

ارتباط سنجی و تحلیل فضایی بارش زمستانه ایران از طریق تابش موج بلند خروجی زمین

بهرز ساری صراف^۱

هاشم رستم‌زاده^۲

محمد دارند^۳

امید اسکندری^۴

چکیده

بارش از مهم‌ترین و متغیرترین عنصر اقلیمی است که در بستر زمان و مکان تغییر می‌کند. بارش‌های بحرانی در مقیاس‌های مختلف زمانی به‌ویژه روزانه، خسارات سنگینی به جوامع انسانی مناطق پرجمعیت شهری و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌کنند و بسیاری از اقتصادهای مناطق خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تابش موج بلند خروجی زمین به عنوان پارامتری مهم جهت شناسایی ابرها و برآورد این نوع بارش، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. هدف از پژوهش حاضر این است که با استفاده از محصولات سنجنده (AIRS) ماهواره آکوا و ماهواره (GPM)، ارتباط و تحلیل متغیرهای تابش موج بلند زمینی و مقادیر بارش را در محیط نرم‌افزار Arc GIS برای چهار ماه سرد سال (دسامبر تا مارس) کشور ایران، به مدت ۱۷ سال آماری بررسی نماید. از روش‌های همبستگی، رگرسیون و برآورد سطح اطمینان به منظور ارتباط سنجی و نحوه تغییرات آن استفاده شد. با توجه به نتایج به دست آمده در تمام ماه‌های مورد مطالعه، کل کشور به جزء جنوب شرقی حوضه دریای خزر در ژانویه، قسمت‌هایی از فلات مرکزی و مرزی شرق ایران، همبستگی منفی از ۱۰ تا ۹۲ درصد وجود دارد که نشان از رطوبت دار بودن جو کشور می‌باشد و مانع خروج تابش موج بلند شده است. در مناطق بارشی غرب رشته‌کوه زاگرس همبستگی‌های منفی ۶۰ درصد به بالا و تابش موج بلند خروجی کمتر از ۲۶۰ وات بر مترمربع متر می‌باشد که دلیل آن ابرناکی و جو پر از رطوبت، همراه با بارش بوده است. در دسامبر و فوریه، مناطق بارشی حوضه دریای خزر در همبستگی‌های منفی ۴۰ درصد به بالا و تابش کمتر از ۲۳۵ وات بر مترمربع بارش صورت می‌گیرد و دلیل مقدار عددی کمتر تابش موج بلند خروجی حوضه دریای خزر جهت پیش‌بینی، وجود رطوبت نسبی زیاد منطقه می‌باشد که عامل خروج کمتر آن می‌گردد.

واژگان کلیدی: بارش، تابش موج بلند خروجی، سنجنده AIRS، ماهواره GPM، ایران.

مقدمه

یکی از شرایط جوی که اقلیم را شکل می‌دهد و خود نیز تحت تاثیر اقلیم است عنصر بارش می‌باشد (عساکره و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳۸). بارش از مهم‌ترین و متغیرترین عنصر اقلیمی است که در بستر زمان و مکان تغییر می‌کند. بارش‌های بحرانی در مقیاس‌های مختلف زمانی بویژه روزانه، خسارات سنگینی به جوامع انسانی مناطق پرجمعیت شهری و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌کنند. تغییرپذیری بارش در مقیاس‌های مختلف دلیل اصلی سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها به شمار می‌آید (ترنبرث^۵؛ ۲۰۰۶: ۱). افزایش گرمای

^۱ . استاد، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز

^۲ . استادیار، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

Email : h-rostamzadeh@tabrizu.ac.ir-Tel:0914820143

^۳ . استاد، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه کردستان

^۴ . دانشجوی دکتری آب و هواشناسی ماهواره‌ای، دانشگاه تبریز

جهانی یکی از عوامل مؤثر بر توزیع بارش است (پاپالکسی و مونتیری؛ ۲۰۱۹: ۴۹۱۰) که بسیاری از اقتصادهای مناطق خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (موگوم و همکاران، ۲۰۱۷: ۱). بیش از یک سوم سطح زمین از اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک تشکیل شده است (نیلسون و بول، ۲۰۱۵: ۱۴۰۷) کشور ایران نیز در کمربند عرض جغرافیایی مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین واقع شده است، مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش از ۶۰ درصد کشور را پوشش می‌دهد و بارش آن از نظر زمانی، مکانی، مقدار و مدت‌زمان بارش بسیار متغیر می‌باشد (مدرس و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۴۵). متوسط بارندگی در سراسر کشور ۲۵۲ میلی‌متر در سال است که کمتر از یک سوم جهان می‌باشد (علیزاده و کشاورز، ۲۰۰۵: ۹۵) و این درحالی‌که است که مهم‌ترین متغیر برای مدیریت آب و کشاورزی دیم در ایران محسوب می‌شود (دین پژوه و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۱۰). بیشتر بارش ایران به دلیل بادهای غربی مدیترانه‌ای در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد (رضیئی و همکاران، ۲۰۰۹: ۴۴۰) و در فصل پاییز ۴۲ درصد از کشور چرخه روزانه قابل توجهی از بارش را نشان می‌دهد (کیانی و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۴۱۹). به دلیل اهمیت تغییرپذیری مکانی و زمانی بارش در ایران و نقش آن در ارتباطات و مخاطرات اقتصادی مناطق، مشکلات امنیت غذایی و بسیاری موارد دیگر، موضوع مذکور، در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است و مطالعه مقادیر بارش و رویدادهای ناشی از آن، از اهمیت ویژه‌ای در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، مدیریت آب، شهرسازی و ساختمان سازی و راه و ترابری برخوردار است. بنابراین یک رویکرد مناسب برای تخمین بارش در سال برای اقدامات محلی پیشگیرانه و کاهش خسارت‌ها لازم است. تابش موج بلند خروجی زمین (OLR) یکی از متغیرهای اساسی آب‌وهوا و جزء اصلی بودجه تابش زمین است (اسچریک و همکاران، ۲۰۱۸: ۱) که به عنوان پارامتری مهم در برنامه‌های کاربردی و جهت 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 است. اندازه‌گیری بلندمدت تابش بلند زمینی برای درک کمی از شرایط آب‌وهوایی از نظر بودجه انرژی تابشی در مدل‌های تعادل انرژی و مدل‌های گردش عمومی ضروری است (رامانتان و همکاران، ۱۹۹۳: ۲۳). 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 یک فاکتور مناسب برای پیش‌بینی همرفت و بارش در مناطق استوایی تبدیل می‌کند، زیرا همرفت شدید از ابرهای با ارتفاع بالا با دمای بالای ابر سرد و در نتیجه کاهش آن می‌باشد (لیبمن و اسمیت، ۱۹۹۶: ۱۲۷۶). در ایران پژوهش‌هایی مرتبط با این موضوع انجام شده است که می‌توان به این موارد اشاره نمود:

کفایت مطلق و همکاران (۲۰۳: ۹۷) به نقل از موقری (۱۳۹۴)، آستانه بهینه تابش بلند زمینی ۲۶۰ وات بر مترمربع را جهت شناسایی ابرهای همرفتی عمیق، در منطقه همگرایی میان حاره‌ای استفاده نموده است. مقادیر کمتر از این آستانه نشان‌دهنده منطقه بیشینه همرفت و منطبق بر کمربند همگرایی میان حاره‌ای می‌باشد. حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶: ۱)، 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 رشته کوه‌های زاگرس به میزان ۱ تا ۱/۵ واحد است و از نظر زمانی در مقیاس فصلی در زمستان به مقدار ۲۶٪ واحد و حداقل مقدار بازتابشی در فصل بهار با ۲۳٪ می‌باشد و در مجموع مناطق غرب و مرکز کشور دارای بیشترین و مناطق شمال و شمال غرب کشور دارای کمترین آلبدو هستند. سلیقه و همکاران (۱۳۹۷: ۲۹)، در مطالعه «بارش بهاری و تابش طول موج بلند خروجی زمین» (مطالعه موردی بارش ۱۵ آوریل ۲۰۱۶ شمال غرب ایران) نشان دادند که عامل اصلی وقوع بارش شمال غرب ایران در ۲۶ فروردین، ورود سامانه‌های بارشی از اروپای شرقی و همراهی توده‌های غربی با این سامانه بوده است و اثر همرفت محلی بسیار ناچیز

