پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸، تابستان ۱۳۸۸
صص ۸۴-۷۱

# موقعیت و فراوانی فصلی مسیرهای چرخندی در ترسالی‌های غرب میانی ایران

منصور جعفربیگلو* ـ عضو هیئت علمی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
فرامرز خوش‌اخلاق ـ استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
روحا... اوجی ـ کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی
پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۲/۲۶ تأیید نهایی: ۱۳۸۸/۳/۱۰

## چکیده

**مطالعهٔ انجام شده بر روی ۶۶ سامانه چرخندی در دوره‌های ترسالی غرب میانی ایران (۲۰۰۳-۱۹۷۳) نشان داد که مراکز چرخندزایی مدیترانه، سودان و دریای سرخ و نیز بین‌النهرین در ترسالی‌های شدید منطقه، به شدت فعال‌اند و بیشترین نقش را در بارش‌های دوره مرطوب منطقه ایفا می‌کنند. به‌طور کلی، سامانه‌های مذکور با توجه به الگوهای همدیدی حاکم، از سه مسیر عمدهٔ زیر وارد منطقه می‌شوند:**
**الف) از مناطق چرخندزایی غرب و مرکز مدیترانه و نیز شمال قبرس در ترکیه که به سمت شمال شرق حرکت می‌کنند و غالباً با تقویت در شرق دریای خزر به طرف دریاچه آرال ادامه مسیر می‌دهند.**
**ب) از منطقه چرخندزایی قبرس و شمال بین‌النهرین شروع می‌شوند و با جهت شمال‌شرقی ـ جنوب‌غربی به طرف منطقه مورد مطالعه در شرق زاگرس کشیده می‌شوند.**
**ج) از قبرس و نیمهٔ شمالی دریای سرخ و بین‌النهرین به طرف شمال خلیج‌فارس حرکت می‌کنند و با عبور از زاگرس به طرف شمال شرق و گاهی اوقات به جنوب شرق ایران کشیده می‌شوند.**
**تعداد چرخندها و نیز مسیرهای چرخندی فصل پاییز به علت وجود وردش[1] در عقب‌نشینی کمربند پرفشار جنب حاره دارای ورداییِ زیادی است. چرخندهای فصل زمستان دارای عمر طولانی‌تری نسبت به فصول دیگر و نیز فشار مرکزی کمتری در مقایسه با پاییز و فشار بالاتری در مقایسه با فصل بهار هستند. چرخندهای این فصل عمدتاً به‌علت غلبهٔ حالت دینامیکی ـ علاوه بر شرایط پیش‌گفته ـ دارای جابه‌جایی بیشتری نیز هستند. اگرچه پراکندگی تقریباً زیادی در مسیرهای چرخندی بهار مشاهده می‌شود ولی دو مسیر مشخص شده در فصل زمستان با کمی تغییر در این فصل نیز مشاهده می‌شود.**

***کلیدواژه‌ها: ترسالی، موقعیت چرخند، فراوانی فصلی چرخندی، غرب میانی ایران.***

## مقدمه

بادهای غربی نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری گرته‌های[2] وضع هوا دارند و به دلیل موجگانی[3]، تغییرات زیادی در هوای مناطق زیر نفوذ آنها مشاهده می‌شود، که ناشی از رشد و گسترش و درنهایت نابودی آشفتگی‌های جوی است.

---

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۳۸۷۵۵۶۸
* E- mail: mjbeglou@ut.ac.ir

1. Variation
2. Patterns
3. Undulation

تقریباً در همهٔ این آشفتگی‌ها، الگوی گردش هوا تا ترازهای میانی و بالایی وردسپهر[1] گسترش می‌یابد. منشأ این آشفتگی‌ها معمولاً در مناطق جبهه‌ای قرار دارد. آشفتگی‌ها فقط زمانی به وجود می‌آیند که شیب گرمایی ورود سپهر زیرین به اندازه‌ای افزایش یابد که توده‌های هوای سرد و گرم کنار هم قرار بگیرند. مرز بین توده‌های سرد و گرم دارای ویژگی کژفشاری[2] است که در آن تقاطع افقی و قائم در خطوط هم‌دما، هم‌فشار و هم‌حجمِ ویژه سبب می‌شود که در ترازهای زیرین و میانی جوّ، هوای گرم به طرف شمال و شرق و هوای سرد به طرف جنوب و غرب حرکت کند. سامانه‌ای که تحت تأثیر چنین شرایطی به‌وجود می‌آید، آشفتگی جبهه‌ای است. آغاز فعالیت و شکل‌گیری چرخند، به وجود یک ناوه در بادهای غربی تراز بالا نیاز دارد. آشفتگی و چرخند در منطقه‌ای در جنوب و شرق ناوهٔ در حال شکل‌گیری به وجود می‌آید. بنابراین، تشکیل آشفتگی در نتیجهٔ شیب گرمایی شدید در سطح زمین همراه با واگرایی (و افزایش سرعت باد) جریان هوا در تراز بالاست. هیچ تقسیم‌بندی مورد قبولی برای کم‌فشارها براساس شدت باد و بارش آنها وجود ندارد، بلکه کم‌فشارها براساس ویژگی اصلی یا شرایط تشکیل‌شان شناخته می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۱). فراوانی مسیرهای چرخندی در شکل‌گیری شرایط جوّی، نظیر دوره‌های مرطوب و خشک، مؤثر است. از این‌رو وقتی یک فصل یا ماه، مرطوب قلمداد می‌شود که فراوانی مسیرهای چرخندی نسبت به متوسط، یا طول دوره بارش و مقدار بارش سامانه‌های چرخندی افزایش یافته باشد.

مطالعات متعددی در زمینهٔ فراوانی و مسیر چرخندی و به‌ویژه چرخندهای دریای مدیترانه صورت گرفته است، که در ادامه به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود. بیومونت[3] (1974) عامل اصلی تشکیل و هدایت چرخندهای منطقه معتدل را موج‌های تشکیل‌شده در بستر بادهای غربی می‌داند. آلپرت[4] و همکاران (1990) در مطالعه‌ای بر روی مسیرهای چرخندی مدیترانه، مشخص کردند که مدیترانه ـ به‌ویژه در فصل زمستان ـ یکی از مناطق مهم چرخندزایی است. منطقهٔ جزیره قبرس از نظر گرایش چرخندها و گرایش به شکل‌گیری یا توقف طولانی‌مدت در آن، به‌عنوان منطقه چرخندزایی شناخته می‌شود. کوتیل[5] و همکاران (1998) ضمن بررسی همبستگی فشار جوّی با زمان تأثیر در دو نقطه از مدیترانه، به‌منظور تعریف و پایش چرخندها در شرق مدیترانه و رابطهٔ آن با تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب، احتمالات مختلفی را با توجه به ضریب همبستگی بالا در هر فصل به‌دست دادند و دیدگاه‌های مطالعات قبلی را قوت بخشیدند. ماسکالس و جاکوب[6] (2005) در مدل منطقه‌ای مسیریابی چرخندی برای آیندهٔ طوفان‌های مدیترانه که با مطالعه بر روی داده‌های یک دورهٔ ۱۳۹ ساله انجام شد، به این نتیجه رسیدند که تعداد کل چرخندهای مدیترانه‌ای با وجود کاهش در تعداد سامانه‌های قوی، در حال افزایش است. در ایران نیز در این زمینه مطالعات ارزنده‌ای صورت گرفته است. علیجانی (۱۳۶۶) رابطه پراکندگی مکانی مسیرهای چرخندی خاورمیانه را با سامانه‌های هوایی تراز بالا بررسی کرد. نتایج این

