การศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อน ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่

โดย

นายอนุศาสน์ สิทธิเวช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

การวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม

ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

การศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อน ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่

โดย

นายอนุศาสน์ สิทธิเวช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

การวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม

ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

A STUDY OF URBAN HEAT ISLAND PROBLEM, PATTERN AND KEY FACTORS OF CHIANG MAI URBAN AREA

By

Anusat Sittiwed

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF URBAN AND ENVIRONMENTAL PLANNING

Department of Urban Design and Planning

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2011

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่” เสนอโดย นายอนุศาสน์ สิทธิเวช เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมมหาบัณฑิต

…….....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.ธนะ จีระพิวัฒน์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย บุญวาศ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ อัศวโกวิทวงศ์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธนะ จีระพิวัฒน์)

...../...../.....

52058304 : สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมมหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง / การพัฒนาเมือง / พื้นที่อาคาร / ปริมาตรอาคาร / เมืองกระชับ / ชุมชนชานเมือง

อนุศาสน์ สิทธิเวช : การศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.ธนะ จีระพิวัฒน์. 143 หน้า.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบ และองค์ประกอบทางกายภาพของเมืองที่มีผลกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมือง ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเมือง และความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางกายภาพของเมือง ได้แก่ลักษณะพื้นที่สีเขียว, รูปแบบอาคาร, พื้นที่ถนน และพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยในการพัฒนาเมือง และส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

การศึกษาเบื้องต้นภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 ของพื้นที่เมืองเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553 ทำให้พบว่าพื้นที่เกาะความร้อนเมืองมีขนาด และระดับของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพของเมือง และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยในการพัฒนาเมืองด้วยวิธี Multiple Regression โดยปัจจัยที่ศึกษาสะท้อนรูปแบบการพัฒนาออกเป็น 2 รูปแบบคือรูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวราบ (2มิติ) รูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง (3มิติ) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ

สิ่งที่ค้นพบจากการวิจัยนี้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาเมืองทั้ง 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบการพัฒนาเมืองแบบแนวราบ หรือ Suburbanization กับการพัฒนาแนวดิ่งตามแนวคิด Compact City ได้ในเชิงปริมาณอย่างชัดเจน ซึ่งสิ่งที่ค้นพบนี้นำไปสู่ข้อเสนอแนะสนับสนุนรูปแบบการพัฒนาเมืองแบบ Compact City ของเชียงใหม่ที่มีผลในการบรรเทาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง โดยเน้นการพัฒนาแนวดิ่ง เพื่อลดการใช้พื้นที่แนวราบ และเพิ่มพื้นที่สีเขียวประเภทไม้ยืนต้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ และสนับสนุนรูปแบบอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่นการมีสวนบนหลังคาและสวนแนวตั้ง เป็นต้น

ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

51058314 : MAJOR : URBAN AND ENVIRONMENTAL PLANNING
KEY WORD : URBAN HEAT ISLAND / SUBURBANIZATION / BUILDING AREA / BUILDING VOLUME / COMPACT CITY / SUBURBS COMMUNITY

ANUSAT SITTIWED : A STUDY OF URBAN HEAT ISLAND PROBLEM, PATTERN AND KEY FACTORS OF CHIANG MAI URBAN AREA. THESIS ADVISOR : THANA CHIRAPIWAT, Ph.D. 143 pp.

The objectives of research were to study spatial characteristics of Chiang Mai's urban heat island and to quantify and analyze the relationship between temperature of urban heat island and physical factors. The physical factors include building's ground coverage, building volume, and vegetation. These factors are the results of urban development which consequently causes the increase of the temperature in urban area.

The main source of data was LANDSAT-5 satellite images of Chiang Mai's comprehensive plan area taken between 2001 and 2010. Analysis of the images showed that the urban heat island was increasing in terms of size and temperature, relative to the growth of the urban area. Multiple regressions were performed to analyze the relationships between the temperatures and the physical factors. The 2D factor, building's ground coverage, represents suburbanization which expand the urban area horizontally. The 3D factor, building volume, represents vertical development, or compact city. Their relationship with the temperature were analyzed along with other physical factors in multiple regressions analysis.

The findings show that the growth of urban area between 2001 and 2010 affected the decrease of vegetation area and quality and the increase of temperature. In addition 2D physical factor (Suburbanization) has more impact on higher temperature than 3D factor (Compact city). The study can quantify the impacts of these two types of urban development and positively support vertical buildings in Chiang Mai for urban development that can lower the impact on urban heat island. As a result, vegetation area can be preserved and improved to reduce the urban heat. Eco- friendly buildings with green roof, vertical gardens, and also recommended as important factors to reduce the severity of the urban heat island.

Department of Urban Design and Planning Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2011
Students' signatures ……..……
Thesis Advisor's signature ……

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ เป็นรายวิชาสุดท้ายของการศึกษาในสาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อมมหาบัณฑิต ต้องใช้เวลาในการดำเนินการหลายเดือนและต้องอาศัยการค้นคว้าข้อมูลจากหน่วยงาน และองค์กรต่างๆ มากมาย ก่อนที่จะสามารถดำเนินการวิจัยมาจนสำเร็จลุล่วง ในหลายๆ ครั้งที่ได้รับการช่วยเหลือจากหลายๆ ด้าน จากหลายๆ ท่านซึ่งทำให้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และมีกำลังใจในการทำงานโดยตลอดมา และต้องขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ ได้แก่ ครอบครัวสิทธิเวช สำหรับกำลังใจที่ไม่เคยขาดหายตลอดมา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อเสนอแนะในการใช้ข้อมูล สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่สำหรับข้อมูลภูมิสารสนเทศ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากรที่มอบทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

อย่างไรก็ตามในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สามารถสำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ต้องขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สิทธิพร ภิรมย์รื่น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย บุญวาศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรพจน์ สุขเกษม อ.ดร.สินีนาถ ศุกลรัตนเมธี อ.ดร.ณัฐวุฒิ อัศวโกวิทวงศ์ และอ.ดร.ธนะ จีรพิวัฒน์ ที่คอยให้คำปรึกษาจนสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วง อีกทั้งสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตได้ต่อไป

สุดท้ายนี้ หากมิได้กล่าวขอบคุณได้ครบถ้วน หรือขาดตกบกพร่องประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

บทที่		หน้า

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า

ภาพที่		หน้า
30	แสดงภาพเปรียบเทียบการพัฒนาเมือง ที่เป็นแนวราบ กับแนวดิ่ง	99
31	แสดงเมืองเชียงใหม่ที่มีการพัฒนาเมืองโดยมีความต้องการการใช้พื้นที่ในแนวราบเพื่อการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้น	117
32	แสดงการใช้พื้นที่ในแนวราบ San Fernando Valley, California	117
33	แสดงแนวคิดเมืองกระชับที่เน้นพื้นที่สีเขียว	118
34	แสดงแนวคิด Sino-Singapore Tianjin Eco City, China	119
35	แสดงตัวอย่างการเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนหลังคาอาคาร	121
36	แสดงตัวอย่างการเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนผนัง	121
37	แสดงสรุปแนวทางพัฒนาเมืองเพื่อบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง	126
38	แสดงภาพแสดงการหาอุณหภูมิสัมพัทธ์ของปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ.2553	134

สารบัญแผนที่

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

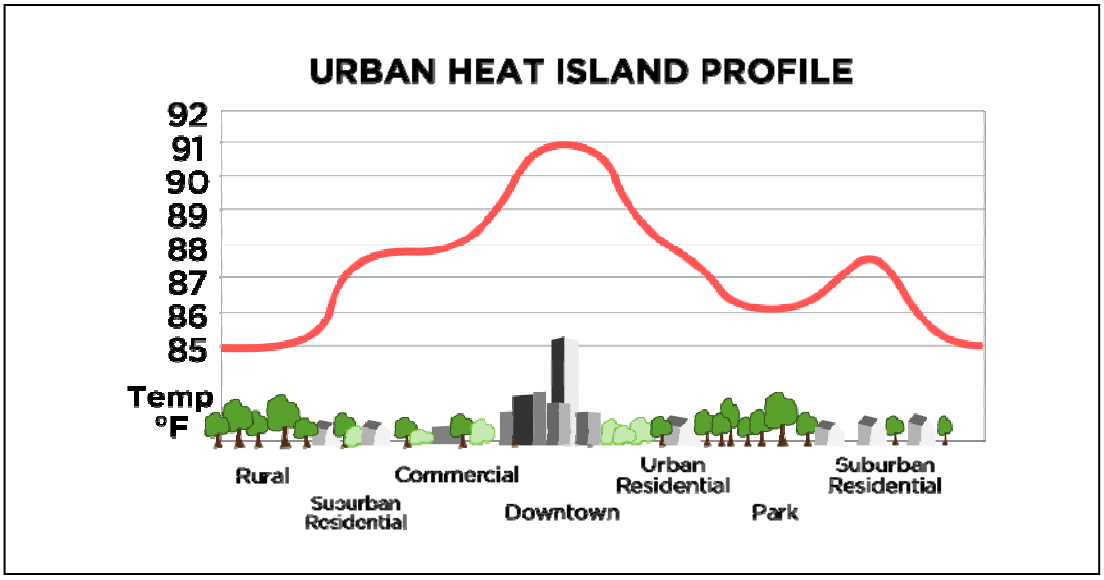
การศึกษาโครงสร้างและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเมืองเป็นการศึกษาเพื่อหาสาเหตุการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวภายในเมืองที่เปลี่ยนไปตามสิ่งที่ปกคลุมดินอันมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลง ลักษณะทางกายภาพ วัฒนธรรม เศรษฐกิจ และสังคมของชุมชนเมืองเพื่อรองรับการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในเมือง สภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชากรภายในเมืองเปลี่ยนแปลงไป

การขยายตัวของความเป็นเมืองอย่างรวดเร็วไม่เพียงแต่เกิดขึ้นเฉพาะในกรุงเทพมหานครเท่านั้น แต่ยังรวมถึงเมืองขนาดใหญ่ที่อยู่ตามภูมิภาคต่างๆ เช่น เชียงใหม่ นครราชสีมา ขอนแก่น ฯลฯ การขยายตัวของเมืองที่เพิ่มมากขึ้น มีความสัมพันธ์กับปัญหาของเมืองที่เพิ่มขึ้นที่สำคัญอย่างยิ่งคือการเพิ่มขึ้นของความร้อนในพื้นที่เมืองซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองต่างๆ ที่กายภาพของเมืองเปลี่ยนแปลงไปจากการก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนทางด้านรูปทรง วัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างที่มีคุณสมบัติในการดูดซับ สะสมความร้อนเป็นจำนวนมาก และมีการคายความร้อนนั้นสู่บรรยากาศทำให้ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่าหลีกเลี่ยงไม่ได้ และมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคนในชุมชนเมืองอีกด้วย (ธนกฤต เทียนมณี 2545: 1-2)

การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศเมือง (Urban ecosystem) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศเมือง (Urban climate) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงจากลักษณะที่เป็นธรรมชาติของสภาพแวดล้อมที่เป็นชนบท กลายมาเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น พื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวแอสฟัลท์ หรือการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต่างๆ เช่น การจราจรที่เพิ่มมากขึ้นในบริเวณถนนในเมือง การเกิดโรงงานต่างๆ รวมถึงการใช้อุปกรณ์อาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ส่งผลต่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546: 1-2)

ปรากฏการณ์เกาะร้อนเมือง หรือที่เรียกกันในภาษาอังกฤษว่า (Urban Heat Island) และเป็นปรากฏการณ์ที่สัมพันธ์กับสภาวะโลกร้อนในขณะที่พื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำมีส่วนช่วยในการลดความร้อนที่ถูกกักไว้ในเมือง เรียกพื้นที่ดังกล่าวว่า บริเวณอุณหภูมิต่ำ (Cool Island) ในเวลา

กลางวันความร้อนจะถูกนำมาใช้ในการระเหยน้ำผิวดินและในดินไปเป็นความชื้นในบรรยากาศ รวมทั้งใช้แสงแดดไปในการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืชแทนที่จะเปลี่ยนเป็นความร้อน ดังนั้นการลดลงของพื้นที่สีเขียวภายในเมือง ย่อมส่งผลให้เมืองร้อนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) ที่มีพืชพันธุ์น้อยกว่าบริเวณโดยรอบหรือพื้นที่เปิดโล่ง (Pichakum 1995, อ้างถึงใน มานัส ศรีวณิช 2553: 1-2)



ภาพที่ 1 แสดงโครงร่างของโดมความร้อนเหนือมหานคร

ที่มา: Wong, **Urban Heat Island** [online], accessed 10 December 2011. Available from http://www.whitetopsnyc.org/problem.html

จากการทบทวนวรรณกรรม และบทความทางวิชาการพบว่าในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่เพื่อสร้างฐานข้อมูล ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา และวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงว่าเกาะความร้อนเมืองในพื้นที่เมืองเชียงใหม่มีการกระจายอยู่ในพื้นที่ใดบ้าง มีระดับความรุนแรงเท่าใด การศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาสิ่งปกคลุมดินที่เป็นลักษณะแนวราบ จะมีก็แต่เพียงการศึกษาของ ธนกฤต เทียนมณี (2545: 128-135) ที่ศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง โดยการศึกษาดังกล่าวบอกเพียงความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองจะขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง ความสูง และรูปทรงทางเรขาคณิตของอาคาร โดยไม่ลงลึกถึงระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงของความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ผู้วิจัยจึงเห็นสมควรเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาในส่วนดังกล่าวโดยรวบรวมข้อมูลที่จะสามารถนำมาใช้ในการสร้างดัชนีในการประเมินปรากฏการณ์นี้ โดยคาดว่าผลประโยชน์ที่ได้จากสิ่งที่ค้นพบในงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้ในการวางแผนชุมชนเมืองทั้งทางด้านกายภาพพื้นที่

เมือง และสภาพแวดล้อมชุมชนเมืองที่บรรเทาปัญหาที่มีอยู่ และป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นหากไม่มีการวางแผนที่เหมาะสม

2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. ความมุ่งหมาย

การศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหาเกาะร้อนเมืองของเมืองที่มีความหนาแน่น เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กับรูปแบบเชิงพื้นที่ของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ เพื่อนำผลไปใช้ในการออกแบบและวางผังชุมชนเมืองเพื่อแก้ไขปัญหา และนำไปสู่การมีสภาพแวดล้อมชุมชนเมืองที่ดีขึ้น

1.1 เพื่อศึกษาสาเหตุ การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ประโยชน์ที่ดิน รูปแบบเชิงพื้นที่และลักษณะอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เมือง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับลักษณะของอาคารและกลุ่มของอาคาร

1.2 เพื่อพัฒนาแนวทางด้านการวางแผน และออกแบบชุมชนเมืองเพื่อการแก้ปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตพื้นที่เมือง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเมืองของเมืองเชียงใหม่ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับองค์ประกอบทางกายภาพของเมือง ได้แก่พื้นที่สีเขียว (NDVI) รูปแบบอาคารซึ่งประกอบด้วยพื้นที่อาคารปกคลุมดิน (B) ปริมาตรอาคาร (BV) รวมไปถึงพื้นที่ถนน (R) และพื้นที่แหล่งน้ำ (H)

2.3 เพื่อนำสิ่งที่ค้นพบจากการวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษามาสังเคราะห์เสนอแนะแนวทางในการออกแบบ และวางผังชุมชนเมืองที่สัมพันธ์กับปัจจัยเชิงพื้นที่ และกายภาพของเมือง

3. สมมติฐานของการศึกษา

สมมติฐานหลัก : อุณหภูมิที่สูงขึ้น และเกาะความร้อนเมืองที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เกิดขึ้นจากการพัฒนาเมืองโดยการเพิ่มพื้นที่อาคารคลุมดิน ซึ่งทำให้สูญเสียพื้นที่สีเขียว และไม้ยืนต้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิเมือง

จากสมมติฐานสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

สมการที่ 1 $T_t = f(L1_t, L2_t, L3_t, L4_t)$

โดยการศึกษาได้กำหนดตัวแปรในการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ในการจำแนกตัวแปรจากการพิจารณาถึงลักษณะความสัมพันธ์ ซึ่งจำแนกได้สองตัวแปร คือตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

t = ช่วงเวลาโดยในการศึกษานี้มี 2 ช่วงเวลาห่างกัน 9 ปี

T = อุณหภูมิพื้นผิว

และตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

รูปแบบของสิ่งปกคลุมดินในเมือง (Urban land cover type) โดยในการศึกษาจะใช้ข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม จุดที่มีปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองซึ่งภาพที่ได้จะมีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 30 X 30 ตารางเมตร มาซ้อนทับกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ (2 ช่วงปี ที่มีข้อมูลการสำรวจ จากสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่) ที่มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 30 X 30 ตารางเมตรเท่ากันเพื่อหาค่าการสะท้อนความร้อนที่แตกต่างกันดังนี้

L1 = พืชที่โล่งสีเขียว เช่น ทุ่งหญ้า สวน ป่า และพื้นที่โล่งที่ยังไม่มีการพัฒนา (ขนาดพื้นที่)

L2 = แหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ คู และคลอง (ขนาดพื้นที่)

L3 = พื้นที่โล่งที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง เช่น ถนน และลานจอดรถ (ขนาดพื้นที่)

L4 = ในการศึกษารูปแบบอาคารจะทำการศึกษาโดยแย่งรูปแบบอาคารออกเป็นรูปแบบ 2 มิติ คือ พื้นที่อาคารปกคลุมดิน กับรูปแบบ 3 มิติคือ ปริมาตรอาคาร ซึ่งได้แก่

L4(B) = พื้นที่อาคารปกคลุมดิน (ขนาดพื้นที่)

ปริมาตรอาคารโดยการศึกษาจะทำเช่นเดียวกับการศึกษารูปแบบของสิ่งปกคลุมดินในเมือง โดยการให้ค่าระดับการสะท้อนตามระดับความสูงของอาคาร

L4(BV)= ปริมาตรอาคารต่างๆ (พื้นที่ปกคลุมดินของอาคาร X ความสูง)

โดยมีตัวแปรควบคุมทางด้านเวลา เพื่อเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ และระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน

สมการที่ 2 $\Delta T = f(\Delta L1, \Delta L2)$

โดย Δ = การเปลี่ยนแปลงคำนวณจาก (ค่าของช่วงเวลาที่ 2 - ค่าของช่วงเวลาที่ 1)

4. ขอบเขตของการศึกษา

4.1 ขอบเขตทางด้านพื้นที่

พื้นที่ศึกษาผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทยโดยจังหวัดเชียงใหม่มีบทบาทเป็นเมืองหลักของภาคเหนือตอนบน (ดังแสดงในแผนที่ที่ 1) พื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ครอบคลุมพื้นที่ 49 ตำบล ใน 7 อำเภอ คือ อำเภอสัน

ทราย อำเภอแม่ริม อำเภอดอยสะเก็ด อำเภอสันกำแพง อำเภอสารภี อำเภอหางดง และอำเภอเมือง คิดเป็นพื้นที่รวมทั้งสิ้น 430 ตารางกิโลเมตร (ดังแสดงในแผนที่ที่ 2)

พื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ ตำบลริมเหนือ และตำบลสันโป่ง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ ตำบลสันป่าเปา ตำบลตลาดขวัญ ตำบลสำราญราษฎร์ ตำบลแม่คือ ตำบลสันกำแพง และตำบลบวกค้าง
ทิศใต้	ติดต่อกับ อำเภอเมืองจังหวัดลำพูน
ทิศเหนือ	ติดต่อกับ ตำบลสุเทพ ตำบลแม่แรม พื้นที่ป่าไม้ถาวรตามมติคณะรัฐมนตรี และป่าสงวนแห่งชาติ ป่าแม่ท่าช้าง และป่าแม่ขนิน

4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ในเขตพื้นที่เมือง (Urban Heat Island) จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT TM ช่วงคลื่นความร้อนในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิว ที่เปรียบเทียบระยะเวลาที่ต่างกัน 9 ปี อีกทั้งรวบรวมเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่ตีพิมพ์โดยมีขอบเขตการศึกษาดังนี้

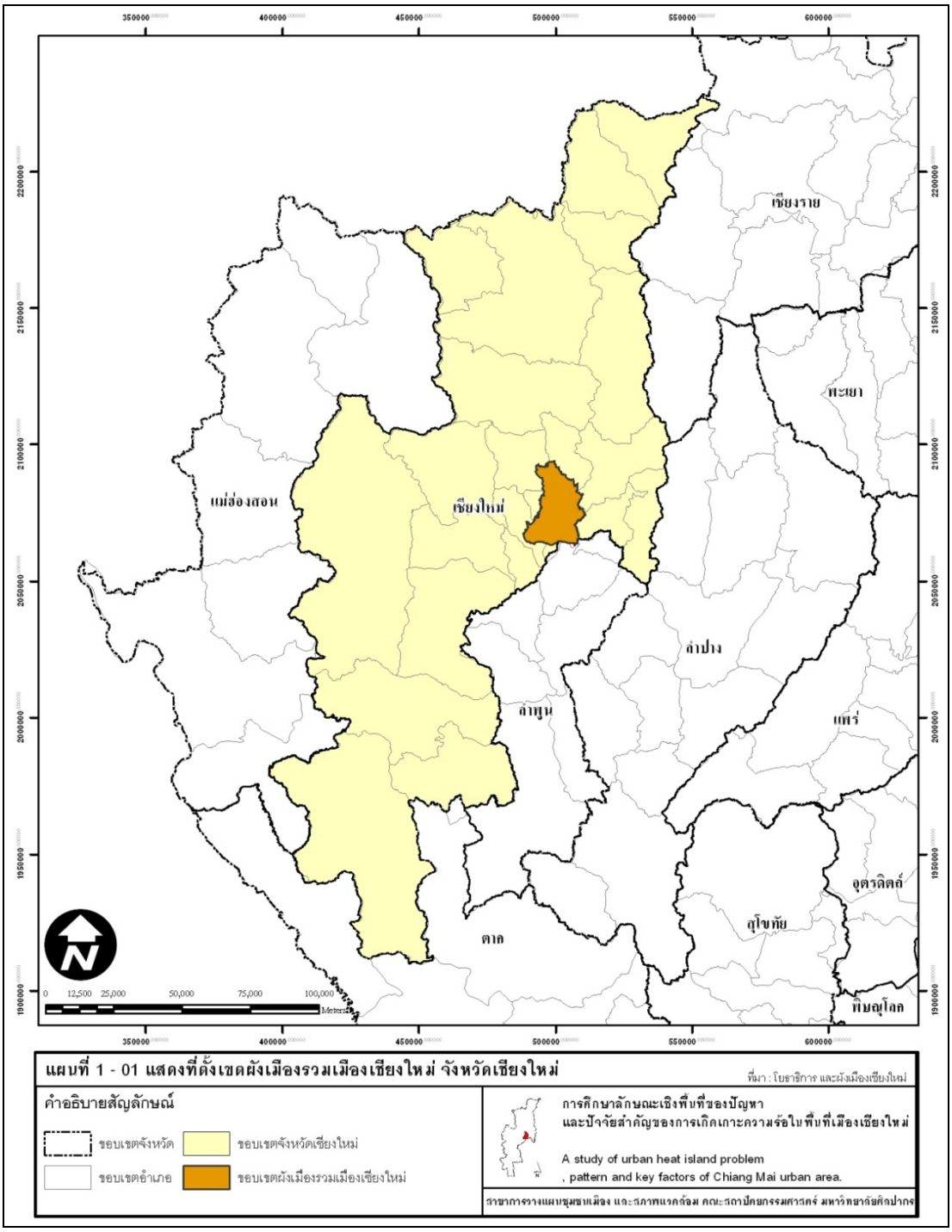
1. ศึกษานิยาม และความหมายของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการพัฒนาเมืองที่ส่งผลถึงสภาพของภูมิอากาศ

3. ศึกษาค่าอุณหภูมิพื้นผิว โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน นำมาหาค่าความสัมพันธ์กับค่า Digital number ของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT TM

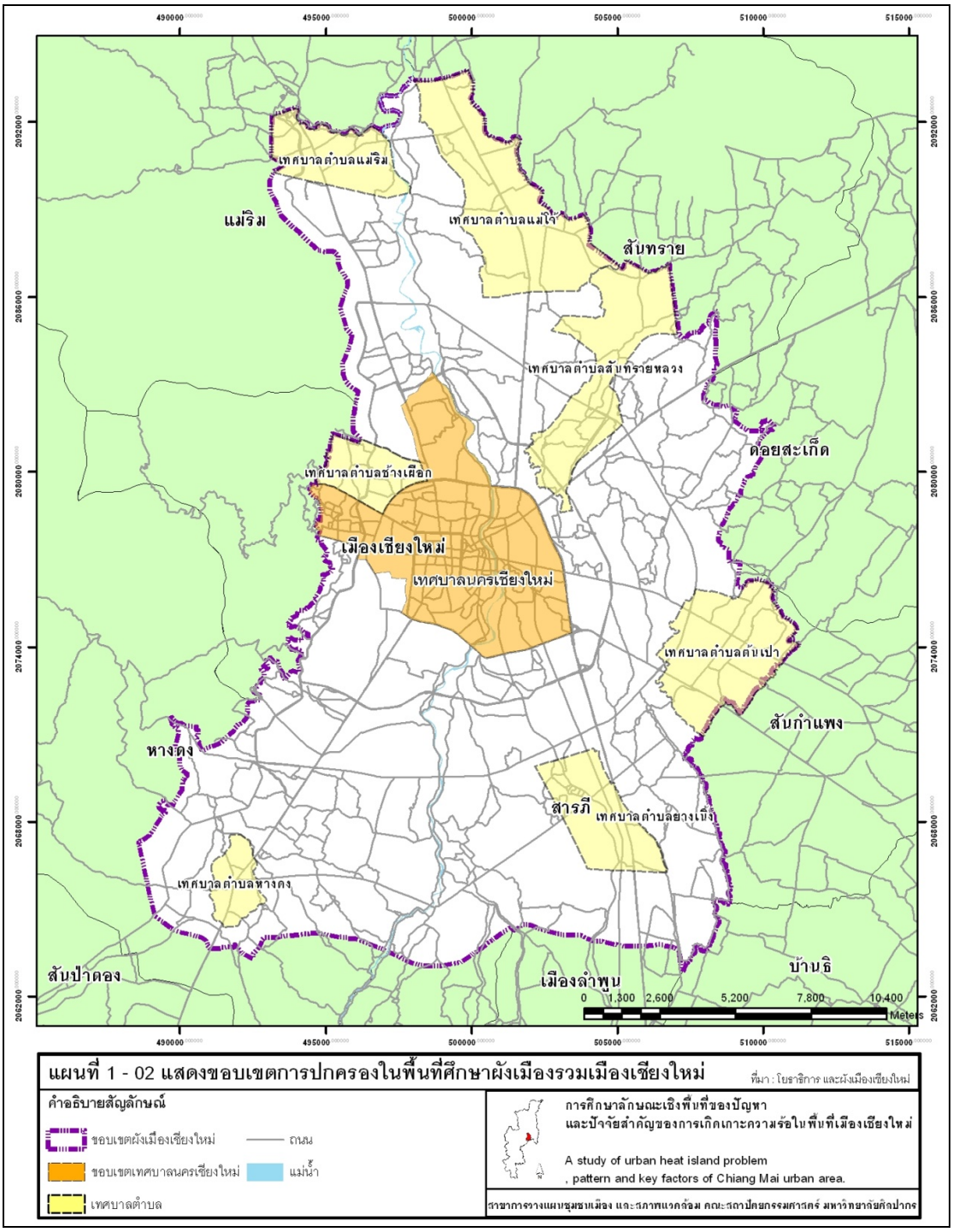
4. ศึกษาองค์ประกอบในการพัฒนาเมือง เช่นลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปแบบอาคาร และความหนาแน่น โดยแบ่งระยะเวลาที่ต่างกัน 9 ปี และในแต่ละช่วงการศึกษาต้องมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของข้อมูลที่ได้จาก LANDSAT TM และหาความสัมพันธ์กับลักษณะอุณหภูมิพื้นผิว ในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้เห็นถึงสภาพการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตเมือง

5) สังเคราะห์สิ่งที่ได้รับจากการวิเคราะห์มาพัฒนาเป็นแนวทางในการออกแบบและวางแผนชุมชนเมือง



แผนที่ที่ 1 แสดงที่ตั้งเขตผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ที่มา : ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553



แผนที่ที่ 2 แสดงขอบเขตการปกครองในผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่

ที่มา : ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553

5. กระบวนการวิจัย

กระบวนการวิจัย ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการจำนวน 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเสนอชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ / เค้าโครงวิทยานิพนธ์

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาทฤษฎี แนวคิด เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบการวิจัย

1) การกำหนดกรอบการวิจัย
2) การเลือกพื้นที่ศึกษา
3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4) กระบวนการวิจัย
5) การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาสภาพของพื้นที่วิจัย โดยศึกษารายละเอียดในเรื่อง

1) ประวัติความเป็นมา และความสำคัญของพื้นที่วิจัย
2) ที่ตั้ง และอาณาเขตของพื้นที่วิจัย
3) สภาพปัจจุบันของพื้นที่วิจัย
4) รูปแบบทางกายภาพของพื้นที่วิจัยซึ่งประกอบไปด้วย สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปแบบอาคาร และที่ว่าง
5) ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่วิจัย

ขั้นตอนที่ 5 การดำเนินการวิเคราะห์ เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และอุณหภูมิพื้นผิว และวิเคราะห์ผลจากความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 การอภิปรายผล และเสนอแนะ

การอภิปรายผลเป็นการนำผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดมาพิจารณา เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะ

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลการศึกษา

การสรุปผลการศึกษาเป็นการสรุปสิ่งที่ค้นพบจากการวิจัย ประกอบด้วยการสรุปสาระสำคัญของงานวิจัย ข้อบกพร่องในการวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยขั้นต่อไป เมื่อดำเนินการตามกระบวนการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ จะดำเนินการจัดทำรายงานสรุปผลการศึกษาเพื่อเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาตรวจสอบต่อไป

6. วิธีการศึกษา

วิธีการวิจัยที่ใช้ทำงานในขั้นตอนที่สำคัญ มีดังนี้

1. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้จะเก็บรวบรวมข้อมูลตามลักษณะของตัวแปรต่างๆ โดยจะได้มาจากการทบทวนทฤษฎีหลักการ และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัยที่วางไว้ โดยแบ่งออกดังนี้

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้แก่ ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจภาคสนามในพื้นที่จริงแบ่งออกเป็น การเก็บข้อมูลสภาพทั่วไป จากการสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ สภาพปัญหาเบื้องต้นเกี่ยวกับความร้อนในเมือง รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกลุ่มอาคารในพื้นที่

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมเอกสารซึ่งเป็นข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพื้นที่ ดังนี้

1.3.1 การเก็บค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน

1.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางกายภาพซึ่งประกอบไปด้วย สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปแบบอาคาร และที่ว่าง

1.3.3 รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการศึกษาจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) ซึ่งต้องคัดเลือกจากข้อมูลที่จัดเก็บไว้

2. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆแล้ว การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมประมวลผล ในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) ที่เป็นทั้งแบบ Raster และ Vector GIS เช่น โปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม และโปรแกรมระบบภูมิสารสนเทศ

2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น และตัวแปรตาม โดยใช้วิธีทางสถิติได้แก่ Linear Regression และ Multiple Regression

2.3 การสรุปผลการวิจัย ใช้วิธีการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์มาดำเนินการ สรุปเป็นข้อเสนอแนะในการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และวางผังชุมชนเมือง

7. ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ในการศึกษาวิจัยนี้ จะให้ความสำคัญในการศึกษาทฤษฎี และวรรณกรรมที่มีอยู่ในประเทศ และต่างประเทศเป็นแนวทางหลักโดยจะเน้นการศึกษารูปแบบของการพัฒนาเมืองเป็นประเด็นหลักของสาเหตุและปัจจัยของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยไม่นำ ความชื้นสัมพันธ์ ความเร็วลม ทิศทางลมมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้

2. ภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการศึกษา จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) เป็นข้อมูลที่มีการจัดเก็บไว้แล้วซึ่งในการศึกษาต้องการคัดเลือก ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุ เวลา วัน เดือน ปี ตามที่ต้องการได้

8. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัยและการศึกษาความหมายที่เกี่ยวข้อง

ปกติในทิศทางใดทิศทางหนึ่งติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน การแก้ไขให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกลับมาเป็นดังเดิม ก็ต้องใช้เวลายามนานเช่นกัน ทั้งนี้ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกัน มีเพียงกรอบเวลาคร่าวๆ เท่านั้นที่ทำให้แย่งการเปลี่ยนแปลงทั้งสองลักษณะออกจากกัน

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง หมายถึง ปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิของบรรยากาศเหนือเมืองมีค่าสูงกว่าพื้นที่รอบนอกเมือง ลักษณะของเส้นอุณหภูมิมีลักษณะคล้ายเกาะหรือโดมขนาดใหญ่เหนือเมือง

เมือง หมายถึงพื้นที่ตั้ง ของกลุ่มชุมชนที่มีประชากรอยู่กันอย่างหนาแน่น ประกอบอาชีพและกิจกรรมทางเศรษฐกิจนอกภาคเกษตรกรรมเป็นหลัก ซึ่งมีความพร้อมด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ เพื่อรองรับการอยู่อาศัยของประชากรในระดับสูง

ชุมชนชานเมือง หมายถึง ชานเมืองเป็นพื้นที่ที่อยู่รอบ ๆ เมือง มีประชากรอาศัยอยู่ร่วมกันหนาแน่นน้อยกว่าเมืองแต่มากกว่าชนบท ประชากรในเขตชานเมืองสามารถมาทำงานที่เมืองแบบไปกลับได้ ถึงแม้ว่าเขตชานเมืองจะแยกการปกครองจากเขตเมืองแต่ก็ยังพึ่งพาอาศัยระบบเศรษฐกิจจากเมืองอยู่บ้าง

การพัฒนาเมือง หมายถึง การพัฒนาเมืองเป็นกระบวนการปรับปรุงชิวิตความเป็นอยู่ของชาวเมืองให้ดีขึ้นทั้งทางด้านประชากร สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม และการเมืองการปกครอง โดยความร่วมมือระหว่างรัฐ ภาคเอกชนและประชาชนที่อยู่อาศัยในเมืองนั้นเป็นสำคัญ

เมืองกระชับ หมายถึง เป็นแนวคิดหนึ่งทางการออกแบบชุมชนเมืองเมือง ที่เน้นการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง เพื่อการรวมกลุ่มคน และใช้ที่ดินแบบผสมผสาน ที่อยู่อาศัยสามารถเข้าถึงระบบขนส่งสาธารณะได้โดยง่ายเพื่อลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว

9. ผลที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ที่มา สาเหตุ ระดับความรุนแรง และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความต่างกันทั้งในแง่ของ เวลา และสถานที่

2. ฐานข้อมูล และองค์ความรู้ที่สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ถ้ามีมากน้อยเพียงใด กระจายอยู่ในพื้นที่ใดบ้างในพื้นที่เขตผังเมืองเชียงใหม่

10. การนำเสนอผลงาน

1. นำเสนอผลการวิจัยเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ ตามรูปแบบของบัณฑิตวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย เนื้อหา ตารางข้อมูล แผนที่ รูปภาพ แผนภูมิ และแผนผังบริเวณ

2. นำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการ โดยจัดทำข้อมูลนำเสนอผ่านทางจอภาพ

3. นำผลการวิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

11. สรุป

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายความสำคัญของปัญหาเกาะความร้อนเมือง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับตัวแปรต่างที่มาจากรูปแบบการพัฒนาเมือง โดยสมมติฐานของการวิจัยนี้มีลักษณะที่เป็นความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร กล่าวคือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในเขตชุมชนเมืองมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการพัฒนาเมือง ซึ่งในการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว จึงต้องมีการกำหนดขอบเขตของเนื้อหา และขอบเขตด้านพื้นที่ โดยกำหนดให้พื้นที่เมืองเชียงใหม่เป็นพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ สำหรับกระบวนการวิจัย และวิธีการวิจัยได้กำหนดขั้นตอนไว้ 7 ขั้นตอน ซึ่งหลังจากบทนี้จะเป็นการศึกษาทฤษฎี แนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2
การศึกษาทฤษฎี แนวคิด วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งเน้นที่จะศึกษา ความเป็นมา ความหมาย สาเหตุ ปัจจัยและวิธีการตรวจวัด การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในอนาคตอันใกล้คาดว่าอัตราการขยายตัวของเมืองจะเพิ่มขึ้นไม่เฉพาะแต่กรุงเทพมหานครเท่านั้น รวมถึงเมืองขนาดใหญ่ที่อยู่ตามภาคต่างๆ เช่น เชียงใหม่ นครราชสีมา ขอนแก่น ฯลฯ ก็มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน การขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว โดยขาดการวางแผน ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของอาคาร และสิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่มีความสูง และขนาดต่างๆ ได้เข้ามาแทนพื้นที่สีเขียว และพื้นที่โล่งภายในเมืองลดน้อยลง ที่ดินส่วนใหญ่ที่เคยปกคลุมไปด้วยพืชพรรณ แหล่งน้ำ และดิน ถูกใช้ไปในการพัฒนาเมืองเพื่อรองรับการเติบโตของเมือง ส่งผลให้พื้นที่เมืองขาดพืชพรรณ ดิน และแหล่งน้ำที่จะช่วยลดอุณหภูมิในพื้นที่เมืองจากการระเหยคายน้ำ (Evaporation) ของต้นไม้ และดิน ประกอบกับลมพัดประจำปีไม่สามารถพัดพาอากาศเสียในเมืองที่เกิดจากฝุ่นและมลพิษในอากาศออกไปจากเมืองได้ ทำให้เกิดเป็นกลุ่มของหมอกควันปกคลุมอยู่เหนือเมือง สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นและเป็นผลมาจากปัญหาต่างๆ ข้างต้น คือ การมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและสะสมอยู่เหนือเมืองมีปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นี้ เช่น การที่พื้นผิวของสิ่งก่อสร้างโดนแสงแดดตลอดเวลา ในช่วงเวลากลางวัน ทำให้มีการดูดซับและสะสมความร้อนเป็นจำนวนมากและมีการคายความร้อนนั้นสู่บรรยากาศทำให้อุณหภูมิของเมืองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความร้อนจากการเผาไหม้ต่างๆ และความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้อยู่ทั่วไปก็ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิในพื้นที่เมืองสูงขึ้นซึ่งมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวัน และสุขภาพของผู้คนที่พักอาศัยอยู่ในเมือง

Pielke (2009 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน รัชดาพร สังวร 2553 : 20-26) การเปลี่ยนแปลง และความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในระยะยาว ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน เป็นตัวแปรสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบสภาพภูมิอากาศที่มีความเชื่อมโยงกับก๊าซเรือนกระจก

การพัฒนาเมืองแบบกระจัดกระจาย (Urban sprawl) ถูกยกมาเป็นข้อโต้แย้งเพราะการสูญเสียพื้นที่สีเขียวรอบเมือง การลดลงของพื้นที่เกษตรกรรม ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา พื้นที่

เกษตรกรรมส่วนใหญ่จะตั้งออกไปรอบเมืองรวมไปถึงทั้งนี้ยังเกี่ยวข้องกับรูปแบบทางสังคม เมืองที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่กลายเป็นเมืองที่ดูดซับ และกักเก็บความร้อนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความร้อนภายในเมือง สภาพการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเมืองที่มีลักษณะที่ซับซ้อนทางด้านรูปทรงวัสดุก่อสร้าง และกิจกรรมมนุษย์การเพิ่มขึ้นของสารก่อมลพิษในอากาศและการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ มลภาวะทางความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์เป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิในเมืองสูงกว่าชนบทปรากฏการณ์นี้รู้จักในนามของ ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) และเป็นปรากฏการณ์ที่มีสัมพันธ์กับสภาวะโลกร้อน ในขณะที่พื้นที่สีเขียว และแหล่งน้ำมีส่วนช่วยในการลดความร้อนที่ถูกกักไว้ในเมือง เรียกพื้นที่ดังกล่าวว่า บริเวณอุณหภูมิต่ำ (Cool Island) ในเวลากลางวันความร้อนจะถูกนำมาใช้ในการระเหยน้ำผิวดินและในดินไปเป็นความชื้นในบรรยากาศรวมทั้งใช้แสงแดดไปในการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืชแทนที่จะเปลี่ยนเป็นความร้อนดังนั้นการลดลงของพื้นที่สีเขียวภายในเมืองย่อมส่งผลทำให้เมืองร้อนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) ที่มีพืชพรรณและพื้นที่โล่ง น้อยกว่าบริเวณพื้นที่ชนบท (Pichakum 1995 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มานัส ศรีวณิช 2553: 1-2)

1. กระบวนการที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

Broen and Gillespie (1995 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546: 21) อธิบายว่าเมื่อมีการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ มายังพื้นโลก พื้นผิว และวัสดุต่างๆ เช่น อาคาร กำแพง พื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวถนนลาด ยางแอสฟัลท์ พืชพันธ์ต่างๆ ฯลฯ พื้นผิวและวัสดุต่างๆ เหล่านี้ได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์แล้วจึงทำให้เกิดกระบวนการต่างๆ ที่สำคัญส่งผลต่อความร้อน และอุณหภูมิอากาศในเมืองได้ กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่

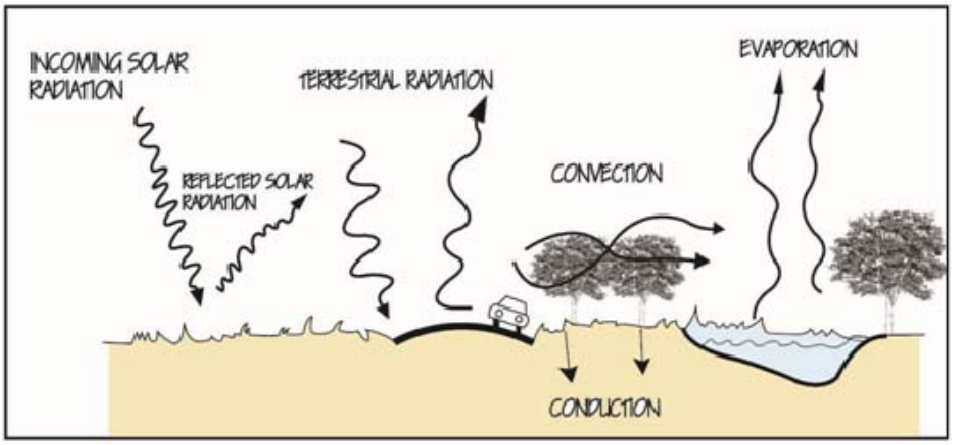
1. การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (Reflected solar radiation) เป็นกระบวนการที่พื้นผิวหรือวัสดุต่างๆ เมื่อได้รับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์แล้ว จะเกิดการสะท้อนของพื้นผิวหรือวัสดุ (ซึ่งบางส่วนอาจมีการดูดซับโดยพื้นผิวหรือวัสดุนั้น) รังสีที่สะท้อนขึ้นมานั้นจะกลายเป็นรังสีคลื่นยาวที่ไม่สามารถมองเห็นได้ แต่จะเป็นพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณที่เกิดการสะท้อนนั้นสูงขึ้นได้ พื้นผิววัสดุที่มีสีอ่อน ผิวเรียบ และแห้งจะสะท้อนรังสีได้ดีกว่าพื้นผิวที่สีเข้ม ผิวขรุขระ และเปียก

2. การแผ่รังสีพื้นผิว และวัตถุ (Terrestrial radiation) เป็นกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) ซึ่งการจัดระดับตามความยาวคลื่นของแสงนั้น การดูดซับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะแปลงรังสีนั้นเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งทำให้พื้นผิว และบรรยากาศของโลกร้อนขึ้น

3. กระบวนการพาความร้อน (Convection) เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยผ่านของไหล (Fluid) ได้แก่ ของเหลว และก๊าซ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง สำหรับผิวโลก ลม และมหาสมุทรเป็นตัวพาความร้อนที่สำคัญ

4. กระบวนการนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ หรือสสารต่างๆ ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่ร้อนกว่าไปยังวัตถุที่เย็น ถ้ามีการถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้อย่างต่อเนื่องอุณหภูมิของวัตถุทั้งสองก็จะเท่ากัน ซึ่งการนำความร้อนเป็นพื้นฐานในการรับรู้ความร้อนและความเย็น เช่น เมื่อเราถือน้ำแข็ง ความร้อนจะไหลจากมือเราไปยังน้ำแข็งเนื่องจากมือเรามีอุณหภูมิสูงกว่าทำให้ ในทางกับกันความเย็นจากน้ำแข็งก็จะทำให้อุณหภูมิมือลดลงด้วย

5. กระบวนการระเหยของน้ำ (Evaporation) กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญที่สามารถลดความร้อนของสภาพแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมนั้นลดลงได้ด้วยความชื้นในบรรยากาศที่เกิดจากการระเหยของน้ำในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

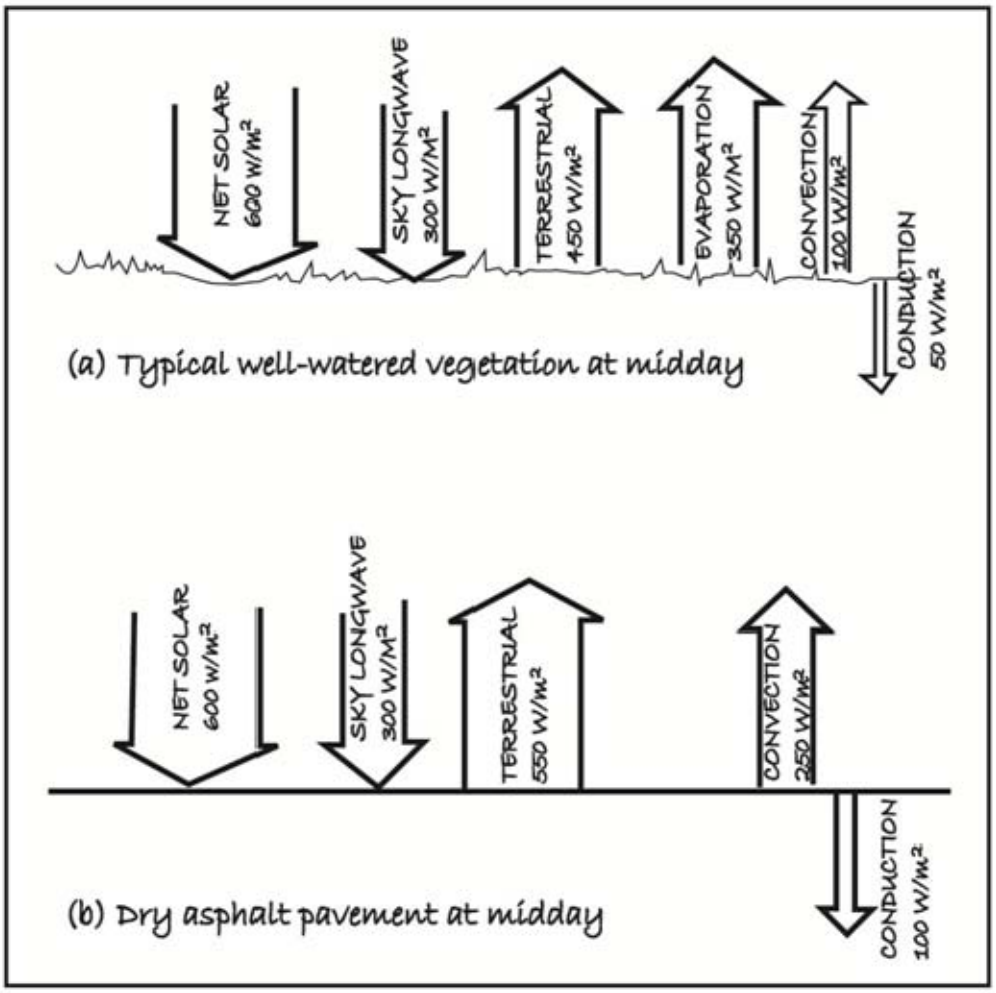


ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ
ที่มา: มนตรี ตั้งศิริมงคล, “ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์เมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546), 21.

จากภาพดังกล่าวแสดงการถ่ายทอดพลังงานในสภาพแวดล้อม ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และในภาพที่ 2 มีการเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าว ระหว่างพื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณกับพื้นดาดแข็งขึ้น ในกรณีที่ได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีคลื่นยาวจากท้องฟ้าที่เท่ากัน พบว่าการแผ่รังสี และการพาความร้อนของพื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณคืนกลับสู่สภาพแวดล้อมนั้น มีพลังงานที่ปล่อยออกมาต่ำกว่าพื้นดาดแข้ง การใช้พลังงานความร้อนในการระเหยของน้ำในพื้นผิว

ที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณมีค่าสูงกว่าพื้นดาดแข็ง ซึ่งมีค่าเป็น 0 ในขณะที่พื้นผิวดาดแข็งนั้นมีการเก็บความร้อน และนำความร้อนภายในเนื้อวัสดุได้สูงกว่าพื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ ดังนั้นพลังงานความร้อนที่เหลือจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และท้องฟ้า ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศนั้น พื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณจึงมีพลังงานความร้อนนั้นต่ำกว่าพื้นดาดแข็ง

ผลจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงลักษณะระบบนิเวศของเมือง ที่เดิมเป็นระบบนิเวศที่เป็นลักษณะธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดปัญหากับระบบนิเวศเมืองหลายประการ ปัญหาหนึ่งที่สำคัญที่ยังคงปรากฏอยู่ในเมืองใหญ่ในปัจจุบัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้น และส่งผลกับสภาพแวดล้อมในเมือง ได้แก่ ปัญหาเกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองนั้นเอง



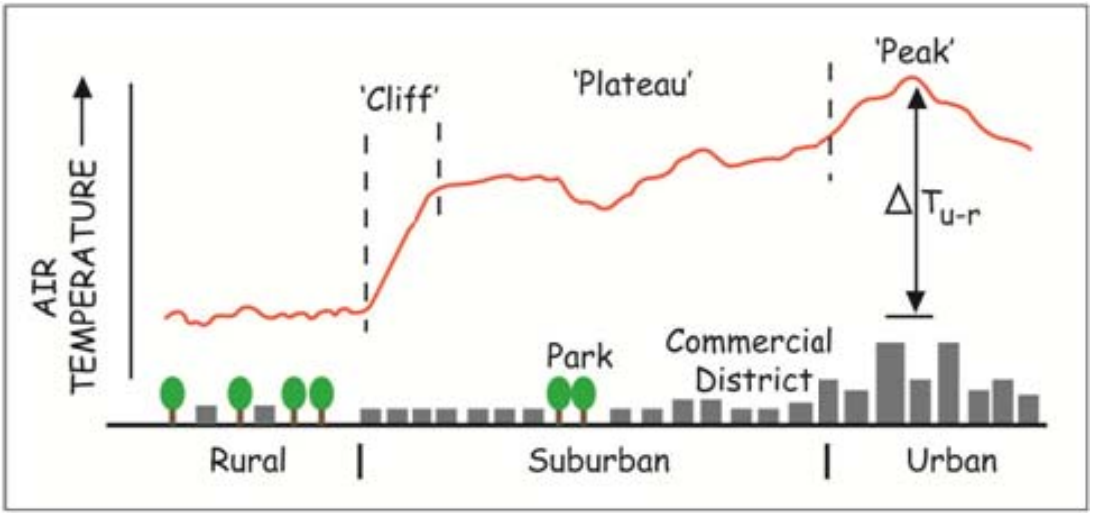
ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายทอดพลังงานของพื้นผิวที่มีพืชพรรณกับพื้นผิวดาดแข็ง

ที่มา: มนตรี ตั้งศิริมงคล, “ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์เมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546), 22.

2. ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island)

2.1 ความหมายของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

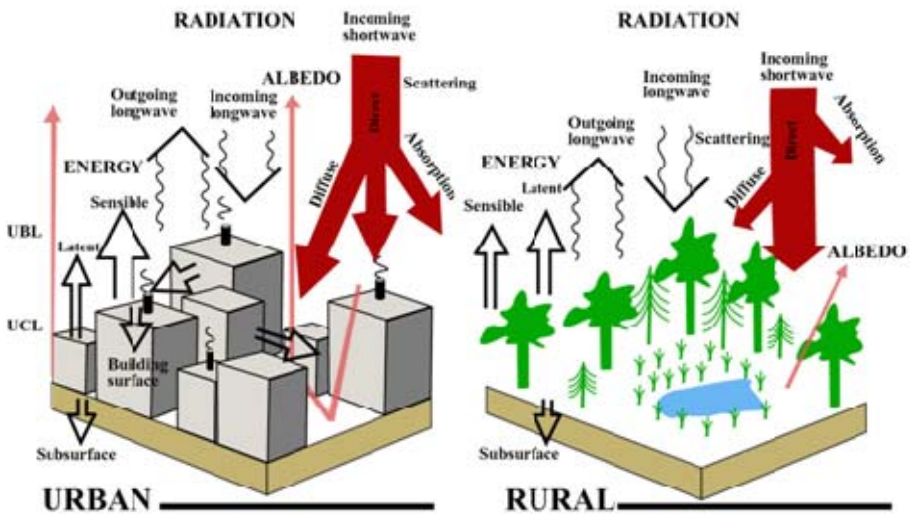
ธนกฤต เทียนมณี (2545: 7) กล่าวว่า "Urban Heat Island" เกิดขึ้นครั้งแรกในภาษาอังกฤษ ในการเขียนรายงานของ Gordon Monley ในปี 1953 ลงตีพิมพ์ใน "Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society" เกาะความร้อนเมือง เป็นชื่อที่เรียกลักษณะภูมิอากาศ ซึ่งแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ (Helmut 1981 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน ธนกฤต เทียนมณี 2545: 7) มีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่ใช้แสดงความแตกต่างทางด้านภูมิศาสตร์มีความคล้ายคลึงกันกับรูป "เกาะ" เป็นความเกี่ยวพันของอุณหภูมิที่มีความอบอุ่น (Warming) กับอุณหภูมิที่มีความเย็นที่อยู่โดยรอบเมืองในบริเวณเขตชนบท (ภาพที่4) แสดงให้เห็นเส้นอุณหภูมิเป็นรูปหน้าผา (Cliff) แสดงให้เห็นถึงความอบอุ่นของอากาศซึ่งมีแนวโน้มที่อุณหภูมิอากาศจะเพิ่มมากขึ้นในบริเวณพื้นที่เมือง รูปแบบของเส้นอุณหภูมิ (Isotherm) ของเส้นโค้งแบบที่ราบสูง (Plateau) เป็นรูปแบบของสิ่งที่รบกวนโดยอิทธิพลของความแตกต่างของอุณหภูมิที่ถูกปล่อยจากสิ่งปลูกสร้างและการใช้ที่ดินบริเวณตัวเมือง ในบริเวณใจกลางเมืองเส้นอุณหภูมิได้แสดงเส้นเป็นยอดภูเขา (Peak) เป็นจุดสูงสุดของเส้นโค้งที่แสดงให้เห็นการก่อตัวของพลังงานความร้อน ปรากฏการณ์เกาะความร้อนจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีความชัดเจนในตอนกลางคืนมากกว่า ตอนกลางวัน และในฤดูหนาวมากกว่าในฤดูร้อนและจะชัดเจนมากเมื่อไม่มีลม หรือมีลมพัดอ่อน



ภาพที่ 4 แสดงภาพตัดขวางของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตเมือง

ที่มา: Wong, **Urban Heat Island** [online], accessed 10 December 2011, Available from http://www.whitetopsnyc.org/problem.html

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากผลกระทบของภูมิประเทศ เนื่องสภาพอากาศบริเวณพื้นที่เหนือเมืองมีความอบอุ่นมากกว่าบริเวณพื้นที่ชนบท เมื่ออากาศร้อนลอยสูงขึ้นก็จะนำฝุ่น และพลูมขึ้นไปด้วยเมื่ออากาศร้อนลอยขึ้นไปปะทะกับชั้นบรรยากาศ อากาศที่เย็นกว่าก็จะสะท้อนกลับมาสู่ด้านล่างทำให้มีลักษณะเป็นรูปโดม และเนื่องจากสิ่งปลูกสร้างในตัวเมืองมีความสูงไม่สม่ำเสมอกัน รูปทรงที่มีลักษณะสิ่งกีดขวางทำให้เกิดการแปรปรวนทางกล การกระจายตัวของฝุ่นและมลภาวะจะถูกกระจายไปในวงกว้างประกอบกับอาคารที่พักอาศัยของมนุษย์ที่ปล่อยพลังงานความร้อนสู่บรรยากาศ ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ชื้อเพลิงที่ถูกพ่นมาจากยานพาหนะ จากเหตุผลข้างต้นอุณหภูมิอากาศที่สูง และมลภาวะจะถูกพัดวนและสะสมอยู่ในเมืองเนื่องจากอากาศที่เย็นกว่าในบริเวณพื้นที่ชนบทไม่สามารถพัดผ่านเข้ามาแทนที่ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เมืองกลายเป็นแหล่งสะสมความร้อนขนาดใหญ่ อุณหภูมิสูงสุดของอากาศมักจะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างหนาแน่น ซึ่งก็มักจะเป็นศูนย์กลางของปรากฏการณ์เกาะความร้อน ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดของอากาศมักจะเกิดขึ้นในพื้นที่สวนสาธารณะและพื้นที่เปิดโล่งอื่นๆ อุณหภูมิของอากาศระหว่างพื้นที่เมือง กับพื้นที่เปิดโล่งในเมืองขนาดใหญ่จะมีความแตกต่างกันตามขนาดของเมืองที่ต่างกัน (Fukui and Wada ไม่ระบุปี : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 21)



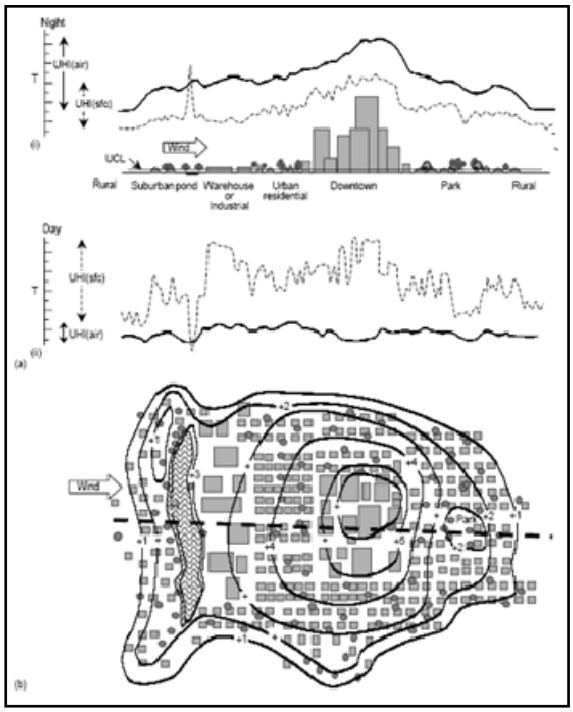
ภาพที่ 5 แสดงวงจรของคลื่นรังสีความร้อน และความเข้มข้นของพลังงานความร้อนในพื้นที่เมือง และในพื้นที่ชนบทในวันที่ท้องฟ้าเปิด

ที่มา : Tim Oke, **ไม่ระบุชื่อหนังสือ,** (New York : Principles & Practices , 1988), ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มานัส ศรีวณิช, “ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับลักษณะเชิงพื้นที่ต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง” (เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่องประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 1, 2553), 44.

ดังจะเห็นว่าความแตกต่างกันระหว่างสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่เมือง และชนบท เช่น ในเขตเมืองส่วนใหญ่มีลักษณะทางกายภาพ และวัสดุที่นำมาใช้มีค่าการสะท้อน กังเก็บความร้อนสูง ส่งผลให้รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันมีการสะท้อน และกังเก็บความร้อน อีกทั้งมีการปลดปล่อยความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้อุณหภูมิเมืองสูง ในขณะเดียวกันในช่วงเวลากลางคืน ความร้อนที่สะสมไว้ในวัสดุพื้นผิวต่างๆ มีการคายความร้อนออกมาในรูปของรังสีอินฟราเรดอันมีผลต่ออุณหภูมิอากาศในเขตเมืองที่สูงกว่าในพื้นที่เขตชนบท ซึ่งปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองนี้ได้เกิดกับเมืองใหญ่ๆ ทั่วโลก รวมทั้งกรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ เป็นต้น โดยเมืองที่มีประชากร 10,000 คนก็สามารถเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ (พงศ์เทพ วิวรรณธนะเดช 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน จเร เศรยศสกุล 2548: 28)

2.2 ลักษณะของเกาะความร้อนเมือง

ลักษณะเชิงพื้นที่



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะของเกาะความร้อน (a) รูปตัดขวางของอุณหภูมิอากาศในชั้นเรือนยอด และอุณหภูมิพื้นผิวภายใต้สภาวะเกาะความร้อนในช่วงเวลากลางคืน (i) และเวลากลางวัน (ii) (b) แผนผังแสดงรูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศที่เกิดขึ้นในสภาวะเกาะความร้อนในเมืองช่วงเวลากลางคืน

ที่มา : James A Voogt**, Causes and consequences of global environmental change (**University of Western Ontario, 2002), 660-666**.**

เหตุผลที่ชื่อเกาะความร้อนเมืองก็เพราะรูปแบบของไอโซเทอร์ม (Isotherm) รูปแบบที่มีลักษณะคล้ายเกาะ รูปแบบแท้จริงขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตเมือง แต่โดยทั่วไปมักจะไล่ตามขนาดของรูปแบบภูมิอากาศในเมือง ถึงชนบท โดยจะมีการเพิ่มขึ้นทีละน้อยจากชนบท และจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อถึงศูนย์กลางเมืองภายในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง รูปแบบที่มีอิทธิพลในพื้นที่จะจำแนกตามพื้นผิว เช่น สวนสาธารณะ แหล่งน้ำ และความหนาแน่น ที่มากขึ้นหรือลดลง ของสิ่งปลูกสร้าง ภาพที่ 6 (b) รูปแบบเชิงพื้นที่ของ ไอโซเทอร์ม จะเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่เมือง แต่อาจแสดงให้เห็นได้ตามการไหลเวียนของกระแส

ลมตามธรรมชาติ ลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมของเมือง (เช่นสถานที่ตั้งอยู่ในหุบเขาหรือแนวชายฝั่ง) อาจเป็นตัวเพิ่มความซับซ้อนของลักษณะเกาะความร้อนเมืองได้ เช่นลมทะเล ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลกระทบที่เกิดขึ้นในเมือง

2.3 การก่อรูปแบบของเกาะความร้อนเมือง

2.3.1 การพัฒนาตามเวลา (Temporal Development)

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจะแสดงให้เห็นชัดในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นที่เมือง และชนบท ความแตกต่างของอัตราการระบายความร้อนจะเห็นได้ชัดที่สุดเมื่อท้องฟ้าเปิด และมีกระแสลมอ่อนๆ ความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองโดยทั่วไปจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงพระอาทิตย์ตก ถึงแม้ว่าไม่สามารถกำหนดระยะเวลาที่แน่นอนของระดับความรุนแรงสูงสุด ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันไป ตามสภาพอากาศ และฤดูกาล (ภาพที่ 7) ในบางกรณี เกาะความร้อนในทางลบ หรือเกาะความเย็น อาจอธิบายลักษณะบางประการของพื้นศูนย์กลางเมือง ในช่วงเวลากลางวันเนื่องจากการดูดซับความร้อนช้า และมีร่มเงาขนาดใหญ่จากอาคารสูง

ความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากความรุนแรงของเกาะความร้อนเมือง จะมีผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของลมท้องถิ่นการพัดผ่านของลม ซึ่งจะมีอัตราต่ำเมื่อเข้าสู่ศูนย์กลางเมือง และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อออกสู่พื้นที่ชนบท ในพื้นที่เมืองที่มีกระแสลมรุนแรง และกระแสลมที่ไหลย้อนกลับอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ชนบท การไหลเวียนของความร้อน ความชื้น และมลพิษ เป็นนัยสำคัญของการการแพร่กระจายของสารมลพิษโดยรอบพื้นที่เมือง และการเพิ่มระดับความรุนแรงของเกาะความร้อนเมือง

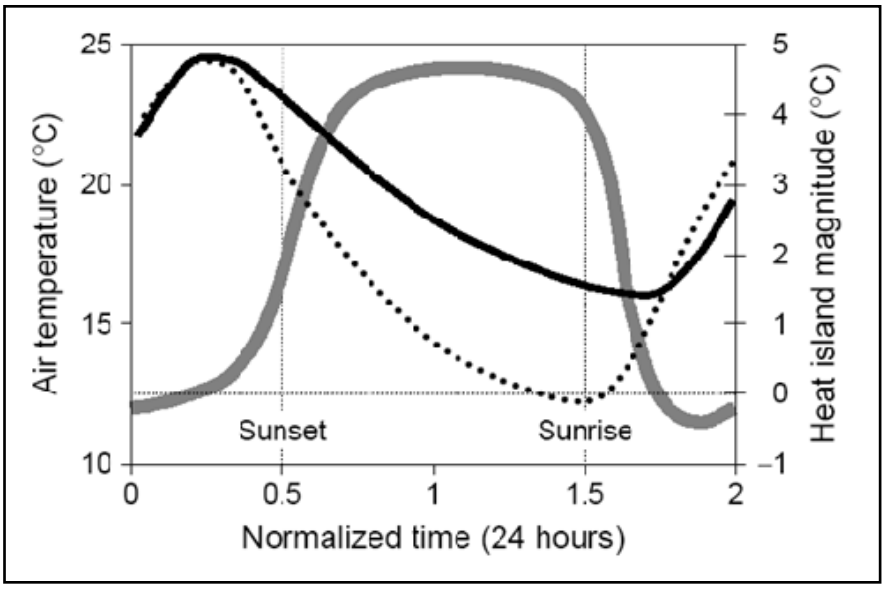
2.3.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดเกาะความร้อนเมือง (Formative Factors)

ความแตกต่างของอัตราการระบายความร้อนที่สะสมอยู่ด้านล่างของเกาะความร้อนเมือง ซึ่งรับอิทธิพลมาจากลักษณะพื้นผิว และสภาพอากาศ นอกจากนี้ยังมีการความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้น โดยปกติแล้วความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มีแนวโน้มที่จะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด

ในสภาพอากาศที่หนาวเย็นในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากความจำเป็นในการสร้างความอบอุ่น แต่ความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ยังเกิดจากผลกระทบจากการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมไปถึงการคมนาคมในเมืองที่ปล่อยความร้อนออกสู่บรรยากาศ (Taha 1997 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน Voogt 2002 : 660-666)

Oke (1982: 1- 24) กล่าวว่าปริมาณความร้อนของพื้นผิวเมืองที่เกิดจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ที่ส่งความร้อนมาสู่โลก เช่นเดียวกับ สิ่งปกคลุมดิน และสภาพภูมิอากาศพื้นผิวเมืองที่เกิดเกาะความร้อนเมืองมักจะมีอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อน

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจึงส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประจำปีของเมืองที่มีประชากรหนึ่งล้านคนหรือมากกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพแวดล้อมทั่วไปถึง 1°C - 3°C และในวันท้องฟ้าปลอดโปร่ง คืนที่สงบ ความต่างต่างของอุณหภูมิอาจมากสุดถึง 12°C แม้แต่ในเมืองเล็ก ก็สามารถสร้างเกาะความร้อนได้ แต่จะมีผลกระทบน้อยกว่าเมืองใหญ่



ภาพที่ 7 แสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงทั่วไปของอุณหภูมิภายในเมือง และชนบท (เส้นทึบ) แลขนาดของเกาะความร้อนเมือง (เส้นบาง) ในวันที่ฟ้าใส และลมสงบ ซึ่งผลอาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และฤดู

ที่มา: Tim Oke, **Reducing Urban Heat Islands : Compendium of Strategies** [online], accessed 15 July 2011. Available from http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/GreenRoofs Compen dium.pdf.

2.4 สาเหตุของการเกิดเกาะความร้อนเมือง

สาเหตุสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง พบว่าเกิดจากความแตกต่างด้านภูมิประเทศโดยมีสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้หลายสาเหตุ สามารถรับรู้ได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน สาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวมีดังนี้

2.4.1 สิ่งปกคลุมดิน

สิ่งปกคลุมดินมีผลต่อระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง เช่นลักษณะทางเรขาคณิต และคุณสมบัติของพื้นผิว Oke (1982: 1- 24) เรขาคณิตพื้นผิว หมายถึง อาคารหรือวัสดุที่บดบังท้องฟ้า และพื้นผิวในเมืองที่รู้จักกันในชื่อของ "sky view factor (SVF)" เนื่องจากการลดลงเป็นจำนวนมากของ SVF พื้นผิวในเมือง โดยเฉพาะช่องว่างระหว่างอาคาร ทำให้ความสามารถในการสูญเสียความร้อนโดยการโอนรังสีเย็นจากท้องฟ้าจะถูกแทนที่ด้วยความร้อนของพื้นผิวอาคาร ผลกระทบจากรูปทรงทางเรขาคณิตพื้นผิว ยังมีส่วนในการลดการสูญเสียความร้อน โดยการพาความความร้อน การลดลงของ SVF อย่างต่อเนื่องนำไปสู่ความรุนแรงที่เพิ่มสูงขึ้นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองถึงแม้ว่าอาคารที่ปลูกสร้างติดกันจะช่วยเพิ่มพื้นที่ใต้ร่มเงาซึ่งจะลดการดูดซับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ระหว่างวันก็พอที่จะทำให้อุณหภูมิลดลงได้บ้าง

คุณสมบัติทางความร้อนของพื้นผิวโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติในการระบายความร้อน (μ) การควบคุมการดูดซับความร้อน และการระบายความร้อนจากพื้นผิววัสดุที่มีความทึบ หรือชื้น เช่นโลหะ หิน และดินเหนียวที่อิ่มตัว สามารถดูดซับความร้อน และระบายความร้อนได้อย่างง่ายดาย (μ สูง) วัสดุที่แห้ง และหนาแน่นน้อยกว่า มีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดีเช่น ไม้ ทราย หรือคอนกรีตมวลเบา มีค่า μ ต่ำ (ดูจากตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แนะนำสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน

สาเหตุ	ลักษณะ
รูปทรงทางเรขาคณิตของพื้นผิว	- การเพิ่มพื้นที่ของพื้นผิว และการวางรูปทรงที่ขวางรังสีจากดวงอาทิตย์ นำไปสู่การสะท้อน และการดูดกลืบรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น - การสร้างสิ่งปลูกสร้างติดกันจะลดปัจจัยการระบายความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน - การบดบังของอาคารจะเป็นตัวลดอัตราการระบายความร้อนจากพื้นผิว และอากาศใกล้พื้นผิว

ตารางที่ 1 แนะนำสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (ต่อ)

สาเหตุ	ลักษณะ
คุณสมบัติทางความร้อนของพื้นผิว	- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างภายในเมืองมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนได้ดี
สภาพของพื้นผิว (สิ่งปกคลุม)	- ระบบสาธารณูปโภคของเมืองลดการระเหย และกักเก็บน้ำใต้ผิวดิน
ความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์	- การปล่อยพลังงานความร้อนออกสู่นอกอาคาร ยาพาหนะ และจากมนุษย์
ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจกในเมือง	- มลพิษ และอุณหภูมิอากาศที่สูงในพื้นที่เมืองที่เกิดจากการปล่อยรังสีความร้อนออกมาจากพื้นผิวเมือง

ที่มา: Tim Oke, **Reducing Urban Heat Islands : Compendium of Strategies** [online], accessed 15 July 2011. Available from http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/GreenRoofsCompendium .pdf.

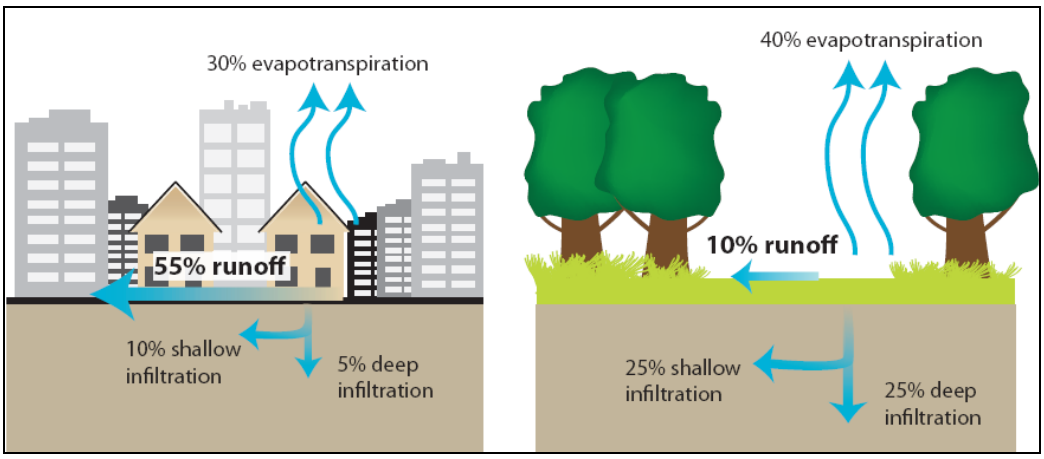
2.4.2 การลดลงของพื้นที่สีเขียว

ในชนบท มักจะเต็มไปด้วยต้นไม้ และพืชที่ให้ร่มเงา ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิของพืชผิว นอกจากนี้ยังช่วยลดอุณหภูมิในอากาศที่ผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การคายระเหย (Evapotranspiration) ในที่นี้พืชจะทำการคายน้ำออกสู่อากาศโดยรอบซึ่งจะทำให้อุณหภูมิโดยรอบลดลง ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ในเขตเมืองมีลักษณะกักเก็บความร้อนได้ดี เช่นหลังคา ทางเท้า ถนน และลานจอดรถ เมื่อพื้นที่เมืองพัฒนามากขึ้นสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติก็จะถูกแทนที่หรือปกคลุมไปด้วยสิ่งปลูกสร้าง และโครงสร้างพื้นฐาน พื้นดินใต้ร่มเงาครอบคลุมผลน้อยลง และความชื้นที่ช่วยให้เมืองเย็นลงก็ลดน้อยลงไปด้วย (ดูภาพที่ 8) ซึ่งทำให้อุณหภูมิพื้น และอุณหภูมิเมืองสูงขึ้น

ในกรณีของความชื้นสัมพันธ์ในเมืองแต่ละขนาดรูปแบบแพร่กระจายจะคล้ายกับการแพร่กระจายของอุณหภูมิอาการ คือ ในพื้นที่เมืองจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าชานเมืองและพื้นที่เปิดโล่งทั้งช่วงกลางวันและกลางคืน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอาการ ความชื้นสัมพันธ์ และการระเหยของน้ำ พบว่าคลื่นความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนสุทธิจะมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน ในขณะที่อุณหภูมิอากาศ และการระเหยของน้ำจะมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย เมื่ออัตราการระเหยของน้ำมีปริมาณมากที่สุดในช่วงบ่าย เช่นนี้ ก็จะเป็นเหตุให้ปากใบพืชปิดซึ่งจะส่งผลถึงการลดอัตราการแพร่ของความชื้นไปด้วย (Waggoner and others 1985: ไม่ปรากฏเลขหน้า,

อ้างถึงใน ธนกฤต เทียนมณี 2545 : 10) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง และมีพืชพรรณน้อยในบริเวณพื้นที่โดยรอบหรือพื้นที่เปิดโล่ง

พืชพรรณมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปรากฏการณ์นี้ เนื่องจากรังสีที่เข้ามาพืชจะปรับเปลี่ยนเป็นความร้อนแฝง ทำให้การไหลเวียนของความร้อนระหว่างวันต่ำกว่าพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างปกคลุมด้วยยางมะตอย และคอนกรีต นอกจากนี้ร่มเงาของต้นไม้จะช่วยลดอัตราการดูดซึมรังสีของพื้นดิน ในช่วงเวลากลางคืน พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ ในพื้นที่เปิดโล่งจะช่วยในการระบายความร้อนจากการแผ่รังสีขณะที่พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยสิ่งปลูกสร้างมีการระบายความร้อนที่ค่อนข้างต่ำ



ภาพที่ 8 แสดงพื้นผิว และการคายระเหย

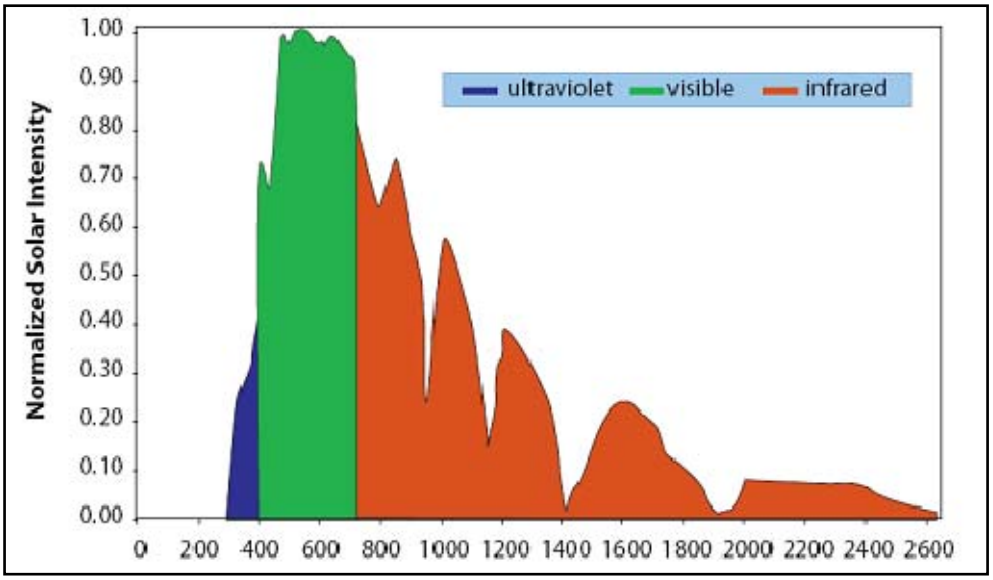
ที่มา: Tim Oke, **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies** [online], accessed 15 July 2011. Available from http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/GreenRoofsCompendium .pdf.

นอกจากนั้นความแตกต่างของสภาพพื้นผิวสำหรับการระเหยของน้ำควรจะถูกพิจารณาด้วยในพื้นที่เมืองซึ่งเต็มไปด้วยถนน หลังคาก็มีการระบายน้ำที่ดี และมีระบบระบายน้ำเสียที่ดี สิ่งเหล่านี้ทำให้ฝนที่ตกลงมาไหลผ่านไปอย่างรวดเร็ว โดยไม่ได้ถูกหน่วงไว้ที่พื้นผิวในระดับพื้นดินของเมืองเลย สิ่งนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำทั้งเข้าและออกจากเมือง ดังนั้นความชื้นสัมพันธ์ในพื้นที่เมืองจึงมีน้อยกว่าในเขตชานเมือง (Yoshino 1975 ; Carisonand 1978 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน ธนกฤต เทียนมณี 2545: 11)

2.4.3 คุณสมบัติของวัสดุในเขตเมือง

คุณสมบัติของวัสดุในเขตเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติของการสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีความร้อน และการกักเก็บความร้อน ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ

อุณหภูมิภายในเมือง ภาพที่ 9 แสดงรูปแบบพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไปที่มาถึงพื้นผิวโลกที่ชัดเจนในช่วงฤดูร้อน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยรังสีอัลตราไวโลเลต (Ultraviolet :UV) และพลังงานอินฟราเรด ซึ่งพลังที่เข้ามาพื้นโลกจะมีอัตราร้อยละที่แตกต่างกัน 5% ของพลังงานแสงอาทิตย์ จะอยู่ในคลื่นแสงยูวี ซึ่งรังสียูวีเป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็นได้ในปริมาณที่พอเหมาะ รังสียูวีจะมีประโยชน์ช่วยให้ร่างกายได้รับวิตามินดี แต่หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เป็นอันตรายต่อผิวหนัง 43% เป็นรังสีที่มองเห็น (Visible light) เช่น แสงแดด เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วย แสงสีต่างๆ ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน และที่เหลืออีก 52% ของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานอิฟราเรด (Infrared) ที่กระจายความร้อน พลังงานในทุกช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนขึ้น ซึ่งอัตราส่วนการสะท้อนความร้อนของพลังงานดวงอาทิตย์จากพื้นผิวมีมากกว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่พบได้ในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ (ดูภาพที่ 9) ดังนั้นการสะท้อนแสงอาทิตย์จึงมีความสัมพันธ์กับ สีของวัสดุ พื้นผิวสีเข้มมักมีค่าการสะท้อนความร้อนที่ต่ำกว่าพื้นผิวสีอ่อนกว่า



ภาพที่ 9 แสดงพลังงานแสงอาทิตย์กับความยาวคลื่นที่เข้าถึงพื้นผิวโลก (ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์อาจแตกต่างกันมากกว่าช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ประมาณ 250-2500 nm (nanometers))

ที่มา: **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies** [online], accessed 15 July 2011. Available from http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/GreenRoofsCompendium.pdf.

คุณสมบัติ หรือลักษณะที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ (Thermal Characteristic) ของวัสดุพื้นผิวซึ่งเมื่อได้รับอิทธิพลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์แล้วจะเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ อาจมีการจำแนกได้กว้างๆ เป็น 3 ลักษณะได้แก่

2.4.3.1 พื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูง (High Albedo) กล่าวคือ พื้นผิวเมื่อได้รับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ จะมีการสะท้อนรังสีในสัดส่วนที่สูงกว่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ ซึ่ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นเนื่องจากปริมาณความร้อนที่สะท้อนจากพื้นผิวชนิดนี้ (Robinette 1972: ไม่ปรากฏเลขหน้า) วัสดุซึ่งมีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ พื้นผิวคอนกรีต และพื้นผิวดิน

2.4.3.2 พื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนต่ำ (Low Albedo) กล่าวคือ พื้นผิวเมื่อได้รับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ จะมีค่าการสะท้อนรังสีในสัดส่วนที่ต่ำกว่าการดูดซับความร้อนของวัสดุซึ่งมีผลให้ค่าการปล่อยความร้อน หรืออัตราการฉายแสง (Emissivity) สูงด้วยดังนั้นจึงส่งผลให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นสูงด้วย (Robinette 1972 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) ซึ่งพื้นผิวที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ พื้นผิวราดยางมะตอย

2.4.3.3 พื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ (Vegetation Cover) ถึงแม้ว่าพื้นผิวที่ปกคุมด้วยพืชพรรณ เมื่อได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จะมีคุณสมบัติในการสะท้อนต่ำ และมีค่าการดูดซับความร้อนสูง แต่ความร้อนที่ดูดซับเข้าไปนั้น พืชพรรณจะใช้ไปในการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ และกระบวนการในการดำรงชีวิต ทำให้ความร้อนที่ปล่อยคืนสู่สภาพแวดล้อมมีปริมาณต่ำส่งผลให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นลดลงอีกด้วย

เป็นธรรมดาที่พื้นที่ในเขตเมืองมักจะมีวัสดุพื้นผิว เช่นวัสดุที่ใช้มุงหลังคา วัสดุที่ใช้ทำถนนซึ่งมีค่าอัตราการสะท้อน (Albedo) ต่ำกว่าพื้นที่ในเขตชนบท ดังนั้นพื้นที่เมืองโดยทั่วไปจึงมีอัตราการสะท้อนน้อยลง และดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น การดูดซับความร้อนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิว ทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้น การสะท้อนแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลักของอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุ นอกจากจากนี้ยังมีคุณสมบัติการเปล่งรังสีความร้อนซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสามารถในพื้นผิวของการผลัดความร้อน หรือคายความร้อน พื้นผิวที่มีค่าการเปล่งรังสีสูงจะมีอุณหภูมิต่ำ เพราะสามารถคายความร้อนได้ดี คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองคือคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อน วัสดุก่อสร้างจำนวนมาก เช่นหิน และเหล็ก มีการกักเก็บความร้อนที่สูงกว่าวัสดุที่ใช้ในพื้นที่เขตชนบท เช่นดิน และทราย ดังนั้นในพื้นที่เมืองจะกักเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ในโครงสร้างพื้นฐานของเมือง ดังนั้นเมืองมหานครจึงสามารถดูดซับ และกักเก็บความร้อนได้เป็นสองเท่าเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมในชนบท (Christen and Vogt 2004 : 1395-1421)

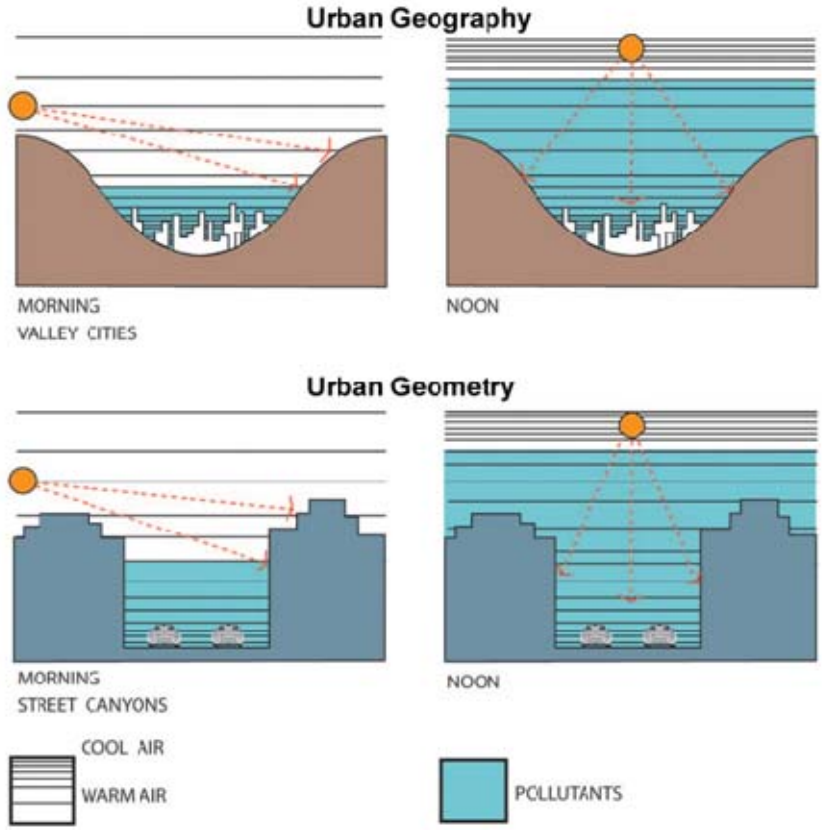
ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุโดยทั่วไป

Substance	Thermal Conductivity	Volumetric Heat Capacity
Air		
Still (at 10 ºC)	0.025	0.0012
Turbulent	3,500 – 35,000	0.0012
Water		
Still (at 4 ºC)	0.60	4.18
Stirred	350.00(approx.)	4.18
Ice (at -10 ºC)	2.24	1.93
Snow (fresh)	0.08	0.21
Sand (quartz)		
Dry	0.25	0.9
15 percent moisture	2.0	1.7
40 percent moisture	2.4	2.7
Clay (non organic)		
Dry	0.25	1.1
15 percent moisture	1.3	1.6
40 percent moisture	1.8	3.0
Organic Soil		
Dry	0.02	0.2
15 percent moisture	0.04	0.5
40 percent moisture	0.21	2.1
Asphalt	0.8 - 1.1	1.5
Concrete	0.9 – 1.3	1.6

ที่มา: จเร เศรยศสกุล, “ผลของสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อสมดุลความร้อนของเมืองและการคงตัวของบรรยากาศในพื้นที่เมืองเชียงใหม่” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548), 12.

2.4.4 เรขาคณิตเมือง และลักษณะทางภูมิศาสตร์ (Urban Geometry and Urban Geography)

ปัจจัยเพิ่มเติมที่มีผลต่อการพัฒนาเกาะความร้อนเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน คือเรขาคณิตเมือง ซึ่งหมายถึงขนาด และระยะห่างของอาคารภายในเมือง ซึ่งเรขาคณิตเมืองมีอิทธิพลผลต่อการไหลของลมการดูดซับความร้อน และกำหนดคุณสมบัติของพื้นผิวในการปล่อยรังสีคลื่นยาวกลับไปยังนอกโลก ในเมืองที่พัฒนา ซึ่งมีอาคารอยู่ติดกันเป็นจำนวนมาก ทำให้กระแสลมไม่สามารถพัดผ่านได้อย่างง่ายดายเพราะสิ่งกีดขวางเหล่า จึงไม่สามารถระบายความร้อนได้จนทำให้เกิดกลุ่มความร้อนขนาดใหญ่เหนือเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน อุณหภูมิในพื้นที่ศูนย์กลางเมืองจะสูงกว่าในพื้นที่ชนบท ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองนี้มีผลกระทบรุนแรงต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในเมือง



ภาพที่ 10 แสดงการก่อรูปของปรากฏการณ์ในเมืองและถนนที่มีอาคารสูงขนาบทั้งสองด้านซึ่งมีกระบวนการเดียวกับในหุบเขาที่มีการตั้งโรงงานอุตสาหกรรม

ที่มา : มนตรี ตั้งศิริมงคล, “ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์เมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546), 19.

Spirn (1984 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 19-20) ได้กล่าวถึงปรากฏการณ์ที่สำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อน และมลพิษทางอากาศภายในเมือง ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของบริเวณถนน คือปรากฏการณ์ที่เกิดจากลักษณะที่มีอาคารสูงรายล้อมทั้งสองฟากถนน ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบกับหุบเขาในพื้นที่ธรรมชาติ เรียกว่า หุบเขาในเมือง (Urban canyons) ทำให้ความร้อนและมลพิษถูกเก็บกักไม่สามารถกระจายออกได้ โดยมีการศึกษาปรากฏการณ์นี้ในเมือง Stuttgart ประเทศเยอรมันตะวันตก ซึ่งเมืองตั้งอยู่ในหุบเขา โดยเป็นเมืองอุตสาหกรรมส่งผลให้หุบเขานี้เปลี่ยนแปลงกลายเป็นที่เก็บกักมลพิษขนาดใหญ่ เนื่องจากความร้อนไม่สามารถกระจายออกไปได้ ทำให้อุณหภูมิในช่วงเช้าจะเย็นกว่า และจะเพิ่มปริมาณความร้อนขึ้นในช่วงเวลากลางวันเนื่องจากมลพิษที่กักเก็บไว้ในหุบเขานั้นเอง ซึ่งเปรียบเทียบได้กับบริเวณถนนที่มีอาคารสูงขนาบทั้งสองด้าน ก็จะเกิดกระบวนการนี้เช่นกัน นอกจากนี้ การระบายอากาศของบริเวณถนนขึ้นอยู่กับความกว้างของถนน ความสูงและรูปร่างของอาคารที่อยู่โดยรอบ และทิศทางของถนนที่สัมพันธ์กับทิศทางลมเมื่อถนนขนานกับทิศทางลมความเร็วลมก็สามารถระบายอากาศออกไปได้ดีด้วย (มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 19-20)

ตารางที่ 3 แสดงสรุปสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน

สาเหตุ	ลักษณะ
รูปทรงทางเรขาคณิตของพื้นผิว	- การเพิ่มพื้นที่ของพื้นผิว และการวางรูปทรงที่ขวางรังสีจากดวงอาทิตย์ นำไปสู่การสะท้อน และการดูดกลืบรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น - การสร้างสิ่งปลูกสร้างติดกันจะลดปัจจัยการระบายความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน - การบดบังของอาคารจะเป็นตัวลดอัตราการระบายความร้อนจากพื้นผิว และอากาศใกล้พื้นผิว
คุณสมบัติทางความร้อนของพื้นผิว	- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างภายในเมืองมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนได้ดี
สภาพของพื้นผิว (สิ่งปกคลุม)	- ระบบสาธารณูปโภคของเมืองลดการระเหย และกักเก็บน้ำใต้ผิวดิน
ความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์	- การปล่อยพลังงานความร้อนออกสู่นอกอาคาร ยาพาหนะ และจากมนุษย์
ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจกในเมือง	- มลพิษ และอุณหภูมิอากาศที่สูงในพื้นที่เมืองที่เกิดจากการปล่อยรังสีความร้อนออกมาจากพื้นผิวเมือง

2.5 ความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ (Anthropogenic Heat)

การทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ในเมืองมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในเมืองซึ่งมีปัจจัยที่ส่งเสริมให้มีความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์อยู่ 4 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

2.5.1 ความหนาแน่นของประชากร ในบริเวณเมืองที่มีประชากรหนาแน่นมาก อุณหภูมิจากกิจกรรมของมนุษย์ย่อมมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ใจกลางเมืองซึ่งมักเป็นย่านธุรกิจการค้า ทำให้ให้มีการเพิ่มขึ้นของประชากรจากนอกพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาพบว่าเมืองใหญ่ๆ ในเวลากลางวันจะมีประชากรเพิ่มสูงขึ้นถึง 50-100 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรที่ตั้งถิ่นฐานในเมือง

2.5.2 การปลดปล่อยมลสารจากรถยนต์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ และความร้อนที่สำคัญของเมือง ก๊าซ และฝุ่นละอองที่มีอนุภาคต่างๆ ที่เป็นพิษที่แขวนลอยปะปนอยู่ในอากาศเหนือเมืองมีปริมาณสูงกว่าในพื้นที่ชนบทมากเป็น 10 เท่า (Hough 1995 : 249) ซึ่งสิ่งที่ปะปนในอากาศเหนือเมืองเหล่านี้เป็นตัวขัดขวาง และสะท้อนความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ปกคลุมพื้นผิวภายในเมืองที่ปล่อยความร้อนกลับคืนสู่บรรยากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในเมืองสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนไม่สามารถระบายออกสู่บรรยากาศเมืองได้

2.5.3 ความร้อนที่ปล่อยมาจากอาคารต่างๆ ภายในอาคารจะมีอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องทำความเย็น เครื่องจักรกลโรงงาน ฯลฯ ซึ่งความร้อนที่เกิดจากการใช้อุปกรณ์เหล่านี้จะออกจากอาคารสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบ

ตารางที่ 4 แสดงอัตราการเผาผลาญพลังงานในกิจกรรมต่างๆ

กิจกรรม	Metabolic Rate (หน่วย Met)
นอนพัก	0.8
นั่งพักผ่อน	1.0
กิจกรรมที่นั่งอยู่กับที่ (สำนักงาน, บ้านพักอาศัย, โรงเรียน)	1.2
ยืนพัก	1.2
กิจกรรมเบา, ยืน (ซื้อของ, ทำงานในห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรมเบา)	1.6
กิจกรรมปานกลาง, ยืน (ช่วยงานในโรงงาน, คุมเครื่องจักร)	2.0
กิจกรรมหนัก (คุมเครื่องจักรขนาดใหญ่)	3.0

ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค, การวิเคราะห์สภาวะน่าสบาย และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับอาคารสถาปัตยกรรมไทย, (กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536), 42.

2.5.4 กระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากสิ่งมีชีวิต อัตราการเผาผลาญอาหารของคน และสัตว์ที่อาศัยในเมืองก็มีผลกระทบต่อการเพิ่มปริมาณความร้อนร่างกายนั้นจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่กระทำอยู่นั้นเอง โดยความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาวัดเป็น Metabolic หรือหน่วย Met โดย 1 Met เท่ากับ 58.2 W/m² ยิ่งมีการเคลื่อนไหวที่รุนแรง ความร้อนที่ปล่อยออกมาก็ยิ่งมากด้วย (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 16) จากคำกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าปริมาณประชากรในเมืองมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิภายในเมืองด้วย

2.6 อิทธิพลของการจราจรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะภายในเมือง ต่างก็มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดความร้อนและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งเส้นทางสัญจร (Transportation Corridor) เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน และมลพิษที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ความร้อนที่เกิดจากการจราจรอาจจำแนกเป็น 2 ประเภท ตามการประมาณการจากการสังเกตการณ์ตามแหล่งความร้อนที่เกิดขึ้นจากการจราจรได้แก่ ความร้อนที่เกินทางตรง และความร้อนที่เกิดทางอ้อม

2.6.1 ความร้อนที่เกิดทางตรง

วัสดุในการก่อสร้างถนน เช่นคอนกรีต และแอสฟัลต์มีความสามารถในการดูดซับความร้อน สะท้อนความร้อน ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้ในปริมาณมาก นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดจากยานพาหนะก็ส่งผลโดยตรงทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณถนนมีการเปลี่ยนแปลง เพราะเครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง และปล่อยความร้อนออกมาจากยานพาหนะ (Spirn 1984 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 19) กล่าวว่า นอกจากนี้การสัญจรของรถยนต์ในความเร็วที่ไม่มีความสม่ำเสมอยังก่อให้เกิดการเสียดสีระหว่างยางล้อรถยนต์กับพื้นผิวถนนทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของถนนสูงขึ้นจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศได้เช่นกัน จึงเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่เพิ่มความร้อนให้กับบริเวณถนนได้เช่นกัน

2.6.2 ความร้อนที่เกิดทางอ้อม

มลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากยานพาหนะ ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน และอนุภาคที่เป็นพิษต่างๆ เป็นต้น ซึ่งมลพิษเหล่านี้รังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นสั้น สามารถผ่านเข้ามาในบรรยากาศของเมืองได้ พื้นผิวและองค์ประกอบต่างๆ ในเมืองที่ได้รับการแผ่รังสีก็จะดูดเก็บความร้อนไว้ และแผ่รังสีกลับสู่บรรยากาศเมืองอีกครั้งในลักษณะรังสีคลื่นยาว ซึ่งไม่สามารถผ่านมลพิษ และอนุภาคที่เจือปนอยู่ในชั้นบรรยากาศเหนือเมืองได้ จึงสะท้อนกลับมาอีกครั้ง ทำให้บริเวณถนนไม่สามารถ

กระจายความร้อนที่เกิดขึ้นได้จึงส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณถนนสูงขึ้น Roach and Sheppard (1961 : 22-60)ได้พบว่า การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ลงมาสู่ชั้นบรรยากาศในบริเวณที่มีความหนาแน่นของมลพิษมาก มีผลทำให้อัตราความร้อนในบรรยากาศสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียสต่อวันด้วย

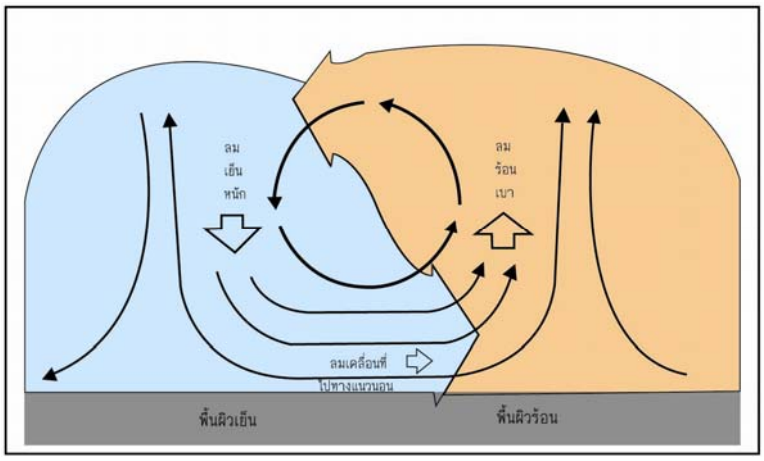
(Spirn 1984 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 19-20) ได้กล่าวถึงสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อน และมลพิษทางอากาศภายในเมืองซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของบริเวณถนน คือการสร้างอาคารที่มีความสูงล้อมทั้งสองฟากถนน ซึ่งเปรียบเทียบกับหุบเขาในพื้นที่ธรรมชาติทำให้ความร้อน และมลพิษถูกกักเก็บไม่สามารถกระจายออกได้โดยการศึกษาปรากฏการณ์นี้ในเมือง Stuttgart ประเทศเยอรมันตะวันตก ซึ่งเมืองมีภูมิประเทศตั้งอยู่ในหุบเขา โดยเมือง Stuttgart เป็นเมืองอุตสาหกรรมส่งผลให้หุบเขาทำให้ เป็นพื้นที่กักเก็บมลพิษขนาดใหญ่ นอกจากนี้การระบายอากาศในบริเวณถนนยังขึ้นอยู่กับความกว้างของถนน ความสูงและรูปร่างของอาคารที่อยู่โดยรอบ และทิศทางของถนนที่สัมพันธ์กับทิศทางการไหลผ่านของลม เมื่อถนนขนานกับทิศทางการไหลลม กระแสลมก็จะระบายอากาศร้อนได้เร็วขึ้นด้วย

2.7 ปัจจัยเพิ่มเติม

สภาพอากาศ และที่ตั้งมีผลอย่างมากต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง แม้ว่าบางพื้นที่อาจไม่พบปัจจัยเหล่านี้

2.7.1 สภาพอากาศ สภาพอากาศมีผลต่อสภาพและความหนาแน่นของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองด้วยเช่นกัน ได้แก่ ความเร็วลม ปริมาณเมฆที่ปกคลุม และความเสถียรของสภาพอากาศ (Spirn 1984 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 25)

2.7.2 ความเร็วลม (Wind speed) การเคลื่อนไหวของอากาศเบา ทำให้เกิดการสลายของเกาะความร้อนเมืองได้ ปริมาณความเร็วลมยิ่งมาก ก็จะมีผลทำให้การเกิดเกาะความร้อนเมืองลดลง หรือถูกสลายไปด้วย ความเร็วลมที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของเมืองด้วยเช่นกัน การเคลื่อนที่ไปในทางนอนของอากาศ เป็นผลที่เกิดขึ้นจากความไม่สม่ำเสมอของความร้อนที่อากาศได้รับ ทำให้อุณหภูมิอากาศในระดับเดียวกันแตกต่างกัน ลมเย็นจะหนักกว่าผลักดันให้ลมร้อนที่เบากว่าลอยตัวขึ้น การเคลื่อนที่ไปทางนอนของอากาศหรือลมนี้ จะเกิดขึ้นนานเท่าที่อากาศคงรับความร้อนไม่สม่ำเสมอกัน (สุดสวาท ศรีสถาปัตย์ 2545 : ไม่ปรากฏเลขหน้า, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 29)



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะของการเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดลม
ที่มา: มนตรี ตั้งศิริมงคล, "ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์เมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546), 29.

