

การคำนวณค่าความส่องสว่างของโพลีนาเมทิกที่ปรากฏต่อผู้สังเกตการณ์



นายพงษ์ศิริ ศิริมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

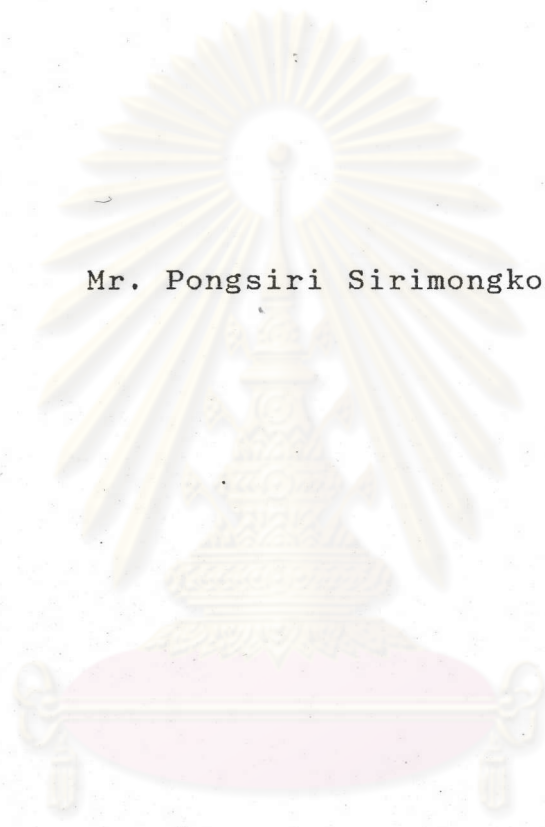
ISBN 974-579-346-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017556

i17886843

CALCULATION OF LUMINANCE PERCIEVED BY OBSERVERS IN SPORT
LIGHTING



Mr. Pongsiri Sirimongkol

ศูนย์วิทยุโทรพัหการ
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School

Chulalongkorn University

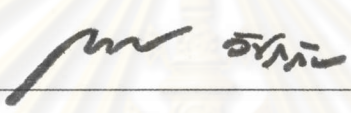
1991

ISBN 974-579-346-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคำนวณค่าความส่องสว่างของ โฟสนามกีฬาที่ปรากฏต่อ
ผู้สังเกตการณ์
โดย นายพงษ์ศิริ ศิริมงคล
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย

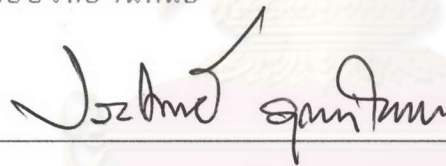


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต


(ศาสตราจารย์ ดร. อวาร วัชรากัย)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

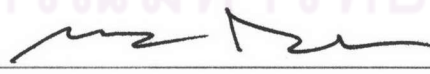
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณหวัทยะ)

ประธานกรรมการ


(อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย)

อาจารย์ที่ปรึกษา


(รองศาสตราจารย์ ไพบุลย์ ไชยนิล)

กรรมการ


(นายปกรณ์ บริมาสพร)

กรรมการ

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว

พงษ์ศิริ ศิริมงคล : การคำนวณค่าความส่องสว่างที่ปรากฏต่อผู้สังเกตการณ์ (CALCULATION OF LUMINANCE PERCEIVED BY OBSERVERS IN SPORT LIGHTING) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ไชยะ แซ่ซ้อย , 255 หน้า . ISBN 974-579-346-9

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการคำนวณค่าความส่องสว่าง ของวัตถุรูปทรงกระบอก (วัตถุตัวอย่าง) ที่ปรากฏต่อสายตาผู้สังเกตการณ์ ซึ่งอาจเป็นผู้ชมในสนาม กล้องโทรทัศน์ หรือกล้องถ่ายภาพ พร้อมทั้งพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่างของไฟสนามกีฬาโดยทำงานกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิต โปรแกรมนี้สามารถคำนวณหา ค่าความสว่างที่ตกบนระนาบนอน ระนาบตั้งที่หันหน้าเข้าหาผู้สังเกตการณ์ และค่าความส่องสว่างของวัตถุรูปทรงกระบอกที่ปรากฏต่อผู้สังเกตการณ์ ตลอดจนจัดทำ Isolux Diagram และภาพการกระจายค่าความสว่างในลักษณะ 3 มิติ

วิธีการคำนวณค่าความส่องสว่างของวัตถุนี้ จะมีส่วนสำคัญมากต่อการพิจารณาคุณภาพของแสงสว่างในสนามกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายการแข่งขันนักร้องสำคัญที่มีการถ่ายทอดโทรทัศน์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อผู้พิมพ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

PONGSIRI SIRIMONGKOL : CALCULATION OF LUMINANCE PERCEIVED BY OBSERVERS IN SPORT LIGHTING . THESIS ADVISORS : MR. CHAIYA CHAMCHOY ,
M.Eng. 255 pp.

This thesis presents method of calculating luminance values of cylinder (sample object) perceived by observer (spectator , colour TV camera) and a microcomputer program developed for sports lighting calculation. It is used with the popular 16 bits microcomputer. The program can calculate illuminance levels at any specific point on horizontal planes and vertical planes facing to observer , and luminance levels on surface of cylinder ; and is also able to find maximum , minimum , average and uniformity of illuminance . It can also plot isolux diagrams , 3 dimension graph of illuminance distribution

This calculation method is useful for the assessment of the quality of sports lighting , especially in matches that are to be broadcast .

ศูนย์วิทยุกระจายเสียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต *W. Siriri*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Chaiya Chamchoy*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีจากความช่วยเหลือของ
 หลายท่าน ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์ ไชยะ แซ่ม้อย อาจารย์ที่ปรึกษา
 วิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบ
 พระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.
 ประโมทย์ อุณหวัทยะ รองศาสตราจารย์ ไพบุลย์ ไชยนิล อาจารย์ประจำ
 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และ คุณปกรณ์ บริมาสพร ผู้จัดการทั่วไปจี ที อี อินเตอร์
 เนชั่นแนล อิงค์ (ซิลวาเนีย - ดิริชั่น) ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ รวมทั้งข้อคิดเห็น
 ต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และ น้อง ๆ ทุกคนที่อยู่เบื้อง
 หลังความสำเร็จครั้งนี้

ท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุน ในด้าน
 การเงิน และ ให้กำลังใจแก่ผู้เขียน เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



ศูนย์วิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ก
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 ความสำคัญของปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
2. การออกแบบไฟแสงสว่างของสนามกีฬา	
2.1 คำนียามต่าง ๆ ท้างด้านแสงสว่าง	5
2.2 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบไฟแสงสว่างสนามกีฬา	10
2.3 ประเภทของโคมฉาย	13
2.4 วิธีการวัดค่าความสว่างเฉลี่ยและค่าความสม่ำเสมอ	18
2.5 การจัดโคมไฟสนามกีฬา	19
2.6 คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบไฟแสงสว่างของ สนามกีฬา	22
2.7 คุณลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นผิว	24
2.8 การออกแบบไฟสนามกีฬาที่มีการถ่ายทอดโทรทัศน์ หรือ ถ่ายภาพ	26

3.	วิธีคำนวณเกี่ยวกับค่าแสงสว่างไฟสนามกีฬา	
3.1	การแสดงผลข้อมูลของโคมฉาย	34
3.2	การคำนวณค่าความสว่างบนระนาบนอน	36
3.3	การคำนวณค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่หัน เข้าหาผู้สังเกตการณ์	42
3.4	คุณลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นผิว	46
3.5	รูปแบบการคำนวณค่าความส่องสว่าง	48
3.6	การคำนวณค่าความส่องสว่างของวัตถุรูป ทรงกระบอกที่ปรากฏต่อสายตาผู้สังเกตการณ์	51
4.	การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณไฟแสงสว่างของสนามกีฬา	
4.1	การกำหนดค่าที่จำเป็นต่าง ๆ เพื่อใช้ในการ คำนวณความเข้มส่องสว่างของโคมไฟ	63
4.2	การคำนวณความสว่างบนระนาบนอน และระนาบตั้ง	65
4.3	การคำนวณค่าความส่องสว่างของวัตถุรูปทรงกระบอก ที่ปรากฏต่อสายตาผู้สังเกตการณ์	70
4.4	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ	72
4.5	ข้อกำหนดของการใช้โปรแกรม	73
4.6	ผลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม	74
5.	การพัฒนาโปรแกรม	
5.1	โครงสร้างของโปรแกรม	75
5.2	วิธีการใช้งานโปรแกรม	97

บทที่

6.	ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม	
6.1	ผลลัพธ์จากการคำนวณของลักษณะการติดตั้ง โคมไฟ	
	ชุดที่ 1 (ใช้เสา 4 ต้น)	128
6.2	ผลลัพธ์จากการคำนวณของลักษณะการติดตั้ง โคมไฟ	
	ชุดที่ 2 (ใช้เสา 2 ต้น)	172
7.	สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
7.1	สรุปผลการทำวิจัย	214
7.2	ข้อเสนอแนะ	229
	หนังสืออ้างอิง	231
	ประวัติผู้เขียน	233

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการหาค่าความส่องสว่าง	6
2.2 แสดงรูป RELATIONSHIP BETWEEN GRASS BRIGHTNESS AND ANGLE OF INCIDENT LIGHT FOR CONSTANT ANGLE OF VISION (20 DEGREE)	12
2.3 แสดงรูป GENERAL TYPES OF FLOODLIGHTS	15
2.4 แสดงรูป TYPICAL FLOODLIGHT DISTRIBUTION SHOWN DIAGRAMMATICALLY	16
2.5 แสดงรูป RELATIONSHIP BETWEEN PLAYING AREA AND APPROXIMATE NUMBER OF GRID POINTS NEEDED FOR CALCULATING AVERAGE ILLUMINANCE AND UNIFORMITY RATIO	19
2.6 แสดงรูป GRIDS FOR CALCULATION AND MEASUREMENT OF AVERAGE ILLUMINANCE AND UNIFORMITY RATIO IN SPORTS STADIUM	19
2.7 แสดงรูป FOUR-CORNER ARRANGEMENT OF STADIUM LIGHTING SHOWING THE POSITION OF THE COLUMNS	21
2.8 แสดงรูป SIDE ARRANGEMENT OF STADIUM LIGHTING IN WHICH THEY ARE MOUNTED	21
2.9 แสดงรูป REFLECTED LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION CHARACTERISTIC MODEL	24
2.10 แสดงรูป VERTICAL PLANS AT EACH GRID POINT FACE THE SIDE-LINE BORDERING THE MAIN CAMERA AREA	30
2.11 แสดงรูป VERTICAL PLANES AT EACH GRID POINT FOR THE FIXED CAMERA POSITION	30

2.12	แสดงรูป FOUR VERTICAL PLANES AT EACH GRID POINT FACING THE SIDE-LINES	31
3.1	ตัวอย่างข้อมูลของ โคมฉาย	34
3.2	แสดงระบบที่ใช้ในการวัดค่าความเข้มส่องสว่างของ โคมฉาย	35
3.3	แสดงตำแหน่ง จุดเลี้ยงของโคม และจุดที่ต้องการหาค่าความสว่าง	37
3.4	แสดงความสัมพันธ์เชิงเรขาคณิตของตำแหน่งดวงโคม จุดเลี้ยง และจุดที่ ต้องการคำนวณหาค่าความสว่างบนระนาบนอน ที่อยู่สูงจากพื้นสนาม.....	40
3.5	รูปด้านบน แสดงตำแหน่งของโคม ผู้สังเกตการณ์ จุดที่คำนวณหาค่าความ สว่างและระนาบตั้งฉาก กับ แนวสายตาผู้สังเกตการณ์	43
3.6	รูปด้านข้าง แสดงตำแหน่งของโคม ผู้สังเกตการณ์ จุดที่คำนวณหาค่าความ สว่างและระนาบตั้งฉาก กับ แนวสายตาผู้สังเกตการณ์	43
3.7	รูปสามมิติ แสดงตำแหน่งของโคม ผู้สังเกต และจุดที่คำนวณ	44
3.8	REFLECTED LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION CHARACTERISTIC MODEL	47
3.9	แสดงการพิจารณา แสงที่ตกกระทบบนพื้นผิว เล็ก ๆ	47
3.10	แสดงด้านบนของตำแหน่ง จุดศูนย์กลางของวัตถุรูปทรงกระบอก โคมไฟ ผู้สังเกตการณ์ และจุดที่คำนวณค่าความสว่าง	51
3.11	แสดงภาพด้านบนของ จุดที่คำนวณค่าความส่องสว่าง	52
3.12	รูปด้านข้าง แสดงจุดที่คำนวณค่าความส่องสว่าง	53
3.13	แสดงมุมระหว่างเส้นสองเส้น ในระบบสามมิติ	56
3.14	ภาพสามมิติ แสดงความสัมพันธ์เชิงเรขาคณิต ของ ตำแหน่งโคมไฟ ผู้สังเกต และจุดที่คำนวณค่าความส่องสว่าง.....	61
4.1	แสดงค่าความเข้มส่องสว่างของโคมไฟที่ใช้ในตัวอย่างการคำนวณ	64
4.2	แสดงตัวอย่างการประมาณค่าโดยใช้ QUADRATIC INTERPOLATION ของค่า I	67

4.3	แสดงการใช้ QUADRATIC INTERPOLATION ของ CURVE A จากรูปที่ 4.2	67
4.4	แสดงจุดที่ต้องการคำนวณภายในพื้นที่ ที่ต้องการคำนวณ	68
4.5	แสดงระนาบที่คำนวณค่าความสว่างในแนวเอียง	70
5.1	แสดงโครงสร้างของโปรแกรม AREA FLOOD LIGHTING DESIGN ...	78
5.2	แสดง DIAGRAM การคำนวณความสว่างบนระนาบนอน	81
5.3	แสดงโครงสร้างของส่วนโปรแกรมการคำนวณค่าความสว่าง บนระนาบเอียง	85
5.4	แสดง DIAGRAM ขั้นตอนการคำนวณค่าความสว่างบนระนาบเอียง	86
5.5	แสดง DIAGRAM โครงสร้างของโปรแกรมในส่วนการคำนวณค่าความ ส่องสว่างของวัตถุรูปทรงกระบอกที่ปรากฏต่อสายตาผู้สังเกตการณ์	90
5.6	DIAGRAM แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าความส่องสว่างของวัตถุที่ ปรากฏต่อสายตาผู้สังเกตการณ์	91
5.7	แสดงภาพด้านบนการกำหนดจุดที่คำนวณ บนพื้นผิววัตถุรูปทรงกระบอก ...	94
5.8	แสดงภาพของวัตถุที่มองจากตำแหน่งผู้สังเกตการณ์	95
5.9	แสดง TITLE ของโปรแกรม AFLD	98
5.10	แสดง MAIN MENU ของโปรแกรม AFLD	98
5.11	ตารางสำหรับป้อนข้อมูลรายละเอียด การติดตั้งคอมพิวเตอร์	101
5.12	ตารางสำหรับป้อนข้อมูล ความกว้าง ความยาว และ ระยะห่างระหว่างจุดที่คำนวณในตารางเล็ก	101
5.13	แสดงรายการในรายการ INSTALLATION DATA	102
5.14	แสดงรายการในรายการ NEW DATA	102
5.15	แสดงภาพบนจอ ขณะที่โปรแกรมถามว่า ต้องการ SAVE ข้อมูลการติดตั้งคอมพิวเตอร์ลงบนแผ่น DISK หรือ ไม่	103
5.16	แสดงภาพบนจอขณะที่โปรแกรมให้ป้อนชื่อแฟ้มข้อมูล ที่ SAVE ลง DISK	103
5.17	แสดงรายการในรายการ FILE DATA	106

5.18	แสดงการป้อนชื่อไฟล์ข้อมูลการติดตั้ง โคมไฟแบบสมมาตรที่ต้องการอ่าน ..	108
5.19	แสดงการป้อนชื่อไฟล์ข้อมูลการติดตั้ง โคมไฟแบบไม่สมมาตรที่ต้องการอ่าน	108
5.20	แสดงตารางการป้อนข้อมูลพร้อมข้อมูลที่ได้จากการอ่านแผ่น DISK	108
5.21	แสดงภาพหน้าจอเมื่อเลือก LUMINAIRE DATA	110
5.22	แสดงภาพหน้าจอเมื่อเลือกรายการ CALCULATION	110
5.23	ภาพหน้าจอแสดงรายการ HORIZONTAL	111
5.24	ภาพหน้าจอแสดงสภาพของโปรแกรมขณะทำการคำนวณ	111
5.25	ภาพหน้าจอแสดงการป้อนข้อมูลระดับเหนือพื้นสนามที่ต้องการคำนวณ	112
5.26	ภาพหน้าจอแสดงการแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์	112
5.27	แสดงหน้าจอให้ตรวจสอบเครื่องพิมพ์	115
5.28	ภาพหน้าจอแสดงสถานะขณะกำลังพิมพ์	115
5.29	ภาพหน้าจอแสดงรายการ INCLINE	116
5.30	ภาพหน้าจอแสดงตารางสำหรับป้อนข้อมูลสำหรับเลือกรายการ OBSERVER	116
5.31	ภาพหน้าจอแสดงลักษณะขณะทำการคำนวณ	117
5.32	ภาพหน้าจอแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์	117
5.33	ภาพที่ปรากฏบนจอขณะเลือกรายการ LUMINANCE	119
5.34	ภาพที่ปรากฏบนจอขณะทำการคำนวณ	119
5.35	แสดงผลหลังการคำนวณ	122
5.36	แสดงภาพบนจอขณะเลือกรายการ GRAPHIC	123
5.37	แสดงภาพบนจอขณะเลือกรายการ ISOLUX DIAGRAM	123
5.38	แสดงภาพบนจอขณะป้อนข้อมูลของค่า ISOLUX ที่ต้องการ PLOT	124
5.39	แสดงภาพบนจอเมื่อเลือกรายการ 3-DIMENSION	124
6.1	(a) แสดงรูปแบบการติดตั้งโคมไฟที่ใช้เสา 4 ต้น	
	(b) แสดงรูปแบบการติดตั้งโคมไฟที่ใช้เสา 2 ต้น	127
6.2	แสดงรายละเอียดข้อมูลการติดตั้งโคมไฟที่ใช้เสา 4 ต้น	128

รูปที่

(ผลลัพธ์จากการคำนวณ ของลักษณะการติดตั้ง โคมไฟชุดที่ 1 , เสา 4 ต้น)

6.3	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่พื้นสนามและ Isolux Diagram	129
6.4	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่พื้นสนาม ในลักษณะสามมิติ	130
6.5	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม และ Isolux Diagram	131
6.6	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ในลักษณะสามมิติ	132
6.7	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 1 และ Isolux Diagram	133
6.8	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 1 ในลักษณะสามมิติ	134
6.9	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1 และ Isolux Diagram	135
6.10	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1 ในลักษณะสามมิติ	136
6.11	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 2 และ Isolux Diagram	137
6.12	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 2 ในลักษณะสามมิติ	138
6.13	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2 และ Isolux Diagram	139

รูปที่

6.14	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2 ในลักษณะสามมิติ	140
6.15	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 1 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	141
6.16	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	142
6.17	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 3 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	143
6.18	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 4 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	144
6.19	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 5 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	145
6.20	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 2 ตำแหน่งที่ 1 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	146
6.21	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 2 ตำแหน่งที่ 2 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	147
6.22	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 2 ตำแหน่งที่ 3 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	148
6.23	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 2 ตำแหน่งที่ 4 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	149
6.24	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 2 ตำแหน่งที่ 5 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	150
6.25	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 3 ตำแหน่งที่ 1 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	151

รูปที่		หน้า
6.39	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 2 ตำแหน่งที่ 5 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2	165
6.40	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 3 ตำแหน่งที่ 1 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2	166
6.41	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 3 ตำแหน่งที่ 2 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2	167
6.42	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 3 ตำแหน่งที่ 3 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2	168
6.43	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 3 ตำแหน่งที่ 4 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2	169
6.44	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 3 ตำแหน่งที่ 5 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2	170
6.45	แสดงรายละเอียดข้อมูลการติดตั้งคอมพิวเตอร์ที่ใช้เสา 2 ต้น	171
(ผลลัพธ์จากการคำนวณ ของลักษณะการติดตั้งคอมพิวเตอร์ที่ 2 , เสา 2 ต้น)		
6.46	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่พื้นสนามและ Isolux Diagram	172
6.47	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่พื้นสนาม ในลักษณะสามมิติ	173
6.48	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม และ Isolux Diagram	174
6.49	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบนอนที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ในลักษณะสามมิติ	175
6.50	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 1 และ Isolux Diagram	176

รูปที่

6.51	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 1 ในลักษณะสามมิติ	177
6.52	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1 และ Isolux Diagram	178
6.53	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1 ในลักษณะสามมิติ	179
6.54	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 2 และ Isolux Diagram	180
6.55	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่พื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ ตำแหน่งที่ 2 ในลักษณะสามมิติ	181
6.56	แสดงผลลัพธ์ของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2 และ Isolux Diagram	182
6.57	แสดงการกระจายของค่าความสว่างบนระนาบตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นสนาม ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 2 ในลักษณะสามมิติ	183
6.58	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 1 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	184
6.59	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	185
6.60	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 3 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	186
6.61	แสดงผลลัพธ์ของค่าความส่องสว่างของวัตถุในแนวที่ 1 ตำแหน่งที่ 4 ณ ผู้สังเกตการณ์ตำแหน่งที่ 1	187

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 CLASSIFICATION OF FLOOD LIGHTS BY
BEAM DIVERGENCE 17

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าความสว่างในแนวดิ่งที่เหมาะสม
สำหรับกีฬาแต่ละประเภทที่ระยะห่างระหว่างกล้องต่าง ๆ 31

ตารางที่ 7.1 ตารางสรุปผลการคำนวณ 216



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย