

การศึกษาเชิงวิศวกรรมของสภาพแวดล้อมที่สบายภายในอาคารสำนักงาน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-583-450-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I14140006

AN ENGINEERING STUDY OF COMFORT ENVIRONMENT
IN AN OFFICE BUILDING



Mr. Opas Samsen

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-583-450-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเชิงวิศวกรรมของสภาพแวดล้อมที่สบาย
ภายในอาคารสำนักงาน


โดย นาย โอบาส สามเสน

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล


อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ

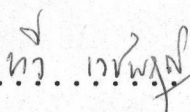


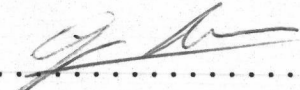
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

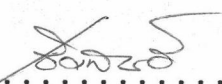

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา บงเจริญ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ คุณวุฒิ คำรงค์พลาสีทธิ์)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิฑูราภรณ์)



พิมพ์ต้นฉบับขอจัดซื้อวิทยานิพนธ์ภายในประเทศนี้เพียงฉบับเดียว

โอกาส สามเสน : การศึกษาเชิงวิศวกรรมของสภาพแวดล้อมที่สบายภายในอาคารสำนักงาน
(AN ENGINEERING STUDY OF COMFORT ENVIRONMENT IN AN OFFICE BUILDING)
อ.ที่ปรึกษา : รศ. ทวี เวชพฤติ, 176 หน้า. ISBN 974-583-450-5

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเชิงวิศวกรรมของสภาพแวดล้อมที่สบายของคนไทย ในห้องทำงานจริง โดยการเก็บข้อมูลจากคนทดสอบที่มีการทำงานเป็นแบบงานในสำนักงาน มีการแต่งกายตามปกติ เพื่อที่จะหาค่าอุณหภูมิ, แสงสว่าง และเสียง ที่จะทำให้เกิดความรู้สึกสบาย

ในการวิเคราะห์ ได้ทำการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อความสบาย ด้านแสงสว่างประกอบไปด้วยระดับความส่องสว่าง, สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน ผ้าม่าน และพื้น, สมรรถภาพการมองเห็น, เพศ และอายุ จากผลการวิเคราะห์จะได้ สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสำหรับการทำนายค่าการโหวตความสบายด้านแสงสว่าง ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่มีผลต่อการทำนาย ได้แก่ ระดับความส่องสว่าง, สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผ้าม่าน และอายุ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 52.7% ระดับความส่องสว่างที่ทำให้เกิดความสบายในการมองเห็น สำหรับอายุ 28 ปี นั่งทำงานในห้อง ที่สี่ของผ้าม่านมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 60% ระดับความส่องสว่างที่สบายเท่ากับ 420 ลักซ์ ตัวแปรด้านเสียงประกอบด้วยระดับความดังของเสียงภายใน, ระดับความดังของเสียงขณะใดขณะหนึ่ง, สมรรถภาพการฟัง, เพศ และอายุ จากผลการวิเคราะห์จะได้ สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสำหรับการทำนายค่าการโหวตความสบายด้านเสียง ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรที่มีผลต่อการทำนาย ได้แก่ ระดับความดังของเสียงภายใน และอายุ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 47% สำหรับระดับเสียงภายในที่ทำให้เกิดความสบาย สำหรับอายุ 28 ปี เท่ากับ 54 เดซิเบลเอ ส่วนการวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่สบายจากสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของคุณประพนธ์ (1) จะได้ว่า ที่ลักษณะงานเป็นการทำงานแบบสำนักงาน ชุดแต่งกายของผู้ปฏิบัติงานมีค่าความต้านทานความร้อน 0.6 clo อุณหภูมิเฉลี่ยที่คนไทยจะรู้สึกสบายเท่ากับ 23.9 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 253๖

ลายมือชื่อนิสิต โสมพร สามเสน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ทวี เวชพฤติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

C415728 : MAJOR MECHANICAL

KEY WORD: ENGINEERING / COMFORT / ENVIRONMENT / OFFICE

OPAS SAMSEN : AN ENGINEERING STUDY OF COMFORT ENVIRONMENT IN AN OFFICE BUILDING. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. TAWEE VECHAPHUTTI, 176 pp. ISBN 974-583-450-5

This thesis is an engineering study of comfort environment in office buildings to determine the effect of illumination, acoustic and thermal environmental on Thai subjects using data obtained from office works.

