

แนวทางการออกแบบการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัว

Lighting Design approaches for Round-relief Wood Sculpture

รับบทความ	07/05/2568
แก้ไขบทความ	09/06/2568
ยอมรับบทความ	10/06/2568

ทะวีพอน หอมสมบัติ* อภิพรรณ บริสุทธิ์ พรรณชลัท สุริโยธิน
 ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 Thaviphone Homsombath, Apiparn Borisuit, Phanchalath Suriyothin
 Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
 Homsombath15@gmail.com, Apiparn.B@chula.ac.th, Phanchalath.S@chula.ac.th
 *ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัว เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะของประติมากรรมดังกล่าวให้โดดเด่นและดึงดูดใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งคาดว่าจะจะเป็นประโยชน์ต่อนักออกแบบ ภัณฑารักษ์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อการวางแผนสำหรับการจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ ผู้วิจัยทำการศึกษาเกณฑ์และตัวแปรเพื่อสร้างความโดดเด่นตามแนวทาง Lighting Design Objectives (LiDOs) ผ่านการจำลองการส่องสว่างด้วยซอฟต์แวร์ DIALux evo 13 ดำเนินการจำลองการส่องสว่าง 4 รูปแบบ 30 สถานะการส่องสว่าง และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง (ρ) 3 ระดับ รวมทั้งหมด 90 ผลลัพธ์ พร้อมคำนึงถึงการอนุรักษ์ชิ้นงานจัดแสดงร่วมด้วย

ผลการศึกษาพบว่า การให้แสงหลักและแสงเสริมผ่านการประเมินมากกว่าการให้แสงหลักเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะแสงหลักจากด้านบนร่วมกับแสงเสริมจากด้านข้าง นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องจัดแสดง (ρ) ยังเป็นตัวแปรที่นักออกแบบควรให้ความสำคัญร่วมกับสถานะการส่องสว่าง รวมทั้งหากความส่องสว่างสูงสุดบนพื้นผิวประติมากรรม ($E_{\text{สูงสุด}}$) อยู่ระหว่าง 200–500 lux ควรลดจำนวนวันหรือเวลาการจัดแสดงลง หรือควบคุมระดับความส่องสว่างสะสมสูงสุดแนวตั้ง หรือแนวระนาบตั้ง (H_V) ให้ไม่เกินเกณฑ์ของการอนุรักษ์วัตถุจัดแสดง อย่างไรก็ตาม แนวทางดังกล่าวขึ้นอยู่กับความต้องการของนักออกแบบ ภัณฑารักษ์ และบุคลากรในพิพิธภัณฑ์ด้วย

คำสำคัญ: การออกแบบการส่องสว่าง ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิว อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ ประติมากรรมไม้ การอนุรักษ์

Abstract

This research aims to propose guidelines for lighting design approaches for round-relief wood sculptures to enhance the sculptures' characteristics and make them more prominent and attractive. The study is expected to benefit designers, curators, and related personnel for museum exhibition planning. The criteria and variables were studied according to the guidelines called The Lighting Design Objectives (LiDOs) through lighting simulation using DIALux evo 13 software. 4 lighting simulations were performed under 30 different lighting conditions, and 3 levels of the reflection coefficient of the surface inside the room (ρ), totaling 90 results. Moreover, also takes into account the conservation of the exhibits.

The study results found that the two-lamp lighting pattern, key light with fill light, received higher evaluations than the key light alone, especially when the key light from the front with fill light from the side. Additionally, the value of reflection coefficient of the surface (ρ) inside the exhibition room is another factor that designers should consider in conjunction with lighting conditions. Furthermore, if the maximum illuminance on the sculpture's surface (E_{max}) ranges between 200–500 lux, the number of exhibition days or hours should be reduced or should control the annual luminous exposure in vertical (H_V) so it does not exceed the conservation standards. However, these approaches ultimately depend on the preferences of designers, curators, and museum personnel as well.

Keywords: *lighting design, mean room surface exitance, target/ambient illuminance ratios, wood sculpture, conservation*

ที่มา ความสำคัญ และวัตถุประสงค์

แสงเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสบการณ์การมองเห็นผลงานศิลปะ เสริมสร้างการดึงดูดความสนใจ และส่งเสริมการสื่อสารผลงานศิลปะที่จัดแสดงต่อผู้ชมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Leccese et al., 2020) ดังนั้นเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการออกแบบการส่องสว่าง ผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดแสดงภายในพื้นที่ วัตถุ และวัตถุประสงค์ที่ต้องการอย่างรอบคอบ เช่น การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง การเลือกประเภทดวงโคม การจัดวางตำแหน่งดวงโคม การกำหนดคุณลักษณะของดวงโคม เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการส่องสว่างและการรับรู้ที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ การออกแบบการส่องสว่างงานศิลปะจึงมีได้หลายวิธี และให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน (Feltrin et al., 2017) อย่างไรก็ตาม การออกแบบการส่องสว่างโดยทั่วไปจะต้องวัด ค่าความ และระบุค่าความส่องสว่างในระนาบ 2 มิติ ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดอย่างมาก (Lam, 1977) โดยเฉพาะในพิพิธภัณฑ์ที่จัดแสดงวัตถุ 3 มิติ ด้วยเหตุนี้ คริสโตเฟอร์ คัตเทิล (Christopher Cuttle) (2015) จึงได้พัฒนาแนวทางการออกแบบการส่องสว่างที่เรียกว่า Lighting Design Objectives (LiDOs) ซึ่งเป็นลำดับขั้นของการส่องสว่างตามเป้าหมายการออกแบบการส่องสว่างในลักษณะการกระจายแสงแบบ 3 มิติ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการออกแบบการส่องสว่าง โดยคำนึงถึงระดับการรับรู้จากการส่องเน้นให้แก่ผลงานศิลปะที่จัดแสดงภายในพื้นที่นั้น ๆ

จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการออกแบบการส่องสว่างวัตถุจัดแสดงทั้งในและต่างประเทศ พบว่าส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่ศึกษาวัตถุ 2 มิติ เช่น ภาพวาดสีน้ำ และภาพวาดสีน้ำมัน เป็นต้น ส่วนงานวิจัยเกี่ยวกับวัตถุ 3 มิติ มีอยู่ค่อนข้างจำกัด ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการส่องสว่างวัตถุ 3 มิติ ประกอบกับที่หอพิพิธภัณฑ์ศิลปะลาว (Lao Art Museum) ในนครหลวงเวียงจันทน์ เป็นพิพิธภัณฑ์ไม้ที่สำคัญและใหญ่ที่สุดใน สปป.ลาว มีผลงานศิลปะที่สะท้อนวัฒนธรรมของประเทศลาวและประเทศอื่น ๆ ในอาเซียนมากกว่า 10,000 ชิ้น (Times Reporters, 2020) จากการสำรวจพบว่า มีการจัดแสดงประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัวมากที่สุด และเนื่องจากเป็นงานศิลปะที่ทำจากไม้ธรรมชาติจึงต้องคำนึงถึงการอนุรักษ์ชิ้นงานจัดแสดงร่วมกับ ผู้วิจัยจึงได้เลือกทำการศึกษาโดยใช้ประติมากรรมไม้เป็นตัวแทนในการส่องสว่างสำหรับห้องจัดแสดง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ต่อไป

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้น 1) ศึกษาเกณฑ์และตัวแปรการออกแบบการส่องสว่างประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัว เพื่อเสริมสร้างการดึงดูดความสนใจต่อผู้ชม 2) ออกแบบการส่องสว่างตามแนวทาง LiDOs ผ่านการจำลองการส่องสว่างด้วยซอฟต์แวร์ DIALux evo 13 และ 3) เสนอแนะแนวทางการออกแบบการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักออกแบบภัณฑารักษ์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อการวางแผนสำหรับการจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์

ทบทวนวรรณกรรม

ไม้เป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมนำมาสร้างสรรคเป็นประติมากรรมด้วยวิธีแกะสลัก ซึ่งแบ่งเป็น 2 แนวทางหลัก คือ 1) การแกะสลักประติมากรรมรูปคน สัตว์ วัตถุสิ่งของ เพื่อแสดงความเคารพทางศาสนา หรือความเชื่อในวัฒนธรรมต่าง ๆ 2) การแกะสลักลวดลายประดับเครื่องเรือนและสถาปัตยกรรม (จักรพันธ์ วิลาสินีกุล, 2560) ไม้ที่ใช้ในการแกะสลักมีหลากหลายสายพันธุ์และสี การระบุค่าสีของไม้ให้แม่นยำสามารถใช้ International Commission on Illumination $L^*a^*b^*$, CIELAB เพื่อวัดค่าความสว่าง Lightness (L^*) ค่าสี Hue (a^*) และ Saturation (b^*) (Hirata et al., 2020) เช่น งานวิจัยในหัวข้อ Effects of interior wood finishes on the lighting ambiance and materiality of architectural spaces ใช้ $L^*a^*b^*$ เพื่อระบุค่าความสว่างของสีไม้ 3 สายพันธุ์ คือ ไม้โทนสีอ่อน $L^*=73$ (bright oak) ไม้โทนสีกลาง $L^*=47$ (neutral grey) และ ไม้โทนสีเข้ม $L^*=27$ (dark walnut) (Jafarian et al., 2017) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า สามารถเก็บค่าสีของไม้จากภาพถ่ายดิจิทัลที่ให้ความสะดวกและใช้งบประมาณน้อย โดยบันทึกไฟล์ภาพถ่ายดิจิทัลเป็น .RAW และปรับแต่ละภาพเป็น White Standard ใน Adobe Photoshop (McGrath et al., 2017)

มนุษย์สามารถมองเห็นสีได้เพราะดวงตามีเซลล์รับแสงที่ไวต่อความยาวคลื่นของแสงที่แตกต่างกัน เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ วัตถุนั้นจะดูดซับบางความยาวคลื่นและสะท้อนบางความยาวคลื่นเข้าสู่ดวงตา ก่อนผ่านเข้าสู่กระจกตา (cornea) ซึ่งเป็นส่วนนอกสุดของดวงตา จากนั้นแสงจะหักเหไปสู่รูม่านตา (pupil) ซึ่งควบคุมปริมาณแสงที่กระทบเลนส์ (lens) แล้วเลนส์จะโฟกัสแสงไปที่

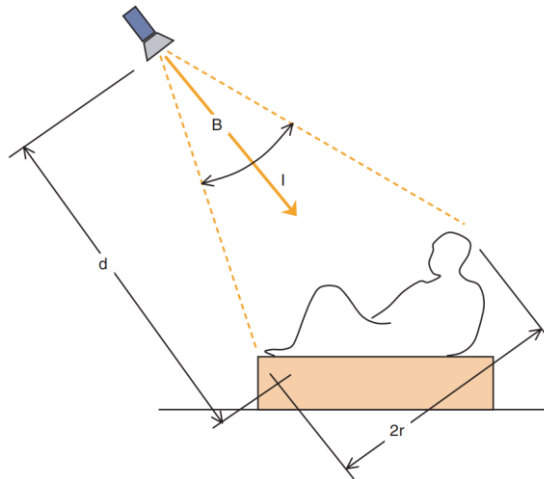
จอประสาทตา (retina) ซึ่งเป็นชั้นของเซลล์ประสาทที่ด้านหลังของดวงตา (American Academy of Ophthalmology, 2025) การรับรู้ของมนุษย์ไม่ได้เกิดขึ้นที่จอประสาทตา หมายความว่า สิ่งที่เรารับรู้ไม่ได้มาจากความสว่าง (luminance) และสี (color) แต่เกิดขึ้นในคอร์เทกซ์การมองเห็นของสมอง (visual cortex) ซึ่งนักจิตวิทยาเรียกว่า เกสทอลต์ (gestalt) หมายถึง การจัดระเบียบในสมองเพื่อสร้างความเข้าใจต่อภาพบางอย่าง ช่วยให้เรารับรู้รูปแบบและวัตถุทั้งหมดอันประกอบรวมกันเป็นสภาพแวดล้อมนั้น ๆ (Purves & Lotto, 2003)

แต่ก่อนที่จะรับรู้สภาพแวดล้อมเหล่านั้น จะต้องรับรู้ถึงการกระจายของแสงในพื้นที่สามมิติ (light field) เสียก่อน (Cuttle C., 2015) ริชาร์ด เคลลี (Richard Kelly) นักออกแบบการส่องสว่างรุ่นบุกเบิกที่เข้าใจถึงความสามารถของแสงในการปรากฏลักษณะของพื้นที่ และภาพที่สามารถกระตุ้นการรับรู้ทางอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้หลักการออกแบบแสงสามประการ ประกอบด้วย 1) แสงที่จุดเน้น (focal glow) 2) แสงโดยรอบ (ambient luminescence) 3) การเล่นกับแสง (play of brilliants) (Kelly, 1952) นอกจากนี้ รูปแบบของแสงและเงายังมีส่วนสำคัญต่อการรับรู้ถึงคุณลักษณะของวัตถุและมีส่วนช่วยเพิ่มการรับรู้ความเป็น 3 มิติของวัตถุ คือ 1) แสงที่ทำให้เกิดส่วนสว่าง (highlight pattern) 2) เงามืดสลัว (shading pattern) และ 3) เงาตกทอด (shadow pattern) (Cuttle C., 2015; Hansen et al., 2022) เพื่อการสร้างรูปแบบแสงและเงาดังกล่าว จึงทำให้การให้แสงแบบ 3 จุด (3-point lighting) เป็นที่นิยม ซึ่งประกอบด้วย 1) แสงหลัก (key light) หมายถึง แสงที่มีความสว่างมากกว่าแสงอื่น ๆ และเป็นแสงที่ต้องการเน้นจุดนั้น ๆ บนวัตถุ 2) แสงเสริม (fill light) หมายถึง แสงที่ช่วยลบเงาที่เกิดจากแสงหลักไม่ให้คมชัดเกินไป ช่วยทำให้เห็นรูปทรงของวัตถุได้ชัดเจนขึ้น และมีความสว่างน้อยกว่าแสงหลัก และ 3) แสงด้านหลัง (back light) หมายถึง แสงที่ส่องด้านหลังและค่อนข้างสูงเหนือวัตถุ ทำให้วัตถุแยกตัวออกจากพื้นหลัง (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2565)

งานวิจัยเกี่ยวกับการส่องสว่างแก่ประติมากรรม The Madonna del latte ซึ่งมีผนังเป็นพื้นหลัง มีทั้งรูปแบบการให้แสงจากทิศทางเดียวที่ครอบคลุมตัวประติมากรรม และการให้แสงจากสองทิศทางส่องไปที่ส่วนสำคัญของประติมากรรม (Leccese et al., 2020) จึงเห็นได้ว่า การส่องเน้นที่ประติมากรรมสามารถทำได้หลายวิธี นอกจากนี้ เมื่อมีการให้แสงที่จุดเน้น หรือแสงส่องเน้น (accent light) ทำให้เกิดความเปรียบต่างของความสว่างระหว่างวัตถุและพื้นหลัง (luminance ratios) ซึ่งมีความสอดคล้องกับระดับความส่องสว่าง (illuminance) บนพื้นผิวและพื้นหลัง (Feltrin et al., 2020) มีงานวิจัยเกี่ยวกับการส่องสว่างแก่หุ่นรูปคน ที่มี การกำหนดอัตราส่วนความส่องสว่างระหว่างวัตถุกับพื้นหลัง (illuminance ratios) ที่ 5:1 และ 10:1 พบว่า อัตราส่วนความส่องสว่างระหว่างวัตถุกับพื้นหลังที่ 10:1 ได้คะแนนความชื่นชอบ (preference) สูงกว่าที่ 5:1 (Ko et al., 2016)

ในส่วนของการกำหนดคุณลักษณะของดวงโคม อุณหภูมิสีของแสง (CCT) มีอิทธิพลอย่างมากต่อการรับรู้งานศิลปะ ผู้คนมักจะชื่นชอบอุณหภูมิสีของแสงโทนอุ่นที่ส่องวัตถุโทนสีอุ่น และชื่นชอบอุณหภูมิสีของแสงโทนเย็นที่ส่องวัตถุโทนสีเย็น (Huang et al., 2017) เช่น การทดลองการส่องสว่างในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ The National Museum of San Matteo ซึ่งรวบรวมภาพวาดสีน้ำมันบนแผ่นไม้ พบว่า ส่วนใหญ่มีการใช้อุณหภูมิสีของแสงที่ 3,000K (Leccese et al., 2020) และเพื่อให้สีของวัตถุจัดแสดงมีความถูกต้องที่สุด จึงต้องใช้ดวงโคมที่มีดัชนีความถูกต้องของสีวัตถุ หรือดัชนีสีที่ปรากฏ (color rendering index, CRI หรือ Ra) ไม่ต่ำกว่า 90 (SLL, 2015) นอกจากนี้ การเลือกใช้มุมลำแสงให้เหมาะสมกับขนาดประติมากรรมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ สามารถใช้สูตรตรีโกณมิติ (trigonometry) ในการคำนวณหามุมลำแสงให้ประติมากรรม ตามสมการ [1] โดยที่ B คือ มุมลำแสงดวงโคม (องศา) d คือ ระยะห่างจากดวงโคมถึงประติมากรรม (m) และ r คือ ครึ่งหนึ่งของขนาดประติมากรรมที่ตั้งฉากกับแกนกลางของดวงโคม (m)

$$B = 2 \arctan \left(\frac{r}{d} \right) \dots\dots\dots \text{สมการ [1] (Cuttle C., 2015)}$$



ภาพ 1 การส่องสว่างของดวงโคม spotlight ให้แก่วัตถุสามมิติ.

ที่มา: Light for Art's Sake โดย Cuttle, C., 2007. Routledge. หน้า 201 และ Lighting design a perception-based approach โดย Cuttle, C., 2015. Routledge. (https://www.routledge.com/Lighting-Design-A-Perception-Based-Approach/Cuttle/p/book/9780415731973?srsltid=AfmBOopGeYW5qLaTmlv_EC599kyO8Asl7PAFdrjgmCrijZMYq9qnY4q7Z)

วัตถุประสงค์ในการออกแบบการส่องสว่าง เพื่อตอบสนองระดับการรับรู้เกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ที่มีแสงสว่าง และสิ่งของภายในห้อง (Lighting Design Objectives: LiDOs) การออกแบบการส่องสว่างดังกล่าวประกอบด้วย 1) ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง (Mean Room Surface Exitance: MRSE) และ 2) อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ (Target/Ambient Illuminance Ratios: TAIR) ซึ่ง MRSE เกี่ยวข้องกับความส่องสว่างโดยรอบ (ambient illumination) จึงถูกเชื่อมโยงกับการรับรู้ความสว่างเชิงพื้นที่ของมนุษย์ (Spatial Brightness: SB) หรือก็คือ ความสว่างในสภาพแวดล้อมหนึ่งว่า มีแสงมากหรือน้อย (CIE, 2020) ตามตาราง 1 ส่วน TAIR คืออัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความโดดเด่นจากการส่องเน้นวัตถุ เชื่อมโยงกับความสนใจ หรือการรับรู้ผ่านการมองเห็นของมนุษย์ (Visual Emphasis: VE) ตามตาราง 2 การคำนวณหาค่า MRSE และ TAIR ทำได้สะดวกยิ่งขึ้นจากการใช้ตารางสำเร็จรูปของ Cuttle (LiDOs Spreadsheet)

ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง (MRSE) เกิดจากการที่แสงจากแหล่งกำเนิดกระทบลงบนพื้นผิวต่าง ๆ ภายในห้อง และวัตถุ พื้นผิวเหล่านั้นมีการดูดกลืนแสงบางส่วน และสะท้อนแสงบางส่วนออกมา จากการสะท้อนแสงดังกล่าวภายในห้องทำให้ผู้ชมรับรู้ได้ถึงแสงสว่างภายในห้องนั้น ในการหาค่า MRSE มีสมการพื้นฐาน ดังสมการ [2]

$$MRSE = \frac{\sum M_{rs} A_{rs}}{\sum A_{rs}} \dots\dots\dots \text{สมการ [2] (Cuttle C., 2015)}$$

โดยที่ M_{rs} คือ ค่าความสว่างของห้องที่ออกจากพื้นผิว และ A_{rs} คือ พื้นผิวของห้อง (m^2)

ต่อมา สมการได้ถูกคิดค้นเพิ่มเติมเพื่อปรับใช้ร่วมกับโปรแกรมการจำลองการส่องสว่าง จากการจำลองการวนซ้ำของการสะท้อนแสง ซึ่งช่วยทำให้การคำนวณ MRSE แม่นยำมากยิ่งขึ้น (Duff et al., 2016) ดังสมการ [3]

$$MRSE = \frac{\text{First reflected flux, FRF}}{\text{Room absorption, } A\alpha} \dots\dots\dots \text{สมการ [3]}$$

โดยที่ ฟลักซ์จากการสะท้อนครั้งแรก $FRF = \sum E_{rs(d)} A_{rs} \rho_{rs}$ ซึ่ง $E_{rs(d)}$ คือ ค่าความส่องสว่างโดยตรงบนพื้นผิวภายในห้อง (lux) และ ρ_{rs} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ส่วน $A\alpha = \sum A_{rs}(1 - \rho_{rs})$ ซึ่ง $(1 - \rho_{rs})$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงภายในห้อง เมื่อแทนค่าแล้วก็จะได้เป็นสมการ [4]

$$MRSE = \frac{\sum E_{rs(d)} A_{rs} \rho_{rs}}{\sum A_{rs}(1 - \rho_{rs})} \dots\dots\dots \text{สมการ [4]}$$

หากพื้นผิวภายในห้องเป็นการกระจายแบบ Lambertian คือการสะท้อนแสงกระจายตัวแบบ (diffuse reflection) แสงสะท้อนจะกระจายทั่วทั้งทรงกลมโดยรอบพื้นผิวนั้นและไม่อิงกับแนวฉากทำให้วัตถุที่สะท้อนมีความสว่างเท่า ๆ โดยไม่ขึ้นกับทิศทางของผู้สังเกต (Lambert & DiLaura, 2001) ค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวนั้นจะกำหนดโดย

$$M_{rs} = L_{rs}\pi \dots\dots\dots \text{สมการ [5] (Duff et al., 2016)}$$

โดยที่ L_{rs} คือ ค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวนั้น ๆ (cd/m^2) ซึ่งจากสมการที่ [5] สามารถใช้ร่วมกับสมการ [2] ของ คัตเทิล (Cuttle) เพื่อปรับใช้ในการคำนวณหา MRSE จากค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการจำลองการส่องสว่างในโปรแกรม

ในส่วนของการทำงานอัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ (TAIR) มีสมการพื้นฐาน คือ

$$TAIR = \frac{\text{Target surface illuminance, } E_{ts}}{\text{Ambient illuminance, MRSE}} \dots\dots\dots \text{สมการ [6] (Cuttle C., 2015)}$$

ซึ่งผลรวมของการส่องสว่างที่ตกกระทบบนพื้นผิวเป้าหมายแต่ละพื้นผิว E_{ts} จะเท่ากับความสว่างโดยตรง $E_{ts(d)}$ รวมกับค่า MRSE สามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$E_{ts} = E_{ts(d)} + MRSE \dots\dots\dots \text{สมการ [7] (Cuttle C., 2015)}$$

เมื่อนำสมการที่ [6] แทนค่าด้วยสมการที่ [7] จึงได้เป็นสมการที่ [8]

$$TAIR = \frac{E_{ts(d)}}{MRSE} + 1 \dots\dots\dots \text{สมการ [8] (Cuttle C., 2015)}$$

ตาราง 1 การเชื่อมโยงการรับรู้ความสว่างเชิงพื้นที่ของมนุษย์ (Spatial Brightness: SB) กับระดับค่า MRSE

spatial brightness (SB)	assessment	การรับรู้ความสว่างเชิงพื้นที่ของมนุษย์	MRSE
SB-7	Very brightly lit	สว่างมาก	1800
SB-6	Brightly lit	สว่าง	800
SB-5	Slightly brightly lit	สว่างเล็กน้อย	350
SB-4	Neither brightly lit nor dimly lit	ไม่สว่างและไม่สลัว	160
SB-3	Slightly dimly lit	สลัวเล็กน้อย	70
SB-2	Dimly lit	สลัว	32
SB-1	Very dimly lit	สลัวมาก	14

ที่มา: ดัดแปลงจากตารางของ Investigating mean room surface exitance values for office lighting โดย Durante, A., & Kelly, K., 2022. Lighting Research & Technology, 54(7), หน้า 657-673. (<https://doi.org/10.1177/14771535211044665>)

ตาราง 2 การเชื่อมโยงระหว่างการรับรู้ถึงการเน้นภาพผ่านการมองเห็นของมนุษย์ (Visual Emphasis: VE) กับระดับค่า TAIR

visual emphasis (VE)	assessment	การรับรู้ถึงการเน้นผ่านการมองเห็นของมนุษย์	TAIR
VE-4	Emphatic	รู้สึกดึงดูดความสนใจอย่างแรง	40
VE-3	Strong	รู้สึกถึงความโดดเด่น	10
VE-2	Distinct	รู้สึกถึงความแตกต่าง	3
VE-1	Noticeable	รู้สึกถึงการเน้น	1.5
VE-0	None	ไม่รู้สึกถึงการเน้น	1.0

ที่มา: ดัดแปลงจากตารางของ The luminous flux field as a basic concept for interior lighting design โดย Cuttle, C., 2024. Lighting Research & Technology, 57(3). (<https://doi.org/10.1177/14771535241261266>)

จากตาราง 1 หากต้องการความรู้สึกนุ่มนวล (subdued) และผ่อนคลาย (relaxing) อาจเลือกใช้ ระดับ SB-3 หรือต่ำกว่า ซึ่งเท่ากับค่า MRSE ที่อยู่ระหว่าง 14–70 หรือเลือกใช้ค่าดังกล่าวเพื่อต้องการให้อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ (TAIR) มีค่าที่สูง ส่งผลให้ได้รับการเน้นภาพที่สูงขึ้น (Cuttle K., 2023) ค่า MRSE ที่ต่ำที่สุด คือ 14 ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดใช้ค่าดังกล่าวเป็นเกณฑ์การพิจารณาเพื่อให้ได้รับการรับรู้ถึงการเน้นภาพที่สูง นอกจากนี้ หากค่า TAIR \geq 10 ทำให้คุณลักษณะของวัตถุที่ได้รับการส่องสว่างเหล่านั้นดูโดดเด่น น่าดึงดูดใจ (Cuttle C., 2024) ซึ่งตรงกับระดับ VE-3 ขึ้นไป หรือเท่ากับค่า TAIR ที่อยู่ระหว่าง 10–40 ตามตาราง 2 ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาและประเมินผล เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัว

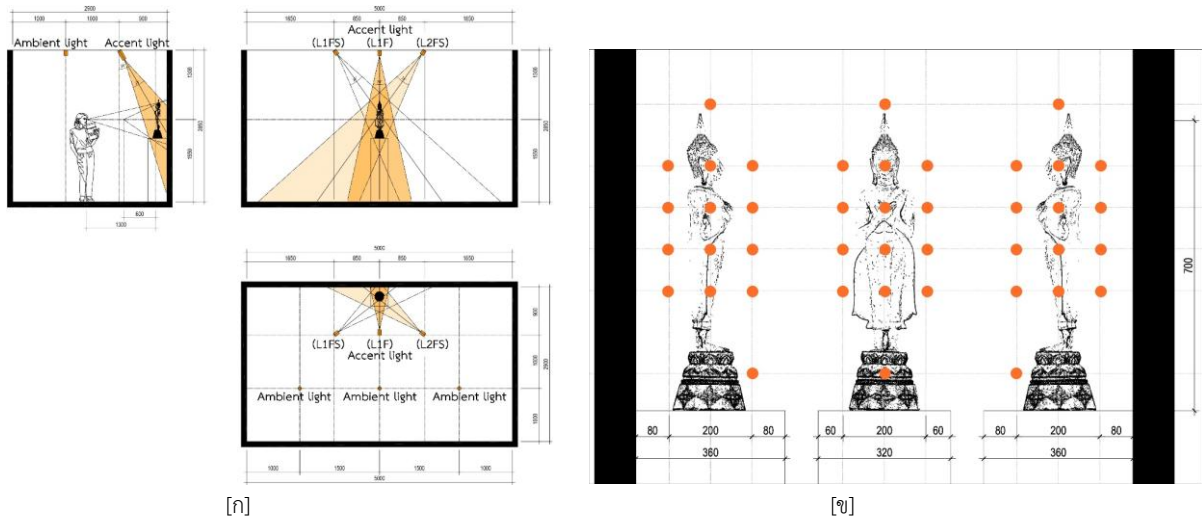
นอกจากนี้ ในแง่ของการอนุรักษ์ พบว่า มีนักวิจัยหลายท่านนิยมนำเทคนิคการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ หรือโฟโตแกรมเมทรี (photogrammetry) ใช้ร่วมกับวัตถุจัดแสดงโบราณวัตถุ หรือวัตถุที่เสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความใกล้เคียงกับวัตถุต้นแบบ (สุชาติ แสนพิช, 2566) และประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางทั้งในระดับมืออาชีพและผู้ใช้ทั่วไป (ปาริชาติ ชมภูชัยเกิด, 2567) เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงสามมิติเครื่องดินเผาชิ้นเอกบ้านเชียง (ธีรพล สืบชมภู และกุลธิดา ท้วมสุข, 2559) การจัดเก็บข้อมูลพระพุทธรูปโบราณในรูปแบบวัตถุเสมือนจริง 3 มิติด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีเพื่อการอนุรักษ์ (ยุทธศักดิ์ ทองแสน และรัตนโชติ เทียนมงคล, 2566) หรือการสร้างพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง 3 มิติจากผนังถ้ำ ในหัวข้อ From the cave to the virtual museum: Accessibility and democratization of Franco - Cantabrian Paleolithic art (García-Bustos et al., 2022) เป็นต้น

ระเบียบวิธีวิจัย

การออกแบบการวิจัย

เนื่องจากประติมากรรมไม้ส่วนใหญ่มีน้ำหนักมากจึงเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนย้าย และทำการส่องสว่างในสถานที่จริง การสร้างแบบจำลอง 3 มิติเป็นอีกทางเลือกในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสร้างและนำแบบจำลอง 3 มิติใช้ร่วมกับการจำลองการส่องสว่างด้วยซอฟต์แวร์ DIALux evo 13 เนื่องจากมีงานวิจัยเปรียบเทียบ MRSE ที่วัดจากสถานที่จริงกับผลจำลองค่าความส่องสว่างใน DIALux evo พบว่า มีความคลาดเคลื่อนต่ำเพียง 1.4% (Nurhuda et al., 2023)

ในการจำลองการส่องสว่าง ผู้วิจัยกำหนดให้ประติมากรรมวางอยู่บนแท่นมีผนังด้านหนึ่งเป็นพื้นหลัง พร้อมติดตั้งดวงโคมที่เพดานเพื่อให้แสงโดยรอบ (ambient light) และดวงโคมที่ให้แสงแก่ประติมากรรม (accent light) เป็นมุมกระทำกับแนวตั้ง 30 องศา เพื่อหลีกเลี่ยงแสงบาดตา (SLL, 2015) ช่วยส่งเสริม แสดงรูปทรง และหลีกเลี่ยงการบดบังจากเงาที่มากเกินไป (Feilo Sylvania, 2015; Thomson, 1994) ดังภาพ 2 [ก] กำหนดจุดวัดค่าต่าง ๆ เช่น ค่าความส่องสว่าง (illuminance) และค่าความสว่าง (luminance) รอบประติมากรรม ตามหลักการของกิบบอนส์ และแฮงกี้ (Gibbons & Hankey) (2005) ดังภาพ 2 [ข] กรณีศึกษา หอพิพิธภัณฑ์ศิลปะลาว เปิดทำการเวลา 08:00–12:00 น. และ 13:00–17:00 น. จัดแสดง 365 วัน ตลอดปีไม่มีวันหยุด รวมเวลาจัดแสดง 2,920 ชั่วโมง/ปี ประติมากรรมไม้มีพื้นผิวธรรมชาติจัดอยู่ในกลุ่มวัตถุจัดแสดงที่แสงสว่างส่งผลกระทบต่ำ ระดับความส่องสว่างสูงสุด (maximum illumination, $E_{\text{สูงสุด}}$) แนะนำอยู่ที่ 200 lux และระดับความส่องสว่างสะสมสูงสุด (annual luminous exposure, H_V) อยู่ที่ 600,000 lux-hours/year (SLL, 2015) โดยวัดในแนวตั้งตามแนวของประติมากรรม นอกจากนี้ การจำกัดค่า $E_{\text{สูงสุด}}$ เพียง 200 lux อาจเป็นการยากสำหรับการจัดแสดงที่ต้องการการส่องเน้นเพื่อให้ดูโดดเด่น หรือดึงดูดความสนใจของผู้ชม งานวิจัยล่าสุดส่วนใหญ่จึงนิยามคำนวณหาจำนวนวัน หรือเวลาการจัดแสดง โดยจำกัดค่า H_V ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (Brzezicki, 2021) และยังคงกำหนด $E_{\text{สูงสุด}}$ ให้อยู่ระหว่าง 200–500 lux อีกด้วย (Wei et al., 2020) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดระดับค่าดังกล่าวเป็นเกณฑ์การประเมิน



ภาพ 2 [ก] ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมส่องสว่าง [ข] การกำหนดจุดวัดค่าความส่องสว่างและความสว่างบนพื้นผิวประติมากรรม.
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

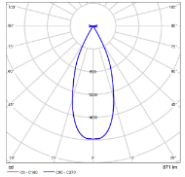
ตัวแปรที่ศึกษาในการจำลองการส่องสว่างด้วย DIALux evo 13

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรควบคุม คือขนาดห้องทดลอง ประติมากรรม แท่นวาง และคุณลักษณะของดวงโคม เลือกใช้ดวงโคมของ iGuzzini นอกจากนี้ เพื่อให้แสงกระจายอย่างสม่ำเสมอและครอบคลุมการปรับสภาวะแสงในทุก ρ ภายในห้อง ผู้วิจัยจึงติดตั้ง ambient light จำนวน 3 ดวงโคม และอีก 3 ดวงโคมสำหรับ accent light ที่มีมุมลำแสงครอบคลุมทั้งประติมากรรม ตัวแปรต้นกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิว (ρ) 3 ระดับ คือ $\rho_{สูง}$, $\rho_{กลาง}$, $\rho_{ต่ำ}$ อิงจากขอบเขตมาตรฐาน EN12464-1 2011 ที่มีค่า ρ พื้น 0.2–0.4 ผนัง 0.5–0.8 เพดาน 0.7–0.9 (European Committee for Standardization, 2011) รูปแบบการส่องสว่าง 4 รูปแบบ 6 สภาวะสำหรับหนึ่งดวงโคม และ 9 สภาวะสำหรับสองดวงโคม กำหนดเป็นค่าร้อยละระดับความส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ได้ตัวแปรตามทั้งหมด 90 ผลลัพธ์ดังตาราง 3

ตาราง 3 ตัวแปรที่ศึกษาและการกำหนดตัวแปรในงานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้

ตัวแปรควบคุม	ตัวแปรต้น						ตัวแปรตาม
ห้องทดลอง / ประติมากรรม / แท่นวาง							1. ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง (MRSE) 2. อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อความสว่างโดยรอบ (TAIR) 3. ความส่องสว่างสูงสุดบนพื้นผิวประติมากรรม ($E_{จุด}$)
ห้องทดลอง ขนาด 2.9 x 5 ม. สูง 2.85 ม. ไม่มีช่องเปิด	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิว						
ประติมากรรมไม้แกะสลัก (พระพุทธรูป) ขนาด 20 x 20 ซม สูง 70 ซม. ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0.15		เพดาน	ผนัง	พื้น	แท่นวาง		
แท่นวาง ขนาด 32 x 36 ซม สูง 120 ซม.	$\rho_{สูง}$	C	W	F	S		
	$\rho_{กลาง}$	0.9	0.8	0.4	0.8		
	$\rho_{ต่ำ}$	0.8	0.65	0.3	0.65		
		0.7	0.5	0.2	0.5		
ดวงโคม / รูปแบบการส่องสว่าง / สภาวะแสง							รวม 90 ผลลัพธ์
1. แสงที่ส่องประติมากรรม (accent light) - รุ่น IPLC-LV1-M-19-930-MD-REM - จำนวน 3 ดวงโคม (L1F/L1FS/L2FS) - กำลังไฟ 2 W / โคม - มุมลำแสง 24 องศา - ปริมาณแสง 133 ลูเมน - CCT 3000K - CRI 90 - R9 90	รูปแบบการส่องสว่าง	1. key light ส่องด้านหน้า (L1F)					6 สภาวะแสง x 3 ρ = 18
		2. key light ส่องด้านข้าง (L1FS)					6 สภาวะแสง x 3 ρ = 18
		3. key light ส่องด้านหน้า + fill light ส่องด้านข้าง (L1F+L2FS)					9 สภาวะแสง x 3 ρ = 27
		4. key light ส่องด้านข้าง + fill light ส่องด้านข้าง (L1FS+L2FS)					9 สภาวะแสง x 3 ρ = 27
	1. สภาวะแสงสำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องประติมากรรม 1 ดวง (L1F/L1FS) + แหล่งกำเนิดแสงโดยรอบ (A)		key light จากด้านหน้า		key light จากด้านข้าง		หมายเหตุ: L – accent light F – front light FS – front-side light A – ambient light
	1. L1F 100% + A 25%		1. L1FS 100% + A 25%				
	2. L1F 100% + A 50%		2. L1FS 100% + A 50%				
	3. L1F 100% + A 100%		3. L1FS 100% + A 100%				

2. แสงโดยรอบ (ambient light) - รุ่น IBR06-TR-930-FL - จำนวน 3 ดวงโคม - กำลังไฟ 16 W / โคม - มุมลำแสง 58 องศา - ปริมาณแสง 871 ลูเมน - CCT 3000K - CRI 90 - R9 90	4. L1F 50% + A 25%	4. L1FS 50% + A 25%	100% - เปิดไฟเต็มที่ 100%	
	5. L1F 50% + A 50%	5. L1FS 50% + A 50%	50% - หรีแสงเหลือ 50%	
	6. L1F 50% + A 100%	6. L1FS 50% + A 100%	25% - หรีแสงเหลือ 25%	
	2. สภาวะแสงสำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องประติมากรรม 2 ดวง (L1F/L1FS + L2FS) + แหล่งกำเนิดแสงโดยรอบ (A)			
	key light หน้า + fill light ข้าง		key light ข้าง + fill light ข้าง	
	1. L1F 100% + L2FS 100% + A 25%	1. L1FS 100% + L2FS 100% + A 25%		
	2. L1F 100% + L2FS 100% + A 50%	2. L1FS 100% + L2FS 100% + A 50%		
	3. L1F 100% + L2FS 100% + A 100%	3. L1FS 100% + L2FS 100% + A 100%		
	4. L1F 100% + L2FS 50% + A 25%	4. L1FS 100% + L2FS 50% + A 25%		
	5. L1F 100% + L2FS 50% + A 50%	5. L1FS 100% + L2FS 50% + A 50%		
	6. L1F 100% + L2FS 50% + A 100%	6. L1FS 100% + L2FS 50% + A 100%		
	7. L1F 50% + L2FS 50% + A 25%	7. L1FS 50% + L2FS 50% + A 25%		
	8. L1F 50% + L2FS 50% + A 50%	8. L1FS 50% + L2FS 50% + A 50%		
9. L1F 50% + L2FS 50% + A 100%	9. L1FS 50% + L2FS 50% + A 100%			

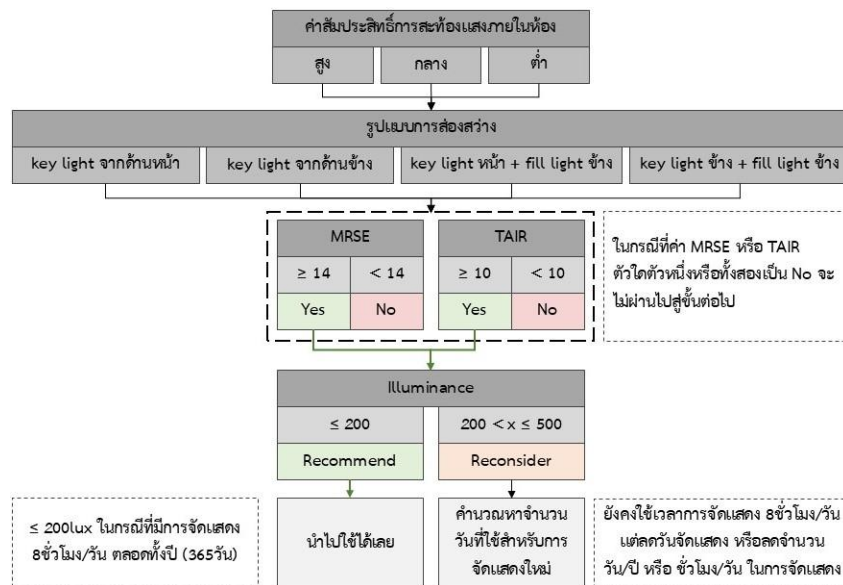


ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

วิเคราะห์ผล สรุปผล และเสนอแนะแนวทางการออกแบบการส่องสว่าง

เกณฑ์การพิจารณาและการประเมินผล

- คำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง MRSE เพื่อประเมินและเลือกค่า MRSE ที่ 14 ขึ้นไป
- คำนวณอัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อความสว่างโดยรอบ TAIR เพื่อประเมินและเลือกค่า TAIR ที่ 10 ขึ้นไป
- วัดค่าความส่องสว่างสูงสุดบนพื้นผิวประติมากรรม ($E_{สูงสุด}$) เพื่อประเมินและเลือกค่าที่ไม่เกิน 200lux สำหรับค่าที่ระหว่าง 200–500 lux ให้มีการคำนวณเพื่อลดจำนวนวัน หรือจำนวนชั่วโมงในการจัดแสดง โดยกำหนดค่าระดับความส่องสว่างสะสมสูงสุดแนวตั้ง หรือแนวระนาบตั้ง (H_p) ไม่เกิน 600,000 lux-hours/year (SLL, 2015)



ภาพ 3 โครงร่างการพิจารณาและการประเมินผลการจำลองการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้.

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ผลการศึกษา

การศึกษาแนวทางการออกแบบการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัว จากการจำลองการออกแบบการส่องสว่างด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถแสดงผลและวิเคราะห์ผลได้ ดังนี้

ตาราง 4 ผลการคำนวณ MRSE, TAIR และ $E_{\text{สูงสุด}}$ ในรูปแบบแสงหลัก (key light) หนึ่งดวงจากด้านหน้า

รูปแบบการส่องสว่าง	สถานะแสง	ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{สูง}}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{กลาง}}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{ต่ำ}}$		
		MRSE	TAIR	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)
L1F100_A25		16.15	14.74	238	8.49	27.2	231	4.65	48.6	226
L1F100_A50		28.24	8.92	252	14.72	16.16	238	7.82	29.4	230
L1F100_A100		52.64	5.3	279	27.19	9.27	252	14.26	16.69	238
L1F50_A25		14.14	8.91	126	7.32	16.26	119	3.91	29.4	115
L1F50_A50		26.32	5.32	140	13.58	9.28	126	7.11	16.73	119
L1F50_A100		50.6	3.3	167	25.99	5.42	141	13.55	9.37	127

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

MRSE - Mean Room Surface Exitance - ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง
TAIR - Target/Ambient Illuminance Ratios - อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ

พบว่า ผลลัพธ์การส่องสว่างที่ส่งผลให้ได้ $MRSE \geq 14$ และ $TAIR \geq 10$ มีทั้งหมด 3 สถานะแสง สรุปผลตามตาราง 5 คือ

ตาราง 5 ผลการคำนวณหาจำนวนวันและเวลาที่ใช้ในการจัดแสดงในรูปแบบ (key light) หนึ่งดวงจากด้านข้าง

$\rho_{\text{สูง}}$	$\rho_{\text{กลาง}}$	$\rho_{\text{ต่ำ}}$	จำนวน	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)	วัน/ปี	H_V (lux-hr/y)	วัน/สัปดาห์/ปี	H_V (lux-hr/y)	ชั่วโมง/ทุกวัน/ปี	H_V (lux-hr/y)
A	B	C	3	238	315	599,760	6	594,048	6	521,220

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ตาราง 6 ผลการคำนวณ MRSE, TAIR และ $E_{\text{สูงสุด}}$ ในรูปแบบแสงหลัก (key light) หนึ่งดวงจากด้านข้าง

รูปแบบการส่องสว่าง	สถานะแสง	ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{สูง}}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{กลาง}}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{ต่ำ}}$		
		MRSE	TAIR	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)
L1F5100_A25		16.26	9.53	155	8.57	17.15	147	4.66	30.72	143
L1F5100_A50		28.42	5.91	168	14.78	10.42	154	7.87	18.67	147
L1F5100_A100		52.83	3.69	195	27.18	6.18	168	14.3	10.77	154
L1F50_A25		14.22	5.92	84.1	7.4	10.41	77	3.93	18.67	73.3
L1F50_A50		26.36	3.69	97.4	13.61	6.18	84.1	7.15	10.76	77
L1F50_A100		50.74	2.44	124	26.02	3.77	98.2	13.58	6.23	84.6

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

MRSE - Mean Room Surface Exitance - ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง
TAIR - Target/Ambient Illuminance Ratios - อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ

พบว่า ผลลัพธ์การส่องสว่างที่ส่งผลให้ได้ $MRSE \geq 14$ และ $TAIR \geq 10$ มีทั้งหมด 2 สถานะ สรุปผลตามตาราง 7 คือ

ตาราง 7 ผลการคำนวณหาจำนวนวันและเวลาที่ใช้ในการจัดแสดงในรูปแบบ (key light) หนึ่งดวงจากด้านข้าง

$\rho_{\text{สูง}}$	$\rho_{\text{กลาง}}$	$\rho_{\text{ต่ำ}}$	จำนวน	$E_{\text{สูงสุด}}$ (lux)	วัน/ปี	H_V (lux-hr/y)	วัน/สัปดาห์/ปี	H_V (lux-hr/y)	ชั่วโมง/ทุกวัน/ปี	H_V (lux-hr/y)
A'	B'		2	154	365	449,680	7	449,680	8	449,680

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ตาราง 8 ผลการคำนวณ MRSE, TAIR และ $E_{สูงสุด}$ ในรูปแบบแสงหลักและแสงเสริม (key light) จากด้านหน้า + (fill light) จากด้านข้าง

รูปแบบการส่องสว่าง	สถานะแสง	ห้องที่มีค่า $\rho_{สูง}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{กลาง}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{ต่ำ}$		
		MRSE	TAIR	$E_{สูงสุด}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{สูงสุด}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{สูงสุด}$ (lux)
L1F100_L2FS100_A25	20.23	17.64	357	10.84	32.09	348	5.99	57.26	343	
L1F100_L2FS100_A50	32.28	11.49	371	16.97	20.92	355	9.19	37.77	347	
L1F100_L2FS100_A100	56.59	7.03	398	29.39	12.59	370	15.62	22.72	355	
L1F100_L2FS50_A25	18.07	16.49	298	9.58	30.18	289	5.3	53.78	285	
L1F100_L2FS50_A50	30.37	10.27	312	15.87	18.65	296	8.49	33.92	288	
L1F100_L2FS50_A100	54.59	6.21	339	28.32	10.98	311	14.96	19.78	296	
L1F50_L2FS50_A25	16.2	11.42	185	8.54	20.85	178	4.59	37.65	173	
L1F50_L2FS50_A50	28.36	7.02	199	14.7	12.59	185	7.85	22.56	177	
L1F50_L2FS50_A100	52.69	4.29	226	27.16	7.33	199	14.26	12.98	185	

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

MRSE - Mean Room Surface Exitance - ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง
TAIR - Target/Ambient Illuminance Ratios - อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ

พบว่า ผลลัพธ์การส่องสว่างที่ส่งผลให้ได้ $MRSE \geq 14$ และ $TAIR \geq 10$ มีทั้งหมด 13 สถานะ สรุปลงตามตาราง 9 คือ

ตาราง 9 ผลการคำนวณจำนวนวันและเวลาที่ใช้ในการจัดแสดงในรูปแบบ (key light) จากด้านหน้า + (fill light) จากด้านข้าง

$\rho_{สูง}$	$\rho_{กลาง}$	$\rho_{ต่ำ}$	จำนวน	$E_{สูงสุด}$ (lux)	วัน/ปี	H_V (lux-hr/yr)	วัน/สัปดาห์/ปี	H_V (lux-hr/yr)	ชั่วโมง/ทุกวัน/ปี	H_V (lux-hr/yr)
D	F	H	3	355-357	210	599,760	4	594,048	4	521,220
E	G		2	370-371	202	599,536	3	463,008	4	541,660
I	K	M	3	296-298	251	598,384	4	495,872	5	543,850
J	L		2	311-312	240	599,040	4	519,168	5	569,400
N	O	P	3	185	365	540,200	7	540,200	8	540,200

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ตาราง 10 ผลการคำนวณ MRSE, TAIR และ $E_{สูงสุด}$ ในรูปแบบแสงหลักและแสงเสริม (key light) จากด้านข้าง + (fill light) จากด้านข้าง

รูปแบบการส่องสว่าง	สถานะแสง	ห้องที่มีค่า $\rho_{สูง}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{กลาง}$			ห้องที่มีค่า $\rho_{ต่ำ}$		
		MRSE	TAIR	$E_{สูงสุด}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{สูงสุด}$ (lux)	MRSE	TAIR	$E_{สูงสุด}$ (lux)
L1FS100_L2FS100_A25	20.02	13.04	261	10.94	22.94	251	6.1	40.33	246	
L1FS100_L2FS100_A50	32.55	8.42	274	17.16	15.04	258	9.32	26.84	250	
L1FS100_L2FS100_A100	56.98	5.28	301	29.57	9.23	273	15.75	16.38	258	
L1FS100_L2FS50_A25	18.33	11.35	208	9.75	20.41	199	5.36	36.37	195	
L1FS100_L2FS50_A50	30.48	7.25	221	15.97	12.9	206	8.59	23.05	198	
L1FS100_L2FS50_A100	54.88	4.52	248	28.41	7.74	220	15.03	13.71	206	
L1FS50_L2FS50_A25	16.28	8.42	137	8.58	15.04	129	4.66	26.83	125	
L1FS50_L2FS50_A50	28.43	5.28	150	14.78	9.2	136	7.88	16.37	129	
L1FS50_L2FS50_A100	52.83	3.35	177	27.19	5.52	150	14.31	9.5	136	

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

MRSE - Mean Room Surface Exitance - ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในห้อง
TAIR - Target/Ambient Illuminance Ratios - อัตราส่วนความส่องสว่างเป้าหมายต่อพื้นที่โดยรอบ

พบว่า ผลลัพธ์การส่องสว่างที่ส่งผลให้ได้ $MRSE \geq 14$ และ $TAIR \geq 10$ มีทั้งหมด 6 สภาวะ สรุปผลตามตาราง 11 คือ

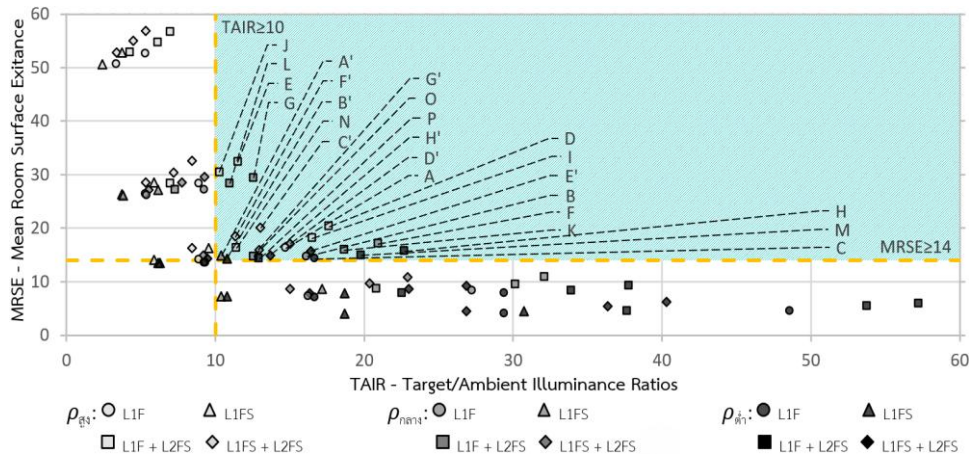
ตาราง 11 ผลการคำนวณจำนวนวันและเวลาที่ใช้ในการจัดแสดงในรูปแบบ (key light) จากด้านข้าง + (fill light) จากด้านข้าง

$\rho_{สูง}$	$\rho_{กลาง}$	$\rho_{ต่ำ}$	จำนวน	$E_{สูงสุด}$ (lux)	วัน/ปี	H_V (lux-hr/y)	วัน/สัปดาห์/ปี	H_V (lux-hr/y)	ชั่วโมง/ทุกวัน/ปี	H_V (lux-hr/y)
C'	D'	E'	3	258-261	287	599,256	5	542,880	6	571,590
F'	G'	H'	3	206-208	360	599,040	6	519,168	7	531,440

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

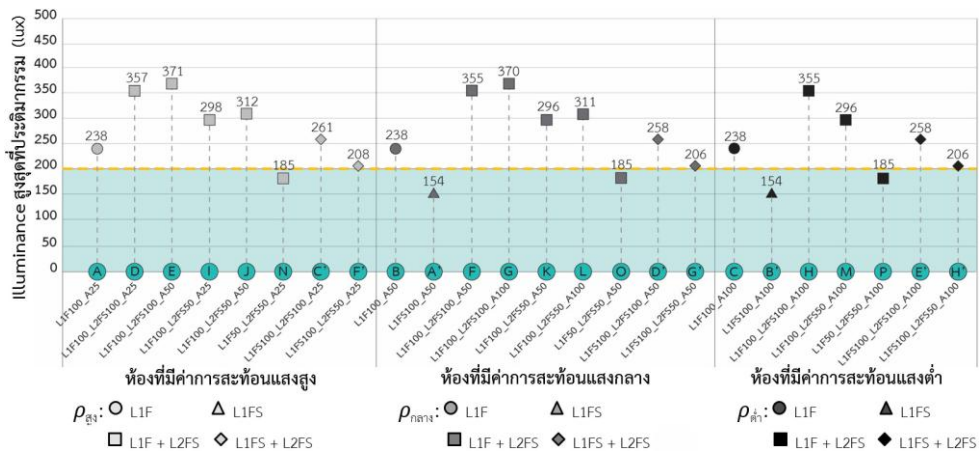
สรุปและอภิปรายผล

หากประเมินจากรูปแบบการส่องสว่าง การส่องจาก key light + fill light มีโอกาสผ่านการประเมินมากกว่าการส่องจาก key light เพียงอย่างเดียว ดังภาพ 4 โดยเฉพาะรูปแบบ key light จากด้านหน้า + fill light จากด้านข้างผ่านการประเมินมากที่สุด คือ 13 ผลลัพธ์ (D-P) รองลงมา คือรูปแบบ key light จากด้านข้าง + fill light จากด้านข้างผ่านการประเมิน 6 ผลลัพธ์ (C'- H') ส่วนรูปแบบ key light จากด้านหน้าผ่านการประเมินเพียง 3 ผลลัพธ์ (A-C) และ key light จากด้านข้างผ่านการประเมินเพียง 2 ผลลัพธ์ (A'- B') รวมผลลัพธ์ที่ผ่านการประเมิน 24 ผลลัพธ์ (A-P และ A'- H') จากทั้งหมด 90 ผลลัพธ์



ภาพ 4 แผนภูมิกระจายพิกัดตามค่า MRSE และ TAIR ของการออกแบบการส่องสว่างทั้งหมดเป็น 90 ผลลัพธ์

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568



ภาพ 5 แผนภูมิ 24 ผลลัพธ์ที่ผ่านการประเมินและค่าความส่องสว่างสูงสุดบนพื้นผิวประติมากรรม

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

หากประเมินจากระดับค่าการสะท้อนแสงภายในห้อง พบว่า ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{สูง}}$ ผ่านการประเมิน 8 ผลลัพธ์ $\rho_{\text{กลาง}}$ ผ่านการประเมิน 9 ผลลัพธ์ และ $\rho_{\text{ต่ำ}}$ ผ่านการประเมิน 7 ผลลัพธ์ ซึ่งกล่าวได้ว่า ห้องที่มีค่า $\rho_{\text{กลาง}}$ มีแนวโน้มผ่านการประเมินมากกว่าห้องที่มีค่า $\rho_{\text{สูง}}$ และ $\rho_{\text{ต่ำ}}$ แสดงตามภาพ 5 เนื่องจากห้องที่มีค่า $\rho_{\text{สูง}}$ ส่งผลให้แสงโดยรอบมีความสว่างมากเกินไปทำให้ได้ค่า TAIR ต่ำ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด ตรงกันข้ามห้องที่มีค่า $\rho_{\text{ต่ำ}}$ ถึงแม้ว่า จะได้ค่า TAIR สูง แต่แสงโดยรอบกลับมีความสว่างไม่เพียงพอตามที่กำหนด ดังนั้นห้องที่มีค่า $\rho_{\text{กลาง}}$ ช่วยหลีกเลี่ยงความสว่างโดยรอบที่มากเกินไป ส่งผลให้มีความสมดุลทางด้านการเน้นภาพ การอนุรักษ์ และความสบายตา

นอกจากนี้ ในสภาวะแสงเดียวกัน หากส่องวัตถุเดียวกัน ในห้องที่มีค่า ρ ต่างกัน จะส่งผลให้ค่า $E_{\text{สูงสุด}}$ บนประติมากรรมแตกต่างกัน ซึ่งพบว่า $E_{\text{สูงสุด}}$ บนประติมากรรม ในห้อง $\rho_{\text{สูง}} > \rho_{\text{กลาง}} > \rho_{\text{ต่ำ}}$ เช่น key light จากด้านหน้า 100% + fill light จากด้านข้าง 100% + ambient light 50% ในห้อง $\rho_{\text{สูง}}$ จะได้ $E_{\text{สูงสุด}}$ ที่ 371 lux ส่วน $\rho_{\text{กลาง}}$ ได้ $E_{\text{สูงสุด}}$ ที่ 355 lux เนื่องจาก $E_{\text{สูงสุด}}$ ประกอบไปด้วยแสงทางตรง (direct light) จากดวงโคม และแสงทางอ้อม (indirect light) จากการสะท้อนแสงภายในห้อง ยิ่งห้องที่มี $\rho_{\text{สูง}}$ การดูดกลืนแสงน้อย หรือการสะท้อนมาก ทำให้ค่า $E_{\text{สูงสุด}}$ มากตามไปด้วย กลับกันยิ่งห้องที่มี $\rho_{\text{ต่ำ}}$ การดูดกลืนแสงมาก หรือการสะท้อนน้อยทำให้ได้ค่า $E_{\text{สูงสุด}}$ ที่ต่ำกว่า จากข้อสังเกตดังกล่าว ยังส่งผลแก่วันหรือชั่วโมงในการจัดแสดงด้วย อาจกล่าวได้ว่าจำนวนวัน หรือชั่วโมงในการจัดแสดงในห้อง $\rho_{\text{สูง}} < \rho_{\text{กลาง}} < \rho_{\text{ต่ำ}}$

ทั้งนี้ จากการพิจารณาโดยภาพรวม เพื่อเพิ่มโอกาสในการส่งเสริมคุณลักษณะของประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัวให้ดูโดดเด่นและน่าดึงดูดใจมากยิ่งขึ้น ร่วมกับการรักษาอายุวัตถุจัดแสดง มีแนวทาง คือ 1) ด้านสถาปัตยกรรม เลือกใช้ห้องจัดแสดงที่มีค่า $\rho_{\text{กลาง}}$ (C: 0.8 W: 0.65 F:0.3) 2) ด้านการออกแบบการส่องสว่างเลือกใช้รูปแบบการส่องสว่าง key light จากด้านหน้าร่วมกับ fill light จากด้านข้าง รองลงมา คือรูปแบบ key light กับ fill light ที่ส่องสว่างเข้าหาตัวประติมากรรมไม้จากทั้งสองฝั่งซ้าย-ขวา 3) ด้านการอนุรักษ์และการมีส่วนร่วม ในกรณีที่มี $MRSE \geq 14$ $TAIR \geq 10$ และค่า $E_{\text{สูงสุด}}$ ไม่เกิน 200 lux สามารถจัดแสดง 8 ชั่วโมงทุกวัน ตลอดทั้งปี แต่หากค่า $E_{\text{สูงสุด}}$ บนพื้นผิวประติมากรรมอยู่ระหว่าง 200–500 lux นักออกแบบควรแจ้งแก่ภัณฑารักษ์ เพื่อวางแผนประเมินการจำกัดจำนวนวัน หรือระยะเวลาการจัดแสดงต่อไป

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากผู้วิจัยทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบการส่องสว่างแก่ประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัวในความเป็นจริงยังมีอีกหลายตัวแปรที่ควรทำการศึกษาต่อไป อาจศึกษาประติมากรรมไม้ที่มีขนาด และสีไม้ธรรมชาติที่แตกต่างออกไป รวมทั้งขนาดห้องจัดแสดง สีฉากหลัง รูปแบบการส่องสว่าง ระดับความสว่าง และการกระจายแสงของดวงโคมในรูปแบบอื่น ๆ หรือกรณีที่จัดแสดงประติมากรรมไม้หลายชิ้นภายในห้องเดียวกัน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนสมทบระหว่างบัณฑิตวิทยาลัย ร่วมกับคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับการสนับสนุนทุนอุปกรณ์การวิจัยและสถานที่ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติจาก ศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิพรธน์ บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ได้รับความอนุเคราะห์ชิ้นงานประติมากรรมไม้แกะสลักแบบลอยตัวเพื่อเป็นตัวอย่างในงานวิจัยจาก คุณณัฐพนธ์ โปธิ์ประทีป ได้รับความอนุเคราะห์ในการสำรวจและเก็บข้อมูลประติมากรรมไม้จากหอพิพิธภัณฑศิลปะลาว และได้รับความอนุเคราะห์จากอีกหลายท่านที่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจ ผู้วิจัยจึงขอถือโอกาสนี้ขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

บรรณานุกรม

- จักรพันธ์ วิลาสินีกุล. (2560). *วัสดุและสื่อในประติมากรรม [material and media in sculpture]*. บริษัท ไชเบอร์พริ้นท์กรุ๊ป.
- ธีรพล สืบชมภู และกุลธิดา ท้วมสุข. (2559). การพัฒนาพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงสามมิติเครื่องดินเผาชิ้นเอกบ้านเชียง. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*, 14(1), 49–61. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/crma-journal/article/view/243083>
- ปาริชาติ ชมภูชัยเกิด. (2567). *การประยุกต์ใช้โฟโตแกรมเมตรีกับการอ่านภาพถ่ายทางอากาศ*. <https://www.onlb.go.th/product-blog/a2673>
- พรรณชลัท สุริโยธิน. (2565). *แสง-ศาสตร์-ศิลป์ : การส่องสว่างสำหรับพิพิธภัณฑ์และหอศิลป์*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุทธศักดิ์ ทองแสน และรัตนโชติ เทียนมงคล. (2566). การจัดเก็บข้อมูลพระพุทธรูปโบราณในรูปแบบวัตถุเสมือนจริง 3 มิติด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมตรีเพื่อการอนุรักษ์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 8, 1–16. <https://doi.org/10.14456/journalindus.2023.1>
- สุชาติ แสนพิช. (2566). *สร้างโมเดล 3 มิติ เทคนิคโฟโตแกรมเมตรี RealityCapture Advanced*. <https://www.mebmarket.com/ebook-291235-สร้างโมเดล-3-มิติ-เทคนิคโฟโตแกรมเมตรี--RealityCapture-Advanced>
- American Academy of Ophthalmology. (2025). *Color vision*. <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/how-humans-see-in-color>
- Brzezicki, M. (2021). An evaluation of annual luminous exposure from daylight in a museum room with a translucent ceiling. *Buildings*, 11(5), 193. <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/5/193>
- CIE. (2020). *CIE S 017:2020 ILV: International lighting vocabulary*. <https://cie.co.at/eilvterm/17-22-060>
- Cuttle, C. (2007). *Light for art's sake*. Routledge.
- Cuttle, C. (2015). *Lighting design a perception-based approach*. Routledge. https://www.routledge.com/Lighting-Design-A-Perception-Based-Approach/Cuttle/p/book/9780415731973?srsltid=AfmBOopGeYW5qLaTmlv_EC599kyO8Asl7PAFdrjgmCrjZMYq9qnY4q7Z
- Cuttle, C. (2024). The luminous flux field as a basic concept for interior lighting design. *Lighting Research & Technology*, 57(3). <https://doi.org/10.1177/14771535241261266>
- Cuttle, K. (2023). *Current LiDOs document*. <https://onedrive.live.com/?redeem=aHR0cHM6Ly8xZHU2Lm1zL2YvcyFBc3E1aWFkQktNRkc4bmtxX0ludjV0MHhYeW1EP2U9RTNhbDd3&id=46C12841A789B9CA%2114713&cid=46C12841A789B9CA>
- Duff, J., Antonutto, G., & Torres, S. (2016). On the calculation and measurement of mean room surface exitance. *Lighting Research & Technology*, 48(3), 384–388. <https://doi.org/10.1177/1477153515593579>
- Durante, A., & Kelly, K. (2022). Investigating mean room surface exitance values for office lighting. *Lighting Research & Technology*, 54(7), 657–673. <https://doi.org/10.1177/14771535211044665>

- European Committee for Standardization. (2011). *Slovenski standard EN12464-1:2011: Loght and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places*. CEN.
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/30549/d5880e1a3a95469d840804022206edf3/SIST-EN-12464-1-2011.pdf>
- Feilo Sylvania. (2015). *Lighting for museums and galleries*. <https://www.sylvania-lighting.com/documents/documents/Museums%20and%20Galleries%20-%20Brochure%20-%20English.PDF>
- Feltrin, F., Leccese, F., Hanselaer, P., & Smet, K. (2017, June 6-9). *Analysis of painted artworks' color appearance under various lighting settings*. 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe). DOI:10.1109/EEEIC.2017.7977574
- Feltrin, F., Leccese, F., Hanselaer, P., & Smet, K. A. G. (2020). Impact of illumination correlated color temperature, background lightness, and painting color content on color appearance and appreciation of paintings. *LEUKOS*, 16(1), 25–44. <https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1522261>
- García-Bustos, M., Rivero, O., García Bustos, P., & Mateo-Pellitero, A. M. (2022). From the cave to the virtual museum: Accessibility and democratisation of Franco-Cantabrian Palaeolithic art. *Virtual Archaeology Review*, 14(28), 54–64. <https://doi.org/10.4995/var.2023.17684>
- Gibbons, R., & Hankey, J. (2005). *Enhanced night visibility series, Volume IX: Phase II - Characterization of experimental objects*. Federal Highway Administration (FHWA).
<https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/FHWA-HRT-04-140.pdf>
- Hansen, E. K., Pajuste, M., & Xylakis, E. (2022). Flow of light: Balancing directionality and CCT in the office environment. *LEUKOS*, 18(1), 30–51. <https://doi.org/10.1080/15502724.2020.1808014>
- Hirata, S., Hayashi, S., & Ohta, M. (2020). Color measurements according to three sections of wood. *Journal of Wood Science*, 66(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s10086-020-01883-2>
- Huang, Z., Liu, Q., Westland, S., Pointer, M. R., Luo, M. R., & Xiao, K. (2017). Light dominates colour preference when correlated colour temperature differs. *Lighting Research & Technology*, 50(7), 995-1012.
<https://doi.org/10.1177/1477153517713542>
- Jafarian, H., Demers, C. M. H., Blanchet, P., & Laundry, V. (2017). Effects of interior wood finishes on the lighting ambiance and materiality of architectural spaces. *Indoor and Built Environment*, 27(6), 786-804.
<https://doi.org/10.1177/1420326X17690911>
- Kelly, R. (1952). Lighting as an integral part of architecture. *College Art Journal*, 12(1), 24–30.
<https://doi.org/10.1080/15436322.1952.11466295>
- Ko, T. K., Kim, I. T., Choi, A. S., & Sung, M. (2016, August 17). Simulation and perceptual evaluation of fashion shop lighting design with application of exhibition lighting techniques. *Building Thermal, Lighting, and Acoustics Modeling*, 9, 641-658. <https://doi.org/10.1007/s12273-016-0312-5>
- Lam, W. M. C. (1977). *Perception and lighting as formgivers for architecture*. McGraw-Hill.

- Lambert, J. H., & DiLaura, D. L. (2001). *Photometry, or, on the measure and gradations of light, colors, and shade: Translation from the Latin of Photometria, sive, de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*. Illuminating Engineering Society of North America.
- Leccese, F., Salvadori, G., Maccheroni, D., & Feltrin, F. (2020). Lighting and visual experience of artworks: Results of a study campaign at the National Museum of San Matteo in Pisa, Italy. *Journal of Cultural Heritage*, 45, 254–264. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.03.007>
- McGrath, J. R., Beck, M., & Hill, M. E. (2017). Replicating red: Analysis of ceramic slip color with CIELAB color data. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 432–438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.06.020>
- Nurhuda, T., Monty, A., Apriani, S., & Mangkuto, R. (2023). Assessments of mean reflectance surface exitance and contrast in a museum: Comparison between simulation, calculation and field measurements. *Journal of Physics: Conference Series*, 2673, 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2673/1/012030>
- Purves, D., & Lotto, R. (2003). *Why we see what we do: An empirical theory of vision*. Sinauer Associates.
- SLL. (2015). *Lighting guide 08: Lighting for museums and art galleries*. CIBSE.
- Thomson, G. (1994). *The museum environment* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2013-0-01226-1>
- Times Reporters. (2020, August 19, 2020). Vientiane turns tourism spotlight on contemporary arts museum, Thinxoy stupa. *Vientiane Times*. https://www.vientianetimes.org.la/freeContent/FreeConten_Vientiane.php
- Wei, M., Wenyu, B., & Huang, H. P. (2020). Consideration of light level in specifying light source color rendition. *LEUKOS*, 16(1), 55–65. <https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1448992>