

واکاوی روند تغییرات شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه در بازه زمانی (۱۹۷۹-۲۰۱۸)

رویا پورکریم؛ دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
حسین عساکره^۱؛ استاد اقلیم شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
عبدالله فرجی؛ استادیار اقلیم شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
محمود خسروی؛ استاد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

دریافت مقاله : ۱۴۰۰/۰۲/۲۸ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۹/۱۱

چکیده

در پژوهش حاضر از داده‌های مرکز جوی اروپایی (ECMWF)، از سال ۱۹۷۹ تا پایان سال ۲۰۱۸ تفکیک مکانی ۲۵/۲۵ در ۲۵ به منظور واکاوی تغییرات شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه استفاده شده است. با برازش مدل من‌کندال و مدل رگرسیون خطی روند مقدار، فراوانی مراکز چرخندی دریای مدیترانه در دو مقیاس فصلی و سالانه ارزیابی شد. با واکاوی روند تغییرات شمار مراکز چرخندی در مقیاس فصلی فصل‌های بهار، پاییز و تابستان تداوم‌های پنج روزه دارای روند معنی‌دار مثبت بوده است. اما در مقیاس سالانه در هیچ کدام از تداوم‌ها روند معنی‌دار مشاهده نگردید. با برازش مدل رگرسیون در مقیاس فصلی و سالانه تداوم‌های یک و دو روزه دارای شیب خط رگرسیون مثبت می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مراکز چرخندی، دریای مدیترانه، آماره من - کندال.

مقدمه

تغییر اقلیم از دیدگاه بسیاری از صاحب‌نظران یک پدیده‌ی طبیعی است که در توالی‌های زمانی بلند مدت به وقوع می‌پیوندد (محمدلو و همکاران، ۱۳۹۵) و به عنوان یک مشکل زیست محیطی مهم در سطح دنیا مطرح می‌باشد (Ezenwaji at el, ۲۰۱۷). اقلیم به طور مستقیم در شدت و توزیع بارندگی نقش دارد، در این راستا انجام تحقیقات مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هر چه بیشتر جهت مقابله با هزینه‌های زیاد این تغییر ضروری است (قصاب فیض و اسلامی، ۱۳۹۶). شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه در میزان بارش ایران تاثیرگذار است. مثلاً یک سال ممکن است بر اثر ورود زیاد چرخندهای مدیترانه‌ای، بارش زیاد و سال دیگر به دلیل نیامدن آن‌ها هیچ اثری رخ ندهد. این عوامل در قالب سامانه‌های گردش عمومی هوا، آب و هوای ایران را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند (علیجانی، ۱۳۸۲). منطقه مدیترانه با آب‌وهوای متغیر آن مشخص می‌شود. در این ناحیه فعالیت فصلی و مستقیم ناوه ترازهای بالایی جو توأم با ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به سمت عرض‌های پایین و نیز همراهی تاوانی نسبی مثبت جلوه می‌کند. در نتیجه حرکت صعودی جو در بخش جلویی ناوه به ناپایداری در سطح زمین منجر می‌شود (حیدری و خوش اخلاق، ۱۳۹۴: ۷۳ به نقل از ۱۹۸۷ Jacob, در واقع، در این ناحیه شارش‌های گرمای محسوس و نهان نقش اصلی را در دینامیک چرخندهای مدیترانه‌ای دارند (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵: ۱۵). از این‌رو ناحیه مدیترانه، یکی از مناطق مهم چرخندزایی (بیات، ۱۳۹۶: ۲، ۲۰۰۶، fita, ۲۰۱۳, Neu) به‌ویژه در فصل زمستان بوده است (Alpert at el, ۱۹۹۰). گونزالز-هیدالگو^۱ و همکاران (۲۰۰۱)، در بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی غرب مدیترانه با استفاده از داده‌های ۹۷ ایستگاه باران سنجیدر دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ از تکنیک‌های غیر پارامتری (آزمون اسپیرمن) و پارامتری (مدل خطی) استفاده کردند. نتایج پژوهش کاهش میزان بارندگی در فصل زمستان و خشکی قابل توجه در فصل پاییز را نشان داد. افزایش یا کاهش شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه می‌تواند در بارش منطقه مورد مطالعه تاثیرگذار باشد و به عنوان یک مخاطره اقلیمی تلقی گردد. رومم^۲ و همکاران (۲۰۰۷: ۵۹)، در پژوهشی به بررسی توزیع چرخندها در دریای مدیترانه پرداختند، نتایج نشان می‌دهد که حدود ۵۸ درصد از چرخندهای حوضه مدیترانه از اقیانوس اطلس و از جنوب غربی صحرای آفریقا وارد مدیترانه می‌شوند. کندرو^۳ (۱۹۵۳) در پژوهشی بیان داشت که چرخندهای مدیترانه مسیرهای خاص خود را طی می‌کنند که در فصول مختلف فراوانی‌های متفاوتی دارند. در بررسی مسیر چرخندهای مدیترانه مشاهده شد که بیشینه فراوانی چرخندها در ماه ژانویه و مارس و تغییرات فراوانی در اکتبر افزایش یافته و کمینه آن در ماه جولای است (Flocas at el, ۲۰۱۰). جوانمرد و همکاران (۱۳۸۲: ۱۴۱) مسیر چرخندهای مدیترانه‌ای را عمدتاً در طول ماه فوریه از مناطق جنوبی و در طول دوره دسامبر تا ژانویه از مناطق شمالی دریای مدیترانه می‌دانند. چرخندهای مدیترانه اقلیم مناطقی از مرکز و شرق اروپا (از قبیل مجارستان، رومانی، اوکراین، روسیه و غیره)، آسیا (سوریه، عراق، ایران، افغانستان و غیره) و هند شمالی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (بیات، ۱۳۹۶: ۲۰۶).

احمدی و جعفری (۱۳۹۷: ۸۳) برای مسیریابی و تحلیل همدیدی سامانه‌های منجر به بارش‌های سنگین بیش از ۵۰ میلی‌متر در جنوب ایران نشان دادند که بیشترین تعداد سامانه‌هایی که توأم با بارش شدید در منطقه بوده‌اند، سامانه‌های سودانی، ادغامی سودانی-مدیترانه‌ای روی عراق، ادغامی سودانی-مدیترانه‌ای در شرق مدیترانه و مدیترانه‌ای بوده‌اند.

۱. Gonzalez-Hidalgo

۲. Romem

۳. Kendrew

عمق تراز جوی که چرخندهای مدیترانه‌ای در آن نفوذ می‌کنند، متفاوت است. برای مثال خسروی و همکاران (۱۳۹۳: ۸۳) با بررسی کنش‌های چرخندی جو ایران در سال ۱۳۶۹ به این نتیجه دست یافتند که تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کل محدوده مورد مطالعه بیش‌ترین تعداد چرخند را بین همه ترازها داشته و کم‌ترین فراوانی نیز مربوط به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بوده است؛ اوج ظهور فعالیت چرخندهای مدیترانه‌ای در تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال در ماه‌های سرد سال (آذر و بهمن ماه) بوده است.

