

การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยและประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างบน
ทางสัญจรทางเท้า



นางสาวพนัชกร ประกอบปราณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SAFETY PERCEPTION AND ENERGY SAVING OF PEDESTRIAN LIGHTING

Miss Panachakorn Prakobpran



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 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยและประสิทธิภาพในการ
ประหยัดพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจร
ทางเท้า

โดย

นางสาวพนัชกร ประกอบปราณ

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัชชิตติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัชชิตติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธาวิณี รามสูต)

พันธกร ประกอบปรมาณ : การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยและประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า (SAFETY PERCEPTION AND ENERGY SAVING OF PEDESTRIAN LIGHTING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ์, 85 หน้า.

ลักษณะของแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้ามีความสำคัญต่อความรู้สึกปลอดภัยและช่วยขยายขอบเขตการใช้งานเส้นทางสัญจรในเวลากลางคืน รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีการใช้งานในปัจจุบันเป็นรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงซึ่งสามารถให้แสงในวงกว้างได้ดี อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่อาจมีข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ จึงต้องติดตั้งดวงโคมในระดับความสูงที่ลดลงและให้แสงสว่างแบบเฉพาะที่ งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย โดยมีตำแหน่งการติดตั้งดวงโคม 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ A (ติดตั้งที่ระดับ 0.20 เมตร) รูปแบบ B (ติดตั้งที่ระดับ 1.00 เมตร) และรูปแบบ C (ติดตั้งที่ระดับ 0.20 และ 1.00 เมตร) และมีระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม 3 ระยะ ได้แก่ ทุกระยะ 1.00 เมตร, 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร งานวิจัยชิ้นนี้เก็บข้อมูลจากสถานที่จริงในเวลากลางคืน โดยสอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นบุคคลทั่วไป สัญชาติไทย คณะเพศและอายุ จำนวน 59 คน ผลการวิจัยพบว่า ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ B1 (ติดตั้งดวงโคมที่ระดับ 1.00 เมตร ด้วยระยะห่าง 1.00 เมตร) และ C1 (ติดตั้งดวงโคมที่ระดับ 0.20 และ 1.00 เมตร ด้วยระยะห่าง 1.00 เมตร) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของแสงสว่าง ความรู้สึกปลอดภัย ความชัดเจนในการมองเห็นใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาและความไม่สบายทางสายตาจากแสงบาดตามีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาประเด็นด้านการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยควบคู่กับอัตราการใช้พลังงานพบว่า การติดตั้งดวงโคมรูปแบบ B1 เป็นรูปแบบเดียวที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าการใช้พลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE90.1-2007

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5773568225 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: PERCEIVED SAFETY / EXTERIOR LIGHTING / ILLUMINANCE / UNIFORMITY / ENERGY SAVING

PANACHAKORN PRAKOBPRAN: SAFETY PERCEPTION AND ENERGY SAVING OF PEDESTRIAN LIGHTING. ADVISOR: ASST. PROF. VORAPAT INKAROJRIT, Ph.D., 85 pp.

Pedestrian lighting has an important role in perceived safety. Good lighting can extend duration of walkway usage at night. Nowadays, post top lighting is generally utilized due to its good light distribution. However, in some areas where limitations exist or there is no post to install any lamps, there are needs to install the luminaires at lower mounting height and distribute localized lighting. This research aimed to study the impact of mounting height and spacing of light fixtures that affect pedestrians' perceived safety. Three types of luminaires mounting height include A (0.20 m. above ground level), B (1.00 m. above ground level) and C (both 0.20 m. and 1.00 m. above ground level) position. In terms of luminaire spacing, this research proposed three lengths which are 1.00 m., 2.00 m., and 3.00 m. between each lamp. The experiment was conducted on-site after the sunset and 5-point scale questionnaires were sent out to 59 Thai participants. This research found that both mounting height and luminaire spacing have significant effect on participants' perceived safety. Lighting installation type B1 (1.00 m. mounting height with 1.00 m. spacing) and C1 (0.20 m. and 1.00 m. mounting height with 1.00 m. spacing) initiate significantly higher average scores than post top lighting's. Those average scores included light sufficiency, perceived safety, facial recognition and discomfort glare. Moreover, considering in perceived safety and energy saving comparison, B1 is the only installation type which has average safety score more than post top's and also has energy consumption less than ASHRAE standard 90.1-2007.

Department: Architecture

Student's Signature

Field of Study: Architecture

Advisor's Signature

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านสำหรับคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณการยางแห่งประเทศไทยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่การยางแห่งประเทศไทยและพนักงานการไฟฟ้านครหลวงที่สละเวลาในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่คอยดูแลและให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาตลอดหลักสูตร ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนนิสิตทุกท่านที่ให้ความสนใจในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 กรอบความคิดในการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	5
1.5 สมมติฐานในการวิจัย	5
1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.8 คำจำกัดความในงานวิจัย.....	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.1 มาตรฐานการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรในเวลากลางคืน	10
2.2 มาตรฐานด้านการประหยัดพลังงาน	18
2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัย	18
2.4 วิธีการในการเก็บข้อมูล	31
2.5 สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม	33

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย.....	35
3.1 การศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม	35
3.2 การออกแบบการวิจัย.....	35
3.3 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล	48
3.4 การสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่บนทาง สัญจรทางเท้า.....	49
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	50
4.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	50
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการวิจัย.....	51
4.3 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง.....	73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	78
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	78
5.2 ข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า	79
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยชิ้นถัดไป.....	80
รายการอ้างอิง	82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	85

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการจำแนกหมวดหมู่ของเส้นทางสัญจรใน class S 11

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างของหมวดหมู่ทางเลือกับหมวดหมู่อ้างอิง
ต่าง ๆ 11

ตารางที่ 2.3 ปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงใน class CE 12

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงใน class S 12

ตารางที่ 2.5 ปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงใน class A 13

ตารางที่ 2.6 หมวดหมู่ของแสงสว่างสำหรับเส้นทางสัญจรทางเท้า 15

ตารางที่ 2.7 ค่าแนะนำปริมาณความส่องสว่างบนทางสัญจรทางเท้าของ ILE 15

ตารางที่ 2.8 ค่าแนะนำการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย 16

ตารางที่ 2.9 ลักษณะเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อม 16

ตารางที่ 2.10 ค่าสูงสุดของปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งในเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อม
ต่าง ๆ 16

ตารางที่ 2.11 อัตราการใช้พลังงานสำหรับพื้นที่ภายนอกอาคาร 18

ตารางที่ 2.12 ค่าปริมาณความส่องสว่าง (E) ตามมาตรฐานต่างๆ 19

ตารางที่ 2.13 คุณสมบัติของหลอดไฟประเภทต่างๆ ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย 27

ตารางที่ 2.14 วิธีการในการเก็บข้อมูลและการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยขึ้นต่างๆ 33

ตารางที่ 3.1 ภาพจำลองที่ใช้ในการศึกษานำร่องแบ่งตามตัวแปรต้นที่แตกต่างกัน 38

ตารางที่ 3.2 คำถามในแบบสอบถามของการศึกษาคัดเลือกตัวแปร 40

ตารางที่ 3.3 ลักษณะตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม 42

ตารางที่ 3.4 ปริมาณความส่องสว่าง (E) และค่าความสม่ำเสมอของแสง (U) ของการติดตั้งดวง
โคมรูปแบบต่างๆ 44

ตารางที่ 3.5 คำถามในแบบสอบถามความคิดเห็น 47

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง (n=59) 50

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความเพียงพอ ของปริมาณแสงสว่าง (n=59).....	51
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง	52
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบเกี่ยวกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความ เพียงพอของปริมาณแสงสว่าง	53
ตารางที่ 4.5 ปริมาณความส่องสว่างในแนวราบและแนวตั้งของการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง ต่างๆ.....	54
ตารางที่ 4.6 ค่าความสม่ำเสมอของแสงและปริมาณความส่องสว่างในแนวราบของติดตั้งดวงโคม ที่ระยะห่างต่างๆ.....	55
ตารางที่ 4.7 ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ย (E) และค่าความสม่ำเสมอของแสง (U) ของการติดตั้ง ดวงโคมรูปแบบต่างๆ.....	56
ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความรู้สึก ปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน (n=59).....	58
ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตาม ลำพังในเวลากลางคืน	59
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบเกี่ยวกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความ รู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน	59
ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้าน ความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมา ได้อย่างชัดเจน (n=59).....	62
ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้า ของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน	63
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบเกี่ยวกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้าน ความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมา ได้อย่างชัดเจน.....	64

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา (n=59) 66

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา 67

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับ การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา 68

ตารางที่ 4.17 สรุปรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านต่างๆ 71

ตารางที่ 4.18 อัตราการใช้พลังงานของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ 74

ตารางที่ 4.19 ค่าพลังงานต่อปีของการติดตั้งดวงโคมด้วยหลอดไฟประเภทต่างๆ 76

ตารางที่ 4.20 อัตราการใช้พลังงานของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ เมื่อใช้หลอด LED ทุกกรณี 77

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงซึ่งไม่สามารถให้แสงสว่างมาถึงระนาบพื้นได้..... 3

ภาพที่ 1.2 กรอบความคิดในการวิจัย 4

ภาพที่ 1.3 แผนภาพระเบียบวิธีการศึกษาในขั้นตอนต่างๆ..... 7

ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งในการวัดปริมาณความส่องสว่างในแนวราบและแนวตั้ง 14

ภาพที่ 2.2 การจัดหมวดหมู่ lighting class ของเส้นทางสัญจรในการวิจัยตามมาตรฐานต่างๆ 17

ภาพที่ 2.3 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมบริเวณทางเดินสาธารณะของรถไฟใต้ดิน..... 22

ภาพที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง 22

ภาพที่ 2.5 รูปแบบเทคนิคการจัดแสง A) Conventional B) Ascending C) Descending (ซ้าย)
รูปแบบเทคนิคการจัดแสง A) Control B) Dark spot C) Spotlight (ขวา) 24

ภาพที่ 2.6 ความไวในการรับแสงของดวงตาในภาวะการมองเห็นแบบ scotopic และ
photopic vision..... 25

ภาพที่ 3.1 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการมองเห็น
ต่ำ..... 36

ภาพที่ 3.2 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการมองเห็น
สูง..... 37

ภาพที่ 3.3 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับต่ำ ... 37

ภาพที่ 3.4 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับสูง ... 37

ภาพที่ 3.5 ภาพจำลองในการศึกษาเพื่อคัดเลือกตัวแปร 39

ภาพที่ 3.6 รูปตัดตามยาวของตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ 42

ภาพที่ 3.7 แผนผังแสดงตำแหน่งของทางสัญจรที่ใช้ในการทดลอง 43

ภาพที่ 3.8 ผังพื้นของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง (ซ้าย) รูปตัด
ตามขวางของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง (ขวา)..... 43

ภาพที่ 3.9 ภาพถ่ายของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง..... 44

ภาพที่ 3.10 ชุดดวงโคมพร้อมสวิตช์เปิด-ปิด..... 45

ภาพที่ 3.11 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเมื่อติดตั้งตามรูปแบบ A1..... 45

ภาพที่ 3.12 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเมื่อติดตั้งตามรูปแบบ B1	46
ภาพที่ 3.13 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเมื่อติดตั้งตามรูปแบบ C1	46
ภาพที่ 3.14 เครื่องวัดแสงยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX-72	47
ภาพที่ 3.15 ลำดับขั้นตอนและระยะเวลาในการทดลอง	48
ภาพที่ 4.1 ลักษณะลานสายตาของการมอง (visual field of interest)	54
ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างกับการ ติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง	57
ภาพที่ 4.3 การติดตั้งดวงโคมรูปแบบ C3 (ซ้าย) และการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A1 (ขวา)	65
ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายตาเนื่องจากแสงบาดตากับการ ติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง	70
ภาพที่ 4.5 การติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B1 (บนซ้าย) รูปแบบ B2 (บนขวา) รูปแบบ C2 (ล่าง ซ้าย) และรูปแบบ C3 (ล่างขวา)	75

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกลดตภัยของการติดตั้งวงโคมในรูปแบบต่างๆ..	61
แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยของการติดตั้งวงโคมในรูปแบบต่างๆ	72
แผนภูมิที่ 4.3 ค่าความสม่ำเสมอของแสงของการติดตั้งวงโคมในรูปแบบต่างๆ.....	73



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทางสัญจรทางเท้าเป็นจุดเชื่อมโยงพื้นที่กิจกรรมต่างๆ ของเมือง การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อการใช้งานทางสัญจรในเวลากลางคืนมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากแสงสว่างมีความสำคัญต่อการรับรู้ความปลอดภัย อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่ออารมณ์และความรู้สึกของมนุษย์ แม้งานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า การปรับปรุงคุณภาพแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้าในบางพื้นที่ไม่สามารถลดจำนวนการเกิดเหตุอาชญากรรมได้ แต่การปรับปรุงคุณภาพแสงสว่างช่วยเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยแก่ผู้สัญจรและสนับสนุนการใช้งานทางสัญจรทางเท้ามากขึ้นในเวลากลางคืน (Herbert & Davidson, 1994; Painter, 1996) เนื่องจากปัจจัยด้านแสงสว่างเป็นปัจจัยสำคัญลำดับแรกๆ ที่ส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัย โดยปริมาณความส่องสว่างที่เพิ่มขึ้นทำให้ผู้สัญจรรู้สึกปลอดภัยมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Boomsma & Steg, 2014; อรุช สวัสดิ์รัตนภักดิ์, 2555) และการติดตั้งดวงโคมที่ก่อให้เกิดเงาหรือจุดมืด (dark spot) ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ไม่เหมาะสมจะทำให้บริเวณนั้นๆ เสี่ยงต่อการก่ออาชญากรรมมากขึ้น เนื่องจากมีโอกาสนในการหลบซ่อนของอาชญากรและส่งผลให้ความสามารถในการมองเห็นของผู้สัญจรมีประสิทธิภาพลดลง

ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรนั้นจะมีการอ้างอิงค่ามาตรฐานของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่าง เช่น British Standard Institution (BSI), The Institute of Lighting Engineers (ILE), Commission International de l'Eclairage (CIE), Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) และ Australian Standard (AS) เป็นต้น โดยหน่วยงานเหล่านี้ได้กำหนดค่ามาตรฐานซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุดของปริมาณความส่องสว่าง (illuminance) รวมทั้งค่าความสม่ำเสมอของแสง (uniformity) ที่เหมาะสม เพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้งานของผู้ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างต่อไป

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัยแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่าง ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และปัจจัยส่วนบุคคล โดยปัจจัยด้านแสงสว่างจะสามารถแบ่งออกเป็นปัจจัยย่อยๆ ได้แก่ ปริมาณความส่องสว่าง (Blobsaum & Hunecke, 2005; Boomsma & Steg, 2014; Peña-García, Hurtado, & Aguilar-Luzón, 2015; อรุช สวัสดิ์รัตนภักดิ์, 2555) ความสม่ำเสมอของแสง (BSI, 2012; ILE, 2005) เทคนิคการจัดแสง (Burnett & Pang, 2004; Haans & de Kort, 2012) สีของแสง (BSI, 2012; Herbert & Davidson, 1994; ILE, 2005; Painter, 1996; Peña-García et al., 2015) ความถูกต้องของสีของแสง (ILE, 2005) และแสงบาดตา (BSI, 2012; Burnett & Pang, 2004; ILE, 2005) สำหรับปัจจัยด้าน

สภาพแวดล้อมทางกายภาพหมายถึงความถึงลักษณะของสภาพแวดล้อมรอบๆ เส้นทางสัญจร รวมทั้งสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพสามารถแบ่งออกเป็น 4 ปัจจัยย่อย ได้แก่ โอกาสในการมองเห็น (Appleton, 1996; Haans & de Kort, 2012) โอกาสในการหลีกเลี่ยงและโอกาสในการติดกับ (Blobaum & Hunecke, 2005; Boomsma & Steg, 2014) โอกาสในการหลบซ่อน (Appleton, 1996) และลักษณะสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียง (Foster, Knuijan, Wood, & Giles-Corti, 2013; Painter, 1996; Starkweather, 2007) ปัจจัยหลักประการสุดท้ายที่ส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัย ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคลซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละตัวบุคคลและขึ้นอยู่กับลักษณะของบุคคลนั้นๆ ประกอบด้วยปัจจัยย่อย คือ เพศ (Blobaum & Hunecke, 2005; Boomsma & Steg, 2014; Haans & de Kort, 2012; อรุช สวัสดิ์ธรรมภักดี, 2555) ช่วงอายุ (Burnett & Pang, 2004; Herbert & Davidson, 1994) และความคุ้นเคยกับสถานที่ (อรุช สวัสดิ์ธรรมภักดี, 2555)

หลักการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้าภายนอกอาคารของ ILE (2005) แนะนำให้ติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงเพื่อให้แสงสว่างในวงกว้างและป้องกันการทำลายดวงโคมจากอาชญากร โดยควรติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงกว่าพื้นทางสัญจรประมาณ 3-6 เมตร แต่สำหรับการใช้งานในบางสถานที่ของประเทศไทย เช่น ในเขตโบราณสถาน ศาสนสถาน และสถานที่สำคัญต่างๆ ของเมือง ซึ่งต้องการความโดดเด่น ความเป็นเอกลักษณ์และเป็นจุดหมายตา (landmark) ในเวลากลางคืน การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอาจไม่สามารถกระทำได้อย่างเหมาะสม ด้วยข้อจำกัดด้านสถานที่และพื้นที่ในการติดตั้ง นอกจากนี้ การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงยังอาจบดบังและลดทอนความโดดเด่นของสถาปัตยกรรมอันทรงคุณค่าอีกด้วย และแม้ว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงจะมีข้อดีตรงที่สามารถติดตั้งด้วยระยะห่างที่มากได้ แต่ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมที่อยู่สูงทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณแสงสว่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับพื้น จึงพบปัญหาด้านความไม่เพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนระนาบพื้นดังตัวอย่างในภาพที่ 1.1 ในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ปริมาณแสงสว่างบนระนาบพื้นเพียงพอต่อการใช้งานจึงต้องเพิ่มปริมาณดวงโคมหรือออกแบบติดตั้งด้วยหลอดไฟที่ให้ปริมาณแสงสว่างมากขึ้น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและสูญเสียพลังงาน ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นและเป็นภาระต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนทางสัญจรแบบเฉพาะที่ (localized pedestrian lighting) ที่สามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงและสามารถตอบสนองต่อการใช้งานด้านความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจร โดยศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านแสงสว่างต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย รวมทั้งประเมินปริมาณการใช้พลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับติดตั้งดวงโคมในรูปแบบดั้งเดิม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้าของผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจต่อไป



ภาพที่ 1.1 การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงซึ่งไม่สามารถให้แสงสว่างมาถึงระนาบพื้นได้
ที่มา : พงศ์พิพัฒน์ ศรีวราลักษณ์

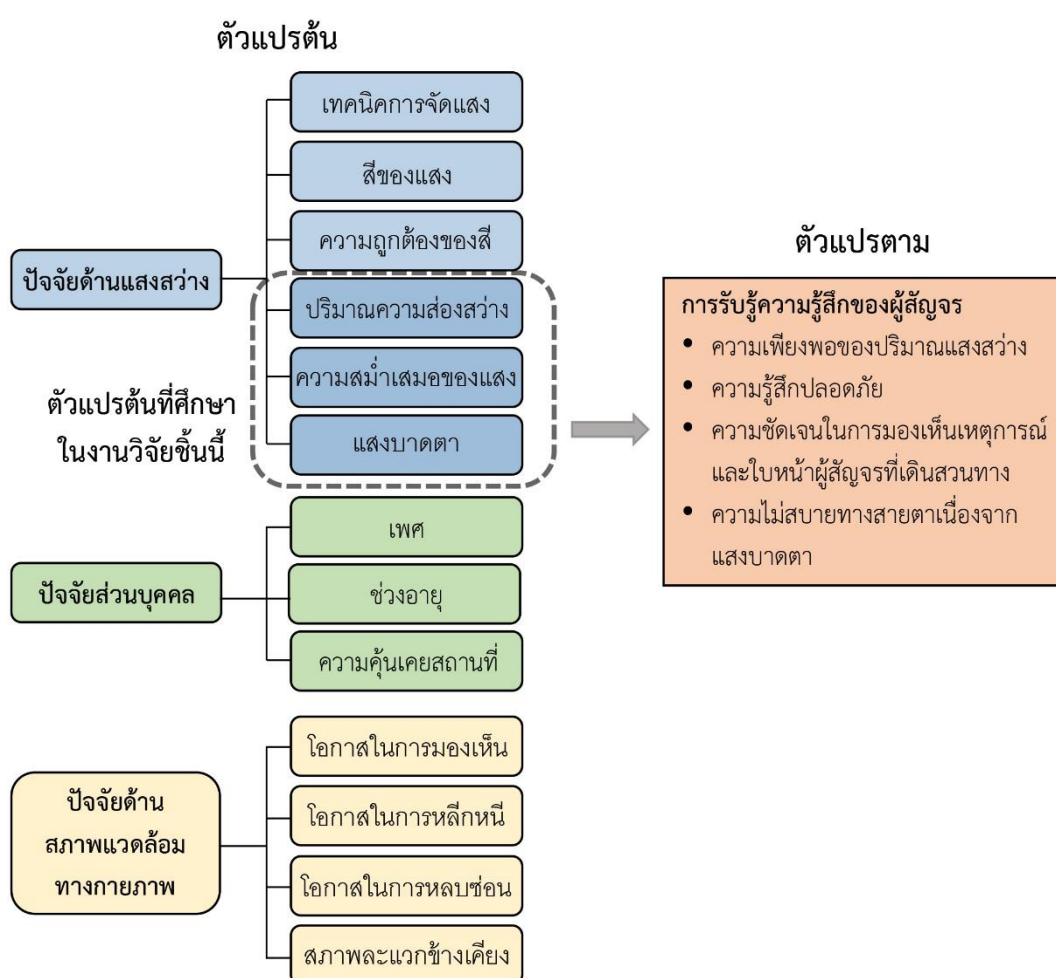
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย
- 1.2.4 เพื่อศึกษาอัตราการใช้พลังงานของรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่ใช้ในการวิจัย เมื่อเปรียบเทียบกับ การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงตามมาตรฐาน ASHRAE90.1-2007
- 1.2.5 เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างแบบเฉพาะที่ในบริเวณที่มีข้อจำกัดในการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง

1.3 กรอบความคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัยมี 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่าง ปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการศึกษาเพียงบางส่วนของปัจจัยดังกล่าว โดยตัวแปรต้นของงานวิจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่างที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความส่องสว่าง ความสม่ำเสมอของแสงและแสงบาดตาที่ส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกต่างๆ ซึ่งเป็นตัวแปรตาม ดังนั้นจึงต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่าง กรอบความคิดในการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 กรอบความคิดในการวิจัย

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรทางเท้า โดยมีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.4.1 งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยที่เกิดจากอาชญากรรมบนเส้นทางสัญจรทางเท้า ไม่รวมถึงความรู้สึกปลอดภัยจากอุบัติเหตุและความปลอดภัยในการขับขี่รถยนต์บนถนน

1.4.2 งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัย เฉพาะปัจจัยด้านแสงสว่างเท่านั้น ไม่รวมถึงปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพและปัจจัยส่วนบุคคล โดยปัจจัยด้านแสงสว่างที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณความส่องสว่าง ความสม่ำเสมอของแสงและแสงบาดตา ไม่รวมถึงปัจจัยด้านสีของแสงและความถูกต้องของสีของแสง

1.4.3 งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นบุคคลทั่วไปผู้มีสัญชาติไทย โดยครอบคลุมและอายุเท่านั้น

1.5 สมมติฐานในการวิจัย

1.5.1 ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างทั้งใบน้้าและพื้นจะส่งผลให้เกิดความรู้สึกปลอดภัยมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างเพียงใบน้้าหรือพื้นเพียงอย่างเดียว

1.5.2 ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าระยะห่างในการติดตั้งที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย

1.5.3 ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็นในทุกข้อคำถาม

1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรในสถานที่จริง โดยมีระเบียบวิธีการศึกษาดังภาพที่ 1.3 ตามรายละเอียดต่อไปนี้

1.6.1 การศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของมนุษย์และศึกษา งานวิจัยที่ผ่านมาในเรื่องของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัย ทั้งปัจจัยทางด้านแสงสว่าง ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และปัจจัยส่วนบุคคล ตลอดจนศึกษาระเบียบวิธีการ และเทคนิคในการเก็บข้อมูล เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบการวิจัยต่อไป นอกจากนี้ ยัง

ทำการศึกษามาตรฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแสงสว่าง โดยรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณแสงสว่าง ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่แนะนำบนเส้นทางสัญจรทางเท้าในเขตพื้นที่ต่างๆ เช่นเขตพื้นที่พาณิชย์กรรม และเขตพื้นที่พักอาศัย เป็นต้น

1.6.2 การออกแบบการวิจัย

ในการออกแบบการวิจัยจะต้องสรุปปัญหาและวัตถุประสงค์ในการวิจัย จากนั้นดำเนินการคัดเลือกตัวแปรโดยทดลองเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่อ้างอิงมาจากงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านแสงสว่างและปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพต่อความรู้สึกปลอดภัย กำหนดลักษณะของตัวแปรที่ต้องการศึกษา ตั้งสมมติฐาน วางแผนดำเนินการ กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างและวิธีการในการวิจัย จัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนระบุแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บแบบสอบถาม

1.6.3 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากติดตั้งดวงโคมตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ จึงดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.6.3.1 วิเคราะห์ผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัย โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม (Repeated Measure One-Way ANOVA)

1.6.3.2 วิเคราะห์ผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัย โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม (Repeated Measure One-Way ANOVA)

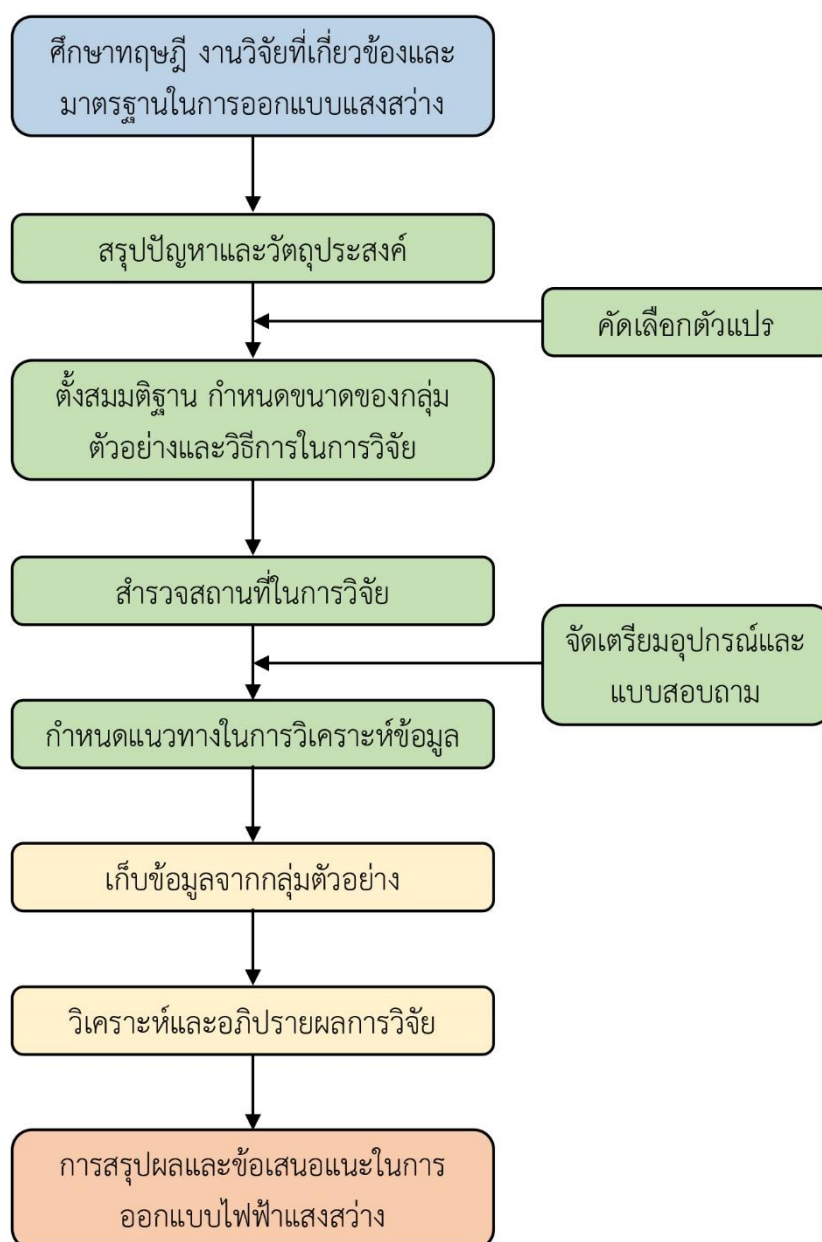
1.6.3.3 ศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น 2 ตัวแปร (ตำแหน่งxระยะห่าง) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม 1 ตัวแปร (การรับรู้ความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่าง) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA)

