ارائه مدلی جدید جهت برآورد میزان انرژی روزانه خورشید دربرخی نواحی شرقی ایران

کمال امیدوار [۱]، رضا ابراهیمی [۲] ، اعظم غلامنیا [۳]، منیره محمدی [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۹/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۲/۲۰

چکیده:

برآورد تابش خورشیدی روزانه(R_s) برپایه پراسنجهای هواشناختی اندازه‌گیری شده در سطح افقی زمین به صورت گسترده در زمینه‌های مختلف به کار برده می‌شود. به دلیل مشکلات اقتصادی و فنی، اندازه‌گیری تابش در همه مناطق ممکن نیست و باید براساس مدل‌های ریاضی به گونه‌ای آن را تخمین زد. یکی از روش‌های متداول برای تخمین تابش خورشیدی رسیده به زمین، استفاده از متغیرهای دمایی و جغرافیایی در هر مکان است. در این مقاله تلاش شده تا یک مدل عمومی برای تخمین R_s برای مناطق شرقی و نیمه‌خشک ایران معرفی گردد. در پژوهش حاضر پس از بررسی و مرور پیشینه علمی موضوع برای برآورد R_s، ابتدا داده‌های تابش خورشیدی رسیده به زمین($Mj\ m^{-2}\ d^{-1}$)، دما، رطوبت نسبی هوا و ... در مقیاس زمانی روزانه از سه ایستگاه سینوپتیک کرمان، مشهد و یزد که جزء مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی ایران هستند، در دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ از سازمان هواشناسی کشور(IRIMO) اخذ گردید. سپس داده‌های موجود مورد بررسی قرار گرفته و داده‌های پرت و دارای خطا حذف شدند. در ادامه، میانگین روزانه داده‌های مذکور محاسبه و با استفاده از تحلیل رگرسیون چندین مدل توسط نرم‌افزار MATLAB محاسبه شد. براساس نتایج بدست‌آمده، مدل ۲ و ۵ برازنده‌ترین مدل برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران هستند. علاوه بر این، از آنجا که این دو مدل برپایه عرض جغرافیایی می‌باشند می‌توان آنها را در تخمین تابش خورشیدی روزانه سایر نقاط جهان بخصوص مناطقی با عرض جغرافیایی مشابه به کار برد.

کلمات کلیدی:

تابش، مدل، شاخص، ایران مرکزی

۱) استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد lKomidvar@yazd.ac.ir
۲) دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد (نویسنده مسئول) Ebrahimi7679@yahoo.com
۳) دانشجوی منابع طبیعی، دانشگاه یزد Az.gh1990@gmail.com
۴) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای پزشکی، دانشگاه اصفهان Mohammadi.1458@yahoo.com

مقدمه

از انرژی خورشیدی به عنوان یکی از بزرگترین منابع انرژی تجدیدپذیر در اکثر نقاط جهان استفاده می‌شود [۴] و [۷] این انرژی به عوامل هواشناسی، جغرافیایی، اقلیمی و فراجوی بستگی دارد. بهترین راه اندازه‌گیری انرژی خورشیدی نصب پیرانومترها در ایستگاهها و خواندن اطلاعات ضبط‌شده توسط آنها می‌باشد. در نبود دستگاههای اندازه گیری، اطلاعات صحیح و دقیقی از میزان انرژی خورشیدی در دسترس نمی‌باشد. از طرفی، میزان متوسط خطا در دستگاههای اندازه‌گیری گاه به ۳۰ درصد می‌رسد که مهمترین علت آن عدم کالیبراسیون دستگاهها و وجود گردوغبار در آنها می‌باشد. بنابراین، می‌توان گفت مدل‌های تجربی که برپایه برآورد انرژی خورشیدی طراحی شده‌اند، در نبود دستگاههای اندازه‌گیری می‌توانند مفید واقع شوند [۳] . تابش خورشیدی بخصوص در دوره‌های درازمدت در مقایسه با فراسنج‌های دمایی، کمتر اندازه‌گیری می‌شود به طوری که در چین از ۲۰۰۰ ایستگاه هواشناسی فقط ۹۸ مورد و در ایران حدود ۱۲ درصد ایستگاه‌های هواشناختی همدیدی این فراسنج را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند که در بسیاری موارد اینگونه داده‌ها دارای نواقص و کمبودهای آماری هستند [۸] . در حال حاضر، تقاضای رو به رشد انرژی جهانی در کنار محدودیت ذخایر سوخت فسیلی و اثرات منفی وارد شده بر محیط زیست منجر به گرایش به سوی توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر می‌شود. یکی از انرژی‌های مهم تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی است که می‌تواند نقش قابل توجهی در کاهش اثرات مخرب سوخت‌های فسیلی داشته‌باشد [۱۲]. مصرف گسترده و بی‌رویه سوخت‌های فسیلی باعث بالارفتن دمای کره زمین، بارش باران‌های اسیدی، اثر گازهای گلخانه‌ای و کاهش لایه ازن می‌شود. انرژی خورشید از پاکترین انرژی‌های غیرفسیلی است و استفاده از آن کمترین آلودگی را در محیط زیست به وجود می‌آورد [۳] . برای برآورد انرژی تابش خورشیدی یک منطقه، مدل‌های ریاضی متعددی توسط پژوهشگران داخلی و خارجی پیشنهاد شده‌است که اکثر این مدل‌های ریاضی براساس آمار هواشناسی تدوین گردیده‌اند [۱]. درمیان پارامترهای مختلفی که برای محاسبه تابش جهانی خورشیدی استفاده شده، پارامتر ساعت آفتابی پرکاربردترین است. بنابراین، تخمین غیرمستقیم R_s براساس دیگر متغیرهای هواشناختی رایج ازجمله دما و ساعات آفتابی هم‌اکنون مورد توجه خاص محققین است [۶]. در این زمینه، المروکس و همکاران [۳]، در تحقیقی که در تولدو اسپانیا انجام داده‌اند، با استفاده از متغیرهای تابش خورشیدی و تعداد ساعت آفتابی اندازه‌گیری شده در سطح زمین معادلات متعددی جهت برآورد تابش خورشیدی ماهانه پیشنهاد و ضرایب مدل آنگستروم–پری اسکات را برای این ایستگاه‌ها اصلاح نمودند. اسکیکر[1] [۱۴] در استان داماسکوس روسیه با استفاده از هفت متغیر مختلف هواشناختی و جغرافیایی، ۱۳ معادله یک تا هفت متغیری را برای محاسبه تابش خورشیدی مورد بررسی قرار داد و با وجود قابل قبول بودن همه معادلات، معادله ارائه شده با هفت متغیر دماهای حداقل و حداکثر هوا، رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی،

1) Skeiker

ابرناکی و طول و عرض جغرافیایی را به عنوان بهترین مدل از نظر آماری انتخاب نمود. یانگ[1] و همکاران[۱۵]، نیز مدلی جهانی برای تخمین تابش ساعتی، روزانه و متوسط روزانه در هر ماه ارائه نمودند. نکته مهم و جدید در این معادله، استفاده از متغیرهای فشار سطحی هوا، توزیع جهانی ضخامت ازن، آب قابل بارش و توزیع جهانی ضریب تیرگی آنگستروم و ساعات آفتابی بود. اوپادهای[2] و همکاران[۴]، به ارائه مدلی جهت تخمین تابش خورشیدی براساس دماهای حداکثر و حداقل هوا در ۲۹ ایستگاه هند پرداختند. مغربی[3] و همکاران[۹] با استفاده از ۵ متغیر هواشناختی همچون بخارآب قابل بارش[4]، دمای هوا، رطوبت نسبی، فشار جو و میانگین ماهانه ساعات آفتابی، مدل ساده‌ای برای محاسبه میانگین ماهانه تابش خورشیدی دریافتی در سطح زمین در تبوک(عربستان سعودی) ارائه نمودند. کارایی این مدل براساس شاخص‌های آماری گوناگون (R=0.99، MBE= -14×10-4 KW H/M2، RMSE= 0.10 KW H/M2 و MPE= - 0.03%) مورد ارزیابی قرار گرفت. چن[5] و همکاران[۵] روش‌هایی را برای تخمین تابش خورشیدی روزانه و ماهانه در ایستگاه هواشناسی چونگ‌کینگ چین براساس الگوریتم‌های آماری بررسی کردند. هدف عمده آنها بررسی امکان استفاده از این روش‌ها برای تخمین تابش خورشیدی با استفاده از دماهای بیشینه و کمینه هوا بود. در این مطالعه، سه نوع معادله خطی، پلی نومینال و تابع رادیال به عنوان توابع کرنل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی در بین ۲۹ مدل دیگر بیشترین کارایی را داشت. در تحقیق ارائه شده توسط اجایا[6] و همکاران[۲] مدلی مناسب جهت تخمین تابش خورشیدی روزانه در نیجریه ارائه گردید که به دلیل استفاده از متغیرهای عرض جغرافیایی، رطوبت نسبی هوا، دمای حداکثر روزانه، تعداد ساعات آفتابی و کسینوس شماره روزهای ژولیوسی نسبت به شرایط اقلیمی حساس‌تر است. سبزی‌پرور و همکاران[۱۳]در تحقیق خود با تأکید براینکه تا آن زمان اکثر مدل‌های تخمین تابش خورشیدی منحصر به چند ایستگاه هواشناسی معدود و براساس مشاهدات کوتاه‌مدت بوده است، یک مدل کلی وابسته به ارتفاع برای تخمین تابش خورشیدی روزانه در نواحی خشک و نیمه‌خشک غرب و شرق ایران به دست آوردند. میان‌آبادی و همکاران[۱۰] در تحقیق دیگری دو مدل مهم تابش خورشیدی را شامل مدل آنگستروم- پرسکات و گارج -گارج در منطقه مشهد بررسی و دو مدل جدید تک متغیره بر پایه ابرناکی ارائه دادند و براساس پارامترهای آماری ضریب تبیین، MBE،RMSE و t نتیجه گرفتند که معادلات پیشنهادی در این مطالعه حتی نسبت به معادله آنگستروم- پرسکات از دقت قابل قبولی برخوردار است. یزدان‌پناه و همکاران [۱۶]در تحقیق خود با استفاده از داده‌های تابش ایستگاه ازن‌سنجی اصفهان در دوره آماری بیست ساله(۱۳۸۴-۱۳۶۵) جهت یافتن مدل مناسب برآورد شدت تابش خورشیدی از روی ساعات آفتابی در این ایستگاه

1) Yang
2) opadhay
3) Maghrabi
4) perceptible water vapor
5) Chen
6) Ajayi

اقدام کرده و نتایج را با مدل‌های رایج دیگر مانند ریتول، فاگبنل، و فرر با استفاده از شاخص‌های آماری RMSE و MBE مقایسه نمودند. معینی و همکاران [۱۱] در تحقیقی دیگر دو روش برآورد تابش خورشیدی بر روی سطح افقی شهر یزد را پیشنهاد و نتایج را با اندازه‌گیری‌های پیرانومتری مقایسه و خطاهای آماری موجود را معین کردند. سبزی‌پرور و همکاران [۱۲] در تحقیقی دیگر با استفاده از داده‌های ایستگاه همدیدی تبریز در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۸۴، یک مدل شبکه عصبی برای برآورد تابش کل خورشیدی دریافتی در سطح زمین ایجاد و یافته‌های آن را با نتایج مدل آنگستروم مقایسه کردند. اگر چه مطالعات محدودی بر روی ارائه و توسعه یک مدل عمومی[1] جهت برآورد میانگین R_s ماهانه و روزانه انجام شده(ین و همکاران۱۹۹۶) و (زو، ۲۰۰۵)، ولی تاکنون گزارش مستدلی از ارائه یک مدل عمومی برای برآورد R_s روزانه در ایران پیشنهاد نشده است. در این راستا، تلاش نموده‌ایم تا نمونه‌ای از این مدل جهت برخی نواحی شرقی و نیمه خشک در کشورمان ارائه گردد.

مواد

جدول ۱) اطلاعات و مختصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع ازسطح دریا(M)	طول جغرافیایی (° E)	عرض جغرافیایی (°N)	طول دوره آماری
کرمان	۱۷۵۳/۸	۵۶ ۵۸ E	۳۰ ۱۵ N	۱۹۸۰- ۲۰۱۰
مشهد	۹۹۹/۲	۵۹ ۳۸ E	۳۶ ۱۶ N	۱۹۸۰- ۲۰۱۰
یزد	۱۲۳۷/۲	۵۴ ۱۷ E	۳۱ ۵۴ N	۱۹۸۰-۲۰۱۰

روش ها

در پژوهش حاضر پس از بررسی و مرور پیشینه علمی موضوع برای برآورد R_s، ابتدا داده‌های مانند تابش خورشیدی رسیده به زمین($Mj\ m^{-2}\ d^{-1}$)، دما، رطوبت نسبی هوا و ... در مقیاس زمانی روزانه از سه ایستگاه سینوپتیک کرمان، مشهد و یزد که جزء مناطق شرقی و نیمه‌خشک ایران هستند و دارای طولانی‌ترین و کامل‌ترین سری داده‌های لازم برای انجام این تحقیق بودند، در دوره آماری ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۰ از سازمان هواشناسی کشور(IRIMO) اخذ گردید. خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های مورد نظر در جدول ۱ آورده شده‌است.

سپس داده‌های موجود مورد بررسی قرارگرفته و داده‌های پرت و دارای خطا حذف شدند. در ادامه، آمار تابش خورشیدی کنترل گردید و با استفاده از نرم‌افزار SPSS داده‌های روزانه از لحاظ کمی و کیفی مورد بازسازی قرار گرفت و

1) General model

میانگین روزانه داده‌های مذکور محاسبه شد و با استفاده از تحلیل رگرسیون، چندین مدل با دقت بیشتر با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MATLAB به شرح زیر توسعه یافتند و واسنجی شدند:

فرمول‌های برآورد تابش خورشیدی

الف- تابش خورشیدی بالای جو(R_O) با استفاده از فرمول‌های زیر [۱] به دست آمده است:

$$R_O = 37.6 d_r (\cos\varphi \cos\delta \sin\omega_s + \omega_s \sin\phi \sin\delta) \quad (۱)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos(\frac{2\pi}{365} J) \quad (۲)$$

$$\delta = 0.4093 \sin(\frac{2\pi}{365} J - 1.39) \quad (۳)$$

$$\omega_s = \arccos\ (-tg\phi\, tg\delta) \quad (٤)$$

d_r= فاصله نسبی زمین و خورشید

$\emptyset$= عرض جغرافیایی (برحسب رادیان)

δ= زاویه میل خورشیدی (برحسب رادیان)

ω_S = زاویه ساعتی خورشید در هنگام غروب (برحسب رادیان)

J = شماره ژولیوسی روزهای سال(از ۱ تا۳۶۵ یا ۳۶۶)

ب- مدل‌هایی که جهت برآورد مقدار تابش خورشیدی دریافتی در سطح زمین (R_s) (جدول۲) براساس رطوبت هوا در ایستگاه‌های مورد مطالعه توسعه یافتند:

جدول ۲) مدل‌های توسعه‌یافته جهت محاسبه فراسنج تابش روزانه

شماره مدل	
۱	$R_s = a T_{max} + b(\dot{n}/N) + c(T_{max}/R.H) + d(T_{max}/R.H)^2 + e\cos\phi . \cos n + f$
۲	$R_s = a(\dot{n}/N) + b(T_{max}/R.H) + c(T_{max}/R.H)^4 + d\cos\phi . \cos n + e(T\,max/\cos\phi) + f$
۳	$R_s = a(\dot{n}/N) + b(\dot{n}/N)^3 + c(T_{max}/R.H) + d(T_{max}/R.H)^2 + e(T_{max}/R.H)^3 + f\cos\phi . \cos n + g(T\,max/\cos\phi) + h\cos^2 n + i$
٤	$R_s = a(\dot{n}/N) + b(\dot{n}/N)^3 + c(T_{max}/R.H) + d(T_{max}/R.H)^2 + e(T_{max}/R.H)^4 + f\cos\phi . \cos n + g(T\,max/\cos\phi) + h\cos^2 n + i$
٥	$R_s = a(\dot{n}/N) + b(T_{max}/R.H) + c(R.H) + d\cos\phi . \cos n + e(T\,max/\cos\phi) + f(T_{max}/R.H)^2 + g(\dot{n}/N)^2 + h\cos^2 n + i$

=R.H	رطوبت نسبی هوا
$=T_{max}$	دمای حداکثر برحسب درجه سانتیگراد(°c)
$=\cos\phi$	کسینوس عرض جغرافیایی ایستگاه
=cos n	کسینوس شماره ژولیوسی روزهای سال
$=\dot{n}$	میانگین ساعات آفتابی(Hour)
N	ساعت آفتابی بالای جو
=i و h ، g، f، e، d، c، b،a	ضرایب مدل‌ها

برای محاسبه ضرایب مدل‌ها(جدول۴) از نرم‌افزار MATLAB استفاده گردید.کلیه این مدل‌ها به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

روش ارزیابی مدل

برای ارزیابی دقت و اعتبارسنجی مدل‌ها و مقایسه نسبی نتایج مدل‌های تخمینی با مقادیر اندازه‌گیری‌شده تابش رسیده به سطح زمین، از چهار شاخص کارایی شامل RMSE%، ME، CRM و MBE استفاده شده‌است، این شاخص‌ها از فرمول‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}} \quad (۵)$$

$$MBE=\frac{\sum_{1}^{n}(P_i-O_i)}{n} \quad (٦)$$

$$CRM=\frac{\sum_{1}^{n}O_i-\sum_{1}^{n}P_i}{\sum_{1}^{n}O_i} \quad (۷)$$

$$ME=\frac{\sum_{1}^{n}(O_i-\overline{O})^2-\sum_{1}^{n}(P_i-O_i)^2}{\sum_{1}^{n}(O_i-\overline{O})^2} \quad (۸)$$

در این معادلات، P_i مقدار برآوردشده تابش خورشیدی، O_i مقدار اندازه‌گیری‌شده تابش خورشیدی و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

RMSE : تفاوت میان مقدار تخمین زده شده و مقدار واقعی را نشان می دهد

مقدار ME: معمولاً مثبت می باشد و مقدار ایده آل برای این خطا برابر صفر می باشد.

MBE: علامت جبری مقدارMBE نشاندهنده مثبت یا منفی بودن مقدارخطا می باشد .اگرمقدارMBE مثبت یا منفی باشد. نشاندهنده این است که مقادیر تخمین زده شده به ترتیب بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه گیری شده می‌باشند.

کمترین ارزش RMSE٪، نزدیک به صفر به معنی دقت بیشتر مدل برآوردکننده است. ارزش بالاتر ME(نزدیک به یک) بیانگر کارایی بهتر مدل است و مقدار CRM مبین برآورد بیشتر یا پایینتر R_S می‌باشد به طوری که ارزش مثبت بیانگر تمایل مدل به برآورد پایین R_S و ارزش منفی R_S را بیش از حد تخمین می‌زند. ارزش‌های پایین RMSE٪ و MBE نشان می‌دهد که کارایی مدل برآورد کننده خوب است.

نتایج و بحث

تعیین برازنده‌ترین مدل

برای تعیین برازنده‌ترین مدل از بین معادلات توسعه‌یافته در جدول ۲، نیاز است تا سطح عملکرد هر مدل معین گردد. به همین جهت، ارزیابی مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری ۵–۸ انجام و نتایج آن در جدول (۳) ارائه گردیده‌است.

جدول ۳) محاسبه مدل‌ها توسط شاخص‌های مذکور برای ایستگاه‌های کرمان، مشهد و یزد

شاخص	ایستگاه	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ٤	مدل ٥
CRM	کرمان	0/26	0/0012	-0/06	-0/088	0/021
	مشهد	0/00021	-0/00038	-0/088	-0/0529	-0/068
	یزد	0/0006	-0/012	0/189	-0/072	-0/004
	میانگین	0/086	-0/0037	0/0136	-0/07	-0/017
ME	کرمان	0/26	0/89	0/866	0/83	0/90
	مشهد	0/94	0/94	0/86	0/92	0/88
	یزد	0/89	0/89	-1/48	0/78	0/93
	میانگین	0/69	0/90	0/1	0/84	0/90
MBE ($Mj.m^{-2}.d^{-1}$)	کرمان	-3/28	-0/0155	0/77	1/14	-0/27
	مشهد	-0/0035	0/0063	1/48	0/88	1/15
	یزد	-0/013	0/024	-6/38	1/47	0/08
	میانگین	-1/1	0/005	-1/37	1/16	0/32
RMSE (%)	کرمان	40/06	15/32	17/055	18/9	14/87
	مشهد	9/97	9/88	15/66	11/9	13/83
	یزد	10/15	10/15	10/13	14/35	9/8
	میانگین	20/06	11/78	14/28	15/05	12/83

جدول (۳) مقادیر میانگین RMSE هر مدل را در ایستگاه‌های مورد نظرنشان می‌دهد. با توجه به آن، مدل‌های ۲ و ۵ کمترین مقدار را دارند، مدل‌های ۳ و ۴ مقدار نزدیک به هم و مدل ۱ بیشترین مقدار را داراست. با توجه به اینکه مدل‌های ۲ و ۵ بیشترین مقدار ME و کمترین RMSE و MBE را دارند عملکرد بهتری نسبت به دیگر مدل‌ها دارا می‌باشد. براساس میانگین CRM، مدل‌های ۲، ۴ و ۵ تابش خورشیدی را بیشتر و مدل‌های ۱ و ۳ این متغیر را پایین‌تر برآورد می‌سازند، زیرا چنانکه در جدول مذکور دیده می‌شود، دارای ارزش مثبت هستند. بنابراین، با توجه به شاخص‌های کارایی مذکور، از بین مدل‌های مورد مقایسه در این مطالعه، مدل‌های ۲ و ۵ نسبت به مدل‌های دیگر از کارایی بیشتری برخوردار می‌باشند. جدول (۴) ضرایب مدل‌های توسعه یافته را نشان می‌دهد. شکل‌های ۱ تا ۶ تفاوت بین مقادیر واقعی تابش خورشیدی و مقادیر تخمینی را بیان می‌کند.

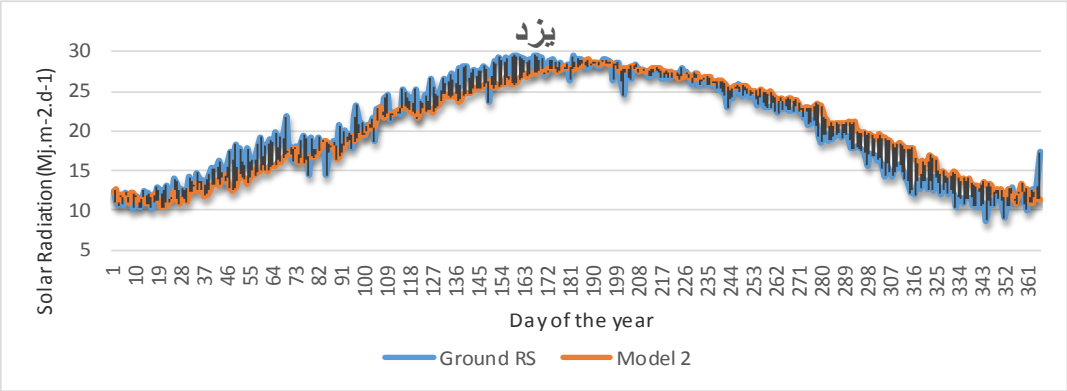
نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، مدل‌هایی جهت تخمین تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین در مناطق شرقی و نیمه خشک ایران ارائه گردیده است. مدل‌هایی که تاکنون ارائه شده، وابسته به مکان[1] هستند. به این دلیل که شامل عرض جغرافیایی نمی‌باشد. در این پژوهش، چند مدل رگرسیونی که وابسته به مکان نیست، توسعه یافت. وارد کردن دمای حداکثر روزانه و رطوبت نسبی روزانه، مدل را نسبت به شرایط اقلیمی حساس می‌سازد. نوسانات فصلی رطوبت نیز در این مدل‌ها به کار رفته است. توزیع تابش خورشیدی جهانی از اواسط سال که فصل اوج بارندگی است به صورت قرینه می‌باشد. براساس آنچه ذکر گردید، مدل‌های ۲ و ۵ برازنده‌ترین مدل برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران هستند. علاوه براین، به دلیل اینکه این دو مدل بر پایه عرض جغرافیایی می‌باشند، می‌توان آنها را در تخمین تابش خورشیدی روزانه سایر نقاط جهان بخصوص مناطقی با عرض جغرافیایی مشابه به کار برد.

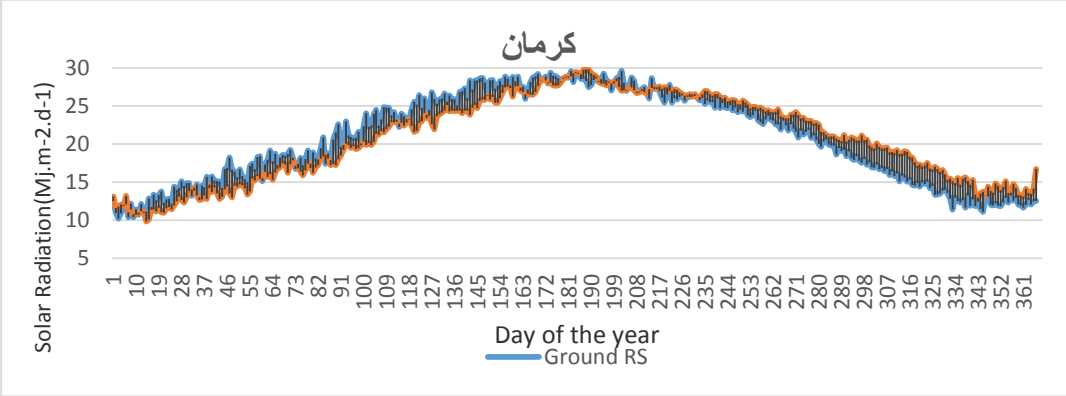
1 -Site-dependent

جدول ٤) محاسبه ضرایب ٦گانه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

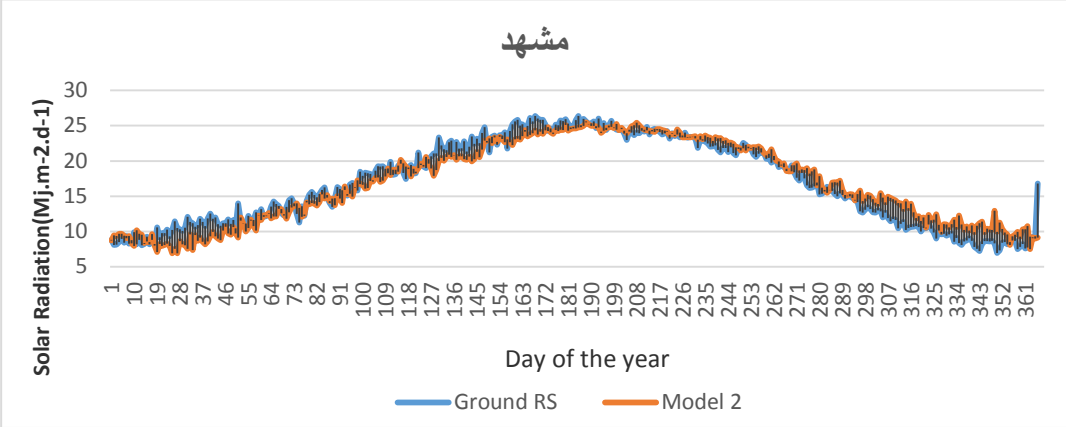
ضرایب	کرمان	مشهد	یزد
a1	1/131	0/596	0/756
b1	-1/143	-13/4	-2/73
c1	-0/132	0/069	-0/027
d1	0/0001	6/18*10^-5	4/005*10^-5
e1	0/054	0/43	0/18
f1	1/594	9/88	4/62
a2	-1/073	-14/63	-3/473
b2	-0/053	0/116	-0/006
c2	2/29*10^-9	-1/95*10^-8	-3/5*10^-11
d2	0/07	-0/509	0
e2	0/837	0/474	0/602
f2	2/045	10/757	5/591
a3	3/181	1/1	25/031
b3	-4/404	-11/282	-17/35
c3	-0/193	-0/539	-0/064
d3	0/001	0/009	0/0001
e3	-1/8*10^-6	-4/24*10^-5	-6/95*10^-7
f3	-0/002	-0/754	0/089
g3	1/006	0/14	0/669
h3	-0/189	-0/222	-0/361
i3	2/142	7/139	-7/313
a4	3/238	1/785	25/041
b4	-4/412	-12/264	-17/384
c4	-0/168	-0/378	-0/05
d4	0/001	0/005	0/0001
e4	-3/389*10^-9	-1/63*10^-7	-1/04*10^-9
f4	0/001	-0/799	0/089
g4	0/993	0/129	0
h4	-0/184	-0/234	-0/363
i4	1/799	6/11	-7/508
a5	5/39	24/185	53/902
b5	-0/045	0/678	0/009
c5	11/062	35/37	4/62
d5	-0/012	-0/51	0/082
e5	0/875	-0/005	0/596
f5	0/0001	-0/002	-2/55*10^-5
g5	-6/464	-31/25	-39/24
h5	-0/165	-0/338	-0/383
i5	-4/89	-28/128	-17/17



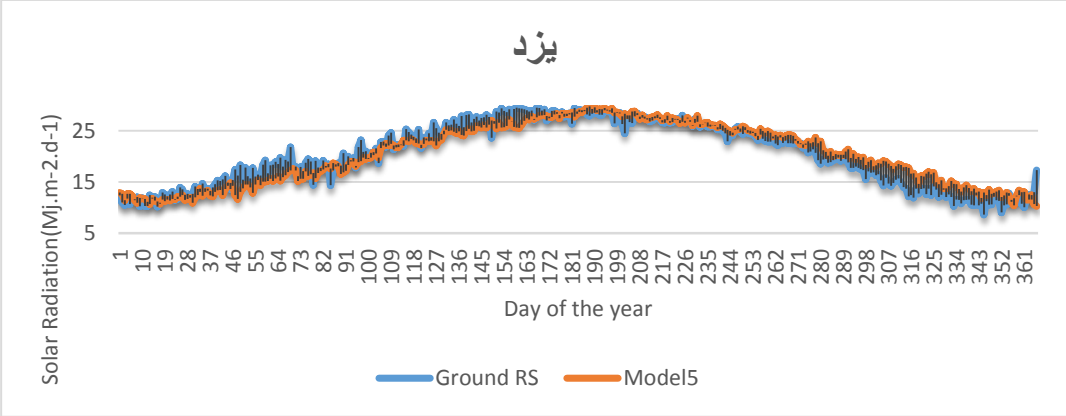
شکل ۱) تفاوت بین مقادیر واقعی و تخمین زده‌شده تابش در یزد(مدل ۲)



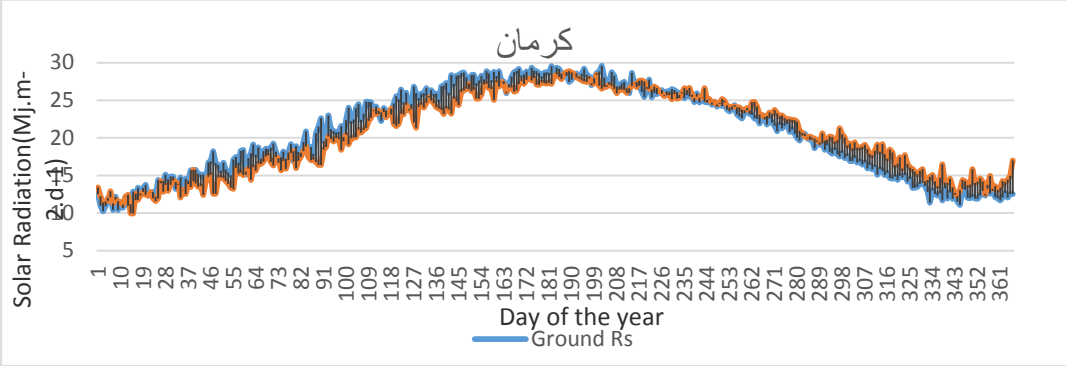
شکل ۲) تفاوت بین مقادیر واقعی و تخمین زده‌شده تابش در کرمان (مدل ۲)



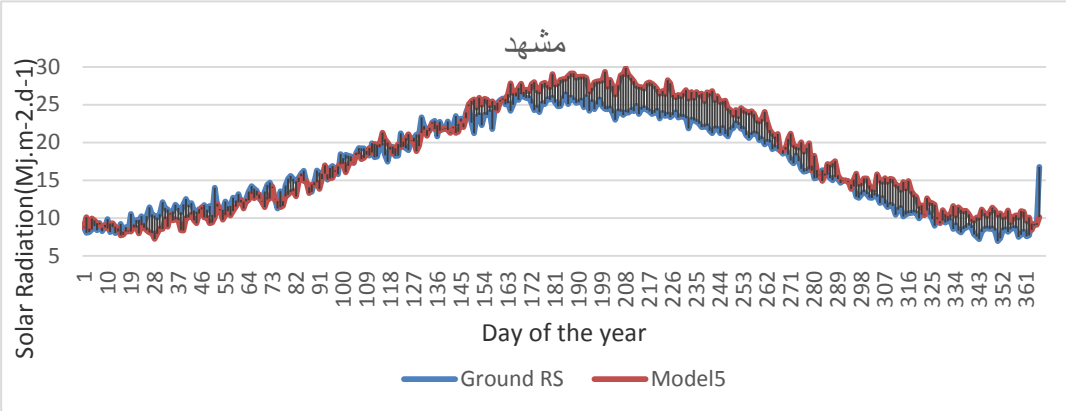
شکل ۳) تفاوت بین مقادیر واقعی و تخمین زده‌شده تابش در مشهد(مدل ۲)



شکل ٤) تفاوت بین مقادیر واقعی و تخمین زده‌شده تابش در یزد (مدل ٤)



شکل ٥) تفاوت بین مقادیر واقعی و تخمین زده‌شده تابش در کرمان (مدل ٤)



شکل ٦) تفاوت بین مقادیر واقعی و تخمین زده‌شده تابش درمشهد (مدل ٤)

منابع

[۱] اولیایی، اسماعیل . سبزی، احمد. (۱۳۹۰)، ارزیابی مدل شبکه عصبی در تخمین میزان تابش خورشیدومقایسه ان بامدل تخمینی انکستروم در ایستگاه تبریز، مجله فیزیک، صفحات ۴۱ـ۳۰.

[۲] سبزی، احمد. شتایی، حسین. (۱۳۹۰)، تخمین میزان تابش خورشیددر نواحی خشک ونیمه خشک شرق وغرب ایران، مجله انرژی ایران، صفحات ۶۵۵ـ۶۴۹.

[۳] میاندوابی، احمد. حسینی، فریدالله. (۱۳۸۴)، کالیبره کردن دو مدل برای تخمین تابش خورشیدی وتوسعه مدلی جهت محاسبه انرژی خورشیدی در هوای ابری مشهد مجله تحقیقات اقلیمی، صفحات ۱۲۰ـ۱۱۱.

[۴] معینی، سیدجواد. دهقان منشادی، شهرام. میراسماعیلی، رضا. (۱۳۹۰)، تخمین انرژی بالقوه خورشیدی در شهر یزد ، مجله انرژی ایران، صفحات ۷۷ـ۷۱.

[۵] یزدان‌پناه، حجت‌الله. میرمجربیان، فریدالله. برقی، حمید. (۱۳۸۹)، براورد تابش کلی درسطح افقی زمین در اصفهان ، مجلّه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی در اصفهان، صفحات ۱۰۴ـ۹۵.

[6] Ajayi Oluseyi O, Fagbenle RO, Katende James, Okeniyi Joshua O, Omotosho OA. 2011,«Wind energy potential for power generation of a local site in Gusau, Nigeria». *International Journal of Energy for a Clean Environment*, Volume1, (No1–4), pp:99–116, 2010, DOI: 10.1615/InterJEnerCleanEnv. 003309..

[7] Ajayi, O.O., Ohijeagbon, O.D., Nwadialo C.E., Olumide Olasope., 2014.«New model to estimate daily global solar radiation over Nigeria». *Sustainable Energy Technologies and Assessments Journal*, Volume5, pp:28–36,. DOI: 10.1016/j.seta.2013.11.001.

[8] Almorox J., Benito M., Hontoria C., 2004.«Estimation of monthly Angstrom–Prescott equation coefficients from measured daily data in Toledo, Spain». *Renewable Energy Journal*, Volume 30, Issue 6, pp:931–936, 2005, DOI: 10.1016/j.renene..08.002.

[9] Bandyopadhyay, A., Bhadra, A., Raghuwanshi, N. S., Singh, R., 2008.«Estimationof monthly solar radiation from measured air temperature extremes». *Agriculture and Forest Meteorology Journal*, Volume 148, Issue 11, pp:1707 –1718, 2008, DOI: 10.1016/j.agrformet..06.002.

[10] Chen, J. L., Liu, H.B., Wu, W., Xie, D.T., 2011.«Estimation of monthly solar radiation from measured temperatures using support vector machines-a case study». *Renewable Energy Journal*, Volume 36, Issue1, pp413-420, , DOI: 10.1016/j.renene.2010.06.024.

[11] Chineke TC., 2008«.Equations for estimating global solar radiation in data sparse regions», *Renewable Energy Journal*, Volume 33, Issue 4, pp: 827–831, , DOI: 10.1016/j.renene.2007.01.018.

[12] Islam MD, Kubo I, Ohadi M, Alili AA., 2008.«Measurement of solar energy radiation in Abu Dhabi, UAE». *Applied Energy Journal*, Volume 86, Issue 4, pp: 511–515, 2009, DOI: 10.1016/j.apenergy..07.012.

[13] Li, M.F., Li, F., BinLiu, H, .TaoGuo, P, .Wuc, Wei., 2012.«A general model for estimation of daily global solar radiation using air temperatures and site geographic Parameters in Southwest China». *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 92, pp: 145–150, 2013, DOI: 10.1016/j.jastp..11.001.

[14] Maghrabi, A.H., 2009«Parameterization of a simple model to estimate monthly global solar radiation based on meteorological variables, and evaluation of existing solar radiation models for Tabouk, Saudi Arabia». *Energy Conversion and Management Journal*, Volume 50, Issue 11, pp: 2754–2760, 2009, DOI: 10.1016/j.enconman..06.024.

[15] Skeiker, K., «Correlation of global solar radiation with common geographical and meteorological parameters for Damascus province, Syria». *Energy Conversion and Management Journal*, Volume 47, Issue 4, PP: 331-345, 2006, DOI: 10.1016/j.enconman.2005.04.012.

[16] Yang, K., Koike, T. and Ye, B., «Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets». *Agricultural and Forest Meteorology Journal*, Volume 137, Issues 1–2, PP: 43-55, 2006, DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.02.001.

[17] Yin, X., «Reconstructing monthly global solar radiation from air temperature and precipitation records: a general algorithm for Canada». *Ecological Modelling jurnal*, Volume 88, Issues 1–3, PP: 39-44, 1996, DOI: 10.1016/0304-3800(95)00035-6.

[18] Zhou, J., Wu, Y., Yan, G., «General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China». *Energy Conversion and Management jurnal*, Volume46, Issue2, PP: 257–268, 2005, DOI: 10.1016/j.enconman.2004.02.020.