مجلة العلوم البحتة والتطبيقية
Journal of Pure & Applied Sciences
www.Suj.sebhau.edu.ly ISSN 2521-9200
Received 21/11/2017 Revised 07/02/2018 Published online 30/06/2018

مقارنة القيم المحسوبة بالنماذج الرياضية المستخدمة في تقدير كمية الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي مع القيم المقاسة لمدينة سبها

*محمد الأمين الشريف[1] و محمد إبراهيم علوه[2]
[1] قسم الهندسة الميكانيكية–كلية العلوم الهندسية والتقنية–جامعة سبها، ليبيا
[2] قسم الطاقات المتجددة–كلية هندسة الطاقة والتعدين–جامعة سبها، ليبيا
*للمراسلة: moh.sharif@sebhau.edu.ly

الملخص في هذه الورقة قمنا بإجراء مقارنة بين القيم المحسوبة باستخدام النماذج الرياضية (أشراي هوتيل، باج) المستخدمة في تقدير كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي مع القيم المقاسة لمدينة سبها وذلك للحصول على أفضل نموذج تكون قيمه المحسوبة مطابقة او قريبة من القيم المقاسة، وحيث أن معظم النماذج تعتمد على ثوابت ترتبط مباشرة بالظروف المناخية لموقع الدراسة فأننا استخدمنا الثوابت الخاصة بمنطقة سبها والثوابت التصحيحية الحديثة التي تم الحصول عليها من خلال دراسات سابقة على بعض المناطق الواقعة في الصحراء الكبرى المشابهة لمدينة سبها في الظروف المناخية وزاوية خط العرض. وقد تم حل معادلات النماذج الثلاثة باستخدام برنامج حاسوبي بلغة الفورتران (Fortran) لتقدير كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي لليوم الواحد والعشرون لكل شهر من أشهر السنة؛ النتائج التي تحصلنا عليها تم مقارنتها مع القيم المقاسة؛ وقد لاحظنا تأثير بعض الغيوم والغبار الموجودة في الجو على القراءات المقاسة لبعض الأشهر ما سبب فرق بين القيم المحسوبة والقيم المقاسة؛ كما لاحظنا اقتراب القيم المحسوبة بواسطة نموذج باج واشراي المعدلة من القيم المقاسة في معظم أشهر السنة، ومن خلال هذه الدراسة لاحظنا ان الفرق بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة لكمية الإشعاع الشمسي هو بسبب عدم وجود معلومات عن الإشعاع الشمسي للمنطقة تكون كافية للحصول على قيم دقيقة، والجدير بالذكر أن معظم الثوابت الموجودة بالمراجع العلمية قيّمت وفقا لمحطات إرصاد جوية قد تكون ظروفها المناخية مغايرة لأي ظروف مناخية أخرى.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي، نموذج اشراي، نموذج هوتيل، نموذج باج، القيم المقاسة، القيم المحسوبة.

Comparison of the values calculated in the mathematical models used to estimate the amount of solar radiation falling on a horizontal surface with the measured values of the city of Sabha

*Mohamed Alamen Sharif[1], Mohamed Ibrahim Alowa[2]
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology- Sebha University
[2]Department of Renewable Energy- Faculty of energy and mining Engineering- Sebha University
*Corresponding author: moh.sharif@sebhau.edu.ly

Abstract In this paper we compared the calculated values using mathematical models (Ashrae, Hotel, Page) used to estimate the amount of total solar radiation incident on a horizontal surface with the measured values of the city of Sabha,the purpose is to obtain the best model whose calculated values are identical or close to the measured values. Because most models rely on constants that are directly related to the climatic conditions of the study site, we used the constants of the Sabha region and the modern corrective constants obtained from previous studies on some areas in the Sahara Desert similar to Sabha in climatic conditions and latitude angles. The equations of the three models were solved using a Fortran computer program.The results we obtained were compared with the measured values. We observed the effect of some clouds and dust in the atmosphere on measured readings for some months, which caused a difference between calculated values and measured values; we also observed that the values calculated by the model Pageand the model correct Ashrae are approaching the measured values in most months of the year.In this study, we observed that the difference between measured values and calculated values is due to the lack of information on the solar radiation of the region that is sufficient to obtain accurate values. It should be noted that most of the constants found in scientific references were evaluated according to meteorological stations whose climatic conditions may be different from other climatic conditions.

Keywords: Solar irradiation, Ashrae model, Hottel model, Page model, measured values, measured calculated.

المقدمة من المعروف ان أحد مصادر الطاقة المهمة للأرض هي الطاقة الشمسية وكما نرى ان الشمس تبعث كمية هائلة من اشعتها الى الفضاء المحيط بها وحيث ان كوكب الأرض يدور حول الشمس في مدار محدد فنجد ان كمية كبيرة ومتفاوتة من

هذه الاشعة تسقط على سطح الأرض يومياً تحدد هذه الكمية بموقع الأرض من الشمس وبالفصول الأربعة للسنة بمعنى ان كمية الاشعة الشمسية التي تصل الى سطح الأرض تتفاوت بسبب تغير الظروف المناخية والبيئية والموقع المتغير للأرض بالنسبة للشمس خلال اليوم وطوال السنة.

يتكون الإشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط على سطح افقي من إشعاع مباشر يكون هو الاغلب في الأيام المشمسة وإشعاع منتشر يكون هو الاغلب في الأيام الغائمة[1] وبذلك فان الغيوم هي أحد العوامل الجوية الرئيسية التي تحدد نوع وكمية الاشعاع الشمسي الذي يصل الى الأرض حيث تستقبل المناطق ذات المناخ الغائم اشعة اقل من المناطق التي يكون مناخها مشمساً وبذلك فان العديد من النماذج الرياضية تستخدم لتقدير شدة الإشعاع الشمسي الكلي (المباشر والانتشاري) الساقط على سطح أفقي ومن هذه النماذج ما يستخدم لتقدير شدة الإشعاع الشمسي اليومي أو الشهري، ومنها ما يستخدم للسماء الصافية.

النماذج الرياضية المستخدمة في تقدير كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي

1. نموذج آشراي (ASHRAE)

يمكن تقدير كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي من العلاقة التالية[2] [4]:

$$I_T = I_b + I_d \qquad (1)$$

حيث تحسب كمية الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي من العلاقة:

$$I_b = I_{bn} \cos\theta_z \qquad (2)$$

وكمية الإشعاع الشمسي المنتشر والساقط على سطح أفقي فإنها تحسب من العلاقة:

$$I_d = C\, I_{bn} \qquad (3)$$

أما عن كمية الاشعاع الشمسي العمودي القادم من قرص الشمس تحسب من العلاقة:

$$I_{bn} = A\, e^{\left(-\frac{B}{\cos\theta_z}\right)} \qquad (4)$$

والجدول (1) يوضح قيم الثوابت الخاصة بنموذج اشراي [2] واشراي المعدّلة الخاصة بمدينة براك [10]

جدول (1): ثوابت نموذج أشراي [2] واشراي المعدلة [10] لأيام 21 من كل شهر

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Ashrae	A	1230	1214	1185	1135	1103	1088	1085	1107	1151	1192	1220	1233
	B	0.142	0.144	0.156	0.150	0.196	0.205	0.207	0.201	0.177	0.160	0.149	0.142
	C	0.058	0.060	0.071	0.097	0.121	0.134	0.136	0.122	0.092	0.073	0.063	0.057
Corr. Ashrae	A	1145	1114	1025	1024	1009	1007	1000	1005	1030	1083	1120	1148
	B	0.151	0.169	0.190	0.209	0.230	0.235	0.228	0.220	0.190	0.145	0.160	0.151
	C	0.059	0.061	0.100	0.121	0.128	0.134	0.129	0.119	0.105	0.080	0.062	0.031

2- نموذج هوتيل (HOTTEL)

قدم هوتيل طريقة لتقدير الإشعاع الشمسي المباشر الذي يسقط على سطح الأرض عند الظروف القياسية للسماء الصافية حيث قام بتقسيم المناخ إلى أربعة أنواع (استوائي أو صحراوي، صيف متوسط، صيف قطبي، شتاء متوسط) واعتبر في تقديراته مدى الرؤية في حالة السماء الصافية وارتفاع الموقع المدروس عن مستوى سطح البحر، وأستنتج معادلة لحساب معامل النفاذية للغلاف الجوي بدلالة بعض الثوابت وزاوية سمت الشمس(θ_z) وبذلك فان كمية الإشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط على سطح أفقي تحسب من العلاقة (1) السابقة، وكمية الإشعاع الشمسي المباشر التي تسقط على سطح أفقي تحسب من العلاقة (2) السابقة:

الا ان هوتيل اعتبر ان قيمةI_{bn} تحسب من العلاقة:

$$I_{bn} = I_{so} * \tau_b \qquad (5)$$

حيث:

$$I_{so} = I_{sc}\left[1 + 0.033\cos\left(\frac{360}{365}n\right)\right] \qquad (6)$$

$$\tau_b = a_o + a_1 e^{-\frac{a_k}{\cos\theta_z}} \qquad (7)$$

a_o, a_1, a_kهي ثوابت للظروف القياسية للسماء الصافية ولحساب هذه الثوابت تم الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية للموقع المدروس وارتفاعه عن سطح البحر؛ وتحسب كما يلي:

$$a_o = a_o^* * r_o \qquad (8)$$

$$a_1 = a_1^* * r_1 \qquad (9)$$

$$a_k = a_k^* * r_k \qquad (10)$$

حيث a_o^*, a_1^*, a_k^* هي ثوابت تعتمد على ارتفاع الموقع المدروس عن سطح البحر وحيث ان ارتفاع مدينة سبها اصغر من(2.5Km)عن مستوى سطح البحر فانه يمكن حسابها من المعادلات التالية :

$$a_o^* = 0.4237 - 0.00821(6 - A_i)^2 \qquad (11)$$

$$a_1^* = 0.5055 - 0.00595(6.5 - A_i)^2 \quad (12)$$

$$a_K^* = 0.2711 - 0.1858(2.5 - A_i)^2 \quad (13)$$

r_k ,r_1 ,r_o هي ثوابت تعتمد على طبيعة المناخ بالمنطقة وتؤخذ من الجدول (2) التالي[4]

جدول (2) يوضح الثوابت الخاصة بنموذج(Hottel) [4]

Climate Type	r_o	r_1	r_k
Tropical	0.95	0.98	1.02
Midlatitude summer	0.97	0.99	1.02
Subarctic summer	0.99	0.99	1.01
Midlatitude winter	1.03	1.01	1.00

اما كمية الإشعاع الشمسي الانتشاري العمودية على سطح أفقي فهي تحسب بالعلاقة التالية:

$$I_d = I_{so} \cos\theta_z \tau_d \quad (14)$$

حيث:

$$\tau_d = 0.271 - 0.2939\tau_b \quad (15)$$

3. نموذج باج (PAGE)

يمكن تقدير كمية الإشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط على سطح افقي من العلاقة التالية [4]:

$$I_T = r_t H_T \quad (16)$$

حيث تحسب النسبة بين شدة الإشعاع الشمسي الكلي لكل ساعة وشدة الإشعاع الشمسي الكلي اليومي وهي دالة في طول اليوم والساعة من العلاقة:

$$r_t = (c + d\cos\omega)\, r_d \quad (17)$$

قيم الثوابت c و d تحسب من العلاقة التالية:

$$c = 0.409 + 0.5016\ sin(\omega_s - 60) \quad (18)$$

$$d = 0.6609 - 0.4767\ sin(\omega_s - 60) \quad (19)$$

اما النسبة بين الإشعاع الشمسي الانتشاري لكل ساعة والإشعاع الشمسي الانتشاري اليومي وهي أيضا دالة في طول اليوم والساعة فإنها تحسب كالتالي[4]:

$$r_d = \frac{\pi}{24} \frac{\cos\omega - \cos\omega_s}{\sin\omega_s - \frac{\pi\omega_s}{180}\cos\omega_s} \quad (20)$$

مركبة شدة الإشعاع الشمسي الكلى اليومي الساقط على سطح أفقي يمكن حسابه من الصيغة التالية:

$$H_T = H_o[a + b\,(\bar{n}/\bar{N})] \quad (21)$$

ولحساب المتوسط الشهري لعدد ساعات سطوع الشمس القصوى خلال النهار فإننا نستخدم المعادلة التالية [4] [5] [6]:

$$\bar{N} = {}^2/_{15}\ .\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) \quad (22)$$

كمية الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي للأرض العمودية على السطح الأفقي خلال النهار (اليومي) [6] يحسب من العلاقة:

$$H_o = \frac{24\times 3600}{\pi} r\, I_{sc} * \left(\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \frac{\pi}{180}\omega_s\sin\phi\sin\delta\right) \quad (23)$$

a , b ثوابت تجريبية خاصة بكل منطقة (نوع الإقليم). مأخوذة لعدد من المواقع حول العالم والجدول(3) التالي يوضح هذه القيم[4]

جدول (3): الثوابت التجريبية الخاصة بنموذج باج [4]

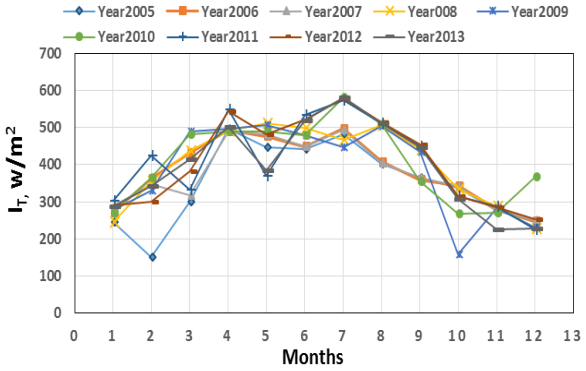
Location	Climate[a]	Vegetation[b]	Sunshine Hours in Percevtage of Possible Range	Average	a	b
Albuquerque, NM	BS-BW	E	68-85	78	0.41	0.37
Atlanta, GA	Cf	M	45-71	59	038	0.26
Bluw Hill, MA	Df	D	42-60	52	0.22	0.50
Brownville, TX	BS	GDsp	47-80	62	0.35	0.31
Buenos Aires, Argentina	Cf	G	47-68	59	0.26	0.50
Charleston, SC	Cf	E	60-75	67	0.48	0.09
Darien, Manchuria	Dw	D	55-81	67	0.36	0.23
El Paso, TX	BW	Dsi	78-88	84	0.54	0.20
Ely, NV	BW	Bzi	61-89	77	0.54	0.18
Hamburg, Germany	Cf	D	11-49	36	0.22	0.57
Honolulu, HI	Af	G	57-77	65	0.14	0.73
Madison, WI	Df	M	40-72	58	0.30	0.34
Malange, Angola	Aw-BS	GD	41-84	58	0.34	0.34
Miami, FL	Aw	E-GD	56-71	65	0.42	0.22
Nice, France	Cs	SE	49-76	61	0.17	0.63
Poona, India	Am	S	25-49	37	0.30	0.51
Monsoon Dry			65-89	81	0.41	0.34
Kisangani, Zaire	Af	B	34-56	48	0.28	0.39
Tamanrasset, Algeria	BW	Dsp	76-88	83	0.30	0.43

المعامل r هو النسبة بين المسافة المتوسطة بين الأرض والشمس إلى نفس المسافة في اليوم n من السنة [4] [8]، ويحسب بالعلاقة :

$$r = \left[1 + 0.033\, cos\left(\frac{360}{365}n\right)\right] \quad (24)$$

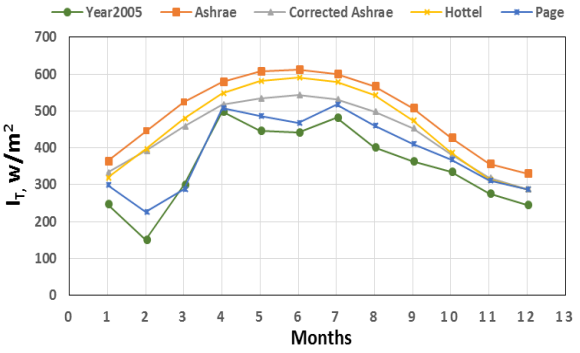
النتائج والمناقشة

تم الحصول على القيم المقاسة لكمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي من البيانات المناخية الخاصة بمدينة سبها، والمعتمدة بمركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية – ليبيا[3] ؛ وذلك للسنوات المتوفرة من 2005م الى سنة 2013م؛ والشكل (1) التالي يبين التغير في متوسط الاشعاع الشمسي المقاس لهذه السنوات لليوم الواحد والعشرون من كل شهر.



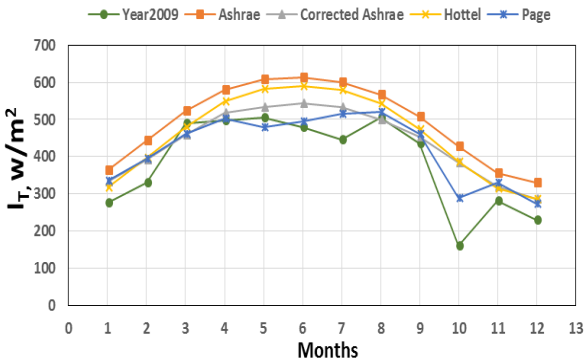
شكل(1): متوسط الاشعاع الشمسي الكلي المقاس لمدينة سبها لليوم الواحد والعشرون لكل شهر للسنوات من 2005 الى 2013م.

من الشكل (1) يمكن ملاحظة ان القيم المقاسة للسنوات التسعة لليوم الواحد والعشرون من كل شهر تسلك اتجاه متشابه الا في بعض النقاط فان القيم تتباعد بشكل كبير عن النقاط السائدة ويعزو ذلك الى بعض الاختلافات المناخية المتغيرة من سنة الى أخرى ومعظم القراءات تشير الى ان أكبر شدة للإشعاع الشمسي يكون عند شهر يونيو ويوليو واغسطس واقلها عند شهور نوفمبر وديسمبر ويناير. ولمعرفة دقة النماذج الرياضية السابقة الذكر فقد تم حل معادلات هذه النماذج بإنشاء برنامج حاسوبي بلغة الفورتران (FORTRAN) واستخدام الثوابت التجريبية الخاصة بكل نموذج؛ حيث تم استخدام قيم ثوابت نموذج أشراي من الجدول(1)، كما تم اعتماد ثوابت نموذج هوتيل من الجدول (2) على اعتبار أن مدينة سبها تتميز بمناخ صحراوي، وتقع على ارتفاع (A_i = 334 m) عن مستوى سطح البحر، وتم استخدام ثوابت نموذج باج الخاصة بمدينة تمارست بالجزائر وذلك نظرا لتشابه مناخها مع مناخ مدينة سبها بليبيا؛ من الجدول (3) ؛ ومن هذه الحلول تم الحصول على كمية الاشعاع الشمسي الكلي لمنطقة سبها ومقارنة القيم المقاسة مع القيم المحسوبة حيث يبين الشكل (2) مقارنة بين متوسط الاشعاع لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة لنفس اليوم المخصص لكل شهر لسنة 2005م.



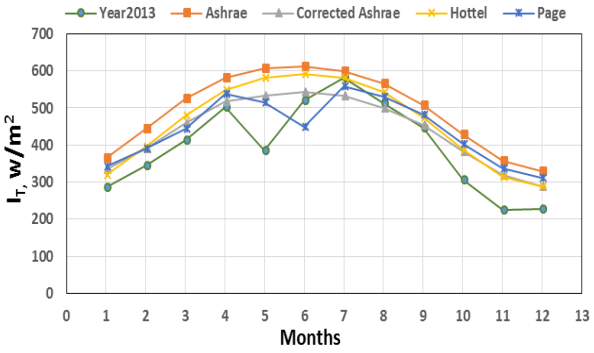
شكل(2): مقارنة بين متوسط الاشعاع لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة لنفس اليوم المخصص لكل شهر لسنة 2005م.

بالنظر الى الشكل (2) فان القيم المحسوبة لسنة 2005 عند اليوم 21 لكل شهر لنماذج الدراسة تتفاوت في الفرق بينها وبين القيم المقاسة، فنجد ان نتائج نموذج اشراي يعطي فرقا يتراوح ما بين 32%÷34% ، كما نجد ان القراءات لشهر فبراير تبتعد بنسبة 200% . ولنموذج اشراي المعدل فالفرق بينه وبين القيم المقاسة ينحصر بين 20%÷22% والقيمة البعيدة عند شهر فبراير بنسبة 160% . اما بالنسبة لنموذج هوتيل فان الفرق بينه وبين القيم المقاسة تكون بين 20%÷29% واعلى قيمة كانت في شهر فبراير حيث كان الفرق يمثل 160% . والنموذج الأخير هو نموذج باج حيث كانت فروق قيمه مع القيم المقاسة تتراوح بين 10%÷20% واعلى قيم كانت 53% عند شهر فبراير. كما يبين الشكل (3) مقارنة بين متوسط الاشعاع لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة لنفس اليوم المخصص لكل شهر لسنة 2009م.



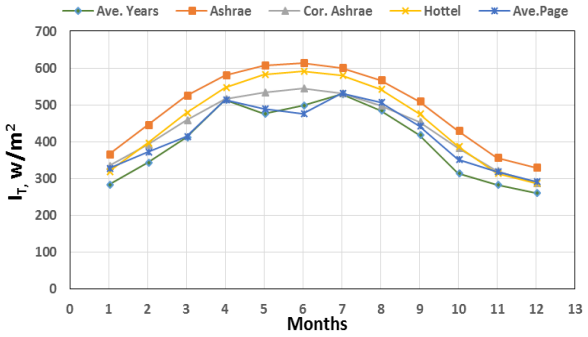
شكل(3): مقارنة بين متوسط الاشعاع لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة لنفس اليوم المخصص لكل شهر لسنة 2009م.

اما الشكل (4) فانه يبين مقارنة بين متوسط الاشعاع لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة لنفس اليوم المخصص لكل شهر لسنة 2013م.



شكل(4): مقارنة بين متوسط الاشعاع لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة لنفس اليوم المخصص لكل شهر لسنة 2013م.

الشكلين (3) و (4) يبينان الفروق بين قيم حسابات النماذج الأربعة والقيم المقاسة لسنتي 2009 و2013 ، حيث انه من الواضح ان الفروق تتباين من سنة الى أخرى وان نموذج باج يقترب بشكل أكبر من القراءات المقاسة ويأخذ في اعتباره التقلبات الجوية وظهور الغيوم، ثم يأتي نموذج اشراي المعدّل ثم هوتيل ثم اشراي. ولمعرفة اقتراب هذه النماذج من القيم المقاسة يوضح الشكل (5) الفرق بين هذه النماذج ومتوسط القراءات للسنوات من 2005 حتى 2013 لليوم الواحد والعشرون من كل شهر والذي أكد ان نموذج باج هو الأقرب الى القيم المقاسة كما انه يحاكي الواقع حيث يتغير مع تغير ظروف السماء من حيث انها صافية او غائمة بخلاف النماذج الأخرى التي لا تأخذها بعين الاعتبار، ثم يأتي نموذج اشراي المعدّل في المرتبة الثانية من حيث اقترابه من القيم المقاسة ويليه نموذج هوتيل وبعده نموذج اشراي.



شكل(5): مقارنة بين متوسط الاشعاع الشمسي لليوم الواحد والعشرون من كل شهر مع متوسط القيم المقاسة للسنوات لنفس اليوم المخصص لكل شهر.

الاستنتاجات والتوصيات

نستنتج من هذه المقارنة ان جميع القيم التي تم حسابها للنماذج الرياضية التجريبية التي استخدمناها لتقدير كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي لمدينة سبها قريبة من بعضها البعض، ومن خلال مقارنة النتائج وجد أن اغلب قيم النماذج التجريبية (نموذج أشراي المعدّلة، نموذج باج) هي الأقرب الى القيم المقاسة، وحيث انه قد تم استخدام بعض الثوابت الخاصة بالنماذج الرياضية لمناطق تتشابه مع مدينة سبها وعدم توفر بيانات المنطقة فقد أدى ذلك إلى الحصول على بعض النتائج البعيدة عن القيم المقاسة. وبذلك فإننا نوصي بضرورة حساب الأخطاء والدقة للنماذج الرياضية والقيم المقاسة للحصول على أفضل نموذج رياضي تتوافق قيمه المحسوبة مع القيم المقاسة، كما نوصي في الدراسات القادمة بالتركيز على البحث عن قيم حديثة للثوابت التجريبية المستخدمة في النماذج الرياضية، تكون خاصة بالمناطق الليبية، وذلك للوصول إلى تقدير أكثر دقة لكمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي.

الرموز المستخدمة

A:الإشعاع الشمسي المرئي لكتلة الهواء صفر، W/m^2 .

B: معامل الإطفاء الجوي؛

C : ثابت معامل الإشعاع المنتشر؛

n: رقم تسلسل اليوم في السنة؛

Ø: زاوية خط العرض للموقع المدروس؛

θ_z: زاوية سمت الشمس؛

$\boldsymbol{\delta}$:زاوية الانحراف؛

$\boldsymbol{\omega}$: زاوية الساعة؛

$\boldsymbol{H}$: الوقت الظاهري للساعة؛

I_{so}: الإشعاع الشمسي الخارجي؛

$\boldsymbol{I_{sc}}$: ثابت الإشعاع الشمسي لوحدة المساحة؛

τ_b : معامل النفاذية للغلاف الجوي بالنسبة للإشعاع الشمسي المباشر في حالة السماء الصافية؛

τ_d : معامل النفاذية للغلاف الجوي بالنسبة للإشعاع الشمسي الانتشاري في حالة السماء الصافية؛

$\boldsymbol{\omega_s}$: زاوية شروق وغروب الشمس على السطح الأفقي؛

A_i : ارتفاع الموقع المدروس عن مستوى سطح البحر.

$\boldsymbol{b}$،$\boldsymbol{a}$ ثوابت تجريبية خاصة بكل منطقة (نوع الإقليم او المناخ) مأخوذة لعدد من المواقع حول العالم؛

$\bar{\boldsymbol{n}}$: المتوسط الشهري لعدد ساعات سطوع الشمس المقاسة خلال النهار؛

المراجع

[1]– نبيل شهيد، حساب الإشعاع الشمسي الساعي بواسطة الحاسوب، الطاقة والحياة، العدد الثالث و العشرون، (2006م).

[2]– ياسر فتحي نصار، كتاب هندسة الطاقة الشمسية (التطبيقات الحرارية الفعالة) (2006م)، جامعة سبها.

[3]– مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية، البيانات المسجلة لكمية الاشعاع الشمسي لمدينة سبها– تاجوراء– ليبيا

[4]- John A. Duffie and William A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley 4th Edition, 2013.

[5]- Chokkuea W, Pattanasethanon S, Suwapaet N and Saengprajak A,

[6]- Estimation of Solar Energy Availability in Maha Sarakham Thailand, Mahasarakham University, 2015.

[7]- MA Basunia , H Yoshio, and T Abe, Simulation of Solar Radiation Incident on Horizontal and Inclined Surfaces,The Journal of Engineering Research Vol. 9 No.2 (2012)

[8]- Poudyal Khem N, Bhattarai Binod K, Sapkota Balkrishna and Kjeldstad, Estimation of Global Solar Radiation using Sunshine Duration in Himalaya Region , Research Journal of Chemical Sciences. Beri, (2012)

[9]- Fayadh M. Abed Al-Dulaimy and Ghazi-Yousif Mohammed Al-Shahery, Empirical Models for the Correlation with Sunshine Duration of Metrological Data for Tikrit-TuzKhurmato and Kirkuk-IRAQ, Tikrit Journal of Engineering Sciences**,** Vol.19/No.1/March 2012.

[10]- Mohammad Ashraful Islam , Md. Saiful Alam , Komol Kanta Sharker, Estimation of Solar Radiation on Horizontal and Tilted Surface over Bangladesh Scientific Research Vol. No.2 April (2016).

[11]- Samer Yassin Alsadi, and Yasser Fathi Nassar, Correction of the ASHRAE clear-sky model parameters based on solar radiation measurements in the Arabic countries, International Journal of Renewable Energy Technology Research Vol. 5, No. 4, July 2016, pp. 1-16, ISSN: 2325 – 3924.