ضريب ابر و كاربرد آن در برآورد تابش انرژي خورشيدي در اقليمهاي مختلف آب و هوائي ايران

خسرو جعفرپور ـ محمود كارشناس

بخش مهندسي مكانيك ـ دانشگاه شيراز

چكيده

ايران از جمله كشورهايي است كه روي كمربندي خورشيدي قرار دارد و سالانه ميزان بسيار بالائي از انرژي خورشيدي را دريافت مي‌كند. برآوردها نشان مي‌دهد كه دريافت انرژي خورشيدي در ايران ۱۶۰۰ برابر انرژي صادراتي ايران در سال ۱۳۶۹ يعني معادل ۹۵۲/۵ ميليون بشكه نفت است.

هدف از ارائه اين مقاله برآورد ميزان تابش كل انرژي خورشيدي در اقليم‌هاي مختلف آب و هوايي ايران با استفاده از ضريب ابر مي‌باشد. نتايج بدست آمده نشان مي‌دهد كه كاربرد ضريب ابر در رابطه انگستروم، در مواردي كه ساعت آفتابي در دسترس نيست از دقت خوبي برخوردار مي‌باشد. همچنين اگر اطلاعاتي در مورد اقليم منطقه‌اي و يا ميزان تابش انرژي خورشيدي گن ناحيه در دسترس نباشد مي‌توان از رابطه $\frac{\bar{H}}{H0} \approx 0.9 - 0.7 \times \overline{CF}$ *براي برآورد ميزان تابش انرژي خورشيدي در سراسر ايران استفاده نمود.*

مقدمه

انرژي خورشيدي مهمترين منبع انرژي كره زمين مي باشد، چرا كه از كل انرژي دريافتي زمين چيزي در حدود ۹۹/۹۸ درصد آن را انرژي حاصل از تشعشعات خورشيد وارد به زمين تشكيل مي دهد [۱] . تابش خورشيد كه به گيرنده اي در روي زمين مي رسد، در سر راه خود كم و بيش تحت تأثير عواملي چه از نظر كمي (شدت) وچه كيفي (توزيع طيفي) دستخوش دگرگوني مي‌شود. مطالعات بيشماري در زمينه برآورد شارهاي تابش مستقيم و پخشي و كل انرژي خورشيدي با استفاده از اطلاعات ثبت شده مدت زمان ساعات آفتابي صورت گرفته كه خود تلاشي در جهت تكميل اندازه‌گيري‌ها در ايستگاههاي تشعشع‌سنجي مي‌باشد. اين داده‌ها كه عموما" با دستگاه آفتاب نگار از نوع كمبال – استوكس (Combal-Stokes) اندازه‌گيري مي‌شود بصورت متوسط ساعات آفتابي يا متوسط درصد ساعات آفتابي به كل ساعات آفتابي مقدور در ابعادي وسيع براي هزاران ايستگاه در كشورهاي مختلف موجود مي باشد [۲].

روش برآورد ميزان شدت تابش انرژي خورشيدي با استفاده از ساعات آفتابي، ابتدا به وسيله كمبال در سال ۱۹۱۹ و پنج سال بعد مبناي رياضي آن توسط انگستروم [۳]، ارائه شد كه امروزه بعد از گذشت سالها، هنوز هم شكل اصلي آن بنام معادله انگستروم و هم در فرم اصلاح شده بنام پيچ [٤] به شكل رابطه (۱) ، كاربرد دارد. هدف از ارائه اين مقاله ارائه روشي براي محاسبه نسبت تابش $\left(\frac{\overline{H}}{\overline{H_0}}\right)$ برحسب متوسط ماهيانه ضريب ابر در اقليم‌هاي مختلف آب و هواي ايران مي‌باشد. يعني بتوان در معادلة انگستروم به جاي نسبت ساعت آفتابي $\left(\frac{\overline{n}}{\overline{N}}\right)$ از متوسط ماهيانه ضريب ابر استفاده كرد به نحوي كه معادله جديد همچون معادله انگستروم (رابطه ۱) از دقت خوبي برخوردار باشد.

$$\frac{\overline{H}}{\overline{H_0}} = a + b\frac{\overline{n}}{\overline{N}} \qquad (۱)$$

براساس پژوهشهاي انجام شده مهمترين پارامتر جهت برآورد شدت تابش انرژي خورشيد ساعت آفتابي مي‌باشد (Duffie & Beckman) [۳] در فرمول انگستروم (فرمول ۱) ديده مي‌شود كه ساعت آفتابي به عنوان يك عامل اصلي و تأثيرگذار برروي مقدار تابش شناخته شده است. در ادامه پژوهشها، افراد زيادي سعي نمودند كه با اضافه كردن پارامترهايي، معادلة انگستروم را كاملتر نمايند ولي اين موارد هيچگاه باعث نشد تا از اهميت معادله انگستروم كاسته شود. بطوري كه امروزه نيز معادلة انگستروم به عنوان يك فرمول مادر (پايه) براي اكثر مدلهاي رگرسيوني بكار مي‌رود. اين درحالي است كه از حدود دهة شصت ميلادي بعضي از محققين سعي كردند كه در معادلة انگستروم بجاي نسبت ساعات آفتابي از متوسط ماهيانه ضريب ابر استفاده كنند (رابطه ۲).

$$\frac{\overline{H}}{\overline{H_0}} = a + b \times \overline{CF} \qquad (۲)$$

۱ـ۱ـ بکارگيري ضريب ابر بجاي ساعت آفتابي در جهان

نوريس (Norris) در سال ۱۹٦۸ رابطة (۲) را مورد بررسي قرار داد. درسال ۱۹٦۵ نيز بنت (Bennet) [۵] به بررسي رابطة بين نسبت تابش با ضريب ابر و ساعت آفتابي پرداخت. نوريس در اين مطالعه نشان داد که بکاربردن ساعت آفتابي دقت بالاتري نسبت به ضريب ابر دارد. مزيت کاربرد معادلة (۲) نسبت به معادلة انگستروم (رابطه ۱) اين است که ضريب ابر احتياج به دستگاه اندازه گيري ندارد و يك پارامتر بصري (Visually) است. همچنين در اکثر ايستگاه‌هاي هواشناسي اطلاعات مربوط به ضريب ابر بيشتر از ساعات آفتابي دردسترس است. پالتريج و پرآکتور (Paltridge & Practor) [٦] در سال ۱۹۷٦ چندين رابطه را که براساس ضريب ابر استوار بود براي استراليا ارائه دادند که اين روابط از دقت خوبي برخوردار بودند.

۲ـ۱ـ بکارگيري ضريب ابر بجاي ساعت آفتابي در ايران

در اين مورد مي توان به کارهاي انجام شده توسط صميمي [۷] دانشيار [۸] و جعفرپور [۹]اشاره نمود.

صميمي [۷] بيشتر وابستگي تابش را به ارتفاع محل مد نظر قرار داده است. صميمي از فرمول ارائه شده توسط ماينل و ماينل (Minel and Minel) [۱۰] استفاده کرده و ضرائب آن را براي ايران تصحيح نموده است. براي بدست آوردن ميزان تابش پخشي ، صميمي با استفاده از نتايج ريندل و همکارانش (Reindel et al.) [۱۱] در سال ۱۹۹۰ براي آمريکا و اروپا و همچنين موسلام و همکارانش (Mosalam et al.) [۱۲] و ناگاريجارئو (Nagarija Roa) [۱۲] فرمول زير را براي تابش پخشي ارائه نموده است

(۳ـ الف)ـ براي روزهاي آفتابي $\left(\overline{H}_d\right)_s = 0.1\times\overline{H}_b$

(۳ـ ب) ـ براي روزهاي ابري $\left(\overline{H}_d\right)_c = 0.3\times\overline{H}_b$

صميمي مقدار $\frac{\overline{H}_b}{\overline{H}_0}$ را براي ايران مابين ۰/٤۷ الي ۰/٦٤ در نظر گرفته است و براي بدست آوردن ميزان تابش کل رابطة زير را پيشنهاد داده است [۷].

$$\overline{H}_t = \frac{\overline{n}}{\overline{N}}\times\left[\overline{H}_b + \left(\overline{H}_d\right)_s\right] - \left(1-\frac{\overline{n}}{\overline{N}}\right)\times\left(\overline{H}_d\right)_C \qquad (٤)$$

با توجه به اينکه در رابطه فوق از نسبت ساعات آفتابي استفاده شده است، صميمي سعي نمود که بجاي نسبت ساعت آفتابي از ضريب ابر استفاده کند و به همين دليل به بررسي رابطة ضريب ابر و نسبت ساعات آفتابي براي ايران پرداخت. صميمي [۷] براي بدست آوردن ميزان متوسط ماهيانة ضريب ابر ، از رابطه زير استفاده نموده است.

$$\overline{C} = \frac{\left[\frac{1}{3}\times\left(0+\frac{1}{8}+\frac{2}{8}\right)\times n_{0-2}+\frac{1}{4}\times\left(\frac{3}{8}+\frac{4}{8}+\frac{5}{8}+\frac{6}{8}\right)\right.}{\left(n_{0-2}+n_{3-6}+n_{7-8}\right)} \qquad (5)$$
$$\frac{\left.\times n_{3-6}+\frac{1}{2}\times\left(\frac{7}{8}+\frac{8}{8}\right)\times n_{7-8}\right]}{\left(n_{0-2}+n_{3-6}+n_{7-8}\right)}$$

در رابطه فوق n_{0-2} و n_{3-6} و n_{7-8} به ترتيب متوسط تعداد روزي است كه از صفر تا دو و از ٣ تا ٦ و از ٧ تا ٨ قسمت آسمان ابري باشد. صميمي با استفاده از ضريب ابرهاي بدست آمده از رابطه (٥) و مقدار نسبت ساعات آفتابي $\left(\frac{\overline{n}}{\overline{N}}\right)$ ، رابطه بين دو پارامتر فوق را بصورت زير ارائه داده است.

$$\frac{\overline{n}}{\overline{N}} = 1 - \overline{CF} \qquad (6)$$

شايان ذكر است كه صميمي [٧] رابطة فوق را با استفاده از اطلاعات مربوط به ٣ شهر اصفهان، تهران و شيراز مورد بررسي قرار داده است و آن را براي كل ايران پيشنهاد داده است [٧].

از ديگر تحقيقات انجام گرفته در ايران مي‌توان به مقالة دانشيار [٨] اشاره نمود. دانشيار براساس معادلات تجربي ارائه شده توسط پالتريج و پراكتور [٦] روابطي را جهت تخمين ميزان تابش مستقيم، پخشي و كل براي ٣٤ شهر ايران پيشنهاد كرده است. باتوجه به اينكه تمامي روابط ارائه شده توسط دانشيار بر ضريب ابر متكي مي باشد دانشيار براي ٣٤ شهر ايران ضرايب ابر را در مقاله خود ارائه نموده است. شايان ذكر است كه دانشيار [٨] ضرايب ابر خود را براساس ساعت آفتابي برآورد كرده و سپس با استفاده از ضرايب ابراي كه خود محاسبه نموده، مقادير تابش كل و مستقيم را تخمين زده است.

در پايان اين بخش مي توان به كار انجام شده توسط جعفرپور [٩] اشاره نمود. جعفرپور در كار خود روابط ١، ٢ و ٦ را براي استان فارس مورد بررسي قرار داده است. علاوه بر اين، كارهاي مشابه‌اي توسط محققين ديگري نيز در اين زمينه انجام شده است كه براي اطلاع از جزئيات آنها مي توان به مرجع [١٢] مراجعه نمود.

٢ـ روش انجام كار

براي مفيد و مختصر بودن بحث، مطالب اين بخش در چهار قسمت ارائه مي گردد. در قسمت اول نگاهي به طبقه‌بندي اقليمي تابشي براي ايران خواهيم داشت. درقسمت دوم به بررسي روابط بين تابش انرژي با ساعت آفتابي و تابش انرژي خورشيدي با ضريب ابر، خواهيم پرداخت. روابط بين ساعت آفتابي و ضريب ابر براي مناطق گوناگون اقليمي در قسمت سوم مورد بررسي قرار

خواهد گرفت و بالاخره در قسمت آخر به مقايسه بين ضرايب ابر ارائه شـده در تحقيـق حاضـر و ضرايب ابر مندرج در مقاله دانشيار [۸] اشاره خواهد شد.

۱ـ۲ـ طبقه‌بندي اقليمي ـ تابشي براي ايران

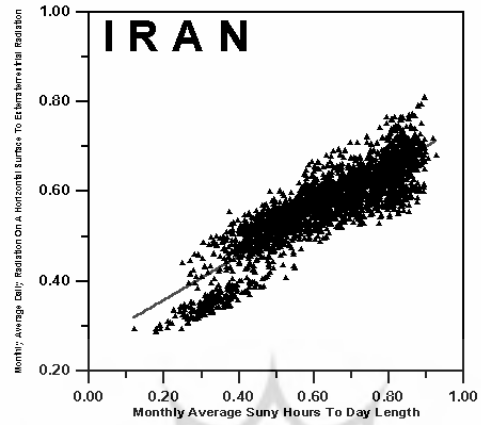
براي ارائه مدل تابشي و مقايسه روابط ، ابتدا يك طبقه بندي اقليمي – تابشي براي ايران ارائه مـي گردد. شايان ذكر است ، كه هرقدر تعداد تقسيم بندي هاي اقليمي بيشتر باشد مدل دقيق تر خواهد بود. ليكن ذكر اين نكته لازم است كه كمبود اطلاعات هواشناسي باعث مي شود كه تعداد تقسيمات اقليمي محدود گردد. درمدل مورد بحث ، ايران به ۸ ناحيه اقليمي تقسيم شده است (براي اطلاعـات بيشتر در اين زمينه مي توان به مرجع [۱۲] مراجعه نمود). اين ۸ ناحيه اقليمـي در جـدول ۱ ديـده مي شوند.

جدول ۱ـ طبقه‌بندي اقليمي ـ تابشي پيشنهادي براي ايران

ناحيه اقليمي	حدود	نوع آب و هوا
۱	آبعلي ليقوان ، پلور	شديدا" سرد (فصل زمستان)ـ مناسب (فصل تابستان)
۲	مناطق كوهستاني كشور شامل سلسله جبال البرز و زاگرس	نسبتا" سرد
۳	نواحي جنوبي درياي مازندران	مرطوب (نسبتا" گرمتر از ناحيه اقليمي ۳)
٤	نواحي آزادشهر و اطراف آن در شمال كشورـ پارس آباد مغان و حوالي آن	نسبتا" سرد و خشك
٥	كوهپايه هاي سلسله جبال البرز و زاگرس مثل اصفهان و شيراز	نسبتا" سرد و خشك
٦	مناطق كويري و خشك داخل ايران مثل زاهدان، يزد	بياباني
۷	شامل يك نوار در قسمت جنوبي كشور كه از نواحي كم ارتفاع و پست جلگة خوزستان در غرب ايران تا سراوان در شرق ادامه پيدا مي كند.	خيلي گرم و خشك
۸	نوار باريك در كنار آبهاي خليج فارس و درياي عمان	گرم و مرطوب

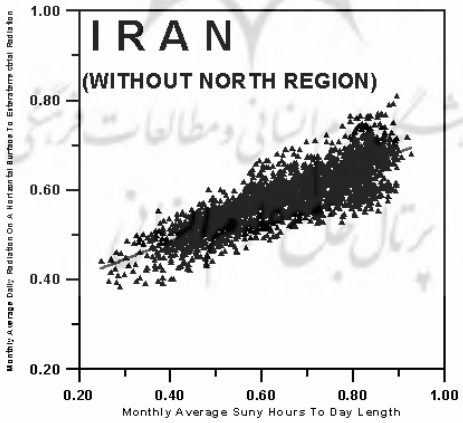
باتوجه در دسترس نبودن اطلاعات هواشناسي نواحي اقليمي ۱ و ٤ و همچنين نظر به اينكه بـراي ناحية اقليمي ۳ فقط اطلاعات رامسر در دسترس بود لذا ارائه روابط براي نواحي اقليمي ۲، ٥، ٦ و ۸ ميسر گرديد. اگرچه با تركيب اطلاعات تمامي نواحي و اطلاعات مربوط به رامسر روابط مورد نظر براي كل ايران ارائه شده است. در شكل (۱) نمودار متوسط ماهيانة تابش برروي سطح

افقي به تابش خارج از جو $\left(\frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}\right)$ برحسب نسبت ساعات آفتابي $\left(\frac{\overline{n}}{\overline{N}}\right)$ براي سراسر ايران رسم شده است (معادله انگستروم).



شكل ۱ـ نمودار رگرسيوني نسبت تابش برحسب نسبت ساعت آفتابي براي ايران

باتوجه به شكل (۱) ديده مي‌شود كه لكه‌اي از اين نمودار در خارج از محدوده قرار دارد و نشان مي‌دهد كه تابش اين منطقه با تابش بقيه ايران اختلاف قابل ملاحظه‌اي دارد. در شكل (۲) اطلاعات مربوط به رامسر از اطلاعات ايران حذف و ديده مي‌شود كه نمودار شكل متعادل‌تري به خود مي‌گيرد. بدين لحاظ از اين به بعد محاسبات براي ايران بدون ناحية شمالي در نظر گرفته مي‌شود



شكل ۲ـ نمودار رگرسيوني نسبت تابش برحسب نسبت ساعت آفتابي براي ايران بدون ناحية شمالي

۲ـ۲ـ بررسي روابط بين تابش با ساعت آفتابي و تابش با ضريب ابر

در اين قسمت به بررسي فرمولهاي ۱ و ۲ مي‌پردازيم. هدف اصلي بررسي اين موضوع مي‌باشد كه بكاربردن ساعت آفتابي در معادلة انگستروم داراي دقت بالاتري نسبت به بكار بردن ضريب ابر (بجاي نسبت ساعت آفتابي) در معادلة انگستروم مي باشد يا خير؟ و در ضمن درصد وابستگي ساعت آفتابي و ضريب ابر در برآورد مقدار تابش تعيين گردد. نتايج تمامي روابط براي شهرها و مناطق اقليمي توضيح داده شده در قسمت قبل، باهم مقايسه و نتايج آماري اين تحقيق در جدول (۲) مشاهده مي گردد. شايان ذكر است كه در اين قسمت تمامي ضرايب ابر از فرمول ارائه شده توسط صميمي (فرمول ۵) محاسبه شده اند.

جدول ۲ـ مقايسه بين مقادير آماري روابط تابش با ضريب ابر و ساعت آفتابي

روابط بين مقدار تابش و ضريب ابر		روابط بين مقدار تابش و ساعت آفتابي (معادله انگستروم)		
S.E Of Regression	**R-Squared**	**S.E Of Regression**	**R-Squared**	ناحيه اقليمي
۰/۰۲٦٦۰۹	۰/۸۳۱٤۱۱	۰/۰۲۰۹۲۰	۰/۸۹۵۷۹٤	ناحيه اقليمي ۲
۰/۰۲٤۰۰۸	۰/٦۹۲٦٦۱	۰/۰۱٤۵٤۱	۰/۸۸۷۰۳٦	ناحيه اقليمي ۵
۰/۰۲٦۹۱۵	۰/۷٤۳۲۳۹	۰/۰۱٤۰۳۹٦	۰/۸٦۰۲۱۹	ناحيه اقليمي ٦
۰/۰۱۸۰۲۱	۰/٦۸۰۹۳۵	۰/۰۱۳۳۵۹	۰/۸۲۵۵۸۳	ناحيه اقليمي ۸
۰/۰۲٦۷۸۸	۰/۹۱۳۵۹۹	۰/۰۱۹۷۰۸	۰/۹۵۳۲۵۲	ايران
۰/۰۲٦۳۷۷	۰/۸٤۹٤۹۲	۰/۰۱۹۵۲۷	۰/۹۱۷۵۱۸	ايران بدون ناحيه شمالي

R^2 = ….., S.E of Regression = ……

با تـوجه به جدول (۲) ديده مي‌شود درتمام مواردي كه در معادلة انگستروم بجاي نسبت ساعت آفتابي از ضريب ابر استفاده شده است دقت معادله كاهش يافته است (كاهش R-Square و S.E of Regression) ايـن مطـلب گفته‌هاي بنت (Bennt) [۵] را تاييد مي‌كند. باتوجه به جدول (۲) ديده مي‌شود كه نسبت ساعت آفتابي در حدود ۸۰% تابش را برآورد (توجيه مي‌كند) اما بكاربردن ضريب ابر در حدود (۷۰%-٦۰%) تابش را برآورد مي كند. تنها موردي كه در جدول (۲)

به چشم مي‌خورد كم بودن R-Square براي ناحيه اقليمي ٨ است كه درقسمت بعدي به توضيح آن پرداخته خواهد شد.

٣ـ٢ـ بررسي رابطه ضريب ابر و ساعت آفتابي

در اين قسمت در نظر است به بررسي رابطه زير پرداخته شود.

$$\frac{\overline{n}}{\overline{N}} = 1 - \overline{CF}\left(\frac{\overline{n}}{\overline{N}} + \overline{CF} = 1\right) \qquad (٧)$$

همانطور كه مي‌دانيم رابطه بين ضريب ابر و ساعت آفتابي يك رابطه اساسي است كه صمـيمي [٧] درستي آنرا در حالت كلي براي ايران بررسي كرده است. شايان ذكر است كه ارتباط بين ساعت آفتابي و ضريب ابر براي كاربرد در رابطة ٧ ضروري بنظر مي‌رسد. همانطور كه قبلا" گفته شد ضرايب ابر ارائه شده توسط دانشيار نيز براين اساس استوار بوده است [٨]. تمامي روابط بين ضريب ابر و ساعت آفتابي براي نواحي اقليمي گفته شده مورد بررسي قرار گرفته كه نتايج اين تحقيق در جدول (٣) جمع‌بندي شده است.

جدول ٣ـ مقايسه روابط بين ساعت آفتابي و ضريب ابر (ميانگين ساليانه)

$\overline{CF} + \frac{\overline{n}}{\overline{N}}$	ساعت آفتابي $\frac{\overline{n}}{\overline{N}}$	ضريـــب ابـــر $\overline{CF}$	ناحيه اقليمي
٠/٩٨٤١٣٤	٠/٦١٩٢٨٠	٠/٣٦٤٨٥٤	ناحيه اقليمي ٢
١/٠ ٢١٨٢٢٥	٠/٧١٦٧٨٢	٠/٣٠٥٠٤٣	ناحيه اقليمي ٥
١/٠٠٩٣٩٨	٠/٧٢٧٢٢٦	٠/٢٨٢١٧٢	ناحيه اقليمي ٦
٠/٩١٥٧٠٥	٠/٦٤٦٤٢١	٠/٢٦٩٢٨٤	ناحيه اقليمي ٨
٠/٩٨٥٢٧٨	٠/٦٣٦٧١٧	٠/٣٤٨٥٦١	ايران
٠/٩٩٠٠٥٨	٠/٦٦٠١٩٣٢	٠/٣٢٨١٥٣	ايران بدون ناحيه شمالي

با توجه به جدول (٣) ديده مي‌شود كه ارتباط ضريب ابر و ساعت آفتابي برطبق فرمول ٦ كاملا" برقرار است. براي تمام نواحي مجموع دو مقدار ضريب ابر و ساعت آفتابي بسيار نزديك به يك است. آنچه در اين جدول جالب به نظر مي‌رسد تقريب اضافي مجموع دو ضريب براي نواحي اقليمي ٥ و ٦ (اين نواحي جزء نواحي گرم و خشك هستند) و تقريب نقصاني آن براي ناحيه اقليمي ٢ (اين ناحيه جزء نواحي سرد و مرطوب ايران است) مي باشد. نكته‌اي كه در اين جدول مشاهده مي‌گردد كمتر بودن مجموع دو ضريب و فاصلة آن تا عدد ١ براي ناحية اقليمي ٨ است $\left(\overline{CF} + \frac{\overline{n}}{\overline{N}} = 0.915705\right)$. در جدول (٢) نيز R-Squared ناحية اقليمي ٨ فوق‌العاده كمتر از نواحي اقليمي ديگر بود. براي بررسي بيشتر اين مورد در جدول زير با اضافه كردن متوسط ماهيانه ضريب صافي آسمان (Monthly Average Clearness Index) $\left(\overline{K}_t = \frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}\right)$ و ضريب ابر به مقايسه آنها پرداخته مي شود.

جدول ٤ـ مقادير متوسط ماهيانه ضريب صافي آسمان ساعت آفتابي ، ضريب ابر

ناحيه اقليمي	$\overline{K_t}=\frac{\overline{H}}{\overline{H_0}}$	$\left(\frac{\overline{n}}{\overline{N}}\right)$	$\overline{CF}$
٢	٠/٥٥٥٩٨٢	٠/٦١٩٢٨٠	٠/٣٦٤٨٥٤
٥	٠/٦٢٣٣٠٩	٠/٧١٦٧٨٢	٠/٣٠٥٠٤
٦	٠/٦٥٩٠٥٠	٠/٧٢٧٢٢٦	٠/٢٨٢١٧٢
٨	٠/٥٦٧٦٩٣	٠/٦٤٦٤٢١	٠/٢٦٩٢٨٤
ايران	٠/٥٧١٧١٠	٠/٦٣٦٧١٧	٠/٣٤٨٥٦١
ايران بدون ناحيه شمالي	٠/٥٨٩٨٩٢	٠/٦٦٩٨٩٢	٠/٣٢٨١٥٣

با توجه به نتايج مندرج در جدول (٤) ديده مي‌شود كه ضريب صافي آسمان و نسبت ساعت آفتابي براي ناحية اقليمي ٨ مابين نواحي اقليمي ٢ و ٥ است. يعني:

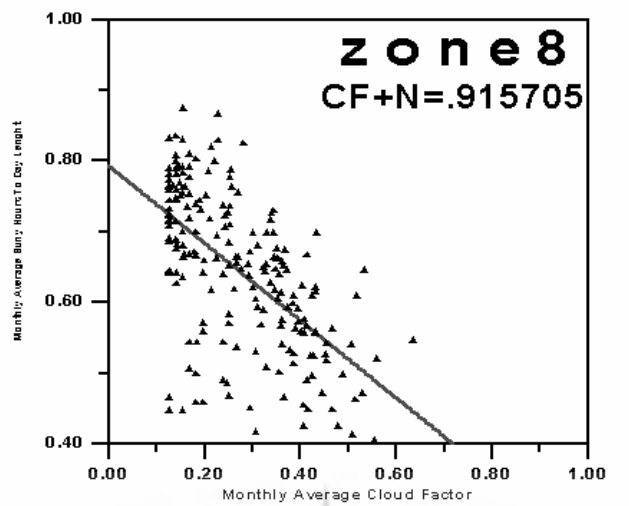
$$0.555982 < 0.567693 < 0.623302 \left(\overline{K}_{T(2)} < \overline{K}_{T(8)} < \overline{K}_{T(5)}\right) \qquad (٨\text{ـالف})$$

$$0.619280 < 0.646421 < 0.716782 \left(\frac{\overline{n}}{\overline{N}}(2) < \frac{\overline{n}}{\overline{N}}(8) < \frac{\overline{n}}{\overline{N}}(5)\right) \qquad (٨\text{ ـ ب})$$

با توجه به رابطة $\overline{CF}=1-\frac{\overline{n}}{\overline{N}}$ بايستي ضريب ابر ناحية اقليمي ٨ بيشتر از ناحية اقليمي ٢ و كمتر از ناحية اقليمي٥ باشد (از نظر رياضي مي‌توان طرفين نامساوي ٨ ـ ب را در منفي١ ضرب نموده و با ١ جمع كرد) در نتيجه خواهيم داشت:

$$\overline{CF}_{(2)} > \overline{CF}_{(8)} > \overline{CF}_{(5)} > \Rightarrow \quad 0.364854 > \overline{CF}_{(8)} > 0.305043 \qquad (٩)$$

كه با توجه به محاسبات در جدول (٣) مشاهده مي‌گردد كه اين مقدار براي ناحية اقليمي ٨ ، ٠/٢٦٩٢٨٤ است كه نشان مي‌دهد ضرايب ابر ارائه شده توسط سازمان هواشناسي براي اين منطقه خالي از اشكال نيست و كمتر از مقدار واقعي گزارش شده است. بهرحال در اين قسمت نتايج بدست آمده براساس روابط ١، ٢ و ٦ مقايسه و بررسي شده‌اند. در شكل (٣) پراكندگي نقاط در خارج از خط رگرسيوني و زير خط بودن اكثر نقاط نسبت به خط رگرسيوني براي ناحية اقليمي ٨ مشاهده مي‌گردد.



شكل ۳ـ متوسط نسبت ساعت آفتابي برحسب ضريب ابر براي ناحية اقليمي ۸

٤ـ۲ـ مقايسه بين ضرايب ابر ارائه شده در اين پژوهش با كار دانشيار

در اين قسمت مقايسه‌اي بين ضرايب ابر دانشيار (اين ضرايب در بين سالهاي ١٩٦٤ تا ١٩٧٤ ارائه شده است) و ضرايب ابر فعلي (اين ضرايب بين سالهاي ١٩٨٥ تا ١٩٩٥ مي‌باشد) صورت گرفته است. جدول (٥) نتايج اين مقايسه را براي چند شهر مهم ايران نشان مي‌دهد. باتوجه به اين جدول ديده مي‌شود كه براي بيشتر شهرهاي مناطق مركزي ايران ضرايب ابر فعلي به مراتب بزرگتر از ضريب ابر ارائه شده توسط دانشيار است. شايان ذكر است كه بحث فوق ممكن است براي ساير مناطق و شهرها صادق نباشد و بايستي براي هر شهر مقدار فعلي آن با مقدار قبلي مورد مقايسه قرار گيرد. (براي اطلاعات بيشتر مي توان به مرجع [١٢] مراجعه نمود).

جدول ٥ـ مقايسه بين ضرايب ابر فعلي و دانشيار [٨]

نام شهر	متوسط ساليانه ضريب ابر بين سالهاي ١٩٨٥-١٩٩٥	متوسط ساليانه ضريب ابر ارائه شده توسط دانشيار ١٩٦٤-١٩٧٤
تهران (فردوگاه مهرآباد)	٠/٣٣١	٠/٣١٧
شيراز	٠/٣٠٣	٠/٢٤٤
اصفهان	٠/٢٨٤	٠/٢٥٤
كرمان	٠/٢٨١	٠/٢٩١
بيرجند	٠/٢٨٦	٠/٢٧١

همانطور كه قبلا" اشاره شد ضرايب ابر ارائه شده توسط دانشيار برطبق فرمول ٦ ارائه شده است و ضرايب ابر محاسبه شده در تحقيق حاضر برطبق فرمول ٥ ارائه شده اند. ذكر اين نكته

لازم است که ضريب ابر خود بايستي به صورت جداگانه اندازه گيري گردد و ضريب ابري که برطبق فرمول ٦ ارائه گردد مسلما" ضريب ابر واقعي نيست حتي اگر نزديك به آن باشد. زيرا ضريب ابر بايستي به عنوان يك پارامتر مستقل شناخته شود ولي در معادلة ٦ به عنوان يك پارامتر وابسته به ساعت آفتابي شناخته مي شود.

٣ـ بحث و نتيجه گيري

براساس نتايج بدست آمده ميتوان گفت که بکار بردن ضريب ابر در رابطه انگستروم، در مواردي که ساعت آفتابي در دسترس نيست مي‌تواند از دقت خوبي برخوردار باشد (اگر چه دقت اين معادله در حد دقت معادله انگستروم نيست) زيرا به عنوان يك آمار كلي مي‌توان گفت که از حدود ١٠٠ ايستگاه هواشناسي در ايران در حدود ١٠ الي ٢٠ ايستگاه اطلاعات مربوط به ساعت آفتابي را اندازه‌گيري مي‌کنند ولي اطلاعات مربوط به ضريب ابر در تمام (و يااکثر) ايستگاه‌هاي هواشناسي جمع‌آوري مي‌شود. لذا در مواردي که ضريب ابر در دسترس است مي‌توان از روابطي استفاده کرد که مقدار تابش را بر اساس ضريب ابر محاسبه مي‌کنند و در مواردي که ساعت آفتابي در دسترس است حتما سعي گردد از روابطي استفاده شود که ميزان تابش را بر مبناي ساعت آفتابي محاسبه مي‌کنند. نکته ديگر اينکه براي محاسبه ضريب ابر بهتر است بجاي استفاده از رابطه $\overline{CF}=1-\frac{\overline{n}}{\overline{N}}$ از رابطه ٥ استفاده گردد، زيرا رابطة $\overline{CF}=1-\frac{\overline{n}}{\overline{N}}$ يك رابطة كلي و براساس اطلاعات بصري (Visually) استوار است. نكتة ديگر كه بايستي ذكر گردد اين است در فرمولهائي كه ضريب ابر در آنها وجود دارد بايستي از ضريب ابرهاي جديد استفاده گردد زيرا بررسي‌ها نشان مي‌دهد که در بعضي از شهرها و مناطق تفاوت ضريب ابرهاي فعلي و ضريب ابرهاي ارائه شده توسط دانشيار زياد مي‌باشد. در پايان مي‌توان براي مناطق اقليمي مختلف ضرائب معادلات $\frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}=A+B\times\frac{\overline{n}}{\overline{N}}$ و $\frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}=C+D\times\overline{CF}$ را بصورت جدول (٦) جمع‌بندي کرد. از طرف ديگر اگر اطلاعاتي در مورد اقليم منطقه و يا ميزان تابش و ياضريب ابـر در دسـتـرس نبـاشـد بـراي بـرآورد ميـزان تابـش مي‌تـوان از دو فرمـول $\frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}\approx 0.3+0.3\times\frac{\overline{n}}{\overline{N}}$ و $\frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}\approx 0.9-0.7\times\overline{CF}$ براي سراسر ايران استفاده نمود.

جدول ٦ـ ضرائب معادلات و براي مناطق اقليمي ايران

ناحيه اقليمي	ضريب **A**	ضريب **B**	ضريب **C**	ضريب **D**
٢	٠/٣٤٢٢٠٥	٠/٣٥٤٣٥٦	٠/٩٥٧٨٨٢	-٠/٩٢٧٨٨٩
٥	٠/٣٧٦٥٨٧	٠/٣٤٣٧٢٠	٠/٩٣٦٩١٧	-٠/٧٠٩٠٩٩
٦	٠/٣٨٣٧٨٩	٠/٣٨٧٧٧٥	٠/٩٣٤٨١٦	-٠/٧٣٨٠٣٧
٨	٠/٤٣٢٧١٧	٠/١٩٥٨٤٨	٠/٧٩٢٩٢٧	-٠/٥٣٠١٠٦
ايران	٠/٣٤٦٤٧٩	٠/٣٥٣٠٧٤	٠/٩٢٩٧٠٥	-٠/٨٤٠٤٦٢
ايران بدون ناحيه شمالي	٠/٣٦٣١٩٩	٠/٣٤٢١٦٧	٠/٩٣٠٣٣٨	-٠/٨١٧٧٩٨

۵ـ منابع

1- Hubbert, M.K. (1971), “The Energy Resources Of the Earth”, Energy and Power, Sientific American, Inc., New York.

2- De Jong, B, (1973), “Net Radiation, Received by a Horizontal Surface at The Earth”, Delft University Press, U.S.A.

3- Duffie, J.A. and Beckman, W.A., (1992), “Solar Energy Engineering”, John Wiley, U.S.A.

4- Page, J.K., (1964), “The Estimation of Monthly Mean Values of Daily Total Short-Wave Radiation on Vertical and Inclined Surfaces From Sunshine Records for Latitude 40^{o}N-40^{o}S”, Solar Energy, Vol. 4, p. 387.

5- Bennet, I., (1969), “Correlation of Daily Insolation With Daily Total Sky Cover, Opaque Sky Cover, and Percentage of Possible Sunshine,”, Solar Energy, Vol. 12, p. 391.

6- Paltridge, G.W. and Practor, D., (1976), “Monthly Mean Solar Radiation Statistics for Australia.”, Solar Energy, Vol. 18, p. 235.

7- Samimie, J., (1994), “Estimation of Height-Dependent Solar Irradiation and Application to the Solar Climate of Iran.”, Solar Energy, No. 5, PP. 401-409.

8- Daneshyar, M., (1978), “Solar Radiation Statistics For Iran,” Solar Energy, Vol. 21, PP. 341-349.

۹- جعفرپور ، خ.، (۱۳٦٤)، “انرژي خورشيدي قابل دسترس در شيراز و مدلهاي پيش بيني كننده آن در استان فارس“ پايـان نامـه كارشناسي ارشد ، دانشگاه شيراز.

10- Meinel, A.B., and Meinel, M.P., (1977), “Applied Solar Energy, An Introduction”, Addison-Wesley Publishing, Company, Tuscon, Arizona.

11- Reindl, D.T., Beckman, W.A. AND Duffie, J.A., (1990), “Diffuse Fraction Correlation”, Solar Energy, Vol. 45, PP. 1-8.

۱۲- كارشناس ، م. ، (۱۳۷۷)، “انرژي خورشيدي قابل دسترس در ايران و مدلهاي پيش بيني كننده آن“، پايان نامه كارشناسي ارشد، دانشگاه شيراز.