


การใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ที่เอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของ  
อุณหภูมิพื้นผิว : ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงในเขตกรุงเทพฯ



นางสาว สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1359-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZING LANDSAT TM THERMAL BAND TO INVESTIGATE VARIATION OF SURFACE RADIANT  
TEMPERATURE: THE EFFECTS OF HIGH RISE BUILDING IN BANGKOK METROPOLIS



Miss Sujittra Charoenhirunyingyos

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Spatial Information System in Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1359-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ที่เอ็ม ช่วงคลื่น ความร้อนในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิว : ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงในเขตกรุงเทพฯ
โดย	นางสาว สุจิตรา เจริญหรือญียังยศ
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พลະการ

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พลະการ)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์)

น.ส.สุจิตรา เจริญศิริอุทัย : การใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิว : ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงในเขตกรุงเทพฯ. (UTILIZING LANDSAT TM THERMAL BAND TO INVESTIGATE VARIATION OF SURFACE RADIANT TEMPERATURE: THE EFFECTS OF HIGH RISE BUILDING IN BANGKOK METROPOLIS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.บรรเจิด พละการ, จำนวนหน้า 70 หน้า. ISBN 974-17-1359-2.

ปัญหาการขยายตัวของเมืองเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอันหนึ่งของกรุงเทพฯ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรประกอบกับความจำกัดในด้านพื้นที่ ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงเพื่อตอบสนองกับความต้องการที่มีมากขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์โดมความร้อนเหนือมหานคร ที่ส่งผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอุณหภูมิพื้นผิวได้

ด้วยข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนสามารถบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับอุณหภูมิพื้นผิว เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงปลูกสร้างจะส่งผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวในกรุงเทพฯเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในบริเวณที่มีอาคารหนาแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิวในระดับกลุ่มอาคาร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าในบริเวณกลุ่มอาคารที่มีความสูงเฉลี่ย 1-23 เมตร เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุด และรูปแบบของอาคารในบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงนั้นจะมีลักษณะเป็นอาคารแถวที่มีความสูงใกล้เคียงกันและอยู่ชิดกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน เช่น ตึกแถว อาคารพาณิชย์ หมู่บ้านจัดสรร โรงงานและคลังสินค้า นอกจากนี้ในบริเวณที่มีบ้านเรือนขนาดเล็กที่ปลูกชิดกันอย่างหนาแน่นก็พบว่า เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงเช่นกัน ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อนนี้จะช่วยทำให้การวางผังเมืองและการออกแบบภูมิทัศน์ เพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดจากอาคารมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาควิชา .....วิศวกรรมสำรวจ.....      ลายมือชื่อนิสิต.....  
 สาขาวิชา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม      ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
 ปีการศึกษา 2545...

## 4270597121 : MAJOR Spatial Information System in Engineering

KEY WORD : Urban Climate / Landsat TM thermal band / Surface radiant temperature / Urban Heat Island / High buildings

SUJITTRA CHAROENHIRUNYINGYOS : (UTILIZING LANDSAT TM THERMAL BAND TO INVESTIGATE VARIATION OF SURFACE RADIANT TEMPERATURE : THE EFFECTS OF HIGH RISE BUILDING IN BANGKOK METROPOLIS) THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. BANJERD PHALAKARN, Ph.D., 70 pp. ISBN 974-17-1359-2.

Urban expansion is one kind of phenomena occurred in Bangkok, in which caused by high amount of population in a limited area. As a result, the cost of land and the quantity of tall buildings are higher so as to use the area effectively.

According to the data from Landsat TM, the finding suggests that thermal band can indicate the relationship between the landuse and surface radiant temperature. The higher density of building occurred, the higher surface radiant temperature encountered. In addition, satellite imagery and aerial photograph signify the relationship between the building height and surface radiant temperature in building clusters. The result showed that 1-23 meter tall building clusters have the highest surface radiant temperature. Apart from the height of building, the building pattern can effect surface radiant temperature as well. For example a lot of closed buildings with the same height i.e. residential buildings, commercial buildings, real estate housings, factories, and, warehouses can increase surface radiant temperature. Dense small houses also increase surface radiant temperature. For the above reason, we can conclude that surface radiant temperature derived from the satellite thermal sensor can beneficially apply to use in urban planning and landscape design so as to reduce the heat radiated from buildings.

Department ..... Survey Engineering ..... Student's signature .....

Field of study Spatial Information System in Engineering . Advisor's signature .....

Academic year..... 2002 .....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งทุ่มเทแรงกาย แรงใจ ให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการ ตลอดจนคอย แก้ปัญหา และอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย(บางส่วน)ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, อาจารย์ ดร. อธิติ ตรีสิริสัตยวงศ์ , อาจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมบัติ อยู่เมือง, คุณถิ่น หงษ์ทอง, พันตรี อนุเทพ ภาณุมาศตระกูล, คุณ สุรพล ไปร่งเฉลยลาภ, คุณวิภาพร วรสาร, งานบริการข้อมูลกอง ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, ดร.จริยา บุญญวัฒน์, และ คุณสุพิญดา ฝะอบแสง ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร. ราเชนทร์ ศรีภูมิินทร์, ดร. สุรัตน์ เลิศล้ำ, ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง, ผ.ศ. ณัฐฐ พิษกรรรม ที่ให้คำแนะนำ และให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่ทำการศึกษาวิจัย

ขอบคุณ พี่โป่ง, พี่เขต, วุฒิ, และอู๋ ที่ช่วยเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณแม่ , พี่, และน้อง ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนด้านการเงินในการศึกษา

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจ จนทำให้สามารถทำวิจัยได้สำเร็จจุลวงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย.....	ง
บทคัดย่ออังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.4 พื้นที่ศึกษา.....	9
1.5 ข้อยกเว้นของการวิจัย.....	10
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	10
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	11
1.8 วิธีดำเนินการวิจัย.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	12
2.1.1 การขยายเมืองของกรุงเทพฯกับปรากฏการณ์โดมความร้อนเหนือมหานคร.....	12
2.1.2 การตรวจหาความแตกต่างของอุณหภูมิในเมือง.....	13
2.1.3 ทฤษฎีการสำรวจระยะไกล.....	13
▪ การได้มาซึ่งข้อมูล.....	15
▪ ดาวเทียมแลนด์แซทที่เอ็ม 5.....	17
▪ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมกับอุณหภูมิจริง ของวัตถุ.....	18
▪ หลักการตรวจวัดการแผ่รังสีความร้อนด้วยวิธีรีโมท เซ็นซิง.....	20
▪ การแปลงค่า DN เป็น เป็นอุณหภูมิพื้นผิว.....	22
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	27
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	27
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	27
3.3 การสร้างแผนที่การใช้ที่ดิน และการหาอุณหภูมิจากข้อมูลดาวเทียม.....	28
3.3.1 การจัดเตรียมข้อมูลดาวเทียม (Pre-processing).....	28
▪ การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น.....	28
▪ การแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต.....	29
▪ การปรับแก้ไขภาพและการปรับค่าความสว่าง.....	30
3.3.2 การจำแนกข้อมูลดาวเทียม (Image classification).....	31
▪ การจำแนกข้อมูลดาวเทียมแบบไม่ควบคุม.....	31
▪ การจำแนกข้อมูลดาวเทียมแบบควบคุม.....	31
3.3.3 ปัญหาที่พบในการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม.....	34
3.3.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน.....	34
3.3.5 การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากภาพดาวเทียม.....	34
▪ การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพดาวเทียมในโปรแกรม.....	35
▪ การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพดาวเทียมจากสมการความ สัมพันธ์.....	35
▪ การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลต่างช่วง เวลา.....	38
3.4 การสร้างแผนที่ภาพถ่ายออร์โธและการหาความสูงของอาคาร.....	42
3.4.1 การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น.....	42
▪ ค่าปรับแก้กล้อง (Calibrate).....	42
▪ หมุดควบคุมภาพถ่าย.....	42
▪ การเลือกจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ.....	43
3.4.2 การทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธและการหาความสูงของอาคาร.....	44
▪ การปรับแก้ความเอียงของภาพโดยวิธี Ortho rectify.....	44
▪ ขั้นตอนการทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ.....	45
▪ การหาความสูงของอาคาร.....	46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิว.....	48
4.2 ความเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินของกรุงเทพฯและปริมณฑล.....	49
4.3 ความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวของกรุงเทพฯและปริมณฑล.....	50
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง.....	51
4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับกลุ่มอาคาร.....	51
4.4.2 รูปแบบของอาคารในบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง.....	53
4.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับอาคารสูง.....	61
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	65
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	66
5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	66
รายการอ้างอิง.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	70

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรและจำนวนเขตการปกครองของกรุงเทพฯ.....	3
ตารางที่ 2 แสดงการขยายตัวของพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครในปีพ.ศ.2530,2536และพ.ศ.2538.....	3
ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตกรุงเทพฯ ในปี 2529-2532.....	5
ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่สีเขียวในกรุงเทพฯ ระหว่างปี 2529-2538.....	5
ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในเขตผังเมืองรวม กรุงเทพมหานคร.....	5
ตารางที่ 6 แสดงพื้นที่สวนสาธารณะส่วนหย่อมในความรับผิดชอบของกรุงเทพฯในช่วงปี พ.ศ.2539-24541.....	6
ตารางที่ 7 แสดงศักยภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรแบนด์แซททีเอ็ม 5.....	18
ตารางที่ 8 แสดงค่า $T_k$ เปรียบเทียบกับ $T_r$ ของวัตถุ 4 ชนิด.....	19
ตารางที่ 9 แสดงลักษณะสภาพเปล่งรังสี (emissivity) ของวัตถุชนิดต่างๆ.....	19
ตารางที่ 10 แสดงประเภทสิ่งปกคลุมดิน/การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาที่จำแนกได้จากข้อมูลดาวเทียม.....	33
ตารางที่ 11 แสดงอุณหภูมิที่ได้จากสถานีตรวจวัดต่างๆ.....	35
ตารางที่ 12 แสดงตัวอย่างการเลือกเป้าในแต่ละข้อมูล.....	40

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงโครงร่างของโดมความร้อนเหนือมหานคร .....	1
รูปที่ 2 กราฟแสดงจำนวนประชากรกรุงเทพฯ ตั้งแต่ปี 2530-2540 .....	2
รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพฯ ในช่วงปีพ.ศ. 2501, 2533 และ คาดการณ์สำหรับปี 2544.....	4
รูปที่ 4 แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาที่ได้จากดาวเทียมแลนดส์แซททีเอ็ม ปี2531และ2542.....	9
รูปที่ 5 ช่วงคลื่นที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล .....	14
รูปที่ 6 ประเภทของการสำรวจระยะไกลที่สัมพันธ์กับย่านความยาวคลื่น 3 ประเภท .....	15
รูปที่ 7 การได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM.....	16
รูปที่ 8 กล้องบันทึกภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM.....	17
รูปที่ 9 แสดงตัวแปรรังสีประเภทต่างๆ .....	20
รูปที่ 10 แสดงกฎการแผ่รังสีของแพลงค์.....	20
รูปที่ 11 แสดงข้อมูลดาวเทียมแลนดส์แซททีเอ็ม แบนด์6 และฮิสโตแกรม .....	27
รูปที่ 12 การลดเมฆหมอก.....	28
รูปที่ 13 แสดงภาพที่มีความเพี้ยน(Distorted Image)ก่อนแก้ไขความผิดพลาดและภาพที่ถูกต้อง (Corrected Image)หลังผ่านการแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต.....	29
รูปที่ 14 ตัวอย่างพื้นที่ที่ใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่าง(Training area) ที่ได้จากการตรวจสอบภาคสนาม.....	32
รูปที่ 15 ภาพสีผสม (Color Composite RGB:543).....	35
รูปที่ 16 ภาพที่ได้จากการจำแนก (Classification).....	35
รูปที่ 17 ภาพที่ผ่านการจัดกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม คือ Open space และ Built-up area.....	35
รูปที่ 18 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอุณหภูมิ.....	36
รูปที่ 19 แสดงสมการที่ใช้แปลงอุณหภูมิพื้นผิวและเส้นกราฟความสัมพันธ์ .....	37
รูปที่ 20 แสดงการแปลงข้อมูลดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อนจากสมการความสัมพันธ์.....	38
รูปที่ 21 แสดงสมการที่ได้จากการปรับแก้เชิงคลื่น .....	40
รูปที่ 22 แสดงสมการความสัมพันธ์และอุณหภูมิพื้นผิวหลังการปรับแก้เชิงคลื่น .....	41
รูปที่ 23 แสดงค่าปรับแก้กล้องและพารามิเตอร์.....	42
รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของหมุดหลักฐาน .....	43
รูปที่ 25 แสดงการกำหนดตำแหน่งของจุด GCP.....	44
รูปที่ 26 แสดงการหาความสูงของอาคารด้วยโปรแกรม Erdas Stereo Analyst.....	46
รูปที่ 27 แสดงขั้นตอนการสร้างกริดความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารในพื้นที่ศึกษา.....	47

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 28 แสดงการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง.....	48
รูปที่ 29 แสดงคุณสมบัติพื้นผิวที่ถูกจำแนกออกเป็น 3 ช่วง.....	48
รูปที่ 30 แสดงผลที่ได้จากการซ้อนทับการใช้ที่ดินกับคุณสมบัติพื้นผิว.....	48
รูปที่ 31 แสดงความเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดิน.....	49
รูปที่ 32 แสดงความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ.....	50
รูปที่ 33 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารกับคุณสมบัติพื้นผิว.....	52
รูปที่ 34 แสดงการซ้อนทับระหว่างคุณสมบัติพื้นผิวกับกลุ่มอาคาร.....	53
รูปที่ 35 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่คลังสินค้าและบ้าน.....	54
รูปที่ 36 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่โรงงานและบ้านพักคนงาน.....	55
รูปที่ 37 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่โรงงานยาสูบ.....	56
รูปที่ 38 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่หมู่บ้านจัดสรร.....	57
รูปที่ 39 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่ตึกแถวและอาคารพาณิชย์.....	58
รูปที่ 40 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่คลังสินค้า โรงงานและบ้าน.....	59
รูปที่ 41 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีคุณสมบัติพื้นผิวสูงได้แก่โรงงานและตึกแถว.....	60
รูปที่ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับคุณสมบัติพื้นผิวบริเวณถนนสี่ลม.....	61
รูปที่ 43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับคุณสมบัติพื้นผิวเฉลี่ย.....	62
รูปที่ 44 แสดงความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ตามประเภทการใช้ที่ดินของกรุงเทพฯและปริมณฑล.....	62
รูปที่ 45 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติพื้นผิวของกรุงเทพฯและปริมณฑล.....	63
รูปที่ 46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารกับคุณสมบัติพื้นผิว.....	64

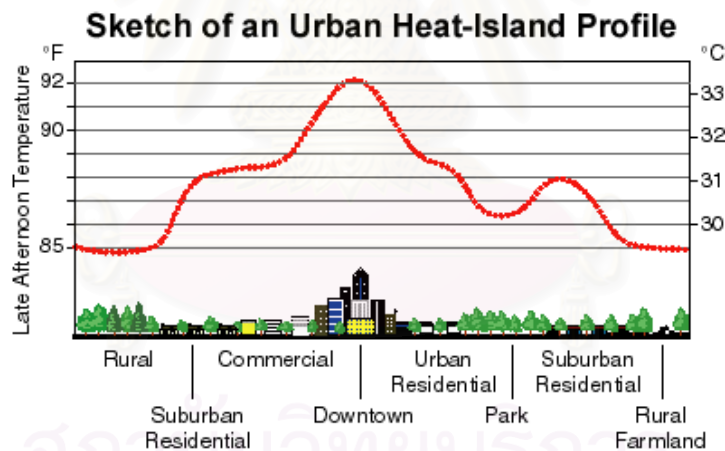
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษารูปแบบโครงสร้างของอุณหภูมิในเมือง เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวภายในเมืองที่เปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งที่ปกคลุมดิน อันมีผลมาจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเมืองได้เปลี่ยนแปลงไป เพื่อรองรับกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งความเจริญเติบโตดังกล่าว ได้ส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในเมือง สภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของคนอยู่อาศัยภายในเมือง เปลี่ยนแปลงไป

โดมแห่งความร้อนเหนือมหานคร หรือ Urban Heat Island Effect เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศเหนือเมืองมีค่าสูงกว่ารอบนอกเมือง และเมื่อเข้าสู่เขตเมืองอุณหภูมิอากาศจะเริ่มสูงขึ้นไปอีก จนเมื่อถึงใจกลางเมือง ซึ่งเต็มไปด้วยตึกสูงอุณหภูมิก็จะยิ่งสูงขึ้นไปอีก ลักษณะของอุณหภูมิจึงคล้ายเกาะหรือโดมขนาดใหญ่เหนือเมือง (จารึก รัตนบุรณ, 2542) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน ปรากฏการณ์นี้จะมีความรุนแรงมากเป็นพิเศษ (Pichakum and Maruta,1995)

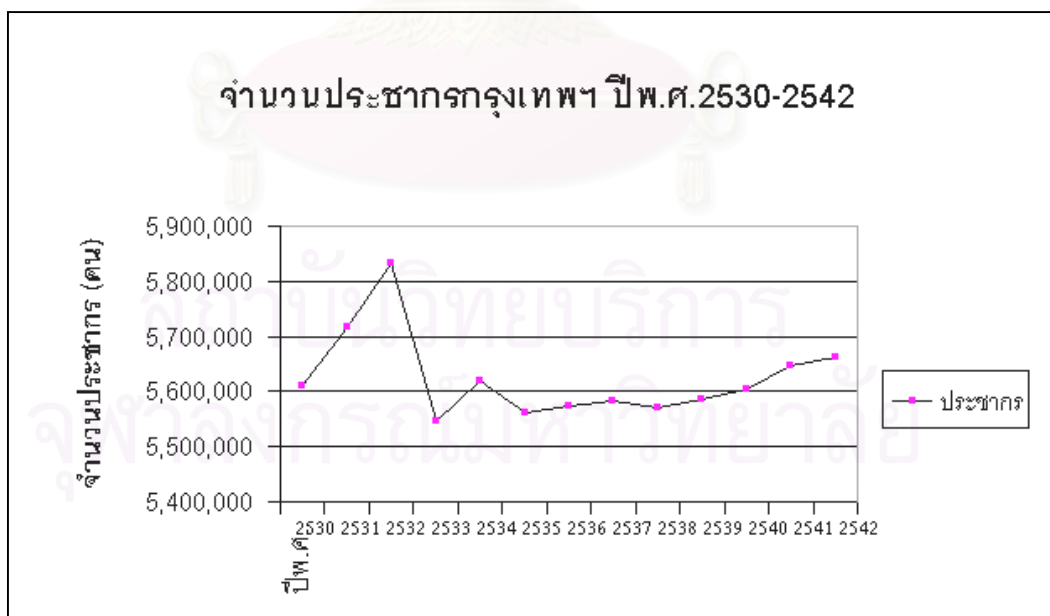


รูปที่ 1 แสดงโครงร่างของโดมความร้อนเหนือมหานคร (Heat Island Group,2000)

กรุงเทพฯ นั้นเป็นเมืองที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน และเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย ซึ่งมีจำนวนประชากรอยู่นับล้านคน และมีอัตราการเพิ่มของประชากรก็ค่อนข้างสูง รวมทั้งมีการอพยพย้ายถิ่นจากชนบทสู่เมือง เนื่องจากกรุงเทพฯ เป็นศูนย์กลางการปกครอง เป็นศูนย์กลางธุรกิจการค้าและการให้บริการ ทำให้กรุงเทพฯ มีการก่อสร้าง อาคารสำนักงานหรือที่พักอาศัย และ เส้นทางคมนาคมเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นพร้อมกับความเจริญเติบโตของเมือง ทำให้พื้นที่สีเขียวและพื้นที่ว่างถูกถูกล้ำเพื่อนำพื้นที่ไปใช้ในการก่อสร้างมากขึ้น โดยเฉพาะในเขต

กรุงเทพฯชั้นกลางและชั้นใน ซึ่งเป็นย่านธุรกิจและเป็นทำเลทองทางการค้า เป็นเขตที่มีความหนาแน่นของประชากรในระดับสูง และเป็นบริเวณที่มีราคาที่ดินสูงกว่าบริเวณรอบนอก ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์อาคารสูงขึ้นมากมาย (สำนักผังเมืองกรุงเทพฯ, 2537) เพื่อให้สามารถใช้สอยพื้นที่ได้อย่างคุ้มค่า จากการเพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้างและการลดลงของพื้นที่เปิดโล่ง ได้ส่งผลให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมของกรุงเทพฯ เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในบริเวณที่มีอาคารหนาแน่นนั้นจะมีคุณภาพสูงขึ้น เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เช่น เหล็ก , คอนกรีต นั้นเป็นตัวดูดซับและกักเก็บความร้อนเอาไว้ หรือตึกสูงตั้งขวางทิศทางที่ลมพัดผ่าน เมื่อประกอบเข้ากับการลดลงของพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำ ทำให้อัตราการคายน้ำสู่บรรยากาศลดลง จึงส่งผลให้คุณภาพในเมืองสูงขึ้นจนทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ในเมืองนั้นรู้สึกไม่สบายและเจ็บป่วยได้ง่าย (Nichol ,1995)

การขยายเมืองของกรุงเทพฯ เกิดจากการพยายามเชื่อมหัวเมือง เพื่อรวบรวมเข้ามาสู่ศูนย์กลางเดียวกัน ทำให้มีการสร้างถนนเชื่อมภูมิภาค และระบบคมนาคมระหว่างชานเมืองกับใจกลางเมือง ทำให้มีการหลั่งไหลของประชากรจากชนบทสู่เมือง ทำให้กรุงเทพฯกลายเป็นศูนย์กลางทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง การค้าและบริการ ของทั้งประเทศไปด้วย จึงส่งผลทำให้อัตราการเพิ่มของจำนวนประชากรของกรุงเทพฯมีสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 กราฟแสดงอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในเขตกรุงเทพฯ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2530-2542 และตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนประชากรกับเขตการปกครองที่เพิ่มขึ้นในกรุงเทพฯ ตามลำดับ



รูปที่ 2 กราฟแสดงจำนวนประชากรกรุงเทพฯตั้งแต่ปี 2530-2542

(สำนักนโยบายและแผน กรุงเทพฯ,2543)

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรและจำนวนเขตการปกครองของกรุงเทพฯ  
(สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร, 2543)

ปี	จำนวนประชากร(ล้านคน)	จำนวนอำเภอ/เขต
2523	5.15	24
2536	5.57	38
2540	5.60	46
2542	5.66	50

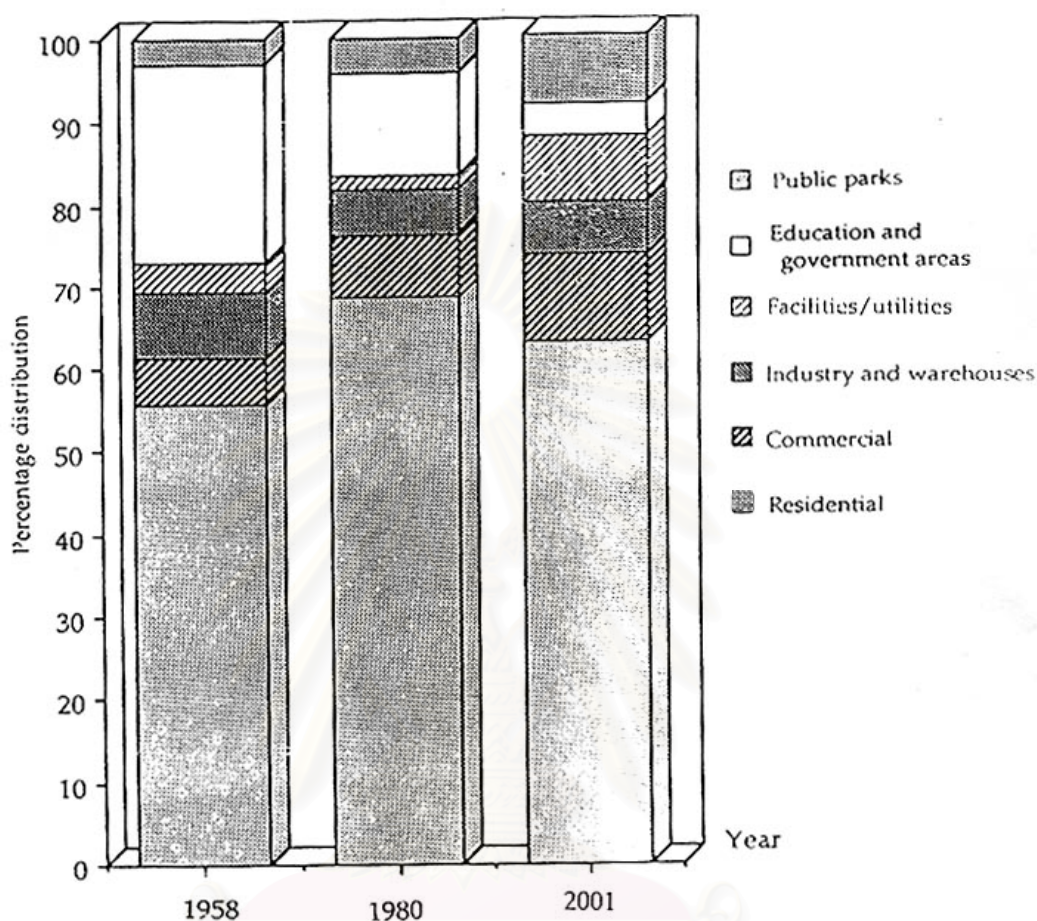
จากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรทำให้พื้นที่เมืองของกรุงเทพฯขยายตัว  
อย่างรวดเร็วในช่วงปีพ.ศ.2530-2538 กรุงเทพฯมีการขยายตัวของเมืองถึงร้อยละ102.97 ดังแสดง  
ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการขยายตัวของพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครในปีพ.ศ.2530, 2536 และ พ.ศ.2538

บริเวณหลัก	พื้นที่ทั้งหมด		พื้นที่เมืองปี พ.ศ. 2530		พื้นที่เมืองปี พ.ศ. 2536		พื้นที่ขยายตัวปี พ.ศ. 2530 - 2536		พื้นที่เมืองปี พ.ศ. 2538		พื้นที่ขยายตัวปี พ.ศ. 2536 - 2538		พื้นที่ขยายตัวปี พ.ศ. 2530 - 2538	
	ตร.กม.	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	
เขตเมืองชั้นใน	224.64	140.94	46.63	160.54	32.12	19.60	13.91	161.46	26.32	141.86	0.57	20.52	14.56	
เขตต่อเมืองตะวันออก	403.69	95.03	31.44	183.53	36.72	88.50	93.13	224.52	36.59	136.02	22.33	129.49	136.26	
เขตต่อเมืองตะวันตก	250.53	38.81	12.84	94.12	18.83	55.31	142.51	128.44	20.93	73.13	36.46	89.63	230.95	
เขตชานเมืองตะวันออก	534.45	23.52	7.78	39.13	7.83	15.61	66.37	62.71	10.22	47.10	60.26	39.19	166.62	
เขตชานเมืองตะวันตก	155.43	3.98	1.32	22.44	4.49	18.46	463.82	36.42	5.94	17.96	62.30	32.44	815.08	
กรุงเทพมหานคร	1,568.74	302.28	100.00	499.76	100.00	197.48	65.33	613.55	100.00	416.07	22.77	311.27	102.97	

ที่มา : จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศโดย EC/BMA project กองสำรวจและแผนที่, สำนักผังเมือง กทม.

ยิ่งไปกว่านั้นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรในเขตกรุงเทพฯยังส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินในกรุงเทพฯ อย่างรวดเร็วในช่วงครึ่งหลังศตวรรษที่ 19 เพราะระบบโครงข่ายการขนส่ง ได้มีการขยายสู่ชานเมืองมากขึ้น ทำให้ เกิดกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้น จึงส่งผลให้ บริเวณที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ถูกรื้อถอน เพื่อนำพื้นที่ไปใช้ก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เพิ่มขึ้นกว่า 122 เท่าในช่วง 200 ปีที่ผ่านมา (Anuchart and Ross, H. ,1992. ) ซึ่งจากรูปที่ 3 ได้แสดง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพฯ ในช่วงปีพ.ศ. 2501 ,2533 และคาดการณ์สำหรับปี 2544



รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง ของกรุงเทพฯ ในช่วงปีพ.ศ. 2501 ,2533 และคาดการณ์สำหรับปี 2544 (Anuchat และ Ross, H. ,1992 :16)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตกรุงเทพฯ เป็นที่พักอาศัยและพาณิชยกรรมมากขึ้น ซึ่งได้ส่งผลทำให้พื้นที่สีเขียวในกรุงเทพฯ มีจำนวนลดลง 15.43% ในช่วงปีพ.ศ.2529-2538 ดังแสดงในตารางที่4 แต่ต่อมาได้มีการให้ความสำคัญกับการเพิ่มจำนวนพื้นที่เปิดโล่ง เช่นสวนสาธารณะ สวนหย่อม และแหล่งน้ำในกรุงเทพฯ มากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีพ.ศ. 2539 เป็นต้นมา ดังแสดงในตารางที่ 5-6



ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตกรุงเทพฯในปี 2529-2532 (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539)

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)		พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง
	พ.ศ. 2529	พ.ศ.2532	
ที่พักอาศัย	181.0	357.1	+176.1
พาณิชยกรรม	17.84	22.0	+4.16
อุตสาหกรรมและคลังสินค้า	28.43	27.3	-1.13
สถานที่ราชการ/สถานศึกษา/สาธารณูปโภค	66.89	47.1	-19.79
พักผ่อนหย่อนใจ	4.0	10.4	+6.4
พื้นที่ว่างและอื่นๆ	1,270.6	1,104.86	-165.75
รวม	1,568.76	1,568.76	

ตารางที่ 4. แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่สีเขียวในกรุงเทพฯระหว่างปี 2529-2538 (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539)

ปีพ.ศ.	จำนวนไร่
2529	1190.781
2538	1007.088
ลดลง	183.6936
เป็น%ลดลง	15.43%

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในเขตผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ลีอชัย คุรุณน้อย ,2541)

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ.2535 (ร้อยละ)	พ.ศ.2540 (ร้อยละ)
ที่พักอาศัยหนาแน่นน้อย	33.81	32.28
ที่พักอาศัยหนาแน่นปานกลาง	12.19	11.58
ที่พักอาศัยหนาแน่นมาก	6.62	5.58
พาณิชยกรรม	2.07	3.33
อุตสาหกรรม	0.81	0.62
คลังสินค้า	0.37	0.13
อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	-	0.32
ชนบทและเกษตรกรรม	29.19	27.60
ที่โล่งเพื่อนันทนาการฯ	0.58	1.35
สถาบันการศึกษา	0.98	0.98
อนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม	7.21	7.21
อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมไทย	0.30	0.30
สถาบันศาสนา	0.08	0.08
สถาบันราชการ	1.22	1.27
ถนน แม่น้ำ ลำคลอง และอื่นๆ	4.57	7.10
รวมเขตวางผัง	100.00	100.00

ตารางที่ 6 แสดงพื้นที่สวนสาธารณะและสวนหย่อมในความรับผิดชอบของกรุงเทพฯในช่วงปี พ.ศ. 2539 -2541 (กองสวนสาธารณะ สำนักสวัสดิการสังคม กรุงเทพมหานคร)

สำนักงานเขต	พ.ศ.2539		พ.ศ.2540		พ.ศ.2541	
	จำนวน (แห่ง)	พื้นที่ (ไร่)	จำนวน(แห่ง)	พื้นที่ (ไร่)	จำนวน(แห่ง)	พื้นที่ (ไร่)
พระนคร	2	52	3	55	3	60
ป้อมปราบศัตรูพ่าย	-	-	-	-	-	-
สัมพันธวงศ์	-	-	-	-	-	-
บางรัก	-	-	-	-	-	-
ปทุมวัน	1	360	1	360	1	360
ยานนาวา	-	-	-	-	-	-
ดุสิต	-	-	-	-	-	-
พญาไท	-	-	-	-	-	-
ห้วยขวาง	-	-	-	-	-	-
พระโขนง	-	-	-	-	-	-
บางกะปิ	-	-	-	-	-	-
บางเขน	-	-	-	-	-	-
มีนบุรี	1	*	1	82	1	82
ลาดกระบัง	1	50	1	50	1	50
หนองจอก	1	35	1	35	1	35
ธนบุรี	-	-	-	-	-	-
คลองสาน	-	-	-	-	-	-
บางกอกใหญ่	-	-	-	-	-	-
บางกอกน้อย	-	-	-	-	-	-
ตลิ่งชัน	-	-	-	-	-	-
ภาษีเจริญ	-	-	-	-	-	-
หนองแขม	-	-	-	-	-	-
บางขุนเทียน	-	-	-	-	-	-
ราษฎร์บูรณะ	1	63	1	63	-	-
ดอนเมือง	-	-	-	-	-	-
จตุจักร	2	330	2	390	3	705
ลาดพร้าว	-	-	-	-	-	-
บึงกุ่ม	1	350	1	350	1	350
สาทร	-	-	-	-	-	-
บางคอแหลม	-	-	-	-	-	-
บางซื่อ	-	-	-	-	-	-
ราชเทวี	-	-	1	20	1	20
คลองเตย	1	30	1	29	1	29
ประเวศ	1	500	2	1,150	2	1,150
ทุ่งครุ	-	-	-	-	1	63
บางบอน	-	-	-	-	-	-
<b>รวม</b>	<b>12</b>	<b>1770</b>	<b>16</b>	<b>2,584</b>	<b>17</b>	<b>2,956</b>

สำหรับเทคนิคที่ใช้ในการวัด หรือวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมินั้น มีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีการเปรียบเทียบอุณหภูมิในเมืองกับชนบท ซึ่งมักเกิดปัญหาในการเลือกสถานี เพราะต้องเลือกสถานีที่เป็นตัวแทนที่ดีของเมืองและชนบท และที่สำคัญการศึกษาความร้อนในเมืองนั้นจะต้องมีสถานีวัดหลาย ๆ จุด เพื่อนำมาหามาตราฐานความถูกต้องของวิธีการทำงาน , วิธีการใช้รถยนต์วิ่งรอบเมืองเพื่อเก็บอุณหภูมิก็นับอีกวิธีที่มีความสะดวกในการเก็บข้อมูล แต่ปัญหาที่สำคัญของวิธีนี้คือการเก็บโดยรถยนต์นั้นถูกจำกัดโดยถนน และต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงกว่าจะวิ่งวนเก็บจนครบครอบคลุมทั่วทั้งเมือง ทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านเวลาที่ใช้ในการเก็บอุณหภูมิ ที่นำมาวิเคราะห์ , ส่วนวิธีการใช้คอมพิวเตอร์โมเดล ที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างความร้อนในเมือง ซึ่ง (Terjung ,1976; Oke ,1982) ที่ถูกอ้างถึงใน (Henry et al. ,1989) ซึ่งให้เห็นถึงปัญหาสำคัญของการทำคอมพิวเตอร์โมเดล คือ ตัวแปร ซึ่งจะต้องพยายามทำให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด และปัญหาข้อจำกัดบางอย่างของคอมพิวเตอร์ หรือ การขาดข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือที่จะนำมาใส่ในโมเดล ดังนั้นการใช้เทคนิคด้านรีโมท เซ็นซิง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในเมืองที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเรื่องภูมิอากาศวิทยาภายในเมือง ด้วยความสามารถของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในช่วงคลื่นความร้อน ที่สามารถตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองได้โดยสะดวก ทำให้สามารถได้รับข้อมูลและติดตามการเปลี่ยนแปลงของเมืองได้ตลอดเวลา ซึ่งเมื่อนำมาประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศ ที่ให้รายละเอียดภาพสูง ทำให้สามารถนำเสนอความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับสิ่งปลูกสร้างในเมือง ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น และทำให้เห็นภาพพจน์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นหากมีการนำเสนอในรูปแบบจำลองสามมิติ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยให้นักวางผังเมือง สามารถกำหนดเขต (Zoning) ในการวางผังเมืองได้ดีขึ้นและช่วยให้สถาปนิกสามารถออกแบบภูมิทัศน์ของสภาพแวดล้อมและสิ่งปลูกสร้างในเมือง เพื่อช่วยลดความร้อนและช่วยประหยัดการใช้พลังงานภายในเมืองได้ดียิ่งขึ้น

สถาบันนวัตกรรมการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ใช้ประโยชน์จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซททีเอม เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างพื้นที่ที่มีประเภทการใช้ที่ดินเป็นอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Built - up area) กับพื้นที่ที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบพื้นเปิดโล่ง (Open space) ในเขตกรุงเทพฯ
2. ใช้ประโยชน์จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซททีเอม ตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินกับอุณหภูมิพื้นผิวของกรุงเทพฯและปริมณฑลเพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์โดมความร้อนเหนือมหานครที่สัมพันธ์กับการขยายเมือง
3. ศึกษาลักษณะอุณหภูมิพื้นผิวของกรุงเทพฯ ในบริเวณที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบอาคารและสิ่งปลูกสร้างย่านใจกลางเมือง โดยตัดเป็นพื้นที่ตัวอย่างในระดับกลุ่มของอาคาร (Building block) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับความสูงของอาคารในระดับกลุ่มของอาคาร
4. แสดงอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซททีเอมช่วงคลื่นความร้อนจากอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคพื้นดิน

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่าง que ส่งผลต่ออุณหภูมิของเมืองดังนั้น จึงจำเป็นต้องจำกัดขอบเขตของการวิจัย เพื่อความเหมาะสมและให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิว ในการศึกษานี้ จะใช้เป็นค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน นำมาหาความสัมพันธ์กับค่า Digital number ของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซททีเอม ช่วงคลื่นความร้อน (แบนด์6)
2. ศึกษาการใช้ที่ดิน 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ พื้นเปิดโล่ง (Open space) และพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area)
3. การศึกษาลักษณะอุณหภูมิพื้นผิว ของกรุงเทพฯและปริมณฑล จะประกอบด้วยบางส่วนของจังหวัด นนทบุรี สมุทรสาคร ปทุมธานี และสมุทรปราการ ในปีพ.ศ 2531และ2542 เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์โดมความร้อนเหนือมหานครที่สัมพันธ์กับการขยายเมือง
4. การศึกษาลักษณะอุณหภูมิของกรุงเทพฯในระดับกลุ่มของอาคารจะนำภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:50,000 เข้ามาระบุตำแหน่งขอบเขตของกลุ่มอาคารต่างๆ และหาความสูงเฉลี่ยของอาคาร ในแต่ละกลุ่มของอาคารแล้วนำไปช้อนทับกับอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซททีเอม แบนด์ 6 เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิของในระดับกลุ่มอาคาร

5. การแสดงลักษณะอุณหภูมิของกรุงเทพฯในระดับอาคารจากภาพถ่ายทางอากาศ  
มาตราส่วน 1: 6,000 โดยสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติ แล้วนำไปวางซ้อนกับอุณหภูมิพื้น  
ผิวที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม แบนด์ 6
6. แสดงอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซททีเอ็มช่วงคลื่นความร้อนจากอุณหภูมิเฉลี่ย  
ที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคพื้นดินโดยคำนวณหาสมการระหว่างค่าความสว่าง (DNs)  
ที่ได้จากดาวเทียมกับอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคพื้นดิน

#### 1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาจะครอบคลุมกรุงเทพมหานคร รวมถึงพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนนทบุรี สมุทรสาคร ปทุมธานี และสมุทรปราการ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีพิกัดขอบเขตบนคือ 640253E, 1554995N และพิกัดขอบเขตล่างคือ 709853E, 1488995N กรุงเทพฯ ตั้งอยู่บริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย กรุงเทพฯเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีแสงแดดและความร้อนเป็นองค์ประกอบหลัก ลักษณะทั่วไปของดินฟ้าอากาศของกรุงเทพฯ จะอยู่ในอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะพัดในช่วงเดือน พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ โดยจะนำอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนเข้ามา และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะพัดในช่วงเดือน พฤษภาคม-กันยายน โดยจะนำความอบอุ่นและชุ่มชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้ามา ทำให้กรุงเทพฯ มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 1,442.9-1,753.2 มิลลิเมตร (ระหว่างปีพ.ศ.2535-2539) สำหรับอุณหภูมิของกรุงเทพฯ จะมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี ในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 33-38 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซททีเอ็ม ปี 2530 , 2537 และ 2542

### 1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่บันทึกในช่วงเวลาต่างกัน เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลในเดือนเดียวกันได้ ซึ่งมีข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2530 เดือนตุลาคม พ.ศ.2537 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542
2. ข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินในพื้นที่ศึกษาที่หาได้ มีจำนวนไม่เท่ากัน เช่น ในปี 2530 มีเพียง 4 สถานี, ปี 2537 และปี 2542 มี 6 สถานี
3. ข้อมูลจุดควบคุมภาพถ่ายที่ใช้ในการทำภาพตัดแก้ออร์โธได้จากหน่วยงานต่างๆ บันทึกไว้เนื่องจากไม่สะดวกในการไปรังวัด GPS เก็บในพื้นที่ศึกษา เพราะเป็นบริเวณชุมชนเมืองที่มีอาคารสูงจำนวนมากจึงยากต่อการรับสัญญาณของ GPS
4. ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่นำมาใช้วิเคราะห์กลุ่มความสูงอาคารมีความแตกต่างด้านช่วงเวลาจากภาพถ่ายดาวเทียม 1 ปี
5. การสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและรูปแบบอาคารในบางแห่งมีข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่ เช่น เป็นพื้นที่ส่วนบุคคล หรือเป็นพื้นที่ที่ไม่สะดวกในการสัญจร (ไม่มีถนนตัดผ่าน) ทำให้การสำรวจข้อมูลภาคสนามอาจทำได้ไม่ครอบคลุมในบางแห่ง

### 1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

พื้นที่เปิดโล่ง (Open space) หมายถึงพื้นที่อันปราศจากหลังคาหรือสิ่งก่อสร้างปกคลุมเป็นพื้นที่เปิดโล่งและมีพืชหรือน้ำปกคลุมอยู่ ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรม ป่าชายเลน แหล่งน้ำ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นาเกลือ นาข้าว และสนามกอล์ฟ สนามกีฬา สวนสาธารณะ สนามหญ้า เป็นต้น

พื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) หมายถึงพื้นที่เป็นบริเวณที่มีสิ่งปลูกสร้างปกคลุมซึ่งประกอบด้วยเขตที่เป็นเมืองและสิ่งปลูกสร้าง เช่น ตึกแถว อาคารพาณิชย์ ที่พักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรม ถนน ลานซีเมนต์ สนามบิน เป็นต้น

กลุ่มของอาคาร (Building block) คือบริเวณที่มีอาคารอยู่รวมกัน โดยกลุ่มของอาคารจะมีขนาด 120x120 เมตร (ขนาดเท่ากับรายละเอียดข้อมูลแลนด์แซท ทีเอ็ม ช่วงคลื่นความร้อน)

อาคารสูง (กฎกระทรวง ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับที่ 48, เล่ม 114, ตอนที่ 52, 2540) หมายความว่า อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ 23.00 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

### 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แสดงให้เห็นถึงประโยชน์และเป็นการส่งเสริมให้มีการนำข้อมูลดาวเทียมแลนด์เซท5 ที่เอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนมาใช้ศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวภายในเมือง
2. นำผลที่ได้จากการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวตามลักษณะการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในเมือง มาเป็นข้อมูลช่วยในการออกแบบภูมิทัศน์ และการวางผังเมือง เพื่อช่วยลดความร้อนในเมืองและนำไปปรับปรุงคุณภาพชีวิตของคนในกรุงเทพฯ และสามารถใช้เป็นกรณีศึกษา สำหรับเมืองอื่น ๆ ต่อไป
3. แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวในบริเวณที่เป็นอาคารและสิ่งปลูกสร้างกับ บริเวณที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง และแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวในระดับกลุ่มของ อาคารที่มีความสูงเฉลี่ยต่างกัน
4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (DNs) ที่ได้จากดาวเทียมกับอุณหภูมิที่ได้จาก สถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน

### 1.8 วิธีดำเนินการวิจัย

1. เก็บรวบรวมข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลอุณหภูมิภาคพื้นดิน ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และ ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหาอุณหภูมิในเมือง
2. ทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม และตรวจสอบความถูกต้องในการ จำแนกประเภทการใช้ที่ดินในภาคสนาม
3. วิเคราะห์หาอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อเปรียบเทียบกับ ข้อมูลอุณหภูมิที่ ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน
4. หาความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารจากภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:50,000 เพื่อนำ ไปซ้อนทับกับอุณหภูมิพื้นผิวเพื่อดูความสัมพันธ์กันในระดับกลุ่มของอาคาร
5. ใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:6,000 แสดงความสูงของอาคารเพื่อดูความสัมพันธ์ กับอุณหภูมิพื้นผิว
6. สรุปผลและเสนอแนะ

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎี

##### 2.1.1 การขยายเมืองของกรุงเทพฯกับปรากฏการณ์โดมความร้อนเหนือมหานคร

(กนก วงษ์ตระหง่าน, 2525 ; พิเชฐ สายพันธ์ , 2541) อธิบายการขยายเมืองของกรุงเทพฯว่าจากประวัติศาสตร์แสดงให้เห็นว่าชุมชนในบริเวณกรุงเทพฯปรากฏขึ้นครั้งแรกในราว 400 ปีเศษ ในสมัยอยุธยาถือเป็นเมืองหน้าด่านทะเล แต่ไม่มีบทบาทที่สำคัญเด่นชัด กรุงเทพฯเริ่มมีความสำคัญในระยะที่เป็นเมืองยุทธศาสตร์ที่รัชกาลที่ 1 ทรงเลือกบริเวณกรุงเทพฯเป็นเมืองหลวง ต่อมาในช่วงพ.ศ. 2475-2500 มีการพยายามเชื่อมหัวเมืองเพื่อรวบรวมเข้ามาสู่ศูนย์กลางเดียวกัน มีการสร้างถนนเชื่อมภูมิภาคและระบบคมนาคมระหว่างชานเมืองกับใจกลางเมือง ทำให้มีการหลั่งไหลของประชากรจากชนบทสู่เมือง

(Anuchat Pongsomlee, and Ross, H. ,1992) พบว่าจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรในเขตกรุงเทพฯ ได้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกรุงเทพฯ ขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงครึ่งหลังศตวรรษที่ 19 เพราะระบบโครงข่ายการขนส่ง มีการขยายสู่ชานเมืองมากขึ้น ทำให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้น จึงส่งผลทำให้บริเวณที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมถูกรุกล้ำ เพื่อนำพื้นที่ไปใช้ก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เพิ่มขึ้นกว่า 122 เท่าในช่วง 200 ปีที่ผ่านมา

(จารึก รัตนบุรณ, 2542) กล่าวว่าโดมแห่งความร้อนเหนือมหานคร หรือ Urban Heat Island Effect เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศเหนือเมืองมีค่าสูงกว่ารอบนอกเมืองและเมื่อเข้าสู่เขตเมืองอุณหภูมิอากาศจะเริ่มสูงขึ้นไปอีก จนเมื่อถึงใจกลางเมืองซึ่งเต็มไปด้วยตึกสูงอุณหภูมิก็จะยิ่งสูงขึ้นไปอีกลักษณะของอุณหภูมิจึงคล้ายเกาะหรือโดมขนาดใหญ่เหนือเมือง

(จุฬาสัมพันธ์, 2542) กล่าวถึงเรื่องความร้อนในมหานครว่าส่งผลกระทบต่อด้านสุขภาพทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจ ด้านเศรษฐกิจ ผลของความร้อนที่สูงขึ้นทำให้ต้องมีการใช้พลังงานมากขึ้น การเปิดเครื่องปรับอากาศจะเพิ่มความร้อนในบรรยากาศมากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบริเวณชายฝั่ง ตลอดจนความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะของโรคปรับตัวในอากาศที่ร้อนขึ้นได้ ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นในกรุงเทพฯ จะพบว่าทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นทุกปี เนื่องจากกรุงเทพฯมีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับมหานครอื่น ๆ



### 2.1.2 การตรวจหาความแตกต่างของอุณหภูมิในเมือง

(Henry et al. ,1989) ได้กล่าวถึงเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดหรือวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิอันได้แก่ วิธีการเปรียบเทียบอุณหภูมิในเมืองกับชนบท ซึ่งจะเกิดปัญหาในการเลือกสถานีเพราะต้องเลือกสถานีที่เป็นตัวแทนที่ดีของเมืองและชนบท และที่สำคัญการศึกษาความร้อนในเมืองนั้นจะต้องมีสถานีวัดหลาย ๆ จุด เพื่อนำมาหามาตรฐานความถูกต้องของวิธีการทำงาน, วิธีการใช้รถยนต์วิ่งรอบเมืองเพื่อเก็บอุณหภูมิ ก็เป็นวิธีที่มีความสะดวกในการเก็บข้อมูล แต่ปัญหาที่สำคัญของวิธีนี้คือ การเก็บโดยรถยนต์นั้นถูกจำกัดโดยถนน และต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงกว่าจะวิ่งวนเก็บจนครบครอบคลุมทั่วทั้งเมือง ทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านเวลาที่ใช้ในการเก็บอุณหภูมิที่นำมาวิเคราะห์ , ส่วนวิธีการใช้คอมพิวเตอร์โมเดล ที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างความร้อนในเมือง ซึ่ง (Terjung ,1976; Oke, 1982) ได้ถูกอ้างถึงใน (Henry et al ,1989) ซึ่งให้เห็นถึงปัญหาสำคัญของการทำคอมพิวเตอร์โมเดล คือ ตัวแปร ซึ่งจะต้องพยายามทำให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด และปัญหาด้านข้อจำกัดบางอย่างของคอมพิวเตอร์ หรือ การขาดข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือที่จะนำมาใส่ในโมเดล

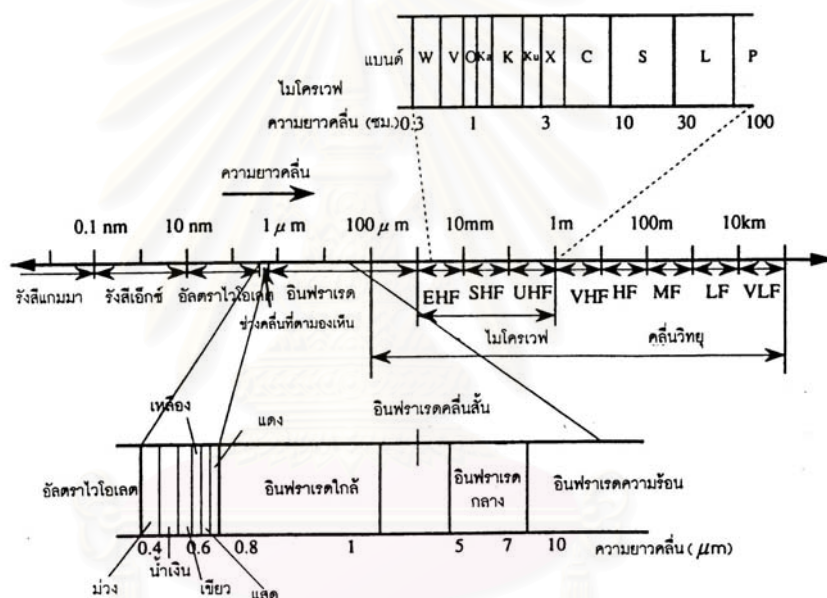
(Pichakum and Maruta ,1995) ได้ศึกษาถึงประโยชน์ของพื้นที่เปิดโล่งว่ามีส่วนลดความร้อนแรงของอุณหภูมิในกรุงเทพฯ โดยใช้พื้นที่ศึกษาบริเวณเขตดุสิตและพื้นที่เปิดโล่งที่ใช้ศึกษาได้แก่ สวนจิตรดาภิรมย์สวนสัตว์ดุสิต โดยใช้วิธีการใช้รถยนต์ติดจีพีเอสและเทอร์มิสเตอร์วิ่งเป็นวงรอบเก็บอุณหภูมิทั่วเขตดุสิตในช่วงเวลา 5.00 น. กับ 15.00น. ประกอบกับการใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1: 5500 เพื่อดูความแตกต่างของพื้นที่เปิดโล่งกับพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น ผลการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการของ Regression analysis ได้ผลออกมาว่าในช่วงเวลา 15.00 น. บริเวณที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น จะมีอุณหภูมิแตกต่างกับบริเวณพื้นที่เปิดโล่งถึง 3 องศาเซลเซียส ส่วนในเวลา 5.00 น. พื้นที่ทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกันเพียง 1 องศาเซลเซียส เมื่อนำพื้นที่สีเขียวมาหาอัตราส่วนกับอุณหภูมิ ผลปรากฏว่าเมื่อพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้น10% ในเวลา 15.00น. จะทำให้อุณหภูมิลดลง 0.43-0.55 องศาเซลเซียส และในเวลา 5.00 น. จะทำให้อุณหภูมิลดลง 0.08-0.12 องศาเซลเซียส

### 2.1.3 ทฤษฎีการสำรวจระยะไกล

การสำรวจระยะไกลหรือ Remote sensing เป็นการจำแนก บ่งบอก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง ซึ่งมักจะเป็นการวัดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อน หรือแผ่ออกจากวัตถุ โดยใช้เครื่องมือวัดจากระยะไกล เช่น กล้องถ่ายรูป หรือเครื่องกวาดภาพ (Scanner) โดยจะติดตั้งเซนเซอร์นี้เข้ากับยานสำรวจ (Platform) เช่น เครื่องบิน หรือ

ดาวเทียมทำให้เราสามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้จากลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุนั้นๆ เพราะวัตถุแต่ละชนิดมีการการสะท้อนหรือแผ่รังสีที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการสำรวจจากระยะไกลจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การจำแนกและเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนและแผ่รังสี

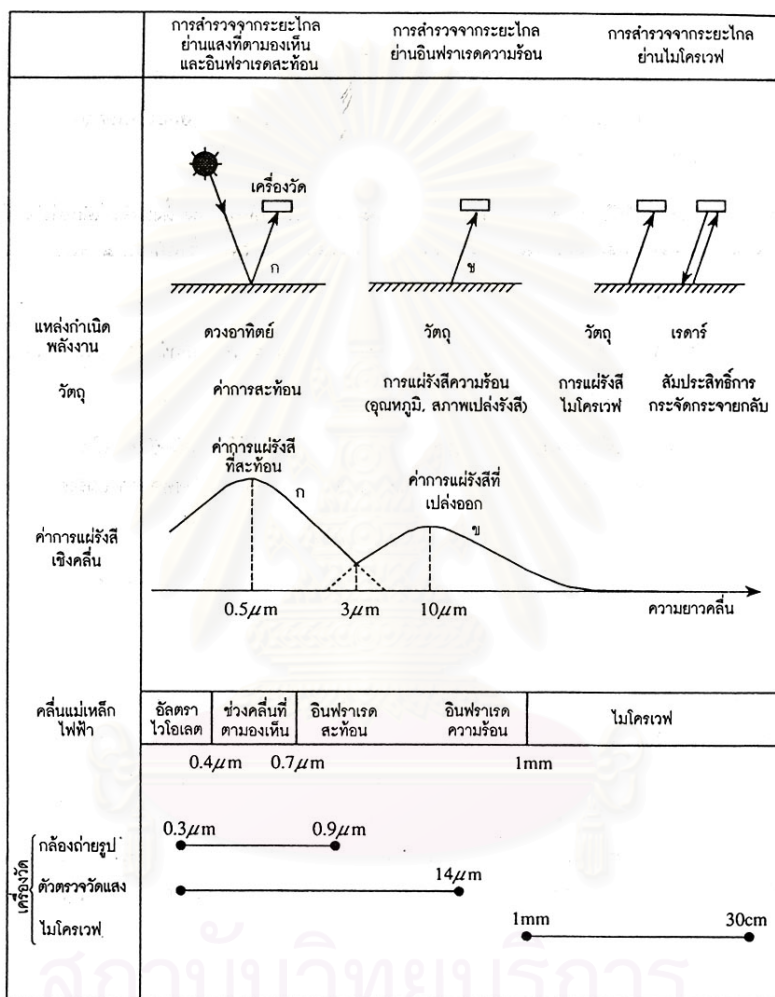
การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามความยาวคลื่น โดยย่านพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล ได้แก่ ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตใกล้ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ อินฟราเรดคลื่นสั้น อินฟราเรดความร้อน และช่วงคลื่นไมโครเวฟ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ช่วงคลื่นที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล (ชุนจิมีโร,2540)

การแยกประเภทของการสำรวจจากระยะไกลตามย่านความยาวคลื่นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ การสำรวจจากระยะไกลย่านแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อน, การสำรวจจากระยะไกลจากย่านอินฟราเรดความร้อน และ การสำรวจจากระยะไกลย่านไมโครเวฟ ดังรูปที่ 6 การสำรวจจากระยะไกล ย่านแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อนจะได้แหล่งพลังงานมาจากดวงอาทิตย์ โดยข้อมูลส่วนใหญ่จะขึ้นกับค่าการสะท้อน (Reflectance) ของวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลก ส่วนแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้ในการสำรวจจากระยะไกลย่านอินฟราเรดความร้อน จะได้จากตัววัตถุเอง เนื่องจากวัตถุใด ๆ ก็ตามที่มีอุณหภูมิในระดับปกติจะมีความสามารถในการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดที่

ความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมครอน ซึ่งจากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของการแผ่รังสีเชิงคลื่นระหว่างดวงอาทิตย์(ก) และวัตถุ (ข) ที่อุณหภูมิปกติของโลก (ประมาณ 300° K) จะตัดกันที่ค่าประมาณ 3.0 ไมครอน ดังนั้นย่านความยาวคลื่นที่มากกว่า 3.0 ไมครอน ขึ้นไปจะเป็นย่านที่ใช้ตรวจวัดการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation)

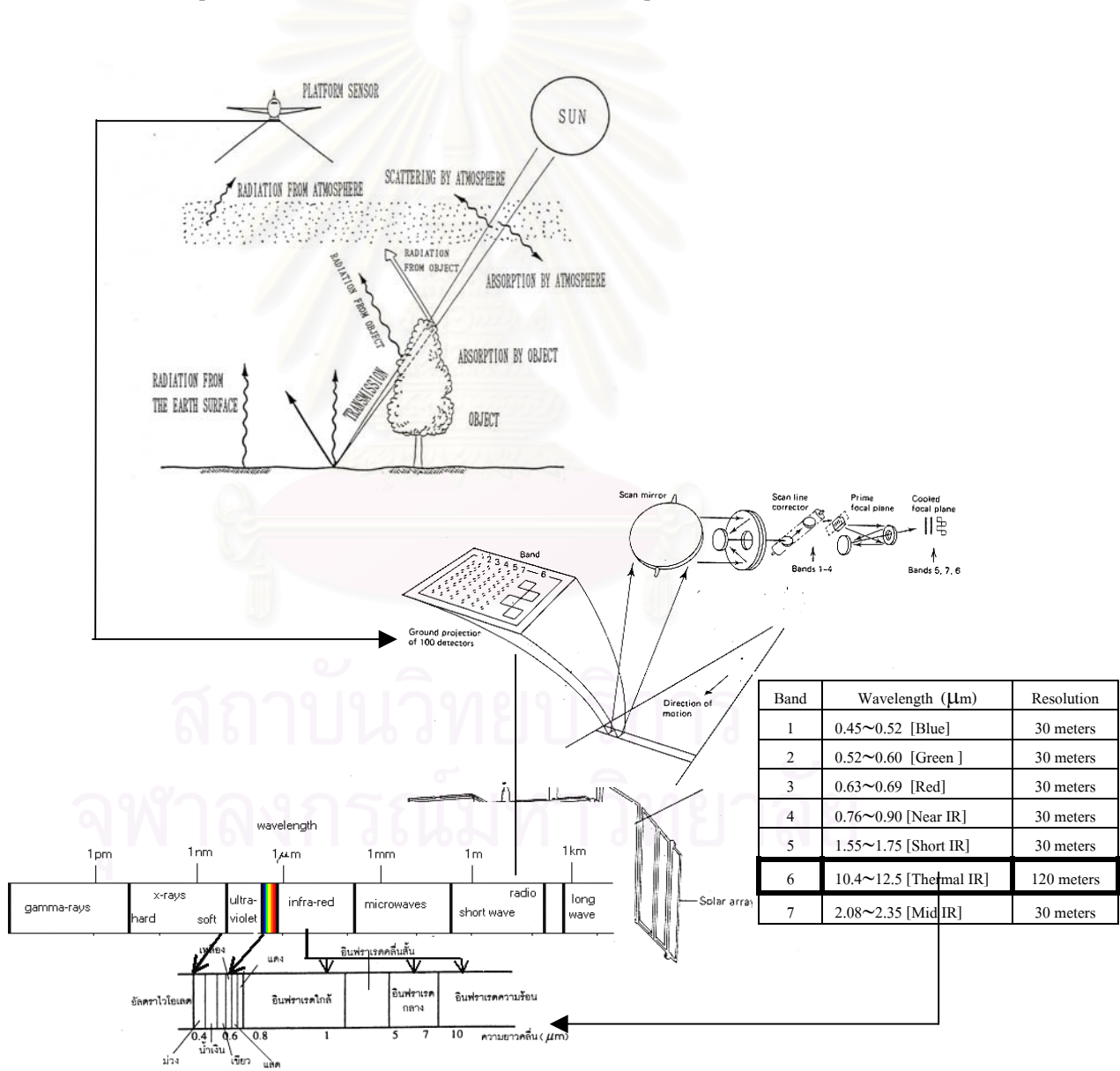


รูปที่ 6 ประเภทของการสำรวจระยะไกลที่สัมพันธ์กับย่านความยาวคลื่น 3 ประเภท(ซุนจิมูไร,2540)

■ การได้มาซึ่งข้อมูล

ข้อมูลสภาพดาวเทียมที่เราได้มานั้น มาจากพลังงานที่ถูกวัดโดยตัวรับสัญญาณของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียม ซึ่งจะเป็นตัวรับข้อมูลการสะท้อนพลังงานของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และจะเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศก่อนจะถูกบันทึกโดยอุปกรณ์รับสัญญาณ ดังนั้นคลื่นพลังงานที่อุปกรณ์บันทึกสัญญาณบันทึกได้นั้น

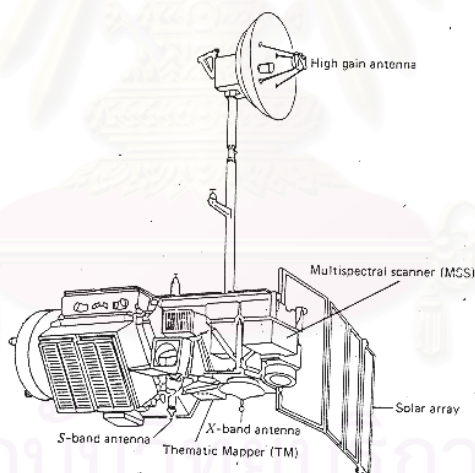
จะมีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นพลังงานในด้านทิศทาง ความเข้ม และความถี่ของช่วงคลื่น เพราะชั้นบรรยากาศนั้นจะประกอบด้วยฝุ่นละออง ไอน้ำและก๊าซ ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลื่นพลังงาน 3 กระบวนการคือกระเจิง (Scattering) การดูดซับ (Absorption) และการหักเห (Refraction) ดังนั้นค่าที่ตัวรับสัญญาณบันทึกได้จึงประกอบด้วย พลังงานที่สะท้อนหรือแผ่จากพื้นผิววัตถุ พลังงานบางส่วนจากปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศพลังงานที่สะท้อนกลับโดยตรงจากชั้นบรรยากาศ ซึ่งค่าเหล่านี้จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับสถานะของบรรยากาศ มุมของดวงอาทิตย์ มุมของตัวรับสัญญาณ และคุณสมบัติของวัตถุในการสะท้อน ดูดซึม และการส่งผ่านพลังงาน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM (ดัดแปลงจาก Lillesand and Kiefer, 1999)

- ดาวเทียมแลนด์แซททีเอ็ม 5

ดาวเทียมแลนด์แซททีเอ็ม 5 ใช้กล้องบันทึกภาพแบบ Thematic mapper ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งมีทั้งหมด 7 ช่วงคลื่น รายละเอียดของแต่ละช่วงคลื่นแสดงอยู่ในตารางที่ 7 แต่ช่วงคลื่นที่ให้ค่าความร้อนได้แก่แบนด์ 6 (ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ความยาวคลื่น 10.40-12.50 ไมครอน) มีรายละเอียดของภาพ 120 เมตร ในขณะที่แบนด์อื่น ๆ จะให้รายละเอียดของภาพ 30 เมตร ดาวเทียมแลนด์แซททีเอ็ม 5 มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์และโคจรกลับมาที่เดิมทุก 16 วัน มีความกว้างของแนวถ่ายภาพ 185 กิโลเมตร ซึ่งข้อมูลภาพแต่ละจุดภาพของดาวเทียมแลนด์แซททีเอ็มจะแสดงค่าความสว่าง (DNs) เป็น 8 บิต (มีค่าอยู่ระหว่าง 0-255) ซึ่งค่าDNs นี้เป็นหน่วยเดียวกับค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ซึ่งมีหน่วยเป็น  $\text{mW/cm}^2 \text{sr}$  ดังนั้นในการตรวจหาอุณหภูมิจะต้องมีการแปลงจากค่า DNs ให้เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ก่อน ที่จะมีการนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 8 กล้องบันทึกภาพดาวเทียม Landsat 5 TM (ซุนจิมูไร,2540)

ตารางที่ 7 ศักยภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร แลนด์แซททีเอ็ม 5 (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , 2534)

ช่วงคลื่น	รายละเอียดของแบนด์	ความยาวคลื่น (ไมครอน)	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
1	น้ำเงิน	0.45-0.52	ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง แสดงความแตกต่างหรือใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบออกจากกัน แสดงความแตกต่าง หรือแยกดินจากพืชพรรณต่างๆ มีความไวต่อการมีหรือไม่มีคลอโรฟิลล์
2	เขียว	0.52-0.60	แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เจริญเติบโตแล้ว
3	แดง	0.63-0.69	แสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่าง ๆ กัน
4	อินฟราเรดใกล้	0.76-0.90	ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวภาพ แสดงความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ
5	อินฟราเรดใกล้-กลาง	1.55-1.75	ใช้ตรวจวัดความชื้นในพืช แสดงความแตกต่างของหิมะกับเมฆ
6	อินฟราเรดความร้อน	10.4-12.5	ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องมาจากความร้อนในพืช แสดงความแตกต่างของความชื้นบริเวณที่ศึกษา และความแตกต่างความชื้นในดิน
7	อินฟราเรดกลาง	2.08-2.35	ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ ใช้แยกประเภทแร่ธาตุ และหินชนิดต่างๆ

■ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมกับอุณหภูมิจริงของวัตถุ อุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากเครื่องตรวจวัดความร้อน (Thermal sensor) คือการวัดค่าของอุณหภูมิของวัตถุที่ตัวรับสัญญาณบันทึกได้ ( $T_r$ ) ถ้าให้เซ็นเซอร์เป็นเทหวัตถุสีดำ จะได้ว่า  $T_r = T_k$  (อุณหภูมิของวัตถุ) แต่ในความเป็นจริงไม่มีวัตถุใดเป็นเทหวัตถุสีดำ ดังนั้นในการคำนวณหาอุณหภูมิจึงต้องพิจารณาถึงค่าสภาพการเปล่งรังสี (Emissivity) ของวัตถุด้วย ซึ่งเทหวัตถุดำมีค่าสภาพการเปล่งรังสี เท่ากับ 1 แต่วัตถุอื่นนั้นจะมีค่าสภาพการเปล่งรังสีแตกต่างกันออกไป ดังนั้น  $T_r$  (อุณหภูมิที่วัดได้จากดาวเทียม) จะมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิจริงของวัตถุ ( $T_k$ ) ดังแสดงในตารางที่ 8 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง Kinetic temperature และ Radiant temperature เป็นดังสมการที่ 1 (Lillesand and Kiefer ,1987)

$$T_r = \varepsilon^{1/4} T_k \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ  $T_r$  = ค่าอุณหภูมิที่ตัวรับสัญญาณบันทึกได้  
 $T_k$  = ค่า อุณหภูมิของวัตถุ  
 $\varepsilon$  = สภาพเปล่งรังสี

ตารางที่ 8 แสดงค่า  $T_k$  เปรียบเทียบกับ  $T_r$  ของวัตถุ 4 ชนิด (Lillesand and Kiefer ,1987)

วัตถุ	Emissivity ( $\epsilon$ )	Kinetic temperature $T_k$ [ °K (°C )]	Radiant temperature $T_r = \epsilon^{1/4} T_k$ [ °K (°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)

ความหมายของค่า Emissivity หรือสภาพเปล่งรังสีของวัตถุ เป็นดังสมการที่ 2 (ซุนจิโมโร,2540)

$$\text{สภาพเปล่งรังสี} = \frac{\text{พลังงานการแผ่รังสีของวัตถุ}}{\text{พลังงานการแผ่รังสีของเทหวัตถุสีดำที่อุณหภูมิเดียวกับวัตถุ}} \dots\dots\dots (2)$$

โดยสภาพเปล่งรังสีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 (1 คือ เทหวัตถุสีดำ) ขึ้นอยู่กับความขรุขระของพื้นผิว อุณหภูมิ ความยาวคลื่น มุมมอง ฯลฯ ดังแสดงในตารางที่ 9 และ ดังรูปที่ 9

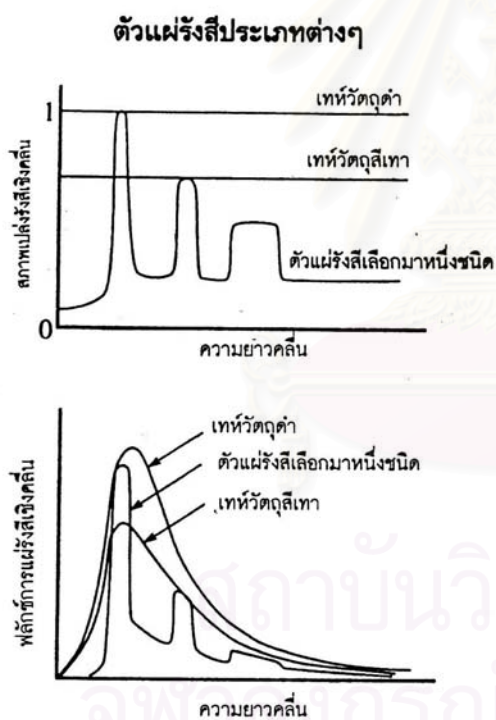
ตารางที่ 9 แสดงลักษณะสภาพเปล่งรังสี (Emissivity) ของวัตถุชนิดต่างๆ (Lillesand and Kiefer ,1987)

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	เหล็กหล่ออมัว	0.63
สี (สีเฉลี่ย 16 สี)	0.94	เหล็กหล่อขัดเงา	0.21
อิฐ	0.93	สแตนเลสสีอ่อน	0.16
ดินแห้ง	0.92	ทองขัดเงา	0.02

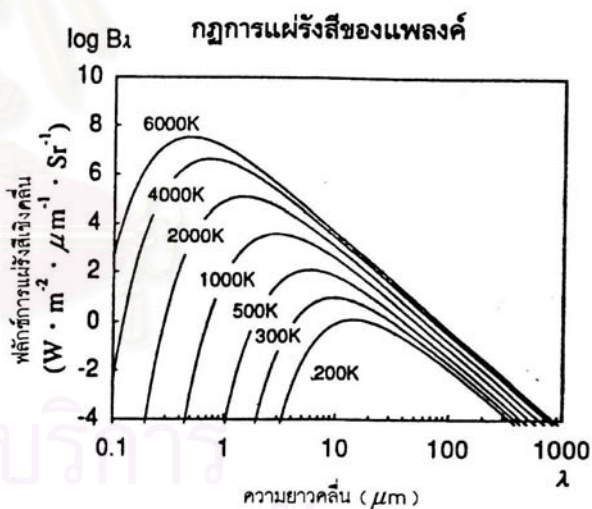
- หลักการตรวจวัดการแผ่รังสีความร้อนด้วยวิธี ริโมท เช่นซึ่ง

การตรวจวัดการแผ่รังสีความร้อนด้วยวิธีริโมท เช่นซึ่ง เป็นการวัดค่าการแผ่รังสีอุณหภูมิของวัตถุซึ่งวัตถุหนึ่งๆ จะให้ค่าการแผ่รังสีเฉพาะตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพเปล่งรังสีของวัตถุนั้นๆ การแผ่รังสีดังกล่าวเรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน และลักษณะการแผ่รังสีความร้อนสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีเทหวัตถุดำ (Black body)

เทหวัตถุดำ หมายถึง สารที่สามารถดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบตัวมันได้ทั้งหมดโดยไม่มีการสะท้อนหรือส่งผ่านพลังงานเลย ดังนั้นเทหวัตถุดำจะให้ค่าการแผ่รังสีสูงสุดเมื่อเทียบกับวัตถุอื่น ๆ ดังนั้นเราจึงเรียกเทหวัตถุดำว่าเป็นตัวแผ่รังสีสมบูรณ์แบบ แต่ไม่มีสสารใดๆในโลกที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมีเพียงแต่สภาพใกล้เคียงเท่านั้น ดังนั้นในการสำรวจระยะไกลจึงต้องมีการปรับแก้ค่าสภาพเปล่งรังสี เนื่องจากวัตถุในธรรมชาติไม่ใช่เทหวัตถุดำ



รูปที่ 9



รูปที่ 10

รูปที่9 แสดงตัวแผ่รังสีประเภทต่าง ๆ (ขุนฉิมูไร,2540)

รูปที่10 แสดงกฎการแผ่รังสีของแพลงค์ (ขุนฉิมูไร,2540)

การแผ่รังสีของเทหวัตถุสีดำ (Black body radiation) หมายถึง การแผ่รังสีความร้อนของเทหวัตถุดำ ซึ่งเป็นไปตามกฎของแพลงค์ (Planck's law) ดังสมการที่3 (ขุนฉิมูไร,2540) โดยเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (T) และความยาวคลื่นดังรูปที่ 9 และรูปที่10



$$B_{\lambda} = C_1 / \lambda^5 / [e^{C_2 / \lambda T} - 1] \quad \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ  $B_{\lambda}$  = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นของเทหวัตถุสีดำ ( $\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ )

$\lambda$  = ความยาวคลื่น (ไมครอน)

$T$  = อุณหภูมิองศาเคลวิน

$C_1 = 2 hc^2 = 3.74 \times 10^{-16} \text{ Wm}^2$

$C_2 = hc/k = 1.44 \times 10^{-2} \text{ m}^{\circ}\text{K}$

โดย  $h$  = ค่าคงที่ของพลังค์ ( $6.626 \times 10^{-34} \text{ J.sec}$ ),

$c$  = ความเร็วแสง ( $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ )

$k$  = ค่าคงที่ของโบลต์ซมานน์ ( $1.380 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ )

ความสัมพันธ์ระหว่าง เทหวัตถุสีดำ กับค่า การเปล่งรังสีของวัตถุ จะแสดงด้วยกฎของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์

กฎของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์ (Stefan Boltzman's law) เป็นกฎที่อินดิเกรต ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นที่ได้จากกฎของพลังค์และเป็นกฎที่แสดงให้เห็นว่าค่าการแผ่รังสีเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ยกกำลังสี่ ( $T^4$ ) จึงมีความไวสูงต่อการตรวจวัดอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดังสมการที่ 4 (Lillesand and Kiefer , 1994)

$$M = \sigma T^4 \quad \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อ  $M$  = พลังงานการแผ่รังสีเชิงคลื่นทั้งหมดที่ได้จากพื้นผิวของวัตถุ ( $\text{watts.m}^{-2}$ )

$\sigma$  = ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์ ( $5.6697 \times 10^{-8} \text{ watts.m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ )

$T$  = อุณหภูมิของเทหวัตถุสีดำเป็นองศาเคลวิน

ในกรณีของเทหวัตถุสีเทา (Grey body) วัตถุจะมีค่าการเปล่งพลังงานของรังสีเป็นสัดส่วนกับเทหวัตถุสีดำ ซึ่งสามารถปรับกฎของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์ ได้ดังสมการที่ 5 (กนกวรรณ,2541)

$$M = \epsilon \sigma T^4 \quad \dots\dots\dots (5)$$

- เมื่อ  $M$  = พลังงานการแผ่รังสีเชิงคลื่นทั้งหมดที่ได้จากพื้นผิวของวัตถุ ( $\text{watts.m}^{-2}$ )  
 $\epsilon$  = สภาพเปล่งรังสีของวัตถุ  
 $\sigma$  = ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์ ( $5.6697 \times 10^{-8} \text{ watts.m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ )  
 $T$  = อุณหภูมิเป็นองศาเคลวิน

กฎการแทนที่ของวีน (Wien's displacement law) ได้จากการหาอนุพันธ์ของค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลคูณของความยาวคลื่น (ที่ให้ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นสูงสุด) กับอุณหภูมิจะมีค่าประมาณ  $3000 \mu\text{m} \text{ }^{\circ}\text{K}$  กฎนี้มีประโยชน์สำหรับการหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับใช้ตรวจวัดอุณหภูมิของวัตถุที่อุณหภูมิ  $T$  เนื่องจากสสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาเคลวิน จะสามารถเปล่งพลังงานที่มีขนาดและส่วนประกอบของช่วงคลื่นแตกต่างกันไป ซึ่งพลังงานที่วัตถุแผ่ออกมามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ ดังสมการที่ 6 (Lillesand and Kiefer, 1994)

$$\lambda_m = C/T \quad \dots\dots\dots(6)$$

- เมื่อ  $\lambda_m$  = ความยาวคลื่นที่ให้ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นสูงสุด  
 $C$  =  $3 \times 10^{-3} \text{ m }^{\circ}\text{K}$   
 $T$  = อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

ความสัมพันธ์ของหลักการแผ่รังสีของเทห์วัตถุสีดำ กฎการแทนที่ของวีน และกฎของสเตฟาน-โบลต์ซมานน์ คือพลังงานสูงสุดจะมีแนวโน้มไปทางความยาวคลื่นสั้น ความยาวคลื่นยังสั้นอุณหภูมิยิ่งสูงเมื่ออุณหภูมิสูงการแผ่รังสีก็สูงตาม ดังรูปที่ 10

- การแปลงค่า DNs เป็นอุณหภูมิพื้นผิว ทำได้ 2 วิธีคือ  
 วิธีที่1 (Digital Numbers (DN)แปลงเป็น Spectral Radianceแปลงเป็นTemperature)

วิธีการนี้จะต้องทำการแปลงค่าความสว่าง (DNs) เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (Spectral Radiance) เพื่อให้ได้หน่วยเดิมของวัตถุก่อนที่จะถูกแปลงให้มีค่าเป็น 0-255 จากนั้นจึงค่อยใช้สมการแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นเป็นอุณหภูมิ ซึ่งอ้างถึงใน (กนกวรรณ, 2541; John R. Schott, 1989 ; Markham and Barker, 1986 ; Schott, J. R., and Volchok, W. J., 1985 ; และ โสมเพจ สภาวิจัย, 2543) ที่กล่าวถึงสมการและค่าคงที่ในการแปลงค่า DNs ของ Landsat TM เป็น Spectral Radiance ไว้ดังสมการที่ 7

$$L_{\lambda} = L_{\min}(\lambda) + \left( \frac{L_{\max}(\lambda) - L_{\min}(\lambda)}{Q_{\text{cal}_{\max}}} \right) Q_{\text{cal}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

- เมื่อ  $L_{\lambda}$  = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์  
 $L_{\min}$  = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นต่ำสุดที่วัดได้จากภาพ  
 $L_{\max}$  = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นสูงสุดที่วัดได้จากภาพ  
 $Q_{\text{cal}}$  = ค่าความเทา(DN)ของพิกเซลที่จะทำการวิเคราะห์  
 $Q_{\text{cal}_{\max}}$  = ค่าความเทา(DN)สูงสุด (ของ Landsat TM มีค่า = 255)

หลังจากได้ค่า Spectral Radiance แล้วจึงแปลงจาก Spectral Radiance ให้เป็นอุณหภูมิพื้นผิว ดังได้มีการกล่าวถึงใน (กนกวรรณ, 2541; John R. Schott, 1989 ; Schott, and Volchok, W. J., 1985 ; และ โสมเพจ สภาวิจัย, 2543) ได้กล่าวถึงสมการที่ใช้ในการแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นเป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเคลวิน ไว้ดังสมการที่ 8

$$T = \frac{K2}{[\ln(K1/L_{\lambda} + 1)]} \quad \dots\dots\dots(8)$$

- เมื่อ  $T$  = อุณหภูมิเป็นองศาเคลวิน  
 $L_{\lambda}$  = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ( $\text{w.m}^{-2}.\text{ster}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ )  
 $\ln$  = ล็อกธรรมชาติ  
 $K1 = 607.76$  ( $\text{w.m}^{-2}.\text{ster}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ )  
 $K2 = 1260.56$  (องศาเคลวิน)

## วิธีที่ 2 (DNs แปลงเป็น Temperature)

วิธีการนี้จะใช้ค่าความสว่าง (DNs) ของภาพมาคำนวณกับสมการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นอุณหภูมิในหน่วยที่ต้องการ

- การแปลงจากDNsเป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส (โสมเพจมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) กล่าวถึงสมการที่ใช้ในการแปลงค่าความสว่างเป็นอุณหภูมิหน่วยองศาเซลเซียสไว้ 2 แบบ ดังสมการที่ 9 และ 10

$$\text{Non linear calibration function } T = -12.5809 + 0.2917\text{DNs} - 0.000233\text{DNs}^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Linear calibration function } T = -13 + 0.23529\text{DNs} \dots\dots\dots(10)$$

เมื่อ T คืออุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

- การแปลงจาก DNs เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเคลวิน ถูกกล่าวถึงใน (Barlolucci, et al. ,1985) ว่าการแปลงค่าความสว่าง (DNs) เป็นค่าของอุณหภูมิในหน่วยองศาเคลวิน T(K) ไว้ 3 แบบ ดังสมการที่ 11 ,12 และ 13 ตามลำดับ

ถ้าช่วงของอุณหภูมิต่างกันไม่เกิน  $10^{\circ}$  จะเป็นแบบเส้นตรง มี 1 โมเดล คือ

$$\text{แบบ Linear Model } T(K) = 219.972+0.526 \text{ DN} \dots\dots\dots(11)$$

ถ้าช่วงของอุณหภูมิต่างกันมากกว่า  $10^{\circ}$  ความสัมพันธ์จะเป็นแบบ Non-Linear ซึ่งมี 2 แบบคือ

$$\text{แบบ Quadratic Model } T(K) = 209.831+0.834 \text{ DN}-0.00133 \text{ DN}^2 \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{แบบ Cubic Model } T(K) = 206.127+1.0545 \text{ DN}^2 -0.00371 \text{ DN}+(6.606 \times 10^{-6}) \text{ DN}^3 \dots\dots\dots(13)$$

## 2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Balling,Sandra and Brazel ,1988) กล่าวถึงการนำข้อมูลความร้อนจากดาวเทียม NOAA AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) ซึ่งมีรายละเอียดของภาพ 1 กิโลเมตร มาเป็นตัวช่วยในการตรวจหาอุณหภูมิพื้นผิวของเมือง Phonix รัฐ Arizona ตามลักษณะการใช้ที่ดิน (ที่พักอาศัย , การค้า, อุตสาหกรรม และที่ว่าง) ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รับพบว่า เขตที่พักอาศัยและเขตการค้ามีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ว่าง 2 องศาเซลเซียส ในตอนบ่ายของช่วงฤดูร้อน และเขตอุตสาหกรรมมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ว่าง 2 องศาเซลเซียส และอุ่นกว่าที่พักอาศัยและย่านการค้า ประมาณ 3 องศาเซลเซียส ผลของการศึกษาใช้อำนวยประโยชน์ในการวิเคราะห์ปริมาณการบริโภคพลังงานและน้ำในท้องถิ่น

(Roth, Oke, and Emery ,1989) กล่าวถึงการใช้อดาวเทียม NOAA AVHRR โดยใช้ข้อมูลในช่วงอินฟราเรด มาเป็นตัวแสดงอุณหภูมิพื้นผิวของเมือง Vancouver, British Columbia, Seattle , Washington, และ Los Angeles, California ซึ่งบริเวณชายฝั่งทะเลของเมืองด้านตะวันตกของอเมริกาเหนือมีสภาพที่คล้ายกัน โดยค่าการเปล่งพลังงานของอุณหภูมิพื้นผิวนั้นได้มาจากดาวเทียมเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ได้จากรถที่ติดเครื่องมือเพื่อตรวจอากาศในเมือง (Mobile heat island survey) ผลที่ได้คือความร้อนของเมืองจะมีมากในช่วงเวลากลางวันและในฤดูร้อน ซึ่งรูปแบบความร้อนภายในเมืองจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับการใช้ที่ดิน และตำแหน่งของพื้นที่ที่ร้อนที่สุดที่ได้จากดาวเทียมคือ ย่านอุตสาหกรรม ในขณะที่บริเวณที่เป็นพืชพรรณ แม่น้ำ หรือ ชายฝั่งนั้นจะเย็นที่สุด ซึ่งค่าที่ได้ก็มีสัมพันธ์ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสำรวจด้วย Mobile heat island survey

(Gallo,et al., 1993) กล่าวถึงการคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ Normalize Difference Vegetation Index (NDVI) จากข้อมูลดาวเทียม NOAA-11 AVHRR ของเมือง Seattle, Washington D.C. และเปรียบเทียบกับค่าสำรวจบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุดจากสถานีตรวจวัดอากาศ ซึ่งการศึกษานี้พบว่า NDVI และอุณหภูมิพื้นผิวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในเมืองนั้นจะแสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงและมีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำกว่าบริเวณชนบท ซึ่งความแตกต่างของ NDVI ระหว่างเมืองและชนบทจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความแตกต่างของคุณสมบัติพื้นผิว เช่น การระเหยเป็นไอ และความสามารถในการเก็บกักความร้อนของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทั้งในเมืองและชนบท