1.6.3.4 ศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของการติดตั้งดวงโคมแต่ละรูปแบบจำนวนทั้งสิ้น 9 รูปแบบกับค่าเฉลี่ยความคิดเห็นจากการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง โดยการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired-Sample T-Test)

หลังจากนั้น ดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานของรูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่กับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง เพื่อวิเคราะห์รูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้งานต่อไป

1.6.4 การสรุปผลและข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า

หลังจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) แล้ว ในขั้นตอนนี้เป็นการนำผลจากการวิเคราะห์มาสรุปผล พร้อมคัดเลือกรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่ตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรทางเท้าและมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน รวมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับนักออกแบบและผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป



ภาพที่ 1.3 แผนภาพระเบียบวิธีการศึกษาในขั้นตอนต่างๆ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เข้าใจองค์ความรู้เกี่ยวกับความรู้สึกปลอดภัยที่ได้รับอิทธิพลมาจากตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่สอดคล้องกับทฤษฎีด้านจิตวิทยาของมนุษย์

1.7.2 สามารถเสนอแนะแนวทางในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างแบบเฉพาะที่บนทางสัญจรทางเท้าที่ส่งเสริมต่อความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรได้

1.7.3 สามารถใช้งานวิจัยชิ้นนี้เป็นกรณีศึกษาสำหรับนักออกแบบและผู้สนใจในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้า เพื่อนำไปพัฒนาการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานต่อไป

1.8 คำจำกัดความในงานวิจัย

การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย (safety perception) คือ การรับรู้ที่ปราศจากอันตรายและความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนมีความรู้สึกผ่อนคลาย ไม่ต้องเครียดในสถานการณ์ที่กำลังเผชิญอยู่

เส้นทางสัญจรทางเท้า คือ ทางเดิน ถนน หรือเส้นทางสำหรับการสัญจร ซึ่งเชื่อมโยงผู้สัญจรจากพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่ง

ปริมาณความส่องสว่าง (illuminance) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสง (ลูเมน) ต่อพื้นที่ที่แสงตกกระทบ (ตารางเมตร) มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) นอกจากนี้ ปริมาณความส่องสว่างยังอาจหมายถึงความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดที่เดินทางมาตกกระทบบนพื้นผิวที่มุมใดๆ (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2553)

ความสม่ำเสมอของแสง (uniformity) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณความส่องสว่างต่ำสุดต่อปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ย แสงที่มีค่าความสม่ำเสมอจะช่วยให้เกิดความสบายทางสายตา

แสงบาดตา (glare) คือ แสงที่เข้าตาแล้วทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตาหรือมองเห็นวัตถุได้ยาก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แสงบาดตาที่ทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง (disability glare) และแสงบาดตาที่ทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตา (discomfort glare) (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2553)

โอกาสในการมองเห็น (prospect) คือ ความเป็นไปได้ในการมองเห็นสภาพแวดล้อมโดยรอบของเส้นทางสัญจรได้อย่างชัดเจน โดยไม่มีสิ่งกีดขวางหรือบดบังทัศนวิสัย เช่น ต้นไม้ พุ่มไม้ และป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น

โอกาสในการหลีกเลี่ยง (escape) คือ ความเป็นไปได้ในการหลีกเลี่ยงหรือส่งผลต่อความไม่ปลอดภัย โอกาสในการหลีกเลี่ยงนี้เป็นส่วนแปรผกผันกับโอกาสในการติดกับ (entrapment)

โอกาสในการหลบซ่อน (concealment) คือ ความเป็นไปได้ของการมีแหล่งซ่อนตัว ซึ่งทำให้ไม่ถูกพบเห็นโดยบุคคลอื่นๆ โอกาสในการหลบซ่อนอาจหมายความว่าทั้งในส่วนของผู้สัญจรและส่วนของอาชญากร

จุดมืด (dark spot) คือ พื้นที่เงาหรือส่วนที่แสงสว่างไม่สามารถส่องมาถึง อันเนื่องมาจากมีสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและระนาบที่รับแสง



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ทางด้านจิตวิทยาซึ่งสัมพันธ์กับองค์ความรู้ด้านการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างและการประหยัดพลังงาน ในการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะกล่าวถึงมาตรฐานการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า มาตรฐานด้านการประหยัดพลังงาน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัยและวิธีการในการเก็บข้อมูล

2.1 มาตรฐานการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรในเวลากลางคืน

ในการออกแบบแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรนั้นจะมีการอ้างอิงค่ามาตรฐานของหน่วยงานด้านแสงสว่างต่างๆ เช่น European Committee for Standardization (CEN), British Standards Institution (BSI), The Institute of Lighting Engineers (ILE), Commission International de l'Eclairage (CIE) และอื่นๆ เป็นต้น หน่วยงานเหล่านี้จะกำหนดค่ามาตรฐานและข้อกำหนด รวมทั้งค่าแนะนำต่างๆ ทางด้านแสงสว่าง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 European Standards (EN)

เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการออกแบบแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรที่ออกโดยองค์กรระหว่างกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป หรือ European Committee for Standardization/Comit Europeen de Normalisation (CEN) ซึ่งมีความใกล้เคียงกับ British Standards (BS) ของ British Standards Institution (BSI) โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

CR 13201-1:2004 Part 1 ระบุการจำแนกหมวดหมู่ (class) ของเส้นทางสัญจร

ได้แก่ class ME/MEW, CE, S, A, ES และ EV

EN 13201-2:2003 Part 2 ระบุค่ามาตรฐานตามความต้องการในการใช้งานของเส้นทางสัญจรในหมวดหมู่ต่างๆ

EN 13201-3:2003 Part 3 กำหนดวิธีการในการคำนวณเกี่ยวกับแสงสว่าง

EN 13201-4:2003 Part 4 กำหนดวิธีการวัดประสิทธิภาพจากการติดตั้งดวงโคม

2.1.1.1 CR 13201-1:2004 Part 1

เป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับการประเมินเส้นทางสัญจรว่าควรอยู่ในหมวดหมู่ใด โดยพิจารณาจากการใช้งาน ความเสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรม ความจำเป็นในการมองเห็นใบหน้าของผู้สัญจร และสภาพความคล่องตัวของทางสัญจร ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ ยังมีการเปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างระหว่างหมวดหมู่ต่างๆ ได้แก่ ME/MEW, CE, S, A, ES และ EV เพื่อให้สามารถนำไปใช้ตามความต้องการของการใช้งานในลักษณะต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งเปรียบเทียบหมวดหมู่ทางเลือก ES และ EV กับหมวดหมู่อ้างอิง

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการจำแนกหมวดหมู่ของเส้นทางสัญจรใน class S

Crime risk	Facial recognition	Traffic flow pedestrians					
		Normal			High		
		Low	Medium	High	Low	Medium	High
Normal	Unnecessary	S6	S5	S4	S5	S4	S3
	Necessary	S5	S4	S3	S4	S3	S2
Higher than normal		S4	S3	S2	S3	S2	S1

ที่มา : ดัดแปลงจาก CEN (2004)

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างของหมวดหมู่ทางเลือกกับหมวดหมู่อ้างอิงต่างๆ

Reference class	CE0	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6	S4	S5	S6
		MEW1	MEW2	MEW3	MEW4	MEW5				
Reference class	CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5				
				S1	S2	S3				
Alternative class	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	A3	A4	A5
		EV3	EV4	EV5						

ที่มา : ดัดแปลงจาก CEN (2004)

2.1.1.2 EN 13201-2:2003 Part 2

เป็นมาตรฐานที่กำหนดรายละเอียดและประเภทของการใช้งานของหมวดหมู่ต่างๆ ที่ระบุใน CR 13201-1:2004 ดังนี้

Class ME/MEW ใช้กับเส้นทางสัญจรสำหรับการขั้วรถยนต์ยานพาหนะในเขตที่พักอาศัย โดยอ้างอิงจากความสว่างบนพื้นผิวถนนตามชนิดของวัสดุพื้นผิวเส้นทางสัญจร

Class CE ใช้กับเส้นทางสัญจรสำหรับการขับขี่รถยนต์ในเขตพาณิชย์กรรม บริเวณจุดตัดของถนนซึ่งมีความซับซ้อน นอกจากนี้ สามารถใช้กับเส้นทางสัญจรทางเท้าและเส้นทางสัญจรสำหรับรถจักรยานได้อีกด้วย

Class S และ A ใช้สำหรับเส้นทางสัญจรทางเท้าและจักรยานในเขตพื้นที่พักอาศัย ถนนคนเดิน สวนสาธารณะ และอื่นๆ

Class ES เป็นหมวดหมู่พิเศษสำหรับเส้นทางสัญจรที่แสงสว่างมีความสำคัญต่อการชี้ตัวบุคคล ในเขตที่มีอัตราการเกิดอาชญากรรมสูง

Class EV เป็นหมวดหมู่พิเศษสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเป็นพิเศษ เช่น จุดตัดของถนน และสถานีเก็บค่าผ่านทาง เป็นต้น

ในส่วนนี้มีการกำหนดรายละเอียดปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงที่แนะนำ โดยแยกตามหมวดหมู่ต่างๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 ซึ่งเป็นค่าแนะนำสำหรับทางสัญจรทางเท้าใน class CE, S และ A ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 ปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงใน class CE

Class	Horizontal illuminance	
	Average (lx)	Minimum Uniformity
CE0	50	0.4
CE1	30	0.4
CE2	20	0.4
CE3	15	0.4
CE4	10	0.4
CE5	7.5	0.4

ที่มา : BSI (2003a)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงใน class S

Class	Horizontal illuminance	
	Average (lx)	Minimum (lx)
S1	15	5
S2	10	4
S3	7.5	1.5
S4	5	1
S5	3	0.6
S6	2	0.6
S7	performance not determined	performance not determined

ที่มา : BSI (2003a)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงใน class A

Class	Hemispherical illuminance	
	Average (lx)	Uniformity
A1	5	0.15
A2	3	0.15
A3	2	0.15
A4	1.5	0.15
A5	1	0.15
A6	performance not determined	performance not determined

ที่มา : BSI (2003a)

2.1.1.3 EN 13201-3:2003 Part 3

ในส่วนนี้เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงสูตรและวิธีการในการคำนวณค่าต่างๆ เกี่ยวกับแสงสว่าง ได้แก่ ค่าความสว่าง (luminance) ค่าปริมาณความส่องสว่าง (illuminance) และค่าความสม่ำเสมอของแสง (uniformity) รวมทั้งวิธีการในการกำหนดจุดและระยะห่างบนเส้นทางสัญจรสำหรับการคำนวณ ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงสำหรับการกำหนดจุดในการวัดค่าต่างๆ ของแสงได้ โดยระยะห่างที่เหมาะสมเป็นไปตามสูตร

$$D = S/N$$

โดยที่ D คือ ระยะห่างระหว่างจุดวัดตามแนวยาวของเส้นทางสัญจร (เมตร)

S คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมตามแนวยาวของเส้นทางสัญจร (เมตร)

N คือ จำนวนของจุดวัด ในทิศทางตามแนวยาวของเส้นทางสัญจร

ถ้า $S \leq 30$ เมตร, $N = 10$

ถ้า $S > 30$ เมตร, กำหนดค่า D ต่ำสุด ≤ 3 เมตร

สำหรับตำแหน่งของจุดวัดจุดแรกให้ใช้ระยะ $D/2$ ก่อนตำแหน่งดวงโคมดวงแรก

2.1.1.4 EN 13201-4:2003 Part 4

มาตรฐานในส่วนนี้กล่าวถึงวิธีการวัดปริมาณความส่องสว่าง เครื่องมือสำหรับการวัดปริมาณความส่องสว่างประเภทต่างๆ ตำแหน่งในการวัดแสงสว่าง รวมถึงข้อควรระวังเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าแสงสว่าง สำหรับจำนวนและตำแหน่งของจุดวัดที่ระบุในมาตรฐานนี้ ระบุว่าควรอ้างอิงตามที่กำหนดในมาตรฐานส่วน EN 13201-3:2003 เพื่อให้สอดคล้องกับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติตามมาตรฐานสำหรับการคำนวณนั้นอาจทำให้เสียเวลาเนื่องจากมีจำนวนจุดวัดจำนวนมาก จึงสามารถลดจำนวนจุดวัดลงได้ หากแต่ควรตระหนักถึง

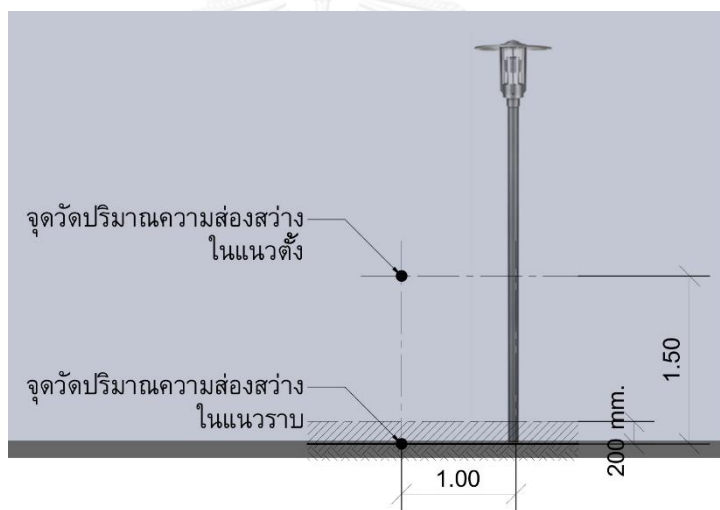
ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น สำหรับตำแหน่งในการวัดค่าปริมาณความส่องสว่างประเภทต่างๆ ที่ระบุในมาตรฐาน EN 13201-4:2003 มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1.4.1 ตำแหน่งในการวัด horizontal illuminance และ hemispherical illuminance

การวัดปริมาณความส่องสว่างในแนวราบนั้น ในทางทฤษฎีควรวัดที่ระดับพื้นผิวของเส้นทางสัญจร อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดที่ตำแหน่งพื้นผิวได้ จึงอนุโลมให้วัดที่ระดับความสูงไม่เกิน 200 มิลลิเมตรจากระดับพื้นผิวเส้นทางสัญจร ดังภาพที่ 2.1

2.1.1.4.2 ตำแหน่งในการวัด semicylindrical illuminance และ vertical illuminance

การวัดปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้ง กำหนดให้จุดศูนย์กลางของอุปกรณ์วัดอยู่ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจากระดับพื้น ดังภาพที่ 2.1 โดยวัดตามแนวยาวของเส้นทางสัญจร



ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งในการวัดปริมาณความส่องสว่างในแนวราบและแนวตั้ง

2.1.2 British Standards (BS)

มาตรฐาน British Standards เป็นมาตรฐานที่ออกโดย British Standards Institution (BSI) ของประเทศอังกฤษ ซึ่งมีความสอดคล้องกับมาตรฐาน EN ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีมาตรฐาน BS ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจร ได้แก่ มาตรฐาน BS 5489-1:2013 ซึ่งนอกจากจะให้ความสำคัญกับหลักปฏิบัติในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยทั่วไปแล้ว ยังกล่าวถึงข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณของแสงรบกวนที่อาจก่อให้เกิดความรำคาญ (obtrusive light) รวมถึงกลยุทธ์ต่างๆ ในการจำกัดมลภาวะทางแสง (light pollution) ในส่วนของการออกแบบแสงสว่างเพื่อความรู้สึกลดภัย มาตรฐาน BS 5489-1:2013 ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการใช้งานพื้นที่ของเมืองและสนับสนุนแหล่งท่องเที่ยว ด้วยการลดอัตราการเกิดอาชญากรรม

และลดความกลัวต่อการเกิดอาชญากรรมของผู้สัญจรทางเท้า โดยมีข้อเสนอแนะให้ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะสม มีความสบายทางสายตา ไม่มีปัญหาที่เกิดจากแสงบาดตา และมีสภาพแวดล้อมที่น่าพึงพอใจ เน้นให้คำนึงถึงปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้ง (vertical illuminance) ที่ระดับความสูงบริเวณใบหน้าของผู้สัญจร เพื่อให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ และอันตรายที่อาจเกิดขึ้น คำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็นใบหน้าและพฤติกรรมของผู้สัญจรรายอื่น เพื่อการตอบสนองต่อสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและทันทั่วทั้งสำหรับค่าปริมาณความส่องสว่างที่ระบุในมาตรฐาน BS 5489-1:2013 จะแบ่งหมวดหมู่ตามเขตพื้นที่ทางสภาพแวดล้อมหรือ environmental zone ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 หมวดหมู่ของแสงสว่างสำหรับเส้นทางสัญจรทางเท้า

Traffic flow	Lighting class	
	very low (E1) or low (E2)	moderate (E3) or high (E4)
Busy	S4 or P4	S4 or P4
Normal	S5 or P5	S5 or P5
Quiet	S6 or P6	S6 or P6

ที่มา : BSI (2012)

2.1.3 คู่มือการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคารของ The Institution of Lighting Engineers (ILE)

The Institution of Lighting Engineers เป็นองค์กรภายในสหราชอาณาจักรที่มีความเชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าแสงสว่าง ค่าแนะนำทางด้านแสงสว่างของ ILE มีความใกล้เคียงกับ European Standards (EN) และ British Standards (BS) ซึ่งระบุไว้ดังตารางที่ 2.7 นอกจากนี้ยังมีการระบุคำแนะนำเพื่อการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัยบนเส้นทางสัญจรทางเท้า ดังตาราง 2.8

ตารางที่ 2.7 ค่าแนะนำปริมาณความส่องสว่างบนทางสัญจรทางเท้าของ ILE

Area to be illuminated	EN 13201 class	Illuminance (lux)		
		Average (not less than)	Minimum (not less than)	Maximum (not more than)
Subsidiary roads and pedestrian areas	S1	15.0	5.0	22.5
	S2	10.0	3.0	15.0
	S3	7.5	1.5	11.25
	S4	5.0	1.0	7.5
	S5	3.0	0.6	4.5
	S6	2.0	0.6	3.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก ILE (2005)

ตารางที่ 2.8 ค่าแนะนำการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย

Traffic flow including pedestrians and cyclists	Low		Normal		High	
Environmental zone	E1/E2	E3/E4	E1/E2	E3/E4	E1/E2	E3/E4
Low crime (Ra < 60)	S5	S4	S4	S3	S3	S2
Normal crime (Ra < 60)	S4	S3	S3	S2	N/A	S1
High crime (Ra < 60)	S2	S2	S2	S1	N/A	S1

ที่มา : ILE (2005)

2.1.4 มาตรฐานของ Commission International de l'Eclairage (CIE)

Commission International de l'Eclairage หรือ International Commission on Illumination เป็นองค์การนานาชาติที่ไม่แสวงหากำไร ก่อตั้งขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการสนับสนุนและให้ข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแสงสว่าง รวมทั้งพัฒนาและจัดพิมพ์มาตรฐานและคู่มือในการออกแบบ ไฟฟ้าแสงสว่างต่างๆ เช่น ค่าแนะนำตามมาตรฐาน CIE 150:2003 ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยกำหนดค่าสูงสุดของปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งของเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ (environmental zone) เพื่อควบคุมแสงรบกวนที่อาจก่อให้เกิดความรำคาญ ดังตารางที่ 2.9 และตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.9 ลักษณะเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อม

Zone	Surrounding	Lighting Environment	Examples
E1	Natural	Intrinsically dark	National parks or protected sites
E2	Rural	Low district brightness	Industrial or residential rural areas
E3	Suburban	Medium district brightness	Industrial or residential suburbs
E4	Urban	High district brightness	Town centres and commercial areas

ที่มา : CIE (2003)

ตารางที่ 2.10 ค่าสูงสุดของปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งในเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ

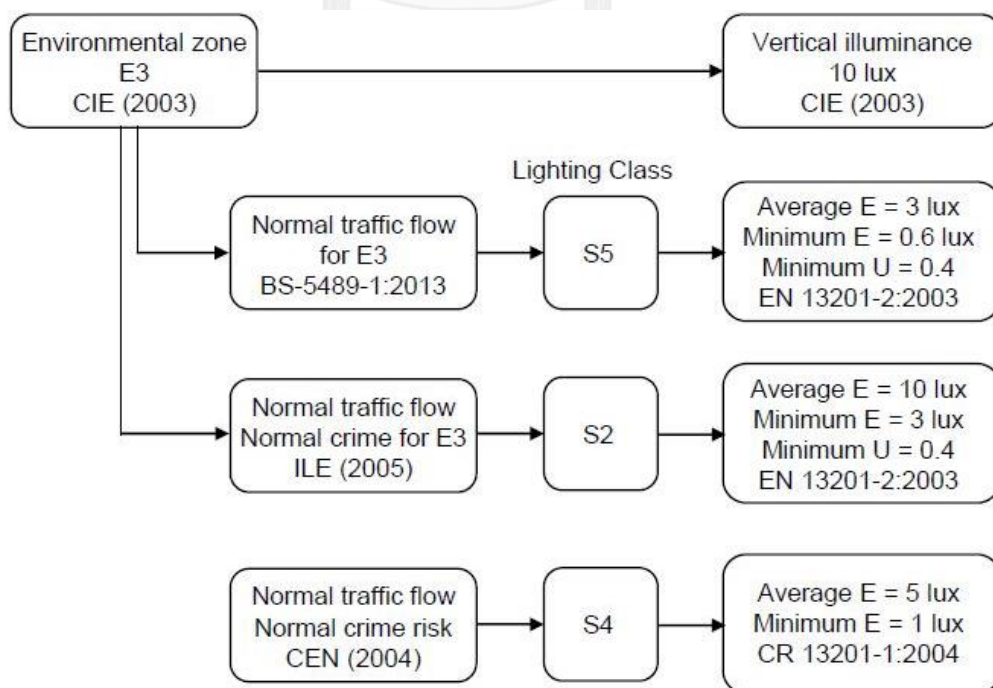
Light Technical Parameter	Application Conditions	Environmental Zones			
		E1	E2	E3	E4
Illuminance in vertical plane	Pre-curfew	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
	Post-curfew	0 lux	1 lux	2 lux	5 lux

ที่มา : CIE (2003)

2.1.5 มาตรฐานอื่นๆ

นอกจากมาตรฐานเกี่ยวกับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ยังมีมาตรฐานของหน่วยงานของประเทศอื่นๆ เช่น Australian Standard ได้กำหนดแนวทางในการออกแบบ โดยระบุค่าปริมาณความส่องสว่างแนวตั้ง และค่าความเข้มแสงไว้ในมาตรฐาน AS 4282-1997 นอกจากนี้ ยังมีมาตรฐาน SANS 10389-1:2003 ออกโดย South African Bureau of Standards (SABS) ซึ่งระบุค่าแนะนำของปริมาณความส่องสว่าง ค่าความสม่ำเสมอของแสง รวมทั้งค่าสูงสุดของแสงบาดตาไว้ในมาตรฐาน โดยแบ่งตามพื้นที่การใช้งานประเภทต่างๆ

จากการศึกษาและรวบรวมมาตรฐานต่างๆ การจัดหมวดหมู่แสงสว่างสำหรับเส้นทางสัญจรในงานวิจัยชิ้นนี้ เริ่มจากการพิจารณาเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อม (environmental zone) โดยเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการทดลองอยู่ในเขตที่พิกาศัยใกล้ตัวเมืองจึงจัดอยู่ใน zone E3 ตามมาตรฐาน CIE 150:2003 หลังจากนั้นพิจารณาสภาพความคล่องตัวด้านการใช้งาน ซึ่งพบว่ามีลักษณะสภาพคล่องปกติ (normal traffic flow) จึงจัดอยู่ใน lighting class หมวด S5 ตามมาตรฐาน BS 5489-1:2013 ซึ่งมาตรฐาน EN 13201-2:2003 ได้ระบุค่าปริมาณความส่องสว่างในแนวราบเฉลี่ยเท่ากับ 3 ลักซ์ อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาตามคำแนะนำในคู่มือการออกแบบของ ILE (2005) ด้วยสภาพคล่องปกติสำหรับเส้นทางสัญจรใน zone E3 จะจัดอยู่ในหมวด S2 และหากพิจารณาตามมาตรฐาน CR 13201-1:2004 ของ Comit Europeen de Normalisation (CEN) ซึ่งแบ่งตามระดับความเสี่ยงในการเกิดอาชญากรรมพบว่าเส้นทางสัญจรที่ใช้ในงานวิจัยอยู่ในหมวด S4 หมวดหมู่แสงสว่างที่แตกต่างกันดังกล่าวส่งผลให้ค่าปริมาณความส่องสว่างที่กำหนดในมาตรฐานต่างๆ แตกต่างกันไป ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การจัดหมวดหมู่ lighting class ของเส้นทางสัญจรในการวิจัยตามมาตรฐานต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณความส่องสว่างพบว่ามาตรฐาน BS-5489-1:2013 และ EN 13201-2:2003 เป็นมาตรฐานที่มีค่าปริมาณความส่องสว่างแนวราบเฉลี่ยต่ำสุด งานวิจัยชิ้นนี้จึงอ้างอิงปริมาณความส่องสว่างแนวราบเฉลี่ยต่ำสุดที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานทั้งสอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 ลักซ์ อ้างอิงปริมาณความส่องสว่างแนวตั้งสูงสุด 10 ลักซ์ ตามมาตรฐานของ CIE (2003) และอ้างอิงค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ 0.4 ตามมาตรฐาน EN 13201-2:2003

2.2 มาตรฐานด้านการประหยัดพลังงาน

งานวิจัยชิ้นนี้อ้างอิงอัตราการใช้พลังงานจากมาตรฐาน ASHRAE90.1-2007 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่กำหนดความต้องการขั้นต่ำในการออกแบบอาคารและพื้นที่ภายนอกอาคารให้มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานในส่วนของเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศและการระบายอากาศ ระบบน้ำร้อน และอื่นๆ รวมทั้งประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานสำหรับแสงสว่าง ซึ่งกำหนดไว้ตามความกว้างของเส้นทางสัญจร ดังตารางที่ 2.11 ทั้งนี้ เส้นทางสัญจรที่ใช้งานวิจัยชิ้นนี้มีความกว้างสุทธิ 2.85 เมตร จึงอ้างอิงอัตราการใช้พลังงาน 3.3 W/linear meter

ตารางที่ 2.11 อัตราการใช้พลังงานสำหรับพื้นที่ภายนอกอาคาร

Building grounds	Lighting Power Densities
Walkways less than 3 m wide	3.3 W/linear meter
Walkways 3 m wide or greater	
Plaza areas	2.2 W/m ²
Special feature areas	
Stairways	10.8 W/m ²

ที่มา : ดัดแปลงจาก ASHRAE (2009)