¹ Papalexou & Montanari

² Nielsen & Ball

³ Outgoing long Wave Radiation

⁴ Schreck & al

⁵ Ramanathan & al

⁶ Liebmann, & Smith



می‌باشد. کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۷: ۱۲۸)، نشان دادند که روند تابش زمینتان کره‌زمین در هر دهه ۰/۴ وات بر مترمربع در حال افزایش است، درحالی‌که روند تابش زمینتان ایران در هر دهه بیش از ۳ برابر روند جهانی است، به طوری که به‌ازای هر دهه ۱/۴ وات بر مترمربع افزایش می‌یابد. کفایت مطلق و همکاران (۱۳۹۸: ۱۹۹)، نشان دادند که بیشینه‌ی تابش موج‌بلند زمینی در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا با مقادیر بیش از ۲۹۰ وات بر مترمربع رخ می‌دهد که ایران نیز بخشی از آن به‌حساب می‌آید. همچنین با تحلیل فضایی الگوهای تمرکز نقاط داغ و سرد با استفاده از آماره‌ی جی استار (GI) بر روی ایران نشان داد که نزدیک به ۴۳ درصد از گستره ایران از نظر تابش موج‌بلند 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 می‌باشد.

محققین زیادی تنوع و روند بارندگی در ارتباط با تابش موج‌بلند خروجی را در مناطق مختلفی از جهان مطالعه نموده‌اند که نتایج قابل تامل می‌باشد. اکسای و ارکین^۱ (۱۹۹۸: ۱۳۷)، نشان دادند که ضریب رگرسیون مربوط به ناهنجاری بارش به تابش موج‌بلند خروجی از نظر فضایی ناهمگن و وابسته به فصلی است و براین‌اساس یک روش برای تخمین بارش ماهانه از داده‌های تابش موج‌بلند ایجاد کردند که با استفاده از ضریب مناسب از ناهنجاری‌های آن، بارش سال بعد تخمین زده می‌شود و بارش مبتنی بر تابش موج‌بلند زمینی قادر به نمایش با در مقیاس بزرگ و باکیفیت بالا در سطح یکنواخت جهانی و از نظر زمانی پایدار است. کوسکی^۲ (۱۹۸۸: ۲۱۷)، به این نتیجه رسید که شرایط هواشناسی از داده‌های ماهواره‌ای پنج‌روزه تابش موج بلند خروجی زمین در مورد مناطقی که دارای همرفت قابل توجهی هستند قابل پیش‌بینی می‌باشد، همچنین مقدار تابش موج‌بلند خروجی زمین، $240 W m^2$ می‌تواند به‌عنوان آستانه باران‌های همرفتی و شروع و پایان تاریخ فصول بارانی باشد. پراساد و بانسود^۳ (۲۰۰۰: ۱)، نشان دادند که بارش باران در سراسر هند برای هر یک از ماه‌های موسمی (ژوئن تا سپتامبر) رابطه معنی‌داری با دوره هم‌زمان تابش موج‌بلند خروجی نشان می‌دهد و به‌طور مخصوص برای مناطق غربی و مرکزی هند و همچنین در بعد زمانی نیمه دوم (اوت-سپتامبر) در مقایسه با نیمه اول (ژوئن تا ژوئیه) قوی‌تر می‌باشد. لیم و همکاران^۴ (۲۰۱۱: ۷۸۶)، با استفاده از داده‌های ماهواره اداره ملی اقیانوسی و جوی (NOAA) و ماهواره ماموریت سنجش بارندگی گرمسیری (TRMM) همبستگی منفی بالا بین تابش موج‌بلند خروجی و میزان بارندگی در مناطق با عرض جغرافیایی کمتر در مقایسه با عرض جغرافیایی بالاتر را تایید کردند. سوسیکند و همکاران^۵ (۲۰۱۲: ۱)، در مشاهدات تغییرات سالانه تابش موج‌بلند به‌وسیله سنجنده‌های (AIRS) و (CERES) نشان دادند که سری‌های زمانی ناهنجاری‌های تابش موج‌بلند خروجی جهانی و مناطق گرمسیری به‌صورت قوی دارای همبستگی با تغییرات ال‌نینو و لانینا می‌باشند، بدین‌صورت که مقادیر مثبت در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۱۰ با رخداد‌های ال‌نینو و مقادیر منفی در بیشتر اوقات سال ۲۰۰۸ تا بهار سال ۲۰۰۹ با شرایط لانینا مطابقت دارند. کارناس کاس و لی^۶ (۲۰۱۶: ۷۱۵۲) با مطالعه تابش موج‌بلند بر فراز قاره آفریقا قادر به پیش‌بینی با دقت بسیار بالای فعالیت طوفان‌های فصلی اقیانوس اطلس شدند و پیش‌بینی‌های تابش موج‌بلند از طوفان‌ها در قبل از شروع سال برای ماه ژوئیه به میزان ۸۷ درصد دقیق‌تر و موفقیت‌آمیزتر از طوفان‌های ماه اوت بوده است. سو و همکاران^۷ (۲۰۱۷: ۷۸۲۰)، روند تابش موج‌بلند خروجی شبانه و روزانه به دلیل شرایط آغاز دوره ال‌نینو و شرایط پایانی لانینا در منطقه حاره را کاهش نشان دادند ولی کاهش تابش موج‌بلند خروجی شبانه و روزانه میزان‌های متفاوتی را نشان دادند که کاهش تابش موج‌بلند خروجی در طی روز سریع‌تر از شب بود که می‌تواند ناشی از تغییرات شرایط ابرناکی در روز و شب

¹ Xie & Arkin

² Kousky

³ Prasad & Bansod

⁴ Lim & al

⁵ National Oceanic and Atmospheric Administration

⁶ Tropical Rainfall Measuring Mission

⁷ Susskind & al

⁸ atmospheric infra-red sounder

⁹ Clouds and the Earth's Radiant Energy System

¹ Karnauskas, & Li

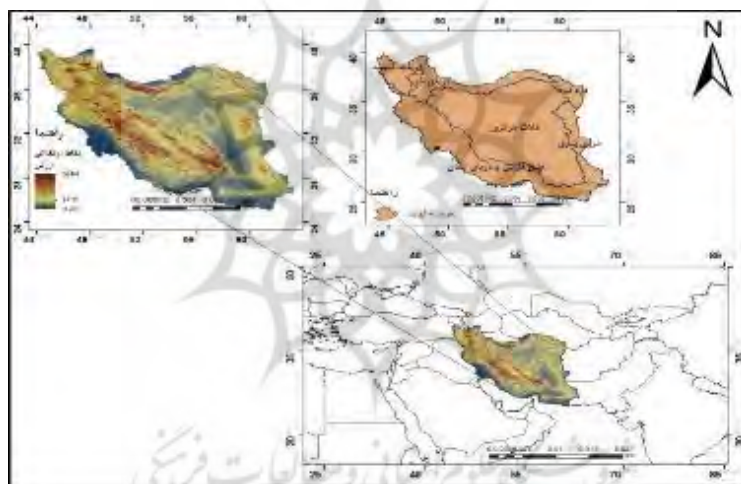
¹ Su \$ al

باشد. فیو و استاین اشنایدن (۲۰۱۹: ۱۱۷)، به این نتیجه رسیدند که همرفت اقیانوس آرام به دنبال گرمای فصلی است که از طریق امواج بلند خروجی اندازه‌گیری می‌شود و شدت بیشتری دارد و از نظر شاخص انسو مبتنی بر دمای سطح دریا مربوط به بارش زمستانی دریاچه‌های بزرگ است و خط اعتباری متقاطع رگرسیون بر اساس سیگنال‌های تابش موج‌بلند در ماه اکتبر تا ۳۲ درصد از تنوع بارش خارج از محدوده حوضه دریاچه‌های بزرگ را تایید می‌کند.

مطالعاتی در ایران روندهای مکانی و زمانی بارش و تابش موج‌بلند خروجی زمین را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند اما پژوهشی در مورد ارتباط سنجی و پیش بینی بارش با استفاده از تابش موج‌بلند خروجی انجام نگرفته است. پژوهش حاضر بر آن است جهت رفع خلاءهای مطالعاتی موجود از محصولات سنجنده (AIRS) ماهواره آکوا و ماهواره (GPM)، استفاده کرده و ارتباط و تحلیل متغیرهای تابش موج‌بلند زمینی و مقادیر بارش را در محیط نرم‌افزار (Arc GIS) به مدت ۱۷ سال آماری بررسی نماید.

