

تحلیل فضایی روند تابش موج بلند خروجی زمین در ایران

بهروز ساری صراف - استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
هاشم رستم‌زاده^۱ - استادیار گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
محمد دارند - استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
امید اسکندری - دانشجوی دکتری آب و هواشناسی ماهواره‌ای، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

دریافت: ۱۳/۰۶/۱۴۰۰ پذیرش: ۱۵/۰۸/۱۴۰۰

چکیده

بررسی رفتار و تغییر عناصر اقلیمی به دلیل شناخت تغییرات آب و هوایی در سال‌های اخیر مورد توجه متخصصان حوزه اقلیم‌شناسی بوده است. روند از مؤلفه‌های بسیار مهم یک سری است و می‌تواند نشان‌دهنده سیر وضعیت اقلیمی هر منطقه باشد. در این پژوهش روند تغییرات هفده سال تابش موج بلند خروجی زمین طی بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۹ به کمک آزمون ناپارامتری من-کندال برای هر یاخته بررسی شد و نرخ تغییرات با استفاده از آزمون تخمینگر شیب سن به دست آمد. از روش آماره لکه‌های داغ (G) برای تهیه نقشه خوشه‌های سرد و گرم استفاده شد. نتایج به دست آمده در مقیاس سالیانه حاکی از نبود روند معنادار است، ولی ناهنجاری‌های ماهانه و فصلی کاملاً آشکار است. به طور کلی، روند غالب در بیشتر ماه‌های تابستان، پاییز، و زمستان در مناطق زیادی از کشور از جمله عرض‌های شمالی افزایشی است. با توجه به همبستگی که بین تابش موج بلند زمینی ثبت شده توسط سنجنده با میزان ابرناکی، گازهای گلخانه‌ای در جو، رطوبت، و نوع پوشش سطح زمین وجود دارد، افزایش تابش موج بلند زمینی در عرض‌های شمالی کشور را می‌توان به کاهش ابرناکی، تغییرات پوشش سطح، و متعاقباً کاهش بارندگی ارتباط داد و کاهش آن در مناطق جنوبی کشور را در اثر افزایش رطوبت ناشی از گرم شدن جو دانست.

واژگان کلیدی: ایران، تابش موج بلند خروجی، روند، لکه‌های داغ، من-کندال.

مقدمه

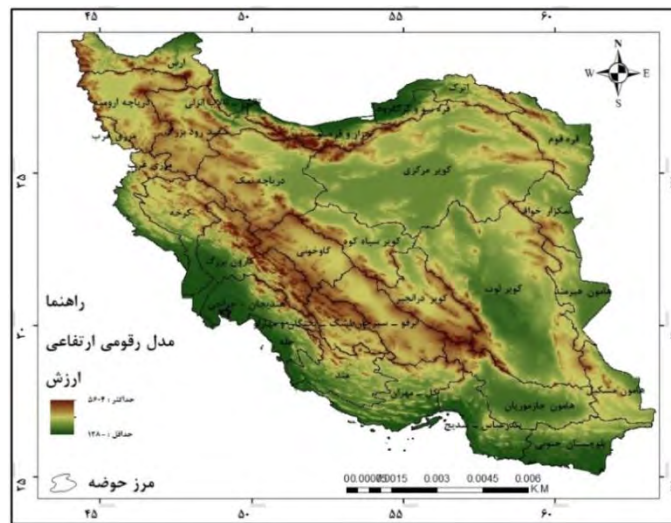
تغییر اقلیم یکی از چالش‌های زیست‌محیطی در دهه‌های اخیر است. بررسی رفتار و تغییر عناصر اقلیمی به دلیل شناخت تغییرات آب و هوایی و اهمیت آن بر ساختار آب و هوای کره زمین در سال‌های اخیر مورد توجه متخصصان حوزه اقلیم‌شناسی بوده است. روند یکی از مؤلفه‌های بسیار مهم یک سری است که در اقلیم برای بررسی گرایش درازمدت سری‌های زمانی کاربرد فراوان دارد و می‌تواند نشان‌دهنده سیر وضعیت اقلیمی هر منطقه باشد. تابش موج بلند خروجی زمین (OLR)^۲ یکی از متغیرهای اساسی آب و هوا و جزء اصلی بودجه تابش زمین است (ویتبرن و همکاران، ۲۰۲۱: 11304؛ اسپریک و همکاران، ۲۰۱۸: 13) که به عنوان پارامتری مهم در برنامه‌های کاربردی و برای شناسایی ابرها و برآورد بارش مورد مطالعه قرار می‌گیرد؛ به طوری که در بین مؤلفه‌های خصوصیات

فیزیکی ابر نوع ابر بیشترین اثربخشی را دارد (رستم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۲۵) و عاملی در جهت کاهش تابش موج بلند خروجی است. اندازه‌گیری بلندمدت تابش موج بلند زمینی برای درک کمی از شرایط آب و هوایی از نظر بودجه انرژی تابشی در مدل‌های تعادل انرژی و مدل‌های گردش عمومی ضروری است (کرولی و نورس، ۱۹۹۱). مقادیر زیاد تابش موج بلند خروجی مناطق پاک در ارتباط با سطح گرمسیری است و در مناطق ابری تابش موج بلند خروجی مربوط به دمای بالای ابر یا ابرهای مرتفع است که مقادیر کمتری ایجاد می‌کنند و این رابطه تابش موج بلند خروجی را به فاکتور مناسبی برای پیش‌بینی همرفت و بارش در مناطق استوایی تبدیل می‌کند، زیرا همرفت شدید از ابرهایی با ارتفاع بالا با دمای بالای ابر سرد و در نتیجه کاهش آن است (لیبین و اسمیت، ۱۹۹۶: ۱۲۷۶). بنابراین، با توجه به اهمیت موضوع، بررسی روند تابش موج بلند خروجی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی ضروری است. برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و یافتن مدل تغییرات از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. آزمون من-کندال یکی از متداول‌ترین آزمون‌های ناپارامتریک است که استفاده از آن در مطالعات اقلیمی به‌طور خاص در بررسی معنی‌داری روند گسترش یافته است (گوسیس و تراژکوویچ، ۲۰۱۳: ۱۷۲؛ نلسن، ۲۰۰۱: ۵۷). مطالعات متعدد انجام شده با استفاده از این روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن در تحلیل روند سری‌های زمانی است. در برخی مطالعات در ایران روندهای مکانی و زمانی بارش و تابش موج بلند خروجی زمین مطالعه شده‌اند؛ از جمله ساری صراف و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثرهای گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه با روش من-کندال و حداقل مربعات خطا نشان دادند که به‌طور متوسط در کل منطقه میزان بارندگی حدود ۴ میلی‌متر در سال کاهش داشته است و نتایج دو روش من-کندال و حداقل مربعات خطا با یکدیگر مطابقت زیادی دارند. امیررضاییه و همکاران (۱۳۹۵) با روش من-کندال به بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور طی نیم قرن اخیر پرداختند. قصاب فیض و اسلامی (۱۳۹۶) با ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من-کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان به این نتیجه رسیدند که با توجه به عدم معنی‌داری روندها در بیشتر ایستگاه‌ها نمی‌توان نتیجه گرفت که تغییر اقلیم رخ داده، ولی با توجه به اینکه بیشتر ایستگاه‌ها شاهد روند کاهشی بارندگی‌اند، این مسئله هشداردهنده است. حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار آلبدو ایران در طول جغرافیایی ۴۴ تا ۴۵ درجه شرقی به میزان ۲/۸ تا ۳/۳ و کمترین مقدار بازتابش بین ۵۲ تا ۵۳ درجه طول شرقی یعنی دامنه‌های شرقی رشته‌کوه‌های زاگرس به میزان ۱ تا ۱/۵ واحد است و از نظر زمانی در مقیاس فصلی در زمستان به مقدار ۲۶ درصد واحد و حداقل مقدار بازتابشی در فصل بهار با ۲۳ درصد است و در مجموع مناطق غرب و مرکز کشور دارای بیشترین و مناطق شمال و شمال غرب کشور دارای کمترین آلبدو هستند. مصباح‌زاده و سلیمانی ساردو (۱۳۹۷) روند و توزیع مکانی پارامترهای اقلیمی دما و بارش در مناطق خشک و بیابانی جنوب استان کرمان را با استفاده از روش ناپارامتریک من-کندال و شیب خط سن بررسی کردند. کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که روند تابش زمین‌تاب کره زمین در هر دهه ۰/۴ وات بر متر مربع در حال افزایش است؛ در حالی که روند تابش زمین‌تاب ایران در هر دهه بیش از سه برابر روند جهانی است؛ به طوری که به ازای هر دهه ۱/۴ وات بر متر مربع افزایش می‌یابد. کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که بیشینه تابش موج بلند زمینی در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا با مقادیر بیش از ۲۹۰ وات بر متر مربع رخ می‌دهد که ایران نیز بخشی از آن به‌شمار می‌آید. همچنین، آن‌ها در تحلیل فضایی الگوها نشان دادند که نزدیک به ۴۳ درصد از گستره ایران از نظر تابش موج بلند زمینی لکه‌های سرد (در سطح اطمینان ۹۰ درصد)، ۴۰ درصد لکه‌های داغ (در سطح اطمینان ۹۰ درصد)، و ۱۸ درصد خنثی است که متأثر از عرض جغرافیایی و تنوع پوشش زمینی است. دارند و همکاران (۲۰۱۹) با تحلیل روند رطوبت ویژه تروپوسفر ایران طی سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۶ با روش من-کندال نشان دادند که روند سالانه رطوبت ویژه در بیشتر ایران در حال کاهش و فقط در سواحل شمالی و جنوبی کشور در حال افزایش است.

چو و وانگ (۱۹۹۷) برای یافتن تغییرات آب و هوایی بارش‌های همرفتی در مناطق غربی اقیانوس آرام و اقیانوس هند از سوابق تابش موج‌بلند خروجی با بررسی روند از طریق آماره من- کندال به این نتیجه رسیدند که کاهش قابل توجهی در OLR در مناطق گرمسیری مرکزی و غربی اقیانوس آرام و بخش بزرگی از اقیانوس هند وجود دارد. در مقابل، شمال استرالیا بیشترین افزایش OLR را در طول زمان نشان می‌دهد. حاتزیدیمیتریو و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی روند تابش موج‌بلند خروجی در بالای اتمسفر نشان دادند که مهم‌ترین عامل در روند مشاهده‌شده ناشی از کاهش پوشش ابر سطح بالا در طی دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ است. هوانگ و راماسوامی (۲۰۰۹) با بررسی روند تابش موج‌بلند خروجی نشان دادند که مشاهدات دقیق و مداوم از طیف OLR وسیله‌ای مناسب برای نظارت بر تغییرات سیستم آب و هوایی و وسیله‌ای دقیق برای اعتبارسنجی مدل‌های آب و هوایی است. شین و همکاران (۲۰۱۷) سری زمانی و الگوهای تکراری تابش موج‌بلند خروجی بر فراز تبت و منطقه موسمی هند را بررسی کردند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی با تخمین روند تابش موج‌بلند خروجی به پیش‌بینی طوفان‌های اقیانوس اطلس پرداختند. ریچت من (۲۰۱۸) با مدل‌سازی تابش موج‌بلند خروجی پیش‌بینی طوفان‌های اقیانوس اطلس را مطالعه کرد. پترسون و همکاران (۲۰۱۹) روند تابش موج‌بلند خروجی و گازهای گلخانه‌ای در قطب شمال را بررسی کردند. صالحی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی مکانی و زمانی تابش موج‌بلند خروجی و بخار آب در عراق به این نتیجه رسیدند که تجزیه و تحلیل روندهای بلندمدت روند کاهش سطح (۰.۰۰۲۲ تا ۰.۰۰۲۶) وات بر متر مربع در سال را نشان می‌دهد و رصد ماهواره‌ای به‌طور مؤثر تغییرات مکانی و زمانی تابش موج‌بلند و بخار آب را نشان می‌دهد. مردوین و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با بررسی تابش موج‌بلند خروجی در منطقه سبیری غربی برای دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۸ به این نتیجه رسیدند که تغییرات OLR در سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۸ در سبیری غربی عمدتاً ناشی از تغییرات دمای سطح بوده است. ویترین و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی روند تابش موج‌بلند خروجی با گازهای گلخانه‌ای پرداختند. در این پژوهش با توجه به اهمیت موضوع تابش موج‌بلند خروجی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی، ضمن بررسی تحلیل فضایی و بررسی روند آن با استفاده از روش ناپارامتری من- کندال، تعیین مقدار تغییرات با روش شیب سن انجام شده است که در مقایسه با سایر پژوهش‌های انجام‌گرفته که از داده‌های ماهواره نوا و در مقیاس فصلی استفاده کرده‌اند روند مکانی و زمانی آن، علاوه بر مقیاس فصلی، در مقیاس ماهانه نیز انجام شده و از داده‌های سنجنده AIRS ماهواره آکوا- که از تاریخ ۲۰۰۲ در دسترس است- استفاده شد.

محدوده مورد مطالعه

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع، به لحاظ مکانی، بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بیشترین مساحت سرزمین ایران در سطوح ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر قرار دارد و کوهستان‌های اطراف آن از لحاظ زیست آب و هوایی دو اثر متضاد بر محیط طبیعی ایران بر جای گذاشته‌اند (علایی طالقانی، ۱۳۸۲: ۵-۹).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

مواد (داده‌ها) و روش‌ها

به منظور اجرای پژوهش حاضر، از داده‌های گذر روز سنجنده (AIRS) ماهواره آکوا برای سنجش تابش موج بلند زمینی با قدرت تفکیک مکانی ۲*۲ درجه (AIRSL3M3OLR61) از سایت <https://disc.gsfc.nasa.gov/> به مدت هفده سال آماری (۲۰۰۲/۰۷/۰۱ تا ۲۰۱۹/۰۷/۰۱) به صورت ماهانه، فصلی، و سالانه استفاده شد. این مطالعه روشی تحلیلی- آماری است. برای محاسبات و ایجاد نقشه‌ها از نرم‌افزارهای Arc GIS، Matlab، و SPSS استفاده شده است و همه عملیات آماری به صورت ماتریسی بر روی هر یاخته اعمال شد. در این پژوهش نخست نقشه‌های میانگین داده‌های ماهانه تابش موج بلند خروجی از رابطه ۱ به دست آمد و برای نمایش پراکندگی داده‌های تابش موج بلند خروجی از پارامتر انحراف معیار (رابطه ۲) طی هفده سال استفاده شد.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

آزمون من - کندل

اساس این آزمون بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک است و درباره پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌کند. تأیید فرض صفر به معنی عدم معنی‌داری روند در سری مشاهدات و تأیید فرض یک دال بر وجود روند است. برای اجرای این آماره ابتدا:

الف: به محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع sgn و استخراج پارامتر s طبق رابطه ۳ پرداخته شد:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{رابطه ۳}$$

که n تعداد سری مشاهدات، x_i تابع زام سری، و x_k داده k ام سری داده است.

سپس sgn از رابطه ۴ به دست آمد و با هم جمع شد.

رابطه ۴

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = +1 \quad \text{for } (x_j - x_k) > 0$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{for } (x_j - x_k) = 0$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{for } (x_j - x_k) < 0$$

بنابراین، همه مقادیر به دست آمده از تابع علامت (sgn) برابر با صفر، ۱، یا -۱ است.

ب: در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۵ به محاسبه واریانس پرداخته شد.

