การประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจากโคมฟลูออเรสเซนต์

นางสาวณวรา นราราษฎร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE ASSESSMENT OF VISUAL COMFORT CONDITION FOCUSING ON ILLUMINANCE AND CORRELATED COLOUR TEMPERATURE FOR FLUORESCENT LAMP

Miss Nawara Nararas

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจากโคมฟลูออเรสเซนต์
โดย	นางสาว ณวรา นราราษฎร์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาลัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณวรา นราราษฎร์ : การประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจากโคมฟลูออเรสเซนต์. (THE ASSESSMENT OF VISUAL COMFORT CONDITION FOCUSING ON ILLUMINANCE AND CORRELATED COLOUR TEMPERATURE FOR FLUORESCENT LAMP) อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 176 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อการอ่านหนังสือและการใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ใช้อยู่เสมอในอาคารประเภทสำนักงาน โดยสามารถนำแสงสว่างมาผสมผสานใช้ระหว่างการให้แสงสว่างเฉพาะที่และการให้แสงสว่างทั่วไป (Task-ambient Lighting) และเพื่อทราบถึงอุณหภูมิสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เหมาะสมต่อ สภาวะสบายตา และเพื่อเป็นการประหยัดการใช้พลังงานและเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บข้อมูลโดยแบบสอบถาม ตามรูปแบบที่ใช้ในการทดลองซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักตามลักษณะของกิจกรรมที่ทำในสำนักงาน ได้แก่ กลุ่มที่อ่านเอกสาร (Paper Task) และกลุ่มที่อ่านเอกสารจากคอมพิวเตอร์ (Computer Task) ในแต่ละกลุ่มจะได้ทำชุดทดสอบที่มีลำดับของการให้แสงสว่างไม่เหมือนกัน รวมผู้ร่วมเข้าทดสอบทั้งสิ้น 240 คน แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ Ceiling light Personal light และแบบผสมผสาน อุณหภูมิสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง คือ Warm White (3000 K) และ Cool White (4000 K)

ผลการวิจัยพบว่าในกรณีศึกษาที่เป็นการอ่านเอกสารที่ความส่องสว่าง 100-500 lux ในกรณีที่ใช้แสงแบบ Ceiling Light จะมีระดับของความสบายตาที่สูงกว่าแบบ Personal Light แต่ที่ความส่องสว่างตั้งแต่ 700-900 lux ลักษณะแสงแบบ Personal Light จะมีระดับของความสบายตาที่สูงกว่าแบบ Ceiling Light ส่วนในกรณีที่ใช้ผสมผสานกันทั้งสองแบบ คือทั้ง Ceiling Light และ Personal Light ซึ่งเป็นการผสมผสานการให้แสงสว่างที่เน้นเฉพาะพื้นที่ทำงานและการให้แสงสว่างทั่วไปหรือที่เรียกว่า Task-ambient Light ก็จะใช้ความส่องสว่างน้อยที่สุดเพราะสามารถปรับแสงสว่างได้หลากหลายทำให้ตรงกับความต้องการเฉพาะของแต่ละบุคคลได้ ผลการวิจัยพบว่าการใช้อุณหภูมิสีแบบ Cool White จะมีระดับของความสบายตาความสบายตาสูงกว่าแบบ Warm White และในกรณีศึกษาที่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างระหว่าง Paper Task และ Computer Task พบว่ากิจกรรมที่เป็น Paper Task ต้องการความส่องสว่างที่สูงกว่า Computer Task

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์นำ Task-ambient Light มาใช้นั้นเป็นประโยชน์โดยสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้ การเลือกใช้อุณหภูมิสีของโคมฟลูออเรสเซนต์ที่เหมาะสมสามารถก่อให้เกิดสภาวะสบายตาได้

ภาควิชา....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4874119125 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD : ILLUMINANCE / COLOUR TEMPERATURE / VISUAL COMFORT

NAWARA NARARAS : THE ASSESSMENT OF VISUAL COMFORT CONDITION FOCUSING ON ILLUMINANCE AND COLOUR TEMPERATURE FOR FOR FLUORESCENT LAMP.THESIS ADVISOR: Dr.VORAPAT INKAROJRIT. Ph.D. THESIS COADVISOR : ASST.PROF. Dr. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D.,176 pp.

This research has as its objective the study of the appropriate illuminance for reading and for using the computer, which are common activities in office buildings, with the use of task-ambient lighting, and to find the appropriate correlated color temperature of the fluorescent lamps that provides visual comfort, conserves energy, and uses energy effectively.

The research data was gathered by way of a questionnaire following the experimental patterns in the study. The questionnaire respondents were put into two types based on their activities in the office: those with paper tasks and those with computer tasks. Each group would complete the tests with different levels of illuminance. A total number of 240 people took part in the tests, which incorporated three types of light sources: ceiling lights, personal lights, and ceiling and personal lights. The color temperatures of the fluorescent lamps used in the experiments were warm white (3000 K) and cool white (4000 K).

According to the study, it was found that in the case of paper tasks at an illuminacne of 100-500, ceiling lights provided a higher level of visual comfort than personal lights. However, at the illuminance of 700-900 lux, personal lights provided a higher level of visual comfort. In the case where both ceiling and personal lights were used, which provided task-ambient lighting, the illuminance required was lowest as a variety of illuminance could be achieved. The lights could be adjusted to fit an individual's specific needs. Regarding the color temperature, cool white was found to give more satisfaction in terms of visual comfort than warm white. In addition, in comparing the average illuminance required for paper tasks and computer tasks, it was found that paper tasks need higher illuminance than computer tasks.

The research results are highly beneficial in the application of task-ambient lighting was useful as it could reduce the energy consumtion in the building and the use of color temperature of fluorescent lamps appropriate to the tasks and providing optimal visual comfort.

Department .....Architecture .....Student's signature.....
Field of study ....Architecture .....Advisor's signature.....
Academic year .2007.....Co-Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ และ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ที่ได้ให้ความรู้อบรมสั่งสอน ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งและให้คำปรึกษาและคำแนะนำทั้งในด้านการเรียนและในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ อาจารย์ ดร. อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ สำหรับคำแนะนำต่าง ๆ ในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ให้เสร็จสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ๆ น้อง ๆ ทั้งปริญญาเอก และปริญญาโท ที่คอยช่วยเหลือให้กำลังใจด้วยดี ขอขอบคุณลุงอุทิศกับป้าตุกที่คอยช่วยเหลือและเป็นห่วงตลอดเสมอมา

และท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญยิ่งสองท่าน คือ คุณพ่อแสงไทย นราราษฎร์ คุณแม่นายิกา นราราษฎร์ ที่มอบทุนสนับสนุนการศึกษา มอบความรักและกำลังใจอย่างดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญภาพ..... ฎ

สารบัญตาราง..... ฑ

สารบัญแผนภูมิ..... ต

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

1.4 คำจำกัดความของการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น..... 5

2.1.1 ธรรมชาติของการมองเห็น..... 5

2.1.2 ขอบเขตของการมองเห็นของตาทั้งสองข้าง..... 6

2.1.3 สมรรถนะในการมองเห็นและความสบายตา..... 7

2.1.4 ปัจจัยที่ช่วยในการมองเห็น..... 8

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง..... 12

2.2.1 คุณสมบัติของแสง..... 12

2.2.2 พฤติกรรมของแสง..... 12

2.3 แหล่งกำเนิดแสง..... 16

2.3.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ..... 17

2.3.2 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์..... 18

2.4 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง..... 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย..... 25
3.1 ประชากร..... 25
3.1.1 จำนวนประชากรและเพศ..... 25
3.1.2 ช่วงอายุ..... 26
3.1.3 ลักษณะอาชีพ..... 26
3.1.4 ลักษณะการมองเห็น..... 27
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 28
3.3 วิธีการทดลอง..... 31
3.3.1 กรณีศึกษา..... 31
3.3.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลอง..... 33
3.3.3 ห้องทดลอง..... 34
3.3.4 ตำแหน่งของการวัดแสง..... 35
3.3.5 ลักษณะของ Task ที่ใช้ในการทดลอง..... 35
3.3.6 วิธีการทดลอง..... 38
3.3.7 แบบสอบถาม..... 40
3.4 กรณีศึกษา..... 40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 54
4.1 ผลการทดลองจากกรณีศึกษา..... 51
4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 51
4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 54
4.1.3 กรณีศึกษาที่ 3 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 55
4.1.4 กรณีศึกษาที่ 4 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 58

หน้า

4.1.5 กรณีศึกษาที่ 5 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 59

4.1.6 กรณีศึกษาที่ 6 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 62

4.1.7 กรณีศึกษาที่ 7 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 63

4.1.8 กรณีศึกษาที่ 8 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 66

4.1.9 กรณีศึกษาที่ 9 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 67

4.1.10 กรณีศึกษาที่ 10 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 68

4.1.11 กรณีศึกษาที่ 11 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White.. 69

4.1.12 กรณีศึกษาที่ 12 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 70

4.1.13 กรณีศึกษาที่ 13 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 72

4.1.14 กรณีศึกษาที่ 14 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 77

หน้า

4.1.15 กรณีศึกษาที่ 15 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 79

4.1.16 กรณีศึกษาที่ 16 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 84

4.1.17 กรณีศึกษาที่ 17 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 86

4.1.18 กรณีศึกษาที่ 18 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 91

4.1.19 กรณีศึกษาที่ 19 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 93

4.1.20 กรณีศึกษาที่ 20 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 98

4.1.21 กรณีศึกษาที่ 21 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 100

4.1.22 กรณีศึกษาที่ 22 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ..... 102

4.1.23 กรณีศึกษาที่ 23 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 104

4.1.24 กรณีศึกษาที่ 24 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 108

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 111
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 111
5.2 อภิปรายผล..... 146
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 149
รายการอ้างอิง..... 150
ภาคผนวก..... 152
ภาคผนวก ก. 153
ภาคผนวก ข. 159
ภาคผนวก ค. 168
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 174

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	แสดงหน้าตัดของลูกนัยน์ตา.....	6
ภาพที่ 2.2	ขอบเขตในการมองของตาในระนาบแนวนอน.....	7
ภาพที่ 2.3	แสดงขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวตั้ง.....	7
ภาพที่ 2.4	แสดงค่าความส่องสว่างที่ระดับมุมเงยต่าง ๆ.....	8
ภาพที่ 2.5	แสดงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของการมองเห็น.....	9
ภาพที่ 2.6	แสดงความเปรียบต่างระหว่างวัตถุที่พิจารณากับพื้นหลัง.....	10
ภาพที่ 2.7	แสดงรูปร่างและขนาดของชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ กันและระยะห่างที่เท่ากัน ซึ่งจะมีผลต่อการเห็นและเวลาในการมองเห็นเมื่อเทียบกับปริมาณแห่งการส่องสว่าง.....	11
ภาพที่ 2.8	แสดงสเปคตรัมของแสง.....	12
ภาพที่ 2.9	แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง.....	13
ภาพที่ 2.10	การสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา.....	14
ภาพที่ 2.11	การสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน.....	14
ภาพที่ 2.12	การสะท้อนแสงแบบกระจายแสงสมบูรณ์.....	15
ภาพที่ 2.13	การสะท้อนแสงแบบกระจัดกระจาย.....	15
ภาพที่ 2.14	แสดงการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เหนือพื้นโลก.....	17
ภาพที่ 2.15	แสดงการแบ่งประเภทของหลอด.....	18
ภาพที่ 3.1	แสดงเครื่องมือทดลองวัดความส่องสว่าง(Illumination Meter)	28
ภาพที่ 3.2	แสดงชุดรางนีออนสำเร็จรูปขนาด และอุปกรณ์ ชุดAnalog Dimming Ballast.....	29
ภาพที่ 3.3	แสดงอุปกรณ์สวิตช์ Fluorescent Dimmer.....	29
ภาพที่ 3.4	แสดงคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ที่ใช้ในการทดลอง.....	30
ภาพที่ 3.5	แสดงการวัดความสว่าง เฉลี่ย 9 จุดบนหน้าจอ.....	30
ภาพที่ 3.6	แสดงแหล่งกำเนิดแสงสว่าง Ceiling light และ Personal light.....	33
ภาพที่ 3.7	แสดงผังพื้นภายในห้องทดลอง.....	34
ภาพที่ 3.8	แสดงลักษณะพื้นผิวภายในห้องทดลอง.....	34
ภาพที่ 3.9	แสดงตำแหน่งการวัดแสงและขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้.....	35
ภาพที่ 3.10	แสดงการทดลองการอ่านเอกสาร (Paper Task).....	36

หน้า

ภาพที่ 3.11 แสดงจอภาพ LCD (Computer Task) ที่ใช้ในการทดลอง..... 37

ภาพที่ 3.12 แสดงการใช้ Computer Task แยกออกเป็น 2 Task ได้แก่ Task ทางนอน และ Task ทางตั้ง..... 37

ภาพที่ 3.13 แสดงการทดลองการอ่านเอกสาร (Paper Task)..... 39

ภาพที่ 3.14 แสดงการทดลองการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task)..... 39

ภาพที่ 3.15 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง dimmer electronic ballasts..... 44

ภาพที่ 3.16 แสดงพื้นที่ภายในห้องที่ใช้ทำการทดลอง..... 45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับชนิดของพื้นที่ใช้สอย……..	21
ตารางที่ 2.2	แสดงข้อแนะนำระดับความส่องแสงมาตรฐาน IESNA.....	21
ตารางที่ 2.3	แสดงค่าความส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ตามมาตรฐาน IES.....	22
ตารางที่ 2.4	แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่เฉพาะตามการใช้งาน....	23
ตารางที่ 2.5	แสดงอัตราส่วนความจ้าระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียง.....	24
ตารางที่ 3.1	แสดงการเก็บข้อมูลแยกเป็นกรณีศึกษา.....	32
ตารางที่ 3.2	แสดงลำดับขั้นตอนในการทดลอง.....	38
ตารางที่ 3.3	แสดงการเปรียบเทียบ luminance ratios ภายใต้ความแตกต่างของ illuminance levels.....	47
ตารางที่ 3.4	แสดงการคำนวณค่า p values สำหรับ 500 Lux และ 2000 Lux.....	48
ตารางที่ 3.5	แสดงการคำนวณค่า p values สำหรับ 500 Lux 750 Lux และ 1000 Lux	49
ตารางที่ 4.1	แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……..	52
ตารางที่ 4.2	แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……..	53
ตารางที่ 4.3	แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White…….	56
ตารางที่ 4.4	แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White……..	57
ตารางที่ 4.5	แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……..	60
ตารางที่ 4.6	แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……	61
ตารางที่ 4.7	แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White…….	64
ตารางที่ 4.8	แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White……..	65

หน้า

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 73
ตารางที่ 4.10 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 74
ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 75
ตารางที่ 4.12 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 76
ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 80
ตารางที่ 4.14 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 81
ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)..... 82
ตารางที่ 4.16 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)..... 83
ตารางที่ 4.17 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 87
ตารางที่ 4.18 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 88
ตารางที่ 4.19 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 89
ตารางที่ 4.20 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 90
ตารางที่ 4.21 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 94
ตารางที่ 4.22 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 95
ตารางที่ 4.23 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)..... 96

ตารางที่ 4.24 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)..... 97
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของการอ่านเอกสารที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ..... 116
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของการใช้คอมพิวเตอร์ที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ..... 116
ตารางที่ 5.3 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light..... 127
ตารางที่ 5.4 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Personal Light..... 127
ตารางที่ 5.5 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux และ Personal Light..... 128
ตารางที่ 5.6 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางนอน)..... 131
ตารางที่ 5.7 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางตั้ง)..... 131
ตารางที่ 5.8 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Personal Light (ทางนอน)..... 134
ตารางที่ 5.9 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง)..... 134
ตารางที่ 5.10 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux และ Personal Light (ทางนอน)..... 137
ตารางที่ 5.11 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux และ Personal Light (ทางตั้ง)..... 137
ตารางที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจเปรียบเทียบระหว่างการอ่านเอกสารและการใช้คอมพิวเตอร์ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 138
ตารางที่ 5.13 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจเปรียบเทียบระหว่างการอ่านเอกสารและการใช้คอมพิวเตอร์ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 138

หน้า

ตารางที่ 5.14 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในแสงแบบ Ceiling Light..... 139
ตารางที่ 5.15 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในในแสงแบบ Personal Light..... 140
ตารางที่ 5.16 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในในแสงแบบ Ceiling Light..... 142
ตารางที่ 5.17 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในในแสงแบบ Personal Light..... 144
ตารางที่ 5.18 สรุปผลทางสถิติ..... 146

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

		หน้า
แผนภูมิที่ 3.1	แสดงจำนวนคนต่อเพศของผู้เข้าทดสอบจากจำนวนทั้งสิ้น 240 คน.....	25
แผนภูมิที่ 3.2	แสดงจำนวนคนต่อช่วงอายุของผู้เข้าทดสอบ.....	26
แผนภูมิที่ 3.3	แสดงอาชีพของผู้เข้าทดสอบ.....	26
แผนภูมิที่ 3.4	แสดงลักษณะการมองเห็นของผู้เข้าทดสอบ.....	27
แผนภูมิที่ 3.5	แสดงกรณีศึกษา.....	31
แผนภูมิที่ 3.6	แสดงการลด ใช้พลังงานของ Lighting load ของ ambient Lighting.....	41
แผนภูมิที่ 3.7	แสดงจำนวนชั่วโมงที่ใช้ไฟใน1สัปดาห์ในแต่ละ station เปรียบเทียบ ระหว่างใช้ occupancy sensor และไม่ใช้ในการควบคุม.....	42
แผนภูมิที่ 3.8	แสดงการประเมินค่า ระดับความส่องสว่างในห้องทดสอบที่ 2000 และ 500 Lux.....	46
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……...	51
แผนภูมิที่ 4.2	แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……	52
แผนภูมิที่ 4.3	แผนภูมิที่ 4.3 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……	54
แผนภูมิที่ 4.4	แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White……..	55
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White……	56
แผนภูมิที่ 4.6	แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White……..	58
แผนภูมิที่ 4.7	แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White……	59

หน้า

แผนภูมิที่ 4.8 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือสภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White…….. 60
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White…….. 62
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White…….. 63
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White…… 64
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White…….. 66
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 Lux และ Personal Lighting ที่อุณหภูมิสี แบบ Warm White……. 67
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 Lux และ Personal Lighting ที่อุณหภูมิสี แบบ Cool White…… 68
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White……. 69
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 69

หน้า

แผนภูมิที่ 4.17 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือ ในสภาพแสงแบบ Personal Lighting ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 70
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Lighting ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 71
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)... 72
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 73
แผนภูมิที่ 4.21 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 74
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 75
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 77
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 78
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน).... 79
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 80

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนภูมิที่ 4.27 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)…… 81
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)……... 82
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) …….. 84
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)……... 85
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) 86
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)……... 87
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)... 88
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) …….. 89
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)…… 91

หน้า

แผนภูมิที่ 4.36 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) 92

แผนภูมิที่ 4.37 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน).. 93

แผนภูมิที่ 4.38 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 94

แผนภูมิที่ 4.39 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง).... 95

แผนภูมิที่ 4.40 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) 96

แผนภูมิที่ 4.41 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 98

แผนภูมิที่ 4.42 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) 99

แผนภูมิที่ 4.43 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงCeiling light 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)..... 100

แผนภูมิที่ 4.44 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงCeiling light 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)..... 101

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนภูมิที่ 4.45 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงCeiling light 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)..... 102
แผนภูมิที่ 4.46 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงCeiling light 300 lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)..... 103
แผนภูมิที่ 4.47 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบWarm WhiteและCool White (ทางนอน) 104
แผนภูมิที่ 4.48 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)..... 105
แผนภูมิที่ 4.49 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง) 105
แผนภูมิที่ 4.50 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)..... 106
แผนภูมิที่ 4.51 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)..... 108
แผนภูมิที่ 4.52 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)..... 109
แผนภูมิที่ 4.53 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง) 109

แผนภูมิที่ 4.54 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง) 110
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 112
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 113
แผนภูมิที่ 5.3 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White..... 114
แผนภูมิที่ 5.4 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White..... 115
แผนภูมิที่ 5.5 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ ceiling light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 118
แผนภูมิที่ 5.6 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Personal Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 119
แผนภูมิที่ 5.7 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางนอน) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White..... 120
แผนภูมิที่ 5.8 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White..... 121
แผนภูมิที่ 5.9 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Personal Light (ทางนอน) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White..... 122

.

หน้า

แผนภูมิที่ 5.10 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White..... 123

แผนภูมิที่ 5.11 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 124

แผนภูมิที่ 5.12 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 125

แผนภูมิ 5.13 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux และPersonal Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White 126

รูปที่ 5.14 แผนภูมิแสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางนอน) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 129

แผนภูมิที่ 5.15 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 130

แผนภูมิที่ 5.16 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal (ทางนอน) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 132

หน้า

แผนภูมิที่ 5.17 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 133

แผนภูมิที่ 5.18 แผนภูมิแสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux และ Personal Light (ทางนอน) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 135

แผนภูมิที่ 5.19 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux และ Personal Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 136

แผนภูมิที่ 5.20 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 140

แผนภูมิที่ 5.21 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือ ในสภาพแสงแบบ Personal Lighting ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White..... 141

แผนภูมิที่ 5.22 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)..... 142

แผนภูมิที่ 5.23 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง) 143

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนภูมิที่ 5.24 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)..... 144

แผนภูมิที่ 5.25 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง) 145

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง พลังงานไฟฟ้านำมาซึ่งความสะดวกสบายและคุณภาพชีวิตที่ดีแก่มนุษย์ ปัจจุบันความต้องการในด้านพลังงานไฟฟ้าในอาคารต่าง ๆ มีมากขึ้นส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่มีมากขึ้นด้วย วิธีที่สามารถทำให้การบริโภคพลังงานไฟฟ้าลดลงคือการใช้พลังงานงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

แสงสว่างเป็นสิ่งที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เนื่องจากแสงเป็นส่วนสำคัญต่อการมองเห็นของมนุษย์แหล่งกำเนิดแสงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ชนิดแรก คือ แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ แหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือแสงประดิษฐ์ซึ่งเป็นแสงที่ได้จากการส่องสว่างของอุปกรณ์ซึ่งได้แก่หลอดไฟซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น และการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรคำนึงถึงการออกแบบการให้แสงสว่างที่มีปริมาณแสงที่พอดีกับความต้องการของกิจกรรมในพื้นที่นั้น ๆ ไม่น้อยหรือมากจนเกินไปจนทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายตา

ปัจจุบันความส่องสว่างที่ใช้ในการออกแบบทางด้านแสงสว่างส่วนใหญ่ที่ใช้ ก็อ้างอิงมาตรฐาน ของต่างประเทศ เช่น CIE (Commission International de L' Eclairage) หรือ IES (Illuminating Engineering Society of North America) เป็นต้น แต่ประเทศไทยไม่ได้มีการวิจัยว่ามาตรฐานที่ควรใช้ในประเทศไทยควรเป็นระดับใด ตัวอย่าง เช่น ความส่องสว่างสำหรับสำนักงาน ใช้กันที่ 500 ลักซ์ ซึ่งความส่องสว่างที่ค่านี้เหมาะสำหรับใช้ในประเทศไทยหรือไม่และในประเทศอื่น ๆ ได้มีการกำหนดความส่องสว่างต่างๆ กันไป เช่น ในประเทศจีนกำหนดไว้ที่ 150 ลักซ์สำหรับสำนักงาน และบางประเทศในยุโรป กำหนดความส่องสว่างสำนักงานที่ 200-300 ลักซ์ เป็นต้น[1] และการเลือกใช้ระดับความส่องสว่างยังจะต้องเหมาะสมต่อลักษณะของกิจกรรมกิจกรรมของผู้ใช้งานด้วย ยกตัวอย่างเช่น เกณฑ์สำหรับความส่องสว่างที่ใช้ในสำนักงาน ใช้กันที่ 500 ลักซ์ ซึ่งยังไม่ได้มีการแบ่งประเภทการใช้งานตามกิจกรรมอย่างชัดเจน เช่น การอ่านเอกสาร หรือ การใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งแต่ละกิจกรรมนั้นมีความต้องการความส่องสว่างในระดับที่แตกต่างกันออกไป อีกทั้งเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะสำหรับคอมพิวเตอร์นั้นปัจจุบันยังมิได้มีการกำหนดออกมาอย่างชัดเจน

[1] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ,(www.TIEA.net)

อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงหลักในการให้แสงสว่างซึ่งมีหลายวิธีหากนำมาใช้อย่างเหมาะสมจะสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง หลักการให้แสงสว่างได้แยกออกเป็นหลายประการ ประการแรก การให้แสงสว่างทั่วไป คือ การให้แสงกระจายทั่วไปเท่ากันทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งาน ซึ่งใช้กับการให้แสงสว่างไม่มากเกินไป ประการที่สอง การให้แสงแสงสว่างเฉพาะที่ คือ เป็นการให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณโดยจะเน้นเฉพาะบริเวณที่ทำงานเท่านั้นเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า[2] ซึ่งถ้าหากได้นำหลักการให้แสงสว่างมาผสมผสานใช้ระหว่างแสงสว่างเฉพาะที่และการให้แสงสว่างทั่วไป (Task-ambient Lighting) อย่างเหมาะสมต่อการใช้งานแล้วนั้นก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลดการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายการเลือกใช้แสงสีของหลอดให้สัมพันธ์กับความส่องสว่างนั้นก็มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งความรู้สึกสบายตา และประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น ถ้าหากใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีต่ำแต่มีความส่องสว่างสูงก็จะรู้สึกจ้าเกินไป แต่ถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงที่ความส่องสว่างต่ำก็จะรู้สึกทึมเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาด้านความรู้สึกไม่สบายตาเกิดขึ้น[3]

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าวจึงเกิดแนวความคิดในการศึกษาการประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจากโคมฟลูออเรสเซนต์ เพื่อกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมในการนำไปเป็นพื้นฐานสำหรับเลือกใช้ระดับความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของหลอดไฟที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของผู้ใช้งานเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อเป็นการสร้างทางเลือกในการช่วยประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อการอ่านเอกสาร (Paper Task) และ การใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task)
2. เพื่อศึกษาการนำแสงสว่างมาผสมผสานใช้ระหว่างการให้แสงสว่างเฉพาะที่และการให้แสงสว่างทั่วไป (Task-ambient Lighting)
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสีของโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีผลต่อความรู้สึกสบายตา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ,(www.TIEA.net)

[3] ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง,1(กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540), หน้า1-15

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะตัวแปรความส่องสว่าง และอุณหภูมิสีเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิสีของหลอดฟลูโอเรสเซนต์ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ Warm White (3000 องศาเคลวิน) และ Cool White (4000 องศาเคลวิน)
2. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะระบบส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคารเท่านั้น โดยไม่รวมปัจจัยจากแสงธรรมชาติ ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ Ceiling Light และ Personal Light
3. ทำการศึกษาเฉพาะลักษณะกิจกรรมที่อยู่ภายในอาคารประเภทสำนักงาน ได้แก่ การอ่านเอกสาร (Paper Task) และ การใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task) เท่านั้น

1.4 คำจำกัดความของการวิจัย

ความส่องสว่าง (Illuminance,E) หมายถึง ความส่องสว่างที่กระทบลงบนวัตถุ หรือเรียกว่า ความส่องสว่างมีหน่วยเป็น ลูเมน/ม.^{2} หรือ ลักซ์ (ถ้าหน่วยเป็น ลูเมน/ฟุต^2 ความสว่างก็เป็น ฟุตแคนเดล) [4]

อุณหภูมิสี (Correlated Color Temperature, CCT) แสงจากแหล่งกำเนิดแสงทั่ว ๆ ไปนั้นถือว่าเป็นแสงขาว ซึ่งสามารถบอกสีของแสงนั้นได้ด้วยค่าของอุณหภูมิสีเทียบเคียง ในหน่วยเคลวิน (Kelvin, K) หลอดไฟหรือแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิดจะมีค่า CCT เฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่โดยคณะกรรมการระหว่างชาติว่าด้วยแสงสว่าง (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE)

Warm < 3300 K

Intermediate 3300 K- 5300 K

Cool หรือ Daylight > 5300 K

ในกลุ่ม Intermediate ยังแบ่งออกเป็น Intermediate กับ Cool ซึ่งกลุ่ม Cool อยู่ในช่วง 4000 K > CCT > 5300 K

สีที่บอกด้วยอุณหภูมิสีเช่น 3500 เคลวิน หมายถึง สีที่เห็นเมื่อเผาวัตถุดำ (Black Body) ที่อุณหภูมิ 3500 เคลวิน วัตถุดำในที่นี้หมายถึงวัตถุที่มีการดูดซึมความร้อนไปได้ทั้งหมด วัตถุประเภทนี้ค่อนข้างอุดมคติ คือ หาได้ยากที่จะสามารถดูดซึมความร้อนได้ทั้งหมด[5]

---

[4] ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง,1(กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540), หน้า1-5

[5] ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง,1(กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540), หน้า1-13.

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อสามารถใช้ความส่องสว่างได้อย่างเหมาะสมต่อการอ่านหนังสือและการใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มักทำอยู่เสมอโดยเฉพาะในอาคารสำนักงานซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดการใช้พลังงานและเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับอาคารประเภทนี้ได้
2. เพื่อสามารถนำแสงสว่างมาผสมผสานใช้ระหว่างการให้แสงสว่างเฉพาะที่และการให้แสงสว่างทั่วไป (Task-ambient Lighting) เพื่อการประหยัดพลังงาน
3. เพื่อทราบถึงอุณหภูมิสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายตาและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ทฤษฎีที่เกี่ยวกับแสงประดิษฐ์ และผลกระทบต่างๆที่มีผลต่อสภาวะสบายตา
2. ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามตามลักษณะของรูปแบบที่ใช้ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักตามลักษณะของกิจกรรมที่ทำในสำนักงาน ได้แก่ การอ่านเอกสาร (Paper Task) การใช้งานคอมพิวเตอร์ (Computer Task) อุณหภูมิสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง คือ Warm White 3000 องศาเคลวิน และ Cool White 4000 องศาเคลวิน แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ Ceiling light Personal light และ แบบผสมผสาน ซึ่งจะทดสอบด้วยระดับความส่องสว่างต่อไปนี้
   - Ceiling light 100 Lux 300 Lux 500 Lux700 Lux และ 900 Lux
   - Personal light 50 Lux100 Lux 300 Lux 500 Lux700 Lux และ 900 Lux
   - แบบผสมผสาน โดยตั้งค่าของ Ceiling light ไว้ที่ 300 Lux ส่วน Personal light ให้ผู้ร่วมทดลองสามารถปรับเองได้
3. ประเมินผลทางเลือกต่าง ๆ จากค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมตามประเภทการใช้งานและอุณหภูมิสีที่เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายตา
4. สรุปผลวิจัย วิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น

2.1.1 ธรรมชาติของการมองเห็น

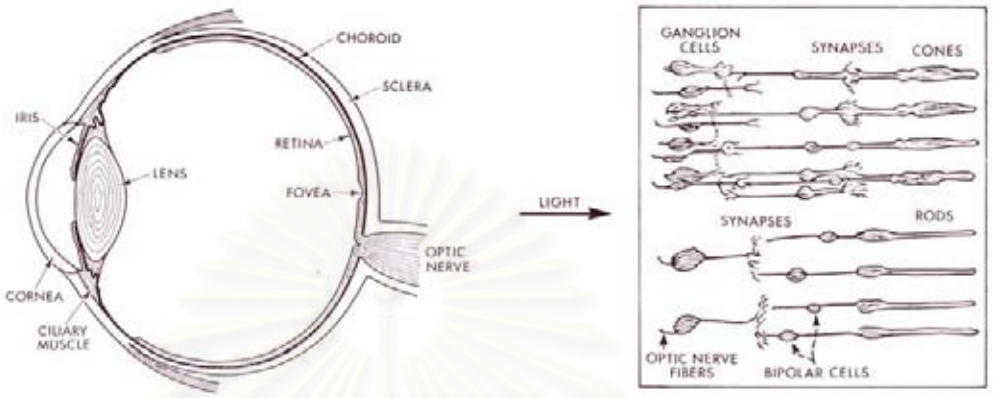
แสงธรรมชาติช่วยให้เกิดการมองเห็น ทำให้เราสามารถบอกรูปร่าง ลักษณะขนาด สีสันของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เมื่อแสงตกกระทบวัตถุใด ๆ จะสะท้อนเข้าสู่นัยน์ตาผ่านรูม่านตา (Pupil) จะมีการปรับขยายรูม่านตาโดยการปิด เปิดของม่านตา (Iris) เพื่อควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามายังนัยน์ตา ตามีกระจกตาหรือแก้วตา (Cornea) และเลนส์ (Lens) เป็นตัวรวมแสง (Focus) โดยให้การหักเหของแสงไปตกที่จอตาหรือ (Retina) ซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวไวต่อแสงและเป็นส่วนที่อยู่ท้ายสุดของลูกตา เรตินาประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด ได้แก่

เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) เป็นเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีอยู่ประมาณ 130 ล้านเซลล์ในกระบอกตาข้างหนึ่ง ช่วยให้เราสามารถมองเห็นภาพต่าง ๆ ได้อย่างหยาบ ๆ และสามารถทำหน้าที่ของมันได้เป็นอย่างดีในเวลากลางคืน รอดจะไม่สามารถตอบสนองทางด้านสีได้เลย

เซลล์รูปกรวย (Cone Cells) เป็นเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีอยู่ประมาณ 7 ล้านเซลล์ในกระบอกตาข้างหนึ่ง ๆ โคนจะอยู่ตรงกลางบริเวณเรตินา คอยรับความรู้สึกทางด้านสีและช่วยแยกรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ที่เราเห็นได้เป็นอย่างดี การเห็นของเราในเวลากลางวันมักจะเกิดขึ้นเพราะการทำงานของเซลล์โคน ดังกล่าว

โดยมีมีโฟเวีย (Fovea) เป็นส่วนเล็ก ๆ ของเรตินาซึ่งอยู่ตรงข้ามกับม่านตาและเป็นจุดศูนย์รวมของการมองเห็นภาพเพราะพื้นที่ของโฟเวียเต็มไปด้วยเซลล์โคนซึ่งเป็นเซลล์มีความไวในการตอบสนองต่อรายละเอียดและสีต่าง ๆ ของภาพที่มองเห็นโดยเฉพาะสีเหลืองเขียว และมีความไวต่อความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรแต่ไม่ไวต่อแสงและภาพเคลื่อนไหว เซลล์โคนนี้จะช่วยให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนในตอนกลางวัน (Photovision) การปรับตัวต่อแสงของเซลล์โคนจากที่สว่างมาที่มืดใช้เวลา 2 นาทีดังนั้นจึงเปรียบโฟเวียนี้ได้กับฟิล์มในกล้องถ่ายภาพที่มีความละเอียด (Grain) ของภาพมากจึงสามารถใช้ความเร็วต่ำในการถ่ายภาพได้ และพื้นที่ส่วนที่เหลือรอบ ๆ โฟเวีย เรียกว่า พาราโฟเวีย (Parafovea) เป็นส่วนที่ทำให้มองเห็นภาพที่อยู่รอบนอกจุดศูนย์กลางภาพได้ พาราโฟเวียจะประกอบไปด้วยเซลล์รอดเป็นส่วนใหญ่และเซลล์รอดมีความไวต่อแสง รวมทั้งสามารถตอบสนองต่อภาพที่เคลื่อนไหวแต่ไม่ตอบสนองต่อรายละเอียดและสีต่าง ๆ ของภาพที่มองเห็น เซลล์รอดมองเห็นสีม่วงและสีน้ำเงินได้ดีที่สุดและมีความไวต่อความยาวคลื่นแสง 507 นาโนเมตร

นอกจากนั้นมีความสามารถในการตอบสนองของแสงที่มีความสว่าง 1/100,000 เท่าของความสามารถในการตอบสนองต่อแสงของเซลล์โคน และเซลล์รอดจากที่สว่างมาที่มืดใช้เวลาประมาณ 40 นาที[1]



ภาพที่ 2.1 แสดงหน้าตัดของลูกนัยน์ตา[2]

2.1.2 ขอบเขตของการมองเห็นของตาทั้งสองข้าง

สายตามีความสามารถในการมองเห็นมุมมองที่จำกัด โดยแต่ละมุมของสายตา จะมีความสามารถในการรับภาพ และความสว่างที่แตกต่างกัน โดยจะสามารถแบ่งมุมตามความสามารถในการมองเห็นภาพออกได้ดังนี้

ส่วนกลางของพื้นที่ที่มองเห็น คือ จุดที่มองไปครอบคลุม พื้นที่ 1-2 องศาจากแกนกลางกรวยที่ได้เป็นพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด เรียกว่า การมองเห็นในส่วนกลางของจอรับภาพ (The Central Foveal vision)

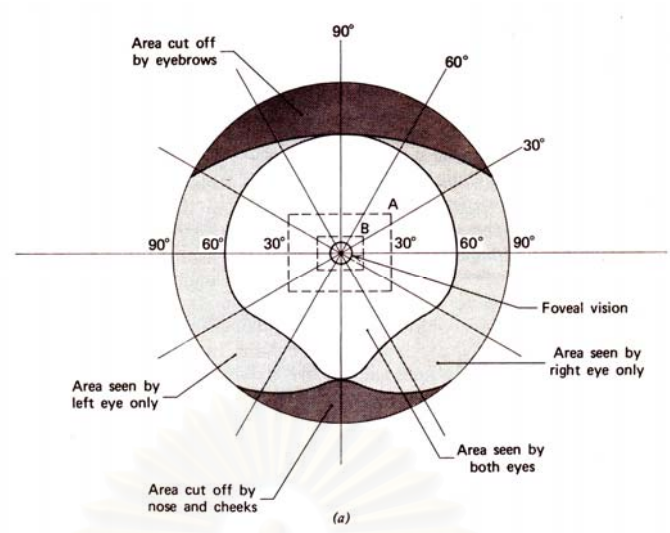
ทรงกรวยที่ทำมุมกับแกนกลาง 30˚ ในพื้นที่ถัดมาจากส่วนกลางการมองเห็น จะเป็นพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้ไม่ละเอียดนัก จะเป็นเพียงการแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อมของมัน พื้นที่ในส่วนนี้เรียกว่า พื้นที่รอบจอภาพ (The Foveal Surround)

ส่วนที่เหลือ คือ จุดที่อยู่ขอบสุดของการมองเห็น จะมองเห็นวัตถุในขนาดและรูปร่างที่แตกต่างออกไปจากความเป็นจริง เนื่องจากการทับซ้อนกันของพื้นที่การมองของตาซ้ายและตาขวา ส่วนนี้เรียกว่า การมองเห็นในส่วนขอบ (The Peripheral Vision)

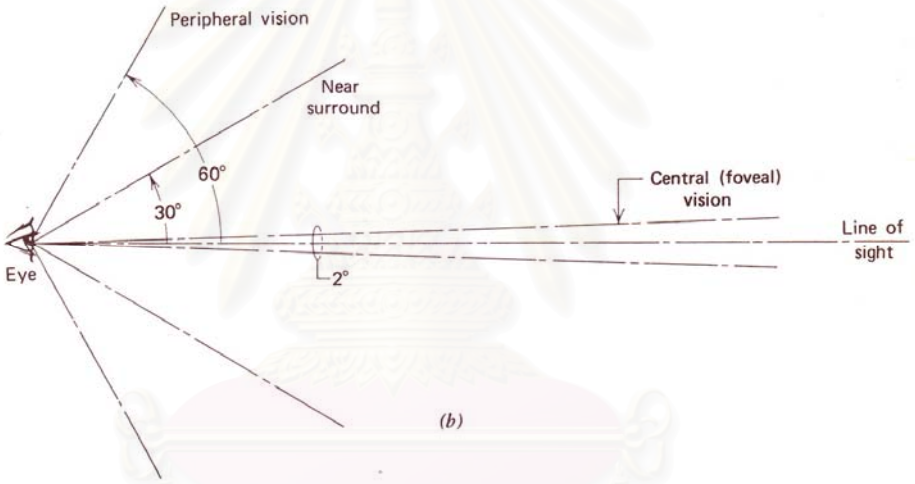
---

[1] Stein, B.,and Raynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 9th(New York: John Wiley & Sons, 2000), p.1065.

[2] Kaufman, J.E. IES : Lighting Handbook. 4th ed. USA : Waverly Press, 1966,p.2-2



ภาพที่ 2.2 ขอบเขตในการมองของตาในระนาบแนวนอน[3]



ภาพที่ 2.3 แสดงขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวตั้ง[4]

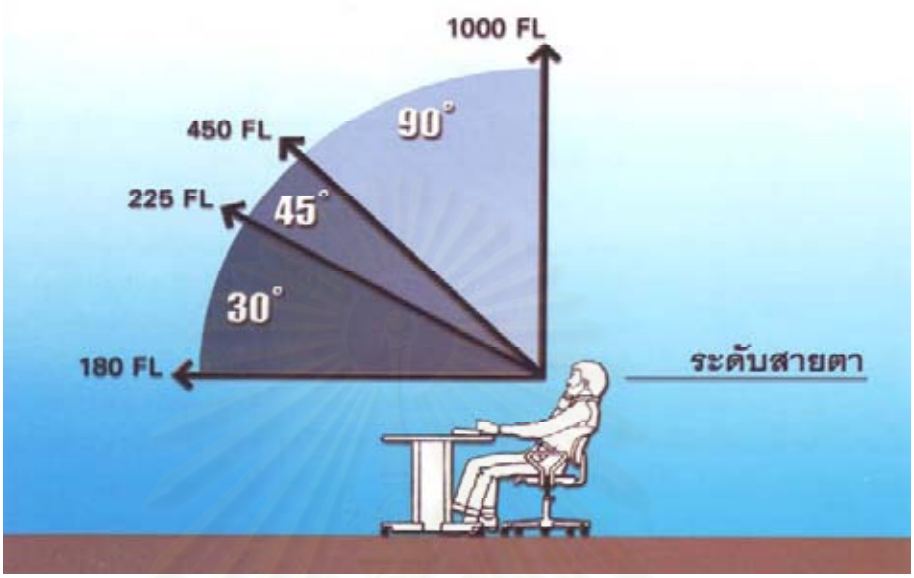
2.1.3 **สมรรถนะในการมองเห็นและความสบายตา**

ความสามารถของตาในการยอมรับความสว่างจ้าขึ้นอยู่กับทิศทางของมุมมองที่แสงสว่างนั้นเข้าสู่ตา ในความเป็นจริงในสายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับความจ้าจากแหล่งของแสงในระดับสายตาได้ในปริมาณมากนัก ทำให้ต้องใช้กระจกตัดแสงมาใช้ในบริเวณดังกล่าว ไม่ให้เกิดการระคายเคืองแก่สายตา โดยค่าความส่องสว่างที่มุมเงยระดับต่างๆ ที่สายตามนุษย์สามารถรับได้โดยไม่ให้เกิดการระคายเคืองต่อสายตา แต่หากช่องแสงนั้นอยู่สูงขึ้นไปเป็นมุมเงยมากขึ้น ตาของ

---

[3] Stein, B.,and Raynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 9th(New York: John Wiley & Sons, 2000), p.1066.

[4] Ibid., p. 1066.



ภาพที่ 2.4 แสดงค่าความส่องสว่างที่ระดับมุมเงยต่าง ๆ [6]

จะเห็นได้ว่าในมุมที่สายตาเจาะจงมองนั้นสายตาสามารถยอมรับระดับความจ้าได้น้อย ในขณะที่มุมที่กว้างออกไปจนถึงนอกพื้นที่ที่สายตามองเห็นสายตาจะสามารถยอมรับแสงได้มากขึ้นเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่า มุมมองที่อยู่ในระดับสายตา จะมีผลสำคัญต่อการออกแบบการใช้แสง ซึ่งถ้ามีการนำปริมาณแสงสว่างเข้ามาในระดับที่มากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นภาพลดลงรบกวนต่อการมองเห็นและจะทำลายสายตาของผู้รับภาพนั้นได้

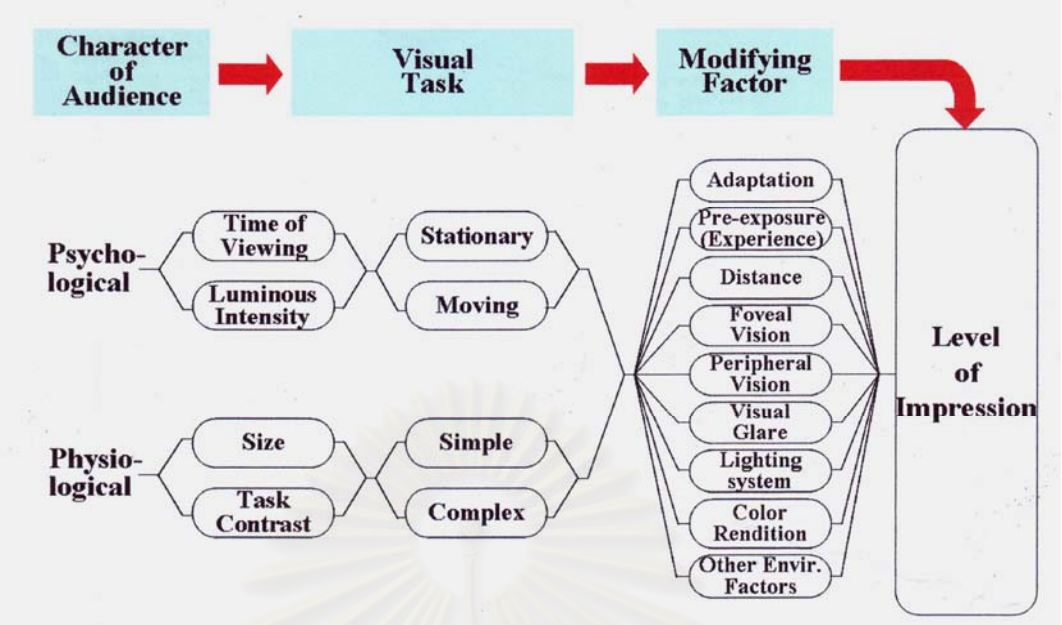
2.1.4 ปัจจัยที่ช่วยในการมองเห็น

ปัจจัยพื้นฐานของการมองเห็นเห็นชิ้นงานหรือวัตถุได้ชัดเจนมี 4 ปัจจัยได้แก่ ขนาด (Size) ความสว่างจ้า (Luminous intensity) ความเปรียบต่าง (Task Contrast) และ เวลาที่ใช้ในการมอง (Time of Viewing) นอกจากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 ปัจจัยนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ การปรับตัวของสายตา (Adaptation) ประสบการณ์ (Experience) และระยะทางการมอง (Distance) เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดจะเป็นปัจจัยที่พิจารณารองลงมาจากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 ปัจจัยข้างต้น

---

[5] สุนทร บุญญาธิการ, อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ, (กรุงเทพ : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2545), หน้า 98.

[6] เรื่องเดียวกัน, หน้า 99



ภาพที่ 2.5 แสดงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของการมองเห็น

1. ขนาดของวัตถุที่มองเห็น (Size of Visual Object or View-angle)

โดยทั่วไปแล้วความชัดเจนในการมองเห็นเป็นสัดส่วนของขนาดทางกายภาพของวัตถุและขึ้นอยู่กับการให้ความสว่างที่วัตถุ (Fixed Brightness) ความเปรียบต่างและเวลาที่ใช้ในการมอง แม้ว่าในทางกายภาพไม่มีขอบเขตในการมองภาพที่แท้จริงก็ตามแต่มุมแห่งการมอง (Subtended Visual Angle) มีผลต่อความสามารถในการมองเห็นได้ดีขึ้นเมื่อมีการนำวัตถุหรือภาพเข้ามาใกล้ตา

โดยที่ตาจะสามารถมองเห็นวัตถุที่ใหญ่ได้ง่ายกว่าวัตถุที่เล็ก และจะเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันมีขนาดเล็กลงในเวลากลางคืนเมื่อเทียบกับกลางวัน เมื่อได้ปริมาณแสงที่พอเหมาะ คือ การให้ตาของคนเรามีความรู้สึกเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันนั้นเสมือนมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่ากับขนาดที่เราเห็นในตอนกลางวันวัตถุที่มีขนาดเล็กและรายละเอียดมากยิ่งต้องการปริมาณแสงมากขึ้นด้วย เช่น การอ่านหนังสือ การพิมพ์ดีด การเขียนแบบ ย่อมต้องการปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษ[7]

2. ความสว่างจ้าและความสว่าง (Luminous Intensity)

การมองเห็นวัตถุต่าง ๆ ได้ชัดเจนหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุหรือสีของวัตถุ ถ้าความสว่างไม่เพียงพอจะทำให้เราสามารถแยกแยะวัตถุนั้น ๆ ได้ลำบาก ยิ่งถ้าวัตถุนั้นกำลังเคลื่อนที่อยู่ก็จะต้องใช้แสงสว่างมากขึ้นเพื่อที่จะได้เห็นวัตถุนั้นได้ชัดเจน ถ้ามีความเปรียบต่างของความขาว - ดำ น้อย หรือมีลักษณะคล้าย ๆ กัน หรือขนาดของวัตถุยิ่งเล็กก็ต้องการแสงสว่างมาก

[7] พิบูล ดิษฐอุดม, การออกแบบระบบแสงสว่าง (กรุงเทพ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540), หน้า 21.

ในการออกแบบระบบแสงสว่างทั่วไปต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่อยู่รอบ ๆ ในบริเวณที่กำลังออกแบบ ได้แก่ พื้น ผนัง ฝ้าเพดาน โต๊ะ และชิ้นงานต่าง ๆ โดยต้องจัดให้สิ่งเหล่านี้มีความสว่างจ้าสอดคล้องกลมกลืนกันเพื่อสร้างความสบายตาในการมองเห็น จึงมีการศึกษาเพื่อหาสัดส่วนความแตกต่างของความสว่างจ้าที่ต้องการในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไปของมุมมองปกติ ซึ่งมีอัตราส่วนดังต่อไปนี้ อัตราส่วนความสว่างจ้า (Brightness Ratio) ในที่นี้หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความสว่างจ้าของชิ้นงานกับสิ่งที่อยู่รอบชิ้นงานนั้น โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีสีค่อนข้างมืดกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียง โดยพยายามจัดให้ชิ้นงานมีความสว่างจ้าน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียงไม่เกินอัตราส่วน1/3 : 1

3. ความเปรียบต่าง ๆ (Contrast)

ความแตกต่างของความดำ - ขาวระหว่างวัตถุกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมัน จะเห็นได้ว่าเมื่อความแตกต่างของความดำ - ขาวยิ่งมากการมองเห็นก็จะทำได้ง่ายขึ้น ความต้องการปริมาณแสงจะน้อยลง ยกตัวอย่างเช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษสีขาว ย่อมถูกเห็นได้ง่ายกว่าตัวหนังสือดำบนพื้นเทา และถ้าความแตกต่างของความดำ - ขาวยิ่งน้อยปริมาณแสงที่ต้องการจะมีมากขึ้น[8] ตัวอย่างเช่น วางวัตถุสีดำบนพื้นสีขาวจะมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุสีดำที่วางบนพื้นสีดำ ดังรูปที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 แสดงความเปรียบต่างระหว่างวัตถุที่พิจารณากับพื้นหลัง[9]

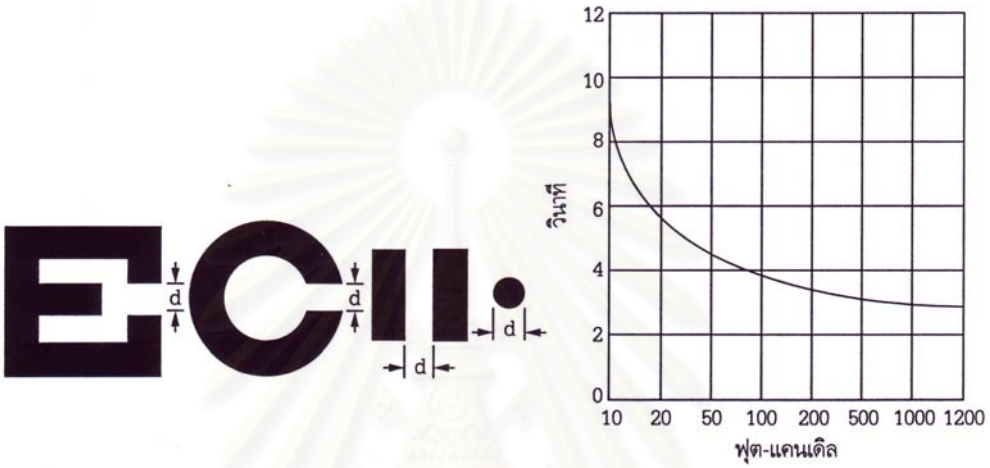
4. เวลา (Time of viewing)

---

[8] เรื่องเดียวกัน, หน้า 22.

[9] พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547) , หน้า 24.

ตามปกติตาของคนเราไม่สามารถมองเห็นวัตถุที่ปรากฏขึ้นตรงหน้าทันที เพราะต้องมีช่วงเวลาให้ตาได้สัมผัสหรือมองเห็นกับวัตถุ เนื่องจากตาต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งเพื่อปรับกล้ามเนื้อตาให้ขยายหรือหดตัวให้เข้ากับปริมาณแสง ซึ่งถ้าปริมาณแสงยิ่งน้อยการเห็นก็ต้องการเวลามากยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้ออกแบบระบบแสงสว่างจะต้องคำนึงถึงปัญหานี้เป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การเล่นฟุตบอลปริมาณแสงที่ต้องการจะต้องสูงเพียงพอ ผู้ออกแบบควรนำข้อจำกัดเหล่านี้มาพิจารณาเป็นพิเศษ



ภาพที่ 2.7 แสดงรูปร่างและขนาดของชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ กันและระยะห่างที่เท่ากัน ซึ่งจะมีผลต่อการเห็นและเวลาในการมองเห็นเมื่อเทียบกับปริมาณแห่งการส่องสว่าง[10]

จากภาพที่ 2.7 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น เวลาที่ตาต้องใช้ในการปรับตาเพื่อให้มองเห็นจะสั้นลง อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณแสงมากขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง เวลาที่ตาต้องการใช้ในการปรับตาจะเริ่มคงที่เนื่องจากตามีขีดจำกัดในการปรับกล้ามเนื้อตานั่นเอง ดังนั้นผู้ที่ทำงานอยู่ภายใต้แสงที่มีปริมาณมากเพียงพอ ก็ย่อมสามารถทำงานได้เร็วกว่าและถูกต้องกว่า

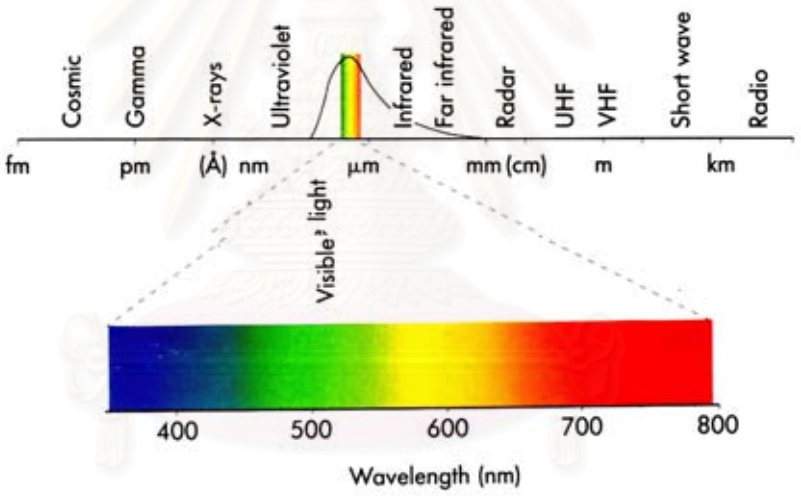
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[10] ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. เทคนิคการออกแบบแสงสว่าง. (พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. , 2543) , หน้า 14.

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

2.2.1 คุณสมบัติของแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงอยู่ในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานที่เคลื่อนที่ได้เหล่านี้ถูกกำหนดโดยความถี่ (Frequency , Hz) และความยาวคลื่น (Wavelength : Nanometer) ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นนี้ทำให้มีความยาวคลื่นที่เฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป กล่าวคือความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดพลังงาน เมื่อนำเอาพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดมาเรียงกันจากพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำสุดจนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นสูงสุด จะเห็นว่าแสงช่วงที่ตามองเห็น (Visible Light) เป็นเพียงแถบพลังงานเล็ก ๆ แถบหนึ่งที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38-0.78 ไมครอน (Micron) หรือ 380-780 นาโนเมตร ประกอบด้วยสเปคตรัม (Spectrum) ของแสงหลาย ๆ สีอันเกิดจากความถี่และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน[11]



ภาพที่ 2.8 แสดงสเปคตรัมของแสง[12]

2.2.2 พฤติกรรมของแสง

แสงเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดเป็นเส้นตรงในสุญญากาศ ด้วยความเร็วสูง 3×10^8 เมตร /วินาที ใช้เวลาเดินทางประมาณ 8.3 วินาที จากดวงอาทิตย์ จากดวงอาทิตย์มายังโลก และประมาณ 1.3 วินาที จากดวงจันทร์มายังโลก เมื่อแสงเดินทางมากระทบตัวกลาง (Medium) ต่างๆ

---

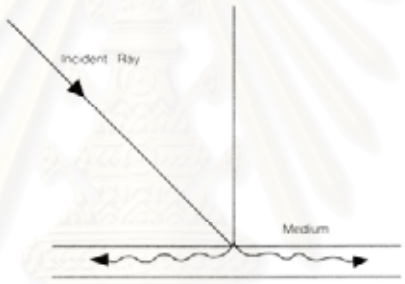
[11] พิบูล ดิษฐอุดม, การออกแบบระบบแสงสว่าง (กรุงเทพ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540), หน้า 1.

[12] Gordon, G. Interior Lighting for Designers. USA : John Wiley & Sons, 1995.

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแสงนี้ จึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาและคำนึงถึง เมื่อจะต้องเลือกใช้ดวงโคมตลอดการออกแบบการให้แสงสว่าง

1. การดูดกลืน (Absorption)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน เช่น การฉายแสงขาวลงบนผนังสีแดง แสงสีอื่นๆ จะถูกดูดกลืน หายเข้าไปในกำแพง ยกเว้นแสงสีแดงเท่านั้นที่สะท้อนออกมาสู่ดวงตา เราจึงเห็นผนังสีแดง และเมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแสงเข้าไปในวัตถุใดๆ จะเกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน



ภาพที่ 2.9 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง[13]

2. การสะท้อน (Reflection)

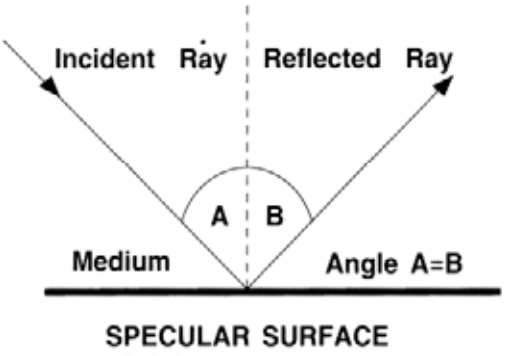
เป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนกลับออกมา โดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนอาจแบ่งได้เป็น

2.1 การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection)

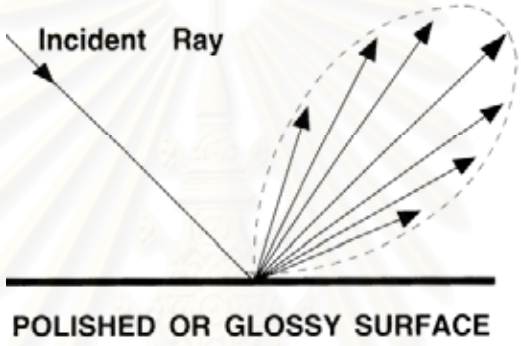
เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบมันวาว (Polished Surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบ (Angle of Incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of Reflection)

---

[13] พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547) , หน้า 4.



ภาพที่ 2.10 การสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา[14]



ภาพที่ 2.11 การสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน[15]

2.2 การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

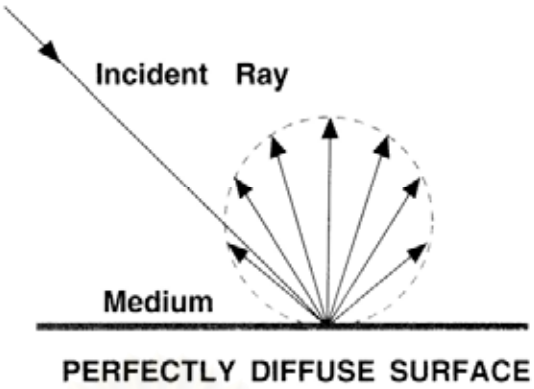
เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่มีผิวหยาบ แสงจะสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัสดุมีลักษณะหยาบอย่างสมบูรณ์คือ หยาบทั่วกันทั้งผิว (Perfectly Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่ถ้าหากผิววัตถุไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection)

โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุมักจะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาและการสะท้อนแบบกระจาย

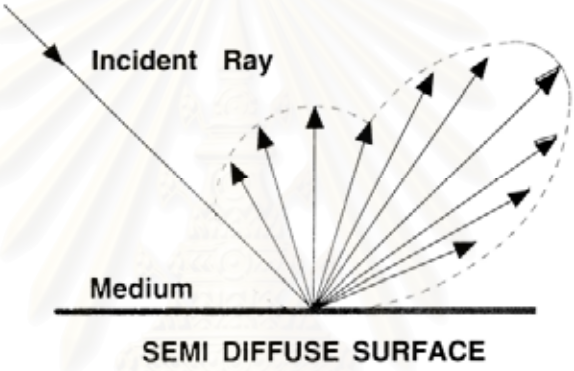
---

[14] เรื่องเดียวกัน, หน้า 6.

[15] เรื่องเดียวกัน, หน้า 6.



ภาพที่ 2.12 การสะท้อนแสงแบบกระจายแสงสมบูรณ์[16]



ภาพที่ 2.13 การสะท้อนแสงแบบกระจัดกระจาย[17]

3. การส่องผ่าน (Transmission)

เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ผ่านออกมานั้นจะยังมีปริมาณคงเดิม การส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

- ตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium) การส่องผ่านลักษณะนี้แสงจะเกิดการหักเห (Refraction) หรือเปลี่ยนทิศทาง (Bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกใส เป็นต้น

---

[16] เรื่องเดียวกัน, หน้า 6.

[17] เรื่องเดียวกัน, หน้า 6.

- ตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium) การส่องผ่านของแสงลักษณะนี้แสงที่ส่องผ่านจะเกิดการกระจาย (Diffuse Transmission) โดยไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับและส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านตัวกลาง หมายความว่า ปริมาณของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนและปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Absorptance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1$$

2.3 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง มีความสำคัญในการศึกษาเรื่องแสงเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์ โดยตรงต่อการให้แสง รูปแบบและคุณสมบัติของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิด ทิศทางของแหล่งกำเนิด ปริมาณและความเข้มของแสง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของแสงที่จะนำมาใช้งาน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสง

จากคุณสมบัติของแสงดังที่กล่าวมาข้างต้น ปริมาณและคุณภาพแสงจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลัง แต่ขณะเดียวกัน แสงก็สามารถก่อให้เกิดแหล่งกำเนิดแสงได้ด้วย จึงทำให้สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดของแสงใน 2 กรณี

แหล่งกำเนิดแสงทางตรง คือ แหล่งกำเนิดแสงที่มีพลังงานสูงจนสามารถเปล่งแสงออกมาจากตัวของมันเองได้โดยตรง

แหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม ได้แก่ แสงที่เกิดจากการสะท้อน หรือส่องผ่านวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นมีคุณสมบัติเสมือนแหล่งกำเนิดแสง (Secondary Source) ซึ่งแสงจะมีลักษณะแตกต่างกันตามคุณสมบัติในการสะท้อนแสงและการยอมให้แสงส่องผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุด้วย

แหล่งกำเนิดแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ

2.3.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ

1. ดวงอาทิตย์ (The Sun)

ดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่สำคัญที่สุด มีการแผ่รังสีออกมาในรูปของรังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) ประกอบด้วยคลื่นรังสีอุลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet) คลื่นรังสีที่ตามองเห็น (Visible Light) และคลื่นรังสีอินฟราเรด (Near Infrared) ซึ่งเมื่อแสงส่องผ่านอนุภาคของชั้นบรรยากาศของโลกจะสะท้อนและกระจายผ่านชั้นเมฆ ส่องลงมายังผิวโลกสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท มีรูปแบบดังภาพที่ 2.10 และมีความสัมพันธ์กันตามสมการดังนี้

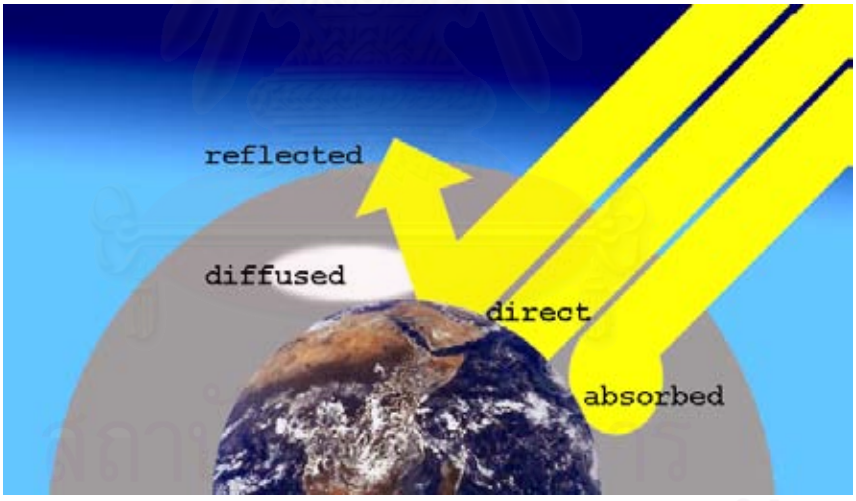
$$I_t = I_D + I_d + I_r$$

เมื่อ I_D คือ รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Solar Radiation)

I_d คือ รังสีกระจายของดวงอาทิตย์ (Diffuse Solar Radiation)

I_r คือ รังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์ (Reflected Solar Radiation)

I_t คือ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (Total or Global Solar Radiation)



ภาพที่ 2.14 แสดงการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เหนือพื้นโลก

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดที่สามารถเคลื่อนที่ได้มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ ทำให้ไม่เกิดความน่าเบื่อ นอกจากนี้ยังเป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติอย่างไม่มีวันหมดสิ้น จึงไม่จำเป็นต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายใดๆ สำหรับการใช้แสงจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบรังสีสะท้อน และรังสีกระจาย แต่แสงจากดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนสูง ปริมาณแสงและปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์มากเกินความจำเป็น จึงต้องมีการควบคุมและทอนลงให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

2. ท้องฟ้า (Sky)

เมื่อแสงสะท้อนกระจายในอนุภาคของอากาศ และก้อนเมฆบนท้องฟ้า ทำให้ท้องฟ้ามีลักษณะเป็นแหล่งกำเนิด แสงธรรมชาติทางอ้อม ที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ กระจายสู่พื้นโลก แสงสะท้อนจากท้องฟ้า จะเป็นรูปแบบของแสงที่ถูกลดทอนความสว่างและความร้อนลง จึงเป็นแสงที่เหมาะสมต่อการใช้งานในอาคาร[18]

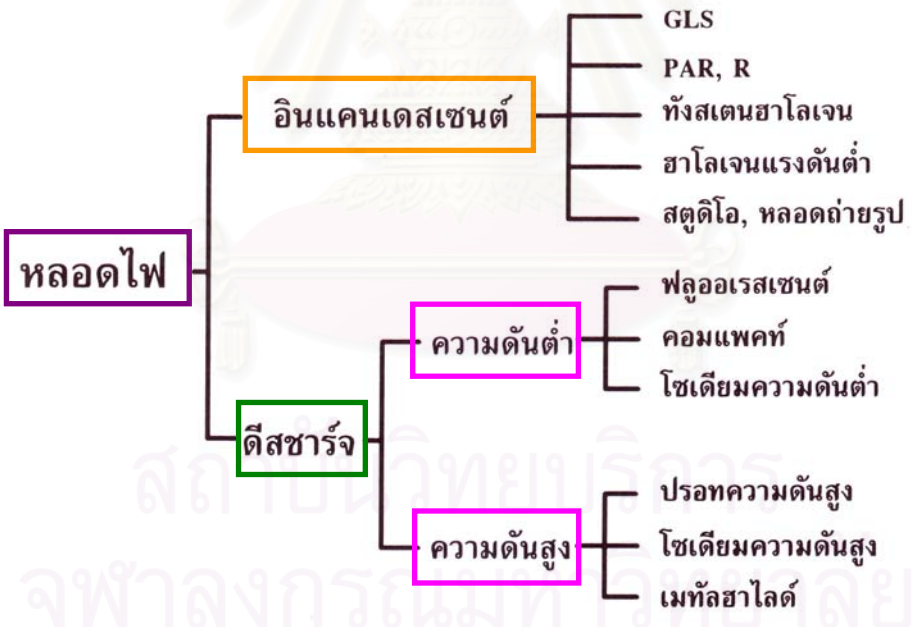
2.3.2 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

หลอดไฟฟ้า (Lamps) เป็นแสงประดิษฐ์ที่มีหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีจุดเด่น-จุดด้อย แตกต่างกันออกไป การนำไปใช้งานและลักษณะกิจกรรมจะเป็นตัวกำเนิดชนิดของหลอดไฟ เนื่องจากหลอดไฟมีสีของแสงเป็นสีเฉพาะตัว มีความถูกต้องของสีไม่เท่ากับแสงธรรมชาติ ให้ปริมาณและประสิทธิภาพแสงในขอบเขตที่กำหนดขึ้น[19]

การแบ่งประเภทของหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1.1 หลอดอินแคนเดสเซนส์ หรือ หลอดมีไส้

1.2 หลอดดิสชาร์จ



ภาพที่ 2.15 แสดงการแบ่งประเภทของหลอด

---

[18] Norbert Lechner, Heating, Cooling, lighting : design methods for architects(New York : John Wiley & Sons, 1991), pp313-314.

[19] ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง,1(กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540), หน้า 2-1

หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดดิสชาร์จความดันต่ำซึ่งแสงที่ออกมากำเนิดมาจากผงฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพลังงานอัลตราไวโอเลตซึ่งกำเนิดมาจากอาร์กของปรอท โครงสร้างของหลอดประกอบด้วยหลอดแก้วยาวซึ่งมีขั้วไฟฟ้าที่ปลายและบรรจุไอปรอทที่ความดันต่ำและมีก๊าซเฉื่อยเล็กน้อยเพื่อการเริ่มต้นจุไส้หลอด ภายในแก้วเคลือบด้วยผงฟลูออเรสเซนต์ที่เรียกว่าฟอสเฟอร์ เมื่อป้อนศักดาไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทำให้เกิดดิสชาร์จไหลผ่านไอปรอทกำเนิดแสงที่มองเห็นและรังสีที่มองไม่เห็นส่วนใหญ่ที่เรียกว่า อัลตร้าไวโอเลต และรังสีอัลตร้าไวโอเลตนี้ทำให้สารฟอสเฟอร์เรืองแสงออกมา

หลอดฟลูออเรสเซนต์ถือเป็นหลอดที่ยอดนิยมมีการใช้งานกันมาก เพราะประหยัดไฟ ราคาถูกและหาซื้อง่าย ใช้กันมากในสำนักงาน และ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีเพดานไม่สูงกว่า 7 เมตร หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิผลประมาณ 50-80 ลูเมน/วัตต์ ซึ่งถือว่ามีค่าสูงพอสมควร และ ประหยัดไฟฟ้าประมาณ 5-8 เท่า เมื่อเทียบกับหลอดอินเคนเดสเซนต์ซึ่งมีค่าประมาณ 10-15 ลูเมนต่อวัตต์ และขนาดวัตต์ที่มีใช้กันมากได้แก่ หลอดขนาด 18 และ 36 วัตต์ หลอด 18 วัตต์ ยาวประมาณ 60 ซม. ถ้าเป็นหลอด 36 วัตต์หลอดยาวประมาณ 120 ซม.

สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์

สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีด้วยกันหลายชนิดแต่ที่ใช้กันมากมี 3 ชนิด คือ หลอดเดไลท์ (Daylight) หลอดคูลไวท์ (Cool White) และ หลอดวอร์มไวท์ (Warm White) หลอดเดไลท์ เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงถึง 5500-6000 เคลวิน มีสีออกขาวปนฟ้าหลอดคูลไวท์ เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 4000-4500 เคลวิน มีสีขาวเย็น หลอดวอร์มไวท์เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 3000-3500 เคลวิน มีสีขาวออกแดง

ระบบและวงจรไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ระบบของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีด้วยกันหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดที่ใช้ หลอดแบบอุ่นไส้หลอด หลอดแบบจุดติดทันที และหลอดแบบจุดติดเร็ว แต่ละแบบมีวิธีการทำงานต่างกันและมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันด้วย

- หลอดแบบอุ่นไส้หลอด (Preheat Start Lamp) หลอดแบบนี้เป็นขั้วร้อน (Hot Cathode) โดยใช้สตาร์ทเตอร์เป็นตัวจุดไส้หลอดให้ร้อน วงจรของหลอดประเภทนี้ประกอบด้วยบัลลาสต์และสตาร์เตอร์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำประมาณ 0.45-0.5 หลอดประเภทนี้สังเกตได้ง่ายเพราะก่อนติดจะกระพริบก่อน

- หลอดแบบจุดติดทันที (Instant Start Lamp) หลอดแบบนี้มีขั้วเป็นแบบขั้วเย็นซึ่งหมายถึงไม่ต้องมีสตาร์เตอร์เป็นตัวทำให้ไส้หลอดร้อนก่อนจุดติดเพราะบัลลาสต์ เป็นชนิดที่ทำให้เกิดแรงดันคร่อมหลอดสูงทำให้หลอดติดได้ง่าย และเนื่องจากหลอดประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์ทเตอร์เป็นตัวช่วยจุดไส้หลอด ดังนั้นขั้วหลอดจึงเป็นแบบขั้วเดียว (Single Pin) และหลอดติดเร็วกว่าชนิดอุ่นไส้หลอด และไม่มีอาการกระพริบก่อนจุดไส้หลอดติด
- หลอดแบบจุดติดเร็ว (Rapid Start Lamp) หลอดชนิดนี้เป็นแบบมีขั้วร้อน (Hot Cathode) และได้รวมเอาข้อดีของทั้งหลอดแบบอุ่นไส้หลอดและแบบจุดติดทันทีเข้าด้วยกัน วงจรไฟฟ้าของหลอดแบบนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์เตอร์เช่นกัน เพราะบัลลาสต์เป็นชนิดมีขดลวดอุ่นไส้หลอดอยู่ในตัวเพื่อช่วยให้หลอดติดได้ง่าย และมักมีคาปาซิเตอร์ในตัวทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าสูง และข้อสำคัญก็คือหลอดและวงจรแบบนี้มีอายุการใช้งานของหลอดนานถึง 20,000 ชม. ซึ่งมีอายุมากกว่าหลอดแบบอุ่นไส้หลอดถึงสองเท่า จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการอายุหลอดนาน เช่น เพดานสูง ๆ เป็นต้น

2.4 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง

ในการกำหนดระดับการส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่าง ๆ กันนั้น ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้สอย สภาพภูมิอากาศของแต่ละประเทศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกันตามแต่ละมาตรฐานของแต่ละประเทศ ซึ่งมีการกำหนดโดยหน่วยงานหลายๆ หน่วยงาน ส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่งได้แก่ มาตรฐานของ CIE (Commission International de L' Eclairage) ซึ่งได้กำหนดค่าความสว่างออกเป็น 3 ค่าโดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่น ๆ คือ อาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่าง ๆ เช่น ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิวหรือความเปรียบต่างต่ำกว่าปกติให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น ถ้าการมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ก็ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น ถ้าบริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น หรือถ้าผู้ที่ใช้งานบริเวณที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับชนิดของพื้นที่ใช้สอย[20]

ชนิดของพื้นที่ใช้สอย	ช่วงของความส่องสว่าง (Lux)
สำนักงาน	
สำนักงานทั่วไป พิมพ์ดีด ห้องคอมพิวเตอร์ สำนักงานเขียนแบบ ห้องประชุม	300-500-750 500-750-1000 300-500-750

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อแนะนำระดับความส่องแสงมาตรฐาน IESNA[21]

ประเภทของความส่องสว่าง	ช่วงของความส่องสว่าง Lux (fc)	ชนิดของกิจกรรม
การให้แสงทั่วไปตลอดพื้นที่ใช้งาน		
A	20 – 30 – 50 (2 – 3 – 5)	-พื้นที่สาธารณะที่มีบริเวณล้อมรอบมืด
B	50 -75 -100 (5 - 7.5 – 10)	-พื้นที่มีการใช้งานในระยะสั้น
C	100 – 150 – 200 (10 – 15 – 20)	-พื้นที่ทำงานที่ไม่ต้องการมองเห็นที่ละเอียดนัก
ความส่องสว่างวัตถุ		
D	200 – 300 – 500 (20 – 30 – 50)	-การมองเห็นวัตถุที่มีความเปรียบต่างสูงหรือมีขนาดใหญ่
E	500 - 750 -100 (50 - 75 -10)	-การมองเห็นวัตถุที่มีความเปรียบต่างขนาดกลางหรือมีขนาดเล็ก
F	1000 – 1500 – 2000 (100 – 150 – 200)	-การมองเห็นวัตถุที่มีความเปรียบต่างต่ำหรือมีขนาดเล็ก

[20] Publication CIE No 29.2(1986)Guide on Interior Lighting อ้างถึงใน ชำนาญ, 2540 :4

[21] Egan, D. Concept in Architectural Lighting. USA : McGraw-Hill, 1983.

ประเภทของความส่องสว่าง	ช่วงของความส่องสว่าง Lux (fc)	ชนิดของกิจกรรม
ความส่องสว่างวัตถุ จากการให้แสงทั่วไปกับแสงเฉพาะที่		
G	2000 – 3000 – 5000 (200 – 300 – 500)	-การมองวัตถุที่มีความเปรียบต่างต่ำและขนาดเล็กเวลานาน
H	5000 – 7500 – 10000 (500 – 750 – 1000)	-การมองวัตถุที่ต้องการความแม่นยำสูงในระยะเวลานาน
I	10000 – 15000 – 20000 (1000 – 1500 – 2000)	-การมองวัตถุที่มีความเปรียบต่างต่ำมากและขนาดเล็กอย่างละเอียด

Note : The IESNA recommended values are not used to determine appropriate illuminance in the architectural environment when design objective invole focusing on merchandise, emphasizing room surface to attract attention, creating a relaxing mood, and so on.

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ตามมาตรฐาน IES[22]

Area	Footcandles on Tasks*
สำนักงาน	
งานทำแผนที่, งานออกแบบ, งานเขียนแบบ	200
การทำบัญชี, การตรวจสอบบัญชี,งานถอดแบบอย่างหยาบ	150
งานในสำนักงาน, งานอ่านแบบ,อ่านหรือเขียนหนังสือกับดินสอแบบแข็ง หรือ บนกระดาษคุณภาพต่ำ	100
อ่านหรือเขียนหนังสือกับดินสอแบบปานกลาง หรือ บนกระดาษคุณภาพดี	70
การอ่านในสภาพแสงที่ความเปรียบต่างสูง หรือ วัสดุที่พิมพ์อย่างดี,การสัมภาษณ์,ห้องน้ำ	30
ทางเดิน, ลิฟท์, บันไดเลื่อน, บันได	20[k]

[22] Kaufman, J.E. IES : Lighting Handbook. NY: Illuminating Engineer Society, 1966

*Minimum on the task at any time. For general notes see beginning of tabutation. For other notes see end of tabulation.

Stallation of the combinationsystem must not only provide a sufficient amount of light, but also the proper direction of light, diffusion, color, and eye protection. As far as possible it should eliminate direct and reflected glare as well as objectionable shadows.

[K] Or not less than 1/5 the level in adjacent areas.

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่เฉพาะตามการใช้งาน[23]

ลักษณะงานที่มอง	Typical American Recommendation	Other Authorities
	Minimum Footcandle	Average Footcandles
การอ่านและเขียน		
-การเขียน,งานคัดลอก,คัดลอกอย่างง่าย	70	70
-อ่านหนังสือ,นิตยสาร,หนังสือพิมพ์	30	30

These levels are based on young eyes with 20 – 20 vision. Older eyes,even when properly corrected by glasses, have reduced visual acuity, a longer period of adaptation, and resistance to glare. To state it simply older persons need more light, and special precautions against glare.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[23] Stein, B.,and Raynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 9th (Edition. New York : John Wiley & Sons, 2000.) ,p.943

ตารางที่ 2.5 แสดงอัตราส่วนความจ้าระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียง[24]

ประเภทของงาน	อัตราส่วน
ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่สว่างกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป	1/10 : 1
ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่มืดกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป	10 : 1
ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งสว่างกว่า	1/3 : 1
ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งมืดกว่า	3 : 1
ระหว่างช่องเปิดหน้าต่างดวงโคมกับพื้นที่ข้างเคียง	20 : 1
พื้นที่ทั่วไปที่อยู่ในสนามแห่งการมอง	40 : 1
การเน้นเฉพาะวัตถุ	50 : 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[24] Kaufman, J.E. IES : Lighting Handbook. NY: Illuminating Engineer Society, 1966

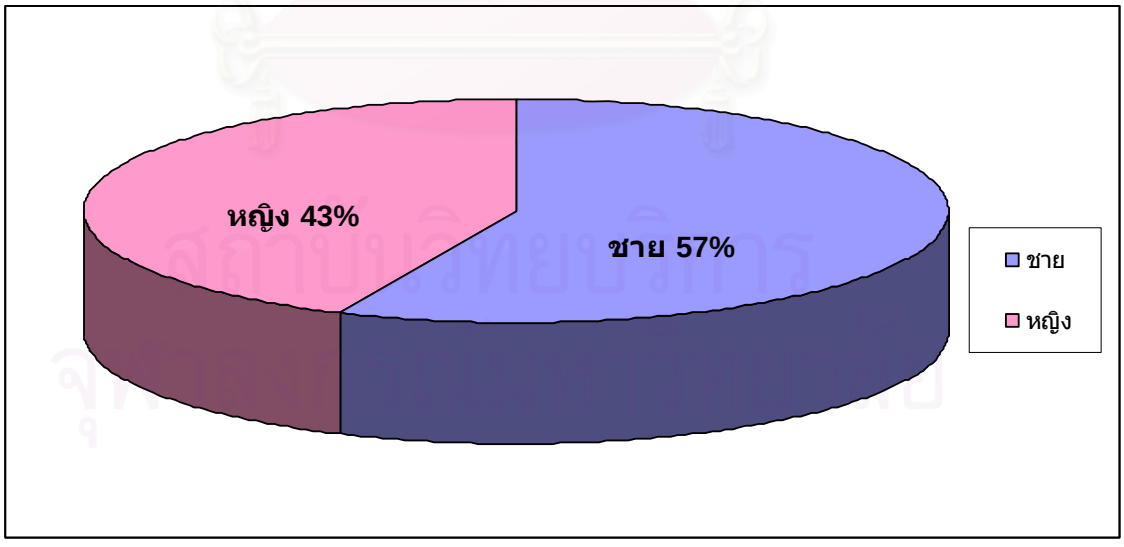
บทที่ 3
วิธีดำเนินงานการวิจัย

3.1 ประชากร

เนื่องจากประชากรทั้งหมดของการทดลอง ในการทดลองนี้คือกลุ่มของบุคคลทั่วไปในประเทศไทย ที่มีจำนวนมาก และมีความหลากหลายทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การศึกษา และกายภาพ ดังนั้นการที่จะศึกษาให้ตรงกับวัตถุประสงค์การวิจัย จะต้องมีการกำหนดลักษณะประชากรที่จะศึกษา และกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา และเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อความเหมาะสมซึ่งประชากรที่จะเข้าร่วมการทดลอง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างประชากรแบบการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ประชากรทั้งหมดจาก นักศึกษา อาจารย์ และพนักงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตทั้งหมด ข้อมูลพื้นฐานลักษณะของประชากรที่สนใจนำมาร่วมการทดลองมีลักษณะดังนี้

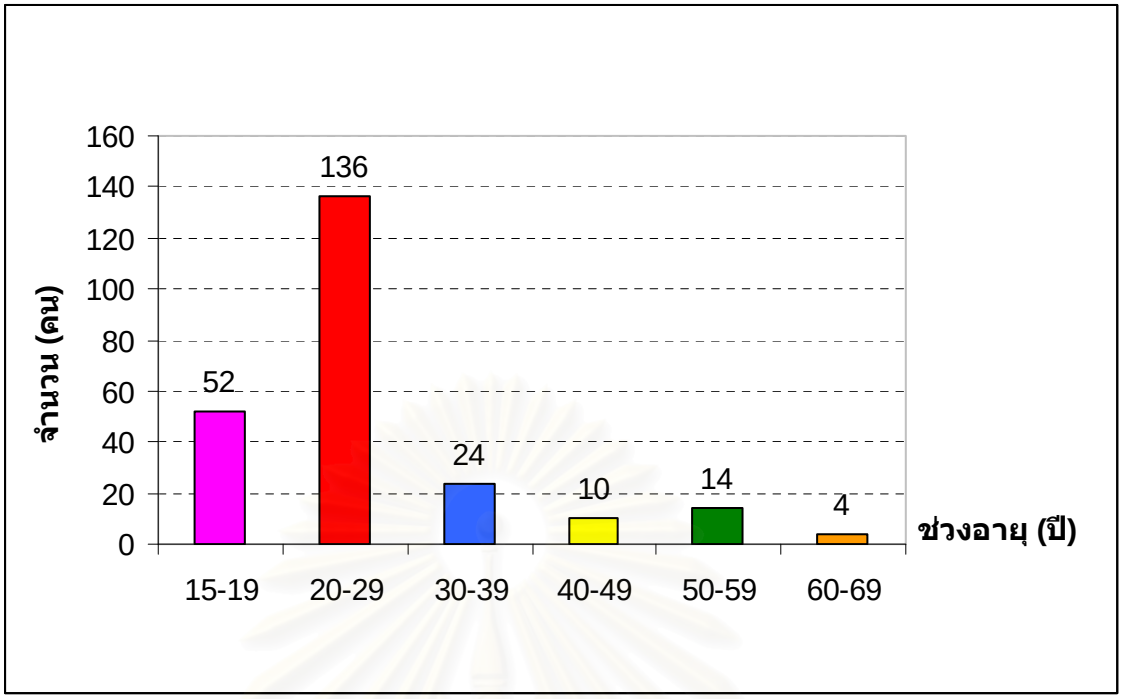
3.1.1 จำนวนประชากรและเพศ

- จำนวนคนที่ใช้ทั้งหมด 240 คน
- เพศชาย 136 คน เพศหญิง 104 คน
- คิดเป็น เพศชาย 57% เพศหญิง 43%



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงจำนวนคนต่อเพศของผู้เข้าทดสอบจากจำนวนทั้งสิ้น 240 คน

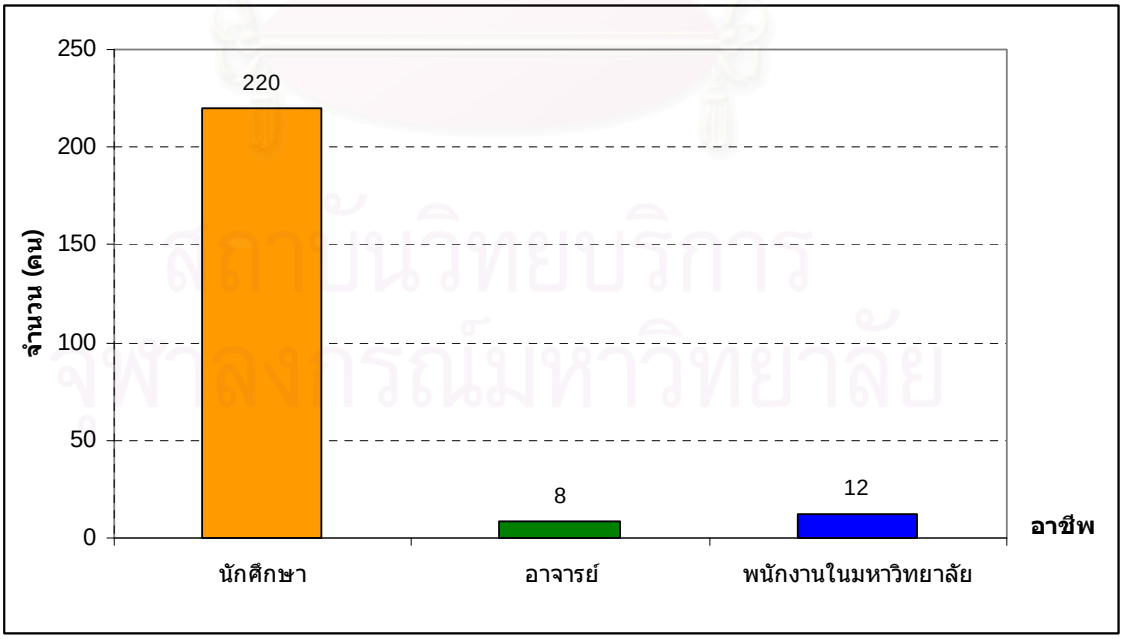
3.1.2 ช่วงอายุ



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงจำนวนคนต่อช่วงอายุของผู้เข้าทดสอบ

3.1.3 ลักษณะอาชีพ

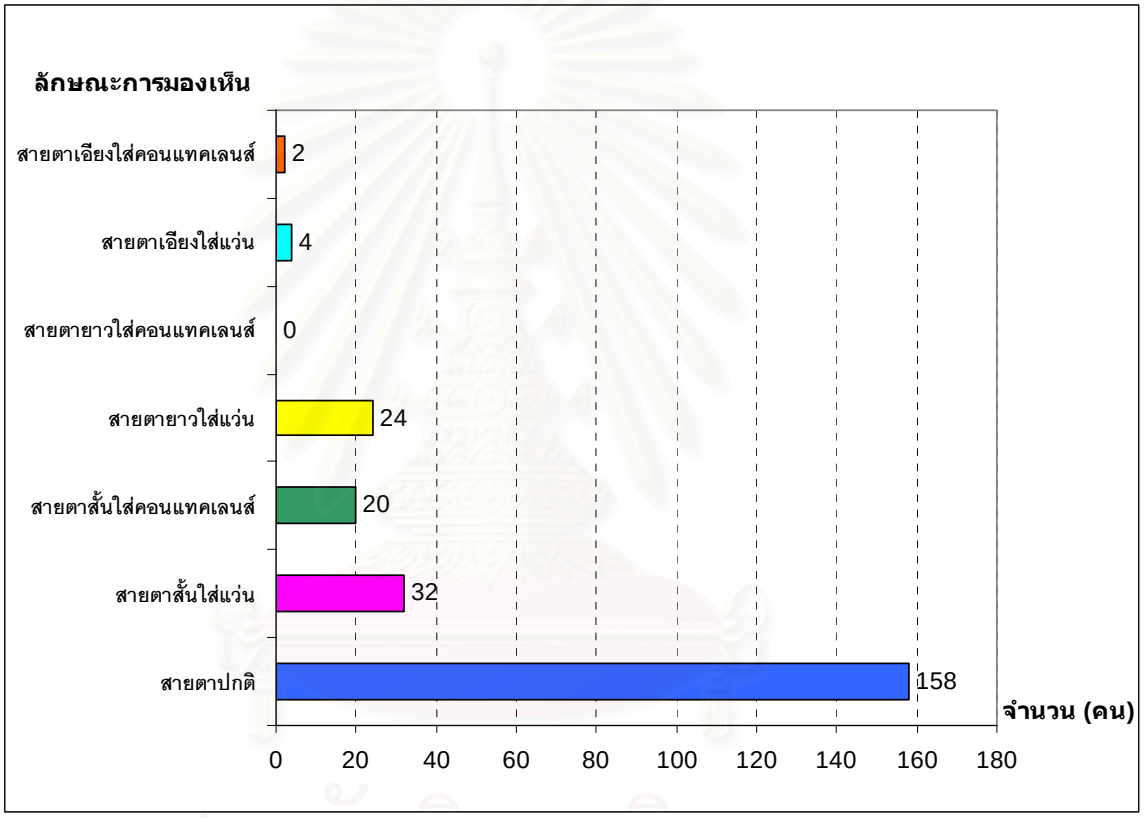
- นักศึกษา จำนวน 220 คน
- อาจารย์ จำนวน 8 คน
- พนักงานในมหาวิทยาลัย จำนวน 12 คน



แผนภูมิที่ 3.3 แสดงอาชีพของผู้เข้าทดสอบ

3.1.4 ลักษณะการมองเห็น

- สายตาปกติ จำนวน 158 คน
- สายตาสั้นใส่แว่น จำนวน 32 คน
- สายตาสั้นใส่คอนแทคเลนส์ จำนวน 20 คน
- สายตายาวใส่แว่น จำนวน 24 คน
- สายตายาวใส่คอนแทคเลนส์ จำนวน 0 คน
- สายตาเอียงใส่แว่น จำนวน 4 คน
- สายตาเอียงใส่คอนแทคเลนส์ จำนวน 2 คน



แผนภูมิที่ 3.4 แสดงลักษณะการมองเห็นของผู้เข้าทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ลักซ์มิเตอร์ (Illumination Meter) ของ INS รุ่น DX-200 เป็นเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง ที่มีช่วงของการวัดไม่เกิน 200,000 Lux ใช้วัดแสงภายในและภายนอก การจัดสามารถอ่านค่าได้บนจอแสดงผล สามารถแสดงหน่วยเป็น Lux หรือ Footcandles ได้ทั้ง 2 แบบ จอแสดงผลลักษณะเป็นกล่องพลาสติกสีดำขนาดประมาณ 100x150x30 มม. มีสายต่อเซ็นเซอร์รับแสงสายยืด เพื่อวัดผลในตำแหน่งที่ต้องการได้

ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องมือทดลองวัดความส่องสว่าง (Illumination Meter)

2. ชุดรางนีออนสำเร็จรูปขนาด 2x36 วัตต์ ยี่ห้อ Philips

3. อุปกรณ์ชุด Analog Dimming Ballast 2x36 วัตต์ ของบริษัท ไลท์ติ้ง แอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด (มหาชน)

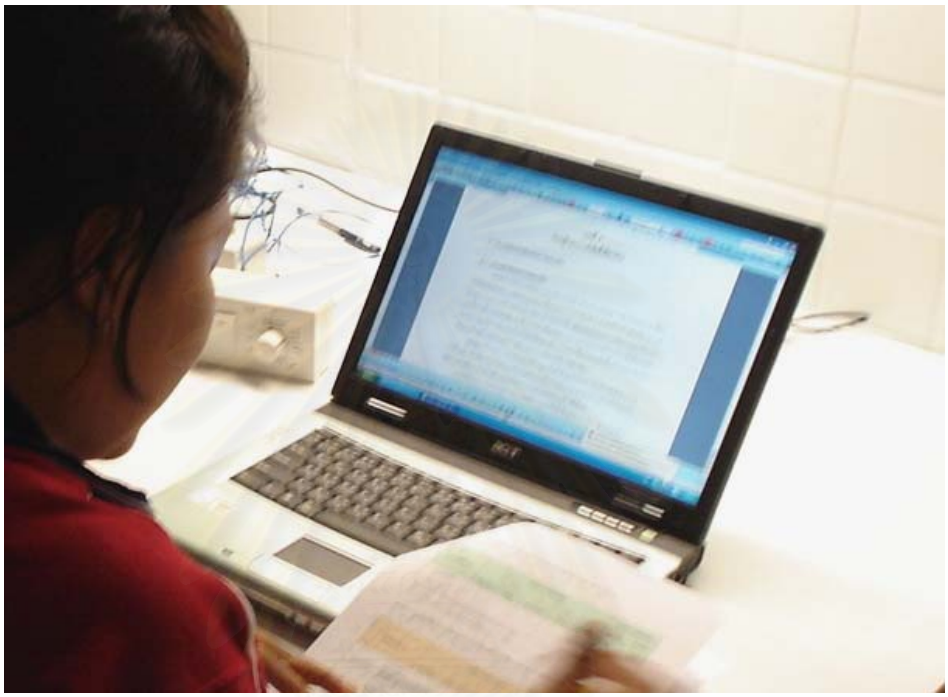
4. อุปกรณ์สวิตซ์ Fluorescent Dimmer ยี่ห้อ Panasonic

5. หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ ชนิดที่เลือกมาทดสอบมี 2 แบบ คือ หลอดคูลไวท์(Cool White) 4000 องศาเคลวิน (K) และ หลอดวอร์มไวท์ (Warm White) 3000 องศาเคลวิน (K) ยี่ห้อ Philips

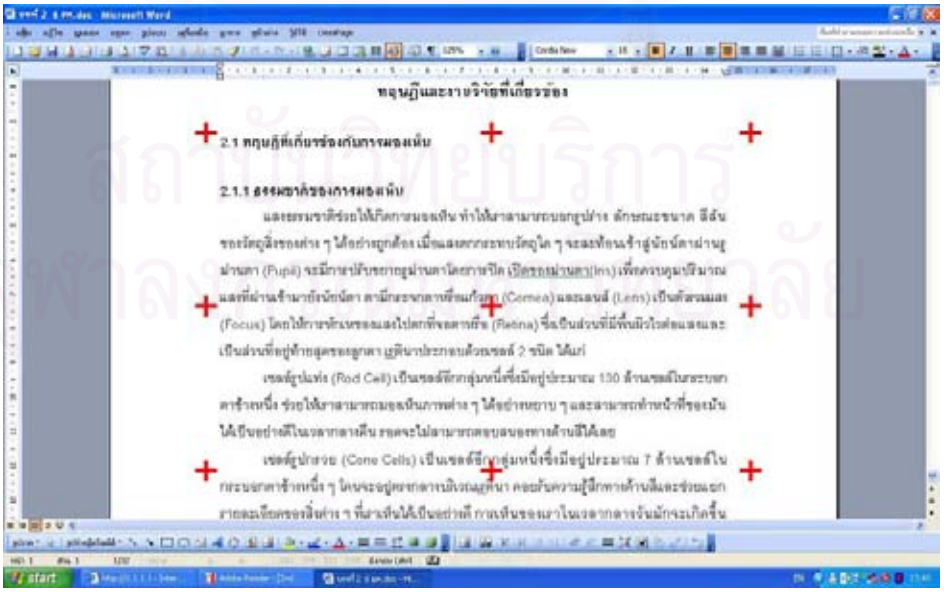
ภาพที่ 3.2 แสดงชุดรางนีออนสำเร็จรูปขนาด และอุปกรณ์ ชุด Analog Dimming Ballast

ภาพที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์สวิตซ์ Fluorescent Dimmer

6. คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ยี่ห้อ Acer รุ่น TravelMate 3242NWXMi หน้าจอ 14.1 “ WXGA wide TFT LCD ความจ้า (Brightness) ของจอ LCD เท่ากับ 120.21 cd/sq.m.ทำการวัดขณะเปิดใช้โปรแกรม Microsoft Office World วัดค่าเฉลี่ย 9 จุดบนจอ (จากภาพที่ 3.5) โดยขณะทำการทดลองได้กำหนดระยะองศาของหน้าจอคอมพิวเตอร์ไว้ที่ 120 องศาตลอดการทดลอง



ภาพที่ 3.4 แสดงคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ที่ใช้ในการทดลอง

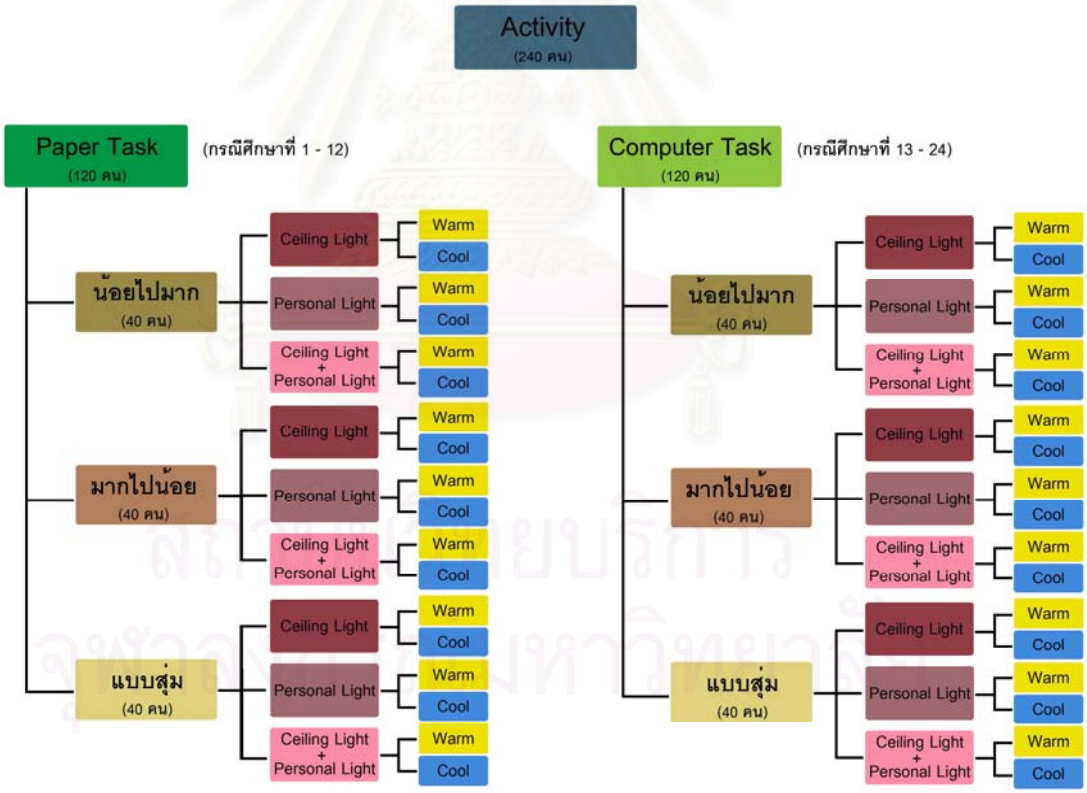


ภาพที่ 3.5 แสดงการวัดความสว่าง เฉลี่ย 9 จุดบนหน้าจอ

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 กรณีศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูล ตามลักษณะของรูปแบบที่ใช้ในการทดลองซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักตามลักษณะของกิจกรรมที่ทำในสำนักงาน ได้แก่ กลุ่มที่อ่านเอกสาร (Paper Task) และกลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task) ในแต่ละกลุ่มกิจกรรมจะใช้ผู้ร่วมเข้าทดสอบ จำนวน 120 คน เท่ากันทั้ง 2 กลุ่ม รวมผู้ร่วมเข้าทดสอบทั้งสิ้น 240 คน และใน 120 คน จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะได้ทำชุดทดสอบที่มีลำดับของการให้แสงสว่างไม่เหมือนกัน ซึ่งจะมีลำดับ 3 แบบดังนี้ เรียงจากน้อยไปมาก (100 Lux 300 Lux 500 Lux 700 Lux และ 900 Lux) จากมากไปน้อย (900 Lux 700 Lux 500 Lux 300 Lux และ 100 Lux) และแบบสุ่ม (500 Lux 100 Lux 700 Lux 300 Lux และ 900 Lux) และในแต่ละกรณีศึกษาแต่ละสภาพแสงจะมีกรณีที่ผู้ร่วมทดลองสามารถปรับระดับความส่องสว่างของแสงได้เองตามความพอใจ ซึ่งรวมทั้งหมดมี 24 กรณีศึกษาดังแผนภูมิที่ 3.5



แผนภูมิที่ 3.5 แสดงกรณีศึกษา

แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ Ceiling Light Personal Light และใช้ทั้ง Ceiling Light และ Personal Light อุณหภูมิสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง คือ Warm White 3000 K และ Cool White 4000 K ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นกรณีศึกษาดังตารางที่ 3.1

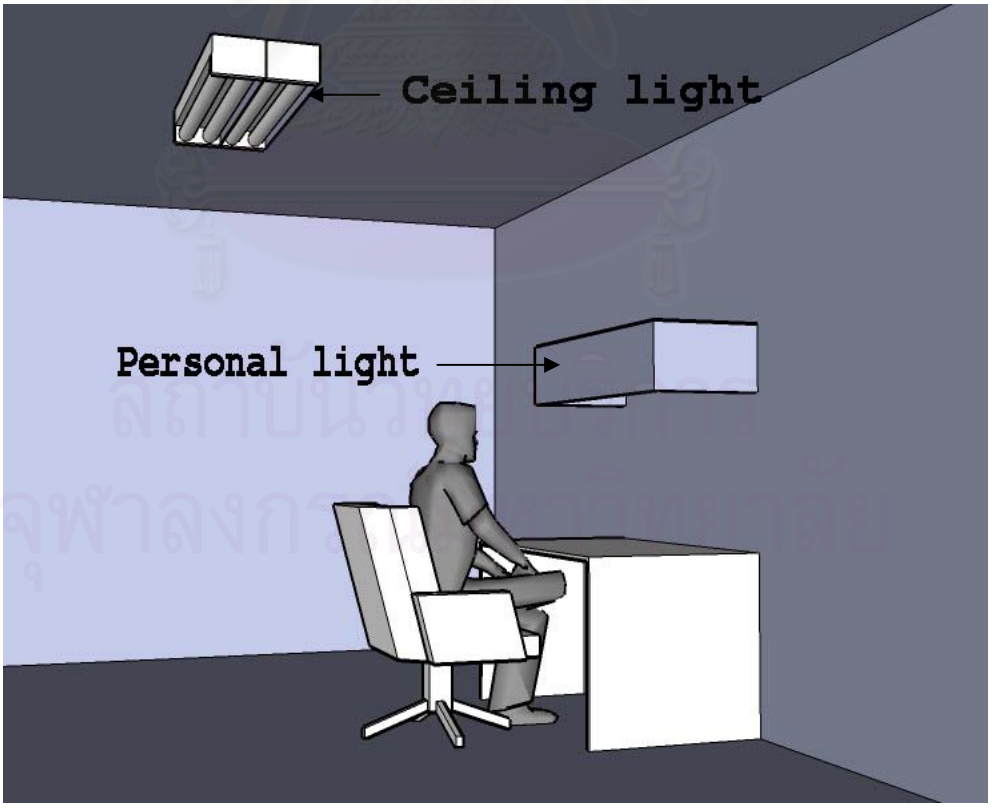
ตารางที่ 3.1 แสดงการเก็บข้อมูลแยกเป็นกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	ลักษณะกิจกรรม	แหล่งกำเนิดแสง	อุณหภูมิสี
กรณีศึกษาที่ 1	Paper Task	Ceiling Light (100 300 500 700 900 Lux)	Warm White
กรณีศึกษาที่ 2	Paper Task	Ceiling Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Warm White
กรณีศึกษาที่ 3	Paper Task	Ceiling Light (100 300 500 700 900 Lux)	Cool White
กรณีศึกษาที่ 4	Paper Task	Ceiling Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Cool White
กรณีศึกษาที่ 5	Paper Task	Personal Light (50 100 300 500 700 900 Lux)	Warm white
กรณีศึกษาที่ 6	Paper Task	Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Warm white
กรณีศึกษาที่ 7	Paper Task	Personal Light (50 100 300 500 700 900 Lux)	Cool white
กรณีศึกษาที่ 8	Paper Task	Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Cool white
กรณีศึกษาที่ 9	Paper Task	Ceiling Light (300 Lux) + Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Warm white
กรณีศึกษาที่ 10	Paper Task	Ceiling Light (300 Lux) + Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Cool white
กรณีศึกษาที่ 11	Paper Task	Ceiling Light (300 Lux)	เปรียบเทียบ Warm white Cool white
กรณีศึกษาที่ 12	Paper Task	Personal Light (300 Lux)	เปรียบเทียบ Warm White Cool White
กรณีศึกษาที่ 13	Computer Task	Ceiling Light (100 300 500 700 900 Lux)	Warm White
กรณีศึกษาที่ 14	Computer Task	Ceiling Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Warm White
กรณีศึกษาที่ 15	Computer Task	Ceiling Light (100 300 500 700 900 Lux)	Cool White
กรณีศึกษาที่ 16	Computer Task	Ceiling Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Cool White
กรณีศึกษาที่ 17	Computer Task	Personal Light (50 100 300 500 700 900 Lux)	Warm White
กรณีศึกษาที่ 18	Computer Task	Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Warm White
กรณีศึกษา	ลักษณะกิจกรรม	แหล่งกำเนิดแสง	อุณหภูมิสี
กรณีศึกษาที่ 19	Computer Task	Personal Light (50 100 300 500 700 900 Lux)	Cool White
กรณีศึกษาที่ 20	Computer Task	Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Cool White

กรณีศึกษา	ลักษณะกิจกรรม	แหล่งกำเนิดแสง	อุณหภูมิสี
กรณีศึกษาที่ 21	Computer Task	Ceiling Light (300 Lux) +Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Warm White
กรณีศึกษาที่ 22	Computer Task	Ceiling Light (300 Lux) +Personal Light (ผู้ร่วมทดลองปรับเอง)	Cool White
กรณีศึกษาที่ 23	Computer Task	Ceiling Light (300 Lux)	เปรียบเทียบ Warm White และ Cool White
กรณีศึกษาที่ 24	Computer Task	Personal Light (300 Lux)	เปรียบเทียบ Warm White Cool White

3.3.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลอง มีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ

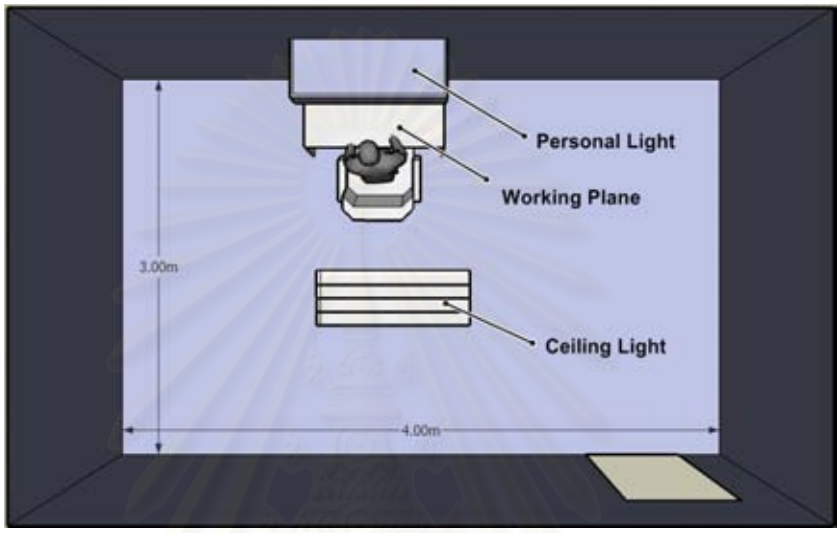
- Ceiling Light
- Personal Light
- แบบผสมผสาน (Ceiling Light+ Personal Light)



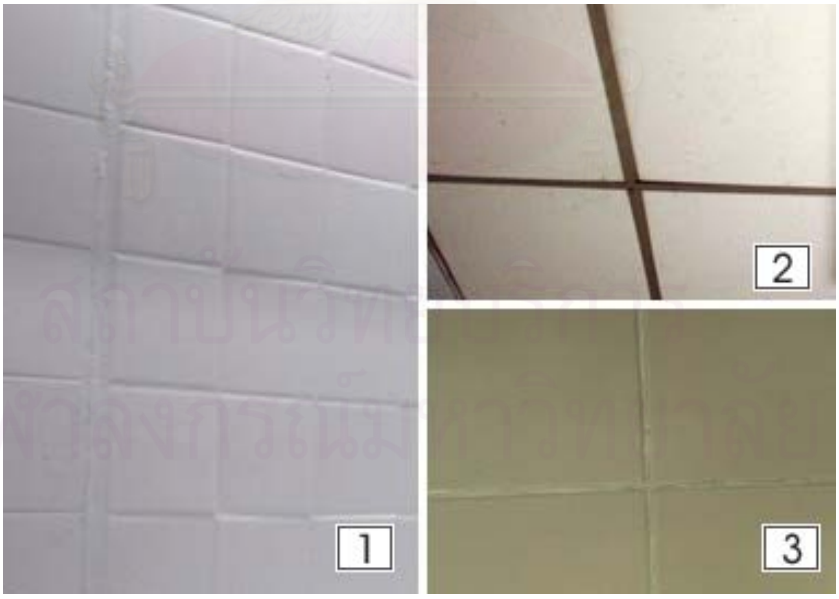
ภาพที่ 3.6 แสดงแหล่งกำเนิดแสงสว่าง Ceiling Light และ Personal Light

3.3.3 ห้องทดลอง

สถานที่ใช้ทดลองเดิมเป็นห้องมืดสำหรับล้างอัดภาพ ลักษณะของห้องจึงไม่มีช่องเปิดจึงเหมาะสมต่อการควบคุมมิให้แสงสว่างจากภายนอกเข้ามารบกวน ภายในได้ทาสีผนังห้องใหม่ทั้งหมดเป็นสีขาว ห้องทดลองมีขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร และ สูง 2.5 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เพดาน 80% ผนัง 70% พื้น 30%



ภาพที่ 3.7 แสดงผังพื้นภายในห้องทดลอง

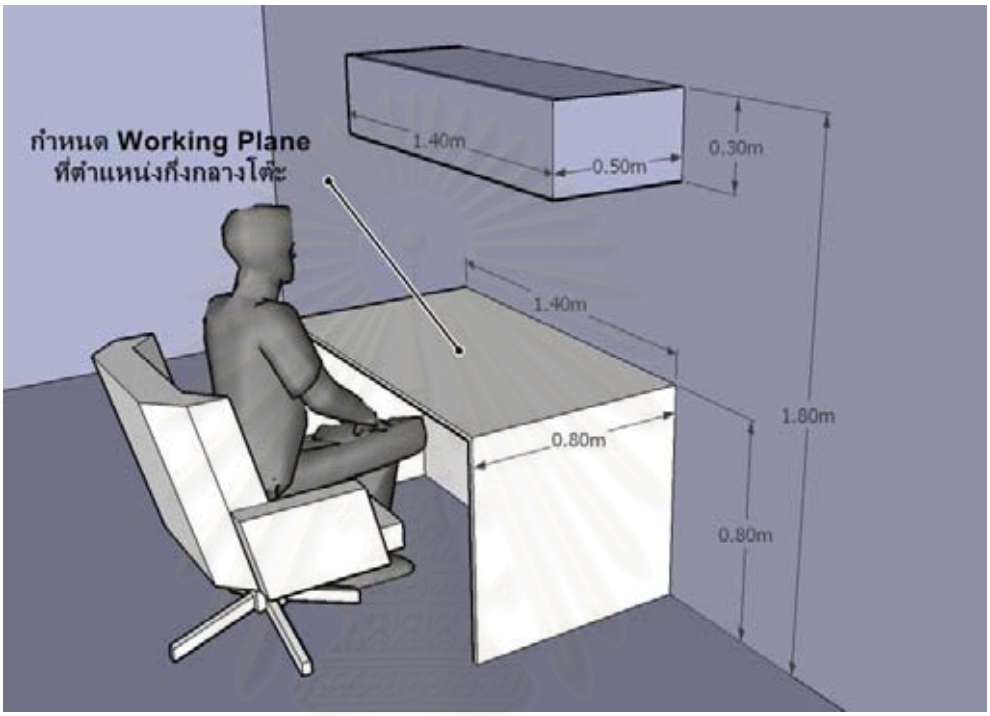


ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะพื้นผิวภายในห้องทดลอง

* หมายเหตุ หมายเลข 1= ผนัง หมายเลข 2 =เพดาน หมายเลข 3= พื้น

3.3.4 ตำแหน่งของการวัดแสง

โดยการวัดจะติดตั้งตัวรับแสง (Sensor) ที่ตำแหน่งกึ่งกลางโต๊ะ โดยกำหนดความสูงที่ระดับการใช้งาน (Working Plane) ที่ระยะ 0.8 เมตร ซึ่งตำแหน่งที่กำหนดจะเป็นตำแหน่งเดียวกันกับจุดที่วาง เอกสาร (Paper Task) และ คอมพิวเตอร์ (Computer Task)



ภาพที่ 3.9 แสดงตำแหน่งการวัดแสงและขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้

3.3.5 ลักษณะของ Task ที่ใช้ทำงานทดลอง

Paper Task

ลักษณะของเอกสารที่ใช้ในการทดลอง ใช้กระดาษ Double A ขนาด A4 พิมพ์แบบขาวดำ จากโปรแกรม Microsoft Word ชนิดอักษร Cordia New ขนาด 16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น

2.1.1 ธรรมชาติของการมองเห็น

แสงธรรมชาติช่วยให้เกิดการมองเห็น ทำให้เราสามารถบอกรูปร่าง ลักษณะขนาด สีสัน ของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เมื่อแสงตกกระทบวัตถุใด ๆ จะสะท้อนเข้าสู่นัยน์ตาผ่านรูม่านตา (Pupil) จะมีการปรับขยายรูม่านตาโดยการปิด เปิดของม่านตา(Iris) เพื่อควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามายังนัยน์ตา ตามีกระจกตาหรือแก้วตา (Cornea) และเลนส์ (Lens) เป็นตัวรวมแสง (Focus) โดยให้การหักเหของแสงไปตกที่จอตาหรือ (Retina) ซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวไวต่อแสงและเป็นส่วนที่อยู่ท้ายสุดของลูกตา เรตินาประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด ได้แก่

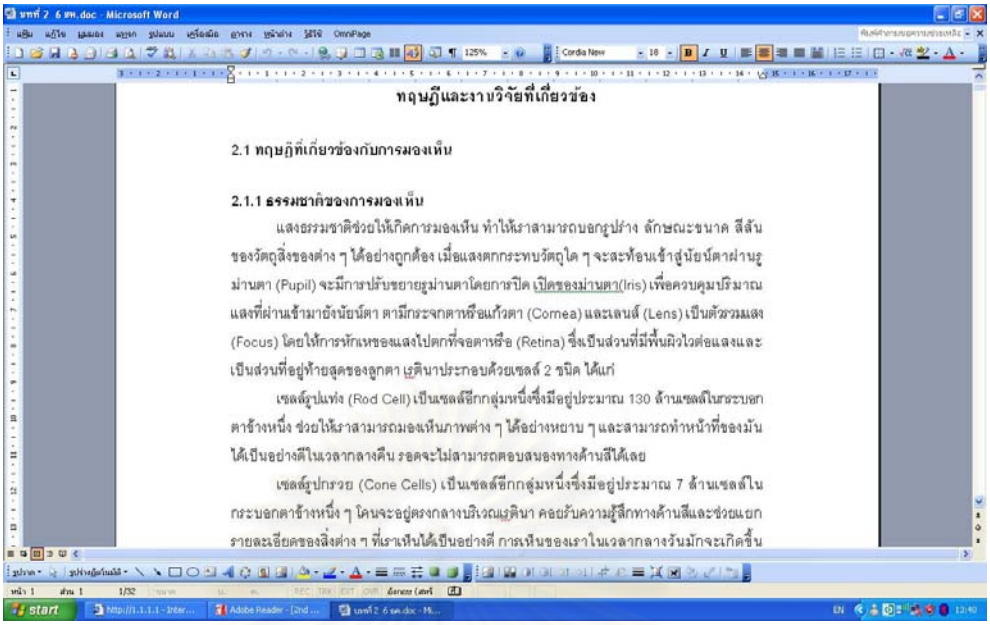
เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) เป็นเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีอยู่ประมาณ 130 ล้านเซลล์ในกระบอกตาข้างหนึ่ง ช่วยให้เราสามารถมองเห็นภาพต่าง ๆ ได้อย่างหยาบ ๆ และสามารถทำหน้าที่ของมันได้เป็นอย่างดีในเวลากลางคืน รอดจะไม่สามารถตอบสนองทางด้านสีได้เลย

ภาพที่ 3.10 แสดงเอกสาร (Paper Task) ที่ใช้ในการทดลอง

Computer Task

ลักษณะของจอภาพ LCD ที่ใช้ในการทดลอง เอกสารที่ให้ผู้ร่วมทดลองอ่านนั้นเปิดจากโปรแกรม Microsoft Word ชนิดอักษร Cordia New ขนาด 16 ตั้งขนาดมุมมองภาพขยายไว้ที่ 100% ซึ่งจะมีขนาดใกล้เคียงกันกับขนาดเอกสารจริง (Paper Task) ความเอียงขององศาจอภาพกำหนดไว้ที่ 120 องศา และลักษณะการใช้งานคอมพิวเตอร์จะแยกออกเป็น 2 Task ได้แก่ Task ทางนอน และ Task ทางตั้ง ซึ่งในที่นี้ Task ทางนอน นั้นหมายถึง Task ที่ผู้ร่วมทดลองมองไปที่คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ส่วน Task ทางตั้ง นั้นหมายถึง Task ที่ผู้ร่วมทดลองมองไปที่หน้าจอของคอมพิวเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น

2.1.1 ธรรมชาติของการมองเห็น

แสงธรรมชาติช่วยให้เกิดการมองเห็น ทำให้เราสามารถบอกรูปร่าง ลักษณะขนาด สีสัน ของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เมื่อแสงตกกระทบวัตถุใด ๆ จะสะท้อนเข้าสู่นัยน์ตาผ่านรู ม่านตา (Pupil) จะมีการปรับขยายรูม่านตาโดยการปิด เปิดของม่านตา(Iris) เพื่อควบคุมปริมาณ แสงที่ผ่านเข้ามายังนัยน์ตา ตามีกระจกตาหรือแก้วตา (Cornea) และเลนส์ (Lens) เป็นตัวรวมแสง (Focus) โดยให้การหักเหของแสงไปตกที่จอตาหรือ (Retina) ซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวไวต่อแสงและ เป็นส่วนที่อยู่ท้ายสุดของลูกตา เรตินาประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด ได้แก่

เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) เป็นเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีอยู่ประมาณ 130 ล้านเซลล์ในระบอก ตาข้างหนึ่ง ช่วยให้เราสามารถมองเห็นภาพต่าง ๆ ได้อย่างหยาบ ๆ และสามารถทำหน้าที่ของมัน ได้เป็นอย่างดีในเวลากลางคืน รอดจะไม่สามารถตอบสนองทางด้านสีได้เลย

เซลล์รูปกรวย (Cone Cells) เป็นเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีอยู่ประมาณ 7 ล้านเซลล์ใน กระบอกตาข้างหนึ่ง ๆ โดนจะอยู่ตรงกลางบริเวณเรตินา คอยรับความรู้สึกทางด้านสีและช่วยแยก รายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ที่เราเห็นได้เป็นอย่างดี การเห็นของเราในเวลากลางวันมักจะเกิดขึ้น

ภาพที่ 3.11 แสดงจอภาพ LCD (Computer Task) ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 3.12 แสดงการใช้ Computer Task แยกออกเป็น 2 Task ได้แก่ Task ทางนอน และ Task ทางตั้ง

3.3.6 วิธีการทดลอง

สำหรับขั้นตอนในการทำแบบสอบถามในการทดลองนี้จะใช้เวลาทั้งหมดโดยประมาณ 20-25 นาทีตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนในการทดลอง

เวลา	กิจกรรม
นาทีที่ 1-5	ใน 5 นาทีแรก ผู้ร่วมทดลองนั่งภายในห้องทดลองเพื่อปรับสภาพสายตาอารมณ์ และในขณะเดียวกันจะได้ฟังผู้วิจัยอธิบายถึงลำดับขั้นตอน วิธีการทดลอง วิธีการใช้อุปกรณ์สวิตซ์ Fluorescent Dimmer และวิธีการกรอกแบบสอบถาม
นาทีที่ 6-7	ผู้ร่วมทดลองกรอกแบบสอบถามส่วนที่ 1 ซึ่งจะอยู่ในหน้าแรกของแบบสอบถาม ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ เพศ อายุ และลักษณะสายตา สำหรับ 120 คน แรก จะได้ทำแบบสอบถามชุดที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบถามสำหรับ Paper Task และ 120 คน หลัง จะได้ทำแบบสอบถามชุดที่ 2 ซึ่งเป็นแบบสอบถามสำหรับ Computer Task รวมทั้งสิ้น 240 คน (รายละเอียดของแบบสอบถามสามารถดูได้จากภาคผนวก ข.)
นาทีที่ 8-30	เริ่มทำแบบสอบถามส่วนที่ 2-7 ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ในการทำแบบสอบถามแต่ละส่วนนั้น โดยผู้ร่วมทำการทดลองจะต้องหลับตา 15 วินาที เพื่อปรับสายตาในแต่ละครั้งที่เปลี่ยนระดับความส่องสว่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.13 แสดงการทดลองการอ่านเอกสาร (Paper Task)

ภาพที่ 3.14 แสดงการทดลองการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task)

3.3.7 แบบสอบถาม

ประกอบด้วย 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นชุดสำหรับอ่านเอกสาร (Paper Task) ชุดที่ 2 สำหรับคอมพิวเตอร์ (Computer Task) ในแบบสอบถามผู้ร่วมทดลองจะต้องเลือให้คะแนนในแต่ละระดับความส่องสว่างจากระดับความสบายตาทั้งหมด 5 ระดับ ค่าคะแนนที่มากที่สุดหมายถึงระดับความสบายตาที่มากที่สุดไปถึงน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้ (5 มากที่สุด ,4 มาก, 3 ปานกลาง, 2 น้อย และ 1 น้อยที่สุด) ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากภาคผนวก ข.

3.4 กรณีศึกษา

3.4.1 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ Ambient Lighting

ชื่อเรื่อง : Integrated Lighting Approach Saves Energy in Post Office Facilities

เขียนโดย : Jeffrey C. Mitchell

จาก : University of California Berkeley, CA 94720 June 2000

วัตถุประสงค์

- เพื่อปรับปรุงคุณภาพความส่องสว่างและการกระจายแสง กำจัดส่วนมืดและเงาในพื้นที่ทำงานให้ดีขึ้น
- พัฒนาระบบแสงประสิทธิภาพสูง (Low Glare Ambient Lighting) เพื่อช่วยลดความจ้าของแสง
- เพื่อการใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการบริโภคพลังงาน

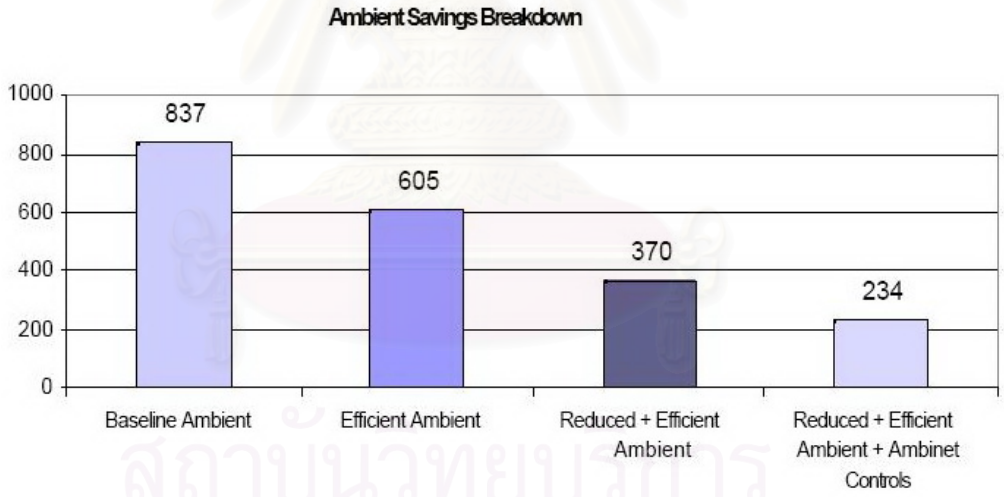
การเตรียมการทดลอง

- ติดดวงไฟที่ฝ้าเพดาน ทั้งดวงไฟและballast ลดมุมสูง โดยระดับความสว่างอยู่ที่ 25-30 fc ซึ่งปรับได้เหมาะสมกับcirculation function ในส่วน letter sorting station
- ใช้ระบบsensor ควบคุม ปิดเมื่อออกไป และเปิดเมื่อกลับเข้ามา ตัวตรวจจับสัญญาณสามารถปรับให้เข้ากับการใช้งานมากที่สุดและประหยัดพลังงานได้

Ambient Lighting

- ใช้ระบบ Baseline ambient systemใช้ หลอดไฟT12 ขนาด8ฟุต กับ ballastแบบ magnetic core ในส่วนของห้องทำงานจะใช้อุปกรณ์ส่องสว่าง baseline ambient illuminant ในช่วงการทำงานตั้งแต่ 50 ถึง 75 fc โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 65 fc พบว่าในบริเวณ carrier case station จะมีความสว่างเพียง 15ถึง25fc เท่านั้น เนื่องจากตัว case station เองจะเป็นตัวกีดขวางแสงบางส่วนไว้ ดังนั้นด้วยอุปกรณ์ส่องสว่างambient illuminance

- Baseline ambient system ถูกแทนที่ด้วย tandem wraparound fixtureขนาด 8 ฟุต ที่สามารถปรับหรี่ความสว่างได้ตั้งแต่ 10% ถึง 100% ซึ่งความสามารถในการปรับหรี่นี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆในการทดลอง และด้วย fixtureนี้เองทำให้เราสามารถพัฒนา ambient Lighting จากหลอดไฟT12 กับ ballast ระบบแบบ magnetic core (837 kWhrs/week) มาเป็นหลอดT12กับ ballastแบบ electronic
- ซึ่งจะลดLighting load โดยรวมได้ถึง 25%ทีเดียว(เหลือ 605 kWhrs/week) นอกจากนี้เราสามารถปรับหรี่ ambient Lighting ในส่วนคัดแยกและจัดเก็บไปรษณียภัณฑ์ลงเหลือ 25 ถึง 30fc ในขณะที่ส่วนอื่นปรับที่ 65fcเหมือนเดิม วิธีนี้จะช่วยลดLighting load โดยรวมได้มากขึ้นอีก 25%(เหลือ 370 kWhrs/week) และอีกวิธีที่จะช่วยลดLighting load โดยรวมลงได้อีก15% (เหลือ 234 kWhrs/week) ก็คือการทำให้ ambient operating schedule สั้นลง ดังแผนภูมิที่ 3.6

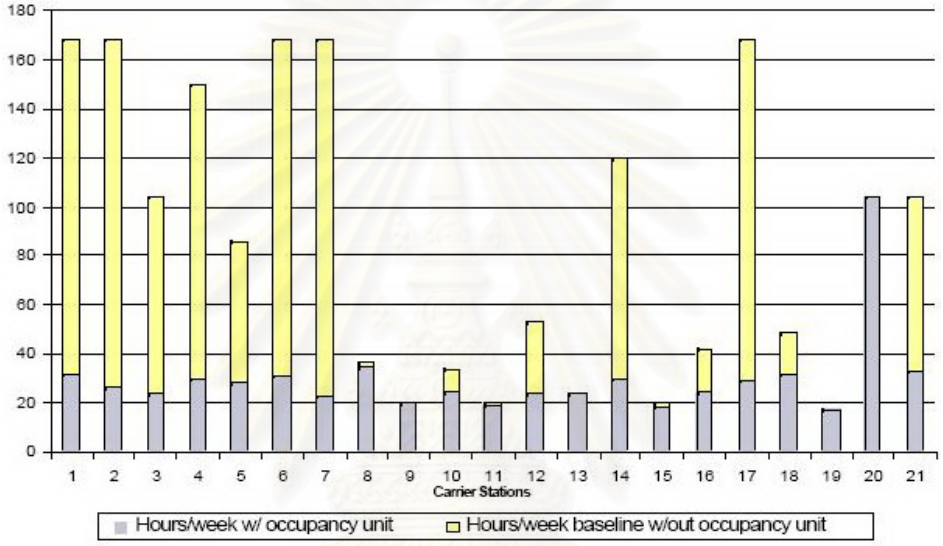


แผนภูมิที่ 3.6 แสดงการลด ใช้พลังงานของ Lighting load ของ ambient Lighting

การควบคุมความสว่าง

- พนักงานแต่ละคนในส่วนคัดแยกจดหมายจะมีพื้นที่ทำงานของตัวเอง โดยพื้นที่ทำงานจะถูกติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งทำงานโดยใช้ passive infrared technology ไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่มีการป้องกันไม่ให้คนภายนอกซึ่งไม่ได้อยู่ในส่วนคัดแยกปรับได้ จะมีการ

- จากข้อมูลที่ได้ มีรูปแบบการใช้งานหลักๆที่อยู่ 3 รูปแบบ: กลุ่มที่ 1คือคนที่ปิดไฟหลังช่วงเช้าเมื่อทำงานคัดแยกเสร็จ, กลุ่มที่2 คือคนที่ปิดไฟหลังจากหมดวันทำงาน, และกลุ่มสุดท้ายคือคนที่เปิดไฟไว้ตลอดโดยไม่ปิดเลย
- ทำการเก็บข้อมูลเวลาทำงานในแต่ละวันของพนักงาน และนำข้อมูลนี้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล baseline เพื่อคำนวณหาพลังงานที่เราจะสามารถประหยัดได้จากการควบคุมการใช้ไฟ



แผนภูมิที่ 3.7 แสดงจำนวนชั่วโมงที่ใช้ไฟใน1สัปดาห์ในแต่ละ station เปรียบเทียบระหว่างใช้ occupancy sensor และไม่ใช้ในการควบคุม

ผลที่ได้จากการวิจัย

- ผลการติดตั้งระบบรวมแบบใหม่ในที่ทำการไปรษณีย์เมือง Rodeo,CA สามารถลด Lighting load ได้ทั้งสิ้น 71% การลดลงนี้มีสาเหตุหลักมาจาก
- การเพิ่มประสิทธิภาพของ ambient: การพัฒนาambient Lighting systemไปสู่เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานแสงสว่างไปได้ 25%
- การเพิ่มประสิทธิภาพของ ambient: การลดระดับของ ambient Lighting ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานแสงสว่างไปได้ 25%
- การควบคุม ambient: กวดขันกับ ambient Lighting schedule มากขึ้น จะช่วยลดการใช้พลังงานแสงสว่างทั้งหมดลง15%

- การควบคุมการทำงาน: ควบคุมการใช้ไฟของพนักงาน จะลดการใช้พลังงานแสงสว่างทั้งหมดลง6%

การทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานและพัฒนาคุณภาพของแสงสว่างไปในเวลาเดียวกัน ระบบLightingในการทดลองนี้ได้ถูกนำไปใช้ในที่ทำการไปรษณีย์เกือบ 35,000แห่งทั่วประเทศ (US) และพบว่าช่วยประหยัดพลังงานได้ถึง 50%ของการใช้พลังงานแสงสว่างทั้งหมดในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์

3.4.2 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ อิทธิพลของ colour temperature และ illuminance

ชื่อเรื่อง : An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance

เขียนโดย : Banu Manav

จาก : Department of Interior Architecture and Environmental Design Stanbul, Turkey

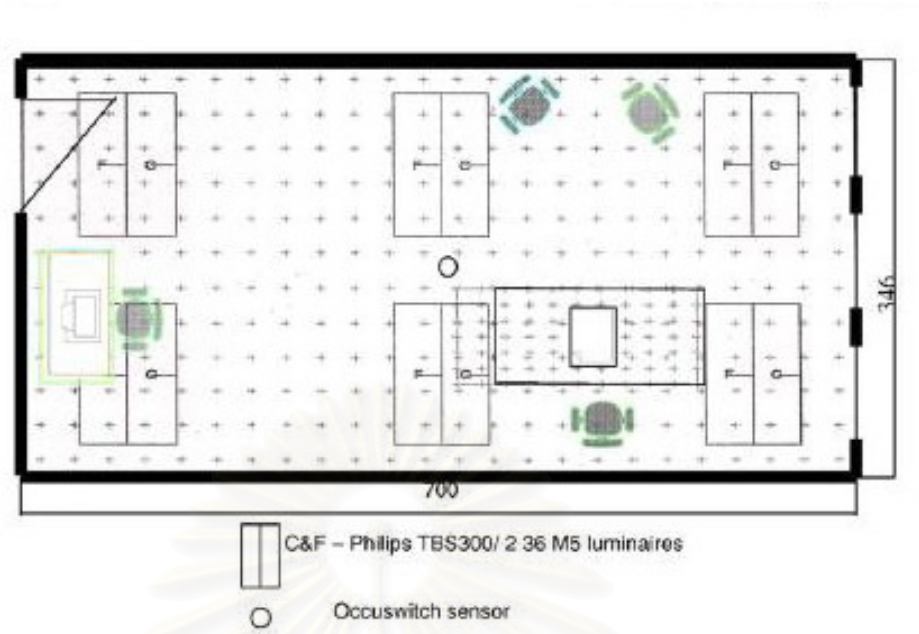
วัตถุประสงค์

- ศึกษาอิทธิพลของ 2 ตัวแปร คือ colour temperature และ illuminance ในแง่ที่เกี่ยวกับอัตวิสัย และ ความประทับใจของมนุษย์
- เพื่อหาค่าของ brightness โดยจะเปลี่ยนค่าของ saturation level of colours เพื่อให้ได้ค่าที่รู้สึกสบาย ผ่อนคลาย และรู้สึกประทับใจ

การเตรียมการทดลอง

- ห้องที่ใช้ทดลองมีขนาด 3.46x7.00x2.80 m ภายในบุฝ้าเพดานสีขาว ผนังสีเทาอ่อน และไม้ลามิเนตสีน้ำตาลอ่อน
- ห้องทดลองมีการควบคุมแสงธรรมชาติโดยติดม่านบังตา ระบบแสงสว่างมี 6 ชุด ที่ฝ้าเพดาน ทั้งหมดมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ 12 หลอด ซึ่งถูกติดตั้งกับ dimmer electronic ballasts ดังภาพ

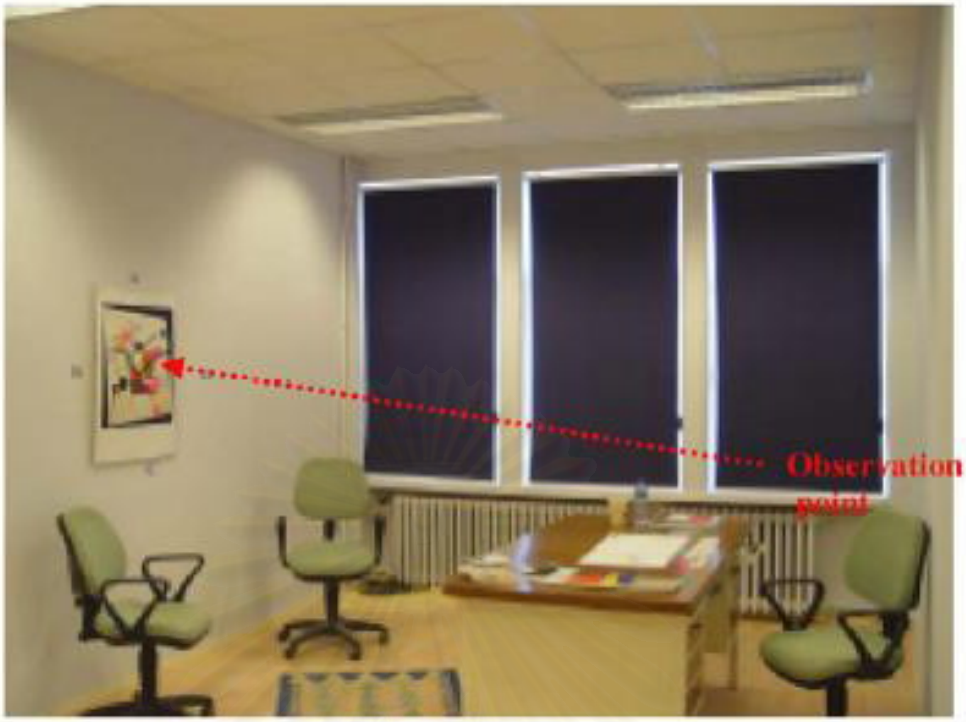
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.15 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง dimmer electronic ballasts

- colour temperature 3 ค่าที่ถูกเลือกใช้มี 2700 4000 และ แบบผสม (K)
- ค่าสูงสุดของ illumination ที่ใช้ คือ 2000 Lux
- ระบบแสงสว่างถูกออกแบบใหมีความแตกต่างถึง 8 ระดับ ซึ่งจะมีหมายเลขกำกับและควบคุมด้วยระบบรีโมทคอนโทร
- ระบบสามารถปรับให้คงที่ได้ illumination level ที่ 500 750 1000 และ 2000 Lux ที่ระดับ working surface และระบบของ colour temperature 2700 4000 และ แบบผสม (K) ได้มีการถูกสร้างแยกออกมา
- พนักงาน office ทั้งหมด 56 คน ที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้จะถูกจัดอยู่ในห้องทดลองที่เหมือนกัน ดังภาพที่ 3.21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.16 แสดงพื้นที่ภายในห้องที่ใช้ทำการทดลอง

- Comfort conditions จะถูกประเมินค่าในทุก ๆ สภาพแสง ค่า illuminance และ luminance จะถูกวัดโดย LMT PO1704 Luxmeter และ LMT Luminance Meter ส่วนค่า luminance ratios และ glare Indexes จะถูกคำนวนโดยโปรแกรม CalcuLux Indoor 5.0

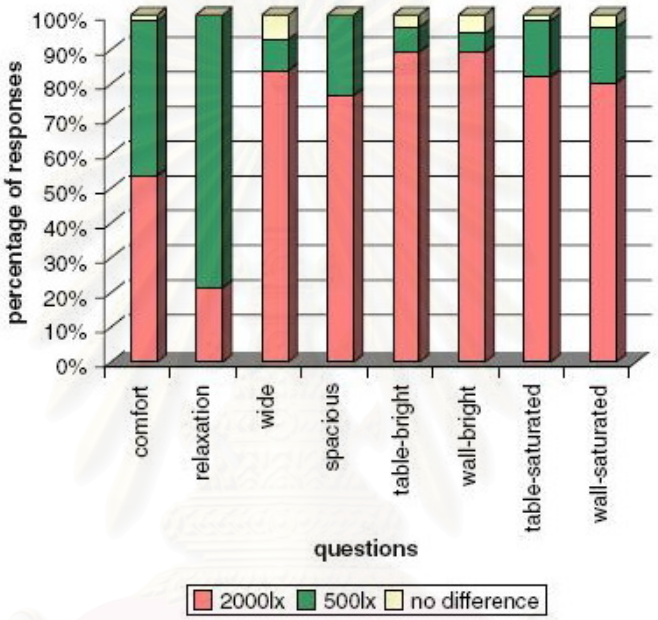
วิธีการทดลอง

- ในการทดลองได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ผู้ทำการทดสอบกลุ่มที่ 1 จำนวน 29 คน จะทำการทดลอง โดยใช้ลำดับของไฟดังนี้ 500 750 1000 Lux ในขณะที่กลุ่มที่ 2 จำนวน 27 คน จะใช้ลำดับ 1000 750 500 Lux
- การทดสอบทางสถิติได้ถูกนำมาใช้ประเมิณค่าความแตกต่าง ระหว่าง กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 โดยการศึกษาครั้งนี้โดยการทดลองครั้งนี้ได้ออกแบบการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1

- ในส่วนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับอารมณ์และตัวแปรที่นำมาใช้ศึกษาคือ illumination level โดย colour temperature จะถูกปรับให้เป็นแบบผสม ผู้ร่วมทดลองจะถูกประเมินในสภาพแสง 500 Lux และ 2000 Lux โดยใช้แบบสอบ และใช้เวลาในการปรับตา 15 วินาที ก่อนที่จะเริ่มการทดลอง

- ผู้ร่วมทดลองสามารถใช้รีโมทคอนโทรปรับเองจนถึงระดับแสงที่ตนพอใจ
- ในกรณีแรกของการทดสอบการเลือกแสงที่เป็นที่พอใจที่สุด มักถูกระบุว่าไม่พบความแตกต่าง ซึ่งในการทดสอบตัวแปรมักเกี่ยวข้องกับการรับรู้ brightness การเปลี่ยน saturation level of colours ความสบายความผ่อนคลาย และ impressions of spaciousness
- จากผลการทดลองได้ระบุให้เห็นว่าการเพิ่มระดับความส่องสว่างจะเพิ่มความรู้สึกสบายมากยิ่งขึ้น ดังแผนภูมินี้

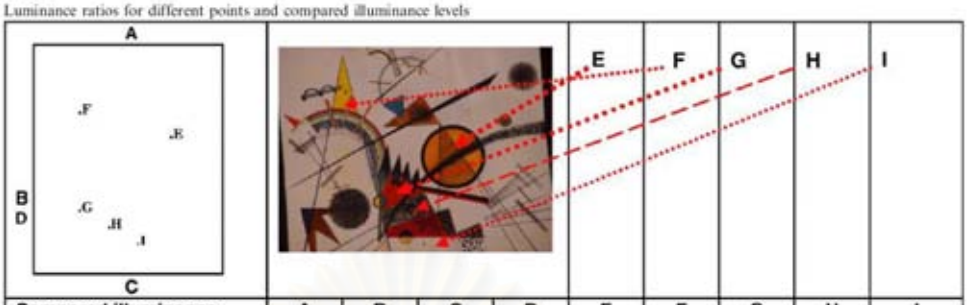


แผนภูมิที่ 3.8 แสดงการประเมินค่า ระดับความส่องสว่างในห้องทดสอบที่ 2000 และ 500 Lux

- ในการทดลองได้เปรียบเทียบค่า saturation level (ความอิ่มตัวของสี) ของวัตถุที่วางอยู่บนโต๊ะและบนผนังตรงข้ามกับจุดสังเกตการณ์
- การเพิ่มระดับความส่องสว่างมีผลต่อการดึงดูดสายตาจากสภาพแวดล้อม และ ความอิ่มตัวของสีก็เพิ่มมากขึ้นด้วย
- การประเมิน brightness ได้เปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความส่องสว่าง ค่าของ luminance ถูกวัดค่าในหลาย ๆ จุด เพื่อเปรียบเทียบการรับรู้ต่อ brightness ของผู้ร่วมทดลอง เมื่อระดับความส่องสว่างถูกเพิ่มขึ้นจาก 500 ไปถึง 2000 Lux colour และ temperature ในแบบผสม พบว่าค่า brightness ของวัตถุบนโต๊ะ และบนผนังนั้นมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 3.3 แสดงการเปรียบเทียบ luminance ratios ภายใต้ความแตกต่างของ illuminance levels

Table 1
Luminance ratios for different points and compared illuminance levels



Compared illuminance levels	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1000-750lx&4000K	1.26	1.25	1.24	1.26	1.21	1.27	1.2	1.24	1.24
750-500lx&4000K	1.51	1.5	1.53	1.49	1.51	1.49	1.47	1.48	1.5
1000-500lx&4000K	1.89	1.88	1.9	1.87	1.83	1.89	1.76	1.83	1.85
1000-750lx&2700K	1.25	1.24	1.24	1.25	1.25	1.27	1.26	1.31	1.26
750-500lx&2700K	1.36	1.39	1.5	1.47	1.65	1.45	1.41	1.35	1.36
1000-500lx&4000K	1.71	1.72	1.87	1.83	2.05	1.84	1.77	1.77	1.71
2000lx-500lx &mixed CT	2.81	2.79	3.08	2.95	3.08	3.23	3.47	3.39	3.44

- จากตารางแสดงการเปรียบเทียบ luminance ratios ในหลายๆจุดภายใต้ความแตกต่างของ illuminance levels มีความแตกต่างที่สูงขึ้นระหว่าง illuminance levels พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในด้านที่ดีขึ้นของการรับรู้ต่อแสงสว่าง และเป็นที่แน่นอนว่า colour temperature ไม่มีผลต่อการรับรู้ในด้านความสว่าง แต่ในขณะที่ illuminance มีผล
- พบว่า luminance ratios ของ 500–750 Lux, 750–1000 Lux และ 500–1000 Lux เปรียบเทียบกันภายใต้อุณหภูมิสีที่ 2700 K and 4000 K มีความคล้ายกัน
- ตามที่ CIE ได้มีการแนะนำไว้ว่าให้คงค่าไว้ที่ 1.5 เท่า ระหว่างความต่างของ illuminance (500–750–1000 Lux) พบว่าจะมีความพึงพอใจ และ visual comfort ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ค่าความสว่างภายในขอบเขตที่กำหนดนี้พบว่าอยู่ในช่วงขอบเขตสบาย
- เมื่อดูจากในตารางเมื่อเปลี่ยนค่า illuminance ให้ต่างกันถึง 250 Lux luminance ratios จะอยู่ระหว่าง 1.2 และ 1.6 เมื่อให้ต่างกันถึง 500 Lux luminance ratios จะอยู่ระหว่าง 1.7 และ 2.0 และเมื่อต่างกันที่ 250 Lux และ luminance ratios ไม่ควรเกิน 3:1 ก็จะจัดอยู่ในสภาวะสบาย การเปลี่ยนระดับความส่องสว่างจะเพิ่มการรับรู้ได้ดียิ่งขึ้น ในแบบ 1000–750–500 Lux ซึ่งจะดูการอ้างอิงได้จากการศึกษาของ Tomoaki
- ผลจาก chi-square test สามารถนำมาประยุกต์สำหรับประเมินค่าความสัมพันธ์ ระหว่างระดับความส่องสว่าง และ subjective impressions สำหรับกลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2

ตารางที่ 3.4 แสดงการคำนวณค่า p values สำหรับ 500 Lux และ 2000 Lux

Chi-square test results and computed *p* values for 500–2000 lx comparison

Subjective impressions	Computed *p* value
Comfort	0.06
Relaxation	0.75
Wide	0.35
Spaciousness	0.17
Brightness evaluation (poster on the table)	0.34
Brightness evaluation (poster on the wall)	0.61
Saturation level (poster on the table)	0.3
Saturation level (poster on the wall)	0.47

- จากตารางที่ 3.3 แสดงการคำนวณค่า p values สำหรับ 500 Lux และ 2000 Lux สำหรับ colour temperature แบบผสม จากผลการทดสอบพบว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับความส่องสว่าง และ subjective impressions สำหรับ กลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 การกระจายของผลมีความคล้ายคลึงกันในกลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 การเปลี่ยนลำดับของระดับความส่องสว่างไม่มีผลกระทบต่อ subjective impressions สำหรับในการเปรียบเทียบของแสง 500–2000 Lux

ส่วนที่ 2

- การศึกษาในส่วนนี้ระดับความส่องสว่างจะถูกกำหนดไว้ที่ 500, 750 และ 1000 Lux อุณหภูมิสีที่ 2700 K และ 4000 K ซึ่งจะถูกเปรียบเทียบความพึงพอใจในการมองเห็น ผู้ร่วมทดสอบจะได้ทำแบบสอบถามซึ่งได้ระบุไว้ในการทดลองส่วนที่ 1 และมีการควบคุมตัวแปรเช่นเดิม
- ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิสีที่ 4000 K มีความสบายและ spaciousness ภายใต้ทั้งสามระดับความส่องสว่าง ใน
- การประเมินค่า Brightness ของวัตถุบนโต๊ะและบนผนังเปรียบเทียบอุณหภูมิสี 2700 K และ 4000 K ภายใต้แสง 500, 750 และ 1000 Luxซึ่งถ้าดูจากกราฟตัวเลขนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมากซึ่งยากต่อการระบุอย่างเจาะจงถึงอุณหภูมิสี สำหรับการประเมินค่า Brightness การประเมิน Brightness สำหรับผู้ร่วมทำการทดลอง (ผลจากการทำแบบสอบถาม) และการคำนวน luminance ratios ก็จะแตกต่างไปในแต่ละระดับความส่องสว่าง ซึ่งจะสอดคล้องกับ Tiller และ Veitch และ Miyasawa ผู้ซึ่งสรุปว่า การ

- การรับรู้ต่อสี และการเปลี่ยนค่าความอิ่มตัวของสี มีการทดสอบที่ 500, 750 และ 1000 Lux โดยอุณหภูมิสีสองค่า ผลการทดลองได้ระบุออกมาว่าสีโทนร้อนจะถูกรับรู้ได้มากกว่าในอุณหภูมิสีที่ 2700 K ซึ่งในกรณีนี้จะขัดแย้งกับของ Kanaya ผู้ซึ่งสรุปว่าการเปลี่ยนอุณหภูมิสีไม่มีผลต่อการประเมินค่า brightness ซึ่งตรงข้ามกับที่ colour-rendering index ทำได้
- ในการทดสอบ chi-square test สามารถนำมาประยุกต์สำหรับประเมินค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสี และ subjective impressions สำหรับกลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 จากตารางที

ตารางที่ 3.5 แสดงการคำนวณค่า p values สำหรับ 500 Lux 750 Lux และ 1000 Lux

Chi-square test results and computed *p* values for 500–750–1000 lx

Subjective impressions	500 lx computed *p* value	750 lx computed *p* value	1000 lx computed *p* value
Comfort	0.6	0.07	0.22
Relaxation	0.5	0.2	0.7
Wide	0.32	1	0.8
Spaciousness	0.81	0.86	0.06
Brightness evaluation (poster on the table)	0.57	0.22	0.8
Brightness evaluation (poster on the wall)	0.01	0.4	0.34
Saturation level (poster on the table)	0.34	0.78	0.21
Saturation level (poster on the wall)	0.16	0.76	0.1

- แสดงการคำนวณค่า p values สำหรับ 500 Lux 750 Lux และ 1000 Lux ผลได้ชี้ให้เห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์ในการเลือกอุณหภูมิสี และ subjective impressions ในทางสถิติ สำหรับในกลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 จากผลที่คล้ายกันในกลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 การเปลี่ยนลำดับของระดับความส่องสว่างพบว่าไม่มีผลต่อ subjective impressions เมื่อตัวแปรที่นำมาทดสอบคืออุณหภูมิสี
- การทดลองทั้งสองส่วนให้ความเห็นว่าคนชอบควบคุมระบบแสงสว่างมากกว่าซึ่งแนะนำให้ผู้ใช้ควบคุมระบบแสงสว่างเพื่อเพิ่มแรงจูงใจและประสิทธิภาพการทำงาน
- ผู้ร่วมทดลองชอบอุณหภูมิสีแบบผสมและเกือบ 80% เสนอให้ใช้ค่านี้ 62% เสนอให้ใช้ 2000 Lux และเลือกอุณหภูมิสีแบบผสม 14% เสนอให้ใช้อุณหภูมิสีแบบผสม และระดับความส่องสว่างระหว่าง 500 และ 2000 Lux

ผลที่ได้จากการวิจัย

- การเปลี่ยนอุณหภูมิสีและระดับความส่องสว่างมีผลต่อการมองเห็นการดึงดูดใจต่อพื้นที่ ที่ระดับความส่องสว่าง 2000 Lux คนจะชอบมากกว่า 500 Lux ในแง่ของความรู้สึกสบาย Spaciousness, Brightness และ Saturation Evaluation
- ที่อุณหภูมิสี 4000 K จะถูกชอบมากกว่า 2700 K ในแง่ของความรู้สึกสบายและกว้างขวาง แต่ในขณะที่ 2700 K จะถูกแนะนำสำหรับเพื่อความผ่อนคลาย และ Saturation Evaluation
- อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะแนะนำอุณหภูมิสีสำหรับเพิ่ม Brightness ในพื้นที่เพราะการรับรู้ต่อ Brightness นั้นเป็นเรื่องที่เป็นอัตวิสัย
- สำหรับการทดลองในอนาคตควรจะหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการประเมินค่าต่อการรับรู้และตรวจวัดค่า Brightness
- ผลการทดสอบได้ระบุว่าช่วงเวลาที่เหมาะต่อการปรับตัวได้กำหนดให้ Brightness Ratios ไม่ควรเกิน 3:1 ระหว่างชิ้นงานและพื้นที่ติดกัน
- การเปลี่ยนลำดับของระดับความส่องสว่างไม่มีผลต่อความประทับใจในแง่ที่เป็นอัตวิสัย (Subjective Impressions)
- ผู้ร่วมทำการทดลองชอบอุณหภูมิสีแบบผสมส่วนใหญ่ได้เสนอให้ใช้ในอาคารสำนักงานโดยการผสมของอุณหภูมิสี โทนอุ่นและโทนเย็น (mixed CT)
- โดยสรุปในการศึกษานี้ได้ให้ความเห็นว่าผู้ร่วมทำการทดสอบชอบที่จะควบคุมระบบแสงสว่าง โดยแนะนำให้ใช้ระบบแสงสว่างที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยกลุ่มผู้ใช้ในอาคารสำนักงาน

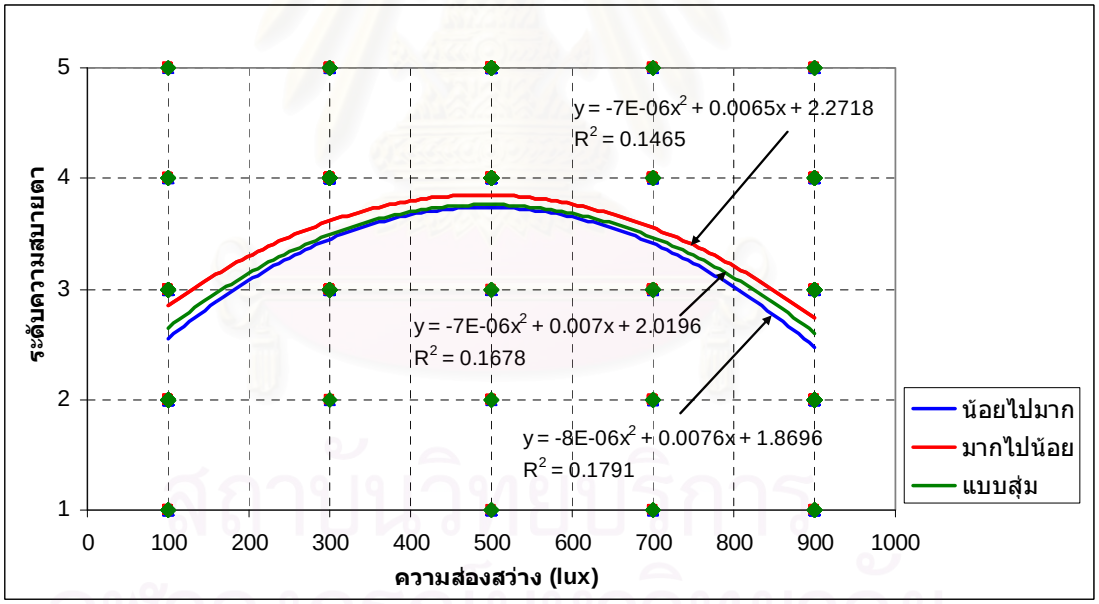
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

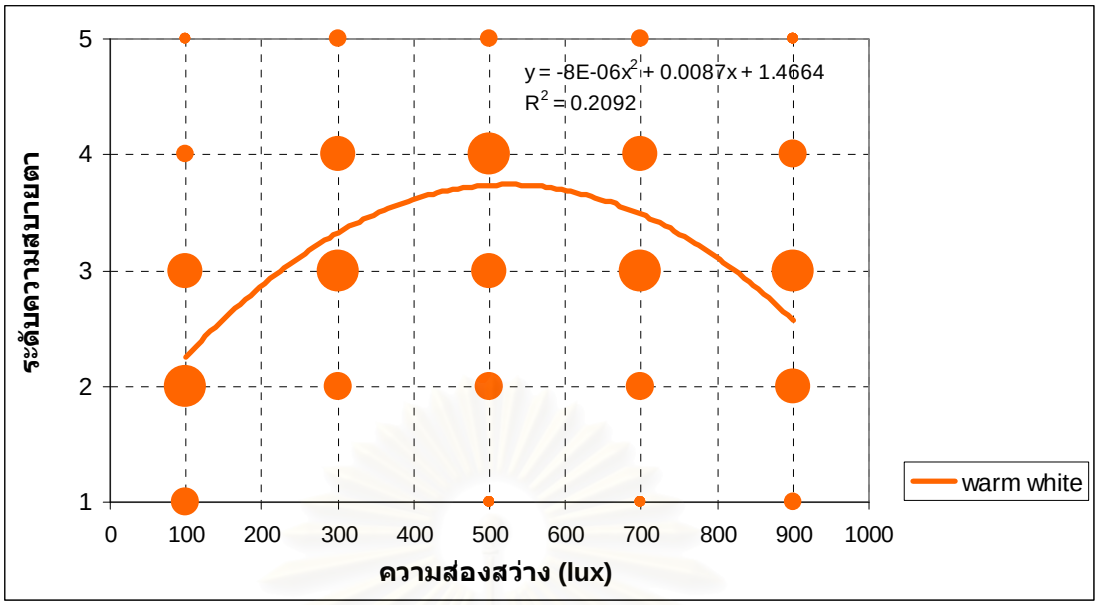
ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูล ตามลักษณะของรูปแบบที่ใช้ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักตามลักษณะของกิจกรรมที่ทำในสำนักงาน ได้แก่ การอ่านเอกสาร (Paper Task) การใช้งานคอมพิวเตอร์ (Computer Task) แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ Ceiling Light Personal Light และ แบบผสมผสาน อุณหภูมิสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง คือ Warm White 3000 K และ Cool White 4000 K ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองจากกรณีศึกษา

4.1.1 <u>กรณีศึกษาที่ 1</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
100	14	30	56	12	8
300	0	2	44	56	18
500	8	10	12	52	38
700	8	22	42	40	8
900	18	40	30	22	10

ตารางที่ 4.2 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

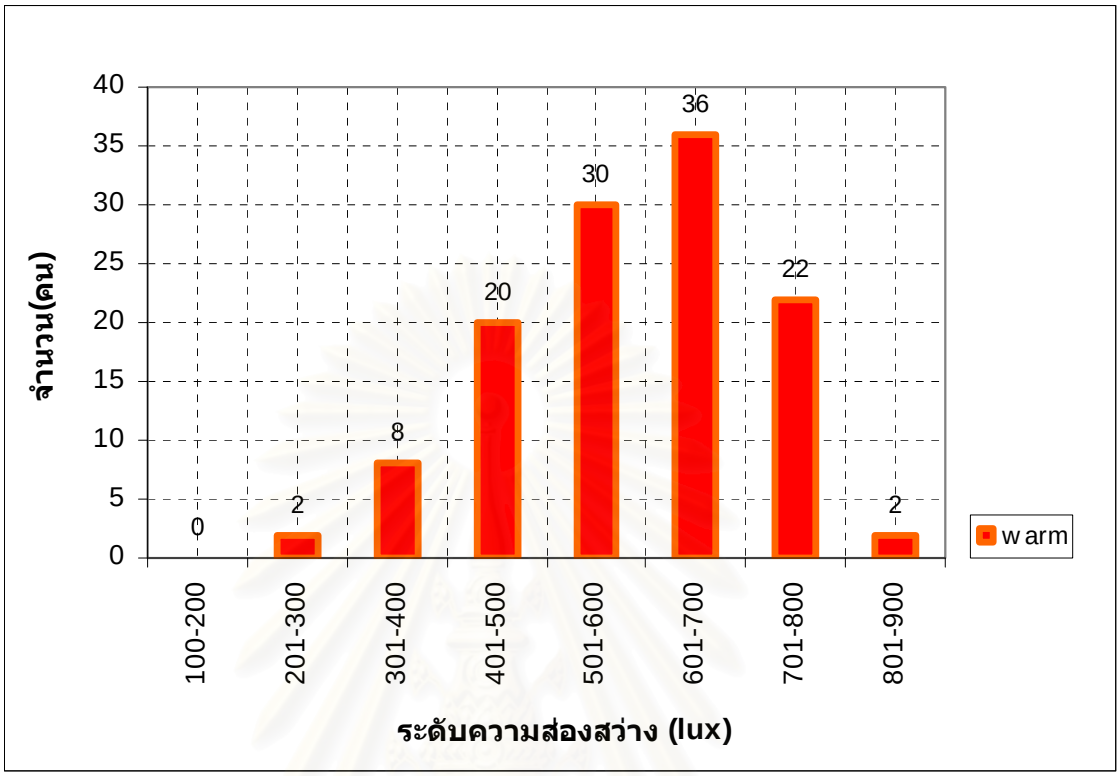
ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
100	96	24
300	116	4
500	114	6
700	104	16
900	78	42

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 1</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.2 ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.75 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.50 และ ที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.30 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 100 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.25 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.2 จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 116 คน รองลงมาที่ 500 Lux ที่จำนวน 114 คน และ 700 Lux ที่จำนวน 104 คน ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 <u>กรณีศึกษาที่ 2</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ

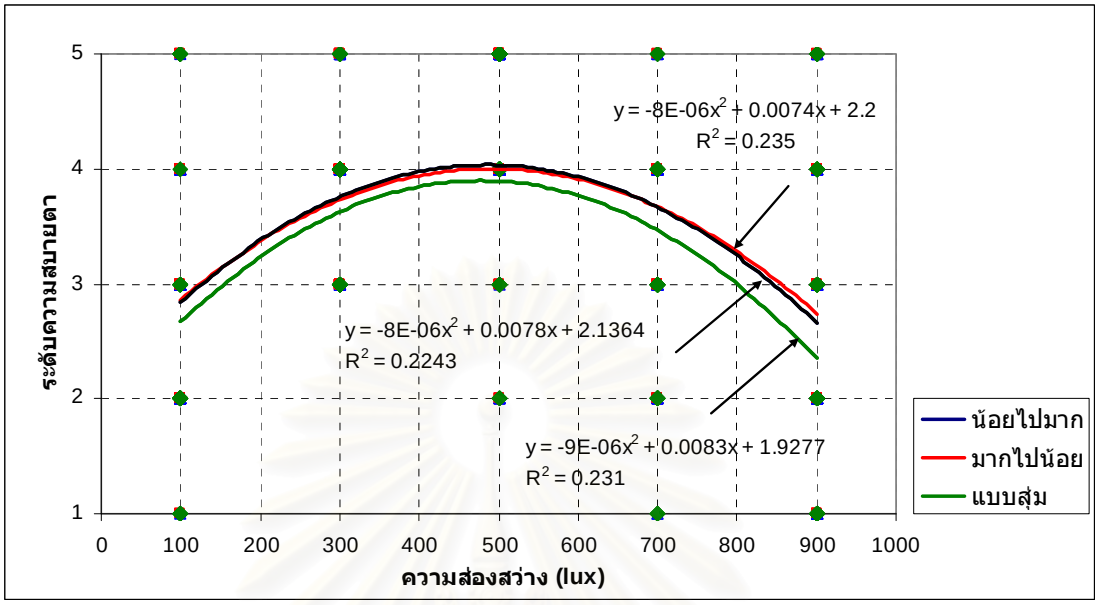


แผนภูมิที่ 4.3 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 2</u>

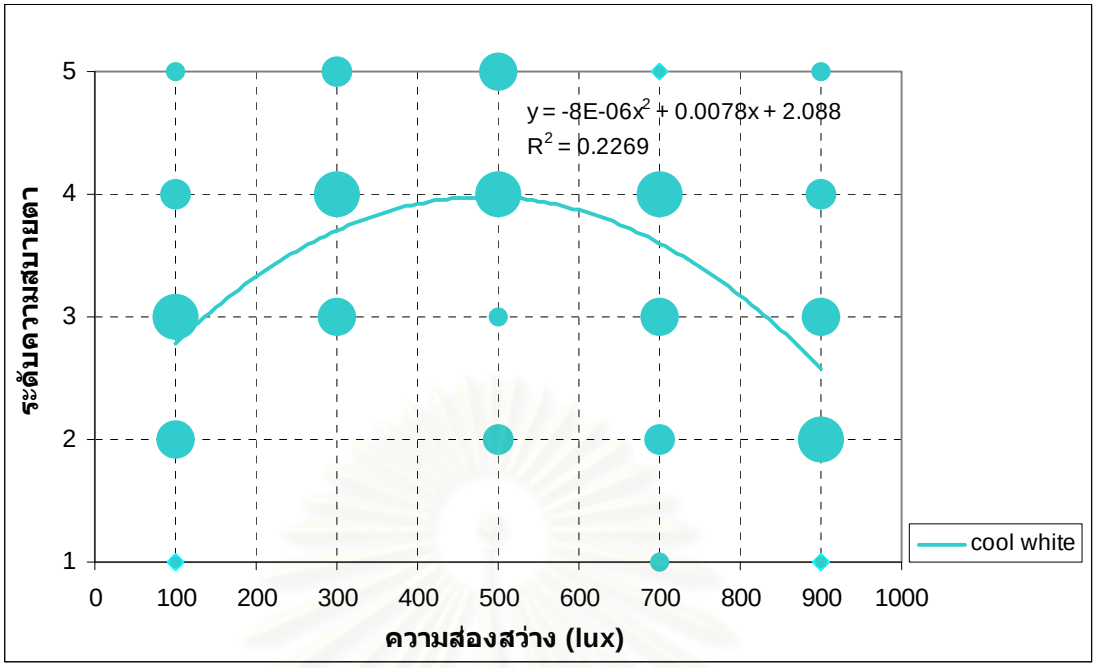
- จากแผนภูมิที่ 4.3 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 601-700 Lux จำนวน 36 คน รองลงมาคือ 501-600 Lux จำนวน 30 คน และ 701-800 จำนวน 22 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 596.25
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 882
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 300
- ฐานนิยม (Mode) = 600
- มัธยฐาน (Median) = 602.5
- Std. Deviation = 126.46

4.1.3 <u>กรณีศึกษาที่ 3</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
100	7	37	52	18	6
300	0	0	30	68	22
500	0	8	12	56	44
700	6	24	40	42	8
900	20	36	28	24	12

ตารางที่ 4.4 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

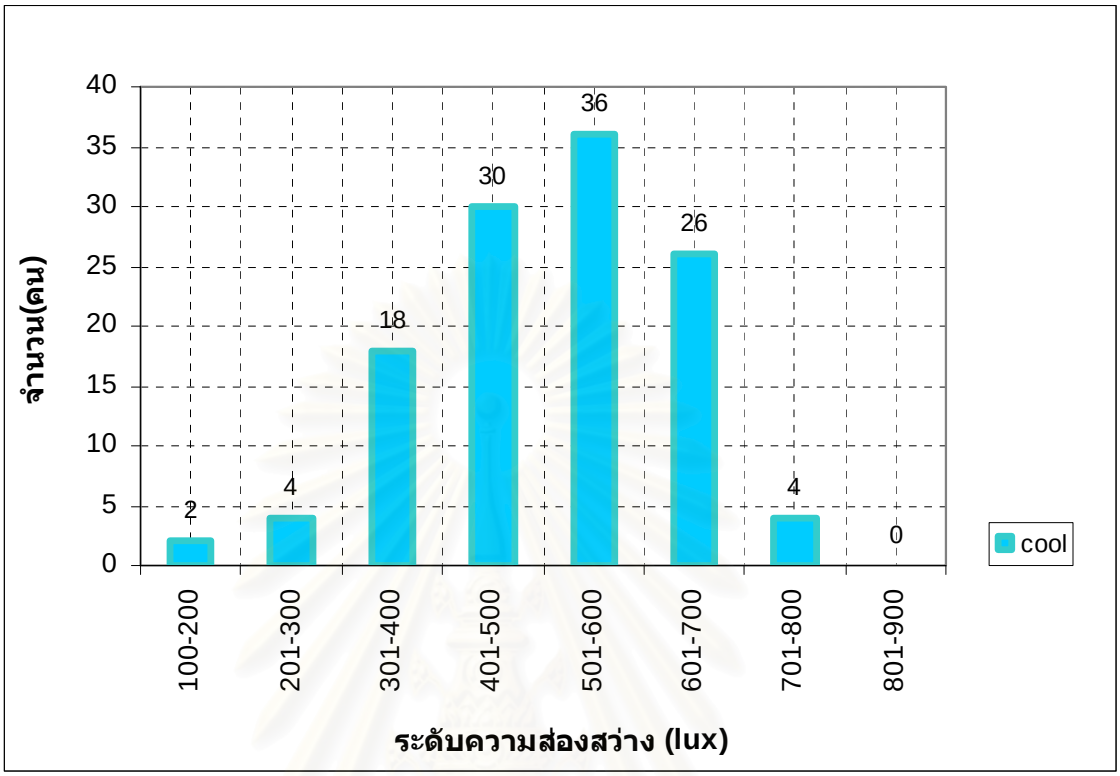
ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
100	110	10
300	118	2
500	114	6
700	104	16
900	70	48

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 3</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.5 ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 4.00 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.70 และ ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.60 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.60 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- ตารางที่ 4.4 จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 118 คน รองลงมาที่ 500 Lux ที่จำนวน 114 คน และ100 Lux ที่จำนวน 110 คน ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 <u>กรณีศึกษาที่ 4</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ

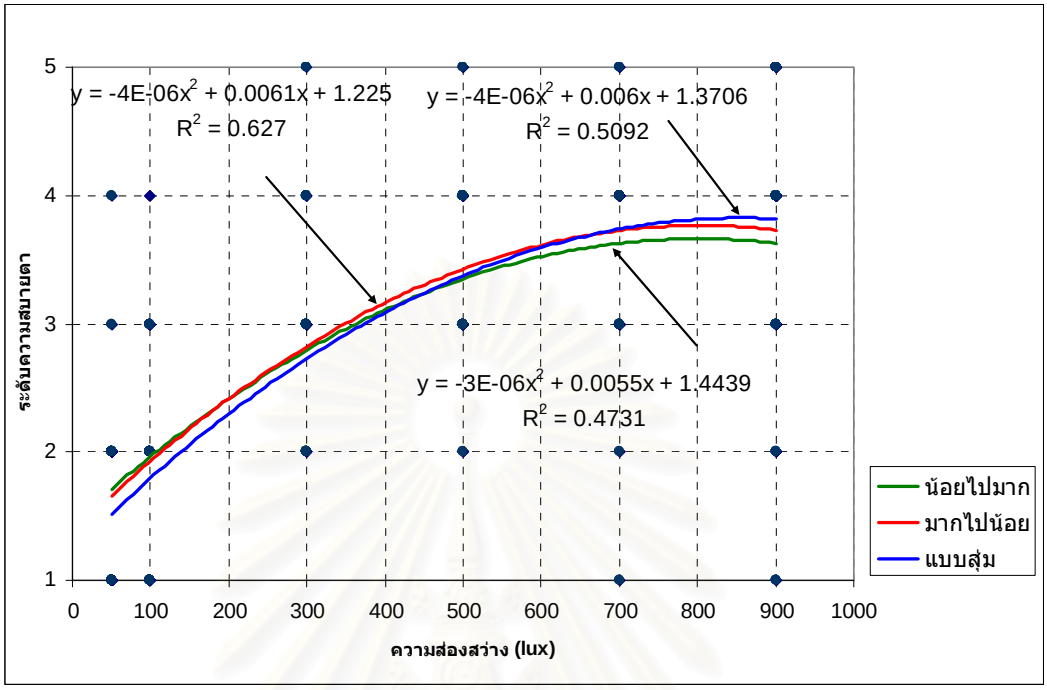


แผนภูมิที่ 4.6 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 4</u>

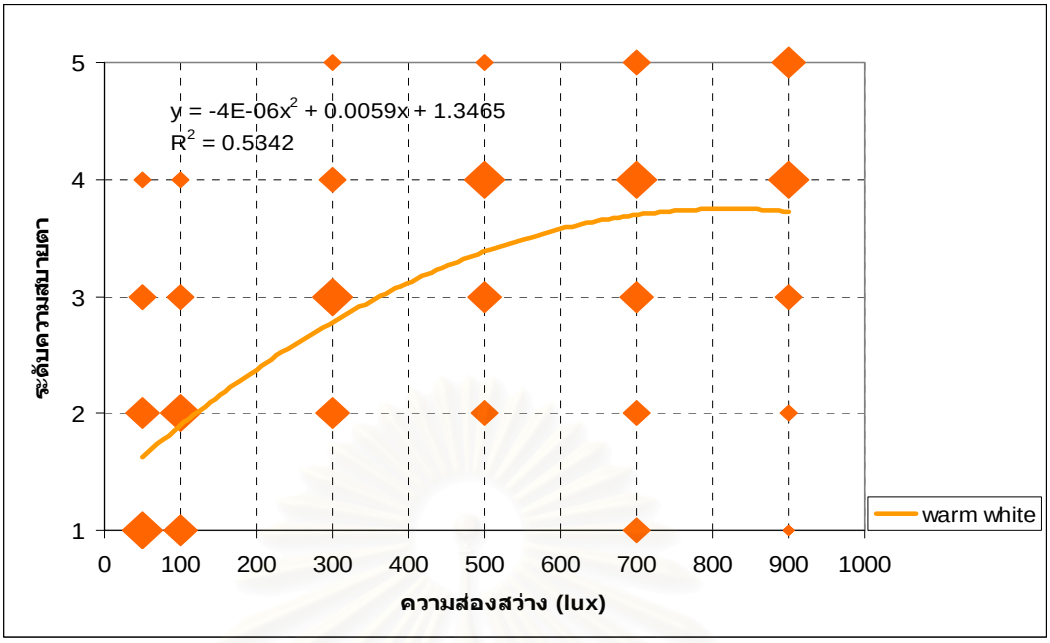
- จากแผนภูมิที่ 4.6 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 501-600 Lux จำนวน 36 คน รองลงมาคือ 401-500 Lux จำนวน 30 คน และ 601-700 จำนวน 26 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 522.89
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 788
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 180
- ฐานนิยม (Mode) = 500
- มัธยฐาน (Median) = 535
- Std. Deviation = 126.78

4.1.5 <u>กรณีศึกษาที่ 5</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.8 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือสภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
50	59	54	4	3	0
100	33	67	18	2	0
300	0	45	57	15	3
500	0	6	48	62	4
700	4	4	48	60	4
900	5	9	19	57	30

ตารางที่ 4.6 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

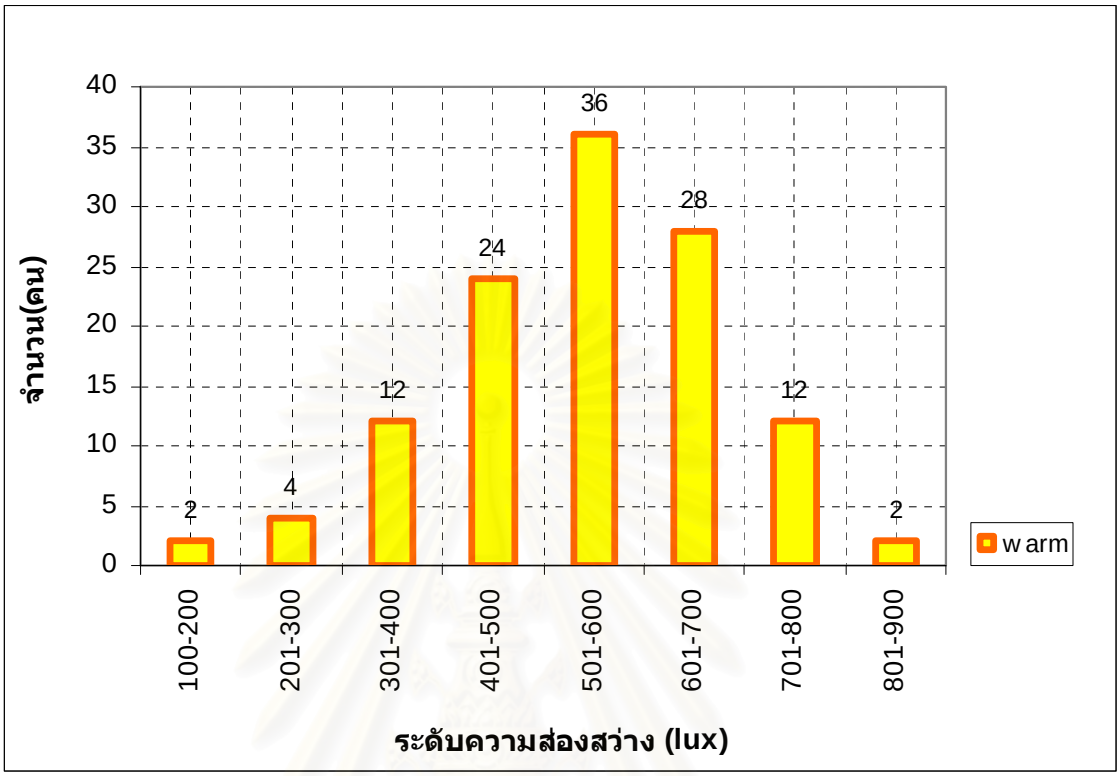
ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
50	46	74
100	72	48
300	106	14
500	116	4
700	116	4
900	110	10

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 5</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.8 ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.65 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.40 และ ที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.85 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 50 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 1.70 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.6 จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 700 Lux และ 500 Lux ที่จำนวน 116 คน รองลงมาที่ 900 Lux ที่จำนวน 110 คน และ 300 Lux ที่จำนวน 106 คน ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.6 <u>กรณีศึกษาที่ 6</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ

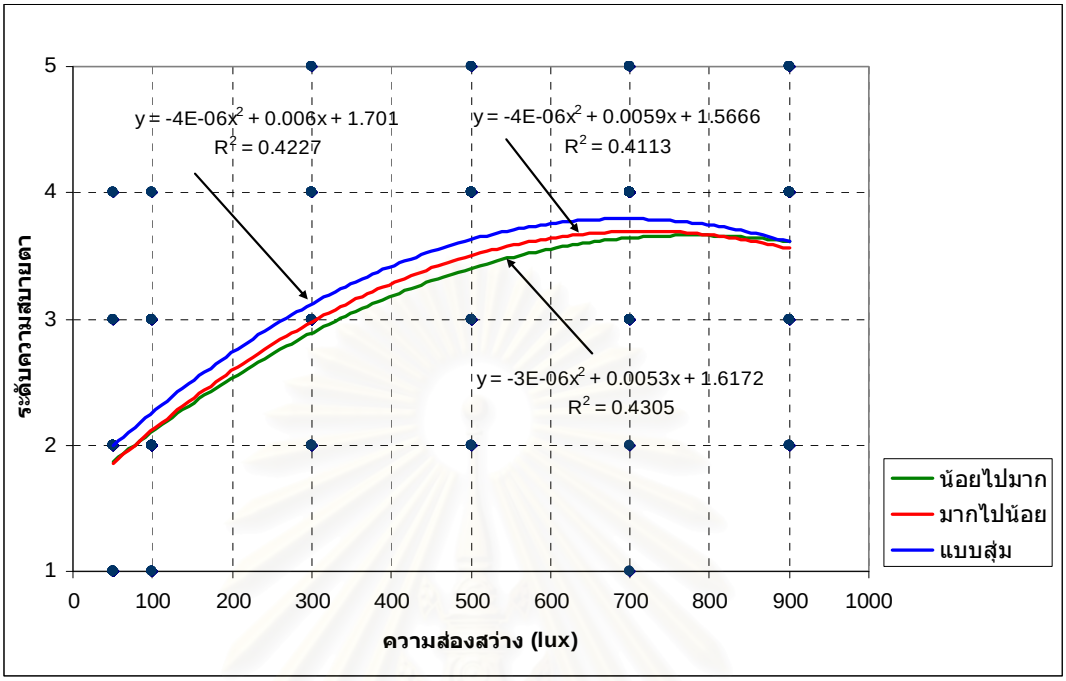


แผนภูมิที่ 4.9 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 6</u>

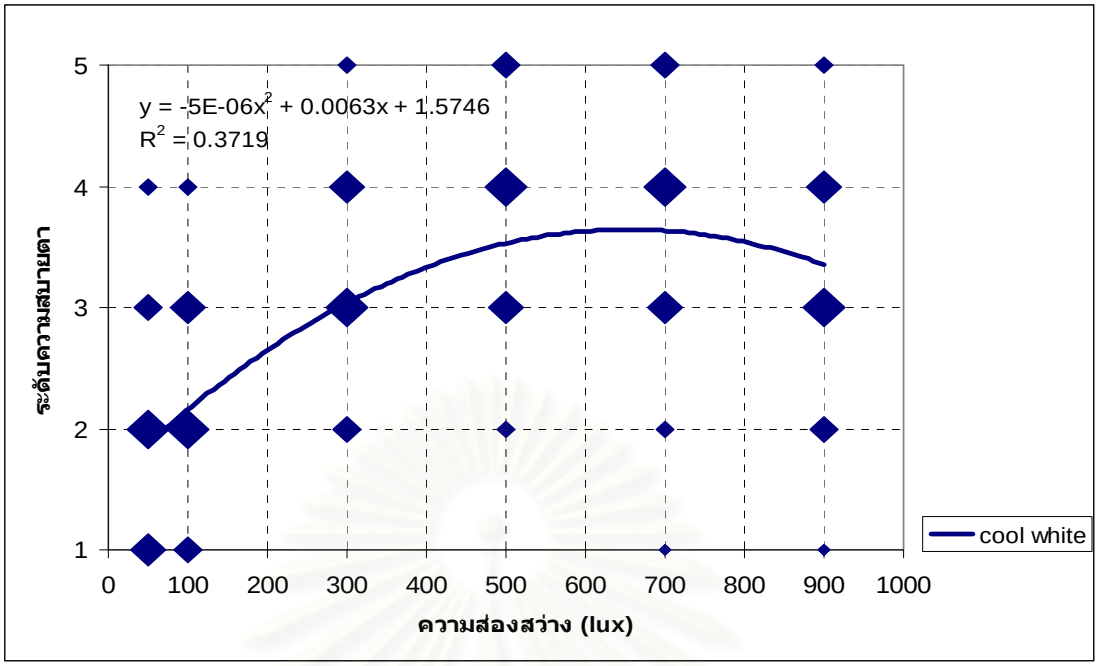
- จากแผนภูมิที่ 4.9 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 501-600 Lux จำนวน 36 คน รองลงมาคือ 601-700 Lux จำนวน 28 คน และ 401-500 จำนวน 24 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 551.15
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 900
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 163
- ฐานนิยม (Mode) = 600
- มัธยฐาน (Median) = 565
- Std. Deviation = 142.76

4.1.7 <u>กรณีศึกษาที่ 7</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

◆ = จำนวนน้อยที่สุด

◆ = จำนวนน้อย

◆ = จำนวนปานกลาง

◆ = จำนวนมาก

◆ = จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.11 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
50	50	51	11	8	0
100	14	70	27	9	0
300	0	26	68	19	7
500	0	16	53	43	8
700	4	4	20	74	18
900	12	15	33	46	14

ตารางที่ 4.8 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

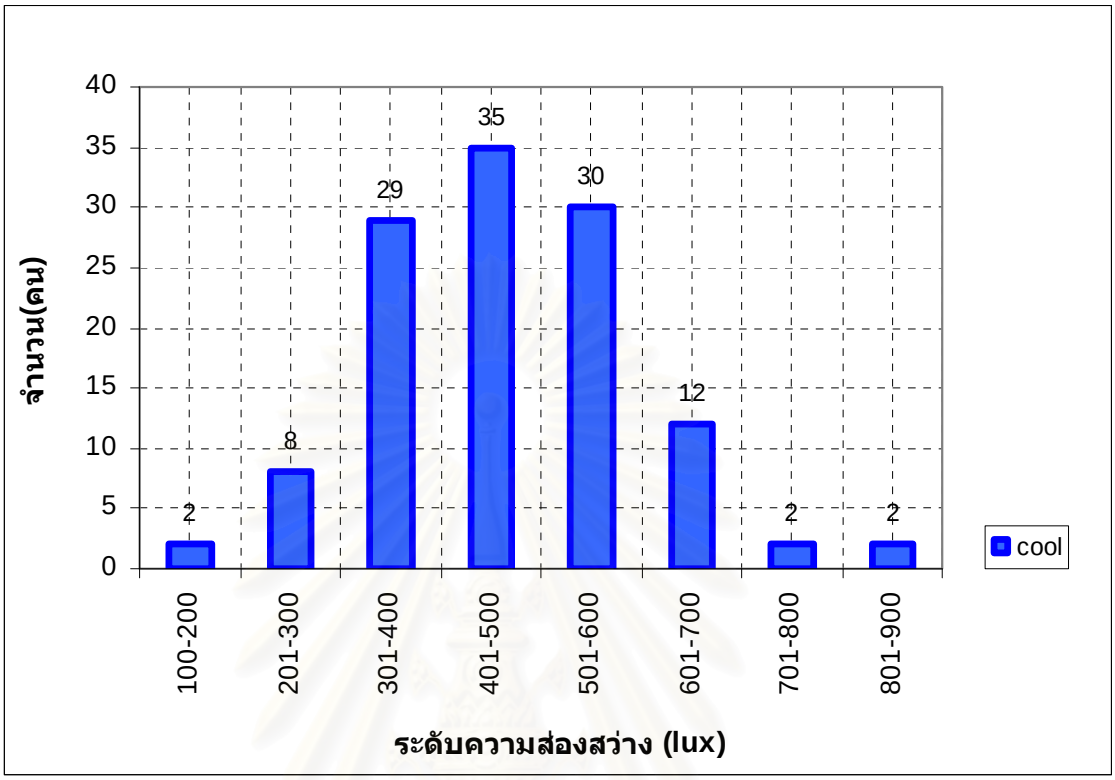
ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	**ยอมรับไม่ได้**
50	54	66
100	92	28
300	116	4
500	120	0
700	116	4
900	104	16

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 7</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.11 ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.75 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.65 และ ที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.15 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 50 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 1.80 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.8 จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 500 Lux ที่จำนวน 120 คน รองลงมาที่ 300 Lux และ 700 Lux ที่จำนวน 116 คน และ900 Lux ที่จำนวน 104 คน ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.8 <u>กรณีศึกษาที่ 8</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ

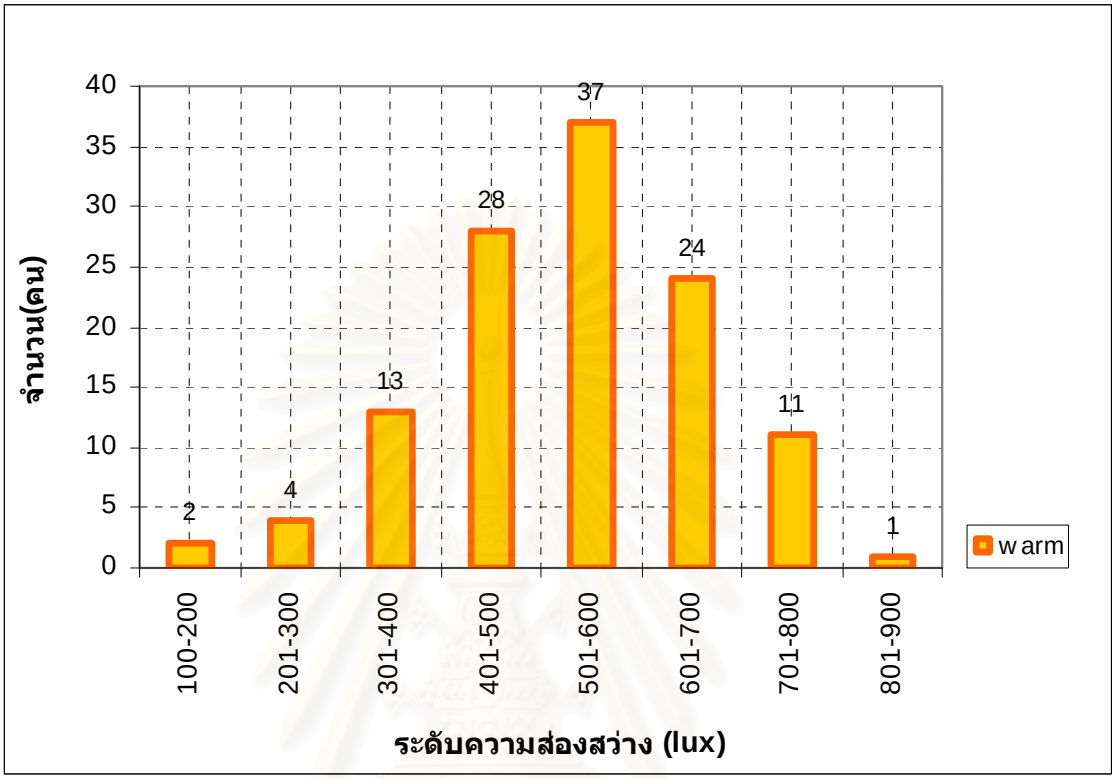


แผนภูมิที่ 4.12 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 8</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.12 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 35 คน รองลงมาคือ 501-600 Lux จำนวน 30 คน และ 301-400 จำนวน 29 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 479.03
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 885
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 189
- ฐานนิยม (Mode) = 400
- มัธยฐาน (Median) = 472
- Std. Deviation = 131.54

4.1.9 <u>กรณีศึกษาที่ 9</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ

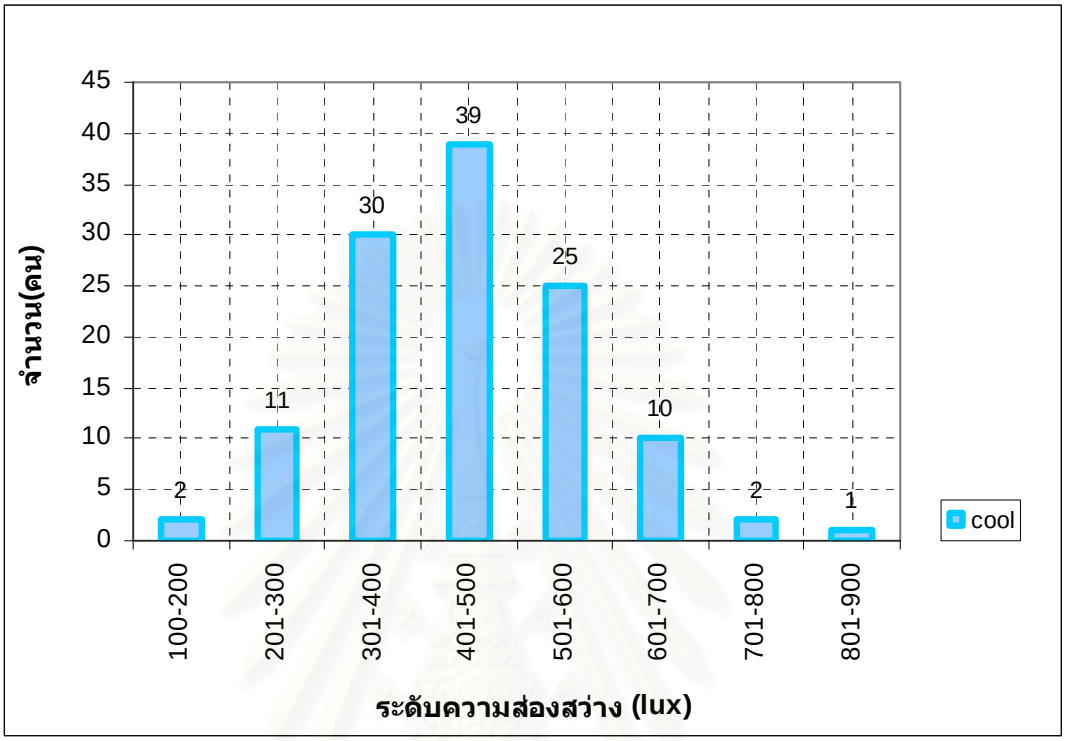


แผนภูมิที่ 4.13 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 Lux และ Personal Lighting ที่อุณหภูมิสี แบบ Warm White

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 9</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.13 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 501-600 Lux จำนวน 37 คน รองลงมาคือ 401-500 Lux จำนวน 28 คน และ 601-700 จำนวน 24 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 538.50
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 853
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 170
- ฐานนิยม (Mode) = 550
- มัธยฐาน (Median) = 547.5
- Std. Deviation = 137.69

4.1.10 <u>กรณีศึกษาที่ 10</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ

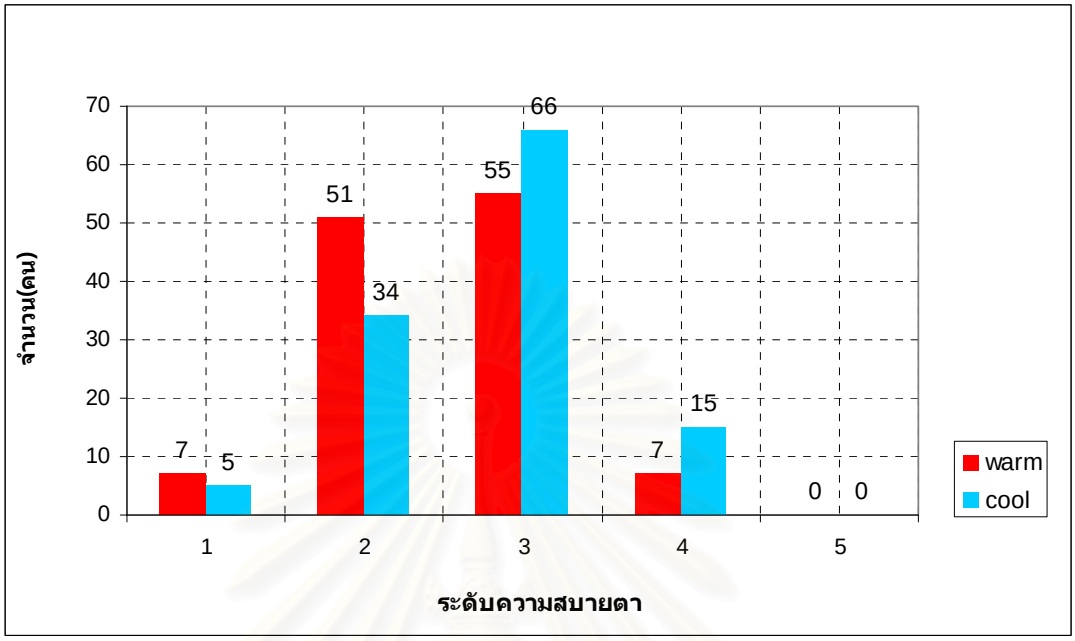


แผนภูมิที่ 4.14 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่ 300 Lux และ Personal Lighting ที่อุณหภูมิสี แบบ Cool White

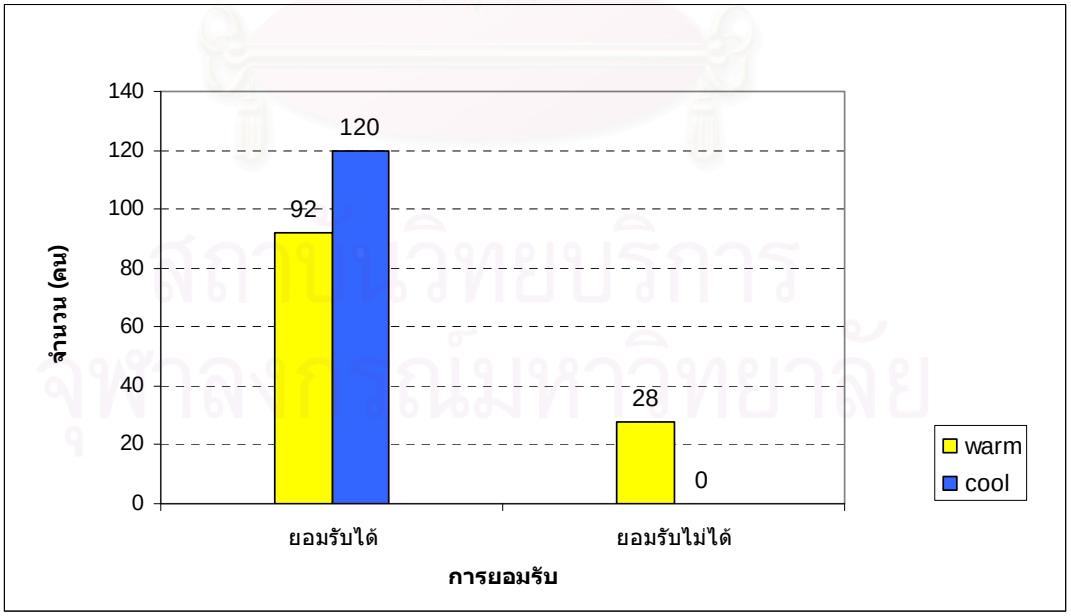
<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 10</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.14 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 39 คน รองลงมาคือ 301-400 Lux จำนวน 30 คน และ 501-600 จำนวน 25 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 457.61
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 812
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 175
- ฐานนิยม (Mode) = 500
- มัธยฐาน (Median) = 457.5
- Std. Deviation = 124.74

4.1.11 <u>กรณีศึกษาที่ 11</u> กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

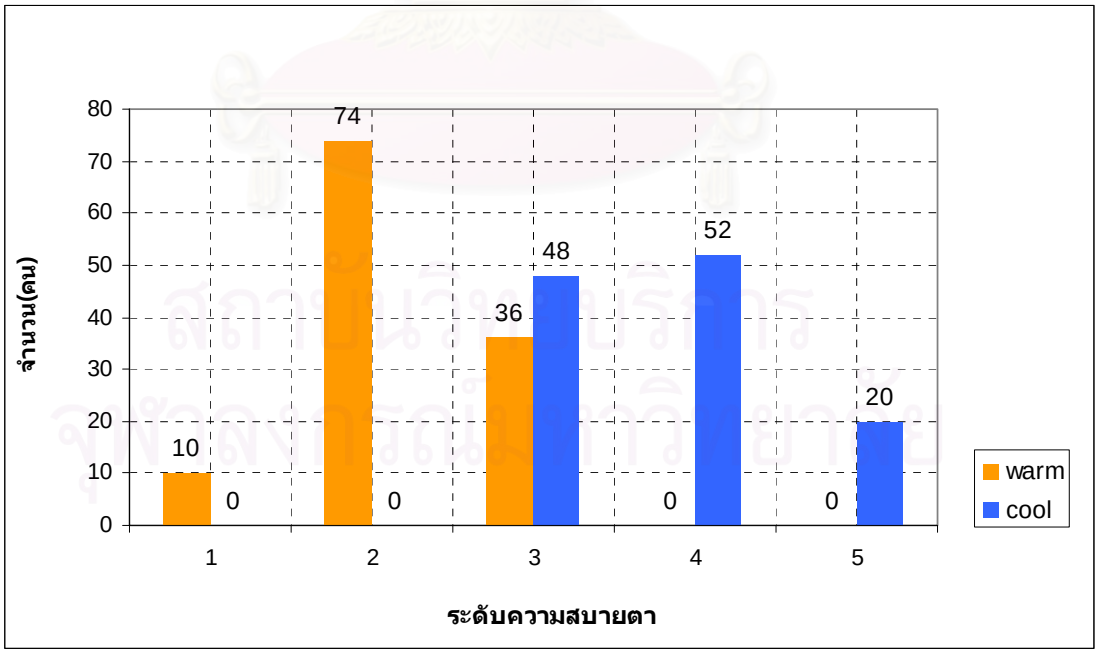


แผนภูมิที่ 4.16 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

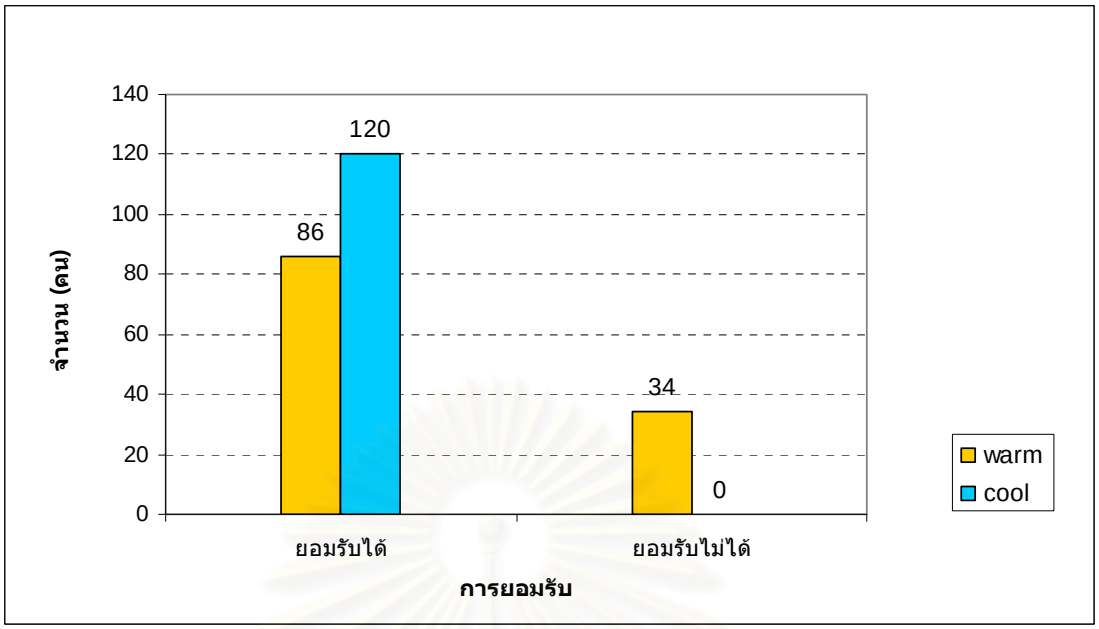
วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 11

- จากแผนภูมิที่ 4.15 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 55 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 51 คน และ ที่ 1คะแนน และ 4 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อยที่สุดและระดับความสบายตามาก) เท่ากันที่จำนวน 7 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.15 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 66 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 34 คน และ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 15 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.16 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 92 คน และที่ยอมรับไม่ได้จำนวน 28 คน
- จากแผนภูมิที่ 4.16 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 120 คน และไม่พบจำนวนที่ยอมรับไม่ได้

4.1.12 กรณีศึกษาที่ 12 กิจกรรมอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White



แผนภูมิที่ 4.17 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือ ในสภาพแสงแบบ Personal Lighting ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

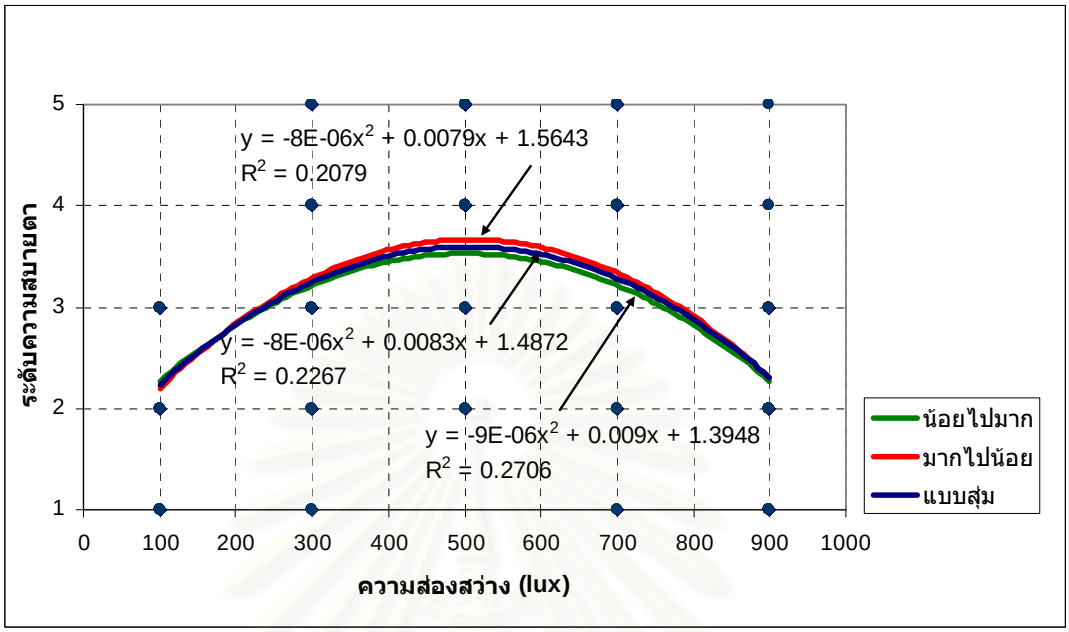


แผนภูมิที่ 4.18 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Lighting ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 12</u>

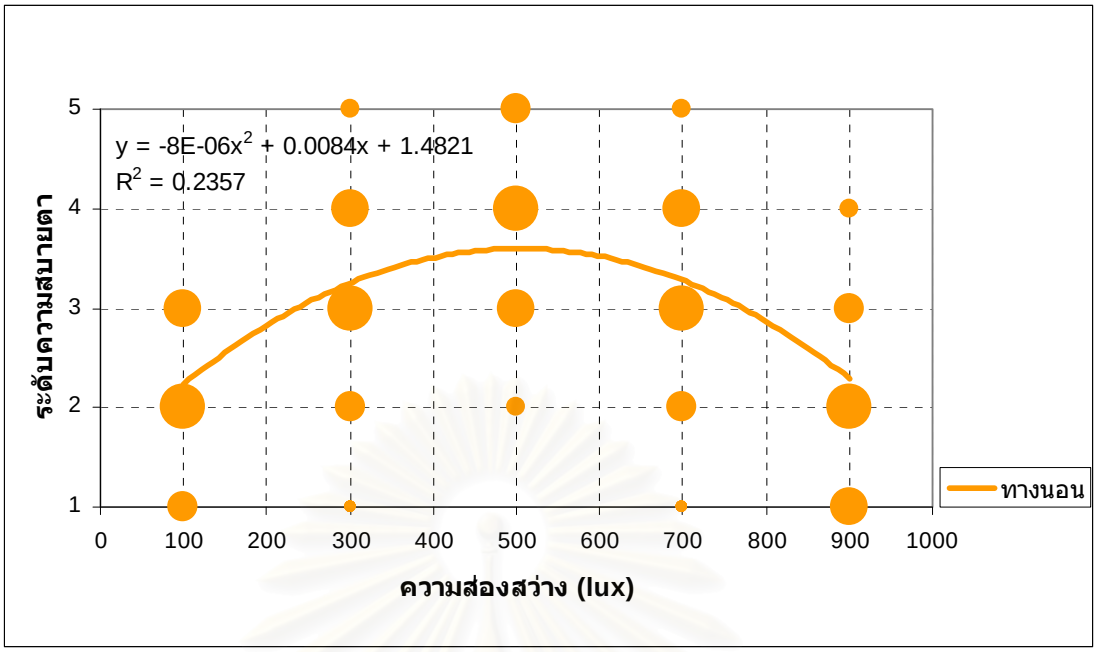
- จากแผนภูมิที่ 4.17 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 74 คน รองลงมาคือ ที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 36 คน และ ที่ 1คะแนน (ระดับความสบายตาน้อยที่สุด) จำนวน 10 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.17 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 52 คน รองลงมาคือ ที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 48 คน และ ที่ 5คะแนน (ระดับความสบายตามากที่สุด) จำนวน 20 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.18 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 86 คน และที่ยอมรับไม่ได้จำนวน 34 คน
- จากแผนภูมิที่ 4.18 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 120 คน และไม่พบจำนวนที่ยอมรับไม่ได้

4.1.13 <u>กรณีศึกษาที่ 13</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White



แผนภูมิที่ 4.19 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

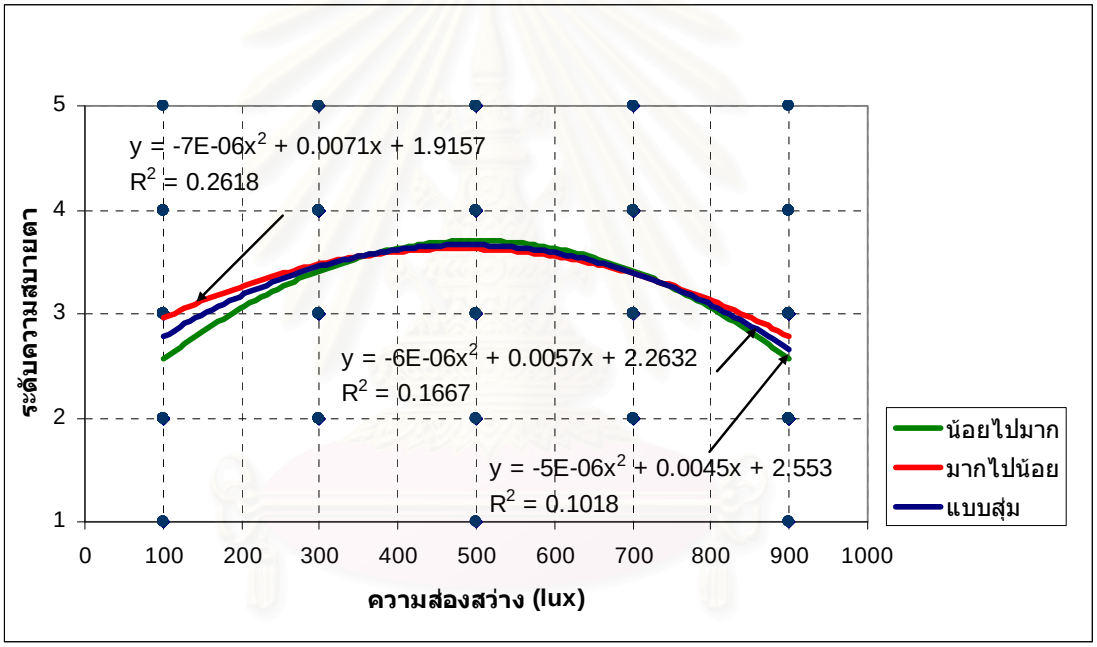
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

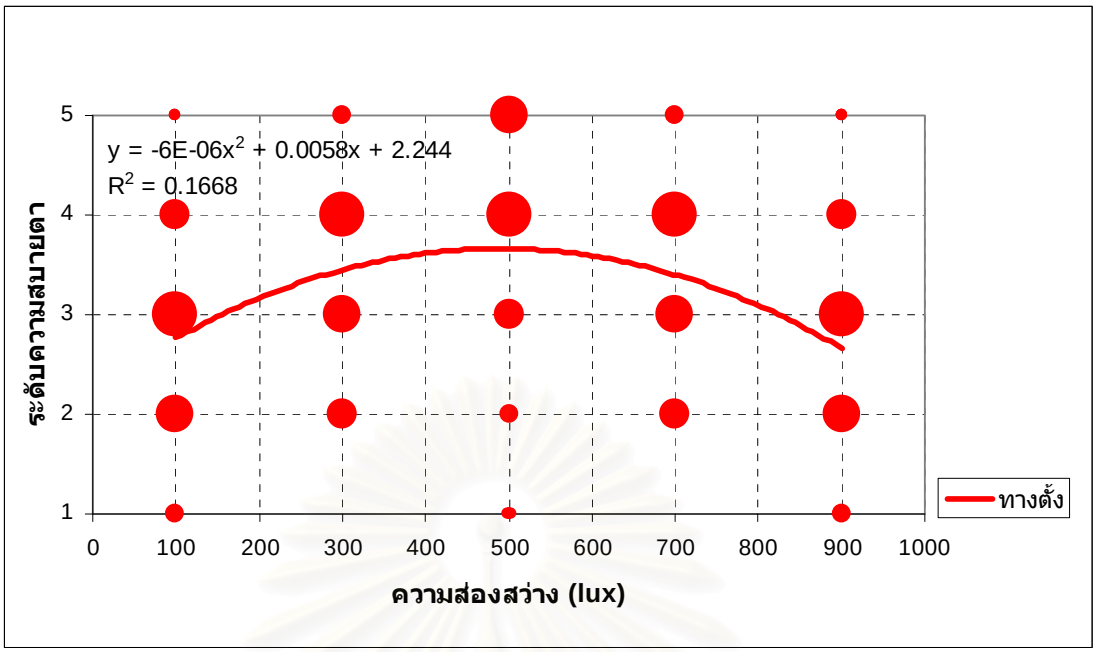
ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
100	27	33	60	0	0
300	9	24	45	27	15
500	0	21	24	39	36
700	9	21	45	27	18
900	24	42	47	7	0

ตารางที่ 4.10 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
100	105	15
300	111	9
500	107	13
700	114	6
900	105	15



แผนภูมิที่ 4.21 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.22 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
100	6	37	60	14	3
300	0	18	36	60	6
500	6	12	27	42	33
700	0	21	42	51	6
900	6	45	54	11	4

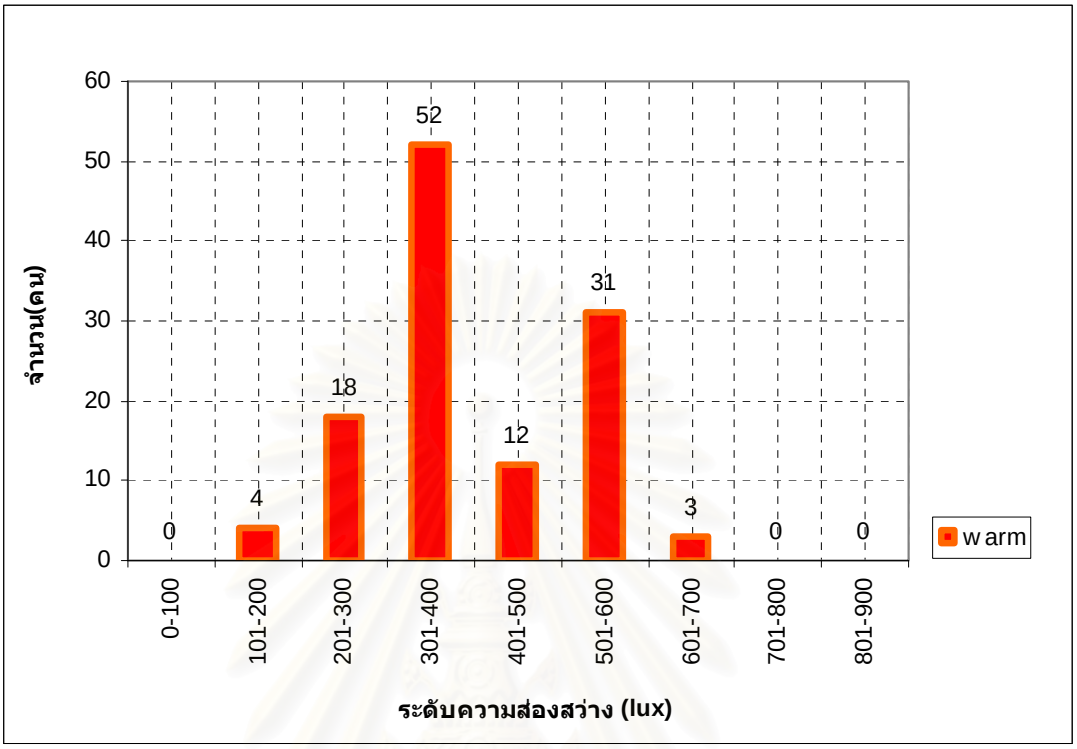
ตารางที่ 4.12 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
100	98	22
300	108	12
500	101	17
700	108	12
900	93	27

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 13</u>

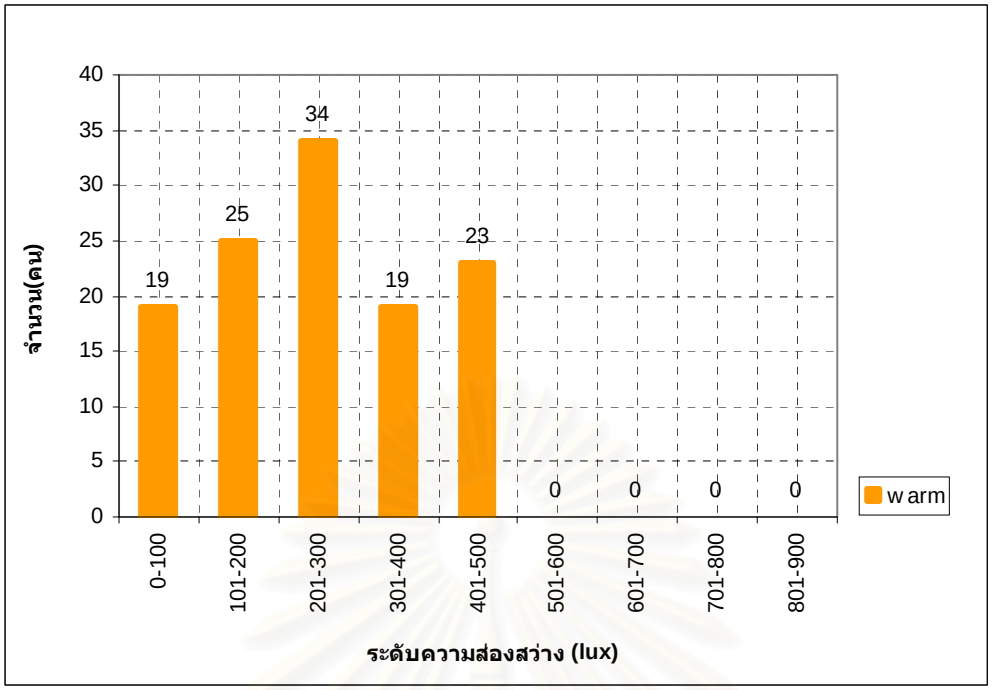
- จากแผนภูมิที่ 4.20 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.60 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.30 และ ที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.25 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 100 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.25 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.10 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 500 Lux ที่จำนวน 120 คน รองลงมาที่ 300 Lux ที่จำนวน 118 คน และ 700 Lux ที่จำนวน 114 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.22 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.65 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.45 และ ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.40 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.65 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.12 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 111 คน รองลงมาที่ 100 Lux ที่จำนวน 109 คน และ 500 Lux ที่จำนวน 105 คน ตามลำดับ

4.1.14 <u>กรณีศึกษาที่ 14</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ



แผนภูมิที่ 4.23 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



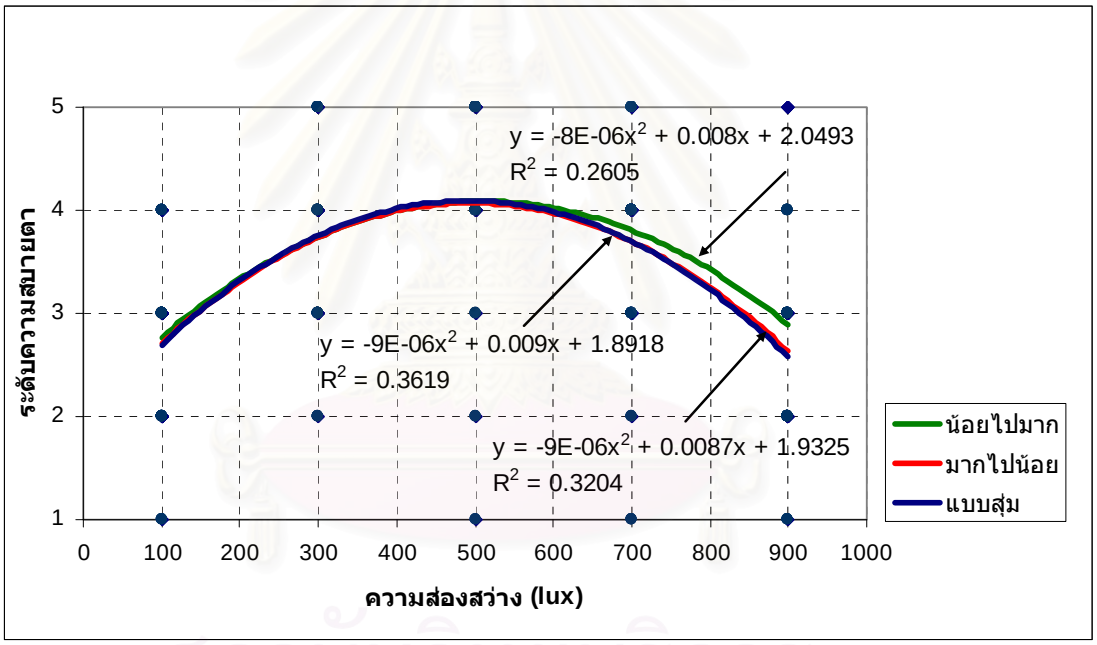
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 14</u>

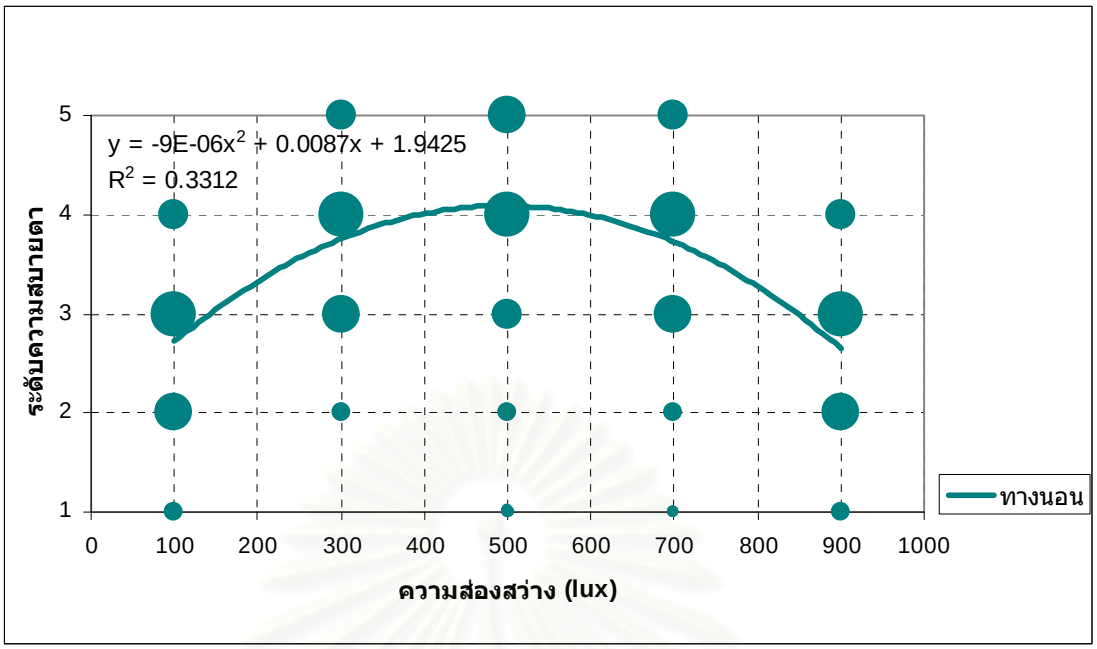
- จากแผนภูมิที่ 4.23 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 301-400 Lux จำนวน 52 คน รองลงมาคือ 501-600 Lux จำนวน 31 คน และ 201-300 จำนวน 18 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 398.48
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 608
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 136
- ฐานนิยม (Mode) = 338
- มัธยฐาน (Median) = 350.50
- Std. Deviation = 124.39
- จากแผนภูมิที่ 4.24 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux

- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 249.433333
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 471
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 61
- ฐานนิยม (Mode) = 251
- มัธยฐาน (Median) = 238
- Std. Deviation = 123.648848

4.1.15 <u>กรณีศึกษาที่ 15</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White



แผนภูมิที่ 4.25 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

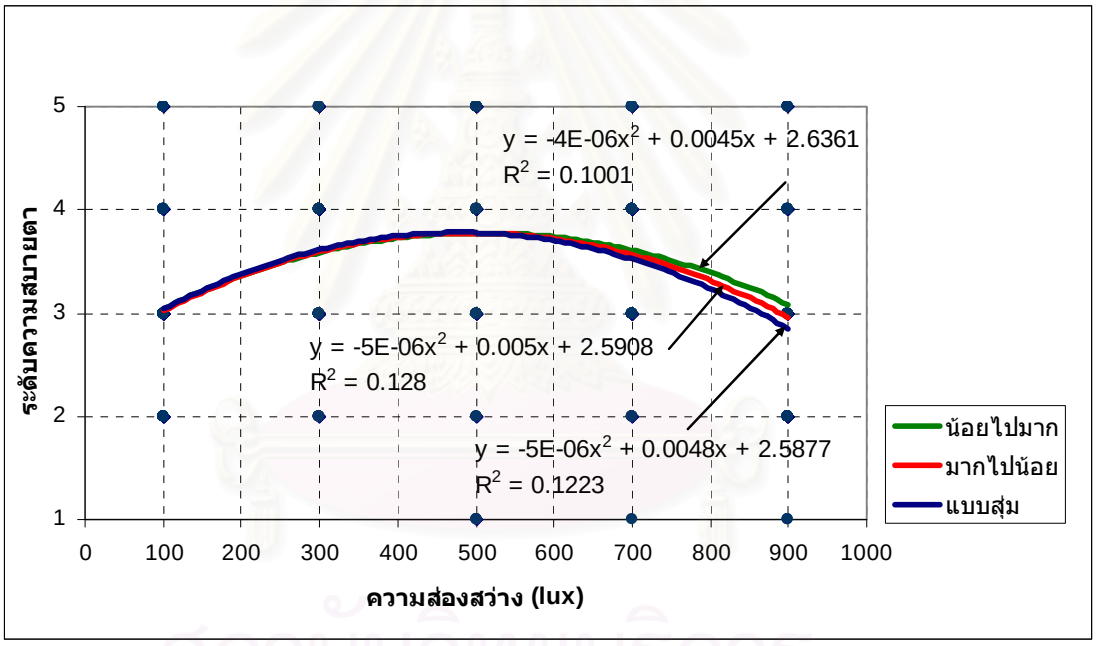
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

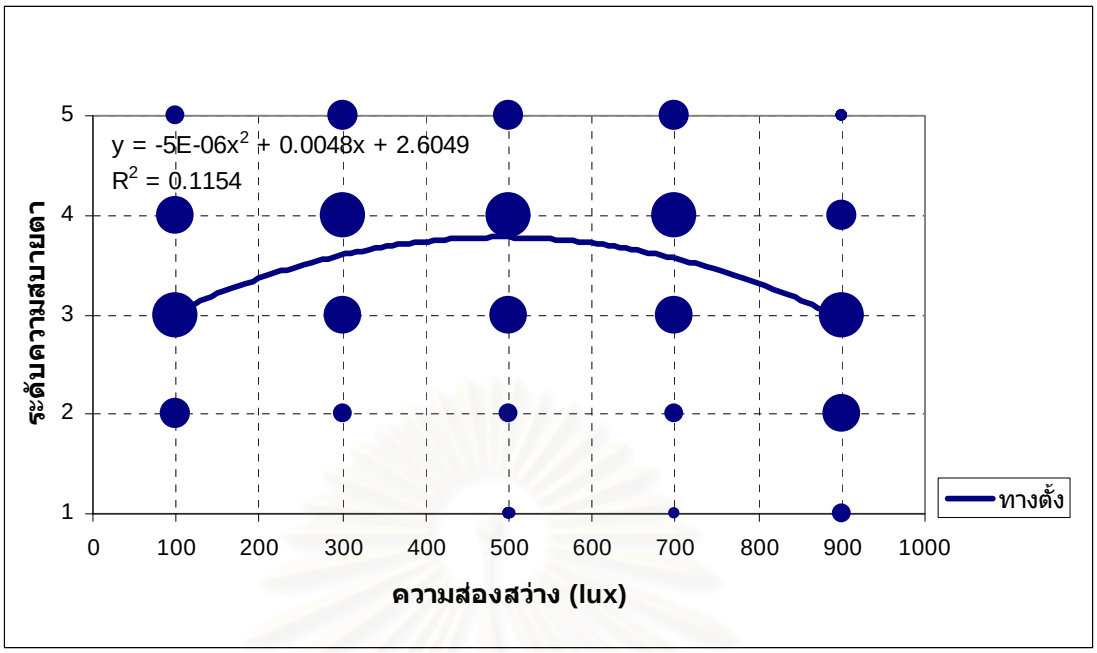
ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
100	6	34	66	14	0
300	0	8	36	58	18
500	4	6	8	54	48
700	4	6	26	70	14
900	6	46	51	17	0

ตารางที่ 4.14 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
100	108	12
300	114	6
500	108	12
700	114	6
900	108	12



แผนภูมิที่ 4.27 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.28 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
100	0	29	59	26	6
300	0	16	38	58	8
500	6	8	22	42	42
700	1	11	42	54	12
900	2	40	46	25	7

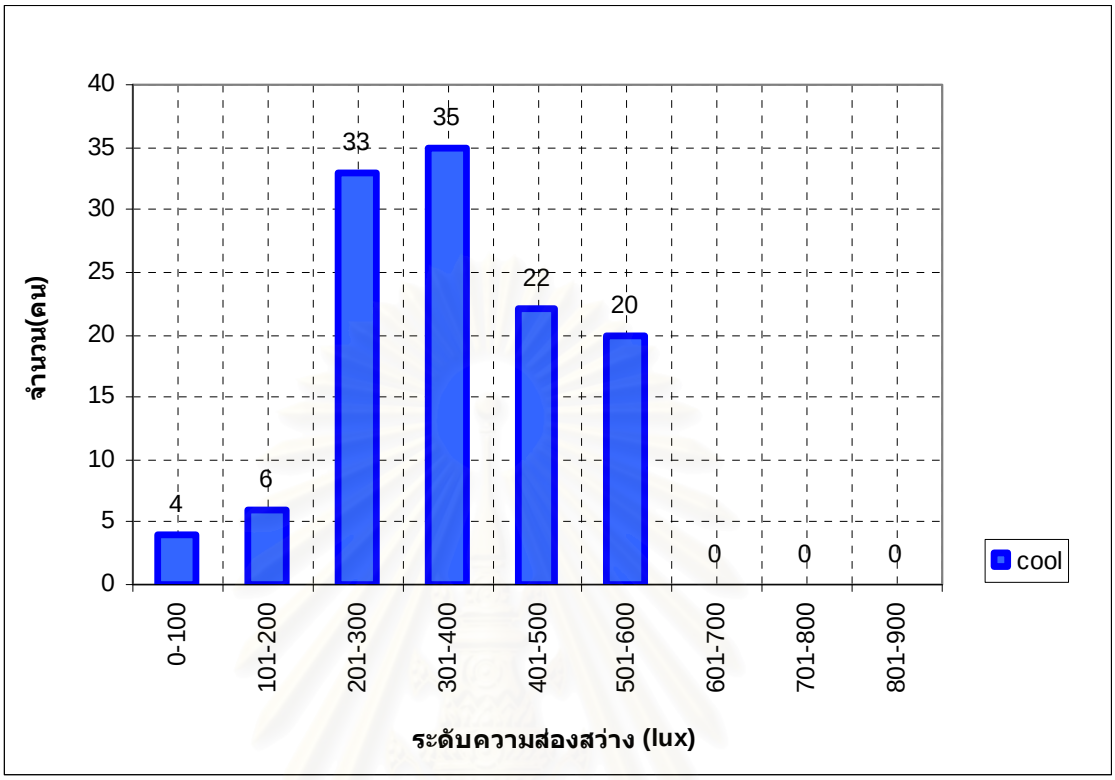
ตารางที่ 4.16 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
100	96	24
300	108	12
500	102	18
700	108	12
900	96	24

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 15</u>

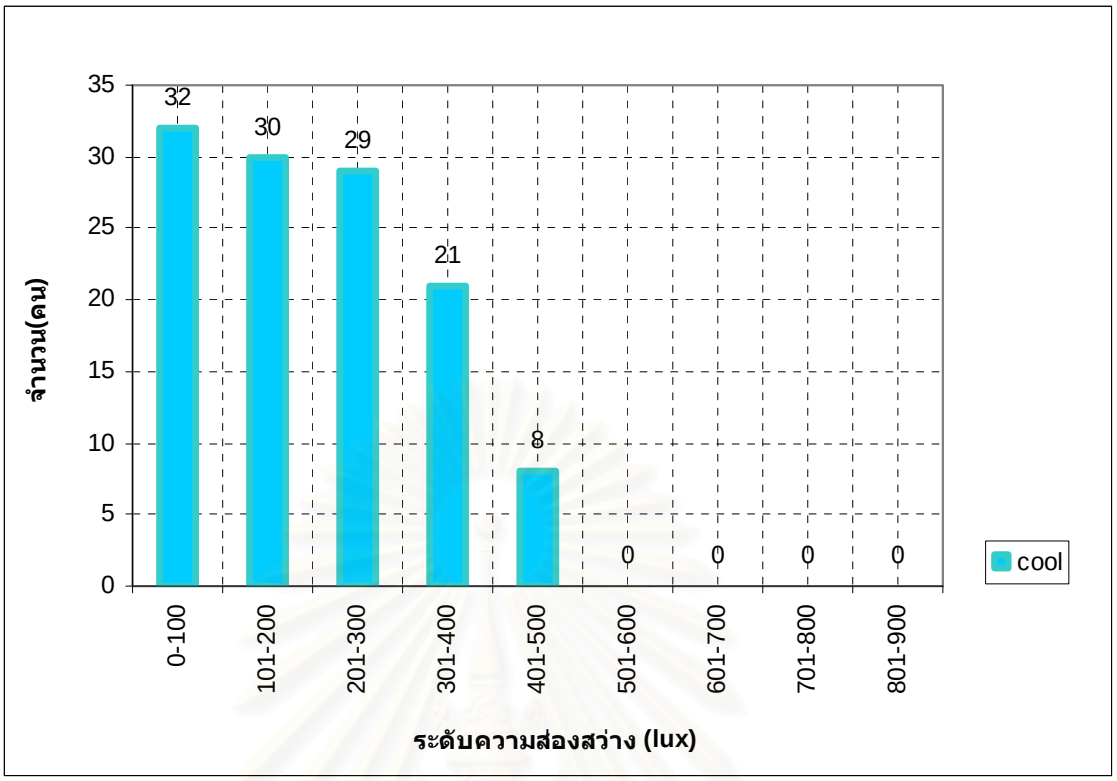
- จากแผนภูมิที่ 4.26 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 4.10 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.75 และ ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.70 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.65 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.11 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 123 คน รองลงมาที่ 500 Lux ที่จำนวน 119 คน และ 100 Lux ที่จำนวน 115 คน ตามลำดับ
- จากจากแผนภูมิที่ 4.28 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.80 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 300 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.60 และ ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.55 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.95 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.16 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 115 คน รองลงมาที่ 100 Lux ที่จำนวน 113 คน และ 500 Lux ที่จำนวน 109 คน ตามลำดับ

4.1.16 <u>กรณีศึกษาที่ 16</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ



แผนภูมิที่ 4.29 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



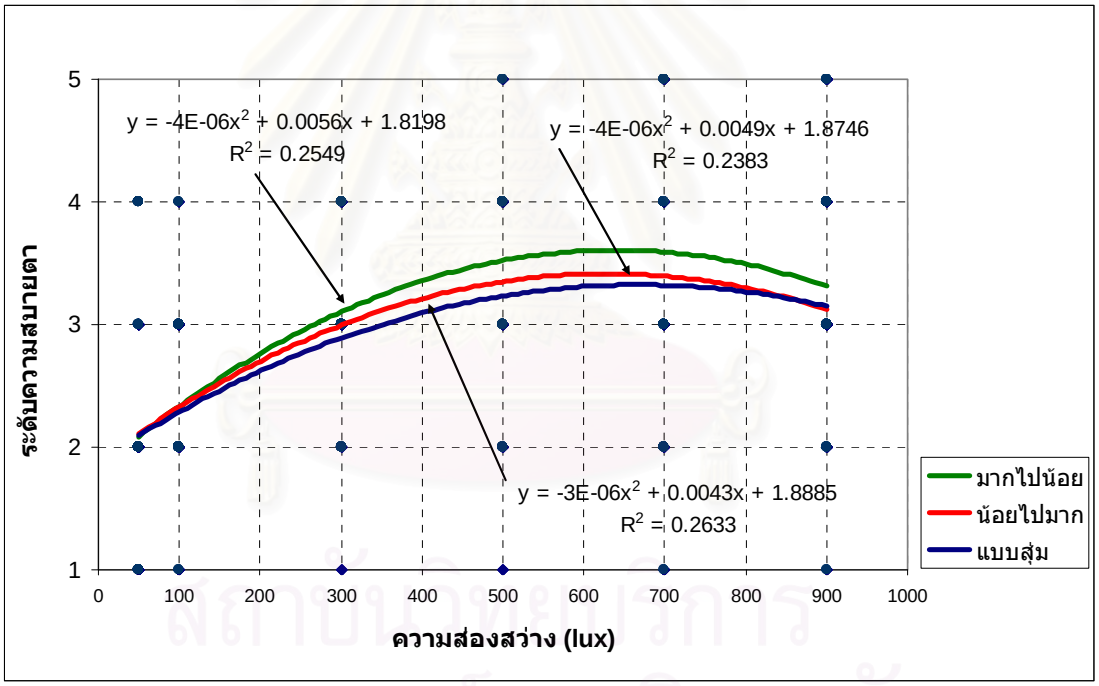
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 16</u>

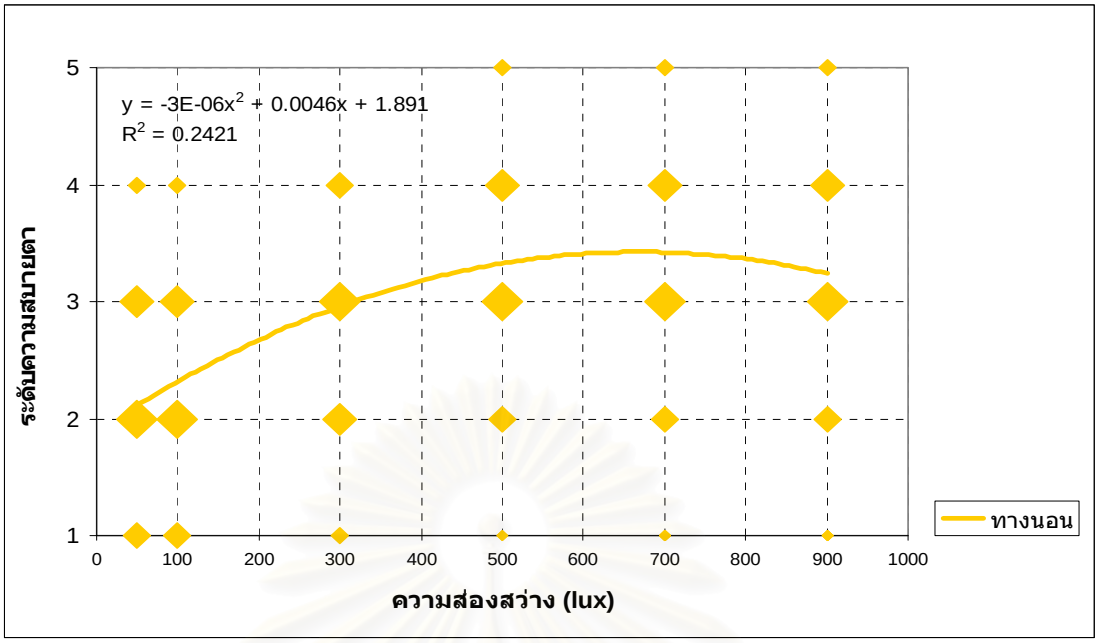
- จากแผนภูมิที่ 4.29 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 301-400 Lux จำนวน 35 คน รองลงมาคือ 201-300 Lux จำนวน 33 คน และ 401-500 จำนวน 22 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 346.41
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 560
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 40
- ฐานนิยม (Mode) = 560
- มัธยฐาน (Median) = 312.5
- Std. Deviation = 119.72

- จากแผนภูมิที่ 4.30 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 0-100 Lux จำนวน 32 คน รองลงมาคือ 101-200 Lux จำนวน 30 คน และ 201-300 จำนวน 29 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 211.71
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 426
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 19
- ฐานนิยม (Mode) = 85
- มัธยฐาน (Median) = 194.5
- Std. Deviation = 119.53

4.1.17 <u>กรณีศึกษาที่ 17</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White



แผนภูมิที่ 4.31 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.32 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

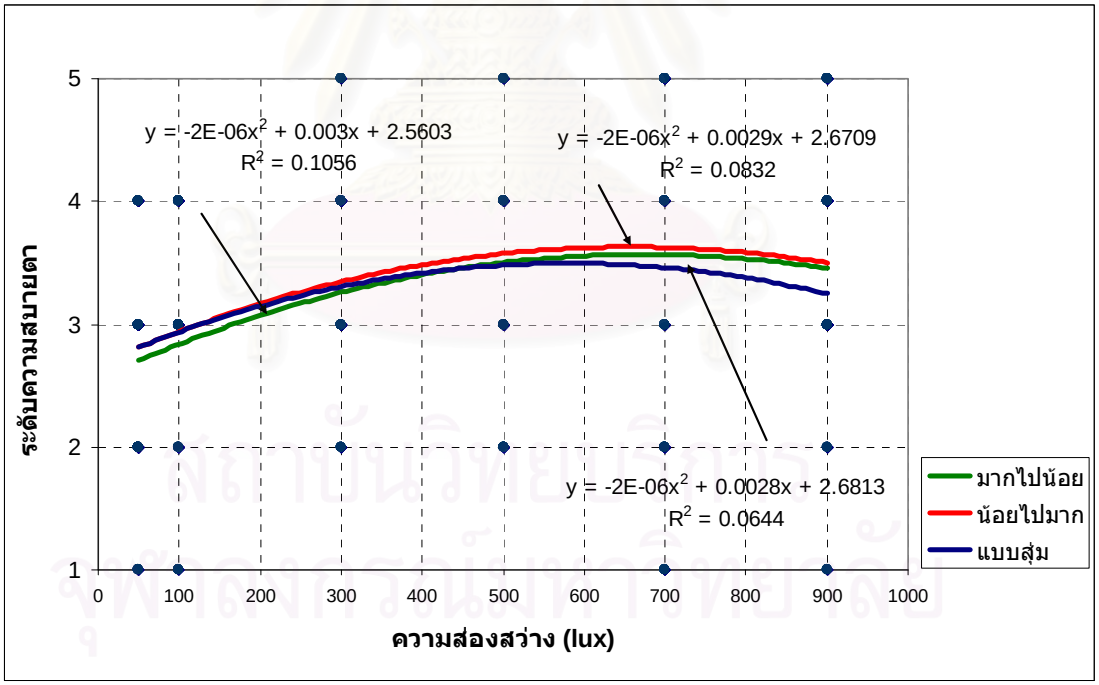
ตารางที่ 4.17 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
50	40	50	16	14	0
100	8	66	42	4	0
300	2	24	58	36	0
500	2	20	46	46	6
700	6	22	42	34	16
900	4	16	54	30	16

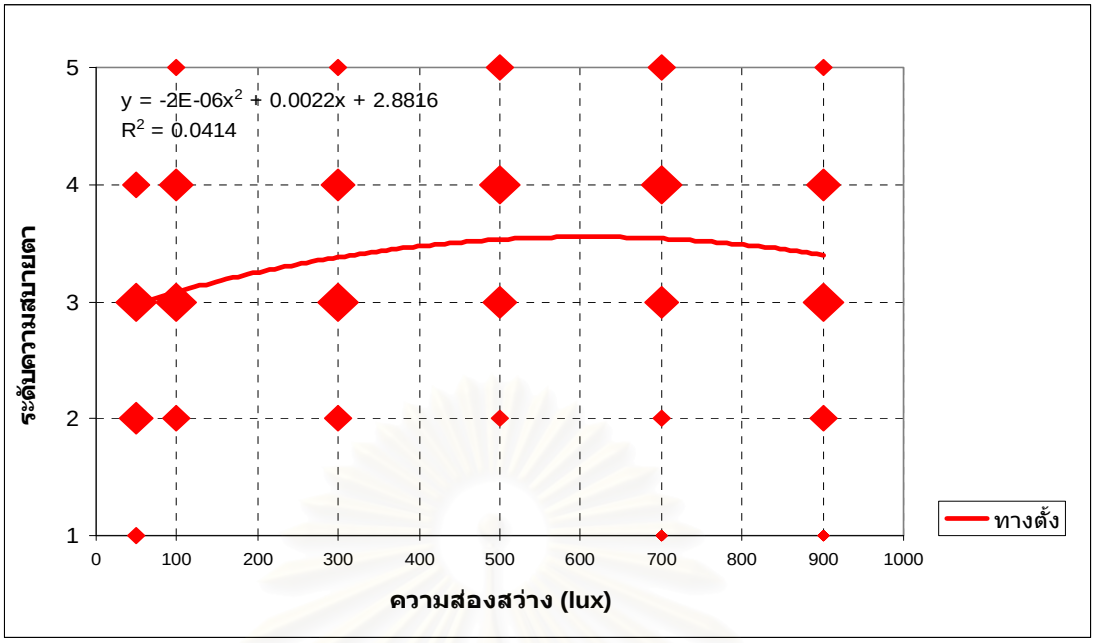
ตารางที่ 4.18 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
50	74	46
100	80	40
300	110	10
500	104	14
700	94	26
900	108	12

แผนภูมิที่ 4.41 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.34 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

ตารางที่ 4.19 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
50	12	38	36	26	8
100	10	18	72	20	0
300	0	12	54	50	4
500	0	8	60	46	6
700	4	28	54	20	14
900	4	12	44	46	14

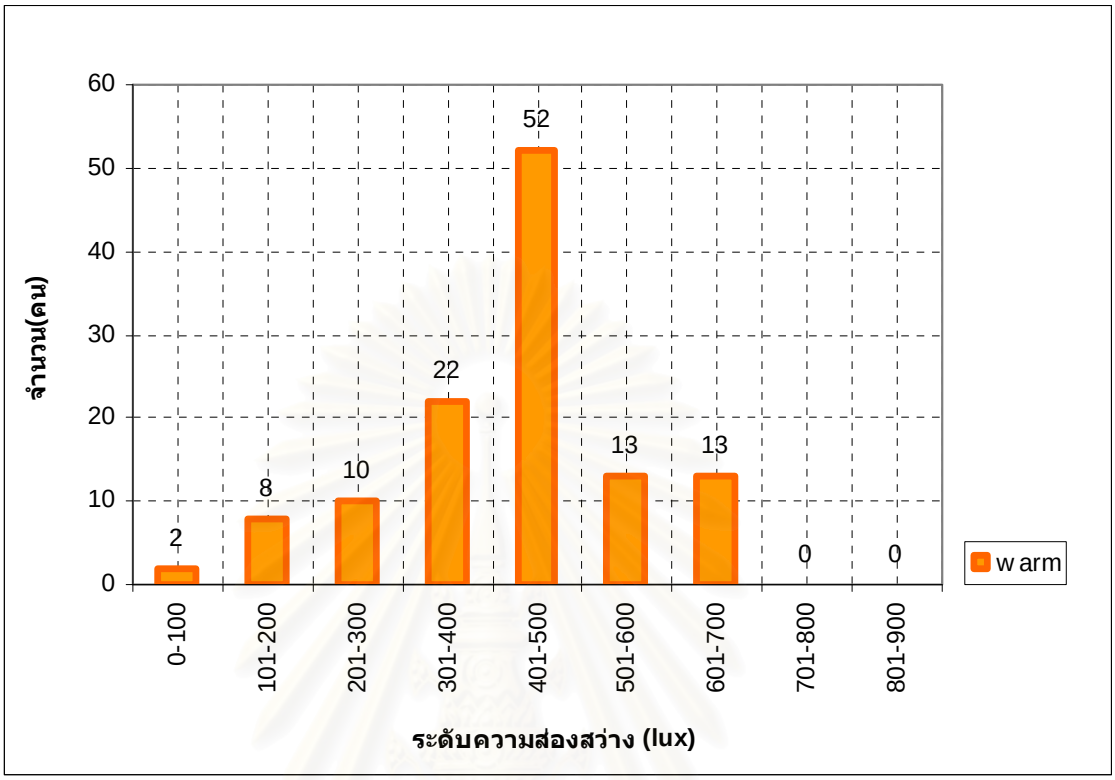
ตารางที่ 4.20 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
50	98	22
100	96	24
300	116	4
500	108	12
700	98	22
900	108	12

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 17</u>

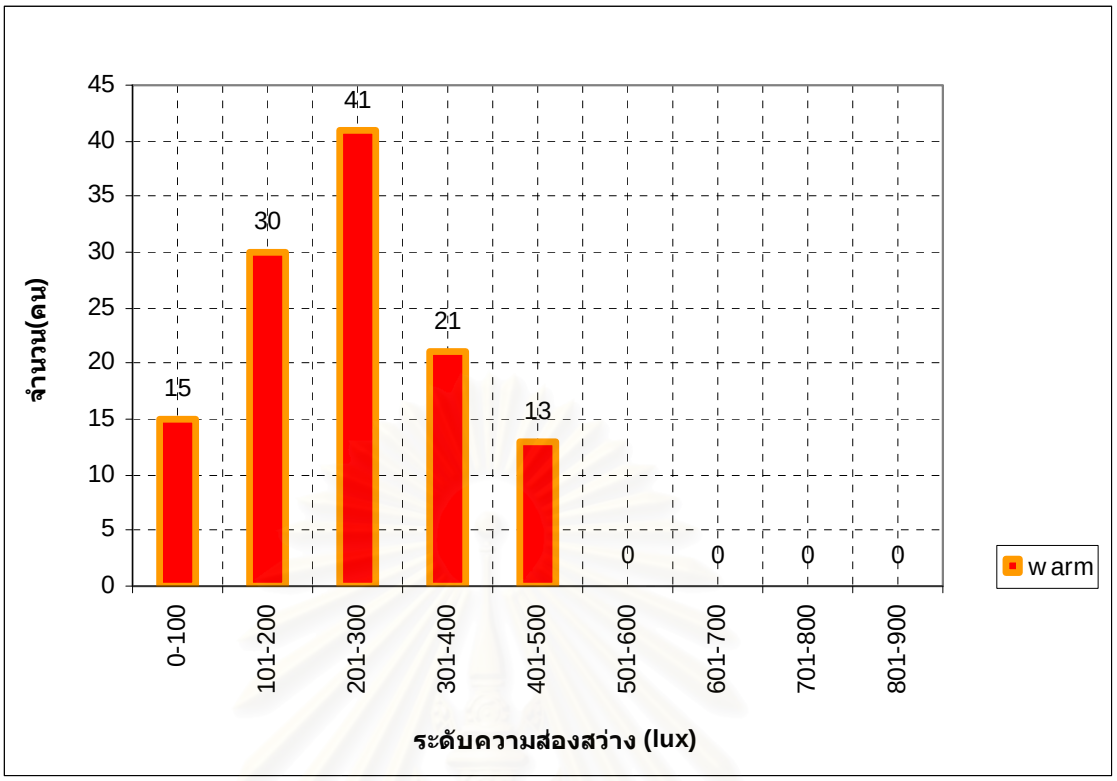
- จากแผนภูมิที่ 4.32 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.45 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.30 และ ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.25 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 50 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.10 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.18 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 110 คน รองลงมาที่ 500 Lux ที่จำนวน 108 คน และ 700 Lux ที่จำนวน 104 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.34 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.55 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.50 และ ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.40 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 50 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.00 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.20 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 116 คน รองลงมาที่ 500 ,700 Lux ที่จำนวน 108 คน และ 50,900 Lux ที่จำนวน 98 คน ตามลำดับ

4.1.18 <u>กรณีศึกษาที่ 18</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ



แผนภูมิที่ 4.35 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



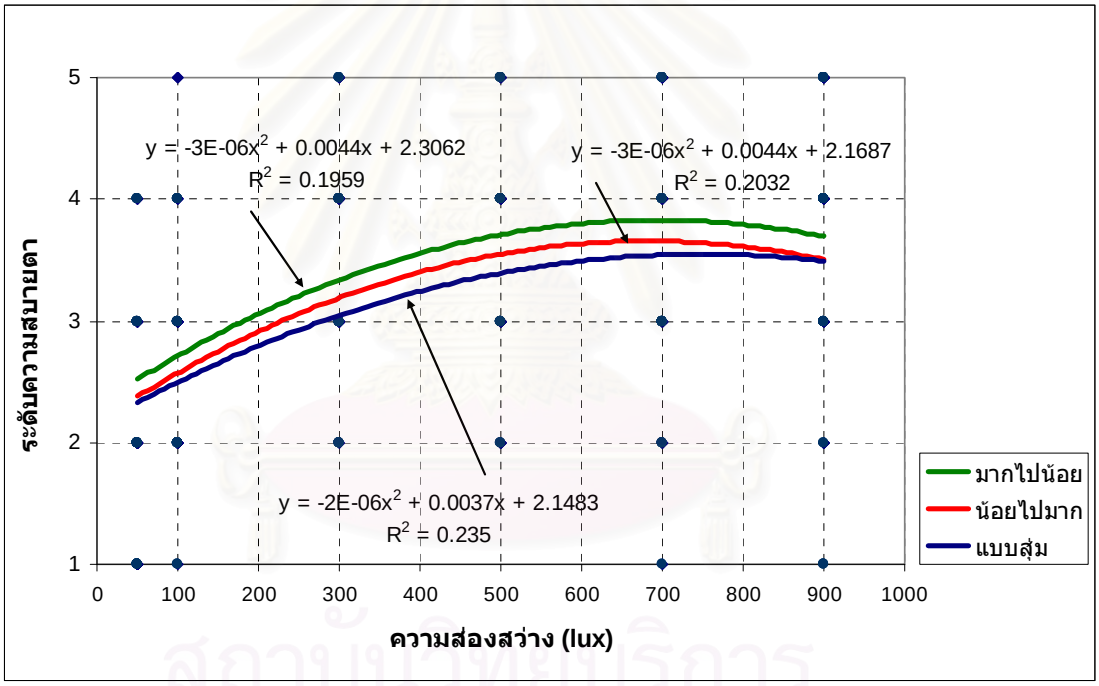
แผนภูมิที่ 4.36 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 18</u>

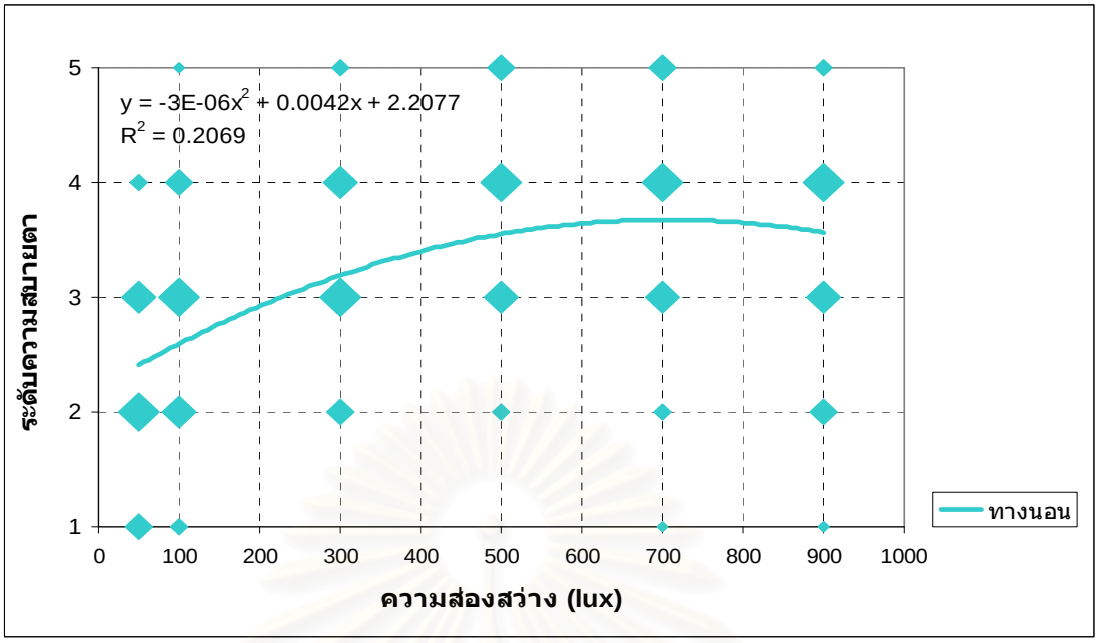
- จากแผนภูมิที่ 4.35 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 52 คน รองลงมาคือ 301-400 Lux จำนวน 22 คน และ 501-600 จำนวน 13 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 454.38
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 700
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 88
- ฐานนิยม (Mode) = 496
- มัธยฐาน (Median) = 485
- Std. Deviation = 137.61
- จากแผนภูมิที่ 4.36 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux

- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 236.63
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 469
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 45
- ฐานนิยม (Mode) = 45
- มัธยฐาน (Median) = 233
- Std. Deviation = 112.28

4.1.19 <u>กรณีศึกษาที่ 19</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ในระดับความส่องสว่างที่ 100 300 500 700 และ 900 Lux ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White



แผนภูมิที่ 4.37 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.38 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

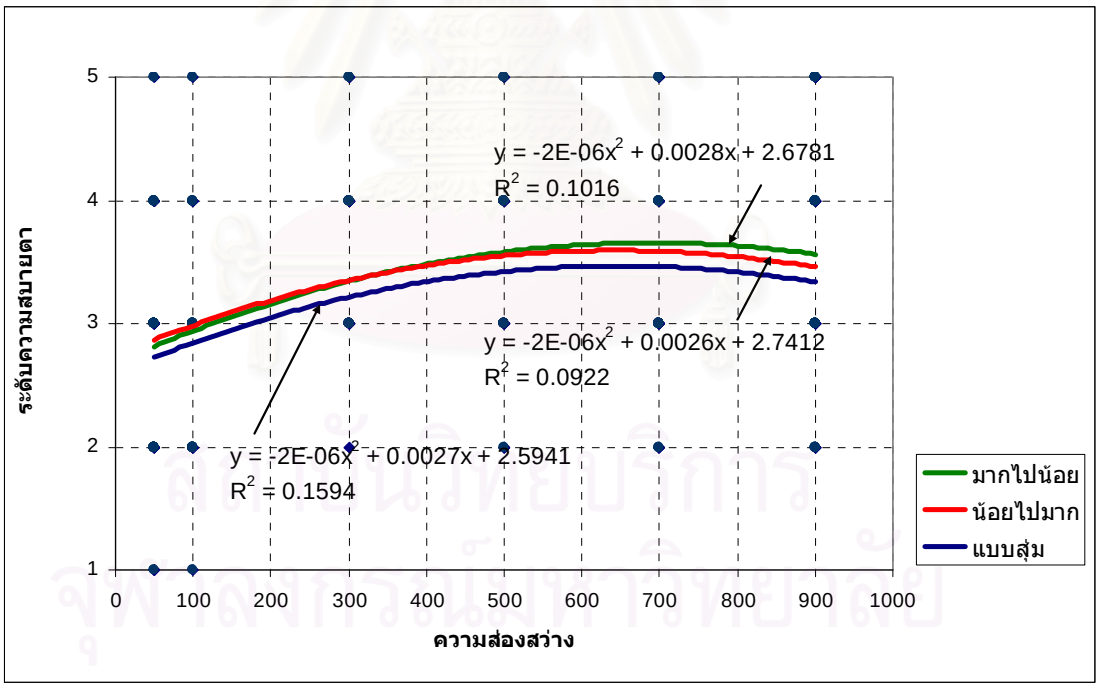
ตารางที่ 4.21 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
50	32	42	30	16	0
100	4	50	44	16	6
300	0	18	48	44	10
500	0	14	44	46	16
700	4	16	44	34	22
900	6	10	30	44	30

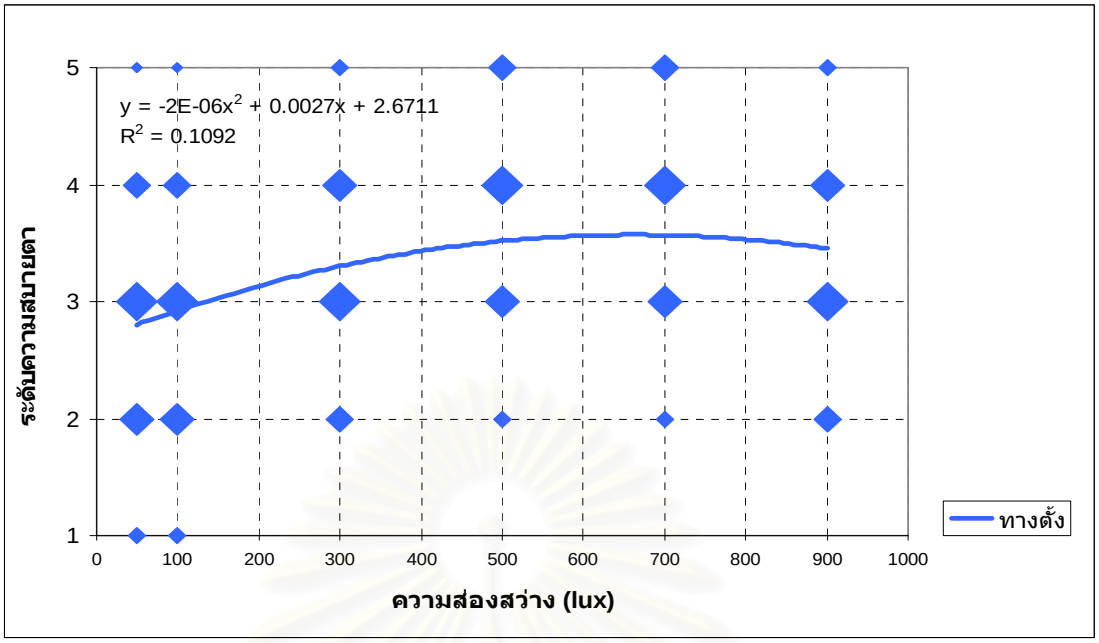
ตารางที่ 4.22 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
50	68	52
100	90	30
300	116	4
500	110	10
700	102	18
900	104	16

แผนภูมิที่ 4.49 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 4.40 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์สภาพแสงแบบ Personal Light รวมทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

ตารางที่ 4.23 แสดงจำนวนคนต่อระดับความสบายตาของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับความสบายตา				
	1(น้อยที่สุด)	2(น้อย)	3(ปานกลาง)	4(มาก)	5(มากที่สุด)
50	8	38	48	22	4
100	4	44	50	18	4
300	0	2	54	54	10
500	0	8	54	50	8
700	0	10	74	24	12
900	0	18	38	40	24

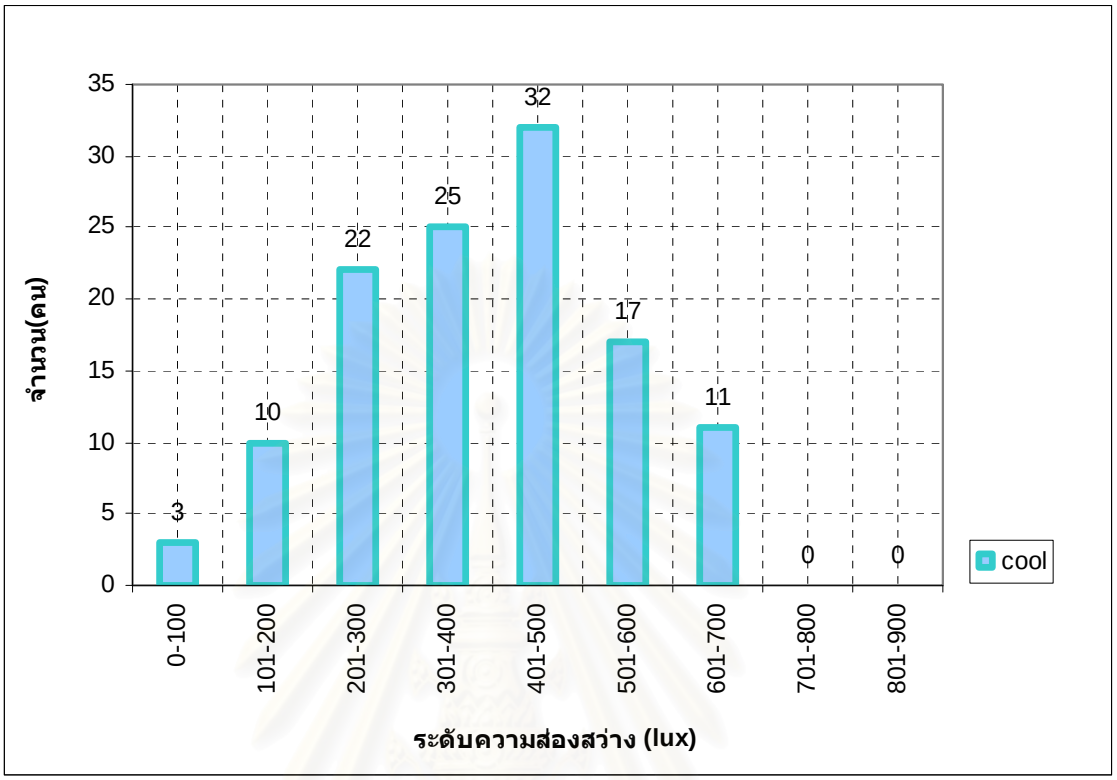
ตารางที่ 4.24 แสดงระดับการยอมรับของการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

ความส่องสว่าง (Lux)	ระดับการยอมรับ	
	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
50	96	24
100	92	28
300	116	4
500	120	0
700	108	12
900	98	22

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 19</u>

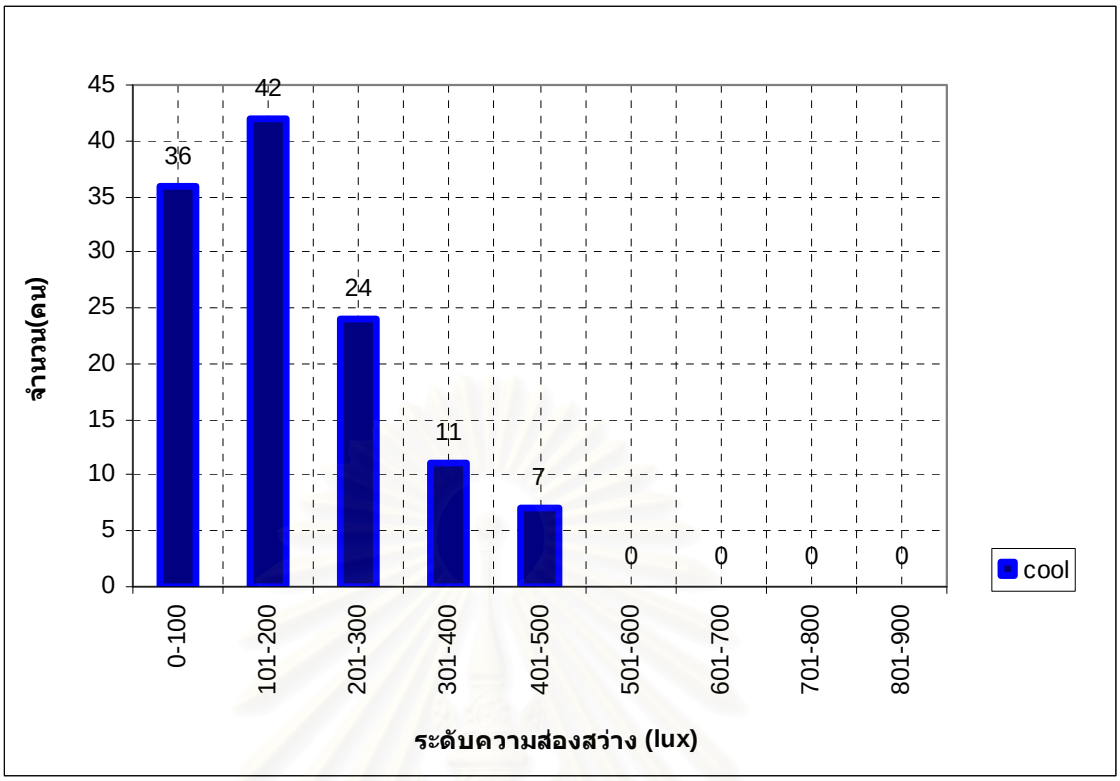
- จากแผนภูมิที่ 4.38 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.70 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.60 และ ที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.55 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 50 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.40 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.22 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 300 Lux ที่จำนวน 116 คน รองลงมาที่ 500 Lux ที่จำนวน 110 คน และ 900 Lux ที่จำนวน 104 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.40 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) ที่ระดับ 700 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.55 ซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาที่ระดับ 500 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.50 และ ที่ระดับ 900 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 3.45 ตามลำดับ
- ที่ระดับ 50 Lux มีค่าความพอใจเฉลี่ยที่ค่าคะแนน 2.80 ซึ่งเป็นระยะที่ต่ำที่สุด
- จากตารางที่ 4.24 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) จำนวนการยอมรับได้ที่มากที่สุดอยู่ที่ระดับ 500 Lux ที่จำนวน 120 คน รองลงมาที่ 300 Lux ที่จำนวน 116 คน และ 700 Lux ที่จำนวน 108 คน ตามลำดับ

4.1.20 กรณีศึกษาที่ 20 กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ



แผนภูมิที่ 4.41 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



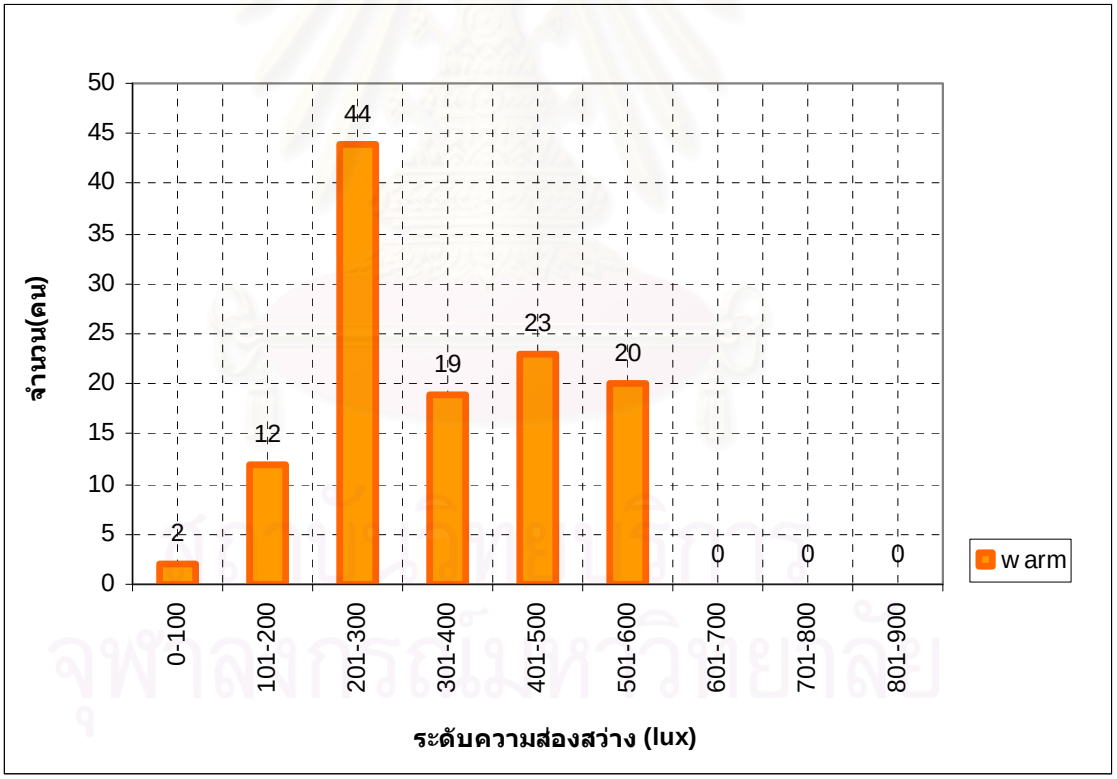
แผนภูมิที่ 4.42 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 20</u>

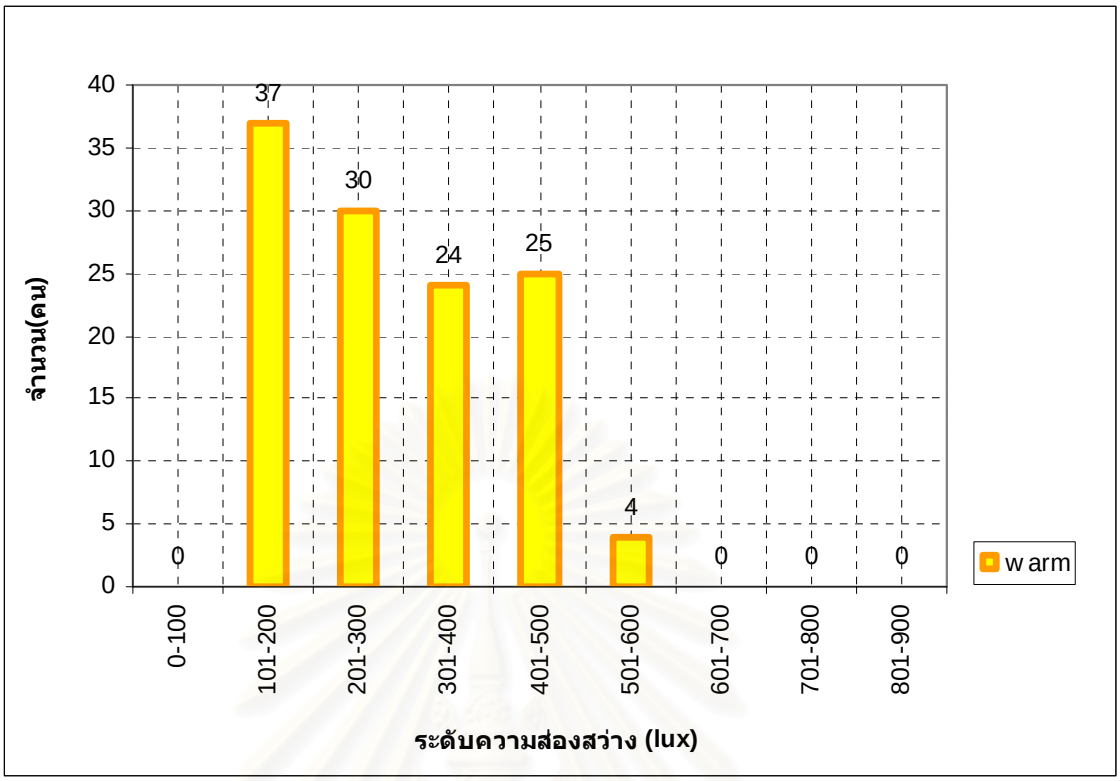
- จากแผนภูมิที่ 4.41 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 32 คน รองลงมาคือ 301-400 Lux จำนวน 25 คน และ 201-300 จำนวน 22 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 409.95
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 700
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 82
- ฐานนิยม (Mode) = 300
- มัธยฐาน (Median) = 408
- Std. Deviation = 148.64

- จากแผนภูมิที่ 4.42 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 101-200 Lux จำนวน 42 คน รองลงมาคือ 0-100 Lux จำนวน 36 คน และ 201-300 จำนวน 24 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 173.30
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 498
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 43
- ฐานนิยม (Mode) = 136
- มัธยฐาน (Median) = 138.5
- Std. Deviation = 111.86

4.1.21 <u>กรณีศึกษาที่ 21</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ



แผนภูมิที่ 4.43 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสง Ceiling light 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)



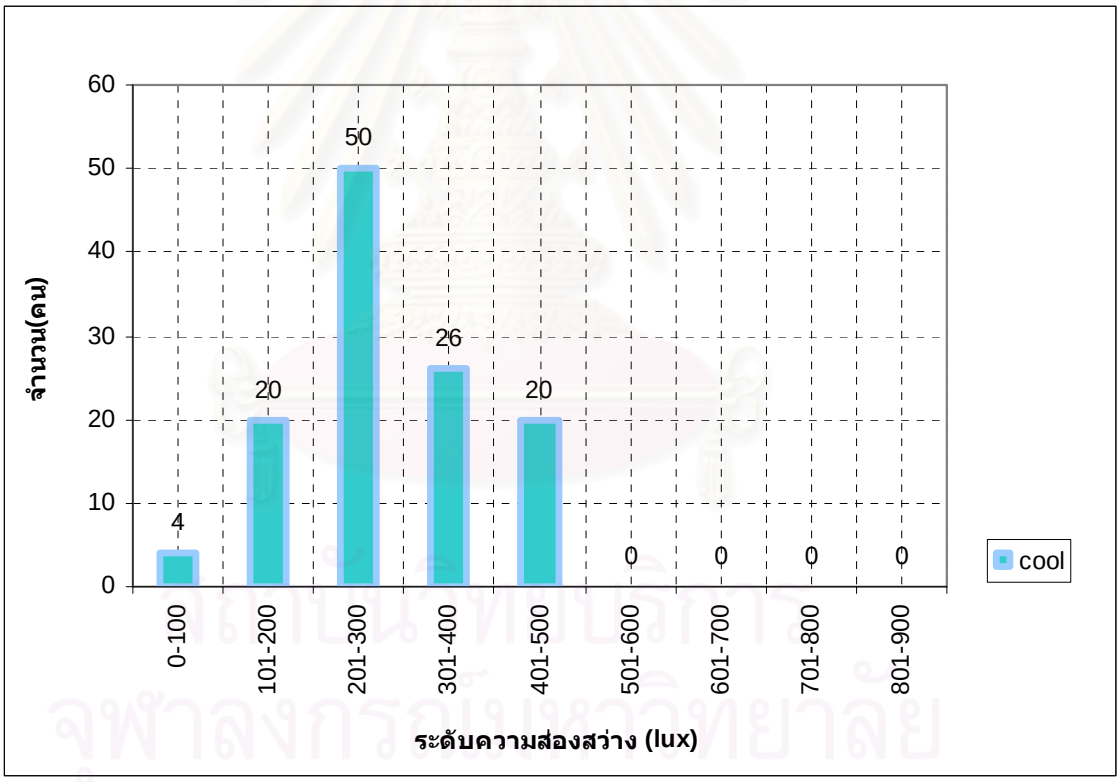
แผนภูมิที่ 4.44 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสง Ceiling light 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 21</u>

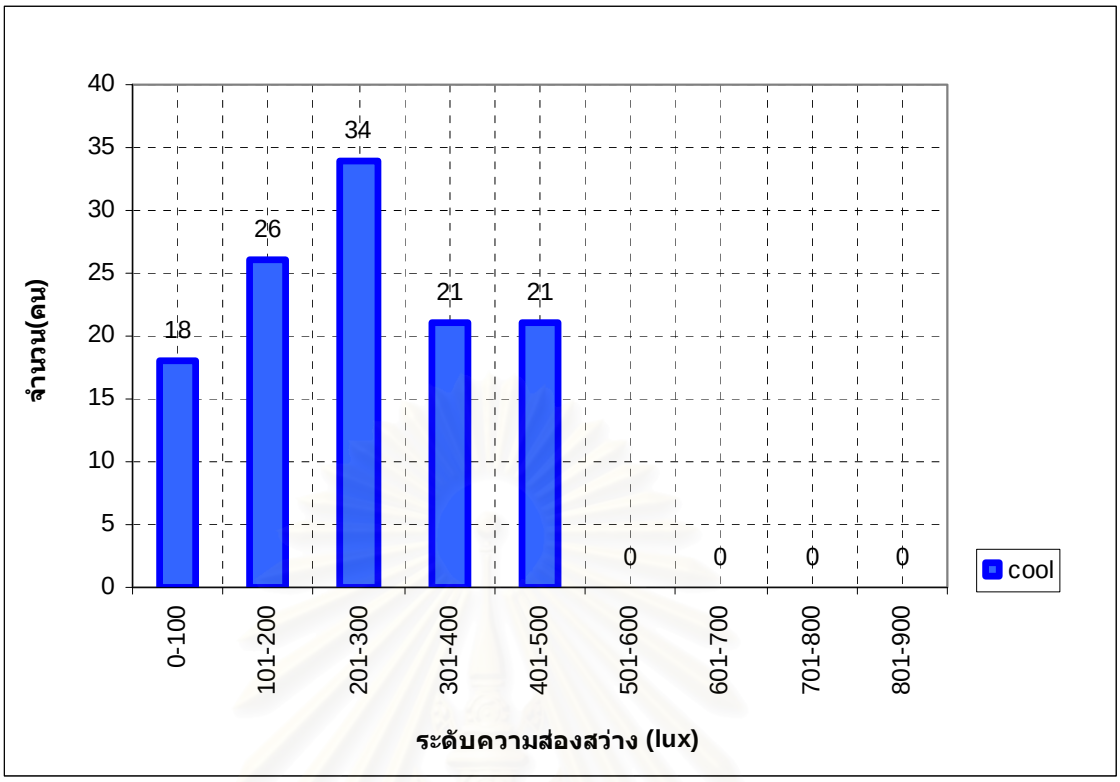
- จากแผนภูมิที่ 4.43 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux จำนวน 44 คน รองลงมาคือ 401-500 Lux จำนวน 23 คน และ 501-600 จำนวน 20 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 349.71
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 560
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 88
- ฐานนิยม (Mode) = 290
- มัธยฐาน (Median) = 302.5
- Std. Deviation = 124.61
- จากแผนภูมิที่ 4.44 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 101-200 Lux

- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 298.97
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 520
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 110
- ฐานนิยม (Mode) = 300
- มัธยฐาน (Median) = 287.5
- Std. Deviation = 123.66

4.1.22 <u>กรณีศึกษาที่ 22</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling light 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ผู้ร่วมทดลองปรับระดับความส่องสว่างเองตามความพอใจ



แผนภูมิที่ 4.45 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสง Ceiling light 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)



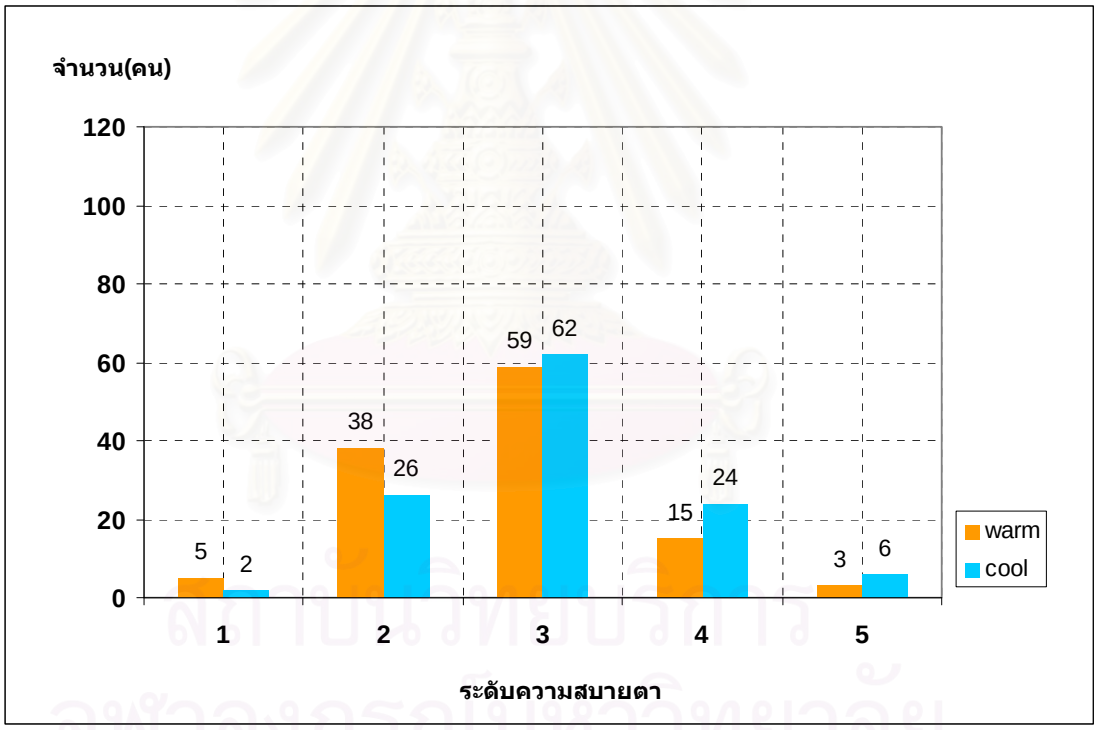
แผนภูมิที่ 4.46 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสง Ceiling light 300 Lux และ Personal light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 22</u>

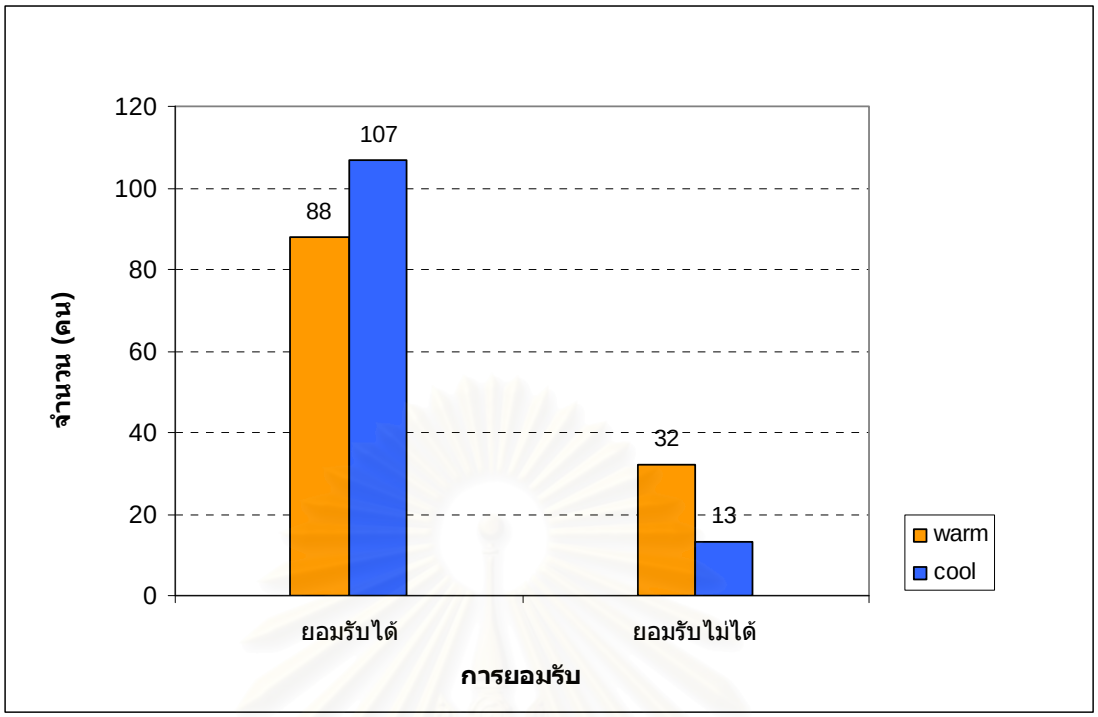
- จากแผนภูมิที่ 4.45 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux จำนวน 50 คน รองลงมาคือ 301-400 Lux จำนวน 26 คน และ 101-200 จำนวน 20 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 288.41
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 500
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 40
- ฐานนิยม (Mode) = 500
- มัธยฐาน (Median) = 252.5
- Std. Deviation = 124.61

- จากแผนภูมิที่ 4.46 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุดในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux จำนวน 34 คน รองลงมาคือ 101-200 Lux จำนวน 26 คน และ 301-400 จำนวน 21 คน ตามลำดับ
- มีค่าเฉลี่ย (Average) = 249.54
- ค่ามากที่สุด (Maximum) = 467
- ค่าน้อยที่สุด (Minimum) = 60
- ฐานนิยม (Mode) = 150
- มัธยฐาน (Median) = 235
- Std. Deviation = 123.38

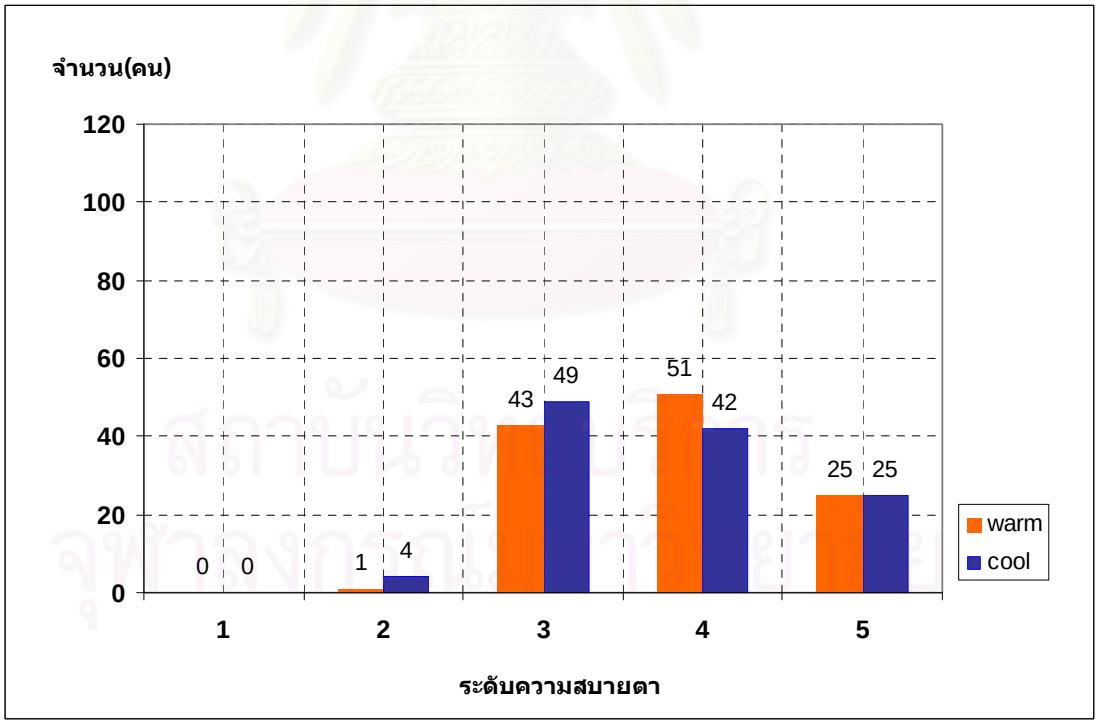
4.1.23 <u>กรณีศึกษาที่ 23</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White



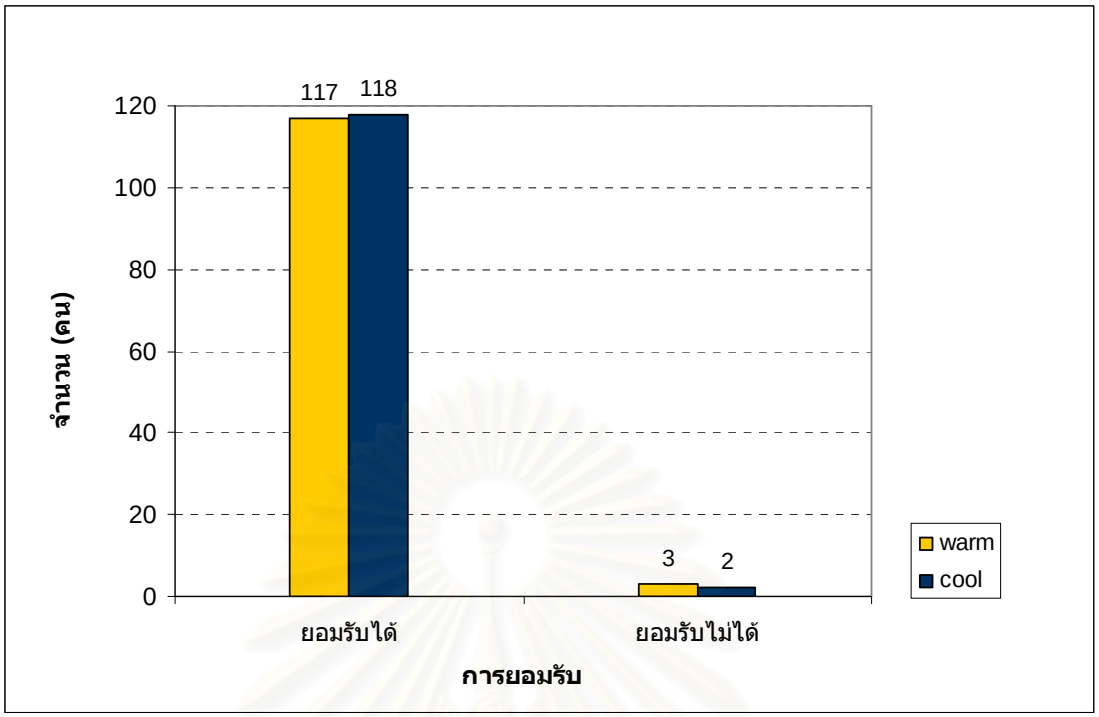
แผนภูมิที่ 4.47 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 4.48 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 4.49 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)



แผนภูมิที่ 4.50 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)

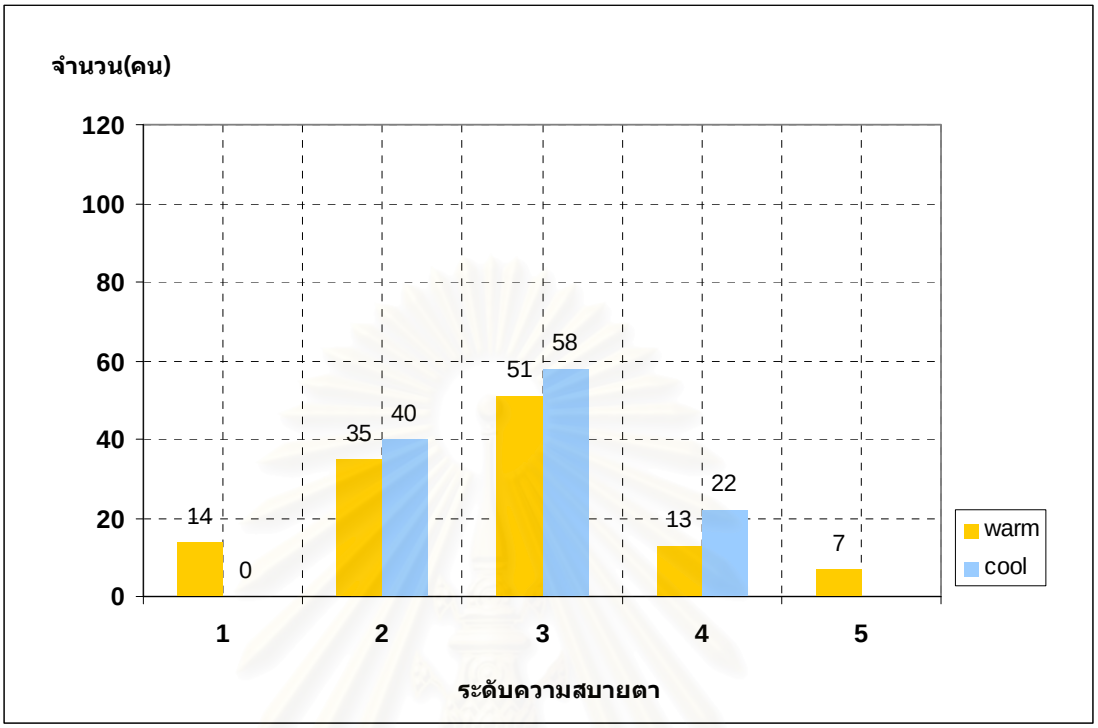
<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 23</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.47 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 59 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 38 คน และ ที่ 1 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อยที่สุด) จำนวน 5 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.47 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 62 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 26 คน และ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 24 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.48 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White(ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 88 คน และที่ยอมรับไม่ได้จำนวน 32 คน
- จากแผนภูมิที่ 4.48 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White(ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 107 คน และยอมรับไม่ได้ 13 คน

- จากแผนภูมิที่ 4.49 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 51 คน รองลงมาคือ ที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 43 คน และ ที่ 5 คะแนน (ระดับความสบายตามากที่สุด) จำนวน 25 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.49 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 49 คน รองลงมาคือ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 42 คน และ ที่ 5 คะแนน (ระดับความสบายตามากที่สุด) จำนวน 25 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.50 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White(ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 117 คน และที่ยอมรับไม่ได้จำนวน 3 คน
- จากแผนภูมิที่ 4.50 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White(ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 118 คน และยอมรับไม่ได้ 2 คน

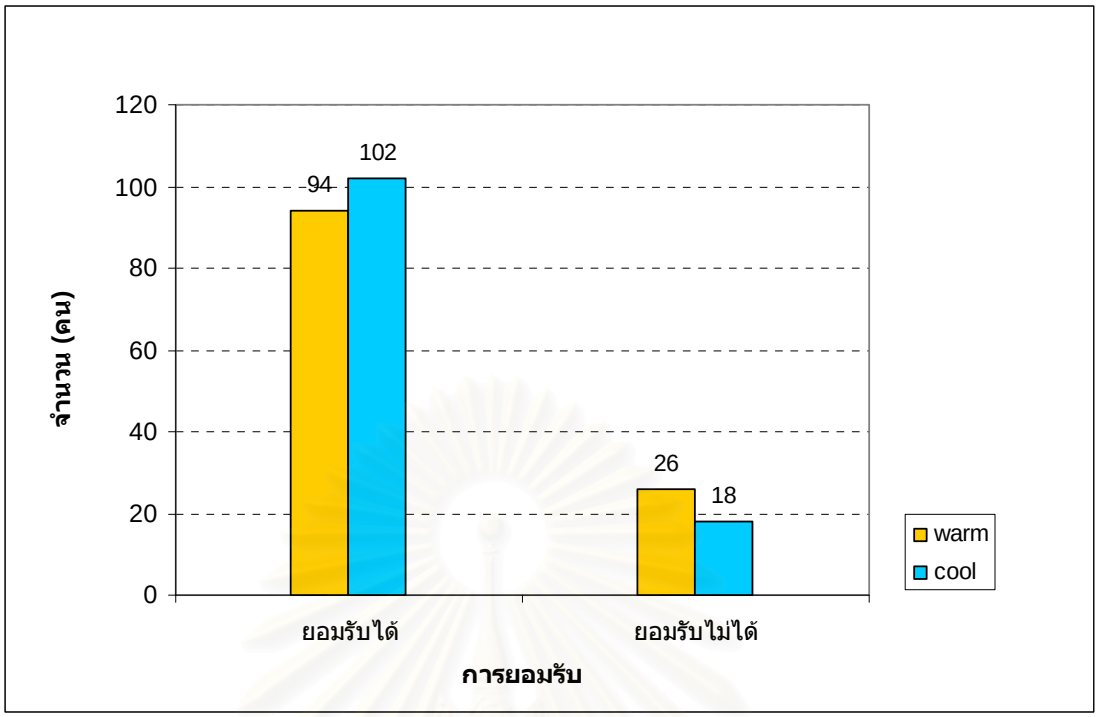
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.24 <u>กรณีศึกษาที่ 24</u> กิจกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

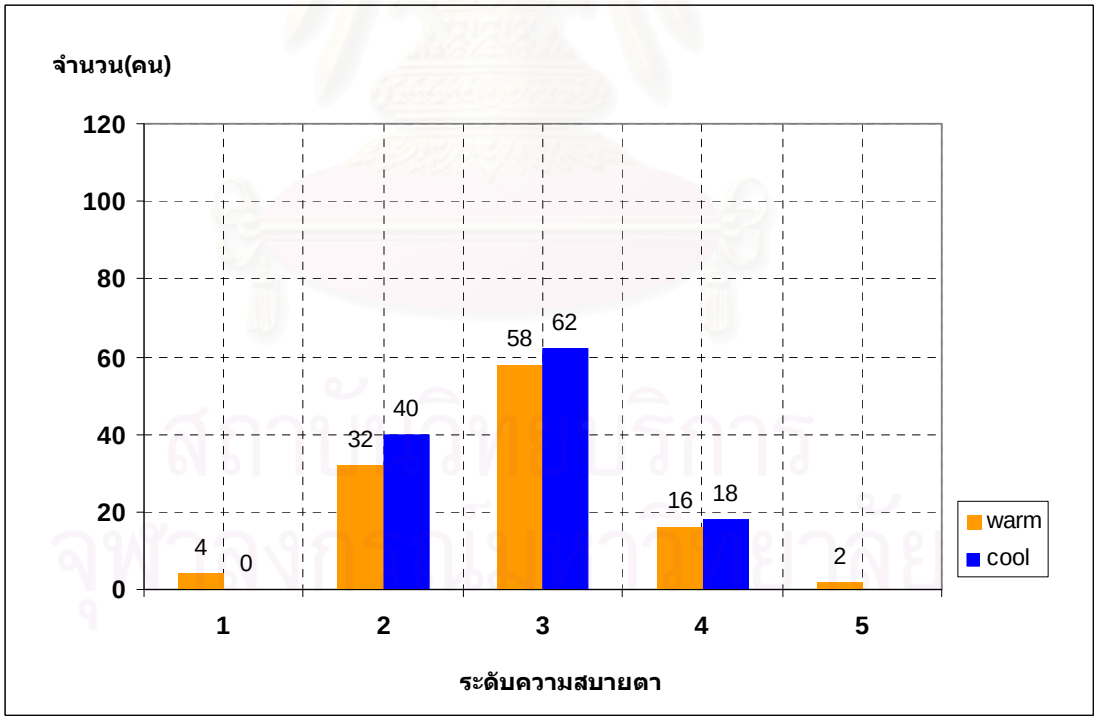


แผนภูมิที่ 4.51 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)

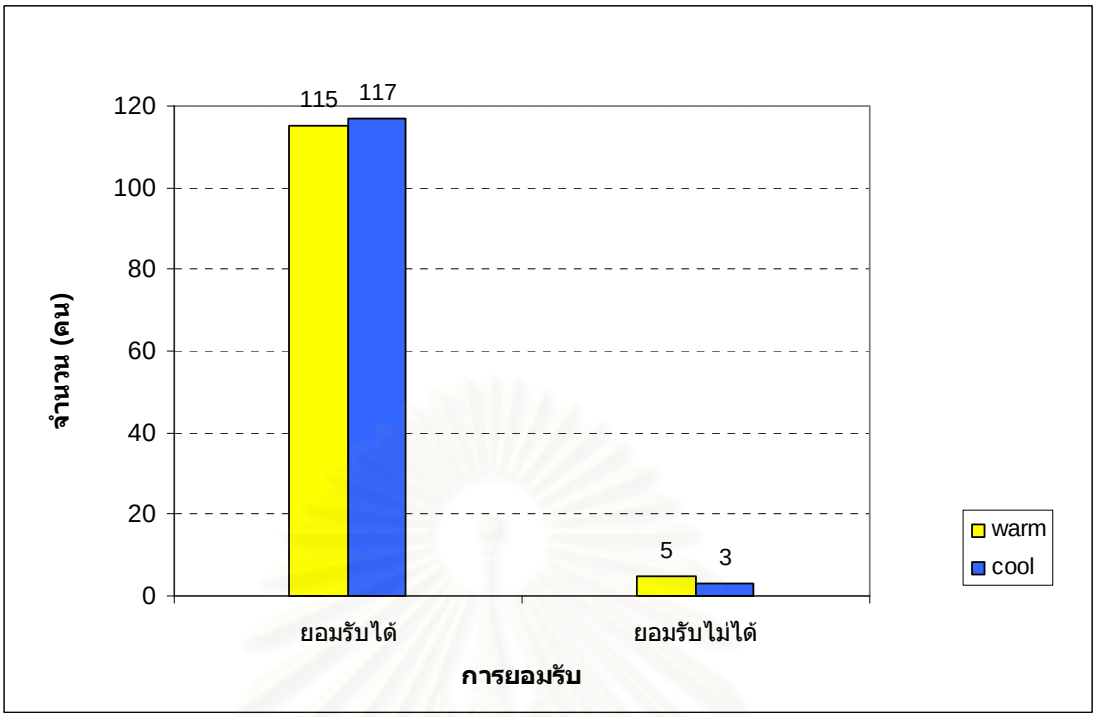
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.52 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 4.53 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)



แผนภูมิที่ 4.54 แสดงระดับการยอมรับของการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)

<u>วิเคราะห์และอภิปรายผลกรณีศึกษาที่ 24</u>

- จากแผนภูมิที่ 4.51 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 51 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 35 คน และ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 13 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.51 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 58 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 40 คน และ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 22 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.52 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White(ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 102 คน และยอมรับไม่ได้จำนวน 18 คน
- จากแผนภูมิที่ 4.52 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White(ทางนอน) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 94 คน และยอมรับไม่ได้ 26 คน

- จากแผนภูมิที่ 4.53 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 62 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 40 คน และ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 18 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.53 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจสูงสุดในระดับความสบายตาที่ 3 คะแนน (ระดับความสบายตาปานกลาง) จำนวน 58 คน รองลงมาคือ ที่ 2 คะแนน (ระดับความสบายตาน้อย) จำนวน 32 คน และ ที่ 4 คะแนน (ระดับความสบายตามาก) จำนวน 16 คน ตามลำดับ
- จากแผนภูมิที่ 4.54 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White(ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 117 คน และที่ยอมรับไม่ได้จำนวน 3 คน
- จากแผนภูมิที่ 4.54 พบว่าที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White(ทางตั้ง) มีความถี่ของจำนวนคนจากจำนวนทั้งหมด 120 คน จำนวนที่ยอมรับได้ 115 คน และยอมรับไม่ได้ 5 คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

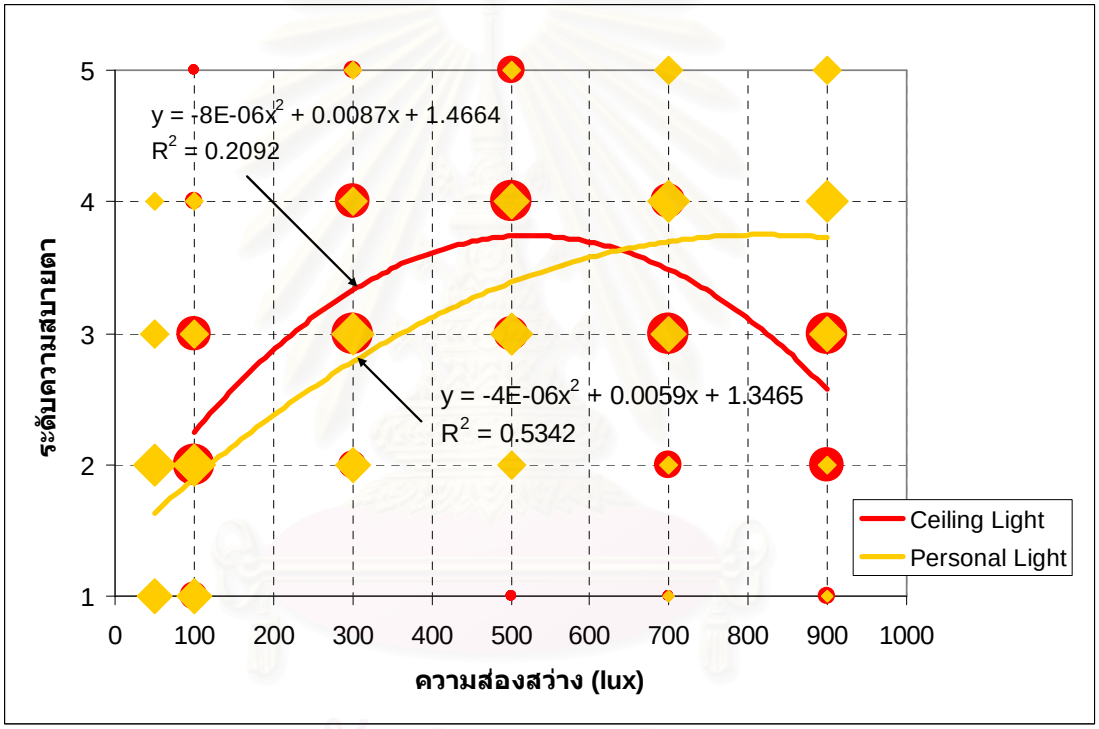
5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจากโคมฟลูออเรสเซนต์ สามารถสรุปผลได้หลายประเด็น ดังต่อไปนี้

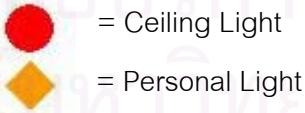
5.1.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบตามชนิดของแสง (Type of Light)

1) Paper Task

<u>กรณีศึกษาที่ 1 และ 5</u>

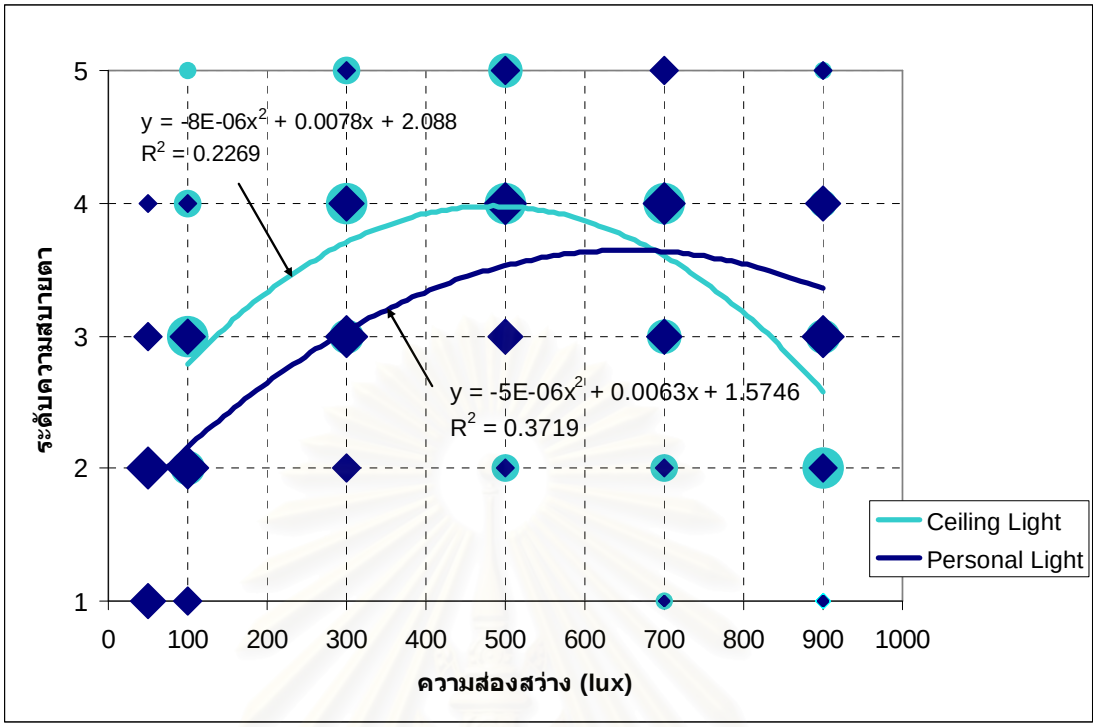


* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

กรณีศึกษาที่ 3 และ 7



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด
= จำนวนน้อย
= จำนวนปานกลาง
= จำนวนมาก
= จำนวนมากที่สุด
= Ceiling Light
= Personal Light

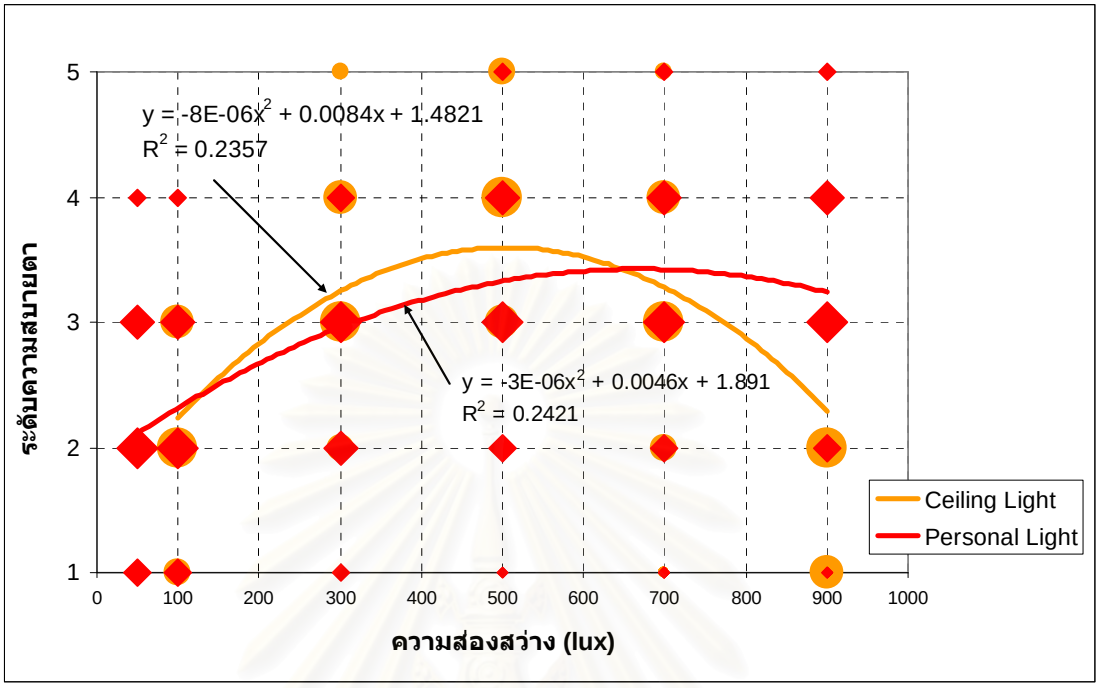
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

- จากแผนภูมิที่ 5.1 ระดับความพอใจของ Ceiling Light มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Personal Light ที่ 100 Lux 300 Lux 500 Lux และต่ำกว่าที่ 700 Lux และ 900 Lux

- จากแผนภูมิที่ 5.2 ระดับความพอใจของ Ceiling Light มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Personal Light ที่ 100 Lux 300 Lux 500 Lux เท่ากันที่ 700 Lux และต่ำกว่าที่ 900 Lux

2) Computer Task

<u>กรณีศึกษาที่ 13 และ17</u>

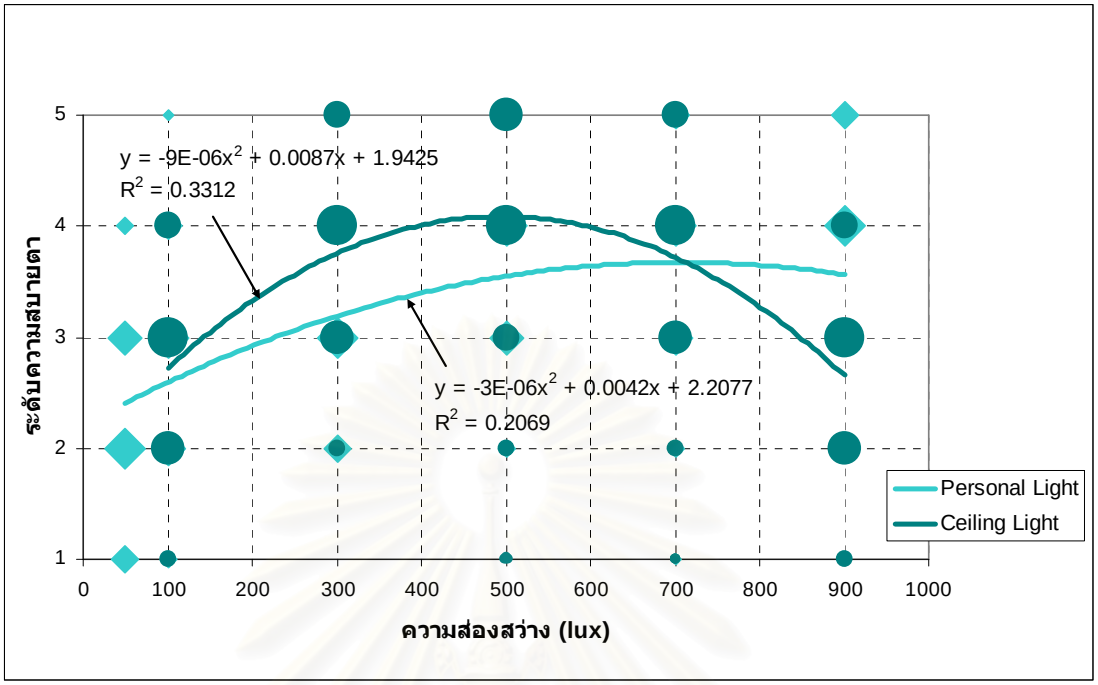


* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

แผนภูมิที่ 5.3 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีศึกษาที่ 15 และ19



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

= จำนวนมากที่สุด

= Ceiling Light

= Personal Light

แผนภูมิที่ 5.4 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์เปรียบเทียบระหว่าง Ceiling Lighting และ Personal Light ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

- จากแผนภูมิที่ 5.3 ระดับความพอใจของ Ceiling Light มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Personal Light ที่ 300 Lux 500 Lux และต่ำกว่าที่ 100 Lux 700 Lux และ 900 Lux

- จากแผนภูมิที่ 5.4 ระดับความพอใจของ Ceiling Light มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Personal Light ที่ 100 Lux 300 Lux 500 Lux เท่ากันที่ 700 Lux และต่ำกว่าที่ 900 Lux

5.1.2 สรุปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากกรณีศึกษาที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามชนิดของแสง

1) Paper Task

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของการอ่านเอกสารที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ

กรณีศึกษาที่ 2 6 และ9			
Correlated Color Temperature	Ceiling Lighting (Lux)	Personal Lighting (Lux)	Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting (Lux)
Warm	596.25	551.15	538.50
กรณีศึกษาที่ 4 8 และ10			
Cool	522.25	479.03	457.60

2) Computer Task

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของการใช้คอมพิวเตอร์ที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ

กรณีศึกษาที่ 14 18 และ 21				
Correlated Color Temperature	ทิศทางแสง	Ceiling Lighting (Lux)	Personal Lighting (Lux)	Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting (Lux)
Warm	ทางนอน	398.48	454.38	349.71
	ทางตั้ง	249.43	236.63	298.90
กรณีศึกษาที่ 16 20 และ 22				
Cool	ทางนอน	346.41	409.95	288.41
	ทางตั้ง	211.71	173.30	249.54

- จากตารางที่ 5.1 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White ในแสงแบบ Ceiling Light จะมีค่ามากที่สุดที่ 596.25 Lux รองลงมาคือ Personal Lighting ที่ 551.15 Lux และ ค่าที่น้อยที่สุดคือ แบบ Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting ที่ 538.5 Lux
- จากตารางที่ 5.1 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White ในแสงแบบ Ceiling Light จะมีค่ามากที่สุดที่ 522.25 Lux รองลงมาคือ Personal Lighting ที่ 5479.03 Lux และ ค่าที่น้อยที่สุดคือ แบบ Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting ที่ 457.60 Lux

- จากตารางที่ 5.2 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางนอน)ในแสงแบบ Personal Lighting จะมีค่ามากที่สุดที่ 454.38 Lux รองลงมาคือ Ceiling Light ที่ 398.48 Lux และ ค่าที่น้อยที่สุดคือ แบบ Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting ที่ 349.71 Lux

- จากตารางที่ 5.2 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White (ทางตั้ง)ในแสงแบบ Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting จะมีค่ามากที่สุดที่ 298.90 Lux รองลงมาคือ Ceiling Light ที่ 249.43 Lux และ ค่าที่น้อยที่สุดคือ แบบ Personal Lighting ที่ 236.63 Lux

- จากตารางที่ 5.2 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางนอน)ในแสงแบบ Personal Lighting จะมีค่ามากที่สุดที่ 409.95 Lux รองลงมาคือ Ceiling Light ที่ 346.41 Lux และ ค่าที่น้อยที่สุดคือ แบบ Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting ที่ 288.41 Lux

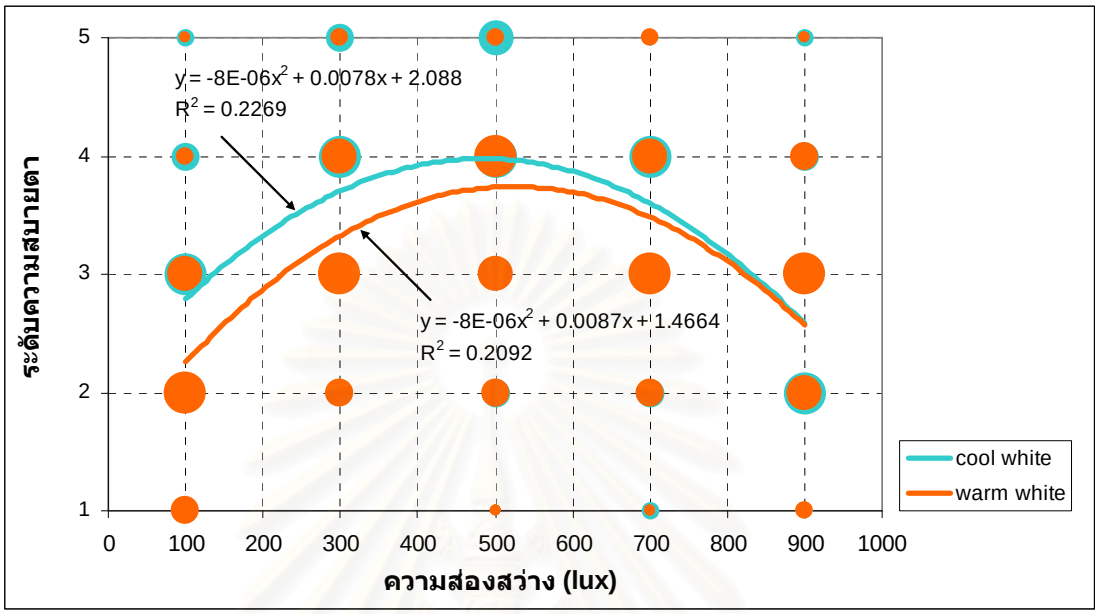
- จากตารางที่ 5.2 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White (ทางตั้ง)ในแสงแบบ Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Lighting จะมีค่ามากที่สุดที่ 249.54 Lux รองลงมาคือ Ceiling Light ที่ 211.71 Lux และ ค่าที่น้อยที่สุดคือ แบบ Personal Lighting ที่ 173.30 Lux

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

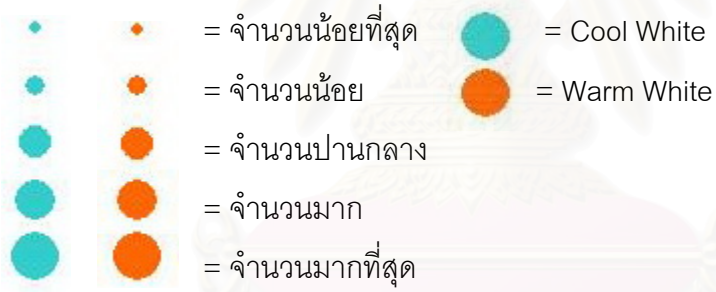
5.1.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิสีตามชนิดของแสง (Type of Light)

1) Paper Task

1.1) Ceiling Light (กรณีศึกษาที่ 1 และ 3)



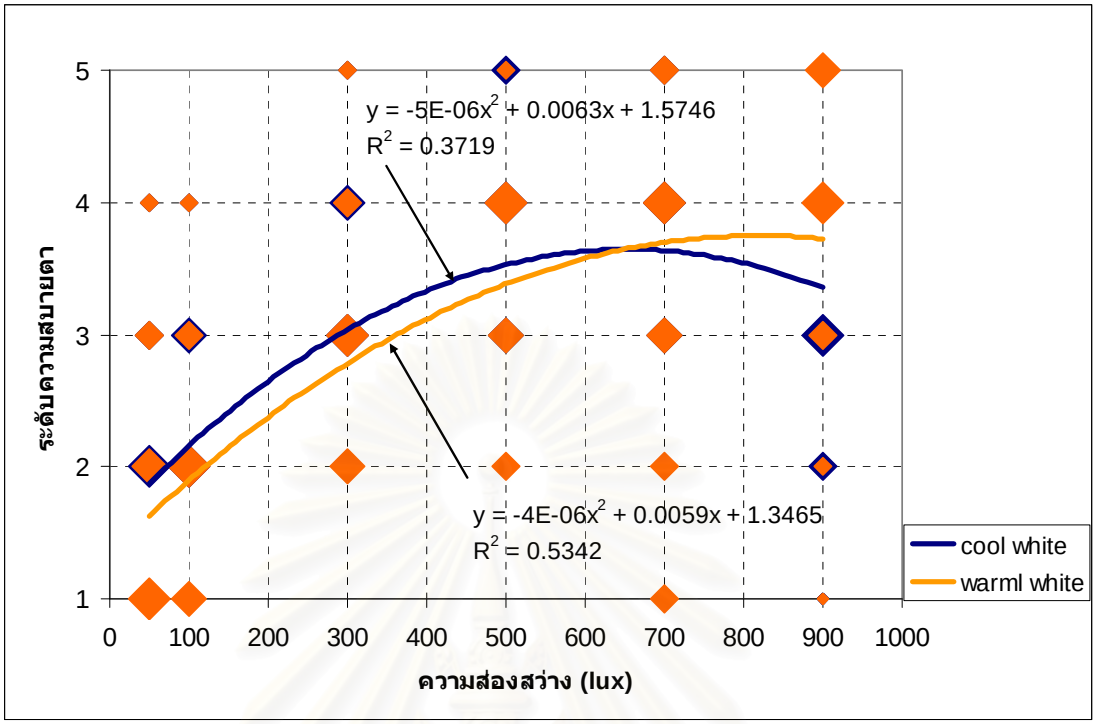
* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา



แผนภูมิที่ 5.5 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ ceiling light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

- จากแผนภูมิที่ 5.5 ระดับความพอใจของ Cool White มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Warm White ที่ 100 Lux 300 Lux 500 Lux 700 Lux และ ต่ำกว่าที่ 900 Lux

1.2) Personal Light (กรณีศึกษาที่ 5 และ 7)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด = Cool White

= จำนวนน้อย = Warm White

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

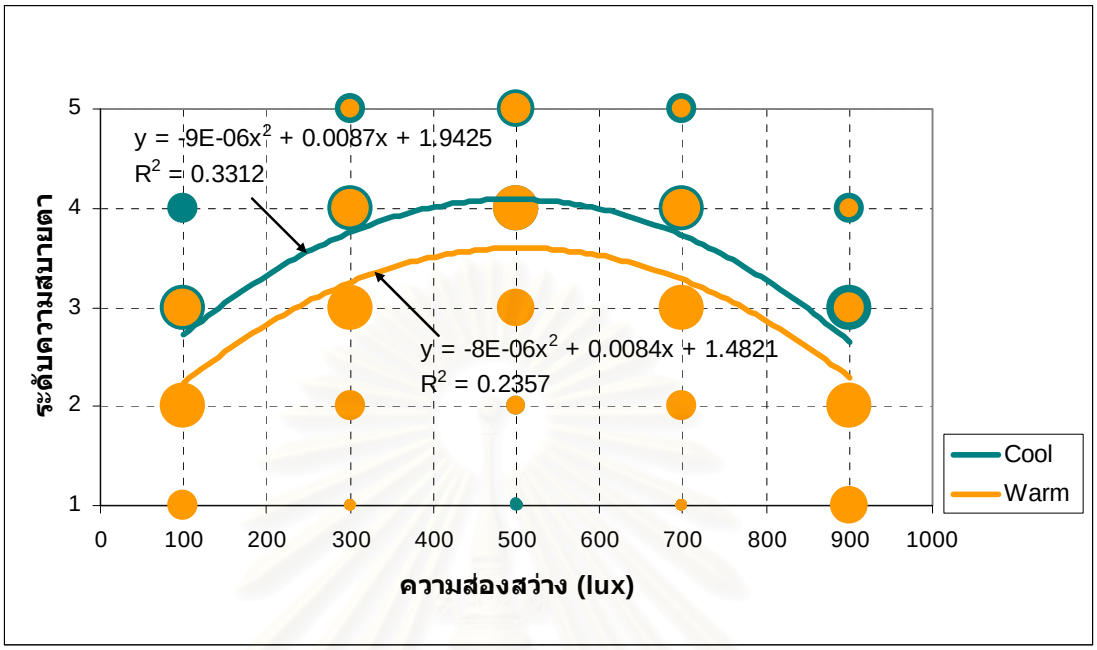
= จำนวนมากที่สุด

แผนภูมิที่ 5.6 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือ สภาพแสงแบบ Personal Light_เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

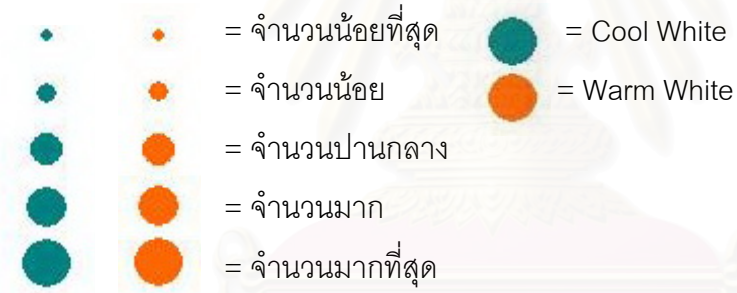
- จากแผนภูมิที่ 5.6 ระดับความพอใจของ Cool White มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Warm White ที่ 50 Lux 100 Lux 300 Lux 500 Lux แต่ต่ำกว่าที่ 700 Lux และ 900 Lux

2) Computer Task

2.1) Ceiling Light (กรณีศึกษาที่ 13 และ 15)

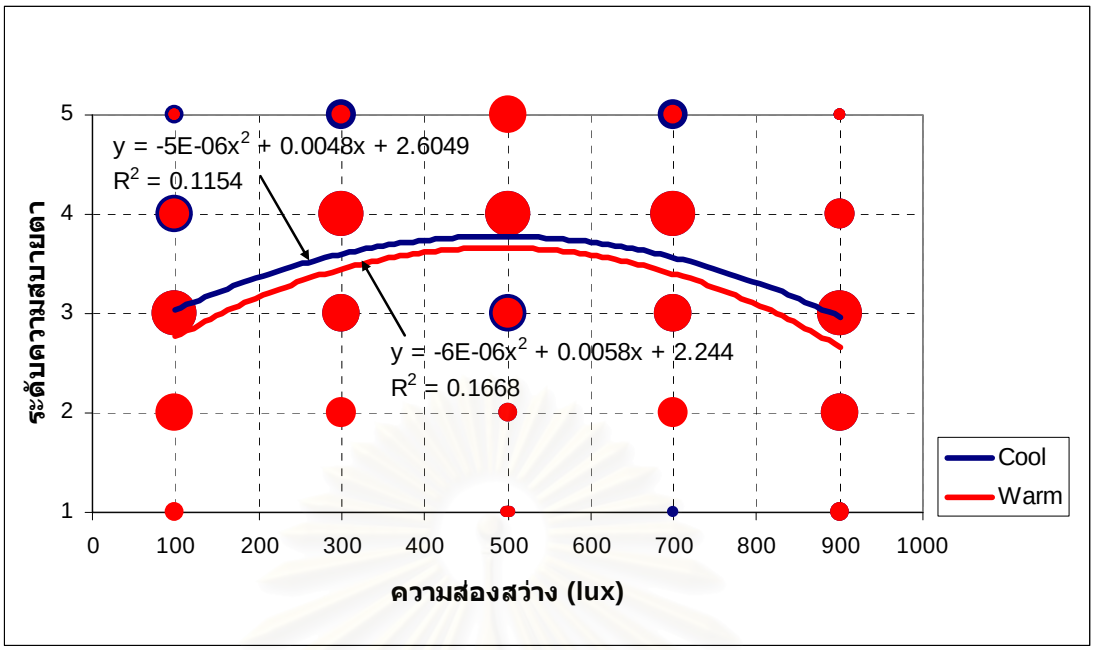


* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา



แผนภูมิที่ 5.7 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางนอน) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



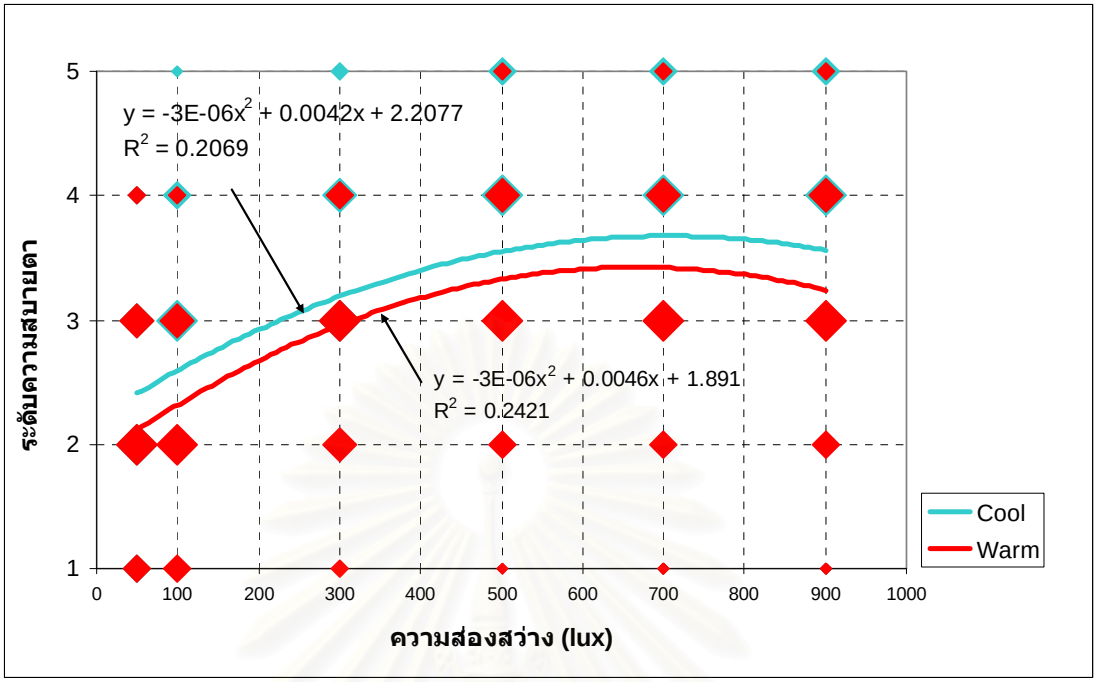
* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด
= จำนวนน้อย
= จำนวนปานกลาง
= จำนวนมาก
= จำนวนมากที่สุด
= Cool White
= Warm White

แผนภูมิที่ 5.8 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White

- จากแผนภูมิที่ 5.7 ระดับความพอใจของ Cool White มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Warm White ในทุก ๆ ค่าความส่องสว่าง
- จากแผนภูมิที่ 5.8 ระดับความพอใจของ Cool White มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Warm White ในทุก ๆ ค่าความส่องสว่าง

2.2) Personal Light (กรณีศึกษาที่ 17 และ 19)



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา

= จำนวนน้อยที่สุด

= จำนวนน้อย

= จำนวนปานกลาง

= จำนวนมาก

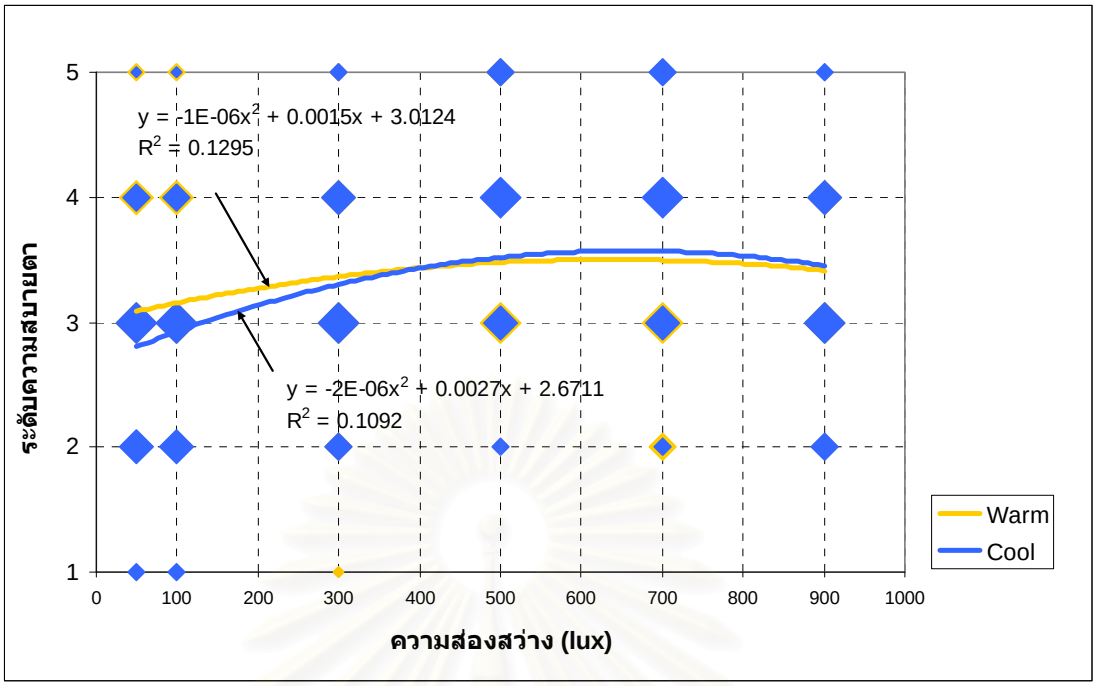
= จำนวนมากที่สุด

= Cool White

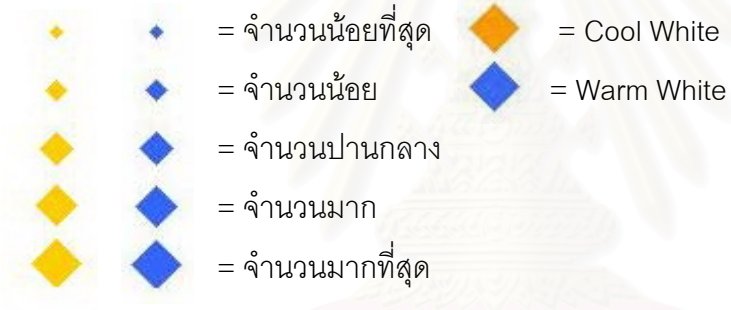
= Warm White

แผนภูมิที่ 5.9 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Personal Light (ทางนอน) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White

- จากแผนภูมิที่ 5.9 ระดับความพอใจของ Cool White มีระดับคะแนนของความพอใจ (ระดับความสบายตา)ที่สูงกว่า Warm White ในทุก ๆ ค่าความส่องสว่าง



* จำนวนความถี่คนที่ให้คะแนนในแต่ละระดับความสบายตา



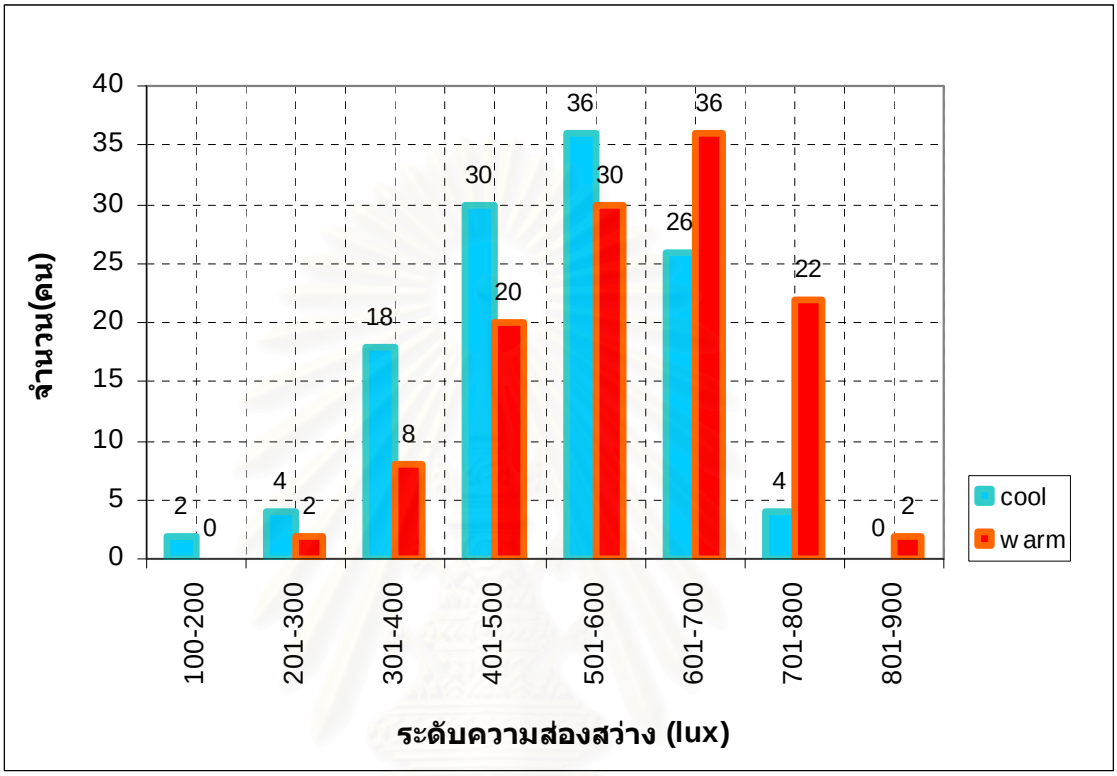
แผนภูมิที่ 5.10 แสดงระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ สภาพแสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White

- จากแผนภูมิที่ 5.10 ระดับความพอใจของ Cool White และ Warm White มีระดับคะแนนของความพอใจ(ระดับความสบายตา)ที่ใกล้เคียงกันมากโดย Warm White จะมีค่าสูงกว่าที่ 50 Lux 100 Lux 300 Lux เท่ากันที่ 500 Lux แต่ต่ำกว่าในระดับ 700 Lux และ 900 Lux

5.1.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิสีตามชนิดของแสงในกรณีศึกษาที่ผู้ทดลองปรับความส่องสว่างเองได้ตามความพอใจ

1) Paper Task

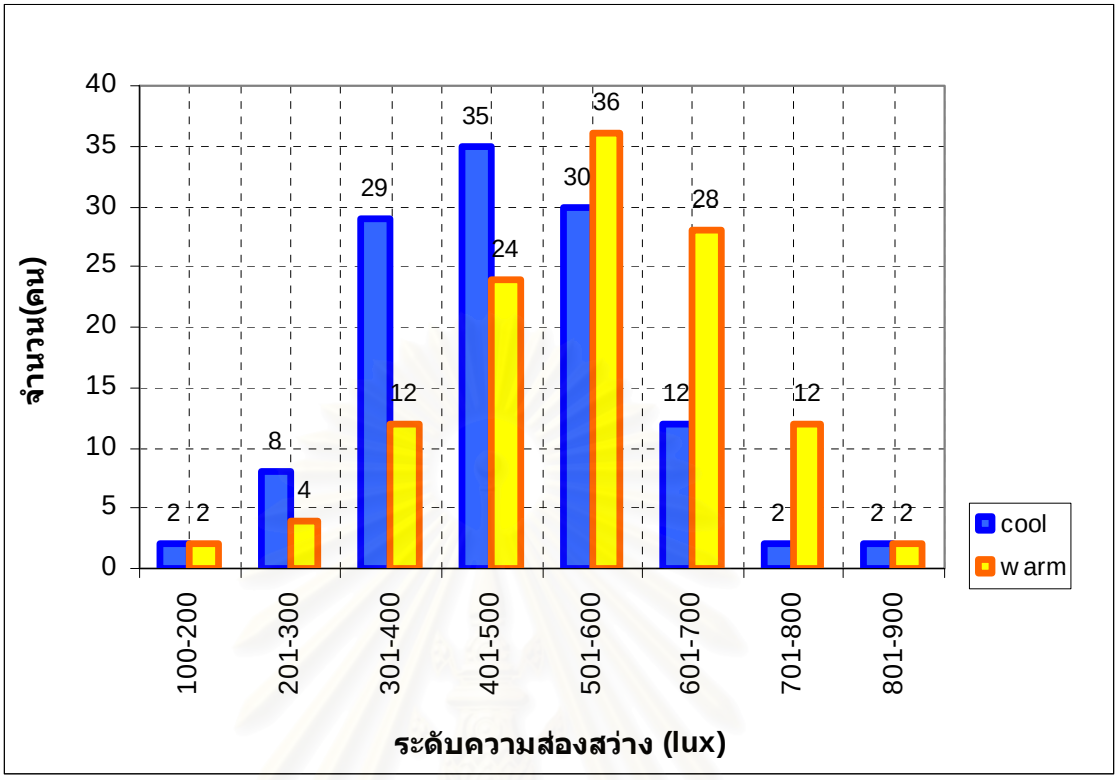
1.1) Ceiling Light (กรณีศึกษาที่ 2 และ 4)



แผนภูมิที่ 5.11 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

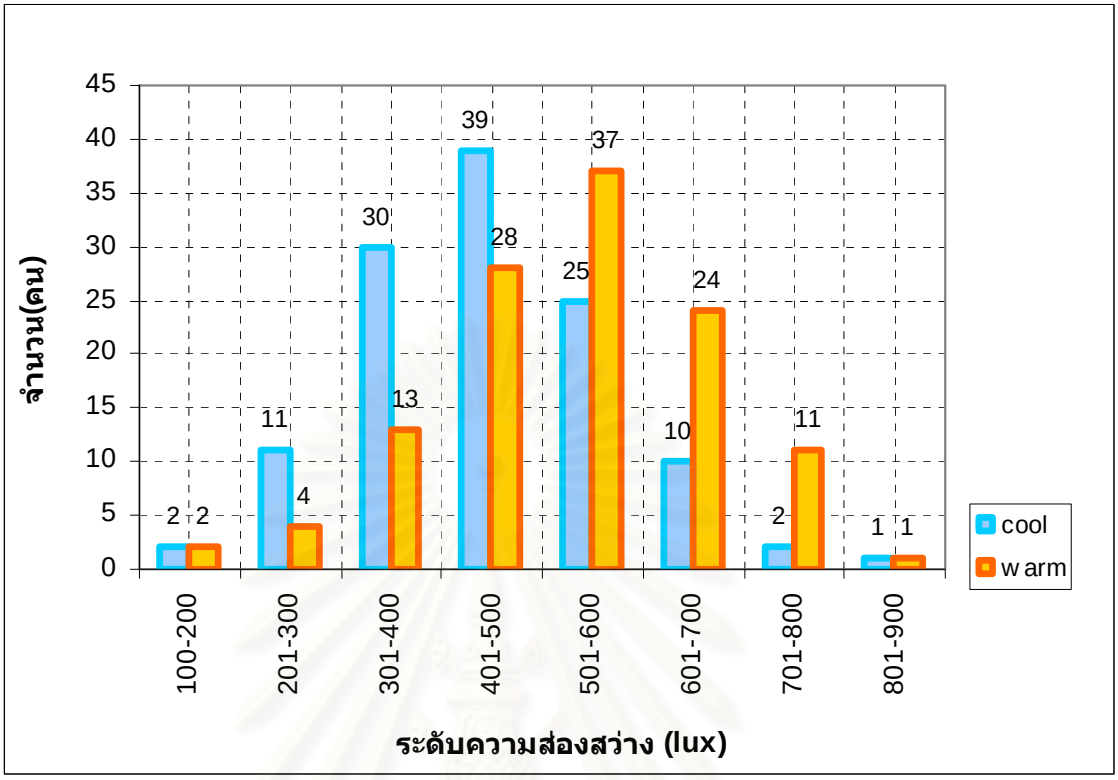
1.2) Personal Light (กรณีศึกษาที่ 6 และ 8)



แผนภูมิที่ 5.12 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3) Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (กรณีศึกษาที่ 9 และ 10)



แผนภูมิ 5.13 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux และPersonal Light เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
100-200	0	0	2	1.66
201-300	2	1.66	4	3.33
301-400	8	6.66	18	15
401-500	20	16.66	30	25
501-600	30	25	36	30
601-700	36	30	26	21.66
701-800	22	18.33	4	3.33
801-900	2	1.66	0	0
รวม	120	100	120	100

ตารางที่ 5.4 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Personal Light

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
100-200	2	1.66	2	1.66
201-300	4	3.33	8	6.66
301-400	12	10	29	24.16
401-500	24	20	35	29.16
501-600	36	30	30	25
601-700	28	23.33	12	10
701-800	12	10	2	1.66
801-900	2	1.66	2	1.66
รวม	120	100	120	100

ตารางที่ 5.5 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light

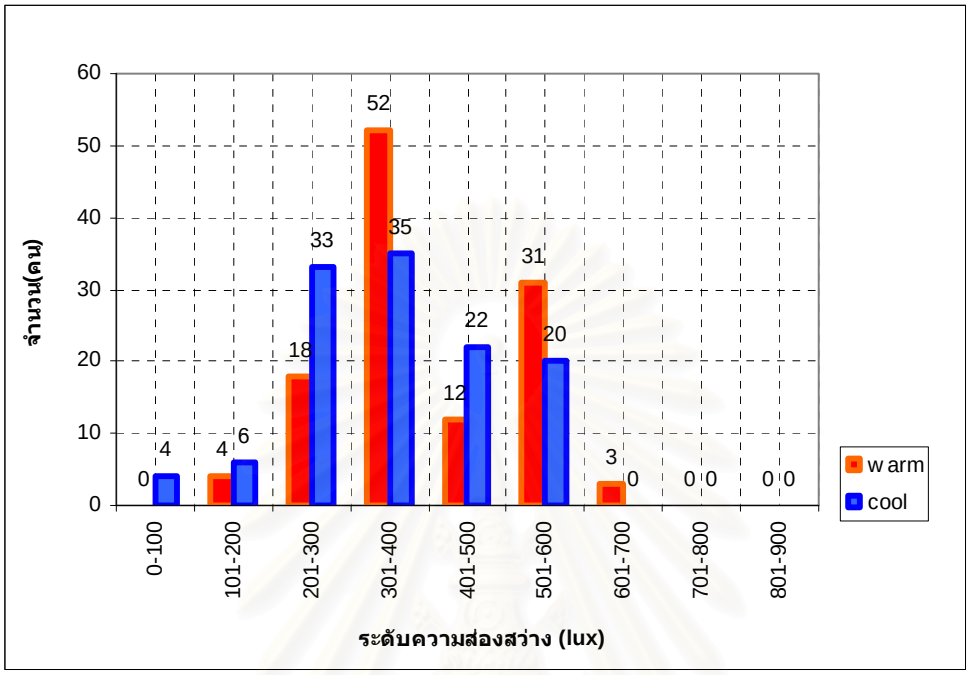
ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
100-200	2	1.66	2	1.66
201-300	4	3.33	11	9.16
301-400	13	10.83	30	25
401-500	28	23.33	39	**32.5**
501-600	37	**30.83**	25	20.83
601-700	24	20	10	8.33
701-800	11	9.16	2	1.66
801-900	1	0.83	1	0.83
รวม	120	100	120	100

- จากแผนภูมิที่ 5.11 และ ตารางที่ 5.3 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 501-600 Lux จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 30 จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 601-700 Lux จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 30
- จากแผนภูมิที่ 5.12 และ ตารางที่ 5.4 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 30 จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 501-600 Lux จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 29.16
- จากแผนภูมิที่ 5.13 และ ตารางที่ 5.5 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 30.83 จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 501-600 Lux จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5

2) Computer Task

2.1) Ceiling Light

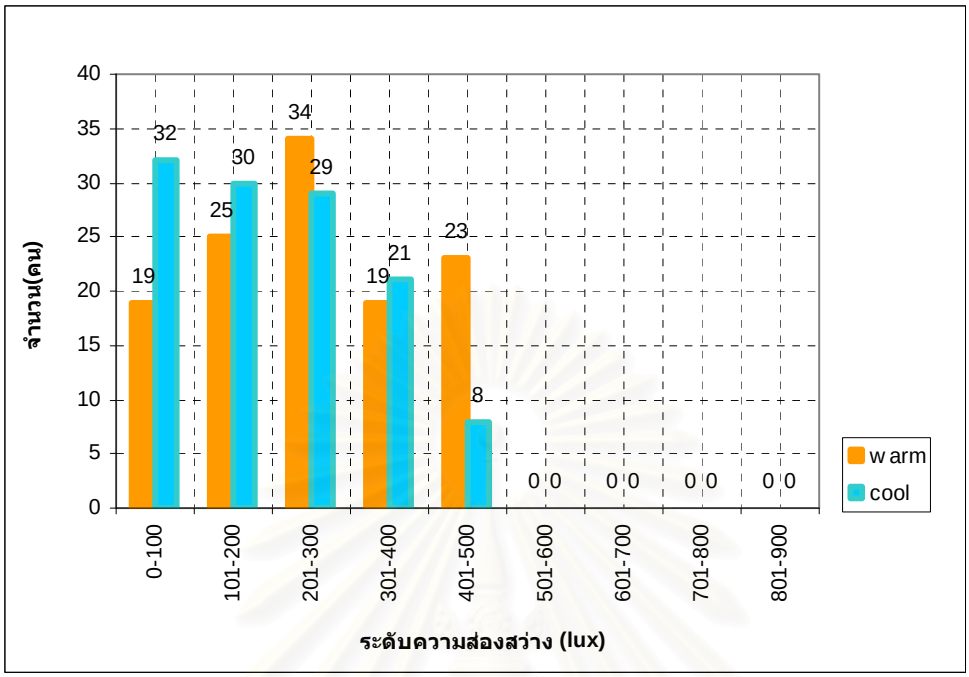
2.1.1) Ceiling Light (ทางนอน) (กรณีศึกษาที่ 14 และ 16)



รูปที่ 5.14 แผนภูมิแสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางนอน) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2) Ceiling Light (ทางตั้ง)



แผนภูมิที่ 5.15 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางนอน)

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
0-100	0	0	4	3.33
101-200	4	3.33	6	5
201-300	18	15	33	27.5
301-400	52	43.33	35	29.16
401-500	12	10	22	18.33
501-600	31	25.83	20	16.66
601-700	3	2.5	0	0
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
รวม	120	100	120	100

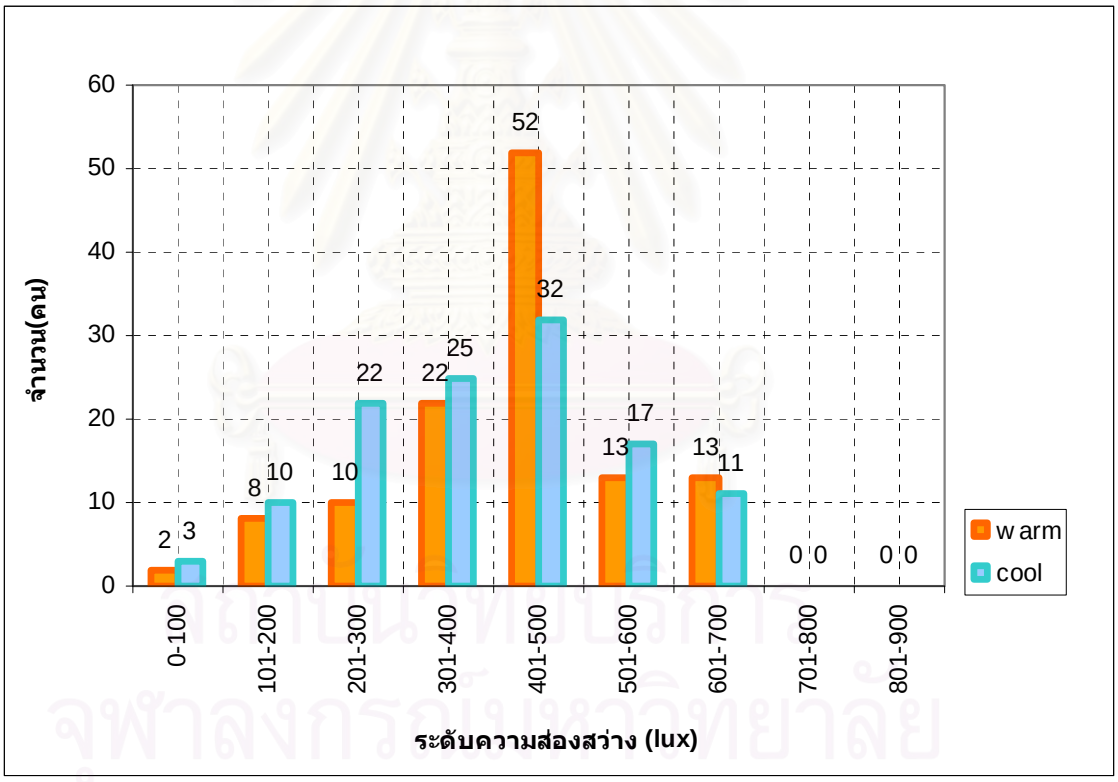
ตารางที่ 5.7 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light (ทางตั้ง)

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
0-100	19	15.83	32	26.66
101-200	25	20.83	30	25
201-300	34	28.33	29	24.16
301-400	19	15.83	21	17.5
401-500	23	19.16	8	6.66
501-600	0	0	0	0
601-700	0	0	0	0
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
รวม	120	100	120	100

- จากแผนภูมิที่ 5.14 และ ตารางที่ 5.6 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 301-400 Lux จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 29.16 จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 301-400 Lux จำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33
- จากแผนภูมิที่ 5.15 และ ตารางที่ 5.7 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 0-100 Lux จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 26.66 จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 201-300 Lux จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 28.33

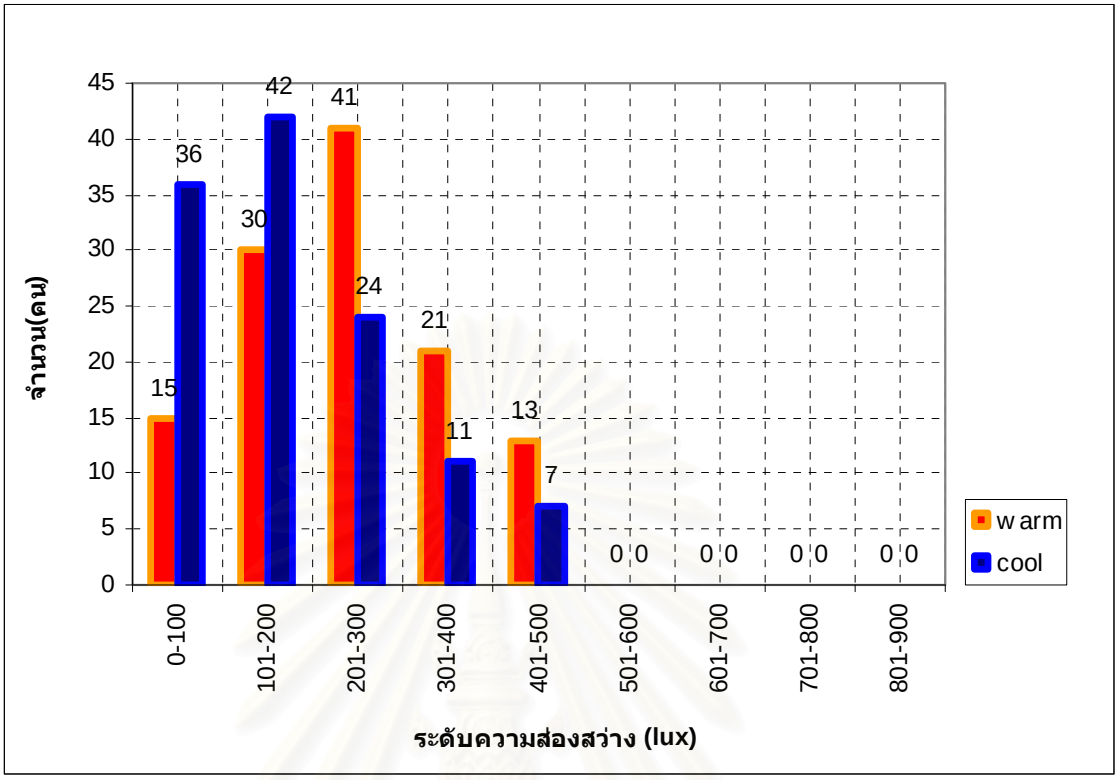
2.2) Personal Light

2.2.1) Personal (ทางนอน) (กรณีศึกษาที่ 18 และ 20)



แผนภูมิที่ 5.16 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal (ทางนอน) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

2.2.2) Personal (ทางตั้ง)



แผนภูมิที่ 5.17 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Personal Light (ทางนอน)

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
0-100	2	1.66	3	2.5
101-200	8	6.66	10	8.33
201-300	10	8.33	22	18.33
301-400	22	18.33	25	20.83
401-500	52	43.33	32	26.66
501-600	13	10.83	17	14.16
601-700	13	10.83	11	9.16
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
รวม	120	100	120	100

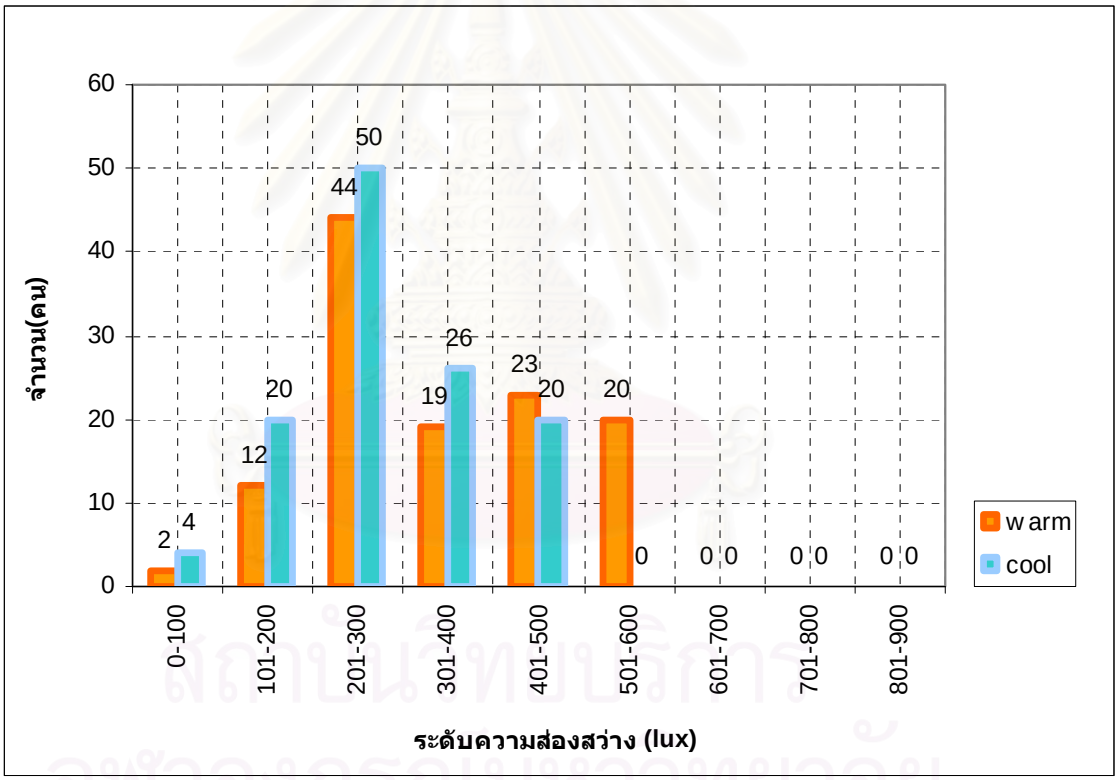
ตารางที่ 5.9 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง)

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
0-100	15	12.5	36	30
101-200	30	25	42	35
201-300	41	34.16	24	20
301-400	21	17.5	11	9.16
401-500	13	10.83	7	5.83
501-600	0	0	0	0
601-700	0	0	0	0
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
รวม	120	100	120	100

- จากแผนภูมิที่ 5.16 และ ตารางที่ 5.8 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 401-500 Lux จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ **26.66**จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 401-500 Lux จำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33
- จากแผนภูมิที่ 5.17 และ ตารางที่ 5.9 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 101-200 Lux จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ **35** จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 201-300 Lux จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ **34.16**

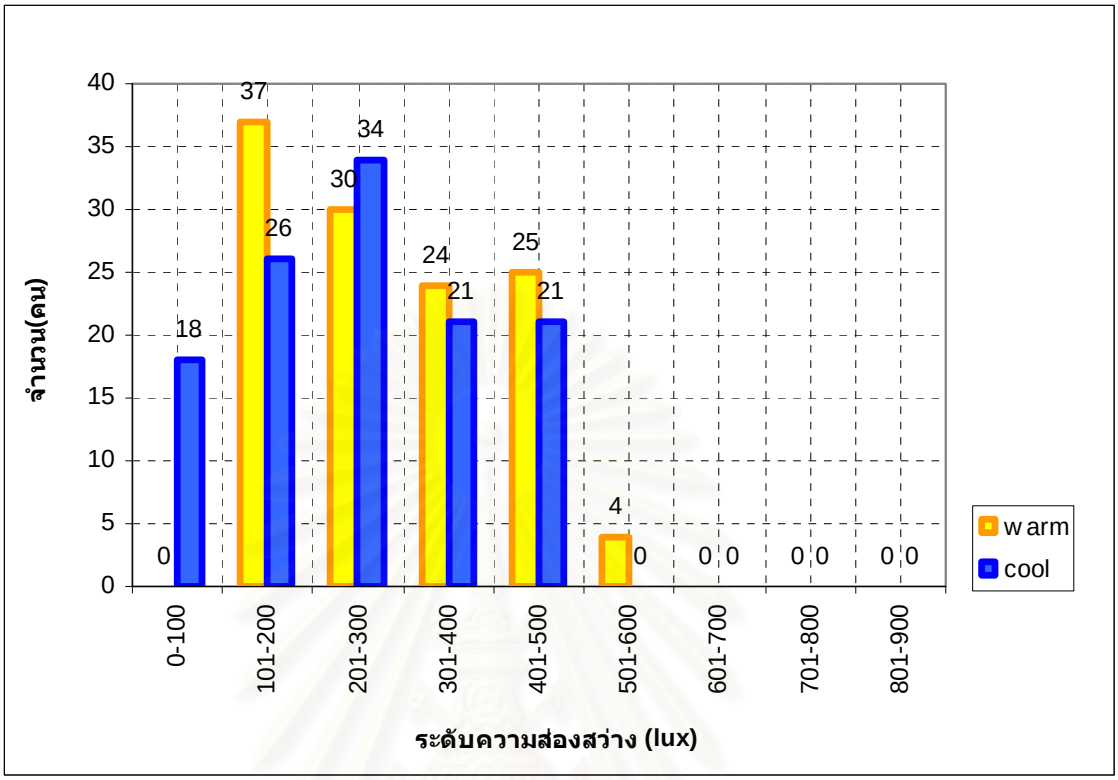
2.3) Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light

2.3.1) Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (ทางนอน) (กรณีศึกษาที่ 21 และ 22)



แผนภูมิที่ 5.18 แผนภูมิแสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (ทางนอน) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

2.3.2) Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (ทางตั้ง)



แผนภูมิที่ 5.19 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในระดับความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพอใจ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (ทางตั้ง) เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (ทางนอน)

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
0-100	2	1.66	4	3.33
101-200	12	10	20	16.66
201-300	44	36.66	50	41.66
301-400	19	15.83	26	21.66
401-500	23	19.16	20	16.66
501-600	20	16.66	0	0
601-700	0	0	0	0
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
รวม	120	100	120	100

ตารางที่ 5.11 แสดงจำนวนคนเปรียบเทียบเป็นร้อยละต่อระดับความสบายตาในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux และ Personal Light (ทางตั้ง)

ระดับความส่องสว่าง	warm white		cool white	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ(%)
0-100	0	0	4	18
101-200	37	30.83	20	26
201-300	30	25	50	34
301-400	24	20	26	21
401-500	25	20.83	20	21
501-600	4	3.33	0	0
601-700	0	0	0	0
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
รวม	120	100	120	100

- จากแผนภูมิที่ 5.18 และ ตารางที่ 5.10 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ **41.66**จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 201-300 Lux จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 36.66
- จากแผนภูมิที่ 5.19 และ ตารางที่ 5.11 ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White พบว่ามีจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตามากที่สุด ในช่วงความส่องสว่างที่ 201-300 Lux จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ **34** จากจำนวนทั้งหมด ส่วน Warm White อยู่ที่ 101-200 Lux จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ **30.83**

5.1.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกิจกรรมระหว่าง การอ่านเอกสาร (Paper Task) และ การใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task)

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ เปรียบเทียบระหว่างการอ่านเอกสารและการใช้คอมพิวเตอร์ที่อุณหภูมิสีแบบ Cool White

Type of Light (Cool White)	Paper Task (Lux)	Computer Task	
		ทางนอน (Lux)	ทางตั้ง (Lux)
Ceiling Light	522.25	346.41	211.71
Personal Light	479.03	409.95	173.30
Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Light	457.6	288.41	249.54

ตารางที่ 5.13 แสดงค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ เปรียบเทียบระหว่างการอ่านเอกสารและการใช้คอมพิวเตอร์ที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White

Type of Light (Warm White)	Paper Task	Computer Task	
		ทางนอน	ทางตั้ง
Ceiling Light	596.25	398.48	249.43
Personal Light	551.15	454.38	236.63
Ceiling Lighting 300 Lux + Personal Light	538.50	349.71	298.90

- จากตารางที่ 5.12 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างในอุณหภูมิสีแบบ Cool White ต่อกิจกรรมการอ่านเอกสาร (Paper Task) มีค่าสูงกว่าการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task) และค่าเฉลี่ยของแสงทางนอนมีค่าสูงกว่าแสงทางตั้ง ในทุกๆ กรณี
- จากตารางที่ 5.13 พบว่าค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างในอุณหภูมิสีแบบ Warm White ต่อกิจกรรมการอ่านเอกสาร (Paper Task) มีค่าสูงกว่าการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Task) และค่าเฉลี่ยของแสงทางนอนมีค่าสูงกว่าแสงทางตั้ง ในทุกๆ กรณี

5.1.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบเฉพาะตัวแปรอุณหภูมิสีระหว่าง Warm White และ Cool White

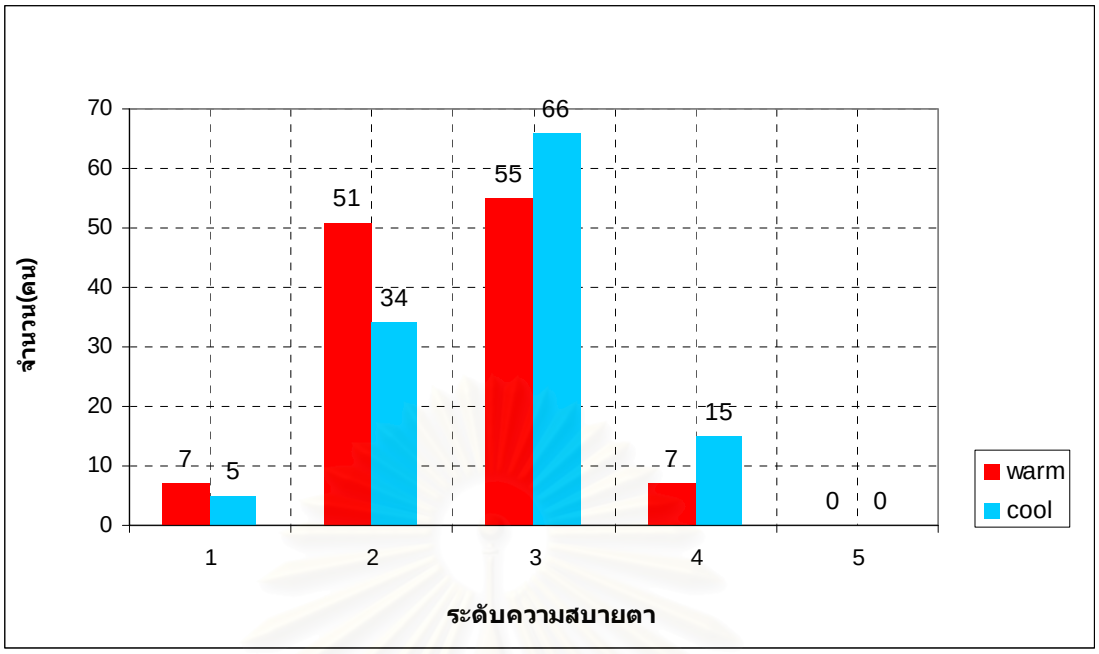
1) Paper Task

1.1) Ceiling Light (กรณีศึกษาที่ 11)

ตารางที่ 5.14 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในแสงแบบ Ceiling Light

	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
อุณหภูมิสี (K)	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
warm	7	51	55	7	0	92	28
cool	5	34	66	15	0	120	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



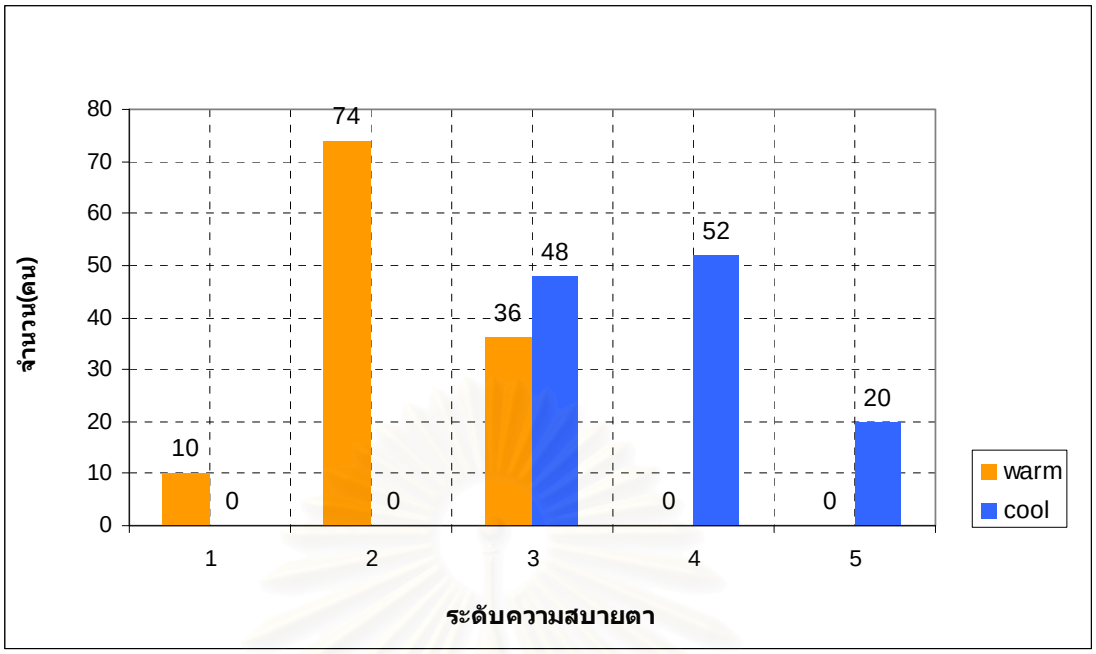
แผนภูมิที่ 5.20 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

- จากตารางที่ 5.14 และ แผนภูมิที่ 5.20 แสงแบบ Ceiling Light พบว่าที่อุณหภูมิสี Warm White และ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 3 คะแนน (ความสบายตาระดับปานกลาง)

1.2) Personal Light (กรณีศึกษาที่ 12)

ตารางที่ 5.15 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการอ่านหนังสือในในแสงแบบ Personal Light

อุณหภูมิสี (K)	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
warm	10	74	36	0	0	86	34
cool	0	0	48	52	20	120	0



แผนภูมิที่ 5.21 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการอ่านหนังสือ ในสภาพแสงแบบ Personal Lighting ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White

- จากตารางที่ 5.15 และ แผนภูมิที่ 5.21 แสงแบบ Personal Light พบว่าที่อุณหภูมิสี Warm White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 2 คะแนน (ความสบายตาระดับน้อย)และ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 4 คะแนน (ความสบายตาระดับมาก)

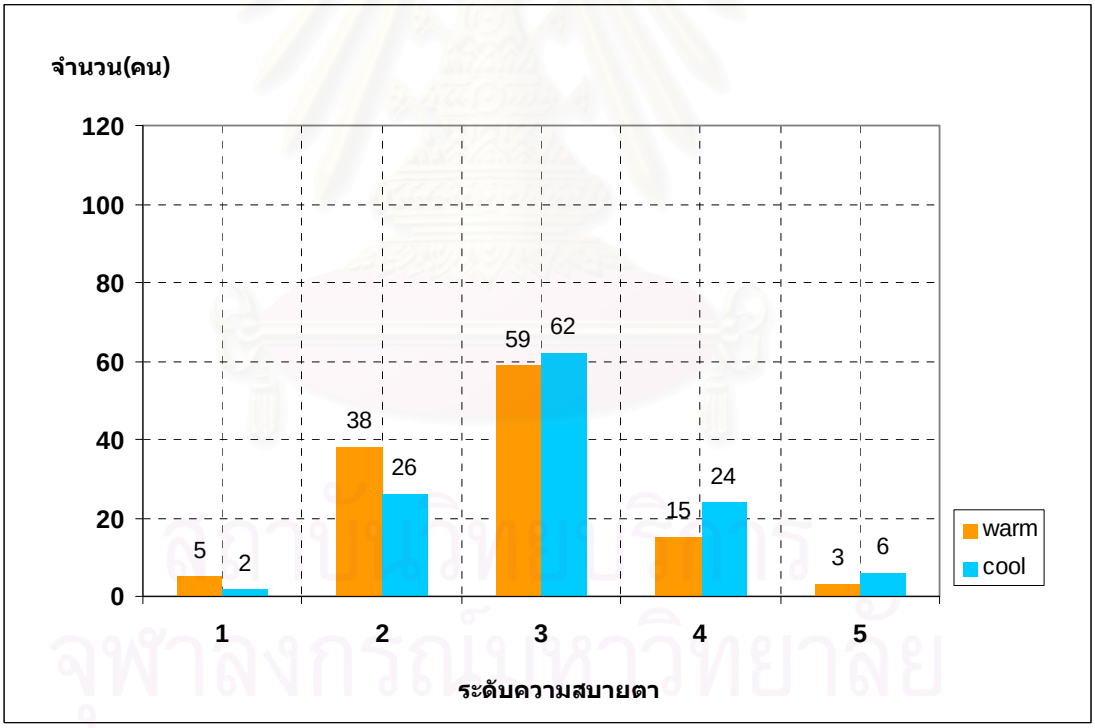
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) Computer Task

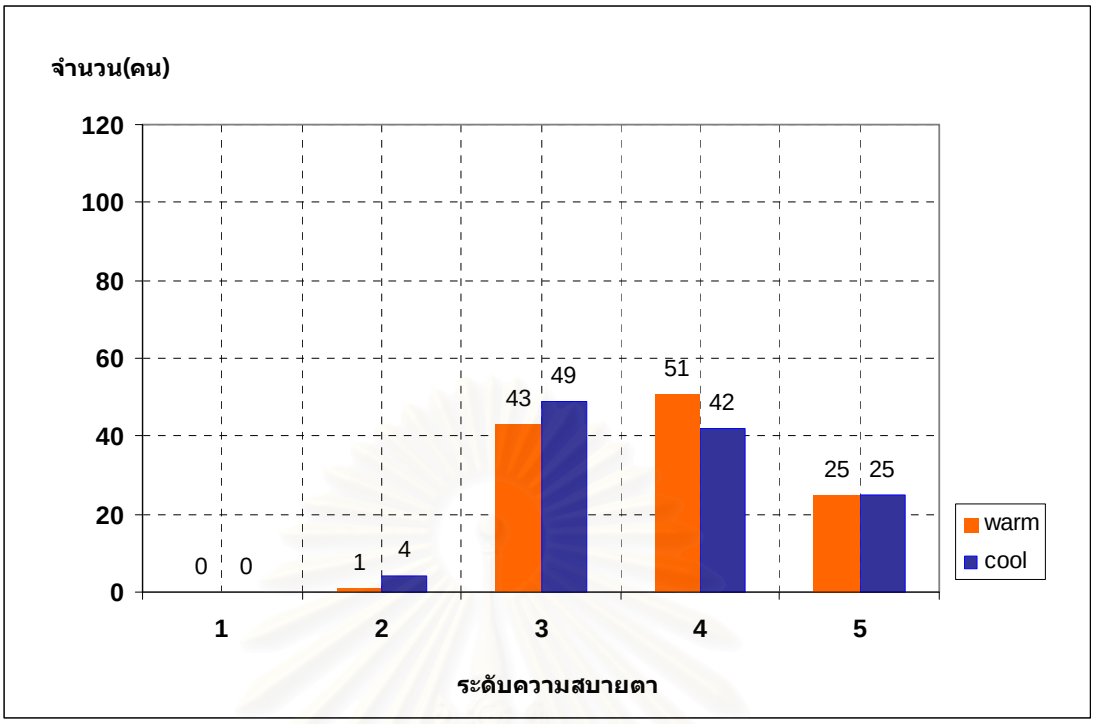
2.1) Ceiling Light (กรณีศึกษาที่ 23)

ตารางที่ 5.16 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในในแสงแบบ Ceiling Light

อุณหภูมิสี (K)		ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
		1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
warm	ทางนอน	5	38	59	15	3	88	32
	ทางตั้ง	0	1	43	51	25	117	3
cool	ทางนอน	2	26	62	24	6	107	13
	ทางตั้ง	0	4	49	42	25	118	2



แผนภูมิที่ 5.22 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 5.23 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Ceiling Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)

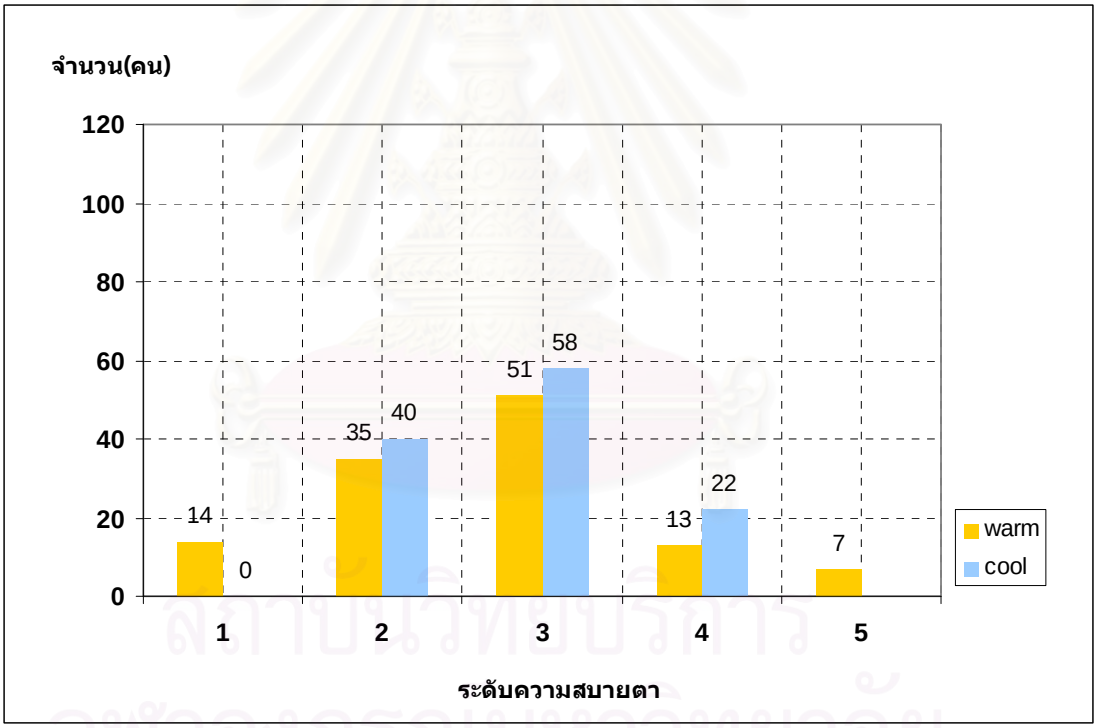
- จากตารางที่ 5.16 และ แผนภูมิที่ 5.22 แสงแบบ Ceiling Light(ทางนอน) พบว่าที่อุณหภูมิสี Warm White และ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 3 คะแนน (ความสบายตาระดับปานกลาง)
- จากตารางที่ 5.16 และ แผนภูมิที่ 5.23 แสงแบบ Ceiling Light(ทางตั้ง) พบว่าที่อุณหภูมิสี Warm White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 4 คะแนน (ความสบายตาระดับมาก)และ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 3 คะแนน (ความสบายตาระดับปานกลาง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

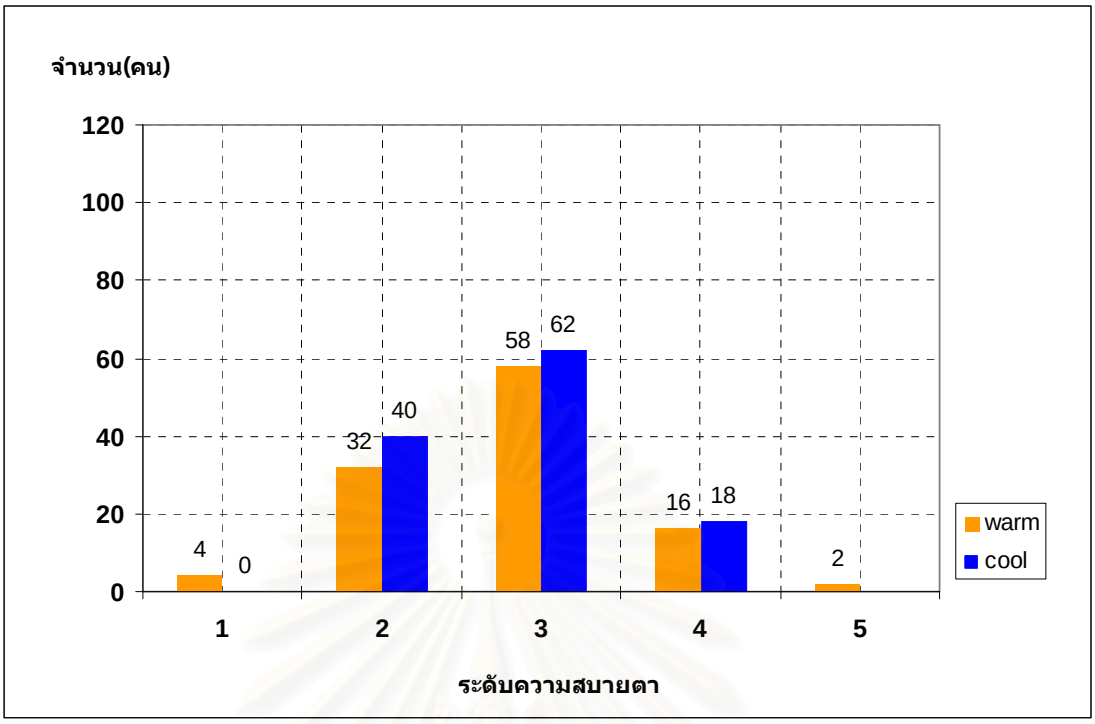
2.2) Personal Light (กรณีศึกษาที่ 24)

ตารางที่ 5.17 แสดงแสดงจำนวนคนต่อระดับความพึงพอใจของความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในในแสงแบบ Personal Light

อุณหภูมิสี (K)		ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
		1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
warm	ทางนอน	14	35	51	13	7	94	26
	ทางตั้ง	0	0	40	58	22	115	5
cool	ทางนอน	6	34	59	18	3	102	18
	ทางตั้ง	0	0	40	62	18	117	3



แผนภูมิที่ 5.24 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางนอน)



แผนภูมิที่ 5.25 แสดงระดับความถี่ของจำนวนคนที่มีความพึงพอใจในระดับความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ ในสภาพแสงแบบ Personal Light ที่ 300 Lux โดยการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิสีแบบ Warm White และ Cool White (ทางตั้ง)

- จากตารางที่ 5.17 และ แผนภูมิที่ 5.24 แสงแบบ Personal Light (ทางนอน) พบว่าที่อุณหภูมิสี Warm White และ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 3 คะแนน (ความสบายตาระดับปานกลาง)
- จากตารางที่ 5.17 และ แผนภูมิที่ 5.25 แสงแบบ Personal Light (ทางตั้ง) พบว่าที่อุณหภูมิสี Warm White และ Cool White มีความถี่ของจำนวนคนสูงสุดที่ระดับ 3 คะแนน (ความสบายตาระดับปานกลาง)

5.1.7 วิเคราะห์ผลทางด้านสถิติของข้อมูล

เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรของสองกลุ่ม โดยการใช้ t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances โดย โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของความแตกต่างในข้อมูล ค่าที่นำมาพิจารณาคือค่า P ซึ่งถ้า $P<0.05$ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากภาคผนวก ค)

ตารางที่ 5.18 สรุปผลทางสถิติ

Case	df	T-value	P(2-tail sig)
กรณีศึกษาที่ 1,3	1198	3.728171963	0.000201881*
กรณีศึกษาที่ 2,4	238	4.487576603	1.12219E-05*
กรณีศึกษาที่ 5,7	1438	1.334417561	0.182278308
กรณีศึกษาที่ 6,8	238	4.069409058	6.41521E-05*
กรณีศึกษาที่ 9,10	238	4.768751987	3.23157E-06*
กรณีศึกษาที่ 11	238	-2.6367299	0.008921928*
กรณีศึกษาที่ 12	238	-18.35484925	1.7746E-47*
กรณีศึกษาที่ 13,15 (ทางนอน)	1198	7.284623945	5.8327E-13*
กรณีศึกษาที่ 13,15 (ทางตั้ง)	1198	3.575939473	0.000362875*
กรณีศึกษาที่ 14,16 (ทางนอน)	238	3.303634483	0.001101397*
กรณีศึกษาที่ 14,16 (ทางตั้ง)	238	2.402348891	0.017057248*
กรณีศึกษาที่ 17,19 (ทางนอน)	1078	4.116625799	4.13804E-05*
กรณีศึกษาที่ 17,19 (ทางตั้ง)	1078	1.512061416	0.130811325
กรณีศึกษาที่ 18,20 (ทางนอน)	238	2.402476	0.017051*
กรณีศึกษาที่ 18,20 (ทางตั้ง)	238	4.376624995	1.80508E-05*
กรณีศึกษาที่ 21,22 (ทางนอน)	238	3.954487	0.000101*
กรณีศึกษาที่ 21,22 (ทางตั้ง)	238	3.099919249	0.002168829*
กรณีศึกษาที่ 23 (ทางนอน)	238	-2.592926625	0.010105662*
กรณีศึกษาที่ 23 (ทางตั้ง)	238	0.975271516	0.330415814
กรณีศึกษาที่ 24 (ทางนอน)	238	-0.973324134	0.331380425
กรณีศึกษาที่ 24 (ทางตั้ง)	238	0.374275836	0.708532347

* คือกรณีที่ มีความ แตกต่างเป็นนัยสำคัญ (Significant Difference)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 เปรียบเทียบความสบายตาจากชนิดของแสง (Type of Light) จากแผนภูมิที่ 5.1-5.4 พบว่าที่ความส่องสว่าง 100-500 Lux ในกรณีที่ใช้แสงแบบ Ceiling Light จะมีระดับของความสบายตาที่สูงกว่าแบบ Personal Light แต่ที่ความส่องสว่างตั้งแต่ 700-900 Lux ลักษณะแสงแบบ Personal Light จะมีระดับของความสบายตาที่สูงกว่าแบบ Ceiling Light

5.2.2 จากตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่ผู้ร่วมทดลองปรับเองตามความพึงพอใจ จากกรณีของ Paper Task พบว่า ลักษณะแสงแบบ Personal Light จะมีความต้องการความส่องสว่างที่น้อยกว่าลักษณะแสงแบบ Ceiling Light เนื่องจาก Personal Light เป็นการให้แสงที่ส่องเน้นเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงาน ส่วนในกรณีที่ใช้ผสมผสานกันทั้งสองแบบ คือทั้ง Ceiling Light และ Personal Light ซึ่งเป็นการผสมผสานการให้แสงสว่างที่เน้นเฉพาะพื้นที่ทำงานและการให้แสงสว่างทั่วไปหรือที่เรียกว่า Task-ambient Light ก็จะใช้ความส่องสว่างน้อยที่สุดเพราะสามารถปรับแสงสว่างได้หลากหลายทำให้ตรงกับความต้องการเฉพาะของแต่ละบุคคลได้ สำหรับกรณีของ Computer Task จากตารางที่ 5.2 พบว่ากรณีที่เป็นการให้แสงแบบ Task-ambient Light ก็มีค่าเฉลี่ยของความสิ่งสว่างที่ต้องการน้อยที่สุดเช่นเดียวกันกับ กรณีของ Paper Task ส่วนกรณีที่วัดจากแสงทางนอนพบว่าแสงแบบ Ceiling Light จะมีค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่น้อยกว่าแบบ Personal Light ส่วนกรณีของแสงทางตั้งนั้นแสงแบบ Ceiling Light จะมีค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่มากกว่าแบบ Personal Light

5.2.3 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิสีกับความพึงพอใจต่อความสบายตา ตามชนิดของแสง ในกรณีที่เป็น Paper Task พบว่าแทบจะในทุกกรณีการใช้อุณหภูมิสีแบบ Cool White จะมีความพึงพอใจต่อความสบายตาที่สูงกว่าอุณหภูมิสีแบบ Warm White ยกเว้นในกรณีเดียว ซึ่งเป็นกรณีของ Paper Task ในสภาพแสงแบบ Personal Light (จากแผนภูมิที่ 5.6) ที่ในระดับความส่องสว่างที่ 700 Lux และ 900 Lux มีความพึงพอใจต่อความสบายตาจากอุณหภูมิสีแบบ Warm White ที่สูงกว่า สำหรับในกรณีที่เป็น Computer Task พบว่าในกรณีที่เป็นแสงทางนอน อุณหภูมิสีแบบ Cool White จะมีความพึงพอใจต่อความสบายตาที่สูงกว่าอุณหภูมิสีแบบ Warm White และในกรณีของแสงทางตั้ง พบว่าอุณหภูมิสีแบบ Cool White และ Warm White จะมีความพึงพอใจต่อความสบายตาที่ใกล้เคียงกัน

5.2.4 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างระหว่างกิจกรรม Paper Task และ Computer Task พบว่าความต้องการความส่องสว่างของกิจกรรมที่เป็น Paper Task จะมีความต้องการความส่องสว่างที่สูงกว่า Computer Task และเป็นที่น่าสังเกตคือสำหรับกรณีที่เป็น

5.2.5 เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลในด้านการประหยัดพลังงานจากความส่องสว่างที่ใช้ตามชนิดของแสง (Type of Light) ทั้งที่เป็นกิจกรรมการอ่านเอกสารและการใช้คอมพิวเตอร์

- จากแผนภูมิที่ 5.1 ในกรณีศึกษาที่เป็นการอ่านเอกสาร และอุณหภูมิสีชนิด Warm White พบว่าในกรณีสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในภาวะที่มีความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 500 Lux แต่ในกรณีแบบ Personal Light ที่ระดับความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 900 Lux พบว่าถ้าเลือกใช้แสงแบบ Ceiling Light เมื่อเปรียบเทียบกับ Personal Light สามารถลดส่วนต่างของความส่องสว่างได้ถึง 400 Lux

- เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบตามชนิดของแสง (Type of Light) จากแผนภูมิที่ 5.2 ในกรณีศึกษาที่เป็นการอ่านเอกสาร และอุณหภูมิสีชนิด Cool White พบว่าในกรณีสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในภาวะที่มีความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 500 Lux แต่ในกรณีแบบ Personal Light ที่ระดับความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 700 Lux พบว่าถ้าเลือกใช้แสงแบบ Ceiling Light เมื่อเปรียบเทียบกับ Personal Light สามารถลดส่วนต่างของความส่องสว่างได้ถึง 200 Lux

- เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบตามชนิดของแสง (Type of Light) จากแผนภูมิที่ 5.3 ในกรณีศึกษาที่เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ และอุณหภูมิสีชนิด Warm White พบว่าในกรณีสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในภาวะที่มีความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 500 Lux แต่ในกรณีแบบ Personal Light ที่ระดับความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 700 Lux พบว่าถ้าเลือกใช้แสงแบบ Ceiling Light เมื่อเปรียบเทียบกับ Personal Light สามารถลดส่วนต่างของความส่องสว่างได้ถึง 200 Lux

- เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบตามชนิดของแสง (Type of Light) จากแผนภูมิที่ 5.4 ในกรณีศึกษาที่เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ และอุณหภูมิสีชนิด Cool White พบว่าในกรณีสภาพแสงแบบ Ceiling Light ในภาวะที่มีความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 500 Lux แต่ในกรณีแบบ Personal Light ที่ระดับความพึงพอใจต่อความสบายตามากที่สุดอยู่ที่ 700 Lux พบว่าถ้าเลือกใช้แสงแบบ Ceiling Light เมื่อเปรียบเทียบกับ Personal Light สามารถลดส่วนต่างของความส่องสว่างได้ถึง 200 Lux

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าความต้องการในการใช้ความส่องสว่างของกิจกรรมและงานแต่ละแบบนั้นมีความต้องการที่ไม่เหมือนกัน เช่น จากงานวิจัยนี้จะพบว่างานแบบ Paper Task มีความต้องการความส่องสว่างที่สูงกว่า Computer Task ดังนั้นข้อแนะนำสำหรับการออกแบบแสงสว่างในอาคาร ยกตัวอย่างเช่น ในอาคารสำนักงาน ซึ่งจะมีกิจกรรมลักษณะการทำงานที่หลากหลาย และความต้องการความส่องสว่างของแต่ละบุคคลและแต่ละงานที่ทำก็มีความต้องการที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการออกแบบระบบแสงสว่างที่จะสามารถตอบสนองต่อความสบายตาของบุคคลที่หลากหลาย อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงการใช้พลังงานแสงสว่างอย่างประหยัดได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ควรจะเป็นระบบแสงสว่างที่เป็นแบบ Task-ambient Light ซึ่งในส่วนของแสงที่เป็น Ambient Light ปรับความส่องสว่างให้ลดลงจากเดิมที่ใช้อยู่ตามปกติเพราะมีส่วนของ Task Light ที่ควรเป็นลักษณะที่ปรับหรี่เองได้โดยผู้ใช้ ซึ่งจะเป็นการใช้ความส่องสว่างที่น้อยลงจากเดิมและยังสามารถตอบสนองต่อความพึงพอใจต่อความสบายตาต่อกิจกกรมที่ทำได้เต็มที่และยังเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

5.3.2 ในการทดลองครั้งนี้สำหรับกรณีศึกษาที่เป็น Computer Task ได้ทดลองเพียงแต่ลักษณะ คอมพิวเตอร์ที่เป็นแบบพกพา ซึ่งเป็นหน้าจอแบบ LCD (Liquid Crystal Display) สำหรับคำแนะนำเพิ่มเติมในการวิจัยต่อยอดวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ควรทดสอบเพิ่มเติมในส่วนที่เป็นหน้าจอที่เป็นแบบอื่นด้วยเช่น แบบ Moniter หรือ CRT(Cathode Ray Tube) ซึ่งในส่วนของจอมอนิเตอร์นั้นยังได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท นั่นก็คือจอแบบธรรมดา หรือ จอแบบ Shadow Mask ซึ่งจะมีลักษณะหน้าจอที่โค้งเล็กน้อย ส่วนอีกประเภทคือ จอแบน หรือจอแบบ Trinitron ซึ่งจอแบบนี้จะมีหน้าจอแบบแบนเรียบเป็นแนวตรง ซึ่งจอแต่ละแบบลักษณะการมองเห็นและสภาพแสงก็มีลักษณะไม่เหมือนกัน

5.3.3 ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ใช้ในการทดลองนั้นน้อยเกินไป เนื่องจากเรื่องที่ทำการทดลองนั้น เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึก และรวมถึงการศึกษา ประสบการณ์ในแต่ละบุคคลไป จำเป็นต้องมีจำนวนตัวอย่างมาก เพราะจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก เพื่อให้ค่าที่ออกมาใกล้เคียงการแจกแจงปกติมากที่สุด

5.3.4 กลุ่มประชากรที่ผู้วิจัยคัดเลือกเพื่อนำมาศึกษา ควรพิจารณาการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย เช่น เพศ อายุ ลักษณะอาชีพ ความชำนาญ รวมถึงลักษณะของสายตา การมองเห็นความผิดปกติต่าง ๆ ของสายตาของประชากร เพราะอาจทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนได้

5.3.5 นอกจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆอีกมากที่มีผลกระทบต่อการมองเห็นและความรู้สึกสบายตาซึ่งสามารถทำการศึกษาและวิจัยได้อีกมาก เช่น ผลกระทบซึ่งเกิดจากระยะเวลาในการปรับตัวของสายตาของความส่องสว่างที่แตกต่างกัน ระยะทางและขนาดของวัตถุที่เหมาะสมต่อการมองเห็น ค่าการสะท้อนแสงของ พื้น ผนัง เพดานที่เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายตา

5.3.6 ในงานวิจัยครั้งนี้ได้มีการทดลอง Paper Task ที่เป็นกระดาษขาวดำ ขนาด A 4 ชนิดตัวอักษร Cordia New ขนาด 16 โดยพิมพ์เอกสารจากโปรแกรม Microsoft Word สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มเติมในส่วนที่เป็น Paper Task ชนิดอื่น ๆ ด้วย เช่น กระดาษถนอมสายตา กระดาษที่มีสีต่าง ๆ รวมถึง กระดาษที่มีพื้นผิว ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่แตกต่างไปจากเดิม ว่ามีผลต่อสภาวะสบายตาที่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่น ๆ อีกเช่น ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการอ่าน ระยะเวลาในการอ่าน รวมถึงความสามารถในการปรับตัวของสายตา (Eye Adaptation)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คมกฤช ชูเกียรติมั่น. การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร : กรณีศึกษา อาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

เฉลิมพงศ์ นัยวัฒน์. ผลกระทบในการให้แสงโดยใช้ความจ้าและความเปรียบต่างความเข้มของแสงเพื่อเน้นวัตถุและความน่าสนใจ : กรณีศึกษา การจัดแสดงประติมากรรมในพิพิธภัณฑ์ . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. เทคนิคการออกแบบแสงสว่าง. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. , 2543

ชำนาญ ห่อเกียรติ. เทคนิคการส่องสว่าง. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ. แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงในห้องเรียนเพื่อความสบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

พิบูลย์ ดิษฐอุดม. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535.

พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Egan, D. Concept in Architectural Lighting. USA : McGraw-Hill, 1983.

Gordon, G. Interior Lighting for Designers. USA : John Wiley & Sons, 1995.

IES Illumination Engineering Society of North America. IES Lighting Handbook 1981 Reference Volume. New York, 1981.

James L. Interior Lighting for Environmental Designers. New York : John Wiley & Sons, 1976.

Kaufman, J.E. IES : Lighting Handbook. NY: Illuminating Engineer Society, 1966

Kaufman, J.E. IES : Lighting Handbook. 4th ed. USA : Waverly Press, 1966

Michel, L. Light: The Shape of Space. 1st ed. USA : Van Nostrand Reinhold, 1996.

Moor, F. Concepts and Practice of Architectural Daylighting. New York : Van Nostrand Reinhold, 1985.

Phillips, D. Lighting in Architectural Design. USA : McGraw-Hill, 1964.

Stein, B.,and Raynolds, J.S. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. New York : John Wiley & Sons, 1992.

Stein, B.,and Raynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 9th Edition. New York : John Wiley & Sons, 2000.

William M. C. Lam. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture. (n.p.): McGraw-Hill, 1977.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คำศัพท์และคำนิยามเกี่ยวกับแสง

1 ปริมาณแสง (Luminous Flux)

คือ รังสีหรือกำลังของแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ใน 1 หน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงานหรือกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง ในรูปแบบของเส้นแรงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen,lm) โดย ปริมาณแสง 680 ลูเมน ที่เกิดจากลำของรังสีหนึ่ง ๆ ที่ความยาวคลื่น 0.555 ไมครอน (Microns) จะมีพลังงาน 1 วัตต์ (Watt) เป็นค่าที่มากที่สุดสำหรับตาของมนุษย์ในการมองเห็น เช่น เทียนทั่วไปจะให้แสงประมาณ 12.57 ลูเมน ในขณะที่หลอดไส้ 100 วัตต์ ให้แสงประมาณ 1200 ลูเมน[1]

2 Solid Angle (ω)

เป็นการวัดสัดส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลมที่ถูกครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมติรูปกรวยที่มีส่วนแหลมที่สุดของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้น ๆ หรืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวของทรงกลมส่วนที่พิจารณา ต่อรัศมีของทรงกลมนั้น ๆ ยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Streadian,sr) ดังสมการต่อไปนี้

$$\omega = A / R^2$$

เมื่อ ω คือ โซลิดแองเกิล (Solid Angle)

A คือ พื้นที่ผิวทรงกลมส่วนที่พิจารณา

R คือ รัศมีของวงกลม

3 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity)

คือ ปริมาณแสงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงใน Solid Angle ใด ๆ ในทิศทางหนึ่งทางใด หรือ เป็นการบอกค่าความมากน้อยของพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือบางทีเรียกว่า กำลังส่องสว่าง (Candlepower) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela) หรือ ลูเมนต่อสเตอเรเดียน (Lumen Per Steradian) ซึ่งในการพิจารณาลักษณะนี้ใช้สำหรับการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากจนถือว่าแหล่งกำเนิดแสงนั้นเป็นจุด (Point Source) หากพิจารณาโดยการนำแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กมากจนเสมือนจุด และมีค่าความเข้มแห่งการว่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา

---

[1] Stein, B.,and Raynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 9th(New York: John Wiley & Sons, 2000), pp.914-915.

มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุก ๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน และเนื่องจากพื้นที่ผิวของทรงกลมรัศมี 1 หน่วยมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลาจะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้ เท่ากับ 12.57 ลูเมน[2]

4 ความส่องสว่าง (Illuminance)

คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบพื้นที่ หน่วยใด ๆ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lumen Per Unit Area) หากทรงกลมสมมติมีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่ตกกระทบพื้นผิวทรงกลมในพื้นที่ 1 ตารางฟุต ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (Footcandle,fc) แต่หากทรงกลมมีรัศมี 1 เมตร แสง 1 ลูเมน ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร ของผิวทรงกลม ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลักซ์ (Lux) โดย ความส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล เท่ากับ 10.76 ลักซ์[3]

5 การส่องสว่าง (Illumination)

คือ ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็นลักซ์ (lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) มีความสัมพันธ์กับความเข้มแห่งการส่องสว่างแบบแปรผันตามกัน และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับระยะผกผัน (inverse square law) ดังสมการต่อไปนี้[4]

$$E = I / d^2$$

เมื่อ E คือ การส่องสว่าง
I คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่าง
d คือ ระยะทางระหว่างพื้นผิวกับแหล่งกำเนิดแสง

6 ความสว่าง (Luminance)

คือ ความส่องสว่างที่สะท้อนหรือส่องผ่านออกมาจากวัตถุเข้าตาทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้ โดยวัตถุนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (secondary light source) มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ด (footlambert,FL) มีความสัมพันธ์

---

[2] Ibid., p.718.

[3] Ibid., p.916.

[4] คมกฤษ ชูเกียรติมั่น, "การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร : กรณีศึกษาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย," (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540), หน้า 20.

กับการส่องสว่าง (E) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) และค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสง (τ) ดังสมการต่อไปนี้

$$L = E * \rho$$
$$L = E * \tau$$

เมื่อ L คือ ความสว่าง (FL)

E คือ การส่องสว่าง (fc)

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

τ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสง

7 ความจ้า (Brightness)

คือ การตอบสนองด้านความคิด (Subjective Response) ต่อความสว่าง (Luminance) ในพื้นที่ภาพที่มองเห็น (Field of View) ซึ่งแสงจะมีความจ้ามาก หรือน้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวของสายตาแต่ละบุคคล

8 ความเปรียบต่าง (Contrast)

คือ ความแตกต่างของจุดสังเกตกับสิ่งที่อยู่รอบข้าง ซึ่งถ้ามีความเปรียบต่างมากจะทำให้มองเห็นได้ง่าย ต้องการปริมาณแสงและเวลาในการรับภาพน้อยลง แต่ถ้าหากความเปรียบต่างมีค่ามากเกินไปจนทำให้สายตาต้องการ การปรับตัวอย่างรุนแรง จะเป็นผลให้สายตาไม่สามารถมองเห็นได้อย่างอิสระ หรือเกิดการระคายเคืองทางสายตา หมายถึง การเกิดแสงบาดตา สามารถหาความเปลี่ยนต่างได้จากอัตราส่วนความแตกต่างของความสว่าง (Contrast Ratio) ระหว่างวัตถุที่พิจารณากับความสว่างของสภาพแวดล้อมดังสมการ

$$\text{Contrast} = \left| \frac{L_B - L_T}{L_B} \right|$$

เมื่อ L_B คือ ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L_T คือ ความสว่างของวัตถุ

เพื่อป้องกันแสงบาดตา และความสบายในการมองเห็น มีความจำเป็นต้องควบคุม ความแตกต่างระหว่างจุดที่มืดที่สุด และจุดที่สว่างที่สุด (Brightness Contrast) ให้อยู่ในอัตราส่วนที่

9 แสงบาดตา (Glare)

แสงบาดตาเกิดจากการเข้ามาของแสงที่มีความเข้มสูงสู่มุมมองของสายตา โดยแสงนี้มีความจ้า (Brightness) มาก เมื่อเทียบกับความจ้าในสภาพแวดล้อมทั่วไป มีผลทำให้ปัญหาในการมอง แสงบาดตาอาจเกิดขึ้นได้จาก 3 แนวทางดังนี้

- แสงบาดตาที่เกิดขึ้นโดยตรง (Direct Glare and Direct Sparkle)

เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสง ที่มีความสว่างสูงมาก อยู่ภายในภาพที่มองเห็น จะมีความรุนแรงมากหากการมองมีทิศทางสู่แหล่งกำเนิดโดยตรง

- แสงบาดตาที่เกิดขึ้นทางอ้อม (Indirect Glare and Indirect Sparkle)

เกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวภายในหรือภายนอกอาคาร เช่นผนังห้อง ได้รับแสงในปริมาณมากแล้วสะท้อนหรือ ส่องผ่านแสงทำให้พื้นผิวนั้นๆมีความสว่างมากเกินไป

- แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากการสะท้อน(Reflected Glare, Reflected Sparkle and Veiling Reflected)

- แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากแสงสะท้อน(Reflected Glare and Reflected Sparkle) เกิดขึ้นจากการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาจากแหล่งกำเนิดแสงบนพื้นผิวที่มีความมันวาว ตัวอย่างพื้นผิวภายในห้อง เช่น พื้นโต๊ะ กระจก มีผลทำให้เกิดความรำคาญเมื่อแสงสะท้อนนั้นอยู่ในจอภาพที่มองเห็น ในขณะที่ แสงสะท้อนที่ลดประสิทธิภาพในการมองเห็นวัตถุ (Veiling Reflected) เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบนวัตถุ แสงที่สะท้อนออกมาจากนั้นจะบดบังรายละเอียดบนวัตถุนั้น ทำให้สายตาไม่สามารถมองเห็นวัตถุนั้นได้อย่างชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น กระสะท้อนแสงบนหน้ากระดาษแบบมันของหนังสือ แสงที่สะท้อนออกมาจะมีความจ้ามากจนไม่สามารถอ่านตัวหนังสือได้

ในที่นี้มีความแตกต่างที่สำคัญของแสงบาดตา (Glare) กับ สปาร์คเกิล (Sparkle) ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงสว่างกับพื้นที่ของความสว่างที่ปรากฏในภาพที่มองเห็น โดย สปาร์คเกิล จะเกิดความเข้มเท่ากัน หรือมากกว่า บนพื้นที่ขนาดเล็ก ซึ่งพื้นที่นี้จะเป็นจุดกลางที่มีประกายแสงกระจายออกมา ในขณะที่แสงบาดตา จะเกิดขึ้นในพื้นที่ขนาดใหญ่กว่า และไม่มีประกายแสงออกมาจากแสงบาดตาที่เกิดขึ้น [6] ทั้งนี้แสงบาดตาประเภทต่างๆสามารถเกิดได้ตั้งแต่

---

[5] สุนทร บุญญาธิการ, บ้านประหยัดพลังงาน, (กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542), หน้า 16.

[6] Gary Gordon, James L. Nuckolls, Interior lighting for designers, 3rd(New York: John Wiley & Sons, 1995), pp.40-42.

10 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของวัสดุ (Absorptance , α)

คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ดูดกลืนผ่านพื้นผิวเข้าไปในวัตถุ ต่อ ความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 หรืออาจเทียบเป็นค่าระหว่าง 0 – 100 % ก็ได้ [7]

11 สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ (Reflection , ρ)

คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิววัตถุ ต่อ ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆ หรือความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ ต่อ ความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดนมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 หรืออาจเทียบเป็นค่าระหว่าง 0 – 100 % ก็ได้ [8]

12 สัมประสิทธิ์ของการส่องผ่านแสงของวัสดุ (Transmittance , τ)

คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่านพื้นผิววัตถุ ต่อ ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆหรือความส่องสว่างที่ทะลุผ่านวัตถุออกมา ต่อ ความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 หรืออาจเทียบค่าระหว่าง 0 – 100 % ก็ได้ [9]

13 ฟุตแคนเดิล (Footcandle)

พิจารณาจากการนำเอาแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เสมือนจุดและมีค่ากำลังส่องสว่างเปล่งออกมารอบ ๆ ทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมซึ่งมีรัศมี 1 ฟุต และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงทุก ๆ 1 ตารางฟุตบนพื้นที่ผิวทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคลเดิล หรือมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางฟุต

แต่ถ้าเราให้รัศมีของทรงกลมเปลี่ยนจาก 1 ฟุต ไปเป็น 1 เมตร และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงทุก ๆ 1 เมตรบนพื้นที่ผิวทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ หรือมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางเมตร และค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล จะมีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์ เครื่องมือที่ใช้วัดค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจบันนี้มีด้วยกัน 2 แบบ คือ ฟุตแคนเดิลมิเตอร์ (Footmeter) กับลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter)

14 ลูเมน (Lumen)

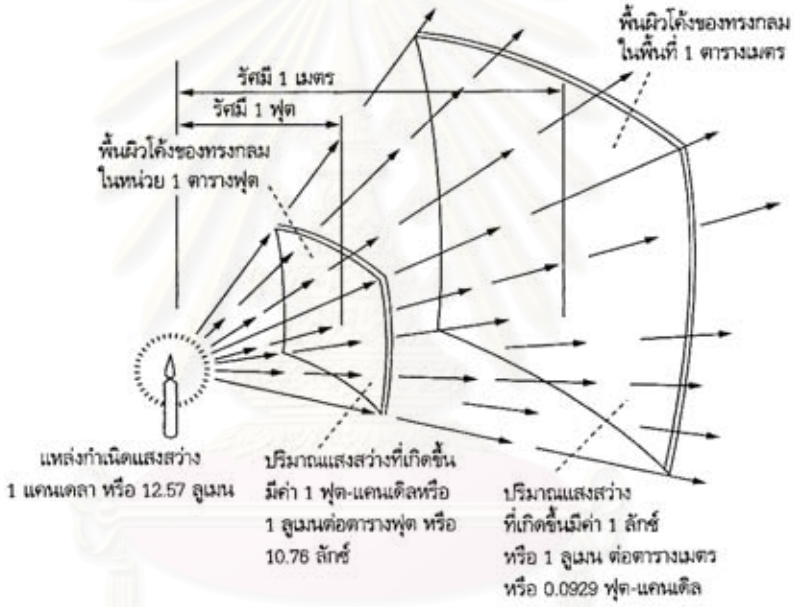
---

[7] พรรณชลัท สุริโยธิน, วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า,1(กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า5.

[8] เรื่องเดียวกัน, หน้า 7.

[9] เรื่องเดียวกัน, หน้า 9.

ในการบอกค่าความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน คือ บอกอยู่ในรูปของปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น เช่น ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กมาก ๆ เสมือนจุดและมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทาง และมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งตกลงไปบนทุก ๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนผิวของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน ถ้าพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมแล้ว จะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกได้เท่ากับ 12.57 ลูเมนโดยพิจารณาได้จากรูป



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุตแคนเดิลและลักซ์[10]

[10] Stein and Renolds, 1980 : 55 อ้างโดย ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, 2543 : 8

ภาคผนวก ข

ชุดที่.....1.....

แบบสอบถาม

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้ใช้เพื่อค้นหาอุณหภูมิสีที่เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายตาแก่การอ่านหนังสือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1) เพศ ☐ หญิง ชาย ☐

2) อายุ ☐ 15-19 ปี ☐ 20-29 ปี ☐ 30-39 ปี
☐ 40-49 ปี ☐ 50-59 ปี ☐ 60-69 ปี

3) ลักษณะสายตา

☐ ปกติ สายตาสั้น ☐ ใส่แว่น
☐ ใส่คอนแทคเลนส์
สายตายาว ☐ ใส่แว่น
☐ ใส่คอนแทคเลนส์
สายตาเอียง ☐ ใส่แว่น
☐ ใส่คอนแทคเลนส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสง Ceiling Light **ให้ท่านทำเครื่องหมาย** X **ลงในช่องว่างที่ท่านคิดว่าตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด**

ความส่องสว่าง (lux) Warm	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1							
ระดับความสว่างที่ 2							
ระดับความสว่างที่ 3							
ระดับความสว่างที่ 4							
ระดับความสว่างที่ 5							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ความส่องสว่าง (lux) Cool	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1							
ระดับความสว่างที่ 2							
ระดับความสว่างที่ 3							
ระดับความสว่างที่ 4							
ระดับความสว่างที่ 5							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที่ 3 ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสง Personal Light **ให้ท่านทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ท่านคิดว่าตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด**

ความส่องสว่าง (lux) Warm	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1							
ระดับความสว่างที่ 2							
ระดับความสว่างที่ 3							
ระดับความสว่างที่ 4							
ระดับความสว่างที่ 5							
ระดับความสว่างที่ 6							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ความส่องสว่าง (lux) Cool	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1							
ระดับความสว่างที่ 2							
ระดับความสว่างที่ 3							
ระดับความสว่างที่ 4							
ระดับความสว่างที่ 5							
ระดับความสว่างที่ 6							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที่ 4 ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสง Ceiling Light **ที่**300 lux **และ** Personal Light (Warm White)

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที่ 5 ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสง Ceiling Light **ที่**300 lux **และ** Personal Light (Cool White)

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที 6 อุณหภูมิสีต่อความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสง Ceiling Light **ที่** 300 lux

อุณหภูมิสี (K)	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
อุณหภูมิสีที่ 1							
อุณหภูมิสีที่ 2							

ส่วนที 7 อุณหภูมิสีต่อความสบายตาในการอ่านหนังสือในสภาพแสง Personal Light **ที่** 300 lux

อุณหภูมิสี (K)	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
อุณหภูมิสีที่ 1							
อุณหภูมิสีที่ 2							

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่.....2.....

แบบสอบถาม

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้ใช้เพื่อค้นหาอุณหภูมิสีที่เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายตาแก่การใช้คอมพิวเตอร์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

4) เพศ ☐ หญิง ชาย ☐

5) อายุ ☐ 15-19 ปี ☐ 20-29 ปี ☐ 30-39 ปี
☐ 40-49 ปี ☐ 50-59 ปี ☐ 60-69 ปี

6) ลักษณะสายตา

☐ ปกติ สายตาสั้น ☐ ใส่แว่น
☐ ใส่คอนแทคเลนส์
สายตายาว ☐ ใส่แว่น
☐ ใส่คอนแทคเลนส์
สายตาเอียง ☐ ใส่แว่น
☐ ใส่คอนแทคเลนส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสง Ceiling Light ให้ท่านทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ท่านคิดว่าตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ความส่องสว่าง (lux) warm		ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
		1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 2	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 3	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 4	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 5	ทางนอน							
	ทางตั้ง							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ความส่องสว่าง (lux) Cool		ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
		1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 2	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 3	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 4	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 5	ทางนอน							
	ทางตั้ง							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที่ 3 ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสง Personal Light ให้ท่านทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ท่านคิดว่าตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ความส่องสว่าง (lux) warm		ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
		1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 2	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 3	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 4	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 5	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 6	ทางนอน							
	ทางตั้ง							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความส่องสว่าง (lux) cool		ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
		1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
ระดับความสว่างที่ 1	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 2	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 3	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 4	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 5	ทางนอน							
	ทางตั้ง							
ระดับความสว่างที่ 6	ทางนอน							
	ทางตั้ง							

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที่ 4 **ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสง** Ceiling Light **ที่**300 lux **และ** Personal Light (Warm White)

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที 5 **ระดับความส่องสว่างต่อความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสง** Ceiling Light **ที่**300 lux **และ** Personal Light (Cool White)

ให้ท่านปรับระดับแสงจนรู้สึกสบายตามากที่สุด_____(lux)

ส่วนที 6 อุณหภูมิสีต่อความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสง Ceiling Light **ที่** 300 lux

อุณหภูมิสี (K)	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
	1 น้อยที่สุด	2 น้อย	3 ปานกลาง	4 มาก	5 มากที่สุด	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
อุณหภูมิสีที่ 1							
อุณหภูมิสีที่ 2							

ส่วนที 7 อุณหภูมิสีต่อความสบายตาในการใช้คอมพิวเตอร์ในสภาพแสง Personal Light **ที่** 300 lux

	ระดับความสบายตา					ระดับการยอมรับ	
อุณหภูมิสี (K)	1	2	3	4	5	ยอมรับ	ยอมรับ
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	ได้	ไม่ได้
อุณหภูมิสีที่ 1							
อุณหภูมิสีที่ 2							

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลวิเคราะห์ทางด้านสถิติ

กรณีศึกษาที่ 1,3

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	3.33	3.073333333
Variance	1.309949917	1.533845298
Observations	600	600
Pooled Variance	1.421897607	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1198	
t Stat	3.728171963	
P(T<=t) one-tail	0.000100941	
t Critical one-tail	1.646126545	
P(T<=t) two-tail	0.000201881	
t Critical two-tail	1.961946099	

กรณีศึกษาที่ 2,4

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	596.25	522.8916667
Variance	15993.01261	16073.84531
Observations	120	120
Pooled Variance	16033.42896	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	4.487576603	
P(T<=t) one-tail	5.61097E-06	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	1.12219E-05	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 5,7

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	2.931944444	2.852777778
Variance	1.231801499	1.302356668
Observations	720	720
Pooled Variance	1.267079084	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1438	
t Stat	1.334417561	
P(T<=t) one-tail	0.091139154	
t Critical one-tail	1.645913959	
P(T<=t) two-tail	0.182278308	
t Critical two-tail	1.961615004	

กรณีศึกษาที่ 6,8

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	551.15	479.0333333
Variance	20382.91849	17303.93165
Observations	120	120
Pooled Variance	18843.42507	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	4.069409058	
P(T<=t) one-tail	3.2076E-05	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	6.41521E-05	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 9,10

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	538.5	457.6166667
Variance	18960.52101	15560.99468
Observations	120	120
Pooled Variance	17260.75784	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	4.768751987	
P(T<=t) one-tail	1.61579E-06	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	3.23157E-06	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 11

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	2.516666667	2.758333333
Variance	0.487114846	0.520938375
Observations	120	120
Pooled Variance	0.504026611	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	-2.6367299	
P(T<=t) one-tail	0.004460964	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.008921928	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 12

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	2.216666667	3.766666667
Variance	0.339215686	0.516526611
Observations	120	120
Pooled Variance	0.427871148	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	-18.35484925	
P(T<=t) one-tail	8.87301E-48	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	1.7746E-47	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 13,15

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	3.388366667	2.931666667
Variance	1.039103839	1.319195882
Observations	600	600
Pooled Variance	1.17914986	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1198	
t Stat	7.284623945	
P(T<=t) one-tail	2.91635E-13	
t Critical one-tail	1.646126545	
P(T<=t) two-tail	5.8327E-13	
t Critical two-tail	1.961946099	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	3.388333333	3.188333333
Variance	0.925740122	0.951115748
Observations	600	600
Pooled Variance	0.938427935	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1198	
t Stat	3.575939473	
P(T<=t) one-tail	0.000181437	
t Critical one-tail	1.646126545	
P(T<=t) two-tail	0.000362875	
t Critical two-tail	1.961946099	

กรณีศึกษาที่ 14,16

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	398.4833333	346.4166667
Variance	15473.41148	14333.4888
Observations	120	120
Pooled Variance	14903.45014	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	3.303634483	
P(T<=t) one-tail	0.000550699	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.001101397	
t Critical two-tail	1.969981476	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	249.4333333	211.7166667
Variance	15289.03754	14289.43165
Observations	120	120
Pooled Variance	14789.23459	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	2.402348891	
P(T<=t) one-tail	0.008528624	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.017057248	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 17,19

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	3.163888889	2.886111111
Variance	1.184764779	1.046816566
Observations	360	720
Pooled Variance	1.092756648	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1078	
t Stat	4.116625799	
P(T<=t) one-tail	2.06902E-05	
t Critical one-tail	1.646268365	
P(T<=t) two-tail	4.13804E-05	
t Critical two-tail	1.962166993	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	3.261111111	3.172222222
Variance	0.800711854	0.843733581
Observations	360	720
Pooled Variance	0.829406308	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1078	
t Stat	1.512061416	
P(T<=t) one-tail	0.065405662	
t Critical one-tail	1.646268365	
P(T<=t) two-tail	0.130811325	
t Critical two-tail	1.962166993	

กรณีศึกษาที่ 18,20

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	454.375	409.95
Variance	18935.28	22096.27
Observations	120	120
Pooled Variance	20515.77	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	2.402476	
P(T<=t) one-tail	0.008526	
t Critical one-tail	1.651281	
P(T<=t) two-tail	0.017051	
t Critical two-tail	1.969981	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	236.6333333	173.3083333
Variance	12607.59552	12514.3327
Observations	120	120
Pooled Variance	12560.96411	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	4.376624995	
P(T<=t) one-tail	9.02541E-06	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	1.80508E-05	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 21,22

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	349.7167	288.4166667
Variance	15529.87	13305.2535
Observations	120	120
Pooled Variance	14417.56	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	3.954487	
P(T<=t) one-tail	5.06E-05	
t Critical one-tail	1.651281	
P(T<=t) two-tail	0.000101	
t Critical two-tail	1.969981	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	298.975	249.5416667
Variance	15292.075	15223.41001
Observations	120	120
Pooled Variance	15257.74251	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	3.099919249	
P(T<=t) one-tail	0.001084415	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.002168829	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 23

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	2.775	3.05
Variance	0.663235294	0.686554622
Observations	120	120
Pooled Variance	0.674894958	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	-2.592926625	
P(T<=t) one-tail	0.005052831	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.010105662	
t Critical two-tail	1.969981476	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	3.833333333	3.733333
Variance	0.577030812	0.684594
Observations	120	120
Pooled Variance	0.630812325	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	0.975271516	
P(T<=t) one-tail	0.165207907	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.330415814	
t Critical two-tail	1.969981476	

กรณีศึกษาที่ 24

ทางนอน	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	2.7	2.816666667
Variance	1.018487395	0.705602241
Observations	120	120
Pooled Variance	0.862044818	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	-0.973324134	
P(T<=t) one-tail	0.165690212	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.331380425	
t Critical two-tail	1.969981476	
ทางตั้ง	*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	3.85	3.816666667
Variance	0.498319328	0.453501401
Observations	120	120
Pooled Variance	0.475910364	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	238	
t Stat	0.374275836	
P(T<=t) one-tail	0.354266174	
t Critical one-tail	1.651281164	
P(T<=t) two-tail	0.708532347	
t Critical two-tail	1.969981476	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ณวรา นราราษฎร์ เกิดเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2524 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2547 และได้รับการศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย