

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه یزد

دانشکده فیزیک

گروه هواشناسی

عنوان پایان نامه:

تحلیل همبندی- آماری رخداد ترسالی در غرب ایران

نگارنده:

احمد نجفی

استادان راهنما:

دکتر سید مجید میررکنی      دکتر علیرضا محمدنژاد

استاد مشاور:

دکتر محمدحسین معماریان

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد هواشناسی

بهمن ماه ۱۳۹۲

## تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و مورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عز و جل "؛ از پدر و مادر عزیزم؛ از استادان با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر علیرضا محمدنژاد و جناب آقای دکتر سید مجید میررکنی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و فرزانه، جناب آقای دکتر محمدحسین معاریان، که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

از جناب سرگرد حمیدرضا دهستانی اطره فرمانده بخش هواشناسی پایگاه هوایی شهید نوژه همدان که در طول تحصیل در دانشگاه یزد، در دروس هواشناسی مرا راهنمایی نمودند قدردانی خود را ابراز می نمایم.

از خانم مهندس زهرا جاودان که در زمینه های کامپیوتری مرا راهنمایی نمودند کمال تشکر و سپاس گزاری را دارم.

در نهایت از دوست خوبم دکتر پویا حاجبی دکترای مخابرات که در زمینه های علمی مرا مشاوره نمودند سپاس گزاری می نمایم.

## ارزیابی و امتیاز

## چکیده

در این پژوهش برای یک دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ اثر موقعیت پرفشارهای جنب‌حاره‌ای آزرز و سیبری بر بارش منطقه غرب ایران در زمستان‌های تر بررسی شده است. به این منظور با استفاده از شاخص‌های جدید سامانه‌های آزرز و سیبری و به کمک مدل‌های آماری، بارش‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی و با داده‌های مشاهداتی مقایسه شده است. مطالعه داده‌های شاخص‌های آزرز و سیبری نشانگر تغییر مکان پرفشارهای سیبری و آزرز به عرض‌های پایین‌تر در زمستان‌های تر، به‌ویژه در ماه ژانویه است. در زمستان‌های تر، بی‌هنجاری منفی فشار در سطح مدیترانه (ناشی از پرفشار آزرز) و بی‌هنجاری مثبت فشار در شمال ایران (در اثر پرفشار سیبری) مشاهده می‌شود. در این شرایط، پرفشار آزرز ضعیف و پرفشار سیبری قوی است.

همچنین در این پژوهش تاثیر عوامل جوی بزرگ‌مقیاس منطقه‌ای مخصوصاً دریای مدیترانه بر ترسالی غرب ایران بررسی شده است. در این مقاله به بررسی هم‌دیدگی و دینامیکی اثر دریای مدیترانه و عواملی از قبیل فشار، باد، دما، رطوبت و سرعت قائم بر بارش سالانه غرب ایران پرداخته شده است. به منظور تحلیل هم‌دیدگی ترسالی مذکور از نقشه‌های سطح زمین و سطوح ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال از سایت نوای آمریکا استفاده شده است.

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 تر، بی‌هنجاری جهت بردار باد در غرب ایران، به سمت ایران و به معنی افزایش تندی باد از مدیترانه به سمت این ناحیه از ایران است. به علاوه مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد در شمال غرب کشور و سطح مدیترانه دارای بی‌هنجاری مثبت هستند. این بی‌هنجاری، موجب بی‌هنجاری مثبت رطوبت نسبی روی مدیترانه و در نتیجه افزایش شار رطوبت از مدیترانه به غرب کشور می‌شود.

**کلید واژه:** ترسالی، چرخندزایی مدیترانه‌ای، پرفشار سیبری، پرفشار جنب‌حاره، پرفشار آزرز، غرب ایران

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
د	فهرست شکل‌ها
ز	فهرست جدول‌ها
۱	فصل ۱ مقدمه
۵	فصل ۲ مبانی نظری
۶	۱-۲ فراوانی و فشار مراکز مهم چرخندزای حوزه مدیترانه
۱۲	۲-۲ کمربند پرفشار جنب حاره
۱۷	۳-۲ زبانه پرفشار سیبری
۲۳	۴-۲ داده‌ها و روش کار
۲۵	فصل ۳ تأثیر پرفشار جنب حاره و سیبری بر بارش ایران
۲۶	۱-۳ تأثیر کمربند پرفشار جنب حاره در ژانویه بر بارش ایران
۲۸	۲-۳ تأثیر زبانه پرفشار سیبری بر بارش ایران
۲۹	۳-۳ پیش‌بینی بارش به کمک مکان زبانه‌های پرفشار جنب حاره و سیبری در ژانویه
۳۷	فصل ۴ بررسی همدیدی عوامل موثر بر توزیع بارش ایران
۴۰	۱-۴ اثر فشار سطح دریای مراکز چرخندزای مدیترانه بر ترسالی‌های غرب ایران
۴۳	۲-۴ تأثیر زبانه‌های پرفشار جنب حاره و سیبری بر ترسالی ایران
۴۴	۳-۴ مقایسه توزیع میانگین فصلی فشار در فصل‌های زمستان و تابستان
۴۶	۴-۴ مقایسه توزیع میانگین فصلی فشار سطحی در زمستان‌های خشک و مرطوب غرب ایران
۵۰	۵-۴ توزیع میانگین فصلی باد در سطح ۸۵۰ هکتو پاسکال در زمستان‌های تر غرب ایران
۵۵	۶-۴ توزیع میانگین فصلی رطوبت در زمستان‌های تر غرب ایران
۵۷	۷-۴ توزیع دمای میانگین فصلی سطح آب دریای مدیترانه در زمستان‌های تر