Result from statistical analysis showed that the multiple linear regression equation of illumination is a function of illuminance level wall reflectance and age having a coefficient of determination of 0.527. If the variables are substituted into the illumination equation with wall reflectance 60% age 28 years, the comfort illumination level is found to be 420 lux. The multiple linear regression equation of acoustic is a function of background noise, age having a coefficient of determination of 0.468. If the variables are substituted into the acoustic equation with age 28 years, the background noise is found to be 54 dBA. By using of Praphon's equation(1) to find the comfort air temperature for Thai, substituting the variables into the equation with sedentary activity, clothing thermal resistance 0.6 clo, it is found the comfort air temperature is found to be 23.9 °C.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา..... วิศวกรรมเครื่องกล

สาขาวิชา..... วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิติศ..... โสภร สัมเสน

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ทวี เวชพุทธิ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยการให้คำแนะนำอย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ, รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ และอาจารย์ที่เป็นกรรมการทุกท่าน ซึ่งทุกท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยด้วยดีมาตลอด อีกทั้งยังได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่เก็บข้อมูลการวิจัยจาก บริษัท กริมแคเรียร์ จำกัด, บริษัท จาร์ดีนแมทธิสัน(ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท ปีกрим เอ็นจิเนียริง ซิสเต็มส์ จำกัด, บริษัท อีอีซี จำกัด, บริษัท พิโต้ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด และ บริษัท วรจักร อินเตอร์เนชันแนล จำกัด อนึ่งทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุเคราะห์ให้การสนับสนุนจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตะวันออก อิมพอร์ต-เอ็กพอร์ต ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิทยานิพนธ์.....	6
1.3 ขอบเขตของโครงการวิทยานิพนธ์.....	6
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	10
2.1 การรับรู้ความรู้สึกของมนุษย์.....	10
2.2 ความสบายเชิงความร้อน.....	14
2.3 การประเมินค่าในทางปฏิบัติ ของสิ่งแวดล้อมเชิงความร้อน.....	15
2.4 แสงสว่างและการมองเห็น.....	19
2.5 เสียงในสภาพแวดล้อมภายใน.....	25
บทที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	34
3.1 การวิเคราะห์การถดถอย.....	36
บทที่ 4 เครื่องมือและการใช้ในการเก็บข้อมูล.....	46
4.1 การใช้เครื่องมือวัดความสบาย (Thermal Comfort Meter).....	46
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์หาค่าเฉพาะ.....	50

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5	การเก็บข้อมูลและข้อมูลการทดลอง.....	55
5.1	สถานที่เก็บข้อมูล.....	55
5.2	ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล.....	56
5.3	ข้อมูลการทดสอบ.....	57
5.4	ปัญหาและอุปสรรค.....	57
บทที่ 6	การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้และข้ออภิปราย.....	58
6.1	สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของแสงสว่าง.....	59
6.2	สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของเสียง.....	71
6.3	การวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่สบาย.....	82
บทที่ 7	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	83
7.1	สรุป.....	83
7.2	ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป.....	88
7.3	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	89
	รายการอ้างอิง.....	90
	ภาคผนวก.....	92
	ภาคผนวก ก. การวิจัยของคุณ ประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ.....	93
	ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และการใช้โปรแกรม SPSS+.....	96
	ภาคผนวก ค. ตัวอย่างแบบสอบถาม, การแต่งกายของคนทดสอบและเครื่องมือทดสอบ.....	113
	ภาคผนวก ง. Field test data.....	126
	ภาคผนวก จ. การคัดข้อมูลผิดปกติออกจากกลุ่ม.....	158
	ภาคผนวก ฉ. ตารางมาตรฐานต่างๆ.....	168
	ประวัติผู้เขียน.....	176

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	สภาพแวดล้อมต่างๆในสำนักงาน(Nemecek(12)).....4
1.2	สภาพแวดล้อมต่างๆในสำนักงาน(Boyce(5)).....5
2.1	ค่าแนะนำ NC สำหรับค่าต่างๆ.....30
6.1	ค่าสัมพัทธ์ของตัวแปรอิสระทางด้านแสงสว่าง.....60
6.2	ค่านัยสำคัญ และ Beta weights(แสงสว่าง).....60
6.3	ค่าสัมพัทธ์ของตัวแปรอิสระทางด้านเสียง.....72
6.4	ค่านัยสำคัญ และ Beta weights(เสียง).....72
ข.1	ตัวอย่างข้อมูลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.....98
ข.2	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตาราง ข.1.....98
ข.3	Percentile of F distribution.....111
ข.4	Percentile of T distribution.....112
ง.1	ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม.....127
ง.2	ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ.....155
จ.1	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการทำนายการโหวตด้านแสง.....159
จ.2	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการทำนายการโหวตด้านเสียง.....162
จ.3	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการทำนายการโหวตด้านความร้อน..165
ฉ.1	อิทธิมิแนนซ์สำหรับการส่องสว่างภายใน.....169
ฉ.2	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสี.....170
ฉ.3	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ.....171
ฉ.4	ค่าความต้านทานความร้อนของชุดแต่งกายแต่ละชนิด.....174
ฉ.5	ค่า Metabolic rate ที่ลักษณะงานต่างๆ.....175

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ขบวนการรับรู้ความรู้สึก.....	10
2.2 ปริมาณแสงตกกระทบและสะท้อน.....	19
2.3 อิทธิมิแนนซ์ใต้โคมและที่พื้นราบแนวมุม α	21
2.4 ห้องที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง.....	26
2.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดลงของเสียง.....	29
2.6 กราฟค่าวิกฤติของเสียงรบกวน(NC).....	31
2.7 ค่าตัวประกอบทิศทาง.....	33
3.1 สัดส่วนความแปรปรวนของ Y.....	39
4.1 Transducer MM0023 และ Comfort meter1212.....	47
4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ Transducer MM0023.....	50
4.3 อุปกรณ์ทดสอบการมองเห็น และวงแหวนแลนดอล์ฟ.....	51
6.1 กราฟระหว่าง Residuals plot กับ Y'.....	66
6.2 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างอายุกับระดับความสว่าง.....	67
6.3 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตกับระดับความสว่าง (กลุ่มตัวอย่างอายุ 20-29).....	69
6.4 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตกับระดับความสว่าง (กลุ่มตัวอย่างอายุ 30-39).....	69
6.5 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตกับระดับความสว่าง (กลุ่มตัวอย่างอายุ 40-49).....	70
6.6 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตกับระดับความสว่าง (กลุ่มตัวอย่างอายุ 50-59).....	70
6.7 กราฟระหว่าง Residuals plot กับ Y'(เสียง).....	77
6.8 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างอายุกับระดับเสียง.....	78

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
6.9 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลตกับระดับเสียงภายใน (กลุ่มตัวอย่างอายุ 20-29).....	80
6.10 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลตกับระดับเสียงภายใน (กลุ่มตัวอย่างอายุ 30-39).....	80
6.11 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลตกับระดับเสียงภายใน (กลุ่มตัวอย่างอายุ 40-49).....	81
6.12 กราฟสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลตกับระดับเสียงภายใน (กลุ่มตัวอย่างอายุ 50-59).....	81
ค.2 ตัวอย่างการแต่งการของคนทดสอบ.....	119
ค.3 รูปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	120

คำอธิบายสัญลักษณ์

a	ค่าการดูดซับเสียงรวม
CU	สัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคม
d	Residuals
df	องศาอิสระ (Degree of freedom)
E	อีลูมิแนนซ์
fc1	อัตราส่วนของพื้นที่ผิวของรูปร่างเสื้อผ้ากับพื้นที่ผิวคน (เปลือย)
hc	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน
I	ความเข้มแสง
Ic1	ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า
K	ค่าดัชนีห้อง (Room index)
Leq	ระดับเสียงเทียบเท่า (Equivalent level of sustained)
M	อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolic rate)
MF	แฟคเตอร์การบำรุงรักษาของดวงโคม
NR	ระดับเสียงรบกวนที่ลดลง
Pa	ความดันไอน้ำในอากาศ
PMV	ดัชนีการทำงานนายการโหวตเฉลี่ย
PPD	เปอร์เซ็นต์การทำงานนายความรู้สึกไม่สบาย
Q	ตัวประกอบแสดงทิศทาง
R	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เชิงพหุคูณ
R ²	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุคูณ
r	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
r ²	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
RCR	Room cavity ratio
Rh	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
S	พื้นที่ผิวทั้งหมดของห้อง

คำอธิบายสัญลักษณ์

ta	อุณหภูมิอากาศ
tc	อุณหภูมิสบายเชิงความร้อน
tcl	อุณหภูมิของผิวหนัง เสื้อผ้าที่สวมใส่
td	อุณหภูมิแตกต่าง
tdb	อุณหภูมิอากาศแบบกระเปาะแห้ง
te	อุณหภูมิเทียบเท่า
tmrt	อุณหภูมิการแผ่ความร้อนเฉลี่ย
to	อุณหภูมิทำงาน
twb	อุณหภูมิอากาศแบบกระเปาะเปียก
v	ความเร็วอากาศ
Var	ความเร็วอากาศสัมพัทธ์
Vx	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มข้อมูล
W	กำลังงานภายนอก
x	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลดิบ
Y	Estimated population mean vote
Y'	ค่าทำนายการโหวตที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยการถดถอยพหุคูณ
Zx	คะแนนมาตรฐานของข้อมูลดิบ
σ_c	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน
σ_w	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้น
σ_f	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของกำแพง
α	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง