

การประเมินสถานะน่าสบายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น



นางสาวสรสุดา เจียมจิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-5299-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑ ๗ ๐.๘. ๒๕๖

๑ ๒๒ ๖๐๙๗๖

HUMAN COMFORT EVALUATION OF CLASSICAL THAI ARCHITECTURE IN HOT-HUMID CLIMATE

Miss Sunsuda Jiemjit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture


Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-5299-7

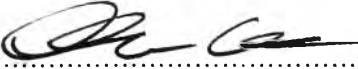
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินสภาวะน่าสบายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น
โดย นางสาวสรรสุดา เจียมจิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจันทร์ เศรษฐบุตร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ
 รองศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บูรณากาญจน์


คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ


..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

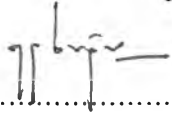
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต นิตยะ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถจันทร์ เศรษฐบุตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บูรณากาญจน์)


..... กรรมการ
(นางดวงขวัญ จารุกุล)

สรรสุตา เจียมจิต : การประเมินสภาวะน่าสบายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยในภูมิภาคเขตร้อนชื้น. (HUMAN COMFORT EVALUATION OF CLASSICAL THAI ARCHITECTURE IN HOT-HUMID CLIMATE)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. อรรถนัย เศรษฐบุญตร, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ,

รศ.ดร. วรสันต์ บูรณากาญจน์, 219 หน้า. ISBN 974-17-5299-7.

การวิจัยนี้ศึกษาสภาวะน่าสบาย (comfort zone) ภายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยของภูมิภาคเขตร้อนชื้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร กระแสลมธรรมชาติ และมวลสารของอาคาร โดยศึกษาอาคารมวลสารน้อย(ผนังไม้) อาคารมวลสารกลาง(ผนังก่ออิฐชั้นเดียว) และอาคารมวลสารมาก(ผนังก่ออิฐหนากว่าปกติ) ซึ่งมีพฤติกรรมการใช้อาคาร 4 ประเภทได้แก่ 1) เปิดอาคารตลอดทั้งวัน 2) เปิดอาคารช่วงกลางวันและปิดอาคารกลางคืน 3) ปิดอาคารตลอดทั้งวัน และ 4) ปิดอาคารช่วงกลางวันและเปิดอาคารกลางคืน โดยวิธีการทางสถิติจากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ฤดูทุกภาคของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่(ตัวแทนภาคเหนือ) จังหวัดอุบลราชธานี(ตัวแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) กรุงเทพมหานคร(ตัวแทนภาคกลาง) และจังหวัดสงขลา(ตัวแทนภาคใต้)

ผลจากการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีกระแสลมภายนอกอาคารในช่วงบ่าย(13.00น.-17.00น.) และเพื่อให้ผู้ที่อาศัยภายในอาคารรู้สึกอยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุด กระแสลมนั้นต้องผ่านสภาพแวดล้อมที่ดีเพื่อลดอุณหภูมิของกระแสลมที่พัดเข้าสู่อาคาร โดยการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน(cross ventilation) มีสัดส่วนที่เหมาะสมของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอยู่ที่ 30% และวางอาคารแนวทิศเหนือ-ใต้ สำหรับอิทธิพลจากมวลสารที่ผนวกพฤติกรรมการใช้อาคาร ส่งผลต่อสัดส่วนจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายคือ อาคารมวลสารมากในกรณีเปิดอาคารช่วงกลางวันและเปิดอาคารกลางคืนในฤดูหนาว 1,238 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดเชียงใหม่ และ 667 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่เก็บกักความร้อนของผนังตอนกลางวันมาใช้ตอนกลางคืน เมื่อนำอาคารทั้ง 3 มวลสารที่ผนวกพฤติกรรมการใช้อาคารและลมธรรมชาติที่ปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารให้อยู่ในเขตสบายจากสนามหญ้าสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากที่สุดคือ กรณีเปิดอาคารตลอดทั้งวันของอาคารทั้ง 3 มวลสาร พบว่าอาคารมวลสารมากมีสัดส่วนจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากที่สุด คือ 1625 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดเชียงใหม่ 975 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดอุบลราชธานี 535 ชั่วโมงต่อปีของกรุงเทพมหานครและ 281 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดสงขลา รองลงมาคืออาคารมวลสารน้อย คือ 1291 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดเชียงใหม่ 799 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดอุบลราชธานี 377 ชั่วโมงต่อปีของกรุงเทพมหานครและ 245 ชั่วโมงต่อปีของจังหวัดสงขลา ส่วนอาคารมวลสารกลางมีสัดส่วนจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายน้อยที่สุด ผลการวิจัยสรุปว่า ลักษณะของสถาปัตยกรรมไทยที่มีจำนวนชั่วโมงอยู่ในเขตสบายมากที่สุด คือ ผนังมีค่าหน่วยเวลาการถ่ายเทความร้อน (time lag) 3 ชั่วโมงจากการใช้อิทธิพลของมวลสาร และรูปทรงอาคารที่เอื้อต่อระบบการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน โดยนำเฉพาะลมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องมาใช้ นอกจากนี้การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกให้อยู่ในเขตสบายมากที่สุด จะสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายของอาคารได้อีก

