

# การพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงจากอุปกรณ์ จำกัดลำรังสีในการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์

นัฐิกา จิตรพินิจ<sup>1</sup> และ รุ่งโรจน์ จันทร์สูง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 2 พิชญ์โลก กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ อำเภอเมือง พิชญ์โลก 65000

<sup>2</sup>ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50180

**บทคัดย่อ** เครื่องวัดความสว่างของแสงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ทดสอบคุณภาพแสงสว่าง ที่ออกมาจากอุปกรณ์จำกัดลำรังสีของเครื่องเอกซเรย์ว่ามีความสว่างของแสงไฟผ่านมาตรฐานหรือไม่ เพื่อให้สามารถกำหนดพื้นที่แสงไฟในการถ่ายภาพรังสีได้อย่างถูกต้อง จึงได้พัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงที่ใช้หลักการวัดอุณหภูมิสีของแสง โดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับแสงสีซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับสีที่มีความละเอียดสูง สามารถแยกสีแดง เขียว น้ำเงิน และแสงที่ไม่มีสี แล้วใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลเป็นค่าความสว่างของแสงตามมาตรฐาน CIE 1931 โดยแสดงผลการวัดความสว่างของแสงทุกความยาวคลื่นที่มองเห็นได้เป็นตัวเลข เมื่อนำผลการวัดจากเครื่องที่พัฒนาขึ้นไปเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าที่ใช้เป็นเครื่องอ้างอิง พบว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีค่าผิดพลาดสูงสุด ร้อยละ 4.5 และการทำซ้ำของผลการวัดมีค่าร้อยละสัมประสิทธิ์การแปรปรวน 1.9

**คำสำคัญ:** เครื่องวัดความสว่างของแสง, เครื่องเอกซเรย์, อุปกรณ์จำกัดลำรังสี

Corresponding author E-mail: natika.j@dmsc.mail.go.th

Received: 10 March 2025

Revised: 31 August 2025

Accepted: 2 September 2025

## บทนำ

เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการช่วยให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคให้ผู้ป่วยและปัญหาสุขภาพต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้งานควรได้รับการควบคุมคุณภาพ และการตรวจสอบคุณภาพมาตรฐานและความปลอดภัยตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้เครื่องเอกซเรย์ที่ใช้งานมีความปลอดภัยทางรังสีและมีมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศตามมาตรฐานสากล ปัจจุบันสำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ 15 แห่ง เป็นหน่วยงานที่ให้บริการตรวจสอบคุณภาพมาตรฐานตามประกาศมาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย พ.ศ. 2566<sup>(1)</sup> ซึ่งมีข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยและเครื่องเอกซเรย์ชนิดต่างๆ เพื่อกำกับดูแลเครื่องเอกซเรย์ให้สามารถบริการประชาชนได้อย่างปลอดภัย เครื่องเอกซเรย์มีส่วนประกอบหลัก คือ หลอดเอกซเรย์เป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ แหล่งจ่ายไฟแรงสูง และชุดควบคุมเครื่องเอกซเรย์ และมีส่วนประกอบอื่นที่สำคัญคือ อุปกรณ์จำกัดลำรังสี (Beam limiting device) ที่ใช้ในการจำกัดขนาดลำรังสีให้เหมาะสมในการถ่ายภาพรังสีของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายไม่ให้เปิดกว้างเกินความจำเป็น เนื่องจากการเปิดพื้นที่ลำรังสีกว้างทำให้มีปริมาณรังสีกระเจิงมากขึ้นหรือหากความสว่างของแสงไฟที่แสดงขอบเขตการฉายรังสีมีความสว่างไม่เพียงพอ อาจทำให้การเปิดพื้นที่แสงไฟในการถ่ายภาพไม่ถูกต้อง ทำให้ไม่ครอบคลุมอวัยวะที่ต้องการถ่ายภาพรังสีทั้งหมด ดังนั้นมาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์จึงได้กำหนดให้มีการตรวจสอบอุปกรณ์จำกัดลำรังสีหรือคอลลิเมเตอร์ (Collimator) ให้มีความสว่างแสงไฟไม่น้อยกว่า 100 ลักซ์ (Lux) ที่ระยะ 1 เมตร จากตำแหน่งจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ โดยใช้เครื่องมือวัดความสว่างของแสงซึ่งเครื่องมือวัดความสว่างที่จำหน่ายมีหลากหลายยี่ห้อและมีหลักการทำงานที่แตกต่างกัน รวมถึงมีราคาแพงหากสั่งซื้อจากต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงที่มีความแม่นยำสูงนำมาใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ในราคาถูกกว่าการจัดหา

เครื่องมือจากต่างประเทศ โดยพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงไฟที่ใช้หลักการวัดอุณหภูมิสีของแสง โดยเลือกใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับสี (Color sensor) หมายเลข TCS34725 ที่ผลิตโดยบริษัท AMS AG ซึ่งสามารถให้ค่าการวัดในรูปแบบดิจิทัลเพื่อวิเคราะห์สีและแยกความแตกต่างระหว่างสีที่ตรวจจับ และแสดงผลการวัดความสว่างของแสงทุกความยาวคลื่นที่มนุษย์มองเห็นได้ (visible light spectrum) มีความละเอียดในการวัดสูงถึง 16 บิต เป็นเทคโนโลยีชนิดโฟโตไดโอด โดยเซ็นเซอร์นี้มีช่องสีที่สามารถวัดได้ 4 ช่อง ได้แก่ แสงสีแดง (R), เขียว (G), น้ำเงิน (B), และ Clear (C) โดยช่องสี Clear คือ แสงที่ไม่ถูกรอง รวมทั้งแสงสีขาวและแสงที่สะท้อนจากวัตถุจะทำการวัดแสงรวม (ambient light) ที่ไม่ได้กรองสี จากนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลค่าความสว่างของแสงตามมาตรฐาน CIE 1931 ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการบ่งบอกสีของแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ (CIE 1931 Color Space)<sup>(2)</sup> พัฒนาโดย International Commission on Illumination, Austria ทำให้สามารถแสดงผลการวัดความสว่างของแสงทุกความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ โดยจะช่วยให้สามารถคำนวณค่าความสว่างรวมของแสงที่ถูกตรวจจับจากเซ็นเซอร์ เครื่องมือที่พัฒนานี้เป็นต้นแบบที่ใช้ทดสอบความสว่างของแสงในบริเวณที่จะถ่ายภาพรังสีของเครื่องเอกซเรย์ให้มีมาตรฐานคุณภาพและปลอดภัยในการใช้งาน นำไปสู่การพัฒนาต่อยอดการใช้เทคโนโลยีในการสร้างเครื่องมือต้นแบบที่สำคัญเพื่อใช้ในงานด้านอื่น ๆ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาเป็นประโยชน์แก่ประเทศต่อไป

## วัสดุและวิธีการ

### เครื่องมือมาตรฐานและอุปกรณ์

เครื่องมือวัดความสว่างของแสงทางการค้า (KLM-520C, Kepler, China), เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไป (0072, ACOMA, Japan), อุปกรณ์ตรวจจับสี Chroma Lux Meter (TCS34725 Color Sensor, AMS, Austria), บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมสายสัญญาณและโปรแกรม Arduino IDE Version 1.8.0 (Arduino, Italy), โมดูลแสดงผล ICD ขนาด

20 × 4 พร้อมอินเทอร์เฟซ I<sup>2</sup>C (Arduino, Italy) และคอมพิวเตอร์แบบพกพา (HP PAVILION 15-CX0083TX, Hewlett-Packard, USA)

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

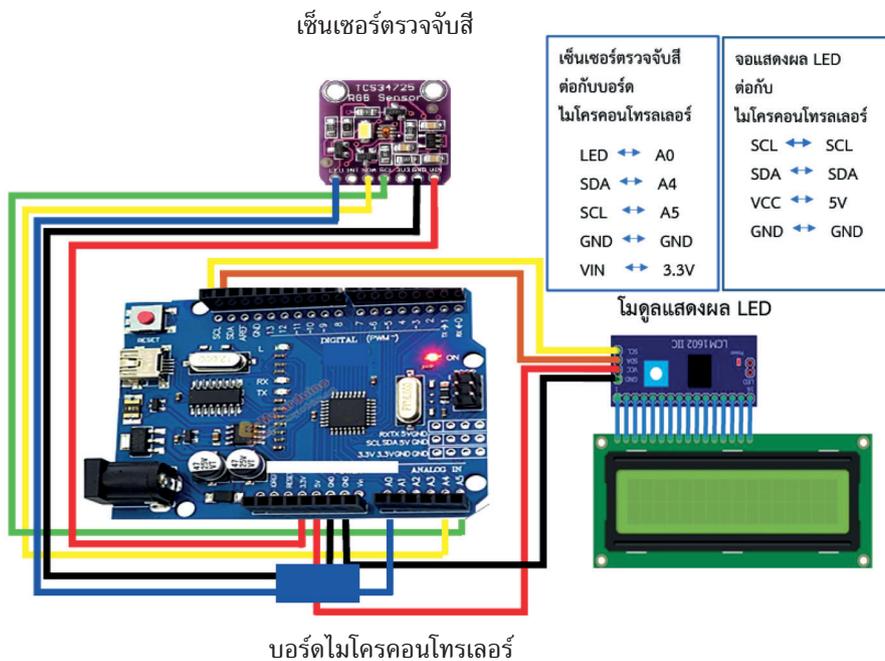
รวบรวมข้อมูลจากการวัดค่าความสว่างของแสงไฟจากเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไปสำหรับทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ โดยใช้เครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความสว่างของแสงที่พัฒนาในงานวิจัยนี้

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วัดค่าความสว่างแสงไฟในหัวข้อค่าความแม่นยำ (Accuracy) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละความผิดพลาด และค่าความซ้ำ (Reproducibility) โดยแสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรผัน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Two-Factor Without Replication ANOVA

### วิธีการพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงสำหรับทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์

ในการพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงสำหรับทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ เครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้า ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนหัววัด ส่วนประมวลผล โปรแกรมสั่งงาน และส่วนแสดงผล มีการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความสว่างแสงโดยประกอบอุปกรณ์ต่างๆ โดยในส่วนหัววัดใช้อุปกรณ์ตรวจจับสีเป็นเซ็นเซอร์ ตรวจจับสีที่มีคุณสมบัติในการวัดสีของวัตถุและแสงในสภาพแวดล้อมต่างๆ แล้วต่อวงจรเซ็นเซอร์รับแสงกับส่วนประมวลผลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมสายสัญญาณ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาประมวลผลในโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการทำงาน และแสดงผลการวัดค่าออกทางส่วนแสดงผลซึ่งเป็นจอ LCD ขนาด 20 ตัวอักษรต่อบรรทัด จำนวน 4 บรรทัด โดยการใช้อินเทอร์เฟซแบบ I<sup>2</sup>C ทำให้การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์สะดวกขึ้น เนื่องจากใช้เพียง 2 สายหลัก คือ SDA (Serial Data) และ SCL (Serial Clock) และต่อสายไฟจาก Adapter DC 9V 1A เข้ากับช่อง DC jack ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อตามรูปแบบการต่อวงจร ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การต่อวงจรอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับสีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลแสดงผล LED ของเครื่องวัดความสว่างของแสงที่พัฒนา

จากนั้นทำการทดสอบเครื่องวัดความสว่างของแสง  
ทางการค้าเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความสว่างของแสง

ที่พัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนการพัฒนาเครื่อง ดังแสดงใน  
ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ต้นแบบการพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสง

(ที่มา: นางนัฐิกา จิตรพินิจ กลุ่มงานรังสีและเครื่องมือแพทย์ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 2 พิชญ์โลก)

### อุปกรณ์เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดความสว่างของแสงต้อง  
มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงที่ส่องออกจาก  
อุปกรณ์จำกัดลำรังสีหรือคอลลิเมเตอร์ (Collimator)  
ของเครื่องเอกซเรย์ การพัฒนาครั้งนี้จึงเลือกใช้อุปกรณ์  
ตรวจจับสี TCS34725 โดยเซ็นเซอร์จะรับแสงที่มาจาก  
แหล่งกำเนิด ซึ่งตกกระทบโฟโตไดโอดตรวจจับแสงใน  
ช่วงต่างๆ ได้แก่ แสงสีแดง เขียว น้ำเงิน และแสงที่ไม่มีสี  
(Clear) ให้เป็นกระแสไฟฟ้า โดยแสงที่เข้ามาจะถูกกรอง  
จากฟิลเตอร์ที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละช่องสี เพื่อให้  
สามารถรับรู้การตรวจจับแสงสีและค่าความสว่างของแสง  
ในแต่ละช่วงได้อย่างแม่นยำด้วยโปรแกรมการสั่งงาน

### การประมวลผลข้อมูลและการแสดงผล

ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับสีจะถูกประมวลผล  
ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเซ็นเซอร์จะทำการแปลง  
เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้ม  
ของแสงในแต่ละช่องสี<sup>(3)</sup> โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณ  
แอนะล็อกเป็นดิจิทัลภายในตัวเซ็นเซอร์เอง (Analog-  
to-Digital Converter, ADC) เพื่อแปลงสัญญาณ  
แสงที่ได้เป็นข้อมูลดิจิทัลที่สามารถอ่านได้จากไมโคร  
คอนโทรลเลอร์ผ่านการเชื่อมต่อสัญญาณแบบ I<sup>2</sup>C ในที่นี้  
ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและ  
ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ประกอบด้วย

ค่าความเข้มของแสงในแต่ละช่องสีที่คำนวณจากสัญญาณ  
ทั้งหมดของสีที่เซ็นเซอร์วัดได้เพื่อใช้ในการคำนวณ  
ความสว่าง การพัฒนาครั้งนี้เขียนโปรแกรมให้ประมวล  
ผลรับค่าสีแดง R, สีเขียว G และสีน้ำเงิน B ในระบบสี  
RGB ซึ่งเป็นระบบสีพื้นฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย  
ในจอแสดงผลดิจิทัล ค่าทั้งสามอยู่ในช่วง [0 ถึง 1] และ  
X, Y, Z: ค่าสีในระบบ CIE 1931 XYZ ซึ่งเป็นระบบสี  
ที่ถูกออกแบบขึ้นโดย International Commission on  
Illumination (CIE) เพื่อจำลองการรับรู้สีของมนุษย์  
โดยค่า Y แสดงถึง luminance (ความสว่าง) ในขณะที่  
X และ Z ช่วยในการกำหนดเฉดสีตามสมการการแปลง  
จากค่าสี R, G และ B เป็นค่า X, Y และ Z ต้องใช้ Matrix  
Transformation (การคูณเมทริกซ์) โดยค่าคงที่  
ในเมทริกซ์นี้มาจากการวัดและทดลองที่อ้างอิงจากการ  
ตอบสนองของดวงตามนุษย์ต่อแสงสีต่างๆ โดยอ้างอิง  
ตามมาตรฐาน sRGB (Standard RGB)<sup>(4)</sup> และถูกทำให้  
ตรงกับ CIE 1931 2° Standard Observer<sup>(5)</sup>

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124564 & 0.3575761 & 0.1804375 \\ 0.2126729 & 0.7151522 & 0.0721750 \\ 0.0193339 & 0.1191920 & 0.9503041 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

R, G, และ B เป็นค่าความเข้มของสีในระบบ RGB  
(ในช่วง 0 ถึง 1)

X, Y, และ Z เป็นค่าของสีในระบบ CIE 1931 XYZ

โดยนำค่าความเข้มของแสงในแต่ละช่องสี R, G และ B เป็นค่า X, Y และ Z แปลงค่าไปยังระบบการบ่งบอกสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ (CIE 1931 Color Space)

ค่า Y แสดงถึงความสว่างของสีหรือความเข้มของแสง (Luminance) ที่ตามนุษย์สามารถรับรู้ได้ โดยคำนวณจากค่า R, G และ B ดังสมการ

$$Y = 0.2126729 \cdot R + 0.7151522 \cdot G + 0.0721750 \cdot B$$

ค่าความสว่างมีหน่วยเป็น Lux ใช้ในการวัดความสว่างที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วยตารางเมตร คำนวณจากความเข้มแสงที่ตกกระทบพื้นที่โดยตรง ดังสมการ

$$\text{Lux} = \frac{Y \times A}{d^2}$$

โดยที่ A คือ พื้นที่ที่แสงกระทบเป็นตารางเมตร, d คือ ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงที่กระทบพื้นผิวแล้วแสดงผล การวัดค่าเป็นตัวเลขในหน่วยต่างๆ เช่น Lux ทางจอ LCD ขนาด 20 x 2 ตัวอักษร ผ่านการเชื่อมต่อแบบ I<sup>2</sup>C ทำให้การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ง่ายขึ้น เนื่องจากใช้เพียง 2 สายหลัก คือ SDA (Serial Data) และ SCL (Serial Clock) และต่อสายไฟจาก Adapter DC 9V 1A เข้ากับช่อง DC jack ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามรูปแบบการต่อวงจร ดังแสดงในภาพที่ 1

### การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy)

เปิดเครื่องเอกซเรย์และเปิดพื้นที่แสงไฟให้ครอบคลุมหัววัดของเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้า โดยเปิดเครื่องให้พร้อมทำงาน เลื่อนระดับความสูงของระยะจากจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงหัววัดความสว่างของแสงที่ระยะ 170, 122, 100, 86 และ 77 เซนติเมตร เพื่อวัดค่าให้ได้ค่าความสว่างของแสงที่ต้องการ ทำการวัดความสว่างที่ระยะต่างๆ โดยวัดจำนวน 3 ครั้ง บันทึกค่า จากนั้นดำเนินการเช่นเดียวกัน เปลี่ยนเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับแสงสีวัดความสว่างของแสง บันทึกค่าที่ได้คำนวณค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละความผิดพลาด

### การทดสอบความซ้ำ (Reproducibility)

เปิดเครื่องเอกซเรย์และเปิดพื้นที่แสงไฟให้ครอบคลุมหัววัดของเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้า โดยเปิดเครื่องให้พร้อมทำงาน โดยปรับระดับความสูงของระยะจากจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงหัววัดความสว่างของแสงที่ระยะ 170 เซนติเมตร ให้ได้ความสว่างของแสงใกล้เคียงกับ 100 Lux แล้วจดบันทึกทำการวัดความสว่างของแสง จำนวน 10 ครั้ง บันทึกค่าความสว่างของแสง จากนั้นดำเนินการเช่นเดียวกัน เปลี่ยนเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับแสงสีวัดความสว่างของแสง บันทึกค่าความซ้ำ ค่าวนค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

### ผล

ผลการพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงสำหรับทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ โดยอุปกรณ์ตรวจจับแสงสีที่ใช้มีความสามารถในการตรวจจับแสงสีที่มีความละเอียดสูงและสามารถแยกสีแดง เขียว น้ำเงิน และแสงที่ไม่มีสี แล้วใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลค่าความสว่างของแสงตามมาตรฐาน CIE 1931 แสดงผลบนจอ LCD เมื่อนำเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าที่ใช้เป็นเครื่องอ้างอิง เปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนาขึ้นวัดความสว่างของแสง พบว่าการวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของความสว่างของแสงที่ตั้งระยะจากจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงหัววัดความสว่างของแสงทางการค้าที่ระยะ 170, 122, 100, 86 และ 77 cm ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 103.0, 204.0, 304.0, 408.0 และ 506.7 Lux ตามลำดับ และค่าความสว่างจากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นวัดได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 107.7, 211.0, 311.3, 418.3 และ 517.3 Lux ตามลำดับ โดยมีค่าร้อยละความผิดพลาดเท่ากับ 4.5, 3.4, 2.4, 2.5 และ 2.1 ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่างของแสงจากเครื่องที่ใช้อ้างอิงกับเครื่องที่พัฒนาขึ้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าค่า r มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าความสว่างของแสงที่ได้จากเครื่อง

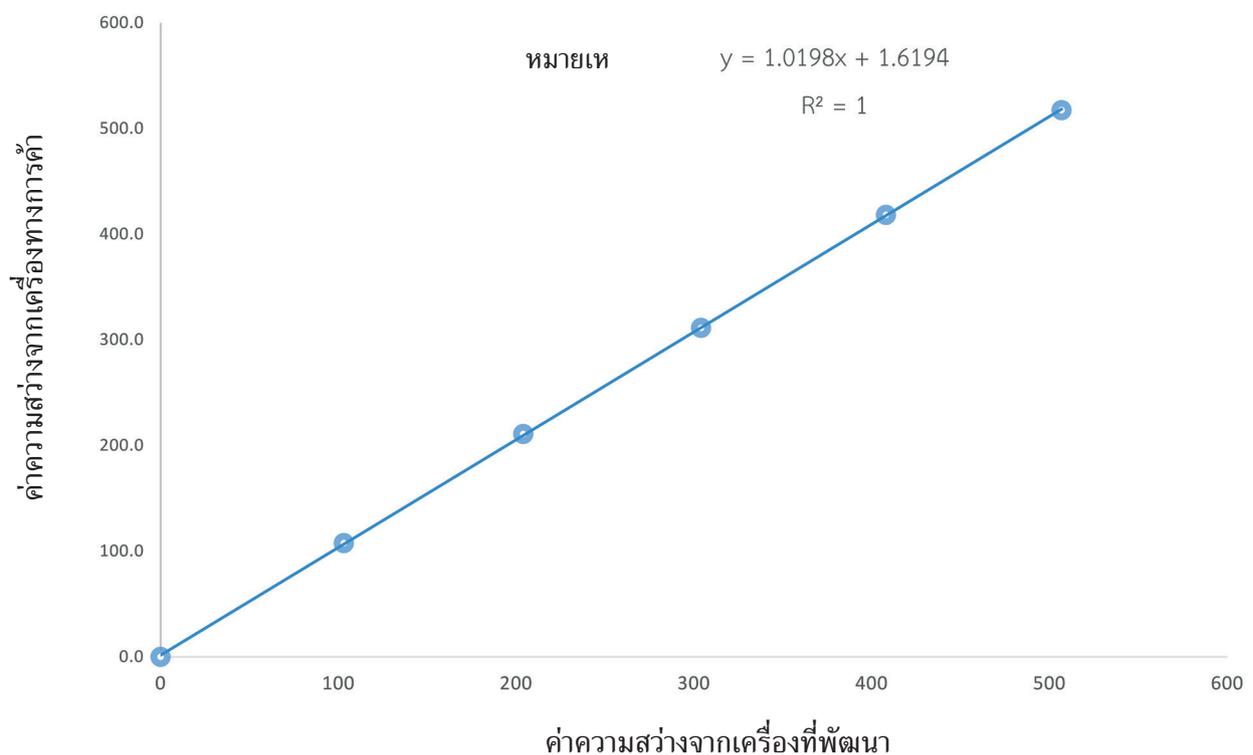
อ้างอิงกับเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาก ดังแสดงในภาพที่ 3 และเมื่อเปรียบเทียบค่าความซ้ำ (Reproducibility) ของผลการวัดความสว่างของแสง พบค่าร้อยละสัมประสิทธิ์

ความแปรปรวนของเครื่องอ้างอิงกับเครื่องที่พัฒนาขึ้นเท่ากับ 0.92 และ 1.86 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของความสว่างของแสงจากเครื่องเอกซเรย์ที่วัดโดยเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าเปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนาขึ้น

ระยะจากจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงหัววัดความสว่างของแสง (cm)	ค่าความสว่างที่วัดได้ (Lux)				ร้อยละความผิดพลาด
	เครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้า		เครื่องวัดความสว่างของแสงที่พัฒนา		
	ค่าเฉลี่ย (N = 3)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย (N = 3)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
170	103.0	1.0	107.7	1.2	4.5
122	204.0	1.0	211.0	1.0	3.4
100	304.0	2.0	311.3	1.5	2.4
86	408.0	1.7	418.3	1.2	2.5
77	506.7	2.1	517.3	1.3	2.1

หมายเหตุ : N = จำนวนซ้ำของผลการวัด และใช้ ANOVA เปรียบเทียบปริมาณที่คำนวณสำคัญทางสถิติที่  $p > 0.05$  ( $p = 0.94$ )



ภาพที่ 3 ความสว่างของแสงจากเครื่องเอกซเรย์ที่วัดโดยเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความสว่างของแสงที่พัฒนา

ตารางที่ 2 ผลการวัดค่าความซ้ำ (Reproducibility) ของความสว่างของแสงจากเครื่องเอกซเรย์ที่วัดโดยเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความสว่างของแสงที่พัฒนาขึ้น

ครั้งที่	ค่าความสว่างที่วัดได้ (Lux)	
	เครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้า	เครื่องวัดความสว่างของแสงที่พัฒนา
1	102	107
2	104	107
3	103	109
4	102	112
5	102	108
6	104	111
7	104	110
8	104	108
9	102	107
10	103	112
Mean	103	109.1
SD	0.94	2.02
%CV	0.92	1.86

### วิจารณ์

การพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงสำหรับทดสอบคุณภาพแสงสว่างที่ออกมาจากอุปกรณ์จำกัดลำรังสีของเครื่องเอกซเรย์ครั้งนี้ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้าค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของความสว่างแสงมีค่าร้อยละความผิดพลาดอยู่ระหว่าง 2.1-4.5 โดยค่ามีความผิดพลาดสูงสุด ร้อยละ 4.5 ที่ค่าเฉลี่ยความสว่างของแสง 107.7 Lux และค่าความผิดพลาดน้อยสุด ร้อยละ 2.1 ที่ค่าเฉลี่ยความสว่างของแสง 517.3 Lux ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่างของแสงเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้ากับเครื่องที่พัฒนาขึ้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และพบว่าค่า  $r$  มีค่าเท่ากับ 1 และเมื่อเปรียบเทียบค่าความซ้ำ (Reproducibility) ของผลการวัดความสว่างของแสงพบร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของเครื่องอ้างอิงกับเครื่องที่พัฒนาขึ้น เท่ากับ 0.92 และ 1.86 ตามลำดับ ซึ่งร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีค่ามากกว่า แสดงให้เห็นว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้วัดความสว่างของแสงได้

แต่ค่าความผิดพลาดมีค่อนข้างสูง จึงควรมีการปรับแก้ไขการทำงานของเครื่องหรือการประมวลผลให้แม่นยำยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีรูปร่างที่เหมาะสมต่อการใช้งานและเป็นเครื่องที่สามารถใช้แบตเตอรี่แทนการใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน เมื่อเปรียบเทียบกับผู้พัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงในงานวิจัยอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ สุรัชย์ ตัญดวง<sup>(6)</sup> และ นาถยา ศิริทอง และคณะ<sup>(7)</sup> ที่พัฒนาเครื่องวัดความเข้มแสงโดยใช้หัววัดโฟโตไดโอด ซึ่งมีลักษณะการทำงานเมื่อมีแสงมาตกกระทบด้านรับแสงของโฟโตไดโอด แสงในรูปของโฟตอนทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของอิเล็กตรอนและสร้างกระแสไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ โดยกระแสจากโฟโตไดโอดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ และงานวิจัยของ Hrbac R และคณะ<sup>(8)</sup> ได้พัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงที่มี 2 โฟโตไดโอด ช่วยเพิ่มความไวโดยไม่จำเป็นต้องทำการวัดที่สูงมาก โฟโตไดโอดตัวใดตัวหนึ่งไวต่อทั้งรังสีที่มองเห็นและรังสีอินฟราเรด

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงที่ใช้หัววัดเซ็นเซอร์หลักการวัดอุณหภูมิสีของแสงที่มีความแตกต่างงานวิจัยอื่น ๆ ซึ่งเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีราคาถูกกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้การวัดความสว่างของเครื่องจำกัดลำรังสีจากเครื่องเอกซเรย์ให้มีคุณภาพและปลอดภัย รวมถึงการวัดความสว่างในห้องทำงาน ห้องผ่าตัด งานด้านอื่น ๆ จึงควรมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องวัดความสว่างให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป นอกจากนี้การพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงครั้งนี้ได้นำอุปกรณ์ตรวจจับสีซึ่งมีความละเอียดสูง ช่วยให้สามารถคำนวณความสว่างที่แม่นยำและถูกต้องในสภาพแวดล้อมที่มีแสงหลากหลาย เช่น การวัดแสงในห้องที่มีแสงสีจากหลอดไฟหลากหลายหรือแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีสีเฉพาะ เช่น แสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงจากไฟ แสงจากหลอดไฟชนิดไดโอดเปล่งแสง โดยสามารถนำหลักการในงานวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์พัฒนาเครื่องวัดสีหรือนำหลักการที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลค่า ซึ่งได้จากสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ เช่น แสงสี เสียง อุณหภูมิ ความดัน รวมทั้งรังสีเอกซ์ที่ใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่มากมายและมีโปรแกรมสนับสนุนจากผู้ผลิตซึ่งสามารถศึกษาได้จากช่องทางออนไลน์ ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาเครื่องมือชนิดต่าง ๆ เช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงระดับนาโนแอมป์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์<sup>(9)</sup> ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประดิษฐ์เครื่องวัด pH แบบดิจิทัล<sup>(10)</sup> เครื่องวัดเวลาและปริมาณรังสีจากการใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR<sup>(11)</sup> เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการต่อยอดการพัฒนางานวิจัยในด้านต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อไป

## สรุป

การพัฒนาเครื่องวัดความสว่างของแสงสำหรับทดสอบคุณภาพแสงสว่างที่ออกจากอุปกรณ์จำกัดลำรังสีของเครื่องเอกซเรย์ครั้งนี้ อาศัยหลักการวัดอุณหภูมิสีของแสง โดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับแสงสีที่มีความสามารถในการตรวจจับแสงสีที่มีความละเอียดสูงและแยกสีแดง เขียว น้ำเงิน และแสงที่ไม่มีสี โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลค่าความสว่าง

ของแสงตามมาตรฐาน CIE 1931 ทำให้สามารถแสดงผลการวัดความสว่างของแสงทุกความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ คำนวณความสว่างโดยใช้ข้อมูลจากแต่ละช่องสีแสดงผลการวัดความสว่างของแสงเป็นตัวเลข เมื่อนำผลการวัดจากเครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้ไปเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความสว่างของแสงทางการค้า ที่ใช้เป็นเครื่องอ้างอิงพบว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีค่าผิดพลาดสูงสุด ร้อยละ 4.5 และการทำซ้ำของผลการวัดมีค่าความแปรปรวน ร้อยละ 1.9 ดังนั้นจากผลการพัฒนาสามารถนำไปใช้วัดความสว่างของแสงสำหรับทดสอบคุณภาพแสงที่ออกมาจากอุปกรณ์จำกัดลำรังสีของเครื่องเอกซเรย์ได้ โดยมีราคาถูกกว่าเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งสามารถปรับแก้ค่าได้ โดยปรับผ่านโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป

## การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์

บทความฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยผู้เขียนทั้งหมด ไม่มีการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยจัดทำ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลค่ายสมเด็จพระนเรศวรมหาราช จังหวัดพิษณุโลก และผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 2 พิษณุโลก กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ นางสาวสุมาลี ฤทธิ์อุดม เจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 2 พิษณุโลก ที่ให้ข้อเสนอแนะในการวิจัยนี้เป็นอย่างดี

## เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย. กรุงเทพฯ: บริษัท บียอนด์ พับลิชชิง จำกัด; 2566.
2. International Commission on Illumination (CIE). Colorimetry. CIE Publication No. 15.2. Vienna: International Commission on Illumination; 1986.

3. Texas Instruments. TCS34725 RGB and clear color sensor. [online]. 2014; [cited 2023 Oct 5]. Available from: URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tcs34725.pdf>.
4. International Telecommunication Union (ITU). BT.709: parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. [online]. 2015; [cited 2025 Aug 31]. Available from: URL: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.709>.
5. Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Proceedings of the Commission Internationale de l'Éclairage, 1931. Cambridge: Cambridge University Press; 1932.
6. สุรัชชัย ต้อยด้วง. การพัฒนาเครื่องวัดความเข้มแสงโดยใช้หัววัดแบบโฟโตไดโอด. ใน: การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์; 25-27 มีนาคม 2558. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2558. หน้า 502-507.
7. นาดยา ศิริทอง, ศุภกร กตาทิการกุล, สุวิทย์ คงภักดี. การออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดความส่องสว่าง. ว มหาวิทยาลัยทักษิณ 2557; 17(3): 44-50.
8. Hrbac R, Novak T, Vaclav K, Bartlomiejczyk M. Prototype of a low-cost luxmeter with wide measuring range designed for railway stations' dynamic lighting system. [online]. 2014; [cited 2023 Oct 5]. Available from: URL: <https://www.researchgate.net/publication/269300497>.
9. อริสรรา ลีอวิสุทธิชาจิ, เฉลิมพันธุ์ ช่างน้อย, ธนัท หงส์เทิรสถิตย์, ธิติวุฒิ เรือนทอง, ณัฐพงศ์ ัญญรัตน์สกุล, อภิวัฒน์ ต้นทอง, และคณะ. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงระดับนาโนแอมป์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์. ว งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ โดยสมาคม ECTI 2565; 2(2): 14-21.
10. ณัฐริกา คำเขียว, พงศธร สุขะมูล, สุทธิดา จำรัส. การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประดิษฐ์เครื่องวัด pH แบบดิจิทัล. ศึกษาศาสตร์สารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2564; 5(2): 79-91.
11. รุ่งโรจน์ จันทร์สูง. เครื่องวัดเวลาและปริมาณรังสี. รายงานประจำปี 2564. เชียงใหม่: ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1 เชียงใหม่; 2564. หน้า 47

---

# Development of a Chroma Lux Meter of a Beam Limiting Device for X-ray Machine Quality Testing

---

Natika Jitpinit<sup>1</sup> and Rungrote Chansoong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Regional Medical Sciences Center 2, Phitsanulok, Department of Medical Sciences, Muang District, Phitsanulok 65000, Thailand

<sup>2</sup>Regional Medical Sciences Center 1, Chiang Mai, Department of Medical Sciences, Muang District, Chiang Mai 50180, Thailand

**ABSTRACT** A Chroma Lux Meter is a crucial instrument used to assess the brightness quality of light emitted from the beam-limiting device of an X-ray machine, determining whether the light brightness meets the standard. To be able to determine the lighting area in X-ray radiography accurately, therefore, a Chroma Lux Meter was developed using the principle of measuring the color temperature of light. By using a color detection device capable of high-resolution color recognition and detection to distinguish red, green, blue, and colorless colors. A microcontroller was used to process the luminance values measured of visible light according to the CIE 1931 standards, which define a system for representing the colors of light perceivable by the human eye. The developed device provided numerical measurements of light illuminance. When compared with the commercialized Chroma Lux Meter used as the reference instrument, the developed instrument exhibited a maximum error of 4.5 percent, and the repeatability of the measurement results had a coefficient of variation of 1.9 percent

**Keywords:** Chroma Lux Meter, X-ray machine, Beam limiting device