Pathumwan Academic Journal, Vol. 11, No. 32, September - December 2021: 28 - 43

การศึกษาความสัมพันธ์ของหน่วยวัดความเข้มแสงระหว่างค่าลักษ์ ค่ารูรับแสง สำหรับการจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง เพื่อการบันทึกภาพ

Study of Relationship between Lux and F-Stop Illuminance for Three-Point Lighting Photograph Recording

จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล*

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพและเสียง คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail: jirasak_p@rmutt.ac.th

Jirasak Prechaveerakul*

Department of Visual and Audio Technology, Faculty of Mass Communication Technology,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

E-mail: jirasak_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนค่าความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย Lux เป็น หน่วย ค่ารูรับแสง (f-stop) สำหรับให้ความสว่างการบันทึกภาพ ระหว่าง วิธีการวัดด้วยเครื่องวัดแสงตกกระทบ (Incident Light) และวิธีการคำนวณตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์ (Lambert's Cosine Law) ภายใต้ทฤษฎีจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง พร้อมการบันทึกภาพตัวแบบบุคคล ผลการศึกษาพบว่า ตำแหน่งที่ 1 โคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W มีค่าความคลาดเคลื่อนการวัดกับการคำนวณในหน่วย Lux มีค่า 10.9 % และ f-stop มีค่า 0.71 % ตำแหน่งที่ 2 โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W หน่วย Lux มีค่า 19.3 % และ f-stop มีค่า 1.25 % และตำแหน่งที่ 3 โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W หน่วย Lux มีค่า 11.1 % และ f-stop มีค่า 0.12 % สาเหตุความคลาดเคลื่อนมาจากความไม่เสถียร ซึ่งเกิดจากการถือเครื่องมือวัดด้วยมือแทนการใช้ยึดเครื่องมือวัดไว้บนขาตั้ง และปริมาณแสงที่ไม่สม่ำเสมออันเกิดจากการกระพริบของโคมไฟ ทั้งนี้ภายในคู่มือผลิตภัณฑ์โคมไฟส่วนใหญ่ระบุค่าความเข้มแสงเป็น หน่วย Lux หรือ fc แต่ไม่ระบุ ในหน่วย ค่ารูรับแสง สำหรับการจัดแสงเพื่อการบันทึกภาพจำเป็นต้อง ทราบค่ารูรับแสง ซึ่งจะปรากฏในเมนูกล้องบันทึกภาพ ดังนั้น ผู้ควบคุมการจัดแสง ต้องการ ค่ารูรับแสงตัดสินใจวางแผนการเลือกใช้โคมไฟให้เหมาะสมกับปริมาณการให้ความสว่างกับตัวแบบหรือบุคคล เพื่อลดการใช้โคมไฟที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงและความสว่างมากเกินความจำเป็น และเป็นการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายทางอ้อมสำหรับการจัดแสงเพื่อการบันทึกภาพสำหรับโทรทัศน์และภาพยนตร์

Research Paper

***Corresponding author**

Received 18 May 2021

Revised 3 November 2021

Accepted 10 November 2021

คำสำคัญ: กฎแลมเบิร์ตโคไซน์; ความเข้มแสงหน่วยลักษ์; ความเข้มแสงหน่วย f-stop

Abstract

This research was to study the relationship between Lux and f-stop illuminance units for photography recording by using incident light measuring and calculating based on Lambert Cosine Law under the three-point light theory. The results found that the first position lamp that was main lamp (1,000W Fresnel Tungsten-Halogen lens) had a measurement error with the calculation of the light intensity in Lux and f-stop units equal 10.9% and 0.71 % respectively, the second position lamp (650W Fresnel Tungsten-Halogen lens) had a measurement error with the calculation of the light intensity in Lux and f-stop units equal 19.3% and 1.25% respectively and the third position lamp (2,000W Fresnel Tungsten-Halogen lens) had a measurement error with the calculation of the light intensity in Lux and f-stop units equal 11.1% and 0.12 % respectively.

The inconstancies were caused by holding the tool by hand instead of using a fixed stand while measuring and the flickering of the lamps. The Study revealed that the camera menu currently does not provide Lux information and the light manufacturers only give information in Lux and Foot-candle units. Therefore, it is the gaffer's responsibility to decide the amount of illumination suitable for recording the subject/person without using excessive brightness. This approach can also save energy and indirectly make it more cost effective for television and film lighting.

Key words: Lambert Cosine Law; Illuminance (Lux); Illuminance (f-stop)

1. บทนำ

งานด้านสื่อสารมวลชน เช่น การผลิตรายการโทรทัศน์และภาพยนตร์ จำเป็นต้องมีการจัดแสง เพิ่มความสว่าง และกำหนดโทนสีที่ปรากฏให้กับฉาก เวที รวมถึงนักแสดงที่เข้าฉาก จากการศึกษาพบว่าการใช้แหล่งกำเนิดแสง หรือหลอดไฟ ที่หลากหลายและมีขนาดกำลังวัตต์แตกต่างกัน เช่น โคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 2,000 วัตต์ นิยมจัดแสงภายในสตูดิโอ และ โคมหลอดไฟคอมแพ็คฟลูออเรสเซนท์ และ หลอดไฟอาร์ก (Hydrargyrum Medium-arc Iodide; HMI) ขนาด 75 วัตต์ ถึง 10,000 วัตต์ หลอดแอลอีดีกำลังสูง ขนาด 100 วัตต์ นิยมจัดแสงภายนอกสตูดิโอ [1] เพื่อทดแทนแสงธรรมชาติช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นค่าความสว่างการจัดแสงเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญในการบันทึกภาพ เพื่อทำให้การนำเสนอบุคคลหรือวัตถุได้ดี สามารถสื่อความหมายทางภาพ และแสดงออกทางความรู้สึกทางอารมณ์ตรงตามที่ต้องการ

การจัดแสงสำหรับถ่ายทำให้ตรงตามวัตถุประสงค์ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ [2] องค์ประกอบที่ 1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ หรือ แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ ทังสเตน-ฮาโลเจน เอช เอม ไอและ แอล อี ดี กำลังสูง

จำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนมาก เช่น ขนาดกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ถึง 12000 วัตต์ องค์ประกอบที่ 2 ควบคุมคุณภาพของแสงไม่ให้เกิดความกระด้าง หรือ อ่อนนวล ด้วยปริมาณแสงสว่าง และอุณหภูมิสีของแสง องค์ประกอบที่ 3 ตำแหน่งโคมไฟไม่ต่ำกว่า 3 ตำแหน่ง สำหรับการจัดแสง สามารถออกแบบความสว่าง หาค่าความสว่างที่เหมาะสม ให้กับ วัตถุ คน สถานที่ เพื่อการบันทึกภาพ ได้จากการวัด โดยใช้เครื่องมือวัดแสง และต้องอาศัยการคำนวณเพื่อทวนสอบความเหมาะสมของค่าความสว่างที่ถูกต้อง สำหรับการหาค่าความสว่างต้องทราบองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความสว่าง โดยใช้หลักการการหาความสว่างกับงานที่ต้องการแสงสว่างแบบต่างๆ เช่น ห้อง สนามกีฬา หรือ ห้างสรรพสินค้า การจัดแสงภายในและภายนอกสตูดิโอ ด้านโทรทัศน์และภาพยนตร์ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวพิจารณาตัวแปรความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย ลักษ์ (Lux) [3] โดยการหาค่าความสว่างการจัดแสง โดยทั่วไปในงานด้านโทรทัศน์ และภาพยนตร์ พิจารณาในหน่วย f-stop มากกว่า ในหน่วย ลักษ์ (Lux)

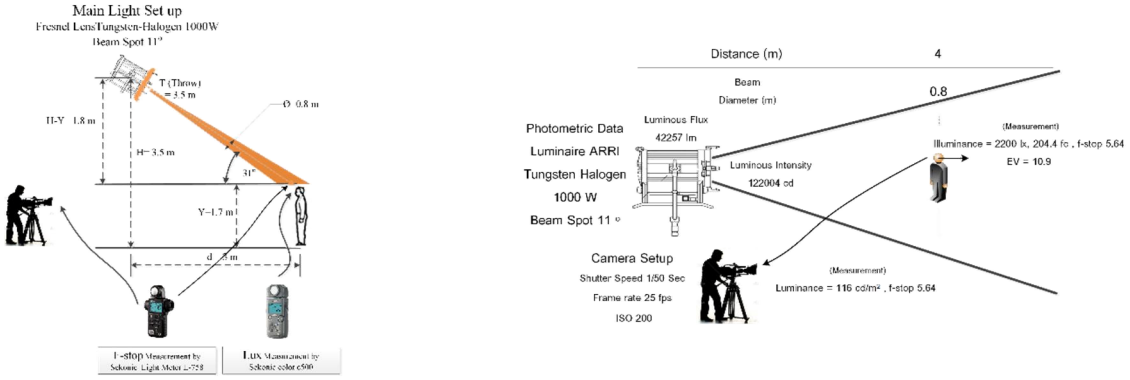
งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนค่าความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย Lux เป็น หน่วย f-stop และเปรียบเทียบค่าการวัดกับการคำนวณ ตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์ (Lambert's Cosine Law) [4] ภายใต้ทฤษฎีการจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่งเพื่อให้เกิดมิติ วัตถุ หรือ บุคคล เพื่อความสมบูรณ์สำหรับการบันทึกภาพ [5] สำหรับงานวิจัยนี้ โคมไฟ 3 ตำแหน่ง ประกอบด้วยโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W ทำหน้าที่ให้ความสว่าง โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W ทำหน้าที่แก้ปัญหาเงาที่เกิดจากโคมไฟตำแหน่งไฟหลัก โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W ทำหน้าที่ช่วยให้วัตถุ หรือ บุคคล ไม่กลืนกับฉากหลัง และงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณความเข้มแสง ในหน่วย Lux เป็น หน่วย f-stop ที่มีความเหมาะสม สำหรับการจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง สำหรับแนวทางการศึกษางานวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการ พิจารณาแหล่งกำเนิดแสง ประเภทอื่นๆ เช่น หลอดไฟคอมแพ็คฟลูออเรสเซนท์ หลอดไฟอาร์ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดแอลอีดีกำลังสูง ที่เริ่มมีบทบาทมากขึ้นสำหรับการจัดแสงการผลิตรายการโทรทัศน์และภาพยนตร์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

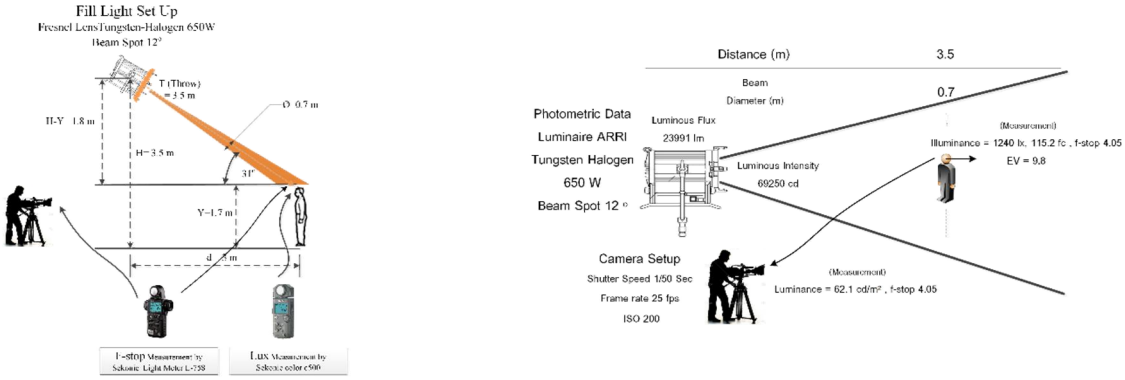
2.1 การติดตั้งโคมไฟและการวัดค่าความเข้มแสงตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์

โคมไฟ 3 ตำแหน่ง [6] ประกอบด้วย โคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W ติดตั้งตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์ กำหนดหมวดควบคุมกระจายแสงแคบ (Spot) 11, 12 และ 11 องศา ตามลำดับ ส่งผลให้เกิดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกระจายแสงของโคมไฟที่ตกกระทบบนตัวแบบ 0.8, 0.7 และ 0.8 เมตร ตามลำดับ สัมพันธ์กับระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวทำองศากับพื้น มีค่า 3.5, 3.5 และ 4 เมตร ตามลำดับ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวระนาบกับพื้น มีค่า 3 เมตร เท่ากัน ระยะความสูงจากพื้นถึงโคมไฟ ที่ระยะ 3.5, 3.5 และ 4.34 เมตร ระยะความสูงจากพื้นถึงจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ที่ระยะ 1.7, 1.8 และ 2.64 เมตร เครื่องวัดค่าความเข้มแสง รุ่น (Sekonic Color C500) [7] สำหรับวัดหน่วย Lux และ Foot Candle เครื่องวัดรุ่น (Sekonic Light L-758) สำหรับวัดหน่วย f-stop วัด

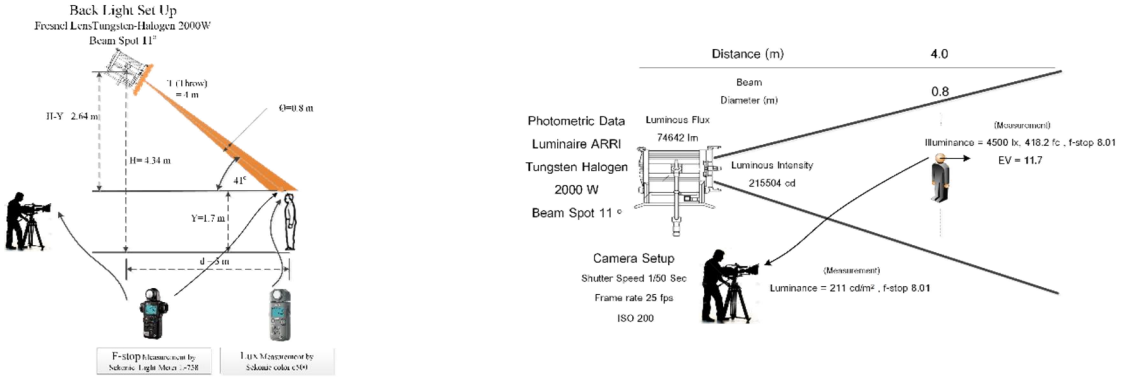
บริเวณปลายจมูกตัวแบบ และ กำหนดค่ากล้องบันทึกภาพ อัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame rate) มีค่า 25 fps, ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) มีค่า 1/50 sec, ความไวแสง (ISO) มีค่า 200 ดังรูปที่ 1-3



รูปที่ 1 การวัดค่าความเข้มแสงตำแหน่งโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W



รูปที่ 2 การวัดค่าความเข้มแสงตำแหน่งโคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W



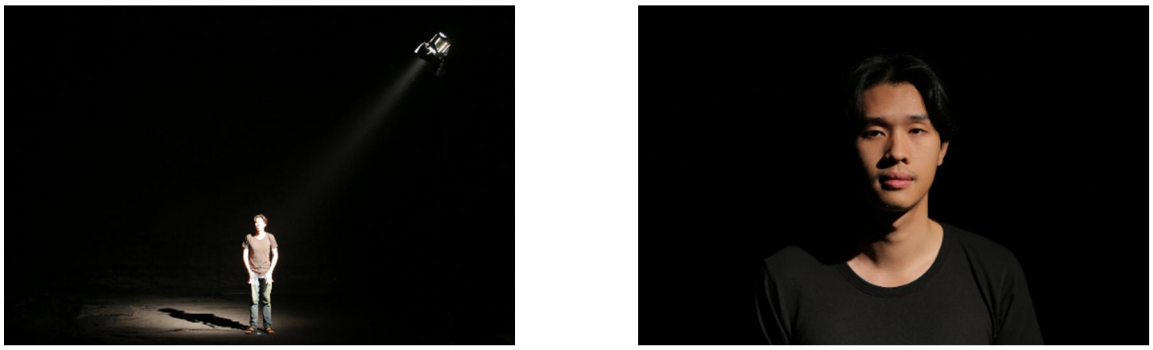
รูปที่ 3 การวัดค่าความเข้มแสงตำแหน่งโคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W

2.2 การวัดค่าความเข้มแสงและทิศทางความเข้มแสง

ตำแหน่งโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W จากการวัดมีปริมาณความเข้มแสง 2200 Lux และ 204.4 fc และ f-stop มีค่า 5.64 สำหรับปริมาณความเข้มแสงจากค่าดังกล่าวสังเกตจากทิศทางแสงมาทางด้านขวาตัวแบบ และบันทึกภาพให้มีขนาดภาพแคบ ความเข้มของเงาบริเวณใต้คอตัวแบบเข้มมาก ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ทิศทางแสงโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W

ตำแหน่งโคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W จากการวัดมีปริมาณความเข้มแสง 1240 Lux และ 115.2 fc และ f-stop มีค่า 4.05 สำหรับปริมาณความเข้มแสงจากค่าดังกล่าวสังเกตจากทิศทางแสงมาทางด้านซ้ายตัวแบบ และบันทึกภาพให้มีขนาดภาพแคบ ความเข้มของเงาบริเวณใต้คอตัวแบบเข้มปานกลาง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ทิศทางแสงโคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W

ตำแหน่งโคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W จากการวัดมีปริมาณความเข้มแสง 4500 Lux และ 418.2 fc และ f-stop มีค่า 8.01 สำหรับปริมาณความเข้มแสงจากค่าดังกล่าวสังเกตจากทิศทางแสงมาทางด้านหลังตัวแบบ และบันทึกภาพให้มีขนาดภาพแคบ ความเข้มของเงาบริเวณด้านหลังตัวแบบเข้มมากที่สุด ดังรูปที่ 6

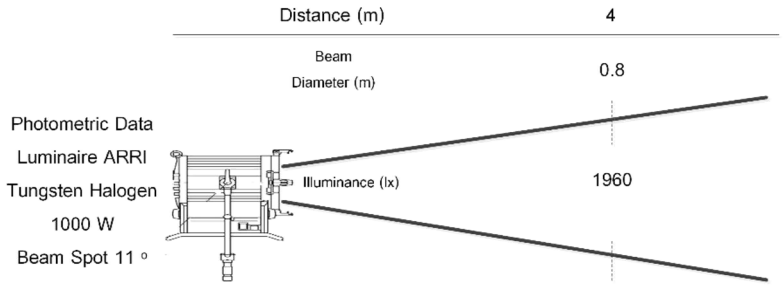
รูปที่ 6 ทิศทางแสงโคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W

โคมไฟ 3 ตำแหน่งจากแหล่งกำเนิดแสงหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน เมื่อติดตั้งตำแหน่งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง จากแหล่งกำเนิดแสง 1000W, 650W และ 2000W จากนั้นวัดค่าความเข้มแสงรวมที่หน้ากล้องบันทึกภาพที่ตำแหน่งตัวแบบบุคคลปลายจมูก เพื่อให้ได้ปริมาณแสงปกติ (Normal)ในหน่วย f-stop มีค่า 5.66 โดยบันทึกภาพตัวแบบบุคคลให้มีขนาดภาพกว้าง เพื่อพิจารณาทิศทางแสงของโคมไฟ 3 ตำแหน่ง และบันทึกภาพตัวแบบบุคคลให้มีขนาดภาพแคบ ลักษณะทิศทางแสง และความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ทิศทางแสงทางด้านซ้ายเกิดจากตำแหน่งโคมหลักความเข้มแสงมีค่ามากกว่าปริมาณแสงทางด้านขวา ที่เกิดจากตำแหน่งโคมเสริม ส่งผลให้เกิดมิติตัวแบบสังเกตทิศทางเงาที่ปลายจมูกด้านขวาซึ่งเกิดจากทิศทางแสงโคมหลัก และด้านหลังตัวแบบเกิดจากโคมส่องหลังของตัวแบบมีค่าปริมาณความเข้มแสงมากที่สุดส่งผลให้ตัวแบบไม่กลืนไปกับฉากดำ ดังรูปที่ 7

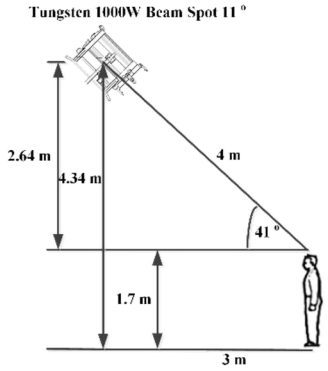
รูปที่ 7 ทิศทางแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง หลอดทังสเตน-ฮาโลเจน

2.3 การคำนวณค่าความเข้มแสงตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์

การคำนวณความเข้มแสงประกอบด้วยโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ดังนี้ โคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W โคมเสริมหลอดทังสเตน-ฮาโลเจน 650 W โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W สำหรับงานวิจัยนี้ยกตัวอย่างการคำนวณโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W ตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์ [8] ช่างภาพกำกับภาพกำหนดการตั้งค่ากล้องดิจิตอล ที่ Shutter Speed 1/50 sec ค่า frame rate 25 fps ค่า ISO 200 และผู้จัดแสง (Gaffer) ต้องการจัดแสงให้เกิดค่าความเข้มแสง ในหน่วย f-stop เท่ากับ 5.6 จากรูปที่ 8 กำหนดหมวดควบคุมการกระจายแสง Spot 11 องศา ระยะห่างระหว่างโคมไฟถึงตำแหน่งของตัวแบบบุคคลระยะ 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางวงแสงที่ 4 เมตร เท่ากับ 0.8 เมตร มีปริมาณความเข้มแสง 1960 Lux



รูปที่ 8 ข้อมูลความเข้มแสงในหน่วย Lux ของโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W



รูปที่ 9 การหาระยะติดตั้งโคมไฟตามกฎแลมเบริต์โคไซน์

จากรูปที่ 9 กำหนดให้

D คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนพื้นที่ใช้งาน หรือ ตัวแบบบุคคลระยะ 4 เมตร

X คือ ระยะความยาวของพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบถึงตัวแบบ 3 เมตร

Y คือ ระยะความสูงโคมไฟถึงพื้นที่ หน่วย เมตร คำนวณตามทฤษฎีพีทาโกรัส

$$Y = \sqrt{D^2 - X^2}$$

$$Y = \sqrt{4^2 - 3^2}$$

$$Y = 2.64 \quad \text{m}$$

l คือ ระยะแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางเอียงไปยังพื้นที่ให้ความสว่างหรือตัวแบบ คำนวณตามทฤษฎีพีทาโกรัส

$$l = \sqrt{4^2 + 0.4^2}$$

$$= 4.01 \quad \text{m}$$

พื้นที่ผิวทรงกรวย ($A_{sureface\ of\ cone}$) คือ ที่ระยะ 4.01

$$A_{sureface\ of\ cone} = \left[\left(\pi R^2\right) + \left(\pi R l\right)\right]$$

$$A_{sureface\ of\ cone} = \left[\left(\pi\left(0.4^2\right) + \left(\pi \times 0.4 \times 4.01\right)\right)\right]$$

$$A_{sureface\ of\ cone} = 5.541 \quad \text{m}^2$$

มุม (θ) คือ มุมระหว่างเส้นตั้งฉากกับระนาบเอียงและตรงที่ตกกระทบพื้นที่ตามกฎแลมเบริต์โคไซน์

$$Cos\theta = \frac{d}{T}$$

$$Cos\theta = \frac{3}{4}$$

$$\theta = 41^o$$

E คือ ความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย Lux กรณีบันทึกภาพกำหนด f-stop มีค่า 5.6 ดังสมการที่ (1)

N คือ ความเข้มแสงหน่วย f-stop เท่ากับ 5.6

T คือ ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) เท่ากับ 1/50 วินาที

S คือ ความไวแสง ตามมาตรฐาน ASA หรือ ISO หรือ EI เท่ากับ 200

$$E = \left(\frac{(N)^2}{T} \times \frac{250}{S} \right) \tag{1}$$

$$E = \left(\frac{(5.6)^2}{\frac{1}{50}} \times \frac{250}{200} \right)$$

$E = 1960$ lx ตรงตามข้อมูลความเข้มแสง รูปที่ 8

E คือ ความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย foot candle กรณีบันทึกภาพกำหนด f-stop มีค่า 5.6 ดังสมการที่ (2)

$$fc = \frac{25 \times f-stop \times f-stop}{0.02 \times ASA} \tag{2}$$

$$fc = \frac{25 \times 5.6 \times 5.6}{0.02 \times 200}$$

$$fc = 196$$

E คือ ความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย Lux กรณีกำหนดในหน่วย foot candle ดังสมการที่ (3)

$$E = fc \times 10.76 \tag{3}$$

$$E = 196 \times 10.76$$

$E = 2108.96$ lx คลาดเคลื่อน 148.96 จากค่าประมาณการ 10.76

หรือสามารถคำนวณค่าความเข้มแสงในหน่วย f-stop ด้วยค่า foot candle

$$f-stop = \sqrt{\frac{0.02 \times ASA \times fc}{25}}$$

$$f-stop=\sqrt{\frac{0.02\times200\times196}{25}}$$

$$f-stop=5.6$$

ϕ คือ ค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux) ที่ ระยะ 4.01 ดังสมการที่ (4)

$$\phi=1960\times\left[\left(\pi\left(0.4^2\right)+\left(\pi\times0.4\times4.01\right)\right)\right] \quad (4)$$

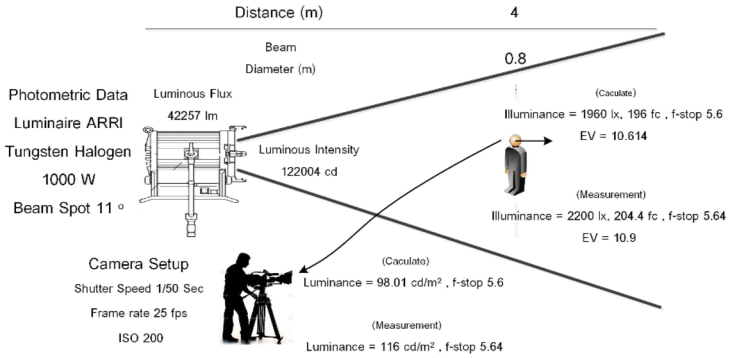
$$\phi=10857 \quad \text{lm}$$

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

กรณีการวัดและการคำนวณได้กำหนดระยะต่างๆ ของโคมไฟกับตัวแบบบุคคลมีค่าเท่ากันยกเว้นหมวดควบคุมกระจายแสงแคบ (Spot) โคมหลัก และโคมส่องหลัง 11 องศา ในขณะที่โคมเสริม 12 องศา ต่างกัน 1 องศา ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติตัวโคมไฟที่ระบุในคู่มือผลิตภัณฑ์ (Photometric Data) [9] สำหรับการกำหนดค่าเครื่องวัดคุณสมบัติทางแสง และกล้องบันทึกภาพ กำหนดค่าเท่ากันได้แก่ อัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame Rate) มีค่า 25 fps, ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) มีค่า 1/50 sec, ความไวแสง (ISO) มีค่า 200

3.1 กรณีตำแหน่งทิศทางแสงโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W

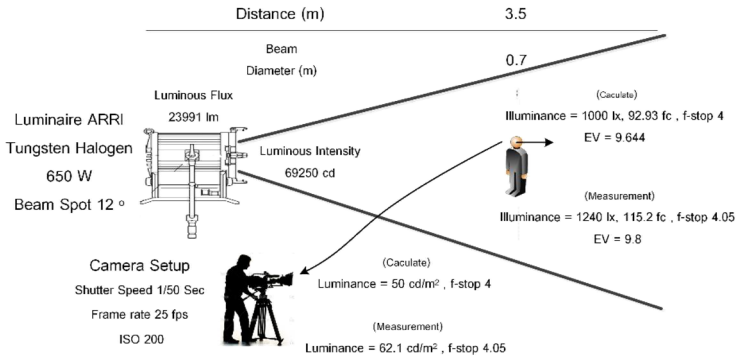
จากคุณสมบัติโคมไฟระบุในคู่มือผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous Flux, ϕ) มีค่า 42257 lm ค่าความเข้มส่องสว่าง (luminous Intensity, I) มีค่า 122004 cd ส่งผลให้ได้ค่าจากการวัด และการคำนวณ มีค่าความเข้มแสงในหน่วย Lux และ f-stop ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การวัด และการคำนวณ คุณสมบัติทางแสงโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W

3.2 กรณีตำแหน่งทิศทางแสงโคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W

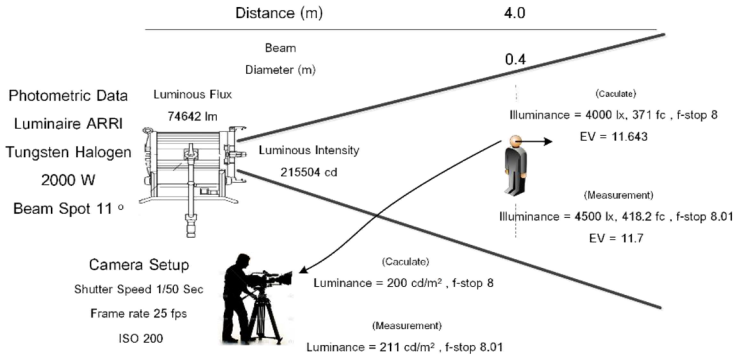
จากคุณสมบัติโคมไฟระบุในคู่มือผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous Flux, ϕ) มีค่า 23991 lm ค่าความเข้มส่องสว่าง (luminous Intensity, I) มีค่า 69250 cd ส่งผลให้ได้ค่าจากการวัด และการคำนวณ มีค่าความเข้มแสงในหน่วย Lux และ f-stop ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การวัด และการคำนวณ คุณสมบัติทางแสงโคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W

3.3 กรณีตำแหน่งทิศทางแสงโคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W

จากคุณสมบัติโคมไฟระบุในคู่มือผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous Flux, ϕ) มีค่า 74642 lm ค่าความเข้มส่องสว่าง (luminous Intensity, I) มีค่า 215504 cd ส่งผลให้ได้ค่าจากการวัด และการคำนวณ มีค่าความเข้มแสงในหน่วย Lux และ f-stop ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 การวัดและการคำนวณ คุณสมบัติแสงโคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W

3.4 การเปรียบเทียบการวัดและการคำนวณค่าความเข้มแสง (Illuminance , E) โคมไฟ 3 ตำแหน่ง

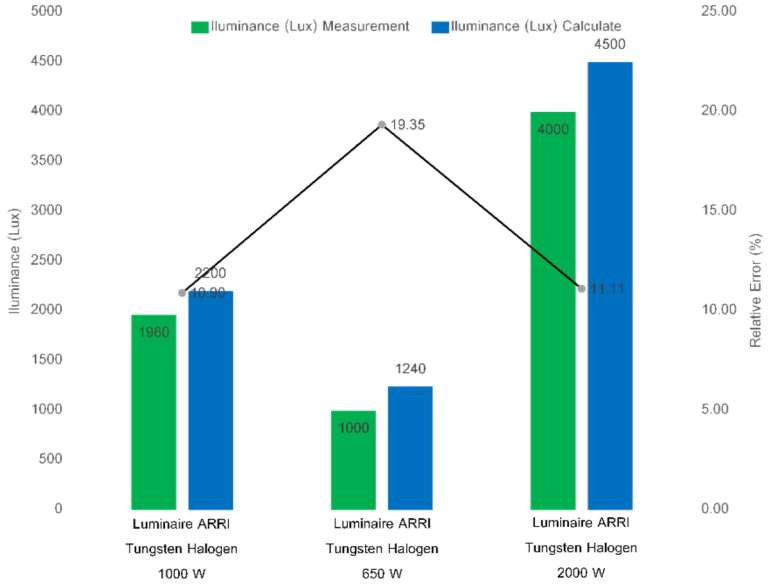
ความคลาดเคลื่อนการวัดและการคำนวณสาเหตุเกิดจากกำหนดเครื่องวัดคุณสมบัติทางแสง และ กล้องบันทึกภาพ ได้แก่ อัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที มีค่าการคำนวณ 24 fps สำหรับการวัด 25 fps, ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) การคำนวณ 1/48 sec สำหรับการวัด 1/50 sec ความไวแสง (ISO) เท่ากันมีค่า 200

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการวัดและการคำนวณความเข้มแสง (Illuminance , E)

โคมหลอดไฟ ทังสเตน–ฮาโลเจน	**ความเข้มแสง Illuminance (E)**		**ความคลาดเคลื่อน** (%)
	การวัด	**การคำนวณ**	
	ค่าการตั้งกล้อง Shutter Speed *1*/50 s Frame rate 25 fps ISO *200*	**ค่าการตั้งกล้อง Shutter Speed *1*/48 s Frame rate 24 fps ISO *200***	
ตำแหน่งไฟหลัก 1000W	2200 Lux	1960 Lux	10.9
	204.4 fc	182.1 fc	10.9
	5.64	5.6	*0.71*
ตำแหน่งไฟเสริม 650W	1240 Lux	1000 Lux	19.35
	115.2 fc	92.93 fc	19.33
	4.05	4	1.25
ตำแหน่งไฟส่องหลัง 2000W	4500 Lux	4000 Lux	11.11
	418.2 fc	371 fc	11.28
	8.01	8	0.12

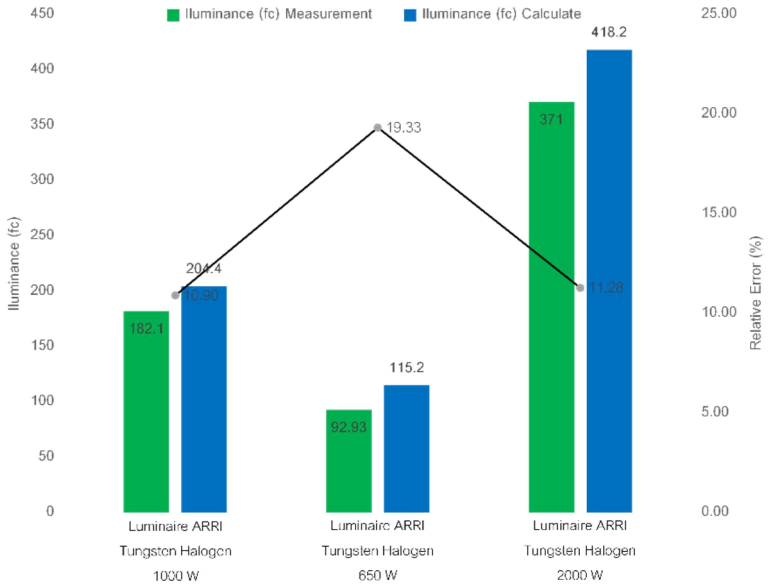
จากตารางที่ 1 ค่าการวัดและการคำนวณของความเข้มแสง (Illuminance , E) ในหน่วย ลักษ์ (Lux) และฟุตแคนเดิล (fc) และค่ารูรับแสง (f-stop) ประกอบด้วยโคมไฟ 3 ตำแหน่ง โคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W และ โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W กำหนดค่าตัวแปรการติดตั้งโคมไฟร่วมกับตำแหน่งตัวแบบบุคคลให้มีค่าใกล้เคียงมากที่สุดเพื่อควบคุมไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวัด ด้วยเครื่องวัดทั้ง *2* ประเภท และการคำนวณ มีการกำหนดตัวแปรติดตั้งตำแหน่งต่างๆ ให้มีค่าเดียวกันมากที่สุด ได้แก่ ค่าการกระจายแสงของโคมไฟแบบจุด (Spot) [10] ระยะห่างระหว่างโคมไฟกับตัวแบบบุคคล การควบคุมสภาพแสงภายในสตูดิโอให้เป็นแบบทึบ [11] จากนั้นนำค่าที่ได้จากการวัดและการคำนวณพล็อตกราฟแท่งและกราฟเส้นแสดงความคลาดเคลื่อนจากการวัดและการคำนวณ ดังรูปที่ 13-15

จากรูปที่ 13 แสดงค่ากราฟระหว่างการวัดและการคำนวณความเข้มแสง (Iluminance , E) หน่วย Lux ของโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W มีค่า 2200 Lux และ 1960 Lux คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนปานกลาง คือ 10.9 % โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W มีค่า 1240 Lux และ 1000 Lux คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 19.35 % และ โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W มีค่า 4500 Lux และ 4000 Lux คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนต่ำสุด คือ 11.11 %



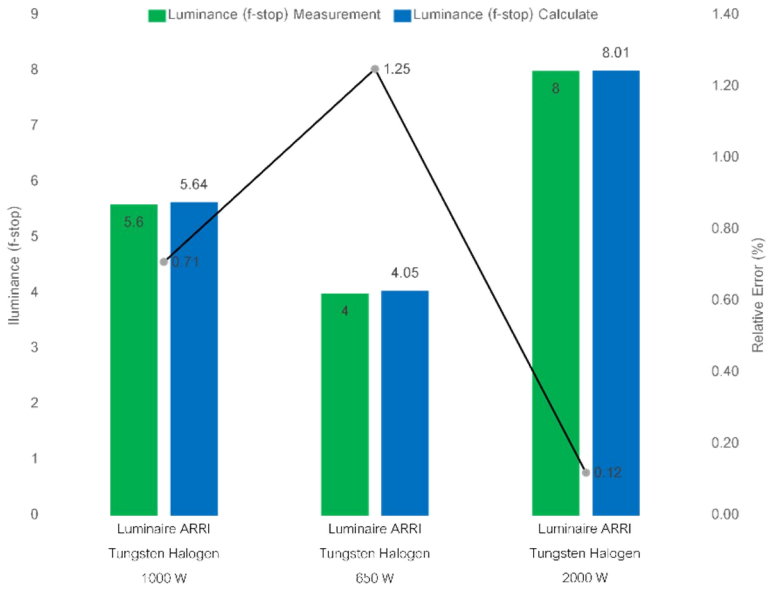
รูปที่ 13 ความเข้มแสง (E) หน่วย Lux โคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W, 650W และ 2000W