1. Troposphere
2. Baroclinicity
3. Beaumont
4. Alpert
5. Kutiel
6. Muskulus & Jacob

مطالعه نشان داد که اثر سامانه‌های تراز بالا در پراکندگی مسیرهای چرخندی خاورمیانه خیلی بیشتر و مهم‌تر از نقش ناهمواری‌ها و همچنین الگوی فشار سطح زمین (دریا) است. در اکثر موارد، مسیرهای چرخندی به طرف شمال محور جت جبهه قطبی قرار دارند و همزمان با جابه‌جایی محور ناوه و جت مذکور به عرض‌های جنوبی‌تر در اواخر فصل سرد، چرخندها نیز وارد نواحی جنوبی خاورمیانه می‌شوند. اکثر چرخندهای ورودی به خاورمیانه، در دریای مدیترانه و غالباً در مرکز و شرق آن تشکیل می‌شوند و با سه مسیر عمده (A، B و C) به طرف خاورمیانه حرکت می‌کنند، که مسیر B آن از شمال غرب ایران در بخش‌های جنوبی دریای خزر و نیز مسیر C از جنوب غرب به طرف مرکز ایران ادامه می‌یابد. ذوالفقاری (۱۳۷۷) داده‌های بارش‌های بهاری غرب ایران را طی یک دوره آماری ۳۰ ساله مورد بررسی قرار داد و با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد[1] آن را به چهار ناحیه بارشی تقسیم کرد. در این تقسیم‌بندی، ناحیه سه و چهار که حدوداً غرب میانی ایران را دربرمی‌گیرد، منطقه‌ای با ارتفاع زیاد و تحت تأثیر مسیرهای چرخندی مدیترانه و دارای بارش زیاد معرفی شده است. در پژوهشی که براتی و حیدری (۱۳۸۲) انجام دادند، در رده‌بندی منابع رطوبتی بارش‌های غرب ایران بر پایه خاستگاه و مسیر سامانه‌های کم‌فشار شامل چرخندها و ناوه‌ها، به ترتیب دریای مدیترانه با ۴۵/۴ درصد بیشترین سهم و سپس دریاهای سرخ و سیاه قرار گرفتند. لشکری (۱۳۸۱) در مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار سودانیِ ورودی به ایران به این نتیجه رسید که این سامانه‌ها از پنج مسیر اصلی وارد ایران می‌شوند و سبب بارندگی می‌گردند. با توجه به الگوهای همدیدی حاکم، این سامانه‌ها در دو حالت بعد از فعال شدن به سمت شمال حرکت می‌کنند و بعد از ورود به شرق مدیترانه با سامانه‌های مدیترانه‌ای در محدوده قبرس و یا بر روی عراق با سامانه‌های ایجاد شده در دریای مدیترانه ادغام می‌گردند و از سمت غرب وارد ایران می‌شوند.

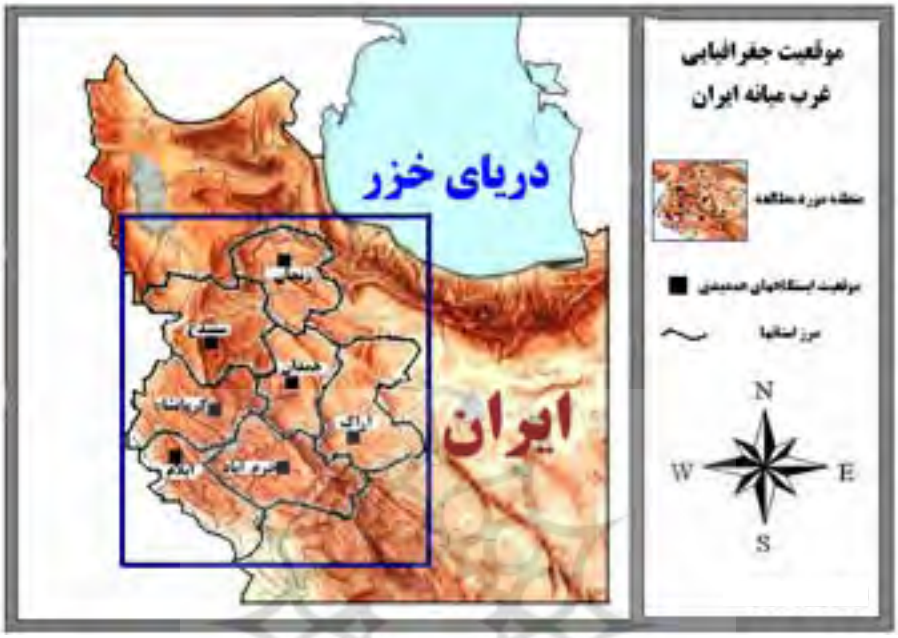
در پژوهش حاضر منظور از مسیرهای چرخندی، گذرگاه‌هایی است که در ترسالی‌های منطقهٔ مورد مطالعه از محل چرخندزایی تا محل واپاشی تقریبی چرخندها وجود داشته و در ریزش‌های جوّی مسیر مؤثر باشد. منظور از چرخند، «مرکز کم‌فشاری است که دست‌کم در یک روز از دوره فعالیت خود سلول همفشار بسته‌ای داشته باشد» (عزیزی، ۱۳۸۳). با بهره‌گیری از روش استقرایی[2] در ابتدا شرایط جوّی متعارف یا بحرانی از لحاظ کمیت‌ها طی ماه‌های اکتبر تا می شناسایی شده و سپس شرایط همدیدی به‌وجود آورندهٔ آن و نیز ویژگی‌های چرخند (فراوانی، مسیر، تداوم و فشار مرکزی) مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت سعی شده است تا الگوهای مناسبی برای ترسالی‌های فصل مرطوب (پاییز، زمستان و بهار) برای غرب میانهٔ ایران ارائه گردد.

## مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه در غرب میانهٔ ایران واقع شده است و ایستگاه‌های همدیدی اراک، ایلام، سنندج، خرم‌آباد، کرمانشاه، زنجان و همدان با فواصل تقریباً یکسان از یکدیگر را دربرمی‌گیرد (شکل ۱). بازه زمانی پژوهش دوره‌ای ۳۰ ساله از سال

1. Ward
2. Inductive

آبی ۷۴-۱۹۷۳ تا ۲۰۰۳-۲۰۰۲ است. داده‌های آماری مذکور پیش از واکاوی، با روش‌های استاندارد سازمان هواشناسی جهانی مثل آزمون روان[1] و آزمون همبستگی مورد ارزیابی قرار گرفته و آمارهای مفقود با استفاده از آزمون تفاضل‌ها و نسبت‌ها تصحیح گردیده است.




**شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران**
**منبع:** اوجی، ۱۳۸۵

در بررسی بارش‌ها و شناسایی سال‌ها و ماه‌های مرطوب و خشک از روش‌های استاندارد آماری از جمله نمرهٔ استاندارد (z) و درصد تفاضلی بارش (خوش‌اخلاق، ۱۳۷۷) استفاده شد. سپس در طول دورهٔ آماری، پنج ترسالی شدید در سال‌های آبی ۷۴-۱۹۷۳، ۷۶-۱۹۷۵، ۸۸-۱۹۸۷، ۹۲-۱۹۹۱ و ۹۵-۱۹۹۴ انتخاب شد. در ادامه در فصل مرطوب، ماه‌های دارای بالاترین نمرهٔ استاندارد (z) بارش با توجه به تداوم نمره بالا (z) در چند ماه متوالی انتخاب گردید و به‌دنبال آن بارش‌های روزانهٔ ایستگاه‌های منتخب در این ماه‌ها استخراج شد. برای بررسی همزمان بارش روزانه در سطح منطقه، از میانگین بارش روزانهٔ ۷ ایستگاه ( $\overline{p}$ ) به‌عنوان شدت و از تعداد ایستگاه‌های (N) دارای بارش به‌عنوان مساحت به شکل شاخص وزنی شدت – مساحت ( $IA = N \times \overline{p}$ ) استفاده شد (اقتباس از خوش‌اخلاق، ۱۳۷۷).

نقشه‌های همدیدی مورد استفاده از تارنمای مربوط به مرکز فرایابی آب‌وهوا[2] استخراج گردید. واکاوی‌های همدیدی روزانه در ماه‌های مرطوبی که بیش از ۴ روز متوالی دارای شاخص شدت ـ مساحت (IA) زیادتری بودند، انجام شد. در تغییرات روز به روز الگوهای سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی، مسیرها و همچنین فراوانی چرخندها مورد بررسی قرار گرفت.

1. Run Test
2. NOAA-CIRES/Climate Diagnostics Center

## یافته‌های تحقیق

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که فراوانی و مسیر چرخندها در ترسالی‌های غرب میانه ایران، طی دورهٔ مورد بررسی به شرح زیر بوده است:

### درصد و فراوانی چرخندهای مؤثر بر بارش دوره‌های مرطوب منطقه

#### کم‌فشارهای مدیترانه

حوزه دریای مدیترانه یکی از مناطق عمدهٔ چرخندزایی در جهان است. چرخندهای شکل‌گرفته که در این دریا با حرکت به سمت شرق، نقش بسیار مهمی در بارش‌های منطقهٔ مورد مطالعه ایفا می‌کنند. در دورهٔ مورد مطالعه، منطقه مدیترانه مجموعاً با تولید ۳۳ چرخند (یعنی ۵۰ درصد کل چرخندهای ایجاد شده در دورهٔ مرطوب) نقش مهمی در بارش‌های منطقهٔ مورد مطالعه داشته است. در این میان نقش بخش شرقی دریای مدیترانه ـ به‌ویژه حوالی جزیره قبرس ـ از نقاط دیگر برجسته‌تر است، زیرا بیشترین چرخندهای ایجاد شده در حوضه مدیترانه را به خود اختصاص داده است. با توجه به جدول ۱ چرخندهای مدیترانه به‌علت غلبهٔ حالت دینامیکی دارای حرکت بیشتری هستند، فشار مرکزی آنها نسبتاً بالاست و طول عمر بیشتری دارند.

#### کم‌فشارهای بین‌النهرین

منطقهٔ پست و کم‌ارتفاعی است که در غرب منطقهٔ مورد مطالعه بین دریای مدیترانه و غرب ایران قرار دارد. بر اثر موج‌های غربی ـ به‌ویژه ناوه‌های ترازهای بالایی ـ و نیز وجود شرایط مساعد (جذب انرژی گرمایی فراوان به‌وسیلهٔ سطوح صاف و هموار)، چرخندهای مدیترانه و سودانی که به‌صورت سلول‌ها و یا زبانه‌های ضعیف کم‌فشار وارد بین‌النهرین می‌شوند، تقویت می‌گردند. چرخندهای شکل گرفته در بین‌النهرین، بعد از چرخندهای مدیترانه، بیشترین نقش را در بارش‌های دورهٔ مرطوب منطقه دارند. تعداد ۱۷ چرخند (حدود ۲۶ درصد) در دورهٔ مرطوب منطقه، در بین‌النهرین شکل گرفته‌اند (شکل ۲). با توجه به جدول ۱ چرخندهای شکل‌گرفته در این ناحیه به‌علت داشتن ویژگی گرمایی، دارای فشار مرکزی پایین و بعضاً دارای عمر کوتاهی هستند.

#### کم‌فشارهای سودانی

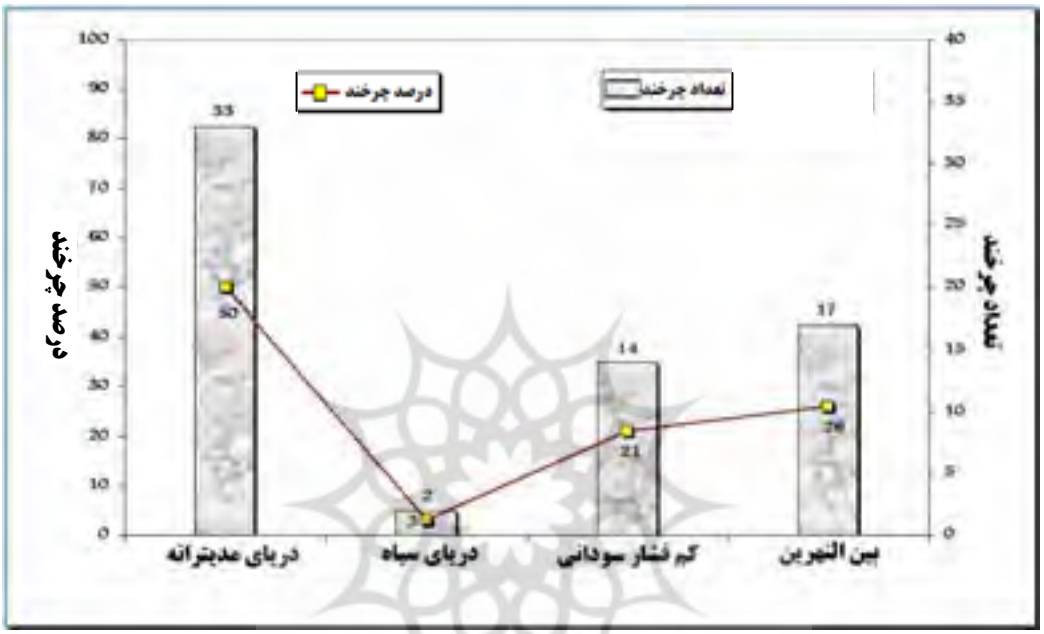
کم‌فشارهای گرمایی سودان با حرکت به عرض‌های بالاتر و ورود به کمربند بادهای غربی، به چرخندهای ترمودینامیکی تبدیل می‌شوند (لشکری، ۱۳۸۱) و با توجه به آرایش الگوهای جوّی به شیوه‌های مختلف ـ ازجمله گسترش زبانهٔ کم‌فشار به مرکز و شرق مدیترانه و بین‌النهرین و یا ایجاد چرخند ـ نقش عمده‌ای در چرخندزایی دورهٔ مرطوب منطقهٔ مورد مطالعه ایفا می‌کنند. با توجه به شکل ۲ تعداد ۱۴ چرخند (حدود ۲۱ درصد) در دورهٔ مورد مطالعه مربوط به کم‌فشارهای سودانی است. این کم‌فشار به‌طور غیرمستقیم نیز با گسترش دادن زبانه‌هایی به سمت بین‌النهرین و مدیترانه شرقی سبب تقویت چرخندهای مناطق مذکور می‌شود و از این‌رو سهم عمده‌ای در بارش‌های منطقهٔ مورد مطالعه دارد. با توجه به جدول ۱ چرخندهای مربوط به این منطقه به‌طور متوسط دارای فشار پایینی هستند و با توجه به گسترش ناوه شرق مدیترانه به عرض‌های پایین و نیز جهت‌گیری محور آن شکل می‌گیرند.

**جدول ۱. مشخصات چرخندهای مورد مطالعه براساس محل ایجاد یا تقویت**

| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل ایجاد (شمال بین‌النهرین) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳/۵ | ۵ | ۱۰۰۸/۳ | ۱۰۰۸/۳ | ۴۱/۷۵ | ۳۴/۸۸ | بین‌النهرین |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (جزیره قبرس) |
| ۴/۶ | ۱۵ | ۱۰۰۸/۱ | ۱۰۱۰/۶ | ۳۳/۸۰ | ۳۵/۲۰ | قبرس |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تقویت (جزیره قبرس) |
| ۵/۳ | ۳ | ۱۰۰۱/۷ | ۱۰۰۶/۷ | ۱۶/۳۳ | ۲۹/۰۰ | شمال آفریقا |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (جزیره کرت) |
| ۵/۰ | ۳ | ۱۰۰۲/۳ | ۱۰۰۷/۰ | ۲۶/۰۰ | ۳۵/۰۰ | جزیره کرت |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تقویت (جزیره کرت) |
| ۷/۰ | ۱ | ۹۹۸/۰ | ۱۰۰۹/۰ | ۱۵/۰۰ | ۳۷/۵۰ | ایتالیا |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (مرکز مدیترانه) |
| ۶/۰ | ۴ | ۱۰۰۳/۰ | ۱۰۱۰/۰ | ۱۷/۲۵ | ۳۵/۴۵ | مرکز مدیترانه |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تقویت (مرکز مدیترانه) |
| ۸/۰ | ۱ | ۹۹۳/۰ | ۱۰۰۷/۰ | ۱۰/۰۰ | ۲۸/۰۰ | شمال آفریقا |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (غرب مدیترانه) |
| ۶/۰ | ۱ | ۱۰۰۴/۰ | ۱۰۰۴/۰ | ۴۵/۰۰ | ۰/۰۰ | اطلس |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (شمال آفریقا) |
| ۶/۷ | ۳ | ۹۹۶/۷ | ۱۰۰۷/۷ | ۱۳/۳۳ | ۲۷/۳۳ | شمال آفریقا |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (جنوب مدیترانه) |
| ۴/۰ | ۲ | ۱۰۰۹/۵ | ۱۰۱۴/۰ | ۳۱/۵۰ | ۳۲/۰۰ | شرق دریای سرخ |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (دریای سرخ) |
| ۳/۸ | ۴ | ۱۰۰۳/۰ | ۱۰۰۵/۵ | ۳۸/۲۵ | ۱۹/۳۷ | مرکز دریای سرخ |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (خلیج فارس) |
| ۳/۴ | ۵ | ۱۰۰۶/۸ | ۱۰۰۷/۶ | ۴۹/۴۰ | ۲۳/۳۵ | جنوب شرق خلیج فارس |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (بین‌النهرین) |
| ۴/۰ | ۴ | ۱۰۱۰/۵ | ۱۰۱۰/۵ | ۴۱/۵۰ | ۳۳/۲۵ | بین‌النهرین |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (بین‌النهرین) |
| ۴/۲ | ۱۲ | ۱۰۰۵/۱ | ۱۰۰۷/۳ | ۴۴/۵۳ | ۲۹/۳۶ | بین‌النهرین |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تقویت (بین‌النهرین) |
| ۵/۰ | ۱ | ۱۰۰۳/۰ | ۱۰۰۵/۰ | ۴۰/۰۰ | ۱۷/۰۰ | مرکز دریای سرخ |
| عمر- روز | تعداد | حداقل فشار | فشار مرکزی | طول ج | عرض ج | محل تولید (دریای سیاه) |
| ۳/۵ | ۲ | ۱۰۰۳/۵ | ۱۰۱۰/۵ | ۳۴/۵۰ | ۴۲/۵۰ | دریای سیاه |

### کم‌فشارهای دریای سیاه

دریای سیاه به‌دلیل واقع شدن در عرض بالاتر جغرافیایی نسبت به دریای مدیترانه سردتر است و از این‌رو چندان شرایط مساعدی برای چرخندزایی ندارد. به‌دلیل دورتر بودن این دریا از منطقه مورد مطالعه، چرخندهای احتمالیِ شکل‌گرفته و یا تقویت شده در این دریا نقش چندانی در بارش‌های منطقه ندارد. همچنان که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، فقط دو چرخند (حدود ۳ درصد) در ترسالی منطقه به این دریا اختصاص دارد.




**شکل ۲. درصد و فراوانی تعداد چرخندهای مؤثر بر بارش‌های غرب میانی ایران**

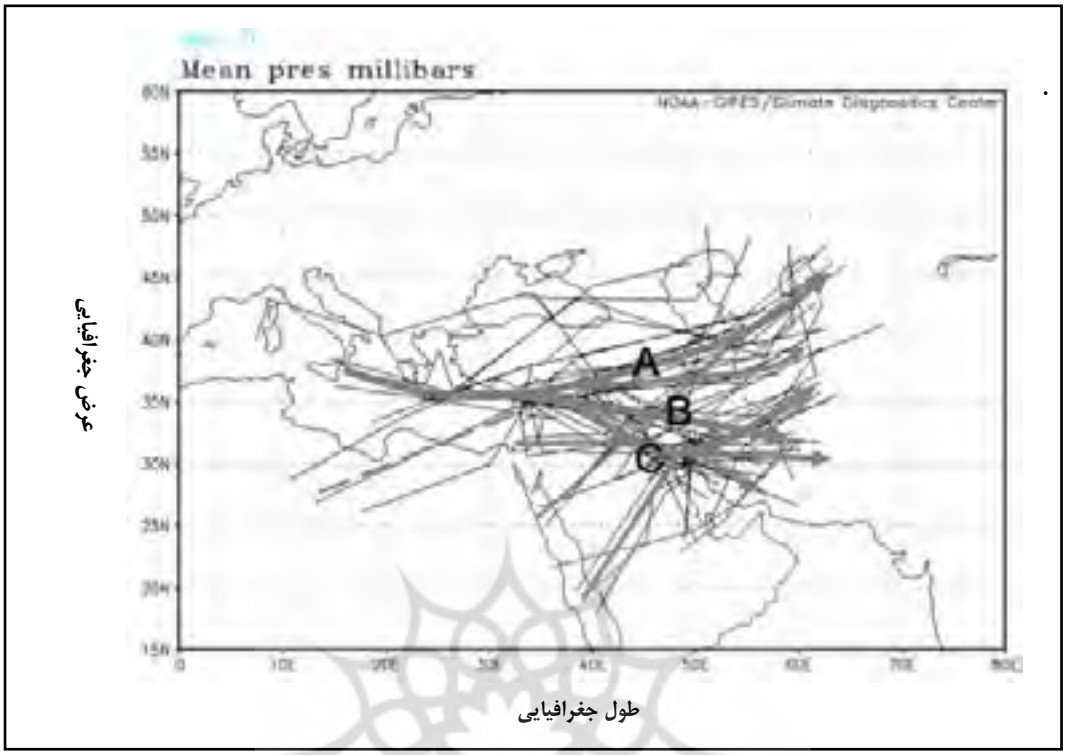
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

### مسیرهای فصلی چرخندی

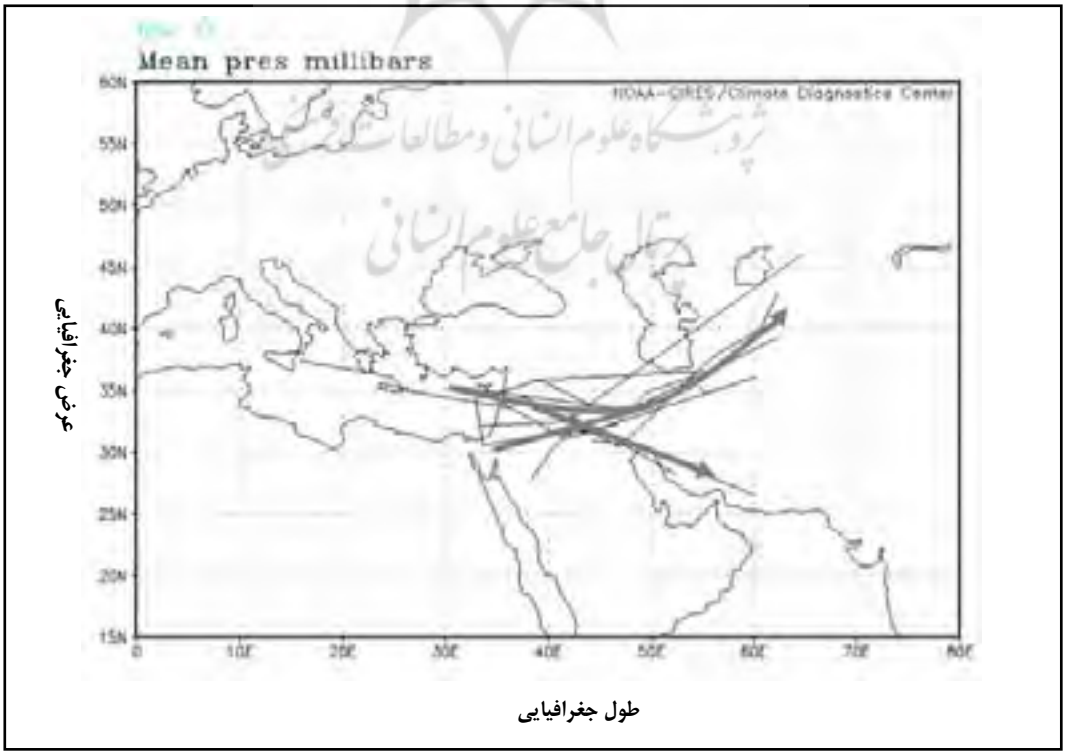
چرخندهای مؤثر در ترسالی غرب میان ایران در سه منطقه عمده چرخندزایی، یعنی شرق دریای مدیترانه (به‌ویژه قبرس)، بین‌النهرین و سودان و دریای سرخ تولید شده‌اند و به‌طور کلی از سه مسیر عمدهٔ A، B و C وارد منطقه پژوهش می‌شوند (شکل ۳). مسیر حرکت فصلی آنها را می‌توان به روشنی تعیین کرد:

### پاییز

همچنان که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، چرخندهای ایجاد شده در ماه‌های اکتبر و نوامبر به‌عنوان چرخندهای فصل پاییز در جهت غربی ـ شرقی از شرق مدیترانه و بین‌النهرین تا غرب ایران حرکت می‌کنند و در غرب ایران دو مسیر تقریباً مشخص یکی در جهت شمال‌شرق تا جنوب دریاچه آرال و دیگری در مسیر جنوب شرقی تا جنوب و جنوب‌شرق ایران تداوم می‌یابند. البته باید توجه داشت بارش فصل پاییز به خاطر وجود نوسان‌های زیاد در عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره و متغیر بودن تعداد چرخندها و در نتیجه جابه‌جایی زیاد مسیرهای چرخندی، وردش بالایی دارد.



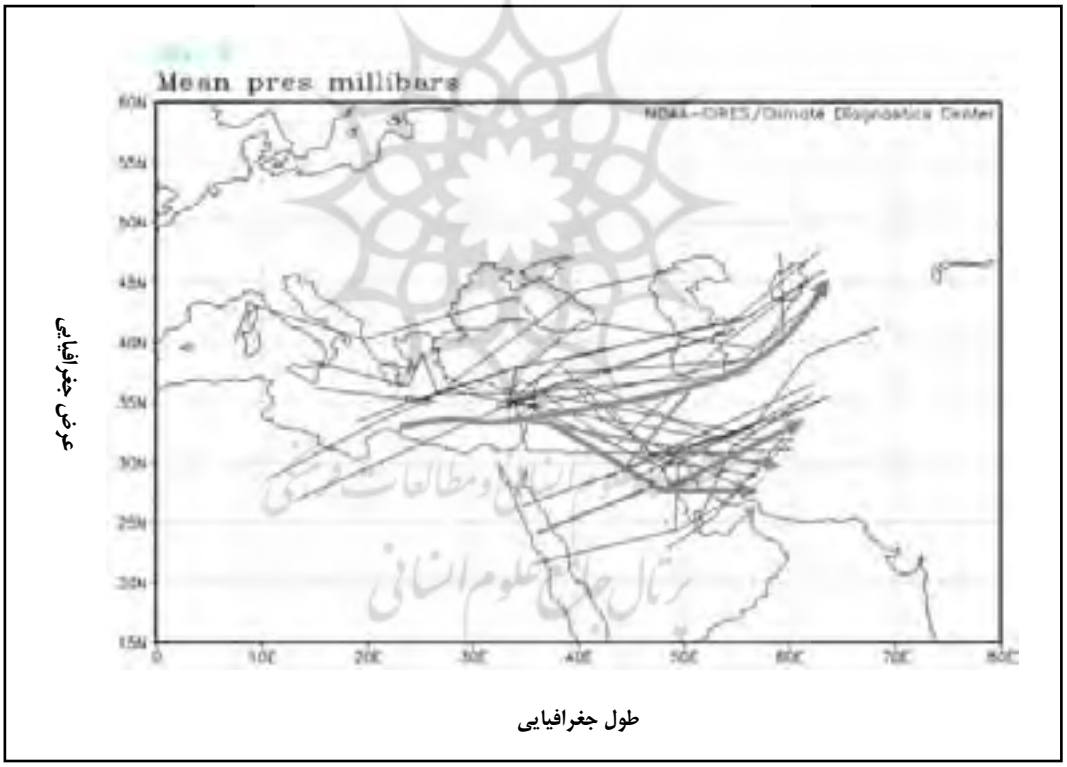

**شکل ۳. مجموع و میانگین مسیرهای سالانه چرخندی در ترسالی‌های منطقه پژوهش**




**شکل ۴. مجموع و میانگین مسیرهای چرخندی در ترسالی‌های پاییزه منطقه پژوهش**

### زمستان

همچنان که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، مسیرهای چرخندی فصل زمستان همان چرخندهای ایجاد شده در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس هستند که عموماً از مناطق چرخندزایی قبرس و بین‌النهرین آغاز می‌شوند. این مسیر همواره ترکیبی از چرخندهای مدیترانه‌ای و سودانی را در خود دارد، که به‌صورت زبانه‌های کم‌فشار و چرخندهایی به مرکز و شرق مدیترانه، دریای سرخ و بین‌النهرین انتقال یافته است و نقش بسیار مهمی در بارش‌های منطقه دارد. برای این فصل دو مسیر قابل تشخیص است؛ الف) مسیری که از قبرس آغاز می‌گردد و با جهت شمال شرقی از روی دریای خزر تا دریاچه آرال کشیده می‌شود و ب) مسیری که از قبرس آغاز می‌گردد و در پیوند با چرخندهای بین‌النهرین به سمت شرق و شمال شرق در مرکز ایران حرکت می‌کند. چرخندهای فصل زمستان دارای عمر طولانی‌تری در مقایسه با فصول دیگر و نیز فشار مرکزی کمتری در مقایسه با چرخندهای پاییز و فشار بالاتری در مقایسه با فصل چرخندهای بهاری هستند.

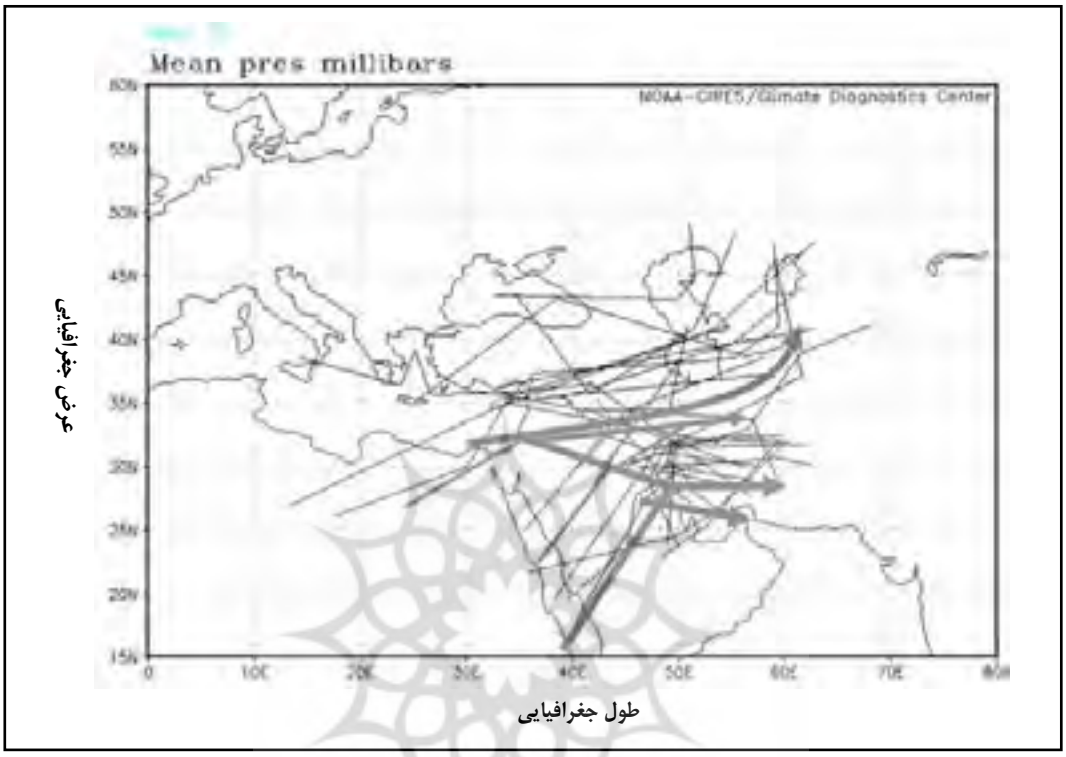



**شکل ۵. مجموع و میانگین مسیرهای چرخندی در ترسالی‌های زمستانه منطقه پژوهش**

### بهار

در شکل ۶ چرخندهای مربوط به ماه‌های مارس، آوریل و می به‌عنوان مسیرهای چرخندی فصل بهار معرفی شده است. با توجه به آغاز عقب‌نشینی تدریجی بادهای غربی، چرخندهای اوایل بهار که عمدتاً چرخندهای مسیر شمالی را دربرمی‌گیرند، تقریباً مشابه فصل زمستان ولی با فراوانی و تمرکز بیشتری در همان مسیر قابل مشاهده‌اند. چرخندهای

مسیر جنوبی که اغلب در اواخر این فصل و عمدتاً از بین‌النهرین آغاز می‌شوند، حالت گرمایی دارند و با پراکندگی بیشتر و اندکی جابه‌جایی به طرف عرض‌های پایین‌تر، ابتدا در جهت جنوب‌غربی به شمال‌شرقی و سپس غربی ـ شرقی حرکت می‌کنند.




**شکل ۶. مجموع و میانگین مسیرهای چرخندی در ترسالی‌های بهاره منطقه پژوهش**

## نتیجه‌گیری

۱. چرخندهای ایجاد شده در مناطق چرخندزایی مدیترانه (بخش مرکزی و به‌ویژه شرق آن)، بین‌النهرین، سودان و دریای سرخ در وقوع ترسالی‌های منطقه بسیار مؤثرند.

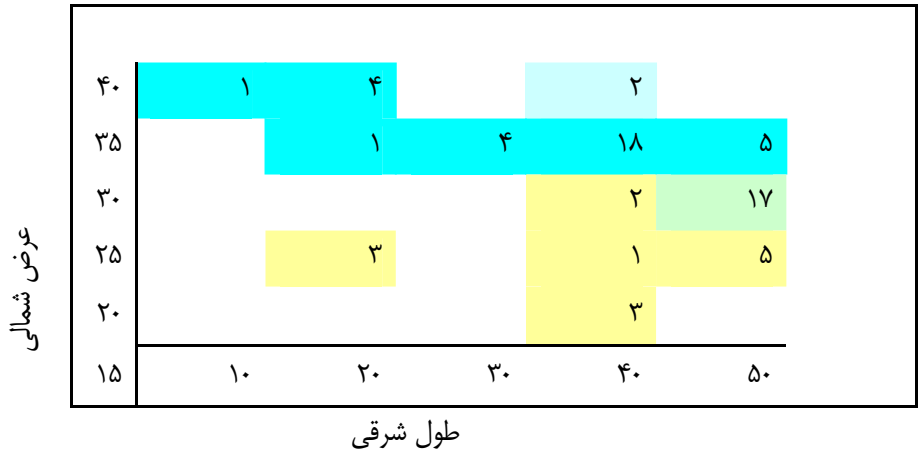
۲. مناطق چرخندزایی دریای مدیترانه (به‌ویژه شرق مدیترانه در اطراف جزیرهٔ قبرس و کرت) مجموعاً با تولید ۵۰ درصد از چرخندها، بیشترین نقش را در وقوع دوره‌های ترسالی منطقه مورد مطالعه دارا هستند.

۳. منطقهٔ بین‌النهرین با تقویت چرخندهای مدیترانه و سودانی ـ دریای سرخ که به‌صورت سلول‌ها و یا زبانه‌های ضعیف کم‌فشار وارد آن می‌شوند، مجموعاً در تولید یا تقویت ۲۶ درصد از چرخندهای دوره ترسالی منطقهٔ مورد مطالعه مؤثر است.

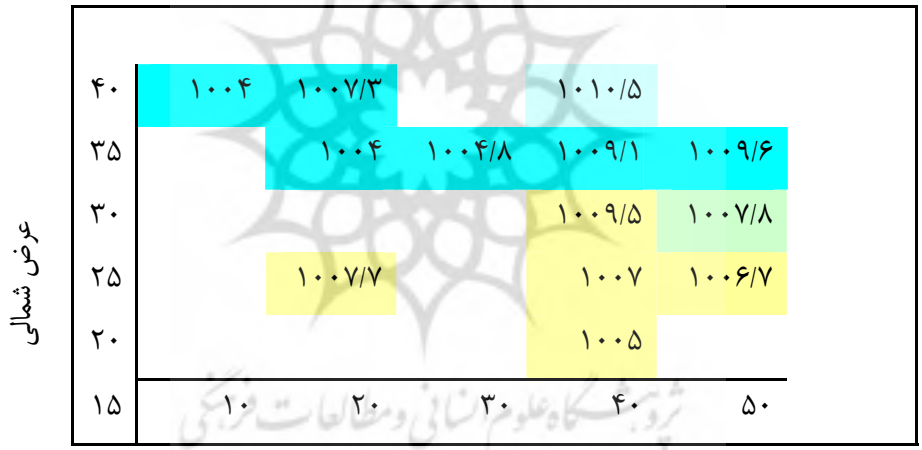
۴. کم‌فشارهای سودانی و دریای سرخ با گسترش زبانه‌های کم‌فشار به طرف بین‌النهرین و نیز بخش‌های مختلف مدیترانه، زمینهٔ شکل‌گیری چرخندهای متعددی را فراهم می‌آورند، به‌طوری که منشأ ۲۱ درصد از چرخندهای مؤثر در بارش‌های دورهٔ ترسالیِ منطقهٔ مورد مطالعه از این کم‌فشار و زبانهٔ گسترش یافته آن ناشی می‌شود.

۵. دریای سیاه در ایجاد چرخندهای دورهٔ ترسالی منطقه پژوهش، نقش چندانی ندارد (۳ درصد).

۶. به‌طور خلاصه، فراوانی و میانگین فشار درونی چرخندها با توجه به موقعیت جغرافیایی آنها در دوره پـژوهش، در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است.




**شکل ۷. فراوانی و موقعیت جغرافیایی چرخندهای ایجاد شده در دوره پژوهش**




**شکل ۸. میانگین فشار مرکزی چرخندهای ایجادشده در دورهٔ پژوهش**

۷. با مقایسهٔ چرخندهای ایجاد شده در مناطق پیش‌گفته، مشخص می‌شود که چرخندهای دریای مدیترانه بـه‌طـور متوسط دارای فشار مرکزی بالاتر و عمر بیشتر و حرکت سریع‌تری در مقایسه با چرخندهای مناطق دیگر هستند که علت آن را می‌توان سرشت ترمودینامیکی این چرخندها دانست.

۸. طی بررسی چرخندهای مؤثر در بارش‌های دورهٔ مرطوب منطقه، در موارد متعددی مشاهده شد کـه چرخنـدهای مذکور در مناطق خاص به شدت تقویت می‌شوند که می‌توان آنها را چنین برشمرد:

الف) بین‌النهرین: به خاطر وجود شرایط مساعد همچون جذب انرژی گرمایی فراوان بـه‌وسـیله سـطوح صـاف و پست و نیز سهولت نفوذ فرارفت‌های گرم و مرطوب از جنوب (دریای سرخ و کم‌فشار سودانی).

ب) شرق ایران (دامنه شرق زاگرس): به دلیل تأثیر ناهمواری‌هـا و شـکل نـاوه و کـم‌فـشار ثانویـه در بادسـوی کوه‌های زاگرس (شمال هرمزگان و درون استان کرمان).

ج) بخش شرقی و جنوب شرقی دریای خزر: به علت عبور چرخندها به شمال‌شرق از فراز کوه‌های البرز، در شرق دریای خزر زبانه کم‌فشار و چرخند شبه ایستا[1] تشکیل می‌شود.

۹. از بررسی روز به روز نقشه‌های همدیدی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی مشخص شد که ویژگی‌های ناوه شرق مدیترانه ازجمله شیب فشار، جهت‌گیری محور ناوه و نیز محل آن در عمل بر سازوکار چرخندزایی، گسترش زبانه کم‌فشار و در نهایت بارش‌های منطقه مورد مطالعه مؤثر است، به گونه‌ای که شیب زیاد فشار، جهت شمالی جنوبی یا شمال شرقی ـ جنوب غربی محور ناوه، مقدار پیشروی به عرض‌های پایین و نیز موقعیت ناوه در بین جزیرهٔ کرت تا شرق جزیرهٔ قبرس رابطهٔ مستقیمی با افزایش بارش‌های دورهٔ مرطوب منطقه دارد.

۱۰. چون بیشتر چرخندهای ورودی به منطقه مورد مطالعه، از دریای مدیترانه‌اند و در هنگام ورود به منطقه ضعیف هستند، بنابراین جریان‌های جنوبی و جنوب‌غربی گرم و مرطوب از سودان و دریای سرخ به درون این سامانه‌ها، نقش بسیار مهمی در تقویت مجدد آنها دارد، به گونه‌ای که سامانه‌های ترکیبی مدیترانه‌ای ـ سودانی (دریای سرخ) با بارش‌های شدید در ترسالی‌های منطقه فراوانیِ بیشتری دارند. شایان ذکر است که تقریباً در تمامی دوره‌های مرطوب منطقه مورد مطالعه، کم‌فشار سودانی فعال بوده و زبانهٔ آن با جهت شمال شرقی تا بین‌النهرین و بعضاً تا مرکز و شمال شرق ایران کشیده شده است که این امر باعث تقویت چرخندزایی در مناطق مذکور می‌شود. در حالت دیگر، کم‌فشارهای گرمایی که بعضاً شمال‌سو به طرف شرق مدیترانه و بین‌النهرین حرکت می‌کنند، با قرارگیری در مسیر جریان‌های غربی به شرق و خاورمیانه جابه‌جا شده است که تحت این شرایط شدیدترین بارش‌های دورهٔ مرطوب منطقه رخ می‌دهد.

۱۱. مناسب‌ترین شرایط همدیدی در نقشهٔ سطح متوسط دریا برای رخداد ترسالی در غرب میانه ایران عبارت است از:

الف) زبانه کم‌فشار سودانی با جهت شمال شرقی به طرف بین‌النهرین و بعضاً تا شمال‌شرق ایران گسترش یابد و زبانه‌ای دیگر از آن، ابتدا با جهت شمال شرقی تا نیمهٔ شمالی دریای سرخ و در ادامه با جهت شمال غربی تا شرق مدیترانه کشیده شود.

ب) شکل‌گیری پرفشارهای بندالی[2] با محل ترجیحی بین شمال غرب اروپا تا شمال سیبری در عرض‌های جغرافیایی میانی و بالاتر (به‌طور متوسط بر روی کوه‌های اورال).

ج) چرخندی در غرب منطقهٔ مورد مطالعه و چرخند دیگری بر روی قبرس در حال شکل‌گیری یا حرکت شرق‌سو باشد.

د) وجود چرخند در زیر شارش‌های واشار[3] ترازهای میانی و بالایی وردسپهر از جهت جنوب غربی به طرف منطقه پژوهش.

۱۲. با توجه به شکل ۳ سه مسیر عمده چرخندی را در دورهٔ ترسالی منطقه می‌توان تفکیک کرد:

1. Quasi-Stationary
2. Blocking
3. Defluent Flows

الف) مسیری که از مناطق چرخندزایی غرب و مرکز مدیترانه و نیز شمال قبرس در ترکیه شروع شده است و سپس در شرق مدیترانه با دو شاخه جنوبی و شمالی به طرف شمال شرق کشیده می‌شود و شاخهٔ شمالی آن با تقویت در شرق دریای خزر به سمت دریاچه آرال ادامه می‌یابد.

ب) مسیری که از منطقه چرخندزایی قبرس و مرکز بین‌النهرین آغاز می‌گردد و با جهت شمال‌غربی ـ جنوب‌شرقی به طرف منطقه مورد مطالعه در شرق زاگرس کشیده می‌شود.

ج) مسیری که از قبرس و نیمهٔ شمالی دریای سرخ و بین‌النهرین آغاز می‌گردد و به‌طرف شمال خلیج‌فارس ادامه می‌یابد و با عبور از زاگرس به طرف شمال شرق و گاهی اوقات به جنوب شرق ایران کشیده می‌شود.

۱۳. تعداد چرخندها و نیز مسیرهای چرخندی فصل پاییز، به دلیل وجود نوسان در عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره دارای وردش زیادی است. چرخندهای فصل زمستان عمدتاً به علت غلبهٔ حالت دینامیکی در اثر وجود شیب گرمایی ـ فشاری زیاد، دارای عمر طولانی‌تر و حرکت بیشتری در مقایسه با فصول دیگر و نیز فشار مرکزی کمتری در مقایسه با پاییز و فشار بالاتری در مقایسه با فصل بهار هستند. اگر چه پراکندگی تقریباً زیادی در مسیرهای چرخندی بهار مشاهده می‌شود اما با اندکی تغییر، دو مسیر مشخص‌شده، در فصل زمستان در این فصل (بهار) نیز قابل مشاهده است.

## منابع


Alijani, B., 1987, **Relationship between Spatial Distribution of Cyclonic Tracks of Middle East with upper Atmospheric Weather Systems**, Geographical Research Quarterly. No. 4., PP. 125-143.

Alijani, B., 2002, **Synoptic Climatology**, SAMT Publications, Tehran, P 257.

Alijani, B., 2002, **The Changes of 500 Hpa Flows in Mediterranean and Middle East Regions and its Effects on Iran Climate in Period of 1961-1990**, Nivar Mag., No. 44-45, IRIMO Publications, PP 1-30.

Alpert, P., Neeman, B. U. and Shay-el, Y., **Climatological Analysis of Mediterranean Cyclons Using ECMWF Data,** Tellus, 1990,Vol. 42(A)., PP. 65- 77.

Baraati, Gh., Headari, I., 2003, **The Ordering of Rainfall Moisture Resources in West of Iran (1984-85),** The 3rd Zonal Conference on Climate Change, Isfahan university.

Beaumont, p., and et al., 1974, **The Middle East; A Geographical Study,** John Wiley & Sons, New york.

Khoshakhlagh, F., 1999, **The Investigation on Widespread Droughts of Iran Using Synoptic Analysis,** PhD. Thesis on Climatology, Tabriz University. P. 246.

Kutile, H., Maheras, P., and Guika, S., 1998, **Singularity of Atmospheric Pressure in the Eastern Mediterranean and its Relevance to Interannual Variations of Dry and Wet Spells,** Int. J. Climatol, NO. 18, PP. 317-327.

Lashkari, H., 2002, **The Track Detection of Sudan Lows Imported to Iran,** Quarterly Modaress, Vol. 6, NO. 2, P 40.

Maheras and Guika, S., 1998, **Singularity of Atmospheric Pressure in the Eastern**

**Mediterranean and its Relevance to Interannual Variations of Dry and Wet Spells,** Int. J. Climatol, 18: 317–327.

Muskulus, M. and Jacob, D., 2005, **Tracking Cyclones in Regional Model Data: the Future of Mediterranean Storms,** Advances in Geosciences, 2: 13–19.

NOAA-CIRES/Climate Diagnostics Center, **Sea Level Pressure/ 700 Hpa Maps**.

Ouji, R., 2006, **A Synoptic Study on Atmosphereic Patterns, Cyclonic Frequency and Tracks in Humid Years of Iran Midwest,** M. A. thesis, University of Tehran.

Zolfaghari, H., 1998, **An Analysis on Spring Precipitation of West of Iran,** Nivar Quarterly, NO. 40, IRIMO publishing.

WWW.GSI.IR – Website of Geological Organization of Iran.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی