

**"مقاله کوتاه پژوهشی"****ارائه یک مدل عمومی جدید برای برآورد تابش خورشیدی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران**

۱- محمدحسین مبین، استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد  
mhmobin@yazd.ac.ir

۲- اعظم غلامنیا، کارشناسی ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۳- حمید سودایی‌زاده، دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۴- سید عباس میرحسینی، کارشناس ارشد مرکز تحقیقات اقلیمی، اداره کل هواشناسی استان یزد

دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۱

پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۵

**چکیده**

برآورد تابش خورشیدی روزانه ( $R_s$ ) برپایه پارامترهای 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 بر اساس مدل‌های ریاضی به گونه‌ای آنرا تخمین زد. یکی از روش‌های متداول برای تخمین تابش خورشیدی رسیده به زمین، استفاده از متغیرهای دمایی و جغرافیایی در هر مکان است. مدل‌هایی که بدین منظور در جهان و به ویژه در ایران پیشنهاد شده اغلب وابسته به یک نقطه خاص بوده است. بنابراین در این پژوهش تلاش شده تا یک مدل عمومی جدید برای تخمین  $R_s$  برای مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران معرفی گردد. برای دستیابی به این هدف با استفاده از داده‌هایی چون دما (حداقل و حداکثر) در مقیاس روزانه، مختصات جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) و ارتفاع از سطح دریا در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۷۰ مربوط به ایستگاه‌های همدیدی اصفهان، کرمان، مشهد، طبس و خور و بیابک که در سامانه طبقه‌بندی کوپن دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک هستند، چندین مدل رایج جهانی وابسته به مکان، جهت برآورد  $R_s$  بررسی و پس از مقایسه کارایی آن‌ها با توجه به شاخص‌های آماری، برانزده‌ترین مدل معرفی شد. برای ارائه مدل عمومی و بسط معادله آن، بین ضرایب برانزده‌ترین مدل وابسته به مکان و ویژگی‌های جغرافیایی هر مکان (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) در هر ایستگاه، روابط رگرسیونی خطی چندگانه ایجاد و بررسی، و سپس بر اساس محاسبات فوق یک معادله عمومی استنتاج شد. نتایج حاکی از آن است که مدل عمومی معرفی شده در این تحقیق، با میانگین کارایی مدل ۰/۸۰، میانگین خطای معیار ۰/۰۱-، میانگین جذر مربعات خطا ۶/۵ و میانگین ضریب مجموع باقی‌مانده‌ها ۰/۰۶۹ برانزده‌ترین مدل عمومی برآورد تابش خورشیدی روزانه ( $R_s$ ) در مناطق خشک و نیمه خشک ایران می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** مدل عمومی؛ تابش خورشیدی؛ مناطق خشک؛ متغیرهای دمایی؛ ایران.

**مقدمه**

برای تخمین غیرمستقیم  $R_s$  براساس دیگر متغیرهای هواشناختی رایج از جمله دما و ساعات آفتابی، مطالعات زیادی صورت گرفته است. در این زمینه روش‌هایی برای تخمین تابش خورشیدی روزانه و ماهانه در ایستگاه هواشناسی چونگ کینگ چین براساس الگوریتم‌های آماری با استفاده از دماهای بیشینه و کمینه هوا مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است [۴]. در تحقیقی دیگر مدلی مناسب جهت تخمین تابش خورشیدی روزانه در نیجریه ارائه گردید که به دلیل استفاده از متغیرهایی چون

داده‌های مربوط به تابش خورشیدی در بسیاری از زمینه‌ها از جمله تخمین تبخیر- تعرق، طراحی، معماری و کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک کاربرد دارد. اندازه‌گیری تابش خورشیدی به خصوص در دوره‌های درازمدت در مقایسه با پارامترهای دمایی، کمتر صورت می‌گیرد. به طوری که در چین از ۲۰۰۰ ایستگاه هواشناختی فقط ۹۸ مورد و در ایران در حدود ۱۲ درصد از ایستگاه‌های همدیدی این پراسنج اندازه‌گیری و ثبت می‌شود [۱۰].

تابش خورشیدی رسیده به زمین ( $Mj/m^2 \cdot day$ )، و دما در مقیاس زمانی روزانه مربوط به پنج ایستگاه همدیدی اصفهان، کرمان، مشهد، طبس و خور و بیابانک در دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ از سازمان هواشناسی کشور (IRIMO) تهیه شد. پس از آن جهت واسنجی ضرایب مدل‌ها، حدود دوسوم داده‌های مورد استفاده برای ایجاد مدل‌ها در هر ایستگاه انتخاب و از بقیه آن‌ها برای اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده شد. میانگین روزانه داده‌های مذکور در هر ایستگاه محاسبه و براساس شش مدل وابسته به دما<sup>۳</sup>، برآورد شد. تابش خورشیدی بالای جو ( $R_o$ ) نیز با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد [۲]:

$$R_o = 37.6 d_r (\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \omega_s \sin \phi \sin \delta) \quad (1)$$

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

$$\delta = 0.4093 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \quad (3)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta) \quad (4)$$

که در آن‌ها:

$d_r$	فاصله نسبی زمین و خورشید
$\phi$	عرض جغرافیایی (بر حسب رادیان)
$\delta$	زاویه میل خورشیدی (بر حسب رادیان)
$\omega_s$	زاویه ساعتی خورشید در هنگام غروب (بر حسب رادیان)
$J$	شماره ژولویوسی روزهای سال (از ۱ تا ۳۶۵ یا ۳۶۶)

برای برآورد مقدار تابش خورشیدی دریافتی در سطح زمین ( $R_s$ ) از مدل‌های تجربی و وابسته به مکان استفاده شد. لازم به اشاره است که مدل ۲ بوسیله هانت و همکاران [۷]، مدل ۱ که به مدل H معروف است توسط هارگریوز و همکاران [۵] معرفی شده و به‌طور وسیعی برای شرایط مختلف اقلیمی به‌کار رفته است [۳، ۷، ۸ و ۱۲]. در چین، این مدل مورد واسنجی قرار گرفته و مشخص شده که مدل اخیر، ۶۲ درصد از تغییرات  $R_s$  در ایستگاه نانچانگ، ۷۱ درصد در چنگ، ۷۳ درصد در چانگکینگ و ۵۷ درصد در جیانگ را توجیه می‌نماید [۵]. در این

عرض جغرافیایی، رطوبت نسبی هوا، دمای حداکثر روزانه، تعداد ساعات آفتابی نسبت به شرایط اقلیمی حساس‌تر بوده و بنابراین نمی‌توان از این مدل در تخمین تابش خورشیدی روزانه در سایر نقاط جهان استفاده نمود [۱]. در تحقیق دیگری دو مدل مهم تابش خورشیدی شامل مدل آنگستروم- پرسکات و گارج-گارج در منطقه مشهد بررسی و دو مدل جدید تک متغیره بر پایه ابرناکی ارائه شد. براساس پارامترهای آماری ضریب تبیین،  $t$  و  $MBE, RMSE$  معادلات پیشنهادی در این مطالعه نسبت به معادله آنگستروم- پرسکات از دقت قابل قبولی برخوردار بود [۱۲].

لازم به اشاره است که اکثر مدل‌های مذکور در مورد مکان‌های خاصی که در آن‌جا حداقل داده‌های درازمدت ( $R_s$  و  $T$ ) ثبت شده است صدق می‌کند و بنابراین می‌توان آن‌ها را مدل‌های وابسته به مکان تلقی نمود. اگر چه مطالعات محدودی بر روی ارائه و توسعه‌ی یک مدل عمومی<sup>۲</sup> جهت برآورد میانگین  $R_s$  ماهانه و روزانه انجام شده [۱۲، ۱۳]، ولی تا کنون گزارشی از ارائه یک مدل عمومی برای برآورد  $R_s$  روزانه در ایران پیشنهاد نشده است [۱۸]. دمای هوا یکی از رایج‌ترین داده‌های هواشناختی است که اندازه‌گیری و ثبت آن تقریباً در هر نقطه‌ای از ایران میسر است. فرض بر این است که یک مدل عمومی برای برآورد  $R_s$  روزانه جهانی با استفاده از متغیرهای دمایی و ویژگی‌های جغرافیایی (طول، عرض و ارتفاع از سطح دریا) بتواند در یک منطقه همگن اقلیمی از کارآیی لازم برخوردار باشد. هدف از انجام این پژوهش، واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌های وابسته به مکان بر اساس دماهای کمینه و بیشینه ثبت شده برای برآورد  $R_s$  روزانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه، و ارائه و توسعه‌ی یک مدل عمومی برای تخمین  $R_s$  روزانه، با دقت قابل قبول بر مبنای کمترین داده‌های هواشناسی ورودی مورد نیاز برای ایجاد مدل (دمای بیشینه، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران است.

### مواد و روش تحقیق

در این پژوهش برای برآورد مقدار  $R_s$  ابتدا داده‌های

<sup>۱</sup>. Site-dependent

<sup>۲</sup>. General model

<sup>۳</sup>. Temperature-dependent

طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌های مورد مطالعه، مدلی عمومی جهت برآورد  $R_s$  برای کل پهنه مورد مطالعه معرفی شد. برای محاسبه ضرایب مدل ۱ تا ۵ از نرم افزار SPSS ۲۰ و مدل ۶ و ۷ از برنامه MATLAB/۵ استفاده گردید. برای ارزیابی دقت و اعتبارسنجی مدل‌ها و مقایسه نسبی نتایج مدل‌های تخمینی با مقادیر اندازه‌گیری شده تابش رسیده به سطح زمین، از چهار شاخص کارآیی شامل ME، RMSE، CRM و MBE استفاده شد.

### نتایج و بحث

بر اساس معادلات تجربی و وابسته به مکان، ضرایب تجربی مدل‌های ۲، ۴، و ۵ محاسبه در جدول ۱ خلاصه شده است. در این جدول  $a$ ،  $b$  و  $c$  ضرایب تجربی هر مدل و زیرنویس عددی هر یک از آن‌ها بیانگر شماره مدل است.

جدول ۱- ضرایب تجربی مدل‌های ۲، ۴ و ۵

ایستگاه	$c_5$	$b_5$	$a_5$	$c_4$	$b_4$	$a_4$	$b_2$	$a_2$
اصفهان	-۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۱۱۱	۴/۳۶	۰/۰۲	۰/۰۲۷	۱/۵	۰/۱۴۱
کرمان	-۰/۱۲۵	۰/۴۷۷	۰/۲۷۶	۷/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۱۹	-۱/۱	۰/۱۶۳
مشهد	-۰/۱۴	۰/۳۵۲	۰/۲۹۶	۴/۳۶	-۰/۰۲	۰/۰۲۷	۰/۳۶	۰/۱۵
طیس	-۰/۶۸	۰/۴۵	۰/۲۱	۵/۹۲	-۰/۰۱۵	۰/۰۲۲	۰/۵	۰/۱۶۴
خورویبابانک	-۱/۲۵	۰/۵۳۲	۰/۰۷	۳/۰۳	-۰/۰۲۹	۰/۰۳۱	۰/۱۳	۰/۱۵

ضرایب مدل عمومی موردنظر، بین ضرایب تجربی مدل ۵ ( $c_5$ ،  $b_5$  و  $a_5$ ) و مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌های مورد مطالعه، با تحلیل رگرسیون چندگانه، معادلات جدیدی به دست آمد که برای کل منطقه مورد مطالعه معتبر است، چون در ساختن معادلات مذکور از مختصات جغرافیایی و ارتفاع کلیه ایستگاه‌ها استفاده شده است (جدول ۳).

جهت ارزیابی کارآیی و اعتبار مدل عمومی از شاخص‌های آماری استفاده شد. بر این اساس می‌توان مدل عمومی که با میانگین ME ۰/۸۰، میانگین MBE ۰/۰۱-، میانگین RMSE ۶/۵ و میانگین CRM ۰/۰۶۹ از کارآیی بالایی برخوردار است، را به عنوان مدل کلی و عمومی برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران پیشنهاد نمود.

پژوهش مدل مذکور برای پنج ایستگاه همدیدی واقع در مناطق خشک و نیمه خشک ایران بررسی شده و شاخص‌های آماری بیانگر این است که این مدل ۵۸٪، ۶۳٪، ۶۵٪، ۶۴٪ و ۴۴٪ تغییرات  $R_s$  روزانه را به ترتیب در ایستگاه‌های اصفهان، کرمان، مشهد، طیس و خورویبابانک توجیه می‌نماید.

در این پژوهش پس از بررسی روابط رگرسیونی چندگانه بین داده‌های واقعی تابش خورشیدی در ۵ ایستگاه مورد مطالعه و دیگر متغیرهای اقلیمی مانند دماهای میانگین، بیشینه و کمینه هوا، بارش، ساعت آفتابی و رطوبت نسبی در مقیاس زمانی، با استفاده از دمای بیشینه دمای هوا ( $T_{max}$ ) برازنده‌ترین مدل در مورد ایستگاه‌های اصفهان، کرمان، مشهد، طیس و خورویبابانک ارائه گردید (معادله ۵). با داده‌های  $T_{max}$  و  $R_o$ ، برای هر ایستگاه ضرایب تجربی  $a_5$ ،  $b_5$  و  $c_5$  محاسبه و سپس با کاربرد روش رگرسیون چندگانه و استفاده از ضرایب فوق و

با توجه به شاخص‌های کارایی در جدول ۲، از بین مدل‌های مورد مقایسه در این مطالعه، مدل‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ نسبت به مدل‌های دیگر از کارآیی بیشتری برخوردار بوده، و مدل ۵ که برای اولین بار در این پژوهش ارائه شده، با میانگین ME ۰/۹۸، میانگین MBE ۰/۰۵-، میانگین RMSE ۵/۱۱ و میانگین CRM ۰/۰۴۲ بهترین را در این ایستگاه‌ها نشان داده که گویای حداکثر کارآیی این مدل است.

از آنجایی که در ایجاد مدل‌های مورد اشاره، از ویژگی‌های دمایی و تابشی خاص هر مکان استفاده شده، این مدل‌ها، وابسته به مکان تلقی می‌شوند، هرچند این تحقیق در پی ارائه و بسط یک مدل عمومی برای کل منطقه مورد مطالعه است. به منظور به دست آوردن



جدول ۲- ارزیابی مدل‌های مورد بررسی براساس شاخص‌های آماری

شاخص	ایستگاه	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل ۵*	مدل ۶	مدل ۷
CRM	اصفهان	-۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۱۰۸	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۳۷	۰/۳۷	-۰/۰۵
	کرمان	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳۵	-۰/۰۱	۰/۰۱۵۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱	-۰/۰۳۳
	مشهد	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۵	-۰/۰۱۷	-۰/۰۳	۰/۱	-۰/۲	-۰/۰۴۲
	طبس	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	-۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۰۹	۰/۳۶	۰/۰۵
	خوروبیابانک	-۰/۰۰۰۰۲۸	-۰/۰۰۰۰۲۶	-۰/۰۲	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۸	۰/۳۷	-۰/۰۶۳
	میانگین	-۰/۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۲۵	-۰/۰۰۷۵	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۴۲	۰/۱۸	-۰/۰۲۷
ME	اصفهان	۰/۵۸	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۷	-۰/۸۴	۰/۹۲
	کرمان	۰/۶۳	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶
	مشهد	۰/۶۵	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۶۳	۰/۹۵
	طبس	۰/۶۴	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸	-۰/۵۴	۰/۹۳
	خوروبیابانک	۰/۴۴	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۸	-۰/۵۳	۰/۸۶
	میانگین	۰/۵۸	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۸	-۰/۰۶۲	۰/۹۲
MBE (Mj.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	اصفهان	۰/۰۰۰۱	-۰/۱۹	-۰/۰۰۵	۰/۱۷۳	-۰/۰۶۶	-۶/۷۳	۰/۹۲
	کرمان	-۰/۰۰۰۱۳	-۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۴۳	-۰/۳۲	۰/۰۰۰۸	-۰/۲۲	۰/۶۹
	مشهد	-۰/۰۰۰۱۱	-۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۵۵	-۰/۱۸	۳/۳۶	۰/۷۱
	طبس	-۰/۰۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۲۴	-۰/۲۱۴	۰/۱۴	-۰/۰۱۵۷	-۶/۸	-۰/۹۳
	خوروبیابانک	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۴۴	۰/۳۳۸	-۰/۰۲	-۰/۰۱۳۷	-۶/۲۹	۱/۰۶
	میانگین	۰/۰۰۰۰۴	-۰/۰۴۴	۰/۰۲۶	۰/۱	-۰/۰۵۷	-۳/۳۳	۰/۴۹
RMSE	اصفهان	۵/۵۳	۵/۱۹	۶/۱۵	۶/۹	۵/۹	۳۸/۴۳	۸
	کرمان	۴/۶۵	۴/۴۳	۴/۲۵	۵/۵۷	۴	۴/۹	۵/۵۸
	مشهد	۶/۲۶	۶/۱۷	۶/۲۶	۷/۵۳	۵/۹	۲۱/۷۸	۷/۸
	طبس	۶/۲۱	۶/۰۸	۵/۹۳	۵/۴	۴/۹۷	۳۸/۶	۷/۹
	خوروبیابانک	۴/۹۶	۰/۰۱۳	۵/۱۶	۶/۴۵	۴/۸	۳۸/۷	۸/۳
	میانگین	۵/۵۲	۴/۳۸	۶/۵۸	۷/۶۶	۵/۱۱	۲۸/۴۹	۷/۵

\*- مدل عمومی پیشنهادی

جدول ۳- ضرایب مدل عمومی پیشنهادی

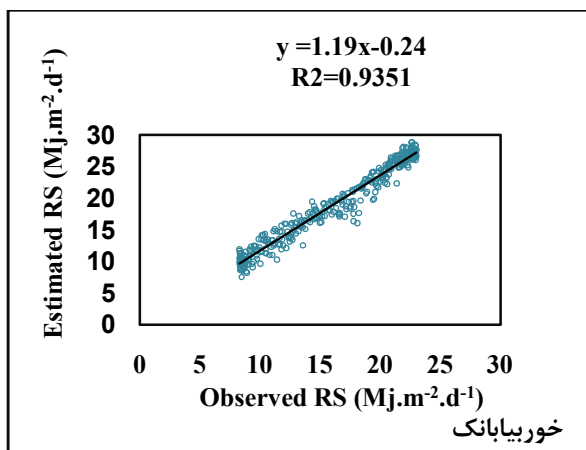
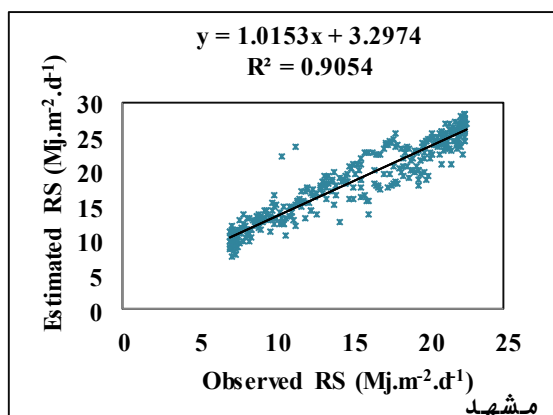
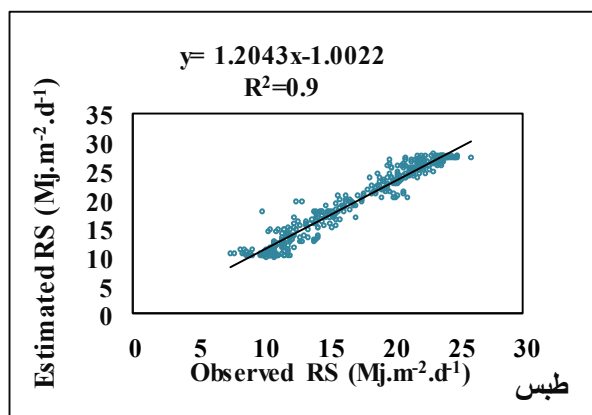
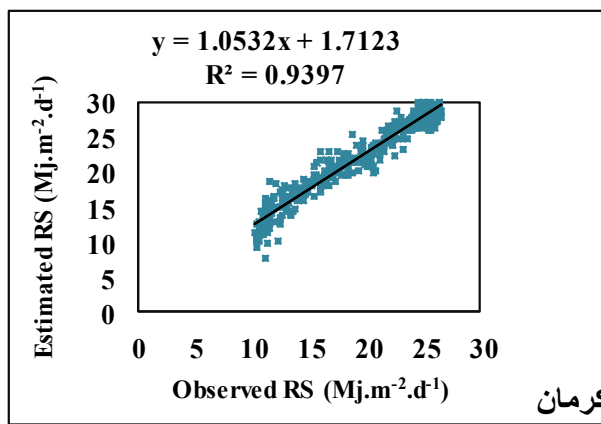
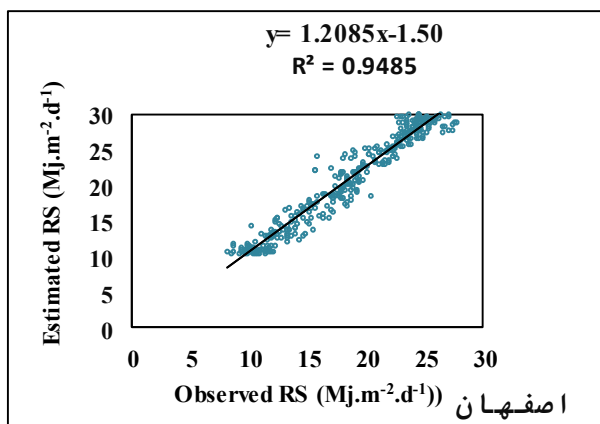
ضریب		R <sup>2</sup>
a <sub>5</sub>	$28 \times 10^{-3}La + 45 \times 10^{-3}Ld + 0.0001ALT - 3.91$	99.7
b <sub>5</sub>	$-40 \times 10^{-3}La - 25 \times 10^{-3}Ld + 0.0001ALT + 3.63$	99.6
c <sub>5</sub>	$-221 \times 10^{-3}La + 203 \times 10^{-3}Ld - 0.002ALT - 17.97$	99.8

(ALT: ارتفاع از سطح دریا، Ld: طول جغرافیایی، La: عرض جغرافیایی)

جدول ۴- ارزیابی آماری مدل عمومی پیشنهادی

ایستگاه	RMSE	ME	M(Mj.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	CRM
اصفهان	۲۰/۵	۰/۶۲	۳	-۰/۲
کرمان	۹/۲	۰/۹۰	-۱/۶۶	۰/۰۸
مشهد	۱۲/۸۶	۰/۸۹	-۱/۶۵	۰/۰۹۸
طبس	۷/۸	۰/۵۸	۰/۹۷۷	-۰/۰۵
خوروبیابانک	۱۹/۶	۰/۹۶	-۰/۷۲	۰/۴۲
میانگین	۶/۵	۰/۸۰	-۰/۰۱	۰/۰۶۹

با توجه به شکل ۱ و مقادیر ضرایب تعیین در ایستگاه‌های مختلف، همبستگی بالایی بین مقادیر برآورد شده و مقادیر حاصل از مدل عمومی وجود دارد که بیانگر قابلیت و کارایی بالای مدل عمومی پیشنهادی است.



شکل ۲- رابطه بین مقادیر تخمینی حاصل از مدل ۵ و مقادیر مشاهده شده  $R_s$  در ایستگاه‌های مورد مطالعه

## نتیجه گیری

برازنده ترین مدل وابسته به مکان (مدل ۵) و متغیرهای جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) هر ایستگاه، براساس رگرسیون خطی چندگانه تحلیل همبستگی انجام شد و با توجه به ضریب تعیین یک معادله عمومی استنتاج شد که در مناطق خشک و نیمه خشک ایران این مدل عمومی با میانگین  $ME = 0.08$ ، میانگین  $MBE = -0.01$ ، میانگین  $RMSE = 0.06$  و میانگین  $CRM = 0.06$  از کارایی بالایی برخوردار است. اکثر مدل‌هایی که تا کنون جهت برآورد  $R_s$  روزانه در ایران پیشنهاد شده فقط برای یک مکان خاص اعتبار داشته و بعلاوه به داده‌های متعدد هواشناسی، مانند تعداد ساعات آفتابی، ابرناکی، رطوبت نسبی و دمای هوا نیاز دارد. به‌علاوه این مدل عمومی را می‌توان در مناطقی از کشور که دارای شرایط اقلیمی و جغرافیایی مشابه با منطقه مورد مطالعه باشد، با منظور نمودن  $T_{max}$  و متغیرهای جغرافیایی هر مکان (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) برای تخمین  $R_s$  روزانه مورد استفاده قرار داد.

در دو دهه اخیر برای تخمین تابش خورشیدی دریافتی در سطح زمین مدل‌های متعددی پیشنهاد شده است. تقریباً تمامی این مدل‌ها که با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های همدیدی کشور انجام شده فقط برای همان نقطه مورد مطالعه دارای اعتبار است. نتایج این پژوهش نشان داد که برای تخمین  $R_s$  روزانه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران می‌توان با استفاده از پارامتر دمای بیشینه هوا ( $T_{max}$ ) در مقیاس زمانی روزانه و ویژگی‌های جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) ایستگاه‌های هواشناسی، یک مدل عمومی پیشنهاد نمود که بتواند در یک منطقه همگن اقلیمی از کارایی لازم برخوردار باشد. بدین منظور ابتدا چندین مدل رایج جهانی وابسته به مکان، جهت برآورد تابش خورشیدی دریافتی در سطح زمین بررسی، و سپس کارایی آن‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری مقایسه و برازنده‌ترین مدل انتخاب شد. برای ایجاد مدل عمومی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و بسط آن، بین ضرایب

## References

- [1]. Ajayi, O.O., Ohijeagbon, O.D., Nwadialo C.E., & Olumide, O. (2014). New model to estimate daily global solar radiation over Nigeria. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 5, 28–36
- [2]. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (- FAO), Rome, Italy.
- [3]. 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*, 36, 413–420.
- [4]. Chen, R.S., Ersi, K., Yang, J.P., Lu, S.H., & Zhao, W. Z. (2004). Validation of five global radiation models with measured daily data in China. *Energy Conversion and Management* 45, 1759–1769.
- [5]. Hargreaves, G.L., Hargreaves, G.H., & Riley, P. (1985). Irrigation water requirement for the Senegal River Basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE 111, 265–275.
- [6]. Hoogenboom, G. (2000). Contribution of a grommet orology to the simulation of crop production and its applications. *Agriculture and Forest Meteorology*, 103, 137–157.
- [7]. Hunt, L.A., Kuchar, L., & Swanton, C. J. (1998). Estimation of solar radiation for use in crop modeling. *Agriculture and Forest Meteorology*, 91, 293–300.
- [8]. Li, M.F., Liu, H.B., Guo, P.T., & Wu, W. (2010). Estimation of daily solar radiation from routinely observed meteorological data in Chongqing, China. *Energy Conversion and Management*, 51, 2575–2579.
- [9]. Li, M.F., Li, F., Liu, H.B., Wu, W., & Chen, J.L. (2012). Impact of time interval on the Angstrom-Preccott coefficients and their interchangeability in estimating radiation. *Renewable Energy*, 44, 431–438.
- [10]. Li, M.F., Li, F., BinLiu, H., TaoGuo, P., & Wuc, W. (2013). 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* 92, 145–150.

[11]. Mianabadi, A., & Faridalhoseini, A. (2012). Calibration two models of estimating solar radiation and development of two solar models base on cloudy in Mashhad. *Climatic Research*, 111-120.

[12]. Yin, X., (1996). Reconstructing monthly global solar radiation from air temperature and

precipitation records: a general algorithm for Canada. *Ecological Model- ling*, 88, 39–44.

[13]. Zhou, J., Wu, Y., & Yan, G. (2005). General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China. *Energy Conversion and Management*, 46, 257–268.



"Short Research Paper"

## Introducing a new model for estimating solar radiation in arid and semi-arid regions of Iran

1-M.H. Mobin, Assistant Professor, Department of Management the Arid and Desert regions, College of Natural Resources and Desert, Yazd University [mhmobin@yazd.ac.ir](mailto:mhmobin@yazd.ac.ir)

2-A. Gholamnia, M.S.c student of Combat Desertification, Department of Management the Arid and Dert Regions, College of Natural Resources and Desert, Yazd University

3-H. Soudaiezadeh, Associate Professor, Department of management the arid and desert regions, College of Natural Resources and Desert, Yazd University

4-S.A. Mirhosani, Expert, Climatic Research Center, Yazd

Received: 01 Jun 2014

Accepted: 27 Jul 2015

### Abstract

Estimated daily solar radiation ( $R_s$ ) based on meteorological parameters measured at surface of the Earth is widely used in various fields. Due to the economic and technical limitations, measurement of this parameter is not possible in all areas. Therefore, daily solar radiation should be estimated based on mathematical models. One of the conventional methods for estimating solar radiation received at the earth surface, is using proposed site-depending models for this purpose in the world. The aim of this study is introducing a new general model to estimate  $R_s$  in arid and semi-arid regions of Iran. To achieve this goal, climatic data such as daily minimum and maximum air temperatures, in the period of 1970-2010, geographical coordinates (latitude and altitude) of synoptic stations of Isfahan, Kerman, Mashhad, Tabas and Khorobiabanak were collected. Then several global common site – dependent models for  $R_s$  estimation were evaluated and, comparing their efficiencies with respect to the statistical indicators, most graceful model was introduced. To provide a general model, between the coefficients of the most profit site - dependent model and characteristics of each location (latitude and altitude) in any station, multiple linear regression relationships were created and analyzed, on the basis of the above calculations, a new general equation was derived.

Results showed that the general temperature-dependent model proposed in this study, with an ME of the 0.80, MBE of -0.01, RMSE of 6.50, and mean of 0.690 is the most profit model for estimating of daily solar radiation ( $R_s$ ) in arid and semi-arid regions of Iran.

**Keywords:** General model; solar radiation; Arid lands; Thermal parameter; Iran.