

# تحلیل روند سامانه‌های بندالی نیمکره شمالی

فاطمه عابدی<sup>۱</sup>، دکتر داریوش رحیمی<sup>۲\*</sup>، دکتر سید ابوالفضل مسعودیان<sup>۳</sup>

## چکیده

سامانه‌های بندالی به‌عنوان یک پدیده همدید، تأثیر زیادی بر نوسان سایر عناصر اقلیمی به‌ویژه دما و بارش دارند. از این رو در این پژوهش، آشکارسازی روند تغییرات سامانه‌های بندالی مورد بررسی قرار گرفته است. نخست سامانه‌های بندالی با نمایه TM در دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۱ و تفکیک زمانی ۶ ساعته و تفکیک مکانی  $2/5^\circ \times 2/5^\circ$  جغرافیایی برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی و فراوانی آن‌ها در تداوم‌های ۱ تا ۴۷ مشاهده‌ای مشخص شد. سپس با کمک آزمون ناپارامتری من-کندال روند تغییرات آن‌ها شناسایی شد. نتایج نشان داد که فراوانی رخداد سامانه‌های بندالی در اقیانوس آرام، اروپا، آسیا و ایران، روند افزایشی و در اقیانوس اطلس و آمریکا روند کاهشی دارد. این روندها در ۵۱ طول جغرافیایی با تداوم‌های ۱ تا ۸ مشاهده‌ای، روند معناداری داشته که از این مجموعه در ۲۶ طول روند مثبت و در ۲۵ طول روند منفی است. همچنین نتایج روندیابی فصلی، بیانگر معناداری این رخدادها در ۷ ماه از ژوئن تا اکتبر، دسامبر و مارس، صرفاً بر روی برخی از طول‌های جغرافیایی در محدوده‌های اطلس، آرام و آمریکا است که در محدوده اطلس در ماه‌های ژوئن، سپتامبر و دسامبر روند کاهشی و در اکتبر و مارس روند افزایشی، در محدوده آمریکا در ماه‌های ژوئن، جولای، سپتامبر و اکتبر روند کاهشی و در محدوده آرام در ماه‌های جولای تا اکتبر روند افزایشی مشاهده شد. در اروپا، آسیا و ایران نیز بیشتر ماه‌ها روندهای افزایشی داشتند، ولی بر روی هیچ یک از طول‌های جغرافیایی، روند معناداری مشاهده نشد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۵۷، زمستان ۱۳۹۸  
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۲۳  
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵  
صفحات: ۲۴۴-۲۳۳



واژه‌های کلیدی:  
سامانه‌های بندالی، روند، نمایه (TM)، آزمون من-کندال.

## مقدمه

که بیشتر بر روندیابی دما و بارش متکی است. سامانه‌های بندالی به‌عنوان پدیده همدید مؤثر بر دما و بارش که گستره وسیع جغرافیایی را در برمی‌گیرند، نقش قابل توجهی در شکل‌گیری روند تغییرات دما و بارش مناطق مختلف دارند؛ بنابراین به نظر می‌رسد که تحلیل روند این سامانه‌های اقلیمی بتواند در شناخت چرایی و کجایی روند تغییرات دما و بارش، ما را یاری دهد. بدین منظور، نیمکره شمالی به‌عنوان مکانی که پدیده‌های مؤثر بر اقلیم ایران بیشتر در آن شکل می‌گیرد، انتخاب شد و تحلیل روند سامانه‌های بندالی در آن مورد بررسی قرار گرفت. در این خصوص

گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی، از جمله چالش‌های پیش‌روی جهان هستند که از دهه آخر قرن گذشته با شواهد و شدت بیشتری در حال بروز است. این چالش که با گرمایش جهانی و افزایش فراوانی پدیده‌های حدی مانند بارش‌های سنگین، خشکسالی، امواج گرمایی و... همراه بوده، در زمینه‌های آشکارسازی تغییرات و کشف چگونگی و چرایی رخداد و آینده‌نگری عناصر اقلیمی مورد توجه محققان جهان، از جمله ایران است. از جمله این اقدامات تلاش بر آشکارسازی شواهد مبنی بر بروز گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی است

لیو و وان (۲۰۰۵) بیان می‌کنند که فراوانی روزهای بندالی برای مناطق شمال شرق و شمال غرب اطلس در سطح اطمینان ۹۹٪ و برای مناطق شمال شرق و شمال غرب آرام در سطح اطمینان ۹۰٪ روند کاهشی معنادار را نشان می‌دهد (Luo and Wan, 2005: 2).  
چيونگ و همکاران (۲۰۱۳) بررسی کردند که فراوانی رخداد بندالی در غرب اقیانوس آرام در طول دوره ۲۰۰۹-۱۹۵۰ افزایش یافته است (Cheung et al, 2013: 397).

دیاو و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند که رخدادهای بندالی در پنج ناحیه شرق اطلس (۳۰°W - ۰°)، قاره اروپا (۳۰° E)، شرق اورال (۸۰°E - ۶۰°E)، شرق دریای اختسک (۱۸۰°E - ۱۰۰°E) و شرق آرام مشاهده می‌شوند و فعالیت رخدادهای بندالی با تداوم ۵ روزه و بیشتر در تابستان در شمال آرام یک روند افزایشی را نشان می‌دهد (Diao et al, 2006: 4827).

باریوپدرو و همکاران (۲۰۰۶) به‌روند افزایشی رخداد بندالی در غرب اقیانوس آرام مربوط به فصل بهار و روند کاهشی در اطلس محدود به فصل زمستان اشاره می‌کنند و معتقدند که در اروپا در هیچ فصلی تغییرات معناداری در تعداد روزهای بندالی مشاهده نشده است (Barriopedro et al, 2006: 1052). اسمال و همکاران (۲۰۱۴) بیان می‌کنند که فراوانی رخداد بندالی در فصل زمستان و به‌ویژه در فصل بهار در اطلس افزایش و در آرام مرکزی کاهش و در فصل تابستان از غرب اروپا تا شرق آسیا و در فصل پاییز در اروپا کاهش یافته است (Small et al, 2014: 2963). کروکامسپولی و همکاران (۲۰۰۷) بیان می‌کنند که رخداد سامانه‌های بندالی در گرینلند، در زمستان و در اقیانوس آرام شمالی در بهار دارای روند کاهشی معناداری بوده است. در حالی که بر روی کل منطقه اطلس-اروپا روند افزایش بندالی در فصل بهار با معناداری کمتری مشاهده شد (Croci-Maspoli et al, 2007: 647).

مطالعات متعددی در مناطق مختلف جهان انجام شده است که در ادامه بخشی از آن‌ها ارائه می‌شود. ویدنمن و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که رخداد بندالی در منطقه اطلس، روند نزولی و در آرام و مناطق قاره‌ای، روند صعودی دارد، اما هیچ‌کدام از این روندها از نظر آماری معنادار نیستند. علاوه بر آن، بررسی روند سامانه‌های بندالی با سطح اطمینان ۹۵٪ در نیم‌کره جنوبی، نشان داد که تعداد رخداد سامانه‌های بندالی به‌غیر از منطقه آرام، در بقیه مناطق روند نزولی معناداری دارد (Wiedmann et al, 2002: 3466).

چن و یون (۲۰۰۲) احتمال می‌دهند که روند کاهش بارش در شمال غرب آرام، مربوط به تغییرات دهه‌ای فعالیت بندالی در آرام شمالی باشد و بیان می‌کنند که در طی چهار دهه (۱۹۹۷-۱۹۵۴) روزهای بندالی روند افزایشی (۶/۵ روز در ۴۰ سال) و یک تغییر جهت شرق سو (۸/۷ درجه طول جغرافیایی در ۴۰ سال) در فعالیت‌های بندالی در آرام مشاهده شده است (Chen and Yoon, 2002: 3142). باریوپدرو و همکاران (۲۰۰۶) به‌طور کلی معتقدند که سری بلندمدت رخدادهای بندالی در نیم‌کره شمالی به سمت ضعیف‌تر شدن و با تداوم کم‌تر پیش می‌رود. اما از نظر منطقه‌ای، فراوانی رخدادهای بندالی در غرب اقیانوس آرام روند افزایشی و در اطلس و اروپا روند کاهشی را نشان می‌دهد (Barriopedro et al, 2006: 1052). داوینی و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش قابل‌توجهی در فراوانی بندالی عرض پایین در اطلس و یک جابه‌جایی شرق سوی در رخداد قوی‌ترین بندالی‌ها روی اطلس و آرام را بیان می‌کنند (Davini et al, 2012: 6496).

آدر و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی روند شدت بندالی و طول عمر رخدادهای بندالی، به این نتیجه رسیدند که میانگین شدت بندالی در هر دهه و در هر دو محدوده دارای روند کاهشی و میانگین طول عمر واچرخندهای بندالی دارای روند افزایشی بوده است (Athar et al, 2013: 591,597).

### مواد و روش‌ها

برای تشخیص روند سامانه‌های بندالی بسیاری از پژوهشگران از داده‌های شبکه‌ای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با تفکیک مکانی  $2/5^\circ \times 2/5^\circ$  جغرافیایی از مرکز ملی تحقیقات جوّی- مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP-NCAR) استفاده کرده‌اند (Chen&Yoon, 2002: 3137; Wiedenmann, 2002: 3460; Luo and Wan, 2005:2; Barriopedro et al, 2006: 1044; Diao et al, 2006: 4821; Ather et al, 2010: 2; Davini nad et al, 2012: 6497; Cheung et al, 2013: 399; Small et al, 2014: 2963

همچنین در بسیاری از مطالعات، به‌منظور شناسایی رخداد‌های بندالی از نمایه تیبالدی و مولتنی (TM) استفاده شده است (Tibaldi & Molteni, 1990: 345; Whan et al, 2016:4363; Antokhina et al, 2016:2 برخی از پژوهشگران با استفاده از آزمون من-کنندال به بررسی روند تغییرات در فراوانی رخداد بندالی‌ها پرداختند (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۳۸؛ رضیی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۸) و برخی دیگر از روش رگرسیون خطی و برای ارزیابی معناداری از آزمون تی-استیودنت استفاده کرده‌اند (Barriopedro et al, 2006: 1052; Luo and Wan, 2005:2)

در این نوشتار برای آشکارسازی روند تغییرات سامانه‌های بندالی نیمکره شمالی از داده‌های شبکه‌ای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در ابعاد  $2/5^\circ \times 2/5^\circ$  مرکز<sup>۱</sup> (NCEP/NCAR) در محدوده زمانی ۱۹۵۱/۱/۱ تا ۲۰۱۲/۱۲/۳۱ در فازهای زمانی ۶ ساعته (هر ۶ ساعت ۱ مشاهده) استفاده شد. به این ترتیب شیو نصف‌النهاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال<sup>۲</sup> (GHGN, GHGS) به‌طور هم‌زمان بر روی ۱۴۴ طول جغرافیایی و ۹۰۵۸۴ مشاهده در عرض‌های جغرافیایی

بارنز و همکاران (۲۰۱۴) پس از بررسی روند فراوانی ماهانه سامانه‌های بندالی بر روی دو محدوده عرض جغرافیایی متفاوت و تحلیل ۳ نمایه مختلف به این نتیجه رسیدند که در طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۰ در اقیانوس اطلس در تابستان و در طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۰ در آسیا و آمریکا در زمستان روند افزایشی و در آرام در تابستان روند کاهشی وجود دارد و در طی ماه‌های مارس تا می و سپتامبر تا نوامبر هیچ روندی در هیچ دوره و نمایه‌ای مشاهده نشد (Barnes et al, 2014: 639). وانگ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر کاهش فراوانی بندالی در اورال و تأثیر آن بر افزایش فراوانی زمستان‌های گرم در شرق آسیا پرداختند (Wang et al, 2010: 153). حافظ و آلمازروی (۲۰۱۳) بیان می‌کنند که ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۴۸ در فصل تابستان در اروپا روند مثبت را نشان می‌دهد و در همین دوره، عناصر آب‌وهوایی (دمای هوای سطحی، ارتفاع ژئوپتانسیل، مؤلفه مداری، فشار سطح دریا و تابش خروجی) در عربستان در طی فصل تابستان روند مثبت و برخی عناصر آب و هوایی (مؤلفه نصف‌النهاری، نم نسبی و میزان بارش) روند منفی را نشان می‌دهند.

(Hafez and Almazroui, 2013: 14)

مکب و همکاران (۲۰۰۱) معتقدند که فراوانی چرخندهای عرض میانه، روند کاهشی معنادار و فراوانی چرخندهای عرض بالا روند افزایشی معناداری را نشان می‌دهد (McCabe and et al, 2001: 2763). کاراکا و همکاران (۲۰۰۰) نیز در بررسی روند چرخندهای ترکیه بیان کردند که در طی دوره ۱۵ ساله (۱۹۹۴-۱۹۷۹) در بهار هیچ روندی مشاهده نشده و در زمستان و تابستان تعداد چرخندها روند کاهشی، در پاییز روند کمی افزایشی، اما از نظر آماری این روندها معنادار نبوده‌اند (Karaca et al, 2000: 1229).

1-National Centers for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research

2-The southern 500 hpa geopotential height gradient-The northern 500 hpa geopotential height gradient.

شمارش شد. در این مطالعه از زمان تشکیل تا نابودی یک سامانه بندالی، یک رخداد در نظر گرفته شده است و رخدادهای مشاهده‌ای (کمتر از یک روزه) تا ۶۰ مشاهده‌ای (۱۵ روزه) و فراوانی رخدادهای کل نیم‌کره شمالی استخراج شدند.

در ادامه با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال در سطح اطمینان ۹۵٪ (درصد) روند رخدادهای بندالی برای سال‌ها و ماه‌های مختلف، تداوم‌های یک تا ۴۷ مشاهده‌ای و تمام طول‌های جغرافیایی در نیم‌کره شمالی محاسبه شد. آزمون آماره‌های S میانگین صفر دارد و واریانس آن نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Ei = [N - (n_i - 1)](N - n_i) / 4 \quad \text{رابطه ۳}$$

$$Vi = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)[2(N - (n_i - 1)) + 5]}{72} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$Ui = \frac{-(\sum t_i' - E_i')}{\sqrt{Vi}} \quad \text{رابطه ۵}$$

N حجم نمونه آماری مورد مطالعه است. هنگامی که  $-1/96 < U < +1/96$  باشد، سیری تصادفی است و دارای روند خاصی نیست، اما چنانچه  $U > +1/96$  نشان‌دهنده روند افزایشی و  $U < -1/96$  نشان‌دهنده روند کاهشی در سیری داده‌ها است (Ezber et al, 2007:667)

براساس این آزمون، تداوم‌های ۱ تا ۴۷ مشاهده‌ای (۱ تا ۱۲ روزه) که در کل دوره آماری ۶۲ ساله بر روی هر طول‌های جغرافیایی دارای روند مثبت و منفی بودند، شناسایی شدند و برای هر تداوم، نموداری جداگانه ترسیم شد. سپس بر روی نقشه نیم‌کره شمالی طول‌هایی که روند معنادار مثبت و منفی بودند، شناسایی شدند و علاوه بر این آزمون روند من‌کندال بر روی درصد فراوانی رخدادهای بندالی در کل دوره و برای مجموع تداوم‌ها روی هر طول جغرافیایی محاسبه شد و در نهایت روند سالانه رخدادهای بندالی در طی ۶۲ سال و روند ماهانه رخدادهای بندالی بر روی فراوانی‌های ماهانه دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۱ در محدوده‌های اطلس، آمریکا، آرام، آسیا، ایران و اروپا محاسبه شد.

۲۲/۵، ۴۲/۵ و ۶۲/۵ استخراج و با استفاده از نمایه (TM)، طبق روابط (۱ و ۲) شناسایی شد.

$$GHGN = \frac{Z(\varphi_N) - Z(\varphi_0)}{\varphi_N - \varphi_0} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$GHGS = \frac{Z(\varphi_0) - Z(\varphi_S)}{\varphi_0 - \varphi_S} \quad \text{رابطه ۲}$$

بر طبق این فرمول Z بیانگر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و  $\varphi$  بیانگر عرض‌های جغرافیایی است و:

$$\varphi_N = 80^\circ + \Delta, \quad \varphi_0 = 60^\circ + \Delta,$$

$$\Delta = -5^\circ, -2.5^\circ, 0^\circ, 2.5^\circ, 5^\circ \quad \varphi_S = 40^\circ + \Delta,$$

در این مطالعه، براساس محدوده جغرافیایی چرخندها و واچرخندهای مؤثر بر اقلیم ایران، محدوده‌های تعریف‌شده در نمایه TM و همچنین مقادیر دلتا نسبت به نمایه مینا تغییر یافته است.

$$\varphi_N = 62.5^\circ + \Delta, \quad \varphi_0 = 42.5^\circ + \Delta,$$

$$\varphi_S = 22.5^\circ + \Delta, \quad \Delta = -2.5^\circ, 0^\circ, 2.5^\circ$$

خروجی این بخش کار داده‌های شیو نصف‌النهاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (GHGN)، است. براساس نمایه مذکور در صورتی که شرایط زیر حداقل برای یکی از مقادیر دلتا در هر زمانی اتفاق بیفتد، آن طول را می‌توان به‌عنوان یک طول بندالی در نظر گرفت.

$$1) GHGS > 0,$$

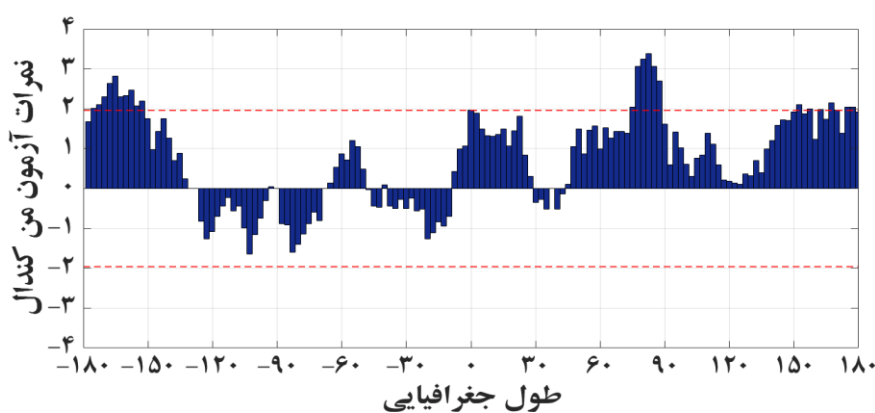
$$2) GHGN < -10m / \text{deg lat}$$

بعد از اعمال شروط بر روی دو ماتریس (GHGN, GHGS)، جدولی حاوی کدهای صفر و یک که به ترتیب (رخداد و رخداد) بندالی را نشان می‌دهد، استخراج شد و براساس این جدول تعداد رخدادهای هر طول

## نتایج و بحث

نتایج بررسی آزمون روند من-کندال در سطح اطمینان ۹۵٪، بر روی میانگین درصد فراوانی رخداد بندالی بر روی مجموع تداوم‌ها و روی هر طول جغرافیایی نیم‌کره شمالی در طی دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۵۱ نشان داد که رخداد بندالی در بیشتر مناطق اقیانوس آرام، اروپا، آسیا و ایران روند افزایشی دارد که البته این روند صرفاً بر روی بخش‌هایی از آسیای مرکزی

طول‌های جغرافیایی ( $75^{\circ}E$  تا  $90^{\circ}E$ ) و اقیانوس آرام مرکزی طول‌های جغرافیایی ( $152/5^{\circ}W$  تا  $175^{\circ}W$ ) و محدوده پراکنده‌ای از آرام غربی طول‌های جغرافیایی ( $152/5^{\circ}E$  تا  $175^{\circ}E$ ) معنادار است. بر روی بیشتر بخش‌های اقیانوس اطلس و قاره آمریکا، روند کاهش‌ی دیده می‌شود که معنادار نیستند (شکل ۱).

