

Impact of Blocking System on Droughts in Iran (Case Study: December 2014 and January 2015)

D. Rahimi^{1*}, N. Atashi², and F. Bashirian³

Abstract

Droughts are the most important challenge in Iran's water supply. In this study, in order to identify the synoptic mechanism of occurrence of climatic droughts in Iran, daily and monthly precipitation data of meteorological stations of provincial centers (sample) and NCAR data analyzed for the period of 1960-2015 were used. First, the dry periods of the stations were identified by the method of difference between the means and rate methods. Also, to determine the blocking systems, Tibaldi-Multeni index was used and to identify the blocking systems, three quantitative, limit and continuity triple filters were used. Reduction of rainfall or no precipitation in periods of 20 days or more in the cold season leads to severe and very severe droughts in Iran. Synoptic analysis of the study sample indicated that the Atlantic-European region (as a region affecting the synoptic operators affecting Iran's rainfall) and the Pacific have the highest frequency of the blocking system. With the establishment of blocking systems in the cold season of the year, the thickness of the atmosphere (500-1000 hpa) has increased by 10 to 30 geopotential meters and the east winds dominate the Iranian atmosphere instead of the west winds. This change in wind direction leads to the failure of systems such as polar wind and polar front to enter the synoptic area of Iran. Therefore, with the formation of blocking systems and the resulting blocking conditions of synoptic, drought in the coming wet year is determined and drought damage can be reduced by risk management and predication.

Keywords: Blocking System, Zonal Index, Tibaldi-Molteni Index, Drought, and Iran.

Received: June 23, 2021

Accepted: October 17, 2021

اثر سامانه‌های بندالی بر خشکسالی‌های ایران (مطالعه موردی: آذر و دی ۱۳۹۳)

داریوش رحیمی^{۱*}، ناهید آتشی^۲ و فاطمه بشیریان^۳

چکیده

خشکسالی‌ها مهم‌ترین چالش در تامین منابع آب ایران هستند. در این پژوهش به منظور شناخت مکانیسم همید رخداد خشکسالی‌های اقلیمی ایران از داده‌های روزانه و ماهانه بارش ایستگاه‌های هواشناسی مراکز استان‌ها (نمونه) و داده‌های واکاوی شده NCAR دوره زمانی ۱۹۶۰-۲۰۱۵ استفاده گردید. در ابتدا با روش تفاضل از میانگین و نسبت‌ها دوره‌های خشک ایستگاه‌ها شناسایی شدند. همچنین برای تعیین سامانه‌های بندالی از نمایه تیبالدی-مولتنی و برای شناسایی سامانه‌های بندالی، فیلترهای سه‌گانه کمی، حدی و تداوم استفاده شد. کاهش بارش یا عدم ریزش آن در دوره‌های زمانی ۲۰ روزه و بیشتر فصل سرد منجر به ایجاد خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید در ایران می‌شود. بررسی همید در نمونه مطالعاتی نشان داد منطقه اقیانوس اطلس-اروپا (به عنوان منطقه‌ی مؤثر بر عملگرهای همید مؤثر بر بارش ایران) و اقیانوس آرام بیشترین فراوانی سامانه بندالی را دارند. با استقرار سامانه‌های بندالی در فصل سرد سال ضخامت جو (۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال) ۱۰ تا ۳۰ ژئوپتانسیل متر افزایش یافته و بادهای شرقی بجای بادهای غربی بر جو ایران استیلا دارند. این تغییر جهت بادهای منجر به عدم ورود سامانه‌های مانند امواج کوتاه، رودباد قطبی و جبهه قطبی به محدوده همید ایران است. بنابراین با شکل گیری سامانه‌های بندالی و شرایط همید ناشی از آنها خشکسالی در سال آبی پیش رو قطعی شده و می‌توان با تمهیدات لازم مبتنی بر مدیریت ریسک و آینده‌نگری از خسارات ناشی از خشکسالی کاست.

کلمات کلیدی: پدیده بندالی، نمایه تیبالدی و مولتنی، خشکسالی، نمایه وزش مداری، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۴/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۷/۲۵

1- Associate Professor in Hydro-climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran. Email: d.rahimi@geo.ui.ac.ir

2- Ph.D., Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran. Email: nahid.atashi@helsinki.fi

3- Ph.D., Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran. Email: bashiryian.f@gmail.com

*- Corresponding Author

Dor: [20.1001.1.17352347.1400.17.4.18.5](https://doi.org/10.17352/347.1400.17.4.18.5)

۱- دانشیار هیدرواقلیم گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان.

۲- دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان.

۳- دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۴۰۱ امکانپذیر است.



۱- مقدمه

واچرخندهای پویا مناطق برون‌حاره به عنوان پدیده‌ی همید به بادهای غربی وابسته‌اند. به طور کلی واچرخندها اعم از حرارتی و دینامیکی ایجاد کننده و هدایت کننده توده هوا هستند. حرکت متوالی چرخندها و واچرخندها سبب می‌شود که محل استیلای بادهای غربی به تناوب بارانی و صاف شود و به این ترتیب نوع هوای حاکم بر منطقه در فواصل زمانی معین که بستگی به حرکت مداری و نصف‌النهاری بادهای غربی دارد تکرار شوند. این سامانه‌ها در صورت داشتن حرکت مداری به سرعت از مناطق عبور می‌کنند، اما به هنگام حرکت نصف‌النهاری تمایلی پایا و ایستا پیدا نموده و به صورت سلول بسته‌ای در شمال بادهای غربی به صورت ساکن درآمده و مانع حرکت بادهای غربی می‌شوند (Kaviani and Alijani, 2007). این پدیده در مطالعات آب و هواشناسی همید تحت عنوان سامانه‌ی بندالی شناخته می‌شود.

این ایستایی هوا منجر به رخداد پدیده‌های اقلیمی مانند بارش‌های سنگین (اگر به صورت سردچال بالایی باشند) یا عدم ریزش‌های جوی، تشدید آلودگی‌های جوی در شهرهای بزرگ و در صورت تداوم بلند مدت موجب خشکسالی‌های شدید می‌گردند. این سامانه‌های پرفشار پایدار که جریان‌های غربی را قطع و مانع گسترش شرق سو سامانه‌های جوی در عرض‌های میانی می‌شوند، منجر به تغییرات زیادی در عناصری اقلیمی دما و بارش می‌گردند (Elliott and Smith, 1949; Pelly, 2001; Schwierz et al., 2004; Glisan, 2007; Antokhina et al., 2016).

شناخت و بررسی سامانه‌های بندالی به دهه ۱۹۵۰-۱۹۴۰ و مطالعات Namias (1947), Elliott and Smith (1949) و Rex (1950) برمی‌گردد. شناسایی این سامانه‌های جوی با معیارهای کیفی و کمی صورت گرفته است (Azizi, 2000). معیارهای کیفی بیشتر به بررسی نقشه‌های جوی اما معیارهای کمی بر داده‌های خام و محاسبه ناهنجاری مثبت ارتفاع ژئوپتانسیل تأکید دارد. اما غالب محققین برای تشخیص سامانه‌های بندالی بر معیارهایی چون دو شاخه شدن جریان غربی روی موقعیت جغرافیایی خاص و تداوم یا میزان جابه‌جایی آن‌ها تأکید می‌نمایند (Rex, 1950; Austin, 1980; Azizi and Khalili, 2011; Athar and Lupo, 2010).

ولی محققینی مانند Carrera et al., Hartmann and Ghan (1980) و Charney et al. (1981) و al. (2004) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را ملاک تشخیص بندالی معرفی کرده‌اند.

(Knox and Hay, 1984) نیز معتقدند که واچرخند شناسایی شده باید نتیجه فروپاشی جریان مداری باشد که از قبل در منطقه وجود داشته و این مراکز واچرخند باید در شمال ۴۵ درجه شمالی قرار گیرند.

در بررسی معیار تشخیص سامانه‌های بندالی (Hafez و Rex (1950) and Carrera et al. (2013) and Almazroui (2004) تداوم حداقل ده روز، (2004) تداوم حداقل ۸ روز، (1981) Treidl et al. and Azizi and Khalili (1997; 2011) و Diao (2006) و Athar and Lupo (2010; 2013) تداوم دست کم ۵ روز، (2001) Pelly و ۴ و ۵ روزه، (1990) Tibaldi and Molteni تداوم حداقل ۳ روز، Knox (1984) and Hay تداوم حداقل ۳ روز متوالی از ۵ روز مشاهده را مبنای پژوهش خود قرار دادند. به منظور تشخیص سامانه‌های بندالی، روش کمی-کیفی تیپالیدی و مولتنی (TM) به دلیل سهولت استفاده و آشکارسازی مناسب‌تر سامانه‌های بندالی بیش‌تر از نمایه‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفته است (Tibaldi and Molteni, 1990; Whan et al., 2016; Antokhina et al., 2016; Schalge et al., 2013; Cheung et al., 2006; Barriopedro et al., 2011). برخی پژوهشگران نیز با انجام تغییرات در محدوده‌های مکانی و ارائه فیلترهایی، ضمن اصلاح روش مذکور از آن استفاده کرده‌اند (Schalge et al., 2011). بررسی مطالعات نشان داد که سامانه‌های بندالی نقش مؤثری در رخداد مخاطرات اقلیمی دارند. این پدیده در رخدادهای فرین مانند خشکسالی (Habibi, 2006; Azizi et al., 2006; Rashidi-Naserkhani, 2005; Zolfagari et al., 2012)، امواج گرمایی و سرمای (Qavidel rahimi et al., 2016)، بارش‌های سنگین، سیلاب، آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع نقش مهمی دارند (Salahi and AliJahan, 2017).

رخداد خشکسالی‌های اقلیمی که نتیجه کاهش بارش یک دوره زمانی نسبت به میانگین بارش همان دوره است در نتیجه استقرار سامانه‌های بندالی رخ می‌دهند. این پدیده اگر همزمان با تقویم بارشی یک منطقه باشد موجبات کاهش شدید بارش در آن منطقه را فراهم می‌نماید. کشور ایران به عنوان منطقه‌ای که بیش از ۷۰ درصد بارش سالانه خود را در فصل سرد سال (پاییز و زمستان) دریافت می‌نماید با بسامد بالا درگیر این پدیده جوی-اقلیمی می‌باشد. در این مطالعه تلاش می‌گردد تا نقش بندالی بر کاهش بارش در فصل سرد سال و با تأکید خشکسالی‌های اقلیمی (کاهش بارش یک دوره معین نسبت به میانگین بلند مدت) مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲- روش تحقیق

روش تحقیق این مطالعه از نوع مقایسه، تحلیل آماری و همید است. در این مطالعه برای شناخت همیدی از روش محیطی به گردشی استفاده شده و مقادیر محیطی نیز با آمار توصیفی مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به اینکه خشکسالی یک مخاطره اقلیمی است که در سطح پهنه اتفاق می افتد از ۳۱ ایستگاه هواشناسی نمونه کشور (مراکز استان‌ها) برای شناخت پدیده خشکسالی استفاده شده است. لازم به ذکر است که با توجه به این که پایگاه داده‌ها تا سال ۲۰۱۷ در دسترس بوده است، دوره مورد مطالعه همید دسامبر ۲۰۱۴ و ژانویه ۲۰۱۵ برای بررسی سامانه‌های بندالی انتخاب شد.

داده‌های بارش ماهانه مراکز استان‌ها از پایگاه داده‌های سازمان هواشناسی کشور و داده‌های جو بالا با توجه به سامانه‌های همید مؤثر بر بارش ایران و موقعیت جغرافیایی ایران در محدوده عرض جغرافیایی ۱۵ تا ۷۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی صفر تا ۳۶۰ درجه طول جغرافیایی از پایگاه داده NCEP/NCAR وابسته به مرکز ملی جو و اقیانوس ایالات متحده آمریکا اخذ گردید. جهت تعیین دوره‌های خشکسالی از روش SPI و جهت مقایسه بارش‌های ماهانه با متوسط بلندمدت هر ماه از روش تفاضل از میانگین استاندارد استفاده شد. سپس، با بررسی تغییرات آن وجود کاهش بارش در آن‌ها تأیید یا رد گردیده است. برای بررسی و تعیین سامانه‌های بندالی از روش تیبالدی-مولتنی (TM) استفاده شده است (روابط شماره ۱ و ۲):

$$GHGN = \frac{Z(\varphi_N) - Z(\varphi_0)}{\varphi_N - \varphi_0} \quad (1)$$

$$GHGS = \frac{Z(\varphi_0) - Z(\varphi_S)}{\varphi_0 - \varphi_S} \quad (2)$$

در این روش Z بیانگر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و φ بیانگر عرض‌های جغرافیایی است. بنابراین، ابتدا میدان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روی شبکه طولی-عرضی ۲/۵ در ۲/۵ برای نیمکره شمالی معین می‌گردد. سپس، شیو ارتفاع ژئوپتانسیل GSGS و GSGN (به ترتیب برای عرض‌های میانه و بالا) برای هر کدام از نقاط طولی شبکه محاسبه می‌شود. در این مطالعه، محدوده‌های تعریف شده در نمایه TM و همچنین مقادیر دلتا (با توجه به موقعیت ایران) نسبت به نمایه مبنا تغییر یافته است.

$$N = 62.5^\circ + \Delta, \quad S = 22.5^\circ + \Delta, \quad E0 = 42.5^\circ + \Delta$$

$$\Delta = -2.5^\circ, 0^\circ, +2.5^\circ$$

اگر شرایط زیر حداقل برای یکی از مقادیر دلتا در هر زمانی اتفاق بیفتد، آن طول را می‌توان به عنوان یک طول بلوکه شده در نظر گرفت:

$$GHGS > 0 \quad (3)$$

$$GHGN < -10 \text{ m/deg lat} \quad (4)$$

لازم به ذکر است که برای نمایه TM به دلیل ضعف در تشخیص الگوهای بندالی باید توسط کم فشار بریده فیلترگذاری گردد. همچنین، شباهت بین سامانه‌های بندالی و کم فشارهای بریده موجب افزایش میزان خطا در این زمینه شده است. بنابراین برای جداسازی سامانه‌های بندالی از کم فشارهای بریده شده از فیلترهای سه‌گانه کمی، حدی و تداومی استفاده شده است (Schalge et al., 2011).

۱) فیلتر کمی^۱، برای اطمینان از یک ناهنجاری مثبت در میدان ارتفاع ژئوپتانسیل در مناطق بلوکه شده (جاهایی که ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل بین ۰/۵ تا ۰/۸ باشد مناسب است):

۲) فیلتر حدی^۲، برای حذف ساختارهایی که کمتر از یک عرض مداری هستند (وسعت محدوده بلوکه شده حداقل ۲۰۰۰ کیلومتر یا ۲۰ درجه باشد):

۳) فیلتر تداومی^۳، برای حذف ساختارهای زیر یک آستانه زمانی مشخص (تداوم‌های بالای سه روز).

۳- نتایج و بحث

خشکسالی مهم‌ترین مخاطره اقلیمی در ایران است که همواره منابع آب، کشاورزی و تأمین آب شرب مناطق سکونتگاهی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. رژیم بارشی ایران حاکی از رژیم زمستانه در قسمت اعظم کشور به جز در نوار شمالی آن است. در واقع بیش از ۷۵ درصد از بارش سالانه کشور در دو فصل پاییز و زمستان (نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس (NDJFM)) فرو می‌بارد. علاوه بر آن تحلیل و محاسبات صورت گرفته بر روی توزیع ماهانه بارش کشور نیز نشان می‌دهد که دو ماه دسامبر و ژانویه (آذر و دی ماه) حدود ۳۰ درصد بارش سالانه و ماه‌های اسفند و فروردین با ۲۶ درصد بارش سالانه حدود ۵۷ بارش کل کشور را دریافت می‌کنند. بنابراین افت بارش در ماه‌های فصل سرد سال به ویژه در این ماه‌ها می‌تواند خشکسالی‌های متوسط تا شدید را ایجاد کند. بررسی توزیع بارش ماهانه نیز گواهی بر نقش پررنگ بارش این ماه‌ها در رخداد خشکسالی‌های شدید دارد. بدین ترتیب شناخت مکانیسم الگوهای فشار و ساختار شناسی رخداد خشکسالی‌ها می‌تواند در این خصوص مفید واقع شود.

۳-۱- بارش

تحلیل مخاطرات اقلیمی نشان می‌دهد که خشکسالی‌ها یکی از پر بسامدترین مخاطرات اقلیمی ایران است. در دوره آماری ۱۳۴۳-۹۷، بر اساس شاخص بارش استاندارد شده (SPI)^۴، ایران، ۲۷ رخداد خشکسالی، ۲۱ رخداد ترسالی و هفت رخداد نرمال را پشت سر گذاشته است (شکل ۱).

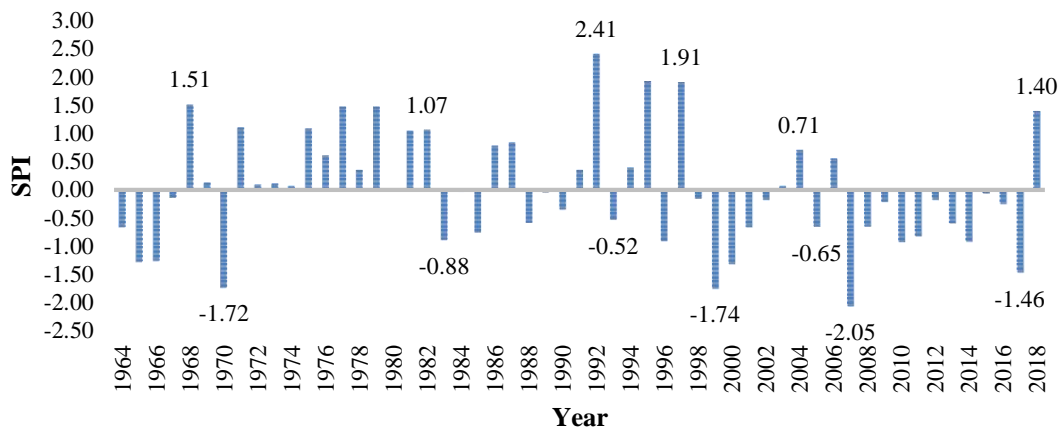


Fig. 1- Annual SPI in Iran for the period of 1964-2018
شکل ۱- نتایج شاخص SPI کشور دوره (۱۳۹۷-۱۳۴۳)

۵۰۰ در بازه زمانی آذر و دی ۱۳۹۳ ارائه می‌شود. همانطور که در شکل ۳ نمایان است در دوره مذکور، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بین ۱۰ تا ۳۰ ژئوپتانسیل متر نسبت به میانگین افزایش نشان می‌دهد. بنابراین، با توجه به بالا بودن ارتفاع ژئوپتانسیل در کل دوره نسبت به متوسط خود، به نظر می‌رسد شرایط اولیه برای رخداد پدیده سامانه‌های بندالی فراهم باشد. این افزایش ارتفاع نشان دهنده نیاز رطوبتی بیشتر برای رسیدن به حالت اشباع را دارد و بیانگر آب قابل بارش کمتر است.

۳-۳- استقرار بادهای شرقی

در مدل‌های گردش عمومی جو بادهای شرقی پدیده منطقه حاره (با کمترین میزان نیروی کوریولیس) و عرض بالا (مجاور قطبی، با حداکثر نیروی کوریولیس) هستند. در حالی که بادهای غربی در عرض‌های میانی پدیده غالب جو به ویژه در فصل سرد سال محسوب می‌شوند. بنابراین، استقرار بادهای شرقی در منطقه عرض‌های میانی مانند ایران منجر به آشفته‌گی در عملگرهای اقلیمی این ناحیه مانند جریان‌های نصف النهاری، امواج کوتاه، جبهه قطبی، سیکلون‌زایی و نوسان در عناصر اقلیمی مانند فشار، سرعت و جهت باد، بارش و غیره می‌شود. برای بررسی استقرار بادهای شرقی یا غربی از شاخص وزش‌مداری استفاده شد.

شدت و درجه وزش بادهای در عرض‌های میانی در امتداد مدارها ثابت نمی‌باشد. نمایه وزش‌مداری از تفاوت فشار سطح دریا بین مدارهای ۳۵ درجه و ۵۵ درجه شمالی (بین ۵- تا ۱۵ هکتوپاسکال) در امتداد

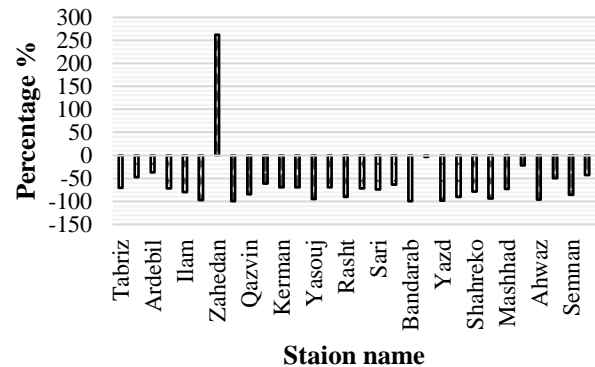
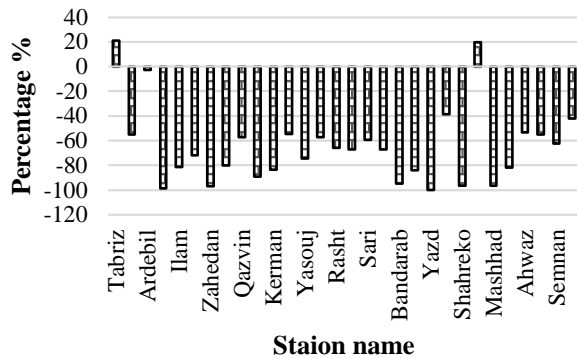
بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که در غالب مناطق کشور ماه‌های دی، اسفند و فروردین پر بارش‌ترین ماه‌های سال هستند به نحوی که آذر و دی ماه در ایستگاه‌های نمونه دوره آماری حدود ۲۰ درصد و اسفند و فروردین بیش از ۲۶ درصد بارش بلندمدت کشور را تأمین می‌نمایند. اما در نمونه‌های انتخابی سهم بارش آذر و دی به ۳/۶۸ درصد اسفند و فروردین به حدود ۹/۵ درصد بارش سالانه کاهش یافته است. بررسی بارش‌های ثبت شده نشان می‌دهد مقدار بارش در اسفند و فروردین ۸۷-۱۳۸۶ و دی ۱۳۸۸-۵۰ تا ۱۰۰ درصد و آذر و دی ۹۳ حدود ۵۰ درصد نسبت به میانگین بلندمدت در این ماه‌ها افت داشته است. بدین ترتیب می‌توان گفت خشکسالی‌های اتفاق افتاده در این سال‌ها ناشی از عدم ریزش ممتد یا کاهش شدید بارش در یک دوره زمانی پیوسته می‌باشد (شکل ۲).

۳-۲- تغییرات ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مهم‌ترین تراز مؤثر بر پدیده‌های جوی و کاربردی برای تحلیل جریان‌های جوی در عرض‌های میانی (۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی) است. ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تابعی از وضعیت دمای لایه‌های زیرین است. بنابراین، با افزایش دما در لایه‌های پایین دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز افزایش یافته و بر ضخامت جو افزوده می‌شود. این افزایش ضخامت برای رسیدن به شرایط اشباع و مه‌بایی بارش نیاز بیشتری به رطوبت هوا پیدا می‌کند. بنابراین، شرایط مرزی رخداد بارش آن تغییر کرده و با توجه به عدم شار جریان‌های رطوبت منجر به عدم ریزش بارش می‌گردد. بررسی‌های هم‌دید نمونه‌های انتخابی بیانگر افزایش ضخامت جو است. در ادامه تغییرات ارتفاع تراز

نصف‌النهاری و اگر منفی باشد (مقدار کمتر از صفر) جریان بادها معکوس شده و شرقی می‌گردند (Kaviyani and Alijani, 2007).

یک نصف النهار می‌باشد به دست می‌آید. اختلاف فشار بیش از ۸ هکتوپاسکال وزش هوامداری، کمتر از ۳ هکتوپاسکال وزش

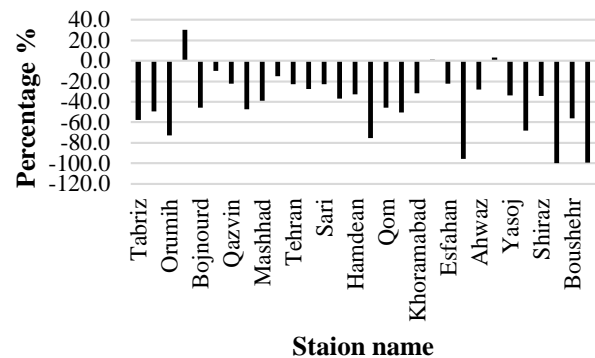
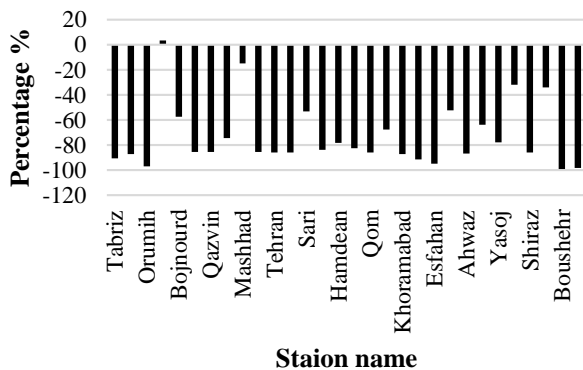


a) January 2009

الف) ژانویه ۲۰۰۹

b) March and April 2008

ب) مارس و آوریل ۲۰۰۸



c) January 2015

د) ژانویه ۲۰۱۵

d) December 2014

ج) دسامبر ۲۰۱۴

Fig. 2- Percentage of change in sample month precipitation vs longterm monthly average

شکل ۲- درصد تغییرات بارش ماه‌های نمونه نسبت به میانگین بلند مدت ماهانه

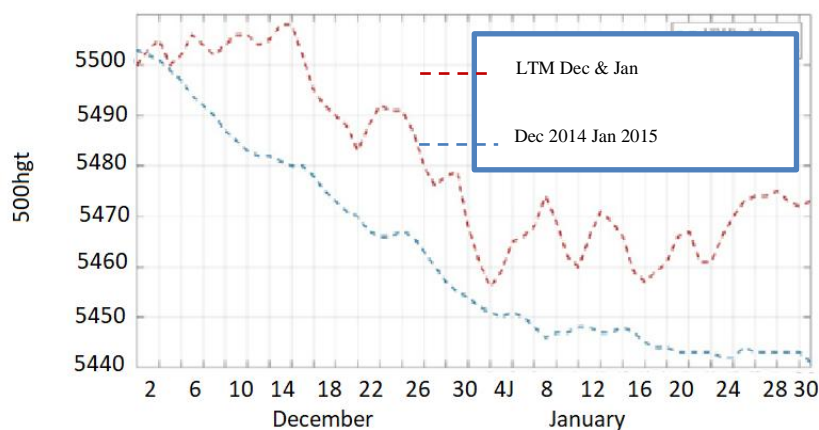


Fig. 3- Changes in 500hgt in December 2014 and January 2015 (Red line) compared to the long term mean (Blue Line)

شکل ۳- تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دسامبر ۲۰۱۴ و ژانویه ۲۰۱۵ (خط قرمز) نسبت به میانگین (خط آبی)

۳-۴- تحلیل زمانی و مکانی سامانه‌های بندالی و کم فشارهای بریده

به منظور تحلیل زمانی- مکانی بندالی‌ها اشکال شماره ۵ و ۶ ترسیم گردید. نتایج نشان داد که از نظر زمانی در تمامی روزها نمایه بندالی مثبت بوده است و نمودار آن به صورت چند قله‌ای دیده می‌شود (شکل ۵). از نظر مکانی بیشترین فراوانی طول‌های بلوکه شده به صورت مشخص در دو منطقه دیده می‌شود. منطقه اول بین طول‌های ۷۰- درجه غربی تا حدود ۴۰ درجه شرقی قرار دارد که در برخی روزها حتی تا ۷۰ درجه شرقی نیز کشیده شده و منطقه اقیانوس اطلس، اروپا را در برمی‌گیرد و در زمان گسترش، غرب آسیا را نیز تحت سیطره دارد.

منطقه دوم بین طول‌های ۱۳۰ درجه شرقی تا ۱۵۰- درجه غربی را در برمی‌گیرد و منطقه اقیانوس آرام نامیده می‌شود. این مناطق در واقع دو بخش اصلی نیمکره شمالی برای رخداد و شناسایی بندالی‌ها هستند که در مطالعات بسیاری نیز به آن اشاره شده است. نقشه فراوانی روزانه بندالی نیز نشان می‌دهد که بالاترین درصد فراوانی رخداد این پدیده در مناطق مذکور اتفاق افتاده است (شکل ۶).

در شکل ۴ مقدار این نمایه برای طول‌های ۴۵ تا ۶۵ درجه شرقی محاسبه شده است. مقایسه مقادیر نمایه در دوره مورد بررسی با میانگین بلندمدت آن نشان‌دهنده انحراف قابل توجه آن از حالت متوسط خود در تمام روزهاست. مقادیر پایین این نمایه در همان روزهایی اتفاق افتاده که بندالی اروپا- اطلس تا ایران پیشروی کرده و جریان‌ها را از حالت مداری به نصف‌النهاری تبدیل کرده است. همانگونه که بر روی شکل ۴ نشان داده شده است نمایه وزش‌مداری ماه‌های آذر و دی (دسامبر و ژانویه) در مواقع محدودی بیش از صفر و کمتر ۳ (وزش نصف‌النهاری و تسلط بادهای غربی) را نشان می‌دهد که بیانگر بسامد پایین بادهای غربی بر روی کشور است. در عوض مقادیر منفی (وزش بادهای شرقی) دارای بسامد بیشتری بوده است. مقادیر منفی شاخص وزش‌مداری در یکم تا سوم، هفتم تا دوازدهم، پانزدهم تا نوزدهم، بیست و هشتم دسامبر و ششم تا دهم، شانزدهم تا هجدهم و بیست و یکم تا سی و یکم ژانویه نشان‌دهنده این وضعیت می‌باشد. این شرایط از نظر تحلیل‌های هم‌دید بیانگر تسلط بادهای شرقی و استقرار بندالی در مسیر عبور بادهای غربی می‌باشد. بنابراین با توجه به نقش بادهای غربی در عبور چرخندها بر روی ایران می‌توان گفت با حاکمیت بادهای شرقی بر روی ایران شرایط برای کاهش ریزش بارش در این دو ماه فراهم گردیده و خشکسالی از برآیندهای آن می‌باشد.

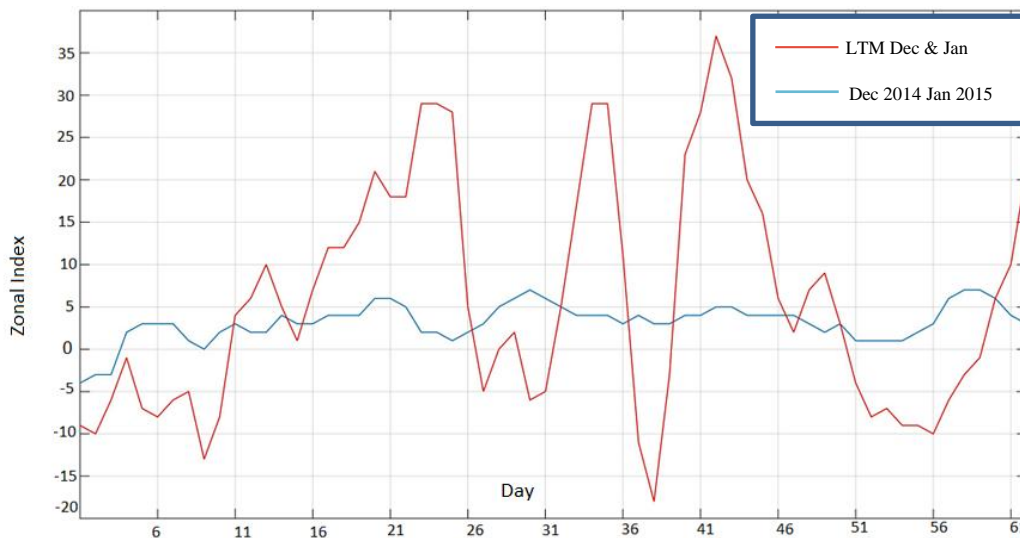


Fig. 4- Zonal index for December 2014 and January 2015 (Red line) compared to the mean (Blue Line)

شکل ۴- شاخص وزش‌مداری در دسامبر ۲۰۱۴ و ژانویه ۲۰۱۵ (خط قرمز) و میانگین (خط آبی)

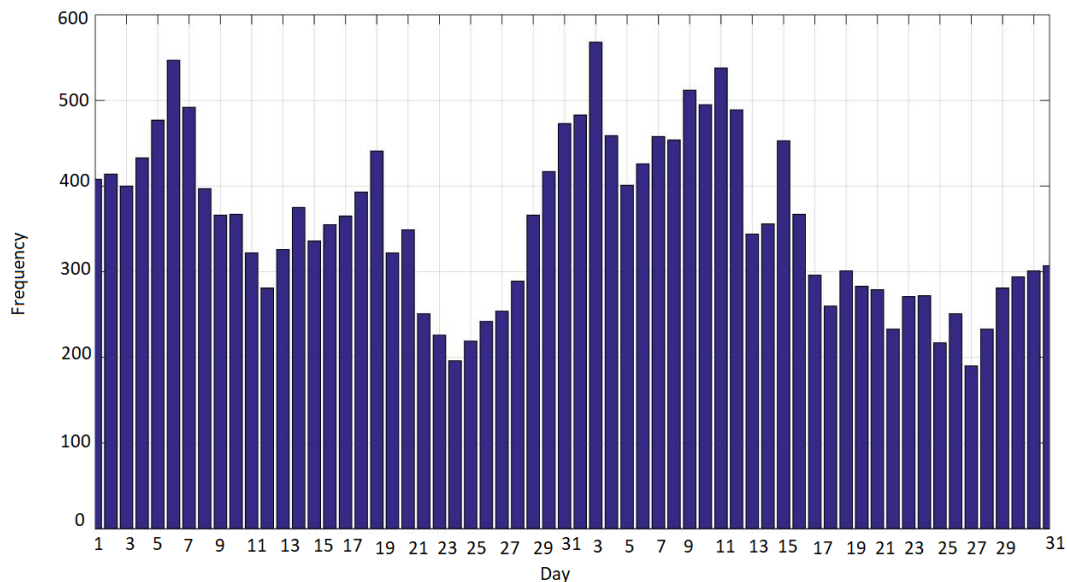


Fig. 5- Daily frequency of low pressure and blocking systems

شکل ۵- فراوانی روزانه کم فشارهای بریده و سامانه‌های بندالی

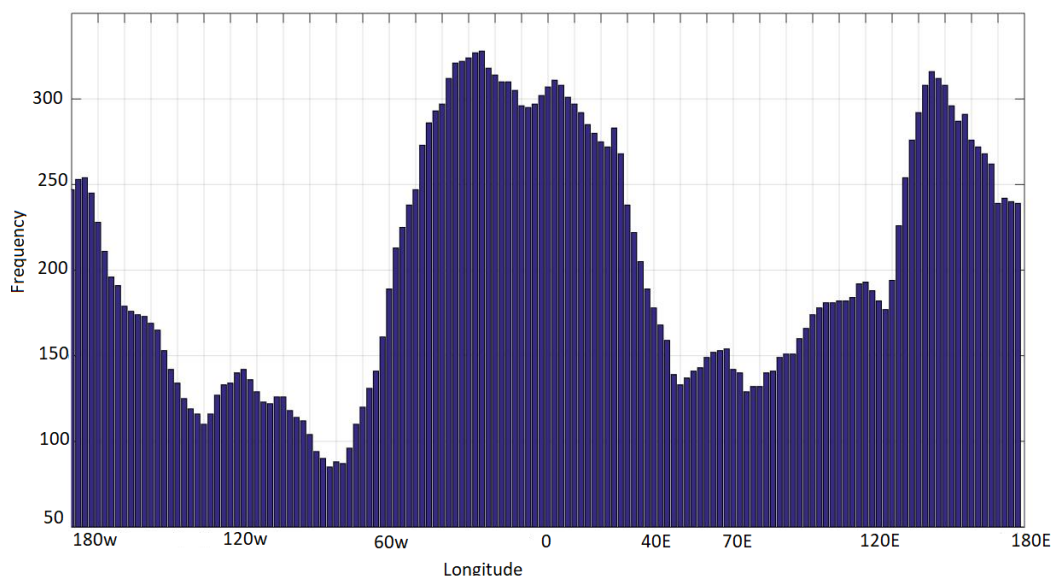


Fig. 6- Daily frequency of blocking systems

شکل ۶- فراوانی روزانه سامانه‌های بندالی

۳-۵- بررسی مراکز و شدت بندالی

برای شناسایی مرکز بندالی از شاخص GHGS استفاده شده است. طبق این شاخص نقاطی که اختلاف ژئوپتانسیل بین عرض میانه و عرض جنوبی آن‌ها (GHGS) بیشتر باشد به عنوان مرکز بندالی شناخته می‌شوند. براساس شاخص GHGS بیشترین فراوانی و بالاترین شدت بندالی در دو منطقه اقیانوس اطلس-اروپا و اقیانوس

آرام دیده می‌شود. طبق این نقشه مناطقی که بالاترین شدت را دارند در واقع مراکز ساختارهای بندالی نیز به حساب می‌آیند. شدت بندالی در روزهای اول تا ششم دسامبر ۲۰۱۴ و روزهای هشتم تا بیستم ژانویه ۲۰۱۵ در منطقه اطلس-اروپا به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در طول‌هایی جغرافیایی که روی ایران قرار دارند اواخر دسامبر و اوایل ژانویه رخداد بندالی به حداکثر شدت خود می‌رسد (شکل ۷).

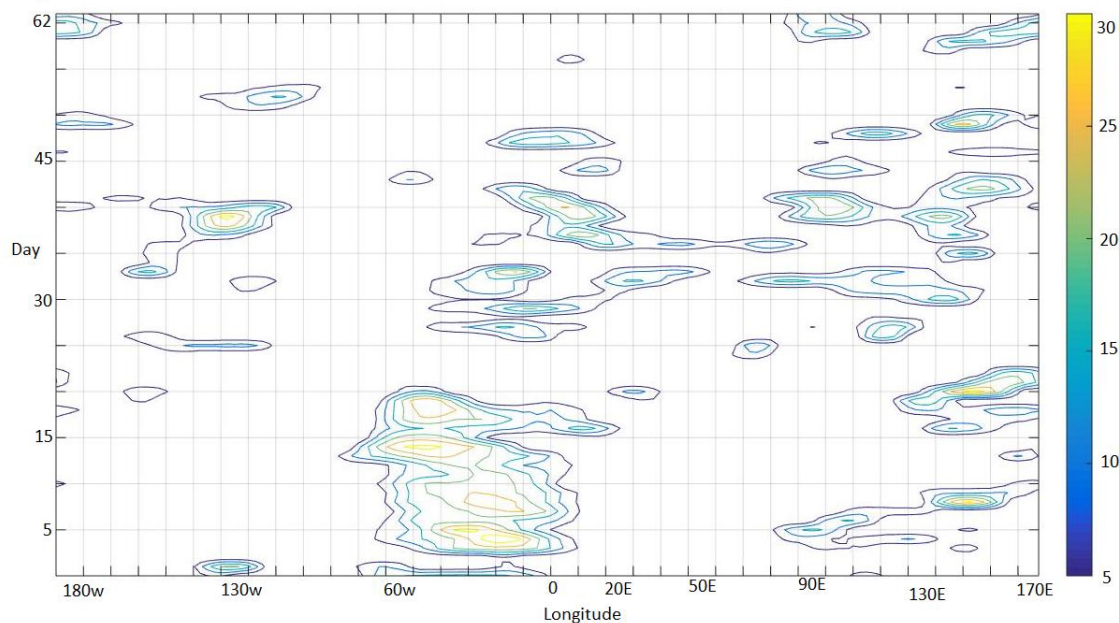


Fig. 7- Intensity of blocking system in December 2014 and January 2015
شکل ۷- شدت سامانه‌های بندالی در دسامبر ۲۰۱۴ و ژانویه

۴- جمع‌بندی

مؤثر بر بارش ایران منجر به افزایش ضخامت جو ناشی از گرمایش جهانی، افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، کاهش بسامد بادهای غربی و استقرار بادهای شرقی منجر به کاهش ورود بادهای غربی، سیکلون‌های بارش‌زا، جبهه قطبی، کاهش فشار سطح دریای سیاه گردید و مجموع این عوامل باعث افزایش روزهای بدون بارش به صورت ممتد در ماه‌های سرد سال می‌گردد.

خشکسالی پربسامدترین مخاطره اقلیمی فلات ایران است. این مخاطره با تداوم خود نه تنها بیوم‌های زیستی طبیعی را دستخوش تغییر نمود؛ بلکه سازماندهی فضایی سکونت و اقتصاد را نیز با چالش‌های عمده روبرو کرده است. با توجه به رژیم بارشی زمستانه ایران کاهش ممتد روزهای متوالی بدون بارش در ماه‌های سرد سال نقش مؤثری در خشکسالی‌های شدید دارد. بررسی هم‌دید خشکسالی نمونه مورد مطالعه نشان‌دهنده وجود پدیده بندالی در سراسر دوره مورد بررسی است. فراوانی و شدت این پدیده در دو منطقه اقیانوس اطلس-اروپا به عنوان منطقه مؤثر بر بادهای غربی، جبهه قطبی و رودباد قطبی و اقیانوس آرام حداکثر بوده است.

لازم به ذکر است که یافته‌ها این مطالعه با نتایج مطالعات Habibi (2006)، Azizi et al. (2012)، Rashidi-Naserkhani (2005)، Zolfagari et al. (2006)، Qavidel rahimi et al. (2006) و Salahi and AliJahan (2017) در مورد تأثیر سامانه‌های بندالی بر مخاطرات اقلیمی مانند بارش‌های سنگین، سیلاب، آتش‌سوزی و امواج گرمایی و سرمای منطبق است.

نتایج نشان داد این سامانه‌های بندالی از یک‌سو مانع ورود بادهای غربی، رودباد قطبی و جبهه قطبی و سیکلون‌ها شده و از سوی دیگر با استیلای بادهای شرقی در ایران مانع ریزش‌های جوی در فصل سرد سال (بارشی منطقه) می‌شوند. علاوه بر آن یافته‌های پژوهش نشان داد که در زمان سامانه‌های بندالی ضخامت جو (۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال) به عنوان پارامتری مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌های جوی سطح زمین (بارش، دما) با افزایش همراه بوده است. تحلیل هم‌دید خشکسالی‌ها در نمونه‌های انتخابی مانند ۱۳۸۸، ۱۳۸۷، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۹ نشان می‌دهد که استقرار سامانه‌های بندالی در محدوده‌های مکانی اقیانوسی

پی‌نوشت‌ها

- 1- Quantile Filter
- 2- Extent Filter
- 3- Persistence Filter
- 4- Standardized Precipitation Index

۵- مراجع

- Antokhina OY, Antokhin P, Martynova Y, Mordvinov V (2016) The impact of atmospheric blocking on spatial distributions of summertime precipitation over Eurasia. In: International Conference and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modelling and Information Systems, 11–16 July, Tomsk, Russian Federation, 1-5
- Athar H, Lupo A R (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* 1-15
- Athar H, Almazroui M, Islam N, Abid A, Ehsan A (2013) Effect of mid-latitude blocking anticyclones on the weather of the Arabian Peninsula. *International Journal of Climatology* 33(3):585–598
- Austin J F (1980) The blocking of middle latitude westerly winds by planetary waves. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 106:327-350
- Azizi Q (1997) Blocking and its effect on rainfall in Iran. Ph.D. Thesis, Faculty of Literature and Human Sciences, Tarbiat Modares University Iranian (In Persian)
- Azizi Q (2000) Blocking. *Geographical Researches* 36:37-50 (In Persian)
- Azizi Q, Nabavi SO, Miri M (2012) Atmospheric circulations data mining to investigate the role of blocking pattern in the northeast rainfall. *Physical Geography Researches* 44(81):109-126 (In Persian)
- Azizi Q, Soltani M, Hanafi A, Mirzai E (2012) Analysis of the effect of blocking on heavy rainfall (case study: The rainfall on October 26-29, 2011 in the northwest of Iran). *Geographical Researches* 26(4):117-147 (In Persian)
- Azizi Q, Khalili M (2011) Blocking role in Iran's minimum temperature event. *Natural Geography Research* 77:55-39
- Barrio Pedro D, García-Herrera R, Lupo A R, Hernández E (2006) A climatology of Northern Hemisphere blocking. *Journal of Climate* 19(6):1042–1063
- Carrera ML, Higgins RW, Kousky VE (2004) Downstream weather impacts associated with atmospheric blocking over the northeast pacific. *Journal of Climate* 17(24):4823–4839
- Charney JG, Shukla J, Mo KC (1981) Comparison of a barotropic blocking theory with observation. *Journal of the Atmospheric Sciences* 38(4):762-779
- Cheren Kovaa EA, Semenovab IG, Kononovaa NK, Titkovaa TB (2015) Droughts and dynamics of synoptic processes in the south of the east European plain at the beginning of the twenty-first century. Published in *Aridnye Ekosistemy* 21(63):45–56
- Cheung HN, Zhou W, Mok HY, Wu MC, Shao Y (2013) Revisiting the climatology of atmospheric blocking in the Northern Hemisphere. *Advances in Atmospheric Sciences* 30:397–410
- Diao Y, Li J, Luo D (2006) A new blocking index and its application: Blocking action in the Northern Hemisphere. *Journal of Climate* 19(19):4819–4839
- Elliott RD, Smith TB (1949) A study of the effects of large blocking highs on the general circulation in the northern-hemisphere westerlies. *Journal of Meteorology* 6(2):68-85
- Glisan M J (2007) Two extreme cases of atmospheric blocking over Europe and North America. M.Sc. Thesis, the Faculty of the Graduate School, University of Missouri
- Habibi F (2006) Synoptic and dynamic analysis of the blocking patterns, the method to identify the blocking pattern and its effect on Iran. *Journal of the Earth and Atmosphere Physics* 32(3):69-89
- Hafez YY, Almazroui M (2013) The role played by blocking systems over europe in abnormal weather over kingdom of Saudi Arabia in summer 2010. *Advances in Meteorology*: 1-20
- Hartmann DL, Ghan SJ (1980) A statistical study of the dynamics of blocking. *Monthly Weather Review* 108(8):1144–1159
- Kaviyani M, Alijani B (2007) Basics of climatology. SAMT Publisher 13th Addition, 592p (In Persian)
- Knox JL, Hay JE (1984) Blocking signatures in the northern hemisphere: rationale and identification. *Atmosphere-Ocean* 22(1):36–47
- Namias J (1947) Characteristics of the general circulation over the Northern Hemisphere during the abnormal winter 1946–47. *Monthly Weather Review* 75(8):145–152
- Pelly JL (2001) The predictability of atmospheric blocking. Ph.D. Thesis, Department of Meteorology, The University of Reading
- Qavidel Rahimi Y, Faraj Zadeh-Asl M, Matlabizadeh S (2016) Statistical and synoptic analysis of clod waves in the northwest of Iran. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences* 16(40):29-46 (In Persian)
- Rashidi-Naserkhani NE (2005) The effect of blocking patterns on the dry periods of western and

- northwestern Iran. M.A Thesis, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Razi (In Persian)
- Rex DF (1950) Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. (I), An Areological Study of Blocking Action, *Tellus* 2(3):196-211
- Rex DF (1950) Blocking action in the middle tropospheric westerlies and its effects on regional climate. II, A climatology of Blocking Action, *Tellus* 2(4):276-301
- Salahi B, AliJahan M (2017) Synoptic analysis of the thermodynamic causes of forest fires in Deszful. *Geography and Environmental Hazards* 5(18):21-25 (In Persian)
- Schalge B, Blender K, Fraedrich K (2011) Blocking detection based on synoptic filters. *Advances in Meteorology*: 2-11
- Schwierz C, Croci-Maspoli M, Davies HC (2004) PERSISTENT indicators of atmospheric blocking. *Geophysical Research Letters* 31(6):1-4
- Tibaldi S, d'Andrea F, Tosi E, Roeckner E (1997) Climatology of Northern Hemisphere blocking in the ECHAM model. *Climate Dynamics* 13(9):649-666
- Tibaldi S, Molteni F (1990) On the operational predictability of blocking. *Tellus A* 42(3):343-365
- Treidl RA, Birch EC, Sajecki P (1981) Blocking action in the northern hemisphere: A climatological study. *Atmosphere-Ocean* 19:1-23
- Whan K, Zwiers F, Sillmann J (2016) The influence of atmospheric blocking on extreme winter minimum temperatures in North America. *Journal of Climate* 29(12):4361-4381
- Zolfaqari H, Masoumpour J, Rashidi- Naserkhani E (2006) The effect of blocking patterns on occurrence and continuation of dry periods in the west and northwest. *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 9(10):101-119 (In Persian)