داده‌ها و روش‌ها

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع، مابین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است. 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: ۹-۵).



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده‌ها:

به منظور انجام پژوهش حاضر از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده (AIRS) ماهواره آکوا برای سنجش تابش موج‌بلند زمینی با قدرت تفکیک مکانی ۲*۲ درجه (AIRSL3M3OLR61) از سایت <https://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov/?id=dsp> و تصاویر بارش کشور ایران از سنجنده (GPM) با قدرت تفکیک مکانی ۰/۱ * ۰/۱ درجه (GPM-31MERGMv06) از سایت <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/> بمدت ۱۷ سال آماری (۲۰۰۲/۰۷/۰۱ تا ۲۰۱۹-۰۷-۰۱) استفاده شده است.



روش تحقیق:

این مطالعه روشی تحلیلی-آماری است. و تمامی محاسبات در نرم افزار Arc GIS انجام شده است.

در گام اول ضریب همبستگی پیرسون هر یاخته به صورت میانگین ماهانه ۱۷ سال مطالعاتی بین بارش و تابش موج بلند خروجی از طریق رابطه (۱) محاسبه و توسط نقشه نمایش داده شد.

رابطه (۱).

$$r_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

در تحلیل همبستگی، هدف اولیه اندازه گیری درجه یا میزان همبستگی خطی بین دو متغیر است و مقدار آن بین +۱ و -۱ قرار دارد که به معنای همبستگی مثبت و یا منفی است.

در گام بعدی، با تحلیل رگرسیون سعی شد که مقدار متوسط متغیر بارش برای ماه های مورد مطالعه براساس مقادیر تابش موج بلند خروجی تخمین زده و پیش بینی گردد. از معادله رگرسیون طبق رابطه (۲) ضریب تغییرات برای هر پیکسل محاسبه گردید.

رابطه (۲).

$$y = \alpha + \beta x$$

در این معادله α عرض از مبدا خط، β شیب خط، x تابش موج بلند خروجی و y به عنوان بارش در نظر گرفته شد. جهت برآورد پارامترهای α و β به نحوی که معادله رگرسیون بهترین نشانه از رابطه بین مقادیر x_i و متغیر وابسته y_i باشد از روش کمترین مربعات خطا (LSE) استفاده شد و مقادیر a و b به گونه ای به دست آمد که مقدار $D = \sum_{i=1}^n d_i^2$ مجموع مربعات مانده ها به حداقل ممکن برسد، کمیت های a و b به دست آمده به ترتیب با $\hat{\alpha}$ و $\hat{\beta}$ پارامترهای رگرسیون هستند. بنابراین بهترین خط برای برآورد رابطه بین x و y عبارت است از رابطه (۳).

رابطه (۳).

$$\hat{y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} x$$

و با نمادهای پایه ای ذکر شده کمترین مربعات برای $\hat{\alpha}$ و $\hat{\beta}$ طبق معادلات رابطه (۴) محاسبه شدند.

رابطه (۴).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{و} \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$s_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad \text{و} \quad s_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

یکی از هدف های تحقیق حاضر از برآورد رگرسیون، استفاده از خط رگرسیون برای تعیین برآورد امید ریاضی طبق رابطه (۵) و پاسخ متناظر با یک سطح معین از متغیر مستقل است که انحراف معیار تابش موج بلند خروجی میانگین ماه های سال به تفکیک برآورده شده و با اضافه نمودن این مقدار به متغیر x در دو حالت حداکثری و حداقلی به برآورد بارش برای ماه متناظر سال آینده طبق رابطه (۵) پرداخته شد.

رابطه (۵).

$$E(y|x^*) = \alpha + \beta x$$

و سپس با محاسبه $\hat{\alpha}$ و $\hat{\beta}$ مجموع مربعات مانده‌ها جهت نمایش انحرافات پیش‌بینی از طریق رابطه (۶) به دست آمد.

رابطه (۶).

$$\hat{\beta} = \frac{s_{xy}}{s_{xx}}$$

$$\hat{\alpha} = \bar{y} - \hat{\beta} \bar{x}$$

$$SSE = s_{yy} - \hat{\beta}^2 s_{xx}$$

یکی از موارد موردنیاز جهت پیش‌بینی مقادیر بارش همرفتی بر اساس برآورد سطح اطمینان میانگین برای جامعه آماری بارش، به دست آوردن بالاترین و پایین‌ترین احتمال رخداد بارش براساس متغیر تابش موج‌بلند خروجی می‌باشد. بر این اساس رابطه (۷) برای آزمون فرضیه در مورد ضرایب α و β مورد استفاده قرار گرفت و با آزمون تی استیودنت (t-student) دامنه تغییرات میانگین نمونه آماری برای جامعه موردنظر به دست آمد.

رابطه (۷).

$$P \left[\hat{\beta} - t_{\frac{\alpha}{2}, r} S_{\hat{\beta}} \leq \beta \leq \hat{\beta} + t_{\frac{\alpha}{2}, r} S_{\hat{\beta}} \right] = 1 - \alpha$$

از آنجا که مقدار تابش موج‌بلند خروجی کمتر از عدد ۲۶۰ مناطق دارای ابرناکی و مستعد بارش را نشان می‌دهد، با استفاده از این آستانه نواحی بارشی ایران مشخص شد و از فاصله اطمینان برای \bar{y} به ازای \bar{x} از طریق رابطه (۸) زیر استفاده گردید (پانچواغ؛ ۲۰۰۶: ۱۷۲ و هتا و میتسوتا؛ ۱۹۹۳: ۱۲۴۵).

رابطه (۸).

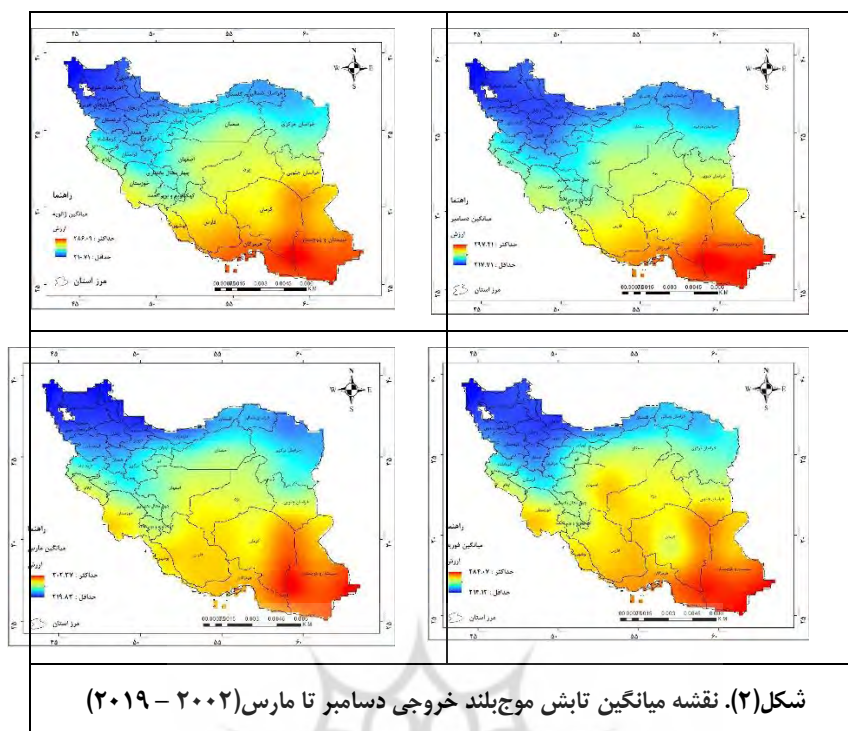
$$y = a + b(x < 260)$$

نتایج و بحث

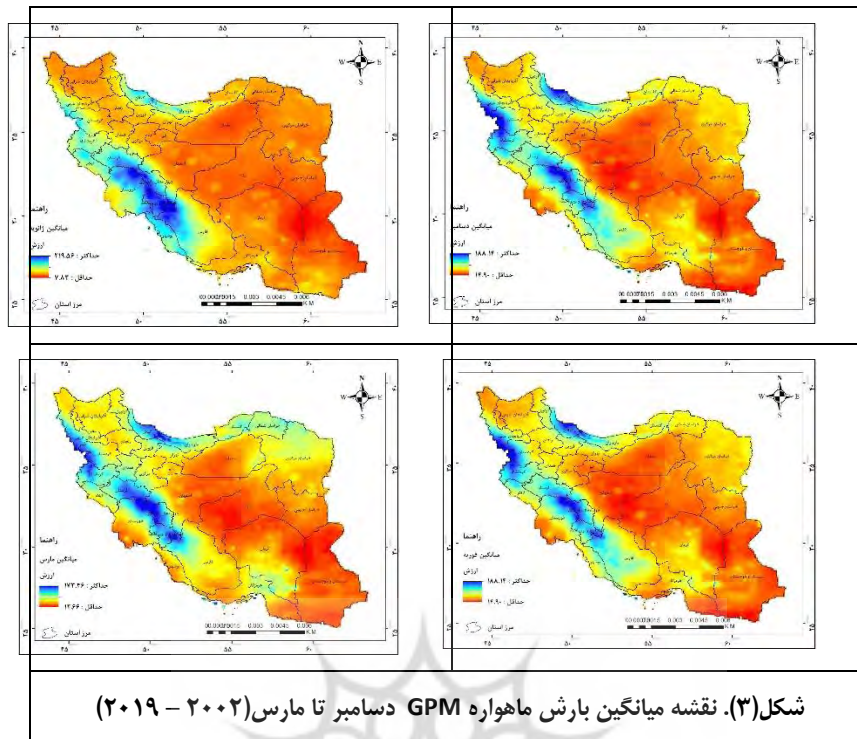
اندازه‌گیری و ایجاد نقشه‌های میانگین، توزیع و شدت متغیر مورد مطالعه در فضا را به ما نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده از نقشه‌های میانگین تابش موج بلند خروجی شکل (۲)، طی ۱۷ سال مطالعه در این پژوهش می‌توان گفت، در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس بیشینه تابش موج بلند خروجی زمین در جنوب و جنوب شرق ایران با ۲۸۰ تا ۲۹۷ وات بر مترمربع و کمینه آن در منطقه شمال غرب با ۲۱۷ تا ۲۳۳ وات بر مترمربع می‌باشد و به تبعیت از مناطق کوهستانی و عرض جغرافیایی کمینه تابش موج بلند خروجی زمین در ماه دسامبر تا ماه فوریه به عرض‌های بالاتر انتقال پیدا می‌کند. ارتفاعات البرز و زاگرس به صورت نواری ممتد مقادیر یکسانی از ۲۴۰ تا ۲۵۰ وات بر مترمربع را نشان می‌دهد. در ماه فوریه کمینه‌ای در ارتفاعات استان کرمان با ۲۵۵ وات بر مترمربع مشاهده شد ولی بیشینه تابشی تا شمال استان اصفهان کشیده شده است و شرایط تابشی ماه مارس همانند دسامبر است با این تفاوت که یک بیشینه در استان خوزستان با ۲۸۰ وات ظاهر می‌شود.

¹ Panchawagh

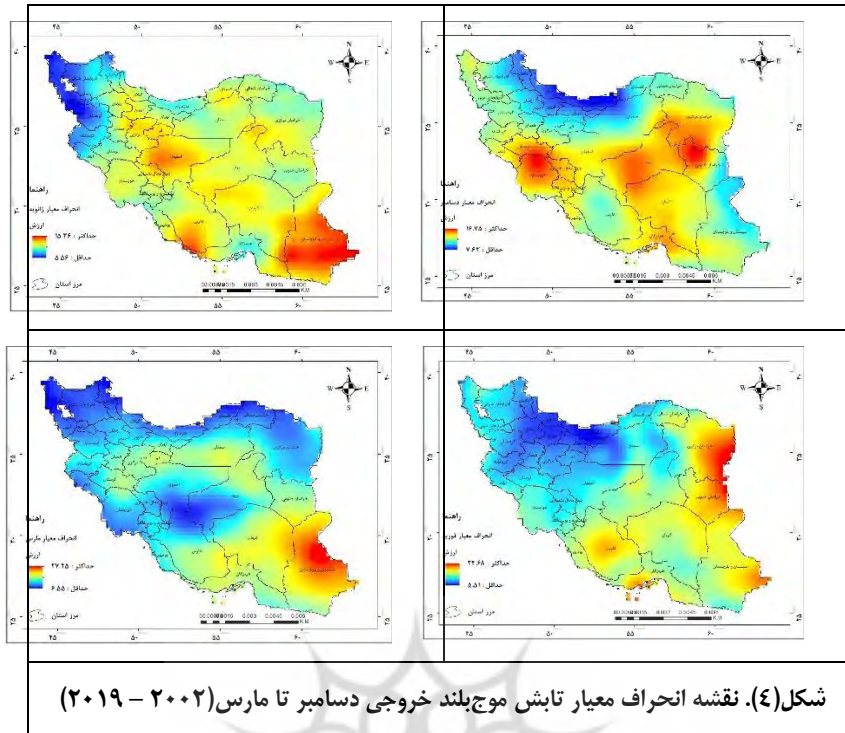
² Heta, & Mitsuta



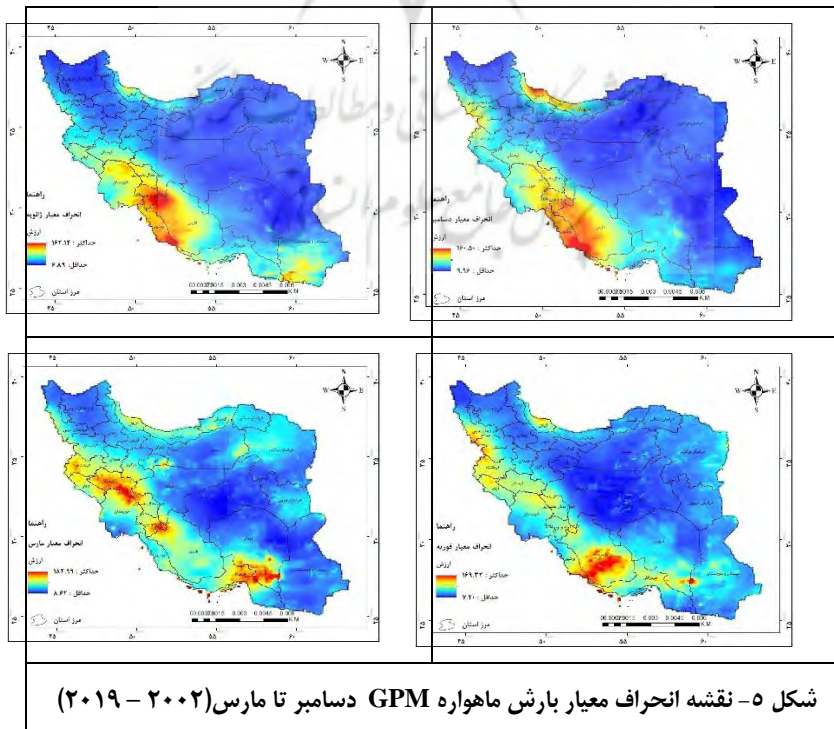
وضعیت بارشی نواحی شمالی ایران دارای تنوع مکانی و زمانی گوناگونی می‌باشد، به طوری که ایستگاه‌های ساحلی نواحی جنوب غربی دریای خزر بیشترین بارش را دریافت می‌کنند (خورشیددوست و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۴) و با توجه به نتایج نقشه‌های میانگین ماهواره GPM شکل (۳)، بیشینه بارشی در ماه دسامبر در منطقه غرب ایران در محدوده استان‌های خوزستان، لرستان و کهگیلویه و بویر احمد از ۱۵۰ تا ۲۱۵ میلی‌متر و قسمت‌های جنوب غربی دریای خزر با بارش متوسط ۱۵۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر مشاهده شد و سایر مناطق ایران به تبعیت از ارتفاعات و کوهستان‌ها بارش دریافت می‌کنند. در ماه ژانویه بیشینه‌های بارشی به صورت نقاط پراکنده در استان‌های مازندران و گیلان و به طور کامل به غرب رشته کوه زاگرس با بیشترین مقدار در محدوده استان‌های کهگیلویه و بویر احمد، لرستان و خوزستان با مقادیر ۱۵۰ تا ۲۲۰ میلی‌متر می‌باشد. در ماه فوریه بیشینه‌ای در جنوب غربی دریای خزر با ۱۳۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر ظاهر و بارش‌های غرب زاگرس تا مناطق عرض‌های جغرافیایی بالاتر در محدوده استان آذربایجان غربی با متوسط ۱۰۰ تا ۱۸۵ میلی‌متر مشاهده می‌شوند و همچنین بیشینه‌هایی در ارتفاعات شمال شرقی و ارتفاعات مرکزی ایران از جمله استان کرمان و شمال استان هرمزگان با مقادیر ۵۰ تا ۸۰ میلی‌متر ظاهر شده است. الگوی بارشی کشور در ماه مارس همانند فوریه با افزایش پراکندگی بارش در ایران می‌باشد. مؤلفه‌های اصلی بارش سالانه در نیمه جنوبی ایران توسط گردش‌های جوی کنترل می‌شوند و بارش سالانه در نیمه جنوبی ایران اساساً به کم‌فشار سودانی و مدیترانه ارتباط داده می‌شود (پوراصغر و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۷).



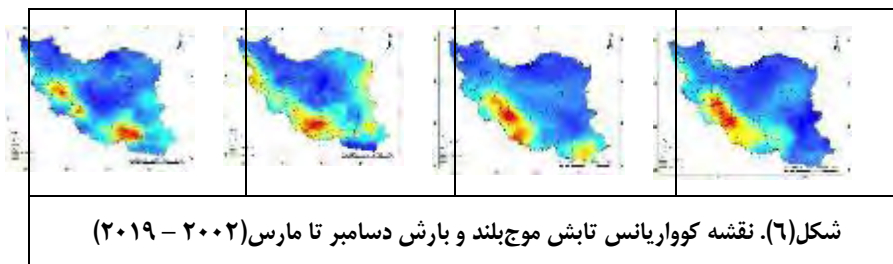
با توجه به نتایج به دست آمده از انحراف معیار تابش موج بلند خروجی زمین شکل (۴)، می‌توان گفت که بیشترین انحراف معیار تابش موج بلند خروجی زمین در ماه دسامبر در مناطق مرکزی ایران به صورت سه لکه بر روی استان‌های خراسان جنوبی در شرق، استان یزد در مرکز و استان‌های خوزستان و کهگیلویه و بویر احمد در غرب ایران و کمترین انحراف معیار در مناطق شمالی رشته کوه البرز دیده می‌شود. در ماه ژانویه کمترین مقدار انحراف معیار مربوط به شمال غرب کشور و بیشترین انحراف معیار در جنوب شرق و جنوب ایران می‌باشد. در ماه فوریه شمال و شمال غرب دارای کمترین انحراف معیار و در مناطق شرقی و جنوب شرقی بیشترین انحراف از معیار مشاهده شد. در ماه مارس نیز قسمت‌های زیادی از کشور به جز جنوب شرق (استان سیستان و بلوچستان)، انحراف معیارهای کمتری مشاهده می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که در ماه‌های دسامبر و ژانویه که مناطق شمالی، غرب و جنوب غربی کشور دارای بیشترین رطوبت جو و ابرناکی می‌باشد که عاملی در جذب تابش موج بلند خروجی می‌باشد و دارای انحراف معیار کمتری نسبت به سایر مناطق کشور است و به تدریج در ماه‌های فوریه و مارس این تغییرات رطوبت جو و ابرناکی به مناطق جنوبی کشور را در بر می‌گیرد و انحراف معیار آن کمتر می‌شود.



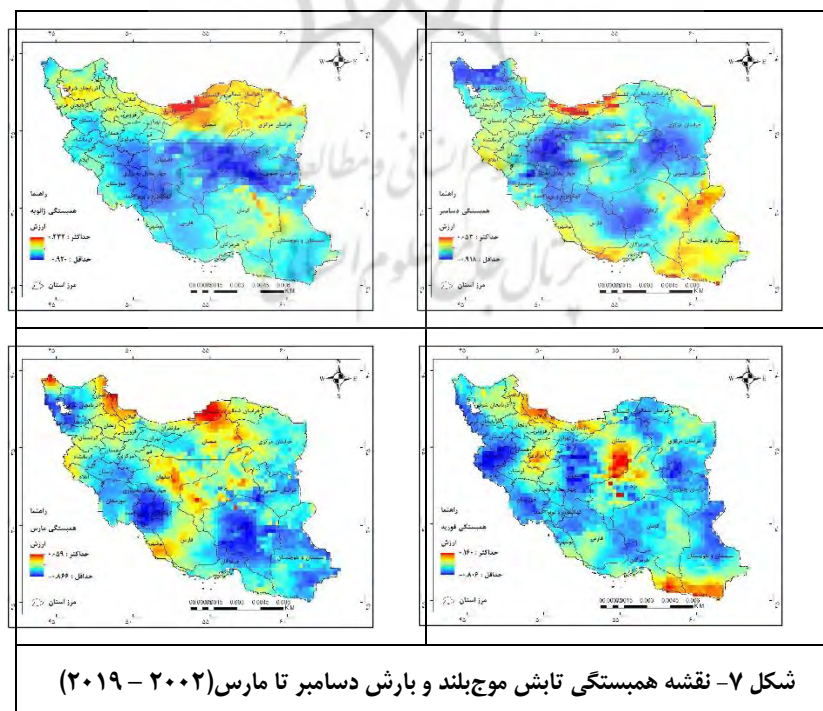
باتوجه به نتایج حاصل از نقشه‌های انحراف معیار GPM شکل (۵)، در تمام ماه‌های مورد مطالعه بیشترین انحراف از معیار در مناطق بارشی کشور از جمله شمال رشته کوه‌های البرز (استان‌های مازندران و گیلان) و به صورت نواری از شمال غرب به سمت جنوب در قسمت‌های غربی رشته کوه زاگرس مشاهده گردید و در ماه مارس به طرف جنوب شرق (غرب استان هرمزگان) نیز کشیده شده است. می‌توان گفت که تغییرات و گسترده شدن رطوبت جو و ابرناکی در سایر مناطق کشور به‌ویژه در جنوب کشور عامل افزایش انحراف معیار بارش گردیده است.



طبق نتایج به‌دست‌آمده از نقشه‌های کوواریانس شکل (۶)، در نشان دادن همبستگی بین تابش موج‌بلند خروجی و بارش، در تمام ماه‌ها اکثر نقاط بدون بارش ایران همبستگی مثبت کم را نشان می‌دهد. در ماه‌های دسامبر و ژانویه قسمت غربی رشته‌کوه زاگرس در جنوب غرب ایران که دارای بیشترین بارش‌های زمستانه هستند همبستگی منفی مشاهده گردید و در ماه‌های فوریه و مارس در غرب زاگرس همچنان که بارش‌ها به مناطق شمالی در غرب زاگرس هدایت می‌شوند همبستگی‌های منفی نیز به تبعیت از آن بیشتر می‌گردد.

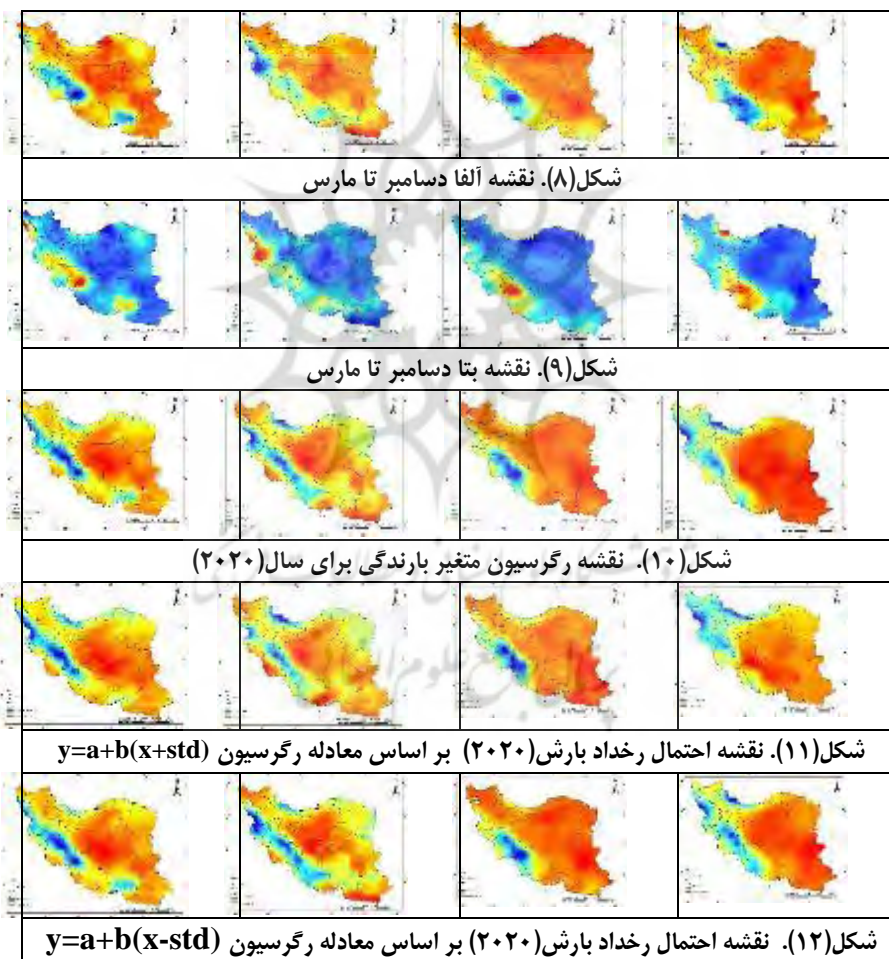


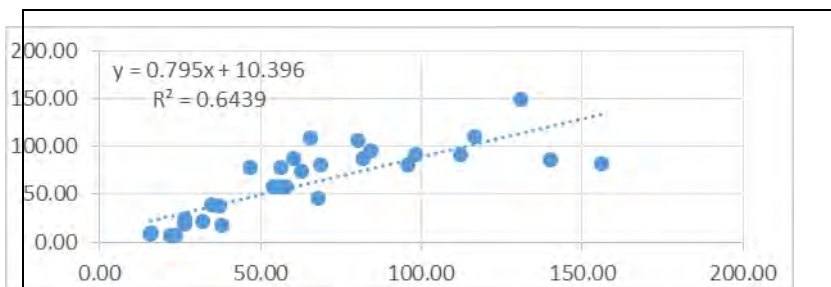
در این مطالعه همچنین میزان همبستگی بین تابش موج‌بلند خروجی و بارش به‌دست‌آمده است، با توجه به نقشه‌های به‌دست‌آمده از این تحلیل‌ها شکل (۷)، می‌توان گفت که کل کشور در تمام ماه‌های مورد مطالعه به‌جز نقاط محدودی در ماه‌های ژانویه و فوریه همبستگی منفی را نشان می‌دهد و هیچ‌گونه رابطه مثبت معنی‌داری دیده نشد. در نواحی بارشی شمال کشور در ماه دسامبر در محدوده استان‌های مازندران و گیلان از منفی ۳۰ تا منفی ۷۰ درصد و در جنوب غرب در دسامبر از منفی ۶۷ تا منفی ۸۲ درصد مشاهده شد. میزان همبستگی در مناطق بارشی در ماه ژانویه از منفی ۲۰ تا ۳۰ درصد در شمال تا مقادیر منفی ۶۵ تا منفی ۸۰ درصد در جنوب غرب مشاهده گردید. در ماه فوریه و مارس نیز در مناطق بارشی شمال کشور همبستگی‌های منفی ۱۵ تا منفی ۵۰ درصد و در مناطق بارشی غرب زاگرس از منفی ۶۰ درصد تا منفی ۸۵ درصد مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد رطوبت جو و ابرناکی بودن آسمان ایران در این چهار ماه از دلایل همبستگی منفی بالا بین تابش موج‌بلند خروجی و بارش باشد.



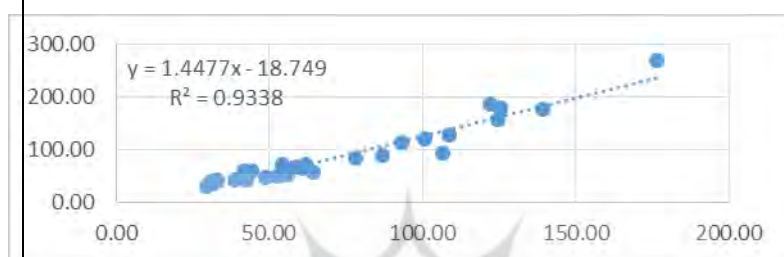


باتوجه به محاسبات حاصل از معادله رگرسیون اشکال (۸ تا ۱۶)، و در نظر گرفتن نقشه تابش موج بلند خروجی آخرین سال (۲۰۱۹)، برای همراه به عنوان متغیر مستقل، نتایج نشان می‌دهد که در ماه دسامبر بیشترین بارش‌ها برای مناطق جنوب غربی و شمال و غرب ایران برآورد گردید. در ماه ژانویه بیشترین بارش‌ها در جنوب غرب کشور و در سایر نقاط بارندگی به صورت پراکنده برآورد شد. در ماه فوریه به صورت نواری از شمال غرب به سمت جنوب غربی در غرب رشته‌کوه زاگرس و شمال رشته‌کوه البرز در محدوده استان‌های گیلان و مازندران بیشترین بارش برآورده شده است. در ماه مارس همان الگوی بارشی فوریه با اضافه شدن یک بیشینه دیگر در جنوب شرق ایران در محدوده استان هرمزگان مشاهده شد. به طور کلی می‌توان گفت که همبستگی نقشه برآورد شده در ماه‌های ژانویه و فوریه با ضریب همبستگی ۹۲ درصد دارای بیشترین انطباق با نقشه میانگین سالانه و در ماه دسامبر با همبستگی ۶۴ درصد می‌باشد. در دسامبر و مارس مناطق شمال غربی را بیشتر از میانگین سالانه برآورد کرده است که می‌توان ابرناکی زیاد در این مناطق را دلیل آن دانست. نتایج حاصل از رگرسیون با در نظر گرفتن نقشه تابشی موج بلند خروجی آخرین سال با اضافه و کم کردن انحراف معیار ۱۷ سال نشان از آن دارد که در صورت اضافه کردن آن برآوردهای بارش به طرف مناطق عرض‌های جغرافیایی بالاتر و بالعکس به طرف جنوب کشور می‌باشد.

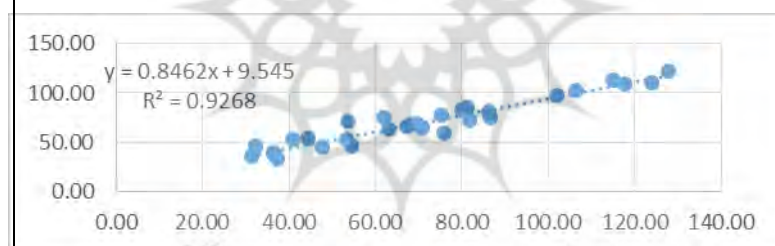




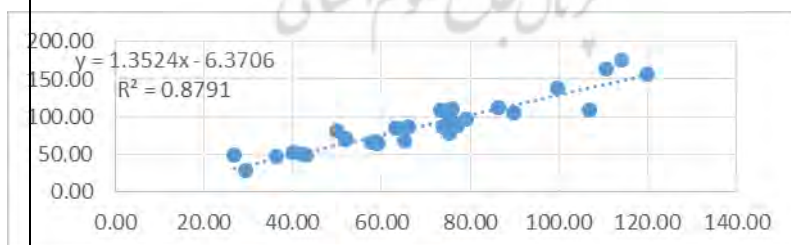
شکل (۱۳). همبستگی بارش پیش‌بینی شده با میانگین بارش دسامبر (۲۰۱۹-۲۰۲۰)



شکل (۱۴). همبستگی بارش پیش‌بینی شده با میانگین بارش ژانویه (۲۰۱۹-۲۰۲۰)



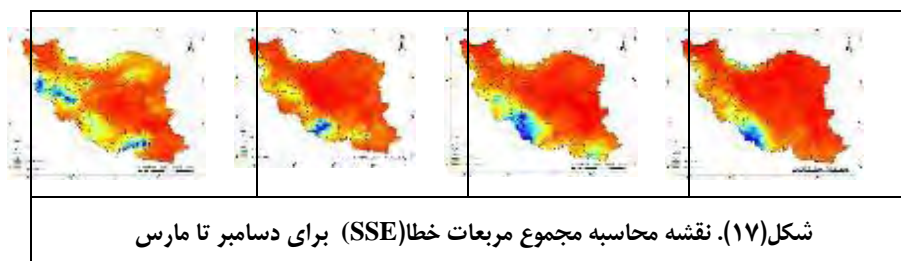
شکل (۱۵). همبستگی بارش پیش‌بینی شده با میانگین بارش فوریه (۲۰۱۹-۲۰۲۰)



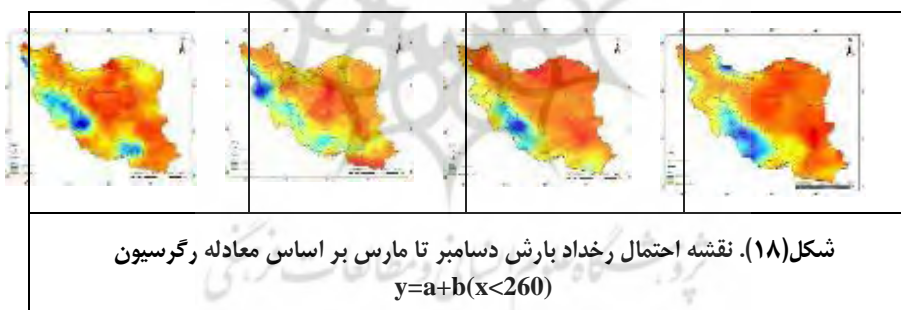
شکل (۱۶). همبستگی بارش پیش‌بینی شده با میانگین بارش ژانویه (۲۰۱۹-۲۰۲۰)



با توجه به معادله مجموع مربعات مانده و صحت سنجی رگرسیون از نقشه‌ها، شکل (۱۷)، نتایج نشان می‌دهد که در تمام ماه‌های مورد مطالعه به غیر از جنوب شرق ایران در ماه ژانویه تمامی مناطق دارای بارش کمترین خطاها برآورد شده است و کاملاً منطبق با پیش‌بینی ما می‌باشد. می‌توان گفت که مناطق دارای بارش کم ایران که قسمت اعظم آن می‌باشد مقدار خطا را کمتر از واقعیت نشان می‌دهد و مناطق کمتری از ایران که دارای شرایط ابرناکی یا شرعی می‌باشد و بارش انجام نگرفته است را بیشتر از واقعیت نشان می‌دهد.



از آنجا که در مطالعاتی مناطق دارای OLR کمتر از ۲۶۰ وات بر مترمربع مناطق دارای احتمال رخداد بارش در نظر گرفته می‌شود، در این پژوهش نیز با توجه به این حد آستانه و نتایج حاصل از برآورد احتمال رخداد بارش شکل (۱۸) در ماه‌های مورد مطالعه مناطق بارشی ایران از عرض جغرافیایی ۲۹ درجه به بالا از جمله شمال، شمال غرب و دامنه‌های غربی رشته‌کوه زاگرس مستعد بارش می‌باشند و در فوریه ارتفاعات استان کرمان به صورت یک خوشه میانگین ماهانه کمتر از ۲۶۰ وات بر مترمربع را تجربه می‌کند و مستعد بارش در مناطق مرکزی می‌شود و قسمت‌های جنوبی از ۲۹ درجه عرض جغرافیایی به پایین مقادیر بالای ۲۶۰ وات بر مترمربع را تجربه می‌کنند.



نتایج حاصل از جداول اطلاعاتی شش حوضه اصلی ایران (۱ تا ۴) نشان داد که کمینه تابش موج بلند خروجی طی چهار ماه مطالعاتی در حوضه دریاچه ارومیه و دریای خزر و بیشینه در حوضه مرزی شرق و فلات مرکزی قرار دارد. میانگین بیشینه بارش در حوضه خلیج فارس و دریای عمان و سپس دریای خزر و کمینه در حوضه مرزی شرق و فلات مرکزی مشاهده شد. بیشترین همبستگی تابش موج بلند خروجی و بارش در ماه دسامبر و فوریه می‌باشد. بیشترین همبستگی بارش برآورد شده و میانگین بارش ۱۷ سال در حوضه دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد و تخمین در مناطق خشک و کم بارش با انحراف بیشتری می‌باشد.

جدول (۱). مقادیر اطلاعاتی حوضه‌های آبریز دسامبر (۲۰۱۹-۲۰۲۰)

حوضه آبریز	تابش موج بلند خروجی	بارش	همبستگی پیرسون (بارش و تابش موج بلند خروجی)	بارش پیش بینی شده
دریای خزر	230.9	73.17	-0.64	70.21
خلیج فارس و دریای عمان	266.1	79.70	-0.63	76.81
دریاچه ارومیه	227.0	71.88	-0.68	61.06
فلات مرکزی	259.4	42.18	-0.69	47.67
مرزی شرق	271.6	40.01	-0.61	57.12
قره قوم	238.4	60.86	-0.63	74.91

جدول (۲). اطلاعاتی حوضه‌های آبریز ژانویه (۲۰۱۹-۲۰۲۰)

حوضه آبریز	تابش موج بلند خروجی	بارش	همبستگی پیرسون (بارش و تابش موج بلند خروجی)	بارش پیش بینی شده
دریای خزر	226.9	60.77	-0.30	58.51
خلیج فارس و دریای عمان	259.0	95.48	-0.58	121.37
دریاچه ارومیه	221.6	58.83	-0.35	56.78
فلات مرکزی	254.6	37.71	-0.53	45.71
مرزی شرق	263.4	29.10	-0.58	31.77
قره قوم	237.0	41.50	-0.28	40.33

جدول (۳). مقادیر اطلاعاتی حوضه‌های آبریز فوریه (۲۰۱۹-۲۰۲۰)

حوضه آبریز	تابش موج بلند خروجی	بارش	همبستگی پیرسون (بارش و تابش موج بلند خروجی)	بارش پیش بینی شده
دریای خزر	228.0	73.17	-0.37	70.21
خلیج فارس و دریای عمان	260.9	79.70	-0.47	76.81
دریاچه ارومیه	225.6	71.88	-0.48	61.06
فلات مرکزی	257.8	42.18	-0.46	47.67
مرزی شرق	264.4	40.01	-0.55	57.12
قره قوم	240.3	60.86	-0.44	74.91

جدول (۴). مقایر اطلاعاتی حوضه‌های آبریز مارس (۲۰۱۹-۲۰۲۰)

حوضه آبریز	تابش موج بلند خروجی	بارش	همبستگی پیرسون (بارش و تابش موج بلند خروجی)	بارش پیش بینی شده
دریای خزر	233.3	73.38	-0.35	81.00
خلیج فارس و دریای عمان	273.2	71.09	-0.58	102.72
دریاچه ارومیه	229.5	71.50	-0.66	99.76
فلات مرکزی	268.1	42.85	-0.50	50.60
مرزی شرق	275.1	33.56	-0.61	48.93
قره قوم	240.6	67.00	-0.53	73.51



نتیجه گیری

باتوجه به مشاهدات به دست آمده از این پژوهش می توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل بیشینه تابش موج بلند خروجی جنوب ایران (جنوب حوضه خلیج فارس و دریای عمان، مرزی شرق و فلات مرکزی) در نقشه میانگین ماه های دسامبر تا مارس به دلیل زاویه تابش عمودی و مدت زمان طولانی تر تابش خورشید می باشد که سبب انرژی ورودی زیاد به سطح زمین است و آسمان صاف و فاقد ابرناکی نیز عامل خروج قسمت زیادی از انرژی ورودی می باشد. زاویه مایل خورشید، کوتاه بودن روز و رطوبت موجود جو در عرض های جغرافیایی بالاتر (مناطق بیابانی مرکزی کشور، شمال حوضه خلیج فارس، دریای خزر و دریاچه ارومیه) مانع انرژی ورودی خورشید و همچنین کاهش خروج تابش موج بلند می گردد. بنابراین در فصل سرد تابش موج بلند خروجی تابعی از عرض جغرافیایی، ارتفاعات و ضخامت جو می باشد. عامل بارش های حوضه دریای خزر را می توان فرابار سیبری و همرفت وزشی و بارش های غرب رشته کوه زاگرس (حوضه دریاچه ارومیه، خلیج فارس و دریای عمان) نیز بادهای غربی و رطوبت آن ها دانست. با توجه به نقشه های همبستگی در ماه های مورد مطالعه، در کل حوضه های آبریز کشور به غیر از قسمت هایی از فلات مرکزی و مرزی شرق همبستگی منفی وجود دارد که نشان از رطوبت دار بودن جو می باشد که مانع خروج تابش موج بلند شده است. در مناطق بارشی غرب رشته کوه زاگرس می توان همبستگی های منفی ۷۰ درصد به بالا و مقادیر کمتر از ۲۶۰ وات بر مترمربع جهت بارش در نظر گرفت. در مناطق بارشی شمال رشته کوه البرز (حوضه دریای خزر) در دسامبر و فوریه همبستگی از منفی ۳۰ درصد به بالا و در تابش کمتر از ۲۳۵ وات بر مترمربع بارش انجام می گیرد و دلیل مقدار عددی کمتر در حوضه دریای خزر وجود رطوبت نسبی زیاد در منطقه می باشد که عامل خروج کمتر تابش موج بلند خروجی زمین گردیده است.

منابع

- پور اصغر، فرناز؛ جهانبخش، سعید؛ ساری صراف؛ بهروز؛ قائمی، هوشنگ؛ تدینی، معصومه. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران. *نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۷، شماره (۴۴): ۲۷-۴۶.
- حجازی زاده، زهرا؛ بزمی، نسرین؛ رحیمی، علیرضا؛ طولایی نژاد، میثم؛ بساک، عاطفه. (۱۳۹۶). مدل‌سازی فضایی- زمانی آلودگی در گستره‌ی ایران زمین. *نشریه تحقیقات علوم جغرافیایی*، سال هفدهم، شماره (۴۷): ۱-۱۷.
- خورشیددوست، علی‌محمد؛ شیرزاد، علی اصغر. (۱۳۹۳). بررسی و تحلیل بارش‌های ناحیه شمال ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص. *نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۸، شماره (۴۹): ۱۱۸-۱۰۱.
- رستم‌زاده، هاشم؛ رسولی، علی اکبر؛ وظیفه‌دوست، مجید؛ ملکی، ناصر. (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل نقش خصوصیات فیزیکی ابر در مقدار بارش محتمل با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای MSG منطقه مورد مطالعه: غرب ایران. *نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۲۴، شماره (۷۲): ۲۴۵-۲۲۵.
- سلیقه، محمد؛ ناصرزاده، محمدحسین؛ غفاری، علی. (۱۳۹۷). بارش بهاری و تابش طول موج بلند خروجی زمین (مطالعه موردی بارش ۱۵ آوریل ۲۰۱۶ شمال غرب ایران). *فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی- پژوهشی*، سال پانزدهم، شماره (۵۷): ۴۷-۲۹.
- عساکره، حسین؛ رزمی، رباب. (۱۳۹۰). اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۵، زمستان (۱۳۹۰): ۱۵۸-۱۳۷.
- علایی طالقانی، محمود. ۱۳۸۲. *رئومورفولوژی ایران*، نشر قومس، تهران، چاپ دوم، ص ۵-۹.
- فلاح قاهری، غلام عباس. (۱۳۹۰). *اصول و مبانی و هواشناسی*، انتشارات پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد، چاپ اول، ص ۸۲.
- کفایت مطلق، امید رضا؛ خسروی، محمود. (۱۳۹۷). واکاوی روند سالانه تابش زمین‌تاب ایران با داده‌های دورسنجی. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد. <https://civilica.com/doc/781128/>.
- کفایت مطلق، امید رضا؛ خسروی، محمود؛ مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۸). تحلیل میانگین دراز مدت تابش بلند زمینی ایران با داده‌های سنسور از دور. *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، دوره ۲۸، شماره (۱۰۹): ۲۰۹-۲۰۰.
- کفایت مطلق، امید رضا؛ خسروی، محمود؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ کیانی، کیخسروی؛ حمیدیان‌پور، محسن. (۱۳۹۸). تغییرات زمانی و مکانی تابش زمینتاب ایران (دوره آماری ۱۳۹۶-۱۳۶۷). *مجله ژئوفیزیک ایران*، جلد ۱۳، شماره (۲): ۸۴-۷۳.
- Alizadeh, A., Keshavarz, A., (2005). **Status of agricultural water use in Iran**. *Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an IranianAmerican Workshop*: 94-105.
- Dinpashoh, Y., Fakheri-Fard, A., Moghaddam, M., Jahanbakhsh, S., Mirnia, M., (2004). **Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods**. *Journal of Hydrology*(297): 109-123.
- Fu, W., & Steinschneider, S. (2019). **A diagnostic-predictive assessment of winter precipitation over the Laurentian Great Lakes: Effects of ENSO and other teleconnections**. *Journal of Hydrometeorology*, 20(1): 117-137.
- Heta, Y., & Mitsuta, Y. (1993). **An evaluation of evaporation over the tropical Pacific Ocean as observed from satellites**. *Journal of Applied Meteorology*, 32(7): 1242-1247.
- Karnauskas, K. B., & Li, L. (2016). **Predicting Atlantic seasonal hurricane activity using outgoing longwave radiation over Africa**. *Geophysical Research Letters*, 43(13): 7152-7159.
- Kiany, M. S. K., Balling Jr, R. C., Cervený, R. S., & Krahenbuhl, D. S. (2018). **Diurnal variations in seasonal precipitation in Iran from TRMM measurements**. *Advances in Space Research*, 62(9): 2418-2430.

- Kousky Vernon E (1988). **Pentad Outgoing long wave Radiation Climatology for the south American Sector**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol 3.
- Liebmann, B., & 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., & Poon, W. K. (2011, December). **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*. 785-790.
- Modarres, R., & da Silva, V. D. P. R. (2007). **Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran**. *Journal of arid environments*, 70(2): 344-355.
- Nielsen, U. N., & Ball, B. A. (2015). **Impacts of altered precipitation regimes on soil communities and biogeochemistry in arid and semi-arid ecosystems**. *Global change biology*, 21(4): 1407-1421.
- Panchawagh, N. V. (2006). **Seasonal variation of SST and mean OLR distribution over Indian Ocean warm pool**. *J. Ind. Geophys. Union (July 2006)*, 10(3): 167-173.
- Papalexiou, S. M., & Montanari, A. (2019). **Global and regional increase of precipitation extremes under global warming**. *Water Resources Research*, 55(6): 4901-4914.
- Prasad k.p and Bansod S.D (2000). **Interannual Variations of Outgoing Longwave Radiation and Indian Summer Monsoon Rainfall**. *International Journal of climatology*. 20.
- Ramanathan, V., Barkstrom, B. R., & Harrison, E. F. (1992, March). **Climate and the earth's radiation budget**. In *AIP Conference Proceedings American Institute of Physics*. vol(247): 55-77.
- Raziiei, T., Saghafian, B., Paulo, A.A., Pereira, L.S., Bordi, I.,)2009). **Spatial patterns and temporal variability of drought in western Iran**. *Water Resour. Manage(23)*: 439–455.
- Schreck, C. J., Lee, H. T., & Knapp, K. R. (2018). **HIRS outgoing longwave radiation—Daily climate data record: Application toward identifying tropical sub seasonal variability**. *Remote Sensing*, 10(9): 1325.
- Susskind, J., Molnar, G., Iredell, L., & Loeb, N. G. (2012). **Interannual variability of outgoing longwave radiation as observed by AIRS and CERES**. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D23).
- Trenberth, K. E. (2006). **The impact of climate change and variability on heavy precipitation, floods, and droughts**. *Encyclopedia of hydrological sciences*.
- Xie, P., & Arkin, P. A. (1998). **Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing longwave radiation**. *Journal of Climate*, 11(2): 137-164.
- Su, W., Loeb, N. G., Liang, L., Liu, N., & Liu, C. (2017). **The El Niño–Southern Oscillation effect on tropical outgoing longwave radiation: A daytime versus nighttime perspective**. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(15): 7820-7833.