همان‌گونه که می‌دانیم ایران سرزمینی است که عمده بارش‌ها و بارش‌های عمده و نیز فراگیر خود را از چرخندهای مدیترانه‌ای دریافت می‌دارد (علیجانی ۱۳۸۲، جلالی و همکاران ۱۳۹۸: ۵۳، جعفربیگلو و همکاران ۱۳۸۸: ۸۱، جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۸۱: ۳۴). بیات و همکاران (۱۶:۱۳۹۶)، مسیر اصلی ورود چرخندها به ایران را شمال غرب، غرب میانی و نیز جنوب غرب می‌دانند. همچنین ایشان نشان دادند که بخش شرقی مدیترانه از مهم‌ترین کانون‌های چرخندی مؤثر بر اقلیم ایران می‌باشد. عساکره و خجسته (۱۳۹۹)، ادعان داشتند که بیشینه فعالیت چرخندهای فصل سرد در ماه ژانویه (فصل عمده بارشی) رخ می‌دهد و آهنگ تغییرات فراوانی در ماه اکتبر افزایش می‌یابد.

بنابراین چه که گفته شد حادث شدن هرگونه تغییر (پذیری) بر ناحیه مدیترانه و بویژه بر مشخصات چرخندزایی آن می‌تواند اقلیم بارشی ایران را متاثر سازد. تغییر (پذیری) چرخندزایی ناحیه مدیترانه تحت تاثیر عوامل متعددی رخ می‌دهد. برای مثال تغییر در چرخه موسوم به «سلول هدلی» می‌تواند این تغییرات را موجب شود.

برای مثال گیوی و همکاران (۶۶:۱۳۸۲) نشان دادند که کاهش شدت و تعداد چرخندها در حوضه دریای مدیترانه در طی دوره یکساله از ژوئن ۲۰۰۱ تا اواخر سپتامبر ۲۰۰۱ نسبت به ماه‌های دیگر احتمالاً به دلیل جا به جایی مرکز پراتفان جنب‌حاره به سمت عرض‌های شمالی‌تر است. همچنین پدیده «گرمایش جهانی» سده اخیر در تغییرات چرخندزایی ناحیه مدیترانه مؤثر بوده است. این پدیده تباین دمایی (یکی از ضرورت‌های چرخندزایی) در نواحی زایش و پیدایش چرخندها (از جمله ناحیه مدیترانه) تغییر داده است. حیدری و خوش اخلاق (۷۲:۱۳۹۴) در بررسی اثر گرمایش جهانی بر مرکز چرخندزایی شرق مدیترانه و ارتباط آن با ناهنجاری بارش نیمه غربی ایران به این نتیجه دست یافتند که افزایش دما و فشار جو در منطقه شرق دریای مدیترانه در دوره ۶۵ ساله اخیر تایید شده است و براساس نتایج مدل‌سازی‌ها این روند تا سال ۲۰۵۰ این افزایش در دما و فشار تداوم خواهد یافت. همچنین تریگو^۱ و همکاران (۱۶۹۶: ۱۹۹۹) نشان دادند که کاهش بارش در فصل مرطوب ناحیه مدیترانه در طی چهار دهه گذشته با تضعیف شدت چرخندهای مدیترانه‌ای همزمان بوده است، این تضعیف به برهم کنش جو - اقیانوس در اطلس شمالی نسبت داده می‌شود. ظهور نواحی چرخندزایی نوین یکی از پیامدهای احتمالی پدیده گرمایش جهانی است. برای مثال مسعودیان (۳۰: ۱۳۹۱)، در بررسی همدید کنش‌های چرخندی یک کانون چرخندزایی بر روی عراق مشاهده کرد؛ ایشان پیدایش کانون مزبور را به پدیده گرمایش جهانی نسبت داده است.

آلپرت و همکاران (۱۹۸۹: ۱۴۷۷) در بررسی آهنگ تغییرات چرخندهای مدیترانه به این نتیجه رسیدند که تغییرات زیاد در هر فصل وجود دارد؛ این امر در ماه‌های دسامبر، ژانویه، آوریل، می، جون و جولای قابل توجه است، زیرا براساس مطالعات پرشمار (برای مثال علیزاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۱۹۹۹، Trigo at el, ۲۰۰۱, Maheras at el) فراوانی چرخندزایی مدیترانه در ماه‌های سرد بیش‌تر است. آلپرت و همکاران (۱۴۷۴: ۱۹۹۰) تغییرات ماهانه مسیرهای چرخندی را در مدیترانه

۱. Trigo

بررسی کردند و نشان دادند که مسیر چرخندهای منطقه مدیترانه تغییرات ماهانه معنی‌داری را نشان می‌دهند. در این راستا مهمت^۱ و همکاران (۲۰۰۴: ۱۲۲۵) تغییرپذیری مسیرهای چرخندی را بر روی ترکیه مطالعه کردند و نشان دادند که مسیرهای غالب چرخندی پنج مسیر می‌باشد که بالاترین فراوانی چرخندها در زمستان اتفاق می‌افتد. مک کابی^۲ و همکاران (۲۰۰۱)، فراوانی و شدت‌های زمستانی چرخندهای برون حاره نیمکره شمالی را برای دوره‌های ۱۹۹۷-۱۹۵۷ بررسی کرده‌اند. نتایج به لحاظ آماری کاهش مهمی در چرخندهای عرض میانه و افزایشی مهم در فراوانی چرخندهای عرض بالا را نشان می‌دهد. فراوانی چرخندهای مدیترانه‌ای عمدتاً در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار است و در تابستان به شدت کاهش پیدا می‌کند (کاراس و زاگیل، ۱۹۹۹). افزایش تعداد چرخندها در پژوهش حجازی زاده و صداقت (۱۳۸۱)، مسعودیان (۱۳۹۱)، خجسته و همکاران (۱۳۹۷) نیز اشاره شده است.

یکی از تغییراتی که چرخندهای مدیترانه با آن مواجه شده‌اند، تغییرات بلند مدت (روند) شمار (فراوانی) و شدت این چرخندهاست. فروغی (۱:۱۳۹۸)، در بررسی روند تغییرات سری زمانی الگوهای فشار دریای مدیترانه در فصل زمستان و بهار با برآزش آزمون من - کندال به این نتایج دست یافت که توأم با افزایش فشار، پدیده کاهش فعالیت چرخندزایی و کاهش بارش در فصول زمستان و بهار روی داده‌است. تاکنون روش‌های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه گردیده است؛ این روش‌ها به دو دسته کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم می‌باشند. روش‌های ناپارامتری از کاربرد نسبتاً گسترده‌تر و چشم‌گیرتری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند (Xu et al, ۲۰۰۳). در این زمینه پژوهش‌های گوناگونی صورت گرفته است از جمله می‌توان به مدرس و سیلوا^۳ (۲۰۰۷)، معروف نژاد و قاسمی (۱۳۹۵)، فرسادی و همکاران (۱۳۹۱)، کرمپور و همکاران (۱۳۹۵)، فلاح قاله‌ری و همکاران (۱۳۹۷)، عساکره و ورناسری (۱۳۹۷)، عساکره و رزمی (۱۳۹۷) اشاره کرد. در پژوهش حاضر تلاش می‌شود تا روند شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه در طی دوره مورد بررسی با توجه به بروز تغییر اقلیم و گرمایش جهانی با مقیاس سالانه و فصلی بر اساس روش‌های آماری مشخص گردد. براین اساس از روش‌های آماری ناپارامتری من - کندال و آزمون پارامتری رگرسیون خطی برای آشکارسازی و مدل‌سازی روند شمار مراکز چرخندی بهره گرفته شد.

