



ความสัมพันธ์ของค่าปริมาณเมฆกับค่ารังสีอาทิตย์รวมในจังหวัดชุมพร

Estimation of the Cloud Cover from Global Solar Radiation in Chumphon Province, Thailand

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก^{1*}

Suwit Phethuayluk^{1*}

¹ ผศ., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

¹ Asst.Prof., Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung

*Corresponding author, E-mail: suwit@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ของค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนกับข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดชุมพร ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2558 และทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลของปี พ.ศ. 2559 – 2563 โดยใช้แบบจำลองในรูปของสมการเอ็มพริรัคัล 10 รูปแบบที่พัฒนามาจากสมการถดถอยเชิงเส้นของ Angström-Prescott และรูปแบบสมการอื่นๆ ได้แก่ สมการเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่ให้ผลทดสอบสมรรถนะดีที่สุดอยู่ในรูปสมการกำลังสาม ด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด (C/C_0) และค่ารังสีอาทิตย์รวมต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (H/H_0) เป็น $C = C_0(5.656 - 35.07(1 - H/H_0) + 74.17(1 - H/H_0)^2 - 48.91(1 - H/H_0)^3)$ ที่ให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (NS) ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (MABE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าสถิติแบบที (t-stat) เท่ากับ 0.968 0.744 0.674 deca - 0.513 deca 0.557 deca - 11.4% 12.0% และ 3.89 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.405 แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบสมการกำลังสามและจากการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ : ปริมาณเมฆ, ค่ารังสีอาทิตย์รวม, สมการเอ็มพริรัคัล, จังหวัดชุมพร



Abstract

In this research, the relation model between monthly average daily cloud amount and the monthly average daily global solar radiation data in Chumphon province between 2006 -2015 was developed, and the model was tested with data from 2016-2020. In this study, ten empirical models were derived from the Angström-Prescott linear regression model and its derivatives such as linear, quadratic, cubic, logarithmic, exponential and power. The results show that the best fit model was correlated with cubic equation between the ratio of monthly average daily cloud amount to maximum cloud volume of measurement (C/C_0), and the monthly average daily global solar radiation per daily extraterrestrial radiation (H/H_0) as $C = C_0(5.656 - 35.07(1 - H/H_0) + 74.17(1 - H/H_0)^2 - 48.91(1 - H/H_0)^3)$. Statistical analysis results base on the correlation coefficient (R), the Nash-Sutcliffe coefficient (NS), root mean square error (RMSE), mean bias error (MBE), mean absolute bias error (MABE), mean percentage error (MPE), mean absolute percentage error (MAPE) and t -statistic (t -stat) are 0.968, 0.744, 0.674 deca, - 0.513 deca, 0.557 deca, - 11.4%, 12.0% and 3.89, respectively. This received a global performance indicator (GPI) assignment of 0.405. According to the results, the predicted cubic model and the measurements are consistent and can be applied to the other a similar climate area.

Keywords : cloud amount, global solar radiation, empirical equation, Chumphon province

บทนำ

แหล่งพลังงานที่สำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกของเรา ก็คือ ดวงอาทิตย์ พลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ตั้งแต่รังสีแกมมาไปจนถึงคลื่นวิทยุ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า รังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกเป็นปริมาณที่เราสามารถหาได้อย่างแม่นยำโดยอาศัยการตรวจวัดด้วยดาวเทียม หรือคำนวณทางทฤษฎี ทั้งนี้ปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ ณ ตำแหน่งใด ๆ ที่ส่วนบนของชั้นบรรยากาศ (Top of Atmosphere, TOA) จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ และมุมตกกระทบ ซึ่งเราสามารถคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวนี้อย่างแม่นยำ โดยอาศัยทฤษฎีฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ข้อมูลรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกมีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานในอวกาศต่าง ๆ อาทิเช่น เซลล์สุริยะของดาวเทียมหรือยานอวกาศต่าง ๆ ในอดีตที่ผ่านมานักวิทยาศาสตร์ได้ทำการวัดและศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกกันมาอย่างต่อเนื่อง หากพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์รวมทุกความยาวคลื่นที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบตั้งฉากบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จากระยะทางเฉลี่ย 1 AU จะมีความเข้มของรังสีประมาณ 1,367 W/m² เรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constant) (เสริม จันทรฉาย, 2557)



สำหรับจังหวัดชุมพร เป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีพื้นที่ส่วนใหญ่ทำการเกษตร โดยเฉพาะสวนผลไม้และพืชพลังงานปาล์มน้ำมันที่ต้องอาศัยปริมาณฝนและแสงแดดมาก ดังนั้นความสัมพันธ์ของปริมาณเมฆที่สามารถบ่งชี้ถึงปริมาณฝน และรังสีอาทิตย์ที่สูงสามารถบ่งชี้ถึงปริมาณแสงแดดสูงในแต่ละเดือนของรอบปี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาแบบจำลองที่อยู่ในรูปสมการเอ็มพิริคัลที่เหมาะสมของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเมฆกับค่ารังสีอาทิตย์รวม ในจังหวัดชุมพร

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก เมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังพื้นโลกของเรา จะถูกลดทอนความเข้ม ในรูปของการกระเจิงและดูดกลืนโดยเมฆและองค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โอโซน ไอน้ำ และโมเลกุลก๊าซต่าง ๆ ของอากาศ ทั้งนี้เราสามารถจำแนกส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกได้เป็น 2 ส่วน คือ รังสีตรง (Direct Radiation) และรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ซึ่งผลรวมของรังสีทั้ง 2 ส่วนนี้ เรียกว่า รังสีรวม (Global Radiation) ดังนั้นการวัดรังสีอาทิตย์บนพื้นโลกสามารถกระทำได้หลากหลายวิธีการด้วยกัน (เสริม จันทร์ฉาย, 2557) ดังนั้นเมื่อวัดรังสีอาทิตย์ที่ถูกลดทอนและผ่านลงมาถึงพื้นผิวโลกก็จะสามารถหาปริมาณเมฆที่ครอบคลุมในพื้นที่นั้น ๆ ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวัน (H_0) แล้วนำมาเฉลี่ยรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชุมพร ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 10.49°N และลองจิจูด 99.18°E โดยใช้สมการความสัมพันธ์ (Nage, 2018)

$$H_0 = \frac{24 \times 3,600 I_{SC}}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos \left[\frac{360d}{365} \right] \right) \left(\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \varphi \sin \delta \right) \quad (1)$$

เมื่อ H_0 คือ ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\text{MJm}^{-2}\text{day}^{-1}$) I_{SC} คือ ค่าคงที่รังสีอาทิตย์ ($1,367 \text{ Wm}^{-2}$) φ คือ มุมละติจูดของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชุมพร δ คือ ค่ามุม declination ของดวงอาทิตย์

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{360}{365} [284 + d] \right) \quad (2)$$

เมื่อ d คือ ลำดับที่ของวันในรอบปี และ ω_s คือ ค่ามุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ ซึ่งหาได้จาก

$$\omega_s = \cos^{-1} (-\tan \varphi \tan \delta) \quad (3)$$



2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน (C) และค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน (H) ในพื้นที่จังหวัดชุมพร ที่ทำการวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชุมพร ในช่วงปี พ.ศ. 2549 - 2563 โดยที่ค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด (C_0) เท่ากับ 10 ดังตารางที่ 1 และ 2

3. แยกข้อมูลออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2558 รวมเวลาเป็น 10 ปี แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับสร้างสมการเอ็มพริคัล ส่วนข้อมูลส่วนที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 - 2563 นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลทดสอบสมการเอ็มพริคัล ดังตารางที่ 3

4. สร้างสมการเอ็มพริคัลของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวนานแสงแดดและปริมาณเมฆ ด้วยสมการ 10 รูปแบบ ที่ปรับปรุงมาจากรูปแบบสมการต่าง ๆ ได้แก่ สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น

5. ทดสอบแบบจำลองสมการที่ได้ในข้อ 4 และวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยค่าทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, R) (Slavica, & Tuka, 2018) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe coefficient, NS) (Zhang, et al., 2018). ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (mean bias error, MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Bias Error, MABE) ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (Root Mean Square Error, RMSE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Percentage Error, MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) และค่าสถิติแบบที (t-statistic, t-stat) (Ekici, 2019). ด้วยสมการ

ตารางที่ 1 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (H_0) และค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน (H) ของจังหวัดชุมพร

Year	Monthly Mean Daily of Extraterrestrial / Global Solar Radiation (MJ/m ² -day)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
H_0	31.73	34.19	36.72	37.92	37.64	37.13	37.21	37.57	36.86	34.57	31.94	30.74
2006	17.13	17.82	20.75	20.26	15.51	17.79	13.16	13.67	15.43	15.92	17.46	15.76
2007	16.10	21.54	21.94	21.41	16.68	17.63	13.84	16.66	16.71	11.68	15.06	16.62
2008	16.75	16.59	21.35	19.04	13.35	13.91	13.65	15.55	15.16	11.47	17.20	
2009	18.36	20.48	21.14	19.23	14.81	19.70	13.98	17.78	13.83	15.97	17.34	16.90
2010	17.43	21.36	21.95	23.37	17.61	15.80	15.69	15.50	17.92	13.19	10.26	15.77
2011	14.00	19.60	15.30	22.82	17.62	13.10		16.26	14.96	15.38	16.37	14.27
2012	16.11	19.92	20.74	18.59	15.49	15.08	15.90	17.76	15.45	18.92	13.77	15.36
2013	16.07	17.53	22.78	19.75	17.53	14.15	13.94	17.46	15.41	15.69	14.01	16.61
2014	19.16	21.14	22.64	20.94	18.27	12.50	13.00	17.23	15.86	15.06	15.12	15.48
2015	19.71	20.80	22.03	20.88	18.86	14.95	15.37	15.70	16.55	15.72	13.48	14.93
2016	17.43	18.70	22.73	23.78	18.06	14.92	14.61	16.20	15.23	13.82	16.12	12.10
2017	12.25	20.04	20.69	18.75	15.32	15.48	13.35	17.21	17.27	16.06	12.72	14.31
2018	17.01	19.20	21.63	18.46	17.46	17.38	15.31	13.20	18.54	18.09	18.59	15.89
2019	14.03	16.60	18.30	16.14	14.83	12.94	15.76	10.30	13.16	14.71	11.43	15.79
2020	15.97	15.87	17.93	17.28	16.99	12.78	16.73	15.91	14.94	13.68	11.99	16.57



ตารางที่ 2 ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน (C) ของจังหวัดชุมพร

Year	Monthly Average Daily of Cloud Amount (deca)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2006	4	5	4	5	6	6	8	8	7	6	4	4
2007	4	2	3	4	7	6	8	8	7	8	6	4
2008	4	5	4	5	7	7	7	6	7	6	7	4
2009	3	2	4	5	7	6	7	6	8	6	5	5
2010	4	3	3	3	6	7	7	8	7	8	8	6
2011	6	4	7	5	6	8	8	7	8	6	5	6
2012	6	5	4	6	7	7	7	7	8	6	6	5
2013	5	6	4	6	7	7	8	7	8	7	6	5
2014	3	2	3	4	5	8	7	7	7	7	7	6
2015	4	3	3	4	5	7	7	7	7	7	6	5
2016	4	4	3	2	6	7	8	7	8	8	5	7
2017	7	4	4	5	7	6	8	7	6	7	7	5
2018	5	4	4	6	6	7	8	8	6	6	6	6
2019	5	3	3	4	6	7	6	8	8	5	5	4
2020	3	4	2	5	6	7	6	6	7	8	5	5

ตารางที่ 3 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (H_0) ค่ารังสีอาทิตย์รวมสำหรับสร้างสมการ (H) และทดสอบสมการ (H_m) และค่าปริมาณเมฆสำหรับสร้างสมการ (C) และทดสอบสมการ (C_m) ของข้อมูลรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดชุมพร

Month	H_0 (MJm ⁻² day ⁻¹)	H (MJm ⁻² day ⁻¹)	H_m (MJm ⁻² day ⁻¹)	C (deca)	C_m (deca)
January	31.73	17.08	15.34	4.30	4.80
February	34.19	19.68	18.08	3.70	3.80
March	36.72	21.06	20.26	3.90	3.20
April	37.92	20.63	18.88	4.70	4.40
May	37.64	16.57	16.53	6.30	6.20
June	37.13	15.46	14.70	6.90	6.80
July	37.21	14.28	15.15	7.40	7.20
August	37.57	16.36	14.56	7.10	7.20
September	36.86	15.73	15.83	7.40	7.00
October	34.57	14.90	15.27	6.70	6.80
November	31.94	15.01	14.17	6.00	5.60
December	30.74	15.74	14.93	5.00	5.40

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(C_{i,c} - \bar{C}_c)(C_{i,m} - \bar{C}_m)]}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \bar{C}_m)^2 \sum_{i=1}^n (C_{i,c} - \bar{C}_c)^2 \right]}} \quad (4)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c})^2}{\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \bar{C}_m)^2} \quad (5)$$



$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c})^2} \quad (6)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c}) \quad (7)$$

$$MABE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |C_{i,m} - C_{i,c}| \quad (8)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{i,m} - C_{i,c}}{C_{i,m}} \right) \times 100 \quad (9)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{C_{i,m} - C_{i,c}}{C_{i,m}} \right) \right| \times 100 \quad (10)$$

$$t\text{-stat} = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (11)$$

เมื่อ $C_{i,c}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการเอ็มพริคัล $\bar{C}_c$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการคำนวณเอ็มพริคัล $C_{i,m}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวัด $\bar{C}_m$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการวัด และ n คือ ลำดับที่ของเดือนในรอบปี โดยที่ค่า RMSE MBE และ MABE มีหน่วยเป็น deca

6. ทำการวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดชุมพร จากค่าทางสถิติในข้อที่ 5 ด้วยค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (global performance indicator, GPI) ซึ่งค่า GPI ที่มีค่ามากที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีสมรรถนะดีที่สุด ด้วยสมการ (Zhang, et al., 2018).

$$GPI = \sum_{j=1}^7 [\alpha_j (y_j - y_{ij})] \quad (12)$$

เมื่อ α_j มีค่าเท่ากับ -1 สำหรับค่าทางสถิติ R และ NS ส่วนค่าทางสถิติตัวอื่นๆ ที่เหลือ α_j มีค่าเท่ากับ +1 ส่วนค่า y_j เป็นค่ามัธยฐานของค่าทางสถิติแต่ละตัวของแบบจำลองทั้งหมด และค่า y_{ij} เป็นค่าทางสถิติของแต่ละตัวแบบจำลอง

ผลการวิจัย

ได้การสร้างสมการเอ็มพริคัลทั้ง 10 รูปแบบ ที่เป็นสมการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย สมการถดถอยเชิงเส้น กำลังสอง กำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล (2 สมการ) ยกกำลัง ผสมถดถอยเชิงเส้นและลอการิทึม ผสมถดถอยเชิงเส้นและเอ็กโพเนนเชียล และสมการผสมถดถอยเชิงเส้น ลอการิทึม และเอ็กโพเนนเชียล ดังตารางที่ 4 และได้ค่าสัมประสิทธิ์เอ็มพริคัล ดังในตารางที่ 5



ตารางที่ 4 รูปแบบสมการเอ็มพริรัลทั้ง 10 สมการ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Model No.	Model type	Regression equation modified	Source
1	Linear	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0)]$	(Sarkar, & Sifat, 2016).
2	Quadratic	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c(1 - H / H_0)^2]$	
3	Cubic	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c(1 - H / H_0)^2 + d(1 - H / H_0)^3]$	
4	Logarithmic	$C = C_0 [a + b \ln(1 - H / H_0)]$	
5	Exponential	$C = C_0 [a \exp[b(1 - H / H_0)]]$	
6	Power	$C = C_0 [a(1 - H / H_0)^b]$	
7	Exponential	$C = C_0 [a + b \exp(1 - H / H_0)]$	Muzathik, et al., 2011)
8	Linear logarithmic	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c \ln(1 - H / H_0)]$	
9	Linear exponential	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c \exp(1 - H / H_0)]$	
10	Linear logarithmic exponential	$C = C_0 [a + b(1 - H / H_0) + c \ln(1 - H / H_0) + d \exp(1 - H / H_0)]$	

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมการทั้ง 10 รูปแบบ

Model No.	Regression Coefficient				R	NS	RMSE (deca)	MBE (deca)	MAPE (deca)	MPE (%)	MAPE (%)	t-state	GPI	Rank
	a	b	c	d										
1	-0.489	2.048			0.959	0.732	0.691	-0.518	0.595	-11.51	12.624	3.763	-0.016	7
2	-1.075	4.369	-2.262		0.963	0.713	0.714	-0.536	0.602	-12.00	12.947	3.767	0.113	4
3	5.66	-35.07	74.12	-48.91	0.968	0.744	0.674	-0.513	0.557	-11.36	12.000	3.886	0.405	1
4	1.266	1.042			0.962	0.714	0.713	-0.535	0.603	-11.96	12.947	3.761	0.079	6
5	0.079	3.772			0.946	0.748	0.669	-0.493	0.587	-10.70	12.066	3.607	-0.111	10
6	2.002	1.926			0.954	0.745	0.674	-0.506	0.588	-11.09	12.287	3.773	-0.095	9
7	-1.484	1.222			0.957	0.738	0.682	-0.509	0.592	-11.29	12.486	3.717	-0.048	8
8	1.311	-0.053	1.069		0.962	0.714	0.713	-0.535	0.603	-11.97	12.956	3.760	0.083	5
9	1.763	6.66	-2.76		0.963	0.713	0.714	-0.536	0.601	-11.99	12.935	3.765	0.124	3
10	3.832	93.51	-15.26	-36.77	0.968	0.743	0.676	-0.514	0.559	-11.39	12.041	3.878	0.396	2
Median					0.962	0.735	0.687	-0.516	0.593	-11.45	12.555	3.764		

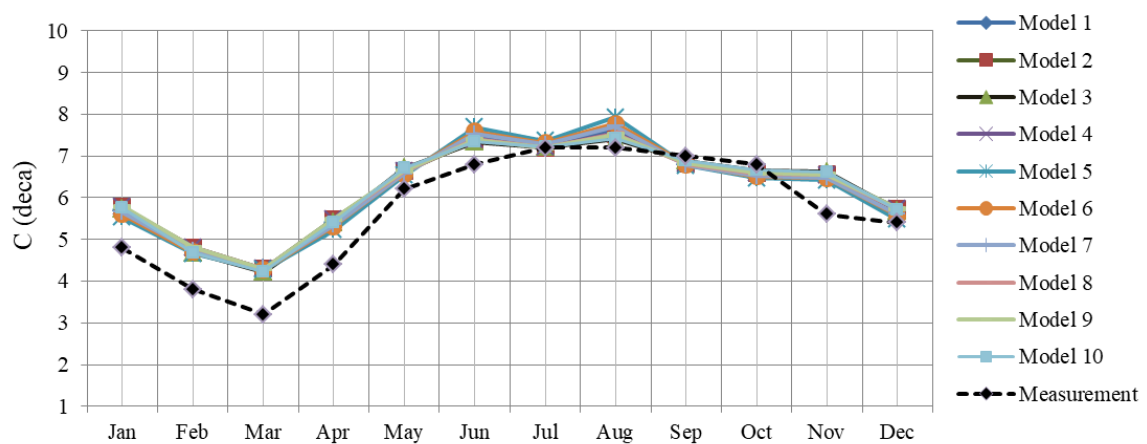
เมื่อทดสอบสมการที่ได้ พบว่า ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดชุมพรไม่ได้แตกต่างกัน โดยแต่ละสมการให้ค่าทางสถิติที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งค่า R มีค่าอยู่ในช่วง 0.946 – 0.968 ค่า NS มีค่าอยู่ในช่วง 0.713 – 0.748 ค่า RMSE มีค่าอยู่ในช่วง 0.669 – 0.714 deca โดยที่ค่า MBE มีค่าอยู่ในช่วง (- 0.536) – (- 0.493) deca ค่า MAPE มีค่าอยู่ในช่วง 0.557 – 0.603 deca สำหรับค่า MPE มีค่าอยู่ระหว่าง (-12.00) – (- 10.70) % ส่วน MAPE มีค่าอยู่ระหว่าง 12.000 – 12.956 % และค่า t-stat มีค่าอยู่ระหว่าง 3.607 – 3.886 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 โดยที่ค่า R และค่า NS ให้ค่าดีที่สุดเมื่อมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่า RMSE MBE MPE MAPE และ t-stat จะให้ค่าดีที่สุดเมื่อเข้าใกล้ศูนย์



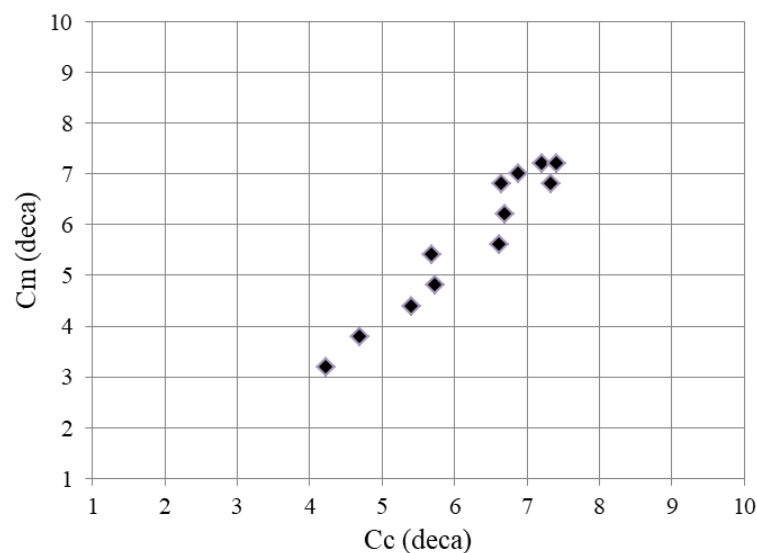
สำหรับผลการวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากภาพที่ 1 พบว่า ทุกแบบจำลองให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก โดยแบบจำลองที่ 3 แบบสมการกำลังสาม ที่ให้ค่า GPI สูงสุดเท่ากับ 0.405 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ด้วยสมการความสัมพันธ์

$$C = C_0 (5.656 - 35.07(1 - H/H_0) + 74.17(1 - H/H_0)^2 - 48.91(1 - H/H_0)^3) \quad (13)$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t -stat เป็น 0.968 0.744 0.674 deca - 0.513 deca 0.557 deca - 11.4% 12.0% และ 3.89 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าปริมาณเมฆเฉลี่ยที่วัดได้ในปี พ.ศ. 2559 - 2563 จะให้ผลที่สอดคล้องกันดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 10 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด



ภาพที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณเมฆที่คำนวณได้ (C_c) ตามแบบจำลองที่ 3 กับค่าปริมาณเมฆเฉลี่ยที่วัดได้ (C_m)



สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ที่ได้จากปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือน (C) และค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน (H) ที่มีรูปแบบสมการที่เหมาะสมที่สุดของจังหวัดชุมพร เป็น

$$C = C_0 (5.656 - 35.07(1 - H/H_0) + 74.17(1 - H/H_0)^2 - 48.91(1 - H/H_0)^3)$$

ด้วยค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.968 0.744 0.674 deca - 0.513 deca 0.557 deca - 11.4% 12.0% และ 3.89 ตามลำดับ แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบสมการกำลังสามหรือแบบ Cubic และจากการวัดมีความสอดคล้องกัน ทั้งนี้ค่าปริมาณเมฆที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองเล็กน้อย เนื่องจากในปีที่ใช้ปริมาณรังสีทดสอบตามแบบจำลองและสมการข้างต้นมีปริมาณค่อนข้างต่ำจึงส่งผลให้ค่าปริมาณเมฆที่ได้จากแบบจำลองส่วนใหญ่มีค่าสูง โดยเฉพาะในช่วงครึ่งปีแรก ซึ่งแบบจำลองในรูปแบบ Cubic เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจังหวัดชุมพรและพื้นที่ใกล้เคียง

ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองที่ได้นี้สามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

เอกสารอ้างอิง

- เสริม จันทรฉาย. (2557). รังสีอาทิตย์ (Solar radiation). นครปฐม : หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Ekici, C. (2019). Total global solar radiation estimation models and applications: A review. International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences, 2(3), 236-252.
- Muzathik, A. M., Nik, W. B. W., Ibrahim, M. Z., Samo, K. B., Sopian, K., & Alghoul, M. A. (2011). Daily Global Solar Radiation Estimate Based on Sunshine Hour. International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), 6 (1): 75-80.
- Nage, G. D., 2018. Estimation of monthly average daily solar radiation from meteorological parameters: Sunshine hours and measured temperature in Tepi, Ethiopia. International Journal of Energy and Environmental Science, 3(1): 19-26.
- Sarkar, M. N. I., & Sifat, A. I. (2016). Global Solar Radiation Estimation from Commonly Available Meteorological Data for Bangladesh. Renewables, 3(6): 1-14.



มหาวิทยาลัยหาดใหญ่
HATYAI UNIVERSITY

- Slavica, B., & Tuka, B. (2018). Estimation of Global Solar Radiation from Sunshine Duration for Mostar, Bosnia and Herzegovina. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(11): 265-273.
- Zhang, Q., Cui, N., Feng, Y., Jia, Y., Li, Z., & Gong, D. (2018). Comparative analysis of global solar radiation models in different regions of China. *Advances in Meteorology Journal*, Article ID 3894831, 21 pages: <https://doi.org/101155/2018/3894831>