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t(t-1)((2+t))}{88} \quad \text{if } > 10 \quad \text{رابطه ۵}$$

N تعداد داده‌ها، m تعداد سری که حداقل دارای یک داده تکراری است، و t فراوانی داده‌هایی با ارزش یکسان است.

ج: استخراج آماره آزمون Z با استفاده از رابطه ۶:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } > 0 \\ 0 & \text{if } = 0 \\ \frac{+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۶}$$

در صورتی که آماره Z مثبت باشد، نشان از روند صعودی است و بالعکس در صورت منفی بودن نشان از روند نزولی است. معمولاً، این آزمون برای سطح معنی‌دار ۹۵ و ۹۹ درصد به انجام می‌رسد. مقدار a برای سطح ۹۵ درصد برابر با ۰/۰۵ و برای سطح ۹۹ درصد برابر با ۰/۰۱ است. در سطح اطمینان ۹۵ درصد: $Z=1/96$ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد: $Z=2/56$ در نظر گرفته می‌شود (من، ۱۹۴۵: ۲۴۵).

آزمون سن

آزمون سن نیز یک روش ناپارامتری برای تحلیل سری‌های زمانی است و مانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می‌گیرد و در صورت وجود داده‌های گم‌شده قابل استفاده است (سرانو و همکاران، ۱۹۹۹).

در آزمون من-کندال شیب خط روند سری داده‌ها با روش تخمینگر سن از رابطه ناپارامتری (رابطه ۷) محاسبه می‌شود.

$$\beta = \operatorname{Medi} n \left[\frac{X_j - X_i}{j-i} \right] (j > i) \quad \text{رابطه ۷}$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_i مقدار مشاهده I ام است. مقادیر مثبت (منفی) β نشان دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری داده‌هاست (میرعباسی و دین‌پژوه، ۱۳۸۹: ۷۶۰، به نقل از سن، ۱۹۶۸).

لکه‌های داغ^۱

با استفاده از تحلیل نقشه‌های لکه‌های داغ می‌توان تغییرات فضایی تابش موج بلند خروجی زمین را در طول زمان به صورت رفتار فضایی مشاهده کرد. شاخص لکه‌های داغ از روش‌های خودهمبستگی فضایی است و نقاط توزیع داده‌های مکان محور را با توجه به نوع داده و تحلیل‌های همبستگی فضایی به صورت عدد نمره استاندارد نمایش می‌دهد و نشان می‌دهد که در کجای ناحیه مورد مطالعه داده‌هایی با مقادیر زیاد یا کم به صورت خوشه‌های داغ یا سرد تجمع یافته‌اند و به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارد نگاه می‌کند. آماره G_i ، که برای هر عارضه موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود، نوعی امتیاز Z است. امتیاز Z بر روی نقشه‌های مورد نظر اگر به صورت مثبت و از مقادیر ۱/۶۹ به بالا باشد، از نظر آماری معنادار بوده و به رنگ قرمز است و این مقادیر بالا لکه‌های داغ‌اند و هر چه امتیاز مربوط از نظر عددی و دامنه رنگ مورد نظر در ناحیه‌های قرمز و آبی کاسته شوند، دارای معنی‌داری آماری کمتر در سطوح مختلف‌اند تا جایی که این امتیاز به دامنه ۱/۶۵ می‌رسد و از رابطه ۸ استنباط می‌شود.

$$G_i^* = \frac{\sum_{i=1}^n w_{i,j} x_j - \sum_{i=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{i=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{i=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad \text{رابطه ۸}$$

در این فرمول X_j مقدار خصیصه برای عارضه، $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه، i و j و n برابر با تعداد کل عارضه‌هاست. نوع پراکنش داده‌ها با استفاده از نمره استاندارد طبق جدول ۱ تحلیل می‌شود (بلیانی و حکیم‌دوست، ۱۳۹۳: ۱۶۵-۱۶۶).

جدول ۱. طبقه‌بندی نمره استاندارد در تحلیل نوع پراکنش داده‌های مکان محور

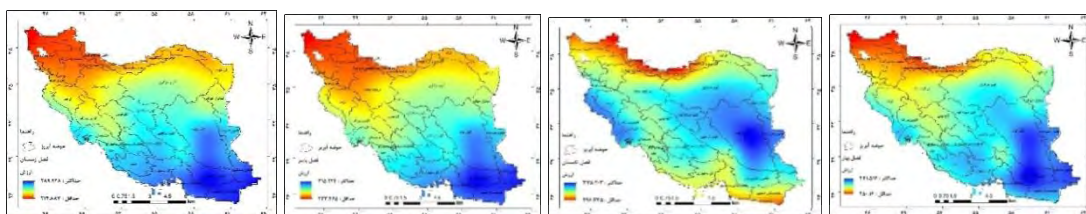
نوع الگوی پراکنش فضایی	سطح معناداری	نمره استاندارد
خوشه‌ای قوی سرد- سرد	۰/۰۱	<-۲,۵۸
خوشه‌ای متوسط سرد- سرد	۰/۰۵	-۲,۵۸-(-۱,۹۶)
خوشه‌ای ضعیف سرد- سرد	۰/۱۰	-۱,۹۶-(-۱,۶۵)
تصادفی- توزیع ناموزون	-----	-۱,۶۵-۱,۶۵
خوشه‌ای ضعیف داغ- داغ	۰/۱۰	۱,۶۵-۱,۹۶
خوشه‌ای متوسط داغ- داغ	۰/۰۵	۱,۹۶-۲,۵۸
خوشه‌ای قوی داغ- داغ	۰/۰۱	>۲,۵۸

یافته‌های پژوهش

اندازه‌گیری و ایجاد نقشه‌های میانگین توزیع و شدت متغیر مورد مطالعه در فضا را نشان می‌دهد. باتوجه به نتایج به دست آمده از نقشه‌های میانگین تابش موج بلند خروجی (شکل ۲ و جدول ۲) طی هفده سال مطالعه در این پژوهش، می‌توان گفت در فصل‌های بهار، پاییز، و زمستان بیشینه تابش موج بلند خروجی زمین در جنوب و جنوب شرق ایران واقع

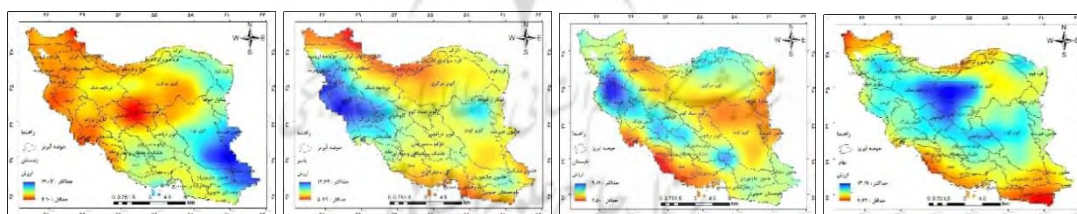
^۱. Hot spot

در حوضه‌های هامون و بلوچستان در جنوب با ۳۰۰ تا ۳۳۰ وات بر متر مربع در بهار و پاییز تا ۲۸۰ وات در زمستان متغیر است و کمینه آن در منطقه شمال غرب در حوضه‌های ارس و دریاچه ارومیه ۲۱۷ تا ۲۶۰ وات بر متر مربع است. ارتفاعات البرز و زاگرس به صورت نواری ممتد مقادیر یکسانی از ۲۴۰ تا ۲۵۰ وات بر متر مربع را نشان می‌دهد. در زمستان کمینه‌ای در ارتفاعات استان کرمان با ۲۵۵ وات بر متر مربع مشاهده شد، ولی بیشینه تابشی تا شمال استان اصفهان کشیده شده است و شرایط تابشی ماه‌های پاییز تقریباً یک‌دست است، با این تفاوت که در ماه مارس یک بیشینه در استان خوزستان با ۲۸۰ وات ظاهر می‌شود. در مقیاس زمانی سالانه نیز بیشترین مقدار در جنوب شرق کشور با ۳۱۷ وات بر متر مربع در حوضه هامون مشکیل و جازموریان تا ۲۹۰ وات در مناطق مرکزی کشور متغیر است و کمترین مقدار نیز مربوط به مناطق شمال غرب و شمال ایران با ۲۵۸ وات در حوضه ارس تا ۲۷۷ وات در حوضه اترک است.



شکل ۲. میانگین فصلی تابش موج‌بلند خروجی بهار، تابستان، پاییز، و زمستان (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

نتایج به‌دست‌آمده از انحراف‌معیار تابش موج‌بلند خروجی زمین (شکل ۳ و جدول ۲) نشان داد که بیشترین انحراف‌معیار تابش موج‌بلند خروجی زمین در فصل بهار در غرب کویر مرکزی، شرق دریاچه نمک، شمال کویر سیاه‌کوه، و گاوخونی و کمترین انحراف‌معیار در جنوب شرق کشور و شمال غرب کشور دیده می‌شود. در تابستان بیشترین انحراف‌معیار بر روی رشته‌کوه‌های زاگرس و کمترین در جنوب غربی و شرق کشور مشاهده شد. در فصل پاییز کمترین انحراف‌معیار در شمال رشته‌کوه البرز و سواحل جنوبی کشور و بیشترین در مناطق غربی کشور به‌دست آمد. در زمستان نیز شرق و جنوب شرق بیشترین انحراف‌معیار و مناطق غرب و شمال غربی کمترین انحراف‌معیار را دارد.



شکل ۳. انحراف‌معیار فصلی تابش موج‌بلند خروجی بهار، تابستان، پاییز، و زمستان (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

جدول ۲. اطلاعات میانگین و انحراف‌معیار تابش موج‌بلند خروجی حوضه‌های آبریز ایران

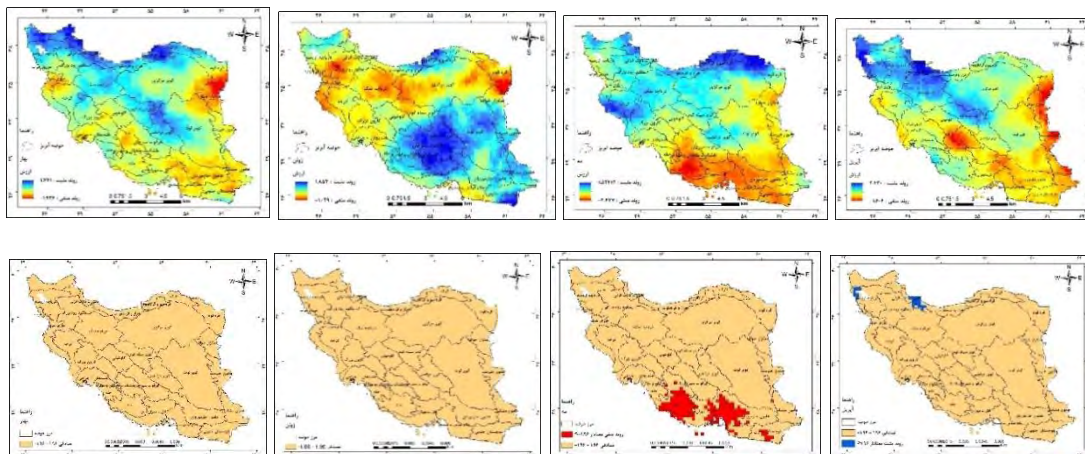
نام حوضه	میانگین					انحراف از معیار				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
ارس	۲۶۰.۰۱	۳۱۰.۵۹	۲۴۰.۰۷	۲۲۲.۴۵	۲۵۸.۳۹	۶.۶۸	۵.۶۷	۶.۴۶	۵.۷۸	۳.۲۵
تالش - تالاب انزلی	۲۶۵.۰۴	۳۰۹.۰۵	۲۴۳.۲۰	۲۲۵.۵۴	۲۶۰.۸۱	۸.۴۹	۳.۹۷	۶.۷۲	۵.۹۳	۲.۶۳
سفیدرود بزرگ	۲۷۳.۹۲	۳۲۶.۹۹	۲۴۵.۱۹	۲۲۷.۹۲	۲۶۸.۷۲	۹.۸۹	۵.۶۲	۸.۹۶	۶.۱۲	۳.۲۱
رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز	۲۶۵.۷۸	۳۰۵.۶۱	۲۴۵.۶۸	۲۲۹.۱۱	۲۶۱.۶۸	۸.۴۰	۴.۲۲	۶.۵۲	۶.۰۰	۳.۳۱
هراز و قره‌سو	۲۷۴.۰۴	۳۱۰.۳۲	۲۵۳.۵۴	۲۳۷.۰۷	۲۶۸.۹۳	۷.۶۶	۵.۴۷	۶.۴۷	۶.۴۵	۳.۴۵
قره‌سو و گرگان‌رود	۲۸۱.۷۵	۳۱۹.۸۷	۲۵۵.۲۳	۲۳۶.۵۸	۲۷۳.۶۶	۷.۱۸	۶.۸۲	۷.۵۲	۷.۸۹	۴.۱۱

ادامه جدول ۲

نام حوضه	میانگین					انحراف از معیار				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
اترک	۲۸۶.۸۸	۳۳۰.۲۷	۲۵۵.۵۸	۲۳۶.۰۳	۲۷۷.۴۳	۷.۹۵	۶.۷۳	۸.۱۴	۸.۵۶	۳.۹۴
مرزی غرب	۲۹۷.۶۹	۳۵۲.۴۴	۲۶۱.۰۷	۲۴۵.۳۰	۲۸۹.۳۱	۹.۳۶	۷.۱۰	۱۱.۷۷	۵.۷۵	۳.۷۸
کرخه	۲۹۸.۴۱	۳۵۱.۵۴	۲۶۲.۱۳	۲۴۶.۶۷	۲۸۹.۷۳	۹.۷۰	۷.۴۰	۱۱.۶۹	۵.۹۵	۴.۰۵
کارون بزرگ	۲۹۹.۷۸	۳۴۵.۹۹	۲۶۸.۴۳	۲۵۱.۲۸	۲۹۱.۴۵	۹.۷۱	۶.۵۰	۱۰.۹۷	۶.۶۲	۴.۰۵
هندیجان - جراحی	۳۰۸.۶۵	۳۴۸.۰۵	۲۷۷.۹۷	۲۶۱.۲۷	۲۹۹.۱۱	۸.۹۷	۵.۰۷	۹.۸۵	۶.۲۰	۳.۴۵
حله	۳۱۰.۰۷	۳۴۱.۰۱	۲۸۳.۵۳	۲۶۶.۳۹	۳۰۰.۴۴	۶.۹۶	۳.۷۷	۹.۱۶	۶.۶۰	۳.۱۵
مند	۳۱۶.۰۴	۳۴۱.۰۴	۲۹۰.۷۰	۲۷۱.۵۵	۳۰۵.۰۷	۷.۲۷	۳.۹۳	۸.۱۷	۸.۳۵	۳.۷۰
کل - مهران	۳۱۵.۹۶	۳۳۴.۸۵	۲۹۵.۳۶	۲۷۴.۴۶	۳۰۵.۴۴	۷.۶۰	۴.۴۲	۷.۷۳	۸.۶۵	۴.۲۹
بندرعباس - سدیج	۳۲۱.۳۲	۳۲۹.۳۴	۳۰۳.۶۳	۲۸۰.۸۱	۳۰۹.۱۷	۷.۲۲	۵.۳۹	۷.۲۹	۸.۱۴	۴.۱۰
بلوچستان جنوبی	۳۲۵.۱۹	۳۲۵.۴۰	۳۰۹.۵۱	۲۸۶.۵۹	۳۱۱.۹۴	۵.۶۱	۵.۶۳	۸.۱۰	۹.۶۰	۳.۴۸
دریاچه ارومیه	۲۷۱.۹۹	۳۲۸.۸۳	۲۴۳.۹۶	۲۲۵.۵۷	۲۶۷.۸۶	۸.۶۲	۶.۰۳	۹.۰۵	۵.۹۸	۳.۲۷
دریاچه نمک	۲۸۸.۶۹	۳۳۹.۱۰	۲۵۶.۶۳	۲۴۰.۹۳	۲۸۱.۴۱	۱۰.۸۰	۵.۰۳	۸.۷۱	۷.۱۱	۴.۴۹
گاوخونی	۲۹۸.۴۱	۳۴۴.۵۹	۲۷۰.۲۲	۲۵۶.۰۶	۲۹۲.۵۰	۱۰.۹۷	۶.۴۵	۹.۷۹	۵.۷۹	۳.۹۰
طشک - بختگان و مهارلو	۳۱۱.۶۱	۳۴۶.۵۳	۲۸۳.۳۹	۲۶۶.۳۵	۳۰۲.۳۵	۹.۲۰	۶.۰۷	۸.۷۰	۸.۵۵	۴.۱۱
ایر قو - سیرجان	۳۱۲.۲۵	۳۴۸.۱۷	۲۸۶.۰۲	۲۶۸.۰۶	۳۰۴.۰۵	۱۰.۱۷	۶.۱۷	۸.۵۶	۸.۲۲	۴.۴۴
هامون جازموریان	۳۲۸.۷۹	۳۴۴.۸۰	۳۰۶.۱۵	۲۸۱.۶۳	۳۱۵.۸۲	۷.۶۷	۵.۹۶	۸.۵۹	۹.۷۱	۴.۴۳
کوپر لوت	۳۲۳.۳۹	۳۶۲.۴۷	۲۹۲.۴۶	۲۶۹.۳۹	۳۱۲.۳۷	۹.۴۸	۴.۴۱	۸.۷۱	۹.۸۳	۴.۴۵
کوپر مرکزی	۳۰۲.۲۹	۳۴۶.۱۵	۲۶۹.۲۸	۲۴۹.۸۸	۲۹۲.۱۴	۹.۴۸	۵.۳۹	۷.۸۶	۷.۵۰	۴.۴۷
کوپر سیاه کوه	۳۰۸.۷۵	۳۵۳.۷۸	۲۷۸.۷۸	۲۶۲.۹۲	۳۰۱.۱۹	۱۱.۱۰	۵.۰۲	۸.۴۶	۵.۳۰	۴.۰۱
کوپر درانجیر	۳۱۲.۳۵	۳۵۲.۹۲	۲۸۶.۴۲	۲۶۵.۹۸	۳۰۴.۸۶	۱۰.۲۷	۵.۱۵	۸.۴۹	۸.۲۸	۳.۸۷
نمکزار خواف	۳۰۷.۸۷	۳۵۳.۴۷	۲۷۶.۳۲	۲۵۱.۰۶	۲۹۷.۵۰	۸.۷۷	۴.۰۲	۸.۷۵	۹.۳۳	۴.۱۷
هامون هیرمند	۳۲۴.۳۶	۳۶۲.۸۷	۲۹۲.۴۶	۲۶۹.۱۱	۳۱۲.۶۲	۹.۱۷	۴.۱۱	۸.۳۹	۱۱.۸۲	۴.۲۹
هامون مشکیل	۳۳۰.۴۵	۳۴۷.۸۲	۳۰۷.۸۹	۲۸۱.۸۳	۳۱۷.۴۱	۷.۶۵	۵.۸۳	۸.۰۲	۱۳.۰۱	۴.۱۴
قره قوم	۲۹۵.۹۹	۳۴۱.۸۹	۲۶۲.۸۶	۲۳۹.۳۰	۲۸۵.۲۶	۹.۱۸	۴.۸۷	۸.۵۴	۹.۶۵	۳.۷۲

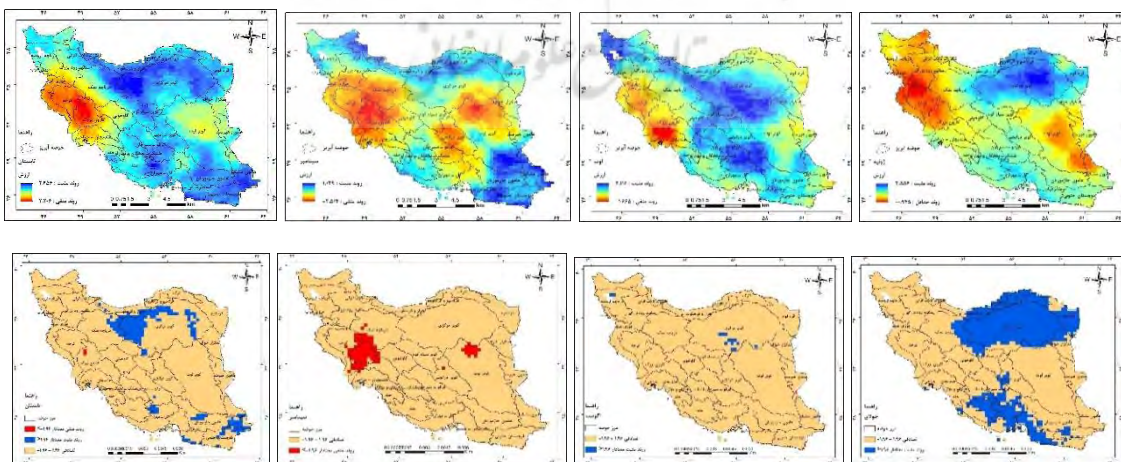
شکل های ۴ تا ۷ و جدول های ۳ و ۴ نتایج آزمون من - کندال را برای بررسی روند تغییرات تابش موج بلند خروجی ماهانه، فصلی، و سالانه کشور به صورت میانگین برای سی حوضه نشان می دهد. با توجه به نتایج نقشه حاصله از آزمون من - کندال و معنی داری آن (شکل ۴) که ماه های آوریل، می، ژوئن و فصل بهار کشور ایران را به صورت یاخته ای نشان می دهد در ماه آوریل و می نشان از روند افزایشی تابش موج بلند خروجی در نیمه شمالی کشور و کاهش در نیمه جنوبی و شرقی کشور دارد. در ماه ژوئن بالعکس دو ماه قبل با روند افزایش آن در مناطق مرکزی و جنوب شرقی کشور و حوضه قره سو و گرگان رود روبه رو می باشیم و بررسی نقشه های معنی داری در سطح ۹۵ درصد نشان داد که در ماه آوریل در قسمت هایی از مرز تالاب انزلی، حوضه تالش و نیمه شمال غربی حوضه دریاچه ارومیه افزایش تابش موج بلند خروجی زمین وجود دارد و هیچ گونه کاهش معنی داری مشاهده نشد. در ماه می کاهش معنی دار با سطح ۹۵ درصد در نیمه جنوبی کشور، شمال خلیج فارس، و قسمت هایی از شمال دریای عمان شامل حوضه های بندرعباس - سدیج و حوضه بلوچستان جنوبی، مند و هامون جازموریان مشاهده شد و روند مثبت معنادار در کشور مشاهده نشد. در ماه ژوئن و همچنین مقیاس زمانی فصل بهار هیچ گونه روند مثبت و منفی معنادار به دست نیامد. بر اساس جدول های ۳ و ۴، که میزان آماره من - کندال و شیب سن بر اساس میانگین هر حوضه را نمایش می دهد، روند افزایشی و کاهش در مقیاس حوضه ها مشاهده نشد. در ماه می روند کاهش در حوضه مهران - کل و بندرعباس - سدیج با میانگین آماره من - کندال

۱۹۷ و میانگین شیب سن ۱۹۶۱- محاسبه و روند افزایشی وجود نداشت. در ماه ژوئن و میانگین فصل بهار نیز روند کاهشی و افزایشی در سطح حوضه مشاهده نشد.



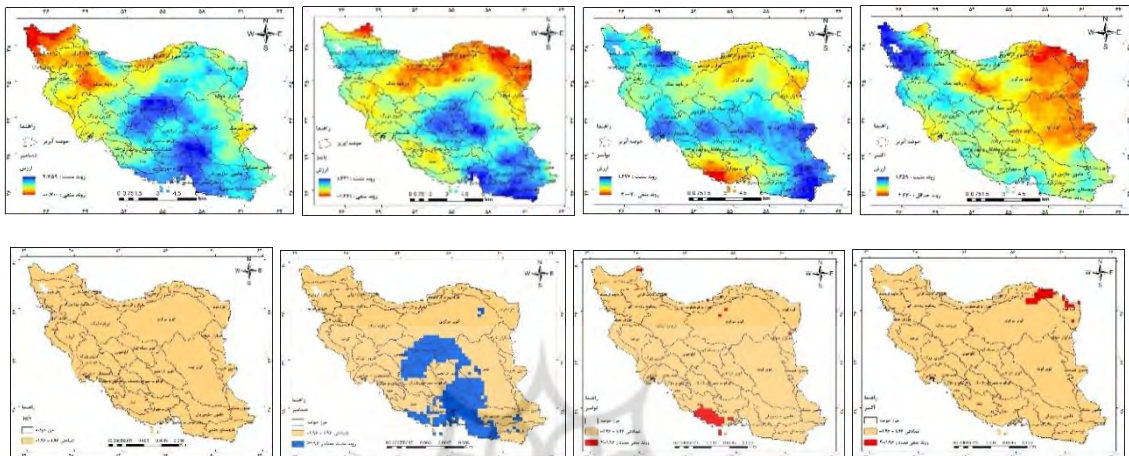
شکل ۴. نقشه آماره Z من- کندال و Z معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تابش موج بلند خروجی آوریل، می، ژوئن، و فصل بهار (۲۰۱۹-۲۰۰۳)

نتایج حاصله از نقشه‌های آزمون من- کندال برای ماه‌های جولای، اوت، سپتامبر و فصل تابستان (شکل ۵) حاکی از آن است که در ماه جولای شمال شرقی کشور شامل حوضه‌های اترک، قره‌سو و گرگان‌رود، قره‌قوم و کویر مرکزی و در جنوب ایران در قسمت‌هایی از حوضه‌های کل- مهران و بندرعباس سدیج روند مثبت کاملاً معنادار مشاهده شد و روند معنادار منفی در جایی مشاهده نشد. در ماه‌های اوت به‌صورت یاخته‌های پراکنده در کشور روند افزایشی وجود دارد و می‌توان گفت که ماه بدون تغییر در فصل تابستان است. در سپتامبر، برخلاف ماه‌های قبل، روند کاهشی در شمال کویر لوت و حوضه کارون بزرگ رخ داده است. در مقیاس فصلی تابستان روند منفی معنادار وجود نداشت و روند مثبت به‌صورت پراکنده در جنوب، جنوب شرق، و جنوب رشته‌کوه‌های البرز به‌دست آمد. بر اساس جدول‌های ۳ و ۴، می‌توان گفت از لحاظ میانگین معنی‌داری حوضه جولای متغیرترین ماه بوده است و روند افزایشی در حوضه‌های هراز و قره‌سو، قره‌سو و گرگان‌رود، اترک، و کویر مرکزی دیده شد.



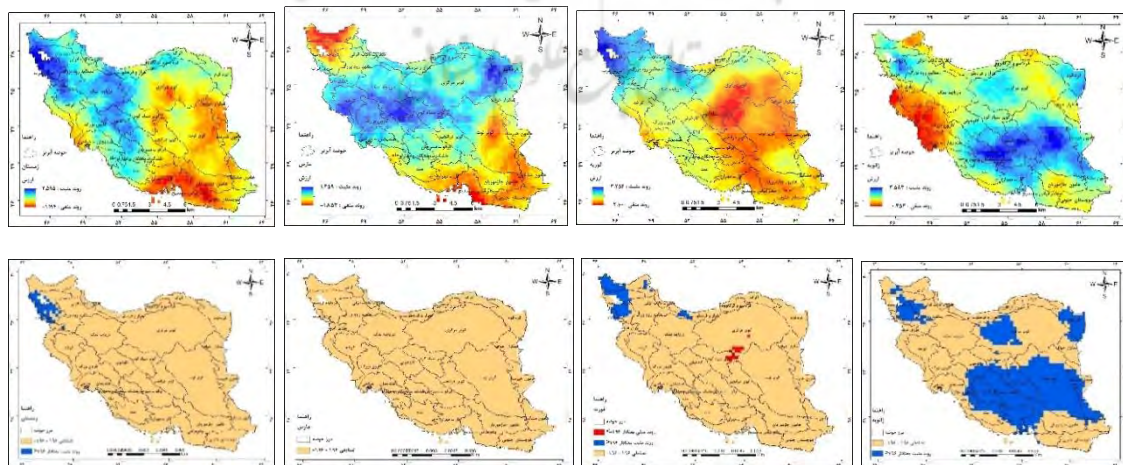
شکل ۵. نقشه آماره Z من- کندال و Z معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تابش موج بلند خروجی جولای، اوت، سپتامبر، و فصل تابستان (۲۰۱۹-۲۰۰۳)

نتایج شکل ۶ حاکی از آن است که در ماه‌های اکتبر و نوامبر روند مثبت معنادار وجود ندارد. در اکتبر در شمال شرق کشور در مرز حوضه اترک و قره‌قوم و نوامبر در جنوب شرق کشور در حوضه کل مهران روند منفی مشاهده شد. در دسامبر برخلاف دو ماه قبل روند منفی معنادار وجود نداشت و روند مثبت معنادار در قسمت‌های اعظم جنوب و مرکز ایران به دست آمد. با توجه به جدول‌های ۳ و ۴ در ماه اکتبر، نوامبر، و مقیاس زمانی فصلی پاییز در مقیاس حوضه‌ای روند معنادار وجود نداشت و در ماه دسامبر حوضه‌های بندرعباس - سدیج، ابرقو - سیرجان، هامون جازموریان، کویر سیاه‌کوه، و درانجیر روند کاهشی معنی‌دار داشته است.



شکل ۶. نقشه آماره Z من - کندال و Z معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تابش موج بلند خروجی اکتبر، نوامبر، دسامبر، و فصل پاییز (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

نتایج حاصل از نقشه من - کندال در فصل زمستان (شکل ۷) و جدول‌های ۳ و ۴ حاکی از آن است که در ماه ژانویه روند منفی معنی‌داری وجود نداشت، ولی روند مثبت معنی‌داری در بیشتر قسمت‌های کشور از جمله حوضه‌های کل - مهران، دریاچه ارومیه، تشک - بختگان و مهارلو، ابرقو - سیرجان، کویر لوت، کویر درانجیر، هامون هیرمند، هامون مشکیل، و قره‌قوم وجود دارد. در ماه فوریه حوضه‌های ارس و دریاچه ارومیه افزایش معنی‌داری را تجربه کرده و به صورت پراکنده در اطراف جنوب کویر مرکزی مشاهده شد. در ماه مارس روند معنی‌دار افزایشی و کاهشی وجود نداشت و در مقیاس زمانی فصلی زمستان در غرب حوضه دریاچه ارومیه و شمال حوضه مرزی غرب روند افزایشی مشاهده می‌شود.



شکل ۷. نقشه آماره Z من - کندال و Z معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تابش موج بلند خروجی ژانویه، فوریه، مارس، و فصل زمستان (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

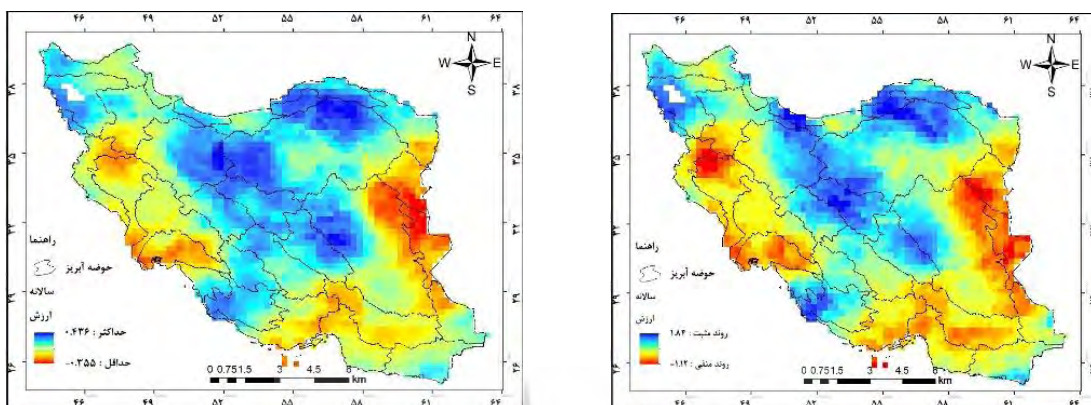
جدول ۳. آماره Z من - کندال تابش موج بلند خروجی حوضه‌های آبریز ایران

نام حوضه	آوریل	می	ژوئن	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
ارس	۱.۱۵	۰.۱۰	۰.۴۸	۰.۳۳	۱.۰۸	-۰.۰۳	-۰.۰۱	-۰.۶۱	-۰.۰۴	۱.۲۴	۲.۰۸	-۱.۲۶	۱.۲۵	-۰.۹۷	-۰.۴۹	۱.۲۶	۰.۵۱
تالش - تالاب انزلی	۱.۶۶	۰.۱۴	۰.۲۲	۰.۴۵	۱.۰۳	۰.۲۷	-۰.۵۲	۰.۴۰	۰.۸۶	۱.۱۴	۱.۲۱	-۰.۲۰	۱.۲۸	۱.۵۴	۰.۲۷	۰.۹۴	۰.۵۲
سفیدرود بزرگ	۱.۲۵	-۰.۱۷	-۰.۱۵	۰.۰۹	۰.۶۸	-۰.۷۱	۰.۲۳	-۰.۰۹	۰.۵۶	۱.۷۱	۱.۱۱	-۰.۳۱	۰.۳۶	۰.۶۲	۰.۳۲	۱.۱۹	۰.۲۸
رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز	۱.۷۷	۰.۰۹	۰.۱۲	۱.۰۰	۱.۱۸	۰.۰۸	-۰.۶۹	-۰.۲۵	۱.۵۶	۱.۱۶	۱.۶۳	۰.۱۵	۱.۰۳	۱.۷۱	-۰.۲۳	۱.۲۳	۱.۳۶
هراز و قره‌سو	۰.۵۳	۰.۱۸	۰.۶۷	۲.۰۵	۰.۹۵	۰.۰۱	-۰.۳۱	-۱.۵۵	۰.۵۹	۱.۵۹	۰.۱۶	-۰.۱۱	۰.۶۹	۱.۸۸	-۰.۷۳	۰.۷۴	۰.۶۲
قره‌سو و گرگان‌رود	۰.۳۳	۰.۷۵	۱.۱۲	۲.۵۰	۰.۴۰	۰.۱۰	-۰.۸۶	-۱.۶۷	۰.۶۲	۱.۴۴	۰.۲۴	۰.۲۲	۱.۲۷	۱.۶۱	-۰.۸۵	۱.۰۷	۱.۴۰
اترک	۰.۳۸	۱.۰۲	۰.۶۱	۲.۲۹	-۰.۰۸	-۰.۱۷	-۱.۴۹	-۱.۴۰	۱.۲۰	۱.۱۱	۰.۲۵	۰.۱۴	۰.۹۵	۱.۲۵	-۰.۸۹	۰.۷۲	۱.۰۶
مرزی غرب	۰.۲۰	-۰.۱۱	-۰.۲۸	-۰.۳۴	-۰.۲۴	-۱.۴۰	۰.۰۱	-۰.۵۵	۰.۷۵	۰.۴۴	۰.۸۴	۰.۳۶	-۰.۲۹	-۰.۷۴	-۰.۰۳	۱.۰۵	-۰.۰۴
کرخه	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۰۱	-۰.۳۲	-۰.۵۶	-۱.۷۴	-۰.۳۲	-۰.۵۰	۰.۶۵	۰.۲۸	۰.۱۲	۰.۵۴	-۰.۰۶	-۱.۱۲	-۰.۳۱	۰.۸۵	-۰.۳۲
کارون بزرگ	۰.۰۷	-۰.۳۶	۰.۱۰	۰.۲۰	-۰.۳۳	-۱.۸۱	-۰.۲۶	-۰.۰۶	۱.۰۹	۰.۷۰	۰.۱۰	۰.۴۶	۰.۰۰	-۰.۸۵	-۰.۰۸	۰.۸۳	-۰.۰۶
هندیجان - جراحی	۰.۰۷	-۰.۹۷	۰.۱۶	۱.۰۲	-۰.۶۵	-۱.۴۰	-۰.۶۰	۰.۲۴	۱.۰۳	۰.۸۷	-۰.۱۰	۰.۱۴	-۰.۳۱	-۰.۲۴	-۰.۰۴	۰.۵۷	-۰.۳۹
حله	۰.۵۱	-۱.۲۷	۰.۵۳	۱.۲۲	۰.۵۶	-۰.۶۴	-۰.۲۹	-۰.۴۵	۱.۱۱	۱.۷۵	۰.۱۱	-۰.۵۲	۰.۰۸	۰.۷۵	-۰.۲۴	۰.۹۱	۰.۵۵
مند	۰.۳۷	-۲.۱۸	۰.۹۴	۱.۶۶	۰.۵۶	-۰.۲۹	-۰.۴۶	-۱.۵۳	۱.۵۲	۱.۸۹	-۰.۰۵	-۰.۴۹	-۰.۲۶	۱.۱۹	-۰.۲۵	۰.۸۳	۰.۷۹
کل - مهران	-۰.۱۷	-۱.۹۶	۰.۹۸	۱.۷۴	۰.۸۵	-۰.۷۳	-۰.۳۷	-۱.۶۵	۲.۱۰	۲.۰۵	-۰.۶۱	-۰.۹۱	-۰.۳۳	۱.۴۶	۰.۲۰	-۰.۳۶	-۰.۰۶
بندرعباس - سدیح	-۰.۳۸	-۱.۹۸	۰.۴۱	۱.۷۶	۰.۹۶	-۰.۲۷	-۰.۳۶	-۰.۷۳	۲.۲۸	۱.۷۹	-۱.۰۲	-۱.۲۹	-۰.۶۵	۱.۴۹	۰.۹۲	-۰.۷۳	-۰.۱۶
بلوچستان جنوبی	-۰.۳۸	-۱.۶۵	۰.۹۳	۱.۴۰	۰.۶۰	۰.۲۲	-۰.۳۵	۰.۷۲	۱.۸۱	۱.۲۷	-۰.۷۶	-۱.۰۹	-۰.۴۱	۱.۸۳	۰.۹۸	-۰.۲۶	۰.۲۸
دریاچه ارومیه	۱.۲۷	-۰.۴۹	۰.۱۲	۰.۱۵	۱.۰۸	-۰.۳۷	۰.۸۲	-۰.۱۸	۰.۱۷	۱.۹۹	۲.۲۸	-۰.۹۴	۰.۵۸	۰.۷۱	۰.۳۳	۱.۸۶	۰.۸۰
دریاچه نمک	۱.۱۵	-۰.۰۷	-۰.۱۸	۰.۹۹	۰.۶۱	-۱.۴۶	-۰.۵۳	-۰.۵۶	۰.۷۴	۱.۴۲	۰.۹۲	۰.۳۲	۰.۵۲	۰.۸۶	-۰.۴۶	۱.۳۹	۰.۶۷
گاوخونی	-۰.۰۱	-۰.۷۸	۰.۳۷	۰.۹۴	۰.۷۱	-۱.۳۰	-۰.۲۷	-۰.۲۹	۱.۷۳	۱.۷۰	-۰.۰۹	۰.۸۱	-۰.۱۹	۰.۲۴	۰.۱۲	۱.۵۵	۰.۸۰
طشک - بختگان و مهارلو	-۰.۵۸	-۱.۷۱	۱.۱۵	۱.۳۶	۱.۰۷	-۰.۴۸	-۰.۵۸	-۰.۲۲	۱.۷۱	۲.۸۸	-۰.۰۶	-۰.۰۷	-۰.۵۶	۱.۲۸	۰.۲۲	۱.۱۱	۰.۵۰
ابرقو - سیرجان	-۰.۵۶	-۱.۱۷	۱.۴۶	۱.۴۱	۱.۳۶	-۱.۱۴	-۰.۷۱	-۰.۰۶	۱.۹۷	۲.۷۷	-۰.۷۲	-۰.۲۱	-۰.۱۶	۱.۴۷	۰.۵۹	۰.۴۶	۰.۴۰
هامون جازموریان	-۰.۴۷	-۱.۷۹	۰.۸۴	۱.۲۹	۱.۰۳	-۰.۲۶	-۰.۶۱	-۰.۱۶	۲.۰۲	۱.۵۸	-۱.۰۰	-۰.۸۰	-۰.۶۴	۱.۵۲	۰.۶۰	-۰.۴۲	-۰.۲۵
کوبر لوت	۰.۰۰	-۱.۰۸	۰.۹۸	۰.۵۵	۰.۸۶	-۰.۸۱	-۱.۲۲	۰.۰۱	۱.۶۴	۲.۴۳	-۰.۹۴	-۰.۵۶	-۰.۰۳	۰.۸۰	۰.۳۶	-۰.۱۱	۰.۱۱
کوبر مرکزی	۰.۵۱	-۰.۲۳	۰.۱۰	۲.۵۲	۱.۱۷	-۰.۵۳	-۱.۲۵	-۱.۱۰	۱.۴۸	۱.۶۸	-۰.۵۳	۰.۲۵	۰.۱۵	۱.۷۹	-۰.۳۸	۰.۴۰	۰.۷۸
کوبر سیاه‌کوه	۰.۹۵	-۰.۳۶	۰.۲۵	۱.۴۲	۱.۱۹	-۰.۹۴	-۰.۷۲	-۰.۳۶	۲.۱۶	۱.۸۵	-۱.۰۶	۰.۵۲	۰.۵۵	۱.۴۶	۰.۴۹	۰.۵۴	۱.۲۳
کوبر درانجیر	۰.۲۴	-۰.۳۰	۱.۴۷	۱.۳۰	۱.۱۵	-۱.۴۶	-۰.۹۷	۰.۱۴	۱.۹۵	۲.۷۵	-۱.۴۲	-۰.۰۸	۰.۶۷	۱.۲۸	۰.۷۹	۰.۰۱	۰.۸۵
نمکزار خواف	-۰.۹۵	-۱.۳۸	۰.۲۴	۱.۲۸	۰.۶۳	-۰.۹۸	-۱.۵۹	-۱.۴۳	۱.۳۰	۱.۴۱	-۱.۰۱	-۰.۱۷	-۱.۱۶	۱.۰۳	-۰.۵۳	-۰.۲۱	-۰.۴۸
هامون هیرمند	-۰.۸۱	-۱.۳۰	۰.۹۷	۰.۶۹	۰.۲۰	-۰.۶۴	-۱.۵۵	۰.۴۰	۰.۹۱	۲.۰۴	-۰.۹۶	-۰.۷۸	-۰.۳۷	۰.۶۱	-۰.۰۵	-۰.۲۲	-۰.۶۸
هامون مشکیل	-۰.۷۱	-۱.۱۴	۰.۹۶	۰.۶۸	۰.۴۶	۰.۳۶	-۰.۴۴	۰.۴۵	۱.۴۷	۲.۰۸	-۰.۴۵	-۱.۰۴	-۰.۵۸	۱.۶۸	۰.۵۰	-۰.۰۲	-۰.۰۳
قره‌قوم	-۰.۳۲	-۰.۰۳	-۰.۳۹	۱.۹۲	۰.۰۳	-۰.۲۶	-۱.۸۶	-۰.۹۷	۱.۴۲	۲.۱۹	-۰.۳۳	۰.۳۶	-۰.۳۶	۱.۲۷	-۰.۹۹	۰.۵۴	۰.۳۲

جدول ۴. آماره Z شیب سن تابش موج بلند خروجی حوضه‌های آبریز ایران

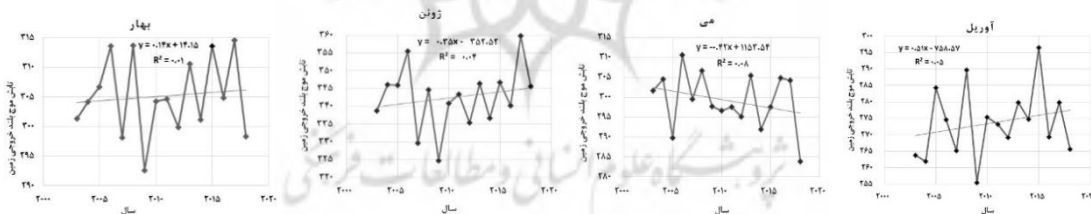
نام حوضه	آوریل	می	ژوئن	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
ارس	۰.۷۳	۰.۰۶	۰.۳۱	۰.۱۹	۰.۵۳	-۰.۰۱	۰.۱۰	-۰.۲۷	-۰.۱۰	۰.۴۷	۱.۱۱	-۰.۶۴	۰.۴۵	۰.۲۳	-۰.۱۸	۰.۳۶	۰.۱۰
تالش - تالاب انزلی	۱.۲۰	۰.۰۹	۰.۱۸	۰.۳۳	۰.۳۲	۰.۱۵	-۰.۳۶	۰.۳۱	۰.۴۰	۰.۸۱	۰.۵۹	-۰.۱۲	۰.۵۷	۰.۴۵	۰.۱۶	۰.۳۲	۰.۰۷
سفیدرود بزرگ	۰.۹۳	-۰.۱۸	-۰.۱۰	۰.۰۴	۰.۲۸	-۰.۳۶	۰.۲۳	-۰.۰۴	۰.۳۴	۰.۹۳	۰.۵۵	-۰.۳۰	۰.۱۷	۰.۱۶	۰.۲۵	۰.۴۴	۰.۰۵
رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز	۱.۴۷	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۷۱	۰.۷۰	۰.۰۳	-۰.۴۶	-۰.۱۲	۰.۷۰	۰.۶۸	۰.۶۸	۰.۱۲	۰.۵۵	۰.۴۶	-۰.۱۲	۰.۴۷	۰.۱۹
هراز و قره‌سو	۰.۴۰	۰.۰۸	۰.۳۳	۱.۲۶	۰.۵۴	۰.۰۱	-۰.۱۷	-۰.۸۳	۰.۳۳	۰.۹۸	۰.۰۴	-۰.۰۷	۰.۲۷	۰.۵۵	-۰.۳۱	۰.۲۵	۰.۱۳
قره‌سو و گرگان رود	۰.۴۱	۰.۳۷	۰.۵۸	۱.۵۰	۰.۳۵	۰.۰۵	-۰.۴۱	-۰.۷۵	۰.۲۵	۰.۹۳	۰.۱۷	۰.۱۰	۰.۵۴	۰.۶۳	-۰.۳۴	۰.۴۳	۰.۳۱
اترک	۰.۵۰	۰.۵۶	۰.۳۴	۱.۴۴	۰.۱۱	-۰.۱۲	-۰.۸۲	-۰.۶۳	۰.۴۸	۰.۶۳	۰.۲۰	۰.۰۶	۰.۴۵	۰.۵۵	-۰.۲۹	۰.۳۳	۰.۲۴
مرزی غرب	۰.۰۹	-۰.۲۱	-۰.۲۵	-۰.۲۷	-۰.۱۸	-۰.۶۵	۰.۰۴	-۰.۴۱	۰.۴۷	۰.۱۹	۰.۵۵	۰.۲۶	-۰.۱۶	-۰.۳۱	-۰.۰۳	۰.۳۶	۰.۰۰
کرخه	۰.۱۲	۰.۱۳	-۰.۰۲	-۰.۳۰	-۰.۳۴	-۰.۹۴	-۰.۲۸	-۰.۴۱	۰.۴۸	۰.۱۷	۰.۰۷	۰.۴۷	-۰.۰۵	-۰.۴۴	-۰.۲۳	۰.۳۱	-۰.۰۷
کارون بزرگ	۰.۰۶	-۰.۲۹	۰.۰۶	۰.۲۳	-۰.۱۶	-۰.۹۴	-۰.۲۷	-۰.۰۴	۰.۹۷	۰.۴۷	۰.۰۸	۰.۴۳	-۰.۰۴	-۰.۲۶	-۰.۰۸	۰.۳۳	-۰.۰۲
هندیجان - جراحی	۰.۱۴	-۰.۷۳	۰.۱۱	۰.۴۰	-۰.۲۳	-۰.۵۶	-۰.۶۵	۰.۲۴	۰.۸۷	۰.۵۶	-۰.۰۳	۰.۱۰	-۰.۱۴	-۰.۰۵	۰.۰۰	۰.۲۲	-۰.۱۲
حله	۰.۴۰	-۰.۸۰	۰.۱۸	۰.۵۸	۰.۲۰	-۰.۲۱	-۰.۳۷	-۰.۳۳	۰.۸۱	۱.۱۴	۰.۱۲	-۰.۴۱	۰.۰۴	۰.۱۳	-۰.۱۲	۰.۳۳	۰.۱۰
مند	۰.۳۷	-۱.۳۲	۰.۴۱	۰.۹۱	۰.۳۱	-۰.۱۵	-۰.۲۹	-۱.۰۸	۱.۰۴	۱.۳۱	-۰.۰۷	-۰.۵۰	-۰.۱۱	۰.۳۳	-۰.۱۶	۰.۴۲	۰.۱۸
کل - مهران	-۰.۱۷	-۱.۱۹	۰.۴۶	۰.۸۲	۰.۶۰	-۰.۲۹	-۰.۲۵	-۱.۰۲	۱.۵۳	۱.۲۳	-۰.۶۱	-۱.۰۷	-۰.۱۷	۰.۳۹	۰.۱۱	-۰.۱۷	-۰.۰۳
بندرعباس - سدیح	-۰.۴۰	-۱.۱۸	۰.۱۶	۰.۸۹	۰.۵۷	-۰.۱۱	-۰.۱۹	-۰.۳۱	۱.۸۱	۱.۰۷	-۰.۸۵	-۱.۱۷	-۰.۲۱	۰.۶۰	۰.۴۳	-۰.۳۴	-۰.۰۵
بلوچستان جنوبی	-۰.۳۵	-۰.۷۱	۰.۳۴	۰.۶۷	۰.۳۹	۰.۱۰	-۰.۱۸	۰.۳۹	۱.۳۰	۰.۹۶	-۰.۷۱	-۱.۰۵	-۰.۱۵	۰.۶۴	۰.۵۰	-۰.۰۸	۰.۰۶
دریاچه ارومیه	۰.۸۶	-۰.۴۱	۰.۱۰	۰.۱۲	۰.۵۰	-۰.۲۲	۰.۷۶	-۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۶۹	۱.۳۰	-۰.۶۰	۰.۲۶	۰.۲۴	۰.۲۵	۰.۵۹	۰.۱۵
دریاچه نمک	۰.۸۹	-۰.۰۵	-۰.۱۵	۰.۷۰	۰.۲۹	-۰.۶۳	-۰.۳۵	-۰.۳۱	۰.۴۴	۰.۹۸	۰.۴۸	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۲۵	-۰.۲۵	۰.۶۰	۰.۱۸
گاوخونی	-۰.۰۴	-۰.۷۲	۰.۲۵	۱.۰۱	۰.۳۴	-۰.۶۴	-۰.۲۲	-۰.۲۰	۱.۴۱	۱.۲۸	-۰.۱۳	۰.۵۶	-۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۰۵	۰.۵۱	۰.۱۷
طشک - بختگان و مهارلو	-۰.۶۲	-۱.۲۳	۰.۶۶	۱.۴۰	۰.۶۲	-۰.۲۱	-۰.۴۱	-۰.۱۱	۱.۱۶	۱.۸۱	-۰.۰۷	-۰.۰۶	-۰.۳۰	۰.۴۷	۰.۱۳	۰.۶۱	۰.۱۷
ابرقو - سیرجان	-۰.۷۱	-۰.۹۳	۰.۹۴	۱.۴۰	۰.۹۹	-۰.۴۷	-۰.۴۳	-۰.۰۱	۱.۴۰	۱.۸۸	-۰.۶۹	-۰.۲۲	-۰.۰۷	۰.۵۷	۰.۳۳	۰.۲۱	۰.۱۳
هامون جازموریان	-۰.۵۰	-۱.۲۲	۰.۴۹	۰.۷۶	۰.۸۰	-۰.۱۷	-۰.۳۸	-۰.۰۸	۱.۳۸	۱.۱۴	-۰.۸۲	-۰.۸۱	-۰.۲۵	۰.۵۸	۰.۳۰	-۰.۱۹	-۰.۰۷
کوبر لوت	-۰.۰۲	-۰.۸۶	۰.۵۲	۰.۲۶	۰.۳۶	-۰.۳۱	-۰.۷۸	۰.۰۱	۱.۱۲	۱.۴۷	-۰.۸۰	-۰.۷۴	۰.۰۱	۰.۲۱	۰.۱۶	-۰.۰۷	۰.۰۳
کوبر مرکزی	۰.۵۹	-۰.۱۹	۰.۰۴	۱.۲۰	۰.۴۹	-۰.۱۹	-۰.۸۱	-۰.۶۲	۰.۸۹	۱.۰۱	-۰.۴۳	۰.۲۱	۰.۱۰	۰.۵۱	-۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰
کوبر سیاه‌کوه	۱.۰۲	-۰.۳۱	۰.۲۱	۱.۰۰	۰.۴۹	-۰.۳۲	-۰.۴۹	-۰.۲۰	۱.۵۸	۱.۲۳	-۰.۸۹	۰.۴۶	۰.۳۰	۰.۲۸	۰.۲۴	۰.۱۷	۰.۲۵
کوبر دراتجیر	۰.۲۱	-۰.۲۶	۱.۰۲	۱.۰۶	۰.۶۰	-۰.۵۴	-۰.۵۹	۰.۱۴	۱.۴۷	۱.۸۱	-۱.۲۴	-۰.۰۸	۰.۴۴	۰.۴۴	۰.۴۱	۰.۰۱	۰.۲۱
نمکزار خواف	-۰.۷۱	-۱.۲۰	۰.۰۹	۰.۴۹	۰.۱۵	-۰.۳۵	-۰.۸۱	-۰.۸۹	۰.۹۰	۰.۹۱	-۰.۹۷	-۰.۱۵	-۰.۵۱	۰.۱۷	-۰.۲۰	-۰.۱۲	-۰.۱۷
هامون هیرمند	-۰.۵۹	-۱.۰۴	۰.۵۴	۰.۲۹	۰.۰۹	-۰.۲۴	-۱.۰۴	۰.۳۰	۰.۵۸	۱.۲۲	-۰.۹۱	-۱.۱۴	-۰.۲۳	۰.۱۸	-۰.۰۲	-۰.۱۸	-۰.۲۲
هامون مشکیل	-۰.۷۸	-۰.۷۸	۰.۶۲	۰.۳۵	۰.۲۶	۰.۱۶	-۰.۳۰	۰.۲۴	۰.۸۴	۱.۵۶	-۰.۴۷	-۱.۵۶	-۰.۳۲	۰.۴۸	۰.۲۳	۰.۰۶	-۰.۰۱
قره‌قوم	-۰.۲۶	-۰.۰۴	-۰.۲۷	۰.۸۵	۰.۰۳	-۰.۱۴	-۱.۳۲	-۰.۵۹	۰.۷۳	۱.۱۰	-۰.۲۸	۰.۱۹	-۰.۲۰	۰.۲۷	-۰.۴۲	۰.۲۷	۰.۰۶

در مقیاس زمانی سالانه با توجه به شکل‌های ۸ و ۹ و جدول‌های ۳ و ۴ روند معنی‌دار افزایش یا کاهش وجود نداشت. ولی روندهای افزایشی خفیف در شمال شرق، مناطق مرکزی کشور، شمال غرب کشور، حوضه دریاچه ارومیه و جنوب غرب کشور دیده شد. روندهای کاهش خفیف در شرق کشور و همچنین شمال کرخه در غرب کشور مشاهده شده است.

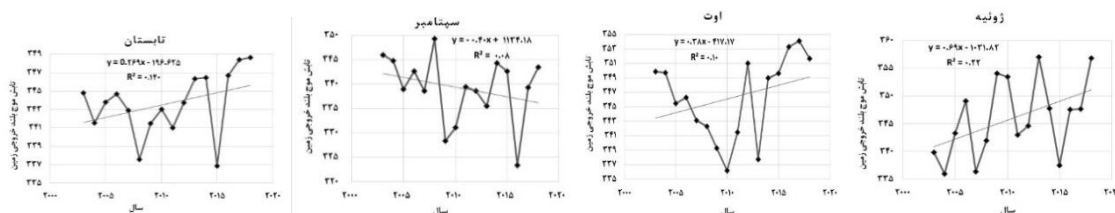


شکل ۸. نقشه آماره Z من- کندال تابش موج بلند خروجی سالانه (۲۰۱۹-۲۰۰۳) شکل ۹. نقشه آماره شیب سن تابش موج بلند خروجی سالانه (۲۰۱۹-۲۰۰۳)

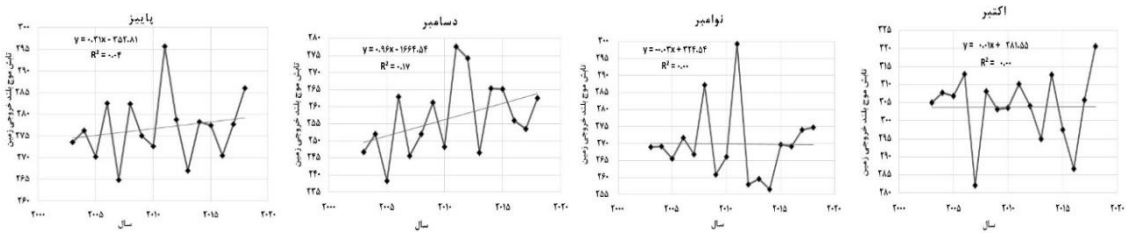
با توجه به شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ و جدول ۵، اگر میانگین کل کشور را برای هر سال یک عدد در نظر بگیریم، می‌توان گفت در فصل تابستان و زمستان روند افزایشی تابش موج بلند خروجی زمین وجود دارد و فصول بهار و پاییز روند خاصی ندارند و در سطح ۹۵ درصد ماه ژانویه دارای روند افزایشی معنی‌دار است.



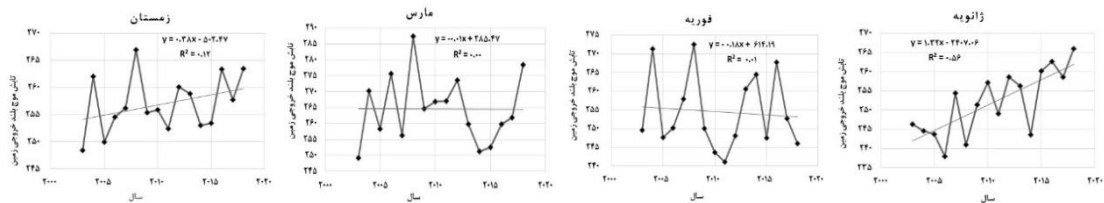
شکل ۱۰. نمودار خط روند تابش موج بلند خروجی آوریل، می، ژوئن، و فصل بهار به صورت میانگین برای کشور ایران طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۳



شکل ۱۱. نمودار خط روند تابش موج بلند خروجی جولای، اوت، سپتامبر، و فصل تابستان به صورت میانگین برای کشور ایران طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۳



شکل ۱۲. نمودار خط روند تابش موج بلند خروجی اکتبر، نوامبر، دسامبر، و پاییز به صورت میانگین برای کشور ایران طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۹



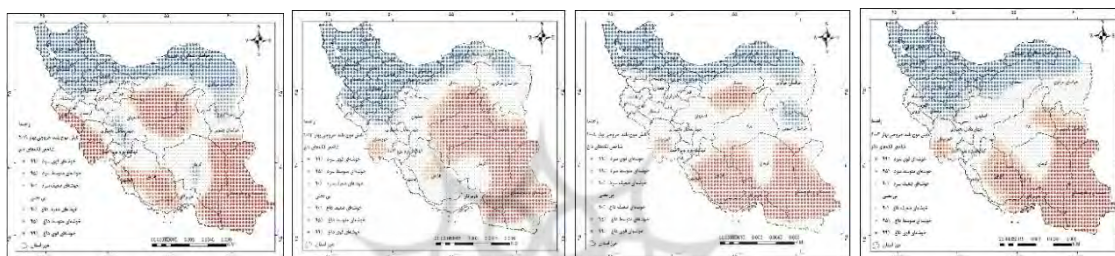
شکل ۱۳. نمودار خط روند تابش موج بلند خروجی ژانویه، فوریه، مارس، و زمستان به صورت میانگین برای کشور ایران طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۹

جدول ۵. اطلاعات ضریب من - کندال و سن اسلپ تابش موج بلند خروجی به صورت میانگین برای کشور ایران (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

سری زمانی	ضریب من - کندال	معنی داری	ضریب سن اسلپ
آوریل	۰.۱۶۷	۰.۳۹۲	۰.۵۱۲
می	-۰.۲۳۳	۰.۲۲۴	-۰.۵۱۲
ژوئن	۰.۱۱۷	۰.۵۵۸	۰.۲۱۸
ژوئیه	۰.۳۵۰	۰.۰۶۵	۰.۷۰۴
اوت	۰.۱۶۷	۰.۳۹۲	۰.۳۵۳
سپتامبر	-۰.۲۰۰	۰.۳۰۰	-۰.۲۹۲
اکتبر	-۰.۰۱۷	۰.۹۶۴	-۰.۰۵۲
نوامبر	۰.۰۵۰	۰.۸۲۲	۰.۰۷۰
دسامبر	۰.۲۶۷	۰.۱۶۳	۰.۸۶۹
ژانویه	۰.۵۳۳	۰.۰۰۵	۱.۳۳۳
فوریه	-۰.۰۶۷	۰.۷۵۳	-۰.۱۷۱
مارس	۰.۰۵۰	۰.۸۲۲	۰.۱۵۲
بهار	۰.۱۳۳	۰.۴۹۹	۰.۰۹۶
تابستان	۰.۳۱۷	۰.۰۹۶	۰.۳۲۸
پاییز	۰.۱۳۳	۰.۴۹۹	۰.۳۰۱
زمستان	۰.۲۸۳	۰.۱۳۷	۰.۴۳۸
سالانه	۰.۰۵۰	۰.۸۲۲	۰.۰۷۰

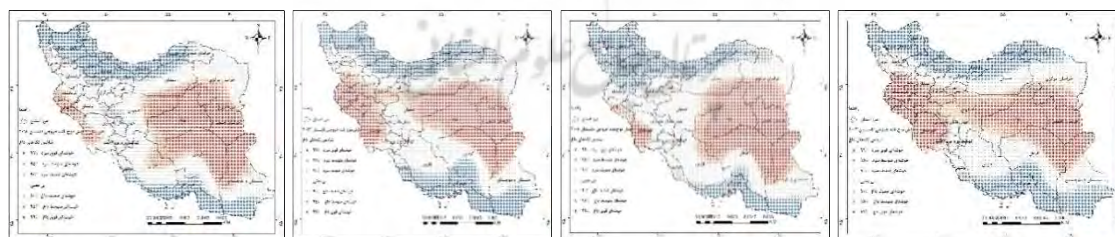
با توجه به یافته‌های به دست آمده از نقشه‌های لکه‌های داغ، در ماه‌های آوریل و می از سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ که عرض‌های شمالی نیمه بالایی کشور را لکه‌های سرد و عرض‌های پایین را لکه‌های داغ تشکیل داده است، به مرور در سال‌های ۲۰۱۲ این الگو حالت شرقی- غربی به خود گرفته است. در نیمه غربی لکه‌های سرد و در نیمه شرقی لکه‌های داغ را نشان می‌دهد و در انتهای دوره مطالعاتی سال ۲۰۱۹ این یکنواختی دیگر وجود ندارد؛ به صورتی که در نیمه

شمالی کشور در حوالی شمال کویر مرکزی و دریاچه نمک شاهد لکه‌های داغ معنادار و در نواحی جنوبی کشور در جنوب کویر درانجیر و شمال هامون جازموریان، ابرقو- سیرجان و طشک- بختگان و مهارلو شاهد از بین رفتن لکه‌های داغ هستیم. در ژوئن، که در اوایل دوره ۲۰۰۳ شاهد الگوهای شمالی به صورت لکه‌های سرد و در جنوب کشور شاهد لکه‌های گرم بودیم، به مرور از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷ شاهد جابه‌جایی از جمله وجود لکه‌های قوی سرد در شمال دریای عمان و خلیج فارس و لکه‌های داغ در دریاچه نمک هستیم. در مقیاس زمانی فصل بهار شاهد کاهش لکه‌های سرد در شمال و افزایش لکه‌های داغ در مرکز کشور به عرض‌های جغرافیایی بالاتر هستیم. همچنین، نتایج نقشه‌های شکل ۱۴، که لکه‌های داغ فصل بهار در چهار سال متفاوت را نشان می‌دهد، حاکی از تغییرات زیاد لکه‌های داغ است که به طرف عرض‌های جغرافیایی بالاتر و همچنین مناطق غربی کشیده شده است. نتایج جدول ۶، که نمره Z آماره لکه‌های داغ به صورت میانگین هر ماه طی هفده سال مطالعاتی را نمایش می‌دهد، حاکی از این است که حوضه‌های مناطق عرض‌های جغرافیایی بالا به صورت لکه‌های سرد و حوضه‌های مناطق جنوبی و مرکزی لکه‌های داغ هستند.



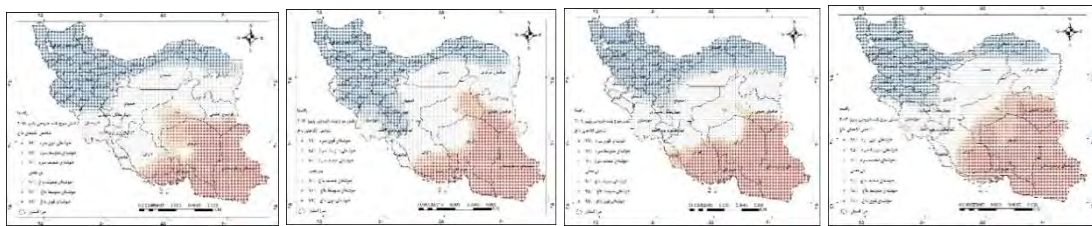
شکل ۱۴. نقشه آماره G تابش موج‌بلند خروجی فصل بهار طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸-۲۰۱۳-۲۰۱۹

در سه ماهه فصل تابستان در سال ۲۰۰۳ نواحی عرض‌های جغرافیایی بالا در شمال رشته‌کوه البرز و در عرض‌های جنوبی سواحل شمالی دریای عمان و خلیج فارس دارای خوشه‌هایی به صورت لکه‌های سرد می‌باشند و نواحی مرکزی ایران از شرق به غرب دارای لکه‌های داغ‌اند. به مرور، در طی زمان، نقاط داغ بر روی رشته‌کوه‌های زاگرس میانی از بین رفته و در سال ۲۰۱۷ لکه‌های سرد جای‌گزین شده‌اند و از تعداد لکه‌های داغ در غرب کشور کاسته شده است. شکل ۱۵ نشان از کاهش لکه‌های داغ در غرب کشور را دارد. با توجه به جدول ۶ حوضه‌های شمالی و جنوبی به صورت لکه‌های سرد و مناطق مرکزی به صورت لکه‌های گرم‌اند.



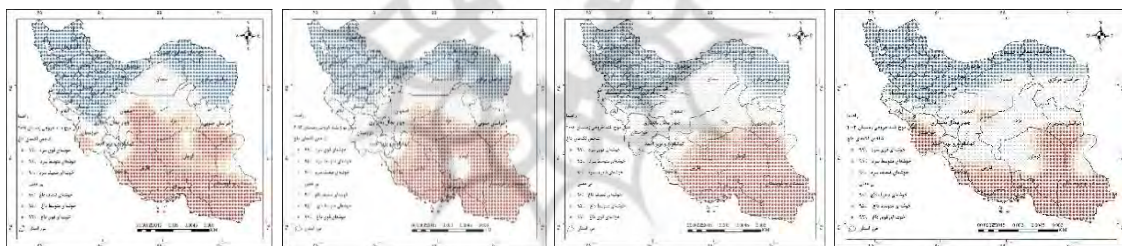
شکل ۱۵. نقشه آماره G تابش موج‌بلند خروجی فصل تابستان طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸-۲۰۱۳-۲۰۱۹

با بررسی شکل ۱۶ و جدول ۶ در فصل پاییز، نواحی عرض‌های جغرافیایی بالا دارای لکه‌های سرد و نواحی جنوبی کشور دارای لکه‌های داغ است. می‌توان گفت پاییز کم‌تغییرترین فصل از لحاظ جابه‌جایی خوشه‌های سرد و داغ است و تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد. شکل ۱۶ و جدول ۶ نشان از الگوی شمالی به صورت لکه‌های سرد و جنوبی به صورت لکه‌های داغ دارد.



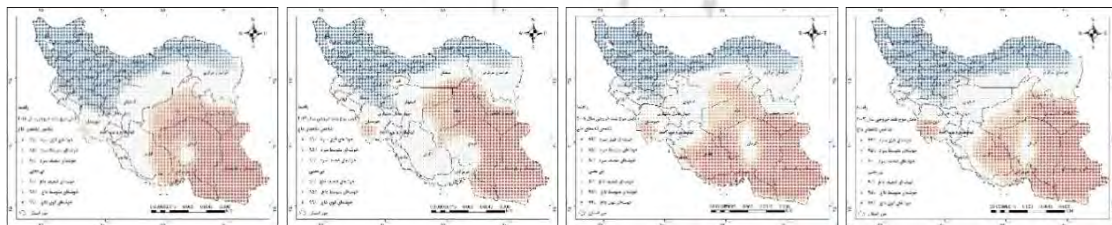
شکل ۱۶. نقشه آمارة G تابش موج بلند خروجی فصل پاییز طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸-۲۰۱۳-۲۰۱۹

در فصل زمستان نیز، در ابتدای دوره ماه ژانویه، نوار شمالی کشور به صورت لکه‌های سرد و جنوب شرقی کشور لکه‌های داغ را تشکیل داده است و سایر مناطق کشور بدون معنا بوده‌اند. در سال ۲۰۱۷ شاهد پیشروی لکه‌های سرد به طرف عرض‌های پایین و افزایش لکه‌های داغ به طرف عرض‌های بالاتر بوده‌ایم؛ به گونه‌ای که کشور به دو نیمه تقریباً مساوی لکه‌های سرد در نیمه شمالی و لکه‌های گرم در نیمه جنوبی تقسیم شده است و الگوی سال ۲۰۱۷ در طی دوره مطالعاتی متغیرترین نوع بوده است. در سال ۲۰۱۹ به غیر از کاهش خوشه سرد در حوضه هراز و قره‌سو و کاهش لکه‌داغ در جنوب کویر درانجیر و کویر لوت تغییرات زیادی را شاهد نبودیم. فوریه را می‌توان متغیرترین ماه در طول دوره مطالعاتی در نظر گرفت که با افزایش لکه‌های سرد در نواحی شرقی کشور و عرض‌های جنوبی‌تر و افزایش لکه‌های داغ در نیمه جنوب غربی به طرف عرض‌های شمالی است. در ماه مارس نیز شاهد افزایش لکه‌های سرد در شمال شرق و کاهش لکه‌های داغ در نواحی شرقی کشور بوده‌ایم. در مقیاس زمانی فصل زمستان، شاهد الگوهای تکراری در سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۹-۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ می‌باشیم.



شکل ۱۷. نقشه آمارة G تابش موج بلند خروجی فصل زمستان طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸-۲۰۱۳-۲۰۱۹

بر اساس نتایج شکل ۱۸، در مقیاس زمانی سالانه می‌توان کمترین تغییرات تابش موج بلند را در کشور مشاهده کرد و تغییر آشکاری که می‌توان مشاهده کرد از بین رفتن خوشه داغ حوضه هندوچان- جراحی در غرب کشور است.



شکل ۱۸. نقشه آمارة G تابش موج بلند خروجی سالانه طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸-۲۰۱۳-۲۰۱۹

جدول ۶. نمره Z آماره G تابش موج بلند خروجی (لکه‌های داغ)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	مارس	فوریه	ژانویه	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	اوت	جولای	ژوئن	می	آوریل	نام حوضه
-۷.۲۸	-۶.۱۳	-۵.۸۸	-۷.۱۱	-۷.۵۸	-۶.۲۰	-۶.۱۷	-۵.۸۵	-۵.۰۷	-۵.۰۲	-۷.۲۳	-۸.۰۹	-۶.۴۲	-۶.۰۶	-۸.۶۵	-۶.۹۴	-۶.۱۲	ارس
-۶.۷۲	-۵.۵۲	-۵.۳۴	-۷.۲۹	-۶.۶۵	-۵.۸۷	-۵.۹۳	-۴.۶۱	-۴.۶۰	-۵.۰۳	-۶.۱۲	-۷.۶۲	-۶.۸۴	-۶.۶۷	-۷.۶۶	-۵.۹۷	-۵.۴۴	تالش - تالاب انزلی
-۵.۸۴	-۵.۶۸	-۵.۵۸	-۴.۰۱	-۵.۸۱	-۵.۵۶	-۶.۱۷	-۵.۲۱	-۵.۲۰	-۵.۳۷	-۵.۹۳	-۴.۷۱	-۳.۵۱	-۳.۳۴	-۵.۲۳	-۵.۷۸	-۵.۳۴	سفیدرود بزرگ
-۶.۲۶	-۴.۷۰	-۴.۷۵	-۷.۶۱	-۶.۲۲	-۴.۹۳	-۵.۰۷	-۳.۹۶	-۴.۲۶	-۴.۶۴	-۵.۱۴	-۷.۶۹	-۷.۳۱	-۷.۱۷	-۷.۶۰	-۵.۳۰	-۵.۰۴	رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز
-۵.۲۳	-۳.۵۳	-۳.۷۴	-۷.۲۰	-۵.۲۰	-۳.۸۶	-۳.۷۲	-۲.۸۷	-۳.۲۹	-۳.۳۸	-۴.۳۶	-۷.۳۴	-۶.۸۴	-۶.۸۷	-۷.۲۲	-۴.۰۹	-۳.۸۶	هراز و قره‌سو
-۴.۴۷	-۳.۷۶	-۳.۵۸	-۵.۳۲	-۴.۰۳	-۳.۶۵	-۴.۱۰	-۳.۴۷	-۳.۳۱	-۳.۵۹	-۳.۶۸	-۵.۶۴	-۴.۸۶	-۵.۰۱	-۵.۵۰	-۳.۲۰	-۳.۰۵	قره‌سو و گرگان‌رود
-۳.۵۷	-۳.۷۱	-۳.۳۷	-۲.۸۷	-۳.۰۶	-۳.۶۲	-۳.۶۳	-۳.۷۹	-۳.۴۷	-۳.۴۸	-۳.۰۴	-۳.۶۰	-۲.۰۰	-۲.۶۴	-۳.۳۹	-۲.۷۳	-۲.۶۵	اترک
-۱.۳۸	-۲.۱۶	-۲.۵۷	۱.۷۷	-۱.۳۵	-۱.۷۳	-۲.۲۷	-۲.۴۸	-۲.۱۸	-۲.۵۸	-۲.۸۳	۰.۵۲	۲.۱۳	۲.۵۱	۰.۹۷	-۲.۴۷	-۱.۸۲	مرزی غرب
-۱.۳۰	-۱.۹۹	-۲.۵۵	۱.۸۸	-۱.۲۲	-۱.۲۶	-۲.۲۴	-۲.۵۴	-۲.۲۸	-۲.۶۶	-۲.۶۰	۱.۰۷	۲.۰۰	۲.۴۱	۱.۸۲	-۲.۵۵	-۲.۰۷	کرخه
-۰.۸۷	-۱.۰۲	-۱.۲۹	۰.۶۰	-۰.۹۲	-۰.۴۷	-۰.۸۰	-۱.۸۳	-۱.۳۳	-۱.۵۶	-۱.۲۴	۰.۵۲	۰.۴۶	۰.۷۳	۱.۸۳	-۱.۶۵	-۲.۲۳	کارون بزرگ
۰.۷۳	۰.۸۸	۰.۲۸	۱.۰۳	۰.۷۰	۱.۳۵	۱.۲۶	-۰.۰۴	۰.۲۳	-۰.۰۸	۰.۶۷	۱.۳۳	۰.۸۷	۰.۷۳	۲.۶۴	۰.۳۹	-۰.۶۸	هندیجان - جراحی
۱.۰۰	۱.۸۰	۱.۲۲	-۰.۵۵	۰.۹۶	۲.۰۸	۱.۶۶	۱.۵۶	۱.۳۹	۰.۵۷	۱.۶۳	۰.۲۸	-۱.۲۴	-۰.۸۱	۱.۶۰	۱.۴۲	-۰.۲۴	حله
۲.۰۶	۲.۹۶	۲.۶۰	-۰.۶۳	۲.۱۲	۲.۸۶	۲.۶۶	۳.۲۷	۲.۸۹	۲.۰۸	۲.۷۳	۰.۲۸	-۱.۴۲	-۰.۸۸	۱.۸۳	۲.۸۲	۱.۳۳	مند
۲.۰۹	۳.۳۶	۳.۲۷	-۱.۸۹	۲.۰۶	۲.۹۱	۲.۹۱	۴.۱۱	۳.۸۴	۳.۲۵	۲.۶۳	-۰.۵۵	-۲.۹۲	-۲.۱۶	۰.۳۷	۲.۹۶	۲.۱۳	کل - مهران
۲.۹۳	۴.۶۵	۴.۷۸	-۳.۱۶	۳.۰۹	۴.۱۷	۴.۳۱	۵.۳۸	۵.۵۴	۵.۲۸	۳.۴۴	-۰.۸۶	-۴.۳۴	-۴.۱۴	-۰.۲۸	۴.۱۳	۴.۲۲	بندرعباس - سدیح
۳.۴۸	۵.۶۳	۵.۷۱	-۳.۹۲	۳.۷۶	۵.۲۰	۵.۶۹	۵.۸۰	۶.۵۳	۶.۴۶	۴.۰۴	-۰.۶۵	-۴.۹۶	-۵.۸۵	-۰.۸۴	۴.۶۰	۶.۰۲	بلوچستان جنوبی
-۵.۷۷	-۵.۸۶	-۵.۵۴	-۳.۴۷	-۵.۹۱	-۵.۸۰	-۵.۹۰	-۵.۷۳	-۵.۲۰	-۴.۸۲	-۶.۳۲	-۴.۸۴	-۲.۷۹	-۲.۳۵	-۵.۴۸	-۵.۸۲	-۵.۳۷	دریاچه ارومیه
-۳.۱۴	-۳.۱۵	-۳.۵۶	-۱.۱۹	-۳.۰۹	-۲.۸۳	-۳.۳۴	-۳.۲۴	-۳.۶۰	-۳.۸۲	-۳.۱۵	-۱.۷۶	-۰.۷۹	-۰.۸۵	-۱.۶۲	-۳.۳۱	-۳.۵۴	دریاچه نمک
-۰.۶۵	-۰.۱۰	-۱.۰۷	۰.۲۷	-۱.۱۶	-۰.۰۸	۰.۶۹	-۰.۸۶	-۰.۸۹	-۱.۳۲	-۰.۹۶	۰.۱۵	۰.۴۴	۰.۱۶	۰.۷۹	-۱.۵۱	-۲.۲۱	گاوخونی
۱.۵۰	۱.۹۷	۱.۳۳	۰.۷۰	۱.۳۲	۲.۳۷	۲.۰۰	۱.۴۳	۱.۲۶	۰.۷۴	۱.۸۹	۰.۹۹	۰.۶۱	۰.۳۴	۲.۴۰	۱.۵۸	-۰.۰۸	طشک - بختگان و مهارلو
۱.۸۷	۲.۳۰	۱.۸۰	۱.۱۱	۱.۴۴	۲.۴۹	۲.۴۲	۱.۹۰	۱.۷۶	۱.۳۶	۲.۱۷	۱.۴۱	۰.۹۷	۰.۸۱	۱.۹۵	۱.۷۰	۰.۴۸	ابرقو - سیرجان
۴.۴۴	۵.۰۱	۵.۴۳	۰.۲۶	۴.۵۶	۵.۲۲	۴.۳۳	۵.۲۸	۵.۶۶	۵.۸۷	۴.۶۲	۲.۰۳	-۰.۶۲	-۰.۶۶	۱.۹۰	۴.۹۸	۵.۵۵	هامون جازموربان
۳.۶۹	۲.۵۷	۲.۹۶	۴.۵۷	۳.۵۲	۲.۴۹	۲.۴۶	۲.۶۸	۲.۴۷	۲.۸۹	۳.۳۷	۴.۳۸	۴.۳۵	۴.۶۳	۳.۵۲	۳.۱۸	۳.۳۱	کوبیر لوت
-۰.۷۷	-۱.۳۵	-۱.۲۶	۰.۵۹	-۰.۴۸	-۱.۵۱	-۱.۰۳	-۱.۴۲	-۱.۷۱	-۱.۳۷	-۰.۶۹	-۰.۱۱	۱.۱۱	۰.۷۳	-۰.۴۶	-۰.۵۵	-۰.۳۴	کوبیر مرکزی
۱.۲۲	۱.۲۵	۰.۴۶	۲.۴۵	۰.۷۶	۱.۱۱	۲.۰۹	۰.۶۰	۰.۵۴	۰.۰۰	۰.۷۸	۲.۰۷	۲.۷۷	۲.۲۹	۲.۰۰	۰.۳۶	۰.۰۴	کوبیر سیاه‌کوه
۲.۰۷	۱.۹۰	۱.۸۸	۲.۲۹	۱.۴۹	۲.۰۶	۱.۸۲	۱.۷۵	۱.۶۰	۱.۵۴	۲.۳۸	۲.۱۸	۲.۲۱	۲.۳۰	۱.۸۲	۱.۵۲	۰.۹۳	کوبیر درانجیر
۰.۴۲	-۱.۰۷	۰.۰۲	۲.۳۶	۰.۵۷	-۱.۷۷	-۰.۷۱	-۰.۵۷	-۰.۵۲	-۰.۱۲	۰.۴۳	۱.۷۰	۲.۶۷	۲.۵۵	۰.۹۷	-۰.۰۸	۰.۸۴	نمکزار خواف
۳.۵۲	۲.۳۶	۲.۷۷	۴.۴۴	۳.۵۰	۲.۰۸	۲.۳۲	۲.۶۵	۲.۳۶	۲.۶۹	۳.۱۴	۴.۴۶	۴.۰۸	۴.۲۸	۳.۱۳	۳.۱۳	۳.۶۱	هامون هیرمند
۴.۴۳	۴.۶۸	۵.۳۳	۰.۸۸	۴.۵۲	۴.۹۸	۴.۴۵	۴.۴۳	۵.۴۳	۵.۸۷	۴.۵۵	۳.۱۲	۰.۲۵	-۰.۸۲	۱.۸۷	۴.۴۶	۶.۰۱	هامون مشکیل
-۲.۰۷	-۳.۱۷	-۲.۲۱	-۰.۳۶	-۱.۵۴	-۳.۸۰	-۲.۷۸	-۲.۷۲	-۳.۱۲	-۱.۹۷	-۱.۴۹	-۱.۴۰	۰.۴۱	۰.۰۶	-۱.۶۸	-۱.۴۲	-۱.۳۰	قره قوم

تحلیل نتایج

سطح زمین و اتمسفر آن، متناسب با دمایی که دارند، طبق قانون استفان بولتزمان انرژی را از خود به صورت موج گسیل می‌کنند. با توجه به دمای معمول سطح زمین و اتمسفر، طبیعی است که امواج مزبور در محدوده طول امواج بلند، یعنی بین ۴ تا ۱۰۰ میکرون، انتشار می‌یابند (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۷۱: ۹۴). تغییرات و ناهنجاری‌های تابش موج بلند خروجی می‌تواند معلول تغییراتی در مقدار انرژی ورودی و خروجی، ابرناکی و نوع ابرها، آئروسول‌ها، ترکیبات جو مثل رطوبت ناشی از گرمایش زمین و سایر گازهای گلخانه‌ای، تغییرات پوشش سطح زمین از قبیل پوشش گیاهی، جنگل‌ها، برف، منابع آب، وجود شورزارها و ماسه‌زارها باشد که با مقدار رطوبت موجود بر حرارت محسوس و در نهایت بر تغییر تابش موج بلند زمینی تأثیر می‌گذارند. با توجه به نقشه‌های میانگین، تابش موج بلند بین فصل‌های مرطوب و خشک و همچنین عرض‌های جغرافیایی در نوسان است. مقدار آن در فصل خشک و مناطق جنوبی کشور بیشتر است و می‌توان گفت یکی از دلایل بیشینه تابش موج بلند خروجی جنوب ایران در اوایل فصل بهار زاویه تابش عمودی خورشید و آسمان صاف است که مقدار انرژی دریافتی بیشتر از مناطق عرض‌های جغرافیایی بالاتر است و به تبع آن مقدار انرژی خروجی نیز در جنوب ایران بیشتر از شمال است. در مناطق شمال غربی کشور به دلیل ابرناکی بودن منطقه شاهد مقادیر کمینه تابش موج بلند خروجی هستیم. به تدریج، در ماه می و ژوئن و فرارسیدن تابستان با طولانی‌تر شدن طول روز در عرض‌های جغرافیایی بالا، این مناطق انرژی بیشتری دریافت می‌کنند و به دلیل کاهش ابرناکی تابش موج بلند خروجی نیز افزایش می‌یابد. در مناطق جنوبی کشور شاهد افزایش رطوبت نسبی در جو و عدم عامل صعود جهت تشکیل ابرناکی و ایجاد بارش به دلیل پیشروی پرفشار جنب حاره‌ای هستیم که این رطوبت حبس شده در جو همانند گلخانه باعث عدم خروج تابش موج بلند خروجی می‌شود و با کاهش آن و حتی به صورت کمینه تابش موج بلند خروجی ظاهر می‌شود. در نتیجه، تابش دریافتی و خروجی در سراسر مناطق ایران جدا از مناطق کوهستانی و سواحل یکنواخت‌تر می‌شود. در تابستان نقش عرض جغرافیایی کم‌رنگ‌تر و تأثیر کوهستان‌های کشور با مقادیر کمینه تابش موج بلند خروجی مشخص است که جو بالای ارتفاعات رقیق‌تر و به عبارتی ضخامت آن کمتر است. در نتیجه، انرژی ورودی و خروجی سطح زمین نیز بیشتر می‌شود که کاملاً به وضوح در نقشه‌های میانگین آشکار است. از دلایل بیشینه تابش موج بلند خروجی جنوب و جنوب شرق ایران (جنوب حوضه خلیج فارس و دریای عمان، و فلات مرکزی) در نقشه میانگین ماه‌های دسامبر تا مارس، زاویه تابش عمودی و مدت زمان طولانی‌تر تابش خورشید است که سبب انرژی ورودی زیاد به سطح زمین است و با پسروی پرفشار جنب حاره‌ای آسمان صاف و فاقد ابرناکی نیز عامل خروج قسمت زیادی از انرژی ورودی است. زاویه مایل خورشید، کوتاه بودن روز، و رطوبت و ابرناکی موجود جو در عرض‌های جغرافیایی بالاتر (دریای خزر و دریای ارومیه) مانع انرژی ورودی خورشید و همچنین کاهش خروج تابش موج بلند می‌شود. بنابراین، در فصل سرد تابش موج بلند خروجی تابعی از عرض جغرافیایی، ارتفاعات، و ضخامت و ترکیبات اتمسفر است. از لحاظ خوشه‌بندی در سه فصل بهار، پاییز، و زمستان الگوهای تابشی حوضه‌ها با تبعیت از عرض جغرافیایی و مناطق کوهستانی در ایران مشابهت دارند و بیشترین یکسانی در همه فصول در ربع جنوب غربی ایران قرار دارد و ارتفاعات هراز در جنوب ایران به صورت یک لکه سرد در بین حوضه‌های اطراف خود متمایز است.

طبق نتایج به دست آمده از روند تغییرات هفده سال تابش موج بلند خروجی زمین طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۹ در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی، و سالانه با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و همچنین نرخ تغییرات با استفاده از آزمون تخمینگر شیب سن، می‌توان گفت که در مقیاس سالانه روند معنادار مشاهده نشد، ولی ناهنجاری‌های ماهانه و فصلی کاملاً مشهود است. به طور کلی، می‌توان وجود روند کاهشی تابش موج بلند را فقط در می و سپتامبر در بعضی از مناطق کشور تأیید کرد و روند غالب در بیشتر ماه‌های تابستان، پاییز، و زمستان در اغلب مناطق کشور از جمله

عرض‌های شمالی افزایشی است. با توجه به همبستگی بالایی که بین تابش موج‌بلند خروجی زمین با ابرناکی در مطالعات لیبین و اسمیت (۱۹۹۶: ۱۲۷۵) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۷، ۹۰۷۵) و بارش در پژوهش‌های خی و ارکین (۱۹۹۸: ۱۳۷)، پراساد و همکاران (۲۰۰۰: ۱)، و لیم و همکاران (۲۰۱۱: ۷۸۶) وجود دارد و ارتباط آن با نتایج مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۷: ۲۳۷)، رسولی و همکاران (۱۳۹۲: ۸۷)، رئیس‌پور و رزمی (۱۳۹۹: ۲۵۷) مبنی بر روند کاهش ابرناکی در نیمه شمالی کشور است و نتایج مطالعات امیررضائیه و همکاران (۱۳۹۵: ۷۹۷) مبنی بر کاهش بارندگی پنجاه سال اخیر در شمال غرب کشور و مطالعه ساری صراف و همکاران (۱۳۹۴: ۳۳) که روند کاهش بارش در حوضه دریاچه ارومیه را تأیید کرده‌اند، می‌توان افزایش معنادار تابش موج بلند در زمستان در شمال غرب و حوضه دریاچه ارومیه را با روند ابرناکی و روند کاهش بارندگی‌ها در این منطقه در ارتباط دانست. روند افزایشی تابش موج‌بلند خروجی ماه جولای و فصل تابستان در قسمت‌های شمال شرقی و جنوبی کشور را می‌توان به دلیل کاهش رطوبت موجود سطح خاک در نظر گرفت که یافته‌های رحمانی‌کم (۱۳۹۴) هم مبنی بر کاهش بودن روند رطوبت خاک از سال ۲۰۱۴-۲۰۰۰ در شمال شرق، مرکز، و جنوب شرقی کشور بوده است. افزایش تابش موج‌بلند خروجی در ژانویه در شمال شرق و شمال غرب کشور را می‌توان در ارتباط با کاهش پوشش برف سطح زمین و ابرناکی دانست که زمین پوشیده از برف و یخ به دلیل نارسا بودن آن با ذخیره گرمای خاک مانع انتشار تابش موج‌بلند زمینی می‌شود و امواج بلند برخلاف امواج کوتاه جذب می‌شود و برف فقط ۵ درصد آن را منعکس می‌کند (کاویانی، ۱۳۸۰) و یافته‌های کیانی کیخسروی و مسعودیان (۱۳۹۵) مبنی بر کاهش ابرناکی و پوشش برف در این فصل از سال آن را تأیید می‌کند. افزایش آن در مناطق مرکزی و جنوب شرقی را نیز می‌توان ناشی از خشکی و فقر رطوبت خاک و جو دانست.

نتایج بررسی آماره G در فصل بهار را، که حاکی از تغییرات لکه‌های داغ به طرف عرض‌های شمالی است، می‌توان دلیلی دیگر از کاهش بودن روند ابرناکی در مناطق شمالی کشور در این فصل و همچنین فقر رطوبتی خاک دانست. از طرف دیگر، از بین رفتن لکه‌های داغ در مناطق جنوبی با افزایش رطوبت ویژه در اثر گرمایش جو در جنوب کشور در ارتباط است که عاملی جهت حبس تابش موج‌بلند خروجی است دارند و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهش خود روند افزایشی رطوبت ویژه در جنوب کشور را نشان داده‌اند. افزایش و فراوانی وقوع گرد و غبار در مناطق غربی کشور در فصل گرم را، که پژوهش بابایی‌فینی (۱۳۹۳) نیز آن را تأیید کرده است، می‌توان عاملی بر کاهش لکه‌های داغ تابش موج‌بلند خروجی در این منطقه در فصل تابستان در نظر گرفت. افزایش لکه‌های داغ در فصل زمستان به طرف عرض‌های جغرافیایی بالاتر را می‌توان به دلیل کاهش ابرناکی و پوشش برف دانست. روند معنی‌داری تابش موج بلند خروجی در ماه‌های متفاوت سال در این پژوهش در مقایسه با نتایج پژوهش کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۷: ۷۳) بیشتر بوده است که دلایل آن می‌تواند ناشی از تفاوت در طول دوره زمانی مورد مطالعه و استخراج اطلاعات این دو پژوهش توسط دو ماهواره متفاوت باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیتی که تغییر اقلیم بر ساختار محیطی کره زمین و ساکنان آن دارد، امروزه یکی از اصلی‌ترین مباحث علمی و سیاسی-اجتماعی است. تغییر در موازنه انرژی بین اجزای تشکیل‌دهنده سامانه به واکنش سامانه اقلیمی منجر شده و تغییرات را در جهت رسیدن به یک نقطه توازن ادامه می‌دهد. سرمنشأ این تغییرات دخالت‌های بی‌رویه انسان در محیط طبیعی به صورت‌های مختلف است. در این پژوهش روند تغییرات تابش موج‌بلند خروجی زمین طی هفده سال با داده‌های ماهواره‌ای بررسی شد. تغییرات و ناهنجاری‌های تابش موج‌بلند در بیشتر مناطق کشور می‌تواند معلول تغییراتی در مقدار انرژی ورودی، ابرناکی و نوع ابرها، آئروسول‌ها، ترکیبات جو مثل رطوبت ناشی از گرمایش زمین و سایر گازهای گلخانه‌ای، تغییرات پوشش سطح زمین از قبیل پوشش گیاهی، جنگل‌ها، برف، رطوبت خاک، منابع آب، وجود شوره‌زارها

و ماسه‌زارها باشد که با مقدار رطوبت موجود بر حرارت محسوس و تغییر تابش موج بلند زمینی تأثیر می‌گذارند. مقایسه یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهشگران، که روند ابرناکی، پوشش برف، رطوبت خاک، رطوبت نسبی و گرد و غبار در مناطق مختلف کشور را مطالعه کرده‌اند، مطابقت و همخوانی دارد و تأییدی بر تغییرات این عناصر اقلیمی در کشور ایران است. بنابراین، این تغییرات معنادار در مناطق وسیع کشور می‌تواند زنگ خطری از تغییر اقلیم باشد که در آینده می‌تواند مناسبات اجتماعی، اقتصادی، و سیاسی در داخل و خارج از کشور را تحت تأثیر قرار دهد.

منابع

- احمدی، م؛ احمدی، ح. و داداشی رودباری، ع. (۱۳۹۷). واکوی روند تغییرات و الگوی فضایی ابرناکی سالانه و فصلی ایران، *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، دوره هفتم، شماره ۱۵، صص ۲۳۷-۲۵۴.
- امیررضائی، ع؛ پرهت، ج. و احمدی، ف. (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر، *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، جلد دهم، شماره ۶، صص ۷۹۷-۸۰۹.
- بابایی فینی، ا؛ طاهر، ص. و کریمی، م. (۱۳۹۳). تحلیل فضایی- زمانی رخداد گرد و غبار در غرب ایران، *مجله محیط‌شناسی*، دوره چهارم، شماره ۲، صص ۳۷۵-۳۸۸.
- بلیانی، ی. و حکیم‌دوست، س. ی. (۱۳۹۳). *اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی (فضایی)*، تهران: آزادپیم.
- حجازی‌زاده، ز؛ بزمی، ن؛ رحیمی، ع؛ طولایی‌نژاد، م. و بساک، ع. (۱۳۹۶). مدل‌سازی فضایی- زمانی آلودگی در گستره ایران زمین، *نشریه تحقیقات علوم جغرافیایی*، سال هفدهم، شماره ۴۷، صص ۱-۱۷.
- رحمانی‌کم، ع. ا. (۱۳۹۴). *استخراج و روندیابی رطوبت خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌های سنجنش از دور*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته عمران، دکتر سعید گلپان، دانشکده عمران، دانشگاه شاهرود.
- رستم‌زاده، ه؛ رسولی، ع؛ وظیفه‌دوست، م. و ملکی، ن. (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل نقش خصوصیات فیزیکی ابر در مقدار بارش محتمل با استفاده از داده‌های ماهواره‌های MSG منطقه مورد مطالعه: غرب، ایران، *نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال بیست‌وچهارم، شماره ۷۲، صص ۲۲۵-۲۴۵.
- رسولی، ع. ا؛ جهان‌بخش، س. و احمدرضا، ق. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران، *فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی*، سال بیست‌وهشتم، شماره ۳، صص ۸۵-۱۰۲.
- رئیس‌پور، ک. و رزمی، ر. (۱۳۹۹). برآورد ابرناکی در جو ایران با استفاده از فرآورده‌های ابر پرتوسنج طیفی تصویربرداری چندزاویه‌ای (MISR)، *تحقیقات منابع آب ایران*، سال شانزدهم، شماره ۳، صص ۲۵۷-۲۷۱.
- ساری صراف، ب؛ جلالی عنصرودی، ط. و سرافروزه، ف. (۱۳۹۴). اثرات گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه، *دو فصل‌نامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، سال ششم، شماره ۲، صص ۳۳-۴۸.
- علایی طالقانی، م؛ (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی ایران، ج ۲، تهران: قومس. قصاب فیض، م. و اسلامی، ح. (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من- کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان، *فصل‌نامه علمی- تخصصی مهندسی آب*، دوره پنجم، شماره ۲، صص ۱۲۱-۱۱۳.
- کاویانی، م. ر. (۱۳۸۰). *میکروکلیماتولوژی*، ج ۳، تهران: سمت.

- کاوینی، م. ر. و علیجانی، ب. (۱۳۷۱). *مبانی آب و هواشناسی*، ج ۷، تهران: سمت.
- کفایت مطلق، ا. ر. و خسروی، م. (۱۳۹۷). واکاوی روند سالانه تابش زمین تاب ایران با داده‌های دورسنجی، دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد. <https://civilica.com/doc/781128/>.
- کفایت مطلق، ا. ر.؛ خسروی، م. و مسعودیان، س. ا. (۱۳۹۸). تحلیل میانگین درازمدت تابش بلند زمینی ایران با داده‌های سنجش از دور، فصل‌نامه علمی- پژوهشی *اطلاعات جغرافیایی*، دوره بیست‌وهشتم، شماره ۱۰۹، صص ۲۰۰-۲۰۹.
- کفایت مطلق، ا. ر.؛ خسروی، م.؛ مسعودیان، س. ا.؛ کیانی کیخسروی، م. ص. و حمیدیان‌پور، م. (۱۳۹۸). تغییرات زمانی و مکانی تابش زمین تاب ایران (دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۹۶)، *مجله ژئوفیزیک ایران*، جلد سیزدهم، شماره ۲، صص ۷۳-۸۵.
- کیانی کیخسروی، م. ص. و مسعودیان، س. ا. (۱۳۹۵). شناسایی ورودش‌های مکانی روزهای برف‌پوشان در ایران زمین به کمک داده‌های دورسنجی، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره هفدهم، صص ۶۹-۸۵.
- مصباح‌زاده، ط. و سلیمانی ساردو، ف. (۱۳۹۷). بررسی روند و توزیع مکانی پارامترهای اقلیمی دما و بارش در مناطق خشک و بیابانی (مطالعه موردی: جنوب استان کرمان)، *پژوهش‌های محیط زیست*، سال نهم، شماره ۸۱، صص ۸-۱۹.
- میرعباسی، ن. آ. و دین‌پژوه، ی. (۱۳۸۹). تحلیل روند تغییرات آبدی رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر، *نشریه آب و خاک*، جلد بیست‌وچهارم، شماره ۴، صص ۷۵۷-۷۶۸.

- Ahmadi, M.; Ahmadi, H. and Dadashiroudbari, A. A. (2018). Assessment of trends and spatial pattern seasonal and annual cloudiness in Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(15): 239-256.
- Al-Salihi, A. M.; Rajab, J. M. and Salih, Z. Q. (2019). Satellite monitoring for Outgoing Longwave Radiation and Water Vapor during 2003-2016 in Iraq. In *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1234, No. 1, P. 012009.
- Amirrezaeieh, A. R.; Porhemmat, J. and Ahmadi, F. (2017). Investigation of precipitation and temperature trend across the north west of Iran in recent half of the century. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 10(6): 797-809.
- Bolyani, Y. and Hakimdost, S. Y. (2014). *The principles of spatial data analysis*. Tehran: Azadpeyma, PP. 65-66.
- Chu, P. S. and Wang, J. B. (1997). Recent climate change in the tropical western Pacific and Indian Ocean regions as detected by outgoing longwave radiation records. *Journal of Climate*, 10(4): 636-646.
- Crowley, T.J. and North, G.R. (1991) *Paleoclimatology*. Oxford University Press, New York.
- Darand, M.; Pazhooh, F. and Saligheh, M. (2019). Trend analysis of tropospheric specific humidity over Iran during 1979-2016. *International Journal of Climatology*, 39(10): 4058-4071.
- Ebrahimi, H. and Kardavani, P. (2014). Recognition the Climate Change in International anzali wetland Using Mann-Kendall test. *Journal of Wetland Ecobiology*, 6(3): 59-72.
- Ghasabfeiz, M. and Eslami, H. (2017). *Variations Trend Evaluation of Rainfall Using Mann-Kendall and Linear Regression in Khuzestan Province*. PP. 113-121.

- Gocic, M. and Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, No. 100, PP. 172-182.
- Hatzidimitriou, D.; Vardavas, I.; Pavlakis, K. G.; Hatzianastassiou, N.; Matsoukas, C. and Drakakis, E. (2004). On the decadal increase in the tropical mean outgoing longwave radiation for the period 1984-2000. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 4(5): 1419-1425.
- Hejazizadeh, Z.; Rahimi, A.; Toulabi Nejad, M. and Bosak, A. (2017). Modeling of spatio-temporal of albedo over Iran. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 17(47): 1-17.
- Huang, Y. and Ramaswamy, V. (2009). Evolution and trend of the outgoing longwave radiation spectrum. *Journal of Climate*, 22(17): 4637-4651.
- Jin, Z.; Zhang, Y.; Del Genio, A.; Schmidt, G. and Kelley, M. (2019). Cloud scattering impact on thermal radiative transfer and global longwave radiation. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 239, 106669.
- Kaviani, M. (2009). *Microclimatology*. Tehran: Samt Publication.
- Kaviani, M. and Alijani, B. (2000). *The Foundation of Climatology* (9th ed.), Tehran: Samt Publication, PP. 94-99.
- Kefayat Motlagh, O. R. and Khosravi, M. (2018). The Tempo-Spatial Variations of Outgoing Longwave Radiation (OLR) in Iran. *The Second National Conference on Meteorology of Iran, Ferdowsi University of Mashhad*. <https://civilica.com/doc/781128/>.
- Kefayat Motlagh, O. R.; Khosravi, M. and Masoodian, S. A. (2019). Analyzing Long-Term average of outgoing longwave radiation over Iran using remote sensing data. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(109): 199-209.
- Kefayat Motlagh, O. R.; Khosravi, M.; Masoodian, A.; Kiani, M. S. and Hamidian Pour, M. (2019). The Tempo-Spatial Variations of Outgoing Longwave Radiation (OLR) in Iran (1988-2017). *Iranian Journal of Geophysics*, 13(2): 73-85.
- Keikhosravi, K. M. S. and Masoodian, S. A. (2016). Identification of spatial variations of snow-covered days over Iran based on remote sensing data. *Geography and Environmental Hazards*, 5(17): 23-27.
- Liebmann, B. and Smith, C. A. (1996). Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(6): 1275-1277.
- Lim, E. S.; Wong, C. J.; Abdullah, K. and Poon, W. K. (2011). Relationship between outgoing longwave radiation and rainfall in South East Asia by using NOAA and TRMM satellite. In *2011 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering*. PP. 785-790.
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, No. 13, PP. 245-259.
- Mesbahzadeh, T. and Soleimani Sardoo, F. (2019). Investigation of trend and spatial distribution of climatic parameters including temperature and precipitation in arid and desert regions (Case study: Southern of Kerman province). *Environmental Researches*, 9(18): 89-100.
- Mirabbasi, N. A. and Dinpazhouh, Y. (2010). Trend analysis of streamflow across the North West of Iran in recent three decades. *Journal of Water and Soil*, 24(4): 768-757.
- Mordvin, E. Y.; Lagutin, A. A.; Volkov, N. V. and Makushev, K. M. (2019). Outgoing longwave radiation in Western Siberia region for the period 2003-2018 as observed by AIRS/Aqua.

- In *25th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics* (Vol. 11208, p. 112080L). International Society for Optics and Photonics.
- Nelsen, R.B. (2001). *Kendall Tau metric*, in *Haerzwinkel, Michiel, Encyclopaedia of Mathematics*, Springer, ISBN 978-1556080104.
- Peterson, C. A.; Chen, X.; Yue, Q. and Huang, X. (2019). The spectral dimension of Arctic outgoing longwave radiation and greenhouse efficiency trends from 2003 to 2016. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(15): 8467-8480.
- Prasad, K.P. and Bansod, S.D. (2000). Interannual Variations of Outgoing Longwave Radiation and Indian Summer Monsoon Rainfall. *International Journal of climatology*. No. 20.
- Rahmani kam, A. (2015). *Soil moisture routing using remote sensing products*. Master Thesis in Civil Engineering. Supervisor, Saeed Golian. Faculty of Civil Engineering, University of Shahrood.
- Raispour, K. and Razmi, R. (2020). Estimation of Cloud Fraction in the Atmosphere of Iran Using Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR). *Iran-Water Resources Research*, 16(3): 257-271.
- Rasouli, A. A.; Jahanbakhsh, S. and Ghasemi, A. R. (2013). Investigation of Spatial and Temporal Variations of Cloud Cover in Iran. *Geographical Reserches*, Vol. 28, PP. 85-102.
- Rechtman, T. (2018). *Climate Modeling, Outgoing Longwave Radiation, and Tropical Cyclone Forecasting*.
- Rostamzadeh, H.; Rasouli, A.; Wazifedoust, M. and Maleki, N. (2020). Evaluation and analysis of the role of the physical properties of the cloud in the probable rainfall amount using satellite data MSG (Case study area: West of Iran). *Geography and Planning*, 24(72): 225-245.
- Sarie Sarraf, B.; Jalali Ansaroodi, T. and Sarafrouzeh, F. (2016). The effects of global warming on the climate of cities located in the Urmia Lake Basin. *Journal of Urban Ecology Researches*, 6(12): 33-48.
- Schreck, C. J.; Lee, H. T. and Knapp, K. R. (2018). HIRS outgoing longwave radiation-Daily climate data record: Application toward identifying tropical subseasonal variability. *Remote Sensing*, 10(9): 13-25.
- en P K((096)))E)jmtt es oftherrgression coefficientaabæd on Kend ll'ttt u *Journal of the American Statistical Association*, No. 63, PP. 1379-1389.
- Serrano, A.; Mateos, V.L. and Garcia, J.A. (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *Physics Chem, Earth (B)*, 24(1-2): 85-90.
- Shen, Z.; Shi, J. and Lei, Y. (2017). Comparison of the long-range climate memory in outgoing longwave radiation over the Tibetan Plateau and the Indian Monsoon Region. *Advances in Meteorology*.
- Whitburn, S.; Clarisse, L.; Delcloo, A.; Dewitte, S.; Bouillon, M.; George, M. ... and Clerbaux, C. (2021). Trends in spectrally resolved OLR from 10 years of IASI measurements. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU21-11304).
- Xie, P. and Arkin, P. A. (1998). Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing longwave radiation. *Journal of Climate*, 11(2): 137-164.
- Zhang, L.; Rechtman, T.; Karneckas, K. B.; Li, L.; Donnelly, J. P. and Kossin, J. P. (2017). Longwave emission trends over Africa and implications for Atlantic hurricanes. *Geophysical Research Letters*, 44(17): 9075-9083.