การพัฒนาเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ

ประนมกร ชูศรี*, ศิริรัตน์ โสพส

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยคริสเตียน นครปฐม
*Corresponding author email: pranomkorn.aum@gmail.com

ได้รับบทความ: 23 มกราคม 2566
ได้รับบทความแก้ไข: 14 มีนาคม 2566
ยอมรับตีพิมพ์: 27 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาเซนเซอร์วัดแสงสว่าง (400-700 nm) ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดให้สามารถตรวจวัดปริมาณแสงสีฟ้าที่เป็นอันตรายต่อดวงตามนุษย์ได้ (400-500 nm) โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เซนเซอร์ BH1750 ที่สามารถวัดแสงสว่างได้ในช่วง 1- 65535 lx เซนเซอร์นี้ถูกนำมาสอบเทียบกับเครื่อง EKO spectroradiometer รุ่น MS-710 ซึ่งเป็นเครื่องวัดมาตรฐาน จากนั้นทำการสอบเทียบเซนเซอร์แบบกลางแจ้งในช่วงวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ เพื่อหาสมการการแปรค่าของปริมาณแสงสีฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์กับเครื่องวัดมาตรฐาน จากนั้นนำสมการที่ได้มาแก้ค่าให้กับเซนเซอร์พร้อมทดสอบค่าความถูกต้องของการวัดปริมาณแสงสีฟ้า ผลที่ได้พบว่าปริมาณแสงสีฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์ BH1750 เมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.53 % จากนั้นผู้วิจัยนำเซนเซอร์ที่ผ่านการสอบเทียบแล้วไปตรวจวัดปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ และแท็บแล็ต อย่างละ 2 เครื่อง ผลที่ได้พบว่า ปริมาณแสงสีฟ้าที่ได้จากโทรศัพท์มือถือ แท็บแล็ต และคอมพิวเตอร์ อยู่ในช่วง 3.96-137.12 mW/m^2, 3.00-90.95 mW/m^2 และ 26.58-218.35 mW/m^2 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การสอบเทียบ / แสงสีฟ้า / เซนเซอร์ / จอประสาทตา

The Development of a Sensor for Measuring Blue-Light from Portable Electronic Devices

Pranomkorn Choosri*, Sirirat Solos

Department of Biomedical Engineering, College of Health Sciences,
Christian University, Nakhon Pathom
*Corresponding author email: pranomkorn.aum@gmail.com

Received: 23 January 2023
Revised: 14 March 2022
Accepted: 27 April 2023

Abstract

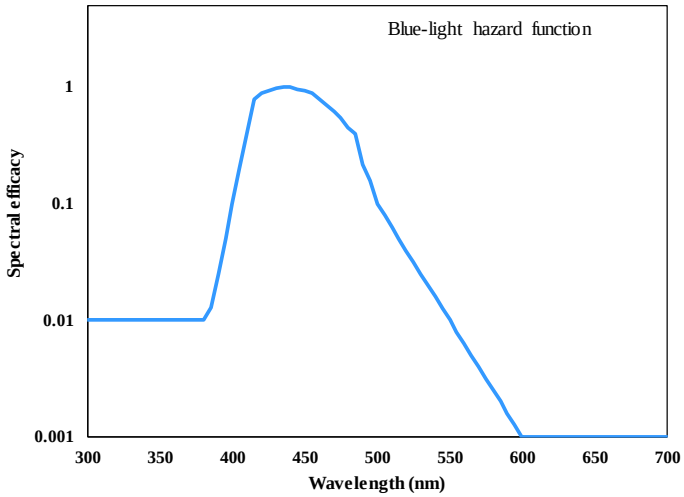
In this work, a low-cost light sensor (400-700 nm) was developed for measuring blue light (400-500 nm) from portable electronic devices. BH1750 sensor was selected for development, the sensor is a digital ambient light sensor that provided illuminance radiation between 1 to 65535 lx. The sensor was calibrated with standard radiometer as EKO spectroradiometer model MS-710 under cloudless sky conditions. The correction factor was obtained from relation between sensor data and blue light of standard radiometer. The results found that blue light from the sensor and the standard are in good agreement with root mean square different 0.53%. Then, the sensor was used for measuring blue light from portable electronic devices including two smartphones, two computers and two tablets. The amount of blue light emitted by smartphones, tablets and computers are in range 3.96-137.12 mW/m^2, 3.00-90.95 mW/m^2 and 26.58-218.35 mW/m^2, respectively.

Keywords: Calibration / Blue light / Sensor / Retina

บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้งานของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น การใช้งานคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือและแท็บแล็ต แสงสว่างจากหน้าจออุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ยังคงมีแสงสีฟ้าที่มีผลต่อดวงตาของมนุษย์ หากได้รับปริมาณแสงสีฟ้าเป็นเวลานาน อาจทำให้ตาล้า ตาพล่ามัว จอประสาทตาอาจเสื่อม และยังทำให้เกิดอาการนอนไม่หลับซึ่งส่งผลต่อนาฬิกาชีวิตของมนุษย์อีกด้วย [1]

แสงสีฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-500 nm [2] ซึ่งดวงตาของมนุษย์จะตอบสนองต่อแสงสีฟ้าไม่เท่ากัน ลักษณะการตอบสนองของแสงสีฟ้าแสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นค่าการตอบสนองที่มาจากมาตรฐาน IEC/EN62471 [3]



ภาพที่ 1 กราฟการตอบสนองแสงสีฟ้าที่เป็นอันตรายต่อดวงตามนุษย์

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าแสงสีฟ้าที่ตอบสนองต่อดวงมนุษย์มากที่สุดคือ 435-440 nm ซึ่งในช่วงความยาวคลื่นนี้ถูกตรวจพบว่าสามารถมาจากจอแสดงผลที่เป็นไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diode, LEDs) จึงทำให้นักวิจัยจำนวนมากพยายามที่จะพัฒนาจอภาพที่มีการตัดแสงสีฟ้าหรือพัฒนาเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศได้ [1, 4-6] เช่น Moyono et al [1] ได้ทำการศึกษาแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศทั้งหมด 10 เครื่อง ได้แก่ สมาร์ทโฟน จำนวน 5 เครื่อง แท็ปแล็ต จำนวน 4 เครื่อง แล็ปท็อป จำนวน 1 เครื่อง และได้ทำการเปรียบเทียบแสงสีฟ้า

ที่ถูกปล่อยออกจากอุปกรณ์เทคโนโลยีดังกล่าวเทียบกับที่ปล่อยจากแสงอาทิตย์ ผลที่ได้พบว่าแสงที่ถูกปล่อยออกจากอุปกรณ์เทคโนโลยีมีค่าแสงสีฟ้าอยู่ในช่วง 0.008-0.230 W/m^2 และแสงสีฟ้าจากดวงอาทิตย์อยู่ที่ 14.5-35.5 W/m^2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีมีน้อยกว่าแสงอาทิตย์มาก แต่ในปริมาณที่ไม่มากนี้มีผลต่อดวงตาของมนุษย์เป็นอย่างมาก ซึ่งหากใช้สายตาในการจ้องมองจอเป็นเวลานาน ก็จะทำให้โรคตาและมีผลกระทบต่อการนอนหลับได้ นอกจากนี้ Navarrete et al [4] ยังได้ทำการศึกษาสเปกตรัมแสงสีฟ้าของ LEDs ที่มาจากหลายๆ อุปกรณ์ เช่น หลอดไฟ สมาร์ทโฟน แท็ปแล็ต และจอแสดงผลในแต่ละยี่ห้อ และได้ทำการสร้างสมการมารตรฐานสำหรับคำนวณหาแสงสีฟ้าจากแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งสมการที่ได้จะอยู่ในรูปของสมการเชิงเส้น

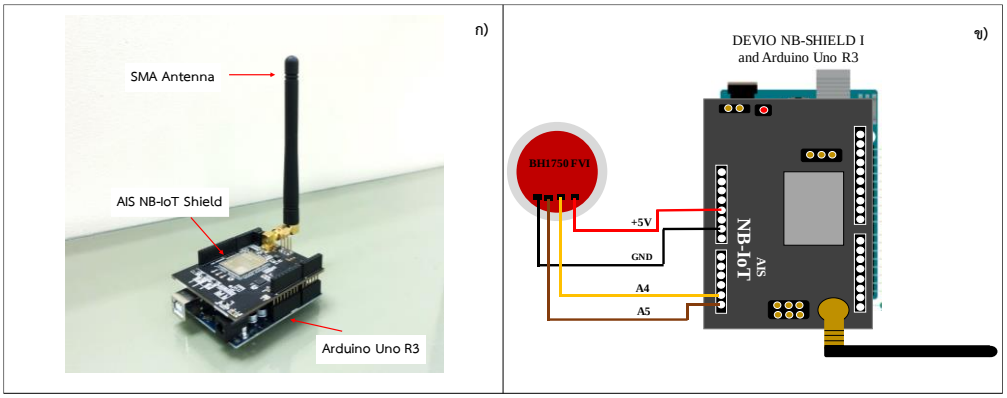
สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสเปกตรัมของแสงสีฟ้าหรือปริมาณของแสงสีฟ้าโดยตรงนั้นมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาเซนเซอร์วัดแสงแสงสว่างที่มีจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาด ให้สามารถวัดปริมาณแสงสีฟ้าที่มาจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศได้

วัสดุและวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เซนเซอร์ BH1750FVI สำหรับตรวจวัดแสงสว่างและเป็นเซนเซอร์ที่มีการใช้งานอย่างหลากหลาย [7-9] เนื่องจากที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาไม่สูงมากนัก อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อกับ Arduino หรือบอร์ดอื่นๆ ได้ จึงสะดวกต่อการใช้งานและต่อยอดการพัฒนาได้ง่าย สำหรับขั้นตอนการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสอบเทียบเซนเซอร์เพื่อหาสมการสำหรับแก้ค่าให้กับเซนเซอร์ และการวัดปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ

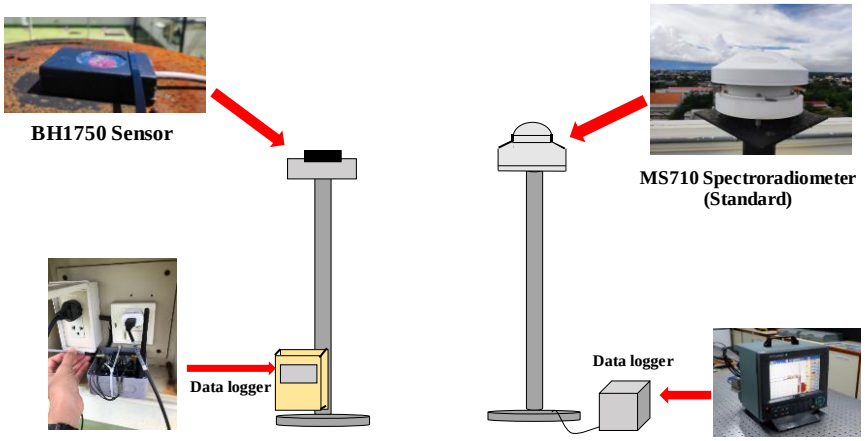
การสอบเทียบเซนเซอร์เพื่อหาแฟกเตอร์สำหรับแก้ค่า

ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยนำเซนเซอร์ BH1750 ต่อเข้ากับบอร์ด Arduino Uno R3 ในช่อง A4 และ A5 พร้อมกับเชื่อมต่อกับไฟเลี้ยง 5 V จากนั้นนำบอร์ด Arduino Uno R3 ไปเชื่อมต่อบอร์ดของ Narrow Band Internet-of-Things (NB-IoT) ของ AIS เพื่อส่งข้อมูลที่เซนเซอร์วัดได้ขึ้นเว็ปไซต์ในรูปของ Magellan platform ซึ่งผู้วิจัยสามารถทำการโหลดข้อมูลที่เซนเซอร์วัดได้จาก platform ดังกล่าว ลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ก) การเชื่อมต่อบอร์ด AIS NB – IoT Shield กับ บอร์ด Arduino Uno R3
ข) ไดอะแกรมการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับบอร์ดควบคุมการส่งข้อมูล

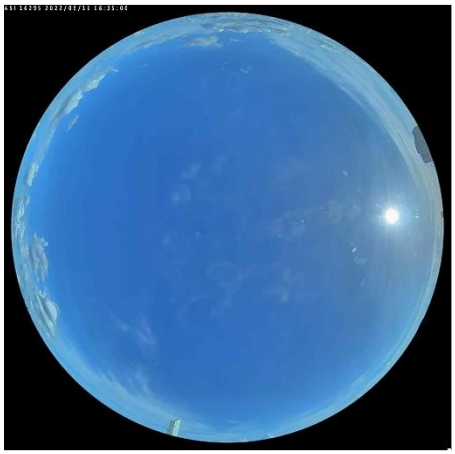
ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำเซนเซอร์ที่ทำการต่อกับบอร์ดควบคุมเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นไปทำการสอบเทียบ โดยผู้วิจัยจะทำการติดตั้งเซนเซอร์ไว้คู่กับเครื่องวัดมาตรฐานที่บริเวณดาดฟ้า คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เครื่อง EKO spectroradiometer (MS-710) เป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดและแต่ละช่วงความยาวคลื่น (350-950 nm) ได้อย่างแม่นยำ และครอบคลุมช่วงของคลื่นแสงสีฟ้า ลักษณะของการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับสอบเทียบดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะการวางตำแหน่งของเครื่องมือในการสอบเทียบ

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับการเก็บข้อมูลการสอบเทียบนั้น เลือกเก็บข้อมูลในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆเต็มท้องฟ้าหรือมีฝนตกในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล เนื่องจากเมฆมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก ส่งผลให้ค่าที่วัดได้มีความแปรปรวน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือในช่วงวันที่ 7-17 กันยายน พ.ศ. 2565 เก็บข้อมูลทุก ๆ 1 วินาที ตั้งแต่เวลา 6:00 น.-18:00 น.

ขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยทำการควบคุมคุณภาพข้อมูลจากข้อมูลภาพถ่ายท้องฟ้า เพื่อที่เลือกวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆหรือมีเมฆไม่เกิน 2/10 ส่วนของท้องฟ้า มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งภาพถ่ายจากท้องฟ้าได้จากเครื่อง Sky view ลักษณะของภาพถ่ายท้องฟ้าแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะของภาพถ่ายท้องฟ้าในวันที่ 11 กันยายน 2565

ขั้นตอนที่ 5 ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์หาผลการสอบเทียบนั้น ผู้วิจัยจะทำการแปลงสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่ได้จากเครื่อง EKO spectroradiometer (MS-710) ให้เป็นแสงในช่วงของแสงสีฟ้า โดยผู้วิจัยจะต้องทำการคูณค่าการตอบสนองของแสงสีฟ้า (ภาพที่ 1) ให้กับสเปกตรัมของแสงที่วัดได้ในแต่ละความยาวคลื่น ดังสมการที่ 1 [3]

$$BL = \int_{400}^{500} L(\lambda)R(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

เมื่อ BL คือ ปริมาณแสงสีฟ้า (W/m^2), $L(\lambda)$ คือ ปริมาณแสงที่แต่ละความยาวคลื่น (W/m^{2}μm^{-1}) λ คือ ความยาวคลื่น (μm) และ $R(\lambda)$ คือ ค่าการตอบสนองที่แต่ละความยาวคลื่น (-)

เมื่อทำการแปลงสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่ได้จากเครื่องมาตรฐานให้อยู่ในรูปของแสงสีฟ้าแล้ว จากนั้นนำข้อมูลมาพล็อตกราฟระหว่างปริมาณของแสงสีฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดมาตรฐานกับปริมาณแสงสว่างที่ได้จากเซนเซอร์ เพื่อดูความสัมพันธ์และสร้างสมการในการแก้ค่าให้กับเซนเซอร์ที่นำมาสอบเทียบ

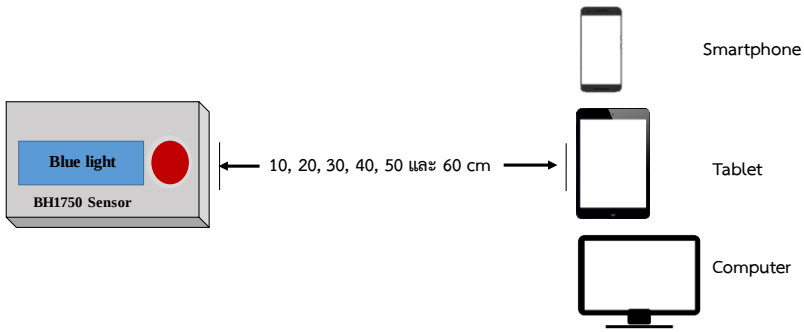
ขั้นตอนที่ 6 เมื่อได้สมการสำหรับแก้ค่าให้กับเซนเซอร์แล้ว ผู้วิจัยจะทำการทดสอบความถูกต้องของการวัดของเซนเซอร์ โดยทำการวัดปริมาณแสงสีฟ้าอีกครั้งและเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน ก่อนที่จะนำเซนเซอร์ไปใช้งานจริง

การวัดปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบเซนเซอร์เรียบร้อยแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำเซนเซอร์ประกอบใส่กล่องและหน้าจอแสดงผล จากนั้นนำเครื่องวัดแสงสีฟ้านี้ไปวัดค่าแสงสีฟ้าที่ปล่อยออกมาจากโทรศัพท์มือถือ แท็บแล็ต และคอมพิวเตอร์ ที่มีการใช้อยู่เป็นประจำ โดยขั้นตอนในการวัดนั้นมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ในการปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศนั้น ผู้วิจัยจะทำการวัด 2 รูปแบบ คือ วัดในตอนที่เปิดไฟในห้องปกติเสมือนกับการใช้งานในชีวิตประจำวันและวันตอนที่ปิดไฟในห้องทั้งหมดเหลือเพียงแค่ไฟจากหน้าจอของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศเท่านั้น

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยทำการวัดแสงสีฟ้าจากโทรศัพท์มือถือ แท็บแล็ต และคอมพิวเตอร์ในระยะต่างๆ ตั้งแต่ระยะ 10 , 20 , 30 , 40 , 50 และ 60 cm ซึ่งในแต่ละระยะที่ได้เลือกมานั้นเป็นไปตามเกณฑ์ของ IEC/EN62471 และ Moyono et al [1] ดังภาพที่ 5



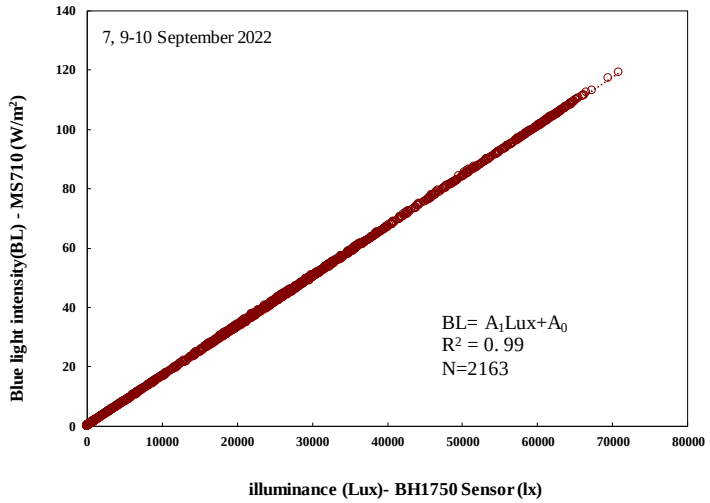
ภาพที่ 5 ระยะต่างๆ ที่ทำการวัดแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ

ขั้นตอนที่ 3 ก่อนจะทำการวัดแสงสีฟ้า จะต้องทำการเปิดความสว่างของหน้าจอแบบ 100% จากนั้นทำการวัดแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์แต่ละชนิด ทำการวัดชนิดละ 10 ครั้ง และหาเฉลี่ยของแสงสีฟ้าที่ได้

ผลการศึกษา

ผลของการสอบเทียบเซนเซอร์

ผู้วิจัยได้ทำการนำเซนเซอร์ไปสอบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน ซึ่งข้อมูลของการสอบเทียบผู้วิจัยได้เลือกวันที่ 7, 9 และ 10 กันยายน พ.ศ. 2565 เพื่อทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างเซนเซอร์ BH1750 กับเครื่องวัดมาตรฐาน EKO spectroradiometer รุ่น MS-710 เนื่องจากเป็นเครื่องที่มีความแม่นยำในการวัดสเปกตรัมของแสงสว่างในช่วง 350-950 nm และมีความละเอียดในการวัดอยู่ที่ 1 nm ผลการพล๊อตกราฟแสดงดังภาพ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณแสงสว่างที่ได้จากเซนเซอร์ BH1750 กับปริมาณแสงสีฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน MS710

จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแสงที่ได้จากเซนเซอร์สอดคล้องกับปริมาณแสงสีฟ้าที่ได้เครื่องวัดมาตรฐาน และมีความสัมพันธ์กันแบบสมการเส้นตรง (linear equation) จากนั้นผู้วิจัยได้ข้อมูลของวันดังกล่าวนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลทางสถิติของการสอบเทียบเซนเซอร์ BH1750

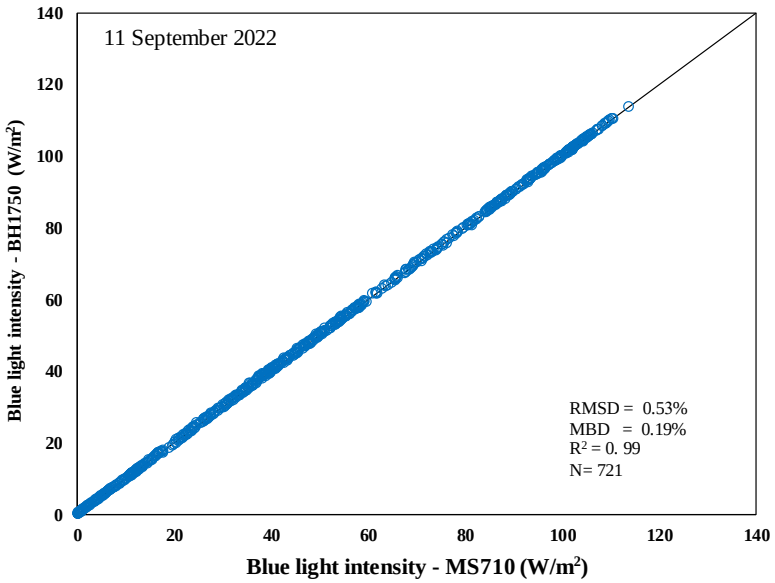
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	R^2
A0	-0.125892	0.007769	-16.204838	<0.01	0.99
A1	0.001683	0.000000	6459.331478	<0.01	

จากข้อมูลในตาราง A0 และ A1 คือ สัมประสิทธิ์ของสมการที่ได้จากการ regression ของสมการเส้นตรง และจากค่าทางสถิติ ผู้วิจัยสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$BL = 0.001683(Lux) - 0.125892 \quad (2)$$

เมื่อ BL คือ ปริมาณแสงสีฟ้า (W/m^2), Lux คือ ปริมาณแสงสว่างที่ได้จากเซนเซอร์ BH1760 (lx)

จากนั้นผู้ได้นำสมการ (2) ไปใช้ในโปรแกรม Arduino เพื่อแปลงค่าแสงสว่างที่วัดได้จากเซนเซอร์ ให้กลายเป็นปริมาณแสงสีฟ้า จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความถูกต้องของการวัดอีกครั้ง โดยผู้วิจัยได้เลือกวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2565 มาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้อง เนื่องจากเป็นวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆและฝนตกในวันดังกล่าว ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบความถูกต้องของสมการแปลงแสงสีฟ้า

จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าเซนเซอร์สามารถวัดแสงสีฟ้าได้อย่างถูกต้อง และมีค่าที่ได้มีความสอดคล้องกับเครื่องวัดมาตรฐาน โดยมีค่า Root mean square different (RMSD) เท่ากับ 0.53% และ Mean bias different (MBD) เท่ากับ 0.19%

ผลของการวัดแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ

ผู้วิจัยทำการวัดแสงสีฟ้าทั้งหมด 10 ครั้ง ในแต่ละระยะห่างต่างๆ ของแต่ละอุปกรณ์ ทั้งในขณะที่เปิดไฟห้องทำงานและปิดไฟห้องทำงาน ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2 ปริมาณแสงสีฟ้าที่วัดได้จากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศในระยะต่าง ๆ ในขณะที่เปิดไฟในห้องตามปกติ

อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ	**ปริมาณแสงสีฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (mW/m^2)**					
	10 cm	**20 cm**	**30 cm**	**40 cm**	**50 cm**	**60 cm**
Smart phone 1 (model A)	137.12	71.36	47.57	33.58	20.04	16.65
Smart phone 2 (model B)	78.35	50.75	36.38	29.38	19.75	14.22
Tablet 1 (model A)	90.95	57.37	37.78	29.38	19.01	12.99
Tablet 2 (model B)	26.58	23.79	22.39	20.99	18.97	17.05
Computer 1 (model A)	218.27	170.70	130.12	93.74	78.35	58.77
Computer 2 (model B)	111.93	96.54	71.36	54.57	52.18	37.78

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าปริมาณแสงสีฟ้าในขณะที่เปิดไฟของห้องทำงานของโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ 1 (model A) อยู่ระหว่าง 16.65-137.12 mW/m^2 สำหรับโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ 2 (model B) มีปริมาณแสงสีฟ้าอยู่ที่ 14.22-78.35 mW/m^2 สำหรับปริมาณแสงสีฟ้าของแท็บแล็ตเครื่องที่ 1 (model A) และ 2 (model B) อยู่ที่ 12.99-90.95 mW/m^2 และ 17.05-26.58 mW/m^2 ตามลำดับ สำหรับปริมาณแสงสีฟ้าจากคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 (model A) และเครื่องที่ 2 (model B) มีค่าอยู่ระหว่าง 58.77-218.27 mW/m^2 และ 37.78-111.93 mW/m^2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณของแสงสีฟ้าที่วัดได้จากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศในระยะต่าง ๆ ในขณะที่ปิดไฟ

อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ	ปริมาณแสงสีฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (mW/m^2)					
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
Smart phone (model A)	124.33	55.37	32.18	18.19	9.23	4.95
Smart phone (model B)	67.16	36.38	20.99	12.59	6.95	3.96
Tablet (model A)	71.36	39.18	23.73	16.79	9.90	6.12
Tablet (model B)	15.39	11.19	8.40	5.60	4.18	3.00
Computer (model A)	212.67	162.30	117.53	79.75	67.16	46.17
Computer (model B)	103.35	85.35	58.77	40.58	30.78	26.58

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าปริมาณแสงสีฟ้าในขณะที่ปิดไฟของห้องทำงาน เพื่อตัดแสงรบกวนจากแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ สำหรับการตรวจวัดแสงสีฟ้าของโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ 1 (model A) และเครื่องที่ 2 (model B) อยู่ระหว่าง 4.95-124.33 mW/m^2 และ 12.59-67.16 mW/m^2 ตามลำดับ สำหรับปริมาณแสงสีฟ้าของแท็บแล็ตเครื่องที่ 1 (model A) และ 2 (model B) อยู่ที่ 6.12-71.36 mW/m^2 และ 3.00-15.39 mW/m^2 ตามลำดับ สำหรับค่าปริมาณแสงสีฟ้าจากคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 (model A) และเครื่องที่ 2 (model B มีค่าอยู่ระหว่าง 46.17-212.67 mW/m^2 และ 26.58-103.35 mW/m^2 ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณแสงสีฟ้าในช่วงที่เปิดไฟในห้องทำงานตามปกติและมีค่าความเข้มแสงสูงกว่าตอนที่ทำการปิดไฟในห้องทำงาน เนื่องจากแสงสีฟ้าบางส่วนมาจากหลอดไฟ โคมไฟ ที่เราใช้งานอยู่ รวมทั้งระยะห่างระหว่างจอกับตำแหน่งที่เราใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศส่งผลต่อปริมาณแสงสีฟ้า เห็นชัดเจนได้ว่าเมื่อระยะห่างออกไปยิ่งทำให้ปริมาณแสงสีฟ้าลดลง

วิจารณ์และสรุป

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศจากเซนเซอร์ที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด โดยผู้วิจัยเลือกใช้เซนเซอร์ BH1750 และได้นำไปสอบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน EKO spectroradiometer รุ่น MS-710 ซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม และได้เก็บข้อมูลสอบเทียบในช่วงวันที่ 7-17 กันยายน พ.ศ.2565 จากนั้นเลือกข้อมูลในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสมาทำการวิเคราะห์ผลการสอบเทียบ ผลที่ได้พบว่าเซนเซอร์สามารถวัดแสงสีฟ้าได้อย่างแม่นยำโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปของ Root mean square difference เท่ากับ 0.53% และ Mean bias difference เท่ากับ 0.19% จากนั้นผู้วิจัยได้นำเซนเซอร์ที่ผ่านการสอบเทียบแล้วไปทำการวัดปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศได้แก่ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ และแท็บแล็ต อย่างละ 2 เครื่อง ผลที่ได้พบว่า แสงสีฟ้าที่วัดได้จากโทรศัพท์มือถืออยู่ที่ 14.22-137.12 mW/m^2 ในขณะที่เปิดไฟ และ 3.69-124.33 mW/m^2 ในขณะที่ปิดไฟ สำหรับสีฟ้าที่ได้จากแท็ปแล็ต อยู่ที่ 12.99-90.95 mW/m^2 ในขณะที่เปิดไฟ และ 3.00-71.36 mW/m^2 ในขณะที่ปิดไฟ และแสงสีฟ้าที่ได้จากคอมพิวเตอร์ อยู่ที่ 37.78-278.35 mW/m^2 ในขณะที่เปิดไฟ และ 26.58-212.67 mW/m^2 ในขณะที่ปิดไฟ จะเห็นได้ว่าปริมาณแสงสีฟ้าจากโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ และแท็บแล็ตมีค่าแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของจอภาพและประเภทของจอแสดงผลของแต่ละอุปกรณ์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแสงสีฟ้าที่วัดได้จากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Moyano et al [1] และ Navarrete et al [4]

จากผลการทดลองการวัดปริมาณแสงสีฟ้าที่ปล่อยออกมาจากจอแสดงผลของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศจะเห็นได้ว่ายังคงมีปริมาณแสงสีฟ้าอยู่ ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณที่ไม่มากนัก แต่หากดวงตาได้รับแสงสีฟ้าเป็นเวลานานๆ จะทำให้ตาล้า ตาพล่ามัว และอาจจะส่งผลให้จอประสาทตาเสื่อมได้ ดังนั้นหากไม่สามารถหลีกเลี่ยงจากการใช้สายตาอยู่หน้าจอเป็นเวลานาน ควรพักสายตาเป็นระยะหรือใช้อุปกรณ์เสริมที่ เช่น แว่นตากรองแสงสีฟ้า หรือการติดฟิลม์ลงบนจอภาพเพื่อตัดแสงสีฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือและสถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการสอบเทียบเซนเซอร์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Moyano DB, Sola Y, González-Lezcano RA. Blue-Light Levels Emitted from Portable Electronic Devices Compared to Sunlight. Energies 2020; 13: 1-9.
2. Shibuya K, Onodera S, Hori M. Toxic wavelength of blue light changes as insects grow. PLoS One 2018;13:1-19.
3. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC). Photobiological Safety of Lamps and Lamps Systems; IEC: Brussels, Belgium 2009:62471.
4. Li H, Zhang M, Wang D, Dong G, Chen Z, Li S, et al. Blue Light from Cell Phones Can Cause Chronic Retinal Light Injury: The Evidence from a Clinical Observational Study and a SD Rat Model. Biomed Res Int 2021:3236892.
5. Navarrete EG, Aguilera J, Solis A, Victoria MG, Ramón JA. Herrera-Ceballos E, et al. The potential role of UV and blue light from the sun, artificial lighting, and electronic devices in melanogenesis and oxidative stress. Journal of Photochem and Photobiology, B: Biology 2022;228:112405.
6. Chellappa SL, Steiner R, Oelhafen P, Lang D, Götz T, Krebs J, et al. Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. J Sleep Res 2013;22:573-80.
7. Gao J, Luo J, Xu A, Yu J. Light intensity intelligent control system research and design based on automobile sun visor of BH1750. CCDC 2017:3957-60.
8. Desnanjaya IGMN, Ariana AAGB, Nugraha IMA, Wiguna IKAG, Sumaharja IMU. Room Monitoring Uses ESP-12E Based DHT22 and BH1750 Sensors. JRC 2022;3:205-11.
9. Sahu HS, Himanish N, Hiran KK, Leha J. Design of Automatic Lighting System based on Intensity of Sunlight using BH-1750. CCGE 2021:1-6.