

## اثر سامانه‌های مدیترانه‌ای بر خشک‌سالی غرب ایران

علیرضا محمدنژاد<sup>۱\*</sup>، فرهنگ احمدی گیوی<sup>۲</sup> و پرویز ایران‌نژاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم دانشگاه بیرجند، ایران

<sup>۲</sup>دانشیار، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

<sup>۳</sup>دانشیار، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۹۱/۲/۹، پذیرش نهایی: ۹۲/۲/۲۴)

### چکیده

در این پژوهش تاثیر دریای مدیترانه و برخی عوامل جوئی بزرگ‌مقیاس منطقه‌ای در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ بر خشک‌سالی غرب ایران بررسی شده است. در سال‌های خشک غرب ایران، افزایش در میانگین سالانه فشار و کاهش در فراوانی چرخندهای اکثر مراکز چرخندزا مشاهده می‌شود. به علاوه، بی‌هنجاری‌های فشار ماهانه نیز در شروع سال‌های خشک وجود دارد ولی به تدریج با دور شدن از ژانویه کاهش می‌یابد. الگوهای بی‌هنجاری فشار نشان‌دهنده تضعیف پرفشار سبیری و تقویت پرفشار آزرز در زمستان‌های خشک هستند. کاهش فشار یا بی‌هنجاری منفی میانگین فشار سطح دریا روی مدیترانه، موجب تقویت چرخندزایی و افزایش فراوانی چرخندهای مدیترانه می‌شود که حاصل آن ایجاد زمستان‌های مرطوب در غرب ایران است. در زمستان‌های خشک، بی‌هنجاری جهت بردار باد در غرب ایران، به سمت مدیترانه و به معنی کاهش تندی باد از مدیترانه به سمت این ناحیه از ایران است. به علاوه مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد در شمال غرب کشور و سطح مدیترانه دارای بی‌هنجاری منفی هستند. این بی‌هنجاری، موجب بی‌هنجاری منفی رطوبت نسبی روی مدیترانه و در نتیجه کاهش شار رطوبت از مدیترانه به غرب کشور می‌شود. از طرفی دیگر، شار رطوبت از دریای سرخ به جنوب و جنوب‌شرق کشور کاهش محسوسی ندارد. توزیع جغرافیایی بی‌هنجاری سرعت قائم در زمستان‌های خشک غرب ایران، در سرتاسر مدیترانه و غرب ایران منفی است که معنی آن نزول هوا در این زمستان‌های خشک است.

واژه‌های کلیدی: ایران، خشک‌سالی، پرفشار آزرز، چرخندزایی مدیترانه، پرفشار سبیری

## Effect of Mediterranean systems on drought in west of Iran

Mohammadnejad, A. R.<sup>1</sup>, Ahmadi-Givi, F.<sup>2</sup> and Irannejad, P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Physics Department, University of Birjand, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 28 Apr 2012, Accepted: 14 May 2013)

### Summary

The areas of the world that have Mediterranean style climate are found at about 35 degrees north and south of the equator, on the western sides of continents. The distinctive feature of this climate is the small amount of rain in the summer. Overall, the climate has a moderate amount of rainfall and warm winters and hot summers and. The climate of the Mediterranean region is conditioned by its position in the transition area between the subtropical high pressure belt and the midlatitude westerlies. In addition, the cyclones have been recognized since long as, a major meteorological feature influencing weather and climate in the Mediterranean region, often producing severe weather events.

E-mail: mhamadnejad@yahoo.com

\*نگارنده رابط تلفن: ۰۹۱۵۵۶۲۵۰۲۹ دورنگار: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۷۹

Mediterranean cyclones have also an influence on areas outside the Mediterranean region. Cyclones generated in the Mediterranean influence the weather and climate further east in Asian area of the region to the east, including Syria, Iraq, Iran and Afghanistan. Important cyclogenesis centers of the Mediterranean consist of East and West Mediterranean, Gulf of Geneva (in North Italy), South Italy and Cyprus.

In this research, effects of the Mediterranean conditions and some other large scale atmospheric factors on precipitation of Iran during 1960 to 2005 are studied. For this purpose, effect of mean sea level pressure of Mediterranean cyclogenesis centers and the positions of subtropical high pressure belt (STPB) and the Siberian high pressure on both Mediterranean cyclogenesis and precipitation in Iran are investigated. To dynamically and synoptically study the effects of these factors on precipitation in the west of Iran, sea level pressure, cyclones frequency in the cyclogenesis centers, horizontal and vertical wind, temperature and moisture fields, and temperature and moisture fluxes are analyzed.

Results show that precipitation in the west of Iran depends on the mean annual surface pressure, the annual number of cyclones generated in Mediterranean centers and the position of the subtropical high pressure. In dry years, positive mean sea level pressure anomaly and negative cyclone frequency anomaly are observed in all cyclogenesis centers of Mediterranean Sea. Positive anomaly of monthly sea level pressure in cyclogenesis centers over the Mediterranean is greatest in January and gradually decreases in later months. In winter during which the west of Iran is dry, the Siberian and Azores high pressures join, and hence the cyclogenesis centers of the Mediterranean are dominated by a high pressure system. In such conditions, the Siberian high pressure is weaker and the Azores high pressure is stronger than in normal winters. In dry winters, a negative anomaly of relative and specific humidity over the Mediterranean Sea and a negative anomaly in the meridional and zonal wind in the Mediterranean Sea and over the northwest of Iran develop. This leads to a decrease flux of moisture to the west and northwest of Iran. This is consistent with what expected from dominance of Azores high pressure over the Mediterranean region in dry winters. In this situation, moisture flux from Red Sea to the south and southeast of Iran remains unaffected.

**Keywords:** Iran, drought, Azores high pressure, Mediterranean Cyclogenesis centers, Siberian high pressure

## ۱ مقدمه

فشار هوا در سطح دریای مدیترانه و جهت باد، باعث تغییر فراوانی چرخندهای آن نیز می‌شود (گوجارو و همکاران، ۲۰۰۶). با اینکه کمربند پُرفشار جنب‌حاره آزرورز بر چرخندزایی مدیترانه و بارش ایران موثر است ولی سامانه پُرفشار سیبری و زبانه‌های آن بر فراوانی چرخندهای مدیترانه تاثیر معنی‌داری ندارد (محمدنژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

ارتباط میانگین ماهانه فشار سطح دریای مرکز پُرفشار سیبری و بارش ایستگاه‌های قبرس نیز معنی‌دار و در ماه‌های گوناگون، متفاوت است (لینگیس و میکائیلیدز،

کمربند پُرفشار جنب‌حاره‌ای به نواری از مناطق جنب‌حاره اطلاق می‌شود که هوای صعودی مربوط به سلول هادلی در استوا، در این مناطق نزول می‌کند و موجب تشکیل پُرفشار می‌شود (جیمز، ۱۹۹۴). به علت تغییرات مکانی سالانه سلول هادلی، این کمربند پُرفشار در ماه‌های گرم نیمکره شمالی روی دریای مدیترانه و بخش شمالی آن قرار می‌گیرد. قرار گرفتن کمربند پُرفشار جنب‌حاره آزرورز بر سطح مدیترانه در این شرایط، موجب کم شدن چرخندزایی آن می‌شود (ریسیج و همکاران، ۲۰۰۳). تغییر مکان کمربند پُرفشار جنب‌حاره علاوه بر تغییر

خشک‌سالی در غرب ایران پرداخته می‌شود. کمیت‌های بزرگ‌مقیاس مورد بررسی در سال‌های خشک غرب کشور، بی‌هنجاری‌های سالانه فشار سطح دریا و فراوانی چرخندها، باد و شار رطوبت و تاوایی در سطح مدیترانه هستند. در این مقاله داده‌های بارش سالانه ایران از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی ایران، داده‌های فراوانی چرخندهای دریای مدیترانه از پایگاه اینترنتی مرکز اطلاعات آزمایش مدیترانه (<http://www.MEDEX.ihm.uib.es>) و داده‌های مورد نیاز میانگین ماهانه، سالانه و فصلی فشار سطح دریا از پایگاه اینترنتی ([cdc.noaa.gov/cdc-bin](http://cdc.noaa.gov/cdc-bin)) گرفته شده است.

## ۲ روش کار و تحلیل نتایج

### ۲-۱ اثر فشار سطح دریا بر خشک‌سالی‌های غرب ایران

در این بخش، ابتدا بی‌هنجاری میانگین سالانه‌ی فشار سطح دریا در سال‌های خشک غرب ایران نسبت به میانگین بلندمدت، برای مراکز چرخندزای مدیترانه بررسی می‌شود. بدین منظور بی‌هنجاری میانگین سالانه فشار سطح دریای مربوط به مراکز چرخندزای دریای سرخ، شرق مدیترانه و قبرس در شکل ۱-الف و مربوط به مراکز خلیج جنوا، جنوب ایتالیا و غرب مدیترانه در شکل ۱-ب، نشان داده شده است. با توجه به این دو شکل، بی‌هنجاری میانگین سالانه فشار اکثر مراکز چرخندزای مدیترانه در سال‌های خشک غرب ایران مثبت و بیانگر افزونی میانگین سالانه فشار این مراکز نسبت به میانگین بلندمدت است. در واقع می‌توان گفت که بی‌هنجاری مثبت میانگین سالانه فشار سطح دریای مراکز چرخندزا، یکی از عواملی است که موجب خشک‌سالی در غرب ایران می‌شود.

الگوهای بی‌هنجاری میانگین ماهانه فشار در سال‌های خشک غرب ایران برای ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و

(۲۰۰۹). همچنین زوپلاکی و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده‌اند که حدود ۳۰٪ از تغییرات بارش سالانه در منطقه مدیترانه مربوط به تغییرات الگوی ارتفاع ژئوپتانسیلی سطوح فوقانی و فشار سطح دریا است.

در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار فراوانی چرخندهای مدیترانه‌ای زیاد است ولی در تابستان به شدت کاهش می‌یابد. در فصل تابستان، قسمت عمده چرخندهای مدیترانه، از نوع حرارتی است. به‌علاوه، فراوانی سالانه چرخندهای مرکز قبرس و شمال دریای سرخ از فراوانی مراکز دیگر مثل خلیج جنوا و شرق مدیترانه کمتر است (گوجارو و همکاران، ۲۰۰۶).

خصوصیات چرخندهای مدیترانه، از جمله شدت و مدت فعالیت و تداوم آنها در مراکز گوناگون و در طول سال، متفاوت است (تریگو و همکاران، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰). فعالیت مرکز چرخندزای قبرس، بیشتر در اواخر زمستان و بهار است. به‌طور کلی واداشت‌های چرخندزایی در مراکز چرخندزای مدیترانه، تفاوت دمای خشکی و دریا و همچنین وجود کوه‌هایی است که آن را احاطه کرده‌اند (ماهراس و همکاران، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲؛ فلوکاس و کاراکوستاس، ۱۹۹۶؛ فلوکاس و همکاران، ۲۰۰۱).

افزایش (کاهش) فشار سطح دریا در مراکز چرخندزای مدیترانه موجب کاهش (افزایش) فراوانی چرخندهای سالانه می‌شود و در نتیجه بارش ایران در مناطق غرب و شمال غرب کشور به شدت تحت‌تاثیر فراوانی چرخندهای مدیترانه است (ایران‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

بررسی خشک‌سالی و ترسالی کوتیل و پاز (۱۹۹۸) نشان می‌دهد که بی‌هنجاری منفی فشار سطح دریا در شرق مدیترانه همراه با ترسالی و بی‌هنجاری مثبت همراه با خشک‌سالی است.

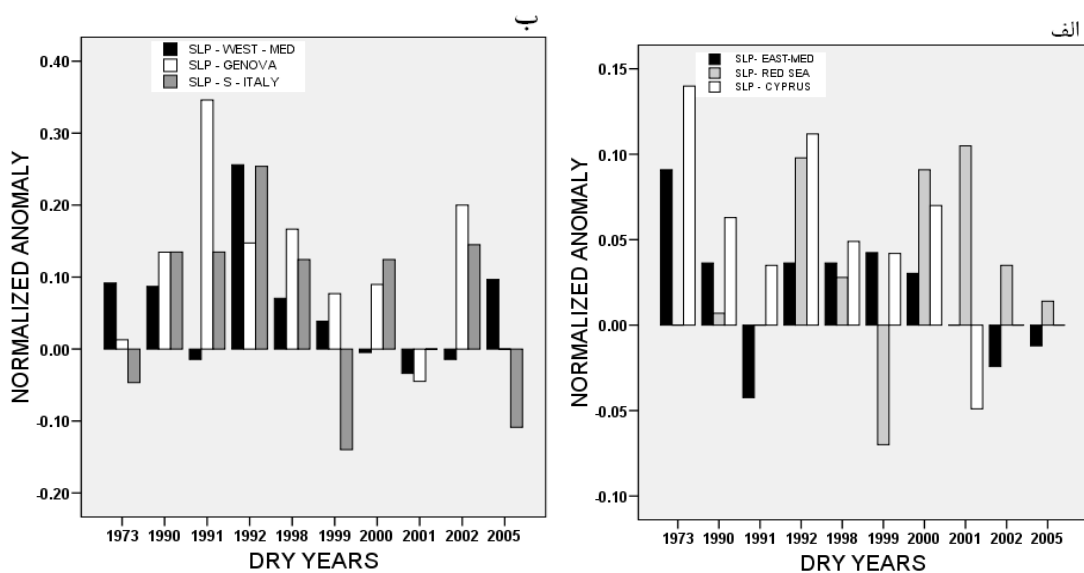
در این پژوهش با تحقیق در برخی از فرایندهای بزرگ‌مقیاس و منطقه‌ای مهم به بررسی علت‌های

با نزدیک شدن به ماه‌های فصل بهار، به تدریج بی‌هنجاری‌های مثبت فشار در غرب مدیترانه همراه با مرکز بسته قوی تشکیل می‌شود و همچنان مرکز بی‌هنجاری مثبت فشار واقع در شرق مدیترانه و قبرس به چشم می‌خورد. از آنجا که مرکز چرخندزای قبرس و خشکی‌های شرق آن فقط در بهار و اواخر زمستان فعال هستند، تشکیل شدن مرکز بی‌هنجاری مثبت فشار در این نواحی در ماه‌های مارس و آوریل (شکل‌های ۲-ج و ۲-د)، می‌تواند منجر به کاهش چرخندهای شرق مدیترانه در بهار و کاهش بارش بهاری شود.

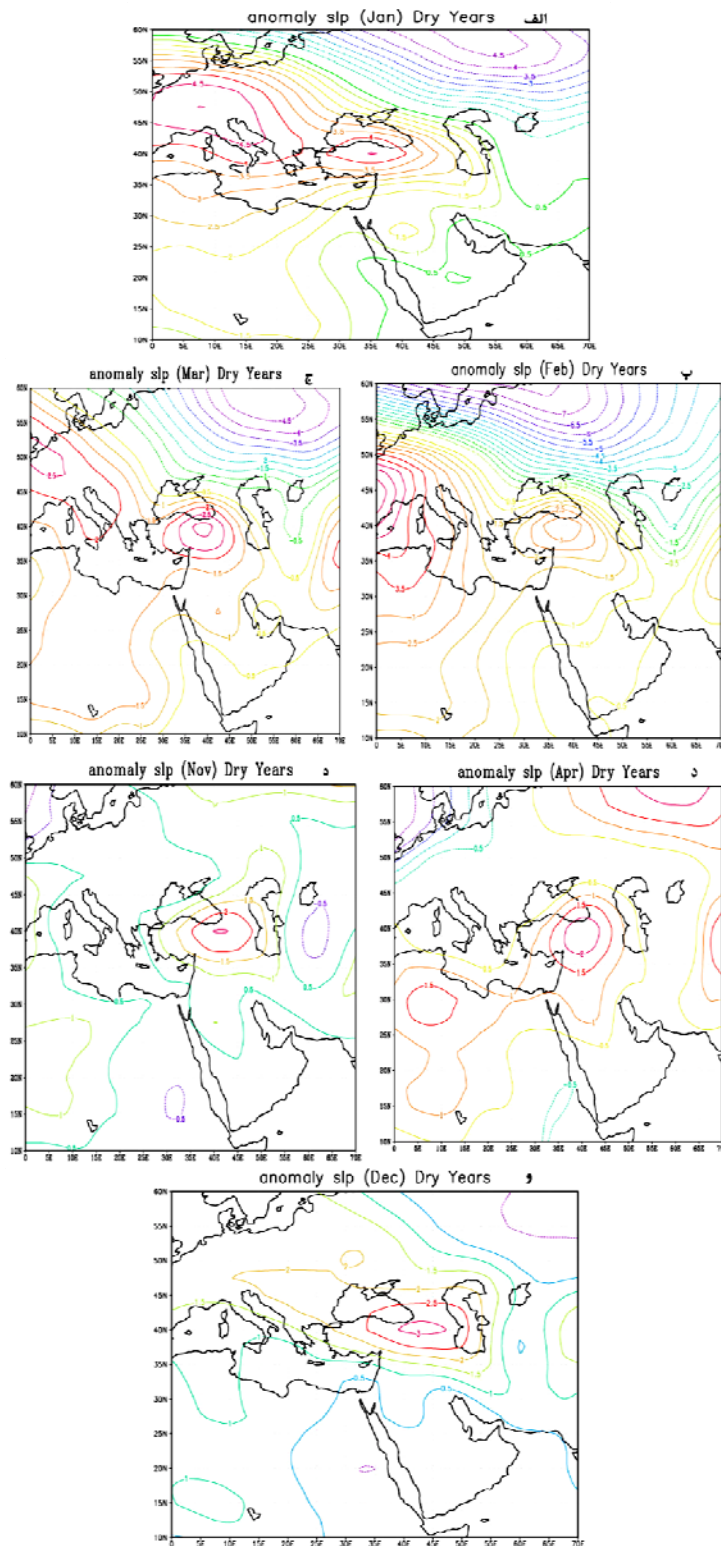
در شکل‌های ۲-الف تا ۲-و نیز می‌توان مشاهده کرد که در سال‌های خشک غرب ایران، با سپری شدن ماه‌های زمستان و اوایل بهار، بی‌هنجاری‌های مثبت فشار در حوزه مدیترانه کاهش می‌یابد و در ماه‌های نوامبر و دسامبر مقدار بی‌هنجاری فشار خیلی قوی نیست و یا روی نقاط مهم چرخندزا قرار ندارد.

آوریل در شکل‌های ۲-الف تا ۲-د نشان می‌دهد که در سال‌های خشک غرب ایران، بی‌هنجاری فشار در ماه‌های پُر باران زمستان و بهار (ژانویه تا آوریل) در همه حوزه مدیترانه مثبت است ولی در نوامبر و دسامبر در همه سطح مدیترانه مثبت نیست.

در ماه ژانویه (شکل ۲-الف)، بی‌هنجاری مثبت و قوی فشار روی مراکز خلیج جنوا و جنوب ایتالیا دیده می‌شود. در ماه‌های فوریه، مارس و آوریل (شکل‌های ۲-ب تا ۲-د) بی‌هنجاری‌های مثبت فشار از مرکز و شرق مدیترانه به سمت غرب آن انتقال یافته است. با توجه به اینکه بیشترین چرخندزایی جنوب ایتالیا در ماه‌های زمستان بوده و چرخندزایی مرکز و غرب مدیترانه نیز در این فصل خیلی زیاد است، وجود بی‌هنجاری‌های مثبت فشار در این نواحی در زمستان، می‌تواند عاملی موثر در کاهش فراوانی چرخندها و در نتیجه خشک‌سالی در منطقه مدیترانه و ایران باشد.

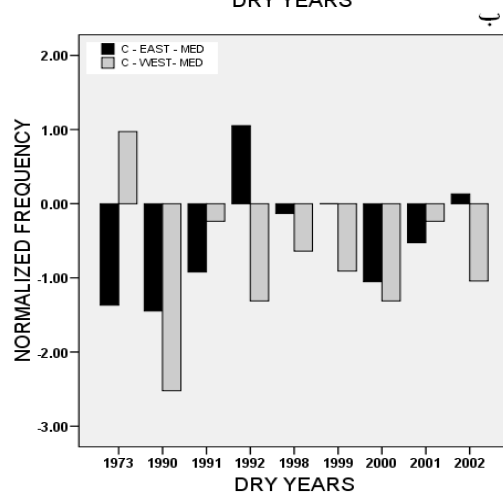
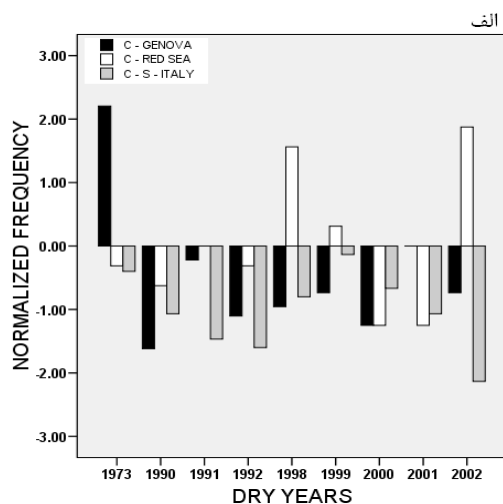


شکل ۱. نمودارهای بی‌هنجاری میانگین سالانه فشار سطح دریای مراکز چرخندزای مدیترانه در سال‌های خشک غرب ایران برای (الف) شرق مدیترانه، دریای سرخ و قبرس (به ترتیب: سایه زده سیاه، خاکستری و سفید) و (ب) غرب مدیترانه، جنوب ایتالیا و خلیج جنوا (به ترتیب: سایه زده سیاه، خاکستری و سفید).



شکل ۲. توزیع بی‌هنجاری میانگین ماهانه فشار سطح دریای منطقه مورد بررسی در سال‌های خشک غرب ایران برای ماه‌های (الف) ژانویه، (ب) فوریه، (ج) مارس، (د) آوریل، (ه) نوامبر و (و) دسامبر.

آن است. مطابق شکل، یک ناحیه نسبتاً وسیع در مرکز مدیترانه دارای فشار ۱۰۱۶ هکتوپاسکال و کمتر است، در حالی که در توزیع فشار سطح دریا در سال‌های خشک، چنین زبانه کم‌فشار گسترده‌ای روی مدیترانه به چشم نمی‌خورد. به علاوه، در سال‌های خشک سطح بیشتری از مدیترانه تحت‌تأثیر پرفشار آزرورز است. نکته قابل توجه دیگر اتصال زبانه پرفشار آزرورز از روی مدیترانه به پرفشار سیبری است که در نتیجه آن، قسمت عمده مدیترانه در معرض پرفشار جنب‌حاره قرار دارد.



شکل ۳. بی‌هنجاری فراوانی سالانه چرخندهای (الف) مراکز خلیج جنوا، دریای سرخ و جنوب ایتالیا (به ترتیب سایه زده سیاه، سفید و خاکستری) و (ب) مراکز شرق و غرب مدیترانه (به ترتیب سایه زده سیاه و خاکستری) در سال‌های خشک غرب ایران.

## ۲-۲ بی‌هنجاری فراوانی سالانه چرخندهای مراکز

### چرخندهای مدیترانه در سال‌های خشک ایران

در این بخش به بررسی چگونگی بی‌هنجاری فراوانی سالانه چرخندهای مراکز چرخندهای مدیترانه در سال‌های خشک غرب ایران نسبت به میانگین بلندمدت پرداخته می‌شود. شکل ۳-الف بی‌هنجاری فراوانی سالانه چرخندها در سال‌های خشک غرب ایران در مراکز خلیج جنوا، جنوب ایتالیا و دریای سرخ و شکل ۳-ب در مراکز شرق و غرب مدیترانه را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که فراوانی چرخندهای اغلب مراکز چرخندها در سال‌های خشک ایران از مقدار میانگین بلندمدت آنها کمتر است.

در ماه‌های گرم، فراوانی چرخندهای مدیترانه‌ای بسیار کاهش یافته است و چرخندها اغلب از نوع گرمایی هستند. به علاوه، این چرخندها به علت عمق نفوذ کم در جو، نقشی در تشکیل بارش ندارند. از این رو به علت کم بودن فراوانی این نوع چرخندها نسبت به کل چرخندهای سالانه، وجود آنها تأثیر قابل توجهی در بارش منطقه مدیترانه و ایران ندارد.

## ۳-۲ توزیع میانگین فشار سطح دریا در دوره

### بلندمدت و سال‌های خشک غرب ایران

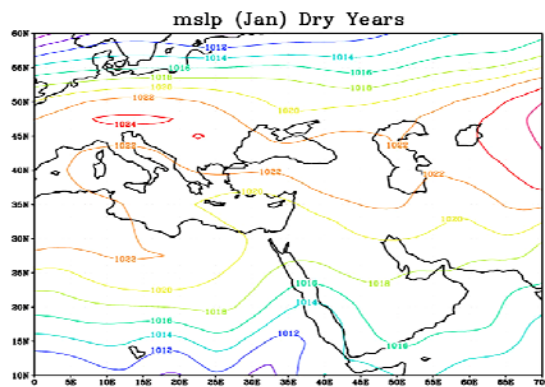
در این بخش، میانگین ماهانه فشار سطح دریای مدیترانه در دوره بلندمدت و سال‌های خشک غرب ایران، برای چند ماه متفاوت از سال ارائه و تحلیل می‌شود.

شکل ۴ توزیع میانگین فشار سطح دریای منطقه مورد بررسی در ماه ژانویه از سال‌های خشک و شکل ۵ توزیع میانگین بلندمدت فشار سطح دریا در این ماه را نشان می‌دهد. با مقایسه دو شکل مشاهده می‌شود که در توزیع میانگین بلندمدت فشار سطح دریا (شکل ۵)، یک زبانه کم‌فشار روی مدیترانه وجود دارد که نشان‌دهنده کمتر بودن فشار قسمتی از سطح مدیترانه نسبت به محیط اطراف

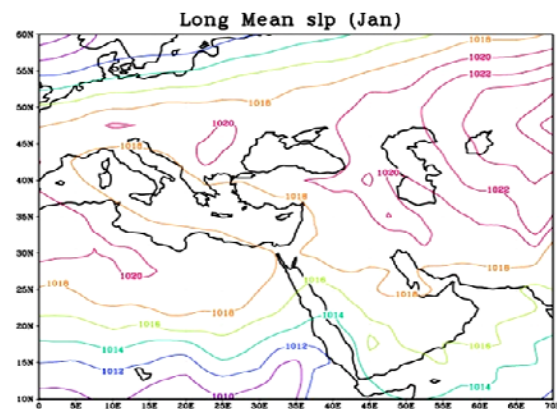
شکل‌های ۶ و ۷، به ترتیب، توزیع میانگین فشار سطح دریا در نقاط گوناگون منطقه مورد بررسی در ماه فوریه از سال‌های خشک غرب ایران و میانگین بلندمدت آن را نشان می‌دهند. در شکل ۶ با عقب‌نشینی زبانه پُرفشار جنب‌حاره از سواحل شمالی قاره افریقا، سطح بیشتری از مدیترانه از نفوذ این زبانه پُرفشار، نسبت به الگوی ژانویه، آزاد و شرایط چرخندزایی بیشتر فراهم می‌شود. مطابق این شکل، زبانه‌های پُرفشار سیبری روی ایران، نسبت به ژانویه، تغییر چندانی نکرده است و همچنان ریزش هوای سرد از شمال‌غرب و شمال‌شرق به ایران ادامه دارد. مقایسه دو شکل ۶ و ۷ نشان می‌دهد که در سال‌های خشک، زبانه‌های پُرفشار جنب‌حاره و سیبری از مکان میانگین خود بالاتر قرار دارند و سبب کاهش چرخندزایی روی مدیترانه و ریزش نیافتن هوای سرد از عرض‌های بالاتر به ایران می‌شوند. به‌طور کلی میانگین ماهانه فشار در سال‌های خشک، بیشتر از میانگین بلندمدت در منطقه مدیترانه است.

در شکل ۶، اتصال دو پُرفشار سیبری و آزرورز در فوریه، مانند ژانویه دیده می‌شود و قسمت زیادی از سطح مدیترانه تحت تاثیر پُرفشار آزرورز قرار می‌گیرد. این اتصال مانند ماه ژانویه وسیع و همه‌جانبه نیست. وضعیت فوق موجب کاهش چرخندهای مرکز و غرب مدیترانه می‌شود. در الگوی میانگین بلندمدت فشار سطح دریا (شکل ۷)، به علت متصل نبودن دو سامانه سیبری و آزرورز، ناحیه وسیعی خارج از تاثیر زبانه‌های پُرفشار جنب‌حاره بوده و امکان چرخندزایی فراهم است.

در شکل ۸ توزیع میانگین ماهانه فشار سطح دریا در ماه مارس از سال‌های خشک غرب ایران و در شکل ۹ میانگین ماهانه بلندمدت فشار در این ماه آمده است. در شکل ۸، دو سامانه پُرفشار سیبری و آزرورز، مانند ماه‌های قبل، روی مدیترانه به یکدیگر متصل و موجب افزایش فشار سطح دریای مدیترانه نسبت به حالت میانگین



شکل ۴. توزیع میانگین فشار سطح دریا در ماه ژانویه طی سال‌های خشک غرب ایران.

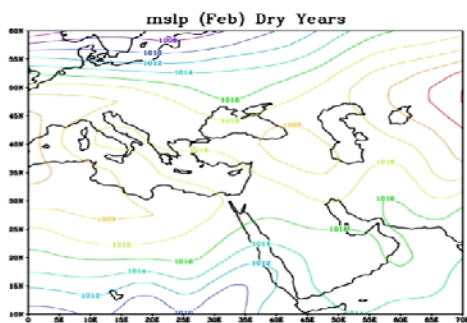


شکل ۵. توزیع میانگین بلندمدت فشار سطح دریا در ماه ژانویه.

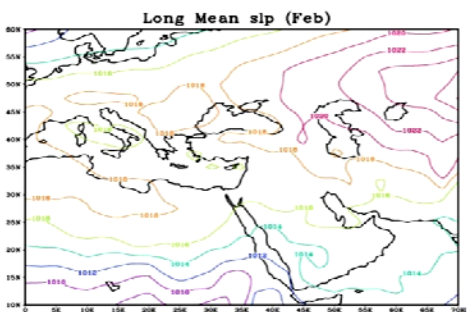
در شکل ۵ میانگین بلندمدت فشار سطح دریا در ژانویه نشان داده شده است. عرض جغرافیایی زبانه پُرفشار آزرورز در داخل خشکی‌های شمال افریقا و حدوداً در عرض ۳۰ درجه شمالی واقع است، درحالی‌که در سال‌های خشک، زبانه پُرفشار آزرورز در عرض‌های بالاتر (۴۰ تا ۴۵ درجه) و داخل مدیترانه قرار می‌گیرد. این امر موجب کاهش چرخندزایی مدیترانه می‌شود.

مقایسه شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد که در سال‌های خشک، مکان زبانه پُرفشار سیبری (در غرب ایران) در عرض‌های خیلی بالاتر، نسبت به میانگین خود قرار دارد که این امر بیانگر نفوذ نیافتن هوای سرد سیبری به عرض‌های پایین‌تر ایران و همچنین وجود زمستان گرم‌تر نسبت به حالت بهنجار است.

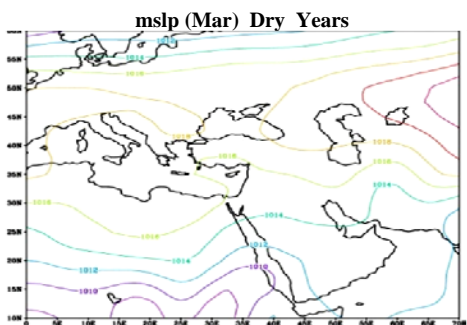
شده است



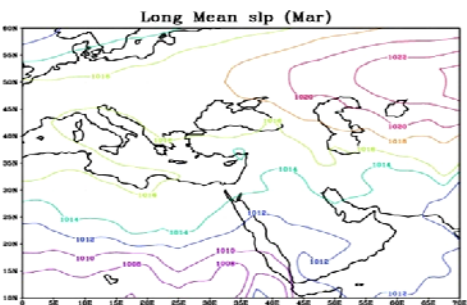
شکل ۶. مانند شکل ۴ اما برای ماه فوریه.



شکل ۷. مانند شکل ۵ اما برای ماه فوریه.



شکل ۸. مانند شکل ۴ اما برای ماه مارس.



شکل ۹. مانند شکل ۵ اما برای ماه مارس.

می‌شوند. به علاوه، زبانه پُرفشار آزرز روی سواحل جنوب مدیترانه و در عرض‌های بالاتر، نسبت به میانگین، شکل گرفته است که سبب تسلط پُرفشار آزرز بر غرب مدیترانه می‌شود و چرخندزایی این ناحیه را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به شکل ۸، زبانه‌های پُرفشار سبیری در شمال غرب و شمال شرق کشور نسبت به الگوی میانگین خود در عرض‌های بالاتر واقع‌اند و زبانه‌های عمیقی از آنها به داخل ایران دیده نمی‌شود. این موضوع می‌تواند به معنای بالاتر بودن دمای میانگین ماه مارس سال‌های خشک نسبت به میانگین بلندمدت باشد.

شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مربوط به توزیع میانگین ماهانه فشار سطح دریا در ماه آوریل از سال‌های خشک غرب ایران و میانگین بلندمدت در این ماه است. مقایسه الگوهای میانگین سال‌های خشک غرب و میانگین بلندمدت در این ماه نیز نشان‌دهنده شرایط ماه‌های قبل ولی با شدت کمتر است.

مقایسه دو شکل ۱۰ و ۱۱ تفاوت کمتری بین میانگین بلندمدت و میانگین در سال‌های خشک، نسبت به ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس را نشان می‌دهد. در ماه‌های مه تا دسامبر نیز دلایل حاکم بودن پُرفشار آزرز بر مدیترانه و ضعیف شدن پُرفشار سبیری تقریباً وجود دارد که از ذکر آن به علت تکراری بودن، صرف نظر شده است.

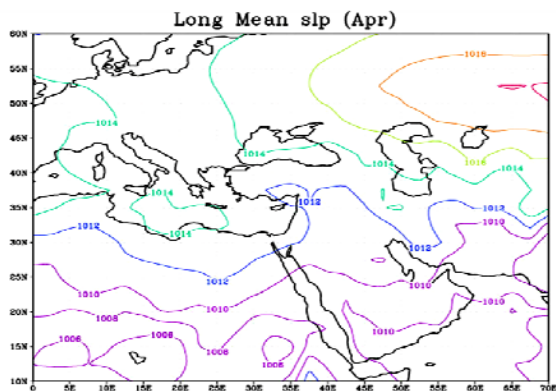
در ادامه به بررسی برخی از عوامل دیگر، مثل اثر پُرفشارهای سبیری و آزرز، باد و شار رطوبت، بر خشک‌سالی غرب ایران پرداخته می‌شود.

## ۲-۴ بررسی الگوهای بی‌هنجاری فشار هوا و باد در

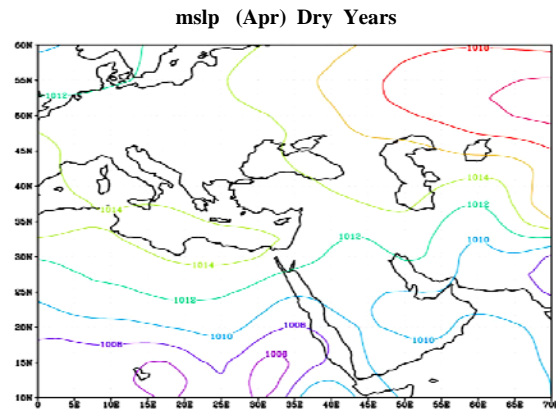
### سطح دریای مدیترانه

در این بخش به بررسی الگوهای بی‌هنجاری فشار سطح دریا، بردار باد، مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد، شار رطوبت در زمستان‌های خشک غرب ایران پرداخته

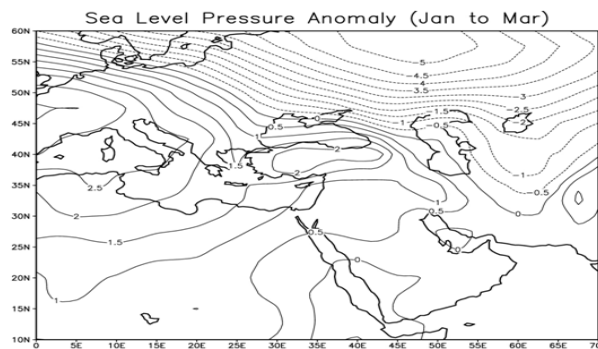




شکل ۱۱. مانند شکل ۵ اما برای ماه آوریل.



شکل ۱۰. مانند شکل ۴ اما برای ماه آوریل.



شکل ۱۲. توزیع بی‌هنجاری فشار سطح دریا در زمستان‌های خشک غرب ایران. خطوط نقطه‌چین و پر به ترتیب نشانگر بی‌هنجاری‌های منفی و مثبت فشار سطح دریا هستند.

همکاران، ۱۳۸۸).

با توجه به نقش اساسی بُردار باد در انتقال و فرارفت رطوبت و گرما، در این قسمت، توزیع میانگین فصلی بردار باد و بی‌هنجاری آن و همچنین بی‌هنجاری تندی مولفه‌های باد مداری و نصف‌النهاری در زمستان‌های خشک غرب ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد

شکل ۱۳ توزیع جغرافیایی میانگین فصلی بُردار باد و بی‌هنجاری آن نسبت به میانگین بلندمدت در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های خشک را نشان می‌دهد.

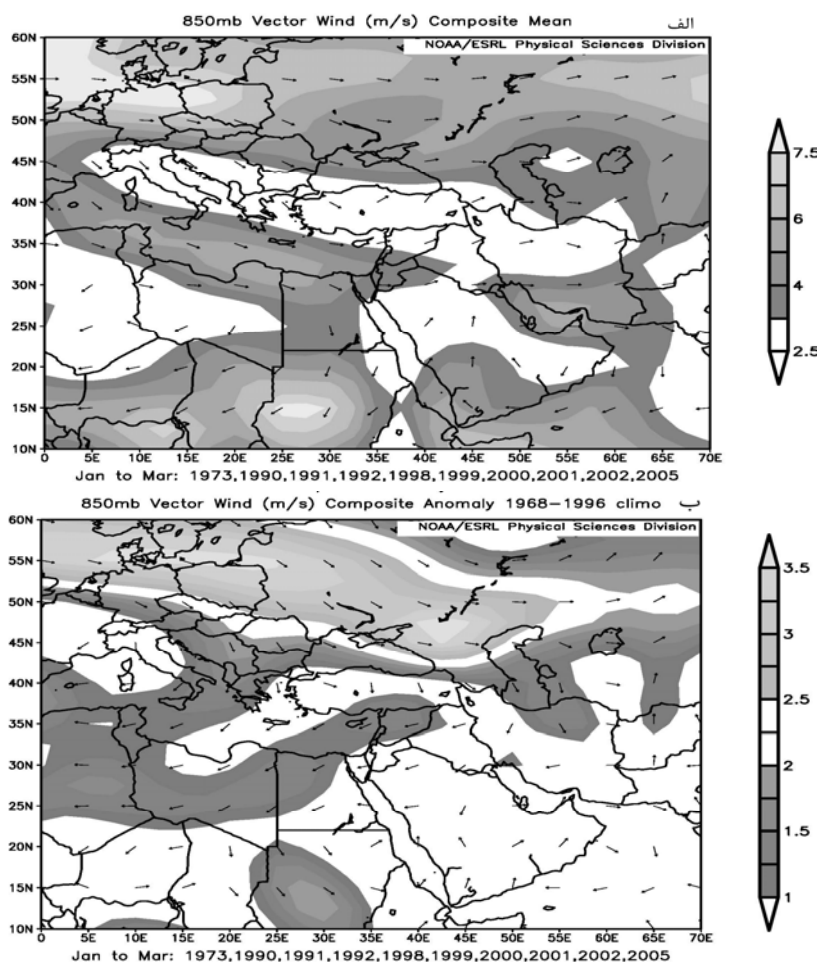
شکل ۱۳-الف نشانگر ضعیف بودن بُردار باد روی مدیترانه و غرب ایران در زمستان‌های خشک است. در شکل ۱۳-ب نیز مشاهده می‌شود که بی‌هنجاری بُردار باد

برای مشاهده حاکم شدن پُرفشار جنب‌حاره بر سرتاسر مدیترانه در زمستان‌های خشک، توزیع بی‌هنجاری فشار سطح دریا در شکل ۱۲ آورده شده است. با توجه به شکل، در سراسر منطقه مدیترانه بی‌هنجاری مثبت فشار در زمستان‌های خشک دیده می‌شود. وجود این بی‌هنجاری‌های فشار در حوزه مدیترانه در زمستان‌های خشک می‌تواند موجب کاهش چرخندزایی مدیترانه شود و یکی از علت‌های خشکی زمستان در غرب ایران باشد. به‌علاوه، این شکل نشان‌دهنده بی‌هنجاری‌های منفی فشار در حوزه پُرفشار سبیری و قسمتی از ایران است که موجب رخداد زمستان‌های گرم در ایران می‌شود و علت دیگری برای خشکی زمستان‌های غرب کشور است (ایران‌نژاد و

شکل ۱۴ توزیع جغرافیایی بی‌هنجاری‌های میانگین فصلی مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری بردار باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در زمستان‌های خشک را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱۴-الف، بی‌هنجاری منفی باد مداری در ناحیه شرق مدیترانه و غرب ایران دیده می‌شود. در حقیقت باد مداری عامل اصلی انتقال رطوبت مدیترانه به خشکی‌های شرق آن و ایران است. وجود بی‌هنجاری منفی باد مداری در مناطق یادشده در زمستان‌های خشک را می‌توان یکی از علت‌های مهم زمستان‌های خشک در غرب ایران به حساب آورد.

در غرب ایران، به سمت مدیترانه بوده و به معنی کاهش تندی باد از مدیترانه به سمت ایران در زمستان‌های خشک است

با توجه به شکل ۱۳-الف، بادهای شدید در سواحل جنوب شرقی مدیترانه و جنوب ایران و بادهای ضعیف روی مدیترانه دیده می‌شود که این موضوع با حاکم شدن پُرفشار آزرز روی مدیترانه در زمستان‌های خشک هم‌خوانی دارد. برای بررسی دقیق‌تر نقش میانگین فصلی بردار باد در زمستان‌های خشک غرب ایران، در ادامه هریک از مولفه‌های آن به تفکیک ارائه و تحلیل می‌شود.



شکل ۱۳. توزیع جغرافیایی: (الف) میانگین فصلی بردار باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های خشک غرب ایران و (ب) بی‌هنجاری نسبت به میانگین بلندمدت. مناطق سایه‌زده روشن دارای سرعت و بی‌هنجاری سرعت بیشتری نسبت به مناطق تیره هستند.

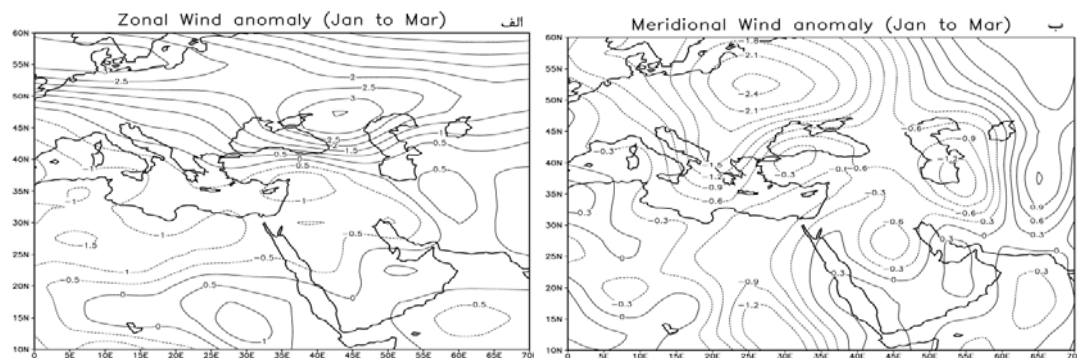
الگوی میانگین شار رطوبت در زمستان‌های خشک شکل ۱۵-ب نشانگر کاهش محسوس شار رطوبت در غرب ایران و شمال شرق مدیترانه است. کاهش شار رطوبت از مدیترانه به سمت شمال غرب ایران شدیدتر است، در حالی که کاهش محسوسی در شار رطوبت ناشی از دریای سرخ واقع در جنوب غرب ایران، دیده نمی‌شود. در شکل ۱۶ برای بررسی حرکات صعودی یا نزولی جو در زمستان‌های خشک، توزیع جغرافیایی بی‌هنجاری سرعت قائم در دستگاه  $(\omega = dp/dt)$ ، که نشان‌دهنده تغییرات فشار بسته هوا نسبت به زمان است در حوزه مدیترانه در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال رسم شده است.

مقادیر بی‌هنجاری مثبت  $(\omega)$ ، نشانگر حرکت نزولی و مقادیر منفی، نشانگر حرکت صعودی است. بدیهی است که صعود هوا می‌تواند همراه با تشکیل ابر، بارش و نزول آن همراه با خشکی هوا، تشکیل نشدن ابر و سرکوب چرخندها باشد. در شکل ۱۶، الگوی توزیع جغرافیایی میانگین  $(\omega)$  در زمستان‌های خشک غرب ایران، در سراسر مدیترانه و غرب ایران مثبت است، که مفهوم آن نزول هوا در این زمستان‌های خشک است. این موضوع با حاکم بودن پرفشار جنب‌حاره روی مدیترانه در سال‌های خشک مطابقت دارد.

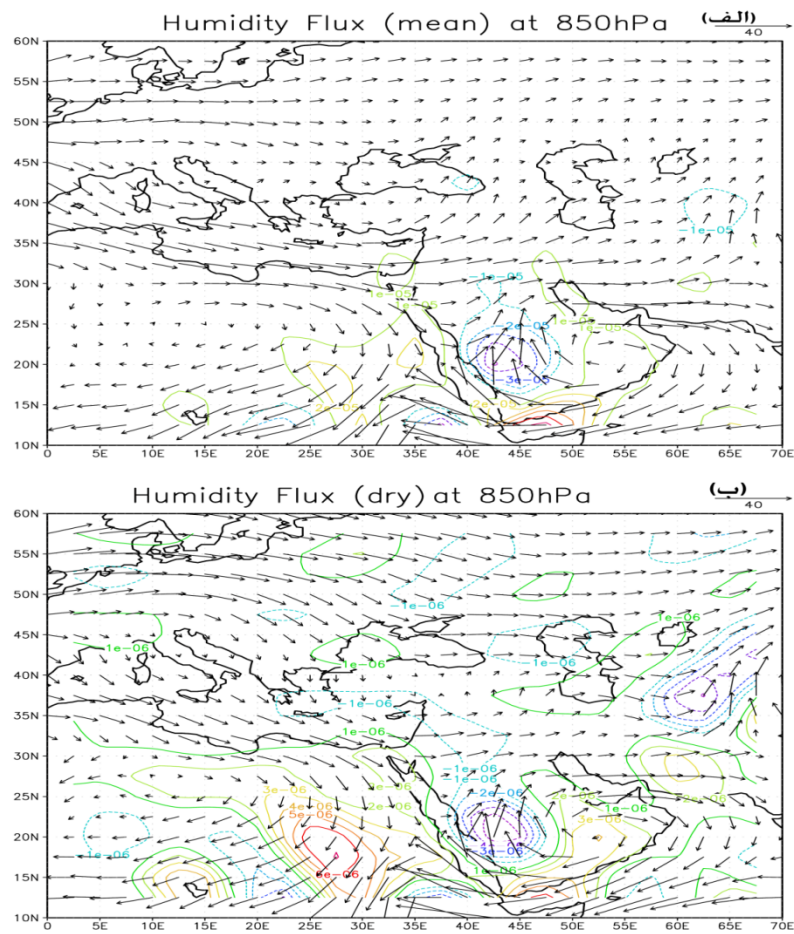
شکل ۱۴-ب نشانگر بی‌هنجاری منفی باد نصف‌النهاری در مدیترانه و بخش‌های شمالی و غرب ایران است. با توجه به وضعیت مدیترانه نسبت به غرب و شمال غرب ایران، برای انتقال رطوبت به این منطقه از کشور، علاوه بر باد مداری شرق سو، نیاز به باد نصف‌النهاری شمال سو نیز هست. وجود بی‌هنجاری منفی باد نصف‌النهاری روی مدیترانه حاکی از تامین نشدن رطوبت مورد نیاز بارش در این بخش از ایران در زمستان‌های خشک است.

## ۲-۵ توزیع شار رطوبت در زمستان‌های خشک غرب ایران

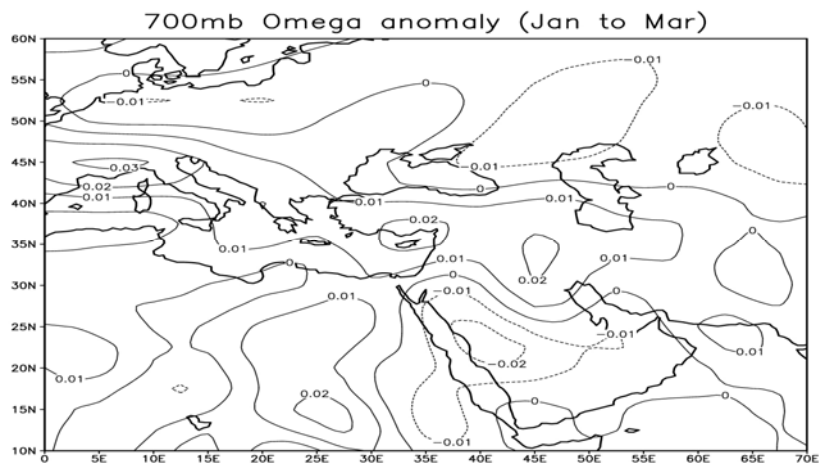
در الگوی میانگین بلندمدت شار رطوبت ویژه در شکل ۱۵-الف مشاهده می‌شود که رطوبت غرب و شمال غرب ایران، عمدتاً از منطقه دریای مدیترانه تامین می‌شود. به علاوه، در جنوب غرب ایران نیز شار رطوبت ناشی از دریای سرخ به چشم می‌خورد که با شار رطوبت ناشی از دریای مدیترانه در آمیخته و رطوبت فلات ایران را تامین می‌کند. با توجه به شکل، به نظر می‌رسد که نواحی جنوب و جنوب شرق بیشتر رطوبت خود را از همراهی شار رطوبت دریای سرخ و دریای مدیترانه به دست می‌آورد.



شکل ۱۴. توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی: (الف) باد مداری و (ب) باد نصف‌النهاری در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های خشک غرب ایران. فاصله خطوط بی‌هنجاری بادهای مداری و نصف‌النهاری به ترتیب ۰/۵ و ۰/۳ m/s است و خطوط نقطه‌چین و پُر به ترتیب نشانگر بی‌هنجاری‌های منفی و مثبت تندی باد هستند.



شکل ۱۵. توزیع جغرافیایی میانگین فصلی شار رطوبت ویژه در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های: (الف) دوره بلندمدت و (ب) سال‌های خشک غرب ایران. خطوط بسته نقطه‌چین معرف چشمه و خطوط بسته پُر معرف چاه شار رطوبت است.



شکل ۱۶. توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی سرعت قائم در دستگاه p در زمستان‌های خشک غرب ایران نسبت به میانگین بلندمدت. فاصله‌ی بین خطوط ۰.۱ پاسکال بر ثانیه است و خطوط نقطه‌چین و پُر به ترتیب نشانگر بی‌هنجاری‌های منفی و مثبت سرعت قائم در دستگاه p هستند.

## ۳ نتیجه‌گیری

آن، ناشی از پُرفشار آزرز، دیده می‌شود. این افزایش فشار تاثیر منفی بر فراوانی چرخندهای مراکز چرخندزای مدیترانه دارد. از سوی دیگر، بی‌هنجاری‌های منفی فشار در مرکز پُرفشار سیبری نشان‌دهنده ضعیف بودن آن در زمستان‌های خشک بوده و موجب رخداد زمستان‌های گرم در غرب ایران است. دو عامل فوق هر دو می‌توانند باعث خشکی زمستان‌های غرب ایران باشند.

الگوی بی‌هنجاری بردار باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که در سال‌های خشک ایران، بی‌هنجاری بردار باد منفی، یعنی جهت آن شمال‌شرق-جنوب‌غرب است. این بی‌هنجاری به معنی کاهش جریان‌های غربی و جنوبی است. هم‌زمانی عوامل فوق، موجب کاهش شار رطوبت از مدیترانه به سمت شرق و رخداد زمستان‌های خشک در غرب ایران می‌شود. هر چند که در زمستان‌های خشک شار رطوبت و دما از مدیترانه به غرب ایران به‌نحو چشمگیر کاهش می‌یابد، ولی کاهش محسوسی در شار رطوبت از دریای سرخ به جنوب و شرق ایران دیده نمی‌شود. توزیع جغرافیایی بی‌هنجاری‌های میانگین سرعت قائم در زمستان‌های خشک غرب ایران، در سراسر مدیترانه و غرب ایران مثبت است، که معنی آن نزول هوا در این زمستان‌های خشک است. این موضوع با حاکم بودن پُرفشار جنب‌حاره روی مدیترانه در سال‌های خشک مطابقت دارد.

## مراجع

محمدنژاد، ع. ر.، احمدی گیوی، ف. و ایران‌نژاد، پ.، ۱۳۸۸، اثر بازه‌های نوسان سالانه کمربند پُرفشار جنب‌حاره و پُرفشار سیبری بر چرخندزایی مدیترانه و بارش ایران، م. فیزیک زمین و فضا، ۴، ۱۱۵-۱۳۰.  
ایران‌نژاد، پ.، احمدی گیوی، ف. و محمدنژاد، ع. ر.، ۱۳۸۸، اثر مراکز چرخندزای مدیترانه بر بارش سالانه

در این پژوهش تاثیر چرخندزایی مدیترانه و موقعیت پُرفشارهای جنب‌حاره (آزرز) و سیبری در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ بر خشک‌سالی غرب ایران بررسی شده است. در ادامه به بررسی عوامل فیزیکی و دینامیکی (از قبیل بی‌هنجاری‌های فشار، دما، باد و سرعت قائم موثر در رخداد زمستان‌های خشک غرب ایران پرداخته شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سال‌های خشک، میانگین سالانه فشار مراکز چرخندزای دریای سرخ، خلیج جنوا، قبرس، شرق و غرب مدیترانه از مقدار میانگین بیشتر است. نمودار فراوانی سالانه چرخندها در سال‌های خشک شمال‌غرب ایران برای مراکز خلیج جنوا، جنوب ایتالیا، شرق و غرب مدیترانه، نشانگر کاهش فراوانی چرخندها نسبت به میانگین است.

توزیع جغرافیایی فشار سطحی در ژانویه سال‌های خشک شمال‌غرب کشور، نشانگر بی‌هنجاری‌های مثبت فشار در سراسر مدیترانه با بیشینه‌ای در نزدیکی غرب مدیترانه است. در ماه‌های بعد، به تدریج مرکز بی‌هنجاری‌های مثبت فشار به سمت غرب مدیترانه انتقال می‌یابد و همچنین یک مرکز با بی‌هنجاری مثبت فشار در شرق مدیترانه شکل می‌گیرد که به سمت شرق مدیترانه حرکت می‌کند.

مقایسه الگوهای میانگین ماهانه فشار سطح دریای حوزه مدیترانه در سال‌های خشک با میانگین بلندمدت نشان می‌دهد که مکان زبانه‌های دو پُرفشار جنب‌حاره و سیبری در ژانویه تا آوریل سال‌های خشک، گسترش می‌یابد ولی با گذشت زمان، تفاوت دو الگو کاهش پیدا می‌کند.

در بررسی الگوی بی‌هنجاری فشار سطح دریای مدیترانه در زمستان‌های خشک، بی‌هنجاری‌های شدید و مثبت فشار در سطح مدیترانه، به‌خصوص در ناحیه مرکزی

- Geophysical Research Abstracts, **11**, EGU2009-13509.
- Maheras, P., Flocas, H. A., Patrikas, I. and Anagnostopoulou, C., 2001, A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution, *Int. J. Climatol.*, **21**, 109-130.
- Raicich, F., Pinaridi, N. and Navarra, A., 2003, Teleconnections between Indian Monsoon and Sahel rainfall and the Mediterranean, *Int. J. Climatol.*, **23**, 173-186.
- Trigo, I. F., Davis, T. D. and Bigg, G. R., 1999, Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region, *J. Climate.*, **12**, 1685-1696.
- Trigo, I. F., Davies, T. D. and Bigg, G. R., 2000, Decline in Mediterranean rainfall caused by weakening of Mediterranean cyclones, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 2913-2916.
- Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J. F., Luterbacher, J. and Wanner, H., 2004, Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends, *Climate Dynamics*, **23**, 63-78.
- ایران در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲، م. ژئوفیزیک ایران، ۱، ۹۱-۱۰۵.
- Flocas, H. J. and Karacostas, T. S., 1996, Cyclogenesis over the Aegean Sea: identification and synoptic categories, *Meteorological Applications*, **3**, 53-61.
- Flocas, H. A., Maheras, P., Karacostas, T. S., Patrikas, I. and Anagnostopoulou, C., 2001, A 40-year climatological study of relative vorticity distribution over the Mediterranean, *Int. J. Climatol.*, **21**, 1759-1778.
- Guijarro, J. A., Jansa, A. and Campins, J., 2006, Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean, *Advances in Geosciences*, **7**, 45-49.
- James, I. N., 1994, Introduction to circulating atmospheres, Cambridge University Press, New York, 422pp.
- Kutieli, H., and Paz, S., 1998, Sea level pressure departures in the Mediterranean and their relationship with monthly rainfall condition in Israel, *Theor. Appl. Climatol.*, **60**, 93-109.
- Lingis, P. and Michaeides, S. C., 2009, The Siberian high and precipitation over Cyprus,