แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร จากข้อมูลที่ใช้ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากกรอบอาคาร

นายสุภัทร สราญเลิศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974 - 636 - 844 - 3

ลิขสิทธิ์ของ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17564359

THE DEVELOPMENT OF ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS PROGRAM FROM THE USE OF OTTV AND RTTV INPUT DATA

Mr. Supat Sranlert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Department of Architecture

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974 - 636 - 844 - 3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารจากข้อมูลที่ใช้ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากกรอบอาคาร
โดย	นายสุภัทร สราญเลิศ
ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ
(อาจารย์พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์)

นายสุภัทร สราญเลิศ : แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารจากข้อมูลที่ใช้ในการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากกรอบอาคาร (THE DEVELOPMENT OF ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS PROGRAM FROM THE USE OF OTTV AND RTTV INPUT DATA),
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 262 หน้า, ISBN 974-636-844-3

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะแสวงหาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารเบื้องต้น โดยอาศัยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมจากกรอบอาคาร (OTTV/RTTV) งานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะศึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมที่นอกจากจะใช้คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากกรอบอาคารได้โดยสะดวกแล้ว ยังสามารถใช้ข้อมูลเดียวกันในการประเมินการใช้พลังงานเบื้องต้นในอาคารได้ เพื่อให้เป็นโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยผู้ออกแบบในการออกแบบอาคารในช่วงของการออกแบบขั้นต้นและมีความสะดวกในการใช้งาน

ในการศึกษาได้พิจารณาถึงข้อดีข้อเสียของวิธีการในการป้อนข้อมูลและการแสดงผลของโปรแกรมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ในการใช้งานของผู้ออกแบบในช่วงของการออกแบบขั้นแบบร่าง จากนั้นได้นำข้อดีของโปรแกรมต่างๆมาพิจารณาหาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม โดยพอสรุปประเด็นได้เป็น 3 ประการ คือ การป้อนข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และเทคนิคการนำเอาผลการวิเคราะห์ที่ได้มาดัดแปลงให้ผู้ออกแบบสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้นกว่าที่เคยเป็นมาในอดีต ในการวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมให้อยู่ในรูปที่เข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้ประกอบการออกแบบอาคาร

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 3 ประการคือ แนวทางการลดป้อนข้อมูลลง โดยการจัดฐานข้อมูลกรอบอาคารตามประเภทมาตรฐานของกรอบอาคาร และการจัดข้อมูลอื่นๆไว้ในฐานข้อมูลตามประเภทของอาคารเพื่อใช้ในการคำนวณ แนวทางการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารเบื้องต้นโดยการประเมินการใช้พลังงานในอาคารแบบพื้นที่เดียว และแนวทางในการแสดงผลของโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยการจัดให้มีการแจ้งเตือนและวิเคราะห์การปรับปรุงกรอบอาคารโดยอัตโนมัติ ในกรณีที่กรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และการจัดการแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในอาคารให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ซึ่งเป็นรูปแบบที่ผู้ออกแบบสามารถทำความเข้าใจและนำไปใช้ในการพิจารณาออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในช่วงของการออกแบบขั้นแบบร่างได้โดยสะดวก

ภาควิชา .....
สาขาวิชา .....
ปีการศึกษา .....

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

คำชี้แจงการพิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์

ให้ปฏิบัติดังนี้

1. พิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ความยาวไม่เกิน 1 หน้า ลงในกรอบสีเขียวด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ ที่บัณฑิตวิทยาลัยจะมอบให้เพียงแผ่นเดียวเท่านั้น (ดูตัวอย่างข้างล่าง)
2. ถ่ายสำเนาบทคัดย่อฯ ที่พิมพ์เสร็จแล้ว ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เรียงไว้หน้าบทคัดย่อของต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ทุกเล่ม
3. ส่งกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ (ซึ่งได้พิมพ์บทคัดย่อฯ เรียบร้อยแล้ว) พร้อมด้วยสำเนา 1 ชุด ที่งานมาตรฐานการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย ในวันส่งต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ข้อแนะนำ

1. เพื่อป้องกันการผิดพลาดหรือชำรุด นิสิตควรทดลองพิมพ์ บทคัดย่อฯ ในกระดาษ A4 ซึ่งตีกรอบเท่าตัวอย่างให้ถูกต้องก่อนพิมพ์ลงด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ
2. การพิมพ์ ชื่อผู้วิจัย ชื่อเรื่องภาษาไทย-อังกฤษ ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า การเว้นระยะ การเว้นบรรทัด ให้ดูตัวอย่างข้างล่าง (ชื่อ ยศ ให้พิมพ์ต่อท้ายชื่อสกุลของผู้วิจัยคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค ",")

ตัวอย่างการพิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย

สรัญยา ณ ลำปาง : การขยายพันธุ์โกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* Blume. ด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการปักชำ (PROPAGATION OF *Rhizophora apiculata* Blume. BY TISSUE CULTURE AND HYPOCOTYL CUTTING TECHNIQUES) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. ประสาทพร สมิตะมาน , 90 หน้า. ISBN 974-634-954-6.

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากส่วนยอด, ข้อ, เอมบริโอ, ไฮโปคอทิล และใบของโกงกางใบเล็กบนอาหารสังเคราะห์สูตร Gauthere (1942), สูตร Hildebrandt, Riker & Dauggar (1946) สูตร Heller (1953), สูตร Nitsch & Nitsch (1956) และสูตร Murashige & Skoog (1962) เสริมด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ออกซิน (IAA, IBA, NAA, 2,4-D) และไซโตไคนิน (BAP, Kinetin) ระดับความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0, 2, 5 และ 10 มก./ล. พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารทุกสูตรให้ผลใกล้เคียงกันคือ เนื้อเยื่อเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว จึงยังไม่สามารถตอบสนองต่อการพัฒนาเป็นแคลลัสและเจริญเปลี่ยนแปลงต่อไปได้ วิธีที่ดีที่สุดที่ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลให้ช้ากว่าปกติคือ การเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในอาหารเหลว MS ที่เสริม 0.5% PVP โดยเลี้ยงบนเครื่องเขย่า 75 รอบต่อนาที จากนั้นย้ายเนื้อเยื่อพืชไปเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง MS และเปลี่ยนอาหารทุกวัน ซึ่งพบว่ามีการพัฒนาของใบจากส่วนยอด แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

การศึกษาการใช้ออกซินและระดับความเข้มข้นต่างๆต่อการกระตุ้นการสร้างรากและยอดพืชเพื่อขยายพันธุ์โกงกางใบเล็ก กระทำโดยนำฝักโกงกางใบเล็กมาตัดออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคน หลักจากนั้นนำปลายของแต่ละส่วนมาจุ่มในออกซิน 3 ชนิด คือ IAA, IBA และ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,000, 4,000 และ 6,000 มก./ล. และใช้ชิ้นส่วนชนิดเดียวกันที่ไม่จุ่มออกซินเป็นชุดควบคุม พบว่า IAA และ IBA มีผลต่อการพัฒนาของยอด

แนวกรอบสี่เหลี่ยมสำหรับพิมพ์ข้อความ

แนวพิมพ์ชื่อผู้วิจัย ชื่อวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า และ ISBN

เว้นระยะ 2 บรรทัด

แนวย่อหน้าเริ่มพิมพ์ข้อความ

เว้นระยะ 1 บรรทัด

: MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: OTTV / RTTV , ENERGY CALCULATION , PRELIMINARY DESIGN , SIMPLE OUTPUT , DEFAULT INPUT
SUPAT SRANLERT : THE DEVELOPMENT OF ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS PROGRAM FROM THE USE OF OTTV AND RTTV INPUT DATA. THESIS ADVISER : DR. SOONTHORN BOONYATIKARN, 262 pp.
ISBN 974-636-844-3

The research goal, is to define the basis of programme development in analysing the energy consumption of the building, utilising the data calculations of the accumulated heat transfer from the buildings envelope. In addition, the forementioned data can be used for estimating the buildings energy usage, which will benefit the preliminary architectural design & usability.

In the process of this research, consideration of the advantages and disadvantages of data input and output methods is carefully monitored. The advantages are being implemented in the programme development, which is summarised in the following three points ; Data Input, Data Output Analysis, and Simplify & modify the output for use in the preliminary Design. The programme's out is conveyed in an easily comprehensible format.

The final conclusion of the research can be summarised as follows ; A method to reduce or simplify the data input process by formatting the database according to building type and arrange all other data accordingly, for calculation., A preliminary analysis method estimating the usage of energy in single building zone., and, A method to simplify building design calculations by automatically highlighting erroneous data in building frame development. In this case, high heat transmission in the building envelope is shown and the data converted by the Bill Method, to a cost amount which is an obvious indicator to the buildings economic efficiency.

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

คำชี้แจงการพิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์

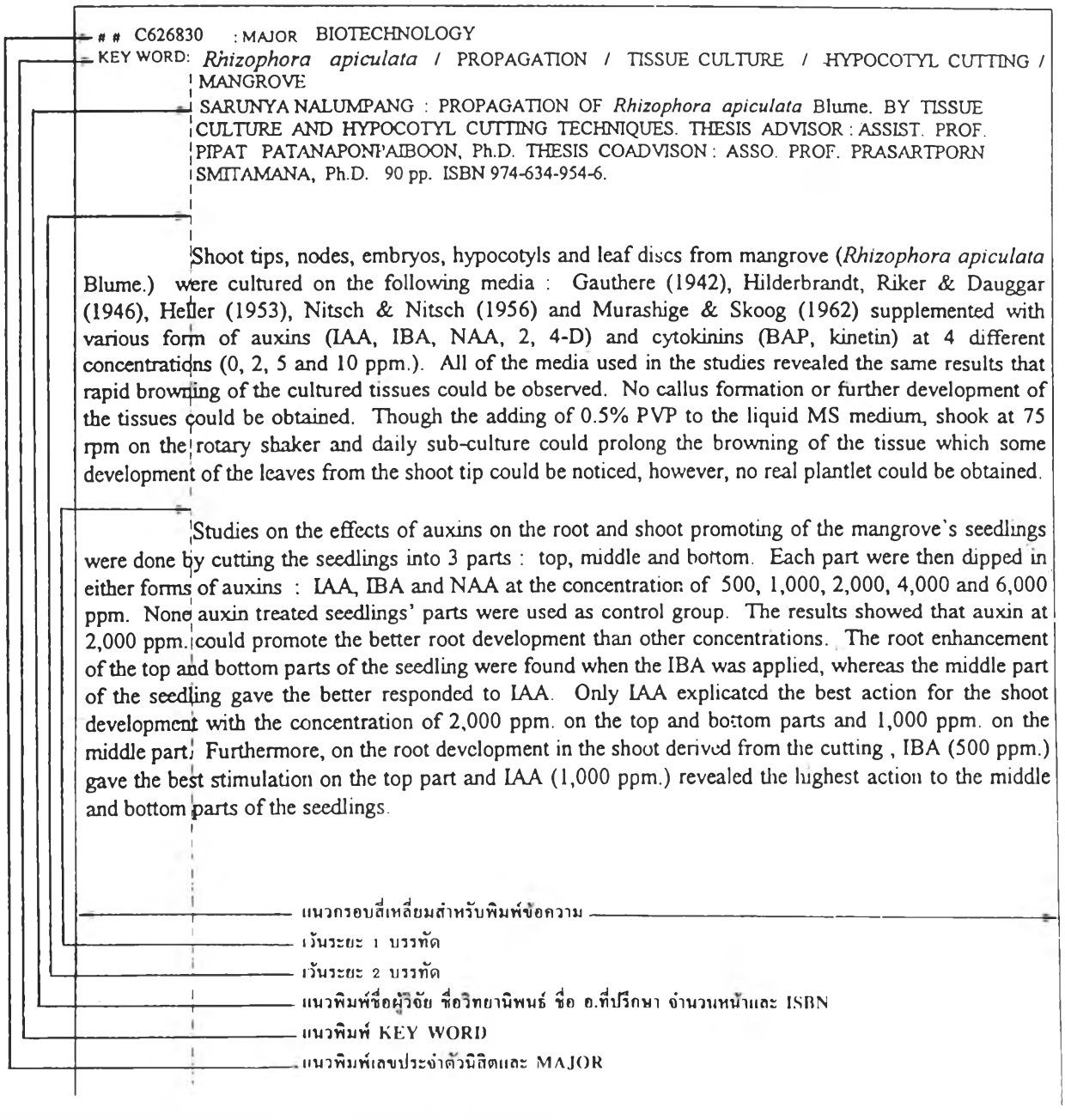
ให้ปฏิบัติดังนี้

1. พิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ความยาวไม่เกิน 1 หน้า ลงในกรอบสีเขียวด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ ที่บัณฑิตวิทยาลัยจะมอบให้เพียงแผ่นเดียวเท่านั้น (ดูตัวอย่างข้างล่าง)
2. ถ่ายสำเนาบทคัดย่อฯ ที่พิมพ์เสร็จแล้ว ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เรียงไว้หน้าบทคัดย่อของต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ทุกเล่ม
3. ส่งกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ (ซึ่งได้พิมพ์บทคัดย่อฯ เรียบร้อยแล้ว) พร้อมด้วยสำเนา 1 ชุด ที่งานมาตรฐานการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย ในวันส่งต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ข้อแนะนำ

1. เพื่อป้องกันการผิดพลาดหรือชำรุด นิสิตควรทดลองพิมพ์ บทคัดย่อฯ ในกระดาษ A4 ซึ่งตีกรอบเท่าตัวอย่างให้ถูกต้องก่อนพิมพ์ลงด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ
2. การพิมพ์ ชื่อผู้วิจัย ชื่อเรื่องภาษาไทย-อังกฤษ ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า การเว้นระยะ การเว้นบรรทัด ให้ดูตัวอย่างข้างล่าง (ชื่อ ยศ ให้พิมพ์ต่อท้ายชื่อสกุลของผู้วิจัยคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค ",")

ตัวอย่างการพิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยด้วยดีมาตลอด นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างสูงจากท่านอาจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ ท่านอาจารย์ธนิต จินดาวนิค ท่านอาจารย์ พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์ คุณ รวิช ควร ประเสริฐ คุณเฉลิมพงศ์ นัยวัฒน์ คุณจิระวัฒน์ กิตติธรรมกุล คุณชนะชัย อนุสกุลโรจน์ คุณพงษ์พุธ มหาโชคเลิศวัฒนา คุณเกษม สิริรัตน์ชูวงศ์ รวมทั้งน้องยืด น้องหนึ่ง น้องเอ๋ และพนักงานบริษัท D.C.M.2000 จำกัด ทั้งหมด ที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้โดยไม่ต้องกังวลกับการทำงานมากนัก

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านต่างๆแก่ผู้วิจัยเสมอมา ให้ผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆ จนสำเร็จการศึกษาด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ฎ

สารบัญแผนภูมิ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

- ความเป็นมา.....1
- ปัญหาของงานวิจัย.....3
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....5
- ขั้นตอนการวิจัย.....5
- ขอบเขตการศึกษา.....7
- ข้อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นในการดำเนินงานที่ได้ผลคล้ายกัน.....7
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8

บทที่ 2 การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....9

- การคำนวณค่า OTTV/RTTV และโปรแกรมที่มีอยู่ในปัจจุบัน.....9
- การประเมินการใช้พลังงานในอาคารและโปรแกรมที่มีอยู่ในปัจจุบัน.....16

บทที่ 3 แนวความคิดหลักในการพัฒนาโปรแกรม.....45

- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV/RTTV กับการใช้พลังงานในอาคาร.....45
- การวิเคราะห์วิธีการประเมินการใช้พลังงานในอาคารอย่างง่าย.....50
- การวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานโดยรวมของโปรแกรมในการคำนวณ OTTV/RTTV และการประเมินการใช้พลังงานในอาคารอย่างง่าย.....54
- การวิเคราะห์การใช้ข้อมูลมาตรฐานในการคำนวณ เพื่อความสะดวกในการใช้โปรแกรมและความรวดเร็วในการคำนวณ.....56
- การวิเคราะห์แนวทางการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยรวมของอาคาร.....59
- การวิเคราะห์แนวทางการประเมินการใช้พลังงานตลอดปีอย่างง่าย.....62
- การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณ.....64

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 แนวทางการปรับปรุงรูปแบบของโปรแกรม OTTV/RTTV.....70
- การวิเคราะห์การคำนวณค่า OTTV/RTTV.....70
- การวิเคราะห์โปรแกรมคำนวณค่า OTTV/RTTV ที่มีอยู่ในปัจจุบัน..... 72
- แนวทางการป้อนข้อมูลกรอบอาคาร.....72
- แนวทางการแสดงผลของโปรแกรม OTTV/RTTV.....86
บทที่ 5 แนวทางการนำข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV
ไปใช้ในการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร.....92
- แนวทางการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร.....92
- การป้อนข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร.....115
บทที่ 6 แนวทางการแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร.....121
- การวิเคราะห์การแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานที่เหมาะสม.....121
- สรุปการแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร.....124
บทที่ 7 ข้อพิจารณาจากการวิจัย.....137
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 139
- บทสรุป.....139
- ข้อเสนอแนะ.....141
รายการอ้างอิง.....143
ภาคผนวก.....145
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV และการประเมินการใช้พลังงาน
ในอาคาร.....146
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการป้อนข้อมูลและการแสดงผลของโปรแกรม OTTV/RTTV
ที่มีอยู่ในปัจจุบัน.....189
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการป้อนข้อมูลและการแสดงผลของโปรแกรม DOE-2.....198
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการป้อนข้อมูลและการแสดงผลของโปรแกรม ENERWIN.....213
ภาคผนวก จ ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยตลอดปีของจังหวัดกรุงเทพมหานคร.....227
ภาคผนวก ฉ อัตราค่าไฟฟ้า : การไฟฟ้านครหลวง.....240
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างการป้อนข้อมูลของโปรแกรม.....254
ประวัติผู้เขียน.....265

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Transfer Function Method....18

รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load / Cooling Load Factor....20

รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Total Equivalent Temperature Difference / Time Averaging....22

รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณภาระการทำความเย็นในช่วงระยะเวลา 1 วันระหว่างวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นแบบต่างๆ....23

รูปที่ 3.1 เปรียบเทียบค่า OTTV และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากภายนอกต่อ 1 หน่วยพื้นที่อาคาร เมื่ออาคารทั้ง 2 แบบมีพื้นที่ใช้งานไม่เท่ากัน....47

รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบค่า OTTV และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากภายนอกต่อ 1 หน่วยพื้นที่อาคาร เมื่ออาคารทั้ง 2 แบบมีพื้นที่ใช้งานเท่ากันแต่มีรูปทรงอาคารไม่เหมือนกัน....48

รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบค่า OTTV และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากภายนอกต่อ 1 หน่วยพื้นที่อาคาร เมื่ออาคารทั้ง 2 แบบมีพื้นที่ใช้งานเท่ากันแต่มีความสูงห้องไม่เท่ากัน....49

รูปที่ 3.4 แสดงความเหมือนและแตกต่างกันของอาคารที่มีค่า OTTV และ RTTV เท่ากัน แต่มีรูปทรงอาคารที่แตกต่างกัน....52

รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการประเมินพลังงานในอาคารอย่างง่าย....53

รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการทำงานร่วมกันของโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผู้ออกแบบ....55

รูปที่ 3.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารผ่านพื้นที่ไม่ปรับอากาศเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร....60

รูปที่ 5.1 แสดงผังพื้นของอาคารที่ใช้ในการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการพิจารณาค่า SCL/CLF จากตำแหน่งของพื้นที่ต่างๆภายในอาคาร....97

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.2 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการทดสอบความคลาดเคลื่อน ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการพิจารณาค่า SCL/CLF จากตำแหน่งของพื้นที่ต่างๆภายในอาคาร.....98

รูปที่ 5.3 แสดงผังพื้นของอาคารที่ใช้ในการทดสอบความคลาดเคลื่อน ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการพิจารณาค่า SCL/CLF จากประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน.....107

รูปที่ 5.4 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการทดสอบความคลาดเคลื่อน ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการพิจารณาค่า SCL/CLF จากประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน.....108

รูปที่ 5.5 แสดงรูปด้านของอาคารที่ใช้ในการทดสอบความคลาดเคลื่อน ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการพิจารณาค่า SCL/CLF จากประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน.....109

รูปที่ 5.6 แสดงขั้นตอนการป้อนข้อมูล ขั้นตอนการประเมินผล และการแสดงผล ของโปรแกรมคำนวณค่า OTTV/RTTV และประเมินการใช้พลังงานในอาคาร.....120

รูปที่ 6.1 แสดงการแสดงผลการคำนวณค่า OTTV/ RTTV และการประเมินการใช้ พลังงานในอาคารโดยสรุป เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำความเข้าใจกับ การใช้พลังงานในอาคารได้โดยสะดวก.....129

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบการป้อนข้อมูลกรอบอาคารส่วนทึบแสงระหว่างโปรแกรม OTTV/RTTV ที่มีอยู่ในปัจจุบันกับแนวทางการป้อนข้อมูลที่เหมาะสม.....82
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการป้อนข้อมูลกรอบอาคารส่วนโปร่งแสงระหว่างโปรแกรม OTTV/RTTV ที่มีอยู่ในปัจจุบันกับแนวทางการป้อนข้อมูลที่เหมาะสม.....85
ตารางที่ 5.1 แสดงกรณีศึกษาในการทดสอบความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณภาระการทำความเย็นในอาคาร โดยการใช้ค่า SCL/CLF ที่พิจารณาจากการใช้ตำแหน่งของพื้นที่ภายในอาคารที่แตกต่างกัน.....99
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคารภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL จากการเลือกตำแหน่งของพื้นที่ภายในอาคารที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศเฉพาะช่วงที่มีผู้ใช้อาคารเท่านั้น).....100
ตารางที่ 5.3 แสดงความคลาดเคลื่อนในการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคารภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL จากการเลือกตำแหน่งของพื้นที่ภายในอาคารที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศเฉพาะช่วงที่มีผู้ใช้อาคารเท่านั้น).....101
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคารภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL/CLF จากการเลือกตำแหน่งของพื้นที่ภายในอาคารที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศตลอดเวลา).....102
ตารางที่ 5.5 แสดงความคลาดเคลื่อนในการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคาร ภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL/CLF จากการเลือกตำแหน่งของพื้นที่ภายในอาคารที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศตลอดเวลา).....103
ตารางที่ 5.6 แสดงกรณีศึกษาในการทดสอบความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณภาระการทำความเย็นในอาคาร โดยการใช้ค่า SCL/CLF ที่พิจารณาจากการใช้ประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน.....110
ตารางที่ 5.7 แสดงผลการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคารภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL จากการใช้ประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศเฉพาะช่วงที่มีผู้ใช้อาคารเท่านั้น).....111
ตารางที่ 5.8 แสดงความคลาดเคลื่อนในการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคาร ภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL จากการใช้ประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศเฉพาะช่วงที่มีผู้ใช้อาคารเท่านั้น).....112

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคารภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL/CLF จากการใช้ประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศตลอดเวลา).....113

ตารางที่ 5.10 แสดงความคลาดเคลื่อนในการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดภายในอาคาร ภายในช่วงเวลา 1 วัน โดยใช้ค่า SCL/CLF จากการใช้ประเภทของผนังภายนอกที่แตกต่างกัน (เปิดระบบปรับอากาศตลอดเวลา).....114

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันจากข้อมูลสภาพอากาศตลอด 10 ปี และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงของกรุงเทพมหานคร ในเดือนมีนาคม.....67
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันและวันที่มีอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดจากข้อมูลสภาพอากาศตลอด 10 ปี และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง ของกรุงเทพมหานคร ในเดือนมีนาคม.....68
แผนภูมิที่ 3.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละชั่วโมงจากข้อมูลสภาพอากาศตลอด 10 ปี ของกรุงเทพมหานคร ในเดือนมีนาคม.....69
แผนภูมิที่ 6.1 ตัวอย่างการแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในอาคารในชั่วโมงที่มีการใช้พลังงานสูงสุดในแต่ละเดือน.....130
แผนภูมิที่ 6.2 ตัวอย่างการแสดงผลการประเมินภาระการทำความเย็นสูงสุดในแต่ละเดือน.....131
แผนภูมิที่ 6.3 ตัวอย่างการแสดงผลค่าใช้จ่ายด้านพลังงานรายเดือน แยกเป็น Demand Charge และ Unit Cost.....132
แผนภูมิที่ 6.4 ตัวอย่างการแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในอาคารตลอดปีแยกตามระบบต่างๆ.....133
แผนภูมิที่ 6.5 ตัวอย่างการแสดงผลภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศตลอดปีแยกตามแหล่งความร้อน.....134
แผนภูมิที่ 6.6 ตัวอย่างการแสดงผลการใช้พลังงานในอาคารในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวันในสัปดาห์ แยกตามระบบต่างๆ.....135
แผนภูมิที่ 6.7 ตัวอย่างการแสดงผลภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวัน.....136