd Asian Conference on Remote Sensing**. Singapore.

- Floyd F. Sabin Jr. 1996. "Thermal Infrared Imagery". **Remote Sensing : Principles and Interpretation**. 3rd ed. Los Angeles : Remote Sensing Enterprises Incorporated and University of California.
- F. Pignolet-Tardan. *et. al.* n.d. **Modeling of the Urban Heat Island Generated by an Urban Unit**. France : Centre de Thermique de l'Insa de Lyon (CETHIL).
- Gallo K.P. *et. al.* 1992. "The Use of NOAA AVHRR Data for Assessment of the Urban Heat Island Effect" **Journal of Applied Meteorology**. 32(5) : 899-908.
- George B. Magin, Jr., and Lois E. Randall. n.d. "Review of Literature on Evaporation Suppression". *Studies of Evaporation*. n.p.
- Gerald Foley. 1991. **Global Warming : Who is taking the heat?**. London.
- Gideon Golany, Keisuke Hanaki and Osamu Koide. 1998. **Urban Japanese Environment**. New York : Pergamon
- Giulia Abbate. n.d. **Heat Island study in the area of Rome by integrated use of GRS-SAR and Landsat TM**. Italy : ENEA-Casaccia, Environment Department.
- Global Warming : Greenhouse Effects, Global Warming, Climate Change**. 2000. [Online]. Available : <http://www.webace.com.au/~wsh/index.html>.
- Greg Mc Pherson. (n.d.). **Arid Zone Trees Guide Article 4. *The impact of shade trees on reducing heat island effect in parking lots***. Davis : USDA Forest Service.
- G.R. Chhatwal. 1998. Management of Prevention of Thermal Pollution. **Encyclopaedia of Environmental Management**. Vol.2. India.
- H. Flohn. 1981. "The City Climate : Life on a Warmer Earth Possible Climatic Consequences of Man-Made Global Warming". in **The International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)**. Executive Report 3. Australia.
- Here Comes Urban Heat**. 2000. [Online]. Available : http://science.nasa.gov/headlines/y2000/essd16mar_1m.htm.
- Ian Douglas. 1983. **The Urban Environment**. England : University of Manchester.
- James A. Voogt. n.d. **Remote Sensing and Modeling of Urban Heat Islands**. Canada : University of Western Ontario. [Online]. Available : <http://ams.confex.com/ams/AFMAPUE?4Urban/abstracts/36814.htm>.

- János Unger and Zoltán Sümeghy. n.d. **Urban Heat Island Patterns and Cross-section Profiles**. Hungary : Department of Climatology and Landscape Ecology. University of Szeged.
- Jari Niemela. 1999. "Ecology and urban planning". **Kluwer Academic Publishers**. 8 : 119-131. Netherlands : Department of Ecology and Systematic, Biodiversity and Conservation.
- Josef Leitmann. 1991. **Energy Environment Linkages in the Urban Sector**. n.p.
- Joseph De Chiara. 1984. **Time-Saver Standards for Housing and Residential Development**. Mc.Graw-Hill Book Company, p.105-113.
- K. Ya Kondrat'ev., editor. n.d. **Radiation Characteristics of the Atmosphere and the Earth's Surface**. translated from Russia. n.p.
- Kenvin E. Trenberth., edited. 1992. **Climate System Modeling**. Cambridge University Press.
- Kohei Minakuchi. 2001. **Urban Heat Island**. East St.Louis Action Research Project. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- LBNL. 2000. **Heat Island Group**. [Online]. Available : <http://EETD.LBL.gov/heatisland>. Retrieved April, 27, 2000.
- Learning about Urban Heat Island**. n.d. [Online]. Available : <http://eande.lbl.gov/HeatIsland/LERAN/>
- Lillesand, Thomas M. 1979. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons.
- Lu Zhao. n.d. **Observe Urban Heat Island in Lucas County Using Remote Sensing**. [Online]. Available : <http://utoledogis.org/research/luw/uhi/html>.
- Maria Jose Leveratto, Silvia De Schiller and J. Martin Evans. 2000. **Buenos Aires urban heat Island : Intensity and Environmental Impact**. Cambridge : Research Centre Habitat and Energy. Proceeding of PLEA, University of Buenos Aires. Faculty of Architecture, Design and Urbanism.
- Mark W. Zemansky. 1957. **Heat and Thermodynamics**. 5th ed. An Intermediate Textbook (International Student Edition). Kogakusha : Mc Graw Hill.
- Martin De Porres Rohinton Emmanuel. 1998. **Urban Heat Island and Cooling Load : The Case of an Equatorial City**. Sri Lanka : Department of Architecture. University of Moratuwa.

-
- . 1997. **Summertime Heat Island effects of Urban Design Parameters**. Michigan : The University of Michigan.
- Matt T. Rosenberg. n.d. **Urban Heat Islands “It Sure is Hot in the City.”** [Online].
Available : <http://geography.about.com/library/weekly/aa121500a.htm>.
- Maurice G. Estes. *et. al.* 1999. **The Urban Heat Island Phenomenon and Potential Mitigation Strategies**, Arizona : Arizona State University.
- Michael Abrams. n.d. “Thermal Infrared Remote Sensing Yields Unprecedented View of Earth From Space”. **Remote Sensing**. California : Jet Propulsion Laboratory Pasadena.
- Michael Hough. 1995. **Cities and Natural Process**. London : Butler and Tanner Ltd.
- Molly Finster. 1999. **The Urban Heat Island Photochemical Smog and Chicago: Local Features of the Problem and Solution**. Chicago.
- Paul R. Baumann. 2001. **An urban Heat Island : Washington D.C.** New York :
Department of Geography, State University of New York, College at Oneonta.
- Richard John Huggett. 1993. **Modeling the Human Impact on Nature : System Analysis of Environmental Problems**. New York : Oxford University Press.
- Robert A. Aldrich., and John W. Bartok. 1989. **Greenhouse Environment**. New York :
University of Connecticut.
- Robert S. Bristow and Jo Beth Mullem. n.d. **Environmental Education : A Geographical Approach**. [Online]. Available : www1.wsc.ma.edu/grap/faculty/nestv195.htm.
- Robert K. Vincent. n.d. **Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing**. New Jersey : Prentice Hall.
- Robert T. Watson, editor. 2001. IPCC Third Assessment Report. **Climate Change 2001 Synthesis Report**. Stand-alone edition. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Stanley Q. Kidder and Jan Hafner. n.d. **Urban Warming : A Satellite, Modeling, and Climatological Study**, Huntsville : The University of Alabama.
- Tadahisa Katayama. 1997. **The Contribution of Sea Breeze and Natural Cornering to Urban Thermal**. Japan : Department of Thermal Energy System Kyushu University.
- T.E.Graedel and Paul J. Grutzem. 1993. **Atmospheric Change : An Earth System Perspective**. New York.

"The Impact of Shade Trees on Reducing Heat Island Effect in Parking lots". n.d.

Arid Zone Trees Guest Article 4. [Online]. Available :

<http://www.aridzonetrees.com/questarticles/guestart4.htm>.

T.R.Oke. 1978. **Boundary Layer Climates.** London.

_____. 1973. **City Size and the Urban Heat Island.** Canada : Department of Geography
The University British Columbia.

United State Environment Protection Agency (EPA). n.d. **The Heat Island Reduction**

Initiative. [Online]. Available : [http://www.epa.gov/globalwarming/actions/
local/heatisland/](http://www.epa.gov/globalwarming/actions/local/heatisland/)

Urban Climate : Climate Design of Buildings. n.d. [Online]. Available : [http://arch.hku.hk/
~cmhui/teach/65156-7f.htm](http://arch.hku.hk/~cmhui/teach/65156-7f.htm).

Urban Heat Island Pilot Project. n.d. [Online]. Available : [http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/
uhipp/urban_uhipp.html](http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/uhipp/urban_uhipp.html)

What is GIS. 2004. [Online]. Available: <http://www.uwm.edu/SARUP/casir/concept.html>

Xiong Liu. 1997. **Analysis or Urban Heat Island Effect at Several Southeast American
Cities with GOES-8 data.** [Online]. Available : [Http://eley.com/chps/info/
occLegislation_6_28.doc](Http://eley.com/chps/info/occLegislation_6_28.doc)

ภาคผนวกที่ ก

การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ภาพดาวเทียม
เปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนาม

การสุ่มจุดภาพตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยการตรวจสอบข้อมูลด้วยการออกสำรวจภาคสนาม (Campbell, 1996) สามารถทำได้ 5 วิธีคือ (รูปที่ ก.1)

1. Random Sampling แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1.1 การเก็บตัวอย่างเฉพาะในบริเวณที่สงสัยหรือสนใจ

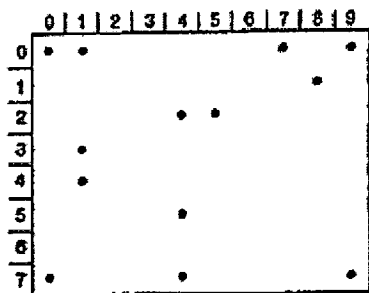
1.2 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นตารางกริด โดยแต่ละแถวและสดมภ์จะมีหมายเลขเป็นตัวแทน ซึ่งจะทำให้การสุ่มตัวเลขประจำแถวและสดมภ์มาหนึ่งคู่สำหรับกำหนดจุดสำรวจ

2. Stratified Sampling เป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็นเขตย่อย และทำการสุ่มจุดตัวอย่างในเขตพื้นที่ที่แบ่งย่อยไว้โดยจำนวนตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการศึกษา

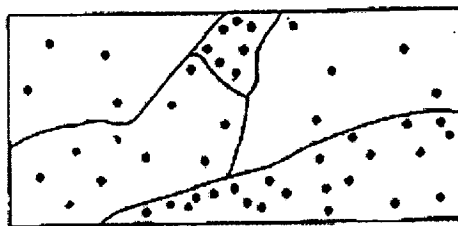
3. Systematic Sampling เป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่องขนาดเท่าๆ กัน โดยจะเก็บตัวอย่างในทุกๆ ช่องตามลำดับ

4. Stratified Systematic Nonaligned Sampling เป็นวิธีการผสมผสานระหว่างวิธี Stratified Sampling และ Systematic Sampling โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นตารางกริด และเก็บตัวอย่างในทุกช่องกริด การกำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างจะเก็บในแนวพิกัดตะวันออก-ตะวันตก โดยวิธีการสุ่มในทุกแถว ส่วนแนวพิกัดเหนือ-ใต้จะทำการสุ่มในทุกสดมภ์

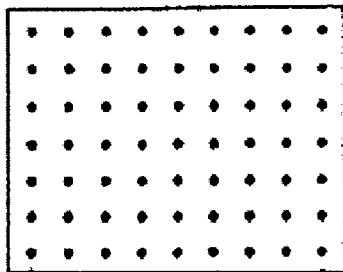
5. Cluster Sampling เป็นการเลือกจุดภายในพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้เป็นจุดศูนย์กลาง ได้จากการสุ่มหรือความสามารถในการเข้าถึงได้ จากนั้นจะกำหนดจุดเก็บตัวอย่างรอบๆ จุดศูนย์กลางโดยการสุ่ม



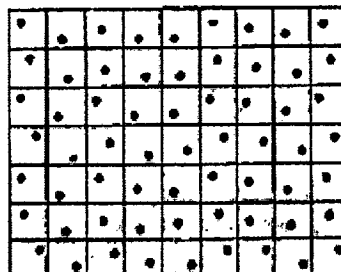
(ก) Random Sampling



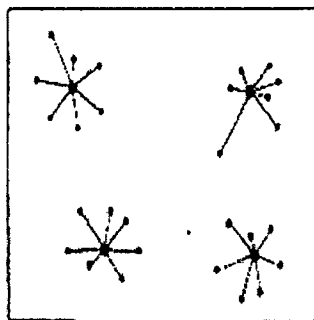
(ข) Stratified Sampling



(ค) Systematic Sampling



(ง) Stratified Systematic Nonaligned Sampling



(จ) Cluster Sampling

รูปที่ ก.1 การสุ่มจุดภาพตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ที่มา : Campbell, J.B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*, 2nd ed. New York : The Guilford Press.

การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพดาวเทียม เปรียบเทียบกับผลจากการสำรวจภาคสนาม (ตารางที่ ก.2) โดยการใช้ตาราง Confusion Matrix และการคำนวณค่าความถูกต้องรวม (Overall Accuracy) ความคาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความขาดหายไปหรือตกหล่น (Error of Omission) และความคาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความเกินมาหรือมีข้อมูลอื่นปลอมปนอยู่ (Error of Commission) (Congalton, 1991)

$$\text{ค่าความถูกต้องรวม (O.A.)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนจุดภาพที่ถูกต้องของทุกประเภทข้อมูล}}{\text{ผลรวมของจำนวนจุดภาพทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{ค่าความถูกต้องของแต่ละประเภทข้อมูล} = \frac{\text{จำนวนจุดภาพที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนจุดที่} + \text{ผลรวมจำนวน} + \text{ผลรวมจำนวน}} \times 100$$

ภาพถูกต้อง จุดภาพของ จุดภาพของ
 Commission Omission

ค่าความถูกต้องของข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 เมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2550 เปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนาม เท่ากับ 86.11% (ตารางที่ ก.1)

ตารางที่ ก.1 ค่าความถูกต้องของข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 เมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2550 เปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนาม







แผนที่ที่ได้จาก การแปลภาพถ่ายดาวเทียม พ.ศ. 2550	การสำรวจภาคสนาม						ความคาดเคลื่อนที่เกิดจาก			
	เมืองและย่าน การค้า (U & C)	ที่พัก อาศัย (R)	อุตสาหกรรม (I)	เกษตร กรรม (A)	สวนตา ชารณะและ นันทนาการ (P & Re)	ป่าไม้ (F)	แหล่งน้ำ (W)	อื่นๆ (O)	รวม	การตีความเกินมา หรือ มีข้อมูลอื่นปลอมปนอยู่ (Error of Commission) (%)
เมืองและย่านการค้า (U & C)	4	1	-	-	-	-	-	-	5	25.00
ที่พักอาศัย (R)	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-
อุตสาหกรรม (I)	-	-	5	-	-	-	-	-	5	-
เกษตรกรรม (A)	-	-	-	7	1	-	1	-	9	22.22
สวนสาธารณะและ นันทนาการ (P & Re)	-	-	-	-	5	-	-	-	5	-
ป่าไม้ (F)	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-
แหล่งน้ำ (W)	-	-	-	1	-	-	1	-	2	50.00
อื่นๆ (O)	-	-	-	1	-	-	-	5	6	16.67
รวม	4	3	5	9	6	2	2	5	36	
ความคาดเคลื่อนที่เกิดจาก										
การตีความขาดหายไป หรือตกหล่น (Error of Omission) (%)	-	33.33	-	22.22	16.67	-	50.00	-	-	86.11

ค่าความถูกต้องรวมจากการแปลภาพถ่ายความเทียม (Overall Accuracy) ของการวิจัยครั้งนี้
คือ $(4 + 2 + 5 + 7 + 5 + 2 + 1 + 5) \times 100 / 36 = 86.11\%$

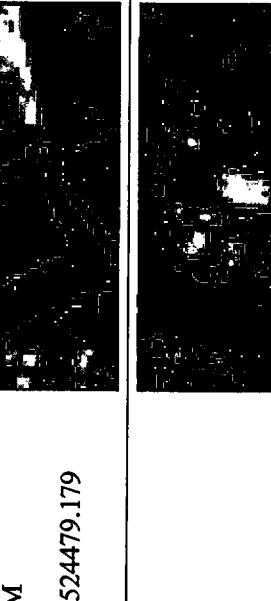



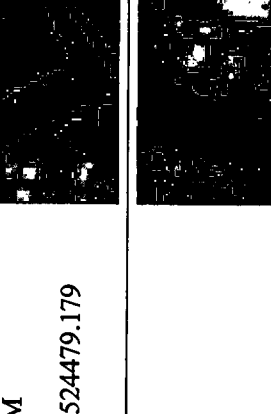
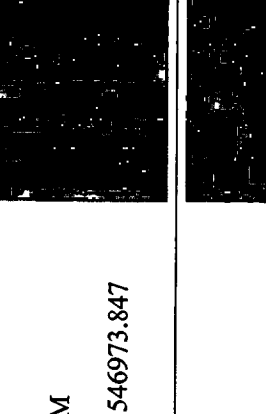
โดยมีค่าความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ดังนี้

1. พื้นที่เมืองและย่านการค้า = $4 \times 100 / (4 + 0 + 0) = 100.00\%$
2. พื้นที่พักอาศัย = $2 \times 100 / (2 + 0 + 1) = 66.67\%$
3. พื้นที่อุตสาหกรรม = $5 \times 100 / (5 + 0 + 0) = 100.0\%$
4. พื้นที่เกษตรกรรม = $7 \times 100 / (7 + 1 + 1) = 77.78\%$
5. พื้นที่สวนสาธารณะและนันทนาการ = $5 \times 100 / (5 + 1 + 0) = 83.33\%$
6. พื้นที่ป่าไม้ = $2 \times 100 / (2 + 0 + 0) = 100.0\%$
7. พื้นที่แหล่งน้ำ = $1 \times 100 / (1 + 1 + 0) = 50.0\%$
8. พื้นที่อื่นๆ = $5 \times 100 / (5 + 0 + 0) = 100.00\%$



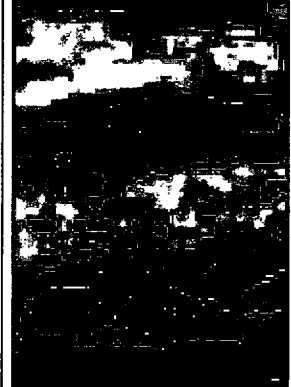



ตารางที่ ก.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 เมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2550
เปรียบเทียบพื้นที่จริงในภูมิประเทศที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
1 UTM 668180.644, 1526934.249			พื้นที่สวนสาธารณะและนันทนาการ (สวนสาธารณะ : สวนจตุจักร)
2 UTM 670604.929, 1521999.275			พื้นที่อื่นๆ (พื้นที่เปิดโล่ง : บริเวณ รพม.)
3 UTM 674721.465, 1546739.797			พื้นที่เมืองและย่านการค้า (ห้างสรรพสินค้า และ โรงพยาบาล เมเจอร์ชินนิเพล็กซ์ สาขารังสิต)


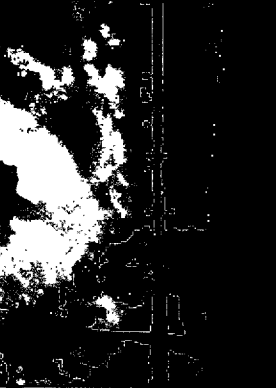


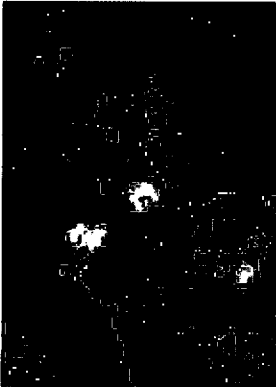
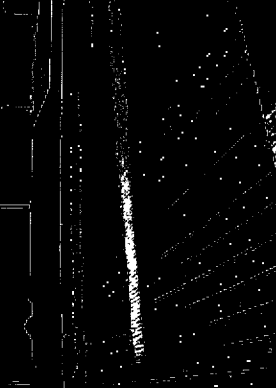
ตารางที่ ก.2 (ต่อ 1)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>4</p> <p>UTM</p> <p>679595.224, 1546973.847</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม</p> <p>(พื้นที่นา มีการเพาะปลูกและน้ำจืด)</p>
<p>5</p> <p>UTM</p> <p>685212.437, 1524479.179</p>			<p>พื้นที่เมืองและย่านการค้า</p> <p>(เสาส่งสัญญาณ โทรศัพท์)</p>
<p>6</p> <p>UTM</p> <p>661444.083, 1521119.703</p>			<p>พื้นที่สวนสาธารณะและนันทนาการ</p> <p>(ลานกิจกรรมนันทนาการ : สนามหลวง)</p>

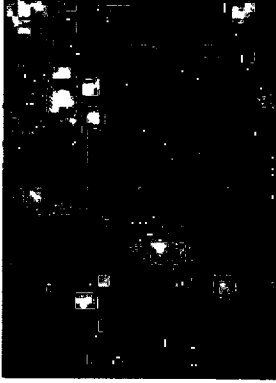





ตารางที่ ก.2 (ต่อ 2)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>7</p> <p>UTM</p> <p>671584.361, 1515280.214</p>			<p>พื้นที่อุตสาหกรรม</p> <p>(คลังน้ำมัน : ปตท. พระโขนง)</p>
<p>8</p> <p>UTM</p> <p>699034.394, 1534370.049</p>			<p>พื้นที่สวนสาธารณะและนันทนาการ</p> <p>(สนามฟุตบอล ศูนย์ฝึกฟุตบอลแห่งชาติ)</p>
<p>9</p> <p>UTM</p> <p>721756.403, 1527946.528</p>			<p>พื้นที่อื่นๆ</p> <p>(พื้นที่เปิดโล่ง : ทุ่งหญ้า)</p>



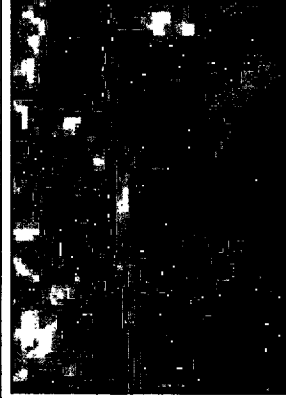
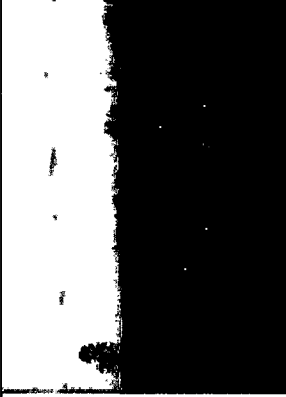


ตารางที่ ก.2 (ต่อ 3)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>10</p> <p>UTM</p> <p>749366.679, 1517064.891</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา : เตรียมพื้นที่เพาะปลูก โดยการจ้งน้ำเต็ม</p>
<p>11</p> <p>UTM</p> <p>738342.51, 1508679.16</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม (บ่อปลา)</p>
<p>12</p> <p>UTM</p> <p>667854.916, 1511601.076</p>			<p>พื้นที่อุตสาหกรรม (โรงงานอุตสาหกรรม)</p>

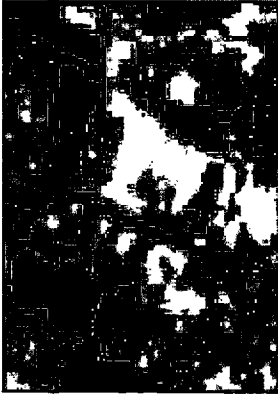
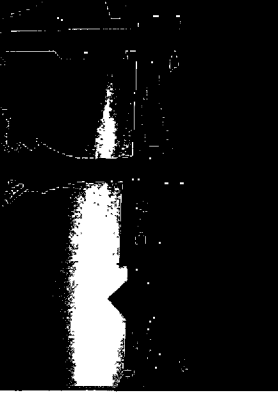




ตารางที่ ก.2 (ต่อ 4)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>13</p> <p>UTM</p> <p>661737.013, 1506095.127</p>			<p>พื้นที่อื่นๆ (พื้นที่เปิดโล่ง : ต้นไม้ขึ้นปกคลุม)</p>
<p>14</p> <p>UTM</p> <p>636408.014, 1498241.174</p>			<p>พื้นที่ป่าไม้ (ป่าชายเลน : ป่าจาก)</p>
<p>15</p> <p>UTM</p> <p>616691.319, 1500859.158</p>			<p>พื้นที่เมืองและย่านการค้า (วัด : วัดหลักสี่ราษฎร์โมศ)</p>

ตารางที่ ก.2 (ต่อ 5)




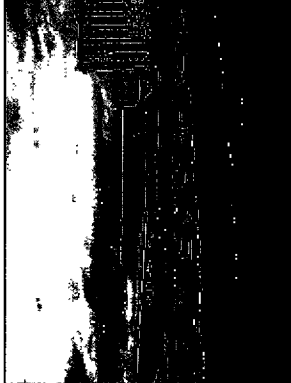

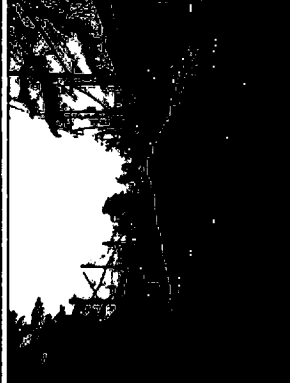
จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>16</p> <p>UTM</p> <p>610359.069, 1552106.204</p>			<p>พื้นที่แหล่งน้ำ (บ่อดินเก่า : น้ำจืด)</p>
<p>17</p> <p>UTM</p> <p>606239.619, 1521228.555</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา : มีต้นกล้วยอ่อน)</p>
<p>18</p> <p>UTM</p> <p>617432.268, 1519625.114</p>			<p>พื้นที่อื่นๆ (พื้นที่เปิดโล่ง : ทุ่งหญ้าปกคลุม)</p>

ตารางที่ ก.2 (ต่อ 6)


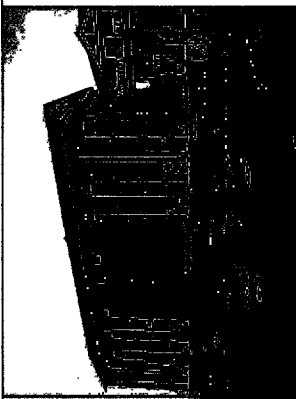

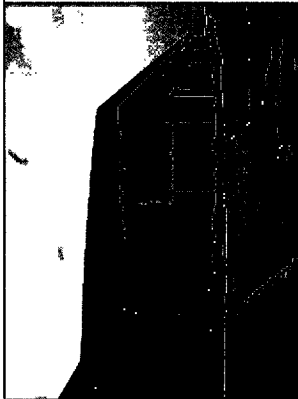

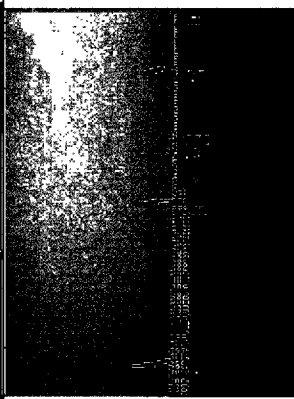
จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>19</p> <p>UTM</p> <p>613800.945, 1526809.16</p>			<p>พื้นที่เมืองและย่านการค้า (ห้างสรรพสินค้า : ห้างเอสไอ โดตัส)</p>
<p>20</p> <p>UTM</p> <p>624647.754, 1534166.125</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา : มีการเพาะปลูก)</p>
<p>21</p> <p>UTM</p> <p>624569.154, 1557950.504</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา : นาปรังตาม เตรียมพื้นที่ก่อนการเพาะปลูก)</p>









ตารางที่ ก.2 (ต่อ 7)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
22 UTM 650402.202, 1551434.39			พื้นที่พักอาศัย (หมู่บ้านจัดสรร : หมู่บ้านภัทรารมย์ 2)
23 UTM 639352.092, 1515592.574			พื้นที่อุตสาหกรรม (โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ)
24 UTM 645369.464, 1540785.32			พื้นที่พักอาศัย (หมู่บ้านจัดสรร : หมู่บ้านพฤษภา 3)




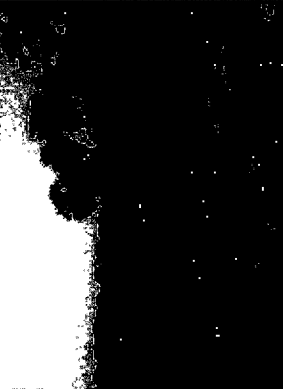


ตารางที่ ก.2 (ต่อ 8)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>25</p> <p>UTM</p> <p>693071.167, 1502809.323</p>			<p>พื้นที่พักอาศัย</p> <p>(อพาร์ทเมนต์ : กำลังก่อสร้าง)</p>
<p>26</p> <p>UTM</p> <p>711807.434, 1492277.83</p>			<p>พื้นที่อุตสาหกรรม</p> <p>(โรงงานอุตสาหกรรม : กำลังก่อสร้าง)</p>
<p>27</p> <p>UTM</p> <p>719144.451, 1505920.243</p>			<p>พื้นที่อุตสาหกรรม</p> <p>(โรงงานผลิตรถยนต์โตโยต้า)</p>



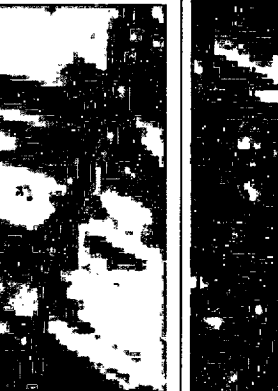
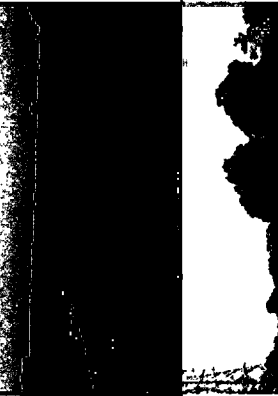
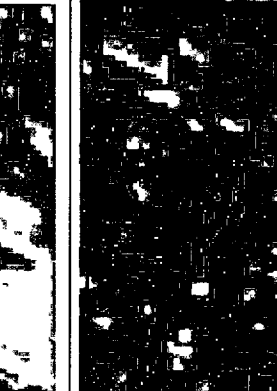

ตารางที่ ก.2 (ต่อ ๑)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>28</p> <p>UTM</p> <p>734188.256, 1511571.206</p>			<p>พื้นที่อื่นๆ</p> <p>(พื้นที่เปิดโล่ง : ถมดินดูกรัง)</p>
<p>29</p> <p>UTM</p> <p>704704.72, 1525110.908</p>			<p>พื้นที่สวนสาธารณะและนันทนาการ</p> <p>(สนามกอล์ฟ และมีบ่อทราย)</p>
<p>30</p> <p>UTM</p> <p>698463.544, 1554460.21</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม</p> <p>(พื้นที่สวน)</p>

ตารางที่ ก.2 (ต่อ 10)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>31</p> <p>UTM</p> <p>593116.883, 1546848.061</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม</p> <p>(พื้นที่นา : มีการเพาะปลูก)</p>
<p>32</p> <p>UTM</p> <p>692047.143, 1569803.358</p>			<p>พื้นที่อื่นๆ</p> <p>(พื้นที่เปิดโล่ง : ทุ่งหญ้า)</p>
<p>33</p> <p>UTM</p> <p>684322.681, 1535866.454</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม</p> <p>(พื้นที่นา : ต้นข้าวรอการเก็บเกี่ยว)</p>

ตารางที่ ก.2 (ต่อ 11)

จุดสำรวจที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม	ภาพถ่ายจากภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่
<p>34</p> <p>UTM</p> <p>730713.294,1542335.327</p>			<p>พื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา : เริ่มดงต้นกล้า)</p>
<p>35</p> <p>UTM</p> <p>677664.874,1506581.736</p>			<p>พื้นที่แหล่งน้ำ (คลอง มีฝักตบชาวปากคุดม เกือบเต็มพื้นที่)</p>
<p>36</p> <p>UTM</p> <p>749903.051,1528207.634</p>			<p>พื้นที่อื่นๆ (พื้นที่เปิดโล่ง : ถมดินดูกรัง)</p>

ภาคผนวก ข

ข้อมูลอุณหภูมิต

ตาราง ข.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือนในคาบ 20 ปี (พ.ศ. 2530-2549)

ปี	เดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2530	27.8	28.1	29.3	30.8	30.3	30.1	30.1	29.9	28.8	28.8	28.3	24.3
2531	27.7	29	30.6	30.1	29.3	28.9	28.7	28.3	28.3	27.6	25.8	25.3
2532	27.7	27.6	28.3	30.7	29.3	28.6	29.1	28.9	28.3	28.5	27.8	25.9
2533	28.3	29.1	29.6	31.2	29.9	30	29.1	29.4	28.6	28.4	28	26
2534	27	27.3	29.1	30	29.3	28.7	28.2	27.6	27.6	27.1	27.1	26.9
2535	26.3	28.1	-	-	31.5	30	29.2	28.9	29.1	27.4	27	26.9
2536	27.5	27.9	29.6	30.6	30.8	30.4	30.2	28.4	28.5	28.7	29	26.4
2537	28.5	29.8	29.3	31.4	30.2	29.5	29.2	28.9	28.9	28.5	29.2	28.3
2538	27.9	28.3	29.8	30.2	29.7	29.3	28.5	27.8	27.3	27.4	26.8	25
2539	26	27.4	30.5	31.1	30.5	-	29.3	29.9	28.8	29.7	28.7	26.9
2540	27.5	29.8	30.6	31.1	31.9	31.8	30.4	30.3	29.6	29.2	29.2	29.2
2541	28.4	29.1	30	30.9	30.4	29.5	29.2	28.5	27.7	28.2	27.3	27.4
2542	26.9	27.3	29.1	28.4	27.6	28.4	28.8	28.3	28.3	27.6	27.1	23.7
2543	27.4	27.4	29.2	29.1	29.1	28	28.1	28.1	27.5	27.5	26.6	27.2
2544	27.4	28	28	30.6	28.9	28.7	29.1	28.6	28.7	27.6	26.1	26.8
2545	27.5	29.1	30	31.2	29.8	30.1	30.1	29.3	28.9	28.8	28.3	28.7
2546	27.2	28.9	29.3	31.3	30.6	29.9	29	29.8	28.6	28.9	29.4	26.6
2547	27.5	27.7	30.3	31.7	29.9	29.5	30.1	29.5	28.9	29.3	29.5	26.9
2548	27	29.8	29.8	30.9	31.3	30.8	30.1	30.2	29.2	29.1	28.3	26.6
2549	28	29.7	30.7	30.6	29.9	30.1	30.2	30	29.1	28.9	29.6	27.1
ค่าเฉลี่ย	27.5	28.5	29.6	30.6	30	29.6	29.3	29	28.5	28.3	27.9	26.6

ที่มา : ประยุกต์จากข้อมูลปรุณภูมิ กรมอุตุนิยมวิทยา

ตาราง ข.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวันในช่วง พ.ศ. 2530-2550

ปี	วัน (องศาเซลเซียส)						
	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
2530	29	29.4	28.9	28.9	28.9	28.9	29.0
2540	30.5	30.5	30.7	31.1	30.5	30.5	30.7
2550	29.3	29.4	29.2	29.7	29.9	29.3	29.4
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย	29.6	29.8	29.6	29.9	29.8	29.6	29.7

ที่มา : ประยุกต์จากข้อมูลปฐมภูมิ กรมอุตุนิยมวิทยา

ภาคผนวกที่ ก

คุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 และ SPOT

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) มาวิเคราะห์เพื่อหากระบวนการเกิดและรูปแบบ (Pattern) ของปรากฏการณ์ Heat island ทั้งนี้ ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม 2 ประเภทคือ

1. ดาวเทียม LANDSAT 5 ข้อมูลดาวเทียมถ่ายภาพเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2530 วันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2540 และวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2550
2. ดาวเทียม SPOT ข้อมูลดาวเทียมถ่ายภาพเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2549

โดยมีคุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม ดังต่อไปนี้

1. ดาวเทียม LANDSAT 5

โครงการดาวเทียม LANDSAT เป็นโครงการขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) ใน พ.ศ. 2528 ได้โอนกิจการดาวเทียม LANDSAT ให้กับบริษัท EOSAT ดำเนินการในเชิงพาณิชย์ ปัจจุบันประเทศไทยบันทึกข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 ซึ่งเป็นดาวเทียมที่ได้รับการออกแบบเพื่อสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ของผิวโลก และเพื่อวัดค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นต่างๆ โดยมีระบบเก็บข้อมูล 2 ระบบคือ ระบบ MSS (Multispectral Scanner) และระบบ TM (Thematic Mapper) โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ ค.1)

ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ MSS และระบบ TM

ระบบ MSS			ระบบ TM		
ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)	ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)
1 (4)	0.50-0.60	- ใช้ในการตรวจ ตะกอนหรือความขุ่น ชั้นในน้ำ (สามารถ ผ่านทะลุน้ำได้ มากกว่าช่วงคลื่นอื่น) - แสดงความแตกต่าง ของพืชพันธุ์สีเขียวกับ สิ่งปกคลุมอย่างอื่น	1	0.45-0.552	- ใช้ตรวจสอบ ลักษณะน้ำตาม ชายฝั่ง - ดูความแตกต่าง หรือใช้แยกประเภท ต้นไม้ ชนิดผลัดใบ และไม่ผลัดใบออก จากกัน

ตารางที่ ค.1 (ต่อ 1)

ระบบ MSS			ระบบ TM		
ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)	ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)
		- ใช้บอกลักษณะ โครงสร้างทาง ธรณีวิทยา			- ดูความแตกต่าง หรือแยกดินจากพืช พันธุ์ต่างๆ (มีความ ไวต่อการมีหรือไม่มี คลอโรฟิลล์)
2 (5)	0.60-0.70	- ดูความแตกต่างของ สิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น กับลักษณะความสูง ต่ำของภูมิประเทศ (Topographic features) - สำหรับแยก ประเภทของพืชพันธุ์ สีเขียวเมื่อรวมอยู่กับ สิ่งปกคลุมหลายๆ อย่าง	2	0.52-0.60	- แสดงการสะท้อน พลังงานสีเขียวจาก พืชพันธุ์ที่ เจริญเติบโตแล้ว
3 (6)	0.70-0.80	- สำหรับดูความ แตกต่างของลักษณะ การใช้ที่ดิน - ใช้ตรวจปริมาณ มวลชีวสีเขียว (Green biomass)	3	0.63-0.69	- ใช้แยกความ แตกต่างของการ ดูดกลืนคลอโรฟิลล์ ในพืชพันธุ์ชนิด ต่างๆ กัน

ตารางที่ ค.1 (ต่อ 2)

ระบบ MSS			ระบบ TM		
ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)	ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)
4 (7)	0.80-1.1	- สำหรับดูความแตกต่างของส่วนที่เป็นน้ำกับส่วนที่ไม่เป็นน้ำ - ใช้แยกความแตกต่างระหว่างพืชพันธุ์กับดิน - แสดงธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีวิทยา	4	0.76-0.90	- ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ - ใช้ดูความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่้ำ
			5	1.55-1.75	- ใช้ตรวจความชื้นในพืช - ใช้ดูความแตกต่างของหิมะกับเมฆ
			6	10.40-12.50 (รายละเอียด 120 เมตร)	- ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องจากความร้อนในพืช - ใช้ดูความแตกต่างระหว่างความร้อนบริเวณที่ศึกษา - ใช้ดูความแตกต่างของความชื้นของดิน
			7	2.08-2.35	- ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ - ใช้แยกแร่ธาตุและดินชนิดต่างๆ
กรอบกลุ่มพื้นที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร					
รายละเอียดภาพ 80 x 80 เมตร			รายละเอียดภาพ 30 x 30 เมตร		

2. ดาวเทียม SPOT

ดาวเทียม SPOT (Le Systeme Probatoire d' Obsevation de la Terre) อยู่ในความรับผิดชอบของสถาบันอวกาศแห่งชาติฝรั่งเศส (Centre National d' Etudes, Spatiales : CNES) ร่วมกับประเทศในกลุ่มยุโรป แต่การผลิตและการแจกจ่ายข้อมูล มอบให้บริษัท SPOT Image เป็นผู้ดำเนินการในเชิงพาณิชย์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ในเชิงรายละเอียด นำไปใช้ศึกษาการสำรวจพื้นที่และแยกชนิดของป่า รวมทั้ง ไฟป่า การทำแผนที่การใช้ที่ดิน ธรณีวิทยา อุทกวิทยา แหล่งน้ำ สมุทรศาสตร์และชายฝั่ง การพังทลายและการตกตะกอน ตลอดจนการติดตามการประเมินผลสิ่งแวดล้อมและมลภาวะ การขยายตัวของเมือง และการตั้งถิ่นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ ค.2)

ตารางที่ ค.2 คุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียม SPOT ระบบ Multispectral Mode และระบบ Panchromatic Mode

ระบบ Multispectral Mode			ระบบ Panchromatic Mode	
ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (μ)	การใช้ประโยชน์ (Potential Application)
1	0.50-0.59	- ศึกษาพืช น้ำ และ ตะกอน		
2	0.61-0.68	- แยกป่าไม้ และ สิ่งก่อสร้าง		
3	0.79-0.89	- ศึกษาภูมิประเทศ ดินและธรณีวิทยา - แยกส่วนที่เป็นน้ำ และ ไม่เป็นน้ำ	0.51-0.73	- ความสามารถคล้าย ภาพถ่ายทางอากาศ
ครอบคลุมพื้นที่ 60 x 60 ตารางกิโลเมตร				
ความละเอียดของภาพ 20 x 20 เมตร			ความละเอียดของภาพ 10 x 10 เมตร	

ภาคผนวก ง

การตีพิมพ์และเสนอผลงานวิจัย

Title : Management of Urban Spatial Setting to Determine Effect of Urban Heat Island and Consumption of Energy. Case Study on Bangkok Metropolis Thailand

First Author, Sutatip Chavanavesskul

Abstract:

Urbanization and human activities cause higher air temperature in urban areas than its surrounding areas. The high temperature can cause problems to environment, such as high energy consumption on cooling, raised air pollution level and changes in the urban climate. This study uses remote sensing data to observe this urbanization changes land use and create heat island in Bangkok Metropolis, Thailand. The results show that urban, large size, less vegetation and less water resources cause obvious higher than it's surrounding.

Keywords : Urban Heat Island (UHI)

1 Introduction

1.1 Issue and problems statement

At present, Global has suffering with high temperature (increase 2-3° C every decade) and urbanization. The global population has increased six times during the last two hundred years; urban population has grown 128 times (Emmanuel, 1997 refer to cf. Schell, *et al.*, 1993). Therefore, global urban population is expected to outnumber the rural population (Oke, 1987). Urbanization phenomenon has happened in the development countries less than the developing countries.

The pattern of city growth were dynamic and rapid (increasing in size), due to urban population increasing and even undistribution pattern of resources to support life. This brought about the concentration of population and changing of the existing land use in the city: green area (agriculture, vegetation, open space), and wet land has been transferred to residential, commercial, and industrial areas. The decreasing of open space would reduce the level of humidity in the atmosphere too. The construction in tropical city did not take into account the style, height and orientation of buildings in relation to the direction prevailing wind. Many

buildings blocked wind and reflected solar radiation among buildings, wall, and ground. Depending on the respective materials of building, streets. Dark colour, roughness and unshiny materials were able to absorb heat yet unable to reflect radiation as did light colour, smooth and shiny material. And human activities such as travelling and construction, generated dust and smog to block ventilation. This phenomenon called "*Heat Island*".

Heat Island jacked up the high temperature of city, even higher, which further brought about air and water pollution and changes in human activities. People do not want to expose to outdoor environment; they would prefer to live inside buildings and with air-conditioning. These pattern of living further increased energy consumption (electric, water and petroleum) and deteriorated the health condition of citizen in city.

According, this research aims to study the nature of heat island in Bangkok Metropolis, analyzing the relationship between the pattern land use and the heat island attribute. It aims to elucidate the process, the pattern of and the impact from heat island; phenomena to find an appropriate strategy and approach to control the environment exploiting the heat island pattern.

1.2 Objectives of study

The objectives of the study are :

1. To study the process and pattern of heat island under context of Bangkok Metropolis.
2. To derived a mean to manipulate the heat island phenomena to reduce temperature, energy consumption and pollution under context of Bangkok Metropolis.
3. To find strategy and approach to manage the environment under the context of Bangkok Metropolis.

1.3 Scope of study

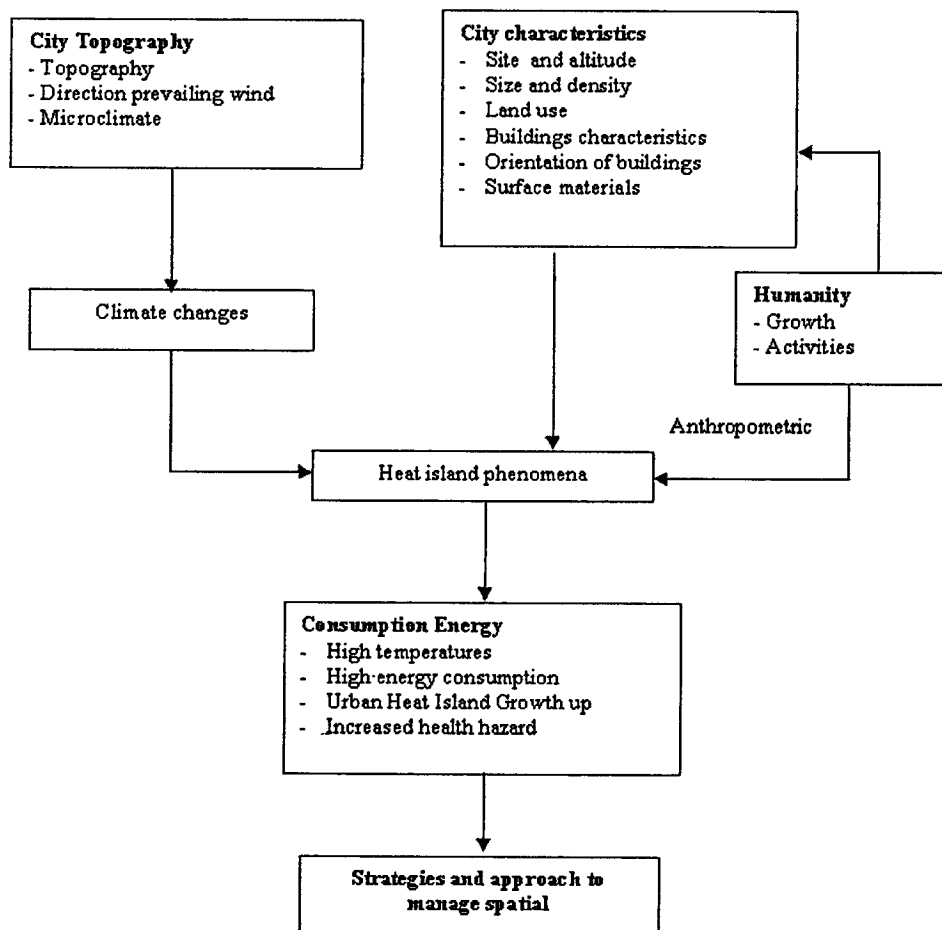
A case study will be applied Bangkok Metropolis by means of urban and surrounding provinces of Bangkok Metropolis are representative a suburban and rural. To determine size of cities by use continuous structure areas without other land use separate especially agriculture, recreation and park, and water resources to be a boundary line.

Bangkok metropolis, Nontaburi province and Samutprakran province are represented a large city, Nakhonratchasima province is a middle city and Chachoengsao province is a small city.

1.4 Definition

Urban Heat Island (UHI) : a reflection of the micro-climate changes brought about by human alterations of the earth's surface in densely populated areas. It is a good indicator of the sensitivity of the climate system to human forcing on a local level. It is a complex, site and episode-specific phenomenon and can vary in time and space.

1.5 Conceptual Framework



2. State of the Art

2.1 Literature Review

1. *Characteristic of City*

A city is an urban area with a large population and a particular administrative, legal, or historical status. Large industrialized cities generally have advanced systems for sanitation, utilities, land usage, housing, and transportation and more. This close proximity greatly facilitates interaction between people and firms, benefiting both parties in the process. Cities are known for creating their own microclimates. This is due to the large clustering of heat absorbent surfaces that heat up in sunlight. City consist with 2 elements is natural element (ground) and man made element (figure / built up) which basis to support life. The location of city is an important factor to urban planning and design. Especially, the tropical cities are uncomforted thermal and almost population's activities would be indoor and use air-conditioner to adjust temperature.

2. *Climatology*

The climate system can be divided into an internal system of gas, liquid and ice surrounding the earth and an external system of what lie under the surface of the earth and in the space surrounding it. Internal climatogenic processes include precipitation, evaporation, and wind and heat exchange between atmosphere, ocean, land and ice. External processes include change of solar radiation, earthquakes, volcanic explosions, changes of atmospheric composition and changes in land and ocean shape. Internal climatogenic processes are caused by natural feedback within the system. External processes, by contrast, start spontaneously with no feedback triggering them. A decrease in solar radiation could also cause global cooling, but there is limited and controversial evidence for such a process. The possibility of short-lived fluctuations of solar radiation in the visible and near-infrared part of the spectrum has been debated by specialists. Man's effect on climate is also elusive. The effect of atmospheric dust depends on the size and quality of the particles and on surface albedo. Great amounts of dust depends can have a warming rather than cooling effect, at least over continental areas.

Urban climate, There are two methods of determining the influence of an urban on its climate : inside the urban and the rural. A comparison of a series of observations the characteristics of the urban

climate can be determined in relation to time of day, season and weather. An artificial input of heat and a pollution of the air, the influx of heat is the easiest of all causes too understand in its influence on the urban climate; it affects a rise of the urban temperature in comparison with that of the surroundings. The artificial heat is limited to the urban. It is carried away upward and outward with a speed proportional to the amount of air movement. The result is that the ground air of the city, an urban is warmer than rural. The lowest temperature of the day in the urban is consequently 1-2 °c higher than outside the urban. Relatively calm weather at midday in the summer, the urban is warmer than its surrounding. The urban has more fog than rural.

The basis of the climatic differences between city and rural is

1. The difference in materials in urban and non-urban environments : the impervious surfaces of city streets and paved spaces and the stone and concrete of building surfaces store and conduct heat much faster than soil or vegetate surfaces. Urban structures are multi-faceted as multiple reflectors, absorbing heat energy and reflecting it back to other surfaces, urban accepts and store heat. Rural heat is stored mostly in upper layer.
2. The much greater aerodynamic roughness of built-up areas than in the rural : arrangement of tower blocked placed presented a much rougher surface than the open rural. The effect of slowing down prevailing wind and increasing localized gusts at street corners and around tall buildings and diminishing the cooling power of wind in summer.
3. The prodigious amount of heat energy pumped into the urban atmosphere from heating and cooling system, factories and vehicles : in summer, air-conditioners cooling interior space pump hot air to the exterior, making the problem of high temperatures worse.
4. Problems resulting from precipitation : evaporation converts radiated energy into latent heat, acts as a cooling process. Rural, moisture either remains on the surface or immediately below it. Available for evaporation and cooling. Urban, the absence of moisture inhibits evaporation.
5. Air quality : increased atmospheric carbon dioxide likely will lead to increased air temperatures and exacerbate ozone problems. The conscious modification of the microclimate by human.

3. *Heat Island phenomenon*

The urban heat island (UHI) effect is a reflection of the micro-climate changes brought about human alternations of the earth's surface in densely populated areas. It is a good indicator of the sensitivity of the climate system to human forcing on a local level. The heat island properties are albedo, heat capacity, heat generation, heating and cooling rates and surface roughness. The addition of human heat and pollutants into the urban atmosphere further contributes to the intensity of the urban heat island effect. The UHI may have a positive or negative impact on human comfort and health, energy conservation and air pollution.

The UHI are stronger in the late of afternoon and at night, around 11 p.m. until at least 2 or 3 a.m. when city slowly release the energy stored in its structures. Temperatures are strongly related to land use and land cover. This moderating effect is induced by evapotranspiration from the vegetation around the houses which converts the radiant energy into latent heat, this preventing the release of excessive sensible heat. Surface temperatures are warmer at the top of the canyons than at the bottoms as a result of longer exposure to solar radiation during the day. The UHI has major consequences for people living in urban areas. Incoming solar radiation is absorbed by the roof and walls of the structure, creating a difference in the surface and ambient temperatures. Building residents compensate for this heat by increasing air-conditioning use, increased ambient temperature in urban areas, increase energy consumption. High temperatures also cause increased health risks to city dwellers and related to increased emissions of ozone precursors from automobiles and vegetations.

4. *Thermal comfort*

Thermal comfort has been defined as "that condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment" The emphasis is on the condition of mind. It will be influenced by individual differences in mood, personality culture and other individual, organizational and social factors. Human *thermal comfort* is defined by ASHRAE as the state of mind that expresses satisfaction with the surrounding environment (ASHRAE Standard 55). Maintaining thermal comfort for occupants of buildings or other enclosures is one of the important goals of HVAC design engineers. Thermal comfort is affected by heat conduction, convection, radiation, and evaporative heat loss. Thermal comfort is maintained when the heat generated by human metabolism is allowed to dissipate, thus maintaining thermal equilibrium with the surroundings.

Any heat gain or loss beyond this generates a sensation of discomfort. It has been long recognized that the sensation of feeling hot or cold is not just dependent on air temperature alone. Factors determining thermal comfort include: air temperature, mean radiant temperature, air movement / velocity, relative humidity, insulative clothing and activity levels.

2.2 Limitation of study

1. Limited data, Date and time of remote sensing data (LANDSAT 5-TM and SPOT) are not the same period would be difficult to compare data and analysis.

2. Limited time and budget should be taken into consideration in completing the study.

3. Methodology

Methodology applied in the study are based as the reference towards the objective of the study whereby it is aim at researching the process and pattern of heat island under context of Bangkok Metropolis.

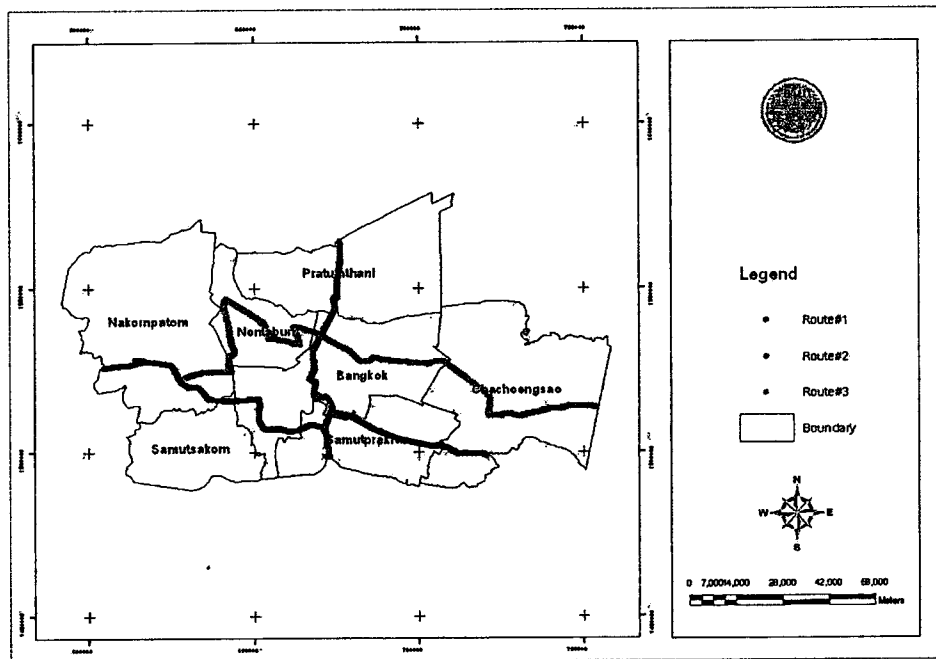
1. Collecting of primary microclimate data,

1.1 To install OPUS-200 (Thermograph) at 3 automobiles. To explore temperature after sunset at least 4 hours about 10.00 p.m. is the highest heat because it's diffuse to air temperature.

1.2 To explore temperature in 2 days. On Sunday is a weekend representative the least accumulating energy in a day. On Wednesday is a middle weekday representative the most accumulating energy in a day.

1.3 Position level of sensor thermograph is 150 centimeters from ground.

1.4 To determine 3 routes cover the study area, Route 1 is represented in north to south. Route 2 is represented in lower east to west. And route 3 is represented in upper east to west. (Pic.1)



Pic. 1 Map of collecting routes

2. Collecting of secondary data,

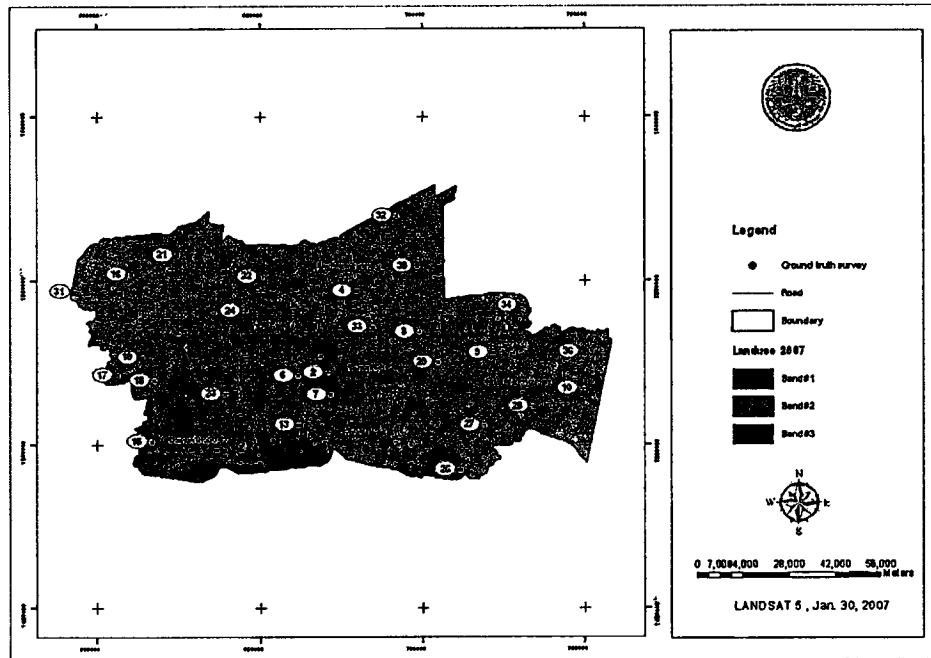
2.1 To gathering data from documents.

