

แบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณเมฆจากค่ารังสีอาทิตย์รวมในจังหวัดภูเก็ต

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก¹

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดภูเก็ตระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2560 และทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลของปี พ.ศ. 2561 – 2563 โดยใช้แบบจำลองในรูปของสมการเอมพิริคัล 9 รูปแบบ ที่พัฒนามาจากสมการถดถอยเชิงเส้นของ Angström-Prescott และรูปแบบสมการอื่นๆ ได้แก่ สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น ผลการการศึกษา พบว่า แบบจำลองที่ให้ผลทดสอบสมรรถนะดีที่สุดอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด (C/C_0) และ ค่ารังสีอาทิตย์ รวมต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (H/H_0) เป็น $C = C_0[0.9525 \exp(1 - H/H_0) - 0.9193]$ ที่ให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (NS) ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (MABE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าสถิติแบบที (t-stat) เท่ากับ 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.619 แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเอ็กโพเนนเชียลและจากการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ: ปริมาณเมฆ, ค่ารังสีอาทิตย์รวม, สมการเอมพิริคัล, จังหวัดภูเก็ต

¹ ผศ., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

Model for Estimating the Cloud Cover from Global Solar Radiation in Puket Province, Thailand

Suwit Phethuayluk¹

Abstract

In this research, the monthly average daily cloud amount estimation model is developed from the monthly average daily global solar radiation data in Puket province between 2006 - 2016, and test the model with data from 2017-2019. In this study, nine empirical models were derived from the Angström-Prescott linear regression model and its derivatives such as quadratic, cubic, logarithmic, exponential and power. The result found that the best performance model was correlated 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 $C = C_0[0.9525\exp(1 - H/H_0) - 0.9193]$. That provides statistical analysis results are 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) equal to .884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % and 2.929, respectively. This received a global performance indicator (GPI) assignment of 0.619. According to the results, the exponential model predicted and the measurements are consistent and can be applied to other a similar climate area.

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

¹ Assistant Professor, Program in Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Province

บทนำ

ดวงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกของเราพลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นต่างๆ ตั้งแต่รังสีแกมมาไปจนถึงคลื่นวิทยุ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า รังสีอาทิตย์ (solar radiation) รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกเป็นปริมาณที่เราสามารถหาได้อย่างแม่นยำโดยอาศัยการตรวจวัดด้วยดาวเทียม หรือคำนวณทางทฤษฎี ทั้งนี้ปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบน ตำแหน่งใดๆ ที่ส่วนบนของชั้นบรรยากาศ (top of atmosphere, TOA) จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ และมุมตกกระทบ ซึ่งเราสามารถคำนวณตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวนี้ได้ อย่างแม่นยำโดยอาศัยทฤษฎีฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ข้อมูลรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกมีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานในอวกาศต่างๆ อาทิเช่น เซลล์สุริยะของดาวเทียมหรือยานอวกาศต่างๆ ในอดีตที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการวัดและศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกกันมาอย่างต่อเนื่องหากพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์รวมทุกความยาวคลื่นที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จากระยะทางเฉลี่ย 1 AU จะมีความเข้มของรังสีประมาณ $1,367 \text{ W/m}^2$ เรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constant)

รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก เมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังพื้นโลกของเรา จะถูกลดทอนความเข้ม ในรูปของการกระเจิงและดูดกลืนโดยเมฆและองค์ประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โอโซน ไอน้ำ และโมเลกุลก๊าซต่างๆ ของอากาศ ทั้งนี้เราสามารถจำแนกส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกได้เป็น 2 ส่วน คือ รังสีตรง (direct radiation) และรังสีกระจาย (diffuse radiation) ซึ่งผลรวมของรังสีทั้ง 2 ส่วนนี้เรียกว่า รังสีรวม (global radiation) ดังนั้นการวัดรังสีอาทิตย์บนพื้นโลกสามารถกระทำได้หลากหลายวิธีการด้วยกัน ดังนั้นเมื่อวัดรังสีอาทิตย์ที่ถูกลดทอนและผ่านลงมาถึงพื้นผิวโลกก็จะสามารถหาปริมาณเมฆที่ครอบคลุมในพื้นที่นั้นๆ ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการสร้างสมการถดถอยแบบเอ็มพีริคัลสำหรับการทำนายปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้าจากรังสีอาทิตย์รวมเหนือจังหวัดภูเก็ต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวัน (H_0) แล้วนำมาเฉลี่ยรายเดือนใน MJ/m²-day ของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ตโดยใช้สมการความสัมพันธ์ (Girma Dejene Nage, 2018)

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

เมื่อ H_0 คือ ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (MJm⁻²day⁻¹)

I_{sc} คือ ค่าคงที่รังสีอาทิตย์ (1,367Wm⁻²)

ϕ คือ มุมละติจูดของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ต

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

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

2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนและค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่ทำการวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ตในช่วงปี พ.ศ. 2548-2563 โดยที่ค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด เท่ากับ 10

3. แยกข้อมูลออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 -2560 รวมเวลาเป็น 11 ปี แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับสร้างสมการเอมพิริคัล ส่วนข้อมูลส่วนที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 -2563 นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลทดสอบสมการเอมพิริคัล ดังตารางที่ 3

4. สร้างสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวนานแสงแดดและปริมาณเมฆ ด้วยสมการ 9 รูปแบบ ที่ปรับปรุงมาจากรูปแบบสมการต่างๆ ได้แก่ สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น

5. ทดสอบแบบจำลองสมการที่ได้ในข้อ4และวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยค่าทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) (Slavica Brkić and Blanka Tuka, 2018) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe coefficient, NS) (Qingwen Zhang, et al., 2018) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (mean bias error, MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute bias error, MABE)

ตารางที่ 1 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก และค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

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 _o	32.62	34.83	36.80	37.32	36.61	35.94	36.15	36.83	36.71	35.12	32.93	31.79
2005	20.94	23.62	24.01	23.56	17.85	16.64	17.48	19.04	17.51	14.76	15.83	14.30
2006	19.56	22.25	22.24	20.98	17.68	16.49	15.95	16.87	19.39	18.34	20.48	19.03
2007	19.08	23.72	23.06	21.14	16.82	17.73	16.49			14.09	17.77	18.44
2008	20.43	21.13	22.63	21.27	17.74	18.07	19.50	16.77	17.88	18.46		
2009	20.81	22.13	20.94	21.31	17.02	19.65	17.05	18.03	16.27	17.84	18.29	19.59
2010	20.28	23.25	23.62	22.96	19.16	16.33	16.43	16.62	17.74	14.49	14.95	14.10
2011	18.12	22.22	16.91	22.83	20.24		16.67	17.49	17.25	17.55	19.48	17.53
2012	18.04	22.42	22.43	19.98	16.60	17.95	18.05	19.05	15.95	20.17	18.15	
2013	19.75	19.23	24.11	18.53	17.66	16.43	15.36	17.90	17.14	16.96	16.68	18.30
2014	21.13	23.97	24.24	20.51	19.10	16.24	17.54	17.88	17.90	16.17	17.81	16.40
2015	20.83	22.89	24.13	22.31	21.20	16.30	16.76	15.38	16.54	18.43	17.50	20.16
2016	21.13	23.97	24.24	20.51	19.10	16.24	17.54	17.88	17.90	16.17	17.81	16.40
2017	16.91	22.45	22.92	19.99	15.15	18.37	18.60	17.73	16.30	19.55	16.21	17.72
2018	18.08	23.54	23.98	21.48	19.15	15.90	17.45	18.31	18.32	18.16	18.42	18.00
2019	19.87	24.06	23.86	21.52	18.95	17.79	18.72	17.21	19.05	19.81	19.23	20.42
2020	21.46	22.68	24.61	23.98	17.42	15.99	16.84	18.95	15.43	14.38	18.16	17.14

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Year	Monthly Average Daily of Cloud Amount (deca)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	3	2	3	4	6	6	6	7	7	8	7	7
2006	5	4	5	5	6	7	7	6	7	6	5	5
2007	5	3	5	6	6	6	7	7	7	7	6	5
2008	5	5	5	6	6	7	6	6	7	6	6	5
2009	4	4	6	6	7	6	7	7	7	6	5	5
2010	5	3	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7
2011	6	4	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6
2012	6	5	6	6	7	6	7	6	7	6	6	6
2013	5	5	4	6	7	7	7	6	7	7	6	5
2014	5	3	3	6	6	7	7	7	7	7	6	6
2015	5	4	5	6	6	7	7	7	8	7	6	5
2016	4	5	5	5	7	7	7	8	8	8	6	7
2017	7	5	5	7	7	7	7	7	7	6	7	6
2018	6	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	6
2019	6	4	5	6	7	7	6	7	7	7	6	4
2020	4	4	4	5	7	7	7	6	7	7	7	6

ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (root mean square error, RMSE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (mean percentage error, MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error, MAPE) และ ค่าสถิติแบบที (t-statistic, t-stat) (Can Ekici, 2019) ด้วยสมการ

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

ตารางที่ 3 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ค่ารังสีอาทิตย์รวมสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการ และค่าปริมาณเมฆสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการของข้อมูลรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ต

Month	H_o (MJm ⁻² day ⁻¹)	H (MJm ⁻² day ⁻¹)	H_m (MJm ⁻² day ⁻¹)	C (deca)	C_m (deca)
January	32.62	19.77	19.80	5.03	5.33
February	34.83	22.56	23.43	4.03	4.00
March	36.80	22.73	24.15	4.85	4.67
April	37.32	21.22	22.33	5.78	5.67
May	36.61	18.10	18.51	6.38	7.00
June	35.94	17.20	16.56	6.69	7.00
July	36.15	17.19	17.67	6.88	6.67
August	36.83	17.55	18.16	6.76	6.67
September	36.71	17.31	17.60	7.15	7.00
October	35.12	17.15	17.45	6.76	7.00
November	32.93	17.58	18.60	6.08	6.67
December	31.79	17.45	18.52	5.77	5.33

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

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

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

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

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

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

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

เมื่อ $C_{i,c}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการเอ็มพริคัล

$\overline{C_c}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการคำนวณเอ็มพริคัล

$C_{i,m}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวัด

$\overline{C_m}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการวัด

และ n คือ ลำดับที่ของเดือนในรอบปี

โดยที่ค่า MBE และ RMSE มีหน่วยเป็น deca

6. ทำการวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ต จากค่าทางสถิติในข้อที่ 5 ด้วยค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (global performance indicator, GPI) ซึ่งค่า GPI ที่มีค่ามากที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีสมรรถนะดีที่สุด ด้วยสมการ (Qingwen 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_j เป็นค่าทางสถิติของแต่ละตัวแบบจำลอง

ผลการวิจัย

ได้การสร้างสมการเอ็มพริคัลทั้ง 9 รูปแบบ (ดังตารางที่ 4) ที่เป็นสมการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล (2 สมการ) ยกกำลัง สมการผสม ถดถอยเชิงเส้นและลอการิทึม และสมการผสมถดถอยเชิงเส้นและเอ็กโพเนนเชียล ได้ค่าสัมประสิทธิ์เอ็มพริคัลดังใน ตารางที่ 5

ตารางที่ 4 รูปแบบสมการเอมพิริคัลทั้ง 9 สมการ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

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

เมื่อทดสอบสมการที่ได้ พบว่า ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตไม่ได้แตกต่างกัน โดยแต่ละสมการให้ค่าทางสถิติที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าอยู่ในช่วง 0.864 – 0.924 ค่า NS มีค่าอยู่ในช่วง 0.659 – 0.788 ค่า RMSE มีค่าอยู่ในช่วง 0.460 – 0.585 โดยที่ค่า MBE มีค่าอยู่ในช่วง 0.307 – 0.396 ค่า MABE มีค่าอยู่ในช่วง 0.339 – 0.467 สำหรับค่า MPE มีค่าอยู่ระหว่าง 4.996 – 7.411 % ส่วน MAPE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.561 – 8.535 % และค่า t-stat มีค่าอยู่ระหว่าง 2.660 – 3.685 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 โดยที่ค่า R และค่า NS ให้ค่าดีที่สุดเมื่อมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่า RMSE MBE MPE MAPE และ t-stat จะให้ค่าดีที่สุดเมื่อเข้าใกล้ศูนย์

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมการทั้ง 9 รูปแบบ

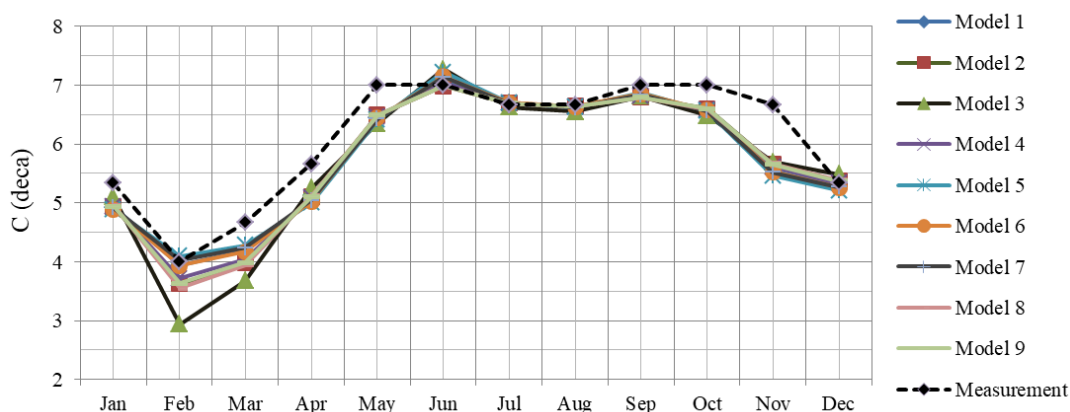
Model No.	Regression Coefficient				R	NS	RMSE (deca)	MBE (deca)	MABE (deca)	MPE (%)	MAPE (%)	t-state	GPI	Rank
	a	b	c	d										
1	-0.096	1.497			0.895	0.786	0.463	0.316	0.339	5.270	5.593	3.104	0.435	2
2	-0.675	4.128	-2.932		0.923	0.787	0.462	0.342	0.353	5.981	6.169	3.660	-0.681	7
3	-7.73	53.02	-114.69	84.28	0.903	0.659	0.585	0.396	0.467	7.411	8.535	3.056	-2.829	9
4	1.116	0.666			0.914	0.788	0.461	0.334	0.347	5.753	5.949	3.485	-0.286	5
5	0.171	2.677			0.864	0.760	0.490	0.307	0.365	4.996	6.013	2.660	0.348	3
6	1.496	1.197			0.890	0.776	0.474	0.320	0.350	5.364	5.803	3.030	0.260	4
7	-0.919	0.953			0.884	0.781	0.468	0.310	0.340	5.086	5.561	2.929	0.619	1
8	2.098	-1.215	1.205		0.924	0.781	0.468	0.348	0.360	6.138	6.356	3.685	-0.913	8
9	3.107	7.30	-3.70		0.922	0.788	0.460	0.341	0.351	5.949	6.132	3.651	-0.632	6
Median					0.903	0.781	0.468	0.334	0.351	5.753	6.013	3.104		

อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับผลการวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากภาพที่ 1 พบว่า ทุกแบบจำลองให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก โดยแบบจำลองที่ 7 แบบเอ็กโพเนนเชียล ให้ค่า GPI สูงสุดเท่ากับ 0.619 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ด้วยสมการความสัมพันธ์

$$C = C_0(0.9525\exp(1 - H/H_0) - 0.9193) \quad (13)$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แสดงผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 9 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้สร้างแบบจำลองสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ที่ได้จากปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนและค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนซึ่งสมการเอ็กโพเนนเชียลมีความเหมาะสมที่สุดของจังหวัดภูเก็ตเป็น

$$C = C_0(0.9525\exp(1 - H/H_0) - 0.9193)$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.619 นั้นแสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเอ็กโพเนนเชียลและการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

เอกสารอ้างอิง

- A.M. Muzathik, W.B.W. Nik, M.Z. Ibrahim, K.B. Samo1, K. Sopian and M.A. Alghoul. (2011). **Daily Global Solar Radiation Estimate Based on Sunshine Hour**. International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME). 6(1), 75-80.
- Can Ekici. (2019). **Total Global Solar Radiation Estimation Models and Applications: A review**. International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences. 2(3), 236-252.
- Girma Dejene Nage. (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.
- Md. Nazmul Islam Sarkar and Anwarul Islam Sifat. (2016). **Global Solar Radiation Estimation from Commonly Available Meteorological Data for Bangladesh**. Renewables. 3(6), 1-14.
- Qingwen Zhang, Ningbo Cui, Yu Feng, Yue Jia, Zhuo Li and Daozhi Gong. (2018). **Comparative Analysis of Global Solar Radiation Models in Different Regions of China**. Advances in Meteorology Journal. 2018, 1-21.



Slavica Brkić and Blanka Tuka. (2018). **Estimation of Global Solar Radiation from Sunshine Duration for Mostar, Bosnia and Herzegovina.** Journal of Scientific and Engineering Research. 5(11), 265-273.