2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัย

ในการศึกษาการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรเพื่อความรู้สึกปลอดภัยจะต้องศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัย เพื่อนำไปสู่เกณฑ์ (criteria) ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยเกิดจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่าง ปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพและปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความเกี่ยวข้องกับการรับรู้ทางสายตาเป็นหลัก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัยแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ปัจจัยด้านแสงสว่าง

แสงสว่างมีความสำคัญต่อการรับรู้ทางสายตาและอารมณ์ความรู้สึกของมนุษย์ การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้าที่มีประสิทธิภาพคือการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ทำให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นได้จากระยะไกล เพื่อประเมินสถานการณ์และมีเวลาในการตอบสนองต่อสถานการณ์นั้นๆ ได้อย่างเหมาะสม เช่น ผู้สัญจรสามารถหลีกเลี่ยงออกจากเส้นทางสัญจรได้ทันที่เมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่ผู้สัญจรประเมินว่าไม่ปลอดภัย รวมทั้งสามารถแจ้งลักษณะของอาชญากรได้อย่างถูกต้องเมื่อเกิดเหตุ โดยปัจจัยด้านแสงสว่างสามารถแบ่งออกเป็น 6 ปัจจัยย่อย ได้แก่

2.3.1.1 ปริมาณความส่องสว่าง (illuminance)

ปริมาณความส่องสว่างเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยเป็นอย่างมาก ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้าจึงมีการอ้างอิงมาตรฐานของหน่วยงานด้านแสงสว่างต่างๆ เช่น Comit Europeen de Normalisation (CEN), British Standards Institution (BSI), The Institute of Lighting Engineers (ILE), Commission International de l'Eclairage (CIE) และอื่นๆ เป็นต้น มาตรฐานเหล่านี้มักกำหนดค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุดของปริมาณความส่องสว่างเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งรายละเอียดวิธีการในการวัดปริมาณความส่องสว่าง ดังตารางที่ 2.12 นอกจากนี้ ยังมีข้อเสนอแนะของปริมาณความส่องสว่างที่ควรใช้ในการออกแบบของผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการต่างๆ เช่น ข้อเสนอแนะของ Boyce (2003) ซึ่งกำหนดค่าปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยสำหรับเส้นทางสัญจรที่ 10-50 ลักซ์

ตารางที่ 2.12 ค่าปริมาณความส่องสว่าง (E) ตามมาตรฐานต่างๆ

มาตรฐาน	E (Horizontal)			E (Vertical)			หมายเหตุ
	max.	avg.	min.	max.	avg.	min.	
CR 13201-1:2004	-	5	1	-	-	-	normal traffic, normal crime (S4)
EN 13201-2:2003	-	3	0.6	-	-	-	normal traffic for E3 (S5)
BS 5489-1:2013	-	3	0.6	-	-	-	normal traffic for E3 (S5)
ILE (2005)	-	15	6	-	-	-	normal traffic, normal crime (S2)
CIE (2003)	-	-	-	10	-	-	กำหนด environmental zone (E3)
AS 4282-1997	-	-	-	25	-	-	มาตรฐานควบคุม obtrusive light

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาผลกระทบของปริมาณความส่องสว่างต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Blobaum and Hunecke (2005) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลกระทบของปริมาณแสงสว่างและสภาพแวดล้อมทางกายภาพต่อความรู้สึกปลอดภัย โดยเก็บความคิดเห็นผ่านแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 122 คน บนเส้นทางสัญจรทั้งสิ้น 8 เส้นทาง ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างรับรู้ความรู้สึกไม่ปลอดภัยบนเส้นทาง

สัญญาณที่มีปริมาณแสงสว่างน้อยได้มากกว่าเส้นทางสัญญาณที่มีปริมาณความส่องสว่างมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณความส่องสว่างที่มากจะช่วยให้กลุ่มตัวอย่างสามารถรับรู้ถึงอันตรายได้เร็วที่สุด จึงสามารถตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยและมีโอกาสในการหลีกเลี่ยงออกจากเส้นทางสัญญาณได้มากที่สุด ผลวิจัยชิ้นนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Boomsma and Steg (2014) ที่ศึกษาผลกระทบของปริมาณความส่องสว่างและโอกาสในการติดกับ (entrapment) ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัย โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 88 คน หลังดูภาพเคลื่อนไหวของเส้นทางสัญญาณที่มีปริมาณความส่องสว่างต่ำ (12 ลักซ์) และปริมาณความส่องสว่างสูง (17 ลักซ์) และเส้นทางสัญญาณที่มีโอกาสในการติดกับต่ำและโอกาสในการติดกับสูง ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความส่องสว่างพบว่า ในลักษณะสภาพแวดล้อมเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างสามารถรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยและยอมรับปริมาณความส่องสว่างในเส้นทางสัญญาณที่มีปริมาณความส่องสว่างสูงมากกว่าเส้นทางสัญญาณที่มีปริมาณความส่องสว่างต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณความส่องสว่างไม่สามารถเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยได้เสมอไป เนื่องจากต้องพิจารณาร่วมกับลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพของเส้นทางสัญญาณด้วย

งานวิจัยชิ้นอื่นๆ ได้แก่ งานวิจัยของ Peña-García et al. (2015) ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณความส่องสว่างมีค่ามากขึ้นไม่ว่าเส้นทางสัญญาณนั้นๆ จะมีการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างด้วยหลอดไฟที่ให้แสงสีเหลืองหรือแสงสีขาว นอกจากนี้ งานวิจัยของ อรุช สวัสดิ์ธรรมภักดี (2555) ยังชี้ให้เห็นว่า เส้นทางสัญญาณที่มีปริมาณความส่องสว่างน้อย (น้อยกว่า 10 ลักซ์) และเส้นทางสัญญาณที่มีปริมาณความส่องสว่างมาก (ตั้งแต่ 10 ลักซ์ ขึ้นไป) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างชาวไทยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างแนวราบจาก 10 ลักซ์ เป็น 12 ลักซ์ สามารถทำให้โอกาสที่ผู้สัญจรจะรู้สึกปลอดภัยเพิ่มขึ้นจาก 28% เป็น 50% และปริมาณความส่องสว่างแนวราบที่ 30 ลักซ์ สามารถเพิ่มโอกาสที่ผู้สัญจรจะรู้สึกปลอดภัยได้ถึง 100% ในขณะเดียวกัน การเพิ่มปริมาณความส่องสว่างแนวตั้งจาก 18 ลักซ์ เป็น 30 ลักซ์ สามารถทำให้โอกาสที่ผู้สัญจรจะรู้สึกปลอดภัยเพิ่มขึ้นจาก 50% เป็น 95%

2.3.1.2 ความสม่ำเสมอของแสง (uniformity)

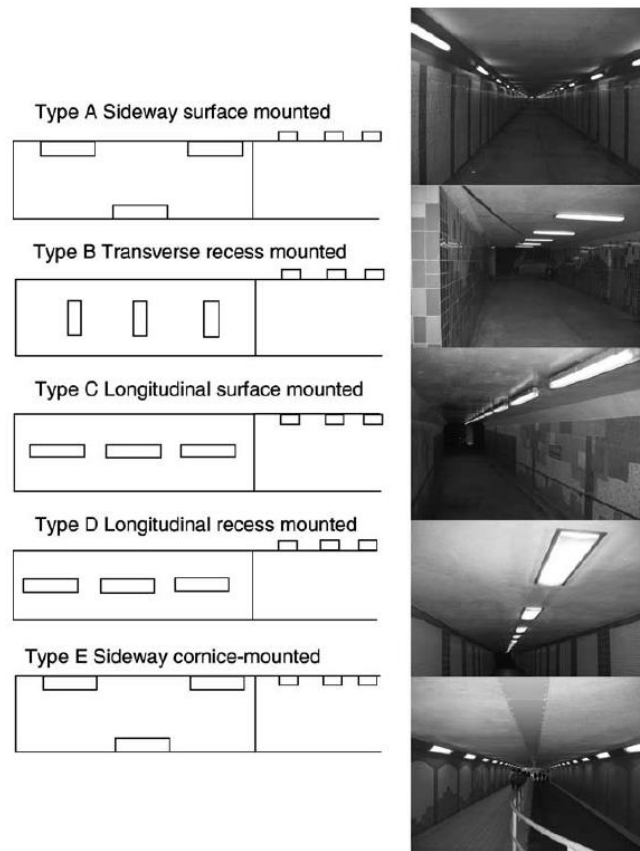
ความสม่ำเสมอของแสงเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่มักมีการกำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างของหน่วยงานต่างๆ การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีค่าความสม่ำเสมอของแสงที่เหมาะสมนั้น นอกจากจะสามารถป้องกันความไม่สบายทางสายตา (visual discomfort) ต่อผู้สัญจรได้แล้ว ยังสามารถส่งเสริมความรู้สึกปลอดภัยได้อีกด้วย เนื่องจากแสงที่มีความสม่ำเสมอสูงจะมี

ค่าปริมาณความส่องสว่างต่ำสุดและค่าปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมาก ส่งผลให้เส้นทางสัญจรนั้นมีพื้นที่เงาหรือจุดมืด (dark spot) น้อย พื้นที่เงาหรือจุดมืดเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถเพิ่มโอกาสในการหลบซ่อนของอาชญากรได้ เส้นทางสัญจรที่มีค่าความสม่ำเสมอของแสงสูงจึงช่วยส่งเสริมให้ผู้สัญจรรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยได้มากกว่าเส้นทางสัญจรที่มีค่าความสม่ำเสมอของแสงต่ำ

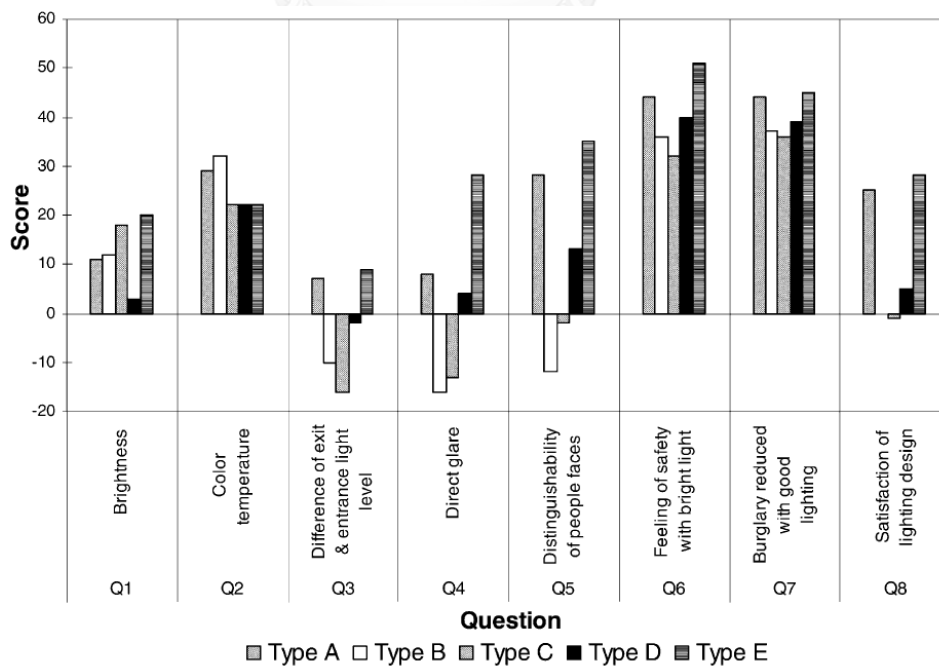
มาตรฐาน BS 5489-1:2013 ได้ระบุเกี่ยวกับความสม่ำเสมอของแสงไว้ว่า ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรมสูงนั้น ผู้ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างควรคำนึงถึงพื้นที่เงาหรือจุดมืดซึ่งเป็นแหล่งอำพรางตัวของอาชญากรเป็นสำคัญ และไม่ควรลดปริมาณความส่องสว่างในเวลากลางคืนตลอดระยะเวลาการใช้งาน เนื่องจากความสามารถในการมองเห็นของดวงตาขึ้นอยู่กับปริมาณความส่องสว่าง (luminance) ปริมาณแสงบาดตา (glare) และความสม่ำเสมอของแสง (luminance uniformity) โดยความแตกต่างของความสว่างที่มากขึ้นทำให้การรับรู้ความเปรียบต่างของดวงตาลดลง เมื่อดวงตารับรู้ความเปรียบต่างระหว่างวัตถุและพื้นหลังลดลงจะทำให้ผู้สัญจรไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน และส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัยในที่สุด (ILE, 2005) นอกจากนี้ มาตรฐาน EN 13201-2:2003 ได้กำหนดค่าความสม่ำเสมอต่ำสุดสำหรับหมวดหมู่แสงสว่าง class CE ซึ่งใช้กับเส้นทางสัญจรทางเท้าและเส้นทางสัญจรสำหรับรถจักรยานไว้ที่ 0.4

2.3.1.3 เทคนิคการจัดแสง (light distribution)

การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยเทคนิคการจัดแสงที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าปริมาณความส่องสว่าง ค่าความสม่ำเสมอของแสง และปริมาณแสงบาดตาแตกต่างกันได้ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการจัดแสง พบงานวิจัยของ Burnett and Pang (2004) ที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างในรูปแบบต่างๆ บริเวณทางเดินสาธารณะของรถไฟใต้ดิน โดยสอบถามความพึงพอใจในภาพรวมและความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างต่อรูปแบบการติดตั้งดวงโคม 5 รูปแบบ ดังภาพที่ 2.3 ผลการวิจัยพบว่า แม้ว่าการติดตั้งดวงโคมในแต่ละรูปแบบจะมีค่าปริมาณความส่องสว่างทั้งแนวราบและแนวตั้งตามมาตรฐาน แต่การติดตั้งดวงโคมที่ส่วนบนสุดของฝ้าเพดาน โดยติดตั้งสลับกันสองฝั่งทางเดิน (sideway cornice-mounted) ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากกราฟในภาพที่ 2.4 เห็นได้ว่าการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ความสว่างและความเหมาะสมของปริมาณแสงบาดตาที่ส่งผลต่อความรู้สึกสบายทางสายตา รวมทั้งการมองเห็นใบหน้าของผู้สัญจรได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ Burnett and Pang (2004) ยังแนะนำอีกว่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมบริเวณทางเดินสาธารณะของรถไฟใต้ดินควรมีค่าน้อยกว่า 5 เมตร เพื่อไม่ให้เกิดจุดมืดซึ่งส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัย



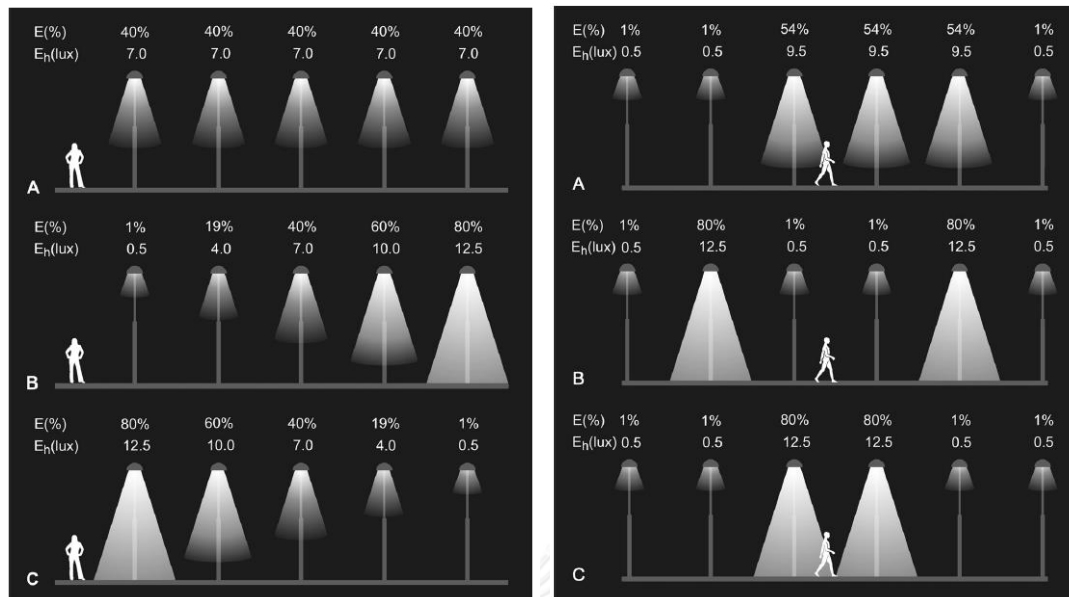
ภาพที่ 2.3 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมบริเวณทางเดินสาธารณะของรถไฟฟ้าใต้ดิน
ที่มา : Burnett and Pang (2004)



ภาพที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง
ที่มา : Burnett and Pang (2004)

ยังมีงานวิจัยที่น่าสนใจเกี่ยวกับเทคนิคการจัดแสงบนเส้นทางสัญจรทางเท้า เช่น งานวิจัยของ Haans and de Kort (2012) ในภาพที่ 2.5 (ซ้าย) ซึ่งศึกษาผลกระทบของเทคนิคการจัดแสงที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง จำนวน 29 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบของเทคนิคการจัดแสงที่ค่อยๆ เพิ่มปริมาณความส่องสว่างจากบริเวณใกล้ตัวของผู้สัญจรไปสู่เส้นทางสัญจรที่อยู่ด้านหน้า (รูปแบบ B) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างมีค่าน้อยที่สุด และรูปแบบของเทคนิคการจัดแสงที่ปริมาณความส่องสว่างบริเวณใกล้ตัวผู้สัญจรมีค่ามากแล้วค่อยๆ ลดปริมาณความส่องสว่างลงในบริเวณเส้นทางสัญจรที่อยู่ด้านหน้า (รูปแบบ C) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างมีค่ามากที่สุด

ในงานวิจัยชิ้นเดียวกัน Haans and de Kort (2012) ได้ทำการทดลองเพิ่มเติมกับกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง จำนวน 50 คน โดยเปลี่ยนรูปแบบของเทคนิคการจัดแสงอีก 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 2.5 (ขวา) ได้แก่ รูปแบบ A ให้แสงจากดวงโคมด้านหน้าของผู้สัญจร 2 ดวงและดวงโคมด้านหลังผู้สัญจร 1 ดวงด้วยค่าปริมาณความส่องสว่าง 9.5 ลักซ์ รูปแบบ B ให้แสงจากดวงโคมด้านหน้าและด้านหลังที่ห่างออกไป ด้วยค่าปริมาณความส่องสว่าง 12.5 ลักซ์ โดยบริเวณรอบผู้สัญจรมีค่าปริมาณความส่องสว่าง 0.5 ลักซ์ และรูปแบบ C ให้แสงจากดวงโคมด้านหน้าและด้านหลังของผู้สัญจร ด้วยค่าปริมาณความส่องสว่าง 12.5 ลักซ์ ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคการให้แสงรูปแบบ B ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าอีก 2 รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่รูปแบบ A และรูปแบบ C ให้ค่าเฉลี่ยความรู้สึกปลอดภัยไม่แตกต่างกัน ผลการวิจัยครั้งนี้ ยืนยันผลการวิจัยครั้งแรกที่ว่า เทคนิคการจัดแสงที่บริเวณโดยรอบของกลุ่มตัวอย่างมีค่าปริมาณความส่องสว่างมากจะส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยมากกว่าเทคนิคการจัดแสงที่บริเวณโดยรอบของกลุ่มตัวอย่างมีค่าปริมาณความส่องสว่างน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณความส่องสว่างโดยรอบของผู้สัญจรที่มากที่สุดจะทำให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมและสถานการณ์บริเวณใกล้เคียงได้อย่างชัดเจนที่สุด



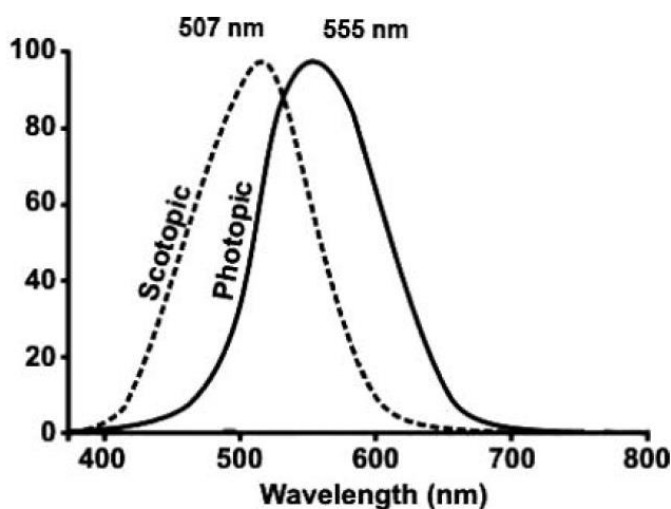
ภาพที่ 2.5 รูปแบบเทคนิคการจัดแสง A) Conventional B) Ascending C) Descending (ซ้าย) รูปแบบเทคนิคการจัดแสง A) Control B) Dark spot C) Spotlight (ขวา)

ที่มา : Haans and de Kort (2012)

2.3.1.4 สีของแสง (color of light)

การทำงานของดวงตาเกี่ยวข้องกับการรับรู้แสงสว่าง โดยเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการรับรู้แสงสว่างประกอบไปด้วยเซลล์ 2 ประเภท ได้แก่ เซลล์รูปแท่ง (rod cells) และเซลล์รูปกรวย (cone cells) เซลล์ทั้งสองประเภทมีความไวต่อการรับรู้แสงสว่างแตกต่างกัน ในสภาพแวดล้อมที่มีค่าความสว่างต่ำกว่า 10^{-2} cd/m² เซลล์รูปแท่งจะมีความไวในการรับแสงมากกว่า ทำให้มองเห็นวัตถุต่างๆ ได้ โดยไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสี ภาวะการมองเห็นในรูปแบบนี้เรียกว่า scotopic vision และเมื่อสภาพแวดล้อมมีค่าความสว่างมากกว่า 10 cd/m² เซลล์รูปกรวยจะทำหน้าที่รับแสงสว่างโดยจะแยกแยะความแตกต่างของสีสีนต่างๆ ได้ เรียกภาวะการมองเห็นในรูปแบบนี้ว่า photopic vision ภาพที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของดวงตาในช่วงความยาวคลื่นของแสงในช่วงต่างๆ ซึ่งความไวในการรับแสงของภาวะการมองเห็นแบบ scotopic vision มีค่าสูงสุดในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่าภาวะการมองเห็นแบบ photopic vision กล่าวคือ ในภาวะการมองเห็นแบบ scotopic vision หรือช่วงที่มีความสว่างต่ำกว่า 10^{-2} cd/m² ดวงตาของมนุษย์มีความไวต่อแสงสีฟ้ามากกว่าแสงสีแดง งานวิจัยต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการทำงานของดวงตามีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัมของแสง (spectral power distribution) จากดวงโคม โดยระดับความสว่างโดยทั่วไปเมื่อมีการเปิดใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในเวลาากลางคืนจะมีค่าระหว่าง 10^{-2} ถึง 10 cd/m² ซึ่งอยู่ในช่วงเป็นภาวะการมองเห็นแบบ mesopic vision ซึ่งเป็นภาวะการมองเห็นที่อยู่ระหว่าง scotopic และ photopic vision จึงเป็นช่วงที่เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคนทำงานร่วมกัน โดยดวงตาของ

มนุษย์จะตอบสนองต่อแสงสีขาวได้ดีกว่าแสงสีเหลืองจากหลอดจำพวกโซเดียม (BSI, 2012; ILE, 2005)



ภาพที่ 2.6 ความไวในการรับแสงของดวงตาในภาวะการมองเห็นแบบ scotopic และ photopic vision

ที่มา : Kitsinelis and Zissis (2012)

เนื่องจากการทำงานของเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคนในช่วงภาวะการมองเห็นแบบ mesopic vision จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับแสงสว่าง CIE จึงได้กำหนดค่า S/P ratio ขึ้นเพื่อระบุลักษณะของสีของแสงที่หลอดไฟแต่ละประเภทเปล่งออกมา ซึ่งค่า S/P ratio ที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคนได้แตกต่างกัน โดยหลอดไฟที่มีค่า S/P ratio สูงจะมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นเซลล์รูปแท่ง และหลอดไฟที่มีค่า S/P ratio ต่ำจะมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นเซลล์รูปโคน เช่น หลอดโซเดียมความดันไอสูงมีค่า S/P ratio อยู่ที่ 0.65 ในขณะที่หลอดเมทัลฮาไลด์มีค่า S/P ratio อยู่ที่ 2.50 ดังนั้น หลอดเมทัลฮาไลด์จะสามารถกระตุ้นเซลล์รูปแท่งได้ดีกว่าเนื่องจากมีปริมาณแสงสีฟ้า (แสงที่มีความยาวคลื่นต่ำ) มากกว่า จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างในเวลากลางคืนซึ่งมีช่วงภาวะการมองเห็นแบบ mesopic vision มากกว่าหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Boyce, 2014; CIE, 2016; Khan & Bodrogi, 2015)

จากการทบทวนวรรณกรรมยังพบงานวิจัยของ Herbert and Davidson (1994) ซึ่งทำการทดลองเกี่ยวกับผลกระทบของสีของแสงต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย โดยเปลี่ยนหลอดไฟ low pressure sodium ที่ให้สีของแสงเป็นสีเหลือง เป็นหลอด high pressure sodium ซึ่งให้สีของแสงที่ขาวกว่า สำหรับปริมาณความส่องสว่างต่ำสุดของการทดลองอยู่ที่ 1.0-2.5 ลักซ์ ดำเนินการวิจัย

โดยสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างก่อนการเปลี่ยนหลอดไฟ และหลังจากการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่าคุณภาพความส่องสว่างหลังการเปลี่ยนหลอดไฟมีค่ามากขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างสามารถสังเกตเห็นใบหน้าของผู้สัญจรง่ายขึ้น 86-95% และรู้สึกปลอดภัยมากขึ้น 44-67% นอกจากนี้ หลังการเปลี่ยนหลอดไฟกลุ่มตัวอย่างรู้สึกมั่นใจในการออกจากที่พักในเวลาหลัง 21.00 น. มากขึ้น เนื่องจากมีความรู้สึกไม่ปลอดภัยในชุมชนและความกลัวต่อการเกิดอาชญากรรมลดลง ผลการวิจัยของ Herbert and Davidson (1994) เป็นไปในทางเดียวกับงานวิจัยชิ้นถัดมาของ Painter (1996) ซึ่งศึกษาผลกระทบจากสีของแสงโดยติดตั้งหลอด high pressure sodium แทนหลอด low pressure sodium เช่นกัน หากแต่ในงานวิจัยของ Painter (1996) มีค่าปริมาณความส่องสว่างค่าต่ำสุดและค่าปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 5 ลักซ์ และ 10 ลักซ์ ตามลำดับ งานวิจัยชิ้นนี้ดำเนินการวิจัยโดยสอบถามความคิดเห็นก่อนการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นเวลา 6 สัปดาห์และหลังจากการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นเวลา 12 เดือน ผลการวิจัยพบว่า หลังการเปลี่ยนหลอดไฟกลุ่มตัวอย่างมีความกลัวต่ออาชญากรรมลดลง 61%, สามารถมองเห็นใบหน้าของผู้สัญจรง่ายขึ้น 94% และทำให้ผู้สูงอายุมีความมั่นใจที่จะออกจากที่พักในเวลากลางคืนมากขึ้น 44%

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของ Peña-García et al. (2015) เกี่ยวกับผลกระทบจากแสงสีเหลืองจากหลอด high pressure sodium และแสงสีขาวจากหลอด metal halide ต่อความชื้นขอบและความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 275 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นส่วนใหญ่ของแสงสีเหลืองมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของแสงสีขาว และแม้ว่าแสงสีขาวจากหลอด metal halide จะส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางแสง (light pollution) แต่แสงสีขาวสามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยมากกว่าแสงสีเหลือง ทั้งนี้เพราะแสงสีขาวช่วยให้กลุ่มตัวอย่างสามารถมองเห็นใบหน้าของผู้สัญจรรายอื่นได้ชัดเจนมากกว่าแสงสีเหลือง

2.3.1.5 ความถูกต้องของสีของแสง (color rendering)

ความถูกต้องของสีของแสงสามารถป้องกันการเกิดอาชญากรรมได้ โดยทำให้ผู้สัญจรสามารถระบุตัวอาชญากรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในกรณีเกิดเหตุ รวมทั้งส่งผลต่อการจับภาพของกล้องวงจรปิด (CCTV) อีกด้วย หลอดไฟแต่ละประเภทมีคุณสมบัติในการให้ค่าความถูกต้องของสีของแสงที่แตกต่างกัน การเลือกประเภทของหลอดไฟที่ให้ค่าความถูกต้องของสีของแสงสูง จึงมีความสำคัญต่อการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างและส่งผลดีต่อความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรทางเท้า หลักการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัยของ ILE ได้ระบุข้อแนะนำในการเลือกใช้ประเภทของหลอดไฟต่างๆ ไว้ดังตาราง 2.13

ตารางที่ 2.13 คุณสมบัติของหลอดไฟประเภทต่างๆ ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย

Lamp type	Colour rendering index (Ra)	Colour appearance	Security lighting use
Low pressure sodium	0	Orange	Not recommended
High pressure sodium	20	Golded yellow	General security lighting
High pressure mercury	40-50	Bluish white	General security lighting
Metal Halide	65-90	Crisp white	General security lighting
Fluorescent and compact fluorescent	80-90	White-in varying hues	General and domestic security lighting
Tungsten halogen	100	Crisp white	General and domestic security lighting

ที่มา : ILE (2005)

2.3.1.6 แสงบาดตา (glare)

แสงบาดตาเกิดจากการที่พื้นที่ส่วนหนึ่งของ visual scene หรือภาพที่ผู้มองกำลังมองเห็นมีค่าความสว่างแตกต่างจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ อย่างมาก ทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตาและลดประสิทธิภาพในการมองเห็น ปัญหาสำคัญของแสงบาดตาบนเส้นทางสัญจรเกิดจากการเลือกใช้ดวงโคมและการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่งและระดับความสูงที่ไม่เหมาะสม ผู้ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างจึงควรพิจารณาติดตั้งดวงโคมในลักษณะ indirect light เพื่อลดปริมาณแสงบาดตาที่อาจเกิดขึ้น (ILE, 2005) แสงบาดตาและความเปรียบต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยแสงบาดตาส่งผลกระทบต่อ การลดความเปรียบต่างระหว่างวัตถุและพื้นหลัง จึงทำให้ความสามารถในการมองเห็นวัตถุลดลง (BSI, 2012) จากงานวิจัยของ Burnett and Pang (2004) ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างในรูปแบบต่างๆ บริเวณทางเดินสาธารณะของรถไฟฟ้าใต้ดิน กล่าวถึงประเด็นด้านความเหมาะสมของปริมาณแสงบาดตาไว้ว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจและความรู้สึกปลอดภัย ปริมาณแสงบาดตาที่มากเกินไปนั้น นอกจากจะก่อให้เกิดความรำคาญแล้วยังทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ผู้สัญจรจึงไม่สามารถมองเห็นสภาพแวดล้อม และเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

2.3.2 ปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

ปัจจัยด้านแสงสว่างมีผลต่อการมองเห็นและการรับรู้ทางสายตา หากแต่สิ่งที่ผู้สัญจรมองเห็นนั้น คือลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพของเส้นทางสัญจรทางเท้า ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย ลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพในหัวข้อนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางสัญจรทางเท้า และลักษณะสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.2.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางสัญจรทางเท้า

ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางสัญจรทางเท้าที่ดีมีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความรู้สึกปลอดภัย ลักษณะของเส้นทางสัญจรและส่วนประกอบต่างๆ ล้วนส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัยทั้งสิ้น เช่น ขนาดความกว้างของเส้นทางสัญจร ป้ายสัญลักษณ์ต้นไม้และพุ่มไม้บริเวณริมเส้นทางสัญจร เป็นต้น การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยบนเส้นทางสัญจรในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ โอกาสในการมองเห็น (prospect) โอกาสในการหลบหนี (escape) ซึ่งเป็นส่วนแปรผกผันกับโอกาสในการติดกับ (entrapment) และโอกาสในการหลบซ่อน (concealment) ทั้งในส่วนของผู้สัญจรและโอกาสในการหลบซ่อนของอาชญากร ปัจจัยเหล่านี้เกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการมองเห็นและการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย โดยสามารถอธิบายได้ตามหลักทฤษฎี prospect-refuge ของ Appleton (1996) ซึ่งเป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเอาตัวรอดของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ การล่าเหยื่อ การหลบหนี และการหาแหล่งหลบภัย โดยสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ล่าจำเป็นต้องเข้าใกล้เหยื่อมากพอที่จะจู่โจมเหยื่อได้ก่อนที่เหยื่อจะทันรู้ตัวหรือหลบหนีไปยังแหล่งหลบภัยซึ่งผู้ล่าเข้าไม่ถึง ในขณะที่เหยื่อจะสามารถรอดชีวิตได้ก็ต่อเมื่อรับรู้ถึงอันตรายหรือมองเห็นผู้ล่าได้เร็วที่สุด เพื่อให้มีเวลาเพียงพอในการหลบหนีไปสู่แหล่งหลบภัย การมองเห็นอันตรายของเหยื่อในที่นี้เกี่ยวข้องกับโอกาสในการมองเห็นของผู้สัญจร การที่ผู้สัญจรสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมได้อย่างชัดเจนทำให้สามารถประเมินสถานการณ์ได้ว่ามีอันตรายหรือไม่ และควรหลบหนีออกจากเส้นทางสัญจรหรือไม่ สำหรับผู้ล่าที่ต้องเข้าใกล้เหยื่อให้มากที่สุดก่อนจู่โจมมีความสัมพันธ์กับการซ่อนตัวของอาชญากร กรณีที่เส้นทางสัญจรมีพุ่มไม้และพื้นที่เงามีตต่างๆ ถือว่าเป็นเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการหลบซ่อนของอาชญากรมากและสามารถก่ออาชญากรรมได้ง่าย ในมุมมองของผู้สัญจรจึงรับรู้ได้ว่าเส้นทางสัญจรดังกล่าวไม่ปลอดภัย ในส่วนของแหล่งหลบภัย (refuge) ตามหลักทฤษฎีของ Appleton กล่าวถึงแหล่งหลบภัยของสิ่งมีชีวิตจากสภาพแวดล้อมที่รุนแรง ซึ่งสามารถปกป้องสิ่งมีชีวิตหรือเหยื่อจากผู้ล่าได้ โดยทำให้ผู้ล่าไม่สามารถมองเห็น ดังนั้น การมองเห็นสภาพแวดล้อมโดยที่ไม่ถูกมองเห็นจึงส่งเสริมการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของสิ่งมีชีวิต

งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัย พบงานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยด้านโอกาสในการมองเห็น (prospect) และโอกาสในการติดกับ (entrapment) เป็นส่วนใหญ่ ดังงานวิจัยของ Haans and de Kort (2012) ที่ศึกษาปัจจัยด้านโอกาสในการมองเห็นร่วมกับเทคนิคในการจัดแสงดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น และงานวิจัยของ Boomsma and Steg (2014) ซึ่งศึกษาปัจจัยด้านโอกาสในการติดกับร่วมกับปริมาณความส่องสว่าง โดยใช้ภาพเคลื่อนไหวที่จำลองขึ้นของเส้นทางสัญจรที่มีขนาดความกว้าง 20 เมตร และ 5 เมตร แทนลักษณะเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับต่ำ (low entrapment) และโอกาสในการติดกับสูง (high entrapment) ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า เส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับสูงมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยน้อยกว่าเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าลักษณะทางกายภาพของเส้นทางสัญจรทางเท้าจะมีความสัมพันธ์กับการมองเห็นซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านแสงสว่าง แต่งานวิจัยชิ้นนี้พบว่าการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้าที่มีโอกาสในการติดกับสูงไม่สามารถเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยได้เสมอไป ผลการวิจัยของ Boomsma and Steg (2014) ชิ้นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยชิ้นก่อนหน้าของ Blobaum and Hunecke (2005) แม้ว่าจะดำเนินการวิจัยโดยใช้ภาพเคลื่อนไหวแทนการทดลองในสถานที่จริง

2.3.2.2 ลักษณะสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียง

Foster et al. (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียงต่อความรู้สึกปลอดภัยและความกลัวต่อการเกิดอาชญากรรม ผลการวิจัยพบว่า ความรู้สึกปลอดภัยมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียง โดยความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยของสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียงทำให้ผู้สัญจรรู้สึกปลอดภัยน้อยลง เช่น การพบเห็นแหล่งซุ่มของกลุ่มวัยรุ่น ความไม่เรียบร้อยของการจัดการขยะและการพบภาพขีดเขียนบนผนังอาคาร (graffiti) เป็นต้น นอกจากนี้เขตพื้นที่ใช้งานที่แตกต่างกันยังส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยด้วย โดยในเขตพาณิชย์กรรมซึ่งมีผู้คนพลุกพล่าน กลุ่มตัวอย่างจะรับรู้อัตราการเกิดอาชญากรรมสูงแต่มีความกลัวต่ออาชญากรรมต่ำ ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างในเขตพักอาศัยจะรับรู้อัตราการเกิดอาชญากรรมต่ำแต่มีความกลัวต่อการเกิดอาชญากรรมสูง งานวิจัยชิ้นอื่นๆ ที่สนับสนุนผลกระทบของสภาพแวดล้อมละแวกข้างเคียง ได้แก่ งานวิจัยของ Painter (1996) ซึ่งกล่าวว่า การที่ผู้สัญจรพบว่าตนเองอยู่ตามลำพัง ห่างไกลจากสายตาของชุมชนและตำรวจนั้นสามารถทำให้ผู้สัญจรรู้สึกไม่ปลอดภัยได้ งานวิจัยของ Starkweather (2007) ซึ่งทำการทดลองเกี่ยวกับความรู้สึกปลอดภัยภายในมหาวิทยาลัยพบว่า แม้อีกกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงจะรู้สึกปลอดภัยน้อยกว่าเพศชาย แต่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้สึกปลอดภัยภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัย

2.3.3 ปัจจัยส่วนบุคคล

ลักษณะส่วนบุคคลที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.3.1 ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศเป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่มีการศึกษากันมากที่สุด ทั้งในลักษณะของภาวะเพศ (gender) และภาวะเพศทางจิตใจ (psychological gender) เช่น งานวิจัยของ Blobaum and Hunecke (2005), Haans and de Kort (2012), Boomsma and Steg (2014) และ อรุช สวัสดิ์รัตนภักดิ์ (2555) เป็นต้น งานวิจัยของ Blobaum and Hunecke (2005) พบว่ากลุ่มตัวอย่างเพศชายที่มีภาวะเพศทางจิตใจแบบมาตุลักษ์ณ์มากกว่า (more feminine) และเพศชายที่มีภาวะเพศทางจิตใจแบบมาตุลักษ์ณ์น้อยกว่า (less feminine) มีการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่มีภาวะเพศทางจิตใจแบบมาตุลักษ์ณ์มากกว่า (more feminine) มีการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่มีภาวะเพศทางจิตใจแบบมาตุลักษ์ณ์น้อยกว่า (less feminine) และเมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง พบว่า เพศชายมีการรับรู้ความปลอดภัยมากกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Haans and de Kort (2012) และ Boomsma and Steg (2014) ทั้งนี้ เพราะประเด็นด้านความรู้สึกปลอดภัยเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยต่อการจูงมทางเพศ เพศหญิงซึ่งมีความอ่อนแอมากกว่าและมีพลังกำลังน้อยกว่า จึงรู้สึกตึงตูดต่ออาชญากรและตกเป็นเหยื่อได้ง่ายกว่าเพศชาย อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยของ อรุช สวัสดิ์รัตนภักดิ์ (2555) พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศเพียงอย่างเดียว ไม่เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

2.3.3.2 ปัจจัยส่วนบุคคลด้านช่วงอายุ

การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยเกิดจากการรับรู้ทางสายตาและการมองเห็น ประสิทธิภาพการทำงานของดวงตาในช่วงอายุที่สูงขึ้นอาจลดลงจากความเสื่อมโทรมของสุขภาพดวงตา ผู้สูงอายุบางรายอาจมีความผิดปกติทางสายตา เช่น สายตายาว ทำให้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนเท่าวัยทำงาน นอกจากนี้ ในวัยสูงอายุเป็นวัยที่มีพลังกำลังลดลง เคลื่อนที่ได้ช้าลง จึงมีโอกาสดังตูดอาชญากรและตกเป็นเหยื่อได้ง่าย จากการทบทวนวรรณกรรมพบงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนบุคคลด้านช่วงอายุ ได้แก่ งานวิจัยของ Herbert and Davidson (1994) และ Burnett and Pang (2004) ซึ่งใช้ความมั่นใจในการออกจากที่พักในเวลากลางคืนของผู้สูงอายุเป็นหนึ่งในการตรวจสอบความรู้สึกปลอดภัยในการทดลอง

2.3.3.3 ปัจจัยด้านความคุ้นเคยกับสถานที่

ความคุ้นเคยกับสถานที่ที่สามารถเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยให้กับผู้สัญจรได้ จากงานวิจัยของอรุช สวัสดิ์ธรรมภักดี (2555) พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่คุ้นเคยกับสถานที่ที่สามารถรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยได้มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่คุ้นเคยกับสถานที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ห่อทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความคุ้นเคยกับสถานที่และปัจจัยด้านเพศพบว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน โดยมีผลการวิจัยที่น่าสนใจว่า กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่ไม่คุ้นเคยกับสถานที่ที่มีการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยมากกว่ากลุ่มตัวอย่างเพศชายที่ไม่คุ้นเคยกับสถานที่ ในขณะที่ผลการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่างที่มีความคุ้นเคยกับสถานที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างเพศชาย

2.4 วิธีการในการเก็บข้อมูล

ในการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย นอกจากจะศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องและปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัยแล้ว ยังต้องทำความเข้าใจถึงวิธีการในการเก็บข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจเส้นทางสัญจรและการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.4.1 การสำรวจเส้นทางสัญจร

ก่อนการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยชิ้นนี้ ขั้นตอนที่สำคัญในอันดับแรก นอกเหนือไปจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ขั้นตอนในการสำรวจพื้นที่และเลือกเส้นทางสัญจรทางเท้าที่จะใช้เป็นกรณีศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลจากการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้าอื่นๆ โดยทั่วไปได้ในลักษณะของ universal design ซึ่งเส้นทางสัญจรที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาควรเป็นเส้นทางที่ไม่มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ มีการใช้งานจากผู้สัญจรน้อย และควรเป็นเส้นทางที่เชื่อมต่อกับตำแหน่งที่มีการผสมผสานการใช้งานที่หลากหลาย หรือ mixed-use location (Painter, 1996)

ในขั้นตอนการสำรวจเส้นทางสัญจรเพื่อการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยด้านแสงสว่าง ตลอดจนขั้นตอนในการจัดเตรียมสถานที่สำหรับการทดลองนั้น มีความจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องตรวจสอบปริมาณความส่องสว่างเดิมบนเส้นทางสัญจรทางเท้า รวมถึงการวัดปริมาณความส่องสว่างของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง วิธีการในการวัดค่าปริมาณความส่องสว่างจึงควรเป็นไปตามมาตรฐานและวิธีการที่ถูกต้อง ดังที่ระบุในมาตรฐาน EN 13201-4:2003 โดยตำแหน่งในการวัดปริมาณความส่องสว่างในแนวราบควรวางจุดศูนย์กลางของอุปกรณ์วัดแสงที่ระดับความสูงไม่เกิน 200 มิลลิเมตรจากระดับพื้นผิวเส้นทางสัญจร และตำแหน่งในการวัดปริมาณความ

ส่องสว่างในแนวตั้งกำหนดให้จุดศูนย์กลางของอุปกรณ์วัดแสงอยู่ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจากระดับพื้นผิว โดยวัดตามแนวยาวของเส้นทางสัญจร

2.4.2 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยที่ผ่านมาใช้วิธีการสัมภาษณ์หรือเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างในสถานที่จริง เช่น งานวิจัยของ Painter (1996), Burnett and Pang (2004), Blobaum and Hunecke (2005), Haans and de Kort (2012), Peña-García et al. (2015) และ อรุช สวัสดิ์รัตนภักดิ์ (2555) เป็นต้น ซึ่งการเก็บข้อมูลวิธีนี้ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถตอบแบบสอบถามได้ตามความรู้สึกที่เกิดขึ้นจริง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Boomsma and Steg (2014) ทำการเก็บข้อมูลโดยให้กลุ่มตัวอย่างดูภาพเคลื่อนไหวที่จำลองขึ้นและจินตนาการว่ากำลังเดินอยู่บนเส้นทางนั้นๆ การเก็บข้อมูลวิธีนี้มีความสะดวกและรวดเร็ว หากแต่มีข้อจำกัดต่อการรับรู้ปริมาณความส่องสว่างในภาพเคลื่อนไหว ซึ่งอาจแตกต่างจากปริมาณความส่องสว่างในสถานที่จริง

สำหรับรูปแบบของแบบสอบถามที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่ การให้คะแนนความคิดเห็นแบบ 5-point Likert scale โดยการให้คะแนน 1 คะแนน แทนความคิดเห็นที่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไปจนถึง 5 คะแนน แทนความคิดเห็นที่เห็นด้วยอย่างยิ่ง งานวิจัยที่ใช้แบบสอบถามลักษณะนี้ได้แก่ งานวิจัย Haans and de Kort (2012), Boomsma and Steg (2014) และ Peña-García et al. (2015) อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยที่ใช้ค่าความคิดเห็นระหว่าง -2 ถึง 2 เพื่อแสดงความคิดเห็นที่เป็นด้านลบและด้านบวกตามลำดับ นอกจากนี้ งานวิจัยของอรุช สวัสดิ์รัตนภักดิ์ (2555) เป็นงานวิจัยที่ใช้รูปแบบของแบบสอบถามที่แตกต่างออกไป โดยใช้คำคู่ตรงข้าม (Semantic differential scales) ซึ่งมีระดับคะแนนจาก -3 ถึง 3

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งกลุ่มตัวอย่างที่มาจากการสุ่มถามในสถานที่ทดลอง และกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยคัดเลือกมาทำแบบสอบถาม งานวิจัยที่ใช้กลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มถามในสถานที่ทดลอง ได้แก่ งานวิจัยของ Herbert and Davidson (1994) และ Painter (1996) ซึ่งเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ที่สำรวจทั้งก่อนและหลังการเปลี่ยนหลอดไฟ งานวิจัยของ Burnett and Pang (2004) ซึ่งสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างเฉพาะเพศและอายุ จำนวน 50 คน ที่ใช้บริการทางเดินสาธารณะของรถไฟฟ้าใต้ดิน งานวิจัยของ Haans and de Kort (2012) ใช้กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงจำนวน 29 คน ในการทดลองครั้งแรก และกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงจำนวน 50 คน ในการทดลองครั้งที่ 2 ซึ่งการใช้กลุ่มตัวอย่างเฉพาะเพศหญิงในการทดลองครั้งแรกนั้น เนื่องจากประเด็นด้านความรู้สึกไม่ปลอดภัยส่งผลกระทบต่อเพศหญิงมากกว่าเพศชาย และเพศหญิงจะรู้สึกไม่ปลอดภัยได้ง่ายกว่าเพศชาย นอกจากนี้ ยังมีการทดลองของ Peña-García et al. (2015) ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 275 คน บนเส้นทางสัญจรทั้งสิ้น 5 เส้นทาง สำหรับงานวิจัยที่มีการ

คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อมาทำแบบสอบถาม ได้แก่ งานวิจัยของ Blobaum and Hunecke (2005) และ Boomsma and Steg (2014) ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงจำนวน 122 คน และ 88 คน ตามลำดับ ตารางที่ 2.14 แสดงวิธีการในการเก็บข้อมูลและการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยชิ้นต่างๆ

ตารางที่ 2.14 วิธีการในการเก็บข้อมูลและการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยชิ้นต่างๆ

ผู้วิจัย	วิธีการในการเก็บข้อมูล	กลุ่มตัวอย่าง		การให้คะแนน
		ลักษณะ	จำนวน (คน)	
Burnett และ Pang (2004)	สถานที่จริง	สุ่ม	50	5-point Likert scale (-2 ถึง 2)
Blobaum และ Hunecke (2005)	สถานที่จริง	คัดเลือก	122	5-point Likert scale (1 ถึง 5)
Haans และ Kort (2012)	สถานที่จริง	สุ่ม	50	5-point Likert scale (1 ถึง 5)
Pena-Garcia, Hurtado และ Aguilar-Luzon (2015)	สถานที่จริง	สุ่ม	275	5-point Likert scale (1 ถึง 5)
อรุช สวัสดิ์ธรรมภักดิ์ (2555)	สถานที่จริง	คัดเลือก	60	Semantic differential scales (-3 ถึง 3)
Boomsma และ Steg (2014)	ภาพเคลื่อนไหว	คัดเลือก	88	5-point Likert scale (1 ถึง 5)

2.5 สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเรื่องการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้าจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยและมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่าง ปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และปัจจัยส่วนบุคคล โดยปัจจัยด้านแสงสว่างที่เหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณความส่องสว่าง ความสม่ำเสมอของแสง สีและความถูกต้องของสีของแสง แสงบาดตา ความแปรปรวน และอื่นๆ สามารถทำให้ผู้สัญจรมองเห็นสภาพแวดล้อมทางกายภาพของเส้นทางสัญจรได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ผู้สัญจรมองเห็นก็ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัยเช่นกัน โดยเส้นทางสัญจรที่ทำให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมโดยรอบได้อย่างชัดเจน สามารถหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดเหตุอันตรายนอกจากนี้ การมีพื้นที่เงาหรือแหล่งหลบซ่อนของอาชญากร จะช่วยส่งเสริมให้ผู้สัญจรรู้สึกปลอดภัยได้ ในส่วนของปัจจัยส่วนบุคคล ผู้สัญจรที่มีเพศ ช่วงอายุ และความคุ้นเคยในสถานที่ที่แตกต่างกันจะสามารถรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการประเมินผละกำลังทางด้านร่างกายและสุขภาพของดวงตา ซึ่งโดยทั่วไปผู้สัญจรเพศหญิงและผู้สูงอายุจะรู้สึกตึงตืดต่ออาชญากร

และมีโอกาสตกเป็นเหยื่อของอาชญากรรมได้ง่าย จึงรู้สึกปลอดภัยน้อยกว่าผู้สัญจรเพศชายและผู้สัญจรในวัยทำงานตามลำดับ

นอกจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้ว การศึกษาข้อกำหนด ค่าแนะนำ และวิธีการต่างๆ ตามมาตรฐานของหน่วยงานทางด้านแสงสว่างมีความสำคัญต่อการศึกษารูปแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรทางเท้าเป็นอย่างมาก โดยค่ามาตรฐานเหล่านี้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับค่าแสงสว่างบนเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการใช้ความรู้สึกปลอดภัย นอกจากนี้ การศึกษาวิธีการวัดค่าแสงสว่างตามมาตรฐานยังช่วยให้สามารถวัดค่าต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่ทำการศึกษาผลกระทบของแสงสว่างจากดวงโคมที่ติดตั้งบนเสาสูงทั้งสิ้น หากแต่ในบางบริบทของการใช้งาน การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอาจมีข้อจำกัดและไม่สามารถติดตั้งได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ แม้ว่าทฤษฎีและมาตรฐานต่างๆ จะกำหนดค่าแนะนำและข้อควรปฏิบัติในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างไว้อย่างชัดเจน แต่ผลกระทบของปัจจัยด้านแสงสว่างที่เกิดจากการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบอื่นๆ ต่อการใช้ความรู้สึกปลอดภัยนั้นยังควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ที่ต้องการศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านแสงสว่างต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรทางเท้า โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในสถานที่จริง เพื่อทดสอบสมมติฐานหลักของการวิจัย 3 ประการ ได้แก่ ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมที่ส่องสว่างทั้งใบบนและพื้นจะส่งผลให้เกิดความรู้สึกปลอดภัยมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมที่ส่องสว่างเพียงใบบนหรือพื้นเพียงอย่างเดียว ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าระยะห่างในการติดตั้งที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย และตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจร ในการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม การออกแบบการวิจัย การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมเป็นการรวบรวมมาตรฐานในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างของหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งมาตรฐานการออกแบบเพื่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัย ทั้งปัจจัยด้านแสงสว่าง ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และปัจจัยส่วนบุคคลจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนศึกษาระเบียบวิธีการและเทคนิคในการเก็บข้อมูลจากงานวิจัยในอดีต เพื่อพิจารณาออกแบบการวิจัยได้อย่างเหมาะสมต่อไป

3.2 การออกแบบการวิจัย

หลังจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการออกแบบการวิจัยเป็นขั้นตอนการสรุปปัญหาและวัตถุประสงค์ในการวิจัย กำหนดลักษณะของตัวแปรที่ต้องการศึกษา ตั้งสมมติฐาน วางแผนดำเนินการเก็บข้อมูล กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จัดเตรียมสถานที่ในการวิจัย ตลอดจนระบุแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บแบบสอบถาม รายละเอียดในขั้นตอนการออกแบบการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การคัดเลือกตัวแปรในการวิจัย ลักษณะสถานที่วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง และอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การคัดเลือกตัวแปรในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้สึกปลอดภัยมี 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่าง ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพและปัจจัยส่วนบุคคล ในการคัดเลือกตัวแปรที่จะศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยภายใต้บริบทของประเทศไทย ซึ่งปัจจัยด้านแสงสว่างที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณความส่องสว่างและตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคม ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ศึกษา ได้แก่ โอกาสในการมองเห็น (prospect) และโอกาสในการติดกับ (entrapment) และปัจจัยส่วนบุคคลที่ศึกษา ได้แก่ ปัจจัยด้านเพศและช่วงอายุ โดยใช้ภาพจำลองจากเส้นทางสัญจรบริเวณหน้าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งถนนพญาไท ขนาด 6"×8" จำนวน 10 ภาพ ซึ่งจำลองด้วยโปรแกรม SketchUp 15 และ V-ray 2.00 จากนั้นทำการวัดค่า pixel brightness (ค่า K) ในโปรแกรม Adobe Photoshop CS6 ให้ใกล้เคียงกับภาพถ่ายสถานที่จริงจากการอ้างอิงวิธีการของสุขุณา พิงสุข (2555) สำหรับตัวแปรต้นที่ใช้ในการทดลองเพื่อคัดเลือกตัวแปรในการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวแปรต้นที่ 1 ปริมาณความส่องสว่าง มี 2 ระดับ ได้แก่

- ปริมาณความส่องสว่างต่ำ (low illuminance) มีค่าประมาณ 1 ลักซ์
- ปริมาณความส่องสว่างสูง (high illuminance) มีค่าประมาณ 10 ลักซ์

ตัวแปรต้นที่ 2 ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคม มีการติดตั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่

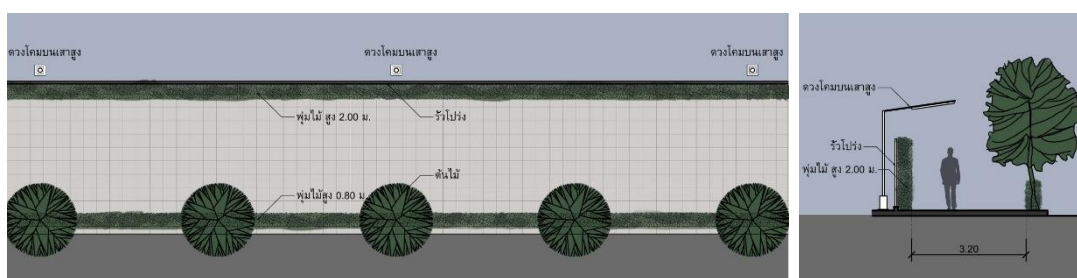
- การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง (post top) โดยมีความสูง 3.00 เมตร
- การติดตั้งบนเสาไฟสนาม (bollard) โดยมีความสูง 0.60 เมตร

