

การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีตามลำแสงในการออกแบบและวิเคราะห์ไฟส่องสว่าง

Applications of Ray Tracing Method in Illumination Design

อภิชาติ ตีระลาภสุวรรณ* ผอ.ยผน ศรีสวัสดิ์ และปิยพงศ์ เปรมวรานนท์
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทร 0-2564-6500 ต่อ 4356 โทรสาร 0-2564-6370 *อีเมลล์ apichatt@mtec.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีช่วยในการคำนวณทางแสงที่เรียกว่า ระเบียบวิธีตามลำแสง (Ray Tracing Method) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการออกแบบทางแสงในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โคมไฟส่องสว่าง หน้าจอ LCD หรือ กระจกรถยนต์ เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการคำนวณด้วยระเบียบวิธีตามลำแสง การวิเคราะห์หาค่าปริมาณทางแสงต่างๆ รวมถึงรูปแบบของลำแสงที่ได้จากดวงโคม ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและปรับปรุงโคมไฟให้มีประสิทธิภาพทางแสงที่ดีขึ้น อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงผลของการปรับเปลี่ยนรูปร่างชิ้นงานที่มีต่อความสว่างและการกระจายแสงของดวงโคม เพื่อให้โคมไฟส่องสว่างมีรูปแบบลำแสงที่เหมาะสมกับประเภทและลักษณะของงานอีกด้วย ซึ่งการนำระเบียบวิธีตามลำแสงดังกล่าวมาใช้ จะช่วยในการประเมินคุณภาพทางแสงของโคมไฟเบื้องต้น ก่อนนำไปทำการผลิตต้นแบบ ทำให้สามารถลดต้นทุนและระยะเวลาในการลองผิดลองถูกได้อย่างมาก

Abstract

This paper proposed the applications of the computer aided lighting (CAL) technology, so called "The Ray Tracing Method", which is widely used in various illumination and lighting industries such as automotive lamp, LCD monitor, rear view mirror and etc. In this project, the ray tracing method was demonstrated and employed to calculate the illuminance, intensity, and light distribution curve of the luminaire and headlamp. Besides, the ray tracing method was applied to improve the beam quality of the lamp and explore the effects of geometry changes to the beam pattern of light for specific lighting application. With ray tracing method, the beam quality of the lighting system can be effectively assessed in the early design stage prior to the generally costly prototype fabrication, which results in the fabrication cost reduction and the shorter trials and errors period.

1. บทนำ

ในอดีต การออกแบบระบบไฟส่องสว่างกระทำได้อย่างยาก เพราะแสงสว่างมีคุณสมบัติเฉพาะทาง มีทิศทางไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายรูปร่างของลำแสงได้ แต่ในปัจจุบันมีวิธีการที่ช่วยในการออกแบบระบบไฟส่องสว่างได้ง่ายด้วยระเบียบวิธีตามลำแสง ซึ่งทำการออกแบบและวิเคราะห์การส่องสว่างด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้การออกแบบง่าย รวดเร็ว และลดต้นทุนการสร้างต้นแบบได้

ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในปัจจุบันทำให้สามารถออกแบบระบบไฟส่องสว่างให้มีความสวยงาม ดูสบายตา และได้มาตรฐานตามข้อบังคับทางแสงของระบบไฟส่องสว่างนั้นๆ โดยระบบไฟส่องสว่างแต่ละประเภทจะมีรายละเอียดการออกแบบและมาตรฐานข้อบังคับที่ต่างกันไป เช่น การออกแบบโคมไฟ จะต้องมีความสว่างที่เหมาะสมกับสถานที่และพื้นที่ใช้งาน การออกแบบไฟหน้ารถยนต์ จะต้องได้ตามมาตรฐานยานยนต์ ไม่รบกวนสายตาคนขับรถในเลนตรงข้ามและคนเดินทางเท้า เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำผลข้อมูลทางแสงที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม เช่น ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้อีกด้วย ดังนั้นการออกแบบและวิเคราะห์ทางแสง จึงเข้ามามีบทบาทอย่างมากในงานด้านการส่องสว่าง

ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีตามลำแสงในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟส่องสว่าง ได้แก่ โคมไฟฝังผ้าเพดาน และไฟหน้ารถเก๋งยวทูว เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเห็นถึงประโยชน์ที่ได้จากระเบียบวิธีตามลำแสง

2. ทฤษฎี

2.1. ระเบียบวิธีตามลำแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถผ่านไปมายังพื้นที่ต่างๆ ได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวนำ โดยแสงที่พิจารณาในบทความนี้ จะแพร่ไปในทิศทางเดียวกันกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะการแพร่เป็นเส้นตรง และมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางไปตามคุณสมบัติทางแสงของวัสดุ ได้แก่ การ สะท้อน และการหักเหผ่านวัสดุต่างๆ ตามกฎของสเนลล์ ดังสมการ (1)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1)$$

โดยที่ n_1 คือดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1 n_2 คือดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 θ_1 คือมุมตกกระทบที่กระทำระหว่างเส้นทางเดินของแสงกับเส้นตั้งฉากพื้นผิววัตถุ และ θ_2 คือมุมระหว่างเส้นทางเดินของแสงกับเส้นตั้งฉากพื้นผิววัตถุที่เกิดการหักเหเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่เปลี่ยนไป

สำหรับระเบียบวิธีตามลำแสง เส้นทางเดินของลำแสง จะถูกคำนวณที่ละลำแสง เริ่มจากแหล่งกำเนิดแสง ไปยังจุดตัดระหว่าง 2 ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหที่ต่างกัน ที่จุดตัดนี้ ทิศทางของแสงสะท้อนและแสงหักเห จะถูกคำนวณโดยใช้กฎของสเนลล์ จนถึงตัวรับแสงที่กำหนดไว้ ซึ่งกำลังงานของลำแสงแต่ละลำแสงบนตัวรับแสง จะถูกคำนวณจากอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานต่อเวลา ตามทฤษฎีพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่าฟลักซ์ส่องสว่าง ดังสมการ (2)

$$\varphi = \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

โดยที่ φ คือฟลักซ์ส่องสว่าง Q คือพลังงานการส่องสว่าง และ t คือเวลา

และเมื่อลำแสงผ่านวัตถุจะถูกดูดกลืนไว้บางส่วน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น และองค์ประกอบของวัตถุ โดยคำนวณได้จากสมการ (3)

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (3)$$

โดยที่ I คือ ความเข้มแสงปรากฏเมื่อผ่านวัตถุ I_0 คือ ความเข้มแสงเริ่มต้น α คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัตถุ และ x คือ ความหนาของวัตถุ

2.2. ปริมาณทางด้านการส่องสว่าง

ความสว่างบนตัวรับแสงหรือพื้นที่ใดๆ ที่พิจารณา คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่าง ที่ตกกระทบบนพื้นผิวนั้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (4)

$$E = \frac{d\varphi}{dA} \quad (4)$$

โดยที่ E คือ ความสว่าง และ A คือ พื้นที่ของฉากรับแสงหรือพื้นผิวใดๆ

ในการหาความสว่างที่จุดใดๆ ที่เกิดจากความเข้มส่องสว่างที่ส่องมาโดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นสามารถหาได้จากวิธีกำลังสองผกผัน

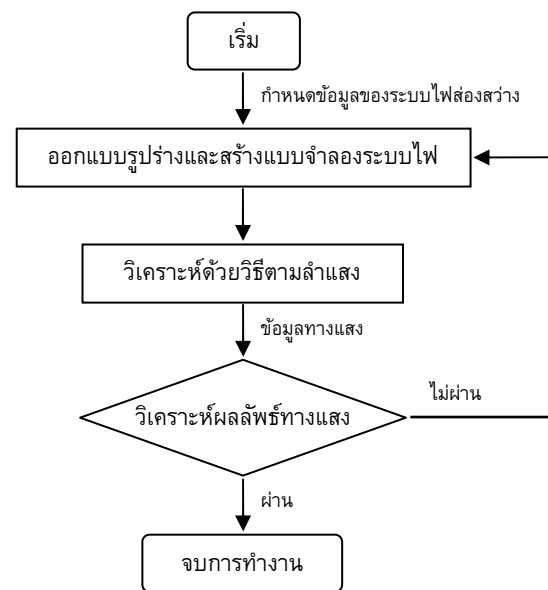
$$E = \frac{I}{r^2} \quad (5)$$

โดยที่ I คือ ความเข้มแสง และ r คือ ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดใดๆที่พิจารณา

3. กระบวนการวิเคราะห์

ในกระบวนการวิเคราะห์ ด้วยระเบียบวิธีตามลำแสงมีกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งโดยปกติแล้วจะเริ่มต้นจากการกำหนดข้อมูลของระบบไฟส่องสว่าง ได้แก่ รูปร่าง ขนาด ลักษณะของงานสะท้อนแสง เลนส์ครอบ หลอดไฟที่ใช้ และคุณสมบัติทางแสงของวัสดุต่างๆ ตำแหน่งติดตั้งฉากรับแสง และสมภาวะการทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์

ทางแสง จากนั้นจึงทำการออกแบบและสร้างแบบจำลอง 3 มิติของระบบไฟส่องสว่างในคอมพิวเตอร์ เมื่อออกแบบได้ตามต้องการแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ผลด้วยระเบียบวิธีตามลำแสง ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นข้อมูลทางแสงสว่าง ซึ่งได้แก่ ค่าความสว่าง เส้นโค้งการกระจายความเข้มของแสง ลักษณะรูปร่างลำแสง เป็นต้น ข้อมูลทางแสงที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ เพื่อพิจารณาคุณภาพทางแสงและความเหมาะสมในการใช้งานของระบบไฟส่องสว่างนั้นๆ ในกรณีที่ผลวิเคราะห์ทางแสง ไม่ผ่านการทดสอบ หรือไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ วิศวกรผู้ออกแบบสามารถทำการแก้ไขและวิเคราะห์ใหม่ จนกว่าจะได้คุณภาพทางแสงตามที่ต้องการ จากนั้นจึงนำไปสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อทำการทดสอบจริงต่อไป



รูปที่ 1 ไลอะแกรมการออกแบบระบบไฟส่องสว่าง

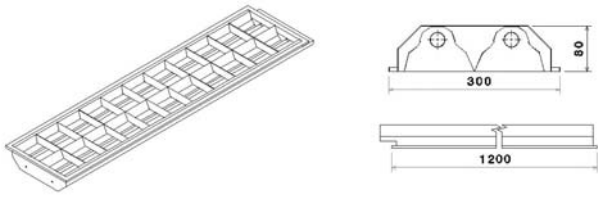
4. การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีตามลำแสงในการออกแบบและวิเคราะห์ไฟส่องสว่าง

งานวิจัยนี้นำเสนอตัวอย่างการประยุกต์ระเบียบวิธีตามลำแสงในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟส่องสว่าง 2 กรณี คือ การออกแบบและวิเคราะห์โคมไฟฝังฝ้าเพดาน และไฟหน้ารถเกียยว้าว

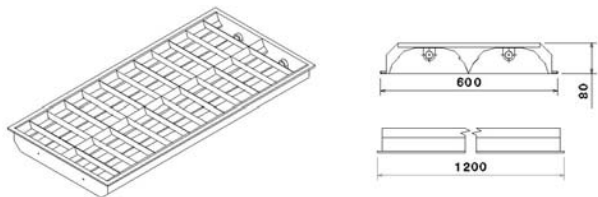
4.1. โคมไฟฝังฝ้าเพดาน

งานโคมไฟฝังฝ้าเพดานในงานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์โคมไฟฝังฝ้าเพดาน จำนวน 2 รุ่น คือ รุ่น SL-T236 ขนาดโคมไฟ กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 และ รุ่น SL-T236(L) ขนาดโคมไฟ กว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 และมีรูปร่างหน้าตัดของโคมไฟทั้งสอง ดังรูปที่ 4 ซึ่งโคมไฟฝังฝ้าเพดานประกอบด้วยตัวโคมไฟ แผ่นสะท้อนแสงแผ่นล่าง ตะแกรงกันแสงจั่วซึ่งติดกับแผ่นสะท้อนแสงแผ่นบน หลอดไฟ บัลลัสต์ และสตาร์ทเตอร์ โดยมีคุณสมบัติทางแสงที่สำคัญ คือ แผ่นสะท้อนแสงทั้ง 2 รุ่น ทำจากอะลูมิเนียมผิวเรียบที่มีค่า

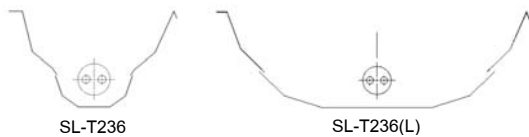
สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 87% ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ ฟลักซ์ส่องสว่าง 2690 ลูเมน จำนวน 2 หลอด



รูปที่ 2 แบบโคมไฟฝังฝ้าเพดาน รุ่น SL-T236



รูปที่ 3 แบบโคมไฟฝังฝ้าเพดาน รุ่น SL-T236(L)

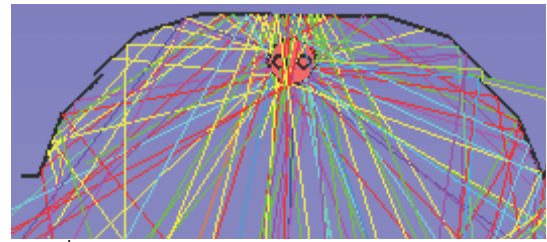


รูปที่ 4 หน้าตัดของโคมไฟฝังฝ้าเพดาน แบบติดตั้ง ทั้ง 2 รุ่น

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ดวงโคมต้นแบบทั้ง 2 รุ่น เพื่อหาข้อมูลทางแสง ได้แก่ รูปร่างของลำแสงที่ได้จากดวงโคม ความสว่าง เส้นโค้งการกระจายแสง โดยทำการจำลองการติดตั้งโคมไฟให้เหมือนลักษณะการติดตั้งใช้งานจริง คือ โคมไฟจะถูกจำลองให้ติดตั้งบนเพดานที่มีความสูงจากพื้น 3 เมตร โดยส่องแสงมายังพื้นห้องด้านล่างที่มีขนาด 10×10 ตารางเมตร ดังรูปที่ 5 และทำนายลักษณะทางเดินของลำแสงแต่ละเส้นด้วยระเบียบวิธีตามลำแสง ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ทางแสง ดังตารางที่ 1



รูปที่ 5 การจำลองสภาวะการทดสอบโคมไฟในการวิเคราะห์ทางแสง



รูปที่ 6 การทำนายลักษณะทางเดินของลำแสงในดวงโคม

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ของโคมไฟ แบบติดตั้ง ทั้ง 2 รุ่น

	SL-T236	SL-T236(L)
ลักษณะรูปร่างลำแสง		
ค่าความสว่างสูงสุด	220.71 lux	205.64 lux
เส้นโค้งการกระจายแสง		

จากนั้นทำการออกแบบโคมไฟทั้ง 2 รุ่นใหม่ โดยโคมไฟรุ่น SL-T236 ได้ทำการปรับความยาวและมุมการพับของแผ่นสะท้อนแสงให้สามารถรวมแสงได้ดีขึ้น แต่รูปร่างของลำแสงไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อนำไปวิเคราะห์ผลด้วยระเบียบวิธีตามลำแสงแล้ว จึงนำผลข้อมูลทางแสงของโคมไฟแบบปรับใหม่มาเปรียบเทียบกับข้อมูลของโคมไฟแบบติดตั้ง ได้ผลดังตารางที่ 2 และทำการสร้างต้นแบบโคมไฟทดสอบ โดยทำการวัดค่าความสว่างสูงสุดของโคมติดตั้งเปรียบเทียบกับโคมที่ออกแบบใหม่ด้วยลักซ์มิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางแสงของโคมไฟ

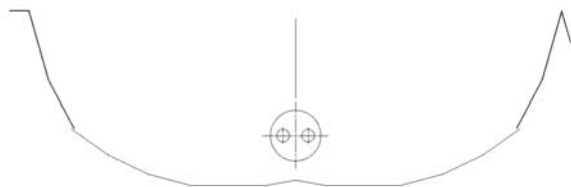
รุ่น SL-T236 แบบติดตั้งและแบบปรับใหม่

	แบบติดตั้ง	แบบปรับใหม่
ลักษณะรูปร่างลำแสง		
ค่าความสว่างสูงสุด	220.71 lux	246.67 lux
เส้นโค้งการกระจายแสง		

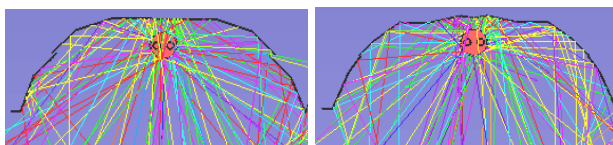
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าความสว่างสูงสุดของโคมไฟรุ่น SL-T236 ที่ได้จาก การวัดโดยใช้ลักซ์มิเตอร์

แบบ	ค่าความสว่างที่วัดได้ (Lux)
แบบดั้งเดิม	197
แบบปรับใหม่	275
แบบปรับใหม่ (ใส่หลอด TLD 36W/860)	320

ในส่วนของโคมไฟรุ่น SL-T236(L) นั้น ได้ทำการออกแบบแผ่นสะท้อนแสงใหม่ โดยมีการเพิ่มรอยพับบริเวณกึ่งกลางของแผ่นสะท้อนแสง เพื่อนำแสงที่ออกจากด้านหลังของหลอดไปใช้งาน รวมถึงการปรับมุม และปรับความยาวใหม่ ดังภาพหน้าตัดในรูปที่ 7 เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีตามลำแสง จะเห็นถึงเส้นทางของลำแสงที่แตกต่างไปจากแบบดั้งเดิม ดังรูปที่ 8 ซึ่งข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางแสง เปรียบเทียบระหว่างโคมไฟแบบดั้งเดิม และโคมไฟแบบปรับใหม่ แสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 7 หน้าตัดของโคมไฟรุ่น SL-T236(L) แบบปรับใหม่



แบบดั้งเดิม
แบบปรับใหม่
รูปที่ 8 เปรียบเทียบเส้นทางเดินลำแสงของโคมไฟรุ่น SL-T236(L) แบบดั้งเดิมและแบบปรับใหม่

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางแสงของโคมไฟรุ่น SL-T236(L) แบบดั้งเดิมและแบบปรับใหม่

	แบบดั้งเดิม	แบบปรับใหม่
ลักษณะรูปร่างลำแสง		
ค่าความสว่างสูงสุด	205.64 lux	160.41 lux
เส้นโค้งการกระจายแสง		

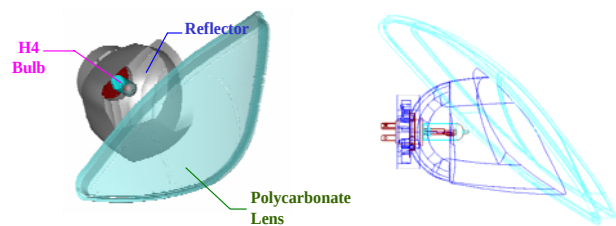
จากนั้นทำการวิเคราะห์ทางแสงของโคมไฟฝั่งผ้าเพดานแบบปรับปรุงใหม่ ทั้ง 2 รุ่นอีกครั้ง โดยทำการจำลองสภาวะการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ ให้เหมือนกับสภาวะการทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการทางแสง โดยกำหนดให้โคมไฟถูกจำลองให้ติดตั้งบนเพดานที่มีความสูงจากพื้น 2.7 เมตร ส่องแสงมายังพื้นห้องด้านล่างที่มี ขนาด 6x6 ตารางเมตร แผ่นสะท้อนแสงทั้ง 2 รุ่น ทำจากอะลูมิเนียมผิวเรียบที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 95% ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟทดสอบโคม รุ่น SL-T236 เท่ากับ 2240 ลูเมน / หลอด และฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟทดสอบโคมไฟรุ่น SL-T236(L) เท่ากับ 2250 ลูเมน / หลอด จากนั้นนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางแสงมาทำการเปรียบเทียบับผลการวัดจริงที่ได้จากห้องปฏิบัติการดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าความสว่างสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์ ในคอมพิวเตอร์กับค่าที่วัดจริงจากห้องปฏิบัติการ

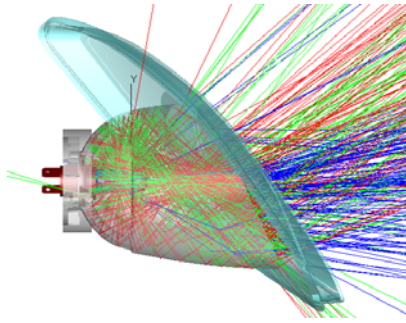
รุ่น	ค่าความสว่าง สูงสุดที่ได้จาก การวิเคราะห์ใน คอมพิวเตอร์ (Lux)	ค่าความสว่าง สูงสุดที่ได้จาก การวัดจริงใน ห้องปฏิบัติการ (Lux)	% ความคลาด เคลื่อน
SL-T236	274.1	300	8.63
SL-T236(L)	171.4	178	3.71

4.2. ไฟหน้ารถเกี่ยวข้าว

ไฟหน้ารถเกี่ยวข้าวในงานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์ไฟหน้ารถเกี่ยวข้าว ดังรูปที่ 9 ส่วนประกอบของไฟหน้ารถเกี่ยวข้าว ประกอบด้วย หลอดไฟ H4 75/70 วัตต์ แผ่นสะท้อนแสงเคลือบผิวอะลูมิเนียมที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 96% และเลนส์หนา 2 มิลลิเมตร ทำจากโพลีคาร์บอนเนต มีค่าดัชนีการหักเห 1.591 และค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่าน 85% และทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีตามลำแสงเพื่อหาข้อมูลทางแสง ดังรูปที่ 10

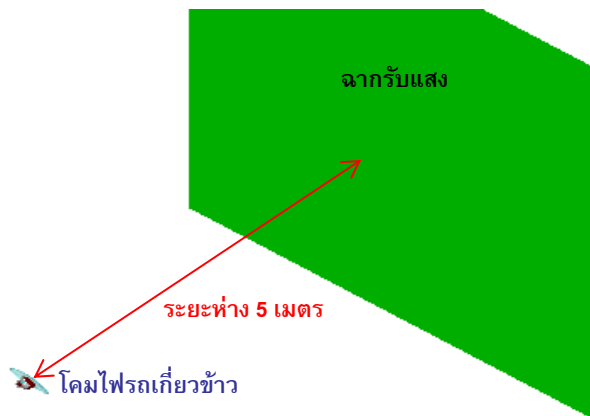


รูปที่ 9 ไฟหน้ารถเกี่ยวข้าว แบบดั้งเดิม

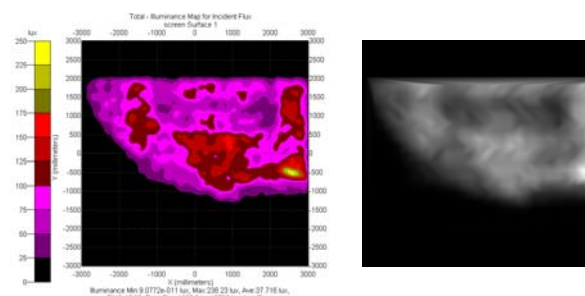


รูปที่ 10 การทำนายลักษณะทางเดินของลำแสงของไฟहनารถเกี่ยวข้าว

สำหรับการวิเคราะห์ไฟहनารถเกี่ยวข้าวโดยใช้ระเบียบวิธีตามลำแสง จะทำการจำลองการติดตั้งไฟหน้าให้เหมือนลักษณะการติดตั้งใช้งานจริง คือ ไฟหน้าจะถูกจำลองให้ติดตั้งห่างจากฉากรับแสงระยะ 5 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 11 แล้วทำการเปิดไฟต่ำและไฟสูงพร้อมกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ จะได้ค่าความสว่างสูงสุดที่ 250 lux และมีลักษณะรูปร่างลำแสงที่ได้จากดวงโคม ดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 การจำลองสภาวะการทดสอบไฟหน้าในการวิเคราะห์ทางแสง



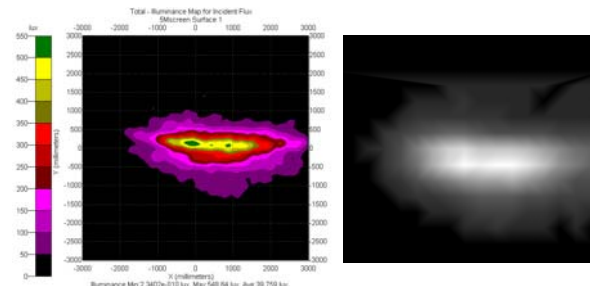
รูปที่ 12 ค่าความสว่างและลักษณะรูปร่างลำแสงบนฉากรับแสงของไฟहनารถเกี่ยวข้าวแบบดั้งเดิม

จากผลการวิเคราะห์ แสงสว่างจากดวงโคมกระจายออกมากเกินไปไม่เกาะกลุ่ม ทำให้ไม่สามารถส่องสว่างพื้นที่ใช้งานได้ ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบแผ่นสะท้อนแสงของไฟहनารถเกี่ยวข้าวใหม่ ดังรูปที่ 13



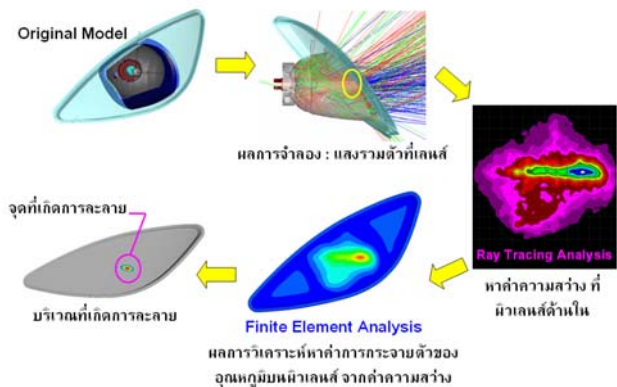
รูปที่ 13 ไฟहनารถเกี่ยวข้าวแบบดั้งเดิมและแบบปรับใหม่

จากนั้นนำไฟหน้าแบบปรับใหม่ไปทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีตามลำแสง โดยใช้การวิเคราะห์เช่นเดียวกับไฟหน้าแบบดั้งเดิม ได้ค่าความสว่างสูงสุดที่ 550 lux และมีลักษณะรูปร่างลำแสงที่เกาะกลุ่มกันมากขึ้น ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ค่าความสว่างและลักษณะรูปร่างลำแสงบนฉากรับแสงของไฟहनารถเกี่ยวข้าวแบบปรับใหม่

ในงานออกแบบและวิเคราะห์การส่องสว่างของไฟहनารถยังสามารถนำข้อมูลทางแสง เช่น ฟลักซ์ส่องสว่าง ซึ่งเป็นพลังงานชนิดหนึ่ง ไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านความร้อนในงานออกแบบและวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ ดังรูปที่ 15 และรูปที่ 16



รูปที่ 15 การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีทางแสงร่วมกับกับการวิเคราะห์ทางด้านความร้อน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของเลนส์ครอบไฟหน้า
เทียบกับผลการทดสอบจริง

5. วิจัยผล

5.1. งานวิจัยโคมไฟฝังฝ้าเพดาน

ในโคมไฟ รุ่น SL-T236 ข้อมูลทางแสงของโคมไฟแบบปรับใหม่ที่ได้ แสดงลักษณะรูปร่างลำแสงที่เล็กกว่าโคมไฟแบบตั้งต้นเล็กน้อย (สามารถส่องสว่างเฉพาะพื้นที่ได้ดีขึ้น) มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น (เพิ่ม 11.76%) โดยเส้นโค้งการกระจายแสงของโคมไฟทั้งแบบตั้งต้นและแบบปรับใหม่เป็นแบบไฟส่องลง (Down Light) ส่วนโคมไฟ รุ่น SL-T236(L) ข้อมูลทางแสงของโคมไฟแบบปรับใหม่ที่ได้ แสดงลักษณะรูปร่างลำแสงที่สามารถส่องสว่างได้กว้างขึ้นมากกว่าโคมไฟแบบตั้งต้นตามที่ผู้ผลิตต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้โคมไฟดังกล่าว สามารถส่องสว่างพื้นที่ทำงานได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้ความสว่างของดวงโคมจะลดลง 22% ทั้งนี้เนื่องจากแสงบริเวณตรงกลางได้ถูกกระจายไปยังพื้นที่ด้านข้าง เพื่อเพิ่มความสว่างในบริเวณดังกล่าว โดยเส้นโค้งการกระจายแสงของโคมไฟแบบปรับใหม่จะเป็นเส้นโค้งคล้ายปีกผีเสื้อ ซึ่งจะแตกต่างจากเส้นโค้งการกระจายแสงของโคมไฟแบบตั้งต้นที่มีลักษณะคล้ายกลีบดอกไม้ม และเมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์ในคอมพิวเตอร์กับค่าที่วัดจริงจากห้องปฏิบัติการ พบว่าค่าความสว่างสูงสุด และเส้นโค้งการกระจายความเข้มแสงของดวงโคมทั้ง 2 แบบ มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 % ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในงานวิเคราะห์

5.2. งานวิจัยไฟหน้ารถเกี่ยวข้าว

งานสะท้อนแสงที่ออกแบบใหม่ให้ความสว่างสูงสุดเพิ่มขึ้น 40% โดยลักษณะรูปร่างลำแสงที่ได้จากโคมไฟหน้าแบบปรับใหม่ จะไม่กระจายออกเหมือนกับแบบตั้งต้น เนื่องจากพื้นที่ใช้งานจริงไม่มีความจำเป็นต้องใช้การกระจายแสงลงบนพื้นที่ที่กว้างมากๆ อีกทั้งลักษณะรูปร่างลำแสงของไฟหน้าแบบปรับใหม่ที่ได้มีการกระจายแสงลงบนพื้นที่ทำงานได้อย่างสม่ำเสมอและเหมาะสมกับการใช้งานมากกว่าแบบตั้งต้น นอกจากนั้นงานสะท้อนแสงที่ออกแบบใหม่ ยังช่วยลดการรวมตัวของแสงบนเลนส์ครอบพลาสติก ทำให้สามารถแก้ปัญหาการละลายของเลนส์ เนื่องจากความร้อนได้

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ได้นำเทคนิคการคำนวณทางแสง ด้วยระเบียบวิธีตามลำแสงมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบและวิเคราะห์ไฟส่องสว่างของโคมไฟฝังฝ้าเพดานและไฟหน้ารถเกี่ยวข้าว ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาในเรื่องของลักษณะการกระจายแสง การเพิ่มค่าความสว่าง และเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการส่องสว่างพื้นที่ทำงานตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานได้ ทั้งนี้การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและวิเคราะห์ทางแสงจะสามารถลดต้นทุนในการสร้างต้นแบบทดสอบ และลดระยะเวลาในการนำสินค้าสู่ตลาด อีกทั้งสามารถนำองค์ความรู้ไปช่วยในการออกแบบและพัฒนางานไฟส่องสว่างอื่นๆ ต่อไป

จากการออกแบบและวิเคราะห์ไฟส่องสว่างด้วยระเบียบวิธีตามลำแสงพบว่า การออกแบบแผ่นสะท้อนแสงมีความยากและมีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นตัวควบคุมการกระจายแสงของระบบไฟส่องสว่างทั้ง 2 งาน การออกแบบจึงต้องอาศัยทักษะของผู้ออกแบบและผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาข้อมูลในการออกแบบ อีกทั้งการออกแบบและวิเคราะห์จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติทางแสงของวัสดุและตัวกลางที่ลำแสงผ่าน เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการคำนวณ โดยสามารถนำวัสดุไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางแสงได้ หรือในบางกรณีอาจใช้ค่าคุณสมบัติทางแสงจากคู่มือวัสดุ แต่อาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บริษัท SILVERLIGHT ENTERPRISE (1992) LTD., PART. บริษัทศักดิ์พัฒนาการเกษตร และทีมงานร่วมโครงการทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Elmer, William B. 1980. The Optical Design Of Reflectors. New York, NY: John Wiley & Sons.
2. Illuminating Engineering Society of North America. 2000. IESNA Lighting Handbook: Reference & Application, 9th ed. New York, NY: Edited by Mark S. Rea.
3. Ryer, Alex. 1997. Light Measurement Handbook. Newburyport, MA: International Light. Also available at <http://www.intl-light.com/handbook/index.html>.
4. Murdoch, Joseph B. 1985. Illumination Engineering: From Edison's Lamp To The Laser. New York, NY: Macmillan.
5. McCluney, Ross. 1994. Introduction to Radiometry & Photometry. Norwood, MA: Artech House.
6. Hecht, Eugene. 2002. Optics. San Francisco, CA: Addison Wesley.
7. ไชยะ แซ่มช้อย. พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่าง เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนดีอี. 2544.
8. จาตุรงค์ แดงเขียว และ เดชา อัครสิทธิถาวร. การส่องสว่าง. กรุงเทพฯ : วังอักษร. 2548.