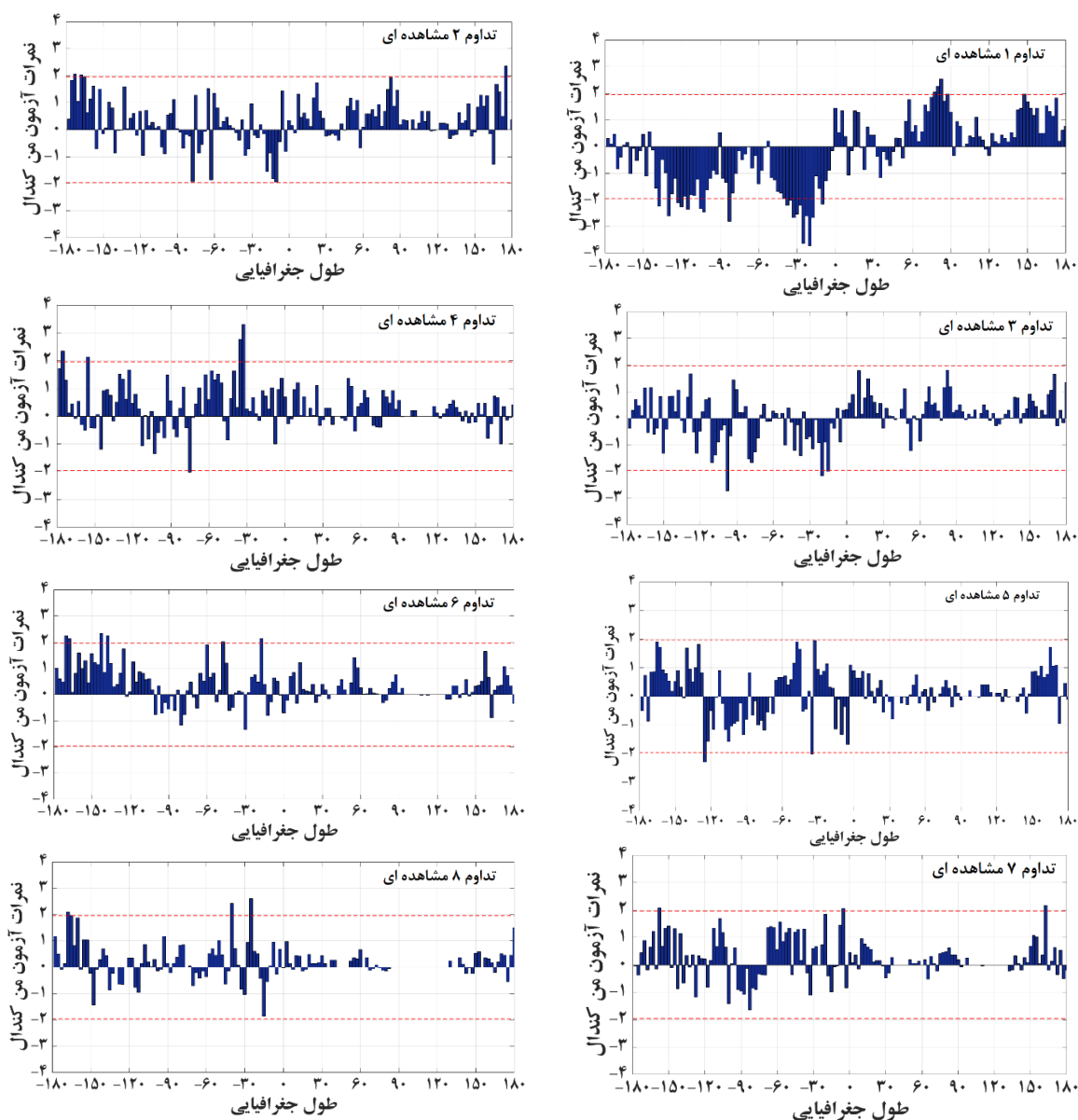


شکل ۱: روند فراوانی رخداد سامانه‌های بندالی نیم‌کره شمالی در دوره ۱۹۵۱-۲۰۱۲

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

تداوم ۷ مشاهده‌ای ۳ مورد مشاهده شد و در تداوم ۳ و ۵ مشاهده‌ای هیچ طول جغرافیایی معناداری مشاهده نشد و به‌غیر از مناطقی در محدوده آمریکا و اقیانوس اطلس، در این ۸ تداوم بقیه مناطق سیر افزایشی در رخداد بندالی‌ها دیده می‌شود، اگرچه بیشتر آن‌ها روند معناداری ندارند (شکل ۲). بیشترین طول‌های معنادار با روند افزایشی در اقیانوس آرام با ۱۵ مورد، اقیانوس اطلس با ۶ مورد، مرکز آسیا با ۴ مورد و غرب اروپا با یک مورد مشاهده شد (شکل ۳).

براساس نتایج آزمون، بر روی هر یک از تداوم‌ها (یک تا ۴۷ مشاهده‌ای) و هر طول جغرافیایی در طی ۶۲ سال آمار، ۵۱ طول جغرافیایی صرفاً در تداوم‌های ۱ تا ۸ مشاهده‌ای (۱ تا ۲ روزه) روند معناداری را نشان داد که از این تعداد ۲۶ طول جغرافیایی روند معنادار مثبت و ۲۵ طول روند معنادار منفی داشتند. از بین ۲۶ طول جغرافیایی با تداوم یک تا ۸ مشاهده‌ای با روند افزایشی، بیشترین تعداد طول‌های جغرافیایی معنادار در تداوم ۶ مشاهده‌ای ۶ مورد، در تداوم یک مشاهده‌ای ۵ مورد، در تداوم ۲، ۴ و ۸ مشاهده‌ای هر کدام با ۴ مورد و در

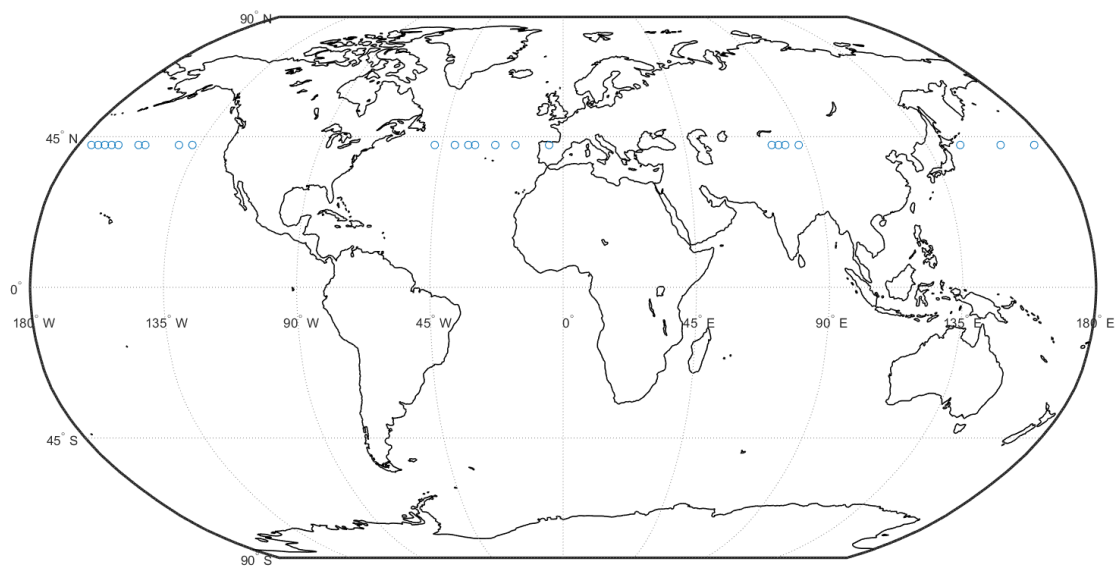


شکل ۲: نمرات روند من-کندال روی طول‌های جغرافیایی در تداوم یک تا ۸ مشاهده‌ای

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

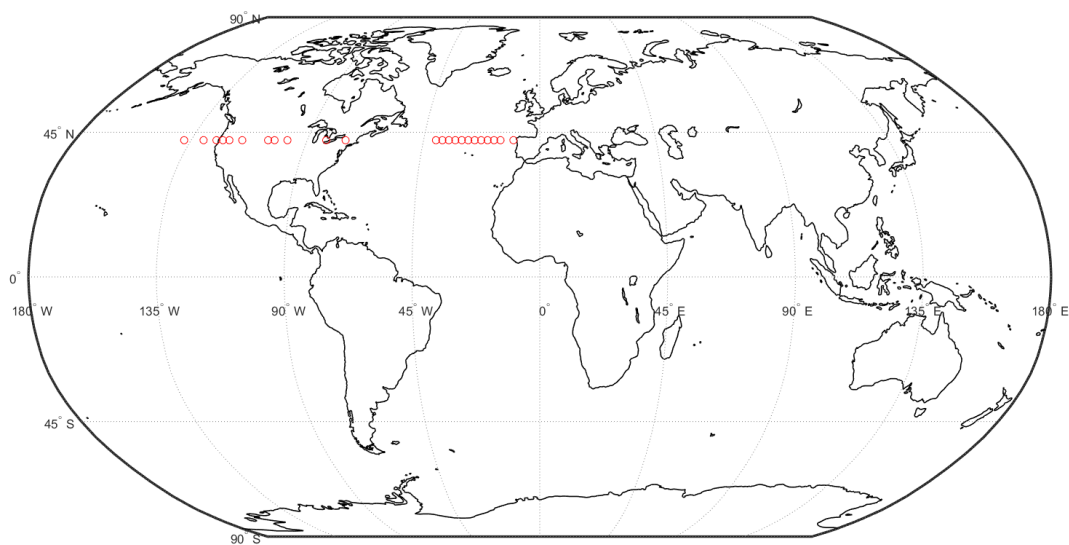
تداوم ۲ مشاهده‌ای هیچ طول جغرافیایی‌ای با روند معنادار مشاهده نشد (شکل ۲). بیشترین طول‌های معنادار با روند کاهشی در غرب و مرکز اقیانوس اطلس ۱۴ مورد، قاره آمریکا ۹ مورد و غرب آرام ۲ مورد مشاهده شد (شکل ۴).

از بین ۲۵ طول جغرافیایی با تداوم یک تا ۵ مشاهده‌ای با روند کاهشی، بیشترین تعداد طول‌های جغرافیایی معنادار در تداوم یک مشاهده‌ای ۱۹ مورد، تداوم ۳ مشاهده‌ای ۳ مورد، تداوم ۵ مشاهده‌ای ۲ مورد، تداوم ۴ مشاهده‌ای یک مورد مشاهده شد و در



شکل ۳: طول‌های جغرافیایی با روند افزایشی رخداد سامانه‌های بندالی در تداوم یک تا ۸ مشاهده‌ای

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

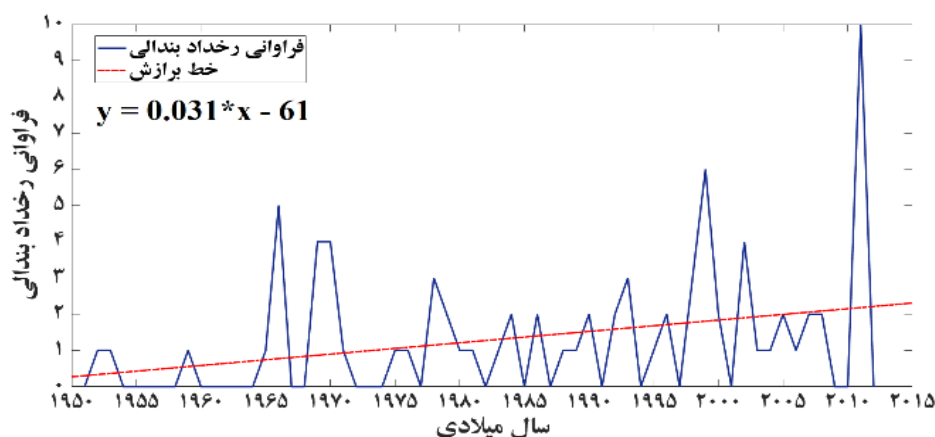


شکل ۴: طول‌های جغرافیایی با روند کاهشی رخداد سامانه‌های بندالی در تداوم یک تا ۸ مشاهده‌ای

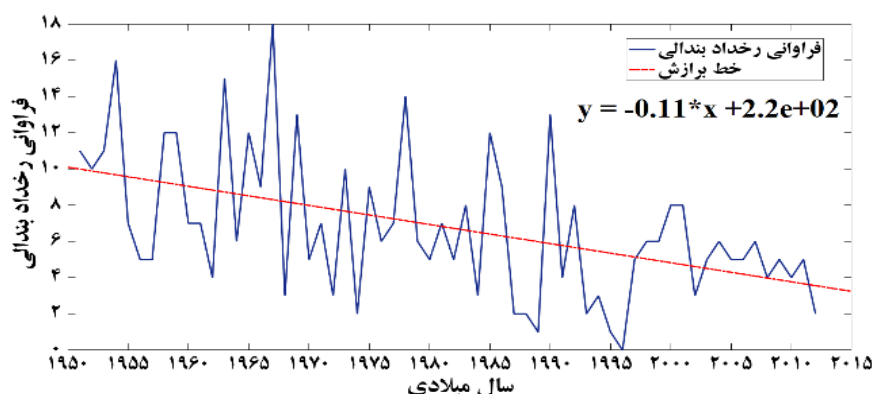
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

بر روی ۲ طول  $25^{\circ}W$  و  $82/5^{\circ}E$  در تداوم یک مشاهده‌ای نمایش داده شده است (شکل‌های ۵ و ۶).

از بین ۵۱ طول معنادار در ۸ تداوم مختلف روند افزایشی و کاهشی و شیب خط روند به صورت نمونه



شکل ۵: روند خطی رخداد بندالی روی طول  $82/5^{\circ}E$  در تداوم یک مشاهده‌ای در دوره ۱۹۵۱-۲۰۱۲ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۶: روند خطی رخداد بندالی روی طول  $25^{\circ}W$  در تداوم یک مشاهده‌ای در دوره ۱۹۵۱-۲۰۱۲ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

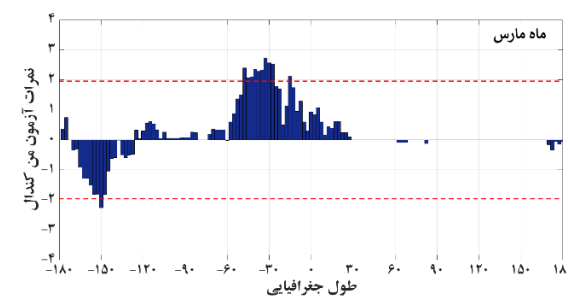
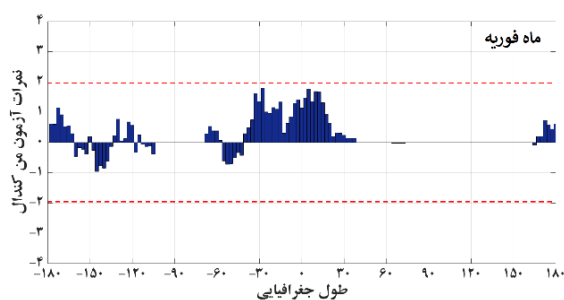
مرکز اطلس روند افزایشی مشاهده شد که البته فقط در ماه مارس بر روی ۱۰ طول جغرافیایی ( $15^{\circ}W$  و  $27/5^{\circ}W-47/5^{\circ}W$ ) و در ماه اکتبر بر روی طول جغرافیایی  $52/5^{\circ}W$  روند افزایشی معنادار بود و در بقیه ماه‌ها روند کاهشی مشاهده شد که در ماه ژوئن بر روی ۸ طول جغرافیایی در محدوده ( $42/5^{\circ}W$  و  $25^{\circ}W-37/5^{\circ}W$ ) و در ماه سپتامبر ۳ طول جغرافیایی در محدوده ( $12/5^{\circ}W-17/5^{\circ}W$ ) و در ماه دسامبر ۴

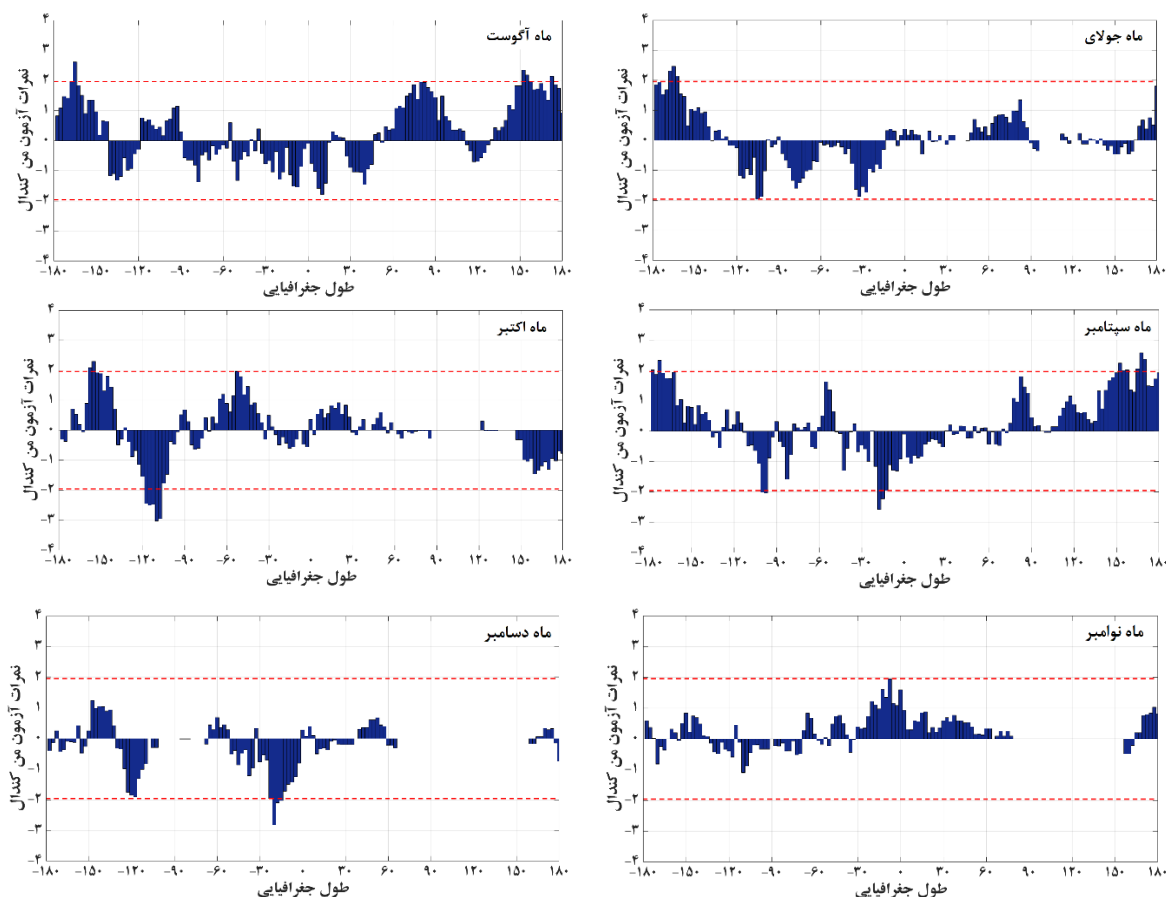
### بررسی روند ماهانه سامانه‌های بندالی

نتایج آزمون روند من-کنندال بر روی فرآوانی رخداد ماهانه سامانه‌های بندالی، نشان داد که رخداد این سامانه‌ها در ۷ ماه از ژوئن تا اکتبر، دسامبر و مارس در برخی از طول‌های جغرافیایی صرفاً در محدوده‌های اطلس، آرام و آمریکا دارای روند معنادار بودند. در ماه‌های ژانویه تا مارس بیشتر در محدوده شرق و مرکز اطلس و در ماه‌های آوریل و اکتبر در غرب و

در محدوده آمریکا به‌غیر از ماه می و آگوست در بقیه ماه‌ها روند رخداد بندالی کاهشی بوده که صرفاً در ماه ژوئن بر روی ۲ طول جغرافیایی ( $97/5^{\circ}W$  و  $85^{\circ}W$ )، جولای بر روی طول ( $105^{\circ}W$ )، سپتامبر بر روی ۲ طول جغرافیایی ( $97/5^{\circ}W-100^{\circ}W$ ) و در اکتبر بر روی ۵ طول جغرافیایی ( $107/5^{\circ}W-117/5^{\circ}W$ ) روند معنادار کاهشی مشاهده شد. در محدوده اروپا به‌استثنای ماه‌های آگوست، سپتامبر و دسامبر بقیه ماه‌ها روند افزایشی، ولی هیچ ماهی روند معنادار نداشته و در محدوده آسیا و ایران نیز در بیشتر ماه‌ها روند افزایشی و هیچ مورد معناداری یافت نشد (شکل ۷).

طول جغرافیایی در محدوده ( $15^{\circ}W-22/5^{\circ}W$ ) روند کاهشی معنادار مشاهده شد. در محدوده آرام به‌استثنای ماه ژوئن و مارس در بقیه ماه‌ها تقریباً روند رخدادهای بندالی مثبت بوده، ولی فقط در ماه اکتبر بر روی ۲ طول جغرافیایی ( $155^{\circ}W-157/5^{\circ}W$ )، جولای بر روی ۳ طول جغرافیایی ( $167/5^{\circ}W$ ) و در ماه آگوست بر روی ۶ طول جغرافیایی ( $165^{\circ}W-167/5^{\circ}W$ ) و ( $165^{\circ}E$  و  $157/5^{\circ}E$ ) و ( $152/5^{\circ}E$ ) و ( $172/5^{\circ}E$ ) و در سپتامبر ۸ طول جغرافیایی ( $177/5^{\circ}W$  و  $172/5^{\circ}W$ )، ( $152/5^{\circ}E-157/5^{\circ}E$ ) و ( $165^{\circ}E-170^{\circ}E$ ) روند افزایشی معنادار داشته است.





شکل ۷: نمرات روند من-کندال روی طول‌های جغرافیایی در ماه‌های مختلف

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

## نتیجه

وجود روند افزایشی دما و گرمایش جهانی از مشخصات پدیده گرمایش جهانی هستند. رفتارشناسی روندهای افزایشی دما و توأم با نوسان بارش نشان می‌دهد که این پدیده در سطح سیاره، متأثر از عوامل گوناگونی، مانند روند سامانه‌های بندالی است. نتایج تحلیل روند با آزمون ناپارامتری من-کندال میانگین درصد فراوانی رخداد بندالی نشان داد که رخدادهای بندالی در بیشتر مناطق آسیا و اقیانوس آرام و اروپا و ایران روند افزایشی و برروی اقیانوس اطلس و قاره آمریکا روند کاهش‌ی بوده و البته فقط برروی بخش‌هایی از آسیای مرکزی و اقیانوس آرام مرکزی

معنادار بودند. این یافته در واقع در تبیین چرایی روند افزایشی دما و ناهنجاری‌های بارش مناطق مورد بررسی کمک می‌کند. نتایج تحلیل روند ۱۴۴ طول جغرافیایی و ۴۷ تداوم (یک تا ۱۲ روزه)، ۵۱ طول جغرافیایی در تداوم‌های صرفاً یک تا هشت مشاهده‌ای (یک و دو روزه) روند معناداری را نشان داد که از این تعداد ۲۶ طول جغرافیایی روند معنادار مثبت و ۲۵ طول روند معنادار منفی داشتند. بیشترین فراوانی طول‌های جغرافیایی معنادار با روند افزایشی، به ترتیب در اقیانوس آرام ۱۵ مورد، اقیانوس اطلس ۶ مورد، مرکز آسیا ۴ مورد و اروپا یک مورد مشاهده شد. بیشترین طول‌های معنادار با روند کاهش‌ی در غرب و

## منابع

- مرکز اقیانوس اطلس ۱۴ مورد، قاره آمریکا ۹ مورد و غرب آرام ۲ مورد مشاهده شد. همچنین در سری زمانی ماهانه مشخص شد که بخش شرق و مرکز اطلس از می تا سپتامبر و ماه دسامبر این رخدادها روند کاهشی که فقط در ماه‌های ژوئن، سپتامبر و دسامبر در برخی از طول‌های جغرافیایی این روند کاهشی معنادار بوده و در ماه‌های اکتبر، نوامبر، ژانویه، فوریه و مارس روند افزایشی و تنها در اکتبر و مارس این روند معنادار است. در اقیانوس آرام به‌جز ماه مارس، تقریباً در همه ماه‌ها روند افزایشی بوده و در ماه‌های جولای، آگوست، اکتبر و به‌ویژه سپتامبر، این روند افزایشی معنادار بوده و به روند افزایشی در شمال آرام در فصل تابستان اشاره می‌کنند. در محدوده آمریکا به‌غیر از ماه می و آگوست در بقیه ماه‌ها روند کاهشی معنادار بوده است. در اروپا به‌غیر از ماه‌های آگوست، سپتامبر و دسامبر، بقیه ماه‌ها روند افزایشی دارد که معنادار نبوده است. در آسیا و محدوده ایران نیز با وجود این که کمابیش روند افزایشی مشاهده می‌شود، در هیچ‌کدام از ماه‌ها روند معناداری مشاهده نشد. انطباق مناطق دارای روند معنی‌داری در اطلس و اروپا به‌ویژه در بازه زمانی اکتبر تا مارس، با فصل سرد و بارشی ایران می‌تواند در تبیین نوسان‌های بارش ایران و افزایش فراوانی رخداد خشکسالی و دماهای بالاتر از میانگین فصل سرد سال مؤثر باشد.
- درگاهیان، فاطمه؛ بهلول علیجانی؛ حسین محمدی (۱۳۹۳). آشکارسازی و مطالعه اقلیم‌شناختی رخداد‌های بلاکینگ مؤثر بر آب‌وهوای ایران (دوره آماری، ۲۰۱۲-۱۹۵۳) در فصل سرد، فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، سال چهاردهم، شماره ۴۸، صفحات ۲۵۶-۲۳۷.
- رضیئی، طیب؛ قاسم عزیزی؛ حسین محمدی؛ فرامرز خوش‌اخلاق (۱۳۸۹). الگوهای روزانه گردش جو زمستانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران و خاورمیانه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، صفحات ۳۴-۱۷.
- Antokhina, O.Y, P.N. Antokhin, Y.V. Martynova, V.I.Mordvinov (2016). The Impact of Atmospheric Blocking on Spatial Distributions of Summertime Precipitation over Eurasia, IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science 48, PP.1-5.
- Athar H., M. Almazroui, M.N. Islam, M.A. Abid, M.A. Ehsan (2013). Effect of Mid-Latitude Blocking Anticyclones on the Weather of the Arabian Peninsula, International Journal of Climatology, Vol. 33, PP. 585-598.
- Athar, H., A. R, Lupo (2010). Scale Analysis of Blocking events from 2002 to 2004: A case study of an unusually persistent blocking event leading to a heat wave in the Gulf of Alaska during august 2004, Advances in Meteorology, PP. 1-15.
- Barriopedro.D., R. Garcia-Herrera, A.R. Lupo, E. Hernandez (2006). A Climatology of Northern Hemispheric Blocking. Journal of Climate, Vol.19, PP.1042-1063.
- Barnes. E.A., E. Dunn-Sigouin, G. Masato, T. Woollings (2014). Exploring Recent Trends in Northern Hemisphere Blocking, Geophysical Research Letters, Vol. 41, PP.638- 644.

- Luo, D., Wan, H (2005). Decadal Variability of Winter time North Atlantic and Pacific Blockings: A Possible Cause, *Geophysical Research Letters*, Vol. 32, PP. 1-5.
- Small, D, E. Atallah, J.R. Gyakum (2014). An Objectively Determined Blocking Index and its Northern Hemisphere Climatology, *Journal of Climate*, Vol.27, PP.2948 -2970.
- Tibaldi, S, F. Molteni (1990). On The Operational Predictability of Blocking, *Tellus A*, Vol. 42, PP. 343-365.
- Vivekanandan, N (2007). Analysis of Trend in Rainfall Using Non Parametric Statistical Methods; International Symposium on Rainfall Rate and Radio Wave Propagation, American Institute of Physics. PP. 101-113.
- Wang, L, W. Chen, W. Zhou, J. C. L. Chan, D. Barriopedrod, R. Huang (2010). Short Communication Effect of the Climate Shift Around Mid 1970s on the Relationship Between Wintertime Ural Blocking Circulation and East Asian Climate, *International Journal of Climatology*, Vol.30, PP.153-158.
- Whan, K., F. Zwiers, J. Sillmann (2016). The Influence of Atmospheric Blocking On Extreme Winter Minimum Temperatures In North America, *Journal Of Climate*, Vol.29, PP.4361- 4381.
- Wiedemann, J. M, A.R. Lupo, I. I. Mokhov, E.A. Tikhonova (2002). The Climatology of Blocking Anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block Intensity as a Diagnostic, *Journal of Climate*, Vol.15, PP. 3459-3473.
- Chen, T. C., J. H. Yoon (2002). Inter Decadal Variation of the North Pacific Winter time Blocking, *Monthly Weather Review*, Vol.130, PP. 3136-3143.
- Cheung, H.N., Z. Wen, H.Y. Mok, M.C. Wu, Y. Shao (2013). Revisiting The Climatology of Atmospheric Blocking in The Northern Hemisphere, *Advances In Atmospheric Sciences*, Vol. 30, No.2, PP.397- 410.
- Croci-Maspoli M., C. Schwierz, H.C. Davies (2007). A Multifaceted Climatology of Atmospheric Blocking and its Recent Linear Trend, *Journal of Climate*, Vol.20, PP.633- 649.
- Davini, P., C. Cagnazzo, S. Gualdi, A. Navarra (2012). Dimensional Diagnostics, Variability, and Trends of Northern Hemisphere Blocking. *Journal of Climate*, Vol.25, PP.6496-6509.
- Diao, Y., J. Li, D. Luo (2006). A New Blocking Index and its Application: Blocking Action in the Northern Hemisphere, *Journal of Climate*, Vol.19, PP. 4819-4839.
- Ezber, Y, Lutfi Sen. O, Kindap. T, Karaca .M (2007). Climate Effects of Urbanization in Istanbul: a Statistical and Modeling Analysis, *International Journal of Climatology*, Volume 27, PP.667- 679.
- McCabe. G.J, M.P. Clark, M.C. Serreze (2001). Trends in Northern Hemisphere Surface Cyclone Frequency and Intensity, *Journal of climate*, Vol.14, PP.2763 -2768.
- Hafez. Y.Y, M. Almazroui (2013). The Role Played by Blocking Systems over Europe in Abnormal Weather over Kingdom of Saudi Arabia in Summer 2010, *Advances in Meteorology*, PP.1-20.
- Karaca. M., A. Deniz, M. Tayanc (2000). Cyclone Track Variability Over Turkey in Association with Regional Climate, *International Journal of Climatology*, Vol. 20, PP.1225-1236.