ภาควิชา...สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิติศ.....*สรรสุตา เจียมจิต*
 สาขาวิชา...สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*[ลายมือ]*
 ปีการศึกษา.2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*[ลายมือ]*

4574204525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: COMFORT ZONE/ MEAN RADIAN TEMPERATURE / NATURAL VENTILATION

SUNSUDA JIEMJIT : HUMAN COMFORT EVALUATION OF CLASSICAL THAI ARCHITECTURE IN HOT-HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.ATCH SRESHTHAPUTRA,Ph.D., THESIS COADVISOR : PROF. SOONTORN BOONYATIKARN,Ph.D., ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN,Ph.D., 219 pp. ISBN 974-17-5299-7.

This research aims to study the comfort zone in classical Thai Architecture in the tropical region by studying the mean radiant temperature, natural ventilation and mass which affect the comfort zone in each building, comprised of 3 types: Low mass buildings (with wooden wall), Medium mass buildings (with brick wall) and High mass building (with more than 4" brick wall). Four cases have been studied as follows: 1) the building with "the opening" opened all day 2) the building with "the opening" opened during the day time and closed in the night time 3) the building with "the opening" closed all day and 4) the buildings with "the opening" opened during the night time and closed in the day time. The statistic data was gathered in each season around one year's time from the classical Thai Architectural buildings selected to represent each part of Thailand which are as follows: Chiang Mai (representing the North), Ubon Rachathani (representing the North East), Bangkok (representing the Central region) and Songkla (representing the South).

It is found that in Thailand these is the wind blowing during 1P.M. to 5P.M. and the wind should be from the satisfying microclimate as such it would reduce the temperature of the wind blowing into the building by the cross ventilation system. The wind is the major factor for the hours of the comfort zone, especially in the buildings lying down in the North-South direction with the suitable proportion of 1:3 of width of "the opening" per width of the wall. And the influence of mass together with the engineering of the building; such as when and where and how to leave "the opening" opened or closed all affect the comfort zone hours of the High mass building staying open during the night time and closed during the day time in the winter. The result was 1,238 hours per year in Chiang Mai and 667 hours in Ubon Rachathani due to mean of radiant temperature absorbing the heat during the day time and radiating in the night time. All in all, when taking into account the 3 types of the building with the proper engineering and good microclimate could increase the comfort zone hours. It revealed that leaving "the opening" open will provide real comfort zone for all the 3 types of the mass buildings. It also showed that the utmost number of comfort zone hours in High mass building in each part of the country varies as follows; 1,625 hours per years in Chiang Mai, 975 hours per year in Ubon Rachathani, 535 hours per year in Bangkok and 281 hours per year in Songkhla whereas in the Low mass building would be 1,291 hours per year in Chaing Mai, 799 hours per year in Ubon Rachathani, 377 hours per year in Bangkok and 245 hours per year in Songkhla. The Medium mass buildings have the least comfort-zone hours. It can be concluded that the classical Thai Architecture which has the most comfort zone would have 3 hour time lag due to the engineering of the influence of the mass and the form of the building that will provide the cross ventilation system by bringing the wind with lower temperature from outside. The research also indicates that the hours of comfort zone could be augmented in accordance with the microclimate around the building.

Department.....Architecture..... Student's signature *สรวงศ์ เจียมจิตต์*

Field of study.....Architecture..... Advisor's signature *[Signature]*

Academic year...2005..... Co-advisor's signature *[Signature]*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือสนับสนุนจากคณาจารย์ หน่วยงานและสถาบัน ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ดังนี้

รศ.ดร.ชวลิต นิตยะ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.อรรถนัย เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแนวทางในการทำวิจัย

ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ และ รศ.ดร.วรทัศน์ บุรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ทางวิชาการพร้อมให้คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางในการทำวิจัย

คุณดวงขวัญ จารุศล ที่กรุณาสละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์นี้

อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในสถาบันแห่งนี้

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยเป็นไปอย่างราบรื่น

โครงการศึกษาวิจัยสถาปัตยกรรมในประเทศไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน ในการเก็บข้อมูลภาคสนามของงานวิจัยครั้งนี้

เพื่อนร่วมชั้นปีทุกคนที่มีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูลภาคสนามของงานวิจัยโครงการศึกษาวิจัยสถาปัตยกรรมไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน ตลอดระยะเวลา 1 ปีเต็ม ขอขอบคุณพี่แวน และพี่ก้อยที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนข้อเสนอแนะที่ดีตลอดมา เพื่อน พี่ น้องปริญญาโททุกคนในสาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมที่ดูแลและช่วยเหลือกันตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัยนี้

ขอบพระคุณสำหรับกำลังใจที่สำคัญมากจากคุณพ่อ คุณแม่และน้อง ตี คุณอาต๋วย อ้อม รวมทั้งปียมิตรทั้งหลายที่ห่วงใยเสมอมา ขอขอบคุณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาของการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	4
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....	5
1.7 ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย.....	6
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	7
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่2 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศและเขตสบายของประเทศไทย.....	8
2.1 ลักษณะภูมิศาสตร์โดยทั่วไปและตามการแบ่งภาคต่างๆ.....	8
2.2 ลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปและตามการแบ่งภาคต่างๆ.....	10
2.3 เขตสบาย(Comfort zone) ของจังหวัดที่เป็นตัวแทนของภาคตามที่กำหนด.....	12
2.3.1 เขตสบาย.....	12
2.3.2 ขอบเขตของเขตสบายในประเทศไทย.....	16
2.3.2.1 มาตรฐานวัดสภาวะความสบายทางอุณหภูมิ.....	16
2.4 ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลอากาศและเขตสบาย.....	20
2.5 ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลทิศทางการลมพัดและความเร็วลม.....	21
2.6 การศึกษาและวิเคราะห์ภูมิอากาศ.....	23
2.6.1 จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแทนภาคเหนือ.....	23
2.6.2 จังหวัดอุบลราชธานี ตัวแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	25

2.6.3 กรุงเทพมหานคร ตัวแทนภาคกลาง.....	27
2.6.4 จังหวัดสงขลา ตัวแทนภาคใต้.....	29
2.7 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ	31
2.8 ศักยภาพและข้อจำกัดในการนำกระแสลมธรรมชาติเข้ามาใช้ในแต่ละฤดูของแต่ละภาค	36
บทที่3 วิธีดำเนินการวิจัย	37
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	38
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	42
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	42
3.2.2 ข้อมูลที่ต้องการและตำแหน่งในการติดตั้ง.....	42
3.2.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์วัดข้อมูล.....	54
3.3 การเก็บข้อมูล	56
3.3.1 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล.....	56
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	56
3.5 ข้อจำกัด	57
บทที่4 ผลและการวิเคราะห์ในส่วนอิทธิพลของมวลสาร	58
4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์	58
4.2 อิทธิพลของมวลสาร.....	59
4.2.1 ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล.....	59
4.2.1.1 ความสามารถในการห้วงเหนี่ยวความร้อนจากภายนอกไว้ใน	
มวลสารของผนังอาคาร	60
4.2.2 อุณหภูมิอากาศภายในที่ได้จากสมการทำนาย	63
4.2.2.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในที่ได้จากการวัดจริงกับจาก	
การทำนายสมการถดถอย.....	63
4.2.2.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในภายใต้เงื่อนไข	
การเปิด-ปิดอาคาร	70
4.2.3 สรุปผลและวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในของอาคารแต่ละมวลสาร	
ภายใต้เงื่อนไขการเปิด-ปิดอาคาร	82
4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ	83
4.3.1 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่ได้จากสมการทำนาย.....	83

4.3.2	สรุปผลและวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในของอาคารแต่ละมวลสารภายใต้เงื่อนไขการเปิด-ปิดอาคาร	90
4.4	ลมและการระบายอากาศ	91
4.4.1	การระบายอากาศภายในอาคาร	91
4.4.2	อัตราการระบายอากาศภายในอาคาร	92
4.4.3	ความเร็วลมภายในอาคาร	93
4.4.4	ชนิดของหน้าต่างและลักษณะการเปิด	97
บทที่ 5	ผลและการวิเคราะห์ผลในส่วนของอิทธิพล MRT และลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย	99
5.1	ขั้นตอนการวิเคราะห์	99
5.2	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารแต่ละมวลสารภายใต้เงื่อนไขการเปิด-ปิดอาคาร 4 แบบ	101
บทที่ 6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	185
6.1	สรุปผลการวิจัย	185
6.1.1	สรุปผลการวิจัยในส่วนของคุณสมบัติอากาศภายในอาคารแต่ละมวลสารภายใต้เงื่อนไขการเปิด-ปิดช่องเปิดอาคาร 4 แบบ	185
6.1.2	สรุปผลและวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ภายในของอาคารแต่ละมวลสารภายใต้เงื่อนไขการเปิด-ปิดอาคาร	186
6.2	จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายเมื่อได้รับอิทธิพลจากมวลสาร MRT และกระแสลมธรรมชาติ	187
6.3	ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายของอาคารแต่ละมวลสาร	189
6.4	ประเมินศักยภาพอิทธิพลที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย	190
6.5	ข้อเสนอแนะ	192
	รายการอ้างอิง	193
	ภาคผนวก	196
	ภาคผนวก ก	197
	ภาคผนวก ข	216
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	219

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง1.1 จังหวัดที่กำหนดเป็นตัวแทนข้อมูลในการศึกษา	2
ตาราง1.2 การจัดแบ่งมวลสารที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	4
ตาราง2.1 การแบ่งภาคตามภูมิศาสตร์เปรียบเทียบกับภาคตามลักษณะภูมิอากาศ.....	8
ตาราง2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของภาคต่าง ๆ ตามกรมอุตุนิยมวิทยา.....	9
ตาราง2.3 ลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (กลุ่ม A-Tropical humid) ของประเทศไทย.....	10
ตาราง2.4 ลักษณะภูมิอากาศของแต่ละภาคของประเทศไทย	14
ตาราง2.5 อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายที่ระดับกิจกรรมต่าง ๆ	13
ตาราง2.6 ค่าความต้านทานความร้อนของชุดเครื่องแต่งกายแบบต่าง ๆ	14
ตาราง2.7 มาตรฐานวัดสภาวะความสบายทางอุณหภูมิแบบต่าง ๆ.....	16
ตาราง2.8 ขอบเขตของมาตรฐานวัดสภาวะความสบายทางอุณหภูมิแบบต่าง ๆ	18
ตาราง2.9 การรวบรวมทิศทางลม (wind direction) เพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละทิศทาง	21
ตาราง2.10 สรุบทิศทางลมเด่นของจังหวัดเชียงใหม่.....	23
ตาราง2.11 สรุบทิศทางลมเด่นของจังหวัดอุบลราชธานี.....	25
ตาราง2.12 สรุบทิศทางลมเด่นของกรุงเทพมหานคร	27
ตาราง2.13 สรุบทิศทางลมเด่นของจังหวัดสงขลา.....	29
ตาราง3.1 การติดตั้งหัวเซนเซอร์ภายในอาคารกรณีศึกษา.....	42
ตาราง4.1 correlations ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทำนายอุณหภูมิอากาศมวลสารน้อย	64
ตาราง4.2 correlations ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทำนายอุณหภูมิอากาศมวลสารกลาง	66
ตาราง4.3 correlations ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทำนายอุณหภูมิอากาศมวลสารมาก.....	68
ตาราง4.4 correlations ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมวลสารน้อย84	
ตาราง4.5 correlations ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมวลสารกลาง86	
ตาราง4.6 correlations ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมวลสารมาก 88	
ตาราง4.7 การถ่ายเทอากาศด้วยระบบเครื่องกล.....	92
ตาราง4.8 ค่าคงที่ของอัตราส่วนช่องลมเข้าต่อช่องลมออกของการระบายอากาศเมื่อเปิดช่องเปิดหน้าต่าง แบบ cross ventilation.....	92
ตาราง4.9 ความเร็วลมเฉลี่ยที่มีผลจากตำแหน่งหน้าต่างและทิศทางลม	94
ตาราง4.10 ความเร็วลมเฉลี่ยที่มีผลจากขนาดหน้าต่างและทิศทางลม.....	96
ตาราง5.1 ขั้นตอนการนำเสนอวิเคราะห์ข้อมูล	100

สารบัญภาพ

ฉ

ภาพประกอบ

หน้า

ภาพ2.1	แผนที่แสดงการแบ่งเขตภาคและจังหวัดตามลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทย	9
ภาพ2.2	การจำแนกประเภทภูมิอากาศแบบคอปเปน (Koppfen climate classification).....	10
ภาพ2.3	ลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Class A: Tropical humid) ของประเทศไทย.....	11
ภาพ2.4	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนกุมภาพันธ์ จังหวัดเชียงใหม่	32
ภาพ2.5	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนมษายนจังหวัดเชียงใหม่.....	32
ภาพ2.6	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนกุมภาพันธ์ จังหวัดอุบลราชธานี	33
ภาพ2.7	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนเมษายน จังหวัดอุบลราชธานี.....	33
ภาพ2.8	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนกุมภาพันธ์ กรุงเทพมหานคร	34
ภาพ2.9	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนเมษายน กรุงเทพมหานคร	34
ภาพ2.10	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนกุมภาพันธ์ จังหวัดสงขลา.....	35
ภาพ2.11	แผนภูมิไบโอไคลเมติก ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เดือนเมษายน จังหวัดสงขลา.....	35
ภาพ3.1	จังหวัดที่เป็นตัวแทนภาคของประเทศไทยในการเก็บข้อมูลภาคสนาม อาคารกรณีศึกษา	38
ภาพ3.2	ทัศนียภาพภายนอกเรือนพญาวงศ์ จังหวัดเชียงใหม่.....	39
ภาพ3.3	ทัศนียภาพภายนอกหอไตร วัดทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุบลราชธานี.....	39
ภาพ3.4	ทัศนียภาพภายนอกพระตำหนักทับขวัญ จังหวัดนครปฐม	39
ภาพ3.5	ทัศนียภาพภายนอกเรือนวิภาวดีรังสิต จังหวัดสงขลา	39
ภาพ3.6	ทัศนียภาพภายนอกอาคารเรียนพลราชมวิทย์ จังหวัดเชียงใหม่	40
ภาพ3.7	ทัศนียภาพภายนอกกุฏิ วัดทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุบลราชธานี.....	40
ภาพ3.8	ทัศนียภาพภายนอกเรือนภรรยา กรุงเทพมหานคร.....	40
ภาพ3.9	ทัศนียภาพภายนอกอาคารศาลาเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสงขลา	40
ภาพ3.10	ทัศนียภาพภายนอกพระวิหาร วัดอินทราวาส จังหวัดเชียงใหม่	41
ภาพ3.11	ทัศนียภาพภายนอกพระอุโบสถ วัดทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	41
ภาพ3.12	ทัศนียภาพภายนอกพระวิหาร วัดกำแพง กรุงเทพมหานคร	41
ภาพ3.13	ทัศนียภาพภายนอกพระอุโบสถ วัดศาลาหัวยาง จังหวัดสงขลา.....	41

ภาพประกอบ

หน้า

ภาพ3.36 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก และความชื้นสัมพัทธ์ภายในพระวิหาร วัดอินทราวาส.....	50
ภาพ3.37 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วลมภายนอก และความเร็วลมภายในพระวิหาร วัดอินทราวาส	50
ภาพ3.38 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศภายในและ Glob temperature พระอุโบสถ วัดทุ่งศรีเมือง.....	51
ภาพ3.39 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์ภายในพระอุโบสถ วัดทุ่งศรีเมือง	51
ภาพ3.40 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วลมภายนอก และความเร็วลมภายในพระอุโบสถ วัดทุ่งศรีเมือง	51
ภาพ3.41 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศภายในและ Glob temperature พระอุโบสถ วัดกำแพง	52
ภาพ3.42 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์ภายในพระอุโบสถวัดกำแพง	52
ภาพ3.43 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วลมภายนอก และความเร็วลมภายในพระอุโบสถ วัดกำแพง	52
ภาพ3.44 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศภายในและ Glob temperature พระอุโบสถ วัดศาลาหัวยาง.....	53
ภาพ3.45 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก และความชื้นสัมพัทธ์ภายในพระอุโบสถ วัดศาลาหัวยาง	53
ภาพ3.46 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายในพระอุโบสถวัดศาลาหัวยาง	53
ภาพ3.47 การติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกอาคาร	55
ภาพ3.48 การติดต่ออุปกรณ์วัดข้อมูลภายในอาคาร กรณีศึกษา: พระอุโบสถ วัดทุ่งศรีเมือง	55
ภาพ3.49 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	55
ภาพ4.1 การคิดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโคจรอบ (MRT) จากห้องสมมติ	83
ภาพ4.2 ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยที่มีผลจากตำแหน่งหน้าต่าง.....	95
ภาพ4.3 ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยที่มีผลจากขนาดหน้าต่าง.....	97
ภาพ4.4 รูปแบบกระแสลมภายในห้องที่มีผลจากตำแหน่งของหน้าต่าง	97
ภาพ4.5 ความเร็วลมเฉลี่ยที่มีผลจากการติดตั้งมุ้งลวดหน้าต่าง	98
ภาพ5.1 ขั้นตอนการหาจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายตลอดทั้งปีในการวิเคราะห์	100
ภาพ5.2 เงื่อนไขความเร็วลมภายในที่ใช้ในงานวิจัยนี้	100

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
แผนภูมิ2.1	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.เชียงใหม่..... 24
แผนภูมิ2.2	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.เชียงใหม่ 24
แผนภูมิ2.3	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.อุบลราชธานี 26
แผนภูมิ2.4	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.อุบลราชธานี..... 26
แผนภูมิ2.5	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก กรุงเทพมหานคร. 28
แผนภูมิ2.6	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก กรุงเทพมหานคร 28
แผนภูมิ2.7	เปอร์เซ็นต์จำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.สงขลา..... 30
แผนภูมิ2.8	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.สงขลา. 30
แผนภูมิ3.1	รายละเอียดของการเก็บข้อมูลภาคสนาม 37
แผนภูมิ4.1	รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยในส่วนอิทธิพลของมวลสาร และอุณหภูมิเสมือน 58
แผนภูมิ4.2	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก กับอุณหภูมิอากาศภายในจากการวัดจริง พระตำหนักทับขวัญ(อาคารมวลสารน้อย) กรณีเปิดอาคารตลอดทั้งวัน ฤดูร้อน 60
แผนภูมิ4.3	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก กับอุณหภูมิอากาศภายในจากการวัดจริง เรือนภรรยา(อาคารมวลสารกลาง) กรณีเปิดอาคารตลอดทั้งวัน ฤดูฝน..... 61
แผนภูมิ4.4	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอก กับอุณหภูมิอากาศภายในจากการวัดจริง พระวิหาร วัดกำแพง(อาคารมวลสารมาก) กรณีเปิดอาคารตลอดทั้งวัน ฤดูร้อน..... 62
แผนภูมิ4.5	อุณหภูมิอากาศภายในจากการวัดจริงกับที่ได้จากการทำนายสมการถดถอย พระตำหนักทับขวัญ(อาคารมวลสารน้อย) กรณีเปิดอาคารตลอดทั้งวัน ฤดูร้อน 65
แผนภูมิ4.6	อุณหภูมิอากาศภายในจากการวัดจริงกับที่ได้จากการทำนายสมการถดถอย เรือนภรรยา(อาคารมวลสารกลาง) กรณีเปิดกลางวันปิดกลางคืน ฤดูฝน..... 67
แผนภูมิ4.7	อุณหภูมิอากาศภายในจากการวัดจริงกับที่ได้จากการทำนายสมการถดถอย พระวิหาร วัดกำแพง(อาคารมวลสารมาก) กรณีปิดกลางวันเปิดกลางคืน ฤดูหนาว..... 69
แผนภูมิ4.8	อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลสารน้อย อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.เชียงใหม่ 37.20 องศาเซลเซียส 70
แผนภูมิ4.9	อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลสารกลาง อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.เชียงใหม่ 37.20 องศาเซลเซียส 71
แผนภูมิ4.10	อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลสารมาก อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.เชียงใหม่ 37.20 องศาเซลเซียส 72
แผนภูมิ4.11	อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลสารน้อย อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.อุบลราชธานี 37.80 องศาเซลเซียส 73

