

اثر بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و پرفشار سیبری بر چرخندزایی مدیترانه و بارش ایران

علیرضا محمدنژاد^۱، فرهنگ احمدی گیوی^{۲*} و پرویز ایران‌نژاد^۳

^۱ دانشجوی دکتری هواشناسی، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

^۲ استادیار، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

^۳ استادیار، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۷/۷/۹، پذیرش نهایی: ۸۸/۲/۲۲)

چکیده

در این پژوهش اثر نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره (آزورز) در منطقه شرق مدیترانه و زبانه پرفشار سیبری در ایران بر چرخندزایی دریای مدیترانه و بارش ایران در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ بررسی شده است. نتایج بررسی تغییرات بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و سیبری و ارتباط آن‌ها با بارش سالانه چند ایستگاه هم‌دیدی در کشور نشان می‌دهد که بین بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و فراوانی چرخندهای مرکز شرق مدیترانه ضریب همبستگی زیاد ۰٫۶۴۳ وجود دارد و اثر این بازه نوسان بر بارش بخش‌های غرب و شمال غرب ایران معنی‌دار است. از سوی دیگر، ضریب همبستگی بین بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری و بارش مناطق غرب، شمال غرب و قسمتی از شرق ایران نیز مثبت و بین ۰٫۳ تا ۰٫۶ است؛ ولی بازه این نوسان بر فراوانی چرخندهای حوزه مدیترانه و دریای سرخ اثری ندارد.

بین تغییرات بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و همچنین زبانه پرفشار سیبری با نقاط ابتدایی و انتهایی بازه (به ترتیب در ماه ژانویه و ژوئیه) همبستگی زیاد دیده می‌شود. ضرایب همبستگی بین بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و مکان ابتدا و انتهای آن به ترتیب منهای ۰٫۵۴۸ و ۰٫۴۷۷ و برای بازه نوسان سالانه پرفشار سیبری به ترتیب منهای ۰٫۷۸۳ و ۰٫۷۳۱ است. به بیان دیگر، تغییر بازه‌های نوسان سالانه می‌تواند ناشی از تغییر نقطه ابتدایی بازه در ماه ژانویه یا ناشی از تغییر نقطه انتهایی بازه در ماه ژوئیه و یا هر دو باشد. بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و زبانه پرفشار سیبری در سال‌های خشک کمتر از مقدار میانگین بلندمدت و در سال‌های تر بیشتر از میانگین بلندمدت است. نکته قابل توجه دیگر آنکه، الگوی چرخه فصلی بارش در مناطق غربی کشور که متأثر از بازه نوسان کمربند پرفشار جنب حاره است، در دوره‌های خشک و تر مشابه الگوی میانگین بلندمدت است، ولی در مناطق شرقی کشور تفاوت چشمگیری بین الگوها دیده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کمربند پرفشار جنب حاره‌ای، پرفشار سیبری، چرخندزایی دریای مدیترانه، بارش سالانه ایران

Effects of the annual variations in the positions of the sub-tropical high pressure belt and Siberian high on the Mediterranean cyclogenesis and precipitation in Iran

Mohammadnejad, A. R.¹, Ahmadi-Givi, F.² and Irannejad, P.³

¹ Ph. D. Student of Meteorology, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

² Assistant Professor, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

³ Assistant Professor, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 30 Sep 2008, Accepted: 12 May 2009)

Abstract

The Mediterranean is one of the most important cyclogenesis regions in the Northern

Hemisphere. The depressions occurring in specific areas of the Mediterranean region and cyclonic tracks have been the subject of extensive climatological research. The climate of the Mediterranean region is conditioned by its position in the transition area between the sub-tropical high pressure belt and the mid latitude westerlies. The seasonal positional shift of the sub-tropical high pressure belt to the south during winters and to the north during summers effects both the frequency of cyclogenesis over the Mediterranean and the cyclone tracks, which are towards the east during the winter months. Studies show that, during 1957 to 2002, the monthly cyclone frequency in the cyclogenesis zones of the Gulf of Geneva, southern Italy, Cyprus and East and West Mediterranean decreases in summer and increases in winter months. Also relationships between sea level pressure departures in the Mediterranean and monthly precipitation conditions in the East Mediterranean (EM) have been found. Dry (Wet) rainfall conditions in the East Mediterranean, were found to be characterized by positive (negative) pressure departures and /or southerly (westerly or northerly) circulation over the East Mediterranean.

Research showed that the atmospheric circulation is predictable when the SST and sea level pressure fields are persistent. The movement of the position of the sub-tropical high pressure belt is slow. Therefore, it is expected that, similar to the SST, it acts as a low frequency signal, making the atmospheric circulation and surface condition predictable over the Mediterranean.

In the present paper, the effect of annual positional variation of the sub-tropical high pressure belt on the Mediterranean cyclogenesis and its combined effect with the position of the Siberian high on the annual precipitation in Iran are studied. The latitude of the sub-tropical high pressure belt on the meridian passing through Alexandria in the east of the Mediterranean Sea (STPSKJ) and the latitude of the Siberian high on the meridian passing through Tehran (STPIRJ) were determined in January (southern position) and July (northern position), each year. The annual latitudinal difference between northern and southern positions of sub-tropical high pressure on the Alexandrian meridian (DLSTPSK) and that of the Siberian high on the Tehran meridian (DLSTPIR) are calculated during the 1960 - 2002 period.

We found a significant coefficient of correlation (0.643) between DLSTPSK and the East Mediterranean cyclone frequency. The geographical distribution of correlation coefficients of precipitation in Iran with DLSTPSK and with DLSTPIR shows the significant influence of DLSTPSK in precipitation on the western and north -western parts of Iran, while DLSTPIR affects precipitation in the western, north-western and north-eastern parts of the country. The magnitude of the correlation coefficient of the Siberian index (DLSTPIR) and precipitation in these regions varies from 0.3 to 0.6. No significant correlation was found between DLSTPIR and cyclone frequency in the Mediterranean and the North Red Sea cyclogenesis centers.

We also found significant correlation coefficients between DLSTPSK and the latitude of STPSKJ in January and July and between DLSTPIR and the position of STPIRJ in the two extreme months. The correlation coefficients are 0.477 and -0.548 for the sub-tropical high pressure belt position in the East Mediterranean and 0.731 and -0.873 for the Siberian high pressure position in January and July, respectively. This means that the annual variation of the position of sub-tropical high pressure belt in the East Mediterranean meridian and that of the Siberian high pressure on the Tehran meridian are affected by variation of its first position in January and/or its end position in July.

Results show that precipitation in some regions of Iran is under the combined influence of DLSTPSK and DLSTPIR. The impact of DLSTPSK on precipitation in Iran is mostly because of its role in the frequency of cyclones generated in the East

Mediterranean and that of DLSTPIR is through its effect on the flow of the cold air from the Siberian high to the lower latitudes in Iran. It seems, in this situation, that the warm, wet westerly flow from the Mediterranean hitting the cold Siberian air favors the formation of fronts and subsequent precipitation in the west of Iran. This is manifested by the wet years in Iran being associated with positive anomalies of both DLSTPSK and DLSTPIR and the dry years with negative anomalies of DLSTPSK and DLSTPIR. We also found that the seasonal cycles of precipitation are similar in the wet and dry years in the regions that are under the influence of DLSTPSK and DLSTPIR (i.e. the west of Iran), but different in the eastern parts of the country.

