



## چکیده

تابش خورشیدی (Rs)، یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در توازن حرارتی جو - زمین است و اساس بیشتر مطالعات اقلیمی را شکل می‌دهد. چرا که فرآیند تبخیر و تعرق به وسیله میزان انرژی در دسترس برای تبخیر آب تعیین می‌شود و از آنجایی که بیشتر انرژی سطح زمین از خورشید تأمین می‌گردد، تأثیر تابش خورشیدی در تبخیر و تعرق، جنبه‌ای است که بسیار مورد توجه محققین مرتبط با کشاورزی، بالخصوص علوم آبیاری قرار گرفته است. متغیر اصلی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است، تابش کل دریافتی سطح زمین و شیب تغییرات آن می‌باشد که با استفاده از روش‌های کنترل کیفیت داده‌ها و روندیابی‌های توصیه شده سازمان هواشناسی جهانی، محاسبه، تحلیل و در دو نقطه جغرافیایی با اقلیم نیمه خشک، سنجدیه شده است. ایستگاه کرمانشاه در سطح ۹۹٪ و تبریز در سطح معناداری ۹۵٪، ضریب همبستگی پیرسون قرار گرفتند. جهت تغییرات تابش کل سالانه و طول دوره آماری در مقابل یکدیگر می‌باشد. با افزایش شماره سال‌های آماری، با شیب مناسبی تابش سالانه افزایش پیدا کرده است که این از روند صعودی تابش کل سالانه در ایستگاه‌ها حکایت دارد. واژه‌های کلیدی: اقلیم نیمه خشک، تغییرات تابش، همبستگی پیرسون، معادله رگرسیون، تبریز، کرمانشاه.

## مقدمه و بیان مسئله

اقلیم زمین بطور دائم در نوسان بوده و جو کره زمین در نهایت، سعی بر رسیدن به تعادل دارد (برادلی، ۱۹۹۱؛ هارتمن، ۱۹۹۴). افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و زیاد شدن اثر گلخانه‌ای و تغییرات فعالیت‌های خورشیدی، هر دو باعث ورود و ماندگاری انرژی بیشتری نسبت به گذشته به سیستم اقلیمی شده‌اند. در مقابل افزایش غلظت آن‌وسل‌ها این انتظار را به همراه دارد که زمین با بازتاب بیشتر انرژی خورشیدی به فضا، سرد شود (لین و ریند، ۱۹۹۱). سرد شدن سطح زمین با توجه به افزایش این هواپزده‌های صنعتی در قرن گذشته در لایه تروپوسفر قابل انتظار بوده است (پرو و همکاران، ۱۹۹۴؛ پرو و همکاران، ۱۹۹۵). این جدل بین عناصر و پارامترهای مختلف هواشناسی در حال حاضر افزایش دما را به همراه داشته است.

تابش خورشیدی (Rs)، یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در توازن حرارتی جو - زمین است (Izomon & Mayer, 2002) و اساس بیشتر مطالعات اقلیمی را شکل می‌دهد. چرا که فرآیند تبخیر و تعرق به وسیله میزان انرژی در دسترس برای تبخیر آب تعیین می‌شود (Allen et al, ۱۹۹۸) و از آنجایی که ۹۹/۸ درصد انرژی سطح زمین از خورشید تأمین می‌گردد، تأثیر تابش خورشیدی در تبخیر و تعرق، جنبه‌ای است که بسیار مورد توجه محققین مرتبط با کشاورزی، بالخصوص علوم آبیاری قرار گرفته است (دی سوزا و همکاران، ۲۰۰۵).

از مقدار تابش خورشیدی که وارد جو می‌شود، در اثر جذب بخشی از این توسط مواد موجود در آن و انعکاس توسط ابرها کاسته شده و در نتیجه تابش خورشیدی که به سطح زمین برخورد می‌کند کمتر از مقدار آن در خارج از جو است. مقدار کاهش تابش خورشیدی به طول مسیر پیموده شده شعاع تابشی و همچنین ترکیبات آن (ابرها، گرد و غبار، رطوبت و مه) بستگی دارد. ابرها و ذرات موجود در جو نور خورشید را به جهات مختلف پراکنده می‌کنند (مرادی، ۱۳۸۴). دانستن مقدار تابش خورشیدی در هر محل برای بسیاری از مسائل کاربردی از جمله تخمین تبخیر - تعرق، طراحی معماری، مدل‌های رشد محصولات کشاورزی و غیره، اهمیت فراوان دارد (موسوی باگی و همکاران، ۱۳۸۹).

متغیر اصلی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است، تابش کل دریافتی سطح زمین و شیب تغییرات آن می‌باشد که با استفاده از روش‌های کنترل کیفیت و روندیابی‌های توصیه شده سازمان هواشناسی جهانی، محاسبه، تحلیل و در دو نقطه جغرافیایی با اقلیم نیمه خشک، سنجدیه شده است.

