สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบแสงสว่าง (ดวงโคมฉาย)

Intelligent Computer Program For Floodlight Design

T 042614

โดย

นายธีวินท์ จิตรสถาพร
นายนรา รัตน์นราทร
นายนฤป บุญศิริพันธ์
นายธนิต ศิริปการ

เลขหมู่
เลขทะเบียน 42614
วัน, เดือน, ปี 4 ส.ค. 2545

.b.....
.i.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ศุลี บรรจงจิตร
อ. ชาย ชมภูอินไหว
อ. เชาว์ ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบแสงสว่าง (ดวงโคมฉาย)

ผู้จัดทำ

1. นายธีวินท์	จิตสถาพร	40010350
2. นายนรา	รัตน์นราทร	40010366
3. นายนฤป	บุญศิริพันธ์	40010372
4. นายธนิต	ศิริปการ	40010302

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ศุลี บรรจงจิตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ชาย ชมภูอินไหว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบแสงสว่าง (ดวงโคมฉาย)

นายธีวินท์ จิตรสถาพร
นายนรา รัตน์นราทร
นายนฤป บุญศิริพันธ์
นายธนิต ศิริปการ
รศ. ศุลี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เชาว์ ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เนื่องจากในสภาวะปัจจุบันมีการสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆมากมาย สิ่งก่อสร้างเหล่านี้จำเป็นจะต้องมีระบบแสงสว่างเพื่อความสวยงามและแลเห็นเด่นชัด แต่การที่จะออกแบบแสงสว่างเหล่านี้ยังมีปัญหาและอุปสรรคอยู่มากอาทิเช่น ทำอย่างไรถึงจะมีแสงสว่างตามมาตรฐาน IEEE, ไม่แสบตาจนเกินไป และยังต้องคำนึงถึงความสวยงามที่จะเกิดขึ้น ข้อจำกัดเหล่านี้บางครั้ง ทำให้เราไม่สามารถออกแบบ การติดตั้งโคมไฟชนิดต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นกลุ่มของพวกเราจึงเขียนโปรแกรมการคำนวณและติดตั้งโคมฉาย โดยเฉพาะตามที่ต่างๆ คือ ตึกอาคาร ป้ายโฆษณา สนามกีฬา เพื่อสามารถติดตั้งระบบแสงสว่างที่ใช้โคมฉายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยผู้ใช้เพียงแต่ป้อนข้อมูลลงไปในโปรแกรม หรือจะให้โปรแกรมช่วยใส่ข้อมูลที่เป็นมาตรฐานลงไปก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intelligent Computer Program For Floodlight Design

Theewin Jidsathaporn
Nara Ratnaratorn
Naroop Boonsiripan
Thanit Siripakarn
Assc. Prof. Sulee Banjongjit Advisor
Lecturer Chai Chompoo-inwai Advisor
Lecturer Chow Chompoo-inwai Advisor

2000

Abstract

Nowadays, there is a high increase in construction which is also need to be systemized for illumination for both beauty and outstandingness. But in designing the illumination system causes us thousand of problems and difficulties like how can we set the light to meet the IEEE Standard, not too bright that will irritate the users' eyes, and most of all we must consider the beauty of the appearance as a basis. All of these limitations sometimes restrict us from designing the illumination systems effectively Consequently, we wrote a program that will help in calculating and installing floodlight, especially, at most places like buildings, poster panels, and sports fields. In order to be most efficient and accurate in setting the illumination systems and all the users have to do is to put all the data into this program or they may let the program help to put the IES standard files and immediately the result will be shown with accuracy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและการดำเนินงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ศัพท์และหน่วยทางแสง	4
2.2 ดวงโคมไฟฟ้า	7
2.3 ชนิดของดวงโคม	11
2.4 การออกแบบระบบไฟแสงสว่างโคมฉาย	18
2.5 ลักษณะของแฟ้มข้อมูลแบบ IES	23
2.6 การคำนวณความเข้มแสงโดยวิธี Point by point	37
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำงานและวิธีใช้งานโปรแกรม GoodLux 2000	42
3.1 ขั้นตอนการทำงาน	42
3.2 วิธีใช้งานโปรแกรม GoodLux 2000	59
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	88
4.1 ตึกอาคาร (Building)	8๙
4.2 ป้ายโฆษณา (Poster panel & Painted bulletin)	92
4.3 สนามกีฬา (Sport filed)	95
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	98
5.1 สรุปผลการทดลอง	99
5.2 ข้อเสนอแนะ	99
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

กิตติกรรมประกาศ
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การพิจารณาความเข้มแสง	5
รูปที่ 2.2 ทิศทางการมองไปยังพื้นที่ย่อย	6
รูปที่ 2.3 รูปแบบของการสะท้อนแสงของวัสดุต่างชนิดกัน	7
รูปที่ 2.4 รูปร่างของชุดสะท้อนแสง	9
รูปที่ 2.5 การหักเห	10
รูปที่ 2.6 การกระจายความเข้มส่องสว่าง	11
รูปที่ 2.7 การควบคุมแสงจ้าโดยวิธีมุมกำบัง	13
รูปที่ 2.8 วิธีการควบคุมมุมกำบัง	13
รูปที่ 2.9 ชนิดของดวงโคมไฮเบย์	14
รูปที่ 2.10 การควบคุมแสงของดวงโคมไฟถนน	15
รูปที่ 2.11 ไดอะแกรมแสดงการกระจายของโคมฉาย	17
รูปที่ 2.12 การกระจายของดวงโคมฉายใช้งานจริง	17
รูปที่ 2.13 การกระจายแสงของดวงโคมฉายใช้งานจริง	18
รูปที่ 2.14 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉาย	22
รูปที่ 2.15 ลักษณะหลอดไฟในโคมฉาย	
(ก) หลอดไฟอยู่ในลักษณะแนวดิ่งทั้งตั้งขึ้นและลง	28
(ข) หลอดไฟวางตัวในแนวแกนนอน	28
(ค) หลอดไฟวางตัวในแนวแกนนอน	28
รูปที่ 2.16 มุมราบและมุมดิ่งที่ใช้ในมาตรฐาน IES	
(ก) ความกว้างและความยาวของดวงโคม	30
(ข) ภาพแสดงมุมแนวระนาบและมุมแนวดิ่ง	31
รูปที่ 2.17 วิธีการหาค่าความเข้มแสงตามกฎกำลังสองผกผัน	
(ก) แหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางไปยังพื้นผิว	38
(ข) หาค่าความเข้มแสงในเพลนที่อยู่ในระนาบแนวดิ่ง	38
รูปที่ 2.18 วิธีหาค่าความเข้มแสงตามหลักการของเซกเตอร์ฟลักซ์	39
รูปที่ 2.19 ลักษณะแสงจ้า (glare)	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงส่วนการทำงานหลัก
ของโปรแกรม (FlowChart No.1) 42
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
ตึกและอาคาร (Building) (FlowChart No.2) 43
รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของป้ายโฆษณา
และป้ายประกาศ (Poster panel & Paint bulletin) (FlowChart No.3) 44
รูปที่ 3.4 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
สนามกีฬา (Sport field) (FlowChart No.4) 45
รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการคำนวณ
การติดตั้งโคมฉายและแสดงผลลัพธ์ (FlowChart No.5) 46
รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
การคำนวณค่าอัตราส่วน average-min candela เพื่อพิจารณา
ความเหมาะสมของโคมฉาย (FlowChart No.6) 47
รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมแสดงการแปลงข้อมูลทางแสง (IES Files) มาเป็น
ข้อมูลทางกราฟิกเพื่อสามารถเข้าใจได้ง่าย (FlowChart No.7) 48
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงค่า
candela data ในลักษณะของรูปภาพกราฟิก (FlowChart No.8) 49
รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงค่า
candela data ในลักษณะของโพลาร์ไดอะแกรมในเพลน C ต่างๆ
(FlowChart No.9) 50
รูปที่ 3.10 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงค่า
candela data ในลักษณะของไอโซแคนเดลาไดอะแกรม
(FlowChart No.10) 51
รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามอเมริกัน
ฟุตบอล (Football field)และสนามฟุตบอล (Soccer field)
(FlowChart No.11) 52
รูปที่ 3.12 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามเทนนิส
(Tennis field) (FlowChart No.12) 53
รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามวอลเล่ย์บอล
(Volleyball field) (FlowChart No.13) 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามบาสเกตบอล
(Basketball field) (FlowChart No.14) 55
รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามแบดมินตัน
(Badminton field) (FlowChart No.15) 56
รูปที่ 3.16 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสระว่ายน้ำ
(Swimming pool) (FlowChart No.16) 57
รูปที่ 3.17 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามมวย
(Boxing stage) (FlowChart No.17) 58
รูปที่ 3.18 ส่วนแรกของโปรแกรม 59
รูปที่ 3.19 การเลือกรายละเอียดต่างๆของตึกอาคาร 60
รูปที่ 3.20 การเลือกใช้งานระหว่าง Manual กับ Wizard 61
รูปที่ 3.21 รูปแบบ Wizard ของส่วนตึกอาคาร 61
รูปที่ 3.22 ตัวอย่าง Zone type - top right 62
รูปที่ 3.23 ตัวอย่าง Zone type - bottom left 62
รูปที่ 3.24 ตัวอย่าง Line type - vertical middle 63
รูปที่ 3.25 ตัวอย่าง Line type - horizon middle 63
รูปที่ 3.26 ตัวอย่าง Point type - triangle up 64
รูปที่ 3.27 ตัวอย่าง Point type - cross 64
รูปที่ 3.28 การติดตั้ง Building แบบ Manual ขั้นแรก 65
รูปที่ 3.29 ตัวอย่างการวางดวงโคมแบบ Manual ของตึกอาคาร (Building) 66
รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการใช้งาน Manual Mode ของตึกอาคาร (Building) ที่เสร็จแล้ว 66
รูปที่ 3.31 ส่วนแรกของ Poster Panel 67
รูปที่ 3.32 การเลือกใช้งานระหว่าง Wizard กับ Manual 68
รูปที่ 3.33 ตัวอย่าง Zone type - top left 68
รูปที่ 3.34 ตัวอย่าง Zone type - middle right 69
รูปที่ 3.35 ตัวอย่าง Line type - vertical middle 69
รูปที่ 3.36 ตัวอย่าง Line type - horizon middle 70
รูปที่ 3.37 ตัวอย่าง Point type - triangle up 70
รูปที่ 3.38 ตัวอย่าง Point type - square 71
รูปที่ 3.39 การติดตั้ง Poster Panel แบบ Manual 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.40 ตัวอย่างการวางดวงโคมแบบ Manual ของป้ายโฆษณา
(Poster panel & Painted bulletin) 72
รูปที่ 3.41 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Manual ของป้ายโฆษณา
(Poster panel & Painted bulletin) ที่เสร็จเรียบร้อย 72
รูปที่ 3.42 เลือกชนิดของสนามกีฬา 73
รูปที่ 3.43 ตัวอย่าง Badminton field 74
รูปที่ 3.44 ตัวอย่าง Tennis field 74
รูปที่ 3.45 ตัวอย่าง Soccer field 75
รูปที่ 3.46 ตัวอย่าง Swimming pool 75
รูปที่ 3.47 ตัวอย่าง Basketball 76
รูปที่ 3.48 ตัวอย่างสนาม Boxing 76
รูปที่ 3.49 ตัวอย่าง Football field 77
รูปที่ 3.50 ตัวอย่าง Volleyball Gym 77
รูปที่ 3.51 ตัวอย่างการติดตั้งแบบ Manual (ในที่นี้ใช้สนาม Soccer) 78
รูปที่ 3.52 ตัวอย่างการวางโคมแบบ Manual ของสนามกีฬา (Sport Field) 79
รูปที่ 3.53 ตัวอย่างการติดตั้งแบบ Manual ของสนามกีฬา (Sport Field)
ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว 79
รูปที่ 3.54 การเลือก IES Files 80
รูปที่ 3.55 IES Files Data 81
รูปที่ 3.56 IES Files Description 81
รูปที่ 3.57 Candela Data 82
รูปที่ 3.58 ตัวอย่าง Polar Diagram 82
รูปที่ 3.59 Isocandela Diagram 83
รูปที่ 3.60 ค่า Lux ในแต่ละจุด (Point by Point) 84
รูปที่ 3.61 ค่า Isolux ในรูป E (lux) 84
รูปที่ 3.62 ค่า Isolux ในรูป I (Cd/klm) 85
รูปที่ 3.63 ค่า Isolux ในรูป Cos (Alpha) 85
รูปที่ 3.64 การลงตำแหน่งของผู้สังเกตการเพื่อคำนวณค่า Glare 86
รูปที่ 3.65 ตำแหน่งของผู้สังเกตที่อยู่ในจุดที่เราต้องการตรวจสอบ 86
รูปที่ 3.66 รายงานผลการคำนวณและติดตั้งโคมฉาย 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 เลือกรายละเอียดต่างๆ ของ Building 88
รูปที่ 4.2 เลือกติดตั้งแบบ Manual 89
รูปที่ 4.3 เลือกความสูงของเสา 89
รูปที่ 4.4 เลือก IES Files 90
รูปที่ 4.5 ใส่จุดเล็งของเสา 90
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างค่า lux ที่จุดต่างๆบนตัวตึก 91
รูปที่ 4.7 ค่า Isolux บนตัวตึก 91
รูปที่ 4.8 ทำการเลือกรายละเอียดต่างๆของ Poster Panel 92
รูปที่ 4.9 เลือกการติดตั้งเป็นแบบ Manual 92
รูปที่ 4.10 ทำการใส่ความสูงของเสา 93
รูปที่ 4.11 ทำการเลือก IES Files 93
รูปที่ 4.12 จุดเล็งของเสา 94
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างค่า lux ที่จุดต่างๆบน Poster Panel 94
รูปที่ 4.14 การแสดงค่า Isolux บน Poster Panel 95
รูปที่ 4.15 เลือกติดตั้งบน Soccer Field 95
รูปที่ 4.16 เลือกว่าจะติดตั้งแบบ Manual 96
รูปที่ 4.17 แสดงตำแหน่งวางเสาและความสูง 96
รูปที่ 4.18 เลือก IES File 97
รูปที่ 4.19 แสดงจุดเล็งของเสา 97
รูปที่ 4.20 การแสดงค่า lux ที่จุดต่างๆบน Soccer Field 98
รูปที่ 4.21 ค่า Isolux บน Soccer Field 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเปรียบต่างความส่องสว่าง (luminance contrastic)	6
ตารางที่ 2.2 ดวงโคมภายในที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์	12
ตารางที่ 2.3 ช่วงแผ่ของลำแสงที่ 50% ของ I_{max}	16
ตารางที่ 2.4 การแบ่งชนิดโคมฉายตาม NEMA	20
ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบโคมฉาย	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและการดำเนินงาน

การออกแบบระบบแสงสว่างนั้น เป็นการออกแบบมาเพื่อต้องการทราบจำนวนตำแหน่งการติดตั้งของดวงโคมไฟฟ้า เพื่อให้มีแสงสว่างเพียงพอและเหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ โดยมีปัจจัยที่ประกอบการพิจารณาในการออกแบบระบบแสงสว่างมากมาย อาทิเช่น ความเข้มแสง (Illuminace) ความส่องสว่างของแสง (Luminance) แสงจ้าระคายตา (Glare) ค่าความสม่ำเสมอ (Uniform) และยังจะต้องคำนึงถึงความสวยงามอันจะเกิดขึ้นหลังจากที่ทำการติดตั้งลงไปด้วย

ในการหาค่าความเข้มแสงทำการคำนวณได้ทั้งแบบจุด (Point by point) และแบบเฉลี่ย (Average) ในการออกแบบนั้นโดยทั่วไปจะใช้การคำนวณแบบเฉลี่ย โดยอาศัยทฤษฎีต่าง เช่น Lumen method เป็นต้น แต่การคำนวณแบบจุดนั้นจะทำให้ได้ค่าที่ละเอียดและถูกต้องกว่าแบบเฉลี่ย เพราะเป็นการคำนวณความเข้มแสงจากจุดทุกจุดในบริเวณที่ทำการออกแบบ แต่ข้อเสียก็คือใช้เวลาในการคำนวณมาก การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณจะทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าว โครงงานนี้จึงได้ทำการเขียนโปรแกรมในการคำนวณค่าความเข้มแสงแบบจุดสำหรับโคมฉาย (Floodlight) ซึ่งโคมชนิดนี้จะใช้กันแพร่หลายตามตึกอาคาร ป้ายโฆษณา สนามกีฬาต่างๆ เพื่อความสวยงามและแลเห็นเด่นชัด โดยใช้โปรแกรมภาษา Delphi 5 และใช้ทฤษฎี Point by Point มาคำนวณ โดยลักษณะเป็นโปรแกรมช่วยคำนวณ ตรวจสอบความถูกต้อง และแสดงผลการติดตั้งแบบจำลอง กล่าวคือ ผู้ใช้จะทำการวางตำแหน่งโคม หลอดไฟ ความสูงของเสาไฟ จุดเล็งของโคมไฟ เป็นต้น เมื่อใส่ค่าต่างๆเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ที่ใช้ในการออกแบบ โดยผลลัพธ์จะแสดงใน 2 ลักษณะ คือ

1. แบบกราฟิก เช่น กราฟโพลาร์เคิร์ฟ (Polar curve) กราฟไอโซลูมิแนนซ์ (Isoluminance curve)
2. แบบตัวเลข เช่น ค่าความสม่ำเสมอ ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของเรานั้นได้รวบรวมรายละเอียดข้อมูลของโคมฉายของบริษัทผู้ผลิตต่างๆ มาเก็บไว้ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลทางแสง (IES Files) เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เลือกโคมที่ตรงกับยี่ห้อที่ใช้งานโดยไม่ต้องไปหาข้อมูลของโคมฉายชนิดนั้น แต่ถ้าโคมฉายของผู้ใช้งานไม่มีในฐานข้อมูลของเรา สามารถทำการเพิ่มข้อมูลโคมฉายที่ทางบริษัทผู้ผลิตให้มาได้ด้วยตนเอง

จากผลลัพธ์ของโปรแกรมที่เกิดขึ้นนั้น จะเป็นค่าความเข้มแสงในแต่ละจุด ค่าแสงจ้าระคายตา ค่าความสม่ำเสมอ พร้อมทั้งนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบความถูกต้องกับมาตรฐานสากลคือ IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)และ CIE (Commission Internationale De L'Eclairge) ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานทราบว่าการติดตั้งที่ทำไปนั้นตรงตามมาตรฐานหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาการเก็บข้อมูลการกระจายแสงของโคมฉาย ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลทางแสงตามมาตรฐาน IES LM-63-1986, LM-63-1991, LM-63-1995 ของ The Illumination Engineer Society of North America (IESNA)

2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการอำนวยความสะดวกสำหรับออกแบบระบบแสงสว่างของโคมฉายตามมาตรฐานของ IEEE และ CIE โดยใช้วิธีการคำนวณค่าความเข้มแสงแบบ Point by Point และจำลองรูปแบบการติดตั้งโคมฉายลงบนพื้นที่ที่ใช้งานจริงผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อดูผลการกระจายแสงที่เกิดขึ้นกับพื้นนั้นๆ

3. เป็นการพัฒนาขีดความสามารถของโปรแกรมประยุกต์(Software Application) ที่เขียนขึ้นโดยคนไทยให้ทัดเทียมกับนานาอารยประเทศ

4. สรุปผลการทดลองและข้อดีข้อเสียของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้ศึกษาการออกแบบและติดตั้งแสงสว่างของดวงโคมฉาย โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยพร้อมทั้งนำเสนอ รูปแบบการติดตั้งโคมฉายโดยวิธีการคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point by point method) ทำให้ได้ข้อมูลทางแสงมาวิเคราะห์ เช่น ค่าความสม่ำเสมอ ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของความเข้มแสง เป็นต้น แบ่งประเภทของงานที่นำโคมฉายไปใช้งานได้ 3 ลักษณะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตึกและอาคาร(Building)

2. ป้ายโฆษณา(Poster panel & Painted bulletin)

3. สนามกีฬา(Sport field)

ซึ่งจะแสดงผลในรูปของตารางค่าความเข้มแสง ตารางค่าความส่องสว่าง และกราฟโพลาร์เคิร์ฟ (Polar curve) กราฟไอโซลูมิแนนซ์ (Isoluminance curve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ศัพท์และหน่วยทางแสง

มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle; ω) เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลม (A_m) ต่อรัศมีทรงกลม (r) ยกกำลังสอง

$$\omega = A_m / r^2 \qquad (2.1)$$

หน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian ; sr)

ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux ; $\varnothing$) เป็นพลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยเวลา

$$\varnothing = dQ / dt \qquad (2.2)$$

หน่วยเป็นลูเมน (lumen ; lm)

โดยที่ Q หมายถึง พลังงานแสงสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน-วินาที (lm-s)

ค่าลูเมนเป็นค่าฟลักซ์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงแผ่อยู่ภายในมุมเชิงของแข็ง โดยที่แหล่งกำเนิดแสงมีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา (candela)

ลูเมน = 1 แคนเดลา-สเตอเรเดียน = 1 cd-sr

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าชนิดหนึ่งกับกำลังไฟฟ้าของหลอดนั้น จะได้ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Luminous efficiency) มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ (lumen / Watt) เช่น หลอดโซเดียมความดันสูง 70 W มีฟลักซ์ส่องสว่าง 5,900 lumen จะมีประสิทธิภาพทางแสงเป็น 52 lumen / Watt

ความเข้มของส่องสว่าง (Luminous Intensity ; I) เป็นความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใดๆ ต่อมุมเชิงของแข็ง

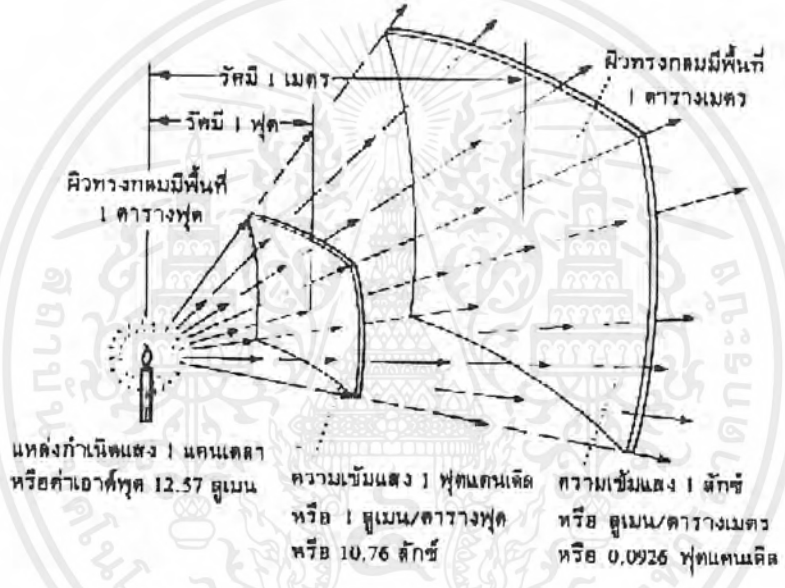
$$I = d\varnothing / d\omega \qquad (2.3)$$

หน่วยเป็น ลูเมน / สเตอเรเดียน หรือ แคนเดลา (cd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มแสง (Illuminance;E) คือฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ส่วนย่อยนั้น โดยถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็น lux

แต่ถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต ความเข้มแสงมีหน่วยเป็น footcandle(fc) โดย 1 fc = 10.764 lux เพื่อที่จะให้การมองเห็นบนถนนดี จึงมีการกำหนดความเข้มแสงที่ใช้ในงานต่างๆไว้เป็นมาตรฐาน ซึ่งจะกำหนดมาตรฐานโดย CIE และ IES ความเข้มแสงสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การพิจารณาความเข้มแสง

ความส่องสว่าง (Luminance) เป็นค่าความส่องสว่างในทิศทางที่มองของพื้นที่ย่อยนั้นหารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้นในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางที่มอง นั่นคือ ความรู้สึกของตาในความส่องสว่างของพื้นที่ผิวที่ส่องแสงหรือที่ถูกส่องแสง

$L = I_\theta / dA_\theta$ หน่วยเป็น cd / m^2

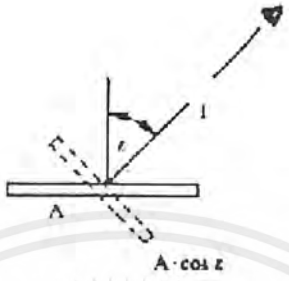
ถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางนิ้ว หน่วยของความส่องสว่างจะเป็น $cd/inch^2$ และ ฟุต-แลมเบิร์ต (foot lambert) จะมีค่า $1/144\pi$ หน่วยเป็น cd/in^2

$$1\ fL = 1/\pi\ (cd/ft^2) = 1/144\pi\ cd/in^2 = (1\ lm/ft^2) * 1/\pi\ (cd/lm) \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 จะได้

$$L = I / (A.\cos\varepsilon) \qquad (2.5)$$



รูปที่ 2.2 ทิศทางการมองไปยังพื้นที่ย่อย

ค่าความส่องสว่างสามารถหาได้อีกแบบหนึ่งคือ ผลคูณ ของค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (coefficient of luminance ; q) ในทิศทางที่มองกับค่าความเข้มแสงของพื้นผิวนั้น นั่นคือ

$$L = q.E \qquad (2.6)$$

Application	Uniformity (Min/Average)	Diversity (Min/Max)
สนามฝึกซ้อม (Sport training area)	0.1	0.05
สนามแข่งขันกีฬา (Spectator sport areas)	0.2	0.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบต่างความส่องสว่าง (luminance contrastic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ดวงโคมไฟฟ้า

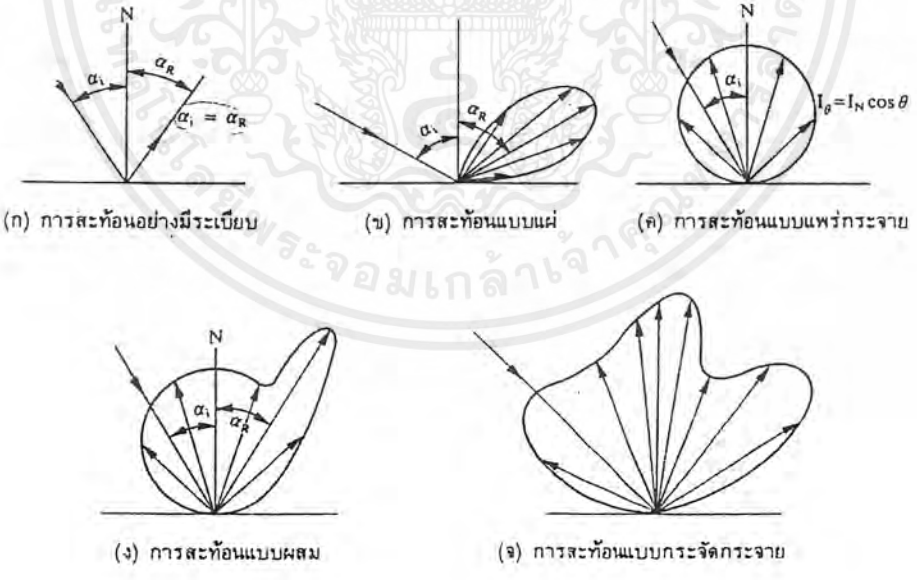
ดวงโคมเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ทั้งนี้เพราะเปรียบเหมือนกับเป็นโครงหรือตัวเรือนของหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ชุดควบคุมหลอดไฟ พร้อมทั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ซึ่งจะช่วยในการสะท้อนแสง ดวงโคมไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็นดวงโคมที่ใช้ภายในอาคารและดวงโคมที่ใช้ภายนอกอาคาร

การควบคุมแสง

หลอดไฟฟ้าจะมีหน้าที่คือให้ฟลักซ์ส่องสว่างหรือค่าลูเมนแต่เพียงอย่างเดียว ทิศทางของฟลักซ์ส่องสว่างจะกระจายไปโดยรอบ ทำให้บางทิศทางแสงไม่เป็นไปตามที่ต้องการ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมแสงซึ่งจะประกอบไปด้วยวัสดุโปร่งแสงและวัสดุทึบแสง ทั้งที่เพื่อต้องการให้แสงผ่านหรือสะท้อนแสงในบางทิศทาง ซึ่งอุปกรณ์ที่จะให้แสงเป็นไปตามวัตถุประสงค์ก็คือวัสดุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เมื่อแสงผ่านวัสดุตัวกลางอาจจะสะท้อนผ่านโดยตรง หักเห หรือสะท้อนกลับหมดก็ได้ ทั้งนี้ จะขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ของสาเหตุที่เกิดขึ้น

- **การสะท้อนแสง** ปรากฏการณ์ของการสะท้อนแสงสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.3



(ก) การสะท้อนอย่างมีระเบียบ (ข) การสะท้อนแบบแผ่ (ค) การสะท้อนแบบแพร่กระจาย

(ง) การสะท้อนแบบผสม (จ) การสะท้อนแบบกระจัดกระจาย

รูปที่ 2.3 รูปแบบของการสะท้อนแสงของวัสดุต่างชนิดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปที่ 2.3(ก) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนวัสดุที่เป็นกระจกสะท้อนหรือวัสดุขัดมัน ในกรณีนี้มุมตกกระทบจะเท่ากับมุมสะท้อน

- รูปที่ 2.3(ข) มีลักษณะคล้ายๆกับรูปที่ 2.3 (ก) เพียงแต่มุมตกกระทบจะไม่เท่ากับมุมสะท้อน

- รูปที่ 2.3 (ค) เป็นลักษณะของการสะท้อนบนกระดาษเรียบขาวและเป็นไปตามกฎของแลมเบอร์ต โคไซน์ (Lambery's cosine law) โดยมุมของการสะท้อนจะมีค่าเท่ากับ θ และมีค่อความเข้มที่สะท้อนออกมาจะมีค่าเท่ากับความเข้าที่ส่งมาตกกระทบตั้งฉากคูณด้วยค่า $\cos\theta$

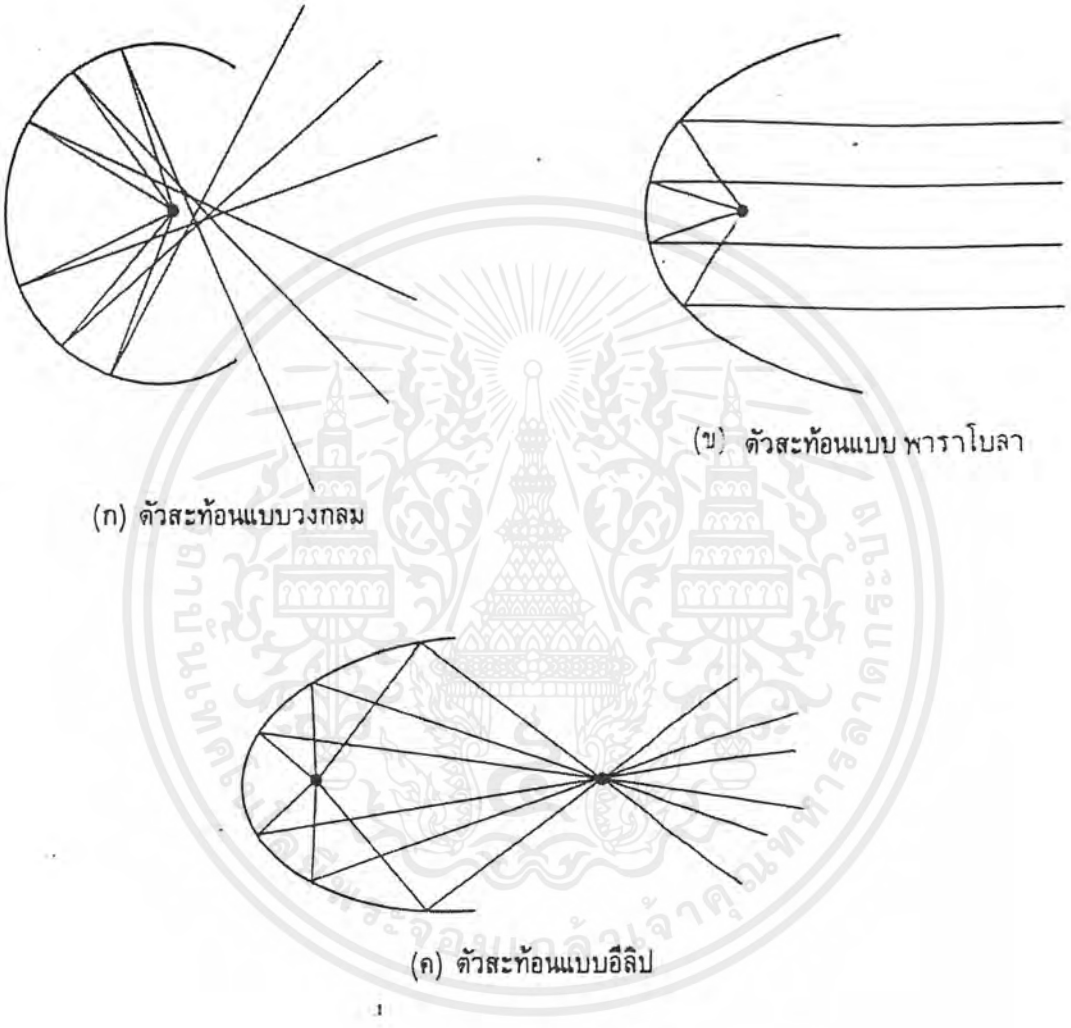
- รูปที่ 2.3 (ง) เป็นการรวมลักษณะของ (ก) (ข) และ (ค) เข้าด้วยกัน

- รูปที่ 2.3 (จ) เป็นการสะท้อนที่เกิดขึ้นซึ่งไม่เป็นไปตามกฎของแลมเบอร์ต โคไซน์ หรือ กฎของการสะท้อนใดๆเลย

□ **การควบคุมโดยการสะท้อนแสง** โดยทั่วๆไปแล้วจะนิยมใช้ชุดสะท้อนแสงเป็นอุปกรณ์ในการควบคุมแสง ชุดสะท้อนแสงที่นิยมใช้กันจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบเรียบ แบบวงกลม แบบพาราโบลา แบบวงรี (อีลิป) โดยชุดสะท้อนแบบเรียบ จะทำให้แสงที่ตกกระทบมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ส่วนแบบวงกลมถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ ณ ศูนย์กลางของวงกลมจะทำให้แสงที่สะท้อนออมาก็จะอยู่ที่ศูนย์กลาง แต่ถ้าแหล่งกำเนิดไม่อยู่ที่ศูนย์กลาง แสงที่สะท้อนก็จะมีลักษณะกระจายออกไป ซึ่งจะพิจารณาได้จากรูปที่ 2.4 ส่วนการสะท้อนแบบใช้ชุดพาราโบลา ถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ ณ ตำแหน่งจุดโฟกัสของรูปพาราโบลาที่จะทำให้แสงที่สะท้อนออกขนานกัน ส่วนในกรณีที่ชุดสะท้อนเป็นรูปวงรี(อีลิป) ถ้าแหล่งกำเนิดแสงอยู่ ณ จุดโฟกัสแรกของรูป รูปวงรี(อีลิป)จะทำให้แสงที่สะท้อนออกมามีทิศทางไปยังจุดโฟกัสที่สองของรูปวงรี(อีลิป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการของชุดสะท้อนแสงจะนำมาเป็นพื้นฐานเบื้องต้นของการออกแบบดวงโคมต่อไป



รูปที่ 2.4 รูปร่างของชุดสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การหักเห** จากกฎของสเนลได้กล่าวถึงการหักเหของแสงที่ผ่านตัวกลาง คือ

$$n_1 \sin a_1 = n_2 \sin a_2 \qquad (2.7)$$

โดยที่ n เป็นค่าดัชนีของการหักเห

a เป็นมุมของแสงที่ทำกับเส้นตั้งฉากกับผิวของตัวกลาง

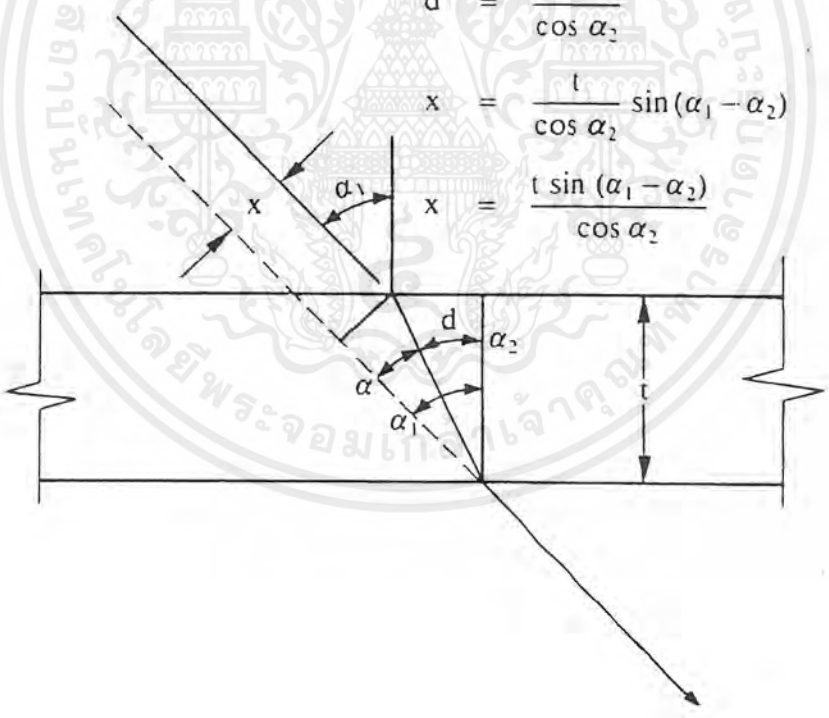
จากรูปที่ 2.5 เป็นการแสดงถึงแสงผ่านตัวกลางคืออากาศ หลังจากนั้นจึงผ่านเข้าไปตัวกลางที่เป็นแก้ว แล้วหักเหออกไปยังอากาศอีกครั้งหนึ่ง และพบว่าแสงที่ออกมาจากแก้วจะขนานกับลำแสงช่วงเข้าไปเพียงแต่มีระยะห่างของลำแสงทั้งสองเท่ากับ x และ x จะสามารถหาได้จากค่าสมการ ในรูปที่ 2.5 ปรากฏการณ์ของการหักเหจะเกิดในวัสดุตัวกลางที่เป็นเลนส์ และ ปริซึม ซึ่ง ถ้าโคมใช้อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำให้แสงมีคุณภาพเป็นไปตามวัตถุประสงค์

$$x = d \sin(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$d = \frac{t}{\cos \alpha_2}$$

$$x = \frac{t}{\cos \alpha_2} \sin(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$x = \frac{t \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}{\cos \alpha_2}$$

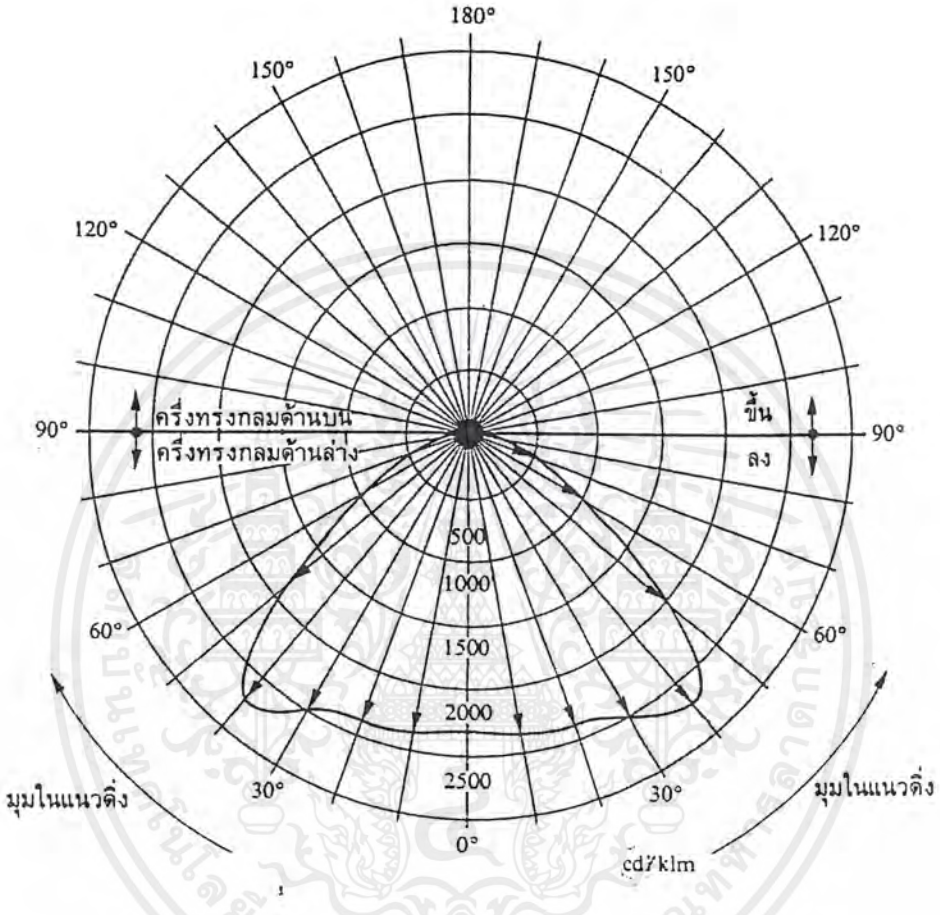


รูปที่ 2.5 การหักเห

- **แสงที่ออกจากดวงโคม** เมื่อดวงโคมที่ออกแบบมาและมีแหล่งกำเนิดแสงติดตั้งอยู่จะได้ผลลัพธ์สิ่งหนึ่งออกมาจากดวงโคมผลลัพธ์นี้จะทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายของแสงซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า การกระจายความเข้มส่องสว่าง(luminous intensity distribution) ในรูปแบบของโพลาร์เคิร์ฟ (Polar Curve) และในรูปที่ 2.6 เป็นการแสดงการกระจายความเข้มส่องสว่าง



รูปที่ 2.6 การกระจายความเข้มส่องสว่าง

2.3 ชนิดของดวงโคม

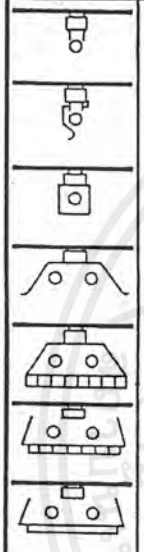
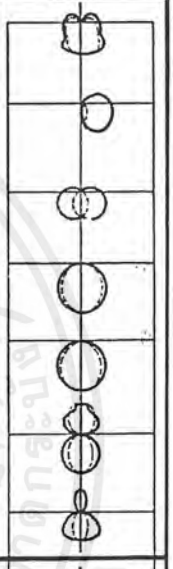
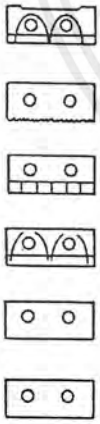
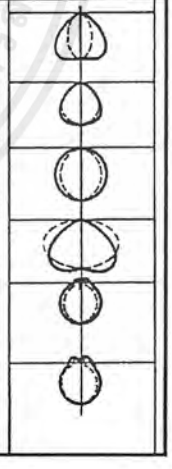
2.3.1 ดวงโคมภายใน

ดวงโคมที่ใช้ภายในจะสามารถแบ่งได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ คือ ประเภททั่วไป ประเภทใช้ในงานอุตสาหกรรม ประเภทใช้สำหรับชี้แสดงภาวะฉุกเฉิน

ดวงโคมภายในประเภททั่วๆไป ส่วนใหญ่มักจะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมักจะพบเห็นในร้านค้า สำนักงาน และอื่นๆ นอกจากนี้อาจจะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมได้โดยที่ความสูงของการติดตั้งน้อยกว่า 5 ถึง 6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดวงโคมภายในประเภททั่วๆไปนี้ ได้มีการผลิตขึ้นมาหลายๆชนิด โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะเป็นโคมที่มีหลอดฟลูออเรสเซนต์และอุปกรณ์ควบคุมหลอด มีอุปกรณ์ช่วยการควบคุมแสง ตลอดจนการควบคุมแกลร์ (glare) อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมแกลร์ที่สำคัญ คือ ชุดแผ่นกำบังแสง (louver) อาจเป็นทั้งแบบโลหะและ พลาสติก ซึ่งจะสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2.2

พื้นที่หน้าตัดดวงโคม	รายละเอียด	ส่วนที่ควบคุมแสง	การติดตั้ง	ชนิดของการกระจายทางแสง
		ไม่มี มีเพียงด้านเดียว มีตัวแพร่แสงห่อหุ้มรอบๆ ตัวสะท้อนเป็นแบบราง ตัวสะท้อนเป็นแบบรางพร้อมทั้งมีแผ่นกำบังแสงแบบตาข่ายสี่เหลี่ยม มีแผงด้านข้างพร้อมทั้งมีแผ่นกำบังแสงแบบตาข่ายสี่เหลี่ยม มีแผงด้านข้างพร้อมทั้งมีแผ่นกำบังแสงวางขวาง	แขวนหรือติดลอย	
		ตัวสะท้อนเป็นกระจกพร้อมทั้งชุดกำบังเป็นกระจก ตัวแพร่แสงเป็นปริซึม ชุดกำบังแสงเป็นตะแกรงสี่เหลี่ยม ตัวสะท้อนด้านข้างเป็นกระจกพร้อมทั้งมีชุดกำบังแสง แผงแพร่แสง มีแผงแพร่แสงหุ้มล้อมรอบ	ติดลอยหรือฝังในฝ้า ติดลอยหรือกึ่งฝังในฝ้า เฉพาะติดลอย	

ตารางที่ 2.2 ดวงโคมภายในที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

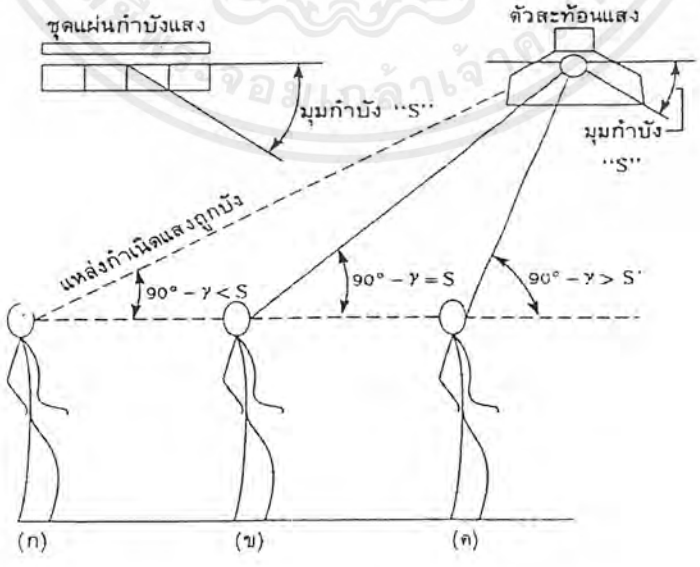
หลักการควบคุมแสงสิ่งแรกก็คือ ลดแสงจ้าระคายตา (discomfort glare) ทั้งนี้เพราะแสงที่มาจากหลอดไฟและเข้าสู่สายตาโดยตรงจะเกิดการระคายตา ซึ่งดวงโคมที่แสดงได้ในตารางที่ 2.2 จะมีทั้งดวงโคมเปลือยหรือมีชุดสะท้อนแสง หรือ มีชุดแผ่นกำบังแสง ทั้งนี้ขึ้นกับการพิจารณาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ออกแบบ ในรูปที่ 2.7 ดวงโคมที่มีชุดการสะท้อนแสงและชุดแผ่นกำบังแสง ลำแสงที่ออกจากชุดสะท้อนและชุดกำลังแสง ลำแสงที่ออกจากชุดสะท้อนจะสมารถออกแบบให้มีมุมกำบังที่แน่นอน และเมื่อประกอบกับชุดแผ่นกำบังแสงด้วย ย่อมจะทำให้มุมกำบังมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อันจะทำให้การลดแกลร์หรือแสงจ้าเป็นไปอย่างดี

รูปที่ 2.7 การควบคุมแสงจ้าโดยมุมกำบัง

ชุดแผ่นกำบังแสงนี้ตามวัตถุประสงค์แล้วต้องการที่จะลดค่าแกลร์หรือแสงจ้า ซึ่งอาจพิจารณาหลักการของการลดค่าแกลร์โดยอาศัยชุดแผ่นกำบังแสง ในหลักการที่พิจารณาถึงการควบคุมมุมกำบัง โดยวิธีนี้ควบคุมทิศทางการมองดวงโคม โดยให้มุม 90-γ มากกว่าหรือเท่ากับมุมกำบัง (S) ดังพิจารณาได้จากรูปที่ 2.8 (มุม γ คือ มุมที่อยู่ระหว่างแนวมองของบุคคลไปยังดวงโคมทำกับแนวดิ่ง



รูปที่ 2.8 วิธีการควบคุมมุมกำบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

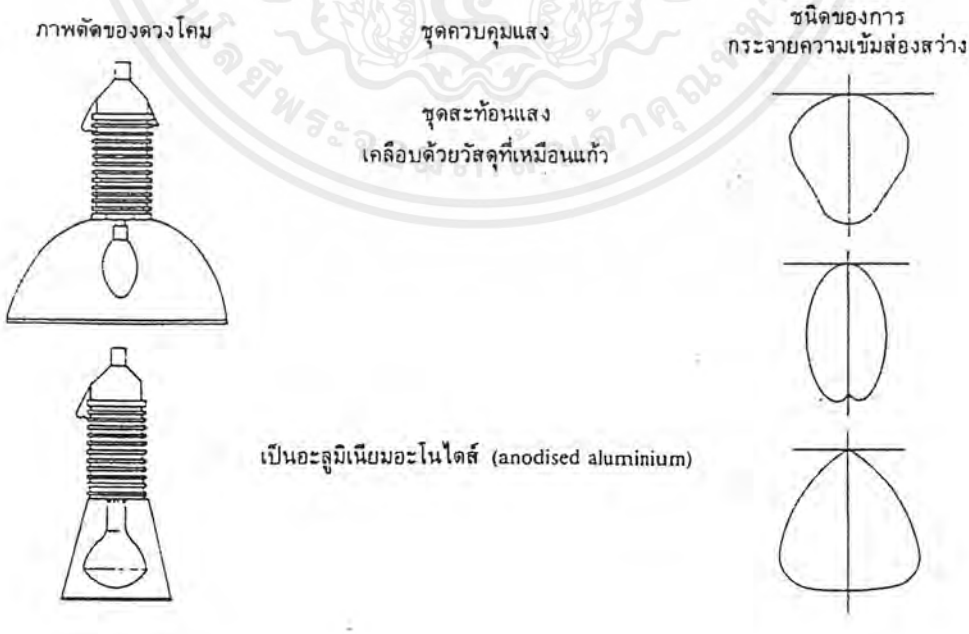
ในรูปที่ 2.8 ในกรณี S = 60° ตำแหน่ง (ก) , (ข) และ (ค) ในรูปที่ 2.8 ถ้า y มีค่า 31° . 30° . 20° ; 90 — y มีค่า 59° , 60° , 70° แต่ในกรณี S = 50° ตำแหน่ง (ก) , (ข) และ (ค) y จะมีค่า 41° , 40 °, 30° ซึ่งจะพบว่า ถ้ามุมกำบังมีค่ามาก การควบคุมค่าแกลร์หรือ แสงจ้าจะยิ่งมีประสิทธิภาพ

ชุดแผ่นกำบังโดยปกติ แล้วจะมีอยู่ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบตะแกรงสี่เหลี่ยม และ ตะแกรงเพชร และ lamellae ซึ่งชุดแผ่นกำบังที่เป็นแบบตะแกรงสี่เหลี่ยม และ ตะแกรงเพชร นั้นนิยมใช้อย่างแพร่หลายในดวงโคมที่เป็นชนิดทั่วๆไปไม่มีชุดสะท้อนแสง โดยชุดกำบังจะมีทั้งในแนวขนานและ ตั้งฉากกับดวงโคม นอกจากนี้แล้วดวงโคมที่เป็นชนิดทั่วๆไปจะมีลักษณะที่สังเกตได้คือเป็นลักษณะกล่อง การติดตั้งอาจจะเป็นทั้งแบบเพดาน หรือ ฝังในฝ้า หรือ เป็นชุดแขวนกับเพดานก็ได้

ดวงโคมภายในประเภทใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม แบ่งออกได้เป็นประะภทต่างๆดังนี้

1. **ดวงโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนส์** ดวงโคมประเภทนี้จะติดตั้งที่ความสูงประมาณ 6 เมตร ในปัจจุบันอาจจะเป็นรางซึ่งสะดวกสบายมากกว่าการติดตั้งแบบห้อยแขวน

2. **ดวงโคมที่เป็นลักษณะโคมไฮเบย์ (High—bay)** ดวงโคมประเภทนี้จะติดตั้งในโรงงานที่มีความสูงจากพื้นมากกว่า 5 ถึง 6 เมตรขึ้นไป และหลอดที่ใช้หลอด HID และ มีแผ่นสะท้อนแสงเป็นชุดประกอบภายในโคม ในรูปที่ 2.9 เป็นการแสดงชนิดของดวงโคมไฮเบย์



รูปที่ 2.9 ชนิดของดวงโคมไฮเบย์

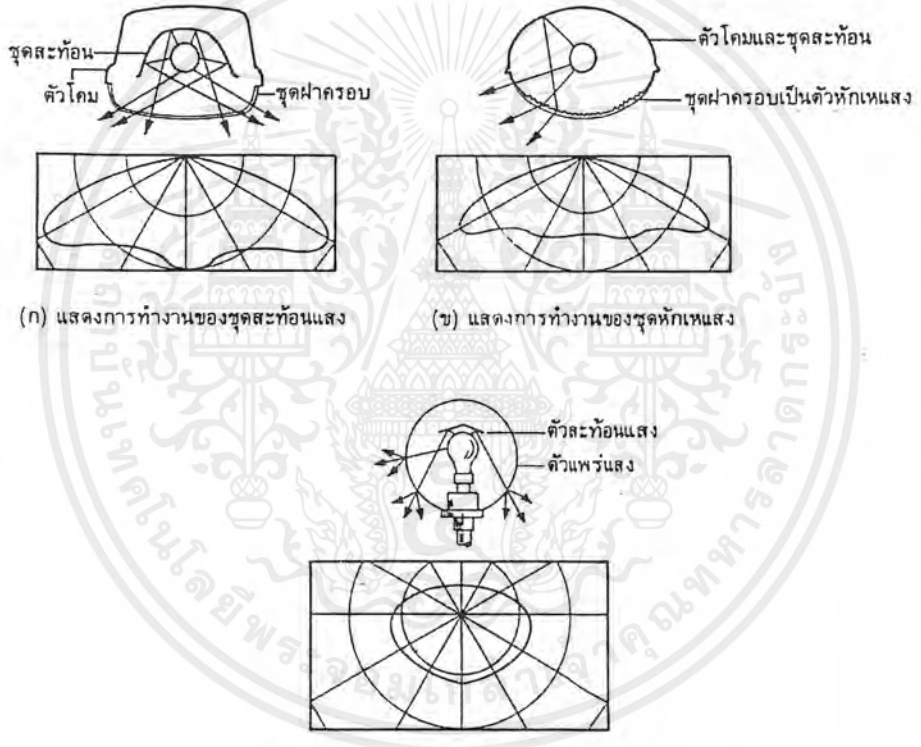
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ดวงโคมภายนอก

ดวงโคมภายนอกจะมีประเภทใหญ่ ๆ เช่น ดวงโคมที่ใช้กับระบบไฟถนนและโคมฉาย (ซึ่งเป็นดวงโคมที่เราจะศึกษาในโครงงานนี้) เป็นต้น

2.3.2.1 ดวงโคมไฟถนน

ดวงโคมประเภทนี้การออกแบบดวงโคมจะประกอบไปด้วยชุดสะท้อนแสง ชุดหักเห และชุดส่งแพร่ โดยในรูปที่ 2.10 เป็นการแสดงหน้าที่ของชุดประกอบทั้ง 3 ส่วน



(ก) แสดงการทำงานของชุดสะท้อนแสง (ข) แสดงการทำงานของชุดหักเหแสง

(ค) แสดงการทำงานของชุดสะท้อนและส่งแพร่

รูปที่ 2.10 การควบคุมแสงของดวงโคมไฟถนน

2.3.2.2 ดวงโคมฉาย (Floodlight)

ดวงโคมประเภทนี้จะมีชุดอุปกรณ์ที่กันน้ำได้ และลักษณะของการกกระจายแสงเป็นทั้งแบบกว้างและแบบแคบ พร้อมทั้งชุดสะท้อนแสง ข้อมูลทางแสงจะประกอบไปด้วยความเข้มสูงสุด (peak intensity) ช่วงแผ่ของลำแสง (beam spread) ประสิทธิภาพลำแสง (beam efficiency) และการกระจายของความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มแสงสูงสุดของดวงโคมฉายจะเกิดขึ้นในทิศทางของแกนลำแสง โดยปกติจะพิจารณาในเทอมของ cd/klm

ช่วงแผ่ของลำแสงของดวงโคมฉายหรืออาจจะเป็นที่รู้จักกันในชื่อของช่วงกว้างของลำแสงหรือมุมลำแสง จะหมายถึงมุมที่พิจารณาค่าความเข้มแสงที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ (ปกติจะพิจารณาที่ความเข้าแสง 50 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์) ตัวอย่างเช่น ดวงโคมฉายที่เป็นลักษณะฉายแสงแบบสมมาตรมีค่ามุม 50° (มีมุมซ้ายขวาที่ทำมุมกับแกนลำแสงข้างละ 25°) ถ้าเป็นแบบลักษณะข้อมูลที่มีค่า $6^{\circ}/24^{\circ}$ จะหมายถึงดวงโคม จะมีการพิจารณามุมลำแสงออกเป็น 2 แกน คือ แกนดิ่งและแกนระนาบ (ทั้ง 2 แกนทำมุมตั้งฉากซึ่งกันและกัน) และมีมุมซ้ายขวาที่ทำกับแกนลำแสงแต่ละแกนดังนี้ ทำกับแกนดิ่งข้างละ 3° และทำกับแกนระนาบข้างละ 12°

ในกรณีที่ดวงโคมฉายที่มีลักษณะกระจายแสงแบบไม่สมมาตร ตัวอย่างเช่น $5^{\circ} - 8^{\circ} / 24^{\circ}$ หมายถึงในแนวดิ่งจะมีมุมด้านบน 5° และด้านล่าง 8° ส่วนในแนวระนาบจะมีมุมด้านซ้ายและขวาข้างละ 12°

การกล่างถึงช่องแผ่ของลำแสงจะพบเป็นกันทั่วๆไป คือ ลำแสงแคบ ลำแสงกลาง และลำแสงกว้าง โดยปกติเป็นที่ยอมรับกันว่า การแบ่งประเภทของลำแสงจะแบ่งที่ค่า 50 เปอร์เซ็นต์ของความเข้าสูงสุด จึงสรุปได้ว่า

	ช่วงแผ่ของลำแสงที่ 50% ของ I_{max}
ลำแสงแคบ	$\leq 20^{\circ}$
ลำแสงกลาง	20° ถึง 40°
ลำแสงกว้าง	$\geq 40^{\circ}$

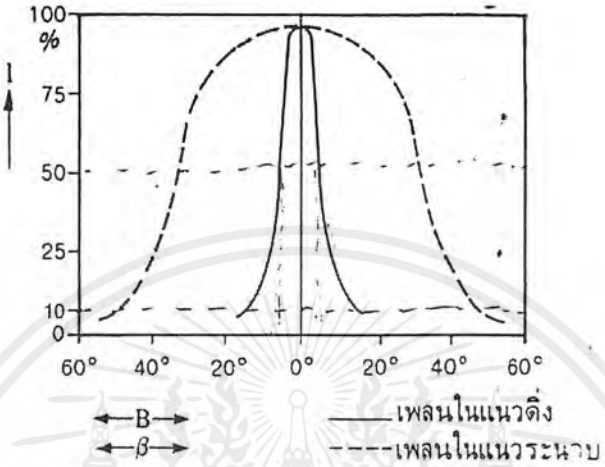
ตารางที่ 2.3 ช่วงแผ่ของลำแสงที่ 50% ของ I_{max}

ประสิทธิภาพลำแสงหรืออัตราส่วนของเอาต์พุตแสงของโคมฉาย หมายถึง อัตราส่วนของฟลักซ์ลำแสง (beam flux) ต่อฟลักซ์ของหลอดไฟ (lamp flux) แสงจะต้องพิจารณาจากฟลักซ์ทั้งหมดที่แพร่จากดวงโคม และการพิจารณาอัตราส่วนของเอาต์พุต แสงอาจจะเป็นพิจารณาที่ลำแสง 10 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐาน NEMA ของสหรัฐอเมริกา) หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐาน CIE ของยุโรป) ของความเข้มแสงสูงสุดก็ได้แล้วแต่การพิจารณาในรูปที่ 2.11 เป็นการแสดงไดอะแกรมการ

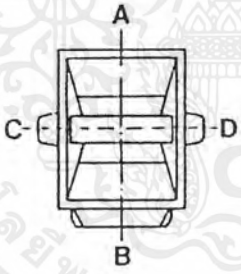
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

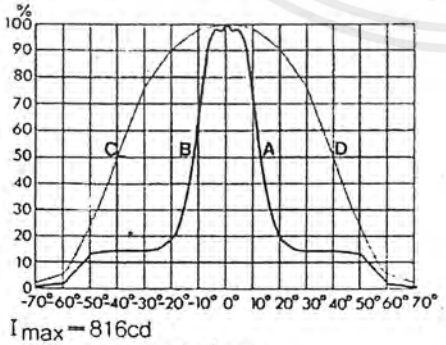
กระจายความเข้มแสงของดวงโคมฉาย ส่วนรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างของการกระจายแสงแบบสมมาตรของดวงโคมฉายใช้งานจริง



รูปที่ 2.11 ไดอะแกรมแสดงการกระจายของโคมฉาย

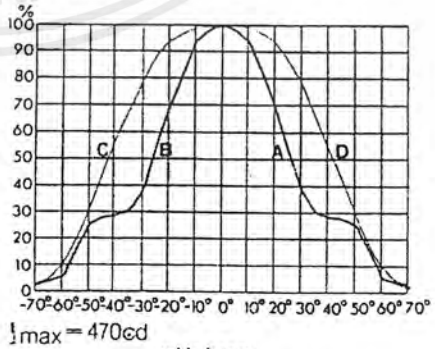


lighting data
cd/1000 lm
BA – vertical plane
CD – horizontal plane
through 0°



I_{max} = 816cd

narrow beam
1 × SOX 90 W
vertical : 2 × 12°
horizontal : 2 × 40°



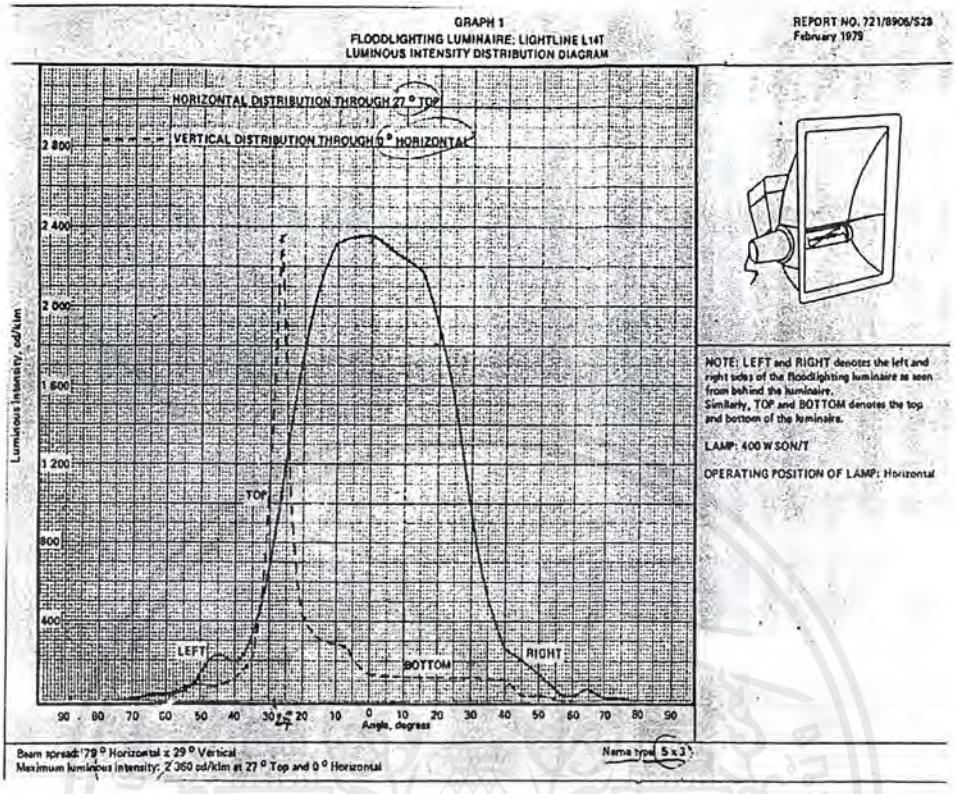
I_{max} = 470cd

wide beam
1 × SOX 90 W
vertical : 2 × 26°
horizontal : 2 × 42°

รูปที่ 2.12 การกระจายของดวงโคมฉายใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42614



รูปที่ 2.13 การกระจายแสงของดวงโคมฉายใช้งานจริง

2.4 การออกแบบระบบไฟแสงสว่างโคมฉาย

โดยทั่วไปแล้วในการคำนวนระบบแสงสว่างและดวงโคมที่เกี่ยวข้องกับภายนอกอาคาร จะเกี่ยวข้องกับความเข้มแสงบนพื้นราบในแนวดิ่ง ดวงโคมที่ใช้กับระบบไฟภายนอกก็จะมีพื้นฐานมาจากพื้นฐานของดวงโคมทั่วไป เพียงแต่การนำไปใช้งานของดวงโคมที่ใช้กับภายนอกนี้แตกต่างจากการใช้ในอาคารภายในอาคารทั่วๆไป คือ

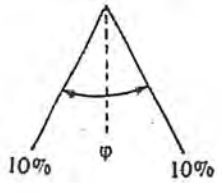
1. ในการออกแบบระบบไฟแสงสว่างภายนอกอาคารนี้ ส่วนที่ช่วยในการสะท้อนแสงจะมาจากพื้นดินและโครงสร้างต่างๆที่อยู่รอบข้างเท่านั้น จะไม่มีส่วนประกอบอื่นๆมาช่วยในการสะท้อนเลย
2. การออกแบบระบบไฟแสงสว่างภายนอกอาคาร จะเป็นการออกแบบที่ต้องใช้งานหรือเกี่ยวข้องกับคนเป็นจำนวนมา เช่น การให้แสงในสนามกีฬา โดยแสงที่ให้จะเกี่ยวข้องกับผู้เล่นในสนาม กรรมการ กล้องถ่ายทอดโทรทัศน์ ซึ่งแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟที่ออกมาย่อมมีความต้องการในเรื่องของการมองเห็นแตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นไม่ว่าในแนวตั้ง แนวลาดเอียง พื้นผิวจะเป็นส่วนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นลำดับแรกของการออกแบบ ตัวอย่างเช่น ความจำเป็นของนักกีฬาเทนนิสในการที่จะสามารถมองเห็นด้านข้างของลูกเทนนิส ในขณะที่ลูกพุ่งเข้าหาตัว มากกว่าที่จะมองเห็นด้านบนของลูกเทนนิส
4. ในการมองเห็นเกี่ยวกับระบบไฟแสงสว่างภายนอกอาคาร การมองเห็นของบุคคลจะมีได้ทุกทิศทุกทาง ดังนั้น ปัญหาที่จะพบมากในเรื่องการมอง ก็คือ เกิดแสงจ้าระคายตาขึ้นมา
5. ในลักษณะของงานบางครั้งจะเกี่ยวข้องกับระบบแสงสว่างภายในด้วย เช่น ในกรณีที่วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่
6. ระดับความเข้มแสงของระบบไฟแสงสว่างภายนอกอาคารโดยทั่วไปจะต่ำ แม้ว่าในบางครั้งจะเป็นปัญหาต่อการมอง ที่เป็นเช่นนี้ ก็เพราะในระบบไฟแสงสว่างภายนอกอาคาร จะครอบคลุมพื้นที่ที่เป็นที่โล่งเป็นจำนวนกว้าง การติดตั้ง โคมก็จะอยู่บนเสาสูง โดยทั่วไปความสูงของเสาประมาณครึ่งหนึ่งของความกว้างของพื้นที่ที่ติดตั้งดวงโคม ทั้งนี้ เพราะถ้าติดตั้งต่ำจะลดลักษณะการสม่ำเสมอของความเข้มแสง ซึ่งการติดตั้งเสาสูงนี้ทำให้ความเข้มแสงมีค่าไม่สูงนัก อันจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานที่ใช้ก็จะไม่สูงมากนัก

ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโคมฉาย (Floodlihgt) ดวงโคมที่ใช้กับงานภายนอกอาคารจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ ประเภทที่จุดเล็ง (aim) เปลี่ยนแปลง และประเภทที่มีจุดเล็งไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับดวงโคมฉายจะจัดอยู่ในประเภทที่มีจุดเล็งเปลี่ยนเล็ง แต่ในลักษณะประเภทจุดเล็งไม่เปลี่ยนแปลงจะเป็นดวงโคมไฟถนนและดวงโคมส่องพื้นที่ ซึ่งในรายละเอียดต่อไปนี้จะเป็นการ กล่าวถึงดวงโคมฉาย โดยจะมีการแบ่งคุณสมบัติทางแสงออกเป็นตามมาตรฐาน NEMA (The National Electrical Manufacturers Association) ได้แบ่งโคมฉายออกเป็นประเภทหรือ type หลายประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด (type)	ช่วงกว้างของลำแสง หรือการแผ่ของลำแสง หรือ beam spread หรือ φ	
1	10 = φ < 18	
2	18 = φ < 29	
3	29 = φ < 46	
4	46 = φ < 70	
5	70 = φ < 100	
6	100 = φ < 130	
7	φ ≥ 130	

ตารางที่ 2.4 การแบ่งชนิดโคมฉายตาม NEMA

ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการแผ่ของลำแสงหรือ beam spread โดย NEMA ได้แบ่งออกเป็น 7 ประเภท ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 ส่วนการแผ่ของลำแสงหรือ beam spread หรือ φ NEMA ได้ให้นิยามไว้ว่า คือ มุมระหว่าง 10 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด โดยค่าความเข้าส่องสว่างสูงสุดอาจอยู่หรือไม่อยู่บนแกนของโคมฉายก็ได้ และการคิดค่าของมุมนี้จะพิจารณาทั้งในแนวดิ่งและในแนวระนาบ เช่น

แนวระนาบ x แนวดิ่ง		แนวระนาบ x แนวดิ่ง
75 x 35	หรือ	125 x 90
NEMA type 5 x 3		NEMA type 6 x 5

ส่วนการแสดงข้อมูลของโคมฉาย จะเป็นในลักษณะที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 โดยทั่วไปแล้วข้อมูลต่างๆที่ให้มาจะแบ่งออกเป็นรูป 2 รูป คือ ในด้านบนของรูปที่ 2.14 จะเป็นการบ่งบอกถึงความเข้มส่องสว่างว่ามีลักษณะการกระจายของลำแสงเป็นเช่นใด โดยในรูปถ้านำตารางที่ 2.4 มาพิจารณาค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด คือ 506 แคนเดลา ดังนั้น 10 เปอร์เซ็นต์ของ 506 แคนเดลา คือ 50 แคนเดลา ทำให้ทราบว่าในแนวระนาบ x แนวดิ่ง คือ 144 x 112 องศา หรือ คือ NEMA type 7 x 6 ส่วนด้านล่างของรูปที่ 2.14 จะเป็นข้อมูลที่บอกค่า ลูเมนเอาต์พุตของโคม และกราฟที่แสดงค่าความเข้มส่องสว่างที่เท่ากัน หรือไอโซแคนเดลา ซึ่งการแสดงในรูปด้านล่างของรูปที่ 2.14 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

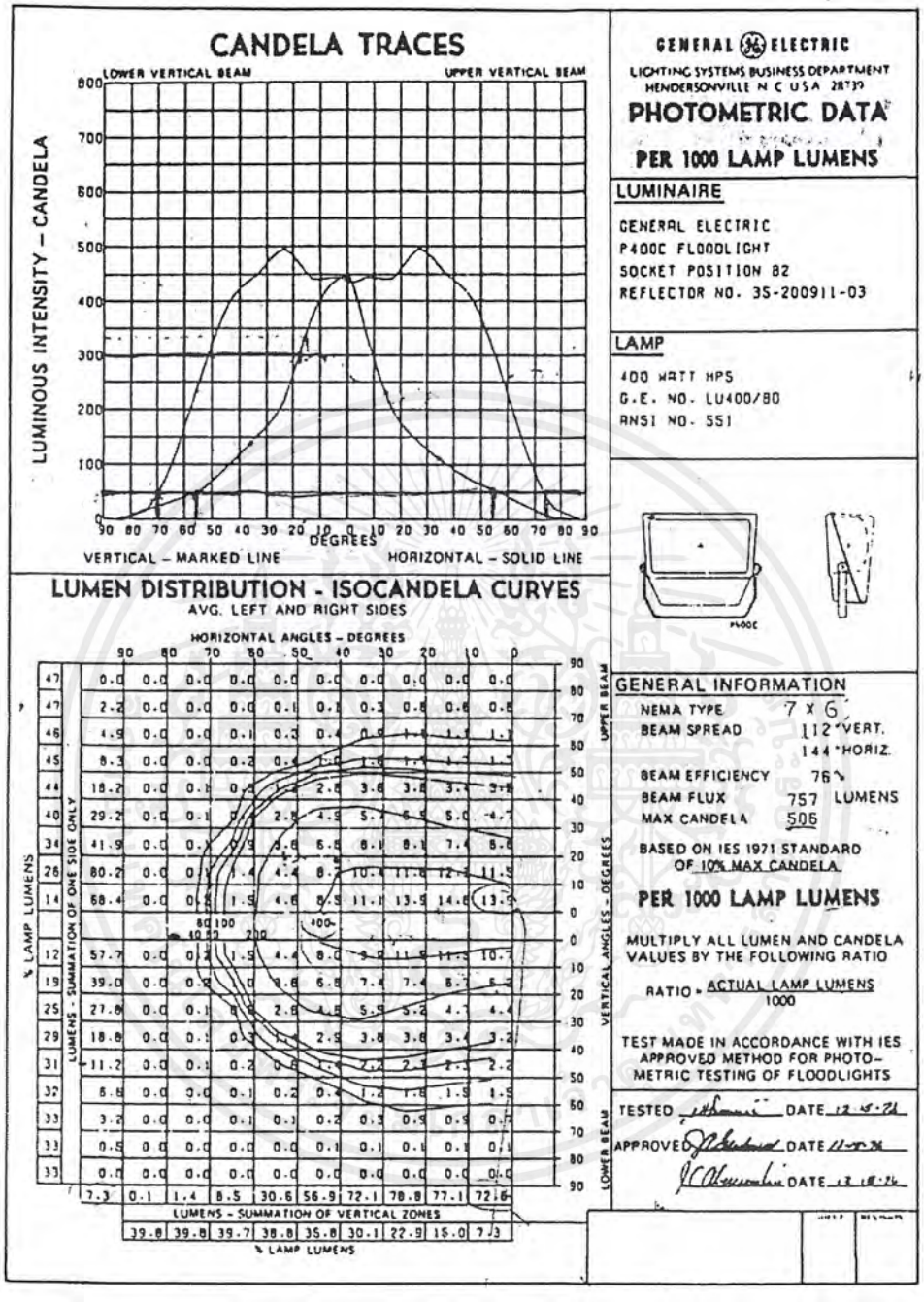
เป็นการแสดงข้อมูลเพียงซีกเดียวของดวงโคม เพราะค่าต่างๆจะสมมาตรกันทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของดวงโคม

มุมศูนย์องศาทั้งในแนวระนาบและแนวดิ่ง คือ จุดเล็งของดวงโคม (aiming point) ซึ่งจะอยู่จุดศูนย์กลางของลำแสง และมีค่าความเข้าส่องสว่าง คือ 450 แคนเดลา ค่าต่างๆในตารางล่างของรูปที่ 2.14 ในกรณีที่พิจารณาส่วนที่เป็นเส้น ค่าที่ออกมาจะเป็นค่าความเข้มส่องสว่าง ส่วนค่าที่ออกมาเป็นตัวเลขจะหมายถึงค่าลุเมน ตัวอย่างเช่น ที่มุม 20 องศาขึ้นไปด้านบน และมุม 50 องศาออกไปด้านข้างในแนวระนาบ จะมีค่า ≈ 300 แคนเดลา และ 5.6 lumen เป็นต้น

ค่าความเข้มส่องสว่างและลูเมนเอาต์พุตนั้น โดยปกติจะเป็นค่าตัวเลขต่อค่า ลูเมน 1,000 lumen นั่นคือ ในกรณีที่ใช้หลอดที่มีค่า 5,000 lumen จะหาค่าความเข้าส่องสว่างที่จุดเล็งมีค่า = (450 x 50,000)/1000 = 22,500 แคนเดลา และค่า ลูเมนเอาต์พุต ณ ตำแหน่งข้างต้นที่กล่าวแล้วจะมีค่า = (5.6 x 50,000)/1000 ซึ่งเท่ากับ 2,800 lumen

นอกจากข้อมูลทางแสงที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 แล้ว ทางผู้ผลิตโคมอาจจะมีข้อมูลเพิ่มเติมอีก เช่น ไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรมหรือไอโซลักซ์ ทั้งนี้เพื่อช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่างให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะพิจารณาได้จากรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ลักษณะของแฟ้มข้อมูลแบบ IES

ความเป็นมา

ในปี ค.ศ 1986 Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ได้จัดทำมาตรฐาน สำหรับข้อมูลทางด้านแสง สำหรับโคมในลักษณะต่างๆและแหล่งกำเนิดทางแสง ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์ในรายงานการประชุมของ IESNA เรียกว่า " IES LM-63-1986 " เป็นรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลทางแสง ซึ่งได้รับความนิยมจากทั้งผู้ผลิต อีกทั้งมีผู้นำไปพัฒนา software เพื่อการคำนวณอย่างมากมาย

มาตรฐานดังกล่าวได้มีการพิจารณา เพื่อเพิ่ม " keywords" ในปี 1991 และในปี 1995 ได้มีการจัดเลขลำดับของข้อมูลให้ง่ายขึ้น โดยที่ยังคงรูปแบบและมาตรฐานเดิมไว้เกือบทั้งหมด

รูปแบบแฟ้มข้อมูล IES

แฟ้มข้อมูล IES ถูกจัดทำในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลแบบตัวอักษร (Text File) โดยมีรูปแบบต่างๆ 3 ลักษณะ ประกอบด้วย LM-63-1986

1. IES LM-63-1986

Id	Description
01	<label line1>
02	<label line2>
03	. . .
04	<label linen>
05	TILT = <file-spec> or <INCLUDE> or <NONE>
06	<lamp-to-luminaire geometry>
07	<# of pairs of angles and multiplying factors>
08	<angles>
09	<multiplying factors>
10	<# of lamps> <lumens per lamp> <candela multiplier> <# of vertical angles> <# of horizontal angles> <photometric type> <units type> <width> <length> <height>
11	<ballast factor> <ballast-lamp photometric factor> <input watts>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 <vertical angles>

13 <horizontal angles>

14 <candela values for all vertical angles at first horizontal angle>

15 <candela values for all vertical angles at second horizontal angle>

16 ...

17 <candela values for all vertical angles at nth horizontal angle>

A detailed description of each line is presented in Section 2, "IES Standard File Format-Detailed Description."

รายละเอียดในแต่ละบรรทัดจะได้กล่าวในลำดับต่อไป

2. IES LM-63-1991

Id Description

00 IESNA91

01 <Keyword [TEST]>

02 <Keyword [MANUFAC]>

03 ...

04 <Keyword n>

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

06 <lamp-to-luminaire geometry>

07 <# of pairs of angles and multiplying factors>

08 <angles>

09 <multiplying factors>

10 <# of lamps> <lumens per lamp> <candela multiplier>

<# of vertical angles> <# of horzontalangles> <photometric type>

<units type> <width> <length> <height>

11 <ballast factor> <ballast-lamp photometric factor> <input watts>

12 <vertical angles>

13 <horizontal angles>

14 <candela values for all vertical angles at frist horizontal angle>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 <candela values for all vertical angles at second horizontal angle>

16 ...

17 <candela values for all vertical angles at nth horizontal angle>

ข้อแตกต่างระหว่าง LM-63-1986 และ LM-63-1991 คือ

- บรรทัด 00 (IENSA91) ถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อความสะดวกในการแยกแฟ้มข้อมูล LM-63-1991ออกจาก LM-63-1986

-ไม่มีความจำเป็นต้องกำหนดเลขบรรทัด โดสามารถที่จะเริ่มบรรทัดด้วย Keywords ใดๆ ซึ่งผู้ใช้กำหนดขึ้นเอง

ในส่วนของบรรทัด 05-17 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. IES LM-63-1995

Id	Description
00	IESNA : LM-63-1995
01	<Keyword 1>
02	<Keyword 2>
03	...
04	<Keyword n>
05	TILT = <file-spec> or <INCLUDE> or <NONE>
06	<lamp-to-luminaire geometry>
07	<# of pairs of angles and multiplying factors>
08	<angles>
09	<multiplying factors>
10	<# of lamps> <lumens per lamp> <candela multiplier> <# of vertical angles> <# of horizontal angles> <photometric type> <units type> <width> <length> <height>
11	<ballast factor> <factor> <future use> <input watts>
12	<vertical angles>
13	<horizontal angles>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 <candela values for all vertical angles at first horizontal angle>

15 <candela values for all vertical angles at second horizontal angle>

16 ...

17 <candela values for all vertical angles nth horizontal angle>

ข้อแตกต่างระหว่าง LM-63-1991 และ LM-63-1995 คือ

-บรรทัด 00 เปลี่ยนเป็น LM-63-1995 เพื่อความแตกต่างจากแฟ้มข้อมูลอื่นๆ (LM-63-1986 และ LM-63-1991)

-เพิ่มจำนวน Keywords ให้มากขึ้น และ keywords ลักษณะใหม่ๆมากขึ้น

-คำว่า<Ballast-lamp photometric factor> เปลี่ยนเป็น <future use>

ส่วนบรรทัด 05-17 ยังคงเหมือนเดิม

รายละเอียดแฟ้มข้อมูล IES

ข้อมูลทางแสง LM-63 ที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อข้างต้น จำเป็นต้องมี <CR><LF> ในทุกบรรทัด และข้อมูลจะอยู่ในรูป text file

ในส่วนของเลขบรรทัดนั้นอาจมีบรรทัดเดียวหรือมากกว่าก็ได้ ในกรณีที่ข้อมูลมีเกินความกว้างเกิน 1 บรรทัด โดยที่ความกว้างของตัวอักษรใน 1 บรรทัด ของบรรทัด keywords รวมเครื่องหมาย <CR><LF> จะไม่เกิน 82 ตัวอักษร ส่วนบรรทัดอื่นๆ 132 ตัวอักษร

รายละเอียดของแฟ้มข้อมูล IES ทั้ง 3 แบบข้างต้น มีรายละเอียดต่างๆดังนี้

1. **File Format Identifier (บรรทัด 00)**

IES LM-63-1991 และ LM-63-1995 เริ่มต้นด้วยคำเฉพาะว่า "IESNA91" และ "IESNA : Lm-63-1995" ตามลำดับ ส่วน IES LM-63-1986 ไม่มีบรรทัดนี้

2. **Label lines หรือ keywords (บรรทัด 01-04)**

- Label lines บอกถึงรายละเอียดของแหล่งกำเนิดแสง และโคมฉาย และข้อชี้แนะต่างๆ

- Keywords ลักษณะที่สำคัญคือต้องอยู่ในวงเล็บ [ ] ดังตัวอย่าง

[TEST] ABC1234 ABC Laboratories

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords ที่จำเป็นใน LM-63-1995 ประกอบด้วย

[TEST] เลขที่ ของรายงานการทดสอบ และชื่อห้องทดลอง

[MANUFAC] ชื่อผู้ผลิตโคมฉาย

[LUMCAT] เลขที่รายการของโคมฉาย (Catalog) ของผู้ผลิต

[LUMINAIRE] รายละเอียดของโคมฉาย

[LUMPCAT] เลขที่รายการของหลอดไฟ(Catalog)ของผู้ผลิต

[LAMP] รายละเอียดของหลอดไฟ

ซึ่งอาจมีมากกว่านี้ เช่นรายละเอียดของการทดสอบ, ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะโคมฉายอื่นๆ รวมทั้งส่วนที่ผู้ใช้กำหนดเอง

3. TILT = (บรรทัด 05)

คำดังกล่าวจะปรากฏอยู่หลังส่วน Label หรือ keywords ซึ่งมีความสำคัญ เพราะในหลอดไฟดวงเดียวกัน ข้อมูลทางแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อมุม tilt ของโคมฉายเปลี่ยนไปที่มุมต่างๆ ซึ่งจะกำหนดโดยใช้ค่าตัวคูณ เมื่อมุม tilt ต่างๆสามารถแสดงได้ 3 แบบ คือ

3.1 NONE เมื่อค่าทางแสงของหลอดไฟไม่ได้แปรผันไปตามมุม tilt ของโคมฉาย โดยหาก กำหนดเป็น TILT = NONE แล้วบรรทัดดังต่อไปนี้จะไม่ปรากฏในแฟ้มข้อมูล IES

06 <lamp-to-luminaire geometry>

07 <# of pairs of angles and multiplying factors>

08 <angles>

09 <multiplying factors>

3.2 TILT = INCLUDE เมื่อค่าทางแสงของหลอดไฟแปรผันตามข้อมูล tilt ของโคมฉาย ดังนั้นในส่วน 4 บรรทัดต่อไปนี้จำเป็นต้องมีในแฟ้มข้อมูล IES

06 <lamp-to-luminaire geometry>

07 <# of pairs of angles and multiplying factors>

08 <angles>

09 <multiplying factors>

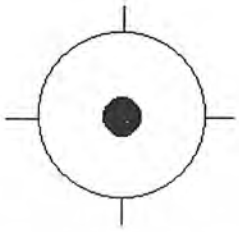
3.3 TILT = <filename> มีลักษณะเดียวกับ TILT = INCLUDE โดยที่ filename คือชื่อแฟ้มข้อมูลที่มีข้อมูลทางแสงที่เกี่ยวกับมุม TILT ปรากฏอยู่

4. Lamp-to Luminaire Geometry (บรรทัด 06)

เป็นเลขจำนวนเต็มที่บอกถึงตำแหน่งที่ตั้งหรือทิศทางของหลอดไฟ ซึ่งอยู่ภายในโคมฉาย โดยความหมายของเลขต่างๆ เป็นดังต่อไปนี้

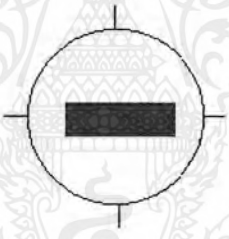
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลข 1 ฐานหลอดไฟอยู่ในลักษณะแนวดิ่งทั้งตั้งขึ้นและลง ส่วนโคมฉายเล็งลงล่าง ดังรูปที่ 2.15 (ก)



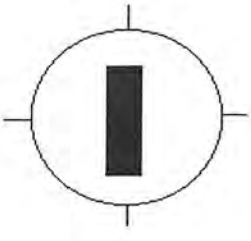
รูปที่ 2.15 (ก) หลอดไฟอยู่ในลักษณะแนวดิ่งทั้งตั้งขึ้นและลง

เลข 2 หลอดไฟวางตัวในแนวแกนนอน และยังคงอยู่ในแนวเดิม ถึงแม้ว่าโคมฉายเล็งลงล่างหรือหมุนรอบแกนศูนย์องศาในแนวแกนนอน ดังรูปที่ 2. 15 (ข)



รูปที่ 2.15 (ข) หลอดไฟวางตัวในแนวแกนนอน

เลข 3 หลอดไฟอยู่ในแนวแกนนอนเมื่อโคมฉายเล็งลงล่าง แต่จะเปลี่ยนแนวไปเมื่อโคมฉายหมุนไปในแนวแกนศูนย์องศาในแนวแกนนอน ดังรูปที่ 2. 15 (ค)



รูปที่ 2.15 (ค) หลอดไฟวางตัวในแนวแกนนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดังกล่าวจะไม่ปรากฏ ในกรณีที่ TILT = NONE

5. Number of Pairs of TILT Angles and Multiplying Factors (บรรทัด 07)

จำนวนเต็มที่แสดงถึงจำนวนมุม tilt ของหลอดไฟทั้งหมดที่ทำการทดลอง และค่าแฟคเตอร์ตัวคูณ candela

ในกรณี TILT = NONE จะไม่มีมุม

6. TILT Angle (บรรทัด 08)

แสดงค่ามุม TILT ของหลอดไฟที่ทำการทดลอง อาจเป็นจุดทศนิยมได้ ในกรณีที่ TILT = NONE บรรทัดนี้จะไม่ปรากฏ

7. TILT Multiplying Factor (บรรทัด 09)

แสดงค่าแฟคเตอร์ตัวคูณ Candela ที่มุม tilt ต่างๆของหลอดไฟ ในกรณีที่ TILT = NONE จะไม่ปรากฏบรรทัดนี้

8. Number of Lamps (บรรทัด 10)

จำนวนหลอดไฟในโคมฉาย

9. Lumens Per Lamp (บรรทัด 10)

แสดงค่า Lumen ต่อหลอดไฟ ซึ่งคำเหล่านี้มักจะเป็นของผู้ผลิตหลอดไฟ โดยที่แสดงเป็นเลขจำนวนจริง แต่ค่าดังกล่าวไม่ใช่ค่า lumen จริงของหลอดไฟที่ได้จากการทดสอบ

ในกรณีหลอดไฟมากกว่าหนึ่งหลอด ซึ่งมีค่า Lumen ต่างกัน จะใช้ค่าเฉลี่ยของหลอดไฟทั้งหมดในโคมฉาย

10. Candela Multiplying (บรรทัด 10)

เป็นเลขจำนวนจริงซึ่งแสดงถึงค่าตัวแฟคเตอร์ตัวคูณ เพื่อนำไปใช้คูณกับค่าของข้อมูลทางแสงภายใน (บรรทัด 14-17)

11. Number of Vertical Angles (บรรทัด 10)

เป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งแสดงค่าจำนวนมุมทั้งหมดในแนวดิ่งที่ได้ทำการทดลอง ข้อมูลทางแสง (บรรทัด 14-17)

12. Number of Horizontal Angles (บรรทัด 10)

เป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งแสดงค่าจำนวนมุมทั้งหมดในแนวนอนที่ได้ทำการทดลอง ข้อมูลทางแสง (บรรทัด 14-17)

13. Photometric Type (บรรทัด 10)

บ่งบอกถึงชนิดต่างๆดังนี้

ค่า 1 คือ Type C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า 2 คือ Type B

ค่า 3 คือ Type A

ในการวัดค่าความเข้มทางแสง(Candela) ทำได้โดยเสมือนว่ามีพื้นผิวสมมุติขึ้นรูปโคมฉาย แล้วทำการวัดค่าบนพื้นผิวในทุกๆ ช่วงโดยแบ่งเป็น กริด (grid) หรือเรียกว่า "photometric web" ตำแหน่งของโคมฉาย จะต่างกันไปในแต่ละพื้นผิวขึ้นอยู่กับชนิดต่างๆ

Type C บอกถึงโคมฉายสำหรับถนน หรือ โคมด้านสถาปัตย์ ซึ่งแกน polar อยู่ในแนวดิ่งของโคมฉาย และ ระนาบ 0-180 องศา เป็นแกนหลักของโคมฉาย (length)

Type B บอกถึงโคมฉายสำหรับภายนอก และกีฬา ซึ่งแกน polar ของโคมฉายเป็นแนวแกนรอง (width) และระนาบ 0-180 องศา เป็นแกนในแนวดิ่งของโคมฉาย

Type A บอกถึงโคมฉายสำหรับ automotive headlight และ ไฟสัญญาณซึ่งแกน polar ของโคมฉาย เป็นแกนหลักของโคมฉาย และระนาบ 0-180 องศา เป็นระนาบในแนวดิ่ง

14. Unit type (บรรทัด 10)

ตัวเลขที่บอกถึง หน่วยการวัดที่ได้ทำการทดลอง โดย

ค่า 1 หมายถึง Feet

ค่า 2 หมายถึง Meters

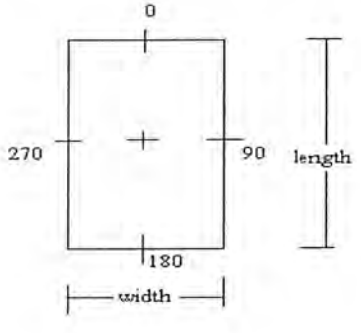
15. Luminous Opening Dimensions (บรรทัด 10)

เป็นค่าที่บอกมิติของโคมฉาย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยแยกเป็นหลายส่วนดังนี้

15.1 Luminaire Width ความกว้างของโคมฉาย โดยวัดตามระนาบ 90-270 องศา

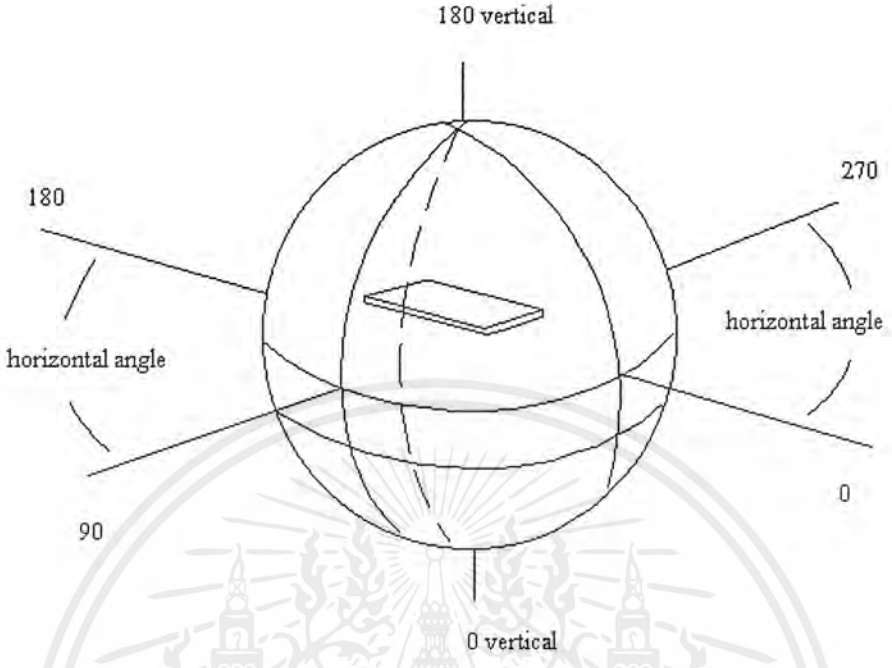
15.2 Luminaire Length ความยาวของโคมฉาย โดยวัดตามระนาบ 0-180 องศา

15.3 Luminaire Height ความสูงของโคมฉายโดยเฉลี่ย โดยวัดในแนวดิ่ง



(ก) ความกว้างและความยาวของดวงโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ภาพแสดงมุมแนวระนาบและมุมแนวดิ่ง

รูปที่ 2.16 มุมราบและมุมดิ่งที่ใช้ในมาตรฐาน IES

15.4 Nonrectangular Luminous Opening สำหรับโคมฉายที่มีลักษณะอื่นๆ โดยกำหนดรายละเอียดดังนี้

width	Length	Height	ลักษณะของโคมฉาย
0	0	0	แบบจุด
w	1	h	สี่เหลี่ยมผืนผ้า
-d	0	0	วงกลม (d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลม)
-d	0	-d	ทรงกลม (d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลม)
-d	0	h	ทรงกระบอกแนวตั้ง (d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก)
0	1	-d	ทรงกระบอกแนวนอน (d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-w	l	h	วงรี ซึ่งวางแผนแนวยาวของโคมฉาย
w	-l	h	วงรี ซึ่งวางตามแนวกว้างของโคม
-w	l	-h	ทรงรี ซึ่งวางตามแนวยาวของโคมฉาย
w	-l	-h	ทรงรี ซึ่งวางตามแนวกว้างของโคมฉาย

16. Ballast Factor (บรรทัด 11)

อัตราส่วนของค่า Lumens ของหลอดไฟ เมื่อใช้งาน ballast ทั่วไปกับค่า lumen ของหลอดไฟ เมื่อใช้งานกับ ballast มาตรฐาน ในการใช้งานต้องนำค่า candela ที่อ่านได้จากแฟ้มข้อมูล IES (บรรทัด 14-17) คูณด้วยค่า Ballast Factor ผลลัพธ์ที่ได้จึงนำไปใช้งานต่อไป

17. Ballast-Lamp Photometric Factor หรือ Future Use (บรรทัด 11)

ในกรณี LM-63-1986 จะเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างค่า lumen ของหลอดไฟ โดยใช้ ballast และหลอดไฟชนิดที่ใช้สำหรับ photometric report กับค่า lumen ของหลอดไฟ โดยใช้ ballast และหลอดไฟ ชนิดที่ใช้สำหรับการทดสอบทางแสง

ในกรณี Lm-63-1995 เนื่องจากค่านี้ได้มีการแสดงแล้วอยู่ในส่วน Ballast Factor ดังนั้นในส่วนนี้จึงแสดงค่าเป็น 1 เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับ LM-63 รุ่นก่อนๆ

18. Input Watt (บรรทัด 11)

แสดงค่าพลังงานทั้งหมดที่โคมฉายใช้ไปได้มาจากการทดสอบ โดยที่ค่าดังกล่าวไม่เปลี่ยนไปตามค่า ballast factor หรือ ballast—lamp photometric factor แต่ค่านี้อาจเปลี่ยนเมื่อค่าความเข้มของแสง (candela) ที่วัดได้เปลี่ยนแปลง

19. Vertical Angle (บรรทัด 12)

เป็นค่ามุมต่างๆในแนวดิ่ง

Type C ค่ามุมในแนวดิ่ง เริ่มจากค่า 0 หรือ 90 องศาไปสิ้นสุดที่มุม 90 หรือ 180 องศา

Type A-B ค่ามุมในแนวดิ่ง เริ่มจากค่า -90 หรือ 0 องศาไปสิ้นสุดที่มุม 90 องศา

20. Horizontal Angle (บรรทัด 13)

เป็นค่ามุมต่างๆในแนวนอน

Type C ค่ามุมเริ่มจาก 0 องศา และไปสิ้นสุดที่ค่าต่างๆดังนี้

1. 0 องศา ในกรณีนี้คือมีเพียงระนาบเดียวใช้กับโคมฉายที่มีลักษณะสมมาตรกันในทุกๆระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. 90 องศา โคมฉายที่มีลักษณะสมมาตรกันในแต่ละ quadrant

3. 180 องศา โคมฉายที่มีลักษณะสมมาตรกันในรอบแนวแกน 0-180 องศา

4. 360 องศา โคมฉายที่มีลักษณะไม่สมมาตรกันในทุกๆมุมต่างๆ

สำหรับ type A, B ที่โคมฉายสมมาตรรอบแกนในแนวดิ่ง ค่ามุมเริ่มต้นของมุมในแนวนอนคือ 0 องศา และไปสิ้นสุดที่ค่า 90 องศา

สำหรับ type A, B ที่โคมฉายไม่สมมาตรรอบแกนในแนวดิ่ง ค่ามุมเริ่มต้นของมุมในแนวนอน คือ -90 องศา และไปสิ้นสุดที่ค่า 90 องศา

21. Candela Values (บรรทัด 14-17)

ค่าทั้งหมดนี้เป็นค่าความเข้มแสง (Candela) โดยที่ในบรรทัดเดียวกันจะมีค่ามุมในแนวนอนเดียวกันและค่า Candelaในแต่ละบรรทัดเป็นค่า Candela ที่มุมในแนวดิ่งต่างๆ

ตัวอย่างของไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบดวงโคมที่เก็บไว้ในรูปแบบของมาตรฐาน IESNA95

IESNA:LM-63-1995

[TEST]ITL33038

[DATE]4/27/87

[MANUFAC]KIM LIGHTING

[LUMCAT]AFL17/175MHxxx/xx

[LUMINAIRE]ARCHITECTURAL FLOODLIGHT LUMINAIRE

[MORE] DIE-CAST ALUM. HOUSING & LENS FRAME FABRICATED SPECULAR

ALZAK

[MORE]REFLECTOR

[LAMPCAT]MH 175

[LAMP]175 WATT MH CLEAR ED-17 MED BASE HORZ.

[DISTRIBUTION]IES TYPE: 6X5 HORIZONTAL SPOT

[MANUALMAX]10027. 25.0 0.0

[ARCTUBERISE]

[OTHER]

TILT=NONE

1 13440 1 25 11 2 1 1 1 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 1 185

-90 -85 -76 -68 -60 -52 -44 -36 -28 -20

-12 -4 0 4 12 20 28 36 44 52

60 68 76 85 90

0 5 15 25 35 45 55 65 75 85

90

0 4 22 219 482 569 1686 1861 2036 2234

2934 9000 9460 6591 3131 2628 2212 1971 1796 460

328 131 22 0 0

0 13 33 219 493 558 1675 1850 2058 2277

2923 9022 9471 6613 3131 2650 2234 1971 1785 460

339 120 33 10 0

0 15 22 219 471 526 1642 1861 2080 2376

2967 9219 9821 6646 3153 2639 2223 1949 1741 449

361 142 22 14 0

0 15 22 197 405 438 1434 1741 1960 2299

2836 9274 10445 6744 2967 2496 2102 1861 1588 394

350 142 22 15 0

0 13 22 120 263 328 1139 1489 1708 1982

2529 8376 9679 6208 2704 2135 1850 1653 1347 274

197 77 22 11 0

0 8 22 55 131 219 865 1248 1336 1489

1719 3088 3591 2956 1861 1631 1522 1423 1084 186

109 55 22 8 0

0 7 22 33 88 142 504 821 985 1095

1226 1653 1697 1609 1358 1270 1172 887 624 131

66 33 22 7 0

0 7 22 33 44 66 99 120 208 372

438 504 482 547 504 383 197 120 88 55

33 22 22 5 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 4 22 22 22 33 33 44 55 66

66 66 66 66 66 55 44 44 33 33

22 22 22 4 0

0 3 11 11 11 11 22 11 22 22

22 22 22 22 22 22 22 22 22 11

22 11 11 3 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

ข้อมูลข้างต้นสามารถอ่านได้ดังนี้

Photometric Data File Information

File format Lm-63-1995

TILT file name NONE

Luminaire Description

[TEST]	ITL33038
[DATE]	27 April 1987
[MANUFAC]	KIM LIGHTING
[LUMCAT]	AFL17/175MHxxx/xx
[LUMINAIRE]	ARCHITECTURAL FLOODLIGHT LUMINAIRE
[MORE]	DIE-CAST ALUM. HOUSING & LENS FRAME
	FABRICATED SPECULAR ALZAK
[MORE]	REFLECTOR
[LAMPCAT]	MH 175
[LAMP]	175 WATT MH CLEAR ED-17 MED BASE HORZ.
[DISTRIBUTION]	IES TYPE: 6X5 HORIZONTAL SPOT
[MANUALMAX]	10027. 25.0 0.0
[ARCTUBERISE]	
[OTHER]	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tilt Angle

TILT=NONE

Lamp Data

Number of lamp	1
Lumens per lamp	13440

Photometric Data

Candela Multiplier	1
Number of vertical angles	25
Number of Horizontal angles	11
Photometric type	Type B (Floodlight)

Luminaire Dimensions

Measurement units	Feet
Width	1.00
Length	1.00
Height	1.00

Electrica: Data

Ballast factor	1.00
Ballast-lamp factor	1.00
Ballast watts	185.00

Candela Distribution

เนื่องจาก Horizontal angel ที่ทำการทดสอบมานั้นมีทั้งหมด 11 มุม คือ 0°, 5°, 15°, 25°, 35°, 45°, 55°, 65°, 75°, 85°, 90° โดยในที่นี้เราจะแสดงค่าของ Horizontal angel เพียง 1 มุมเท่านั้น คือ 0° และจะแสดงค่า Vertical angle ทั้งหมด 25 มุม ดังนี้

Vertical angles	Intensity(lm)
-90	0
-85	4
-76	22
-68	219
-60	482

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-52	569
-44	1686
-36	1861
-28	2036
-20	2234
-12	2934
-4	9000
0	9460
4	6591
12	3131
20	2628
28	2212
36	1971
44	1796
52	460
60	328
68	131
76	22
85	0
90	0

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบโคมฉาย

2.6 การคำนวณความเข้มแสงโดยวิธี Point by point

วิธีการของลูเมนเป็นการประยุกต์ใช้กับโคมที่มีการนำมาเรียงเป็นระยะสม่ำเสมอ สำหรับกรณีที่มีการจัดโคมแบบอื่นๆ จำเป็นที่ต้องใช้การคำนวณที่เกิดจากโคมแต่ละโคม หรือในกรณีที่หลอดฟลูออเรสเซนต์มีการติดตั้ง ที่เป็นแบบยาวต่อเนื่อง ในกรณีนี้จะถือว่าเป็นลักษณะแหล่งกำเนิดแสงเส้นตรง (linear source) ซึ่งจะใช้วิธีการคำนวณแบบ Point by point หรือ sector flux ก็ได้

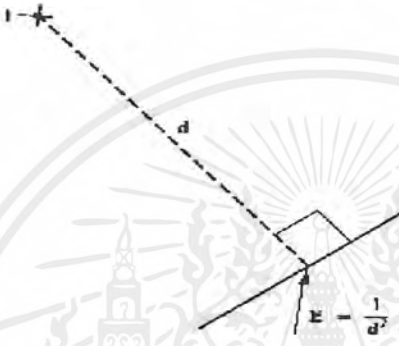
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Squre Law) และแหล่งกำเนิดแสงเป็นจุด

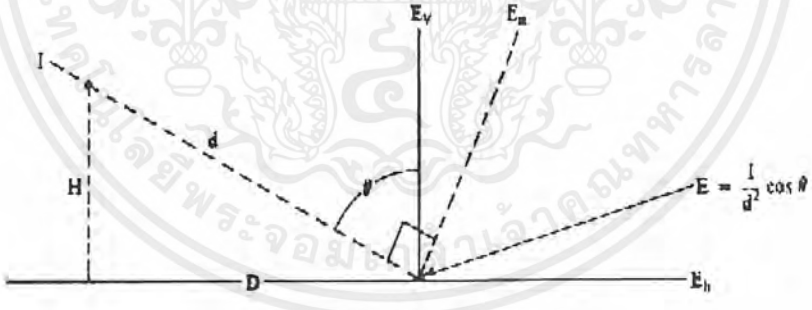
ถ้าแหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางไปยังพื้นผิว จะสามารถหาค่าความเข้มแสงได้ คือ

$$E = I / d^2 \qquad (2.8)$$

และพิจารณาได้จากรูปที่ 2.17 (ก)



(ก) แหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางไปยังพื้นผิว



(ข) หาค่าความเข้มแสงในเพลนที่อยู่ในระนาบแนวดิ่ง

รูปที่ 2.17 วิธีการหาค่าความเข้มแสงตามกฎกำลังสองผกผัน

ในกรณีที่พิจารณาหาค่าความเข้มแสงในเพลนที่อยู่ในระนาบ แนวดิ่งจะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.17 (ข) ความสัมพันธ์ทั่วๆไป คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = I.Cos\theta / d^2 \quad (2.9)$$

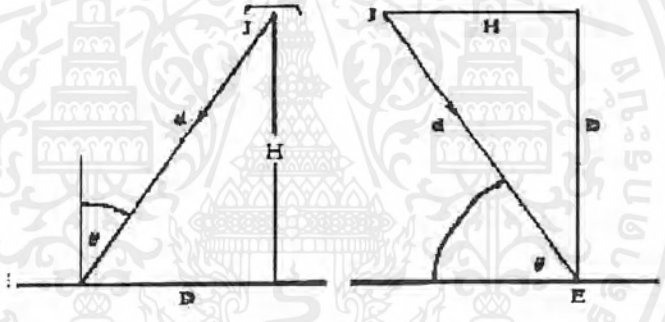
$$= I.Cos^3\theta / H^2 \quad (2.10)$$

$$\text{หรือ} \quad = I.Cos\theta / D^2+H^2 \quad (2.11)$$

$$E_v = I.Cos^2\theta . Sin\theta / H^2 \quad (2.12)$$

$$E_h = I Cos^2\theta / 2 \quad (2.13)$$

เซกเตอร์ฟลักซ์ (Sector flux) หลักการของเซกเตอร์ฟลักซ์จะสามารถใช้ในการคำนวนหาความเข้มแสงในกรณีที่ดวงโคมมีลักษณะการติดตั้งเป็นแถวยาวมาก โดยที่ความยาวของแถวมีค่ามากกว่าระยะที่จะวัดค่าความเข้มแสง หรือมากกว่า 3d โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.18



รูปที่2.18 วิธีหาค่าความเข้มแสงตามหลักการของเซกเตอร์ฟลักซ์

ค่าความเข้มแสงอันเนื่องมาจากแสงที่ส่องมาโดยตรง (ไม่พิจารณาแสงที่มาจากการสะท้อนต่อวัตถุอื่นๆ) จะมีค่า

โดยที่ J หมายถึง เซกเตอร์ฟลักซ์ (lumen/m.rad)

E หมายถึง ความเข้มแสง (lux)

d หมายถึง ระยะทาง (m)

$$\text{หรือ} \quad E = JH / (H^2+D^2) \quad (2.14)$$

นอกจากนี้เซกเตอร์ฟลักซ์จะสามารถนำไปใช้กับหลอดไฟยาวไม่สม่ำเสมอก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณค่าของเซกเตอร์ฟลักซ์ จะหาได้โดยวิธีฟลักซ์หลอดไฟ (lamp flux) และโดยความเข้ม (intensity)

วิธีฟลักซ์ของหลอดไฟ จะหาได้โดยมีระยะห่างกันคือC และในแต่ละโคมประกอบด้วย N หลอด และขยายเซกเตอร์ฟลักซ์หลอดเปลือยโดยแฟกเตอร์ M และหลอดแต่ละหลอดมีค่า F_l lumen ดังนั้น

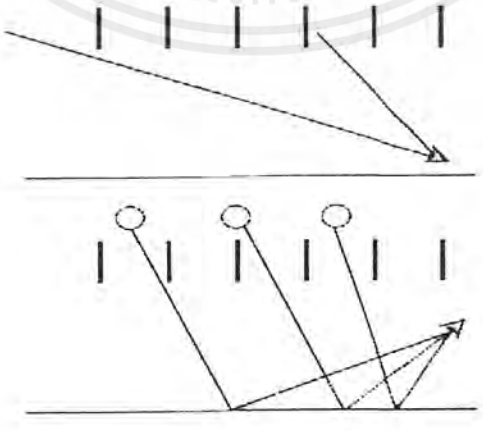
$$J = NMF_l/2\pi C \qquad (2.15)$$

ค่า M จะขึ้นอยู่กับโคมที่มีการใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบใช้ในโรงงาน ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 1.8 ถึง 2.3 โคมที่มีชุดแผ่นสะท้อนกำบังแสงและหลอดเปลือย จะมีค่าระหว่าง 1.2 ถึง 1.8

วิธีความเข้มแสง โดยที่ K จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 1.1 สำหรับชุดกำบังแสงลึก (deep louver) จนถึง 1.6 สำหรับการกระจายที่สมบูรณ์ (perfect diffusers) แต่ถ้าจะใช้ค่าประมาณและมีค่าผิดพลาดน้อยควรใช้ค่า K = 1.5 ยกเว้นในกรณีที่เป็นชุดกำบังแสง K จะมีค่า 1.3

แสงจ้า (glare) แสงจ้าจะสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ แสงจ้าพร้านัยน์ตา และ แสงจ้าระคายตา โดยปกติแสงจ้าพร้านัยน์ตาจะทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ส่วนแสงจ้าระคายตาทำให้เกิดความไม่สบายตาและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านพ้นไป ซึ่งจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าของดวงตา

นอกจากนี้แล้วแสงจ้าจะเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ ลักษณะแสงจ้าโดยตรง (Direct glare) และแสงจ้าทางอ้อม (Indirect glare) ตามรูปที่ 2.19 บนและล่างตามลำดับ ซึ่งแสงจ้าโดยตรงเกิดจากความสว่างจ้าของแหล่งกำเนิดแสง ส่วนแสงจ้าทางอ้อมเกิดจากการสะท้อนแสงของแหล่งกำเนิดแสงบนพื้นผิวมัน เช่น จอทีวี กระดาษมัน เป็นต้น



รูปที่ 2.19 ลักษณะแสงจ้า (glare)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบดวงโคมจะสามารถออกแบบให้ดวงโคมประกอบด้วยชุดกำบังแสง ซึ่งสามารถป้องกันแสงจ้าโดยตรงเข้ายังดวงตา แต่ก็อาจจะมีแสงบางส่วนสะท้อนจากพื้นเงาเข้าสู่ดวงตา ได้ดังรูปที่ 2.19

ตามมาตรฐาน IES ได้ กำหนดค่าแสงจ้าระคายตาในค่าดัชนีแสงจ้าคือ

$$\text{ดัชนีแสงจ้า} = 10\,[\log(0.5 \times \text{constant} \sum B_s^{1.6} . \omega^{0.8} / B_b \times 1/P^{1.6})] \qquad (2.16)$$

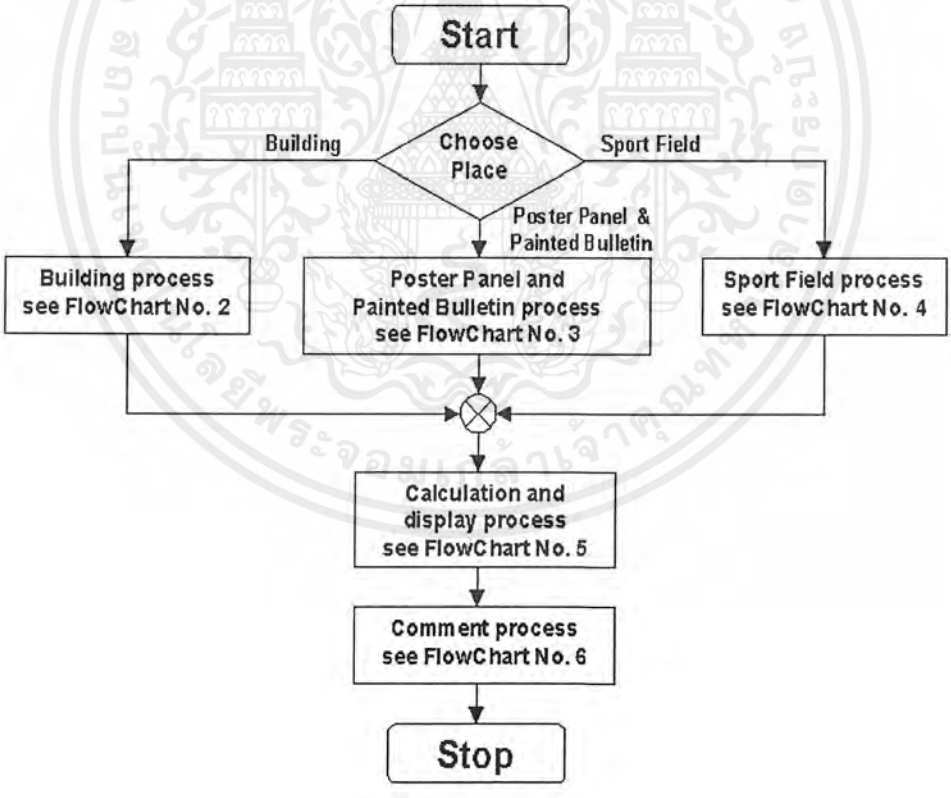
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการทำงานและวิธีใช้งานโปรแกรม GoodLux 2000

3.1 ขั้นตอนการทำงาน

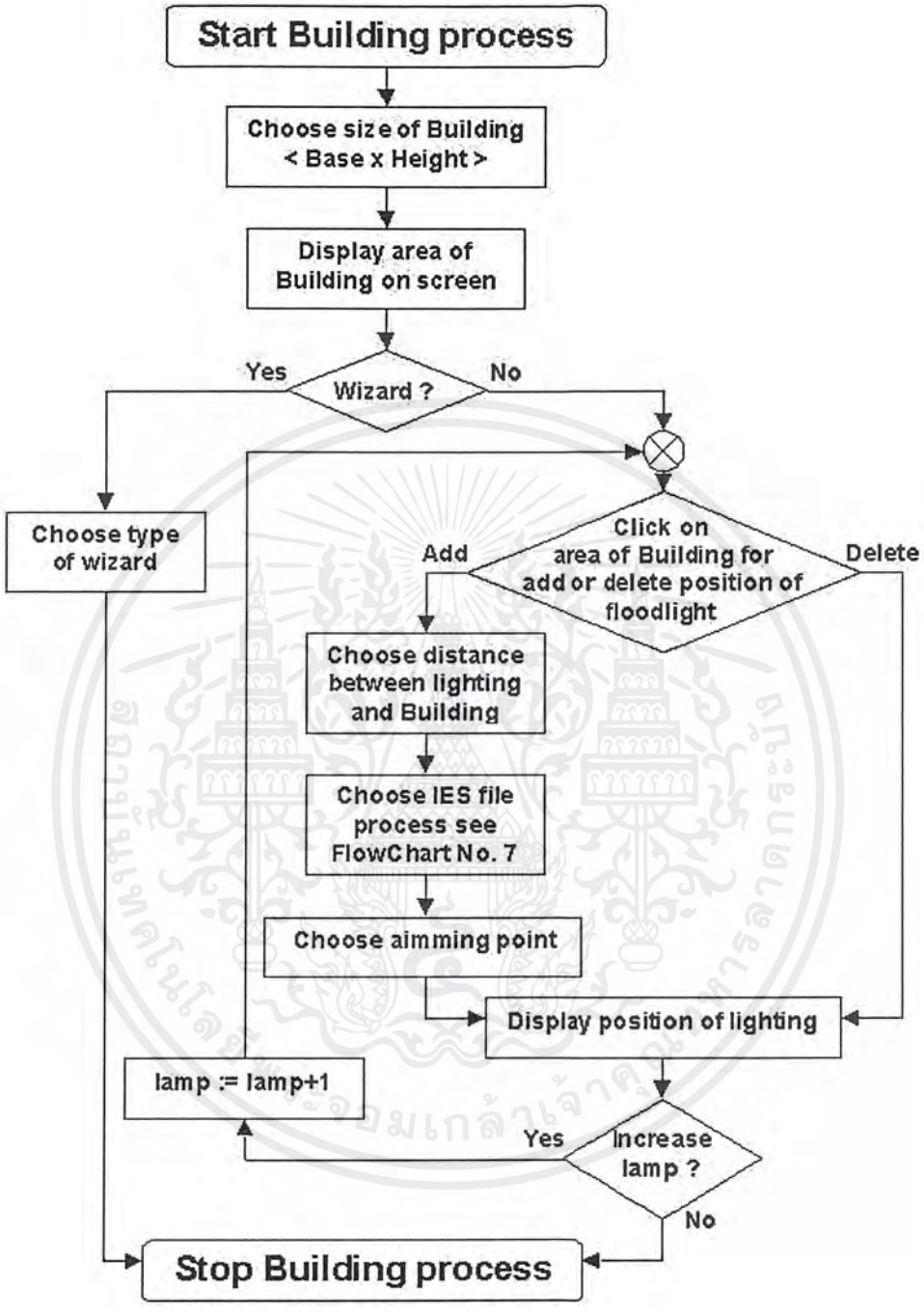
โปรแกรมนี้เราจะแบ่งการใช้งานโคมฉายออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ตึกและอาคาร (Building)
2. ป้ายโฆษณา (Poaster panel & Paint bulletin)
3. สนามกีฬา (Sport field) ดังรูปที่ 3.1



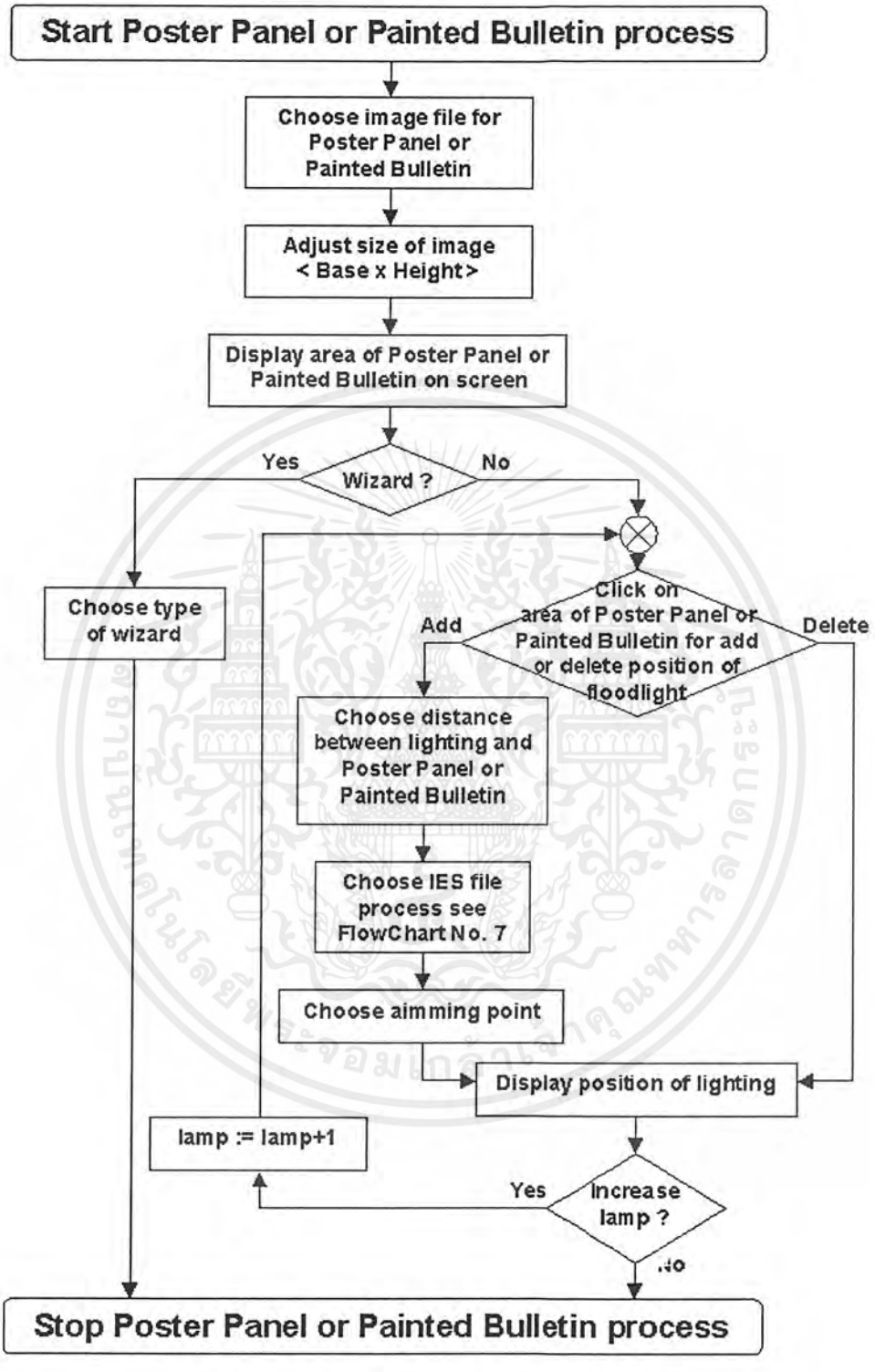
รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงส่วนการทำงานหลักของโปรแกรม (FlowChart No.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



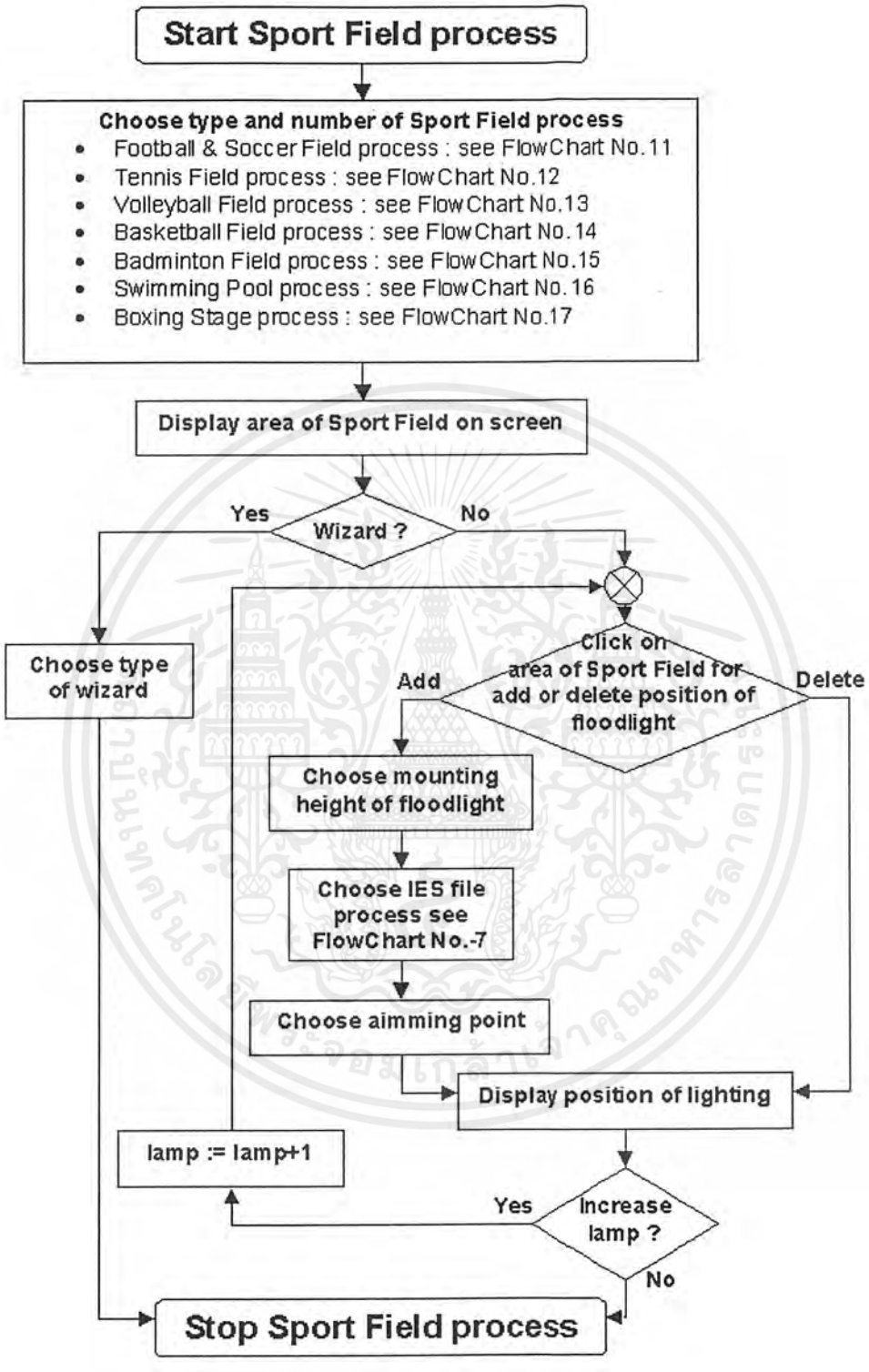
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
ตึกและอาคาร (Building) (FlowChart No.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
ป้ายโฆษณาและป้ายประกาศ (Poster panel & Paint bulletin) (FlowChart No.3)

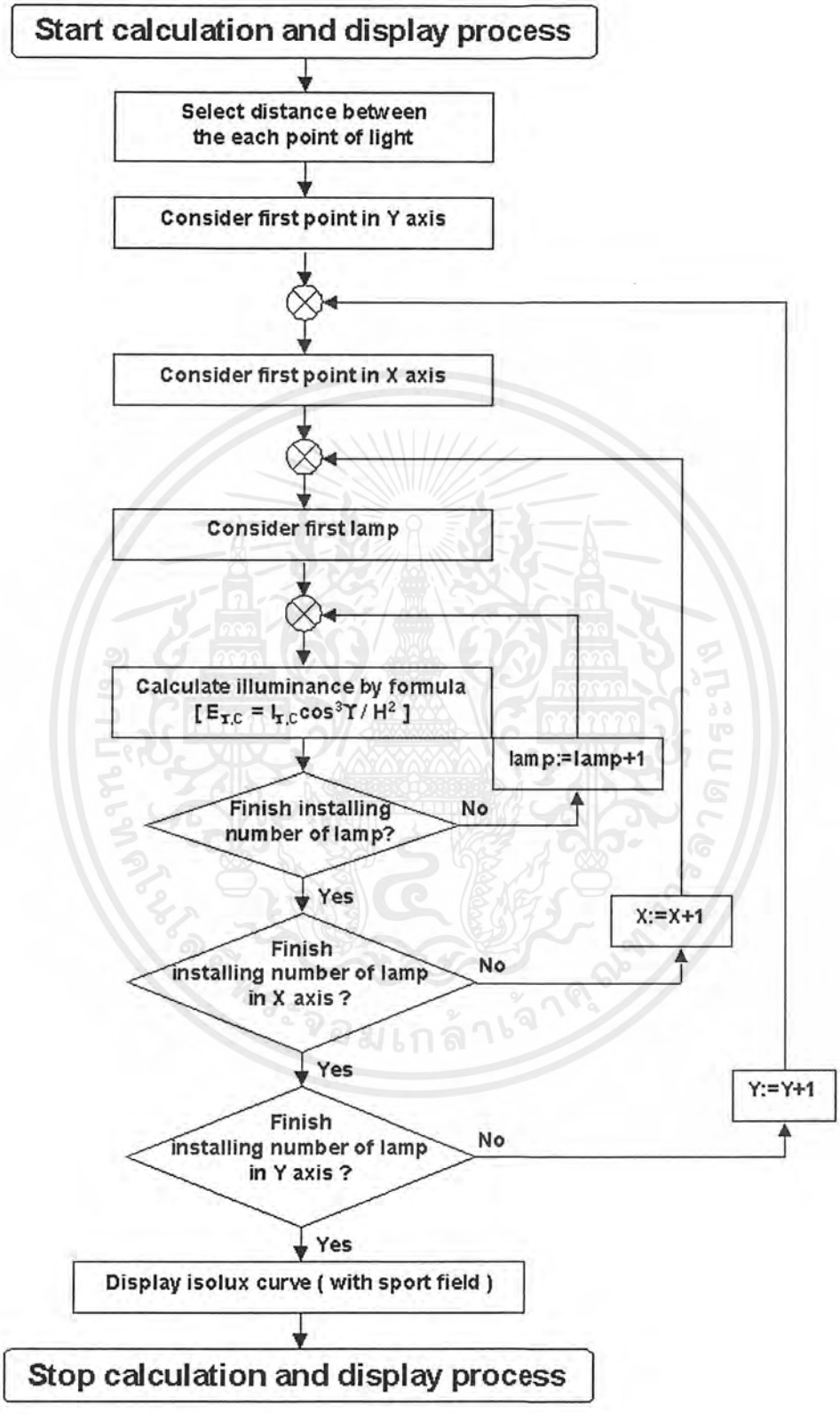
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ไดอะแกรม แสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ

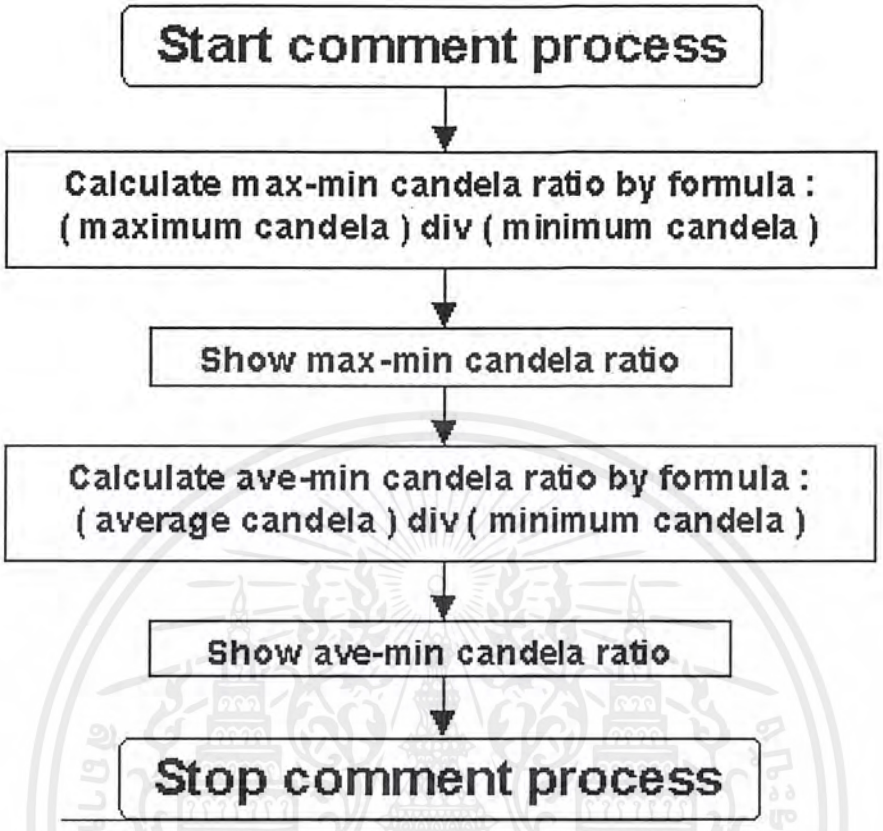
สนามกีฬา (Sport field) (FlowChart No.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



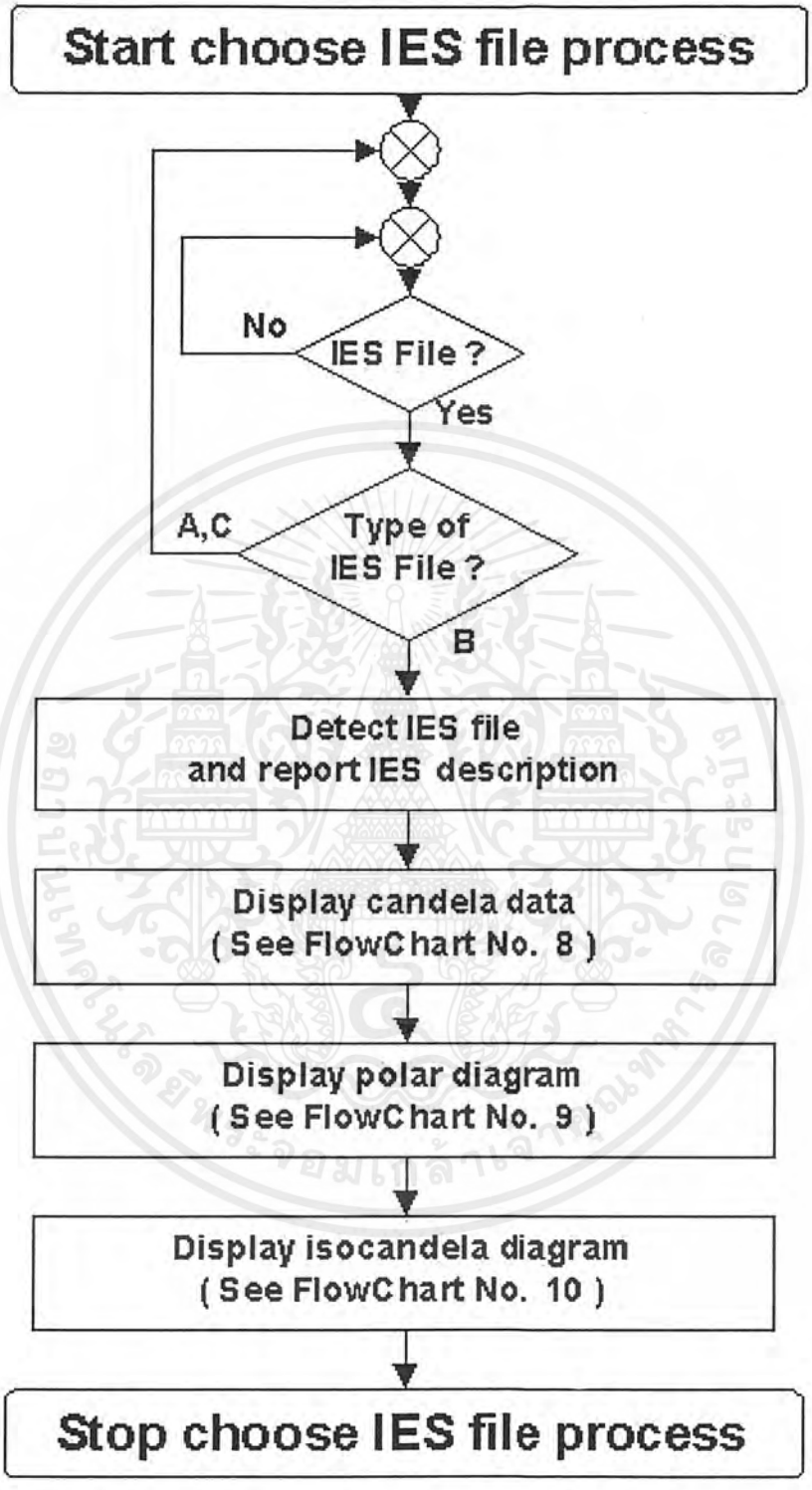
รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
การคำนวณ การติดตั้งโคมฉายและแสดงผลลัพธ์ (FlowChart No.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



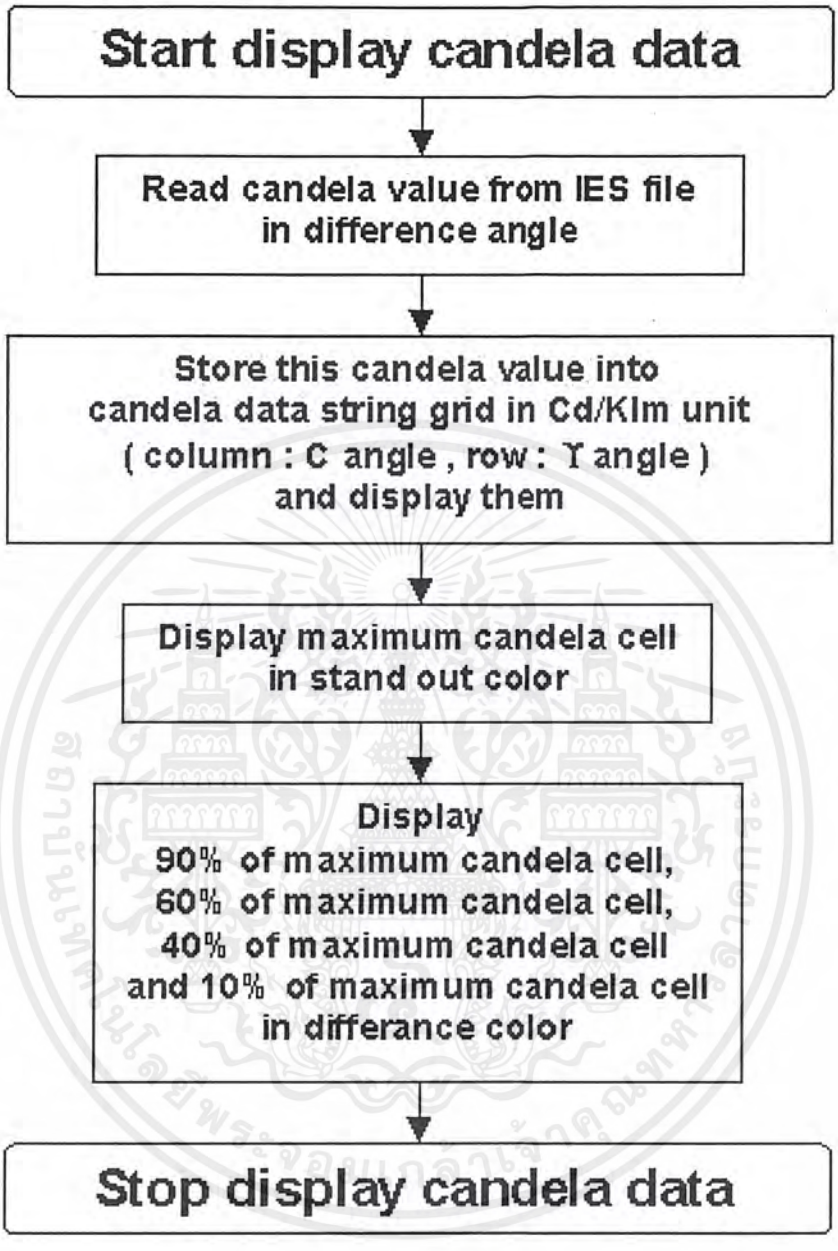
รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการคำนวณค่าอัตราส่วน average-min candela เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของโคมฉาย (FlowChart No.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



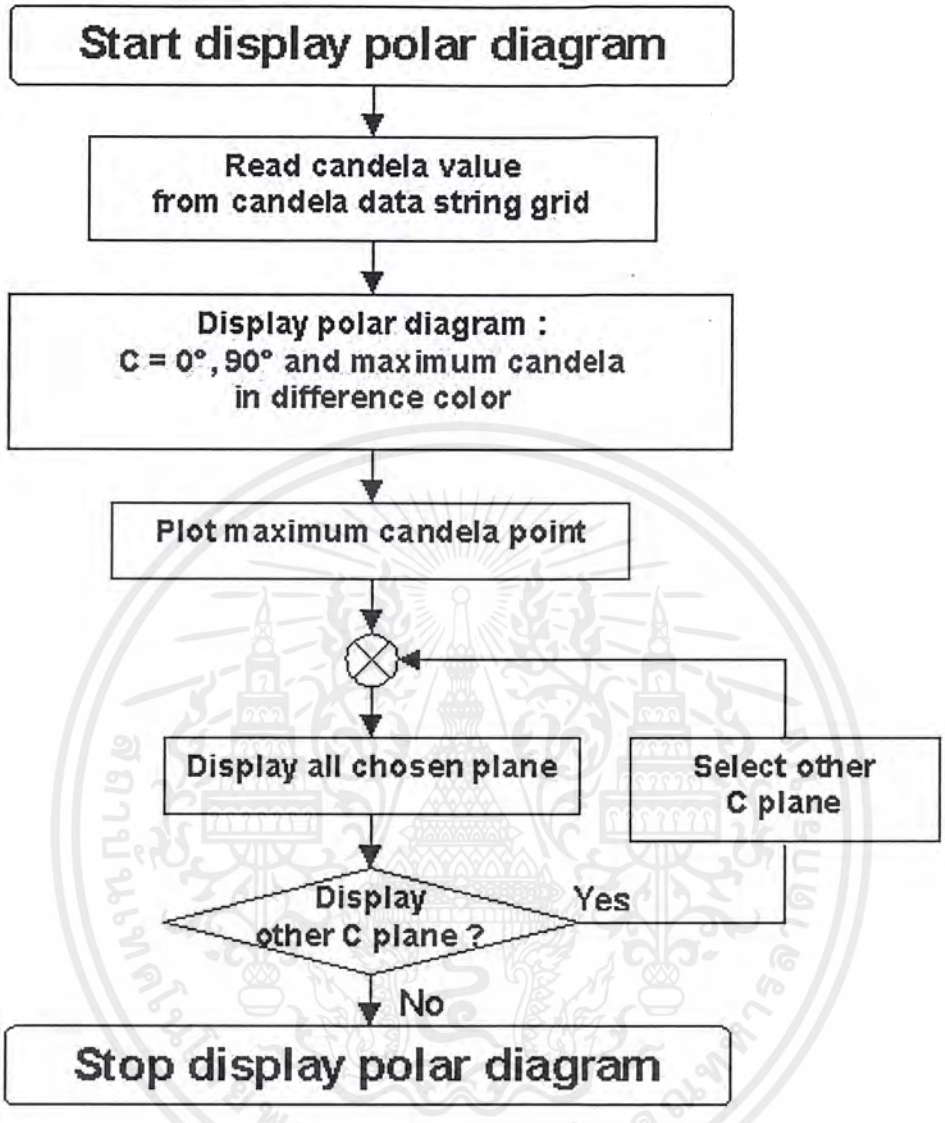
รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแปลงข้อมูลทางแสง (IES Files) มาเป็นข้อมูลทางกราฟิก เพื่อสามารถเข้าใจได้ง่าย (FlowChart No.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



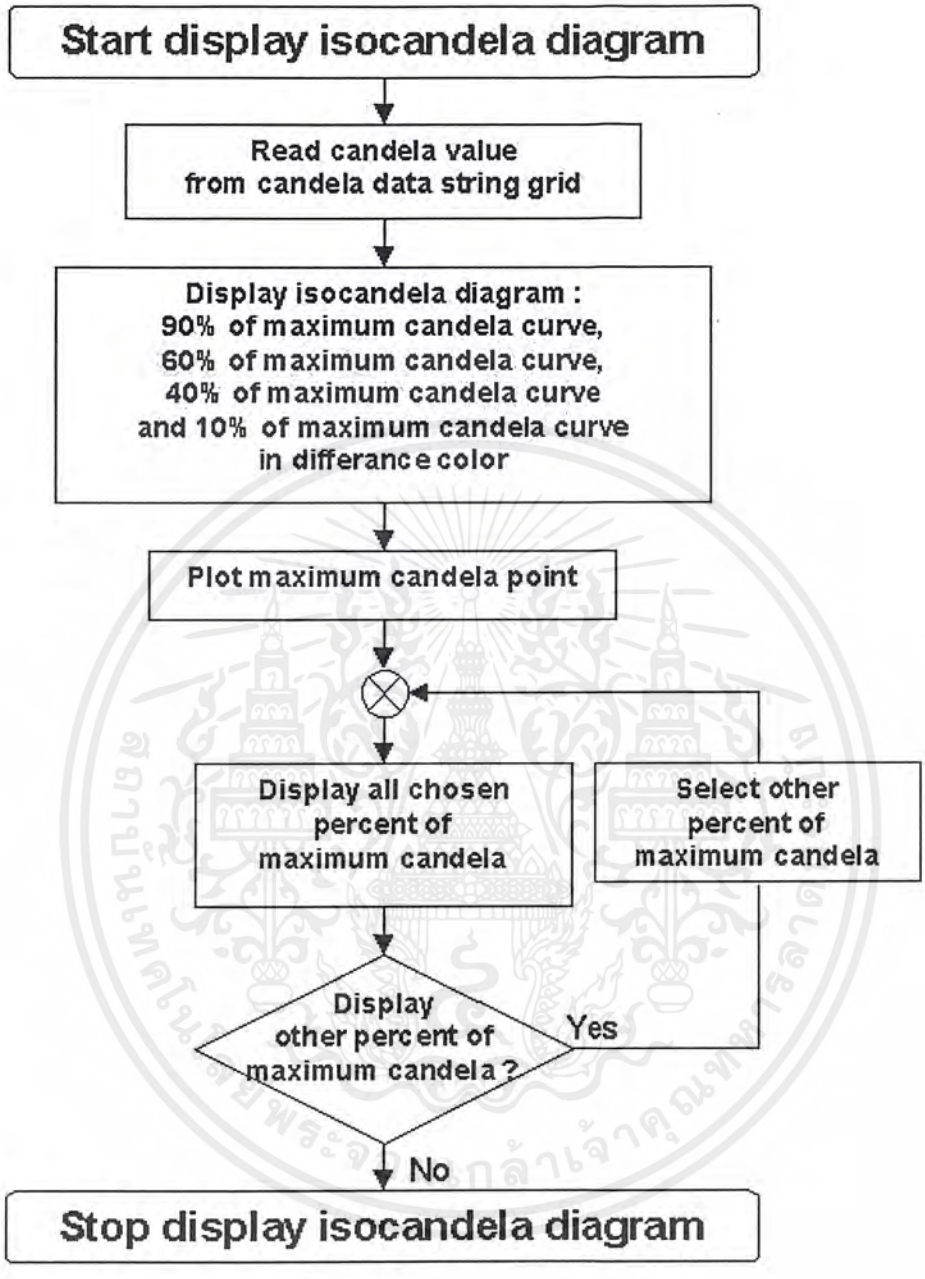
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของ
การแสดงค่า candela data ในลักษณะของรูปภาพกราฟิก (FlowChart No.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



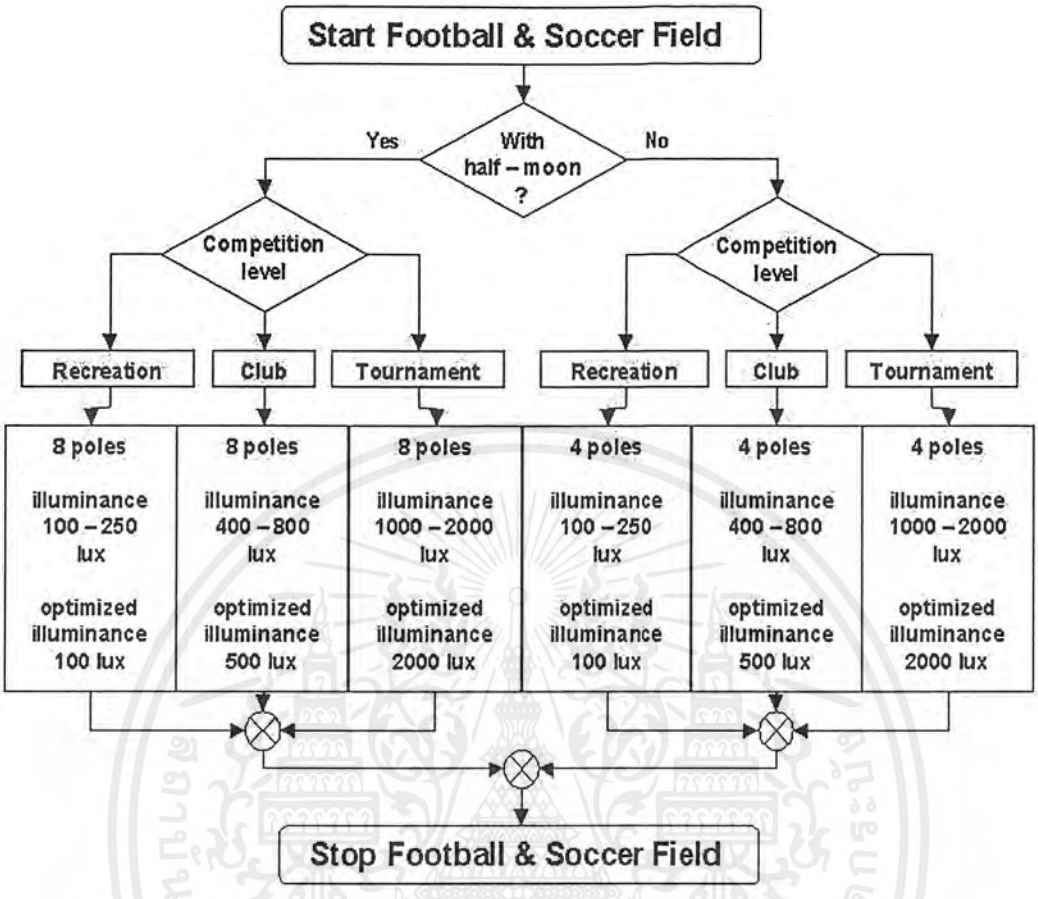
รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดง
ค่า candela data ในลักษณะของโพลาร์ไดอะแกรมในเพลน C ต่างๆ (FlowChart No.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



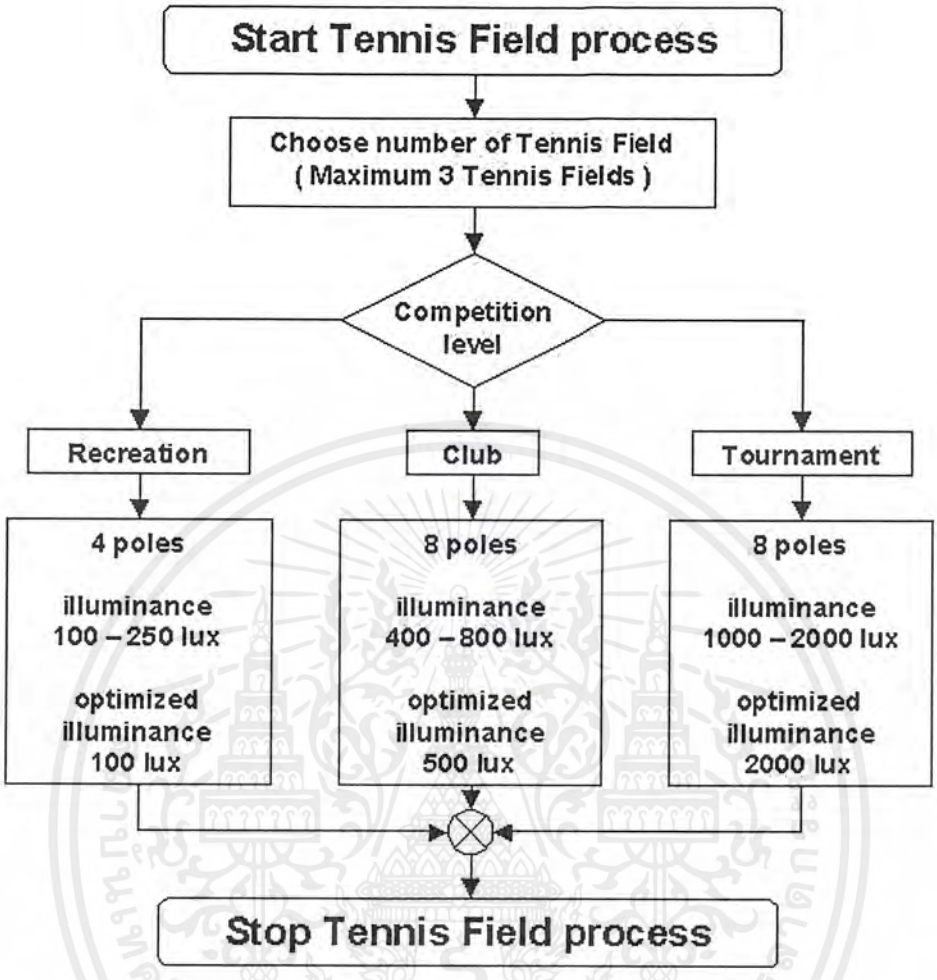
รูปที่ 3.10 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดง
ค่า candela data ในลักษณะของไอโซแคนเดลาไดอะแกรม (FlowChart No.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



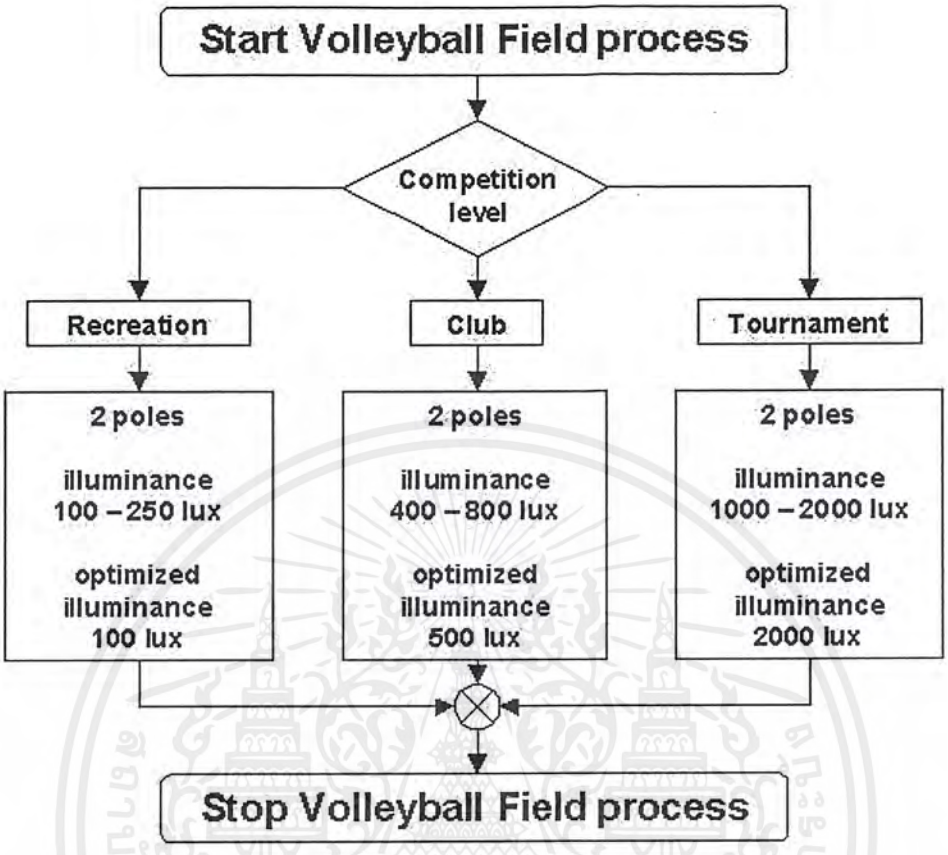
รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามอเมริกัน ฟุตบอล (Football field) และ สนามฟุตบอล (Soccer field) (FlowChart No.11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



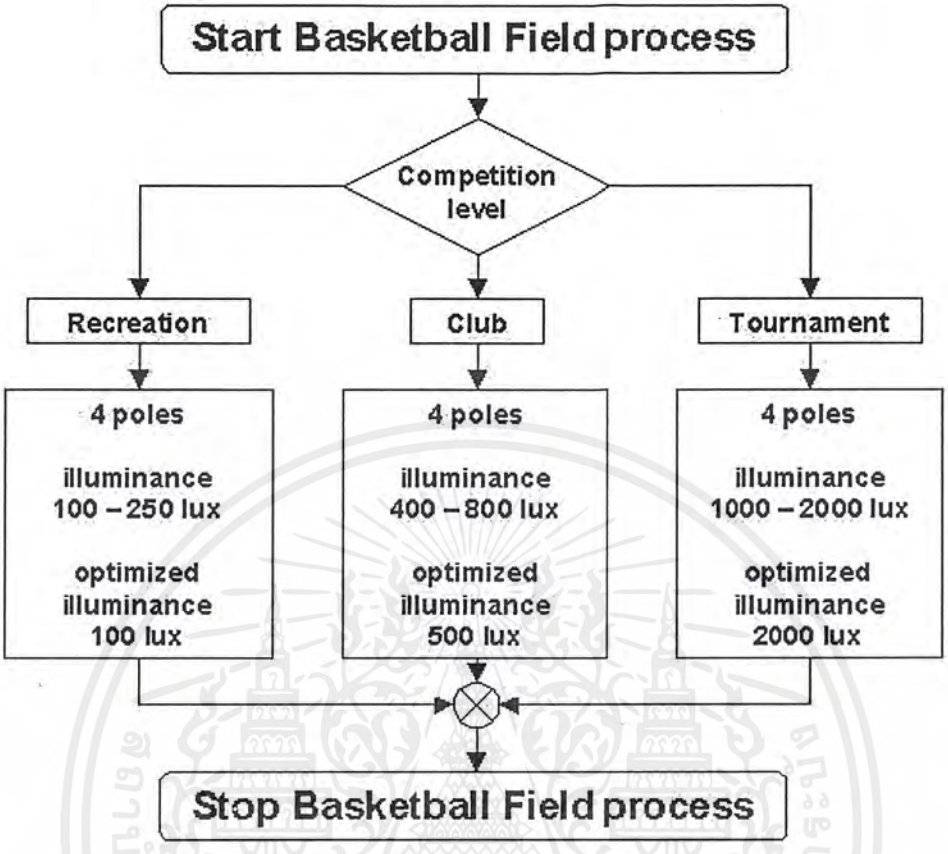
รูปที่ 3.12 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามเทนนิส (Tennis field) (FlowChart No.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



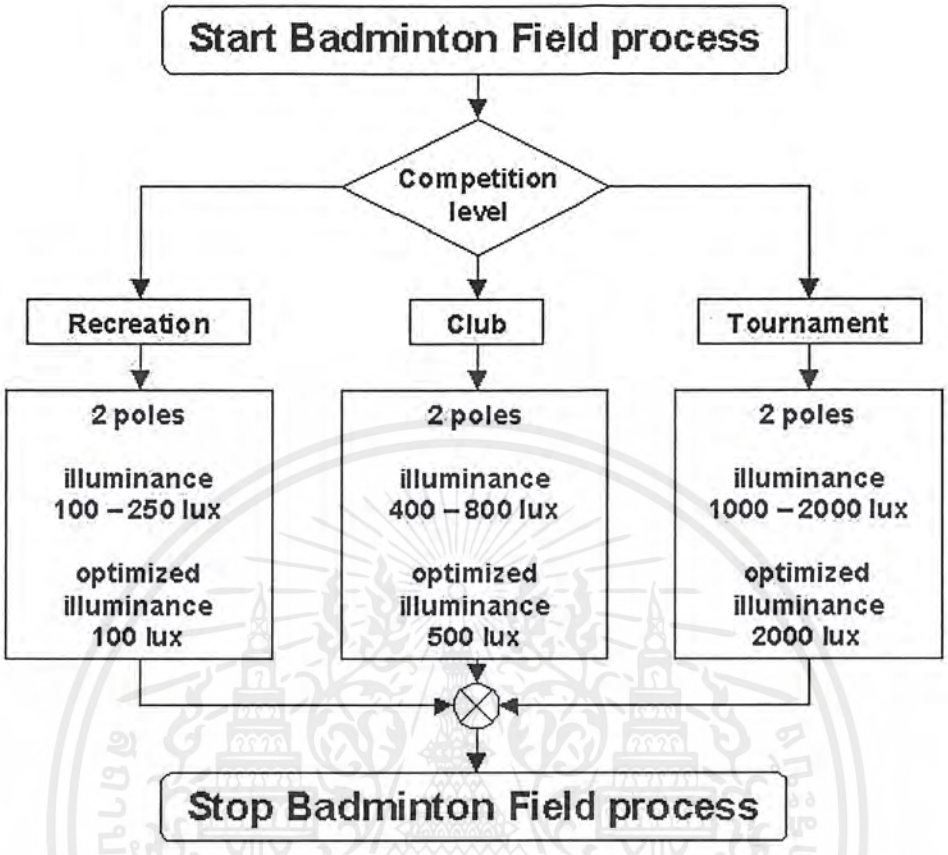
รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามวอลเล่ย์บอล (Volleyball field) (FlowChart No.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



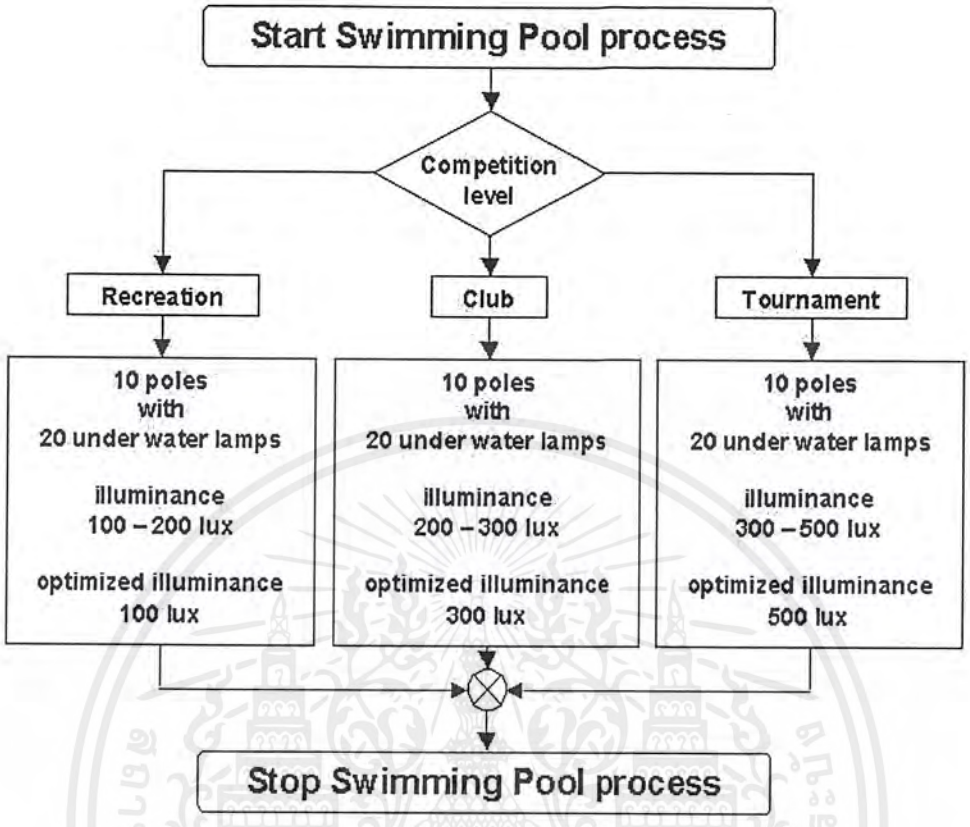
รูปที่ 3.14 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามบาสเกตบอล (Basketball field) (FlowChart No.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



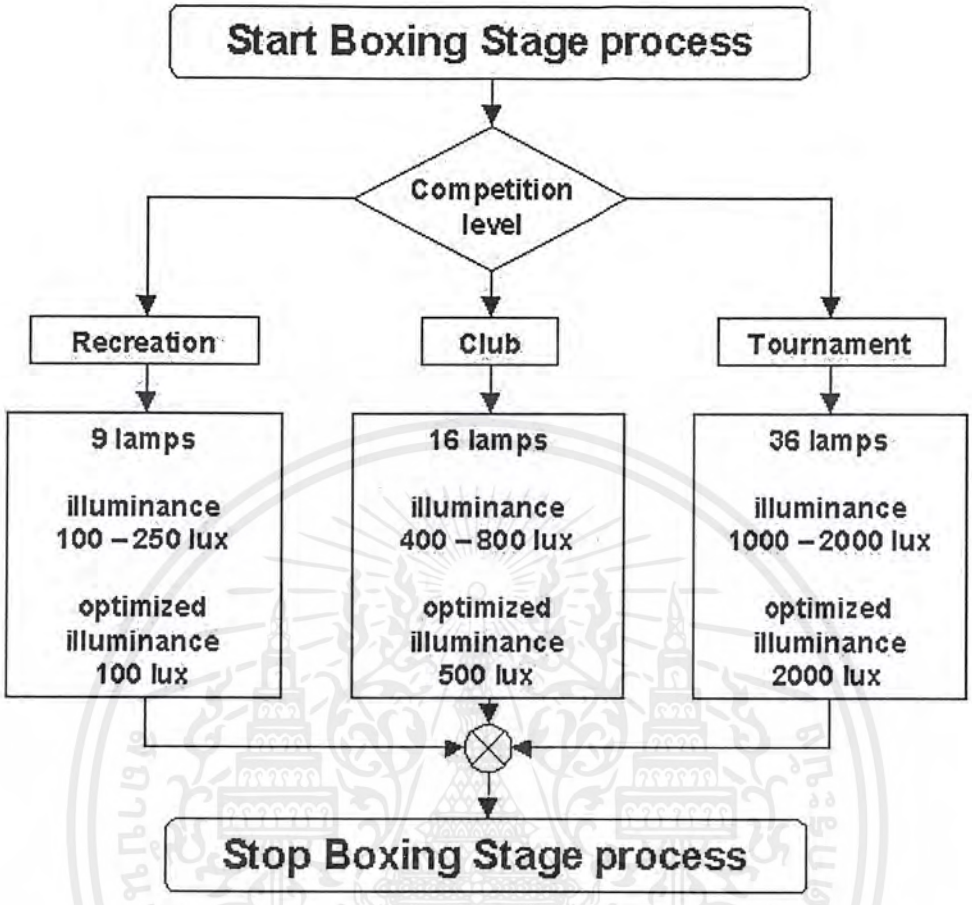
รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามแบดมินตัน (Badminton field) (FlowChart No.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสระว่ายน้ำ (Swimming pool) (FlowChart No.16)

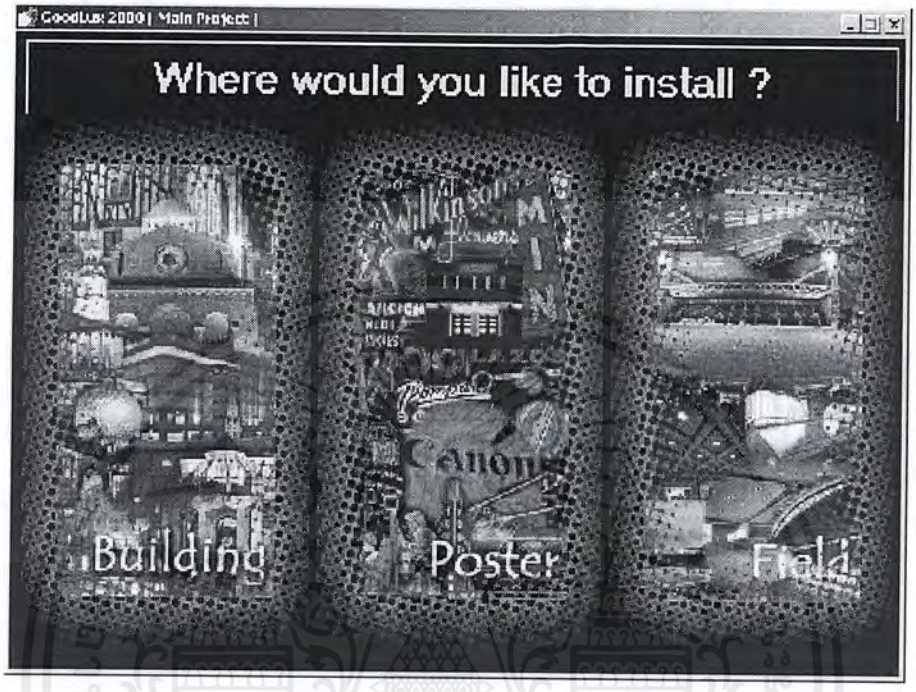
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนของสนามมวย (Boxing stage) (FlowChart No.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การใช้งานโปรแกรม Goodlux 2000



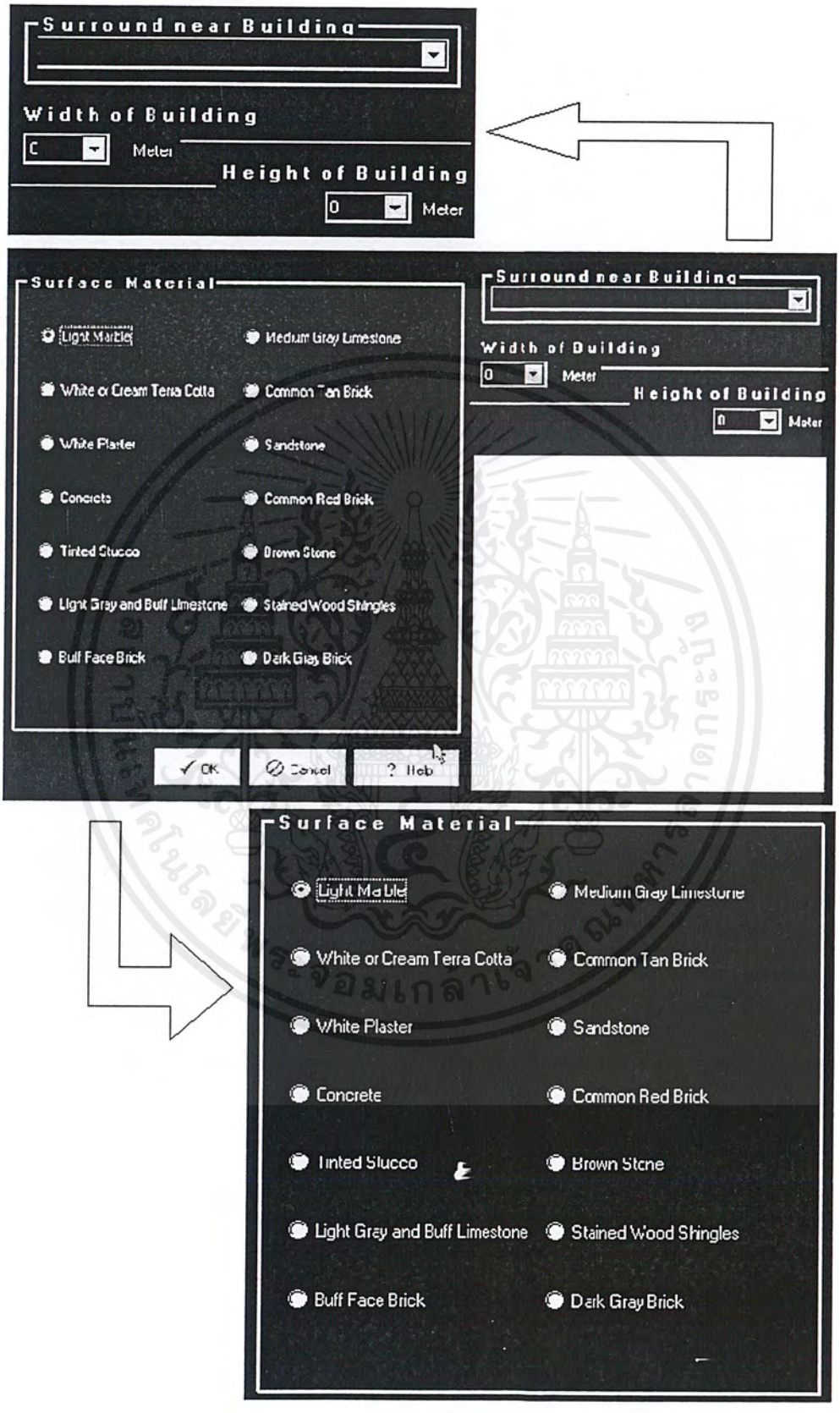
รูปที่ 3.18 ส่วนแรกของโปรแกรม

หลังจากเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะมีให้เลือกว่าเราจะทำการติดตั้งดวงไฟบนตึกอาคาร ป้ายโฆษณา หรือ สนามกีฬา

3.2.1 ตึกอาคาร (Building)

หลังจากเลือกส่วนของ Building จะมีลักษณะตามรูปที่ 3.19 ในที่นี้จะเป็นการเลือกพื้นผิวว่าเป็นแบบใด (Surface Material) เช่นพวก คอนกรีต อิฐ เป็นต้น ในรูปนี้จะเป็นการเลือกพื้นผิวแบบ Light Marble (หินอ่อน) หลังจากนั้นเราก็มาเลือกลักษณะของความสว่างรอบข้าง (Surround near Building) มีให้เลือกเป็นสว่างกับมืด ในที่นี้ทำการเลือกเป็น Dark (มืด) ต่อมาก็ทำการใส่ความสูงและความกว้างของตึกตรง Width of Building และ Height of Building ให้ครบ

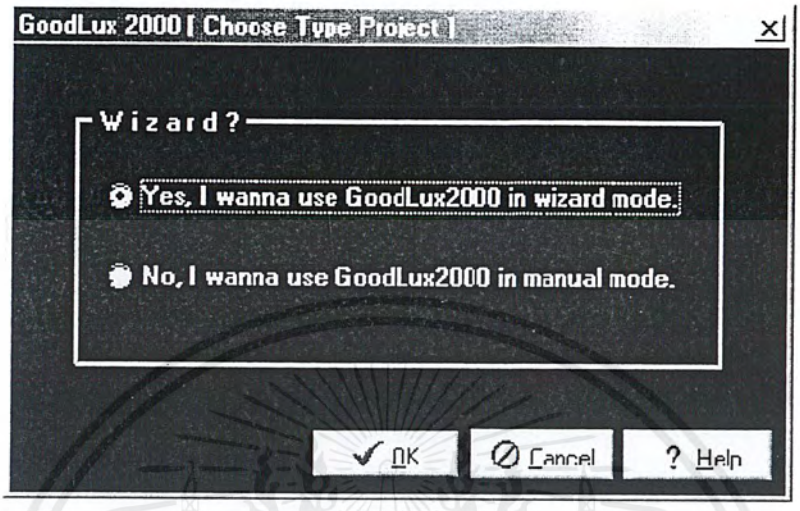
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.19 การเลือกรายละเอียดต่างๆของตึกอาคาร

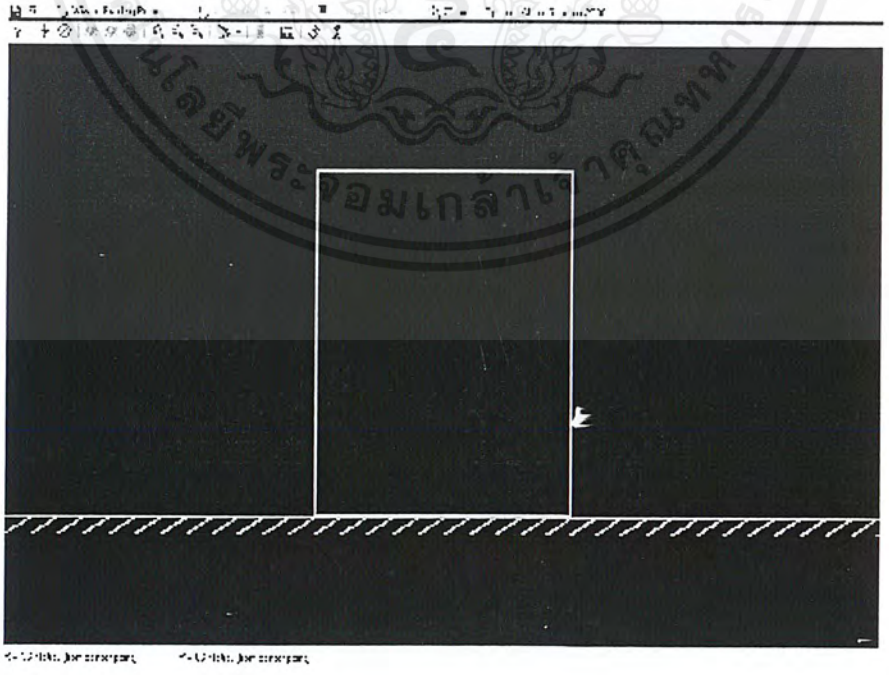
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสร็จแล้วก็ทำการเลือกว่าเราจะติดตั้งแบบ Wizard หรือแบบ Manual



รูปที่ 3.20 การเลือกใช้งานระหว่าง Manual กับ Wizard

เราเริ่มดูที่ส่วนของ Wizard ก่อนเข้ามาก็จะเป็นรูปตึกตามที่เราใส่ความสูงและความกว้างเข้าไป



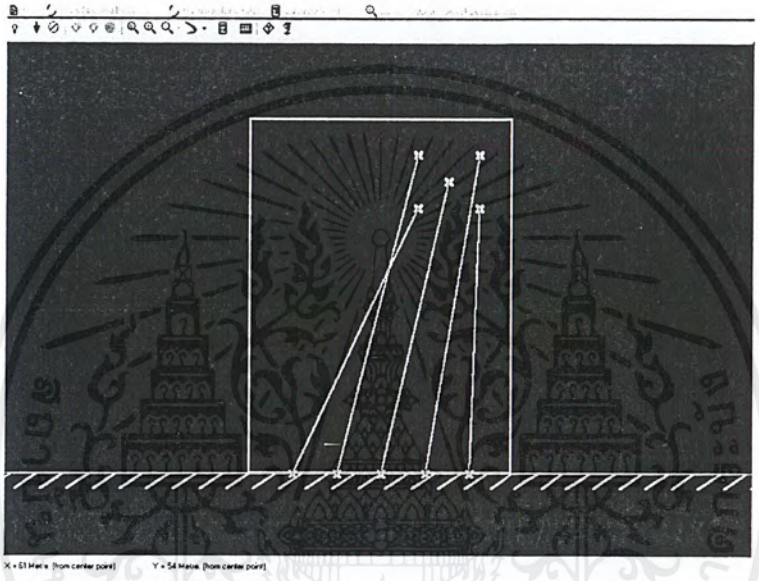
รูปที่ 3.21 รูปแบบ Wizard ของส่วนตึกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

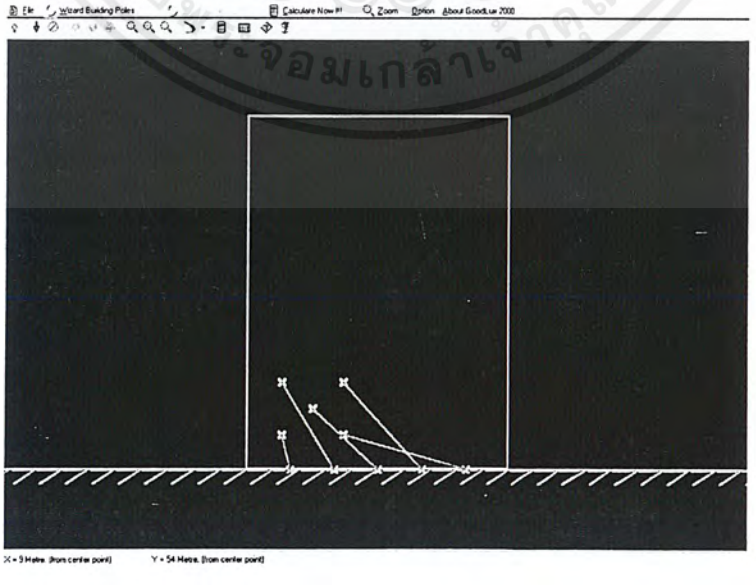
จะสังเกตว่าตรงคำว่า Wizard Building poles จะ enable อยู่ ให้เราเริ่มต้นเลือกรูปแบบ wizard ต่างๆ จากตรงนั้น (ถ้าเป็น manual ปุ่มนี้จะ disable ไว้)

โดย Wizard ของ Building นั้นจะแบ่งเป็น Zone type, Line type, Point type

1. **Zone type** จะแบ่งออกเป็น top left, top right, middle left, middle right, bottom left, bottom right



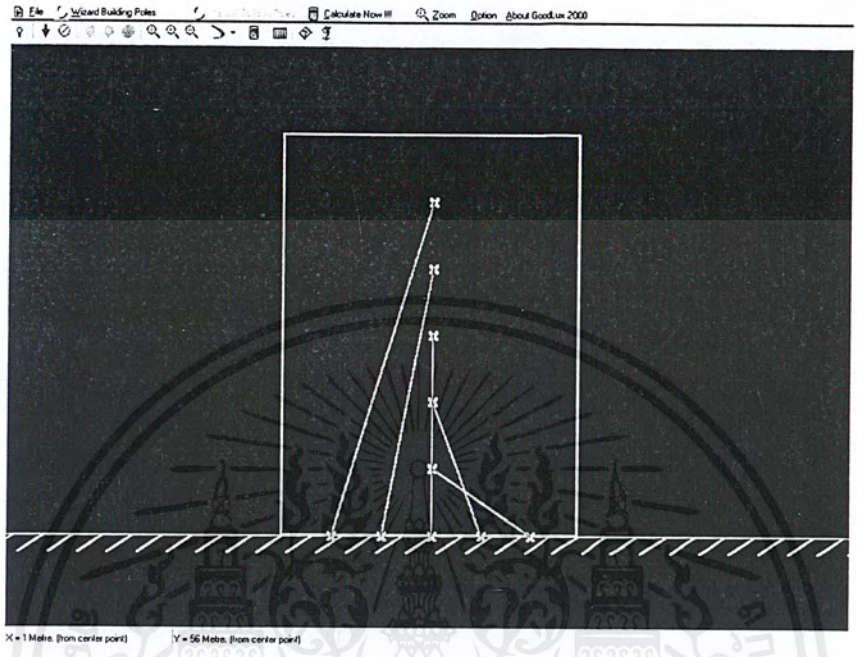
รูปที่ 3.22 ตัวอย่าง Zone type - top right



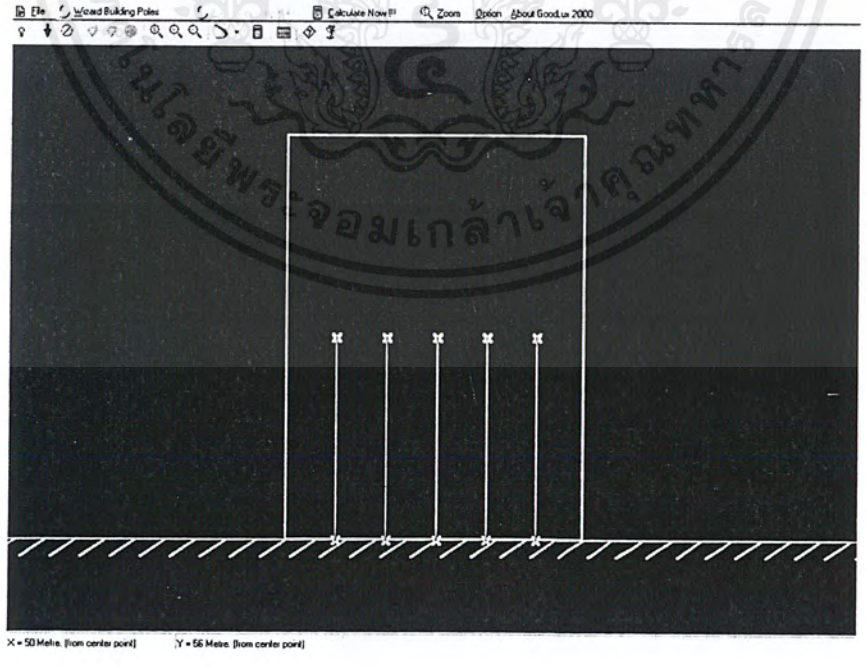
รูปที่ 3.23 ตัวอย่าง Zone type - bottom left

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **Line type** จะแบ่งออกเป็น Vertical (left, middle, right), Horizon (top, middle, bottom)



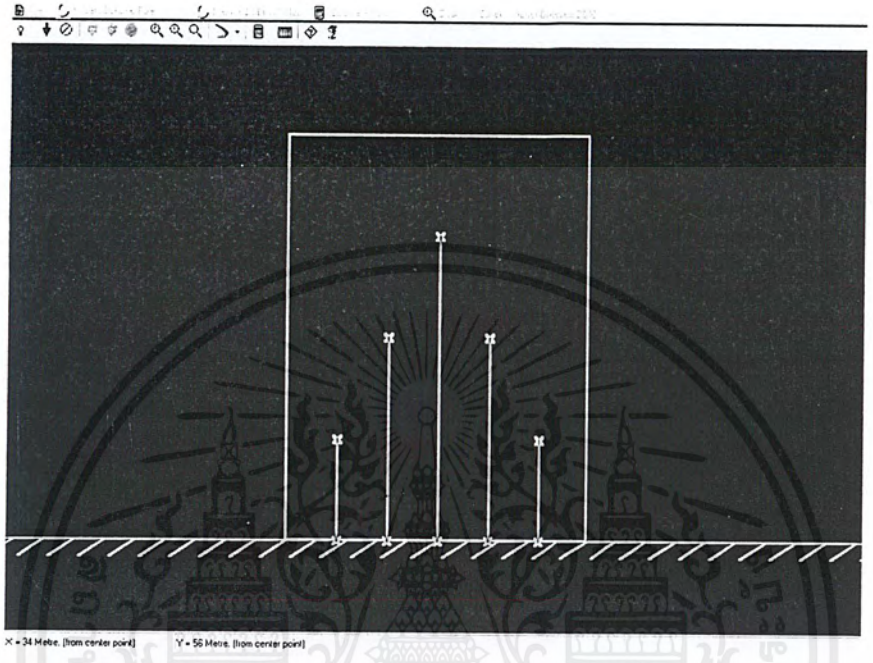
รูปที่ 3.24 ตัวอย่าง Line type - vertical middle



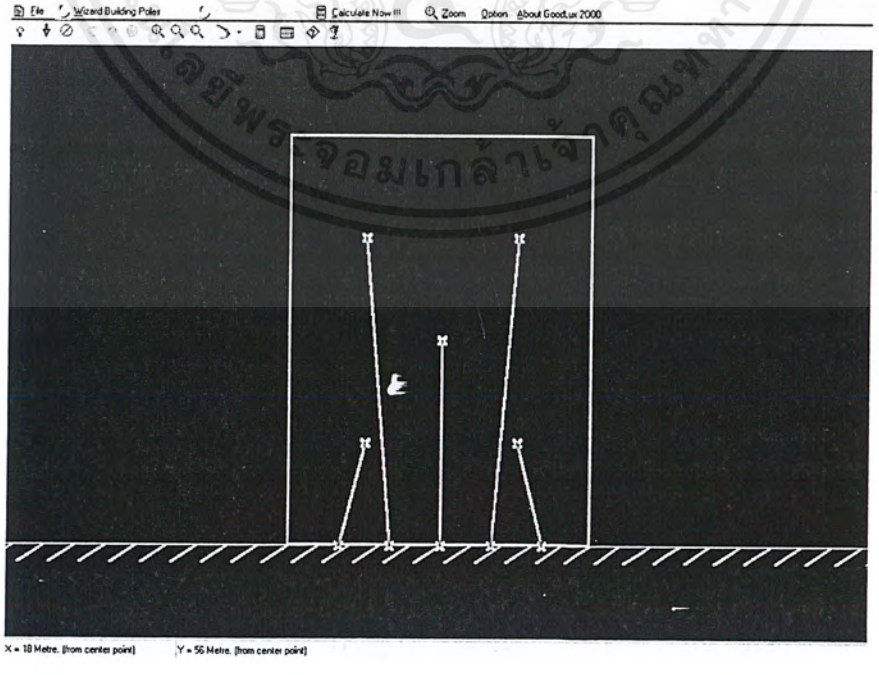
รูปที่ 3.25 ตัวอย่าง Line type - horizon middle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **Point type** จะแบ่งออกเป็น Triangle up, Triangle down, Cross, Diamond, Square, Pentagon up, Pentagon down



รูปที่ 3.26 ตัวอย่าง Point type - triangle up



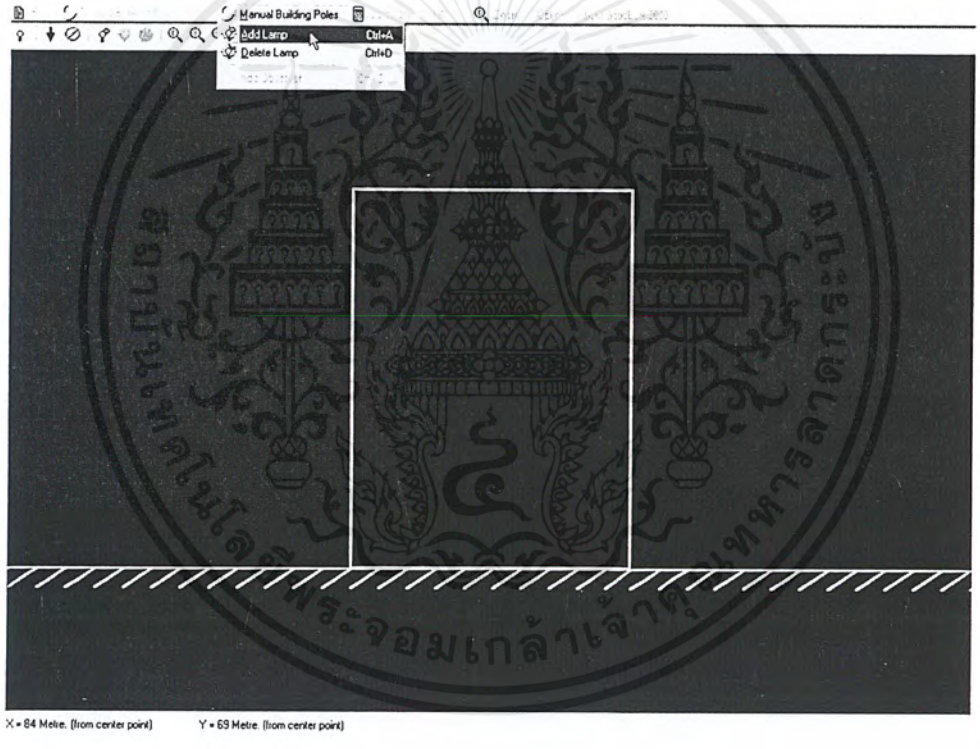
รูปที่ 3.27 ตัวอย่าง Point type - cross

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเป็นส่วนของ Manual คือเราจะทำการติดตั้งดวงไฟเอง ในโหมดนี้จะเหมาะสำหรับผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการออกแบบและติดตั้งโคมฉายเป็นอย่างดี

มีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

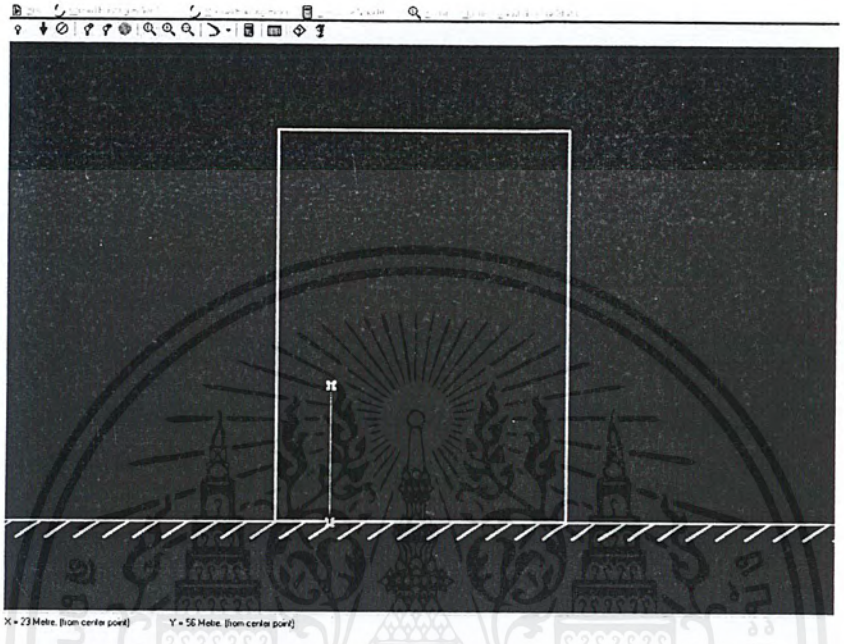
- หลังจากที่เราเลือกโหมดมาเป็นแบบ manual แล้ว
- ทำการติดตั้งดวงโคมโดยกดที่ปุ่ม "add lamp" ซึ่งมีลักษณะดังรูป



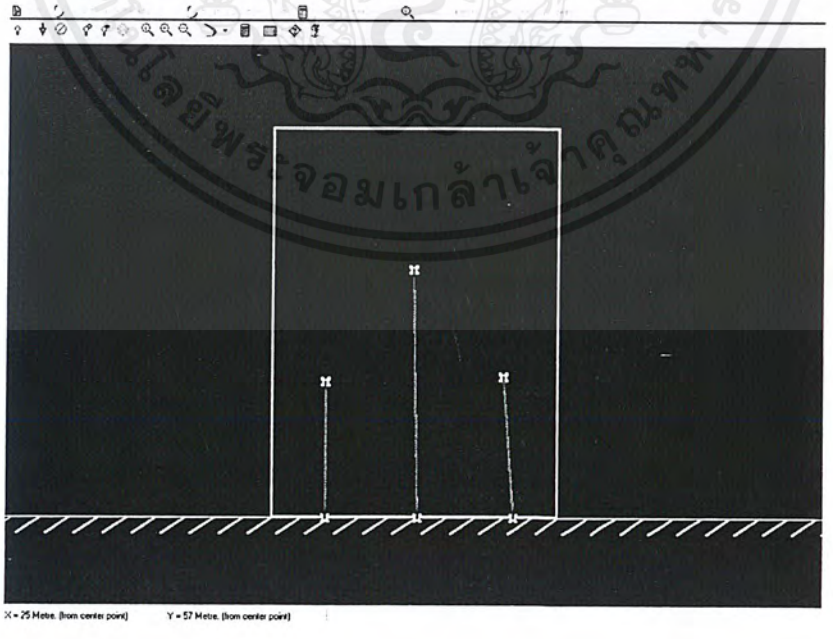
รูปที่ 3.28 การติดตั้ง Building แบบ Manual ขั้นแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกตำแหน่งวางดวงโคม โดยจุดสีเขียวแทนตำแหน่งโคมฉาย จุดสีขาวเป็นจุดที่เราเล็งโคมฉาย และมีเส้นสีน้ำเงินแสดงแนวแสงจากโคมฉายไปยังจุดเล็ง



รูปที่ 3.29 ตัวอย่างการวางดวงโคมแบบ Manual ของตึกอาคาร (Building)

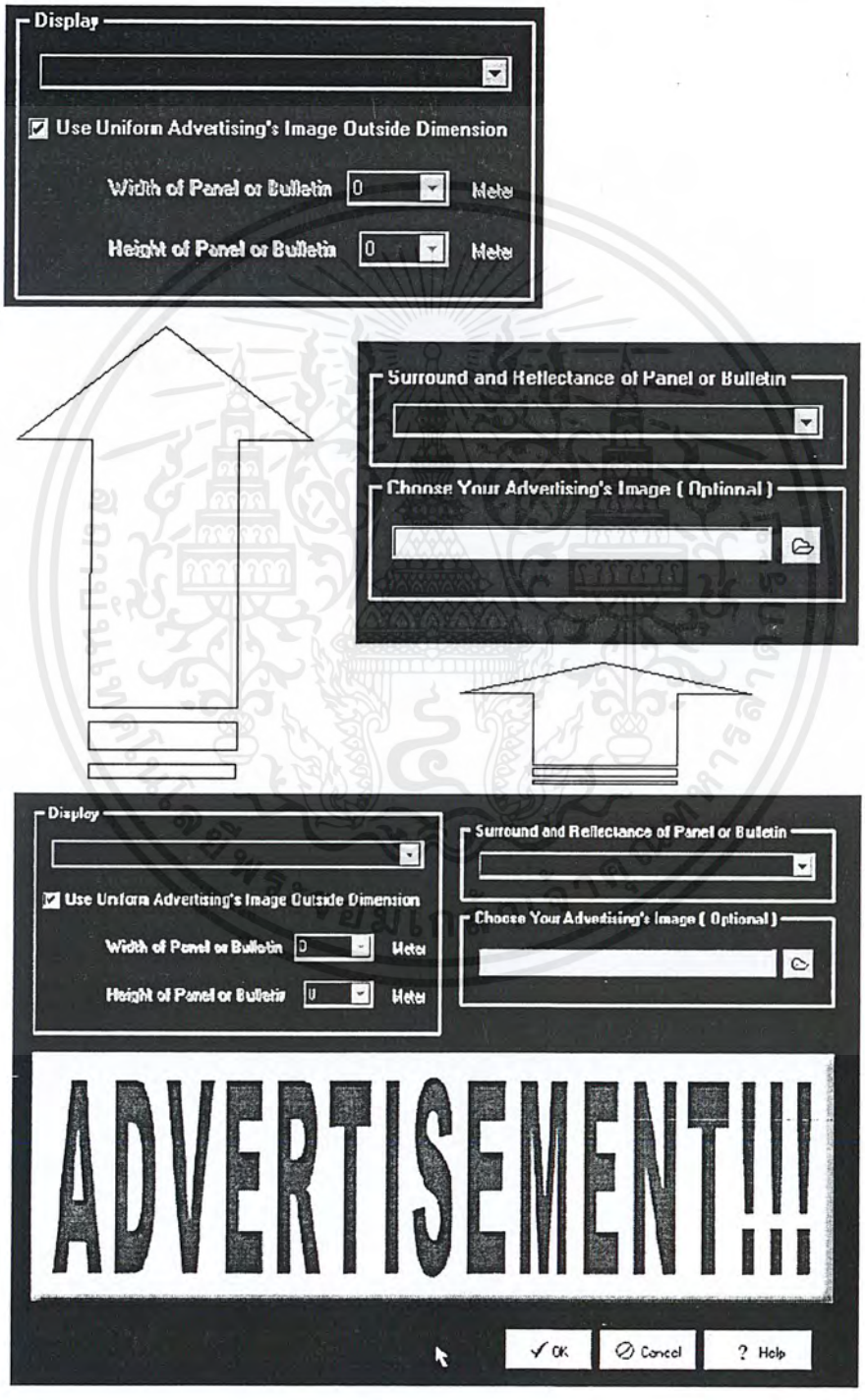


รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการใช้งาน Manual Mode ของตึกอาคาร (Building)ที่เสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ป้ายโฆษณา (Poster Panel & Painted Bulletin)

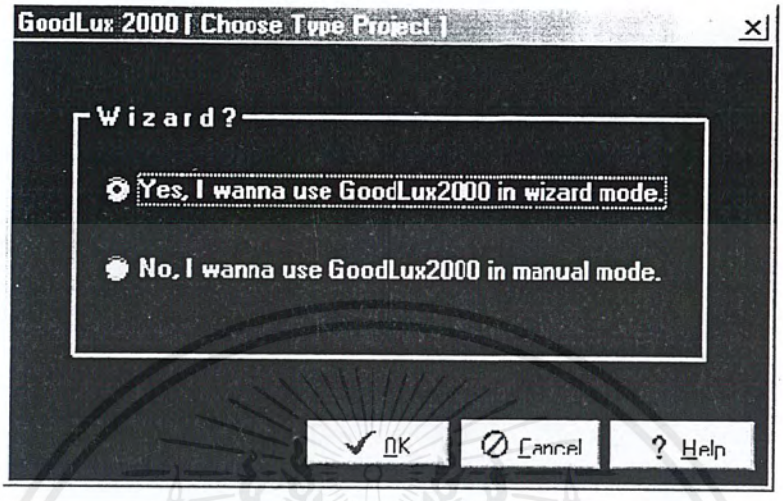
ในส่วนของป้ายโฆษณานี้จะให้เราเลือกว่าเป็น Poster Panel หรือ Painted Bulletin หลังจากเลือกแล้ว ให้เลือกความสว่างของบริเวณรอบข้าง และเลือกว่าสะท้อนแสงได้ดีหรือไม่



รูปที่ 3.31 ส่วนแรกของ Poster Panel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

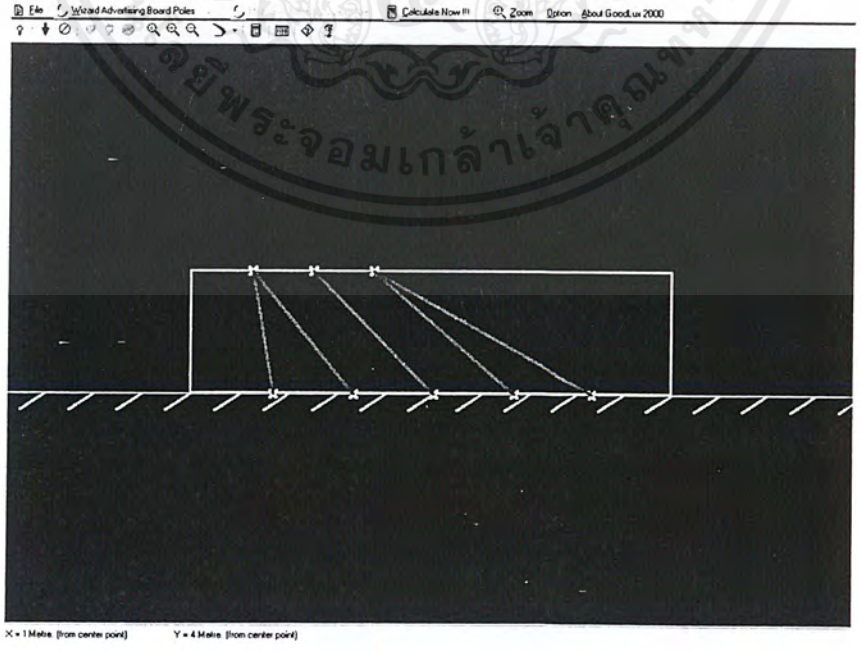
ต่อมาให้ทำการเลือกว่าจะติดตั้งแบบ Wizard หรือ Manual



รูปที่ 3.32 การเลือกใช้งานระหว่าง Wizard กับ Manual

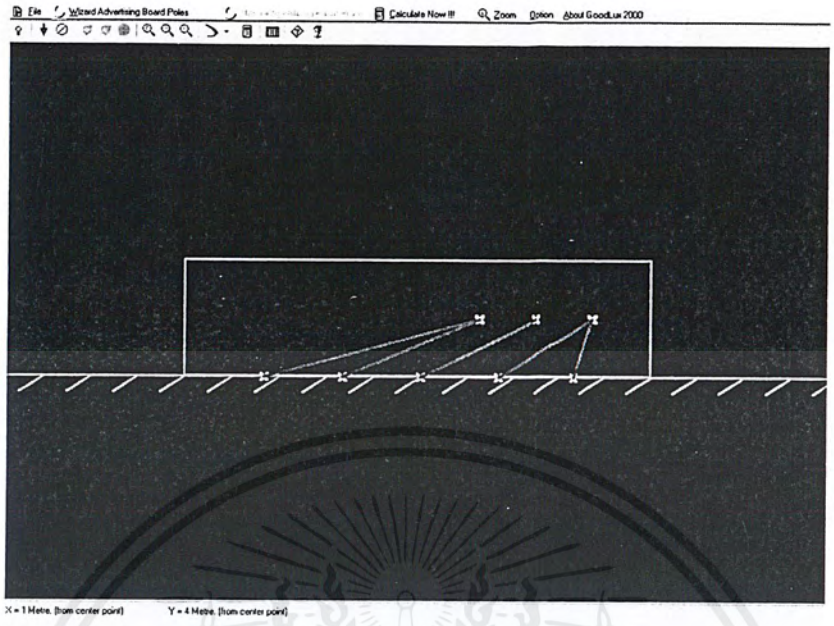
ในส่วนของ Wizard นี้สามารถแบ่งการติดตั้งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. **Zone Type** แบ่งออกเป็น top left, top right, middle left, middle right, bottom left, bottom right



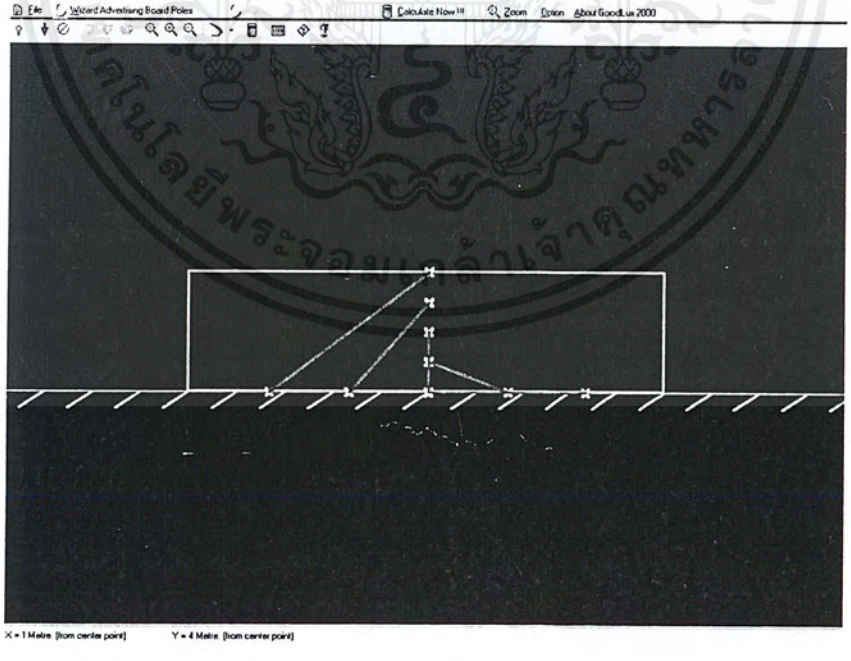
รูปที่ 3.33 ตัวอย่าง Zone type - top left

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



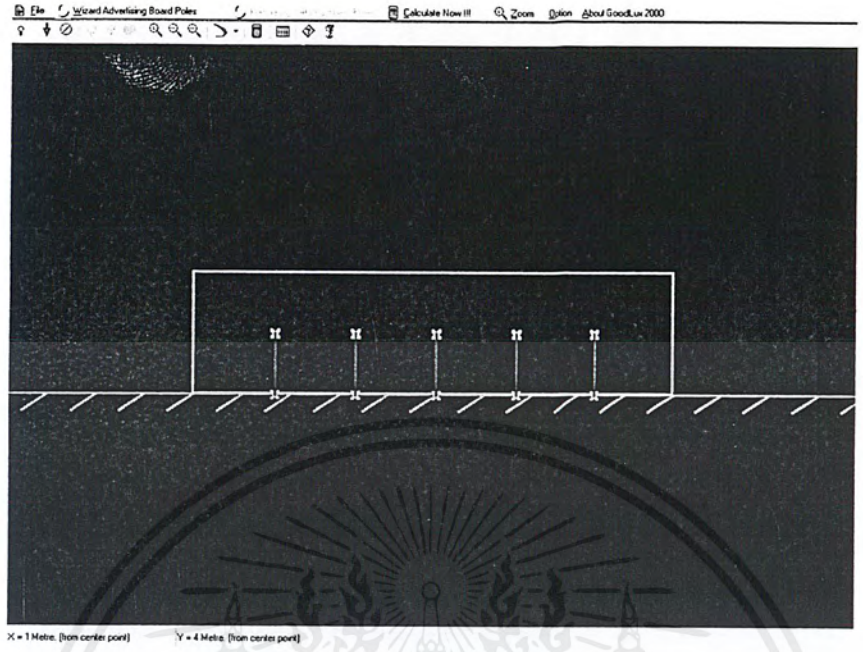
รูปที่ 3.34 ตัวอย่าง Zone type - middle right

2. **Line type** แบ่งออกเป็น vertical right, middle, left และ horizon right, middle, left



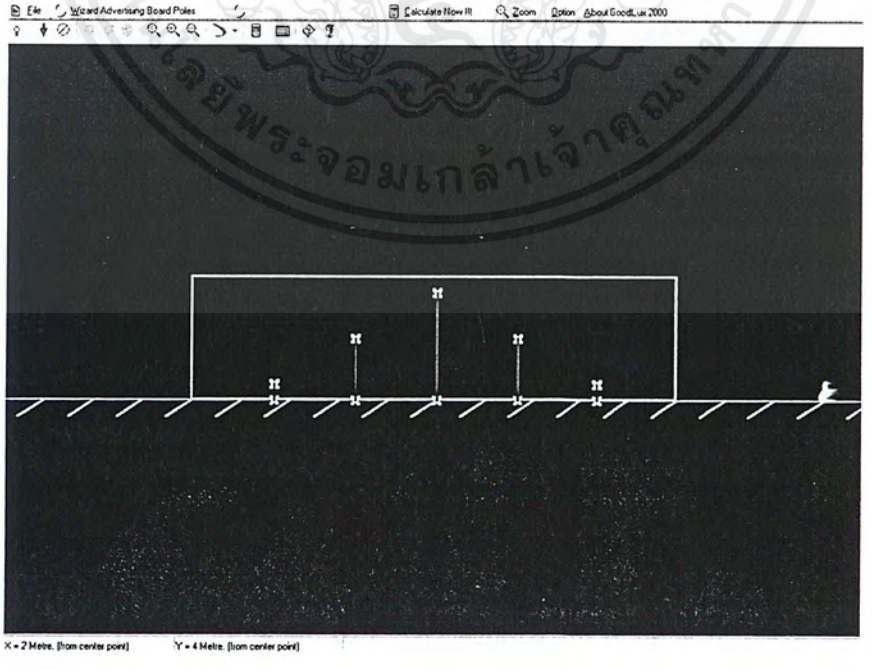
รูปที่ 3.35 ตัวอย่าง Line type - vertical middle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



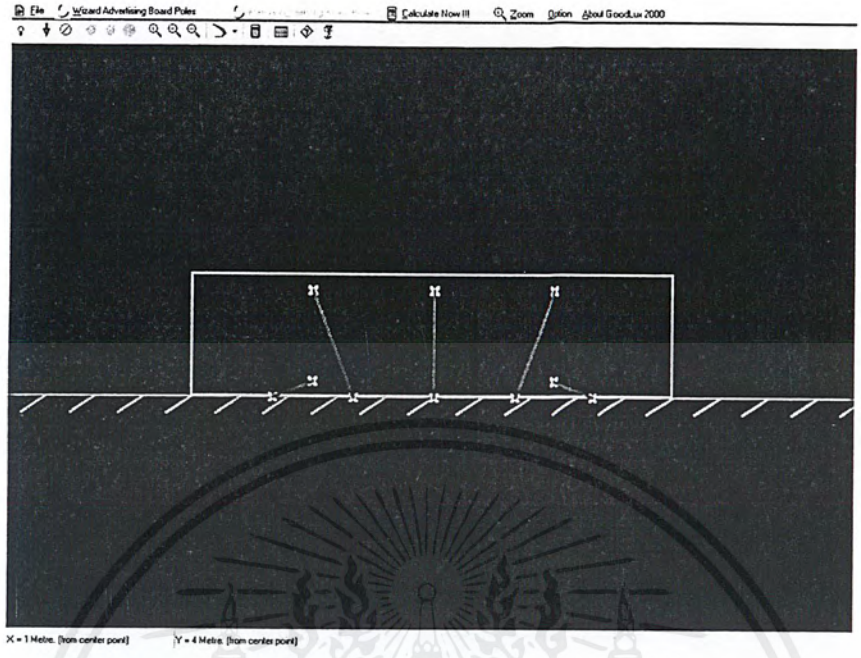
รูปที่ 3.36 ตัวอย่าง Line type - horizon middle

3. **Point type** แบ่งออกเป็น triangle up, triangle down, cross, diamond, square, pentagon up, pentagon down



รูปที่ 3.37 ตัวอย่าง Point type - triangle up

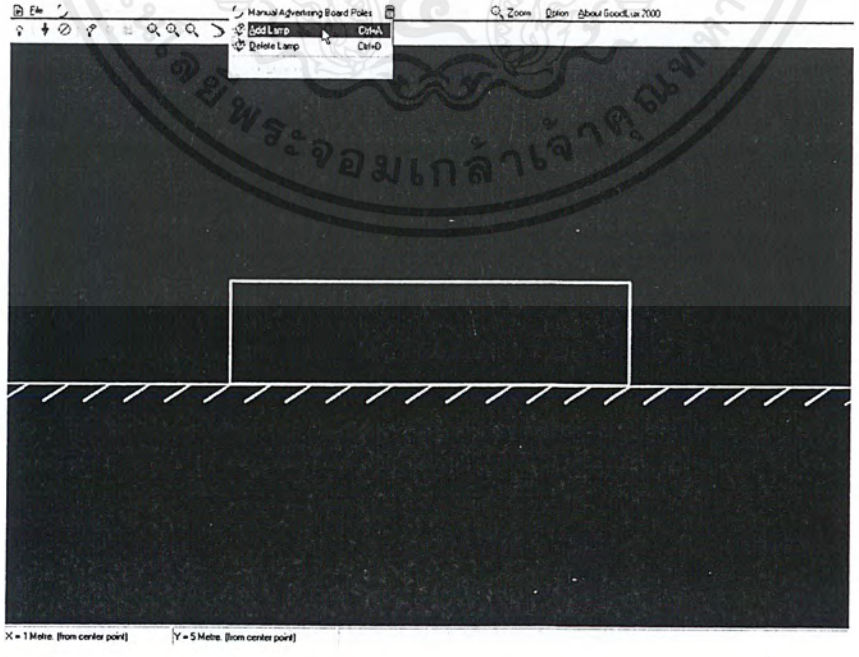
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 ตัวอย่าง Point type – square

ต่อมาเป็นส่วนของ Manual คือเราจะทำการติดตั้งดวงไฟเอง

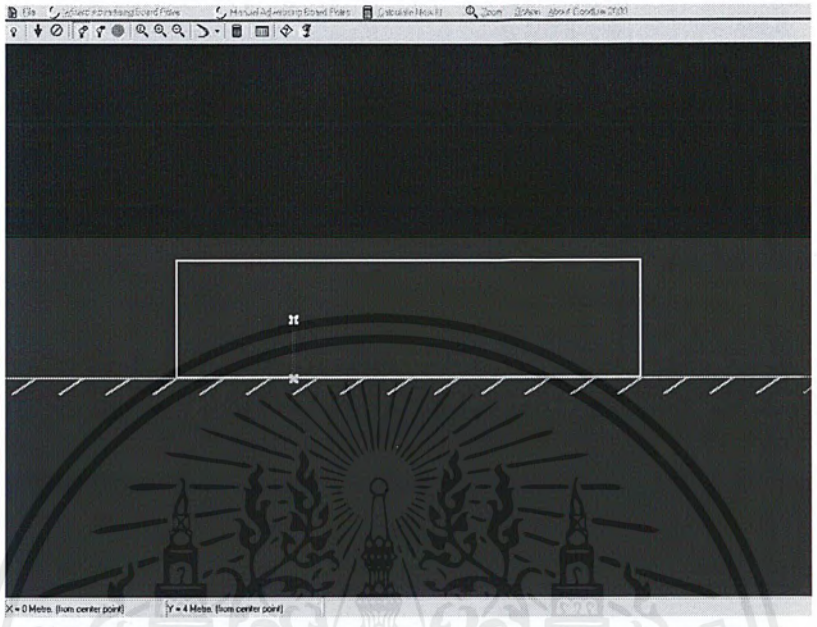
- ทำการติดตั้งดวงโคมโดยกดที่ปุ่ม "Add lamp" ดังรูป



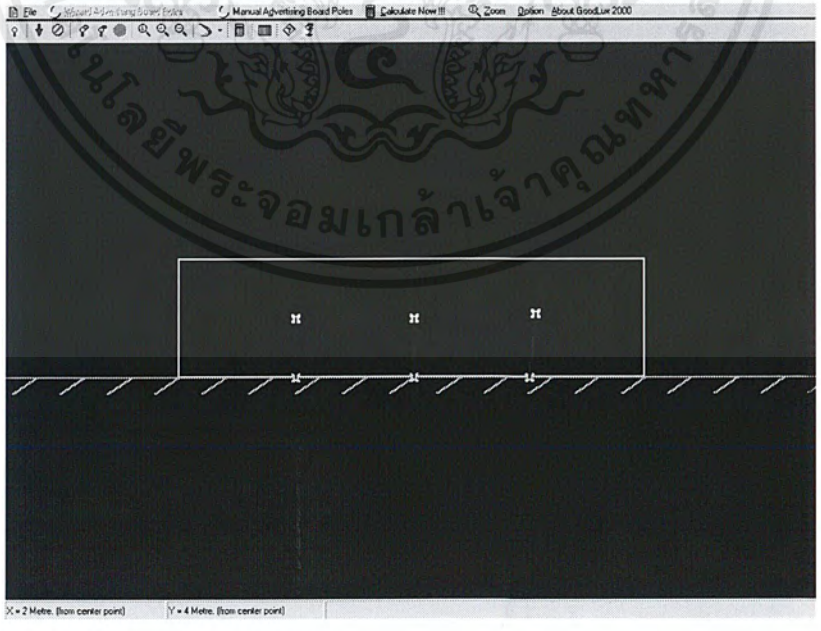
รูปที่ 3.39 การติดตั้ง Poster Panel แบบ Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกตำแหน่งวางดวงโคม



รูปที่ 3.40 ตัวอย่างการวางดวงโคมแบบ Manual ของป้ายโฆษณา (Poster panel & Painted bulletin)



รูปที่ 3.41 ตัวอย่างการใช้งานแบบ Manual ของป้ายโฆษณา (Poster panel & Painted bulletin) ที่เสร็จเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

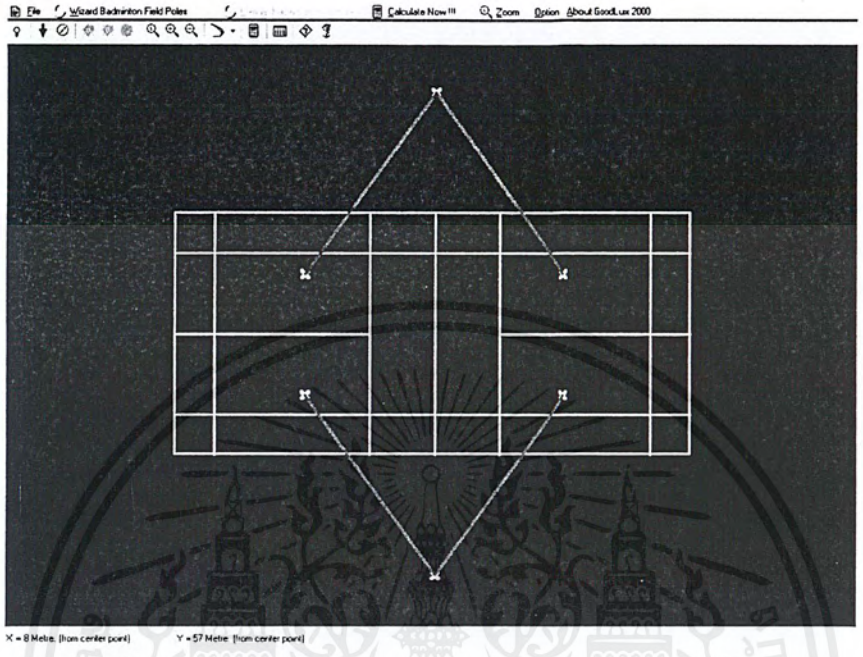
3.2.3 สนามกีฬา (Sport field)

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย Badminton, Tennis, Soccer, Swimming, Basketball, Boxing, Football และ Volleyball ให้เราเลือกทำการติดตั้ง ดังรูปที่ 3.42

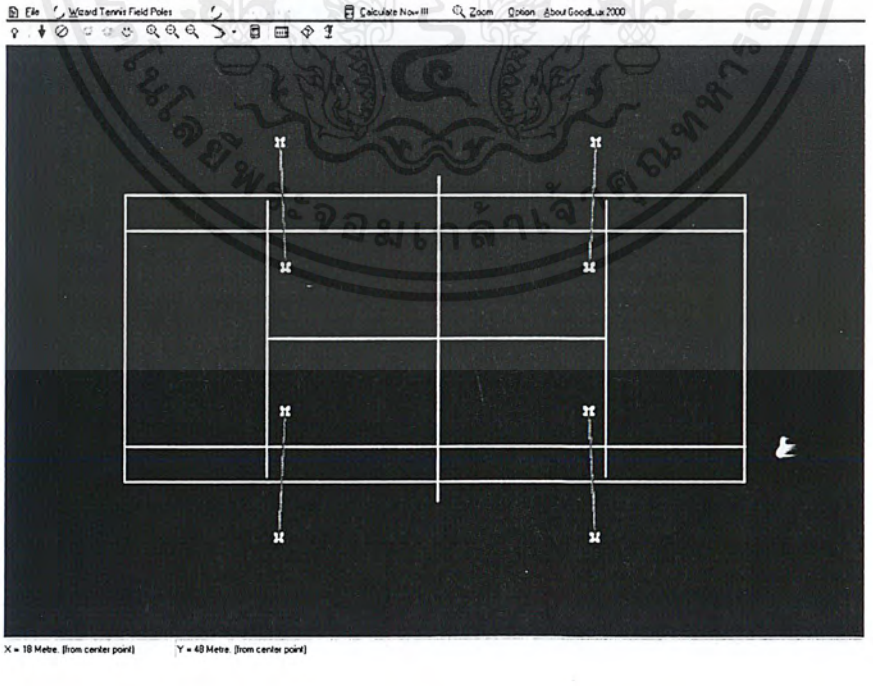
รูปที่ 3.42 เลือกชนิดของสนามกีฬา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการติดตั้งของ Wizard ของสนามกีฬาแบบต่างๆ

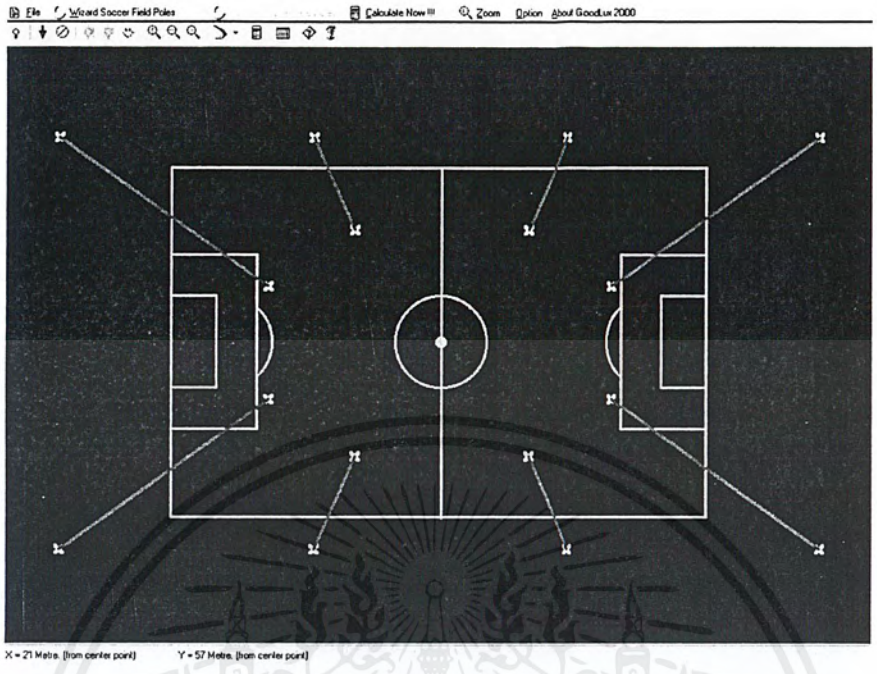


รูปที่ 3.43 ตัวอย่าง Badminton field

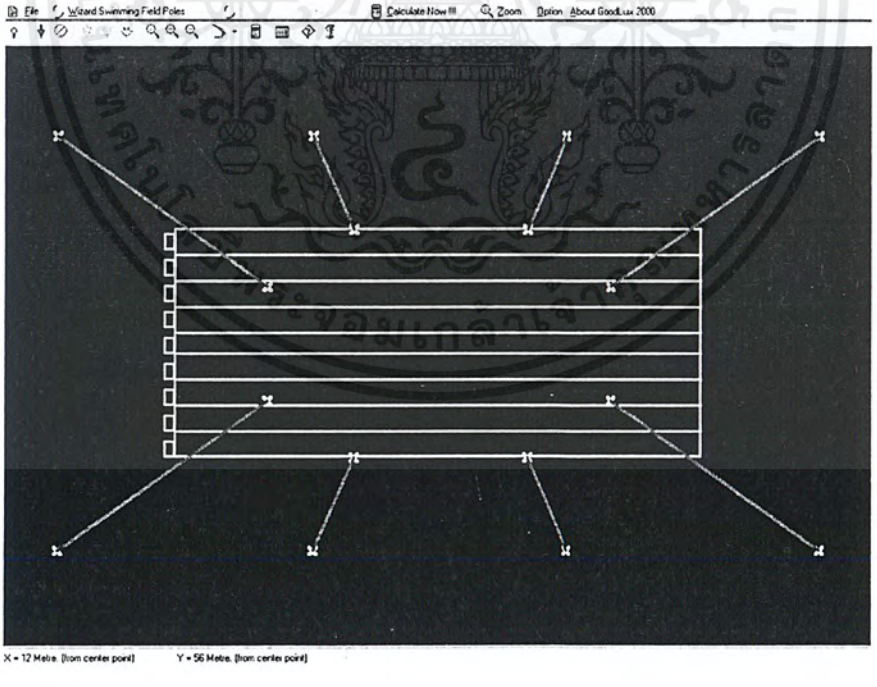


รูปที่ 3.44 ตัวอย่าง Tennis field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

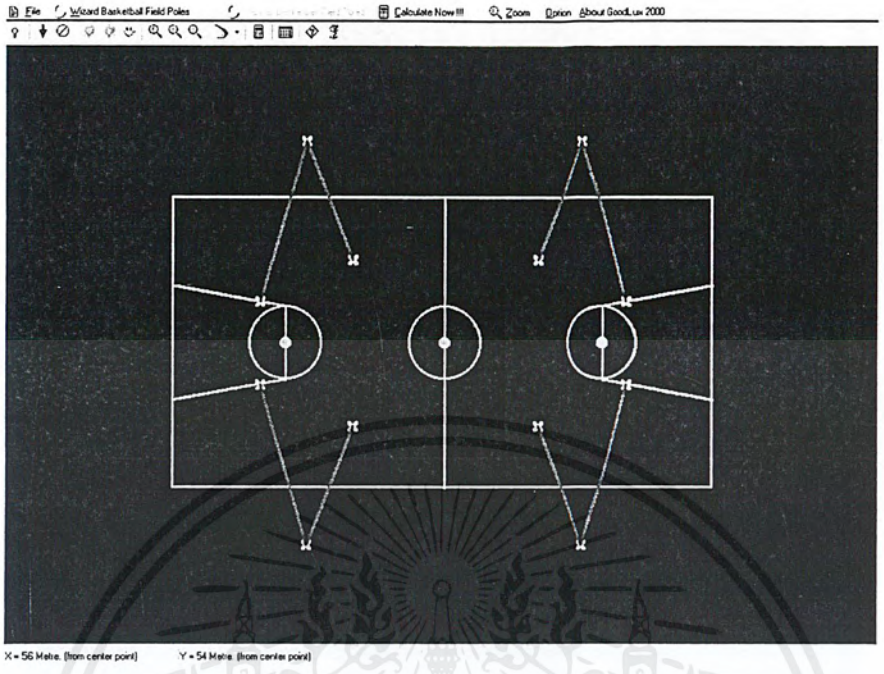


รูปที่ 3.45 ตัวอย่าง Soccer field

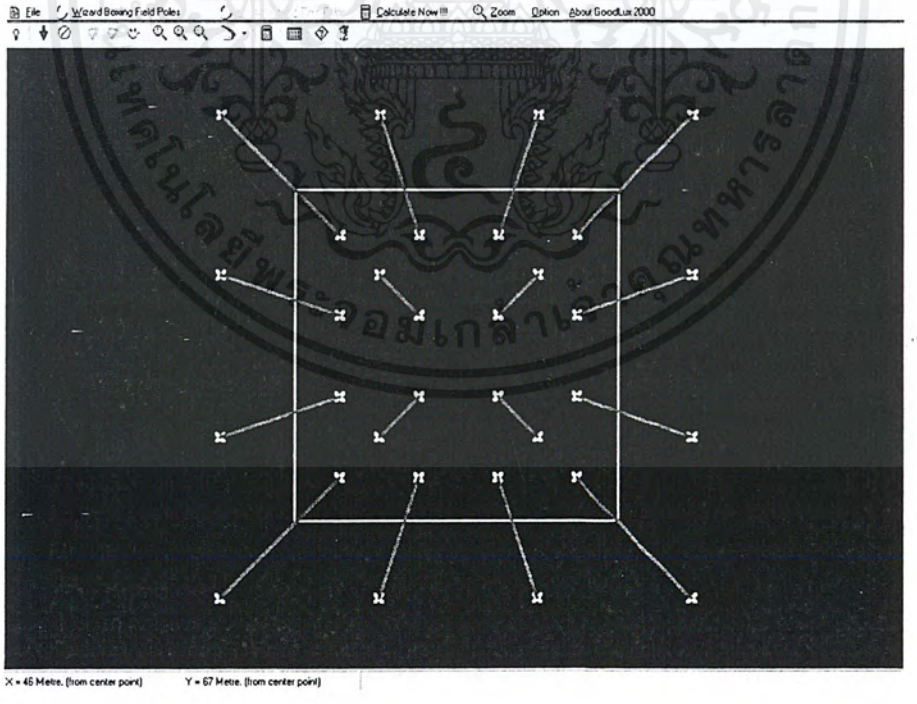


รูปที่ 3.46 ตัวอย่าง Swimming pool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

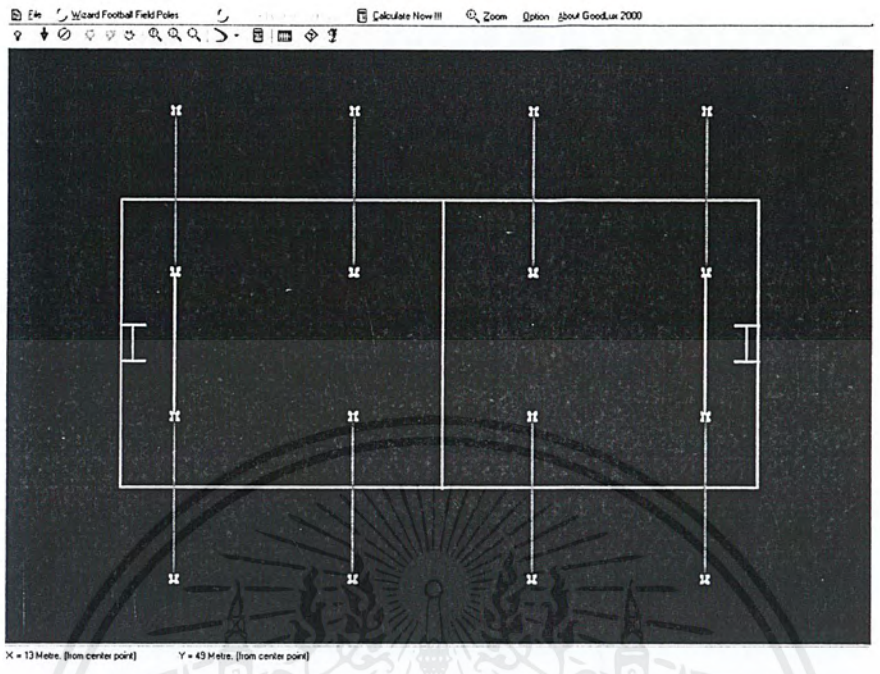


รูปที่ 3.47 ตัวอย่าง Basketball

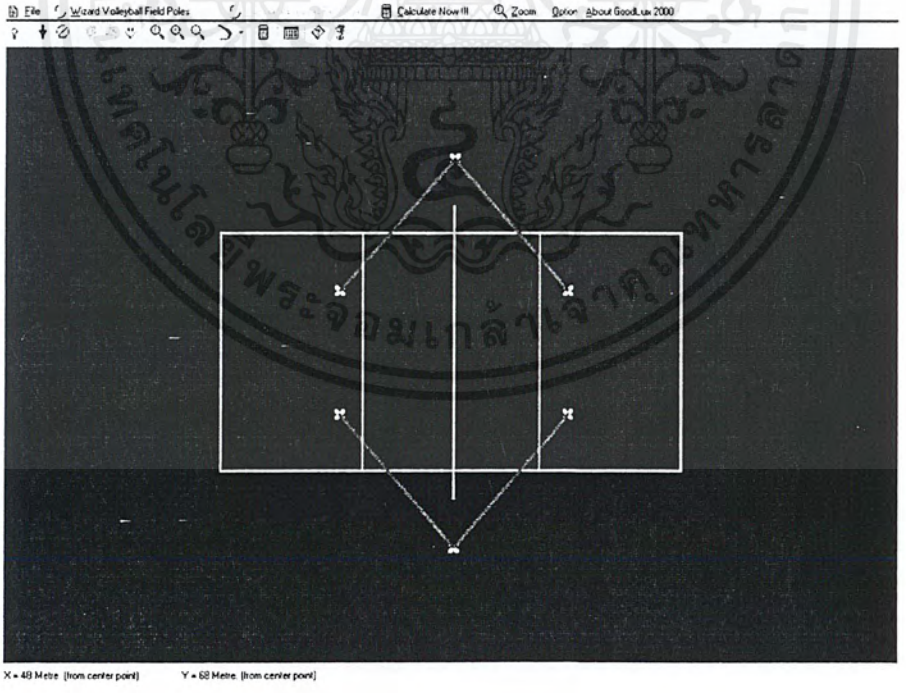


รูปที่ 3.48 ตัวอย่างสนาม Boxing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.49 ตัวอย่าง Football field



รูปที่ 3.50 ตัวอย่าง Volleyball Gym

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

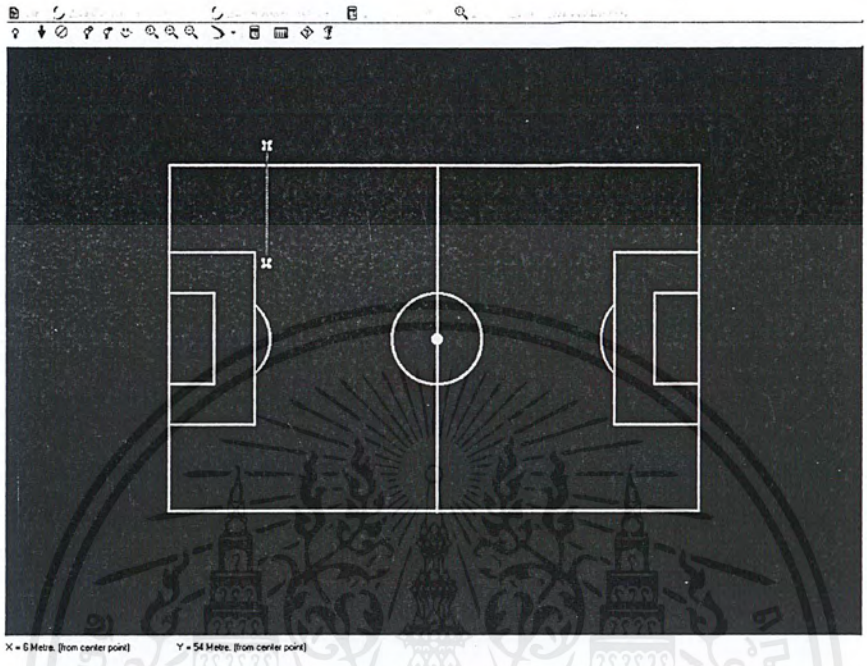
ต่อมาเป็นส่วนของ Manual คือเราจะทำการติดตั้งดวงไฟเอง ในที่นี้เลือกสนามฟุตบอลมาเป็นตัวอย่าง

- ทำการติดตั้งดวงโคมโดยกดที่ปุ่ม "Add lamp" ดังรูป

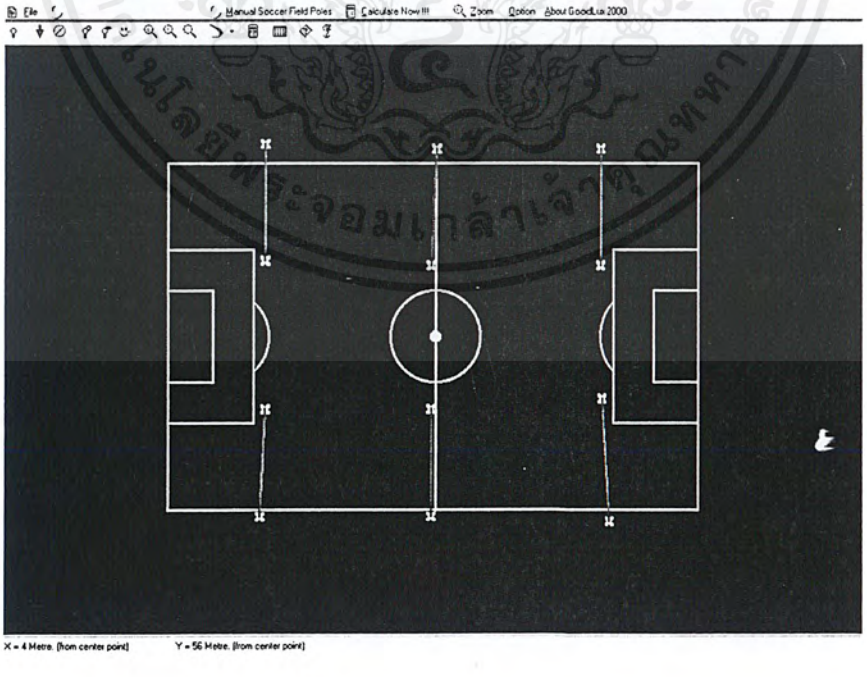
รูปที่ 3.51 ตัวอย่างการติดตั้งแบบ Manual (ในที่นี้ใช้สนาม Soccer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกตำแหน่งวางดวงโคม



รูปที่ 3.52 ตัวอย่างการวางโคมแบบ Manual ของสนามกีฬา (Sport Field)

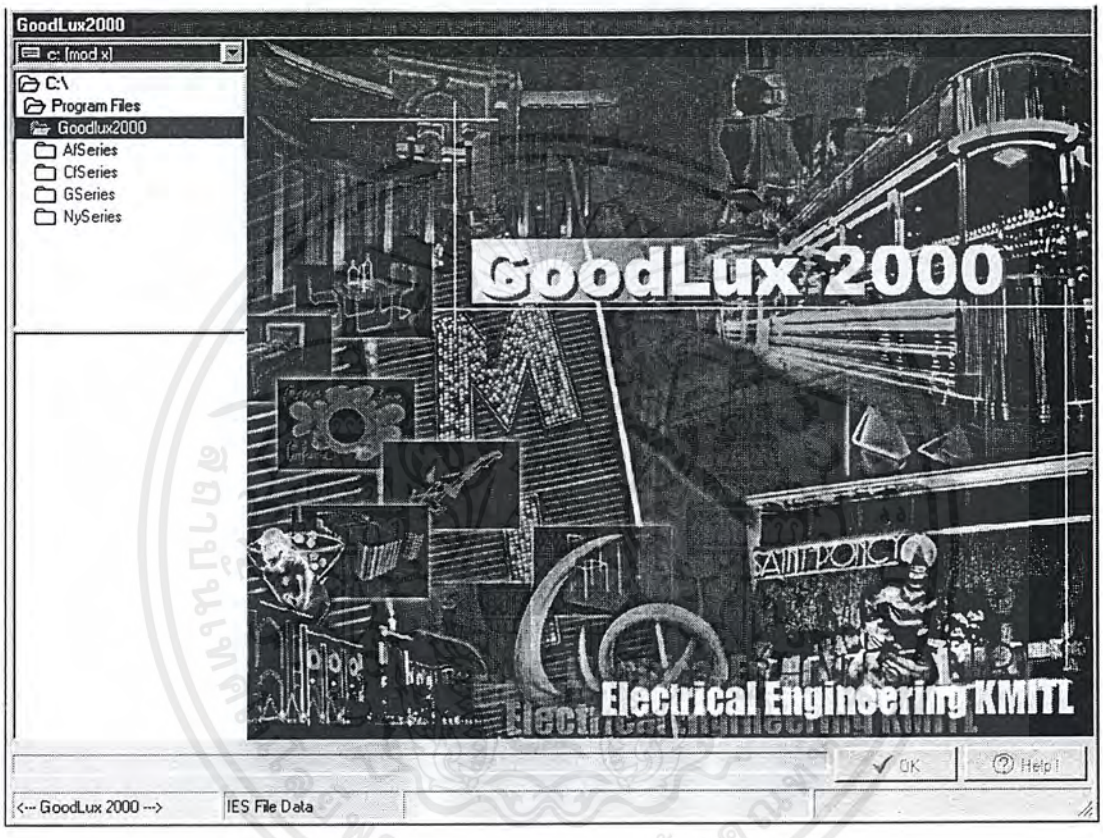


รูปที่ 3.53 ตัวอย่างการติดตั้งแบบ Manual ของสนามกีฬา (Sport Field)
ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การเลือกข้อมูล IES Files ของดวงโคม

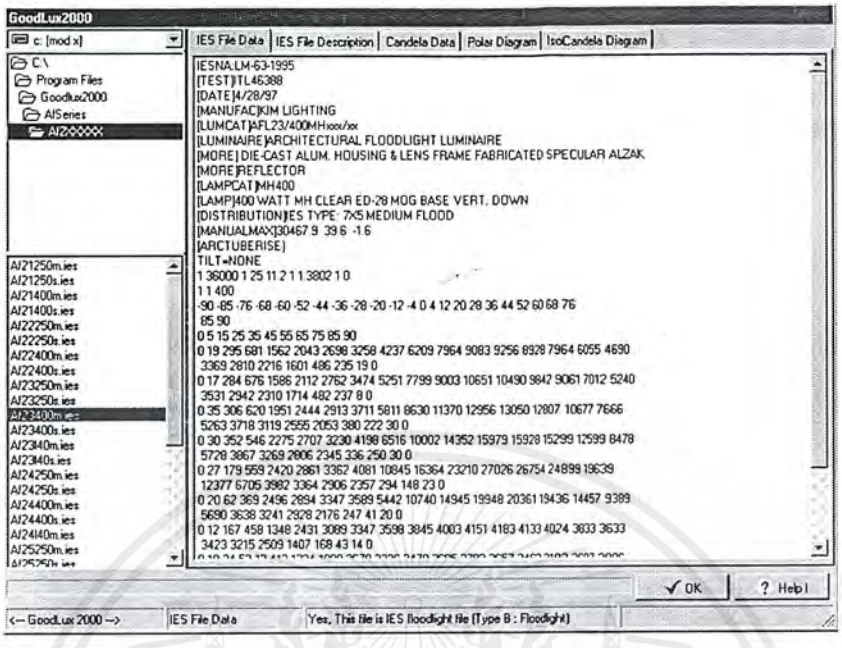
ระหว่างที่เราทำการติดตั้งดวงโคม เราสามารถทำการเลือก IES Files ได้ โดยให้เรา browse ไปยัง IES Files ที่เราต้องการจะใช้ซึ่งอาจได้มาจาก Internet หรือ อื่นๆ ดังรูป



รูปที่ 3.54 การเลือก IES Files

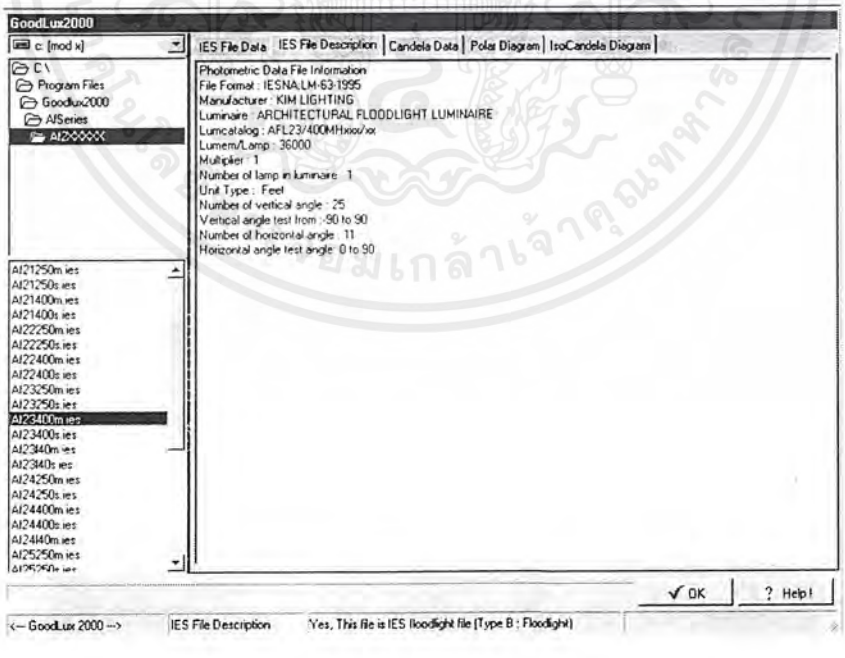
IES Files Data เป็นรูปแบบ File มาตรฐานที่ได้มาจากบริษัทผู้ผลิตโคมฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.55 IES Files Data

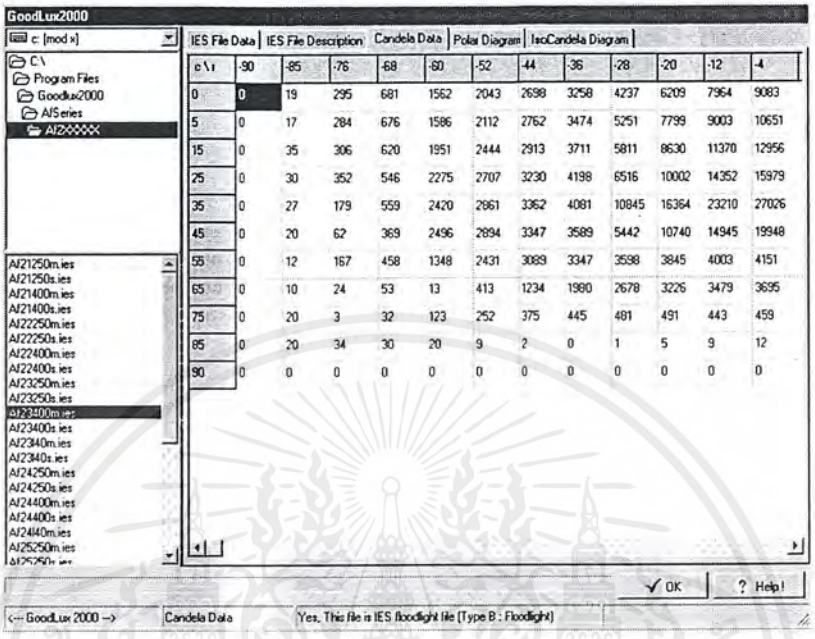
IES Files Description เป็นการนำเอา IES Files Data มาแปลให้อ่านเข้าใจง่ายขึ้น



รูปที่ 3.56 IES Files Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Candela Data เป็นการแสดงค่า Gamma ต่อมุม C Plane

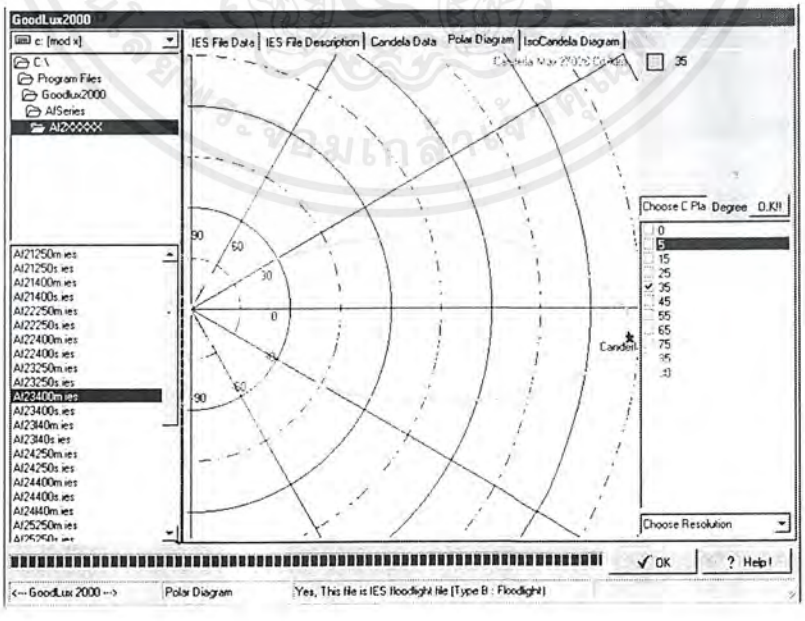


c \ γ	-90	-85	-76	-68	-60	-52	-44	-36	-28	-20	-12	-4
0	0	19	295	681	1562	2043	2698	3258	4237	6209	7964	9083
5	0	17	284	676	1586	2112	2762	3474	5251	7799	9003	10651
15	0	35	306	620	1951	2444	2913	3711	5811	8630	11370	12956
25	0	30	352	546	2275	2707	3230	4198	6516	10002	14352	15979
35	0	27	179	559	2420	2861	3362	4081	10845	16364	23210	27026
45	0	20	62	369	2496	2894	3347	3589	5442	10740	14945	19948
55	0	12	167	458	1348	2431	3089	3347	3598	3845	4003	4151
65	0	10	24	53	13	413	1234	1980	2678	3226	3479	3695
75	0	20	3	32	123	252	375	445	481	491	443	459
85	0	20	34	30	20	9	2	0	1	5	9	12
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AI21250m.ies
AI21250s.ies
AI21400m.ies
AI21400s.ies
AI22250m.ies
AI22250s.ies
AI22400m.ies
AI22400s.ies
AI23250m.ies
AI23250s.ies
AI23400m.ies
AI23400s.ies
AI2340m.ies
AI2340s.ies
AI24250m.ies
AI24250s.ies
AI24400m.ies
AI24400s.ies
AI2440m.ies
AI25250m.ies

รูปที่ 3.57 Candela Data

Polar Diagram เป็นการนำเอาค่าต่างๆมา Plot ลงเป็นกราฟในรูปของ Polar Diagram

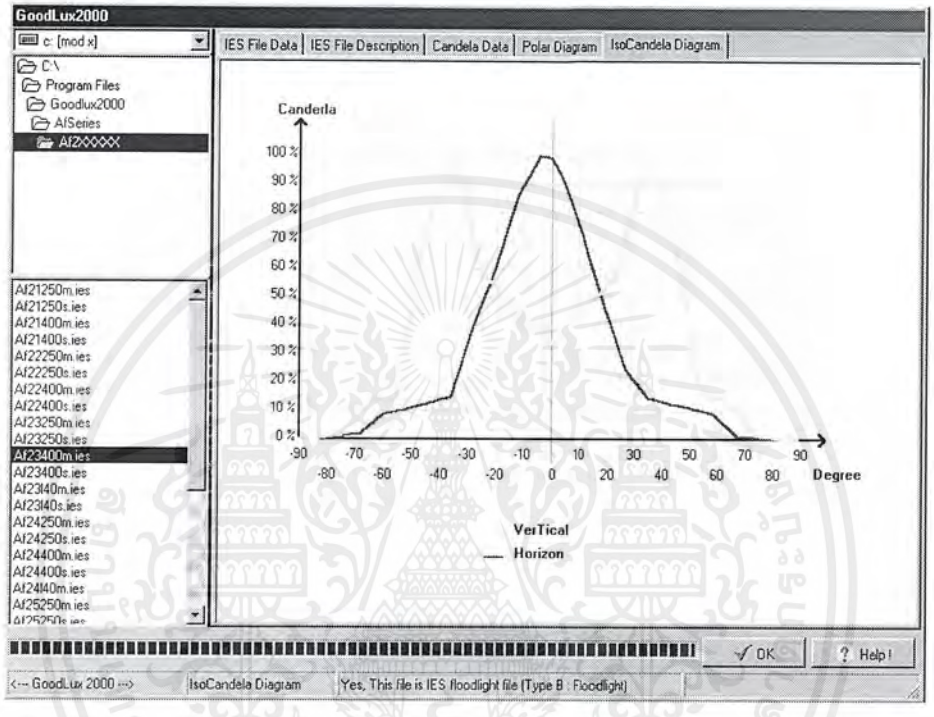


AI21250m.ies
AI21250s.ies
AI21400m.ies
AI21400s.ies
AI22250m.ies
AI22250s.ies
AI22400m.ies
AI22400s.ies
AI23250m.ies
AI23250s.ies
AI23400m.ies
AI23400s.ies
AI2340m.ies
AI2340s.ies
AI24250m.ies
AI24250s.ies
AI24400m.ies
AI24400s.ies
AI2440m.ies
AI25250m.ies

รูปที่ 3.58 ตัวอย่าง Polar Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Isocandela Diagram เป็นการนำค่าต่างๆมา Plot เป็นกราฟในรูปแบบของ Isocandela Diagram



รูปที่ 3.59 Isocandela Diagram

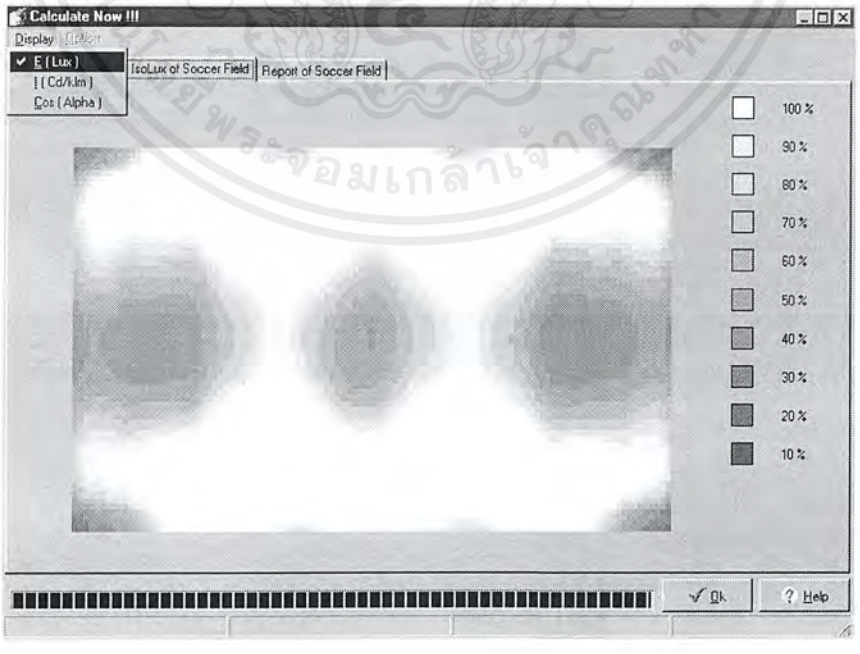
3.2.5 การคำนวณ (Calculation)

หลังจากเราทำการติดตั้งดวงโคมเสร็จเรียบร้อยแล้วเราก็ทำการคำนวณโดยกดปุ่ม Calculate Now! ซึ่งในหน้าแรกจะเป็นการแสดงค่า Lux ในแต่ละจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

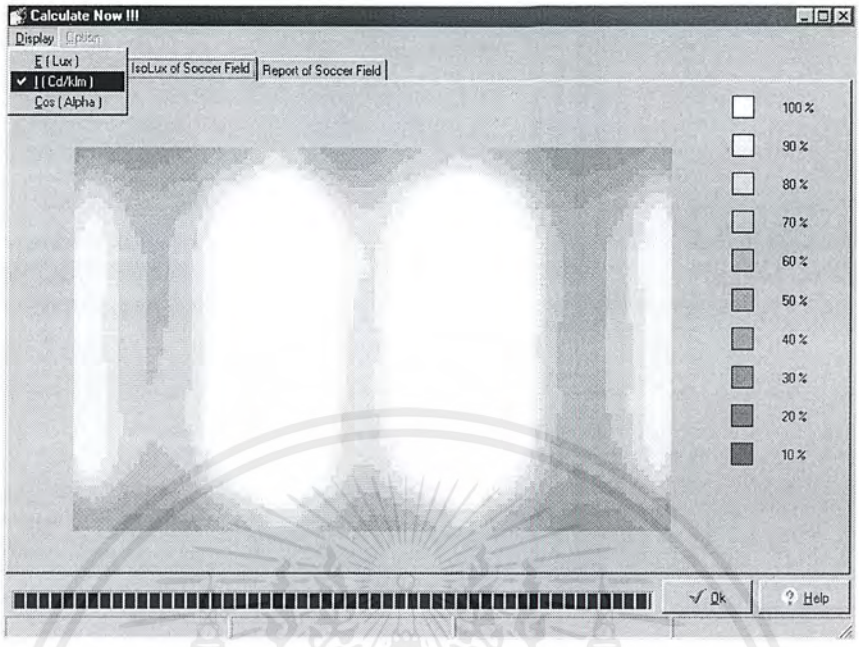
รูปที่ 3.60 ค่า Lux ในแต่ละจุด (Point by Point)

ในหน้าต่อมาจะเป็นการแสดงค่า Isolux ซึ่งสามารถพิจารณาได้ทั้งในรูปแบบของ E, I และ Cos.

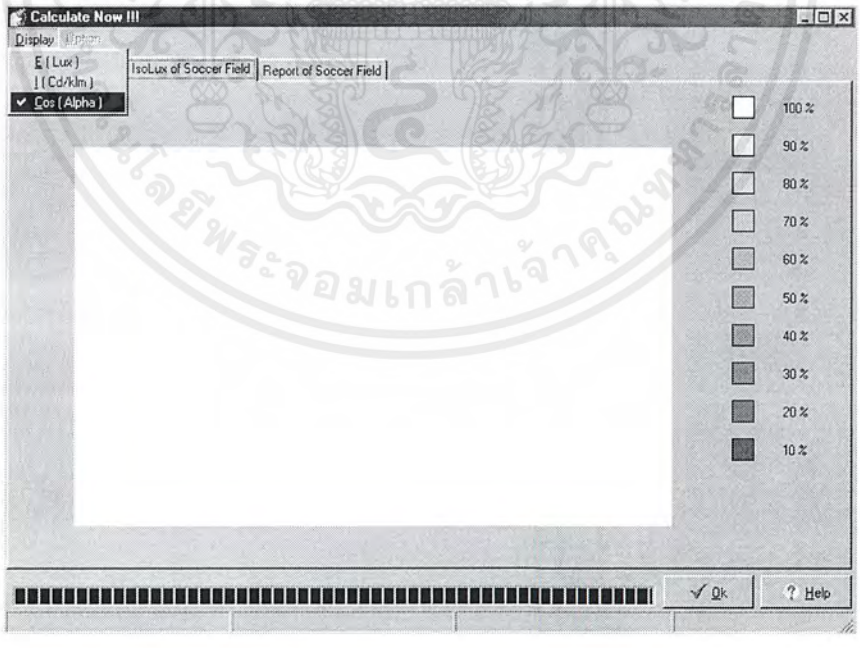


รูปที่ 3.61 ค่า Isolux ในรูป E (lux)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



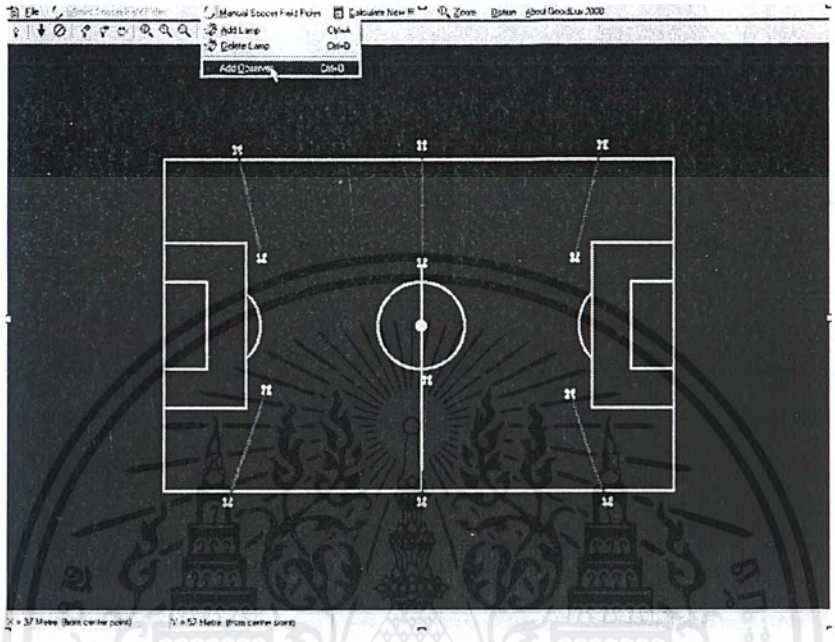
รูปที่ 3.62 ค่า Isolux ในรูป I (Cd/klm)



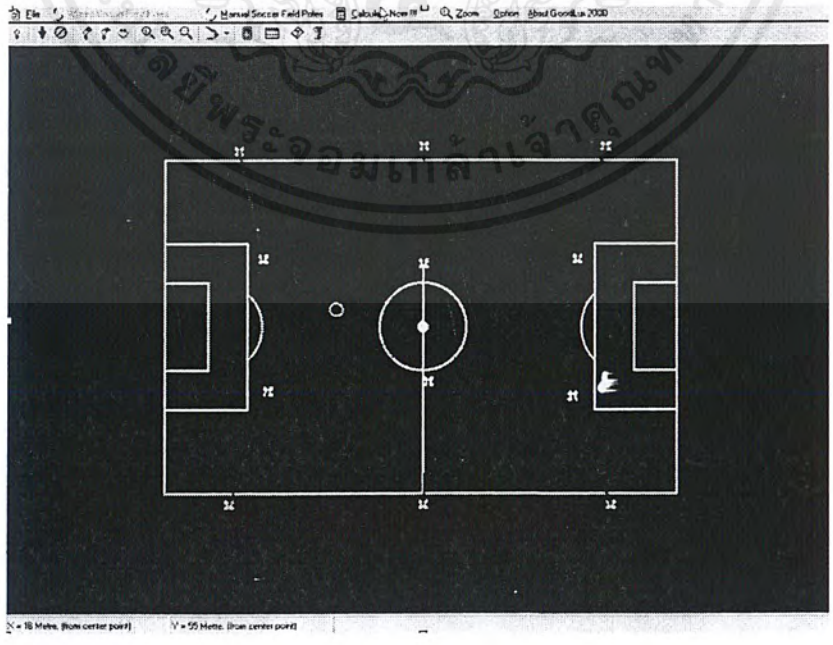
รูปที่ 3.63 ค่า Isolux ในรูป Cos (Alpha)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า Glare เราจะทำการพิจารณาค่า Glare ได้โดยการเลือกที่ปุ่ม Add Observer ซึ่งหมายถึงการเพิ่มผู้สังเกตการที่จุดที่เราต้องการจะทดสอบค่า Glare เข้าไปด้วยดังรูปที่ 3.64



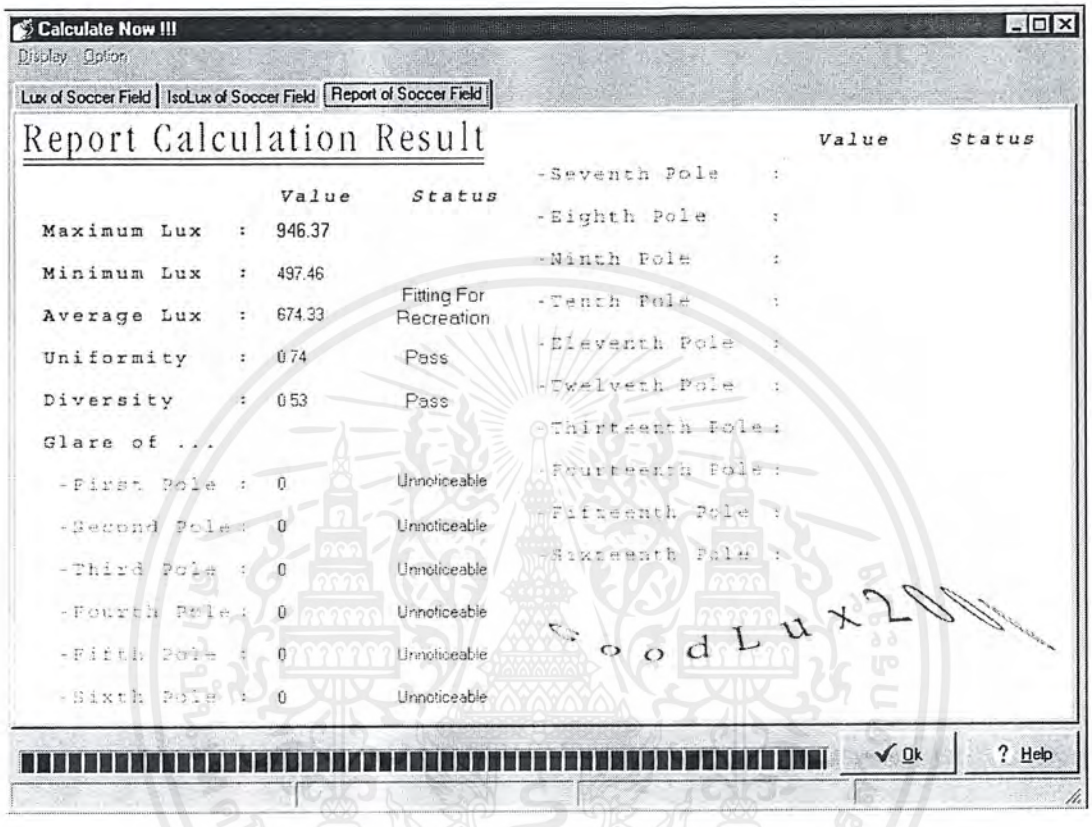
รูปที่ 3.64 การลงตำแหน่งของผู้สังเกตการเพื่อคำนวณค่า Glare



รูปที่ 3.65 ตำแหน่งของผู้สังเกตที่อยู่ในจุดที่เราต้องการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Calculation Result จะเป็นการบอกรายละเอียดต่างๆ เช่น ความเหมาะสมต่างๆ ,ค่า Glare



รูปที่ 3.66 รายงานผลการคำนวณและติดตั้งโคมฉาย

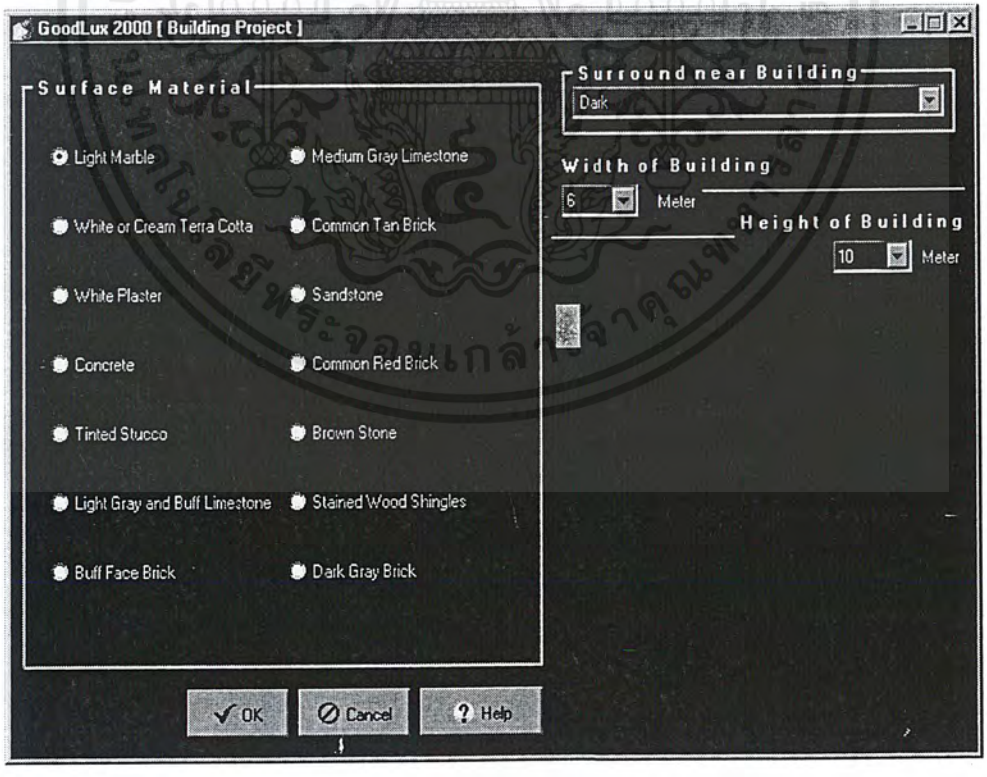
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบโปรแกรม

ในการทดลองนี้ มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบความถูกต้องและแม่นยำของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบระบบโคมฉาย

4.1. ตึกและอาคาร (Building)

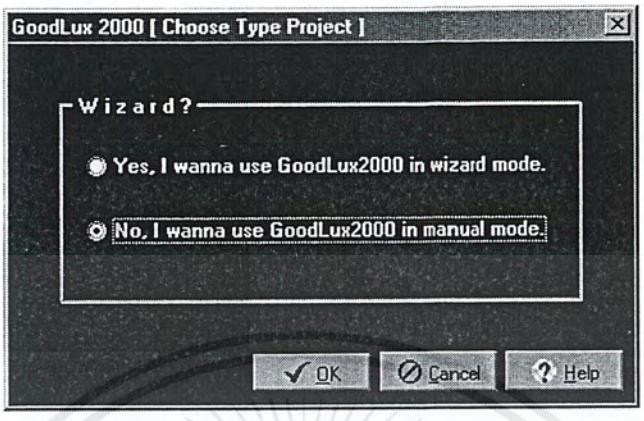
- ทำการเลือก Surface Material เป็น Light Marble
- Surround near Building เป็น Dark
- Width of Building เป็น 6 เมตร
- Height of Building เป็น 10 เมตร



รูปที่ 4.1 เลือกรายละเอียดต่างๆ ของ Building

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการติดตั้งเป็นแบบ Manual



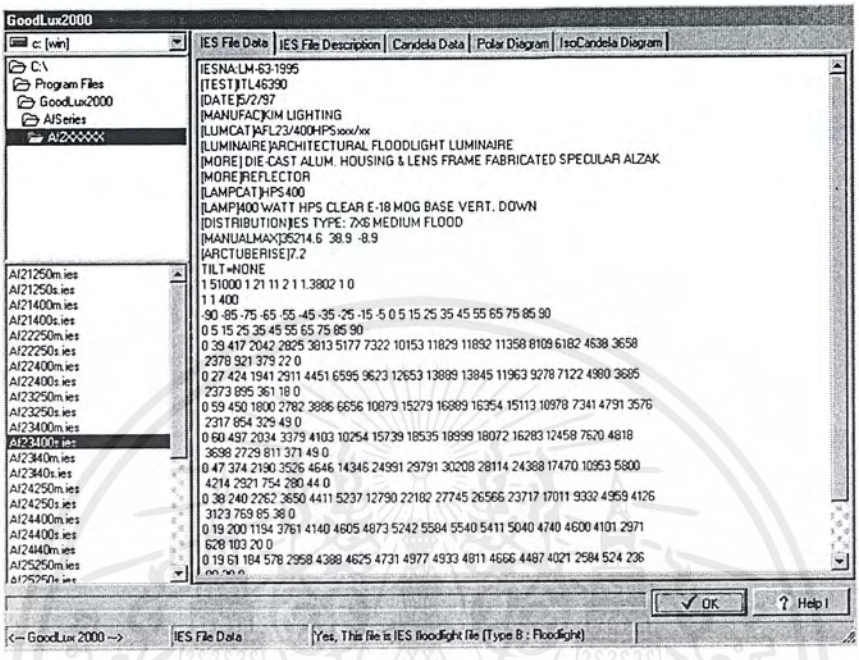
รูปที่ 4.2 เลือกติดตั้งแบบ Manual

- ทำการใส่ความสูงของเสาเป็น 1 เมตร

รูปที่ 4.3 เลือกความสูงของเสา

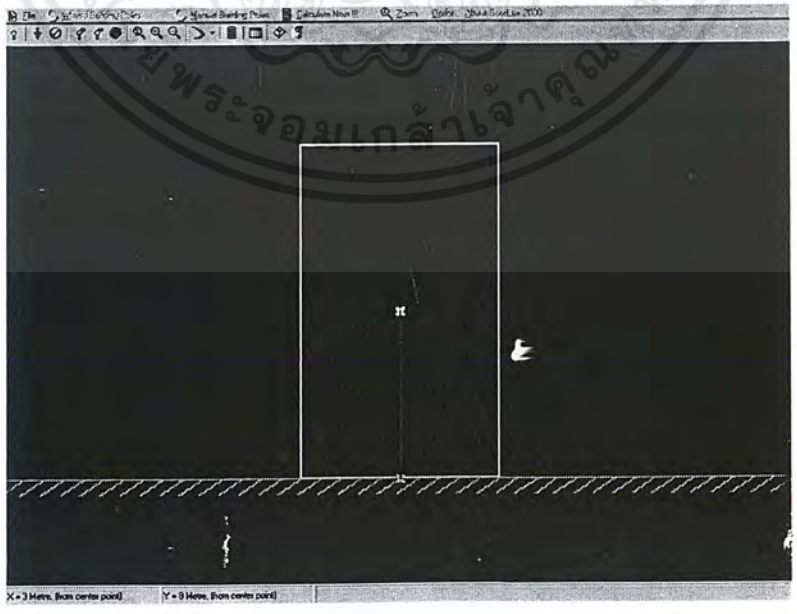
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการเลือก IES Files ในที่นี้เลือก af23400s.ies



รูปที่ 4.4 เลือก IES Files

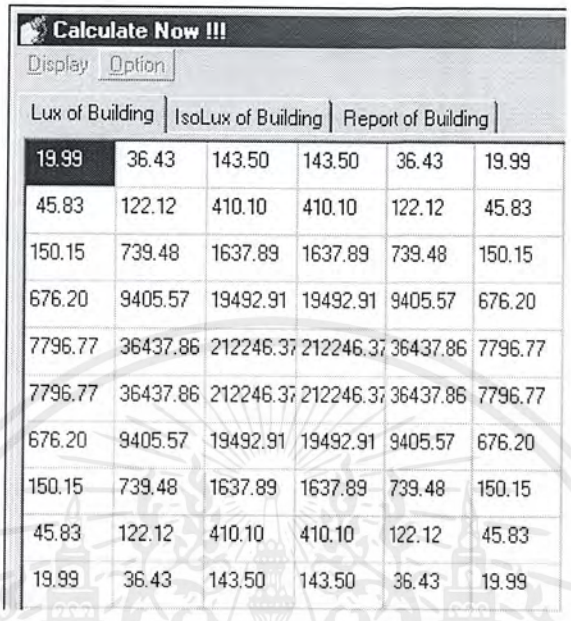
- แสดงจุดเล็งของเสา



รูปที่ 4.5 ใส่จุดเล็งของเสา

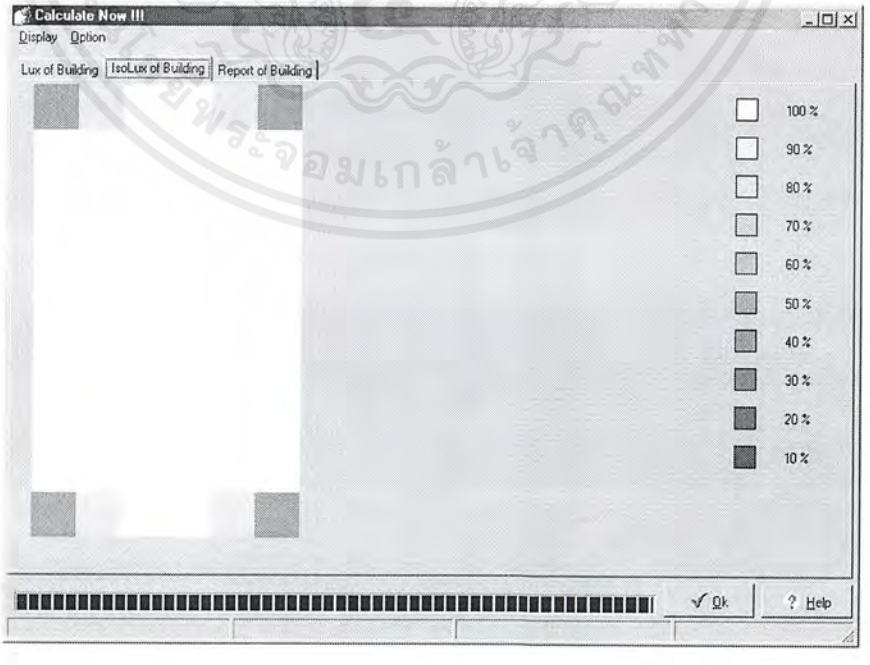
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดลองแสดงค่า Lux ที่จุดต่างๆ



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างค่า lux ที่จุดต่างๆบนตัวตึก

- ผลการทดลองแสดงค่า Isolux ของตึก

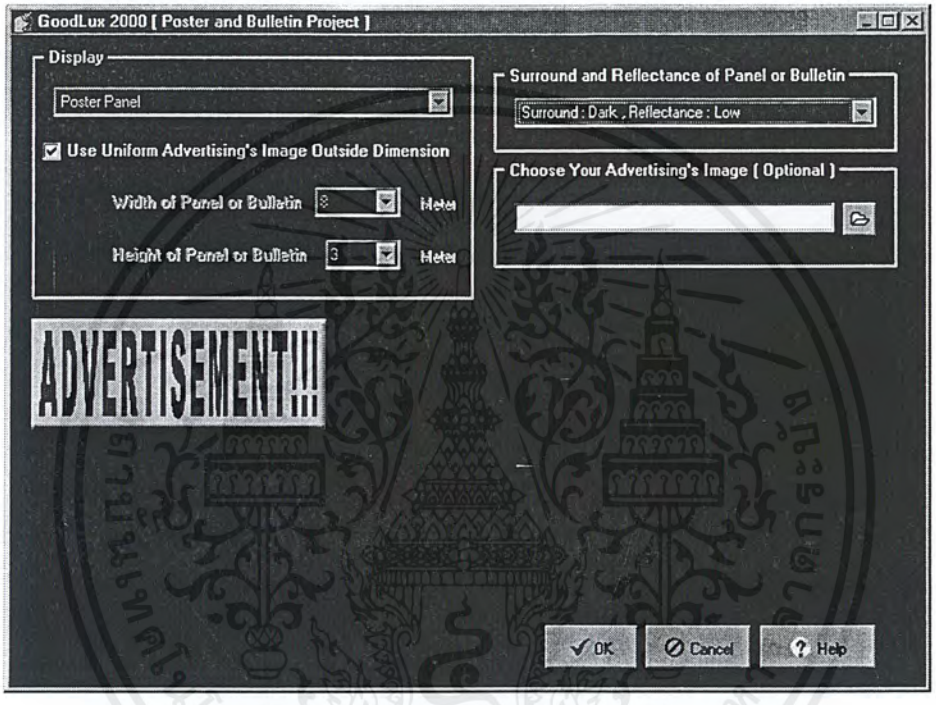


รูปที่ 4.7 ค่า Isolux บนตัวตึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

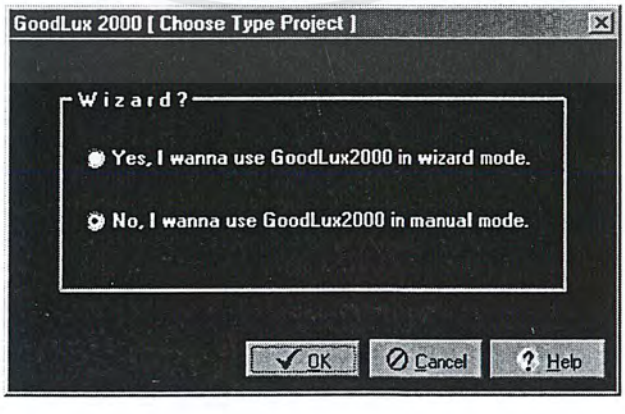
4.2 ป้ายโฆษณา (Poster Panel & Painted Bulletin)

- ทำการเลือก Display เป็น Poster Panel
- เลือก Surround เป็น Dark และ Reflectance เป็น Low
- เลือก ใช้เป็น Use Uniform Advertising's Image outside Dimension (8x3 Meters)



รูปที่ 4.8 ทำการเลือกรายละเอียดต่างๆของ Poster Panel

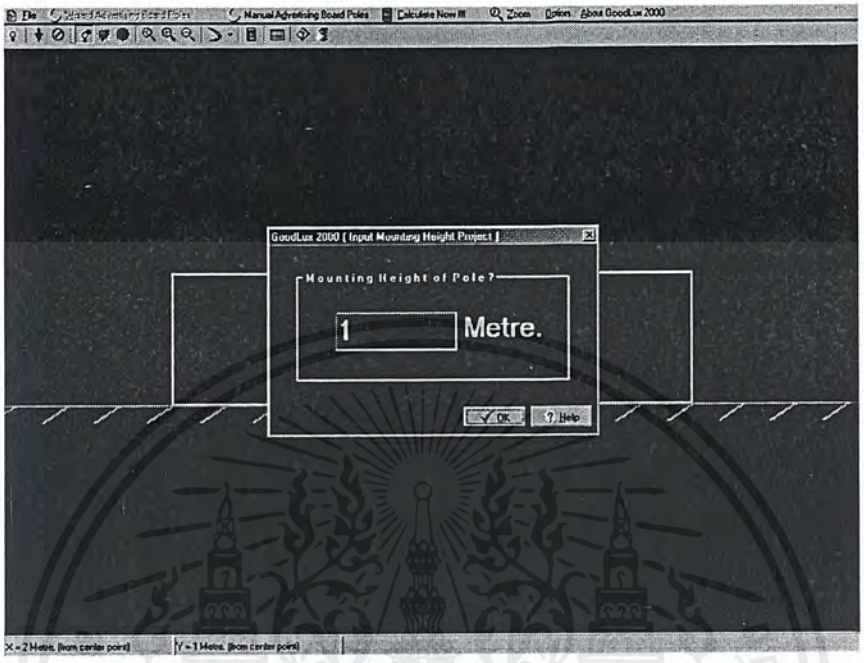
- เลือกทำการติดตั้งเป็นแบบ Manual



รูปที่ 4.9 เลือกการติดตั้งเป็นแบบ Manual

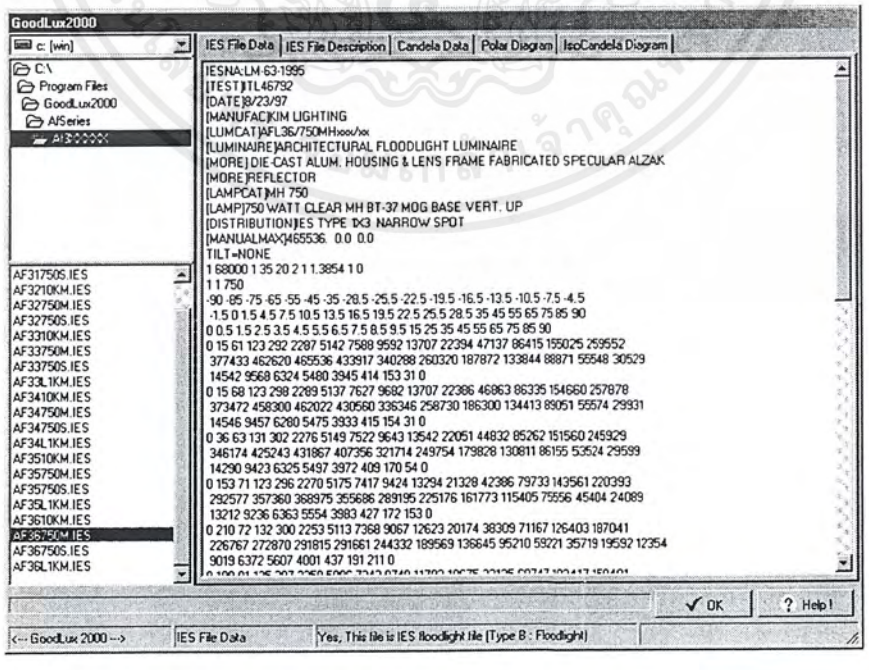
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใส่ความสูงของเสาเป็น 1 เมตร



รูปที่ 4.10 ทำการใส่ความสูงของเสา

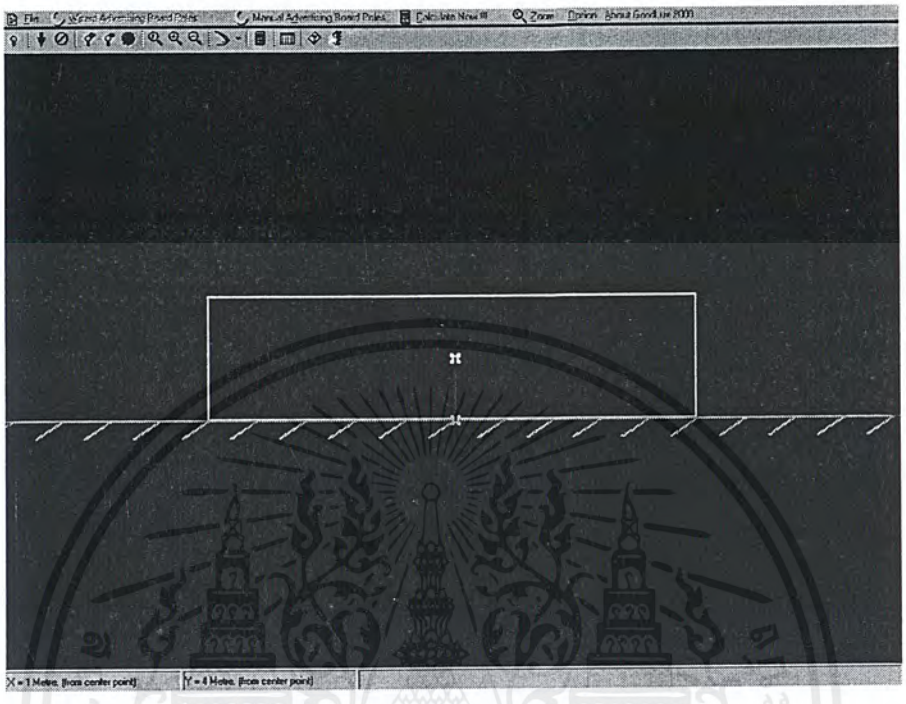
- ทำการเลือก IES Files เป็น af36750m.ies



รูปที่ 4.11 ทำการเลือก IES Files

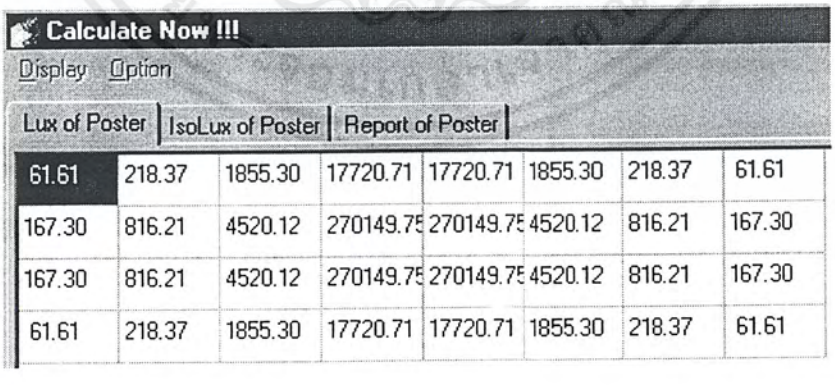
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แสดงจุดเล็งของเสา



รูปที่ 4.12 จุดเล็งของเสา

- ผลการทดลองแสดงค่า Lux ที่จุดต่างๆ



Calculate Now !!!

Display Option

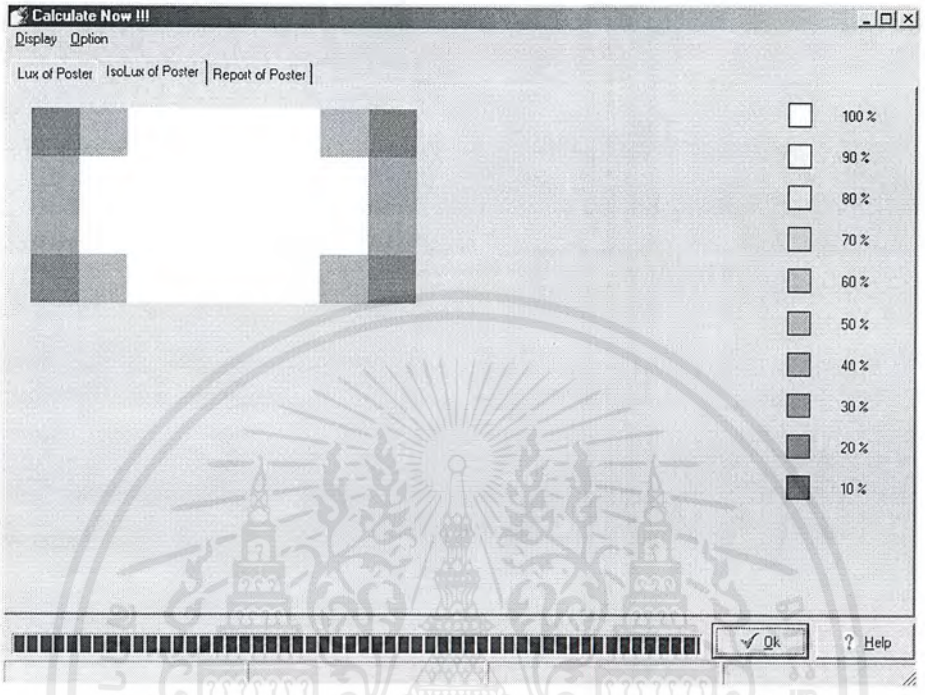
Lux of Poster | IsoLux of Poster | Report of Poster

61.61	218.37	1855.30	17720.71	17720.71	1855.30	218.37	61.61
167.30	816.21	4520.12	270149.75	270149.75	4520.12	816.21	167.30
167.30	816.21	4520.12	270149.75	270149.75	4520.12	816.21	167.30
61.61	218.37	1855.30	17720.71	17720.71	1855.30	218.37	61.61

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างค่า lux ที่จุดต่างๆบน Poster Panel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดลองแสดงค่า Isolux ของ Poster Panel



รูปที่ 4.14 การแสดงค่า Isolux บน Poster Panel

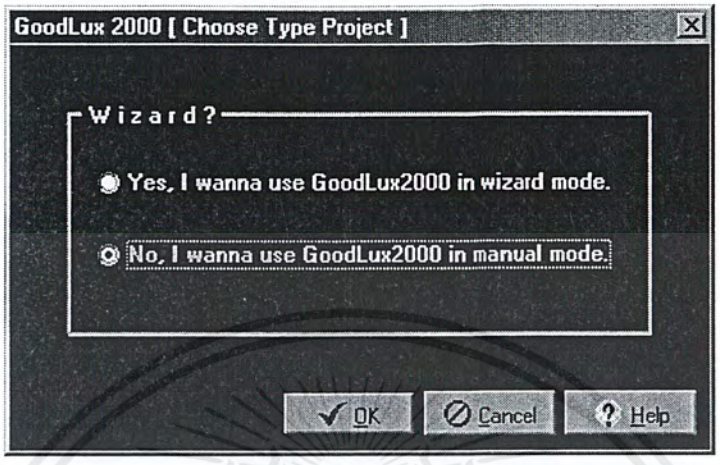
4.3 สนามกีฬา (Sports Field)

- ทำการทดลองบน Soccer Field

รูปที่ 4.15 เลือกติดตั้งบน Soccer Field

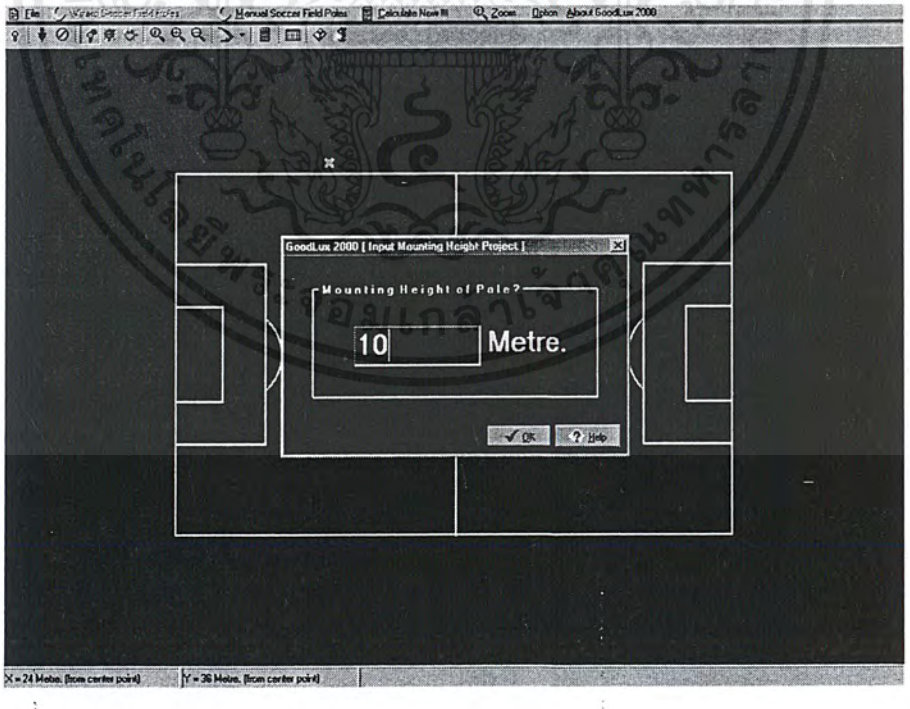
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการเลือกติดตั้งแบบ Manual



รูปที่ 4.16 เลือกว่าจะติดตั้งแบบ Manual

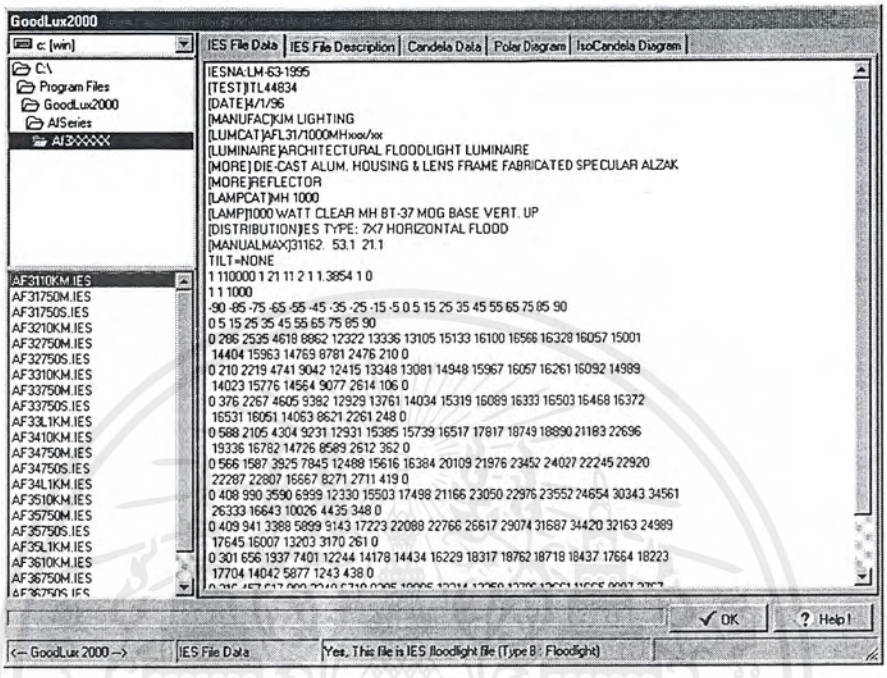
- เลือกตำแหน่งวางเสาและใส่ความสูงของเสาเป็น 10 เมตร



รูปที่ 4.17 แสดงตำแหน่งวางเสาและค่าความสูง

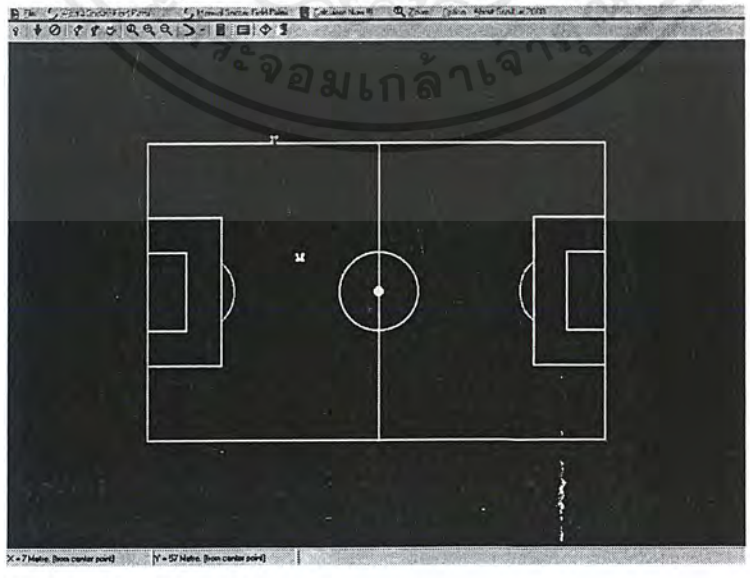
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือก IES File เป็น af3110km.ies



รูปที่ 4.18 เลือก IES File

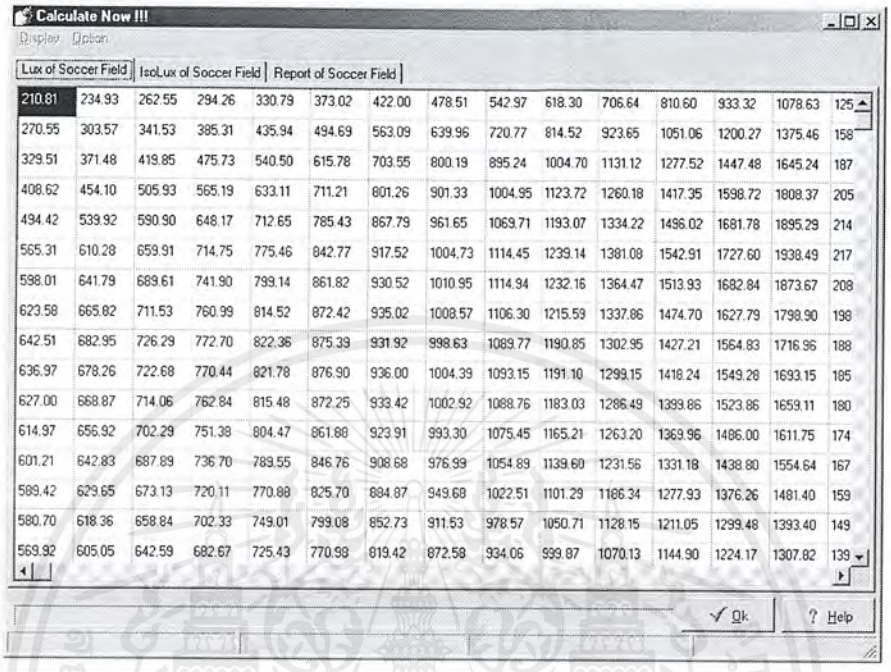
- แสดงจุดเล็งของเสา



รูปที่ 4.19 แสดงจุดเล็งของเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

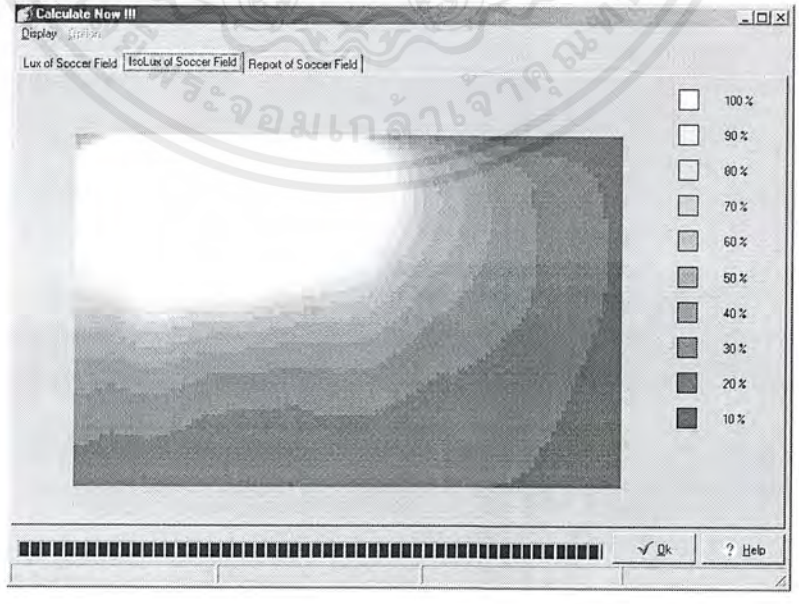
- ผลการทดลองแสดงค่า Lux ที่จุดต่างๆ



210.81	234.93	262.55	294.26	330.79	373.02	422.00	478.51	542.97	618.30	706.64	810.60	933.32	1078.63	125
270.55	303.57	341.53	385.31	435.94	494.69	563.09	639.96	720.77	814.52	923.65	1051.06	1200.27	1375.46	158
329.51	371.48	419.85	475.73	540.50	615.78	703.55	800.19	895.24	1004.70	1131.12	1277.52	1447.48	1645.24	187
408.62	454.10	505.93	565.19	633.11	711.21	801.26	901.33	1004.95	1123.72	1260.18	1417.35	1598.72	1808.37	205
494.42	539.92	590.90	648.17	712.65	785.43	867.79	961.65	1069.71	1193.07	1334.22	1496.02	1681.78	1895.29	214
565.31	610.28	659.91	714.75	775.46	842.77	917.52	1004.73	1114.45	1239.14	1381.08	1542.91	1727.60	1938.49	217
598.01	641.79	689.61	741.90	799.14	861.82	930.52	1010.95	1114.94	1232.16	1364.47	1513.93	1682.84	1873.67	208
623.58	665.82	711.53	760.99	814.52	872.42	935.02	1008.57	1106.30	1215.59	1337.86	1474.70	1627.79	1798.90	198
642.51	682.95	726.29	772.70	822.36	875.39	931.92	998.63	1089.77	1190.85	1302.95	1427.21	1564.83	1716.96	188
636.97	678.26	722.68	770.44	821.78	876.90	936.00	1004.39	1093.15	1191.10	1299.15	1418.24	1549.28	1693.15	185
627.00	668.87	714.06	762.84	815.48	872.25	933.42	1002.92	1088.76	1183.03	1286.49	1399.86	1523.86	1659.11	180
614.97	656.92	702.29	751.38	804.47	861.88	923.91	993.30	1075.45	1165.21	1263.20	1369.96	1486.00	1611.75	174
601.21	642.83	687.89	736.70	788.55	846.76	908.68	976.99	1054.89	1139.60	1231.56	1331.18	1438.80	1554.64	167
589.42	629.65	673.13	720.11	770.88	825.70	884.87	949.68	1022.51	1101.29	1186.34	1277.93	1376.26	1481.40	159
580.70	618.36	658.84	702.33	749.01	799.08	852.73	911.53	978.57	1050.71	1128.15	1211.05	1299.48	1393.40	149
569.92	605.05	642.59	682.67	725.43	770.98	819.42	872.58	934.06	999.87	1070.13	1144.90	1224.17	1307.82	139

รูปที่ 4.20 การแสดงค่า lux ที่จุดต่างๆบน Soccer Field

- ผลการทดลองแสดงค่า Isolux ของ Soccer Field



รูปที่ 4.21 ค่า Isolux บน Soccer Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ปัจจุบันนี้ดวงโคมฉายได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ในการคำนวณให้ได้ค่าที่ถูกต้องและละเอียดนั้นจะทำได้ลำบาก จึงได้มีการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยเพื่อทำงานได้ง่ายและเร็วยิ่งขึ้น โปรแกรมที่ใช้ส่วนมากจะเป็นลิขสิทธิ์ของต่างประเทศ ดังนั้นทำให้เกิดมีการพัฒนาโปรแกรมที่เป็นผลงานของคนไทยให้ทัดเทียมกับนานาอารยประเทศขึ้นมา โดยอ้างอิงมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ ดวงโคมฉายสามารถแยกลักษณะการนำไปใช้ได้ 3 ลักษณะใหญ่ คือ

1. ตึกอาคาร (Building)
2. ป้ายโฆษณา (Poster panel & Painted bulletin)
3. สนามกีฬา (Sports field)

โปรแกรมนี้จะสามารถคำนวณหาค่าความเข้มแสง ค่าความส่องสว่าง ค่าความสม่ำเสมอพร้อมทั้งนำมาแสดงผลออกมาในรูปของตัวเลขและกราฟิก ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจ ซึ่งจะสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลทางแสง (IES Files) ของตนเองมารวมกับของเดิมที่มีอยู่แล้วได้ รวมทั้งโปรแกรมยังสามารถให้ผู้ใช้เลือกวิธีการในการติดตั้งดวงโคมฉาย โดยแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ

1. ติดตั้งเอง (Manual mode) จะให้ผู้ใช้งานติดตั้งดวงโคมเอง
2. โปรแกรมติดตั้งให้ (Wizard mode) โดยจะอ้างอิงตำแน่งติดตั้งจากมาตรฐานสากล

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากโปรแกรมนี้เป็นการคำนวณแบบ Point by point ซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่ละเอียดจึงทำให้เสียเวลามากเช่นกัน จึงควรใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูง เพื่อที่จะคำนวณได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. การแสดงผลควรให้ดูสมจริงเป็น 3 มิติกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GLARE EVALUATION SYSTEM FOR USE WITHIN OUTDOOR SPORTS- AND AREA LIGHTING

SUMMARY

This technical report describes a practical glare evaluation system for outdoor sports- and area lighting. The system can be used both for checking the glare situation of existing installations, provided suitable measuring instrumentation is available, and for predicting the degree of glare at the design stage for new installations, but the validity of the system is restricted to viewing directions below eye level. For the main categories of these applications, general glare rating limits are specified. The report concerns glare and glare restriction in, or very close to, the lighted area and not the effect of spill light outside this area.

BLENDUNGSBEWERTUNGSSYSTEM FÜR AUSSENBELEUCHTUNGSANLAGEN UND BELEUCHTUNGSANLAGEN FÜR SPORT IM FREIEN

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Technische Bericht beschreibt ein Blendungsbewertungssystem für Außenbeleuchtungsanlagen und Beleuchtungsanlagen für Sport im Freien. Das System kann zur Überprüfung der Blendsituation von bestehenden Installationen verwendet werden, vorausgesetzt, geeignete Meßinstrumente sind verfügbar, sowie auch zur Vorhersage des Ausmaßes möglicher Blendung bei der Planung neuer Anlagen, die Gültigkeit des Systems ist jedoch auf Sehrichtungen unter Augenniveau begrenzt.

Für einige wichtige Anwendungsfälle werden allgemeine Grenzen der Blendungsbewertung angegeben. Der Bericht beschäftigt sich mit der Blendsituation innerhalb oder in der Nähe der beleuchteten Fläche, nicht aber mit dem Effekt der empfundenen Störung durch Streulicht außerhalb der betrachteten Beleuchtungsanlage.

METHODE D'EVALUATION DE L'EBLOUISSEMENT POUR L'ECLAIRAGE EXTERIEUR DES SPORTS ET DES GRANDS ESPACES

RESUME

Ce rapport technique décrit une méthode pratique d'évaluation de l'éblouissement pour l'éclairage extérieur des sports et des grands espaces. Cette méthode peut être utilisée aussi bien pour la vérification d'installations existantes - à condition de disposer du matériel de mesure adéquat - que pour la prédiction du degré d'éblouissement au stade du projet pour les nouvelles installations, mais la validité du système est limitée aux directions de vue au-dessous du niveau de l'oeil.

Les limites du taux d'éblouissement GR (Glare Rating) sont spécifiées pour les principales catégories d'applications. Le rapport concerne l'éblouissement et la limitation de l'éblouissement à l'intérieur ou très près de la zone éclairée mais ne tient pas compte de l'effet de la lumière répandue au-delà de cette zone.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. INTRODUCTION

The quality of most lighting installations can be expressed in terms of average lighting levels, uniformities and glare restriction. There has not, until now, been a generally accepted glare evaluation system for outdoor areas. The glare concepts, "threshold increment TI" and "glare control mark G", commonly used in road lighting for motorised traffic [1], cannot be applied directly for area lighting. This is because the direction of view of observers is variable and not fixed; the lighting points are not necessarily positioned in regular line arrays; and the mounting heights and lighting levels are often outside the ranges for which the road lighting concepts have validity.

The degree to which a lighting installation causes glare depends upon the luminous intensity distribution and aiming of the luminaires, their number, their arrangement and mounting height and on the brightness of the illuminated area. This report describes and recommends for practical use, a glare evaluation system that takes into account all the above factors. The system is based on extensive field tests and has shown its applicability in different installations of adequate uniformity due to common specifications. The validity of the system is restricted to viewing directions below eye level. It is assumed that the problem of intolerable glare experienced, when looking up and straight into a luminaire, is kept to a minimum by paying careful attention to the siting of the luminaires relative to the main directions of view. CIE reports on the lighting of the various kinds of floodlighting application fields give guidance in this respect [2, 3, 4].

Before a glare evaluation concept can be employed as a practical aid in lighting design, it is necessary to agree on standard observer positions and viewing directions. Standard positions and directions will be specified with the intention of getting information on both the highest degree of glare and on the size of the area with a relatively high degree of glare.

For the main categories of outdoor area lighting installations, general glare restriction limits will be specified.

2. FACTORS INFLUENCING THE DEGREE OF GLARE

According to the definition in the CIE Vocabulary [5], the term "glare" normally refers to a "condition of vision" which includes two separate psycho-physical effects. These are:

a) discomfort glare, which causes discomfort without necessarily impairing the vision of objects and details.
b) disability glare, which impairs the vision of objects without necessarily causing discomfort.

These two forms of glare are quite different phenomena. Disability glare depends mainly on the quantity of light falling on the eye and is relatively unaffected by the luminance of the source; whereas in the case of discomfort glare, source luminance is one of the major contributory factors. Furthermore, disability glare is little affected by time, whereas the other form can cause considerable discomfort where people are exposed to high luminance sources for long periods [6].

It is generally agreed that discomfort glare produced by an individual source depends on four main parameters:

L_s Source luminance in the direction of the observer's eye
ω_s Solid angle subtended by the source at the observer's eye
Θ Angular displacement of the source from the observer's line of sight
L_f General field luminance controlling the adaptation level of the observer's eye.

According to the Holladay formula, the disability glare effect is described as an equivalent uniform luminance resulting from the stray light in the eye which superimposes on the location of the vertical image, thus lowering contrast. This equivalent veiling luminance depends mainly on two parameters [1]:

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_g the illumination on the observer's eye produced by the glare source in the plane perpendicular to the line of sight

Θ the angle between the centre of the glare source and the line of sight.

Having obtained the total equivalent veiling luminance of an installation, the amount of disability glare, and thus the lowering of apparent contrast, is also determined by the background luminance of the task against which it has to be perceived. The background luminance is the surrounding luminance of the object and corresponds nearly to the adaptation luminance.

In outdoor sports- and area lighting, disturbing glare will occur for viewing directions directly toward the luminaires, as well as for viewing directions not directly toward the luminaires but toward the area under consideration. The degree of disturbance for these latter viewing directions is dependent on factors such as type of luminaires, type of lamps in the luminaires, on their arrangement, mounting heights and aiming directions [7].

Investigations have shown that the following two lighting parameters correlate best with the glare assessments in outdoor sports- and area lighting [7, 8, 9]:

L_{vl} the veiling luminance produced by the luminaires

L_{ve} the veiling luminance produced by the environment.

These investigations were, in principle, studies into the effect of discomfort glare. As the correlating parameter L_{vl} has been used up to now for the description of disability glare, this report will make no further distinction between discomfort and disability glare, but use the above two parameters L_{vl} and L_{ve} to describe glare in general.

The veiling luminance is the equivalent veiling luminance as defined by Holladay-Stiles. L_{vl} is simply the equivalent veiling luminance produced by that light from the luminaires which is directly incident on the eye, whereas L_{ve} is the equivalent veiling luminance caused by light reflected towards the eye by the environment, such as the area in front of the observer.

3. BASIC GLARE EVALUATION FORMULA

The degree of glare on an illuminated area may be different for each observer position and for each different viewing direction. For a given observer position and a given viewing direction, below eye level, the degree of glare is dependent on the equivalent veiling luminance produced by the luminaires (L_{vl}) and the equivalent veiling luminance produced by the environment in front of the observer (L_{ve}).

Here the equivalent veiling luminance (in cd/m^2) is defined as:

$$L_v = 10 \sum_{i=1}^{n} \frac{E_{eye\,i}}{\Theta_i^2} \qquad (3.1)$$

where E_{eyei} is the illuminance on the observer's eye, in a plane perpendicular to the line of sight, produced by the i-th light source; in lux.

Θ_i is the angle between the observer's line of sight and the direction of light incidence of the i-th light source on the eye; in degrees ($1{,}5° < \Theta_i < 60°$).

n is the total number of light sources.

For the definition of L_{ve}, the illuminated area is considered to consist of an infinite number of small light sources.

The condition given for the angle Θ (Θ>1,5°) will, for L_{vl}, automatically be fulfilled if only viewing directions of 2°, or more, downward from the horizontal are considered. For L_{ve} it means that the part of the illuminated area coinciding with the central field of view (2x1,5°) should not be taken into account.

The relationship between the degree of glare control and the lighting parameters L_{vl} and L_{ve} can be described as:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$GR = 27 + 24 \lg (L_{vl} / L_{ve}^{0,9}) \quad (3.2)$$

GR stands for "Glare Rating". The lower the value of *GR*, the better the glare restriction. In the original experiments which have led to this concept, a glare control mark *GF* was used which related to the glare assessment scale given in Table 3.1 [8]. The glare rating *GR* can be calculated from the glare control mark *GF* using the following equation:

$$GR = (10 - GF) \cdot 10 \quad (3.3)$$

Table 3.1

Nine-point glare assessment scale

glare control mark *GF*		glare rating *GR*
1	unbearable	90
2		80
3	disturbing	70
4		60
5	just admissible	50
6		40
7	noticeable	30
8		20
9	unnoticeable	10

The scale is reproduced here, not with the purpose of specifying glare restriction limits, but merely to offer, for glare evaluation purposes, insight in the practical meaning of differences in glare ratings. With the aid of the *GR* concept it is possible to find out how much better or worse, as far as glare is concerned, one situation compares with another. For practical reasons *GR* values should only be given between 10 and 90 with two digits and not with decimal fractions. A variation of ± 0,5 in glare rating is equivalent to an experimental accuracy of ± 5 % in the luminance ratio.

4. SIMPLIFIED APPROXIMATION OF GLARE PARAMETERS

The lighting parameters L_{vl} and L_{ve}, which are needed to determine the value of *GR* for a certain observer position and viewing direction, can be calculated by using formula (3.1) once the positions, aiming directions, luminous intensity distribution(s) of the luminaires and the reflectance(s) of the area are known. L_{vl} and L_{ve} can also be measured with the aid of a luminance meter supplied with a glare lens [10] that weights the light according to Θ^2.

The calculation of the equivalent veiling luminance produced by the luminaires, L_{vl}, is relatively straightforward with the aid of formula (3.1). Although the calculation of the equivalent veiling luminance produced by the environment, which is usually considered to be the illuminated area, L_{ve}, is possible by the direct use of formula (3.1), once the luminances of the environment are known, a simplified method of calculation can be used giving sufficient accuracy for practical glare evaluation purposes. This simplified method can be used when the background viewed is the illuminated area [7, 9]. In this method, L_{ve} is approximated from the average luminance L_{av} of the horizontal area being observed with the formula:

$$L_{ve} = 0,035 \cdot L_{av} \quad (4.1)$$

The average luminance L_{av} (cd/m^2) in turn is approximated by:

$$L_{av} = E_{hor\ av} \cdot \rho / (\pi \cdot \Omega_o) \quad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

where $E_{hor\ av}$ is the average horizontal area illuminance (lx),
ρ is the reflectance of the area assuming diffuse reflection, and
Ω_0 is the unity solid angle (sr).

With large vertical or near vertical illuminated areas close to the line of sight, the actual L_{ve} value will be higher than that following from the above approximation. However, this only means that the actual degree of glare restriction will be slightly better than that following from the calculated *GR* value.

A number of installations have been designed successfully following these guidelines [11 - 14].

For installations with glare sources on discrete well-spaced masts, a simplified design procedure - based on intensity limitations - could be applied [15].

5. STANDARDIZATION OF OBSERVER'S POSITIONS AND VIEWING DIRECTIONS

Glare should not be excessive in any normal viewing direction and at any normally accessible point on an area being lit. At locations and viewing directions where there are safety hazards, or where long viewing periods are normal, or where difficult viewing tasks frequently occur, this requirement can be achieved by ensuring that the *GR* value is always less than the recommended value of GR_{max}. Observer positions and viewing directions should be specified with the intention of getting information on both the highest degree of glare and on the size of the area with a relatively high degree of glare [16].

In principle it is possible to select observer positions individually (see fig. 5.1, 5.4, 5.5 and 5.6), to locate them along a specified line (see fig. 5.2), or to use the grid for the calculation of illuminances to position the observers (see fig. 5.3).

The viewing directions could be chosen individually for all observer positions (see fig. 5.4) or a fixed number of viewing directions could be selected (see fig. 5.1, 5.2, 5.3) assuming rotation of all observers in equal angular steps (e.g. 5° or 10° or 45°). In some cases it could be sufficient to consider only viewing directions towards a number of specified mast or luminaire locations (see fig. 5.5 and 5.6).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

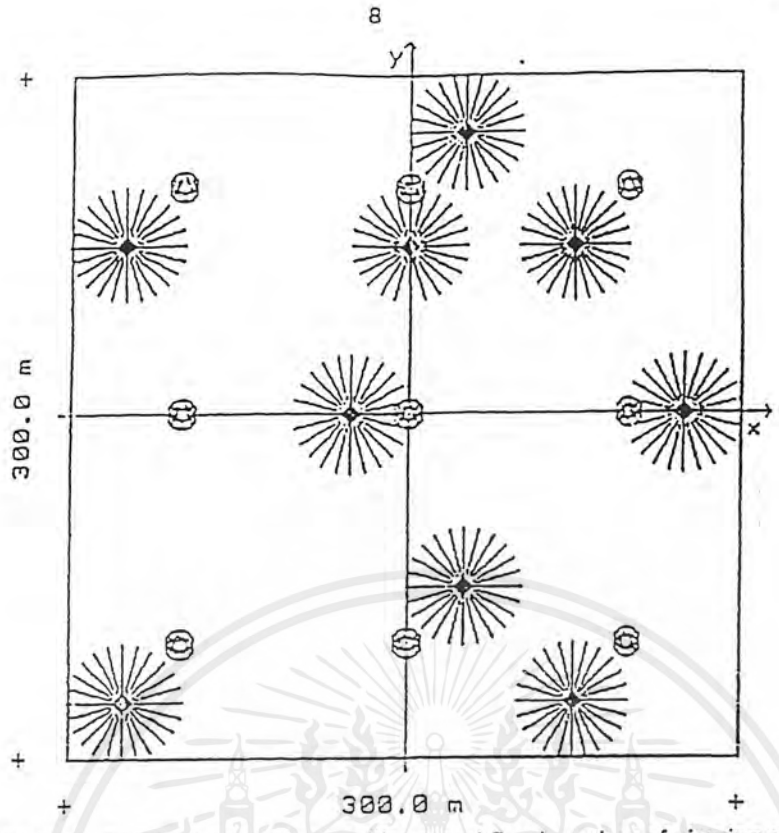


Fig. 5.1: Individually selected observer positions and fixed number of viewing directions at equal angular steps (circular symbols represent positions of luminaire clusters).

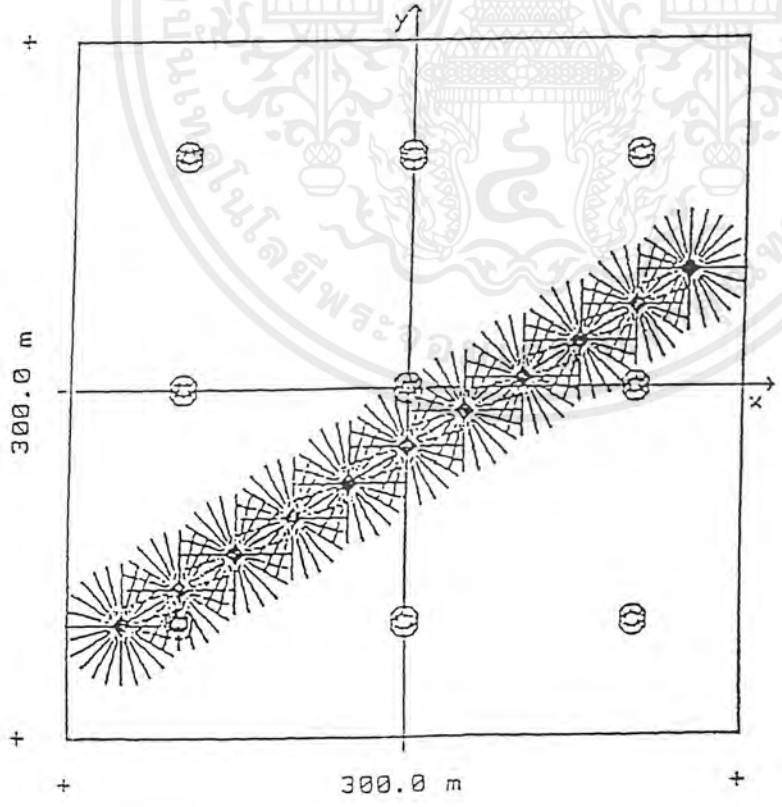


Fig. 5.2: Observer positions and fixed number of viewing directions located along a specified line (circular symbols represent positions of luminaire clusters).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

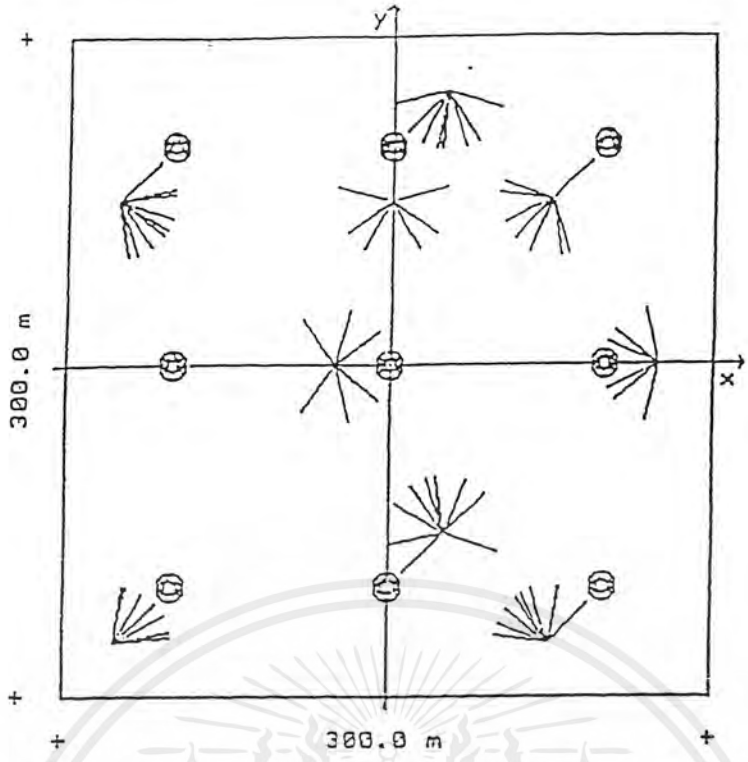


Fig. 5.5: Individually selected observer positions and viewing directions towards the masts (circular symbols represent luminaire clusters on masts).

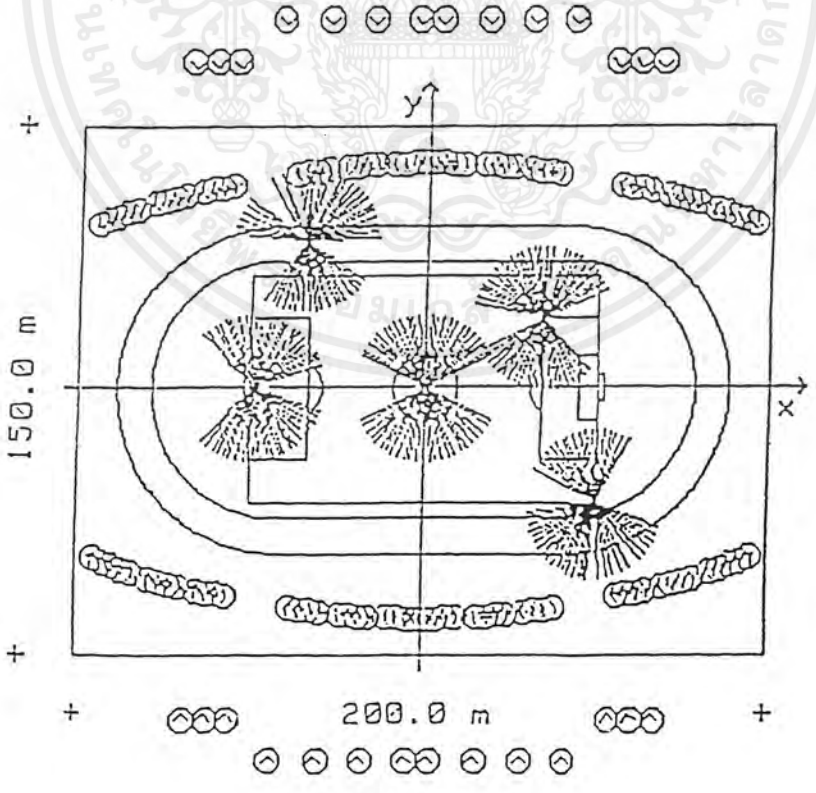
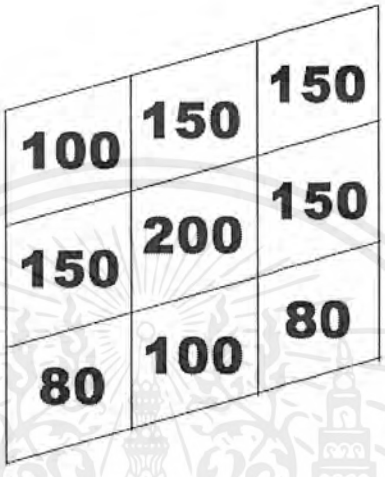


Fig. 5.6: Individually selected observer positions and viewing directions towards the luminaires (circular symbols represent luminaires).

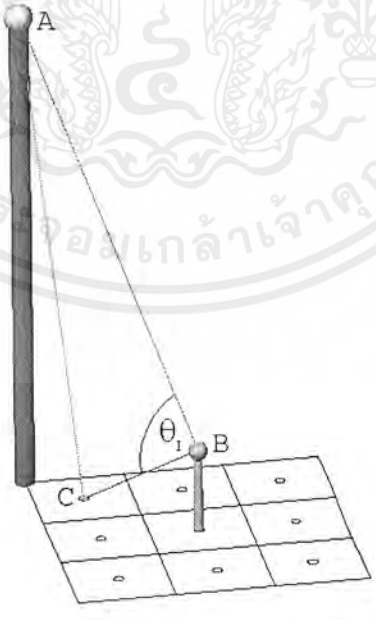
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณค่าแสงจ้า

กำหนดให้ค่าความเข้มแสงที่ได้จากการคำนวณโดยวิธี Point by point โดยแสดงพื้นที่ขนาด 6 x 6 ตารางเมตรเป็นดังรูป



โดยเราจะให้ผู้สังเกตอยู่ตรงตำแหน่งดังรูปต่อไปนี้



จุด A คือ ตำแหน่งของดวงโคม

จุด B คือ ตำแหน่งของผู้สังเกต ในที่นี้เราสมมุติให้สูง 1.8 เมตร

จุด B คือ ตำแหน่งของจุดที่ผู้สังเกตมองเพื่อทดสอบหาค่าแสงจ้า ซึ่งจะเปลี่ยนไปจนครบ 9 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุม θ_1 คือ มุมระหว่าง AB กับ BC

เส้นตรง AB คือ แสงจากดวงโคมไปยังจุดเล็ง

เส้นตรง AC คือ เส้นที่ลากจากดวงโคมไปยังจุดที่ผู้สังเกตมอง

เส้นตรง BC คือ ทิศทางการมองของผู้สังเกต

<u>วิธีทำ</u>

จากสูตร Law of cosine

$$(AC^2) = (AB^2) + (BC^2)+2[(AB)(BC)Cos\theta_1] \quad (1)$$

กำหนดให้พื้นที่ขนาด 6 x 6 ตารางเมตร เสามีความสูง 10 เมตร

ตำแหน่งของเสาคือ (0,0,0)

ตำแหน่งของดวงโคมคือ (0,0,10)

ตำแหน่งของจุดเล็งคือ (1,1,0)

ตำแหน่งของดวงตาคนคือ (3,3,1.8)

ทำให้ทราบค่า จุด A = (0,0,10)

จุด B = (3,3,1.8)

จุด C = (1,1,0) จะเปลี่ยนค่าไปทุกตำแหน่งที่ผู้สังเกตมอง

$AB = \sqrt{\{(x_1 - x_2)^2+(y_1 - y_2)^2+(z_1 - z_2)^2\}}$

$= \sqrt{\{(0 - 3)^2+(0 - 3)^2+(10 - 1.8)^2\}}$

= 9.23 เมตร

AC = 10.1 เมตร

BC = 3.35 เมตร

แทนค่า AB,AC,BC ลงใน (1) จะได้ค่า $\theta_1 = 105^\circ$

ตารางแสดงลำดับจุดที่ผู้สังเกตมอง

1	2	3
4	5	6
7	8	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปลี่ยนจุด C ไปเรื่อยๆ และคำนวณตามข้างต้น จนครบ 9 จุด จะได้ค่าดังตารางต่อไปนี้

ตำแหน่ง	AC (เมตร)	BC (เมตร)	θ_1 (องศา)
1	10.1	3.35	105
2	10.5	2.7	69
3	11.25	3.35	61
4	10.5	2.7	69
5	1086	1.8	26
6	11.6	2.7	32
7	11.23	3.35	61
8	11.6	2.7	32
9	12.24	3.35	30

จากสูตร

$$L_{vl} = 10\sum [E_{eye,l} / \theta_1^2]$$

$$= 10\ [(100/105^2)+(150/69^2)+(150/61^2)+\ldots+(80/30^2)]$$

$$= 7.63\ cd/m^2$$

$$L_{av} = E_{Hor,\,av} * \rho / \pi\Omega_0$$

$$= [(100+150+150+150+200+150+80+100+80)/9]*0.85/\pi*4\pi^2$$

$$= 0.88\ cd/m^2$$

$$L_{ve} = 0.035\ L_{av}$$

$$= 0.035*0.88$$

$$= 0.0308\ cd/m^2$$

$$GR = 27+24\log(L_{vl} / L_{ve}^{0.9})$$

$$= 27+24\log(7.63/0.0308^{0.9})$$

$$= 80.83$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GR = 10(10-GF)

80.83 = 10(10-GF)

GF = 1.917

ได้ค่าแสงจ้า GR= 80.83 และ GF= 1.917 ซึ่งเป็นค่าแสงจ้าที่ไม่รบกวนการมองเมื่อผู้สังเกตอยู่ตรงตามตำแหน่งข้างต้น

หมายเหตุ ตัวอย่างการคำนวณนี้แสดงการคำนวณตำแหน่งของผู้สังเกตเพียงตำแหน่งเดียวคือตรงกลางของพื้นที่ ถ้าผู้สังเกตอยู่ที่ตำแหน่งอื่นก็ใช้วิธีการคำนวณข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ศุลี บรรจงจิตร อาจารย์ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์เชาว์ ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่เอาใจใส่ ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเป็นอย่างดีเสมอมา รวมทั้งคอยตรวจสอบความถกต้องตลอดการดำเนินงานของโครงงาน คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูและเอาใจใส่เป็นอย่างดีตลอดมา พร้อมทั้งเปิดโอกาสทางการศึกษาให้ผู้จัดทำได้อย่างเต็มที่ และยังคอยเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำเสมอมา คณะผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณของท่าน ขอบคุณเพื่อนๆที่คอยเป็นกำลังใจ ซึ่งได้เสียสละทั้งแรงกาย แรงใจ และทุนทรัพย์ เพื่อให้โครงงานนี้สามารถผ่านอุปสรรคทั้งปวงและสำเร็จได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

นายธีวินท์ จิตรสถาพร
นายนรา รัตน์นราทร
นายนฤป บุญศิริพันธ์
นายธนิต ศิริปการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] "Basic Skill in sports for men and wemen", David A. Armbruste, Frank F. Musker, Dale Moed, The C.V. Mosby Company Saint Louise 1975

[2] "Rule and Skill of Games and Sports", B.K. Chaturvedi, Goodwill Publishing Hage HB-9, Rattan Jyoti, 18 Rajendra Place, New Delhi 110008 (India)

[3] "Light, Photometry, And Illuminating Engineering", William E. Barrows, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York Toronto London

[4] The Illumination Engineering Society of North America. IES Standard File Format for Electronics Transfer of photometric Data and Related Information, New York, 1991

[5] "วิศวกรรมการส่องสว่าง", ศุลี บรรจงจิตร, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2531

[6] "การออกแบบระบบแสงสว่าง Illumination Engineering", พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม SEED, 2521

[7] "เทคนิคการส่องสว่าง", ชำนาญ ห่อเกียรติ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540

[8] "การส่องสว่าง", วัฒนา ถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายธีวินท์ จิตรสถาพร ชื่อเล่น นอร์ท
559/4 หมู่ 4 หมู่บ้านเคหะนคร2 ซ.20 ถ.อ่อนนุช
แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 01-4574562

นายนรา รัตน์นราทร ชื่อเล่น โย
20/1 หมู่ 6 ซ.ธรรมสุธีร์ 17 ถ.กรุงเทพฯ-ปทุมธานี
ต.บางเดื่อ อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
โทรศัพท์ 5825195

นายนฤป บุญศิริพันธ์ ชื่อเล่น เอ็ม
23 ซ.อินทรามระ39 แยก 2 ถ.สุทธิสารวินิจฉัย
แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 2763721,6919745

นายธนิต ศิริปการ ชื่อเล่น มด
100/43 ซ.เสนานิคม1 ถ.พหลโยธิน
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 5799233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้