فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره اول، بهار ۱۳۹۲، شماره پیاپی ۱۰۸

هوشمند عطایی، استادیار اقلیم شناسی دانشگاه پیام نور اصفهان
فخری سادات فاطمی‌نیا، کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان
H. Ataei
F. Fateminya
E-mail: Hoo_Ataei@yahoo.com

شماره مقاله: ۸۹۰
شماره صفحه پیاپی ۱۸۹۰۷-۱۸۸۸۷

تحلیل زمانی- مکانی چرخندهای ایران در سال ۱۳۷۶ خورشیدی

چکیده

در این پژوهش، برای تحلیل زمانی- مکانی چرخندهای ایران در سال ۱۳۷۶ خورشیدی، از محدوده مکانی ۳۰- تا ۸۰ درجه طول شرقی و ۰ تا ۸۰ درجه عرض شمالی و داده‌های ژئوپتانسیل با شبکه بندی ۲/۵ * ۲/۵ درجه قوسی در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده گردید که به صورت شش ساعته (۰۰، ۰۶، ۱۲، ۱۸ زولو) از پایگاه داده(NCEP/NCAR) [1] استخراج شده است: بدین صورت که، ابتدا پایگاه داده‌های ژئوپتانسیل در نرم افزار متلب[2] ایجاد گردید، در گرادس[3] داده‌ها به نقشه تبدیل شده و در سرفر[4] نقشه‌ها ترکیب و مورد بررسی و تحلیل نهایی است. تحلیل زمانی چرخندهای ایران نشان داد که بیشترین فراوانی چرخندی مربوط به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ۲۷/۲ درصد و کمترین فراوانی با ۱۱ درصد از آن تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال است. فصل زمستان با ۳۱/۵ درصد چرخندزایی، بیشترین و فصل تابستان با ۱۸/۸ درصد، کمترین میزان چرخندزایی را به خود اختصاص داده است. بررسی مکانی چرخندهای ایران حاکی از این است که کم فشار پاکستان در اغلب فصل‌ها در ترازهای پایین گسترش یافته است. بر روی ایران، چرخندزایی قوی یافت نمی‌شود و مراکز چرخندی که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند، عمدتاً از مناطق مختلف جغرافیایی نشأت می‌گیرند و در داخل کشور فعال نیستند.

1 - National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research
2 - MATLAB
3 - GRADS(The Grid Analysis and Display System program)
4 - SURFER

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

واژه‌های کلیدی: چرخندزایی، توزیع فصلی، ارتفاع ژئوپتانسیل، شیو ارتفاع ژئوپتانسیل، ایران.

مقدمه

گردش عمومی هوا بر اثر اختلاف فشار بین منطقه حاره و نواحی برون حاره به وجود آمده است و در مقیاس وسیع، تبادلات انرژی و ماده سیاره زمین را سبب می‌شود. از جمله عناصر عمده گردش عمومی هوا که جزو سامانه‌های همدید برون حاره به شمار می‌آیند، می‌توان چرخندها را نام برد. از آنجا که این سامانه‌ها موقع ورود به یک منطقه، هوای آنجا را آشفته و منقلب می‌کنند، اغتشاش نامیده می‌شوند و چون در داخل بادهای غربی تولید شده، حرکت کرده و بالاخره از بین می‌روند، به اغتشاشات غربی موسومند(علیجانی، ۱۳۸۱: ۲۷). معمولاً چرخندها به عنوان ناقل هوای بد و ابری همراه با بارندگی شناخته می‌شوند که اغلب به علت وجود جبهه‌هاست(فرج زاده، ۱۳۸۶: ۱۶۸-۱۷۱). به عبارتی دیگر، چرخند یک مرکز کم‌فشاری است که دارای دو جبهه‌ی سرد و گرم است. فشار هوا در مرکز چرخند کمتر از اطراف است. چرخندها، سامانه‌های ناپایدارند و سبب صعود هوا و نهایتاً تراکم و ایجاد بارش می‌شوند(علیجانی، ۱۳۸۵: ۸۹). به ویژه چرخندهای عرض میانه که بسیار پویا هستند و روزانه حدود ۱۲۰۰ کیلومتر جا به جا می‌شوند. این گونه چرخندها پس از پیدایش، مسیر رودبادها را دنبال می‌کنند و به دلیل حرکات عمودی هوا در آنها، امکان پیدایش ابر، بارش و حتی توفان تندری فراهم می‌شود(مسعودیان و کاویانی, ۱۳۸۷: ۲۷). به طور کلی می‌توان گفت: چرخندزایی و تأثیرات آن، مستقیم یا غیرمستقیم به دگرگونی بر روی زندگی انسان و فعالیت‌های انسانی مانندکشاورزی، راه و ترابری، هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، مسائل زیست- محیطی و رویدادهای طبیعی منجر می‌شود که همگی به نحوی با زندگی انسان و سایر موجودات زنده در ارتباط هستند. با توجه به اهمیت سامانه‌های گردشی و نقش آنها در اقلیم کشور خشکی مانند ایران، هر پژوهشی که در زمینه چرخند و ویژگی‌های آن به عنوان یکی از سامانه‌های مهم و تأثیرگذار بر اقلیم ایران انجام شود، می‌تواند برای پیش‌بینی آب و

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

هوایی در آینده ارزشمند باشد. البته، آنچه آشکارا در این تحقیقات می‌توان مشاهده نمود، این است که برخی از محققان و دانشمندان به شناسایی شرایط همدید چرخندها و آگاهی از روند تغییرات آن در سال‌های اخیر توجه کرده‌اند و برخی نیز تأثیرات مستقیم یا غیرمستقیم تغییرات چرخندها را بر جنبه‌های مختلف مؤثر در حیات جانداران، انسان و فعالیت‌های زیست اقلیم انسانی بررسی کرده‌اند. برای نمونه، آلپرت[5](۱۹۹۰)، به بررسیِ تغییرات ماهانه مسیر چرخندهای مدیترانه به روش برون سو[6] سال ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۷ در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال پرداخت و به این نتیجه رسید که مسیرهای چرخندی در سه ماهه زمستان در بخش‌های شمالی مدیترانه شبیه همدیگر بوده است، اما خصوصیات آنها متفاوت است. سیموند و مورای[7](۱۹۹۱)، به تشریح راهکاری خودکار برای یافتن چرخندهای برون حاره از طریق نقشه‌های رقومی پرداختند.آنها آماره‌های چرخندها را از نیمکره جنوبی طی دوره های متعدد گردآوری نمودند و به تعیین کم‌فشارهای سطحی و عمیق و تعیین دقیق موقعیت آنها پرداختند. تریگو و دیویس[8](۱۹۹۹)، به مقایسه چرخندهای ناحیه مدیترانه با دیگر چرخندهای نیمکره شمالی پرداختند و نشان دادند که ویژگی‌های کم فشارهای مدیترانه مانند شدت و مدت دوام سالیانه کاملاً متغیر است و در مناطقی که چرخندزایی به وسیله ناهمواری کنترل می‌شود، چرخندهای قوی‌تر شکل می‌گیرد. کاراکا[9](۲۰۰۰)، با بررسی تغییرات مسیرهای چرخندی بر روی ترکیه و ارتباط آنها با اقلیم این منطقه به این نتیجه رسید که پنج مسیر چرخندی عمده، ترکیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند که بالاترین تعداد چرخندها در زمستان است. ماهراس و همکاران[10] (۲۰۰۱)، چرخندها را به روش برون سو در یک دوره ۴۰ ساله در منطقه مدیترانه به صورت روزانه و فصلی بررسی کردند و معتقدند تعداد چرخندهای خیلی عمیق از جنوب به شمال مدیترانه افزایش می یابد و بیشترین آن، در باد پناه آلپ و در خلیج ونیز است که پس از ساعت ۶ رخ می دهد. ماهراس و

5 - Alpert
6 - Abjectively Method
7 - Simmonds and Murray
8 - Trigo and Davies
9 - Karaca
10 - Maheras and et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

همکاران(۲۰۰۲)، در پژوهشی به مطالعه ساختار عمودی چرخندهای سطحی مدیترانه به پیروی از مقاله ماهراس و همکاران(۲۰۰۱) پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که سازوکارهای اصلی در رخداد چرخندهای مناطق خلیج جنوا، جنوب ایتالیا و قبرس متفاوتند. در جنوا کمینه فشار چرخند، تابع ناهمواری است. اسپانوس و همکاران[11](۲۰۰۳)، در مطالعه برون‌سوی چرخندهای مرکز و شرق مدیترانه در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، روند معناداری را در رخداد این چرخندها پیدا نکردند. اوستینسکی و آلپرت[12](۲۰۰۶)، با مطالعه چرخندهای مدیترانه شرقی به این نتیجه رسیدند که فروبارهای زمستانی بر روی مناطق مرکزی و شمالی شامل قبرس، اسرائیل، لبنان، شمال‌غرب سوریه و غرب اردن بارش ایجاد می‌کنند و مناطق جنوبی؛ یعنی جنوب اسرائیل و شمال‌شرق مصر بارش‌هایی را توسط سیلاب دریافت می‌دارند. وانگ و همکاران[13](۲۰۰۶)، در پژوهشی به مقایسه فعالیت‌های چرخندی برون حاره در مدل[14]-ERA 40با مدلNCEP/NCAR(NNR) پرداختند. هر دو مدل در مناطق برون‌حاره شمالی نظیر اطلس شمالی و آرام شمالی شکل‌گیری چرخندزایی را از ژانویه تا مارس نشان می‌دهند. لیبن اسپرگر و همکاران[15](۲۰۰۸)، با مسیریابی چرخندی عرض‌های میانه در آمریکای شمال-شرقی به این نتیجه رسیدند که فراوانی چرخندها در شمال‌شرق آمریکا به علت افزایش گازهای گلخانه‌ای، کاهش چشمگیری یافته است. فرج‌زاده و همکاران(۲۰۰۸)، به بررسی ارتباط بین موقعیت رودبادها و چرخندهای غرب ایران پرداختند و بر این باورند که ارتباط معناداری بین رودباد و بارش در غرب ایران در نتیجه متمرکز شدن مسیر رودباد در این ناحیه وجود دارد. علیجانی(۱۳۶۶)، نشان داد که بیشتر چرخندهای خاورمیانه در چهار مرکز اصلی چرخندزایی در دریای آدریاتیک، دریای یونان، جزیره قبرس و جنوب شرقی زاگرس ایجاد می‌شوند و در سه مسیر اصلی(A, B, C) وارد ایران می‌شوند. احمدی گیوی و همکاران(۱۳۸۲)، سامانه‌های جوی واقع در ایران درآذر ماه ۱۳۸۲را از دیدگاه تاوایی پتانسیل

11 - Spanos and et al
12 - Osetinsky and Alpert
13 - Wang and et al
14 - European Re-Analysis
15 - Leibensperger and et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

بررسی نمودند. با محاسبه دمای پتانسیلی روی همه سطوح هم فشار، تاوایی پتانسیلی بـر روی نمونه‌هایی از سطوح همدمای پتانسیلی به منظور بررسی نقش عوامل سطح زمین، سطح میانی و زیرین در مراحل مختلف چرخندزایی درونیابی شدند. احمدی گیـوی و نجیبـی فـر(۱۳۸۳)، تشـکیل و رفتـار چرخنـدهای لـی[۱۶](بادپنـاهی) واقـع در کـوه‌هـای آلـپ در دوره یـک ساله(سال۲۰۰۲ میلادی) و تأثیر احتمالی آنها در آب و هوای خاورمیانه و ایران در دوره‌هـای مختلف سرد، گرم و معتدل سال را مطالعه کردند و معتقدند تعداد چرخندهای واقـع در خلـیج جنوا (ضعیف و قوی) در فصل سرد سال به طور قابل توجهی بیشتر از فصل گرم سـال اسـت. حبیبی(۱۳۸۵)، به مطالعه سامانه‌های بندآلی که در اقیانوس اطلس، به ویژه در منطقه مدیترانه تشکیل شده‌اند و به چرخندزایی در شرق مدیترانه منجر شده و پیامدهایشـان ایـران را تحـت تأثیر قرار می‌دهند، پرداخته است. صداقت(۱۳۸۵)، با استفاده از روش‌های رقومی و رایانـه‌ای در کنار دیدگاه‌های تئوریک به بررسی مسیریابی رقومی چرخندهای خاورمیانه پرداخت و بـه این نتیجه رسید که مراکز چرخندزایی عمده به ترتیب اهمیت، سودان، قبرس، خلیج جنوا، اژه، دریای آدریاتیک، کوه‌های اطلس و ناحیه دریای سیاه را شامل می‌شوند که عامل توپـوگرافی در شکل‌گیری هسته اولیه کم فشارها تأثیر زیادی داشته است.

به طور کلی، هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل زمانی- مکانی چرخندهای ایـران زمـین در سال ۱۳۷۶ هجری شمسی(مطابق با سال ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ میلادی) است.

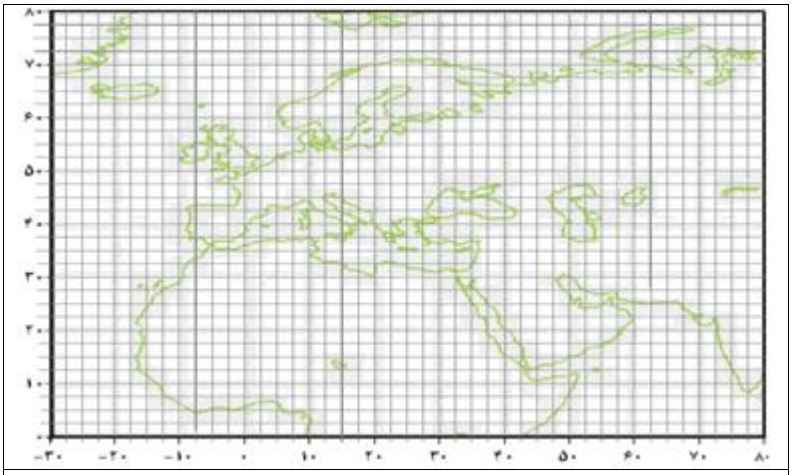
داده‌ها و روش شناسی

در پـژوهش حاضـر، از داده‌هـای دوبـاره واکـاوی شـده ژئوپتانسـیل در پایگـاه داده(NCEP/NCAR) [۱۷] وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحـده اسـتفاده شده است که در تارنمای www.esrl.noaa.gov[۱۸] قابل دسترسی هستند. تفکیک زمانی ایـن داده‌ها، ۶ ساعته(۰۰، ۰۶، ۱۲، ۱۸ زولو) و تفکیک مکانی آن‌ها، ۲/۵ * ۲/۵ درجه اسـت کـه

16 - Lee Cyclone
17 - National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research
18 - Earth System Research Laboratory. National Oceanographic & Atmospheric Administration.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

برای فصل‌های مختلف سال ۱۳۷۶ هجری شمسی در ۶ تراز ارتفاعی(۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) استخراج شده است. محدوده بررسی شده در این پژوهش، ۳۰- تا ۸۰ درجه طول شرقی و ۰ تا ۸۰ درجه عرض شمالی را در بر می‌گیرد. علت انتخاب این چارچوب گسترده، شناسایی کنش‌ها و تغییرات چرخندی در همسایگی محدوده‌ی ایران به خصوص، بررسی این پدیده بر روی آب‌ها و خشکی‌های همسایه‌ی آن و در نهایت تأثیرپذیری کشور ما از چرخندهای پیرامون خود است. از آن‌جا که تفکیک مکانی داده‌های جوی ۲/۵*۲/۵ درجه‌ی قوسی است، چارچوب یاد شده ابعادی برابر با ۴۵*۳۳ (۴۵ یاخته‌ی[19] طولی و ۳۳ یاخته عرضی) دارد و شامل۱۴۸۵ یاخته‌ی مکانی است(شکل ۱).



شکل۱)، پهنه مورد بررسی با ۱۴۸۵ یاخته مکانی۲/۵ * ۲/۵ درجه

از سوی دیگر، داده‌های ژئوپتانسیل در ۶ تراز ارتفاعیِ بررسی شده، دارای ابعادی برابر با ۳۶۵ *۴ (۳۶۵ روز و ۴ دیده‌بانی در هر روز) است که شامل ۱۴۶۰ یاخته زمانی است. به طور کلی، ماتریس مورد نظر دارای ابعادی به آرایش **۱۴۸۵*۱۴۶۰** یاخته زمانی – مکانی

19 - Pixel

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

است که در این آرایه، سطرها نماینده دیدبانی‌های زمانی و ستون‌ها، نماینده یاخته‌های مکانی است (شکل ۲).

یاخته مکانی / یاخته زمانی	1	2	3	.....	.....	1483	1484	1485
1	5878	5877	5878	.....	.....	5152	5177	5192
2	5839	5835	5837	.....	.....	5143	5161	5175
3	5867	5870	5872	.....	.....	5142	5152	5166
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1458	5858	5863	5872	.....	.....	5188	5122	5104
1459	5890	5893	5893	.....	.....	5146	5099	5098
1460	5872	5876	5876	.....	.....	5129	5104	5119

شکل۲)، آرایش ابتدا و انتهای ۱۴۸۵*۱۴۶۰ یاخته زمانی- مکانی

روش کار بدین صورت است که ابتدا پایگاه داده‌های ژئوپتانسیل در نرم افزار متلب[20] ایجاد شد و با استفاده از نرم افزار گرادس[21] و اسکریپت‌نویسی در محیط این نرم‌افزار، داده-های ژئوپتانسیل تبدیل به نقشه شده است و در سرفر[22] نقشه‌ها ترکیب و سپس مورد بررسی و تحلیل نهایی قرار گرفت. لازم به ذکر است که برای شناسایی مراکز چرخندی دو شرط اساسی در نظر گرفته شد که به شرح زیر است:

شرط اول، استفاده از یاخته‌هایی است که ارتفاع ژئوپتانسیل آنها نسبت به هر ۸ همسایه پیرامونش کمینه یا مساوی باشد، این یاخته در مرحله اول، به عنوان یک مرکز چرخندی شناخته می‌شود که این روش از پژوهش‌های ماهراس(۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) و بلندر و شوبرت(۱۹۹۹)، اقتباس شده است. ولی این شرط به تنهایی برای شناسایی چرخندها ضعیف است چرا که، منجر به شناسایی تعداد زیادی مراکز چرخندی می‌شود.

شرط دوم آن است که برای برطرف نمودن ضعف فوق، آستانه‌ای به عنوان شیو ارتفاع ژئوپتانسیل در نظر گرفته شود بدین صورت که، میانگین وزنیِ بزرگی شیو ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی ۹ یاخته‌ی موجود در پنجره کرنل، باید دست کم ۱۰۰ متر بر ۱۰۰۰ کیلومتر باشد که تقریباً به ۱۲ هکتوپاسکال می‌رسد($Min = 100m/1000km$). این

20 - MATLAB
21 - GRADS(The Grid Analysis and Display System program)
22 - SURFER

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

روش نیز از پژوهش بلندر(۲۰۰۰) اقتباس شده است. وی اساس استفاده از این آستانه برای محاسبه شیو ژئوپتانسیل را، وارد کردن چرخندهای قوی در محاسبات دانسته است. با اعمال این شرط، تمامی چرخندهای ضعیف گرمایی و مهاجر حذف و تنها چرخندهای ایستا(دینامیکی، گرمایی) شناسایی می‌شوند. شیو ارتفاع ژئوپتانسیل از رابطه زیر محاسبه شده است(مسعودیان، ۱۳۸۹):

رابطه ۱

$$GF = -\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial \phi}{\partial y}\hat{\jmath}\right)$$

در این رابطه، $\phi = \mathrm{hgt} \times \mathrm{g}$ و $\mathrm{g}= 9/8\ \mathrm{m.\ s^{-2}}$ همچنین، $\partial \mathrm{x}$ بیانگر مختصات متریک طول جغرافیایی و ∂y بیانگر مختصات متریک عرض جغرافیایی است. به منظور محاسبه‌ی دقیق‌ترشیو فشار، با توجه به تفاوت مساحت هر یاخته بر روی هر عرض جغرافیایی، میانگین وزنی شیوفشار در هر کرنل محاسبه شد. لازم به ذکر است که در معادلات جوی، از مختصات متریک طول و عرض جغرافیایی استفاده می‌شود و مقدار متریک عرض جغرافیایی متناسب با مقدار cos مختصات کروی عرض جغرافیایی است که مقدار آن در هر مدار متفاوت است. بنابراین به هر عرض جغرافیایی وزن متناسب با مقدار متریک آن داده شده است و سپس میانگین وزنی شیو ارتفاع ژئوپتانسیل کرنل مربوطه محاسبه شد. میانگین وزنی از رابطه زیر محاسبه می شود:

رابطه ۲

$$\overline{GF} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{9} w_i} * \sum_{i=1}^{9} w_i GF_i$$

که در این رابطه، W_i برابر است با:

$$W_i = \frac{1}{2}(\cos \varphi_s + \cos \varphi_N)$$

برای نمونه جدول ۱، نقطه کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲ زولو را نشان می‌دهد که در آن یاخته مرکزی، کمترین ارتفاع ژئوپتانسیل را به خود اختصاص داده است و میانگین وزنی شیو ارتفاع ژئوپتانسیل، بیشتر یا مساوی از مقدار آستانه

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

مذکور است. بنابراین نقطه‌ای به عنوان یک چرخند شناخته شده و با کد ۱ مشخص می‌شود که این دو شرط را داشته باشد و چنانچه شروط مذکور را نداشته باشد با کد صفر منظور می‌گردد(جدول ۲).

جدول ۱)، نقطه کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

ساعت ۱۲ زولو روز ۷۶/۱۱/۱۴، معادل ۱۹۹۸/۱/۲۴.			
۴۲/۵ شرقی	۴۰ شرقی	۳۷/۵ شرقی	مختصات جغرافیایی
۵۴۴۸	۵۴۲۱	۵۴۵۱	۶۰ شمالی
۵۴۳۹	۵۴۱۰	۵۴۳۷	۶۲/۵ شمالی
۵۴۵۵	۵۴۳۰	۵۴۴۹	۶۵ شمالی

جدول ۲)، نحوه کدگذاری کرنل

۰	۰	۰
۰	۱	۰
۰	۰	۰

یافته‌های پژوهش

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که توجه به دو شرط مذکور برای محاسبه چرخندها، مجموعاً ۸۷۵۷ رخداد چرخندی در سال ۱۳۷۶ در شش تراز مورد بررسی بدست آمد که از این تعداد، بیشترین میزان چرخندزایی متعلق است به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ۲۷/۲ درصد(۲۳۸۴ چرخند) و تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با ۱۹ درصد(۱۶۴۲ چرخند) در درجه دوم چرخندزایی قرار دارد. از دیگر سو، کمترین میزان چرخندزایی نیز مربوط به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با ۱۱درصد است و رتبه دوم کمینه چرخندزایی از آنِ تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال با ۱۱/۷درصد است(جدول ۳).

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

جدول۳)، تعداد و درصد فراوانی چرخندهای سالانه در ترازهای ارتفاعی مختلف در سال ۱۳۷۶

ترازهای مورد بررسی	تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال	تراز۹۲۵ هکتوپاسکال	تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال	تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال
تعداد سالانه چرخندها	۱۶۴۲	۱۲۳۲	۹۶۳	۱۰۲۱	۱۴۹۵	۲۳۸۴
درصد فراوانی	۱۹	۱۴/۱	۱۱	۱۱/۷	۱۷	۲۷/۲

از مجموع ۸۷۵۷ چرخندی که ترازهای ارتفاعی مختلف در سال ۱۳۷۶ محاسبه شده است، بیشترین میزان چرخندزایی متعلق به فصل زمستان با ۳۱/۵ درصد(۲۷۴۱ چرخند) و کمترین میزان آن، مربوط به فصل تابستان با ۱۸/۸ درصد(۱۶۴۵ چرخند) است که در این بین، فصل بهار، ۲۴/۸ درصد و فصل پاییز، ۲۴/۹ درصد را به خود اختصاص داده است(جدول۴).

جدول۴)، تعداد و درصد فراوانی چرخندهای فصلی در سال ۱۳۷۶

فصل‌های مورد بررسی	فصل بهار	فصل تابستان	فصل پاییز	فصل زمستان
تعداد فصلی چرخندها	۲۱۷۰	۱۶۴۵	۲۱۸۱	۲۷۴۱
درصد فراوانی فصلی چرخندها	۲۴/۸	۱۸/۸	۲۴/۹	۳۱/۵

بررسی فراوانی فصلی چرخندها در ترازهای مختلف نشان داد که بالاترین فراوانی چرخندها در زمستان تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال با ۳۶ درصد و پایین‌ترین مقدار آن در تابستان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با ۱۳ درصد رخ داده است. فصل زمستان، بیشترین میزان فراوانی را در بین ترازهای مختلف دارد وکمترین میزان چرخندزایی در همه ترازها، مربوط به تابستان است، مگر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که کمترین چرخندزایی در پاییز رخ داده است(جدول۵). همچنین، بیشترین درصد فراوانی چرخندها در تمام فصل‌ها، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با حداکثر ۳۵ درصد در تابستان و کمترین فراوانی آن در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با حداقل۷/۶ درصد در تابستان مشاهده شده است (جدول۶ و شکل‌های ۳ تا ۶).

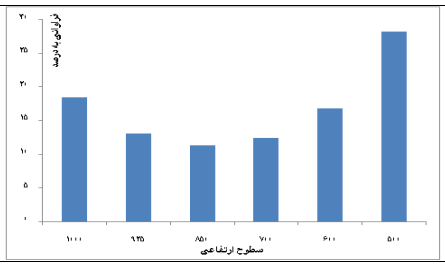
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

جدول (۵)، درصد فراوانی چرخند در ترازهای مختلف ارتفاعی در سال ۱۳۷۶

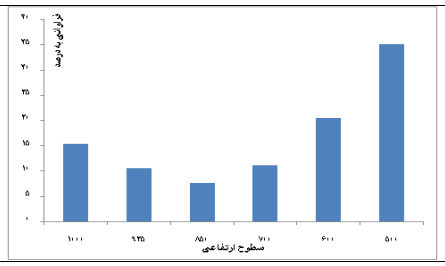
ترازهای ارتفاعی / فصل	تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال	تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال	تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال
فصل بهار	۲۴	۲۳/۵	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۴/۵	۲۶
فصل تابستان	۱۵/۵	۱۴/۵	۱۳	۱۸	۲۲	۲۴
فصل پاییز	۲۶/۵	۲۶	۲۶/۳	۲۴/۵	۲۳/۵	۲۳
فصل زمستان	۳۴/۳	۳۶	۳۵/۲	۳۱	۳۰	۲۷
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۶)، درصد فراوانی چرخندها در فصل‌های مختلف سال ۱۳۷۶

فصل‌ها / ترازهای ارتفاعی	فصل بهار	فصل تابستان	فصل پاییز	فصل زمستان
تراز۱۰۰۰هکتوپاسکال	۱۸/۴	۱۵/۴	۲۰/۲	۲۰
تراز۹۲۵ هکتوپاسکال	۱۳	۱۰/۵	۱۵	۱۶/۴
تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال	۱۱/۳	۷/۶	۱۱/۶	۱۲/۴
تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	۱۲/۴	۱۱/۱	۱۱/۵	۱۱/۶
تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال	۱۶/۷	۲۰/۴	۱۶/۲	۱۶/۲
تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۸/۱	۳۵	۲۵/۴	۲۳/۵
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

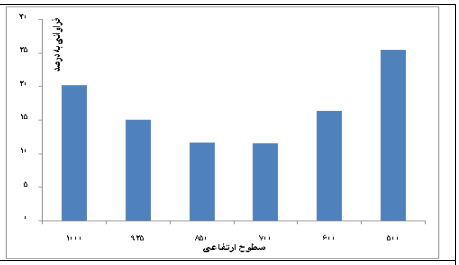


شکل ۳)، درصد فراوانی چرخندزایی در فصل بهار

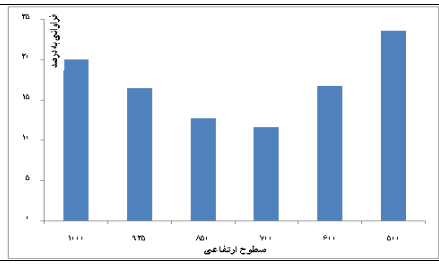


شکل ۴)، درصد فراوانی چرخندزایی در فصل تابستان

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



شکل ۵)، درصد فراوانی چرخندزایی در فصل پاییز

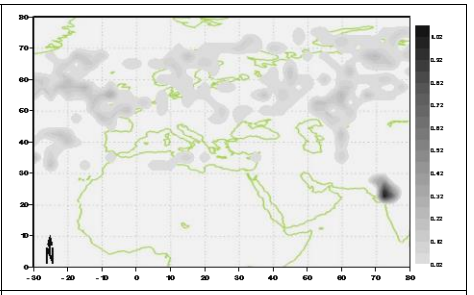


شکل ۶)، درصد فراوانی چرخندزایی در فصل زمستان

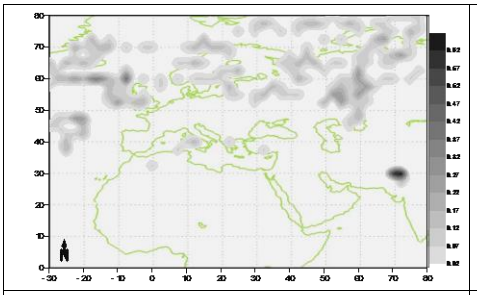
تحلیل وضعیت چرخندها در فصل بهار

بررسی نقشه‌های چرخندی در فصل بهار حکایت از وجود کم‌فشار پاکستان در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دارد که این کم‌فشار در دیگر ترازهای مورد بررسی مشاهده نمی‌شود. در ترازهای ۵۰۰ و ۶۰۰ هکتوپاسکال چرخند ضعیفی بر روی خزر و در تراز ۱۰۰۰ نیز زبانه‌ای از چرخند ضعیف روسیه تا شرق ایران امتداد یافته است. در این فصل، چرخندهای واقع در غرب ایران در حوالی قبرس، دریای یونان، دریای آدریاتیک و سیسیل مشهود است که در این بین چرخندهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از قوت بیشتری برخوردار است(شکل ۷).

شکل ۷)، نقشه میانگین چرخندزایی فصل بهار در سطوح ارتفاعی مختلف

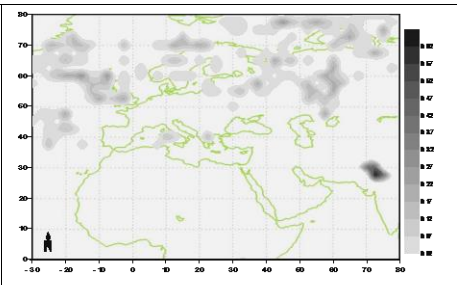


میانگین چرخندزایی فصل بهار در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

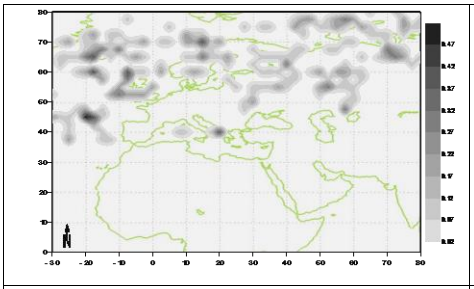


میانگین چرخندزایی فصل بهار در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال

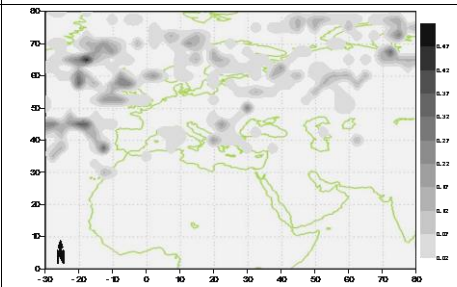
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



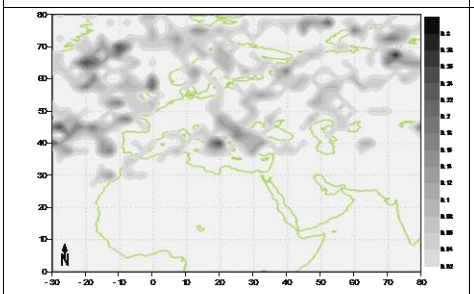
میانگین چرخندزایی فصل بهار در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل بهار در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل بهار در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال



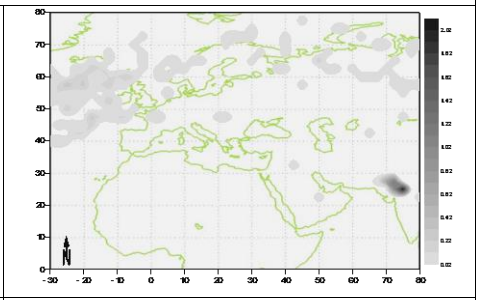
میانگین چرخندزایی فصل بهار در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

تحلیل وضعیت چرخندها در فصل تابستان

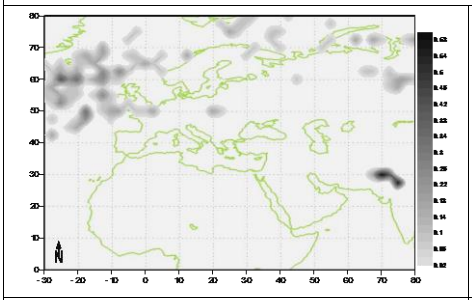
در فصل تابستان کم‌فشار پاکستان همچنان در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ به چشم می‌خورد و در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز چرخند ضعیفی بر روی خلیج فارس مشهود است. همچنین در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال نیز چرخندزایی بسیار ضعیفی بر روی دریای اژه و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در حوالی دریای اژه و تونس مشاهده می‌شود. در این فصل به دلیل پیشروی پرفشار آزور به عرض‌های جنب حاره‌ای، کمترین میزان چرخندزایی مشاهده شده است(شکل ۸).

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

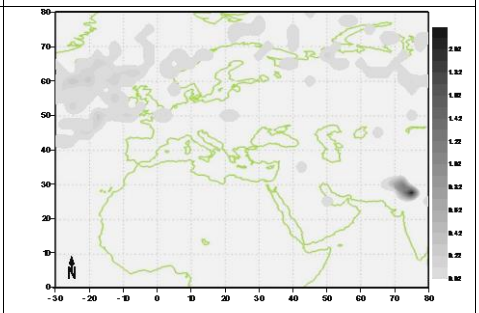
شکل ۸)، نقشه میانگین چرخندزایی فصل تابستان در سطوح ارتفاعی مختلف



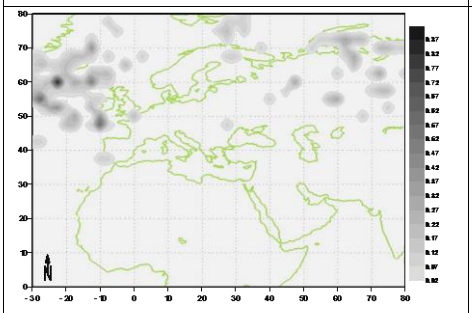
میانگین چرخندزایی فصل تابستان تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



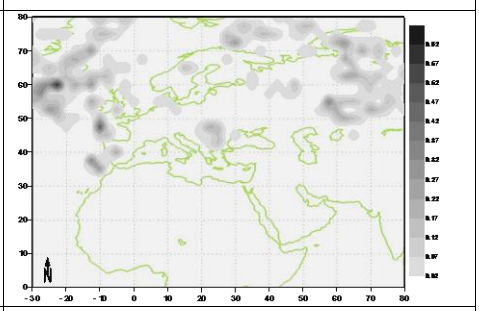
میانگین چرخندزایی فصل تابستان تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال



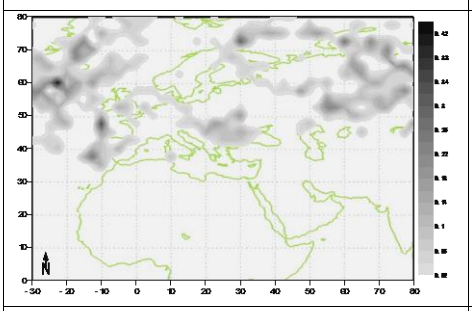
میانگین چرخندزایی فصل تابستان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل تابستان تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل تابستان تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال



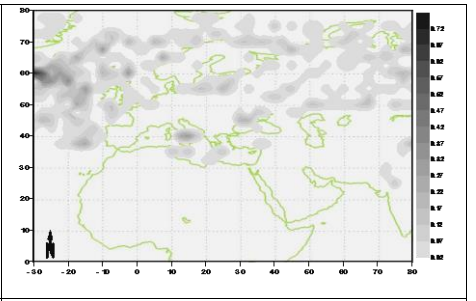
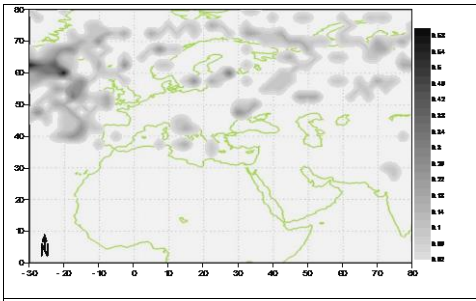
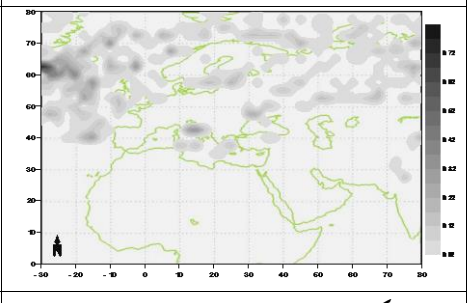
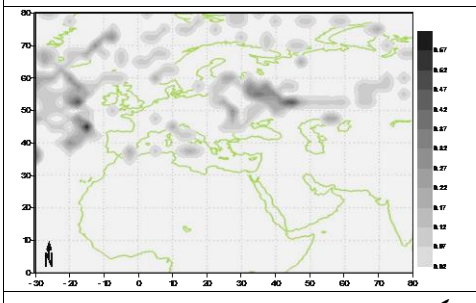
میانگین چرخندزایی فصل تابستان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

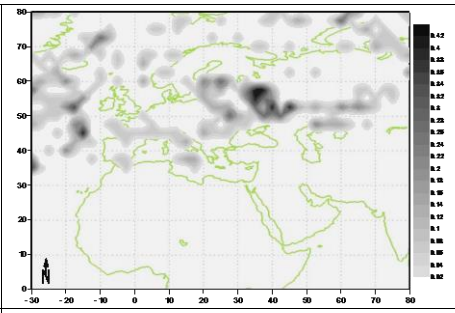
تحلیل وضعیت چرخندی در فصل پاییز

در فصل پاییز ،کم‌فشار پاکستان در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال بـه شـدت ضعیف شده است. اما چرخندهای واقع بر روی مدیترانـه از گسـتردگی بیشـتری برخـوردار شده‌اند که اوج این گستردگی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل مشاهده اسـت. در تـراز ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال چرخند روسیه با شدت و قوت بیشتری نسبت بـه بهـار و تابسـتان ظاهر شده است(شکل ۹).

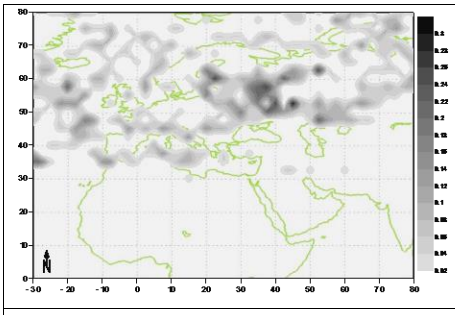
شکل ۹)، نقشه میانگین چرخندزایی فصل پاییز در سطوح ارتفاعی مختلف

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>میانگین چرخندزایی فصل پاییز تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال</td><td>میانگین چرخندزایی فصل پاییز در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>میانگین چرخندزایی فصل پاییز درتراز ۸۵۰هکتوپاسکال</td><td>میانگین چرخندزایی فصل پاییز در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال</td></tr>
</table>

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



میانگین چرخندزایی فصل پاییز درتراز ۶۰۰ هکتوپاسکال

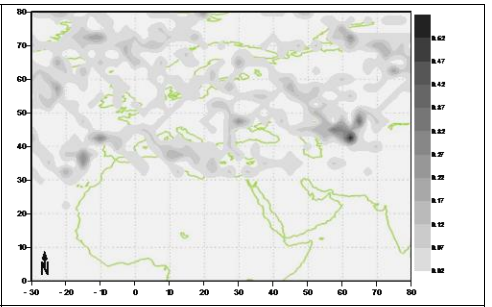


میانگین چرخندزایی فصل پاییز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

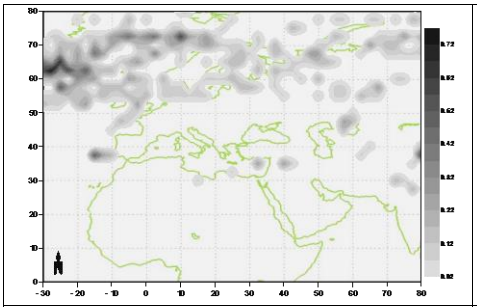
تحلیل وضعیت چرخندها در فصل زمستان

در فصل زمستان، تعداد چرخندها بیشتر از دیگر فصول است. چرخندهای واقع در منطقه مدیترانه تا تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال از قوت چندانی برخوردار نیستند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز فراوانی چرخندها به شدت افزایش یافته ولی از قوت چندانی برخوردار ناست. کم‌فشار پاکستان نیز همانند دیگر فصول تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال کشیده شده است. در تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و در محدوده‌ی ایران چرخندهای ضعیفی به چشم می‌خورد(شکل ۱۰).

شکل ۱۰)، نقشه میانگین چرخندزایی فصل زمستان در سطوح ارتفاعی مختلف

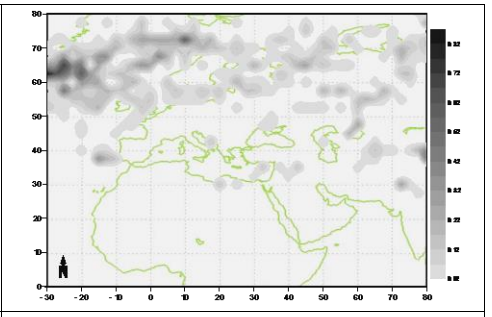


میانگین چرخندزایی فصل زمستان تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

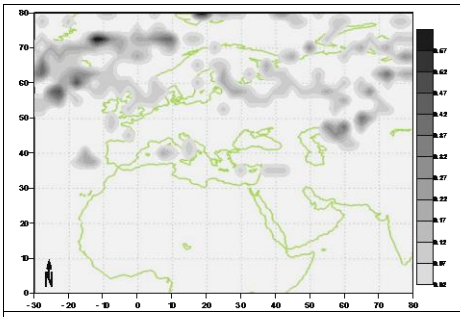


میانگین چرخندزایی فصل زمستان تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال

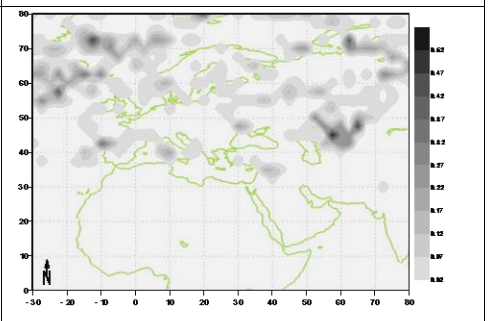
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



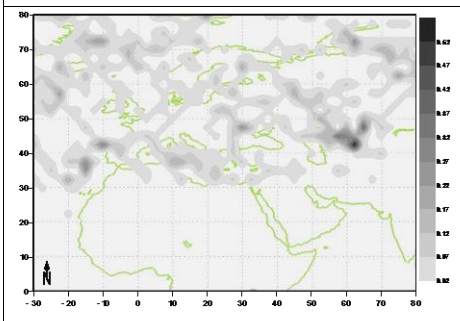
میانگین چرخندزایی فصل زمستان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل زمستان تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل زمستان تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال



میانگین چرخندزایی فصل زمستان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

نتیجه گیری

تحلیل زمانی چرخندهای ایران نشان داد که در سال ۱۳۷۶شمسی، مجموعاً ۸۷۵۷ رخداد چرخندی در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به وقوع پیوسته است. از این تعداد، بیشترین میزان چرخندزایی متعلق به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ۲۷/۲ درصد وکمترین فراوانی، مربوط به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با ۱۱ درصد است. فصل زمستان با ۳۱/۵ درصد چرخندزایی، بیشترین و فصل تابستان با ۱۸/۸ درصد، کمترین میزان چرخندزایی را به خود اختصاص داده است. به طور کلی، بالاترین فراوانی چرخندها در زمستان تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال با ۳۶ درصد و پایین‌ترین مقدار آن در تابستان تراز ۸۵۰

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

هکتوپاسکال با ۱۳ درصد رخ داده است و فصل زمستان، بیشترین فراوانی چرخندها را در تمام ترازهای ارتفاعی دارد. همچنین بررسی مکانی چرخندهای ایران حاکی از وجود کم‌فشار پاکستان در تمامی فصول است که در ترازهای پایین‌تر(۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) گسترش یافته است، اما در نیمه سرد سال از گستره‌ی مکانی و قوت کمتری برخوردار است. در فصل بهار، چرخندهای واقع در دریای مدیترانه در حوالی قبرس، دریای یونان، دریای آدریاتیک و سیسیل چشمگیرتر است که در این بین، چرخندهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از قوت بیشتری برخوردارند. در فصل تابستان به علت استقرار پرفشار آزور، کمترین میزان چرخندزایی وجود دارد و در فصل زمستان و پاییز فراوانی چرخندها بیشتر از دیگر فصول است به طوری‌که، چرخندهای واقع بر روی مدیترانه از گستردگی بیشتری برخوردار می‌شوند و اوج این گستردگی، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال کاملاً مشهود است. به طور کلی، نتایج این پژوهش در سال ۱۳۷۶ نشان داد که بر روی ایران چرخندزایی قوی با گستره‌ی مکانی زیادی یافت نمی‌شود و نقش چرخندهای مهاجری همچون مدیترانه در اقلیم ایران چشمگیرتر است و این‌گونه به نظر می رسد که منطقه مدیترانه از اهمیت ویژه‌ای جهت مطالعات اقلیم شناسانه به عنوان منطقه شکل گیری، تقویت و توسعه چرخندها برخوردار است. به طور کلی با بررسی نقشه‌های ماهانه، فصلی و سالانه چرخندها مشخص شد، مراکز چرخندی که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند از مناطق مختلف جغرافیایی نشأت می‌گیرند و این مراکز، در داخل کشور فعال نیستند.

منابع

۱- احمدی گیوی، فرهنگ ، محب‌الحجه، علیرضا و مریم قرایلو(۱۳۸۲)، مطالعهٔ دینامیک سامانه های چرخندی ایران از دیدگاه تاوایی پتانسیلی: مطالعهٔ موردی، آذر ماه ۱۳۸۲. مجلهٔ فیزیک زمین و فضا، جلد ۳۲ ، شماره۱، صص: ۱۳-۱.

۲- احمدی گیوی، فرهنگ و نجیبی فر، یونس(۱۳۸۳)، مطالعه چرخندزایی در پشت به باد کوه‌های آلپ و اثرآن برآب و هوای خاورمیانه برای دوره یکساله. مجله فیزیک زمین و فضا، جلد۳۰، شماره ۲، صص: ۱۹-۱.

۳- ای مارتین، جاناتان، ترجمه مسعودیان، سید ابوالفضل(۱۳۸۸)، دینامیک جو درعرض‌های میانه، جلد ۱، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

۴- حبیبی، فریده(۱۳۸۵)، آنالیز سینوپتیکی و دینامیکی چرخندزایی روی مدیترانه، مجله نیوار، شماره ۶۴ و۶۵، بهـار و تابستان ۱۳۸۵، صص ۸۹-۶۹.

۵- صداقت، مهدی(۱۳۸۵)، مسیریابی رقومی چرخندهای خاورمیانه در دوره سرد سال، استادراهنما: زهرا حجازی زاده، استاد مشاور: زین العابدین جعفرپور، پایان‌نامه ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران،گروه جغرافیا.

۶- علیجانی، بهلول(۱۳۶۶)، مسیرهای سیکلونی مدیترانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴، انتشارات آستان قـدس رضوی.

۷- علیجانی، بهلول(۱۳۸۱)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ اول، انتشارات سمت، صص: ۴۱-۲۷.

۸- فرج‌زاده، محمود(۱۳۸۶)، تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، انتشارات سمت، صص: ۱۷۲-۱۶۸.

۹- مسعودیان, سید ابوالفضل و کاویانی، محمدرضا(۱۳۸۷)، اقلیم‌شناسی ایران، جلد ۱، چـاپ اول، انتشـارات دانشـگاه اصفهان، صص ۲۹-۲۷.

۱۰- مسعودیان، سید ابوالفضل(۱۳۸۹)، بررسی همدید کنش‌های چرخندی در طی ۱۳۸۲-۱۳۴۰ خورشیدی، زیر چاپ.

11- Alpert ,p, Neeman, S hay-EI Y.(1990), Intermonthly variability of cyclone tracks in the Mediterranean. Journal of climate,3.1474-1478.

12- Blender and M.schubert .(1999), Cyclone Tracking in Different spatial and Temporal Resolutions.American Meteorological Society.

13- Farajzadeh, M; Khorany, A and Lashkary, H,(2008). The Relation Between Jet Stream Location and Cyclones Over the Western Iran, American Journal of Applied Sciences 5 (10): 1308-1312.

14- Karaca , M.& Deniz ,A & Tayanc,M,(2000), Cyclone trackm variability over turkey in association with regional climate. International Journal OF Climatology 20, 1225-1236.

15- Leibensperger, E. M; Mickley, L. J. and Jacob, D. J,(2008), Sensitivity of US air quality to mid-latitude cyclone frequency and implications of 1980–2006 climate change, Atmospheric Chemistry and Physics Discussion(8), 12253-12282.

16- Maheras .p & flocas ,h,a & anagnostopoulou, chr & patrikas(2001). A 40 year objective climatology of surface cyclones in the mediteranean region: spatial ana temporal distribution. International Journal of Climatology. 109-130.

17- Maheras .p.& flocas ,h,a. & anagnostopoulou, chr. & patrikas (2002), On the vertical structure of composite surface cyclones in the Mediterranean region. Theor.Appl.climatol.71,199-217.

18- -Murray, R. J., & Simmonds,I.,(1991), A numerical scheme for tracking cyclone centers from digital data, Part I: Development and operation of the scheme. Aust. Meteor. Mag., 39, 155–166.

19- Osetinsky. I and P. Alpert,(2006), Calendaricities and multimodality in the Eastern Mediterranean cyclonic activity, Natural Hazards and Earth System Sciences. 6-587.

20- Spanos S, Maheras P, Karacostas T, and Pennas, P,(2003),Objective climatology of 500-hPa cyclones in central and east mediterranean region during warm-dry period of the year. Theoretical and Applied. Climatology. 75, 167–178 .

21- Trigo. Isable f & Trevor d. Davies,(1999), Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region. Manuscript received 10 February 1998, in final form 19 June 1998.

22- Wang, x. & Swail,v & Francis W. Zwiers, (2006), Climatology and Changes of Extratropical Cyclone Activity: Comparison of ERA-40 with NCEP–NCAR Reanalysis for 1958–2001. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Environment Canada, Toronto, Ontario, Canada.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]