2.2 To interpretative satellite imagery from LANSAT 5-TM and SPOT to characterize land use during 1987, 1997 and 2007. To compare accuracy by ground truth sample. To use binominal probability theory to sampling at least of error percentage of point (36 points) (Pic. 2) and sampling imagery points by cluster sampling (Campbell, 1996) and to check overall accuracy of data (LANDSAT 5, Jan. 5, 2007) by confusion matrix (Congalton, 1991) = 86.11%.

3. Analysis data,

3.1 To analyst satellite imagery to characterize the heat island effect at the study area with geographic information system (GIS).

3.2 To compare heat island areas by size, pattern and features of cities. To derived a mean to manipulate the heat island phenomena to reduce temperature, energy consumption and pollution.



Pic. 2 Map of ground truth survey 36 points

4. Results and discussion

4.1 Land use changes during 30 years (1987-2007)

The study area is 9,728.275 sq.kilometers. Land use can divide to 8 types : urban and commercial, residential, industrial, forestry, park and recreation area, agriculture, water resources and open space. (Table 1 and Pic. 3)

1. Urban and commercial, residential and industrial areas are always increase during 30 years (1987-2007); To increase residential areas 134.668%, industrial areas 170.201% and urban and commercial areas 49.35%. First, these land uses were relative with main transportation by cluster along Chao Phraya River. At present, they distributed along road and almost expanded to south of Bangkok Metropolis closely Samutprakarn province and west of Bangkok Metropolis closely Nakhonpatom province and Samutsakorn province.
2. Agriculture, forestry and water resources areas are continued decrease during 30 years because they were became to urban

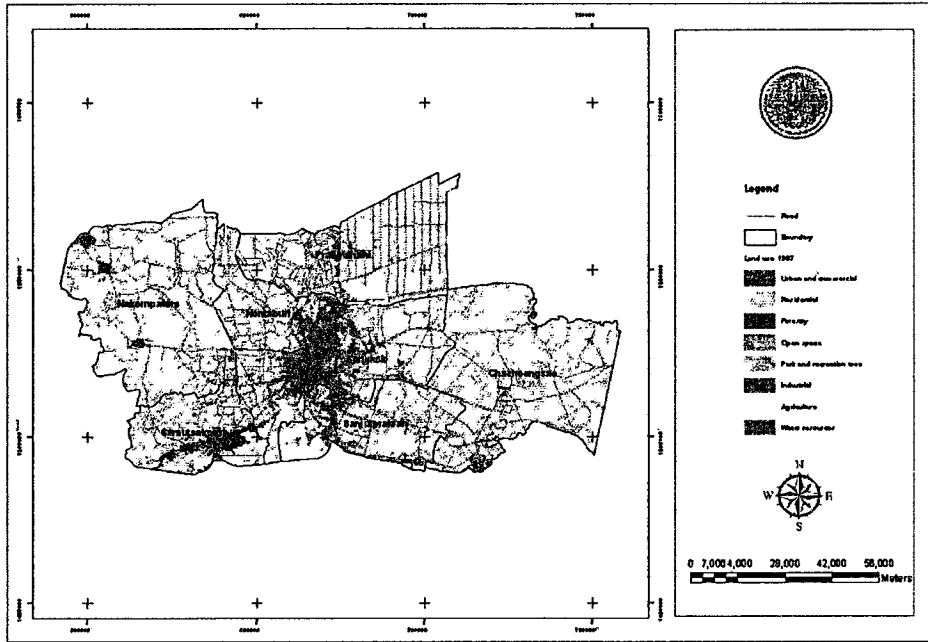
and commercial, industrial and residential areas for responding population's demands. During 30 years, agriculture areas are decreased 17.398%, forestry areas 44.18% and water resources areas 42.133%.

Table 1 Table of land use change in 30 years (during 1987-2007)

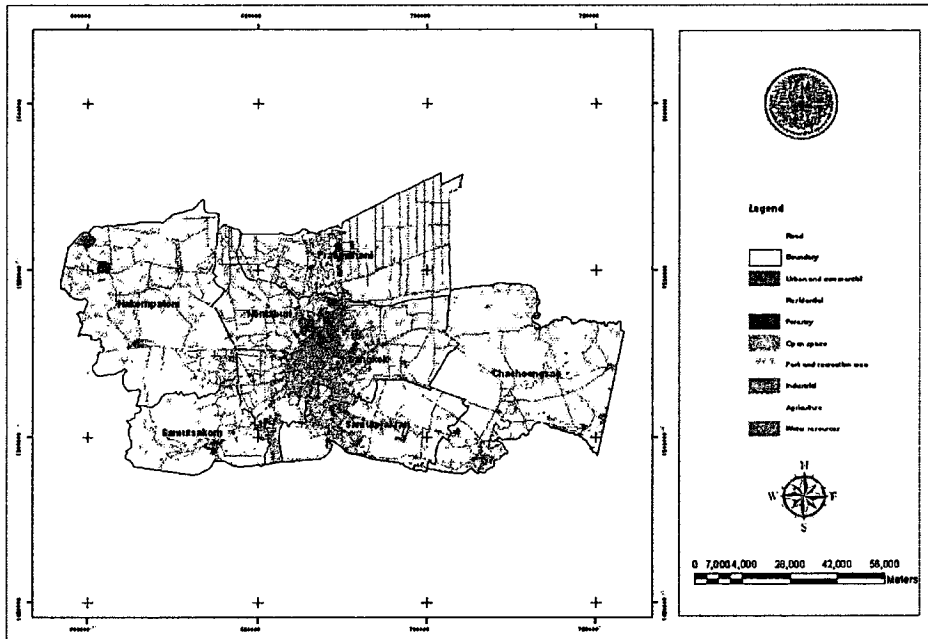
Type of land use	Land use (km ²)			△ Land use					
	1987	1997	2007	1987 - 1997		1997 - 2007		1987 - 2007	
				km ²	%	km ²	%	km ²	%
Urban and commercial	624.318	725.485	932.417	+101.167	+16.204	+206.932	+28.623	+308.099	+49.350
Residential	737.125	997.430	1,729.799	+260.305	+35.314	+732.368	+73.426	+992.673	+134.668
Industrial	71.908	93.484	194.298	+21.576	+30.005	+100.814	+107.840	+122.389	+170.201
Agriculture	7,933.490	7,665.989	6,553.260	-267.501	-3.372	-1,112.73	-14.515	-1,380.230	-17.398
Park and recreation area	5.188	7.051	12.140	+1.863	+35.821	+5.089	+72.169	+8.952	+134.013
Forestry	163.023	87.102	91.000	-65.921	-58.839	+23.898	+35.614	-72.023	-44.180
Water resources	187.596	136.268	108.556	-51.371	-27.384	-27.869	-20.311	-79.040	-42.133
Open space	5.825	35.507	108.806	+29.882	+531.211	+71.299	+200.802	101.181	+1,798.698

Remark: △ land use calculates by areas different between 1987-2007 in each land uses

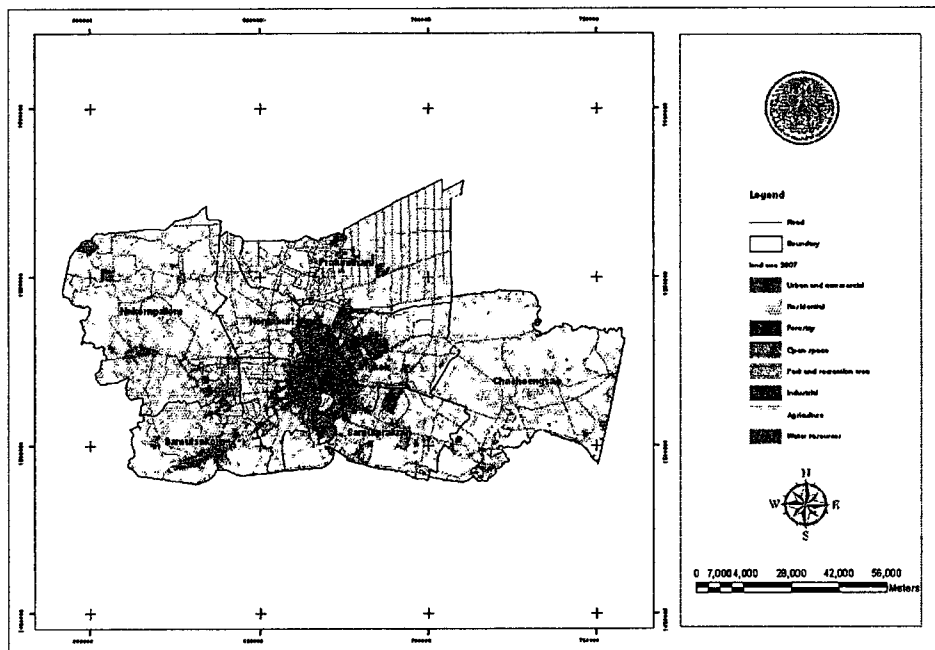
- + : increase land use
- : decrease land use



Pic. 3 (a) Land use in 1987



Pic. 3 (b) Land use in 1997



Pic.3 (c) Land use in 2007

Pic. 3 Map of land use change during 30 years (1987-2007)

4.2 Size and features of city effect to pattern of heat island phenomenon

Size and features of city effect to cluster of heat and pattern of heat island that the large city (Bangkok Metropolis, Nonthaburi and Samutprakarn) and middle city (Nakornpatom) were detected urban heat island and similar air temperature (isothermals) but different location of urban heat island and frequency of isothermals. The large city (Bangkok Metropolis, Nonthaburi and Samutprakarn) was detected urban heat island in many locations because it had many bulk of built up (material's surface was concrete and mirror). In opposite, the small city (Chachoengsao) was detected urban heat island less than the large city and middle city (Pic. 4-6)

The large and middle city had nearly temperature, their temperature on weekday (Wednesday) and weekend (Sunday) were differ about 1.5-2°C. The small city had different temperature from the large and middle city about 1-3°C and its temperature on weekday (Wednesday) was differ about 2-3°C and weekend (Sunday) was differ about 1-1.5°C. Because almost material's surface in the small city was vegetate and water

resources (more humidity than concrete and mirror). At the highest of temperature in a day was created at 9.30-11.00 p.m.; on weekday (Wednesday) was detected temperature 29.44°C and weekend (Sunday) 28.78°C, found at the center of study area located in the large city especially Bangkok Metropolis at Bangna-Trad zone and Vipavadee-Rangsit zone. At the location of green and humidity areas (forestry and park and recreation area) were detected temperature 27.5°C and the lowest temperature found at agriculture and water resources areas were detected temperature 23°C.

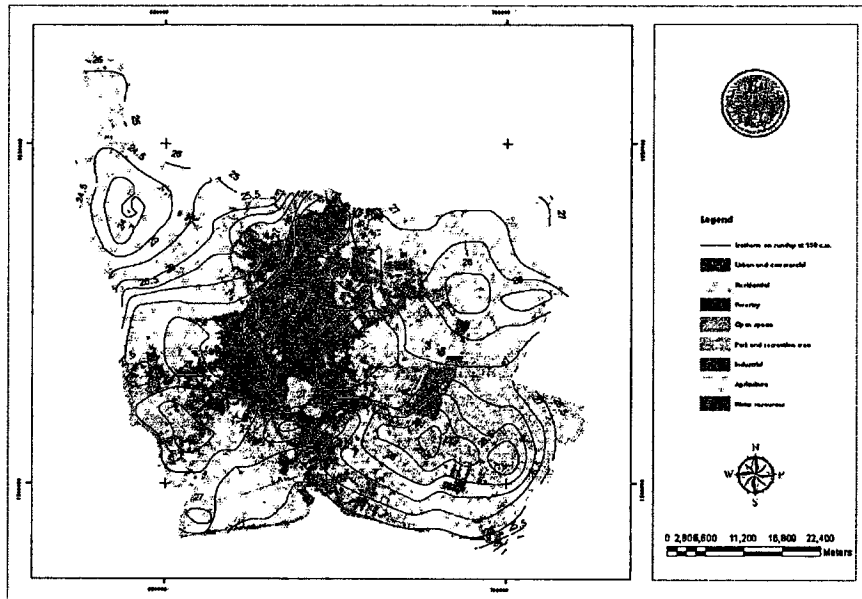
Thus, the locations of urban heat island has detected in built up of city, almost their features were concrete, asphalt and mirror such as urban and commercial areas, residential areas and industrial areas.

4.3 Manage the heat island under context urban.

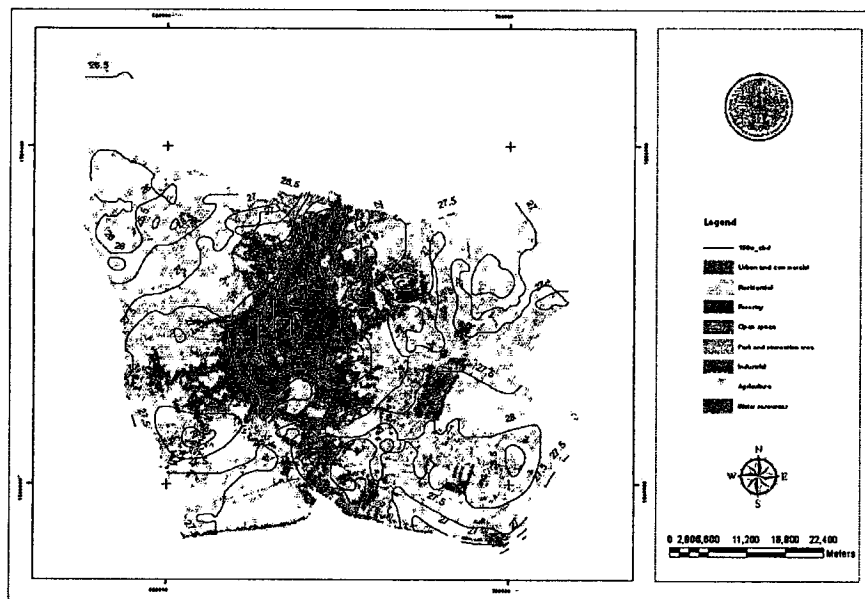
This study found almost urban heat island was created in the lack of vegetate and humidity areas, which compared the size of city found that the large and middle city emitted heat slower than the small city because the small city had less bulk of built up areas and many vegetate and humidity areas. To manage city by heat island phenomenon should be determine urban and surrounding area have buffer of green and humidity areas and more green activities such as park and recreation areas make to be green network's city. And material's surface should be light colour and smoothie pave.