۸-۴ توزیع جغرافیایی سرعت قائم در زمستانهای تر غرب ایران ..... ۵۹

فصل ۵ جمع بندی و نتیجه گیری ..... ۶۰

فهرست مراجع ..... ۶۳

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: نمایش مراکز مهم چرخندزای حوزه دریای مدیترانه واقع در شرق و غرب مدیترانه و خلیج جنوا (گوجارو، ۲۰۰۶) .....	۶
شکل ۲-۲: نمایش چهار مرکز چرخندزا در ماه ژانویه بر روی دریای مدیترانه (آلپرت، ۱۹۹۰) .....	۷
شکل ۳-۲: جهت حرکت چرخندهای حوزه مدیترانه در ماه ژانویه (آلپرت، ۱۹۹۰) .....	۸
شکل ۴-۲: درصد و فراوانی تعداد چرخندهای موثر بر بارش ایران (جعفر بیگلو و همکاران، ۱۳۸۸) .....	۱۱
شکل ۵-۲: مجموع و میانگین مسیرهای سالانه چرخندی در ترسالی‌های غرب ایران جعفر بیگلو و همکاران (۱۳۸۸) .....	۱۱
شکل ۶-۲: توزیع جغرافیایی میانگین ماهانه فشار سطح دریا در سال‌های تر برای ماه ژانویه .....	۱۵
شکل ۷-۲: توزیع جغرافیایی میانگین ماهانه فشار سطح دریا در سال‌های تر برای ماه مارس .....	۱۶
شکل ۸-۲: آرایش مناسب سیستم پرفشار سیبری در زمان بارش‌های سنگین ایران .....	۱۷
شکل ۹-۲: توزیع جغرافیایی میانگین ماهانه فشار سطح دریا برای ماه دسامبر .....	۲۰
شکل ۱۰-۲: توزیع جغرافیایی میانگین ماهانه فشار سطح دریا برای ماه ژانویه .....	۲۱
شکل ۱۱-۲: توزیع جغرافیایی میانگین ماهانه فشار سطح دریا برای ماه فوریه .....	۲۱
شکل ۱۲-۲: توزیع جغرافیایی میانگین ماهانه فشار سطح دریا برای ماه مارس .....	۲۲
شکل ۱-۳: توزیع جغرافیایی ضریب همبستگی بین شاخص اسکندریه در ژانویه و بارش سالانه ایران .....	۲۸
شکل ۲-۳: توزیع جغرافیایی ضریب همبستگی بین شاخص سیبری در تهران و بارش سالانه ایران .....	۲۹
شکل ۳-۳: نمایی از بررسی شاخص اسکندریه .....	۳۱
شکل ۳-۴-الف: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر زنجان در پژوهش (محمدنژاد) .....	۳۲
شکل ۳-۴-ب: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر زنجان بهبود یافته .....	۳۲
شکل ۳-۵-الف: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر سنندج (محمدنژاد) .....	۳۳



- شکل ۳-۵-ب: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر سنندج بهبود یافته..... ۳۳
- شکل ۳-۶-الف: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر تبریز (محمدنژاد)..... ۳۴
- شکل ۳-۶-ب: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر تبریز بهبود یافته ..... ۳۴
- شکل ۳-۷-الف: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر ارومیه (محمدنژاد)..... ۳۵
- شکل ۳-۷-ب: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر ارومیه بهبود یافته ..... ۳۵
- شکل ۳-۸-الف: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر کرمانشاه (محمدنژاد).... ۳۶
- شکل ۳-۸-ب: مقایسه بارش سالانه‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده برای شهر کرمانشاه بهبود یافته ..... ۳۶
- شکل ۴-۱: توزیع بی‌هنجاری میانگین ماهانه فشار سطح دریای منطقه مورد مطالعه در سال‌های تر غرب ایران برای ماه ژانویه..... ۴۰
- شکل ۴-۲: توزیع بی‌هنجاری میانگین ماهانه فشار سطح دریای منطقه مورد مطالعه در سال‌های تر غرب ایران برای ماه فوریه..... ۴۱
- شکل ۴-۳: توزیع بی‌هنجاری میانگین ماهانه فشار سطح دریای منطقه مورد مطالعه در سال‌های تر غرب ایران برای ماه مارس ..... ۴۲
- شکل ۴-۴: توزیع بی‌هنجاری میانگین ماهانه فشار سطح دریای منطقه مورد مطالعه در سال‌های تر غرب ایران برای ماه آوریل ..... ۴۳
- شکل ۴-۵: نمودار به‌هنجار شده‌ی شاخص‌های اسکندریه و تهران در سال‌های تر غرب ایران ..... ۴۴
- شکل ۴-۶: توزیع جغرافیایی میانگین بلند مدت فشار سطح دریا در فصل زمستان..... ۴۵
- شکل ۴-۷: توزیع جغرافیایی میانگین بلند مدت فشار سطح دریا در فصل تابستان..... ۴۶
- شکل ۴-۸: توزیع جغرافیایی میانگین فصلی فشار سطح دریا در زمستان‌های خشک غرب ایران..... ۴۷
- شکل ۴-۹: توزیع جغرافیایی میانگین فصلی فشار سطح دریا در زمستان‌های مرطوب غرب ایران..... ۴۸
- شکل ۴-۱۰: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی فشار سطح دریا در زمستان‌های خشک غرب ایران..... ۴۹
- شکل ۴-۱۱: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی فشار سطح دریا در زمستان‌های مرطوب غرب ایران..... ۵۰
- شکل ۴-۱۲: توزیع میانگین فصلی بردار باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های مرطوب غرب ایران ..... ۵۱

- شکل ۴-۱۳: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی بردار باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های  
 ۵۲ ..... مرطوب غرب ایران
- شکل ۴-۱۴: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی تندی باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های  
 ۵۳ ..... مرطوب غرب ایران
- شکل ۴-۱۵: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی باد مداری در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های  
 ۵۴ ..... مرطوب غرب ایران
- شکل ۴-۱۶: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی باد نصف النهاری در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای  
 ۵۵ ..... زمستان‌های مرطوب غرب ایران
- شکل ۴-۱۷: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی رطوبت ویژه در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های  
 ۵۶ ..... مرطوب غرب ایران
- شکل ۴-۱۸: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی رطوبت نسبی در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برای زمستان‌های  
 ۵۷ ..... مرطوب غرب ایران
- شکل ۴-۱۹: توزیع جغرافیایی بی‌هنجاری میانگین فصلی SST دریای مدیترانه برای زمستان‌های مرطوب  
 ۵۸ ..... غرب ایران
- شکل ۴-۲۰: توزیع بی‌هنجاری میانگین فصلی سرعت قائم در دستگاه p برای زمستان‌های مرطوب غرب  
 ۵۹ ..... ایران

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۲۷	جدول ۱-۳: ضریب همبستگی بین شاخص اسکندریه و فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه
۲۷	جدول ۲-۳: ضریب همبستگی بین شاخص اسکندریه و فراوانی چرخندهای غرب مدیترانه
۳۰	جدول ۳-۳: معادلات پیش بینی بارش سالانه چند ایستگاه بر حسب شاخص‌های اسکندریه و تهران

## فصل ۱

### مقدمه

تحلیل شرایط همدیدی و دینامیکی الگوهای گردش جوی، در شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع بارش‌های سنگین، بسیار حائز اهمیت است؛ به‌ویژه آن‌که، این نوع بارش با تبدیل به روان‌آب، می‌تواند سبب سیلاب و عواقب مصیبت‌باری شود. بنابراین، لازم است با شناخت سازوکار تکوین، تقویت و قانون‌مندی حاکم بر حرکت و گسترش سامانه‌های اقلیمی بارش‌زا از آثار مثبت آن سود جست و از نتایج زیان بار آن دوری کرد و یا آن‌را به حداقل رساند. در ارتباط با تأثیر گردش جوی بر وقوع بارش و الگوهای آن مطالعات گوناگونی در سطح دنیا انجام شده که در زیر به ذکر چند مورد از آن پرداخته شده است.

در امتداد مناطق جنب‌حاره نیمکره شمالی و جنوبی، نوارهایی از فشار یا ارتفاع ژئوپتانسیل زیاد وجود دارد که معمولاً به نام کمربندهای پرفشار جنب‌حاره خوانده می‌شوند. با این وجود پرفشارهای مذکور به‌صورت کمربندی ممتد نبوده و به‌دلایلی از جمله وجود کوهستان‌ها و تضاد گرمایشی بین خشکی و دریا بودجه انرژی جو تغییر کرده و کمربندها به‌صورت سلول‌های پرفشار مجزا ظاهر می‌گردند. همچنین مکان کمربند پرفشار از سالی به سال دیگر در اثر تغییرات انرژی دریافتی و تابش امواج بلند و دیگر سامانه‌های بزرگ مقیاس جو دستخوش تغییر می‌شود (جیمز، ۱۹۹۴).

به‌علت تغییرات مکانی سالانه‌ی سلول هادلی، این کمربند پرفشار در ماه‌های گرم نیمکره شمالی بر روی دریای مدیترانه و بخش شمالی آن قرار می‌گیرد. استقرار کمربند یا زبانه پرفشار جنب‌حاره آزرورز بر سطح مدیترانه در چنین شرایطی، موجب می‌شود که چرخندزایی آن ضعیف شده و همچنین جهت باد تغییر نماید. در این وضعیت رطوبت مدیترانه نمی‌تواند به خشکی‌های شرق آن انتقال یابد و قسمتی از رطوبت آن به تامين بارش ساحل آفریقا کمک می‌کند. در ماه‌های سرد، کمربند پرفشار جنب‌حاره به‌طور کامل از روی دریای مدیترانه خارج و در این شرایط، جریان هوا روی مدیترانه غربی و جنوب غربی شده و رطوبت مدیترانه توسط این جریان‌ها به خشکی‌های شرق آن از جمله ایران انتقال می‌یابد (ریسیج و همکاران، ۲۰۰۳).

کوتیل و پاز (۱۹۹۸) با مطالعه خشک‌سالی و ترسالی در شرق مدیترانه نتیجه گرفته‌اند که همبستگی بالا بین بی‌هنجاری فشار سطح دریا در شرق مدیترانه و بارندگی سواحل شرقی وجود دارد، به طوری که بی‌هنجاری منفی فشار سطح دریا در این ناحیه همراه با ترسالی و بی‌هنجاری مثبت همراه با خشک‌سالی است. 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.

با توجه به اینکه سامانه‌های پرفشار جنب‌حاره‌ای (آزورز) جز سامانه‌های کم بسامد بوده و تغییرات و جابه‌جایی آن‌ها بسیار کند است، اشل و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از این ویژگی سامانه‌های پرفشار و بکار بردن میانگین فشار سطح دریا در نقاطی از اقیانوس اطلس شمالی، با روش‌های آماری موفق به پیش‌بینی خشک‌سالی در شرق مدیترانه از ۷/۵ تا ۱۳ ماه قبل شده‌اند.

پرفشار سیبری یک سامانه نیمه دائمی سطح زمین است که در فصل زمستان نیمکره شمالی روی قاره اوراسیا شکل می‌گیرد. فشار میانگین بلند مدت مرکز این سامانه بالغ بر ۱۰۳۰ هکتوپاسکال است. در میانگین‌های اقلیمی، پرفشار سیبری جزء سامانه‌های وردسپهر پایین است و در طبقه بندی‌ها نیز سامانه‌ای گرمایی محسوب می‌شود (ناکامورا و تاکایا، ۲۰۰۵). نتایج برخی از تحقیقات حاکی از آن است که پرفشار سیبری دارای بزرگ‌ترین دامنه در بخش زیرین وردسپهر است، اما به‌طور غیرمستقیم با جریان‌های بالای وردسپهر نیز در مقیاس نیم‌کره‌ای در ارتباط است (پاناگیوتوپولس و همکاران، ۲۰۰۵).

فیداس و همکاران (۲۰۰۷) تحلیل روند سری زمانی بارش ۵۰ ساله اخیر یونان را در ارتباط با شاخص‌های گردشی جو بررسی کردند. آن‌ها با انجام دو روش حداقل مربعات و من‌کندال بر روی داده‌های بارش یونان معتقدند که روند بارش سالانه و زمستانه یونان را از سال ۱۹۸۴ به بعد کاهش یافته است. همچنین در ادامه این تحقیق، تغییرپذیری بارش در ارتباط با سه شاخص گردش جوی نوسان اطلس شمالی، نوسان مدیترانه‌ای و شاخص جدید نوسان مدیترانه‌ای به کمک تحلیل همبستگی بررسی شد.

خوش اخلاق (۱۳۷۷) ضمن مطالعه خشک‌سالی‌های فراگیر ایران با استفاده از واکاوی همدیدی و مقایسه آن‌ها با دوره‌های مرطوب، کمربند پرفشاری بین پرفشار آزورز و پرفشار سیبری و نیز حرکات نصف النهاری پرفشار جنب‌حاره را دلیل رخداد دوره‌های خشک و مرطوب در کشور می‌داند.

معصوم پور (۱۳۸۴) خشک‌سالی‌های فراگیر سواحل جنوبی خزر را بررسی کرده است. نتایج او نشان داد گسترش زبانه سیبری به سمت شرق اروپا و غرب ایران و پیوستن این زبانه به پرفشار جنب حاره‌ای آزورز مانع از ورود سامانه‌های غربی به منطقه و سبب آغاز خشک‌سالی می‌شود.

نصر اصفهانی (۱۳۸۲) برای یک سال (۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲) چرخندزایی شرق مدیترانه و اثر آن بر آب و هوای ایران را بررسی کرده است. طبق نتایج این بررسی، با فرا رسیدن ماه‌های سرد به تدریج چرخندهایی از غرب و شمال‌غرب، وارد کشور شده و می‌توانند موجب بارندگی در فلات ایران شوند. گاهی اوقات هم‌زمان با ورود این چرخندها به ایران، از طرف خلیج فارس و دریای سرخ نیز رطوبت به آن‌ها افزوده شده و موجب تقویت بیشتر این چرخندها می‌شود.

محمدنژاد در سال (۱۳۸۹) در رساله‌ی دکتری خود، رابطه بارندگی‌های ایران با سیستم‌های مدیترانه ای را مورد بررسی قرار داده است. ایشان با تعیین شاخص‌هایی برای دو پرفشار سیبری و آزرز و همچنین تاثیر چرخندزایی حوزه دریای مدیترانه بر بارش ایران، نشان داده‌اند که بارندگی‌های ایران متأثر از کمربندهای پرفشار سیبری و آزرز و چرخندزایی حوزه دریای مدیترانه می‌باشد.

اشجعی باشکند (۱۳۷۹)، به بررسی و ارائه‌ی مدل‌های همدید بارش‌های سنگین بیش از ۳۰ میلی‌متر شمال‌غرب ایران پرداخت. او معتقد است که از میان سامانه‌های متفاوتی که منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، سامانه‌های کم‌فشار مدیترانه‌ای به دلیل اینکه حاوی رطوبت زیاد می‌باشند بیش از سامانه‌های دیگر بر روی بارش‌های سنگین منطقه مؤثر بوده‌اند و در مواقعی که سردچال‌های ترازهای بالا در منطقه استقرار طولانی داشته باشند بارش‌های سنگین همراه با تگرگ خواهد بود. به‌علاوه زمانی که سامانه‌ی کم‌فشار مدیترانه با سامانه واپرخند اروپا از روی قفقاز و شمال‌غرب ایران نفوذ کند، شدیدترین حالت جبهه‌زایی و همگرایی به‌وجود می‌آید و بارش سامانه چشمگیرتر خواهد بود.

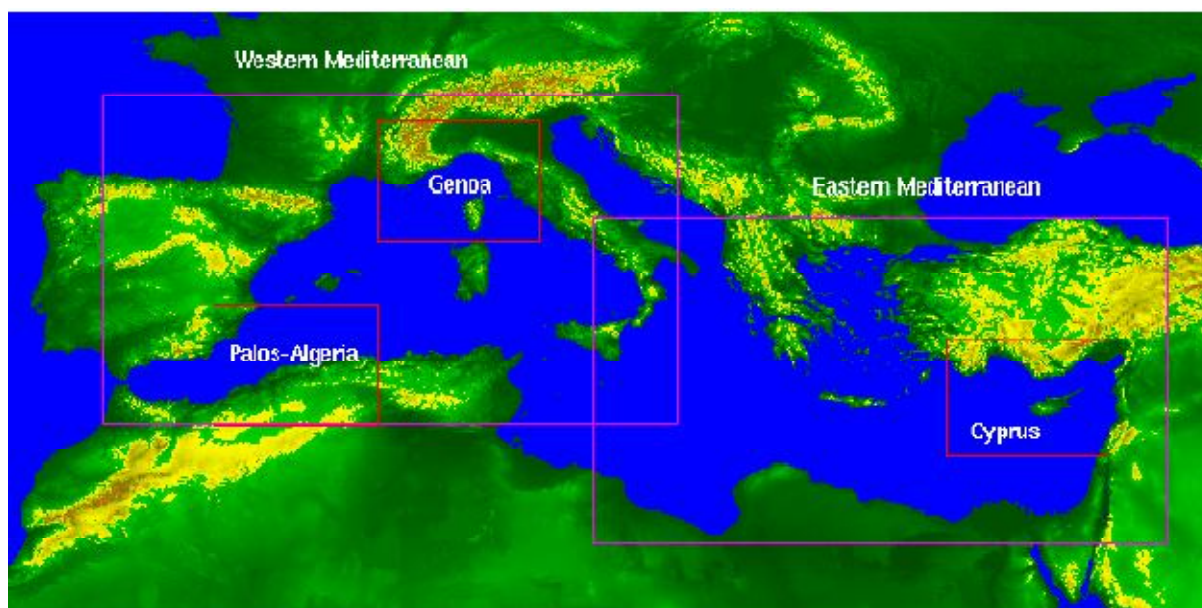
جهت بررسی چگونگی تاثیر پرفشار سیبری و آزرز بر بارش ایران شاخص‌هایی تعریف شده‌اند. شاخصی برای آزرز در ماه ژانویه در شرق مدیترانه تعریف خواهد شد. به این ترتیب که عرض جغرافیایی زبانه‌ی فوق در یک نقطه معین مثل اسکندریه تعیین و این کار برای پرفشار سیبری در تهران نیز انجام خواهد شد. بارش چند ایستگاه همدیدی (ایستگاه‌هایی که به طور همزمان در سراسر دنیا بر اساس مقررات سازمان جهانی به طور ۲۴ ساعته موظف به اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی هستند) واقع در غرب کشور که متأثر از هر دو سامانه هستند، با استفاده از شاخص‌های مورد مطالعه، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. به این منظور با استفاده از شاخص‌های جدید سامانه‌های آزرز و سیبری و به کمک مدل‌های آماری بارش‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی و با داده‌های مشاهداتی مقایسه خواهند گردید.

مبانی نظری



## ۱-۲ فراوانی و فشار مراکز مهم چرخندزای حوزه مدیترانه

دریای مدیترانه در جنوب قاره اروپا و شمال قاره آفریقا واقع شده است. در غرب آن اقیانوس اطلس و در شرق این دریا خشکی‌های خاورمیانه می‌باشد. این دریا به واسطه واقع شدن در عرض‌های میانی کره زمین یکی از مناطق مهم چرخندزایی زمین است (گوجارو، ۲۰۰۶). مراکز چرخندزای مهم دریای مدیترانه، مراکز قبرس، شرق مدیترانه، جنوب ایتالیا، خلیج جنوا، غرب مدیترانه و شمال دریای سرخ می‌باشند. مراکز خلیج جنوا، شرق و غرب مدیترانه بیشترین فراوانی سالانه‌ی چرخندها را دارند شکل (۱-۲).



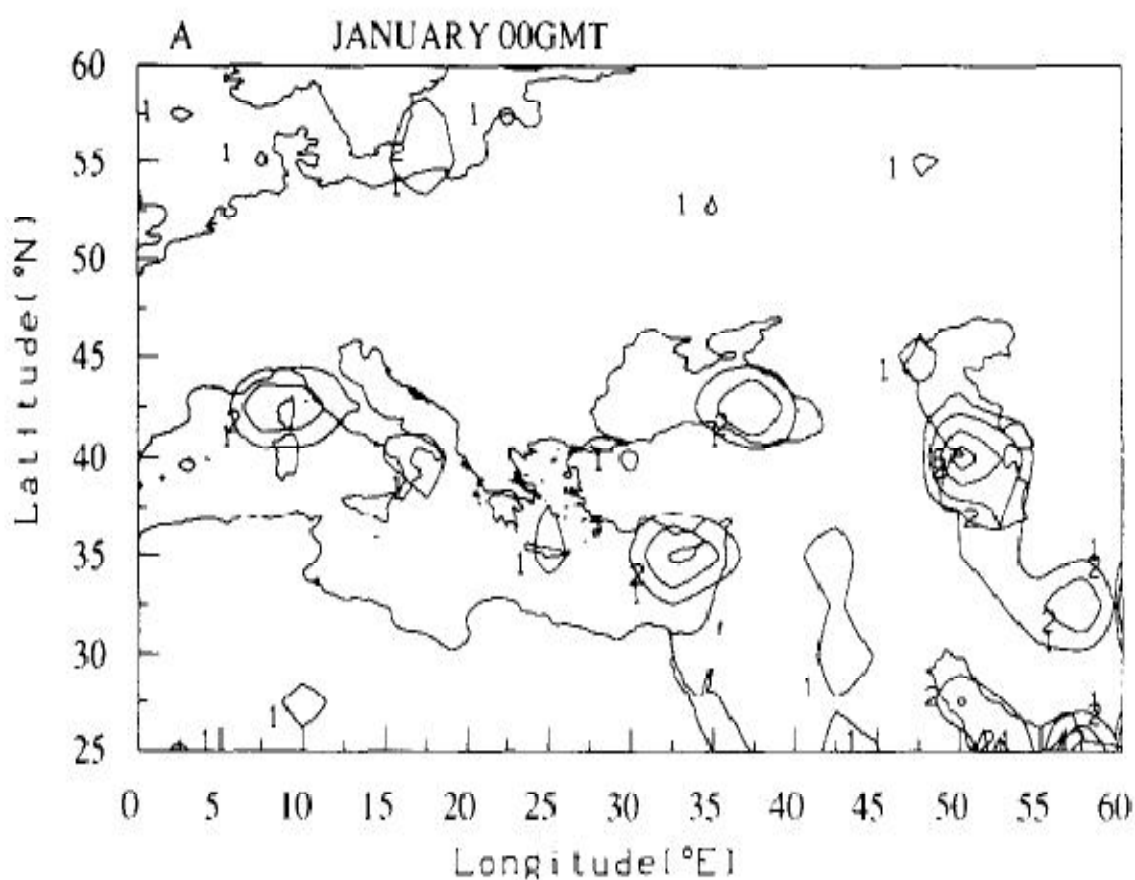
شکل ۱-۲ نمایش مراکز مهم چرخندزای حوزه دریای مدیترانه واقع در شرق و غرب مدیترانه و خلیج جنوا (گوجارو، ۲۰۰۶).

در ماه‌های سرد، جابجایی کمربند پرفشار جنب‌حاره به تدریج به طرف عرض‌های پایین صورت گرفته و سامانه‌ی پرفشار جنب‌حاره (آزورز) از روی مدیترانه عقب نشینی نموده و شرایط برای چرخندزایی بیشتر فراهم می‌شود (دیویس و همکاران، ۱۹۹۷؛ ایران نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

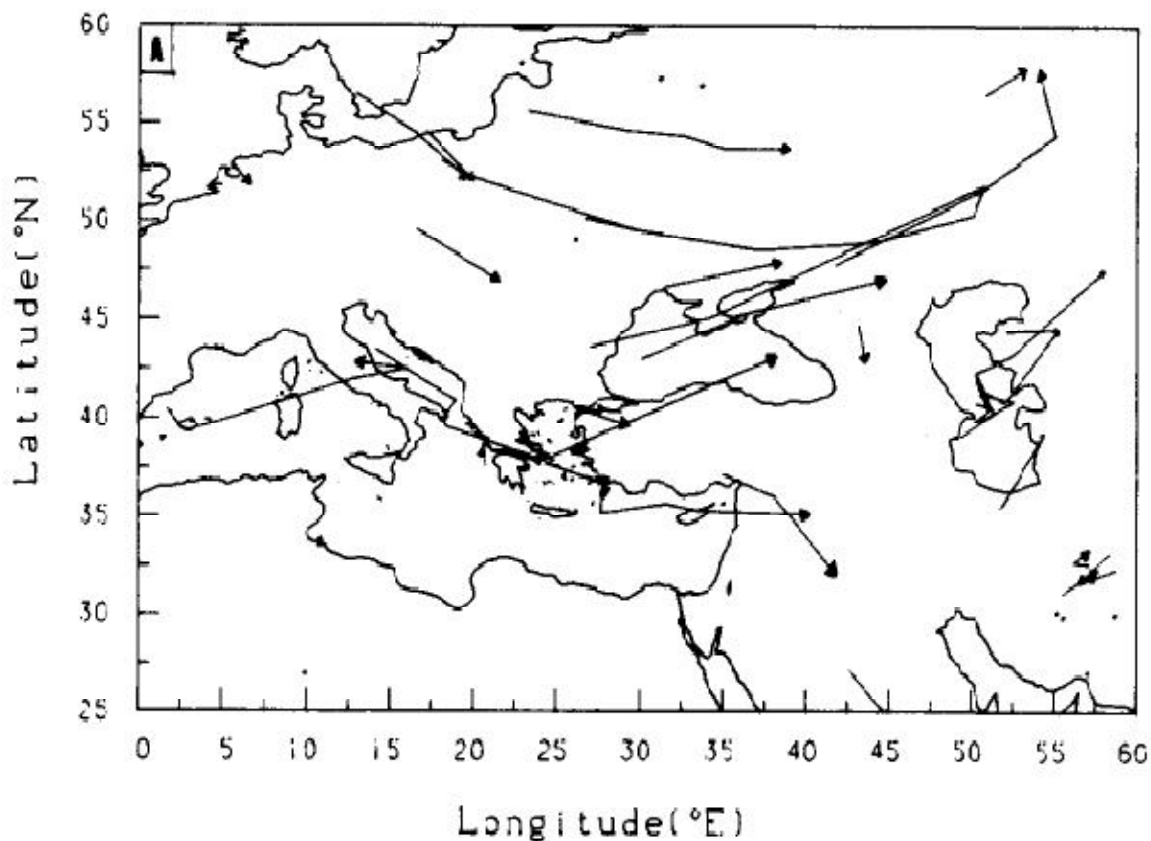
فراوانی مسیرهای چرخندی در شکل‌گیری شرایط جوی، نظیر دوره‌های مرطوب و خشک، مؤثر است. از این رو وقتی یک فصل یا ماه، مرطوب قلمداد می‌شود که فراوانی مسیرهای چرخندی نسبت به متوسط، یا طول دوره بارش و مقدار بارش سامانه‌های چرخندی افزایش یافته باشد. (آلپرت و همکاران، ۱۹۹۰) در مطالعه‌ای بر روی مسیرهای چرخندی مدیترانه، مشخص کردند که مدیترانه به‌ویژه در فصل زمستان یکی از مناطق مهم چرخندزایی است. چرخندهای دریای مدیترانه به‌طور 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.

به عنوان مثال شکل ۲-۲ توزیع چرخندزایی چند مرکز چرخندزای دریای مدیترانه شامل قبرس، کرت، جنوب ایتالیا و خلیج جنوا را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل پیداست دو مرکز قبرس واقع در شرق خلیج جنوا واقع در مرکز مدیترانه از فراوانی بیشتری برخوردار هستند. شکل ۲-۳ هم حرکت شرق سوی چرخندهای حوزه مدیترانه در فصل زمستان را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲ نمایش چهار مرکز چرخندزا در ماه ژانویه بر روی دریای مدیترانه (آلپرت، ۱۹۹۰).



شکل ۲-۳ جهت حرکت چرخندهای حوزه مدیترانه در ماه ژانویه (آپرت، ۱۹۹۰).

مرز بین توده‌های سرد و گرم دارای ویژگی کژفشاری<sup>۱</sup> است که در آن تقاطع افقی و قائم در خطوط هم‌دما، هم‌فشار و هم‌حجم ویژه سبب می‌شود که در ترازهای زیرین و میانی جو، 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 ناوه‌ی در حال شکل‌گیری به‌وجود می‌آید. بنابراین، تشکیل آشفتگی در نتیجه 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).

(ماسکالس و جاکوب، ۲۰۰۵) در مدل منطقه‌ای مسیریابی چرخندی برای آینده‌ی طوفان‌های مدیترانه که با مطالعه بر روی داده‌های یک دوره ۱۳۹ ساله انجام شد، به این نتیجه رسیدند که تعداد کل

<sup>۱</sup> - baroclinic

چرخندهای مدیترانه‌ای با وجود کاهش در تعداد سامانه‌های قوی، در حال افزایش است. (کوتیل و پاز، ۱۹۹۸) ضمن بررسی همبستگی فشار جوی با زمان تأثیر در دو نقطه از مدیترانه، به منظور تعریف و پایش چرخندها در شرق مدیترانه و رابطه‌ی آن با تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب، احتمالات مختلفی را با توجه به ضریب همبستگی بالا در هر فصل به دست دادند و دیدگاه‌های مطالعات قبلی را قوت بخشیدند.

(علیجانی، ۱۳۷۶) رابطه پراکندگی مکانی مسیره‌های چرخندی خاورمیانه را با سامانه‌های هوایی تراز بالا بررسی کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که اثر سامانه‌های تراز بالا در پراکندگی مسیره‌های چرخندی خاورمیانه خیلی بیشتر و مهم‌تر از نقش ناهمواری‌ها و همچنین الگوی فشار سطح زمین (دریا) است. در اکثر موارد، مسیره‌های 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 به طرف خاورمیانه حرکت می‌کنند، که یک مسیر آن از شمال غرب ایران در بخش‌های جنوبی دریای خزر و نیز یک مسیر 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 خوشه بندی آن را به چهار ناحیه بارشی تقسیم کرد. در این تقسیم بندی، ناحیه سه و چهار که حدوداً غرب میانی ایران را دربر می‌گیرد، منطقه‌ای با ارتفاع زیاد و تحت تأثیر مسیره‌های چرخندی مدیترانه و دارای بارش زیاد معرفی شده است. در پژوهشی که (براتی و حیدری، ۱۳۸۲) انجام دادند، در رده بندی منابع رطوبتی بارش‌های غرب ایران بر پایه خاستگاه و مسیر سامانه‌های کم‌فشار (سامانه کم‌فشار به معنی این است که فشار هوا در آن ناحیه کمتر از فشار هوا در نواحی اطراف است بنابراین هوا از نواحی اطراف شروع به حرکت به سمت ناحیه‌ی کم‌فشار می‌کند) 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 سودانی 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 هم‌دیدگی 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.