Key words: Cyclogenesis, Cyclone frequency, Siberian high, Sub tropical high pressure, Precipitation, Iran

۱ مقدمه

بزرگ‌مقیاس و اثر آن در تغییرپذیری بارندگی مدیترانه‌ای و یا تریگو و داکامارا (۲۰۰۰) در مورد انواع گردش‌های جوئی در منطقه مدیترانه و اثر آنها در بارش کشور پرتغال اشاره کرد. به‌علاوه تریگو و همکاران (۲۰۰۰) کاهش بارش مدیترانه‌ای را ناشی از تضعیف چرخندهای این منطقه می‌دانند و رسیچ و همکاران (۲۰۰۳) نیز روشن ساخته‌اند که در فصل تابستان، رطوبت مدیترانه بیشتر به تامین بارش سواحل افریقا و مانسون هند کمک می‌کند. با توجه به مطالب فوق، مشاهده می‌شود که اقلیم منطقه مدیترانه متأثر از جابه‌جایی کمربند پرفشار و همچنین جریان‌های سطوح فوقانی (برای مثال، جاکویت ۱۹۸۷) است.

کمربند پرفشار جنب حاره جزء سامانه‌های کم‌بسامد است و جابه‌جایی آن بسیار کند صورت می‌گیرد. بنابراین انتظار می‌رود که بین بازه نوسان سالانه این کمربند (پایین‌ترین و بالاترین عرض جغرافیایی آن) و فراوانی چرخندهای مدیترانه و در نتیجه آب و هوای این منطقه و اطراف آن ارتباط وجود داشته باشد. پژوهش‌های بسیاری در این زمینه از قبیل مراکز چرخندزای مدیترانه، میانگین فراوانی چرخندها در هر ماه و در نواحی گوناگون، مسیر چرخندها و تغییرپذیری فصلی آنها، ارتباط چرخندزایی مدیترانه و بارش مناطق مجاور صورت گرفته است. تریگو

کمربند پرفشار جنب حاره‌ای به نواری از مناطق جنب حاره اطلاق می‌شود که هوای صعودی مربوط به سلول هادلی در استوا در آنها نزول می‌کند و موجب تشکیل پرفشار می‌شود (جیمز، ۱۹۹۴). به علت تغییرات مکانی سالانه سلول هادلی، این کمربند پرفشار در ماه‌های گرم نیم‌کره شمالی روی دریای مدیترانه و بخش شمالی آن مستقر می‌شود و با آغاز ماه‌های سرد به مناطق خشکی جنوب مدیترانه انتقال می‌یابد (برای مثال: رسیچ و همکاران، ۲۰۰۳). در ماه‌های سرد، کمربند پرفشار به‌طور کامل از روی دریای مدیترانه خارج و در این شرایط، جریان هوا روی مدیترانه، غربی و جنوب غربی می‌شود و رطوبت مدیترانه با این جریان‌ها به خشکی‌های شرق آن انتقال می‌یابد. با گرم شدن هوا و استقرار پرفشار جنب حاره روی دریای مدیترانه، جهت جریان هوا شمالی می‌شود و نقش مدیترانه در تامین رطوبت خشکی‌های اطراف آن تغییر می‌کند (رسیچ و همکاران، ۲۰۰۳)

پژوهش‌ها نشان‌دهنده وجود همبستگی زیاد بین تغییرات الگوهای جوئی در سطوح فوقانی و بارش در منطقه مدیترانه است. برای نمونه می‌توان به کارهای جاکویت (۱۹۸۷) درباره ارتباط بین وردایی محلی ناوه سطوح فوقانی و الگوهای بارش در مدیترانه، زوپلاکی و همکاران (۲۰۰۴) در خصوص بررسی دینامیک

و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی عینی اقلیم‌شناختی چرخندزایی در منطقه مدیترانه در دوره ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۶، اطلاعات بسیاری در مورد این چرخندها، مانند میانگین فراوانی چرخندها در هر ماه و در نواحی گوناگون مدیترانه همراه با انحراف معیار آنها، و درصد فراوانی چرخندها برحسب بیشینه شعاع گسترش آنها به دست آورده‌اند. ماهراس و همکاران (۲۰۰۱) اقلیم‌شناختی چرخندهای سطحی مدیترانه‌ای در دوره‌ای ۴۰ ساله را مورد بررسی عینی قرار دادند و توزیع مکانی و زمانی آنها را روشن ساختند. نتایج دو پژوهش فوق حاکی از آن است که چرخندزایی مدیترانه در ماه‌های سرد سال زیاد است و در ماه‌های گرم به شدت کاهش می‌یابد. مطالعه تعداد و مسیر چرخندهای مدیترانه‌ای در هر ماه و تغییرپذیری آنها نیز در کارهای آلپرت و همکاران (۱۹۹۰) و کاراس و زانگویل (۱۹۹۹) دیده می‌شود. اشل و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از میانگین فشار سطحی در نقاطی از اقیانوس اطلس شمالی، به روش‌های آماری از ۷٫۵ تا ۱۳ ماه قبل، خشک‌سالی در شرق مدیترانه را پیش‌بینی کرده‌اند. کوتیل و پاز (۱۹۹۸) نتیجه گرفته‌اند که همبستگی زیادی 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. زوپلاکی و همکاران (۲۰۰۴) روشن ساختند که حدود ۳۰٪ از تغییرات بارش سالانه در منطقه مدیترانه مربوط به تغییرات الگوی ارتفاع ژئوپتانسیلی سطوح فوقانی و فشار سطح دریا است. براساس پژوهش تریگو و همکاران (۲۰۰۰)، کاهش بارش در فصل مرطوب مدیترانه در طی چهار دهه گذشته به علت تضعیف شدت چرخندهای مدیترانه‌ای است و این تضعیف به برهم کنش جو-اقیانوس در اطلس شمالی مربوط است.

از آنجاکه فراوانی چرخندزایی مدیترانه در ماه‌های

سرد بیشتر (تریگو و همکاران ۱۹۹۹، ماهراس و همکاران، ۲۰۰۱) و مسیر غالب چرخندهای واقع روی این دریا به سمت شرق است (آلپرت و همکاران، ۱۹۹۰؛ کاراس و زانگویل، ۱۹۹۹ و گوجارو و همکاران، ۲۰۰۶)، انتظار می‌رود که آب و هوا و بارش منطقه خاورمیانه و ایران به شدت متأثر از مکان کمربند پرفشار جنب حاره و فراوانی چرخندزایی مدیترانه (به‌ویژه در شرق آن) باشد. نصر اصفهانی (۱۳۸۲) به بررسی چرخندهای مدیترانه طی دوره‌ای یکساله پرداخته و نتیجه گرفته است که با شروع ماه‌های سرد به تدریج چرخندهایی در شرق مدیترانه تقویت و از غرب وارد کشور می‌شوند. در اوایل بهار نیز تضاد حرارتی شمال آفریقا و دریای مدیترانه و وجود کوه‌های اطلس، دلایل اصلی ایجاد و تقویت این چرخندها هستند. با توجه به این که پژوهشی در ارتباط با اثر نوسان کمربند پرفشار جنب حاره در چرخندزایی مدیترانه و بارش ایران صورت نگرفته است، عملی ساختن آن و نتایج حاصل می‌تواند برای مقاصد علمی و کاربردی مفید باشد. از این رو، هدف اصلی این مقاله بررسی ارتباط بین نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره (آزورز) در منطقه شرق مدیترانه بر چرخندزایی دریای مدیترانه و بارش ایران در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ است. از آنجاکه استقرار سامانه پرفشار سیبری در شمال دریای خزر در طی ماه‌های سرد سال و نفوذ زبانه‌های آن می‌تواند منطقه خاورمیانه و شمال ایران را تحت تاثیر قرار دهد، اثر بازه نوسان زبانه این سامانه روی ایران در چرخندزایی مدیترانه و بارش کشور نیز بررسی شده است. به‌علاوه، چگونگی اثر دو سامانه فوق بر بارش یک ایستگاه همدیدی واقع در غرب کشور که متأثر از هر دو سامانه است، در سال‌های خشک و تر دوره مورد تحقیق، بررسی و مقایسه شده‌اند.

۲ داده‌ها و روش کار

داده‌های مربوط به بارش ماهانه، فصلی و سالانه ایران از

همبستگی بین بازه نوسان سالانه این دو سامانه و مکان آنها در دو ماه فوق، بررسی شده‌اند.

برای بررسی اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و زبانه پرفشار سیبری بر بارش سالانه ایران، در بخش ۳-۳ توزیع جغرافیایی ضریب همبستگی برای کل کشور رسم شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. در بخش‌های ۳-۴ و ۳-۵ بازه نوسان سالانه دو سامانه پرفشار در سال‌های خشک و تر ایران در دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۲ به تفکیک بررسی شده و مناطقی که بارش آنها به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر این بازه‌ها است، مشخص شده است. در همین بخش‌ها مقدار بارش سالانه و الگوی تغییرات فصلی آن در یکی از ایستگاه‌های غرب کشور (سنندج) که بیشینه تاثیرپذیری از این بازه‌ها را دارد، به‌صورت نمونه، با تفصیل بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است.

۳ نتایج

۳-۱ اثر نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره بر

چرخندزایی شرق مدیترانه

ابتدا شاخصی برای نشان دادن مکان کمربند پرفشار جنب حاره‌ای در شرق مدیترانه (یا زبانه پرفشار آن) برای هر ماه تعریف می‌کنیم. این شاخص به‌صورت عرض جغرافیایی کمربند پرفشار در نصف‌النهاری که از اسکندریه مصر عبور می‌کند، در نظر گرفته می‌شود. با این تعریف، محل کمربند پرفشار (یا زبانه پرفشار آزرز) برای هر ماه و همچنین بازه تغییرات نوسان این کمربند پرفشار (در نصف‌النهار اسکندریه) برای هر سال از دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ مشخص شد. بازه سالانه این نوسان، با تعیین بالاترین و پایین‌ترین مکان کمربند پرفشار برحسب عرض جغرافیایی در هر سال (که در نمودارها به ترتیب با STPSUM و STPSKJ نشان داده شده‌اند) و محاسبه تفاضل آنها (DLSTPSKJ) به دست آمده است. در شکل ۱ نمودارهای

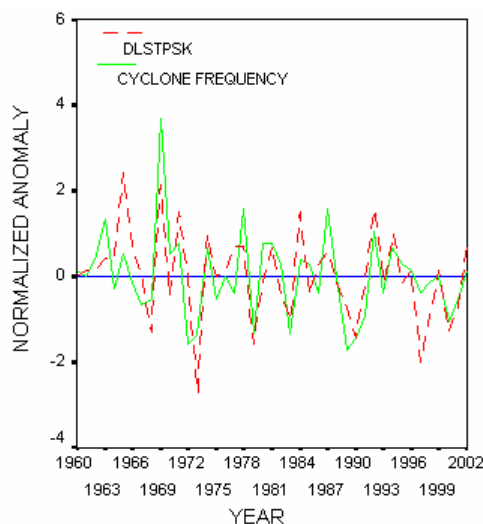
پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی ایران (<http://www.weather.ir>)، داده‌های مرتبط با فراوانی سالانه و فصلی چرخندهای دریای مدیترانه از پایگاه اینترنتی مرکز اطلاعات آزمایش مدیترانه (<http://www.MEDEX.ihm.uib.es>) و داده‌های مورد نیاز برای میانگین‌های ماهانه، فصلی و سالانه فشار سطح دریا از پایگاه اینترنتی (<http://www.tutiempo.net/en/Climate>) به دست آمده است. داده‌های استفاده شده در این پژوهش، مربوط به دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ است.

همان‌طور که در مقدمه ذکر شد، در این پژوهش اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره‌ای و زبانه پرفشار سیبری بر چرخندزایی مدیترانه (به‌ویژه شرق آن) و بارش سالانه ایران بررسی شده است. به منظور تعیین بازه نوسان سالانه این دو سامانه پرفشار، نقشه‌های میانگین ماهانه فشار سطح دریا برای ماه‌های ژانویه و ژوئیه هر سال تهیه و مکان زبانه‌های پرفشار فوق روی هر نقشه به‌طور دستی مشخص شد. تفاوت عرض جغرافیایی محل زبانه‌های پرفشار در ژانویه و ژوئیه روی نصف‌النهارهای تهران (برای پرفشار سیبری) و اسکندریه (برای پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه)، بازه نوسان سالانه هر یک از پرفشارها را روی آن نصف‌النهارها به دست می‌دهد. لازم به یادآوری است که در این روش، خطای چشمی در تعیین دقیق عرض جغرافیایی مراکز وجود دارد، ولی این خطاهای کوچک، به نظر نگارندگان، نتایج کلی این پژوهش را تغییر نمی‌دهد. ارتباط بین فراوانی چرخندهای مدیترانه و تغییرات سالانه بازه نوسان کمربند پرفشار جنب حاره و پرفشار سیبری در دوره ۴۳ ساله، به‌صورت نموداری نشان داده شده است و با استفاده از ضرایب همبستگی بین آنها، کمی می‌شود. برای مشاهده حساسیت بازه نوسان سالانه هر سامانه به جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین مکان آنها (به ترتیب در ماه‌های ژانویه و ژوئیه)، ضرایب

ولی معنی دار نیست. بنابراین، تغییرات سالانه مکان کمربند پرفشار در شرق مدیترانه، علاوه بر نقش مهم در فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه، بر فراوانی چرخندهای قبرس و شمال دریای سرخ نیز که در نواحی شرقی تر منطقه مدیترانه قرار دارند، تاثیرگذار است؛ ولی در نواحی غرب مدیترانه، تاثیر معنی داری وجود ندارد.

با توجه به کم‌سامد بودن کمربند پرفشار جنب حاره‌ای و در نتیجه تغییرات بسیار کند آن، انتظار می‌رود که بین پایین‌ترین مکان این کمربند در ماه ژانویه، که سردترین ماه سال است، و بالاترین مکان آن در تابستان (در عرض‌های بالاتر) ارتباط وجود داشته باشد (جیمز، ۱۹۹۴). برای بررسی این موضوع، نمودارهای مکان کمربند پرفشار در ژانویه هر سال و اندازه بازه نوسان آن در همان سال برای دوره مورد بررسی در شکل ۲ عرضه شده است. مقادیر مربوط به نمودارها، برحسب میانگین بلندمدت آنها بهنجار شده‌اند. با توجه به شکل، ملاحظه می‌شود که تقریباً در همه سال‌ها، تغییرات این دو نمودار برخلاف یکدیگر است؛ یعنی با کاهش (افزایش) عرض جغرافیایی مکان کمربند پرفشار در ماه ژانویه هر سال، بازه نوسان سالانه این کمربند افزایش (کاهش) می‌یابد.

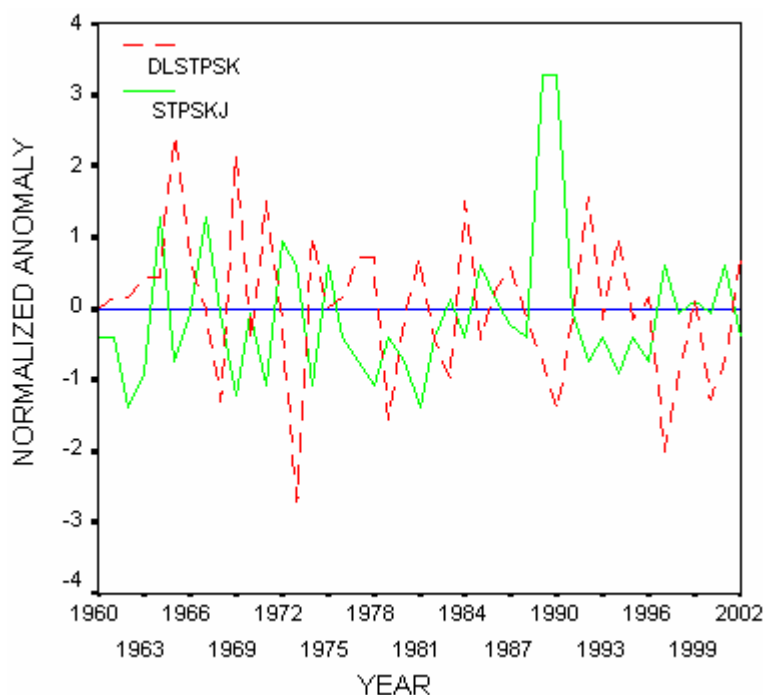
فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه و تغییرات سالانه بازه نوسان کمربند پرفشار جنب حاره (در اسکندریه) در دوره مورد بررسی، آورده شده است (هر دو نمودار برحسب مقادیر میانگین بلندمدت بی‌بعد شده‌اند). با توجه به شکل، همخوانی خوبی بین دو نمودار، به‌ویژه در بیشینه و کمینه مقادیر آنها، مشاهده می‌شود. به بیان دیگر، با افزایش بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار، فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه نیز افزایش می‌یابد. علت این موضوع آن است که با زیاد شدن بازه نوسان، کمربند پرفشار جنب حاره به‌طور کامل از روی مدیترانه خارج و امکان چرخندزایی بیشتری در منطقه فراهم می‌شود. جدول ۱ ضریب همبستگی بین فراوانی چرخندهای نواحی گوناگون مدیترانه و بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره (در اسکندریه) از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ را نشان می‌دهد. نتیجه قابل توجه در این جدول، ضریب همبستگی زیاد ($r = 0.643$) بین مقدار بازه نوسان کمربند پرفشار و فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه (CYCEAST) است. ضریب همبستگی برای فراوانی چرخندهای قبرس و شمال دریای سرخ معنی دار و به ترتیب ۰٫۳۸۰ و ۰٫۳۰۴ است. ضرایب همبستگی برای سایر مراکز چرخندزا، مثبت است



شکل ۱. مقایسه نمودارهای بهنجار شده فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه (خط پیوسته) و تغییرات سالانه بازه نوسان کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه (خط چین) برای دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲.

جدول ۱. ضریب همبستگی بین بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار در اسکندریه و فراوانی چرخندها در نواحی گوناگون مدیترانه.

تغییرات سالانه بازه کمربند پرفشار در اسکندریه مصر		چرخندهای شرق مدیترانه	چرخندهای خلیج جوا	چرخندهای قبرس	چرخندهای غرب مدیترانه	چرخندهای دریای سرخ
		CYCBAST	CYCOENVA	CYCCYPRU	CYCMEST	RDCYCLOH
DLSTPSK	Pearson Correlation	.643**	.007	-.380*	.170	.304*
	Sig. (2-tailed)	.000	.949	.002	.325	.048
	N	48	48	48	48	48



شکل ۲. نمودارهای بهنجار شده عرض جغرافیایی کمربند پرفشار در شرق مدیترانه برای ژانویه هر سال (خط پیوسته) و مقدار بازه نوسان آن در همان سال (خط چین) برای سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲.

بودن مکان آن در تابستان (و یا اثر توام آنها) باشد.

۲-۳ اثر بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری بر

چرخندزایی مدیترانه

همان‌طور که در مقدمه ذکر شد، به علت اهمیت وجود پرفشار سیبری در ماه‌های سرد سال و اثر زبانه‌های آن در شرایط جوی و بارش خاورمیانه و ایران، در این بخش، ارتباط بین تغییرات بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری و چرخندزایی مدیترانه در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ بررسی

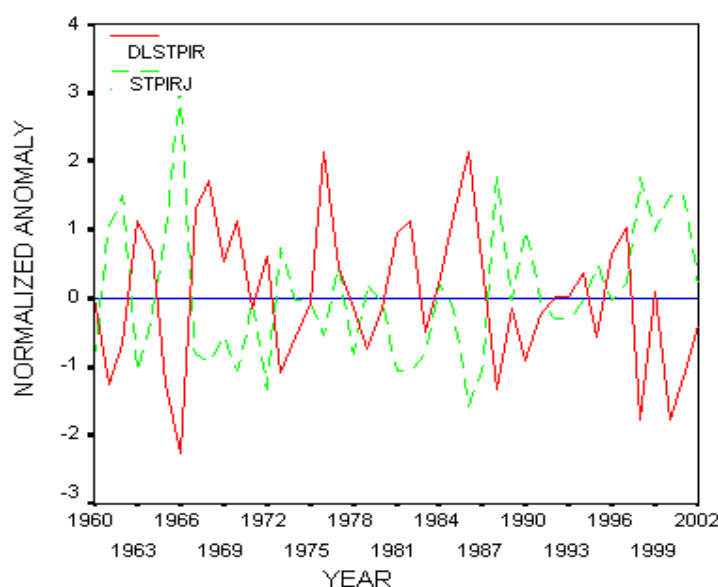
افزایش بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار می‌تواند در اثر پایین بودن عرض جغرافیایی مکان کمربند در زمستان (ژانویه) و یا در اثر بالاتر بودن عرض آن در تابستان (ژوئیه) باشد. ضریب همبستگی بین بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار و عرض جغرافیایی آن در دو ماه سرد و گرم سال به ترتیب منهای ۵۴۸ ر. و ۴۷۷ ر. و در سطح ۰٫۰۱ معنی‌دار است. مشاهده می‌شود که افزایش بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار می‌تواند ناشی از هر دو عامل، یعنی پایین بودن مکان کمربند در زمستان و یا بالا

هر دو ضریب در سطح ۰٫۰۰۱ معنی دار و نشان‌دهنده افزایش بازه نوسان در اثر کم شدن عرض جغرافیایی مکان زبانه پرفشار در ژانویه (ضریب همبستگی منهای ۰٫۷۸۳) و زیاد شدن عرض جغرافیایی آن در تابستان (ضریب همبستگی ۰٫۷۳۱) است. کاهش عرض جغرافیایی زبانه پرفشار سیبری در ژانویه به مفهوم ریزش هوای سرد از سیبری به فلات ایران است که موجب سرد شدن هوا در تهران و نیمه شمالی ایران می‌شود. این ریزش هوای سرد همراه با بادهای مرطوب غربی می‌تواند منجر به منطقه جبهه‌ای و بارش شود (صحرائی، ۱۳۷۵).

در شکل ۳ نمودارهای مکان زبانه پرفشار سیبری در ماه ژانویه (STPIRJ) و بازه نوسان سالانه (DLSTPIR) در سالهای ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ عرضه شده است. با مقایسه دو نمودار در این شکل، مشاهده می‌شود که بین تغییرات بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری و تغییرات مکان آن در ماه ژانویه رابطه عکس وجود دارد. به این معنی که پایین‌تر (بالا‌تر) بودن عرض جغرافیایی مکان زبانه پرفشار سیبری در ژانویه موجب افزایش (کاهش)

می‌شود. مشابه تعیین شاخص برای مکان کمربند پرفشار جنب حاره (یا زبانه آن) در منطقه مدیترانه، شاخصی برای بررسی تغییرات مکانی پرفشار سیبری تعریف می‌کنیم. این تعریف با توجه به هدف اصلی مقاله حاضر، یعنی بررسی اثر عوامل گوناگون و تغییرات سالانه آنها در بارش کشور، انتخاب شده است. مکان تلاقی زبانه پرفشار سیبری و نصف‌النهاری که از تهران می‌گذرد، درحکم شاخص پرفشار سیبری (STPIR) در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری، مکان این زبانه پرفشار برای همه ماه‌های سال مشخص شده و سپس تفاوت بین پایین‌ترین و بالاترین مکان آن به دست آمده است.

حال بررسی می‌کنیم که تغییرات بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری ناشی از مکان آن در پایین‌ترین عرض جغرافیایی در زمستان و یا ناشی از بالاترین عرض جغرافیایی در تابستان است. ضریب همبستگی بین بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری و دو وضعیت آن در زمستان و تابستان به ترتیب منهای ۰٫۷۸۳، و ۰٫۷۳۱ است.



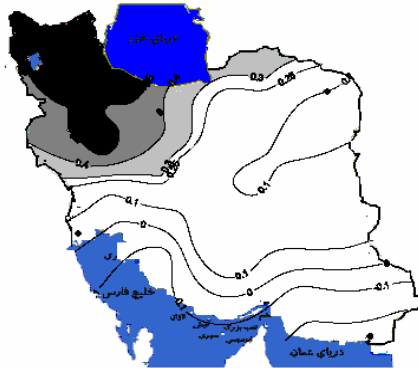
شکل ۳. نمودارهای بهنجار شده مکان زبانه پرفشار سیبری در ژانویه هر سال روی نصف‌النهار تهران (خطچین) و مقدار بازه نوسان آن در همان سال (خط پیوسته) برای سالهای ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲.

سالانه ایران، توزیع جغرافیایی ضریب همبستگی بین این دو متغیر برای کل کشور در شکل ۴ عرضه شده است. مطابق شکل، با افزایش DLSTPSK، بارش در شمال غرب کشور بیشتر می‌شود. دلیل احتمالی آن می‌تواند خارج شدن کامل کمربند پرفشار از روی دریای مدیترانه در ماه‌های سرد و در نتیجه افزایش چرخندزایی در شرق مدیترانه باشد که در نهایت موجب افزایش بارش در منطقه و ایران می‌شود.

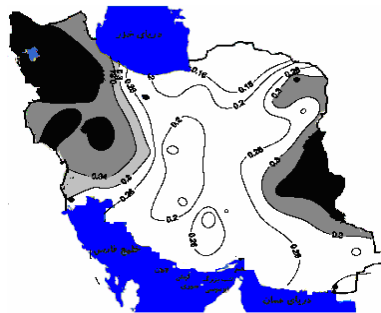
شکل ۵ توزیع ضریب همبستگی بین بارش سالانه در ایران و بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری (DLSTPIR) را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، بارش مناطق غرب و شرق ایران تحت تاثیر بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری قرار دارد. با افزایش این بازه، بارش در غرب و شرق کشور به‌طور معنی‌داری بیشتر می‌شود و بر عکس.

اندازه بازه نوسان سالانه این پرفشار می‌شود. ضریب همبستگی بین بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری با فراوانی چرخندهای شرق و غرب مدیترانه و همچنین شمال دریای سرخ به ترتیب ۱۹۰، ۳۰۵ و ۰۷۹ ر. است. مشاهده می‌شود که همبستگی قوی و معنی‌داری بین تغییرات بازه نوسان سالانه زبانه پرفشار سیبری و فراوانی چرخندهای مراکز گوناگون منطقه مدیترانه دیده نمی‌شود. به بیان دیگر می‌توان نتیجه گرفت که چرخندزایی مدیترانه، مستقل از تغییرات بازه سالانه زبانه پرفشار سیبری روی نصف‌النهاری است که از تهران می‌گذرد.

۳-۳ اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و پرفشار سیبری بر بارش سالانه ایران
برای بررسی اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه (اسکندریه، DLSTPSK) بر بارش



شکل ۴. توزیع جغرافیایی ضریب همبستگی بین بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره (اسکندریه) و بارش سالانه ایران. مناطق دارای ضریب همبستگی معنی‌دار، سایه زده شده است.



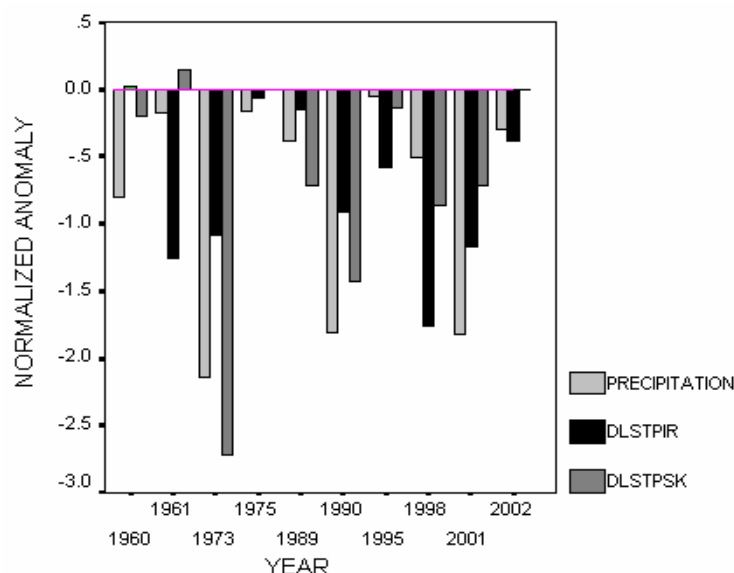
شکل ۵. مشابه شکل ۴ ولی برای اثر زبانه پرفشار سیبری.

۳-۴ اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و پرفشار سبیری بر مقدار بارش و الگوی فصلی آن در سال‌های خشک

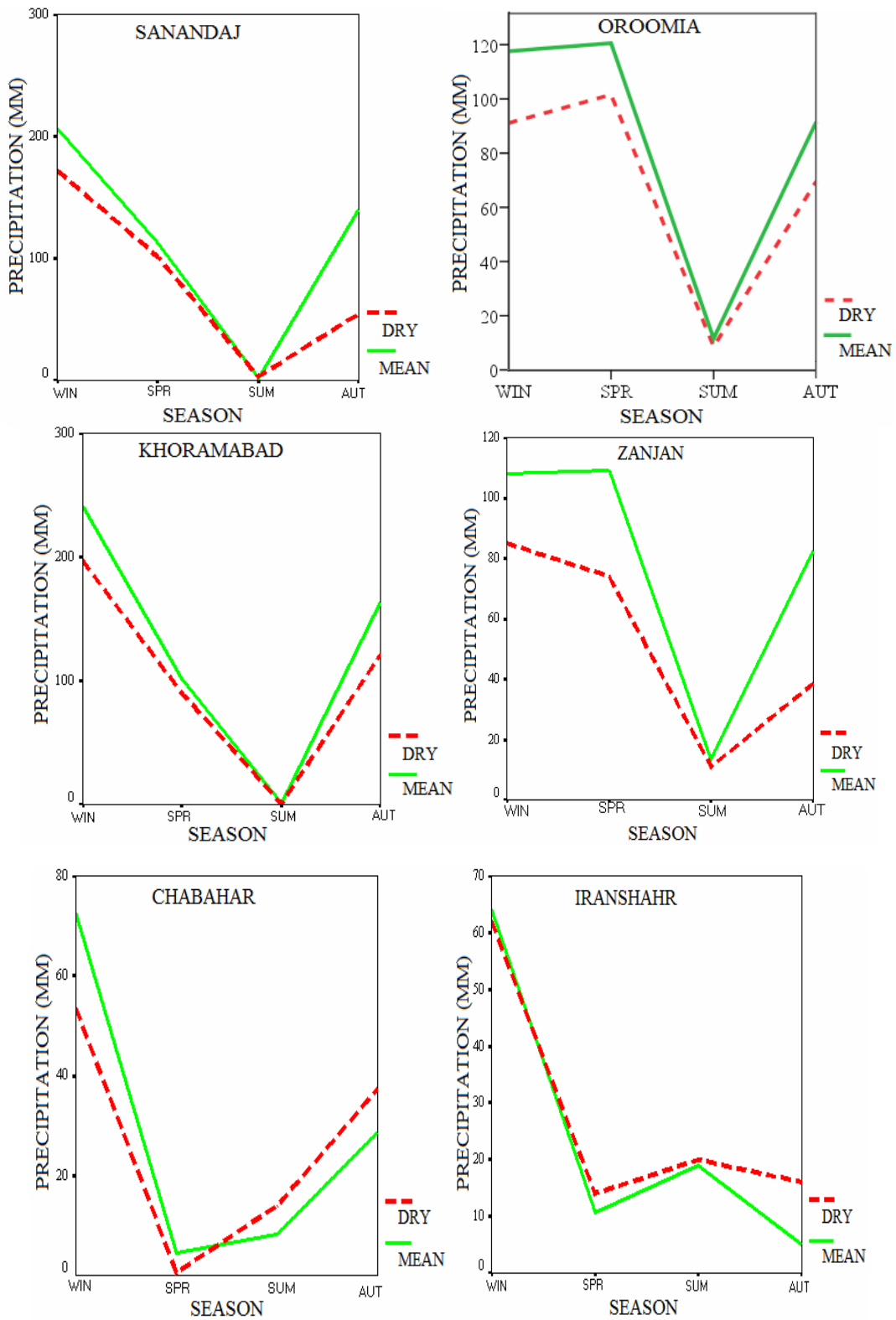
در این بخش اثر توام تغییرات بازه‌های نوسان سالانه پرفشار جنب حاره (در اسکندریه) و زبانه پرفشار سبیری (در تهران) بر بارش سالانه یک ایستگاه همدیدی کشور در سال‌های خشک از دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ بررسی می‌شود. بارش در ایستگاه انتخابی (سنندج) که در غرب ایران واقع است، متأثر از بازه‌های نوسان سالانه هر دو پرفشار است. در شکل ۶ نمودارهای تغییرات بارش سالانه ایستگاه سنندج و تغییرات DLSTPIR و DLSTPSK طی سال‌های خشک نشان داده شده است. با توجه به شکل، مقدار بهنجار شده دو بازه نوسان سالانه فوق در همه سال‌های خشک کمتر از اندازه میانگین بلندمدت آنها است؛ یعنی کاهش مقدار دو بازه نوسان موجب کاهش یافتن بارش سالانه ایستگاه سنندج است. نکته قابل ذکر دیگر آنکه در سال‌های بسیار خشک، مقدار دو بازه نوسان نیز متناسب با میزان خشکی کاهش یافته‌اند.

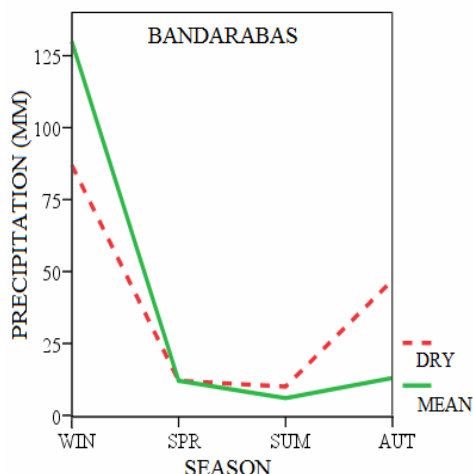
در شکل ۷ تغییرات فصلی مقدار بارش در سال‌های

خشک همراه با میانگین بلندمدت بارش برای ایستگاه سنندج و چند ایستگاه واقع در غرب، شرق، جنوب شرق و جنوب ایران به‌منظور مقایسه آورده شده است. در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شد که ایستگاه‌هایی که تحت تاثیر معنی‌دار کمربند پرفشار جنب حاره و زبانه پرفشار سبیری هستند، بیشتر در غرب و شمال‌غرب کشور قرار دارند. شکل ۷ نشان می‌دهد که الگوی تغییرات بارش فصلی این ایستگاه‌ها در سال‌های خشک، شبیه الگوی بلندمدت آنها است و فقط اندازه بارش فصلی کمتر از مقدار میانگین بلند مدت است. برای ایستگاه‌هایی مانند ایرانشهر، چابهار و بندرعباس که به ترتیب در شرق، جنوب شرق و جنوب کشور واقع و طبق شکل‌های ۴ و ۵ تحت تاثیر بازه‌های نوسان کمربند پرفشار جنب حاره و زبانه پرفشار سبیری نیستند، الگوی تغییرات بارش فصلی تفاوت قابل ملاحظه با الگوی میانگین بلندمدت دارد. در سه ایستگاه فوق، بارش پاییزی در سال‌های خشک، حتی از مقدار میانگین بلندمدت آنها بیشتر است. دلیل احتمالی آن شاید تأثیر کم دریای مدیترانه بر بارش این مناطق و ورود رطوبت از دریای سرخ و اقیانوس هند باشد.



شکل ۶. نمودارهای میله‌ای بهنجار شده تغییرات بارش سالانه ایستگاه سنندج (خاکستری کم‌رنگ) در سال‌های خشک از دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ و تغییرات بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره (خاکستری پررنگ) و زبانه پرفشار سبیری (سیاه).

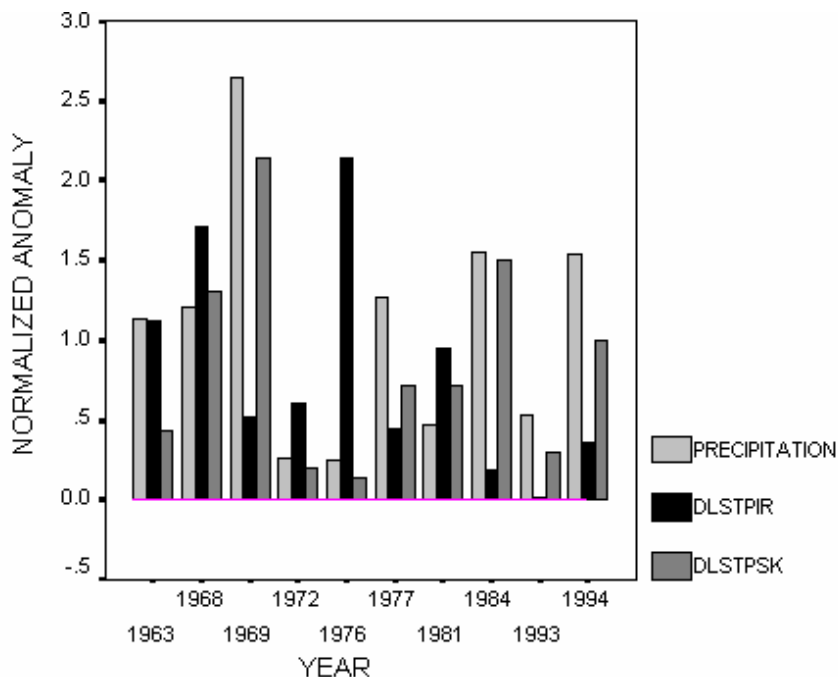




شکل ۷. الگوی تغییرات فصلی مقدار بارش (بر حسب میلی‌متر) در سال‌های خشک از دوره مورد بررسی همراه با میانگین بلندمدت بارش برای ایستگاه سنندج و چند ایستگاه واقع در غرب، جنوب شرق و جنوب ایران. خطوط پیوسته معرف میانگین بلندمدت و خط‌چین‌ها معرف مقدار بارش فصلی در سال‌های خشک است.

در (DLSTPIR) و زبانه پرفشار سیبری (DLSTPSK) سال‌های تر از دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ در شکل ۸ عرضه شده است. با توجه به شکل، مقدار دو بازه نوسان سالانه فوق در همه سال‌های تر، بیشتر از مقدار میانگین بلندمدت آنها است. این شکل به وضوح تاثیر توام دو بازه نوسان سالانه

۳-۵ اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و پرفشار سیبری بر مقدار بارش و الگوی فصلی آن در سال‌های تر نمودارهای بهنجار شده تغییرات بارش سالانه ایستگاه سنندج و تغییرات بازه‌های نوسان سالانه پرفشار جنب حاره

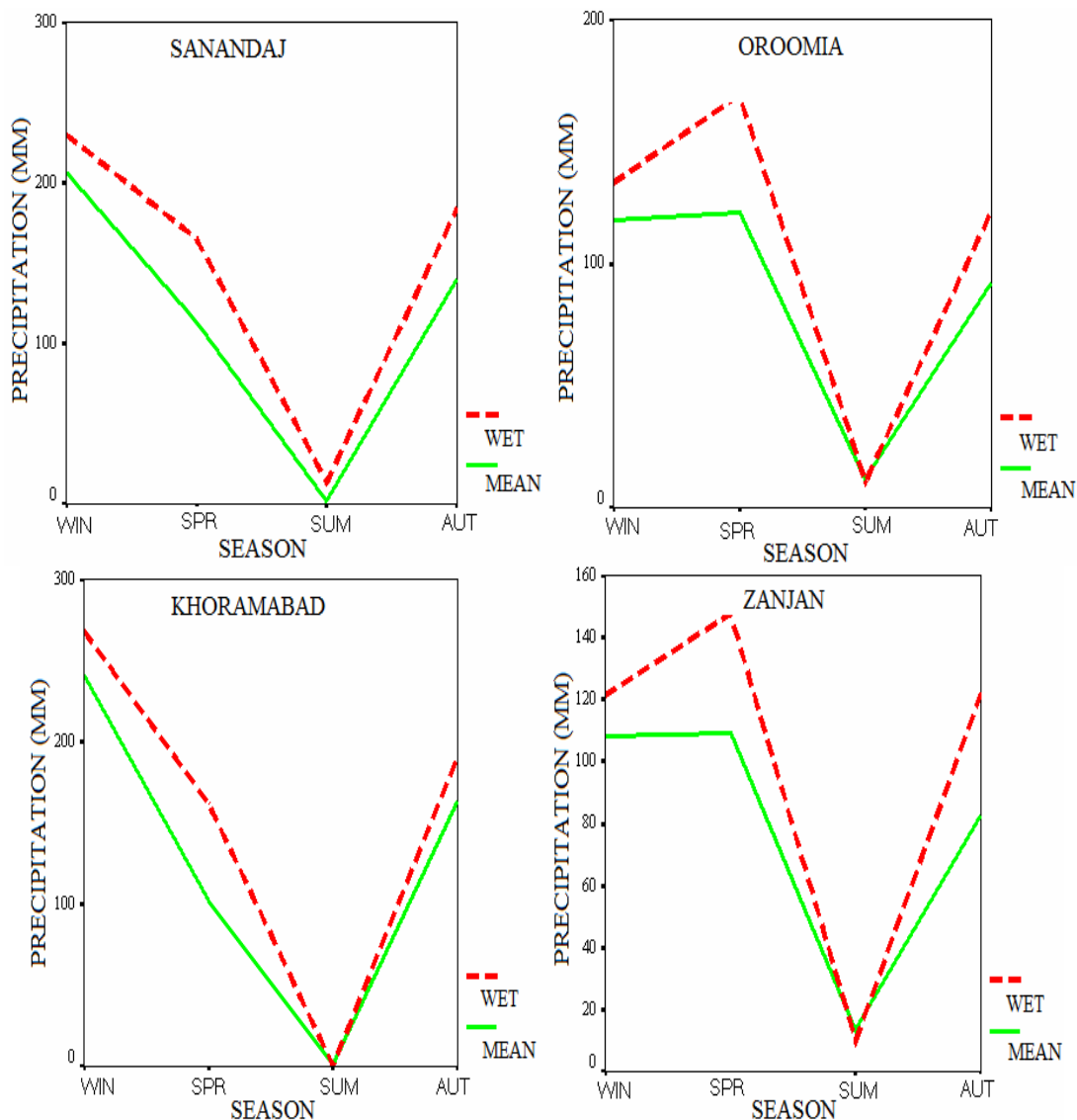


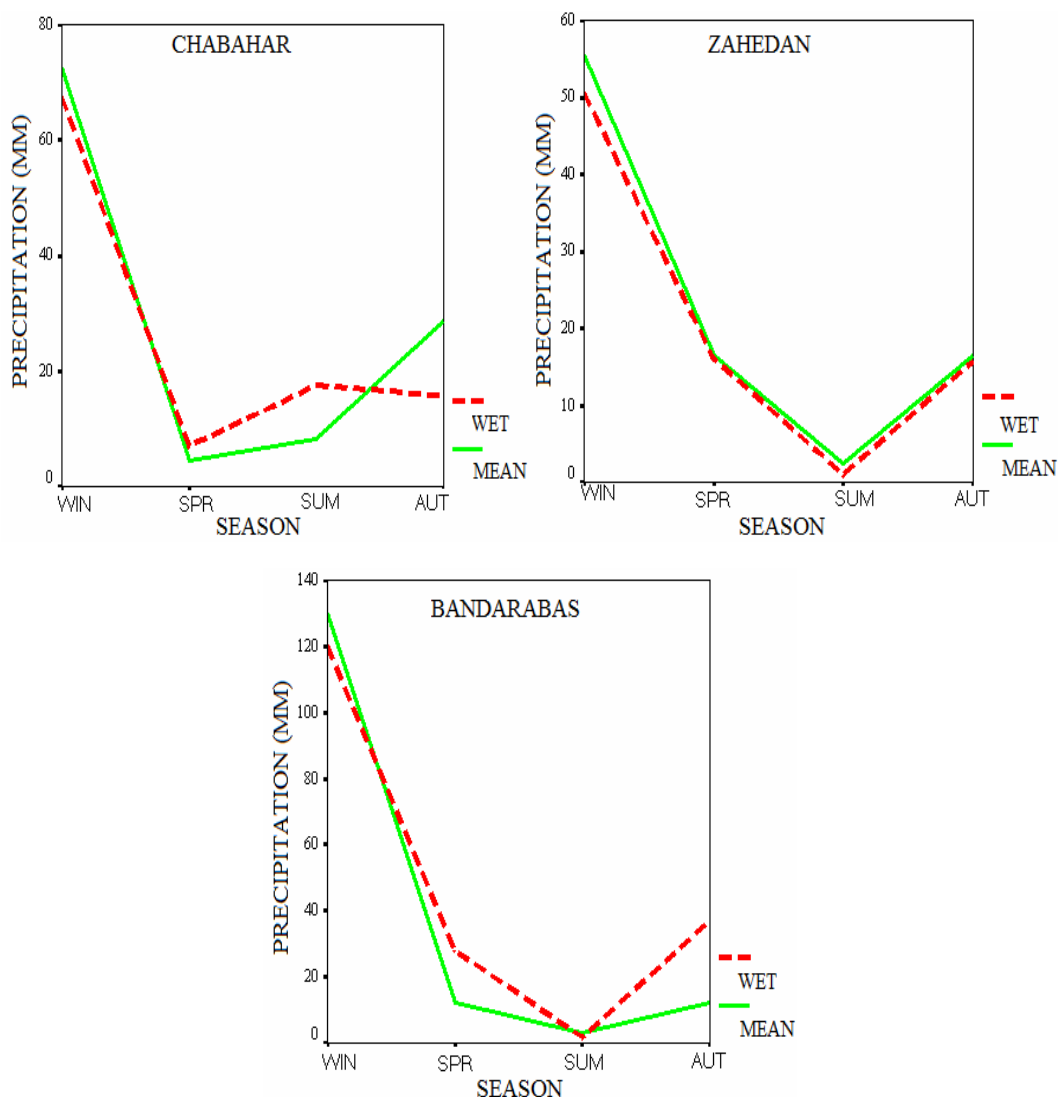
شکل ۸ مانند شکل ۶ اما برای دوره‌های ترسالی.

جنب حاره و زبانه پرفشار سیبری هستند، در سال‌های تر شبیه الگوی بلندمدت آنها است و فقط میزان بارش فصلی به یک نسبت بیشتر از مقدار میانگین بلندمدت است. برای ایستگاه‌های شرق، جنوب شرق و جنوب کشور که تحت تاثیر بازه‌های نوسان کمربند پرفشار جنب حاره و زبانه پرفشار سیبری نیستند، الگوی تغییرات بارش فصلی تفاوت قابل ملاحظه با الگوی میانگین بلندمدت دارد و هیچ روند خاصی در آن به چشم نمی‌رسد.

کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و زبانه پرفشار سیبری (واقع بر تهران) بر افزایش بارندگی ایستگاه سنندج را نشان می‌دهد.

در شکل ۹ تغییرات فصلی مقدار بارش در سال‌های تر همراه با میانگین بلندمدت بارش برای ایستگاه سنندج و چند ایستگاه واقع در غرب و شرق، جنوب شرق و جنوب ایران نشان داده شده است. با توجه به شکل، مشاهده می‌شود که الگوی تغییرات بارش فصلی در ایستگاه‌های غرب کشور که متأثر از بازه‌های نوسان کمربند پرفشار





شکل ۹. مانند شکل ۷ اما برای دوره‌های ترسالی.

۴ نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره (آزورز) در شرق مدیترانه و زبانه پرفشار سبیری در امتداد نصف‌النهار عبوری از تهران بر چرخندزایی مدیترانه و بارش سالانه ایران در دوره ۴۳ ساله (۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲) بررسی شده است.

روش بررسی شامل تهیه و تحلیل نمودارهای تغییرات بازه‌های نوسان سالانه دو سامانه پرفشار و تغییرات فراوانی چرخندهای مدیترانه‌ای در دوره مورد بررسی، همراه با

تعیین ضرایب همبستگی بین آنها، و همچنین اثر هریک در بارش سالانه ایران است. به‌علاوه میزان همبستگی بازه نوسان هر سامانه با جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین مکان هر بازه (به ترتیب در سردترین و گرم‌ترین ماه سال) و اثر هریک از دو بازه نوسان در سال‌های خشک و تر نیز بررسی شده است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بین تغییرات بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و فراوانی چرخندهای مرکز شرق مدیترانه همبستگی مثبت

می‌دهد و بارش تابستانی و به‌خصوص پاییزی آنها افزایش یافته است. دلیل احتمالی آن ممکن است مربوط به بارش‌های موسمی و ورود رطوبت از دریای سرخ و اقیانوس هند به این مناطق باشد. از سوی دیگر، در سال‌های تر، بازه نوسان سالانه دو سامانه فوق بیشتر از مقدار میانگین بلندمدت است. در این سال‌ها، در ایستگاه‌های غرب، تفاوتی بین الگوی تغییرات فصلی بارش و الگوی میانگین بلندمدت مشاهده نمی‌شود ولی در ایستگاه‌های جنوب شرق و جنوب، الگوی تغییرات فصلی بارش تفاوت قابل ملاحظه با الگوی میانگین بلندمدت دارد و هیچ روند خاصی در آن مشاهده نمی‌شود.

منابع

صحرايي، ج.، ۱۳۷۵، بررسی آب و هوای غرب کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

نصراصفهانی، م. ع.، ۱۳۸۲، بررسی دوره یکساله چرخندزایی در شرق مدیترانه و اثرات آن بر آب و هوای خاورمیانه و ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

- Alpert, p., Neeman, B. U. and Shay-El, Y., 1990, Intermonthly variability of cyclone tracks in the Mediterranean, *J. Climate*, **3**, 1474-1478.
- Eshel, G., Cane, M. A. and Farrell, B. F., 2000, Forecasting eastern Mediterranean droughts, *Mon. Weather. Rev.*, **128**, 3618-3630.
- Guijarro, J. A., Jansa, A. and Campins, J., 2006, Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean, *Adv. Geosci.*, **7**, 45-49.
- Jacobeit, J., 1987, Variations of trough position and precipitation patterns in the Mediterranean area, *J. Climate*, **7**, 453-476.
- James, I. N., 1994, *Introduction to Circulating Atmospheres*. Cambridge University Press, New York, 422pp.
- Karas, S., and Zangvil, A., 1999, A preliminary analysis of disturbance tracks over the Mediterranean basin, *Theor. Appl. Climatol.*, **64**, 239-248.

زیادی (۰٫۶۴۳ = r) وجود دارد. علاوه‌براین، ضریب همبستگی بین این بازه نوسان و فراوانی چرخندهای شمال دریای سرخ و قبرس نیز قابل توجه و معنی‌دار است. اما بازه نوسان زبانه پرفشار سیبری روی نصف‌النهار عبوری از تهران، همبستگی معنی‌داری با فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه و شمال دریای سرخ نشان نمی‌دهد.

از دیگر نتایج آنکه همبستگی قوی بین تغییرات بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره در شرق مدیترانه و همچنین زبانه پرفشار سیبری با جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین مکان پرفشارها (به ترتیب در ماه ژانویه و ژوئیه) دیده می‌شود. ضرایب همبستگی بین بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین مکان آن به ترتیب منهای ۰٫۵۴۸ و ۰٫۴۷۷ و برای بازه نوسان سالانه پرفشار سیبری به ترتیب منهای ۰٫۷۸۳ و ۰٫۷۳۱ است. این بدان معنی است که تغییر بازه‌های نوسان سالانه می‌تواند ناشی از تغییر در عرض جغرافیایی مکان سامانه پرفشار، هم در ماه ژانویه و هم در ماه ژوئیه باشد. به‌علاوه نتایج نشانگر آن است که بازه نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره بر بارش بخش‌های شمالی و غرب کشور و بازه نوسان زبانه پرفشار سیبری بر بارش بخش‌های شرق و غرب کشور دارای تأثیر معنی‌دار است.

نتایج بررسی تغییرات بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره و زبانه پرفشار سیبری در سال‌های خشک و تر، نشان می‌دهد که در سال‌های خشک، بازه نوسان سالانه هر دو سامانه کوچک‌تر از مقدار میانگین بلندمدت مربوط به خود است. همچنین الگوی تغییرات فصلی بارش در ایستگاه‌های غرب ایران مشابه الگوی میانگین بلندمدت و فقط میزان بارش فصلی کمتر از مقدار میانگین بلندمدت است. در ایستگاه‌های جنوب شرق و جنوب کشور، الگوی تغییرات فصلی بارش، تفاوت چشمگیری نسبت به الگوی میانگین بلندمدت نشان

- Kutiel, 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.
- 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., Pinardi, N., and Navarra, A., 2003, Teleconnections between Indian Monsoon and Sahel rainfall and the Mediterranean, *Int. J. Climatol.*, **23**, 173 – 186.
- Trigo, R. M., and DaCamara, C. C., 2000, Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal, *Int. J. Climatol.*, **20**, 1559–1581.
- 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, Presented at European Geosciences Union.