ตัวแปรต้นที่ 3 โอกาสในการมองเห็น มี 2 ลักษณะ ได้แก่

- โอกาสในการมองเห็นต่ำ (low prospect) คือ ทางสัญจรที่มีองค์ประกอบที่บดบังทัศนวิสัย เช่น ต้นไม้และพุ่มไม้ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมบนทางสัญจรได้อย่างชัดเจน
- โอกาสในการมองเห็นสูง (high prospect) คือ ทางสัญจรที่มีความเป็นไปได้ในการมองเห็นสภาพแวดล้อมบนทางสัญจรได้อย่างชัดเจน ไม่มีสิ่งกีดขวางหรือบดบังทัศนวิสัย

ลักษณะของทางสัญจรที่ใช้ทดสอบตัวแปรต้นด้านโอกาสในการมองเห็นแสดงดัง

ภาพที่ 3.1 และ 3.2



ภาพที่ 3.1 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการมองเห็นต่ำ



ภาพที่ 3.2 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการมองเห็นสูง

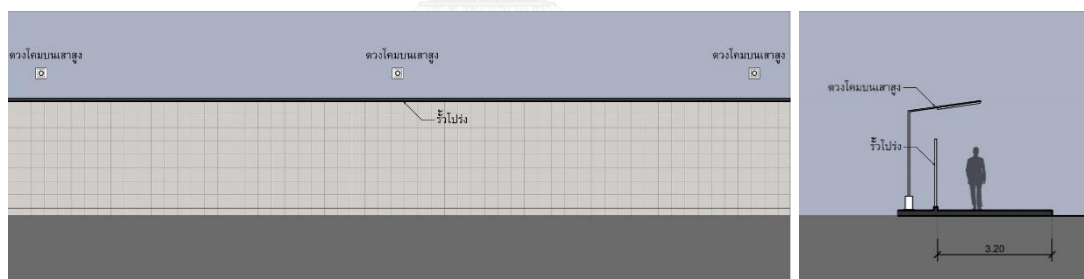
ตัวแปรต้นที่ 4 โอกาสในการติดกับ มี 2 ลักษณะ ได้แก่

- โอกาสในการติดกับต่ำ (low entrapment) คือ ทางสัญจรที่มีความเป็นไปได้ในการหลบหลีกออกจากทางสัญจรหรือผู้สัญจรรายอื่นที่อาจเป็นอาชญากรได้ง่าย โดยการทดลองครั้งนี้จำลองภาพทางสัญจรที่มีความกว้าง 3.20 เมตร

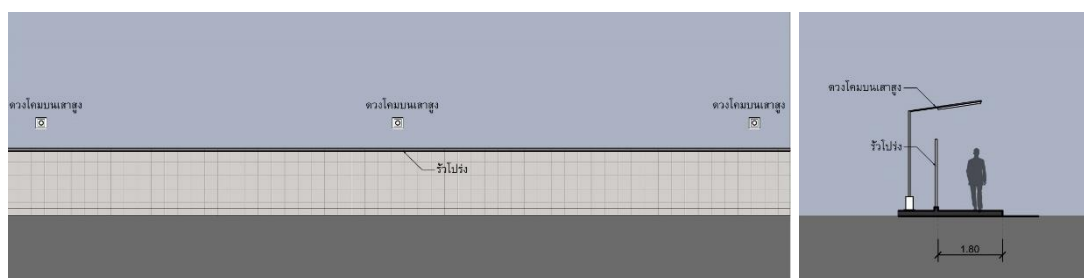
- โอกาสในการติดกับสูง (high entrapment) คือ ทางสัญจรที่มีความเป็นไปได้ในการหลบหลีกออกจากทางสัญจรหรือผู้สัญจรรายอื่นที่อาจเป็นอาชญากรได้ยาก โดยการทดลองครั้งนี้จำลองภาพทางสัญจรที่มีความกว้าง 1.80 เมตร

ลักษณะของทางสัญจรที่ใช้ทดสอบตัวแปรต้นด้านโอกาสในการติดกับแสดงดังภาพที่

3.3 และ 3.4



ภาพที่ 3.3 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับต่ำ



ภาพที่ 3.4 ผังพื้น (ซ้าย) และรูปตัดตามขวาง (ขวา) ของเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการติดกับสูง

ตัวแปรต้นที่ 5 เพศ ได้แก่

- เพศชาย
- เพศหญิง

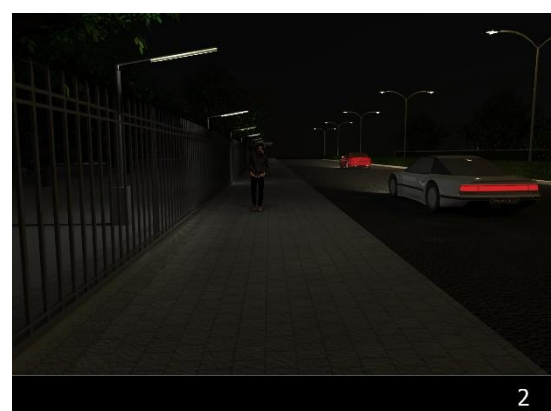
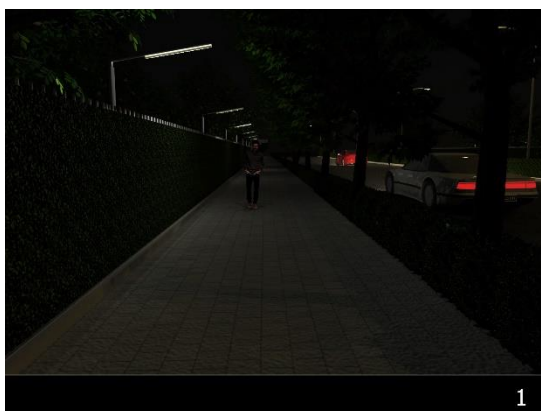
ตัวแปรต้นที่ 6 ช่วงอายุ มี 6 ช่วงอายุ ได้แก่

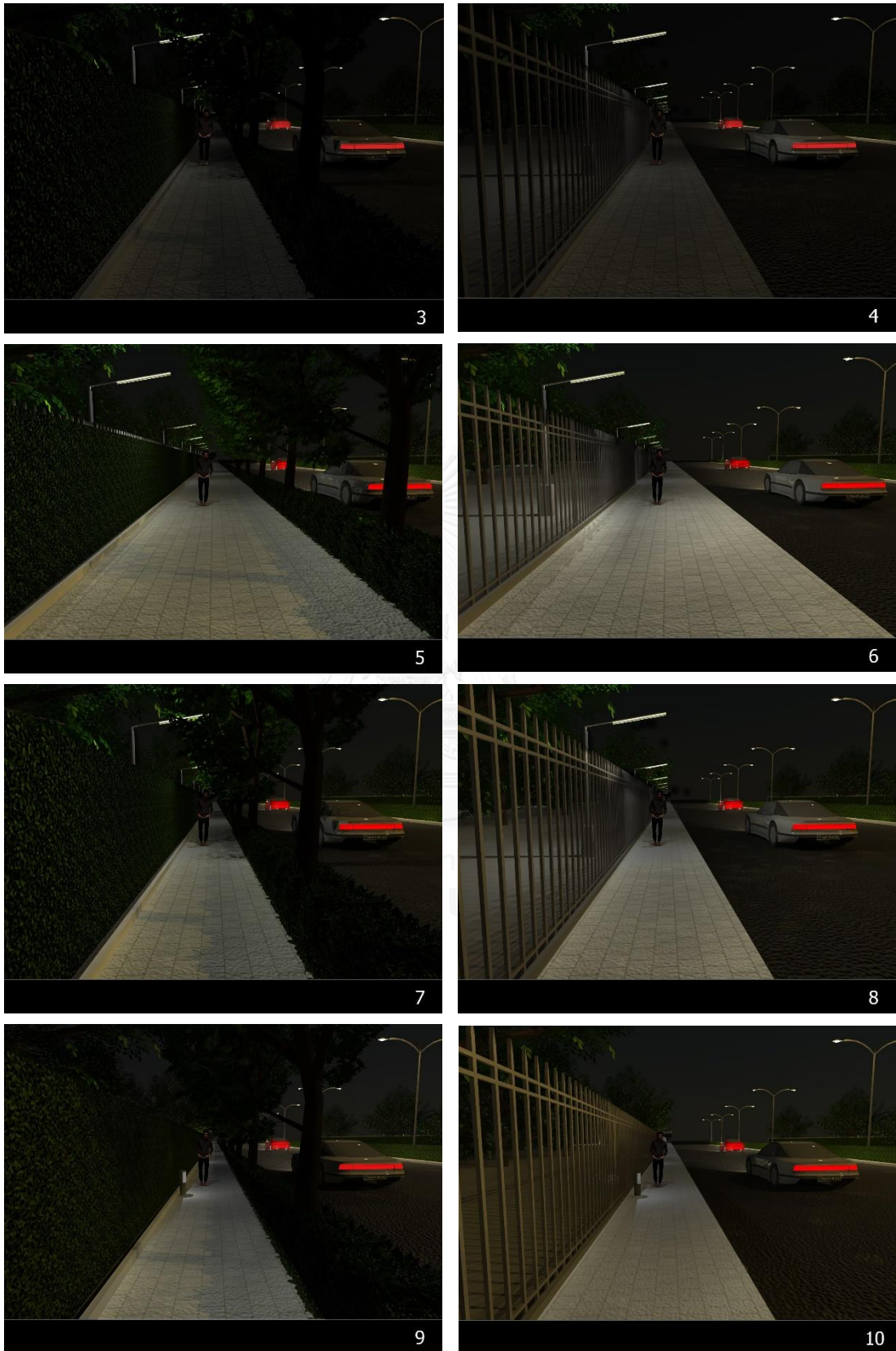
- อายุต่ำกว่า 20 ปี
- อายุ 21-30 ปี
- อายุ 31-40 ปี
- อายุ 41-50 ปี
- อายุ 51-60 ปี
- อายุ 61 ปี ขึ้นไป

ลักษณะของภาพจำลองที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.5

ตารางที่ 3.1 ภาพจำลองที่ใช้ในการศึกษานำร่องแบ่งตามตัวแปรต้นที่แตกต่างกัน

	Low Illuminance (Post Top)		High Illuminance (Post Top)		High Illuminance (Bollard)	
	Low	High	Low	High	Low	High
	Prospect	Prospect	Prospect	Prospect	Prospect	Prospect
Low Entrapment	ภาพ 1	ภาพ 2	ภาพ 5	ภาพ 6	-	-
High Entrapment	ภาพ 3	ภาพ 4	ภาพ 7	ภาพ 8	ภาพ 9	ภาพ 10





ภาพที่ 3.5 ภาพจำลองในการศึกษาเพื่อคัดเลือกตัวแปร

การศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นบุคคลทั่วไป สัญชาติไทย คณะและอายุ รวมทั้งสิ้น 152 คน ในการตอบแบบสอบถามในลักษณะ 5-point Likert scale (1=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5=เห็นด้วยอย่างยิ่ง) ที่อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Blobaum and Hunecke (2005) และ Peña-García et al. (2015) จำนวน 5 ข้อ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 คำถามในแบบสอบถามของการศึกษาคัดเลือกตัวแปร

ข้อความ	1	2	3	4	5
	(1=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5=เห็นด้วยอย่างยิ่ง)				
1. ท่านคิดว่าปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรนี้เพียงพอต่อการใช้งาน					
2. ท่านรู้สึกปลอดภัยหากต้องเดินบนทางสัญจรนี้โดยลำพังในเวลากลางคืน					
3. ท่านคิดว่าท่านสามารถหลีกเลี่ยงจากทางสัญจรได้ง่าย หากมีคนแปลกหน้าเข้ามาบุกรุกท่านขณะเดินบนทางสัญจรนี้					
4. หากท่านจำเป็นต้องใช้เส้นทางนี้ ท่านจะก้าวเดินด้วยความรวดเร็ว					
5. ท่านจะหลีกเลี่ยงทางสัญจรนี้ หากต้องเดินโดยลำพังในเวลากลางคืน					

ผลการทดลองพบว่าปริมาณความส่องสว่างที่เพิ่มขึ้นทำให้ความรู้สึกปลอดภัยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับผลกระทบจากปัจจัยด้านลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ โดยเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการมองเห็นสูงและโอกาสในการติดกับต่าส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าเส้นทางสัญจรที่มีโอกาสในการมองเห็นต่ำและโอกาสในการติดกับต่าสูง ผลการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านแสงสว่างและปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพพบว่า ปริมาณความส่องสว่างและโอกาสในการติดกับต่ามีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันมากที่สุดทั้งในด้านการรับรู้ปริมาณแสงสว่าง ความรู้สึกปลอดภัย การหลีกเลี่ยงออกจากเส้นทางสัญจร และการหลีกเลี่ยงการใช้เส้นทางในเวลากลางคืน อย่างไรก็ตาม ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่มีโอกาสในการติดกับต่าสูงและยังมีโอกาสในการมองเห็นต่ำด้วยนั้น การเพิ่มปริมาณความส่องสว่างเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยให้กับผู้สัญจรได้ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องปรับปรุงสภาพแวดล้อมบนเส้นทางสัญจรให้มีโอกาสในการมองเห็นเพิ่มขึ้นด้วย ในเรื่องของผลกระทบจากตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคม แม้การติดตั้งดวงโคมแบบไฟสนาม (bollard) จะทำให้กลุ่มตัวอย่างรับรู้ได้ถึงปริมาณความส่องสว่างที่ไม่แตกต่างกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง (post top) หากแต่การติดตั้งดวงโคมบนเสานั้นให้ความรู้สึกปลอดภัยมากกว่าการติดตั้งดวงโคมแบบไฟสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังคงส่งผลให้

กลุ่มตัวอย่างคาดว่าจะก้าวเดินช้าลงอีกด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากแหล่งกำเนิดของแสงจากการติดตั้งดวงโคมแบบไฟสนามไม่สามารถทำให้ผู้สัญจรมองเห็นสถานการณ์ต่างๆ บนทางสัญจรได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษาด้านผลกระทบของปัจจัยส่วนบุคคลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยพบว่า สำหรับกลุ่มตัวอย่างสัญชาติไทย ปัจจัยด้านเพศและช่วงอายุที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษาข้างต้นด้านตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมและที่มาของการวิจัยที่ว่า การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงนั้น นอกจากจะเป็นการลดทอนความโดดเด่นของสถาปัตยกรรมและไม่สามารถให้แสงสว่างส่องลงมาয়ระนาบพื้นทางสัญจรได้ อีกทั้งในบางพื้นที่ยังมีข้อจำกัดในการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง จึงจำเป็นต้องติดตั้งดวงโคมในระดับที่ต่ำลงมาในลักษณะของไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่ (localized pedestrian lighting) ในการศึกษาประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่ จึงคัดเลือกตัวแปรต้นที่จะนำมาศึกษา 2 ตัวแปร ได้แก่ ปัจจัยด้านแสงสว่างด้านตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และภาพที่ 3.6 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1.1 ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคม เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณความส่องสว่างบนระนาบพื้นของเส้นทางสัญจร (horizontal illuminance) และปริมาณความส่องสว่างบนใบหน้าของผู้สัญจร (vertical illuminance) ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในการวิจัยมี 3 ตำแหน่ง ได้แก่

ตำแหน่ง A ติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงจากพื้น 0.20 เมตร เพื่อส่องสว่างระนาบพื้นของเส้นทางสัญจร

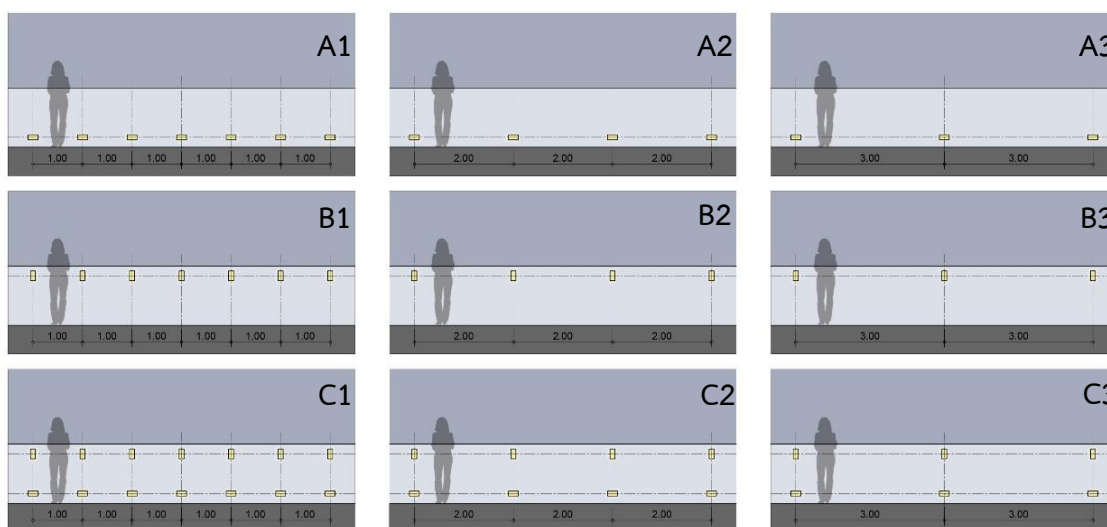
ตำแหน่ง B ติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงจากพื้น 1.00 เมตร เพื่อส่องสว่างบริเวณใบหน้าของผู้สัญจร

ตำแหน่ง C ติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงจากพื้น 0.20 และ 1.00 เมตร เพื่อส่องสว่างทั้งระนาบพื้นและส่องสว่างบริเวณใบหน้าของผู้สัญจร

3.2.1.2 ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อความสม่ำเสมอของแสงบนทางสัญจร โดยค่าความสม่ำเสมอของแสงที่น้อยจะทำให้เกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัยได้ง่าย เนื่องจากเกิดจุดมืดและพื้นที่เงาบนระนาบพื้น อย่างไรก็ตาม ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ถี่เกินไปจะส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากเกินไปจนความจำเป็น ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม 3 ระยะ ได้แก่ ทุกระยะ 1 เมตร, 2 เมตรและ 3 เมตร

ตารางที่ 3.3 ลักษณะตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม

ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคม	ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม		
	ทุกระยะ 1.00 ม.	ทุกระยะ 2.00 ม.	ทุกระยะ 3.00 ม.
A (ระดับ 0.20 ม.)	A1	A2	A3
B (ระดับ 1.00 ม.)	B1	B2	B3
C (ระดับ 0.20 และ 1.00 ม.)	C1	C2	C3



ภาพที่ 3.6 รูปตัดตามยาวของตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ

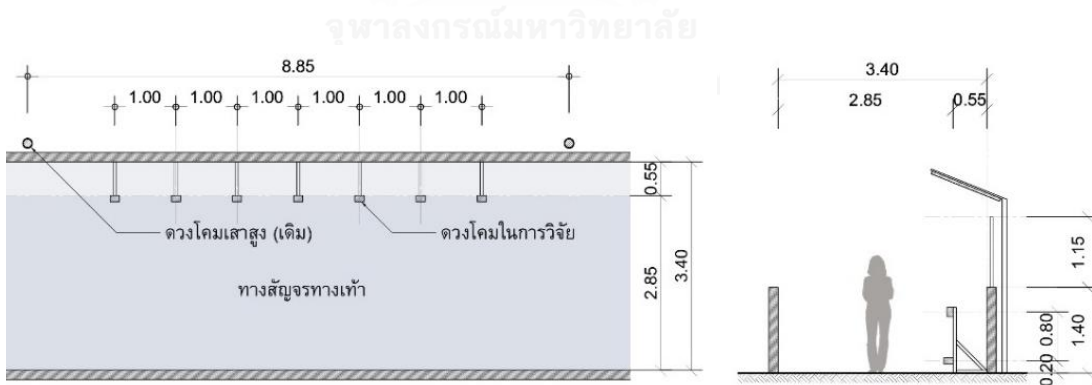
3.2.2 ลักษณะสถานที่วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.2.1 ลักษณะสถานที่วิจัย ทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเป็นทางสัญจรในเขตที่พักอาศัยใกล้ตัวเมือง ซึ่งเชื่อมต่อกับถนนบางขุนนนท์และนำไปสู่อาคารที่มีการใช้งานที่หลากหลาย (mixed-use location) ดังแสดงในภาพที่ 3.7 โดยมีความกว้างจากขอบผนังถึงขอบผนัง 3.40 เมตร มีผนังรั้วทึบทั้งสองด้านสูง 1.40 เมตร ผนังทึบด้านหนึ่งมีรั้วโปร่งด้านบนสูงอีก 1.15 เมตร ด้านหลังของผนังดังกล่าวมีการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงสำหรับการใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งเสาสูงแต่ละต้นห่างกันทุกระยะประมาณ 8.85 เมตร และใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1 หลอดต่อดวงโคมแต่ละจุด ผังพื้นที่และรูปตัดตามขวางของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลองแล้วเสร็จแสดงดังภาพที่ 3.8 และภาพถ่ายของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลองแสดงดังภาพที่ 3.9 เมื่อทำการวัดค่าด้านแสงสว่างของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ จะมีค่าปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสงดังตารางที่ 3.4



- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| ① การยางแห่งประเทศไทย | ⑦ ดิคอนโด จรัญฯ-บางขุนนนท์ |
| ② สถานีตำรวจนครบาลบางขุนนนท์ | ⑧ โลตัสเอ็กซ์เพรส |
| ③ องค์การสวนยาง | ⑨ ร้านอาหาร |
| ④ ไปรษณีย์บางขุนนนท์ | ⑩ บ้านพักอาศัย |
| ⑤ สำนักงานเกษตร เขตตลิ่งชัน | ⑪ สวนเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา |
| ⑥ หอพักนักศึกษายาบาล | |

ภาพที่ 3.7 แผนผังแสดงตำแหน่งของทางสัญจรที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.8 ผังพื้นของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง (ซ้าย) รูปตัดตามขวางของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง (ขวา)



ภาพที่ 3.9 ภาพถ่ายของเส้นทางสัญจรที่ใช้ในการวิจัยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

ตารางที่ 3.4 ปริมาณความส่องสว่าง (E) และค่าความสม่ำเสมอของแสง (U) ของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ

E (lux)		รูปแบบ									
		Post top	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Max.	แนวราบ	14.03	10.94	7.38	6.10	5.52	3.30	3.81	16.59	11.63	12.85
	แนวตั้ง	16.05	3.72	2.52	1.88	13.75	5.52	5.11	15.93	8.45	9.27
Min.	แนวราบ	4.55	7.89	3.28	2.15	4.02	2.72	2.18	9.35	3.85	3.21
	แนวตั้ง	3.07	2.45	2.09	1.27	5.23	2.80	1.56	8.12	4.35	2.48
Avg.	แนวราบ	9.57	9.56	4.78	3.78	4.89	2.98	2.70	14.41	7.87	7.16
	แนวตั้ง	10.39	3.34	2.34	1.54	9.16	4.42	3.58	10.41	5.38	4.87
Uniformity (U)		0.48	0.83	0.69	0.57	0.82	0.91	0.81	0.65	0.49	0.45

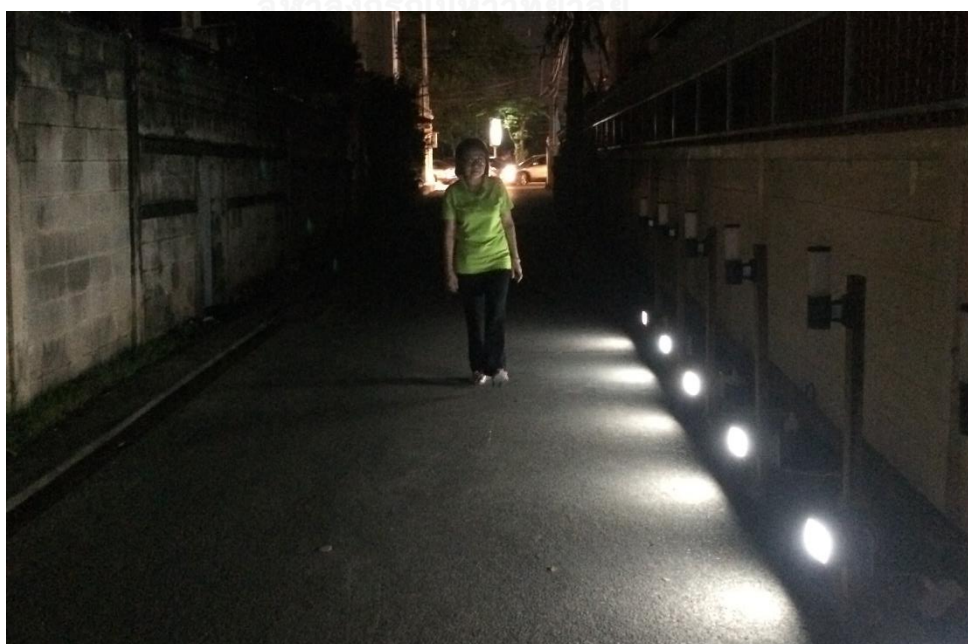
3.2.2.2 ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นบุคคลทั่วไป สัญชาติไทย คณะเพศและอายุ รวมทั้งสิ้น 59 คน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution curve) ทั้งนี้ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดมีความใกล้เคียงกับขนาดของกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยของอรุช สวัสดิ์ธีรณภักดิ์ (2555)

3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.3.1 ชุดดวงโคมพร้อมสวิตช์เปิด-ปิด จำนวน 7 ชุด โดยแต่ละชุดติดตั้งดวงโคมยี่ห้อ L&E รุ่น STL102 ที่ระดับสูงจากพื้น 0.20 เมตร และดวงโคมยี่ห้อ L&E รุ่น WMS700 ที่ระดับสูงจากพื้น 1.00 เมตร สำหรับหลอดไฟที่ใช้ในการทดลองเป็นหลอด LED LUMAX สี Cool Daylight ขนาด 3 วัตต์ จำนวนทั้งสิ้น 14 หลอด ดังภาพที่ 3.10 และเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จจะมีลักษณะการกระจายแสงดังภาพที่ 3.11 ถึงภาพที่ 3.13



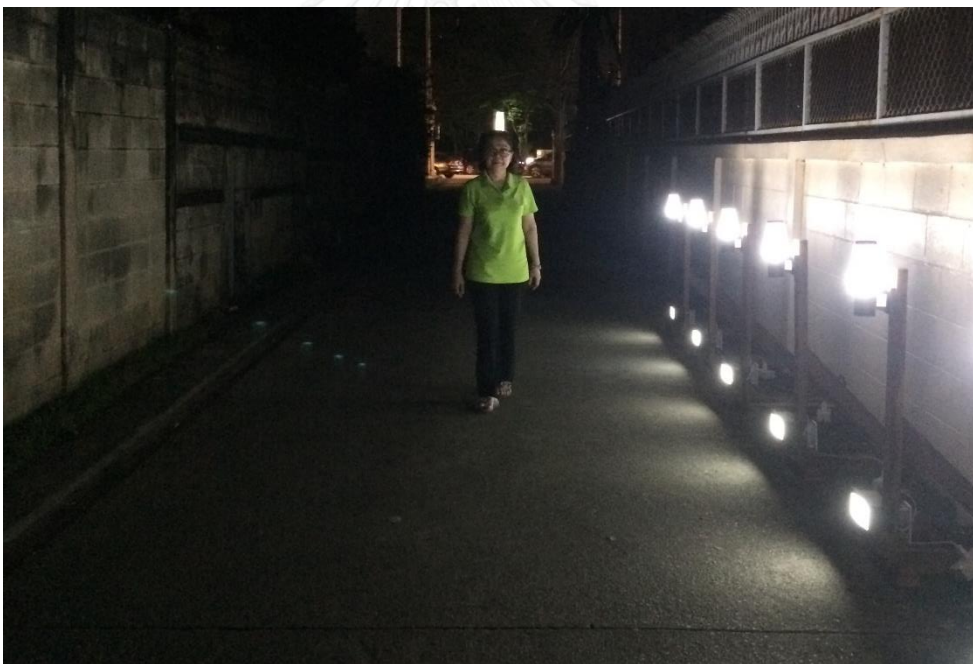
ภาพที่ 3.10 ชุดดวงโคมพร้อมสวิตช์เปิด-ปิด



ภาพที่ 3.11 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเมื่อติดตั้งตามรูปแบบ A1



ภาพที่ 3.12 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเมื่อติดตั้งตามรูปแบบ B1



ภาพที่ 3.13 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเมื่อติดตั้งตามรูปแบบ C1

3.2.3.2 เครื่องวัดแสง (Lux meter) งานวิจัยชิ้นนี้วัดปริมาณความส่องสว่างของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ ด้วยเครื่องวัดแสงยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX-72 ดังภาพที่ 3.14 โดยทำการวัดปริมาณความส่องสว่างแนวราบที่ระดับพื้นห่างจากดวงโคมเป็นระยะ 1 เมตร และวัดปริมาณความส่องสว่างแนวตั้งที่ระดับความสูง 1.50 เมตร ตามวิธีการวัดในมาตรฐาน EN 13201-4:2003



ภาพที่ 3.14 เครื่องวัดแสงมือถือ DIGICON รุ่น LX-72

3.2.3.3 แบบสอบถาม การวิจัยชิ้นนี้ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วยเพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษาและสุขภาพทางสายตา

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นซึ่งเป็น 5-point Likert scale โดยที่ 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และ 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง คำถามในส่วนนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 4 ข้อคำถาม ดังตารางที่ 3.5 ซึ่งคำถามที่ใช้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Blobaum and Hunecke (2005) และงานวิจัยของ Peña-García et al. (2015)

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตารางที่ 3.5 คำถามในแบบสอบถามความคิดเห็น

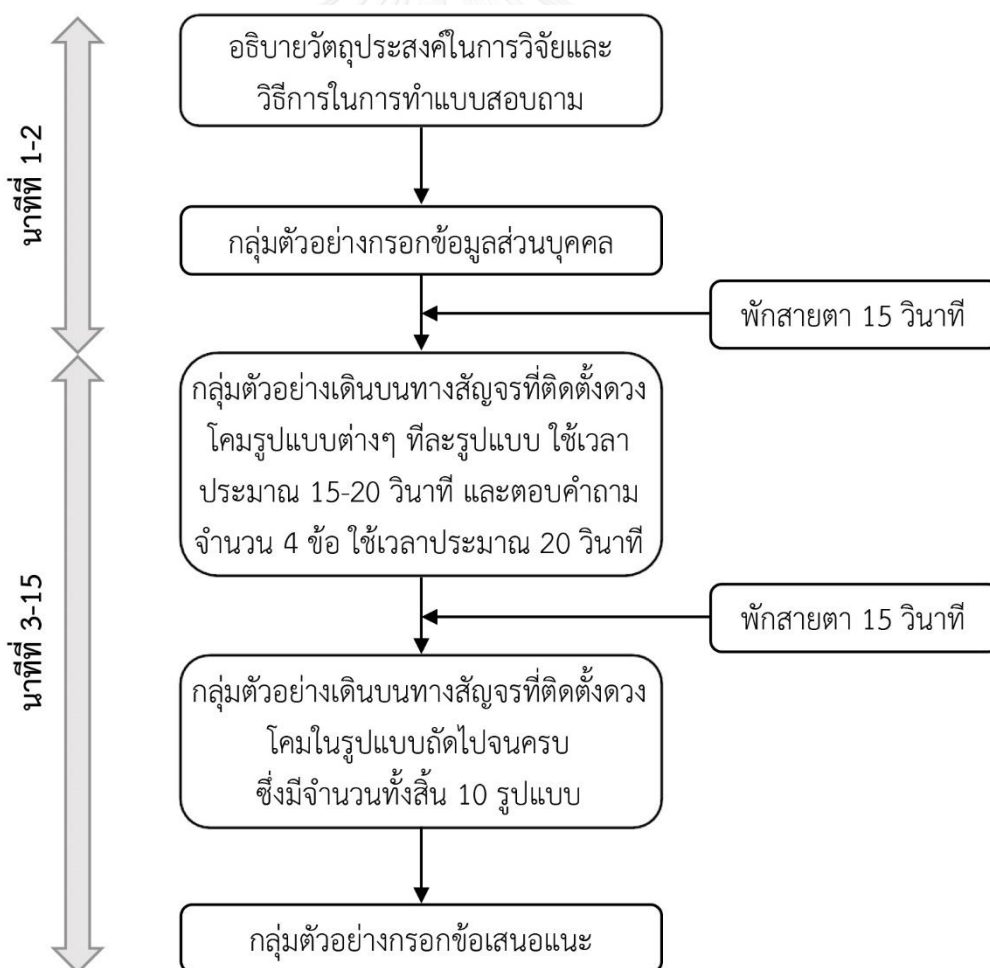
ข้อความ	1	2	3	4	5
	(1=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5=เห็นด้วยอย่างยิ่ง)				
1. ท่านคิดว่าปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรนี้เพียงพอต่อการใช้งาน					
2. ท่านรู้สึกปลอดภัยหากต้องเดินบนทางสัญจรนี้โดยลำพังในเวลากลางคืน					
3. ท่านสามารถมองเห็นเหตุการณ์ต่างๆ และเห็นใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน					
4. ท่านรู้สึกถึงความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตาขณะใช้เส้นทางสัญจรนี้					

3.3 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากจัดทำแบบสอบถามและติดตั้งวงโคมตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนถัดไปเป็นการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) รายละเอียดในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ ดังนี้

3.3.1 วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในวันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 และ 13-14 มกราคม พ.ศ. 2559 ในช่วงเวลา 18.30-21.00 น. โดยเริ่มจากการอธิบายวิธีการในการวิจัย และให้กลุ่มตัวอย่างกรอกข้อมูลในส่วนที่ 1 จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างสองคนเดินสวนทางกันบนทางสัญจรที่มีรูปแบบการติดตั้งวงโคมในลักษณะต่างๆ ที่ละรูปแบบและตอบแบบสอบถามจนครบ 4 ข้อ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพักสายตา 15 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนรูปแบบการติดตั้งวงโคมในลักษณะถัดไป การทำแบบสอบถามครั้งนี้ใช้เวลาโดยเฉลี่ยคนละประมาณ 15 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ลำดับขั้นตอนและระยะเวลาในการทดลอง

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างแล้ว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) และวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานด้านการประหยัดพลังงาน ซึ่งมีหลายลักษณะดังนี้

3.3.2.1 วิเคราะห์ผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรทางเท้า โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม (Repeated Measure One-Way ANOVA)

3.3.2.2 วิเคราะห์ผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรทางเท้า โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม (Repeated Measure One-Way ANOVA)

3.3.2.3 ศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น 2 ตัวแปร ที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ระหว่างตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัย

3.3.2.4 ศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของการติดตั้งดวงโคมแต่ละรูปแบบจำนวนทั้งสิ้น 9 รูปแบบกับค่าเฉลี่ยความคิดเห็นจากการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง โดยการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired-Sample T-Test)

3.3.2.5 ศึกษาอัตราการใช้พลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง เพื่อวิเคราะห์รูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้งาน

3.4 การสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่บนทางสัญจรทางเท้า

เป็นการนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) มาสรุปรูปแบบและแนวทางในการติดตั้งดวงโคมที่ประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE90.1-2007 และตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรทางเท้า เพื่อพัฒนาแนวทางในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่บนเส้นทางสัญจรทางเท้าที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกรณีอื่นๆ สำหรับนักออกแบบและผู้เกี่ยวข้องต่อไป

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านแสงสว่างต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรทางเท้า รวมทั้งศึกษาอัตราการใช้พลังงานระหว่างการติดตั้งดวงโคมเฉพาะที่ (localized lighting) ที่กำลังศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้เปรียบเทียบกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง (post top) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้งานในปัจจุบัน ผลการวิจัยสามารถแบ่งรายละเอียดออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย และการศึกษาเปรียบเทียบบัตรการใช้อัตราการใช้พลังงานของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ

4.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาเรื่องการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่เพื่อความรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรทางเท้าชิ้นนี้มุ่งหวังผลในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับทางสัญจรทางเท้าโดยทั่วไป กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรที่ศึกษา จึงเป็นประชาชนทั่วไป สัญชาติไทย คณะเพศและอายุ เก็บข้อมูลจากการสุ่มเลือกบนสถานที่ทดลองร่วมกับการคัดเลือกเข้าร่วมตอบแบบสอบถาม โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 59 คน ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง (n=59)

กลุ่มตัวอย่าง	เพศ		ช่วงอายุ (ปี)				
	ชาย	หญิง	21-30	31-40	41-50	51-60	60 ขึ้นไป
จำนวน (คน)	20	39	32	18	3	4	2
ร้อยละ	33.90	66.10	54.20	30.50	5.10	6.80	3.40

ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะต้องพิจารณาลักษณะของข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้สามารถนำค่ากลางของข้อมูลมาใช้ได้อย่างเหมาะสม โดยพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลว่ามีลักษณะการกระจายตัวแบบโค้งปกติ (Normal Distribution Curve) หรือไม่ (ยุทธ ไกยวรรณ, 2555) ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทดสอบโดยการวัดความเบ้ของข้อมูล (skewness, sk) พบว่า ลักษณะโค้งของข้อมูลมีการเบ้เล็กน้อย โดยที่ค่า sk มีค่าน้อยกว่า ± 1.00 ซึ่งถือว่ามิลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติและสามารถนำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยได้

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม ศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองต่อความรู้สึกปลอดภัย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยของการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่กับการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบเสาสูง โดยตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมที่ทำการศึกษามี 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่ง A (ติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงจากพื้น 0.20 เมตร) ตำแหน่ง B (ติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงจากพื้น 1.00 เมตร) และตำแหน่ง C (ติดตั้งดวงโคมที่ระดับสูงจากพื้น 0.20 และ 1.00 เมตร) และระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม 3 ระยะ ได้แก่ ทุกระยะ 1.00 เมตร, 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร เก็บข้อมูลจากแบบสอบถามซึ่งมีประเด็นคำถามทั้งสิ้น 4 ข้อ ได้แก่ ความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง ความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน ความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน และความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) ผลการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการวิจัยด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากการให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับคะแนน 1 ถึง 5 (โดยที่ 1=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และ 5=เห็นด้วยอย่างยิ่ง) พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นในส่วนของคำถามข้อที่ 1 ด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างจากการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A3 มีค่าน้อยที่สุด ($M=1.54$, $SD.=0.88$) และการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C1 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด ($M=4.47$, $SD.=0.80$) ในขณะที่การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.08 และ 1.06 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง (n=59)

ระยะห่างในการติดตั้ง	ตำแหน่ง A		ตำแหน่ง B		ตำแหน่ง C		ค่าเฉลี่ยรวม		Post top	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ทุกระยะ 1 เมตร	2.14	0.92	3.76	0.93	4.47	0.80	3.46	1.32		
ทุกระยะ 2 เมตร	1.88	0.91	3.00	0.96	3.75	0.92	2.88	1.20	3.08	1.06
ทุกระยะ 3 เมตร	1.54	0.88	2.46	0.92	3.05	1.02	2.35	1.12		
ค่าเฉลี่ยรวม	1.85	0.93	3.07	1.08	3.76	1.08	-	-		

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรต้น 1 ตัวแปร (ตำแหน่ง และ ระยะห่าง) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม (Repeated Measure One-Way ANOVA) และการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร (ตำแหน่ง x ระยะห่าง) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ตามตารางที่ 4.3 พบว่า ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(2,352)=346.33, p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่ามีปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้ามีความเพียงพอต่อการใช้งานมากที่สุด ($M=3.76, SD=1.08$) และมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งในรูปแบบ B และรูปแบบ A ตามลำดับ (Mean difference = 0.69 และ 1.91) นอกจากนี้ ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันยังส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย ($F(2,352)=172.65, p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean difference = 0.58 และ 1.11 ตามลำดับ) สำหรับผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคม ผลการวิจัยพบว่า ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่างมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า ($F(4,522) = 3.65, p<.05$)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง

ตัวแปร	df	F	Sig.	Post Hoc test Bonferroni
ตำแหน่ง	2	346.33	.000*	C>B>A
ระยะห่าง	2	172.65	.000*	1m.>2m.>3m.
ตำแหน่ง x ระยะห่าง	4	3.65	.006*	-

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired-Sample T-Test) ระหว่างการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า ตามตารางที่ 4.4 พบว่า รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ B1 ($t(58) = 3.95, p<.05$), รูปแบบ C1 ($t(58) = 8.21, p<.05$) และรูปแบบ C2 ($t(58) = 4.09, p<.05$) รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกับ

รูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ B2 ($t(58) = -0.54, p > .05$) และรูปแบบ C3 ($t(58) = -0.24, p > .05$) และรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ A1 ($t(58) = -6.51, p < .05$), รูปแบบ A2 ($t(58) = -7.61, p < .05$), รูปแบบ A3 ($t(58) = -10.05, p < .05$) และรูปแบบ B3 ($t(58) = -3.96, p < .05$)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับผลการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง

รูปแบบการติดตั้ง (X)	Mean Difference (Post top - X)	df	t	Sig.
A1	0.94	58	-6.51	.000*
A2	1.20	58	-7.61	.000*
A3	1.54	58	-10.05	.000*
B1	-0.68	58	3.95	.000*
B2	0.08	58	-0.54	.592
B3	0.62	58	-3.96	.000*
C1	-1.39	58	8.21	.000*
C2	-0.67	58	4.09	.000*
C3	0.03	58	-0.24	.808

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

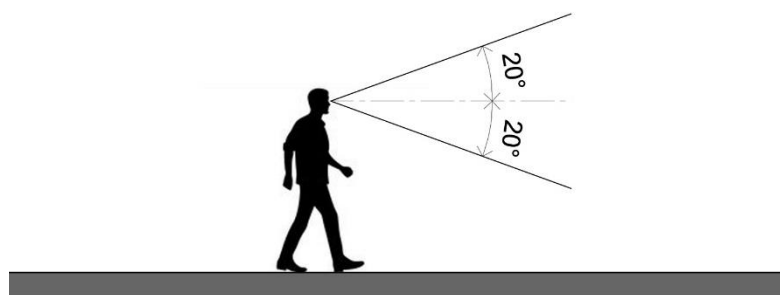
4.2.1.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 1 ที่ว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างทั้งใบบนและพื้นจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างเพียงใบบนหรือพื้นเพียงอย่างเดียว โดยการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่าการติดตั้งดวงโคมบนทางเท้าเพียงพอต่อการใช้งานมากกว่าตำแหน่ง B และ A ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างในแนวราบและแนวตั้ง ตามตารางที่ 4.5 พบว่า ตำแหน่ง C มีค่าปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบมากกว่ารูปแบบ A และรูปแบบ B ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งของรูปแบบ C มีค่ามากกว่ารูปแบบ B และรูปแบบ A ตามลำดับ สังเกตได้ว่าปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบของตำแหน่ง A มีค่ามากกว่าตำแหน่ง B แต่กลุ่มตัวอย่างกลับรู้สึกว่า การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง B มีความเพียงพอต่อการใช้งานมากกว่า ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างจึงรับรู้ความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างได้จากปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งมากกว่าปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ

ทั้งนี้เนื่องจากโดยทั่วไปขณะเดินบนทางสัญจรผู้สัญจรจะมองตรงตามแนวยาวของทางสัญจร โดยมีลานสายตาหรือขอบเขตภาพดังภาพที่ 4.1 ปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งจึงทำให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ บนฉากที่กำลังมองอยู่ได้ชัดเจนมากกว่าปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง A ซึ่งเป็นการติดตั้งดวงโคมที่เน้นเฉพาะระนาบพื้นจึงไม่สามารถทำให้ผู้สัญจรมองเห็นได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้เกิดความรู้สึกว่าปริมาณความส่องสว่างบนทางสัญจรไม่เพียงพอต่อการใช้งาน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความคิดเห็นตามตารางที่ 4.2 พบว่า แม้การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง B และ C จะมีปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งต่ำกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง แต่การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง B มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างใกล้เคียงกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง และการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอยู่ 0.68 คะแนน ดังนั้น การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่ตามรูปแบบที่กำลังศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้ในรูปแบบ B และ C สามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ ด้วยปริมาณความส่องสว่างที่น้อยกว่า โดยที่กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่ามีปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรมีความเพียงพอต่อการใช้งาน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความส่องสว่างในแนวราบและแนวตั้งของการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่งต่างๆ

ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ย (lux)	Post top	ตำแหน่งในการติดตั้ง		
		A	B	C
ปริมาณความส่องสว่างแนวราบ	9.57	6.04	3.52	9.81
ปริมาณความส่องสว่างแนวตั้ง	10.39	2.41	5.72	6.89



ภาพที่ 4.1 ลักษณะลานสายตาของการมอง (visual field of interest)

ผลการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 2 ที่ว่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าระยะห่างในการติดตั้งที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย โดยการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือการติดตั้งดวงโคมที่ระยะ 2.00 เมตร และ

3.00 เมตร ตามลำดับ ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความสม่ำเสมอของแสงเฉลี่ย ซึ่งการติดตั้งดวงโคมที่ระยะ 1.00 เมตร 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร มีค่าความสม่ำเสมอของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 0.77, 0.70 และ 0.61 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความสม่ำเสมอของแสงจากการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีค่า 0.48 อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อพิจารณาเพียงระยะห่างในการติดตั้งที่ 1.00 เมตรเท่านั้นที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรมีค่ามากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความสม่ำเสมอของแสงเป็นเพียงอัตราส่วนระหว่างปริมาณความส่องสว่างต่ำสุดต่อปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ย ซึ่งหากปริมาณความส่องสว่างทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันจะทำให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมีค่าสูงขึ้น หากแต่ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกปลอดภัยนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความสม่ำเสมอของแสงเพียงอย่างเดียว เมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยจากการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่างต่างๆ พบว่าปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยของการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร มีค่าเท่ากับ 9.62, 5.21 และ 4.55 ลักซ์ ตามลำดับ ในขณะที่การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีปริมาณความส่องสว่างอยู่ที่ 9.57 ลักซ์ ซึ่งการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร เป็นรูปแบบเดียวที่มีปริมาณความส่องสว่างใกล้เคียงกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ดังนั้น เมื่อปริมาณความส่องสว่างมีค่าคงที่ การเพิ่มค่าความสม่ำเสมอของแสงสามารถเพิ่มความรู้สึกเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรได้ เพราะทางสัญจรที่มีความสม่ำเสมอของแสงสูงเป็นทางสัญจรที่มีจุดมืด (dark spot) หรือพื้นที่เงาต่ำ ผู้สัญจรสามารถมองเห็นทางสัญจรได้อย่างชัดเจนตลอดเส้นทาง จึงรู้สึกว่าการมีปริมาณแสงสว่างมีความเพียงพอต่อการใช้งาน

ตารางที่ 4.6 ค่าความสม่ำเสมอของแสงและปริมาณความส่องสว่างในแนวราบของติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่างต่างๆ

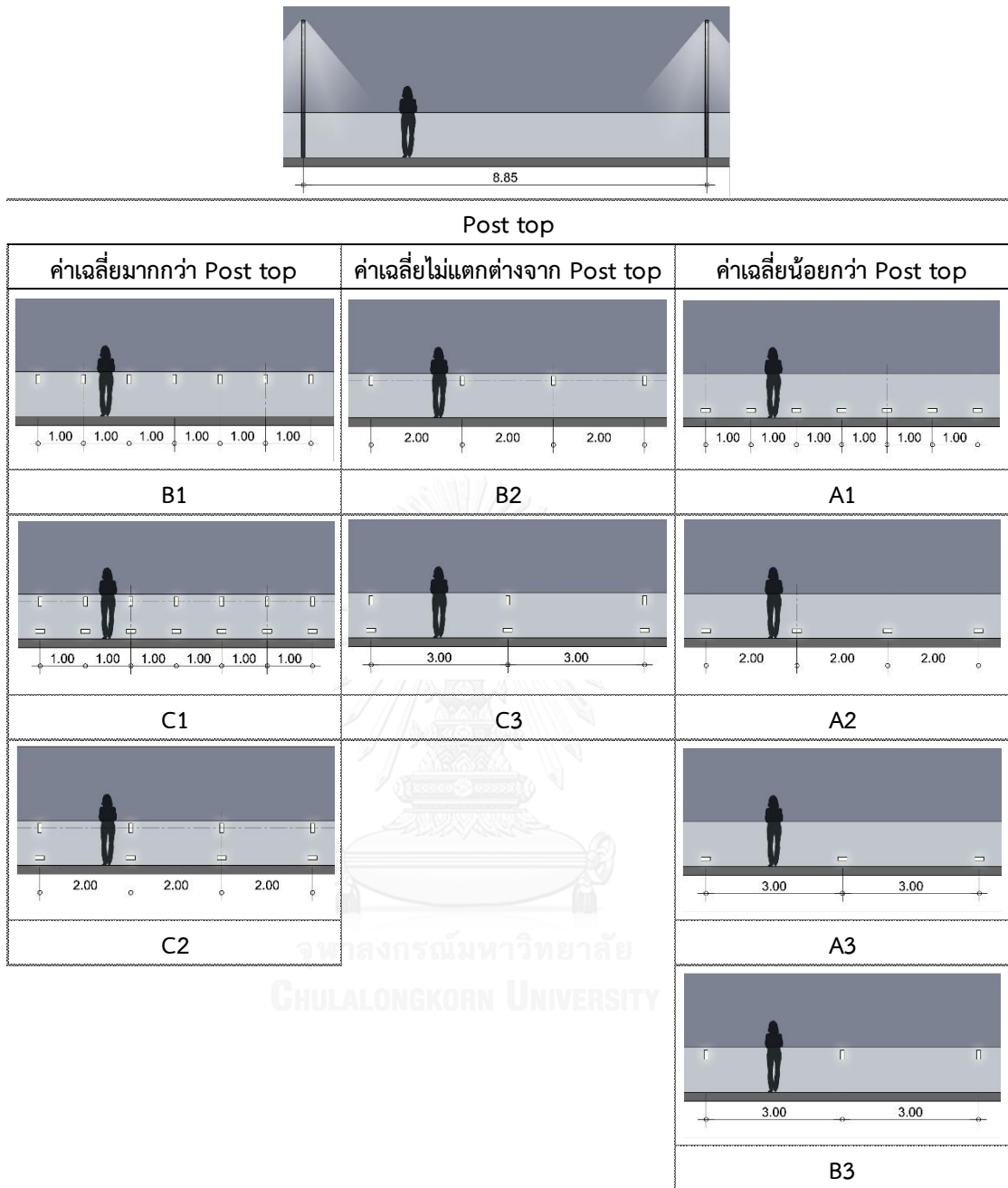
ค่าแสงสว่าง	Post top	ระยะห่างในการติดตั้ง		
		ระยะ 1.00 ม.	ระยะ 2.00 ม.	ระยะ 3.00 ม.
ค่าความสม่ำเสมอของแสงเฉลี่ย	0.48	0.77	0.70	0.61
ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ย (lux)	9.57	9.62	5.21	4.55

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 3 ที่ว่าตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็น เนื่องจากตัวแปรทั้งสองส่งผลต่อปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ ปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้ง และความสม่ำเสมอของแสง ซึ่งเป็นปัจจัยด้านแสงสว่างที่ช่วยให้ผู้สัญจรมองเห็นสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

ผลการพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจรของรูปแบบการติดตั้งดวงโคมทั้งสิ้น 9 รูปแบบรวมกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงสามารถสรุปได้เป็น 3 กลุ่มดังภาพที่ 4.2 เมื่อพิจารณาในกลุ่มรูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงร่วมกับค่าแสงสว่างในตารางที่ 4.7 พบว่า รูปแบบ B1 เป็นรูปแบบที่มีปริมาณความส่องสว่างแนวตั้งใกล้เคียงกับรูปแบบเสาสูงและมีค่าความสม่ำเสมอของแสงมากกว่า ทำให้ผู้สัญจรรับรู้ปริมาณแสงสว่างมีความเพียงพอที่มากกว่ารูปแบบเสาสูง รูปแบบ C1 เป็นรูปแบบที่มีค่าปริมาณความส่องสว่างทั้งในแนวราบและแนวตั้งมากกว่ารูปแบบเสาสูงและยังมีค่าความสม่ำเสมอของแสงมากกว่าอีกด้วย จึงส่งผลให้ผู้สัญจรรู้สึกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีค่ามากกว่ารูปแบบเสาสูง และแม้ว่ารูปแบบ C2 จะมีปริมาณความส่องสว่างทั้งในแนวราบและแนวตั้งน้อยกว่ารูปแบบเสาสูง แต่กลับทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างมีค่ามากกว่ารูปแบบเสาสูงได้ และเมื่อพิจารณาในกลุ่มรูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นไม่แตกต่างกับรูปแบบเสาสูง พบว่า รูปแบบ B2 และ C3 ต่างมีค่าปริมาณความส่องสว่างต่ำกว่ารูปแบบเสาสูงทั้งสิ้น จึงเป็นกรณีที่น่าสนใจว่าการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ (localized lighting) ในบางรูปแบบที่ทำการทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ในแง่ของความเพียงพอของแสงสว่าง โดยที่อาศัยปริมาณความส่องสว่างที่น้อยกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ย (E) และค่าความสม่ำเสมอของแสง (U) ของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ

ค่าแสงสว่าง	รูปแบบ									
	Post top	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Average E(h)	9.57	9.56	4.78	3.78	4.89	2.98	2.70	14.41	7.87	7.16
Average E(v)	10.39	3.34	2.34	1.54	9.16	4.42	3.58	10.41	5.38	4.87
Uniformity (U)	0.48	0.83	0.69	0.57	0.82	0.91	0.81	0.65	0.49	0.45



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง

4.2.2 ผลการวิจัยด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรในเวลากลางคืน

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างในคำถามข้อที่ 2 ด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน แสดงดังตารางที่ 4.8 ซึ่งการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A3 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นน้อยที่สุด ($M=1.56$, $SD.=0.84$) และการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C1 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด ($M=4.39$, $SD.=0.77$) ในขณะที่การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.95 และ 1.04 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน ($n=59$)

ระยะห่างในการติดตั้ง	ตำแหน่ง A		ตำแหน่ง B		ตำแหน่ง C		ค่าเฉลี่ยรวม		Post top	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ทุกระยะ 1 เมตร	2.03	0.96	3.61	1.02	4.39	0.77	3.34	1.34		
ทุกระยะ 2 เมตร	1.80	0.87	2.95	1.01	3.56	0.91	2.77	1.18	2.95	1.04
ทุกระยะ 3 เมตร	1.56	0.84	2.41	0.95	2.90	1.05	2.29	1.09		
ค่าเฉลี่ยรวม	1.80	0.91	2.99	1.10	3.62	1.10	-	-		

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรต้น 1 ตัวแปร (ตำแหน่ง และ ระยะห่าง) และการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร (ตำแหน่ง x ระยะห่าง) ดังตารางที่ 4.9 พบว่า ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(2,352)=306.32$, $p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยมากที่สุด ($M=3.62$, $SD.=1.10$) และมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งในรูปแบบ B และรูปแบบ A ตามลำดับ (Mean difference = 0.63 และ 1.82) นอกจากนี้ ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันยังส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย ($F(2,352)=154.35$, $p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean difference = 0.57 และ 1.05) สำหรับผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง และระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมพบว่า ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่างมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่าง ($F(4,522) = 4.69$, $p<.05$)

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน

ตัวแปร	df	F	Sig.	Post Hoc test Bonferroni
ตำแหน่ง	2	306.32	.000*	C>B>A
ระยะห่าง	2	154.35	.000*	1m.>2m.>3m.
ตำแหน่ง x ระยะห่าง	4	4.69	.001*	-

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired-Sample T-Test) ระหว่างการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัย ตามตารางที่ 4.10 พบว่า รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ B1 ($t(58) = 3.77, p < .05$), รูปแบบ C1 ($t(58) = 8.76, p < .05$) และรูปแบบ C2 ($t(58) = 4.04, p < .05$) รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ B2 ($t(58) = 0.00, p > .05$) และรูปแบบ C3 ($t(58) = -0.35, p > .05$) และรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ A1 ($t(58) = -7.25, p < .05$), รูปแบบ A2 ($t(58) = -7.86, p < .05$), รูปแบบ A3 ($t(58) = -9.20, p < .05$) และรูปแบบ B3 ($t(58) = -3.89, p < .05$)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับารติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน

รูปแบบการติดตั้ง (X)	Mean Difference (Post top - X)	df	t	Sig.
A1	0.92	58	-7.25	.000*
A2	1.15	58	-7.86	.000*
A3	1.39	58	-9.20	.000*
B1	-0.66	58	3.77	.000*
B2	0.00	58	0.00	1.00
B3	0.54	58	-3.89	.000*
C1	-1.44	58	8.76	.000*
C2	-0.61	58	4.04	.000*
C3	0.05	58	-0.35	.725

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

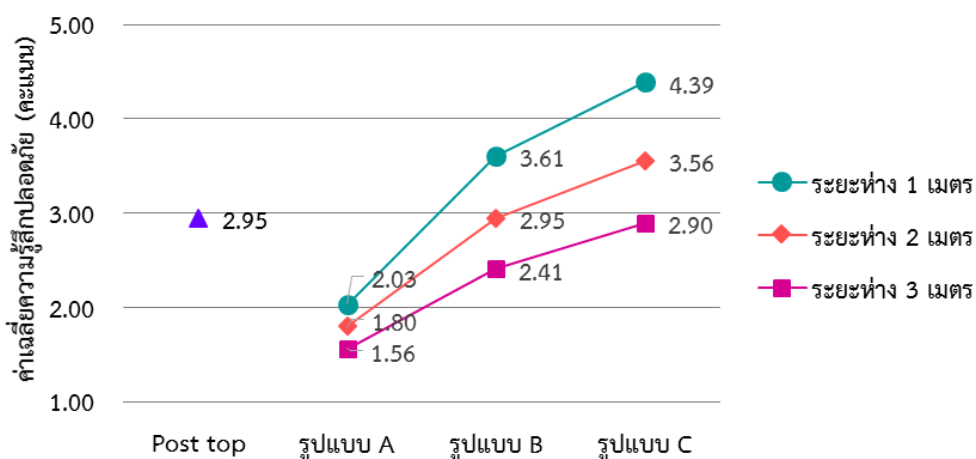
4.2.2.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างทั้งใบบนและพื้นจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างเพียงใบบนหรือพื้นเพียงอย่างเดียว โดยการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยมากกว่าตำแหน่ง B และ A ตามลำดับ ผลการวิจัยด้านความรู้สึกปลอดภัยนี้เป็นไปในทางเดียวกันกับผลการวิจัยด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างบนทางสัญจร ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีค่าปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเฉลี่ยมากที่สุด ทำให้กลุ่มตัวอย่างมองเห็นสถานการณ์ต่างๆ บนทางสัญจรได้ชัดเจน จึงรู้สึกปลอดภัยมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมที่มีปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งต่ำกว่า

ผลการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 2 ที่ว่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าระยะห่างในการติดตั้งที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย โดยการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าการติดตั้งที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้เกิดจุดมืด (dark spot) หรือพื้นที่เงาบนทางสัญจรน้อยที่สุด ซึ่งพื้นที่เงาที่กว้างอาจเป็นแหล่งหลบซ่อนของอาชญากรได้ ดังนั้นการลดพื้นที่เงาบนทางสัญจร นอกจากจะช่วยให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นทางสัญจรได้อย่างชัดเจนแล้ว ยังช่วยลดโอกาสในการหลบซ่อน (concealment) ของอาชญากรได้ ผู้สัญจรจึงรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรที่มีความสม่ำเสมอของแสงสูงมากกว่าทางสัญจรที่มีความสม่ำเสมอของแสงต่ำ

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมพบว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 3 ที่ว่าตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็น เนื่องจากปัจจัยทั้งสองส่งผลต่อปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ ปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้ง และความสม่ำเสมอของแสง เมื่อค่าแสงสว่างเหล่านี้มีความเพียงพอและเหมาะสม จะสามารถเพิ่มโอกาสในการมองเห็น (prospect) ให้กับผู้สัญจรได้ และเมื่อผู้สัญจรสามารถมองเห็นได้ชัดเจนตลอดเส้นทางจะทำให้ผู้สัญจรสามารถประเมินสถานการณ์ต่างๆ รวมทั้งเตรียมการตอบสนองต่อสถานการณ์เหล่านั้นได้อย่างเหมาะสมและทันท่วงที ผู้สัญจรจึงมีความรู้สึกปลอดภัย ปัจจัยด้านแสงสว่างเกี่ยวกับตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมจึงมีส่วนช่วยในการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของผู้สัญจรได้

แม้ผลการวิเคราะห์หัตถิพลปัจจัยหลักของตำแหน่งและระยะห่างจะชี้ให้เห็นว่า การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมากกว่าตำแหน่ง B และ A ตามลำดับ และการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร จะมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าที่ระยะห่าง 2.00 เมตรและ 3.00 เมตร ตามลำดับ แต่การวิเคราะห์หัตถิพลปัจจัยหลักดังกล่าวเป็นเพียงการศึกษาจากค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) เท่านั้น เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์หัตถิพลปฏิสัมพันธ์พบว่า การติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B1 และ C2 มีค่าเฉลี่ยด้านความรู้สึกปลอดภัยใกล้เคียงกัน และการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B2 และ C3 มีค่าเฉลี่ยด้านความรู้สึกปลอดภัยเทียบเท่าการรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ดังแผนภูมิที่ 4.1



แผนภูมิที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ

ผลการพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยของรูปแบบการติดตั้งดวงโคมทั้งสิ้น 9 รูปแบบรวมกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง สามารถสรุปได้เป็น 3 กลุ่มเช่นกัน โดยกลุ่มรูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ได้แก่ รูปแบบ B1, C1 และ C2 กลุ่มรูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นไม่แตกต่างกับรูปแบบเสาสูง ได้แก่ รูปแบบ B2 และ C3 และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นน้อยกว่ารูปแบบเสาสูง ได้แก่ รูปแบบ A1, A2, A3 และ B3 เช่นเดียวกับผลด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง ดังนั้น การติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ (localized lighting) ในรูปแบบที่ทำการทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้ บางรูปแบบมีประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยและสามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้

4.2.3 ผลการวิจัยด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน

4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างในคำถามข้อที่ 3 ด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน แสดงดังตารางที่ 4.11 ซึ่งการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A3 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นน้อยที่สุด ($M=1.58$, $SD.=0.95$) และการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C1 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด ($M=4.42$, $SD.=0.70$) ในขณะที่การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.83 และ 1.04 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน ($n=59$)

ระยะห่างในการติดตั้ง	ตำแหน่ง A		ตำแหน่ง B		ตำแหน่ง C		ค่าเฉลี่ยรวม		Post top	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ทุกระยะ 1 เมตร	1.95	0.88	3.73	0.94	4.42	0.70	3.37	1.34		
ทุกระยะ 2 เมตร	1.69	0.88	2.90	0.99	3.53	0.92	2.71	1.20	2.83	1.04
ทุกระยะ 3 เมตร	1.58	0.95	2.37	0.98	2.76	0.93	2.24	1.07		
ค่าเฉลี่ยรวม	1.74	0.91	3.00	1.12	3.57	1.09	-	-		

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรต้น 1 ตัวแปร (ตำแหน่ง และ ระยะห่าง) และการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร (ตำแหน่ง x ระยะห่าง) ดังตารางที่ 4.12 พบว่า ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความชัดเจนในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(2,352)=295.81$, $p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความชัดเจนในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมากที่สุด ($M=3.57$, $SD.=1.09$) และมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งในรูปแบบ B และรูปแบบ A ตามลำดับ (Mean difference = 0.57 และ 1.83) นอกจากนี้ ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันยังส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความชัดเจนในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย ($F(2,352)=146.29$, $p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc พบว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากที่สุด ($M=3.37$, $SD.=1.34$) โดยมียุคมากกว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean difference = 0.66 และ 1.13) สำหรับผลการวิเคราะห์อิทธิพล

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมพบว่า ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่างมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อความชัดเจนในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาของกลุ่มตัวอย่าง ($F(4,522) = 8.09, p < .05$)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน

ตัวแปร	df	F	Sig.	Post Hoc test Bonferroni
ตำแหน่ง	2	295.81	.000*	C>B>A
ระยะห่าง	2	146.29	.000*	1m.>2m.>3m.
ตำแหน่ง x ระยะห่าง	4	8.09	.000*	-

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired-Sample T-Test) ระหว่างการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน แสดงดังตารางที่ 4.13 โดยรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ B1 ($t(58) = 5.38, p < .05$), รูปแบบ C1 ($t(58) = 9.92, p < .05$) และรูปแบบ C2 ($t(58) = 4.37, p < .05$) รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ B2 ($t(58) = 0.42, p > .05$) และรูปแบบ C3 ($t(58) = -0.45, p > .05$) และรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ A1 ($t(58) = -5.91, p < .05$), รูปแบบ A2 ($t(58) = -7.23, p < .05$), รูปแบบ A3 ($t(58) = -7.44, p < .05$) และรูปแบบ B3 ($t(58) = -3.06, p < .05$)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้ชัดเจน

รูปแบบการติดตั้ง (X)	Mean Difference (Post top - X)	df	t	Sig.
A1	0.88	58	-5.91	.000*
A2	1.14	58	-7.23	.000*
A3	1.25	58	-7.44	.000*
B1	-0.90	58	5.38	.000*
B2	-0.07	58	0.42	.674
B3	0.46	58	-3.06	.003*
C1	-1.59	58	9.92	.000*
C2	-0.70	58	4.37	.000*
C3	0.07	58	-0.45	.655

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

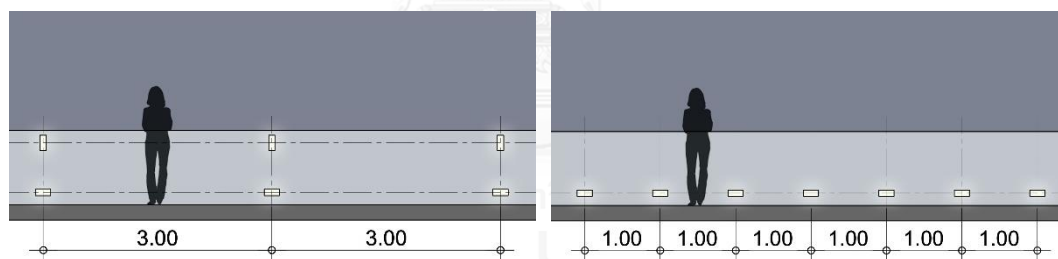
4.2.3.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยด้านผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างทั้งใบหน้าและพื้นจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างเพียงใบหน้าหรือพื้นเพียงอย่างเดียว โดยการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้ชัดเจนมากกว่าตำแหน่ง B และ A ตามลำดับ ผลการวิจัยด้านความชัดเจนในการมองเห็นนี้เป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมให้เกิดความรู้สึกปลอดภัย เมื่อตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถมองเห็นได้ชัดเจน จึงส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยมากที่สุดดังผลการวิจัยในหัวข้อด้านความรู้สึกปลอดภัย

ผลการวิจัยด้านผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 2 ที่ว่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าระยะห่างในการติดตั้งที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย โดยการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมีค่ามากกว่าการติดตั้งที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะแสงที่มีความสม่ำเสมอจากการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ผู้สัญจรสามารถมองเห็นใบหน้าของผู้ที่เดินสวนทางมาได้ชัดเจนสม่ำเสมอ โดยไม่มีช่วงเวลาให้ผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาจะอยู่ในช่วงพื้นที่เงามืด การมองเห็นใบหน้าที่ชัดเจนทำให้ผู้สัญจรเห็นอารมณ์และกิริยาของผู้

สัญญากรายอื่น จึงสามารถคาดเดาได้ว่าผู้สัญญากรายอื่นมีความเป็นมิตรหรือมีเจตนาร้าย เพื่อการเตรียมตัวตอบสนองได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมพบว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความชัดเจนในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมา ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 3 ที่ว่าตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็น ด้วยตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมเป็นตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยด้านแสงสว่างและทำให้เกิดการมองเห็นที่ชัดเจนในที่สุด เมื่อลองเปรียบเทียบการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความชัดเจนในการมองเห็นต่ำที่สุดในตำแหน่ง C กับรูปแบบ A1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นสูงสุดในตำแหน่ง A พบว่า รูปแบบ C3 ยังมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่ารูปแบบ A1 แม้ว่า จะติดตั้งดวงจำนวนดวงโคมที่น้อยกว่า ดังภาพที่ 4.3 ทั้งนี้ เพราะรูปแบบ C3 มีการติดตั้งดวงโคมที่ระดับความสูง 1.00 เมตร ซึ่งใกล้ระดับใบหน้าของผู้สัญจรมากกว่า แม้จะติดตั้งด้วยระยะห่าง 3.00 เมตร ก็ยังสามารถทำให้ผู้สัญจรมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ชัดเจน ในขณะที่รูปแบบ A1 แม้จะติดตั้งด้วยระยะห่าง 1.00 เมตร แต่เป็นการติดตั้งที่ระดับสูง 0.20 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำจึงไม่อาจทำให้ผู้สัญจรมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 4.3 การติดตั้งดวงโคมรูปแบบ C3 (ซ้าย) และการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A1 (ขวา)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจนของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ กับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงสรุปได้เป็น 3 กลุ่มเช่นเดียวกับผลด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่างและผลด้านความรู้สึกปลอดภัย ดังนั้น การติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ในรูปแบบ B1, B2, C1, C2 และ C3 ที่ทำการทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ โดยมีประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน

4.2.4 ผลการวิจัยด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา

4.2.4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างในคำถามข้อที่ 4 ด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา แสดงดังตารางที่ 4.14 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะรูปแบบการติดตั้งดวงโคมเฉพาะที่ทั้งสิ้น 9 รูปแบบ การติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A3 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นน้อยที่สุด ($M=2.00$, $SD.=1.05$) และการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C1 มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด ($M=3.73$, $SD.=1.22$) แต่เมื่อพิจารณาพร้อมกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงพบว่า การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีคะแนนด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตาต่ำกว่าทุกรูปแบบที่ทำการศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.85 และ 1.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา ($n=59$)

ระยะห่างในการติดตั้ง	ตำแหน่ง A		ตำแหน่ง B		ตำแหน่ง C		ค่าเฉลี่ยรวม		Post top	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ทุกระยะ 1 เมตร	2.10	1.12	3.58	1.10	3.73	1.22	3.14	1.36		
ทุกระยะ 2 เมตร	2.03	0.96	2.86	1.04	3.24	1.01	2.71	1.12	1.85	1.11
ทุกระยะ 3 เมตร	2.00	1.05	2.34	0.96	2.71	0.93	2.35	1.02		
ค่าเฉลี่ยรวม	2.04	1.04	2.93	1.15	3.23	1.13	-	-		

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรต้น 1 ตัวแปร (ตำแหน่ง และ ระยะห่าง) และการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร (ตำแหน่ง x ระยะห่าง) ดังตารางที่ 4.15 พบว่า ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(2,352)=64.03$, $p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกไม่สบายทางสายตามากที่สุด ($M=3.23$, $SD.=1.13$) และมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าตำแหน่งการติดตั้งในรูปแบบ B และรูปแบบ A ตามลำดับ (Mean difference = 0.30 และ 1.19) นอกจากนี้ ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันยังส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย ($F(2,352)=33.04$, $p<.05$) โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc พบว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากที่สุด ($M=3.14$, $SD.=1.36$) โดยมีความมากกว่าการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean difference = 0.43 และ 0.79) สำหรับผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและ

ระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมพบว่า ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่างมีอิทธิพล ปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตาของกลุ่มตัวอย่าง ($F(4,522) = 4.94, p < .05$)

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา

ตัวแปร	df	F	Sig.	Post Hoc test Bonferroni
ตำแหน่ง	2	64.03	.000*	C>B>A
ระยะห่าง	2	33.04	.000*	1m.>2m.>3m.
ตำแหน่ง x ระยะห่าง	4	4.94	.001*	-

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired-Sample T-Test) ระหว่างการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา จากตารางที่ 4.16 พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มรูปแบบการติดตั้งดวงโคมส่องสว่างเฉพาะที่ได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตามากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับกลุ่มรูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ได้แก่ รูปแบบ B1 ($t(58) = 8.00, p < .05$), รูปแบบ B2 ($t(58) = 4.81, p < .05$), รูปแบบ B3 ($t(58) = 2.44, p < .05$), รูปแบบ C1 ($t(58) = 7.74, p < .05$), รูปแบบ C2 ($t(58) = 6.13, p < .05$) และรูปแบบ C3 ($t(58) = 4.06, p < .05$) กลุ่มรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รูปแบบ A1 ($t(58) = 1.33, p > .05$), รูปแบบ A2 ($t(58) = 1.03, p > .05$) และรูปแบบ A3 ($t(58) = 0.76, p > .05$)

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับ การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา

รูปแบบการติดตั้ง (X)	Mean Difference (Post top - X)	df	t	Sig.
A1	-0.25	58	1.33	.189
A2	-0.18	58	1.03	.309
A3	-0.15	58	0.76	.453
B1	-1.73	58	8.00	.000*
B2	-1.01	58	4.81	.000*
B3	-0.49	58	2.44	.018*
C1	-1.88	58	7.74	.000*
C2	-1.39	58	6.13	.000*
C3	-0.86	58	4.06	.000*

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4.2.4.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยด้านผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างทั้งใบหน้าและพื้นจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อส่องสว่างเพียงใบหน้าหรือพื้นเพียงอย่างเดียว สำหรับประเด็นของความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตาเป็นประเด็นไม่พึงประสงค์และควรหลีกเลี่ยงสำหรับการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่าง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกไม่สบายตาเนื่องจากแสงบาดตามากกว่าตำแหน่ง B และ A ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเฉพาะตำแหน่ง B และตำแหน่ง C ที่มีการติดตั้งดวงโคมที่ระดับความสูง 1.00 เมตร ซึ่งใกล้เคียงระดับสายตาผู้สัญจรเช่นเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni กลับชี้ให้เห็นว่าการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตามากกว่าตำแหน่ง B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีปริมาณดวงโคมมากกว่าตำแหน่ง B ถึงสองเท่า เนื่องจากการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีการติดตั้งดวงโคมที่ระดับความสูง 0.20 เมตรด้วย แสงสว่างที่เปล่งออกมาจากดวงโคมที่ระดับ 0.20 เมตรนี้อาจส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่าแสงสว่างจากการติดตั้งตำแหน่ง C มีปริมาณที่มากกว่าตำแหน่ง B จึงอาจก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายทางสายตาได้ สำหรับตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาที่ดีที่สุด ได้แก่ ตำแหน่ง A ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นต่ำที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ 2.04 คะแนน ทั้งนี้เพราะการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง A นั้น เป็นการ

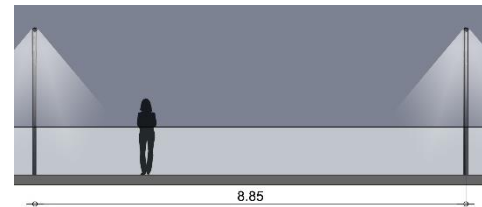
ติดตั้งที่ส่องเน้นระนาบพื้นของทางสัญจรโดยมีระดับในการติดตั้งที่ 0.20 เมตร กลุ่มตัวอย่างจึงรู้สึกว่แสงจากดวงโคมก่อให้เกิดความไม่สบายตาน้อยที่สุด

ผลการวิจัยด้านผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 2 ที่ว่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าระยะห่างในการติดตั้งที่ให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย โดยการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตามีค่ามากกว่าการติดตั้งที่ระยะห่าง 2.00 เมตร และ 3.00 เมตร ตามลำดับ แม้ว่า การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างด้วยจำนวนดวงโคมที่มากกว่าจะมีส่วนทำให้ค่าเฉลี่ยความรู้สึกในด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง ด้านความรู้สึกปลอดภัยและด้านความชัดเจนในการมองเห็นสถานการณ์และผู้สัญจรที่เดินสวนทางมามีค่ามากกว่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างที่มีจำนวนดวงโคม น้อย หากแต่ปริมาณแสงที่มากกว่ามีโอกาสทำให้เกิดแสงบาดตาได้มากกว่าเช่นกัน โดยเฉลี่ยการติดตั้งดวงโคมที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ถี่ที่สุดจึงทำให้ผู้สัญจรรู้สึกไม่สบายตาได้มากที่สุด

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์พบว่าตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา ดังสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 3 โดยตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมเป็นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งถ้าติดตั้งในระดับใกล้เคียงระดับสายตาจะก่อให้เกิดแสงบาดตาได้ง่าย และระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีความเกี่ยวข้องกับจำนวนของแหล่งกำเนิดแสง การติดตั้งดวงโคมด้วยระยะที่ถี่มากจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตามีค่ามากกว่าระยะการติดตั้งดวงโคมที่มีความถี่น้อย

ผลการพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายตาเนื่องจากแสงบาดตารูปแบบการติดตั้งดวงโคมทั้งสิ้น 9 รูปแบบรวมกับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงสามารถสรุปได้เป็น 2 กลุ่ม ดังภาพที่ 4.4 ซึ่งมีเพียงการติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง A เท่านั้น ที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง เนื่องจากติดตั้งดวงโคมในระดับที่ต่ำกว่าระดับสายตามาก ในขณะที่การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง B และตำแหน่ง C ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกไม่สบายตาเนื่องจากแสงบาดตามากกว่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง เนื่องจากมีการติดตั้งดวงโคมที่ระดับใกล้เคียงระดับสายตา (ระดับความสูง 1.00 เมตร) ดังนั้น แม้ว่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างเฉพาะที่ (localized lighting) ของงานวิจัยชิ้นนี้ในตำแหน่ง B และตำแหน่ง C บางรูปแบบจะมีประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยและสามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ แต่ในการนำไปประยุกต์ใช้ผู้ออกแบบยังคงต้องให้ความสำคัญกับประเด็นด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา

เพิ่มเติม เพื่อให้ปริมาณแสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งดวงโคมในระดับใกล้เคียงระดับสายตาทำให้ความสามารถในการมองเห็นของผู้สัญจรลดลงจนเกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัยได้มากที่สุด



Post top		
ค่าเฉลี่ยมากกว่า Post top		ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจาก Post top
B1	C1	A1
B2	C2	A2
B3	C3	A3

ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความไม่สบายตาเนื่องจากแสงบาดตากับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง

จากผลการวิจัยสามารถสรุปรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านต่างๆ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง ด้านความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน ด้านความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน และด้านความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา ดังแสดงในตารางที่ 4.17 ซึ่งรูปแบบการติดตั้งดวงโคมใน

งานวิจัยชิ้นนี้ที่สามารถทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ เมื่อพิจารณาจากประเด็นด้านความรู้สึกปลอดภัยเป็นหลัก ได้แก่ รูปแบบ B1, B2, C1, C2 และ C3

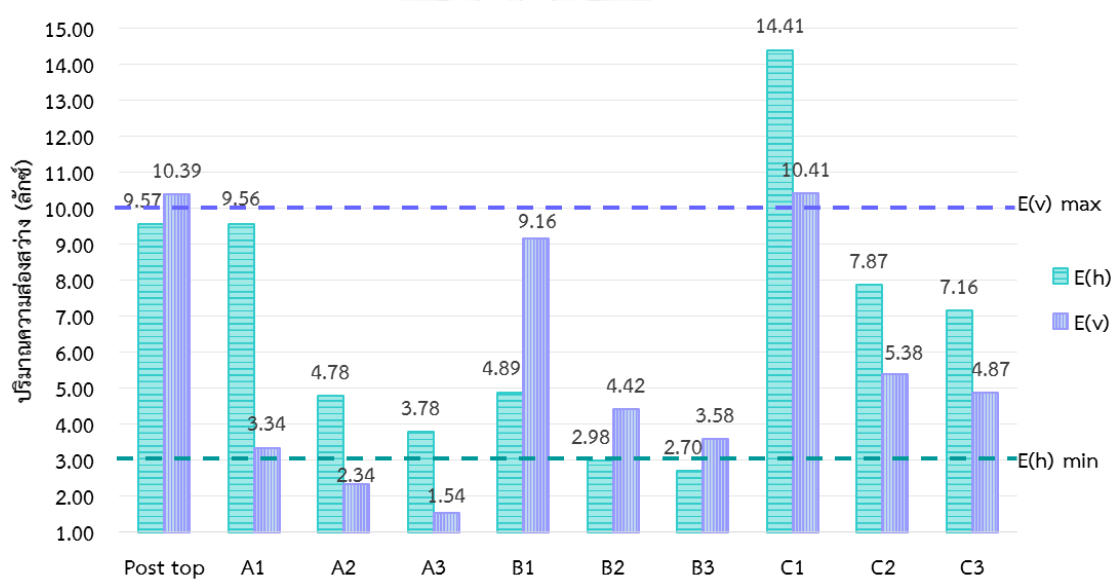
ตารางที่ 4.17 สรุปรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในด้านต่างๆ

รูปแบบการติดตั้งดวงโคม	ความเพียงพอของแสงสว่าง	ความรู้สึกปลอดภัย	ความชัดเจนในการมองเห็น	ความไม่สบายตาจากแสงบาดตา
Post top	✓	✓	✓	✓
A1	✗	✗	✗	✓
A2	✗	✗	✗	✓
A3	✗	✗	✗	✓
B1	✓✓	✓✓	✓✓	✗
B2	✓	✓	✓	✗
B3	✗	✗	✗	✗
C1	✓✓	✓✓	✓✓	✗
C2	✓✓	✓✓	✓✓	✗
C3	✓	✓	✓	✗

✓✓ ประสิทธิภาพมากกว่า ✓ ประสิทธิภาพเทียบเท่า ✗ ประสิทธิภาพน้อยกว่า

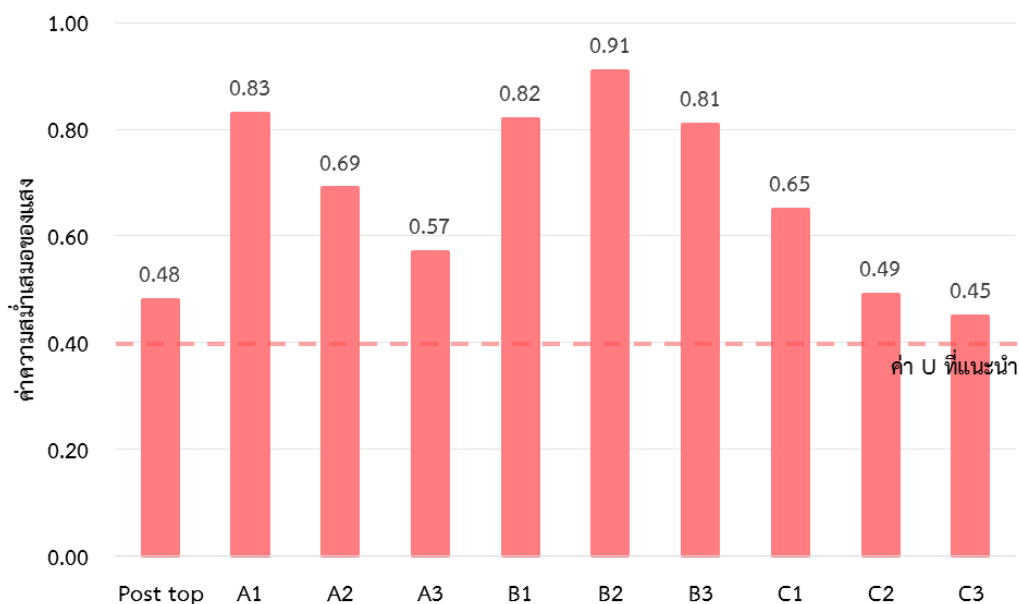
ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างควรอ้างอิงค่าแนะนำของมาตรฐานต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าจะยึดตามมาตรฐานของหน่วยงานใด สำหรับเส้นทางสัญจรในงานวิจัยชิ้นนี้ อยู่ในเขตที่ปกอาศัยใกล้ตัวเมืองและจัดอยู่ในเขตพื้นที่ทางด้านสภาพแวดล้อม (environmental zone) แบบ E3 ตามมาตรฐาน CIE 150:2003 มีสภาพความคล่องตัวด้านการใช้งานในลักษณะปานกลางจึงจัดอยู่ใน lighting class หมวด S5 ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน EN 13201-2:2003 และ BS 5489-1:2013 โดยมาตรฐานเหล่านี้ได้ระบุค่าปริมาณความส่องสว่างในแนวราบเฉลี่ย 3 ลักซ์ ส่วนปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งและค่าความสม่ำเสมอของแสงนั้น แม้จะไม่พบค่าแนะนำของมาตรฐานต่างๆ มากนัก แต่ CIE (2003) ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเฉลี่ยควรมีค่าไม่เกิน 10 ลักซ์ และ ILE (2005) ได้ระบุค่าแนะนำของความสม่ำเสมอของแสงที่ 0.4

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแนะนำมาตรฐาน เมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ (E(h)) พบว่าการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B2 และ B3 มีค่าปริมาณความส่องสว่างในแนวราบเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ EN 13201-2:2003 และ BS 5489-1:2013 คือต่ำกว่า 3 ลักซ์ อย่างไรก็ตาม แม้ปริมาณความส่องสว่างของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B2 จะมีค่า 2.98 ลักซ์ แต่สามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง เมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้ง (E(v)) พบว่า การติดตั้งดวงโคมในรูปแบบเสาสูงและรูปแบบ C1 มีค่าปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเฉลี่ยสูงกว่าค่าแนะนำ ซึ่งกำหนดค่าเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 10 ลักซ์ สำหรับปริมาณความส่องสว่างของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบอื่นๆ โดยส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้น การติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงได้ โดยมีค่าปริมาณความส่องสว่างตามมาตรฐาน



แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงค่าความสม่ำเสมอของแสงของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแนะนำของ ILE (2005) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.4 จากแผนภูมิดังกล่าวพบว่าการติดตั้งดวงโคมในทุกูปแบบมีค่าความสม่ำเสมอของแสงมากกว่าค่าแนะนำทั้งสิ้น โดยรูปแบบ B2 ทำให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมีค่าสูงสุด คือ 0.91



แผนภูมิที่ 4.3 ค่าความสม่ำเสมอของแสงของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ

4.3 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง

การศึกษาอัตราการใช้พลังงานในงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในการใช้พลังงานไฟฟ้าของการติดตั้งดวงโคมเฉพาะที่ (localized lighting) และรูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ในการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานแบ่งรายละเอียดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานจากความรู้สึกปลอดภัยโดยอ้างอิงมาตรฐานด้านพลังงาน และการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานจากปริมาณความส่องสว่าง

4.3.1 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานจากความรู้สึกปลอดภัยโดยอ้างอิงมาตรฐานด้านพลังงาน

มาตรฐานด้านพลังงานที่ใช้อ้างอิงในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ มาตรฐาน ASHRAE90.1-2007 ซึ่งกำหนดค่าการใช้พลังงานภายนอกอาคารสำหรับทางเดินที่กว้างน้อยกว่า 3 เมตร ไว้ที่ 3.30 W/linear meter โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$E = (W \times N) / m$$

โดยที่ E คือ อัตราการใช้พลังงาน (Watt/linear meter)

W คือ จำนวนวัตต์ของหลอดไฟ (Watt)

N คือ จำนวนหลอดไฟต่อการติดตั้งดวงโคมหนึ่งจุด

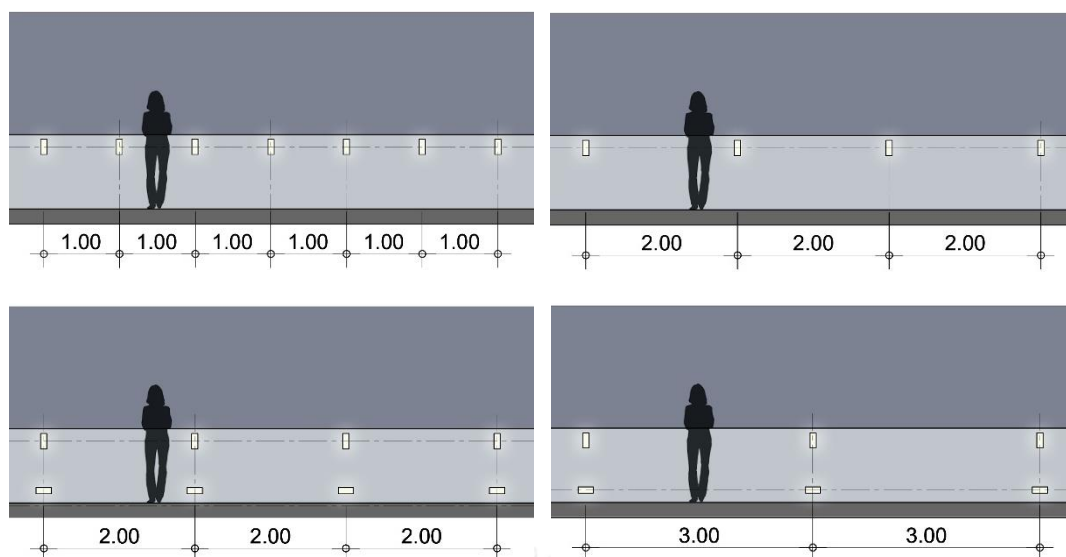
m คือ ระยะห่างการติดตั้งต่อดวงโคมหนึ่งจุด (meter)

งานวิจัยชิ้นนี้ทำการทดลองโดยใช้หลอด LED ขนาด 3 วัตต์ต่อการติดตั้งดวงโคม 1 จุด สำหรับดวงโคมบนเสาสูงซึ่งมีการติดตั้งในสถานที่ทดลองอยู่แล้วมีระยะห่างระหว่างกันประมาณ 8.85 เมตร และติดตั้งโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1 หลอดต่อดวงโคมหนึ่งจุด เมื่อคำนวณอัตราการใช้พลังงานตามสมการข้างต้นจะมีค่าแสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 อัตราการใช้พลังงานของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการติดตั้ง	วัตต์ต่อหลอด (W/unit)	จำนวนหลอด (unit)	จำนวนวัตต์รวม (W)	ระยะห่าง (m)	ค่าพลังงาน (W/m)	ประหยัดกว่า (%)
Post top	36	1	36	8.85	4.07	-
A1	3	1	3	1.00	3.00	26.25
A2	3	1	3	2.00	1.50	63.13
A3	3	1	3	3.00	1.00	75.42
B1	3	1	3	1.00	3.00	26.25
B2	3	1	3	2.00	1.50	63.13
B3	3	1	3	3.00	1.00	75.42
C1	3	2	6	1.00	6.00	-47.50
C2	3	2	6	2.00	3.00	26.25
C3	3	2	6	3.00	2.00	50.83

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานตามตารางที่ 4.18 พบว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงมีอัตราการใช้พลังงาน 4.07 W/linear meter ซึ่งมีค่ามากกว่ามาตรฐาน ในขณะที่รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ในการวิจัยชิ้นนี้มีอัตราการใช้พลังงานอยู่ในเกณฑ์ ยกเว้น รูปแบบ C1 ซึ่งมีอัตราการใช้พลังงานถึง 6.00 W/linear meter ดังนั้น รูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่ตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัย (ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยมากกว่าหรือเท่ากับรูปแบบเสาสูง) และมีอัตราการใช้พลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE90.1-2007 ได้แก่ รูปแบบ B1, B2, C2 และ C3 ดังสรุปในภาพที่ 4.5 ซึ่งการติดตั้งดวงโคม 4 รูปแบบนี้ สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่ารูปแบบเสาสูง 26.25-63.13 %



ภาพที่ 4.5 การติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B1 (บนซ้าย) รูปแบบ B2 (บนขวา) รูปแบบ C2 (ล่างซ้าย) และรูปแบบ C3 (ล่างขวา)

4.3.2 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานจากปริมาณแสงสว่าง

การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานในหัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการติดตั้งดวงโคมด้วยหลอดไฟประเภทอื่นๆ ที่มีการใช้งานสำหรับทางสัญจรภายนอกอาคาร ได้แก่ หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ หลอดโซเดียมความดันไอสูง หลอดเมทัลฮาไลด์ และหลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode หรือ LED) โดยเปรียบเทียบค่าพลังงานต่อปีที่ปริมาณแสงสว่าง 1,000 ลูเมน และมีชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟ ตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. อัตราการใช้พลังงานของหลอดไฟประเภทต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$E = (W \times H)/1000$$

โดยที่ E คือ ค่าการใช้พลังงาน (KWh)

W คือ จำนวนวัตต์ต่อปริมาณแสง 1,000 ลูเมน (W)

H คือ จำนวนชั่วโมงต่อปี (h)

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าพลังงานต่อปีและประมาณการค่าไฟฟ้าตามการคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (เมษายน 2559) โดยคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 ตามลักษณะการใช้สำหรับบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่างๆ ซึ่งต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว โดยคิดค่าคงที่หน่วยละ 2.3488 บาท ไม่รวมค่า Ft และค่าบริการ

ตารางที่ 4.19 ค่าพลังงานต่อปีของการติดตั้งดวงโคมด้วยหลอดไฟประเภทต่างๆ

ประเภทหลอดไฟ	ประสิทธิภาพ ส่องสว่าง** (lm/W)	วัตต์ต่อ กิโลลูเมน (W/klm)	จำนวน ชั่วโมงต่อปี (h)	ค่าพลังงาน ต่อปี (kWh)	ประมาณค่า ไฟฟ้า (บาท)
การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง (post top)					
ฟลูออเรสเซนต์*	45	22.22	12x365	97.33	228.62
โซเดียมความดันไอต่ำ	100	10.00	12x365	43.80	102.88
โซเดียมความดันไอสูง	70	14.29	12x365	62.57	146.97
เมทัลฮาไลด์	60	16.67	12x365	73.00	171.46
ไดโอดเปล่งแสง (LED)	60	16.67	12x365	73.00	171.46
การติดตั้งดวงโคมเฉพาะที่ (localized lighting)					
ไดโอดเปล่งแสง (LED)*	83	12.00	12x365	52.56	123.45

*หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง

**ที่มา : สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (2559)

จากการประมาณค่าไฟฟ้าพบว่า สำหรับการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง หลอดโซเดียมความดันไอต่ำเป็นหลอดที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด รองลงมาคือหลอดโซเดียมความดันไอสูง หลอดเมทัลฮาไลด์ซึ่งมีการประมาณค่าไฟฟ้าเท่ากับหลอด LED และหลอดฟลูออเรสเซนต์ตามลำดับ สำหรับหลอด LED ที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีการติดตั้งแบบเฉพาะที่ มีการประมาณค่าไฟฟ้าอยู่ที่ 123.45 บาท ซึ่งน้อยกว่าค่าไฟฟ้าจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 105.17 บาทต่อหลอดต่อปี

อย่างไรก็ตาม การที่รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ในงานวิจัยชิ้นนี้โดยส่วนใหญ่มีอัตราการใช้พลังงานต่ำกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงนั้น ส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้หลอดไฟต่างประเภทกัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานของการติดตั้งดวงโคมทั้งสองรูปแบบ เมื่อใช้หลอด LED ทั้งสองกรณี โดยเปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จะสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$LPW = F/P$$

โดยที่ LPW คือ ประสิทธิภาพส่องสว่าง (lumen/Watt)

F คือ ปริมาณแสงสว่าง (lumen)

P คือ จำนวนวัตต์ของหลอดไฟ (Watt)

ดังนั้น หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพส่องสว่าง 45 ลูเมน/วัตต์ จะเปล่งแสงสว่าง 1,620 ลูเมน หรือเทียบเท่าหลอด LED มีประสิทธิภาพส่องสว่าง 83 ลูเมน/วัตต์ จำนวน 19.52 วัตต์ เมื่อคำนวณอัตราการใช้พลังงานพบว่า การใช้หลอด LED ติดตั้งบนเสาสูงจะมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 2.21 W/linear meter และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE90.1-2007 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่ใช้ในการวิจัยจะพบว่า รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ที่ตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยเทียบเท่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงและมีอัตราการใช้พลังงานต่ำกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง ได้แก่ รูปแบบ B2 และ C3 โดยสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่ารูปแบบเสาสูง 9.32-31.99 % ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 อัตราการใช้พลังงานของการติดตั้งดวงโคมรูปแบบต่างๆ เมื่อใช้หลอด LED ทุกกรณี

รูปแบบการติดตั้ง	วัตต์ต่อหลอด (W/unit)	จำนวนหลอด (unit)	จำนวนวัตต์รวม (W)	ระยะห่าง (m)	ค่าพลังงาน (W/m)	ประหยัดกว่า (%)
Post top	19.52	1	19.52	8.85	2.21	-
A1	3	1	3	1.00	3.00	-36.01
A2	3	1	3	2.00	1.50	31.99
A3	3	1	3	3.00	1.00	54.66
B1	3	1	3	1.00	3.00	-36.01
B2	3	1	3	2.00	1.50	31.99
B3	3	1	3	3.00	1.00	54.66
C1	3	2	6	1.00	6.00	-172.03
C2	3	2	6	2.00	3.00	-36.01
C3	3	2	6	3.00	2.00	9.32

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนทางสัญจรทางเท้าที่สามารถนำมาทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้งานในปัจจุบัน จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถสรุปผลการวิจัยเป็นหัวข้อต่างๆ ได้แก่ สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า และข้อเสนอแนะในงานวิจัยชิ้นถัดไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมมีอิทธิพลปัจจัยหลักต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความเพียงพอของปริมาณแสงสว่าง ความรู้สึกปลอดภัยขณะเดินบนเส้นทางสัญจรตามลำพังในเวลากลางคืน ความสามารถในการมองเห็นสถานการณ์และใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมาได้อย่างชัดเจน และความไม่สบายทางสายตาเนื่องจากแสงบาดตา โดยผลการวิเคราะห์ Post Hoc ด้วยวิธี Bonferroni พบว่า การติดตั้งดวงโคมในตำแหน่ง C มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากกว่าตำแหน่ง B และตำแหน่ง A ตามลำดับ และการติดตั้งดวงโคมด้วยระยะห่าง 1.00 เมตร ทำให้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมีค่ามากกว่าระยะห่าง 2.00 เมตรและ 3.00 เมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ ตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมยังมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อค่าเฉลี่ยความคิดเห็นอีกด้วย ดังนั้น ในการออกแบบติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่เพื่อความรู้สึกปลอดภัย ผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาทั้งตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมที่เหมาะสม เพื่อให้มีปริมาณความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอที่เพียงพอต่อการใช้งาน

ผลการเปรียบเทียบความรู้สึกปลอดภัยระหว่างการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงกับการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ทั้ง 9 รูปแบบ สรุปได้ว่า รูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นด้านความรู้สึกปลอดภัยเทียบเท่าหรือมากกว่ารูปแบบเสาสูงมี 5 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ B1, B2, C1, C2 และ C3 สำหรับการติดตั้งดวงโคมรูปแบบ A นั้น ไม่สามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปลอดภัยเทียบเท่ารูปแบบเสาสูงได้ เนื่องจากติดตั้งดวงโคมในระดับที่ต่ำเกินไป ผลการพิจารณารูปแบบการติดตั้งดวงโคมที่ตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยและยังมีอัตราการใช้พลังงานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE90.1-2007 พบว่ามี 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ B1, B2, C2 และ C3 ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานมากกว่ารูปแบบเสาสูงได้ถึง 26.25 - 63.13 %

5.2 ข้อเสนอแนะในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้า

ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความรู้สึกปลอดภัยจะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ของแสงให้เหมาะสม องค์ประกอบดังกล่าว ได้แก่ ปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ ปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้ง และความสม่ำเสมอของแสงมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย การออกแบบติดตั้งดวงโคมบนทางสัญจรทางเท้าเพื่อทดแทนการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดสามารถทำได้โดยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.2.1 การติดตั้งดวงโคมในระดับต่ำกว่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงในปัจจุบัน ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญกับปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเป็นหลัก เนื่องจากการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยมีความสัมพันธ์กับการมองเห็นเหตุการณ์ต่างๆ บนทางสัญจร รวมทั้งใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมากกว่าความสว่างของพื้นผิวเส้นทางสัญจร ดังนั้น จึงไม่ควรออกแบบติดตั้งดวงโคมในระดับที่ต่ำเกินไปจนผู้สัญจรไม่สามารถมองเห็นเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

5.2.2 แม้ว่าความสม่ำเสมอของแสงจะส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยได้น้อยกว่าปริมาณความส่องสว่าง อย่างไรก็ตามในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจร ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงความสม่ำเสมอของแสงเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบเส้นทางสัญจรที่มีปริมาณความส่องสว่างในแนวราบใกล้เคียงกัน การเพิ่มความสม่ำเสมอของแสงสามารถเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยให้กับผู้สัญจรบนเส้นทางนั้นๆ ได้ เนื่องจากการเพิ่มความสม่ำเสมอของแสงเป็นการลดพื้นที่เงาซึ่งทำให้ผู้สัญจรรับรู้ความสว่างได้น้อยลง นอกจากนี้ ความสม่ำเสมอของแสงยังสามารถลดความไม่สบายทางสายตาและความเครียดจากปริมาณความเปรียบต่างที่ไม่เหมาะสมอีกด้วย

5.2.3 ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัยจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งที่เหมาะสม เนื่องจากตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย โดยตำแหน่งการติดตั้งที่มีปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งและความสม่ำเสมอของแสงสูงจะส่งเสริมให้เกิดความรู้สึกปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในการประยุกต์ใช้งานจริงอาจมีทางสัญจรบางแห่งที่ไม่สามารถติดตั้งดวงโคมด้วยระยะห่างที่ถี่มากได้ การติดตั้งดวงโคมในระยะห่างที่มากขึ้นสามารถทำได้โดยการออกแบบติดตั้งดวงโคมในแต่ละตำแหน่งให้มีปริมาณความส่องสว่างในแนวราบและปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งมากขึ้น

5.2.4 ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น การติดตั้งดวงโคมด้วยจำนวนดวงโคมที่น้อยและมีระยะห่างน้อยจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการติดตั้งดวงโคมด้วยจำนวนดวงโคมที่มากแต่มีระยะห่างมาก เนื่องจากการลดการเกิดจุดมืดหรือพื้นที่เงา ซึ่งส่งผลต่อการรับรู้ความสว่างที่น้อยลง โดยงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า การติดตั้งดวงโคมในรูปแบบ B2 เป็นรูปแบบที่มีอัตราการใช้พลังงาน 1.50 W/linear meter น้อยกว่าอัตราการใช้พลังงานในรูปแบบ C3 อยู่ 0.5 W/linear

meter แต่สามารถตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยเทียบเท่าการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงเช่นเดียวกับรูปแบบ C3

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยขั้นถัดไป

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมต่อความรู้สึกปลอดภัยบนทางสัญจรทางเท้า เพื่อประโยชน์ในการออกแบบติดตั้งดวงโคมรูปแบบอื่นๆ ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในการติดตั้งดวงโคมบนเสาสูง โดยที่ยังสามารถตอบสนองต่อความรู้สึกปลอดภัยและมีอัตราการใช้พลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE90.1-2007 ซึ่งผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางสัญจรทางเท้าเพื่อความรู้สึกปลอดภัยควรพิจารณาทั้งตำแหน่งและระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมเพื่อความเหมาะสมกับการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติผู้ออกแบบอาจมีความจำเป็นต้องติดตั้งดวงโคมในระดับความสูงที่แตกต่างกันในแต่ละสถานที่ ดังนั้น เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ที่สมบูรณ์มากขึ้น งานวิจัยขั้นถัดไปควรศึกษาเพิ่มเติมตามรายละเอียดต่อไปนี้

5.3.1 ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมในการวิจัยชิ้นนี้มีเพียง 2 ระดับ ได้แก่ ระดับ 0.20 เมตร และระดับ 1.00 เมตร งานวิจัยขั้นถัดไปควรศึกษาผลกระทบจากตำแหน่งการติดตั้งที่ระดับความสูงอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ระดับ 0.40 เมตร, ระดับ 0.60 เมตร, ระดับ 1.20 เมตร และอื่นๆ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการใช้งานในแต่ละสถานที่ได้หลากหลายมากขึ้น

5.3.2 การติดตั้งดวงโคมในระดับที่ใกล้ระดับสายตาอาจก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายตาเนื่องจากแสงบาดตาได้ง่าย งานวิจัยขั้นถัดไปควรศึกษาเทคนิคการติดตั้งที่สามารถควบคุมปริมาณแสงบาดตาที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ความสามารถในการมองเห็นลดลงจนเกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัยได้

5.3.3 งานวิจัยชิ้นนี้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยให้กลุ่มตัวอย่างสองคนเดินสวนทางกันบนทางสัญจร เพื่อให้คะแนนในด้านความชัดเจนในการมองเห็นใบหน้าของผู้สัญจรที่เดินสวนทางมา ทำให้กลุ่มตัวอย่างมองเห็นฉากหลังที่แตกต่างกัน ซึ่งความสว่างของฉากหลังทั้งสองด้านอาจมีความแตกต่างกันและอาจส่งผลต่อการให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างได้ งานวิจัยขั้นถัดไปควรมีการควบคุมความสว่างของฉากหลังทั้งสองด้าน เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

5.3.4 งานวิจัยชิ้นนี้วัดปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเป็นจุด (vertical illuminance) ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจากระดับพื้นตามมาตรฐาน EN 13201-4:2003 แต่การวัดปริมาณความส่องสว่างบริเวณใบหน้าเพื่อทดสอบความชัดเจนในการมองเห็นนั้น ควรใช้ปริมาณความส่องสว่างแบบครึ่งทรงกระบอก (semicylindrical illuminance) เพื่อให้ได้ค่าที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

5.3.5 ระยะเวลาของการติดตั้งดวงโคมแบบเฉพาะที่ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นระยะทางที่ค่อนข้างสั้น งานวิจัยชิ้นถัดไปอาจทดลองด้วยระยะทางที่ยาวมากขึ้น เพื่อให้ใกล้เคียงกับลักษณะทางสัญจรจริงๆ มากขึ้น

5.3.6 งานวิจัยชิ้นถัดไปควรศึกษาเพิ่มเติมด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งดวงโคมในรูปแบบต่างๆ ตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งตลอดจนค่าบำรุงรักษาเมื่อหลอดไฟเสื่อมสภาพ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ออกแบบและผู้สนใจต่อไป



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- พรรณชลัท สุริโยธิน. (2553). พื้นฐานแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2555). หลักสถิติวิจัยและการใช้โปรแกรม SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559). หลอดไฟฟ้า. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.tieathai.org/know/lamp/ch%202.htm> [22 เมษายน 2559].
- สุขญา พึ่งสุข. (2555). แนวทางการออกแบบเพื่อความโดดเด่นของป้ายไฟร้านค้า กรณีศึกษา: ถนนเยาวราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุช สวัสดิ์รัตนศักดิ์. (2555). การออกแบบไฟส่องสว่างเพื่อความปลอดภัย กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Appleton, J. (1996). *The experience of landscape*. Chichester: John Wiley & Sons.
- ASHRAE. (2009). ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI edition). Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Inc.
- Australia, S. (1997). Control of the Obtrusive Effects of Outdoor Lighting: AS 4282-1997: Standards Australia.
- Blobaum, A., & Hunecke, M. (2005). PERCEIVED DANGER IN URBAN PUBLIC SPACE The Impacts of Physical Features and Personal Factors. *Environment and Behavior*, 37(4), 465-486.
- Boomsma, C., & Steg, L. (2014). Feeling Safe in the Dark: Examining the Effect of Entrapment, Lighting Levels, and Gender on Feelings of Safety and Lighting Policy Acceptability. *Environment and Behavior*, 46(2), 193-212.
- Boyce, P. R. (2003). *Human factors in lighting* (2nd ed.). London: Taylor & Francis.
- Boyce, P. R. (2014). *Human Factors in Lighting* (3rd ed.). London: Taylor & Francis.

- BSI. (2003a). Road lighting Part 2: Performance requirements BS EN 13201-2:2003: BSI Standards Limited.
- BSI. (2003b). Road lighting Part 3: Calculation of performance BS EN 13201-3:2003: BSI Standards Limited.
- BSI. (2003c). Road lighting Part 4: Methods of measuring lighting performance BS EN 13201-4:2003: BSI Standards Limited.
- BSI. (2012). Code of practice for the design of road lighting Part 1: Lighting of roads and public amenity areas BS 5489-1:2013: BSI Standards Limited.
- Burnett, J., & Pang, A. Y.-h. (2004). Design and performance of pedestrian subway lighting systems. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19(6), 619-628. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2004.03.001>
- CEN. (2004). Road lighting Part 1: Selection of lighting classes PD CEN/TR 13201:2004: BSI Standards Limited.
- CIE. (2003). Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations: Commission Internationale de l'Eclairage.
- CIE. (2016). CIE AND MESOPIC PHOTOMETRIC. [Online]. Available from: [http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENU/About+us/CIE+Newsletter/Artikel+1+Oktober \[2016, 18 June\]](http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENU/About+us/CIE+Newsletter/Artikel+1+Oktober+2016,+18+June).
- Foster, S., Knuiman, M., Wood, L., & Giles-Corti, B. (2013). Suburban neighbourhood design: Associations with fear of crime versus perceived crime risk. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 112-117. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.015>
- Haans, A., & de Kort, Y. A. W. (2012). Light distribution in dynamic street lighting: Two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape. *Journal of Environmental Psychology*, 32(4), 342-352. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.05.006>
- Herbert, D., & Davidson, N. (1994). Modifying the built environment: the impact of improved street lighting. *Geoforum*, 25(3), 339-350. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7185\(94\)90035-3](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7185(94)90035-3)
- ILE. (2005). *The outdoor lighting guide*. London: Taylor & Francis.

- Khan, T. Q., & Bodrogi, P. (2015). *LED Lighting: Technology and Perception*: John Wiley & Sons.
- Kitsinelis, S., & Zisis, G. (2012). A Short Review on Lighting and Security. *Applied Security Research*, 7(3), 341-353.
- Painter, K. (1996). The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, after dark. *Landscape and Urban Planning*, 35, 193-201.
- Peña-García, A., Hurtado, A., & Aguilar-Luzón, M. C. (2015). Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being. *Safety Science*, 78, 142-148. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.009>
- SABS. (2003). Exterior lighting Part 1: Artificial lighting of exterior areas for work and safety SANS 10389-1:2003: South African Bureau of Standards.
- Starkweather, S. (2007). Gender, Perceptions of Safety and Strategic Responses among Ohio University Students. *Gender, Place & Culture*, 14(3), 355-370.



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพนัชกร ประกอบปราณ เกิดวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2530 จบการศึกษา
หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2553 ปัจจุบันกำลังศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขานวัตกรรมการออกแบบนิเวศสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน เคยเป็นสถาปนิก บริษัท อินเทอร์เน็ต จำกัด (พ.ศ. 2554-2555)
และสถาปนิก บริษัท สตีเฟน เจ. ลีช จูเนียร์ แอนด์ แอสโซซิเอทส์ จำกัด (พ.ศ. 2555-2556)
ปัจจุบันเป็นสถาปนิกของการไฟฟ้านครหลวง