2.7.3 ปริมาณเมฆที่ปกคลุม (Cloud cover) ในสภาวะที่มีเมฆปกคลุมมาก การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังพื้นโลกก็จะเกิดขึ้นน้อยด้วย เนื่องจากเมฆที่ปกคลุมนั้นมีการดูดซับ และสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ออกไปสู่ชั้นบรรยากาศนั้นเอง ในทางกลับกันในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมน้อย ความร้อนที่เกิดในเมืองก็จะเพิ่มขึ้น ความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองก็เพิ่มขึ้นด้วย (มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 25)

2.7.4 ฤดูกาล นอกจากปริมาณความร้อนจากแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการมนุษย์ที่สร้างขึ้น และแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ ยังมีอิทธิพลจากสภาพอากาศในฤดูกาลต่างๆ ด้วย ที่เห็นได้ชัดเจนได้แก่ ฤดูร้อน และฤดูหนาวนั้นเอง

1) ปริมาณความร้อนที่เมืองได้รับในฤดูหนาว

เนื่องจากในช่วงฤดูหนาวมีปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์น้อยกว่าในช่วงฤดูร้อน ดังนั้นในช่วงฤดูหนาวจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าในช่วงฤดูร้อนดังนั้นปริมาณความร้อนในเมืองส่วนใหญ่จะเกิดจากสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ความร้อนที่ปล่อยออกมาจากที่พักอาศัย และอาคารต่างๆ โรงงานผลิตพลังงาน โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ปล่อยออกมาจากยานพาหนะ รวมไปถึงการเผาผลาญพลังงานของมนุษย์และสัตว์ซึ่งพลังงานความร้อนเหล่านี้มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมทำให้อุณหภูมิอากาศในเมืองสูงขึ้นได้

Marsh (1987 : 171, อ้างถึงใน มนตรี ตั้งศิริมงคล 2546 : 18) ได้เคยศึกษาเมือง Manhattan และ New York พบว่า แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มีค่าพลังงานในฤดู

หนาวเป็น 25% ของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และ 17% จากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงฤดูร้อน

2) ปริมาณความร้อนที่เมืองได้รับในฤดูร้อน

ในช่วงฤดูร้อนความร้อนในเมืองจะได้รับในปริมาณมากจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) เป็นหลัก รองลงมาคือองค์ประกอบที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคาร ถนน จะมีการดูดซับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งในพืชที่เมืองที่มีพื้นพรรณ ดิน และน้ำ แตกต่างจากพื้นที่ชนบท จึงทำให้สูญเสียกระบวนการระเหยของน้ำที่จะช่วยให้อุณหภูมิเมืองลดลง

2.7.5 ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศถือเป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้น ตัวอย่างเช่น เทือกเขาในบริเวณใกล้เคียงสามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางลมหรือสร้างรูปแบบของลมที่พัดผ่านเมืองได้

2.7.6 มลภาวะ และปรากฏการณ์เรือนกระจก มลภาวะจากรถยนต์ การก่อสร้าง โรงงานอุตสาหกรรม ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซแอมโมเนีย ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์เรือนกระจก ความร้อนที่อยู่ในเมืองจึงไม่สามารถสะท้อนออกไปได้ และจะสะท้อนกลับไปยังเมือง (ธนกฤต เทียนมณี 2545 : 11)

ตารางที่ 5 แสดงสรุปการควบคุมบรรยากาศในขนาดของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

ตัวควบคุม	ผลกระทบ
ความเร็วลม	- กระแสลมที่แรง จะช่วยลดขนาดของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง
ลม (การเคลื่อนตามแนวนอนของอากาศ)	- การเคลื่อนตามแนวนอนของความร้อน ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและเพิ่มความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองแต่ถ้าการเคลื่อนตามแนวนอนของความเย็นจะช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้
เมฆ	- เมฆช่วยลดการแผ่รังสีความเย็นจากพื้นผิว
ความชื้น	- การเปลี่ยนแปลงของผลกระทบ

ตารางที่ 6 แสดงสรุปปัจจัยของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

ปัจจัยที่จะมุ่งเน้นไปที่ชุมชน
- การลดลงของพืชพรรณในพื้นที่เมือง:ลดความเย็นจากร่มเงาธรรมชาติ และการคายระเหย - คุณสมบัติของวัสดุในเมือง: มีส่วนทำให้การดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้พื้นผิว และอากาศเหนือมหานครมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชนบทโดยรอบ
ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในอนาคต
- เรขาคณิตเมือง : ความสูง และระยะห่างของอาคารที่มีผลต่อจำนวนของรังสีที่ได้รับ และปล่อยออกมาจากโครงสร้างพื้นฐานในเมือง - การปล่อยความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ : มีส่วนทำให้อุณหภูมิเมืองสูงขึ้น
ปัจจัยเพิ่มเติม
- สภาพอากาศ : เงื่อนไขบางประการ เช่นท้องฟ้า และลมสงบมีส่วนทำให้เกิดการสะสมความร้อนในเมือง - ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ : ความใกล้ไกลแหล่งน้ำขนาดใหญ่ และภูมิประเทศเป็นภูเขาจะมีผลต่อรูปแบบลมท้องถิ่น และการสะสมความร้อนในเมือง

2.8 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและภาวะโลกร้อน

เกาะความร้อนเมืองหมายถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในพื้นที่ที่มีการพัฒนามากเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมในชนบท เกาะความร้อนเมืองเกิดจากการพัฒนา และความเปลี่ยนแปลงในการแผ่รังสี และคุณสมบัติทางความร้อนของโครงสร้างพื้นฐานในเมือง และสิ่งปลูกสร้างซึ่งมีผลต่อสภาพภูมิอากาศ เช่น อาคารสูงสามารถชะลออัตราการระบายความร้อนของเมืองในเวลากลางคืน ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองยังได้รับอิทธิพลจากสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของเมือง รูปแบบสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบกิจกรรมของมนุษย์ และฤดูกาล การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจะมีขนาดเล็ก เช่นเมืองเป็นตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น ที่เกิดจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง มีพื้นฐานแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะถูกจำกัดในขนาดของท้องถิ่น และจะลดลงความรุนแรงลงตามระยะทางของแหล่งที่มา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Global climate changes) เช่น ที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของความรุนแรงของดวงอาทิตย์หรือความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) จะไม่ได้จำกัดอยู่แต่เพียงท้องถิ่นหรือภูมิภาค การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่นอุณหภูมิ ฝน หรือลม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจมีผลมาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1) ปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนแปลงความเข้มของดวงอาทิตย์หรือการผันแปรของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

2) กระบวนการทางธรรมชาติภายในระบบภูมิอากาศ (เช่น การเปลี่ยนแปลงในการไหลเวียนของน้ำทะเลในมหาสมุทร)

3) กิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศ (เช่น การตัดไม้ทำลายป่า และการกลายเป็นเมือง (urbanization))

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมักถูกใช้เรียกแทนกับคำว่า “ภาวะโลกร้อน” แต่ตามที่สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Sciences) คำว่า “การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ” นิยมนำมาใช้เรียก “ภาวะโลกร้อน” เนื่องจากจะใช้สื่อถึงการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ นอกเหนือจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ปัญหาภาวะโลกร้อนคือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศใกล้พื้นผิวโลก และในชั้นต่ำสุดของชั้นบรรยากาศซึ่งสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในสภาพภูมิอากาศโลก ภาวะโลกร้อนเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุทั้งทางธรรมชาติ และเกิดจากมนุษย์ ในการใช้คำว่า “ภาวะโลกร้อน” มักจะหมายถึงอุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ภาวะโลกร้อนถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกซึ่งมากับการเปลี่ยนแปลงในปริมาณฝน ระดับน้ำทะเลและอื่นๆ

ผลกระทบจากเกาะความร้อนของเมือง และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (หรือภาวะโลกร้อน) มักจะคล้ายกัน ตัวอย่างเช่นในบางชุมชนที่มีการพัฒนาเราอาจพบปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง หรืออาจพบทั้งสองปรากฏการณ์ เกาะความร้อนเมือง และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก สามารถเพิ่มความรุนแรงขึ้นได้โดยเฉพาะสภาพอากาศในช่วงฤดูร้อน ที่มีการนิยมใช้เครื่องปรับอากาศ การเพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานไฟฟ้า และการเผาไหม้ของพลังงานเชื้อเพลิงที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์

2.9 ผลกระทบของปรากฏการณ์การณ์เกาะความร้อนเมือง

เราอาจแบ่งผลกระทบจากการที่อุณหภูมิในเขตเมืองสูงขึ้นเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.9.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ไม่ต้องสงสัยเลยว่าการที่อากาศร้อนมากๆ นี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้โดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น เด็กและผู้สูงอายุ ในอดีตที่ผ่านมาคลื่นความร้อนในเขตเมืองได้คร่าชีวิตคนไปแล้วเป็นจำนวนมาก ดังเช่นคลื่นความร้อนที่กระหน่ำตอนกลางของประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2538 มีผู้เสียชีวิตรวมกันกว่าพันคน เฉพาะเมืองชิคา

โกแห่งเดียวมีผู้เสียชีวิตถึง 465 คน อุณหภูมิที่สูงขึ้นในหน้าร้อนจะเพิ่มอันตรายมากขึ้นหากความชื้นในอากาศมีสูง ซึ่งเป็นภาวะที่พบได้บ่อยในประเทศของเราเนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงเป็นที่มาของคำว่า “ร้อนอบอ้าว” สาเหตุเรื่องนี้อธิบายได้ง่ายๆ ว่าการที่เหงื่อออกจะช่วยระบายความร้อนส่วนเกินออกไปจากร่างกายของเรา แต่หมายความว่าอากาศจะต้องสามารถรับเอาปริมาณไอน้ำ (เหงื่อที่ระเหยออกไป) ไว้ได้ ยิ่งความชื้นในอากาศมีมากเท่าใดก็แปลว่าอากาศจะยิ่งรับเอาปริมาณไอน้ำได้น้อยลงเท่านั้น ความชื้นที่สูงมากจึงทำให้เหงื่อไม่สามารถระเหยและพาเอาความร้อนออกไปจากร่างกายของเราได้ จึงเป็นอันตรายอย่างมาก นอกจากอันตรายจากความร้อนโดยตรงแล้วผลกระทบต่อสุขภาพทางอ้อมอันเนื่องมาจากความร้อนที่สูงขึ้นยังพบได้คือ ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างก๊าซพิษต่างๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ จะเพิ่มมากขึ้นตามระดับของอุณหภูมิ ทำให้เกิดหมอกควัน และโอโซน (ซึ่งเป็นก๊าซพิษ) มากขึ้น มีการศึกษาพบว่าทุกๆ หนึ่งองศาฟาเรนต์ไฮต์ที่เพิ่มขึ้นไปจาก 70 องศา จะเพิ่มอุบัติการณ์ของการเกิดหมอกควันถึง 3% หมอกควันและโอโซนนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยตรง กล่าวคือจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจและเยื่อบุตาได้ในระยาวยาวย่อมก่อให้เกิดโรคเรื้อรังของระบบทางเดินหายใจและระบบหายใจล้มเหลวในที่สุด

2.9.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การที่อุณหภูมิในเขตเมืองร้อนขึ้นทำให้ความต้องการด้านพลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อทำให้อากาศภายในอาคารเย็นลง จากผลการศึกษาในเมืองแคลิฟอร์เนียเอดิสันใต้พบว่าทุกๆ หนึ่งองศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 3% การใช้พลังงานมากขึ้นนอกจากจะหมายถึงการสูญเสียเงินตรามากขึ้นแล้ว ผลของการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากน้ำมันหรือถ่านหินที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องมีการปล่อยสารก่อมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย จึงยิ่งซ้ำเติมปัญหามลพิษในอากาศให้รุนแรงมากขึ้นไปอีก นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา เป็นไปได้ว่าแมลงพาหะนำโรคบางชนิด เช่น ยุงอาจมีการแพร่พันธุ์มากขึ้น ซึ่งก็จะทำให้โรคระบาดบางชนิดควบคุมได้ยากขึ้นอีกด้วย

3. การศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1. งานวิจัยเรื่อง “สิ่งปกคลุมดินที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของเกาะความร้อนเมือง (Effect of land cover on air temperatures involved in the development of an intra-urban heat island)” (Yokobori ; Ohta : 2011)

ผู้วิจัยมีความสนใจในเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภูมิอากาศเมือง และธรรมชาติของความเป็นเมือง เช่นกลุ่มอาคารที่มีความหนาแน่น และการกระจัดกระจายของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

และได้รับผลกระทบจากภายนอกเช่น เช่นสภาพภูมิอากาศ และฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยที่มีมูลเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในกระบวนการของการกลายเป็นเมือง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการขยายเมืองทำให้สิ่งปลูกสร้าง และถนนเข้ามาแทนที่พื้นที่สีเขียว โดยผู้วิจัยวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตามฤดูกาลในช่วงเวลากลางวัน และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งปี เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่พบในพื้นที่ที่สิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกัน และหาตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลของสภาพอากาศ ที่มีผลกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

โดยในการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการตั้งจุดตรวจวัดอุณหภูมิจำนวน 40 จุดตรวจซึ่งประกอบด้วยสิ่งปกคลุมดินประเภทต่างๆ และ Mobile traverses ถูกนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิหมุนเวียนของอากาศในพื้นที่ศึกษา ในการตั้งจุดตรวจวัดจะตัดผ่านกลางพื้นที่เป็นระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร โดยจุดที่ตรวจวัดระยะห่างประมาณ 100 - 400 เมตร

ผลการวิจัยพบว่า (1) ความเข้มข้น (Instensity) ของเกาะความร้อนเมืองจะพิจารณาโดยขนาดของเมือง ในทางตรงกันข้ามความเข้มของเกาะความร้อนเมืองในพื้นที่ศึกษาอยู่ในระดับสูงเนื่องจากขอบเขตที่ชัดเจนของสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกัน การพัฒนาของเกาะความร้อนเมืองมีความสัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดิน และปัจจัย สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของเกาะความร้อนเมืองคือความแตกต่างกันระหว่างช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน ความเข้มของเกาะความร้อนเมืองมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นในช่วงเวลากลางคืนในฤดูหนาว เนื่องจากอัตราการแผ่รังสีความเย็นในพื้นที่พืชพรรณปกคลุม และเนื่องจากสภาพภูมิอากาศในเวลากลางคืนในฤดูหนาวมีความเหมาะสมสำหรับการระบายความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นความเข้มของเกาะความร้อนเมืองสูงสุด 6.9°C สามารถพบได้ในช่วงนี้ (2) อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการสังเกต พบผลกระทบตามประเภทของสิ่งปกคลุมดินในสภาพแวดล้อม และการลดลงคิดเป็นร้อยละของพื้นที่พืชพรรณปกคลุมผลกระทบของสิ่งปกคลุมดินกับอุณหภูมิเฉลี่ยพบว่ามีเพียงเล็กน้อย จะมีความเข้มสูงในเวลากลางคืน โดยเฉลี่ยแล้วพื้นที่พืชพรรณปกคลุมจะช่วยลดอุณหภูมิได้ดีในช่วงเวลากลางคืนโดยการคายระเหย และการสกัดกั้นการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน เป็นผลให้เกาะความร้อนเมืองมีความเด่นชัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืนในช่วงฤดูหนาว (3) ถึงแม้ว่าจะพบความแตกต่างของผลกระทบเพียงเล็กน้อยในพื้นที่พืชพรรณปกคลุม ในระหว่างวันที่มีเมฆปกคลุมและมีกระแสลม ผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรอื่นที่ค่อยๆ ลดลงตามเมฆที่ปกคลุมเพิ่มขึ้น >60% หรือความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น >3 m s^{-1} เพราะในเวลากลางคืน มีตัวแปรของอัตราการแผ่รังสีความเย็นในพื้นที่พืชพรรณปกคลุม และการระบายความร้อนจากการแผ่รังสีนี้จะเด่นชัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้ลมสงบ และไม่มีเมฆปกคลุม

3.2 งานวิจัยเรื่อง "การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในกรุงปักกิ่งด้วยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (A study on the changes of urban heat island in Beijing based on satellite remote sensing)" (Zhao-ming and other : 2009)

ผู้ศึกษาได้ให้ความสนใจในการเป็นเมือง (Urbanization) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของประชากร และเศรษฐกิจซึ่งผลจากการพัฒนาของการกลายเป็นเมือง ทำให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเพิ่มสูงขึ้น และมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการปล่อยความร้อน ไปพร้อมกับการทำลายสิ่งปกคลุมดินตามธรรมชาติ และการเริ่มใช้วัสดุต่างๆ ที่มีคุณสมบัติในการกังเก็บความร้อนในเมือง เป้าหมายของการวิจัยนี้คือการตรวจหารูปแบบการเจริญเติบโตของเมือง และการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

โดยในการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเป็นหลักโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม NOAA, AVHRR ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่เป็น 1.1 กิโลเมตร เพื่อศึกษาอุณหภูมิของพื้นผิว ในช่วงปีที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเมืองกับบรรยากาศอยู่ภายใต้ค่าฟลักซ์ (fluxes) ความร้อนของพื้นผิว การกระจายตัว การปรับเปลี่ยนอย่างมากของการกลายเป็นเมืองถือเป็น ปัจจัยหลักในการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพื้นผิว (การสะท้อน, การจุความร้อนและการนำความร้อน) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากพืชพรรณมาเป็นยางมะตอย และคอนกรีตทำให้มีการลดลงของความชื่นพื้นผิวสำหรับการคายระเหย การเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของลมเนื่องจากสิ่งปลูกสร้างที่มีความสูง และรูปทรงที่ซับซ้อน รวมไปถึงความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์

การเปรียบเทียบจากแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปลูกสร้าง และแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของเกาะความร้อนเมือง ทำให้สามารถหาความรุนแรงที่เกิดขึ้นไปพร้อมกับการขยายตัวของสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งหมายความว่าการเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน จากสิ่งปลูกสร้างเป็นรูปแบบอื่นๆ เช่น พืช, แหล่งน้ำ ฯลฯ ซึ่งสามารถช่วยบรรเทาความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองในพื้นที่ได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในเขตเมือง และการเปลี่ยนแปลงของเกาะความร้อนในระหว่าง 2 ช่วงเวลาจะมีรูปแบบเดียวกันคือมีการกระจายจากศูนย์กลางเมืองออกสู่พื้นที่ด้านนอก

3.3 งานวิจัยเรื่อง "เกาะความร้อนเมือง ในขนาดเล็ก และเมืองขนาดใหญ่ (URBAN HEAT ISLAND IN LARGE AND SMALL CITIES)" (Blazejczyk and other : 2006)

ผู้ศึกษาได้ให้ความสนใจรูปแบบปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ในเมืองที่มีขนาดที่แตกต่างกันรวมทั้งเมืองที่มีลักษณะเฉพาะเช่น พื้นที่ชายทะเล และภูเขา จุดมุ่งหมายในการศึกษาพื้นที่ในเมืองของประเทศโปแลนด์ เมืองที่อยู่ในพื้นที่ราบลุ่มและเมืองที่ตั้งอยู่ในภูเขา และความแตกต่างของประชากร ความรุนแรงของเกาะความร้อนเมือง

โดยในการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการตั้งจุดตรวจวัดอุณหภูมิ โดยแบ่งพื้นที่เมืองที่ทำการศึกษาออกเป็นสามกลุ่ม ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ และจำนวนประชากร โดยข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ต่ำสุด และสูงสุดถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบน (dt avg) สูงสุด (dt max) และต่ำสุด (dt min) ของอุณหภูมิประจำวันของเมืองที่มีขนาดแตกต่างกันในความสัมพันธ์กับพื้นที่ชานเมืองหลายพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะเพื่อคำนวณหาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

ผลการวิจัยพบว่าปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองกลายเป็นสภาพปกติของสภาพภูมิอากาศในเขตเมือง โดยปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่พบในเมืองที่ได้มีการศึกษาทั้งหมดยังถือว่ามีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับเมืองที่มีขนาดใหญ่อื่นๆ ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจะไม่เกิดขึ้นแต่เพียงในเวลากลางคืนเท่านั้นแต่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวันอีกด้วย แต่ความรุนแรงของเกาะความร้อนในเวลากลางวันจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในพื้นที่นั้นๆ ความรุนแรงของเกาะความร้อนยังขึ้นอยู่กับขนาดของเมือง ซึ่งสามารถประมาณได้จากจำนวนประชากรในเมือง และสิ่งปกคลุมดินที่อยู่ในพื้นที่เมือง

มวลอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษามีผลกับความรุนแรงของเกาะความร้อนเมือง โดยค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนต่ำสุด สูงสุดจะแสดงในมวลอากาศแถบทะเลขั้วโลก และอากาศที่เปลี่ยนในแถบทะเลขั้วโลก อย่างไรก็ตามการเคลื่อนตัวของอากาศบริสุทธิ์ในแถบทะเลขั้วโลก จะช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้

3.4 งานวิจัยเรื่อง "ปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง" (ธนกฤต เทียนมณี : 2545)

ผู้วิจัยได้ให้ความสนใจการพัฒนาเมืองในรูปแบบการรวมศูนย์กลางการเจริญเติบโตในเมือง และแนวคิดการพัฒนาเมืองโดยการใช้ที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การสร้างอาคารที่เน้นไปที่ความสูงของอาคารเป็นหลัก ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมือง การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงาน ปริมาณมลพิษที่สูงขึ้น และการลดลงของพื้นที่สี

เขียว ทำให้เมืองมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสะสมอยู่เหนือเมือง โดยมุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบชุมชนเมืองในอนาคต

โดยในการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ศึกษา 5 แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยเลือกพื้นที่ที่มีค่าความหนาแน่นของอาคารต่อพื้นที่ (F.A.R.) ที่แตกต่างกัน โดยทำการเก็บข้อมูลทั้ง 2 ฤดู คือ ฤดูฝนและฤดูหนาว

ผลการวิจัยพบว่าความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองจะขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง ความสูง และรูปทรงทางเรขาคณิตของอาคาร รวมไปถึงโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ในเมือง ซึ่งในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นต่ำ และมีพื้นที่สีเขียว พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่มีค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีอาคารหนาแน่นซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า ซึ่งในการออกแบบเมืองในอนาคตการวางแผนเมืองควรให้ความสนใจเรื่องทิศทางการพัดของลมประจำถิ่น เช่นรูปทรงทางเรขาคณิตของอาคาร พื้นที่เปิดโล่งในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารสูงเพื่อลดความรุนแรงของเกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้น

3.5 งานวิจัยเรื่อง "ผลของสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อสมดุลความร้อนของเมือง และการคงตัวของบรรยากาศในพื้นที่กรุงเทพมหนคร" (จเร เศรยศสกุล : 2548)

ผู้วิจัยให้ความสนใจในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่สีเขียวเป็นโครงสร้างพื้นฐาน และอาคารไปกับการพัฒนาเมือง โดยสิ่งปลูกสร้างนี้ล้วนเป็นสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของลมแนวนอนทำให้มลสารแพร่กระจายได้ไม่ดี ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ นอกจากนี้สิ่งปลูกสร้างยังมีการสะสมความร้อน และคายความร้อนในแนวตั้งส่งผลให้อุณหภูมิเมืองสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ

โดยในการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อติดตั้งเครื่อง Microlog โดยกำหนดให้พื้นที่ศึกษาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างจากสิ่งรบกวนน้อยที่สุด คือ ระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของพื้นที่กับขอบของสี่เหลี่ยมจัตรัส ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที และหาค่าเฉลี่ย โดยในการศึกษาจะใช้ข้อมูลจากอุตุนิยมวิทยา และจากการเก็บข้อมูลภาพสนาม

ผลการวิจัยพบว่า (1) พื้นที่สีเขียวที่ล้อมรอบด้วยสิ่งปลูกสร้าง ในทุกฤดู ส่วนใหญ่เป็นความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำ ส่วนในพื้นที่อาคารสูงในช่วงฤดูฝน และฤดูร้อนจะมีความร้อนที่ใช้ในการเผาผลาญอากาศใกล้เคียงกับความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำ ส่วนฤดูหนาวความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ในการระเหยของน้ำ ในพื้นที่เขตเมืองในฤดูฝน และฤดูร้อนมีความร้อนที่ใช้ในการเผาผลาญอากาศสูงมาก ในขณะที่ฤดูหนาวมีความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำเป็นส่วนใหญ่ และในพื้นที่ถนนซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พื้นที่ถนนได้รับอิทธิพลจากแหล่งน้ำภายในพื้นที่ศึกษาจึงทำให้ความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำเป็นส่วนใหญ่ในทุกฤดู ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความ

สอดคล้องกับลักษณะของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (2) ลักษณะของสิ่งปลูกสร้างส่งผลต่อการเก็บสะสมพลังงานไว้ในรูปของความร้อนพื้นผิวมาก และมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อนที่ใช้ในการเผาผลาญอากาศมาก นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำน้อย ทำให้บางพื้นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ในทุกฤดู และทุกช่วงเวลา

4. สรุป

จากการศึกษาทฤษฎี แนวคิด เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง พบว่าการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศภายในเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศเมือง ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยครั้งนี้ในด้านการศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเกาะความร้อนเมือง ผลกระทบจากเกาะความร้อนเมือง ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม และการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ที่ผ่านมามีการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของปรากฏการณ์ดังกล่าวมากมาย เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา เนื่องจากการพัฒนาที่ผ่านมาทำให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองมีความรุนแรงและขยายวงกว้างมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในการศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหาและปัจจัยซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเกาะความร้อนเมือง จะเป็นการหารูปแบบ และลักษณะการพัฒนาเมืองที่เหมาะสม เพราะจะช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองแล้วยังมีส่วนช่วยลดปรากฏการณ์โลกร้อนซึ่งเป็นปัญหาในระดับภูมิภาคอีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสู่ความเป็นเมืองมีผลต่อการพัฒนาขนาด และความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง อันเนื่องจากรูปแบบการพัฒนาเมืองไม่มีการควบคุมความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างความสูง และรูปทรงทางเรขาคณิตของอาคาร รวมไปถึงโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ในเมือง ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้ได้ทรงผลกับการลดลงของพื้นที่สีเขียวภายในเมืองซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์ดังกล่าว ดังนั้นการหารูปแบบการพัฒนาเมืองที่เหมาะสมเพื่อช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจึงเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนเมืองในอนาคต ในการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียวเป็นวิธีการที่เหมาะสม และสามารถนำมาใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับรูปแบบการพัฒนาเมืองต่อไปได้

บทที่ 3
การออกแบบการวิจัย

การออกแบบการวิจัยเป็นการกำหนดกรอบ และแนวทางในการดำเนินการวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วยการกำหนดกรอบทฤษฎี แนวคิดที่เกี่ยวกับปัจจัย และปัญหาของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในพื้นที่เมือง การเลือกพื้นที่วิจัย การกำหนดแปรในการวิจัย การเลือกเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการวิจัย การเก็บรวมรวมข้อมูล กระบวนการวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ การกำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และหาความสัมพันธ์ กาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปร การสรุปผลการวิเคราะห์ การอภิปรายผล เสนอแนะ และทำการสรุปผลการวิจัย

1. การกำหนดทฤษฎีสำหรับการวิจัย

องค์การสหประชาชาติ ได้คาดประมาณไว้ว่า ในปี ค.ศ. 2050 หรืออีกประมาณ 40 ปีนับจากนี้ จะมีประชากรตั้งถิ่นฐานอยู่ในเมืองเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 70 แต่การขยายตัวของเมืองอาจเร็วกว่าที่คาดการณ์ไว้ เพราะในปัจจุบันพบว่า เมืองต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ภายในระยะเวลาเพียงสั้นๆ พื้นที่เพาะปลูกได้ถูกเปลี่ยนเป็นถนนหนทาง ตึกรามบ้านช่อง ร้านค้า โรงงาน อยากรวดเร็ว คนที่อาศัยอยู่ในเมืองจึงห่างไกลธรรมชาติมากขึ้นทุกวันเมื่อมองย้อนกลับไปดูวิถีชีวิตของคนในสมัยก่อน ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมที่มนุษย์ยังพึ่งพาอยู่กับธรรมชาติ พื้นที่ป่าไม้มีอยู่เป็นจำนวนมากเพียงพอสำหรับใช้ในการดำรงชีวิต ใช้สัตว์เป็นแรงงาน และเป็นพาหนะหลัก ไม่มีการใช้น้ำมัน ไม่มีควันพิษ หรืออากาศเสีย แต่เมื่อโลกเจริญเข้าสู่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมที่มนุษย์สามารถคิดค้นเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเพื่อนำมาใช้เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ ซึ่งเครื่องจักรกลเหล่านั้น ล้วนแล้วแต่ต้องใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนหรือทำงานในปริมาณที่มากตามที่มนุษย์ต้องการ วิถีชีวิตของคน และสภาพของโลกปัจจุบัน จึงเปลี่ยนไปจากอดีตอย่างสิ้นเชิง แรงงานจำนวนมากหลั่งไหลเข้ามาจนเกิดเป็น “เมือง” ขึ้นอย่างรวดเร็ว ชุมชนเมืองจึงเป็นที่รวมของกิจกรรมต่างๆ ที่มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงจากใต้พิภพอย่างมหาศาล เพื่อ ตอบสนองการผลิต การขนส่ง และการสร้างความสะดวกสบายแก่คน ของเสียต่างๆ ก็สะสมในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเป็นเงาตามตัว พื้นที่ที่เคยปกคลุมไปด้วยต้นไม้ถูกทำลายกลายเป็นพื้นที่ที่เต็มไปด้วยอาคารหนาแน่น ถนนหนทาง อาคารที่พักอาศัย แหล่งพาณิชยกรรม โรงงาน โรงไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ดาดแข็งเหล่านี้เองที่ได้เป็นตัวดูดความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ ประกอบกับ

อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เกิดขึ้นจำนวนมาก จะเป็นตัวกั้นการไหลเวียนของอากาศร้อนภายในเมือง มิให้ระบายออกตามธรรมชาติได้โดยง่าย อุณหภูมิของพื้นผิว และของอากาศบริเวณนั้นจึงเพิ่มสูงขึ้น กลายเป็นแหล่งเก็บกักความร้อน ซึ่งเราเรียกว่า “ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง”

อิทธิพลของปรากฏการณ์เกาะร้อนเมืองนี้ จะสามารถแพร่ออกไปยังพื้นที่โดยรอบได้ โดยจะไปได้ไกลขนาดไหน นั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยของกระแสลม และขนาดพื้นที่ของเกาะร้อนความร้อนเมืองนั้นๆ ว่ามีขนาดเพียงใด บางพื้นที่สามารถแพร่ออกไปได้มากถึง 30 กิโลเมตรโดยเฉพาะในเมืองใหญ่ๆ อีกทั้งพบว่ายังส่งผลให้พื้นที่ใต้ลมในระยะ 25 – 45 กิโลเมตรทำให้มีปริมาณฝนมากกว่าพื้นที่ทางเหนือ โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้น มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคนในชุมชนเมือง อีกทั้งยังช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมี จนก่อให้เกิด “หมอกพิษ” ซึ่งจะทำให้สภาพอากาศในเมืองเลวร้ายขึ้นไปอีก ส่งผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพ และคุณภาพชีวิต รวมทั้งประสิทธิภาพการทำงานของคน กลางแจ้ง อากาศร้อนขึ้น มลพิษสูงขึ้น คนก็หันมาใช้เครื่องปรับอากาศทั้งในรถยนต์และตัวอาคาร ก็จะสร้างมลภาวะทางอากาศ และ Greenhouse gas ดังนั้นยิ่งเราใช้พลังงานมากขึ้นเท่าไหร่ ก็จะยิ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และมลภาวะเป็นพิษสูงขึ้นตามไปด้วย

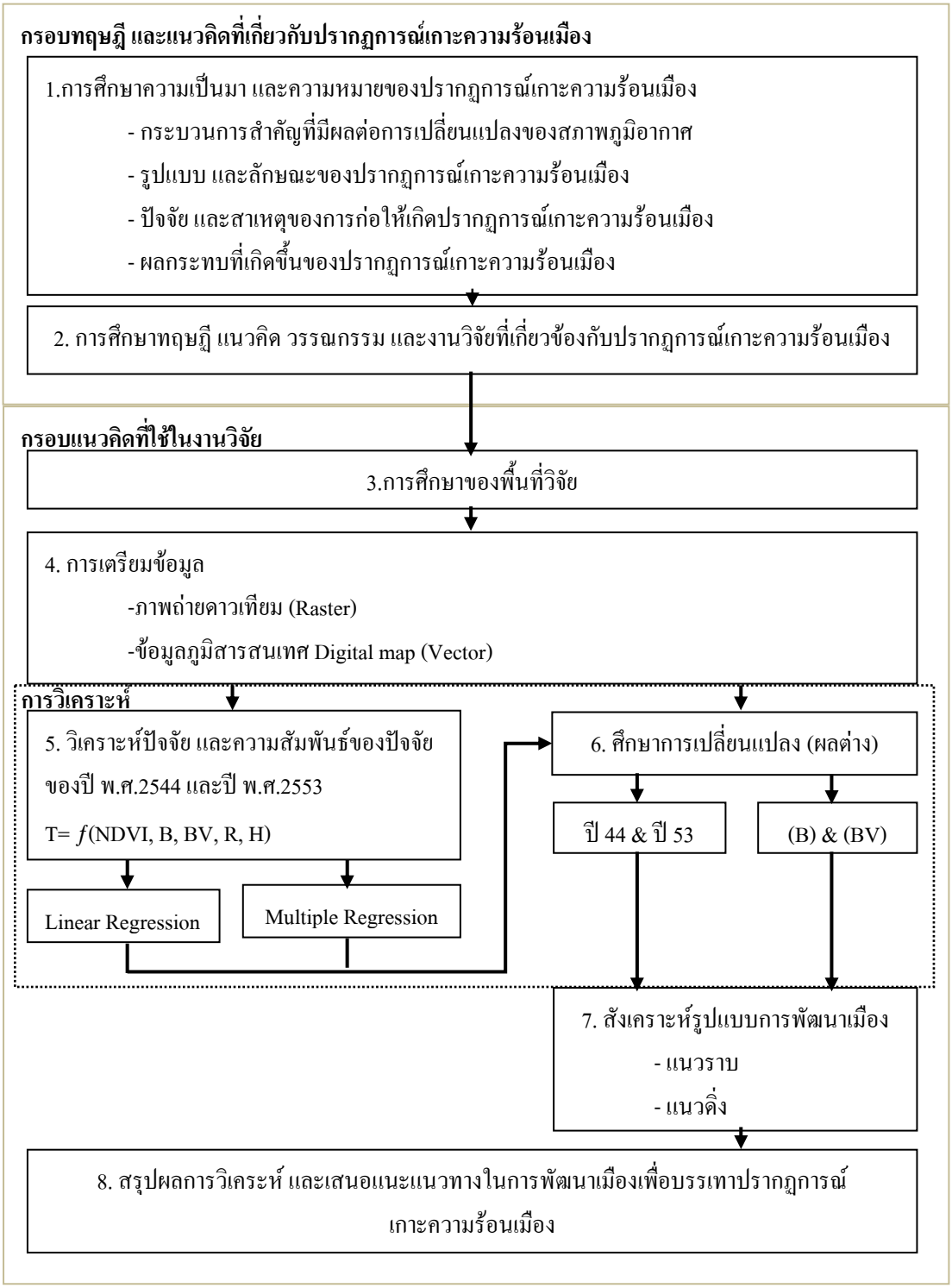
อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เกิดขึ้นมากมายในพื้นที่ศูนย์กลางเมืองล้วนเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับความร้อน และขวางกั้นกระแสลมที่ช่วยระบายความร้อนออกจากชุมชนเมืองอีกด้วย ต้นไม้ที่คอยดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์เคมี ถูกตัดโค่นและปรับเปลี่ยนเป็นสิ่งปลูกสร้าง เมื่อขาดต้นไม้ที่ให้ร่มเงา รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ก็จะตกกระทบกับวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างโดยตรง ทำให้วัสดุก่อสร้างต่างๆที่มีความสามารถในการดูดซับความร้อนที่สูงดูดซับพลังงานความร้อนไว้ และถ่ายเทออกสู่อากาศโดยรอบทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นแสงก็จะส่องกระทบกลายเป็นความร้อนอยู่ในวัตถุนั้น แล้วถ่ายเทเข้าสู่อากาศอีกที เมื่อเมืองมีอุณหภูมิสูงขึ้น มนุษย์ได้หาทางออกด้วยการใช้พลังงานเพื่อสร้างความเย็นจึงทำให้ปัญหาดังกล่าวถูกแก้ในทางที่แย่ลง การใช้ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกที่เข้ามาแทนที่พื้นที่ป่าถึงแม้จะไม่ทำให้อุณหภูมิในพื้นที่สูงดังเช่นพื้นที่เมืองแต่พื้นที่เพาะปลูกเหล่านี้ก็ยังมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ป่าอยู่ดี การเพิ่มขึ้นของสิ่งเหล่านี้ทำให้พื้นที่ของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขยายตัว และเชื่อมต่อกันจนครอบคลุมพื้นที่กว้าง

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งทำการศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปแบบของสิ่งปกคลุมดิน กลุ่มอาคารที่ปกคลุมพื้นที่ดิน และความหนาแน่น ที่เป็นตัวแปรหลัก เนื่องจากพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์ต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง อีกทั้งจากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ได้มีการศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในพื้นที่ชุมชนเมือง เช่นงานวิจัยเรื่องปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง โดยในการศึกษาจะทำการหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความ

หนาแน่นของเมือง โดยในการศึกษาใช้ค่า F.A.R (Floor Area Ratio) ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการศึกษาพบว่าค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสูง และต่ำมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีค่าความหนาแน่นของอาคาร (F.A.R) ที่มีค่าสูง ในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิอากาศที่ต่ำจะปรากฏบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคาร (F.A.R) ที่ต่ำ และบริเวณพื้นที่ที่มีสวนสาธารณะซึ่งมีพื้นที่สีเขียวเป็นองค์ประกอบหลัก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับลักษณะเชิงพื้นที่ต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ทั้งนี้เรื่องของขนาดและความหนาแน่น ตลอดจนพืชพรรณ ที่อาจจะเป็นปัจจัยที่เป็นตัวแปรที่ผลต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

โดยในการศึกษานี้ได้กำหนดกรอบทฤษฎีสำหรับงานวิจัย โดยให้ความสำคัญและมุ่งศึกษาลักษณะความสัมพันธ์รูปแบบของสิ่งปกคลุมดินแนวราบ และแนวตั้งที่มีผลต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเป็นหลัก เพื่อให้สามารถนำไปสรุปเป็นข้อเสนอแนะแนวทางในการออกแบบ และวางผังชุมชนเมืองที่สัมพันธ์กับปัจจัยเชิงพื้นที่ และกายภาพของเมืองเพื่อลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยสามารถสรุปกรอบทฤษฎีดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 แสดงกรอบการวิจัย

2. การเลือกพื้นที่ศึกษา

การเลือกพื้นที่ศึกษาสำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ พิจารณาจากลักษณะขอบเขตด้านเนื้อหาในการวิจัย และลักษณะที่เหมาะสมต่อการทดสอบสมมติฐาน โดยพิจารณาดังนี้

2.1 ในการเลือกพื้นที่ศึกษาควรเลือกพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

2.2 พื้นที่ศึกษาควรมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากรสำหรับการนำมาวิเคราะห์ และต้องมีข้อมูลย้อนหลังเพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้

2.3 พื้นที่ศึกษาควรมีข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สำหรับการนำมาวิเคราะห์ และต้องมีข้อมูลย้อนหลังเพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้

2.4 พื้นที่ศึกษาควรมีโครงสร้างพื้นฐานที่หลากหลาย เช่น ถนน คูคลอง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หาตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อผลการวิจัย

จากข้อพิจารณาข้างต้น พื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเป็นพื้นที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่มีการเปลี่ยนแปลงของความเป็นเมืองค่อนข้างสูง และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย

สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่นำมาใช้ในการศึกษาจะเป็นข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ถ่ายโดยดาวเทียม LANDSAT-5 จำนวน 7 แบนด์ ซึ่งจะมีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 30 X 30 ตารางเมตร โดยภาพถ่ายที่ได้นำมาศึกษาอยู่ในเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 รวม 2 ช่วงปี

3. การกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกับการขยายตัวของเมืองที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตชุมชนเมือง

3.1 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่วิจัย

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่วิจัยซึ่งไม่ได้มีการสุ่มตัวอย่าง จากการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ขนาดความละเอียด 30 x 30 เมตร ต่อ 1 พิกเซลของพื้นที่วิจัย โดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยกลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิจัยจะใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553 จำนวนสองช่วงปี และเป็นภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งถ่ายในช่วงเดือนที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกันเพื่อให้ข้อมูลของอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วงฤดูกาลเดียวกันซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ภาพถ่ายในช่วง เดือนเมษายน ซึ่งได้ทำการคัดเลือกได้ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5

ที่	ชนิดดาวเทียม	วัน เดือน ปี	ปริมาณเมฆ	เวลา	Path	Row
1	LANSAT-5	2001-04-17	0%	15.30น.	131	47
2	LANSAT-5	2010-04-10	0%	15.40น.	131	47

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าว เป็นภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 โดยภาพที่ถ่ายในปี พ.ศ. 2544 ถ่าย ณ วันที่ 17 เมษายน 15.30น. และภาพที่ถ่ายในปี พ.ศ. 2553 ถ่าย ณ วันที่ 10 เมษายน ช่วงเวลา 15.40น. ปริมาณเมฆ 0% โดยภาพดังกล่าวประกอบด้วยช่วงคลื่นที่แตกต่างกันจำนวน 7 ช่วงคลื่น ดังตารางที่ 8 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 8 แสดงศักยภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT-5

ช่วงคลื่น	รายละเอียดของแบนด์	ความยาวคลื่น (ไมครอน)	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
1	น้ำเงิน	0.45 - 0.52	ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง แสดงความแตกต่าง หรือใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบ และไม่ผลัดใบออกจากกัน แสดงความแตกต่าง หรือแยกดินจากพืชพรรณต่างๆ มีความไวต่อการมี หรือไม่มีคลอโรฟิลล์
2	เขียว	0.52 - 0.60	แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เจริญเติบโตแล้ว
3	แดง	0.63 - 0.69	แสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่างๆ กัน
4	อินฟราเรดใกล้	0.76 - 0.90	ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวภาพ แสดงความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช้น้ำ
5	อินฟราเรดใกล้ – กลาง	1.55 – 1.75	ใช้ตรวจวัดความชื้นในพืช แสดงความแตกต่างของหิมะกับเมฆ

ตารางที่ 8 แสดงศักยภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT-5 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	รายละเอียดของแบนด์	ความยาวคลื่น (ไมครอน)	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
6	อินฟราเรดความร้อน	10.4 - 12.5	ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องจากความร้อนในพืช แสดงความแตกต่างของความร้อนบริเวณที่ศึกษา และความแตกต่างความชื้นในดิน
7	อินฟราเรดกลาง	2.08 – 2.35	ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ ใช้แยกประเภทแร่ธาตุ และหินชนิดต่างๆ

ที่มา: **รายละเอียดและขนาดของช่วงคลื่น** [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 11 มิถุนายน 2553. เข้าถึงได้จาก http://www.gis2me.com/th/?p=878.

3.2 ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ของพื้นที่วิจัยซึ่งประกอบไปด้วย รูปแบบอาคาร, ถนน และแหล่งน้ำโดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่โดยกลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิจัยจะใช้ข้อมูลที่ตรงกันกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการวิจัยในช่วงปีพ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับการแสดงผลผ่านทางจอภาพ และใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยโปรแกรมต่างๆ ดังนี้

- โปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศ สำหรับการจัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ การสร้างแผนที่เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ และแสดงผลการวิเคราะห์
- โปรแกรมสำหรับการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นชนิดไฟล์ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์สิ่งปลูกสร้าง และอุณหภูมิ โดยแสดงเป็นข้อมูลไฟล์ภาพ ข้อมูลแผนภูมิ และค่าตัวเลข
- โปรแกรมสำหรับการสร้างภาพกราฟฟิค ตกแต่งภาพ และปรับขนาดภาพ

- โปรแกรมทางสถิติ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติพรรณนา และสถิติอ้างอิง Regression
- โปรแกรมสำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูลตัวอักษรเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

4.2 กล้องถ่ายรูป

กล้องถ่ายรูปใช้สำหรับการสำรวจภาคสนาม เพื่อเก็บข้อมูลทางด้านกายภาพในปัจจุบัน การใช้ประโยชน์ที่ดิน อาคารสิ่งปลูกสร้าง การคมนาคม

5. การเตรียมข้อมูล

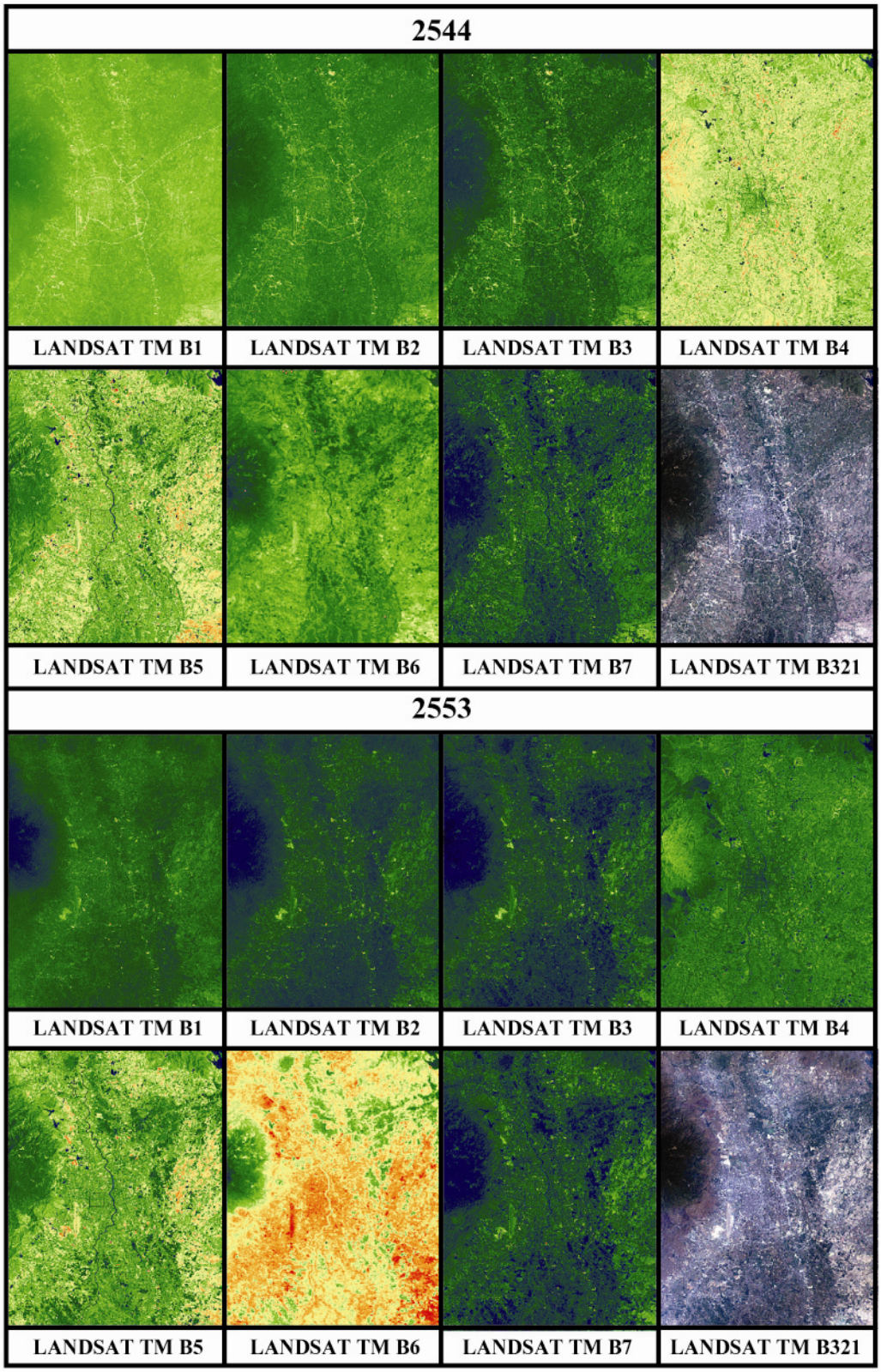
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา และวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยเป็นภาพถ่ายดาวเทียมของปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553 ซึ่งถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 5 สามารถจำแนกความถี่ของภาพได้เป็น 7 BAND และมีรายละเอียดขนาด 30x30 เมตรต่อ 1 พิกเซล ซึ่งในการหาความสัมพันธ์จำเป็นต้องใช้ ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ของพื้นที่ศึกษา มาทำการศึกษาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ของอุณหภูมิพื้นผิวของสิ่งปลูกสร้างในแนวราบ และแนวดิ่ง โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้กำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ใหม่ โดยอ้างอิงระบบพิกัด UTM-47N ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดเตรียมข้อมูลดังนี้

5.1 การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมเป็นไฟล์ RASTER

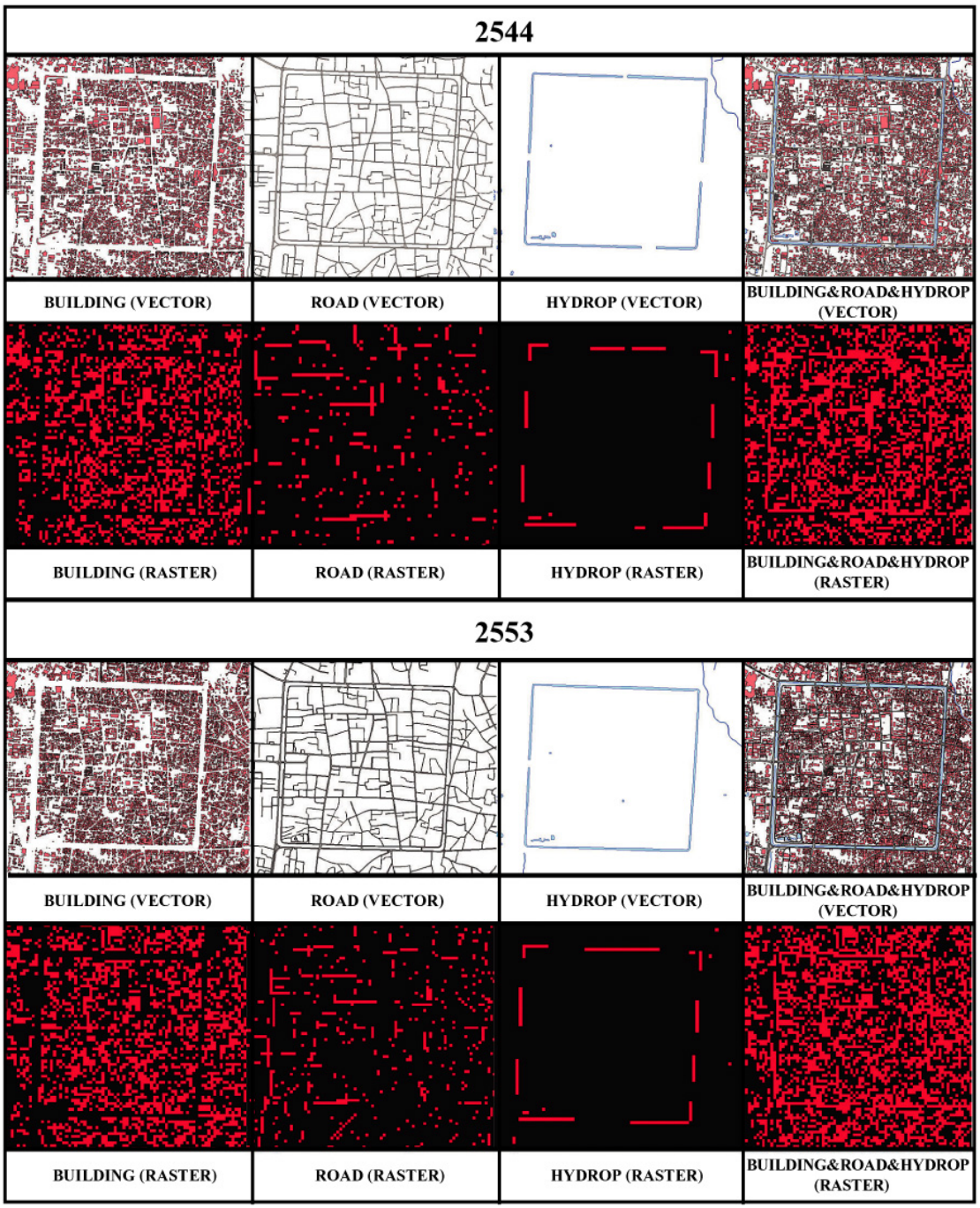
เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) โดยต้องทำการปรับชนิดของไฟล์ข้อมูลให้เป็นชนิดที่สามารถวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำหรับการวิจัยครั้งนี้ และได้ทำการแปลงไฟล์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553 จากไฟล์ภาพเป็นไฟล์ RASTER รวม 7 BAND โดยมีรายละเอียดของภาพ (Resolution) ของภาพ 30x30 เมตร

5.2 การแปลงข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ VECTOR เป็นข้อมูล RASTER

เนื่องจากข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ของพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลจากสำนักโยธาธิการและผังเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเป็นข้อมูล VECTOR โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม GIS ระบบ RASTER ต้องมีการแปลงชนิดของไฟล์จากข้อมูล VECTOR เป็นไฟล์ RASTER เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมโดยในการแปลงไฟล์จะทำการแปลงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่



ภาพที่ 12 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่วิจัย ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553



ภาพที่ 13 แสดงภาพการแปลงข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ VECTOR เป็นข้อมูล RASTER ในพื้นที่ศึกษาผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 9 แสดงพื้นที่รวมของแต่ละไฟล์ข้อมูล จากข้อมูล VECTOR เป็นไฟล์ RASTER ของพื้นที่วิจัย ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553

2544			
FILE NAME	VECTOR (sqm.)	RASTER (sqm.)	ERROR (%)
BUILDING	28,659,302	28,849,500	0.65%
ROAD	16,819,528	16,956,900	0.81%
HYDROP	10,320,967	10,373,400	0.50%
2553			
FILE NAME	VECTOR (sqm.)	RASTER (sqm.)	ERROR (%)
BUILDING	30,558,383	30,689,100	0.45%
ROAD	18,528,208	18,641,700	0.60%
HYDROP	11,510,456	11,458,800	0.45%

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยแบ่งออกเป็นการเก็บรวมรวมข้อมูลเอกสาร และการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม โดยได้ทำการจำแนกดังนี้

6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคเอกสาร

ข้อมูลภาคเอกสารสำหรับการวิจัย ได้แก่ภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งได้มาจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) และข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ จากสำนักโยธาธิการและผังเมืองเชียงใหม่ โดยจะทำการแบ่งหมวดหมู่ของข้อมูลและการจัดเรียงไฟล์ข้อมูลโดยแยกประเภทข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 10 แสดงการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ

การจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม			
ปีพ.ศ.	แบนด์	ชื่อไฟล์	รายละเอียด
2544	Band 1	Landsat TM 2544 B1 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 1 ปี พ.ศ. 2544
	Band 2	Landsat TM 2544 B2 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 2 ปี พ.ศ. 2544
	Band 3	Landsat TM 2544 B3 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 3 ปี พ.ศ. 2544
	Band 4	Landsat TM 2544 B4 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 4 ปี พ.ศ. 2544

ตารางที่ 10 แสดงการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ (ต่อ)

การจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม			
ปีพ.ศ.	แบนด์	ชื่อไฟล์	รายละเอียด
	Band 5	Landsat TM 2544 B5 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 5 ปี พ.ศ. 2544
	Band 6	Landsat TM 2544 B6 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 6 ปี พ.ศ. 2544
	Band 7	Landsat TM 2544 B7 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 7 ปี พ.ศ. 2544
	Band 3,5	2544NDVI	ค่าดัชนีพืชพรรณ ปี พ.ศ. 2544
	Band 3,5	2544NDVI_CROP	ค่าดัชนีพืชพรรณภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2544
	Band 3,5	2544NDVI_BL&HY&RO_CROP	ค่าดัชนีพืชพรรณ ตัด พื้นที่อาคาร ถนน ลานจอดรถ และแหล่งน้ำภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2544
	Band 6	2544THERMAL	ค่าอุณหภูมิ องศาเซลเซียส ของปี พ.ศ. 2544
	Band 6	2544THERMAL_CROP	ค่าอุณหภูมิ องศาเซลเซียส ภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2544
	Band 6	2544RELATIVE	ค่าอุณหภูมิ ความร้อนสัมพันธ์ ของปี พ.ศ. 2544
		2544(2D)_MULTI_PREDICT	ค่าการคาดการณ์อุณหภูมิกับปัจจัย 2 มิติปี พ.ศ. 2544
		2544(2D)_MULTI_RESIDUAL	ค่าการความคาดเคลื่อนของอุณหภูมิกับปัจจัย 2 มิติปี พ.ศ. 2544
		2544(3D)_MULTI_PREDICT	ค่าการคาดการณ์อุณหภูมิกับปัจจัย 3 มิติปี พ.ศ. 2544
		2544(3D)_MULTI_RESIDUAL	ค่าการความคาดเคลื่อนของอุณหภูมิกับปัจจัย 3 มิติปี พ.ศ. 2544
2553	Band 1	Landsat TM 2553 B1 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 1 ปี พ.ศ. 2553
	Band 2	Landsat TM 2553 B2 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 2 ปี พ.ศ. 2553
	Band 3	Landsat TM 2553 B3 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 3 ปี พ.ศ. 2553
	Band 4	Landsat TM 2553 B4 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 4 ปี พ.ศ. 2553
	Band 5	Landsat TM 2553 B5 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 5 ปี พ.ศ. 2553
	Band 6	Landsat TM 2553 B6 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 6 ปี พ.ศ. 2553
	Band 7	Landsat TM 2553 B7 resam30x30	ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาแบนด์ 7 ปี พ.ศ. 2553
	Band 3,5	2553NDVI	ค่าดัชนีพืชพรรณ ปี พ.ศ. 2553
	Band 3,5	2553NDVI_CROP	ค่าดัชนีพืชพรรณภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2553
	Band 3,5	2553NDVI_BL&HY&RO_CROP	ค่าดัชนีพืชพรรณ ตัด พื้นที่อาคาร ถนน ลานจอดรถ และแหล่งน้ำภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2553
	Band 6	2553THERMAL	ค่าอุณหภูมิ องศาเซลเซียส ของปี พ.ศ. 2553
	Band 6	2553THERMAL_CROP	ค่าอุณหภูมิ องศาเซลเซียส ภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 10 แสดงการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ (ต่อ)

การจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม			
ปีพ.ศ.	แบนด์	ชื่อไฟล์	รายละเอียด
	Band 6	2553RELATIVE	ค่าอุณหภูมิ ความร้อนสัมพันธ์ ของปี พ.ศ. 2553
		2553(2D)_MULTI_PREDICT	ค่าการคาดการณ์อุณหภูมิกับปัจจัย 2 มิติปี พ.ศ. 2553
		2553(2D)_MULTI_RESIDUAL	ค่าการความคาดเคลื่อนของอุณหภูมิกับปัจจัย 2 มิติปี พ.ศ. 2553
		2553(3D)_MULTI_PREDICT	ค่าการคาดการณ์อุณหภูมิกับปัจจัย 3 มิติปี พ.ศ. 2553
		2553(3D)_MULTI_RESIDUAL	ค่าการความคาดเคลื่อนของอุณหภูมิกับปัจจัย 3 มิติปี พ.ศ. 2553

การจัดเก็บข้อมูลภูมิสารสนเทศ		
ปีพ.ศ.	ชื่อไฟล์	รายละเอียด
2544	BL2544_RESAM30x30_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2544
	BL2544_RESAM30x30_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2544
	BL2544_RESAM30x30_GRP	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ กลุ่มอาคาร ปีพ.ศ. 2544
	BL2544_RESAM30x30_AREA	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่อาคารต่อพิกเซล ปีพ.ศ. 2544
	BL2544_RESAM30X30_AREAX900	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่อาคารต่อตารางเมตร ปีพ.ศ. 2544
	BL2544_RESAM30x30_NSOTRY	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ จำนวนชั้นอาคาร ปีพ.ศ. 2544
	BL2544_RESAM30X30_NST_AREA_VOL	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าผลรวมพื้นที่อาคารx จำนวนชั้น ปีพ.ศ. 2544
	HYDROP2544_RESAM30x30_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าแหล่งน้ำ 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2544
	HYDROP2544_RESAM30x30_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าแหล่งน้ำ 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2544
	HYDROP2544_RESAM30x30_GRP	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ กลุ่มแหล่งน้ำ ปีพ.ศ. 2544
	HYDROP2544_RESAM30x30_AREA	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่แหล่งน้ำต่อพิกเซล ปีพ.ศ. 2544
	HYDROP2544_RESAM30X30_AREA X900	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่แหล่งน้ำต่อตารางเมตร ปีพ.ศ. 2544
	ROAD2544_RESAM30x30_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าถนน ลานจอดรถ 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2544
	ROAD2544_RESAM30x30_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าถนน ลานจอดรถ 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2544
	ROAD2544_RESAM30x30_GRP	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ กลุ่มถนน ลานจอดรถ ปีพ.ศ. 2544
	ROAD2544_RESAM30x30_AREA	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่ถนน ลานจอดรถต่อพิกเซล ปีพ.ศ. 2544
	ROAD2544_RESAM30x30_AREAX900	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่ถนน ลานจอดรถต่อตารางเมตรปีพ.ศ. 2544
	2544_BL&HY&RO_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร ถนน ลานจอดรถ และแหล่งน้ำ 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2544
	2544_BL&HY&RO_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร ถนน ลานจอดรถ และแหล่งน้ำ 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2544

ตารางที่ 10 แสดงการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ(ต่อ)

การจัดเก็บข้อมูลภูมิสารสนเทศ		
ปีพ.ศ.	ชื่อไฟล์	รายละเอียด
2553	BL2553_RESAM30x30_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2553
	BL2553_RESAM30x30_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2553
	BL2553_RESAM30x30_GRP	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ กลุ่มอาคาร ปีพ.ศ. 2553
	BL2553_RESAM30x30_AREA	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่อาคารต่อพิกเซล ปีพ.ศ. 2553
	BL2553_RESAM30X30_AREAX900	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่อาคารต่อตารางเมตร ปีพ.ศ. 2553
	BL2553_RESAM30x30_NSOTRY	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ จำนวนชั้นอาคาร ปีพ.ศ. 2553
	BL2553_RESAM30X30_NST_AREA_VOL	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าผลรวมพื้นที่อาคารx จำนวนชั้น ปีพ.ศ. 2553
	HYDROP2553_RESAM30x30_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าแหล่งน้ำ 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2553
	HYDROP2553_RESAM30x30_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าแหล่งน้ำ 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2553
	HYDROP2553_RESAM30x30_GRP	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ กลุ่มแหล่งน้ำ ปีพ.ศ. 2553
	HYDROP2553_RESAM30x30_AREA	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่แหล่งน้ำต่อพิกเซล ปีพ.ศ. 2553
	HYDROP2553_RESAM30X30_AREA X900	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่แหล่งน้ำต่อตารางเมตร ปีพ.ศ. 2553
	ROAD2553_RESAM30x30_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าถนน ลานจอดรถ 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2553
	ROAD2553_RESAM30x30_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าถนน ลานจอดรถ 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2553
	ROAD2553_RESAM30x30_GRP	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ กลุ่มถนน ลานจอดรถ ปีพ.ศ. 2553
	ROAD2553_RESAM30x30_AREA	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่ถนน ลานจอดรถต่อพิกเซล ปีพ.ศ. 2553
	ROAD2553_RESAM30x30_AREAX900	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นที่ถนน ลานจอดรถต่อตารางเมตรปีพ.ศ. 2553
	2553_BL&HY&RO_01	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร ถนน ลานจอดรถ และแหล่งน้ำ 1 พื้นหลัง 0 ปีพ.ศ. 2553
	2553_BL&HY&RO_10	ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ค่าอาคาร ถนน ลานจอดรถ และแหล่งน้ำ 0 พื้นหลัง 1 ปีพ.ศ. 2553

6.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาคสนามของพื้นที่วิจัยจะเก็บรวมรวมในลักษณะของภาพถ่าย การสังเกต และการจดบันทึก โดยแยกประเภทข้อมูลออกเป็นสภาพทั่วไปของพื้นที่ รูปแบบการพัฒนาเมือง ถนนสำคัญในพื้นที่ศึกษา ประกอบกับแผนที่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยการเก็บข้อมูลภาคสนามจะดำเนินการในระหว่างวันที่ 15 – 16 กรกฎาคม 2554 ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงเวลา 9.00 – 16.30 น. โดยการเก็บข้อมูลภาคสนามจะทำโดยการขับรถสำรวจตามเส้นทางถนนสายหลักภายในเมือง

7. กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ การตั้งสมมติฐาน การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัจจัย สมมติฐาน และสมการความสัมพันธ์

สมมติฐานของการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเด็นคือการหาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใน 2 ช่วงเวลาเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่รวมไปถึงระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน เมือง และการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของเกาะความร้อนเมือง คือ การสูญเสียพื้นที่สีเขียว และความสมบูรณ์ของพืชพรรณจะทำให้อุณหภูมิเมืองเพิ่มสูงขึ้น และการพัฒนาเมืองโดยการเพิ่มสิ่งปลูกสร้างมีผลทำให้อุณหภูมิเมืองเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งจากสมมติฐานทั้งนี้ สามารถกำหนดปัจจัยที่ต้องศึกษาวิเคราะห์ได้ดังนี้

สมมติฐานหลัก: ปริมาณความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินสู่ความเป็นชุมชนเมืองมากขึ้น และลักษณะกลุ่มอาคารที่ปกคลุมพื้นที่ดิน และความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้นจากสมมติฐานสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

ตัวแปรควบคุมทางด้านเวลา เพื่อเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ และระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

สมการที่ 1 $T_2 - T_1 = T$

T_1 คือ อุณหภูมิพื้นผิวของปี พ.ศ. 2544

T_2 คือ อุณหภูมิพื้นผิวของปี พ.ศ. 2553

โดย T = การเปลี่ยนแปลงคำนวณจาก (ค่าของช่วงเวลาที่ 2 - ค่าของช่วงเวลาที่ 1)

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตัวแปร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะพื้นที่สีเขียว กับอุณหภูมิพื้นผิวโดยจำแนกความสมบูรณ์ของพืชพรรณจากการคำนวณหาดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) อัตราส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยในช่วงสีแดง (Band 3) และช่วงอินฟาเรดใกล้ (Band 4) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งแปรผันอยู่ระหว่าง -1 และ 1 โดยค่า 0 หมายถึงไม่มีพืชพรรณใบเขียวอยู่ในพื้นที่ ในขณะที่ค่า 1 หมายถึงมีพืชพรรณใบเขียวอยู่หนาแน่น และสมบูรณ์มาก เช่นพื้นที่ป่า จากตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละประเภท จะสร้างสมการเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังนี้

สมการที่ 2.1 $T = f\,(NDVI)$

T คือ อุณหภูมิพื้นผิว

f (NDVI) คือ ลักษณะของพื้นที่สีเขียว

โดยให้ลักษณะปัจจัยพื้นที่สีเขียวเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และมีตัวแปรตาม (Dependent Variable) คืออุณหภูมิ โดยทั้งสองตัวแปรมีตัวแปรควบคุมคือช่วงเวลา

การกำหนดประเภทของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษาได้แย่งออกเป็น 2 ประเภทจากค่าสถิติ NDVI ของพื้นที่ศึกษาได้แก่

1) พื้นที่ประเภทต้นไม้คลุมดิน หรือสนามหญ้า กำหนดให้ค่า NDVI อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.249

2) พื้นที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ยืนต้น เช่นพื้นที่ป่า กำหนดให้ค่า NDVI อยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 1

สมการที่ 2.2 $NDVI = NDVI_2 - NDVI_1$

โดย NDVI = การเปลี่ยนแปลงคำนวณจาก (ค่าของช่วงเวลาที่ 2 - ค่าของช่วงเวลาที่ 1)

เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ที่สัมพันธ์กับการพัฒนาเมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินสู่ความเป็นชุมชนเมืองมากขึ้น และลักษณะกลุ่มอาคารที่ปกคลุมพื้นที่ดิน และความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้นโดยการวิเคราะห์จะจำแนกการศึกษาตัวแปรสิ่งปลูกสร้างออกเป็น 2 ลักษณะเพื่อเปรียบเทียบ คือ

1) กำหนดประเภทของพื้นที่คลุมดินในพื้นที่ศึกษา (Land cover classification) โดยในการศึกษาจะนำข้อมูลจากระบบภูมิสารสนเทศมาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ได้แก่

- พื้นที่อาคาร (Building : B) (ใช้ปัจจัย 2 มิติ คือ พื้นที่อาคารคลุมดิน) และความสูง(Building Volume : BV) (ใช้ปัจจัย 3 มิติ คือ ปริมาตรของอาคารคลุมดิน)
- พื้นที่ถนน (Road : R)
- พื้นที่แหล่งน้ำ (Hydro : H)

ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

สมการที่ 3.1 (ใช้ปัจจัย 2 มิติ คือ พื้นที่อาคารคลุมดิน)

$T = f\,(B) + f\,(R) + f\,(H) + f\,(NDVI)$

สมการที่ 3.2 (ใช้ปัจจัย 3 มิติ คือ ปริมาตรของอาคารคลุมดิน)

$T = f\,(BV) + f\,(R) + f\,(H) + f\,(NDVI)$

T = อุณหภูมิพื้นผิว

f (B) = พื้นที่อาคารปกคลุมดิน

f (BV) = ปริมาตรของพื้นที่อาคารรวม

โดยการศึกษาจะทำเช่นเดียวกับการศึกษารูปแบบของสิ่งปกคลุมดินในเมือง โดยการให้ค่าระดับการสะท้อนตามระดับความสูงของอาคาร (พื้นที่ปกคลุมดินของอาคาร X ความสูง)

f (R) = พื้นที่ถนนปกคลุมดิน

f (H) = พื้นที่แหล่งน้ำปกคลุมดิน

2) การเปรียบเทียบปริมาณของพื้นที่แต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553 เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณพื้นที่ปกคลุมดินกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

ขั้นตอนที่ 3 การสรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัย และความสัมพันธ์เชิงสถิติ

การสรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัย และความสัมพันธ์เชิงสถิติความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการพัฒนาเมือง จะสรุปผลที่ได้ออกมาเป็นสมการความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัย ซึ่งก็คือ ลักษณะอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะอาคาร โดยในการศึกษาจะทำการศึกษาพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดิน ที่เป็น 2 มิติ และพื้นที่อาคารรวมที่เป็น 3 มิติ ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ

จากนั้นนำปัจจัยที่เป็นรูปแบบการพัฒนาเมือง ทั้งที่เป็นการพัฒนาเมืองในรูปแบบ 2 มิติ และการพัฒนาในรูปแบบ 3 มิติ มาวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ซึ่งจะทำให้ทราบว่าปัจจัยซึ่งเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาเมืองใดบ้างที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของอุณหภูมิเมือง

ขั้นตอนที่ 4 การอภิปรายผล และเสนอแนะ

เมื่อทำการสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปัจจัยต่างๆ และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ของปัจจัยซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาเมือง ระหว่าง 2 ช่วงปีการศึกษา ปี พ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553 จะนำผลการวิเคราะห์ดังที่กล่าวมาทำการอภิปรายเสนอความเห็น เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะรูปแบบการพัฒนาเมืองที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 การสรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัยจะทำการนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ทำการสรุปผล เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะ รูปแบบการพัฒนาเมืองที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

8. สรุป

เนื้อหาสำคัญในบทที่ 3 เป็นการออกแบบการวิจัยตั้งแต่การกำหนดกรอบการวิจัย กระบวนการวิจัยในแต่ละขั้นตอน การเลือกพื้นที่ศึกษากลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตของการวิจัยและแนวทางในการ

ดำเนินการวิจัยต่อไป ซึ่งในบทต่อไปคือบทที่ 4 จะกล่าวถึงรายละเอียดของสภาพพื้นที่วิจัยซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อทำการศึกษาต่อไป

การออกแบบกระบวนการวิเคราะห์ในบทนี้ ได้ทำการกำหนดกรอบและแนวทางในการดำเนินการ โดยเริ่มจากกรอบทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง และทำการกำหนดกรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย การศึกษาสภาพของพื้นที่วิจัย รูปแบบการพัฒนาเมืองที่นำไปสู่การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับตัวแปรในการพัฒนาเมือง รวมไปถึงการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจะทำให้ทราบว่าตัวแปรซึ่งเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาเมืองทั้งที่เป็นรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ว่ามีตัวแปรใดบ้างที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของอุณหภูมิเมือง และนำผลที่ได้มาสรุปผลการวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะรูปแบบการพัฒนาเมืองที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองต่อไป ซึ่งในการเลือกพื้นที่ศึกษากำหนดให้พื้นที่เมืองเชียงใหม่เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นเมืองหลวงทางตอนเหนือที่มีความสำคัญ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย และมีการพัฒนาเมืองอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 4
สภาพพื้นที่ศึกษา

การศึกษาสภาพของพื้นที่วิจัยในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ซึ่งได้กำหนดให้เป็นพื้นที่วิจัย เนื่องจากเป็นพื้นที่ศูนย์กลางการคมนาคมขนส่งของภาคเหนือตอนบน ศูนย์กลางด้านการศึกษา ศูนย์กลางราชการ ศูนย์กลางการสาธารณสุข นอกเหนือจากบทบาทที่ถูกกำหนดในช่วงของแผนฯ 7 (พ.ศ. 2535 – 2539) โดยมีบทบาทเป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยว ศูนย์กลางการบริการ ศูนย์กลางธุรกิจการค้า ทำให้เมืองเชียงใหม่มีโอกาสในการพัฒนาเชิงเศรษฐกิจสูง ทำให้เกิดอาคาร สิ่งก่อสร้างจำนวนมาก การใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย หัวข้อการศึกษาสภาพของพื้นที่วิจัยประกอบด้วย ประวัติความเป็นมา และความสำคัญของพื้นที่วิจัย ที่ตั้ง และอาณาเขตของพื้นที่วิจัย สภาพปัจจุบันของพื้นที่วิจัย

1. ประวัติความเป็นมาของเมืองเชียงใหม่

เมืองเชียงใหม่ เป็นเมืองที่มีประวัติศาสตร์ความเป็นมายาวนานกว่า 700 ปี และเป็นเมืองศูนย์กลางของอาณาจักรล้านนา ซึ่งครอบคลุมพื้นที่หลายนครรัฐในยุคอดีต มีลักษณะทางกายภาพสำคัญที่แสดงถึงตัวตนของเมืองเชียงใหม่ หรือ “เวียงเชียงใหม่” คือรูปแบบการตั้งถิ่นฐานโบราณ กำแพงเมือง – คูเมืองโบราณ ซึ่งลักษณะการวางผังเมืองสอดคล้องกับชัยภูมิและความเชื่อทางโหราศาสตร์ คือคัมภีร์มหาทักษา โดยสร้างกำแพงเมืองด้านกว้าง 800 วา ด้านยาว 1,000 วา มาบรรจบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า อันเป็นลักษณะพิเศษของเมือง โดยในอดีตนั้นเมืองเชียงใหม่เป็นชุมชนที่ไม่หนาแน่นมากนักมีศูนย์กลางทางศาสนา การปกครองและกิจกรรมธุรกิจการค้า กระจุกตัวรวมอยู่ในเมือง ต่อมาจึงได้มีการขยายเมืองออกไปทางทิศตะวันตกนอกแนวกำแพงเมือง ซึ่งบ้านเรือนในสมัยนั้นมักตั้งอยู่ห่างจากเส้นทางสัญจร ทำให้มีพื้นที่ว่างสำหรับทำสวน ปลูกต้นไม้ จึงเป็นเมืองที่ร่มรื่น มีบ้านเรือนอยู่ในสวน ผสมกลมกลืนกับธรรมชาติ ต่อมาในราชการที่ 5ได้ทรงสร้างทางรถไฟขึ้นส่งผลให้ตัวเมืองเชียงใหม่ขยายตัวยิ่งขึ้น และใกล้ชิดกรุงเทพฯ มากขึ้น ในปี พ.ศ. 2475 เกิดการเปลี่ยนแปลงการปกครอง มณฑล เทศภิบาลถูกยกเลิกเชียงใหม่มีฐานะเป็นจังหวัดหนึ่งของประเทศไทย หลังจากนั้นเชียงใหม่พัฒนาขึ้นเรื่อยๆ ต่อมาในปี 2504 รัฐบาลไทยได้ออกแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติตามแนวทางสำคัญในการพัฒนาประเทศภายใต้ทฤษฎีไหลล้น (Trickle-down effect) โดยเน้นที่การรวมศูนย์ การพัฒนาด้านต่างๆ และมุ่งลงทุน ณ จุดศูนย์กลาง

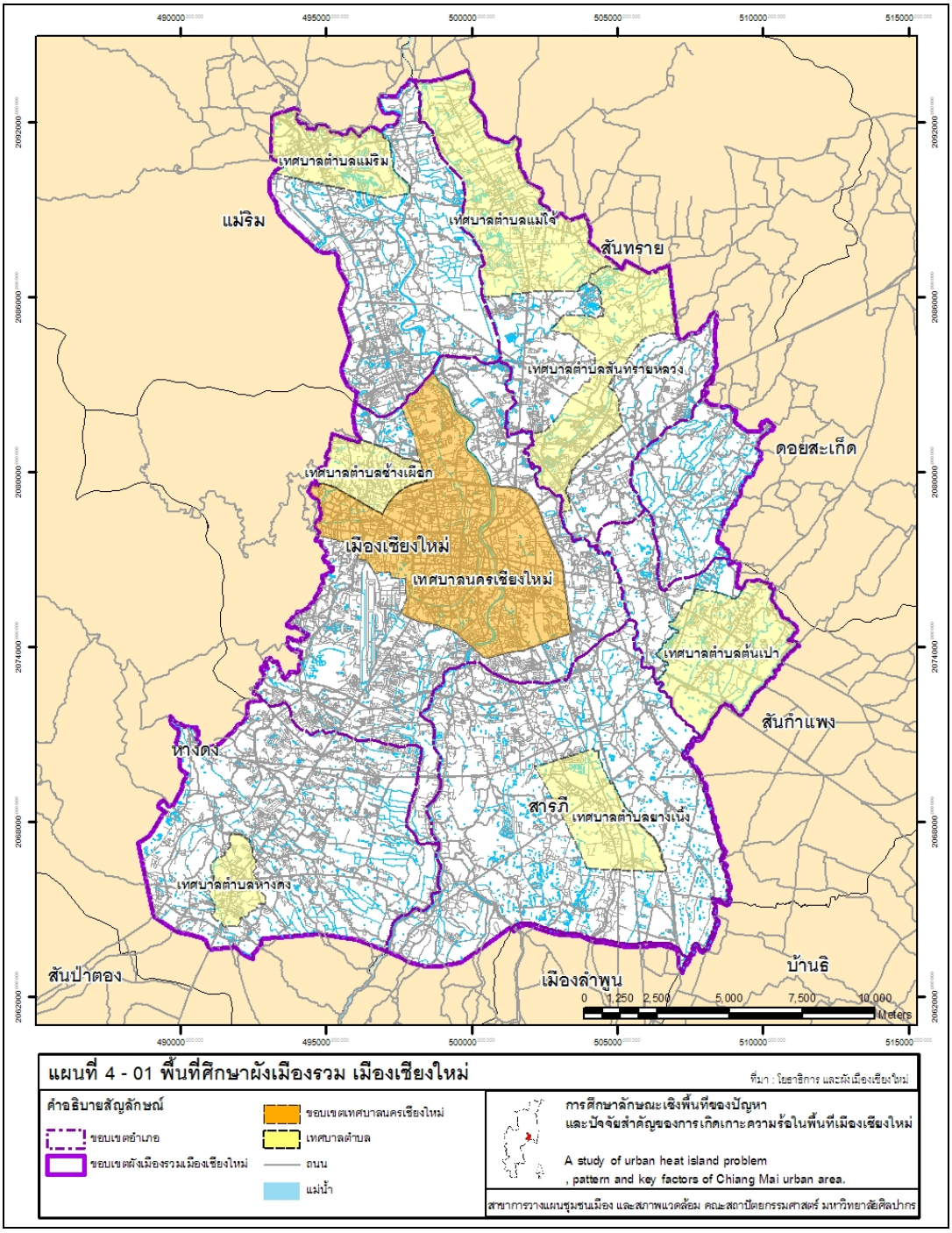
สำคัญหลักๆ เพียงไม่กี่แห่ง อย่างเช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ เป็นต้น โดยเน้นให้เมืองต้องมีความเจริญทุกๆ ด้าน โดยเชื่อว่าความเจริญจะกระจายไปสู่ส่วนอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับชนบทที่อยู่รายล้อมเมืองนั้นๆ จากยุทธศาสตร์ดังกล่าว ส่งผลทำให้เชียงใหม่ก้าวเข้าสู่ความเป็นเมืองอย่างช้าๆ จากนั้นในห้วงไม่ถึงสองทศวรรษให้หลัง เมืองเชียงใหม่ ก็กลายเป็นเมืองศูนย์กลางในทุกๆ ด้านในระดับภูมิภาค ไม่ว่าจะเป็นด้านการปกครอง เศรษฐกิจ การศึกษา และการท่องเที่ยว

โดยจังหวัดเชียงใหม่นับได้ว่าเป็นเมืองที่มีการเจริญเติบโตสูงสุดของภาคเหนือ มีสัดส่วนมูลค่าการผลิตสูงสุดถึงร้อยละ 18 ของผลิตภัณฑ์ภาคเหนือในปี 2547 โดยมีบทบาทด้านธุรกิจการค้า และการท่องเที่ยวเป็นหลัก ทำให้เมืองเจริญเติบโตแบบก้าวกระโดด ผู้คนหลั่งไหลเข้าเมือง เมืองขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไปสู่การพัฒนาเป็นเมือง

ภาพที่ 14 แสดงภาพถ่ายทางอากาศเมืองเชียงใหม่ในอดีต พ.ศ. 2506
ที่มา: **ที่นี้ล้านนา** [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 19 มกราคม 2555. เข้าถึงได้จาก http://www.teeneelanna .com

2. ที่ตั้ง และขอบเขตของพื้นที่วิจัย

พื้นที่ศึกษา พื้นที่ผังเมืองรวม เมืองเชียงใหม่ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศโดยมีบทบาทเป็นเมืองหลักของภาคเหนือตอนบนโดยพื้นที่ผังเมืองรวม เมืองเชียงใหม่ครอบคลุมพื้นที่ 49 ตำบล ใน 7 อำเภอ คือ อำเภอสันทราย อำเภอแม่ริม อำเภอดอยสะเก็ด อำเภอสันกำแพง อำเภอสารภี อำเภอหางดง และอำเภอเมือง คิดเป็นพื้นที่รวมทั้งสิ้น 430 ตารางกิโลเมตร



แผนที่ที่ 3 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา และขอบเขตการปกครองในพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่
ที่มา : ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553

เมืองเชียงใหม่มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ ตำบลริมเหนือ และตำบลสันโป่ง

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลสันป่าเปา ตำบลตลาดขวัญ ตำบลสำราญราษฎร์ ตำบลแม่คือ ตำบลสันกำแพง และตำบลบวกค้าง

ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอเมืองจังหวัดลำพูน

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลสุเทพ ตำบลแม่แรม พื้นที่ป่าไม้ถาวรตามมติคณะรัฐมนตรี และป่าสงวนแห่งชาติ ป่าแม่ท่าช้าง และป่าแม่ขนิน

3. สภาพปัจจุบันของพื้นที่วิจัย

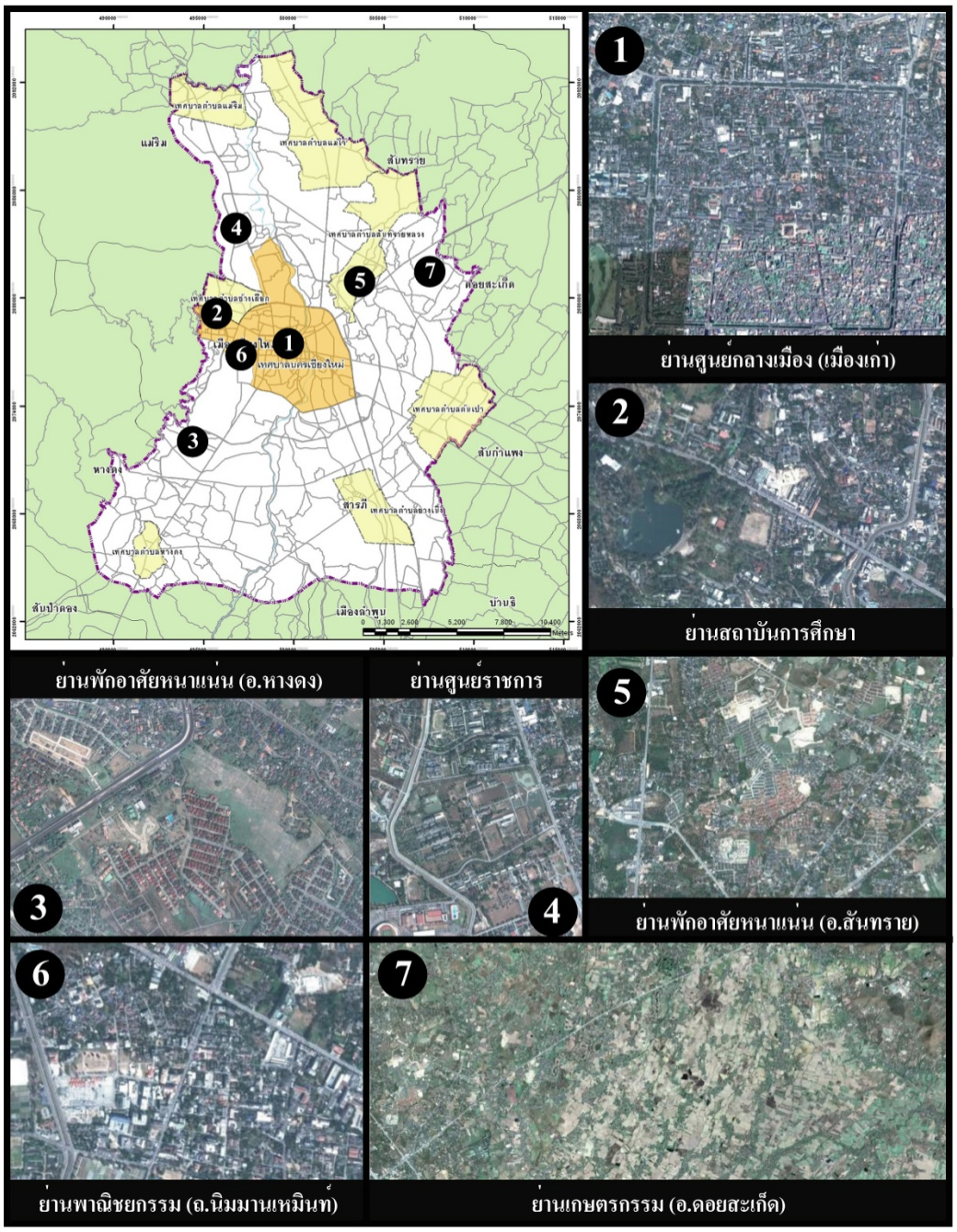
พื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 430 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจการค้า ศูนย์กลางการบริการ ศูนย์กลางการศึกษา ศูนย์กลางราชการ และศูนย์กลางการท่องเที่ยว ของภาคเหนือตอนบน โดยในพื้นที่ผังเมืองเชียงใหม่ยังเป็นพื้นที่ชุมชนดั้งเดิมที่อาศัยมาแต่อดีต ในปัจจุบันความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น โดยสภาพปัจจุบันของพื้นที่ผังเมืองรวม เมืองเชียงใหม่มีลักษณะดังนี้

3.1 ลักษณะทางกายภาพ

3.1.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์อาคารในพื้นที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์และคำนวณพื้นที่โดยโปรแกรมประมวลผลในระบบภูมิสารสนเทศ พบว่าในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่อาคาร และสิ่งปลูกสร้างรวม 44.738 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 10.4 ของพื้นที่ศึกษา โดยมีพื้นที่อาคารประมาณ 27.9 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.5 % ของพื้นที่ศึกษา โดยร้อยละ 37.6 หรือประมาณ 16.820 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ถนน และลานคอนกรีต โดยในปี พ.ศ. 2544 อาคาร และสิ่งปลูกสร้างยังกระจุกตัวอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และมีบางส่วนกระจายตามเส้นทางคมนาคม และศูนย์กลางชุมชนต่างๆ และต่อมาในปี พ.ศ. 2553 มีการขยายตัวของอาคาร และสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็น 71 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 16.5 ของพื้นที่ศึกษา นับว่ามีการเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 26.26 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่อาคารประมาณ 30.55 ตารางกิโลเมตร ป็นพื้นที่ถนน และ ลานคอนกรีตประมาณ 40.44 ตารางกิโลเมตร โดยมีอาคารกระจายตัวอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่มากที่สุดประมาณ 14.5 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 47)ลองลงมาได้แก่ อำเภอสารภี 4.3 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 14), อำเภอสันทราย 4.1 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 13), อำเภอหางดง 3.1 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 10), อำเภอแม่ริม 2.5 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 8), อำเภอสันกำแพง 1.3 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 4) และอำเภอดอยสะเก็ด 0.5 ตาราง

กิโลเมตร (ร้อยละ 1)ตามลำดับ การขยายตัวของเมืองสู่พื้นที่ชานเมืองของเมืองเชียงใหม่ที่เพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้พื้นที่โล่งที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมถูกรุกล้ำเพื่อนำไปใช้ก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ



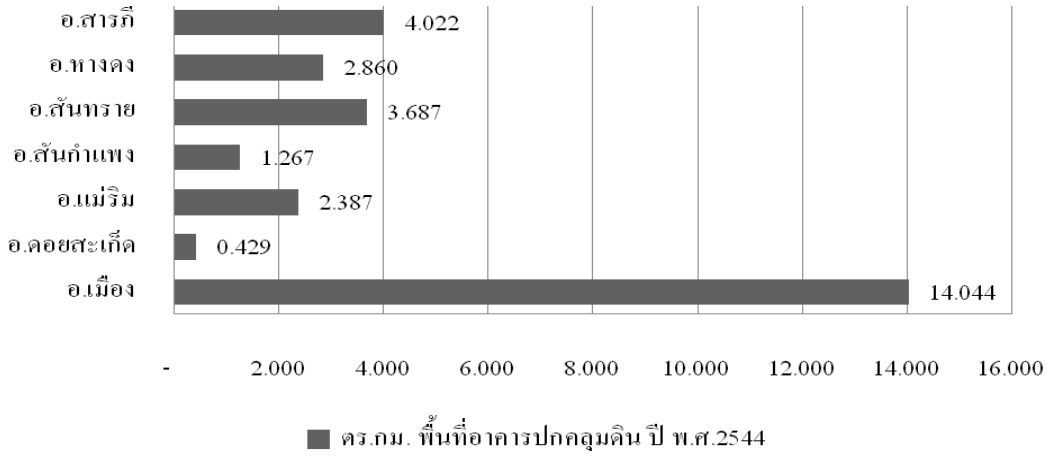
ภาพที่ 15 แสดงพื้นที่ศึกษาผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และย่านสำคัญ

ที่มา: **Google map** [online], accessed 10 July 2011. Available from http://www.google.com/earth/index.html

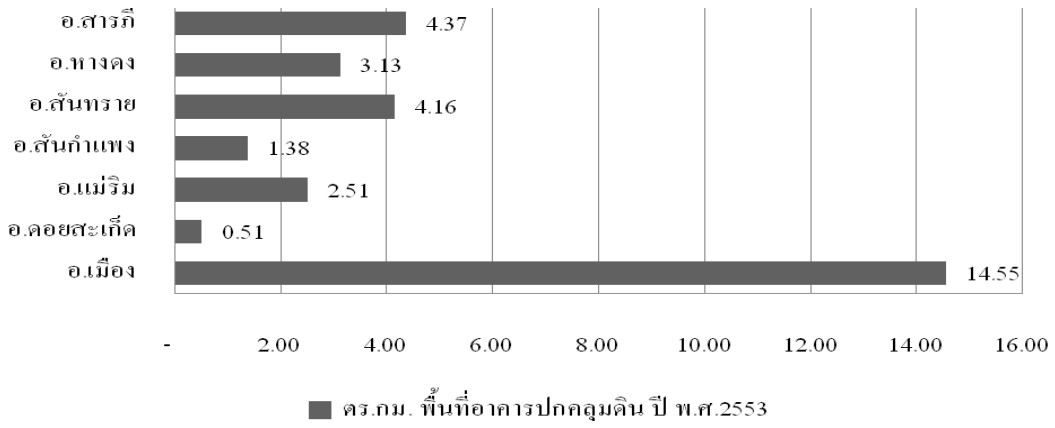
- โครงสร้าง และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมกำแพงเมืองส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย รองลงมาคือพาณิชยกรรม ศาสนสถาน สถาบันการศึกษา และสถานที่ราชการ

- ทางฝั่งตะวันออกของลำน้ำปิง ได้พัฒนา และเติบโตเป็นย่านพาณิชยกรรมมาตั้งแต่สมัยราชการที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2466 ได้มีการสร้างเส้นทางรถไฟมาถึงย่านพาณิชยกรรมดังกล่าว ก็เกิดการพัฒนาต่อเชื่อมกับพื้นที่ฟากตะวันตกของลำน้ำปิง บริเวณถนนท่าแพ ช้างม่อย ช้างคลาน ทำให้มีสภาพเป็นย่านพาณิชยกรรมที่ใหญ่ที่สุดของเมือง

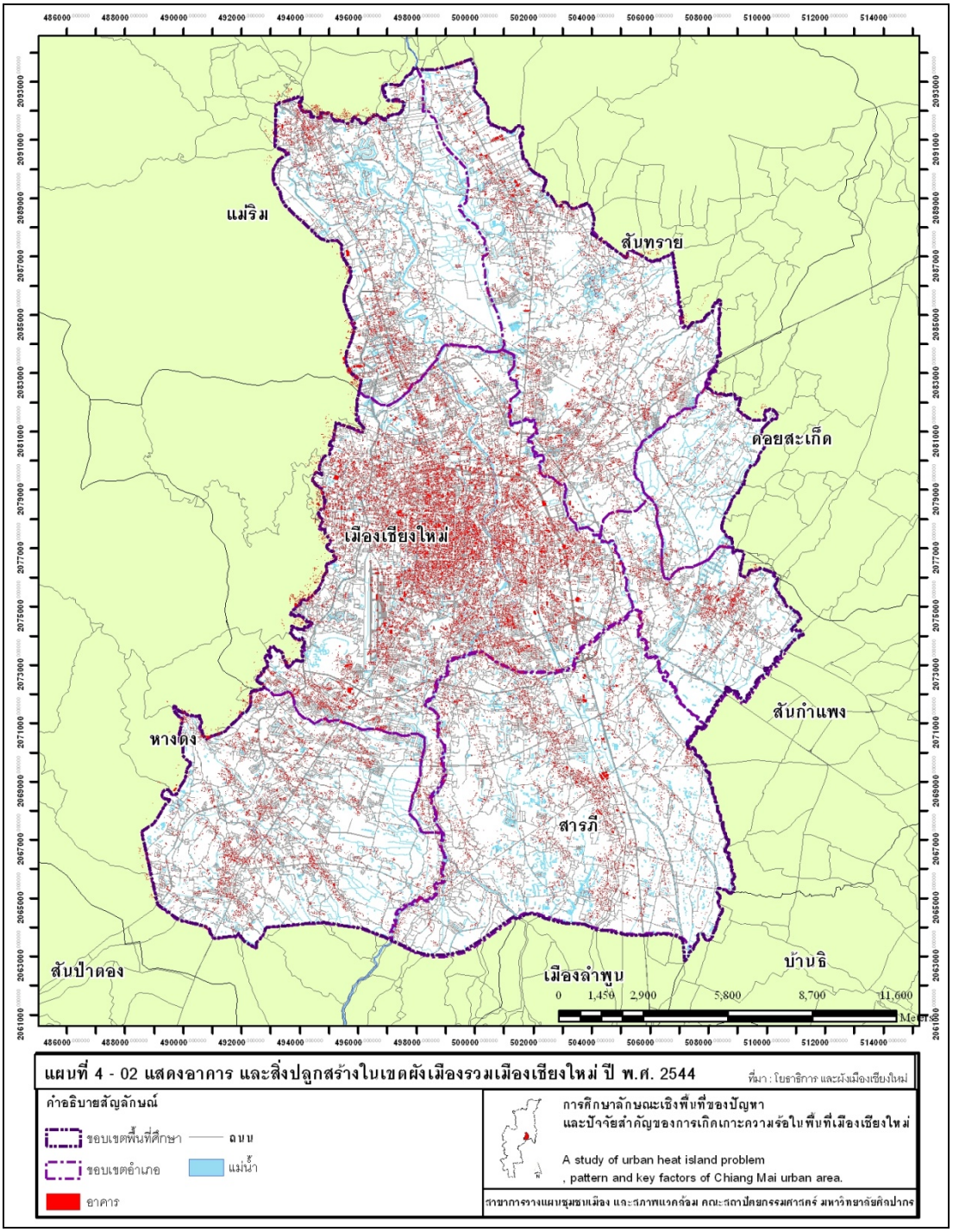
- โครงสร้าง และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมกำแพงเมืองส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย รองลงมาคือพาณิชยกรรม ศาสนสถาน สถาบันการศึกษา และสถานที่ราชการ



แผนภูมิที่ 2 แสดงพื้นที่อาคารปกคลุมดิน จำแนกรายอำเภอในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2544
ที่มา : จากการวิเคราะห์และคำนวณพื้นที่โดยโปรแกรมประมวลผลในระบบภูมิสารสนเทศ, 2544

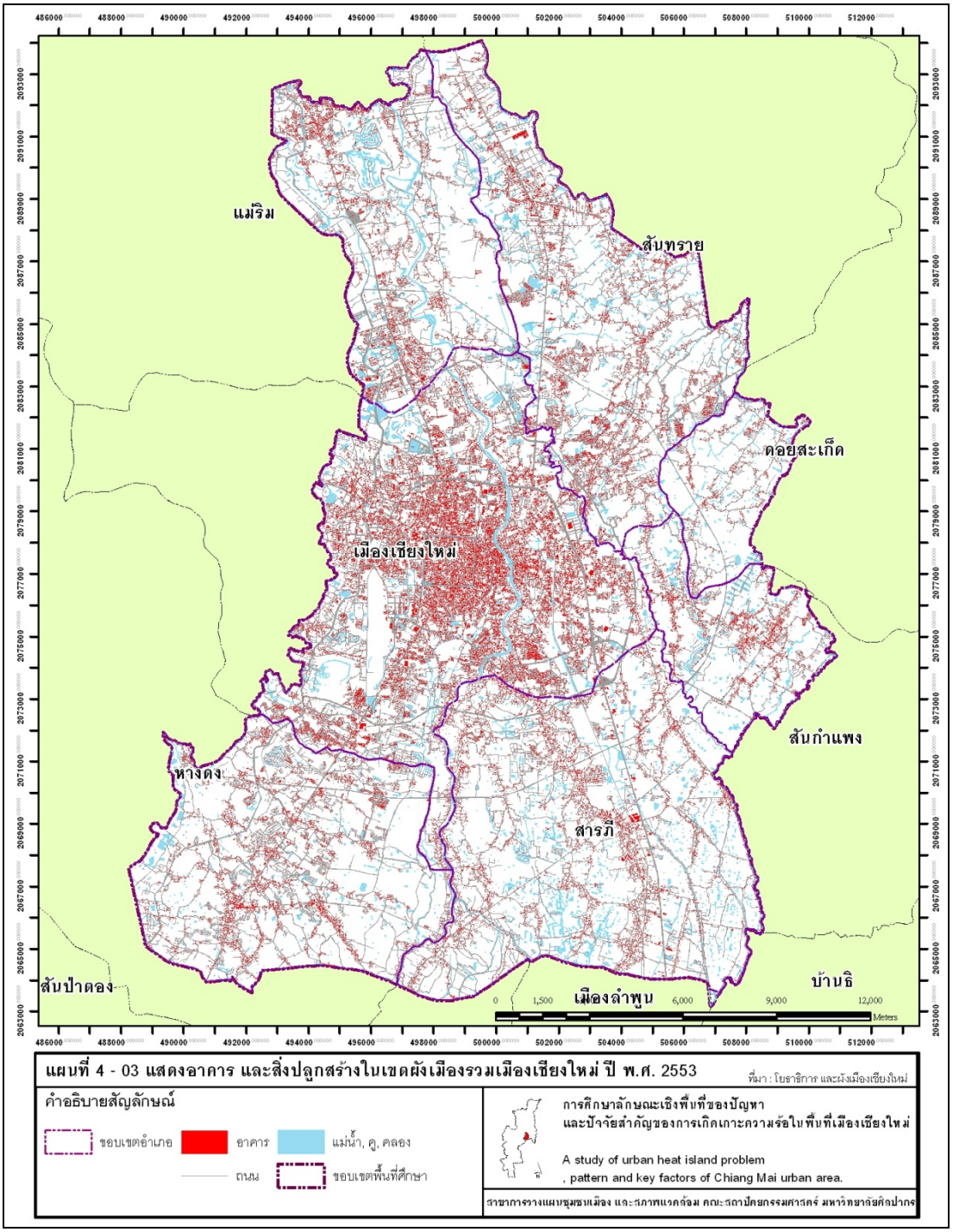


แผนภูมิที่ 3 แสดงพื้นที่อาคารปกคลุมดิน จำแนกรายอำเภอในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2553
ที่มา : จากการวิเคราะห์และคำนวณพื้นที่โดยโปรแกรมประมวลผลในระบบภูมิสารสนเทศ, 2553



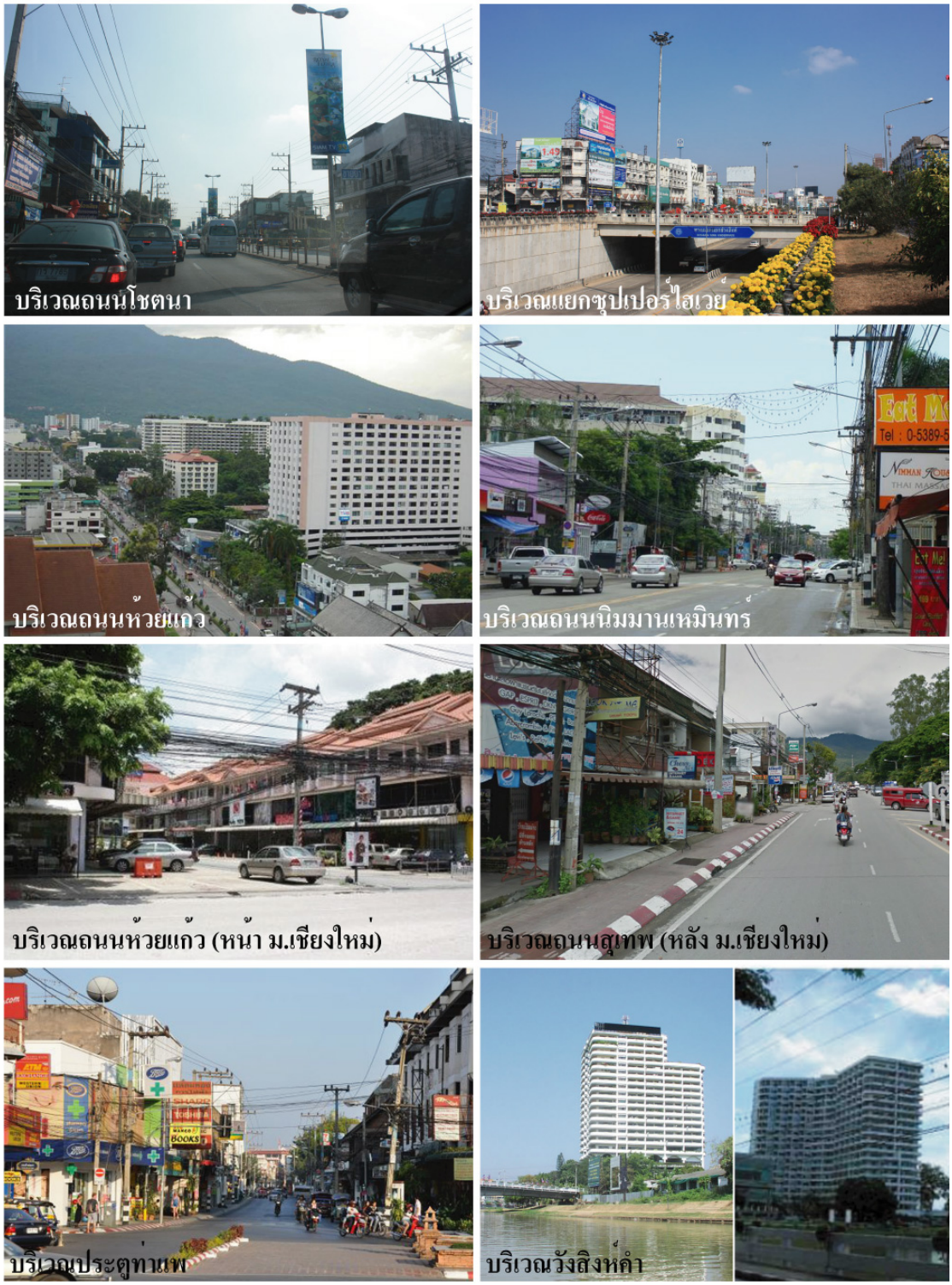
แผนที่ที่ 4 แสดงอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในเขตผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

ที่มา : ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553

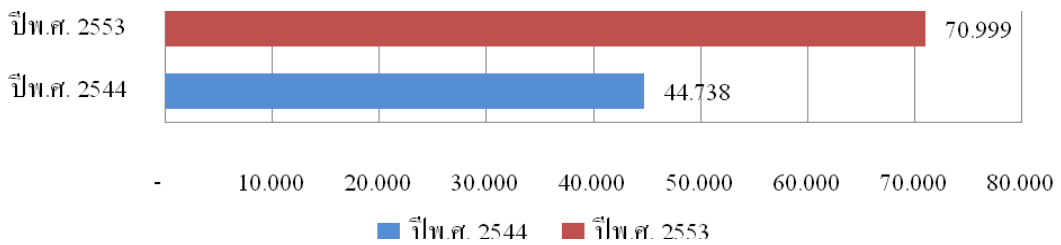


แผนที่ที่ 5 แสดงอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในเขตผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

ที่มา : ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553



ภาพที่ 16 แสดงภาพถ่ายจากการสำรวจพื้นที่เมืองเชียงใหม่



แผนภูมิที่ 4 แสดงข้อมูลพื้นที่อาคาร และโครงสร้างพื้นฐาน ในพื้นที่ศึกษา เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553

ที่มา: จากการวิเคราะห์และคำนวณพื้นที่โดยโปรแกรมประมวลผลในระบบภูมิสารสนเทศ, 2553

- เมื่อเมืองพัฒนาขยายตัวมากขึ้นก็มีการใช้พื้นที่เพื่อประโยชน์ทางพาณิชยกรรมมากขึ้น โดยพื้นที่พาณิชยกรรมก่อตัวขึ้นตามถนนสายหลักที่เข้ามายังตัวเมือง โดยเฉพาะบริเวณถนนโชตนา หรือทางหลวงหมายเลข 107 (แม่ริม – เชียงใหม่) ซึ่งเชื่อมกับศูนย์ราชการ

- พื้นที่ฝั่งตะวันตกบริเวณถนนสุเทพกับถนนห้วยแก้ว การใช้ประโยชน์ที่ดิน ส่วนที่เด่นชัดคือสถาบันการศึกษาซึ่งได้แก่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ นอกจากนั้นก็มีที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นสูงตามแนวถนน โดยมีลักษณะเป็นอาคารสูงแบบแฟลต และคอนโดมิเนียม ที่ดินประเภทเพื่อการพาณิชย์ และศูนย์การค้าขนาดใหญ่ และสถาบันราชการ

- การใช้ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม และคลังสินค้าส่วนใหญ่เป็นลักษณะของอุตสาหกรรมบริการ เช่น ซ่อมเครื่องยนต์ ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ เป็นต้น

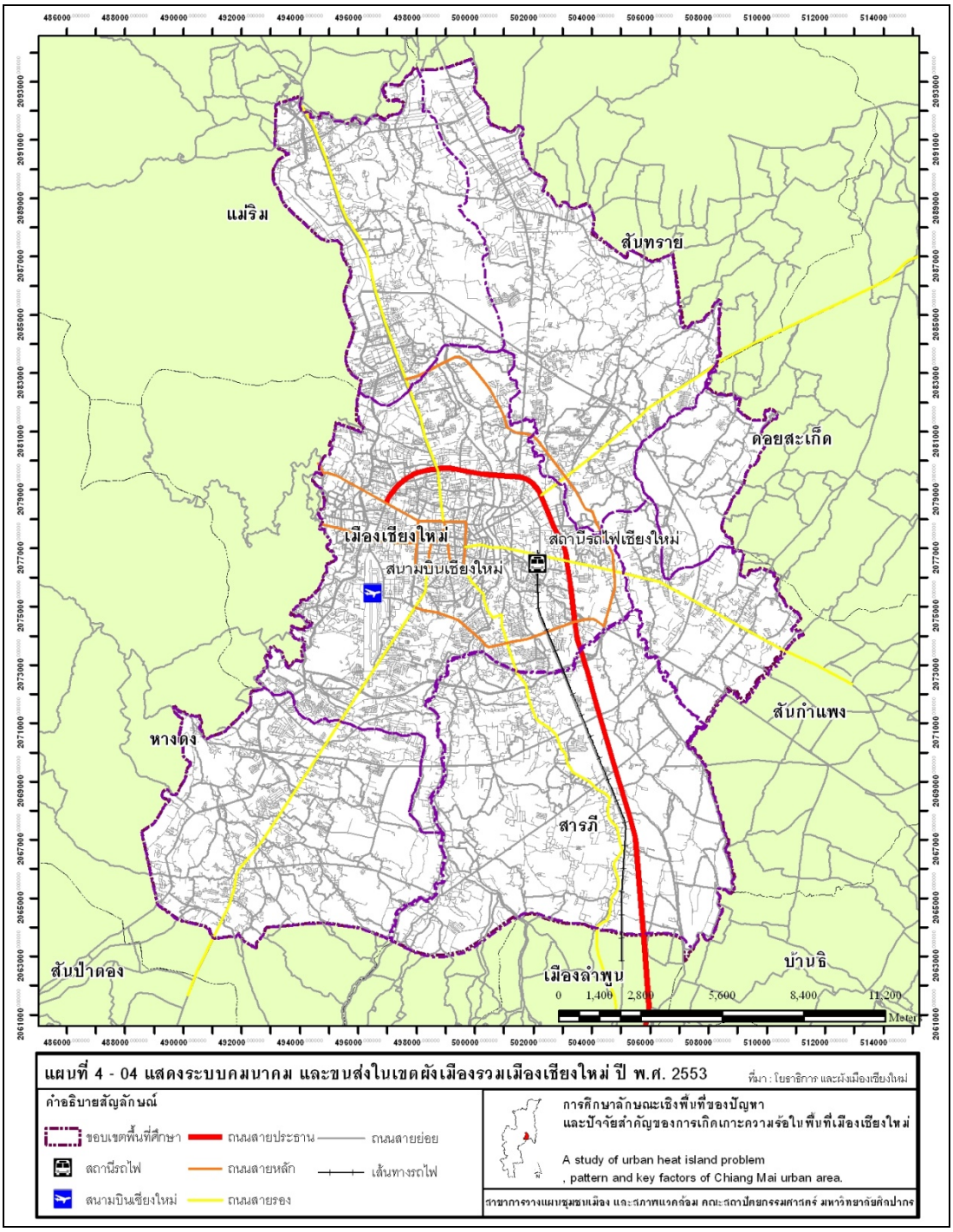
3.1.2 โครงข่ายคมนาคมขนส่ง

ลักษณะโครงข่ายถนนภายในเขตเมืองเชียงใหม่มีลักษณะผสมแบบกริดแบบรัศมี และแบบวงแหวน ภายในเขตเมืองเก่าโครงข่ายถนนเป็นรูปแบบกริดทำหน้าที่กระจายการเดินทางไปยังพื้นที่ส่วนต่างๆ ของเมืองเก่า โดยถนนแบบรัศมีจะทำหน้าที่เชื่อมระหว่างถนนล้อมรอบเขตเมืองเก่า และชุมชนรอบนอก สำหรับถนนวงแหวนทำหน้าที่เป็นถนนอ้อมเมืองเชื่อมถนนแนวรัศมีเข้าด้วยกัน

ลักษณะการจราจร และขนส่งโดยทั่วไป

ทางรถยนต์

พื้นที่สี่เหลี่ยมกำแพงเมืองมีระบบถนนเป็นแบบตาราง ขนาดถนนค่อนข้างแคบไม่สะดวกต่อการใช้ความเร็ว แต่เนื่องจากขนาดพื้นที่ภายในคูเมืองไม่กว้างขวางมากนัก ส่วนในพื้นที่บริเวณถนนห้วยแก้ว ทางสัญจรทั้งยานพาหนะ และทางเท้าที่แคบ ถนนมีรูปแบบเป็นบล็อกขนาด



แผนที่ที่ 6 แสดงระบบคมนาคมและขนส่งในเขตผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่

ที่มา: ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553

ใหญ่ ถนนซอยย่อย ที่แยกออกจากถนนสายหลักยังคดเคี้ยวไม่เชื่อมต่อเป็นโครงข่ายที่เชื่อมถึงกัน การเดินทางไปยังอีกส่วนหนึ่งของเมืองยังต้องอาศัยถนนสายหลัก จึงเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้การจราจรเลื่อนไหลได้ไม่สะดวก และพบว่าการเดินทางในแนวแกนเหนือ – ใต้ทางซีกตะวันตกขาดถนนที่เชื่อมโยง ทำให้ต้องอาศัยถนนสุเทพ และถนนนิมานเหมินห์ จึงสามารถไปสู่ทางหลวงหมายเลข 11 ได้ ลักษณะดังกล่าวทำให้การจราจรในพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น

พื้นที่บริเวณสองฟากถนนตลอดแนวลำน้ำปิง เป็นถนนสองช่องทางวิ่งรถ ซึ่งเป็นทางสัญจรเก่าใช้เข้าถึงบ้านเรือน และร้านค้าจึงมีลักษณะแคบ ปัจจุบันใช้สัญจรติดต่อระหว่างพื้นที่ตอนเหนือ และตอนใต้ของเมือง เป็นเส้นทางเชื่อมถนนสายประธานเข้ากับถนนเลี่ยงเมืองช่วงใต้

ความบกพร่องในระบบโครงข่ายถนนวงแหวนซึ่งไม่สามารถสร้างได้ครบวง ทำให้ไม่สามารถช่วยลดปริมาณการจราจรออกจากเขตเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความคับคั่งของการจราจร และความพลุกพล่านในย่านใจกลางเมือง

ทางรถไฟ

ทางรถไฟเมืองเชียงใหม่สามารถติดต่อกับกรุงเทพฯ โดยทางรถไฟสายเชียงใหม่ – กรุงเทพฯ รวมวันละ 7 ขบวนไป – กลับ และเชียงใหม่ – นครสวรรค์ วันละ 2 ขบวนไป – กลับ

ทางอากาศ

เชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีสนามบินนานาชาติซึ่งมีขนาดใหญ่เป็นอันดับสามรองจากสนามบินสุวรรณภูมิ และสนามบินดอนเมือง เป็นศูนย์กลางเส้นทางการบินระยะสั้นเชื่อมโยงจังหวัดต่างๆในภาคเหนือ และระหว่างภาคเหนือกับภาคอื่นๆ ปัจจุบันเปิดเส้นทางบินไปยังประเทศในทวีปเอเชียถึง 6 แห่ง คือ คุนหมิง เวียงจันทน์ ฮ่องกง สิงคโปร์ กัวลาลัมเปอร์ และไทเป

3.2 ลักษณะภูมิอากาศ

จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเมืองเชียงใหม่มีสภาพอากาศค่อนข้างเย็นเกือบตลอดทั้งปี มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 25.4 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 20.1 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100-1,200 มิลลิเมตร สภาพภูมิอากาศจังหวัดเชียงใหม่อยู่ภายใต้อิทธิพลมรสุม 2 ชนิด คือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งภูมิอากาศออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมฝ่ายใต้พัดพาฝน และความชุ่มชื้นมา จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูง อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22.3 – 34.0 องศาเซลเซียส

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดพาอากาศหนาวเย็น และแห้งแล้งจากไซบีเรียผ่านจีนลงมา อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 11.2 – 14.2 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดพาความร้อน และความแห้งแล้งอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 36.2 – 38.5 องศาเซลเซียส

นอกจากอิทธิพลจากลมมรสุมทั้ง 2 ชนิดแล้ว เมืองเชียงใหม่ซึ่งตั้งอยู่บนที่ราบระหว่างภูเขาจะได้รับอิทธิพลของลมประจำถิ่น นอกเหนือไปจากอิทธิพลของลมมรสุมตามปกติ โดยลมประจำถิ่นของเมืองเชียงใหม่ คือลมภูเขา และลมหุบเขา ซึ่งเกิดจากอากาศทั้ง 2 บริเวณมีความแตกต่างกัน ในช่วงกลางวันจะเกิดลมหุบเขา คือลมพัดจากหุบเขาเหนือชุมชนไปยังภูเขา ช่วยในการระบายอากาศเหนือเมืองขึ้นไป ส่วนในช่วงเวลากลางคืนจะเกิดลมภูเขา พัดจากภูเขามายังหุบเขา ทำให้อากาศบริสุทธิ์บนภูเขาไหลเวียนมาฟอกอากาศในเมืองเป็นการช่วยลดมลพิษในอากาศและฝุ่นละอองในเมืองได้

แต่เนื่องจากสภาพความเป็นหุบเขา ที่มีภูเขาสูงรอบล้อม ทำให้เกิดการสะสมของมลพิษในอากาศ และฝุ่นละอองเหนือเมืองเชียงใหม่ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวที่อากาศนิ่ง เมื่อมีการเผาผลาญพลังงานเชื้อเพลิง และขยะ หรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ และฝุ่นละอองจะทำให้มลพิษในอากาศเหล่านี้ไม่สามารถถ่ายเทออกสู่นอกเมืองได้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Invention

2.3 ลักษณะด้านสังคม

พื้นที่ผังเมืองเชียงใหม่ประกอบด้วยศูนย์กลางย่านธุรกิจการค้า และการบริการที่สำคัญ จากการสำรวจของสำนักผังเมือง กระทรวงมหาดไทยพบว่ามีจำนวนประชากรรวมทั้งสิ้น 682,987 คนเป็นประชากรในชุมชนเมืองร้อยละ 54.8 และชนบทร้อยละ 45.2 เมื่อเทียบกับทั้งจังหวัด จะเห็นว่าบริเวณผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่มีความเป็นเมืองสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ของจังหวัด

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนประชากร และอัตราส่วนความหนาแน่นของประชากร

อำเภอ	จำนวนประชากร			ความหนาแน่นของประชากร คน/ตร.กม.
	ชาย	หญิง	รวม	
อ.สันทราย	47,079	52,146	92,225	340.33
อำเภอแม่ริม	40,610	40,437	81,047	178.13
อำเภอดอยสะเก็ด	31,237	32,843	64,080	84.8
อำเภอสันกำแพง	36,422	40,028	76,450	386.437
อำเภอสารภี	35,811	39,643	75,454	770
อำเภอหางดง	29,807	37,878	67,685	240.7
อำเภอเมือง	113,548	112,498	226,046	1,446

ที่มา: ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553

4. ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่วิจัย

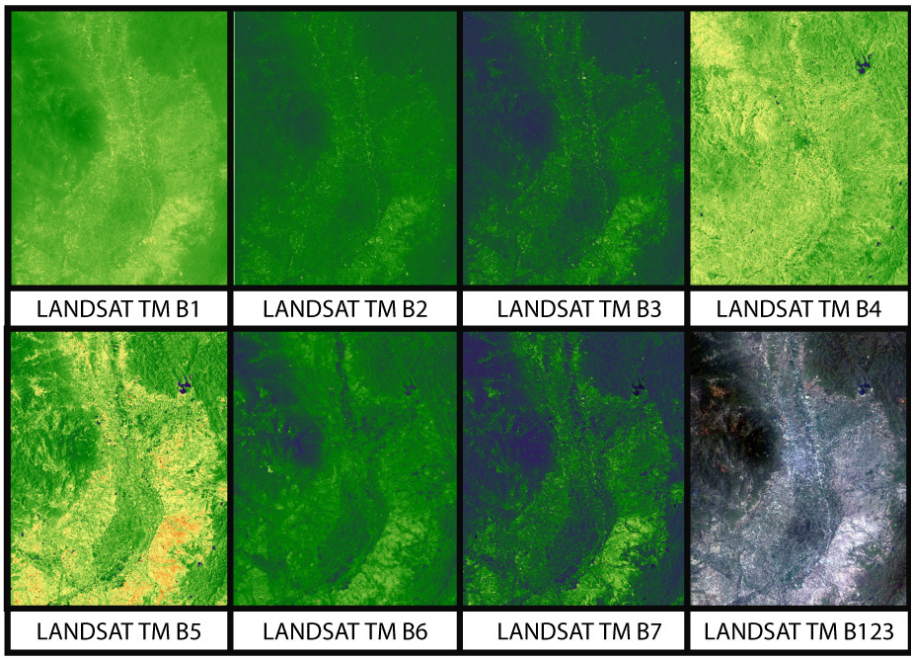
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา และวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยเป็นภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 5 สามารถจำแนกความถี่ของภาพได้เป็น 7 BAND และมีรายละเอียดขนาด 30x30 เมตรต่อ 1 พิกเซล ซึ่งในการเปรียบเทียบจำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษาที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ปี พ.ศ. 2544 และปีพ.ศ.2553

การนำภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่วิจัยมาเปรียบเทียบกัน 2 ปี มาทำการศึกษาวิเคราะห์หาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียม ดังนี้

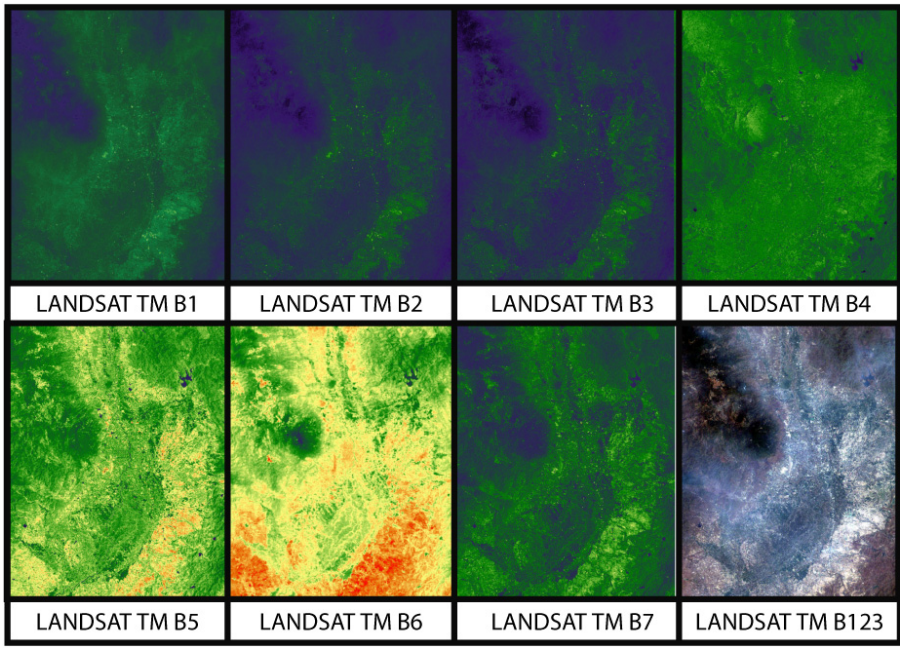
4.1 การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมเป็นไฟล์ RASTER FILES

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) โดยต้องทำการปรับชนิดของไฟล์ข้อมูลให้เป็นชนิดที่สามารถวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งโปรแกรมที่จะใช้คือ โปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม

ดังนั้นจึงได้ทำการแปลงไฟล์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของทั้ง 2 ปี จากไฟล์ภาพเป็นไฟล์ RASTER รวม 7 BAND



ภาพที่ 17 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่วิจัย ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544
ที่มา : ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ.2544 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)



ภาพที่ 18 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่วิจัย ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553
ที่มา: ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ.2553 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)

4.2 การแปลงข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ VECTOR FILES เป็นไฟล์ RASTER FILES

เนื่องจากข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS)ของพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลจากสำนักโยธาธิการ และผังเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเป็นข้อมูลไฟล์ SHAPE FILE โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม ต้องมีการชนิดของไฟล์จากข้อมูล VECTOR FILES เป็นไฟล์ RASTER FILES เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมโดยในการแปลงไฟล์จะทำการแปลกข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของทั้งสองปีที่ทำการศึกษา เพื่อหาปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่

4.3 การกำหนดขอบเขตพื้นที่วิจัย

การกำหนดขอบเขตพื้นที่วิจัย เนื่องจากไฟล์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นเพื่อให้สามารถดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ จึงต้องทำการกำหนดขอบเขตของภาพใหม่ โดยให้ขนาดของภาพครอบคลุมเฉพาะในบริเวณพื้นที่วิจัย คือพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ซึ่งได้กำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ใหม่ โดยอ้างอิงระบบพิกัด UTM-47N (Universal Transverse Mercator) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงค่าพิกัดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการวิเคราะห์ในพื้นที่ศึกษา

Columns	850
Row	1080
Minimum X coordinate	487900
Maximum X coordinate	513400
Minimum X coordinate	2062500
Maximum X coordinate	2094900

ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)

5. สรุป

ในบทที่ 4 เป็นการศึกษาข้อมูลสภาพพื้นที่วิจัย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ผังเมืองรวมจังหวัดเชียงใหม่มีความเหมาะสมในการศึกษาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพของพื้นที่เพื่อรองรับการพัฒนาเมือง และการเป็นเมืองศูนย์กลางของภาคเหนือตอนบน ทำให้เมืองเชียงใหม่กลายเป็นศูนย์กลางของความเจริญในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ด้านเศรษฐกิจ การศึกษา การแพทย์ และศูนย์ราชการ ซึ่งทำให้ที่ผ่านมาเมืองเชียงใหม่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการ

เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย เกิดโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการพัฒนา ซึ่งระบบคมนาคมในพื้นที่ศึกษานับว่าครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพไปสู่ความเป็นเมืองทำให้พื้นที่สีเขียวบางส่วนถูกใช้ไปเพื่อการพัฒนาเมือง ทั้งที่เป็นอาคาร และสิ่งปลูกสร้างที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของเมืองซึ่งนับว่าพื้นที่ศึกษามีความเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบ โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลในช่วง ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553 เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ โดยภาพถ่ายที่ได้แบ่งออกเป็น 7 แบนด์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้ทำการแปลกไฟล์ข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่นำไปใช้วิเคราะห์ควบคู่กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำไปสู่การดำเนินการวิเคราะห์ต่อไปในบทที่ 5

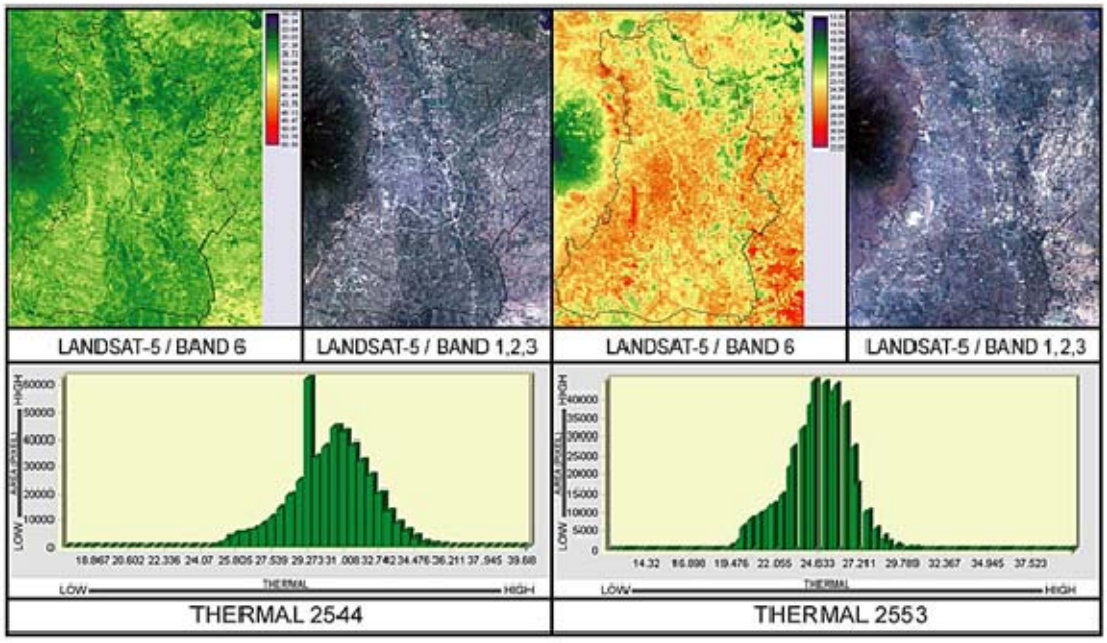
บทที่ 5
การดำเนินการวิเคราะห์

จากการรวบรวมข้อมูลสภาพของพื้นที่ศึกษาพื้นที่ผังเมืองรวมจังหวัดเชียงใหม่ในครั้งนี้ ทำให้เข้าใจถึงประวัติความเป็นมา ความสำคัญและลักษณะทางกายภาพ ตลอดจนลักษณะพื้นที่สีเขียนในพื้นที่ผังเมืองรวม จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งที่เป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ในบทนี้จึงเป็นการนำข้อมูลดังกล่าวมาดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

1. การดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัย

1.1 ปัจจัยอุณหภูมิของเมืองเชียงใหม่

ในการศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT TM BAND 6 ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงปี พ.ศ. 2544 พบว่าในพื้นที่ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิต่ำสุด 19.86°C อุณหภูมิสูงสุด 38°C และมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.93°C ในช่วงปี พ.ศ.2553 พบว่ามีอุณหภูมิต่ำสุด 14.75 °C อุณหภูมิสูงสุด 32.80 °C อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 23.77 °C



ภาพที่ 19 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมอุณหภูมิเมืองเชียงใหม่ ช่วงเดือน เม.ย ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553

จากการเปรียบเทียบภาพถ่ายแสดงอุณหภูมิของทั้งสองช่วงปีพบว่าพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำได้แก่ พื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของเมืองเชียงใหม่ บริเวณอำเภอสันทรายพบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ริมเขาที่มีต้นไม้ปกคลุมอยู่จำนวนมาก และมีแหล่งน้ำกระจายอยู่โดยรอบพื้นที่ประกอบกับพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ชานเมืองที่มีอาคารบ้านเรือนกระจายอยู่ในพื้นที่น้อย

โดยทั่วไปในทางปฏิบัติ การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT TM BAND 6 เพื่อดึงอุณหภูมิของพื้นผิว จะใช้เพียงแค่ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ และข้อมูลการแผ่รังสี โดยในศึกษาพื้นที่ที่เกิดเกาะความร้อนเมืองครั้งนี้จะไม่นำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากเป็นภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT TM BAND 6 ที่ได้มาในปีที่แตกต่างกัน และภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน อุณหภูมิที่ได้จึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้โดยตรงดังนั้นจึงต้องมีมาตรฐานโดยในการศึกษาจะใช้ความร้อนสัมพัทธ์ ซึ่งหมายถึง การนำอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ เทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงโดยอุณหภูมิสัมพัทธ์นี้จะใช้หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส โดยมีสมการดังต่อไปนี้

<u>สมการที่ 1</u>

$$T = \frac{t - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}$$

t = อุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน

t_{min} = อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่ศึกษา

t_{max} = อุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่ศึกษา

T = ค่า T จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (ค่า 0 และ 1 แทนค่าอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด เมื่อทำการแทนค่าอุณหภูมิในสมการเราจึงสามารถเปรียบเทียบตามความสัมพันธ์ของตัวแปร ค่า T ระหว่าง 0.55 ถึง 1 ว่าเป็นพื้นที่ที่มีเกาะความร้อนเมือง)

เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ต้องการหาพื้นที่ที่มีเกาะความร้อนเมืองซึ่งมีค่า 0.55 ถึง 1 จึงต้องมีการหาค่า t ของแต่ละช่วงปีที่ทำการศึกษาโดยการแทนค่าตามสมการดังนี้

<u>สมการที่ 2</u>

$$t = (0.55 \times (t_{max} - t_{min})) + t_{min}$$

เมื่อได้ค่า t จึงนำค่าที่ได้มาแทนในสมการที่ 1 ดังนี้

<u>สมการที่ 2.1</u> (เมื่อต้องการหา t ของอุณหภูมิ ปี พ.ศ.2544 แทนค่าในสมการที่ 2)

$$t = (0.55 \times (44.186 - 20.812)) + 20.812$$

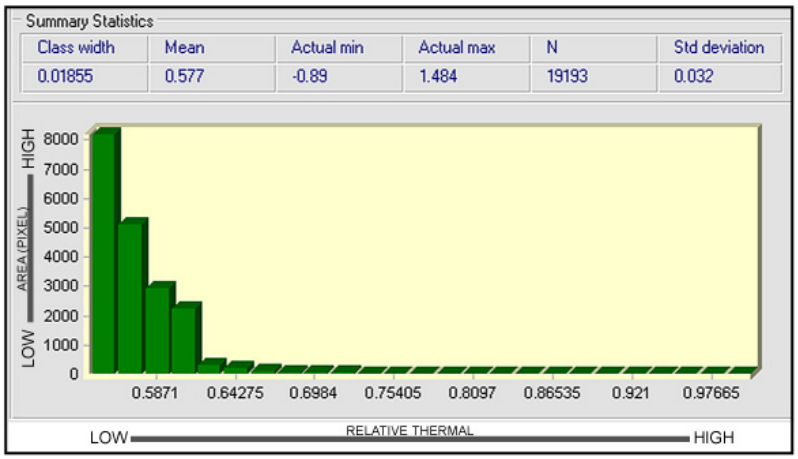
ดังนั้นใน ปี พ.ศ.2544 อุณหภูมิที่เริ่มต้นของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนคือ 33.6677°C

<u>สมการที่ 2.2</u> (เมื่อต้องการหา t ของอุณหภูมิ ปี พ.ศ.2553 แทนค่าในสมการที่ 2)

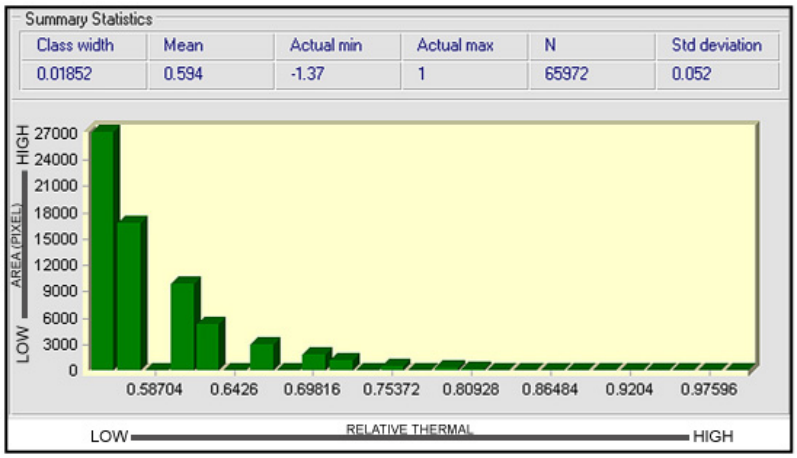
$$t = (0.55 \times (33 - 19.078)) + 19.078$$

ดังนั้นใน ปี พ.ศ.2553 อุณหภูมิที่เริ่มต้นของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนคือ 26.7351 °C

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าจากการพัฒนาเมืองที่ผ่านมาในช่วง ปี พ.ศ.2544 ถึงปี พ.ศ.2553 ได้ทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้น ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5 ซึ่งแสดงความร้อนสัมพัทธ์ของพื้นที่ศึกษา เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2544 และแผนภูมิที่ 6 ซึ่งแสดงความร้อนสัมพัทธ์ของพื้นที่ศึกษา เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2553



แผนภูมิที่ 5 แสดงความร้อนสัมพัทธ์ ที่มีค่าระดับความร้อนมากกว่า 0.55 ในพื้นที่ศึกษา เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2544



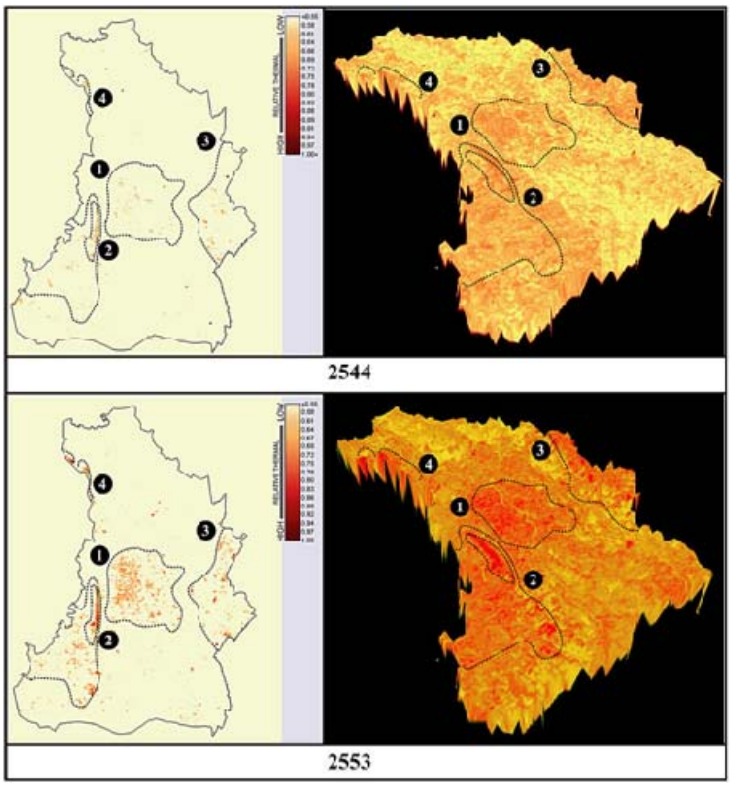
แผนภูมิที่ 6 แสดงความร้อนสัมพัทธ์ ที่มีค่าระดับความร้อนมากกว่า 0.55 ในพื้นที่ศึกษา เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2553

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนสัมพัทธ์ในพื้นที่ศึกษา เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ.2553

ค่าความร้อนสัมพัทธ์	2544		2553		เปรียบเทียบ +เพิ่ม/-ลด (ตร.กม.)
	พื้นที่ (Pixel)	พื้นที่ (ตร. กม.)	พื้นที่ (Pixel)	พื้นที่ (ตร. กม.)	
0.55-0.59	16,199	14.5791	43,928	39.5352	+24.9561
0.6-0.69	2,910	2.619	19,807	17.8263	+15.2073
0.7-0.79	53	0.0477	1,972	1.7748	+1.7271
0.8-0.89	10	0.009	246	0.2214	+0.2124
0.9-1	21	0.0189	19	0.0171	-0.0018
รวม	19,193	17.2737	65,972	59.3748	+42.1011

ที่มา : จากการวิเคราะห์และคำนวณพื้นที่โดยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นค่าความร้อนสัมพัทธ์เพื่อใช้เปรียบเทียบขนาดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ.2553 ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความร้อนสัมพัทธ์ในช่วง 0.55-0.59 ในช่วงปีพ.ศ. 2544 และปีพ.ศ.2553 พบว่าในปี พ.ศ.2553 มีพื้นที่เพิ่มสูงขึ้นถึง 24.9561 ตารางกิโลเมตร ในช่วง 0.6-0.69 พบว่าในปีพ.ศ.2553 มีพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น 15.2073 ตารางกิโลเมตร ในช่วง 0.7-0.79 พบว่าในปีพ.ศ.2553 มีพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น 1.7271 ตารางกิโลเมตร ในช่วง 0.8-0.89 พบว่าในปีพ.ศ.2553 มีพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น 0.2124 ตารางกิโลเมตร และในช่วง 0.9-1 พบว่าในปีพ.ศ.2553 มีพื้นที่ลดลง 0.0018 ตารางกิโลเมตร ซึ่งห่างเปรียบเทียบพื้นที่รวมของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นของทั้ง 2 ช่วงปีแล้วพบว่าในปีพ.ศ.2553 มีพื้นที่เกาะความร้อนเมืองเพิ่มสูงขึ้นถึง 42.1011 ตารางกิโลเมตร หรือมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 3.43 เท่าของปี พ.ศ.2544

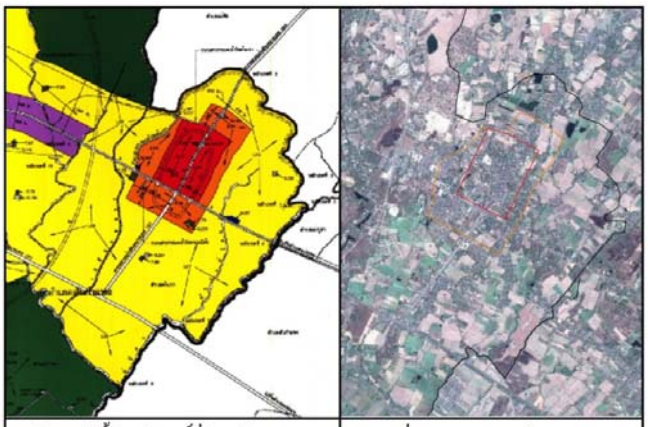


ภาพที่ 20 แสดงเกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

ที่มา : จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)

หากพิจารณาถึงสภาพที่เกิดขึ้นพบว่าช่วงปีพ.ศ.2544 มีอุณหภูมิของเมืองที่สูงกว่าช่วงปีพ.ศ.2553 อันเนื่องมาจากผลกระทบอุณหภูมิอากาศในระดับภูมิภาค แต่ในการหาสภาพที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองนั้นหากพิจารณาจากหาความร้อนสัมพัทธ์ในอากาศจะมีให้เห็นเด่นชัดในช่วงปีพ.ศ.2553 ซึ่งการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมทำให้พบว่าบริเวณที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองของในปีพ.ศ.2553 มีการพัฒนาความรุนแรง และขนาดมาจากช่วงปีพ.ศ.2544 เมื่อนำภาพถ่ายทางอากาศในแต่ละช่วงปีมาศึกษาสภาพเกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ในบริเวณ 4 จุดที่พบว่ามีการพัฒนาความรุนแรงและขนาดของเกาะความร้อนเมืองทำให้พบว่าในบริเวณจุดที่ 1 (ในภาพที่ 21) บริเวณพื้นที่ในคูเมืองเชียงใหม่ และโดยรอบซึ่งเป็นพื้นที่ศูนย์กลางของเมืองเชียงใหม่พบว่ามีการพัฒนาความรุนแรง และขนาดของเกาะความร้อนเมืองเพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ.2544 อันเนื่องมาจากการขยายตัวจากศูนย์กลางเมืองออกไปตามถนนสายสำคัญ คือถนนห้วยแก้ว ถนนช้างเผือก ถนนเจริญเมือง ถนนระแกง และถนนทิพย์เนตร ไปจนถึงถนนวงแหวนรอบใน(ทางหลวงหมายเลข 11) จึงก่อให้เกิดกลุ่มอาคารอยู่หนาแน่นทำให้การ

ไหลเวียนของอากาศ ที่ช่วยพัดพาความร้อนออกจากเมืองเป็นไปได้ยาก และวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนได้ดีอีกด้วย บริเวณจุดที่ 2 บริเวณสนามบินเชียงใหม่ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในทั้ง 2 ช่วงปี พบว่าขนาดของเกาะความร้อนเมืองมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2544 โดยมีศูนย์กลางที่มีความร้อนสูงสุดอยู่ที่บริเวณสนามบินเชียงใหม่ซึ่งเป็น ลานคอนกรีตขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถกักเก็บความร้อน และรวมไปถึงพื้นที่ต่อเนื่องทางฝั่งตะวันตกของสนามบินที่มีการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ.2544 จนมาถึงปัจจุบันทำให้พื้นที่เกาะความร้อนเมืองมีการขยายตัวไปพร้อมกับการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่อง บริเวณจุดที่ 3 ศูนย์กลางชุมชนสันกำแพงพบว่ามีเกาะความร้อนเมืองเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2544 ซึ่งภายในพื้นที่มีอุณหภุมิสูงกระจายตัวอยู่ภายในพื้นที่ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการพัฒนาเมืองตามผังการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2542 พบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่อยู่ในแผนการพัฒนาการกระจายศูนย์กลางเมืองโดยการพัฒนาดังกล่าวทำให้พื้นที่เพาะปลูกบางส่วนถูกใช้เพื่อการพัฒนาเป็นที่อยู่อาศัย และประกอบกับในช่วงที่ได้ทำการศึกษาพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในช่วงเก็บเกี่ยวเสร็จทำให้สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลานดินและไม่มีต้นไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวเกิดกลุ่มความร้อนขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ บริเวณจุดที่ 4 พบว่ามีจุดที่มีอุณหภุมิสูงเกาะกลุ่มแต่ยังมีขนาดเล็ก จากการศึกษาภาพถ่ายทางอากาศทำให้ทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นลานดินและมีพืชพรรณอยู่ในพื้นที่น้อยมาก หากพิจารณาถึงสภาพที่เกิดขึ้น พบว่า พื้นที่ที่เป็นลานคอนกรีตขนาดใหญ่ และพื้นที่ที่มีอาคารปกคลุมหนาแน่น สภาพพื้นพรรณในพื้นที่ไม่สมบูรณ์สัมพันธ์กับตำแหน่งและลักษณะพื้นที่ของเกาะความร้อนเมือง ซึ่งจะวิเคราะห์ความสัมพันธ์เหล่านี้ในเชิงปริมาณในขั้นตอนการวิจัยต่อไป

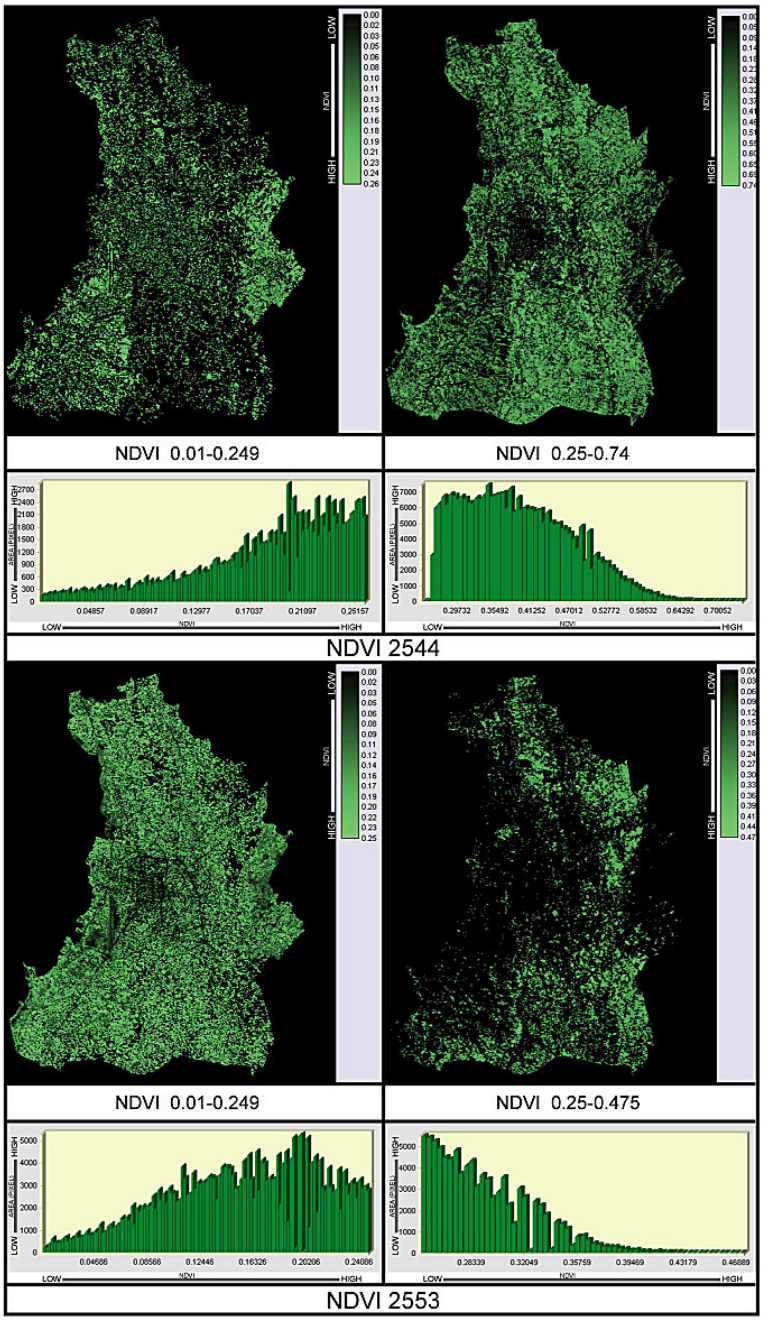


ผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีพ.ศ.2542 | ภาพถ่ายทางอากาศ ปีพ.ศ. 2553

ภาพที่ 21 แสดงผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2542 และภาพถ่ายทางอากาศบริเวณศูนย์ชุมชนสันกำแพง (บริเวณจุดที่ 3)

ที่มา : ข้อมูลแผนที่ภูมิสารสนเทศจากสำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่, 2553

1.2 ปัจจัยพื้นที่สีเขียว



ภาพที่ 22 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) พื้นที่ประเภทไม้คลุมดิน (ภาพด้ายซ้าย) พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยไม้ยืนต้น (ภาพด้านขวา) เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

จากข้อมูลดาวเทียมแสดงค่า NDVI ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ช่วงปี พ.ศ.2544 มีค่าเฉลี่ยของ NDVI เท่ากับ 0.37 และในปี พ.ศ.2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของ NDVI ลดลงเหลือเท่ากับ 0.235 ซึ่งลดลงถึง 36% จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมช่วงปี พ.ศ.2544 พบว่ามีพื้นที่สีเขียวที่เป็น

ไม้คลุมดิน สนามหญ้า และลานดิน (ที่มีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ระหว่าง 0.01- 0.249) กระจายตัวอยู่โดยรอบพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 30.62% ของพื้นที่ศึกษา และมีพืชพรรณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต้นไม้ใหญ่ (ที่มีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ระหว่าง 0.25- 0.74) ครอบคลุมพื้นที่ 69.38% ต่อมาในปี พ.ศ.2553 พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณลดลงและยังลดขนาดพื้นที่ลงอีกด้วย ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าพื้นที่สีเขียวที่เป็นไม้คลุมดิน สนามหญ้า และลานดินมีพื้นที่ถึง 76.68% ของพื้นที่ศึกษา และพืชพรรณที่มีความอุดมสมบูรณ์ ต้นไม้ใหญ่ลดลงเหลือเพียง 23.32% ของพื้นที่ศึกษา จากการเปรียบเทียบทำให้ทราบว่าการพัฒนาเมืองที่เกิดขึ้นมีผลกับค่าดัชนีพืชพรรณที่ลดลง แต่พื้นที่ที่มีค่าดัชนีพืชพรรณที่สูงตั้งแต่ปี พ.ศ.2544 ถึงปี พ.ศ.2553 พบว่ายังอยู่ในบริเวณพื้นทางทิศเหนืออ้อมทิศตะวันออกจนมาถึงบริเวณทิศใต้ จากการสันนิษฐานพบว่าพื้นที่ดังกล่าวยังพัฒนาไปไม่ถึง เนื่องจากพื้นที่เมืองเชียงใหม่มีการพัฒนาเริ่มจากศูนย์กลางเมือง แล้วจึงกระจายออกไปตามเส้นถนนทางทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ ส่วนในบริเวณที่พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณลดลงคือบริเวณศูนย์กลางเมืองและกระจายไปไปในทิศตะวันตก เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศพบว่าพื้นที่ดังกล่าวถูกใช้ในการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างและโครงสร้างพื้นฐานของเมือง เช่น อาคาร ถนน และลานคอนกรีต

ตารางที่ 14 แสดงพื้นที่ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) พื้นที่ประเภทไม้คลุมดิน (ภาพด้ายซ้าย) พื้นที่ประเภทไม้ยืนต้นที่อุดมสมบูรณ์ (ภาพด้านขวา) จากข้อมูล RASTER ของพื้นที่วิจัย ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ.2553

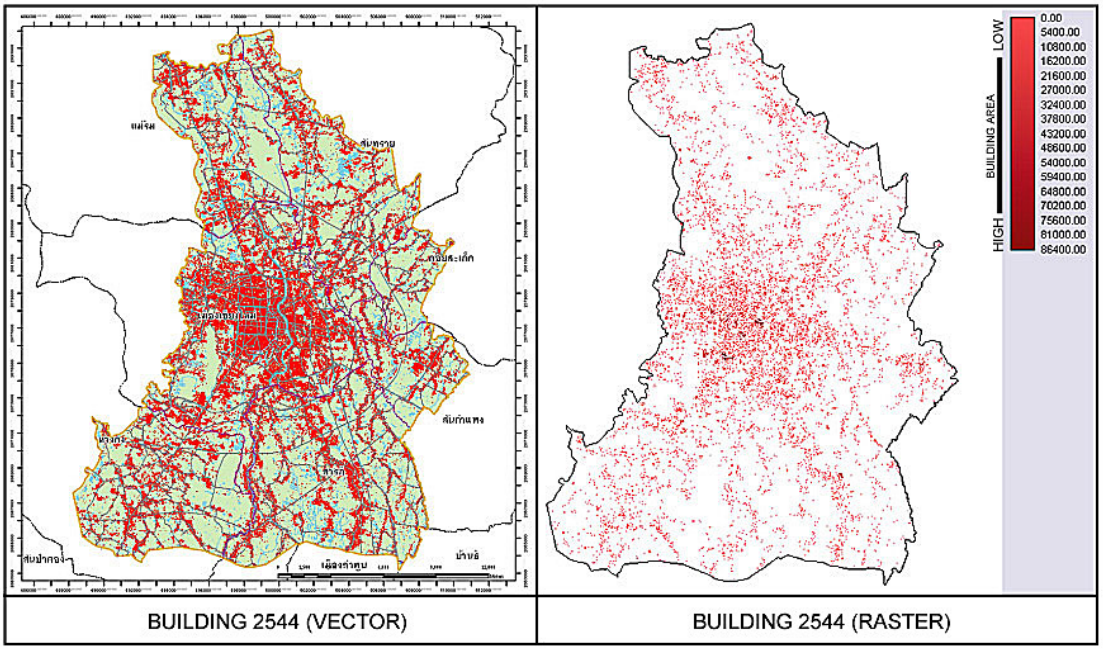
ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI)	ประเภท	พื้นที่ (PIXEL)	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	สัดส่วนต่อพื้นที่ศึกษา
ปี พ.ศ.2544				
0.01 ถึง 0.249	ไม้คลุมดิน , สนามหญ้า, ที่ว่างที่ยังไม่มีการพัฒนา	121,403	109.26	30.62%
0.25 ถึง 0.74	ต้นไม้ยืนต้น, สวนป่า	275,021	247.51	69.38%
พื้นที่สีเขียว รวม		396,424	356.77	100%
ปี พ.ศ.2553				
0.01 ถึง 0.249	ไม้คลุมดิน , สนามหญ้า, ที่ว่างที่ยังไม่มีการพัฒนา	299,157	269.24	76.68%
0.25 ถึง 0.475	ต้นไม้ยืนต้น, สวนป่า	90,963	81.86	23.32%
พื้นที่สีเขียว รวม		390,120	351.1	100%

4.3 ปัจจัยรูปแบบอาคาร

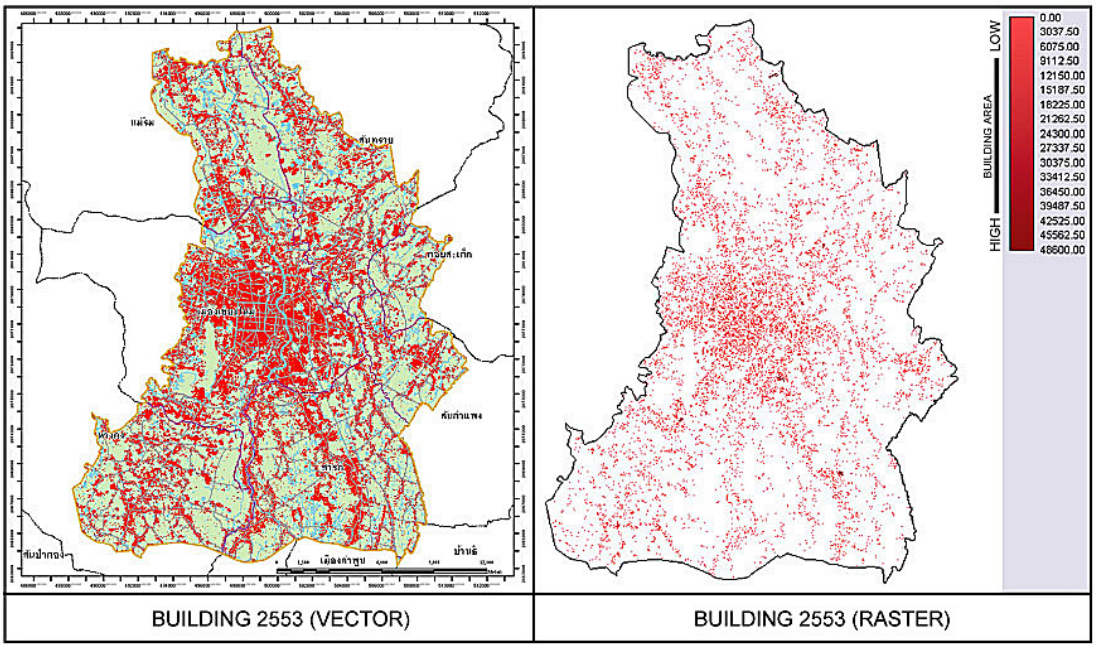
ในการศึกษารูปแบบอาคารจะทำการศึกษาโดยแย่งรูปแบบอาคารออกเป็น รูปแบบ 2 มิติ คือ พื้นที่อาคารปกคลุมดินในแนวราบที่เป็น กับรูปแบบ 3 มิติปริมาตรของพื้นที่อาคารรวมในแนวดิ่ง (พื้นที่อาคาร X ความสูง) โดยการเปรียบเทียบปริมาณอาคารโดยแบ่งตามขอบเขตการปกครองช่วงปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

4.3.1 ปัจจัยพื้นที่อาคารปกคลุมดิน

พบว่าพื้นที่ที่มีการพัฒนาอาคารปกคลุมดินสูงที่สุดอยู่ในพื้นที่เขต อ.เมืองที่มีปริมาณอาคารปกคลุมดินเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2544 ถึง 0.504 ตารางกิโลเมตร รองลงมาคือพื้นที่ในบริเวณ อ.สันทรายเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.468 ตารางกิโลเมตร อ.สารภี 0.345 ตารางกิโลเมตร อ.หางดง 0.268 ตารางกิโลเมตร อ.แม่ริม 0.122 ตารางกิโลเมตร อ.สันกำแพง 0.114 ตารางกิโลเมตร และต่ำที่สุดที่ อ.ดอยสะเก็ด 0.086 รวมแล้วมีการพัฒนาอาคารปกคลุมดินของเมืองเชียงใหม่จากปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ.2553 เป็นพื้นที่ 1.907 ตารางกิโลเมตรเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 6.64 เมื่อทำการศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศของทั้งสองช่วงปีพบว่า พื้นที่ในเขต อ.เมืองส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการพัฒนาเป็นพื้นที่เพื่อการพาณิชยกรรมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในพื้นที่อื่นๆ ส่วนใหญ่ถูกใช้ในการพัฒนาเพื่อการอยู่อาศัย เช่นหมู่บ้านจักสรร หอพัก คอนโดมิเนียม และโรงแรม รองลงมาถูกใช้เพื่อการพาณิชยกรร



ภาพที่ 23 แสดงภาพความหนาแน่นของอาคาร VECTOR และ RASTER เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544



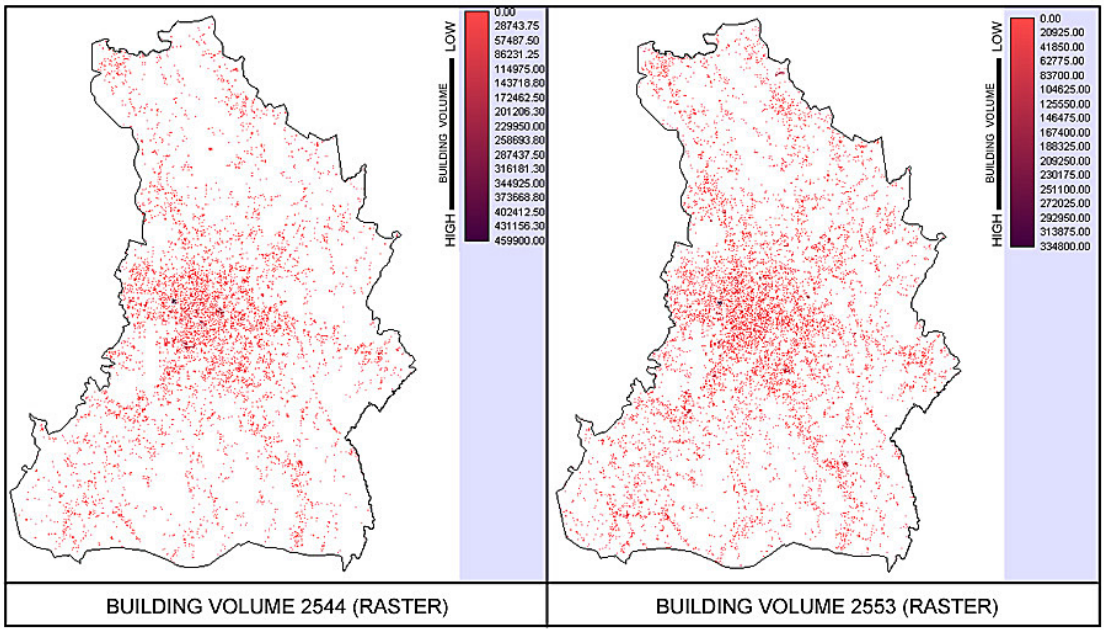
ภาพที่ 24 แสดงภาพความหนาแน่นของอาคาร VECTOR และ RASTER เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 15 แสดงอาคารปกคลุมดินของเมืองเชียงใหม่แยกตามของเขตการปกครองปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ.2553

ขอบเขตการปกครอง	ปี พ.ศ.2544 (ตร.กม.)	ปี พ.ศ.2553 (ตร.กม.)	เปรียบเทียบ +เพิ่ม/-ลด (ตร.กม.)
อ.เมือง	14.044	14.548	+0.504
อ.ดอยสะเก็ด	0.429	0.515	+0.086
อ.แม่ริม	2.387	2.509	+0.122
อ.สันกำแพง	1.267	1.381	+0.114
อ.สันทราย	3.687	4.155	+0.468
อ.หางดง	2.860	3.128	+0.268
อ.สารภี	4.022	4.367	+0.345
รวม	28.696	30.603	+1.907

4.3.2 ปัจจัยปริมาตรอาคาร

พบว่าในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ในปี พ.ศ. 2544 มีกลุ่มอาคารสูงกระจายอยู่ตามบริเวณย่านศูนย์กลางการค้าของเมือง เช่นบริเวณประตูท่าแพ นิมมานเหมินทร์ และตามแนวถนนซุปเปอร์ไฮเวย์ ซึ่งเป็นแนวถนนวงแหวนรอบใน โดยอาคารส่วนใหญ่ประกอบกิจการโรงแรม รองลงพบว่าในบริเวณ ตำบลสุเทพที่พบว่ามีอาคารสูงกระจายอยู่ภายในพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกใช้เพื่อประกอบกิจการหอพัก รองลงมาคือโรงแรม ต่อมาในปีพบว่า พ.ศ. 2553 มีอาคารสูงเพิ่มขึ้นจากเดิมส่วนใหญ่เกิดขึ้นกระจุกตัวอยู่ฝั่งตะวันตกของศูนย์กลางเมือง และบางส่วนกระจายตัวอยู่ตามเส้นทางถนนสายหลักเมือง และตามแนวถนนเลียบคลองชลประทาน ส่วนใหญ่ตึกสูงที่พบในตัวเมืองเชียงใหม่จะเป็น โรงแรม และหอพัก



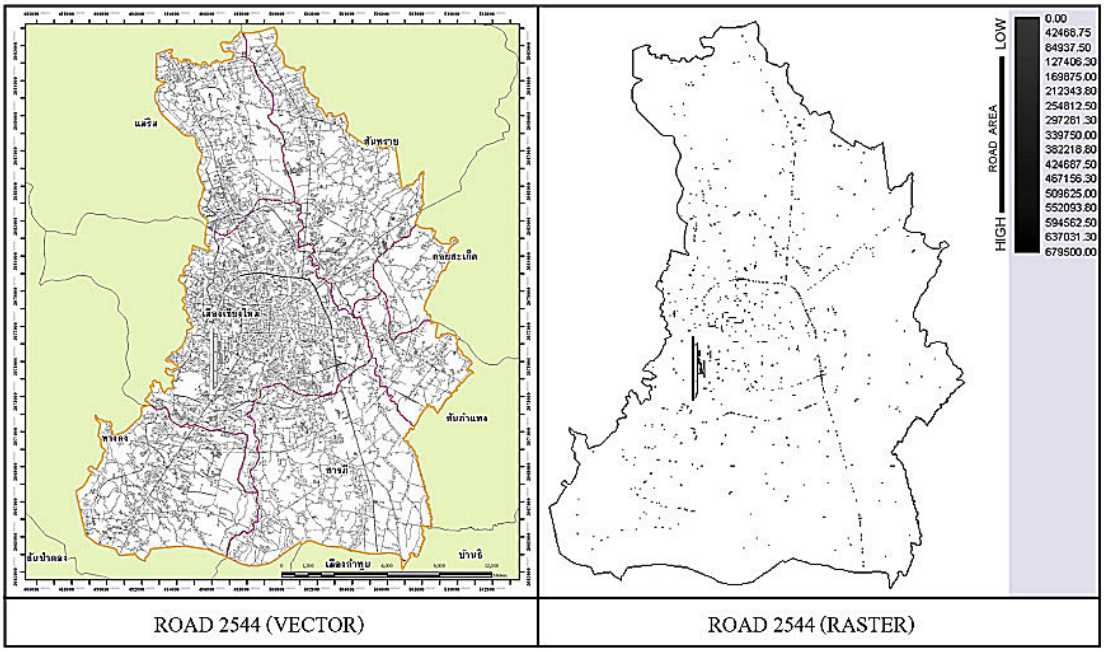
ภาพที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาตรอาคาร ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2544

เมื่อเปรียบเทียบการเกาะกลุ่มของสิ่งปลูกสร้างที่มีพื้นที่อาคารปกคลุมดินจะเกาะกลุ่มบริเวณย่านศูนย์กลางเมืองเป็นส่วนใหญ่ และกระจายไปตามเส้นทางถนนสายสำคัญต่างๆ เช่น ถนนห้วยแก้ว ถนนโชตนา ถนนทิพย์เนตร ถนนเจริญเมือง และถนนแก้วนวรัฐ ส่วนปริมาตรอาคารจะเกาะกลุ่มกันบริเวณฝั่งตะวันตก และฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของเมือง บางส่วนจะอยู่บริเวณถนนถนนเลียบคลองชลประทาน ซึ่งการพัฒนาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นใหม่ถูกใช้เพื่อกิจการหอพัก

โรงแรม และคอนโดมิเนียม และเนื่องจากพื้นที่เมืองเชียงใหม่มีกฎหมายจำกัดความสูงอาคารจึงทำให้การพัฒนาอาคารสูงตั้งแต่ปี พ.ศ.2544 ถึงปี พ.ศ.2553 จึงมีไม่มากนัก

4.4 ปัจจัยพื้นที่ถนน

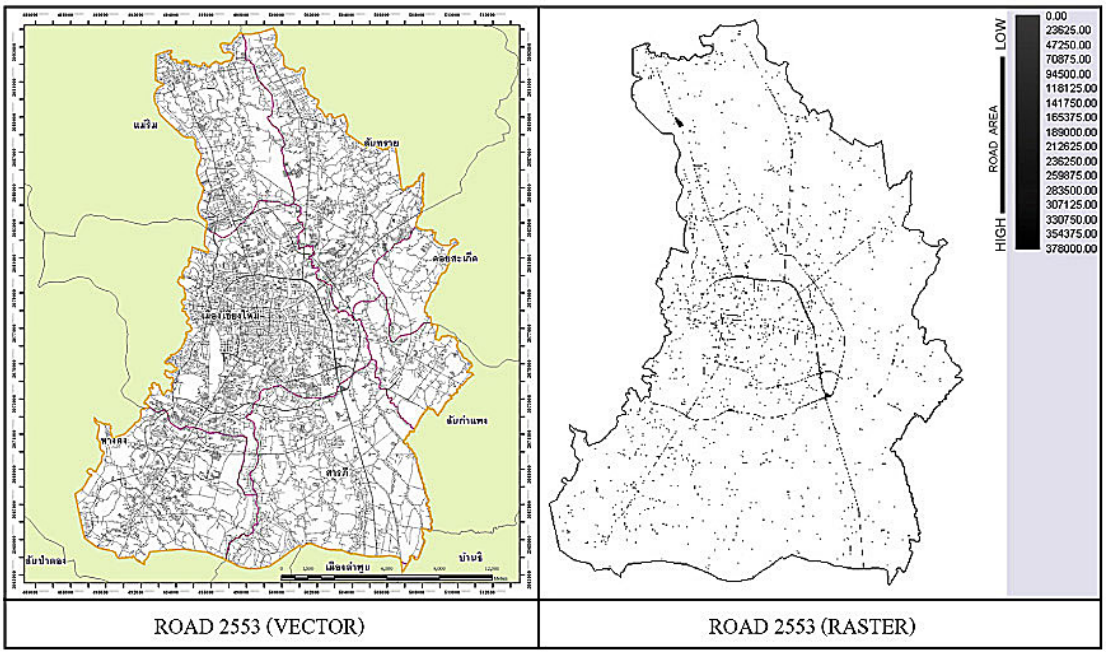
เมื่อเปรียบเทียบการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการสร้างถนนของเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553 พบว่ามีการใช้พื้นที่เพื่อการสร้างถนนเพิ่มจากปี พ.ศ.2544 ถึง 1.71 ตารางกิโลเมตรซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 10.16 ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการพัฒนาเมืองที่เมื่อมีการพัฒนาอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างก็จะต้องมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานถนนเพื่อรองรับการพัฒนาที่เกิดขึ้นไปด้วย



ภาพที่ 26 แสดงภาพพื้นที่ถนน VECTOR และ RASTER เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544

ตารางที่ 16 แสดงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการสร้างถนนของเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

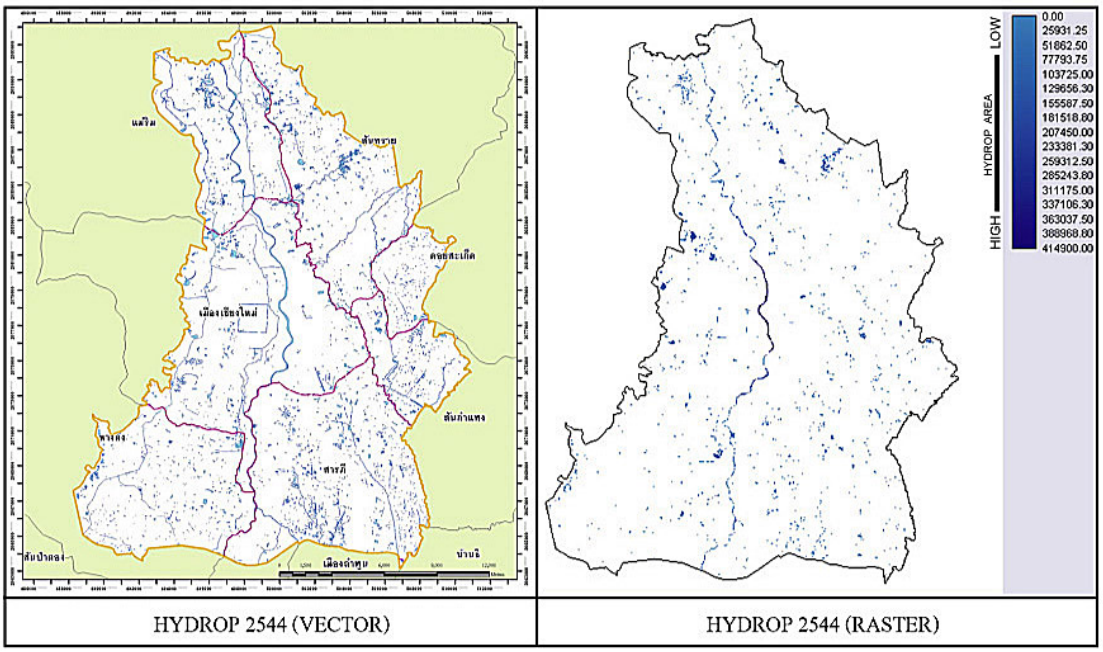
ปี พ.ศ.2544 (ตร.กม.)	ปี พ.ศ.2553 (ตร.กม.)	เปรียบเทียบ +เพิ่ม/-ลด (ตร.กม.)
16.82	18.53	+1.71



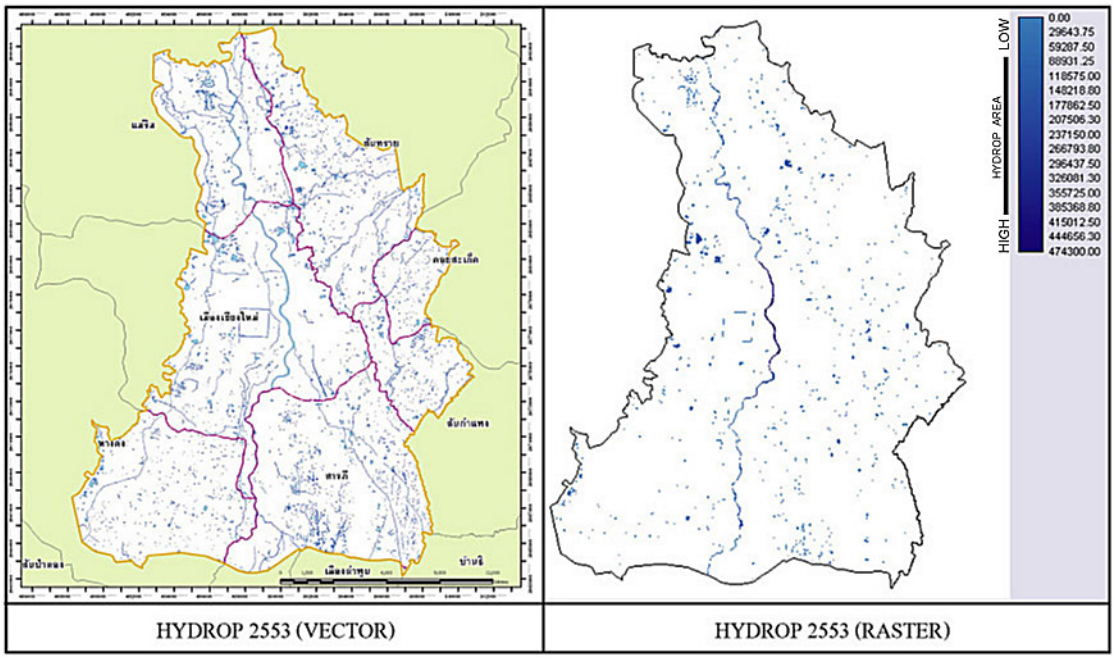
ภาพที่ 27 แสดงภาพพื้นที่ถนน VECTOR และ RASTER เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553

4.5 ปัจจัยพื้นที่แหล่งน้ำ

จากการศึกษาพื้นที่แหล่งน้ำของทั้งสองช่วงปีการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ.2553 มีพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิมในปี พ.ศ.2544 ถึง 1.19 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 11.53 ของพื้นที่แหล่งน้ำในปีพ.ศ.2544



ภาพที่ 28 แสดงภาพพื้นที่แหล่งน้ำ VECTOR และ RASTER เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544



ภาพที่ 29 แสดงภาพพื้นที่แหล่งน้ำ VECTOR และ RASTER เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553

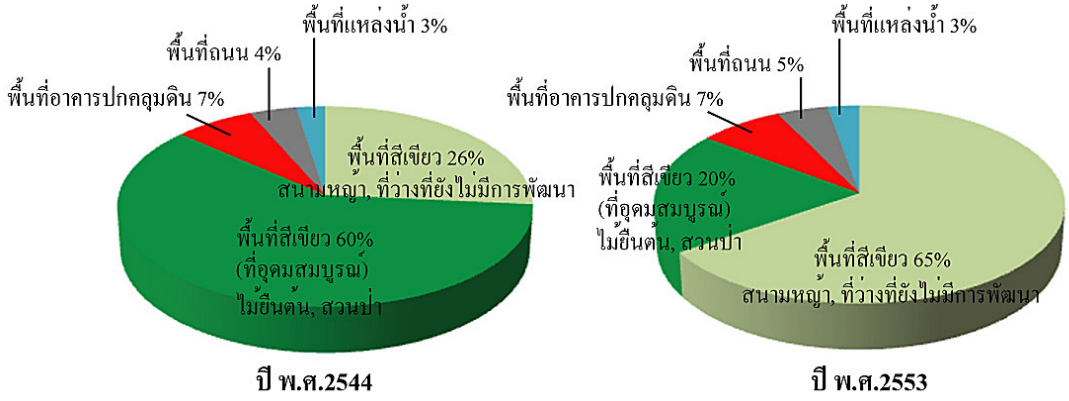
ตารางที่ 17 แสดงการพื้นที่แหล่งน้ำของเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

ปี พ.ศ.2544 (ตร.กม.)	ปี พ.ศ.2553 (ตร.กม.)	เปรียบเทียบ +เพิ่ม/-ลด (ตร.กม.)
10.32	11.51	+1.19

4.6 สรุปปัจจัยของเมืองเชียงใหม่

จากการศึกษาอุณหภูมิทำให้ทราบว่าอุณหภูมิในปี พ.ศ. 2553 ที่ลดลงจากปีพ.ศ. 2544 มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในระดับภูมิภาคในขณะนั้นซึ่งส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่วงเดือนที่ทำการศึกษาซึ่งเป็นช่วงเมษายนเหมือนกัน ทำให้การหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต้องมีการสร้างมาตราฐานเดียวกันซึ่งจากการศึกษาทำโดยการหาค่าหาความร้อนสัมพัทธ์ของพื้นที่เพื่อทำให้ทราบว่าเมืองเชียงใหม่มีการพัฒนาของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้นหรือไม่ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาทำให้ทราบถึงความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการใช้พื้นที่แยกตามปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเมืองในช่วงปี พ.ศ.2544 และ ปี พ.ศ. 2553 พบว่าในช่วงปีพ.ศ. 2553 พื้นที่สีเขียวลดลงจากปี พ.ศ. 2544 เป็นพื้นที่ 5.67 ตารางกิโลเมตร และค่าดัชนีพืชพรรณเฉลี่ยลดลงจากเดิม 0.135 พื้นที่สีเขียวส่วนใหญ่ของปี พ.ศ. 2553 มีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ต่ำมากเมื่อเทียบกับปีพ.ศ.2544 ที่มีพื้นที่สีเขียวที่มี

ความอุดมสมบูรณ์อยู่ในพื้นที่ถึง 60% แต่ในปี พ.ศ. 2553เหลือเพียง 20% ซึ่งลดลง 3 เท่าจากเดิม โดยพื้นที่บางส่วนถูกใช้ไปกับการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เพิ่มขึ้นจาก ปีพ.ศ.2544 ถึง 3.617 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกใช้ในการพัฒนาเพื่อที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม และโครงสร้างพื้นที่ฐานของเมืองเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของเมือง



แผนภูมิที่ 7 แสดงการใช้พื้นที่เพื่อการพัฒนาเมืองระหว่างปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

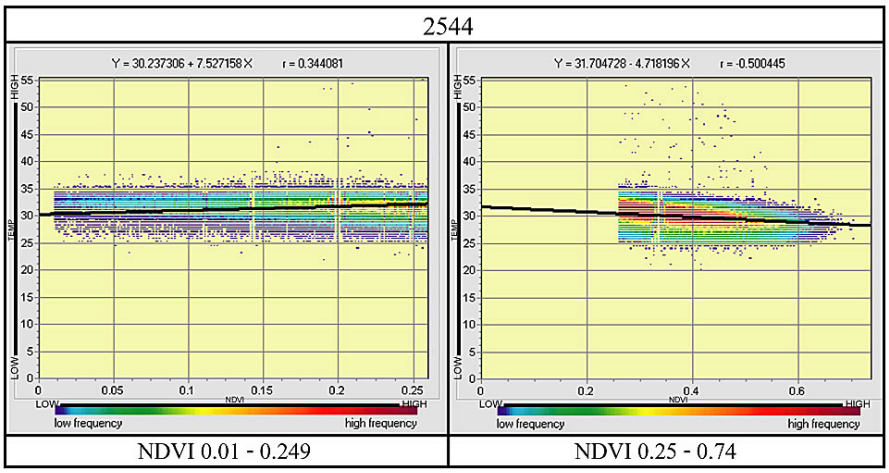
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต่างๆ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะอุณหภูมิของเมืองเชียงใหม่ ลักษณะพื้นที่สีเขียว รูปแบบอาคาร ถนน และแหล่งน้ำ ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ จะประกอบด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว ลักษณะอุณหภูมิกับลักษณะอาคาร ลักษณะอุณหภูมิกับถนน และลักษณะอุณหภูมิกับแหล่งน้ำโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ลักษณะอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว

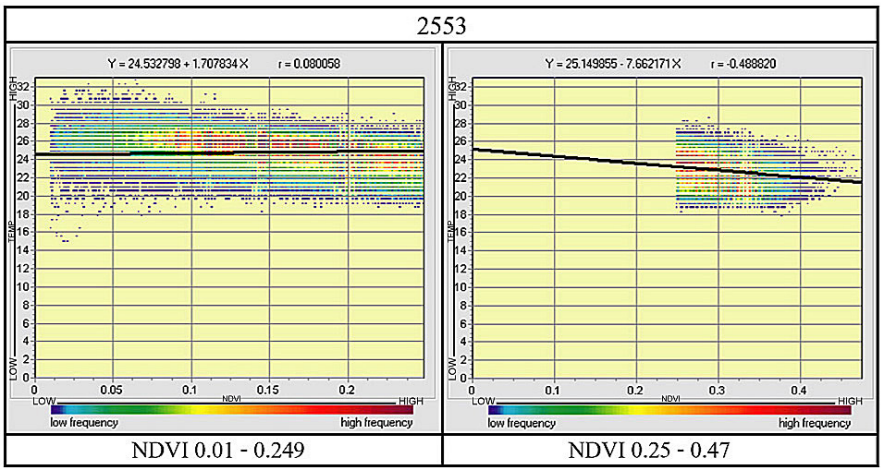
ในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวประเภทไม้คลุมดิน สนามหญ้า ที่ว่างที่ยังไม่มีการพัฒนา และพื้นที่สีเขียวประเภทไม้ยืนต้น สวนป่า โดยกาวิเคราะห์ทางสถิติ Linear Regression เพื่อหาความสัมพันธ์

จากการเปรียบเทียบแผนภูมิที่ 8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อกันระหว่างอุณหภูมิกับค่าดัชนีพืชพรรณในช่วงปี พ.ศ.2544ให้เห็นว่าพื้นที่สีเขียวประเภทไม้คลุมดินเมื่อมีค่า NDVI ต่ำมีแนวโน้มทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งความสัมพันธ์เขียนเป็นสมการในช่วงปี พ.ศ. 2544 ได้ดังนี้ T = 30.237306 + 7.527158 (NDVI) แต่พื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ ค่า NDVI สูงขึ้นมีผลต่อการทำให้อุณหภูมิลดลงซึ่งความสัมพันธ์เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ T =

31.704728 – 4.718196 (NDVI) เช่นเดียวกันในปี พ.ศ.2553 ที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่สีเขียวประเภทไม้คลุมดินเมื่อมีค่า NDVI ต่ำมีแนวโน้มทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งความสัมพันธ์เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ T = 24.532798 + 1.707834 (NDVI) ส่วนในพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ ค่า NDVI สูงมีผลต่อการทำให้อุณหภูมิลดลงซึ่งความสัมพันธ์เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ T = 25.149855 – 7.662171 (NDVI)



แผนภูมิที่ 8 แสดงความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อกันระหว่างอุณหภูมิกับค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) โดยค่าดัชนีพืชพรรณประเภทคลุมดิน (ภาพด้ายซ้าย) ประเภทไม้ยืนต้นที่อุดมสมบูรณ์ (ภาพด้านขวา) ช่วงปี พ.ศ.2544



แผนภูมิที่ 9 แสดงความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อกันระหว่างอุณหภูมิกับค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) โดยค่าดัชนีพืชพรรณประเภทคลุมดิน (ภาพด้ายซ้าย) ประเภทไม้ยืนต้นที่อุดมสมบูรณ์ (ภาพด้านขวา) ช่วงปี พ.ศ.2553

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวปี พ.ศ.2544 ถึงปี พ.ศ.2553 ทำให้เห็นว่าปริมาณพื้นที่สีเขียวลดลงจากเดิมในปี พ.ศ.2544 ถึง 5.67 ตร.กม. และค่าดัชนีพืชพรรณเฉลี่ยลงลง

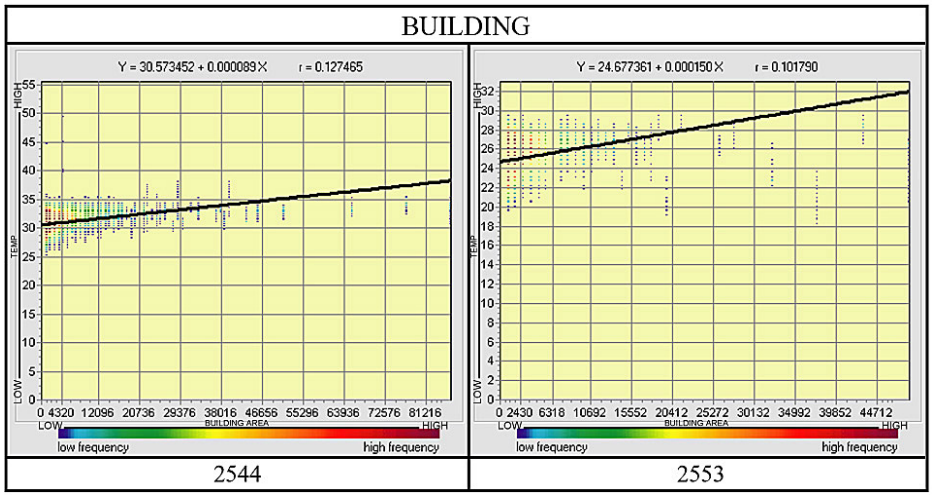
จากเดิม 0.138 ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณที่ลดลง แต่ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในปี พ.ศ. 2553 มีมากกว่าในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งแสดงให้เห็นเมื่อมีการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและความอุดมสมบูรณ์ของพืชในปี ในปี พ.ศ. 2553 จะสามารถช่วยลดอุณหภูมิได้ดีกว่า

2.2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับรูปแบบอาคารอาคาร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับรูปแบบอาคาร เป็นการวิเคราะห์ว่าขนาดอาคารที่คิดเป็นพื้นที่ 2 มิติ และพื้นที่ 3 มิติมีผลอย่างไรกับอุณหภูมิโดยในการศึกษาจะทำการศึกษาพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดิน ที่เป็น 2 มิติ และพื้นที่อาคารรวมที่เป็น 3 มิติ

2.2.1 อุณหภูมิกับพื้นที่อาคารพื้นที่อาคารปกคลุมดิน

ในการศึกษาอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารพื้นที่อาคารปกคลุมดินเป็นการความสัมพันธ์ของพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดิน (2 มิติ) ที่มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับค่าอุณหภูมิ ซึ่งจากแผนภูมิที่ 10 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดินในช่วงปี พ.ศ. 2544 และช่วงปี พ.ศ.2553 แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณพื้นที่อาคารปกคลุมดินเพิ่มขึ้นของทั้งสองช่วงปีที่ทำการศึกษา อุณหภูมิก็จะมีแนวโน้มสูงมากขึ้นไปด้วย ซึ่งมีสมการในช่วงปี พ.ศ.2544 ดังนี้ T = 30.573452 + 0.000089 (B) และสมการในช่วงปี พ.ศ.2553 ดังนี้ T = 24.677361 + 0.000150 (B)

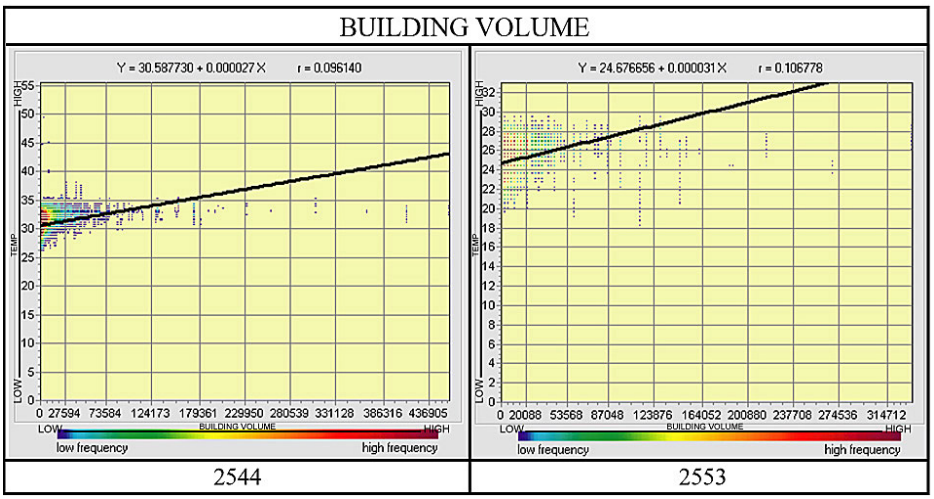


แผนภูมิที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดินในช่วงปี พ.ศ.2544 และช่วงปี พ.ศ.2553

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดินปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ. 2553 พบว่าปริมาณพื้นที่อาคารปกคลุมดินเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.907 ตร.กม. และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณพื้นที่อาคารปกคลุมดินส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเช่นเดียวกัน

2.2.2 อุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร

ในการศึกษาอุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร เป็นการหาความสัมพันธ์ของพื้นที่อาคารรวม (พื้นที่อาคาร X ความสูง) ที่มีกับค่าอุณหภูมิ ซึ่งจากแผนภูมิที่ 11 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับปริมาตรอาคารทั้ง 2 ช่วงปี แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาตรอาคารเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะมีแนวโน้มสูงไปด้วย ซึ่งมีสมการในช่วงปี พ.ศ.2544 ดังนี้ T = 30.587730 + 0.000027 (BV) และสมการในช่วงปี พ.ศ.2553 ดังนี้ T = 24.676656 + 0.000031 (BV)



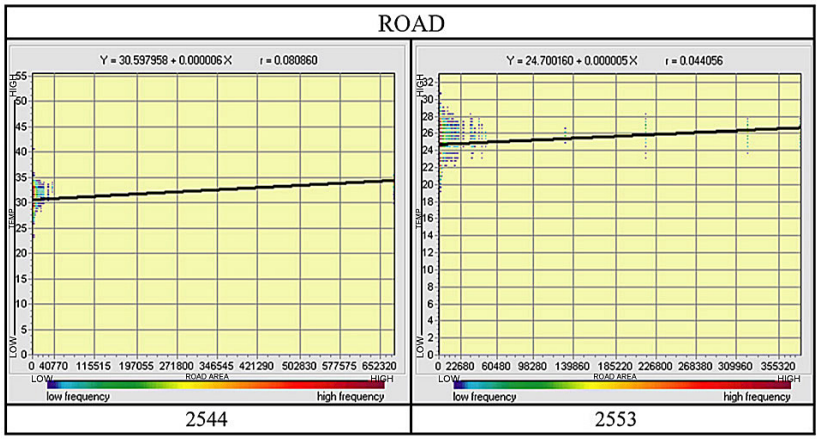
แผนภูมิที่ 11 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับปริมาตรอาคารในช่วงปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

2.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน

ในการศึกษาอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน เป็นการหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน

ซึ่งจากแผนภูมิที่ 12 แสดงให้เห็นว่าทั้งสองช่วงปีการศึกษา เมื่อปริมาณพื้นที่ถนนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะมีแนวโน้มสูงไปด้วย ซึ่งมีสมการในช่วงปี พ.ศ.2544 ดังนี้ T = 30.597958 + 0.000006 (R) และสมการในช่วงปี พ.ศ.2553 ดังนี้ T = 24.700160 + 0.000005 (R)

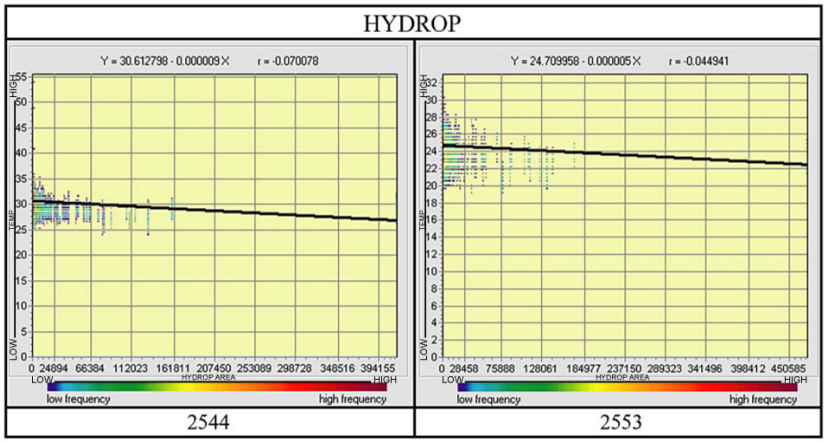
จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับพื้นที่ถนนปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553 พบว่าปริมาณพื้นที่ถนนเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.71 ตร.กม. และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณพื้นที่ถนนนั้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาตรอาคารเพิ่มขึ้นอุณหภูมิก็จะมีแนวโน้มสูงไปด้วย ซึ่งมีความสอดคล้องกันทั้ง สองช่วงปีที่ทำการศึกษา ซึ่งความอ่อนไหวในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของช่วงปี พ.ศ.2553 มีมากกว่าในช่วงปี พ.ศ.2544 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มพื้นที่ถนนที่เท่ากันทั้งสองช่วงปี ในช่วงปี พ.ศ.2553 มีแนวโน้มว่าอุณหภูมิจะเพิ่มสูงกว่าเล็กน้อย สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ผ่านมา



แผนภูมิที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนนในช่วงปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553

2.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ

ในการศึกษาอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ เป็นการหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำซึ่งจากแผนภูมิที่ 13 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำแสดงของทั้ง 2 ช่วงปีแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะมีแนวโน้มลดลงไปด้วย ซึ่งมีสมการในช่วงปี พ.ศ.2544 ดังนี้ T = 30.612798 - 0.000009 (H) และสมการในช่วงปี พ.ศ.2553 ดังนี้ T = 24.709958 - 0.000005 (H)



แผนภูมิที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำในช่วงปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ. 2553

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับพื้นที่ถนนปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ.2553 พบว่า ปริมาณพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.19 ตร.กม. และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณพื้นที่แหล่งน้ำนั้นส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิ

2.5 สรุป

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมืองเชียงใหม่ ได้แก่ รูปแบบของอาคาร(พื้นที่อาคารปกคลุมดิน, ปริมาตรอาคาร) รองลงมาคือพื้นที่ถนน และปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิเมือง ได้แก่ พื้นที่สีเขียว รองลงมาคือแหล่งน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองของทั้ง 2 ช่วงปีที่ทำการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกันซึ่งสามารสรุปเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยในการพัฒนาเมือง และสมการปี พ.ศ.2544 และปี พ.ศ. 2553

ปัจจัย	2544	2553
พื้นที่สีเขียว 1) ไม้คลุมดิน , สนามหญ้า, ที่ว่าง 2) ต้นไม้ยืนต้น, สวนป่า	 109.26 ตร.กม. 247.51 ตร.กม.	 269.24 ตร.กม. 81.86 ตร.กม.
อาคาร 1) พื้นที่อาคารปกคลุมดิน 2) ปริมาตรอาคาร	28.696 ตร.กม.	30.603 ตร.กม.
พื้นที่ถนน	16.82 ตร.กม.	18.53 ตร.กม.
พื้นที่แหล่งน้ำ	10.32 ตร.กม.	11.51 ตร.กม.
เปรียบเทียบสมการ		
ลักษณะอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว 1) ไม้คลุมดิน , สนามหญ้า, ที่ว่าง 2) ต้นไม้ยืนต้น, สวนป่า	 T = 30.237306 + 7.527158 T = 31.704728 – 4.718196	 T = 24.532798 + 1.707834 T = 25.149855 – 7.662171
ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะอาคาร 1) อุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน 2) อุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร	 T = 30.573452 + 0.000089 T = 30.587730 + 0.000027	 T = 24.677361 + 0.000150 T = 24.676656 + 0.000031
ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน	T = 30.597958 + 0.000006	T = 24.700160 + 0.000005
ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ	T = 30.612798 - 0.000009	T = 24.709958 - 0.000005

3. การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณในขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาโดยการศึกษาได้กำหนดปัจจัยในการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ในการจำแนกตัวแปรจากการพิจารณาถึงลักษณะความสัมพันธ์ ซึ่งจำแนกได้สองตัวแปร คือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

T = อุณหภูมิพื้นผิว

และตัวแปรต้น ได้แก่

NDVI = พื้นที่สีเขียว

B = พื้นที่อาคารปกคลุมดิน

BV = ปริมาตรอาคาร

R = พื้นที่ถนน

H = พื้นที่แหล่งน้ำ

โดยในวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอุณหภูมิกับตัวแปรต่างๆ ที่คิดเป็นพื้นที่ 2 มิติ และพื้นที่ 3 มิติมีผลอย่างไรกับอุณหภูมิ สามารถเขียนได้เป็นสมการดังนี้

<u>สมการที่ 1</u> (อุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 2 มิติ ปี พ.ศ.2544)

$T_{2544} = 31.692066 - 4.687092 *(NDVI) + 0.000037 *(B) + 0.000004 *(R) - 0.000014 *(H)$

จากสมการที่ 1 แสดงให้เห็นว่ามี 2 ตัวแปรที่มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิคือตัวแปรค่า NDVI และตัวแปรพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มค่า NDVI 4.687092 อุณหภูมิจะลดลง ซึ่งเมื่อเทียบกับตัวแปรที่เป็นพื้นที่แหล่งน้ำที่มีค่า 0.000014 มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิน้อยมาก ส่วนตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้แก่ พื้นที่อาคารปกคลุมดินที่มีค่า 0.000037 และพื้นที่ถนนที่มีค่า 0.000004 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองตัวแปรแล้วจะเห็นได้ว่า พื้นที่อาคารปกคลุมดิน มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภุมิมากกว่าพื้นที่ถนน

<u>สมการที่ 2</u> (อุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิติ ปี พ.ศ.2544)

$T_{2544} = 31.705056 - 4.719004*(NDVI) + 0.000012 *(BV) + 0.000004 *(R) - 0.000014 *(H)$

จากสมการที่ 2 ที่เป็นการหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิติพบว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ แต่เมื่อปริมาตรอาคารที่เป็นตัวแปร 3 มิติเข้ามาหาความสัมพันธ์พบว่าได้ค่าเฉลี่ย 0.000028 ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่า ตัวแปรที่เป็น 2 มิติซึ่งก็คือพื้นที่อาคารปกคลุมดิน

<u>สมการที่ 3</u> (อุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 2 มิติ ปี พ.ศ.2553)

$T_{2553} = 25.132093 - 7.602397 *(NDVI) + 0.000098*(B) + 0.000004*(R) - 0.000006*(H)$

จากสมการที่ 3 แสดงให้เห็นว่าพบว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิที่เป็น 2 มิติ ในปี พ.ศ.2544 แต่ตัวแปรค่า ค่า NDVI ที่มีค่า - 7.602397 และพื้นที่อาคารปกคลุมดินที่มีค่า 0.000037 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในปี พ.ศ.2553 ไวต่อสิ่งกระตุ้น (Sensitive) มากกว่าในปีพ.ศ.2544 เนื่องมาจากอุณหภูมิอากาศในระดับภูมิภาค หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) ที่ทวีความรุนแรงขึ้นในปี พ.ศ.2553 ทำให้ตัวแปรค่า NDVI และพื้นที่อาคารปกคลุมดิน มีผลต่อการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิเมืองที่เร็วขึ้น

<u>สมการที่ 4</u> (อุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิติ ปี พ.ศ.2553)

T_{2553} = 25.130660 - 7.597576*(NDVI) + 0.000021*(BV) + 0.000004*(R) - 0.000006*(H)

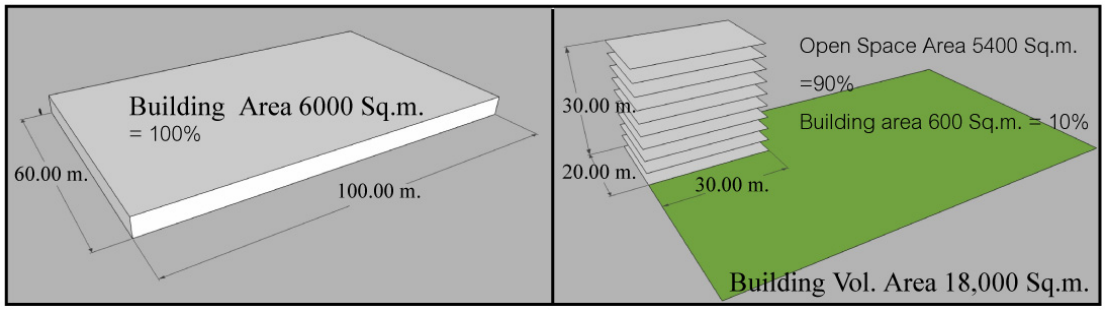
จากสมการที่ 4 ที่เป็นการหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิติพบว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิเช่นเดียวกับ ตัวแปรที่มีผลต่อการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิที่เป็น 3 มิติ ในปี พ.ศ.2544 และไวต่อสิ่งกระตุ้นเช่นเดียวกับการหาความสัมพันธ์อุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 2 มิติ ปี พ.ศ.2553 แต่ปริมาตรอาคารที่เป็นตัวแปร 3 มิติมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่าตัวแปรที่เป็น 2 มิติซึ่งก็คือพื้นที่อาคารปกคลุมดินในปี พ.ศ.2544

สรุปการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณ

จากการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณทำให้ทราบว่าตัวแปรซึ่งเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาเมืองใดบ้างที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของอุณหภูมิเมืองซึ่งจากการวิเคราะห์ทำให้พบว่า ค่า NDVI ที่สูงและมีพื้นที่มากสามารถช่วยลดอุณหภูมิเมืองได้ เช่นเดียวกับพื้นที่แหล่งน้ำที่มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิของเมือง แต่ตัวแปรพื้นที่แหล่งน้ำมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิน้อยมาก เนื่องมาจากพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาตรน้อย ในตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมืองนั้นจากที่ได้ทำการศึกษาโดยแย่งทำการศึกษาระหว่างตัวแปรที่เป็นพื้นที่อาคารปกคลุมดิน และปริมาตรอาคาร ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่เป็นพื้นที่อาคารปกคลุมดินนั้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมืองได้ไวกว่าตัวแปรที่เป็นปริมาตรอาคารซึ่งในการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิตินั้น สามารถทำให้เข้าใจถึงปัญหาตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมืองได้ดีกว่าการศึกษาเฉพาะพื้นที่อาคารในแนวราบ เพราะเมืองไม่ได้มีรูปแบบการพัฒนาอาคารที่เป็นแนวราบอย่างเดียว และ เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสมการในปีพ.ศ.2544 และสมการในปีพ.ศ. 2553 และทำให้พบว่าสมการในปีพ.ศ.2553 มีความไวต่อสิ่งกระตุ้นมากกว่าในปีพ.ศ.2544 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงขึ้นมากกว่าปีพ.ศ.2544 ส่งผลต่ออุณหภูมิในระดับภูมิภาค

4. การสังเคราะห์ผลการวิเคราะห์กับแนวคิดการพัฒนาเมือง

ยกตัวอย่างเปรียบเทียบการพัฒนาเมือง ที่เป็นแนวราบ กับแนวดิ่งที่ต้องใช้พื้นที่ในการพัฒนา 6,000 ตารางเมตรในการสร้างอาคาร (ดังแสดงในภาพที่ 30)

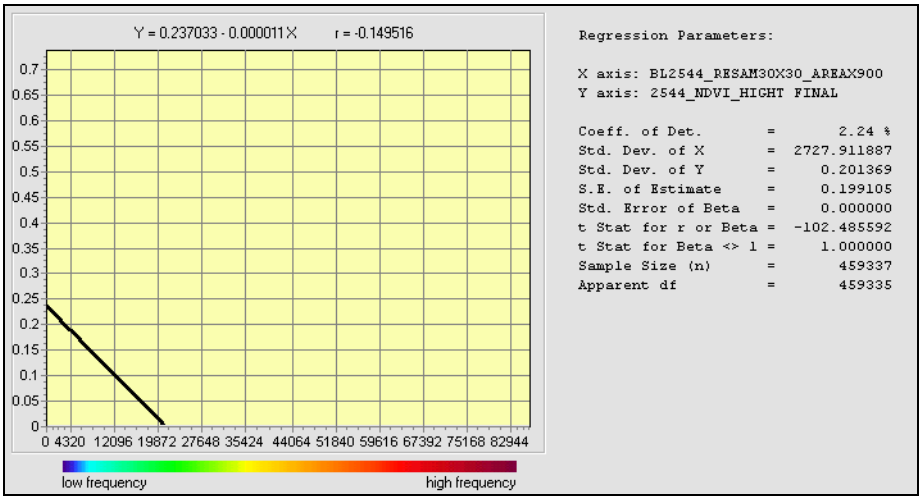


ภาพที่ 30 แสดงภาพเปรียบเทียบการพัฒนาเมือง ที่เป็นแนวราบ กับแนวดิ่ง

4.1 การพัฒนาเมืองในปี พ.ศ.2544

1) การพัฒนาเมืองในแนวราบ

เพื่อสังเคราะห์ผลกระทบของการพัฒนาเมืองในภาพรวม จึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ได้ความสัมพันธ์ดังนี้ NDVI = 0.237033 - 0.000011 (B)



แผนภูมิที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่อาคารปกคลุมดินกับค่าดัชนีพืชพรรณ ปี พ.ศ.2544

<u>ก่อนการพัฒนา</u>

1.1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับพื้นที่อาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวราบ

จากสมการ $NDVI = 0.237033 - 0.000011 (B)$

เมื่อ $B = 0$ (ไม่มีการพัฒนา)

$NDVI_1 = 0.237033$

<u>หลังการพัฒนา</u>

1.2) เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวราบขนาด 6,000 m^2

จากสมการ $NDVI_2 = 0.237033 - 0.000011 (6000)$

$NDVI_2 = 0.171033$

ซึ่งถ้าเมืองมีการพัฒนาในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณเท่ากับ $NDVI_1 – NDVI_2 = NDVI_B$ เมื่อแทนค่าในสมการ

$0.237033 - 0.171033 = 0.066$

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.066

1.3) ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่อาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวราบ และตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมือง ซึ่งในการศึกษาจะใช้สมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 2 มิติ ปี พ.ศ.2544 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคาร ปกคลุมดินและตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมืองทำให้ได้สมการดังนี้

$T_{2544 (B)} = 31.692066 – 4.687092 *(NDVI) + 0.000037 *(B) + 0.000004 *(R) - 0.000014 *(H)$

เมื่อ $B = 0$ (ไม่มีการพัฒนา)

$NDVI = 0$ (ไม่มีการพัฒนา)

$R = 0$ (ไม่มีการพัฒนา)

$H = 0$ (ไม่มีการพัฒนา)

$T_1 = 31.692066$

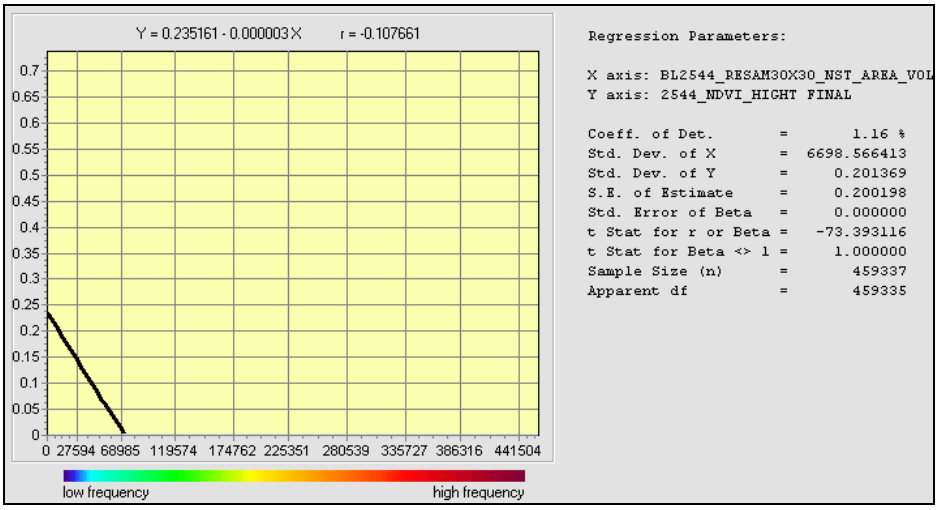
เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวราบขนาด 6,000 m^2 มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเมื่อแทนค่าในสมการ

$T_{2544 (B)} = 31.692066 – 4.687092 *(0.066) + 0.000037 *(6000) + 0.000004 *(0) - 0.000014 *(0)$

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.066 ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.309348072 ^oC และจากการสร้างอาคารในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.222 ^oC ซึ่งเมื่อรวมผลกระทบจากการพัฒนาเมืองในแนวราบในปี พ.ศ.2544 ที่เกิดขึ้นแล้ว อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.531348072 ^oC

2) การพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง

เพื่อสังเคราะห์ผลกระทบของการพัฒนาเมืองในภาพรวม จึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับปริมาตรอาคาร ได้ความสัมพันธ์ดังนี้ NDVI = 0.235161 - 0.000003 (BV)



แผนภูมิที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอาคารกับค่าดัชนีพืชพรรณ ปี พ.ศ.2544

<u>ก่อนการพัฒนา</u>

2.1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับพื้นที่อาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง

จากสมการ NDVI = 0.235161 – 0.000003 (BV)

เมื่อ BV = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

$NDVI_1$ = 0.235161

<u>หลังการพัฒนา</u>

2.2) เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวดิ่งที่มีพื้นที่ใช้สอยขนาด 6,000 m^2 โดยสร้างอาคาร 10 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยชั้นละ 600 m^2 สูงชั้นละ 3 เมตร ซึ่งจะมีปริมาตรอาคารเท่ากับ 18000 m^3 (พื้นที่อาคาร X ความสูง = คิวบิคเมตร)

จากสมการ $NDVI_2 = 0.235161 – 0.000003 (18000)$

$NDVI_2 = 0.181161$

2.3) ซึ่งถ้าเมืองมีการพัฒนาในแนวดิ่ง เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณเท่ากับ $NDVI_1 – NDVI_2 = NDVI_{BV}$ เมื่อแทนค่าในสมการ

$0.235161 - 0.181161 = 0.054$

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งทำให้สูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณ 0.054

2.4) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง และตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมือง ซึ่งในการศึกษาจะใช้สมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิติ ปี พ.ศ.2544 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาตรอาคารและตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมืองทำให้ได้สมการดังนี้

$T_{2544\,(BV)} = 31.705056 – 4.719004*(NDVI) + 0.000012*(BV) + 0.000004 *(R) - 0.000014 *(H)$

เมื่อ BV = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

NDVI = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

R = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

H = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

$T_1 = 31.705056$

เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวดิ่งปริมาตร 18,000 m^3 มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเมื่อแทนค่าในสมการ

$T_{2544\,(BV)} = 31.705056 – 4.719004*(0.054) + 0.000012*(18000) + 0.000004 *(0) - 0.000014 *(0)$

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งโดยใช้ปริมาตร 18,000 m^3 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.054 ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.254826216 ^oC และจากการสร้างอาคารในแนวดิ่งโดยใช้ปริมาตร 18,000 m^3 จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.216 ^oC ซึ่งเมื่อรวมผลกระทบจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งในปี พ.ศ.2544 ที่เกิดขึ้นแล้ว อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.470826216 ^oC

3) เมื่อนำการพัฒนาในปี พ.ศ.2544 ทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบในสมการ

จากสมการ $T_{2544\,(B)} – T_{2544\,(BV)} = T_{2544\,(B/BV)}$

แทนค่าในสมการ $0.531348072 - 0.470826216 = 0.060521856$

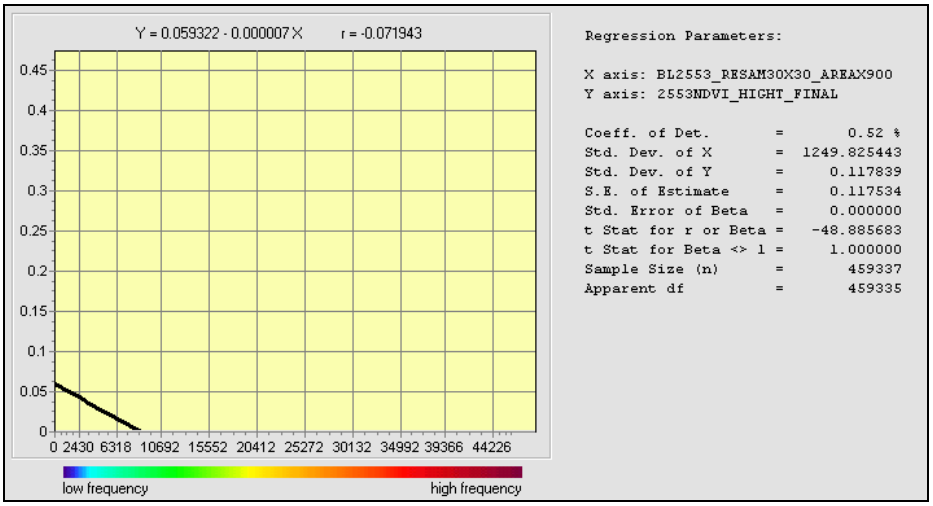
จากสมการนี้ทำให้เราทราบว่าในการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบ อุณหภูมิจะเพิ่มสูงกว่าการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งถึง 0.060521856°C

จากตัวอย่างดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อมีการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งโดยใช้พื้นที่ ใช้สอยเท่ากับการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบ เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณน้อยกว่าการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบ และเมื่อรวมผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสร้างอาคารในแนวดิ่งอุณหภูมิจะสูงขึ้น 0.470826216 °C

4.2 การพัฒนาเมืองในปี พ.ศ.2553

1) การพัฒนาเมืองในแนวราบ

เพื่อสังเคราะห์ผลกระทบของการพัฒนาเมืองในภาพรวม จึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ได้ความสัมพันธ์ดังนี้ NDVI = 0.059322 - 0.000007 (B)



แผนภูมิที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่อาคารปกคลุมดินกับค่าดัชนีพืชพรรณ ปี พ.ศ.2553

<u>ก่อนการพัฒนา</u>

1.1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับพื้นที่อาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง

จากสมการ NDVI = 0.059322 – 0.000007 (B)

เมื่อ B = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

$NDVI_1$ = 0.059322

<u>หลังการพัฒนา</u>

1.2) เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวราบขนาด 6,000 m^2

จากสมการ $NDVI_2 = 0.059322 - 0.000007\ (6000)$

$NDVI_2 = 0.017322$

ซึ่งถ้าเมืองมีการพัฒนาในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณเท่ากับ $NDVI_1 - NDVI_2 = NDVI_B$ เมื่อแทนค่าในสมการ

$0.059322 - 0.017322 = 0.042$

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.042

1.3) ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่อาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวราบ และตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมือง ซึ่งในการศึกษาจะใช้สมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 2 มิติ ปี พ.ศ.2553 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดินและตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมืองทำให้ได้สมการดังนี้

$T_{2553\,(B)} = 25.132093 - 7.602397 *(NDVI) + 0.000098 *(B) + 0.000004 *(R) - 0.000006 *(H)$

เมื่อ B = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

NDVI = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

R = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

H = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

$T_1 = 25.132093$

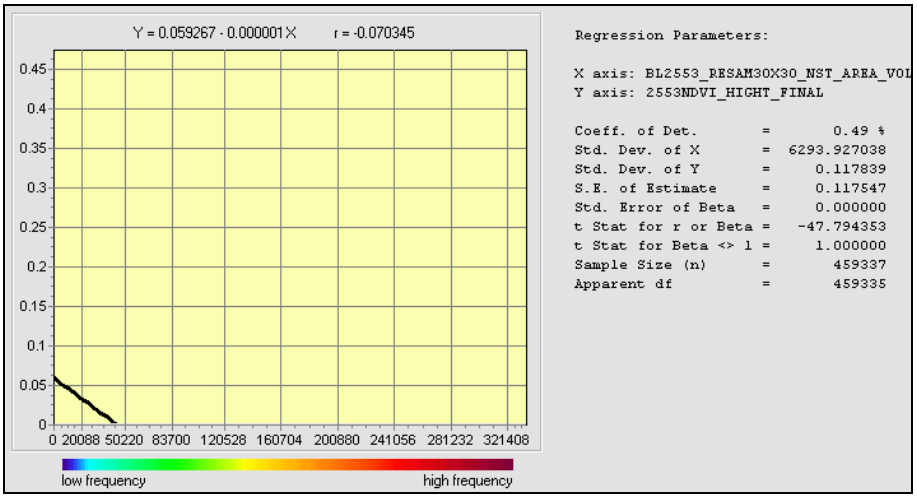
เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวราบขนาด 6,000 m^2 มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเมื่อแทนค่าในสมการ

$T_{2553\,(B)} = 25.132093 - 7.602397 *(0.042) + 0.000098 *(6000) + 0.000004 *(0) - 0.000006 *(0)$

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.042 ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.319300674 ^oC และจากการสร้างอาคารในแนวราบโดยใช้พื้นที่ 6,000 m^2 จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.588 ^oC ซึ่งเมื่อรวมผลกระทบจากการพัฒนาเมืองในแนวราบในปี พ.ศ.2553 ที่เกิดขึ้นแล้วอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.907300674 ^oC

2) การพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง

เพื่อสังเคราะห์ผลกระทบของการพัฒนาเมืองในภาพรวม จึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับปริมาตรอาคาร ได้ความสัมพันธ์ดังนี้ NDVI = 0.059267 - 0.000001 (BV)



แผนภูมิที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอาคารกับค่าดัชนีพืชพรรณ ปี พ.ศ.2553

<u>ก่อนการพัฒนา</u>

2.1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับพื้นที่อาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง

จากสมการ NDVI = 0.059267 - 0.000001 (BV)

เมื่อ BV = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

$NDVI_1$ = 0.059267

<u>หลังการพัฒนา</u>

2.2) เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวดิ่งที่มีพื้นที่ใช้สอยขนาด 6,000 m^2 โดยสร้างอาคาร 10 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยชั้นละ 600 m^2 สูงชั้นละ 3 เมตร

จากสมการ $NDVI_2$ = 0.059267 - 0.000001 (18000)

$NDVI_2$ = 0.041267

2.3) ซึ่งถ้าเมืองมีการพัฒนาในแนวดิ่ง เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณเท่ากับ $NDVI_1 – NDVI_2 = NDVI_{BV}$ เมื่อแทนค่าในสมการ

0.059267 - 0.041267 = 0.018

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งทำให้สูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณ 0.018

2.4) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอาคารจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง และตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมือง ซึ่งในการศึกษาจะใช้สมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เป็น 3 มิติ ปี พ.ศ.2553 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาตรอาคารและตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมืองทำให้ได้สมการดังนี้

$T_{2553\ (BV)}$ = 25.130660 – 7.597576*(NDVI) + 0.000021*(BV) + 0.000004*(R) - 0.000006*(H)

เมื่อ BV = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

NDVI = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

R = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

H = 0 (ไม่มีการพัฒนา)

T_1 = 25.130660

เมื่อมีการพัฒนาโดยมีการสร้างอาคารในแนวดิ่งปริมาตร 18,000 m^3 มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเมื่อแทนค่าในสมการ

$T_{2553\ (BV)}$ = 25.130660 – 7.597576*(0.018) + 0.000021*(18000) + 0.000004*(0) - 0.000006*(0)

จากสมการดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมื่อเมืองมีการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งโดยใช้ปริมาตร 18,000 m^3 เราจะสูญเสียค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.018 ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.136756368 ^oC และจากการสร้างอาคารในแนวดิ่งโดยใช้ปริมาตร 18,000 m^3 จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.378 ^oC ซึ่งเมื่อรวมผลกระทบจากการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งในปี พ.ศ.2553 ที่เกิดขึ้นแล้ว อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.514756368 ^oC

3) เมื่อนำการพัฒนาในปี พ.ศ.2553 ทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบในสมการ

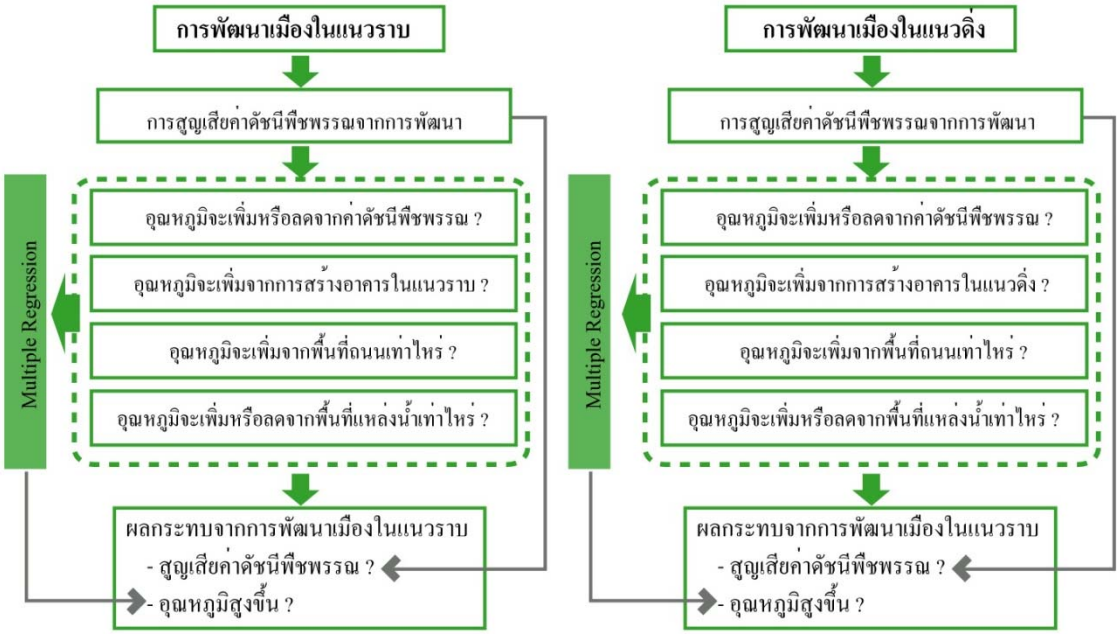
จากสมการ $T_{2553\ (B)} - T_{2553\ (BV)} = T_{2553\ (B/BV)}$

แทนค่าในสมการ 0.907300674 - 0.514756368 = 0.392544306

จากสมการนี้ทำให้เราทราบว่าในการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบ อุณหภูมิจะเพิ่มสูงกว่าการพัฒนาพื้นที่ในแนวดิ่งถึง 0.392544306^oC

เมื่อนำรูปแบบการพัฒนาเมืองทั้งในแนวราบ และแนวดิ่งมาเปรียบเทียบกันทั้ง 2 ช่วงปีการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ.2544 มีความแตกต่างของอุณหภมิของทั้ง 2 รูปแบบการพัฒนาเมือง คือ $T_{2544\ (B/BV)}$ = 0.060521856 ^oC ส่วนในปี พ.ศ.2553 มีความแตกต่างของอุณหภมิของทั้ง 2 รูปแบบการพัฒนาเมือง คือ $T_{2553\ (B/BV)}$ = 0.392544306 ^oC ซึ่งมีความสอดคล้องกันของทั้ง 2 ช่วงปีที่

ทำการศึกษา โดยการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่น้อยกว่าการพัฒนาในแนวราบ และการพัฒนาในแนวดิ่งยังสามารถลดค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างได้อีกทางหนึ่ง ด้วยการใช้พื้นที่แนวราบที่เหลือในการเพิ่มค่า NDVI โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ ในพื้นที่ที่เหลือจากการพัฒนาเพื่อลดค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างได้อีกทางหนึ่งด้วย



แผนภูมิที่ 18 แสดงสรุปขั้นตอนการสังเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบต่อแนวคิดการพัฒนาเมืองแนวราบและแนวดิ่ง

5. สรุป

จากการวิเคราะห์ปัจจัยทำให้ทราบว่าพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเกาะกลุ่มอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ซึ่งเป็นพื้นที่ศูนย์กลางเมือง และในบริเวณสนามบินเชียงใหม่ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอเมืองเชียงใหม่ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของพื้นที่เกาะความร้อนระหว่าง ปี พ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553 พบว่ามีขนาดและระดับของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวมีการสร้างอาคาร และสิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการสร้างอาคาร และสิ่งปลูกสร้างนั้นมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่มีคุณสมบัติในการกับเก็บความร้อนได้เป็นอย่างดี และยังมีกลุ่มอาคารที่กระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ศูนย์กลางเมืองและบริเวณโดยรอบในพื้นที่ดังกล่าว และในบางพื้นที่พบว่ามีการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้นมาใหม่ เนื่องจากการพัฒนาหมู่บ้านจัดสรรที่เกิดขึ้นในบริเวณอำเภอหางดง ซึ่งมีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการพัฒนาเมืองมีผลต่อ

ความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ซึ่งในการพัฒนาเมืองจะประกอบด้วยปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ลักษณะอุณหภูมิ ลักษณะพื้นที่สีเขียว ลักษณะอาคารในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ลักษณะพื้นที่ถนน ลักษณะพื้นที่แหล่งน้ำ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ สรุปได้ว่าลักษณะอุณหภูมิ ลักษณะพื้นที่สีเขียว ลักษณะอาคาร ลักษณะพื้นที่ถนน และลักษณะพื้นที่แหล่งน้ำ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน เป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติได้

เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ Multiple Regression ทำให้สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อกัน ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบปัจจัยของทั้ง 2 รูปแบบการพัฒนา และทั้ง 2 ปีที่ทำการศึกษาดังแสดงใน ตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงการเทียบเทียบรูปแบบการพัฒนา ของปี พ.ศ2544 และปี พ.ศ.2553

ปี พ.ศ.	อุณหภูมิ	รูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวราบ (2มิติ)			
2544	31.692066	-4.687092*(NDVI)	+0.000037*(B)	+0.000004*(R)	-0.000014*(H)
2553	25.132093	-7.602397*(NDVI)	+0.000098*(B)	+0.000004*(R)	-0.000006*(H)
ปี พ.ศ.	อุณหภูมิ	รูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง (3มิติ)			
2544	31.705056	–4.719004*(NDVI)	+0.000012*(BV)	+0.000004*(R)	-0.000014*(H)
2553	25.130660	–7.597576*(NDVI)	+0.000021*(BV)	+0.000004*(R)	-0.000006*(H)

<u>หมายเหตุ</u> ค่า + มีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ค่า – มีผลทำให้อุณหภูมิลดลง

จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของทั้ง 2 รูปแบบการพัฒนา มีความสอดคล้อมกันทั้ง 2 ปีที่ทำการศึกษา ดังตารางที่แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยเรื่องพื้นที่สีเขียวและพื้นที่แหล่งน้ำมีผลทำให้อุณหภูมิเมืองลดลง เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ปัจจัยทำให้ทราบว่า

พื้นที่สีเขียวมีอิทธิพลต่อการลดลงของอุณหภูมิที่มากกว่าพื้นที่แหล่งน้ำ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิคือปัจจัยรูปแบบอาคารและพื้นที่ถนนซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ปัจจัยจะเห็นว่าปัจจัยรูปแบบอาคารมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มากกว่า ซึ่งเมื่อมองถึงปัจจัยรูปแบบอาคารที่ได้ทำการศึกษาโดยแยกการวิเคราะห์รูปแบบอาคารออกเป็น 2 รูปแบบคือ การพัฒนาในแนวราบและการพัฒนาในแนวดิ่ง จะเห็นได้ว่าการพัฒนาเมืองในแนวราบมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่าการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง ซึ่งมีความสอดคล้องกันของทั้ง 2 ปีที่ได้ทำการศึกษา และเมื่อนำสมการที่ได้ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ Multiple Regression มาสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาเมืองที่มีผลต่อการเพิ่มความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อน

เมืองของทั้ง 2 ช่วงปีผลจากการสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาเมืองพบว่า รูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวราบส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่าการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง และรูปแบบพื้นที่สีเขียวที่มีความเหมาะสมต่อการบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

สำหรับในบทต่อไปเป็นการอภิปรายผลที่ได้จากการวิจัย และข้อเสนอแนะที่เกิดขึ้นจากผลการวิจัย

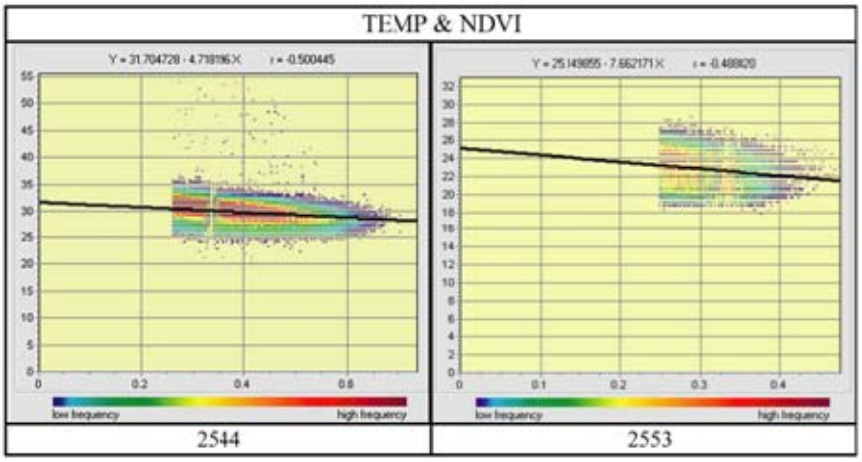
บทที่ 6
การอภิปรายผล และเสนอแนะ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการพัฒนาเมือง ที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้ดำเนินการในขั้นตอนวิเคราะห์ในบทที่ 5 ซึ่งในบทนี้จะเป็นการนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาทำการอภิปรายและสรุปเป็นข้อเสนอแนะ โดยจะเป็นการอภิปรายผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะอาคาร ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ รวมไปถึงการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองทั้งในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อสรุปเป็นข้อเสนอแนะรูปแบบในการพัฒนาเมืองที่เหมาะสม

1. การอภิปรายผล

1.1 ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียวในการวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อกันของทั้งสองช่วงปีที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งพบว่าผลการวิเคราะห์ตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้



แผนภูมิที่ 19 แสดงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ ปี พ.ศ. 2544 และปีพ.ศ.2553

1.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ ในการวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่โดยวิธีการทางสถิติ Linear Regression ทั้ง 2 ช่วงปีการศึกษา พบว่ามีความสัมพันธ์เช่นเดียวกันคือ ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อกัน จะเห็นได้จากแผนภูมิที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553 ซึ่งตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยที่ลักษณะพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI สูงพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI สูงส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อพิจารณาพื้นที่สีเขียวทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพพบว่าต่างมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของอุณหภูมิ ดังนั้นไม่ว่าค่า NDVI หรือปริมาณของพื้นที่สีเขียวต่างมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิของเมืองได้เช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพในการช่วยลดอุณหภูมิของเมืองได้ดีที่สุด

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มปริมาณพื้นที่สีเขียวและเพิ่มค่า NDVI จะส่งผลให้อุณหภูมิของเมืองลดลงได้ดีที่สุด รองลงมาเมื่อไม่สามารถเพิ่มปริมาณพื้นที่สีเขียว ควรคำนึกถึงการเพิ่ม ค่า NDVI ของพืชพรรณที่มีอยู่เดิมภายในพื้นที่ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของเมืองลดลงได้เช่นกัน

1.1.2 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณของทั้ง 2 ช่วงปีที่ทำการศึกษาทำให้ทราบว่าในปี พ.ศ.2544 มีค่าดัชนีพรรณที่สูงกว่าปี พ.ศ.2553 และมีปริมาณพื้นที่มากกว่า แต่เมื่อนำสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียวจะเห็นว่าในในปี พ.ศ.2544 ค่า NDVI ที่ต่ำ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้ไวกว่าในปี พ.ศ.2553ซึ่งมีค่า NDVI ที่อยู่ในช่วงต่ำเท่ากัน แต่มีปริมาตรพื้นที่ที่มากกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบสมการของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI ที่สูงของทั้ง 2 ช่วงปี จะเห็นได้ว่า ในปี พ.ศ.2544 มีปริมาณพื้นที่ที่เป็นต้นไม้ยืนต้นหรือสวนป่า หรือประเภทของพื้นที่ที่มีค่า NDVI ตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป มากกว่าในปี พ.ศ.2553 ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ และสมการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียวจำแนกตามค่า NDVI ในปี พ.ศ.2544 และพ.ศ.2553

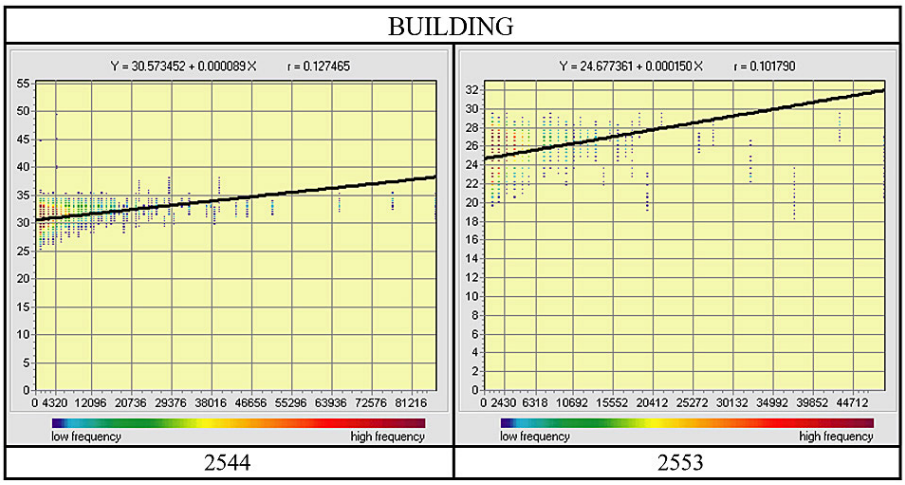
ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI)	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	สมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว
ปี พ.ศ.2544			
0.01 ถึง 0.249	ไม้คลุมดิน , สนามหญ้า, ที่ว่าง	109.26	T = 30.237306 + 7.527158 (NDVI)
0.25 ถึง 0.74	ต้นไม้ยืนต้น, สวนป่า	247.51	T = 31.704728 – 4.718196 (NDVI)
ปี พ.ศ.2553			
0.01 ถึง 0.249	ไม้คลุมดิน , สนามหญ้า, ที่ว่าง	269.24	T = 24.532798 + 1.707834 (NDVI)
0.25 ถึง 0.475	ต้นไม้ยืนต้น, สวนป่า	81.86	T = 25.149855 – 7.662171 (NDVI)

แต่เมื่อนำสมการของทั้ง 2 ช่วงปีที่ได้ทำการศึกษาจะเป็นได้ว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียวในปี พ.ศ.2553 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2544 ซึ่งส่งผลให้ ปีพ.ศ.2553

1.1.3 พื้นที่สีเขียวทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพต่างมีความสัมพันธ์ต่อการลดอุณหภูมิ ซึ่งสนับสนุนทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษาลักษณะพื้นที่สีเขียวที่ช่วยลดอุณหภูมิเมือง ที่เกิดจากการคายน้ำ และให้ร่มเงาของต้นไม้ที่ช่วยทำให้อุณหภูมิโดยรอบลดลง ซึ่งจากการศึกษายังทำให้ทราบว่าค่า NDVI ที่สูงมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิเมืองได้ดีที่สุด ดังนั้นในการพัฒนาเมืองที่มีพื้นที่สีเขียวจำกัดการเพิ่มค่า NDVI เป็นสิ่งที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิเมืองได้ อย่างไรก็ตามปริมาณของพื้นที่สีเขียวก็เป็นสิ่งจำเป็นต่อการลดลงของอุณหภูมิของเมืองได้เช่นกัน ดังนั้นในการพัฒนาเมืองควรให้ความสำคัญในการเพิ่มปริมาณพื้นที่สีเขียวควบคู่กับการพัฒนาคุณภาพจึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมกับการพัฒนาเมืองที่สามารถช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

1.2 ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะอาคาร

1.2.1 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน



แผนภูมิที่ 20 แสดงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ของของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดินในการวิจัยครั้งนี้พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณอาคารที่ปกคลุมดิน จะมีผลทำให้อุณหภูมิเมืองสูงขึ้น ซึ่งตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยที่พื้นที่อาคารปกคลุมดินสูงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน จากแผนภูมิที่ 20 แสดงให้เห็นว่าทั้งสองช่วงปีการศึกษา พื้นที่อาคารปกคลุมดินมีความสัมพันธ์กับ

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นซึ่งตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยปริมาณของอาคารที่ปกคลุมดินยิ่งมาก ก็จะยิ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างชัดเจน

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ และสมการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ในปี พ.ศ.2544 และพ.ศ.2553

ปี พ.ศ.2544	
พื้นที่อาคารปกคลุมดิน (ตร.กม.)	สมการ
28.696	T = 30.573452 + 0.000089 (B)
ปี พ.ศ.2553	
พื้นที่อาคารปกคลุมดิน (ตร.กม.)	สมการ
30.603	T = 24.677361 + 0.000150 (B)

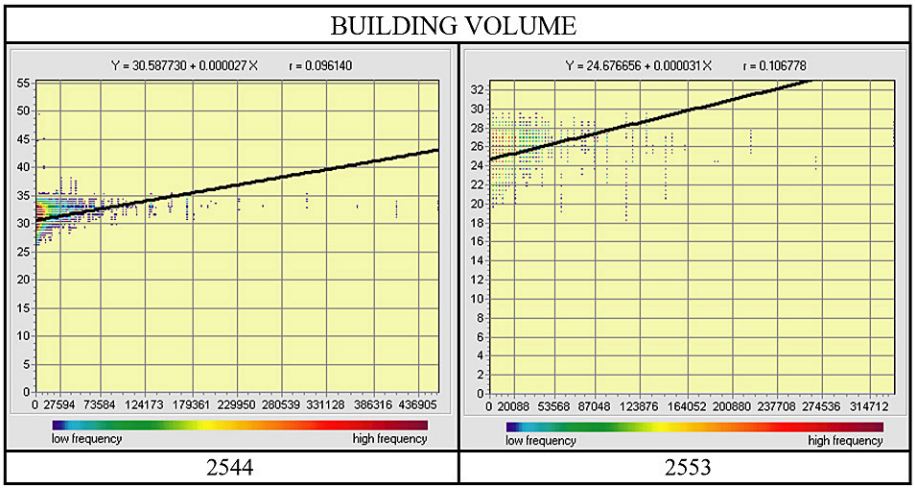
เมื่อทำการเปรียบเทียบแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553 และสมการความสัมพันธ์พบว่า มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในปีพ.ศ.2553 มีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2544 ซึ่งมีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะพื้นที่สีเขียว

1.2.2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาตรของอาคาร

ความสัมพันธ์ของของอุณหภูมิกับปริมาตรของอาคารตามความสูงในแนวดิ่งพบว่าปริมาตรของอาคารมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณภูมิที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยที่พื้นที่ปริมาตรของอาคารส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน จากแผนภูมิที่ 21 เมื่อทำการเปรียบเทียบแผนภูมิและสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาตรของอาคาร พบว่าในปี พ.ศ.2553 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2544 เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบสมการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร ในปี พ.ศ.2544 และพ.ศ.2553

ปี พ.ศ.2544	
สมการ	T = 30.587730 + 0.000027 (BV)
ปี พ.ศ.2553	
สมการ	T = 24.676656 + 0.000031 (BV)



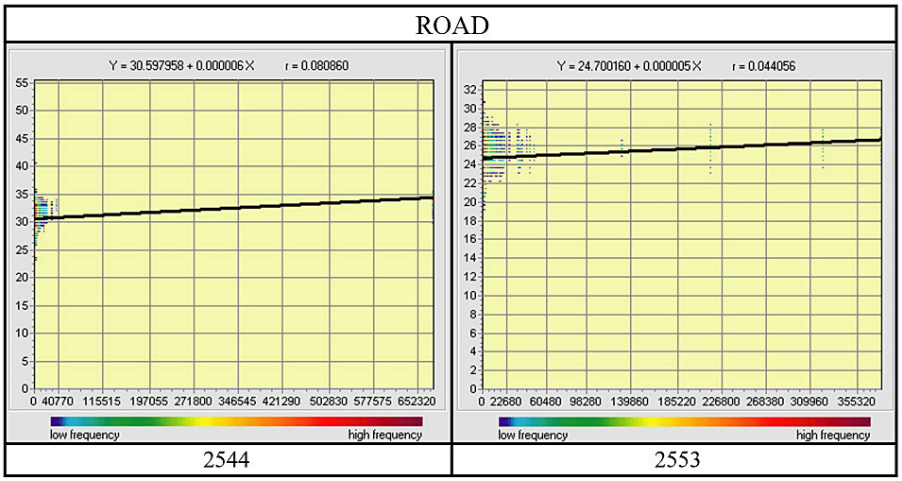
แผนภูมิที่ 21 แสดงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ. 2553

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะอาคารที่เป็นพื้นที่อาคารปกคลุมดิน (2 มิติ) กับปริมาตรอาคาร (3 มิติ) ทำให้ทราบว่าการพัฒนาเมืองในแนวราบมีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง 0.342 องศาเซลเซียส หรือมีอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งถึง 36% เมื่อมีการพัฒนาเมืองโดยมีพื้นที่ใช้สอยรวม 6000 m^2 เท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะอาคารของทั้ง 2 ช่วงปีที่ทำการศึกษาพบว่า มีความสอดคล้องกัน จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบรูปแบบการพัฒนาที่เหมาะสมเพื่อบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเมืองได้ต่อไปในอนาคต

1.3 ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนนในการวิจัยครั้งนี้พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณพื้นที่ถนนจะมีผลทำให้อุณหภูมิเมืองสูงขึ้นได้อย่างชัดเจนซึ่งตรงก็ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยที่พื้นที่ถนนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน

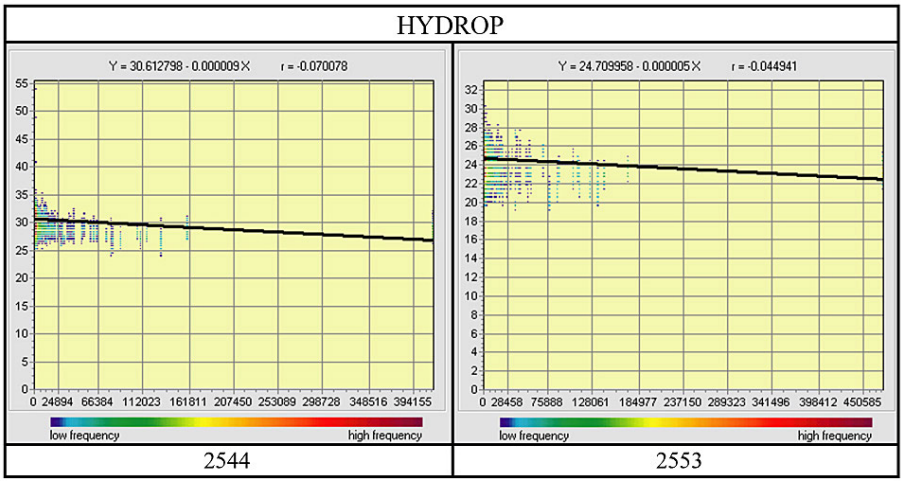
เมื่อทำการเปรียบเทียบแผนภูมิ และสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน พบว่ามีความสอดคล้องกันของทั้ง 2 ช่วงปี แต่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน ในปีพ.ศ.2544 มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นได้ไวกว่าในปีพ.ศ. 2553 เล็กน้อยซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอกซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษา



แผนภูมิที่ 22 แสดงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ.2553

1.4 ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนนในการวิจัยครั้งนี้พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณพื้นที่แหล่งน้ำจะมีผลทำให้อุณหภูมิเมืองลดลงได้อย่างชัดเจนซึ่งตรงก็ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยที่พื้นที่ถนนส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน



แผนภูมิที่ 23 แสดงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ ปีพ.ศ.2544 และปีพ.ศ. 2553

เมื่อทำการเปรียบเทียบแผนภูมิ และสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ พบว่ามีความสอดคล้องกันของทั้ง 2 ช่วงปี แต่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำในปี พ.ศ.2544 มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ลกลงได้ไวกว่าในปี

พ.ศ.2553 เล็กน้อยเช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน ที่พบว่า ในปีพ.ศ.2544 มีความไว่ต่อการเปลี่ยนของอุณหภูมิไม่มากนัก

1.5 ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

ซึ่งในการวิเคราะห์ Multiple Regression หรือการถดถอยพหุคูณนั้นทำให้ทราบว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของอุณหภูมิเมือง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผลจากการวิเคราะห์โดยใช้ Linear Regression ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระหว่างตัวแปรมีความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์โดย Multiple Regression ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ปัจจัยซึ่งเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาเมืองทั้งหมด โดยในการศึกษา Multiple Regression ได้แยกทำการศึกษาระหว่างตัวแปรที่เป็นพื้นที่อาคารปกคลุมดิน และปริมาตรอาคารของทั้ง 2ช่วงปีทำให้ทราบว่าตัวแปรที่เป็นพื้นที่อาคารปกคลุมดินนั้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมืองได้ไวกว่าตัวแปรที่เป็นปริมาตรอาคาร ซึ่งก็มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับลักษณะอาคาร ซึ่งทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เป็นรูปแบบการพัฒนาเมืองเพื่อบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อน ของเมืองในอนาคตได้

2. รูปแบบการพัฒนาเมืองในปัจจุบัน

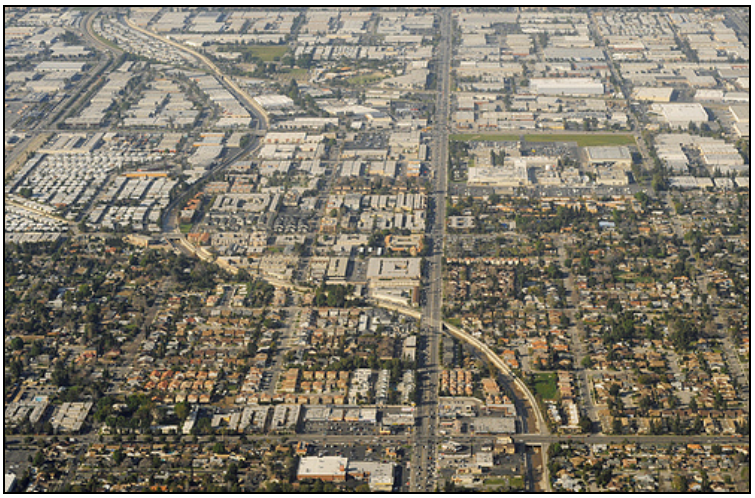
รูปแบบการพัฒนาเมืองในปัจจุบันมีทั้งการพัฒนาเมืองในแนวสูง และแนวราบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ศูนย์กลางเมืองซึ่งมีการกระจุกตัวของประชากรและกิจกรรมทางเศรษฐกิจหนาแน่น ลักษณะของอาคารจะเป็นการขยายตัวในแนวสูง ส่วนในพื้นที่ชานเมืองรอบนอกซึ่งได้รับอิทธิพลจากการลงทุนของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์จะขยายตัวในแนวราบ หากการขยายตัวพื้นที่ยังอยู่ในลักษณะดังกล่าวโดยไม่มีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ เมืองขยายตัวด้วยปัจจัยการเพิ่มขึ้นของบ้านจัดสรร และที่อยู่อาศัยที่เน้นการก่อสร้างบ้านในพื้นที่แปลงใหญ่ซึ่งเป็นการใช้ที่ดินเกินกว่าความจำเป็น เชื่อว่าในอนาคต เมืองจะต้องสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรมไปเพื่อการอยู่อาศัย และกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆ

2.1 รูปแบบการพัฒนาในแนวราบ (Sub urbanization)

การเติบโตของเมืองในลักษณะการขยายตัวในแนวราบ ถือเป็นลักษณะทางกายภาพของชุมชนที่ขยายเข้าไปในพื้นที่หนาแน่นน้อยซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ โดยการเติบโตจะเป็นไปตามสภาวะทางเศรษฐกิจ ดังนั้นรูปแบบการพัฒนาในแนวราบได้ชี้ให้เห็นว่า การขยายตัวของเมืองในรูปแบบนี้ถูกใช้ไปกับการก่อสร้างที่อยู่อาศัย และอาคารประเภทต่างๆ รุกล้ำพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่สีเขียว อาคารบ้านเรือนส่วนใหญ่จะกระจัดกระจาย

ไม่เกาะกลุ่มทำให้มีการใช้พื้นที่มากเกินกว่าความจำเป็น เป็นเหตุให้การสัญจรภายในพื้นที่ต้องใช้เพียงแค่รถส่วนตัวในการเข้าถึง ซึ่งผลกระทบจากการพัฒนาพื้นที่ในแนวราบของเมืองมีดังนี้

ภาพที่ 31 แสดงเมืองเชียงใหม่ที่มีการพัฒนาเมืองโดยมีความต้องการการใช้พื้นที่ในแนวราบเพื่อการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 32 แสดงการใช้พื้นที่ในแนวราบ San Fernando Valley California

ที่มา : Flickriver, **Straight and curved lines San Fernando Valley California** [online], accesssed 8 April 2012. Available from http://www.flickriver.com/photos/38037974@N00/3513212750

2.1.1 การสูญเสียพื้นที่เกษตรกรรมชั้นดี ซึ่งการพัฒนาเมืองในทางราบจำเป็นต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างสูงทำให้พื้นที่การเกษตรถูกกลืนกิน ซึ่งจะทำให้เมืองลดขีดความสามารถในการผลิตอาหาร

2.1.2 สูญเสียพื้นที่ป่าธรรมชาติ ซึ่งพื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการพัฒนาเหล่านี้ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และการพัฒนาบ้านพักอ่าศัย ซึ่งก็คือผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการแผ่ขยายตัวนั้นเอง ทำให้พื้นที่ป่าไม้ที่เหลืออยู่มีขนาดเล็กเสื่อมคุณภาพ

กล่าวโดยสรุป รูปแบบการพัฒนาในแนวราบมีความต้องการในการใช้พื้นที่ค่อนข้างสูงเพื่อการพัฒนา อาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆของเมืองเช่น ที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน ถนน ฯลฯ เมื่อมีความต้องการใช้พื้นที่เพื่อการพัฒนาเมืองเพิ่มสูงขึ้น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่า ก็จะถูกนำมาใช้เพื่อการพัฒนาองค์ประกอบของเมืองเหล่านี้ เพราะการเติบโตของเมือง จะต้องโตและขยายไปพร้อมกับจำนวนประชากรซึ่งไม่สามารถปฏิเสธได้

2.2 รูปแบบการพัฒนาแนวดิ่งที่สอดคล้องกับแนวคิดเมืองกระชับ (Compact City)

การเติบโตของเมืองในลักษณะการขยายตัวในแนวดิ่ง ถือเป็นลักษณะทางกายภาพของชุมชนเมืองที่เน้นการใช้พื้นที่เพื่อประโยชน์สูงสุด ลดการใช้พื้นที่ในแนวราบเพื่อการพัฒนา ลดการลงทุนด้านสาธารณูปโภค สาธารณูปการ และระบบขนส่ง ซึ่งการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งนั้นมีความสอดคล้อมกับ แนวคิดเมืองกระชับ ที่เป็นแนวคิดหนึ่งในการออกแบบชุมชนเมืองที่มีความมุ่งหมายไปที่ความกระชับ ที่มุ่งเน้นในการรักษาทรัพยากรทางธรรมชาติ โดยคณะกรรมการของสหภาพยุโรปมีความเชื่อมั่นว่า ลักษณะของชุมชนในแบบแนวคิดเมืองอัดแน่นจะเป็นรูปทรงของชุมชนเมืองที่ยั่งยืนในอนาคต โดยมีภาพรวมแนวคิดที่สำคัญคือ

ภาพที่ 33 แสดงแนวคิดเมืองกระชับที่เน้นพื้นที่สีเขียว

ที่มา : **MORI** [online], accessed 8 April 2012. Available from http://www.mori.co.jp/en/company urban_design

- ความสัมพันธ์ระหว่าง รูปทรงของเมือง (Urban From) กับความยั่งยืนด้วยแนวคิดการสร้างความกระชับของเมือง (Intensification) และลดการกระจายตัวของพื้นที่เมือง
- ลดการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัว สนับสนุนระบบขนส่งสาธารณะ
- การประหยัดพลังงาน (Energy efficient)
- การใช้ที่ดินแบบผสมผเส (Mix of use) สร้างความมีชีวิตชีวา (Diversity)
- การรักษาสภาพแวดล้อม (Environment)
- คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (Quality of life)
- ชุมชนที่สมบูรณ์ (Self-Containment)

ภาพที่ 34 แสดงแนวคิด Sino-Singapore Tianjin Eco City China

ที่มา : **Minphf** [online], accessed 8 April 2012. Available from http://minphf.blogspot.com/2011/04/eco-business-park-sino-singapore_2040.html

3. รูปแบบการพัฒนาเมืองที่เหมาะสมต่อการลดปรากฏการณ์ความร้อนเมือง

จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เพื่อนำมาสรุปรูปแบบการพัฒนาเมืองที่เหมาะสม พบว่ารูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งมีผลกระทบต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองน้อยกว่าการพัฒนาเมืองในแนวราบซึ่งการพัฒนาเมืองในแนวราบนั้นส่งผลกระทบต่อการสูญเสียพื้นที่สีเขียวที่มากกว่าการพัฒนาในแนวดิ่ง ทำให้การพัฒนาเมืองในแนวราบมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่า เพราะสูญเสียพื้นที่สีเขียวมากกว่า ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องแนวคิดเมืองกระชับที่ต้องการจะใช้พื้นที่

ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดการสูญเสียพื้นที่สีเขียวจากการพัฒนาเมือง ดังข้อเสนอแนะรูปแบบการพัฒนาเมืองที่ช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 รูปแบบการพัฒนาอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในเมือง

การพัฒนาเมืองควรให้ความสำคัญในการใช้พื้นที่ในแนวราบให้เกิดประโยชน์อย่าสูงสุดเพราะพื้นที่ในแนวราบส่วนใหญ่มีองค์ประกอบเป็นพื้นที่สีเขียวเช่น พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการลดอุณหภูมิเมือง ดังนั้นรูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งจึงเป็นที่ควรเลือกนำมาใช้ในการพัฒนาเพราะสูญเสียพื้นที่ในแนวราบเพื่อการพัฒนาน้อยกว่า การพัฒนาเมืองในแนวราบที่แผ่ปกคลุมพื้นดินมากกว่า จากสิ่งที่ค้นพบซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดเมืองกระชับ (Compact City) ที่เน้นรูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง ซึ่งจากการศึกษาทำให้เห็นผลกระทบในเชิงปริมาณที่วัดได้ ต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมือง ซึ่งรูปแบบการพัฒนาเมืองแบบกระชับจะสามารถช่วยลดการเพิ่มขึ้นของถนน ซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมือง เนื่องจากรูปแบบการพัฒนาเมืองแบบกระชับจะเน้นการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน ซึ่งจะช่วยให้ให้เข้าถึงพื้นที่ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นรูปแบบเมืองกระชับจึงเป็นรูปแบบที่เหมาะกับการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืนที่ช่วยลดการใช้ทรัพยากรได้อย่างดีที่สุด

3.2 การพัฒนาพื้นที่สีเขียวในเมือง

ควรมีการเพิ่มคุณภาพของพื้นที่สีเขียวที่มีอยู่เดิมในเมืองให้สูงขึ้น และลดการใช้พื้นที่สีเขียวในเมืองที่มีอยู่เดิมเพื่อการพัฒนาเมือง จากการวิจัยที่ได้ทำการจัดกลุ่มค่าดัชนีพืชพรรณออกเป็น 2 ประเภททำให้ทราบว่าพืชพรรณที่มีค่า NDVI อยู่ในระหว่าง 0.25 ถึง 1 ช่วยลดอุณหภูมิเมืองได้ดีที่สุด ดังนั้นในการพัฒนาเมืองควรมีการเพิ่มคุณภาพของพื้นที่สีเขียวประเภทไม้ยืนต้นและมีทรงพุ่มกว้าง และมีใบหนาแน่นเป็นหลักโดยรอบพื้นที่ที่เหลือจากการพัฒนาอาคารสิ่งปลูกสร้างควบคู่ไปด้วยเพื่อช่วยลดอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการพัฒนาเมืองที่เกิดขึ้น

3.3 การลดอุณหภูมิเมืองโดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายนอกอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในแนวดิ่ง และสวนหลังคา ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองที่ต้องการพัฒนาความหนาแน่น และอาคารสูง โดยใช้อาคารและสิ่งปลูกสร้างเดิม ซึ่งในการพัฒนาพื้นที่สีเขียวไปพร้อมกับการพัฒนาเมืองนั้นต้องพิจารณรถึงสิ่งปลูกสร้างที่มีความเหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมที่แสดงอุณหภูมิพื้นผิวที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิพื้นผิวบริเวณเขตชุมชนเมืองที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างอยู่เป็นจำนวนมาก จะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณสวนป่าถึง 2-4 องศาเซลเซียส การเพิ่มปริมาณพื้นที่สีเขียวโดยการสร้างสวนแนวตั้ง และสวนหลังคาไปพร้อมกับการพัฒนาอาคารจะสามารถช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองโดยการปรับเปลี่ยนพื้นผิวอาคารที่มีความสามารถในการกักเก็บ

และดูดซับความร้อน เป็นพืชพรรณที่ดูดซับและระบายความร้อนได้ดีกว่า ซึ่งยังช่วยลดอุณหภูมิให้แก่อาคารและพื้นที่โดยรอบได้

ภาพที่ 35 แสดงตัวอย่างการเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนหลังคาอาคาร

ที่มา : **Oknation** [online], accessed 8 April 2012. Available from http://www.oknation.net/blog/teetatfarm/2012/05/05/entry-2.

ภาพที่ 36 แสดงตัวอย่างการเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนผนัง

ที่มา : **Gardenopolis** [online], accessed 8 April 2012. Available from http://gardenopolis.wordpress.com/2008/06/30/growing-a-green-wall

จากการเสนอแนะรูปแบบการพัฒนาเมืองที่มีความสอดคล้องกับแนวคิดเมืองกระชับซึ่งเป็นการเปิดโอกาศให้มีการพัฒนาที่เชื่อมโยงกับคุณภาพชีวิต และเป็นการผลักดันให้ความเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นใหม่ไปทำให้ชุมชนที่มีอยู่แล้วดีขึ้น การนำรูปแบบการพัฒนาเมืองตามแนวคิดเมืองกระชับไปใช้จะสามารถช่วยลดการใช้พื้นที่สีเขียวซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติได้อีกด้วย

4. สรุป

จากการอภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปัจจัยซึ่งเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาเมืองมีข้อสังเกตเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในระดับภูมิภาคซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อความไวของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใน 2 ช่วงปีการศึกษา ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผลกระทบของความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ยังมีปัจจัยของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในระดับภูมิภาค หรือระดับโลก เช่นปรากฏการณ์โลกร้อน

เมื่อดำเนินการสรุปผลการวิเคราะห์พร้อมทั้งข้อเสนอแนะลักษณะและรูปแบบการพัฒนาเมืองเพื่อลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถอธิบายรูปแบบในการพัฒนาเมืองแบบกระชับได้ในเชิงปริมาณซึ่งเป็นการเปิดโอกาศให้สามารถวางแผนการพัฒนาเมืองที่ช่วยลดอุณหภูมิและความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นด้วยนโยบายการพัฒนาเมืองควบคู่กับการพัฒนาพื้นที่สีเขียวโดยการพัฒนาความสมบูรณ์ของพืชพรรณในพื้นที่สีเขียวให้มากขึ้นรวมทั้งการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในแนวดิ่ง เช่นสวนหลังคาและสวนผนัง ซึ่งสิ่งที่ค้นพบจากการวิจัยนี้เป็นส่วนสนับสนุนแนวคิดเมืองกระชับที่เป็นรูปธรรมที่สามารถวัดเชิงปริมาณได้ และเป็นองค์ความรู้ที่เสริมองค์ความรู้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้เรื่องการออกแบบเมืองกระชับที่ศึกษาเรื่องพื้นที่ว่างระหว่างอาคาร เพื่อการไหลเวียนของอากาศ และการใช้วัสดุ และการเพิ่มพื้นที่ธรรมชาติบนอาคาร ที่ช่วยบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่มีผู้วิจัยไว้แล้วด้วยอย่างชัดเจน

จากการอภิปรายผลและข้อเสนอแนะในบทที่ 6 นี้ ต่อไปในบทสุดท้ายจะเป็นการสรุปสาระสำคัญของการวิจัยและสิ่งที่ค้นพบ ข้อบกพร่องในการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบ และองค์ประกอบทางกายภาพของเมืองที่มีผลกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมือง ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองจากบทที่ 1 ถึงบทที่ 6 ได้ดำเนินการตามขั้นตอนและกระบวนการวิจัยที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเมือง หลังจากอภิปรายผล และสรุปเป็นข้อเสนอแนะรูปแบบในการพัฒนาเมือง สำหรับในบทที่ 7 จะสรุปผลการวิจัยในส่วนที่เป็นสาระสำคัญของการวิจัยและสิ่งที่ค้นพบ ข้อบกพร่องในการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยขั้นต่อไป

1. สรุปสาระสำคัญของการวิจัย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะพื้นที่สีเขียวในเขตชุมชนเมืองและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเกาะความร้อนเมืองมีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะพื้นที่สีเขียวกับสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับพื้นที่สีเขียว และเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาเมืองที่ช่วยบรรเทาปัญหาเกาะความร้อนเมือง โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) เพื่อศึกษาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเมืองของเมืองเชียงใหม่ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT

2) เพื่อศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับองค์ประกอบทางกายภาพของเมือง ได้แก่พื้นที่สีเขียว (NDVI) รูปแบบอาคารซึ่งประกอบด้วยพื้นที่อาคารปกคลุมดิน (B) ปริมาตรอาคาร (BV) รวมไปถึงพื้นที่ถนน (R) และพื้นที่แหล่งน้ำ (H)

3) เพื่อนำสิ่งที่ค้นพบจากการวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษามาสังเคราะห์เสนอแนะแนวทางในการออกแบบ และวางผังชุมชนเมืองที่สัมพันธ์กับปัจจัยเชิงพื้นที่ และกายภาพของเมือง

ผลสรุปจากการวิจัยพบว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเป็นปัญหาซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ซึ่งมีสอดคล้องกับการศึกษา และงานวิจัยที่ผ่านมา ที่กล่าวว่าสิ่งปกคลุมดินมีผลต่อระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ซึ่งการพัฒนาเมืองที่ผ่านมาได้เปลี่ยนแปลงพื้นที่ธรรมชาติซึ่งเต็มไปด้วยพรรณไม้มาสู่การพัฒนาเมือง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงจากลักษณะที่เป็นธรรมชาติของสภาพแวดล้อมมาสู่การพัฒนาเมืองที่ทำให้กายภาพของเมืองเปลี่ยนแปลงไป จากการก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนทางด้านรูปทรง การเลือกใช้

วัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับ สะสมความร้อนเป็นจำนวนมาก และมีการคายความร้อนนั้นสู่บรรยากาศทำให้อุณหภูมิเมืองเพิ่มสูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้เป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้น ซึ่งส่งผลผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคนในชุมชนเมือง

ผลสรุปจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 ของพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2553 วิเคราะห์ด้วยวิธี Multiple Regression พบว่าองค์ประกอบสำคัญทางกายภาพของเมืองคือ ลักษณะพืชพรรณ (NDVI) พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างคลุมดิน (B) ปริมาตรอาคาร (BV) พื้นที่ถนน (R) และพื้นที่แหล่งน้ำ (H) ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ (T) โดยพื้นที่สีเขียวที่มีความอุดมสมบูรณ์และพื้นที่แหล่งน้ำมีผลทำให้อุณหภูมิเมืองลดลง เมื่อเทียบทั้ง 2 ปัจจัยทำให้ทราบว่าการพัฒนาพื้นที่สีเขียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ช่วยลดอุณหภูมิเมืองได้ดีกว่าการพัฒนาพื้นที่แหล่งน้ำ และเมื่อได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมืองซึ่งได้แก่ปัจจัยรูปแบบอาคารและพื้นที่ถนนซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ปัจจัย จะเห็นว่าปัจจัยรูปแบบอาคารมีอทธิผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มากกว่า ซึ่งเมื่อมองถึงปัจจัยรูปแบบอาคารที่ได้ทำการศึกษาโดยแย่งการวิเคราะห์รูปแบบอาคารออกเป็น 2 รูปแบบคือ การพัฒนาในแนวราบและการพัฒนาในแนวดิ่ง จะเห็นได้ว่าการพัฒนาเมืองในแนวราบมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่าการพัฒนาเมืองในแนวดิ่ง ซึ่งมีความสอดคล้องกันของทั้ง 2 ปีที่ได้ทำการศึกษา

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สามารถคำนวนหาปริมาณผลกระทบจากความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองซึ่งมีผลมาจากพัฒนาเมืองทางกายภาพ ทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ การพัฒนาในแนวราบและการพัฒนาในแนวดิ่ง จากสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ Multiple Regression ซึ่งจะสามารถช่วยเปิดโอกาศให้เมืองได้มีการวางแผนพัฒนาที่เหมาะสมเพื่อช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

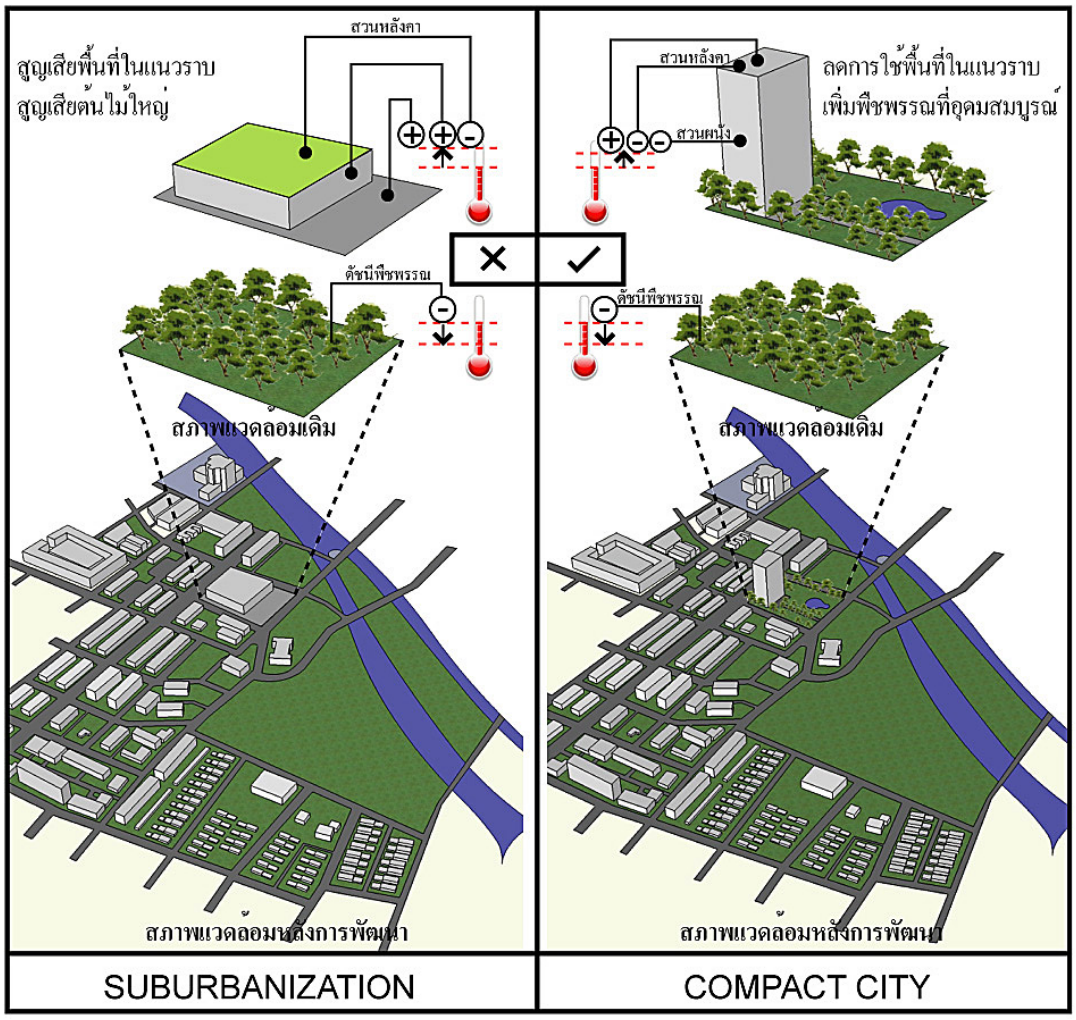
จากสิ่งที่ค้นพบจากการศึกษาครั้งนี้นำไปสู่ข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1. การศึกษาผลกระทบจากรูปแบบการพัฒนาเมือง

ในการวางแผนพัฒนาเมืองควรมีการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาเมืองเพื่อบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาในอนาคต ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถคำนวนเชิงปริมาณเปรียบเทียบผลกระทบจากรูปแบบการพัฒนาที่มีผลต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์ดังกล่าว ซึ่งจะสามารถช่วยให้นักวางแผนตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เหมาะสม ตลอดจนคาดการณ์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพัฒนา เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขในอนาคต

2. รูปแบบการพัฒนาอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในเมือง

รูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาเมือง เพราะช่วยลดการใช้พื้นที่ในแนวราบเพื่อการพัฒนาซึ่งพื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สีเขียว เช่น พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดเมืองกระชับ (Compact City) ที่เน้นรูปแบบการพัฒนาเมืองในแนวดิ่งโดยการใช้พื้นที่เพื่อการพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อลดการสูญเสียพื้นที่สีเขียว อีกทั้งแนวคิดนี้ยังสามารถช่วยลดการเพิ่มขึ้นของถนน ซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมือง ซึ่งรูปแบบการพัฒนาเมืองแบบกระชับนี้จะเน้นการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน ซึ่งจะช่วยให้เข้าถึงพื้นที่ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นรูปแบบเมืองกระชับจึงเป็นรูปแบบที่เหมาะกับการพัฒนาเมืองที่ช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง อีกทั้งยังเป็นรูปแบบการพัฒนาที่ช่วยลดการใช้ทรัพยากร ซึ่งนำไปสู่รูปแบบการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้อีกด้วย



ภาพที่ 37 แสดงสรุปแนวทางพัฒนาเมืองเพื่อบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

3. การพัฒนาพื้นที่สีเขียวในเมือง

ควรมีการเพิ่มคุณภาพของพื้นที่สีเขียวที่มีอยู่เดิมในเมืองให้มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น และลดการใช้พื้นที่สีเขียวในเมืองที่มีอยู่เดิมเพื่อการพัฒนาเมือง จากการวิจัยที่ได้ทำการจัดกลุ่มค่าดัชนีพืชพรรณออกเป็น 2 ประเภททำให้ทราบว่าพืชพรรณประเภทไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่และมีความอุดมสมบูรณ์จะมีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ในระหว่าง 0.25 ถึง 1 จะช่วยลดอุณหภูมิเมืองได้ดีที่สุด ซึ่งในการพัฒนาเมืองควรให้ความสำคัญกับการดูแลรักษา เพื่อให้ต้นไม้ยืนต้นเหล่านี้มีความอุดมสมบูรณ์และแข็งแรง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าดัชนีพืชพรรณที่สูงขึ้น ซึ่งจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิเมืองได้ดียิ่งขึ้น

4. การลดอุณหภูมิเมืองโดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายนอกอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

ควรสนับสนุนให้มีการออกแบบสวนหลังคาและสวนแนวตั้งควบคู่ไปกับการออกแบบอาคารและสิ่งปลูกสร้างในเมือง เนื่องจากการออกแบบสวนหลังคาและสวนแนวตั้งไม่จำเป็นต้องหาพื้นที่เพิ่ม ซึ่งในการออกแบบต้องคำนึงถึงการดูแลรักษา เพื่อให้พรรณไม้เหล่านี้มีความอุดมสมบูรณ์และแข็งแรงซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าค่าดัชนีพืชพรรณที่จะทำให้อุณหภูมิเมืองลดลงได้อีกด้วย

2. ข้อจำกัดในการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พบข้อบกพร่องในการวิจัยบางประการ ซึ่งอาจส่งผลให้การวิเคราะห์ไม่สมบูรณ์ได้แก่

2.1 ข้อมูลภูมิสารสนเทศภูมิศาตร์ ยังมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงปีที่ทำการศึกษา ประกอบกับการพัฒนาพื้นที่ทำให้บางพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปมาก ทำให้การวิเคราะห์ต้องมีการสำรวจและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งบางครั้งก็ไม่สามารถหาข้อมูลได้อย่างครบถ้วน แต่มีความใกล้เคียงกับภาพถ่ายดาวเทียมมากที่สุด

2.2 เนื่องจากเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้มาในปีที่แตกต่างกัน และภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกันอุณหภูมิที่ได้จึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้โดยตรงดังนั้นจึงต้องมีมาตรฐานในการหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา

2.3 ในการศึกษาวิจัยนี้ จะให้ความสำคัญในการศึกษาทฤษฎี และวรรณกรรมที่มีอยู่ในประเทศและต่างประเทศเป็นแนวทางหลักโดยจะเน้นการศึกษาในประเด็นหลักของสาเหตุและปัจจัยของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน เท่านั้น เนื่องจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่นกระแสลมและความชื้นสัมพันธ์ภายในเมือง

2.4 ในการอภิปรายและสรุปผลนี้ เป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาขาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม ซึ่งเน้นการวางแผนเป็นหลัก ดังนั้นบทสรุปและแนวคิดบางอย่างอาจไม่สอดคล้องกับสาขาวิชาอื่นๆ

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยขั้นต่อไป

ในการเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ที่อาจเป็นทางเลือกใหม่ที่จะพิสูจน์ได้แม่ยำยิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นการตรวจสอบผลการวิจัยว่าได้ผลจริงมากน้อยเพียงใดรวมทั้งแนะนำประเด็จอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ชุมชนเมืองต่างๆ ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองขึ้น ซึ่งจะสามารถช่วยบรรเทาความรุนแรงของปรากฏการณ์ดังกล่าว และยังเปิดโอกาศให้เมืองได้มีการวางแผนพัฒนาต่อไปได้อีกด้วย

3.2 ในด้านการสรุปผลการวิเคราะห์ตอบสมมุติฐาน ควรมีการศึกษาตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง และนำวิทยาการอื่นๆ มาช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความแม่นยำในการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้น

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม สามารถใช้ในการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ มีความชัดเจนของข้อมูลทางด้านกายภาพมีความเที่ยงตรง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของ และฝนตามฤดูกาล รวมไปถึงผลกระทบจากสภาพอากาศในระดับภูมิภาค ทำให้ไม่สามารถตอบสนองการศึกษาที่ต้องการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวอย่างต่อเนื่อง

3.4 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของวัน ฤดูกาล และลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เฉพาะของเมืองนั้นๆ

3.5 เนื่องจากเมืองเชียงใหม่มีศักยภาพในการพัฒนาเมืองค่อนข้างสูงแต่มีข้อจำกัดในเรื่องการพัฒนาพื้นที่เช่น กฎหมายควบคุมความสูงของอาคาร และพื้นที่อนุรักษ์ ซึ่งการพัฒนาเมืองที่ผ่านมาทำให้เมืองแผ่ขยายไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ทำให้ต้องมีการพัฒนาสาธารณูปโภคเพื่อรองรับการพัฒนาที่กระจัดกระจายเป็นผลให้สูญเสียงบประมาณและพื้นที่สีเขียวเป็นจำนวนมาก ซึ่งควรมีการศึกษาเรื่องของ ZONENING เพื่อเป็นการเปิดโอกาศให้เมืองได้มีการพัฒนา และลดการการใช้พื้นที่ในแนวราบเพื่อรักษาพื้นที่สีเขียวอันเป็นพื้นที่ธรรมชาติของเมืองไว้

การศึกษาการศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของปัญหา และปัจจัยสำคัญของการเกิดเกาะความร้อนในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้แล้ว ตามแนวทางของประบวนการและขั้นตอน จนกระทั่งงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลที่ได้จากการทำการวิเคราะห์พร้อมทั้งสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อเสนอแนะรูปแบบการพัฒนาเมืองเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนชุมชนเมืองเพื่อบรรเทาความรุนแรงปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ดี

ข้อเสนอแนะที่ได้ทำการเสนอแนะไว้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงแนวทางหนึ่งซึ่งช่วยบรรเทาความรุนแรงปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ซึ่งปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองยังประกอบด้วยปัจจัยอีกมากมายจึงควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางเพื่อช่วยลดความรุนแรงของปรากฏการณ์ดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

จริยา บุญญวัฒน์. **โดมความร้อนของเมือง : มลภาวะทางความร้อนและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในกรุงเทพฯ.** กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข, 2543.

จเร เศรยศสกุล. "ผลของสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อสมดุลความร้อนของเมืองและการคงตัวของบรรยากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (Effects of Land Cover on Urban Heat Balance and Atmospheric Stability in Bangkok.)." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2548.

จักรสิน น้อยไร่ภูมิ. **แนวคิดชุมชนเมืองที่พอเพียง : หนทางฝ่าวิกฤติของชุมชนเมืองไทย (The Urban Sufficiency Concept : The Survival Way for Thai Cities).** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552.

ณัฏฐิณี นวลสกลุล. "การเปรียบเทียบศักยภาพของการป้องกันความร้อนระหว่างการใช้สวนหลังคากับระบบหลังคาชั้นดีทั่วไป (A Comparative Study of Thermal Benefit Between Roof Garden and Conventional Roof Systems.)." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2545.

ธงชัย โรจนกนันท์ . **ผังเมืองเพื่อภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Urban Planning for Climate Change).** กรุงเทพฯ: สำนักงานผู้ประสานงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2553.

ธนกฤต เทียนมณี. "ปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง (Urban Heat Island and Urban Physical Environment.)." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบชุมชนเมือง มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

ปฐมพงศ์ สุขทอง. "การประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกล ช่วงคลื่นความร้อนเพื่อศึกษาปรากฏการณ์โดมความร้อนของเมือง กรณีศึกษา : พื้นที่เมืองปทุมธานี (Thermal Remote Sensing Application on Urban Heat Island Case Study : Pathumthani Urban Area.)." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

ปนิษฐา ปฏิเมธา. "การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะพื้นที่สีเขียวในเขตชุมชนเมืองและปัจจัยที่มีผลต่อภาวะโลกร้อน : กรณีศึกษาพื้นที่เขตปทุมวัน (A Study on Relationship Between Urban Green Space and Global Warming Factors : A Case Study of

Pathumwan District.).” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2551.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. **โดมความร้อนในเขตเมือง.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

พรรณฑิภา สายวัฒน์ และกฤตพร ห้าวเจริญ. **การพัฒนาพื้นที่โล่งในเขตเมืองเพื่อการแก้ปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน : กรณีศึกษา บริเวณถนนสีลม กรุงเทพมหานคร.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552.

มนตรี ตั้งศิริมงคล. “ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน : กรณีศึกษา ถนนเจริญราษฎร์ (The Effect of Urban Landscape Element Charecteristics to Air Temperature Around Street : A Cace Study of Charoenratch Rd.).” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2546.

มานัส ศรีวณิช. **เอกสารประกอบการบรรยาศพิเศษ : การประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก.** กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2553.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. **หลักการพื้นฐานเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาองค์ความรู้ด้านอวกาศ, 2552.

สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ. “การใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท ทีเอ็ม ช่วงคลื่นความร้อนในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิว : ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอาคารสูงในเขตกรุงเทพฯ (Utilizing Landsat TM Thermal Band to Investigate Variation of Surface Radiant Temperature : The Effects of High Rise Building in Bangkok Metropolis.).” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2545.

อรรคเดช ศรีบุตตะ และพัชรี แสนจันทร์. **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและแนวโน้มในอนาคต.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545

อานันต์ คำภีระ. **การใช้ ArcView GIS และ Extension Tools ในการประมวลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และภาพถ่ายดาวเทียม.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552.

อำนาจ ชิดไธสง. **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2553.

ภาษาต่างประเทศ

Wong, Eva. **Reducing Urban Heat Islands : Compendium of Strategies** [online]. Accessed 15 July 2011. Available from http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/GreenRoofs Compendium.pdf.

Voogt, A James. "Urban Heat Island : Causes and consequences of global environmental change." Canada : University of Western Ontario, 2002

Gray, Kimberly and Finster, E Mary. "The Urban Heat Island, Photochemical Smog, and Chicago : Local Features of the Problem and Solution." United States : Northwestern University, 2000.

Krzyszt of Blazejczyk. "Urban Heat Island in Large and Sall Cities." Sweden : International Conference on Urban Climate, 2006.

OKE, Tim "Quarterly Journal Royal Meteorological Society : The Energetic Basic of The Urban Heat Island." Canada : University of British Columbia, 1980.

Yokobori, Takuya and Ohta, Shunji. **Effect of land cover on air temperatures involved in the development of an intra-urban heat island** [online]. Accessed 15 July 2011. Available from http://www.int-res.com/articles/cr_oa/c039p061.pdf.

_____. "Effect of Land Cover on Air Temperatures Involved in the Development of an Intra-Urban Heat Island." Japanese: Waseda University, 2009.

Zhao-ming , ZHANG. "A study on the changes of urban heat island in Beijing based on satellite remote sensing." Chinese : Graduate School of the Chinese Academy of Sciences Beijing, 2009.

ภาพถ่ายดาวเทียม

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). "พื้นที่เขตผังเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่จากอวกาศ ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซทระบบธีแมติคแมบเปอร์ (T.M.)." 17 เมษายน 2544.

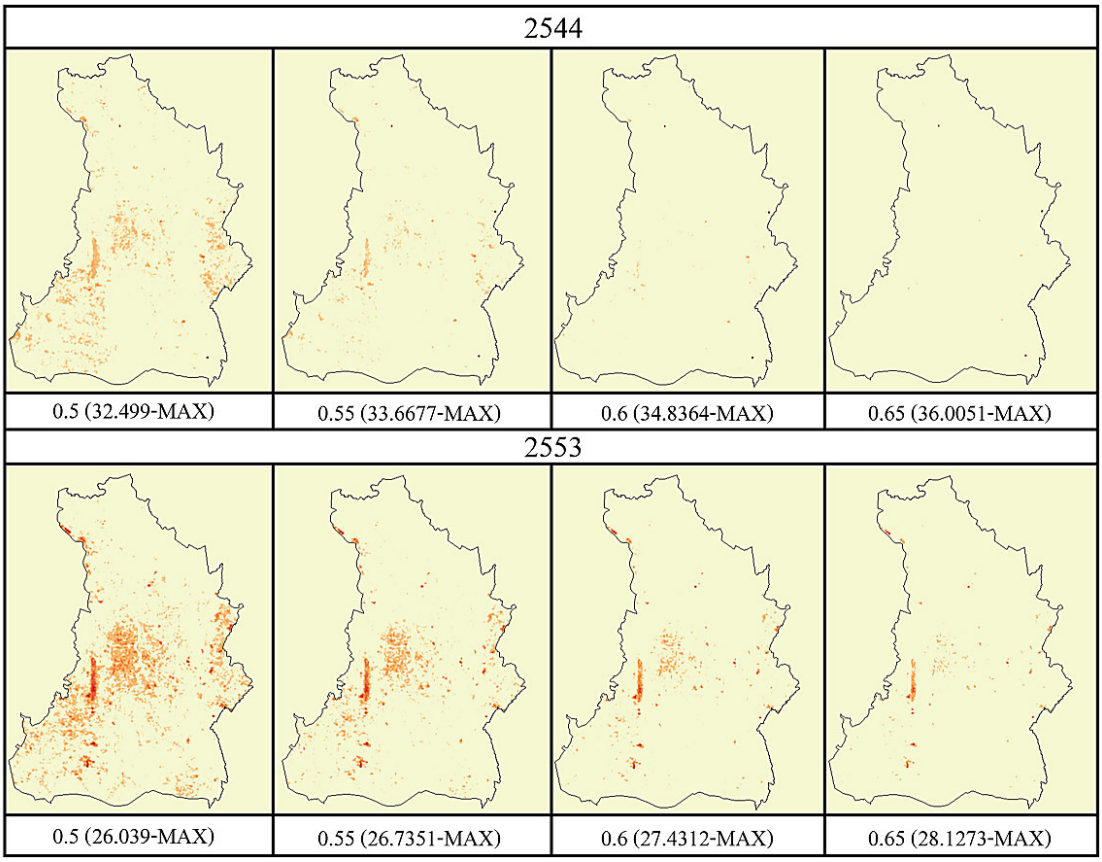
_____. "พื้นที่เขตผังเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่จากอวกาศ ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซทระบบธีแมติคแมบเปอร์ (T.M.)." 10 เมษายน 2544.

ข้อมูลภูมิสารสนเทศ

สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่. "ข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศพื้นที่เขตผังเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่." 2544.

_____. "ข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศพื้นที่เขตผังเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่." 2553.

ภาคผนวก



ภาพที่ 38 แสดงภาพแสดงการหาอุณหภูมิสัมพัทธ์ของปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ.2553

1. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI ต่ำกว่า 0.249 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Regression Parameters:

X axis: 2544_NDVI_LOW FINAL
Y axis: 2544THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =      11.84 %
Std. Dev. of X        =     0.086784
Std. Dev. of Y        =     1.898507
S.E. of Estimate      =     1.782585
Std. Error of Beta    =     0.030307
t Stat for r or Beta =   248.363252
t Stat for Beta <> 1 =   215.367630
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI สูงกว่า 0.25 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Regression Parameters:

X axis: 2544_NDVI_HIGHT FINAL
Y axis: 2544THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =      25.04 %
Std. Dev. of X        =     0.201369
Std. Dev. of Y        =     1.898507
S.E. of Estimate      =     1.643668
Std. Error of Beta    =     0.012044
t Stat for r or Beta =  -391.758998
t Stat for Beta <> 1 =  -474.790513
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI ต่ำกว่า 0.249 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Regression Parameters:

X axis: 2553NDVI_LOW_FINAL
Y axis: 2553THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       0.64 %
Std. Dev. of X        =     0.086586
Std. Dev. of Y        =     1.847109
S.E. of Estimate      =     1.841180
Std. Error of Beta    =     0.031375
t Stat for r or Beta =    54.433142
t Stat for Beta <> 1 =    22.560524
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่สีเขียวที่มีค่า NDVI สูงกว่า 0.25 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Regression Parameters:

X axis: 2553NDVI_HIGHT_FINAL
Y axis: 2553THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =      23.89 %
Std. Dev. of X        =     0.117839
Std. Dev. of Y        =     1.847109
S.E. of Estimate      =     1.611390
Std. Error of Beta    =     0.020177
t Stat for r or Beta =  -379.756628
t Stat for Beta <> 1 =  -429.319165
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

5. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Regression Parameters:

X axis: BL2544_RESAM30X30_AREAX900
Y axis: 2544THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       1.62 %
Std. Dev. of X        =  2727.911887
Std. Dev. of Y        =     1.898507
S.E. of Estimate      =     1.883021
Std. Error of Beta    =     0.000001
t Stat for r or Beta =    87.098895
t Stat for Beta <> 1 =     1.000000
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

6. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Regression Parameters:

X axis: BL2544_RESAM30X30_NST_AREA_VOL
Y axis: 2544THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       0.92 %
Std. Dev. of X        =  6698.566413
Std. Dev. of Y        =     1.898507
S.E. of Estimate      =     1.889713
Std. Error of Beta    =     0.000000
t Stat for r or Beta =    65.461321
t Stat for Beta <> 1 =     1.000000
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

7. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่อาคารปกคลุมดิน ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Regression Parameters:

X axis: BL2553_RESAM30X30_AREAX900
Y axis: 2553THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       1.04 %
Std. Dev. of X        =  1249.825443
Std. Dev. of Y        =     1.847109
S.E. of Estimate      =     1.837515
Std. Error of Beta    =     0.000002
t Stat for r or Beta =    69.347660
t Stat for Beta <> 1 =     1.000000
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

8. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับปริมาตรอาคาร ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Regression Parameters:

X axis: BL2553_RESAM30X30_NST_AREA_VOL
Y axis: 2553THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       1.14 %
Std. Dev. of X        =  6293.927038
Std. Dev. of Y        =     1.847109
S.E. of Estimate      =     1.836549
Std. Error of Beta    =     0.000000
t Stat for r or Beta =    72.783930
t Stat for Beta <> 1 =     1.000000
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

9. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Regression Parameters:

X axis: ROAD2544_RESAM30X30_X900
Y axis: 2544THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       0.65 %
Std. Dev. of X        = 27534.818385
Std. Dev. of Y        =     1.898507
S.E. of Estimate      =     1.892291
Std. Error of Beta    =     0.000000
t Stat for r or Beta =    54.982266
t Stat for Beta <> 1 =     1.000000
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

10. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่ถนน ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Regression Parameters:

X axis: ROAD2553_RESAM30X30_AREAX900
Y axis: 2553THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =       0.19 %
Std. Dev. of X        = 15614.513161
Std. Dev. of Y        =     1.847109
S.E. of Estimate      =     1.845316
Std. Error of Beta    =     0.000000
t Stat for r or Beta =    29.887599
t Stat for Beta <> 1 =     1.000000
Sample Size (n)       =       459337
Apparent df           =       459335
```

11. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Regression Parameters:

X axis: HYDROP2544_RESAM30X30_AREAX90(
Y axis: 2544THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =        0.49 %
Std. Dev. of X        = 14461.812282
Std. Dev. of Y        =      1.898507
S.E. of Estimate      =      1.893840
Std. Error of Beta    =      0.000000
t Stat for r or Beta =    -47.611738
t Stat for Beta <> 1 =      1.000000
Sample Size (n)       =        459337
Apparent df           =        459335
```

12. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงเส้น Simple Linear Regression ของอุณหภูมิกับพื้นที่แหล่งน้ำ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Regression Parameters:

X axis: HYDROP2553_RESAM30X30_AREAX90
Y axis: 2553THERMAL_CROP

Coeff. of Det.        =        0.20 %
Std. Dev. of X        = 17522.239123
Std. Dev. of Y        =      1.847109
S.E. of Estimate      =      1.845243
Std. Error of Beta    =      0.000000
t Stat for r or Beta =    -30.489095
t Stat for Beta <> 1 =      1.000000
Sample Size (n)       =        459337
Apparent df           =        459335
```

13. ผลการวิเคราะห์ทางการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ของอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองที่เป็น 2 มิติ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Multiple Regression Results:

  Regression Equation :

        2544THERMAL_CROP = 31.6921 - 4.6871*2544_NDVI_HIGHT FINAL + 0.0000*BL2544_RESAM30X30_AREAX900
                    + 0.0000*ROAD2544_RESAM30X30_X900 - 0.0000*HYDROP2544_RESAM30X30_AREAX900

  Regression Statistics :

         Apparent R = 0.517004     Apparent R square = 0.267293
         Adjusted R = 0.516999     Adjusted R square = 0.267288
         F ( 4,      459332) = 41891.300781


                     ANOVA Regression Table

                 |  apparent degrees          sum of              mean
  Source         |     of freedom             squares            square
-----------------+-------------------------------------------------------------
 Regression      |            4                442529.86        110632.47
 Residual        |       459332               1213068.89             2.64
 Total           |       459336               1655598.75
-----------------+-------------------------------------------------------------


                   Individual Regression Coefficients

                 |       Coefficient          t_test ( 459332 )
-----------------+---------------------------------------------
 Intercept       |       31.692066          8414.298828
 2544_NDVI_HIGHT FINAL|       -4.687092          -387.651886
 BL2544_RESAM30X30_AREAX900|       0.000037          41.080898
 ROAD2544_RESAM30X30_X900|       0.000004          43.815350
 HYDROP2544_RESAM30X30_AREAX900|       -0.000014          -82.576660
-----------------+---------------------------------------------
```

14. ผลการวิเคราะห์ทางการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ของอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองที่เป็น 3 มิติ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544

```
Multiple Regression Results:

  Regression Equation :

        2544THERMAL_CROP = 31.7051 - 4.7190*2544_NDVI_HIGHT FINAL + 0.0000*BL2544_RESAM30X30_NST_AREA_VOL
                    + 0.0000*ROAD2544_RESAM30X30_X900 - 0.0000*HYDROP2544_RESAM30X30_AREAX900

  Regression Statistics :

         Apparent R = 0.516070     Apparent R square = 0.266328
         Adjusted R = 0.516065     Adjusted R square = 0.266324
         F ( 4,      459332) = 41685.230469


                     ANOVA Regression Table

                 |  apparent degrees          sum of              mean
  Source         |     of freedom             squares            square
-----------------+-------------------------------------------------------------
 Regression      |            4                440932.78        110233.20
 Residual        |       459332               1214665.97             2.64
 Total           |       459336               1655598.75
-----------------+-------------------------------------------------------------


                   Individual Regression Coefficients

                 |       Coefficient          t_test ( 459332 )
-----------------+---------------------------------------------
 Intercept       |       31.705056          8492.817383
 2544_NDVI_HIGHT FINAL|       -4.719004          -392.210144
 BL2544_RESAM30X30_NST_AREA_VOL|       0.000012          32.885757
 ROAD2544_RESAM30X30_X900|       0.000004          43.628754
 HYDROP2544_RESAM30X30_AREAX900|       -0.000014          -82.846771
-----------------+---------------------------------------------
```

15. ผลการวิเคราะห์ทางการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ของอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองที่เป็น 2 มิติ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Multiple Regression Results:

  Regression Equation :

        2553THERMAL_CROP = 25.1321 - 7.6024*2553NDVI_HIGHT_FINAL + 0.0001*BL2553_RESAM30X30_AREAX900
                    + 0.0000*ROAD2553_RESAM30X30_AREAX900 - 0.0000*HYDROP2553_RESAM30X30_AREAX900

  Regression Statistics :

          Apparent R = 0.497819     Apparent R square = 0.247824
          Adjusted R = 0.497814     Adjusted R square = 0.247819
          F ( 4,      459332) = 37834.648438


                      ANOVA Regression Table

                 |  apparent degrees           sum of              mean
  Source         |     of freedom              squares             square
-----------------+-------------------------------------------------------------
 Regression      |             4                388381.34         97095.34
 Residual        |        459332               1178787.02             2.57
 Total           |        459336               1567168.36
-----------------+-------------------------------------------------------------


                    Individual Regression Coefficients

                 |       Coefficient          t_test ( 459332 )
-----------------+-----------------------------------------------
 Intercept       |       25.132093          9370.893555
 2553NDVI_HIGHT_FINAL|       -7.602397         -377.692383
 BL2553_RESAM30X30_AREAX900|       0.000098         51.701073
 ROAD2553_RESAM30X30_AREAX900|       0.000004         23.631313
 HYDROP2553_RESAM30X30_AREAX900|       -0.000006         -46.190746
-----------------+-----------------------------------------------
```

16. ผลการวิเคราะห์ทางการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ของอุณหภูมิกับปัจจัยในการพัฒนาเมืองที่เป็น 3 มิติ ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2553

```
Multiple Regression Results:

  Regression Equation :

        2553THERMAL_CROP = 25.1307 - 7.5976*2553NDVI_HIGHT_FINAL + 0.0000*BL2553_RESAM30X30_NST_AREA_VOL
                    + 0.0000*ROAD2553_RESAM30X30_AREAX900 - 0.0000*HYDROP2553_RESAM30X30_AREAX900

  Regression Statistics :

          Apparent R = 0.498626     Apparent R square = 0.248628
          Adjusted R = 0.498621     Adjusted R square = 0.248623
          F ( 4,      459332) = 37997.996094


                      ANOVA Regression Table

                 |  apparent degrees           sum of              mean
  Source         |     of freedom              squares             square
-----------------+-------------------------------------------------------------
 Regression      |             4                389641.23         97410.30
 Residual        |        459332               1177527.13             2.56
 Total           |        459336               1567168.36
-----------------+-------------------------------------------------------------


                    Individual Regression Coefficients

                 |       Coefficient          t_test ( 459332 )
-----------------+-----------------------------------------------
 Intercept       |       25.130660          9380.654297
 2553NDVI_HIGHT_FINAL|       -7.597576         -377.697510
 BL2553_RESAM30X30_NST_AREA_VOL|       0.000021         56.278961
 ROAD2553_RESAM30X30_AREAX900|       0.000004         23.704271
 HYDROP2553_RESAM30X30_AREAX900|       -0.000006         -46.177635
-----------------+-----------------------------------------------
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	นายอนุศาสน์ สิทธิเวช
ที่อยู่	188/4 หมู่ที่ 10 ตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180
Email	sitiwed_aos16@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2539	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนต้น จากโรงเรียนนวมินราชูทิศ พายัพ
พ.ศ.2544	สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
พ.ศ.2548	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการจัดการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
พ.ศ.2551	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร