

แบบจำลองของสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมสำหรับประเทศไทย

Models of Diffuse Fraction of Global Solar Radiation for Thailand

เสริม จันทร์ฉาย^{1*}, เจษฎา ประทุมสิทธิ์,² สมเจตน์ ภัทรพานิชชัย,³ รุ่งรัตน์ วัฒนาล³

Serm Janjai^{1*}, Jetsada Pratumst², Somchet Pattapanitchai³, Rungrat Wattal³

Received : 15 October 2012 ; Accepted : 10 December 2012

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองของสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวม (diffuse fraction) สำหรับประเทศไทย ในการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการวัดและบันทึกข้อมูลรังสีกระจายและรังสีรวมที่สถานีวัดรังสีดวงอาทิตย์ 4 แห่ง ซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ (18.78 °N, 98.98 °E) อุบลราชธานี (15.25 °N, 104.87 °E) นครปฐม (13.82 °N, 100.04 °E) และสงขลา (7.20 °N, 100.60 °E) จำนวน 10 ปี (ค.ศ. 2001-2010) จากนั้นได้ทำการคำนวณสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมและดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศ (clearness index) สำหรับกรณีข้อมูลรายชั่วโมง รายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจำนวน 7 ปี (ค.ศ. 2001-2007) เพื่อทำการสร้างแบบจำลองซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวม กับดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศ สำหรับทั้ง 3 กรณี ในการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปคำนวณรังสีกระจายที่สถานีวัด 4 แห่ง ดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 2008-2010 นอกจากนี้ยังได้ใช้ข้อมูลจากสถานีกรุงเทพ และสถานีภูเก็ตในการทดสอบแบบจำลองด้วย ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าค่ารังสีกระจายที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการวัดมีความแตกต่างกันในรูปของ root mean square difference (RMSD) ของกรณีข้อมูลรายชั่วโมง รายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน มีค่าอยู่ในช่วง 25.6 – 30.2%, 16.6-19.9% และ 5.4-10.5% ตามลำดับ

คำสำคัญ: สัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวม แบบจำลอง ประเทศไทย

Abstract

In this work, diffuse fraction models for Thailand were developed. In developing the models, a 10-year period (2001-2010) of diffuse and global solar radiation data from 4 solar monitoring stations was collected. These stations are located in Chiang Mai (18.78 °N, 98.98 °E), Ubon Ratchathani (15.25 °N, 104.87 °E), Nakhon Pathom (13.82 °N, 100.04 °E) and Songkhla (7.20 °N, 100.60 °E). The diffuse fraction, defined as the ratio of diffuse radiation to global radiation and the corresponding clearness index were calculated for the cases of hourly, daily and monthly average daily radiation. Based on the 7-year period (2001-2007) of the data, the models relating the diffuse fraction to the clearness index were formulated for these cases. To investigate their performance, the models were used to calculate diffuse radiation at the four stations for the year 2008-2010 and the results were compared with the measurements at these stations. In addition, the models were also used to predict diffuse radiation at two stations, namely Bangkok and Phuket. It was found that root mean square difference (RMSD) between diffuse radiation calculated from the model and that obtained from the measurements for the case of hourly, daily and monthly average daily are in ranges of 25.6 – 30.2%, 16.6-19.9% and 5.4-10.5%, respectively.

Keywords: diffuse fraction, model, Thailand

¹ รองศาสตราจารย์, ²อาจารย์ ดร., ³นักศึกษานิพนธ์เอก, ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

* Corresponding Author; Serm Janjai, Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, Muang, Nakhon Pathom, 73000, Thailand. Email: serm@su.ac.th, โทรศัพท์: 034-270761, โทรสาร: 034-271189

บทนำ

ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ โดยทั่วไปจะเป็นข้อมูลรังสีรวมบนพื้นราบ แต่ในการใช้งานจริง ผู้ใช้มักต้องการข้อมูลรังสีรวมบนพื้นเอียง ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์ที่รับรังสีดวงอาทิตย์ เช่น แผงโซลาร์เซลล์มักจะวางเอียงทำมุมกับพื้นราบเพื่อให้ได้รับรังสีสูงสุดตลอดทั้งปี ในกระบวนการแปลงรังสีรวมบนพื้นราบให้อยู่บนพื้นเอียง เราจำเป็นต้องรู้ทั้งรังสีกระจายและรังสีตรงบนพื้นราบแล้วทำการแปลงรังสีทั้ง 2 ส่วนให้อยู่บนพื้นเอียง เนื่องจากเรามักจะมีเฉพาะข้อมูลรังสีรวมบนพื้นราบเท่านั้น เราจำเป็นต้องหาวิธีการแยกรังสีรวมออกเป็นรังสีกระจายและรังสีตรง นักวิจัยต่างๆ นิยมใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสำหรับหาสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวม ซึ่งเป็นฟังก์ชันของดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศ (clearness index) แล้วใช้สัดส่วนที่ได้ไปคูณกับรังสีรวมจะได้ค่ารังสีกระจาย จากนั้นนำรังสีกระจายไปลบออกจากรังสีรวมจะได้ค่ารังสีตรง

ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา นักวิจัยในประเทศต่างๆ ได้ทำการสร้างแบบจำลองสำหรับคำนวณสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวม โดยใช้ข้อมูลจากบริเวณต่างๆ ของโลก^{1,2} โดยแบบจำลองส่วนใหญ่จะขึ้นกับสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของบริเวณที่นำมาสร้างแบบจำลอง สำหรับกรณีประเทศไทยแบบจำลองสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมส่วนใหญ่จะสร้างจากข้อมูลซึ่งวัดที่บริเวณกรุงเทพฯ³ ทั้งนี้เพราะในอดีตการวัดรังสีกระจายมีเฉพาะที่กรุงเทพฯ แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ทำการวัดรังสีกระจายและรังสีรวมในภูมิภาคหลักของประเทศ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะทำการสร้างแบบจำลองสำหรับคำนวณสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมจากข้อมูลที่ได้จากการวัดดังกล่าว

การวัดและข้อมูล

ผู้วิจัยได้ติดตั้งเครื่องวัดรังสีกระจายและรังสีรวมที่ 4 สถานี ได้แก่ ที่ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ (18.78 °N, 98.98 °E) ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุบลราชธานี (15.25 °N, 104.87 °E) ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก จังหวัดสงขลา (7.20 °N,

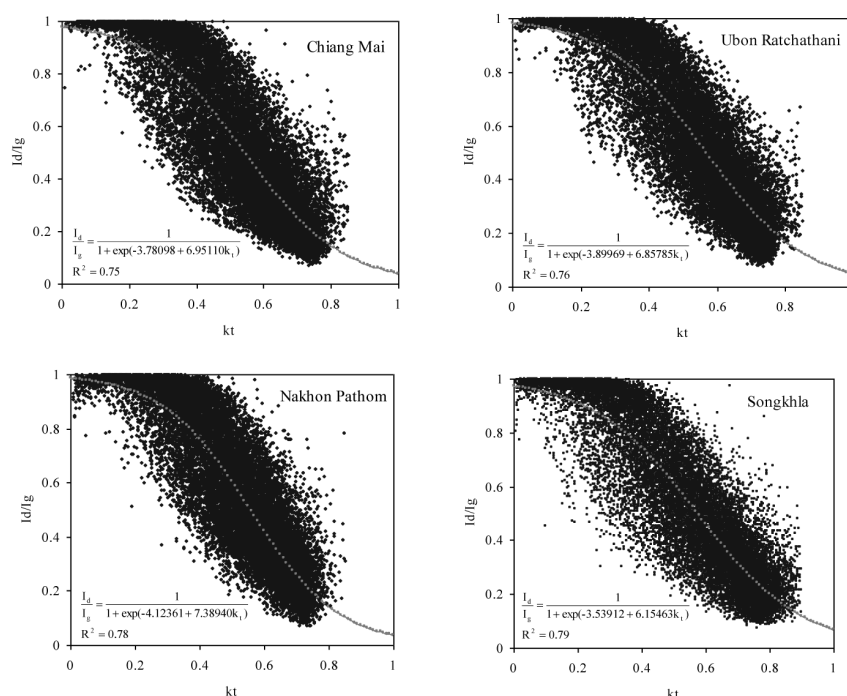
100.60 °E) และที่มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม (13.82 °N, 100.04 °E) โดยเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และสงขลา เป็นของบริษัท Kipp&Zonen รุ่น CM21 ส่วนของสถานีนครปฐมเป็นของ Kipp&Zonen รุ่น CM11 สำหรับเครื่องวัดรังสีกระจายจะทำการวัดด้วยเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ของ Kipp&Zonen รุ่น CM11 ทั้ง 4 สถานี และติดตั้งวงแหวนบังรังสีตรงของ Kipp&Zonen รุ่น CM121 สัญญาณศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องวัดรังสีรวมและรังสีกระจายจะบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิทัล (data logger) ทุกๆ 1 วินาที และทำการเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที แล้วทำการบันทึกค่าเฉลี่ยในหน่วยความจำ เมื่อครบ 1 เดือน เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลเครื่องมือจะจัดส่งข้อมูลที่ได้อมายังห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จากนั้นผู้วิจัยจะแปลงข้อมูลศักย์ไฟฟ้าให้เป็นค่ารังสีดวงอาทิตย์โดยการหารด้วยค่า sensitivity ของเครื่องวัดดังกล่าวและทำการอินทิเกรตให้เป็นค่ารังสีดวงอาทิตย์รายชั่วโมงและรายวัน เนื่องจากเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ที่ใช้งานต่อเนื่องกันตลอดทั้งปีจะมีการเสื่อมสภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสอบเทียบเครื่องวัดดังกล่าวปีละ 1 ครั้ง โดยใช้เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์อ้างอิง (reference pyranometer) ที่สอบเทียบมาจากเครื่องวัดรังสีตรง (pyrheliometer) ที่นำไปสอบเทียบกับมาตรฐานของโลกที่ World Radiation Center ประเทศสวีเดนแลนด์ ก่อนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยจะทำการควบคุมคุณภาพข้อมูลโดยจะตัดข้อมูลที่มีความผิดปกติออกจากชุดข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรก (ค.ศ. 2001-2007) สำหรับสร้างแบบจำลองและชุดที่ 2 (ค.ศ. 2008-2010) สำหรับทดสอบแบบจำลอง สำหรับตำแหน่งสถานีวัดและช่วงเวลาของข้อมูลจะแสดงไว้ใน Table 1

นอกจากนี้ในการทดสอบแบบจำลอง ผู้วิจัยยังใช้ข้อมูลรังสีกระจายและรังสีรวมจากสถานีกรุงเทพและภูเก็ตด้วย

Table 1 Position of solar monitoring stations and data periods used for this study

Stations	Position		Data periods for model	Data periods for model
	Latitude	Longitude	formulation	validation
Chiang Mai (CM)	18.78 °N	98.98 °E	2001-2007	2008-2010
Ubon Ratchathani (UB)	15.25 °N	104.87 °E	2001-2007	2008-2010
Nakhon Pathom (NP)	13.82 °N	100.04 °E	2001-2007	2008-2010
Songkhla (SK)	7.20 °N	100.60 °E	2001-2007	2008-2010
Bangkok	13.75 °N	100.52 °E	-	2008-2010
Phuket	8.10 °N	98.30 °E	-	2008-2010

**Figure 1** Scattered plot of hourly diffuse fraction (I_d/I_g) against hourly clearness index (k_t) for a) Chiang Mai b) Ubon Ratchathani c) Nakhon Pathom and d) Songkhla

การวิเคราะห์ข้อมูลและผล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะสร้างแบบจำลองของสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมโดยแยกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีข้อมูลรายชั่วโมง กรณีข้อมูลรายวัน และกรณีข้อมูลรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ตามรายละเอียดดังนี้

กรณีข้อมูลรายชั่วโมง

ในการสร้างแบบจำลองของข้อมูลรายชั่วโมง ผู้วิจัยจะเริ่มจากการหาค่าสัดส่วนระหว่างรังสีกระจายรายชั่วโมง (I_d) ต่อรังสีรวมรายชั่วโมง (I_g) และขณะเดียวกันจะหาค่าดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศรายชั่วโมง (k_t) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของรังสีรวม (I_g) ต่อรังสีนอกบรรยากาศโลกรายชั่วโมง (I_0)

ในขั้นตอนต่อไป ผู้วิจัยจะนำค่า I_d/I_g มาเขียนกราฟกับ k_t ผลที่ได้แสดงไว้ใน Figure 1 จากนั้นจะทำการฟิต (fit) กราฟของแต่ละสถานีด้วยสมการ sigmoid ตามวิธีการของ Boland et al.⁴ ซึ่งให้ผลการฟิตในรูปของกำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ที่ดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบเส้นกราฟที่ฟิตดีที่สุดของสถานีทั้ง 4 แห่ง พบว่ากราฟที่ทั้ง 4 สถานี มีความสอดคล้องกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้รวมข้อมูลทั้ง 4 สถานี ผลที่ได้แสดงไว้ดัง Figure 2 และ ฟิตด้วยสมการ sigmoid จะได้ผลดังนี้

$$\frac{I_d}{I_g} = \frac{1}{1 + \exp(-3.79792 + 6.7737k_t)} \quad (1)$$

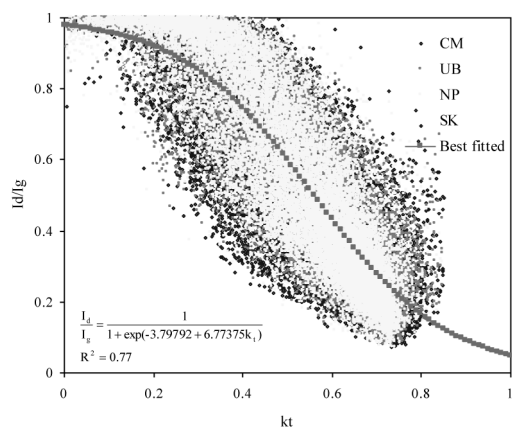


Figure 2 Scattered plot of hourly diffuse fraction (I_d/I_g) against hourly clearness index (k_t) for combined data from 4 stations

กรณีของข้อมูลรายวัน

ทำนองเดียวกับกรณีข้อมูลรายชั่วโมง ผู้วิจัยจะทำการคำนวณค่าสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมรายวัน (H_d/H_g) และดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศรายวัน (K_T) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างรังสีรวมต่อรังสีนอกบรรยากาศโลกรายวัน (H_g/H_0) จากนั้นจะเขียนกราฟระหว่าง H_d/H_g กับ K_T และพิตกราฟที่ได้ด้วยสมการ sigmoid (Figure 3)

จาก Figure 3 จะเห็นว่ากราฟของทั้ง 4 สถานีมีลักษณะสอดคล้องกัน ผู้วิจัยจึงได้รวมข้อมูลทั้ง 4 สถานี และเขียนกราฟระหว่าง H_d/H_g กับ K_T อีกครั้ง (Figure 4) และพิตที่ได้ดีที่สุด ดังสมการ

$$\frac{H_d}{H_g} = \frac{1}{1 + \exp(-4.16496 + 7.8086K_T)} \quad (2)$$

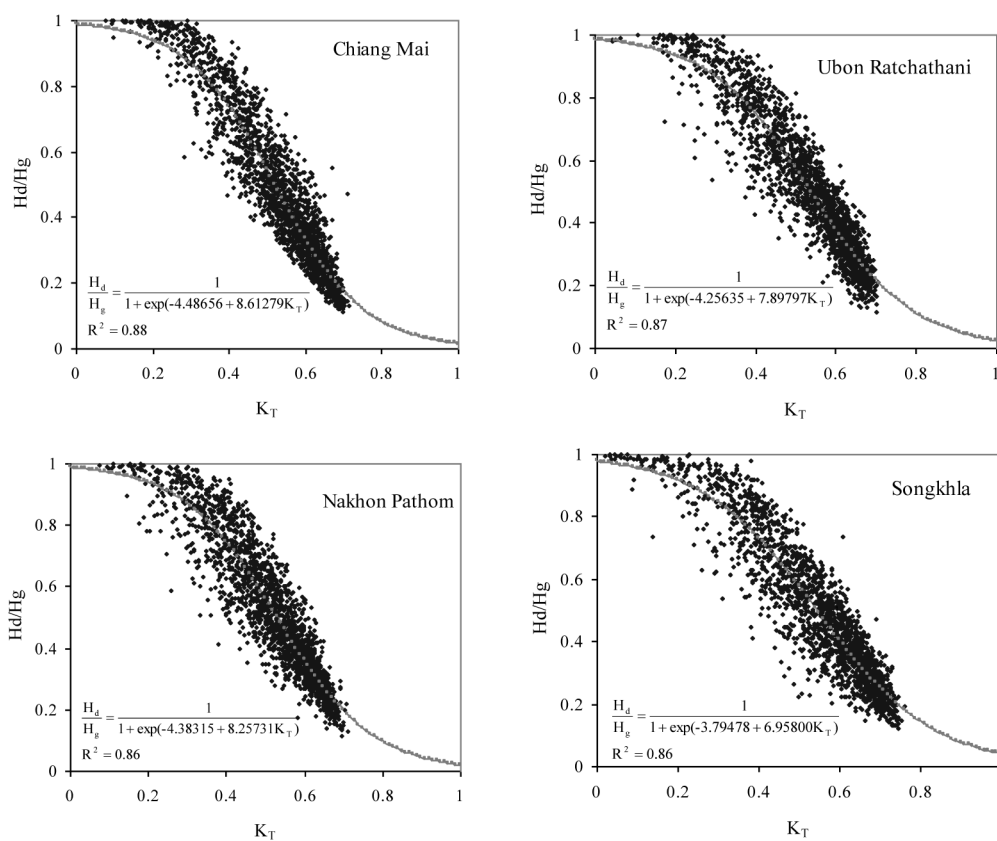


Figure 3 Scattered plot of daily diffuse fraction (H_d/H_g) against daily clearness index (K_T) for a) Chiang Mai b) Ubon Ratchathani c) Nakhon Pathom and d) Songkhla

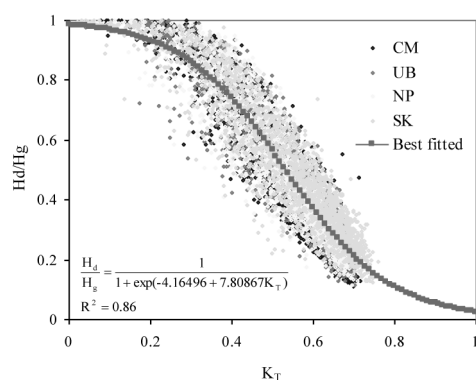


Figure 4 Scattered plot of daily diffuse fraction (H_d / H_g) against daily clearness index (K_T) for combined data from 4 stations

กรณีข้อมูลรายวันเฉลี่ยต่อเดือน

ทำนองเดียวกันกรณีข้อมูลรายชั่วโมงและข้อมูลรายวัน ผู้วิจัยจะคำนวณสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน (H_d / H_g) และดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศรายวันเฉลี่ยต่อเดือน (K_T) ซึ่งเป็นสัดส่วนของรังสีรวมต่อรังสีนอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยต่อเดือน (H_g / H_0) และนำค่า (H_d / H_g) มาเขียนกราฟกับ (K_T) Figure 5) จากกราฟจะเห็นว่าจุดกราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิตด้วยสมการเส้นตรง โดยเส้นกราฟของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีลักษณะสอดคล้องกัน แต่ของสถานีสงขลาจะแตกต่างจากสถานีอื่นเล็กน้อย เพื่อความสะดวกในการใช้งานทั่วประเทศ ผู้วิจัยจึงได้รวมข้อมูลทั้ง 4 สถานี และพิตด้วยสมการเส้นตรงเพียงสมการเดียว (Figure 6) ซึ่งเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}_g} = 1.3081 - 1.601\bar{K}_T \quad (3)$$

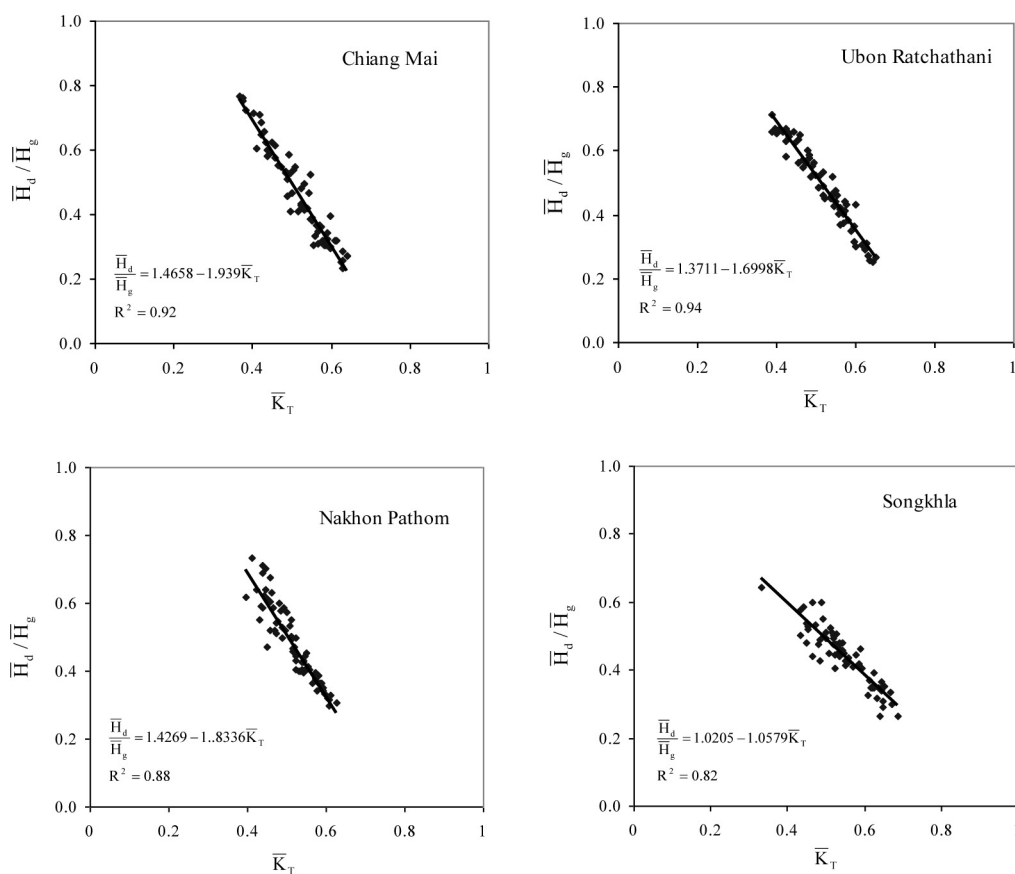


Figure 5 Scattered plot of monthly average daily diffuse fraction (H_d / H_g) against monthly average daily clearness index (K_T) for a) Chiang Mai b) Ubon Ratchathani c) Nakhon Pathom and d) Songkhla

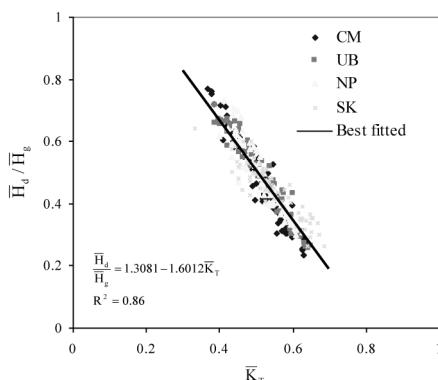


Figure 6 Scattered plot of monthly average daily diffuse fraction (H_d / H_g) against monthly average daily clearness index (K_T) for combined data from 4 stations

การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง

ในการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง ผู้วิจัยจะนำแบบจำลองที่ได้ไปคำนวณค่ารังสีกระจายจากค่ารังสีรวมซึ่งวัดที่สถานีต่างๆ ในปี ค.ศ. 2008-2010 (Table 1) โดยแยกเป็นกรณีข้อมูลรังสีรายชั่วโมง รายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน จากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่าจากการวัดในรูปของ root mean square difference (RMSD) และ mean bias difference (MBD) เป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับค่าเฉลี่ยจากการวัด ผลที่ได้แสดงไว้ใน Table 2-4

Table 2 Comparison of hourly diffuse radiation calculated from the model and the measurement

Stations	RMSD (%)	MBD (%)
Chiang Mai	30.2	3.6
Ubon Ratchathani Nakhon	26.9	-3.3
Pathom	27.7	-0.7
Songkhla	30.1	-6.1
Bangkok	25.6	-3.4
Phuket	30.0	-5.4
Combined data	28.3	-2.4

Table 3 Comparison of daily diffuse radiation calculated from the model and the measurement

Stations	RMSD (%)	MBD (%)
Chiang Mai	17.4	1.8
Ubon Ratchathani Nakhon	16.8	-4.8
Pathom	16.6	-1.9
Songkhla	19.9	-6.2
Bangkok	16.8	0.6
Phuket	17.8	-5.8
Combined data	17.8	-0.8

Table 4 Comparison of monthly average daily diffuse radiation calculated from the model and the measurement

Stations	RMSD (%)	MBD (%)
Chiang Mai	9.2	5.1
Ubon Ratchathani Nakhon	8.1	-4.1
Pathom	6.2	0.2
Songkhla	10.5	-0.4
Bangkok	5.4	0.6
Phuket	7.9	-1.9
Combined data	8.0	-0.03

จาก Table 2 จะเห็นว่า RMSD ของกรณีข้อมูลรายชั่วโมง มีค่าอยู่ระหว่าง 25.6 - 30.2% ซึ่งมีค่าค่อนข้างมาก ทั้งนี้เพราะสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมรายชั่วโมงนอกจากจะขึ้นกับดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศแล้ว ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น ตำแหน่งและชนิดของเมฆ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แบบจำลองจะสามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่าง I_d / I_g กับ K_T เท่านั้น ดังนั้นเมื่อนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ในการทำนายค่ารังสีกระจายจึงมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก

สำหรับกรณีข้อมูลรายวัน (Table 3) RMSD มีค่าอยู่ระหว่าง 16.6-19.9% จะเห็นว่า RMSD มีค่าน้อยกว่ากรณีข้อมูลรายชั่วโมง ทั้งนี้เพราะข้อมูลรายวันจะไม่มีผลจากมวลอากาศ (air mass) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน นอกจากนี้ข้อมูลรายวันซึ่งได้จากการอินทิเกรตข้อมูลรายชั่วโมง จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงน้อยกว่าข้อมูลรายชั่วโมง ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง H_d / H_g กับ K_T จึงมีความเป็นระบบมากกว่าความสัมพันธ์ระหว่าง I_d / I_g กับ K_T เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่าง H_d / H_g กับ K_T มาใช้ทำนายค่า H_d จึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่ากรณีข้อมูลรายชั่วโมง

ในด้านของข้อมูลรายวันเฉลี่ยต่อเดือน (Table 4) RMSD มีค่าอยู่ระหว่าง 5.4-10.5% ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกรณีข้อมูลรายวัน ทั้งนี้เพราะการเฉลี่ยข้อมูลทำให้ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม(random error) หักล้างกัน ความสัมพันธ์ระหว่าง (H_d/H_t) กับ K_t จึงมีความเป็นระบบมากขึ้น ดังนั้นเมื่อนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปใช้ทำนายค่า H_d จึงมีความละเอียดถูกต้องมากกว่ากรณีรังสีรายวันและรายชั่วโมง

สำหรับกรณีค่า MBD ทั้ง 3 กรณีจะอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน โดยแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะทำนายค่ารังสีกระจายได้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการวัดเล็กน้อย

เนื่องจากแบบจำลองทั้ง 3 กรณีสร้างจากข้อมูลที่มาจากภูมิภาคหลักของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ อีกทั้งการทดสอบแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในภาคต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงคาดว่าแบบจำลองนี้จะสามารถใช้งานได้ทั่วประเทศ อย่างไรก็ตามควรทำการจัดตั้งสถานีวัดรังสีกระจายและรังสีรวมเพิ่มเติมในจังหวัดต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงทดสอบแบบจำลองดังกล่าว

สรุป

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมกับดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศจากข้อมูลที่ได้จากสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา พบว่าสัดส่วนดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศอย่างเป็นระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมกับดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศในกรณีของข้อมูลรายชั่วโมง รายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน จากนั้นได้ทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง ผลการทดสอบพบว่าค่า RMSD กรณีข้อมูลรายชั่วโมง ข้อมูลรายวัน และข้อมูลรายวันเฉลี่ยต่อเดือน มีค่าอยู่ระหว่าง 25.6 - 30.2%, 16.6-19.9% และ 5.4-10.5% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. Liu BYH, Jordan RC. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy* 1963;4:1-19.
2. Orgill JF and Hollands KGT. Correlation equation for hourly diffuse radiation on horizontal surface. *Solar Energy* 1977;19:357-362.
3. Janjai S, Praditwong P, Moonin C. A new model for computing monthly average daily diffuse radiation for Bangkok. *Renew Energy* 1996;9:1283-1286.
4. Boland J, Ridley B, Brown B. Models of diffuse solar radiation. *Renew Energy* 2008;33:575-384.