การพัฒนาและปรับปรุงแบบจำลองลักษณะความสว่างของระบบไฟถนนไดโอดเปล่งแสง กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

Improved Illumination model of LED street light at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai

พงศกร พ้นภัย พงษ์ชัย สืบสาร และ วิฑูรย์ พรมมี*
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย
99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120
Pongsakon Ponpai, Pongchai Seupsan and Witoon Prommee*
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai
99 Saikhao, Phan, Chiangrai, 57120
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน: wprommee232@gmail.com โทรศัพท์ 061-5419614

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองความสว่างเสมือนจริงของไฟถนนโดยพิจารณาการเปรียบเทียบความสว่าง และความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง แบบเลนส์ขนาดใหญ่ และหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดเล็ก กรณีศึกษาพื้นที่ถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย อดีตติดตั้งไฟถนนหลอดโซเดียมความดันไอสูง (HID) ขนาด 125 วัตต์ และปัจจุบันเปลี่ยนเป็นไฟถนนหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดใหญ่ขนาด 70 วัตต์ โดยทำการวัดค่าความส่องสว่างจากหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดใหญ่ และจำลองความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดเล็ก 70 วัตต์ โดยโปแกรม DIAlux เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความสว่างและความส่องสว่างของไฟถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย การจำลองความสว่างของถนน 4 บริเวณ ได้แก่ถนนทางตรงแบบมีเกาะกลางโคมไฟกิ่งคู่ ถนนทางโค้งแบบไม่มีเกาะกลางโคมไฟกิ่งเดียว ถนนบริเวณทาง 3 แยก และถนนบริเวณทาง 4 แยก จากผลการทดลอง ไฟถนนไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดเล็ก 70 วัตต์ มีค่าความสว่าง ความส่องสว่าง และความสม่ำเสมอของไฟถนนดีกว่าไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดใหญ่ 70 วัตต์

คำสำคัญ DIALux ไดโอดเปล่งแสง ความส่องสว่าง ความสว่าง มาตรฐานกรมทางหลวง

Abstract

This research builds a virtual illuminance model of street lights which considers the difference of luminance and illuminance between big-lens and small-lens light emitting diodes (LED) street lights. The location of the study was a street in Rajamangla University of Technology, Chiang Rai campus, where LED Street light with big lens 70 watt were chosen to replace high intensity discharge (HID) 125 watt lights to save energy, with the exception of some areas which do not have enough light. As a result, LED Street light with small lens are used to improve the light performance of street light. A street lighting model is designed in DIALux program to improve the light performance indices, including illuminance, luminance, and compliance to Thai highway light standards .There are four types of street including Direct road with traffic island, Curve road without traffic island, three ways of a crossroad and four ways of a crossroad. For experimental results, LED street lights with small lens give a better overall light performance than LED Street light with big lens on the street of Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai.

Keywords: DIALux, light emitting diode, illuminance, luminance, thai highway light standard.

1. บทนำ

โปรแกรม DIAlux เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการจำลองและออกแบบแสงสว่างจากหลอดไฟโดยอ้างอิงจาก ลูเมนและวัตต์จากหลอดที่นำมาใช้งานจะได้ค่าความส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นที่เช่น พื้นห้อง พื้นถนน โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้นหรือบริเวณพื้นที่ๆเราต้องการทราบค่ามีหน่วยการวัดค่าความส่องสว่างเป็น ลักซ์ โดยออกแบบ และจำลองห้อง หรือ พื้นที่เป็นรูปแบบสามมิติแล้วมีระดับค่า ลักซ์ เป็นตัวบอกค่าความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบกับพื้นที่ และสามารถเชื่อมข้อมูลของโคมไฟฟ้าสามารถกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ชนิดโคม และลักษณะถนนเหมือนจริงตรงตามลักษณะวัสดุเนื้อถนน มีระบบการคำนวณและสร้างรายงานการออกแบบที่ครบสมบูรณ์ ตรงตามหลักวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าส่องสว่าง สร้างแบบจำลองสามมิติเสมือนจริงในรูปแบบที่เป็นไฟล์ภาพนิ่งสองมิติ และสามมิติรับส่งข้อมูลต่างๆ กับไฟล์แบบ AutoCAD หรือ CAD และมีฟังก์ชั่นการประมวลผลแสดงข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน

ในปี ค.ศ. 2013 Jarin Harapee [1] ได้ทำการทดลองหาค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากโคมไฟไดโอดเปล่งแสง LED ใหม่และเปรียบเทียบแสงโคมไฟที่มีอยู่ใช้โคมไฟ HPS 250 วัตต์ และโคมไฟ HQV 125 วัตต์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหลอด LED 140 วัตต์ ใช้แทนหลอด HPS 250 วัตต์ สามารถลดพลังงานการใช้งานได้ถึง 169 วัตต์/โคม ติดเป็น 56.6% สามารถประหยัดพลังงานโดย 740.22 Kwh /โคมไฟ/ปี นอก จากนี้การแทนที่ของหลอด LED 55 วัตต์ ใช้แทนหลอด HQV 125 วัตต์ สามารถลดพลังงานในการใช้ได้ถึง 92 วัตต์/โคมไฟ คิดเป็น 64.4% สามารถประหยัดพลังงานโดย 406.03 Kwh/โคมไฟ/ปี

ในปี ค.ศ. 2013 จรัญ บุญยะคงรัตน์ [2] ได้ทำโครงการเปลี่ยนโคมไฟถนนเดิมเป็นโคม LED ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้นำเสนอภาพรวมของการใช้ไฟถนน และไฟสาธารณะพร้อมทั้งโครงสร้างการจ่ายไฟซึ่งพบว่าในปัจจุบันการใช้งานส่วนนี้โดยไม่คิดมูลค่าถึงปีละกว่า 1800 ล้านหน่วย ทำให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีแนวคิดในการลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ลงโดยก่อนหน้านี้ได้มาตรการในการประหยัดพลังงานใน 2 แนวทางคือการลดระยะเวลาการเปิดไฟ และการดับไฟสลับดวงทำการ ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานอื่นๆได้แก่การปรับลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โคมไฟ (การใช้ Dimmer) การเปลี่ยนขนาดและชนิดของโคมไฟหลอดไฟและการเปลี่ยนใช้โคมไฟ LED

ในปี ค.ศ. 2014 ศ.ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ [3] ได้ทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพไฟถนน และการใช้งานโคมไฟถนน LED ได้สรุปผลการศึกษาและทดลองติดตั้ง ณ พื้นที่ทดสอบที่ อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการติดตั้งเดิมซึ่งใช้โคมและหลอด HPS 250 วัตต์ เทียบกับที่ติดตั้งใหม่ 3 กรณีคือ 1. โคม LED 140 วัตต์, 2. โคมประสิทธิภาพสูงหลอด HPS 150 วัตต์ และ 3. โคมที่มีการปรับคุณภาพตัวสะท้อนแสงใช้กับหลอด HPS 150 วัตต์

ในปี ค.ศ. 2014 ผศ.อรรถพล เง่าพิทักษ์กูล [4] และคณะได้ทำการศึกษา และวิเคราะห์การจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของถนนทางหลวงเพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของหลอดโซเดียมความดันไอสูง HPS และหลอดไดโอดเปล่งแสง LED และเสนอการติดตั้งโดยใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง LED ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในปี ค.ศ. 2015 กิตติ เป้าอันพงษ์กูล ผศ.ดร.จรรยาพร จุลตามระ [5] ศูนย์วิจัย และนวัตกรรมการส่องสว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ทำการทดลองการประเมินคุณภาพระบบแสงสว่างภายนอกอาคารแบบปรับตามการใช้งานระบบควบคุมแสงสว่างแบบปรับตามการใช้งานมีศักยภาพสูงในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และการลดมลภาวะทางแสงอย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงระดับค่าความส่องสว่างที่เหมาะสม

จากงานวิจัยในอดีต [1-5] ไม่มีการเปรียบเทียบความสว่างและความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดใหญ่ และหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ ขนาดเล็กและไม่ได้ทำการเปรียบเทียบสว่างและความส่องสว่างบริเวณถนนทางโค้ง ทาง 3 แยก และทาง 4 แยก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองความส่องสว่างไฟถนนของหลอดไดโอดเปล่งแสง LED ให้เหมาะสมตามมาตรฐานของกรมทางหลวงโดยการจำลองความส่องสว่างของไฟถนนความกว้างถนนบริเวณทางตรง ทางโค้ง และทางแยกอยู่ที่ $6<W\leq 8$ เมตร โดยจะนำค่าความสว่าง และค่าความส่องสว่างที่ได้จากการวัดของหลอดโดโอดเปล่งแสง LED แบบเลนส์ขนาดใหญ่ 70 วัตต์ นำมาเปรียบเทียบกับค่าความสว่าง และ

ค่าความส่องสว่างที่ได้จากโปรแกรม DIAlux ของไดโอดเปล่งแสง LED แบบเลนส์ขนาดเล็ก 70 วัตต์ เพื่อปรับปรุงค่าความส่องสว่างตามมาตรฐานของกรมทางหลวงให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้รถใช้ถนน

2. ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ทฤษฎีค่าความส่องสว่างและการติดตั้งเสาไฟฟ้าตามมาตรฐานกรมทางหลวง[3]

ตารางที่ 1 ค่าความส่องสว่างโคมไฟถนนตามมาตรฐานกรมทางหลวง [6]

ประเภทถนน	ความส่องสว่างเฉลี่ย (ลักซ์)		
	ในเมือง	ชานเมือง	ชนบท
สายประธาน	21.5	15.0	10.7
สายหลัก	21.5	13.0	***9.7***
สายรอง	13.0	9.7	6.5
สายย่อย	9.7	6.5	2.1
ทางแยก	21.5	21.5	15.0

ค่ากำหนดที่ใช้ในการออกแบบถนนสายหลักชนบทดังนี้

ความส่องสว่าง (Illuminance) E_{av} ไม่น้อยกว่า 9.7 ลักซ์ (lx)

ความสว่าง (luminance) L_{av} ไม่น้อยกว่า 0.75 cd/m^2

ความสม่ำเสมอของแสง

E_{min}/E_{av} ไม่น้อยกว่า 1/2.5

E_{min}/E_{max} ไม่น้อยกว่า 1/6

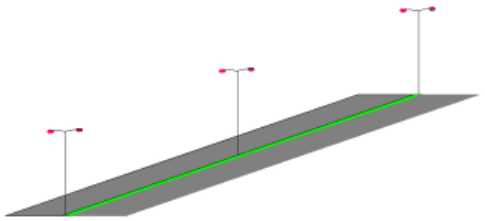
ตารางที่ 2 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างถนนแบบมีเกาะกลางตามมาตรฐานกรมทางหลวง [6]

ความกว้างถนนรวมไหลทาง (W) 6<W=8 เมตร			
ความกว้างเกาะกลางถนน (A) , เมตร	A=1.5	1.5<A =3	A > 3
ชนิดเสาโคมไฟ	กิ่งคู่	กิ่งคู่	กิ่งเดียว
ชนิดโคม	รูปที่ 1	รูปที่ 1	รูปที่ 2
ขนาดหลอด (วัตต์)	250	250	250
ความสูงเสา (H) เมตร	9	9	9
แขนรับดวงโคม (L) เมตร	1.50	2.50	1.50
ระยะห่างระหว่างเสา (s) เมตร	50	50	35

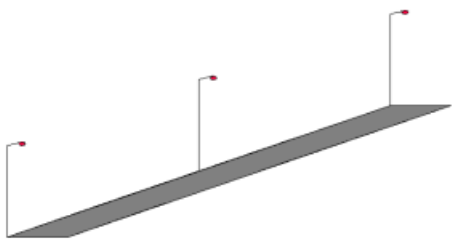
ตารางที่ 3 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างถนนแบบไม่มีเกาะกลางตามมาตรฐานกรมทางหลวง [6]

รูปแบบของถนน	ถนน 2 ช่องจราจร ความกว้างผิวจราจรรวมไหล 8 เมตร		
	ทางตรง	ทางแยก	
ลักษณะการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่าง	ติดตั้งทางเดียว	ติดตั้งตามรูปแบบ	
ชนิดโคม	รูปที่ 1 รูปที่ 2	รูปที่ 3 รูปที่ 4	
ขนาดหลอด (วัตต์)	150 250	150 250	
ความสูงของเสา (เมตร) H	9 9	9 9	
แขวนรับดวงโคม (เมตร) L	1.20 1.20	1.20 1.20	
ระยะห่างระหว่างเสา (เมตร) s	40	3 แยก	13.3,20,20
		4 แยก	13.3,26.6

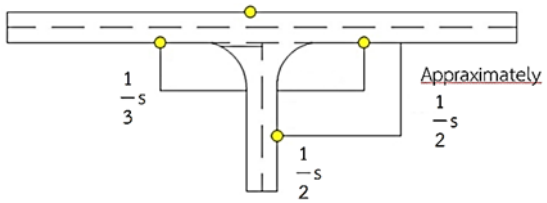
จากตารางที่ 3 ลักษณะถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย เป็นถนนแบบ 2 ช่องจราจรความกว้างผิวจราจรรวมไหลทาง 6<W≤8 เมตร



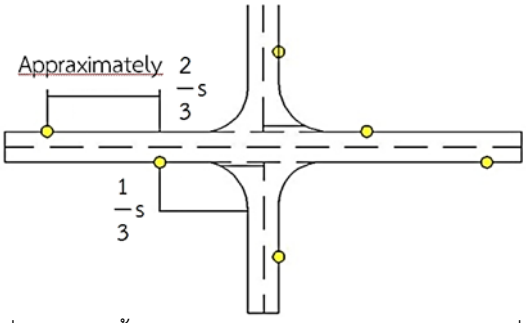
รูปที่ 1 ถนนแบบมีเกาะกลางแบบโคมไฟกิ่งคู่ (บริเวณที่ 1)



รูปที่ 2 ถนนแบบไม่มีเกาะกลางโคมไฟกิ่งเดียว (บริเวณที่ 2)



รูปที่ 3 การติดตั้งเสาไฟถนนบริเวณทาง 3 แยก (บริเวณที่ 3)



รูปที่ 4 การติดตั้งเสาไฟถนนบริเวณทาง 4 แยก (บริเวณที่ 4)

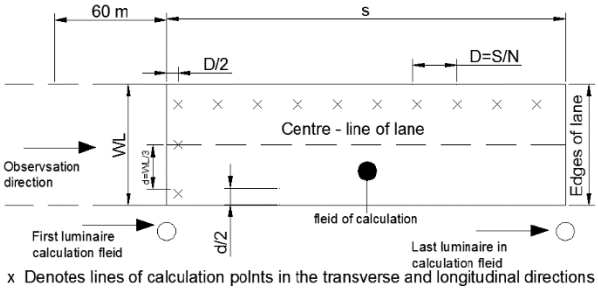
ลำดับเฟสต่อจำนวนโคมไฟถนนทั้งหมด 256 หลอด

เฟส A = 88 หลอด

เฟส B = 85 หลอด

เฟส C = 83 หลอด

2.2 ตำแหน่งของจุดการวัดค่าความส่องสว่าง (CIE140:2000)



รูปที่ 5 จุดการคำนวณตามแนวขวางและแนวยาว

(ก) ในทิศทางตามความยาว (D)

ระยะ D ในทิศทางตามแนวความยาวกำหนดโดยสมการ (1)

$$D = S/N \quad (1)$$

D คือ ระยะทางระหว่างจุดในทิศทางตามความยาว เมตร

S คือ ระยะห่างระหว่างโคมไฟในแถวเดียวกัน เมตร

N คือ จำนวนของจุดในการคำนวณตามทิศทางความยาว S≥30 เมตร เมื่อคำนวณมาแล้ว ขนาด D≤3 เมตร ขนาดของจุดแรกของการคำนวณระยะห่างเท่ากับ D/2 เมตร

(ข) ในทิศทางด้านขวาง (d)

ระยะ d ในทิศทางตามด้านขวางกำหนดโดยสมการ (2)

$$d = WL/3 \quad (2)$$

d คือ ระยะห่างระหว่างจุดในแนวขวาง เมตร

WL คือ ความกว้างของช่องทางถนนขนาดของจุดแรกของการคำนวณระยะห่างเท่ากับ d/2 เมตร

2.2.1 ระยะห่างระหว่างเสา 20 เมตร

ทิศทางตามความยาว D ≤ 3 เมตร

D = S/N = 20/8 = 2.5 เมตร

ระยะจุดแรก D/2 = 1.25 เมตร

ทิศทางตามแนวขวาง

d = WL/3 = 3/3 = 1 เมตร

ระยะจุดแรก d/2 = 0.5 เมตร

ดังนั้นระยะห่างแต่ละจุดในแนวยาว คือ 2.5 เมตร แต่จุดแรก คือ 1.25 เมตร ระยะห่างแต่ละจุดด้านขวาง คือ 1 เมตร แต่จุดแรก คือ 0.5 เมตร

2.2.2. ระยะห่างระหว่างเสา 40 เมตร

ทิศทางตามความยาว D ≤ 3

D = S/N = 40/14 = 2.43 เมตร

ระยะจุดแรก D/2 = 1.2 เมตร

ทิศทางตามแนวขวาง

d = WL/3 = 3/3 = 1 เมตร

ระยะจุดแรก d/2 = 0.5 เมตร

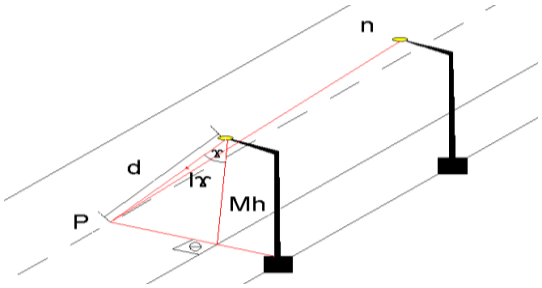
ดังนั้นระยะห่างแต่ละจุดในแนวยาว คือ 2.43 เมตร แต่จุดแรก คือ 1.2 เมตร ระยะห่างแต่ละจุดด้านขวาง คือ 1 เมตร แต่จุดแรก คือ 0.5 เมตร

2.3 การคำนวณความสว่างและความส่องสว่าง

ความสว่าง คือ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ และค่าความส่องสว่างพื้นผิว มีหน่วยเป็น ลักซ์ ค่าความส่องสว่างที่จุด P (E_p) ที่มีโคมไฟ (n) คำนวณจากสมการที่ (3)

$$E_{av} = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_{\gamma},i}{Mh} (\cos\gamma_i)^3 \quad (3)$$

I_{γ},i คือแสงบาดตาที่มุม γ_i ของโคมไฟ Mh คือ ความสูงระหว่างโคมไฟและถนนเป็นมุมระหว่าง Mh และแสงที่จุด P, n คือจำนวนของโคมไฟ



รูปที่ 6 รายละเอียดแสงของไฟถนน

ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสามารถคำนวณจากสมการที่ (4) $(E_p)j$ เป็นค่าความส่องสว่างจากจุด P ของจุด j จากมาตรฐาน CIE 140:2000

$$E_{av} = \sum_{j=1}^{n} \frac{(E_p)_j}{n} \quad (4)$$

ความส่องสว่าง (L) คือ อัตราส่วนระหว่างความเข้มของการส่องสว่างของพื้นที่แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) โดยความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) สามารถคำนวณได้จากสมการ (5)

$$L_{av} = q \times E_{av} \quad (5)$$

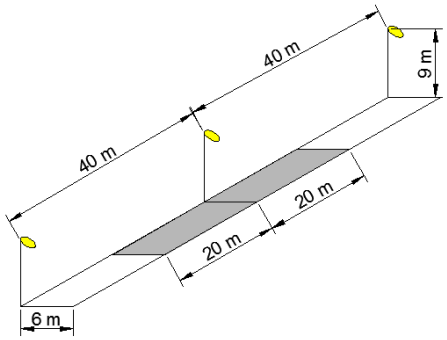
q คือ แสงสะท้อนที่กระทบวัตถุหรือพื้นผิวถนนผิวถนนคอนกรีต (Portland cement concrete) ค่า q เท่ากับ 0.1 ผิวถนนแอสฟัลท์ที่ผสมหินบดที่แสงสะท้อนไม่ดีไม่น้อยกว่า 60% ของจำนวนหินบท (ถนนยางมะตอย) ค่า q เท่ากับ 0.07

2.4 การคำนวณคิดค่าไฟ

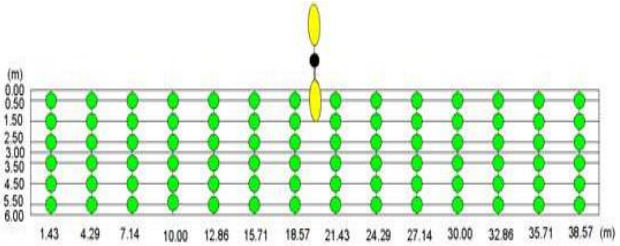
$$U = \frac{W \times n}{1000 \times h} \quad (6)$$

U = หน่วยยูนิต, w = กำลังไฟฟ้า, n = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า, h = จำนวนชั่วโมง

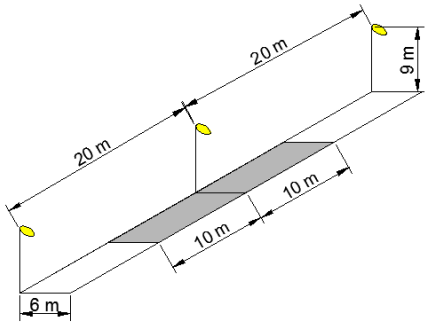
2.5 การติดตั้งโคมไฟถนนตามตำแหน่งที่ติดตั้งจริง



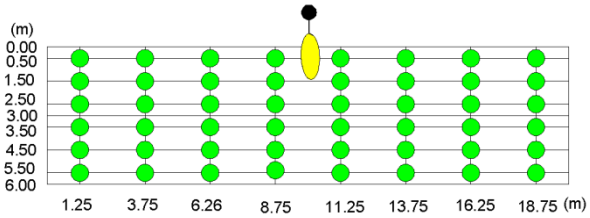
รูปที่ 7 การติดตั้งโคมไฟถนนของหลอดไดโอดเปล่งแสง LED 70 วัตต์ ในระยะห่างดวงโคม 40 เมตร



รูปที่ 8 ตำแหน่งของการวัดสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง LED 70 วัตต์ ในระยะห่างดวงโคม 40 เมตร (ขนาด 6x14 จุดวัด)



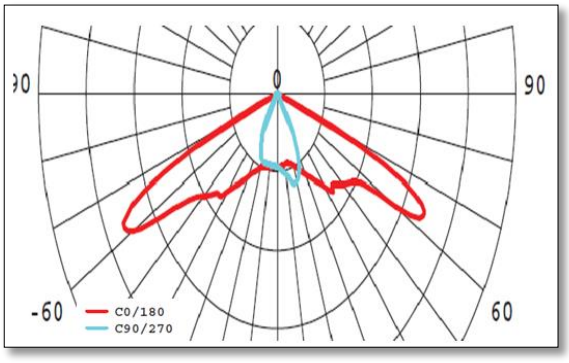
รูปที่ 9 การติดตั้งโคมไฟถนนของหลอดไดโอดเปล่งแสง LED 70 วัตต์ ในระยะห่างดวงโคม 20 เมตร



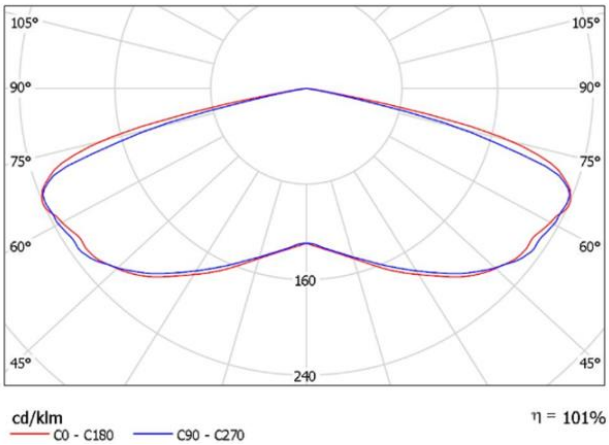
รูปที่ 10 ตำแหน่งของการวัดสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง LED 70 วัตต์ในระยะห่างดวงโคม 20 เมตร (ขนาด 6x8 จุดวัด)

เลนส์ขนาดใหญ่ [10] เลนส์ขนาดเล็ก [9]

รูปที่ 11 หลอดไดโอดเปล่งแสง LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดใหญ่และ ไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดเล็ก

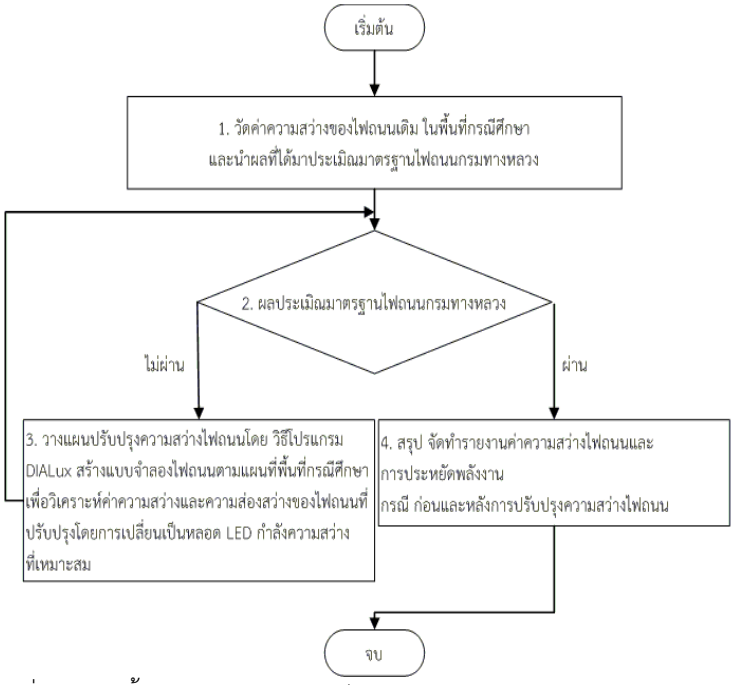


รูปที่ 12 เปรียบเทียบการกระจายแสงตามแกน C0-180 และ C90-270 ของหลอด LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดใหญ่



รูปที่ 13 เปรียบเทียบการกระจายแสงตามแกน C0-180 และ C90-270 ของหลอด LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็ก

3. ผลการดำเนินงาน



รูปที่ 14 แผนขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์และประเมินผลความสว่างไฟถนน

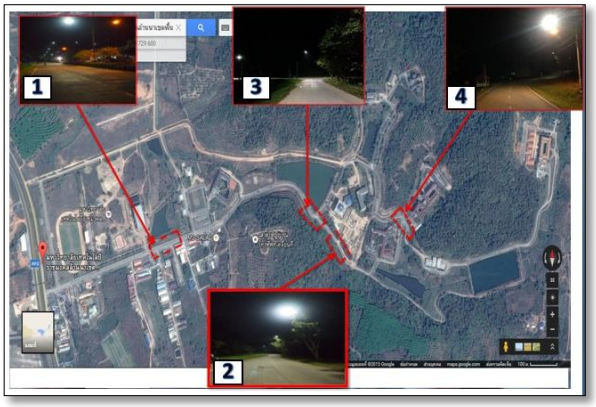
แผนที่กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงรายสามารถ แบ่งเขตตามชนิดของถนนได้ 4 บริเวณ ดังนี้

บริเวณที่ 1 ถนนทางตรงแบบมีเกาะกลางโคมไฟกิ่งคู่

บริเวณที่ 2 ถนนทางโค้งแบบไม่มีเกาะกลางโคมไฟกิ่งเดี่ยว

บริเวณที่ 3 ถนน 3 แยก

บริเวณที่ 4 ถนน 4 แยก



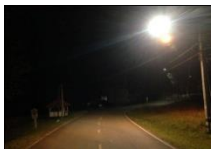
รูปที่ 15 แผนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงรายจากแผนที่ Google โดยแบ่งตามบริเวณที่ทำการวัดค่าความสว่างของไฟถนน

3.1 การวัดค่าความสว่างด้วย มิเตอร์ รุ่นLX133oB ทั้งหมด 4 บริเวณ

บริเวณที่ 1 ทางตรง

บริเวณที่ 3 ทาง 3 แยก

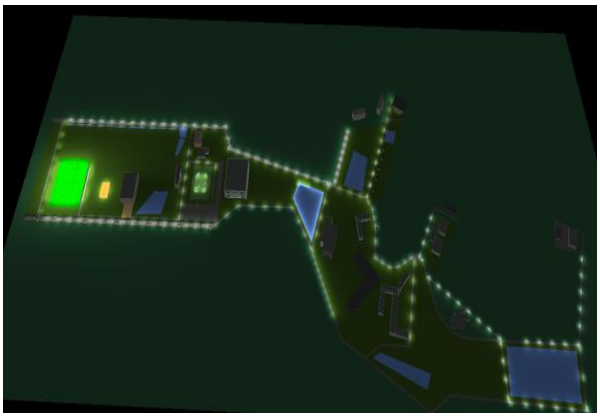
บริเวณที่ 2 ทางโค้ง



บริเวณที่ 4 ทาง 4 แยก

รูปที่ 16 การวัดค่าความสว่างด้วยมิเตอร์ ทั้งหมด 4 บริเวณ
*กรณีที่จุดวัดมีเงาบังจะไม่นำจุดนั้นมาคิดค่าเฉลี่ยความสว่าง

3.2 การพัฒนา และปรับปรุงแบบจำลองลักษณะความส่องสว่างของระบบไฟถนนไดโอดเปล่งแสง



รูปที่ 17 การจำลองลักษณะความส่องสว่างของระบบไฟถนนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงรายโดยโปรแกรม DIAlux

กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองความสว่างไฟถนนในโปรแกรม DIAlux ดังนี้

Maintenance Factor (MF) เท่ากับ 0.67

Road Class เท่ากับ R4 (Mastic asphalt)

IES file ของหลอดไดโอเปล่งแสง LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเหล็กในรูปที่ 13

3.3 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองโปรแกรม DIAlux ของหลอดไดโอเปล่งแสง LED ขนาด 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็กและการวัดหลอดไดโอเปล่งแสง LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดใหญ่

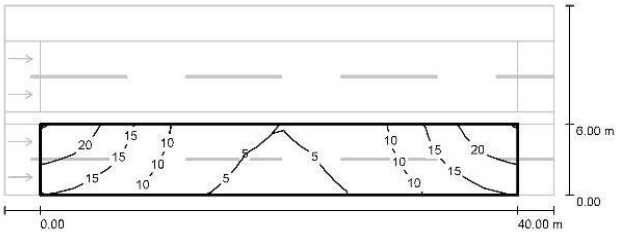
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่จากการจำลองโดยโปรแกรม DIAlux ของหลอดไดโอเปล่งแสง LED ขนาด 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็ก และจากการวัดหลอดไดโอเปล่งแสง LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดใหญ่

ชนิดถนน	ถนนแบบมีเกาะกลาง (บริเวณที่1)		ถนนแบบไม่มีเกาะกลาง (บริเวณที่2)	
LED(watt)	70 เลนส์ใหญ่ (ตรวจวัด)	70 เลนส์เล็ก (DIAlux)	70 เลนส์ใหญ่ (ตรวจวัด)	70 เลนส์เล็ก (DIAlux)
Luminaire spacing(m)	40	40	20	20
Illuminance $E_{av}\geq 9.7$	9.03	11	19.23	12
Luminance $L_{av}\geq 0.75$ cd/m^2	0.96	0.74	1.34	0.88
Uniformity U_o,E_{min}/E_{av} ≥ 0.40	0.20	0.34	0.57	0.81
Uniformity E_{min}/E_{max} ≥ 0.17	0.08	0.16	0.39	0.66

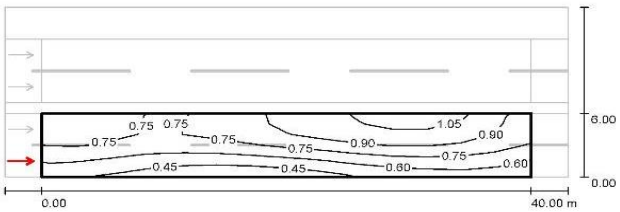
หมายเหตุ "_" หมายถึงตัวบ่งชี้ต่ำกว่ามาตรฐานกรมทางหลวงที่ตารางที่ 1

จากตารางที่ 4 การเปรียบเทียบหลอดไดโอดเปล่งแสง 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็ก และหลอดไดโอดเปล่งแสง 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดใหญ่ระยะห่าง 40 เมตร และระยะห่าง 20 เมตรเพื่อให้ได้ค่าตามตามาตรฐานของกรมทางหลวง อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าความสว่าง และค่าความส่องสว่างของโปรแกรม DIAlux ไม่รวมผลของความสว่าง และความส่องสว่างจากภายนอก เช่น แสงของพระจันทร์ และแสงของอาคารที่อยู่ใกล้กับบริเวณถนนที่ทำการประเมินความสว่าง และความส่องสว่าง

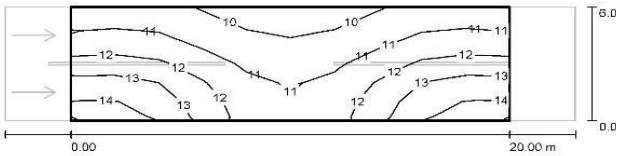
3.4 Isolines of illuminance หลอดไดโอดเปล่งแสง LED ขนาด 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็กบริเวณที่ 1 ถนนทางตรงแบบมีเกาะกลาง และบริเวณที่ 2 ถนนทางโค้งแบบไม่มีเกาะกลาง



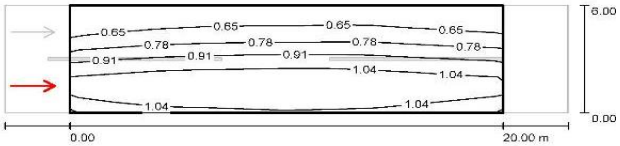
รูปที่ 18 ระดับความสว่าง (isolines of illuminance ,E_{av} หน่วยเป็น ลักซ์ บริเวณที่ 1 ถนนทางตรงแบบมีเกาะกลาง



รูปที่ 19 ระดับความส่องสว่าง (isolines of luminance, L_{av} หน่วยเป็น (cd/m^2) บริเวณที่ 1



รูปที่ 20 ระดับความสว่าง (isolines of illuminance, E_{av}) มีหน่วยเป็น ลักซ์ บริเวณที่ 2 ถนนทางโค้งแบบไม่มีเกาะกลาง



รูปที่ 21 ระดับความส่องสว่าง (Isolines of lluminance,L_{av}) หน่วยเป็น (cd/m^2) บริเวณที่ 2

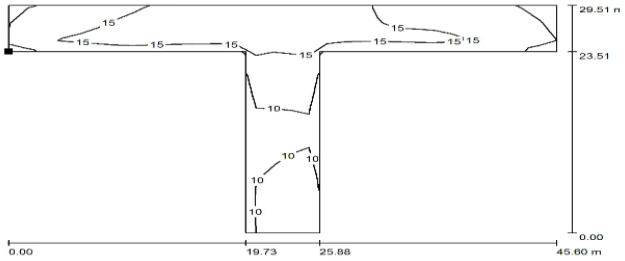
3.5 ความส่องสว่างของถนนบริเวณทางแยก

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรม DIAlux ของหลอดไดโอดเปล่งแสง LED ขนาด 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็กและค่าที่ได้จากการวัดหลอดไดโอดเปล่งแสง LED 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดใหญ่ที่ได้จากการวัดค่าความสว่างด้วย Digital meter ถนนบริเวณทาง 3 แยก และถนนบริเวณทาง 4 แยก

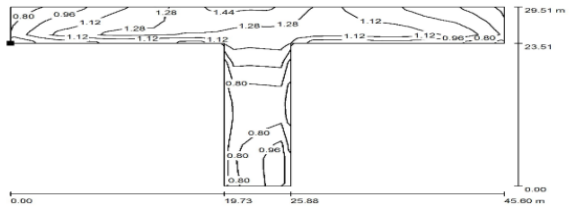
ชนิดถนน	(บริเวณที่ 3) ถนน 3 แยก		(บริเวณที่ 4) ถนน 4 แยก	
LED(watt)	70 เลนส์ใหญ่ (ตรวจวัด)	70 เลนส์เล็ก (DIAlux)	70 เลนส์ใหญ่ (ตรวจวัด)	70 เลนส์เล็ก (DIAlux)
Luminaire spacing (m)	40	40	40	40
Illuminance Eav≥ 15	8	14	7.65	10
Luminance Lav≥0.75 cd/m^2	0.56	1.05	0.54	0.79
Uniformity Uo,Emin/Eav ≥0.40	0.38	0.59	0.24	0.52
Uniformity Emin/Emax ≥0.17	0.18	0.43	0.12	0.34

หมายเหตุ "_" หมายถึงตัวบ่งชี้ต่ำกว่ามาตรฐานกรมทางหลวงที่ตารางที่ 1

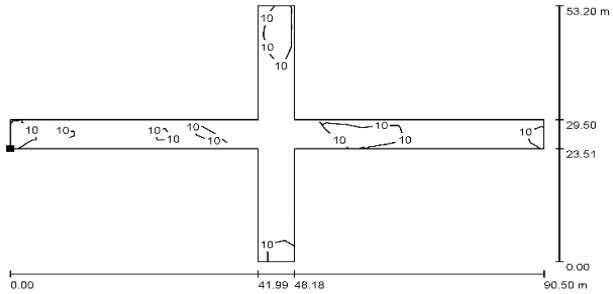
3.6 ระดับความสว่างและความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง LED ขนาด 70 วัตต์ แบบเลนส์ขนาดเล็ก ถนนบริเวณที่ 3 ทาง 3 แยก และถนนบริเวณที่ 4 ทาง 4 แยก



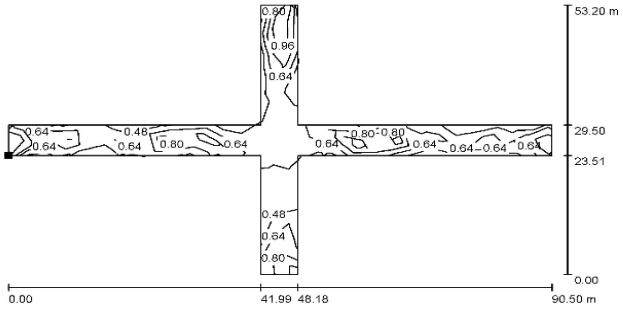
รูปที่ 22 ระดับความสว่าง (Isolines of illuminance, E_{av}) หน่วยเป็น ลักซ์ ถนนบริเวณที่ 3 ทาง 3 แยก



รูปที่ 23 ระดับความส่องสว่าง (Isolines of luminance, L_{av}) หน่วยเป็น (cd/m^2) ถนนบริเวณที่ 3 ทาง 3 แยก



รูปที่ 24 ระดับความสว่าง (Isolines of illuminance, E_{av}) หน่วยเป็น ลักซ์ บริเวณที่ 4 ทาง 4 แยก



รูปที่ 25 ระดับความส่องสว่าง (Isolines of luminance, L_{av}) หน่วยเป็น (cd/m^2) บริเวณที่ 4 ทาง 4 แยก

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยและการประหยัดพลังงาน

	ก่อนติดตั้ง		หลังการติดตั้ง				อนาคต	
หลอด	HID125w		HID125w		LED70w		LED70w	
Time of use	peak	Off peak	peak	Off peak	peak	Off peak	peak	Off peak
Kwh/ปี/โคม	136.8	365	136.8	365	76.6	204.4	76.	204.4
Kwh/เดือน/โคม	11.4	30.4	11.4	30.4	6.38	17	6.4	17
รายจ่าย/เดือน/โคม	41.9	66.1	41.9	66.1	23.4	37	23.4	37
รายจ่าย/เดือน/จำนวนโคม (บาท)	27,681.2		21,629.6				15,590.4	
ประหยัดค่าไฟฟ้า (บาท)	0		6,051.6				12,822.1	

จากตารางที่ 6 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตามอัตราเวลาใช้งาน (time of use) คิดตามแรงดันไฟฟ้า 22-33 กิโลวัตต์ ช่วง peak ตั้งแต่ 18:30 – 21:30 น. ของทุกวันคิดค่าไฟฟ้าที่ 3.6796 บาท/หน่วย ช่วง off peak ตั้งแต่ 21:30 – 08:00 น. ของทุกวันคิดค่าไฟฟ้าที่ 2.1760 บาท/หน่วย ดังนั้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย คิดค่าไฟถนนเป็น 2 ช่วงเวลา รวมวันละ 11 ชั่วโมง

ช่วงแรก ตั้งแต่ 18:30 – 21:30 น. จำนวน 3 ชั่วโมง

ช่วงที่สอง ตั้งแต่ 21:30 – 05:30 น. จำนวน 8 ชั่วโมง

รวมวันละ 11 ชั่วโมง ต่อ 1 วัน

4. สรุป

จากงานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงค่าความสว่างและความส่องสว่างของไฟถนนที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น โดยใช้โปรแกรม DIALux สร้างแบบจำลองความสว่าง และความส่องสว่างของโคมไฟถนน เพื่อใช้ในการวางแผนการประเมินค่าความสว่างและค่าความส่องสว่างของโคมไฟถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย โดยนำค่าความสว่างและค่าความส่องสว่างที่ได้จากการวัดไฟถนนไดโอดเปล่งแสง แบบเลนส์ขนาดใหญ่ 70 วัตต์ นำมาเปรียบเทียบกับค่าความสว่างและค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรม DIAlux ของไฟถนนไดโอดเปล่งแสงแบบเลนส์ขนาดเลนส์เล็ก 70 วัตต์ เพื่อปรับปรุงค่าความสว่างและส่องสว่างตามมาตรฐานของกรมทางหลวง จากผลการจำลองไฟถนนไดโอดเปล่งแสง แบบเลนส์ขนาดเล็ก 70 วัตต์ มีค่าความสว่าง ความส่องสว่างและความสม่ำเสมอของแสงดีกว่าไฟถนนไดโอดเปล่งแสง แบบเลนส์ขนาดใหญ่และไฟถนนไดโอดเปล่งแสงขนาด 70 วัตต์ ยังสามารถใช้แทนไฟถนนโซเดียมความดันไอสูงขนาด 125 วัตต์ได้ จำนวนโคมไดโอดเปล่งแสง LED ที่ทำการเปลี่ยนมีทั้งหมด 132 โคมและยังเหลือโคมโซเดียมความดันไอสูง 124 โคม การคำนวณค่าไฟออกมาแบ่งเป็นเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ก่อนการติดตั้งใช้โคมโซเดียมความดันไอสูงค่าไฟถนนจะอยู่ที่ 27,681.2 บาทต่อเดือน ช่วงที่ 2 ปัจจุบัน ได้ทำการเปลี่ยนโคมไดโอดเปล่งแสง LED จำนวน 132 โคม เหลือโคมไฟถนนโซเดียมความดันไอสูงจำนวน 124 โคม ค่าไฟลดลงเหลือ 21,699.6 บาทต่อเดือนประหยัดค่าไฟถึง 6,051.6 บาทต่อเดือน ช่วงที่ 3 ได้ทำการวางแผนติดตั้งไฟถนนไดโอดเปล่งแสง LED ทั้งหมดครบ 256 โคมค่าไฟจะลดลงเหลือ 15,590.4 บาทต่อเดือน ประหยัดค่าไฟฟ้าถึง 12,822.1 บาทต่อเดือน เป็นการช่วยประหยัดพลังงาน และเพิ่มความปลอดภัยในการมองเห็นเวลากลางคืนให้กับผู้ใช้รถใช้ถนนตามมาตรฐานกรมทางหลวง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงรายที่เป็นสถานที่ในการทดลอง และ ขอขอบคุณอาจารย์นิคม ธรรมปัญญา ที่ให้การสนับสนุนเรื่องอุปกรณ์วัดค่าความสว่างของแสง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Halapee. J. Implementation on LED Road Lighting in Bangkok. GMSARN international Journal 2013; 8: 53-60.

[2] จรัญ บุญยะคงรัตน์. โครงการเปลี่ยนโคมไฟถนนเดิมเป็นโคม LED ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 28 มี.ค. 2559]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tieathai.org/news/2014/job%202%20LED.pdf

[3] ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ. สรุปการสัมมนาและอภิปรายเชิงวิชาการเรื่องโคมไฟถนน LED [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 28 มี.ค.2559]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tieathai.org/news/2014/job%202%20LED.pdf

[4] นิตยสาร TEMCA Magazine, สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย, ฉบับที่ 21 [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 28 มี.ค.2559]. เข้าถึงได้จาก: http://www.temcathai.com /activities/magazine-21-1

[5] กิตติ เป้าอันพงษ์กูล และ จรรยาพร จุลตามระ. การประเมินคุณภาพระบบแสงสว่างภายนอกอาคารแบบปรับตามการใช้งาน [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 28 มี.ค. 2559]. เข้าถึงได้จาก: http://www.arch.kmutt.ac.th/files/research/nation_Conference/1.TheSubjectiveEvaluations.pdf

[6] กรมทางหลวงชนบท. คู่มือแนะนำการออกแบบงานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟสัญญาณ [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 5 ธ.ค.2558].เข้าถึงได้จาก: http://trafficsafety.drr.go.th/upload/ download/8__Front_16.pdf

[7] สภาวิศวกร. มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพเรื่องแนวทางการปฏิบัติด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนน [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 5 ธ.ค.2558].

เข้าถึงได้จาก: http://www.xn--42c6b3a0i.com/attachments/view/?attach_id=82871

[8] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. อัตราค่าไฟฟ้า [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 5 ธ.ค.2558]. เข้าถึงได้จาก http://www.pea.co.th

[9] หลอด LED (LG) [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 11 ธ.ค.2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.lg.com/th

[10] หลอด LED (LEKISE) [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 11 ธ.ค.2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.lekise.com