แผนภูมิที่	หน้า
แผนภูมิ4.12 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารกลาง อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.อุบลราชธานี 37.80 องศาเซลเซียส	74
แผนภูมิ4.13 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารมาก อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.อุบลราชธานี 37.80 องศาเซลเซียส	75
แผนภูมิ4.14 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารน้อย อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของกรุงเทพมหานคร 36.70 องศาเซลเซียส	76
แผนภูมิ4.15 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารกลาง อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของกรุงเทพมหานคร 36.70 องศาเซลเซียส	77
แผนภูมิ4.16 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารมาก อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของกรุงเทพมหานคร 36.70 องศาเซลเซียส	78
แผนภูมิ4.17 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารน้อย อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.สงขลา 34.90 องศาเซลเซียส	79
แผนภูมิ4.18 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารกลาง อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจ.สงขลา 34.90 องศาเซลเซียส	80
แผนภูมิ4.19 อุณหภูมิอากาศภายในตามประเภทการใช้งานของอาคารมวลดสารมาก อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ของจังหวัดสงขลา 34.90 องศาเซลเซียส	81
แผนภูมิ4.20 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (MRT) จากการวัดจริงกับที่ได้จากสมการถดถอย พระตำหนักทับขวัญ(อาคารมวลดสารน้อย) กรณีเปิดอาคารตลอดทั้งวัน ฤดูร้อน	85
แผนภูมิ4.21 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (MRT) จากการวัดจริงกับที่ได้จากสมการถดถอย เรือนภทรราชา(อาคารมวลดสารกลาง) กรณีเปิดกลางวันปิดกลางคืน ฤดูฝน	87
แผนภูมิ4.22 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (MRT) จากการวัดจริงกับที่ได้จากสมการถดถอย พระวิหาร วัดกำแพง(อาคารมวลดสารมาก) กรณีปิดกลางวันเปิดกลางคืน ฤดูหนาว	89
แผนภูมิ5.1 รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยในส่วนอิทธิพลของMRT และลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย	99
แผนภูมิ5.2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอก จ.เชียงใหม่	102
แผนภูมิ5.3 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายของสภาพอากาศภายนอกเชียงใหม่	102
แผนภูมิ5.4 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายในอาคารมวลดสารน้อย กรณีได้รับอิทธิพลของMRT เมื่อเปิดอาคารตลอดทั้งวัน จ.เชียงใหม่	102
แผนภูมิ5.5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารมวลดสารน้อย กรณีได้รับอิทธิพลจากMRT เมื่อเปิดอาคารตลอดทั้งวัน จ.เชียงใหม่	102
แผนภูมิ5.6 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายในอาคารมวลดสารน้อย กรณีได้รับอิทธิพลจากลม เมื่อเปิดอาคารตลอดทั้งวัน จ.เชียงใหม่	102
แผนภูมิ5.7 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารมวลดสารน้อย กรณีได้รับอิทธิพลจากลม เมื่อเปิดอาคารตลอดทั้งวัน จ.เชียงใหม่	102

แผนภูมิที่	หน้า
แผนภูมิ 5.170 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลจากลม เมื่อเปิดอาคารกลางวันและปิดกลางคืน จ.สงขลา.....	181
แผนภูมิ 5.171 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน แต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลจากลม เมื่อเปิดอาคารกลางวันและปิดกลางคืน จ.สงขลา.....	181
แผนภูมิ 5.172 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลของMRT เมื่อปิดอาคารตลอดทั้งวัน จ.สงขลา.....	182
แผนภูมิ 5.173 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน แต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลของMRT เมื่อปิดอาคารตลอดทั้งวัน จ.สงขลา.....	182
แผนภูมิ 5.174 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลจากMRT เมื่อปิดอาคารกลางวันและเปิดกลางคืน จ.สงขลา.....	184
แผนภูมิ 5.175 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน แต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลจากMRT เมื่อปิดอาคารกลางวันและเปิดกลางคืน จ.สงขลา.....	184
แผนภูมิ 5.176 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีที่อยู่ในเขตสบายภายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลจากลม เมื่อปิดอาคารกลางวันและเปิดกลางคืน จ.สงขลา.....	184
แผนภูมิ 5.177 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน แต่ละเดือนที่อยู่ในเขตสบายในอาคารมวลสารมาก กรณีได้รับอิทธิพลจากลม เมื่อปิดอาคารกลางวันและเปิดกลางคืน จ.สงขลา.....	184