

ม 121754

วส 123308



รายงานการวิจัย
เรื่อง

ความแม่นยำของแบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อการประยุกต์ใช้งาน
แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย

An accuracy assessment of sky luminance modeling for an
application with artificial light, Mahasarakham Thailand



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จักรกฤษณ์ จันทศิริ

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม	
รับ	
วันลงทะเบียน	16 พ.ค. 2560
เลขทะเบียน	วส. 249973
เลขเรียกหนังสือ	520.74 จ111ค

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2558

2558

๓ 3

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2558)

หัวข้อวิจัย ความแม่นยำของแบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติ
ร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย
ผู้ดำเนินการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ จันทศิริ
หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลของการศึกษาการสร้างแบบจำลองของแสงจากท้องฟ้า สำหรับสภาพ
ภูมิอากาศเขตร้อน บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย (ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ
และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก) ใช้ค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้ามาประกอบ ความถูกต้องและแม่นยำของ
แบบจำลอง จะพิจารณาในแง่ของค่าทางสถิติประกอบด้วย ค่าเบี่ยงเบนจากความเอนเอียงเฉลี่ย(MBD) ค่า
เบี่ยงเบนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และแบบจำลองที่ได้มีความ
สอดคล้องกับฟังก์ชันมาตรฐานเกเดติก



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title An accuracy assessment of sky luminance modeling for an application with artificial light, Mahasarakham Thailand

Researcher Assist.Prof. Dr. Jakkit Junsiri

Organization Department of Electrical technology, Faculty of Engineering
Rajabhat Maha Sarakham University

Year 2015

ABSTRACT

This research presents the results of a study on all sky modeling and daylight availability for the tropical climate found in the central region of the northeastern part of Thailand ($16^{\circ}14'N$, $103^{\circ}15'E$). The required components of sky quantities, namely zenith luminance. The accuracy of the validated model is determined in terms of the mean bias deviation (MBD), the root mean square deviation (RMSD) and the coefficient of correlation (R^2) values and the model according to standard Gradatic function.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยความร่วมมือของหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลจากสถานีวัดรังสี
อาทิตย์ ห้องปฏิบัติการรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อประกอบการทำวิจัยฉบับนี้ รวมถึง
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย สำหรับการทำงานวิจัย
ครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกส่วนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยไว้ ณ โอกาสนี้

จักรกฤษณ์ จันทศิริ

2558



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย (นิยามศัพท์เฉพาะ)	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
พื้นฐานของแสงที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
การวัดความสว่าง	6
สถานีวัดปริมาณรังสี	8
การแบ่งสภาพท้องฟ้า	9
ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
สถานีวัดปริมาณรังสีอัตโนมัติและการบันทึกข้อมูล	11
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	17
การหาแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า	18
การสร้างแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้าจากค่าคงที่	20
ทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย	21
ผลการวิเคราะห์แบบจำลองความสว่าง ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม	21
ผลการสร้างแบบจำลองความสว่าง ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม	21

	หน้า
บทที่ 5 สรุปลงการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	25
สรุปลงการวิจัย	25
อภิปรายผล	25
ข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	26
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	26
ภาคผนวก	27
ภาคผนวก ก	28
ภาคผนวก ข	31
ประวัติผู้วิจัย	36



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สภาพของท้องฟ้าตามมาตรฐานของ IESNA.....	10
3.1	เครื่องมือวัดของสถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	15
3.2	การแบ่งสภาพท้องฟ้าตามค่า SR, Sky Ratio.....	19
4.1	ความถี่สะสมของสภาพท้องฟ้าตามอัตราส่วนของท้องฟ้า ณ สถานีวัดปริมาณ รังสีอาทิตย์ มหาสารคาม ปี พ.ศ. 2556.....	21
4.2	ค่าคงที่ของแบบจำลองความสว่าง ณ สถานีตรวจวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ มหาสารคาม ปี พ.ศ. 2556.....	24



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2556.....	1
2.1 สเปกตรัมของคลื่นแสง.....	4
2.2 แสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า.....	5
2.3 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	5
2.4 ความสว่างตรงจากดวงอาทิตย์และความสว่างกระจายจากท้องฟ้า.....	6
2.5 ความเข้มของความส่องสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า.....	6
2.6 ค่ากำลังเทียนของหลอดชนิดเผาไส้.....	7
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างฟุตแคนเดิลกับลักซ์.....	7
2.8 การกระจายของฟลักซ์แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง.....	8
2.9 สถานีวัดสมาชิก IDMP.....	9
2.10 มาตรฐานของการแบ่งสภาพท้องฟ้า 15 กลุ่ม.....	10
2.11 มาตรฐานของการแบ่งสภาพท้องฟ้า 3 กลุ่ม.....	11
2.12 ศักยภาพด้านแสง ณ สถานีวัดรังสีอาทิตย์สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.....	11
2.13 การพัฒนาแบบจำลองความสว่างกรณีเมฆบางส่วน ณ สถานีวัดมาตริต สเปน.....	12
2.14 ศักยภาพด้านแสง บริเวณจุดศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย.....	12
3.1 ที่ตั้งสถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	13
3.2 อุปกรณ์ตรวจวัด สถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	14
3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัด สถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	14
3.4 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกในช่วงเวลา 1 วัน สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบฟ้าใส.....	16
3.5 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกในช่วงเวลา 1 วัน สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้าเมฆบางส่วน.....	16
3.6 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกในช่วงเวลา 1 วัน สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้าคลุ้ม.....	16
3.7 สภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$).....	19
3.8 สภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้ามีเมฆบางส่วน ($0.3 < SR < 0.8$).....	19
3.9 สภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้ามีเมฆคร้ม ($0.8 \leq SR$).....	19
3.10 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าแบ่งตามอัตราส่วนท้องฟ้า และลักษณะของมาตรฐานท้องฟ้า 15 กลุ่มกรณี Standard gradations.....	20
4.1 ค่าเฉลี่ยของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าปี พ.ศ. 2556.....	21
4.2 ความสัมพันธ์ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและมุมเงยดวงอาทิตย์ กรณีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$).....	22

ภาพที่

หน้า

4.3 ความสัมพันธ์ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและมุมเงยดวงอาทิตย์ กรณีฟ้าเมฆบางส่วน ($0.3 < SR \leq 0.8$).....	22
4.4 ความสัมพันธ์ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและมุมเงยดวงอาทิตย์ กรณีฟ้าครึ้ม ($0.8 < SR \leq 1.0$).....	22
4.5 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชัน เกเดติก กรณีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$).....	23
4.6 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชัน เกเดติก กรณีฟ้ามีเมฆบางส่วน ($0.3 < SR < 0.8$).....	23
4.7 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชัน เกเดติก กรณีฟ้าครึ้ม ($0.8 \leq SR$).....	24
ก-1 สถานีวัดรังสีอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	29
ก-2 สถานีวัดสภาพอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	30



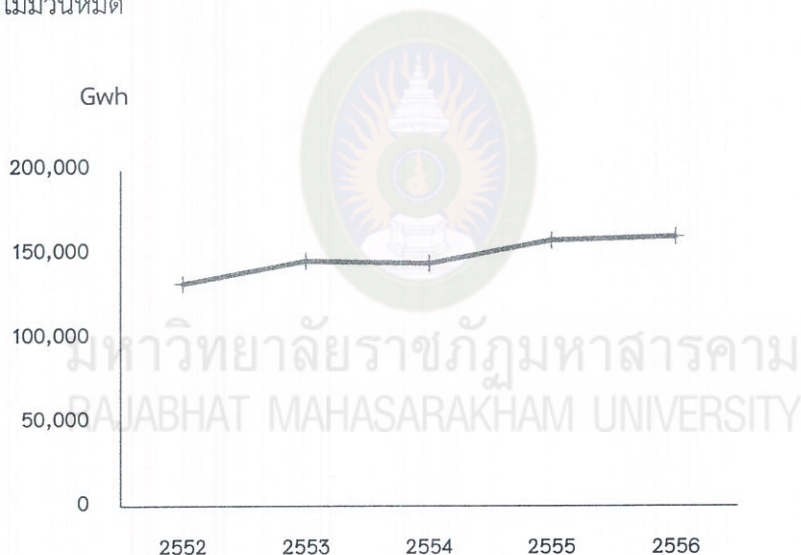
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน และเป็นสิ่งสำคัญพื้นฐานในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจ แต่เนื่องจากไฟฟ้า เป็นสิ่งที่ไม่สามารถกักเก็บได้ และความต้องการไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำเป็นต้องจัดหาไฟฟ้าให้เพียงพอ กับความต้องการใช้ไฟฟ้าตลอดเวลา จากภาพที่ 1 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยที่ผ่านมา มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นมีโอกาสมหมดไป จะเห็นได้จากหลายส่วน ทั้งภาครัฐและเอกชนต่างหันมาให้ความสนใจการใช้พลังงานอื่นๆ มาทดแทนซึ่งพลังงานเหล่านั้น ได้แก่ พลังงานจากดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานลม ซึ่งเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่บริสุทธิ์ไม่มีวันหมด



ภาพที่ 1.1 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2556 (กระทรวงพลังงาน 2556)

พลังงานทดแทนจากแหล่งพลังงานธรรมชาติ จึงเป็นทางเลือกที่จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ เพื่อลดปัญหาการใช้พลังงานและวัตถุดิบจากการนำเข้าจากต่างประเทศ ความรู้เกี่ยวกับนำความสว่างของแสงธรรมชาติมาใช้งานร่วมกับแสงประดิษฐ์ เป็นอีกทางเลือกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ ได้ จากงานวิจัยระบบไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแสงสว่างจะมีค่า 20-30 % ของการใช้ไฟฟ้ารวมของอาคาร การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารจึงมีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร นอกจากนี้ยังช่วยลดภาระการทำความเย็น ของระบบปรับอากาศของอาคาร มีผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารลดลง [1]-[4]

การนำแสงธรรมชาติเข้าในอาคารเพื่อลดกำลังไฟฟ้าของแสงประดิษฐ์ทำได้ 2 แนวทาง ได้แก่การนำแสงธรรมชาติเข้าด้านบนอาคาร และการนำแสงธรรมชาติเข้าด้านข้างอาคาร [9] เนื่องจากแสงธรรมชาติจากท้องฟ้าจะมีความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงไปตามมุมเงยของดวงอาทิตย์ เมื่อแสงภายนอกที่เข้าสู่อาคารในปริมาณมากกว่าค่าที่กำหนดโดย IESNA (สำนักงาน; 300-500 ลักซ์) ดังนั้นต้องมีการลดปริมาณแสงไฟฟ้า ซึ่งวิธีการควบคุมการทำงานของหลอดไฟฟ้าจะทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การตั้งระดับแสงในการเปิด-ปิดสวิทช์จ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดและวิธีควบคุมแสงประดิษฐ์แบบปรับค่าได้ตามการตรวจสอบความเข้มของแสงธรรมชาติ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอ การนำแบบจำลองที่ได้มีการพัฒนาในรูปแบบของแบบจำลองความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า โดยใช้อัตราส่วนของท้องฟ้า และมุมระดับความสูงของดวงอาทิตย์ โดยใช้บริเวณพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย มาวิเคราะห์ถึงความแม่นยำในการใช้งาน รวมถึงนำเสนอการผลประเมินการทดสอบการการใช้แสงธรรมชาติเข้าด้านข้างของห้อง ร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร เพื่อวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร สำหรับพื้นที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ทดลองในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก) เพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างภายในอาคาร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำเสนอผลการเปรียบเทียบค่าการประเมินแสงสว่างจากแบบจำลองและค่าแสงจริงในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก)
2. เพื่อนำเสนอผลการประยุกต์ใช้แสงจากธรรมชาติเมื่อนำมาใช้งานร่วมกับแสงประดิษฐ์ในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก)

ขอบเขตการวิจัย

1. ประเมินค่าแสงสว่าง 4 ทิศ คือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกเพื่อเปรียบเทียบกับค่าประเมินจากแบบจำลองแสงจากธรรมชาติ ในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก)
2. ประเมินผลการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์กรณีทั้ง 4 ทิศ คือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกเพื่อเปรียบเทียบกับค่าประเมินจากแบบจำลองแสงจากธรรมชาติ ในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก)

สมมติฐานการวิจัย

ในการวิเคราะห์แบบจำลองรวมถึงการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองที่ได้พัฒนามาจากงานวิจัยเดิม โดยการเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการวัดจริง ในกรณีทั้งสี่ทิศ คือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และ ตะวันตก ต้องมีค่าความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 5 จึงจะถือว่าแบบจำลองมีความแม่นยำที่ยอมรับได้

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย/(นิยามศัพท์เฉพาะ)

แบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้า หมายถึง สมการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้คำนวณหาค่าความสว่างของแสงจากธรรมชาติ

แสงประดิษฐ์ หมายถึง แสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงโดยวงจรทางไฟฟ้า

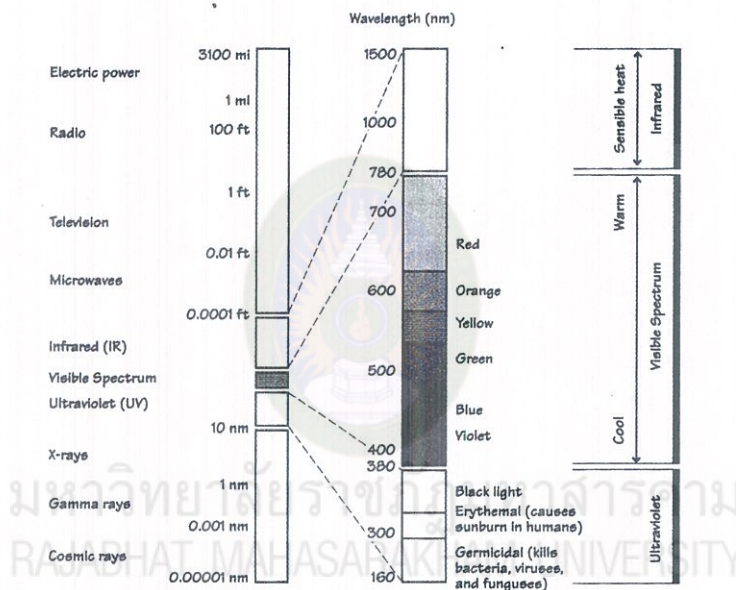
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. งานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทาง และการพัฒนาเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้งานร่วมกับแสงประดิษฐ์ได้
2. ทำให้เข้าใจถึงหลักการในการพัฒนาแบบจำลองของแสงธรรมชาติ เมื่อต้องนำมาใช้งานจริง

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

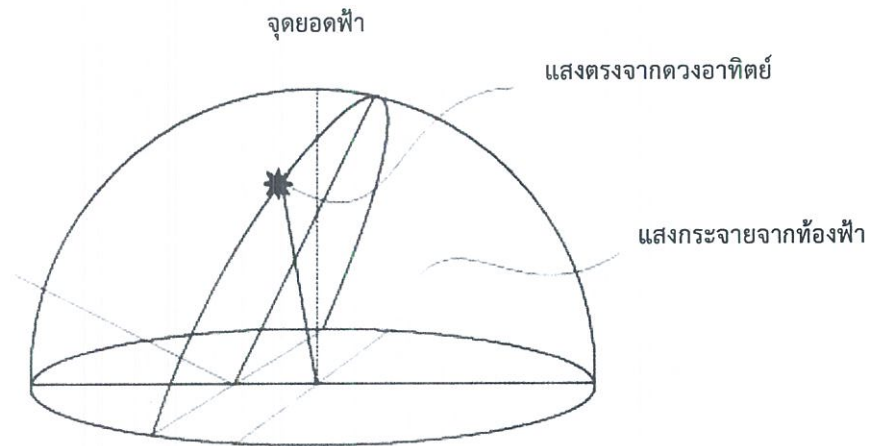
พื้นฐานของแสงที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ดวงอาทิตย์ส่งพลังงานออกมาสู่อวกาศโดยรอบในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความยาวคลื่นตั้งแต่รังสีแกมมาจนถึงคลื่นวิทยุ เมื่อผ่านบรรยากาศของโลกจะถูกโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ ดูดกลืนส่วนที่ตกกระทบพื้นผิวโลกจะเหลือเฉพาะรังสีอุลตราไวโอเล็ต แสงสว่าง และรังสีอินฟราเรด หรือส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น $0.29-4.0 \mu\text{m}$ ดังแสดงในภาพที่ 2.1

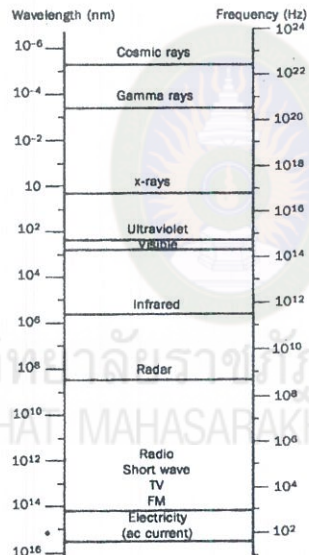


ภาพที่ 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแสง

ส่วนของสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์ที่สายตามนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะเรียกว่า แสงสว่างธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ และแสงกระจายจากท้องฟ้า โดยมีความยาวคลื่นในช่วง $0.38-0.77 \mu\text{m}$ แสงตรงจากดวงอาทิตย์จะเป็นส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่พุ่งตรงจากดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศของโลกมายังตำแหน่งที่พิจารณา ส่วนแสงกระจายจากท้องฟ้าจะเป็นแสงที่เกิดจากการกระเจิง ของแสงตรงจากดวงอาทิตย์โดยโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ ดังแสดงในภาพที่ 2.2 และ 2.3

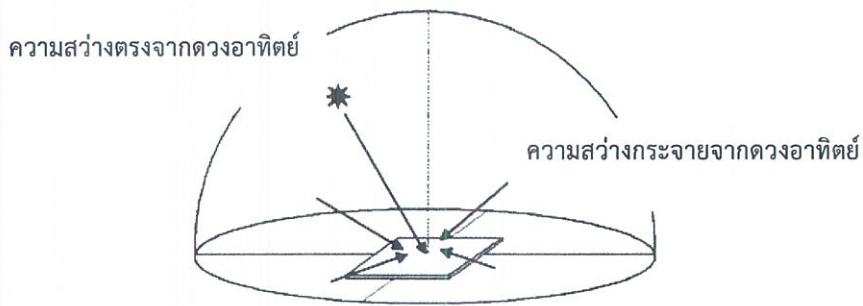


ภาพที่ 2.2 แสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า



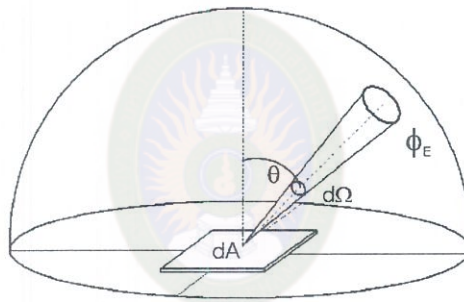
ภาพที่ 2.3 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้าตกกระทบพื้นดิน ต้นไม้และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ จะมีการสะท้อน ซึ่งแสงสว่างส่วนนี้ยังคงเป็นแสงสว่างธรรมชาติอีกส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่าแสงสว่างธรรมชาติซึ่งสะท้อนจากพื้นผิวโลก ปริมาณของแสงสว่างธรรมชาติในรูปของฟลักซ์แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วย ถ้าเป็นฟลักซ์ของแสงสว่างตรงจากดวงอาทิตย์ จะเรียกว่าแสงสว่างตรงจากดวงอาทิตย์ หรือลำแสงตรงจากดวงอาทิตย์ กรณีที่เป็นฟลักซ์ของแสงสว่างกระจายจากท้องฟ้า จะเรียกว่าแสงสว่างกระจายจากดวงอาทิตย์ และเรียกผลรวมว่าแสงสว่างรวมจากดวงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ความสว่างตรงจากดวงอาทิตย์และความสว่างกระจายจากท้องฟ้า

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศของโลกจะถูกกระเจิงโดยโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ เกิดเป็นรังสีกระจาย ซึ่งสายตามนุษย์รับรู้ได้ในรูปของความเข้มของแสงสว่างจากส่วนต่างๆ ของท้องฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2.5

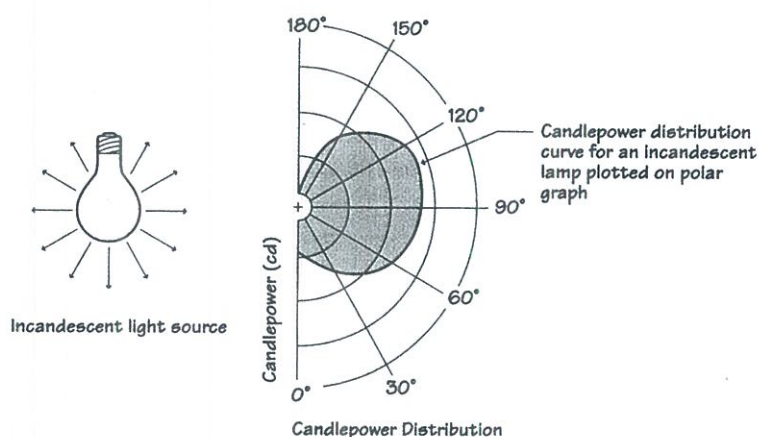


ภาพที่ 2.5 ความเข้มของความส่องสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า

การวัดความสว่าง

แคนเดลา

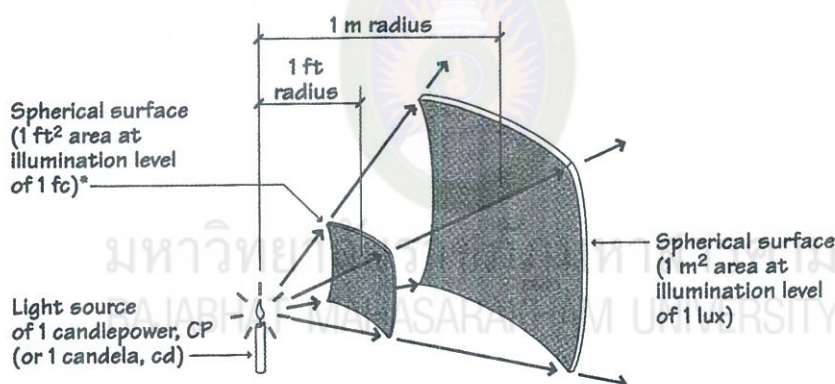
แหล่งกำเนิดแสงสามารถที่จะวัดค่าได้ บอกค่าความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่างหรือเรียกว่ากำลังส่องสว่าง มีหน่วยเป็นแคนเดลา ความเข้มแห่งการส่องสว่างหรือกำลังส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับความเข้มแห่งการส่องสว่างของวัตถุดำที่อุณหภูมิเยือกแข็งของพลาทินัม โดยทั่วไปความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงนั้น ๆ มักจะมีค่าเท่ากันและสมมาตรกันระหว่างแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้น โรงงานผู้ผลิตจะจัดทำตารางข้อมูลแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ สัมพันธ์กับมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้น ๆ ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ค่ากำลังเทียนของหลอดชนิดเผาไส้

ลูเมน

เป็นการบอกค่าความมากน้อยของพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ การบอกในรูปของจำนวนเส้นแรงของปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น ๆ ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างฟุตแคนเดิลกับลักซ์

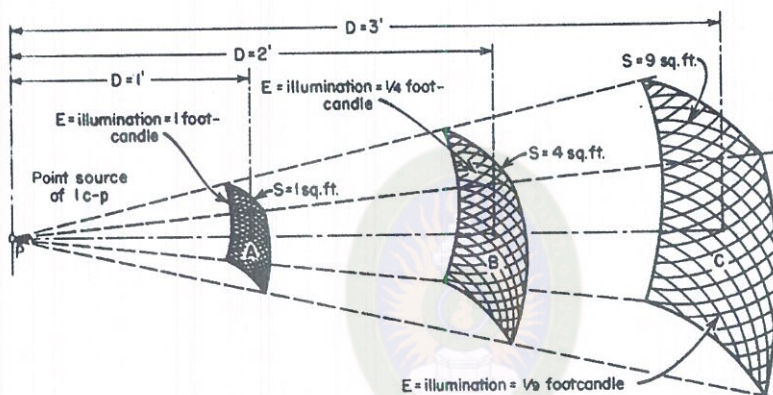
ถ้านำแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็กมาก ๆ จนเสมือนจุด และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทุกทางเท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมที่มีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุก ๆ หนึ่งตารางหน่วย พื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน และเนื่องจากพื้นที่รอบผิวทั้งหมดของทรงกลมนี้มีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลาจะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้ 12.57 ลูเมน ดังภาพที่ 2.8

การส่องสว่าง

ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นผิวใด ๆ จะแปรตามโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิด และแปรตามอย่างผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง ดังภาพที่ 2.8 เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square's law)

$$E = \frac{Cd}{D^2} \quad (2.1)$$

- เมื่อ E คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นฐาน
- Cd คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิด
ในทิศทางที่พุ่งไปหาจุดที่พิจารณาบนพื้นงาน
- D คือ ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับจุดที่ต้องการคำนวณ
หาค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง



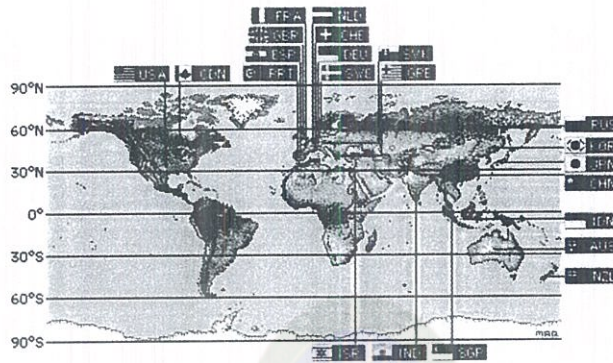
ภาพที่ 2.8 การกระจายของฟลักซ์แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง

สถานีวัดรังสีอาทิตย์

องค์กร CIE เป็นองค์กรซึ่งได้เริ่มก่อตั้งมาแล้วกว่า 80 ปี เป็นองค์กรอิสระที่ดำเนินการตั้งข้อกำหนดมาตรฐานด้านแสง มีจุดประสงค์เพื่อความร่วมมือและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างประเทศสมาชิกในส่วนของความสัมพันธ์ทางวิทยาศาสตร์และสถาปัตยกรรมของแสงสว่างสำนักงานหลักตั้งอยู่ในประเทศฝรั่งเศส

ปี 1990 การศึกษาและวิจัยรังสีอาทิตย์ เริ่มมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เมื่อองค์กร CIE เริ่มกำหนดมาตรฐาน และประกาศส่งเสริมโครงการจัดตั้งสถานีวัดรังสีอาทิตย์ ให้มีเครือข่ายเป็นสมาชิกทั่วโลกเพื่อศึกษารังสีอาทิตย์ในส่วนของพลังงานแสงโดยตรงโดยจะยังคงใช้พื้นฐานและหลักการของงานวิจัยเดิมเป็นแนวทางพัฒนาหาแบบจำลองในแบบต่าง ๆ การวัดปริมาณแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์นั้นได้มีการศึกษามาเป็นระยะเวลานานแล้ว และมีสถานีวัดกระจายอยู่ทั่วโลก ค่าปริมาณแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์จะแตกต่างกันออกไปตามที่ตั้งของสถานี ดังนั้นการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันเพื่อใช้เปรียบเทียบ และศึกษาเพื่อที่จะได้นำค่าปริมาณแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์มาใช้ได้ให้เกิดประโยชน์ และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเก็บข้อมูลนั้น มีรูปแบบที่แตกต่างกัน การศึกษาและการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันจึงค่อนข้างยุ่งยากมาก ดังนั้นในช่วงปี ค.ศ. 1991 จึงได้มีการก่อตั้ง IDMP (International Daylight Measurement

Program) เพื่อให้มีการวัดปริมาณแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์ให้เป็นระเบียบแบบแผนเดียวกัน เพื่ออำนวยความสะดวกและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันตลอดจนเป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลก สถานที่ที่ได้รับการรับรองจาก IDMP แล้วการวัดและการเก็บข้อมูลแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์จะถือว่ามีความถูกต้องและสามารถเผยแพร่ในกลุ่มสมาชิกได้ทั่วโลก ซึ่ง CIE ได้ขึ้นบัญชีรายชื่อสถานีสมาชิกเครือข่ายและจัดทำคู่มือ IDMP เพื่อเจ้าหน้าที่ทำการวัดและเก็บข้อมูลจะได้ปฏิบัติตามอย่างถูกต้อง และจะมีผู้มาตรวจสอบความผิดพลาดได้ในภายหลัง โดยสถานีวัดของสมาชิกในส่วนต่าง ๆ ของโลกแสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 สถานีวัดสมาชิก IDMP

สถานีวัดปริมาณแสงและพลังงานจากดวงอาทิตย์ตามมาตรฐาน CIE มี 2 ระดับได้แก่ สถานีวัดระดับทั่วไป (General Class) และสถานีวัดระดับวิจัย (Research Class) สถานีวัดระดับทั่วไปเป็นสถานีที่ระดับความสามารถในการศึกษาค่าแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์เป็นหลัก สถานีวัดระดับวิจัย เป็นสถานีที่มีศักยภาพในการศึกษาค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้าและแยกสภาพท้องฟ้าตามค่าดัชนีความใส ค่าความสว่างของแสงและพลังงานจากรังสีอาทิตย์และปัจจัยอื่น ๆ ทางอุตุนิยมวิทยา

การแบ่งสภาพท้องฟ้า

การแบ่งสภาพท้องฟ้าใช้มาตรฐาน Sky ratio และ Perez clearness index (E) ซึ่งนำเสนอโดย Perez และคณะ หาได้จากการคำนวณค่าของรังสีอาทิตย์แล้วแบ่งสภาพท้องฟ้าตามค่าการกระจายที่ได้ สำหรับสภาพท้องฟ้าแต่ละชนิดจะนำค่ารังสีรวม, รังสีกระจาย และค่า Zenith luminance มาสร้างแบบจำลองที่เป็นฟังก์ชันของมุมอัลติจูดดวงอาทิตย์

ในการศึกษานี้จะใช้ตัวแบ่งสภาพท้องฟ้าโดย Sky ratio ดังสมการของ Sky ratio (SR)

$$SR = E_{ed} / E_{eg} \quad (2.2)$$

เมื่อ E_{ed} คือ รังสีกระจาย

E_{eg} คือ รังสีรวม

สภาพของท้องฟ้าตามมาตรฐานของ IESNA แสดงดังตารางที่ 1

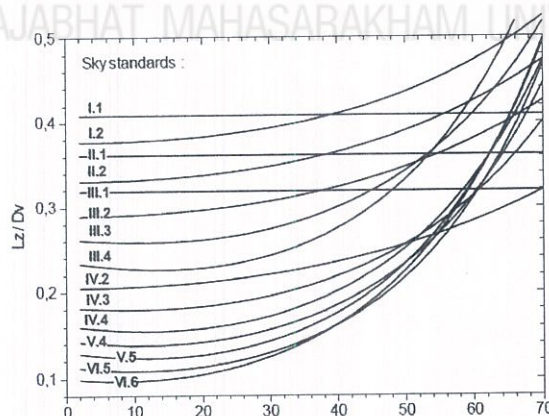
ตารางที่ 1.1 สภาพของท้องฟ้าตามมาตรฐานของ IESNA

Frequency of occurrence of each sky type at MSU station		
Clear sky (SR \leq 0.3)	Inter-mediate sky (0.3<SR<0.8)	Cloudy sky (0.8 \leq SR)

ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานแสงจากธรรมชาติ เป็นพลังงานที่มีความสำคัญในการนำมาพิจารณาประกอบกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร มีรายงานการศึกษาพบว่า การนำพลังงานแสงจากภายนอกอาคารเข้ามาใช้งานภายในตัวอาคาร สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างได้ถึง 30% ในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารของวิศวกรไฟฟ้า มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจากงานวิจัยด้านแสงจากธรรมชาติที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่นั้นๆ มาประกอบในการออกแบบระบบแสงสว่าง และในแต่ละพื้นที่จะมีศักยภาพของแสงจากธรรมชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบศักยภาพทางด้านแสงในพื้นที่หรือบริเวณที่จะทำการออกแบบ ซึ่งมีผลต่อการวางแผนเพื่อนำพลังงานแสงจากธรรมชาติมาใช้งานให้ได้ประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด

ปี 1998 Kittle และคณะ ได้นำเสนอมาตรฐานของการแบ่งสภาพท้องฟ้าเป็น 15 ลักษณะ เป็นอัตราส่วนของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและแสงกระจาย สัมพันธ์กับมุมการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

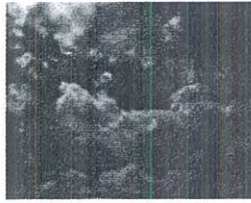


ภาพที่ 2.10 มาตรฐานของการแบ่งสภาพท้องฟ้า 15 กลุ่ม

(Kittle และคณะ, 1998)

จากนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองของแสงธรรมชาติ ก็มีมาอย่างต่อเนื่อง ในพื้นที่ส่วนต่างๆของโลก ในปี 2001 Perez และคณะ ได้นำเสนองานวิจัยที่สำคัญ โดยได้นำเสนอการแบ่งมาตรฐานของ

สภาพท้องฟ้าออกเป็นกลุ่มหลักๆ ไว้ 3 กลุ่มคือสภาพท้องฟ้าแบบฟ้าใส ฟ้ามีเมฆบางส่วน และฟ้าครึ้ม ทำให้งานวิจัยในระยะต่อมายึดมาตรฐานนี้อ้างอิงในการพัฒนาแบบจำลองในพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก

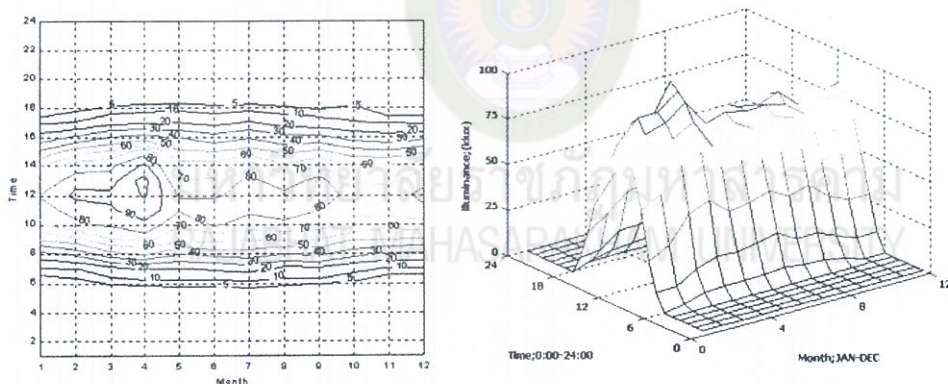


สภาพท้องฟ้าแบบฟ้าใส สภาพท้องฟ้าแบบฟ้ามีเมฆบางส่วน สภาพท้องฟ้าแบบฟ้าครึ้ม

ภาพที่ 2.11 มาตรฐานของการแบ่งสภาพท้องฟ้า 3 กลุ่ม

(Perez และคณะ, 2001)

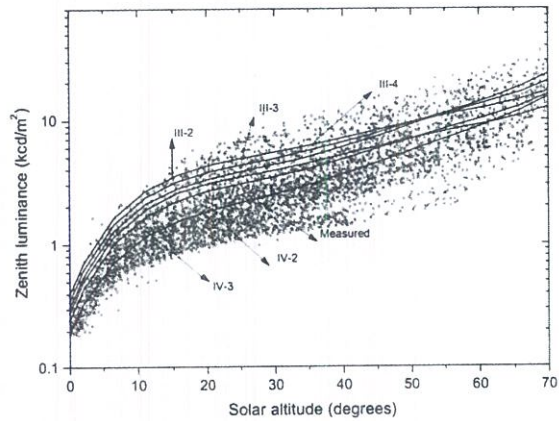
ปี 2002, Chirattananon S. และคณะ ได้นำเสนองานวิจัยในการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ประเมินค่าแสงจากธรรมชาติ โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดรังสีอาทิตย์ AIT การนำเสนอผลของศักยภาพด้านแสง ณ สถานีวัดดังกล่าวเป็นการนำเสนอศักยภาพของแสงในพื้นที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร



ภาพที่ 2.12 ศักยภาพด้านแสง ณ สถานีวัดรังสีอาทิตย์สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

(Chirattananon S. และคณะ , 2002)

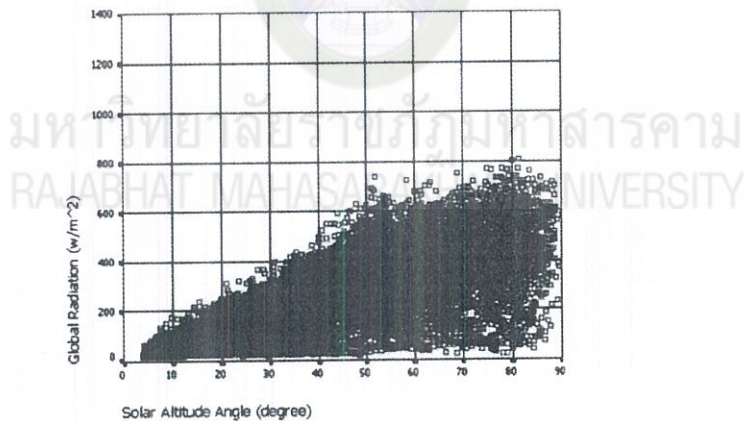
ปี 2004, Alfonso Soler al. ได้นำเสนองานวิจัยในการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ประเมินค่าแสงจากธรรมชาติ โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดรังสีอาทิตย์ AIT การนำเสนอผลของศักยภาพด้านแสง ณ สถานีวัดดังกล่าวเป็นการนำเสนอศักยภาพของแสงในพื้นที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร



ภาพที่ 2.13 การพัฒนาแบบจำลองความสว่างกรณีเมฆบางส่วน ณ สถานีวัดมาริต สเปน

(Alfonso Soler และคณะ , 2004)

ปี 2007 singthong ได้นำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพของแสงในพื้นที่บริเวณจุดศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ และลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก โดยใช้ข้อมูลที่ทำการบันทึกในช่วงเวลา 1 ปี พบว่าบริเวณพื้นที่เส้นศูนย์สูตร ณ จุดศูนย์กลางภาคอีสาน เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในด้านการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้งานได้สูง



ภาพที่ 2.14 ศักยภาพด้านแสง บริเวณจุดศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

(singthong และคณะ, 2007)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนศึกษาวิจัยและทดสอบในหัวข้อที่สำคัญตามลำดับดังนี้

1. สถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์และการบันทึกข้อมูล
2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
3. การหาแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า
 - 3.1 วิเคราะห์หาแบบจำลองความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้าสำหรับทุกสภาพท้องฟ้า
- การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์และการแบ่งสภาพท้องฟ้า
- การหาค่าคงที่สำหรับแต่ละช่วงข้อมูลโดยการปรับเส้นโค้งด้วยสมการถดถอย
 - 3.2 การสังเคราะห์แบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้าจากค่าคงที่
 - 3.3 ตรวจสอบความแม่นยำแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า

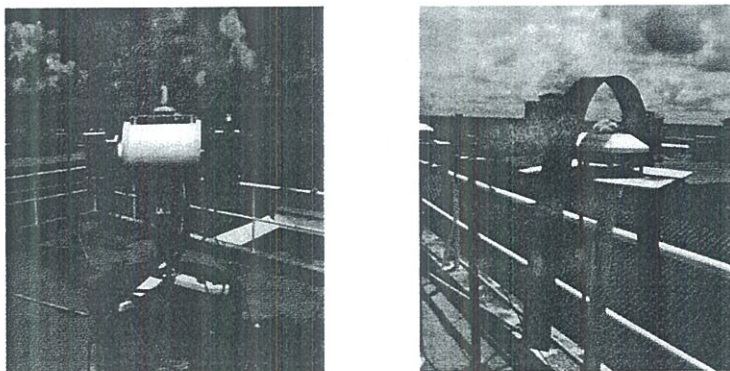
ประเมินผลการทดสอบค่าที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐาน CIE

สถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์และการบันทึกข้อมูล

สถานีตรวจสอบปริมาณแสงอาทิตย์ จัดตั้งขึ้นที่ชั้น 5 อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เมื่อวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2547 พิกัดที่ตั้งอยู่ที่ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ, ลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก ขณะที่พิกัดศูนย์กลางของภาคอีสานอยู่ที่ละติจูด $16^{\circ}11'$ เหนือ, ลองจิจูด $103^{\circ}04'$ ตะวันออก สถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์เริ่มดำเนินการเมื่อวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2547 ปริมาณแสงและพลังงานรังสีอาทิตย์ที่ทำการบันทึกประกอบด้วยปริมาณความสว่างรวม (Global Illuminance, E_{vg}) ปริมาณรังสีรวม (Global Radiation, E_{ed}) และปริมาณรังสีกระจาย (Diffuse Radiation, E_{ed}) จากนั้นมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ที่สถานีเพื่อบันทึกการส่องสว่างโดยตรงจากแสงอาทิตย์และการกระจายของรังสีและแสงสว่างของท้องฟ้าเพิ่มเติม ปัจจุบันมีจำนวนรวม 16 เซนเซอร์

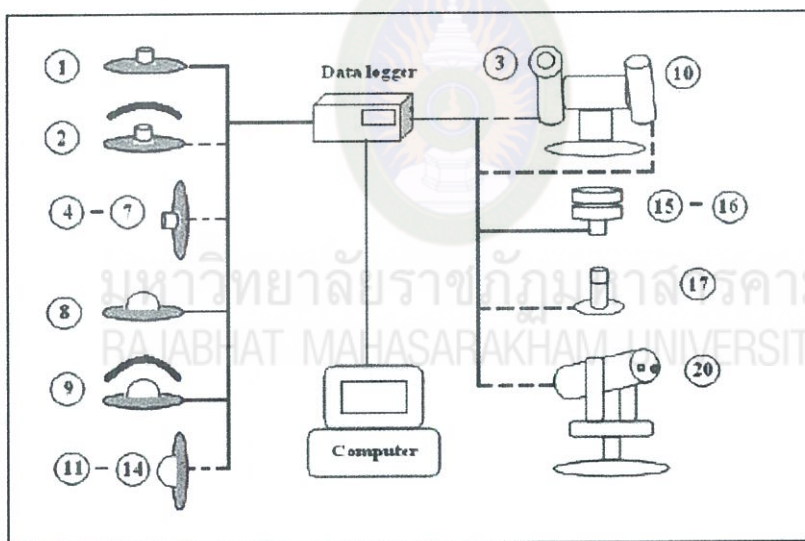


ภาพที่ 3.1 ที่ตั้งสถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ภาพที่ 3.2 อุปกรณ์ตรวจวัด สถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สถานีวัดรังสี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นสถานีวิจัยแสงอาทิตย์ที่สมบูรณ์แบบจัดอยู่ในสถานีระดับทั่วไป ดังรายละเอียดตามตารางที่ 3.1 ซึ่งสอดคล้องตามการข้อกำหนดของ CIE โดยข้อมูลที่ได้นั้นมีความสอดคล้องกับกระบวนการประกันคุณภาพของ CIE กระบวนการทางการจัดเก็บข้อมูลมีการจัดเก็บไว้อย่างมีระบบ เพื่อทำการเผยแพร่ต่อไป



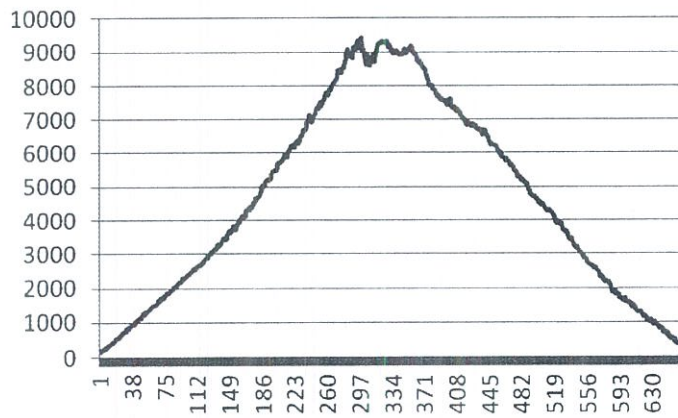
ภาพที่ 3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัด สถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือวัดของสถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

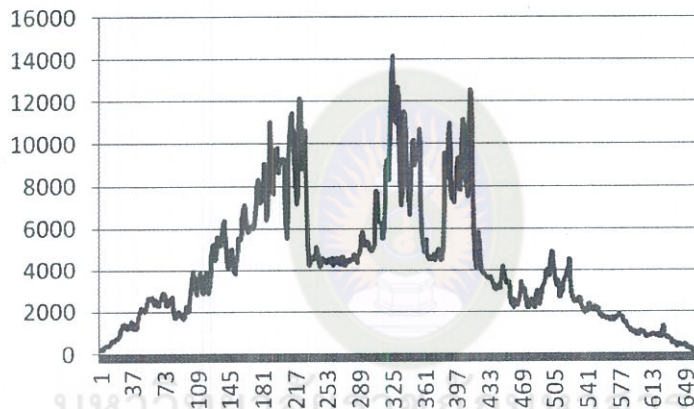
ลำดับที่	รายการ	ระดับสถานี		
		มมส.	ทั่วไป	วิจัย
1	Global Horizontal Illuminance	✓	✓	✓
2	Diffuse Horizontal Illuminance	✓	✓	✓
3	Direct Beam Illuminance	✓	✓	✓
4-7	N,E,S,W Vertical Illuminance	✓	✓	✓
8	Global Horizontal Irradiance	✓	✓	✓
9	Diffuse Horizontal Irradiance	✓	✓	✓
10	Direct Beam Irradiance	✓	✓	✓
11-14	N,E,S,W Vertical Irradiance	✓	✓	✓
15	Air Temperature	✓		✓
16	Dew Point Temperature	✓		✓
17	Zenith Luminance	✓		✓
18	Sunshine Duration	✓		✓
19	Total Cloud Amount			✓
20	Sky Luminance Distribution			✓

การเก็บและบันทึกข้อมูลโดยปกติ สถานีวัดจะทำการบันทึกปริมาณความสว่างของแสงและปริมาณรังสีทั้ง 3 ปริมาณพร้อมกันได้แก่ ความสว่างรวม, รังสีรวม และรังสีกระจาย ทุก ๆ 1 นาที ตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน CIE โดยเริ่มบันทึกระหว่าง 5 นาฬิกา 30 นาที ถึง 19 นาฬิกา 30 นาที ทุกวัน หลังจากวันที่เสร็จสิ้นการติดตั้งอุปกรณ์การวัดของสถานี โดยได้เริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2547 จนถึงปัจจุบัน รูปแบบการบันทึกข้อมูลจะกำหนดจากโปรแกรมบันทึกข้อมูลสำเร็จรูปของ บริษัท EKO ซึ่งปกติจะบันทึกเป็นแฟ้มอักษร (Text File) ตรงกับเวลาท้องถิ่นของประเทศไทย จำนวนข้อมูลที่ได้ทำการบันทึก มีจำนวนประมาณ 300,000 ครั้ง ในช่วงระยะเวลาการบันทึกผลการวัดในระยะ 1 ปี สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณความสว่างและรังสีอาทิตย์จากท้องฟ้าทั้ง 3 ปริมาณและข้อมูลที่วัดได้นี้จะถูกนำมาเฉลี่ยทุก 5 นาที เพื่อใช้สำหรับพัฒนาหาแบบจำลองความสว่างรวม แบบจำลองรังสีรวม และแบบจำลองของรังสีกระจายในลำดับต่อไป

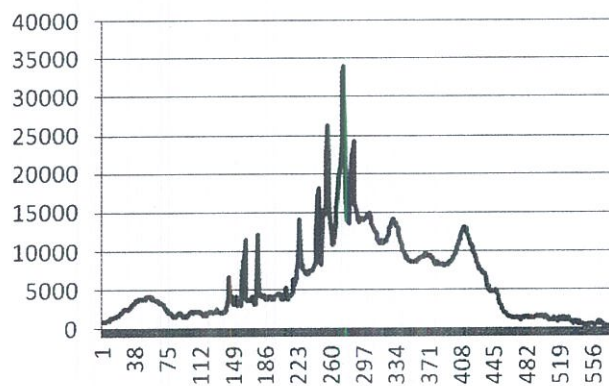
จากข้อมูลที่บันทึกได้จากสถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์หาแบบจำลอง ลักษณะตัวอย่างของข้อมูลค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกแสดงดังภาพที่ 3.4-3.6



ภาพที่ 3.4 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกในช่วงเวลา 1 วัน
สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบฟ้าใส



ภาพที่ 3.5 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกในช่วงเวลา 1 วัน
สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้าเมฆบางส่วน



ภาพที่ 3.6 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่เก็บบันทึกในช่วงเวลา 1 วัน
สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้าคลุ้ม

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

โดยทั่วไปความถูกต้องของค่าจากการวัดจะพิจารณาจากค่าของดัชนีทางสถิติหลัก 2 ตัว ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนจากความเอนเอียงเฉลี่ย (Mean Bias Error, MBE) และ ค่าผิดพลาดของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) ดังสมการ (3.1) และ (3.2)

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \right]^{1/2} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

เมื่อ x_i คือ ค่าจากการวัด
 \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยจากการวัด
 n คือ จำนวนข้อมูล

ในกรณีการวิเคราะห์ความแม่นยำ ของแบบจำลองความสว่างของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า รวมถึงการตรวจสอบความแม่นยำ ของการนำแบบจำลองเพื่อใช้ในการพยากรณ์ ค่าดัชนีหลักทางสถิติ 3 ตัว จะถูกนำมาใช้ในการพิจารณาได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนจากความเอนเอียงเฉลี่ย (Mean Bias Deviation, MBD) และค่าเบี่ยงเบนรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Deviation, RMSD) และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation, R2) สมการของดัชนีทั้ง 3 มีรูปสมการเป็น

$$RMSD = \left(\frac{1}{E_{mean}} \right) \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^N (E_{model,i} - E_{meas,i})^2}{N} \right]^{1/2} \quad (3.3)$$

$$MBD = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (E_{model,i} - E_{meas,i})}{N \cdot E_{mean}} \right] \cdot 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ $E_{meas,i}$ คือ ค่าตัวแปรตามที่ได้จากการวัดจริง
 $E_{model,i}$ คือ ค่าตัวแปรตามที่ได้จากแบบจำลอง
 E_{mean} คือ ค่าเฉลี่ยตัวแปรตามได้จากกลุ่มตัวอย่างจากการวัดจริง

การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ใช้วิธีการทางสถิติดังสมการ (3.5)

$$\text{Coefficient of determination: } R^2 = \frac{\sum (E_{model} - E_{mean})^2}{\sum (E_{meas} - E_{mean})^2} \quad (3.5)$$

เมื่อ E_{meas} คือ Zenith luminance ที่ได้จากการวัดจริง
 E_{model} คือ Zenith luminance ที่ได้จากแบบจำลอง โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
 E_{mean} คือ ค่าเฉลี่ย Zenith luminance ตัวแปรตามได้จากกลุ่มตัวอย่างจากการวัดจริง

สถานีตรวจสอบปริมาณแสงอาทิตย์ ติดตั้งที่ชั้น 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ ไว้ที่สถานีเพื่อบันทึกการส่องสว่างโดยตรงจากแสงอาทิตย์และการกระจายของรังสีและแสงสว่างของท้องฟ้า รวมถึงค่าต่างๆ ด้านอุตุนิยมวิทยา รวมจำนวน 14 เซ็นเซอร์ สถานีตรวจสอบปริมาณแสงอาทิตย์มีพิกัดที่ ละติจูด $16^{\circ}14' N$ และที่ลองจิจูด $103^{\circ}15'E$ ที่ความสูง 152 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ห่ออกแบบสร้างแบบจำลอง การหาค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้า

การหาแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า

การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์และการแบ่งสภาพท้องฟ้า

การเตรียมข้อมูลก่อนนำ ข้อมูลของปริมาณความสว่างและรังสีที่ได้จากการวัดของสถานีวัดรังสีอาทิตย์ ไปทำการวิเคราะห์โดยในเบื้องต้นข้อมูลของปริมาณความสว่างและรังสี จะต้องตรวจสอบความถูกต้องตามข้อกำหนดของ CIE (CIE TC-307) เพื่อคัดแยกข้อมูลที่ผิดจากเกณฑ์ที่กำหนดออกไป จากนั้นเป็นการคำนวณเวลาสุริยะ โดยเวลาที่ท้องถื่นของการบันทึกข้อมูลจะต้องถูกแปลงให้เป็นเวลาสุริยะ ซึ่งปกติแล้วตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดรังสีอาทิตย์ที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม(ละติจูด $16^{\circ}14'$ เหนือ, ลองจิจูด $103^{\circ}15'$ ตะวันออก) จะมีค่าเวลาที่แตกต่างจาก เวลาท้องถื่นของประเทศไทย ซึ่งกำหนดไว้ที่จังหวัดอุบลราชธานี (ละติจูด $15^{\circ}44'$ เหนือ, ลองจิจูด 105° ตะวันออก)ประมาณ 8 นาที จากนั้นจะทำการเฉลี่ยข้อมูลทุก 5 นาที ซึ่งจะเป็นผลให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้นตามหลักสถิติและเป็นการลดจำนวนข้อมูลลงประมาณ 1 ใน 5 ของข้อมูลทั้งหมด การนำค่าเฉลี่ยของข้อมูลทุก 5 นาที ไปคำนวณหาแบบจำลองของสภาพท้องฟ้าจะเป็นไปตามมาตรฐาน CIE กำหนดและยังเหมาะสมตามสภาพการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศจริงในธรรมชาติ ขั้นตอนต่อไปข้อมูลที่ถูกละเลี่ยจะนำไปคำนวณหา ค่าดัชนีที่ใช้แบ่งสภาพท้องฟ้า ตามสมการ (2.2) การแบ่งสภาพท้องฟ้าและการหาแบบจำลองมาตรฐาน CIE และ IESNA ตามตาราง 3 ข้อมูลจะถูกแบ่ง 10 ช่วง ด้วยดัชนีการแบ่งสภาพท้องฟ้าตามค่า SR; (Sky Ratio) ซึ่ง ค่า SR จะมีค่าระหว่าง 0.0 ถึง 1.0

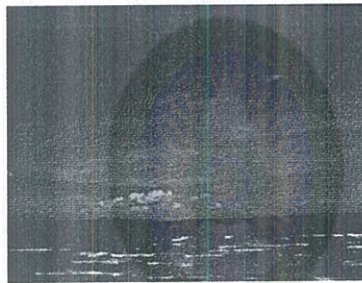
โดยปกติแล้ว ในทางปฏิบัติการแบ่งสภาพท้องฟ้า จะแบ่งท้องฟ้าได้ 3 ลักษณะได้แก่ ฟ้าใส ฟ้ามีเมฆบางส่วน และฟ้าครึ้ม ดังภาพที่ 3.7-3.9 แต่ช่วงของการแบ่งกลุ่มท้องฟ้า 3 กลุ่ม นั้นข้อมูลมีการกระจาย และมีการแปรปรวนสูง เพราะค่าการแบ่งสภาพท้องฟ้ามีช่วงห่างมาก ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เกิดความแม่นยำ จึงจำเป็นต้องแบ่งสภาพท้องฟ้าให้มีช่วงแคบลงซึ่งจะเป็นผลดีให้ข้อมูลของปริมาณรังสีจากท้องฟ้า มีความละเอียดเพิ่มขึ้นและเป็นผลดีต่อการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting) เพื่อหาค่าคงที่ของแบบจำลองที่มีความเชื่อมั่นได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 จึงจะเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมและยอมรับได้สำหรับกรณีมีค่าผิดพลาดจากการวัด

การหาค่าคงที่สำหรับแต่ละช่วงข้อมูลโดยการปรับเส้นโค้งด้วยสมการถดถอย

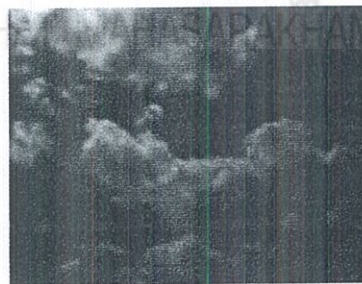
ขั้นตอนการหาค่าคงที่ของแบบจำลองจากข้อมูลแต่ละกลุ่มที่เกิดจากการแบ่งข้อมูลการวัดความสว่างและรังสีอาทิตย์ จะได้จากการปรับเส้นโค้งตามฟังก์ชันด้วยวิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างต่ำสุดในการปรับเส้นโค้ง (Least Square Curve Fitting) การวิเคราะห์หาค่าคงที่ของฟังก์ชันจะคำนวณค่าคงที่สำหรับแต่ละกรณีของกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการแบ่งสภาวะของท้องฟ้าโดยใช้กล่องเครื่องมือ การปรับเส้นโค้ง ของโปรแกรม Matlab version 7.8 แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การแบ่งสภาพท้องฟ้าตามค่า SR, Sky Ratio

สภาวะท้องฟ้า	กลุ่ม	SR, Sky Ratio; (E_{ed}/E_{eg})	
ฟ้าใส	1	0.0-0.1	0.0-0.3
	2	0.1-0.2	
	3	0.2-0.3	
ฟ้ามีเมฆบางส่วน	4	0.3-0.4	0.3-0.8
	5	0.4-0.5	
	6	0.5-0.6	
	7	0.6-0.7	
	8	0.7-0.8	
ฟ้าครึ้ม	9	0.8-0.9	0.8-1.0
	10	0.9-1.0	



ภาพที่ 3.7 สภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$)



ภาพที่ 3.8 สภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้ามีเมฆบางส่วน ($0.3 < SR < 0.8$)



ภาพที่ 3.9 สภาพท้องฟ้าแบบมีฟ้ามีเมฆครึ้ม ($0.8 \leq SR$)

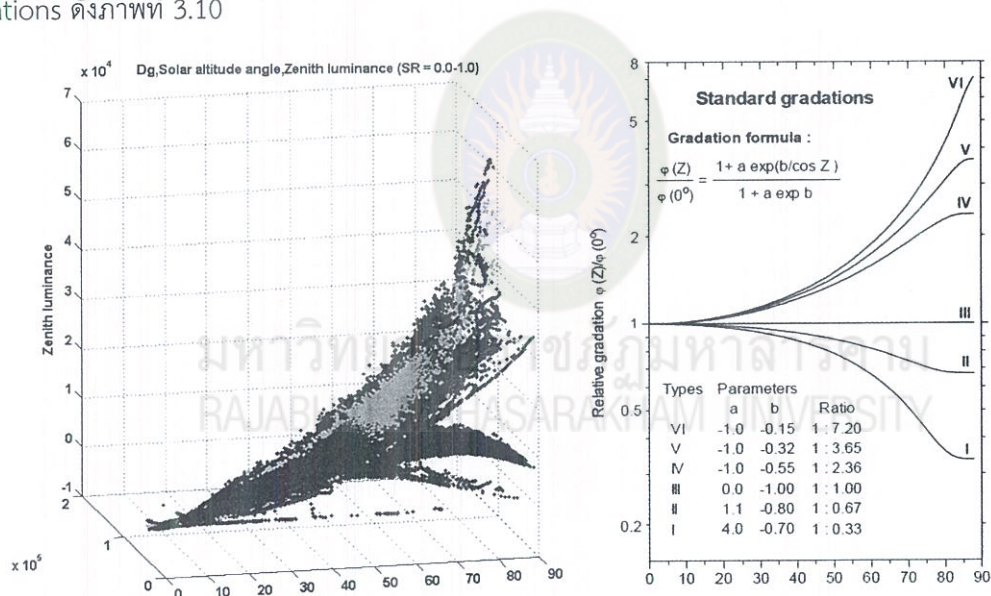
การสร้างแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้าจากค่าคงที่

การหาสมการของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า จากค่าคงที่ให้เป็นฟังก์ชันของดัชนีการแบ่งท้องฟ้า เป็นประเด็นใหม่ที่น่าสนใจในการวิจัยนี้เป็นครั้งแรก โดยรูปแบบสมการของค่าคงที่ ที่เป็นฟังก์ชันของดัชนีการแบ่งสภาพท้องฟ้า มีรูปสมการที่เขียนได้ในรูปของสมการพหุนามตามสมการ (3.6)

$$P(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 \tag{3.6}$$

- เมื่อ $P(s)$ คือ สมการพหุนามโดยมี m เป็นโดเมน
- S คือ มุมอัสติจูดดวงอาทิตย์
- $a_n, \dots, 1, 0$ คือ สัมประสิทธิ์ลำดับสำหรับเทอมของเลขชี้กำลัง

พิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับมาตรฐานงานวิจัยที่ได้เคยมีการนำเสนอ โดยพิจารณา ตามมาตรฐานของท้องฟ้าและคุณลักษณะของแสงธรรมชาติของ Kittle และคณะ โดยได้แบ่งมาตรฐานของท้องฟ้าออกเป็น 15 กลุ่ม ใช้สัดส่วนของ Zenith luminance, แสงกระจาย และมุมอัสติจูดดวงอาทิตย์ เป็นมาตรฐานในการแบ่งสภาพของท้องฟ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาในส่วนของ Standard gradations ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้าแบ่งตามอัตราส่วนท้องฟ้า และลักษณะของมาตรฐานท้องฟ้า 15 กลุ่มกรณี Standard gradations

ทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า

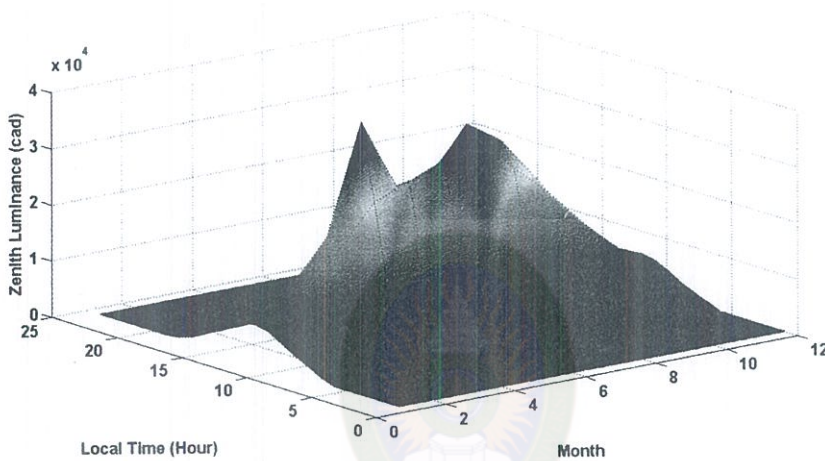
ประเมินผลแบบจำลองที่ได้จากการคำนวณ เปรียบเทียบผลการวัดกับค่ามาตรฐาน CIE โดยดูความสอดคล้องของแบบจำลองกับ Standard gradations ของ CIE

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองของความสว่าง ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

ศักยภาพของความสว่าง ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

จากข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของสถานีตรวจสอบปริมาณแสงอาทิตย์ปี พ.ศ.2556 ปรากฏค่าเฉลี่ยของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าแสดงได้ดังภาพประกอบ 4.1 และความถี่สะสมของสภาพท้องฟ้าดังตาราง 4.1



ภาพที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าปี พ.ศ. 2556

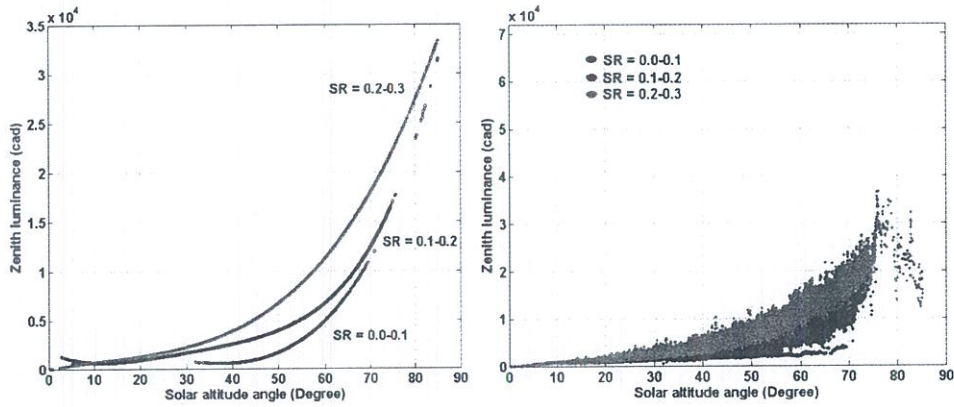
ตาราง 4.1 ความถี่สะสมของสภาพท้องฟ้าตามอัตราส่วนของท้องฟ้า ณ สถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ มหาสารคาม ปี พ.ศ. 2556

ความถี่สะสมของสภาพท้องฟ้าแต่ละแบบตามอัตราส่วนของท้องฟ้า ณ สถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ มหาสารคาม

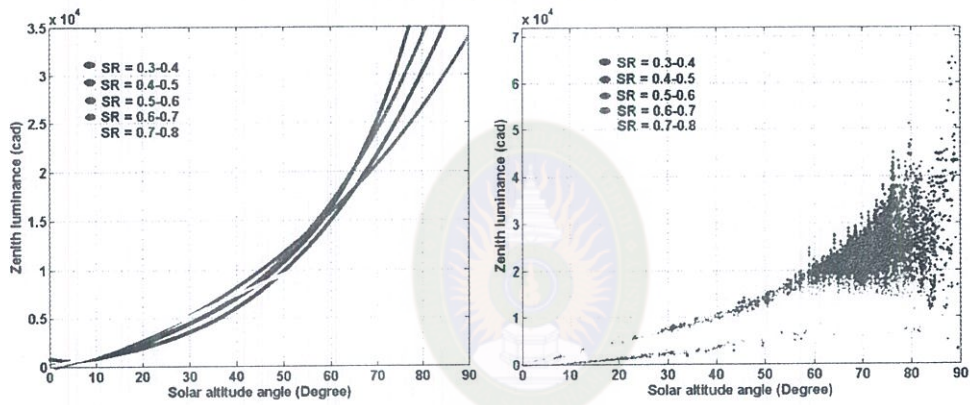
ฟ้าใส ($SR \leq 0.3$)	ฟ้ามีเมฆบางส่วน ($0.3 < SR < 0.8$)	ฟ้าครึ้ม ($0.8 \leq SR$)
38.33%	58.18%	3.49%

ผลการสร้างแบบจำลองความสว่าง ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

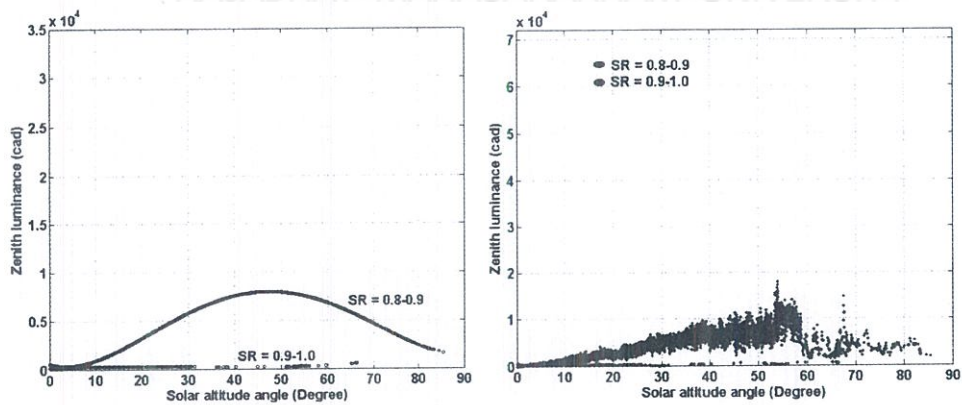
ผลของการจากการปรับเส้นโค้งตามฟังก์ชันด้วยวิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างต่ำสุดในการปรับเส้นโค้ง การวิเคราะห์หาค่าคงที่ของฟังก์ชันจะคำนวณค่าคงที่สำหรับแต่ละกรณีของกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการแบ่งสภาวะของท้องฟ้าโดยใช้กล่องเครื่องมือ การปรับเส้นโค้งของโปรแกรม Matlab Version 7.8 แสดงได้ดังภาพประกอบ 4.2-4.4



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและมุมเงยดวงอาทิตย์
กรณีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$)



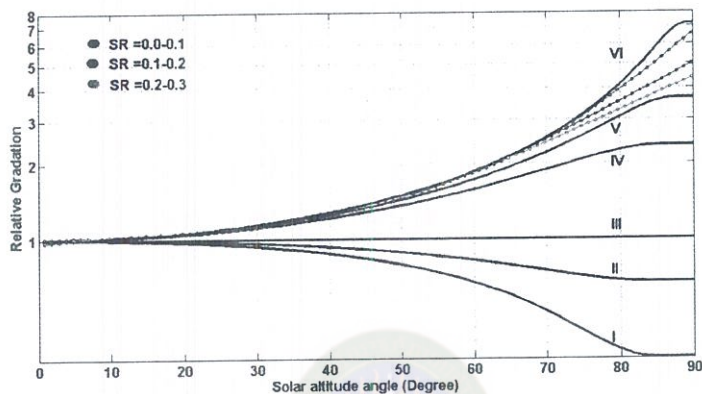
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและมุมเงยดวงอาทิตย์
กรณีฟ้าเมฆบางส่วน ($0.3 < SR \leq 0.8$)



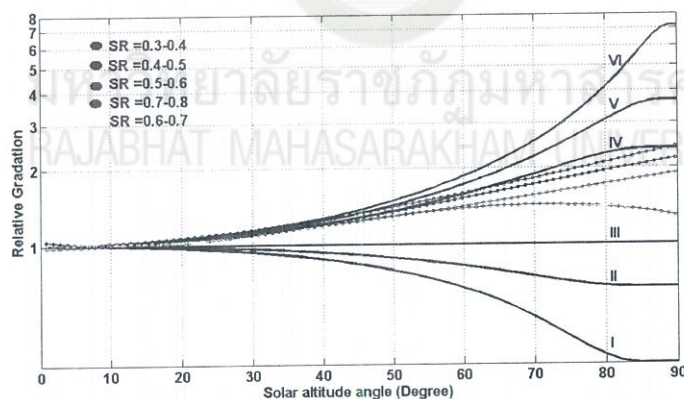
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าและมุมเงยดวงอาทิตย์
กรณีฟ้าครึ้ม ($0.8 < SR \leq 1.0$)

เมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลองมาแสดงร่วมกับกราฟมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติกพบว่าเมื่อแบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 กลุ่มตามสภาพท้องฟ้า ในกรณีสภาพท้องฟ้าเป็นลักษณะฟ้าใส เส้นกราฟ

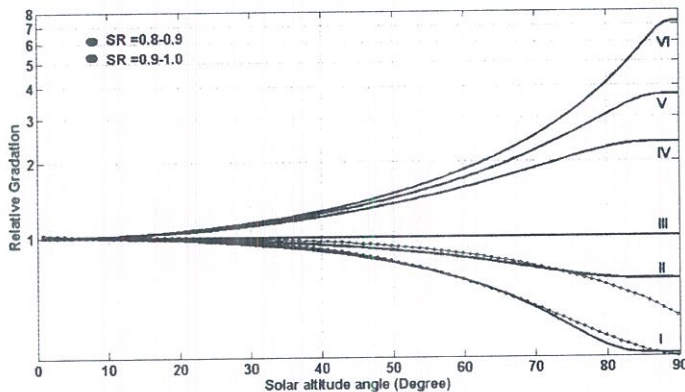
ของแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่างสภาพท้องฟ้าลำดับที่ V และ VI ตามมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก ในช่วงที่แบบจำลองอยู่ในกรณีสภาพท้องฟ้าเป็นลักษณะฟ้ามีเมฆบางส่วน กราฟของแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่างสภาพท้องฟ้าลำดับที่ III และ IV ตามมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก และกรณีที่ท้องฟ้ามีสภาพฟ้าครึ้ม กราฟของแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่างสภาพท้องฟ้าลำดับที่ I และ II ตามมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก ตามลำดับ ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าจากแบบจำลองจะมีความสอดคล้องกับกราฟมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก แสดงได้ในภาพประกอบ 4.54.7 และค่าคงที่ของแบบจำลองความสว่างแสดงได้ดังตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก กรณีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$)



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก กรณีฟ้ามีเมฆบางส่วน ($0.3 < SR < 0.8$)



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชันเกรดติก กรณีสี่เหลี่ยม (0.8<SR)

ตาราง 4.2 ค่าคงที่ของแบบจำลองความสว่าง ณ สถานีตรวจวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ มหาสารคาม ปี 2556

Data	Sky ratio									
	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
MBD (%)	0.0570	0.0014	0.0154	4.1339	0.1669	2.0443	5.8661	0.8926	7.4616	-10.669
Poly. fit RMSD (%)	25.8096	2.7689	0.0288	6.4280	0.1989	2.3088	8.7996	1.6497	5.9210	0.9420
R ²	0.8845	0.9629	0.9438	0.979	0.9986	0.9897	0.979	0.9252	0.9365	0.4569
Coeff. of polynomial										
a ₄	0	0.002317	0	0	0	0.001294	0	0	0	0
a ₃	0.005959	-0.2874	0.05547	0	0.03384	-0.1161	0.0091	-0.05396	-0.0928	0.01101
a ₂	-0.3085	14.37	-0.6472	4.635	1.123	6.307	2.177	5.461	7.207	-1.015
a ₁	38.63	-255.8	15.89	-57.89	76.36	29.97	90.91	35.98	16.35	25.22
a ₀	31.18	2200	926.4	1125	7.25	157.5	9.444	405.9	249.7	129.7

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1.สภาพทั่วไปของท้องฟ้าบริเวณจังหวัดมหาสารคามโดยเฉลี่ย มีลักษณะท้องฟ้าเป็นแบบเมฆบางส่วน ค่อนข้างในลักษณะฟ้าใส โดยมีโอกาสเกิดลักษณะดังกล่าวตลอดปีมีค่าประมาณ 58.18% และ ฟ้าใสจะเกิดขึ้น 38.33% ตามลำดับ ในกรณีฟ้าครึ้ม มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากซึ่งมีประมาณ 3.49%

2.ประเมินความถูกต้องแบบจำลองของความส่องสว่างจากท้องฟ้า ประเมินผลการทดสอบค่าที่ได้จริง จากการวัดค่าจากแสงและเปรียบเทียบผลการวัดกับการคำนวณจากแบบจำลองผลการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองเทียบกับผลการวัดพบว่าความสว่างในกรณีของสภาพท้องฟ้าแบบฟ้าใส มีค่า RMSD เท่ากับ 2.7689% และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์; R^2 เท่ากับ 0.9629 ส่วนกรณีของสภาพท้องฟ้าแบบฟ้ามีเมฆบางส่วน มีค่า RMSD เท่ากับ 1.9465% และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์; R^2 เท่ากับ 0.9622 และกรณีของสภาพท้องฟ้าแบบฟ้าครึ้ม มีค่า RMSD เท่ากับ 5.921% และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์; R^2 เท่ากับ 0.9365 จากผลประเมินความแม่นยำของแบบจำลองพบว่าแบบจำลอง ที่ได้ทำการวิจัยนี้ มีความแม่นยำในการคำนวณสูงและสอดคล้องกับมาตรฐานของ CIE

อภิปรายผล

1.สภาพท้องฟ้าบริเวณมหาวิทยาลัย มหาสารคามส่วนใหญ่มีลักษณะฟ้ามีเมฆบางส่วน เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่แห้งแล้งประกอปกกับภาคอีสานเป็นที่ราบซึ่งมีระดับความสูงถึง 152 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง

2.การเสนอค่าคงที่ท้องถื่นของแบบจำลองความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าตามมาตรฐาน CIE เพิ่งถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกสำหรับท้องฟ้าบริเวณมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งอยู่ใกล้ศูนย์กลางภาคอีสานโดยแบบจำลอง และค่าคงที่ท้องถื่นที่สร้างขึ้นนี้ อาจใช้เป็นแบบจำลองสำหรับใช้คำนวณปริมาณแสงและพลังงานของทั่วภาคอีสานได้

ข้อเสนอแนะ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาและทดสอบเฉพาะกรณีการใช้แสงธรรมชาติช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งแนวทางการวิจัยที่สามารถศึกษาเพิ่มเติมนั้นสามารถทำได้หลายกรณี เช่นการพิจารณาผลของความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างมาพร้อมกับแสงจะมีผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นหรือไม่ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- [1] Li DHW and Lam JC., "Measurement of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting applications," *Renewable Energy* Volume 20, 2000. pp. 389-404
- [2] Muneer T, Kinghorn D., Solar irradiance & daylight illuminance data for the United Kingdom and Japan. *Renewable Energy* 1998;15:318-24
- [3] Lui, Benjamin Y. H. and Jordan Richard C. "The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total Solar Radiation," *Solar Energy*. Volume 4 Issue 3. 1960. pp. 1-19.
- [4] Page, J. K. "The Estimation of Monthly Mean Values of Daily Total Short-Wave Radiation of Vertical and Inclined Surfaces from Sunshine Records for Lat.40°N-40°S.," *Proc. of the UN Conference New Sources of Energy* Volume 4 1964. pp. 378-380.
- [5] Chirarattananon S, Chaiwiwatworakul Pipat, Pattanasethanon S, "Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok", *Renew Energy*, vol. 26, pp. 69-89, 2002.
- [6] Danny H.W, "An analysis of all-sky zenith luminance data for Hong Kong", *Building and Environment*, vol. 38, pp. 739-744, 2003.
- [7] Singthong Pattanasethanon, Charoenporn Lertsatitthanakorn, Surat Atthajariyakul, Somchart Soponronnarit, "All sky modeling daylight availability and illuminance/irradiance on horizontal plane from Mahsarakham, Thailand", *Energy Conversion Management*, vol. 48, pp. 1601-14, 2007.
- [8] J.Junsiri, S. Pattanasethanon, A. Urasopon and J. Morris, "The challenge of all sky luminance modeling and its availability for electric light saving in interior spaces at Mahasarakham, Thailand", *International Journal of The Physical Sciences*, vol. 7(4), pp. 550-559, 2012.
- [9] Dean Edward "Energy Management Strategies in Public Libraries," A Publication of the California State Library. Los Angeles : Balcony Press, 2002.
- [10] Alfonso Soler, Kannam K. Gopinathan, "Modeling Zenith Luminance on Madrid Partly cloudy skies from diffuse Illuminance on the horizontal surface and solar altitude", *Energy Conversion Management*, vol. 45, pp. 2591-2601, 2004.

ภาคผนวก



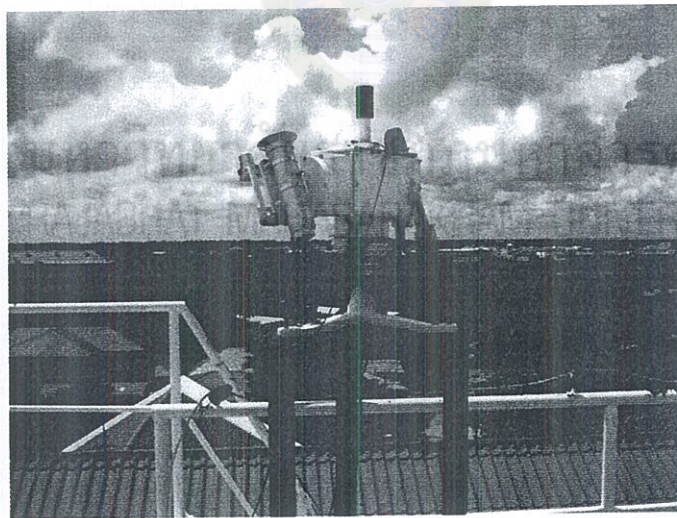
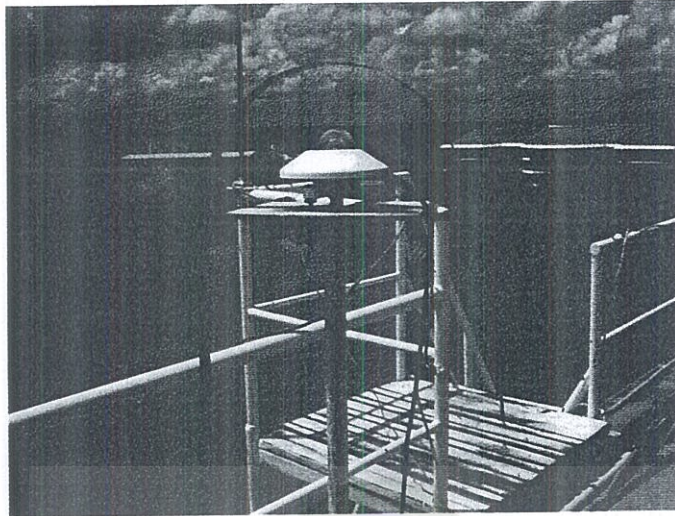
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

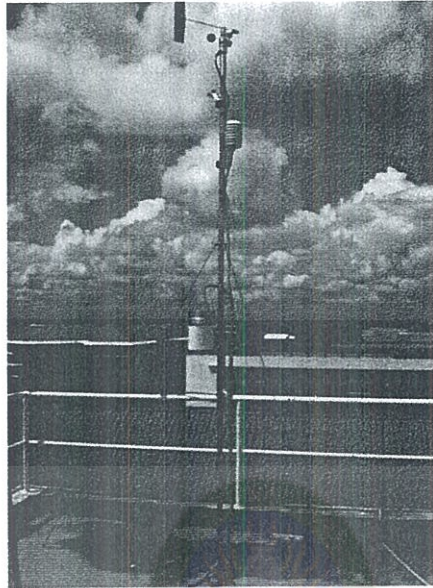
สถานีวัดรังสีอาทิตย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ ก-1 สถานีวัดรังสีอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ภาพที่ ก-2 สถานีวัดสภาพอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาคผนวก ข

บทความตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับชาติ
งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 ประจำปี 2558 (ECTI-CARD 2015)
ระหว่างวันที่ 8-10 กรกฎาคม 2558 ณ โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา อ.เมือง จ.ตรัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ความแม่นยำของแบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติ
ร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย

An accuracy assessment of sky luminance modeling for an application with
artificial light, Mahasarakham Thailand

จักรกฤษณ์ จันทศิริ¹ และ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์²

¹สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

80 ถนนศรสวรรค์ ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม โทรศัพท์: 081-6620680 E-mail: jakkit3363@hotmail.com

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

41/20 ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150 โทรศัพท์: 086-8508299 E-mail: singthong.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลของการศึกษาการสร้างแบบจำลองของแสงจากท้องฟ้า สำหรับสภาพภูมิอากาศเขตร้อน บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย (ละติจูด 16°14' เหนือ และลองจิจูด 103°15' ตะวันออก) ใช้ค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้ามาประกอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง จะพิจารณาในแง่ของค่าทางสถิติประกอบด้วย ค่าเบี่ยงเบนจากความเอนเอียงเฉลี่ย(MBD) ค่าเบี่ยงเบนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSD) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และแบบจำลองที่ได้มีความสอดคล้องกับฟังก์ชันมาตรฐานเกรดิก

คำสำคัญ: แบบจำลอง, ความสว่าง, ท้องฟ้า

Abstract

This paper presents the results of a study on all sky modeling and daylight availability for the tropical climate found in the central region of the northeastern part of Thailand (16°14'N, 103°15'E). The required components of sky quantities, namely zenith luminance. The accuracy of the validated model is determined in terms of the mean bias deviation (MBD), the root mean square deviation (RMSD) and the coefficient of correlation (R^2) values and the model according to standard Gradatic fuction.

Keywords: modeling, luminance, all sky

1. บทนำ

ความรู้เกี่ยวกับความสว่างของแสงธรรมชาติ เป็นสิ่งที่จำเป็นที่ใช้ประกอบในการคำนวณเพื่อติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร จากงานวิจัยระบบไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแสงสว่างจะมีค่า 20-30 % ของการ

ใช้ไฟฟ้ารวมของอาคาร [1] การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารจึงมีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร นอกจากนี้ยังช่วยลดภาระการทำความเย็น ของระบบปรับอากาศของอาคารด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติและรังสีแสงอาทิตย์ จะเป็นงานวิจัยที่ใช้ข้อมูลที่บ้านที่กได้ในบริเวณต่าง ๆ ของโลก ข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลเฉพาะพื้นที่ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีสถานที่ที่จะวัดความสว่างของท้องฟ้าจำนวนไม่มาก [2]-[3] จากการพัฒนาสร้างแบบจำลอง ณ สถานีวัดรังสีอาทิตย์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะได้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาจากพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย (ละติจูด 16°14' เหนือ และลองจิจูด 103°15' ตะวันออก) [5]

ในงานวิจัยนี้จะนำแบบจำลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับฟังก์ชันตามมาตรฐาน เพื่อยืนยันถึงความสอดคล้องกับของแบบจำลองที่พัฒนากับฟังก์ชันตามมาตรฐาน

2.2 ศักยภาพของรังสีอาทิตย์

จากข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของสถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างวันที่ 1 มกราคม-วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2556 ปรากฏค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของรังสีรวม รังสีกระจาย และค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า แสดงได้ในตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าแสดงได้ดังรูปที่ 2

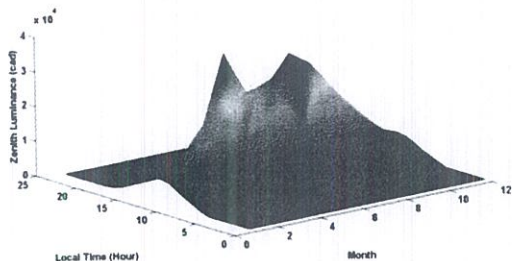
ตารางที่ 1 ศักยภาพของแสงปี พ.ศ. 2556 ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

ปี	รังสีรวม (W. m ²)		รังสีกระจาย (W.m ²)		ความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า (cd)	
	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย
2556	1,462.7	367.6	675.2	118.7	44,434.0	3,978.0

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7

7th ECTI-CARD 2015, Trang, Thailand



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าปี พ.ศ. 2556

3.การแบ่งสภาพท้องฟ้า

การแบ่งสภาพท้องฟ้าตามข้อกำหนดของ CIE [5] จะแบ่งระดับของสภาพท้องฟ้าจากการพิจารณา ค่าอัตราส่วนของรังสีกระจายของท้องฟ้าต่อรังสีรวมที่ส่องลงถึงพื้นผิวโลก ซึ่งค่าดัชนีนี้เรียกว่าอัตราส่วนท้องฟ้า (Sky Ratio; SR) มีค่าระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 ดังสมการ (1) การแบ่งสภาพของท้องฟ้าตามมาตรฐานของ CIE และความถี่สะสมของสภาพท้องฟ้าตามอัตราส่วนของท้องฟ้า ณ สถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์มหาสารคาม แสดงดังตารางที่ 2

$$SR = E_{ed} / E_{eg}$$

เมื่อ E_{ed} คือ รังสีกระจาย ; E_{eg} คือ รังสีรวม

ตารางที่ 2 สภาพท้องฟ้าตามมาตรฐาน CIE และความถี่สะสมของท้องฟ้าตามอัตราส่วนท้องฟ้า ณ สถานีวัดรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฟ้าใส (SR ≤ 0.3)	ฟ้ามีเมฆบางส่วน (0.3 < SR < 0.8)	ฟ้าครึ้ม (0.8 ≤ SR)
(SR ≤ 0.3)	(0.3 < SR < 0.8)	(0.8 ≤ SR)

ความถี่สะสมของสภาพท้องฟ้าแต่ละแบบตามอัตราส่วนของท้องฟ้า		
ฟ้าใส (SR ≤ 0.3)	ฟ้ามีเมฆบางส่วน (0.3 < SR < 0.8)	ฟ้าครึ้ม (0.8 ≤ SR)
38.33%	58.18%	3.49%

4.สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ความถูกต้องของค่าจากการวัด พิจารณาจากค่าของดัชนีทางสถิติหลัก 2 ตัว ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนจากความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) และค่าผิดพลาดของรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ดังสมการ (2) และ (3)

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \right]^{1/2} \cdot 100\% \quad (3)$$

เมื่อ x_i คือค่าจากการวัด; \bar{x} คือค่าเฉลี่ยจากการวัด; n คือจำนวนข้อมูล

ในกรณีการวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองความสว่างของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า รวมถึงการตรวจสอบความ

ถูกต้องของการนำแบบจำลองเพื่อใช้ในการพยากรณ์ ค่าดัชนีหลักทางสถิติ 3 ตัวจะถูกนำมาใช้ในการพิจารณาได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนจากความเอนเอียงเฉลี่ย (MBD) ค่าเบี่ยงเบนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สมการของดัชนีทั้ง 3 มีรูปสมการเป็น

$$RMSE = \left(\frac{1}{E_{mean}} \right) \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^N (E_{model,i} - E_{meas,i})^2}{N} \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$MBD = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (E_{model,i} - E_{meas,i})}{N \cdot E_{mean}} \right] \cdot 100 \quad (5)$$

เมื่อ $E_{meas,i}$ คือ ค่าตัวแปรตามที่ได้จากการวัดจริง

$E_{model,i}$ คือ ค่าตัวแปรตามที่ได้จากแบบจำลอง

E_{mean} คือ ค่าเฉลี่ยตัวแปรตามได้จากกลุ่มตัวอย่างจากการวัดจริง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ใช้วิธีการทาง

สถิติดังสมการ (6)

$$Coefficient\ of\ determination: R^2 = \frac{\sum (E_{model} - E_{mean})^2}{\sum (E_{meas} - E_{mean})^2} \quad (6)$$

เมื่อ E_{meas} คือ ค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่ได้จากการวัดจริง

E_{model} คือ ค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าที่ได้จากแบบจำลอง โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

E_{mean} คือ ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าตัวแปรตามได้จากกลุ่มตัวอย่างการวัดจริง

5.การสร้างแบบจำลองของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า

ในการวิจัยที่ผ่านมา ใช้การหาสมการของความส่องสว่างแสงจากท้องฟ้า จากค่าคงที่ให้เป็นฟังก์ชันของดัชนีการแบ่งท้องฟ้า โดยรูปแบบสมการของค่าคงที่ ที่เป็นฟังก์ชันของดัชนีการแบ่งสภาพท้องฟ้า มีรูปสมการที่เขียนได้ในรูปของสมการพหุนามตามสมการ (7)

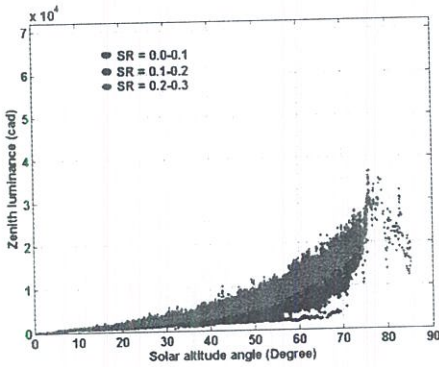
$$L_z(s) = a_0 + a_1s + \dots + a_{n-1}s^{n-1} + a_ns^n \quad (7)$$

เมื่อ $L_z(s)$ คือสมการพหุนามของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า(แคนเดลลา)

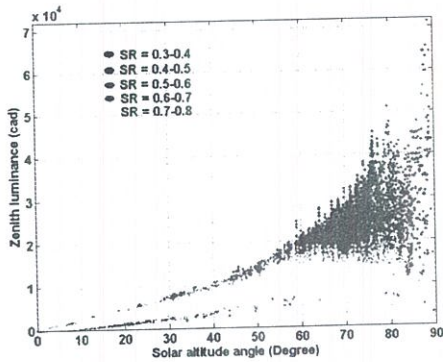
s คือ มุมเงยดวงอาทิตย์ (องศา)

$a_0, a_1, \dots, a_{n-1}, a_n$ คือ ลำดับสัมประสิทธิ์ของสมการพหุนาม

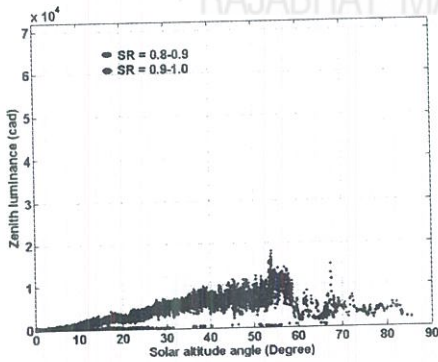
ในการพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับมาตรฐานงานวิจัยที่ได้เคยมีการนำเสนอ พิจารณาตามมาตรฐานของท้องฟ้าและคุณลักษณะของแสงธรรมชาติของ Kittle และคณะ[4] ใช้สัดส่วนของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า แสงกระจาย และมุมเงยดวงอาทิตย์เป็นมาตรฐานในการแบ่งสภาพของท้องฟ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาแบ่งสภาพท้องฟ้าออกเป็น 10 ส่วนตามค่าของอัตราส่วนท้องฟ้าระหว่าง 0.00-1.00 ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้า แบ่งตามอัตราส่วนท้องฟ้ากรณีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$)



รูปที่ 5 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้า แบ่งตามอัตราส่วนท้องฟ้ากรณีฟ้าเมฆบางส่วน ($0.3 < SR \leq 0.8$)



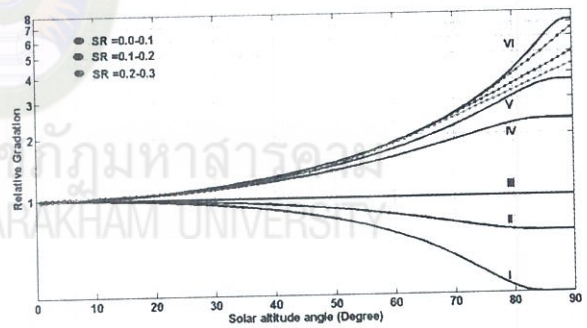
รูปที่ 6 ค่าความส่องสว่าง ณ จุดยอดฟ้า แบ่งตามอัตราส่วนท้องฟ้ากรณีฟ้าครึ้ม ($0.8 < SR \leq 1.0$)

6.แบบจำลองและกราฟมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก

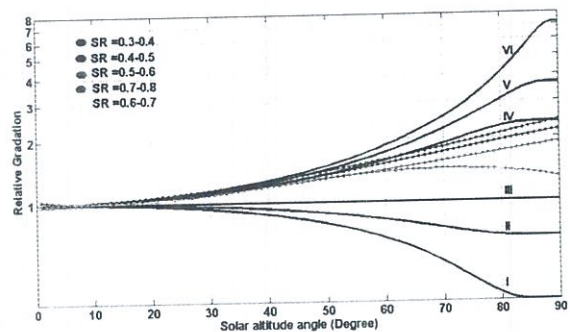
ขั้นตอนการหาค่าคงที่ของแบบจำลองจากข้อมูลแต่ละกลุ่มที่เกิดจากการแบ่งข้อมูลการวัดความสว่างและรังสีอาทิตย์ หาได้จากการปรับเส้นโค้งตามฟังก์ชันด้วยวิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างต่ำสุดในการปรับเส้นโค้ง การวิเคราะห์หาค่าคงที่ของฟังก์ชันจะคำนวณค่าคงที่

สำหรับแต่ละกรณีของกลุ่มข้อมูลที่ี้ได้จากการแบ่งสภาวะของท้องฟ้าโดยใช้กล่องเครื่องมือการปรับเส้นโค้ง ของโปรแกรม Matlab version 7.8 จากค่าคงที่ของแบบจำลองสำหรับพื้นที่มหาสารคาม ประเทศไทย ซึ่งอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตร จะเปลี่ยนตามประเภทของสภาพท้องฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ปรากฏในพื้นที่อื่น พบว่าจะมีค่าคงที่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการสร้างแบบจำลองจึงมีความจำเป็นที่ต้องสังเคราะห์ค่าคงที่ของแต่ละพื้นที่

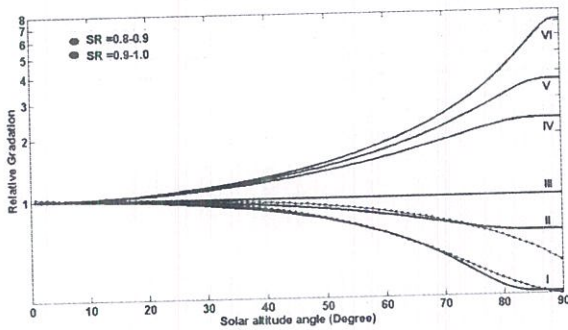
เมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลองมาแสดงร่วมกับกราฟมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก พบว่าเมื่อแบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 กลุ่มตามสภาพท้องฟ้า ในกรณีสภาพท้องฟ้าเป็นลักษณะฟ้าใส เส้นกราฟของแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่างสภาพท้องฟ้าลำดับที่ V และ VI ตามมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก ในช่วงที่แบบจำลองอยู่ในกรณีสภาพท้องฟ้าเป็นลักษณะฟ้ามีเมฆบางส่วน กราฟของแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่างสภาพท้องฟ้าลำดับที่ III และ IV ตามมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก และกรณีที่ท้องฟ้ามีสภาพฟ้าครึ้ม กราฟของแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่างสภาพท้องฟ้าลำดับที่ I และ II ตามมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก ตามลำดับ ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าจากแบบจำลองจะมีความสอดคล้องกับกราฟมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก แสดงดังรูปที่ 7-9



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก กรณีฟ้าใส ($0.0 < SR \leq 0.3$)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของฟังก์ชันเกเดติก กรณีฟ้ามีเมฆบางส่วน ($0.3 < SR < 0.8$)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ค่าจากการคำนวณแบบจำลองและมาตรฐานของ ฟังก์ชันเคเดคิก กรณีฟ้าครึ้ม (0.8≤SR)

จากความสัมพันธ์ของฟังก์ชันความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า อัตราส่วนท้องฟ้า และมุมเงยดวงอาทิตย์ ในรูปของฟังก์ชันเคเดคิก รวมถึงการพิจารณาให้มีค่าเป็นหนึ่งซึ่งสภาพท้องฟ้าใดๆ มีผลทำให้ค่าความสว่างที่ได้จากแบบจำลองขึ้นกับตัวแปรสองค่าคือ อัตราส่วนของท้องฟ้า และมุมเงยดวงอาทิตย์ ดังนั้นหากพิจารณาค่าปกติของความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า บริเวณพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ปี 2556 แบ่งตามสภาพท้องฟ้า 10 ช่วง จากทั้ง 4 ทิศคือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก จะปรากฏค่าที่เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดเมื่อมุมเงยดวงอาทิตย์มีค่า 90 องศา สำหรับท้องฟ้าแบบฟ้าใสและเมฆบางส่วน ในขณะที่ท้องฟ้าแบบฟ้าครึ้ม ค่าความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า จะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรก จากนั้นจะมีค่าลดลงจนมุมเงยดวงอาทิตย์มีค่า 90 องศา

6.สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวคิดสำหรับการประเมินความสว่าง ณ จุดยอดฟ้าในระนาบแนวนอน ในรูปแบบของฟังก์ชันพหุนาม สองตัวแปร สำหรับ 10 สภาพท้องฟ้า รวมถึงการนำแบบจำลองที่ได้มาตรวจสอบถึงความสอดคล้องกับฟังก์ชันมาตรฐาน ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่พัฒนา มีความสอดคล้องตามรูปแบบสมการมาตรฐานของ CIE สามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร โดยใช้ประกอบการประเมินปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ตัวอาคาร นำไปสู่การใช้งานแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร มีผลทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังและรังสีอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและข้อมูลในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Li DHW and Lam JC., "Measurement of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting applications," *Renewable Energy* Volume 20, 2000. pp. 389-404
- [2] Hopkinson, R. G., P. Pethebridge and J. Longmore., "Daylight and Sunlight in Tropical Regions. London," *Heinemann*, 1966. pp. 516-528.
- [3] Chirarattananon S and Limmechokchai B., "Daylighting potential in Thailand", *Energy Sources 1996*; Volume 18, 1996. pp. 875-880.
- [4] Kittle R, Darula S and Perez R. "A set of standard skies, characterizing daylight conditions for computer and energy conscious design," American-Slovak grant project US-SK 92 052, 1998.
- [5] จักรกฤษณ์ จันทรศิริ และสิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์, "แบบจำลองความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า สำหรับทุกสภาพท้องฟ้า พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย" ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand .D171-174



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ จันทรศิริ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และปริญญาโทสาขาวิศวกรรมการวัดคุม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มีความสนใจงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน พลังงานแสงอาทิตย์



รองศาสตราจารย์ ดร. สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และปริญญาโทสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกสาขาเทคโนโลยีพลังงาน จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความสนใจและเชี่ยวชาญด้านพลังงานทดแทน พลังงานแสงอาทิตย์ อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นายจักรกฤษณ์ จันทศิริ
 วัน เดือน ปีเกิด 15 มิถุนายน 2513
 จังหวัด และประเทศที่เกิด อำเภอมะนัง จังหวัดมหาสารคาม
 ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2551 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมการวัดคุม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

พ.ศ. 2535 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

- 1.จักรกฤษณ์ จันทศิริ,สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์. *แบบจำลองความสว่าง ณ จุดยอดฟ้า สำหรับทุกสภาพท้องฟ้าพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 6 (EENET 2014) ทั่วประเทศ.ไทย.26-28 มีนาคม 2557.*
- 2.จักรกฤษณ์ จันทศิริ,สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์. *ศักยภาพการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย.ประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 (ECTI-CARD 2014) เชียงใหม่ ประเทศไทย.21-23 พฤษภาคม 2557.*
- 3.จักรกฤษณ์ จันทศิริ,สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์. *ความแม่นยำของแบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติ ร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย.ประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 (ECTI-CARD 2015) ตรัง ประเทศไทย.8-10 กรกฎาคม 2558.*
4. Jakkrit Junsiri, Singthong Pattanasethanon, Apinan Urasopon. *The Potential of Solar Energy Assessment for Electric Light Saving in Interior and the Availability of Sky Luminance at Mahasarakham Thailand. JICTEE-2010 Luang Prabang, Lao PRD. Dec 21 - Dec 24, 2010*

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับชาติและระดับนานาชาติ

- 1.จักรกฤษณ์ จันทศิริ. *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมชนิดโรเตอร์แบบซั่วแม่เหล็กยื่นโดยใช้กังหันลมแบบทรงกระบอก.วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. ปีที่ 4 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2553.*
2. Phiphat Laohasongkram, Jakkrit Junsiri, and Jakkrit Oupayaso. *Application of Thermal Detector by Infrared for Electrical Arch Furnaces Transformer. International Conference on Control, Automation and Systems 2007 Oct. 17-20, 2007 in COEX, Seoul, Korea*
3. J. Junsiri, S. Pattanasethanon, A. Urasopon and J. Morris. *The challenge of all sky luminance modeling and its availability for electric light saving in interior spaces at Mahasarakham, Thailand. International Journal of the Physical Sciences Vol. 7(4), pp. 550 - 559, 23 January 2012.*