จากรูปที่ 14 แสดงค่ากราฟระหว่างการวัดและการคำนวณความเข้มแสง (Iluminance , E) หน่วย fc ของโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W มีค่า 204.4 fc และ 182.1 fc คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนปานกลาง คือ 10.9 % โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W มีค่า 115.2 fc และ 92.93 fc คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 19.35 % และ โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W มีค่า 418.2 fc และ 371 fc คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนต่ำสุด คือ 11.28 %



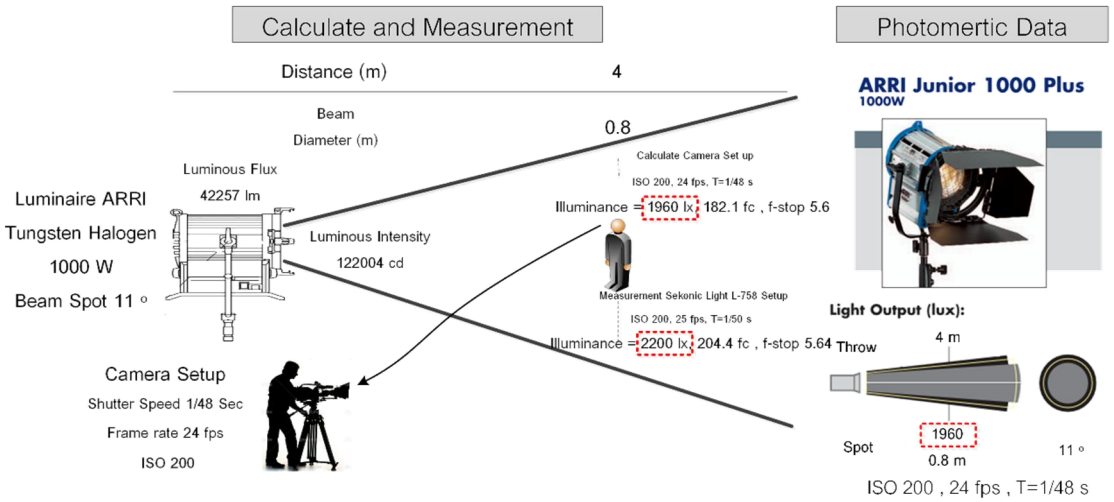
รูปที่ 14 ความเข้มแสง (E) หน่วย fc โคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W, 650W และ 2000W

จากรูปที่ 15 แสดงค่ากราฟระหว่างการวัดและการคำนวณความเข้มแสง (Iluminance , E) หน่วย f-stop ของโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W มีค่า f-stop เท่ากับ 5.64 และ 5.6 คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนปานกลาง คือ 0.71 % โคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W มีค่า f-stop เท่ากับ 4.04 และ 4 คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 1.25 % และ โคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W มีค่า f-stop เท่ากับ 8.01 และ 8 คิดเป็นเปอร์เซนต์คลาดเคลื่อนต่ำสุด คือ 0.12 %



รูปที่ 15 ความเข้มแสง (E) หน่วย f-stop โคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W, 650W และ 2000W

รูปที่ 16 เป็นกรณีตัวอย่าง ณ ตำแหน่งโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W ผู้ผลิตโคมไฟได้ระบุข้อมูลตามคู่มือผลิตภัณฑ์ กำหนดให้หมวดควบคุมการกระจายแสงแบบจุด (Spot) มีค่า 11 องศา ระยะห่างระหว่างโคมไฟถึงตำแหน่งของตัวแบบบุคคลระยะ 4 เมตร เกิดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกระจายแสงที่ตกกระทบตัวแบบมีค่า 0.8 เมตร ช่างภาพกำหนดการตั้งค่ากล้องดิจิตอล ที่ Shutter Speed 1/48 sec ค่า Frame Rate 24 fps ค่า ISO 200 ดังนั้นเมื่อนำค่าต่างๆ ไปคำนวณ พบว่าค่าความเข้มแสงเท่ากับ 1960 Lux หรือ 182.1 Foot Candle และมีค่า f-stop เท่ากับ 5.6 ดังนั้นขั้นตอนการวัดบริเวณปลายจมูกของตัวแบบ ผู้จัดแสง (Gaffer) จะต้องกำหนดค่าคุณสมบัติของกล้องบันทึกภาพ และ เครื่องวัดค่าความเข้มแสง รุ่น (Sekonic Color C500) สำหรับวัดหน่วย Lux และ Foot Candle เครื่องวัดรุ่น (Sekonic Light L-758) สำหรับวัดหน่วย f-stop ให้ตรงกับการคำนวณ แต่เนื่องจากไม่สามารถกำหนดค่าจากเครื่องวัด ทั้ง 2 ประเภท ให้ตรงตามค่ากล้องบันทึกภาพ เนื่องจากคุณสมบัติของเครื่องวัดตั้งอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame rate) มีค่า 25 fps, ความเร็วชัทเตอร์ (Shutter Speed) 1/50 sec, ความไวแสง (ISO) 200 ส่งผลให้ค่าความเข้มแสงมีค่า 2200 Lux หรือ 204.4 Foot Candle แต่ยังคงได้ค่า f-stop คลาดเคลื่อนไม่ถึงครึ่ง Stop มีค่า 5.64 จาก 5.6



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบการคำนวณกับข้อมูลคู่มือผลิตภัณฑ์ โคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน

4. สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนค่าความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย Lux เป็นหน่วย f-stop สำหรับให้ความสว่างการบันทึกภาพ ระหว่าง วิธีการวัดด้วยเครื่องวัดแสงตกกระทบ (Incident Light) และวิธีการคำนวณตามกฎแลมเบิร์ตโคไซน์ (Lambert's Cosine Law) ภายใต้ทฤษฎีจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ทั้งนี้ผู้ผลิตโคมไฟส่วนใหญ่ภายในคู่มือผลิตภัณฑ์ (Photometric Data) จะระบุค่าความเข้มแสง (Illuminance) หน่วย Lux หรือ fc และไม่ระบุค่าความเข้มแสงในหน่วย ค่ารูรับแสง f-stop ซึ่งทางด้านการจัดแสงในการบันทึกภาพจำเป็นต้องใช้หน่วย ค่ารูรับแสง ซึ่งสรุปงานวิจัยนี้ได้ว่า กรณีการวัดค่าความเข้มแสง (Illuminance , E) หน่วย ลักษ์ (Lux) หน่วยฟุตแคนเดิล (fc) และหน่วยค่ารูรับแสง (f-stop) มีค่าความคลาดเคลื่อน เนื่องจากความไม่เสถียรจากการวัดในขณะถือเครื่องวัดแสงโดยให้จุดรับแสง คือตัวโดมพลาสติกสีขาวซึ่งทำหน้าที่การอ่านค่าพลังงานแสงและค่าพลังงานไฟฟ้า มีระยะห่าง ที่ตัวแบบบุคคลสำหรับจัดแสงมีความไม่เสถียร ดังนั้นการถือเครื่องวัดด้วยคนแทนการตั้งเครื่องวัดด้วยขาตั้งส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนการวัดลดลง และผลการศึกษา การคำนวณความเข้มแสง (Illuminance , E) หน่วย ลักษ์ (Lux) หน่วยฟุตแคนเดิล (fc) และหน่วยค่ารูรับแสง (f-stop) ตามกฎแลมเบริต์โคไซน์ เริ่มต้นคำนวณโคมไฟ 3 ตำแหน่ง โดยนำค่าความเข้มแสง (Illuminance , E) จากคู่มือผลิตภัณฑ์โคมไฟ พบว่าค่าการคำนวณตรงตามตามกฎแลมเบริต์โคไซน์

ดังนั้นการวัดและการคำนวณของโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ประกอบด้วยตำแหน่งโคมหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 1000W ตำแหน่งโคมเสริมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 650W และ ตำแหน่งโคมส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโลเจน 2000W มีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซนต์ไม่สูงจึงสามารถนำไปใช้สำหรับการกำหนดค่าความเข้มแสง หน่วย ลักษ์ หรือ f-stop ได้ ทั้งนี้การกำหนดค่า f-stop สำหรับช่างภาพในกรณีต้องการจัดแสงให้กับตัวแบบบุคคลที่อยู่ในฉากช่างภาพต้องกำหนดความเข้มแสงเบื้องต้นในหน่วย f-stop ตามความต้องการของบรรยากาศผู้กำกับต้องการ ดังนั้นการเริ่มต้นกำหนดค่า f-stop จะช่วยให้ผู้จัดแสงสามารถประมาณการใช้

ประเภทและขนาดกำลังไฟฟ้าของโคมไฟให้เกิดความเหมาะสม และลดค่าใช้จ่ายเนื่องจากค่าไฟฟ้าจากโคมไฟ สำหรับการจัดแสงข้อเสนอแนะหากคุณสมบัติของโคมไฟและแหล่งกำเนิดแสงทุกประเภทของโคมไฟ ที่โรงงานผู้ผลิตโคมไฟแต่ละบริษัทมีการเพิ่มรายละเอียดระบุในคู่มือผลิตภัณฑ์ จากเดิมที่ระบุคุณสมบัติทางแสงประกอบด้วยค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous Flux, ϕ) ในหน่วย lm ค่าความเข้มส่องสว่าง (luminous Intensity, I) ในหน่วย cd และค่าความเข้มแสง (Illuminance , E) ในหน่วย ลักษ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) ที่นำมาใช้ได้กับระบบแสงสว่างภายในอุตสาหกรรม และ ที่พักอาศัย ในเชิงวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ที่เหมาะสมไม่ให้เกิดผลกระทบกับการมองของมนุษย์ ควรมีการเพิ่มเติมคุณสมบัติทางแสง ค่าความเข้มแสง (Illuminance , E) สำหรับการบันทึกภาพด้านผลิตรายการโทรทัศน์และภาพยนตร์ในหน่วยค่ารูรับแสง (f-stop) ที่ นำไปพิจารณาร่วมกับการจัดแสงเพื่อการบันทึกภาพให้กับตัวแบบบุคคล หรือฉาก ในการปรับค่ากล้องบันทึกภาพ เพื่อเพิ่มความเข้มแสงให้ได้ความสว่างใกล้เคียงกับการมองด้วยตาเปล่า หรือ ภาพที่ให้แสงปกติ (Normal) และหากทางผู้ผลิตโคมไฟได้ระบุข้อมูลในคู่มือผลิตภัณฑ์ ทั้ง 2 หน่วย คือ ลักษ์ (Lux) และ ค่ารูรับแสง (f-stop) จะช่วยให้การจัดแสงสามารถประมาณค่าความเข้มแสง เบื้องต้นได้ ซึ่งจะส่งผลต่อการค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าสำหรับการกำหนดขนาดกำลังไฟฟ้า และ เครื่องปั่นไฟได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2561 งบเงินอุดหนุน คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Mariam, Lighting control and studio management, Low Energy Lighting Guide for TV 2011, Productions [Online], Available: http://www.theatrecrafts.com/archive/documents/BBC. [May 27, 2020].

[2] Y. K. Cheng and K. W. E. Cheng, “General Study for using LED to replace traditional lighting devices,” 2nd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, Hong Kong, China, 2006, pp. 173-288.

[3] C.-H. Lee, L.-H. Chen, and W.-K. Wang, “Image contrast enhancement using classified virtual exposure image fusion,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 58, No 4, 2012, pp. 1253-1261.

[4] G. Bizjak, “LEDs and Measurements How Much Light Source Influence the Measurement Results,” International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering, Romania, 2020, pp.11-18.

[5] J. Prechaveerakul and C. Chompoo-Inwai, “Engineering Economic Analysis between High Power LED and Hydrargyrum Medium-Arc Iodide Luminaries in Studio Lighting Application,” 18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), Pattaya, Thailand, 2015, pp. 1-4.

[6] J. Jackman, Lighting for Digital Video and Television, 3 rd edition, Focal Press, USA, 2010.

[7] J. Prechaveerakul and A. Sakorndee, "Study of Compared Color Temperature of Color Correction Filter from Luminaries for Motion Pictures," The Research Journal of Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Vol. 20, No 1, 2021, pp. 40-52.

[8] G. Millerson, The Technique of Lighting for Television and Film, 3rd edition, Focal Press, Great Britain, 1991.

[9] J. Prechaveerakul and C. Chompoo-Inwai, "Optical and electrical performance comparisons between high power LED and HMI studio lighting including the engineering economics analysis," Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 40, No 4, 2017, pp. 318-328.

[10] M. Suwa and R. Oshima, "Study of LED Spot Beam lighting for Headlights," 2019 Proc. Int. Conf. on Consumer Electronics, Las Vegas, NV, USA, 2019, pp. 731-740.

[11] G. K. Savitha and P. Abhilash, "Simulation Study on Controller Design for Color Mixed White Light LED Panel for Studio Lighting," 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Singapore, 2012, pp. 1582-1587.