(Nichol ,1994) กล่าวถึงการใช้อดาวเทียมแลนดแซททีเอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนในการบอกถึงความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองสิงคโปร์ ที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของหมู่บ้านจัดสรร ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับศูนย์กลางของเกาะ แต่การตรวจสอบความถูกต้องของอุณหภูมิไม่สามารถทำได้เนื่องจากไม่มีอุณหภูมิสัมบูรณ์เพียงพอสำหรับการศึกษา ดังนั้นการแบ่งชั้นของสิ่งปกคลุมดินจะแบ่งเป็นมีพืชพรรณปกคลุมและไม่มีพืชพรรณปกคลุม โดยสิ่งก่อสร้างทุกชนิดจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีพืชพรรณ ซึ่งบ่งบอกได้ด้วยจำนวนชีวมวลสีเขียวที่เป็นตัวทำให้บริเวณที่มีการเพิ่มขึ้นของที่พักรอภัยมีอุณหภูมิลดลง

(Nichol,1995) กล่าวถึงการใช้อข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม แลนดแซท ทีเอ็ม มีช่วงคลื่นความร้อนที่มีรายละเอียดภาพ 120 เมตร ในการจำแนกอุณหภูมิพื้นผิว และช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible band) ที่มีรายละเอียดภาพ 30 เมตร เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน ซึ่งเมื่อนำมาประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศที่ให้รายละเอียดภาพสูง จะทำให้สามารถนำเสนอความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับสิ่งปลูกสร้างในเมืองได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น และจะทำให้เห็นภาพพจน์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นโดยการนำเสนอในรูปแบบจำลองสามมิติ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยให้เห็นภาพผังเมือง

สามารถกำหนดเขต (Zoning) ในการวางผังเมืองได้ดีขึ้น และช่วยให้สถาปนิกสามารถออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมของสภาพแวดล้อมและสิ่งปลูกสร้างในเมือง เพื่อช่วยลดความร้อนในเมืองได้ดียิ่งขึ้น

(กนกวรรณ,2541) กล่าวถึงการใช้อุณหภูมิพื้นผิว ค่าดัชนีพืชพรรณ ข้อมูลการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินที่คำนวณได้จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซททีเอม เพื่อใช้ประเมินการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในกรุงเทพมหานคร โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวและค่าดัชนีพืชของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 9 ประเภท ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว นอกจากนี้ค่าดัชนีพืชพรรณและค่าอุณหภูมิพื้นผิวยังแปรผันไปตามลักษณะและคุณสมบัติของพื้นที่ปกคลุม ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าแตกต่างของค่าดัชนีพืชพรรณ และค่าอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างพื้นที่เมืองกับพื้นที่ชานเมือง พบว่าในปี พ.ศ. 2531 พื้นที่เมืองมีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำกว่าพื้นที่ชานเมือง 2.15% และค่าอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่เมืองสูงกว่าพื้นที่ชานเมืองรอบนอก 1.71 องศาเซลเซียส ส่วนในปี พ.ศ. 2540 พื้นที่เมืองมีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำกว่าพื้นที่ชานเมือง 1.18% และมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าพื้นที่ชานเมืองรอบนอก 1.53 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

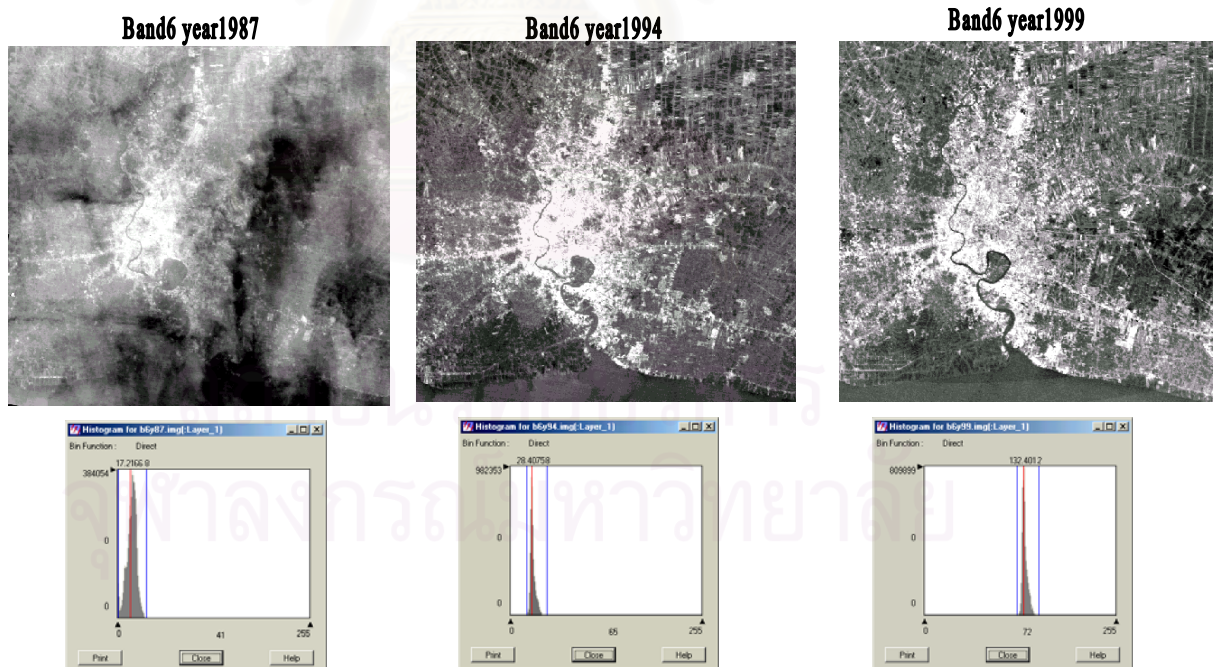
### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Intel pentium III 800 Mhz
2. ซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ ERDAS IMAGINE เวอร์ชัน 8.4 ของบริษัท ERDAS Inc. และ ซอฟต์แวร์ ENVI เวอร์ชัน 3.2 ของบริษัท Research System, Inc.
3. ซอฟต์แวร์จัดการข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arcview เวอร์ชัน 3.2 และ PC Arcinfo เวอร์ชัน 3.5 ของบริษัท Environmental Systems Research Institute (ESRI)
4. Global positioning system (GPS) จีพีเอสมือถือ ยี่ห้อ Magellan รุ่น color trak

#### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลดาวเทียม แลนด์แซททีเอ็ม 5 ที่ผลิตจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ปัจจุบันคือ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ซึ่งบันทึกข้อมูลในวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2530, 25 ตุลาคม พ.ศ. 2537 และ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 มีรายละเอียดของข้อมูลช่วงคลื่นความร้อน (แบนด์ 6) ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม แบนด์ 6 และฮิสโตแกรม

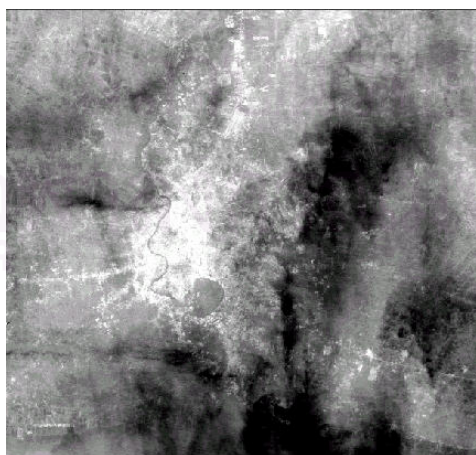
2. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ที่จัดพิมพ์โดยกรมแผนที่ทหาร หมายเลขระวาง 5136 I-IV , 5036 I-II ชุด L7017

3. แผนที่ขอบเขตการปกครองของกรุงเทพฯ มาตราส่วน 1 : 20,000 จากศูนย์ข้อมูลกรุงเทพฯ
4. ภาพถ่ายทางอากาศกรุงเทพฯ มาตราส่วน 1: 50,000 ปี พ.ศ.2541 และภาพถ่ายทางอากาศกรุงเทพฯ มาตราส่วน 1:6,000 ปี พ.ศ. 2538 ที่ผลิตโดยกรมแผนที่ทหาร
5. ข้อมูลอุณหภูมิจเฉลี่ยรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน ,และสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจเฉลี่ยรายเดือน แต่หากในสถานีตรวจวัดใด ไม่ได้บันทึกค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย (Mean of Mean) ก็จะใช้ค่าเฉลี่ยสูงสุดบวกค่าเฉลี่ย ต่ำสุดหารสอง  $[(\text{Mean}_{\text{max}} + \text{Mean}_{\text{min}}) / 2]$  เป็นค่าอุณหภูมิจเฉลี่ยแทน
6. ข้อมูลจุดควบคุมภาพถ่าย จากกรมแผนที่ทหาร และ กรุงเทพมหานคร
7. ข้อมูลสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา

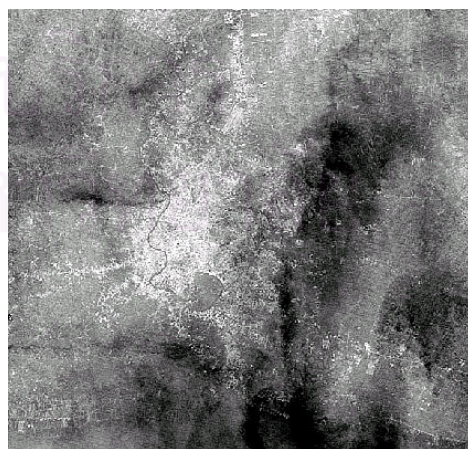
### 3.3 การสร้างแผนที่การใช้ที่ดิน และการหาอุณหภูมิจากข้อมูลดาวเทียม

#### 3.3.1 การจัดเตรียมข้อมูลดาวเทียม (Pre-processing)

- การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น เป็นกระบวนการสร้างภาพกลับคืน (Image restoration) หรือปรับปรุงข้อมูลที่มีข้อบกพร่องในคุณสมบัติต่างๆ ให้มีความถูกต้องตรงตามความเป็นจริง และให้มีความละเอียดชัดเจนตามเป้าหมายเพื่อเตรียมวิเคราะห์ต่อไป เช่น การขจัดสิ่งรบกวนภาพออกไป การปรับข้อมูลให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลก (Image rectification) การเน้นคุณภาพข้อมูล (Image enhancement) เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ที่มีความคมชัด เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ที่ดีความ จะเห็นได้ว่าแบนด์ 6 ในปีพ.ศ.2530 นั้นมีเมฆหมอกปกคลุมอยู่ (รูปที่ 12 ก) ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์จึงต้องมีการ กำจัดเมฆหมอกที่ปกคลุมอยู่ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่รบกวนออกไป ด้วยการทำให้ Dehaze หรือการลดเมฆหมอก (รูปที่ 12 ข)



(ก) ภาพก่อน



(ข) ภาพหลัง

รูปที่ 12 การลดเมฆหมอก (ก)ภาพก่อนการลดเมฆหมอก (ข)ภาพหลังการลดเมฆหมอก



- การแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) เป็นการปรับข้อมูลให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลก ดังแสดงในรูปที่13 ซึ่งการแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตโดยอาศัยจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) สามารถกระทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. Image to map registration เป็นการแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ เป็นสิ่งอ้างอิง ซึ่งจะใช้แผนที่ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารเป็นหลัก ดังนั้น GCP บนแผนที่จะมีค่าเป็นจุดพิกัดยูทีเอ็ม (Easting และ Northing)
2. Image to image registration เป็นการแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต โดยใช้ภาพที่ได้รับการแก้ไขแล้วบริเวณเดียวกันเป็นสิ่งอ้างอิง ภาพที่แก้ไขแล้วนั้นก็จะเป็นภาพที่ผ่านการแก้ไขความผิดพลาดแบบแรกมาก่อน การแก้ไขแบบ Image to image นี้ จะใช้สำหรับการศึกษาข้อมูลบริเวณเดียวกันในหลายช่วงเวลา



Distorted Image



Corrected Image

รูปที่13 แสดงภาพที่มีความเพี้ยน(Distorted Image)ก่อนแก้ไขความผิดพลาด และภาพที่ถูกต้อง(Corrected Image)หลังผ่านการแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต

วิธีการเลือกจุดGCPเพื่อใช้แก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตมีดังนี้ คือ

1. เป็นจุดที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนทั้งในภาพที่จะแก้ไขและบนแผนที่หรือภาพที่ใช้อ้างอิง
2. เป็นจุดที่ถาวรไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาและเด่นชัด เช่น จุดตัดของถนน ,จุดตัดกันของทางน้ำ เป็นต้น
3. ตำแหน่งของ GCP ควรจะกระจายทั่วทั้งบริเวณของภาพที่จะแก้ไข

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปลง (Polynomial transformation coefficient) ค่าพิกัดของ GCP ทั้งในภาพที่จะแก้ไขและบนแผนที่หรือภาพที่ใช้อ้างอิง จะถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยอาศัยสมการ polynomial ในรูปแบบต่อไปนี้

1. Linear Polynomial Equation : สมการยกกำลัง 1 ต้องการ GCP อย่างน้อย 3 จุด
2. Quadratic Polynomial Equation : สมการยกกำลัง 2 ต้องการ GCP อย่างน้อย 6 จุด
3. Cubic Polynomial Equation : สมการยกกำลัง 3 ต้องการ GCP อย่างน้อย 9 จุด

โดยทั่วไปภาพดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error) ของการทำภาพ 2 ภาพให้มีระบบพิกัดเดียวกัน (Co-registration) ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.5 จุดภาพ จึงจะถือว่ายอมรับได้ เนื่องจากถ้าค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการทำการแก้ไขภาพมีค่ามากกว่า 1 จุดภาพ จะทำให้มีความผิดพลาดอย่างมาก เมื่อทำการวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน (Lillesand and Kiefer, 1999) ซึ่งการเลือกใช้ระดับของค่าความถูกต้อง ในการทำให้ภาพดาวเทียม 2 ภาพมีระบบพิกัดเดียวกันนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลภาพไปใช้ประโยชน์ และสำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการปรับแก้โดยใช้สมการโพลีโนเมียล ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการทำให้ภาพดาวเทียม 2 ภาพมีระบบพิกัดเดียวกันที่ได้อยู่ที่ 0.4 จุดภาพ ( $0.4 \times 30 = 12$  เมตร) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

- การปรับแก้ภาพและการปรับค่าความสว่าง เป็นขบวนการที่จะแก้ไขภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยใช้โมเดลของภาพที่ถูกต้องมาทำการชิงและดึงข้อมูลที่ยังไม่ได้แก้ไขให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแผนที่ระบบยูทีเอ็ม ซึ่งภาพที่ได้รับการแก้ไขความผิดพลาดแล้วแต่ละจุดภาพของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม จะมีการเคลื่อนตำแหน่งไป ดังนั้นค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพที่จะถูกแปลงมาจากข้อมูลเดิมจึงไม่ใช่ค่าแทนที่พื้นที่จริงของภาพที่ได้รับการแก้ไข ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงค่าความสว่าง หรือการประมาณค่าภายใน (Interpolation) ค่าความเข้มเพื่อให้เป็นค่าที่แทนพื้นที่ที่สอดคล้องกันจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งวิธีการปรับปรุงค่าระดับความสว่างใหม่นี้ มี 3 วิธีคือ

1. Cubic convolution interpolation เป็นการปรับปรุงค่าความสว่างใหม่ โดยการนำเอาค่าความสว่างของจุดภาพรอบข้าง จำนวน  $4 \times 4$  หรือ 16 จุดภาพ มาใช้ในการคำนวณ
2. Bilinear interpolation เป็นการปรับปรุงค่าระดับสีเทาใหม่ โดยการนำเอาค่าความสว่างของจุดภาพรอบข้างจำนวน 4 จุดภาพ มาใช้ในการคำนวณ
3. Nearest neighbor interpolation เป็นการปรับปรุงค่าความสว่างใหม่ โดยการนำเอาค่าความสว่างของจุดภาพเดิมที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกับจุดภาพใหม่มาก

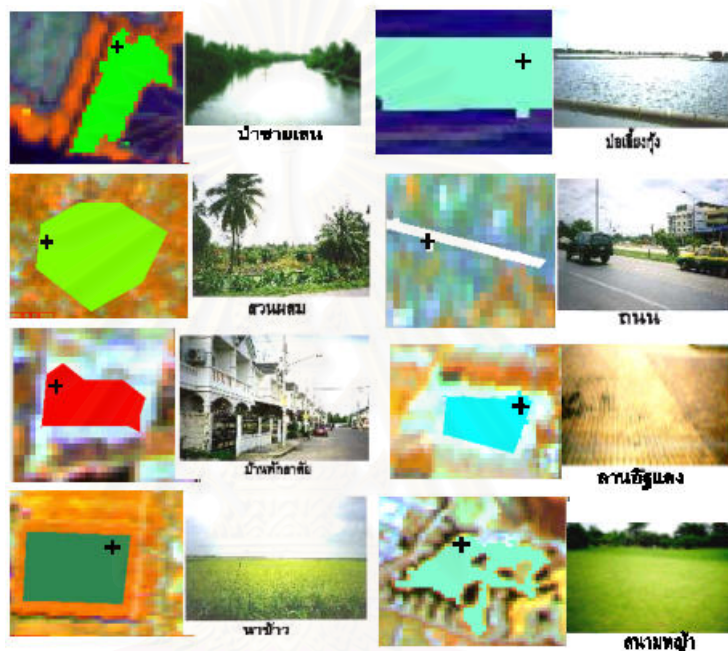
ที่สุดมาใช้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกวิธีนี้มาใช้ในการปรับปรุงค่าความสว่างของข้อมูลเพราะเป็นวิธีที่จะได้ค่าความสว่างใกล้เคียงของเดิมมากที่สุด และใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด

3.3.2 การจำแนกข้อมูลดาวเทียม (Image classification) เป็นขั้นตอนการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) จากภาพดาวเทียม การจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม หมายถึง การจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลว่าข้อมูลนั้นเป็นอะไร เช่น ป่า นา เมือง หรือ น้ำ เป็นต้น ซึ่งการแบ่งกลุ่ม จะใช้หลักการวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อแยกกลุ่มต่างๆ ของข้อมูล โดยจะพิจารณาจากคุณลักษณะเด่นของข้อมูลภายในภาพระหว่างช่วงคลื่นต่างๆ จากกลุ่มของข้อมูลที่เราสนใจ ซึ่งการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์มี 2 วิธี คือ การจำแนกประเภทแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) กับการจำแนกประเภทแบบควบคุม (Supervised classification)

■ การจำแนกข้อมูลดาวเทียมแบบไม่ควบคุม หมายถึง วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล ที่ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. การจัดกลุ่ม (Clustering) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิเคราะห์เป็นผู้กำหนดจำนวน กลุ่มข้อมูล สูงสุดกับต่ำสุดให้กับคอมพิวเตอร์ นอกจากคอมพิวเตอร์จะแบ่งกลุ่มข้อมูลตามลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแล้ว ยังคำนวณหาจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มว่าอยู่ ณ จุดใด และการคำนวณจะทำซ้ำ (Iteration) หลายครั้งจนกว่าจะได้ผลเป็นที่พอใจ คือ ได้กลุ่มข้อมูลที่มีค่า Spectral separability สูงสุด
  2. การจำแนกประเภทข้อมูล เป็นขั้นตอนการจำแนกประเภทข้อมูลทุกจุดภาพของพื้นที่ศึกษาโดยใช้การคำนวณค่าสถิติ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะนำเอาค่าระดับสีเทาของทุกจุดภาพทุกช่วงคลื่นที่กำหนดในแต่ละประเภทของข้อมูล มาคำนวณค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) , ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นต้น
- การจำแนกข้อมูลดาวเทียมแบบควบคุม หมายถึง วิธีการที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูล (Training area) ของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย , ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยค่าสถิติดังกล่าวจะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้
1. การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดิน การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดินมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงพื้นที่ที่ศึกษาจริงเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลดาวเทียม ดังรูปที่ 14 แล้วนำข้อมูลที่ได้รับจากข้อมูลภาคพื้นดินไปป้อนให้กับคอมพิวเตอร์ รายละเอียด

ของข้อมูลควรประกอบด้วย ตำแหน่งของจุดสำรวจที่อ้างอิงได้บนแผนที่ และ ข้อมูลดาวเทียม ลักษณะพื้นที่ ประเภทของสิ่งปกคลุม พื้นผิว ชนิดพืชพรรณ และสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ในบริเวณใกล้เคียง ช่วงเวลาในการสำรวจควรใกล้เคียงหรืออยู่ในฤดูกาลเดียวกันกับการบันทึกข้อมูลดาวเทียม ถ้าต่างเวลากันควรสอบถามถึง ข้อมูลในช่วงเวลาที่บันทึกข้อมูลจากคนในท้องถิ่นนั้นๆ หรือคนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่เราทำการศึกษาและวิจัย



รูปที่ 14 ตัวอย่างพื้นที่ที่ใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่าง(Training area) ที่ได้จากการตรวจสอบภาคสนาม

2. การกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดบริเวณพื้นที่ตัวอย่าง ของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาจากค่าความสว่าง(DNs) หรือค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูล ซึ่งผู้วิเคราะห์อาจเลือกพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างเพียงบริเวณเดียวหรือหลายบริเวณก็ได้ในแต่ละประเภทข้อมูล แต่การเลือกจากหลายบริเวณจะดีกว่า ส่วนจำนวนจุดภาพของพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทนั้น อาจกล่าวได้ว่าจำนวนจุดภาพของพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างยิ่งมากความถูกต้องจะยิ่งสูง

3. การคำนวณค่าสถิติเป็นการนำเอาค่าความสว่างทุกจุดภาพทุกช่วงคลื่น ที่กำหนดภายใต้พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทของข้อมูล มาคำนวณค่าสถิติต่างๆ คือ ค่าเฉลี่ย , ค่าความแปรปรวน (Variance), ความแปรปรวนร่วม (Covariance) ของแต่ละประเภทข้อมูล และค่าความสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูล เช่น Autocorrelation matrix, Separability matrix ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแต่ละระบบ จากค่าสถิติดังกล่าวผู้วิเคราะห์สามารถพิจารณาได้ว่าประเภทข้อ

มูลชนิดใดแยกได้อย่างเด็ดขาดจากข้อมูลประเภทอื่น และประเภทข้อมูลใดมีความหมายเหมือนหรือใกล้เคียงประเภทอื่น

4. การจำแนกประเภทข้อมูล เป็นการนำเอาค่าสถิติที่คำนวณได้จากข้อ 3 มาเป็นดัชนีในการพิจารณาจำแนกประเภทข้อมูลทุกจุดภาพในพื้นที่ศึกษา สำหรับจุดภาพใดที่ไม่อยู่ในช่วงค่าสถิติของประเภทข้อมูลใดๆจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มข้อมูลไม่ได้จำแนกประเภท (Unclassified) ทฤษฎีที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้คือ การจำแนกประเภทแบบใกล้เคียงมากที่สุด (Maximum likelihood) ซึ่งเป็นทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูล ที่พิจารณาค่าเวกเตอร์เฉลี่ย และค่าเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภท ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น ของแต่ละจุดภาพว่าจะถูกจำแนกอยู่ในประเภทข้อมูลใดโดยมีเส้นชั้นความสมดุคณ์น่าจะเป็น (Equiprobability contours) เป็นรูปร่าง

ตารางที่ 10 แสดงประเภทสิ่งปกคลุมดิน/การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ที่จำแนกได้จากข้อมูลดาวเทียม ซึ่งบันทึกข้อมูลใน วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2542

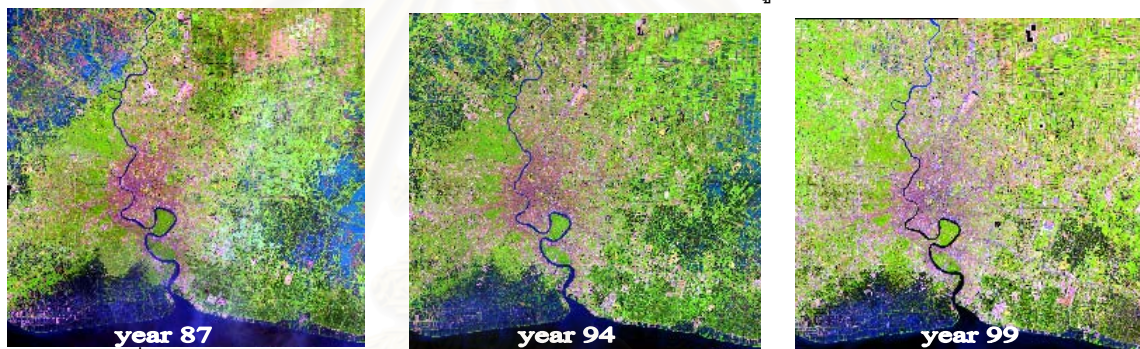
กลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน	ลักษณะสิ่งปกคลุมดิน/การใช้ที่ดิน
1. พื้นที่แหล่งน้ำ	แหล่งน้ำตามธรรมชาติ, บ่อน้ำ, บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นาเกลือ, คลองชลประทาน, พื้นที่ที่เป็นแอ่งน้ำ หรือพื้นที่ที่ชุ่มไปด้วยน้ำ
2. พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่มีพืชปกคลุม	ป่าละเมาะ, ป่าแคะ, ป่าชายเลน, สวนผลไม้, สวนสน, ป่าหญ้า, นาข้าว, พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์, สนามหญ้า, สนามกอล์ฟ, สวนสาธารณะ และนาข้าว เป็นต้น
3. พื้นที่ชุมชน อุตสาหกรรมและคมนาคม	พื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง เช่น อาคารสิ่งปลูกสร้าง, บ้านเรือน, ถนน, สนามบิน, พื้นที่ที่เป็นเขตอุตสาหกรรม เช่น นิคมอุตสาหกรรม, โรงงาน, คลังน้ำมัน, คลังเก็บสินค้า เป็นต้น
4. พื้นที่โล่งว่าง	พื้นที่โล่งว่างไม่มีพืชปกคลุม เช่น นาข้าวหรือนาเกลือที่ไม่ได้ทำ, นาทุ่ง หรือบ่อเลี้ยงปลาที่ไม่ได้ทำ (ตากบ่อ), ลานซีเมนต์ เป็นต้น

จากตารางที่ 10 จะพบว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ 4 มีการใช้ที่ดินเป็นแบบพื้นที่เปิดโล่ง ส่วนกลุ่มที่ 3 มีการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง แต่เนื่องจากกลุ่มที่ 4 (นาที่เก็บเกี่ยวแล้ว) นั้นมีค่าการสะท้อนที่ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ 3 มากทำให้ไม่สามารถจำแนกออกจากกันได้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงต้องตัดขอบเขตพื้นที่นาที่ถูกจำแนกเป็นเมืองและสิ่งก่อสร้าง จากนั้นทำการแปลงค่าความสว่างของข้อมูลในขอบเขตที่ตัดไว้ให้มีค่าความสว่างเท่ากับศูนย์

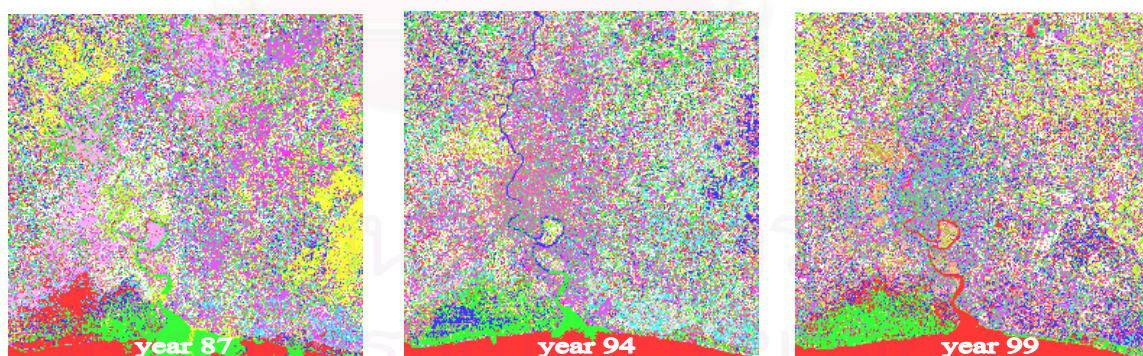
### 3.3.3 ปัญหาที่พบในการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม

ปัญหาการจำแนกข้อมูลผิดประเภท เนื่องจากข้อมูลมีคุณสมบัติการสะท้อนช่วงคลื่นของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลกเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน เช่น เมืองและสิ่งก่อสร้าง จะมีการสะท้อนคล้ายกับพื้นที่เป็นนาข้าวที่ถูกเก็บเกี่ยวแล้ว ทำให้ไม่สามารถจำแนกออกจากกันได้เด็ดขาด จึงทำให้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ผิดเพี้ยนไป เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ใช้ปัจจัยในการพิจารณาจำแนกประเภทข้อมูลเพียงประการเดียวคือ ค่าสะท้อนช่วงคลื่นของวัตถุบนพื้นผิวโลกโดยไม่ได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อข้อมูลทำให้ข้อมูลต่างประเภทกันที่มีค่าสะท้อนช่วงคลื่นเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันถูกจำแนกเป็นข้อมูลประเภทเดียวกัน

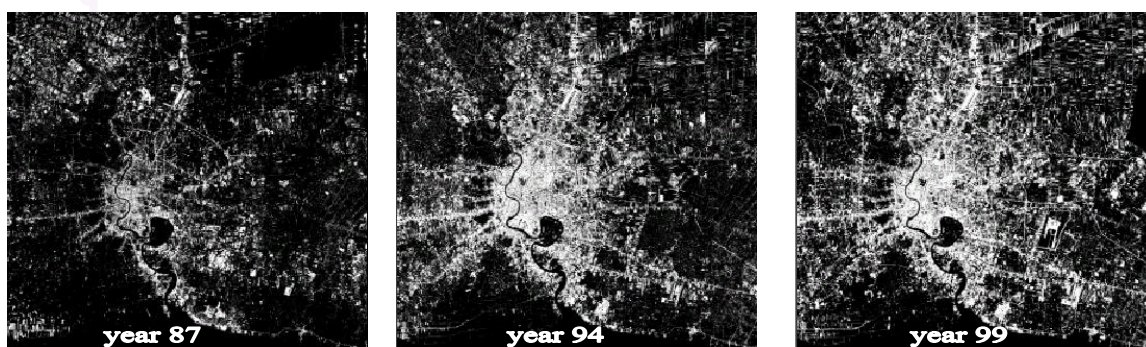
3.3.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกการใช้ที่ดินสิ่งปลูกคลุมดิน สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินสิ่งปลูกคลุมดิน ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การใช้ที่ดินที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) กับการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เปิดโล่ง (Open space) ซึ่งขั้นตอนการทำเป็นดังรูป 15-17



รูปที่ 15 ภาพสีผสม (Color Composite: RGB 543) ปีพ.ศ. 2530 ,2537, และ 2542



รูปที่ 16 ภาพที่ได้จากการจำแนกข้อมูล (Classification) ปีพ.ศ. 2530 ,2537, และ 2542



รูปที่ 17 ภาพที่ผ่านการจัดกลุ่มเป็น 2 กลุ่มคือ Open Space (สีดำ) Built-up area (สีขาว)

### 3.5 การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากภาพดาวเทียม

- การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพดาวเทียม ในโปรแกรมสำเร็จรูป

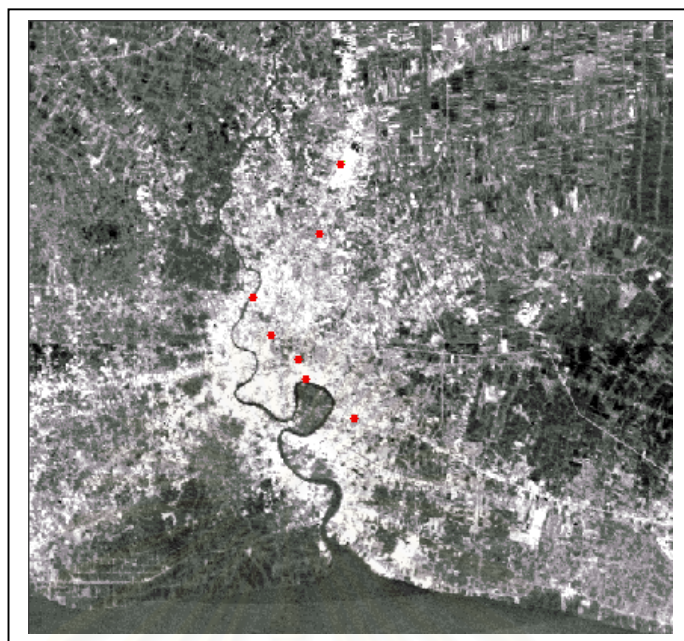
จากฟังก์ชันในการคำนวณหาอุณหภูมิที่มีอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งจะใช้วิธีการแปลงค่าความสว่าง เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น แล้วค่อยแปลงค่าเป็นอุณหภูมิดังสมการที่ 7 และ 8 พบว่าอุณหภูมิที่ได้ในหน่วยองศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิจริง และเมื่อทำการทดลองใช้สมการที่ 9-13 ก็พบว่าอุณหภูมิที่ได้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าอุณหภูมิจริง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากสภาพพื้นที่และสภาพอากาศ ในแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการทำงานจึงควรหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละข้อมูลขึ้นมาใหม่

- การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพดาวเทียม จากสมการความสัมพันธ์

เมื่อสมการที่มีในโปรแกรมสำเร็จรูปและสมการที่เคยมีผู้คิดไว้ให้ค่าที่ไม่สอดคล้องกับอุณหภูมิจริง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้หาสมการเพื่อแปลงค่าอุณหภูมิขึ้นมาใหม่ โดยใช้ค่าอุณหภูมิที่เก็บได้ในพื้นที่ศึกษามาเป็นตัวอ้างอิง เปรียบเทียบกับค่าความสว่างของภาพแบนด์ 6 ณ ตำแหน่งเดียวกันกับสถานีตรวจวัดอุณหภูมิกภาคพื้นดิน แล้วทำการหาสมการความสัมพันธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าสมการเส้นตรงสามารถให้ผลลัพธ์ของอุณหภูมิที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องได้ทำการทดลองใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสอง ที่สามารถฟิตกับจุดข้อมูลได้ดีกว่าสมการเชิงเส้นแล้ว พบว่าค่าอุณหภูมิที่ได้ของพื้นที่ศึกษามีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ในขณะที่สมการเชิงเส้นนั้น ให้ค่าที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากกว่า ดังนั้นจึงเลือกใช้สมการเชิงเส้นในการทำงาน ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศา ควรใช้สมการเส้นตรง (Barlolucci, et al. ,1985) สำหรับรายละเอียดของสถานีตรวจวัดอุณหภูมิดังตารางที่ 11 และรูปที่ 18

ตารางที่ 11 อุณหภูมิที่ได้จากสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ในปี 2531 และ 2542 ตามลำดับ

STATION	Lat	Long	TEMP87	TEMP94	TEMP99
Donmuang	13 55 09	100 36 18	24.3	28.5	27.3
Kong toey	13 42 25	100 34 05	-	28.5	29.3
Bang na	13 40 00	100 37 00	24.4	27.7	27.6
Sirikit	13 43 35	100 33 36	24.2	27.1	28.4
Sam-sean	13 47 14	100 36 56	-	28.5	29.0
Chula	13 45 00	100 34 00	-	-	27.9
Bang khen	13 51 00	100 35 00	23.7	28.5	-



รูปที่ 18 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอุณหภูมิต

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สมการ Linear Regression ดังสมการที่14 ในการหาความสัมพันธ์ของค่าความสว่างจากดาวเทียมกับอุณหภูมิตที่ได้จากภาคพื้นดิน และจากการทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ ด้วยวิธีของ Pearson Correlation Coefficient (Mario F Triola,1995) ของข้อมูลปีพ.ศ.2530, 2537, และ2542 พบว่ามีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (ปี2530 มีค่า  $r = 0.9821$  ปีพ.ศ.2537 มีค่า  $r = 0.8889$  และ ปี2542มีค่า  $r = 0.9479$ ) แล้วจึงนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้นี้มาใช้แปลงข้อมูลดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อนให้อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส โดยจำแนกทุกๆ 1องศาเซลเซียส

$$T = a (\text{DNs}) + b \dots\dots\dots(14)$$

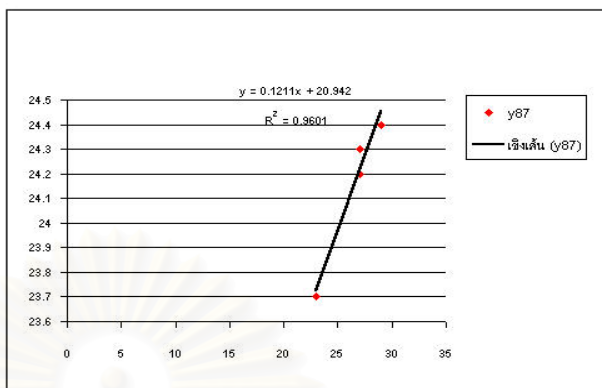
เมื่อ  $T =$  อุณหภูมิ(ที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน)ในหน่วยองศาเซลเซียส  
 $a,b =$  ค่าคงที่

สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างจากดาวเทียมกับอุณหภูมิตจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน แสดงอยู่ในรูปที่ 19 อุณหภูมิตพื้นผิวที่ได้จากสมการความสัมพันธ์แสดงในรูปที่20



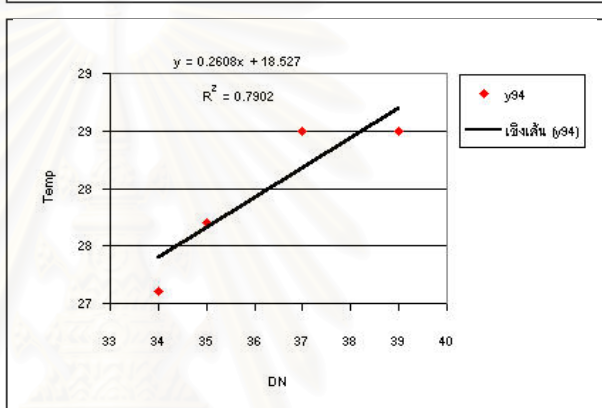
$$T = 0.1211(DNs) + 20.942$$

Station	DN87	Temp87
Donmuang	27	24.3
Bangna	29	24.4
Sirikit	27	24.2
Bangkhen	23	23.7



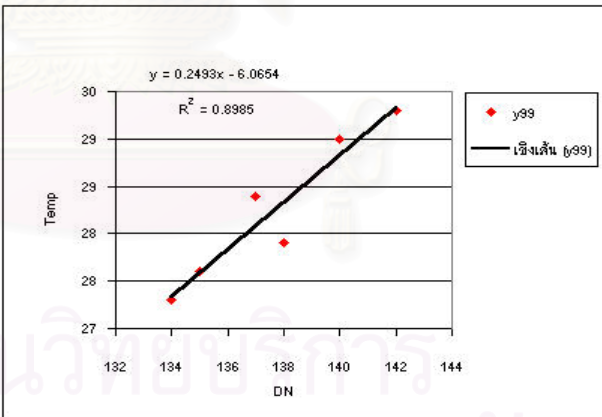
$$T = 0.2608(DNs) + 18.527$$

STATION	DNS_94	TEMP94
Donmuang	37	28.5
Kong toey	39	28.5
Bang na	35	27.7
Sirikit	34	27.1
Sam-sean	39	28.5
Bang khen	37	28.5

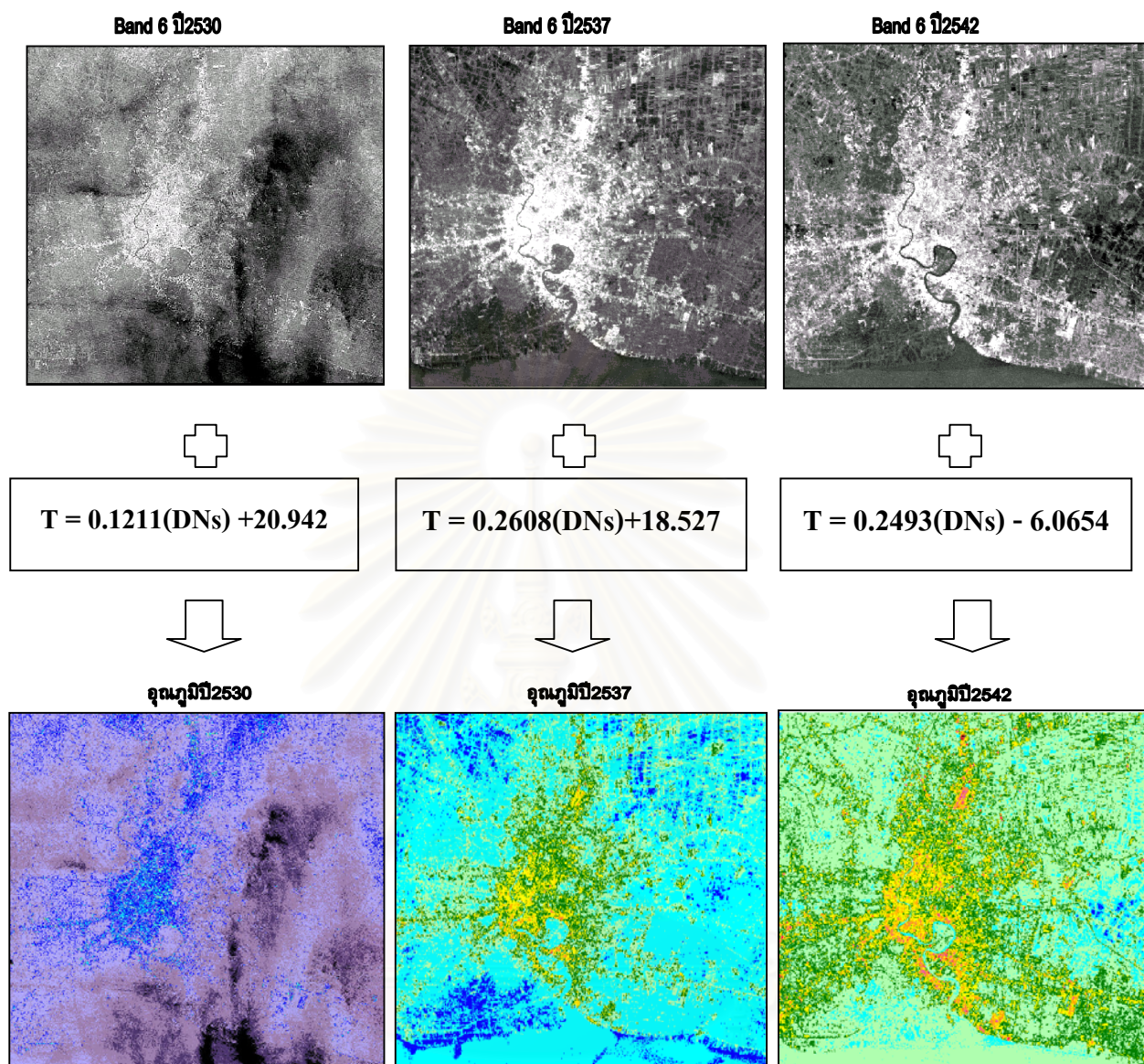


$$T = 0.2493(DNs) - 6.0654$$

STATION	DNS_99	TEMP99
Donmuang	134	27.3
Kong toey	142	29.3
Bang na	135	27.6
Sirikit	137	28.4
Sam-sean	140	29.0
Chula	138	27.9



รูปที่ 19 แสดงสมการที่แปลงอุณหภูมิพื้นผิวและเส้นกราฟความสัมพันธ์ ในปีพ.ศ.2530,2537,และ2542



รูปที่ 20 แสดงการแปลงข้อมูลดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อนจากสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น  
ในปีพ.ศ. 2530, 2537 และ 2542

■ การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลต่างช่วงเวลากัน การนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing) เป็นแนวทางหนึ่งในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลง ทำได้โดยการนำเอาค่าสะท้อนพลังงานของข้อมูลภาพ 2 ช่วงเวลา ซึ่งในทางปฏิบัติบ่อยครั้งที่ข้อมูลภาพที่บันทึกได้ในวันเดียวกันของปีที่ต่างกันนั้นไม่สามารถหาได้ จึงต้องใช้ข้อมูลที่บันทึกได้ในวันที่ใกล้เคียงกันแทน ซึ่งอาจจะต่างกันเป็นวันหรือต่างกันเป็นเดือนทำให้มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ และสภาพบรรยากาศของข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกัน ดังนั้นหากจะนำเอาค่าสะท้อนพลังงานของข้อมูล 2 ช่วงเวลามาเปรียบเทียบกันจะทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าความเปลี่ยนแปลงของค่าสะท้อนพลังงานของข้อมูลที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีการปรับให้

ข้อมูลที่จะนำมาเปรียบเทียบกันให้อยู่บนฐานอันเดียวกันก่อน โดยการทำการบรรณาการการปรับแก้เชิงคลิ่น (Radiometric Normalization) ซึ่งการทำการปรับแก้เชิงคลิ่นนั้นมี 2 แนวทางคือ การปรับแก้เชิงคลิ่นสัมบูรณ์ (Absolute Radiometric Normalization) และการปรับแก้เชิงคลิ่นสัมพัทธ์ (Relative Radiometric Normalization: RRN) โดยแนวทางการปรับแก้เชิงคลิ่นสัมบูรณ์ จะต้องนำข้อมูลของชั้นบรรยากาศที่วัดได้ในพื้นที่ขณะที่ดาวเทียมทำการบันทึกข้อมูลมาใช้ปรับแก้ผลกระทบเนื่องจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric correction) และปรับแก้ค่าวัดสอบของเครื่องวัด (Sensor calibration) ด้วย แต่สำหรับแนวทางการปรับแก้เชิงคลิ่นสัมพัทธ์นั้นจะทำการปรับแก้เชิงคลิ่นของข้อมูลที่ต้องการปรับแก้ (Subject) ไปยังข้อมูลภาพอ้างอิง (Reference) เพื่อให้ข้อมูลทั้งสองมีสถานะเดียวกัน และเมื่อข้อมูลภาพทั้งสองมีสถานะเดียวกันแล้ว จะสามารถนำข้อมูลทั้งสองมาเปรียบเทียบหาความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ ( Yang & Lo, 2000) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลิ่นแบบสัมพัทธ์

กระบวนการการปรับแก้เชิงคลิ่นสัมพัทธ์เป็นการจัดผลกระทบเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ของข้อมูล 2 ช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับปรับแก้เชิงคลิ่นค่าความสว่างหรือ ค่าDNs ของข้อมูลภาพหลายช่วงเวลาแบบช่วงคลิ่นต่อช่วงคลิ่น (Band-by-band) โดยให้ข้อมูลภาพชุดหนึ่งเป็นข้อมูลภาพอ้างอิง (Reference) และทำการปรับแก้คุณสมบัติเชิงคลิ่นของข้อมูลภาพอีกภาพหนึ่งที่ต้องการปรับแก้ (Subject) โดยทำการจับคู่ข้อมูลที่ต้องการทำการปรับแก้กับข้อมูลภาพอ้างอิง

กระบวนการการปรับแก้เชิงคลิ่นสัมพัทธ์นั้นสามารถทำได้หลายแนวทาง และการปรับแก้เชิงคลิ่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression normalization) ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำกันอย่างแพร่หลาย หลักการคือ ค่าการแผ่รังสีที่ได้จากเครื่องวัดของดาวเทียมจะให้ช่วงสเปกตรัม (Spectral Channel) ที่สามารถทำให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์เชิงเส้นของค่าสะท้อนพลังงานได้ (Schott, 1988) ดังนั้น ผลกระทบเนื่องจากชั้นบรรยากาศที่แตกต่างกันของข้อมูลทั้ง 2 จึงมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นด้วยเช่นกัน

สมการที่ใช้ในการทำการ การปรับแก้เชิงคลิ่นข้อมูลภาพคือ

$$(DNs\ reference) = a + b * (DNs\ subject) \quad \dots\dots\dots (15)$$

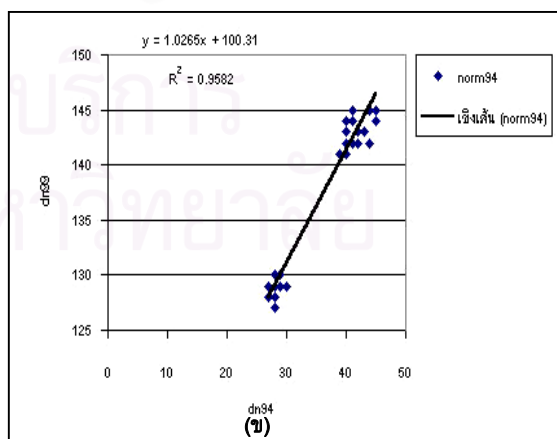
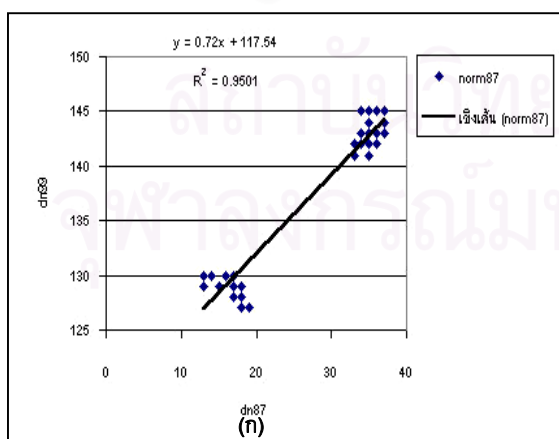
โดยใช้ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ ปีพ.ศ. 2542 เป็นReference และ ข้อมูลเดือนธันวาคมปีพ.ศ.2530 และเดือนตุลาคมปีพ.ศ.2537เป็น Subject ตามลำดับ

เมื่อ a และ b เป็น พารามิเตอร์ของเส้นถดถอย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากเส้นถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด สมการที่ได้จากการปรับแก้เชิงคลิ่นแสดงอยู่ในรูปที่ 21

การเลือกเป้าที่ใช้ในการทำปรับแก้เชิงคลิ่นั้น ต้องเลือกเป้าที่ไม่มีพีชปกคลุม เช่น คอนกรีต, หลังคาโรงงาน หรือบ่อน้ำ เป็นต้น ความเปลี่ยนแปลงของค่าสะท้อนพลังงานระหว่าง 2 ช่วงเวลานั้น จะเกิดขึ้นเนื่องจากความเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศเพียงอย่างเดียว ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างเป้าที่เลือกมาทำการปรับแก้เชิงคลิ่น โดยอยู่ในรูปแบบของสมการปรับแก้เชิงคลิ่นจะสามารถจัดผลกระทบเนื่องจากชั้นบรรยากาศ และเป้าที่เลือกก็ต้องปรากฏอยู่ในข้อมูลภาพทั้งสองด้วย ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงตัวอย่างการเลือกเป้าในแต่ละข้อมูล

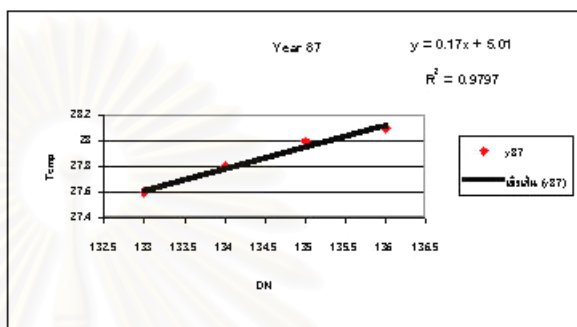
ID	X	Y	Subject DNs87	Subject DNs94	Reference DNs99	TYPE
1	671513	1511855	17	28	128	water
2	662138	1515230	18	28	127	water
3	671393	1505135	15	27	129	water
4	662033	1522175	16	29	130	water
5	664073	1512935	17	30	129	water
6	664913	1519055	35	42	143	urban
7	662498	1524590	36	40	143	urban
8	653153	1534655	33	41	142	urban
9	671393	1530095	35	41	145	urban
10	665518	1513310	33	39	141	urban



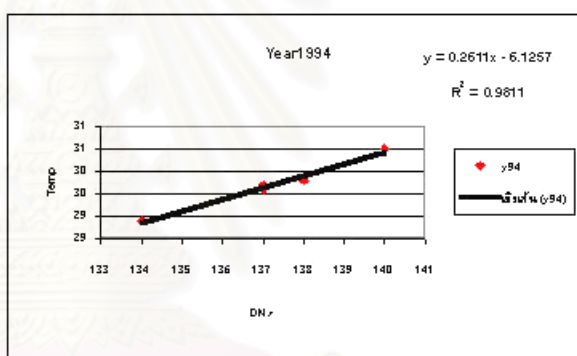
รูปที่ 21 แสดงสมการที่ได้จากการปรับแก้เชิงคลิ่น (ก)ปีพ.ศ.2530 (ข)ปีพ.ศ.2537

จากนั้นจึงนำสมการในรูปที่ 21 ไปแปลงค่า DNs ในข้อมูลปีพ.ศ. 2530 และ 2537 แล้วจึงใช้ค่า DNs ใหม่นี้มาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง DNs กับอุณหภูมิ ซึ่งสมการที่ใช้ในการแปลงค่า DNs เป็นอุณหภูมิ แสดงในรูปที่ 22 และอุณหภูมิหลังการปรับแก้เชิงคลื่นเมื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ ด้วยวิธีของ Pearson Correlation Coefficient (Mario F Triola, 1995) พบว่าข้อมูลมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

TEMP = 0.17(DN) + 5.01		
Station	DN87	Temp87
Donmuang	136	28.1
Bangna	135	28
Sirikit	133	27.6
Bangkhen	134	27.8

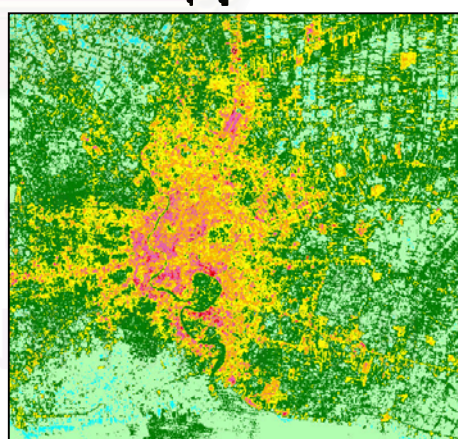
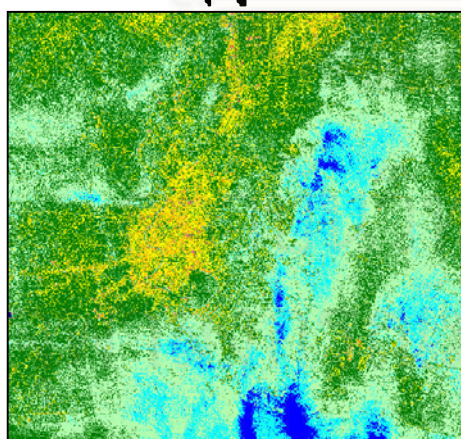


TEMP = 0.2611(DN)-6.1257		
Station	DN94	Temp94
Donmuang	138	29.8
Kong toey	140	30.5
Bangna	137	29.6
Sirikit	134	28.9
Samsen	137	29.7
Bangkhen	137	29.6



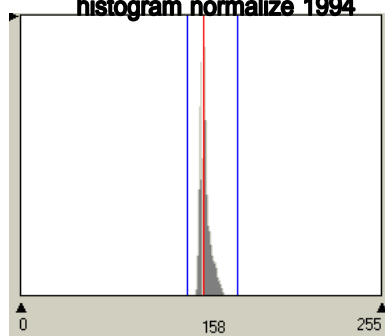
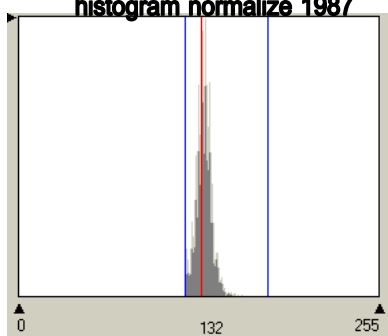
อุณหภูมิปี 2530

อุณหภูมิปี 2537



histogram normalize 1987

histogram normalize 1994

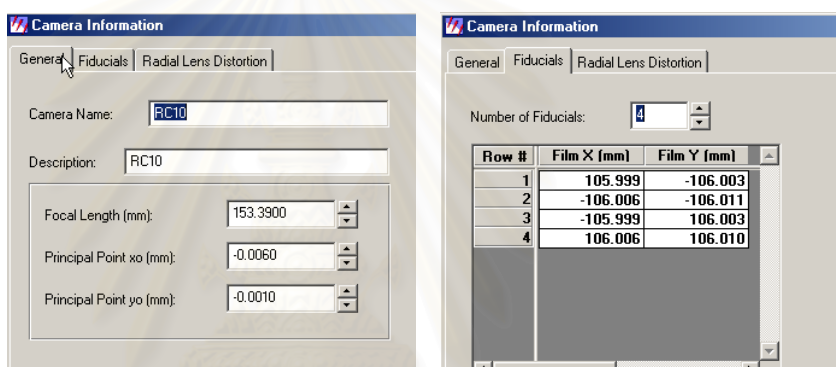


รูปที่ 22 แสดงสมการความสัมพันธ์และอุณหภูมิพื้นผิวหลังการปรับแก้เชิงคลื่น

### 3.4 การสร้างแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ(Ortho photo) และการหาความสูงของอาคาร

#### 3.4.1 การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

- ค่าปรับแก้กล้อง (Calibrate) คือค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการปรับแก้ภาพ อันได้แก่ ค่าที่ใช้กำหนดด้านเรขาคณิตของกล้อง ณ เวลาที่เปิดถ่ายภาพ จะประกอบด้วยค่า ความสูงบินเฉลี่ย (Average height) , จุดมุขยสำคัญ (Principal point) , ความยาวโฟกัส (Focal length) , จุดดัชนี (Fiducial mark) , ความเพี้ยนของเลนส์ (Lens Distortions) ดังรูปที่ 23 นอกจากนี้ถ้าหากหาค่ากำหนดตำแหน่งและมุมของภาพ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้ในการอ้างอิงตำแหน่ง และการวางตัวของภาพได้ก็จะสะดวกในการทำงาน ซึ่งจะประกอบด้วยค่า  $X_0, Y_0, Z_0$  และ  $\omega, \rho, \kappa$



รูปที่ 23 แสดงค่าปรับแก้กล้องและพารามิเตอร์

- หมุดควบคุมภาพถ่าย ซึ่งเป็นจุดที่ใช้โยงยึดตำแหน่งทางราบ และทางตั้งของภาพถ่ายให้ตรงกับภูมิประเทศจริง ในที่นี้จะเรียกว่าจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือ Ground Control Point : GCP

วิธีการเก็บข้อมูลในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในเขตเมืองที่มีอาคารและสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น หากจะทำการรังวัด GPS เพื่อเก็บค่า X, Y และ Z นั้น ก็เป็นการยากที่จะหลีกเลี่ยงการรังวัด GPS บนอาคาร ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากในการขออนุญาตเจ้าของอาคาร ดังนั้นเมื่อมาพิจารณาถึงความต้องการความถูกต้องของงานที่จะทำแล้วก็เห็นว่าที่มาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ 1:50,000 นั้น เราต้องการดูความสูงเฉลี่ยของอาคารในระดับกลุ่มของอาคาร จึงไม่ต้องการความถูกต้องของค่าระดับในระดับเซนติเมตร เพราะความผิดพลาดเชิงตำแหน่งของข้อมูลดาวเทียมในการวิจัยครั้งนี้อยู่ที่ระดับไม่เกิน 12 เมตร (ดูรายละเอียดที่หน้า 30) ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้จึงใช้ GCP ที่ได้มีการสำรวจไว้แล้ว จากกรุงเทพมหานคร, กรมแผนที่ทหาร โดยข้อมูลมีทั้งในรูปแบบของดิจิทัลและในรูปแบบของแผนที่บรรยายรายละเอียด ดังรูปที่ 24 ซึ่งในการหามาย

ตำแหน่งบนภาพถ่ายทางอากาศนั้น จะมีการออกไปตรวจหาตำแหน่งของGCPที่จะใช้ในการหมยตำแหน่งบนภาพถ่ายทางอากาศก่อนนำค่ามาใช้

**ข้อมูลหมุดหลักฐานงานระดับขั้นที่ 1**

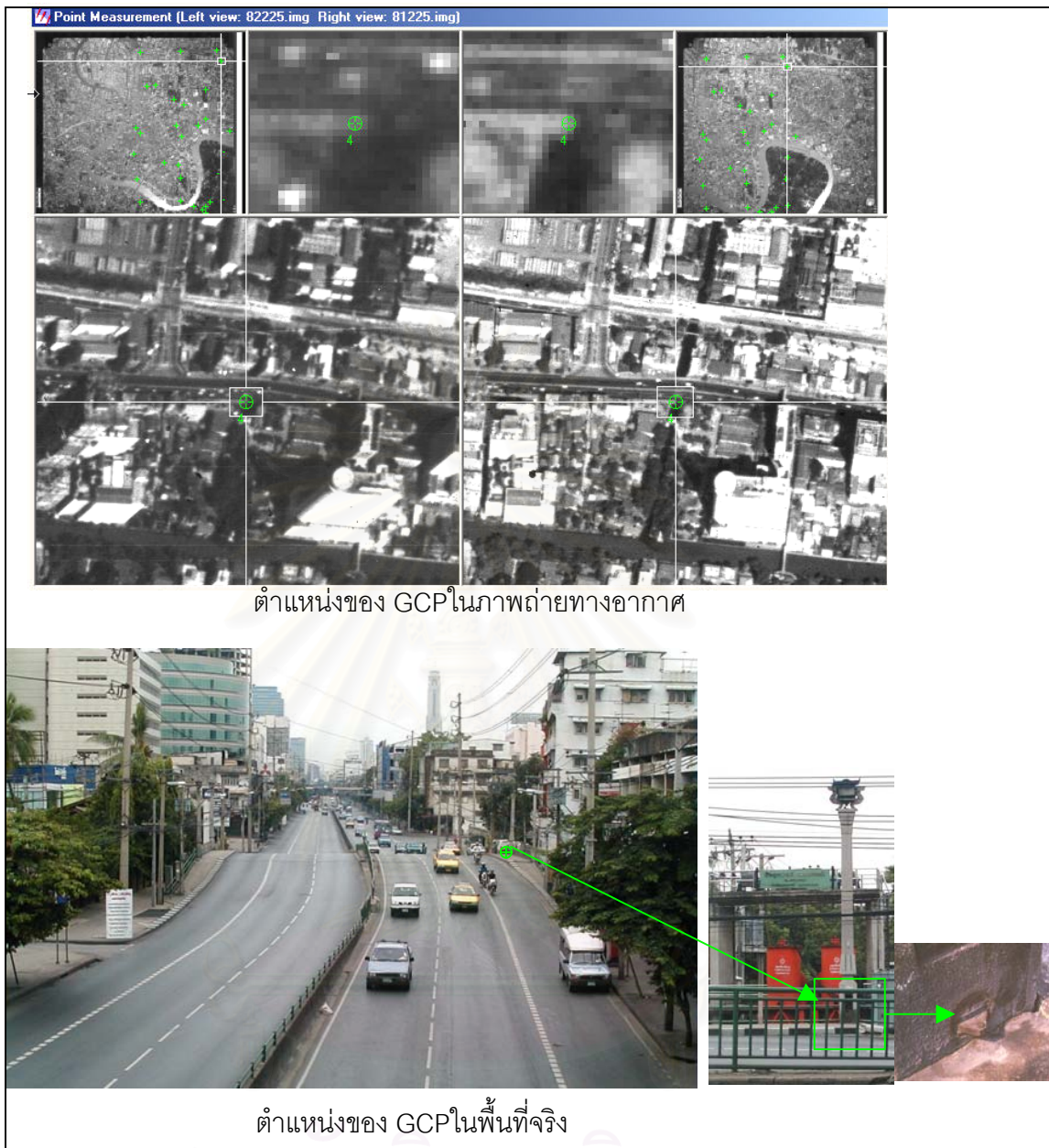
หมุดฐาน กทท. 124 ปลายทาง พระตำหนัก 33 ปี 2544  
 ตั้ง สุพรรณไขว้ถนนเดิมพริ้ว เหนือจุด L7017 ไซม 47P  
 ดลสังเอย. จังหวัด กาญจนบุรี หมายเลขระวาง 5136II  
 หมุดหลักฐานการระดับ ละติจูด 13 ° 43 , 38 "  
 เหนือ, วรรณ, GPS) ลองจิจูด 100 ° 32 , 36 "  
 สูง(Elevation : H msl) 1,1606 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลางที่เกาะหลัก)  
 หมายเหตุ หมุดทองเหลืองใหม่ ส่องได้บนแผนที่มาตรา ๑:๒๕๐๐  
 มาตรการแก้ไขหมุดใหม่ ตั้งใหม่ใหม่ ส่องได้บนแผนที่

รูปที่หมุดหลักฐาน

รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของหมุดหลักฐาน

- การเลือกจุดควบคุมภาพถ่าย โดยทั่วไปแล้วจุดบนภาพ ที่จะถูกเลือกใช้เป็น จุดควบคุมภาพถ่าย จะต้องมีคุณสมบัติครบสองประการ คือ
  1. ต้องเป็นจุดที่มีความคมชัดเห็นได้ชัดเจนหาได้ง่ายและสามารถจำแนก (Identified) ได้ในทุกๆ ภาพของภาพถ่าย และไม่ถูกบดบังจากต้นไม้ เงาของอาคาร ทางด่วน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 25
  2. อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมตามต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 3.4.2 การทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธและการหาความสูงของอาคาร

- การตัดแก้ความเอียงของภาพ โดยวิธี Ortho rectify เป็นการขจัดความคลาดเคลื่อน และฉายตั้งฉากลงบนพื้นผิว ซึ่งภายหลังปรับแก้ จะทำให้ ตำแหน่ง ขนาด รูปร่างของวัตถุ และลักษณะภูมิประเทศ ที่ปรากฏบนภาพนั้นมีความถูกต้อง ซึ่งความละเอียดถูกต้องของการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ ในทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากหลักการแพร่ของความไม่แน่นอนประกอบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวัดบนคู่ภาพสามมิติโดยสมการค่าสังเกตที่ใช้คือสมการสภาวะร่วมเส้น (Collinearity Equation)



- ขั้นตอนการทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธที่มีดังนี้
  1. นำไดอะโพสซีทีฟที่มีความคมชัด ไปสแกนด้วยเครื่อง Photogrammetric scanner สำหรับภาพถ่ายทางอากาศ 1 : 50,000 ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้สแกนด้วยความละเอียด 24.5 ไมครอน
  2. ใส่ค่าพารามิเตอร์การจัดวางภาพภายใน (Interior orientation) ซึ่งเป็นตัวกำหนดด้านเรขาคณิตของกล้อง ณ เวลาที่เปิดถ่ายภาพ จะประกอบด้วยค่าจุดมุขยสำคัญ (Principal point) , ความยาวโฟกัส (Focal length) , จุดดัชนี(Fiducial mark) , ความเพี้ยนของเลนส์ (Lens Distortions)
  3. ใส่ค่าพารามิเตอร์การจัดวางภาพภายนอก (Exterior orientation) ซึ่งเป็นตัวกำหนดตำแหน่งและมุมของภาพ ตัวแปรที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งและการวางตัวของภาพจะประกอบด้วยค่า  $X_0, Y_0, Z_0$  (เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง)  $\omega, \phi, \kappa$  (เป็นตัวกำหนดการวางตัวและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดบนพื้นดิน กับระบบพิกัดภาพ) แต่ถ้าไม่มีค่าพารามิเตอร์การจัดวางภาพภายนอก ภายหลังจากเราใส่ GCP ในขั้นตอนที่ 4 แล้ว ซอฟต์แวร์จะสามารถคำนวณค่าเบื้องต้นเหล่านี้ให้
  4. ทำกระบวนการขยายจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ(Aerial Triangulation) โดยใส่จำนวน Tie point และGCP อย่างพอเพียง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินทางราบและ ทางตั้งจำนวน 6 จุด เนื่องจากเป็นจุดที่มองเห็นได้ชัดเจนทั้งบนภูมิประเทศและบนภาพถ่ายทางอากาศ และจำนวน 6 จุดก็เพียงพอในการทำงาน เพราะจากสมการสภาวะร่วมเส้น จะต้องใช้จุดควบคุมทางตั้งและทางราบอย่างน้อย 3 จุดเพื่อแก้สมการหาค่าตัวแปร
  5. ทำการ Ortho Rectification ก็จะได้แผนที่จากภาพตัดแก้ออร์โธ ที่มีความถูกต้องดังนี้ (คัดลอกจากรายงานความถูกต้องของการทำโครงข่ายสามเหลี่ยม)

The accuracy of the exterior orientation parameters

image ID	mXs	mYs	mZs	mOMEGA	mPHI	mKAPPA
82225	1.7850	1.3669	0.7020	0.0092	0.0129	0.0035
81225	1.8326	1.3250	0.7626	0.0090	0.0131	0.0035

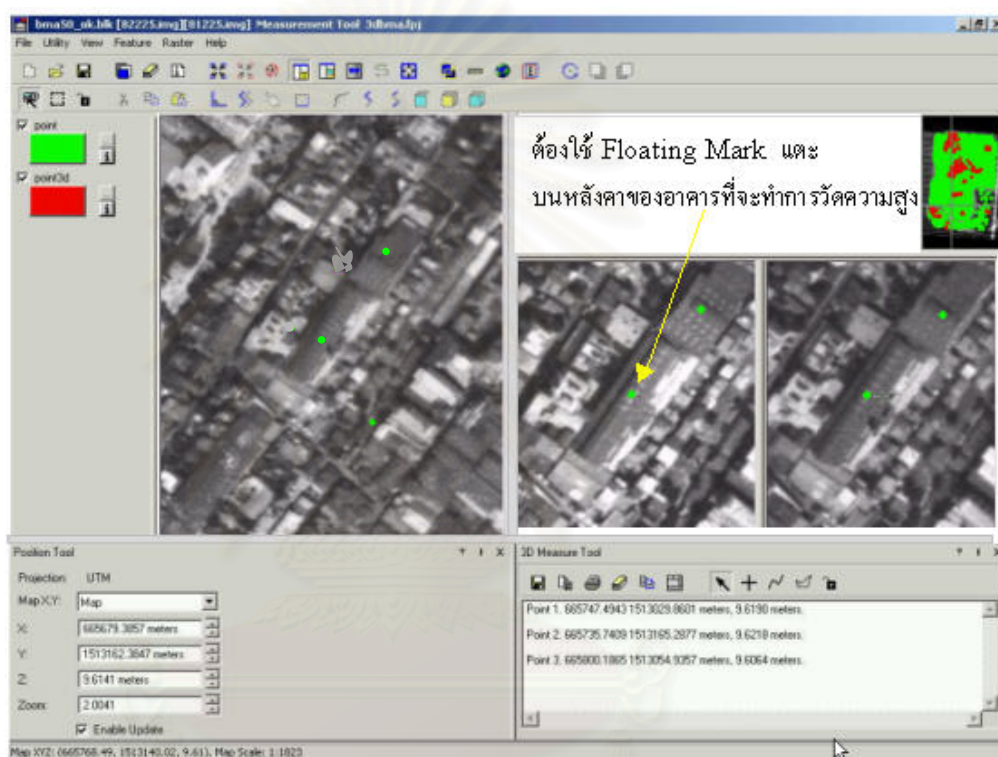
The interior orientation parameters of photos

image ID	f(mm)	xo(mm)	yo(mm)
82225	153.3900	-0.0060	-0.0010
81225	153.3900	-0.0060	-0.0010

The residuals of the control points

Point ID	rX	rY	rZ
1	-0.4147	0.0346	0.0126
2	0.8155	-0.1747	-0.1667
3	-0.2960	0.3745	-0.0802
4	-0.2575	0.0555	-0.1687
5	-0.5179	-0.1873	-0.1894
6	0.6705	-0.1025	0.5922

- การหาความสูงของอาคาร เมื่อภาพผ่านทำกระบวนการตัดแก้เออร์โทแล้วจะได้ภาพที่มีค่าระดับที่ถูกต้อง จากนั้นก็ใช้โปรแกรมที่ช่วยในการวัดความสูง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้โปรแกรม Erdas Stereo Analyst เข้ามาช่วยในการวัดความสูง ซึ่งในการวัดต้องกำจัดการระยะเหลื่อม อันได้แก่ X - Parallax , Y - Parallax และ ต้องปรับ Floating mark ให้แตะอยู่บนหลังคาของอาคารก่อนที่จะทำการกดเพื่อวัดค่าความสูง ดังรูปที่ 26

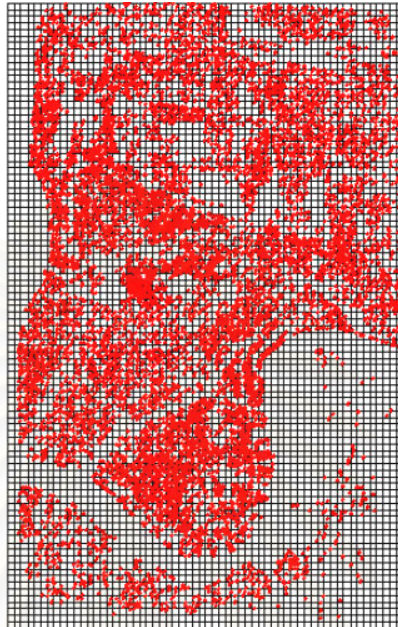


รูปที่ 26 แสดงการหาความสูงของอาคารด้วยโปรแกรม Erdas Stereo analyst ค่าระดับที่ได้จากการหาความสูงของอาคาร จะนำไปหาค่าความสูงเฉลี่ยในแต่ละ กริด ที่มีขนาด 120x120 เมตร เพื่อสร้างเป็นกริดความสูงเฉลี่ย หลังจากหาค่าความสูงเฉลี่ยของแต่ละกริดแล้วเราสามารถจำแนกความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารออกเป็น 4 ระดับดังนี้คือ 1-23 เมตร (สีฟ้า) 24-50 เมตร (สีเขียว) 51-100 เมตร (สีเหลือง) และสูงกว่า 100 เมตรขึ้นไป (สีแดง) จากนั้นก็นำกริดเหล่านี้ไปสร้างแบบจำลองสามมิติ เพื่อแสดงกริดความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคาร ดังรูปที่ 27

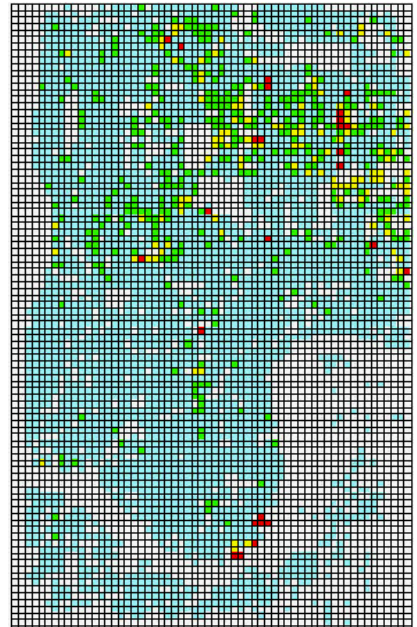
1. สร้างภาพตัดแก้ออร์โท



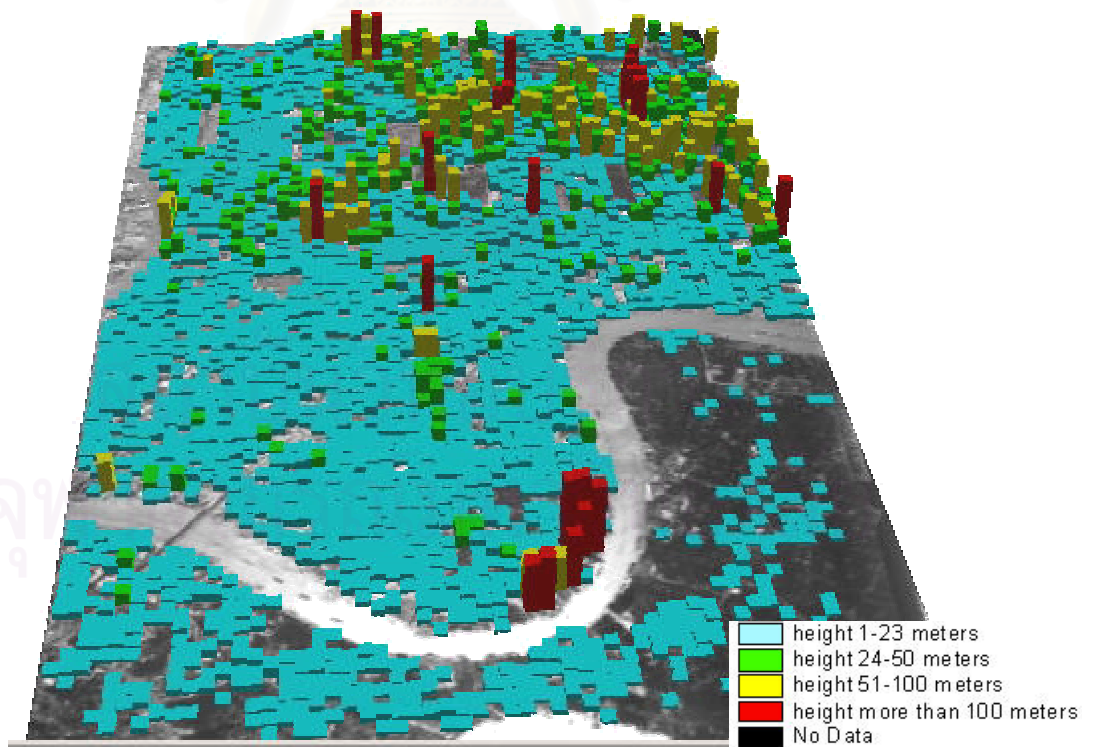
2. ทำการหาความสูงอาคาร



3. สร้างกริดแสดงความสูงเฉลี่ย



4. ภาพ 3 มิติของกริดความสูงเฉลี่ย



รูปที่ 27 แสดงขั้นตอนการสร้างกริดความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารในพื้นที่ศึกษา

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

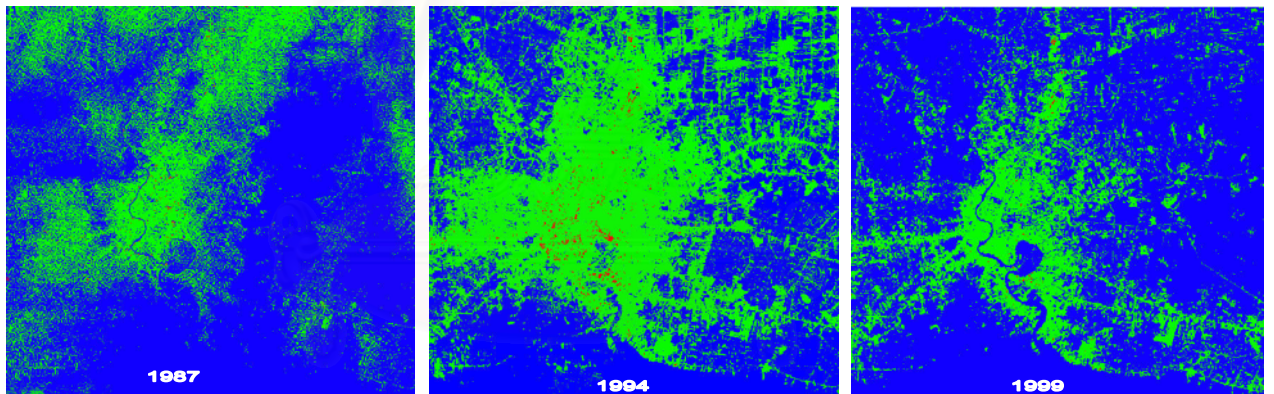
#### 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิว

เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ที่ดิน โดยแบ่งกลุ่มการใช้ที่ดินออกเป็น 2 กลุ่มคือ พื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง ดังรูปที่ 28 และอุณหภูมิพื้นผิวแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ 24.1-27.0, 27.1-30.0, และ 30.1-33.0 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 29 จากนั้นนำภาพทั้งสองมาซ้อนทับกันจะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับอุณหภูมิพื้นผิว ดังรูปที่ 30



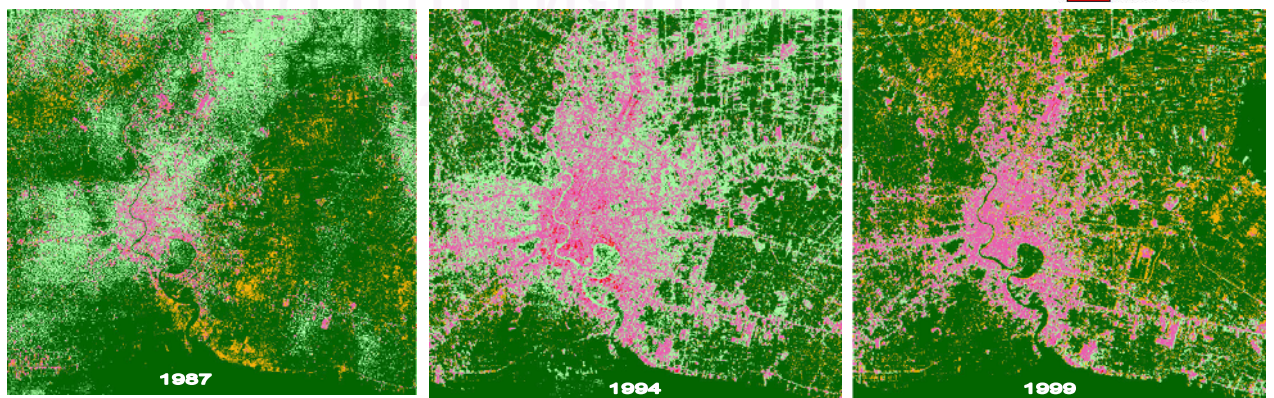
รูปที่ 28 แสดงการใช้ที่ดินที่ถูกจัดกลุ่มเป็นแบบพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง

■ open space  
■ built-up area



รูปที่ 29 แสดงอุณหภูมิพื้นผิวที่ถูกจัดกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม

■ 24.1-27.0  
■ 27.1-30.0  
■ 30.1-33.0



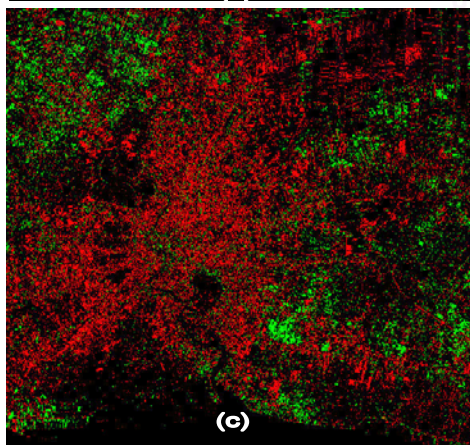
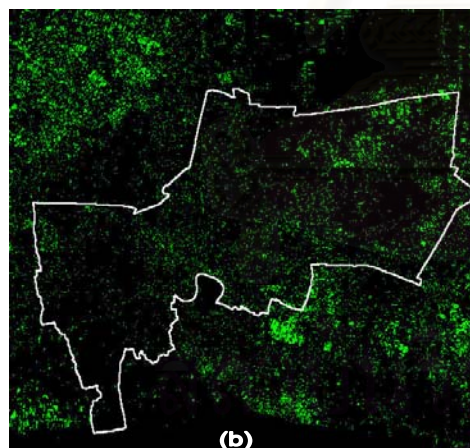
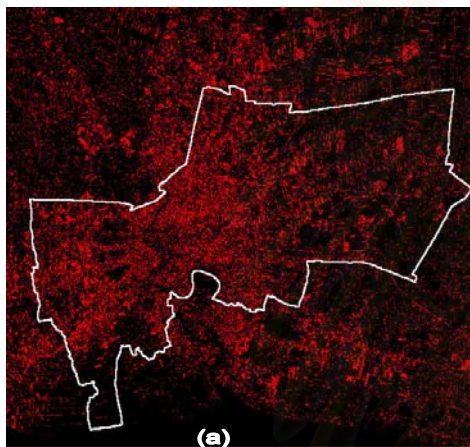
รูปที่ 30 แสดงการซ้อนทับอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ที่ดิน

■ open space within temp level1  
■ open space within temp level2  
■ open space within temp level3  
■ built-up area within temp level1  
■ built-up area within temp level2  
■ built-up area within temp level3

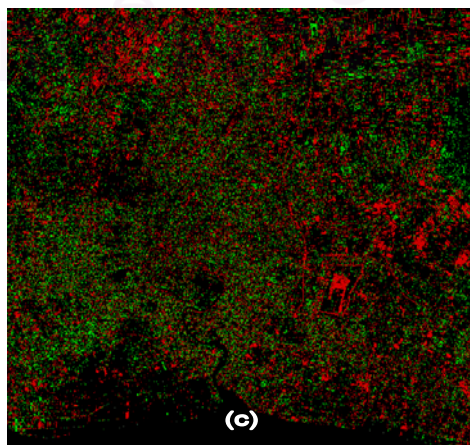
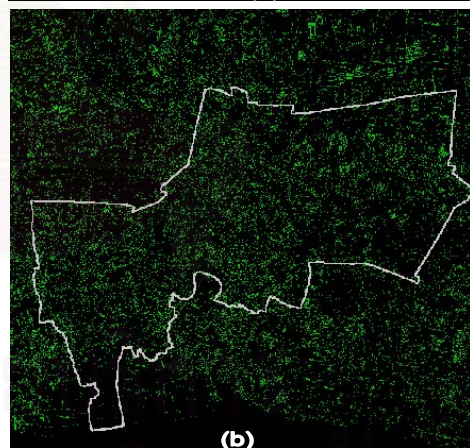
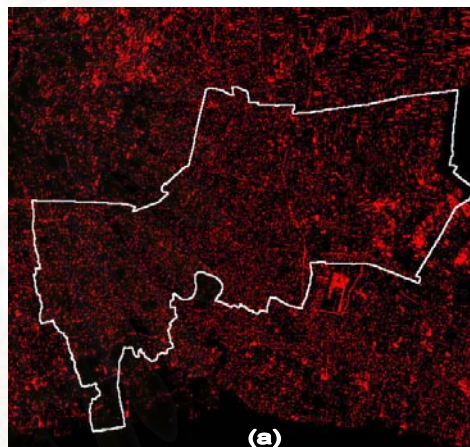
#### 4.2 ความเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินของกรุงเทพฯและปริมณฑล

หลังจากจำแนกบริเวณที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง (Open space มีค่า = 0) กับบริเวณที่มีสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area มีค่า = 255) จากนั้นก็นำภาพมาลบกัน เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของประเภทการใช้ที่ดิน จะได้ว่าในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เปิดโล่งไปเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (สีแดง) จะมีค่าเท่ากับ -255 ( $0-255 = -255$ ) ส่วนบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างไปเป็นพื้นที่เปิดโล่ง (สีเขียว) จะมีค่าเท่ากับ 255 ( $255-0 = 255$ ) และบริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (สีดำ) จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ( $255-255$  หรือ  $0-0 = 0$ ) ดังรูปที่ 31

ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปีพ.ศ.๒๕๓๐-๒๕๓๗



ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปีพ.ศ.๒๕๓๗-๒๕๔๒

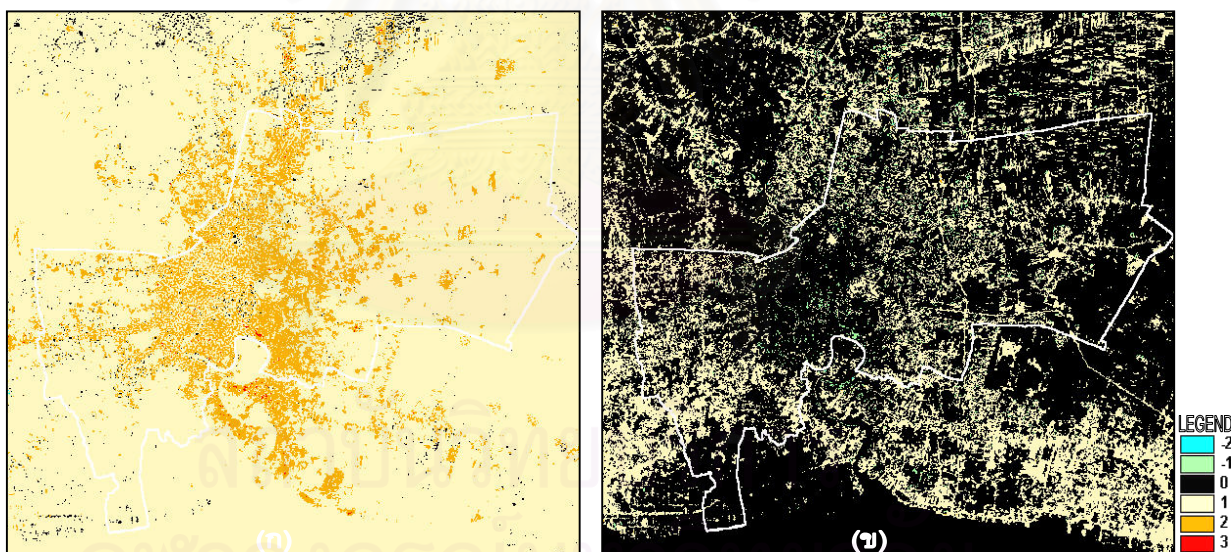


รูปที่ 31 แสดงความเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน (a) เปลี่ยนจาก built-up area เป็น open space (b) เปลี่ยนจาก open space เป็น built-up area (c) ภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

จะเห็นได้ว่าในช่วงปีพ.ศ.2530-2537 การใช้ที่ดินส่วนใหญ่จะเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เปิดโล่งไปเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งมีการขยายตัวของเมืองสูงทำให้มีพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่เห็นได้ชัดเจน ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เปิดโล่งในเขตกรุงเทพฯ นั้นเห็นได้ไม่ค่อยชัดเจน แต่ในบริเวณทลเห็นได้ชัดเจนกว่าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจะเกาะกลุ่มเป็นบริเวณกว้าง ในขณะที่ปีพ.ศ. 2537-2542 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและกระจัดกระจายในเขตกรุงเทพฯ แต่ในบริเวณทลนั้นมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างเห็นได้ชัดเจนกว่า โดยเฉพาะบริเวณสนามบินหนองงูเห่า สำหรับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่เป็นเปิดโล่งในเขตกรุงเทพฯ และบริเวณทลนั้นมีเพียงเล็กน้อยและเห็นได้ไม่ชัดเจนนักเนื่องจากจะกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป

#### 4.3 ความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวของกรุงเทพฯและบริเวณทล

หลังจากที่ได้อุณหภูมิพื้นผิวที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น จะทำการแบ่งกลุ่มอุณหภูมิพื้นผิวออกเป็น 3 กลุ่ม ดังรูปที่ 29 แล้วนำภาพแต่ละภาพมาลบกันเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 32



รูปที่ 32 แสดงความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว (ก)พ.ศ. 2530-2537 (ข) พ.ศ.2537 -2542

จะเห็นได้ว่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวในช่วงปีพ.ศ.2530-2537มีแนวโน้มของสูงขึ้นทั้งในเขตกรุงเทพฯและบริเวณทล ดังรูป 32 (ก) เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้างเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพฯที่มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในระดับที่สูงกว่าบริเวณบริเวณทล






ในขณะที่ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวในช่วงปีพ.ศ. 2537-2542 มีแนวโน้มไม่สูงมากนักทั้งๆ ที่ยังมีการเพิ่มขึ้น ของพื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้างอยู่ทั้งในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเกิดปรากฏการณ์ลานีญา(กรมอุตุนิยมวิทยา,2545) เป็นปรากฏการณ์ที่ตรงข้ามกับเอลนีโญ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการที่ผิวน้ำทะเลทางตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน เย็นลงกว่าปกติและน้ำเย็นนี้แผ่ขยายกว้างออกไปถึงกลางมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนและคงอยู่เป็นช่วงเวลายาวนานมากกว่า 3 ฤดูกาล ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะส่งผลทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงกว่าปกติ และผลกระทบที่เกิดจากความรุนแรงของลานีญา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของลานีญา ซึ่งมีขนาดการเกิดอยู่ 3 ระดับ คืออ่อน ปานกลางและรุนแรง โดยในช่วงกลางปี 2541-ปลายปี 2542 ได้เกิด ปรากฏการณ์ลานีญา ขนาดปานกลาง จึงส่งผลให้มีอุณหภูมิลดต่ำลง และปริมาณฝนรวมทั้งประเทศมีค่าสูงกว่าปกติ +15% ในปีพ.ศ. 2542 จึงส่งผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวในปีพ.ศ. 2542 ไม่สูงเท่าที่ควร

#### 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง





บริเวณที่มีการใช้ที่ดินเป็นแบบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างนั้น มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิพื้นผิวดังรูปที่30 ซึ่งเกิดจากรูปแบบการใช้ที่ดินมีความแตกต่างกัน ในด้านความสูง และรูปแบบของอาคารสิ่งก่อสร้าง จึงส่งผลทำให้มีอุณหภูมิพื้นผิวที่แตกต่างกัน ซึ่งจากทฤษฎีโดมความร้อนเหนือมหานคร ทำให้เกิดสมมติฐานว่าในบริเวณที่มีอาคารสูง น่าจะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง และ ความต่างกันของรูปแบบอาคารสิ่งก่อสร้างก็น่าจะส่งผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวเช่นกัน จากสมมติฐานดังกล่าวข้างต้นทำให้มีการวิจัยต่อไปว่า ระดับความสูงของกลุ่มอาคาร และรูปแบบของอาคารแบบใด ที่ส่งผลทำให้เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 5 ที่เอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนปีพ.ศ. 2542 ร่วมกับกริดความสูงเฉลี่ยของอาคารที่ได้มาจากการหาค่าความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารบนภาพถ่ายดาวเทียม มาตราส่วน 1:50,000 มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับบริเวณที่มีกลุ่มอาคารทำได้โดยนำอุณหภูมิพื้นผิวปีพ.ศ. 2542 ที่จำแนกทุก 2 องศาเซลเซียส มาคูณกับความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารที่จำแนกความสูงออกเป็น 5 ระดับ ดังรูปที่ 33 ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงที่สุดคือกลุ่มอาคารที่มีความสูงเฉลี่ย 1-23 เมตร ดังรูปที่ 34 และเพื่อให้เห็นถึงลักษณะและรูปแบบของอาคารสิ่งปลูกสร้าง ในบริเวณกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงได้ชัดเจน จึงได้มีการลงไปสำรวจในพื้นที่จริงเพื่อดูลักษณะรูปแบบของอาคาร พบว่ามีความต่างกันของรูปแบบการใช้สอยของอาคาร เช่น คลังสินค้า โรงงาน หมู่บ้านจัดสรร อาคารพาณิชย์ และกลุ่มบ้านหลังเล็กๆ(สลัม) ดังรูปที่ 35-41 แต่สิ่งที่คล้ายกันคือรูปลักษณะของอาคารและการวางตัว เนื่องจากอาคารที่พบว่าเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นอาคารแถวที่ปลูกเรียงชิดกันเป็นผืนใหญ่ และมีความ

สูงใกล้เคียงกัน ทำให้มีพื้นผิวด้านบนที่ต่อเนื่องกันเป็นผืนใหญ่ และวัสดุที่ใช้ทำหลังคาส่วนใหญ่มักจะเป็นสังกะสี

1. จำแนกกริดความสูงเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ













Symbol	Value	Label
	0	non buildings
	10	height 1-23 meters
	20	height 24-50 meters
	30	height 51-100 meters
	40	height over 100 meter

2. จำแนกอุณหภูมิพื้นผิวเป็น 4 ระดับ

Symbol	Value	Label
	24	24.1-26.0
	26	26.1-28.0
	28	28.1-30.0
	30	30.0-32.0

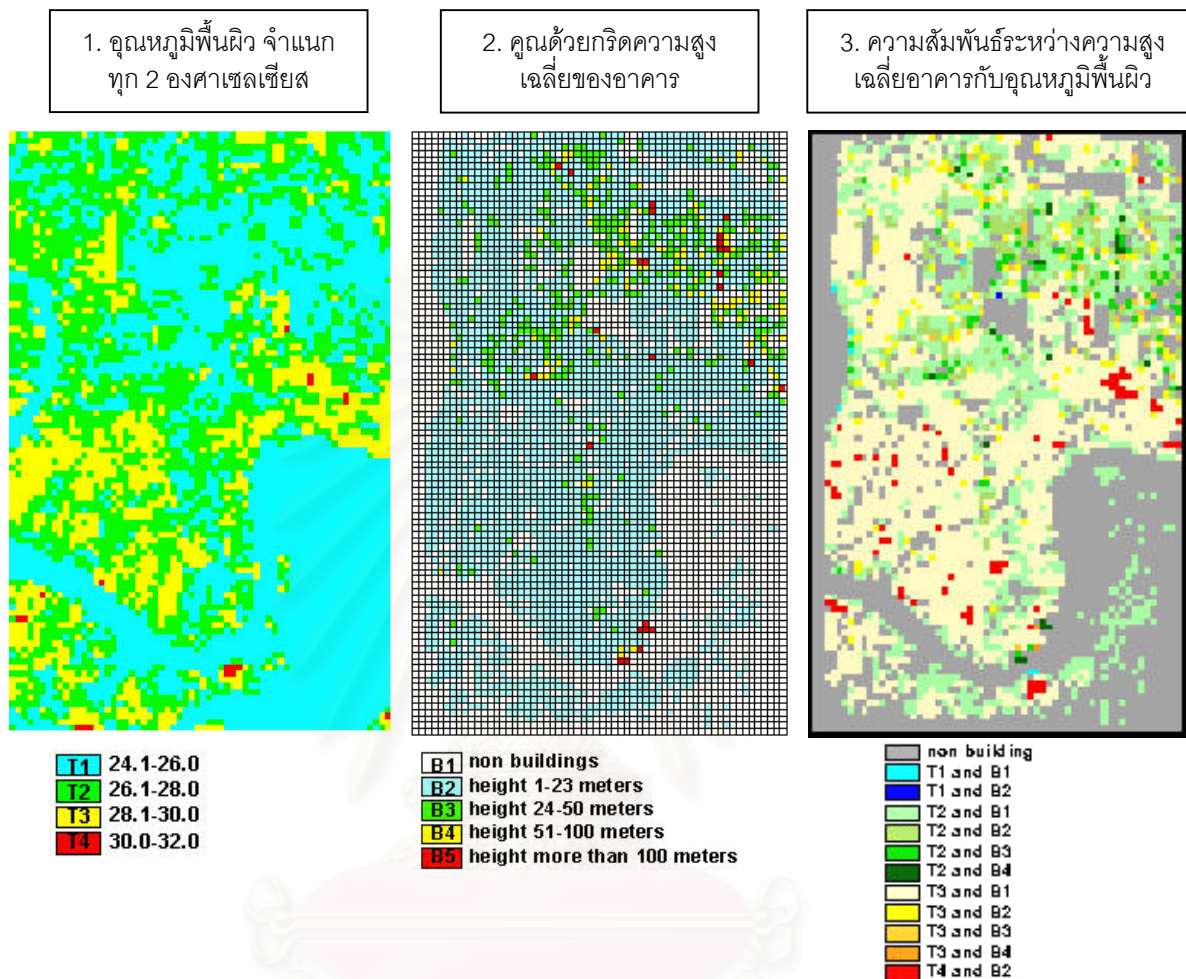


3. ความสัมพันธ์ของความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิว

Symbol	Value	Label
	0	non building
	240	T1 and B1
	480	T1 and B2
	260	T2 and B1
	520	T2 and B2
	780	T2 and B3
	1040	T2 and B4
	280	T3 and B1
	560	T3 and B2
	840	T3 and B3
	1120	T3 and B4
	300	T4 and B2

รูปที่ 33 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิว

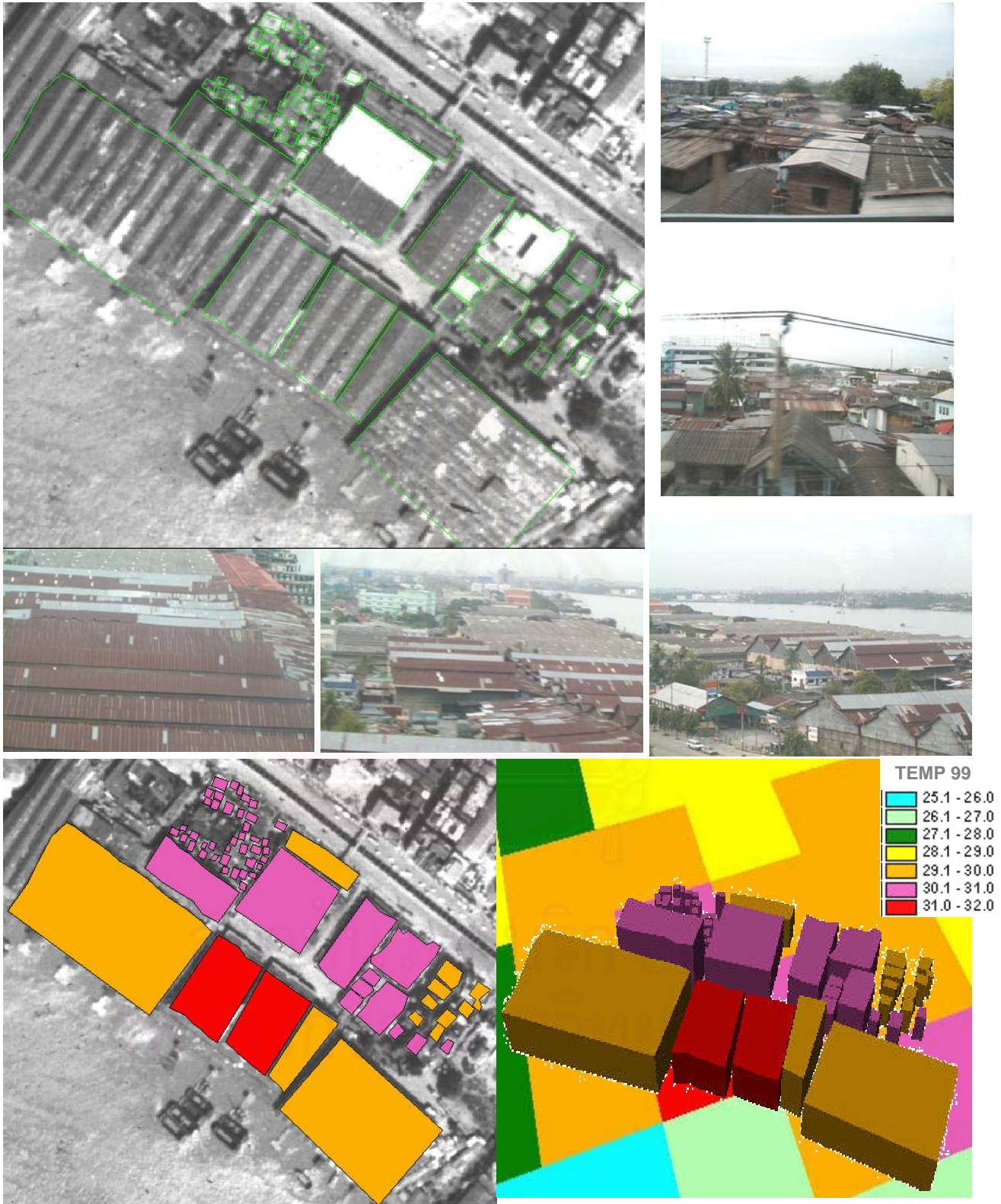




รูปที่ 34 แสดงการซ้อนทับระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคาร

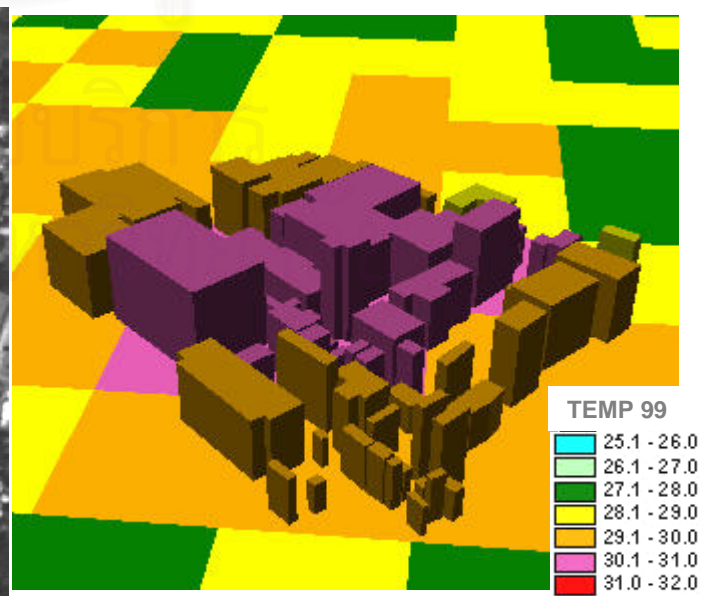
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## คลังสินค้าและบ้าน



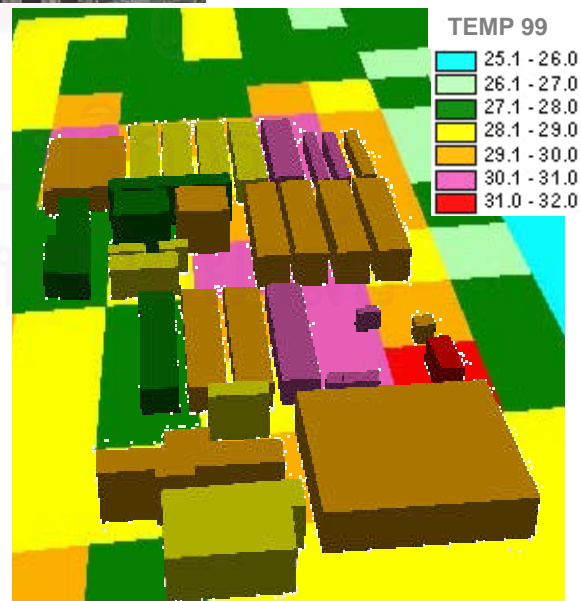
รูปที่ 35 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงได้แก่ คลังสินค้า และบ้าน

## โรงงานและบ้านพักคนงาน



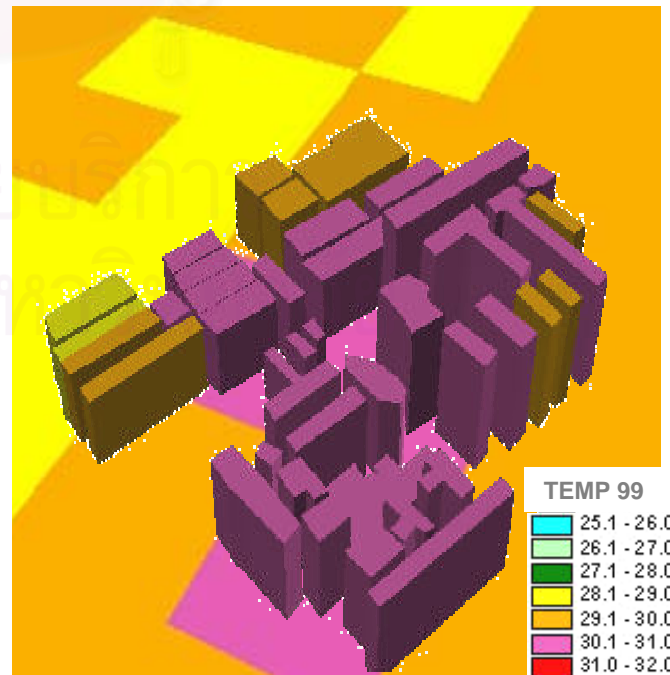
รูปที่ 36 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงได้แก่ โรงงาน และบ้านพักคนงาน

# โรงงานยาสูบ



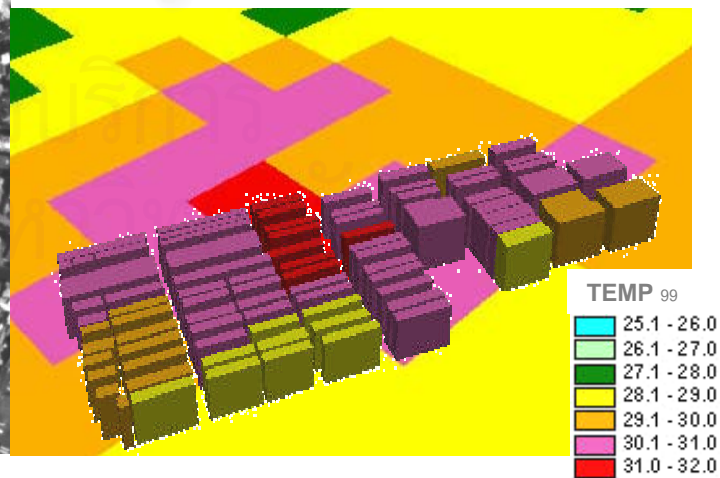
รูปที่ 37 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงได้แก่ โรงงานยาสูบ

## หมู่บ้านจัดสรร



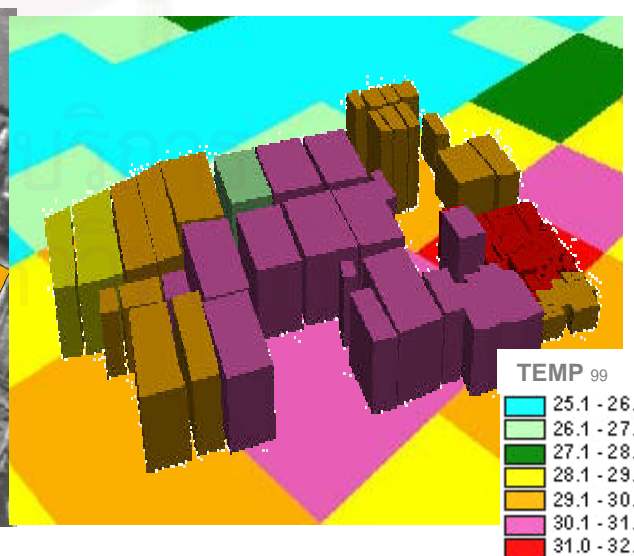
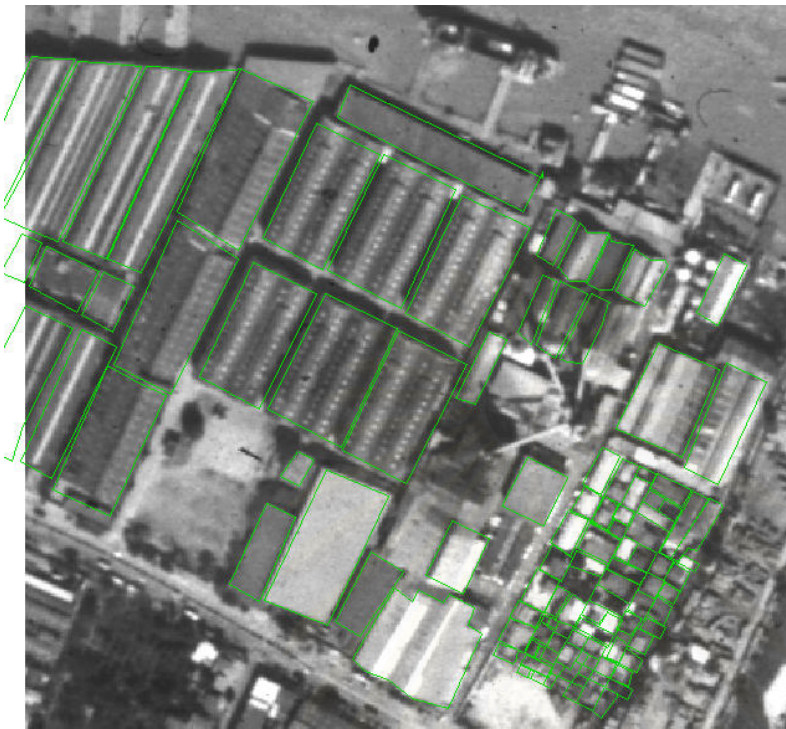
รูปที่ 38 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง ได้แก่ หมู่บ้านจัดสรร

## ตึกแถว,อาคารพาณิชย์



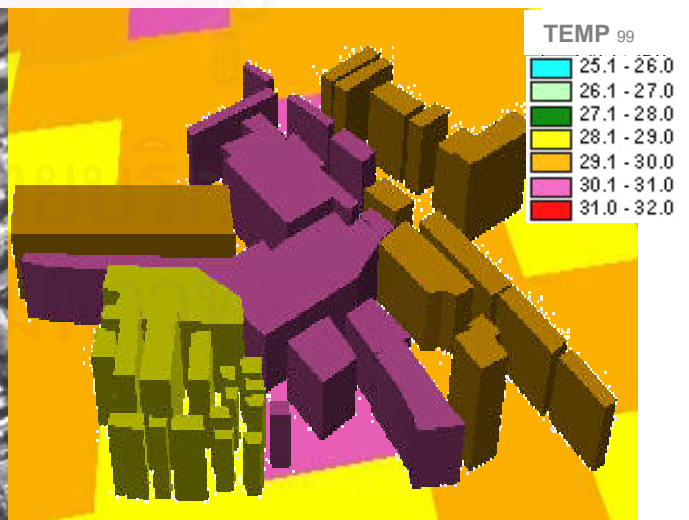
รูปที่ 39 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง ได้แก่ ตึกแถวและอาคารพาณิชย์

## คลังสินค้า, โรงงาน, และบ้าน



รูปที่ 40 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง ได้แก่ คลังสินค้า โรงงาน และบ้าน

## โรงงาน,และตึกแถว

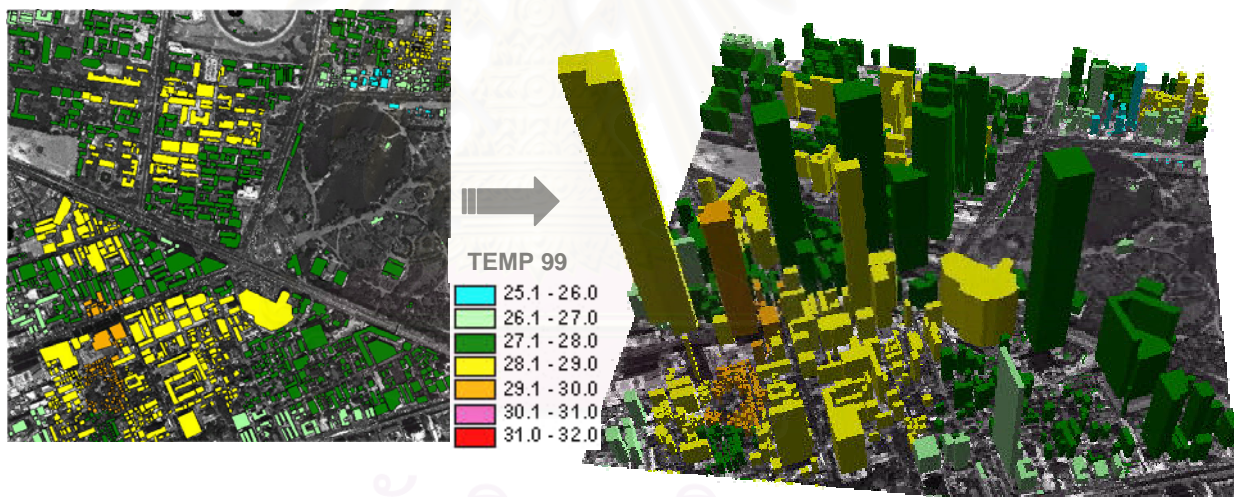


รูปที่ 41 แสดงรูปแบบของกลุ่มอาคารที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง ได้แก่ โรงงาน และ ตึกแถว



#### 4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับอาคารสูง

เพื่อให้สามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับอาคารสูงได้อย่างชัดเจน จึงมีการนำภาพถ่ายทางอากาศมาตาราส่วน 1:6,000 ที่ผ่านการปรับแก้เชิงเรขาคณิตโดยใช้แผนที่กรุงเทพฯ มาตาราส่วน 1: 4,000 เป็นแผนที่ฐานในการอ้างอิงค่าพิกัด เมื่อได้ภาพที่ผ่านการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแล้วก็นำมาหาขอบเขตของอาคาร จากนั้นใช้ความสูงเฉลี่ยที่ได้จากภาพตัดแก้เออร์โทมาตาราส่วน 1:50,000 มาใส่เป็นค่าความสูงให้กับขอบเขตของอาคาร แล้วนำมาซ้อนทับกัน จะทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับบริเวณที่มีอาคารสูง โดยใช้พื้นที่บริเวณถนนสี่ลมเป็นพื้นที่ตัวอย่าง เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีอาคารสูงอยู่มาก ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าในบริเวณที่เป็นอาคารสูงนั้นมีอุณหภูมิพื้นผิวที่แตกต่างกัน และอาคารที่มีความสูงมากที่สุดก็ไม่ได้เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงที่สุด เนื่องจากอาคารสูงนั้นมีพื้นผิวด้านบนน้อยแต่มีพื้นผิวด้านข้างมาก ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดาวเทียมมีค่าไม่สูง เนื่องจากดาวเทียมนั้นบันทึกข้อมูลได้เฉพาะพื้นผิวด้านบนเท่านั้น ดังรูปที่ 42



รูปที่ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณถนนสี่ลม

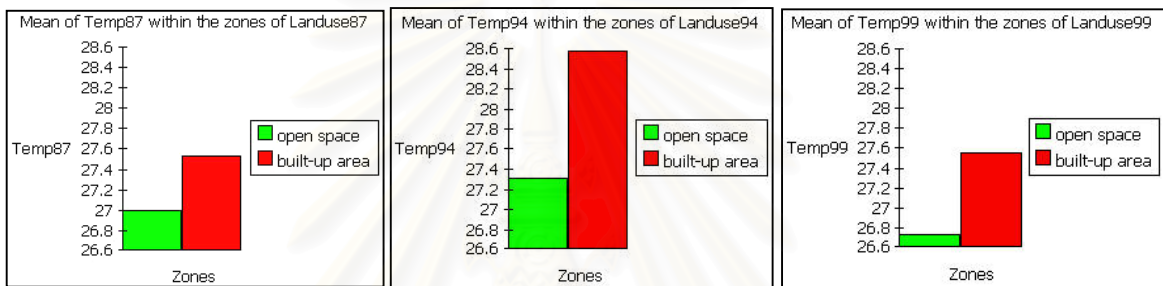
## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### ความสัมพันธ์การใช้ที่ดิน/สิ่งปลูกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย

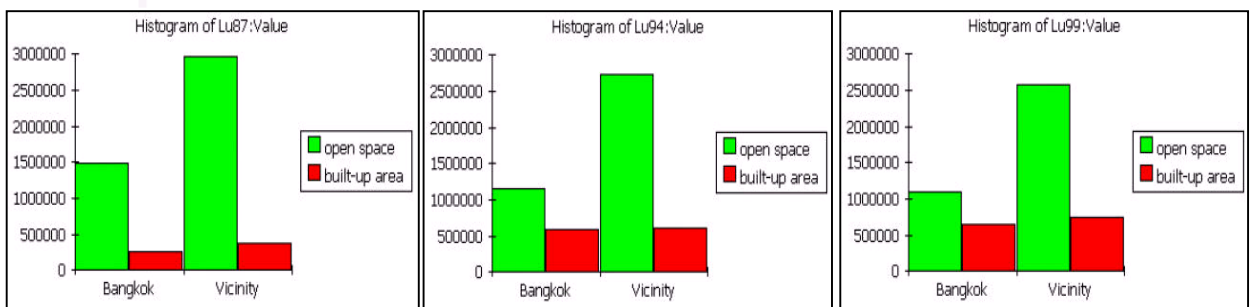
ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าการใช้ที่ดิน/สิ่งปลูกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิวความสัมพันธ์กัน โดยในบริเวณที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) จะมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เปิดโล่ง (Open space) 0.54, 1.27 และ 0.83 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ.2530,2537,และ2542 ตามลำดับ ดังรูปที่ 43



รูปที่ 43 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับอุณหภูมิพื้นผิวปีพ.ศ.2530 ,2537 และ2542

##### ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปลูกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล

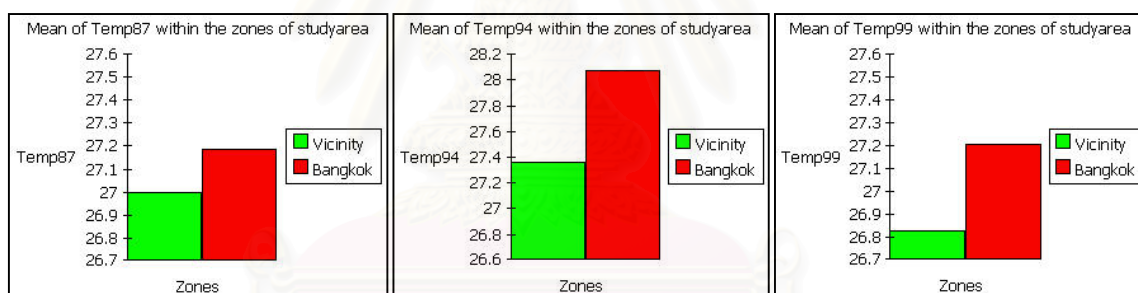
การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน/สิ่งปลูกคลุมดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2530-2537 เป็นช่วงที่มีการขยายตัวของเมืองสูง ดังตารางที่ 2 จึงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินเป็นแบบสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นทั้งในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจค่อนข้างสูง ซึ่งจากรายงานของธนาคารแห่งประเทศไทยพบว่าเศรษฐกิจของประเทศไทยในปี 2537 นั้นมีการขยายตัวสูงถึงร้อยละ 8.5 และมีจำนวนพื้นที่ก่อสร้างที่ได้รับอนุญาตในเขตกรุงเทพฯ ทั้งสิ้น 26,108,000 ตารางเมตร ในขณะที่ปีพ.ศ.2530 มีพื้นที่ก่อสร้างที่ได้รับอนุญาตในเขตกรุงเทพฯ ทั้งสิ้นเพียง 8,476,000 ตารางเมตรเท่านั้น (รายงานสรุปธนาคารแห่งประเทศไทย,2537) จึงทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าในช่วงปีพ.ศ. 2530-2537นั้นมีการเพิ่มขึ้นของการใช้ที่ดินแบบพื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้างอย่างเห็นได้ชัด ส่วนการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เปิดโล่งนั้นมีขนาดพื้นที่ลดลงทั้งในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล ดังรูปที่44



รูปที่ 44 แสดงขนาดพื้นที่ตามประเภทการใช้ที่ดินของกรุงเทพฯและปริมณฑล ปีพ.ศ.2530,2537และ2542

การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน/สิ่งปลูกคลุมดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2542 การใช้ที่ดินแบบสิ่งปลูกสร้างที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในเขตกรุงเทพฯ ในขณะที่ปริมาณชลมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นดังรูปที่ 44 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในกรุงเทพฯ นั้นถึงจุดอิ่มตัวของการขยายเมือง เนื่องจากเป็นเมืองที่โตเต็มที่แล้ว ทำให้แนวโน้มการขยายตัวของเมืองนั้นกระจายไปในบริเวณปริมาณชลจนทำให้พื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้างมีเพิ่มขึ้น และส่งผลทำให้ปริมาณชลมีพื้นที่เปิดโล่งลดน้อยลงเมื่อเทียบกับปี 2537 ส่วนในกรุงเทพฯ นั้นพื้นที่เปิดโล่งปี 2542 ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปี 2537 เนื่องจากจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เปิดโล่งขนาดเล็ก ๆ เช่น สวนสาธารณะและสวนหย่อม ตั้งแต่ปี 2539 เป็นต้นมา ดังตารางที่ 5-6

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในบริเวณกรุงเทพฯ และปริมาณชล ในปีที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ปี พบว่ากรุงเทพฯ มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงกว่าปริมาณชล 0.19 ,0.71 และ 0.38 องศาเซลเซียส ในปีพ.ศ.2530,2537 และ 2542 ตามลำดับ ดังรูป 45 จะเห็นได้ว่าในปีพ.ศ.2542 นั้นอุณหภูมิพื้นผิวค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในช่วงปีพ.ศ.2542 ได้เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ทำให้อุณหภูมินั้นลดต่ำกว่าปกติ

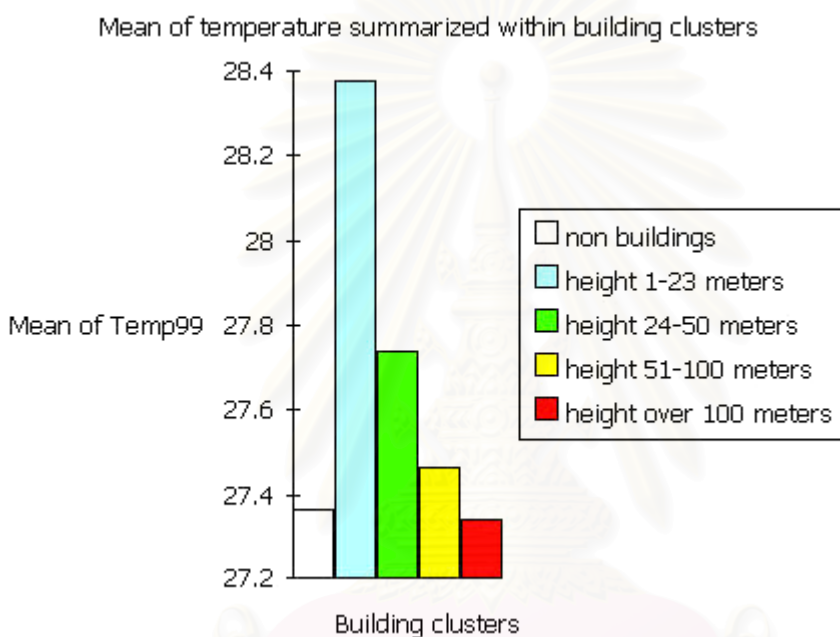


รูปที่ 45 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของกรุงเทพฯ และปริมาณชลปีพ.ศ.2530,2537 และ 2542

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิว

จากข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมแลนด์แซท 5 ที่เอ็ม ช่วงคลื่นความร้อน และภาพถ่ายทางอากาศสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับความสูงของกลุ่มอาคาร ได้ว่าบริเวณที่มีกลุ่มของอาคารที่มีความสูงเฉลี่ย 1-23 เมตร เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุด คือมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28.37 องศาเซลเซียส ดังรูป 46 ซึ่งลักษณะและรูปแบบของอาคารในบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงจะมีลักษณะเป็นกลุ่มของอาคารแถวที่มีความสูงใกล้เคียงกัน และอยู่ชิดกันเป็นกลุ่มก้อน เช่น ตึกแถว อาคารพาณิชย์ หมู่บ้านจัดสรร โรงงานและคลังสินค้า ซึ่งพบว่ามักเป็นกลุ่มอาคารที่มีความสูงใกล้เคียงกัน ทำให้มีพื้นผิวด้านบนที่มีความต่อเนื่องกันเป็นผืนใหญ่ นอกจากนี้ในบริเวณที่มีบ้านเรือนขนาดเล็กที่ปลูกชิดกันอย่างหนาแน่นจนหลังคาเกยกันก็พบว่าเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงเช่นกัน เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนทำได้ยากจึงทำให้เป็น

บริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าบริเวณอื่น ในขณะที่บริเวณที่เป็นอาคารสูง (อาคารที่มีความสูงเฉลี่ยเกิน 23 เมตร) พบว่าไม่ใช่เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงที่สุด คือมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27.34 - 27.73 องศาเซลเซียส เนื่องจากความสูงๆต่ำๆที่แตกต่างกันของอาคารโดยรอบทำให้ไม่มีพื้นผิวด้านบนที่ต่อเนื่องกันเป็นผืนขนาดใหญ่มากพอ ที่จะทำให้เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง สำหรับในบริเวณที่ไม่ใช่อาคาร (Non buildings) ซึ่งประกอบไปด้วย ถนน , ทางด่วน , พื้นที่โล่งว่าง, แหล่งน้ำและพื้นที่สีเขียว พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27.36 องศาเซลเซียส



รูปที่ 46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเฉลี่ยของกลุ่มอาคารกับอุณหภูมิพื้นผิวในปี พ.ศ. 2542

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้จากดาวเทียมกับอุณหภูมิที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมแลนดแซททีเอ็มช่วงคลื่นความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคพื้นดิน มีดังนี้

ปีพ.ศ. 2530 คือ  $T = 0.1211(\text{DNs}) + 20.942$

ปีพ.ศ. 2537 คือ  $T = 0.2608(\text{DNs}) + 18.527$

ปีพ.ศ. 2542 คือ  $T = 0.2493(\text{DNs}) - 6.0654$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

DNs คือ ค่าความสว่างของจุดภาพบนข้อมูลดาวเทียมแลนดแซท 5 ทีเอ็ม ช่วงคลื่นความร้อน

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ในบริเวณที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เปิดโล่ง (Open space) จะมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำกว่าบริเวณที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) เนื่องจากบริเวณพื้นที่เปิดโล่งนั้นจะประกอบด้วยแหล่งน้ำและพื้นที่สีเขียว ที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของความร้อนได้ เนื่องจากแหล่งน้ำและต้นไม้ช่วยคายน้ำกลับสู่ชั้นบรรยากาศ จึงทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในบริเวณนี้มีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นในบริเวณปริมณฑลที่มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าในกรุงเทพฯ จึงมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำกว่า ในขณะที่กรุงเทพฯที่มีประเภทการใช้ที่ดินแบบสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) เช่น อาคารพาณิชย์ คลังสินค้า โรงงาน และบ้าน ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ปลูกสร้างอาคารเหล่านี้จะประกอบไปด้วย เหล็ก คอนกรีต สังกะสี นั้นเป็นตัวที่ดูดซับและเก็บกักความร้อนเอาไว้ ทำให้เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยที่สูงกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งจากบทความเรื่องการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซทที่เฝ้าร่วมกับแผนที่มาตราส่วนใหญ่เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดจากอาคารที่ได้นำเสนอ ในงานสัมมนาของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) พบว่าบริเวณที่มีการใช้ที่ดินแบบสิ่งปลูกสร้างนั้นจะมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิพื้นผิว และในบางแห่งจะพบว่าเป็นสิ่งปลูกสร้างที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่นๆ (สุจิตราและบรรพเจ็ด, 2544) ซึ่งเมื่อได้ทำการวิจัยต่อก็พบว่าบริเวณที่มีกลุ่มอาคารอยู่ชิดติดกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน หรือกลุ่มของอาคารแถวที่อยู่ชิดกันจนมีพื้นผิวด้านบนที่กว้างใหญ่ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุด

สาเหตุที่ทำให้บริเวณที่มีกลุ่มอาคารที่อยู่ชิดกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่นอาจเป็นเพราะขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของอาคารที่เท่ากันและอยู่ชิดติดกันเป็นแนวเดียวกัน ทำให้บังลมกันเอง และทำให้ไม่มีช่องว่าง ให้ลมพัดผ่านเข้าออกเพื่อถ่ายเทความร้อนออกไปจากอาคาร ประกอบกับด้วยความจำกัดของเนื้อที่ใช้สอยของอาคารต่างๆ เช่น อาคารพาณิชย์ คลังสินค้าและโรงงาน จึงทำให้มีการแบ่งพื้นที่ไปเพื่อปลูกต้นไม้ หรือขุดบ่อน้ำ เพื่อช่วยลดความร้อน ให้กับอาคารมีน้อยลง ซึ่ง (Nicole, 1995) พบว่า ตำแหน่งการวางตัวของอาคาร และจำนวนชีวมวลที่มีนั้นส่งผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวเช่นกัน

เนื่องจากข้อมูลดาวเทียมนั้นจะบันทึกข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวได้เฉพาะบริเวณด้านบน (Top view) ของอาคารเท่านั้น แต่อาคารสูงนั้นมีพื้นผิวด้านบนน้อย แต่มีพื้นผิวด้านข้าง (Side view) มากกว่า ดังนั้นจึงทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยบริเวณอาคารสูงที่ได้มีค่าไม่สูงนัก เนื่องจากความต่อเนื่องกันของพื้นผิวด้านบนมีน้อยและมีขนาดไม่กว้างใหญ่พอ แต่จะเห็นได้ว่าในบริเวณที่มีกลุ่มของอาคารอยู่ชิดกันนั้นจะมีขนาดพื้นผิวด้านบนที่ค่อนข้างใหญ่ ประกอบกับมีพื้นผิวด้านบนที่ต่อเนื่องกัน เนื่องจากมีความสูงที่ใกล้เคียงกัน ไม่สูง ๆ ต่ำ ๆ เหมือนในบริเวณที่มีอาคารสูง ซึ่งมักจะ

มีความสูงไม่เท่ากันและไม่อยู่ชิดกันเป็นกลุ่ม ซึ่งพื้นผิวด้านบนที่กว้างเหล่านี้ พบว่าเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุด

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีการใช้ที่ดินแบบสิ่งปลูกสร้าง เช่น หมู่บ้านจัดสรร อาคารพาณิชย์ คลังสินค้าและโรงงาน ที่ปลูกชิดติดกันเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น ส่วนบริเวณที่มีการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เปิดโล่ง เช่น แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่สีเขียวเพื่อการนันทนาการนั้นเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นในการกำหนดผังเมืองรวมของกรุงเทพฯ จึงควรเพิ่มบริเวณที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งเข้าไปในกลุ่มของโรงงาน และที่พักอาศัย จะได้ช่วยลดความร้อนในเมืองลงได้ นอกจากนี้ก็ควรที่จะจำกัดขนาดของกลุ่มอาคารแถวที่ปลูกสร้างไม่ให้มีขนาดที่ใหญ่เกินไป เพราะอาคารแถวที่มีความสูงใกล้เคียงกันและปลูกชิดกันเป็นผืนใหญ่นั้น ยากต่อการถ่ายเทระบายความร้อนและอากาศทำให้เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง ดังนั้นจึงควรเพิ่มระยะระหว่างอาคารให้มีมากขึ้น เพื่อเป็นจะได้ใช้ช่องทางให้ลมพัดผ่านเพื่อถ่ายเทความร้อนและระบายอากาศ สำหรับสถาปนิกที่เป็นผู้ออกแบบอาคาร ควรเพิ่มพื้นที่ใช้สอยในส่วนที่เป็นสวน, ต้นไม้ หรือ สระน้ำ เข้าไปเพื่อช่วยลดความร้อนของอาคารโดยเฉพาะในบริเวณที่เป็นอาคารพาณิชย์ และหมู่บ้านจัดสรร

### 5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

หากจะทำการวิจัยเรื่องอุณหภูมิที่ได้จากดาวเทียมครั้งต่อไป ควรทำการเก็บอุณหภูมิในวันเวลาที่ดาวเทียมบันทึกข้อมูล และควรมีจุดวัดอุณหภูมิให้มากขึ้น และให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ค่าอุณหภูมิที่ได้นั้นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และหากจะศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวในระดับอาคารควรใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีช่วงคลื่นความร้อนที่มีรายละเอียดมากกว่าดาวเทียมแลนด์แซท 5 ทีเอ็ม เช่นดาวเทียมแลนด์แซท 7 เพื่อจะได้รายละเอียดที่มากกว่านี้ เนื่องจากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 นั้นมีตัวรับสัญญาณที่สามารถบันทึกรายละเอียดช่วงคลื่นความร้อนได้ดีกว่าแลนด์แซท 5 คือมีรายละเอียดของช่วงคลื่นความร้อน 60 เมตร ดังนั้นหากมีผู้สนใจที่จะทำวิจัยเรื่องอุณหภูมิในเมืองครั้งต่อไปก็น่าจะพิจารณาใช้ข้อมูล จากช่วงคลื่นความร้อนที่บันทึกด้วยดาวเทียมแลนด์แซท 7 ทีเอ็ม

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กนก วงษ์ตระหง่าน, 2525. การเกิดและการขยายเมืองกรุงเทพ การศึกษาทางการเปลี่ยนแปลง. วารสารธรรมศาสตร์ 11(1):48-59
- กนกวรรณ โกมลวีระเกตุ, 2541. ผลกระทบของสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนของกรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสหสาขาสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- กรมอุตุนิยมวิทยา กองภูมิอากาศ, 2545. ประกาศการเฝ้าระวังปรากฏการณ์เอลนีโญ ฉบับที่ 1/2545 ([http://www.tmd.go.th/~marine/el\\_nino1.html](http://www.tmd.go.th/~marine/el_nino1.html))
- จารึก รัตนบุรณิ, 2542. โดมความร้อนจากมหานคร “บอลลูนตรวจมลพิษ”. ฐานสถาปัตยกรรม 5 (258) : 28-29
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539. รายงานผลการศึกษาระดับสมบูรณิ โครงการการศึกษาเพื่อกำหนดกรอบการวางแผนการพัฒนากทม. ฉบับที่ 5.
- จุฬาสัมพันธ์, 2542. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 42 (13) : 1-2
- ชุนจิมีไร, 2540 คำบรรยายการสำรวจจากระยะไกล แปลโดย พงศ์พิศน์, มนุ, และคนอื่นๆ. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- คณพล ตันนโยภาส , 2539 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลขในด้านรีโมทเซนซิง , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- พิเชฐ สายพันธ์, 2540. ชีวิตเมืองโลกทัศน์ที่แปรเปลี่ยน จากการขยายเมืองของกรุงเทพฯ. จุลสารไทยคดีศึกษา 15(1) : 48-59
- ลือชัย คุรุณ้อย, 2541. รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีเขียวให้มีสิ่งปลูกสร้างประเภททาว์นเฮาส์และอาคารพาณิชย์ กรณีศึกษา : ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร
- วิชา จิวาลัย, 2524. การคำนวณปรับแก้ (Adjustment Computation) ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- สภาวิจัย แหล่งที่มา : <http://userservice.nrct.go.th/faq/technote.html> [10 มิถุนายน , 2543]
- สุจิตรา เจริญหิรัญยงยศ และ บรรเจิด พละการ, 2544. การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท ที่เอ็มร่วมกับแผนที่มาตราส่วนใหญ่ เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดจากอาคารสูง.
- สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร, 2540. แนะนำกรุงเทพมหานคร.

- สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร,2540. การแปลภาพถ่ายทางอากาศโครงการ EC/BMA.
- สำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร,2542. พื้นที่สวนสาธารณะและสวนหย่อมในความรับผิดชอบของกรุงเทพมหานคร.
- อุตุนิยมวิทยา กรม, กองภูมิอากาศ. ประกาศการเฝ้าระวังปรากฏการณ์เอลนีโญ ฉบับที่ 1/2545  
แหล่งที่มา : [http://www.tmd.go.th/~marine/el\\_nino1.html](http://www.tmd.go.th/~marine/el_nino1.html) [10 มิถุนายน ,2545]

#### ภาษาอังกฤษ

- Anuchat Pongsomlee, and Ross, H. 1992. Impacts of modernization & urbanization in Bangkok : An integrative ecological and biosocial study. Nakhon Pathom : Institute for Population and Social Research, Mahidol University.
- Balling , R. C., Jr., and Brazel , S. W. 1988. High-resolution surface temperature patterns in a complex urban terrain. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54(9) : 1289-1293.
- D.E.Gibbons and G.E. Wukelic,J.P.Leighton and M.J.Doyle,1989. Application of Landsat TM Data for Coastal Thermal Plume Analysis at Diablo Canyon. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 55(6) : 903-909.
- Gallo, K. P., et al. 1993. The use of vegetation index for assessment of the urban heat-island effect. International Journal of Remote Sensing. 14(11) : 2223-2230.
- Heat Island Group. Available form: <http://EETD.LBL.gov/HeatIsland> [2000, June10]
- John R. Schoot .1989. Image Processing of thermal infrared Images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 55(9) : 1311-1321.
- Jung H. Jo. 1996 Data Characteristics and processing. Available form : <http://www.ae.utexas.edu/courses/ase389p/jo/home.html> [2000, June 10]
- Lillesand and Kiefer.1987. Remote Sensing and Image interpretation, Second Edition, New York: John Wiley and Sons.
- Lillesand and Kiefer . 1994. Remote Sensing and Image Interpretation,Third Edition, New York: John Wiley and Sons.
- Lillesand and Kiefer. 1999. Remote Sensing and Image Interpretation, Fourth Edition, New York: John Wiley and Sons.
- Malaret, E., Barlolucci, L.A., Lozano, D.F., Anuta, P.E. and McGillerm, C. D. 1985. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper Data Quality Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 51(9) : 1407-1416.



- Mario F Triola.1995. Elementary Statistics , Sixth Edition, New York :Addison-Wesley Publishing.
- Nichol, J.E. 1994. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 60(10) : 1225-1232.
- Nichol, J.E. 1995. Visualization of the Urban Thermal Environment in Singapore. GIS Asia Pacific. pp 24-27. Aug 1995
- Pichakum, Nath and Maruta Yorikazu. 1995. An Investigation on the Distribution of Air Temperature and the Effect of Open Space on Mitigating Severe Climate in Bangkok, Thailand. Journal of Center for Enviromental Information Science. Vol 24, No.1 March.
- Roth, M., Oke, T.R, and Emery, W. J. 1989. Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. International Journal of Remote Sensing. 10 (11): 1699-1720.
- Schott, J. R., and Volchok, W. J. 1985 . Thematic Mapper thermal infrared calibration. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 51(9) : 1351-1357.
- Schott, J.R., and Volchok, W.J.1988 Radiometric Scene Normalization Using Pseudoinvariant feature. Remote Sensing of Environment 26 :1-16.
- Yang, X. and Lo, C.P.2000. Relative Radiometric normalization Performance for Change Detection from Multi-Date Satellite Images. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 66(8): 967-980.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

### ประวัติส่วนตัว

ชื่อ นางสาว สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ

เกิด วันที่ 8 พฤศจิกายน 2518

### ประวัติการศึกษา

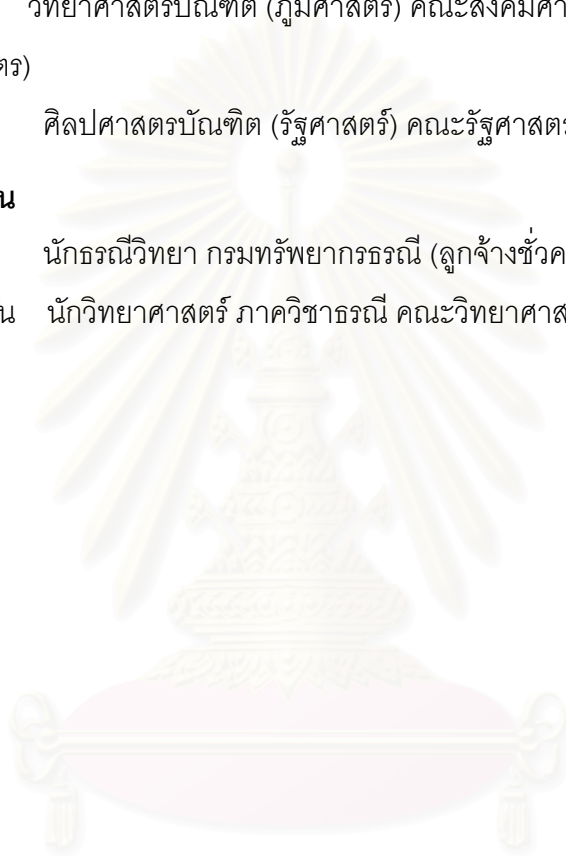
พ.ศ. 2535-2538 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์) คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)

พ.ศ. 2536-2540 ศิลปศาสตรบัณฑิต (รัฐศาสตร์) คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2539-2540 นักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี (ลูกจ้างชั่วคราว)

พ.ศ. 2540-ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาธรณี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย