

ระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไพทอน



นางสาว สารีณี ชุ่มตระกูล

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5043-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ROADWAY LUMINAIRE PHOTOMETRIC DATA PRESENTATION SYSTEM



Miss.Sarinee Outrakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5043-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไพธอน
โดย	นางสาว สารีณี อู่ยตระกูล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ไชยะ แซ่มซ้าย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ไชยะ แซ่มซ้าย)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.คมสัน เพ็ชรรักษ์)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.โสทธิพงษ์ พิชัยสวัสดิ์)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ คู่มือตระกูล : ระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน

(ROADWAY LUMINAIRE PHOTOMETRIC DATA PRESENTATION SYSTEM)

อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ไชยะ แซ่ม้า้อย, จำนวนหน้า 219 หน้า. ISBN 974-17-5043-9

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน ที่มีรูปแบบการนำเสนอ 2 ระบบ คือ ระบบ CIE และระบบ IES โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยในการแปลงข้อมูลทางแสงจากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง พร้อมแสดงผลการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในรูปแบบของตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้



## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา \_\_\_\_\_ วิศวกรรมไฟฟ้า \_\_\_\_\_ ลายมือชื่อนิสิต \_\_\_\_\_  
 สาขาวิชา \_\_\_\_\_ วิศวกรรมไฟฟ้า \_\_\_\_\_ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา \_\_\_\_\_  
 ปีการศึกษา \_\_\_\_\_ 2546 \_\_\_\_\_ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม \_\_\_\_\_

## 4570590021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

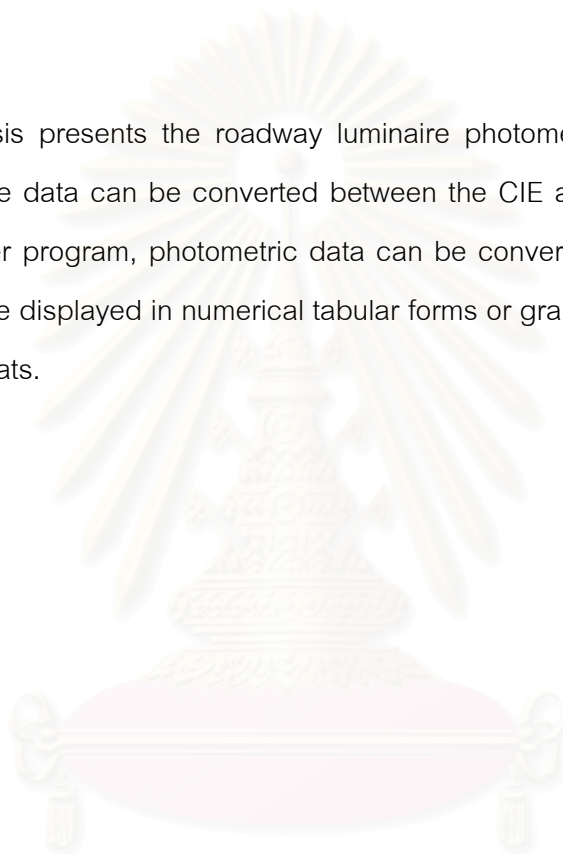
KEYWORD : ROADWAY LIGHTING / PHOTOMETRIC DATA

SARINEE OUITRAKUL : ROADWAY LUMINAIRE PHOTOMETRIC DATA  
PRESENTATION SYSTEM.

THESIS ADVISOR : CHAIYA CHAMCHOY.

219 PP. ISBN 974-17-5043-9

The thesis presents the roadway luminaire photometric data presentation system, of which the data can be converted between the CIE and IES formats. In the developed computer program, photometric data can be converted from one format to the other and can be displayed in numerical tabular forms or graphical styles according to the selected formats.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Electrical Engineering Student's \_\_\_\_\_

Field of study Electrical Engineering Advisor's \_\_\_\_\_

Academic year 2003 Co-advisor's \_\_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ไชยะ แซ่มซ้อย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อวิทยานิพนธ์ ตลอดจนชี้ให้เห็นข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มต้นทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ และแก้ไขเนื้อหาจนสำเร็จเรียบร้อย

นอกจากนั้น ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ (ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์), อาจารย์ ดร.คมสัน เพ็ชรรักษ์ และ อาจารย์ ดร.โสทธิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์ (กรรมการสอบวิทยานิพนธ์) ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ทำยนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา - มารดา พี่ชาย และพี่สาว ที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา ตลอดจนเพื่อน ๆ พี่ น้อง ทุก ๆ คนที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สาริณี อู่ยตระกูล

19 เมษายน 2547

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ฎ
สารบัญภาพ .....	ฏ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ .....	1
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน .....	2
1.6 เนื้อหาวิทยานิพนธ์ .....	2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไฟถนน .....	4
2.1 นิยามที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.2 การติดตั้งไฟถนน .....	7
2.2.1 รูปแบบการจัดวางโคมไฟถนน .....	8
2.3 ประเภทของถนนและมาตรฐานทางแสงสว่างของไฟถนน .....	9
2.3.1 มาตรฐานทางแสงสว่างของไฟถนนตามมาตรฐาน CIE .....	9
2.4 รายละเอียดพื้นที่ที่ใช้คำนวณหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ย .....	10
2.5 คุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิวถนน .....	11
2.5.1 การแสดงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนโดยตาราง .....	12
2.5.2 การแสดงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนโดย Reflection Indicatrix .....	13
2.5.3 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน .....	13
3. การแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างระบบ CIE และระบบ IES .....	17
3.1 Data Transformation .....	17

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.1.1 มาตรฐานของ CIE (United Kingdom, most of world) .....	17
3.1.2 มาตรฐานของ IES (North American) .....	17
3.1.3 การแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างระบบของ CIE และระบบของ IES .....	18
4. รูปแบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน .....	21
4.1 ข้อมูลทางแสงของดวงโคม (Lantern photometric data) .....	23
4.1.1 ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Data Table) .....	23
4.1.2 การกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Distribution) .....	25
4.1.3 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (Isocandela Diagram) .....	28
4.1.4 ตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม (Luminous Flux Table) ....	31
4.1.5 Relative Zonal Flux Diagram .....	33
4.2 การจัดประเภทของดวงโคมและข้อมูลทางด้านสมรรถนะตามมาตรฐาน ของ CIE (Lantern classification and performance data) .....	33
4.2.1 Derivation of lantern classification .....	33
4.2.2 ตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง (Utilization Factor) .....	37
4.2.3 Luminance yield diagram .....	38
4.2.4 ตารางค่าความสว่าง (Illuminance Table) .....	40
4.2.5 เส้นโค้งความสว่างเท่า (Iso-lux Diagram) .....	40
4.2.6 ตารางค่าความส่องสว่างของดวงโคม (Luminance Table) .....	44
4.2.7 เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า (Isoluminance Diagram) .....	44
4.3 การจัดประเภทของดวงโคมและข้อมูลทางด้านสมรรถนะตามมาตรฐาน ของ IES .....	46
4.3.1 แบ่งตามลักษณะของการกระจายแสงของโคมไฟถนนตาม ความยาวของถนนในแนวตั้ง .....	46
4.3.2 แบ่งตามลักษณะของการกระจายแสงของโคมไฟถนนไปตาม ความกว้างของถนนตามแนวขนาน .....	48



สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3.3 แบ่งโดยพิจารณาค่าความเข้มส่องสว่างที่มุม 80 และ 90 องศาตามแนวดิ่ง .....	49
4.4 ข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง (Installation performance data) .....	50
4.4.1 Performance measures .....	50
4.4.2 พารามิเตอร์สำหรับการติดตั้งแบบมาตรฐาน (Standardized installation parameters) .....	51
4.4.3 ระเบียบวิธีของการแสดงผลข้อมูล (Methods of data presentation) .....	51
5. การคำนวณที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน .....	56
5.1 การคำนวณหาค่าความเข้มส่องสว่าง (I) กรณีที่มีการเงาโคม หรือกั้นโคม .....	56
5.2 การคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม .....	58
5.3 การคำนวณหาค่าเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าบนพื้นถนน .....	59
5.4 การคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง .....	60
5.4.1 วิธีสำหรับการคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง .....	60
5.4.2 วิธีสำหรับคำนวณหาค่าของฟลักซ์ส่องสว่างที่เกิดขึ้นบน n ช่องใด ๆ ตามแนวยาวของถนน .....	60
5.5 การคำนวณหาค่า Luminance Yield Diagram .....	62
5.6 การคำนวณหาค่าความสว่างของดวงโคม .....	63
5.7 การคำนวณหาค่าความส่องสว่างของดวงโคม .....	64
5.8 คุณลักษณะความส่องสว่าง .....	65
5.8.1 จำนวนโคมไฟ (Number of lanterns) .....	65
5.9 การคำนวณระดับแสงจ้า .....	66
5.9.1 การคำนวณ Disability Glare .....	66
5.9.2 การคำนวณหาค่า Veiling Luminance .....	67
5.8.3 การคำนวณ Discomfort Glare (G) .....	68
6. การพัฒนาโปรแกรมระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน .....	69
6.1 ส่วนรับข้อมูล (Input Data) .....	70
6.2 ส่วนประมวลผล (Calculation) .....	71
6.2.1 ส่วนการแปลงข้อมูลทางแสงระหว่างระบบ CIE และ ระบบ IES .....	71

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
6.2.2 ส่วนนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ CIE .....	71
6.2.3 ส่วนนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ IES .....	85
6.3 ส่วนแสดงผล (Display) .....	86
7. ตัวอย่างการใช้โปรแกรมนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน .....	87
7.1 การแปลงข้อมูลระหว่าง 2 ระบบ .....	101
7.1.1 การแปลงข้อมูลจากระบบ CIE เป็นระบบ IES .....	101
7.1.2 การแปลงข้อมูลจากระบบ IES เป็นระบบ CIE .....	104
7.2 การนำเสนอข้อมูลตามระบบ CIE .....	106
7.3 การนำเสนอข้อมูลตามระบบ IES .....	131
8. สรุปและข้อเสนอแนะ .....	137
8.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	137
8.2 ข้อเสนอแนะ .....	137
รายการอ้างอิง .....	138
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างรูปแบบไฟล์ข้อมูลตามระบบของ CIE .....	140
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างรูปแบบไฟล์ข้อมูลตามระบบของ IES .....	154
ภาคผนวก ค. ROADSURFACE STANDARD .....	162
ภาคผนวก ง. ผลการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนตามระบบ CIE และ ระบบ IES ที่แสดงทางคอมพิวเตอร์ .....	176
ประวัติผู้เขียน .....	219

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความส่องสว่างของไฟถนนตามมาตรฐาน CIE .....	9
2.2 การแบ่งประเภทของถนนตามมาตรฐาน CIE .....	9
2.3 ความสว่างเฉลี่ยต่ำสุดตามประเภทของถนน .....	10
2.4 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ R-Classification .....	14
2.5 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ N-Classification .....	14
2.6 การแบ่งประเภท (class) ของผิวถนน .....	15
2.7 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ C-Classification .....	15
2.8 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ W-Classification .....	16
4.1 ตัวอย่างข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟถนน .....	24
4.2 ตารางแสดงตัวอย่างฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม .....	32
4.3 ขนาดพิกัดที่ใช้จัดประเภทของโคมไฟถนน .....	37
4.4 ตารางแสดงตัวอย่างค่าความสว่าง .....	40
4.5 ตารางแสดงตัวอย่างค่าความส่องสว่างของดวงโคม .....	44
ค.1 ROADSURFACE STANDARD C1 .....	162
ค.2 ROADSURFACE STANDARD C2 .....	163
ค.3 ROADSURFACE STANDARD R1 .....	164
ค.4 ROADSURFACE STANDARD R2 .....	165
ค.5 ROADSURFACE STANDARD R3 .....	166
ค.6 ROADSURFACE STANDARD R4 .....	167
ค.7 ROADSURFACE STANDARD N1 .....	168
ค.8 ROADSURFACE STANDARD N2 .....	169
ค.9 ROADSURFACE STANDARD N3 .....	170
ค.10 ROADSURFACE STANDARD N4 .....	171
ค.11 ROADSURFACE STANDARD W1 .....	172
ค.12 ROADSURFACE STANDARD W2 .....	173
ค.13 ROADSURFACE STANDARD W3 .....	174
ค.14 ROADSURFACE STANDARD W4 .....	175

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงทรงกลมที่ถูกตัดออกเป็นยอดกรวย โดยมียอดกรวยเป็นมุมตัน ขนาด 1 steradian .....	5
2.2 ลักษณะการติดตั้งไฟถนน .....	7
2.3 การจัดวางโคมไฟถนนแบบต่าง ๆ .....	8
2.4 จุดที่ต้องคำนวณภายในพื้นที่ที่ต้องการ .....	10
2.5 การกำหนดค่ามุมในแนวมอง .....	11
2.6 ค่ามุมต่าง ๆ ที่มีผลในการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง .....	12
3.1 ระบบของระนาบที่ใช้แสดงการกระจายแสงของโคมไฟถนนตามระบบของ CIE .....	18
3.2 การกำหนดมุม C ในการวัดข้อมูล I ตามระบบของ CIE .....	19
3.3 การกำหนดมุม C ในการวัดข้อมูล I ตามระบบของ IES .....	19
4.1 ความสัมพันธ์ของข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน .....	22
4.2 ระนาบที่ใช้แสดงเส้นโค้งโพลาร์ของโคมไฟถนน .....	26
4.3 การแปลงการกระจายแสงบนผิวกรวยหลักลงบนระนาบธรรมดา .....	26
4.4 ตัวอย่างข้อมูลเส้นโค้งโพลาร์ของโคมไฟถนน .....	27
4.5 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า ลักษณะ Circular Web .....	28
4.6 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า ลักษณะ Sinusoidal Web .....	29
4.7 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า ลักษณะ Linear Rectangular Web .....	29
4.8 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า ลักษณะ Nonlinear Rectangular Web .....	30
4.9 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า ลักษณะ Road Surface .....	31
4.10 Relative Zonal Flux Diagram .....	33
4.11 นิยามของ Throw และ Spread .....	34
4.12 มุมที่ใช้ระบุ Throw และ Spread .....	34
4.13 การคำนวณหาขนาดมุม $\gamma_T$ จากกราฟเส้นโค้งโพลาร์ .....	35

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 การหาค่ามุม $\gamma_s$ เพื่อระบุ Spread .....	36
4.15 การจัดประเภทโคมไฟถนนด้วยตัวแปร Throw และ Spread .....	36
4.16 การหาฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นถนน .....	37
4.17 กราฟแสดงค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง .....	38
4.18 Luminance yield factor for three observer positions relative to the row of luminaries: A – 1h to the left, B – in line, C – 1h to the right .....	39
4.19 เส้นโค้งความสว่างเท่าสัมพัทธ์ .....	41
4.20 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot .....	42
4.21 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ Color Shade Diagram .....	42
4.22 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ Render .....	43
4.23 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ 3D .....	43
4.24 เส้นโค้งความส่องสว่างเท่าสัมพัทธ์ .....	45
4.25 ตัวอย่างค่าความส่องสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot .....	46
4.26 แสดงตำแหน่งการกระจายแสงสว่างของดวงโคมไฟถนนในแนวตั้งที่ระยะต่าง ๆ ตามความยาวของถนนและแสดงตำแหน่งของเส้น TRL .....	47
4.27 แสดงการกระจายแสงสว่างของโคมไฟถนนไปตามความกว้างของถนนในแนว ขนาน และเส้นแสดงตำแหน่งของค่าครึ่งหนึ่งของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด และแสดงตำแหน่งของเส้น LRL .....	48
4.28 แสดงความเข้มส่องสว่างที่มุม 90 องศา และ 80 องศา ของโคมไฟถนน แบบคัตออฟ (Cut-off) .....	49
4.29 แสดงความเข้มส่องสว่างที่มุม 90 องศา และ 80 องศา ของโคมไฟถนน แบบเซมิคัตออฟ (semi-cutoff) .....	50
4.30 แสดงความเข้มส่องสว่างที่มุม 90 องศา และ 80 องศา ของโคมไฟถนน แบบนอนคัตออฟ (Non-cutoff) .....	50
4.31 ตารางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง .....	53
4.32 กราฟด้านสมรรถนะของการติดตั้ง .....	54
4.33 Installation layout tables .....	55
5.1 การคำนวณหามุม $C'$ .....	56
5.2 การคำนวณหามุม $\gamma'$ .....	57


## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3 การคำนวณหาค่ามุม $C$ และ $\gamma$ .....	59
5.4 The roadway divided into narrow longitudinal strips .....	61
5.5 A narrow strip divided into 2x18 segments lengthwise .....	62
5.6 การคำนวณหาค่าความสว่าง .....	63
5.7 การคำนวณหาค่าความส่องสว่าง .....	64
5.8 การคำนวณหามุม $C$ , $\beta$ และ $\sigma$ .....	65
5.9 ช่วงมุมที่จะพิจารณาในการคำนวณ Disability Glare .....	66
5.10 การคำนวณมุม $C$ และ $\gamma$ .....	67
6.1 แผนภาพแสดงโครงสร้างหลักของโปรแกรม .....	69
6.2 แผนภาพแสดงการแปลงข้อมูลทางแสงระหว่างระบบ CIE และ ระบบ IES .....	71
6.3 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลทางแสงของคอมพิวเตอร์ในระบบ CIE .....	71
6.4 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลทางแสงในรูปแบบตารางข้อมูลการกระจาย ความเข้มส่องสว่าง .....	72
6.5 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการกระจายความเข้มส่องสว่าง .....	73
6.6 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของ ดวงโคม .....	74
6.7 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของ ดวงโคม .....	75
6.8 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า .....	76
6.9 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง และกราฟตัวประกอบการ ใช้ประโยชน์แสง .....	77
6.10 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟ Luminance Yield Diagram .....	78
6.11 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางค่าความสว่างของดวงโคม .....	79
6.12 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความสว่างเท่า .....	80
6.13 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางตารางค่าความส่องสว่างของ ดวงโคม .....	81
6.14 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความส่องสว่างเท่า .....	82
6.15 แผนภาพแสดงการคำนวณ $L_{av}$ , $U_0$ และ $U_1$ .....	83
6.15 แผนภาพแสดงการคำนวณ $G$ และ $TI$ .....	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.17 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ IES .....	85
6.18 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า .....	85
7.1 ตัว SETUP ของโปรแกรม .....	87
7.2 แสดงตัวเรียกใช้งานโปรแกรม .....	87
7.3 หน้าต่างหลักของโปรแกรม .....	88
7.4 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู File .....	88
7.5 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ CIE ในส่วน Luminaire Photometric Data .....	89
7.6 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ CIE ในส่วน Luminous Intensity Distribution .....	89
7.7 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ IES ในส่วน Luminaire Photometric Data .....	90
7.8 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ IES ในส่วน Luminous Intensity Distribution .....	90
7.9 หน้าต่างแสดงการเปิดไฟล์ข้อมูล .....	91
7.10 หน้าต่างย่อยแสดง Luminaire Photometric Data ระบบ CIE .....	91
7.11 หน้าต่างย่อยแสดง Luminous Intensity Distribution ระบบ CIE .....	92
7.12 หน้าต่างย่อยแสดง Luminaire Photometric Data ระบบ IES .....	92
7.13 หน้าต่างย่อยแสดง Luminous Intensity Distribution ระบบ IES .....	93
7.14 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู Tools .....	94
7.15 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Setting C-Gamma Angle .....	95
7.16 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Road Surface Type .....	96
7.17 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู Window .....	97
7.18 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Cascade .....	97
7.19 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Tile Vertical .....	98
7.20 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Tile Horizontal .....	98
7.21 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Minimize All .....	99
7.22 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Arrange Icon .....	99
7.23 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู Help .....	100

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.24 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Help on this program .....	100
7.25 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย About .....	101
7.26 หน้าต่างแสดงตัวอย่าง Luminaire Photometric Data ในระบบ CIE .....	101
7.27 หน้าต่างแสดงตัวอย่าง Luminous Intensity Distribution ในระบบ CIE .....	102
7.28 หน้าต่างแสดงไฟล์ระบบ IES ที่ได้จากการแปลงมาจากระบบ CIE .....	103
7.29 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution ที่ได้จากการแปลงมาจาก ระบบ CIE .....	103
7.30 หน้าต่างแสดงไฟล์ข้อมูล HS3400C.IES .....	104
7.31 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution ของไฟล์ข้อมูล HS3400C.IES .....	104
7.32 หน้าต่างแสดงไฟล์ระบบ CIE ที่ได้จากการแปลงมาจากระบบ IES .....	105
7.33 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution ระบบ CIE ที่ได้จากการแปลง มาจากระบบ IES .....	106
7.34 หน้าต่างแสดงไฟล์ตัวอย่างตามระบบ CIE .....	106
7.35 หน้าต่างแสดงไฟล์ตัวอย่างตามระบบ CIE (Luminous Intensity Distribution) ....	107
7.36 หน้าต่างแสดงผลเมื่อคลิกปุ่ม Data Presentation เมื่อเปิดไฟล์ข้อมูลตาม ระบบ CIE .....	107
7.37 หน้าต่างแสดงหน้า Front Page สำหรับระบบ CIE .....	108
7.38 หน้าต่างแสดง Configuration .....	108
7.39 หน้าต่างแสดงเมื่อป้อนข้อมูลในหน้าต่าง Configuration และ โหลดรูปภาพ โคมไฟ .....	109
7.40 หน้าต่างแสดงผลเมื่อคลิกปุ่ม  .....	109
7.41 หน้าต่างแสดงการนำเสนอข้อมูลแบบ Luminous Intensity Data Table .....	110
7.42 หน้าต่างแสดงการนำเสนอข้อมูลแบบ Luminous Intensity Data Table เมื่อ คลิกปุ่มขยาย .....	110
7.43 หน้าต่างแสดงการนำเสนอข้อมูลแบบ Luminous Intensity Data Table เมื่อ คลิกปุ่มย่อ .....	111
7.44 หน้าต่างแสดงเส้นโค้งโพลาร์บนระนาบ $C = 5^\circ$ .....	111



## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.45 หน้าต่างแสดงเส้นโค้งบนแกน $I - \gamma$ โคออร์ดิเนตที่ระนาบ $C = 5^\circ$ .....	112
7.46 หน้าต่างแสดงเส้นโค้งโพลาร์บนผิวของกรวย ณ มุม $\gamma = 64.5^\circ$ .....	112
7.47 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Data Table เมื่อเลื่อน scrollbar มา ล่างสุด .....	113
7.48 หน้าต่างแสดง 3D Luminous Intensity Distribution .....	113
7.49 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution บนระนาบหลัก และผิว กรวยหลัก .....	114
7.50 หน้าต่างแสดง Luminous Flux Table .....	114
7.51 หน้าต่างแสดง Relative Zonal Flux Diagram .....	115
7.52 หน้าต่างแสดง Sinusodal Web แบบ Contour Plot .....	115
7.53 หน้าต่างแสดง Sinusodal Web แบบ Color Shade .....	116
7.54 หน้าต่างแสดง Sinusodal Web แบบ Render .....	116
7.55 หน้าต่างแสดง Circular Web แบบ Contour Plot .....	117
7.56 หน้าต่างแสดง Circular Web แบบ Color Shade .....	117
7.57 หน้าต่างแสดง Circular Web แบบ Render .....	118
7.58 หน้าต่างแสดง Linear Rectangular Web แบบ Contour Plot .....	118
7.59 หน้าต่างแสดง Linear Rectangular Web แบบ Color Shade .....	119
7.60 หน้าต่างแสดง Linear Rectangular Web แบบ Render .....	119
7.61 หน้าต่างแสดง Nonlinear Rectangular Web แบบ Contour Plot .....	120
7.62 หน้าต่างแสดง Nonlinear Rectangular Web แบบ Color Shade .....	120
7.63 หน้าต่างแสดง Nonlinear Rectangular Web แบบ Render .....	121
7.64 หน้าต่างแสดง Road Surface แบบ Contour Plot .....	121
7.65 หน้าต่างแสดง Road Surface แบบ Color Shade .....	122
7.66 หน้าต่างแสดง Road Surface แบบ Render .....	122
7.67 หน้าต่างแสดง Utilization Factor Diagram .....	123
7.68 หน้าต่างแสดง Luminance Yield Diagram .....	123
7.69 หน้าต่างแสดง Illuminance Table .....	124
7.70 หน้าต่างแสดง Iso-Lux Diagram แบบ Contour Plot .....	124

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.71 หน้าต่างแสดง Illuminance Color Shade Diagram .....	125
7.72 หน้าต่างแสดง Illuminance Render Diagram .....	125
7.73 หน้าต่างแสดง 3D Illuminance .....	126
7.74 หน้าต่างแสดง 3D Illuminance เมื่อต้องการหมุนภาพ .....	126
7.75 หน้าต่างแสดง Luminance Table (ผิวถนนประเภท R3) .....	127
7.76 หน้าต่างแสดง Isoluminance Diagram แบบ Contour Plot (ผิวถนนประเภท R3) .....	127
7.77 หน้าต่างแสดง Luminance Color Shade Diagram (ผิวถนนประเภท R3) .....	128
7.78 หน้าต่างแสดง Luminance Render Diagram (ผิวถนนประเภท R3) .....	128
7.79 หน้าต่างแสดง 3D Luminance Diagram (ผิวถนนประเภท R3) .....	129
7.80 หน้าต่างแสดง Isoluminance Diagram แบบ 3D Luminance Diagram (ผิวถนนประเภท R3) เมื่อต้องการหมุนภาพ .....	129
7.81 หน้าต่างแสดงการป้อนข้อมูลเมื่อคลิกปุ่ม Installation Performance Data .....	130
7.82 หน้าต่างแสดง Performance Table .....	130
7.83 หน้าต่างแสดง Performance Graph .....	131
7.84 หน้าต่างแสดงผลเมื่อคลิกปุ่ม Data Presentation เมื่อเปิดไฟล์ข้อมูลตาม ระบบ IES .....	131
7.85 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES .....	132
7.86 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES เมื่อมุมเอียง 10 องศา .....	132
7.87 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES เมื่อคลิก ปุ่มย่อ .....	133
7.88 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES เมื่อคลิก ปุ่มขยาย .....	133
7.89 หน้าต่างแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Sinusoidal Web ตาม ระบบ IES .....	134
7.90 หน้าต่างแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Circular Web ตามระบบ IES .....	134
7.91 หน้าต่างแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Linear Rectangular Web ตามระบบ IES .....	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.92 หน้าจอแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Nonlinear Rectangular Web ตามระบบ IES .....	135
7.92 หน้าจอแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Road Surface ตามระบบ IES .....	136
ก.1 Diagram of the three luminaire axis and illustration of positive and negative tilt. ....	149
ก.2 Illustrates luminaire orientation for C/gramma photometry. ....	149
ก.3 Illustrates luminaire orientation for B/beta photometry. ....	150
ก.4 Illustrates luminaire orientation for A/alpha photometry. ....	150
ข.1 Plan view of lamp to luminaire geometry .....	155
ข.2 Conventions for vertical and horizontal angles used in standard IES format: (a) Plan view of luminaire showing length and width in relation to horizontal angles; and (b) schematic showing vertical and horizontal angeles. ....	157

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การคมนาคมขนส่งทางบกถือเป็นการคมนาคมหลักของประเทศที่ใช้สำหรับติดต่อค้าขาย ฯลฯ การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดความคับคั่งของการจราจรบนท้องถนน จากสภาพการจราจรดังกล่าวทำให้สังเกตเห็นว่าการให้แสงสว่างบนถนนมีความสำคัญอย่างมากต่อผู้ขับขี่ยานพาหนะและคนเดินถนนโดยทั่วไป ทั้งในเรื่องของความปลอดภัยและความสะดวกในการขับขี่ ในยามที่ทัศนวิสัยไม่เอื้ออำนวยต่อการขับขี่ เช่น เวลากลางคืน หรือเวลาที่มีหมอกลงจัด รวมถึงการลดอาชญากรรมที่อาจเกิดขึ้นบนท้องถนนได้ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบไฟถนน

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบไฟถนนคือข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน โดยมีอยู่สองมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปคือ มาตรฐานของ CIE และมาตรฐานของ IES ซึ่งมีข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟถนนเป็นระบบ C -  $\gamma$  โดยทั้งสองมาตรฐานจะกำหนดระนาบ C ต่างกัน เพื่อความสะดวกในการดูสมรรถนะ และการเลือกใช้โคมไฟถนน เนื่องจากโคมไฟถนนแต่ละแบบจะมีลักษณะการกระจายแสงไม่เหมือนกัน งานวิจัยนี้จึงพัฒนาโปรแกรมที่สามารถแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างสองมาตรฐานนี้ รวมถึงการนำข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนมานำเสนอในรูปแบบตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกแบบต่าง ๆ

### 1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อศึกษารายละเอียดระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนทั้งของระบบ CIE และระบบ IES
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนตามระบบของ CIE และระบบของ IES
3. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน ในรูปแบบตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกแบบต่าง ๆ

### 1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน ซึ่งใช้ได้กับข้อมูลทางแสงที่อยู่ในรูปแบบของระบบ CIE และระบบ IES ซึ่งมีข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟถนนเป็นระบบ C -  $\gamma$  โดยแสดงผลในรูปแบบตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกรูปแบบต่าง ๆ

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้ออกแบบไฟถนนสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคัดเลือกโคมไฟถนนที่เหมาะสมกับการให้แสงสว่างถนนแต่ละชนิดได้อย่างรวดเร็ว
2. ผู้ผลิตโคมไฟถนนสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนได้สะดวก
3. ประเทศไทยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนได้ โดยลดการนำเข้าโปรแกรมต่างประเทศมาใช้งาน เนื่องจากมีราคาแพง

### 1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษารูปแบบข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ CIE และ ระบบ IES
2. ศึกษารูปแบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในรูปแบบต่าง ๆ
3. ศึกษาโปรแกรมเดลไฟล์ 6 เพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4. ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนการรับข้อมูล ส่วนของการแปลงข้อมูลระหว่างระบบ CIE และระบบ IES ส่วนการประมวลผล และส่วนของการแสดงผลเพื่อนำเสนอข้อมูลทางแสงในรูปแบบต่าง ๆ
6. ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมคอมพิวเตอร์
7. สรุปผลงานวิจัย และนำมารวบรวมเขียนเป็นวิทยานิพนธ์

### 1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์แต่ละบทมีดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน

บทที่ 3 กล่าวถึง การแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างระบบ CIE และระบบ IES

- บทที่ 4 กล่าวถึง รูปแบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน
- บทที่ 5 กล่าวถึง การคำนวณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน
- บทที่ 6 กล่าวถึง ระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะแยกออกเป็นส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล
- บทที่ 7 กล่าวถึง ตัวอย่างการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ CIE และ ระบบ IES ในรูปตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกแบบต่าง ๆ รวมถึงการแปลงข้อมูลจากระบบ CIE ให้อยู่ในระบบ IES และ การแปลงข้อมูลจากระบบ IES ให้อยู่ในระบบ CIE
- บทที่ 8 กล่าวถึง บทสรุป และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่าง ๆ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไฟแสงสว่างถนน

#### 2.1 นิยามที่เกี่ยวข้อง

##### ความเข้มส่องสว่าง – Luminous Intensity (I, cd)

ความเข้มส่องสว่าง คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างในทิศทางหนึ่งภายในมุมตันที่กำหนด (ปริมาณแสงต่อมุมตัน) แทนสัญลักษณ์ด้วย I มีหน่วยเป็น candela (cd) แสดงได้ดังสมการ

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (2.1)$$

##### ความสว่าง – Illuminance (E, lux)

ความสว่าง คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นที่ย่อยใด ๆ มีค่าเท่ากับปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบลงบนพื้นที่หารด้วยขนาดของพื้นที่นั้น แทนสัญลักษณ์ด้วย E มีหน่วยเป็น lux (lx) แสดงได้ดังสมการ

$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad (2.2)$$

##### ความส่องสว่าง – Luminance (L, cd/m<sup>2</sup>)

ความส่องสว่าง คือ อัตราส่วนของความเข้มส่องสว่างต่อพื้นที่ของแหล่งกำเนิดแสงที่ตั้งฉากกับความเข้มส่องสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย L มีหน่วยเป็น cd/m<sup>2</sup> แสดงได้ดังสมการ

$$L = \frac{I}{A_{\perp}} \quad (2.3)$$

โดยที่  $A_{\perp}$  คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับแนวแสง

##### ฟลักซ์ส่องสว่าง – Luminous Flux ( $\phi$ , lm)

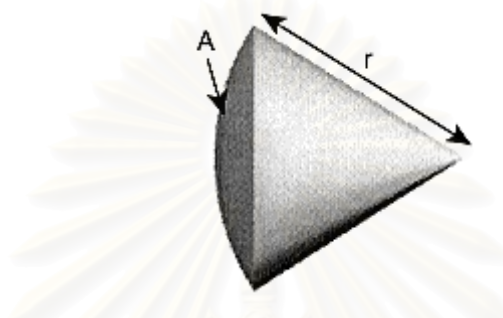
ฟลักซ์ส่องสว่างเป็นกำลังทางด้านแสงที่กระตุ้นให้เกิดการมองเห็น เทียบได้กับกำลัง (ไฟฟ้า) ทางด้านไฟฟ้าที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ทำงาน ฟลักซ์ส่องสว่าง คืออัตราการไหลของพลังงานการส่องสว่างเทียบกับเวลา แทนสัญลักษณ์ด้วย  $\phi$  มีหน่วยเป็น lumen (lm) แสดงได้ดังสมการ

$$\phi = \frac{dQ}{dt} \quad (2.4)$$

### มุมตัน – Solid Angle ( $\omega$ , sr)

มุมตัน (มุมในระบบ 3 มิติ) หมายถึง มุมที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม ขนาดของมุมตันหาได้จากขนาดพื้นที่ผิวของทรงกลมที่รองรับมุมตันหารด้วยรัศมีของทรงกลมยกกำลังสอง มีสัญลักษณ์เป็น  $\omega$  มีหน่วยเป็น steradian (sr) แสดงได้ดังสมการ

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.1 แสดงทรงกลมที่ถูกตัดออกเป็นยอดกรวย โดยมียอดกรวยเป็นมุมตันขนาด 1 steradian

### ความส่องสว่างเฉลี่ยบนถนน – Average Luminance ( $L_{av}$ , $\text{cd/m}^2$ )

ความส่องสว่างเฉลี่ยบนถนน คือ ค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของผิวถนนในบริเวณที่พิจารณา ถ้าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวนถนนมีค่าสูงขึ้น จะทำให้การมองเห็นดีขึ้น

$$L_{av} = \frac{L_{sum}}{N} \quad (2.6)$$

โดยที่  $L_{sum}$  คือ ผลรวมของความส่องสว่างทุกจุดในบริเวณที่พิจารณา

$N$  คือ จำนวนจุดที่พิจารณา

### ความสม่ำเสมอรวม – Overall Uniformity ( $U_0$ )

ความสม่ำเสมอรวม คือ อัตราส่วนของค่าความส่องสว่างต่ำสุดต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในบริเวณที่พิจารณา

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{av}} \quad (2.7)$$

โดยที่  $L_{min}$  คือ ค่าความส่องสว่างต่ำสุด

$L_{av}$  คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย

### ความสม่ำเสมอตามแนวยาว – Longitudinal Uniformity ( $U_1$ )

ความสม่ำเสมอตามแนวยาว คือ อัตราส่วนของค่าความส่องสว่างต่ำสุดต่อค่าความส่องสว่างสูงสุดในแนวกึ่งกลางช่องวิ่งที่กำลังพิจารณา



$$U_1 = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \quad (2.8)$$

โดยที่  $L_{\min}$  คือ ค่าความส่องสว่างต่ำสุดของช่องวิ่ง

$L_{\max}$  คือ ค่าความส่องสว่างสูงสุดของช่องวิ่ง

ค่า  $U_1$  จะทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์มีความสบายตาในขณะที่ขับไปตามถนน ถ้าค่า  $U_1$  มีค่าต่ำ ค่าความส่องสว่างของถนนจะน้อยและมากสลับกันไป คล้ายกับเราขับรถผ่านทางน้ำลาย ซึ่งจะทำให้ตาละลายและอาจจะเกิดอุบัติเหตุตามมา

### Disability Glare

ในการคำนวณ Disability Glare โดยทั่วไปจะพิจารณาในเทอมของค่า Veiling Luminance ( $L_v$ ) และค่า Threshold Increment (TI) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$L_v = 10 \frac{E_{eye}}{\theta^2} \quad (2.9)$$

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_{av})^{0.8}} \quad (2.10)$$

โดยที่  $E_{eye}$  เป็นค่าความสว่างที่ตา เนื่องจากต้นกำเนิดแสงบนระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางการมอง

$\theta$  เป็นมุมระหว่างแนวมองกับแนวจากตาถึงต้นกำเนิดแสง มีหน่วยเป็นองศา

### Discomfort Glare (G)

คือ แสงจ้าที่ทำให้ความสามารถในการมองเห็นวัตถุลดลง และทำให้ไม่สบายตา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหลอดไฟ โคมไฟ และการติดตั้งโคมไฟ

$$G = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \left( \log \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \left( \frac{I_{80}}{I_{88}} \right) + 1.29 \log F + C \\ + 0.97 \log L_{av} + 4.41 \log h' - 1.46 \log p \quad (2.11)$$

$$SLI = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \left( \log \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \left( \frac{I_{80}}{I_{88}} \right) + 1.29 \log F + C$$

$$G = SLI + 0.97 \log L_{av} + 4.41 \log h' - 1.46 \log p \quad (2.12)$$

โดยที่  $I_{80}$  = absolute luminous intensity (cd) ที่มุม  $\gamma$  เท่ากับ  $80^\circ$  บนระนาบ C เท่ากับ  $0^\circ$  (ตามระบบ CIE)

$\frac{I_{80}}{I_{88}}$  = ratio of luminous intensity (cd) ที่มุม  $\gamma$  เท่ากับ  $80^\circ$  กับ  $88^\circ$  บนระนาบ C เท่ากับ  $0^\circ$  (ตามระบบ CIE)

F = flashed area of luminaires ( $m^2$ ) ที่มุม  $\gamma$  เท่ากับ  $76^\circ$

C = colour factor ขึ้นกับชนิดของหลอดไฟ เช่น

Low pressure sodium  $C = 0.4$

หลอดชนิดอื่น ๆ  $C = 0$

$L_{av}$  = average road surface luminance ( $cd/m^2$ )

$h'$  = height of the lanterns above eye level

$P$  = number of lanterns per km.

SLI = Specific Luminaire Index

ค่า Discomfort Glare (G) ถ้ามีค่ามาก จะทำให้ผู้สังเกตเห็นความสบายตามากขึ้นซึ่งสรุปได้ว่า

$G = 1$  หมายถึง มีแสงจ้ารระดับที่ทนไม่ได้

$G = 3$  หมายถึง มีแสงจ้ารระดับที่รบกวนตา

$G = 5$  หมายถึง มีแสงจ้ารระดับที่พอรับได้

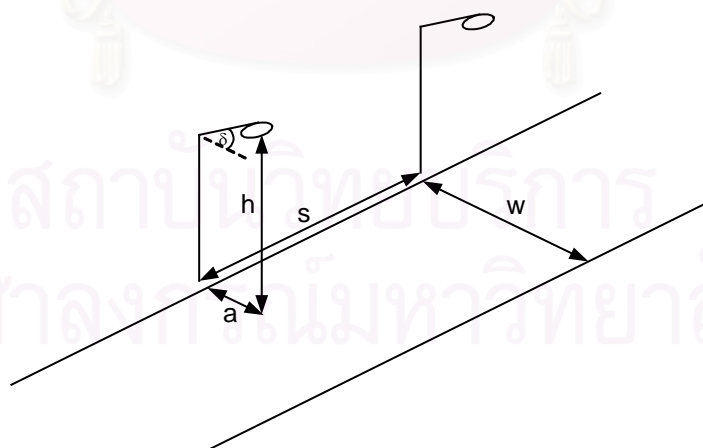
$G = 7$  หมายถึง มีแสงจ้ารระดับที่น่าพอใจ

$G = 9$  หมายถึง ไม่รู้สึกรู้ว่ามีแสงจ้า

### พื้นที่ให้แสง (Flashed Area)

ในการคำนวณ Discomfort Glare จะต้องใช้ค่า  $F$  (Flashed Area) ซึ่งเป็นพื้นที่ของโคมที่เปล่งแสงออกมาที่มุม  $\gamma = 76$  องศา ในระนาบ  $C_0$

## 2.2 การติดตั้งไฟถนน



รูปที่ 2.2 ลักษณะการติดตั้งไฟถนน

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการติดตั้งไฟถนนโดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

$h$  คือ ความสูงของการติดตั้ง (Mounting Height)

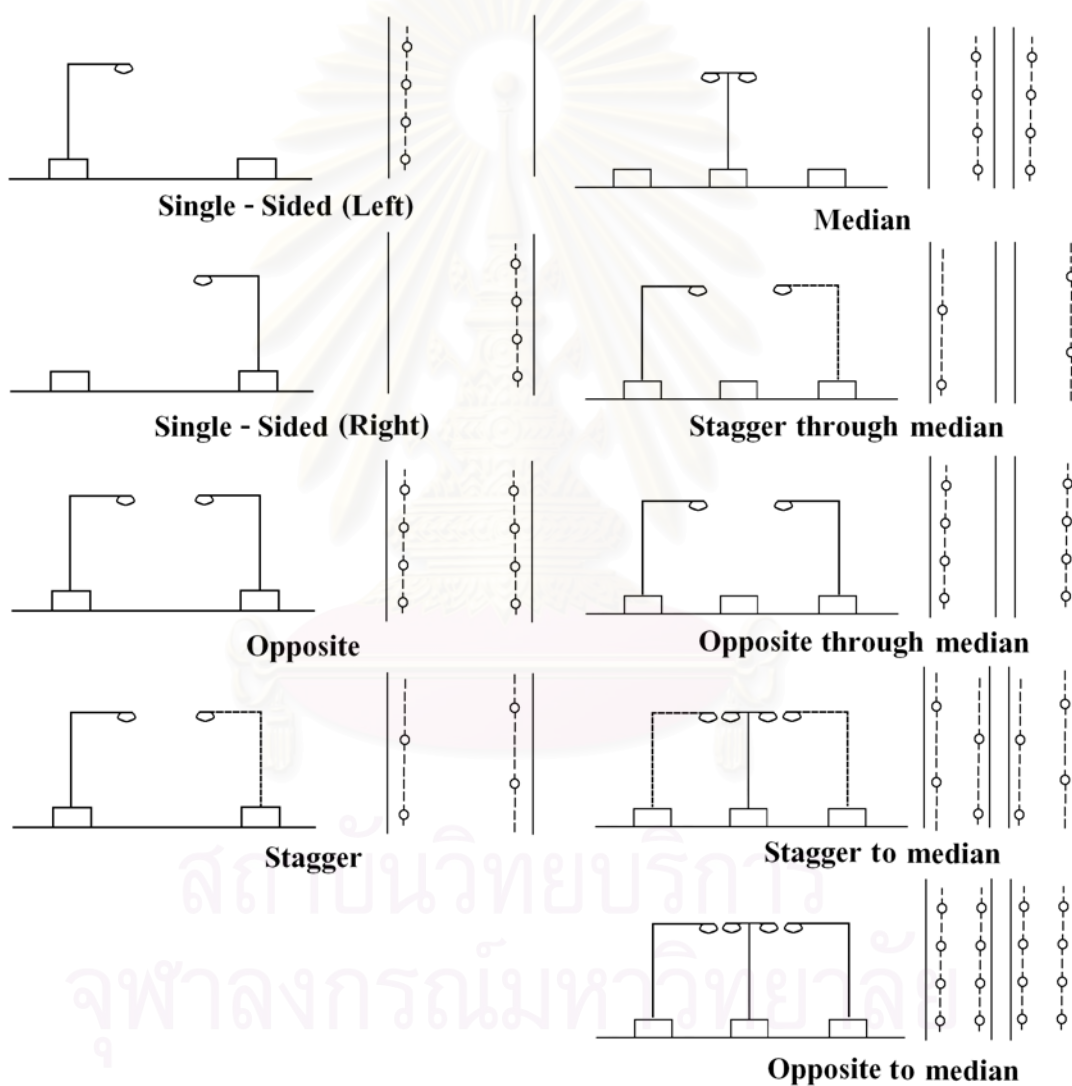
s คือ ระยะห่างระหว่างเสาไฟในแนวเดียวกัน (Spacing)

w คือ ความกว้างของถนน (Road Width)

a คือ ระยะช่วงยื่น (Overhang)

$\delta$  คือ มุมเงยของดวงโคม (Tilt Angle)

### 2.2.1 รูปแบบการจัดวางโคมไฟถนน (Arrangement)



รูปที่ 2.3 การจัดวางโคมไฟถนนแบบต่าง ๆ

## 2.3 ประเภทของถนนและมาตรฐานทางแสงสว่างของไฟถนน

### 2.3.1 มาตรฐานทางแสงสว่างของไฟถนนตามมาตรฐาน CIE [8]

ตารางที่ 2.1 ความส่องสว่างของไฟถนนตามมาตรฐาน CIE

ประเภท ของถนน	บริเวณ โดยรอบ	ความส่องสว่าง	ความสม่ำเสมอ		แสงจ้า	
		$L_{av}$ (cd/m <sup>2</sup> ) $\geq$	$U_0 \geq$	$U_1 \geq$	$G \geq$	TI (%) $\leq$
A	ทุกแบบ	2	0.4	0.7	6	10
B	สว่าง	2			5	10
	มืด	1			6	10
C	สว่าง	2		0.5	5	20
	มืด	1			6	10
D	สว่าง	2		4	20	
E	สว่าง	1	0.5	4	20	
	มืด	0.5		5	20	

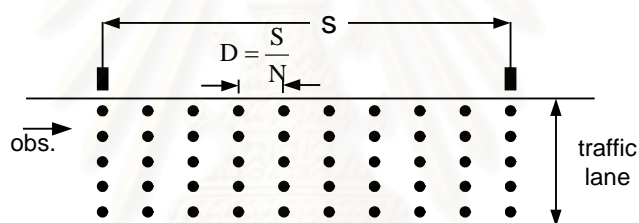
ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทของถนนตามมาตรฐาน CIE

ประเภท ของถนน	ชนิดและความหนาแน่น ของการจราจร	ชนิดของถนน	ตัวอย่าง
การจราจรสำหรับรถยนต์	A	การจราจรหนาแน่นและ ใช้ความเร็วสูง	ถนนที่มีทางวิ่งสวนเลนแยกกัน ไม่มี ทางแยก มีการควบคุมการเข้าออก ของรถ
	B		ถนนใหญ่ ถนนสายหลัก
	C	การจราจรหนาแน่นและ ใช้ความเร็วปานกลาง หรือการจราจรที่มีคนเดิน และมีความเร็วปานกลาง	ถนนวงแหวน ถนนทางแยก

ประเภทของถนน	ชนิดและความหนาแน่นของการจราจร	ชนิดของถนน	ตัวอย่าง
การจราจรสำหรับรถและคนเดิน	D	การจราจรหนาแน่นปานกลาง ส่วนใหญ่มีความเร็วต่ำหรือมีคนเดิน	ถนนใหญ่ ถนนธุรกิจ ถนนร้านค้า
	E	การจราจรที่จำกัดความเร็วและมีความหนาแน่นปานกลาง	ถนนที่เชื่อมระหว่างถนนในบริเวณที่อยู่อาศัยและถนนประเภท A ถึง D ถนนหลักที่เชื่อมต่อกัน

## 2.4 รายละเอียดพื้นที่ที่ใช้คำนวณหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ย

พื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ย



รูปที่ 2.4 จุดที่ต้องคำนวณภายในพื้นที่ที่ต้องการ

โดยที่

$S$  = ระยะห่างระหว่างโคมในแนวเดียวกัน

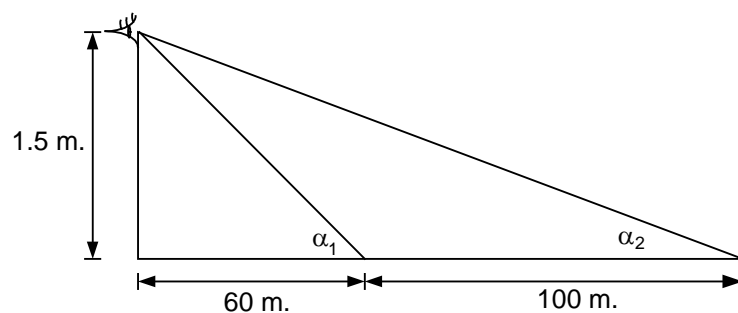
$D$  = ระยะห่างระหว่างจุดที่ต้องการคำนวณ

$N$  = จำนวนจุดที่ต้องการคำนวณ

ถ้า  $S \leq 50\text{m} : N = 10$

$S > 50\text{m} : D \leq 5\text{m}$

โดย  $S$  มีค่าไม่เกิน 100 เมตร เนื่องจากตำแหน่งจุดสังเกตอยู่สูงจากพื้นถนน 1.5 เมตร ถ้าจุดแรกตามแนวยาวที่จะคำนวณอยู่ที่ 60 เมตร จุดสังเกตจะอยู่ที่ 0 เมตร เนื่องจากระยะ  $S$  ไม่เกิน 100 เมตร ดังนั้นจุดสุดท้ายตามแนวยาวที่จะคำนวณอยู่ที่ 160 เมตร



รูปที่ 2.5 การกำหนดค่ามุมในแนวมอง

จากรูปที่ 2.5 พบว่า

$$\tan \alpha_2 = \frac{1.5}{160}$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{1.5}{160} \right) = 0.53^\circ$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{1.5}{60}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left( \frac{1.5}{60} \right) = 1.43^\circ$$

ตามมาตรฐาน CIE กำหนดให้มุม  $\alpha$  อยู่ระหว่าง  $0.5^\circ - 1.5^\circ$  ดังนั้นระยะของช่วงถนนที่ใช้ในการคำนวณจึงไม่เกิน 100 เมตร

ส่วนตามขวางถนนจะคำนวณ 5 จุด ต่อ 1 ช่องวิ่ง (Lane) โดยจุดแรกอยู่ห่างจากขอบถนนเท่ากับ 1/10 เท่าของความกว้างของช่องวิ่ง และแต่ละจุดห่างกัน 2/10 เท่าของความกว้างของช่องวิ่ง ตำแหน่งจุดสังเกต

-แนวตามยาวถนนจะอยู่ห่างจากจุดแรกที่จะคำนวณ 60 m และสูงจากพื้นดิน 1.5 m

-แนวตามขวางถนน

ถ้าคำนวณ  $L_{av}$  และ  $U_0$  จะคิดที่จุดห่างจากขอบซ้ายของถนน เท่ากับ 1/4 ของความกว้างถนน

ถ้าคำนวณ  $U_1$  จะคิดที่จุดกึ่งกลางของแต่ละช่องวิ่ง

## 2.5 คุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิวถนน

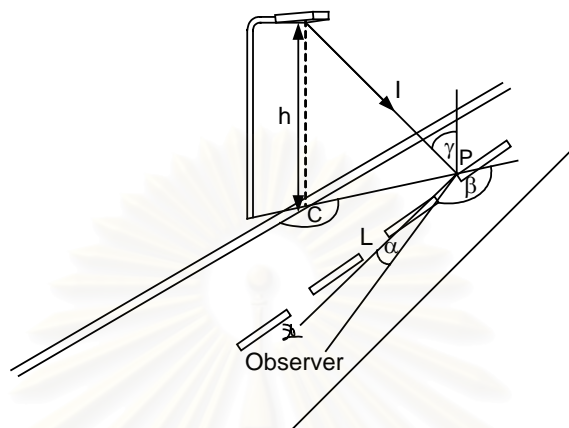
ในการคำนวณความส่องสว่างของพื้นถนน จำเป็นจะต้องทราบถึงคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นถนน ซึ่งค่านี้แสดงได้โดย ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (Luminance Coefficient,  $q$ ) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q = \frac{L}{E} \quad (2.13)$$

โดยที่  $L$  คือ ความส่องสว่างที่จะพิจารณา

E คือ ความสว่างแนวนอนที่จุดเดียวกัน

ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผู้มอง และแหล่งกำเนิดแสงซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นผิวถนนที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ค่ามุมต่าง ๆ ที่มีผลในการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง

$\alpha$  คือ มุมของผู้มองวัดจากระนาบแนวนอน

$\beta$  คือ มุมระหว่างระนาบของแสงตกกระทบ และระนาบของผู้มอง

$\gamma$  คือ มุมของแสงที่ตกกระทบ

ค่า  $q$  จะขึ้นอยู่กับมุม  $\alpha$ ,  $\beta$  และ  $\gamma$  ซึ่งจะได้เป็น  $q(\alpha, \beta, \gamma)$  แต่สำหรับการส่องสว่างถนนพื้นที่สำคัญที่ผู้ขับขี่จะต้องมองเห็นได้แก่ ถนนด้านหน้าในระยะ 60-160 เมตร ดังนั้นค่ามุม  $\alpha$  จะอยู่ในช่วงระหว่าง  $0.5^\circ - 1.5^\circ$  ซึ่งสามารถตัดทิ้งไม่นำมาพิจารณาได้ โดยในการพิจารณาทั่วไปจะให้  $\alpha$  มีค่า  $1^\circ$  คงที่ ตามมาตรฐาน CIE ดังนั้นค่า  $q$  จึงขึ้นอยู่กับ  $\beta$  และ  $\gamma$  ซึ่งจะได้เป็น  $q(\beta, \gamma)$

### 2.5.1 การแสดงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนโดยตาราง

สำหรับการให้แสงสว่างถนน ค่าการสะท้อนแสงของถนนสามารถแสดงเป็นตารางได้ เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ค่าในตารางจะให้ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างที่ลดรูปลง (Reduced Luminance Coefficient,  $r$ ) โดยที่  $r$  จะมีค่าดังสมการ

$$r = q(\alpha, \beta, \gamma) \cos^3 \gamma \quad (2.14)$$

ดังนั้นความส่องสว่างที่จุดใด ๆ สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\begin{aligned} L &= q(\alpha, \beta, \gamma) \cdot E \\ &= q(\alpha, \beta, \gamma) \cdot \frac{I(C, \gamma) \cos^3 \gamma}{h^2} \\ &= \frac{r}{\cos^3 \gamma} I(C, \gamma) \cdot \frac{\cos^3 \gamma}{h^2} \end{aligned}$$

$$L = r \cdot \frac{I(C, \gamma)}{h^2} \quad (2.15)$$

โดยที่ L คือ ค่าความส่องสว่างของจุดที่พิจารณา ( $\text{cd/m}^2$ )

r คือ Reduced Luminance Coefficient ( $\text{cd/m}^2/\text{lx}$ )

I คือ ความเข้มส่องสว่างของโคมไฟในทิศทางของตำแหน่งบนถนน ( $\text{cd}$ )

h คือ ความสูงของโคมไฟ (m)

ตัวอย่างของตารางค่า r มีลักษณะดังแสดงในภาคผนวก ค

### 2.5.2 การแสดงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนโดย Reflection Indicatrix

Reflection Indicatrix เป็นการแสดงค่าการสะท้อนแสงของผิวถนนแบบสามมิติ ซึ่งขึ้นอยู่กับมุม  $\beta$  และ  $\gamma$  จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างสำหรับทิศทางที่แสงตกกระทบ

การหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผิวถนนต้องใช้เวลาอย่างมาก อย่างไรก็ตามเราสามารถคำนวณค่าความส่องสว่าง โดยกำหนดคุณลักษณะพื้นผิวถนนให้ง่ายขึ้นโดยยังมีความถูกต้องในการคำนวณที่ยอมรับได้ โดยพิจารณาจากตัวแปรดังต่อไปนี้

**ระดับความขาวดำของถนน แสดงโดยค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (Average Luminance Coefficient ;  $Q_0$ )**

$$Q_0 = \frac{\int_0^{\omega_0} q d\omega}{\omega_0} \quad (2.16)$$

โดยที่ q = สัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (ซึ่งขึ้นอยู่กับมุม  $\beta$  และ  $\gamma$ )

$\omega_0$  = มุมตันในทิศทางที่แสงตกกระทบตำแหน่งที่พิจารณาบนพื้นถนน

เมื่อ  $Q_0$  มีค่ามากแสดงว่าพื้นผิวถนนมีความสามารถในการสะท้อนแสงมาก

**ระดับของการสะท้อนแสงแบบ Specular (Specularity Factor ,S1)**

$$S1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)} \quad (2.17)$$

โดยที่  $r(0,2)$  = Reduced Luminance Coefficient ที่  $\beta = 0$  และ  $\tan \gamma = 2$

$r(0,0)$  = Reduced Luminance Coefficient ที่  $\beta = 0$  และ  $\tan \gamma = 0$

### 2.5.3 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน

ค่า  $Q_0$  และ S1 เป็นค่าที่ใช้ในการแบ่งประเภทของพื้นถนน



ตารางที่ 2.4 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ R-Classification

ประเภท	S1	S1 มาตรฐาน	Q <sub>0</sub> ปกติ
R1	$S1 < 0.42$	0.25	0.10
R2	$0.42 \leq S1 < 0.85$	0.58	0.07
R3	$0.85 \leq S1 < 1.35$	1.11	0.07
R4	$1.35 \leq S1$	1.55	0.08

- ถนน R1 คือ ถนนคอนกรีตที่การสะท้อนแสงของผิวถนนจะเป็นแบบ Diffuse และ  $Q_0 = 0.10$
- ถนน R2 คือ ถนนลาดยางที่ผิวถนนมีลักษณะหยาบ การสะท้อนแสงของผิวถนนเป็นแบบ Diffuse และ  $Q_0 = 0.07$
- ถนน R3 คือ ถนนลาดยางที่ผิวถนนค่อนข้างเรียบ การสะท้อนแสงของผิวถนนเป็นแบบ Specular เล็กน้อย  $Q_0 = 0.07$
- ถนน R4 คือ ถนนลาดยางที่ผิวถนนเรียบหรือขัดมัน การสะท้อนแสงของผิวถนนเป็นแบบ Specular และ  $Q_0 = 0.08$

ตารางที่ 2.5 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ N-Classification

ประเภท	S1	S1 มาตรฐาน	Q <sub>0</sub> ปกติ
N1	$S1 < 0.28$	0.18	0.10
N2	$0.28 \leq S1 < 0.6$	0.41	0.07
N3	$0.60 \leq S1 < 1.30$	0.88	0.07
N4	$1.30 \leq S1$	1.61	0.08

โดยจะแบ่งประเภทผิวถนนแห่ง ออกเป็น R – Classification และ N – Classification ซึ่งแต่ละประเภทจะแบ่งออกเป็น 4 class ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การแบ่งประเภท (class) ของผิวถนน

Class	Material
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asphaltic type road surface containing either at least 15 percent artificial brightener or at least 30 percent very bright anorthosites.</li> <li>- Surface dressing containing chippings that cover over 80 percent of the road surface , where the chippings mainly consist of either artificial brightener or are 100 percent very bright anorthosites.</li> <li>- Concrete road surfaces.</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface dressing having a harsh texture and containing normal aggregates.</li> <li>- Asphaltic surfaces containing 10 to 15 percent artificial brighteners.</li> <li>- Coarse and harsh asphaltic concrete,rich in gravel (&gt;60%) of sizes up to or greater than 10 mm.</li> <li>- New condition mastic asphalt.</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asphaltic concrete (cold asphalt , mastic asphalt) having gravel size up to 10 mm , but of a harsh texture (similar to sand paper)</li> <li>- Polished ,coarse textured ,surface dressing.</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mastic asphalt after some months of use.</li> <li>- Road surfaces having a rather smooth or polished texture.</li> </ul>

ตารางที่ 2.7 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ C-Classification

ประเภท	S1	S1 มาตรฐาน	Q <sub>0</sub> ปกติ
C1	$S1 < 0.4$	0.24	0.10
C2	$S1 \geq 0.85$	0.97	0.07

- ถนน C1 คือ ถนนคอนกรีตที่การสะท้อนแสงของผิวถนนจะเป็นแบบ Diffuse และ  $Q_0 = 0.10$
- ถนน C2 คือ ถนนลาดยางที่การสะท้อนแสงของผิวถนนเป็นแบบ Specular และ  $Q_0 = 0.07$

ตารางที่ 2.8 การแบ่งประเภทของพื้นผิวถนน แบบ W-Classification

ประเภท	S1	Q <sub>0</sub> ปกติ
W1	$S'1 < 9.6$	0.11
W2	$9.6 \leq S'1 < 26.5$	0.15
W3	$26.5 \leq S'1 < 73$	0.20
W4	$73 \leq S'1$	0.25

โดยที่ ถ้า  $S1 > 1$

$$\log\left(\frac{S'1}{0.147}\right) = \frac{\log\left(\frac{S1}{0.147}\right)}{1 - \frac{Q_0}{0.687}}$$

ถ้า  $S1 \leq 1$

$$S'1 = S$$

โดยรายละเอียดของผิวถนนในแต่ละประเภท แสดงในภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### การแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างระบบ CIE และระบบ IES

#### 3.1 Data Transformation

การกำหนดข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนที่ใช้กันทั่วไปมี 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน CIE [4] และมาตรฐาน IES [3]

##### 3.1.1 มาตรฐานของ CIE (United Kingdom, most of world)

มาตรฐานของ CIE เป็นมาตรฐานที่มีระบบข้อมูลทางแสงที่กำหนดการให้แสงสว่างไฟถนนอยู่ในรูปของความส่องสว่าง (Luminance) มีหน่วยวัดเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร

รูปแบบไฟล์ข้อมูลตามมาตรฐานของ CIE ที่ได้รับการรับรอง จะแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนที่สำคัญคือ structured lines และ unstructured lines

- Structured lines ได้แบ่งย่อยออกเป็นอีกสองชนิด คือ “key” lines ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนสำคัญที่ต้องบรรยายไม่สามารถละเว้นได้ และ information lines ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถละเว้นได้ถ้าไม่มีข้อมูลกำหนดมาให้จากผู้ผลิตดวงโคม

- Unstructured lines ประกอบด้วย label lines และ data lines โดยจำนวนของ label lines จำกัดในแต่ละเซกชันไม่เกิน 60 บรรทัด

หรือกล่าวได้ว่าในส่วนแรกของไฟล์บอกถึงคุณสมบัติทางกายภาพของดวงโคม และส่วนที่สองบอกค่าความเข้มส่องสว่างของดวงโคมในหน่วยแคนเดลา ซึ่งแสดงตัวอย่างรูปแบบไฟล์ข้อมูลทางแสงตามมาตรฐานของ CIE ไว้ในภาคผนวก ก.

##### 3.1.2 มาตรฐานของ IES (North American)

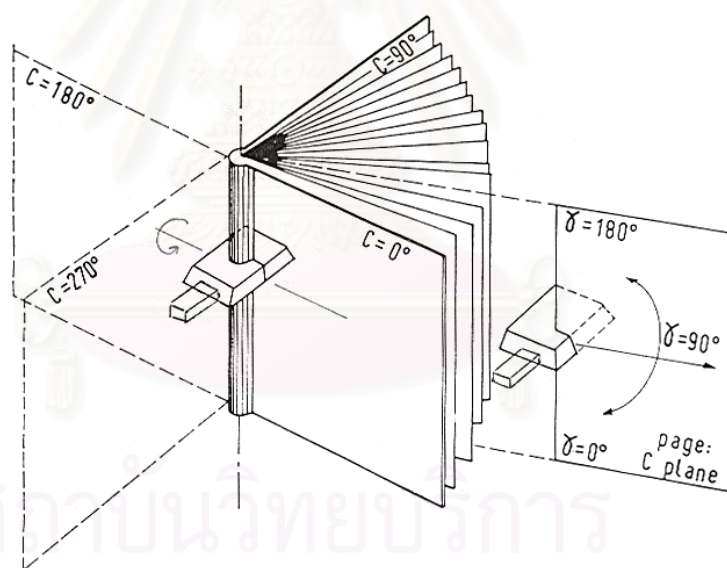
มาตรฐานของ IES ในอดีตเป็นมาตรฐานที่มีระบบข้อมูลทางแสงที่กำหนดการให้แสงสว่างสำหรับไฟถนนในรูปของความสว่างเป็นลักซ์ แต่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็นใช้ค่าความส่องสว่างเช่นเดียวกับมาตรฐาน CIE แล้ว ซึ่งแสดงตัวอย่างรูปแบบไฟล์ข้อมูลทางแสงตามมาตรฐาน IES ที่ได้รับการรับรอง ไว้ในภาคผนวก ข.

รูปแบบไฟล์ข้อมูลตามมาตรฐานของ IES แบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนที่สำคัญคือ ส่วนแรกเป็นส่วนของ label lines เป็นส่วนที่บอกคุณสมบัติทางกายภาพของดวงโคม โดยแต่ละ label lines จำกัดตัวอักษรไว้สูงสุด 80 ตัวอักษร และข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบมาตรฐานแอสกี ในส่วนที่สองจะบอกข้อมูลทางแสงของดวงโคม และค่าความเข้มส่องสว่างของดวงโคมในหน่วยแคนเดลา

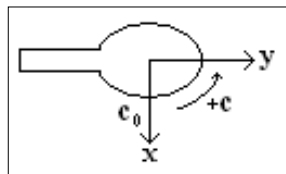
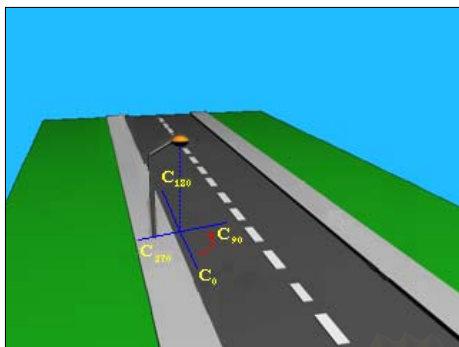
### 3.1.3 การแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างระบบของ CIE และระบบของ IES

เพื่อความสะดวกสำหรับการนำมาใช้งานของข้อมูลทางแสงของดวงโคม ซึ่งอาจอยู่ในระบบใดระบบหนึ่งในสองระบบนี้ (ระบบ IES หรือ ระบบ CIE) ให้สามารถแปลงไปอยู่ในอีกระบบหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทั้งสองระบบมีข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟถนนเป็น ระบบ C -  $\gamma$

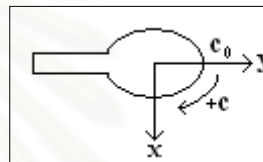
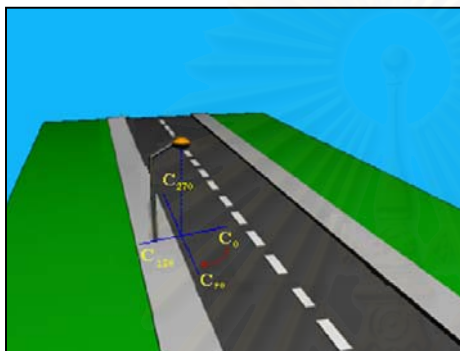
ระบบ C -  $\gamma$  เป็นระบบที่ใช้มากที่สุด จุดศูนย์กลางของระบบโคออร์ดิเนตจะอยู่ที่จุดเดียวกับจุดศูนย์กลางแสงของดวงโคม แกนอ้างอิงของระบบ คือ แนวตั้งจากจุดศูนย์กลางแสงของดวงโคมถึงระนาบนอนที่ต้องการแสงสว่าง (ในที่นี้คือพื้นถนน) เป็นแกนอ้างอิงของดวงโคม สำหรับระบบ CIE นั้น ระนาบตั้งที่ขนานกับแนวถนนจะถูกกำหนดด้วยระนาบที่มีมุม  $C = 0$  องศา และ  $C = 180$  องศา ระนาบตั้งที่ตั้งฉากกับแนวถนนจะถูกกำหนดด้วยระนาบที่มีมุม  $C = 90$  องศา เมื่อระนาบนี้อยู่ทางด้านถนน และระนาบที่มีมุม  $C = 270$  องศา เมื่อระนาบตั้งนี้อยู่ทางด้านทางเดินเท้า มุมที่วัดจากแนวตั้งลงในแต่ละระนาบเหล่านี้ กำหนดด้วยมุม  $\gamma$  โดยแนวตั้งลงมีมุม  $\gamma = 0$  องศา และแนวตั้งขึ้นมีมุม  $\gamma = 180$  องศา ซึ่งระบบ C -  $\gamma$  แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบของระนาบที่ใช้แสดงการกระจายแสงของโคมไฟถนนตามระบบของ CIE ข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนที่กำหนดตามระบบของ CIE และระบบของ IES มีการกำหนดมุมในการวัดข้อมูล I ต่างกัน แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 การกำหนดมุม C ในการวัดข้อมูล I ตามระบบของ CIE



รูปที่ 3.3 การกำหนดมุม C ในการวัดข้อมูล I ตามระบบของ IES

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่าการกำหนดมุม C ในการวัดข้อมูล I จะกำหนดระนาบ  $C_0$  ขนานกับขอบถนน แต่ในรูปที่ 3.3 กำหนดระนาบ  $C_0$  ขวางถนน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการกำหนดมุม C เพื่อวัดข้อมูล I ตามระบบของ IES จะต่างกับระบบของ CIE อยู่ 90 องศา

ไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการแปลงไฟล์ระหว่างสองระบบนี้ ในบางส่วนผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลเพิ่มเติมเอง เพื่อให้ไฟล์ที่แปลงไปมีข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งแสดงรายละเอียดในส่วนที่ผู้ใช้ต้องกรอกเพิ่มเติมมีดังนี้

- ไฟล์ระบบ IES ที่ได้จากการแปลงมาจากไฟล์ระบบ CIE

ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องกรอกเพิ่มเติมเพื่อให้ไฟล์ IES ที่แปลงมาสมบูรณ์ มีดังนี้

1. Unit Type
2. Width
3. Length
4. Height

- ไฟล์ระบบ CIE ที่ได้จากการแปลงมาจากไฟล์ระบบ IES

ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องกรอกเพิ่มเติมเพื่อให้ไฟล์ CIE ที่แปลงมาสมบูรณ์ มีดังนี้

1. Luminaire Number
2. Luminaire Name
3. Lamp Name
4. Lamp Luminaire Geometry
5. Ballast ID
6. Input Voltage
7. Input Volt-Amps
8. Tilt During Measurement
9. Application Tilt
10. Measurement Rotation
11. Luminaire Shape Code
12. Number of Luminaire Area
13. Angle position Code

โดยที่รายละเอียดของข้อมูลแต่ละตัวแสดงอยู่ในภาคผนวก ก



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### รูปแบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน

ข้อมูลทางแสงของดวงโคมเป็นข้อมูลที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และผู้เลือกใช้ดวงโคมจะต้องให้ความสำคัญ เพราะเป็นข้อมูลที่จะบอกให้ทราบว่าดวงโคมที่เลือกใช้มีการกระจายแสงอย่างไร เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ หรือไม่ เช่น ถ้าแสงไม่กว้างหรือแคบเกินไป เป็นข้อมูลที่น่าไปใช้หาค่าความสว่างที่จุดใด ๆ ได้โดยการคำนวณด้วยกฎกำลังสองผกผันร่วมกับกฎโคไซน์ และเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้คำนวณหาข้อมูลตัวอื่น ๆ ได้อีกหลายตัว เช่น ประสิทธิภาพของดวงโคม สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง ความส่องสว่าง ฯลฯ

การนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนตามระบบ CIE แบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้ คือ

#### 1) ข้อมูลทางแสงของดวงโคม (Lantern photometric data)

- ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Data Table)

- การกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Distribution)

- เส้นโค้งโพลาร์บนระนาบ  $C = 0^\circ$
- เส้นโค้งโพลาร์บนระนาบ  $C = 90^\circ$
- เส้นโค้งโพลาร์บนระนาบตั้งหลัก (ระนาบ  $C$  ที่ผ่านแนว  $I_{max}$ )
- เส้นโค้งโพลาร์บนผิวของกรวยหลัก (กรวย  $\gamma$  ที่ผ่านแนว  $I_{max}$ )

- เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (Isocandela Diagram )

- Sinusoidal Web
- Circular Web
- Linear Rectangular Web
- Nonlinear Rectangular Web
- Road Surface

- ตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม (Luminous Flux Table)

- Relative Zonal Flux Diagram

#### 2) ข้อมูลทางด้านสมรรถนะ (Performance data)

- ตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง (Utilization Factor)

- Luminance Yield Diagram

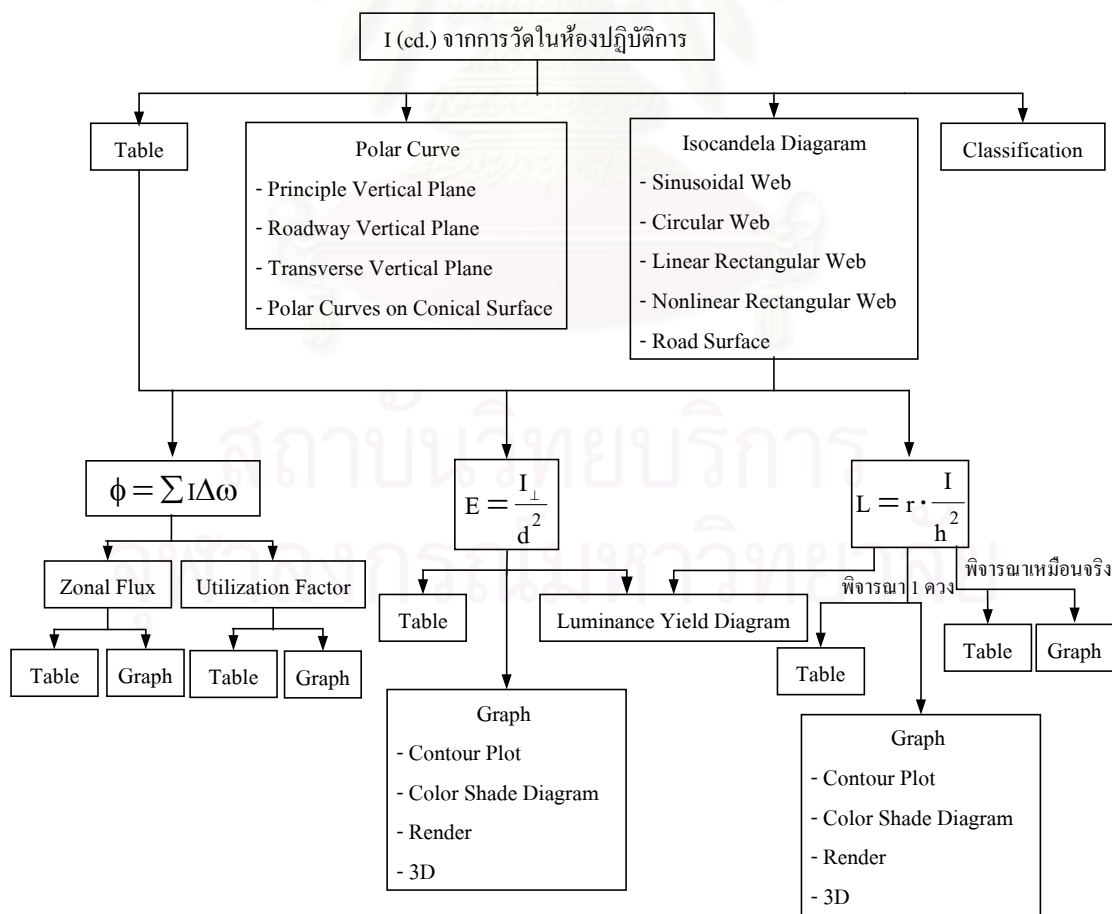
- ตารางค่าความสว่าง (Illuminance Table)

- เส้นโค้งความสว่างเท่า (Iso-Lux Diagram)



- ความสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot
  - ความสว่างบนผิวถนนแบบ Color Shade Diagram
  - ความสว่างบนผิวถนนแบบ Render
  - ความสว่างบนผิวถนนแบบ 3D
- ตารางค่าความส่องสว่างของดวงโคม (Luminance Table)
- เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า (Isoluminance Diagram)
- ความส่องสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot
  - ความส่องสว่างบนผิวถนนแบบ Color Shade Diagram
  - ความส่องสว่างบนผิวถนนแบบ Render
  - ความส่องสว่างบนผิวถนนแบบ 3D
- 3) ข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง (Installation Performance data)
- ตารางสมรรถนะ (Performance Tables)
  - กราฟสมรรถนะ (Performance Graphs)

ข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน

#### 4.1 ข้อมูลทางแสงของดวงโคม (Lantern photometric data) [2]

##### 4.1.1 ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Data Table)

การนำเสนอข้อมูลในลักษณะนี้ เหมาะกับการใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์สมรรถนะของระบบไฟถนน เพราะเป็นข้อมูลตัวเลขจำนวนมาก ระยะห่างของมุม  $\gamma$  และระนาบ C ในตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของการกระจายความเข้มส่องสว่าง และวิธีการประมาณในช่วง (Interpolation) ที่ใช้ในการคำนวณ แต่มีข้อเสียคือพิจารณาลักษณะการกระจายแสงยาก เนื่องจากข้อมูลมีเป็นจำนวนมากทำให้ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มส่องสว่างที่มุมต่าง ๆ มีความซับซ้อน

ถ้าการคำนวณสมรรถนะของระบบไฟถนนเป็นไปตามวิธีการที่กำหนดโดย CIE (International Commission on Illumination) ขนาดของมุม  $\gamma$  และระนาบ C จะเป็นไปดังนี้

มุม $\gamma$	0°	ถึง	30°	เปลี่ยนทีละ	10	องศา	(4 มุม)
	35°	ถึง	45°	เปลี่ยนทีละ	5	องศา	(3 มุม)
	47.5°	ถึง	105°	เปลี่ยนทีละ	2.5	องศา	(24 มุม)
	120°	ถึง	180°	เปลี่ยนทีละ	15	องศา	(5 มุม)
							รวมทั้งหมด 36 มุม
มุม C	0°	ถึง	50°	เปลี่ยนทีละ	5	องศา	(11 ระนาบ)
	60°	ถึง	120°	เปลี่ยนทีละ	15	องศา	(5 ระนาบ)
	130°	ถึง	230°	เปลี่ยนทีละ	5	องศา	(21 ระนาบ)
	240°	ถึง	300°	เปลี่ยนทีละ	15	องศา	(5 ระนาบ)
	310°	ถึง	355°	เปลี่ยนทีละ	5	องศา	(10 ระนาบ)
							รวมทั้งหมด 52 ระนาบ

จากการแบ่งมุม  $\gamma$  และระนาบ C ตามที่กำหนดนี้จะทำให้มีข้อมูลที่จะแสดงในตารางทั้งหมดจำนวน 1872 ค่า ซึ่งเกิดบนระนาบ 52 ระนาบ ในแต่ละระนาบจะวัดที่มุม  $\gamma$  จำนวน 36 มุม

ในกรณีที่การกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนนมีลักษณะสมมาตรระหว่างระนาบ  $C_{90}$  ถึง  $C_{270}$  และระนาบ  $C_{270}$  ถึง  $C_{90}$  การนำเสนอข้อมูลจะแสดงเพียงครึ่งซีกเท่านั้น โดยแสดงข้อมูลจากระนาบ  $C_{270}$  ถึงระนาบ  $C_{90}$  รวมทั้งหมด 27 ระนาบ ระนาบละ 36 ค่า รวมเป็น 972 ค่า ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟถนน

มุม γ (องศา)	ระนาบ C																											
	270°	285°	300°	310°	315°	320°	325°	330°	335°	340°	345°	350°	355°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°	75°	90°	
0.0	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	
10.0	187	189	192	194	195	196	197	198	199	200	202	203	205	207	208	209	209	210	210	210	211	210	210	210	210	209	209	209
20.0	170	172	179	182	184	187	190	194	197	201	205	209	213	217	220	223	226	227	226	224	221	220	216	213	206	195	191	
30.0	145	146	154	165	170	176	185	197	210	226	241	255	267	279	289	290	286	277	261	245	233	221	210	200	185	170	166	
35.0	133	133	144	157	164	172	187	205	224	246	267	292	311	331	343	348	330	314	281	255	242	229	206	286	174	157	156	
40.0	122	123	134	148	156	165	182	202	227	255	284	315	344	375	389	389	365	332	270	229	214	212	198	183	165	146	143	
45.0	110	111	119	133	141	149	167	189	220	257	300	350	388	430	437	429	389	350	307	268	230	202	184	168	152	136	131	
47.5	104	104	111	124	131	140	159	183	219	263	309	364	399	436	447	442	400	361	308	263	223	189	172	157	143	130	125	
50.0	97	96	102	115	122	131	151	178	218	267	319	374	409	444	455	449	411	370	307	253	211	178	160	146	133	123	119	
52.5	90	88	94	106	113	121	144	174	216	269	319	375	409	443	454	451	415	377	299	236	192	159	144	131	122	115	113	
55.0	82	80	84	96	103	112	137	170	212	262	313	369	404	440	447	445	411	369	283	214	171	138	126	116	110	107	106	
57.5	74	72	75	86	92	99	125	159	199	249	298	356	391	429	436	429	393	357	265	196	152	119	111	103	100	100	98	
60.0	66	66	67	76	80	87	113	146	185	233	281	337	377	420	422	407	372	338	247	179	135	103	97	93	92	92	90	
62.5	58	58	57	64	68	73	96	126	162	209	255	310	342	377	387	379	342	305	216	152	114	87	83	82	82	81	79	
65.0	51	50	48	53	56	61	80	107	141	185	229	280	309	339	350	347	309	273	187	127	94	73	71	72	73	72	69	
67.5	43	42	39	42	45	47	62	82	114	158	198	248	274	302	306	301	267	233	147	93	73	59	60	60	64	62	60	
70.0	34	32	29	31	32	34	42	53	79	121	159	205	230	258	259	248	213	179	102	59	51	46	48	52	54	54	50	
72.5	24	21	20	21	21	22	25	29	49	79	114	158	179	212	207	196	158	121	66	35	33	34	40	45	45	45	42	
75.0	16	12	11	11	11	11	12	14	20	34	54	89	109	145	136	122	83	59	33	20	20	22	25	28	34	35	33	
77.5	11	6	6	6	6	6	7	7	9	10	18	30	40	65	54	50	31	18	14	10	12	13	15	18	24	27	25	
80.0	9	4	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	10	8	14	11	9	6	6	4	5	6	8	10	15	16	15	
82.5	10	3	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	5	7	6	5	4	3	2	3	4	4	7	9	8	
85.0	9	3	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	3	2	2	2	2	2	2	4	4	4	
87.5	6	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1	2	2	2	
90.0	3	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	
92.5	1	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	5	0	4	4	3	3	2	2	1	1	1	0	1	1	1	
95.0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	0	4	4	3	3	2	2	1	1	1	0	0	1	1	
97.5	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	0	0	0	0	3	3	2	2	1	1	0	0	0	1	1	
100.0	0	0	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	0	0	0	0	3	3	2	2	1	1	0	0	0	1	1	
102.5	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	
105.0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	3	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
120.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
135.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
150.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
165.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
180.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ถ้าการคำนวณสมรรถนะของระบบไฟถนนเป็นไปตามวิธีการที่กำหนดโดย IES (North American) ขนาดของมุม  $\gamma$  ค่าแรกอาจจะเป็น  $0^\circ$  หรือ  $90^\circ$  ก็ได้ และค่าสุดท้ายต้องเป็น  $90^\circ$  หรือ  $180^\circ$  ก็ได้ ส่วนระนาบ C ค่าแรกจะต้องเป็น 0 เสมอ ส่วนค่าสุดท้ายต้องเป็นดังนี้

- $0^\circ$  ในกรณีนี้มีระนาบ C เพียงระนาบเดียว และถือว่าโคมไฟให้แสงสมมาตรกันในทุกระนาบ
- $90^\circ$  ในกรณีนี้ถือว่าโคมไฟให้แสงสมมาตรกันในทุก quadrant
- $180^\circ$  ในกรณีนี้ถือว่าโคมไฟให้แสงสมมาตรกัน ตั้งแต่  $0^\circ$  ถึง  $180^\circ$
- \*\*\* ที่ \*\*\* มากกว่า  $180^\circ$  และน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $360^\circ$  ในกรณีนี้ถือว่าโคมไฟให้แสงแบบไม่สมมาตร

#### 4.1.2 การกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Distribution)

การกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน สามารถนำเสนอในรูปแบบของเส้นโค้งโพลาร์ ได้ 2 รูปแบบ คือ

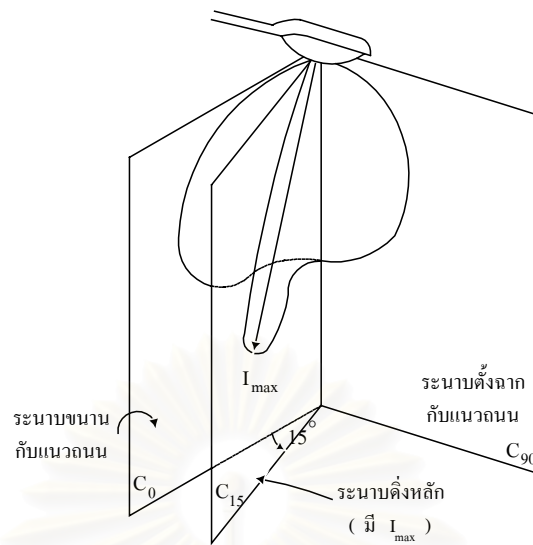
##### 1) เส้นโค้งโพลาร์บนระนาบ C (Polar Curves on C-Planes)

ลักษณะการกระจายแสงที่เด่นของโคมไฟถนน สามารถนำเสนอให้เห็นได้โดยการเขียนการกระจายความเข้มส่องสว่างบนระนาบหลักเป็นเส้นโค้งโพลาร์ ระนาบหลักของโคมไฟถนนจะประกอบไปด้วย

ระนาบตั้งที่ผ่านแนวความเข้มส่องสว่างสูงสุดซึ่งเรียกว่าระนาบตั้งหลัก (Principle Vertical Plane) ระนาบนี้จะตั้งระนาบมุม C ที่ใช้กำกับระนาบนี้ด้วย (ดังรูปที่ 4.2)

ถ้าระนาบตั้งหลักไม่ใช่ระนาบที่  $C = 0^\circ$  จะต้องแสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างบนระนาบตั้งที่ขนานแนวนอน (Roadway Vertical Plane ;  $C = 0^\circ$ ) ด้วย เนื่องจากการกระจายความเข้มส่องสว่างในระนาบนี้จะมีผลต่อแสงจ้ำระคายตา (Discomfort Glare) จากระบบไฟถนนด้วย

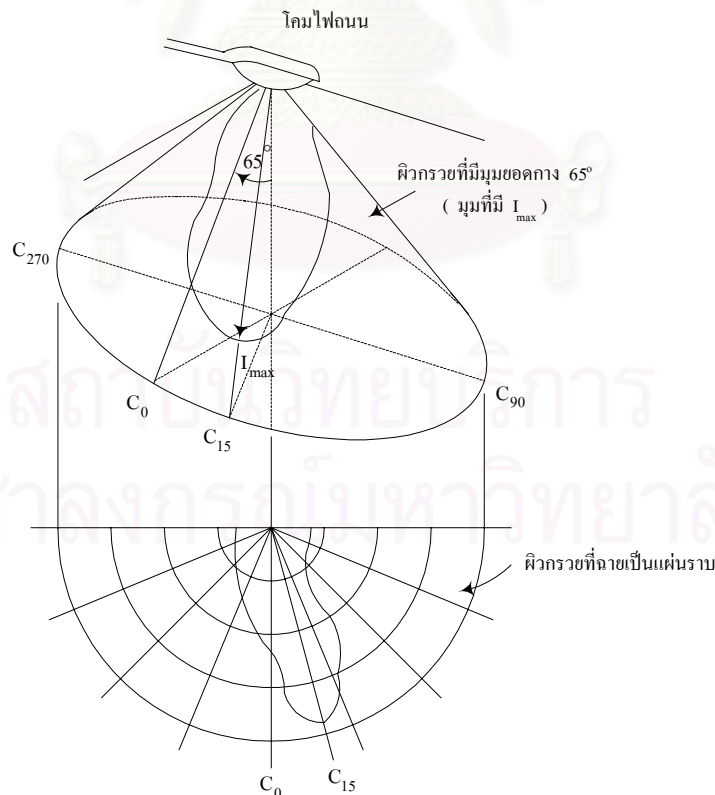
การกระจายแสงลึกเข้าไปในถนนจากโคมไฟถนน จะพิจารณาได้จากการกระจายความเข้มส่องสว่างบนระนาบตั้งที่ตั้งฉากกับแนวนอน (Transverse Vertical Plane ;  $C = 90^\circ$ )



รูปที่ 4.2 ระนาบที่ใช้แสดงเส้นโค้งโพลาร์ของโคมไฟถนน

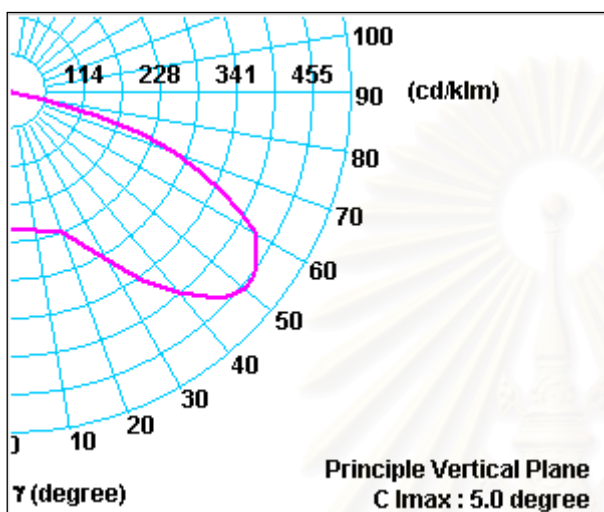
2) เส้นโค้งโพลาร์บนผิวของกรวย (Polar Curves on Conical Surface)

เพื่อให้เห็นภาพการกระจายความเข้มส่องสว่างอย่างสมบูรณ์ ให้แสดงเส้นโค้งโพลาร์ของการกระจายความเข้มส่องสว่างที่วัดบนผิวของกรวยหลัก (Principal Conical Surface) ที่ผ่านแนว  $I_{max}$  ด้วย



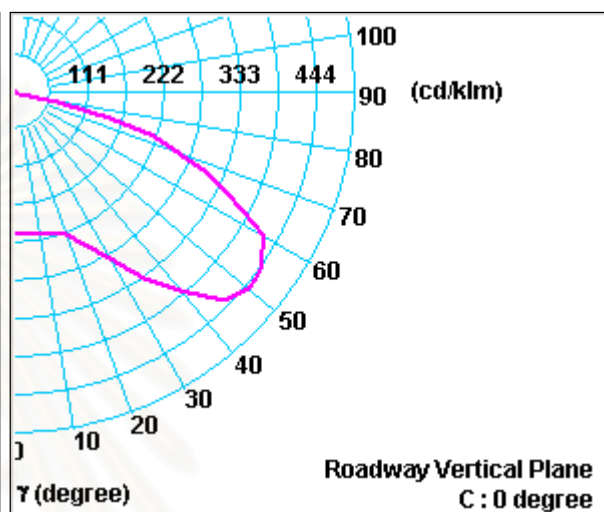
รูปที่ 4.3 การแปลงการกระจายแสงบนผิวกรวยหลักลงบนระนาบธรรมดา

เส้นโค้งโพลาร์บนระนาบดิ่ง 3 ระนาบและบนผิวกรวย 1 ระนาบ ของโคมไฟถนนตัวอย่างหนึ่ง แสดงในรูปที่ 4.4 ถึงแม้ว่าเส้นโค้งโพลาร์จะทำให้มองเห็นการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟได้ชัดเจนแต่ก็ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้ในการคำนวณในรายละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงมุมที่มีการแปรเปลี่ยนของค่าความเข้มส่องสว่างสูง



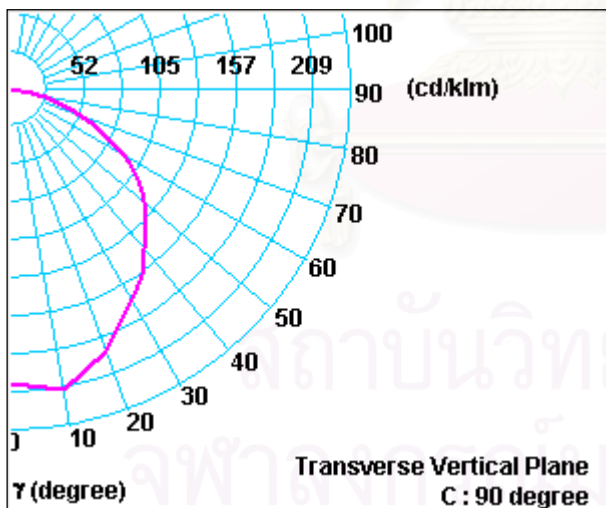
ก) ระนาบดิ่งหลัก

( Principle Vertical Plane )



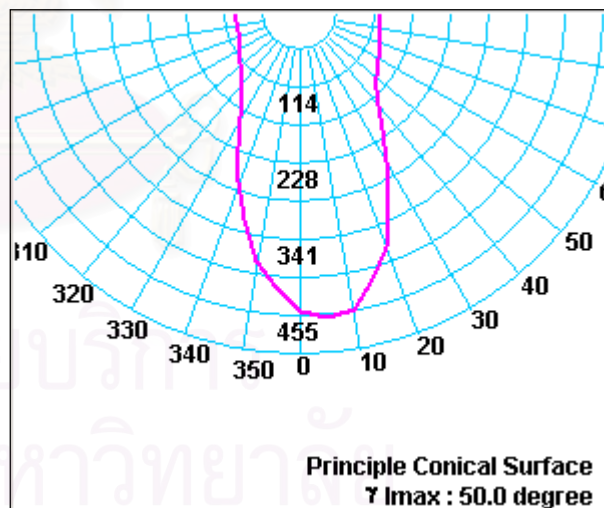
ข) ระนาบดิ่งที่ขนานกับแนวถนน

( Roadway Vertical Plane )



ค) ระนาบดิ่งที่ตั้งฉากกับแนวถนน

( Transverse Vertical Plane )



ง) ผิวของกรวยหลัก

( Principle Conical Surface )

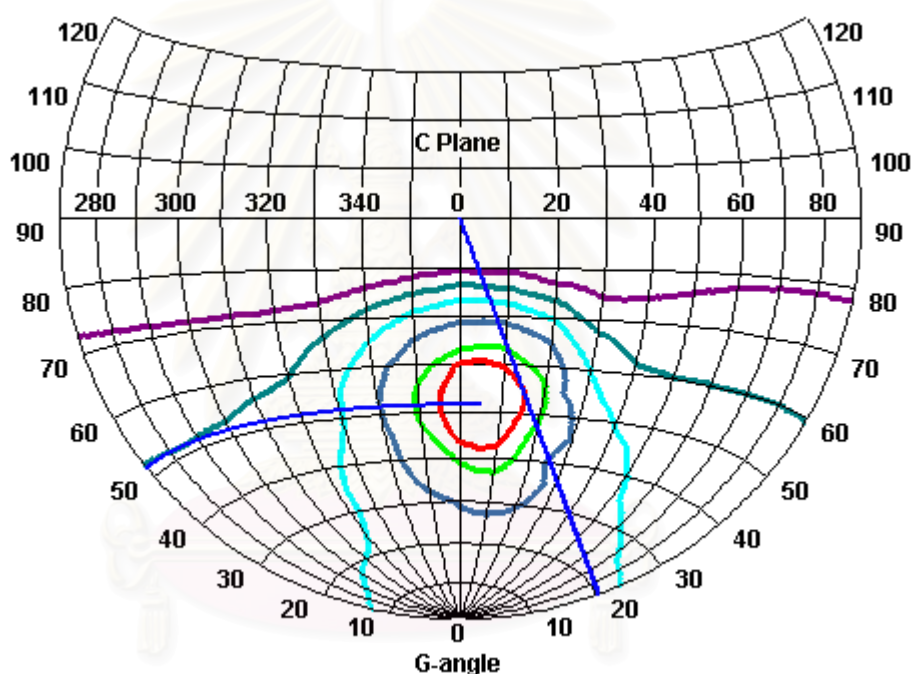
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลเส้นโค้งโพลาร์ของโคมไฟถนน

4.1.3 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (Isocandela Diagram)

วิธีนี้จะแสดงการกระจายแสงของโคมไฟถนนในลักษณะของกราฟให้เห็นลักษณะการกระจายแสงได้อย่างกระจ่างชัด จะแสดงในรูปของเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า เช่นเดียวกับแผนที่แสดงชั้นความสูงของผิวโลก โดยมีรูปแบบการนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า 5 แบบ ดังนี้

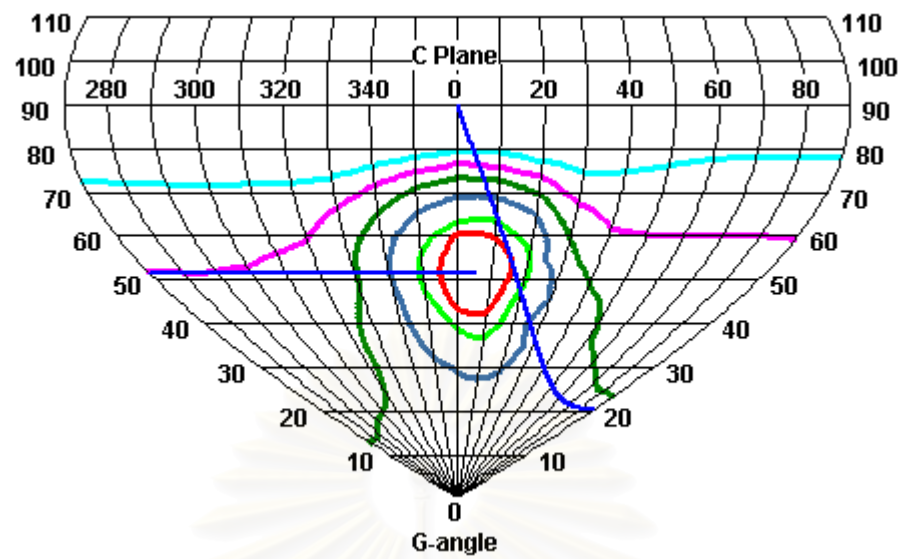
#### 1) Circular Web

สำหรับโคมไฟถนนที่มีการกระจายแสงแบบสมมาตร จะแสดงเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าบนครึ่งทรงกลมซีกเดียวโดยมีจุดศูนย์กลางของแผนภูมิ ( $\gamma = 90^\circ$ ,  $C = 0^\circ$  หรือ  $180^\circ$  ตามระบบของ CIE) แทนแนวถนน ดังแสดงในรูปที่ 4.4



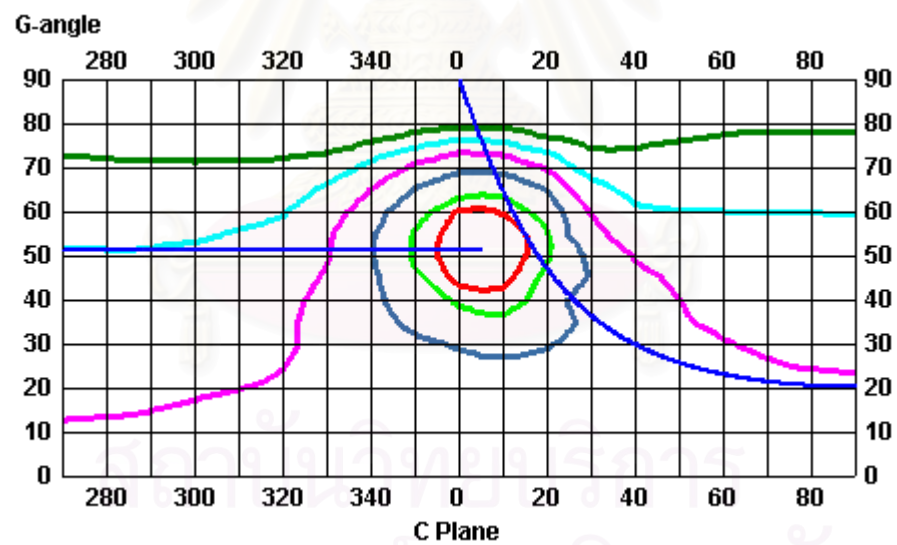
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าลักษณะ Circular Web

#### 2) Sinusoidal Web



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าลักษณะ Sinusoidal Web

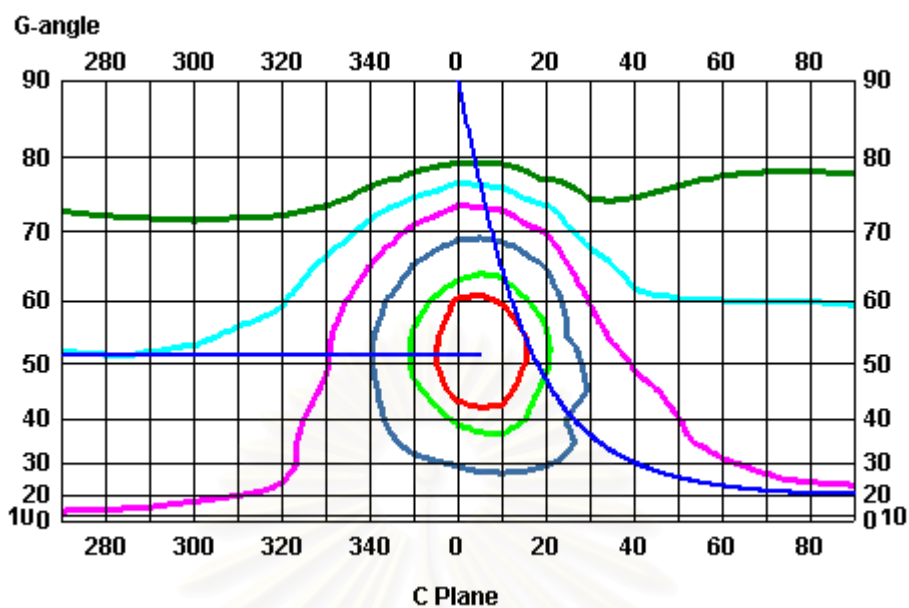
3) Linear Rectangular Web



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าลักษณะ Linear Rectangular Web

4) Nonlinear Rectangular Web



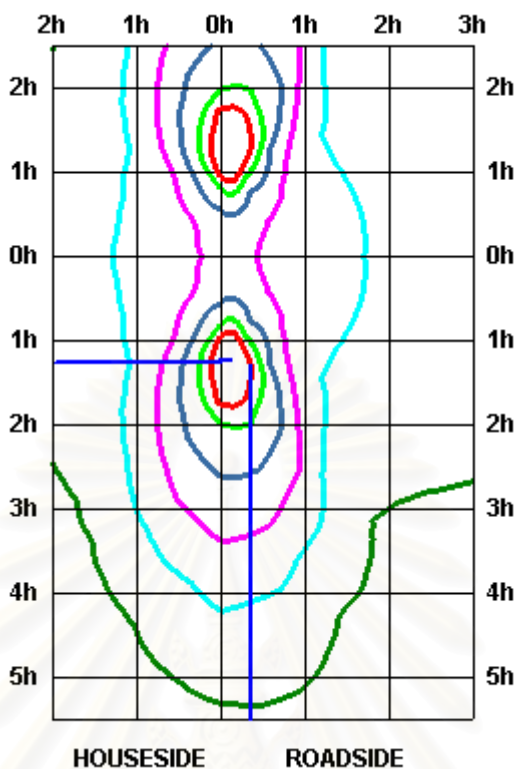


รูปที่ 4.8 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าลักษณะ  
Nonlinear Rectangular Web

#### 5) Road Surface

ในบางครั้ง เพื่อให้เห็นภาพการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน บนพื้นถนนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้ผลิตอาจแสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนนโดยการเขียนเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าลงบนพื้นถนนแทนการเขียนลงบนผิวของครึ่งทรงกลม ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ในรูปนี้ จุด  $0, 0$  คือตำแหน่งจุดตกของโคมไฟถนนบนระนาบพื้นถนนและระยะที่ใช้บนแผนภูมินี้จะแสดงในเทอมของความสูงของโคมไฟถนนเหนือระนาบพื้นถนน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างกราฟการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าลักษณะ Road Surface

#### 4.1.4 ตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม (Luminous Flux Table)

ตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคมมี 6 คอลัมน์ดังนี้

- Elevation คือมุม  $\gamma$  เป็นมุมที่จุดศูนย์กลางของแต่ละบริเวณของมุมตัน (solid-angle region)
- Cone คอลัมน์นี้แสดงขอบกรวยของมุมตันแต่ละโซน
- Lumens เป็นฟลักซ์ส่องสว่างที่กระจายโดยโคมไฟภายในกรวยของมุมตันที่กำหนด
- Cumulative คอลัมน์นี้จะแสดงค่าฟลักซ์ส่องสว่างสะสม
- Lamp % คอลัมน์นี้แสดงค่าร้อยละของค่าฟลักซ์ส่องสว่างสะสมเทียบกับฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ ถ้าค่า lumens per lamp ในไฟล์ IES เป็น invalid แล้วคอลัมน์นี้จะแสดงเป็น "N/A"
- Luminaire % คอลัมน์นี้เป็นร้อยละของค่าฟลักซ์ส่องสว่างสะสมเทียบกับฟลักซ์ส่องสว่างที่กระจายออกมาจากดวงโคม

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงตัวอย่างฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม

Classification: CIE Format

Tilt Angle: 0.0 deg

LUMINOUS FLUX TABLE (Based on 1000 lamp lumen)

Elevation (degree)	Cone (degrees)	Lumens	Cumulative	Lamp %	Luminaire %
0.0	0.0 - 5.0	4.8	4.8	0.5	0.6
10.0	5.0 - 15.0	38.5	43.3	4.3	5.4
20.0	15.0 - 25.0	74.9	118.2	11.8	14.6
30.0	25.0 - 32.5	80.5	198.7	19.9	24.6
35.0	32.5 - 37.5	66.0	264.7	26.5	32.7
40.0	37.5 - 42.8	77.8	342.5	34.2	42.4
45.5	42.8 - 46.5	61.1	403.6	40.4	49.9
47.5	46.5 - 48.8	38.0	441.6	44.2	54.6
50.0	48.8 - 51.3	43.0	484.6	48.5	59.9
52.5	51.3 - 53.8	43.0	527.6	52.8	65.2
55.0	53.8 - 56.3	42.1	569.7	57.0	70.5
57.5	56.3 - 58.8	40.8	610.5	61.1	75.5
60.0	58.8 - 61.3	39.1	649.6	65.0	80.3
62.5	61.3 - 63.8	35.6	685.2	68.5	84.7
65.0	63.8 - 66.3	32.1	717.3	71.7	88.7
67.5	66.3 - 68.8	27.8	745.1	74.5	92.1
70.0	68.8 - 71.3	22.5	767.6	76.8	94.9
72.5	71.3 - 73.8	17.0	784.5	78.5	97.0
75.0	73.8 - 76.3	10.3	794.9	79.5	98.3
77.5	76.3 - 78.8	5.0	799.9	80.0	98.9
80.0	78.8 - 81.3	2.2	802.1	80.2	99.2
82.5	81.3 - 83.8	1.4	803.5	80.3	99.4
85.0	83.8 - 86.3	1.0	804.4	80.4	99.5
87.5	86.3 - 88.8	0.8	805.2	80.5	99.6
90.0	88.8 - 91.3	0.7	805.9	80.6	99.7
92.5	91.3 - 93.8	0.6	806.5	80.6	99.7
95.0	93.8 - 96.3	0.5	807.0	80.7	99.8
97.5	96.3 - 98.8	0.4	807.4	80.7	99.8
100.0	98.8 - 101.3	0.4	807.8	80.8	99.9
102.5	101.3 - 103.8	0.3	808.1	80.8	99.9
105.0	103.8 - 112.5	0.6	808.6	80.9	100.0
120.0	112.5 - 127.5	0.0	808.6	80.9	100.0
135.0	127.5 - 142.5	0.0	808.6	80.9	100.0
150.0	142.5 - 157.5	0.0	808.6	80.9	100.0
165.0	157.5 - 172.5	0.0	808.6	80.9	100.0
180.0	172.5 - 180.0	0.0	808.6	80.9	100.0

LOR : 80.9 % DLOR : 80.6 % ULOR : 0.3 %

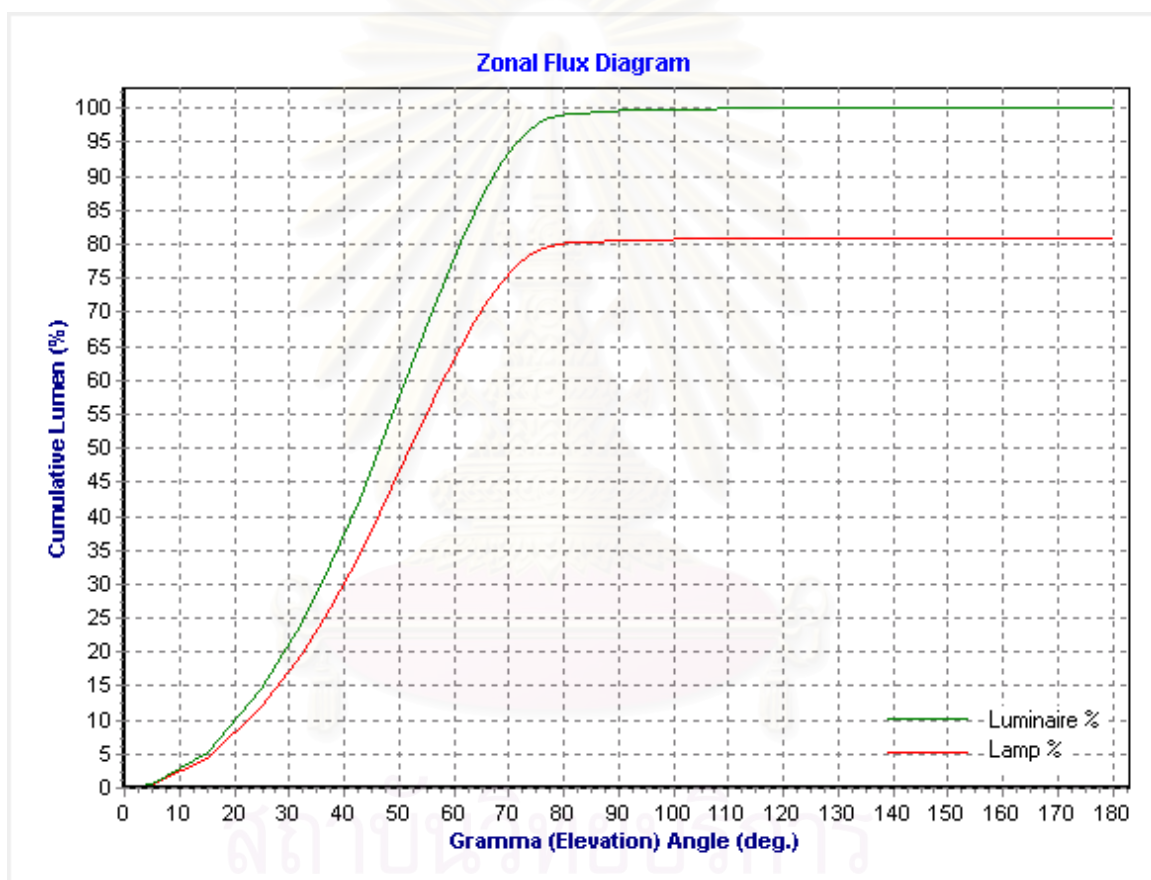
โดยที่ LOR (Light output ratio) : ฟลักซ์ส่องสว่างรวมของหลอดไฟ

DLOR (Downward light output ratio) : อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างที่ส่องลงข้างล่าง

ULOR (Upward light output ratio) : อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างที่ส่องขึ้นข้างบน

#### 4.1.5 Relative Zonal Flux Diagram

Zonal Flux Diagram แสดง อัตราส่วนเพิ่มขึ้นของ Zonal Flux ซึ่งเป็นฟังก์ชันของมุม  $\gamma$  ที่เพิ่มขึ้น แสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.10

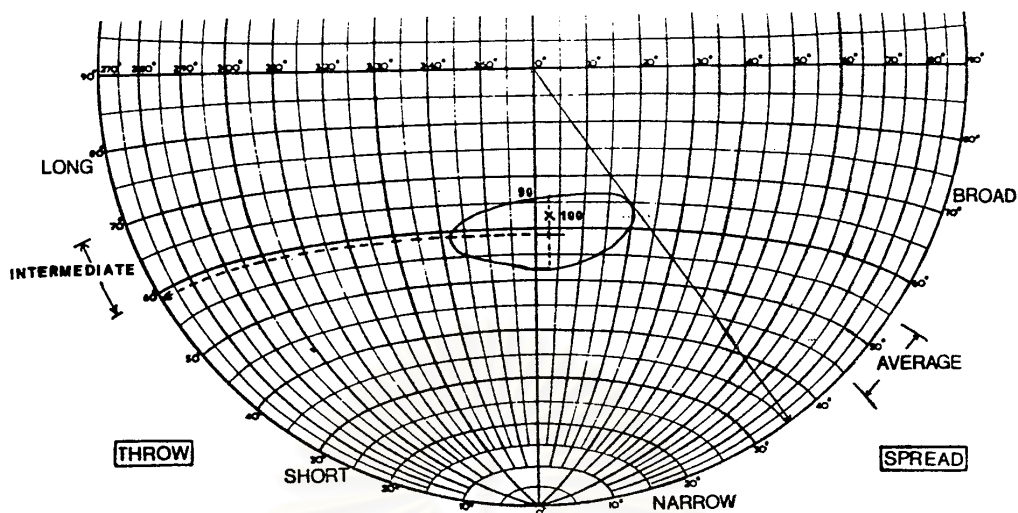


รูปที่ 4.10 Relative Zonal Flux Diagram

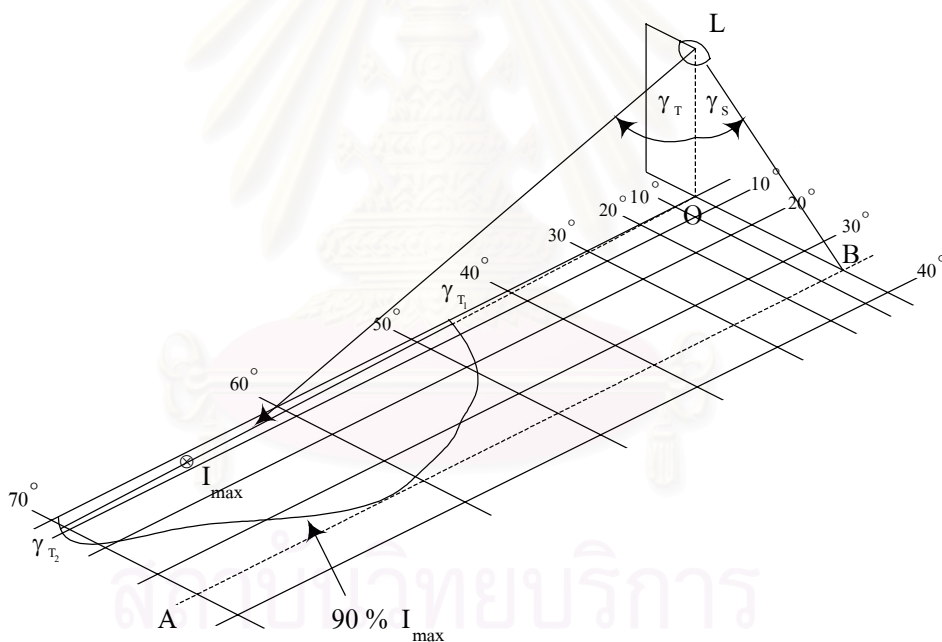
## 4.2 การจัดประเภทของดวงโคมและข้อมูลทางด้านสมรรถนะตามมาตรฐานของ CIE (Lantern classification and performance data) [2]

### 4.2.1 Derivation of lantern classification

การจัดประเภทดวงโคมตามมาตรฐานของ CIE จะใช้ตัวแปร 3 ตัว แสดงรายละเอียดของดวงโคมคือ Throw, Spread และ Control



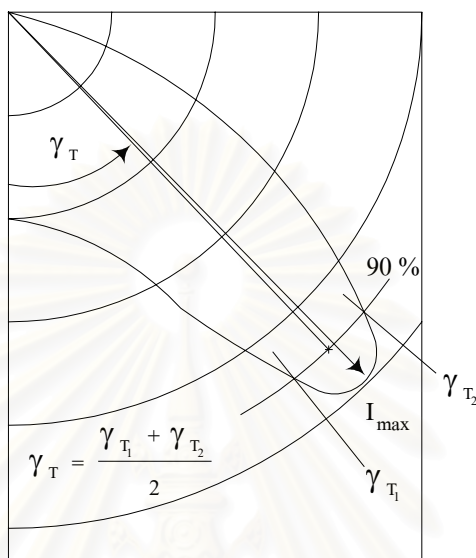
รูปที่ 4.11 นิยามของ Throw และ Spread



รูปที่ 4.12 มุมที่ใช้ระบุ Throw และ Spread

Throw ถูกกำหนดด้วยขนาดของมุมของศูนย์กลางของลำแสงที่วัดจากแนวตั้งลง มุมของศูนย์กลางของลำแสง ( $\gamma_T$ ) อาจหาได้จากเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า โดยใช้ค่าเฉลี่ยของมุม  $\gamma$  ของเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าขนาดร้อยละ 90 ของค่าความส่องสว่างสูงสุดในระนาบตั้งหลักที่ผ่านค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด (ดูรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12) หรือหาได้จากเส้นโค้งโพลาร์บนระนาบตั้งหลักโดยใช้ค่าเฉลี่ยของมุม  $\gamma$  ที่ค่าความเข้มส่องสว่างร้อยละ 90 ของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด ดังรูปที่ 4.13

Throw จะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงสมรรถนะของโคมไฟถนนที่จะคืนแสงออกทางด้านข้างว่าไปได้ไกลมากน้อยเพียงใด หากมุม  $\gamma_T$  มีค่าสูง แสดงว่าโคมไฟถนนดวงนั้นสามารถคืนแสงออกไปทางด้านข้างได้ไกล ทำให้สามารถตั้งเสาไฟแต่ละต้นได้ไกลขึ้น



รูปที่ 4.13 การคำนวณหาขนาดมุม  $\gamma_T$  จากกราฟเส้นโค้งโพลาร์

Spread ถูกกำหนดด้วยระยะห่างที่ไกลที่สุดของเส้นแนวถนน (เส้น A-B ในรูปที่ 4.12) ที่สัมผัสกับเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าขนาดร้อยละ 90 ของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดที่เขียนลงบนผิวถนน (ดูรูปที่ 4.9 ประกอบ) การกำหนดระยะห่างนี้ กำหนดด้วยมุม  $\gamma_s$  ซึ่งหาได้จากแผนภูมิเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยการลากเส้นตรงจากจุดศูนย์กลาง ( $C = 0^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$ ) สัมผัสขอบเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าขนาดร้อยละ 90 ของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดทางซีกที่ออกไปทางด้านถนน จนตัดกับขอบของแผนภูมิจะได้ค่า  $\gamma_s$  หรือหาค่า  $\gamma_s$  จากรูปที่ 4.12 ได้จาก  $\gamma_s = \tan^{-1}(OB/LO)$

Spread จะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงสมรรถนะของโคมไฟถนน ที่จะคืนแสงออกไปทางด้านหน้า (ออกไปทางด้านถนน) ว่าไปได้ไกลมากน้อยเพียงใด หากมุม  $\gamma_s$  มีค่าสูง แสดงว่าโคมไฟถนนดวงนั้นสามารถคืนแสงออกไปทางด้านหน้าได้ไกล ทำให้สามารถใช้กับถนนกว้าง ๆ ที่มีหลายช่องจราจรได้ดี

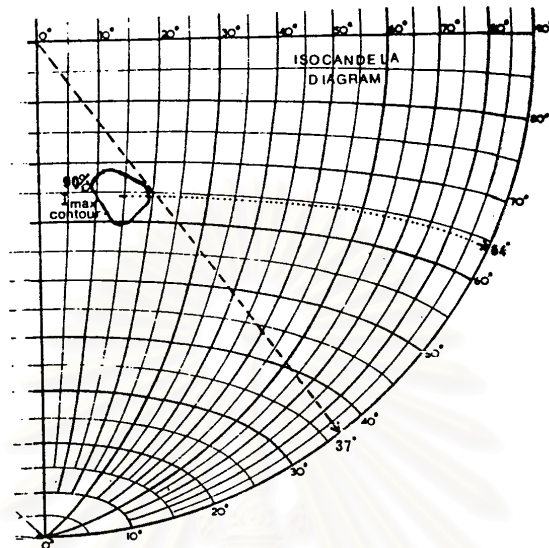
Control ถูกกำหนดด้วยค่า Specific Lantern Index ; SLI โดยที่

$$SLI = 13.84 - 3.31[\log I_{80}] + 1.3[\log(I_{80}/I_{88})]^{\frac{1}{2}} - 0.08[\log(I_{80}/I_{88})] + 1.29 \log F + C \quad (4.1)$$

เมื่อ  $I_{80}$  และ  $I_{88}$  คือ ค่าความเข้มส่องสว่างในระนาบ  $C = 0^\circ$  ที่มุม  $\gamma$  เท่ากับ  $80^\circ$  และ  $88^\circ$  ตามลำดับ

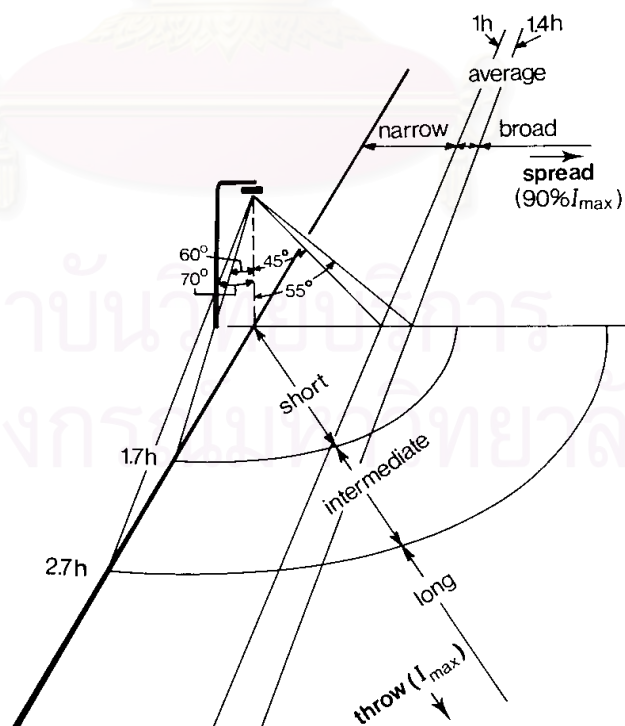
F คือ พื้นที่เปล่งแสงของโคมไฟ (Flashed Area) เมื่อมองที่มุม  $\gamma = 76^\circ$  ในแนว ระนาบ  $C = 0^\circ$

C คือ แฟคเตอร์ของแสงจากหลอดไฟ ซึ่งขึ้นกับชนิดของหลอดไฟ โดย C มีค่าเท่ากับ 0.4 สำหรับหลอดโซเดียมความดันต่ำ และ C มีค่าเท่ากับ 0.0 สำหรับหลอดชนิดอื่น ๆ



รูปที่ 4.14 การหาค่ามุม  $\gamma_s$  เพื่อระบุ Spread

การจัดประเภทของโคมไฟถนนด้วยตัวแปร Throw, Spread และ Control ตามระบบของ CIE จะกำหนดไว้ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.15 การจัดประเภทโคมไฟถนนด้วยตัวแปร Throw และ Spread

ตารางที่ 4.3 ขนาดพิกัดที่ใช้จัดประเภทของโคมไฟถนน

$\gamma_T$ Throw	< 60° Short	60° - 70° Intermediate	> 70° Long
$\gamma_s$ Spread	< 45° Narrow	45° - 55° Average	> 55° Broad
SLI Control	< 2 Limited	2 - 4 Moderate	> 4 Tight

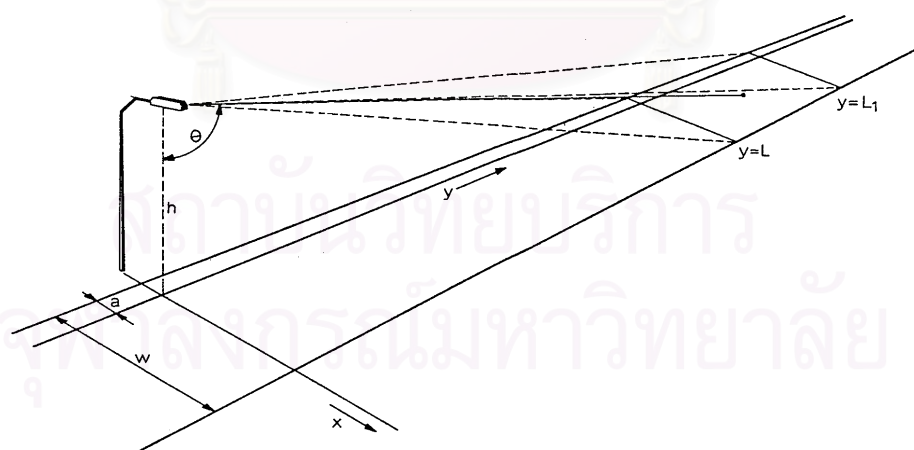
#### 4.2.2 ตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง (Utilization Factor)

ตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสงของโคมไฟถนนจะบอกให้ทราบว่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ในดวงโคมถูกนำไปใช้ประโยชน์บนพื้นถนนได้มากน้อยเพียงใด

โดยที่ 
$$UF = \frac{\text{ฟลักซ์ส่องสว่างบนพื้นถนน}}{\text{ฟลักซ์ส่องสว่างจากหลอดไฟ}} \quad (4.2)$$

UF ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนด้านหน้าโคมไฟ หรือส่วนที่เข้าหาถนน
2. ส่วนด้านหลังโคมไฟ หรือส่วนที่เข้าหาทางเดินเท้า



รูปที่ 4.16 การหาฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นถนน

จากความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ส่องสว่าง ความเข้มส่องสว่างและมุมตัน สามารถหาปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างจากโคมไฟถนนที่ตกลงบนพื้นถนนได้ดังนี้

$$\Delta\Phi = I\Delta\omega \quad (4.3)$$

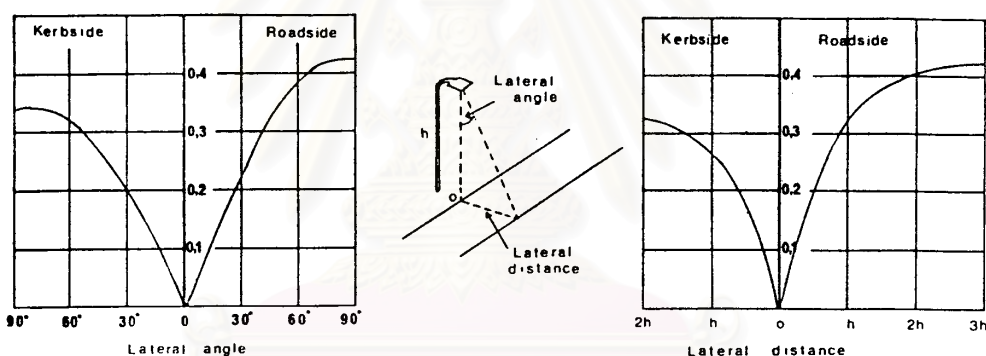


$$\omega_{xy} = \tan^{-1} \left[ \frac{\frac{x}{h} \cdot \frac{y}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{x}{h}\right)^2 + \left(\frac{y}{h}\right)^2}} \right] \quad (4.4)$$

เมื่อ  $\Delta\Phi$  คือ พลิกรีซของส่วว่างบนถนนย้อยมีพื้นที่เท่ากับ  $(W-a)(L_1-L)$  ตารางเมตร  
 $l$  คือ ความเข้มส่วสว่างค่าเฉลี่ย (แคนเดลา)  
 $\Delta\omega$  คือ ขนาดของมุมตันย้อยที่มีพื้นที่ขนาด  $(W-a)(L_1-L)$  เป็นฐาน (สเตอเรเดียน)

จากรูปที่ 4.16 จะหาค่า  $\Delta\omega$  ได้ดังนี้

$$\Delta\omega = \tan^{-1} \left[ \frac{\frac{(W-a)}{h} \times \frac{L_1}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{W-a}{h}\right)^2 + \left(\frac{L_1}{h}\right)^2}} \right] - \tan^{-1} \left[ \frac{\frac{(W-a)}{h} \times \frac{L}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{W-a}{h}\right)^2 + \left(\frac{L}{h}\right)^2}} \right] \quad (4.5)$$



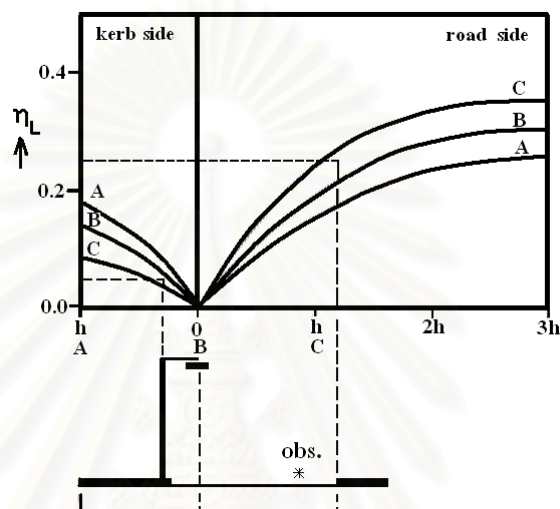
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง

กราฟแสดงค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสงของโคมไฟถนน มีลักษณะดังในรูปที่ 4.17 พบว่ามีการแสดงอยู่ 2 แบบคือ กำหนดความกว้างของถนนในเทอมของมุม (มุม  $\gamma$  บนระนาบ C เท่ากับ 90 องศา) และในเทอมของความกว้างของถนนเทียบกับความสูงของดวงโคม ตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสงจะนำไปใช้หาความสว่างเฉลี่ยบนถนน หรือหาระยะห่างของเสาที่ใช้ติดตั้งดวงโคม

### 4.2.3 Luminance yield diagram

กราฟต่าง ๆ ที่แสดงค่าความส่องสว่างตามแนวยาว จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับกราฟที่ได้จากการใช้ utilization factors อย่างเช่นการใช้ มุมด้านข้าง (lateral angle) หรือระยะทางด้านข้างในการระบุค่าขอบนอกของแถบตามยาว แต่อย่างไรก็ตาม กราฟหนึ่ง ๆ จะเหมาะกับพื้นผิวถนนประเภทหนึ่ง ๆ และที่ตำแหน่งของการสังเกตการณ์หนึ่ง ๆ เท่านั้น เพราะว่าค่าความส่องสว่างนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของถนนและทิศทางการมองด้วย

ตัวอย่างของ Luminance yield diagram แสดงอยู่ในรูปที่ 4.18 ซึ่งในตัวอย่างนี้ได้ให้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการให้แสงสว่างที่เรียกว่า luminance yield factor ซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะตัดขวางจากระนาบในแนวตั้งไปยังสิ่งที่ให้แสงสว่างขนานไปกับแกนของถนน โดยมีจุดสังเกตการณ์ 3 จุด ถ้าตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์ของค่าความส่องสว่างโดยเฉลี่ยไม่ตรงกับค่าที่ระบุในไดอะแกรม ค่าความส่องสว่างที่ถูกต้องการได้จากการทำ interpolation ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 Luminance yield factor for three observer positions relative to the row of luminaries:

A – 1h to the left, B – in line, C – 1h to the right

สำหรับ road cross-section และตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์ในรูป

$$\eta_L \text{ kerb side} = 0.05$$

$$\eta_L \text{ road side} = 0.25$$

$$\text{giving } \eta_L \text{ total} = 0.30$$

ถ้าได้กำหนด luminance yield factor สำหรับ road cross-section ตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์และระดับพื้นผิวถนนที่พิจารณาสามารถหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ย  $L_{av}$  ได้จาก

$$L_{av} = \eta_L \frac{\phi}{w \cdot s} Q_0 \quad (4.7)$$

โดยที่  $\eta_L$  = luminance yield factor

$\phi$  = luminous flux of the bare lamp used in the luminaire (lm)

$w$  = ความกว้างของถนน (m)

$s$  = luminaire spacing (m)

$Q_0$  = สัมประสิทธิ์ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวถนน ( $\text{cd/m}^2/\text{lux}$ )

4.2.4 ตารางค่าความสว่าง (Illuminance Table)

แสดงค่าความสว่างของดวงโคมบนพื้นถนน ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในรูปแบบของตารางตัวเลข

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงตัวอย่างค่าความสว่าง

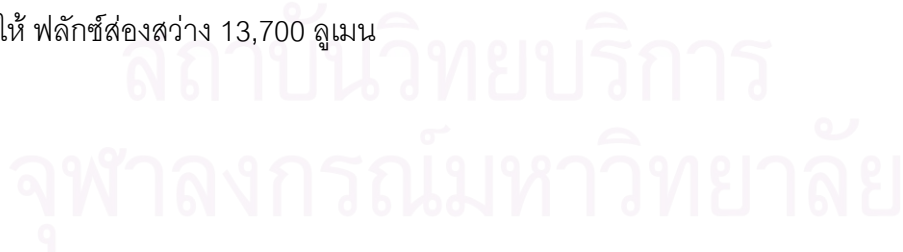
	Relative Illuminance Table												
	Across The Road												
	-1.00h	-0.75h	-0.50h	-0.25h	0.00h	0.25h	0.50h	0.75h	1.00h	1.25h	1.50h	1.75h	2.00h
-1.00h	0.0200	0.0330	0.0614	0.1077	0.1503	0.1368	0.0868	0.0445	0.0246	0.0153	0.0101	0.0067	0.0047
-0.75h	0.0256	0.0418	0.0738	0.1273	0.1768	0.1632	0.0926	0.0548	0.0324	0.0198	0.0126	0.0081	0.0055
-0.50h	0.0317	0.0534	0.0890	0.1390	0.1849	0.1714	0.1119	0.0667	0.0407	0.0249	0.0152	0.0095	0.0062
-0.25h	0.0373	0.0609	0.1032	0.1579	0.1943	0.1832	0.1223	0.0725	0.0456	0.0281	0.0169	0.0104	0.0067
0.00h	0.0393	0.0644	0.1099	0.1668	0.2010	0.1868	0.1249	0.0755	0.0467	0.0289	0.0174	0.0106	0.0067
0.25h	0.0373	0.0609	0.1032	0.1579	0.1943	0.1832	0.1223	0.0725	0.0456	0.0281	0.0169	0.0104	0.0067
0.50h	0.0317	0.0534	0.0890	0.1390	0.1849	0.1714	0.1119	0.0667	0.0407	0.0249	0.0152	0.0095	0.0062
0.75h	0.0256	0.0418	0.0738	0.1273	0.1768	0.1632	0.0926	0.0548	0.0324	0.0198	0.0126	0.0081	0.0055
1.00h	0.0200	0.0330	0.0614	0.1077	0.1503	0.1368	0.0868	0.0445	0.0246	0.0153	0.0101	0.0067	0.0047
1.25h	0.0155	0.0286	0.0531	0.0875	0.1100	0.1065	0.0734	0.0358	0.0186	0.0116	0.0077	0.0054	0.0039
1.50h	0.0131	0.0232	0.0402	0.0611	0.0741	0.0724	0.0560	0.0301	0.0157	0.0084	0.0056	0.0040	0.0031
1.75h	0.0104	0.0175	0.0289	0.0409	0.0496	0.0478	0.0385	0.0242	0.0126	0.0069	0.0040	0.0029	0.0024
2.00h	0.0082	0.0135	0.0206	0.0278	0.0324	0.0324	0.0273	0.0196	0.0105	0.0055	0.0032	0.0021	0.0017
2.25h	0.0063	0.0102	0.0150	0.0193	0.0221	0.0221	0.0193	0.0147	0.0085	0.0042	0.0024	0.0016	0.0013
2.50h	0.0047	0.0072	0.0106	0.0131	0.0148	0.0147	0.0131	0.0100	0.0067	0.0033	0.0016	0.0011	0.0009
2.75h	0.0034	0.0051	0.0074	0.0089	0.0101	0.0100	0.0090	0.0069	0.0051	0.0027	0.0013	0.0008	0.0006
3.00h	0.0025	0.0037	0.0053	0.0063	0.0072	0.0071	0.0065	0.0050	0.0037	0.0022	0.0011	0.0006	0.0004

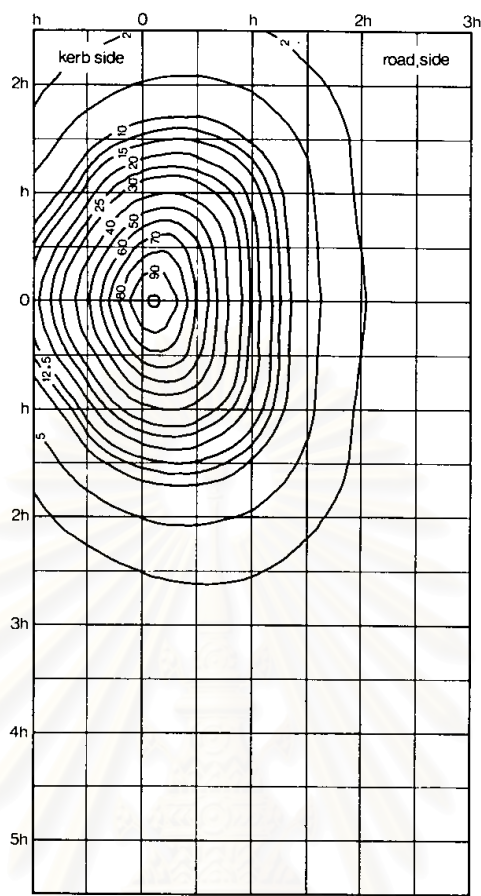
%Imax 100 85+ 70+ 55+ 40+ 20+ 0+ Maximum Illuminance : 0.2035 lx-m<sup>2</sup>/lm

4.2.5 เส้นโค้งความสว่างเท่า (Iso-lux Diagram)

เส้นโค้งความสว่างเท่าจะบอกให้ทราบว่าบนพื้นถนนนั้น มีการกระจายตัวของความสว่างอย่างไร แผนภาพดังกล่าวมีลักษณะเช่นเดียวกับแผนที่แสดงชั้นความสูงของผิวโลก

รูปที่ 4.19 แสดงเส้นโค้งความสว่างเท่าที่เกิดจากการติดตั้งดวงโคมเหนือพื้นถนน 8 เมตร ปล่อยให้หลอดที่ให้ ฟลักซ์ส่องสว่าง 13,700 ลูเมน





รูปที่ 4.19 เส้นโค้งความสว่างเท่าสัมพัทธ์

รูปที่ 4.19 แสดงเส้นโค้งความสว่างเท่าสัมพัทธ์ โดยกำหนดให้ค่าความสว่างสูงสุดมีค่าเป็น 100% ซึ่งหาได้จาก

$$E_{MAX} = \frac{a\Phi_L n}{h^2} \tag{4.8}$$

เมื่อ  $a$  คือ ปัจจัยที่ขึ้นกับดวงโคม (ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม)

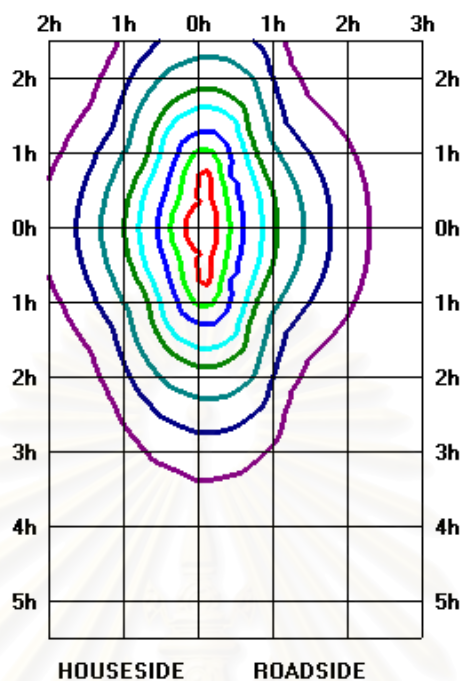
$\Phi_L$  คือ ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ 1 หลอด

$n$  คือ จำนวนหลอดไฟในดวงโคม 1 ชุด

$h$  คือ ความสูงของดวงโคมเหนือพื้นถนน (เมตร)

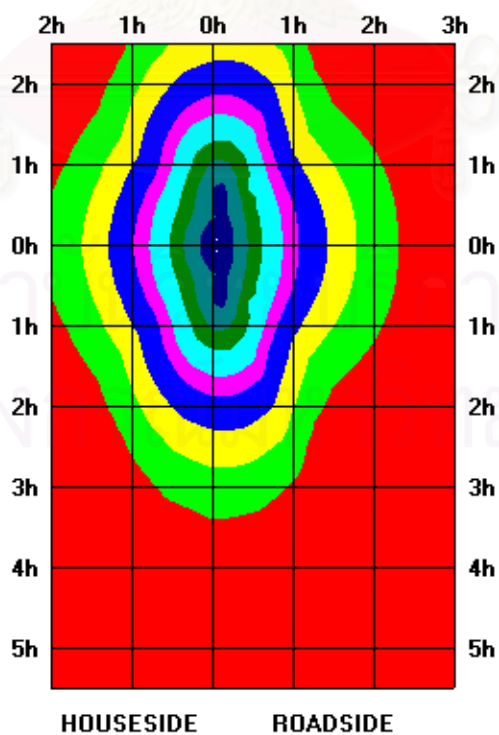
ในการนำเสนอข้อมูลของเส้นโค้งความสว่างเท่าสามารถนำเสนอได้ 4 รูปแบบ คือ

- ความสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot (Illuminance Contour Plot Diagram)



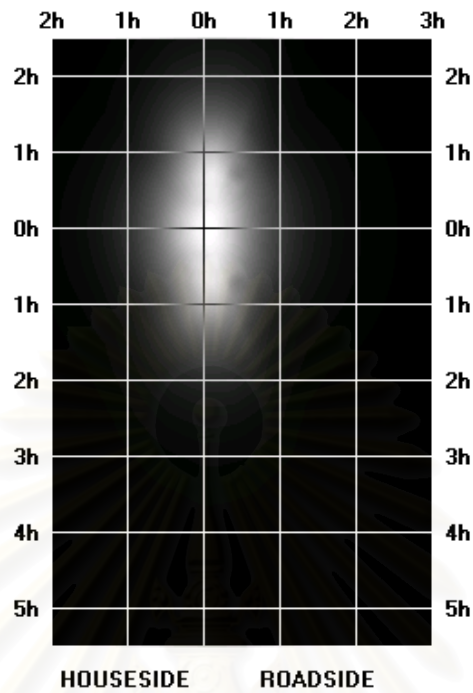
รูปที่ 4.20 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot

- ความสว่างบนผิวถนนแบบ Color Shade Diagram (Illuminance Color Shade Diagram)



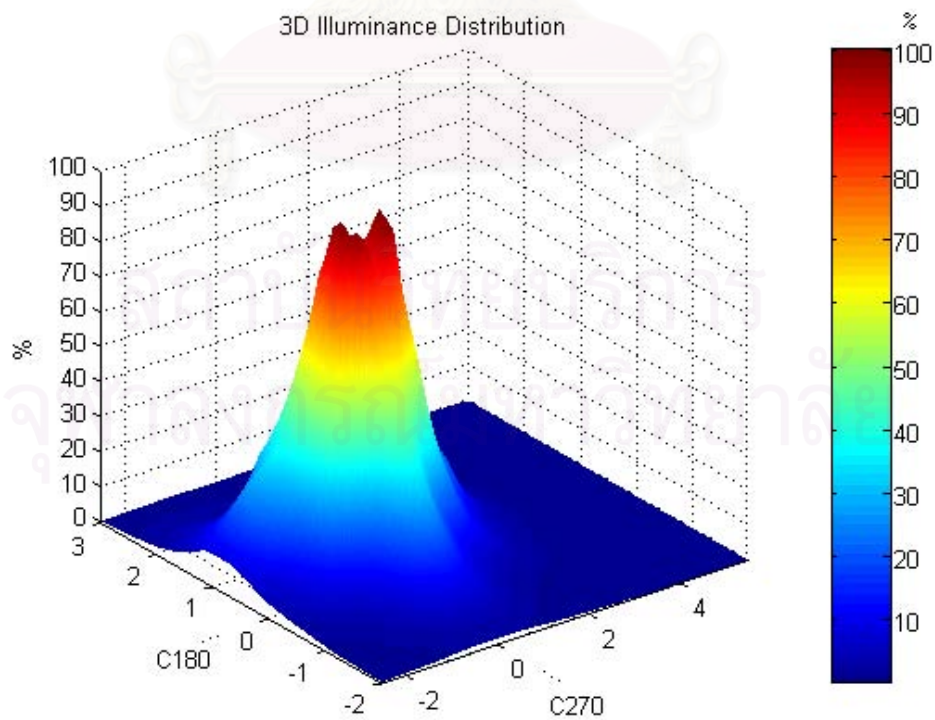
รูปที่ 4.21 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ Color Shade Diagram

- ความสว่างบนผิวถนนแบบ Render (Illuminance Render Diagram)



รูปที่ 4.22 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ Render

- ความสว่างบนผิวถนนแบบ 3D-Illuminance Distribution (3D-Illuminance Distribution)



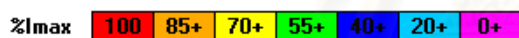
รูปที่ 4.23 ตัวอย่างค่าความสว่างบนผิวถนนแบบ 3D

4.2.6 ตารางค่าความส่องสว่างของดวงโคม (Luminance Table)

แสดงค่าความส่องสว่างของดวงโคมบนพื้นถนน ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในรูปแบบของตาราง ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงตัวอย่างค่าความส่องสว่างของดวงโคม

		Relative Luminance Table											
		Across The Road											
		-1.00h	-0.75h	-0.50h	-0.25h	0.00h	0.25h	0.50h	0.75h	1.00h	1.25h	1.50h	1.75h
-1.00h	0.0098	0.0149	0.0264	0.0442	0.0607	0.0562	0.0373	0.0202	0.0120	0.0079	0.0055	0.0039	0.0030
-0.75h	0.0115	0.0176	0.0295	0.0492	0.0693	0.0630	0.0370	0.0231	0.0146	0.0098	0.0067	0.0045	0.0033
-0.50h	0.0134	0.0220	0.0357	0.0545	0.0716	0.0673	0.0449	0.0275	0.0173	0.0114	0.0078	0.0052	0.0036
-0.25h	0.0152	0.0254	0.0415	0.0613	0.0731	0.0711	0.0491	0.0303	0.0186	0.0119	0.0083	0.0055	0.0037
0.00h	0.0159	0.0268	0.0446	0.0681	0.0844	0.0763	0.0506	0.0314	0.0189	0.0120	0.0084	0.0056	0.0037
0.25h	0.0155	0.0267	0.0470	0.0745	0.0978	0.0864	0.0557	0.0318	0.0190	0.0117	0.0082	0.0054	0.0036
0.50h	0.0143	0.0259	0.0487	0.0885	0.1270	0.1092	0.0612	0.0324	0.0184	0.0113	0.0077	0.0050	0.0035
0.75h	0.0128	0.0232	0.0515	0.1149	0.1793	0.1474	0.0646	0.0304	0.0161	0.0108	0.0068	0.0044	0.0032
1.00h	0.0122	0.0217	0.0537	0.1636	0.2198	0.2078	0.0759	0.0293	0.0150	0.0094	0.0058	0.0038	0.0028
1.25h	0.0106	0.0229	0.0578	0.1409	0.2264	0.1714	0.0799	0.0287	0.0127	0.0076	0.0048	0.0033	0.0024
1.50h	0.0108	0.0228	0.0564	0.1354	0.2190	0.1605	0.0785	0.0296	0.0130	0.0062	0.0039	0.0026	0.0019
1.75h	0.0100	0.0203	0.0465	0.1172	0.1995	0.1368	0.0619	0.0280	0.0121	0.0057	0.0029	0.0019	0.0016
2.00h	0.0091	0.0181	0.0397	0.0974	0.1690	0.1134	0.0525	0.0264	0.0116	0.0051	0.0022	0.0015	0.0012
2.25h	0.0075	0.0155	0.0335	0.0818	0.1433	0.0938	0.0430	0.0224	0.0101	0.0042	0.0018	0.0012	0.0009
2.50h	0.0060	0.0121	0.0255	0.0655	0.1196	0.0739	0.0316	0.0168	0.0086	0.0036	0.0014	0.0009	0.0007
2.75h	0.0044	0.0087	0.0199	0.0515	0.0989	0.0580	0.0243	0.0119	0.0066	0.0029	0.0012	0.0007	0.0005
3.00h	0.0034	0.0064	0.0150	0.0397	0.0828	0.0448	0.0183	0.0086	0.0051	0.0026	0.0011	0.0005	0.0004

Road Surface Type : R3



Maximum Luminance : 0.2286 cd/lm

4.2.7 เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า (Isoluminance Diagram)

เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า จะแสดงความส่องสว่างสัมพัทธ์บนพื้นถนนมาตรฐานที่จุดต่าง ๆ รูปที่ 4.24 แสดงเส้นโค้งความส่องสว่างเท่าสัมพัทธ์เทียบกับความส่องสว่างสูงสุด (L<sub>MAX</sub>) บนพื้นถนนที่กว้างเป็น 3 เท่าของความสูงของดวงโคมเหนือพื้นถนน ในรูปนี้มีเส้นโค้งความส่องสว่างทั้งหมด 13 เส้น (ตั้งแต่ 90% ถึง 5%) ผู้สังเกตการณ์ (คนขับ) จะอยู่บนเส้นที่ขนานกับขอบถนนและผ่านจุดตกของดวงโคม คืออยู่บนระนาบ C<sub>0</sub> สำหรับค่าความส่องสว่างสูงสุดจะหาค่าได้ดังนี้

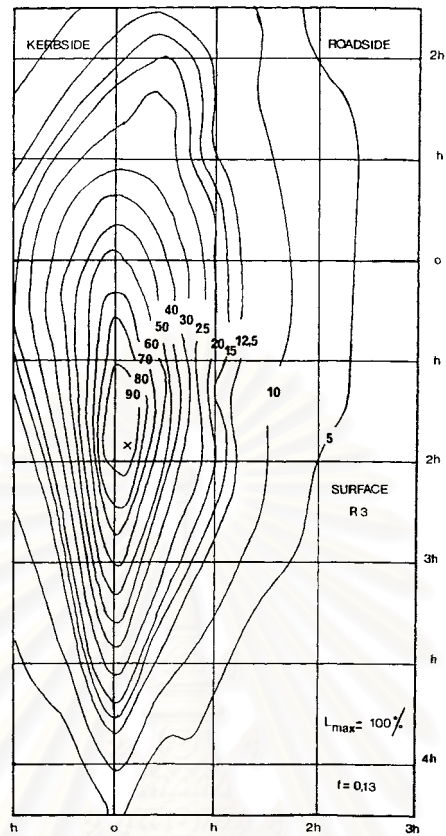
$$L_{MAX} = \frac{f\Phi_L q_0}{h^2} \tag{4.9}$$

เมื่อ f เป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม และคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนน

$\Phi_L$  คือฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ (ลูเมน)

$q_0$  คือสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน

h คือความสูงของดวงโคมเหนือพื้นถนน (เมตร)



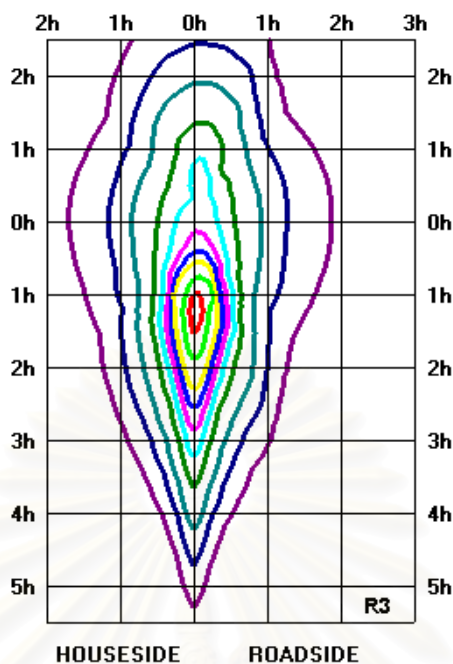
รูปที่ 4.24 เส้นโค้งความส่องสว่างเท่าสัมผัสพัทธ์

ค่า  $q_0$  ของพื้นผิวถนนที่กำหนดโดย CIE มีค่าดังนี้

พื้นผิวชนิด	$q_0$
R1 (Diffuse)	0.10
R2 (Approximately Diffuse)	0.07
R3 (Slightly Glossy)	0.07
R4 (Glossy)	0.08

แสดงตัวอย่างเส้นโค้งความส่องสว่างเท่าบนผิวถนนแบบแบบ Contour Plot (Luminance Contour Plot Diagram) ดังรูปที่ 4.25





รูปที่ 4.25 ตัวอย่างค่าความส่องสว่างบนผิวถนนแบบ Contour Plot

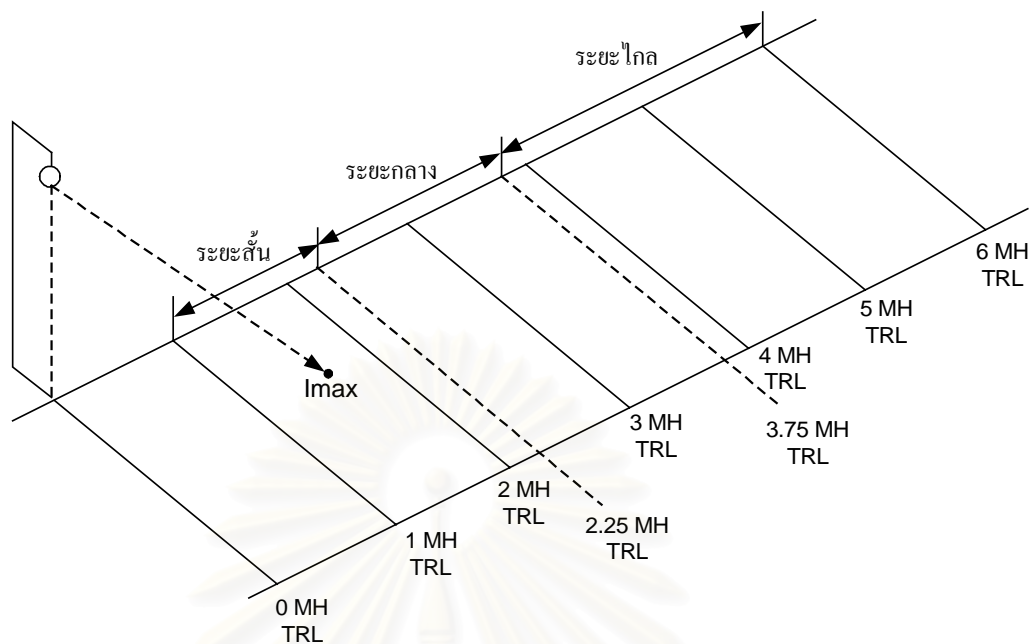
#### 4.3 การจัดประเภทของดวงโคมและข้อมูลทางด้านสมรรถนะตามมาตรฐานของ IES

แบ่งตามลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมนั้น ๆ ดังนี้คือ

##### 4.3.1 แบ่งตามลักษณะของการกระจายแสงของโคมไฟถนนตามความยาวของถนนในแนวดิ่ง

การจำแนกลักษณะของโคมไฟถนนโดยวิธีนี้ เพื่อที่จะบอกให้รู้ว่า ดวงโคมแต่ละดวงนั้น สามารถที่จะส่องแสงครอบคลุมเนื้อที่ได้ไกลออกไปกี่ช่วงของความสูงตามแนวความยาวของถนน ซึ่งทำได้โดยสมมติว่ามีเส้นขวางถนน (Transverse roadway lines, TRL) ขึ้นที่ระยะ 1.0, 2.25, 3.75 และ 6.0 ของระยะความสูงของดวงโคมที่ติดตั้งบนเสา (MH) แล้วพิจารณาดูว่าค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดของโคมที่เกิดขึ้น (ซึ่งมักจะมีสองจุดเสมอ เกิดขึ้นที่แต่ละข้างของดวงโคมโดยอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกันบนพื้นถนน) ไปตกอยู่บนช่วงไหนของเส้น TRL ดังรูปที่ 4.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.26 แสดงตำแหน่งการกระจายแสงสว่างของดวงโคมไฟถนนในแนวตั้งที่ระยะต่าง ๆ ตามความยาวของถนนและแสดงตำแหน่งของเส้น TRL

แล้วพิจารณาว่าค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดของโคมไฟถนนจะไปตกอยู่ส่วนใดของถนนหรือไปตกอยู่ช่วงใดของเส้น TRL ที่สร้างขึ้น เพื่อใช้เป็นหลักในการจัดจำแนกประเภทของดวงโคม มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

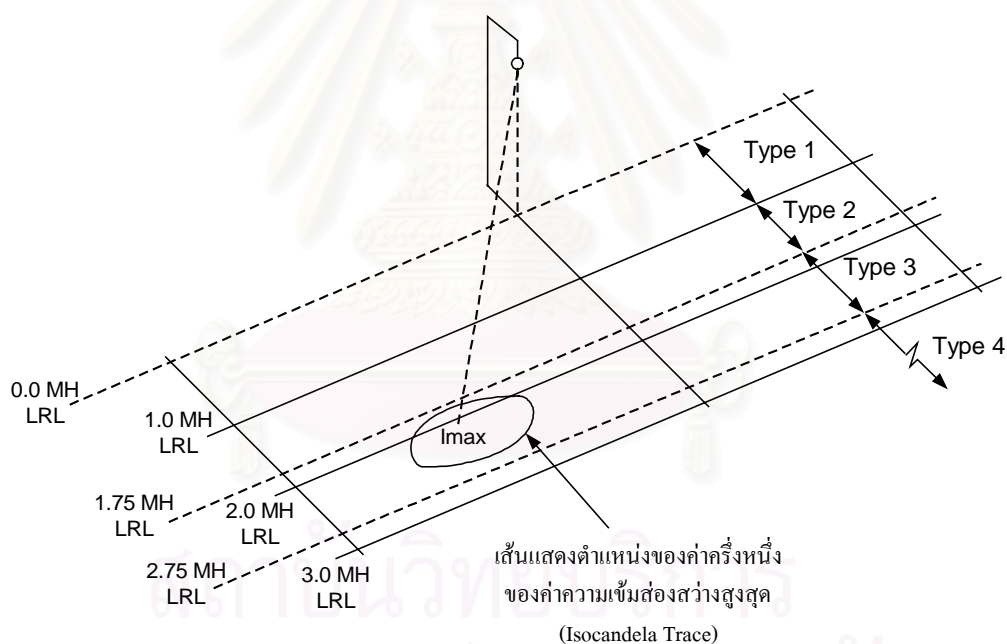
1. ถ้าจุดของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดที่ออกจากดวงโคมไปตกอยู่ในช่วงระหว่างเส้น 1.0 MH ถึง 2.25 MH ของเส้น TRL ถ้าคิดเป็นองศาจากดวงโคมประมาณ 45 องศา ถึง 66 องศา ในแนวตั้ง ดวงโคมประเภทนี้จัดอยู่ในประเภทที่มีลักษณะของการกระจายแสงแคบ หรือที่เรียกว่า การกระจายแสงแคบ (Short Distribution)

2. ถ้าจุดของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดที่ออกจากดวงโคมไปตกอยู่ในช่วงระหว่างเส้น 2.25 MH ถึง 3.75 MH ของเส้น TRL ถ้าคิดเป็นองศาจากดวงโคมประมาณ 66 องศา ถึง 75 องศา ในแนวตั้ง ดวงโคมประเภทนี้จัดอยู่ในประเภทที่มีลักษณะของการกระจายแสงปานกลาง หรือที่เรียกว่า การกระจายแสงปานกลาง (Medium Distribution)

3. ถ้าจุดของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดที่ออกจากดวงโคมไปตกอยู่ในช่วงระหว่างเส้น 3.75 MH ถึง 6.0 MH ของเส้น TRL ถ้าคิดเป็นองศาจากดวงโคมประมาณ 75 องศา ถึง 80 องศา ในแนวตั้ง ดวงโคมประเภทนี้จัดอยู่ในประเภทที่มีลักษณะของการกระจายแสงไกล หรือที่เรียกว่า การกระจายแสงไกล (Long Distribution)

#### 4.3.2 แบ่งตามลักษณะของการกระจายแสงของโคมไฟถนนไปตามความกว้างของถนนตามแนวนาน

การจำแนกลักษณะของโคมไฟถนนโดยวิธีนี้ เพื่อพิจารณาว่าดวงโคมแต่ละดวงนั้นสามารถที่จะกระจายแสงออกไปครอบคลุมพื้นที่ไกลออกไปได้กี่เท่าของความสูงของดวงโคมที่พิจารณาตามแนวความกว้างของถนน โดยสมมติว่ามีเส้นลากไปตามความยาวของถนน (Longitudinal roadway lines, LRL) อยู่ห่างจากจุดใต้ดวงโคมออกไปที่ระยะ 1.0, 1.75 และ 2.75 ของระยะความสูงของดวงโคมที่ติดตั้งอยู่บนเสา แล้วพิจารณาดูว่าค่าความเข้มส่องสว่างที่มีค่าครึ่งหนึ่งของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดที่ออกจากดวงโคมอยู่ที่บริเวณ หรือจุดใดบ้าง แล้วนำมาลากเชื่อมโยงให้ถึงกัน ก็จะเป็นรอยเส้นความเข้มแสงเท่า (Isocandela Trace) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดชนิดของดวงโคมแบบต่าง ๆ โดยถือเอาความสามารถของการส่องสว่างที่ครอบคลุมพื้นที่ออกไปได้ไกลเท่าใดตามความกว้างของถนนเป็นหลัก หลักการพิจารณารอยเส้นความเข้มแสงเท่า เพื่อจัดจำแนกประเภทดวงโคม ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 แสดงการกระจายแสงสว่างของโคมไฟถนนไปตามความกว้างของถนนในแนวนาน และเส้นแสดงตำแหน่งของค่าครึ่งหนึ่งของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด

และแสดงตำแหน่งของเส้น LRL

1. ถ้ารอยเส้นความเข้มของแสงเท่าที่สร้างขึ้นมีรูปร่างครอบคลุมพื้นที่ที่อยู่ภายในเส้น 1.0 MH ของเส้น LRL ทั้งด้านถนนและด้านทางเดินเท้าแล้ว ดวงโคมประเภทนี้จะถูกกำหนดให้เป็นดวงโคมประเภทที่ 1 (Type 1)

2. ถ้ารอยเส้นความเข้มของแสงเท่าที่สร้างขึ้นมีรูปร่างครอบคลุมพื้นที่ที่อยู่ภายในเส้น 1.75 MH ของเส้น LRL ตามความกว้างของถนนแล้ว ดวงโคมประเภทนี้จะถูกกำหนดให้เป็นดวงโคมประเภทที่ 2 (Type 2)

3. ถ้ารอยเส้นความเข้มของแสงเท่าที่สร้างขึ้นมีรูปร่างครอบคลุมพื้นที่ที่อยู่ไกลออกไปมากกว่า 1.75 MH แต่ไม่เกิน 2.75 MH ของเส้น LRL แล้ว ดวงโคมประเภทนี้จะถูกกำหนดให้เป็นดวงโคมประเภทที่ 3 (Type 3)

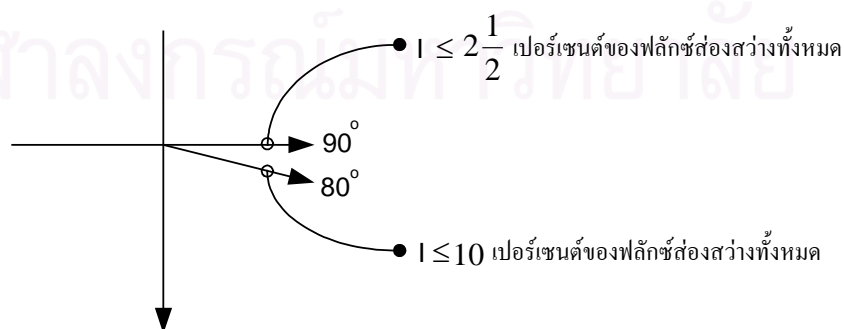
4. ถ้ารอยเส้นความเข้มของแสงเท่าที่สร้างขึ้นมีรูปร่างครอบคลุมพื้นที่ที่อยู่ไกลออกไปมากกว่า 2.75 MH ของเส้น LRL ดวงโคมประเภทนี้จะถูกกำหนดให้เป็นดวงโคมประเภทที่ 4 (Type 4)

สำหรับดวงโคมทั้ง 4 ประเภทนี้ ดวงโคมประเภทที่ 1 เมื่อติดตั้งในถนนจริง ๆ แล้ว จะยื่นออกมาเกือบจะกึ่งกลางถนน เพราะแสงสว่างจะส่องสว่างออกมาครอบคลุมทั้งด้านหน้าและด้านหลังดวงโคม ส่วนดวงโคมประเภทที่ 2, ประเภทที่ 3 และประเภทที่ 4 นั้นส่วนใหญ่จะติดตั้งไว้ริมขอบถนน เพราะว่าแสงสว่างส่วนใหญ่จะส่องสว่างออกมาทางด้านหน้าของดวงโคม

#### 4.3.3 แบ่งโดยพิจารณาค่าความเข้มส่องสว่างที่มุม 80 และ 90 องศาตามแนวดิ่ง

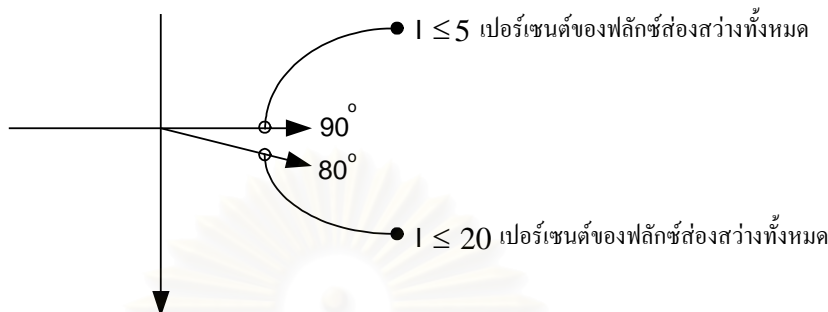
แนวความคิดของการจำแนกลักษณะของโคมโดยวิธีนี้ ก็เพื่อที่จะบอกให้ทราบว่า ดวงโคมแต่ละโคมจะมีความจํามากน้อยแค่ไหน การออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับไฟถนนในบางครั้ง อาจจะต้องการโคมไฟที่มีความจําน้อยมาก ๆ กล่าวคือ ต้องการโคมไฟที่ไม่มีแสงออกมาเลยเมื่อหันมุม 90 องศาตามแนวดิ่งแล้ว ทั้งนี้ก็เพื่อให้แสงสว่างจากดวงโคมไม่ไปรบกวนผู้ขับรถเมื่อขับเข้ามาในระยะใกล้ การจำแนกชนิดของดวงโคมถนนโดยวิธีนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้คือ

ก. แบบคัตออฟ (cut-off) เรียกโคมไฟถนนว่าเป็นแบบคัตออฟโดยพิจารณาจากค่าความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน ที่มุม 90 องศาตามแนวดิ่ง จะต้องมีความเข้มส่องสว่างไม่เกิน 25 แคนเดลาต่อ 1000 ลูเมน และที่มุม 80 องศาตามแนวดิ่ง จะต้องมีความเข้มส่องสว่างไม่เกิน 100 แคนเดลาต่อ 1000 ลูเมน ดังรูปที่ 4.28



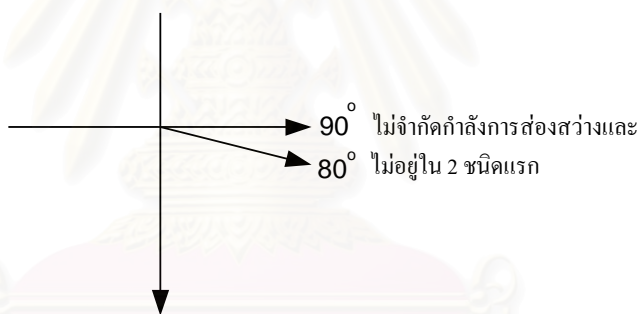
รูปที่ 4.28 แสดงความเข้มส่องสว่างที่มุม 90 องศา และ 80 องศา ของโคมไฟถนนแบบคัตออฟ (Cut-off)

ข. แบบเซมิคัตออฟ (semi-cutoff) ดวงโคมที่จัดเป็นแบบเซมิคัตออฟนี้จะต้องให้ค่าความเข้มส่องสว่างไม่เกิน 50 แคนเดลาและ 200 แคนเดลาต่อ 1000 ลูเมน ที่มุม 90 และ 80 องศาตามแนวตั้ง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 แสดงความเข้มส่องสว่างที่มุม 90 องศา และ 80 องศา ของโคมไฟถนนแบบเซมิคัตออฟ (semi-cutoff)

ค. แบบนอนคัตออฟ (Non-cutoff) ดวงโคมประเภทนี้ได้แก่ ดวงโคมถนนทั้งหมดที่ไม่จัดเข้าอยู่ในสองแบบแรกข้างต้น ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 แสดงความเข้มส่องสว่างที่มุม 90 องศา และ 80 องศา ของโคมไฟถนนแบบนอนคัตออฟ (Non-cutoff)

#### 4.4 ข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง (Installation performance data) [2]

โคมไฟถนนที่ถูกจัดประเภทอยู่ในกลุ่มเดียวกันตามค่า Throw, Spread และ Control เมื่อนำไปติดตั้งใช้งานจริงอาจให้สมรรถนะที่แตกต่างกันได้ ผู้ใช้สามารถประเมินสมรรถนะได้โดยใช้ข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.4.1 Performance measures

ประกอบด้วย 5 ปัจจัยที่กำหนดสมรรถนะของการติดตั้งดังนี้

- ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวถนน (Average road surface luminance ( $\bar{L}$ ))
- Overall uniformity ( $\frac{L_{min}}{\bar{L}}$ )

- Longitudinal uniformity (Lowest value of  $\frac{L_{\min}}{L_{\max}}$  along lane centre)
- Discomfort glare control (Glare control mark)
- Disability glare (Percentage rise in threshold contrast)

#### 4.4.2 พารามิเตอร์สำหรับการติดตั้งแบบมาตรฐาน (Standardized installation parameters)

เงื่อนไขการติดตั้งมาตรฐานที่ใช้สร้างข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้งมีดังนี้

ขั้นแรกใช้พื้นผิวถนนมาตรฐาน 2 กลุ่มคือพื้นผิวแบบ R1-R4 หรือพื้นผิวแบบ N1-N4

ขั้นที่ 2 ภาคตัดขวางของถนนโดยปกติจะถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานตามกฎหมายของประเทศ ซึ่ง motorway หรือ dual carriageway ส่วนใหญ่จะมี 4 หรือ 6 เลน ซึ่งถ้าอยู่ในเมืองจะมีความกว้างค่าหนึ่ง แต่ถ้าอยู่ในชนบทก็จะมีค่ากว้างอีกค่าหนึ่ง ส่วนถนนเดินรถ 2 ทางจะมี 2,3,4 หรือ 6 เลน ความกว้างของเลนในประเทศต่าง ๆ จะมีค่าอยู่ในช่วง 2.4 ถึง 3.8 เมตร มาตรฐานของภาคตัดขวาง 8 ชนิดหรือต่ำกว่านั้นจะครอบคลุมถนนส่วนใหญ่ในประเทศต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 การจัดวางโคมไฟสามารถจัดให้เป็นมาตรฐานได้ การจัดวางโคมไฟโดยทั่วไปมี 9 แบบแสดงในรูปที่ 2.3 ชนิดของการจัดวางโคมไฟจะถูกจำกัดจากชนิดของโคมไฟ ซึ่งการจัดวางเหล่านี้มีตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตัวแปรเหล่านี้เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของโคมไฟเมื่อเทียบกับถนน แต่ตัวแปรเหล่านี้มีข้อจำกัดในทางปฏิบัติ เช่น ความสูงโคมไฟจะอยู่ที่ 8 เมตร 10 เมตร 12 เมตร หรือ 15 เมตร ส่วนที่ยื่นไปในถนนโดยปกติจะถูกจำกัดอยู่ที่ 2 เมตร ด้วยเหตุผลเชิงกลและทัศนียภาพ มุมเอียงของโคมไฟถูกจำกัดอยู่ประมาณ 5 องศา เนื่องจากคุณลักษณะของโคม ทัศนียภาพและเรื่องของการส่องสว่างที่เท่ากันทุกบริเวณและค่าต่ำสุดของระยะห่างของการติดตั้งโคมพิจารณาจากความต้องการในเรื่องความส่องสว่างที่เท่ากันทุกบริเวณและค่าต่ำสุดของระยะห่างของการติดตั้งโคมพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

#### 4.4.3 ระเบียบวิธีของการแสดงผลข้อมูล (Methods of data presentation)

วิธีการในการอธิบายสมรรถนะของชุดของโคมไฟประเภทหนึ่ง ๆ ที่ติดไปตามแนวยาวของถนน มีด้วยกัน 3 วิธี

วิธีการแรกคือการใช้ตารางสมรรถนะในการหาตัวบ่งชี้สมรรถนะ 5 ตัวของชุดข้อมูลพารามิเตอร์ในการติดตั้งที่ถูกทำให้เป็นมาตรฐาน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการเบื้องต้น โดยการใช้วิธีการอื่น ๆ ก็ต้องหาตารางสมรรถนะนี้ให้ได้ก่อน

วิธีการที่ 2 จะนำตารางสมรรถนะไปแปลงเป็นกราฟซึ่งจะสะดวกกับการใช้มากกว่าเมื่อต้องทำ interpolation

วิธีการที่ 3 จะใช้ตาราง layout เพื่อหาระยะห่างที่จำเป็นของโคมไฟในการจัดเรียงแบบต่างๆ เพื่อให้ได้ระดับสมรรถนะค่าหนึ่ง ๆ

โดยตัวอย่างของแต่ละวิธีของทั้งสามวิธีแสดงได้ในรูปที่ 4.31, 4.32 และ 4.33

1) ตารางสมรรถนะ (performance tables)

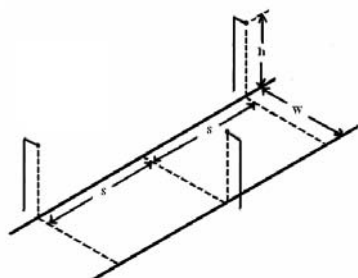
ตัวอย่างของตารางสมรรถนะในรูปที่ 4.31 แสดงตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพทั้ง 5 ตัวได้โดยใช้ตัวแปรตั้งข้างล่างนี้

- (1) 4 standard road surfaces (R1 R2 R3 R4)
- (2) 3 road cross-sections (single carriageway: 8 12 16 m wide)
- (3) 1 general mounting arrangement (staggered)
- (4) 2 column heights (10 12 m)
- (5) 1 overhang and tilt (both zero)
- (6) 6/7 spacings (28 - 48/52 m at 4 m intervals)

2) กราฟสมรรถนะ (performance graphs)

กราฟสมรรถนะแต่ละรูปที่แสดงอยู่ในรูปที่ 4.32 เป็นกราฟสมรรถนะสำหรับพื้นผิวถนนมาตรฐานชนิดหนึ่ง ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ 4 ตัวถูกแสดงในรูปความสัมพันธ์ของสัดส่วนระหว่างระยะห่างต่อความสูงในการติดตั้งสำหรับค่าสัดส่วนระหว่างความกว้างของถนนต่อความสูงในการติดตั้งแสดงไว้ 2 ค่าคือ Index 1 และ 2 นอกจากนี้ค่า veiling luminance ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับพื้นผิวของถนนได้ถูกพลอตอยู่บนกราฟ ๆ หนึ่ง ค่า T1% นั้นสามารถหาได้จากค่า  $L_v$  และ  $\bar{I}$  ค่าสมรรถนะเหล่านี้ทำให้สำหรับการติดตั้งที่ความสูง 10 เมตร โดยมีค่า Correction factor สำหรับปรับค่า  $\bar{I}$ ,  $L_v$  และ G ที่ความสูง 8, 12 และ 15 เมตร ดังนั้นกราฟทั้ง 4 กราฟจะใช้กับข้อมูลดังต่อไปนี้คือ

- (1) 4 standard road surfaces (R1 R2 R3 R4)
- (2) variable road cross-section by interpolation (single carriageway: 0.8 to 1.2 times column height)
- (3) 1 general mounting arrangement (staggered)
- (4) 4 column heights (8 10 12 15 m)
- (5) 1 overhang and tilt (both zero)
- (6) variable spacing (2.5 to 4.5 times column height)



$\bar{L}$  = Average Road Surface Luminance

$U_0$  = Overall Uniformity  $L_{min}/\bar{L}$

$U_1$  = Longitudinal Uniformity  $L_{min}/L_{max}$

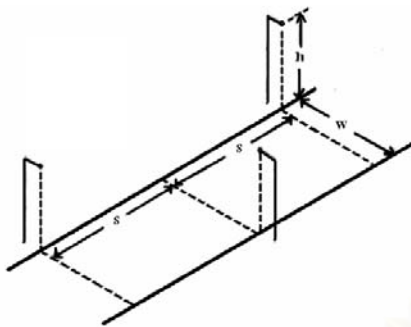
G = Glare Control Mark

TI = Threshold Contrast Increment

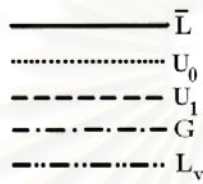
Height h(m)		10						12								
Width w(m)	Spacing S(m)	28	32	36	40	44	48	28	32	36	40	44	48	52		
8 (3 lanes)	$\bar{L}$	R1	2.65	2.3	2.05	1.9	1.7	1.6	2.25	2.05	1.85	1.65	1.5	1.4	1.3	
		R2	2.05	1.75	1.55	1.4	1.3	1.2	1.75	1.6	1.4	1.25	1.15	1.05	1	
		R3	2.15	1.85	1.65	1.5	1.35	1.25	1.9	1.65	1.5	1.3	1.2	1.1	1	
		R4	2.1	1.8	1.6	1.45	1.3	1.2	1.85	1.65	1.45	1.3	1.2	1.1	1	
	$U_0$	R1	0.68	0.62	0.57	0.56	0.56	0.56	0.8	0.74	0.69	0.66	0.66	0.66	0.66	
		R2	0.63	0.55	0.51	0.49	0.47	0.47	0.76	0.69	0.64	0.61	0.59	0.58	0.58	
		R3	0.58	0.52	0.47	0.44	0.42	0.42	0.73	0.67	0.61	0.57	0.53	0.51	0.51	
		R4	0.58	0.52	0.47	0.44	0.42	0.41	0.7	0.65	0.61	0.56	0.53	0.51	0.5	
	$U_1$	R1	0.59	0.5	0.46	0.43	0.4	0.38	0.75	0.65	0.59	0.54	0.51	0.49	0.47	
		R2	0.69	0.57	0.5	0.44	0.43	0.42	0.88	0.76	0.69	0.63	0.57	0.55	0.54	
		R3	0.63	0.5	0.4	0.35	0.31	0.3	0.86	0.74	0.63	0.54	0.46	0.43	0.41	
		R4	0.62	0.51	0.41	0.36	0.31	0.29	0.83	0.71	0.6	0.52	0.46	0.41	0.37	
	G	R1	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.8	7.9	7.9	7.9	8	8	8	
		R2	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	
		R3	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	
		R4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	
	TI	R1	6.5	7	7.5	7.5	8.5	9	5	5	5.5	6	6.5	6.5	7	
		R2	8.5	9	9.5	9.5	10.5	11	6	6.5	7	7.5	7.5	8	8.5	
		R3	8	8.5	9	9.5	10	11	6	6	6.5	7	7.5	8	8.5	
		R4	8	9	9	9.5	10.5	11	6	6.5	6.5	7	7.5	8	8.5	
	12 (4 lanes)	$\bar{L}$	R1	2.2	1.9	1.7	1.55	1.4	1.3	1.95	1.75	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1
			R2	1.65	1.4	1.25	1.15	1.05	0.95	1.5	1.35	1.2	1.05	0.95	0.9	0.8
			R3	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1	1.55	1.4	1.25	1.1	1	0.9	0.85
			R4	1.65	1.45	1.25	1.15	1.05	0.95	1.5	1.35	1.2	1.05	1	0.9	0.8
$U_0$		R1	0.6	0.53	0.48	0.43	0.4	0.38	0.72	0.64	0.58	0.55	0.49	0.46	0.44	
		R2	0.52	0.45	0.39	0.34	0.3	0.28	0.63	0.56	0.5	0.45	0.4	0.36	0.34	
		R3	0.45	0.38	0.33	0.3	0.27	0.26	0.54	0.48	0.43	0.38	0.35	0.32	0.31	
		R4	0.43	0.36	0.31	0.28	0.25	0.24	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32	0.3	0.29	
$U_1$		R1	0.5	0.43	0.35	0.29	0.26	0.23	0.66	0.57	0.48	0.42	0.36	0.32	0.29	
		R2	0.56	0.43	0.34	0.26	0.21	0.2	0.75	0.62	0.51	0.43	0.36	0.3	0.24	
		R3	0.47	0.35	0.26	0.2	0.16	0.15	0.71	0.55	0.45	0.36	0.29	0.25	0.22	
		R4	0.48	0.35	0.27	0.21	0.16	0.15	0.73	0.57	0.46	0.37	0.3	0.25	0.21	
G		R1	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	
		R2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.7	7.7	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8	
		R3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.7	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	
		R4	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.7	7.7	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8	
TI		R1	7.5	8	8.5	9	10	10.5	6	6	6.5	6.5	7	7.5	8	
		R2	9.5	10.5	11	11.5	12.5	13.5	7.5	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
		R3	9	10	10.5	11.5	12	13	7	7.5	7.5	8	8.5	9	9.5	
		R4	9.5	10	11	11.5	12.5	13.5	7	7.5	8	8.3	9	9.5	10	
16 (4 lanes)		$\bar{L}$	R1	1.85	1.55	1.4	1.3	1.15	1.1	1.65	1.5	1.35	1.2	1.1	1	0.95
			R2	1.35	1.15	1.05	0.95	0.85	0.8	1.25	1.1	1	0.9	0.8	0.75	0.7
			R3	1.4	1.2	1.1	0.95	0.9	0.8	1.3	1.15	1.05	0.9	0.85	0.75	0.7
			R4	1.35	1.2	1.05	0.95	0.85	0.8	1.25	1.15	1	0.9	0.8	0.75	0.7
	$U_0$	R1	0.56	0.49	0.42	0.37	0.33	0.3	0.66	0.59	0.54	0.49	0.44	0.41	0.38	
		R2	0.49	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.59	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32	0.29	
		R3	0.43	0.36	0.3	0.26	0.22	0.2	0.52	0.46	0.4	0.33	0.31	0.28	0.26	
		R4	0.38	0.32	0.28	0.24	0.2	0.18	0.47	0.41	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24	
	$U_1$	R1	0.45	0.37	0.28	0.23	0.19	0.16	0.59	0.51	0.44	0.37	0.31	0.27	0.23	
		R2	0.54	0.41	0.3	0.22	0.17	0.14	0.72	0.59	0.48	0.39	0.31	0.24	0.2	
		R3	0.4	0.3	0.22	0.16	0.12	0.1	0.66	0.47	0.37	0.29	0.23	0.18	0.15	
		R4	0.4	0.3	0.22	0.16	0.12	0.1	0.67	0.48	0.37	0.36	0.23	0.18	0.15	
	G	R1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.5	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	
		R2	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.6	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	
		R3	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.6	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	
		R4	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.6	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	
	TI	R1	8	9	10	10.5	11	12	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	
		R2	10	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	8	8.5	9	9.5	10.5	11	11.5	
		R3	10	11	12	13	14	15	7.5	8	9	9.5	10	10.5	11	
		R4	10	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	7.5	8.5	9	9.5	10	11	11.5	

รูปที่ 4.31 ตารางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง

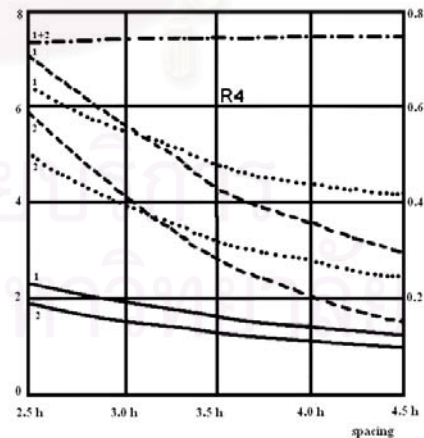
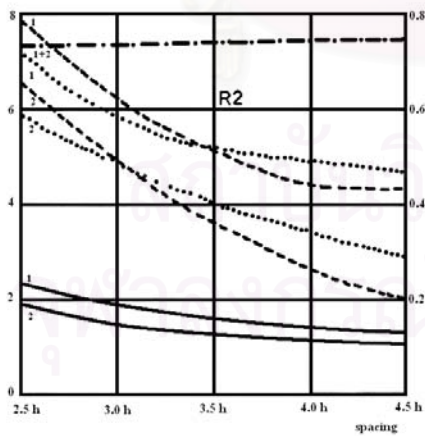
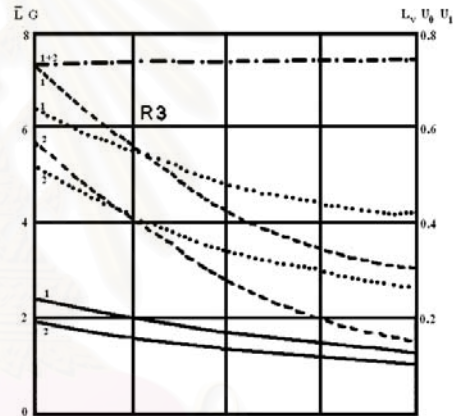
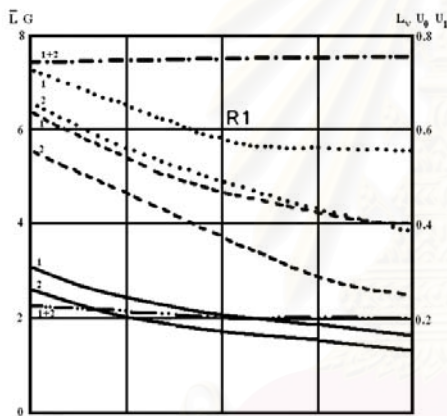




MOUNTING HEIGHT	CORRECTION FACTOR	
	$\bar{L}$ and $L_v$	G
8	x 1.56	-0.47
10	x 1.0	0
12	x 0.59	+0.37
15	x 0.44	+0.80



INDEX 1     $w = 0.8 h$   
 INDEX 2     $w = 1.2 h$



รูปที่ 4.32 กราฟด้านสมรรถนะของการติดตั้ง

3) layout tables

ตัวอย่างในรูป 4.33 แสดงให้เห็นถึงการได้มาของค่าสมรรถนะทั้ง 5 ค่าสำหรับการจัดเรียงแต่ ละรูปแบบที่ความสูงในการติดตั้ง 2 ค่า โดยให้ตารางระยะห่างของโคมไฟที่ค่าความกว้างของถนนที่ แตกต่างกัน

ค่าตัวบ่งชี้สมรรถนะจะเป็นตัวจำกัดระยะห่างของโคมไฟที่รับได้หรือห้ามการใช้รูปแบบการจัด เรียงบางรูปแบบสำหรับค่าความกว้างของถนนค่าหนึ่ง ๆ ซึ่งค่าตัวบ่งชี้สมรรถนะจะถูกระบุอยู่ในตาราง โดยในตารางจะมีข้อมูลของระยะห่างสำหรับ

- (1) 1 standard road surface (R3)
- (2) variable road cross-section (6-30 m carriageway at 1 m intervals)
- (3) 4 general mounting arrangements
- (4) 2 column heights (10, 12 m)
- (5) 1 overhang and tilt (both zero)

- ( Average luminance 1.2 cd/m<sup>2</sup> (1.0 maintained)
- ( Overall uniformity 0.4
- Minimum ( Longitudinal uniformity 0.5
- performance ( Glare control mark 6
- ( Threshold increment 10%

MOUNTING ARRANGEMENT	VALUES OF LANTERN SPACING (m)																																							
	MOUNTING HEIGHT	R3 road surface																																						
		WIDTH OF CARRIAGEWAY (m)																																						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30														
Single-sided	10	48	46	45	43	42	40	38	Inadequate overall uniformity																															
			Luminance 1.2																																					
Staggered	10	56	34	32	30	28	27	26	25	25	25	Longitudinal uniformity 0.5																												
	12	44	43	42	41	39	38	37	35	34	32	31	30	28	27	26	25	Luminance 1.2																						
Opposite	10	50	50	49	49	49	48	48	47	47	46	45	45	44	43	43	42	41	40	40	39	38	37	36	35	35	Longitudinal uniformity 0.5													
	12	60	60	60	59	59	59	59	58	57	56	55	53	52	51	50	48	47	47	46	43	42	40	38	37	35	Longitudinal uniformity 0.5										Luminance 1.2			
Central twin bracket (Dual) carriageway 6 m	10	54	54	54	54	54	Inadequate overall uniformity																																	
			Long. Unit. 0.5																																					
	12	65	65	65	65	65	Inadequate overall uniformity																																	
			Long. Unit. 0.5																																					

รูปที่ 4.33 Installation layout tables

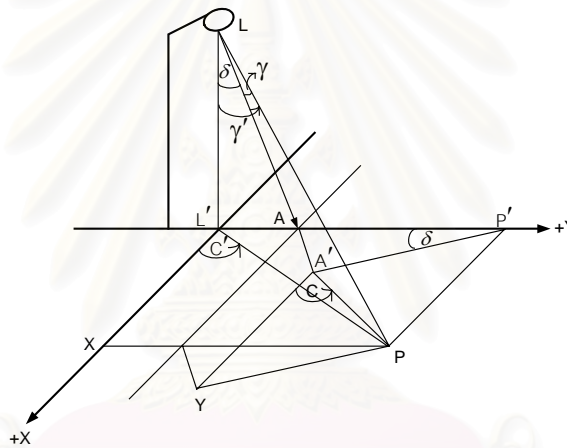
## บทที่ 5

### การคำนวณที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของโคมไฟถนนที่นำมาใช้ในการเสนอข้อมูลแสงดังต่อไปนี้

#### 5.1 การคำนวณหาค่าความเข้มส่องสว่าง (I) กรณีที่มีการเงยโคม หรือก้มโคม

ในกรณีที่มีการเงยโคม หรือก้มโคมจะทำให้ค่ามุม  $C$  และมุม  $\gamma$  ที่นำไป Interpolate เพื่อคำนวณหาค่า  $I$  ณ ตำแหน่ง  $P$  เดิมเปลี่ยนไป ซึ่งค่ามุม  $C$  และมุม  $\gamma$  ที่เปลี่ยนไปสามารถพิจารณาหาได้จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 การคำนวณหามุม  $C'$

- ให้
- $C$  คือ มุมของระนาบบนระนาบเอียง  $\delta$  องศา ณ จุดที่พิจารณา
  - $C'$  คือ มุมของระนาบ ณ จุดที่พิจารณา
  - $\gamma$  คือ มุมของแนวแสงที่วัดข้อมูล  $I$  กับแนวตั้ง (เทียบกับระนาบเอียง  $\delta$  องศา)
  - $\gamma'$  คือ มุมของแนวแสงที่วัดข้อมูล  $I$  กับแนวตั้ง
  - $\delta$  คือ มุมเงยติดตั้งใช้งาน
  - $L$  คือ ตำแหน่งของโคมไฟ
  - $L'$  คือ ตำแหน่งของโคมไฟบนพื้นถนน
  - $P$  คือ ตำแหน่งของจุดที่พิจารณาบนพื้นถนน
  - $A$  คือ ตำแหน่งตั้งของโคมไฟบนพื้นถนน
  - $A'$  คือ ตำแหน่งตั้งของโคมไฟบนระนาบเอียง
- พิจารณาจากรูปที่ 5.1 จะได้

$$\tan C' = \frac{XP}{L'X} = \frac{L'P'}{A'Y} = \frac{L'A + AP'}{A'Y} \quad (a)$$

$$\tan C = \frac{YP}{A'Y} = \frac{A'P'}{A'Y} = \frac{AP' \cos \delta}{A'Y} \quad (b)$$

จากสมการ (b) จะได้

$$AP' = \frac{A'Y \tan C}{\cos \delta} \quad (c)$$

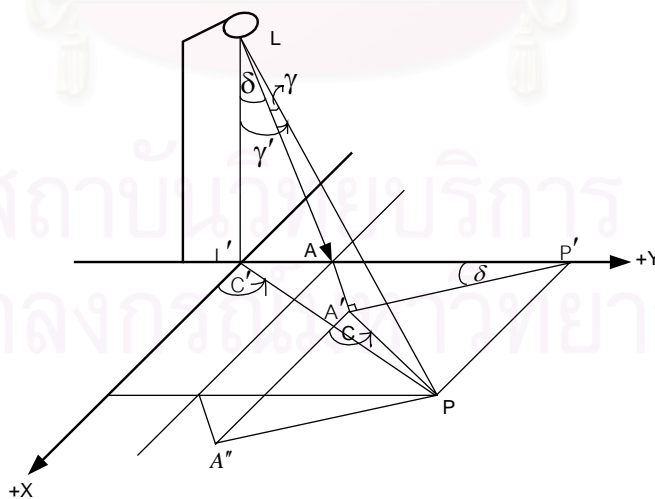
$$L'A = LA \sin \delta = (LA' - AA') \sin \delta$$

$$= \left( \frac{A'P}{\tan \gamma} - A'P' \tan \delta \right) \sin \delta$$

$$\therefore L'A = \left( \frac{A'Y}{\cos C \tan \gamma} - A'Y \tan C \tan \delta \right) \sin \delta \quad (d)$$

แทน L'A จากสมการ (d) และ AP' จากสมการ (c) ลงในสมการ (a) จะได้

$$\begin{aligned} \tan C' &= \frac{\left( \frac{A'Y}{\cos C \tan \gamma} - A'Y \tan C \tan \delta \right) \sin \delta + \frac{A'Y \tan C}{\cos \delta}}{A'Y} \\ &= \frac{\sin \delta}{\cos C \tan \gamma} - \tan C \tan \delta \sin \delta + \frac{\tan C}{\cos \delta} \\ &= \frac{\sin \delta}{\cos C \tan \gamma} + \frac{\tan C}{\cos \delta} (1 - \sin^2 \delta) \\ \therefore \tan C' &= \tan C \cos \delta + \frac{\sin \delta}{\cos C \tan \gamma} \end{aligned} \quad (5.1)$$



รูปที่ 5.2 การคำนวณหามุม  $\gamma'$

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าระนาบ  $A''A'P'P$  จะตั้งฉากกับเส้น  $LA'$  เพราะฉะนั้นเส้น  $A'P'$ ,  $A'P$ ,  $A'A''$  จะตั้งฉากกับเส้น  $LA'$  พิจารณาจากรูปจะได้

$$\begin{aligned}
 \cos \gamma' &= \frac{LL'}{LP} = \frac{LA \cos \delta}{LP} \\
 &= \frac{(LA' - AA') \cos \delta}{LP} \\
 &= \frac{(LP \cos \gamma - AA') \cos \delta}{LP} \\
 &= \cos \gamma \cos \delta - \frac{AA' \cos \delta}{LP}
 \end{aligned}$$

$$A'P = LP \sin \gamma$$

$$A''P = A'P' = A'P \sin C = LP \sin \gamma \sin C$$

$$AA' = A'P' \tan \delta = LP \sin \gamma \sin C \tan \delta$$

$$\cos \gamma' = \cos \gamma \cos \delta - \frac{LP \sin \gamma \sin C \tan \delta \cos C}{LP}$$

$$\therefore \cos \gamma' = \cos \gamma \cos \delta - \sin \gamma \sin C \sin \delta \quad (5.2)$$

สมมติเราต้องการหาค่ามุม  $C$  และ  $\gamma$  ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการเงยโคม 5 องศา โดยที่ในขณะที่ยังไม่มีการเงยโคม ณ ตำแหน่ง  $P$  เดิมนั้นมีค่ามุม  $C = 30^\circ$  และ  $\gamma = 40^\circ$

จากสมการที่ (5.1) แทนค่ามุม  $C = 30^\circ$  และ  $\gamma = 40^\circ$  และ  $\delta = 5^\circ$  จะหามุม  $C'$  ได้เท่ากับ  $34.80277392^\circ$  และจากสมการที่ (5.2) แทนค่าจะได้มุม  $\gamma' = 42.68280392^\circ$  ดังนั้น ณ จุด  $P$  เดิมเมื่อการเงยโคม  $5^\circ$  ค่ามุม  $C$  และ  $\gamma$  ที่จะนำไป Interpolate เพื่อหาค่า  $I$  จะเป็นค่า  $C'$  และ  $\gamma'$  แทน

## 5.2 การคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม

เนื่องจากฟลักซ์ส่องสว่าง ความเข้มส่องสว่าง และมุมตัน มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ตามสมการที่ 5.3 คือ

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (5.3)$$

$$\text{ดังนั้น } \phi = \int_{\omega_0} I d\omega \quad (5.4)$$

จากสมการนี้จะสามารถคำนวณหาฟลักซ์ส่องสว่างได้ เมื่อเราทราบสมการการกระจายความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง แต่ในทางปฏิบัติ การเขียนสมการการกระจายความเข้มส่องสว่างจะสามารถทำได้ยาก ดังนั้นแทนที่เราจะใช้การอินทิเกรตหาฟลักซ์ส่องสว่างก็จะใช้การหาผลรวมของผลคูณของความเข้มส่องสว่างกับมุมตันแทน

จากสมการ (5.4) จะได้

$$\phi = \sum_{i=1}^n I_i \Delta\omega_i \quad (5.5)$$

เมื่อ  $\phi$  คือ ฟลักซ์ส่องสว่างมีหน่วยเป็นลูเมน

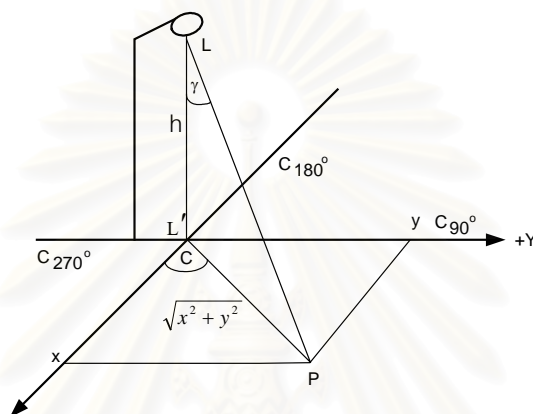
$I_i$  คือ ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยในมุมตันย่อย  $i$

$\Delta\omega_i$  คือ ขนาดของมุมตันย่อยชั้นที่  $i$

$$\text{โดยที่ } \Delta\omega_i = (C_{2i} - C_{1i}) \times \frac{\pi}{180} \times (\cos\gamma_{1i} - \cos\gamma_{2i}) \quad (5.6)$$

### 5.3 การคำนวณหาค่าเส้นโค้งความเข้มแสงเท่ากับพื้นถนน

ค่าความเข้มส่องสว่าง ณ จุดใด ๆ บนพื้นถนน สามารถหาได้โดยพิจารณาจากรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5.3 การคำนวณหาค่ามุม  $C$  และ  $\gamma$

สมมติให้ความสูงของโคม  $h = 1$  หน่วย

พิจารณา  $\triangle LL'P$  จะได้ว่า

$$\tan\gamma = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{h} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\therefore \gamma = \tan^{-1}(\sqrt{x^2 + y^2}) \quad (5.7)$$

พิจารณา  $\triangle xL'P$  จะได้ว่า

$$\tan C = \frac{y}{x}$$

$$\therefore C = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (5.8)$$

ซึ่งค่า  $C$  นี้จะเป็นจริงเฉพาะกรณีที่จุด  $P$  อยู่ใน quadrant ที่  $x$  และ  $y$  มีค่าเป็นบวกเท่านั้น ค่ามุม  $C$  และ  $\gamma$  ที่หาได้นี้ก็จะนำไป Interpolate เพื่อหาค่าความสว่าง และความส่องสว่าง ณ ตำแหน่ง  $P$  ใด ๆ ด้วย

## 5.4 การคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง

### 5.4.1 วิธีสำหรับการคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง

ในการคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสงจะทำการแบ่งพื้นที่ของถนนเป็นช่อง ๆ ตามแนวยาวของถนน (ดังรูปที่ 5.4) ซึ่งกำหนดความกว้างของแต่ละช่องเป็น  $0.1H$  โดยที่  $H$  เป็นค่าความสูงของโคมไฟถนน (ในหน่วยเมตร) ซึ่งค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง ( $U_n$ ) สำหรับ  $n$  ช่องใด ๆ คำนวณได้จากสมการ

$$U_n = \frac{\phi_n}{\phi_{lamp}} \quad (5.9)$$

โดยที่  $\phi_{lamp}$  เป็นค่าฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม (ในหน่วย klm) ซึ่งถูกกำหนดโดยผู้ผลิต

$\phi_n$  เป็นค่าฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคมบน  $n$  ช่องใด ๆ ตามแนวยาวของถนน (ในหน่วย klm)

### 5.4.2 วิธีสำหรับคำนวณหาค่าของฟลักซ์ส่องสว่างที่เกิดขึ้นบน $n$ ช่องใด ๆ ตามแนวยาวของถนน

ในการคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง ( $\phi_n$  ในหน่วย klm) บน  $n$  ช่องใด ๆ (กว้าง  $0.1H$ ) จากดวงโคม (ดูรูปที่ 5.4) โดยมีขั้นตอนการหาดังนี้

a) หามุม  $\alpha_n$

$$\alpha_n = \tan^{-1}[0.05(2n - 1)] \quad (5.10)$$

b) หามุม  $\delta\alpha_n$  ที่แต่ละ  $n$  ช่องใด ๆ หาได้จากสมการ (ดูรูปที่ 5.4)

$$\delta\alpha_n = \tan^{-1}(0.1n) - \tan^{-1}[0.1(n - 1)] \quad (5.11)$$

c) แบ่งช่องตามความยาวของแนวถนนเป็น 36 ช่อง โดยที่ 18 ช่องแรกจะอยู่ในส่วนบนของถนน และอีก 18 ช่องจะอยู่ในส่วนล่างของถนน (ดูรูปที่ 5.5) ซึ่งแต่ละช่องขยับที่ละ 5 องศาเทียบกับโคมไฟถนน ( $\beta_k$ ) มุม  $\beta_k$  กำหนดเป็น  $k$  ช่อง โดยที่  $\beta_k = 5k$  องศา และ  $k = 1$  ถึง 18 ตัวอย่างเช่น  $\beta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, \dots, 90^\circ$  ในส่วนบนและส่วนล่างของถนน ซึ่งสามารถหาค่ามุมตันในแต่ละช่องย่อยที่แบ่งดังกล่าวข้างต้นได้จาก

$$\omega_{kn} = 2\delta\alpha_n [\sin(\beta_k) - \sin(\beta_k - \delta\beta)] \quad (5.12)$$

โดยที่  $\delta\beta = 5^\circ$

$\delta\alpha_n$  มีหน่วยเป็นเรเดียน

d) หาค่าความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยจากโคมไฟที่ส่องไปถึงในแต่ละช่องย่อย จะประมาณให้เท่ากับค่าความเข้มส่องสว่างที่ส่องไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแต่ละช่องย่อย แทนด้วย  $I_{kn}$  (ในหน่วย cd/klm) ซึ่งค่ามุม  $C$  และ  $\gamma$  ที่จะนำไป Interpolate เพื่อหาค่า  $I_{kn}$  (ในหน่วย cd/klm) จะหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\gamma_{kn} = \cos^{-1}[\cos(\alpha_n)\cos(\beta_k - \frac{\delta\beta}{2})] \tag{5.13}$$

$$\zeta_{kn} = \sin^{-1}[\frac{\tan(\alpha_n)}{\tan(\gamma_{kn})}] \tag{5.14}$$

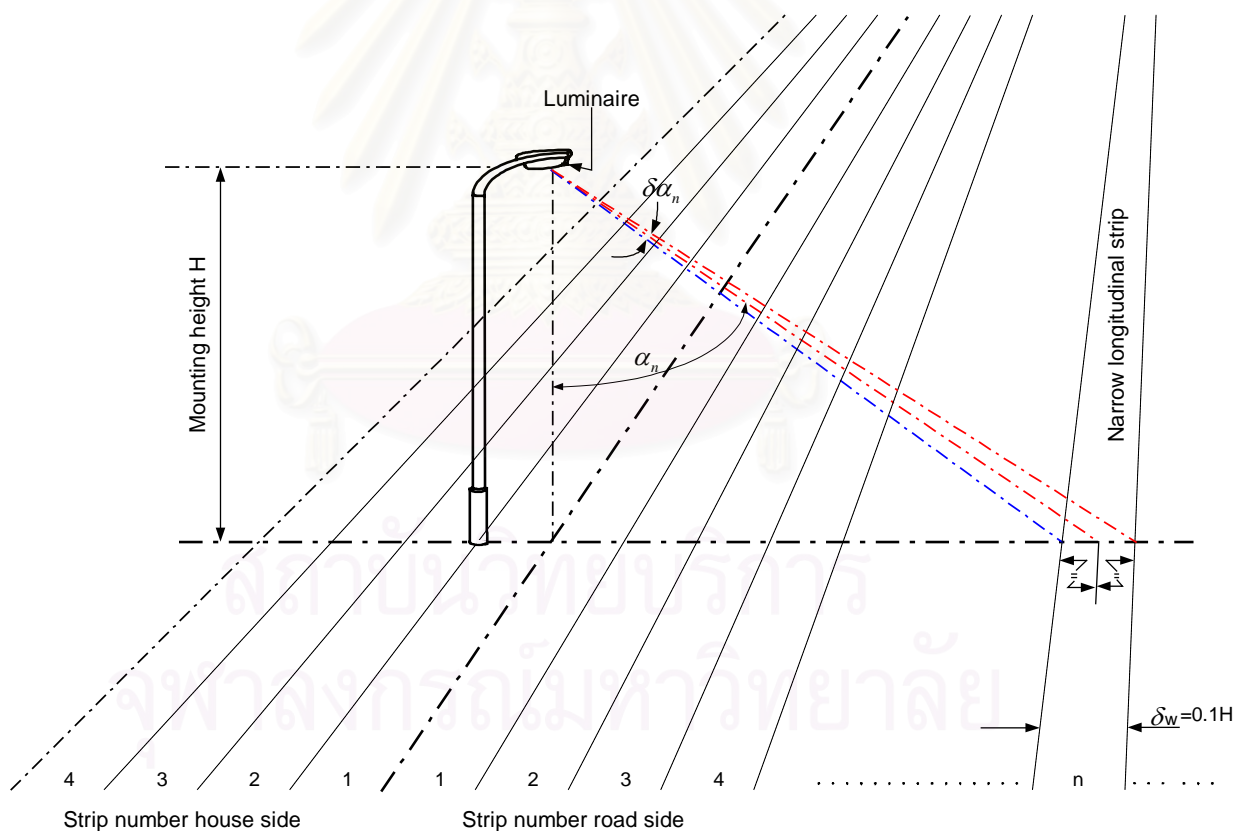
e) หาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง  $\phi_{kn}$  (ในหน่วย lm/klm) ที่ได้ในแต่ละช่องย่อยที่แบ่งตามหัวข้อ c) เป็นไปดังสมการ

$$\phi_{kn} = I_{kn} \omega_{kn} \tag{5.15}$$

f) หาค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวม  $\phi_n$  (หน่วย lm/klm) ที่ได้ในแต่ละช่องตามแนวยาวของถนน

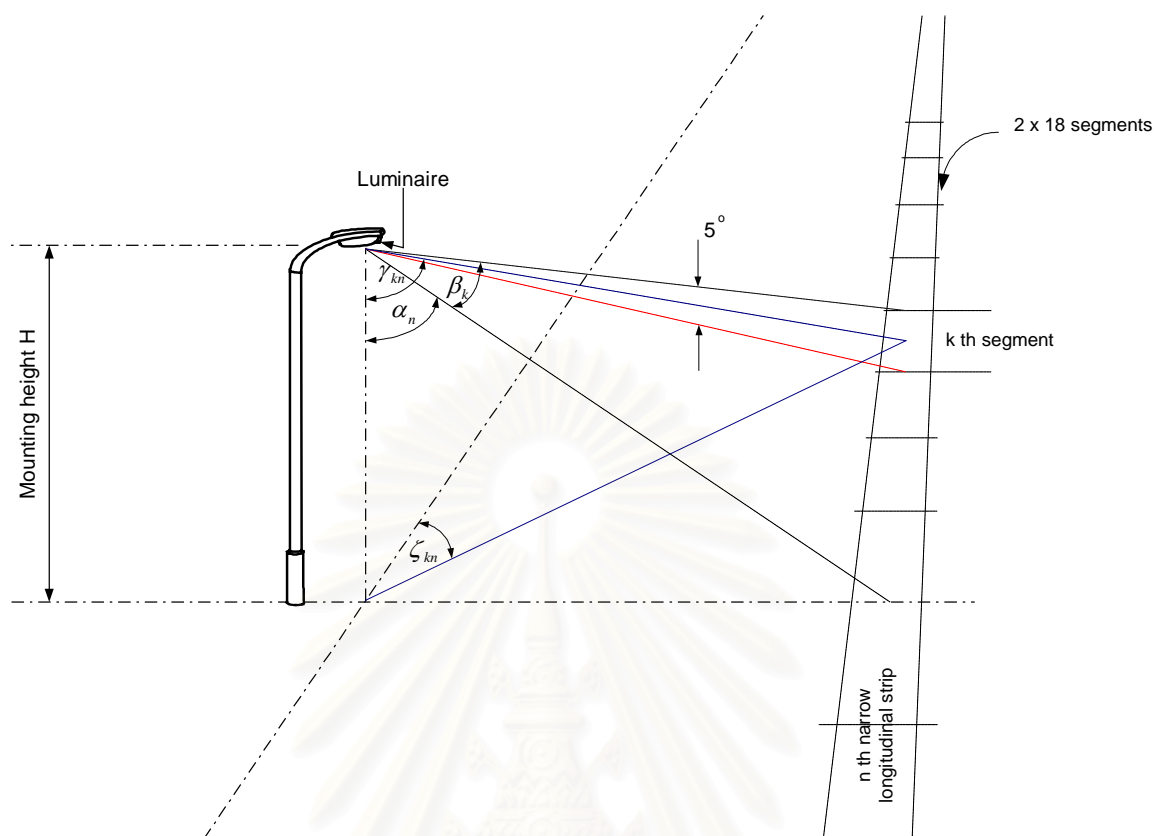
$$\phi_n = \sum_{k=1}^{18} \phi_{kn} \tag{5.16}$$

ซึ่งค่า  $\phi_n$  ที่ได้นี้จะนำไปคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสงในแต่ละช่องที่แบ่งตามแนวยาวของถนนจะหาได้จากสมการที่ 5.9



รูปที่ 5.4 The roadway divided into narrow longitudinal strips





รูปที่ 5.5 A narrow strip divided into 2x18 segments lengthwise

### 5.5 การคำนวณหาค่า Luminance Yield Diagram

การคำนวณหาค่า Luminance Yield Diagram สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ (4.7) จะ  
ได้

$$\eta_L = \frac{L_{av} \cdot w \cdot s}{Q_0 \cdot \phi} \quad (5.17)$$

เนื่องจากในการคำนวณหาค่า Luminance Yield Diagram จะไม่พิจารณาค่าของ  $w$  และ  $s$  ดังนั้น  
จึงต้องทำให้สมการอยู่ในรูปที่ละเว้นค่า  $w$  และ  $s$  โดยการนำสมการการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ย  
ที่คำนวณโดยใช้ตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสงดังสมการ

$$E_{av} = \eta_E \cdot \frac{\phi}{w \cdot s} \quad (5.18)$$

จากสมการที่ (5.18) จะได้

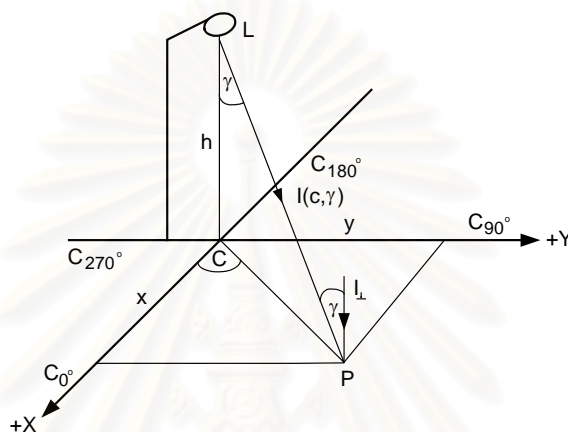
$$\frac{w \cdot s}{\phi} = \frac{\eta_E}{E_{av}} \quad (5.19)$$

นำสมการที่ (5.19) ไปแทนในสมการที่ (5.17) จะได้

$$\eta_L = \frac{L_{av}}{E_{av}} \cdot \frac{\eta_E}{Q_0} \quad (5.20)$$

### 5.6 การคำนวณหาค่าความสว่างของดวงโคม

การคำนวณหาค่าความสว่างของดวงโคมที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลนี้ จะให้วิธีจุดต่อจุด (Point By Point) เพื่อหาค่าความสว่างแต่ละจุด



รูปที่ 5.6 การคำนวณหาค่าความสว่าง

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความสว่างคือ

$$E_{h \text{ at } P} = \frac{I_{\perp}}{LP^2} = \frac{I(C, \gamma) \cos \gamma}{LP^2}$$

แต่  $\frac{h}{LP} = \cos \gamma \Rightarrow LP = \frac{h}{\cos \gamma}$

$$\therefore E_{h \text{ at } P} = \frac{I(C, \gamma) \cos^3 \gamma}{h^2} \quad (5.21)$$

เมื่อ  $I(C, \gamma)$  คือ Luminous Intensity ของดวงโคมที่มุม  $\gamma$  บนระนาบ C

$h$  คือ ความสูงของดวงโคม

แต่ในการนำเสนอข้อมูลในโปรแกรมที่แสดงจะไม่คำนึงถึงค่าความสูง ซึ่งแสดงได้ดังสมการ

5.22

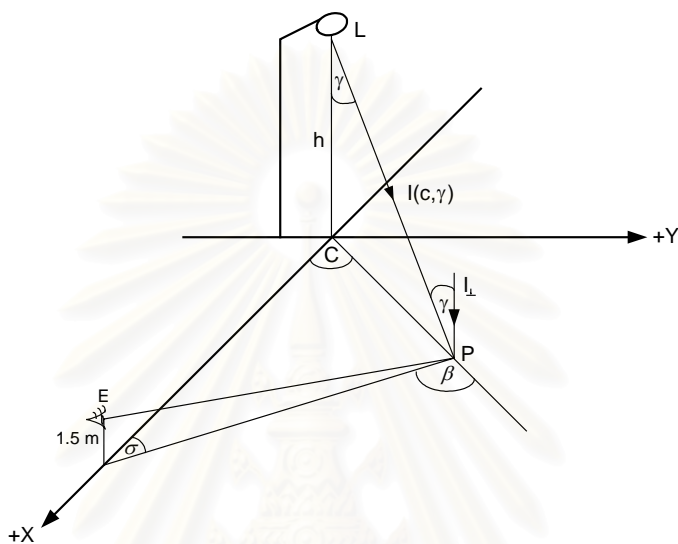
$$\begin{aligned} \text{จาก } E_{h \text{ at } P} &= \frac{I(C, \gamma) \cos^3 \gamma}{h^2} \times \frac{\phi}{1000} \\ &= \frac{I(C, \gamma) \cos^3 \gamma}{1000} \times \frac{\phi}{h^2} \end{aligned}$$

ให้  $K_1 = \frac{I(C, \gamma) \cos^3 \gamma}{1000} \quad (5.22)$

ซึ่งค่า  $K_1$  คือค่าความส่องสว่างที่แสดงในระบบการนำเสนอมูลทางแสงของโคมไฟถนน ส่วนค่า  $C$  และ  $\gamma$  คำนวณเหมือนการคำนวณหาค่าเส้นโค้งความเข้มแสงเท่ากับพื้นถนน

### 5.7 การคำนวณหาค่าความส่องสว่างของดวงโคม

ในการคำนวณหาค่าความส่องสว่างของดวงโคม ณ จุด P ใด ๆ พิจารณาจากรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 การคำนวณหาค่าความส่องสว่าง

ในการนำเสนอมูลกำหนดให้ผู้มองอยู่สูงจากพื้น 1.5 เมตร และอยู่ห่างจากดวงโคม 10 เท่าของความสูงตามระนาบ  $C_0$  ค่าความส่องสว่างที่จุด P หาได้จากสมการ 5.19

$$L_p = \frac{r(\beta, \tan \gamma) I(C, \gamma)}{h^2} \quad (5.23)$$

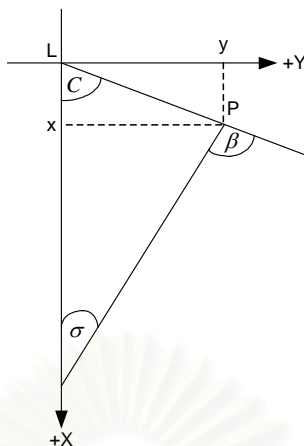
โดยที่  $r(\beta, \tan \gamma)$  คือ สัมประสิทธิ์ความส่องสว่างแบบลดรูปบนผิวถนน ( $\text{cd/m}^2/\text{lx}$ ) มีการกำหนดค่าไว้สำหรับผิวถนนแต่ละชนิด

$\beta$  คือ มุมของระนาบแสงสะท้อนกับระนาบที่มอง สำหรับระบบการนำเสนอมูลทางแสงของโคมไฟถนนจะไม่คำนึงถึงความสูง ดังนี้ จากสมการ 5.23 จะได้

$$\begin{aligned} L_p &= \frac{r(\beta, \tan \gamma) I(C, \gamma)}{h^2} \cdot \frac{\phi_L}{1000} \cdot \frac{q_0}{q_0} \\ &= \frac{r(\beta, \tan \gamma)}{q_0} \cdot \frac{I(C, \gamma)}{1000} \cdot \frac{\phi_L q_0}{h^2} \end{aligned}$$

$$\text{ให้ } K_2 = \frac{r(\beta, \tan \gamma)}{q_0} \cdot \frac{I(C, \gamma)}{1000} \quad (5.24)$$

ซึ่งค่า  $K_2$  คือค่าความส่องสว่างที่แสดงในระบบการนำเสนอมูลทางแสงของโคมไฟถนน

รูปที่ 5.8 การคำนวณหามุม  $C$ ,  $\beta$  และ  $\sigma$ 

จากรูปที่ 5.8 พิจารณาหาค่ามุม  $C$ ,  $\beta$  และ  $\sigma$  ได้ดังนี้

$$\tan C = \frac{y}{x} \Rightarrow C = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (5.25)$$

$$\tan \sigma = \frac{y}{10-x} \Rightarrow \sigma = \tan^{-1} \frac{y}{10-x} \quad (5.26)$$

จากสมการที่ 5.25 และ 5.26 หามุม  $\beta$  ได้เป็น

$$\beta = 180 - (C + \sigma) \quad (5.27)$$

ค่ามุม  $\beta$  ที่หาได้เป็นจริงเฉพาะกรณีนี้เท่านั้น

## 5.8 คุณลักษณะความส่องสว่าง

ในการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย ( $L_{av}$ ) จะต้องรู้ค่าความส่องสว่างของจุดที่ต้องคำนวณทุกจุด และจำนวนจุดที่คำนวณ สำหรับการคำนวณค่าความสม่ำเสมอ (Overall Uniformity,  $U_0$ ) และความสม่ำเสมอตามแนวยาว (Longitudinal Uniformity,  $U_1$ ) จะต้องรู้ค่าความส่องสว่างต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งอาจจะเป็นจุดใด ๆ ก็ได้ ภายในพื้นที่ที่ต้องคำนวณ โดยการเปรียบเทียบค่าแบบจุดต่อจุด เมื่อได้ค่าดังกล่าวแล้วจึงนำมาหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$L_{av} = \frac{L_{sum}}{N} \quad (5.28)$$

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{av}} \quad (5.29)$$

$$U_1 = \frac{L_{min}}{L_{max}} \quad (\text{ในแต่ละช่องวิ่ง}) \quad (5.30)$$

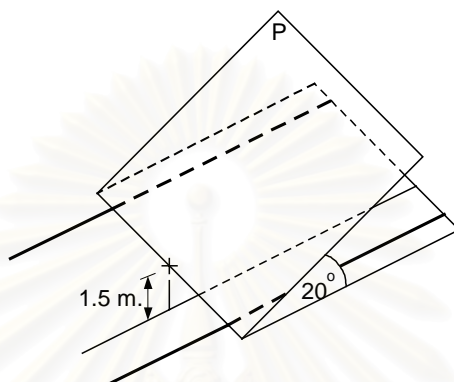
### 5.8.1 จำนวนโคมไฟ (Number of lanterns)

ในการคำนวณค่าความส่องสว่างที่แต่ละจุดเป็นค่าผลรวมของค่าความส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณจากโคมไฟถนนจำนวนหนึ่ง ซึ่งโคมไฟที่มีผลต่อค่าความส่องสว่างของจุดคำนวณจะจำกัดให้

ตั้งอยู่ภายในระยะไม่เกิน 5 เท่าของความสูงก่อนพื้นที่ที่คำนวณ และไม่เกิน 12 เท่าของความสูงหลังพื้นที่ที่คำนวณตามมาตรฐานของ CIE

## 5.9 การคำนวณระดับแสงจ้า

### 5.9.1 การคำนวณ Disability Glare



รูปที่ 5.9 ช่วงมุมที่จะพิจารณาในการคำนวณ Disability Glare

โดยคิดว่าผู้ขับขีวดยานมองผิวถนนตรงจุดที่อยู่ห่างออกไป 90 เมตร และโคมไฟที่อยู่ภายในมุมยกขึ้น 20 องศา กับแนวมอง จะถูกนำมาคิดค่า  $L_v$  ทั้งหมด เนื่องจากเป็นมุมสูงสุดที่ตาของผู้ขับขีสามารถมองเห็นโคมไฟโดยไม่มีหลังคารกบัง ตามมาตรฐาน CIE ดังรูปข้างบน

ตำแหน่งผู้สังเกตจะอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากพื้นที่ที่จะพิจารณาทำมุมกับโคมแรก 19 องศา

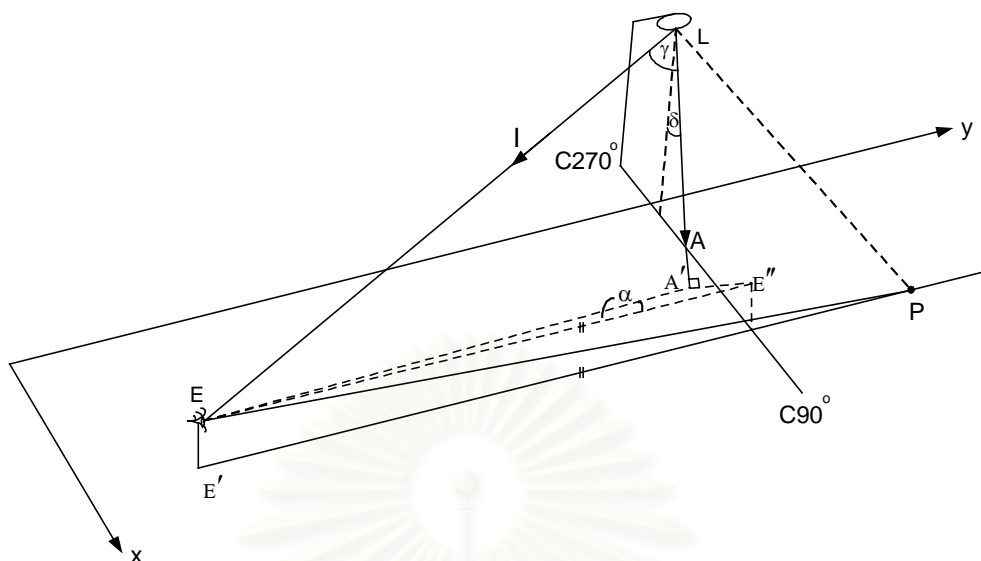
$$E_y = L_y - \frac{H - 1.5}{\tan 19^\circ} \quad (5.31)$$

$$P_x = E_x \quad (5.32)$$

$$P_y = E_y + 90 \quad (5.33)$$

คำนวณหามุม  $\theta$  ของดวงโคม ถ้ามุม  $\theta$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 19 องศา จะนำโคมนั้นมาพิจารณาหา  $L_v$  โดยจะหาค่า  $L_v$  จนกระทั่งค่า  $L_v$  ของโคมที่พิจารณามีค่าน้อยกว่า 2% ของค่า  $L_v$  รวมของแถวนั้น

$$\text{โดย } \tan \theta = \frac{H - 1.5}{L_y - E_y} \quad (5.34)$$

รูปที่ 5.10 การคำนวณมุม C และ  $\gamma$ 

จากรูปที่ 5.10 พิจารณาที่  $\triangle LAE$

$$\begin{aligned}
 LA &= \frac{H}{\cos \delta} \\
 EL &= \sqrt{(L_x - E_x)^2 + (L_y - E_y)^2 + (H - 1.5)^2} \\
 EA &= \sqrt{(E_x - A_x)^2 + (E_y - A_y)^2 + (1.5)^2} \\
 \cos \gamma &= \frac{LA^2 + EL^2 - EA^2}{2 \cdot LA \cdot EL} \quad (5.35)
 \end{aligned}$$

พิจารณา  $\triangle A'EE''$  จะได้

$$\begin{aligned}
 EA' &= LE \sin \gamma \\
 EE'' &= E_y - A_y = E_y - L_y \\
 \alpha &= \cos^{-1} \left( \frac{EE''}{EA'} \right) \\
 \therefore \alpha &= \cos^{-1} \left( \frac{E_y - L_y}{LE \sin \gamma} \right) \quad (5.36)
 \end{aligned}$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ มุมของแนวที่มองกับแนวระดับ ( $EE''$ ) ไปตั้งฉากกับแนวอ้างอิง  $LA$

จะสามารถหาค่ามุม C ได้ดังนี้

$$C = \alpha \quad (\เฉพาะกรณีนี้เท่านั้น) \quad (5.37)$$

### 5.9.2 การคำนวณหาค่า Veiling Luminance

คำนวณหาค่า Illuminance จากโคมในทิศตั้งฉากกับทิศทางการมองของผู้สังเกตได้จาก

$$E_v = \frac{I(C, \gamma) \cos(\theta)}{D^2} \quad (5.38)$$

โดยที่ D คือระยะ LE

พิจารณาที่  $\Delta LPE$

$$\begin{aligned} LP &= \sqrt{H^2 + (L_x - P_x)^2 + (L_y - P_y)^2} \\ LE &= \sqrt{(L_x - E_x)^2 + (L_y - E_y)^2 + (H - 1.5)^2} \\ PE &= \frac{1.5}{\sin 1^\circ} \\ \cos \theta &= \frac{LE^2 + PE^2 - LP^2}{2 \cdot LE \cdot PE} \end{aligned} \quad (5.39)$$

ดังนั้นสามารถหาค่า Veiling Luminance ( $L_v$ ) ได้จาก

$$L_v = 0.003 \sum_{i=1}^n \frac{E_{vi}}{\theta^2} \quad (\theta \text{ in radians}) \quad (5.40)$$

$$\text{หรือ} \quad L_v = 10 \sum_{i=1}^n \frac{E_{vi}}{\theta^2} \quad (\theta \text{ in degrees}) \quad (5.41)$$

โดยที่ n เป็นจำนวนโคมทั้งหมดที่ถูกพิจารณาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

ดังนั้นสามารถหาค่า Threshold Increment (TI%) ได้จาก

$$TI = \frac{65 \cdot L_v}{(L_{av})^{0.8}} \% \quad (5.42)$$

โดยที่ค่า  $L_{av}$  เป็นค่า Average Luminance ในบริเวณที่พิจารณา

### 5.9.3 การคำนวณ Discomfort Glare (G)

$$\begin{aligned} G &= 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \left( \log \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \left( \frac{I_{80}}{I_{88}} \right) + 1.29 \log F + C \\ &\quad + 0.97 \log L_{av} + 4.41 \log h' - 1.46 \log p \end{aligned} \quad (5.43)$$

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

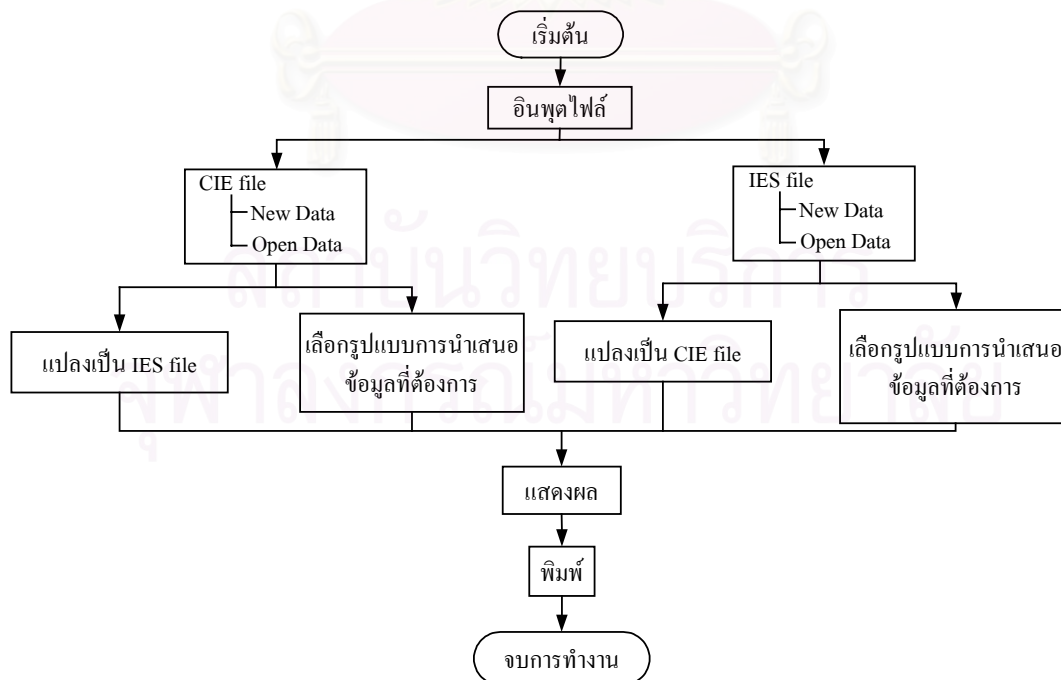
### การพัฒนาโปรแกรมระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน

ระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน จะนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในรูปแบบตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกแบบต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบโคมไฟถนนสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคัดเลือกโคมไฟถนนที่เหมาะสมกับการให้แสงสว่างถนนแต่ละชนิดได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้ผลิตโคมไฟถนนสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ภาษา Delphi 6 เป็นเครื่องมือสำหรับสร้างแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานโปรแกรมบน Window

ลักษณะโครงสร้างของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- ส่วนรับข้อมูล (Input Data)
- ส่วนประมวลผลข้อมูล (Calulation)
- ส่วนแสดงผล (Display)

ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน โดยการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นจากการรับข้อมูลของโคมไฟถนนตามระบบ CIE หรือ ระบบ IES หลังจากนั้นจะนำข้อมูลนี้ไปทำการแปลงข้อมูลจากระบบ CIE เป็นระบบ IES หรือจากระบบ IES เป็นระบบ CIE และแสดงผล หรือคำนวณผลเพื่อแสดงข้อมูลทางแสงในรูปแบบตารางข้อมูลตัวเลข และภาพกราฟฟิกแบบต่าง ๆ



รูปที่ 6.1 แผนภาพแสดงโครงสร้างหลักของโปรแกรม



## 6.1 ส่วนรับข้อมูล (Input Data)

ในการรับข้อมูลของโปรแกรมสามารถรับข้อมูลของโคมไฟถนนที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ \*.CIE หรือ \*.IES (อ้างอิงในภาคผนวก ก และ ข) ซึ่งบริษัทผู้ผลิตดวงโคมจะมีให้อยู่แล้ว หรือทำการป้อนข้อมูลเอง

ก.) ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการแปลงไฟล์ข้อมูลของดวงโคมระหว่างสองระบบ

- ข้อมูลจาก IES Standard File Format หรือ ข้อมูลจาก CIE Standard File Format

ข.) ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ CIE

- ข้อมูลจาก CIE Standard File Format

- มุมเงยของดวงโคม

\* - ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างแบบลดรูป ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของผิวถนน โดยในโปรแกรมจะมีข้อมูลของถนนแบบ C1, C2, N1, N2, N3, N4, R1, R2, R3, R4, W1, W2, W3 และ W4 ไว้ให้แล้ว

\*\* - ลักษณะการติดตั้งเสาไฟถนน มีให้เลือกทั้งหมด 9 แบบ แสดงดังรูปที่ 2.3

\*\* - ความกว้างถนน

\*\* - ความสูงของโคมไฟถนน

\*\* - ระยะยื่นของโคมไฟถนน (Overhang)

\*\* - ระยะห่างระหว่างโคมไฟถนน (spacing)

\*\* - จำนวนช่องวิ่งของถนน

\*\* - ความกว้างของเกาะกลางถนน (ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้งเสาไฟถนน)

หมายเหตุ \* ใช้ในกรณีที่เลือกการแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความส่องสว่าง

\*\* ใช้ในกรณีที่เลือกการแสดงผลข้อมูลในส่วนของ Installation performance data

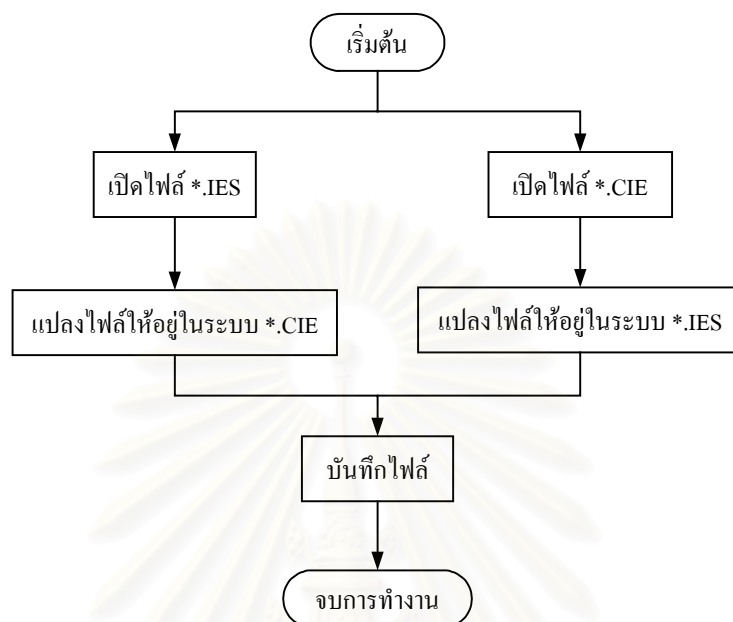
ค.) ข้อมูลที่จำเป็นในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ IES

- ข้อมูลจาก IES Standard File Format

- มุมเงยของดวงโคม

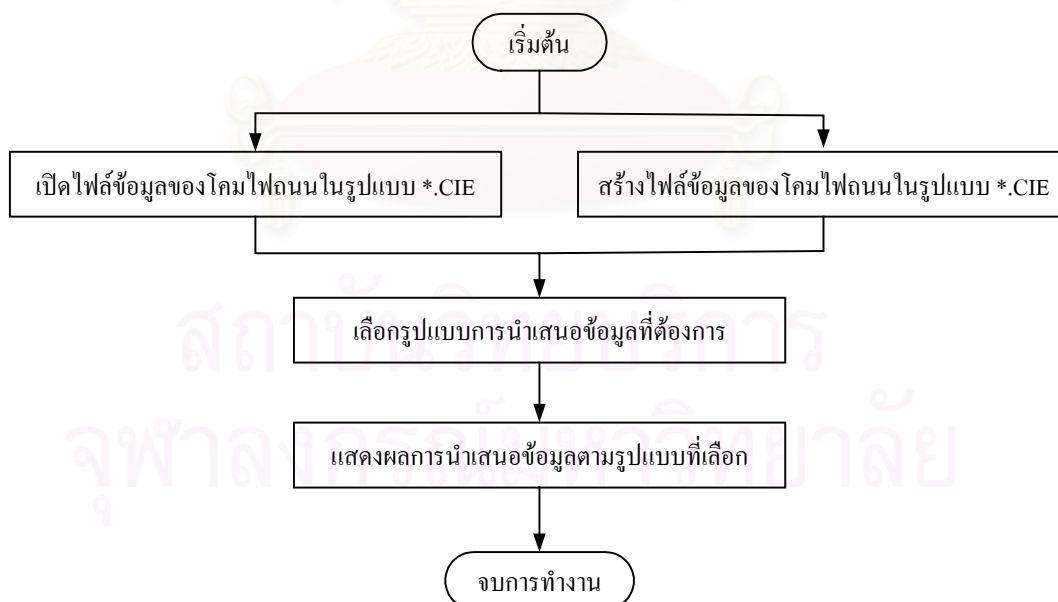
## 6.2 ส่วนประมวลผล (Calculation)

### 6.2.1 ส่วนการแปลงข้อมูลทางแสงระหว่างระบบ CIE และ ระบบ IES



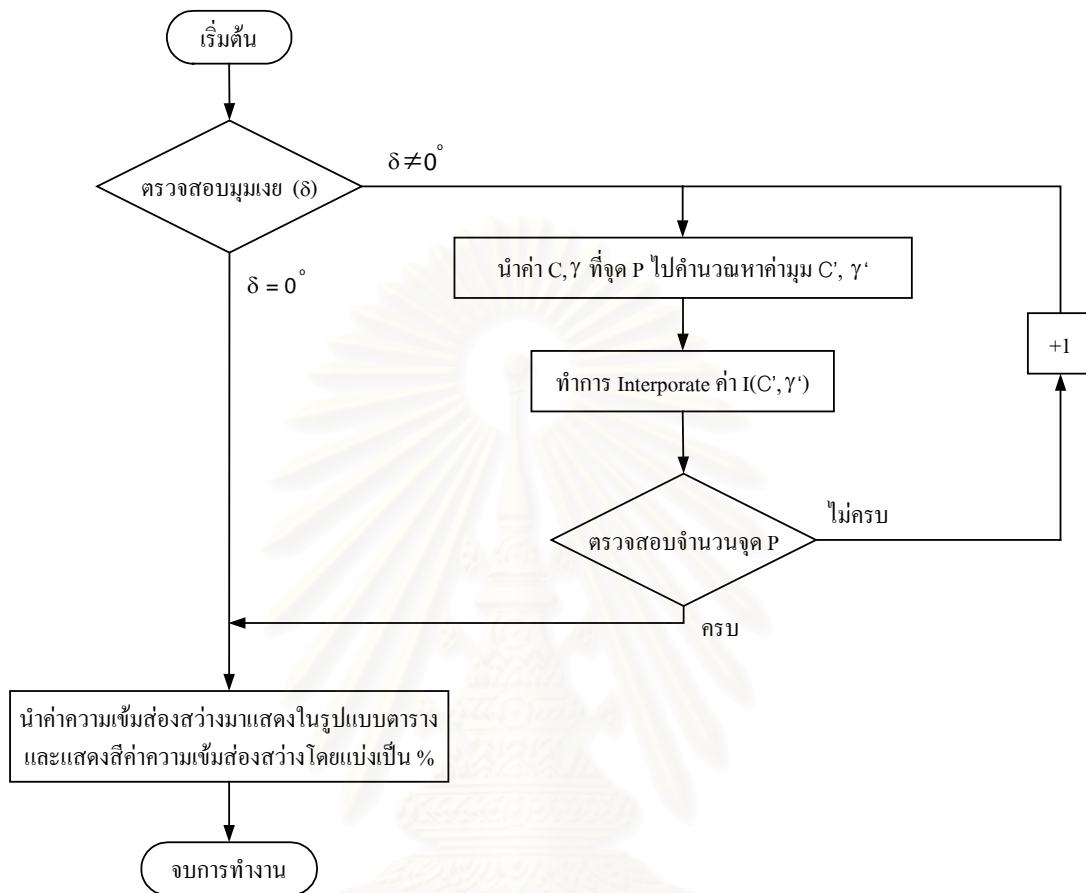
รูปที่ 6.2 แผนภาพแสดงการแปลงข้อมูลทางแสงระหว่างระบบ CIE และ ระบบ IES

### 6.2.2 ส่วนนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ CIE



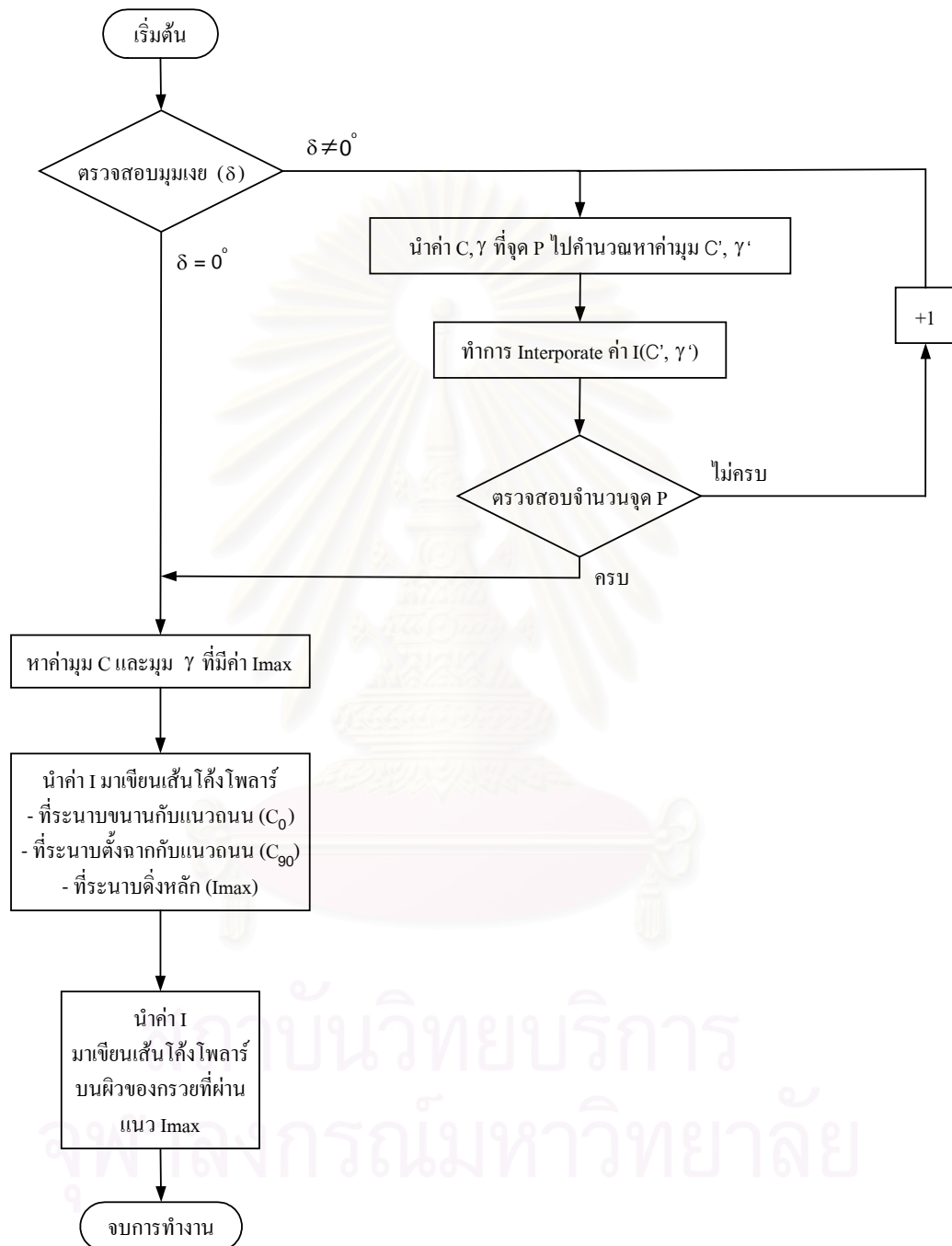
รูปที่ 6.3 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ CIE

6.2.2.1 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Data Table)



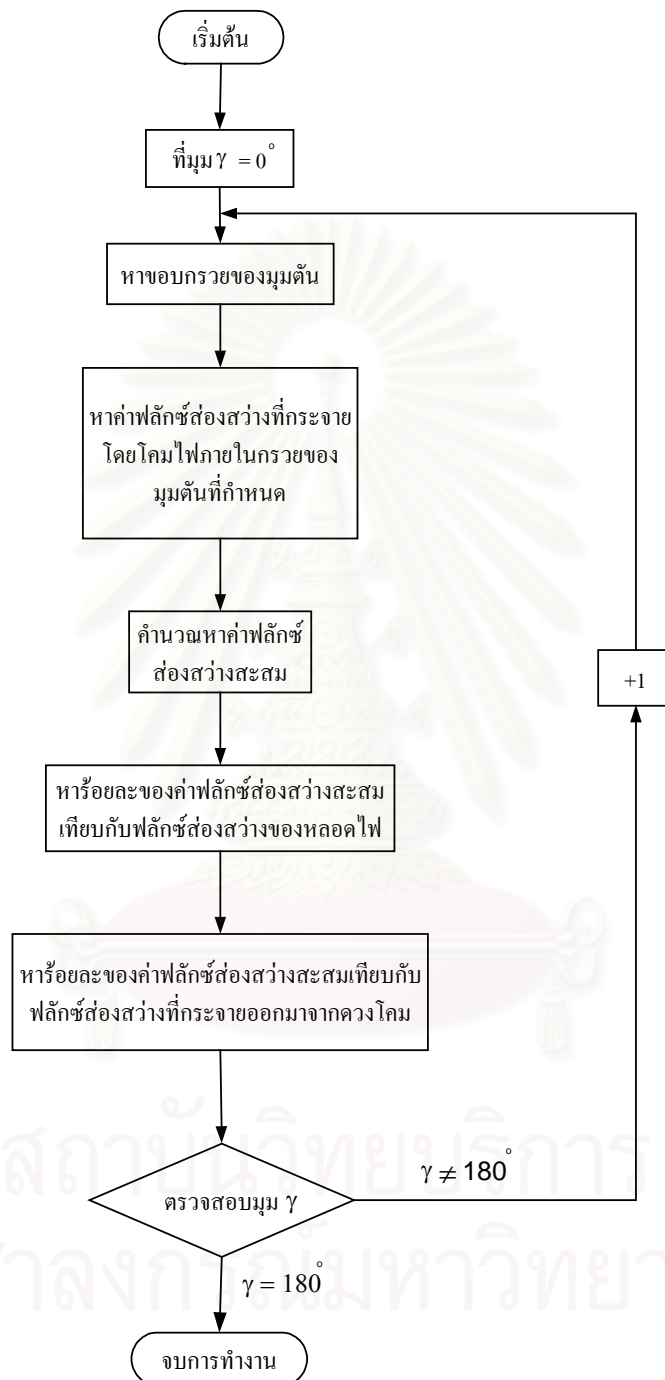
รูปที่ 6.4 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลทางแสงในรูปแบบตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง

6.2.2.2 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Distribution)



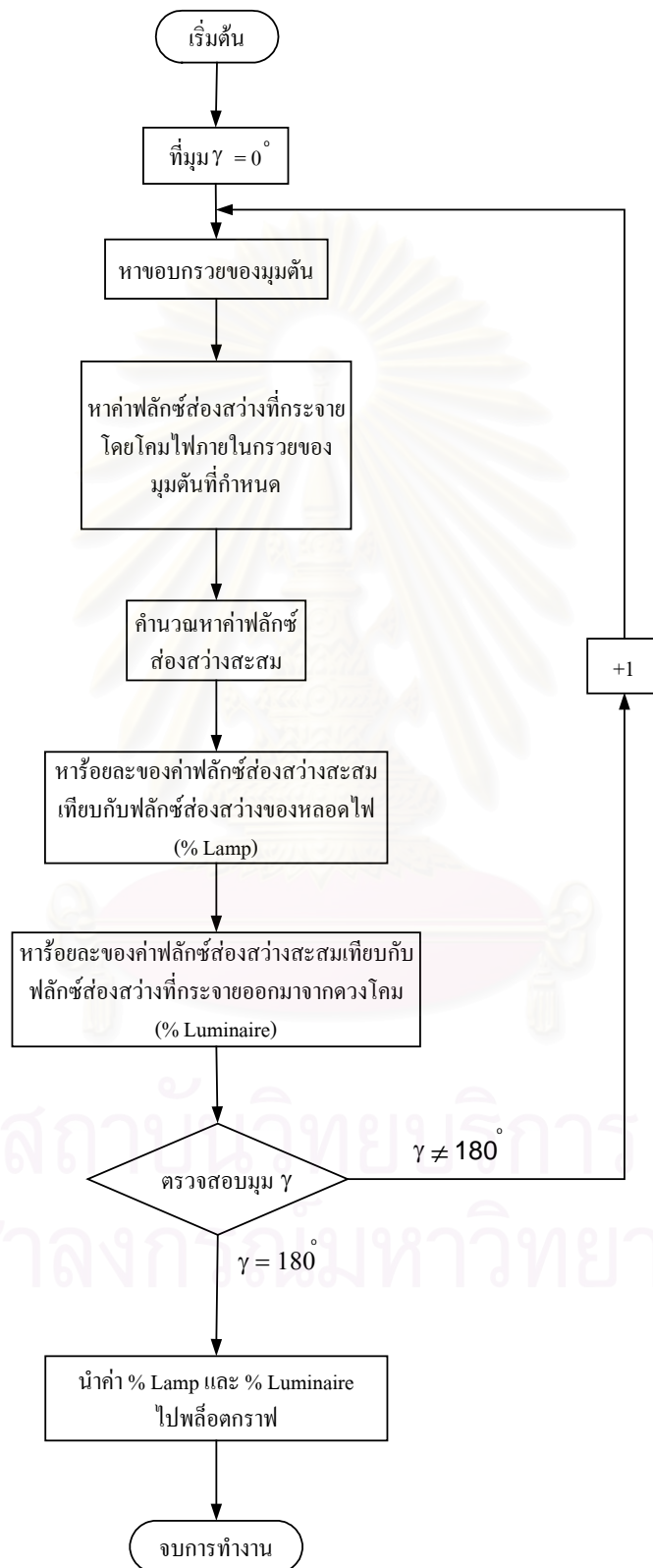
รูปที่ 6.5 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการกระจายความเข้มส่องสว่าง

6.2.2.3 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม (Luminous Flux Table)



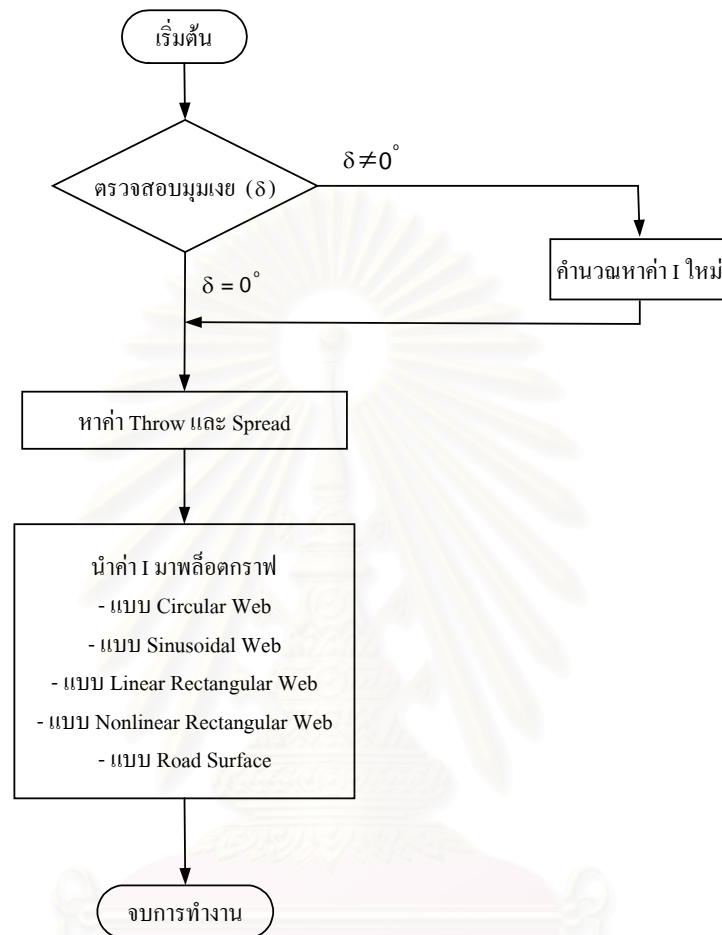
รูปที่ 6.6 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม

6.2.2.4 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม (Relative Zonal Flux Diagram)



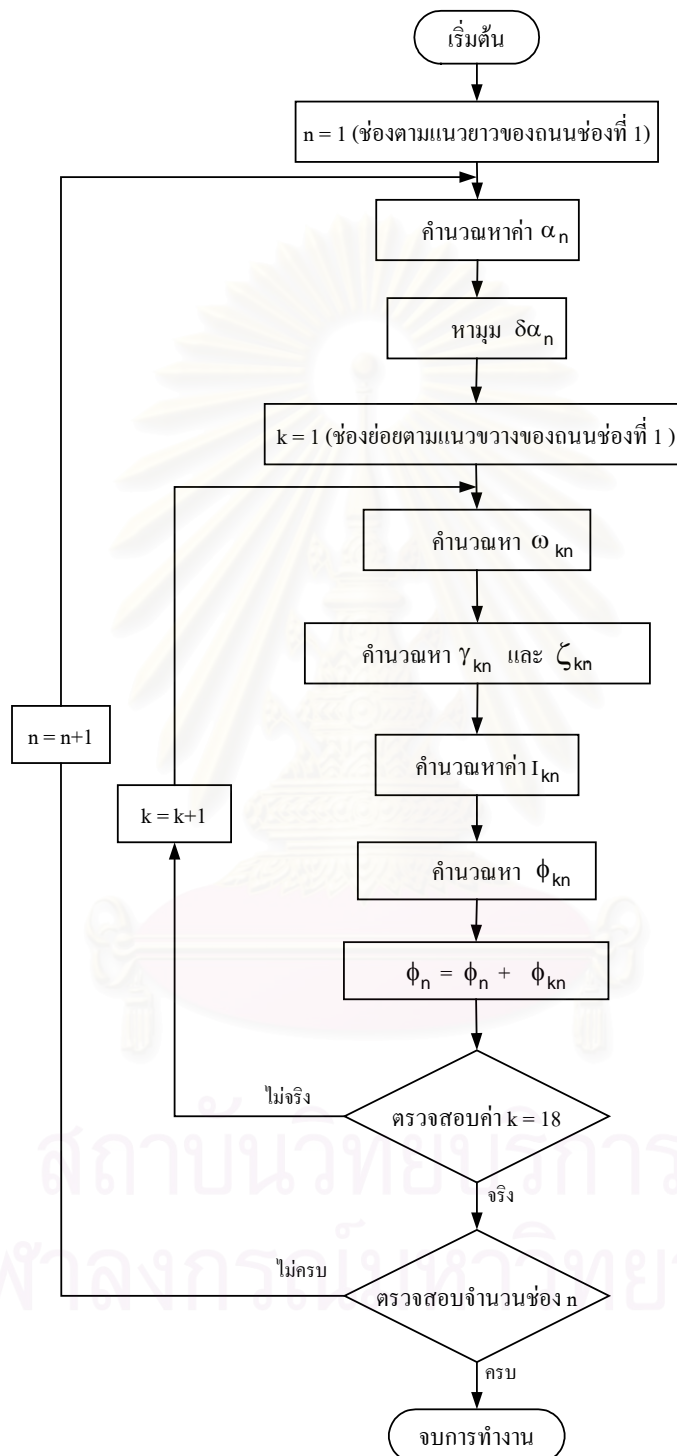
รูปที่ 6.7 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม

6.2.2.5 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (Isocandela Diagram and Candela Color Shade)



รูปที่ 6.8 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

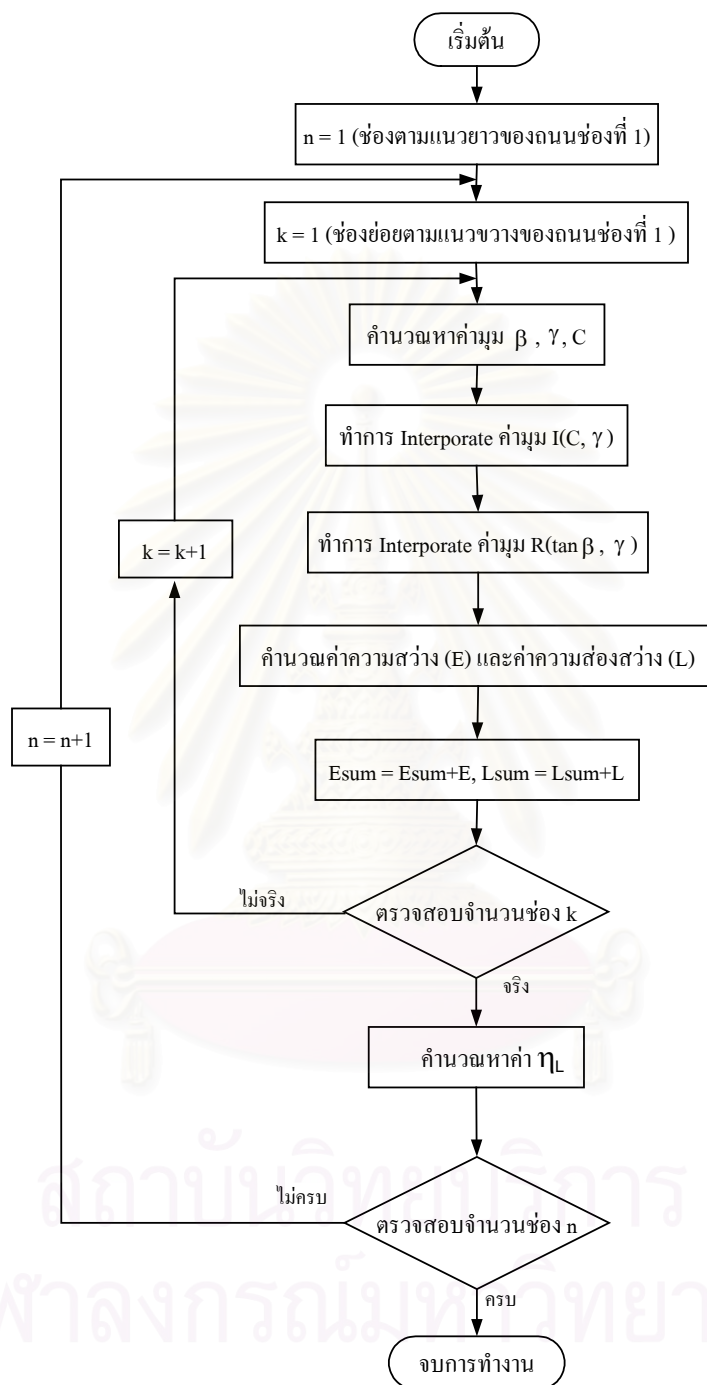
6.2.2.6 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง และกราฟตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง (Utilization Factor)



รูปที่ 6.9 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง และกราฟตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง

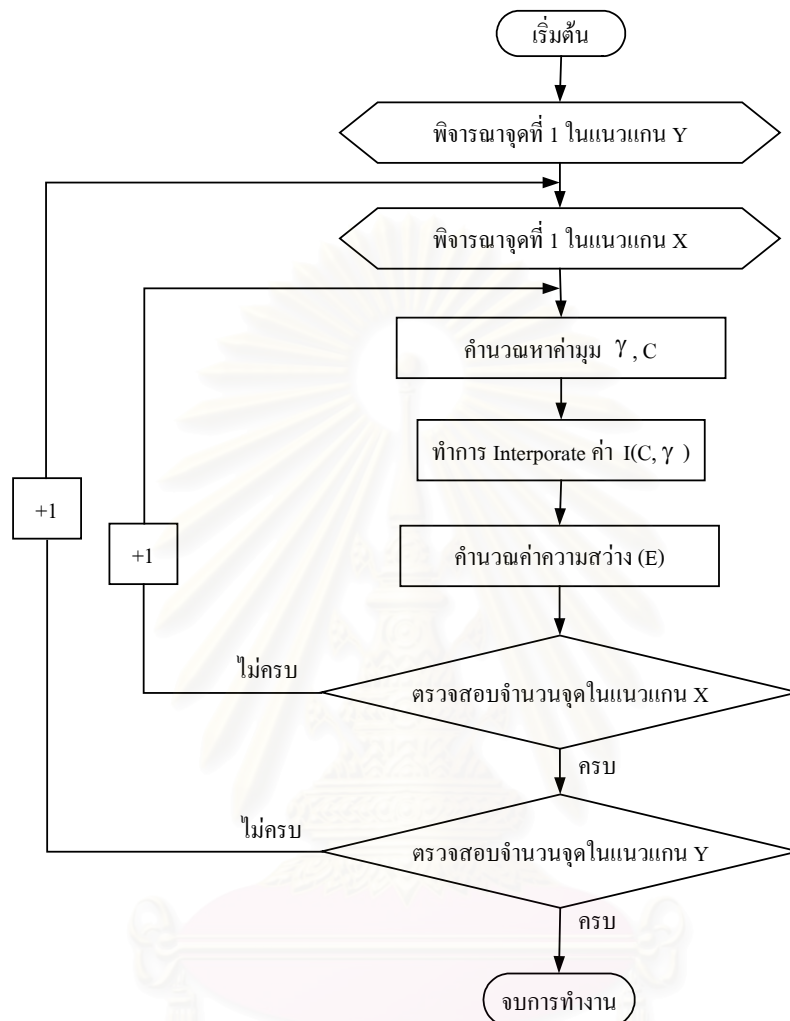


## 6.2.2.7 การนำเสนอข้อมูลในรูปกราฟ Luminance Yield Diagram



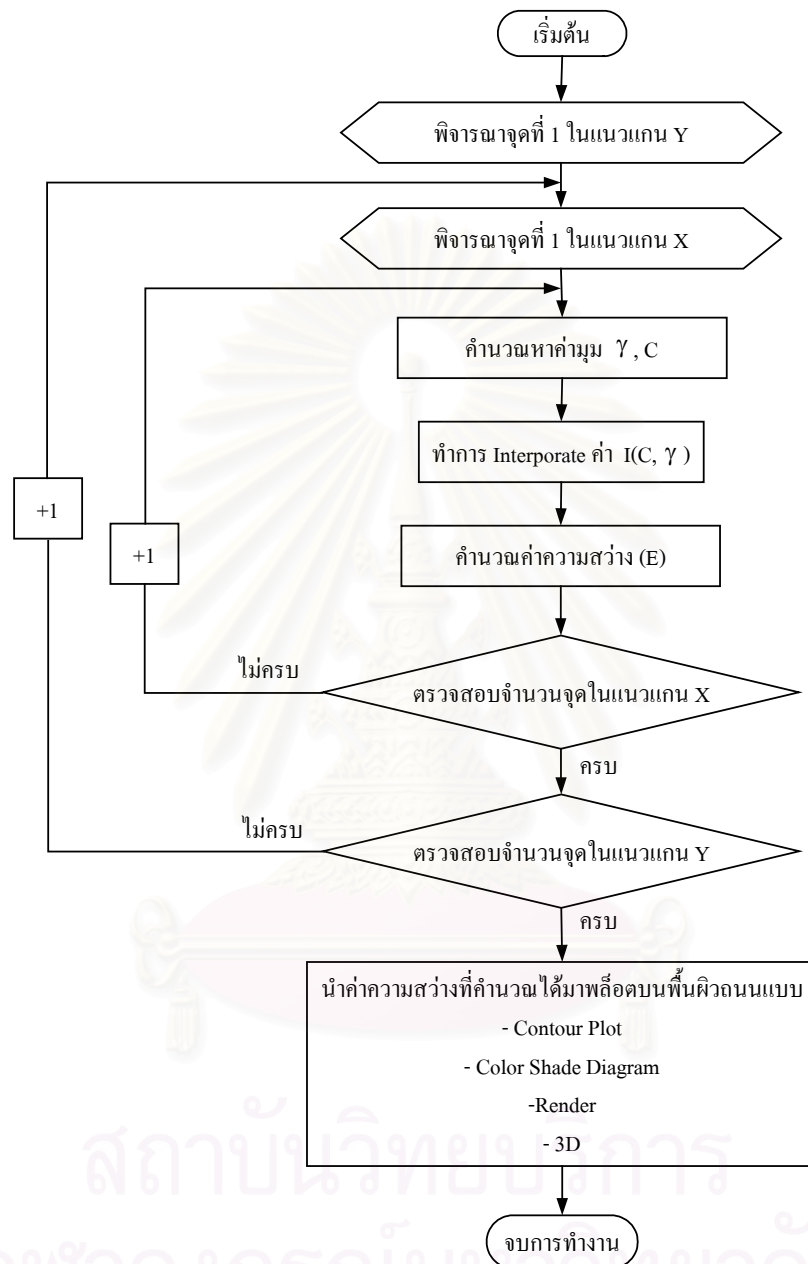
รูปที่ 6.10 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปกราฟ Luminance Yield Diagram

### 6.2.2.8 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางค่าความสว่างของดวงโคม (Illuminous Table)



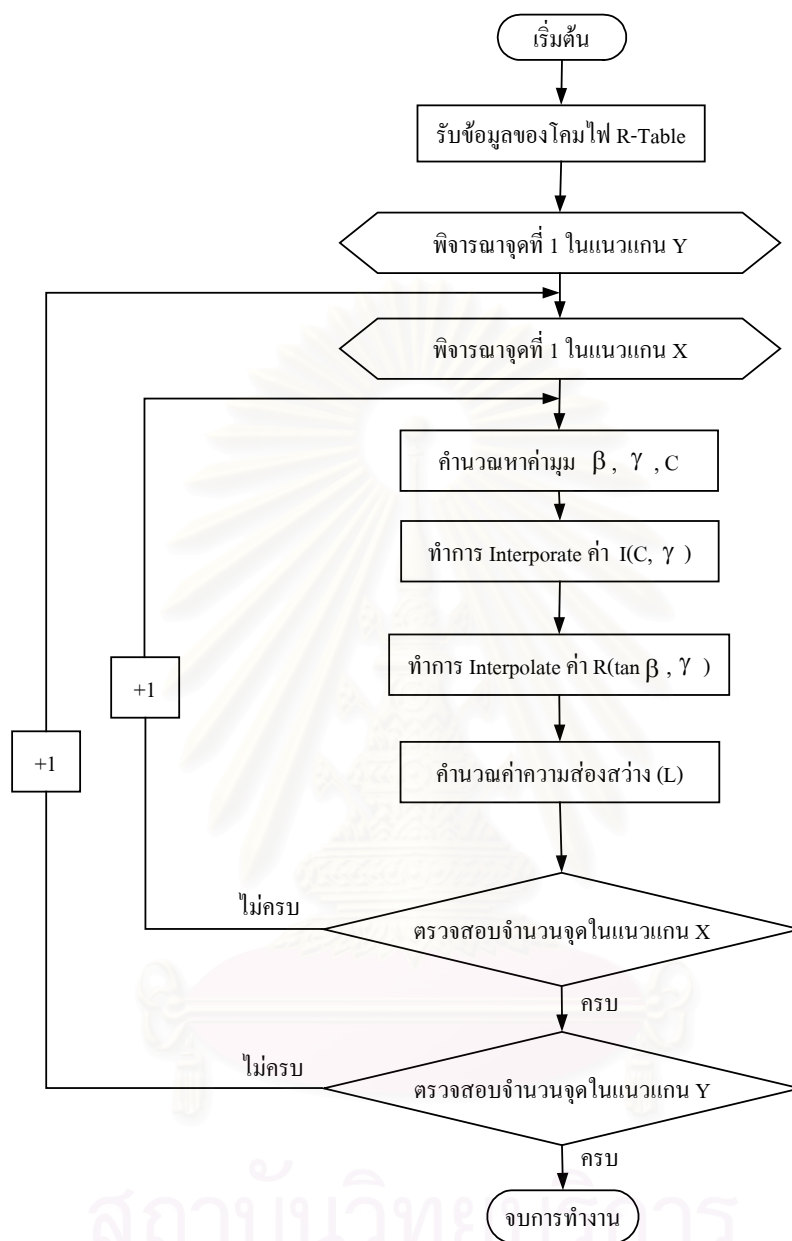
รูปที่ 6.11 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางค่าความสว่างของดวงโคม

### 6.2.2.9 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความสว่างเท่า (Iso-lux Diagram)



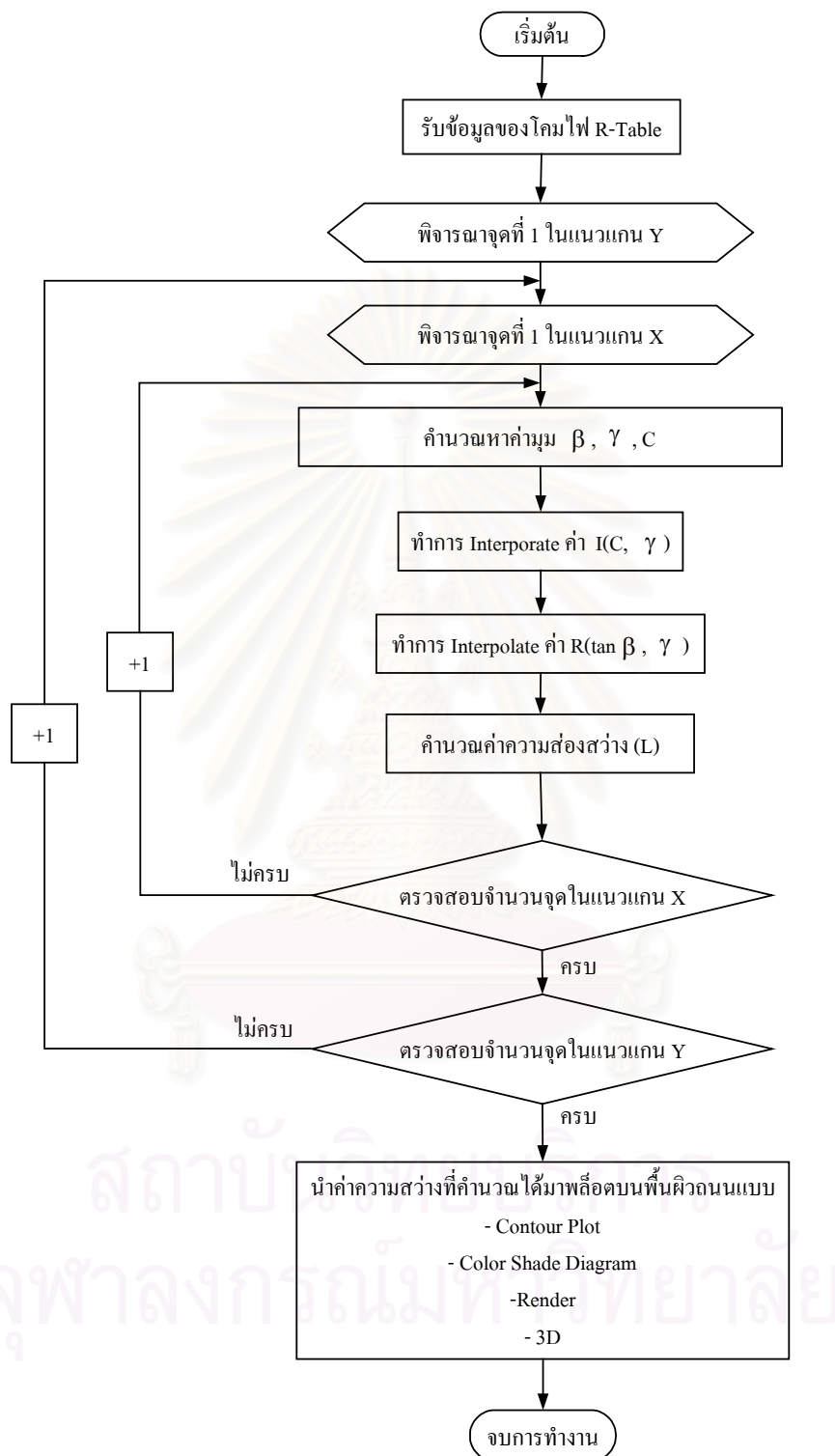
รูปที่ 6.12 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความสว่างเท่า

## 6.2.2.10 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางตารางค่าความส่องสว่างของดวงโคม (LuminousTable)



รูปที่ 6.13 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางตารางค่าความส่องสว่างของดวงโคม

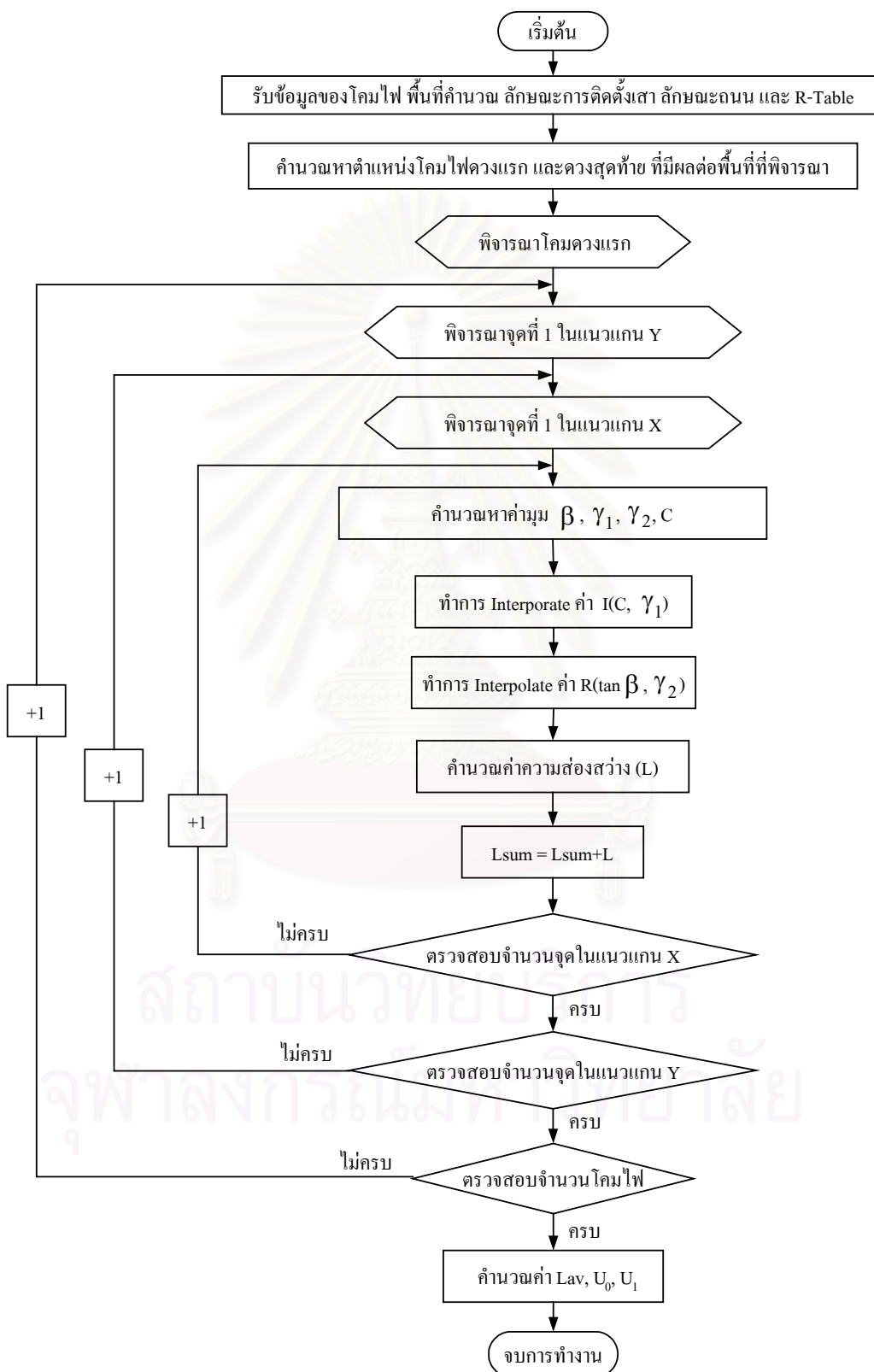
## 6.2.2.11 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความส่องสว่างเท่า (Isoluminous Diagram)



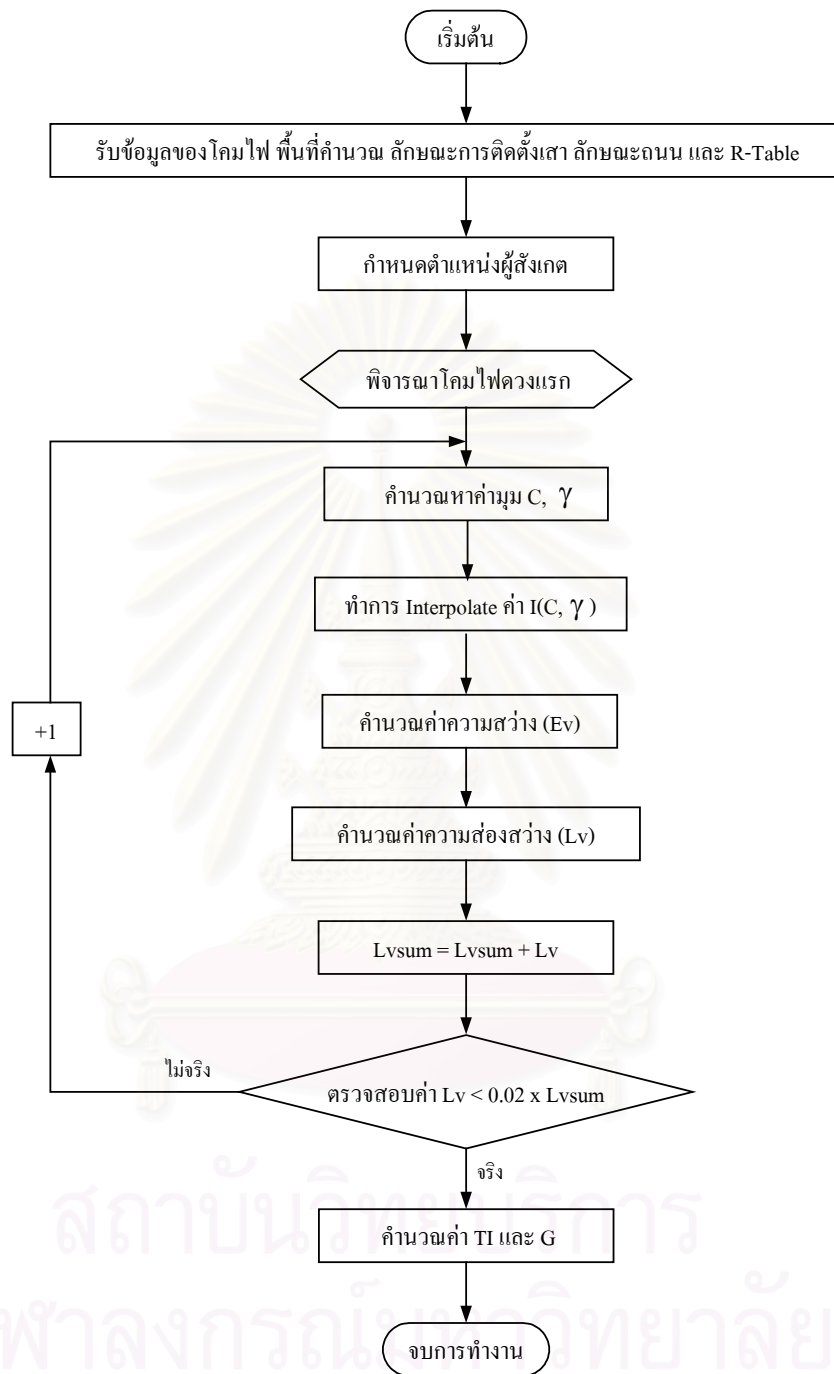
รูปที่ 6.14 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความส่องสว่างเท่า

6.2.2.12 การนำเสนอข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง (Installation performance data)

ข้อมูลทางด้านสมรรถนะของการติดตั้งมีทั้งหมด 5 ตัว คือ  $L_{av}$ ,  $U_0$ ,  $U_1$ ,  $G$  และ  $TI$

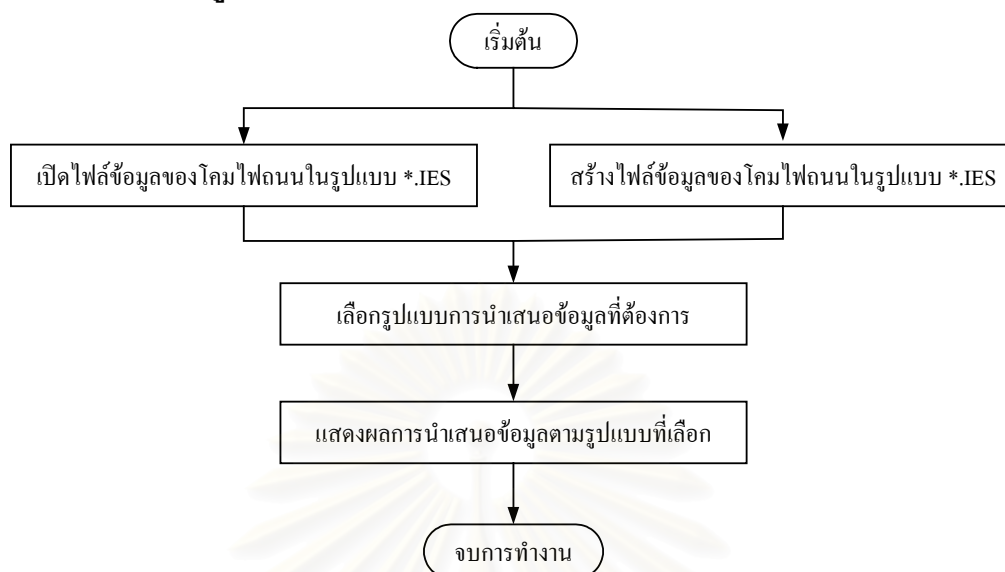


รูปที่ 6.15 แผนภาพแสดงการคำนวณ  $L_{av}$ ,  $U_0$  และ  $U_1$



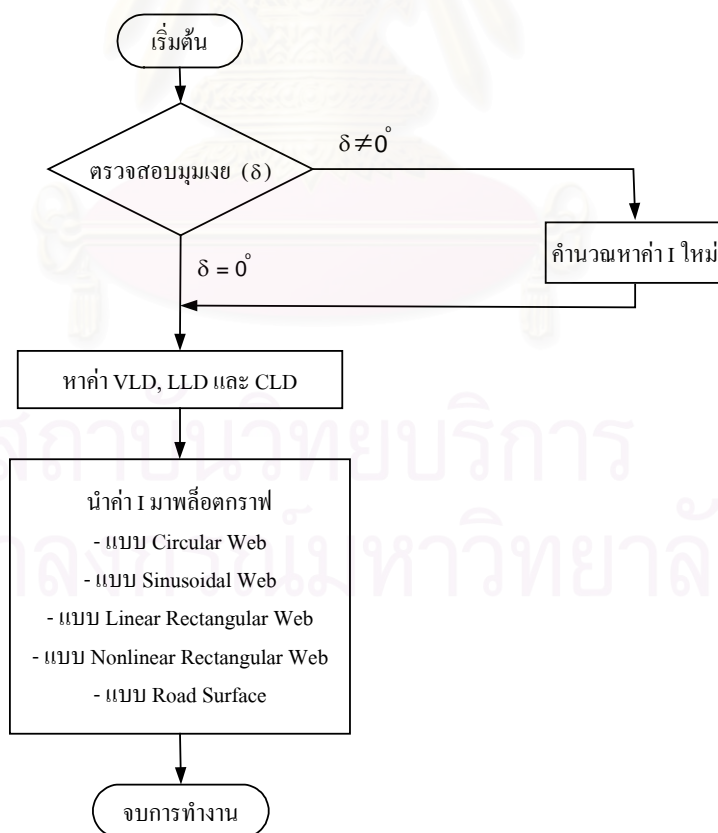
รูปที่ 6.16 แผนภาพแสดงการคำนวณ G และ TI

### 6.2.3 ส่วนนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ IES



รูปที่ 6.17 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในระบบ IES

#### 6.2.3.1 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (Isocandela Diagram and Candela Color Shade)



รูปที่ 6.18 แผนภาพแสดงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า



### 6.3 ส่วนแสดงผล (Display)

เป็นส่วนที่แสดงผลการคำนวณ โดยรูปแบบที่โปรแกรมจะแสดงผลตามมาตรฐาน CIE คือ

- ตารางแสดงข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง
- เส้นโค้งโพลาร์ที่ระนาบตั้งหลัก, ระนาบตั้งที่ขนานกับแนวถนน, ระนาบตั้งที่ตั้งฉากกับแนว

ถนน และผิวของกรวยหลัก

- ตารางแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคม
- Zonal Flux Diagram
- เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า 5 แบบ คือ แบบ Circular Web, แบบ Sinusoidal Web, แบบ

Linear Rectangular Web, แบบ Nonlinear Rectangular Web และแบบ Road Surface

- แสดงตารางและกราฟตัวประกอบการใช้ประโยชน์แสง
- ตารางค่าความสว่างจากดวงโคม 1 ชุด
- เส้นโค้งความสว่างเท่าแบบ Contour Plot, แบบ Color Shade Diagram, แบบ Render และ

แบบ 3D

- ตารางค่าความส่องสว่างจากดวงโคม 1 ชุด
- เส้นโค้งความส่องสว่างเท่าแบบ Contour Plot, แบบ Color Shade Diagram, แบบ Render

และ แบบ 3D

- ตารางด้านสมรรถนะของการติดตั้ง
- กราฟด้านสมรรถนะของการติดตั้ง

รูปแบบที่โปรแกรมจะแสดงผลตามมาตรฐาน IES คือ

- ตารางแสดงข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง
- เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า 5 แบบ คือ แบบ Circular Web, แบบ Sinusoidal Web, แบบ

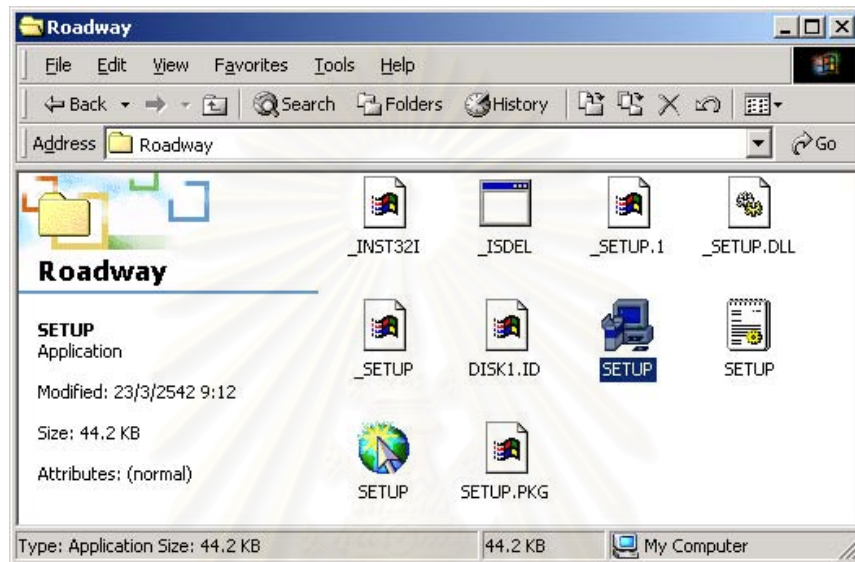
Linear Rectangular Web, แบบ Nonlinear Rectangular Web และแบบ Road Surface

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 7

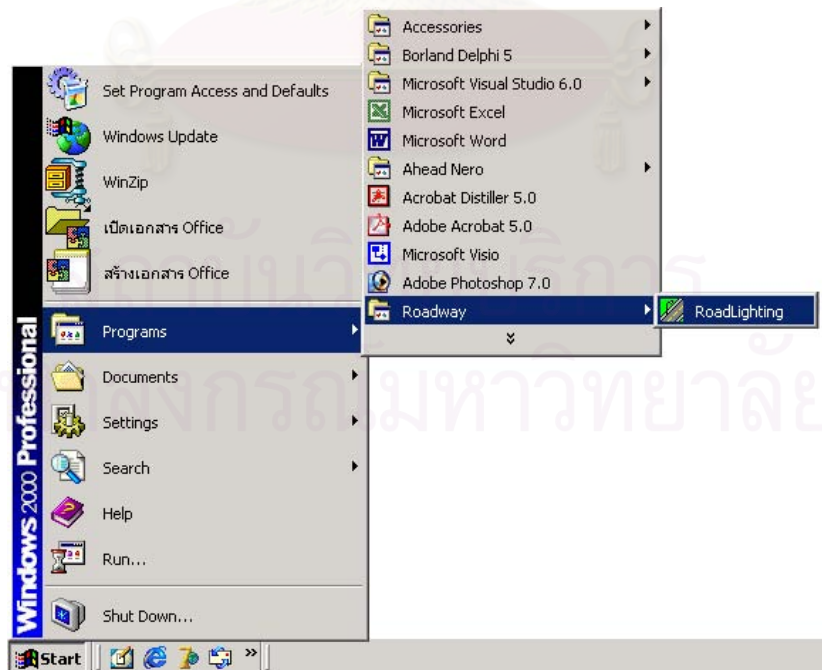
### ตัวอย่างการใช้โปรแกรมนำเสนอข้อมูลทางแสงของคอมพิวเตอร์

การใช้งานโปรแกรมนำเสนอข้อมูลทางแสงของคอมพิวเตอร์ทำได้โดยการ SETUP PROGRAM ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์



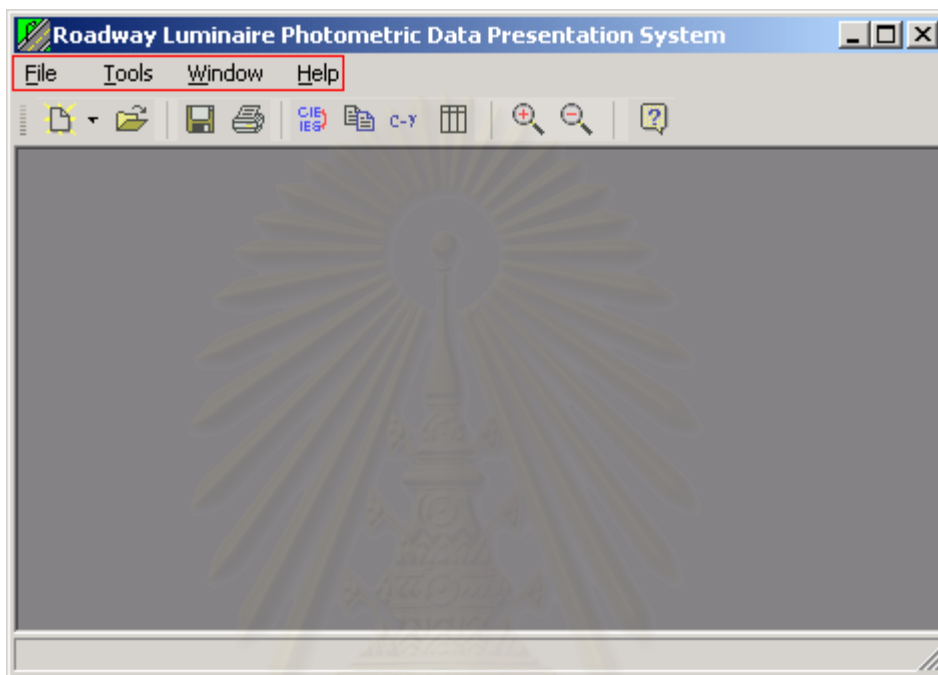
รูปที่ 7.1 ตัว SETUP ของโปรแกรม

หลังจากติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้วสามารถเรียกใช้งานได้เหมือนโปรแกรมทั่วไปแสดงดังรูปที่ 7.2



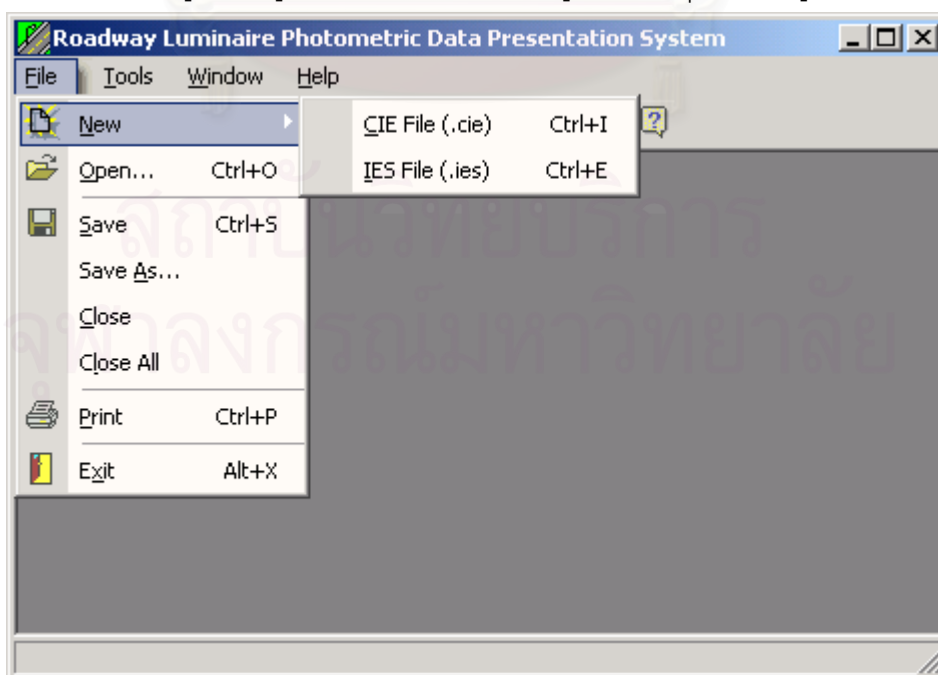
รูปที่ 7.2 แสดงตัวเรียกใช้งานโปรแกรม

โปรแกรมนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนเหมาะสมกับการใช้งานหน้าจอที่ความละเอียด 800 by 600 pixel ควรปรับความละเอียดหน้าจอให้เหมาะสมเพื่อความไม่ผิดเพี้ยนของโปรแกรม แล้วสามารถคลิก RoadLighting เพื่อเข้าสู่โปรแกรมนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างหลักดังรูปที่ 7.3 ซึ่งมีเมนูหลักคือ File, Tools, Windows และ Help ในแต่ละรายการจะแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.3 หน้าต่างหลักของโปรแกรม

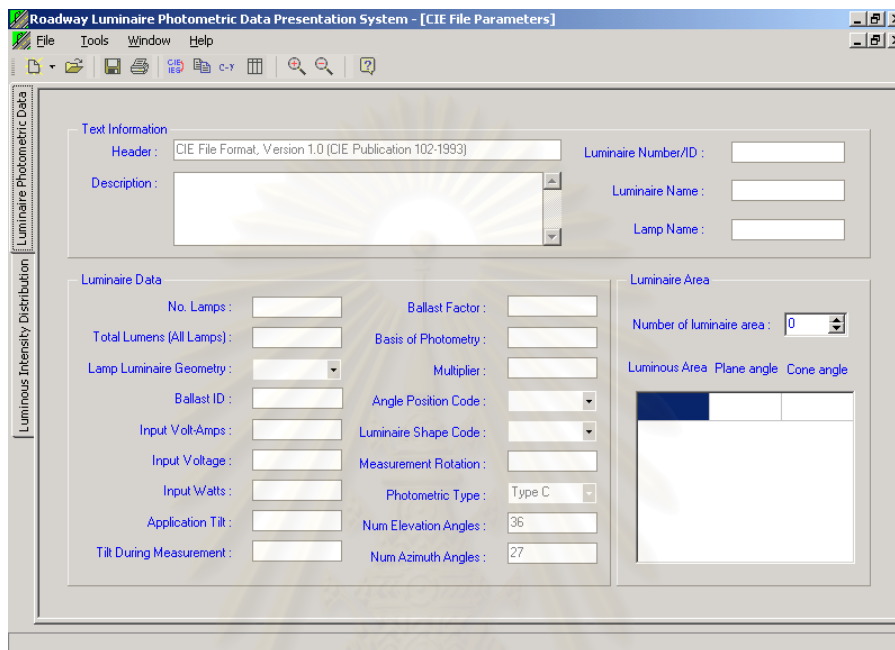
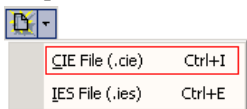
1. การใช้งาน File บนเมนูบาร์ดังรูปที่ 7.3 ประกอบด้วยเมนูย่อยต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู File

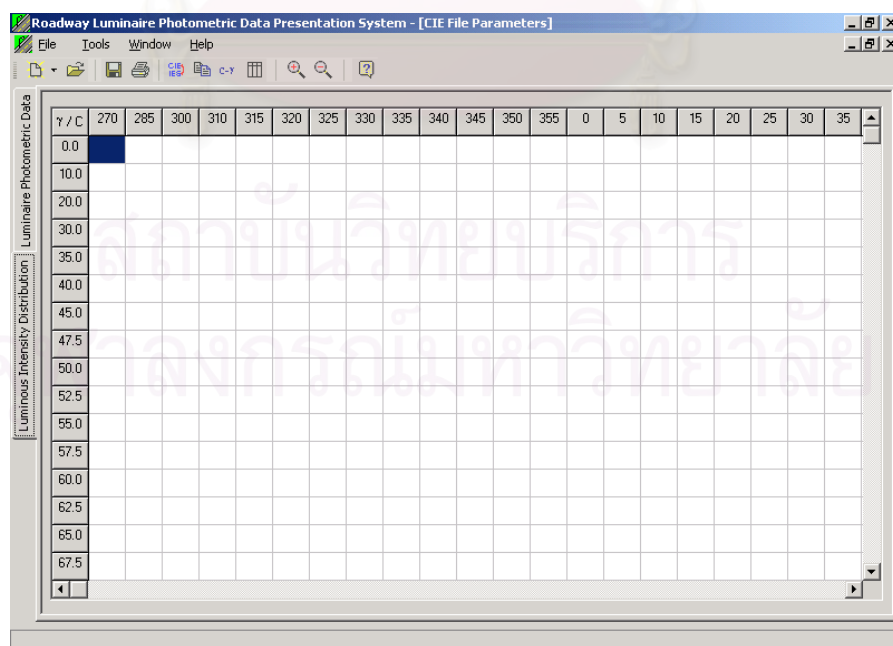
จากรูปที่ 7.4 เมื่อย่อยของเมนู File คือ New CIE File, New IES File, Open, Save, Save as, Close, Close All, Print และ Exit ในแต่ละรายการจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 New CIE File เป็นรายการที่ให้ผู้สร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ CIE โดยเมื่อคลิกเมนูย่อย New CIE File หรืออาจคลิกปุ่มลัด จะปรากฏดังรูปที่ 7.5 และรูปที่ 7.6




รูปที่ 7.5 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ CIE ในส่วน

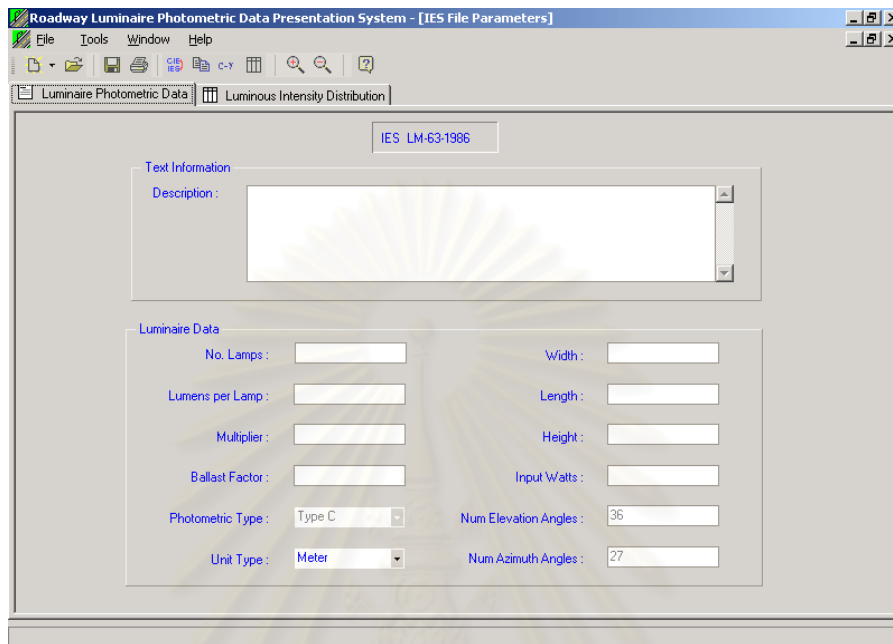
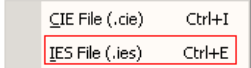
Luminaire Photometric Data



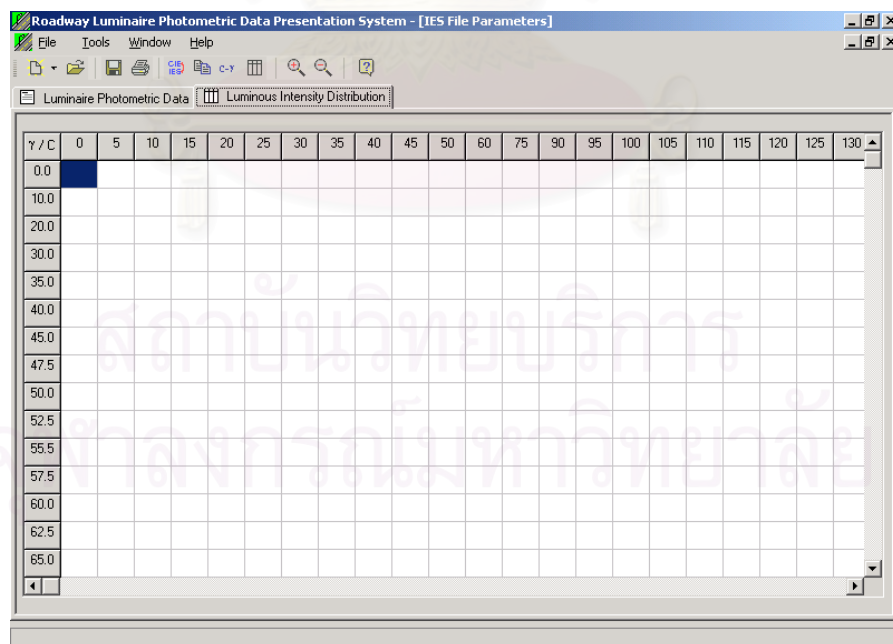
รูปที่ 7.6 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ CIE ในส่วน

Luminous Intensity Distribution


1.2 New IES File เป็นรายการที่ให้ผู้สร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ IES โดยเมื่อคลิกเมนูย่อย New IES File หรืออาจคลิกปุ่มลัด  จะปรากฏดังรูปที่ 7.7 และรูปที่ 7.8

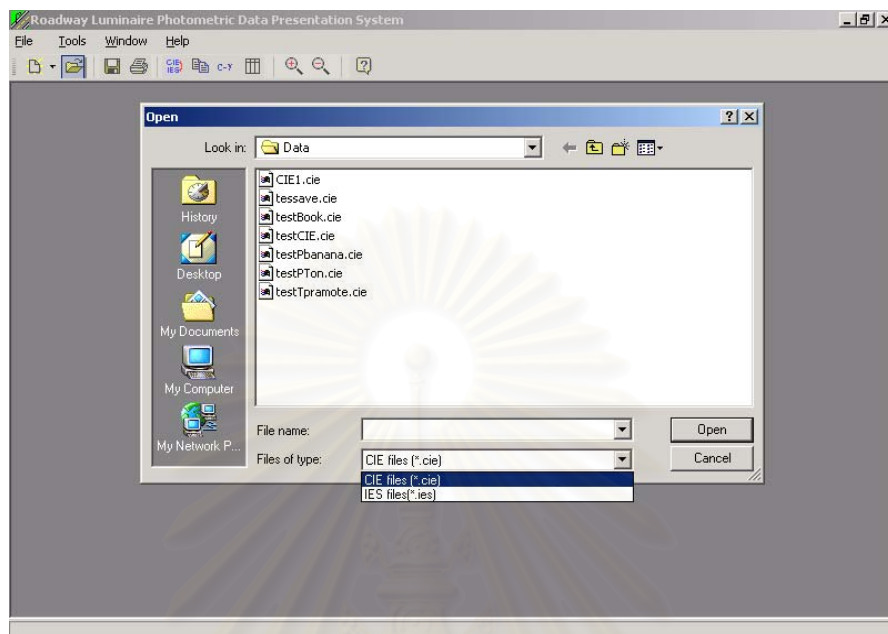


รูปที่ 7.7 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ IES ในส่วน Luminaire Photometric Data



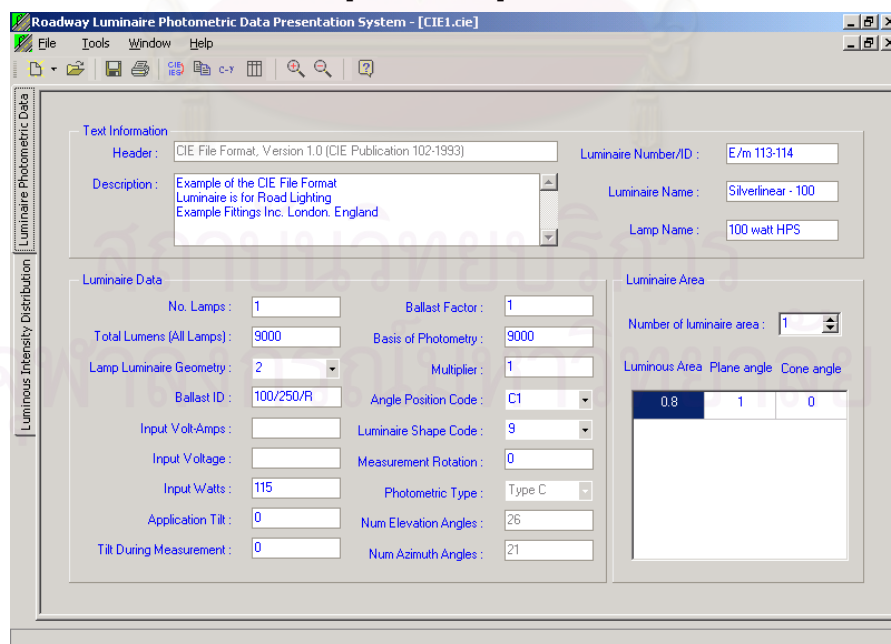
รูปที่ 7.8 หน้าต่างในส่วนของการสร้างไฟล์ใหม่ตามมาตรฐานของ IES ในส่วน Luminous Intensity Distribution

1.3 Open เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานข้อมูลทางแสงของดวงโคม และนำมาแสดงผลการนำเสนอข้อมูล โดยเมื่อคลิกเมนูย่อย Open ในรูปที่ 7.4 หรือคลิกปุ่ม  จะปรากฏดังรูปที่ 7.9



รูปที่ 7.9 หน้าต่างแสดงการเปิดไฟล์ข้อมูล

ในการเปิดไฟล์ข้อมูลสามารถเลือกเปิดได้ทั้งไฟล์ในระบบ CIE หรือ ระบบ IES โดยการเลือกที่ Files of type: ดังแสดงในรูปที่ 7.9 เมื่อเลือกเปิดไฟล์ในระบบ CIE จะได้ดังรูปที่ 7.10 และรูปที่ 7.11 แต่ถ้าเลือกเปิดไฟล์ในระบบ IES จะได้ดังรูป 7.12 และรูปที่ 7.13



รูปที่ 7.10 หน้าต่างย่อยแสดง Luminaire Photometric Data ระบบ CIE

Roadway Luminaire Photometric Data Presentation System - [CIE1.cie]

File Tools Window Help

Luminaire Photometric Data

$\gamma / C$	270	275	285	295	305	315	325	335	345	355	0	5	15	25	35	45	55		
0.0	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1
5.0	1765	1768	1782	1780	1825	1850	1889	1938	1997	2058	2086	2113	2165	2197	2248	2269	2280	2280	2
15.0	1549	1546	1534	1506	1537	1609	1688	1800	1961	2145	2237	2330	2534	2757	2829	2860	2761	2	2
25.0	1442	1438	1412	1389	1405	1416	1450	1597	1804	2068	2260	2478	2970	3469	3519	3459	3431	3	3
35.0	1477	1470	1416	1332	1268	1201	1216	1382	1749	2313	2592	2890	3610	4353	4569	4817	4538	4	4
42.0	1333	1326	1280	1218	1152	1102	1116	1274	1728	2640	3141	3617	4319	4538	4738	5400	5435	4	4
55.0	856	863	917	932	900	832	888	1114	1749	2806	3351	3911	4921	5702	5926	6046	5674	3	3
60.0	653	659	711	709	691	680	729	933	1476	2501	3002	3626	5631	7560	6703	6439	4193	2	2
62.5	571	575	608	611	604	617	663	860	1338	2493	2928	3571	6408	8604	6783	5494	3135	1	1
64.5	512	516	541	551	548	573	631	793	1229	2421	2760	3410	7095	9280	6712	4745	2542	1	1
65.0	499	503	527	536	535	561	619	776	1201	2336	2672	3330	7053	9261	6615	4558	2437	1	1
67.5	440	443	464	472	476	517	577	696	1050	1906	2326	3031	6159	8172	5758	3785	2141	1	1
70.0	392	395	411	417	428	473	528	624	867	1453	1938	2588	4471	6174	4565	3123	1904	1	1
72.5	347	349	361	368	384	421	464	515	637	1096	1532	2012	2841	3201	2546	2189	1553	1	1
75.0	309	312	324	328	348	371	405	444	532	921	1136	1346	1722	1752	1536	1358	1105	1	1
77.5	280	281	293	295	311	340	355	381	429	672	735	800	1066	1118	952	889	737	1	1

Luminaire Photometric Data

Luminous Intensity Distribution

รูปที่ 7.11 หน้าต่างย่อยแสดง Luminous Intensity Distribution ระบบ CIE

Roadway Luminaire Photometric Data Presentation System - [H53400C.IES]

File Tools Window Help

Luminaire Photometric Data

Luminous Intensity Distribution

IES LM-63-1986

Text Information

Description : 05  
HS3.400 C CUT-OFF  
01  
400 W OSRAM HIGH PRESSURE SODIUM

Luminaire Data

No. Lamps : 1 Width : .6

Lumens per Lamp : 1000 Length : 8

Multiplier : 1 Height : 0

Ballast Factor : 1 Input Watts : 400

Photometric Type : Type C Num Elevation Angles : 36


Unit Type : Meter Num Azimuth Angles : 27

รูปที่ 7.12 หน้าต่างย่อยแสดง Luminaire Photometric Data ระบบ IES

The screenshot shows a software window titled "Roadway Luminaire Photometric Data Presentation System - [HS3400C.IES]". The window contains a menu bar (File, Tools, Window, Help) and a toolbar. Below the toolbar, there are two tabs: "Luminaire Photometric Data" and "Luminous Intensity Distribution". The "Luminous Intensity Distribution" tab is active, displaying a table of luminous intensity values.

$\gamma / C$	0	15	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	
0.0	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
10.0	166	166	169	170	170	169	167	166	164	162	160	158	155	153	151	149	147	145	143	141	139	
20.0	170	179	184	182	182	182	182	182	181	179	176	173	170	166	164	162	159	156	153	149	145	
30.0	142	156	165	174	174	174	173	172	165	161	159	158	161	164	166	169	167	165	156	147	140	
35.0	131	141	153	158	160	162	174	187	201	215	209	204	197	190	194	194	188	182	173	164	155	
40.0	123	125	140	136	138	143	186	217	236	246	242	235	227	216	216	214	211	207	200	192	182	
45.0	116	126	137	144	153	165	188	207	224	238	247	253	247	241	234	227	216	206	196	186	178	
47.5	115	126	136	155	160	161	189	211	226	237	240	243	247	251	243	233	218	204	195	186	177	
50.0	111	125	135	171	170	174	187	201	218	237	247	256	262	267	253	238	220	203	189	177	171	
52.5	106	123	135	157	166	173	185	200	220	239	257	274	280	286	265	244	222	202	185	170	161	
55.0	100	121	135	135	152	169	185	199	219	242	268	297	308	306	276	249	224	200	180	163	152	
57.5	89	110	130	140	146	151	167	190	228	263	297	328	320	312	277	247	226	204	182	159	147	
60.0	77	98	121	137	139	137	154	181	237	286	329	365	349	322	286	241	226	211	182	158	142	
62.5	65	85	103	117	123	128	146	174	246	311	366	413	375	336	276	202	190	180	163	147	132	
65.0	52	70	87	102	111	121	141	167	257	337	408	469	421	353	267	162	152	142	135	130	121	


รูปที่ 7.13 หน้าต่างย่อยแสดง Luminous Intensity Distribution ระบบ IES

1.4 Save เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานบันทึกข้อมูลของดวงโคมทับข้อมูลของดวงโคมที่มีอยู่แล้วในกรณีที่มีการแก้ไขข้อมูล โดยเมื่อคลิกเมนูย่อย Save ในรูปที่ 7.4 หรือคลิกปุ่ม 

1.5 Save as... เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานบันทึกข้อมูลของดวงโคมโดยตั้งชื่อไฟล์ใหม่ โดยจะมีนามสกุลเป็น .cie หรือ .ies ขึ้นอยู่กับการเลือกกรอกข้อมูลว่าเป็นแบบระบบของ CIE (รูปที่ 7.10 และรูปที่ 7.11) หรือระบบของ IES (รูปที่ 7.12 และรูปที่ 7.13)

1.6 Close เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานปิดหน้าต่างย่อยที่เปิดแสดงอยู่ ณ ปัจจุบัน

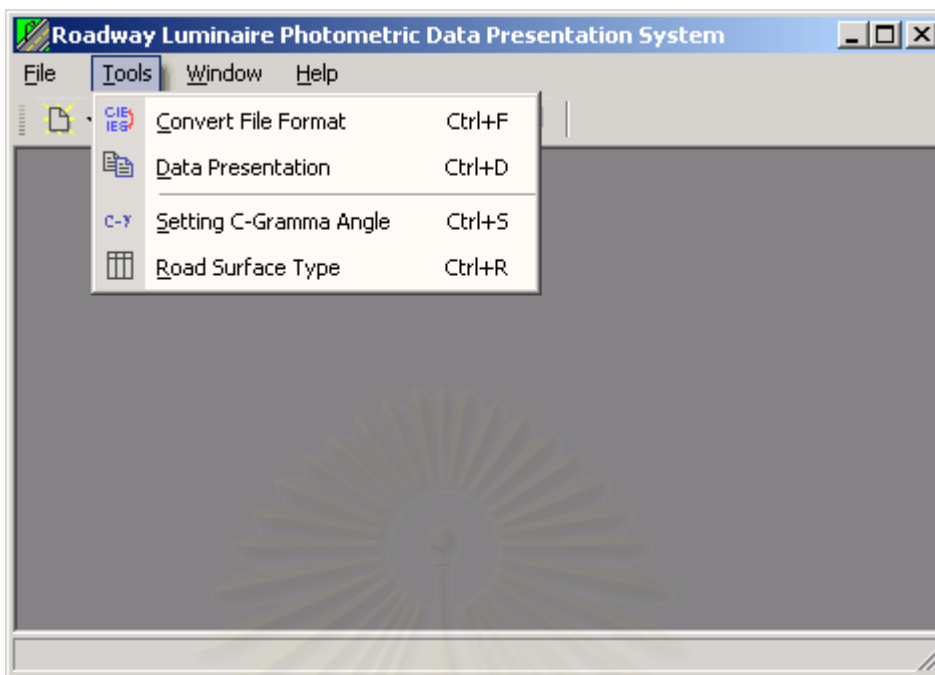
1.7 Close All เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานปิดหน้าต่างย่อยทั้งหมดที่เปิดขึ้นมา ซึ่งในการใช้งานไม่ควรเปิดหน้าต่างย่อยมากเกินไปเพราะอาจทำให้โปรแกรมประมวลผลผิดพลาดได้

1.8 Print เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานสามารถพิมพ์การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ทางเครื่องพิมพ์ได้ ซึ่งสามารถคลิกปุ่ม  ได้ โดยตัวอย่างการพิมพ์จะแสดงในภาคผนวก

1.9 Exit เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้งานเลือกในกรณีที่ต้องการเลิกใช้งานโปรแกรม


2. การใช้งาน Tools บนเมนูบาร์ดังรูปที่ 7.3 ประกอบด้วยเมนูย่อยต่าง ๆ ดังรูปที่ 7.14







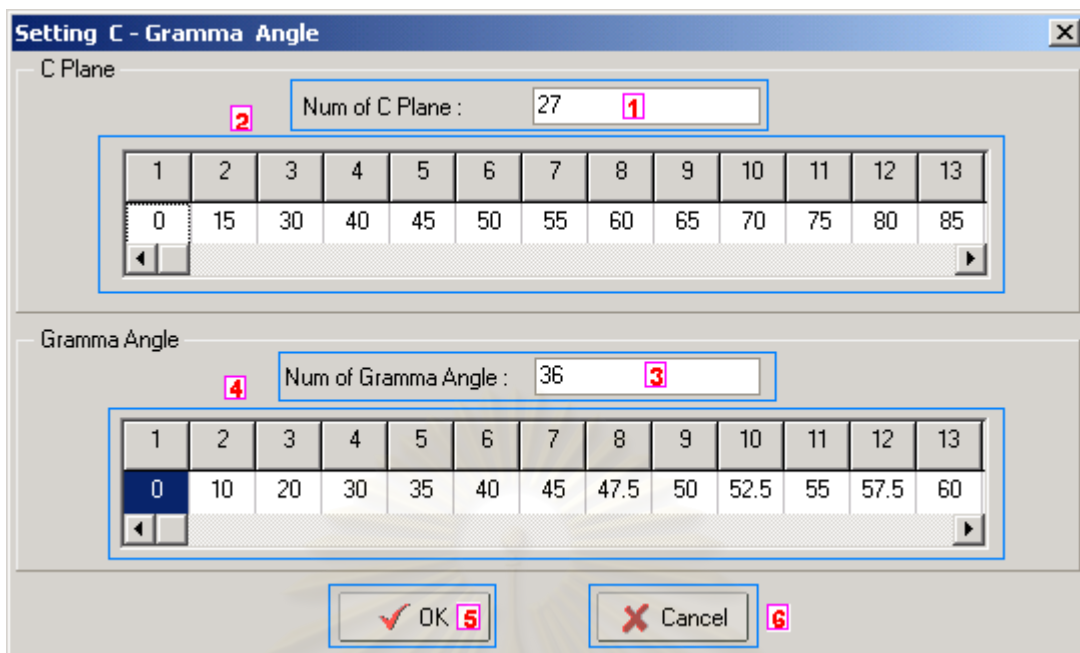
รูปที่ 7.14 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู Tools

จากรูปที่ 7.14 เมื่อย่อยของเมนู Tools คือ Convert File Format, Data Presentation, Setting C-Gamma Angle และ Road Surface Type ในแต่ละรายการจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 Convert File Format เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้ในการแปลงข้อมูลระหว่าง 2 ระบบ คือ ระบบ CIE หรือ ระบบ IES ในการใช้งานสามารถใช้ได้โดยการเปิดไฟล์ในฟอร์แมต CIE หรือ IES ซึ่งเป็นไฟล์ฟอร์แมตที่มีอยู่ หลังจากนั้นก็คลิกปุ่มนี้ก็จะแสดงผลไฟล์อีกฟอร์แมตหนึ่งขึ้นมา จะแสดงอยู่ในตัวอย่างที่กล่าวถึงถัดไป นอกจากคลิกปุ่มนี้แล้วยังสามารถคลิกปุ่มลด  หรือกด Ctrl+F ได้


2.2 Data Presentation เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้ในการดูการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน ในการแสดงผลจะแสดงผลตามฟอร์แมตที่ผู้ใช้เปิด เช่น ผู้ใช้เปิดไฟล์ในระบบ IES เมื่อคลิกปุ่มนี้ก็จะแสดงผลการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนตามระบบ IES จะแสดงอยู่ในตัวอย่างที่จะกล่าวถึงถัดไป นอกจากคลิกปุ่มนี้แล้วยังสามารถคลิกปุ่มลด  หรือกด Ctrl+D ได้

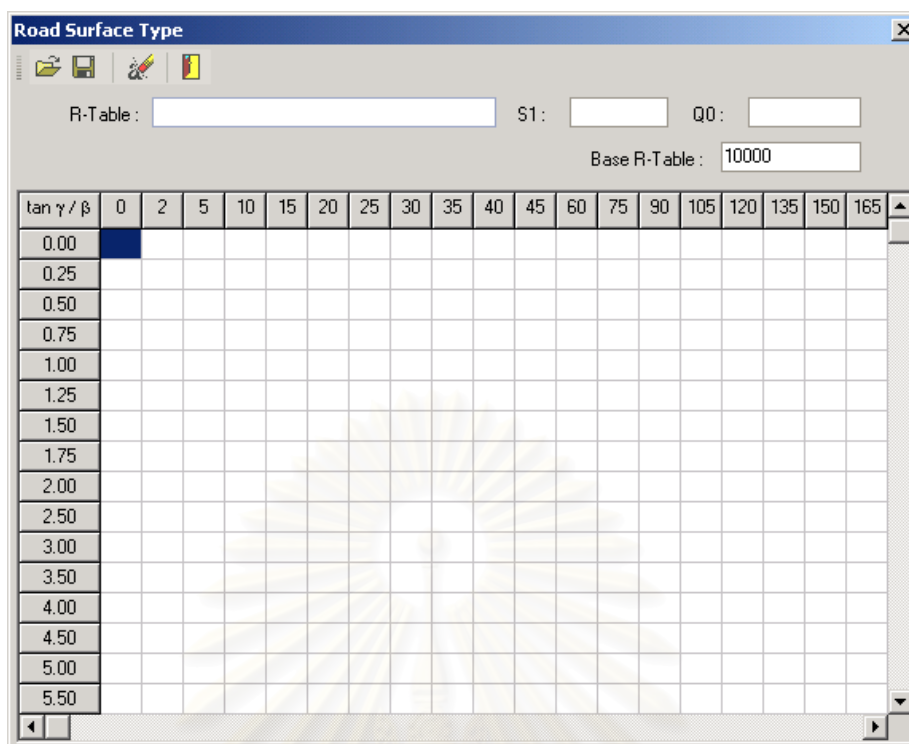
2.3 Setting C-Gamma Angle เป็นรายการที่ให้ผู้ใช้ในการกรณีที่สร้างไฟล์ใหม่ตามระบบของ CIE หรือระบบ IES ซึ่งข้อมูลทางแสงของดวงโคมที่ผู้ใช้มีอยู่นั้นระนาบ C หรือมุม  $\gamma$  อาจไม่ตรงกับค่าในตารางดังรูปที่ 7.6 ผู้ใช้สามารถเซตค่าในตารางใหม่ได้โดยคลิกที่ปุ่มนี้ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 7.15 นอกจากคลิกปุ่มนี้แล้วยังสามารถคลิกปุ่มลด  หรือกด Ctrl+S ได้







รูปที่ 7.15 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Setting C-Gamma Angle


- 2.3.1 1 ในรูปที่ 7.15 เป็นช่องใส่จำนวนของระนาบ C
- 2.3.2 2 ในรูปที่ 7.15 เป็นตารางใส่ค่าระนาบ C ตามที่ผู้ใช้ต้องการ
- 2.3.3 3 ในรูปที่ 7.15 เป็นช่องใส่จำนวนของมุม  $\gamma$
- 2.3.4 4 ในรูปที่ 7.15 เป็นตารางใส่ค่ามุม  $\gamma$  ตามที่ผู้ใช้ต้องการ
- 2.3.5 5 ปุ่มนี้จะทำให้ระนาบ C และมุม  $\gamma$  ในรูปที่ 7.11 และ รูปที่ 7.13 เปลี่ยนไป
- 2.3.6 6 ปุ่มนี้เป็นปุ่มยกเลิก


2.4 Road Surface Type เป็นรายการที่ให้ผู้สร้างไฟล์ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของพื้นผิวถนนดังกล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของพื้นผิวถนนนี้จำเป็นต้องนำไปใช้ในกรณีที่ใช้เลือกการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าความส่องสว่างของพื้นถนน เมื่อคลิกปุ่มนี้ หรือปุ่มลัด  จะแสดงดังรูปที่ 7.16



รูปที่ 7.16 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Road Surface Type

เมนูบนหน้าต่างย่อย Road Surface Type มีทั้งหมด 4 ปุ่ม คือ  Open,  Save,  Clear และ  Close

2.4.1  Open เป็นรายการย่อยสำหรับเปิดไฟล์ที่เกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของพื้นถนนซึ่งมีนามสกุล .rbt

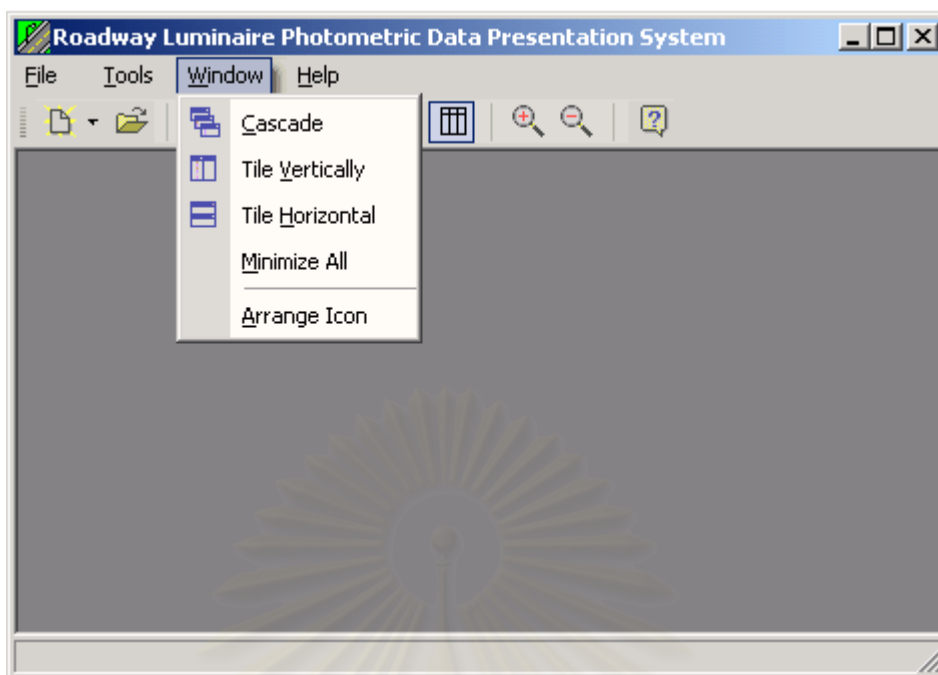
2.4.2  Save เป็นรายการย่อยสำหรับบันทึกไฟล์ที่เกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของพื้นถนนซึ่งจะบันทึกไฟล์มีนามสกุล .rbt

2.4.3  Clear เป็นรายการย่อยสำหรับเคลียร์ค่าในตารางเพื่อสร้างไฟล์ใหม่

2.4.4  Close เป็นรายการย่อยสำหรับการออกจากหน้าต่างย่อยรูปที่ 7.16

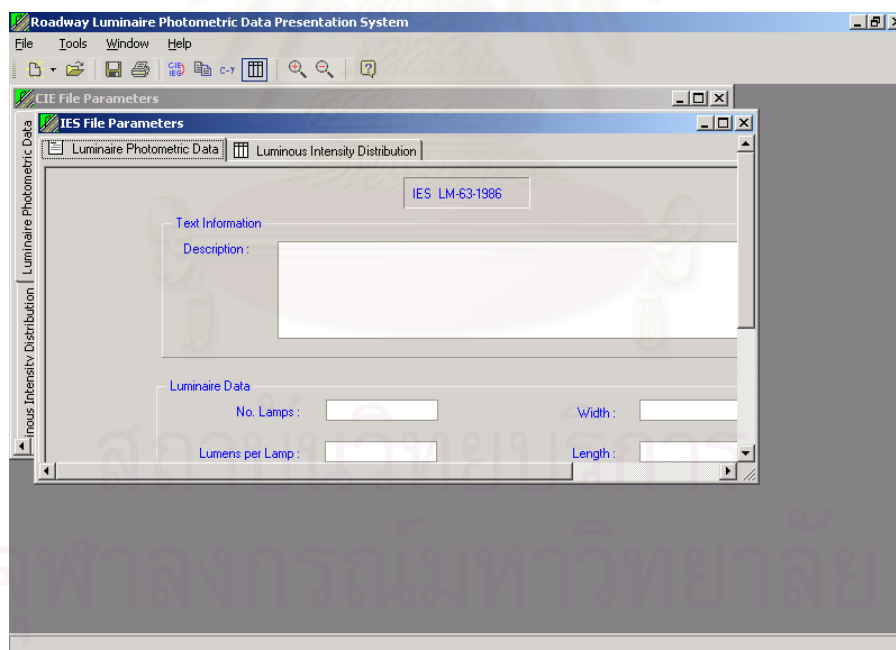
3. การใช้งาน Window บนเมนูบาร์ดังรูปที่ 7.13 ประกอบด้วยเมนูย่อยต่าง ๆ ดังรูปที่ 7.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



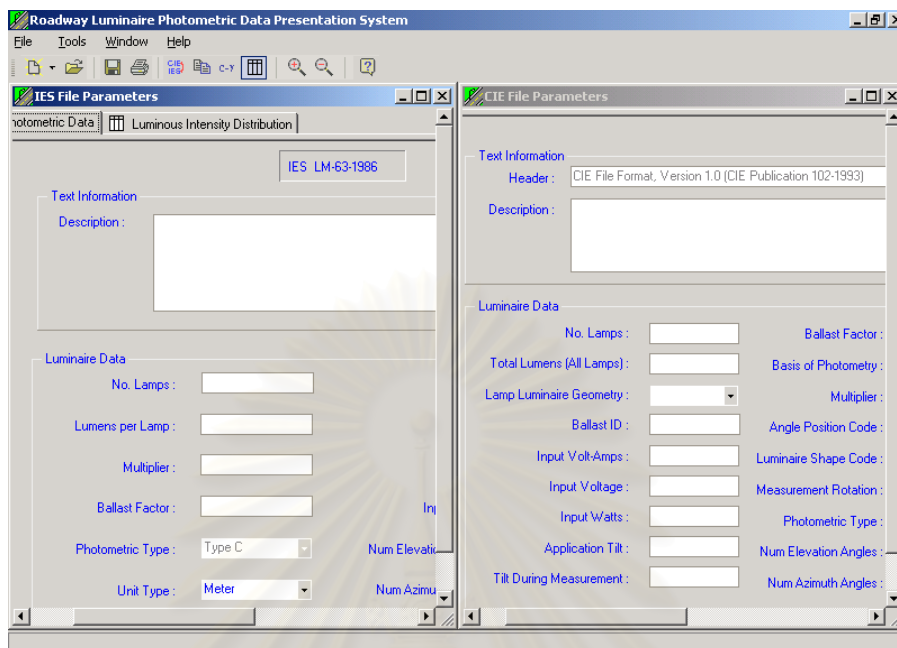
รูปที่ 7.17 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู Window

3.1 Cascade เป็นการสั่งให้หน้าต่างที่แสดงวางเรียงลำดับในลักษณะซ้อนเหลื่อมกันไปแสดง ดังรูปที่ 7.18



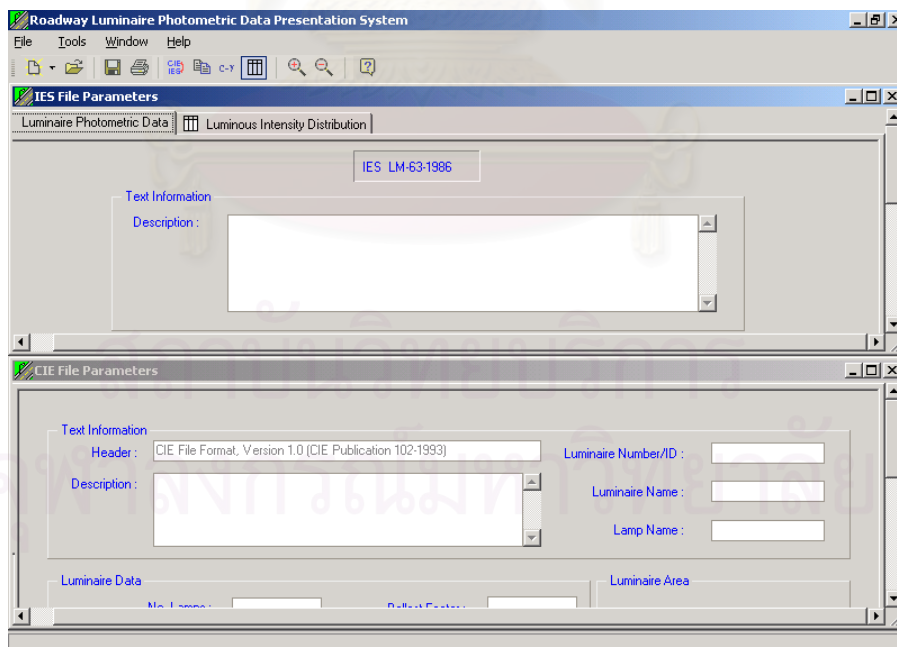
รูปที่ 7.18 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Cascade

3.2 Tile Vertical เป็นการสั่งให้หน้าต่างที่แสดงวางเรียงลำดับในลักษณะเต็มพื้นที่ และไม่ทับซ้อนกันในแนวตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 7.19



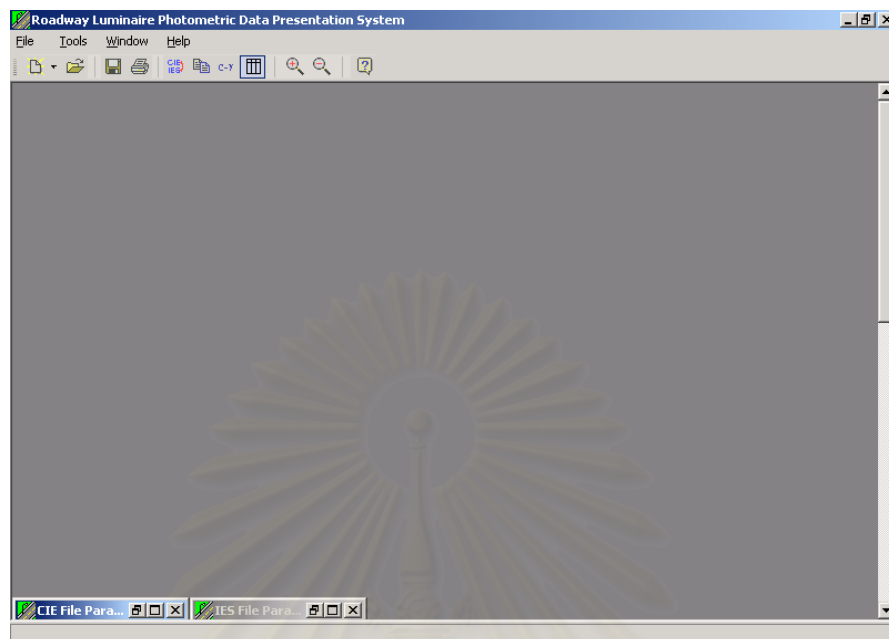
รูปที่ 7.19 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Tile Vertical

3.3 Tile Horizontal เป็นการสั่งให้หน้าต่างที่แสดงวางเรียงลำดับในลักษณะเต็มพื้นที่ และไม่ทับซ้อนกันในแนวนอน แสดงดังรูปที่ 7.20



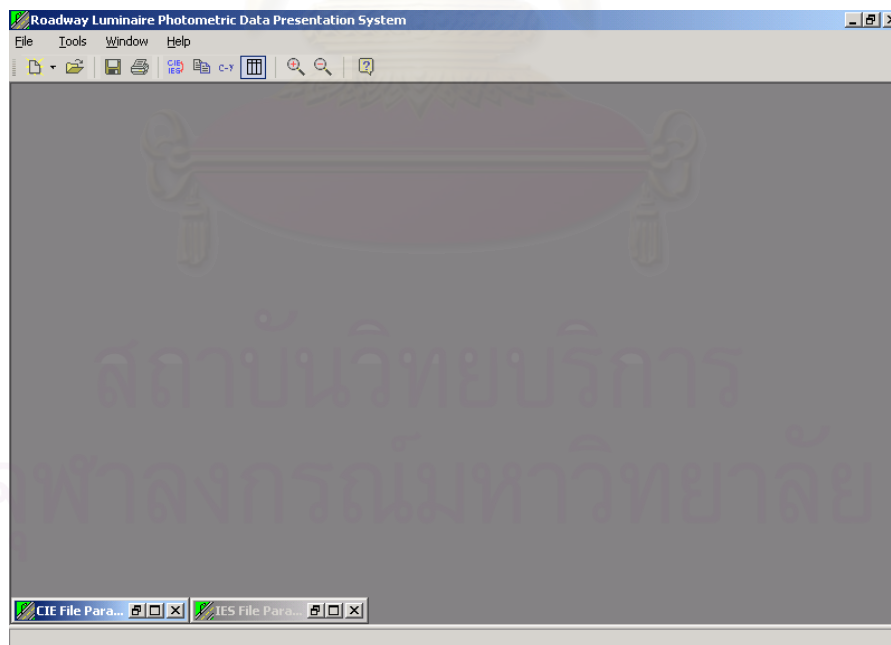
รูปที่ 7.20 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Tile Horizontal

3.4 Minimize All เป็นรายการสั่งให้หน้าต่างที่แสดงลดขนาดทุกหน้าต่างลงไปเป็นไอคอนแสดงดังรูปที่ 7.21



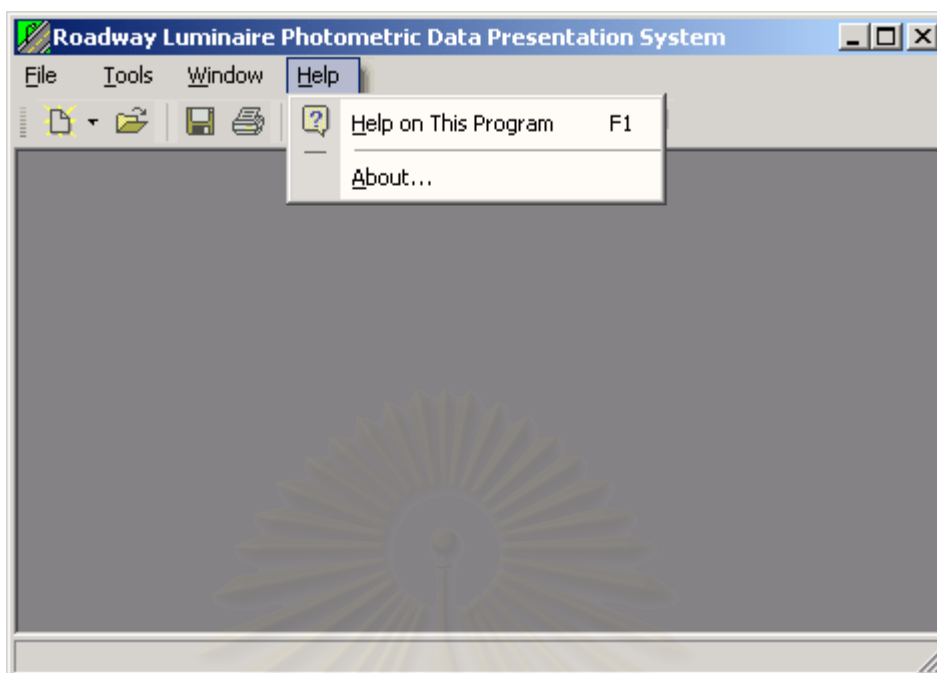
รูปที่ 7.21 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Minimize All

3.5 Arrange Icon เป็นการสั่งให้จัดเรียงหน้าต่างที่ลดขนาดลงไปเป็นไอคอนให้เป็นระเบียบแสดงดังรูปที่ 7.22




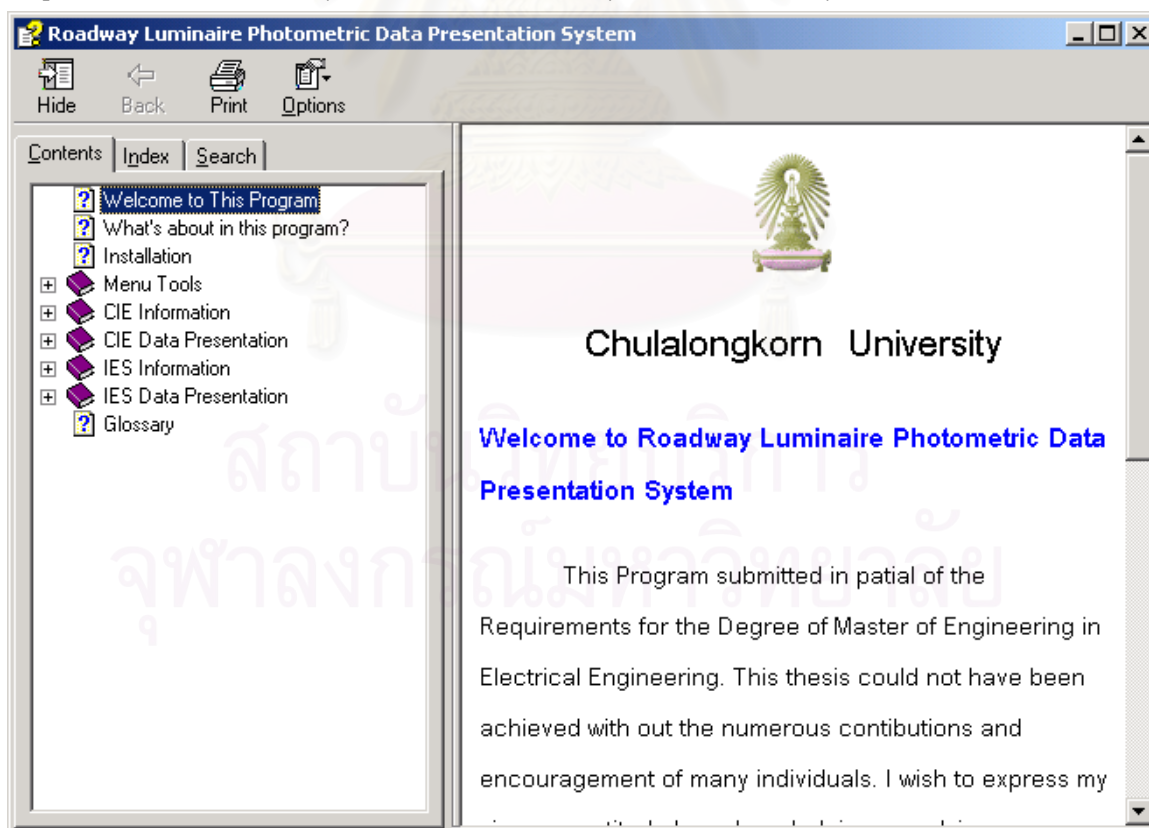
รูปที่ 7.22 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Arrange Icon

4. การใช้งาน Help บนเมนูบาร์ดังรูปที่ 7.13 ประกอบด้วยเมนูย่อยต่าง ๆ ดังรูปที่ 7.23



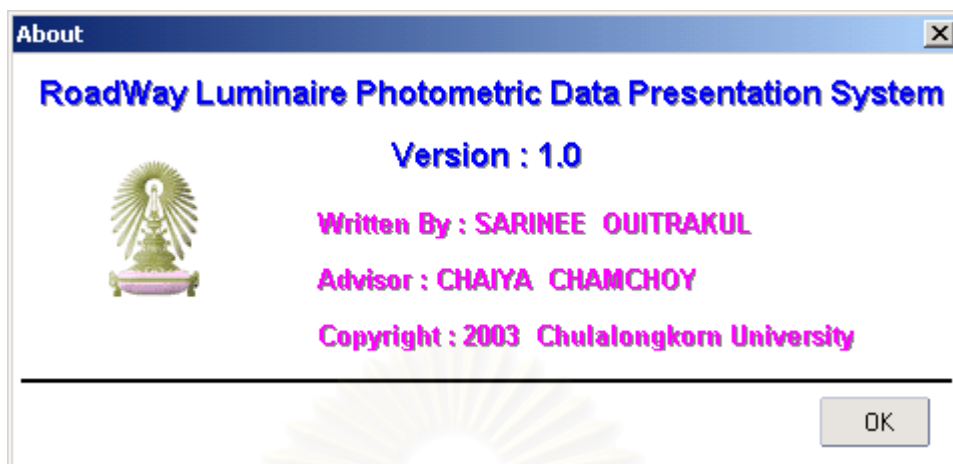
รูปที่ 7.23 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนู Help

4.1 Help on this Program เป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้ใช้งานทราบถึงรายละเอียดของโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 7.24 นอกจากคลิกปุ่มนี้แล้วยังสามารถคลิกปุ่มลัด  หรือกดปุ่ม F1 ได้



รูปที่ 7.24 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย Help on this program

4.2 About เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 7.25



รูปที่ 7.25 หน้าต่างเมื่อเลือกเมนูย่อย About

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน แบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญคือ

- การแปลงข้อมูลระหว่าง 2 ระบบ (ระบบ CIE และ ระบบ IES)
- การนำเสนอข้อมูลตามระบบ CIE
- การนำเสนอข้อมูลตามระบบ IES

## 7.1 การแปลงข้อมูลระหว่าง 2 ระบบ

### 7.1.1 การแปลงข้อมูลจากระบบ CIE เป็นระบบ IES

เปิดไฟล์ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนตามระบบ CIE (ข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก ก ) แสดงดังรูปที่ 7.26 และ รูปที่ 7.27

รูปที่ 7.26 หน้าต่างแสดงตัวอย่าง Luminaire Photometric Data ในระบบ CIE



$\gamma / C$	270	275	285	295	305	315	325	335	345	355	0	5	15	25	35	45	55
0.0	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5
5.0	884.5	884	891	890	912.5	925	944.5	969	998.5	1029	1043	1056.5	1082.5	1098.5	1124	1134.5	1140
15.0	774.5	773	767	753	768.5	804.5	844	900	980.5	1072.5	1118.5	1165	1267	1378.5	1414.5	1430	1380.5
25.0	721	719	706	694.5	702.5	708	725	798.5	902	1034	1130	1239	1485	1734.5	1759.5	1729.5	1715.5
35.0	738.5	735	708	666	634	605	608	691	874.5	1156.5	1296	1445	1805	2176.5	2284.5	2408.5	2269
42.0	666.5	663	640	609	576	551	558	637	864	1320	1570.5	1808.5	2159.5	2269	2369	2700	2717.5
55.0	428	431.5	458.5	466	450	416	444	557	874.5	1403	1680.5	1955.5	2460.5	2851	2963	3023	2837
60.0	326.5	329.5	355.5	354.5	345.5	340	364.5	466.5	864	1250.5	1501	1813	2815.5	3780	3351.5	3219.5	2096.5
62.5	285.5	287.5	304	305.5	302	308.5	331.5	430	874.5	1246.5	1464	1785.5	3204	4302	3391.5	2747	1567.5
64.5	256	258	270.5	275.5	274	286.5	315.5	396.5	738	1210.5	1380	1705	3547.5	4640	3356	2372.5	1271
65.0	249.5	251.5	263.5	268	267.5	280.5	309.5	388	669	1168	1336	1665	3526.5	4630.5	3307.5	2279	1218.5
67.5	220	221.5	232	236	238	258.5	288.5	348	614.5	953	1163	1515.5	3079.5	4086	2879	1892.5	1070.5
70.0	196	197.5	205.5	208.5	214	236.5	264	312	600.5	726.5	969	1294	2235.5	3087	2282.5	1561.5	952
72.5	173.5	174.5	180.5	184	192	210.5	232	257.5	525	548	766	1006	1420.5	1600.5	1273	1094.5	776.5
75.0	154.5	156	162	164	174	185.5	202.5	222	433.5	460.5	568	673	861	876	768	679	552.5
77.5	140	140.5	146.5	147.5	155.5	170	177.5	190.5	318.5	336	367.5	400	533	559	476	444.5	368.5

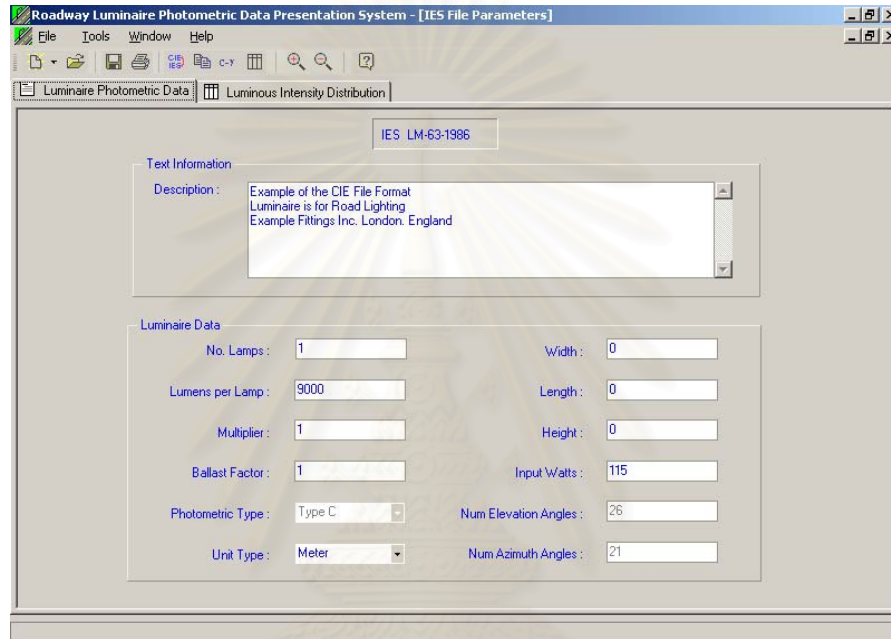
รูปที่ 7.27 หน้าต่างแสดงตัวอย่าง Luminous Intensity Distribution ในระบบ CIE

จากรูปที่ 7.26

- 1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโคมไฟ
- 2 number of lamps in luminaire
- 3 summation of normal rated lumens of all lamps
- 4 lamp-luminaire geometry
- 5 ballast identification
- 6 input volt amps
- 7 input voltage
- 8 input power in watts
- 9 tilt normal in application
- 10 tilt during measurement
- 11 ballast factor
- 12 lumen basis of photometry
- 13 multiplier
- 14 angle position code
- 15 luminaire shape code
- 16 rotation during measurement
- 17 photometric type
- 18 number of cone angles

- 19** number of half-plane angles
- 20** identification number
- 21** luminaire name
- 22** lamp name
- 23** number of luminous area views to be listed
- 24** <luminous area 1><plane angle><cone angle>

คลิกปุ่ม Convert File Format แสดงในรูปแบบที่ 7.14 แสดงผลดังรูปที่ 7.28 และรูปที่ 7.29



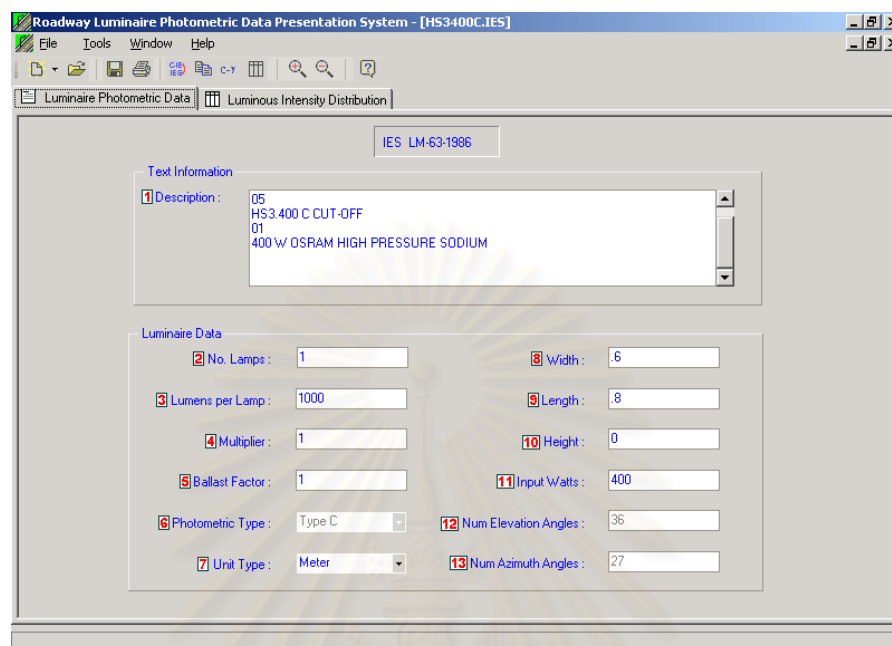
รูปที่ 7.28 หน้าต่างแสดงไฟล์ระบบ IES ที่ได้จากการแปลงมาจากระบบ CIE

γ / C	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90	95	105	115	125
0.0	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5
5.0	1125	1126	1129	1138	1140	1134.5	1124	1098.5	1082.5	1056.5	1043	1029	998.5	969	944.5
15.0	1293	1296.5	1323	1340	1380.5	1430	1414.5	1378.5	1267	1165	1118.5	1072.5	980.5	900	844
25.0	1646.5	1649.5	1675.5	1707.5	1715.5	1729.5	1759.5	1734.5	1485	1239	1130	1034	902	798.5	725
35.0	1745	1760.5	1881	2014.5	2269	2408.5	2284.5	2176.5	1805	1445	1296	1156.5	874.5	691	608
42.0	1775.5	1813.5	2113.5	2429	2717.5	2700	2369	2269	2159.5	1808.5	1570.5	1320	864	637	558
55.0	1675.5	1247	1508.5	1895.5	2837	3023	2963	2851	2460.5	1955.5	1680.5	1403	874.5	557	444
60.0	1214.5	773	932.5	1293	2096.5	3219.5	3351.5	3780	2815.5	1813	1501	1250.5	864	466.5	364.5
62.5	753	602	729	988	1567.5	2747	3391.5	4302	3204	1785.5	1464	1246.5	874.5	430	331.5
64.5	586.5	510.5	617	801	1271	2372.5	3356	4640	3547.5	1705	1380	1210.5	738	396.5	315.5
65.0	477.5	490.5	596.5	760	1218.5	2279	3307.5	4630.5	3526.5	1665	1336	1168	669	388	309.5
67.5	410.5	422.5	518	635	1070.5	1892.5	2879	4086	3079.5	1515.5	1163	953	614.5	348	288.5
70.0	350.5	364.5	476	591	952	1561.5	2282.5	3087	2235.5	1294	969	726.5	600.5	312	264
72.5	293.5	307.5	417.5	520	776.5	1094.5	1273	1600.5	1420.5	1006	766	548	525	257.5	232
75.0	248	255.5	309.5	401.5	552.5	679	768	876	861	673	568	460.5	433.5	222	202.5

รูปที่ 7.29 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution ที่ได้จากการแปลงมาจากระบบ CIE

## 7.1.2 การแปลงข้อมูลจากระบบ IES เป็นระบบ CIE

เปิดไฟล์ข้อมูลระบบ IES แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 7.30 และรูปที่ 7.31 โดยใช้ไฟล์ HS3400C.IES



รูปที่ 7.30 หน้าต่างแสดงไฟล์ข้อมูล HS3400C.IES

The screenshot shows the 'Luminous Intensity Distribution' table for file HS3400C.IES. The table displays luminous intensity values (lm) for various elevation and azimuth angles.

$\gamma / C$	0	15	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125		
0.0	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	
10.0	166	166	169	170	170	169	167	166	164	162	160	158	155	153	151	149	147	145	143	141	139		
20.0	170	179	184	182	182	182	182	182	181	179	176	173	170	166	164	162	159	156	153	149	145		
30.0	142	156	165	174	174	174	173	172	165	161	159	158	161	164	166	169	167	165	156	147	140		
35.0	131	141	153	158	160	162	174	187	201	215	209	204	197	190	194	194	188	182	173	164	155		
40.0	123	125	140	136	138	143	186	217	236	246	242	235	227	216	216	214	211	207	200	192	182		
45.0	116	126	137	144	153	165	188	207	224	238	247	253	247	241	234	227	216	206	196	186	178		
47.5	115	126	136	155	160	161	189	211	226	237	240	243	247	251	243	233	218	204	195	186	177		
50.0	111	125	135	171	170	174	187	201	218	237	247	256	262	267	253	238	220	203	189	177	171		
52.5	106	123	135	157	166	173	185	200	220	239	257	274	280	286	265	244	222	202	185	170	161		
55.0	100	121	135	135	152	169	185	199	219	242	268	297	308	306	276	249	224	200	180	163	152		
57.5	89	110	130	140	146	151	167	190	228	263	297	328	320	312	277	247	226	204	182	159	147		
60.0	77	98	121	137	139	137	154	181	237	286	329	365	349	322	286	241	226	211	182	158	142		
62.5	65	85	103	117	123	128	146	174	246	311	366	413	375	336	276	202	190	180	163	147	132		
65.0	52	70	87	102	111	121	141	167	257	337	408	469	421	353	267	162	152	142	135	130	121		

รูปที่ 7.31 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution ของไฟล์ข้อมูล HS3400C.IES

จากรูปที่ 7.30

1 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของดวงโคม

2 # of lamps

- 3 lumen/lamp
- 4 multiplier
- 5 ballast factor
- 6 photometric type
- 7 units type
- 8 width
- 9 length
- 10 height
- 11 input watts
- 12 No. of vertical angles
- 13 No. of horizontal angles

คลิกปุ่ม Convert File Format แสดงในรูปแบบที่ 7.14 แสดงผลดังรูปที่ 7.32 และรูปที่ 7.33

The screenshot shows the 'Roadway Luminaire Photometric Data Presentation System - [CIE File Parameters]' window. The interface is organized into three main sections:

- Text Information:** Contains a 'Header' field with the text 'CIE File Format, Version 1.0 (CIE Publication 102-1993)', a 'Description' field with '01 400 W OSRAM HIGH PRESSURE SODIUM', and fields for 'Luminaire Number/ID', 'Luminaire Name', and 'Lamp Name'.
- Luminaire Data:** Contains various input fields including 'No. Lamps' (1), 'Ballast Factor' (1), 'Total Lumens (All Lamps)' (1000), 'Basis of Photometry' (1000), 'Lamp Luminaire Geometry', 'Multiplier' (1), 'Ballast ID', 'Angle Position Code', 'Input Volt-Amps', 'Luminaire Shape Code', 'Input Voltage', 'Measurement Rotation', 'Input Watts' (400), 'Photometric Type' (Type C), 'Application Tilt', 'Num Elevation Angles' (36), and 'Tilt During Measurement', 'Num Azimuth Angles' (27).
- Luminaire Area:** Contains a 'Number of luminaire area' field (0) and a table with columns for 'Luminous Area', 'Plane angle', and 'Cone angle'.

รูปที่ 7.32 หน้าต่างแสดงไฟล์ระบบ CIE ที่ได้จากการแปลงมาจากระบบ IES

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\gamma / C$	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	0	5	10	15	20	25	30	35
0.0	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
10.0	119	119	124	130	133	136	139	141	143	145	147	149	151	153	155	158	160	162	164	166	167
20.0	100	107	124	129	135	140	145	149	153	156	159	162	164	166	170	173	176	179	181	182	182
30.0	92	103	121	129	131	133	140	147	156	165	167	169	166	164	161	158	159	161	165	172	173
35.0	94	104	130	139	143	146	155	164	173	182	188	194	194	190	197	204	209	215	201	187	174
40.0	95	109	145	157	163	170	182	192	200	207	211	214	216	216	227	235	242	246	236	217	186
45.0	97	107	141	152	163	172	178	186	196	206	216	227	234	241	247	253	247	238	224	207	188
47.5	98	105	136	149	159	169	177	186	195	204	218	233	243	251	247	243	240	237	226	211	189
50.0	98	102	128	141	153	163	171	177	189	203	220	238	253	267	262	256	247	237	218	201	187
52.5	92	98	118	132	141	151	161	170	185	202	222	244	265	286	280	274	257	239	220	200	185
55.0	84	94	108	122	131	141	152	163	180	200	224	249	276	306	308	297	268	242	219	199	185
57.5	76	78	97	112	123	135	147	159	182	204	226	247	277	312	320	328	297	263	228	190	167
60.0	67	67	87	102	114	128	142	158	182	211	226	241	286	322	349	365	329	286	237	181	154
62.5	65	66	85	98	107	119	132	147	163	180	190	202	276	336	375	413	366	311	246	174	146
65.0	62	60	89	99	104	108	121	130	135	142	152	162	267	353	421	469	408	337	257	167	141
67.5	58	45	51	53	66	78	90	101	97	100	110	121	248	348	408	467	374	291	215	148	132

รูปที่ 7.33 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution ระบบ CIE ที่ได้จากการแปลงมาจากระบบ IES

## 7.2 การนำเสนอข้อมูลตามระบบ CIE

เปิดไฟล์ข้อมูลตามระบบ CIE แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 7.34 และรูปที่ 7.35 เมื่อเปิดไฟล์ข้อมูลแล้ว คลิกปุ่ม Data Presentation ดังรูปที่ 7.14 หน้าต่างจะแสดงผลดังรูปที่ 7.36

**Text Information**

Header: CIE File Format, Version 1.0 (CIE Publication 102-1993) Luminaire Number/ID: E/m 113-114

Description: Example of the CIE File Format  
Luminaire is for Road Lighting  
Example Fittings Inc. London, England Luminaire Name: Silverlinear - 100

Lamp Name: 100 watt HPS

---

**Luminaire Data**

No. Lamps: 1 Ballast Factor: 1

Total Lumens (All Lamps): 9000 Basis of Photometry: 9000

Lamp Luminaire Geometry: 2 Multiplier: 1

Ballast ID: 100/250/R Angle Position Code: C1

Input Volt-Amps: Luminaire Shape Code: 9

Input Voltage: Measurement Rotation: 0

Input Watts: 115 Photometric Type: Type C

Application Tilt: 0 Num Elevation Angles: 26

Tilt During Measurement: 0 Num Azimuth Angles: 21

---

**Luminaire Area**

Number of luminaire area: 1

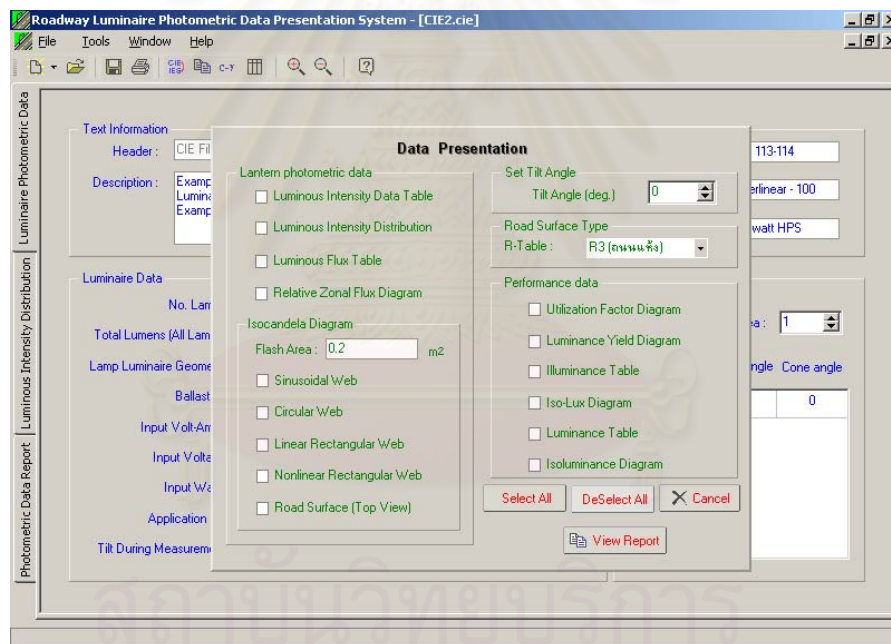
Luminous Area Plane angle Cone angle

0.8	1	0
-----	---	---

รูปที่ 7.34 หน้าต่างแสดงไฟล์ตัวอย่างตามระบบ CIE

$\gamma / C$	270	275	285	295	305	315	325	335	345	355	0	5	15	25	35	45	55
0.0	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5
5.0	884.5	884	891	890	912.5	925	944.5	969	998.5	1029	1043	1056.5	1082.5	1098.5	1124	1134.5	1140
15.0	774.5	773	767	753	768.5	804.5	844	900	980.5	1072.5	1118.5	1165	1267	1378.5	1414.5	1430	1380.5
25.0	721	719	706	694.5	702.5	708	725	798.5	902	1034	1130	1239	1485	1734.5	1759.5	1729.5	1715.5
35.0	738.5	735	708	666	634	605	608	691	874.5	1156.5	1296	1445	1805	2176.5	2284.5	2408.5	2269
42.0	666.5	663	640	609	576	551	558	637	864	1320	1570.5	1808.5	2159.5	2269	2369	2700	2717.5
55.0	428	431.5	458.5	466	450	416	444	557	874.5	1403	1680.5	1955.5	2460.5	2851	2963	3023	2837
60.0	326.5	329.5	355.5	354.5	345.5	340	364.5	466.5	864	1250.5	1501	1813	2815.5	3780	3351.5	3219.5	2096.5
62.5	285.5	287.5	304	305.5	302	308.5	331.5	430	874.5	1246.5	1464	1785.5	3204	4302	3391.5	2747	1567.5
64.5	256	258	270.5	275.5	274	286.5	315.5	396.5	738	1210.5	1380	1705	3547.5	4640	3356	2372.5	1271
65.0	249.5	251.5	263.5	268	267.5	280.5	309.5	388	669	1168	1336	1665	3526.5	4630.5	3307.5	2279	1218.5
67.5	220	221.5	232	236	238	258.5	288.5	348	614.5	953	1163	1515.5	3079.5	4086	2879	1892.5	1070.5
70.0	196	197.5	205.5	208.5	214	236.5	264	312	600.5	726.5	969	1294	2235.5	3087	2282.5	1561.5	952
72.5	173.5	174.5	180.5	184	192	210.5	232	257.5	525	548	766	1006	1420.5	1600.5	1273	1094.5	776.5
75.0	154.5	156	162	164	174	185.5	202.5	222	433.5	460.5	568	673	861	876	768	679	552.5
77.5	140	140.5	146.5	147.5	155.5	170	177.5	190.5	318.5	336	367.5	400	533	559	476	444.5	368.5

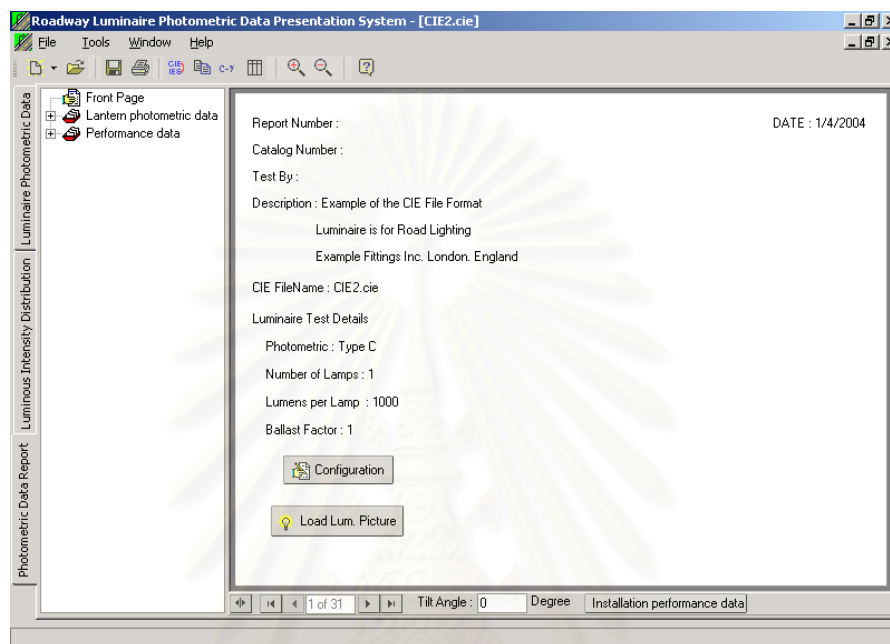
รูปที่ 7.35 หน้าต่างแสดงไฟล์ตัวอย่างตามระบบ CIE (Luminous Intensity Distribution)



รูปที่ 7.36 หน้าต่างแสดงผลเมื่อคลิกปุ่ม Data Presentation เมื่อเปิดไฟล์ข้อมูลตามระบบ CIE

1. ช่องสำหรับใส่ค่ามุมเอียงของโคมไฟถนน
2. ช่องสำหรับเลือกค่าประเภทพื้นผิวถนน
3. ช่องสำหรับใส่ค่าพื้นที่ของโคมที่เปล่งแสงออกมาที่มุม  $\gamma = 76$  องศาในระนาบ  $C_0$
4. ปุ่ม ในรูปที่ 7.36 ทำการเลือกการนำเสนอข้อมูลทุกรูปแบบ

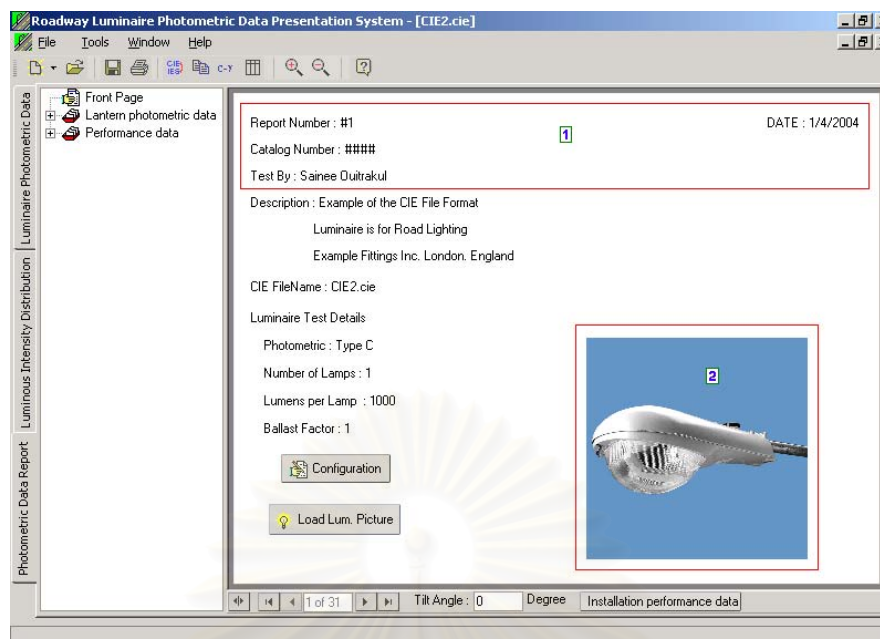
5. ปุ่ม **DeSelect All** ในรูปที่ 7.36 ทำการยกเลิกการเลือกการนำเสนอข้อมูลทุกรูปแบบ
6. ปุ่ม **Cancel** ในรูปที่ 7.36 ทำการยกเลิกเพื่อปิดหน้าต่าง Data Presentation
7. ปุ่ม **View Report** ในรูปที่ 7.36 ทำการแสดงผลข้อมูลตามการเลือกการนำเสนอข้อมูล ซึ่งเมื่อคลิกปุ่มนี้โดยการเลือกการนำเสนอข้อมูลทุกรูปแบบจะแสดงดังรูปที่ 7.37 – รูปที่ 7.81




รูปที่ 7.37 หน้าต่างแสดงหน้า Front Page สำหรับระบบ CIE

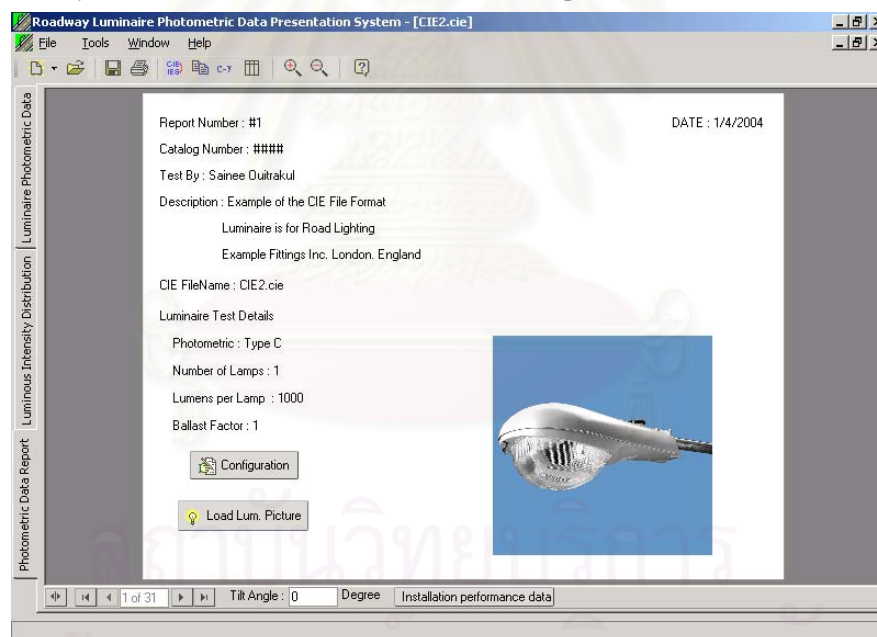
ผู้ใช้โปรแกรมสามารถคลิกปุ่ม **Configuration** จะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 7.38 เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูล Report Number, Catalog Number, Test By และ Date ซึ่งเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม OK ข้อมูลจะไปแสดงผล **1** ดังรูปที่ 7.39 แต่ถ้าผู้ใช้คลิกปุ่ม Cancel ก็จะทำยกเลิกการใส่ข้อมูล ส่วนปุ่ม **Load Lum. Picture** ผู้ใช้สามารถโหลดภาพของโคมไฟเพื่อเอาไว้แสดงผลตอนสั่งพิมพ์ซึ่งเมื่อโหลดภาพเข้ามาแล้วแสดงผลตัวอย่าง **2** ดังรูปที่ 7.39


รูปที่ 7.38 หน้าต่างแสดง Configuration







รูปที่ 7.39 หน้าต่างแสดงเมื่อป้อนข้อมูลในหน้าต่าง Configuration และ โหลดรูปภาพโคมไฟ

เมื่อคลิกปุ่ม  หน้าต่างการแสดงผลจะแสดงผลดังรูปที่ 7.40



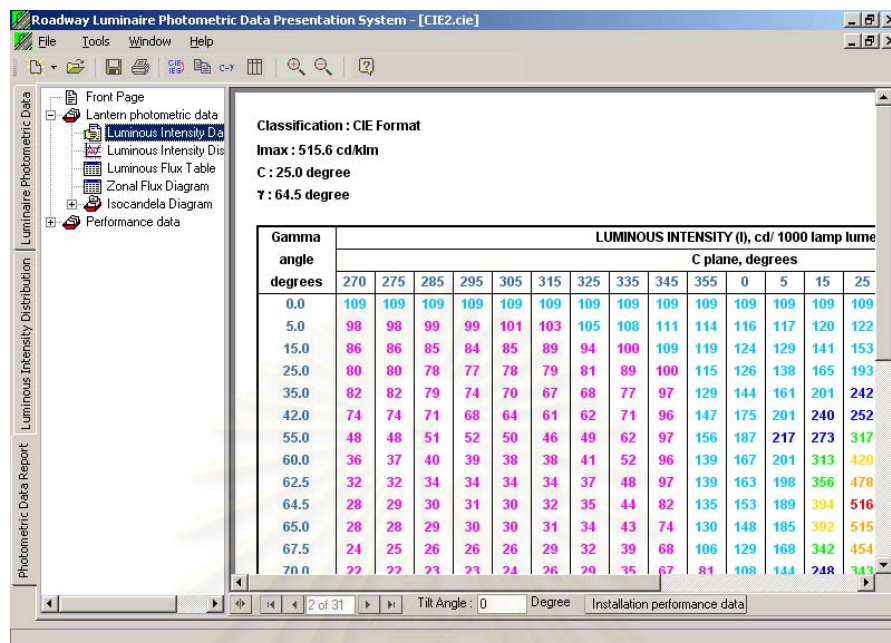
รูปที่ 7.40 หน้าต่างแสดงผลเมื่อคลิกปุ่ม 

ช่อง  ในรูปที่ 7.40 จะแสดงหน้าที่แสดงอยู่ต่อจำนวนหน้าที่แสดงผลทั้งหมดของข้อมูล  
 ปุ่ม  เลื่อนไปหน้าแรกสุด, ปุ่ม  เลื่อนไปหน้าถัดไป, ปุ่ม  เลื่อนไปหน้าสุดท้าย และ  
 ปุ่ม  จะถอยไปหน้าก่อนหน้านี



ส่วนช่องนี้   ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนค่ามุมเอียงของโคมแล้วกดปุ่ม Enter  
 โปรแกรมจะทำการคำนวณการแสดงผลที่ค่ามุมเอียงใหม่ที่ผู้ใช้ใส่เข้าไป

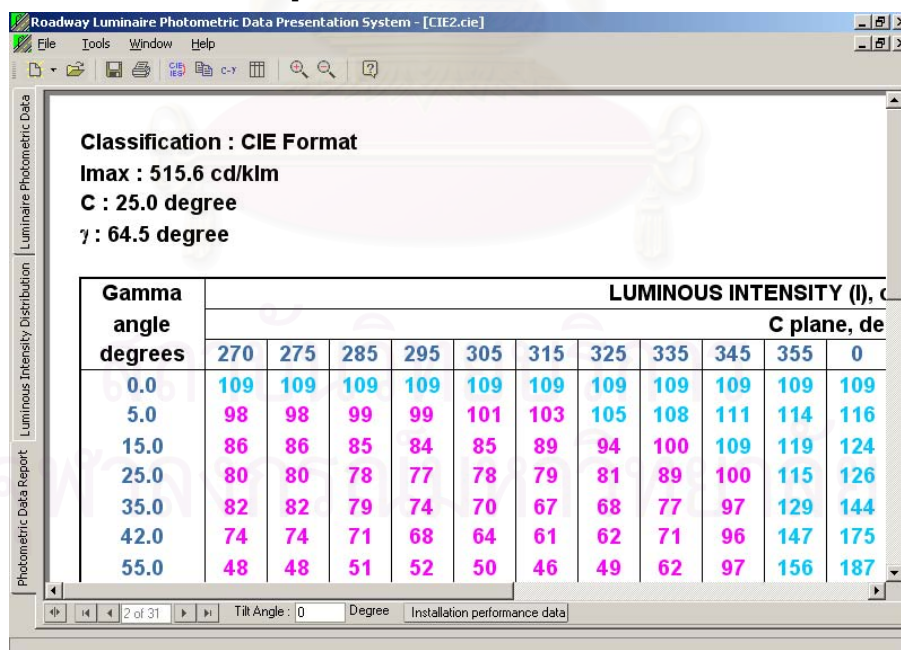


ปุ่ม **Installation performance data** ใช้ในการแสดงผลข้อมูลทางด้านสมรรถนะของโคมไฟในรูปแบบตารางและกราฟซึ่งจะกล่าวถึงถัดไป



รูปที่ 7.41 หน้าต่างแสดงการนำเสนอข้อมูลแบบ Luminous Intensity Data Table

การนำเสนอในรูปแบบที่ 7.41 ผู้ใช้สามารถคลิกปุ่มย่อภาพ  หรือขยายภาพ  การแสดงผลได้ซึ่งจะแสดงได้ดังภาพที่ 7.42 และรูปที่ 7.43



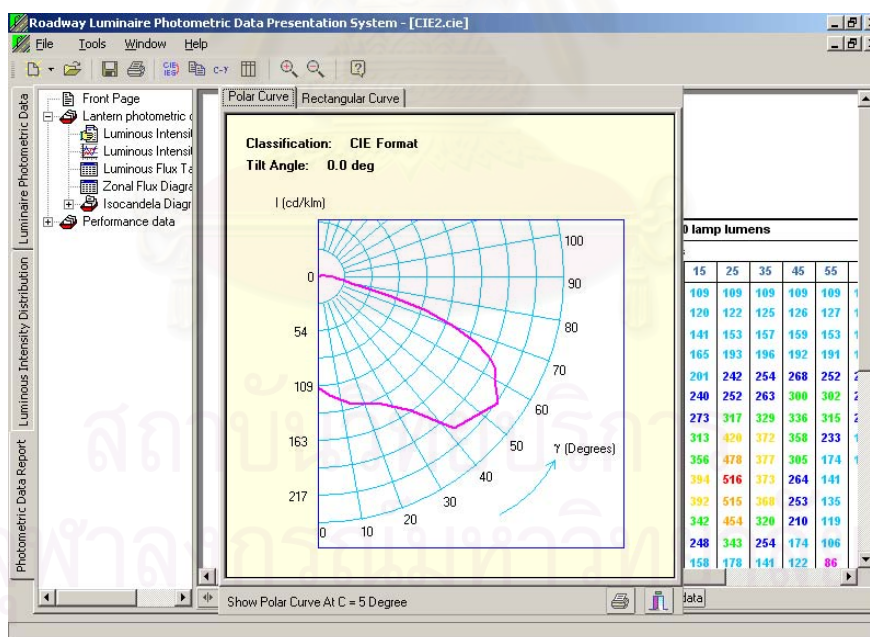
รูปที่ 7.42 หน้าต่างแสดงการนำเสนอข้อมูลแบบ Luminous Intensity Data Table เมื่อคลิกปุ่มขยาย

The screenshot shows a software window titled "Roadway Luminaire Photometric Data Presentation System - [CIE2.cie]". The main content is a table of luminous intensity data. The table has columns for "angle degrees" (0.0 to 87.5) and "C plane, degrees" (270 to 90). The data represents luminous intensity in cd/1000 lamp lumens.

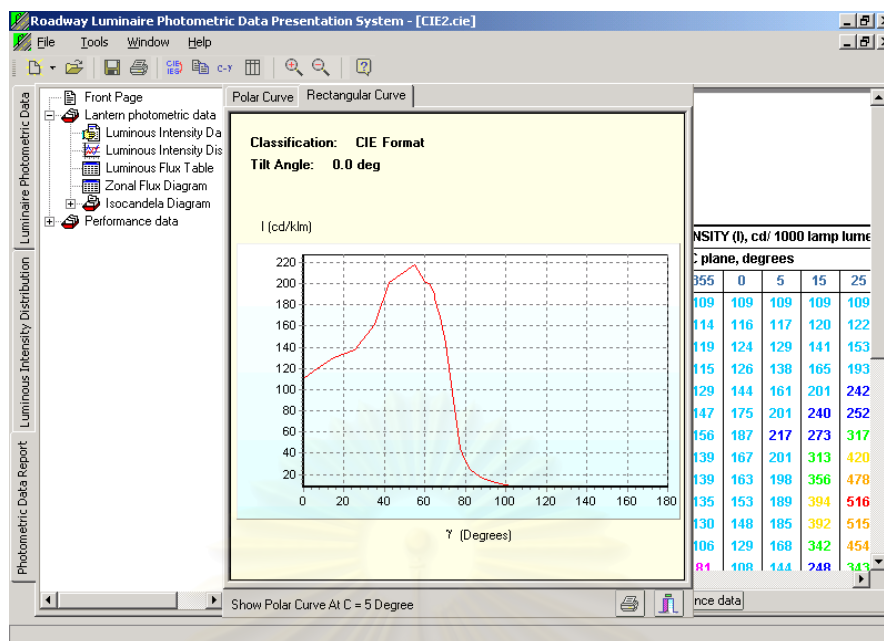
angle degrees	LUMINOUS INTENSITY (I), cd/1000 lamp lumens																				
	C plane, degrees																				
0.0	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109			
5.0	98	98	99	99	101	103	105	108	111	114	116	117	120	122	125	126	127	126	125	125	125
15.0	86	86	85	84	85	89	94	100	109	119	124	129	141	153	157	159	153	149	147	144	144
25.0	80	80	78	77	78	79	81	89	100	115	126	138	165	193	196	192	191	190	186	183	183
35.0	82	82	79	74	70	67	68	77	97	129	144	161	201	242	254	268	252	224	209	196	194
42.0	74	74	71	68	64	61	62	71	96	147	175	201	240	252	263	300	302	270	235	202	197
55.0	48	48	51	52	50	46	49	62	97	156	187	217	273	317	329	336	315	241	168	139	186
60.0	36	37	40	39	38	38	41	52	96	139	167	201	313	429	377	358	233	144	104	86	135
62.5	32	32	34	34	34	34	37	48	97	139	163	198	356	478	377	305	174	110	81	67	84
64.5	28	29	30	31	30	32	35	44	82	135	153	189	394	516	371	264	141	89	69	57	65
65.0	28	28	29	30	30	31	34	43	74	130	148	185	392	515	368	253	135	84	66	55	53
67.5	24	25	26	26	26	29	32	39	68	106	129	168	342	454	320	210	119	71	58	47	46
70.0	22	22	23	23	24	26	29	35	67	81	108	144	248	343	254	174	106	66	53	41	39
72.5	19	19	20	20	21	23	26	29	58	61	85	112	158	178	141	122	86	58	46	34	33
75.0	17	17	18	18	19	21	23	25	48	51	63	75	96	97	85	75	61	45	34	28	28
77.5	16	16	16	16	17	19	20	21	35	37	41	44	59	62	53	49	41	34	28	24	23
80.0	14	14	15	15	16	17	18	18	30	25	30	32	42	47	39	37	32	30	24	21	21
82.5	13	13	14	14	14	15	16	16	24	22	23	25	32	36	31	23	26	24	18	19	19
85.0	12	12	12	13	13	14	15	15	20	18	19	20	31	28	25	23	22	21	20	18	18
87.5	11	11	12	12	13	14	14	14	17	15	16	17	26	22	20	18	18	18	17	17	17

รูปที่ 7.43 หน้าต่างแสดงการนำเสนอข้อมูลแบบ Luminous Intensity Data Table เมื่อคลิกปุ่มย่อ

หากผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมแบบเส้นโค้งโพลาร์ของระนาบ C ผู้ใช้สามารถคลิกที่ค่ามุม C ที่ต้องการ สมมุติคลิกที่ระนาบ C = 5° แสดงได้ดังรูปที่ 7.44 และรูปที่ 7.45 แสดงผลแบบเส้นโค้งบนแกน I - γ

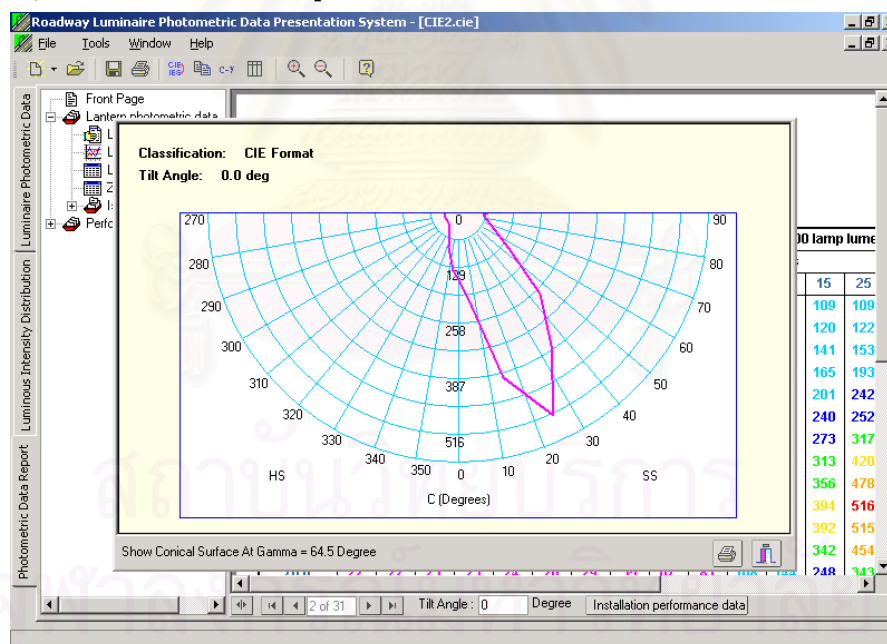


รูปที่ 7.44 หน้าต่างแสดงเส้นโค้งโพลาร์บนระนาบ C = 5°



รูปที่ 7.45 หน้าต่างแสดงเส้นโค้งบนแกน I -  $\gamma$  โคออร์ดิเนตที่ระนาบ C = 5°

ผู้ใช้สามารถดูเส้นโค้งโพลาร์บนผิวของกรวย ณ มุม  $\gamma$  ต่าง ๆ ได้โดยคลิกที่ค่ามุม  $\gamma$  ที่ต้องการ สมมติคลิกที่มุม  $\gamma = 64.5^\circ$  แสดงได้ดังรูปที่ 7.46



รูปที่ 7.46 หน้าต่างแสดงเส้นโค้งโพลาร์บนผิวของกรวย ณ มุม  $\gamma = 64.5^\circ$

นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถดูการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟในรูปแบบ 3D โดยผู้ใช้เลื่อน scrollbar ลงไปล่างสุดดังรูปที่ 7.47 และคลิกปุ่ม **View 3D** จะแสดงผลดังรูปที่ 7.48 ซึ่งผู้ใช้สามารถ zoom in, zoom out และ หมุนรูปได้

Roadway Luminaire Photometric Data Presentation System - [CIE2.cie]

File Tools Window Help

Phometric Data Report

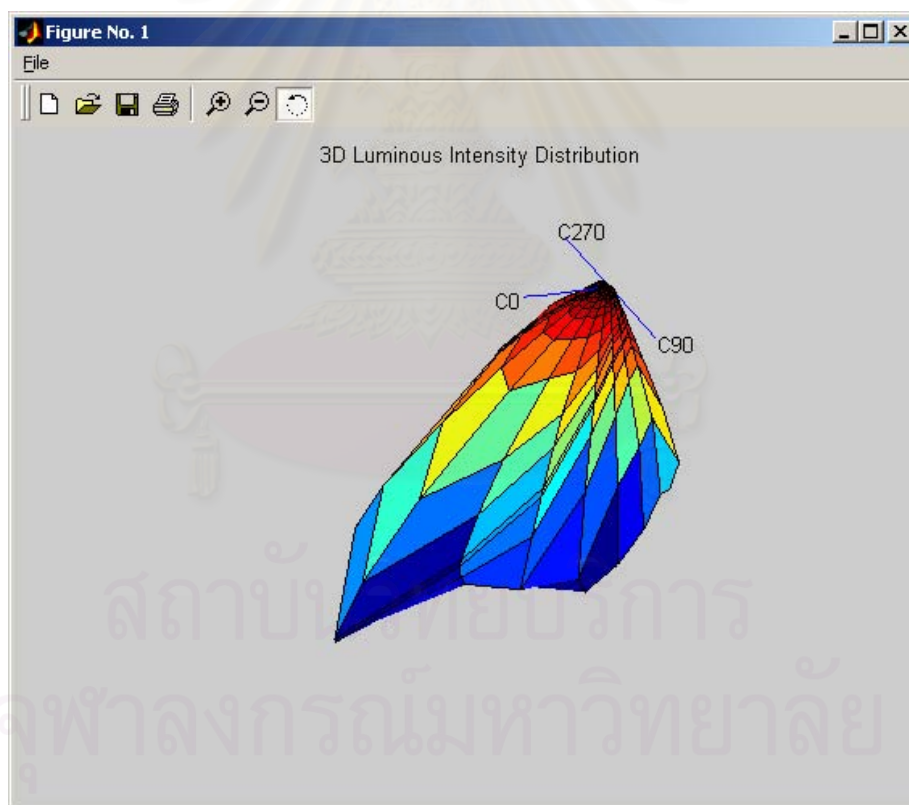
62.5	32	32	34	34	34	34	37	48	97	139	163	198	356	478	377	305	174	110	8
64.5	28	29	30	31	30	32	35	44	82	135	153	189	394	516	373	264	141	89	65
65.0	28	28	29	30	30	31	34	43	74	130	148	185	392	515	368	253	135	84	66
67.5	24	25	26	26	26	29	32	39	68	106	129	168	342	454	320	210	119	71	56
70.0	22	22	23	23	24	26	29	35	67	81	108	144	248	343	254	174	106	66	53
72.5	19	19	20	20	21	23	26	29	58	61	85	112	158	178	141	122	86	58	46
75.0	17	17	18	18	19	21	23	25	48	51	63	75	96	97	85	75	61	45	34
77.5	16	16	16	16	17	19	20	21	35	37	41	44	59	62	53	49	41	34	26
80.0	14	14	15	15	16	17	18	18	30	25	30	32	42	47	39	37	32	30	24
82.5	13	13	14	14	14	15	16	16	24	22	23	25	32	36	31	23	26	24	18
85.0	12	12	12	13	13	14	15	15	20	18	19	20	31	28	25	23	22	21	20
87.5	11	11	12	12	12	13	14	14	17	15	16	17	20	22	20	19	19	18	16
90.0	11	11	11	11	11	12	12	13	16	14	14	14	16	17	16	16	16	17	17
95.0	10	10	10	9	9	10	11	12	14	11	11	11	12	12	12	13	13	14	15
105.0	3	3	4	6	6	7	8	9	13	8	8	8	8	8	8	9	10	11	11
115.0	0	0	1	1	2	3	4	5	12	5	5	5	4	4	4	5	6	7	7
125.0	0	0	0	0	0	1	1	2	9	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
135.0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

%lmax: 100 85+ 70+ 55+ 40+ 20+ 0+

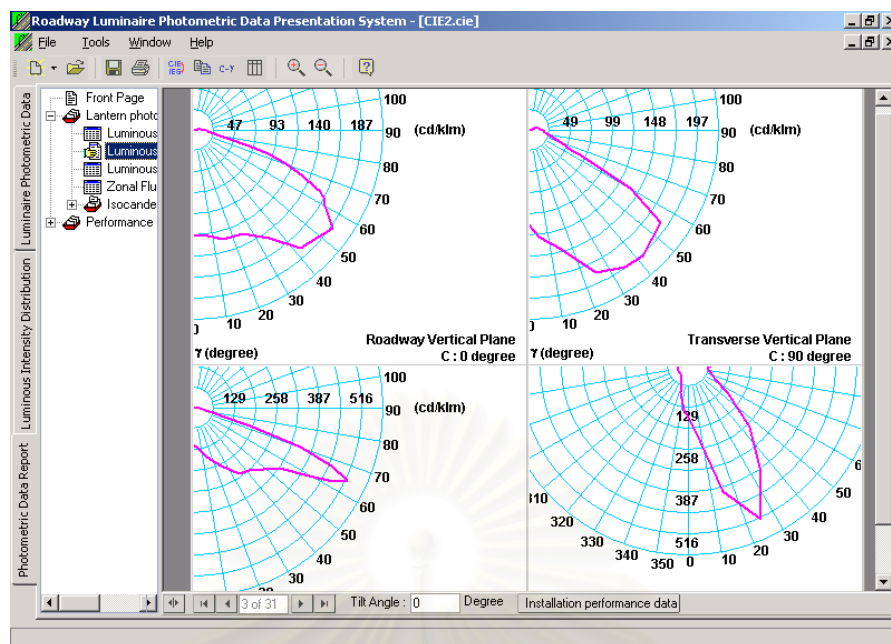
View 3D

2 of 31 Tilt Angle: 0 Degree Installation performance data

รูปที่ 7.47 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Data Table เมื่อเลื่อน scrollbar มากลางสุด



รูปที่ 7.48 หน้าต่างแสดง 3D Luminous Intensity Distribution

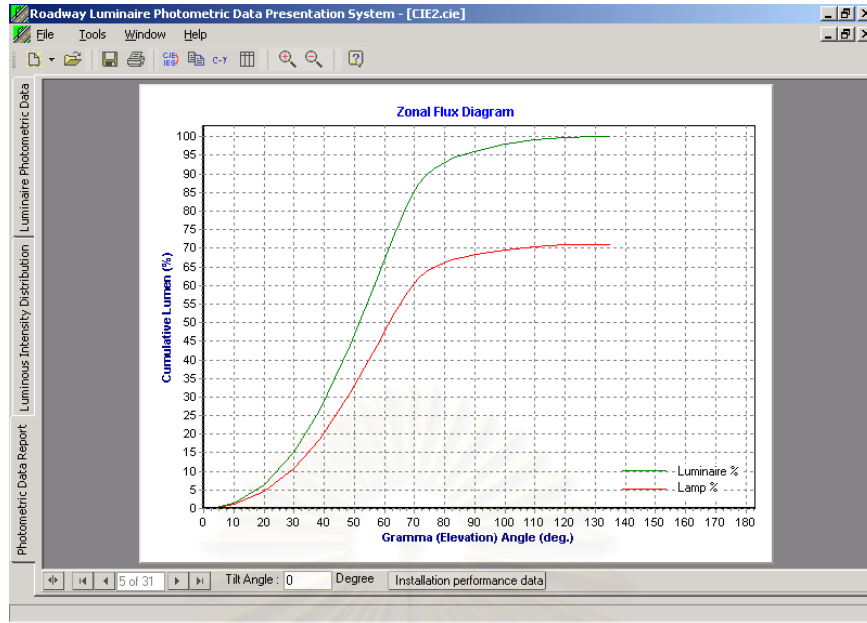


รูปที่ 7.49 หน้าต่างแสดง Luminous Intensity Distribution บนระนาบหลัก และผิวกรวยหลัก

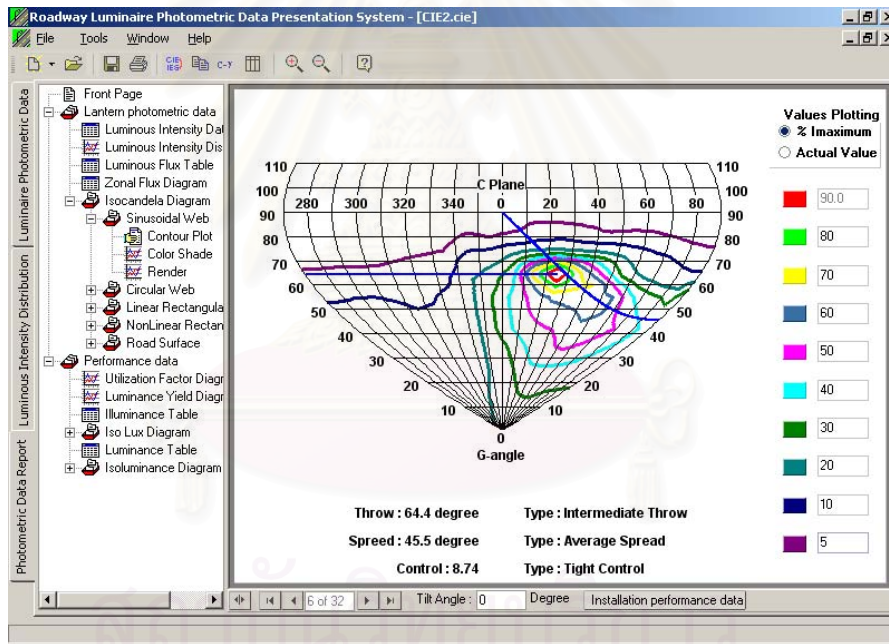
The figure shows the 'LUMINOUS FLUX TABLE (Based on 1000 lamp lumen)' within the software. The table is titled 'Classification: CIE Format' and 'Tilt Angle: 0.0 deg'. The table has six columns: Elevation (degree), Cone (degrees), Lumens, Cumulative, Lamp %, and Luminaire %. The data is as follows:

Elevation (degree)	Cone (degrees)	Lumens	Cumulative	Lamp %	Luminaire %
0.0	0.0 - 2.5	0.7	0.7	0.1	0.1
5.0	2.5 - 10.0	10.2	10.9	1.1	1.5
15.0	10.0 - 20.0	34.4	45.3	4.5	6.4
25.0	20.0 - 30.0	61.9	107.2	10.7	15.1
35.0	30.0 - 38.5	80.0	187.2	18.7	26.3
42.0	38.5 - 48.5	124.7	311.9	31.2	43.9
55.0	48.5 - 57.5	128.1	439.9	44.0	61.9
60.0	57.5 - 61.3	54.2	494.2	49.4	69.5
62.5	61.3 - 63.5	32.0	526.2	52.6	74.0
64.5	63.5 - 64.8	17.4	543.6	54.4	76.5
65.0	64.8 - 66.3	20.6	564.2	56.4	79.4
67.5	66.3 - 68.8	30.4	594.6	59.5	83.7
70.0	68.8 - 71.3	25.1	619.7	62.0	87.2
72.5	71.3 - 73.8	17.6	637.3	63.7	89.7
75.0	73.8 - 76.3	12.3	649.6	65.0	91.4
77.5	76.3 - 78.8	8.8	658.4	65.8	92.7

รูปที่ 7.50 หน้าต่างแสดง Luminous Flux Table

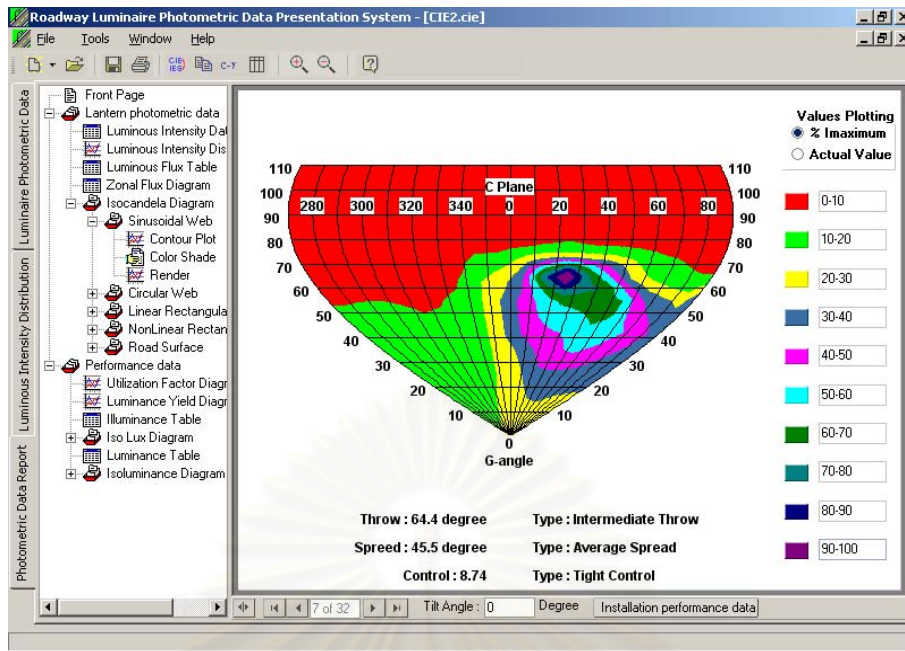


รูปที่ 7.51 หน้าต่างแสดง Relative Zonal Flux Diagram

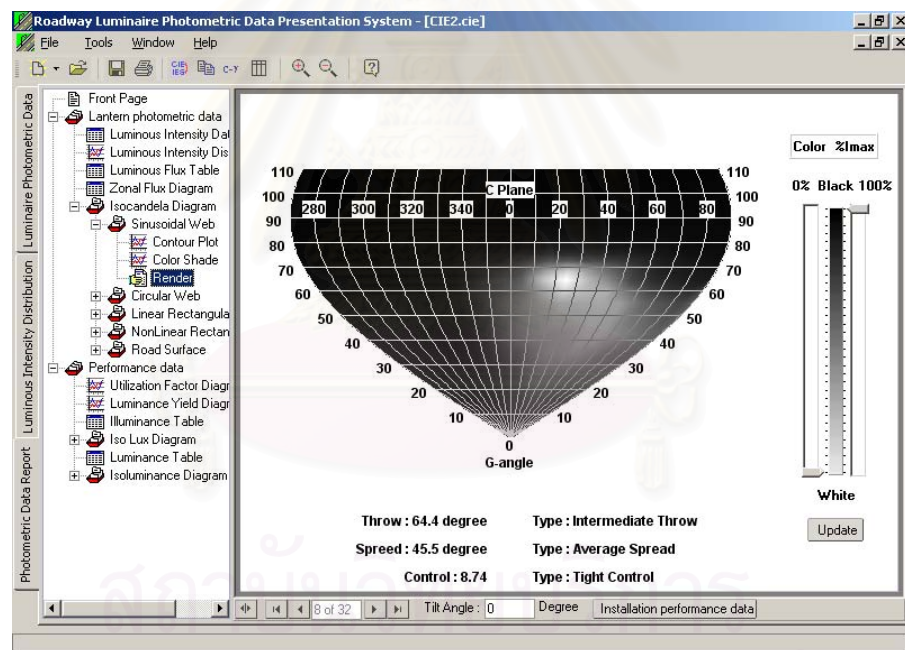


รูปที่ 7.52 หน้าต่างแสดง Sinusodal Web แบบ Contour Plot

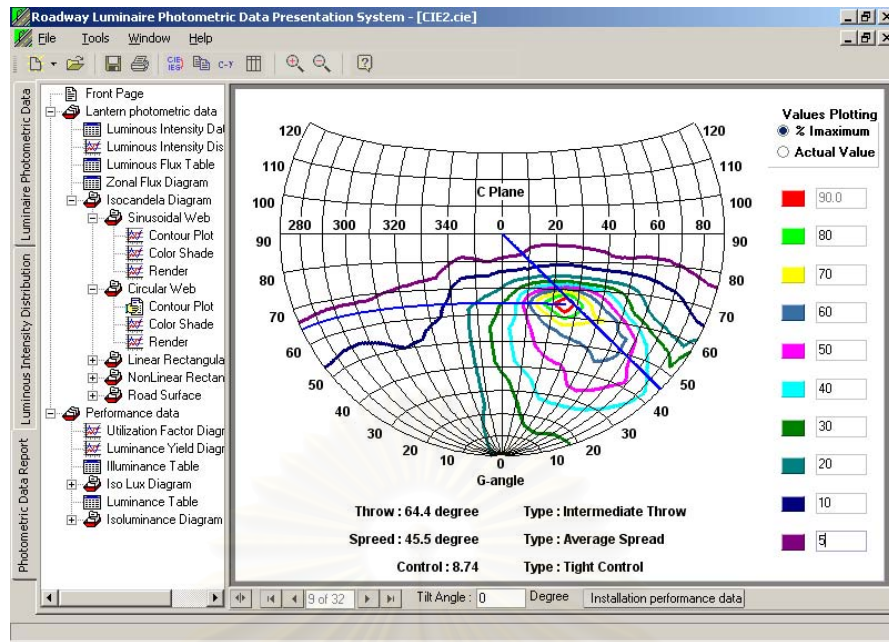
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



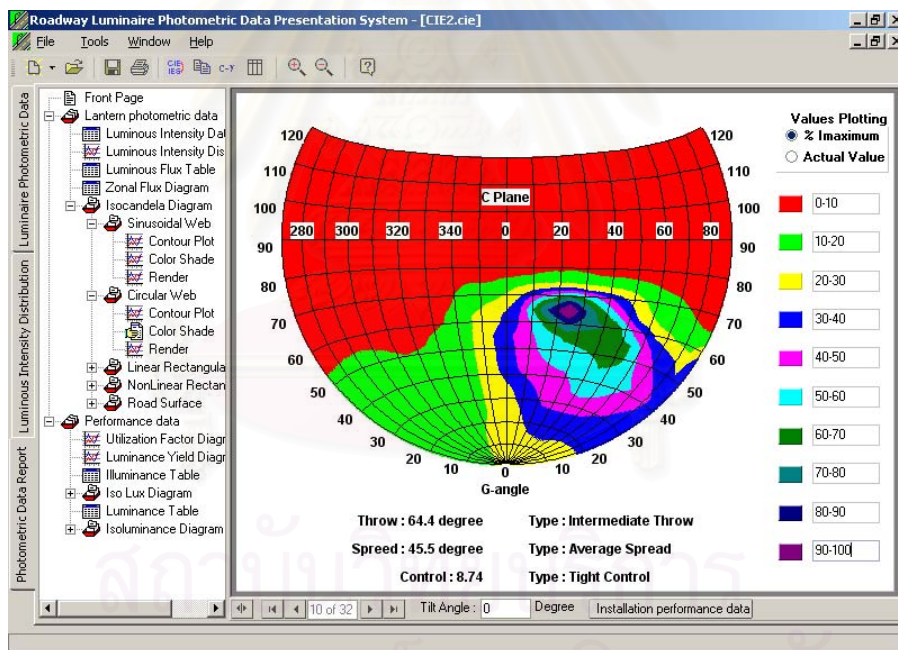
รูปที่ 7.53 หน้าต่างแสดง Sinusodal Web แบบ Color Shade



รูปที่ 7.54 หน้าต่างแสดง Sinusodal Web แบบ Render

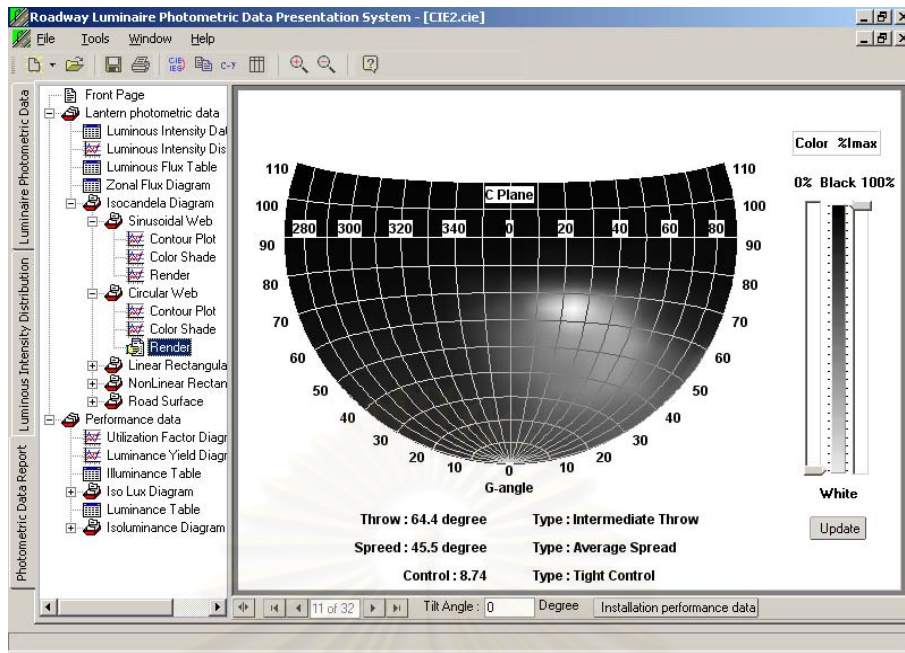


รูปที่ 7.55 หน้าต่างแสดง Circular Web แบบ Contour Plot

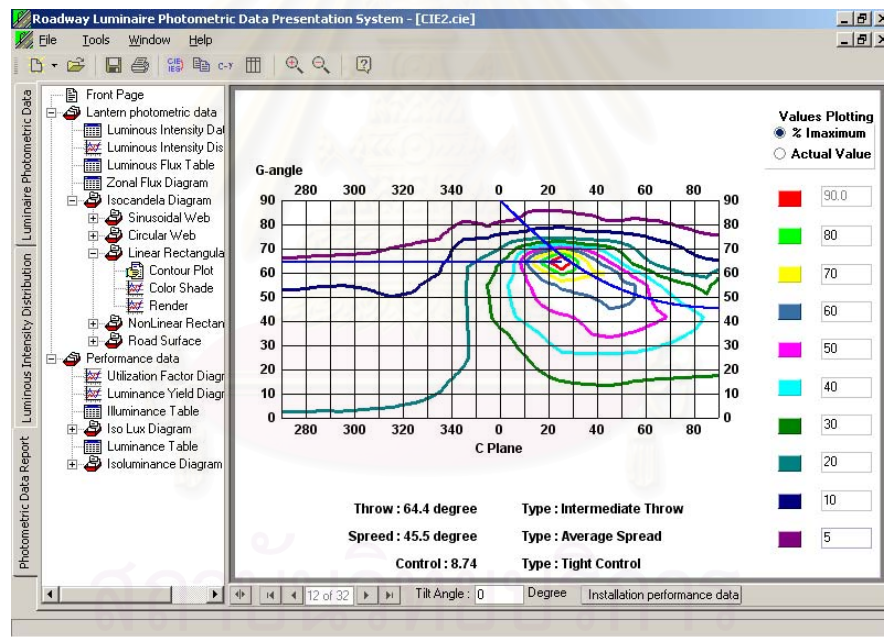


รูปที่ 7.56 หน้าต่างแสดง Circular Web แบบ Color Shade

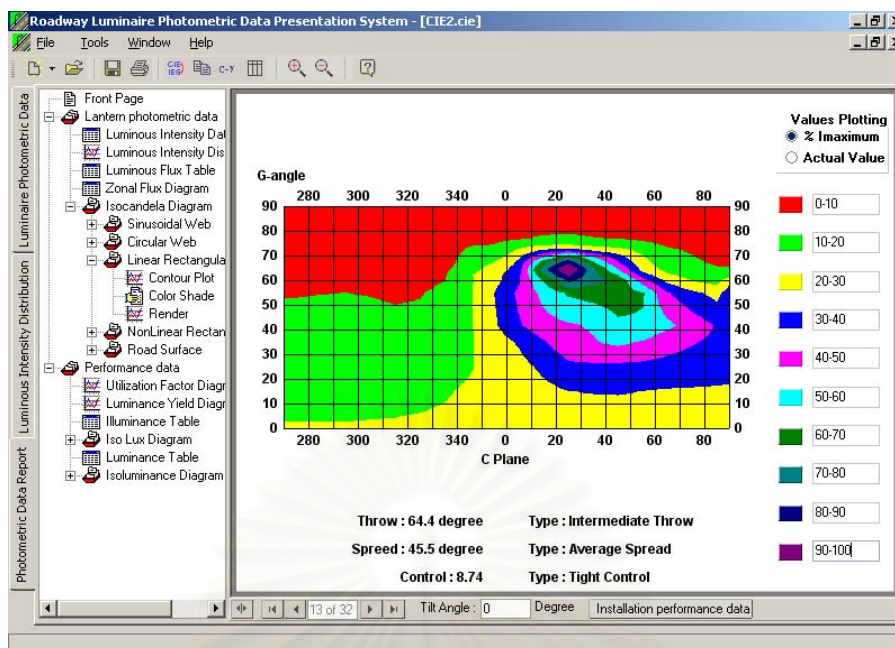




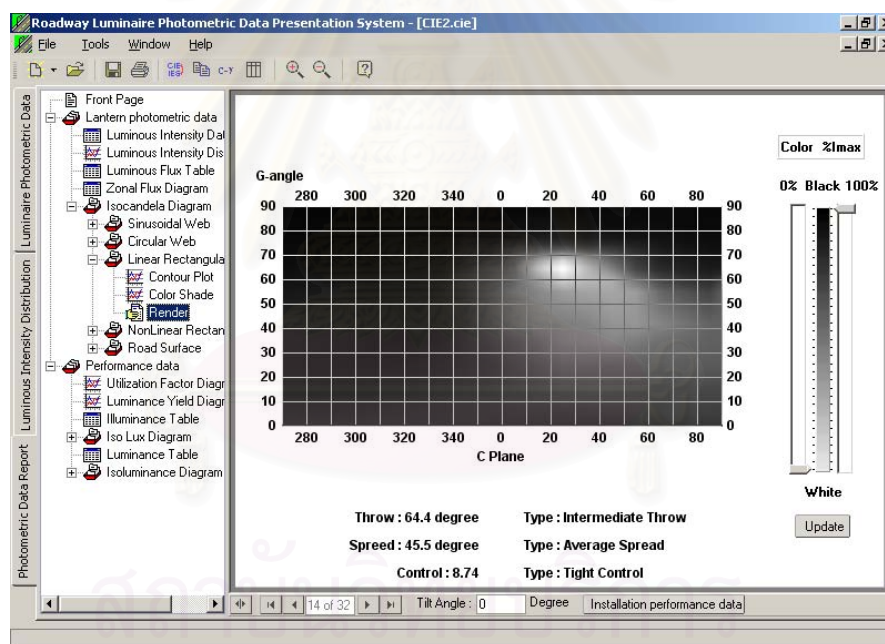
รูปที่ 7.57 หน้าต่างแสดง Circular Web แบบ Render



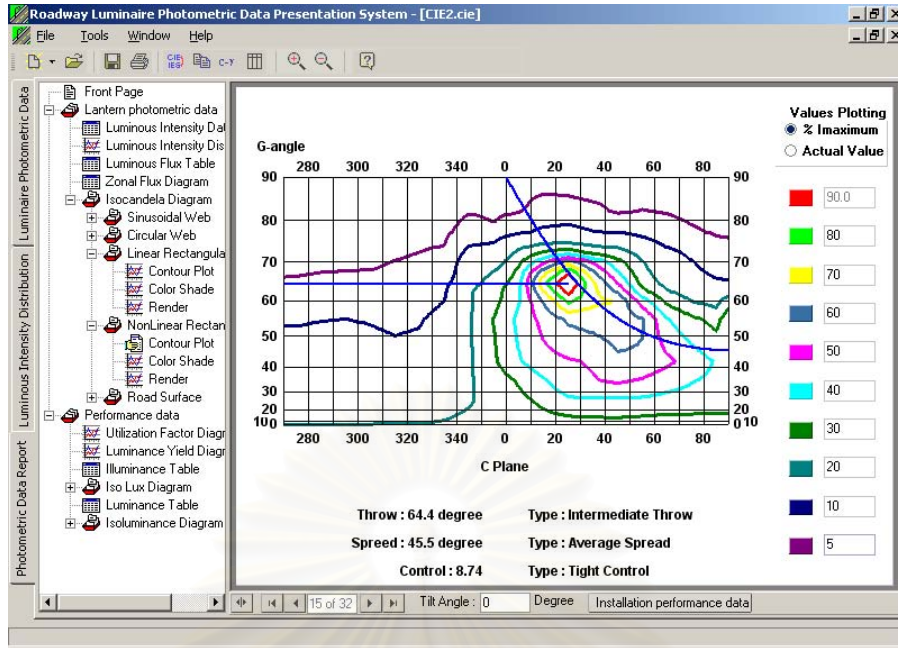
รูปที่ 7.58 หน้าต่างแสดง Linear Rectangular Web แบบ Contour Plot



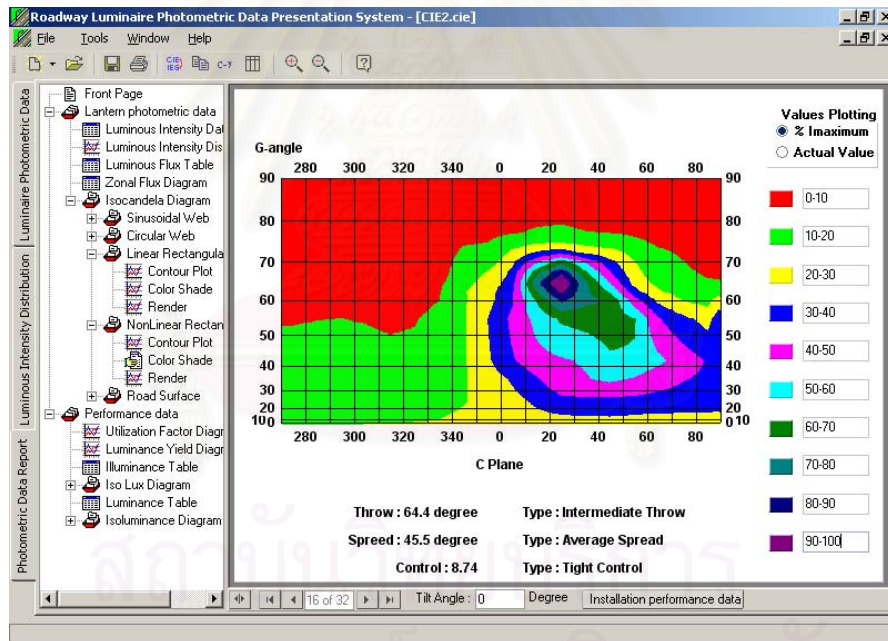
รูปที่ 7.59 หน้าต่างแสดง Linear Rectangular Web แบบ Color Shade



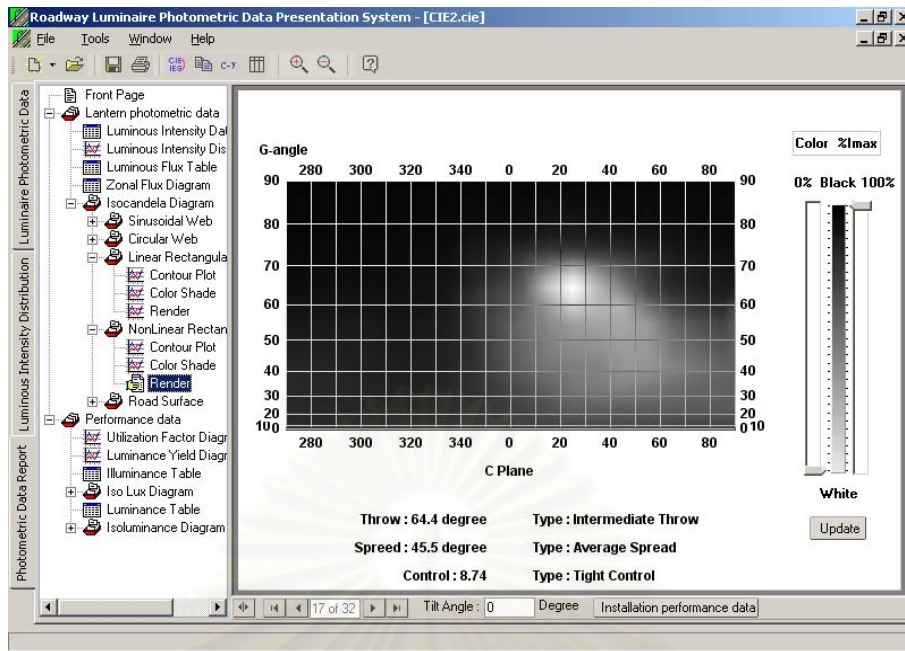
รูปที่ 7.60 หน้าต่างแสดง Linear Rectangular Web แบบ Render



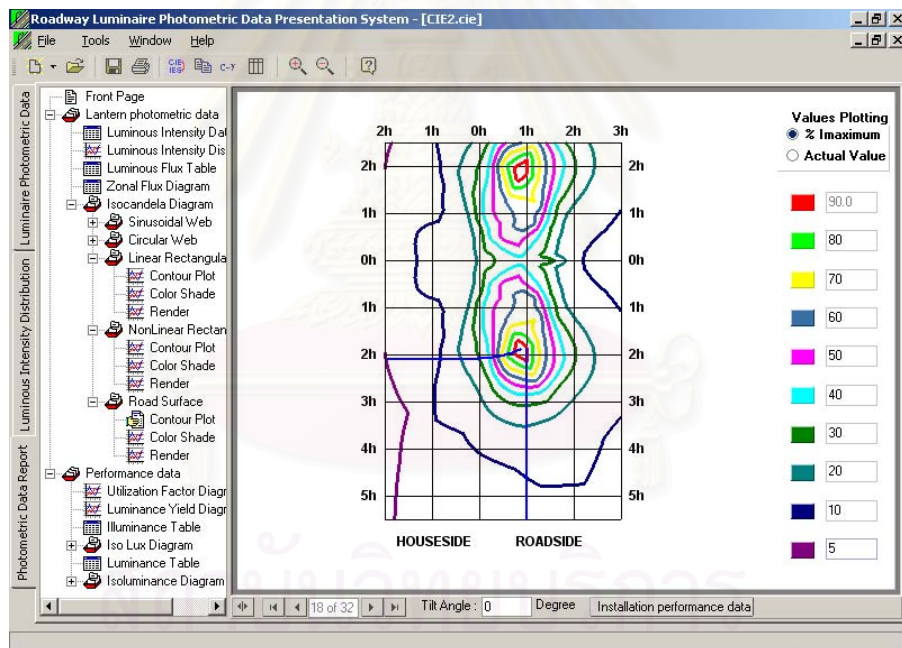
รูปที่ 7.61 หน้าต่างแสดง Nonlinear Rectangular Web แบบ Contour Plot



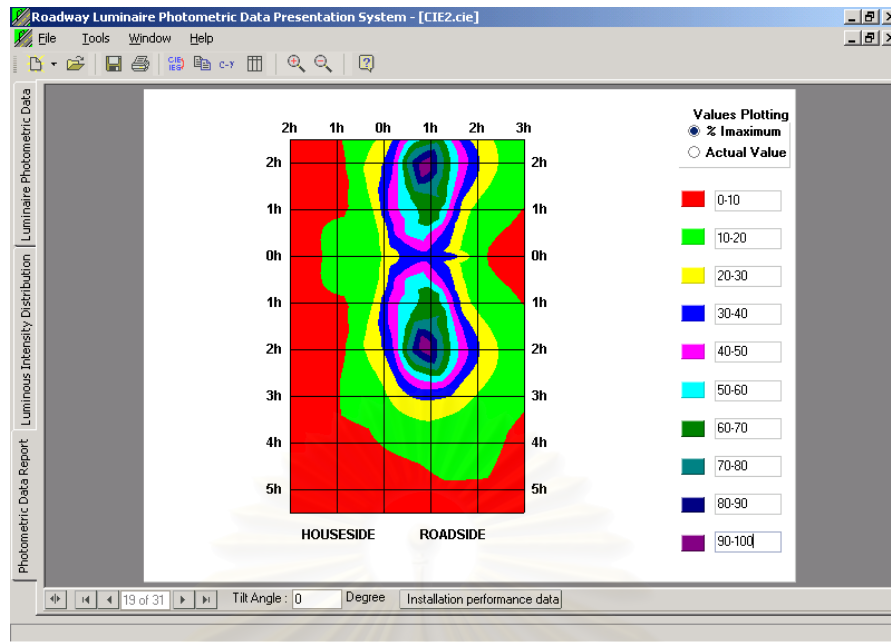
รูปที่ 7.62 หน้าต่างแสดง Nonlinear Rectangular Web แบบ Color Shade



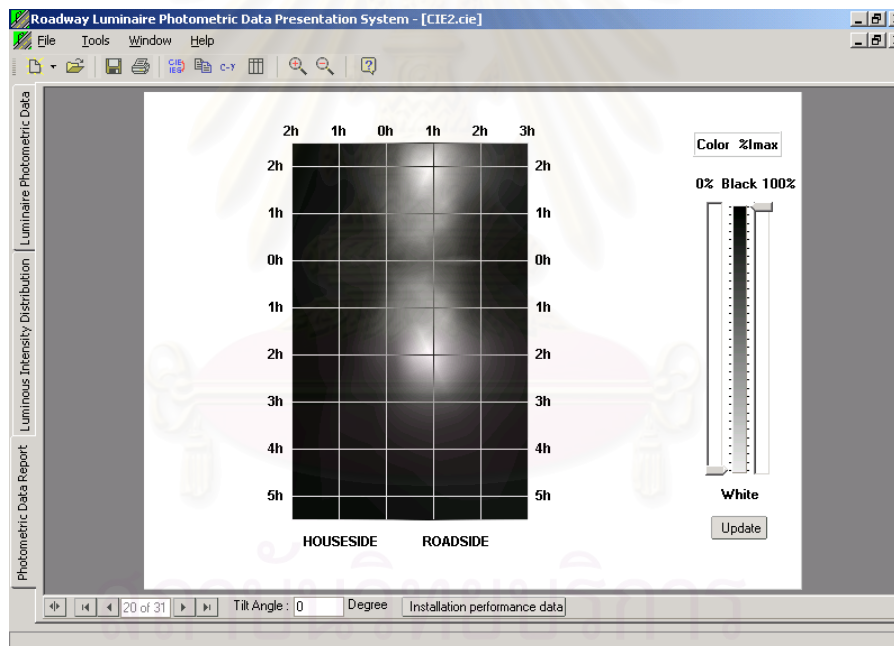
รูปที่ 7.63 หน้าต่างแสดง Nonlinear Rectangular Web แบบ Render



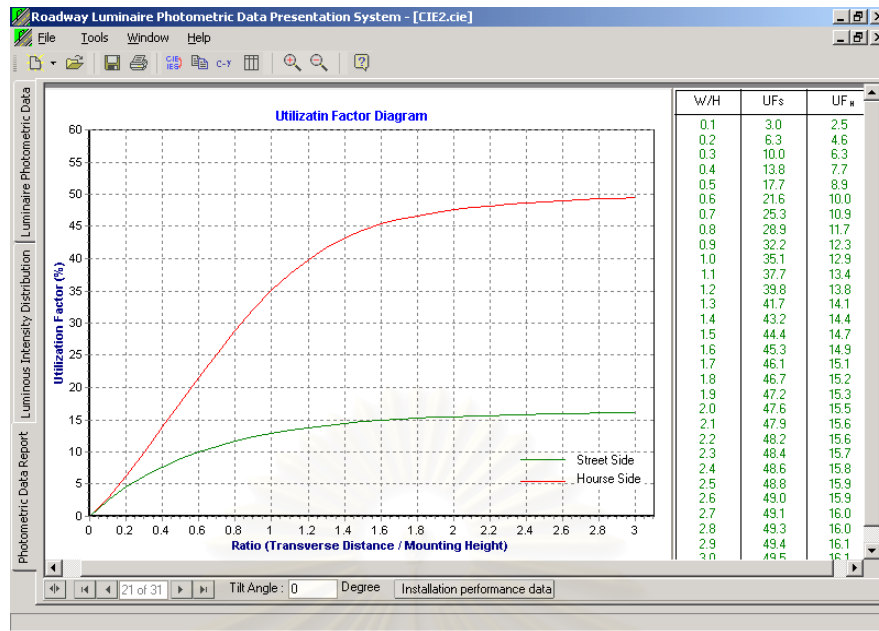
รูปที่ 7.64 หน้าต่างแสดง Road Surface แบบ Contour Plot



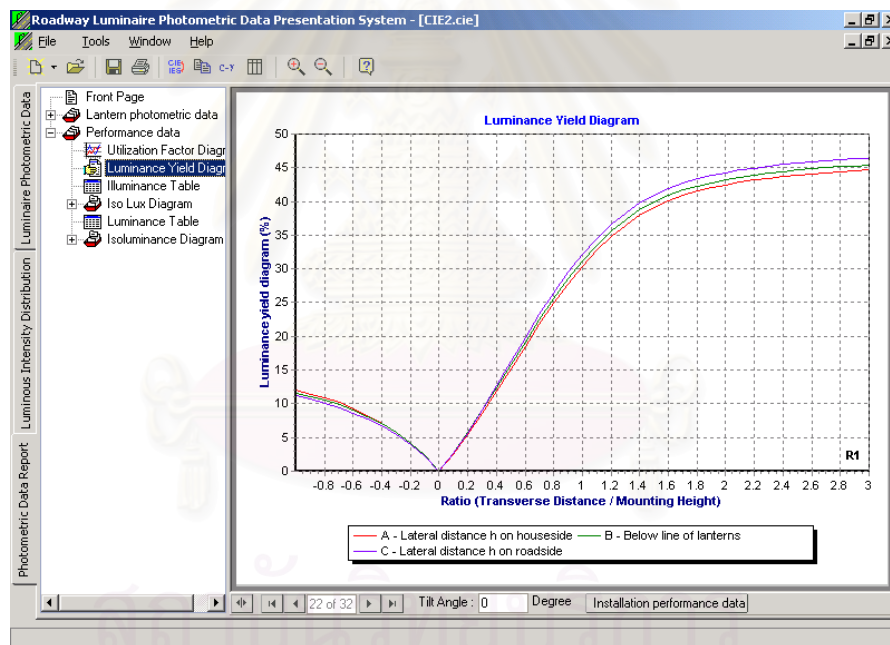
รูปที่ 7.65 หน้าต่างแสดง Road Surface แบบ Color Shade



รูปที่ 7.66 หน้าต่างแสดง Road Surface แบบ Render

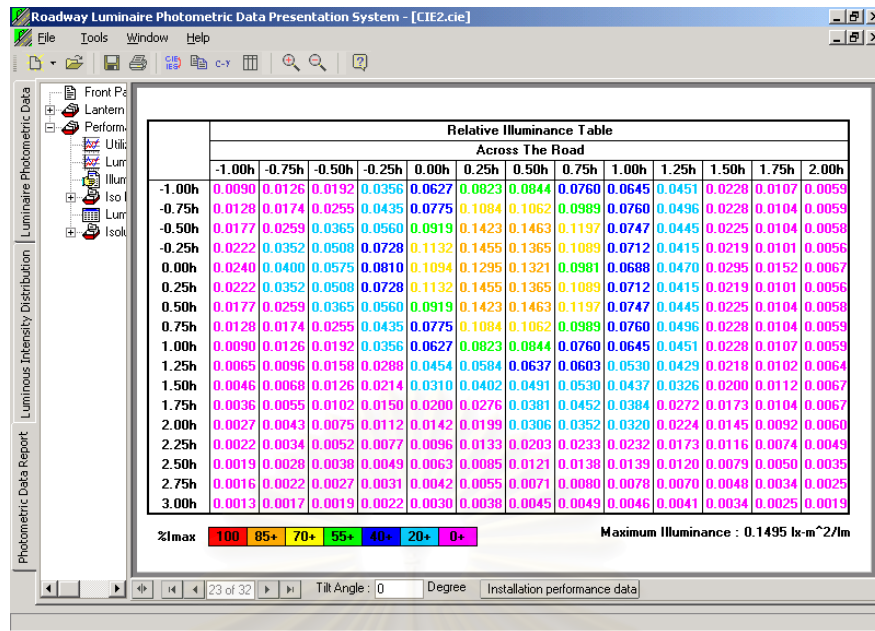


รูปที่ 7.67 หน้าต่างแสดง Utilization Factor Diagram

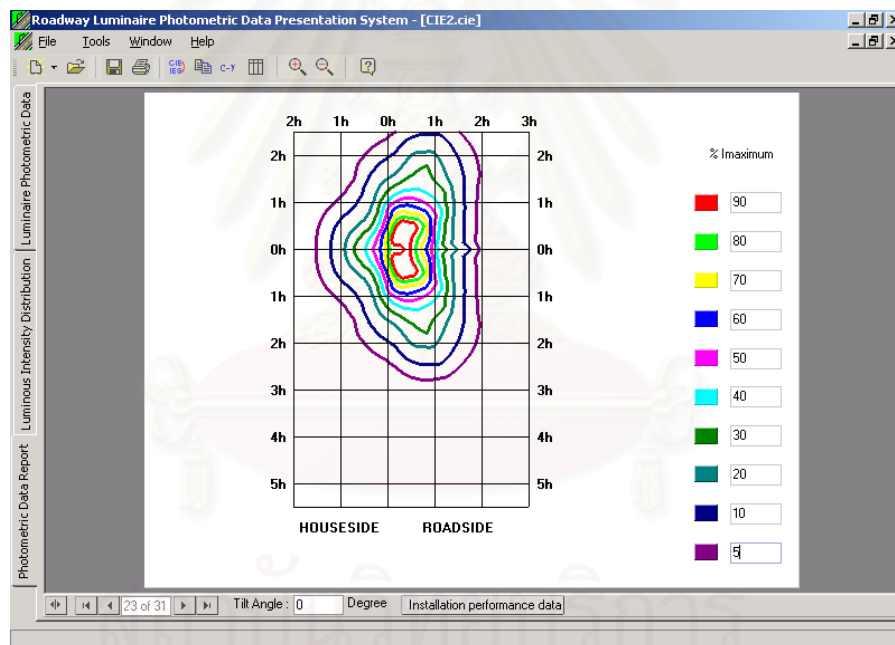


รูปที่ 7.68 หน้าต่างแสดง Luminance Yield Diagram

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

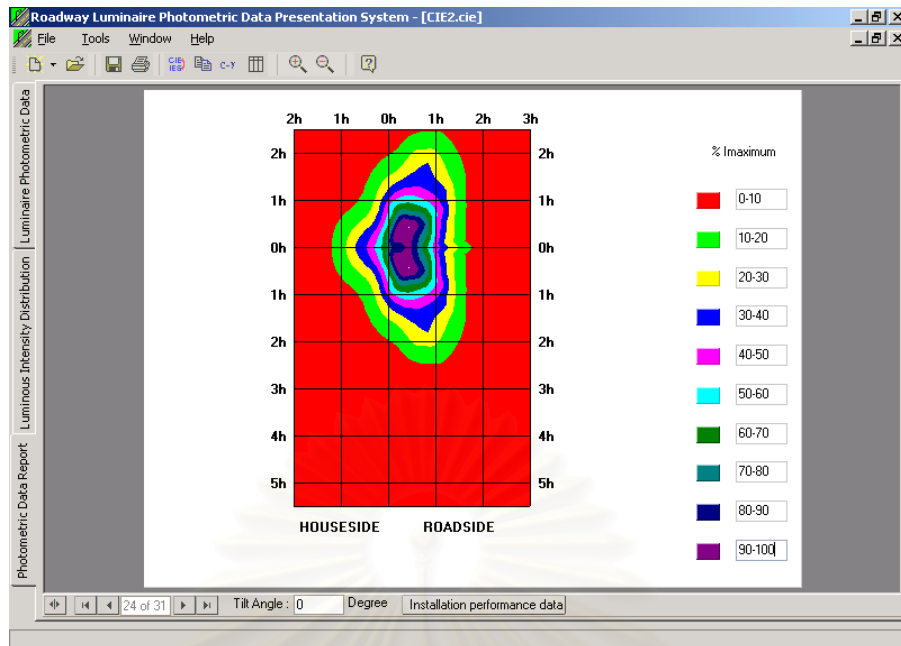


รูปที่ 7.69 หน้าต่างแสดง Illuminance Table

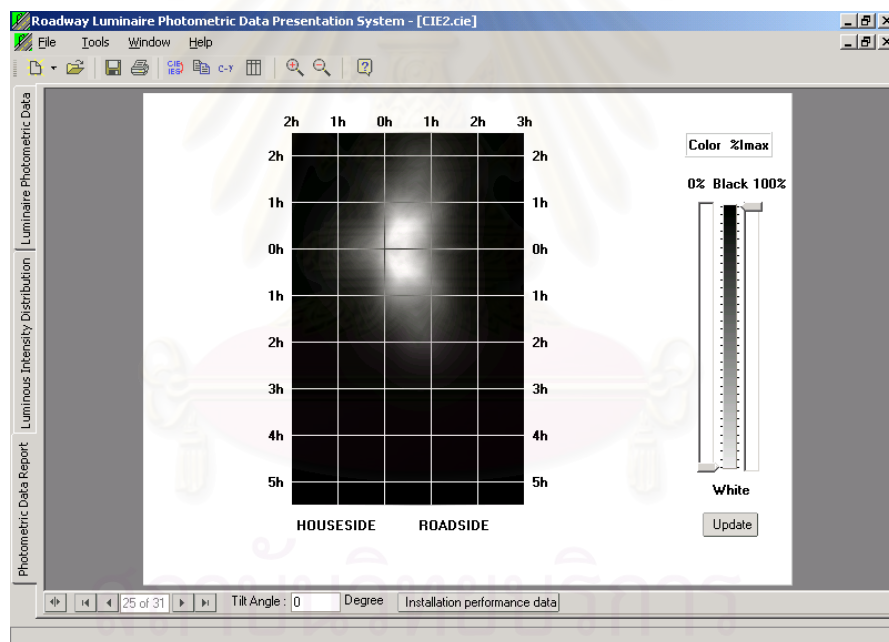


รูปที่ 7.70 หน้าต่างแสดง Iso-Lux Diagram แบบ Contour Plot

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

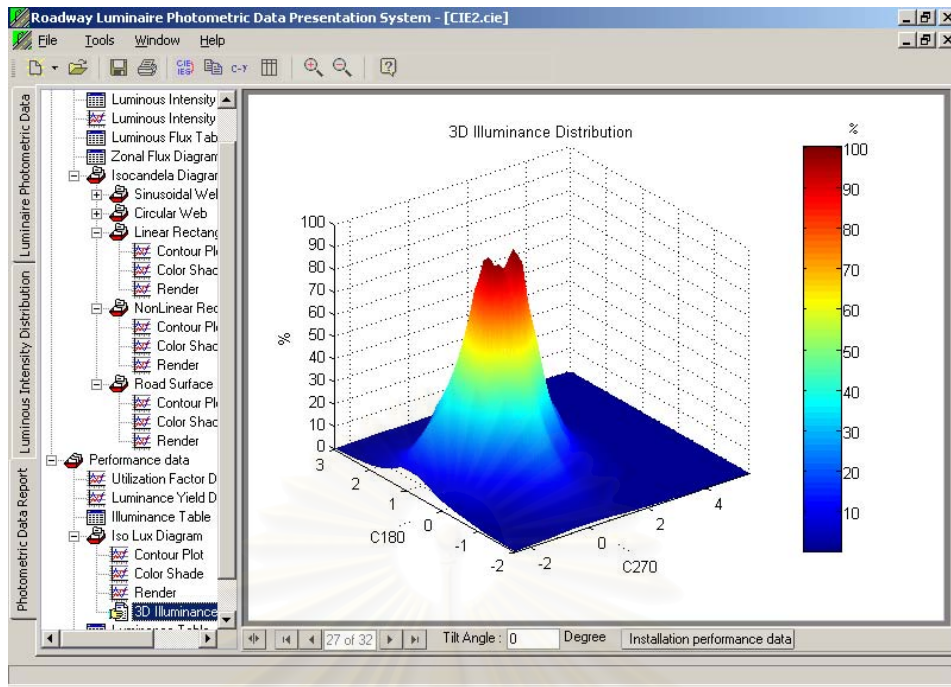


รูปที่ 7.71 หน้าต่างแสดง Illuminance Color Shade Diagram



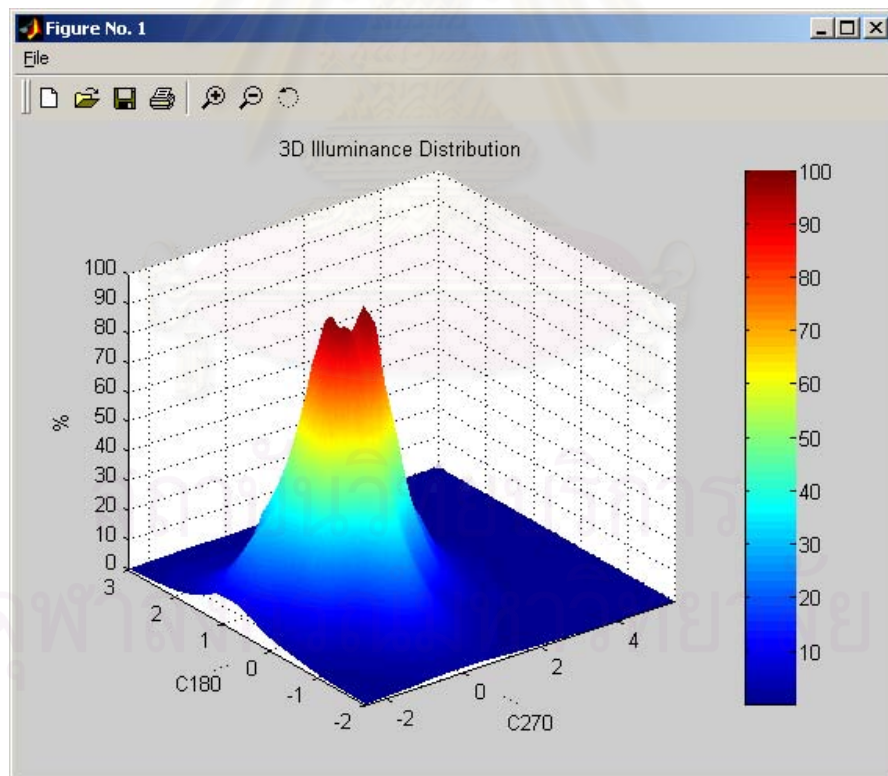
รูปที่ 7.72 หน้าต่างแสดง Illuminance Render Diagram



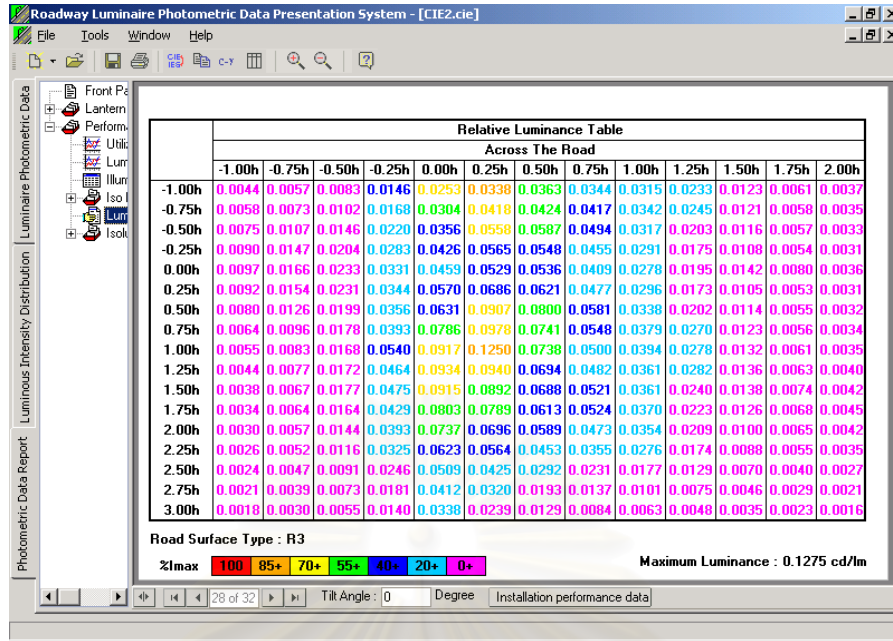


รูปที่ 7.73 หน้าต่างแสดง 3D Illuminance

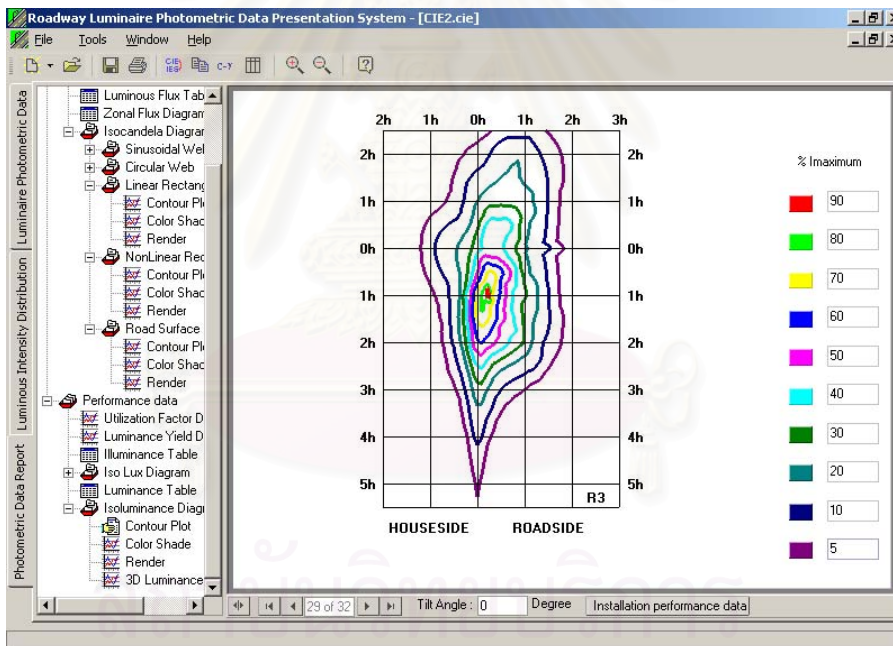
เมื่อผู้ใช้กดปุ่มขยายภาพหรือย่อภาพ จะแสดงหน้าต่าง 3D Illuminance ดังรูปที่ 7.74



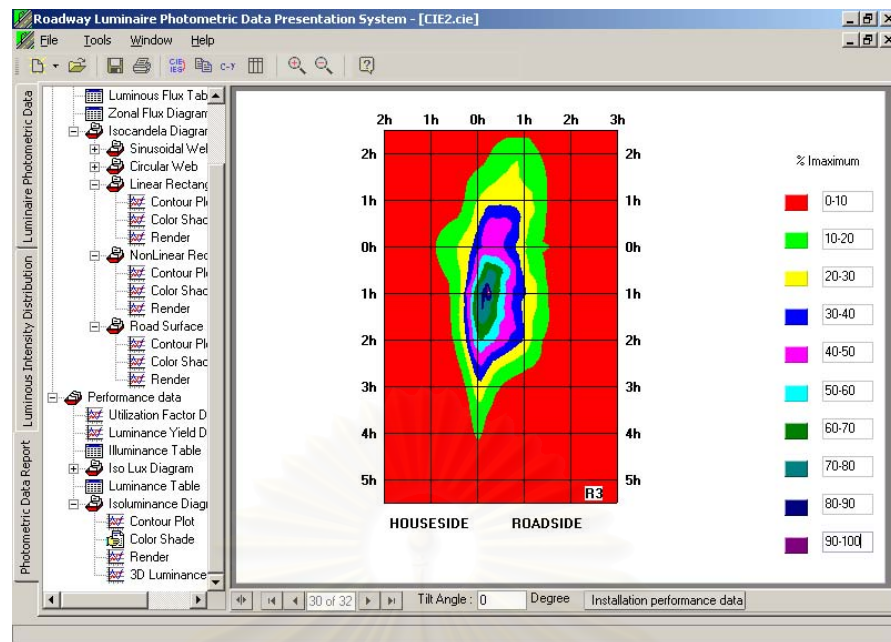
รูปที่ 7.74 หน้าต่างแสดง 3D Illuminance เมื่อต้องการหมุนภาพ



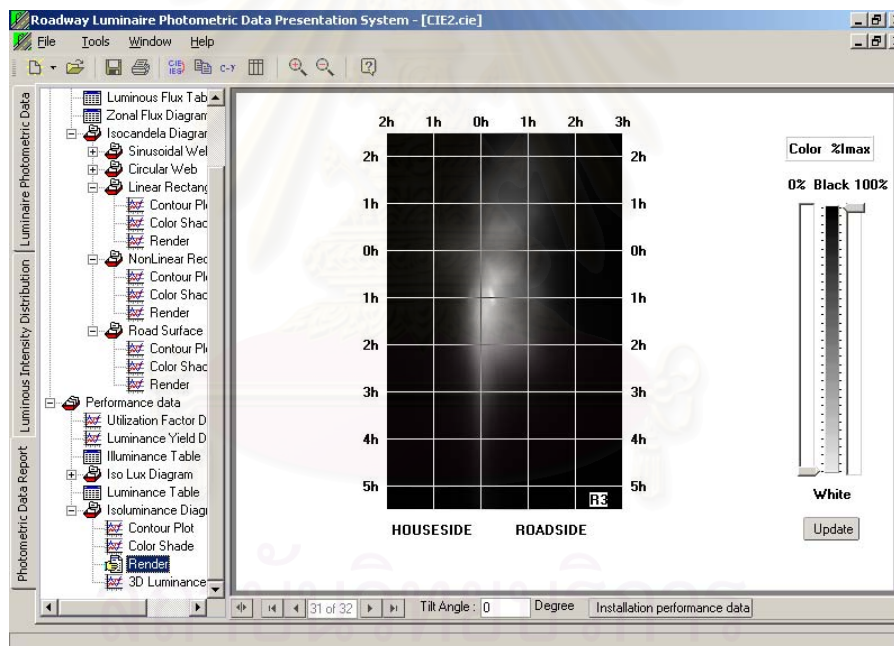
รูปที่ 7.75 หน้าต่างแสดง Luminance Table (ผิวถนนประเภท R3)



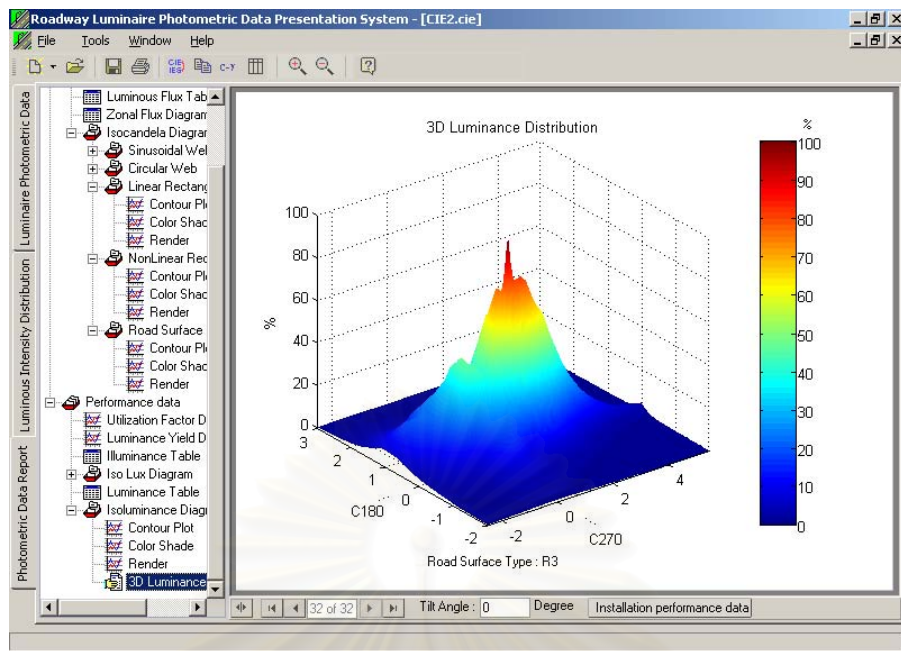
รูปที่ 7.76 หน้าต่างแสดง Isoluminance Diagram แบบ Contour Plot (ผิวถนนประเภท R3)



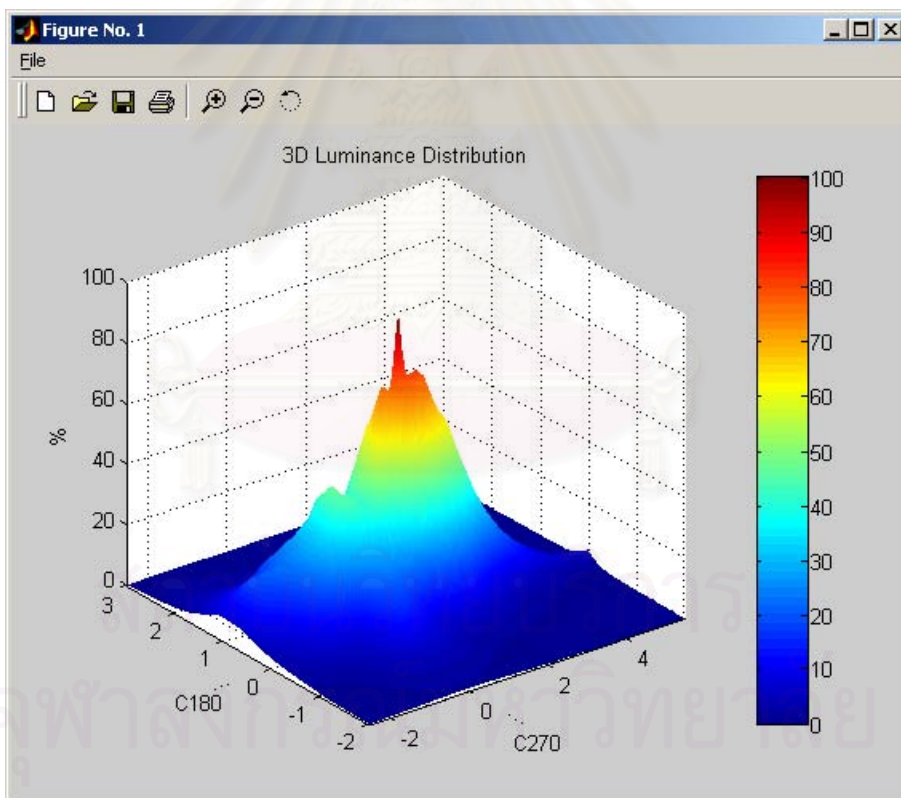
รูปที่ 7.77 หน้าต่างแสดง Luminance Color Shade Diagram (ผิวนถนนประเภท R3)



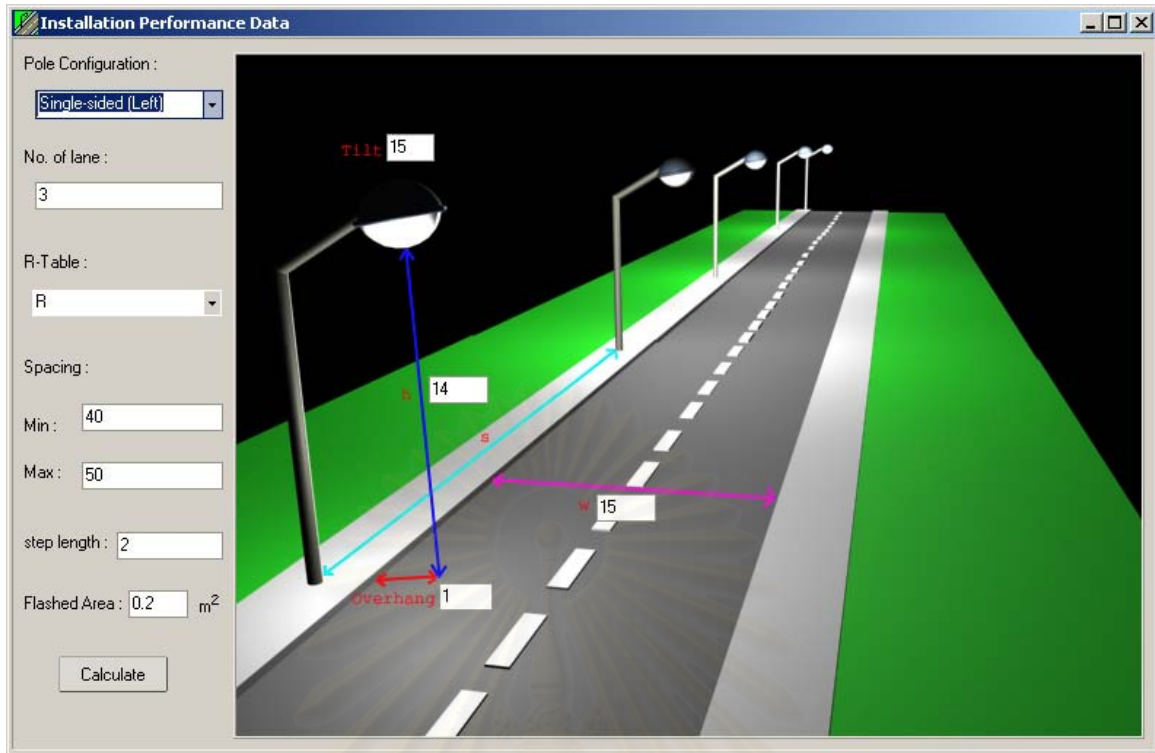
รูปที่ 7.78 หน้าต่างแสดง Luminance Render Diagram (ผิวนถนนประเภท R3)



รูปที่ 7.79 หน้าต่างแสดง 3D Luminance Diagram (ผิวถนนประเภท R3)



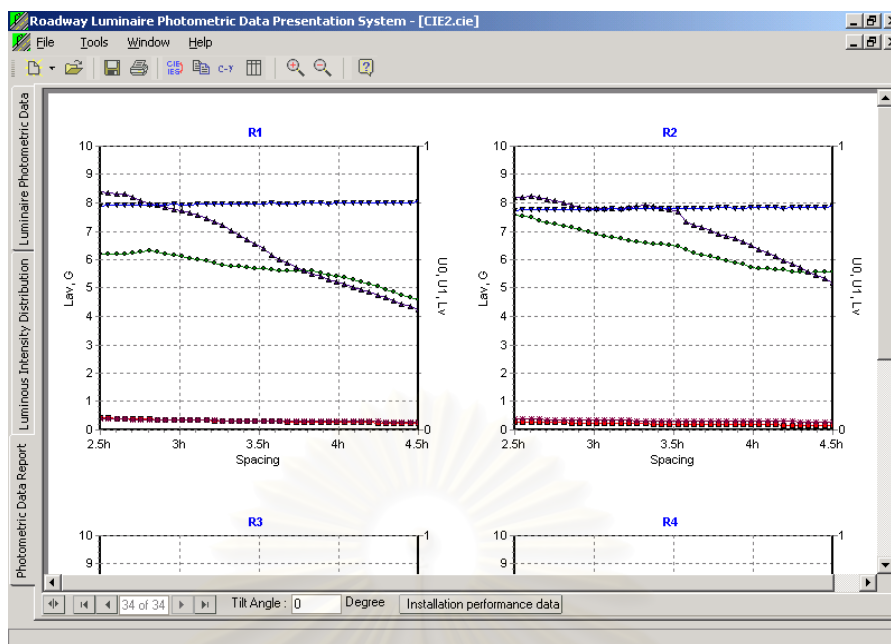
รูปที่ 7.80 หน้าต่างแสดง Isoluminance Diagram แบบ 3D Luminance Diagram (ผิวถนนประเภท R3) เมื่อต้องการหมุนภาพ



รูปที่ 7.81 หน้าต่างแสดงการป้อนข้อมูลเมื่อคลิกปุ่ม Installation Performance Data

Height		14					
h (m)							
Width w (m)	Spacing s (m)	40	42	44	46	48	50
		Lau					
	R1	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30
	R2	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.21
	R3	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19
	R4	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19
U0							
	R1	0.63	0.62	0.60	0.58	0.57	0.57
	R2	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.64
	R3	0.68	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63
	R4	0.60	0.58	0.56	0.55	0.54	0.54
U1							
	R1	0.80	0.78	0.76	0.73	0.68	0.63
	R2	0.80	0.78	0.78	0.79	0.78	0.77
	R3	0.74	0.75	0.74	0.71	0.68	0.66
	R4	0.75	0.76	0.74	0.72	0.68	0.66

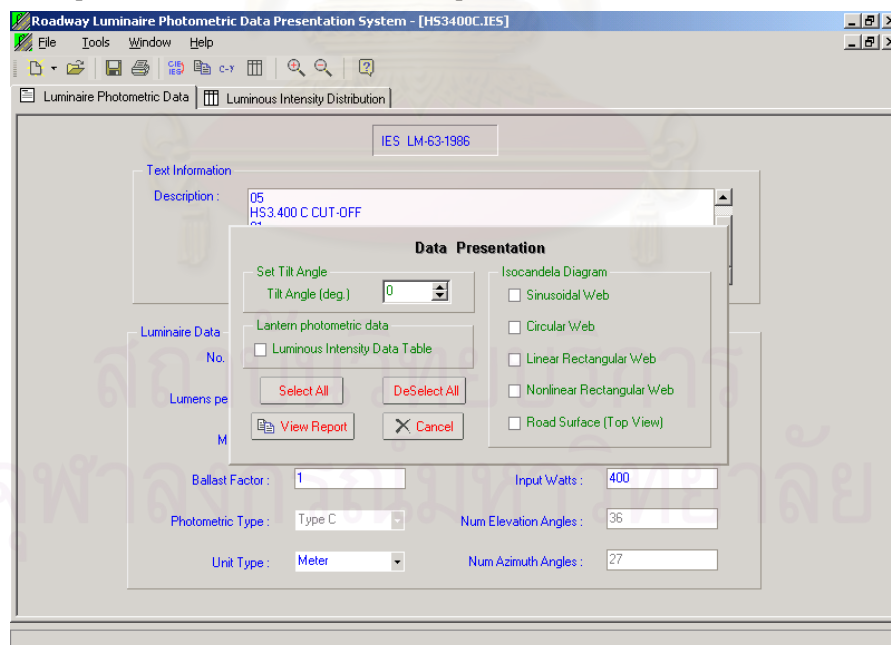
รูปที่ 7.82 หน้าต่างแสดง Performance Table



รูปที่ 7.83 หน้าต่างแสดง Performance Graph

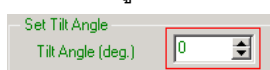
### 7.3 การนำเสนอข้อมูลตามระบบ IES

เปิดไฟล์ข้อมูลระบบ IES แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 7.84 โดยใช้ไฟล์ HS3400C.IES คลิกปุ่ม Data Presentation ดังรูปที่ 7.14 หน้าต่างจะแสดงผลดังรูปที่ 7.84



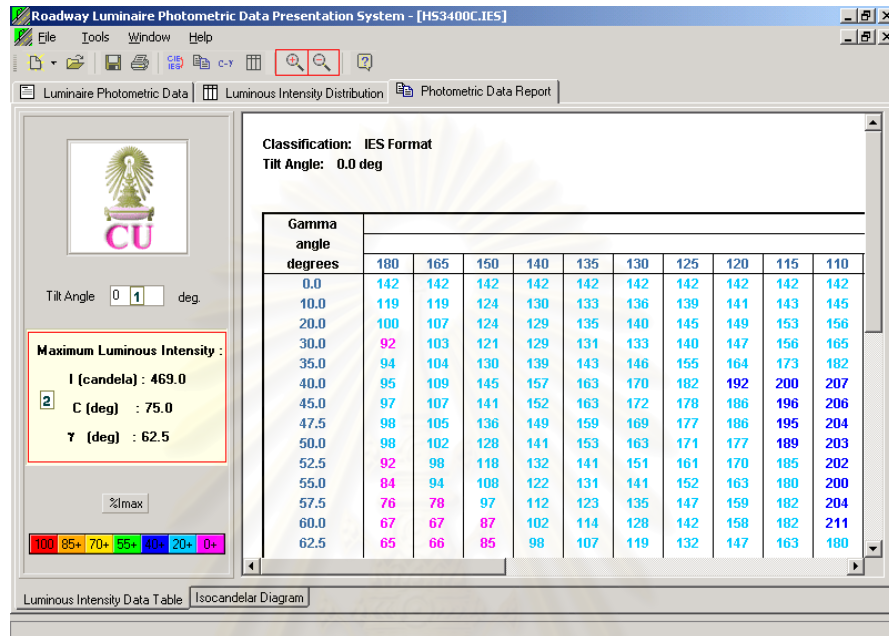
รูปที่ 7.84 หน้าต่างแสดงผลเมื่อคลิกปุ่ม Data Presentation เมื่อเปิดไฟล์ข้อมูลตามระบบ IES

1. สามารถใส่มุมเอียงของโคมไฟถนนตามที่ต้องการได้ในช่อง



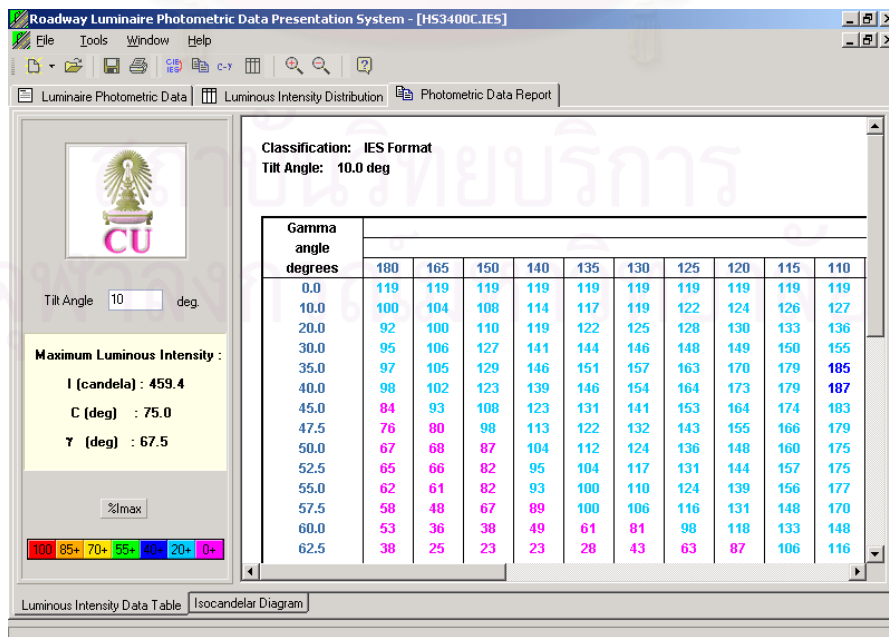
2. ปุ่ม **Select All** ในรูปที่ ทำการเลือกการนำเสนอข้อมูลทุกรูปแบบ

3. ปุ่ม **DeSelect All** ในรูปที่ ทำการยกเลิกการเลือกการนำเสนอข้อมูลทุกรูปแบบ
4. ปุ่ม **Cancel** ในรูปที่ ทำการยกเลิกเพื่อปิดหน้าต่าง Data Presentation
5. ปุ่ม **View Report** ในรูปที่ ทำการแสดงผลข้อมูลตามการเลือกนำเสนอข้อมูล ซึ่งเมื่อคลิกปุ่มนี้โดยการเลือกการนำเสนอข้อมูลทุกรูปแบบจะแสดงดังรูปที่ 7.85 - รูปที่ 7.93





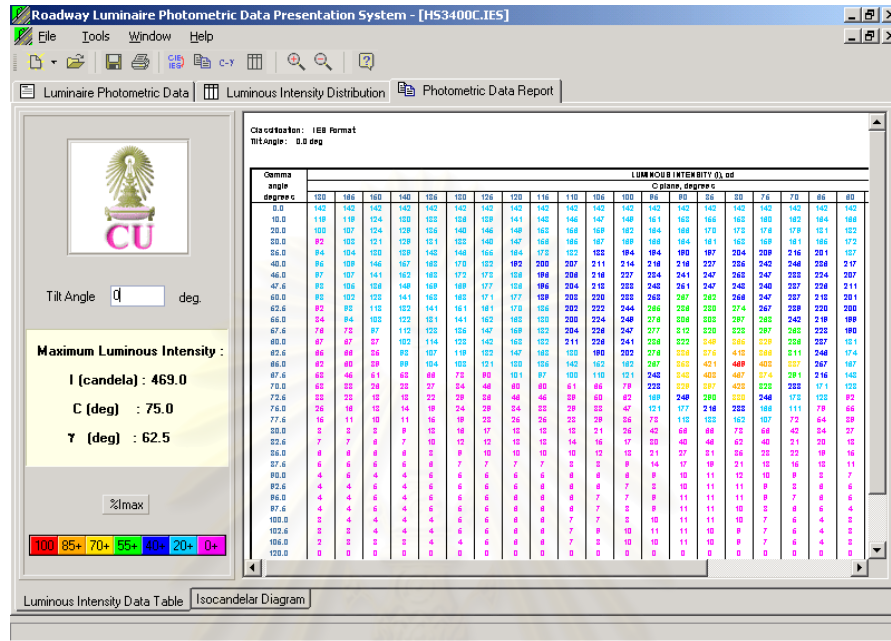
รูปที่ 7.85 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES

จากรูปที่ 7.85 **1** ช่องนี้ผู้ใช้สามารถใส่ค่ามุมเอียงของโคมที่ผู้ต้องการให้โปรแกรมแสดงผลได้แล้วกดปุ่ม Enter การแสดงผลของ Luminous Intensity Data Table และ Isocandelar Diagram จะเปลี่ยนไปดังรูปที่ 7.86

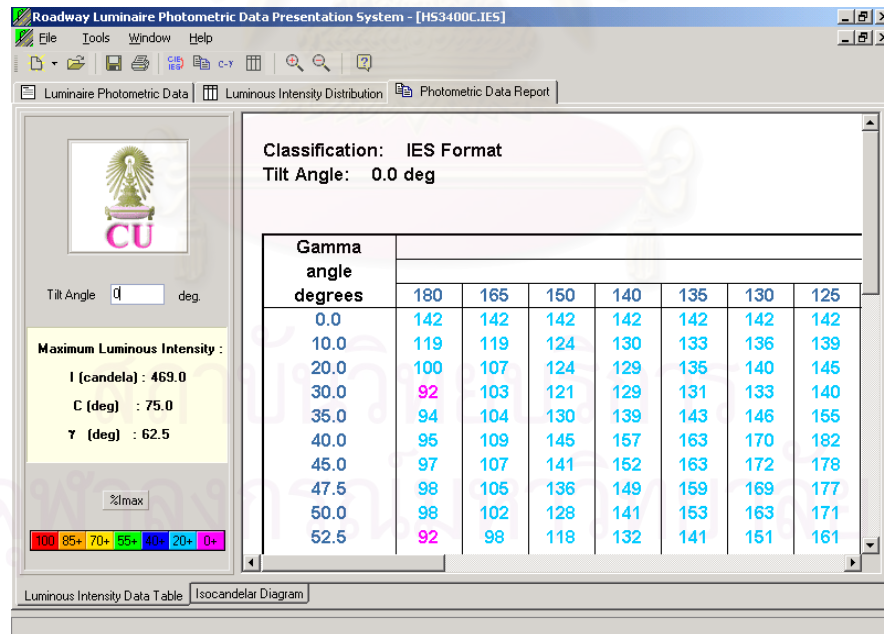


รูปที่ 7.86 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES เมื่อมุมเอียง 10 องศา

จากรูปที่ 7.84 <sup>2</sup> จะแสดงค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดพร้อมตำแหน่งระนาบ C และมุม  $\gamma$  ผู้ใช้สามารถย่อ และขยาย การแสดงผลได้ ซึ่งเมื่อคลิกปุ่มย่อ  จะแสดงผลได้ดังรูปที่ 7.87 และเมื่อคลิกปุ่มขยาย  แสดงผลดังรูปที่ 7.88

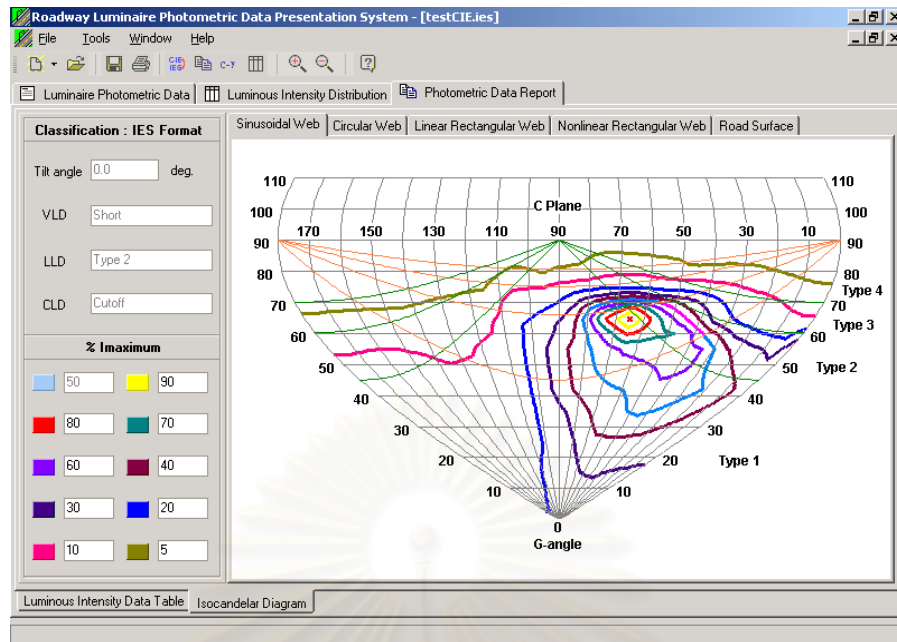


รูปที่ 7.87 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES เมื่อคลิกปุ่มย่อ

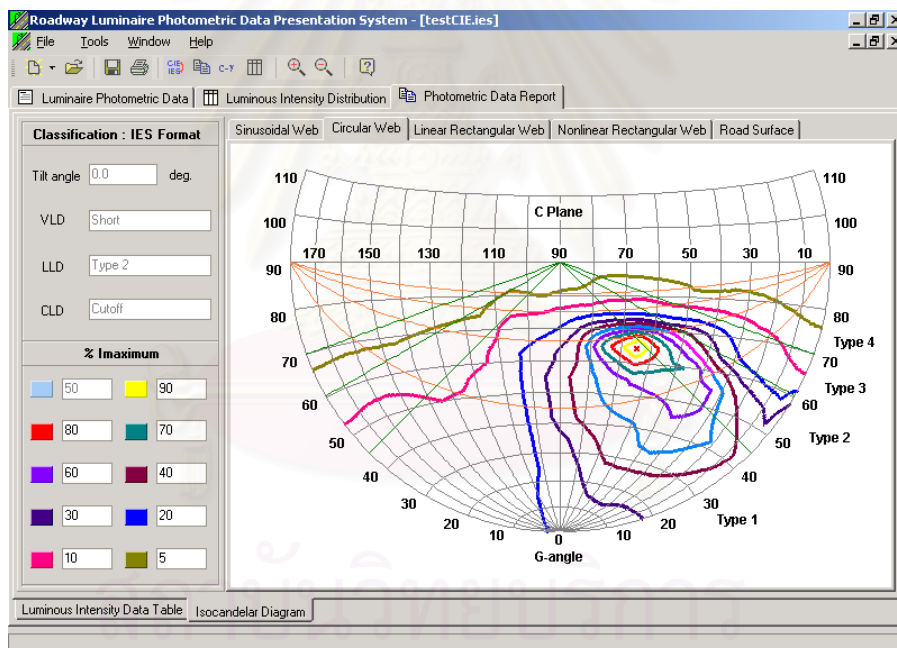


รูปที่ 7.88 หน้าต่างแสดงผล Luminous Intensity Data Table ตามระบบ IES เมื่อคลิกปุ่มขยาย

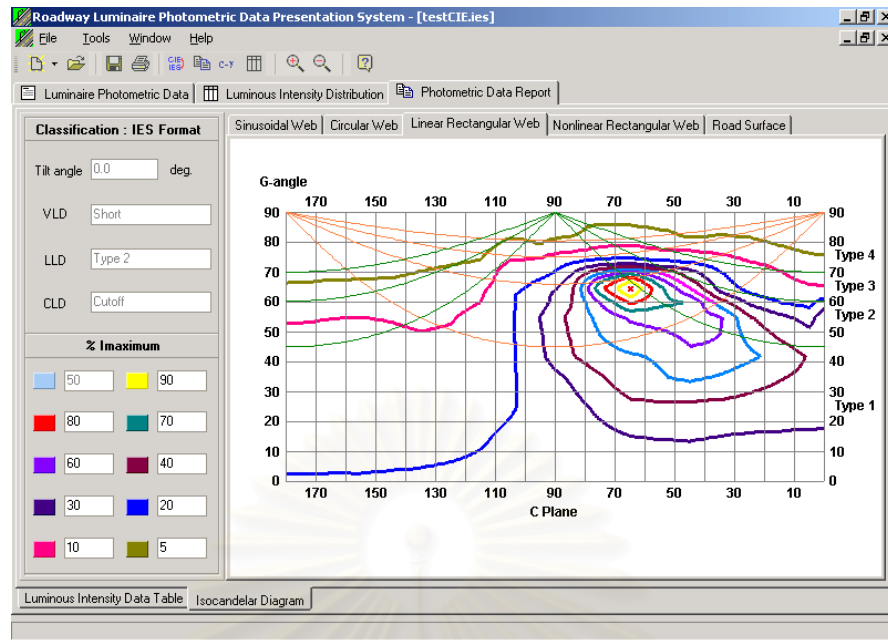




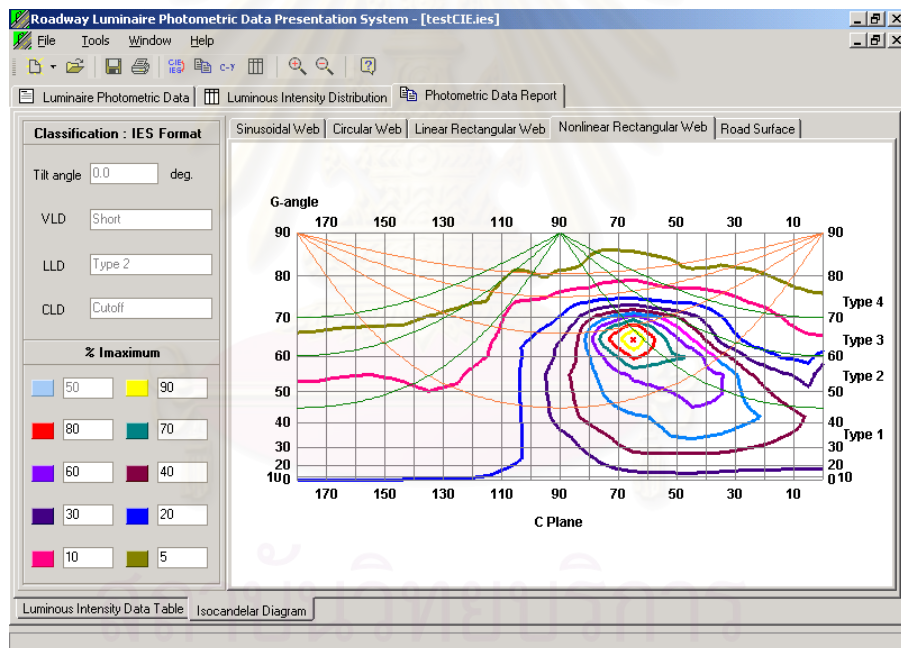
รูปที่ 7.89 หน้าต่างแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Sinusoidal Web ตามระบบ IES



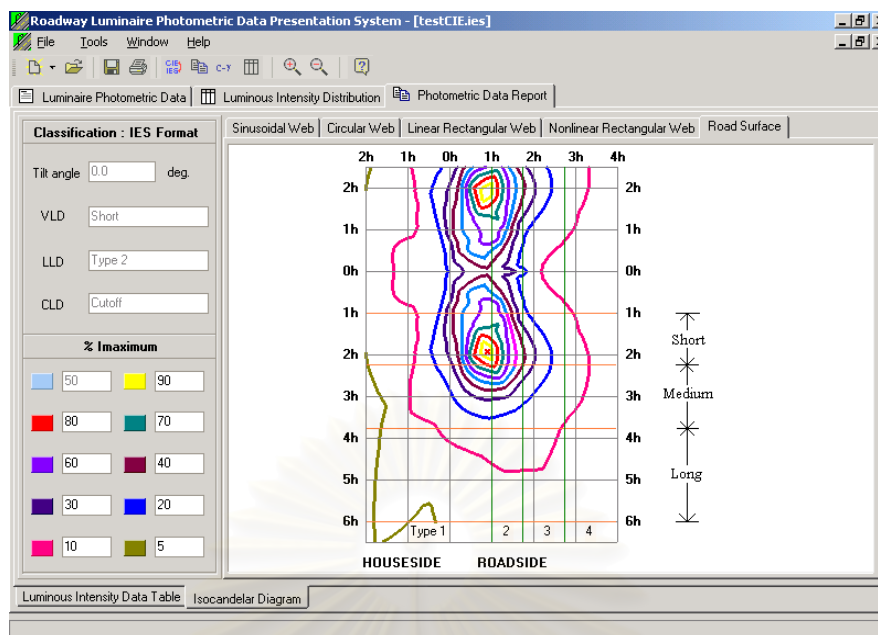
รูปที่ 7.90 หน้าต่างแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Circular Web ตามระบบ IES



รูปที่ 7.91 หน้าต่างแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Linear Rectangular Web ตามระบบ IES



รูปที่ 7.92 หน้าจอแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Nonlinear Rectangular Web ตามระบบ IES



รูปที่ 7.93 หน้าจอแสดงผล Isocandela Diagram แบบ Road Surface ตามระบบ IES

สำหรับระบบของ IES ในการนำเสนอข้อมูลผู้ใช้สามารถใช้อนุขยายภาพหรือย่อภาพได้กับการนำเสนอทุกรูปแบบ ยกเว้นการนำเสนอ Isocandela Diagram แบบ Road Surface เท่านั้นที่จะไม่มีผลต่อการใช้งานปุ่มนี้

## บทที่ 8

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 8.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการนำเสนอระบบการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ภาษาเดสไพล์ 6 ซึ่งเป็นภาษาที่ง่ายต่อการนำมาใช้งานในการสร้างแอปพลิเคชันต่าง ๆ ทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้งานบน Window ได้สะดวก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการแปลงข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนระหว่างระบบของ CIE และระบบของ IES และยังสามารถแสดงผลการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนในรูปแบบตารางตัวเลข และภาพกราฟฟิกแบบต่าง ๆ ตามระบบที่เลือกใช้

การพัฒนาโปรแกรมนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบโคมไฟถนนสามารถนำไปช่วยในการเลือกใช้โคมไฟถนนที่เหมาะสมกับการให้แสงสว่างถนนแต่ละชนิดได้อย่างรวดเร็วขึ้น และผู้ผลิตโคมไฟถนนก็สามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนได้ด้วย

#### 8.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโปรแกรมในวิทยานิพนธ์นี้เป็นเพียงการเริ่มต้นของการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนน ซึ่งสามารถใช้ได้กับระบบของ CIE และ ระบบของ IES ที่มีข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟถนนเป็นระบบ  $C - \gamma$  เท่านั้น แต่การใช้งานจริงอาจมีโคมไฟถนนที่มีข้อมูลการกระจายแสงระบบอื่น ซึ่งทำให้ใช้งานกับโปรแกรมนี้ไม่ได้ ฉะนั้นจึงควรมีการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้กับระบบอื่นได้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

- [1] CIE Pub. NO 30-2 (TC-4.6), "Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting", 1982
- [2] CIE Pub. NO 34 (TC-4.6), "Road Lighting Lantern and Installation Data-Photometrics, Classification and Performance", 1977
- [3] IES Computer Committee, "IES Recommended Standard File Format for Electronic Transfer of Photometric Data", Journal of the Illumination Engineering Society, Winter 1990
- [4] International Commission On Illumination, "CIE TECHNICAL REPORT RECOMMENDED FILE FORMAT FOR ELECTRONIC TRANSFER OF LUMINAIRE PHOTOMETRIC DATA", Version 1, 1993
- [5] Ir. W.J.M. van Bommel, Prof.J.B. de Boer, "Road Lighting", PHILIPS TECHNICAL LIBRARY KLUWER TECHNISCHE BOEKEN B.V.-DEVENTER-ANTWERPEN," 1980
- [6] ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, "เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543
- [7] ไชยะ แซ่มซ้อย, "พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่าง", บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด, เล่มที่ 1, 2544
- [8] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, "Lighting System Design", กลุ่มบริษัท แสงมิตร กรุ๊ป, 2544
- [9] สุวิษญาน์ อินนิตดา, "การประเมินคุณภาพไฟถนน", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

### ตัวอย่างรูปแบบไฟล์ข้อมูลตามระบบของ CIE

\*\* CIEF= CIE File Format, Version 1.0 (CIE Publication 102-1993)

\* <label line 1>

\* .

\* .

\* <label line n>

\*\* IDNM= <identification number>

\* LUMN=<luminaire name>

\* LAMP=<lamp name>

\* NLPS= <number of lamps in luminaire>

\* TOLU= <summation of normal rated lumens of all lamps>

\* LLGE= <lamp-luminaire geometry>

\* BLID= <ballast identification>

\* INPW= <input power in watts>

\* INVO= <input voltage>

\* INVA= <input volt amps>

\* TLME= <tilt during measurement>

\* TLNM= <tilt normal in application>

\* ROME=<rotation during measurement>

\* LSHP= <luminaire shape code>

\* NLAV= <number of luminous area views to be listed>

\* LA01= <luminous area 1> <plane angle> <cone angle>

\* LA02= <luminous area 2> <plane angle> <cone angle>

\* ”

\* ”

\* LAnn= <luminous area n> <plane angle> <cone angle>

\*\* PHOT=<INCLUDE> or <file-spec>

(if PHOT = <file-spec> the file ends at this point.)

(if PHOT = <INCLUDE> the file continues as follows.)

\* <label line 1>

```

*      .
*      .
*      <label line n>
**     PTYP= <photometric type>
*     APOS= <angle position code>
*     LUBA= <lumen basis of photometry>
*     MULT= <multiplier>
*     BAFA= <ballast factor>
*     NCON= <number of cone angles>
*     NPLA= <number of half-plane angles>
**     CONA= <cone angles>
*     <first half-plane angle> <intensity for all cone angles at first half-plane angle>
*     <second half-plane angle> <intensity for all cone angles at second half-plane
angle>
*      .
*      .
*     <nth half-plane angle> <intensity for all cone angles at nth half-plane angle>

```

(if PHOT= file-spec> then the separate file containing the photometric data is as follows:)

```

**     CIEA= CIE-A File Format, Version 1.0 (CIE Publication 102-1990)
*     <label line 1>
*      .
*      .
*     <label line n>
**     PTYP= <photometric type>
*     APOS= <angle position code>
*     LUBA= <lumen basis of photometry>
*     MULT= <multiplier>
*     BAFA= <ballast factor>
*     NCON= <number of cone angles>
*     NPLA= <number of half-plane angles>

```



- \*\* CONA= <cone angles>
- \* <first half-plane angle> <intensity for all cone angles at first half-plane angle>
- \* <second half-plane angle> <intensity for all cone angles at second half-plane angle>
- \* .
- \* .
- \* <nth half-plane angle> <intensity for all cone angles at nth half-plane angle>

หมายเหตุ เครื่องหมาย "\*\*\*" เป็นส่วนของ "key" lines และถ้ามีเครื่องหมาย "\*" หรือ "\*\*\*" จะต้องทำการขึ้นบรรทัดใหม่

ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลได้ดังนี้

CIEF= CIE File Format, Version 1.0 (CIE Publication 102-1993)

บรรทัดแรกนี้จะบอกรายละเอียดของข้อมูลว่ารูปแบบข้อมูลแบบ CIE เวอร์ชันที่เท่าไร และบอกแหล่งอ้างอิงของรูปแบบข้อมูล

<label line>

ในส่วนนี้จะบรรยายรายละเอียดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ และคำอธิบายอื่น ๆ ตามต้องการ ซึ่งแต่ละบรรทัดมีความยาวของตัวอักษรได้สูงสุด 78 ตัวอักษร และ label lines นี้จำกัดไว้ที่ 60 label lines (60 บรรทัด)

IDNM= or IDentification NuMber= <identification number>

บรรทัดนี้เป็น "key" lines วัตถุประสงค์หลักของบรรทัดนี้เพื่อบอกให้โปรแกรมที่นำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ทราบว่า การส่งข้อมูลในเทอมของ label lines เสร็จเรียบร้อยแล้วและจะกล่าวถึงข้อมูลถัดไปคือ structured และอีกวัตถุประสงค์หนึ่งของบรรทัดนี้ก็เพื่อบอก luminaire identification number ซึ่งอาจจะเป็น alpha numeric และความยาวในบรรทัดนี้จะต้องไม่เกิน 78 ตัวอักษร

LUMN = or LUMinaire Name = <luminaire name>

ชื่อของดวงโคมอาจจะเป็นตัวเลขผสมตัวอักษรและจำกัดความยาวไว้ไม่เกิน 78 ตัวอักษร

LAMP = or LAMP name = <lamp name>

ชื่อของหลอดซึ่งอาจจะเป็นตัวเลขผสมตัวอักษรและจำกัดความยาวไว้ไม่เกิน 78 ตัวอักษร

NLPS = or Number of LamPS = <number of lamps in the luminaire>

จำนวนหลอดที่ใช้ซึ่งจะบอกเป็นเลขจำนวนจริง และไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน

TOLU = or TOtal LUmens = <summation of normal rated lumens of all lamps>

ผลรวมของฟลักซ์ส่องสว่างของทุกหลอดที่ติดตั้งในดวงโคม

LLGE = or Lamp Luminaire GEometry = <lamp-luminaire geometry>

ข้อมูลนี้จะเป็นส่วนที่บอกให้โปรแกรมชดเชยฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดที่แปรเปลี่ยนไปจากผลของการเอียงหลอด ซึ่งข้อมูลจะกำหนดได้ตามรหัสดังต่อไปนี้

1 ถูกใช้เมื่อติดตั้งโคมไฟตามปกติหรือเฉียงในแนวตั้งลง โดยหลอดจะติดตั้งตามแนวตั้ง ขั้วหลอดอยู่ด้านบน หรือแนวตั้งขั้วหลอดอยู่ด้านล่าง

2 ถูกใช้เมื่อติดตั้งโคมไฟตามปกติหรือเฉียงในแนวตั้งลง โดยหลอดจะติดตั้งตามแนวนอน แต่เมื่อโคมไฟถูกทำให้เอียง โดยหลอดอาจจะเอียงขึ้นหรือเอียงลงซึ่งเป็นเงื่อนไขของการเอียงโคมไฟ

3 ถูกใช้เมื่อติดตั้งโคมไฟตามปกติหรือเฉียงในแนวตั้งลง โดยหลอดจะอยู่ในแนวนอน และยังคงอยู่แนวนอนเมื่อเอียงโคม

4 ถูกใช้เมื่อติดตั้งหลอดติดผนังกับโคมไฟและไม่สามารถถอดเปลี่ยนได้

BLID = or BaLlast IDentification = <ballast identification>

รายละเอียดของบัลลาสต์ โดยจะบอกเป็นตัวเลขผสมตัวอักษรและความยาวในบรรทัดจำกัดไม่เกิน 78 ตัวอักษร

INPW = or INput PoWer = <input power in watts>

ต้องเป็นตัวเลขและแสดงกำลังไฟฟ้าของดวงโคมทั้งหมดที่รวมทั้งบัลลัสต์หรือการสูญเสียอื่น

INVO = or INput VOlts = <input voltage>

ต้องเป็นตัวเลขและบอกขนาดของแรงดันขาเข้าของดวงโคม

INVA = or INput Volt Amperes = <input volt amps>

ต้องเป็นตัวเลขและแสดงความต้องการกำลังงานปรากฏของหลอดและอุปกรณ์ประกอบทั้งหมด

TLME = or TiLt during MEasurement = <tilt during measurement>

ตัวเลขบอกการเอียงตัวของดวงโคมขณะตรวจวัดข้อมูลต้องเป็นตัวเลขและบรรยายมุมบวกหรือลบของการเอียงเนื่องจากการวัดความสว่าง ดูรูปที่ ก.1

TLNM = or TiLt NorMal = <tilt normal in application>

ตัวเลขบอกการเอียงตัวของดวงคอมในการติดตั้งใช้งานจริงต้องเป็นตัวเลขและบรรยายมุมบวกหรือลบของการเอียงเมื่อติดตั้งใช้งาน

ROME = or ROtation during MEasurement = <rotation during measurement>

ตัวเลขบอกการหมุนตัวของดวงคอมขณะตรวจวัดข้อมูล ต้องเป็นตัวเลขและบรรยายมุมของการหมุนในด้านบวกและด้านลบเป็นองศา

LSHP = or Luminaire SHaPe = <luminaire shape code>

ต้องเป็นจำนวนเต็มบอกเป็นรหัส ข้อมูลในส่วนนี้ปกติจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณ glare จากรูปทรง, พื้นที่ และทิศทางของการมอง โปรแกรมที่ใช้งานจะสามารถคำนวณค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของดวงคอมได้โดยความเข้มส่องสว่าง ถ้ารูปทรงไม่เป็นไปตามรหัส 1-8 ก็ใช้รหัส 9 ซึ่งแต่ละรหัสแสดงรายละเอียดดังนี้

- 1 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปทรงกลมหรือลูกโลก
- 2 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปครึ่งทรงกลมในทิศทางของแกนแรก (first axis)
- 3 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปทรงกระบอกในทิศทางของแกนแรก
- 4 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปทรงกระบอกในทิศทางของแกนที่สอง (second axis)
- 5 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปครึ่งทรงกระบอกซึ่งมีแกนขนานกับแกนที่สอง และส่วนโค้งของทรงกระบอกอยู่ในทิศทางเดียวกันกับแกนแรก
- 6 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปครึ่งทรงกระบอกซึ่งมีแกนขนานกับแกนที่สาม และส่วนโค้งของทรงกระบอกอยู่ในทิศทางเดียวกันกับแกนแรก
- 7 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส (4 ด้าน) ซึ่งมีความยาวตั้งฉากกับแกนแรก
- 8 ใช้เมื่อพื้นที่ส่องสว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส (4 ด้าน) ซึ่งมีความยาวขนานกับแกนแรก
- 9 ใช้สำหรับทุกพื้นที่ส่องสว่างอื่น ๆ

NLAV = or Number of Luminous Area Views = <number of luminous area views to be listed>

LA01 = or Luminous Area 01 = <luminous area 1> <plane angle> <cone angle>

LA02 = or Luminous Area 02 = <luminous area 2> <plane angle> <cone angle>

”

”

LAnn = or Luminous Area nn = <luminous area n> <plane angle> <cone angle>

บอกพื้นที่ส่องสว่าง (luminous area) ในหน่วยตารางเมตร ที่ได้จากการสังเกต ณ ตำแหน่งของมุม  $\gamma$  และมุม C ที่กำหนด ซึ่งจะจำกัดพื้นที่ส่องสว่างไว้ไม่เกิน 99 ขึ้น

PHOT = or PHOTometric data = <INCLUDE> or <file-spec>

บรรทัดนี้จะเป็น “key” lines บอกให้โปรแกรมทราบว่าการส่งข้อมูลทางกายภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว

<INCLUDE> ถ้าพบคำนี้จะใช้เพื่อส่งสัญญาณให้โปรแกรมทราบว่าข้อมูลถัดไปเป็น label lines ซึ่งเป็นข้อมูลทางแสงของดวงโคม

<file-spec> ถ้าเป็นคำอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ INCLUDE แสดงว่าข้อมูลทางแสงแยกไฟล์ไปเป็นอีกไฟล์หนึ่งต่างหาก

if PHOT = <file-spec> ไฟล์นี้ก็จะสิ้นสุด ณ จุดนี้ โปรแกรมก็จะโหลดไฟล์ตามชื่อที่ป้อนเข้ามาเพื่อส่งไปเป็นอินพุตของข้อมูลทางแสง

if PHOT = <INCLUDE> the file continues as follows.

<label lines>

label lines ในส่วนนี้จะบรรจุข้อความที่พรรณนาเกี่ยวกับโคมไฟที่ใช้, การส่องสว่าง และบันทึกหรือข้อความอื่น ๆ แต่ละ label line มีความยาวได้สูงสุด 78 ตัวอักษร และมี label lines ได้ทั้งหมดไม่เกิน 60 label lines

PTYP = or Photometric TYPE = <photometric type>

ในส่วนนี้เป็น “key” line วัตถุประสงค์หนึ่งของบรรทัดนี้เพื่อส่งสัญญาณให้โปรแกรมทราบว่าการส่งข้อความที่พรรณนาเกี่ยวกับโคมไฟที่ใช้เสร็จสิ้นแล้ว และอีกวัตถุประสงค์หนึ่งเพื่อบอกชนิดของข้อมูลซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระบบดังนี้

- C ใช้ข้อมูลระบบ C,  $\gamma$  แสดงได้ดังรูปที่ ก.2 แกนหมุนของระนาบคือแกนแรกในรูปที่ ก. 1
- B ใช้ข้อมูลระบบ B,  $\beta$  แสดงดังรูปที่ ก.3 แกนหมุนของระนาบคือแกนที่สองในรูปที่ ก.1
- A ใช้ข้อมูลระบบ A,  $\alpha$  แสดงดังรูปที่ ก.4 แกนหมุนของระนาบก็คือแกนที่สามในรูปที่ ก.1

APOS = <angle position code>

เมื่อข้อมูลทางแสงเป็น Type C (C,  $\gamma$ ) กำหนดรหัสดังนี้ (ดูในรูปที่ ก.2)

C1 ดวงโคมที่ใช้สำหรับให้แสงสว่างบนถนน ระนาบ 0-180 องศา เป็นระนาบที่ขนานไปกับขอบถนนหรือขนานไปกับเส้นสัมผัสของถนนโค้ง เมื่อดวงโคมติดตั้งอยู่เหนือขอบถนน ระนาบ 90 องศา จะ

ตัดเข้าไปในถนน สำหรับดวงโคมซึ่งมีการกระจายของแสงไม่สมมาตรบนระนาบ 90/270 องศา ควรให้ความเข้มส่องสว่างสูงสุดปรากฏอยู่ในครึ่งทรงกลมซึ่งมีครึ่งระนาบ 0 องศา อยู่ด้วย

C2 ดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งาน เช่น ดวงโคมที่ติดกับกำแพง ดวงโคมติดบนราวบนเพดาน และดวงโคม floodlight ระนาบ 0-180 องศา เป็นระนาบที่ขนานไปกับแกนที่ 2 และ ครึ่งระนาบ 270 องศา จะยื่นจากจุดศูนย์กลางแสงของอุปกรณ์ส่องสว่างผ่านด้าน mounting fitting

C3 ดวงโคมทั่วไปซึ่งไม่มี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและมีการกระจายแสงเหมือนกันในทุกระนาบ ถ้าการกระจายแสงของดวงโคมสมมาตรกันในทุกระนาบแล้วครึ่งระนาบใด ๆ จะประพาดติดเป็นครึ่งระนาบ 0 องศา

C4 ดวงโคมทั่วไปซึ่งไม่มี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานแต่มีระนาบสมมาตรอยู่ 1 ระนาบ ครึ่งระนาบ 90 องศา วางอยู่ในระนาบสมมาตรนั้น ถ้าแหล่งกำเนิดแสงหรือแหล่งกำเนิดแสงขนานกันมีลักษณะยาว ระนาบ 0 -180 จะตั้งฉากกับด้านที่ยาวกว่าของแหล่งกำเนิดแสง ถ้าแหล่งกำเนิดแสงไม่มีลักษณะยาว ผู้ผลิตควรจะทำสัญลักษณ์บนดวงโคมที่ตำแหน่งของครึ่งระนาบ 0 องศา โดยมีการอธิบายสัญลักษณ์ดังกล่าวในฉลากด้วย

C5 ดวงโคมทั่วไปซึ่งไม่มี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานแต่มีระนาบสมมาตรอยู่ 1 ระนาบ ครึ่งระนาบ 0 องศา วางอยู่ในระนาบสมมาตรนั้น ถ้าแหล่งกำเนิดแสงหรือแหล่งกำเนิดแสงขนานกันมีลักษณะยาว ระนาบ 0 -180 จะตั้งฉากกับด้านที่ยาวกว่าของแหล่งกำเนิดแสง ถ้าแหล่งกำเนิดแสงไม่มีลักษณะยาว ผู้ผลิตควรจะทำสัญลักษณ์บนดวงโคมที่ตำแหน่งของครึ่งระนาบ 0 องศา โดยมีการอธิบายสัญลักษณ์ดังกล่าวในฉลากด้วย

C6 เป็นดวงโคมที่ระบุอยู่ในกลุ่ม C3 แต่มีระนาบสมมาตร 2 ระนาบ คือทั้งครึ่งระนาบ 90 องศา และครึ่งระนาบ 0 องศา วางอยู่ในระนาบที่สมมาตร ถ้าแหล่งกำเนิดแสงหรือแหล่งกำเนิดแสงขนานกันมีลักษณะยาว ระนาบ 0-180 จะตั้งฉากกับด้านที่ยาวกว่าของแหล่งกำเนิดแสง ถ้าแหล่งกำเนิดแสงไม่มีลักษณะยาว ผู้ผลิตควรจะทำสัญลักษณ์บนดวงโคมที่ตำแหน่งของครึ่งระนาบ 0 องศา โดยมีการอธิบายสัญลักษณ์ดังกล่าวในฉลากด้วย

C7 เป็นดวงโคมที่ระบุอยู่ในกลุ่ม C3 แต่ไม่มีระนาบที่สมมาตร ผู้ผลิตควรจะทำสัญลักษณ์บนดวงโคมที่ตำแหน่งของครึ่งระนาบ 0 องศา โดยมีการอธิบายสัญลักษณ์ดังกล่าวในฉลากด้วย

เมื่อข้อมูลทางแสงเป็น Type B ( $B, \beta$ ) กำหนดรหัสดังนี้ (ดูในรูปที่ ก.3)

B1 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและมีการกระจายแสงเหมือนกันในทุกระนาบ ครึ่งระนาบใด ๆ จะประพาดติดเสมือนครึ่งระนาบ 0 องศา

B2 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและมีระนาบสมมาตร 1 ระนาบ ระนาบที่สมมาตรจะเป็นระนาบที่มีครึ่งระนาบ 0 องศาอยู่ โดยพิจารณาจากครึ่งระนาบทั้ง 2 หากครึ่งระนาบใดมีค่าความเข้มของแสงสูงสุดจะถือว่าเป็นครึ่งระนาบ 0 องศา

B3 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและไม่มีการสมมาตรระหว่างระนาบ ระนาบที่มีความเข้มของแสงสูงสุดจะถือว่าเป็นครึ่งระนาบ 0 องศา

B4 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งไม่มี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งาน ในกรณีนี้ผู้ผลิตจะต้องทำสัญลักษณ์บนดวงโคมที่ตำแหน่งของครึ่งระนาบ 0 องศา โดยมีการอธิบายสัญลักษณ์ดังกล่าวในฉลากด้วย

B1CS, B2CS, B3CS และ B4CS (CS = cone symmetry) ควรใช้เมื่อ การกระจายความส่องสว่างกำหนดตามข้างบน แต่สมมาตรรอบมุมกรวยที่ศูนย์กลาง

เมื่อข้อมูลทางแสงเป็น Type A ( $A, \alpha$ ) กำหนดรหัสดังนี้ (ดูในรูปที่ ก.4)

A1 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและมีการกระจายแสงเหมือนกันในทุกระนาบ ครึ่งระนาบใด ๆ จะประพฤติตนเสมือนครึ่งระนาบ 0 องศา

A2 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและมีระนาบสมมาตร 1 ระนาบ ระนาบที่สมมาตรจะเป็นระนาบที่มีครึ่งระนาบ 0 องศาอยู่ โดยพิจารณาจากครึ่งระนาบทั้ง 2 หากครึ่งระนาบใดมีค่าความเข้มของแสงสูงสุดจะถือว่าเป็นครึ่งระนาบ 0 องศา

A3 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งมี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งานและไม่มีการสมมาตรระหว่างระนาบ ครึ่งระนาบที่มีความเข้มของแสงสูงสุดจะถือว่าเป็นครึ่งระนาบ 0 องศา

A4 สำหรับดวงโคมทั่วไปซึ่งไม่มี mounting fitting สำหรับปรับดวงโคมในสถานที่ใช้งาน ในกรณีนี้ผู้ผลิตจะต้องทำสัญลักษณ์บนดวงโคมที่ตำแหน่งของครึ่งระนาบ 0 องศา โดยมีการอธิบายสัญลักษณ์ดังกล่าวในฉลากด้วย

A1CS, A2CS, A3CS และ A4CS (CS = cone symmetry) ควรใช้เมื่อ การกระจายความส่องสว่างกำหนดตามข้างบน แต่สมมาตรรอบมุมกรวยที่ศูนย์กลาง

LUBA = or LUmen BAasis of photometry = <lumen basis of photometry>

ค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟที่ใช้อ้างอิงของชุดข้อมูล เช่น per 1000 lamp lumens ในกรณีที่ใช้อ้างอิงให้ใส่เป็น -1

MULT=or MULTiplier = <multiplier>

เป็นตัวคูณแฟคเตอร์ของทุกค่าความเข้มส่องสว่างในไฟล์นี้ ปกติมีค่าเป็น 1.0 และอาจจะมีค่าต่างจาก 1.0 ได้โดยตัวคูณแฟคเตอร์นี้อาจจะน้อยกว่า 1.0 ได้แต่จะไม่ติดลบ

BAFA= or BALLast FActor = <ballast factor>

เป็นตัวคูณแฟคเตอร์ของทุกค่าความเข้มส่องสว่างในไฟล์นี้ปกติมีค่าเป็น 1.0 และอาจจะมีค่าต่างจาก 1.0 ได้ โดยบัลลาสต์แฟคเตอร์นี้อาจจะน้อยกว่า 1.0 ได้แต่จะไม่ติดลบ

NCON= or Number of CONe Angles = <number of cone angles>

จำนวนของมุม  $\gamma$  ทั้งหมด (กรณีระบบวัดข้อมูลแบบ C -  $\gamma$ )

NPLA= or Number of PLane Angles = <number of half-plane angles>

จำนวนของระนาบ C ทั้งหมด (กรณีระบบวัดข้อมูลแบบ C -  $\gamma$ )

CONA= or CONe Angles = <cone angles>

แสดงค่า มุม  $\gamma$  สำหรับ Type C ค่าแรกจะต้องเริ่มต้นที่ 0 องศา

<first half-plane angle> <intensity for all cone angles at first half-plane angle>

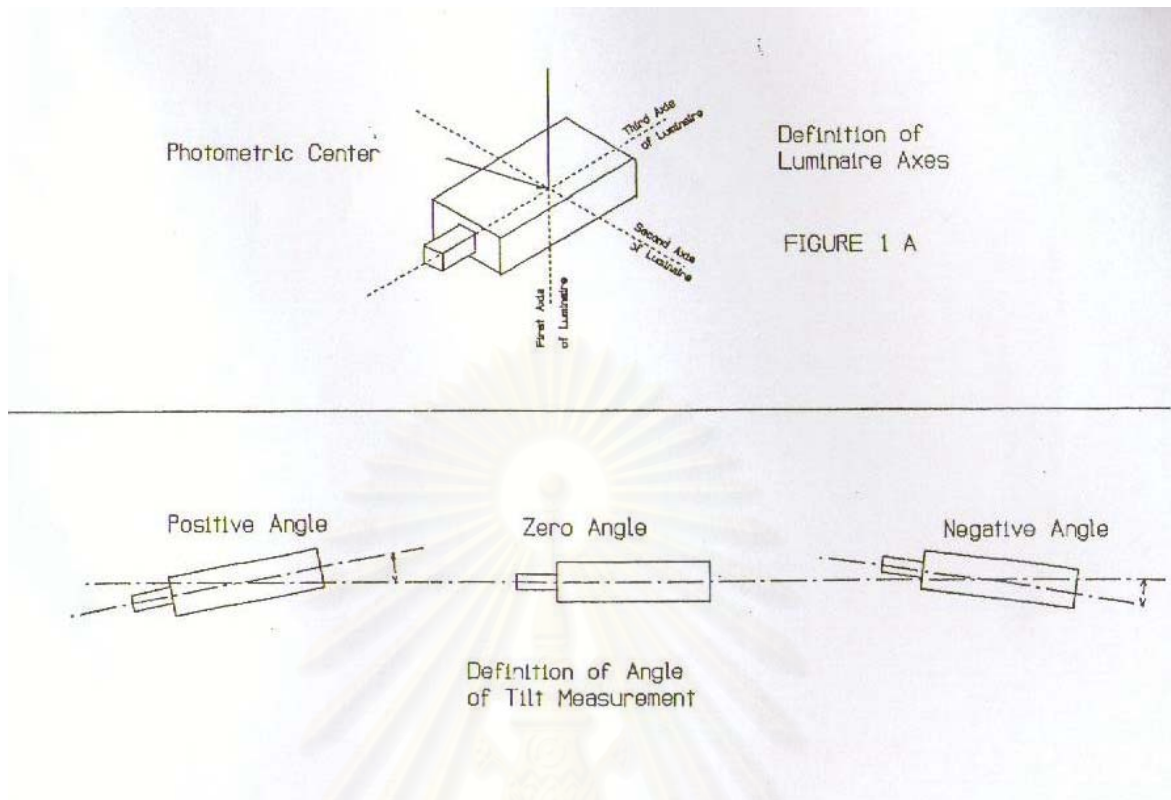
<second half-plane angle> <intensity for all cone angles at second half-plane angle>

.  
.
   
.
   
.

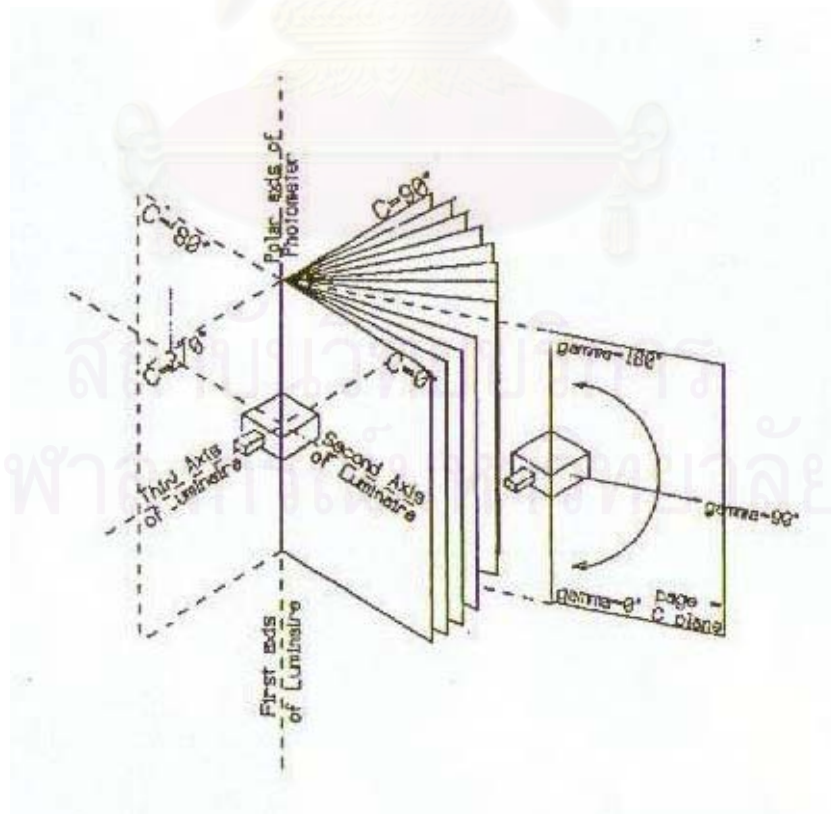
<nth half-plane angle> <intensity for all cone angles at nth half-plane angle>

แสดงค่าระนาบ C และค่าความเข้มส่องสว่างที่ มุม  $\gamma$  และระนาบ C ใด ๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

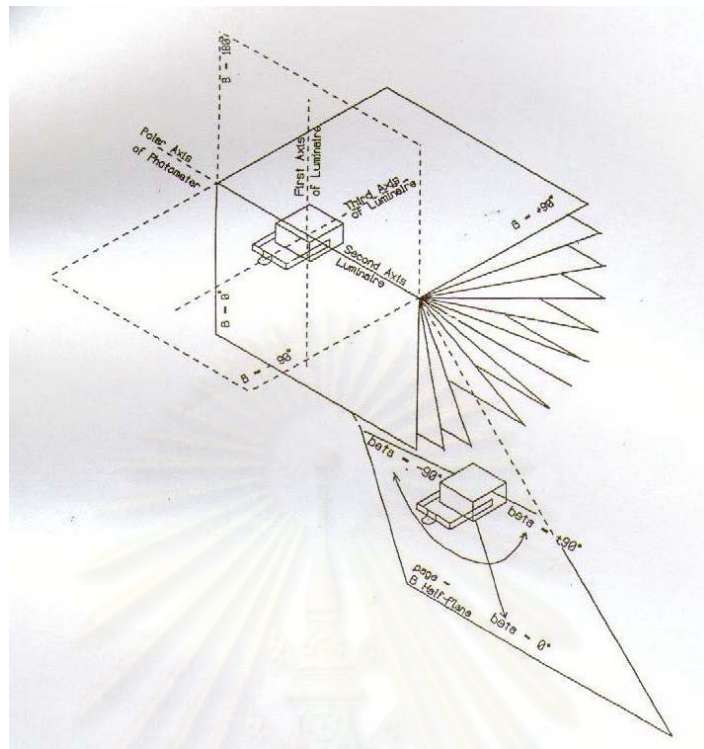


รูปที่ ๓.1 Diagram of the three luminaire axis and illustration of positive and negative tilt.

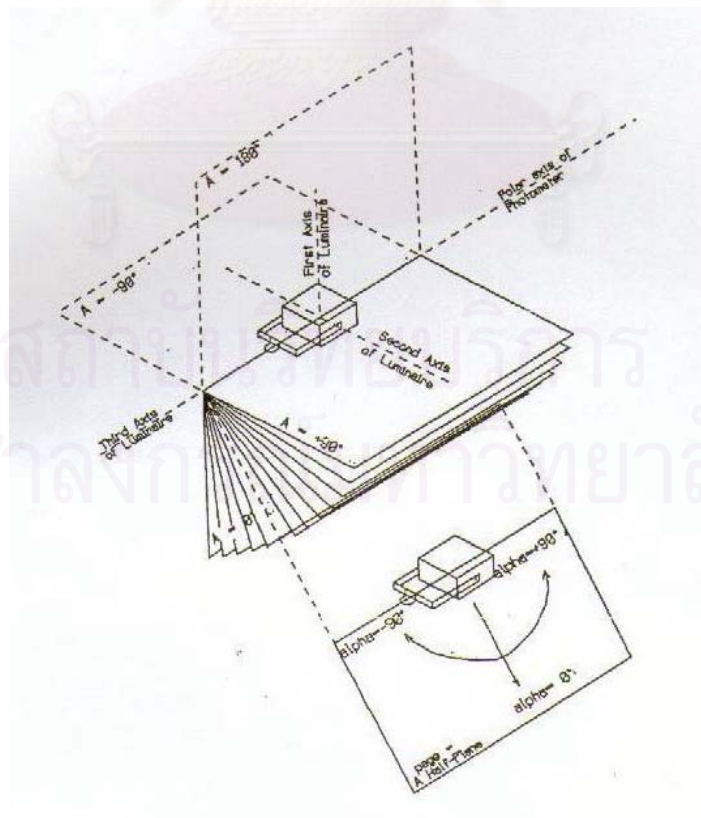


รูปที่ ๓.2 Illustrates luminaire orientation for C/gamma photometry.





รูปที่ ก.3 Illustrates luminaire orientation for B/beta photometry.



รูปที่ ก.4 Illustrates luminaire orientation for A/alpha photometry.

ตัวอย่างไฟล์ตามระบบ CIE

CIEF= CIE File Format, Version 1.0 (CIE Publication 102-1993)

Example of the CIE File Format

Luminaire is for Road Lighting

Example Fittings Inc. London. England

IDNM= E/m 113-114

LUNM= Silverliner – 100

LAMP= 100 watt HPS

NLPS= 1

TOLU= 9000

LLGE= 2

BLID= 100/250/R

INPW= 115

INVO=

INVA=

TLME= 0

LSHP= 9

NLAV= 1

LA01= 0.2 0 80

PHOT= INCLUDE

Luminaire distribution is CIE Cut-off

IESNA distribution is II-M-CO

PTYP= C

APOS= C1

LUBA= 9000

MULT= 1

BAFA= 1

NCON= 26

NPLA= 21



สำนักงานวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONA= 0.0 5.0 15.0 25.0 35.0 42.0 55.0 60.0 62.5 64.5 65.0 67.5 70.0 72.5 75.0 77.5 80.0  
82.5 85.0 87.5 90.0 95.0 105.0 115.0 125.0 135.0  
0 984.5 1043 1118.5 1130 1296 1570.5 1680.5 1501 1464 1380 1336 1163 969 766 568  
367.5 265.5 208 170 142 124.5 101.5 70.5 42.5 18 3.5  
5 984.5 1056.5 1165 1239 1445 1808.5 1955.5 1813 1785.5 1705 1665 1515.5 1294 1006  
673 400 288 222 180.5 148.5 128 100.5 68 42 17.5 3.5  
15 984.5 1082.5 1267 1485 1805 2159.5 2460.5 2815.5 3204 3547.5 3526.5 3079.5 2235.5  
1420.5 861 533 378 290 277.5 178.5 144 104.5 68.5 40 16.5 2.5  
25 984.5 1098.5 1378.5 1734.5 2176.5 2269 2851 3780 4302 4640 4630.5 4086 3087  
1600.5 876 559 419.5 323.5 249.5 194 156 108.5 67.5 36 12 0  
35 984.5 1124 1414.5 1759.5 2284.5 2369 2963 3351.5 3391.5 3356 3307.5 2879 2282.5  
1273 768 476 350 275.5 220.8 178.5 146 108 74.5 39.5 12 1.5  
45 984.5 1134.5 1430 1729.5 2408.5 2700 3023 3219.5 2747 2372.5 2279 1892.5 1561.5  
1094.5 679 444.5 330 206 204 168.5 143.5 116 80 43.5 10 1  
55 984.5 1140 1380.5 1715.5 2269 2717.5 2837 2096.5 1567.5 1271 1218.5 1070.5 952  
776.5 552.5 368.5 285.4 236 196.5 168 139.5 120 89.5 53.5 8 0  
65 984.5 1138 1340 1707.5 2014.5 2429 1895.5 1293 988 801 760 635 591 520 401.5 310  
266 219.5 188.5 164 153.5 127.5 98.5 60.5 5.5 0  
75 984.5 1129 1323 1675.5 1881 2113.5 1508.5 932.5 729 617 596.5 518 476 417.5 309.5  
255.5 218 159.5 181.5 165.5 155.5 133.5 102.5 63.5 3.5 0  
85 984.5 1126 1296.5 1649.5 1760.5 1813.5 1247 773 602 510.5 490.5 422.5 364.5 307.5  
255.5 212.5 189.5 170.5 161.5 153.5 145.5 131.5 98 62 4.5 0  
90 984.5 1125 1293 1646.5 1745 1775.5 1675.5 1214.5 753 586.5 477.5 410.5 350.5 293.5  
248 206.5 185.5 168 158.5 152 144 130.5 97.5 61.5 5.5 0  
270 984.5 884.5 774.5 721 738.5 666.5 428 326.5 285.5 256 249.5 220 196 173.5 154.5 140  
128 117.5 108 101.5 94.5 86.5 24 0 0 1.5  
275 984.5 884 773 719 735 663 431.5 329.5 287.5 258 251.5 221.5 197.5 174.5 156 140.5  
128.5 117.5 108 102 95.5 86.5 25.5 0 0 1.5  
285 984.5 891 767 706 708 640 458.5 355.5 304 270.5 263.5 232 205.5 180.5 162 146.5  
132.5 121.5 111.5 104 95.5 86 32 6 0 1.5

295 984.5 890 753 694.5 666 609 466 354.5 305.5 275.5 268 236 208.5 184 164 147.5

134.5 122.5 112.5 104 96.5 84 51.5 9.5 1 1

305 984.5 912.5 768.5 702.5 634 576 450 345.5 302 274 267.5 238 214 192 174 155.5

140.5 127.5 116.5 107.5 98.5 83.5 52 20 3.5 1

315 984.5 925 804.5 708 605 551 416 340 308.5 286.5 280.5 258.5 236.5 210.5 185.5 170

153.5 137.5 124.5 114.5 105.5 92.5 60.5 27.5 6.5 1

325 984.5 944.5 844 725 608 558 444 364.5 331.5 315.5 309.5 288.5 264 232 202.5 177.5

158.5 144 132.5 121.5 112 99.5 72 36 11.5 1

335 984.5 969 900 798.5 691 637 557 466.5 430 396.5 388 348 312 257.5 222 190.5 164

144.5 132 123.5 116 104.5 78 40.5 14.5 2

345 984.5 998.5 980.5 902 874.5 864 874.5 864 874.5 738 669 614.5 600.5 525 433.5 318.5

266 214.5 183.5 156 140.5 130 120 104 80 42.5

355 984.5 1029 1072.5 1034 1156.5 1320 1403 1250.5 1246.5 1210.5 1168 953 726.5 548

460.5 336 226 196.5 162.5 138 122.5 102.5 74 42.5 18.5 2.5



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

## ตัวอย่างรูปแบบไฟล์ข้อมูลตามระบบของ IES

\* <label line 1>

\* <label line 2>

\* .

\* .

\* <label line n>

\* TILT= <file-spec> or <INCLUDE> or <NONE>

(these four lines appear only if TILT=<INCLUDE>)

\* <lamp to luminaire geometry>

\* <# of pairs of angles and multiplying factors>

\* <angles>

\* <multiplying factors>

\* <# of lamps> <lumens/lamp> <multiplier> <# of vertical angles> <#of horizontal angles> <photometric type> <units type> <width> <length> <height>

\* <ballast factor> <ballast lamp photometric factor> <input watts>

\* <vertical angles>

\* <horizontal angles>

\* <candela values for all vertical angles at 1st horizontal angle>

\* <candela values for all vertical angles at 2nd horizontal angle>

\* .

\* .

\* <candela values for all vertical angles at last horizontal angle>

สามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลได้ดังนี้

<label lines>

ในส่วนนี้จะบอกถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของดวงโคม ซึ่งแต่ละบรรทัดมีความยาวของตัวอักษรได้สูงสุด

80 ตัวอักษร ดังเช่น

Line 1: Test report number and laboratory

Line 2: Luminaire catalog number and/or identification

Line 3: Luminaire description

Line 4: Lamp catalog number and/or identification

Line 5: Lamp description

Line 6: Other information, such as mounting, ballast used, etc.

และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ก็จะมีรวมอยู่ในส่วนนี้ด้วย

TILT= <file-spec> or <INCLUDE> or <NONE>

<file-spec> ถ้าเป็นคำอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ INCLUDE แสดงว่าข้อมูลการปรับค่าฟลักซ์ส่องสว่างจากผลของการเอียงหลอดถูกแยกไฟล์ไปอีกไฟล์หนึ่ง

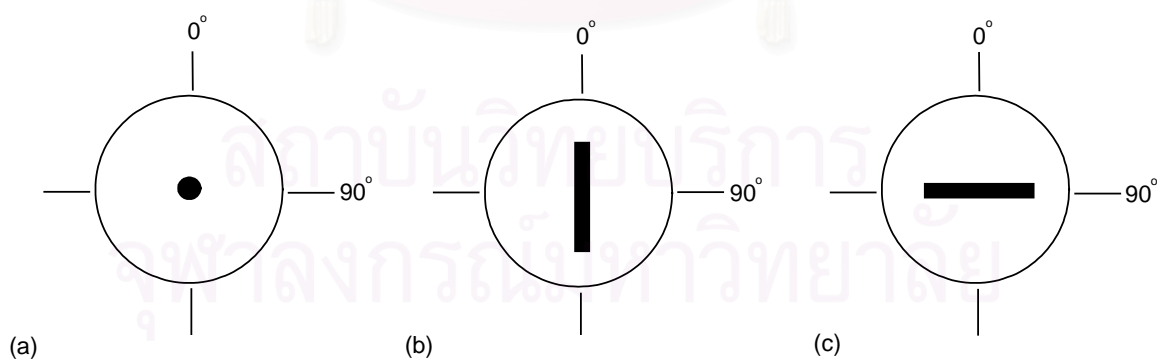
<INCLUDE> ถ้าพบคำนี้จะใช้เพื่อส่งสัญญาณให้โปรแกรมทราบว่าข้อมูลถัดไปเป็น label lines ซึ่งเป็นคำอธิบายข้อมูลทางแสงของดวงโคม

<NONE> ถ้าพบคำนี้แสดงว่าข้อมูลถัดไปจะแสดงรายละเอียดข้อมูลทางแสงของดวงโคม

<lamp to luminaire geometry>

เป็นการกำหนดลักษณะการวางตัวของหลอดในดวงโคม มี 3 ค่าดังนี้

- 1 หลอดวางตัวแบบ vertical base up หรือ vertical base down เมื่อดวงโคมตั้งในแนวตั้งลง ดังรูปที่ ข.1(a)
- 2 เมื่อดวงโคมตั้งในแนวตั้งลง หลอดจะวางตัวในแนวนอนและหลอดจะยังคงวางตัวอยู่ในแนวนอนเมื่อดวงโคมหมุนรอบแกน 0 องศา ดังรูปที่ ข.1(b)
- 3 เมื่อดวงโคมตั้งในแนวตั้งลง หลอดจะวางตัวในแนวนอน และหลอดจะเอียงไปเมื่อดวงโคมหมุนรอบแกน 0 องศา ดังรูปที่ ข.1(c)



รูปที่ ข.1 Plan view of lamp to luminaire geometry

<# of pairs of angles and multiplying factors>

จำนวนคู่ของมุม และแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้ค่า

<angles>

แสดงค่ามุมทั้งหมดซึ่งจะเริ่มจาก 0 องศา ถึง 90 องศา หรือ 0 องศา ถึง 180 องศา แฟคเตอร์ตัวคูณจะเริ่มต้นจาก 0 องศา เมื่อโคมไฟมีลักษณะส่องลง (straight down)

<multiplying factors>

แฟคเตอร์ตัวคูณจะแสดงรายการสมนัยกับมุมที่กล่าวไปข้างบน ตัวอย่างเช่น

2

7

0 15 30 45 60 75 90

1.0 0.95 0.94 0.90 0.88 0.87 0.94

<# of lamps>

จำนวนของหลอดที่ติดตั้งในดวงโคม

<lumens/lamp>

ข้อมูลฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดที่ติดตั้งในดวงโคมเฉลี่ยต่อหลอด

<multiplier>

แฟคเตอร์ตัวคูณที่ใช้กับไฟล์ข้อมูลนี้ โดยปกติมีค่าเป็น 1.0 แต่อาจจะมีค่ามากกว่า 1.0 ก็ได้ เช่น เป็น 10 หรือ 100

<# of vertical angles>

จำนวนทั้งหมดของมุมในแนวตั้ง (ถ้าเป็นระบบ C -  $\gamma$  จะหมายถึง มุม  $\gamma$ )

<# of horizontal angles>

จำนวนทั้งหมดของมุมในแนวนอน (ถ้าเป็นระบบ C -  $\gamma$  จะหมายถึง จำนวนระนาบ C)

<photometric type>

บอกชนิดของระบบการวัดข้อมูลการกระจายแสงดังนี้

- 1 ใช้เมื่อระบบการวัดเป็น Type A หรือ Type C
- 2 ใช้เมื่อระบบการวัดเป็น Type B

<units type>

บอกหน่วยวัดของขนาดของโคมไฟ

- 1 ถ้าขนาดของโคมไฟมีหน่วยเป็นฟุต
- 2 ถ้าขนาดของโคมไฟมีหน่วยเป็นเมตร

<width>

ความกว้างของช่องปล่อยแสงของดวงโคมวัดตามแนวระนาบ 90 องศา ถึง 270 องศา ดังในรูปที่ ข.2(a)

<length>

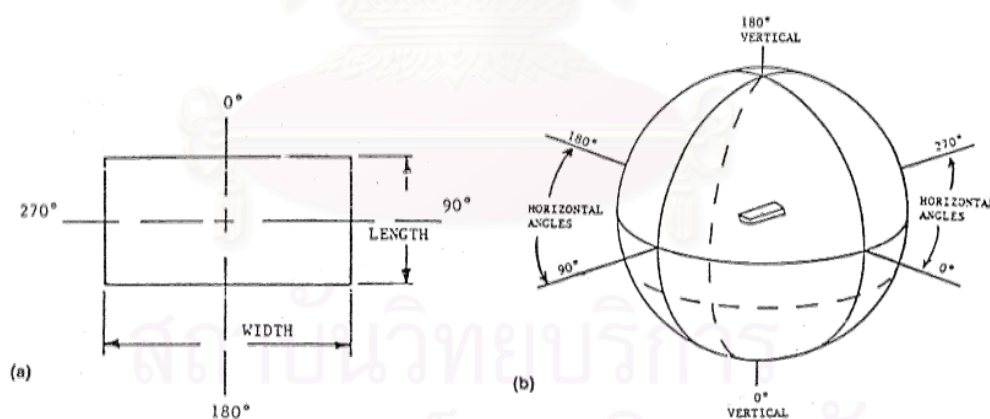
ความยาวของช่องปล่อยแสงของดวงโคมวัดตามแนวระนาบ 0 องศา ถึง 180 องศา ดังในรูปที่ ข.2(a)

<height>

ความสูงของช่องปล่อยแสงของดวงโคม

การกำหนดความกว้าง, ความยาว และความสูงนี้จะสมมุติว่าการส่องสว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังในรูปที่ ข.2(a)

แต่สำหรับกรณี point source จะมีความกว้าง, ความยาว และความสูงเป็นศูนย์



รูปที่ ข.2 Conventions for vertical and horizontal angles used in standard IES format: (a) Plan view of luminaire showing length and width in relation to horizontal angles; and (b) schematic showing vertical and horizontal angles.

<ballast factor>

บัลลาสต์แฟคเตอร์ คือ อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดที่ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์ทั่วไปเทียบกับฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดที่ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิงที่ใช้ระบุค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอด



<ballast lamp photometric factor>

เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคมที่เกิดจากการใช้หลอด และบัลลาสต์ในการทดสอบทางแสงของดวงโคมต่อฟลักซ์ส่องสว่างของดวงโคมที่เกิดจากการใช้หลอดและบัลลาสต์ที่ใช้ในการออกรายงานผลการทดสอบทางแสงของดวงโคม

<input watts>

ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของดวงโคม (รวมของบัลลาสต์ด้วย)

<vertical angles>

สำหรับระบบการวัดแบบ Type A และ Type C ค่าแรกต้องเป็น 0 หรือไม่เกิน 90 องศา และมุมค่าสุดท้ายต้องเป็น 90 หรือ 180 องศา แต่สำหรับ Type B มุมแรกคือค่ามุมที่ต่ำที่สุดในการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง

<horizontal angles>

สำหรับระบบการวัดแบบ Type A และ Type C ค่าเริ่มต้นของมุมนี้จะต้องเป็น 0 องศาเสมอ ส่วนค่าสุดท้ายต้องเป็นดังนี้

- 0° ในกรณีนี้มีระนาบ C เพียงระนาบเดียว และถือว่าโคมไฟให้แสงสมมาตรกันในทุกระนาบ
- 90° ในกรณีนี้ถือว่าโคมไฟให้แสงสมมาตรกันในทุก quadrant
- 180° ในกรณีนี้ถือว่าโคมไฟให้แสงสมมาตรกัน ในแนวระนาบ 0° ถึง 180°
- \*\*\* ที่ \*\*\* มากกว่า 180° และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 360° ในกรณีนี้ถือว่าโคมไฟให้แสงไม่สมมาตร

สำหรับระบบการวัดแบบ Type B มี 2 กรณีคือ

- (1) การส่องสว่างของโคมไฟสมมาตรกับระนาบอ้างอิงแนวตั้ง (vertical reference plane) ในกรณีนี้ มุมแนวนอน(horizontal angle) มุมแรกคือศูนย์ และมุมแนวนอน มุมสุดท้ายไม่เกิน 90 องศา
- (2) การส่องสว่างของโคมไฟไม่สมมาตรกับระนาบอ้างอิงแนวตั้ง (vertical reference plane) ในกรณีนี้ มุมแนวนอน มุมแรกอยู่ระหว่าง -90 และ 0 และมุมแนวนอน มุมสุดท้ายอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา

<candela values for all vertical angles at 1st horizontal angle>

<candela values for all vertical angles at 2nd horizontal angle>

<candela values for all vertical angles at last horizontal angle>

แสดงค่าความเข้มส่องสว่างที่ทุกมุม  $\gamma$  ที่ระนาบ C ที่ละระนาบ

ตัวอย่างไฟล์ตามระบบ IES

011

05

HS3.400 C CUT-OFF

01

400 W OSRAM HIGH PRESSURE SODIUM

TILT= NONE

1 1000 1 36 27 1 2 .6 .8 0

1 1 400

0.0 10.0 20.0 30.0 35.0 40.0 45.0 47.5 50.0 52.5 55.0 57.5 60.0 62.5 65.0 67.5 70.0 72.5

75.0 77.5 80.0 82.5 85.0 87.5 90.0 92.5 95.0 97.5 100.0 102.5 105.0 120.0 135.0 150.0

165.0 180.0

0 15 30 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 150

165 180

142 166 170 142 131 123 116 115 111 106 100 89 77 65 52 43 33 24 14 11 9 7 7 5 4 4 3 2 2

1 2 0 0 0 0

142 166 179 156 141 125 126 126 125 123 121 110 98 85 70 61 52 44 36 25 10 9 7 6 5 4 3

2 2 2 2 0 0 0 0

142 169 184 165 153 140 137 136 135 135 135 130 121 103 87 73 63 56 53 30 12 10 8 7 5

4 3 3 2 2 2 0 0 0 0

142 170 182 174 158 136 144 155 171 157 135 140 137 117 102 91 86 59 38 24 13 11 9 7 6

4 3 3 2 2 2 0 0 0 0

142 170 182 174 160 138 153 160 170 166 152 146 139 123 111 104 100 61 33 22 14 11 9

8 6 5 4 3 2 2 2 0 0 0 0

142 169 182 174 162 143 165 161 174 173 169 151 137 128 121 117 116 63 28 21 15 11 10

8 6 5 4 3 2 2 2 0 0 0 0

142 167 182 173 174 186 188 189 187 185 185 167 154 146 141 132 123 74 38 28 21 15 12  
9 7 5 4 3 3 2 3 0 0 0 0 0

142 166 182 172 187 217 207 211 201 200 199 190 181 174 167 148 123 92 55 39 27 18 15  
11 7 5 5 4 3 3 3 0 0 0 0 0

142 164 181 165 201 236 224 226 218 220 219 228 237 246 257 215 171 128 79 54 34 20  
19 13 8 6 6 5 4 4 4 0 0 0 0 0

142 162 179 161 215 246 238 237 237 239 242 263 286 311 337 291 238 178 111 72 42 21  
22 15 9 8 7 6 5 5 5 0 0 0 0 0

142 160 176 159 209 242 247 240 247 257 268 297 329 366 408 374 323 246 166 107 56  
40 28 18 10 9 9 8 7 7 7 0 0 0 0 0

142 158 173 158 204 235 253 243 256 274 297 328 365 413 469 467 428 330 238 152 73  
52 35 21 12 11 11 10 10 9 9 0 0 0 0 0

142 155 170 161 197 227 247 247 262 280 308 320 349 375 421 408 397 290 216 133 66  
46 31 19 11 11 11 11 11 10 10 0 0 0 0 0

142 153 166 164 190 216 241 251 267 286 306 312 322 336 353 348 329 249 177 113 56  
40 27 17 10 10 11 11 11 11 11 0 0 0 0 0

142 151 164 166 194 216 234 243 253 265 276 277 286 276 267 248 223 169 121 78 42 30  
21 14 9 8 9 9 10 11 10 0 0 0 0 0

142 149 162 169 194 214 227 233 238 244 249 247 241 202 162 121 79 62 47 35 25 17 13  
9 6 7 7 8 8 10 10 0 0 0 0 0

142 147 159 167 188 211 216 218 220 222 224 226 226 190 152 110 65 50 38 29 21 15 12  
8 6 6 7 7 7 9 8 0 0 0 0 0

142 145 156 165 182 207 206 204 203 202 200 204 211 180 142 100 51 39 29 23 18 14 10  
8 6 6 6 6 7 7 7 0 0 0 0 0

142 143 153 156 173 200 196 195 189 185 180 182 182 163 135 97 60 45 33 25 18 13 10 7  
5 6 6 6 6 6 0 0 0 0 0

142 141 149 147 164 192 186 186 177 170 163 159 158 147 130 101 60 46 34 25 18 13 10  
7 5 5 6 6 6 6 0 0 0 0 0

142 139 145 140 155 182 178 177 171 161 152 147 142 132 121 90 46 36 29 23 17 12 10 7  
5 5 5 5 5 5 0 0 0 0 0

142 136 140 133 146 170 172 169 163 151 141 135 128 119 108 78 34 29 24 19 16 12 9 7 5  
5 5 5 5 4 0 0 0 0 0

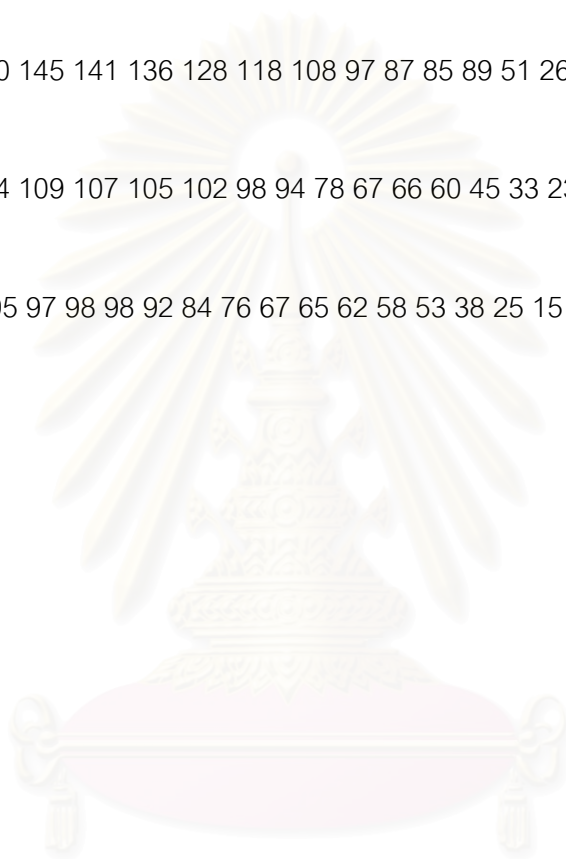
142 133 135 131 143 163 163 159 153 141 131 123 114 107 104 66 27 22 19 15 13 10 8 6 5  
5 5 5 4 4 4 0 0 0 0 0

142 130 129 129 139 157 152 149 141 132 122 112 102 98 99 53 23 18 14 11 9 7 6 5 4 4 4  
4 4 4 3 0 0 0 0 0

142 124 124 121 130 145 141 136 128 118 108 97 87 85 89 51 26 18 13 10 8 6 6 5 4 5 5 5 4  
4 3 0 0 0 0 0

142 119 107 103 104 109 107 105 102 98 94 78 67 66 60 45 33 23 16 11 8 7 6 5 5 4 4 4 4 3  
3 0 0 0 0 0

142 119 100 92 94 95 97 98 98 92 84 76 67 65 62 58 53 38 25 15 8 7 6 5 4 4 4 4 3 3 2 0 0 0  
0 0



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตาราง ค.1 ROADSURFACE STANDARD C1

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770
0.25	710	708	703	710	712	710	708	708	707	704	702	708	698	702	704	714	708	724	719	723
0.50	586	582	587	581	581	576	570	567	564	556	548	541	531	544	546	562	566	587	581	589
0.75	468	467	465	455	457	446	430	420	410	399	389	383	373	384	391	412	419	437	438	445
1.00	378	372	373	363	347	331	314	299	285	273	263	260	250	265	278	295	305	318	232	429
1.25	308	304	305	285	270	244	218	203	193	185	179	173	173	183	194	207	224	237	238	245
1.50	258	254	251	229	203	178	157	143	134	128	124	120	120	132	140	155	163	177	179	184
1.75	217	214	205	182	153	129	110	100	95	90	87	84	88	98	103	116	123	134	137	138
2.00	188	181	174	142	116	95	80	73	69	64	62	64	64	72	78	88	95	105	108	109
2.50	145	136	121	90	66	53	46	41	39	37	36	36	39	44	50	55	60	66	69	71
3.00	118	108	87	57	41	32	28	26	25	23	22	23	25	28	31	37	41	45	47	51
3.50	97	87	64	39	26	20	18	17	16	15	15	16	17	19	23	27	30	33	35	37
4.00	80	69	50	29	17	14	13	12	11	11	11	11	13	15	17	19	22	26	27	29
4.50	70	58	37	21	13	10	9	8	8	8	8	9	10	12	14	16	17	20	21	22
5.00	60	51	29	15	9	7	7	6	6	6	6	7	7	9	10	12	4	17	17	18
5.50	52	41	23	12	7	6	6	6	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	48	36	19	8	6	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	44	32	17	7	6	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	41	28	14	6	5	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	37	26	12	6	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	34	23	11	5	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	32	21	9	5	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	29	19	8	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	27	17	7	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	26	16	6	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	25	16	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	23	15	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	22	14	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	21	14	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.2 ROADSURFACE STANDARD C2

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
0.25	362	358	371	364	371	369	362	357	351	349	348	340	328	312	299	294	298	288	292	281
0.50	379	368	375	373	367	359	350	340	328	317	306	280	266	249	237	237	231	231	227	235
0.75	380	375	378	365	351	334	315	295	275	256	239	218	198	178	175	176	176	169	175	176
1.00	372	375	372	354	315	277	243	221	205	192	181	152	134	130	125	124	125	129	128	128
1.25	375	373	352	318	265	221	189	166	150	136	125	107	91	93	91	91	88	94	97	97
1.50	354	352	336	271	213	170	140	121	109	97	87	76	67	65	66	66	67	68	71	71
1.75	333	327	302	222	166	129	104	90	75	68	63	53	51	49	49	47	52	51	53	54
2.00	318	310	266	180	121	90	75	62	54	50	48	40	40	38	38	38	41	41	43	45
2.50	268	262	205	119	72	50	41	36	33	29	26	25	23	24	25	24	26	27	29	28
3.00	227	217	147	74	42	29	25	23	21	19	18	16	16	17	18	17	19	21	21	23
3.50	194	168	106	47	30	22	17	14	13	12	12	11	10	11	12	13	15	14	15	14
4.00	168	136	76	34	19	14	13	11	10	10	10	8	8	9	10	9	11	12	11	13
4.50	141	111	54	21	14	11	9	8	8	8	8	7	7	8	8	8	8	10	10	11
5.00	126	90	43	17	10	8	8	7	6	6	7	6	7	6	6	7	8	8	8	9
5.50	107	79	32	12	8	7	7	7	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	94	65	26	10	7	6	6	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	86	56	21	8	7	6	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	78	50	17	7	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	70	41	14	7	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	63	37	11	5	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	60	37	10	5	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	56	32	9	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	53	28	9	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	52	27	7	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	45	23	7	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	43	22	7	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	53	22	7	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	42	20	7	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.3 ROADSURFACE STANDARD R1

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655
0.25	619	619	619	619	610	610	610	610	610	610	610	610	610	601	601	601	601	601	601	601
0.50	539	539	539	539	539	539	521	521	521	521	521	503	503	503	503	503	503	503	503	503
0.75	431	431	431	431	431	431	431	431	431	431	395	386	371	371	371	371	371	386	395	395
1.00	341	341	341	341	323	323	305	296	287	287	278	269	269	269	269	269	269	278	278	278
1.25	269	269	269	260	251	242	224	207	198	189	189	180	180	180	180	180	189	198	207	224
1.50	224	224	224	215	198	180	171	162	153	148	144	144	139	139	139	144	148	153	162	180
1.75	189	189	189	171	153	139	130	121	117	112	108	103	99	99	103	108	112	121	130	139
2.00	162	162	157	135	117	108	99	94	90	85	85	83	84	84	86	90	94	99	103	111
2.50	121	121	117	95	79	66	60	57	54	52	51	50	51	52	54	58	61	65	69	75
3.00	94	94	86	66	49	41	38	36	34	33	32	31	31	33	35	38	40	43	47	51
3.50	81	80	66	46	33	28	25	23	22	22	21	21	22	22	24	27	29	31	34	38
4.00	71	69	55	32	23	20	18	16	15	14	14	14	15	17	19	20	22	23	25	27
4.50	63	59	43	24	17	14	13	12	12	11	11	11	12	13	14	14	16	17	19	21
5.00	57	52	36	19	14	12	10	9	9	9	9	9	9	10	11	13	14	15	16	16
5.50	51	47	31	15	11	9	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	47	42	25	12	9	7	7	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	43	38	22	10	7	6	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	40	34	18	8	6	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	37	31	15	7	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	35	28	14	6	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	33	25	12	5	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	31	23	10	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	30	22	9	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	29	20	8	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	28	18	7	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	27	16	7	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	26	15	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	25	14	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.4 ROADSURFACE STANDARD R2

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
0.25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	357	346	346	346	335	335	335
0.50	411	411	411	411	403	403	384	379	370	346	325	303	281	281	271	271	271	260	260	260
0.75	379	379	379	368	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206
1.00	335	335	335	325	292	291	260	238	216	195	173	152	152	152	152	152	141	141	141	141
1.25	303	303	292	271	238	206	184	152	130	119	108	100	103	106	108	108	114	114	119	119
1.50	271	271	260	227	179	152	141	119	108	93	80	76	76	80	84	87	89	91	93	95
1.75	249	238	227	195	152	124	106	91	78	67	61	52	54	58	63	67	69	71	73	74
2.00	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	45	40	41	45	49	52	54	56	57	58
2.50	195	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	38	40	41
3.00	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27
3.50	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21
4.00	132	113	67	27	15	12	10	9	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	15	17
4.50	118	95	50	20	12	9	7	7	6	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	14
5.00	106	81	38	14	8	6	5	5	5	5	5	4	5	5	6	7	9	10	10	11
5.50	96	69	29	11	6	5	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	87	58	22	8	5	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	78	50	17	6	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	71	43	14	5	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	67	38	12	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	63	33	10	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	58	28	9	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	55	25	7	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	52	23	7	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	49	21	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	47	18	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	44	16	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	42	14	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	41	13	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



ตาราง ค.5 ROADSURFACE STANDARD R3

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
0.25	326	326	321	321	317	312	308	308	303	298	294	280	271	262	258	253	249	244	240	240
0.50	344	344	339	339	326	317	308	298	289	276	262	235	217	204	199	199	199	199	194	194
0.75	357	353	353	339	321	303	285	267	244	222	204	176	158	149	149	149	145	136	136	140
1.00	362	362	352	326	276	249	226	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100
1.25	357	357	348	298	244	208	176	154	136	118	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78
1.50	353	348	326	267	217	176	145	117	100	86	78	72	60	57	58	60	60	60	61	62
1.75	339	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47
2.00	326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38
2.50	289	280	222	127	86	65	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25
3.00	253	235	163	85	53	38	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17
3.50	217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	10	9	9	10	11	11	12	12	13
4.00	190	163	90	43	26	20	16	14	12	10	9	7	7	7	8	8	9	9	9	10
4.50	163	136	73	31	20	15	12	10	9	8	8	5	5	5	5	6	7	8	8	9
5.00	145	109	60	24	16	12	9	8	8	7	6	4	3	3	4	4	5	7	7	7
5.50	127	94	47	18	14	10	8	7	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	113	77	36	15	11	9	8	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	104	68	30	11	8	6	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	95	60	24	9	7	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	87	53	21	7	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	83	47	17	6	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	78	42	15	5	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	73	38	12	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	69	34	10	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	65	32	9	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	62	29	8	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	59	26	7	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	56	24	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	53	22	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.6 ROADSURFACE STANDARD R4

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264
0.25	297	317	317	317	317	310	304	290	284	277	271	244	231	224	224	218	218	211	211	211
0.50	330	343	343	343	330	310	297	284	277	264	251	218	198	185	178	172	172	165	165	165
0.75	376	383	370	350	330	304	277	251	231	211	198	165	139	132	132	125	125	125	119	119
1.00	396	396	396	330	290	251	218	198	185	165	145	112	86	86	86	86	86	87	87	87
1.25	403	409	370	310	251	211	178	152	132	115	103	77	66	65	65	63	65	66	67	68
1.50	409	396	356	284	218	172	139	115	100	88	79	61	50	50	50	50	52	55	55	55
1.75	409	396	343	251	178	139	108	88	75	66	59	44	37	37	37	38	40	41	42	45
2.00	409	383	317	224	145	106	86	71	59	53	45	33	29	29	29	30	32	33	34	37
2.50	396	356	264	152	100	73	55	45	37	32	28	21	20	20	20	21	22	24	25	26
3.00	370	304	211	95	63	44	30	25	21	17	16	13	12	12	13	13	15	16	17	19
3.50	343	271	165	63	40	26	19	15	13	12	11	10	9	9	9	9	11	12	13	15
4.00	317	238	132	45	24	16	13	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	9	11	12
4.50	297	211	106	33	17	11	9	8	7	7	6	6	6	6	7	7	7	8	9	10
5.00	277	185	79	24	13	8	7	6	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	8
5.50	257	161	59	19	10	7	6	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	244	140	46	13	8	6	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	231	122	37	11	6	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	218	106	32	9	5	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	205	94	26	8	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	193	82	22	6	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	184	74	19	5	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	174	66	16	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	169	59	13	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	164	53	12	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	158	49	11	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	153	45	10	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	149	41	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	145	37	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.7 ROADSURFACE STANDARD N1

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768
0.25	694	694	694	694	694	693	693	693	693	693	695	699	702	714	720	734	741	751	753	757
0.50	557	557	557	555	554	550	546	544	544	543	543	542	547	564	577	600	615	633	640	646
0.75	424	424	424	417	415	406	397	392	388	382	378	381	388	407	425	450	469	489	497	505
1.00	323	322	321	310	302	289	278	271	266	261	257	259	266	284	303	328	346	368	375	381
1.25	252	250	247	234	220	206	193	186	180	176	173	175	183	200	216	237	254	271	279	285
1.50	202	198	193	177	160	147	135	128	124	121	119	122	129	142	157	175	189	204	212	216
1.75	164	162	154	134	117	104	94	89	87	84	84	86	93	104	116	131	144	155	162	166
2.00	138	136	126	104	88	76	69	65	63	61	61	63	69	78	88	101	111	121	127	131
2.50	103	100	86	64	51	43	38	36	35	35	35	37	41	48	55	64	71	79	84	86
3.00	80	75	61	41	31	26	24	22	21	21	21	23	26	31	36	42	48	55	58	60
3.50	65	60	45	28	21	17	15	15	15	15	15	18	18	21	25	31	35	39	42	44
4.00	55	48	34	20	14	12	11	10	10	10	10	12	13	16	19	23	26	30	32	34
4.50	47	40	26	14	11	8	8	8	8	8	8	8	10	12	15	18	20	23	25	27
5.00	40	34	20	11	8	6	6	5	5	5	6	6	8	10	12	14	18	18	21	21
5.50	35	28	15	8	6	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	31	25	13	7	5	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	28	21	11	5	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	25	19	9	5	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	23	17	8	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	21	15	7	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	19	14	6	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	18	13	5	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	17	12	5	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	16	11	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	15	10	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	15	9	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	14	9	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	14	8	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.8 ROADSURFACE STANDARD N2

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474
0.25	472	471	471	470	470	468	466	464	463	459	450	450	443	439	436	434	434	435	436	436
0.50	427	426	426	422	418	413	408	399	390	382	375	359	347	343	341	344	348	352	353	356
0.75	374	372	370	361	349	336	321	309	297	285	275	255	245	244	245	253	256	262	265	268
1.00	326	323	319	303	284	263	243	227	213	202	193	177	170	170	174	180	186	192	196	199
1.25	284	281	275	251	224	198	176	161	149	139	132	121	117	119	123	129	135	141	145	147
1.50	249	246	235	203	172	146	127	113	104	97	92	84	83	85	89	94	99	105	108	110
1.75	219	216	201	162	129	106	91	81	73	68	64	60	59	62	65	70	74	79	82	84
2.00	194	190	171	128	97	78	65	57	53	48	46	44	44	46	49	53	57	61	64	65
2.50	157	150	124	82	57	44	37	32	30	28	27	26	26	28	30	33	37	40	42	43
3.00	130	120	90	52	35	26	22	19	18	17	17	16	17	18	20	22	24	27	28	29
3.50	110	98	65	34	22	16	14	13	12	11	11	11	11	12	14	16	18	19	21	21
4.00	94	80	48	23	15	11	9	9	8	8	8	8	8	9	10	12	13	15	16	16
4.50	80	65	36	17	10	8	7	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10	11	12	13
5.00	70	55	28	12	8	6	5	5	4	4	4	4	5	5	6	7	8	9	10	10
5.50	61	46	22	9	6	4	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	54	39	18	7	5	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	48	34	14	6	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	43	30	12	5	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	39	27	10	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	36	23	9	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	33	21	7	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	30	18	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	28	17	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	26	16	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	25	14	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	23	13	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	22	12	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	21	12	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.9 ROADSURFACE STANDARD N3

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354
0.25	391	391	390	389	388	385	381	378	373	369	365	351	338	328	319	313	308	306	304	304
0.50	406	404	403	397	390	379	366	355	343	330	318	291	268	256	247	242	240	240	240	240
0.75	405	403	399	384	365	342	319	298	278	260	244	213	192	182	176	175	175	176	177	177
1.00	396	392	384	357	322	287	254	228	207	189	175	147	133	126	124	123	125	127	129	130
1.25	383	374	360	317	269	227	193	168	149	134	123	103	93	89	87	89	91	94	95	96
1.50	360	351	328	270	215	172	141	119	105	94	86	72	66	63	63	64	67	69	71	72
1.75	335	325	294	224	165	127	102	86	75	67	61	52	47	46	47	48	50	52	54	55
2.00	312	298	259	182	126	94	75	63	56	50	45	38	35	35	35	37	38	40	42	43
2.50	270	250	199	120	76	53	43	35	32	28	26	23	22	21	22	23	24	27	28	28
3.00	233	206	148	78	46	31	26	21	19	18	17	15	14	14	15	16	17	18	19	20
3.50	202	171	109	51	29	20	17	14	13	12	11	10	10	10	11	11	12	13	14	15
4.00	177	142	82	35	20	13	11	10	9	9	8	7	7	7	8	8	9	10	11	11
4.50	155	118	61	24	14	10	8	7	7	6	6	5	5	6	6	6	7	8	9	9
5.00	137	100	47	18	10	7	6	6	5	5	5	4	4	5	5	5	6	6	7	7
5.50	121	84	37	13	8	6	5	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	108	72	29	11	6	5	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	97	62	24	9	5	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	89	55	20	7	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	81	49	17	6	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	74	43	15	5	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	68	38	12	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	63	34	11	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	58	31	9	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	54	28	8	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	51	26	7	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	48	24	6	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	45	22	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	43	21	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.10 ROADSURFACE STANDARD N4

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282
0.25	332	332	331	328	328	324	319	315	311	303	295	280	262	253	247	241	237	231	230	228
0.50	375	374	373	367	358	345	331	318	305	287	271	242	209	196	189	184	180	177	176	175
0.75	412	411	406	388	361	337	314	284	256	235	218	182	153	142	138	135	132	130	130	130
1.00	441	438	426	385	341	294	251	220	196	174	156	126	106	97	94	94	93	94	94	95
1.25	459	453	430	365	299	243	198	168	146	128	115	91	76	71	68	69	69	70	71	72
1.50	466	456	417	326	246	189	149	122	105	92	83	67	56	53	52	52	53	54	55	55
1.75	464	449	392	284	199	146	114	92	79	69	63	50	42	40	39	40	41	42	43	44
2.00	453	431	356	234	153	108	85	69	60	52	46	37	32	30	30	30	31	32	33	34
2.50	425	387	283	152	93	64	50	41	36	31	28	23	20	19	19	19	20	21	23	23
3.00	385	333	211	98	57	38	30	25	22	19	17	14	13	12	12	13	14	14	15	16
3.50	349	286	158	66	37	25	20	17	15	13	12	10	9	8	9	9	10	10	12	12
4.00	316	245	117	47	27	18	14	12	11	10	9	7	6	6	6	7	8	8	9	9
4.50	286	207	88	33	20	14	11	9	8	7	7	6	6	5	5	6	6	7	7	8
5.00	260	175	69	24	15	10	8	7	6	6	5	5	5	4	4	5	5	5	6	6
5.50	237	147	54	19	12	8	6	6	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	217	162	43	15	9	6	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	198	108	35	12	7	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	184	95	28	9	6	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	169	85	23	8	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	158	75	20	7	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	148	68	17	6	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	138	61	14	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	131	55	12	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	126	50	11	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	118	46	10	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	110	42	8	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	103	39	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	98	36	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.11 ROADSURFACE STANDARD W1

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
0.25	411	411	411	410	408	403	398	395	391	384	377	364	350	343	339	338	336	338	338	340
0.50	483	481	477	464	443	420	398	375	354	334	314	282	262	257	255	260	263	269	272	274
0.75	625	618	600	556	494	428	371	327	288	258	231	191	177	177	180	188	193	202	204	208
1.00	804	789	746	628	505	397	312	253	204	177	152	124	117	120	125	133	140	147	150	153
1.25	971	942	851	652	467	331	234	180	140	117	98	81	78	82	88	95	101	108	111	113
1.50	1098	1046	897	612	388	256	169	124	92	76	64	54	54	58	63	69	74	80	83	85
1.75	1175	1101	902	534	306	187	115	84	61	51	43	38	38	42	46	51	56	61	63	65
2.00	1198	1103	846	444	234	137	80	58	41	36	30	27	28	31	35	40	43	46	49	51
2.50	1142	1005	671	283	133	72	40	29	21	18	16	15	16	19	21	25	27	30	33	34
3.00	1020	845	476	172	71	39	21	16	13	11	10	10	11	13	15	16	18	21	22	23
3.50	882	685	328	101	40	22	13	10	8	7	7	7	8	9	11	12	14	15	16	17
4.00	743	529	222	63	21	13	8	7	6	5	5	5	6	7	8	9	11	12	13	13
4.50	605	397	150	39	14	9	6	5	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10	11
5.00	490	304	105	25	9	6	4	4	3	3	3	3	4	4	5	6	7	7	8	9
5.50	399	232	72	16	6	5	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	325	180	52	12	5	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	268	143	38	9	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	226	115	30	7	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	192	95	23	6	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	164	77	18	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	140	64	15	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	122	54	13	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	107	46	11	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	95	40	9	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	84	36	7	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	75	33	7	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	69	29	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	63	27	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.12 ROADSURFACE STANDARD W2

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341
0.25	366	365	365	362	361	356	352	348	344	339	333	321	309	305	301	303	304	307	306	307
0.50	434	431	426	416	400	378	357	335	314	298	282	252	232	231	232	237	240	246	247	250
0.75	619	616	599	547	478	408	347	299	257	229	204	171	161	162	165	171	176	185	186	189
1.00	899	898	845	705	538	397	292	229	179	153	130	110	107	111	115	122	127	134	137	140
1.25	1244	1222	1107	787	529	341	219	159	115	98	83	72	71	76	80	86	91	98	100	102
1.50	1551	1491	1254	785	443	257	149	106	75	64	54	48	49	53	57	63	67	72	74	77
1.75	1793	1684	1319	695	351	189	102	71	49	42	36	34	35	39	42	46	50	54	56	58
2.00	1951	1787	1282	575	259	132	67	47	34	29	26	24	26	28	31	36	38	42	44	45
2.50	2064	1757	1082	375	128	65	33	24	18	16	14	14	15	17	19	22	24	27	28	29
3.00	1997	1585	804	215	65	32	16	13	10	9	9	9	10	11	13	15	16	18	19	20
3.50	1812	1336	563	125	34	18	9	7	6	5	5	6	6	8	9	11	12	13	14	15
4.00	1572	1084	382	71	20	11	6	5	4	4	4	4	5	6	6	8	9	10	11	11
4.50	1313	837	242	40	12	7	4	3	3	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	9
5.00	1080	643	161	25	8	5	3	3	2	2	2	3	3	3	4	5	5	6	7	7
5.50	883	488	110	16	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	735	381	77	11	4	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	615	300	55	8	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	513	238	40	6	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	431	190	31	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	366	155	24	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	311	125	18	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	266	103	14	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	229	87	11	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	197	73	10	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	173	63	8	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	153	55	7	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	136	49	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	123	44	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



ตาราง ค.13 ROADSURFACE STANDARD W3

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
0.25	332	333	332	331	329	324	320	317	313	310	306	297	290	288	286	288	287	289	289	290
0.50	409	410	405	392	378	351	326	306	287	271	256	231	221	221	221	227	229	235	235	237
0.75	637	635	610	546	472	393	328	273	229	204	183	160	154	156	159	165	169	175	178	181
1.00	1014	996	943	767	556	384	265	205	158	136	116	104	103	107	111	117	121	128	130	132
1.25	1505	1467	1298	919	547	322	190	136	98	85	74	69	69	74	78	84	87	93	95	97
1.50	1974	1877	1561	912	451	231	117	84	60	53	48	47	48	52	56	60	63	68	70	72
1.75	2388	2280	1705	807	335	160	77	54	39	36	32	33	35	38	41	45	47	51	53	54
2.00	2721	2485	1704	672	232	104	47	35	27	24	23	23	26	28	31	34	37	40	41	43
2.50	3110	2615	1407	398	111	49	21	17	14	14	13	14	15	16	18	20	23	26	27	28
3.00	3142	2430	1057	224	53	23	10	10	9	9	8	9	9	11	12	14	15	17	18	19
3.50	2966	2076	740	118	29	14	7	6	5	6	6	6	6	8	9	10	11	12	13	14
4.00	2692	1721	502	66	14	8	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10	10
4.50	2307	1364	319	37	9	6	4	3	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8
5.00	1961	1054	207	22	6	4	3	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7
5.50	1615	808	135	14	4	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	1342	642	94	10	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	1122	514	67	7	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	957	415	49	6	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	814	333	37	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	696	271	29	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	594	220	21	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	510	180	17	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	437	150	13	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	378	127	11	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	330	108	10	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	290	93	8	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	256	83	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	231	73	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง ค.14 ROADSURFACE STANDARD W4

tan $\gamma$	$\beta$																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0.00	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287
0.25	279	279	279	280	282	281	279	278	278	276	274	271	266	265	264	267	268	269	270	270
0.50	302	305	302	293	289	272	257	247	237	229	221	213	205	207	208	214	216	220	222	223
0.75	444	442	442	423	357	286	229	202	178	168	158	147	144	147	150	155	159	164	167	169
1.00	816	798	743	585	406	269	178	146	119	109	101	96	97	101	104	110	112	120	122	124
1.25	1386	1316	1082	694	364	208	119	94	75	70	66	65	66	69	73	78	81	86	88	91
1.50	2026	1850	1345	697	284	146	74	61	50	47	44	44	46	50	52	56	59	63	65	67
1.75	2631	2303	1536	654	214	101	48	40	34	31	30	30	31	36	38	42	44	48	49	51
2.00	3115	2700	1618	529	163	70	30	27	24	22	21	22	23	26	28	31	34	37	38	40
2.50	3946	3056	1381	278	67	34	17	15	13	12	12	13	13	16	17	19	21	23	24	25
3.00	4248	3011	1068	153	26	15	9	8	8	8	8	8	9	10	11	13	14	16	17	18
3.50	4271	2742	732	73	14	8	5	5	4	5	6	6	6	7	8	9	10	12	12	13
4.00	4160	2405	507	37	8	5	4	3	3	3	4	4	4	5	6	7	8	9	9	10
4.50	3757	1963	328	19	6	4	3	3	3	3	3	3	3	4	5	6	6	7	7	8
5.00	3324	1577	191	12	4	3	2	2	2	2	3	3	3	3	4	5	5	6	6	7
5.50	2874	1245	127	7	3	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	2528	978	76	5	3	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.50	2237	772	52	4	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	1908	606	36	4	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.50	1650	477	25	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00	1415	377	20	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.50	1203	304	15	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	1036	252	12	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.50	902	213	10	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	793	178	8	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	694	153	7	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	606	133	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	538	116	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	485	104	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



ภาคผนวก ง

ผลการนำเสนอข้อมูลทางแสงของโคมไฟถนนตามระบบ CIE และ ระบบ IES ที่แสดงทางเครื่องพิมพ์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

Report Number :

Catalog Number :

Test By :

Description : Example of the CIE File Format

Luminaire is for Road Lighting

Example Fittings Inc. London. England

CIE FileName : CIE2.cie

Luminaire Test Details

Photometric : Type C

Number of Lamps : 1

Lumens per Lamp : 1000

Ballast Factor : 1



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

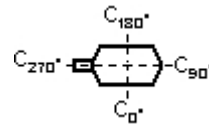


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminous Intensity Data Table (cd/klm)



$\gamma \setminus C$	270	275	285	295	305	315	325	335	345	355	0	5
0.0	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4
5.0	98.3	98.2	99	98.9	101.4	102.8	104.9	107.7	110.9	114.3	115.9	117.4
15.0	86.1	85.9	85.2	83.7	85.4	89.4	93.8	100	108.9	119.2	124.3	129.4
25.0	80.1	79.9	78.4	77.2	78.1	78.7	80.6	88.7	100.2	114.9	125.6	137.7
35.0	82.1	81.7	78.7	74	70.4	67.2	67.6	76.8	97.2	128.5	144	160.6
42.0	74.1	73.7	71.1	67.7	64	61.2	62	70.8	96	146.7	174.5	200.9
55.0	47.6	47.9	50.9	51.8	50	46.2	49.3	61.9	97.2	155.9	186.7	217.3
60.0	36.3	36.6	39.5	39.4	38.4	37.8	40.5	51.8	96	138.9	166.8	201.4
62.5	31.7	31.9	33.8	33.9	33.6	34.3	36.8	47.8	97.2	138.5	162.7	198.4
64.5	28.4	28.7	30.1	30.6	30.4	31.8	35.1	44.1	82	134.5	153.3	189.4
65.0	27.7	27.9	29.3	29.8	29.7	31.2	34.4	43.1	74.3	129.8	148.4	185
67.5	24.4	24.6	25.8	26.2	26.4	28.7	32.1	38.7	68.3	105.9	129.2	168.4
70.0	21.8	21.9	22.8	23.2	23.8	26.3	29.3	34.7	66.7	80.7	107.7	143.8
72.5	19.3	19.4	20.1	20.4	21.3	23.4	25.8	28.6	58.3	60.9	85.1	111.8
75.0	17.2	17.3	18	18.2	19.3	20.6	22.5	24.7	48.2	51.2	63.1	74.8
77.5	15.6	15.6	16.3	16.4	17.3	18.9	19.7	21.2	35.4	37.3	40.8	44.4
80.0	14.2	14.3	14.7	14.9	15.6	17.1	17.6	18.2	29.6	25.1	29.5	32
82.5	13.1	13.1	13.5	13.6	14.2	15.3	16	16.1	23.8	21.8	23.1	24.7
85.0	12	12	12.4	12.5	12.9	13.8	14.7	14.7	20.4	18.1	18.9	20.1
87.5	11.3	11.3	11.6	11.6	11.9	12.7	13.5	13.7	17.3	15.3	15.8	16.5
90.0	10.5	10.6	10.6	10.7	10.9	11.7	12.4	12.9	15.6	13.6	13.8	14.2
95.0	9.6	9.6	9.6	9.3	9.3	10.3	11.1	11.6	14.4	11.4	11.3	11.2
105.0	2.7	2.8	3.6	5.7	5.8	6.7	8	8.7	13.3	8.2	7.8	7.6
115.0	0	0	0.7	1.1	2.2	3.1	4	4.5	11.6	4.7	4.7	4.7
125.0	0	0	0	0.1	0.4	0.7	1.3	1.6	8.9	2.1	2	1.9
135.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	4.7	0.3	0.4	0.4



Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminous Intensity Data Table (cd/klm) (Continue)

$\gamma \setminus C$	15	25	35	45	55	65	75	85	90
0.0	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4	109.4
5.0	120.3	122.1	124.9	126.1	126.7	126.4	125.4	125.1	125
15.0	140.8	153.2	157.2	158.9	153.4	148.9	147	144.1	143.7
25.0	165	192.7	195.5	192.2	190.6	189.7	186.2	183.3	182.9
35.0	200.6	241.8	253.8	267.6	252.1	223.8	209	195.6	193.9
42.0	239.9	252.1	263.2	300	301.9	269.9	234.8	201.5	197.3
55.0	273.4	316.8	329.2	335.9	315.2	210.6	167.6	138.6	186.2
60.0	312.8	420	372.4	357.7	232.9	143.7	103.6	85.9	134.9
62.5	356	478	376.8	305.2	174.2	109.8	81	66.9	83.7
64.5	394.2	515.6	372.9	263.6	141.2	89	68.6	56.7	65.2
65.0	391.8	514.5	367.5	253.2	135.4	84.4	66.3	54.5	53.1
67.5	342.2	454	319.9	210.3	118.9	70.6	57.6	46.9	45.6
70.0	248.4	343	253.6	173.5	105.8	65.7	52.9	40.5	38.9
72.5	157.8	177.8	141.4	121.6	86.3	57.8	46.4	34.2	32.6
75.0	95.7	97.3	85.3	75.4	61.4	44.6	34.4	28.4	27.6
77.5	59.2	62.1	52.9	49.4	40.9	34.4	28.4	23.6	22.9
80.0	42	46.6	38.9	36.7	31.7	29.6	24.2	21.1	20.6
82.5	32.2	35.9	30.6	22.9	26.2	24.4	17.7	18.9	18.7
85.0	30.8	27.7	24.5	22.7	21.8	20.9	20.2	17.9	17.6
87.5	19.8	21.6	19.8	18.7	18.7	18.2	18.4	17.1	16.9
90.0	16	17.3	16.2	15.9	15.5	17.1	17.3	16.2	16
95.0	11.6	12.1	12	12.9	13.3	14.2	14.8	14.6	14.5
105.0	7.6	7.5	8.3	8.9	9.9	10.9	11.4	10.9	10.8
115.0	4.4	4	4.4	4.8	5.9	6.7	7.1	6.9	6.8
125.0	1.8	1.3	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4	0.5	0.6
135.0	0.3	0	0.2	0.1	0	0	0	0	0

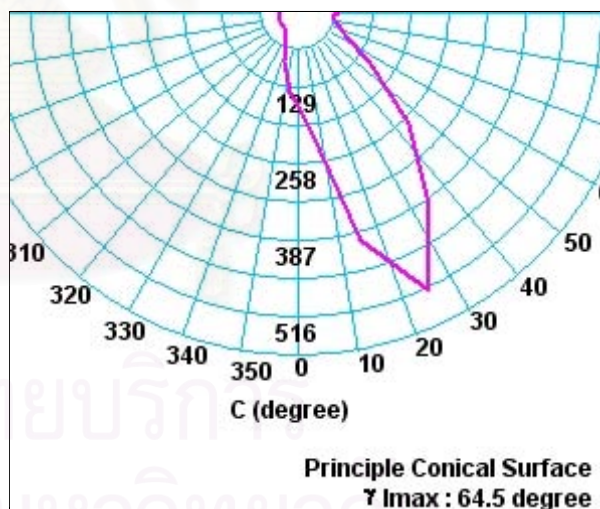
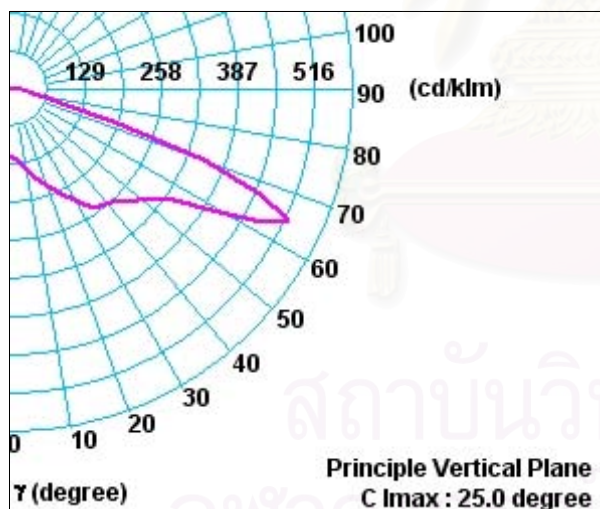
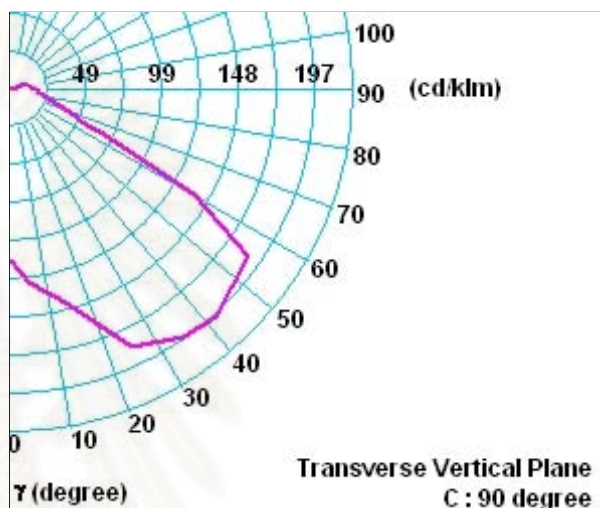
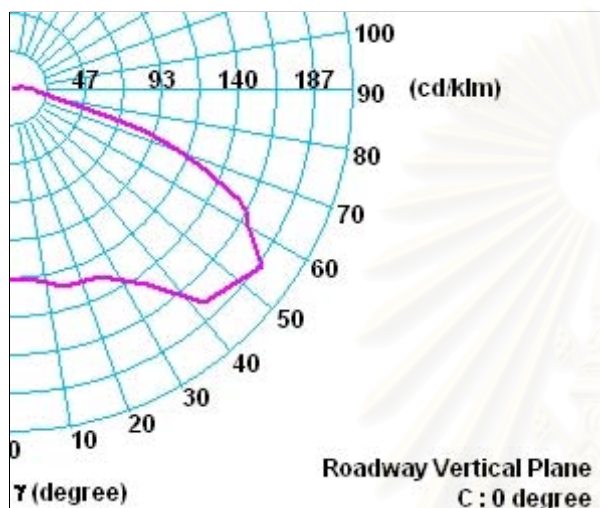


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminous Intensity Distribution





Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminous Flux Table (Based on 1000 lamp lumen)

Elevation (degree)	Cone (degrees)	Lumens	Cumulative (lm)	Lamp %	Luminaire %
0.0	0.0 - 2.5	0.7	0.7	0.1	0.1
5.0	2.5 - 10.0	10.2	10.9	1.1	1.5
15.0	10.0 - 20.0	34.4	45.3	4.5	6.4
25.0	20.0 - 30.0	61.9	107.2	10.7	15.1
35.0	30.0 - 38.5	80.0	187.2	18.7	26.3
42.0	38.5 - 48.5	124.7	311.9	31.2	43.9
55.0	48.5 - 57.5	128.1	439.9	44.0	61.9
60.0	57.5 - 61.3	54.2	494.2	49.4	69.5
62.5	61.3 - 63.5	32.0	526.2	52.6	74.0
64.5	63.5 - 64.8	17.4	543.6	54.4	76.5
65.0	64.8 - 66.3	20.6	564.2	56.4	79.4
67.5	66.3 - 68.8	30.4	594.6	59.5	83.7
70.0	68.8 - 71.3	25.1	619.7	62.0	87.2
72.5	71.3 - 73.8	17.6	637.3	63.7	89.7
75.0	73.8 - 76.3	12.3	649.6	65.0	91.4
77.5	76.3 - 78.8	8.8	658.4	65.8	92.7
80.0	78.8 - 81.3	7.1	665.5	66.5	93.6
82.5	81.3 - 83.8	5.7	671.2	67.1	94.5
85.0	83.8 - 86.3	5.1	676.3	67.6	95.2
87.5	86.3 - 88.8	4.4	680.7	68.1	95.8
90.0	88.8 - 92.5	5.8	686.5	68.7	96.6
95.0	92.5 - 100.0	9.7	696.2	69.6	98.0
105.0	100.0 - 110.0	8.6	704.8	70.5	99.2
115.0	110.0 - 120.0	4.5	709.2	70.9	99.8
125.0	120.0 - 130.0	1.2	710.5	71.0	100.0
135.0	130.0 - 135.0	0.2	710.6	71.1	100.0

LOR : 71.1 %    DLOR : 68.7 %    ULOR : 2.4 %



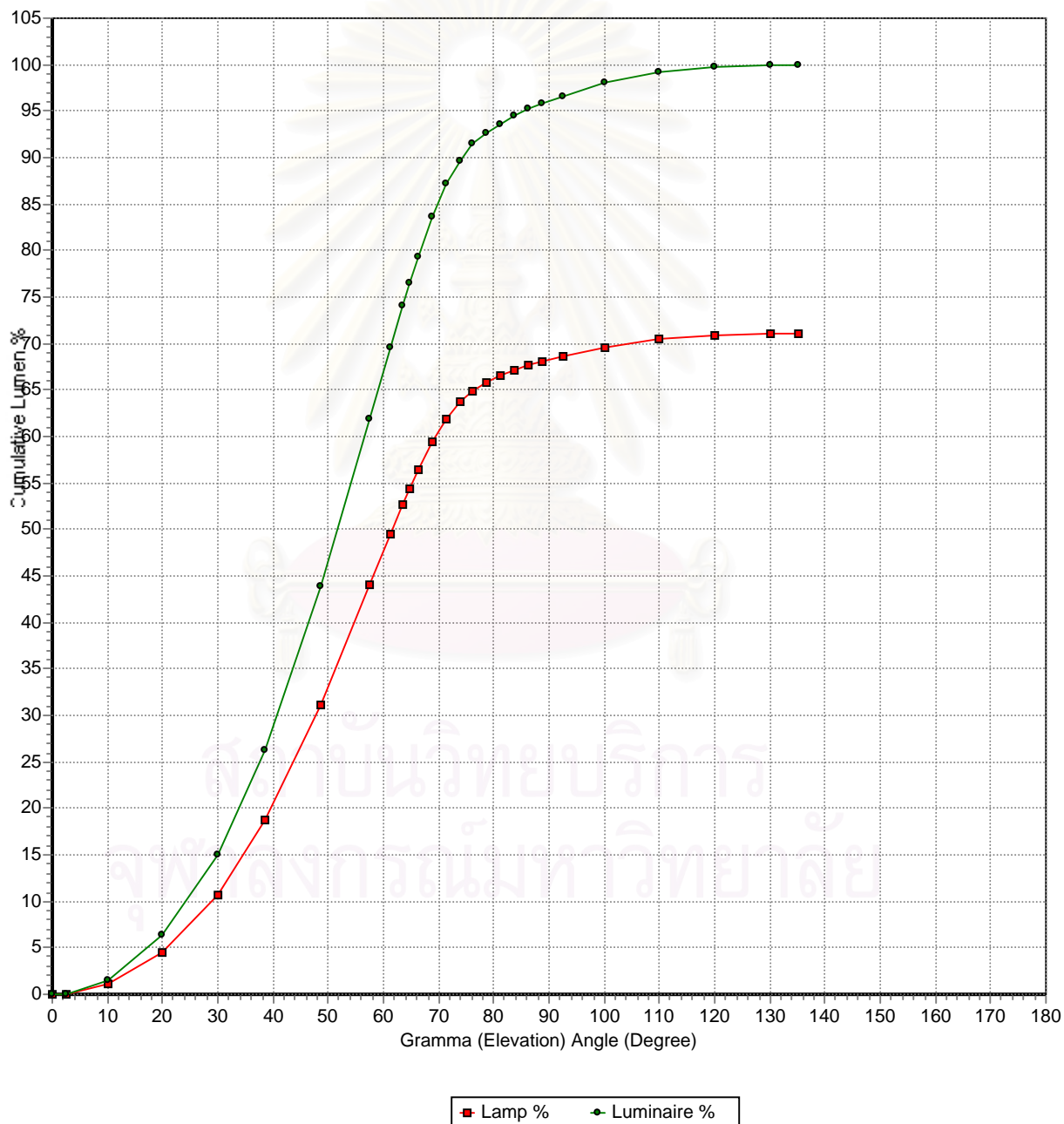


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Relative Zonal Flux Diagram



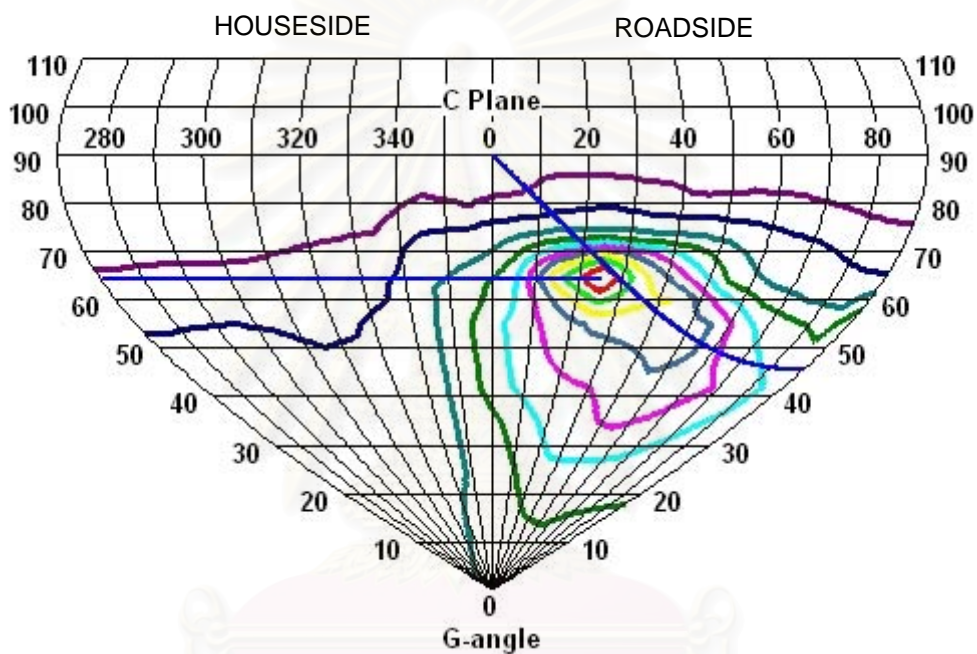


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Isocandela Diagram (Sinusoidal Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 464.0 (90%)	<span style="color: green;">■</span> 412.4 (80%)	<span style="color: yellow;">■</span> 360.9 (70%)	<span style="color: blue;">■</span> 309.3 (60%)	<span style="color: magenta;">■</span> 257.8 (50%)
<span style="color: cyan;">■</span> 206.2 (40%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 154.7 (30%)	<span style="color: teal;">■</span> 103.1 (20%)	<span style="color: darkblue;">■</span> 51.6 (10%)	<span style="color: purple;">■</span> 25.8 (5%)

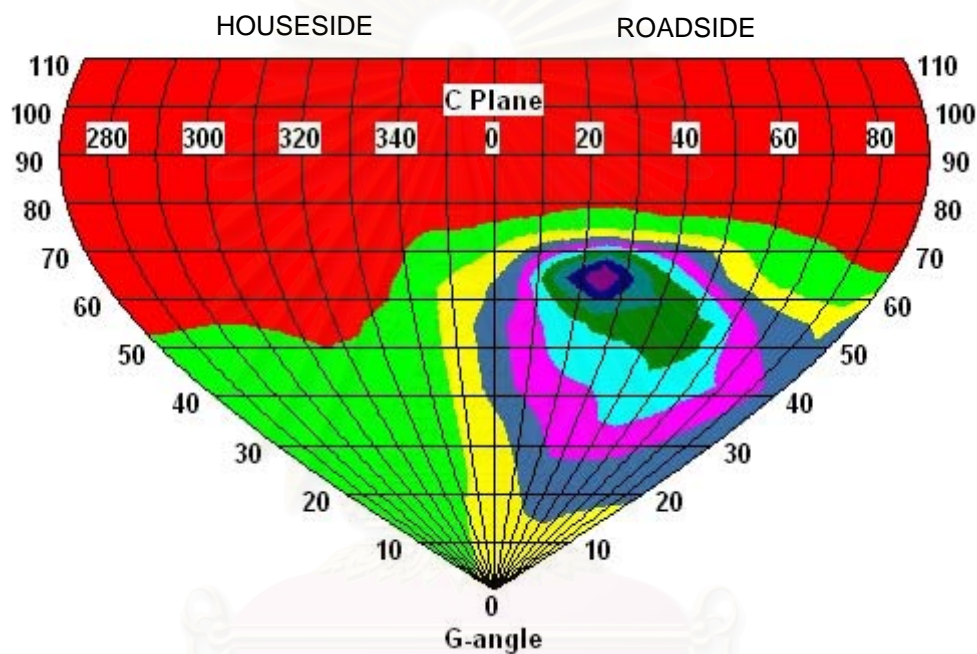


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Color Shade Diagram (Sinusoidal Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 0.0-51.6(0-10%)	<span style="color: green;">■</span> 51.6-103.1(10-20%)	<span style="color: yellow;">■</span> 103.1-154.7(20-30%)	<span style="color: blue;">■</span> 154.7-206.2(30-40%)
<span style="color: magenta;">■</span> 206.2-257.8(40-50%)	<span style="color: cyan;">■</span> 257.8-309.3(50-60%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 309.3-360.9(60-70%)	<span style="color: teal;">■</span> 360.9-412.4(70-80%)
<span style="color: darkblue;">■</span> 412.4-464.0(80-90%)	<span style="color: purple;">■</span> 464.0-515.6(90-100%)		

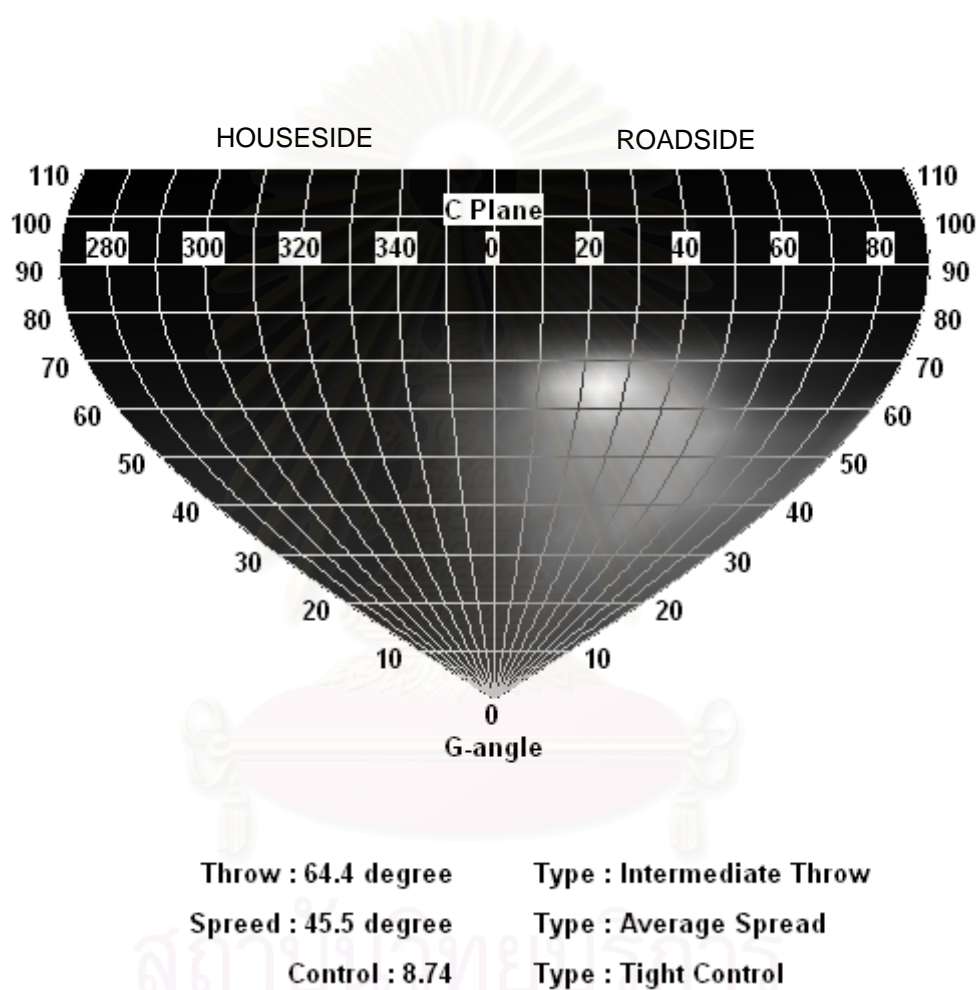


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Reder Diagram (Sinusoidal Web)



สถาบันวิจัยประชากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

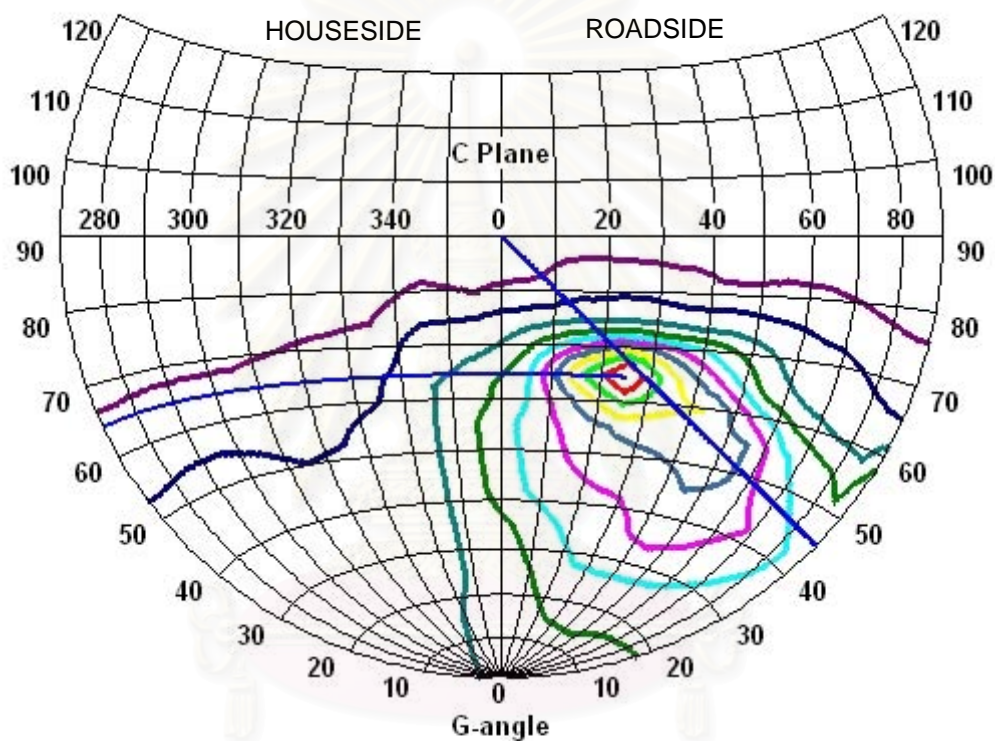


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Isocandela Diagram (Circular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 464.0 (90%)	<span style="color: green;">■</span> 412.4 (80%)	<span style="color: yellow;">■</span> 360.9 (70%)	<span style="color: blue;">■</span> 309.3 (60%)	<span style="color: magenta;">■</span> 257.8 (50%)
<span style="color: cyan;">■</span> 206.2 (40%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 154.7 (30%)	<span style="color: teal;">■</span> 103.1 (20%)	<span style="color: darkblue;">■</span> 51.6 (10%)	<span style="color: purple;">■</span> 25.8 (5%)

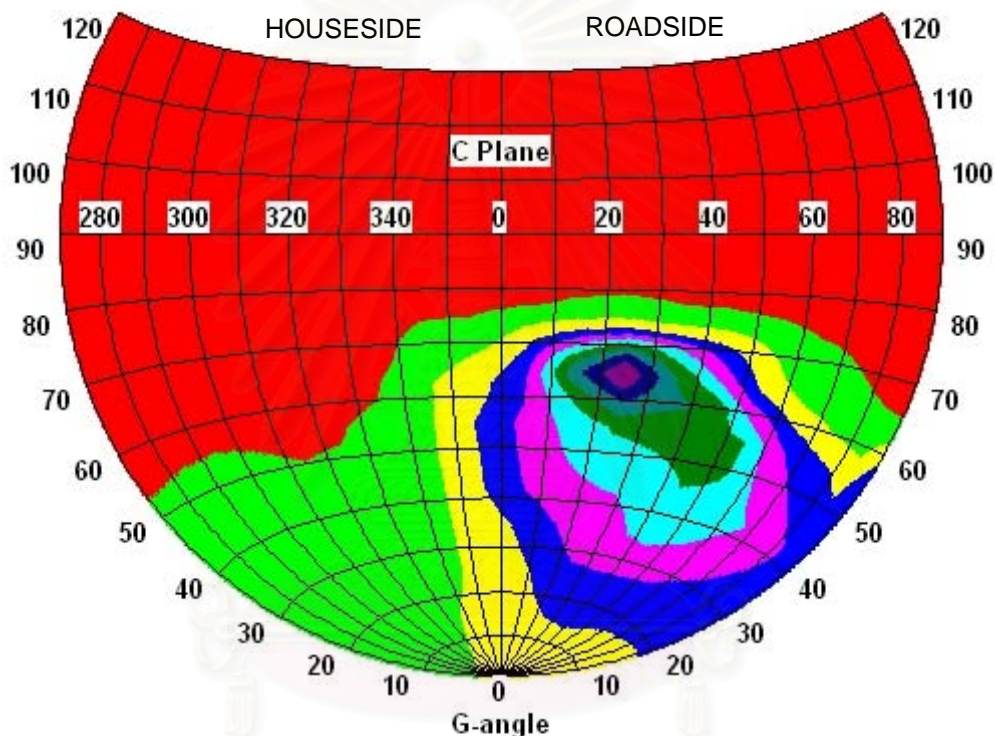


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Color Shade Diagram (Circular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 0.0-51.6(0-10%)	<span style="color: green;">■</span> 51.6-103.1(10-20%)	<span style="color: yellow;">■</span> 103.1-154.7(20-30%)	<span style="color: blue;">■</span> 154.7-206.2(30-40%)
<span style="color: magenta;">■</span> 206.2-257.8(40-50%)	<span style="color: cyan;">■</span> 257.8-309.3(50-60%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 309.3-360.9(60-70%)	<span style="color: teal;">■</span> 360.9-412.4(70-80%)
<span style="color: darkblue;">■</span> 412.4-464.0(80-90%)	<span style="color: purple;">■</span> 464.0-515.6(90-100%)		

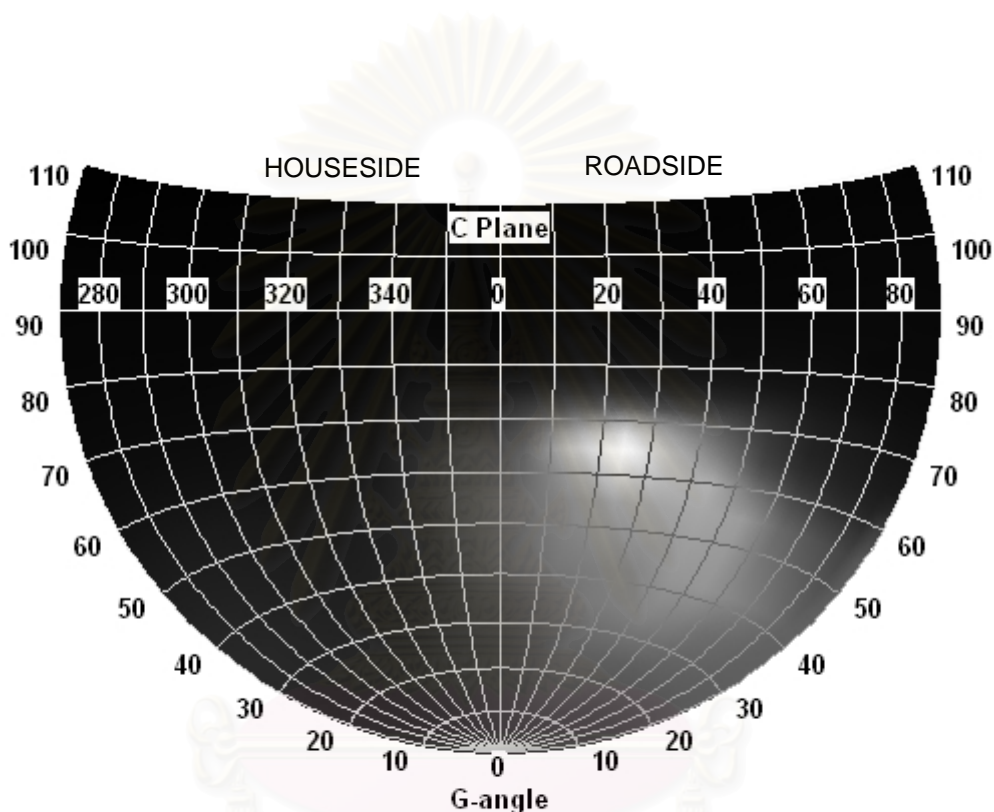


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

**Candela Reder Diagram (Circular Web)**



Throw : 64.4 degree	Type : Intermediate Throw
Spread : 45.5 degree	Type : Average Spread
Control : 8.74	Type : Tight Control

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

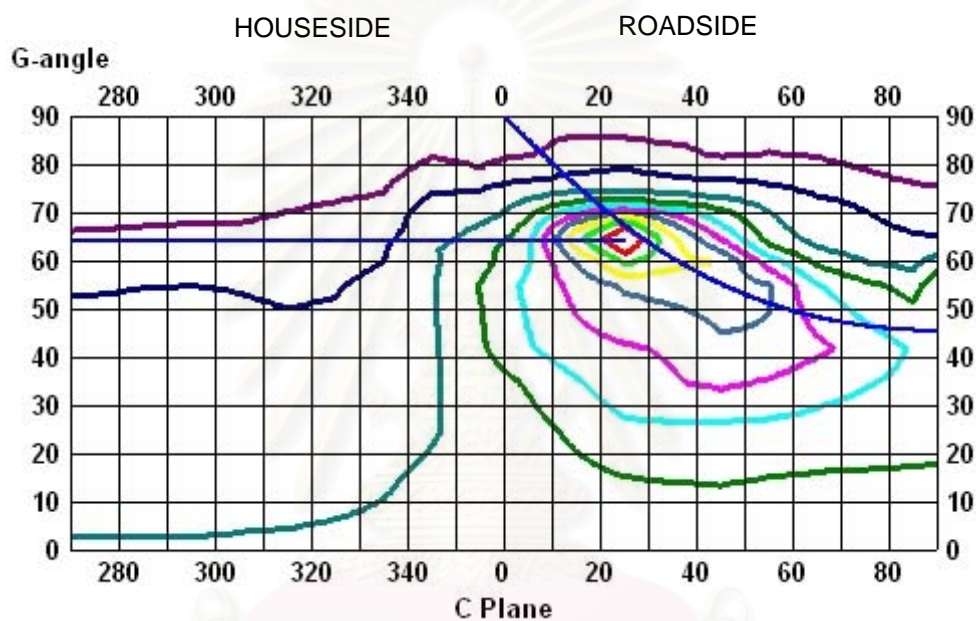


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Isocandela Diagram (Linear Rectangular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 464.0 (90%)	<span style="color: green;">■</span> 412.4 (80%)	<span style="color: yellow;">■</span> 360.9 (70%)	<span style="color: blue;">■</span> 309.3 (60%)	<span style="color: magenta;">■</span> 257.8 (50%)
<span style="color: cyan;">■</span> 206.2 (40%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 154.7 (30%)	<span style="color: teal;">■</span> 103.1 (20%)	<span style="color: darkblue;">■</span> 51.6 (10%)	<span style="color: purple;">■</span> 25.8 (5%)



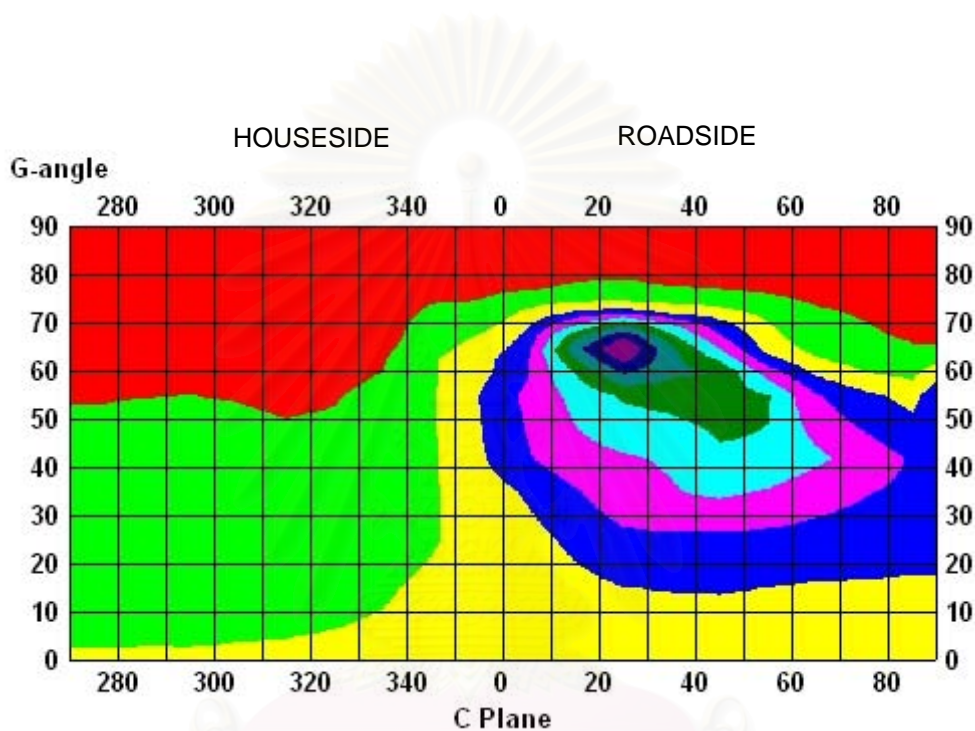


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree











### Candela Color Shade Diagram (Linear Rectangular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

All Value in cd/klm

 0.0-51.6(0-10%)	 51.6-103.1(10-20%)	 103.1-154.7(20-30%)	 154.7-206.2(30-40%)
 206.2-257.8(40-50%)	 257.8-309.3(50-60%)	 309.3-360.9(60-70%)	 360.9-412.4(70-80%)
 412.4-464.0(80-90%)	 464.0-515.6(90-100%)		

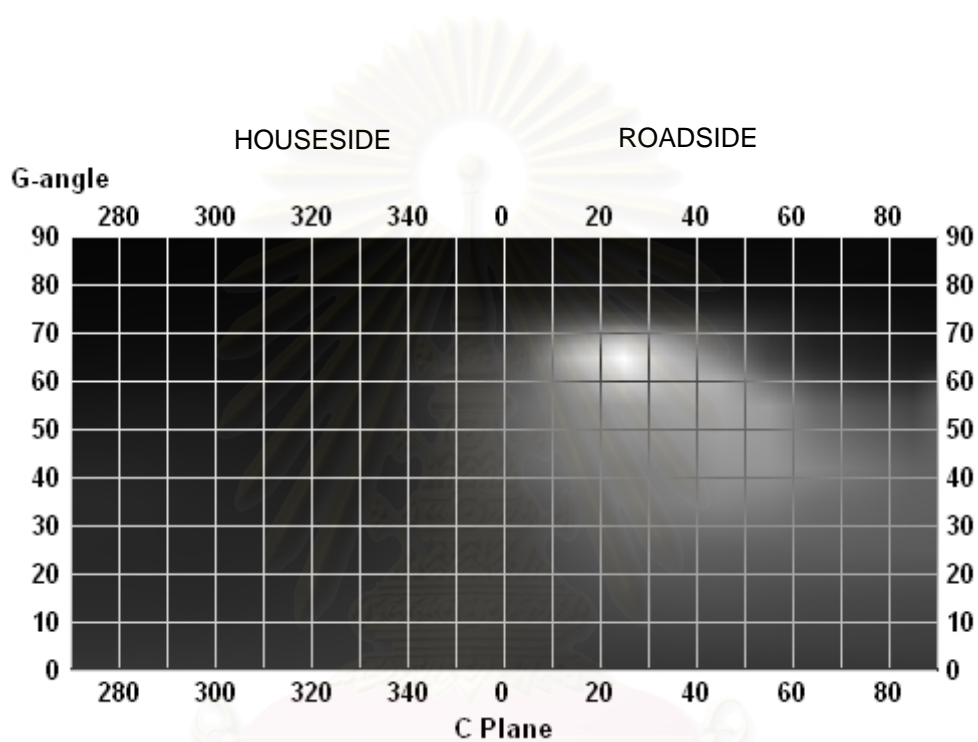


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Reder Diagram (Linear Rectangular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

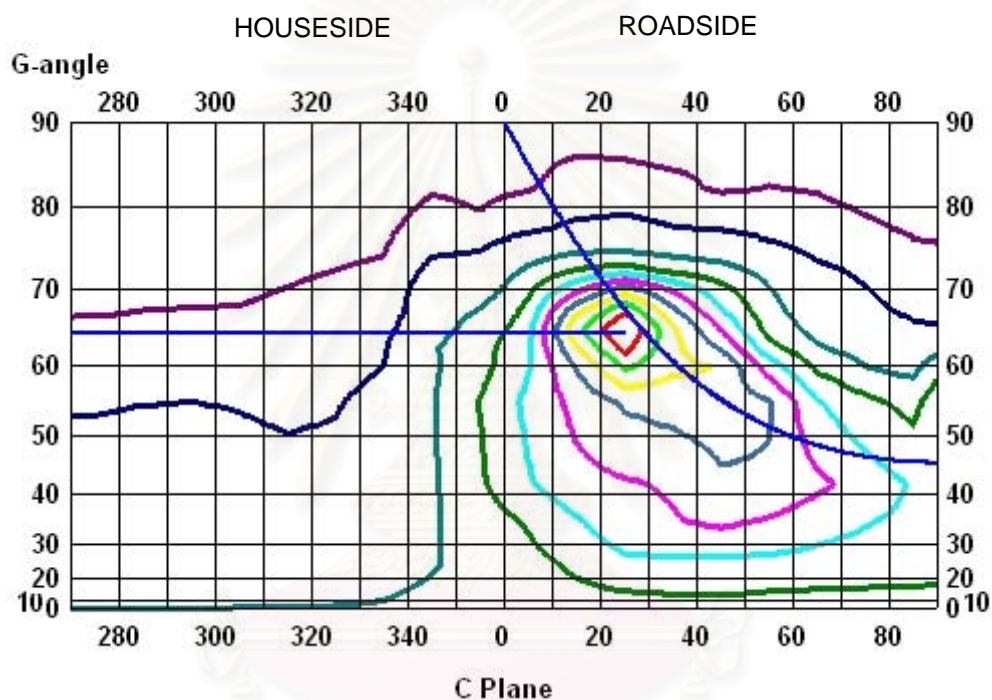


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Isocandela Diagram (Nonlinear Rectangular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree    Type : Average Spread  
 Control : 8.74          Type : Tight Control

All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 464.0 (90%)	<span style="color: green;">■</span> 412.4 (80%)	<span style="color: yellow;">■</span> 360.9 (70%)	<span style="color: blue;">■</span> 309.3 (60%)	<span style="color: magenta;">■</span> 257.8 (50%)
<span style="color: cyan;">■</span> 206.2 (40%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 154.7 (30%)	<span style="color: teal;">■</span> 103.1 (20%)	<span style="color: darkblue;">■</span> 51.6 (10%)	<span style="color: purple;">■</span> 25.8 (5%)

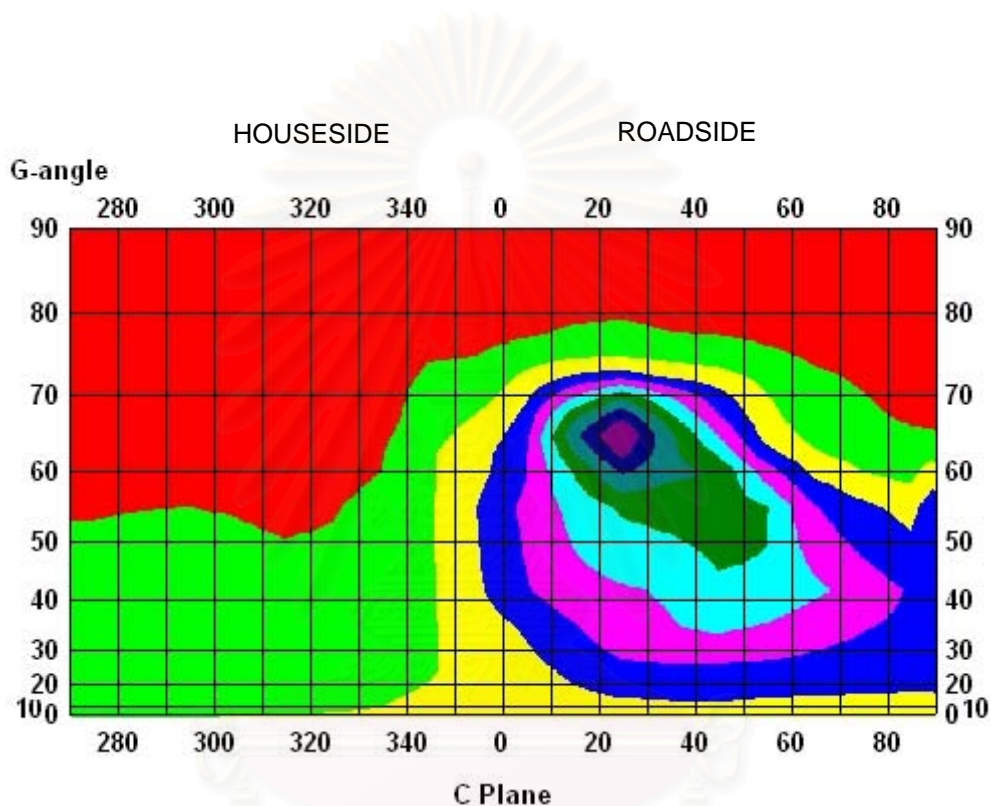


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree











### Candela Color Shade Diagram (Nonlinear Rectangular Web)



Throw : 64.4 degree      Type : Intermediate Throw  
 Spread : 45.5 degree      Type : Average Spread  
 Control : 8.74      Type : Tight Control

สงขลานครินทร์มหาวิทยาลัย  
 จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

All Value in cd/klm

 0.0-51.6(0-10%)	 51.6-103.1(10-20%)	 103.1-154.7(20-30%)	 154.7-206.2(30-40%)
 206.2-257.8(40-50%)	 257.8-309.3(50-60%)	 309.3-360.9(60-70%)	 360.9-412.4(70-80%)
	 412.4-464.0(80-90%)	 464.0-515.6(90-100%)	

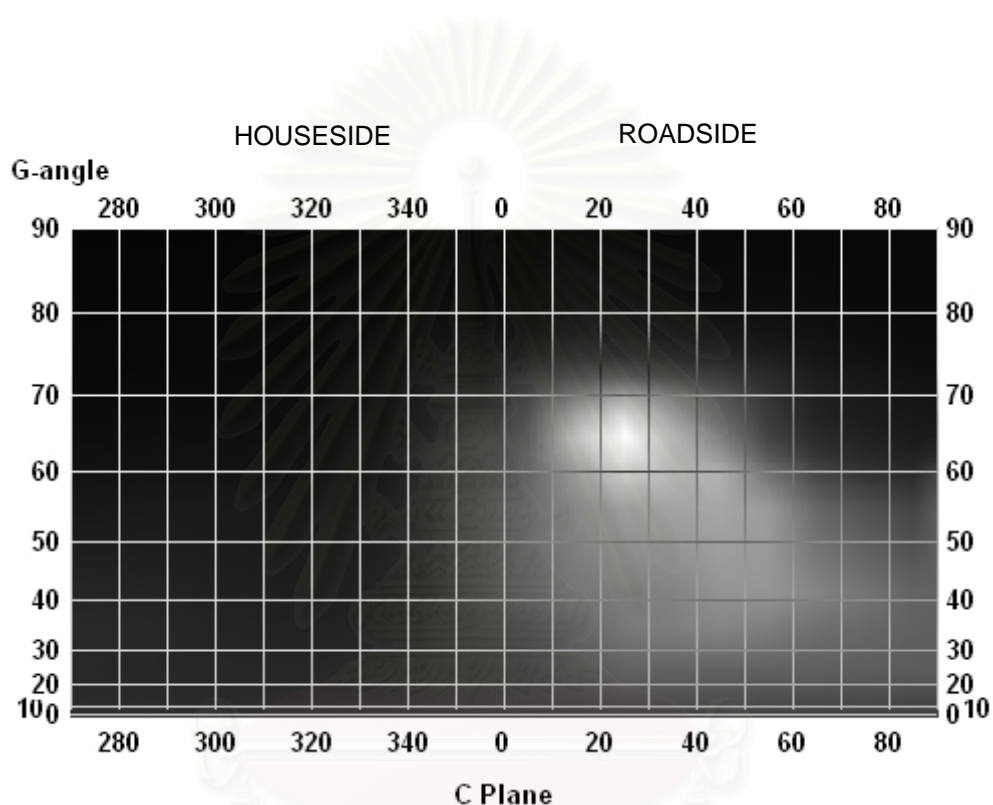


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Reder Diagram (Nonlinear Rectangular Web)



Throw : 64.4 degree	Type : Intermediate Throw
Spread : 45.5 degree	Type : Average Spread
Control : 8.74	Type : Tight Control

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

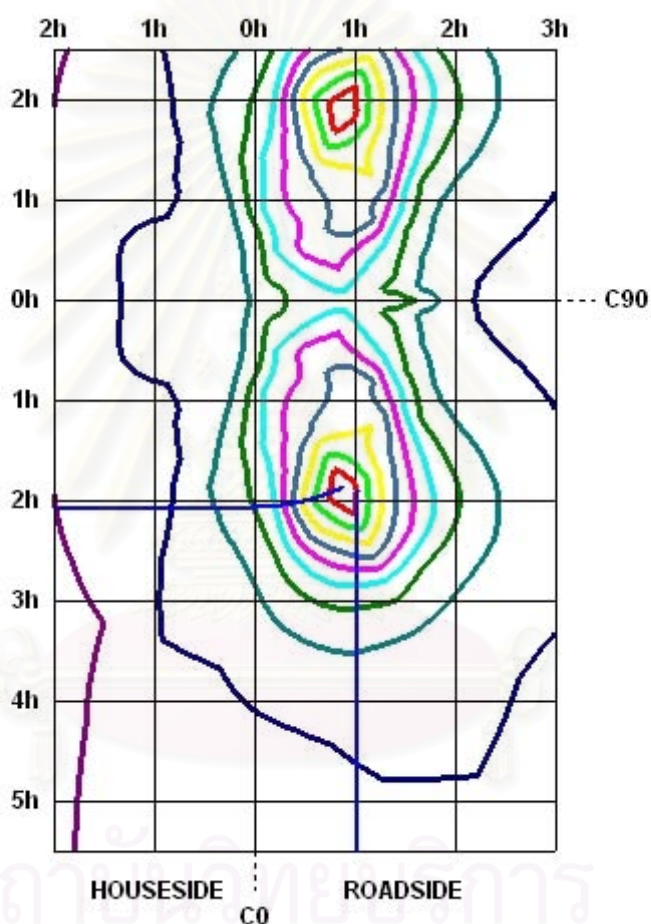


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Isocandela Diagram (Road Surface)



All Value in cd/klm

<span style="color: red;">■</span> 464.0 (90%)	<span style="color: green;">■</span> 412.4 (80%)	<span style="color: yellow;">■</span> 360.9 (70%)	<span style="color: blue;">■</span> 309.3 (60%)	<span style="color: magenta;">■</span> 257.8 (50%)
<span style="color: cyan;">■</span> 206.2 (40%)	<span style="color: darkgreen;">■</span> 154.7 (30%)	<span style="color: teal;">■</span> 103.1 (20%)	<span style="color: darkblue;">■</span> 51.6 (10%)	<span style="color: purple;">■</span> 25.8 (5%)

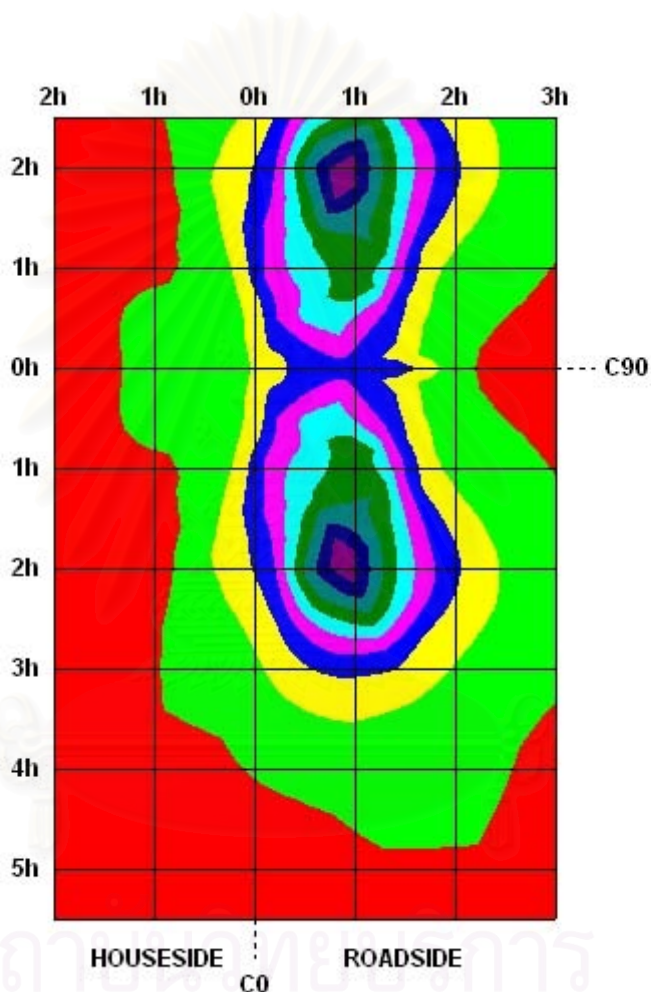


Classification : CIE











Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Color Shade Diagram (Road Surface)



All Value in cd/klm

 0.0-51.6(0-10%)	 51.6-103.1(10-20%)	 103.1-154.7(20-30%)	 154.7-206.2(30-40%)
 206.2-257.8(40-50%)	 257.8-309.3(50-60%)	 309.3-360.9(60-70%)	 360.9-412.4(70-80%)
 412.4-464.0(80-90%)	 464.0-515.6(90-100%)		

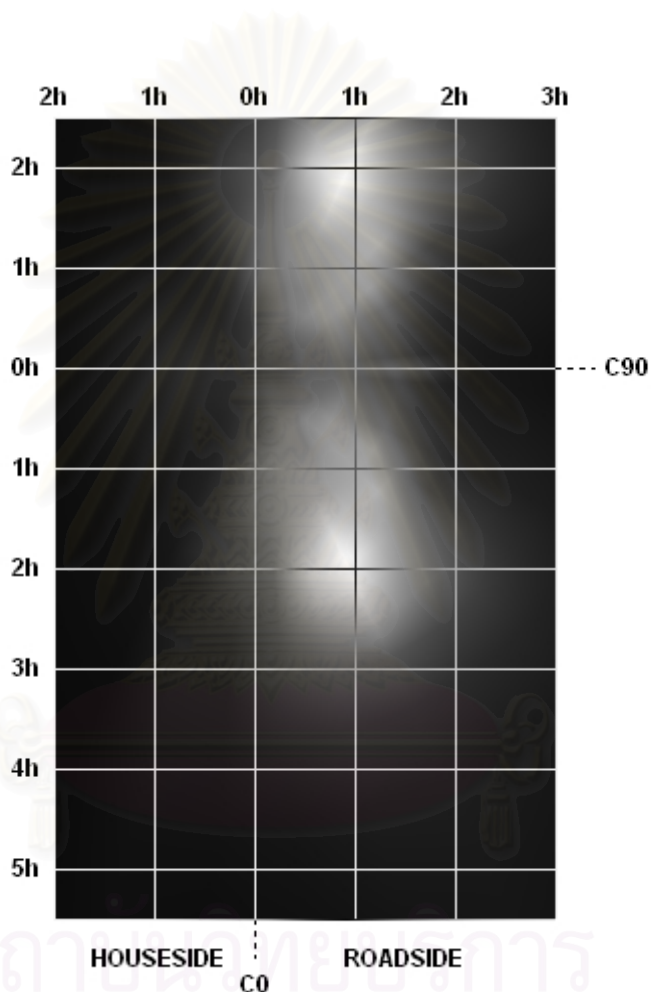


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Candela Reder Diagram (Road Surface)



สถาบันเทคโนโลยีการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



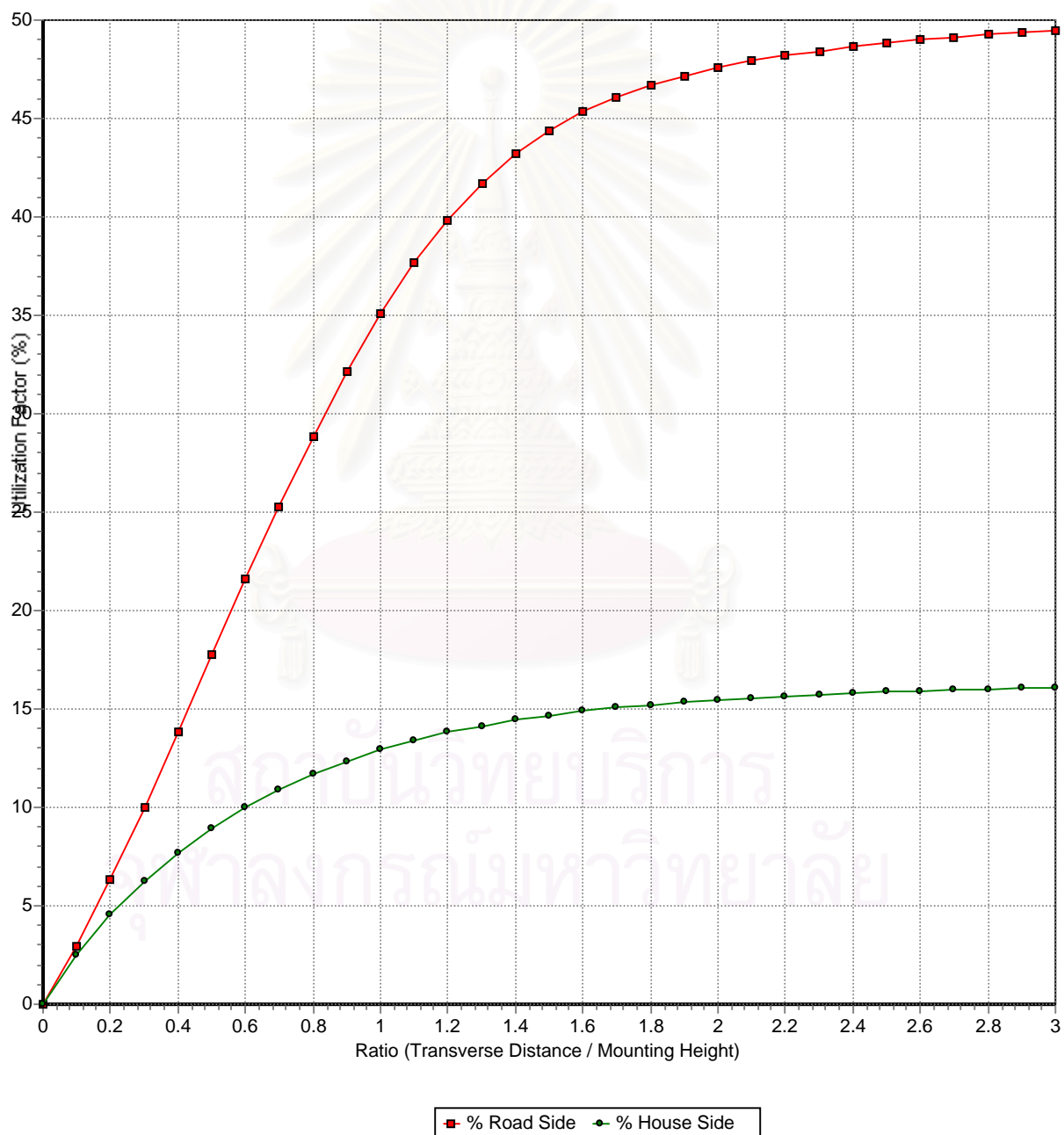


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Utilization Factor Diagram



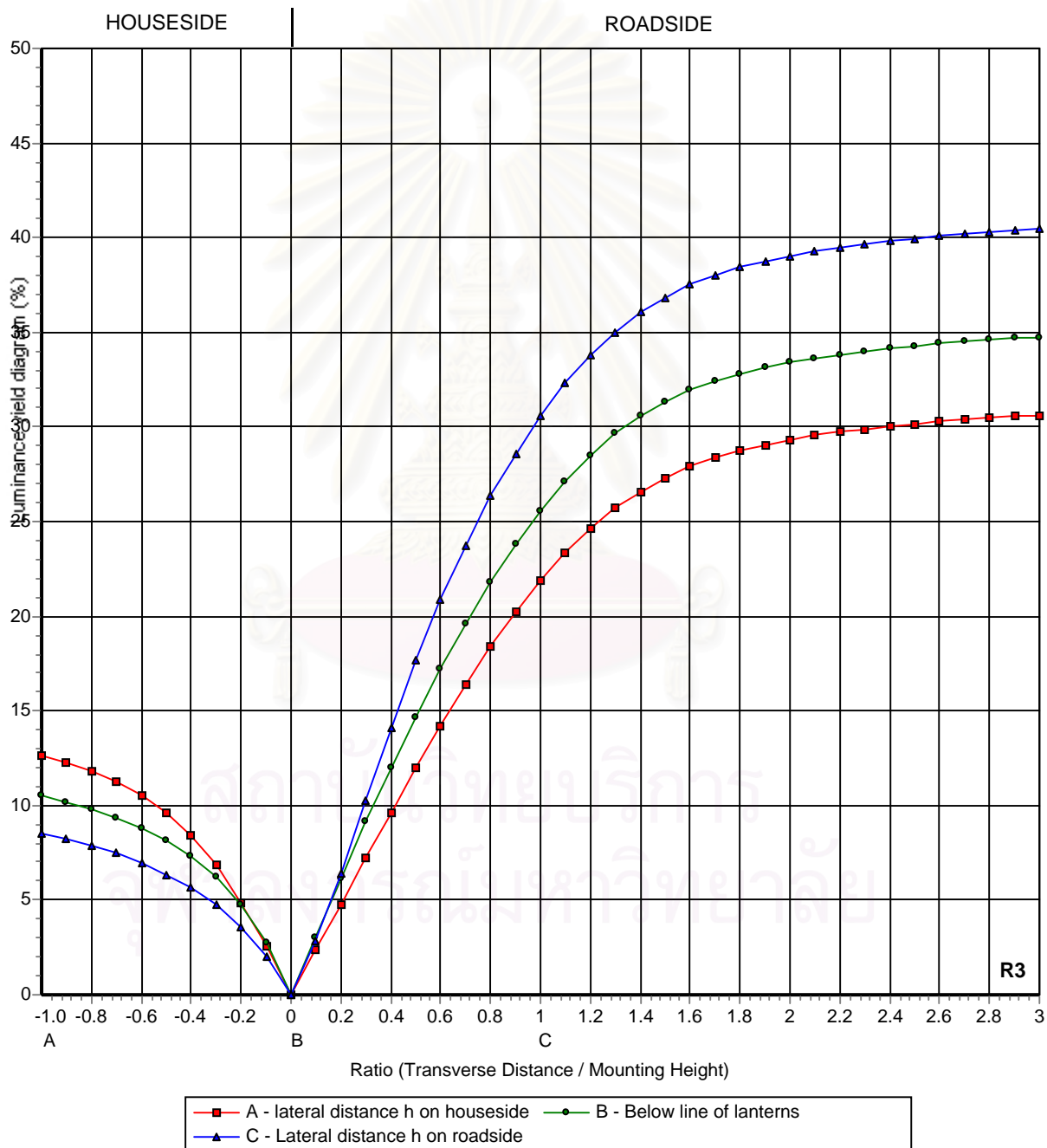


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminance Yield Diagram





Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Relative Illuminance Table

	-1.00h	-0.75h	-0.50h	-0.25h	0.00h	0.25h	0.50h	0.75h	1.00h	1.25h	1.50h	1.75h	2.00h
-1.00h	0.0090	0.0126	0.0192	0.0356	0.0627	0.0823	0.0844	0.0760	0.0645	0.0451	0.0228	0.0107	0.0059
-0.75h	0.0128	0.0174	0.0255	0.0435	0.0775	0.1084	0.1062	0.0989	0.0760	0.0496	0.0228	0.0104	0.0059
-0.50h	0.0177	0.0259	0.0365	0.0560	0.0919	0.1423	0.1463	0.1197	0.0747	0.0445	0.0225	0.0104	0.0058
-0.25h	0.0222	0.0352	0.0508	0.0728	0.1132	0.1455	0.1365	0.1089	0.0712	0.0415	0.0219	0.0101	0.0056
0.00h	0.0240	0.0400	0.0575	0.0810	0.1094	0.1295	0.1321	0.0981	0.0688	0.0470	0.0295	0.0152	0.0067
0.25h	0.0222	0.0352	0.0508	0.0728	0.1132	0.1455	0.1365	0.1089	0.0712	0.0415	0.0219	0.0101	0.0056
0.50h	0.0177	0.0259	0.0365	0.0560	0.0919	0.1423	0.1463	0.1197	0.0747	0.0445	0.0225	0.0104	0.0058
0.75h	0.0128	0.0174	0.0255	0.0435	0.0775	0.1084	0.1062	0.0989	0.0760	0.0496	0.0228	0.0104	0.0059
1.00h	0.0090	0.0126	0.0192	0.0356	0.0627	0.0823	0.0844	0.0760	0.0645	0.0451	0.0228	0.0107	0.0059
1.25h	0.0065	0.0096	0.0158	0.0288	0.0454	0.0584	0.0637	0.0603	0.0530	0.0429	0.0218	0.0102	0.0064
1.50h	0.0046	0.0068	0.0126	0.0214	0.0310	0.0402	0.0491	0.0530	0.0437	0.0326	0.0200	0.0112	0.0067
1.75h	0.0036	0.0055	0.0102	0.0150	0.0200	0.0276	0.0381	0.0452	0.0384	0.0272	0.0173	0.0104	0.0067
2.00h	0.0027	0.0043	0.0075	0.0112	0.0142	0.0199	0.0306	0.0352	0.0320	0.0224	0.0145	0.0092	0.0060
2.25h	0.0022	0.0034	0.0052	0.0077	0.0096	0.0133	0.0203	0.0233	0.0232	0.0173	0.0116	0.0074	0.0049
2.50h	0.0019	0.0028	0.0038	0.0049	0.0063	0.0085	0.0121	0.0138	0.0139	0.0120	0.0079	0.0050	0.0035
2.75h	0.0016	0.0022	0.0027	0.0031	0.0042	0.0055	0.0071	0.0080	0.0078	0.0070	0.0048	0.0034	0.0025
3.00h	0.0013	0.0017	0.0019	0.0022	0.0030	0.0038	0.0045	0.0049	0.0046	0.0041	0.0034	0.0025	0.0019

: CO

Maximum Illuminance : 0.1495 lx-m<sup>2</sup>/lr

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

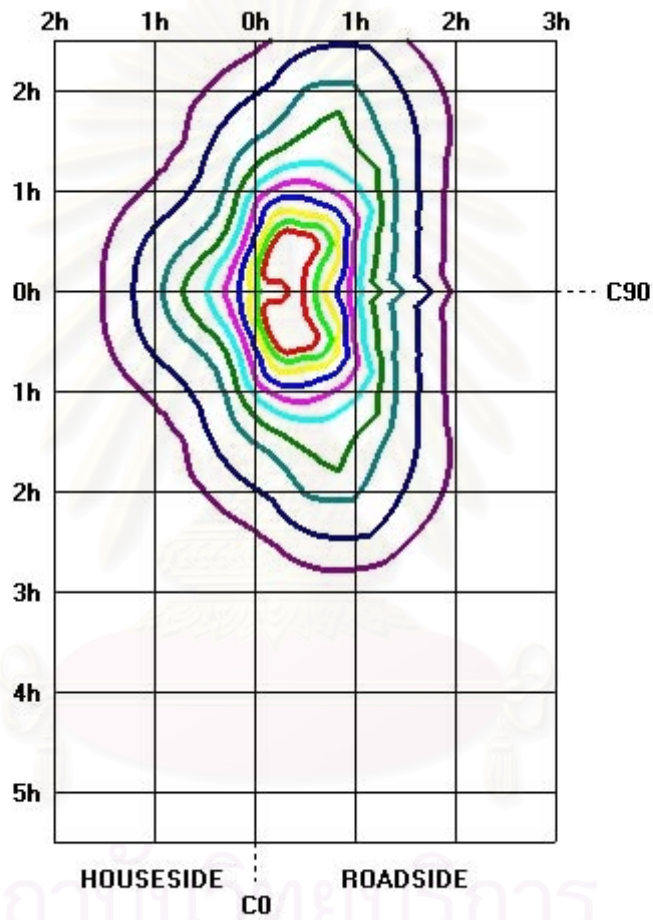


Classification : CIE

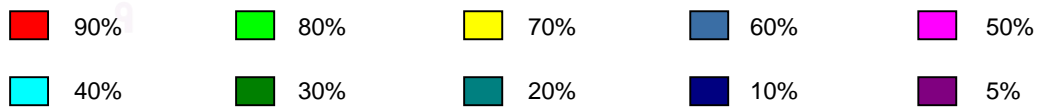
Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Relative Iso-lux Diagram



All Value in % ( $E_{max} = 0.1495 \text{ lx-m}^2/\text{lm}$ )



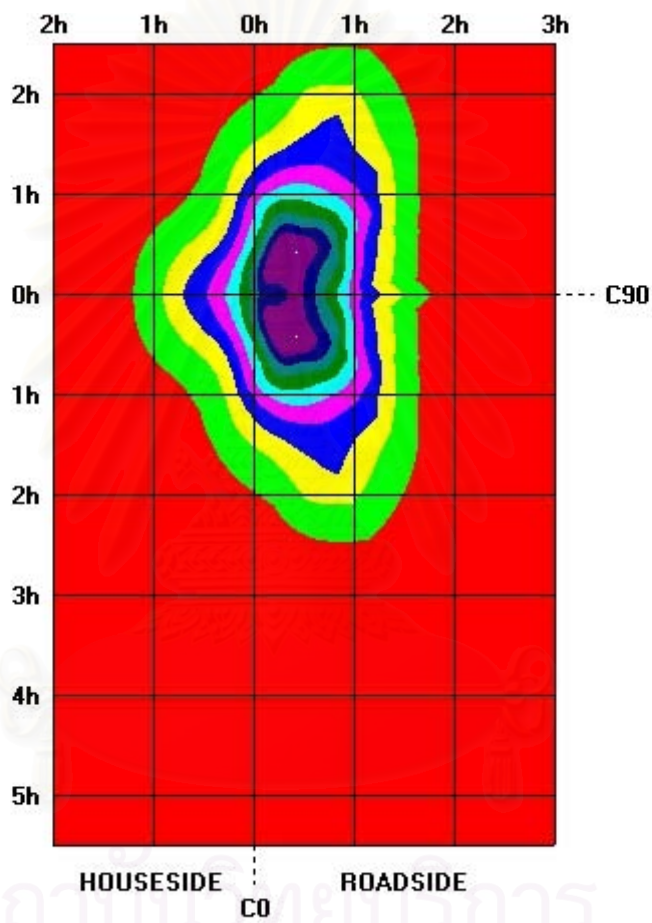


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Illuminance Color Shade Diagram



All Value in % ( $E_{max} = 0.1495 \text{ lx-m}^2/\text{lm}$ )

<span style="color: red;">■</span> 0-10%	<span style="color: green;">■</span> 10-20%	<span style="color: yellow;">■</span> 20-30%	<span style="color: blue;">■</span> 30-40%	<span style="color: magenta;">■</span> 40-50%
<span style="color: cyan;">■</span> 50-60%	<span style="color: darkgreen;">■</span> 60-70%	<span style="color: teal;">■</span> 70-80%	<span style="color: darkblue;">■</span> 80-90%	<span style="color: purple;">■</span> 90-100%

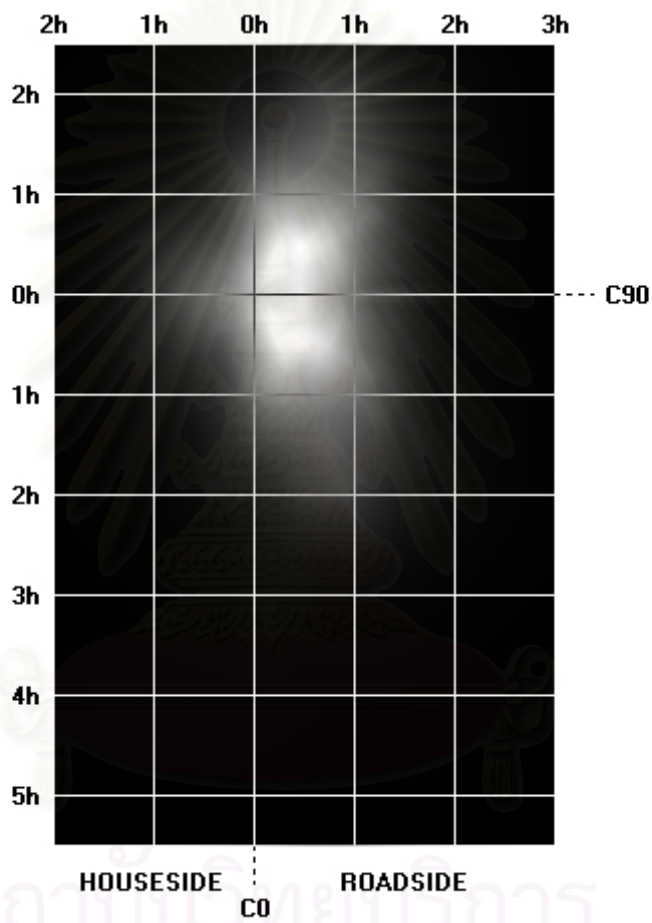


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Illuminance Render Diagram



All Value in % ( $E_{max} = 0.1495 \text{ lx-m}^2/\text{lm}$ )

สถาบันนันทวิทยา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

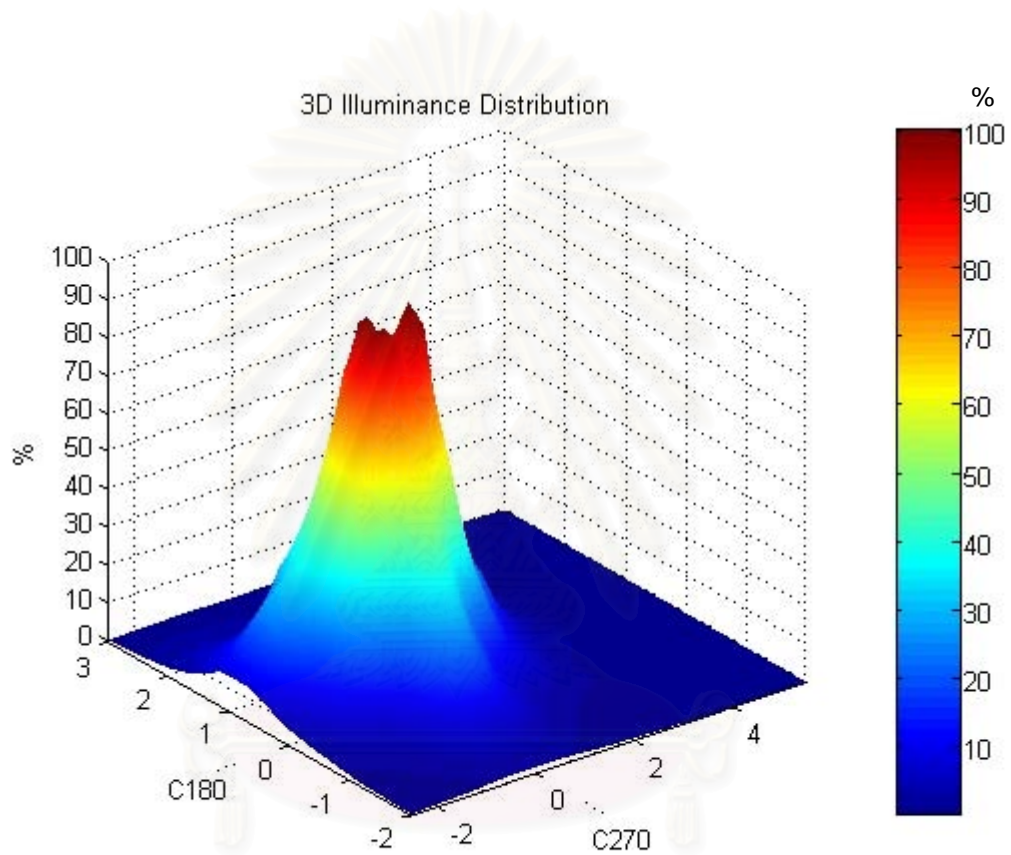


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### 3D Illuminance Distribution



( $E_{max} = 0.1495 \text{ lx-m}^2/\text{lm}$ )

สถาบันวิจัยวิชาการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Relative Luminance Table

	-1.00h	-0.75h	-0.50h	-0.25h	0.00h	0.25h	0.50h	0.75h	1.00h	1.25h	1.50h	1.75h	2.00h
-1.00h	0.0044	0.0057	0.0083	0.0146	0.0253	0.0338	0.0363	0.0344	0.0315	0.0233	0.0123	0.0061	0.0037
-0.75h	0.0058	0.0073	0.0102	0.0168	0.0304	0.0418	0.0424	0.0417	0.0342	0.0245	0.0121	0.0058	0.0035
-0.50h	0.0075	0.0107	0.0146	0.0220	0.0356	0.0558	0.0587	0.0494	0.0317	0.0203	0.0116	0.0057	0.0033
-0.25h	0.0090	0.0147	0.0204	0.0283	0.0426	0.0565	0.0548	0.0455	0.0291	0.0175	0.0108	0.0054	0.0031
0.00h	0.0097	0.0166	0.0233	0.0331	0.0459	0.0529	0.0536	0.0409	0.0278	0.0195	0.0142	0.0080	0.0036
0.25h	0.0092	0.0154	0.0231	0.0344	0.0570	0.0686	0.0621	0.0477	0.0296	0.0173	0.0105	0.0053	0.0031
0.50h	0.0080	0.0126	0.0199	0.0356	0.0631	0.0907	0.0800	0.0581	0.0338	0.0202	0.0114	0.0055	0.0032
0.75h	0.0064	0.0096	0.0178	0.0393	0.0786	0.0978	0.0741	0.0548	0.0379	0.0270	0.0123	0.0056	0.0034
1.00h	0.0055	0.0083	0.0168	0.0540	0.0917	0.1250	0.0738	0.0500	0.0394	0.0278	0.0132	0.0061	0.0035
1.25h	0.0044	0.0077	0.0172	0.0464	0.0934	0.0940	0.0694	0.0482	0.0361	0.0282	0.0136	0.0063	0.0040
1.50h	0.0038	0.0067	0.0177	0.0475	0.0915	0.0892	0.0688	0.0521	0.0361	0.0240	0.0138	0.0074	0.0042
1.75h	0.0034	0.0064	0.0164	0.0429	0.0803	0.0789	0.0613	0.0524	0.0370	0.0223	0.0126	0.0068	0.0045
2.00h	0.0030	0.0057	0.0144	0.0393	0.0737	0.0696	0.0589	0.0473	0.0354	0.0209	0.0100	0.0065	0.0042
2.25h	0.0026	0.0052	0.0116	0.0325	0.0623	0.0564	0.0453	0.0355	0.0276	0.0174	0.0088	0.0055	0.0035
2.50h	0.0024	0.0047	0.0091	0.0246	0.0509	0.0425	0.0292	0.0231	0.0177	0.0129	0.0070	0.0040	0.0027
2.75h	0.0021	0.0039	0.0073	0.0181	0.0412	0.0320	0.0193	0.0137	0.0101	0.0075	0.0046	0.0029	0.0021
3.00h	0.0018	0.0030	0.0055	0.0140	0.0338	0.0239	0.0129	0.0084	0.0063	0.0048	0.0035	0.0023	0.0016

-- C9C

Road Surface Type : R3

:  
C0

Maximum Luminance : 0.1275 cd/lr

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



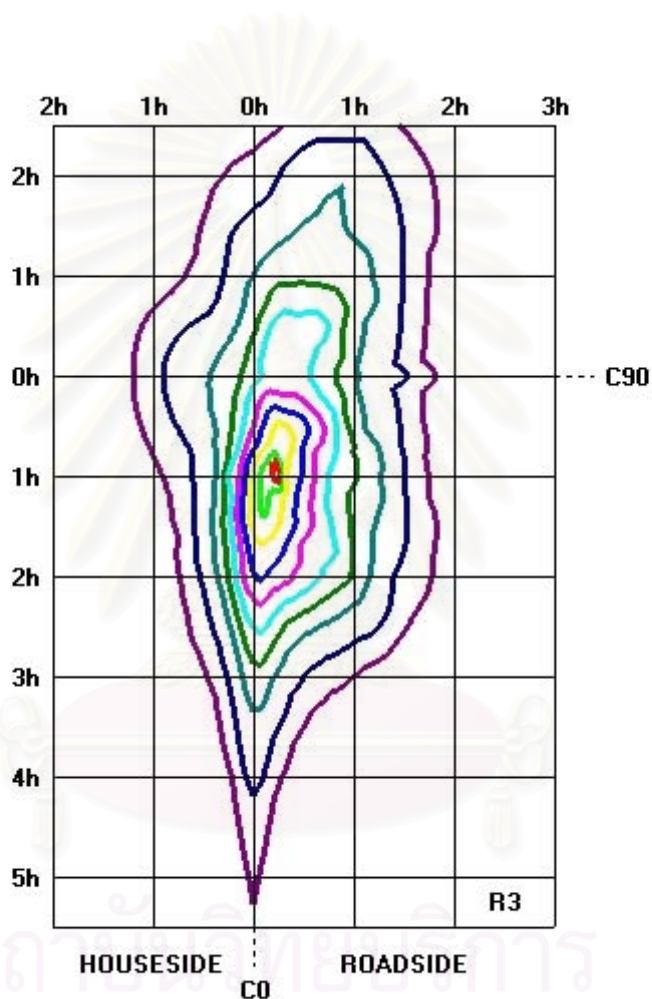


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Relative Isoluminance Diagram



All Value in % (Lmax = 0.1264 cd/lm)

<span style="color: red;">■</span> 90%	<span style="color: green;">■</span> 80%	<span style="color: yellow;">■</span> 70%	<span style="color: blue;">■</span> 60%	<span style="color: magenta;">■</span> 50%
<span style="color: cyan;">■</span> 40%	<span style="color: darkgreen;">■</span> 30%	<span style="color: teal;">■</span> 20%	<span style="color: darkblue;">■</span> 10%	<span style="color: purple;">■</span> 5%

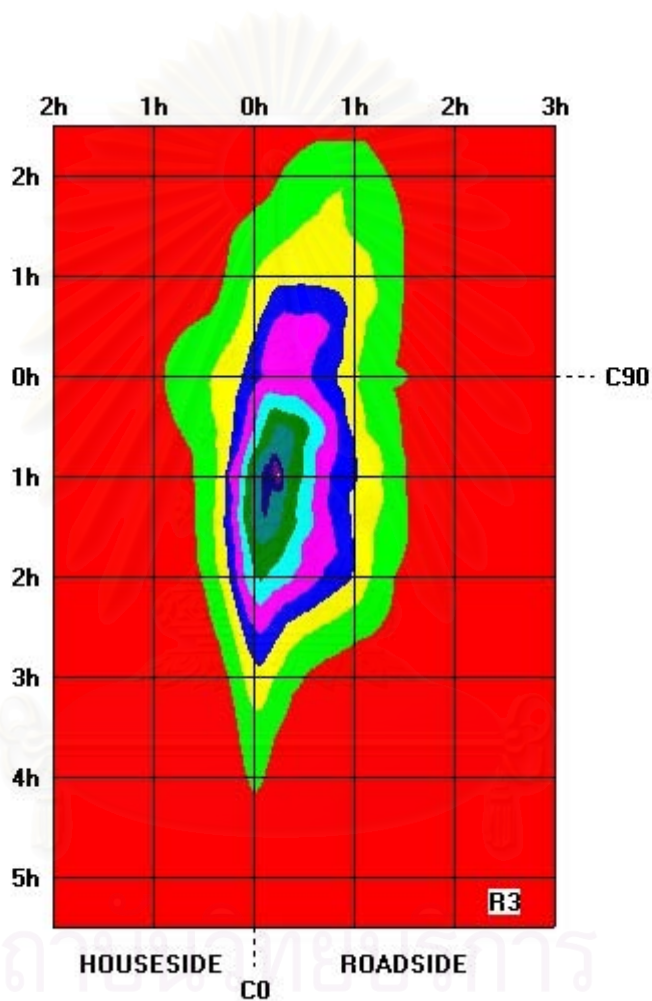


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminance Color Shade Diagram



All Value in % (Lmax = 0.1264 cd/lm)

0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%
50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%

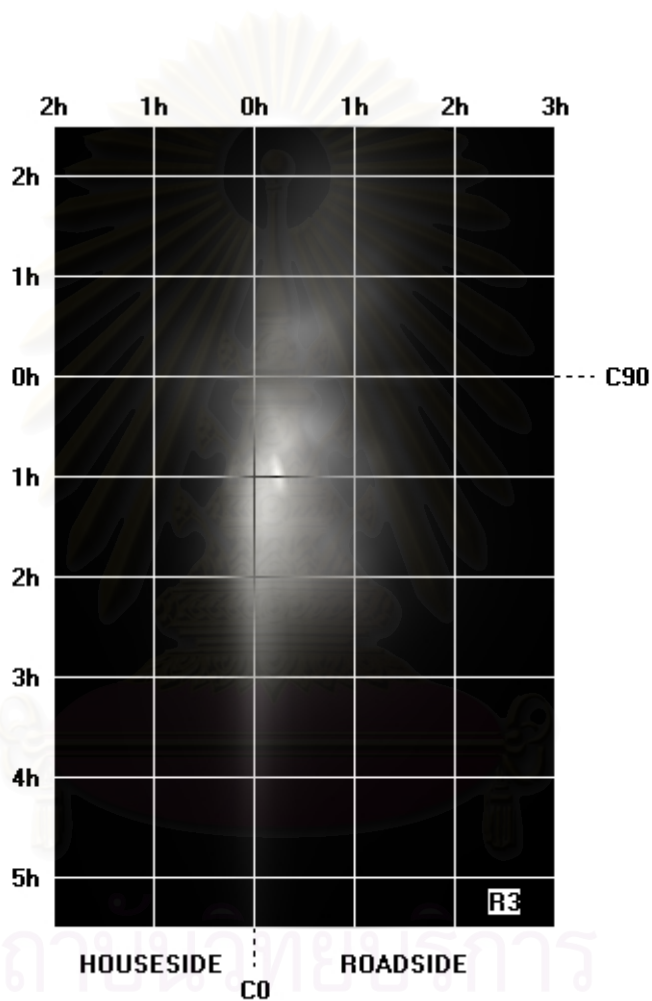


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminance Render Diagram



All Value in % (Lmax = 0.1264 cd/lm)

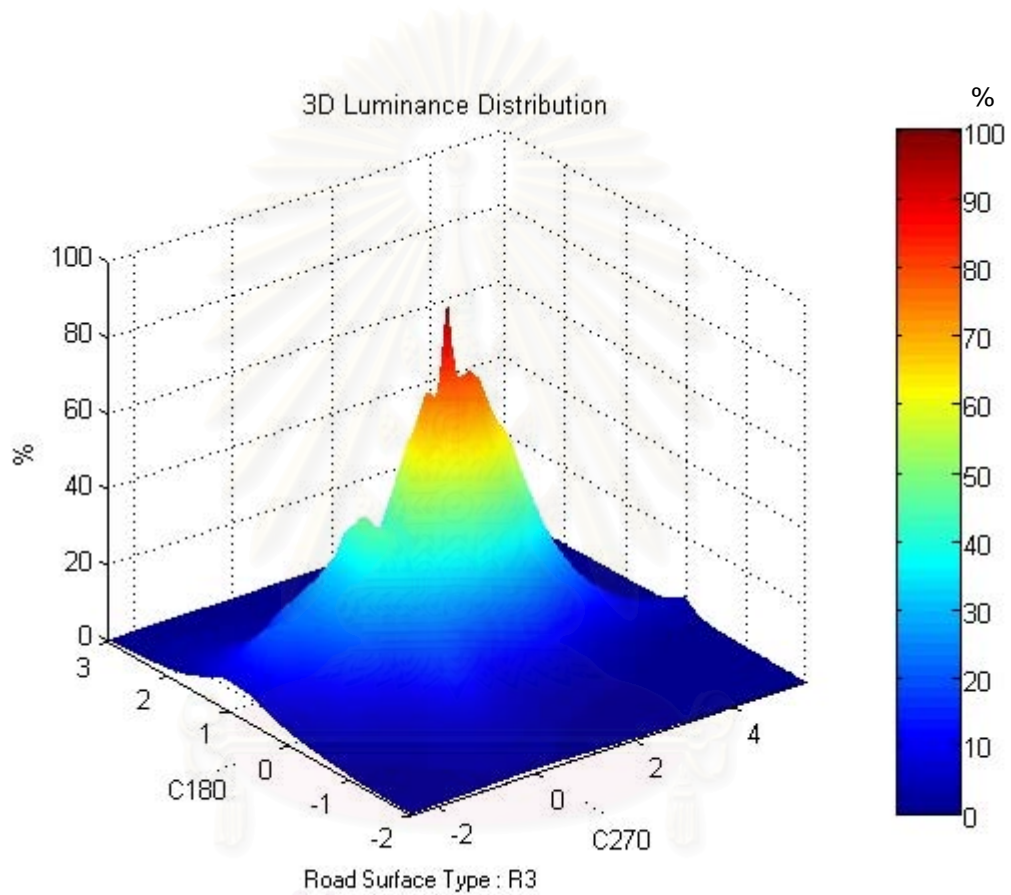


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### 3D Luminance Distribution



สถาบันวิจัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Performance Table (Single-sided (Left))

Height h (m)		14						
Width w (m)	Spacing s (m)	40	42	44	46	48	50	
15 (3 lanes)	Lav	R1	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30
		R2	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.21
		R3	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19
		R4	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19
	U0	R1	0.63	0.62	0.60	0.58	0.57	0.57
		R2	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.64
		R3	0.68	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63
		R4	0.60	0.58	0.56	0.55	0.54	0.54
	U1	R1	0.80	0.78	0.76	0.73	0.68	0.63
		R2	0.80	0.78	0.78	0.79	0.78	0.77
		R3	0.74	0.75	0.74	0.71	0.68	0.66
		R4	0.75	0.76	0.74	0.72	0.68	0.66
	G	R1	7.94	7.95	7.95	7.96	7.97	7.99
		R2	7.78	7.79	7.79	7.80	7.81	7.82
		R3	7.74	7.75	7.75	7.76	7.77	7.78
		R4	7.76	7.76	7.76	7.77	7.78	7.80
	TI	R1	5.07	5.17	5.29	5.28	5.37	5.46
		R2	6.91	7.03	7.20	7.19	7.30	7.43
		R3	7.47	7.61	7.81	7.78	7.90	8.03
		R4	7.25	7.37	7.59	7.56	7.67	7.79

Tilt = 15 Deg.

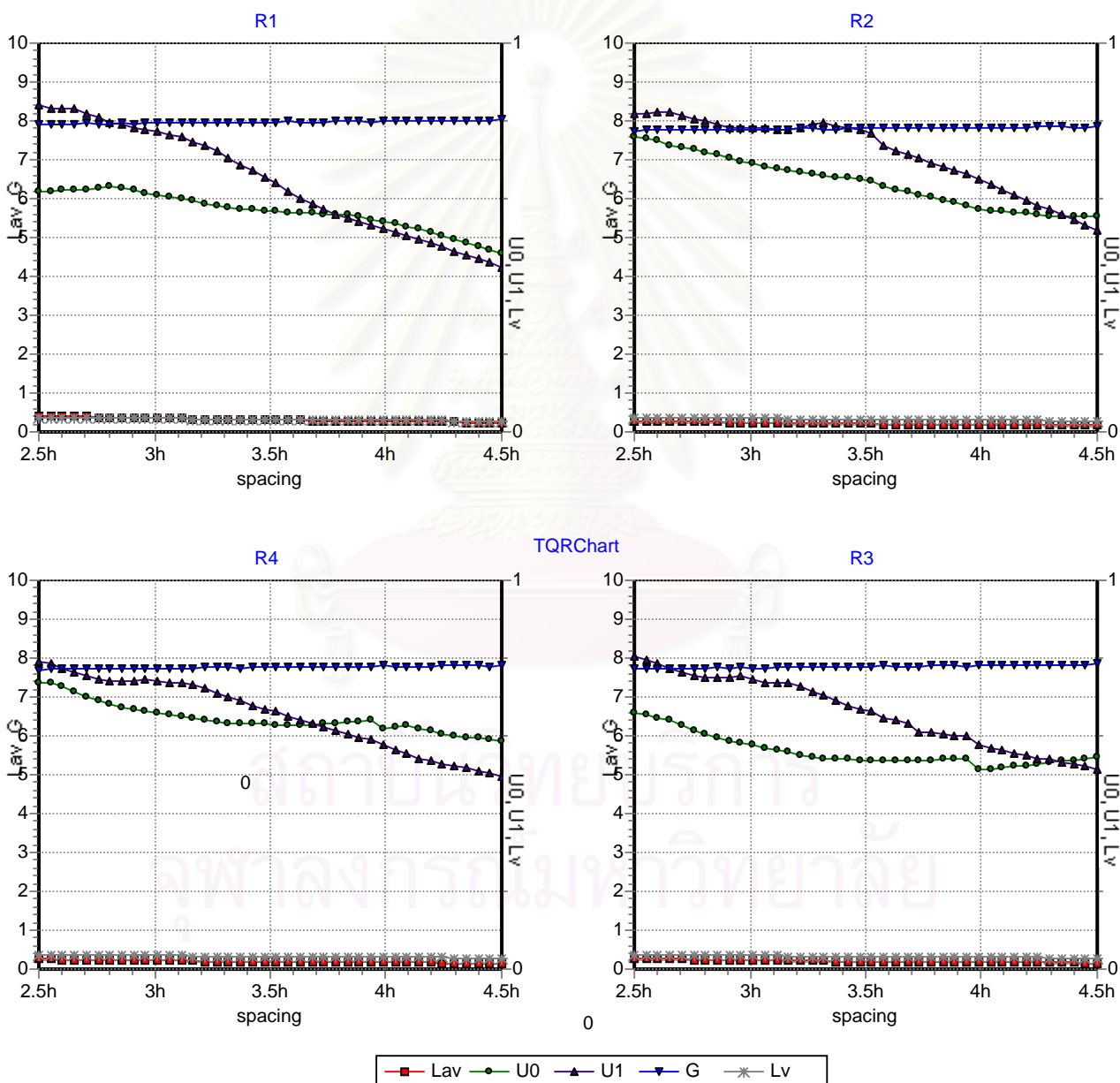


Classification : CIE

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Performance Graph (Single-sided (Left))



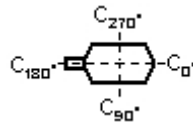


Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Luminous Intensity Data Table (cd)



$\gamma \setminus C$	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
0.0	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5
5.0	1125	1126	1129	1138	1140	1134.5	1124	1098.5	1082.5	1056.5	1043
15.0	1293	1296.5	1323	1340	1380.5	1430	1414.5	1378.5	1267	1165	1118.5
25.0	1646.5	1649.5	1675.5	1707.5	1715.5	1729.5	1759.5	1734.5	1485	1239	1130
35.0	1745	1760.5	1881	2014.5	2269	2408.5	2284.5	2176.5	1805	1445	1296
42.0	1775.5	1813.5	2113.5	2429	2717.5	2700	2369	2269	2159.5	1808.5	1570.5
55.0	1675.5	1247	1508.5	1895.5	2837	3023	2963	2851	2460.5	1955.5	1680.5
60.0	1214.5	773	932.5	1293	2096.5	3219.5	3351.5	3780	2815.5	1813	1501
62.5	753	602	729	988	1567.5	2747	3391.5	4302	3204	1785.5	1464
64.5	586.5	510.5	617	801	1271	2372.5	3356	4640	3547.5	1705	1380
65.0	477.5	490.5	596.5	760	1218.5	2279	3307.5	4630.5	3526.5	1665	1336
67.5	410.5	422.5	518	635	1070.5	1892.5	2879	4086	3079.5	1515.5	1163
70.0	350.5	364.5	476	591	952	1561.5	2282.5	3087	2235.5	1294	969
72.5	293.5	307.5	417.5	520	776.5	1094.5	1273	1600.5	1420.5	1006	766
75.0	248	255.5	309.5	401.5	552.5	679	768	876	861	673	568
77.5	206.5	212.5	255.5	310	368.5	444.5	476	559	533	400	367.5
80.0	185.5	189.5	218	266	285.4	330	350	419.5	378	288	265.5
82.5	168	170.5	159.5	219.5	236	206	275.5	323.5	290	222	208
85.0	158.5	161.5	181.5	188.5	196.5	204	220.8	249.5	277.5	180.5	170
87.5	152	153.5	165.5	164	168	168.5	178.5	194	178.5	148.5	142
90.0	144	145.5	155.5	153.5	139.5	143.5	146	156	144	128	124.5
95.0	130.5	131.5	133.5	127.5	120	116	108	108.5	104.5	100.5	101.5
105.0	97.5	98	102.5	98.5	89.5	80	74.5	67.5	68.5	68	70.5
115.0	61.5	62	63.5	60.5	53.5	43.5	39.5	36	40	42	42.5
125.0	5.5	4.5	3.5	5.5	8	10	12	12	16.5	17.5	18
135.0	0	0	0	0	0	1	1.5	0	2.5	3.5	3.5



Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

**Luminous Intensity Data Table (cd) (Continue)**

$\gamma \setminus C$	95	105	115	125	135	145	155	165	175	180
0.0	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5	984.5
5.0	1029	998.5	969	944.5	925	912.5	890	891	884	884.5
15.0	1072.5	980.5	900	844	804.5	768.5	753	767	773	774.5
25.0	1034	902	798.5	725	708	702.5	694.5	706	719	721
35.0	1156.5	874.5	691	608	605	634	666	708	735	738.5
42.0	1320	864	637	558	551	576	609	640	663	666.5
55.0	1403	874.5	557	444	416	450	466	458.5	431.5	428
60.0	1250.5	864	466.5	364.5	340	345.5	354.5	355.5	329.5	326.5
62.5	1246.5	874.5	430	331.5	308.5	302	305.5	304	287.5	285.5
64.5	1210.5	738	396.5	315.5	286.5	274	275.5	270.5	258	256
65.0	1168	669	388	309.5	280.5	267.5	268	263.5	251.5	249.5
67.5	953	614.5	348	288.5	258.5	238	236	232	221.5	220
70.0	726.5	600.5	312	264	236.5	214	208.5	205.5	197.5	196
72.5	548	525	257.5	232	210.5	192	184	180.5	174.5	173.5
75.0	460.5	433.5	222	202.5	185.5	174	164	162	156	154.5
77.5	336	318.5	190.5	177.5	170	155.5	147.5	146.5	140.5	140
80.0	226	266	164	158.5	153.5	140.5	134.5	132.5	128.5	128
82.5	196.5	214.5	144.5	144	137.5	127.5	122.5	121.5	117.5	117.5
85.0	162.5	183.5	132	132.5	124.5	116.5	112.5	111.5	108	108
87.5	138	156	123.5	121.5	114.5	107.5	104	104	102	101.5
90.0	122.5	140.5	116	112	105.5	98.5	96.5	95.5	95.5	94.5
95.0	102.5	130	104.5	99.5	92.5	83.5	84	86	86.5	86.5
105.0	74	120	78	72	60.5	52	51.5	32	25.5	24
115.0	42.5	104	40.5	36	27.5	20	9.5	6	0	0
125.0	18.5	80	14.5	11.5	6.5	3.5	1	0	0	0
135.0	2.5	42.5	2	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5



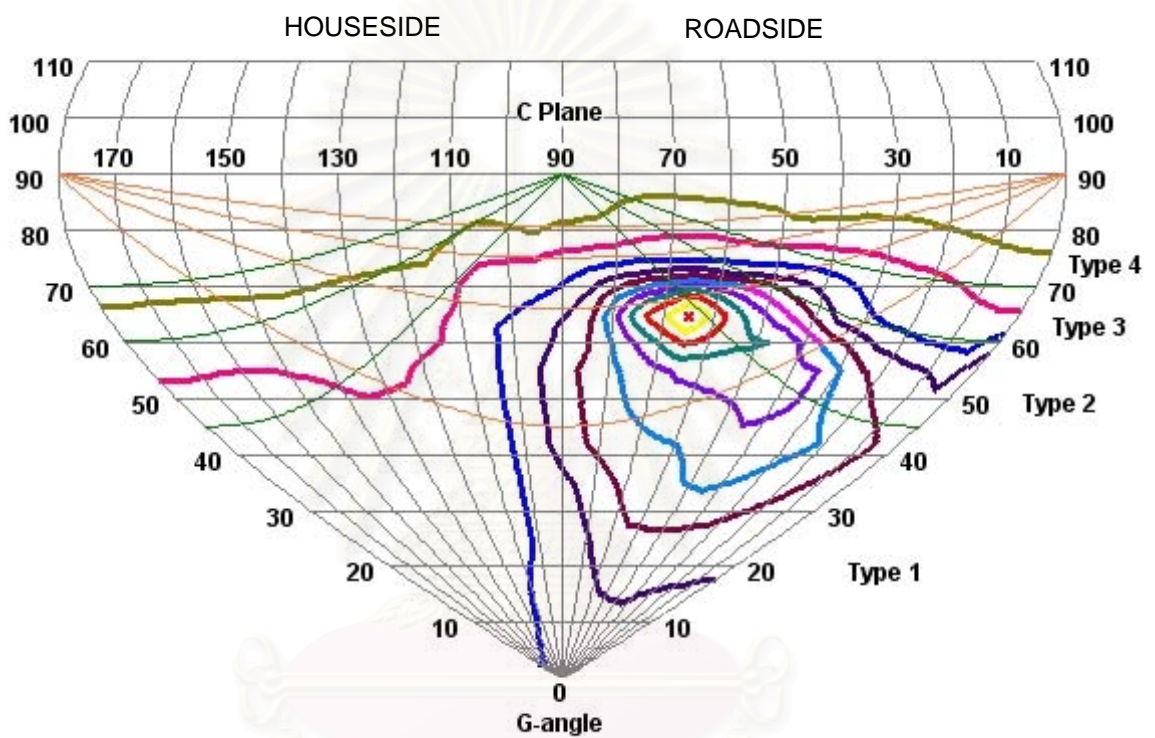


Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

**Iso - Candela Diagram (Sinusoidal Web)**













VLD : Short

LLD : Type 2

CLD : Cutoff

All Value in cd

 2320.0 (50%)	 4176.0 (90%)	 3712.0 (80%)	 3248.0 (70%)	 2784.0 (60%)
 1856.0 (40%)	 1392.0 (30%)	 928.0 (20%)	 464.0 (10%)	 232.0 (5%)

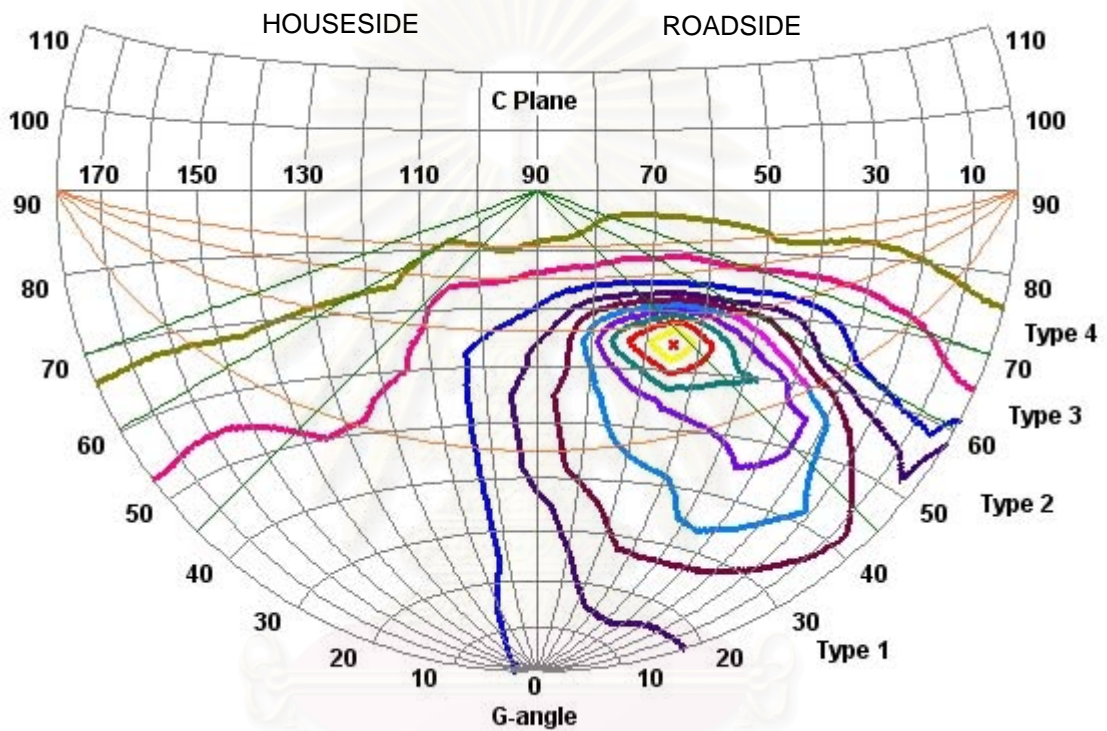


Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

**Iso - Candela Diagram (Circular Web)**



VLD : Short

LLD : Type 2

CLD : Cutoff

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

All Value in cd

2320.0 (50%)	4176.0 (90%)	3712.0 (80%)	3248.0 (70%)	2784.0 (60%)
1856.0 (40%)	1392.0 (30%)	928.0 (20%)	464.0 (10%)	232.0 (5%)

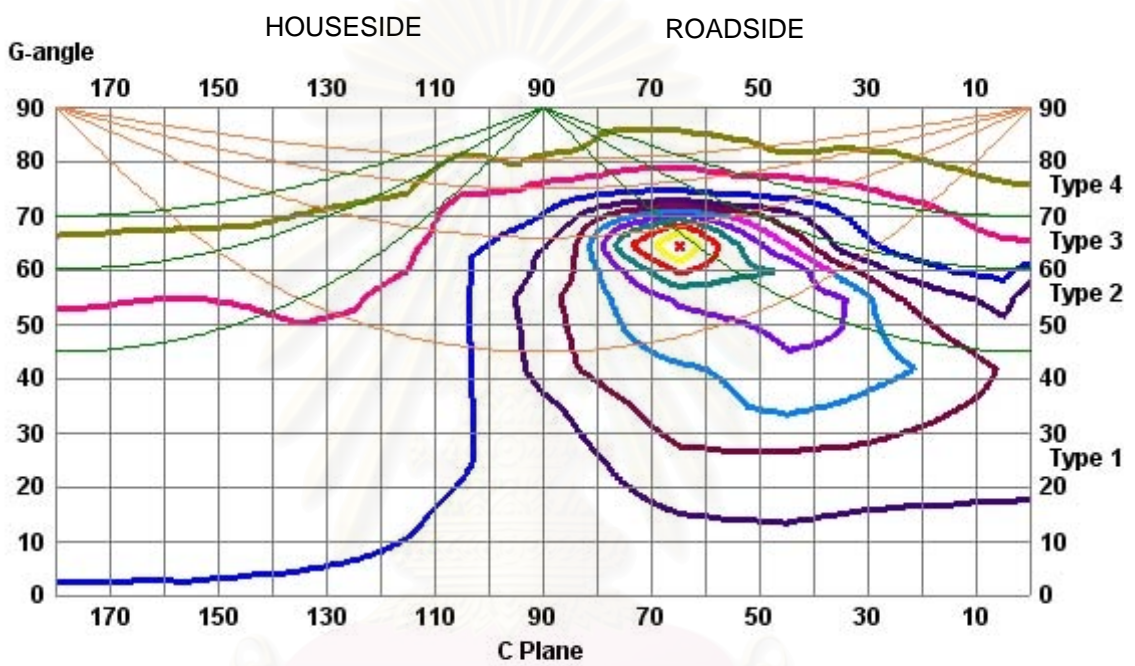


Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

**Iso - Candela Diagram (Linear Rectangular Web)**



VLD : Short

LLD : Type 2

CLD : Cutoff

สถาบันวิศวกรรม  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

All Value in cd

2320.0 (50%)	4176.0 (90%)	3712.0 (80%)	3248.0 (70%)	2784.0 (60%)
1856.0 (40%)	1392.0 (30%)	928.0 (20%)	464.0 (10%)	232.0 (5%)

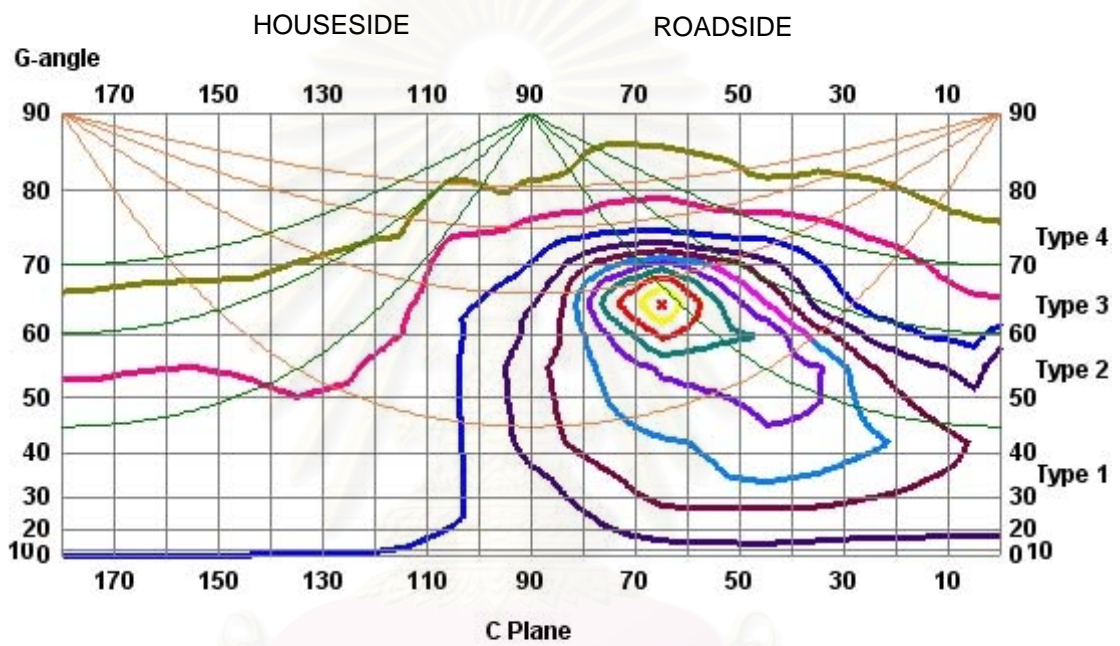


Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

### Iso - Candela Diagram (Nonlinear Rectangular Web)













VLD : Short

LLD : Type 2

CLD : Cutoff

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

All Value in cd

 2320.0 (50%)	 4176.0 (90%)	 3712.0 (80%)	 3248.0 (70%)	 2784.0 (60%)
 1856.0 (40%)	 1392.0 (30%)	 928.0 (20%)	 464.0 (10%)	 232.0 (5%)

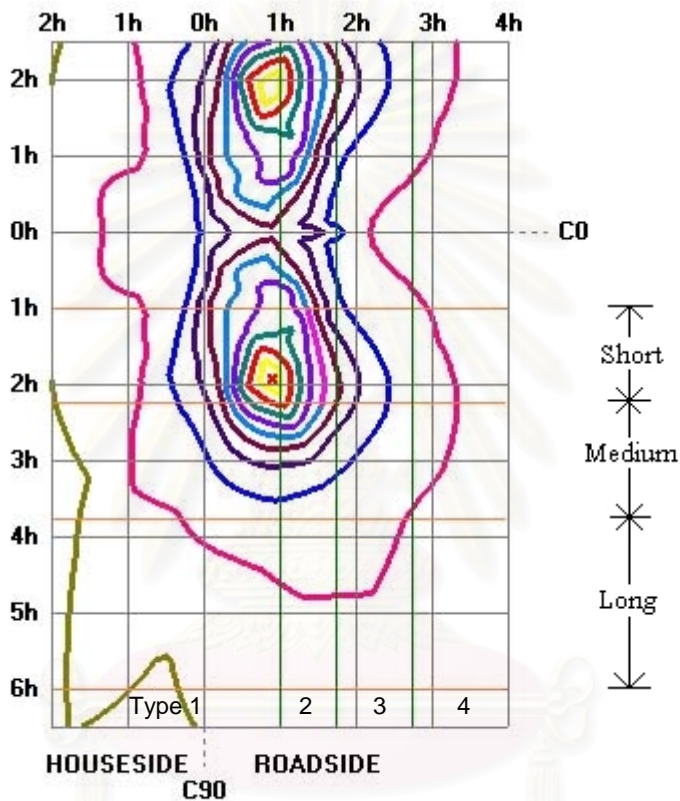


Classification : IES

Date : 20/4/2004

Tilt Angle : 0 Degree

**Iso - Candela Diagram (Road Surface)**



VLD : Short

LLD : Type 2

CLD : Cutoff

All Value in cd

	2320.0 (50%)		4176.0 (90%)		3712.0 (80%)		3248.0 (70%)		2784.0 (60%)
	1856.0 (40%)		1392.0 (30%)		928.0 (20%)		464.0 (10%)		232.0 (5%)

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสาริณี ชูยตระกูล เกิดวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2523 ที่ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2544 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย