

แบบจำลองสำหรับประมาณค่ารังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆ

Model for Estimating the Solar Radiation from Cloud Cover

Received:	January	23, 2019
Revised:	July	4, 2019
Accepted:	July	5, 2019

อุษาวดี ตันติวารานุรักษ์ (Usavadee Tuntiwaranuruk)*

วิโรจน์ เครือภู (Wirote Kruapoo)**

บทคัดย่อ

การพัฒนาแบบจำลองในการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\bar{H}$) จากปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\bar{C}$) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนและปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2550 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2559 และทำการหารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน พร้อมคำนวณรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\bar{H}_0$) พบว่าแบบจำลองสำหรับประมาณค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน แสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างรังสีอาทิตย์ต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน คือ $\bar{H}/\bar{H}_0 = 0.5802 - 0.0146\bar{C}$ โดยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.8428 แสดงว่า $\bar{H}/\bar{H}_0$ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับ $\bar{C}$ โดยในการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองได้นำแบบจำลองไปคำนวณ $\bar{H}/\bar{H}_0$ โดยใช้ค่า $\bar{C}$ ของข้อมูลปี พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ใช้ในแบบจำลอง พบว่าค่า $\bar{H}$ ที่ได้จากแบบจำลองและที่ทำการวัด มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (%E) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (RMSD) และความแตกต่างในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBD) เท่ากับ 7.12%, 8.29% และ 6.20% ตามลำดับ แสดงว่าค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองและการวัดส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน

คำสำคัญ : รังสีอาทิตย์ ปริมาณเมฆ สมการเอมพิริคัล

* รองศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์วิชาพิสิษฐ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Associate Professor Dr., Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University,
usavadee@go.buu.ac.th, 081-8629020

** อาจารย์ ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Lecturer, Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University, wirotek@buu.ac.th, 087-0261743

Abstract

In this research, model for estimating monthly average global radiation ($\bar{H}$) from the monthly average of the cloud cover ($\bar{C}$) was developed. The development of the model was started with the collection of global solar radiation and the cloud cover data from Chon Buri meteorological station during 1 January 2007 – 31 December 2016. Then, the values of monthly average of daily global radiation and the monthly average of cloud cover were calculated. The values of monthly average daily extraterrestrial radiation ($\bar{H}_0$) were also computed. The empirical equation of $\bar{H}/\bar{H}_0$ was $\bar{H}/\bar{H}_0 = 0.5802 - 0.0146\bar{C}$, the coefficient of determination (R^2) = 0.8428. The model was validated by using cloud cover data in 2017 to predict the solar radiation and then compare with data from Chon Buri meteorological station. The results showed good agreement.

Keywords: global solar radiation, cloud cover, empirical equation

บทนำ

ข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์เป็นข้อมูลที่สำคัญที่สุดของการวิจัยพัฒนาและประยุกต์พลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าและด้านความร้อน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของรังสีอาทิตย์ต่อบัณฑิตอื่นๆ เช่น การละลายน้ำของออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบบำบัดน้ำเสีย (ธนิศร์ ปัทมพิฑูร และคณะ, 2556) โดยทั่วไปข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์จะได้จากการจัดตั้งเครือข่ายสถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์และทำการวัด และบันทึกข้อมูลต่อเนื่องแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยในประเทศที่พัฒนาแล้วมักจะมีสถานีวัดจำนวนมาก ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศและมีการวัดและบันทึกข้อมูลต่อเนื่องยาวนาน สำหรับประเทศไทยถึงแม้จะเริ่มมีการ วัดปริมาณรังสีอาทิตย์มากกว่า 40 ปี แต่จำนวนสถานีวัดยังมีจำกัด และมักพบปัญหาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการซ่อม บำรุงและรักษารวมทั้งการซื้ออุปกรณ์มาทดแทนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพเป็นไปได้อย่างเนื่องจากราคาสูง ทำให้ ปริมาณข้อมูลที่ได้ก็ยังไม่เพียงพอที่จะนำมาสร้างเป็นข้อมูลมาตรฐาน เพื่อนำมาใช้งานได้ การสังเกตปริมาณเมฆ ทุก ๆ 3 ชั่วโมงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นักวิจัยหลายคนได้สร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์ (Paltridge & Platt, 1976; Tarpley, 1979; Robledo & Soler, 2000) สำหรับประเทศไทย เพ็ญพร นิมนวล และ เสริม จันทร์ฉาย (2555) ได้ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆโดยใช้ข้อมูลปริมาณ รังสีอาทิตย์ที่ได้จากเครือข่ายสถานีวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 24 สถานี และปริมาณเมฆซึ่งสังเกตการณ์ที่สถานีเดียวกันจำนวน 4-8 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2548-2552 พบว่า กราฟของทุกสถานีมีลักษณะเป็นเส้นตรงและค่าปริมาณรังสีอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับปริมาณเมฆ แต่เนื่องจาก งานวิจัยเหล่านี้ดำเนินการมานานแล้ว ประกอบกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา เปลี่ยนแปลงไปมาก ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆโดยใช้ ข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์และปริมาณเมฆที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชลบุรี ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2550 – 31 ธันวาคม พ.ศ.2559 เพื่อใช้ประมาณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์

จากปริมาณเมฆ โดยจะทำการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองโดยเก็บค่าปริมาณรังสีอาทิตย์และปริมาณเมฆ ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2560 – 31 ธันวาคม พ.ศ.2560 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ใช้ในแบบจำลอง

วิธีวิจัย

การวัดและการเก็บข้อมูล

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับประมาณค่ารังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆได้ใช้ข้อมูลจากจากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งอยู่ที่ 45 หมู่ 4 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000 ละติจูด $13^{\circ}21'20.1''$ เหนือ ลองจิจูด $100^{\circ}58'56.7''$ ตะวันออก แสดงดังภาพที่ 1 โดยข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์ใช้เครื่องไพรานอมิเตอร์ (pyranometer) รุ่น CM11 ของบริษัท Kipp & Zonen ประเทศฮอลแลนด์ แสดงดังภาพที่ 2 โดยมีการติดตั้งโปรแกรมให้เครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์ในรูปของศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องไพรานอมิเตอร์ทุกๆ 1 วินาที และทำการเฉลี่ยค่าที่ได้ทุกๆ 10 นาที จากนั้นจะบันทึกค่าเฉลี่ยลงในหน่วยความจำ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่บันทึกได้ดังกล่าว จะถูกโปรแกรมนำไปคำนวณเป็นค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ ที่ได้ในรูปของข้อมูลรายวัน มีหน่วยเป็น MJ/m^2 และการตรวจวัดปริมาณเมฆเป็นการวัดจากสายตาของเจ้าหน้าที่อุตุนิยมวิทยาที่มีความชำนาญการ และผู้ทำวิจัยได้ร่วมสังเกตการณ์ในพื้นที่โดยการมองท้องฟ้าในทุกทิศทาง ครบคลุม 360 องศา ในแนวระนาบ และแบ่งครึ่งท้องฟ้าและสังเกตสัดส่วนปริมาณเมฆในท้องฟ้าที่มีปริมาณเท่าใด โดยมีเกณฑ์การตรวจวัดปริมาณเมฆแสดงดังภาพที่ 3 แล้วบันทึกค่าที่ได้ โดยค่าปริมาณเมฆมีค่าได้ตั้งแต่ 0 – 10 โดยความสัมพันธ์ระหว่างรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน มีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับปริมาณเมฆโดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติ คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)



ภาพที่ 1 สถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี



ภาพที่ 2 ไพรานอมิเตอร์ ณ สถานีวัดปริมาณรังสี
อาทิตย์ จ.ชลบุรี ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ
อนุรักษ์พลังงาน



ภาพที่ 3 เกณฑ์การตรวจวัดสัดส่วนเมมปกลุ่มท้องฟ้า (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2003)

การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง

การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบข้อมูลใช้ตัวชี้วัดทางสถิติ ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error: %E)

$$\%E = \left| \frac{\bar{H}_{Model} - \bar{H}_{Measured}}{\bar{H}_{Model}} \right| \times 100$$

เมื่อ $\bar{H}_{Model}$ เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองของข้อมูลที่ i
 $\bar{H}_{Measured}$ เป็นค่าที่ได้จากการวัดของข้อมูลที่ i

รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (root mean square difference: RMSD)

$$RMSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\bar{H}_{Model,i} - \bar{H}_{Measured,i} \right)^2}{N}} \times \frac{100\%}{\bar{H}_{Mean}}$$

เมื่อ N เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด
 $\bar{H}_{Mean}$ เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัดของข้อมูลทั้งหมด

และความแตกต่างในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (mean bias difference: MBD)

$$MBD = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\bar{H}_{Model,i} - \bar{H}_{Measured,i} \right)}{N} \times \frac{100\%}{\bar{H}_{Mean}}$$

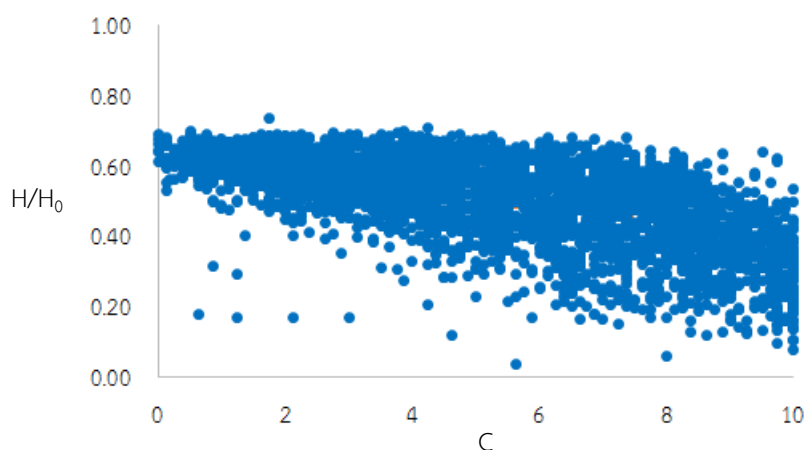
แบบจำลองที่ดีควรมีค่า %E และ RMSD เข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากความแตกต่างระหว่างค่าจากการวัดและค่าจากการคำนวณใกล้เคียงกัน และค่า MBD จะแสดงให้เห็นว่าค่าจากการคำนวณเอนเอียงไปในทิศทางที่มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าจากการวัด ซึ่งแบบจำลองที่ดีก็จะมีค่า MBD เข้าใกล้ศูนย์

ผลการวิจัย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันกับปริมาณเมฆรายวัน

ปริมาณรังสีอาทิตย์จากข้อมูลดิบทำโดยคำนวณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันที่วัดได้ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2550 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2559 ต่อค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันและค่าปริมาณเมฆราย 3 ชั่วโมงที่คำนวณให้เป็นค่าปริมาณเมฆรายวันจำนวน 3,479 ข้อมูล จากนั้นเขียนความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันต่อค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวัน (H/H_0) กับค่าปริมาณเมฆรายวัน (C) ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 4

จากภาพที่ 4 จะสังเกตเห็นว่ากราฟที่ได้มีลักษณะเป็นกลุ่มหมอก และค่อนข้างกระจาย เพราะการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณเมฆรายวัน ไม่ได้เกิดจากปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันต่อค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันอย่างเดียวแต่ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเร็วลม ปริมาณฝน และความชื้น เป็นต้น จึงมีความคลาดเคลื่อนมาก แต่มีแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันต่อค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันกับปริมาณเมฆรายวัน

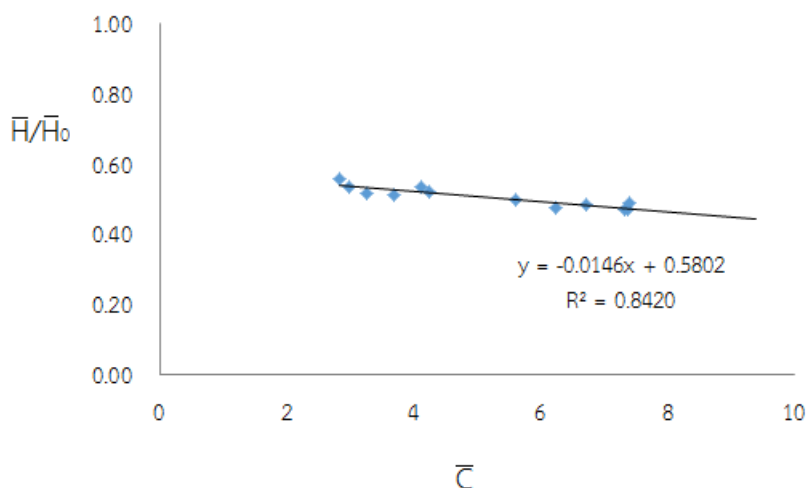


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาณรังสีอาทิตย์ต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันและค่าปริมาณเมฆรายวัน

2. แบบจำลองรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆ

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนระยะยาวแทนแบบจำลองสำหรับทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์รายวัน ซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชลบุรี โดยคำนวณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยข้อมูลเดือนเดียวกันตลอดช่วงเวลาของข้อมูลทั้งหมด โดยนำข้อมูลเดือนมกราคมของปี พ.ศ.2550 - พ.ศ.2559 มาหาค่าเฉลี่ยได้เป็นปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยระยะยาวของเดือนมกราคม จากนั้นจะหารด้วยค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีนอกบรรยากาศโลกรายวันของเดือนมกราคม และทำเช่นนี้กับข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนธันวาคม ในทำนองเดียวกันคำนวณค่าเฉลี่ยระยะยาวของปริมาณเมฆโดยคำนวณค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยข้อมูลเดือนเดียวกันตลอดช่วงเวลาของข้อมูลทั้งหมด โดยนำข้อมูลเดือนมกราคมของปี พ.ศ.2550 - พ.ศ.2559 มาหาค่าเฉลี่ยได้เป็นปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยระยะยาวของเดือนมกราคม และดำเนินการเช่นนี้กับข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนธันวาคม จากนั้นจะหาความสัมพันธ์ของค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 5

จากภาพที่ 5 ปริมาณเมฆเป็นตัวแปรที่สำคัญซึ่งมีผลต่อปริมาณรังสีอาทิตย์ โดยวันที่มีปริมาณเมฆมากจะมีปริมาณรังสีอาทิตย์ต่ำ และอัตราส่วนของปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อปริมาณรังสีนอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์เชิงสถิติกับปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน ซึ่งเขียนเป็นรูปสมการทั่วไปได้ $\overline{H/H_0} = 0.5802 - 0.0146\overline{C}$, $R^2 = 0.8428$ เมื่อ $\overline{C}$ เป็นปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนเมื่อแบ่งท้องฟ้าเป็น 10 ส่วน โดยให้ $\overline{C}$ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 10 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติที่ได้จากแบบจำลองสำหรับทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน พบว่าค่าคงที่เอมพิริคัล a เท่ากับ 0.5802, b เท่ากับ - 0.0146 โดยมี R^2 เท่ากับ 0.8420 แสดงให้เห็นว่าค่า $\overline{H/H_0}$ และ $\overline{C}$ มีความสัมพันธ์กันมาก



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีรวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน และค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน

3. การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง

หลังจากที่ได้แบบจำลองแล้ว ได้ทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง โดยนำแบบจำลองที่ได้ไปหาค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนจากค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยตัวอย่างเมฆที่ทำการเก็บแสดงได้ดังภาพที่ 6 และเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากสมการแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆ และค่าที่ได้จากการวัด ในเดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ.2560 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชลบุรี แสดงดังภาพที่ 7 โดยบอกความแตกต่างในรูปค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (%E) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (RMSD) และความแตกต่างในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBD) พบว่า $\%E = 7.12\%$ แสดงว่าแบบจำลองที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ ค่า $RMSD = 8.29\%$ และ ค่า $MBD = 6.20\%$ ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าแบบจำลองที่ได้มีความถูกต้องสูงและไม่มีความเอนเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่งมากนัก เมื่อพิจารณาผลการทดสอบสมรรถนะแบบจำลอง แสดงให้เห็นว่าหากมีการเฉลี่ยข้อมูล จะสามารถพัฒนาแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับการวัดมากยิ่งขึ้น และผลจากการเปรียบเทียบและศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีอาทิตย์แสดงได้ดังภาพที่ 8

จากภาพที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัด พบว่าค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าที่ได้จากการวัด จากลักษณะภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมในแต่ละเดือนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณเมฆที่บดบังปริมาณรังสีอาทิตย์มีผลต่อค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก ส่งผลให้ค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกัน โดยช่วงที่มีค่าปริมาณรังสีอาทิตย์มากที่สุดคือเดือนเมษายน เนื่องจากเป็นช่วงที่สภาพท้องฟ้าแจ่มใสปราศจากเมฆและยังไม่ถึงช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งจะเริ่มในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม ทำให้ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่มีค่ามากที่สุด และค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน สาเหตุเนื่องจากเป็นช่วงที่มีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ทำให้อากาศแปรปรวนไม่แน่นอนส่งผลให้ท้องฟ้ามีเมฆมากและบดบังปริมาณรังสีอาทิตย์ ดังนั้นในช่วงที่มีฝนและปริมาณเมฆมากจะทำให้ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่มีค่าต่ำที่สุด และจากผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัดส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองนี้ประมาณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆในบริเวณพื้นที่ชลบุรีได้



(ก) ท้องฟ้ามีเมฆ 1 ส่วนของท้องฟ้า



(ข) ท้องฟ้ามีเมฆ 2-3 ส่วนของท้องฟ้า



(ค) ท้องฟ้ามีเมฆ 4 ส่วนของท้องฟ้า



(ง) ท้องฟ้ามีเมฆ 5 ส่วนของท้องฟ้า



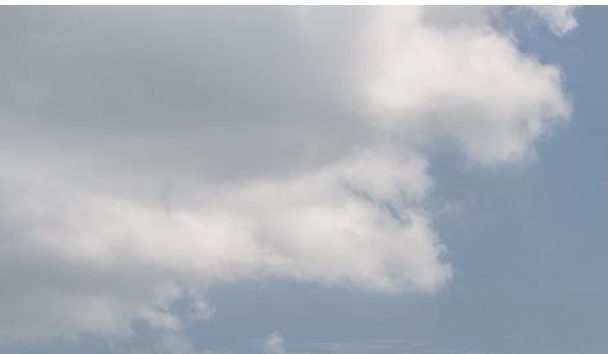
(จ) ท้องฟ้ามีเมฆ 6 ส่วนของท้องฟ้า



(ฉ) ท้องฟ้ามีเมฆ 7-8 ส่วนของท้องฟ้า

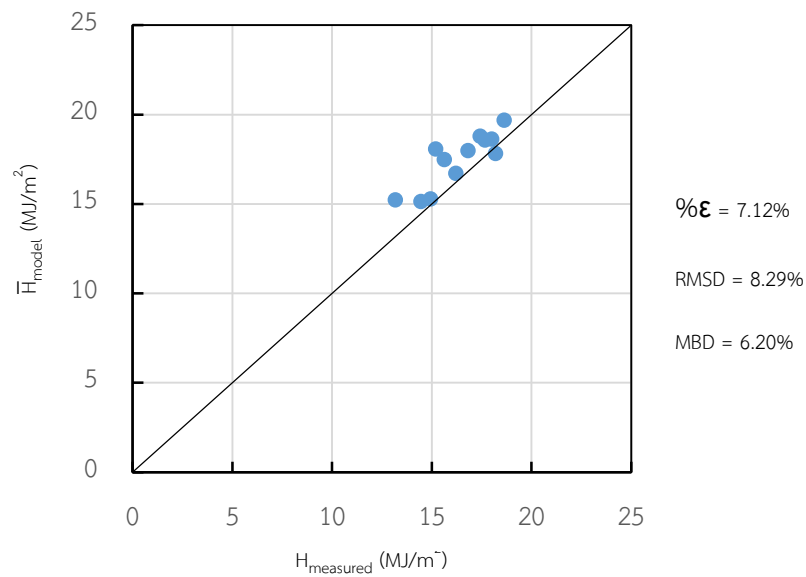


(ช) ท้องฟ้ามีเมฆ 8-9 ส่วนของท้องฟ้า

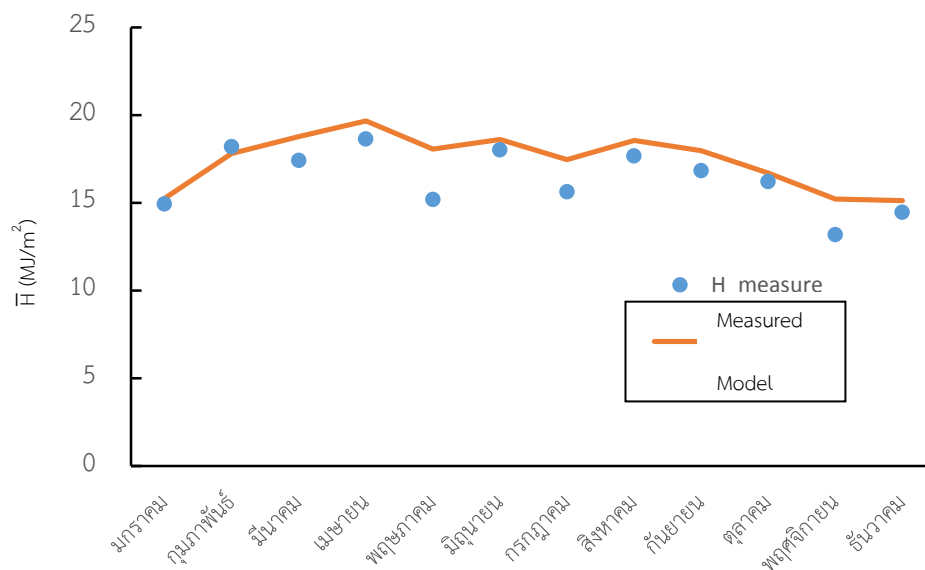


(ซ) ท้องฟ้ามีเมฆ 10 ส่วนของท้องฟ้า

ภาพที่ 6 ตัวอย่างเมฆในท้องฟ้า ณ กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบค่ารังสีรวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากแบบจำลองและการวัด



ภาพที่ 8 ค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด

สรุปผล

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยจัดชุดข้อมูลให้อยู่ในกรณีรายวันเฉลี่ยรายเดือนระยะยาว ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ $\overline{H/H0} = 0.5802 - 0.0146 \overline{C}$ จะช่วยให้คำนวณหาปริมาณรังสีอาทิตย์ ($\overline{H}$) จากค่าปริมาณเมฆ ($\overline{C}$) ซึ่งมีการวัดทั่วไปตามสถานีอุตุนิยมวิทยา โดยอัตราส่วนของปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อปริมาณรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\overline{H/H0}$) มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\overline{C}$) ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8420 และจากการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัดเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลอง และคำนวณความแตกต่างในรูปค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (% ϵ), รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (RMSD) และ ความแตกต่างในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBD) พบว่าแบบจำลองที่ได้มี % ϵ เท่ากับ 7.12 % ซึ่งแสดงว่าแบบจำลองมีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างต่ำและ RMSD เท่ากับ 8.29% และ MBD เท่ากับ 6.20% ซึ่งมีค่าน้อย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ $\overline{H/H0} = 0.5802 - 0.0146 \overline{C}$ ที่ได้มีความถูกต้องและสามารถใช้แบบจำลองนี้ประมาณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์จากค่าปริมาณเมฆในบริเวณพื้นที่ชลบุรีเช่นเดียวกับแบบจำลองของเพ็ญพร นิ่มนวล ที่ใช้ข้อมูล 5 ปี มีรูปสมการเอมพิริคัลคือ $\overline{H/H0} = 0.5939 - 0.0166 \overline{C}$ ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.77 โดยมีค่า RMSD และ MBD เท่ากับ 7.5% และ 0.1% ตามลำดับ (เพ็ญพร นิ่มนวล และ เสริม จันทร์ฉาย, 2555) ดังนั้นแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆที่ได้นี้สามารถใช้ประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่ต้องการจะออกแบบติดตั้งเครื่องมือสำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ และประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องมือวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ รวมทั้งสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปริมาณรังสีอาทิตย์จากปริมาณเมฆไปใช้กับบริเวณพื้นที่อื่น ๆ ที่มีสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศที่ใกล้เคียงกันได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี กรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

References

- Learning Center for Earth Science and Astronomy. (2003, December 4). “phænphāp mek” [Cloud Chart]. Retrieved from http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/6/clouds/clouds_watch/cloud_chart.ppt
- Nimnuan, P., and Janjai, S. (2012). kāsuksā bāpčhamlōng samrap khamnuān khwām khem rangsī ‘athit čāk parimān mek nai prathet Thai [The Study of Models for Estimating the Solar Radiation Intensity from Cloud Cover in Thailand]. In Janjai, S. (Ed.), rangsī ‘athit [Solar Radiation]. (pp. 238-247). Nakhon Pathom: Phetkasem Printing Group.
- Paltridge, G.W. and Platt, C.M.R. (1976). Radiative processes in meteorology and climatology. *Natural Science*, 3(12), 971-998.
- Pattamapitoon, T., Chunkao, K., and Pakkong, P. (2013). “khwāmsamphan khōng rangsī sæng ‘athit to parimān ‘ōksichēn lalāi nam læ haidrochēn pōe ‘ōksai nai rabop bambat nam sīa bāp bō ‘aphung khōngkān suksā wichai læ phatthana singwætloṃ læm phakbia ‘annuāng māchāk phraratchadamri” [Correlations of solar radiation to dissolved oxygen and hydrogen peroxide in lagoon treatment system of The Royal Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project]. *Veridian E-Journal Silpakorn University*, 6, 2 (May - August 2013): 963-975.

- Robledo, L., and Soler, A. (2000). Luminous efficacy of global solar radiation for clear skies. *Energy Conversion & Management*, 41, 1769-1779.
- Tarpley, J.D. (1979). Estimating Incident Solar Radiation at the Surface from Geostationary Satellite Data. *Journal of Applied meteorology*, 18(9), 1172-1181.