5. Conclusions

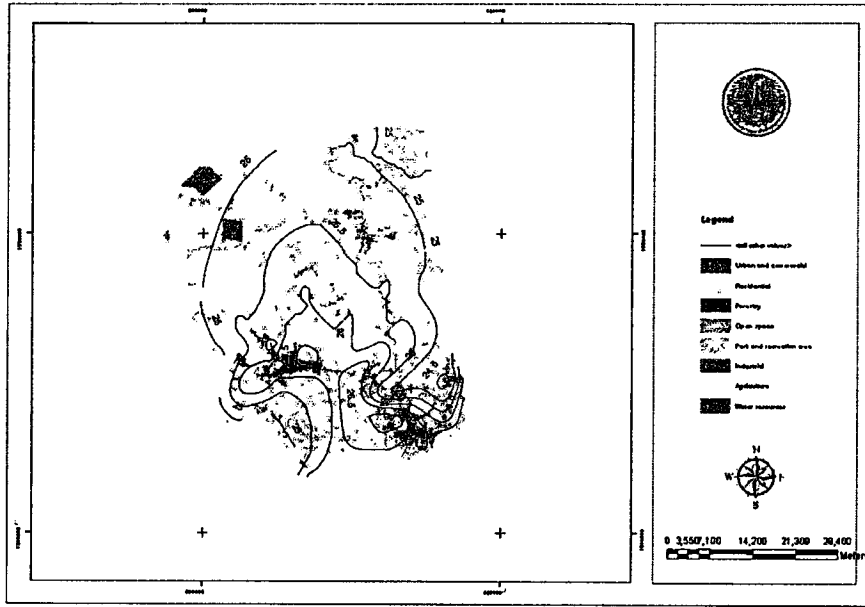
The urban heat island effect is a complex, site and specific phenomenon and can therefore vary in time and place. Many factors can alter the strength of the urban heat island on any day or in any location. Some of these factors include : season, weather conditions, urban characteristics, and anthropometric heat. Heat island develop in areas contain a high percentage of water-resistant surfaces, a low percentage of vegetate and humidity surfaces. Both of the city's size difference and continued development built up areas may increase the heat island conditions.



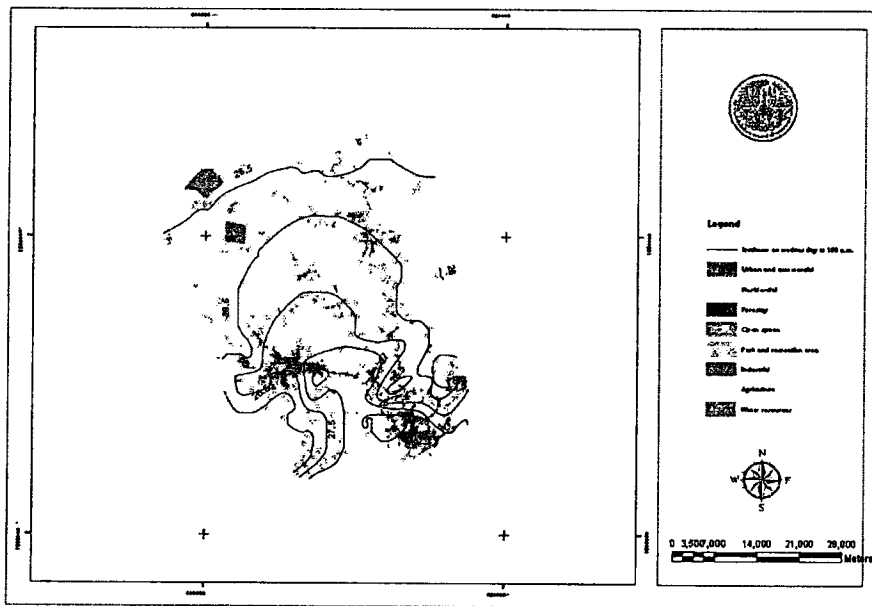
Pic. 4 (a) The large city on weekend (Sunday)



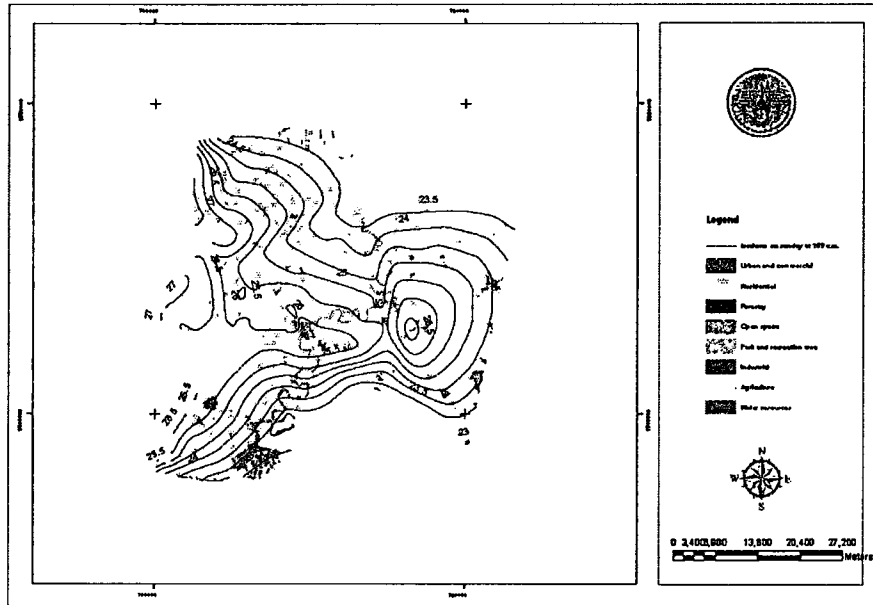
Pic. 4 (b) The large city on weekday (Wednesday)



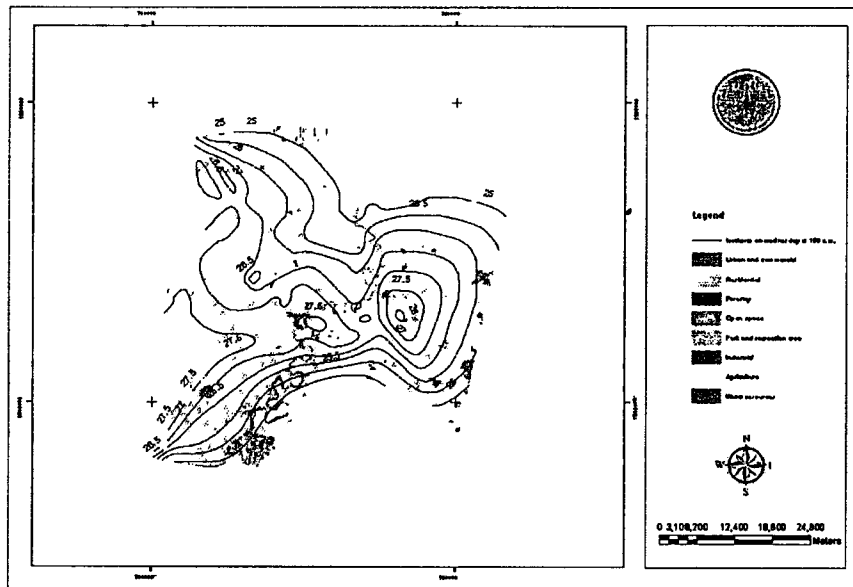
Pic. 5 (a) The middle city on weekend (Sunday)



Pic. 5 (b) The middle city on weekday (Wednesday)



Pic. 6 (a) The small city on weekend (Sunday)



Pic. 6 (b) The small city on weekday (Wednesday)

References

- Anthony J. Brazel. *et. al.* (2001). CAP LTER Climate. Arizona : Arizona State University.
- Aya Hagishima. *et. al.* (n.d.). An Intrigued Analysis to Quantify the Cause for Urban Heat Island. Japan : The Revised Architecture-Urban-Soil-Simulation Model (AUSSSM), Kyishu University.
- Background on Urban Growth and Urban Heat Islands. From <http://rsd.gsfc.nasa.gov/912/urban/background.htm>.
- Benjamin Stien and John S. Reynolds. (n.d.). "Thermal Control". Mechanical and Electrical Equipment for Building. 8thed. Oregon : John Wiley & Sons.
- Campbell, J.B. (1996). Introduction to Remote Sensing. 2nded. New York : The Guilford Press.
- Christopher Small and Roberta Balstad Miller. (n.d.). Monitoring the Urban Environment from Space. New York : Columbia University.
- C.J.G. (Jon) Morris. (n.d.). Urban Heat Islands and Climate Change : Melbourne, Australia. School of Earth Sciences. Australia : The University of Melbourne.
- _____. (n.d.). Urban Heat Island in Small Towns : Deniliquin, Australia. School of Earth Sciences. Australia : The University of Melbourne.
- Climate. From <http://www.brunel.ac.uk/research/solvent/pdf/climate.pdf>.
- Floyd F. Sabin Jr. (1996). "Thermal Infrared Imagery". Remote Sensing : Principles and Interpretation. 3rded. Los Angeles : Remote Sensing Enterprises Incorporated and University of California.
- F. Pignolet-Tardan. *et. al.* (n.d.). Modelling of the Urban Heat Island Generated by an Urban Unit. France : Centre de Thermique de l'Insa de Lyon (CETHIL).

Gallo K.P. *et al.* (1992). "The Use of NOAA AVHRR Data for Assessment of the Urban Heat Island Effect" *Journal of Applied Meteorology*. 32(5) : 899-908.

George B. Magin, Jr., and Lois E. Randall. (n.d.). "Review of Literature on Evaporation Suppression". *Studies of Evaporation*. n.p.

Gerald Foley. (1991). *Global Warming : Who is taking the heat?*. London.

Giulia Abbate. (n.d.). *Heat Island study in the area of Rome by integrated use of GRS-SAR and Landsat TM*. Italy : ENEA-Casaccia, Environment Department.

Global Warming : Greenhouse Effects, Global Warming, Climate Change. (2000). from <http://www.webace.com.au/~wsh/index.html>.

G.R. Chhatwal. (1998). *Management of Prevention of Thermal Pollution*. *Encyclopaedia of Environmental Management*. vol.2. India.

Here Comes Urban Heat. (2000). From http://science.nasa.gov/headlines/y2000/essd16mar_1m.htm.

James A. Voogt. (n.d.). *Remote Sensing and Modelling of Urban Heat Islands*. Canada : University of Western Ontario. From <http://ams.confex.com/ams/AFMAPUE?4Urban/abstracts/36814.htm>.

Jari Niemela. (1999). "Ecology and urban planning". *Kluwer Academic Publishers*. 8 : 119-131. Netherlands : Department of Ecology and Systematics, Biodiversity and Conservation.

Kohei Minakuchi. (2001). *Urban Heat Island*. East St.Louis Action Research Project. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Learning about Urban Heat Island. (n.d.). from <http://eande.lbl.gov/HeatIsland/LERAN/Textbook>

Maurice G. Estes. *et al.* (1999). *The Urban Heat Island Phenomenon and Potential Mitigation Strategies*, Arizona : Arizona State University.

Molly Finster. (1999). *The Urban Heat Island Photochemical Smog and Chicago: Local Features of the Problem and Solution*. Chicago.

Paul R. Baumann. (2001). An urban Heat Island : Washington D.C. New York : Department of Geography, State University of New York, College at Oneonta.

Robert T. Watson, editor. (2001). IPCC Third Assessment Report. Climate Change 2001 Synthesis Report. Stand-alone edition. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Stanley Q. Kidder and Jan Hafner. (n.d.). Urban Warming : A Satellite, Modeling, and Climatological Study, Huntsville : The University of Alabama.

T.R.Oke. (1978). Boundary Layer Climates. London.

United State Environment Protection Agency (EPA). (n.d.). The Heat Island Reduction Initiative. from
<http://www.epa.gov/globalwarming/actions/local/heatisland/>

Urban Climate : Climate Design of Buildings. (n.d.). from
<http://arch.hku.hk/~cmhui/teach/65156-7f.htm>.

Urban Heat Island Pilot Project. (n.d.). from
http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/uhipp/urban_uhipp.html

What is GIS. (2004). From
<http://www.uwm.edu/SARUP/casir/concept.html>

Xiong Liu. (1997). Analysis or Urban Heat Island Effect at Several Southeast American Cities with GOES-8 data. From
Http://eley.com/chps/info/occLegislation_6_28.doc

Management of the urban spatial setting to determine the effect of urban heat island on the Bangkok Metropolis, Thailand

S. Chavanavesskul

*Urban and Environmental Planning Program,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Department of Geography, Srinakharinwirot University, Thailand*

Abstract

Urbanization and human activities cause higher air temperatures in urban areas than the urban climate. This study uses remote sensing data to observe this urbanization and its surrounding areas. The high temperature can cause problems to the environment, such as high energy consumption on cooling, raised air pollution levels and changes in land use and the creation of a heat island in Bangkok Metropolis, Thailand. This study found that the urban heat island (UHI) problem is caused by the large size of the urban area and sparse vegetation and water resources. Some strategies and approaches are raised in this paper in order to reduce the problem.

Keywords: urban heat island (UHI), GIS.

1 Introduction

1.1 Issue and problems statement

Because of urbanization, many-cities in the world are suffering from many environmental problems. The urban heat island (UHI) is one of the problems that are caused by urbanization. Monitoring of the temperature in the area has revealed that it is estimated to increase by 2-3°C every year. In addition, the global population has increased six times during the last two hundred years – urban population has grown 128 times (Emmanuel [20] refer to cf. Schell, et al. 1993). Therefore, the global urban population is expected to outnumber the rural



population (Oke [16]). The urbanization phenomenon has happened less in developing countries than in developed countries.

The pattern of city growth is dynamic and rapid (increasing in size), due to the urban population increasing and an uneven distribution pattern of resources to support life. This brought about the concentration of population and changing of the existing land use in the city: green areas (agriculture, vegetation, open space), and wet lands have been transferred to residential, commercial, and industrial areas. The decreasing of open space also reduces the level of humidity in the atmosphere. The construction in tropical cities did not take into account the style, height and orientation of buildings in relation to the direction of the prevailing wind. Some buildings block wind and reflect solar radiation amongst the buildings, wall, and ground, depending on the respective materials of the buildings and streets. Dark colours, roughness and matt materials absorb heat yet are unable to reflect radiation as well as light colours, smooth and shiny material. Human activities, such as travelling and construction, generate dust and smog, which blocks ventilation. All these factors together contribute towards a phenomenon called "heat island".

The heat island phenomenon increases the already high temperature of the city even further, which is brought about by air and water pollution and changes in human activities. People do not want to be exposed to the outdoor environment; they would prefer to live inside buildings and with air-conditioning. These patterns of living further increase energy consumption (electric, water and petroleum) and deteriorate the health condition of citizens in the city.

This research aims to study the nature of the heat island in Bangkok Metropolis, analyzing the relationship between the pattern of land use and the heat island attributes. It aims to elucidate the process, the pattern and the impact of the heat island phenomena to find an appropriate strategy and approach to control the environment exploiting the heat island pattern.

1.2 Objectives of the study

The objectives of the study are:

1. To study the process and pattern of the heat island phenomenon under the context of the Bangkok Metropolis.
2. To derive a means by which to manipulate the heat island phenomenon to reduce temperature, energy consumption and pollution under the context of the Bangkok Metropolis.
3. To find a strategy and approach to managing the environment under the context of the Bangkok Metropolis.

1.3 Scope of the study

The UHI problem in this paper will be addressed in the Bangkok Metropolis and its surrounding provinces, which are representative of urban, suburban and rural areas. The size of cities is determined by areas of continuous structures without

other separate land use, especially agriculture, recreation and parks; water resources are used as the boundary line.

In addition, this study is limited by satellite-image data (LANDSAT 5-TM and SPOT) because of the lack of prospected data (different periods of satellite-image data). This may cause some difficulties in comparing and analysing data. Likewise, time and budget limitations are taken into an account in order to reach completion of the study. Thus, the selected study area and field survey strategies are applied in this research.

1.4 Definition

The UHI: a reflection of the micro-climate changes brought about by human alterations to the earth's surface in densely populated areas. It is a good indicator of the sensitivity of the climate system to human interference on a local level. It is a complex, site and episode-specific phenomenon and can vary in time and space.

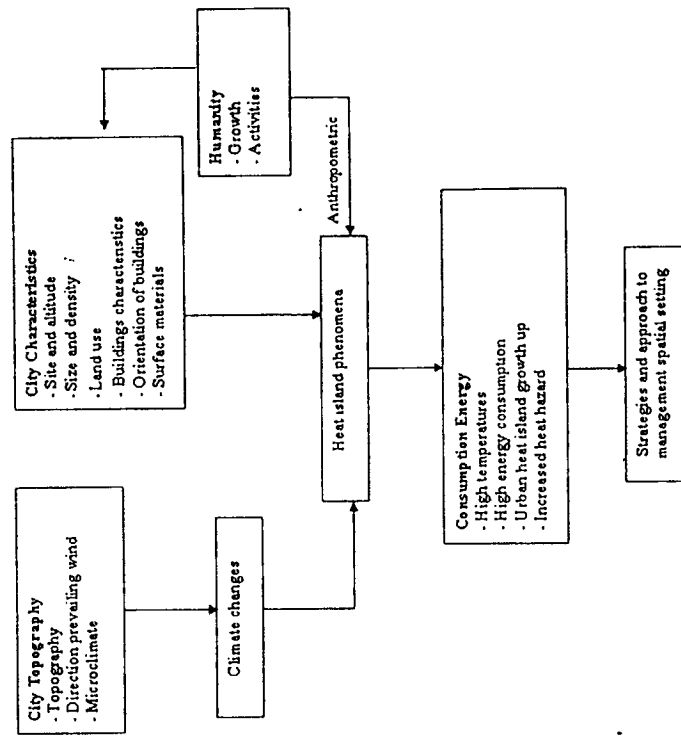


Figure 1: Conceptual framework.

2 Methodology

The following methodology applied in the study forms the basis of reference towards the objective of the study, whereby it is aimed at researching the process and pattern of the heat island under the context of the Bangkok Metropolis.

1. Collection of primary microclimate data.

1.1 In order to acquire existing temperature data in the study area, three automobile thermographs (OPUS-200) were installed in three vans. These vans were driven on assigned routes in order to explore temperature. The temperature collecting time in this study is 10 p.m., which is assumed to be at least four hours after sunset. It is the highest heat period in a day because of the diffuse to air temperature.

1.2 Explore temperatures in different periods of the week. This research selected two representing days of the week – a weekday and a weekend. Wednesday is represented as a weekday, which is representative of the most accumulated energy in a day, whereas Sunday is represented as a weekend, which is representative of the least accumulated energy in a day.

1.3 The position level of the sensor thermograph is 150 centimetres from the ground.

1.4 Determine three routes that cover the study area, Route 1 is north to south, Route 2 is lower east to west and Route 3 is upper east to west. The assigned route map is shown in figure 2.

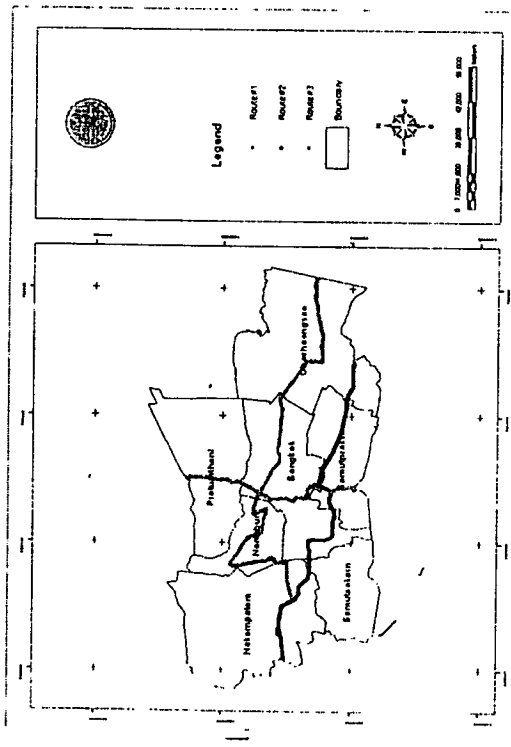


Figure 2: The assigned route map for collecting temperature data.

2. Collection of secondary data.

2.1 Secondary data were gathered from related documents.

2.2 Interpretative satellite imagery from LANSAT 5-TM and SPOT is used to characterize land use during 1987, 1997 and 2007 and compared for accuracy by

using a ground truth sample. Use of binomial probability theory to sample at least an error percentage of points (36 points, as shown in figure 3) and sampling of imagery points by cluster sampling (Campbell [4]) Checking the overall accuracy of data (LANDSAT 5, January 5 2007) by confusion matrix (Congalton [21]) is 86.11%.

3. Analysis data.

3.1 Analyse satellite imagery to characterize the heat island effect in the study area with a geographic information system (GIS).

3.2 Compare heat island areas by size, pattern and features of cities. Derive a means by which to manipulate the heat island phenomena to reduce temperature, energy consumption and pollution.

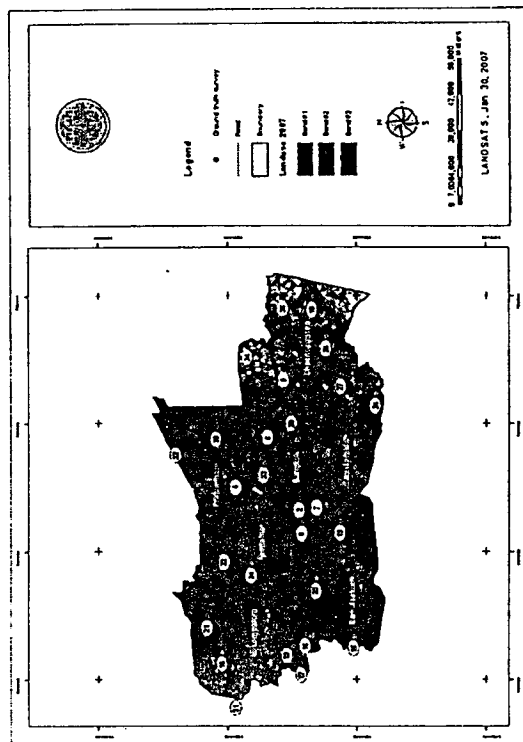


Figure 3: Map of ground truth survey 36 points.

Table 1: Land use change in Bangkok Metropolis and its surrounding provinces between 1987 and 2007.

Land use (km ²)	1987				1997				2007				Δ LAND USE			
	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%		
Urban and commercial	684.318	22.483	932.417	31.147	1011.147	34.124	1016.973	34.232	2021.099	60.930	18.100	2021.099	60.930			
Residential	777.137	25.706	1,779.796	59.007	2,533.114	83.364	3,124.278	93.278	4,922.673	145.167	43.061	4,922.673	145.167			
Industrial	71.908	2.344	144.968	4.776	306.603	9.217	1,007.814	30.240	4,133.889	123.889	36.171	4,133.889	123.889			
Agriculture	7933.000	259.190	6332.000	202.701	3377.777	102.573	1,117.777	34.151	13,385.750	401.573	120.473	13,385.750	401.573			
Forest and protected area	101.000	3.120	101.000	3.120	101.000	3.120	101.000	3.120	101.000	3.120	101.000	3.120				
Water resource	187.384	5.856	136.264	4.198	136.264	4.198	136.264	4.198	136.264	4.198	136.264	4.198				
Open space	2.633	0.081	106.806	3.282	531.211	16.229	2,120.907	64.229	1,011.131	30.630	1,011.131	30.630				

Remarks: Δ Land use indicates by area different between 1987, 2007 at each land use
 1. Increase land use
 2. Decrease land use



3 Results and discussion

3.1 Land use changes over 20 years (1987-2007)

The study area is 9,728.275 sq. kilometres. Land use can be divided into eight types: urban and commercial, residential, industrial, forestry, parks and recreation areas, agriculture, water resources and open spaces.

Table 1 shows the land use changes from 1987 to 2007. The three types of land use have increased during the study period; urban and commercial areas, residential areas, and industrial areas – 49.35%, 134.69%, and 170.20%, respectively. These land uses were relative to main transportation by cluster along the Chao Phraya River. At present, they are distributed along roads and almost expand to south of the Bangkok Metropolis close to the Samutprakarn province and west of the Bangkok Metropolis close to the Nakhornpatom province and Samutsakorn province.

On the other hand, agriculture areas, forestry areas and water resource areas have decreased during the same time – 17.40%, 44.18%, and 42.13%, respectively. These areas have become urban and commercial, industrial and residential areas as a result of the population's demands.

3.2 Size and features of the city effect the pattern of heat island phenomenon

The size and features of the city affect the clusters of heat and the pattern of the heat island, such that the large cities (Bangkok Metropolis, Nonthaburi and Samutprakarn) and medium city (Nakhornpatom) affected by the UHI phenomenon have similar air temperatures (isothermals), but different UHI locations and frequency of isothermals. In the large cities (Bangkok Metropolis, Nonthaburi and Samutprakarn) UHI was detected in many locations, because these cities are very built up (the main material surfaces are concrete and glass). On the other hand, within the small city (Chachoengsao) the UHI was detected less than in the large cities and medium city.

Figures 4 to 6 show an isothermal map of the large cities, a medium city and a small city. These maps were created based on the field survey of two representative periods; the weekend was collected on Sunday 10th March 2007 at 10 p.m. and the weekday was collected on Wednesday 12th March 2007 at 10 p.m. From these figures it can be seen that the large and medium cities had similar temperatures; their temperature on the weekday (Wednesday) and the weekend (Sunday) differed by about 1.5-2°C. The small city had different temperatures from the large and medium cities by about 1-3°C; its temperature on the weekday (Wednesday) differed by about 2-3°C and the weekend (Sunday) differed by about 1-1.5°C. This is because almost all of the material surfaces in the small city are vegetation and water resources (which provide more humidity than concrete and glass). The highest temperature in a day was created at 9.30-11.00 p.m.; on the weekday (Wednesday) the detected temperature was 29.44°C and on the weekend (Sunday) it was 28.78°C. This was obtained at the centre of the study area located in the Bangkok Metropolis in the Bangna-Trad zone and

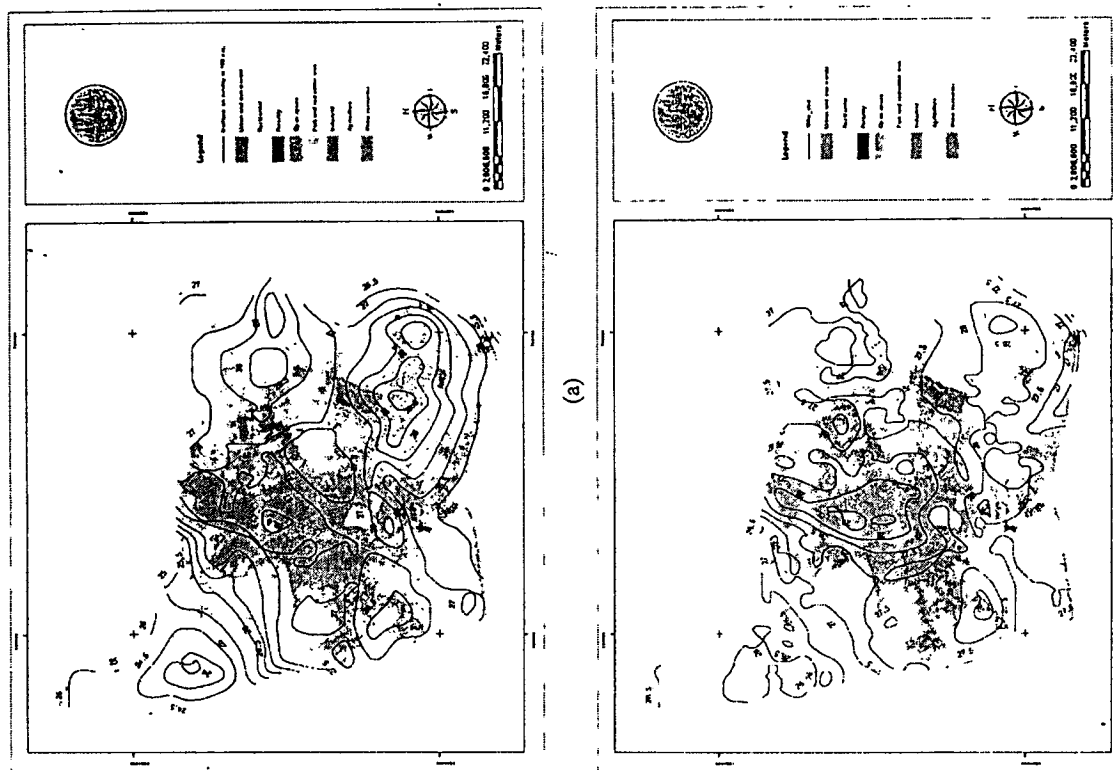


Figure 4: The large city: Bangkok Metropolis, Nonthaburi and Samutprakarn: (a) on March 10, 2007 (Sunday) at 10 p.m.; (b) on March 12, 2007 (Wednesday) at 10 p.m.

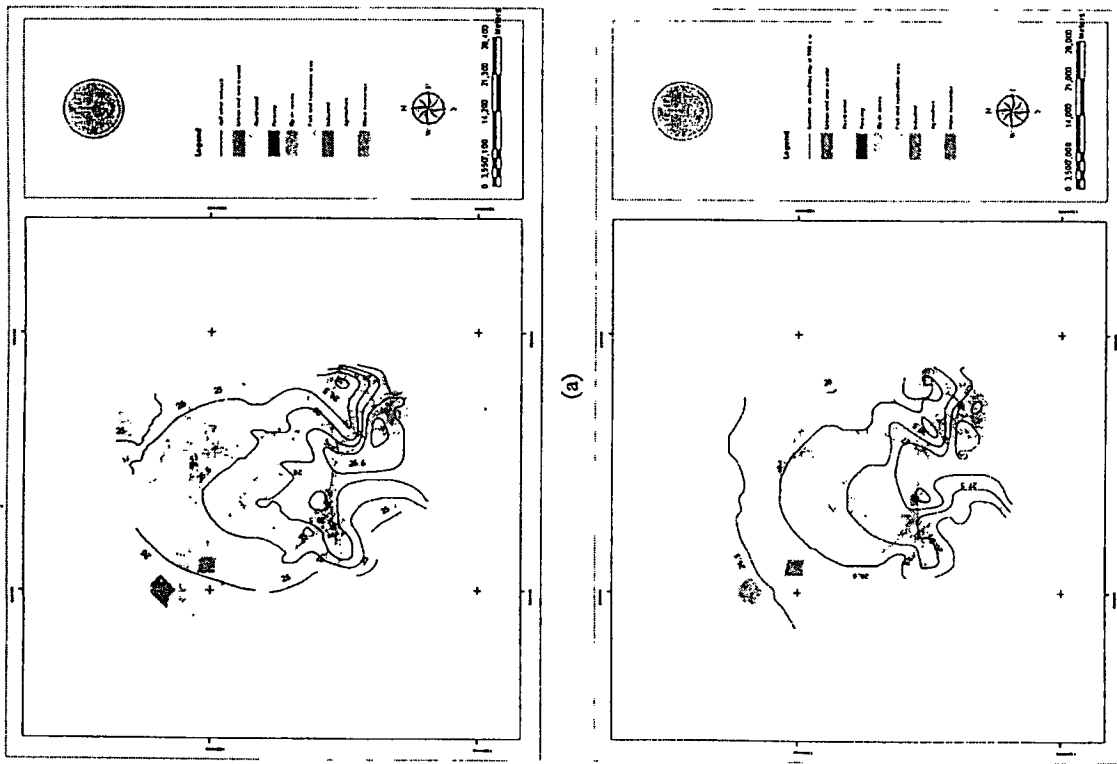


Figure 5: The medium city: Nakornpatom: (a) on March 10 2007 (Sunday) at 10 p.m.; (b) on March 12, 2007 (Wednesday) at 10 p.m.

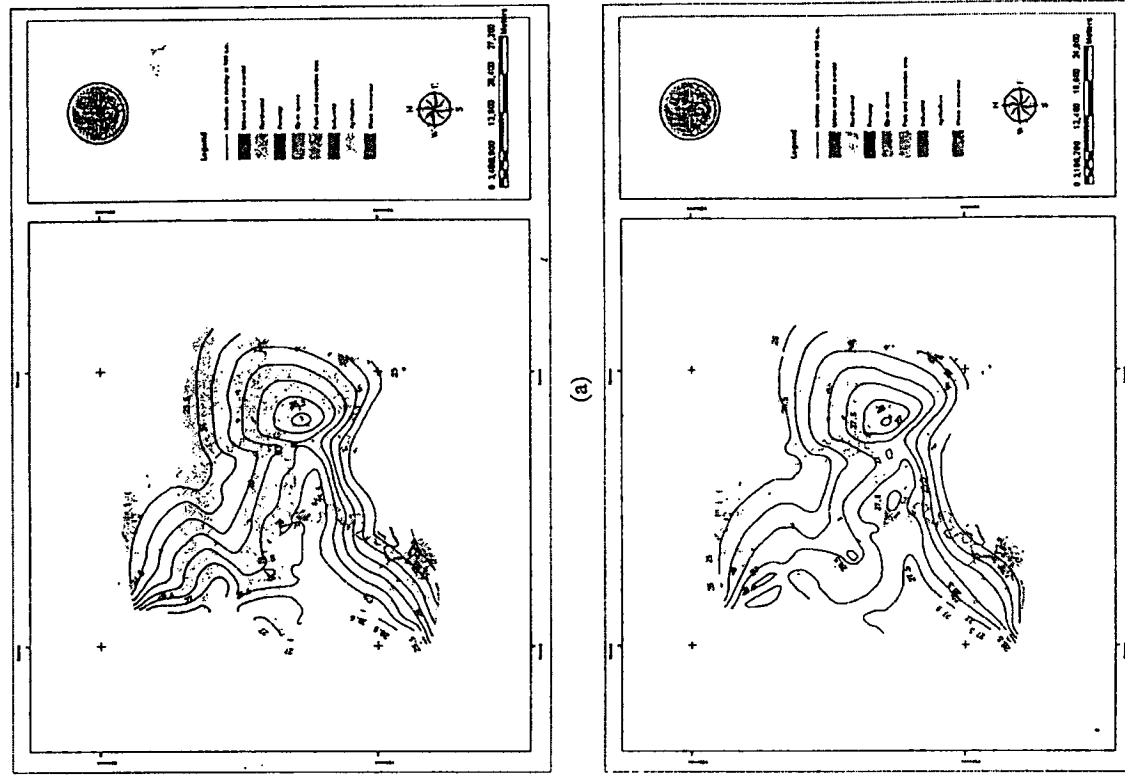


Figure 6: The small city: Chachoengsao: (a) on March 10, 2007 (Sunday) at 10 p.m.; (b) on March 12, 2007 (Wednesday) at 10 p.m.

the Vipavadee-Rangsit zone. In green and humid areas (forestry, parks and recreation areas), the detected temperature was 27.5°C and the lowest temperature found in agriculture and water resource areas was 23°C.

Thus, UHIs are located in built up areas of cities, where almost all of their features are concrete, asphalt and glass, such as urban and commercial areas, residential areas and industrial areas.

3.3 Managing the heat island in the urban context

This study found that almost all UHI areas occurred where there was a lack of vegetative and humid areas. When the size of cities is compared, it was found that large and medium cities have heat emitting rates that are slower than those of the small city, because the small city has less bulk of built up areas and many vegetative and humid areas. In terms of UHI management strategy, the heat island phenomenon should be determined particularly in urban and surrounding areas. The related authorities should recognize and set policies in order to reduce UHI problem. For example, the provision of a buffer of green and humid areas, and more green activity areas such as parks and recreation areas contribute to a cities' green network. Construction standards should be set such that surface material for construction should be light coloured and smooth.

4 Conclusions

The UHI effect is a complex, site-specific phenomenon and can therefore vary in time and place. Many factors can alter the strength of the UHI effect on any day or in any location. Some of these factors include: season, weather conditions, urban characteristics, and anthropometric heat. Heat islands develop in areas that contain a high percentage of water-resistant surfaces and a low percentage of vegetation and humidity surfaces. Both the city's size difference and continued development of built up areas may increase the heat island conditions.

References

- [1] Anthony J. Brazel, et al. "CAP LTER Climatic". Arizona: Arizona State University, 2001.
- [2] Aya Hagishima, et al. "An Intrigued Analysis to Quantify the Cause for Urban Heat Island". Japan: The Revised Architecture-Urban-Soil-Simulation Model(AUSSSM), Kyushu University, n.d.
- [3] Benjamin Stien and John S. Reynolds. "Thermal Control": Mechanical and Electrical Equipment for Building, 8th ed. Oregon: John Wiley & Sons, n.d.
- [4] Campbell, J.B. "Introduction to Remote Sensing". 2nd ed. New York: The Guilford Press, 1996.
- [5] Christopher Small and Roberta Balstad Miller. "Monitoring the Urban Environment from Space". New York: Columbia University, n.d.

- [6] C.J.G. (Jon) Morris. "Urban Heat Islands and Climate Change". Melbourne, Australia. School of Earth Sciences. Australia: The University of Melbourne, n.d.
- [7] C.J.G. (Jon) Morris. "Urban Heat Island in Small Towns": Deniliquin, Australia. School of Earth Sciences. Australia: The University of Melbourne, n.d.
- [8] Floyd F. Sabin Jr. "Thermal Infrared Imagery". Remote Sensing: Principles and Interpretation. 3rd ed. Los Angeles: Remote Sensing Enterprises Incorporated and University of California, 1996.
- [9] F. Pignolet-Tardan, et al. "Modelling of the Urban Heat Island Generated by an Urban Unit". France: Centre de Thermique de l'Insa de Lyon (CETHIL), n.d.
- [10] George B. Magin, Jr., and Lois E. Randall. "Review of Literature on Evaporation Suppression". Studies of Evaporation, n.p. n.d.
- [11] Giulia Abbate. "Heat Island study in the area of Rome by integrated use of GRS-SAR and Landsat TM". Italy: ENEA-Casaccia, Environment Department, n.d.
- [12] Kohei Minakuchi. "Urban Heat Island". East St. Louis Action Research Project. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2001.
- [13] Paul R. Baumann. "An urban Heat Island". Washington D.C. New York: Department of Geography, State University of New York, College at Oneonta, 2001.
- [14] Robert T. Watson, editor. "IPCC Third Assessment Report". Climate Change 2001 Synthesis Report. Stand-alone edition. A Report of the Intergovernmental Panel on Climatic Change, 2001.
- [15] Stanley Q. Kidder and Jan Hafner. "Urban Warming: A Satellite, Modelling, and Climatological Study, Huntsville". The University of Alabama, n.d.
- [16] T.R. Oke. "Boundary Layer Climates". London, 1978.
- [17] Gallo K.P. et al. The Use of NOAA AVHRR Data for Assessment of the Urban Heat Island Effect. Journal of Applied Meteorology, volume 32, issue 5, 899-908, 1992.
- [18] G.R. Chhatwal. Management of Prevention of Thermal Pollution. 'Encyclopaedia of Environmental Management', volume 2, India, 1998.
- [19] Jari Niemela. Ecology and urban planning. 'Kluwer Academic Publishers', volume 8, issue 119-131. Netherlands: Department of Ecology and Systematics, Biodiversity and Conservation, 1999.
- [20] Martin de Porres Robinton Emmanuel, Summertime heat island effects of urban design parameters. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (Architecture), The University of Michigan, 1997.
- [21] Congalton, R.G. A view of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sensing Environment. 37 (1): 35-46., 1991.

พ.ศ. 2550

1. โครงการก่อสร้างท่าอากาศยานนานาชาติราชบุรี-ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) (หัวหน้าโครงการ)
2. โครงการศึกษาปัญหาและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักพัฒนาธุรกิจท่องเที่ยว กระทรวงท่องเที่ยวและกีฬา (ผู้ร่วมวิจัย)

พ.ศ. 2549

1. การจัดทำแผนแม่บทการท่องเที่ยวพัทลุง ศูนย์การท่องเที่ยว กีฬาและนันทนาการ จังหวัดพัทลุง (ผู้ร่วมวิจัย)

พ.ศ.2546

1. โครงการการศึกษาข้อมูลภูมิศาสตร์สาธารณสุขของโรคติดเชื้อที่สำคัญในแขวงสะหวันนะเขต สปป.ลาว สถาบันเอเชียแปซิฟิกศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ผู้ร่วมวิจัย)

พ.ศ.2543

1. โครงการวิจัยและพัฒนาความเข้มแข็งของชุมชน เพื่อการอนุรักษ์แหล่งน้ำ : กรณีคลองแสนแสบ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ผู้ร่วมวิจัย)

พ.ศ.2542

1. โครงการศึกษาสภาพเชิงธุรกิจในปริมณฑลรอบ มศว ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ผู้ร่วมวิจัย)
2. โครงการประเมินพฤติกรรมนักท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวต่างชาติในประเทศไทย ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ผู้ร่วมวิจัย)

ผลงานสิ่งตีพิมพ์

พ.ศ. 2552

1. "Management of Urban Spatial Setting to Determine Effect of Urban Heat Island on Bangkok Metropolis Thailand." Sustainable Development and Planning IV. May 2009. Vol. 1 pp. 53-63 United Kingdom : WIT Press.

พ.ศ. 2551

1. "Management of Urban Spatial Setting to Determine Effect of Urban Heat Island and Consumption of Energy. Case Study on Bangkok Metropolis Thailand." Proceedings of

Conference of the International Journal of Arts & Sciences. December 2008. Vol. 1(4). Germany : Gottenheim.

2. “กิจกรรมทางเศรษฐกิจนอกระบบของเวียดนาม”, สิงหาคม 2551, วารสารภูมิศาสตร์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2549

1. “ความพร้อมในการบริการอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง”, กันยายน 2549, วารสารภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2548

1. “มนุษย์และสิ่งแวดล้อม” พฤษภาคม 2548, โครงการตำรา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ผู้เขียนหลัก)

พ.ศ. 2547

1. “การพัฒนาอนุภูมิภาคลุ่มน้ำแม่ น้ำโจงด้วยเมืองคูแฝด : มุกดาหาร-สะหวันนะเขต” พฤศจิกายน 2547, วารสารภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2546

1. “การศึกษาระบบนิเวศน์ของสภาพแวดล้อม กรณีศึกษา : ตลาดนัดสวนจตุจักร” พฤศจิกายน 2546, (ผู้เขียนร่วม) วารสารภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2544

1. อิหร่าน : ภูมิลักษณะ ประชาชน และวัฒนธรรม, มกราคม 2544 (ผู้เขียนร่วม) ศูนย์วัฒนธรรมอิหร่าน

2. สวัสดิ์จากเกาหลี่, มีนาคม 2544 (ผู้แปลร่วม) สถานเอกอัครราชทูตเกาหลี

3. ยินดีต้อนรับสู่เกาหลี่, มีนาคม 2544 (ผู้แปลร่วม) สถานเอกอัครราชทูตเกาหลี

4. “ลักษณะการตั้งถิ่นฐานที่น่าสนใจของเมืองในมณฑลยูนนาน”, พฤษภาคม 2544, วารสารภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2543

1. ลาว : ภูมิลักษณะลุ่มน้ำโจง ประชาชน และวัฒนธรรม, 2543 (ผู้เขียนร่วม) สถาบันเอเชียแปซิฟิกศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