

การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่างที่ได้จากเครื่องวัดแสงที่ได้มาตรฐานและที่ได้จากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ กรณีศึกษาในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา

COMPARISON OF ILLUMINANCE MEASUREMENTS BETWEEN A STANDARD LUX METER AND A SMARTPHONE APPLICATION: A CASE STUDY OF A SMALL-SCALE GARMENT FACTORY IN PHAYAO PROVINCE

ณัฐพงศ์ ม้าเทศ* ฤทธิจักร สมปาน และพรรณวดี สิงห์แก้ว

Nutthaphong Mated ,Rittikorn Sompan and Pannawadee Singkaew

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

*Corresponding author, E-mail: Nutnutnut19667@gmail.com

Received: February 24, 2026 Revised: April 8, 2026 Accepted: May 21, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนาแบบตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเข้มแสงสว่างในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็ก และเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องวัดแสงมาตรฐานกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อจัดทำแผนผังแสดงระดับแสงสำหรับการบริหารจัดการความปลอดภัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างรวม 24 จุด ตามแนวทางการแบ่งพื้นที่แบบตึกกริด ผลการศึกษาพบว่าระดับความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยจากเครื่องวัดมาตรฐานเท่ากับ 441.04 ± 296.65 ลักซ์ ในขณะที่แอปพลิเคชันวัดได้เพียง 111.43 ± 64.95 ลักซ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยแอปพลิเคชันมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 74.74 และแสดงผลต่ำกว่าความเป็นจริงเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วย Bland-Altman Plot ยืนยันความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ โดยพบว่ามีค่าอคติเฉลี่ยเท่ากับ 329.61 ลักซ์ และพบแนวโน้มความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มแสง แผนผังแสดงระดับแสงที่ได้จากแอปพลิเคชันจึงขาดความถูกต้องเชิงตำแหน่งและการกระจายตัว และไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนไม่มีความเที่ยงตรงเพียงพอที่จะใช้ทดแทนเครื่องมือมาตรฐานในการตรวจรับรองความปลอดภัยทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรม ตามกฎหมายได้ จึงควรจำกัดการใช้งานเพียงเพื่อการสำรวจเบื้องต้นเท่านั้น เพื่อป้องกันการประเมินความเสี่ยงที่ผิดพลาดอันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพสายตาของผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว

คำสำคัญ: ความเข้มแสงสว่าง แผนผังแสดงระดับแสง แอปพลิเคชันสมาร์ทโฟน ความสอดคล้องของเครื่องมือสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

ABSTRACT

This cross-sectional descriptive study aimed to assess illuminance levels in a small-scale garment factory and compare the performance of a standard light meter with a smartphone application to develop contour map for safety management. A total of 24 measurement points were assessed using a grid-based sampling method. The results revealed that the mean illuminance recorded by the standard light meter was 441.04 ± 296.65 lux, whereas

the smartphone application recorded significantly lower values of 111.43 ± 64.95 lux ($p < .001$). The application exhibited a high mean percentage error of 74.74% and significantly underestimated the actual light intensity. Furthermore, Bland-Altman analysis confirmed a systematic bias, with a mean bias of 329.61 lux and a trend showing increased deviation at higher illuminance levels. Consequently, the illuminance map generated by the application lacked spatial accuracy and distribution precision, failing to reflect actual conditions. This study concludes that smartphone applications currently lack the sufficient precision to replace standard, legally mandated industrial hygiene instruments for safety certification. Their use should be restricted to preliminary surveys only, in order to prevent inaccurate risk assessments that could adversely affect workers' ocular health in the long term.

Keywords: Light intensity, Contour map, Smartphone application, Agreement analysis, Industrial hygiene

1. บทนำ

ความเข้มแสงสว่างถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมในชีวิตประจำวันและมีบทบาทหลักต่อประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ [1] โดยแสงสว่างที่เหมาะสมจะช่วยรักษาคุณภาพชีวิตและสุขภาพในการทำงานในทางตรงกันข้าม สภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างไม่เหมาะสมย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพสายตาและระบบประสาท หากแสงสว่างน้อยเกินไปจะบังคับให้กล้ามเนื้อตาทำงานหนักขึ้นเพื่อเปิดรูม่านตาให้กว้างขึ้น ส่งผลให้เกิดอาการเมื่อยล้า ตา น้ำตา ปวดตาและปวดศีรษะ ขณะที่แสงสว่างที่มากเกินไปหรือแสงจ้าจะก่อให้เกิดความไม่สบายตา ตา น้ำตา มีอาการพร่ามัว กล้ามเนื้อหนังตากระตุก และนำไปสู่ความเหนื่อยล้าทางจิตใจ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ไม่เพียงแต่ลดสมรรถภาพในการทำงาน แต่ยังเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดอุบัติเหตุในสถานประกอบการ [2]

ข้อมูลจากสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานของประเทศไทย ปี 2562 – 2566 สะท้อนให้เห็นความสำคัญของปัญหานี้ โดยพบว่าโรคจากสาเหตุทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับแสง (อาทิ แสงอัลตราไวโอเลต และการรับสัมผัสแสงสว่างที่ไม่เหมาะสม) ยังคงมีอุบัติการณ์อย่างต่อเนื่อง โดยมีลูกจ้างที่ได้รับผลกระทบจนถึงขั้นต้องหยุดงานประเมินเป็นรายปี [3] ปัญหานี้ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นในกลุ่มแรงงานนอกระบบ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ภาครัฐยังไม่สามารถคุ้มครองด้านสุขภาพและสวัสดิการได้อย่างทั่วถึง โดยเฉพาะกลุ่มผู้รับงานไปทำที่บ้านที่ต้องเผชิญกับสภาพการจ้างงานที่เสียเปรียบและสภาพแวดล้อมการทำงานที่มีความเสี่ยงสูงโดยขาดสิทธิและการเข้าถึงการตรวจสอบความปลอดภัยตามกฎหมายแรงงาน [4]

ในบริบทของโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กในชุมชนจังหวัดพะเยา กระบวนการทำงานจำเป็นต้องใช้ทักษะการมองในระดับสูง โดยการเพ่งเล็งสายตาดำเนินการใช้จักรเย็บผ้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อจัดการกับวัสดุที่มีรายละเอียดขนาดเล็ก เช่น เส้นด้ายและเนื้อผ้า ทั้งนี้ยังพบว่าพื้นที่การทำงานส่วนใหญ่มักมีแสงจำกัดและความเข้มแสงสว่างต่ำกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 [5] ซึ่งกำหนดให้นายจ้างต้องจัดให้มีการวัดความเข้มแสงสว่างไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเพื่อความปลอดภัยของลูกจ้าง

ถึงแม้การตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่างจะเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินความเสี่ยงและจัดทำแผนผังแสดงระดับแสง (Contour map) เพื่อการจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัยตามกฎหมาย [5] แต่ในปัจจุบันด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณและการเข้าถึงเครื่องมือมาตรฐานของโรงงานขนาดเล็ก จึงมีความพยายามนำแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนมาใช้ในการตรวจวัดระดับแสงอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ยังขาดหลักฐานทางวิชาการที่ยืนยันความถูกต้องแม่นยำของแอปพลิเคชันเหล่านี้เมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานในบริบทของอุตสาหกรรมเย็บผ้า ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประเมินความเข้มแสงสว่างและทดสอบความเที่ยงตรงของเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่การทำงานและจัดทำข้อเสนอแนะในการควบคุมป้องกันอันตรายจากแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับบริบทของโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กในชุมชนอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อประเมินระดับความเข้มของแสงสว่างในสภาพแวดล้อมการทำงานในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่างที่ได้จากเครื่องวัดแสงที่ได้มาตรฐานและที่ได้จากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์

2.3 เพื่อจัดทำแผนผังแสดงระดับแสงในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ที่ศึกษาในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา เพื่อดำเนินการตรวจวัดและประเมินระดับความเข้มของแสงสว่างในการทำงานและนำข้อมูลมาจัดทำแผนผังแสดงระดับแสง พร้อมทั้งออกแบบการตรวจวัดระดับความเข้มของแสงสว่าง โดยใช้เครื่องมือทั้ง 2 ประเภท อันได้แก่ เครื่องวัดแสงที่ได้มาตรฐานตามกฎหมายประเทศไทยกำหนด (Lux Meter) และการใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์ (Light Meter LM-3000) เพื่อตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่าง ทั้งนี้ มีการคำนวณจากขนาดของพื้นที่ในโรงงานเย็บผ้าและนำมาจัดแบ่งพื้นที่โดยการตีกติร

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา โดยวางแผนการตรวจวัดให้ครอบคลุมในพื้นที่เย็บผ้า และในพื้นที่กองผ้า ทั้งนี้ ได้ดำเนินการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างรวมทั้ง 24 จุด แบ่งการตรวจวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง เพื่อได้ค่าแสงที่ได้คุณภาพและนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละจุด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

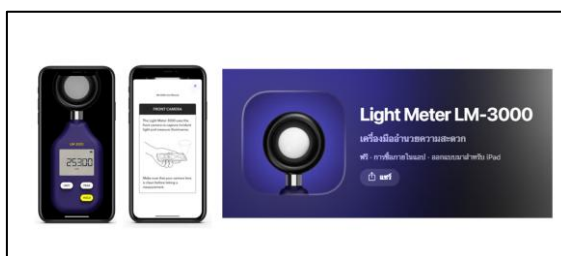
3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างในพื้นที่การทำงาน คือ เครื่องวัดแสง (Lux Meter) ยี่ห้อ EXTECH รุ่น 407026 หมายเลขเครื่อง (Serial Number) A.067462 มาตรฐานเครื่อง CIE 1931 ซึ่งเครื่องมือที่ใช้เป็นไปตามมาตรฐาน ตามแนวทางการตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงานและการดำเนินการตามพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 [2] ทั้งนี้ เครื่องวัดแสงยังถือว่ามีความแม่นยำสูงในการตรวจวัดและการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับแสง ดังรูปที่ 1 ทั้งนี้ เครื่องวัดแสงที่ใช้ในงานวิจัยยังมีระบบเซนเซอร์และการตอบสนองเชิงสเปกตรัม (Sensor and Spectral Response) และใช้เซนเซอร์แบบ Precision Photo Diode ร่วมกับตัวกรองสี (Color Correction Filter) ซึ่งออกแบบให้มีการตอบสนองต่อแสงตามมาตรฐาน C.I.E. Photopic Curve ที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นของดวงตามนุษย์ และมีระบบ Cosine Correction เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากแสงตกกระทบในมุมเฉียง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตรวจวัดแสงสว่างภายในโรงงานเย็บผ้าที่มีแหล่งกำเนิดแสงจากหลายทิศทาง โดยช่วงการวัดและความละเอียด (Measurement Range and Resolution): ตัวเครื่องรองรับการวัดความเข้มแสงในหน่วย ลักซ์ (Lux) และฟุตแคนเดิล (Foot-candle) โดยแบ่งช่วงการวัดออกเป็น 3 ระดับ (2,000 / 20,000 / 50,000 Lux) ครอบคลุมความต้องการตามมาตรฐานแสงสว่างในสถานประกอบกิจการ มีความละเอียดสูงสุดที่ 1 Lux และมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ที่ $\pm (5\% + 2 \text{ digits})$ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยทางอาชีวอนามัย [8], [9]

รวมทั้ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการให้สอดคล้องเป็นไปตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2561 [6]



รูปที่ 1 เครื่องวัดแสง (Lux Meter) รุ่น EXTECH รุ่น 407026

3.2.2 การใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์ Light Meter LM-3000 แอปพลิเคชันที่ใช้ในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง สำหรับสมาร์ทโฟน (iOS) โดยใช้โทรศัพท์ iPhone 13 เป็นสมาร์ทโฟนจาก Apple ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แอปพลิเคชันในโทรศัพท์ Light Meter LM-3000

3.3 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การสำรวจเบื้องต้น เป็นการสำรวจพื้นที่การทำงานของโรงงานทั้งหมด เพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยการเดินสำรวจบริเวณพื้นที่ภายใน (Walk through survey) [6] และดำเนินการจดบันทึกรายละเอียดของผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน รวมถึงลักษณะแสงที่เกิดขึ้น และระยะเวลาการสัมผัสความเข้มแสงสว่าง พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลสภาพแวดล้อมในการทำงาน อีกทั้ง การวางผังของหลอดไฟ การศึกษาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล รายละเอียดพื้นที่ กระบวนการผลิต ขนาด แผนผังการจัดวางเครื่องจักร และสภาพของเครื่องจักรที่ใช้เย็บผ้า

3.3.2 วางแผนกำหนดจุดตรวจวัดระดับแสงในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3 จะดำเนินการโดยการตีกริดในพื้นที่จริง โดยใช้ตลับเมตร (Tape measure) ซึ่งกำหนดระยะการตรวจวัด โดยทำการแบ่งพื้นที่ทุกระยะ 6.5 ฟุต หรือแบ่งพื้นที่ให้มีขนาดความห่างประมาณ 2 เมตร และทำการตรวจวัดแสงตรงจุดตัดของตารางที่ทำการตีกริดไว้ [7] ทั้งนี้ การแบ่งพื้นที่แบบตีกริดขนาด 2x2 เมตร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้จุดตรวจวัดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ ครอบคลุมบริเวณการทำงานทั้งหมดตามหลักมาตรฐานการตรวจวัด และเพื่อให้ได้ข้อมูลความละเอียดของพิกัดที่เพียงพอต่อการนำไปสร้างแผนผังแสดงระดับแสง (Contour map) ที่มีความแม่นยำ โดยรวมแล้วมีจุดการตรวจวัดทั้งหมดจำนวน 24 จุด อีกทั้งได้ติดตั้งหลอดไฟในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็ก ดังรูปที่ 4

3.3.3 วิธีการตรวจระดับแสงเพื่อนำผลมาวิเคราะห์และจัดทำแผนผังแสดงระดับแสง ซึ่งก่อนเริ่มการตรวจวัดต้องปรับให้เครื่องวัดแสงอ่านค่าที่ศูนย์ (Photometer Zeroing) [4] เพื่อปรับเทียบความถูกต้องและให้เครื่องเกิดความแม่นยำในการตรวจวัดมากขึ้น โดยการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างบริเวณพื้นที่ทั่วไป ตามหลักรูปแบบของการตรวจวัดแสงแบบพื้นที่ (Area Illuminance Measurement) อีกทั้ง จะดำเนินการตรวจวัดในแนวระนาบสูง

จากพื้น 75 เซนติเมตร โดยวัดค่าความเข้มของแสงสว่างทุกๆ 2×2 ตารางเมตร ตรวจวัดจำนวน 3 ครั้ง และวัดไปตามแนวระดับการตีกริดตามแถว ดังรูปที่ 5

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

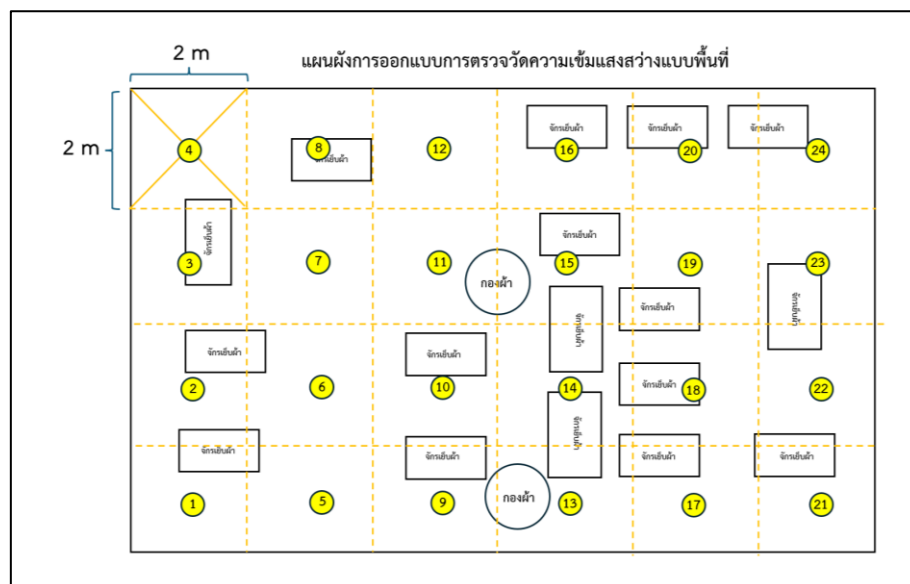
ภายหลังจากการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS version 21) และโปรแกรมสำหรับการประมวลผลเชิงพื้นที่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ผู้วิจัยใช้ สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ในการอธิบายระดับความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยในแต่ละจุดตรวจวัด รวมทั้งคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อน (Percentage Error) ระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานและแอปพลิเคชันในโทรศัพท์

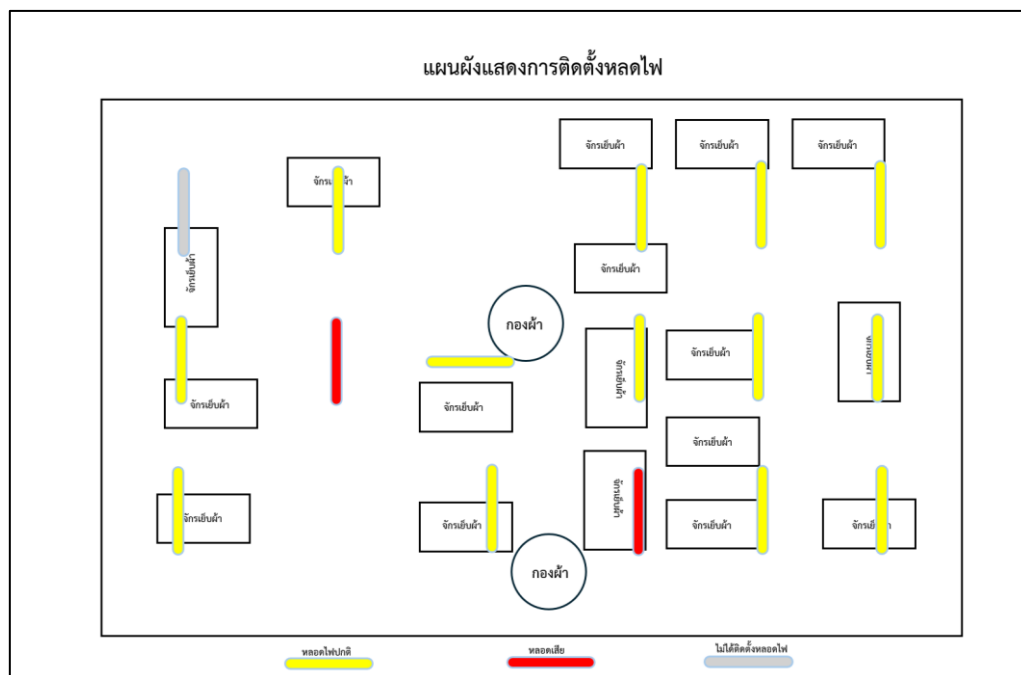
3.4.2 สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ผู้วิจัยใช้ สถิติทดสอบทีแบบจับคู่ (Paired Samples T-Test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มแสงสว่างที่ตรวจวัดได้จากเครื่องวัดแสงมาตรฐานและแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

3.4.3 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของเครื่องมือ (Agreement Analysis) ผู้วิจัยใช้ สถิติ Bland-Altman Plot ในการประเมินความสอดคล้องและตรวจสอบความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic Error) ระหว่างเครื่องมือทั้งสองชนิด โดยประเมินจากค่าอคติเฉลี่ย (Mean Bias) และขอบเขตความตกลง (95% Limits of Agreement: LoA)

3.4.4 การจัดทำแผนผังแสดงระดับแสง (Contour Map) ผู้วิจัยนำข้อมูลพิกัดและค่าความเข้มแสงสว่างที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดตารางกริด มาประมวลผลและสร้างแผนผังแสดงระดับแสง (Contour Map) ของพื้นที่โรงงานเย็บผ้า โดยใช้โปรแกรม Surfer version 19 เพื่อแสดงลักษณะการกระจายตัวของระดับความเข้มแสงสว่างเชิงพื้นที่ และเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสิทธิภาพการแสดงผลเชิงพื้นที่ระหว่างเครื่องวัดแสงมาตรฐานกับแอปพลิเคชันในโทรศัพท์



รูปที่ 3 วางแผนกำหนดจุดตรวจวัดแสงโดยการตีกริด 2×2 ตารางเมตร



รูปที่ 4 ลักษณะการติดตั้งหลอดไฟในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็ก



รูปที่ 5 ลงพื้นที่เก็บข้อมูลโดยการวัดแสงโดยใช้เครื่องวัดแสงที่ได้มาตรฐานและที่ได้จากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์

4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 การประเมินระดับความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์) ในสภาพแวดล้อมการทำงานในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา ระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานและแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ (n = 24)

จุดที่ตรวจวัด	เครื่องวัดแสง มาตรฐาน (□) (หน่วย Lux)	SD	แอปพลิเคชัน ในโทรศัพท์ (□) (หน่วย Lux)	SD	ส่วนต่าง (Lux)	ความคลาด เคลื่อน (%)
1	1,399.33	25.10	272.00	12.50	1,127.33	80.56%
2	742.00	15.40	170.00	8.20	572.00	77.09%
3	612.33	12.00	293.33	10.50	319.00	52.10%
4	577.33	11.20	273.33	9.80	304.00	52.66%
5	852.00	18.30	82.00	5.40	770.00	90.38%
6	581.67	10.50	101.67	6.10	480.00	82.52%
7	623.67	14.20	87.67	4.80	536.00	85.94%
8	550.67	11.00	114.67	7.30	436.00	79.18%
9	315.67	8.40	83.33	5.20	232.34	73.60%
10	234.00	6.50	72.00	4.10	162.00	69.23%
11	202.33	5.80	68.67	3.90	133.66	66.06%
12	283.33	7.20	74.00	4.50	209.33	73.88%
13	167.33	4.90	107.67	6.20	59.66	35.65%
14	223.33	6.10	59.67	3.50	163.66	73.28%
15	242.00	7.00	74.67	4.20	167.33	69.14%
16	207.67	5.50	72.33	4.00	135.34	65.17%

จุดที่ตรวจวัด	เครื่องวัดแสง มาตรฐาน (□) (หน่วย Lux)	SD	แอปพลิเคชัน ในโทรศัพท์ (□) (หน่วย Lux)	SD	ส่วนต่าง (Lux)	ความคลาด เคลื่อน (%)
17	351.67	9.20	163.33	8.80	188.34	53.56%
18	271.33	6.80	79.00	4.60	192.33	70.88%
19	261.67	6.50	66.00	3.80	195.67	74.78%
20	282.67	7.40	75.00	4.30	207.67	73.47%
21	381.00	10.10	100.00	6.00	281.00	73.75%
22	222.33	6.30	84.00	4.90	138.33	62.22%
23	249.00	7.10	89.33	5.20	159.67	64.12%
24	253.67	7.00	79.67	4.60	174.00	68.59%
รวมเฉลี่ย	441.04	296.65	111.43	64.95	329.61	74.74%

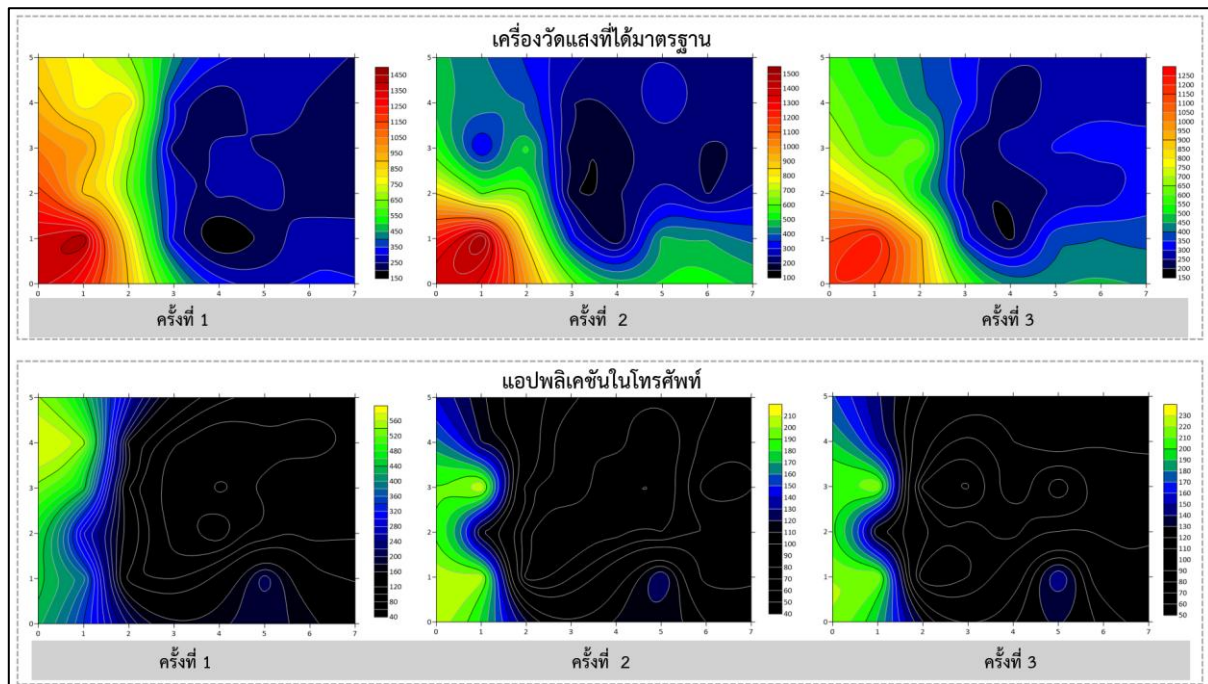
จากตารางที่ 1 พบว่าค่าความเข้มแสงสว่างที่ตรวจวัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานมีค่าสูงกว่าแอปพลิเคชันในโทรศัพท์อย่างมีนัยสำคัญในทุกจุดการตรวจวัด โดยมี ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงถึง 74.74% และในจุดที่ 5 ยังพบค่าความคลาดเคลื่อนสูงที่สุดถึง 90.38% นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) พบว่าแอปพลิเคชันมีค่า SD ที่ต่ำกว่าความเป็นจริงในเกือบทุกจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเซนเซอร์ของสมาร์ทโฟนไม่สามารถตรวจจับความผันแปรของความเข้มแสงได้อย่างละเอียดและแม่นยำเท่าเครื่องมือมาตรฐาน ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นชัดเจนว่าการใช้แอปพลิเคชัน LM-3000 ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนอย่างรุนแรง (Significant Underestimation) และไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือทดแทนในการประเมินความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในสถานประกอบการ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มแสงสว่าง (Paired Samples T-Test)

เครื่องมือวัดแสง	N	Mean (Lux)	SD	t	p-value
เครื่องวัดแสงมาตรฐาน (Lux Meter)	24	441.04	296.65	5.561	< .001*
แอปพลิเคชัน (LM-3000)	24	111.43	64.95		

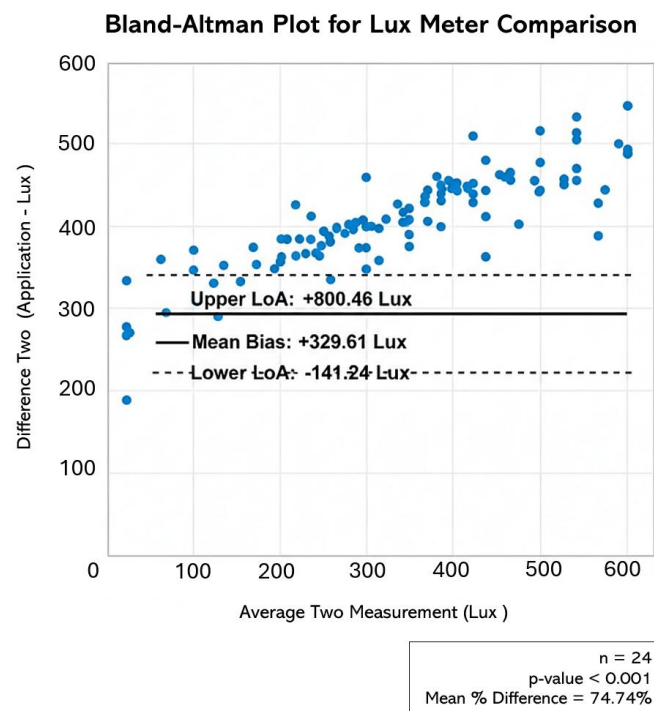
หมายเหตุ: * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มแสงสว่างที่ได้จากเครื่องวัดแสงมาตรฐาน (Mean = 441.04, SD = 296.65) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับค่าที่ได้จากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ (Mean = 111.43, SD = 64.95) ที่ระดับ .05 ($t = 5.561$, $p < .001$) โดยค่าที่ได้จากแอปพลิเคชันมีค่าต่ำกว่าเครื่องวัดแสงมาตรฐานอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 6 ผลการจัดทำแผนผังแสดงระดับแสงในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในชุมชนจังหวัดพะเยา

จากรูปที่ 6 เป็นการจัดทำแผนผังแสดงระดับแสง (Contour Map) เพื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเข้มแสงในพื้นที่โรงงานเย็บผ้า พบความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยในแผนผังที่ได้จาก เครื่องวัดแสง Lux Meter ที่ได้มาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความเข้มแสงครอบคลุมตามค่ามาตรฐานที่กำหนด มีการไล่เฉดสีที่สะท้อนถึงความสว่างจริงจากแหล่งกำเนิดแสงในพื้นที่ได้อย่างละเอียด ซึ่งในทางตรงกันข้าม แผนผังแสดงระดับแสงที่ได้จากการใช้แอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000 ในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง แสดงพื้นที่เป็นโทนสีที่บ่งบอกถึงระดับความเข้มแสงต่ำเกือบทั้งหมด (Under-reported intensity) ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในพื้นที่หน้างาน ลักษณะของแผนผังมีความคลาดเคลื่อนสูงและสูญเสียรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Detail) ของการกระจายแสง เนื่องจากเซนเซอร์ของสมาร์ตโฟนมีข้อจำกัดในการรับสัญญาณแสงที่มีความเข้มสูงและความไวต่อช่วงคลื่นแสงที่จำกัด ทั้งนี้ ข้อแตกต่างที่ปรากฏในแผนผังแสดงระดับแสงทั้งสองชุดนี้ ยืนยันว่าการใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มีอิทธิพลให้เกิดการแปลความหมายของสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่สอดคล้องกับข้อเท็จจริง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกรวางแผนการบริหารจัดการทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย และการบริหารจัดการระดับแสงสว่างให้เหมาะสมกับสภาวะความเสี่ยงของแต่ละพื้นที่การทำงาน



รูปที่ 7 กราฟ Bland-Altman แสดงความสอดคล้องระหว่างค่าความเข้มแสงสว่างที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดแสง Lux Meter มาตรฐาน และแอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (Agreement Analysis) ด้วยสถิติ Bland-Altman Plot ดังรูปที่ 7 พบว่าเครื่องมือวัดแสงทั้งสองชนิดมีความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic Error) อย่างชัดเจน โดยมีค่าอคติเฉลี่ย (Mean Bias) อยู่ที่ 329.61 ลักซ์ แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือมีแนวโน้มในการวัดค่าความเข้มแสงสว่างต่ำกว่าเครื่องมือวัดมาตรฐาน (Underestimation) ในเกือบทุกระดับของความเข้มของแสงสว่าง และเมื่อพิจารณาขอบเขตความตกลง (95% Limits of Agreement: LoA) พบว่า ค่าความเข้มของแสงสว่างมีช่วงที่กว้าง อยู่ระหว่าง -141.24 ถึง 800.46 ลักซ์ ซึ่งแสดงถึงความผันแปรของส่วนต่างที่สูงเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ในงานทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยและการเก็บตัวอย่างทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรม นอกจากนี้ ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มแสงเฉลี่ย (Proportional Bias) แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันจะมีความคลาดเคลื่อนรุนแรงมากขึ้นเมื่อนำไปใช้ในบริเวณที่มีความสว่างสูง ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า แอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000 มีความเที่ยงตรง (Accuracy) ต่ำ และไม่สามารถนำมาใช้ตรวจวัดทดแทนเครื่องมือมาตรฐานในการประเมินสภาวะแวดล้อมในการทำงานตามเกณฑ์มาตรฐานทางกฎหมายได้

5. อภิปรายผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่างระหว่างเครื่องวัดแสง Lux Meter มาตรฐาน และแอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000 กรณีศึกษา ในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็ก มีนัยสำคัญและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ซึ่งนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1 ความเที่ยงตรงและความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด

ผลการศึกษาพบว่าแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนให้ค่าความเข้มแสงต่ำกว่าเครื่องวัดมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงถึง 74.74% อีกทั้งผลจากกราฟ Bland-Altman ที่พบค่าอคติเฉลี่ย (Mean Bias) สูงถึง 329.61 ลักซ์ เป็นการยืนยันถึงความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นผลมาจากสมาร์ทโฟนไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานทางมาตรวิทยาหรือการตรวจวัดแสงโดยเฉพาะ โดยทั่วไปเซนเซอร์แสง (Ambient Light Sensor) ในโทรศัพท์ที่มีหน้าที่หลักเพื่อปรับความสว่างหน้าจออัตโนมัติเท่านั้น ต่างจากเครื่องวัดแสงมาตรฐานที่มีระบบ Cosine Correction และ Color Correction Filter เพื่อกรองแสงให้ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ตามมาตรฐาน CIE (International Commission on Illumination) [13] ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของราดา แก้วประเสริฐ, 2565 [10] ที่กล่าวว่า แอปพลิเคชันสำหรับวัดแสงสว่างมีข้อจำกัดในการใช้งานมากมาย โดยเฉพาะกับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง หากต้องการวัดให้ได้ค่าที่ถูกต้อง จะต้องเลือกแหล่งกำเนิดแสงในแอปพลิเคชันให้ตรงกับการใช้งานจริง

5.2 ผลกระทบต่อการประเมินความเสี่ยงและแผนผังแสดงระดับแสง (Contour Map)

แผนผังแสดงระดับแสง (Contour Map) ที่ได้จากแอปพลิเคชันแสดงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นระดับแสงต่ำ (Under-reported intensity) และยังพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบ Proportional Bias ที่พบในงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Roberts et al., 2016 [12] ซึ่งระบุว่าค่าความสว่างที่สูงเกินความสามารถของเซนเซอร์สมาร์ทโฟนจะทำให้ผลการวัดเข้าสู่จุดอิ่มตัว (Saturation) หรือเกิดความเบี่ยงเบนจากค่าจริงอย่างมีนัยสำคัญ

5.3 ข้อจำกัดในการใช้ทดแทนตามกฎหมาย

เมื่อพิจารณาตามกฎหมายกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 และประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ ที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2561 [5], [6] พบว่าแอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000 ไม่สามารถนำมาใช้ตรวจวัดเพื่อรับรองผลอย่างเป็นทางการตามกฎหมายได้ เนื่องจากแอปพลิเคชันดังกล่าวยังขาดความเที่ยงตรงและความแม่นยำ (Accuracy) ในระดับที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล ซึ่งกำหนดให้เครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในงานทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ± 5 สำหรับเครื่องวัดแสงขั้นคุณภาพสูง (CIE, 2014; JIS, 2006) [14], [15] ในขณะที่ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแอปพลิเคชันมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอย่างมาก

ดังนั้น การนำแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนมาใช้จึงเหมาะสมเพียงเพื่อการสำรวจเบื้องต้น (Screening Survey) เท่านั้น แต่ไม่สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการจัดทำแผนผังแสดงระดับแสงเพื่อการรับรองความปลอดภัยหรือการประเมินสภาวะแวดล้อมในการทำงานตามเกณฑ์มาตรฐานทางกฎหมายได้ ซึ่งข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ International Labour Organization (2020) [11] ที่ให้ความสำคัญเป็นลำดับแรก ของการใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐานสากล (Calibration) เพื่อการคุ้มครองสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะในกลุ่มแรงงานนอกระบบที่มักมีความเสี่ยงจากการเข้าถึงเครื่องมือมาตรฐานที่จำกัด

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มแสงสว่างที่ตรวจวัดได้จริงในพื้นที่เย็บผ้า พบว่ามีหลายจุดที่ยังไม่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ณัฐพงศ์ ม้าเทศ, 2568 [16] ที่ระบุว่าการประเมินความเข้มแสงสว่างในสถานประกอบกิจการต้องดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานของกฎหมาย เพื่อนำไปสู่การกำหนดมาตรการปรับปรุงหรือแก้ไขพื้นที่การทำงานให้เหมาะสม โดยการตรวจวัดที่แม่นยำจะช่วยในการวางแผนจัดการแหล่งแสงและพื้นที่ทำงานให้เพียงพอต่อการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพสายตาของผู้ปฏิบัติงานได้อย่างแท้จริง

6. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่างในโรงงานเย็บผ้าขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดพะเยา โดยใช้เครื่องวัดแสงมาตรฐาน (Lux Meter) และแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ (Light Meter LM-3000) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1 การประเมินระดับความเข้มแสงสว่างในพื้นที่ทำงาน

จากการตรวจวัดทั้งหมด 24 จุด พบว่าระดับความเข้มแสงสว่างที่วัดด้วยเครื่องมือมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 441.04 ลักซ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนดสำหรับงานเย็บผ้า แต่เมื่อพิจารณาจากแผนผังแสดงระดับแสง พบว่ามีการกระจายตัวของแสงที่ไม่สม่ำเสมอในบางพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน

6.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด

ผลการเปรียบเทียบพบว่า แอปพลิเคชันในโทรศัพท์เกิดค่าคลาดเคลื่อนที่เกินจริง โดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 111.43 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่าค่าจริงจากเครื่องมือมาตรฐานถึง 329.61 ลักซ์ (คิดเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 74.74%) สอดคล้องกับผลสถิติ Paired Samples T-Test ที่ยืนยันความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และผลจาก Bland-Altman Plot ที่ชี้ให้เห็นถึงความไม่สอดคล้องกันของเครื่องมือทั้งสองชนิด โดยพบว่ายิ่งระดับความเข้มแสงสูงขึ้น แอปพลิเคชันยังมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น

6.3 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้พิสูจน์ให้เห็นว่า แอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000 ในโทรศัพท์สมาร์ทโฟนไม่มีคุณภาพและความเที่ยงตรงเพียงพอ ที่จะใช้เป็นเครื่องมือทดแทนเครื่องวัดแสงมาตรฐานในการประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงานตามกฎหมายได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเซนเซอร์ที่ไม่ได้มาตรฐาน CIE [14]

ดังนั้นผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงาน ที่จะต้องใช้เครื่องมือทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมในการเก็บตัวอย่าง และผู้ที่มีหน้าที่บริหารจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พิจารณากำหนดนโยบายการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างโดยยึดหลักมาตรฐานวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ โดยควรหลีกเลี่ยงการใช้แอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนเพื่อการตัดสินใจในระบบการจัดการความปลอดภัยและอาชีวอนามัย ทั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพการวัดสากล อีกทั้ง การประเมินเพื่อรับรองสถานะการทำงานจะต้องใช้เครื่องมือมาตรฐานที่ได้รับการสอบเทียบประจำปีจากห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) และความเที่ยงของเครื่องมือ (Precision) ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งการใช้แอปพลิเคชันควรจำกัดขอบเขตอยู่เพียงในขั้นตอนการสำรวจเบื้องต้นเท่านั้น เพื่อป้องกันความผิดพลาดเชิงระบบในการประเมินความเสี่ยงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพสายตาและสมรรถภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พีรพล ภูแย้ม, เสรีย์ ตู๊ประกาย, วัฒนา จันทะโคตร และมงคล รัชชะ, “การประเมินระดับแสงสว่างภายในอาคาร

ศูนย์ฝึกอบรม”, วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน, 8(3), 2566. หน้า 27-33.

[2] กองความปลอดภัยแรงงาน. (2569, มกราคม. 15). แนวทางการตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อม

ในการทำงาน และการดำเนินการตามพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อม

ในการทำงาน พ.ศ. 2554, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา:

https://osh.labour.go.th/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=27&Itemid=220

- [3] สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน (2569, มกราคม. 13). สถานการณ์การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงาน ปี 2562 – 2566 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/1675d2a95c38687dd649989003beb08a.pdf
- [4] สุวิทย์ อินนามมา, “แรงงานนอกระบบ วิถีชีวิตการทำงาน การดูแลสุขภาพและสังคม กรณีศึกษากลุ่มเย็บผ้าตำบลบ้านเม็ง อำเภอนองเรือ จังหวัดขอนแก่น”, *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์*, 4(3), 2553. หน้า 379-392.
- [5] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, “กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและ สภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559”, ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559, เล่ม 133 ตอนที่ 91 ก.
- [6] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, “ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัดและการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้อง ดำเนินการ”, ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2561, เล่ม 135 ตอนพิเศษ 57 ง.
- [7] ณัฐพงศ์ ม้าเทศ, ปุณณิสา ผุดผ่อง, พรณวดิ สิงห์แก้ว และรัชกร ช่งกุล “การตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับเสียงและการจัดทำแผนผังแสดงระดับเสียงในโรงงานผลิตแผ่นป้ายแท็กและทรานส์ฟอนเดอร์ จังหวัดลำพูน”, *วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม*, 11(1), 2567. หน้า 68-77.
- [8] Extech Instruments. (2023). *User Manual: Heavy Duty Light Meter with PC Interface Model 407026*. FLIR Commercial Systems. [Online]. Available: [Extech Official Website].
- [9] Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2022). *Section III: Chapter 7 - Industrial Hygiene: Lighting*. In OSHA Technical Manual (OTM).
- [10] ราดา แก้วประเสริฐ. (2565). (2569, มกราคม. 30). เราสามารถใช้ Smart Phone วัดแสงสว่าง ได้หรือไม่?. *METROLOGY info*, 24(W1), 1-6. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://mx.nimt.or.th/>
- [11] International Labour Organization. (2020). *Safety and health at the heart of the future of work: Building on over 100 years of experience*. ILO.
- [12] Roberts, I., et al. (2016). Assessment of smartphone apps for measuring light levels in the workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(12), 945-952.
- [13] International Commission on Illumination. (2019). *CIE S 008/E:2019: Lighting of Work Places - Part 1: Indoor* (2nd ed.). CIE.
- [14] International Commission on Illumination. (2014). *CIE S 023/E:2013: Characterization of the Performance of Illuminance Meters and Luminance Meters*. CIE.
- [15] Japanese Industrial Standards. (2006). *JIS C 1609-1: Illuminance meters Part 1: General measuring instruments*. Japanese Standards Association.
- [16] ณัฐพงศ์ ม้าเทศ, ดารินทร์ วีระชัย, ชลธิชา มุ่งดี, ธนาพร เทียมใจ, จิราภรณ์ ลาพิงค์, รมีดา อุประ และฤทธิติกร สมปาน, “การเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างจากนวัตกรรมฝาครอบหลอดไฟและประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ฝาครอบหลอดไฟแต่ละประเภท”, *วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม*, 12(2), 2568. หน้า 37-49.