داده ها و روش کار

به‌منظور بررسی تغییرات روند شمار مراکز چرخندی، داده‌های ارتفاع جو (تراز ۱۰۰۰ ژئوپتانسیل متر) از پایگاه مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF)^۴ موسوم به «ERA-Entrim»، در محدوده ۱۰ درجه طول غربی تا ۱۲۰ درجه طول شرقی، از استوا تا ۸۰ درجه عرض شمالی طی بازه زمانی (۲۰۱۸-۱۹۷۹) استفاده شده‌است (شکل ۱). داده‌های این نسخه بازکاوای جهانی جو از سال ۱۹۷۹ به بعد را در بر می‌گیرد (دارند و زندکریمی ۱۳۹۴: ۶۵۵). به‌لحاظ تفکیک مکانی، پایگاه داده «ERA-Entrim» دارای ۹ نسخه با تفکیک‌های مکانی ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۱۲۵، ۱/۵، ۲/۵، ۳ درجه قوسی است. تفکیک زمانی این داده‌ها نیز با فاصله ۶ ساعت (برای ساعت‌های ۰، ۶، ۱۲ و ۱۸ (UTC^۵)) در

۱. Mehmet

۲. McCABe et al

۳. Silva

۴. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

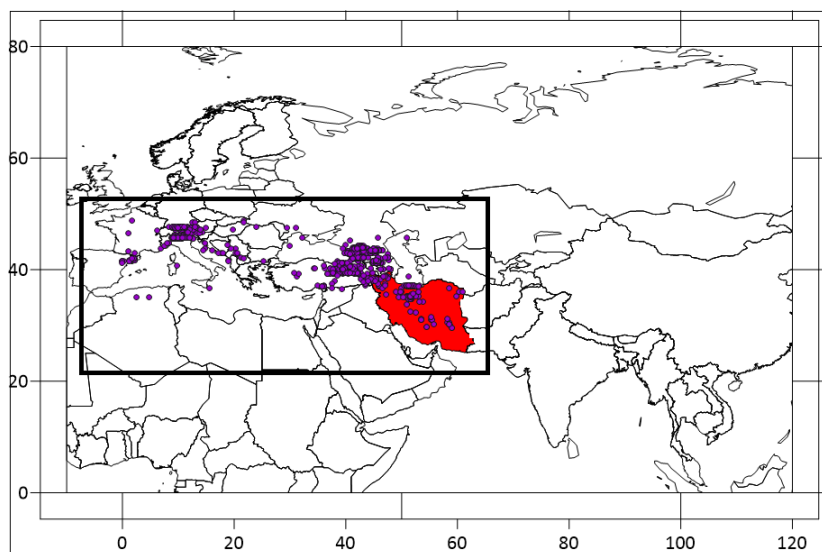
۵. Coordinate Universal Time

دسترس می‌باشد (شجاع، ۱۳۹۷). در پژوهش حاضر داده‌های روزانه این پایگاه با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی برای چهار قرائت در روز از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۸ مورد استفاده قرار گرفته است. برای شناسایی و تعیین مراکز چرخندی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال دو شرط اساسی زیر در نظر گرفته شد (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۲۵):

۱- ارتفاع ژئوپتانسیل هر یاخته در پایگاه داده مورد بررسی و در محدوده مورد مطالعه نسبت به هشت همسایه خود کمینه باشد.

۲- میانگین شیو ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی یاخته مورد بررسی و هشت همسایه آن برابر یا کم‌تر از صد متر بر هزار کیلومتر باشد.

در این راستا تداوم‌های یک تا چهارده روزه مراکز چرخندی دنبال شد. منظور از تداوم مراکز کم‌فشار، توالی یک یا چند روزه حضور مراکز کم‌فشار است. در این پژوهش با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار متلب، تداوم‌های یک تا ۵ روزه مراکز کم‌فشار غالب‌ترین تداوم‌ها بوده است. شمار سایر تداوم‌ها بسیار کم و در نتیجه تحلیل روند آنها در قالب تحلیل روند سری‌های زمانی به‌لحاظ فنی میسر نبوده است. بنابراین تداوم‌های یک تا پنج روزه در مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه محاسبه ردیابی و بررسی شد. شکل (۱)، موقعیت و چرخندهای مشاهده شده محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت و چرخندهای محدوده مورد مطالعه

برای انجام تحلیل روند شمار مراکز چرخندی، از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری استفاده شد. در این پژوهش از معمول‌ترین روش ناپارامتری موسوم به آزمون «من - کندال»، جهت آشکارسازی و بررسی معنی‌داری روند داده‌ها استفاده شد. روش پارامتری موسوم به «رگرسیون خطی» برای مدل‌سازی روند مشاهدات به کار گرفته شد. آزمون من - کندال ابتدا توسط من^۱ (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال^۲ (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (Serrano ۱۹۹۹, Hadad at el, ۲۰۱۸ at el). از مزیت‌های این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که توزیع

۱. Man

۲. Kendall

آماري خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود (Turgay and Arsan, ۲۰۰۵, Arun at el, ۲۰۱۲)، کاظم زاده و همکاران، (۱۳۹۲). در این آزمون داده‌ها بر حسب زمان وقوعشان مرتب شده و اختلاف بین رتبه تک تک مشاهدات و نیز فراسنج s محاسبه می‌شود (Reshu at el, ۲۰۱۴، خسروی و همکاران، ۲۴۴:۱۳۹۵):

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

در این رابطه n تعداد مشاهدات، x_j و x_k به ترتیب رتبه مشاهده j ام و k ام سری مشاهدات می‌باشند. تابع علامت (sgn) بر اساس رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (x_j - x_k) = > 0 \\ 0 & \text{اگر } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (x_j - x_k) = < 0 \end{cases} \quad (2)$$

یکی از روش‌های پارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی، الگوهای رگرسیون خطی و برآورد ضرایب آن به روش کمینه مربعات خطا (LSE)^۱ می‌باشد (بابازاده و جاوری، ۹۶:۱۳۸۸ به نقل از جاوری، ۱۳۸۴:۱۲۴). روش‌های رگرسیون خطی قادرند تصویری مناسب از روند بلند مدت عناصر اقلیمی ارائه دهند (عساکره، ۱۳۸۶: ۷). محاسبه ضرایب از رابطه‌های زیر انجام می‌شود:

$$b = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(y - \bar{y})^2} \quad (3)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4)$$

متغیر \bar{x} و \bar{y} به ترتیب متغیرهای زمان و شمار مراکز چرخندی می‌باشد. در نهایت الگوی رگرسیون خطی به شرح زیر خواهد بود:

$$y = a + bx$$

در رگرسیون خطی مقادیر مثبت ضریب b حاکی از افزایشی بودن روند و مقادیر منفی حاکی از کاهش‌ی بودن روند می‌باشد (استوکویچ^۲، ۲۰۱۷). مقدار آن نیز میزان تغییر در مقیاس زمانی مورد بررسی است.

شرح و تفسیر نتایج

الف) آشکارسازی روند شمار چرخندها

- تغییرات سالانه

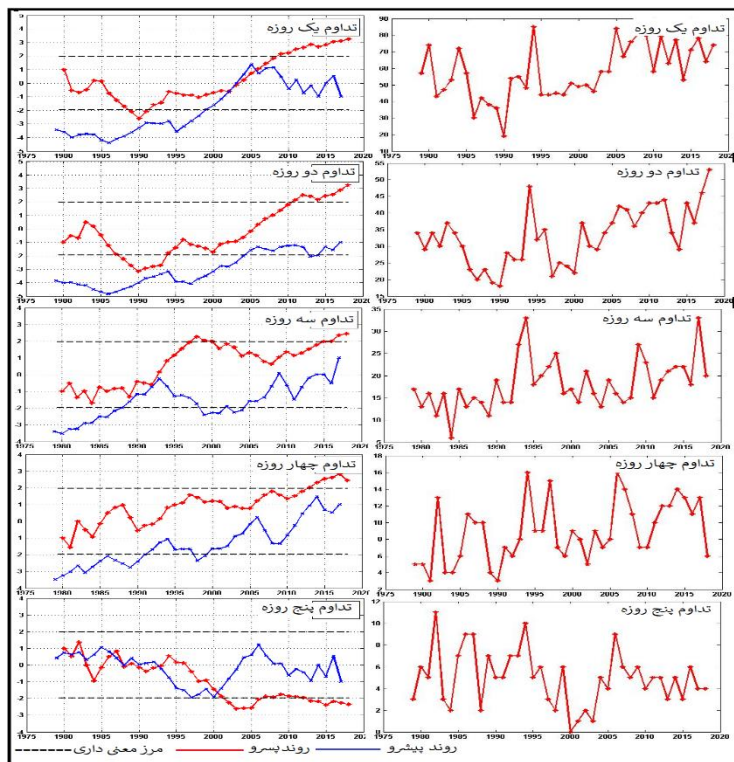
در محدوده و در طول دوره آماری مورد بررسی و حسب تعریفی که در بخش «داده‌ها و روش‌ها» ارایه شد، مجموعاً ۴۸۹۳ مرکز کم‌فشار چرخندی با تداوم‌های یک تا پنج روزه استخراج شد. شمار مراکز چرخندی تداوم‌های یک روزه در

۱. Least Squares Error

۲. Stojković

مقیاس سالانه ۲۰۳۴ رخداد بوده است. این مقدار در تداوم‌های بعدی کاهش یافته است؛ تا آنجا که در تداوم‌های پنج روزه به ۱۹۸ رخداد می‌رسد. بیشترین چرخندهای مدیترانه از شمال غربی کشور وارد ایران شده‌اند.

شکل ۲ سری زمانی شمار تداوم‌های یک تا پنج روزه چرخندها در دریای مدیترانه و نیز تغییرات روند براساس روش من-کندال را نشان می‌دهد. براساس این شکل شمار چرخندهای حوضه دریای مدیترانه در تداوم‌های یک و دو روزه نشان از روند افزایشی شمار مراکز چرخندی در بازه زمانی مورد مطالعه دارد. مشابه این نتیجه نیز در تحقیق علیزاده و همکاران (۴۰۵:۱۳۹۵) و حجازی‌زاده و صداقت (۱۴:۱۳۸۷) مشاهده شده است. با این وجود سیر صعودی روند به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. نقطه تغییر در تداوم یک روزه سال ۲۰۰۶ می‌باشد؛ در این زمان بیشینه شمار مراکز چرخندی (۸۵ رخداد) ثبت شده است. از این زمان سطح متوسط شمار رخداد چرخندها افزایش یافته است. این تغییر سطح را می‌توان در تغییر معنی‌دار در نقاط عطف آماره من - کندال نیز مشاهده نمود. روند مشابه اما با قدمت بیشتر (از سال ۲۰۰۰) در چرخندهای با تداوم دو روزه قابل مشاهده است. از سال ۲۰۱۰ روند شمار چرخندهای دو روزه، در آماره من - کندال معنی‌دار دیده می‌شوند. همین ویژگی با مقادیر بسیار ملایم‌تر نیز در چرخندهای توأم با تداوم سه‌روزه و چهار روزه شمار مراکز چرخندی مشاهده می‌شود. هر دو این تداوم‌ها در انتهای سری زمانی به لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌اند. تداوم پنج روزه با افت و خیزهای متعددی و روندی کاهشی دیده می‌شود. این روند از حدود سال ۲۰۰۵ نقطه عطف معنی‌داری در تغییرات را ارایه می‌دهد.



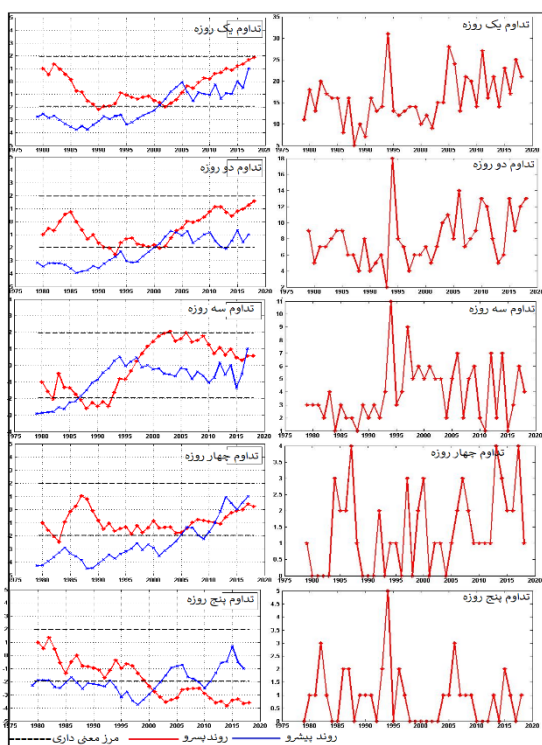
شکل ۲: سری زمانی (سمت راست) و آماره من - کندال (سمت چپ) برای شمار مراکز چرخندی سالانه با تداوم‌های یک تا

پنج روزه طی دوره ۱۹۷۹-۲۰۱۸

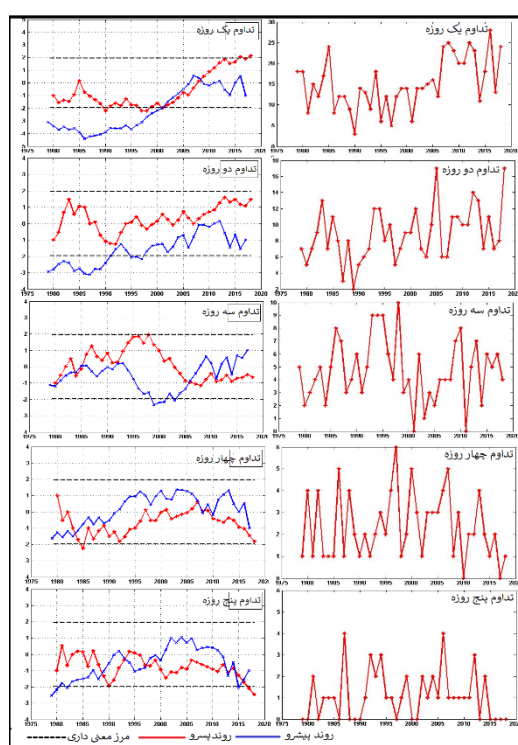
- تغییرات فصلی

شکل ۳ سری زمانی و روند تغییرات آماره من - کندال را برای مقادیر فصلی (زمستان، بهار، تابستان و پاییز) شمار تداوم‌های یک تا پنج روزه چرخندهای دریای مدیترانه نشان می‌دهد:

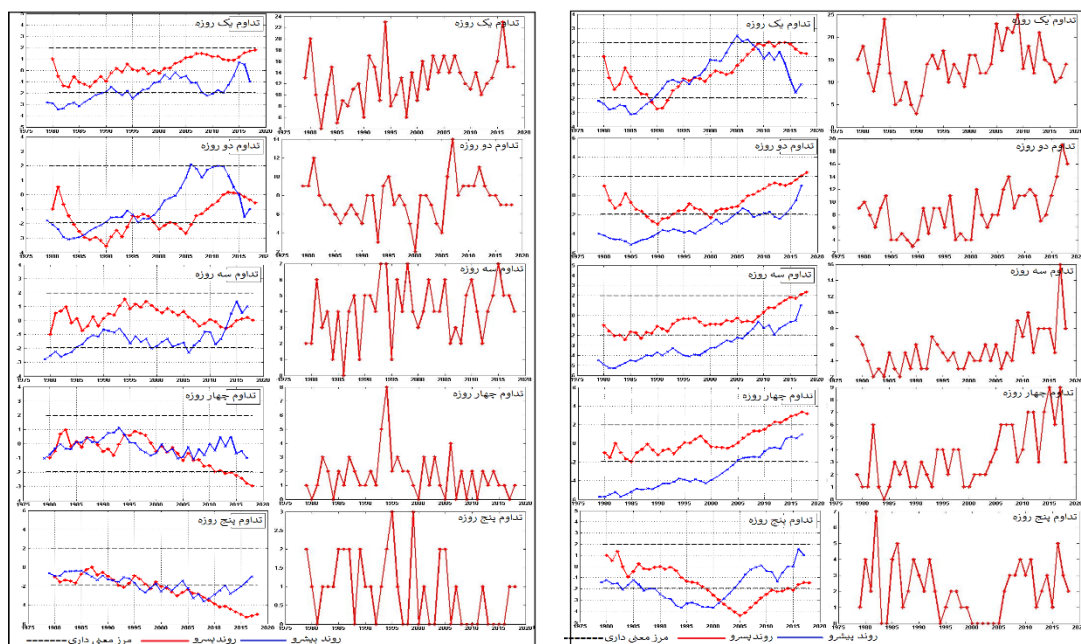
بیشینه شمار مراکز چرخندی در فصل زمستان تداوم‌های یک روزه، ۲۵ رخداد بوده است و کمینه آن به ۴ رخداد در طی سال‌های ۲۰۰۶ و ۱۹۸۷ رسیده است. طی دوره مورد مطالعه فصل زمستان تغییرات قابل توجهی که به‌طور پیوسته رخ دهد، دیده نمی‌شود. از این‌رو چرخندهای فصل زمستان در تمامی تداوم‌ها (به‌جز تداوم یک روزه) از ایستایی نسبی برخوردار است. تداوم‌های یک روزه فصل زمستان در اواسط دهه ۱۹۹۰ با یک جهش در میانگین شمار چرخندها مواجه بوده‌است. از آن‌پس یک روند افزایشی در مقادیر آغاز شده‌است. این روند در دهه ۲۰۱۰ با تناوبی آشکار از مرز معنی‌داری خارج شده‌است. در همین زمان تداوم‌های چهار روزه روندی کاهشی (اما فاقد معنی آماری) و نیز تداوم‌های پنج روزه با روند کاهشی و معنی‌دار مواجه بوده‌است.



ب) فصل بهار



الف) فصل زمستان



ج) فصل تابستان

د) فصل پاییز

شکل ۳ (مشابه شکل ۲ برای مقادیر فصلی): سری زمانی و آماره من - کندال برای شمار مراکز چرخندی فصلی با تداوم‌های یک تا پنج روزه طی دوره ۱۹۷۹-۲۰۱۸

در طی فصل بهار بیشینه شمار مراکز چرخندی نسبت به فصل زمستان افزایش داشته است. در فصل بهار چرخندهای توأم با تداوم یک، دو و چهار روزه به‌طور توأم از حدود سال ۲۰۰۵ روند افزایشی در میانگین را آغاز نموده‌اند. تداوم سه روزه چرخندها در این فصل نیز از حدود ۱۹۹۵ آغاز شده‌است. اگرچه به‌نظر می‌رسد تداوم این روندها طی سال‌های آتی به لحاظ آماری معنی‌دار شود، اما هیچ‌یک از این روندها به‌لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشند. در مقابل روند کاهشی چرخندهای توأم با تداوم پنج روزه از سال ۲۰۰۰ به بعد به لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌است. نتایج این مرحله از پژوهش در مورد روند بلند مدت تغییرات شمار چرخندهای مدیترانه با تداوم‌های مختلف برای فصل‌های زمستان و بهار با یافته‌های کیب^۱ (۲۰۰۱: ۲۷۶۷) همخوانی دارد. روند کاهشی تداوم‌های سه تا پنج روزه فصل زمستان و نیز تداوم‌های چهار روزه فصل بهار با کاهش بارش ایران طی فصل‌های یاد شده و در دوره مورد بررسی قرین بوده‌است. به‌نظر می‌رسد این کاهش با تغییر اقلیم و گرمایش جهانی مرتبط است (Judith et al, ۲۰۰۹, You et al, ۲۰۰۸). رسولی و همکاران، ۱۳۹۱، بیات ۱۳۹۶).

روند تغییرات شمار چرخندهای تابستانی بر ناپیوستایی تمامی تداوم‌های مورد بررسی گواهی می‌دهد و از این نظر با فصل‌های دیگر متفاوت است. تداوم یک روزه از اواخر دهه ۱۹۸۰ روندی افزایشی را آغاز کرده‌است و در حدود سال ۲۰۰۵ مجدداً سیر نزولی را آغاز کرده‌است. تداوم‌های دو تا چهار روزه در فصل تابستان با روندی افزایشی از آغاز دوره آماری مشخص می‌شود. در حدود سال ۲۰۱۵ این روند از مرز معنی‌داری گذر کرده‌است. تداوم‌های ۵ روزه از ابتدای دوره آماری تا سال ۲۰۰۵ روندی را آغاز کرده‌است. این روند از سال ۱۹۹۵ به لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌است. از سال ۲۰۰۵

۱. Cabe

نیز روند فراوانی چرخندها افزایش یافته است. توجه شود که علی‌رغم افزایش شمار چرخندها با تداوم‌های مختلف در فصل تابستان، این چرخندها نمی‌توانند برای کشور، بارش تولید کنند. در این فصل به دلیل استقرار پرفشار جنب حاره بر جو ایران، چرخندها از عرض‌های جغرافیایی بالاتری نسبت به ایران عبور می‌کنند. در فصل پاییز برای شمار چرخندها توأم با تداوم‌های یک تا سه روزه، روند افزایشی تقریباً از ابتدای دوره آماری مورد بررسی آغاز شده‌است. اما این روند فاقد معنی آماری بوده‌است. در مقابل تداوم‌های چهار و پنج روزه از حدود سال ۲۰۰۵ با روندی کاهشی و معنی‌دار مشخص می‌شوند.

ب) الگوسازی روند شمار چرخندها

الگوی رگرسیون زمان - شمار رخداد تداوم‌های مختلف (۵-۱ روزه) چرخندها در مقیاس‌های زمانی مختلف (فصلی و سالانه) محاسبه‌شد. نتایج در جدول ۱ ارایه شده‌است. در این جدول علاوه بر الگوی برازش یافته، معنی‌داری الگو براساس آماره p (p-value) ارایه شده‌است.

براساس الگوهای برازنده، عموماً در غالب فصل‌های سال روند افزایشی حاکم بوده‌است. در مقیاس فصلی تداوم‌های سه روزه در زمستان، تداوم‌های چهار روزه در زمستان و پاییز و تداوم‌های پنج روزه در تمامی فصل‌ها روند کاهشی را تجربه کرده‌اند. در تداوم‌های یک و سه روزه روند بدست آمده در روش آزمون من‌کندال مشابه الگوی رگرسیون می‌باشد. در مقایسه تداوم‌های چهار روزه الگوی رگرسیون در ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و اکتبر با روش من - کندال همخوانی دارد و در روش من - کندال علاوه بر ماه‌های فوق‌الذکر در طی ماه مارس نیز روند کاهشی وجود داشته است. در تداوم‌های پنج روزه براساس آزمون من‌کندال ماه ژانویه و مارس روند کاهشی مشاهده شد. بررسی روند سالانه نشان می‌دهد که شمار چرخندهای مدیترانه‌ای (برای تمامی تداوم‌ها به‌جز تداوم‌های پنج روزه) با روندی کم مقدار اما معنی‌دار در حال افزایش است.

جدول ۱: روند رگرسیون خطی در مقیاس‌های مختلف برای تداوم‌های یک تا پنج روزه

ماهانه	تداوم‌های یک روزه	تداوم‌های دو روزه	تداوم‌های سه روزه	تداوم‌های چهار روزه	تداوم‌های پنج روزه
زمستان	$Y = -150/47 + 0/077t$	$Y = -70/11 + 0/0366t$	$Y = 4/7079 - 0/0016t$	$Y = 6/037 - 0/0026t$	$Y = 0/170 - 0/0138t$
معناداری	۰/۰۰۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
بهار	$Y = -128/38 + 0/066t$	$Y = -67/86 + 0/0352t$	$Y = -30/03 + 0/0157t$	$Y = -24/10 + 0/012t$	$Y = 8/674 - 0/004t$
معناداری	۰/۰۰۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۳۰	۰/۰۰۰
تابستان	$Y = -85/155 + 0/044t$	$Y = -113/15 + 0/058t$	$Y = -82/34 + 0/0421t$	$Y = -87/53 + 0/044t$	$Y = 5/324 - 0/002t$
معناداری	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پاییز	$Y = -80/381 + 0/042t$	$Y = -13/23 + 0/0079t$	$Y = -24/95 + 0/0132t$	$Y = 13/74 - 0/066t$	$Y = 19/476 - 0/00t$
معناداری	۰/۰۳۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۹
سالانه	$Y = -111/98 + 0/05t$	$Y = -66/03 + 0/0344t$	$Y = -33/14 + 0/0173t$	$Y = -22/96 + 0/019t$	$Y = 8/411 - 0/004t$
معناداری	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰

نتیجه‌گیری

در این مطالعه شد تلاش شد تا واکاوی روند تغییرات شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه در بازه زمانی (۱۹۷۹-۲۰۱۸) مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا از آزمون‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک استفاده گردید، با استفاده از آزمون

من - کندال و رگرسیون خطی تغییرات بلندمدت شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه و برای تداوم‌های یک تا پنج روزه مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد در روش من - کندال همانند رگرسیون در مقیاس سالانه بر هم منطبق می‌باشند و سیر روند افزایشی، هر چند بصورت جزئی را نشان می‌دهد در هیچ کدام از تداوم‌ها روند معنی داری در شمار مراکز چرخندی وجود ندارد. در مقیاس فصلی نیز نتایج در تداوم‌های یک و دو روزه در هر دو مدل بصورت روند صعودی و افزایشی می‌باشد. شیب خط رگرسیون در واکاوی تغییرات ماهانه تداوم‌های یک تا پنج روزه فقط در ماه اوت مثبت بوده و سیر افزایشی و صعودی داشته است. همچنین در برازش مدل من - کندال نیز نتیجه مشابه به دست آمد.

منابع

- احمدی، محمود و فرزانه جعفری. ۱۳۹۷. مسیریابی کامل و تحلیل سینوپتیک یک نمونه مطالعاتی از سامانه‌های منجر به بارش‌های سنگین بیش از ۵۰ میلی‌متر در جنوب ایران. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۳: ۸۳-۱۰۲.
- احمدی‌گیوی، فرهنگ و محمدعلی نصرافهانی. ۱۳۸۲. مطالعه چرخندهای مدیترانه در دوره یک ساله تاثیر آن بر آب و هوای خاورمیانه. *نشریه فیزیک زمین و فضا*، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۴: ۶۶-۷۸.
- بابازاده، سیداحمد و احمد جاوری. ۱۳۸۸. تحلیل رگرسیونی داده‌های اقلیمی با استفاده از ایستگاه‌های انتخابی ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، پیش شماره پاییز و زمستان، ۹۵-۱۰۷.
- بیات، علی. ۱۳۹۶. *اقلیم‌شناسی سیکلون‌های ایران*. دانشگاه خوارزمی. تهران.
- بیات، علی؛ محمد سلیقه و مهری اکبری. ۱۳۹۶. اقلیم‌شناسی سیکلون‌های باران‌زای زمستانه ایران، *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲: ۱-۱۸.
- جاوری، مجید. ۱۳۸۴. *مقدمه‌ای بر روش‌های تحقیق در علوم انسانی با تأکید بر جغرافیا*. انتشارات طلور، تهران.
- جعفری‌گلگو، منصور؛ فرامرز خوش‌اخلاق و روح‌الله اوجی. ۱۳۸۸. موقعیت و فراوانی فصلی مسیرهای چرخندی در ترسالی‌های غرب میانی ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۶۸: ۷۱-۸۴.
- جلالی، مسعود؛ مهدی دوستکامیان و امین شیرین‌کریم‌وندی. ۱۳۹۸. بررسی و تحلیل هم‌دید دینامیکی سازوکارهای بارش فراگیر زمستانه ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال نوزدهم، ۵۵: ۳۷-۵۵.
- جوانمرد، سهیلا؛ جواد بندق‌جمالی، علیرضا شهاب‌فر و لیلا خزانه‌داری. ۱۳۸۲. بررسی هم‌بستگی تغییرات فشار قزاقستان-دریای عمان با نوسان-های بارش ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۷۱: ۱۳۴-۱۵۰.
- جهانبخش اصل، سعید؛ سعید بیاتی و مریم خطیبی. ۱۳۸۱. تجزیه و تحلیل سینوپتیکی بارش‌های منطقه شمال غرب ایران. *نشریه دانش کشاورزی*، ۱: ۳۴-۹۴.
- حجازی‌زاده، زهرا و مهدی صداقت. ۱۳۸۷. مسیریابی رقومی سیکلون‌های خاورمیانه در دوره سرد سال. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۶۹: ۱-۱۷.
- حیدری، محمدمبین و فرامرز خوش‌اخلاق. ۱۳۹۴. اثر گرمایش جهانی بر مرکز چرخندزایی شرق مدیترانه و ارتباط آن با ناهنجاری بارش نیمه‌غربی ایران. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲۲: ۷۲-۸۸.
- خسروی، محمود؛ سعید موحدی، کرامت‌هاشمی‌عنا و بهروز حیدری. ۱۳۹۳. بررسی هم‌دید کنش‌های چرخندی ترازهای مختلف جو ایران در سال ۱۳۶۹. *جغرافیا و توسعه*، ۳۵: ۸۳-۹۶.
- خسروی، یونس؛ حسن لشکری، علی اکبر متکان و حسین عساکره. ۱۳۹۵. تحلیل مکانی-زمانی روند فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران. *فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی*، سال شانزدهم، ۵۵: ۲۳۹-۲۵۶.
- دارند، محمد و سوما زندکریمی. ۱۳۹۴. واکاوای سنجش دقت زمانی-مکانی بارش پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF) بر روی ایران زمین. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۹۴: ۶۵۱-۶۷۵.
- رسولی، علی اکبر؛ ایمان بابائیان، هوشنگ قائمی و پیمان زواررضا. ۱۳۹۱. تحلیل سری‌های زمانی فشار مراکز الگوهای سینوپتیکی موثر بر بارش‌های فصلی ایران. *جغرافیا و توسعه*، ۴: ۷۷-۸۸.
- شجاع، فائزه. ۱۳۹۷. *واکاوای شرایط پیدایش چرخندهای حاره‌ای در دریای عرب و عمان تحت سناریوهای تغییر اقلیم*. دانشگاه سیستان و بلوچستان. زاهدان.
- عساکره، حسین. ۱۳۸۶. کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای سالانه تبریز. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۸۷: ۳-۲۶.
- عساکره، حسین و آتوسا خجسته. ۱۳۹۹. فراوانی ورود چرخندهای مدیترانه‌ای به ایران و اثر آن‌ها بر بارش‌های فراگیر. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۱: ۱۵۹-۱۷۶.

- عساکره، حسین و رباب رزمی، ۱۳۹۷. مدل سازی فضایی بارش تابستانه شمال غرب ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال هجدهم، ۵۰: ۱۷۹-۱۵۵.
- عساکره، حسین و نسرين ورناصری قندعلی. ۱۳۹۸. واکاوی تغییرات مقدار، فراوانی و شدت بارش سالانه ناحیه خزری طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۶۶. *پژوهش های جغرافیایی طبیعی*، دوره ۵۱، ۲: ۳۵۲-۳۳۵.
- علیجانی، بهلول. ۱۳۸۲. آب و هوای ایران. انتشارات پیام نور. تهران.
- علیزاده، تیمور؛ قاسم عزیزی، علیرضا محب الحججه و فرامرز خوش اخلاق. ۱۳۹۴. شناسایی اثر تغییرات دمایی فصل زمستان بر فراوانی و شدت مراکز چرخندها در مدیترانه. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۱: ۲۱۷-۲۳۲.
- علیزاده، تیمور؛ قاسم عزیزی، علیرضا محب الحججه و فرامرز خوش اخلاق. ۱۳۹۵. شناسایی تغییرات زمانی مکانی چرخندهای شدید در مدیترانه، با یک الگوریتم عددی. *فیزیک زمین و فضا*، ۲: ۴۱۷-۴۰۵.
- غیور، حسینعلی و ابوالفضل مسعودیان. ۱۳۷۵. بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران زمین. *مجله نیوار*، ۲۹: ۶-۲۷.
- فرسادنیا، فرهاد؛ محسن رستمی کامرود و علیرضا مقدم نیا. ۱۳۹۱. تحلیل روند بارندگی در استان مازندران با استفاده از روش من-کندال منطقه ای. *مجله تحقیقات منابع آب*، سال هشتم، ۲۴: ۶۰-۷۰.
- فروغی، معصومه. ۱۳۹۸. بررسی تغییرات زمانی کم فشار دریای مدیترانه در فصول زمستان و بهار و تاثیر آن بر بارش کشور. *کنفرانس بین المللی تغییر اقلیم پیامدها سازگاری و تعدیل*، تهران، دانشگاه خوارزمی، ۱۳-۱۰.
- فلاح قاهری، غلامعباس؛ عبدالرضا کاشکی، مهدی اسدی و جلال طاهری. ۱۳۹۷. ارزیابی روند میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در طول نیم قرن گذشته در ایران. *فصلنامه پژوهش های نوین علوم جغرافیایی*، معماری و شهرسازی، ۱۲: ۸۷-۱۰۱.
- قصاب فیض، مصطفی و حسین اسلامی. ۱۳۹۶. ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان. *فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب*، ۲: ۱۱۳-۱۲۱.
- کاظم زاده، مجید؛ آرش ملکیان و علی رسول زاده. ۱۳۹۲. تحلیل روند جریان های رودخانه های با استفاده از رویکردهای آماری پارامتری و ناپارامتری در استان اردبیل. *پژوهش های دانش زمین*، ۱۵: ۵۱-۶۳.
- کرمپور، مصطفی؛ زهرا زارعی چقابلیکی، منصور حلیمی و مصطفی نوروزی میرزا. ۱۳۹۵. بررسی نوسان بارش ماهانه و سالانه ایران در طیف های مختلف. *فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، ۱۰۵: ۱۹۹-۲۱۷.
- مسعودیان، سید ابوالفضل. ۱۳۹۱. بررسی همبستگی های چرخندی در طی ۱۳۸۲-۱۳۴۰ خورشیدی. *نشریه مخاطرات محیطی*، سال اول، ۱: ۱۵-۳۳.
- محمدرلو، محمد؛ علی حقی زاده، حسین زینی وند و ناصر طهماسبی پور. ۱۳۹۵. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روند تغییرات دما و بارندگی حوضه آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل های چرخش عمومی جو. *فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی*، ۵۶: ۱۵۱-۱۶۸.
- معروف نژاد، عباس و شهلا قاسمی. ۱۳۹۵. روند تغییرات دما با استفاده از روش من کندال (مطالعه موردی چهار شهرستان استان چهارمحال و بختیاری). *مجله فصلنامه آمایش محیط*، ۳۷: ۱۴۹-۱۶۶.
- Alpert, P.; BU. Neeman, and Y. Shay-EL. ۱۹۸۹. Intermonthly Variability of Cyclone Tracks in the Mediterranean. *Journal of Climate*, ۱۲: ۱۴۷۴-۱۴۷۸. <https://www.jstor.org/stable/2619662>
- Bartholy, J.; R. Pongrácz, and M. Pattantyús-Ábrahám. ۲۰۰۹. Analyzing the genesis, intensity, and tracks of western Mediterranean cyclones. *Theor Appl Climatol*, ۹۶: ۱۲۳-۱۴۴. <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0082-9>
- Fita, L.; R. Romero, and C. Ramis. ۲۰۰۶. Intercomparison of intense cyclogenesis events over the Mediterranean basin based on baroclinic and diabatic influences. *Advances in Geosciences*, ۷: ۳۳۳-۳۴۲. <https://doi.org/10.5194/adgeo-7-333-2006>
- Flocas, H.; and I. Simmonds. ۲۰۱۰. On Cyclonic Tracks Over the Eastern Mediterranean. *American Meteorological Society*. ۱۰: ۵۲۴۳-۵۲۵۷. <https://doi.org/10.1175/JCLI426.1>
- Ezenwaji, E.E.; C.P. Nzoiwu, and G.N. Chima. ۲۰۱۷. Analysis of precipitation concentration index (PCI) for Awka Urban Area, Nigeria. *Hydrology: Current Research*, ۸: ۲۸۷.

- Haddad, M.; and H. Taibi. ۲۰۱۸. Mediterranean Sea level trends from long-period tide gauge time series. *Acta Oceanol.* ۳۹: ۱۰۷-۱۶۰. <https://doi.org/10.1007/s13131-020-1032-1>
- Gonzalez-Hidalgo, J.C.; M. De Luis, J. Ravento, and J.R. Sanchez. ۲۰۰۱. Spatial distribution of seasonal rainfall trends in a western Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, ۲۱: ۸۴۳-۸۶۰.
- Jacobet, J. ۱۹۸۷. Variations of trough positions and precipitation. *Oxford University press*, England, -۴۵۳
۷: ۴۷۶ <https://doi.org/10.1002/joc.3370070503>.
- Karas, S., and Zangvil, A., ۱۹۹۹, *A preliminary analysis of disturbance tracks over the Mediterranean basin: Theor. Appl. Climatol.*, ۶۴, ۲۳۹-۲۴۸.
- Kendall, M.G. ۱۹۷۵. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London. psycnet.apa.org
- Kendrew, W. G. ۱۹۵۳. *The Climate of the continents*, -۱۱۰-۶۳۰.
- Muskulus, M. and Jacob, D. ۲۰۰۵, *Tracking cyclones in Regional Model Data: the Future of Mediterranean Storms, Advances in Geosciences*, ۲: ۱۳-۱۹.
- Maheras, P.; H. A. Flocas, I. Patrikas. and C. Anagnostopoulou. ۲۰۰۱. A ۴۰ year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution, *Int. J. Climatol*, ۱: ۱۰۹-۱۳۰.
- Mann, H.B. ۱۹۴۵. *Nonparametric Tests Against Trend*. *Econometrica*, ۳: ۹۲۵-۹۵۲.
<https://doi.org/10.1002/joc.۵۹۹>
- McCabe, G.J.; M.P. Clark, and M. Serreze. ۲۰۰۱. Trends in Northern Hemisphere Surface Cyclone Frequency and Intensity. *Journal of Climate*, ۱۲: ۲۷۶۳-۲۷۶۸. [https://doi.org/10.1175/1052-0442\(2001\)014<2763:TINHSC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1052-0442(2001)014<2763:TINHSC>2.0.CO;2).
- Mehmet, K.; D. Ali, and T. Mete. ۲۰۰۴. Cyclone Track Variability over Turkey in Association with regional Climate. *International Journal of Climatology*. ۱۰: ۱۲۲۵-۱۲۳۶
[https://doi.org/10.1002/1097-0088\(200408\)20:10%3C1225::AID-JOC030%3E3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1097-0088(200408)20:10%3C1225::AID-JOC030%3E3.0.CO;2-1)
- Stojković, M.; S. Kostić, S. Prohaska, j. Plavšić and V. Tripković. ۲۰۱۷. Water Resour Manage, ۸: ۱۰۸۹-۱۱۰۳.
- Modarres, R.; and V. Silva. ۲۰۰۷. sin arid and semi- o s o. *Journal of Arid Environments*, ۱۰: ۱۲۲-۱۵۰.
<http://www.researchgate.net>.
- Neu, U. ۲۰۱۳. IMILAST: a community effort to intercompar extratropical cyclone detection and tracking algorithms. *Bull Am Meteorol Soc*, ۹۴: ۵۲۹-۵۴۷.
<http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00105.1>
- Rana. A.; C. Bertacchi Uvo, L. Bengtsson, and P. Sarthi. ۲۰۱۲. Trend analysis for rainfall in Delhi and Mumbai, India, *Clim Dyn*, ۱-۲: ۴۵-۵۶. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1083-4>
- Romem, M.; B. Ziv, and Saaroni. H. ۲۰۰۷. Scenarios in the development Mediterranean cyclones. *Advances in Geosciences*, ۱۲: ۵۹-۶۵. <https://doi.org/10.5194/adgeo-12-59-2007>
- Serrano, A.; V.L. Mateos, and J.A. Garcia. ۱۹۹۹. Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period ۱۹۲۱-۱۹۹۵. *Chem.EARTH*, ۱-۲: ۸۵-۹۰. [https://doi.org/10.1016/S1566-7865\(98\)00167-1](https://doi.org/10.1016/S1566-7865(98)00167-1)
- Trigo, I. F.; T. D. Davis, and G. R. Bigg. ۱۹۹۹. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region, *J. Climate*, ۶: ۱۶۸۵- ۱۶۹۶. <https://doi.org/10.33402/tellusa.v18.19391>
- Turgay, P.; and K. Ercan. ۲۰۰۵. Trend Analysis in Turkish Precipitation processes. *published online in wiley Interscienc*, Hydrological processes, ۹: ۲۰۱۱-۲۰۲۶. <https://doi.org/10.1002/hyp.۵۹۹۳>
- Xu, Z.X.; K. Takeuchi. and, H. Ishidaira. ۲۰۰۳. Monitoring Trend Step Changes in Precipitation in Japanese Precipitation. *Journal of hydrology*, ۱-۴: ۱۰۰-۱۰۵. <http://www.researchgate.net>.
- You, Jinsheng.; G. Hubbard, and S. Goddard. ۲۰۰۸. Comparison of methods for spatially estimating station temperatures in a quality control system. *International Journal of Climatology*, ۶: ۷۷۷-۷۸۷.
<https://doi.org/10.1002/joc.۱۵۷۱>