به طور کلی می‌توان گفت، انرژی خورشیدی به عنوان منبع انرژی زمین، عامل محدود کننده تمامی فعالیت‌ها از جمله کشاورزی می‌باشد. این امر به طور مستقیم در طول دوره کشت محصولات کشاورزی اثر گذاشته و با تغییرات در پارامترهای مختلف هواشناسی از جمله ساعات آفتابی و دما همراه می‌شود (علیزاده و خلیلی، ۱۳۸۱). با توجه به اهمیت اثر تغییر اقلیم بر نوسانات تابشی دریافتی سطح زمین و ارتباط آن با علوم آب و کشاورزی، تحقیق روی این مسأله، لازم به نظر می‌رسد. از آنجایی که این موضوع در کشور کمتر مورد

# بررسی تغییرات تابش کل دریافتی سطح زمین (TSR) در اقلیم نیمه خشک با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های زمینی

## مطالعه موردی: ایستگاه‌های تابش سنجی تبریز و کرمانشاه

### احسان مدیری

کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی  
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

### دکتر غلامعلی کمالی

دانشیار گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی،  
واحد علوم و تحقیقات

### دکتر سهراب حجام

دانشیار گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی،  
واحد علوم و تحقیقات



توجه قرار گرفته است و بیشتر پژوهشگران به یافتن ضرایب و معادلات پیرامون دستیابی به برآورد تابش دریافتی خورشیدی توسط پارامترهای دیگر هواشناسی پرداخته‌اند، توجه به کاربردی شدن مطالعات پراکنده قبلی و پژوهش روی تغییرات احتمالی تابش و روند آن ضروری به نظر می‌رسد. تابش کل خورشیدی متغیر هواشناسی است که بر بسیاری از فرآیندهای آب و خاک مانند رشد گیاهان، تبخیر و ذوب برف اثر می‌گذارد. اما علیرغم اهمیت تابش خورشیدی، اندازه‌گیری آن به طور محدود انجام می‌شود (سبزی پرور، ۱۳۸۴). در ایران متأسفانه ایستگاه تابش خورشیدی به تعداد کافی وجود ندارد و در برخی موارد اندازه‌گیری‌ها از کیفیت مطلوب برخوردار نیست و تفاوت زیاد عرض جغرافیایی در ایران عامل مهمی در تفاوت قابل ملاحظه تابش خورشیدی در گستره کشور می‌باشد (صفایی و همکاران، ۱۳۸۴). میزان تابش کل رسیده به روی یک سطح افقی در ایران اندازه‌گیری شده، اما میزان تابش پراکنده یا مستقیم به صورت اندازه‌گیری در سطح کشور موجود نمی‌باشد (ابراهیم‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). تابش کلی بستگی دارد به تلاطم جرم جو<sup>۲</sup> در بالای نقاط اندازه‌گیری<sup>۳</sup> و تمرکز ذرات و مواد آلاینده<sup>۴</sup>. تابش کلی خورشیدی توسط شبکه‌ای از ایستگاه‌های زمینی در سراسر دنیا جمع‌آوری می‌شود (الوادی، ۲۰۰۵).

پینکر و همکاران در سال ۲۰۰۵ تغییر ناچیزی از تابش در سطح زمین و تغییرات روشنی در روند روی سطح اقیانوس مشاهده کردند که نشان دهنده رشد کوچکی از تابش خورشیدی در مقیاس جهانی در سطح کره زمین است. (استانهایل و کوهمن، ۲۰۰۵) نشان دادند که روند تغییرات ساعات آفتابی در آمریکا، شواهد کمی برای معنی داری در انرژی خورشیدی رسیده به سطح زمین در قرن بیستم دارد. آن‌ها نتیجه گرفتند که وضعیت ابرناکی و آئروسول‌ها به گونه‌ای است که تحلیل آن‌ها، اطلاعات بیشتری از این متغیرها را نیاز دارد. تغییرات انرژی خورشیدی در دشت‌های کانادا در تابش خورشیدی روزانه از سال ۱۹۵۰ تا حال دچار روند کاهشی بوده است در حالی که در ساعات آفتابی روزانه فاقد روند مشاهده شده است. میانگین روزانه دما در طی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۷ دارای روند تغییرات افزایشی بوده است. بنابراین پژوهش میانگین ساعات آفتابی روزانه و تابش روزانه پاسخ‌های مختلفی به میزان و تعداد رخداد بارندگی دارند. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که از دهه ۵۰ تاکنون با توجه به ارتباط جفت شده ساعات آفتابی و تابش و عملکرد متضاد یکدیگر به وضعیت بارش، ابرناکی در دشت‌های کانادا نقش عمده‌ای در تابش دریافتی سطح زمین دارد. از طرفی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای سبب کاهش ابرناکی و از طرف دیگر افزایش غلظت آئروسول‌ها باعث افزایش ابر و ایجاد بارندگی می‌شود (کانتفورس و جودیچ، ۲۰۰۷).

#### جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	اقليم ايستگاه
۱	تبریز	۳۸°۰۵' N	۴۶°۱۷' E	۱۳۶۱/۰	نیمه خشک
۲	کرمانشاه	۳۴°۲۱' N	۴۷°۰۹' E	۱۳۱۸/۶	نیمه خشک

#### طبقه‌بندی اقلیمی اصلاح شده دومارتن

دومارتن<sup>۵</sup> دانشمند فرانسوی، معتقد بود که مقدار تبخیر با میانگین دما سالانه متناسب است. وی رابطه زیر را ارائه نمود:

$$I = \frac{P}{T+10} \quad (1)$$

در این رابطه P مقدار بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر، T میانگین دمای سالانه بر حسب °C و I ضریب خشکی می‌باشد.

#### آزمون ران

- آزمون ران<sup>۶</sup> به منظور بررسی تجانس داده‌ها یا همان نرمال بودن می‌باشد، بدین منظور پنج گام پیموده خواهد شد که به ترتیب زیر می‌باشد.
- ۱- محاسبه میانه داده‌ها
  - ۲- مقایسه تک تک داده‌ها به ترتیب تسلسل زمانی با میانه (اعداد بزرگ‌تر از میانه را با A و اعداد کوچک‌تر از میانه را با B نام‌گذاری می‌کنیم)
  - ۳- تا زمانی که تغییر علامت نداشته باشیم، دنباله جدید شمرده نمی‌شود. هر

شرایط لحظه‌ای و بلند مدت جو<sup>۱</sup> در یک منطقه اثر قابل ملاحظه‌ای در نوع و مقدار تابش حقیقی خورشید در آن منطقه دارد. هوای ابری باعث می‌شود که مقدار قابل ملاحظه‌ای از تابش حقیقی خورشید به خارج از جو<sup>۲</sup> منعکس گردد. ذرات آب، بخار و دود، همچنین ذرات معلق دیگر در هوا باعث جذب یا پراکنده شدن تابش می‌گردند. در روزهای آفتابی ۱۵ درصد اشعه خورشید به صورت پراکنده به زمین می‌رسد، اما در روزهای



تغییر از A به B و بالعکس یک دنباله خواهد بود.

۴- تعداد دنباله‌های هم نام را شمارش می‌کنیم.

۵- مقایسه تعداد دنباله‌های شمارش شده با جدول مربوط به آزمون ران و اظهارنظر در مورد همگنی داده‌ها.

در صورتی که عدد به دست آمده بین حد بالا و پایین باشد، داده‌ها همگن می‌باشد.

### ضریب همبستگی پیرسون

ضریب همبستگی پیرسون<sup>۱۱</sup> که به نام‌های ضریب همبستگی گشتاوری و یا ضریب همبستگی مرتبه‌ی صفر نیز نامیده می‌شود، توسط سرکارل پیرسون معرفی شده است. این ضریب به منظور تعیین میزان رابطه، نوع و جهت رابطه‌ی بین دو متغیر فاصله‌ای یا نسبی و یا یک متغیر فاصله‌ای و یک متغیر نسبی به کار برده می‌شود. چندین روش محاسباتی معادل می‌توان برای محاسبه‌ی این ضریب تعریف نمود.

الف) روش محاسبه با استفاده از اعداد خام

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

ب) روش محاسبه از طریق نمره‌های استاندارد شده

با تعریف  $Z_x = \frac{x - \bar{x}}{s_x}$  و  $Z_y = \frac{y - \bar{y}}{s_y}$  که در آن  $s_x$  و  $s_y$  به ترتیب انحراف معیار متغیرهای x و y می‌باشند، داریم:

$$r = \frac{\sum Z_x Z_y}{n} \quad (2)$$

ضریب همبستگی پیرسون بین ۱ و -۱ تغییر می‌کند. اگر  $r = 1$  بیانگر رابطه‌ی مستقیم کامل بین دو متغیر است، رابطه‌ی مستقیم یا مثبت به این معناست که اگر یکی از متغیرها افزایش (کاهش) یابد، دیگری نیز افزایش (کاهش) می‌یابد.

$R = -1$  نیز وجود یک رابطه‌ی معکوس کامل بین دو متغیر را نشان می‌دهد. رابطه‌ی معکوس یا منفی نشان می‌دهد که اگر یک متغیر افزایش یابد متغیر دیگر کاهش می‌یابد و بالعکس. زمانی که ضریب همبستگی برابر صفر است نشان می‌دهد که بین دو متغیر رابطه‌ی خطی وجود ندارد.

### رگرسیون خطی

در این روش معادله همبستگی  $y = ax + b$  بین داده‌های شبیه‌سازی شده (به عنوان متغیر مستقل) و داده‌های واقعی بدست می‌آید. در این روش ارزیابی، هر چه اندازه مقدار b به صفر نزدیک‌تر و مقدار شیب خط رگرسیون (a) به یک نزدیک‌تر باشد، مدل از کارایی بهتری برخوردار است. رگرسیون خطی<sup>۱۱</sup> برای مدل کردن مقدار یک متغیر کمی وابسته که بر رابطه خطی‌اش با یک یا چند پیشگو بنا شده است به کار می‌رود. مدل رگرسیون خطی فرض می‌کند که یک رابطه خطی (یا خط مستقیم) بین متغیر وابسته و هر پیشگو وجود دارد. این رابطه در فرمول زیر توضیح داده شده است.

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + \dots + b_p x_{ip} + e_i \quad (3)$$

که در آن  $y_i$ : مقدار مورد نام متغیر کمی وابسته است.

p: تعداد پیشگوها می‌باشد.

$b_j$ : مقدار ضریب نام است،  $j = 0, \dots, p$

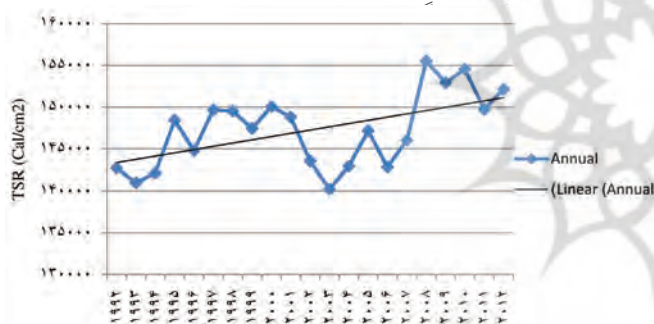
$X_{ij}$ : مقدار مورد نام از پیشگوی نام می‌باشد.

$e_i$ : خطای در مقدار مشاهده شده برای مورد نام است.

مدل خطی است زیرا با افزایش مقدار پیشگوی نام با یک واحد باعث افزایش مقدار وابسته واحدهای  $b_j$  می‌شود. توجه کنید که  $b_0$  عرض از مبدأ است، که وقتی مقدار هر پیشگو برابر صفر می‌شود،  $b_0$  مقدار مدل پیشگوی متغیر وابسته می‌باشد.

### یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر به منظور دستیابی به تغییرات تابش کل دریافتی سطح زمین به بررسی سری زمانی داده‌های تابش کلی روزانه در دوره آماری ۱۳۷۱-۱۳۷۰ (۱۹۹۲) تا ۱۳۸۹-۱۳۹۰ (۲۰۱۱) پرداخته شد. ایستگاه هواشناسی تبریز با عرض جغرافیایی  $38^{\circ}05' N$ ، طول جغرافیایی  $46^{\circ}17' E$  و با ارتفاع  $1361/0$  متر از سطح آزاد دریا واقع شده است. بنابراین در ابتدا میزان تابش کل خورشیدی ایستگاه تبریز نمایش داده شد و میزان تغییرات آن در دوره آماری محاسبه گردید. به همین منظور، در نگاره ۱ روند تغییرات تابش کل خورشیدی در مقیاس سالانه در طول دوره آماری نشان داده شده است.



نگاره ۱: تابش کل خورشیدی در طول دوره آماری در مقیاس سالانه - تبریز

در تبریز مقدار تابش کل خورشیدی سالانه در طول دوره آماری بین ۱۴۰ هزار تا ۱۵۵ هزار کالری بر سانتی‌متر مربع است. که کمترین مقدار تابش در سال ۱۳۸۲-۱۳۸۱ (۲۰۰۳) و بیشترین مقدار آن در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ (۲۰۰۸) رخ داده است. در کل، نگاره ۱ را می‌توان به دو قسمت تقسیم کرد، بخش اول از ابتدای دوره آماری تا سال ۱۳۸۲-۱۳۸۱ و بخش دوم از انتهای بخش اول تا آخرین سال آماری می‌باشد. که بخش دوم نسبت به بخش دیگر یک گام بیشتر می‌باشد. دامنه تغییرات در این شکل، حداکثر ۱۵ هزار کالری بر سانتی‌متر مربع می‌باشد که اگر چه در طول دوره آماری با شیب مثبت در حال تغییر بوده اما مقدار آن در مقایسه با بقیه ایستگاه‌ها کم بنظر می‌رسد. تبریز با ۲۰ سال داده تابش به صورت روزانه با میانگین  $146993/6$  و انحراف معیار  $4451/8$  کالری بر سانتی‌متر مربع است. با توجه به توضیحات قبل، به بررسی ضریب همبستگی تغییرات تابش کل خورشیدی در طول دوره آماری پرداخته شده است، این بدین معنا است که در این آزمون، همبستگی بین داده‌های تابش کل و شماره سال بدست آمده است.



**جدول ۱: ضریب همبستگی پیرسون برای داده‌های تابش کل سالانه - تبریز**

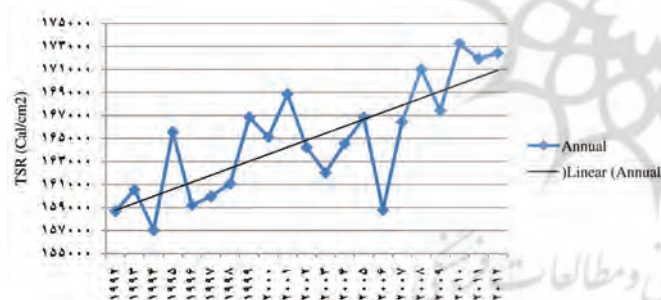
سال	تابش سالانه	همبستگی پیرسون
۰/۴۹۶*	۱/۰۰۰	تابش سالانه
۱/۰۰۰	۰/۴۹۶*	سال
۰/۰۱۳	.	تابش سالانه
.	۰/۰۱۳	سال
۲۰	۲۰	تابش سالانه
۲۰	۲۰	سال

\*. همبستگی در سطح ۵٪ معنی‌دار است (۲ - جفت شده)

جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که ضریب  $X$  در نظر گرفته شده برای معادله رگرسیون خطی از دقت بالایی برخوردار است اما عدد ثابتی که در رابطه قید شده است با توجه به عدد  $-1/945$  در ستون  $t$  و  $0/68$  Sig با اندکی اغماض قابل قبول می‌باشد. اما به هر حال از منظر آماری برای مدل رگرسیون خطی، این دقیق‌ترین اعدادی است که ممکن است اتفاق بیفتد.

بنابراین طبق جداول قبلی، نگاره ۱ بخوبی روند روبه رشد تابش کلی خورشیدی سالانه را در طول دوره زمانی نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد با وجود ضریب تبیین پایین، معادله قابل استناد است و منعکس کننده روند تغییرات در این پارامتر می‌باشد. پس می‌توان با قاطعیت از تغییرات تابش در طول دوره آماری به عنوان تغییر اقلیم یاد کرد و ایستگاه تبریز را به عنوان یک ایستگاه اقلیم نیمه خشک دارای تغییرات معنی‌دار تابش دانست.

ایستگاه هواشناسی کرمانشاه با عرض جغرافیایی  $N 34^{\circ} 21'$  طول جغرافیایی  $E 47^{\circ} 09'$  و با ارتفاع  $1318/6$  متر از سطح آزاد دریا واقع شده است. در پژوهش حاضر به منظور دستیابی به تغییرات تابش کل دریافتی سطح زمین، به بررسی سری زمانی داده‌های تابش کلی روزانه در دوره آماری  $1371-1370$  (۱۹۹۲) تا  $1390-1389$  (۲۰۱۱) پرداخته شده است. بنابراین در ابتدا میزان تابش کل خورشیدی ایستگاه کرمانشاه نمایش داده شد و میزان تغییرات آن در دوره آماری محاسبه گردید. به همین منظور در نگاره ۲ روند تغییرات تابش کل خورشیدی در مقیاس سالانه در طول دوره آماری نشان داده شده است.



**نگاره ۲: تابش کلی خورشیدی در طول دوره آماری در مقیاس سالانه - کرمانشاه**

تابش کلی سالانه در کرمانشاه به صورت صعودی و خیلی واضح در طول دوره آماری در حال افزایش بوده و این سیر با نوسانات کمتری نسبت به بقیه نقاط مورد مطالعه روبرو است. در سال  $1384$  ( $2006$ ) تابش با افت زیادی همراه است به طوری که  $8000 \text{ Cal/cm}^2$  نسبت به سال قبل از آن کاهش پیدا می‌کند که در طول دوره آماری بیشترین جهش نزولی محسوب می‌شود. تابش در این منطقه بین  $157$  هزار تا  $173$  هزار کالری بر سانتی متر مربع در طول بیست سال داده آماری در نوسان بوده و همواره روند صعودی داشته است (فقط در سال  $1379-1380$  تا  $1381-1382$  ( $2003-2001$ ) به صورت دو سال پیاپی کاهش را مشاهده کرده‌ایم). بیشترین تابش کل سالانه مربوط به  $1388-1389$  ( $2010$ ) با  $173237 \text{ Cal/cm}^2$  و کمترین تابش مربوط به سال  $1372-1373$  ( $1994$ ) با  $157021 \text{ Cal/cm}^2$  می‌باشد. میانگین تابش کل سالانه نیز در طول  $20$  سال دوره آماری برابر با  $164466$  کالری بر سانتی

در جدول فوق همبستگی بین تابش کل سالانه و شماره سال‌ها سنجیده شد که حاصل از همبستگی در سطح اطمینان  $5\%$  با شیب  $0/5$  حکایت دارد. این بدین معنا است که با افزایش متوالی سال‌ها، تابش کل نیز افزایش یافته است و از روند صعودی افزایش شماره سال‌ها تبعیت کرده است. این ضریب حکایت از تغییر اقلیم در پارامتر تابش در منطقه تبریز دارد.

با وجود معنی‌داری ضریب همبستگی تابش کل خورشیدی در طول دوره آماری اما شیب این همبستگی  $0/5$  بوده که این عدد، باعث کوچک شدن ضریب تبیین می‌شود.  $R^2$  پایین، نشان دهنده معادله رگرسیون ضعیف است. ضریب تبیین معادله رگرسیون خطی، برابر با  $0/25$  بدست آمده است که در نگاه اول، نشان دهنده معادله ضعیفی است که در ادامه می‌بایست بررسی گردد.

**جدول ۲: ضرایب استاندارد نشده مدل رگرسیون تابش کل خورشیدی سالانه در طول دوره آماری - تبریز**

مدل	ضرایب استاندارد نشده	
	B	خطای استاندارد
مقدار ثابت	$-599638/0$	$308304/3$
سال	$373/0$	$154/0$

معادله خطی بدست آمده از جدول ۲ برابر با  $y=373x-599638$  می‌باشد. که ضریب  $x$  (شماره سال)، مثبت بوده و روند صعودی دارد. بنابراین با افزایش شماره سال، میزان تابش کلی خورشیدی افزایش می‌یابد ( $y$ ). دقت این رابطه در جدول ۳ مورد بررسی قرار گرفته است.

**جدول ۳: ضرایب استاندارد شده مدل رگرسیون تابش کل خورشیدی سالانه در طول دوره آماری - تبریز**

مدل	ضرایب استاندارد	T	Sig.	%۹۵/۰ Confidence Interval for B	
				حد بالا	حد پایین
مقدار ثابت	$-1/945$	$-1/068$	$-1247361/2$	$48085/2$	
سال	$0/496$	$2/422$	$0/026$	$49/4$	



در جدول ضرایب استاندارد شده مدل رگرسیون به طور کامل این معادله با دقت بسیار بالا تأیید شده است، به طوری که هر دو ردیف از ستون Sig دارای معنی داری بالا می‌باشند. بنابراین معادله ارائه شده در قبل، مدلی با کارایی بالا ارائه داده است.

در نگاره ۲ به وضوح سیر صعودی تابش کل سالانه را در طول دوره آماری می‌توان دید و اینکه رابطه رگرسیون خطی که بدست آمده نمایش خوبی از این رشد دارا می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

به منظور برقراری توسعه پایدار محصولات استراتژیک کشاورزی و از همه مهم‌تر گندم، نیازمند سیاست‌های درست و برنامه‌ریزی بر اساس آگاهی از میزان عملکرد محصولات، تقاضای استفاده از آن و اثر متقابل بین محصول و کاربرد و کاربری آن می‌باشد. بنابراین با استفاده از خصوصیات اقلیمی و اثر تغییر اقلیم و پتانسیل تولیدات کشاورزی، می‌توان با ارزیابی و پیش‌بینی به برنامه ریزی جامعی در خصوص توسعه پایدار پرداخت. بنابراین از اثر تغییرپذیری اقلیمی به عنوان لازمه برنامه‌ریزی‌های توسعه پایدار، می‌بایست نام برد. همانطور که در پژوهش حاضر بررسی شد، علیرغم پذیرفته شدن تغییر اقلیم در ایران و جهان که نمونه‌های آن در متن ذکر شده است، در این مقاله، برای پارامتر تابش کل خورشیدی در طول دوره زمانی مدنظر، آزمون‌های آماری صورت گرفت تا از تغییر یافتن این پارامتر که از دیدگاه کارشناسان این علم مغفول مانده است، اطمینان حاصل کنیم.

با بررسی میانگین تابش کل سالانه ایستگاه‌ها، کرمانشاه و تبریز به ترتیب حائز بیشترین میزان تابش سالانه بوده‌اند. بعد از بررسی روی تغییرات روند تابش در طول بیست سال داده آماری به صورت روزانه، تغییر اقلیم روی پارامتر تابش کل سالانه در هر ۲ ایستگاه منتخب اثبات شد و معنی داری هر کدام جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. ایستگاه کرمانشاه در سطح ۹۹٪ و تبریز در سطح معناداری ۹۵٪ قرار گرفتند. از دیگر نکاتی که به آن می‌بایست توجه کرد، جهت تغییرات در مقابل یکدیگر می‌باشد. با افزایش شماره سال‌های آماری، با شیب مناسبی تابش سالانه افزایش پیدا کرده است که این امر از روند صعودی تابش کل سالانه در مقیاس این پژوهش حکایت دارد. طبق نظر (بیات و میرلطیفی، ۱۳۸۱)، می‌توان همانند فرایند مقاله حاضر، برای پارامتر تابش، مناطق هم اقلیم کشور را پیدا کرد و نتایج بدست آمده را به مناطق فوق تعمیم داد که این امر هم جهت با فرآیند این پژوهش بوده است. در کنار این عوامل، بنظر می‌رسد با تمام فعالیت‌هایی که در کنترل کیفیت داده‌ها صورت پذیرفت، اما، کمیت و کیفیت داده‌های تابشی که توسط سازمان هواشناسی ثبت شده‌اند، خود عامل خطا و انحراف در نتایج گزارش می‌باشد.

برخلاف نظر پینکر و همکاران در سال ۲۰۰۵ که اعلام کرده بودند تغییر ناچیزی از تابش در سطح زمین و تغییرات روشنی در روند روی سطح اقیانوس مشاهده کردند که نشان دهنده رشد کوچکی از تابش خورشیدی در مقیاس جهانی در سطح کره زمین است، در این پژوهش تغییرات در تابش کل، حداقل در ایستگاه‌های منتخب در ایران معنا دار بوده و به وضوح دارای

متر مربع می‌باشد. برای بدست آوردن میزان تغییرات و مدل رگرسیون خطی تابش کل سالانه در مقابل زمان، آزمون همبستگی پیرسون انجام شده است.

### جدول ۴: ضریب همبستگی پیرسون برای داده‌های تابش کل خورشیدی در طول دوره آماری - کرمانشاه

سال	تابش سالانه	سال	تابش سالانه
۰/۷۳۴**	۱/۰۰۰	همبستگی پیرسون	تابش سالانه
۱/۰۰۰	۰/۷۳۴**	سال	سال
۰/۰۰۰	.	تابش سالانه	تابش سالانه
.	۰/۰۰۰	سال	سال
۲۰	۲۰	تابش سالانه	تابش سالانه
۲۰	۲۰	سال	سال

\*\* همبستگی در سطح ۱٪ معنی دار است (۲ - جفت شده)

جدول ۴ یخوبی تغییر اقلیم و تغییر روی پارامتر تابش در کرمانشاه نشان داده است به طوری که همبستگی شماره سال‌ها و میزان تابش کل سالانه برابر با ۰/۷۳۴ و در سطح ۱٪ معناداری رخ داده است. بنابراین تابش کل سالانه در طول دوره آماری با همبستگی بالایی در حال افزایش بوده است. بنابراین مدل رگرسیون خطی کاملی را در مراحل بعد انتظار می‌کشیم. با توجه به ضریب همبستگی بالایی که برای تابش کل سالانه در طول دوره آماری، پدیدار گشت، بدیهی است که مربع ضریب همبستگی (ضریب تبیین) هم عددی مناسب برای دقت مدل رگرسیون خطی ما باشد؛ و این عدد برابر با ۰/۵۳۹ شده است.

### جدول ۵: ضرایب استاندارد نشده مدل رگرسیون تابش کل خورشیدی سالانه در طول دوره آماری - کرمانشاه

مدل	ضرایب استاندارد نشده	
	B	خطای استاندارد
مقدار ثابت	-۱۰۰۵۴۵۶/۶	۲۵۵۰۳۴/۱
سال	۵۸۴/۵	۱۲۷/۴

جدول فوق معادله رگرسیونی به فرم  $y = 584.5x - 1005456.6$  را ارائه داده است که نشان دهنده شیب زیاد و مثبتی برای  $x$ ، یعنی شماره سال می‌باشد. در این معادله  $y$  معادل تابش کل سالانه است. دقت این معادله در جدول ۶ آورده شده است.

### جدول ۶: ضرایب استاندارد شده مدل رگرسیون تابش کل خورشیدی سالانه در طول دوره آماری - کرمانشاه

مدل	ضرایب استاندارد	T	Sig.	Confidence Interval for B	
				حد بالا	حد پایین
مقدار ثابت	-۳/۹۴۲	۰/۰۰۱	-۱۵۴۱۲۶۳/۵	-۴۶۹۶۴۹/۶	
سال	۰/۷۳۴	۴/۵۸۷	۰/۰۰۰	۳۱۶/۸	۸۵۲/۲



.2002

13-Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. United nation food and Agriculture Organization, Rome.

14- Bradley, R. S., Ed., 1991: Global Changes of the Past. UCAR/Office for Interdisciplinary Earth Studies, Global Change Institute, Boulder, CO, 514 pp.

15- Cutforth, H. W., Judiesch, D., 2007: Long-term changes to incoming solar energy in Canadian prairie, Agricultural and Forest Meteorology, 145, pp.167-175.

16- De Souza, L.J., R.L. Nicacio And M.A. Lima moura, 2005. Global solar radiation measurements in Macieo, Brazil. Agricultural water manage. 30: 1203 – 1220.

17-Hartmann, D. L., 1994: Global Physical Climatology. International Geophysics Series, Vol. 56, Academic Press.

18-IRIMO. Islamic Republic of Iran Meteorological Office, Data Center, Tehran, Iran.

19-Iziomon, M.G. and H. Mayer, 2002. Assessment of some global solar radiation parameterizations. 64 (2): 1631 – 1643.

20-Lean, Judith; Rind, David, 1998. Climate forcing by changing solar radiation. Journal of Climate, Volume 11, p. 3069-3094

21-Penner, J. E., and Coauthors, 1994: Quantifying and minimizing uncertainty of climate forcing by anthropogenic aerosols. Bull. Amer. Meteor. Soc., 75, 375-400.

22-Penner, J. E., T. M. L. Wigley, P. Jaumann, B. D. Santer, and K. E. Taylor, 1995: Anthropogenic aerosols and climate change: A method for calibrating forcing. Assessing Climate Change - The Story of the Model Evaluation Consortium for Climate Assessment, Lawrence Livermore National Laboratory, Publ. UCRL-JC-124338.

23-Stanhill, G., Cohen, S., 2005: Solar Radiation Changes in the United States during the Twentieth Century, Journal of climate, Vol. 18, pp.1503-1512

24-Surface Meteorology and Solar Energy, Atmospheric science data center, sponsored by NASA's Applied Science Program in the Science Mission Directorate, developed by POWER: Prediction of Worldwide Energy Resource Project. (Larc.NASA:SSE) <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

25-Time Series of Solar Radiation Data - for Free, Solar Energy Services for Professional, Solar radiation data (SoDa). [http://www.soda-is.com/eng/services/services\\_radiation\\_free\\_eng.php](http://www.soda-is.com/eng/services/services_radiation_free_eng.php)

1- World Meteorological Organization (WMO)

2-Turbulence Atmospheric Mass

3-Stations

4-Aerosol

5-Training

6-Artificial Neural Networks (ANNs)

7-General Circulation Model (GCM)

8-De Martonne

9-Run Test

10-Pearson Correlation

11- Linear Regression

روند در طول دوره ۲۰ ساله خود بوده است. البته این نظر می‌تواند کامل کننده، ارتباط و وابستگی بین اقیانوس و جو باشد، بدین معنی که پینکر و همکاران اثر تغییرات تابش را به وضوح در اقیانوس دیده‌اند اما این پژوهش در سطح زمین و خشکی مشاهده کرده است.

بر خلاف نظر (استانهیل و کوهن، ۲۰۰۵) که نشان دادند روند تغییرات ساعات آفتابی در آمریکا، شاهدی کمی برای معنی داری در انرژی خورشیدی رسیده به سطح زمین در قرن بیستم دارد، اثبات شد که با بررسی مستقیم روی خود داده‌های تابش کل (و نه ساعات آفتابی)، حداقل برای ایستگاه‌های منتخب تغییرات معناداری در روند آن‌ها رخ داده است. گرچه هم جهت با نظر دیگر آنان، می‌بایست اطلاعات بیشتری از وضعیت ابرناکی و آئروسل‌ها برای تحلیل داده‌ها، فراهم شود تا بررسی‌های دقیق‌تری صورت گیرد.

### منابع و مأخذ

۱- ابراهیم پور، عبدالسلام؛ معرفت، مهدی؛ نبی، هادی؛ ۱۳۸۸. ارائه یک رابطه جدید برای تخمین میزان تابش کل در اقلیم‌های مختلف ایران، مجله علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال نهم، شماره ۲۵، صفحات ۲۲-۱، بهار.

۲-بیات، کامیار؛ میرلطیفی، سید مجید. ۱۳۸۸. تخمین تابش کل خورشیدی روزانه با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد شانزدهم، شماره ۳.

۳-سبزی پرور، علی‌اکبر. (۱۳۸۴). مدل‌سازی تابش کشور با استفاده از داده‌های زمینی، اطلاعات ماهواره‌ای و مدل‌های فیزیکی، طرح سازمان هواشناسی کشور، صص ۱۸۱.

۴-سنجیل. (۱۳۸۴)، «گرمایش و سرمایه‌گذاری نو»، ترجمه امیر اصلانی، ک. شرکت تولیدی و صنعتی انرژی کشور، صفحات ۳۹-۳۶ و ۱۱۴-۸۱.

۵- صفایی، بتول؛ خلجی اسدی، مرتضی؛ تقی‌زاده، حبیب؛ جیلانندی، افسانه؛ طالقانی، گیتی؛ دانش، ماندانا. (۱۳۸۴)، برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلسی تابشی آن، مجله علوم و فنون هسته‌ای، شماره ۳۳، صص ۲۷.

۶- عزیززاده، امین؛ خلیلی، نجمه، ۱۳۸۸. تعیین ضرایب معادله آنگستروم و توسعه یک معادله رگرسیونی برآورد تابش خورشیدی (مطالعه موردی: منطقه مشهد). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۱، صص ۲۳۸ - ۲۲۹.

۷- کوچکی، علیرضا؛ نصیری محلاتی، مهدی؛ شریفی، حمیدرضا؛ زند، اسکندر؛ کمالی، غلامعلی. ۱۳۸۰. شبیه‌سازی رشد، فتولوژی و تولید ارقام گندم در اثر تغییر اقلیم در مشهد. مجله بیابان، جلد ۶، شماره ۲، صص ۱۲۷-۱۱۷.

۸- مدیری، احسان. (۱۳۹۲). اثر تغییرات تابش دریافتی سطح زمین ناشی از تغییر اقلیم در میزان عملکرد محصولات زراعی (مطالعه موردی: گندم)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران.

۹- مرادی، س. (۱۳۸۴)، تنظیم شرایط محیطی، تهران، انتشارات آشیان، صفحه ۱۰۴-۷۹.

۱۰- موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول؛ میان‌آبادی، آمنه. (۱۳۸۹). بررسی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور معرفی مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، صص. ۸۴۴-۸۳۶.

11-Al-Awadhi, S.A. Change in regime and transfer function models of global solar radiation in Kuwait, Environmental modeling & Software 20, pp.1167-1174, 2005.

12-Al-Awadhi, S.A., El-Nashar, N., Stochastic modeling of global solar radiation measured in the stat of Kuwait. Environmetrics 13(7), 751-758,

پی‌نوشت