

تأثیر بی‌هنجاری‌های ماهانه‌الگوهای فشاری بر شرایط بارشی پاییزه در سواحل شمالی ایران

عباس رنجبرسعادت آبادی^{۱*}، احمد اسدی تلوکی^۲ و محمد مرادی^۳

^۱ پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران

^۲ دانشگاه آزاد، تهران، ایران

^۳ سازمان هواشناسی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۵)

چکیده

سواحل شمالی کشور، جزء مناطق پرباران است و بررسی دوره‌های خشک و تر آن از جنبه‌های گوناگون، از جمله منابع آب، منابع طبیعی، اقتصادی و گردشگری و مانند آن، اهمیت ویژه‌ای دارد. الگوهای گردش جوی نقش تعیین‌کننده‌ای در توزیع زمانی و مکانی بارش و در نتیجه ایجاد دوره‌های خشک و تر در هر منطقه دارد. بنابراین تقویت و یا تضعیف الگوهای فشاری غالب در هر منطقه نسبت به میانگین بلندمدت را می‌توان به‌منزله عامل تعیین‌کننده رخداد دوره‌های خشک و تر محسوب کرد. سواحل شمالی کشور بخش قابل‌ملاحظه‌ای از بارش خود را در فصل پاییز دریافت می‌کند. براین‌اساس بررسی ارتباط بی‌هنجاری‌های میانگین ماهانه الگوهای فشاری با رخداد دوره‌های خشک و تر پاییزه در شمال ایران (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان) درحکم هدف اصلی این تحقیق است. برای این منظور از داده‌های ماهانه بارندگی هفت ایستگاه همدیدی در دوره ۳۵ ساله (۱۹۷۷-۲۰۱۱) ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر برای تعیین دوره‌های خشک و تر استفاده شد. سپس میانگین ماهانه و فصلی الگوهای فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بی‌هنجاری‌های آنها نسبت به میانگین بلندمدت (دوره اقلیمی ۱۹۸۱-۲۰۱۰) بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد که: ۱- در دوره‌های کم‌بارش (پربارش)، پشته (ناوه) ارتفاعی و بی‌هنجاری مثبت (منفی) روی سواحل شمالی ایران حاکمیت دارد. ۲- یکی دیگر از شرایط کم‌بارشی در سواحل شمالی کشور، استقرار و یا تقویت سامانه‌های کم‌فشار روی منطقه است که معمولاً با تقویت پرفشار روی منطقه سبیری (بی‌هنجاری مثبت فشار و ارتفاع) هم‌زمان می‌شود. در شرایط پربارشی، این وضعیت برعکس است. ۳- بی‌هنجاری الگوهای فشاری در دو ناحیه (روی اروپا و نواحی شمال شرقی دریای خزر) با ایجاد دوره‌های خشک و تر در سواحل شمالی کشور ارتباط معنی‌داری دارد. ۴- تضعیف (تقویت) مؤلفه نصف‌النهاری باد ترازهای پایین و ردسپهر روی دریای خزر، نقش بسیار مؤثری در افزایش (کاهش) بارش منطقه دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای فشاری، بی‌هنجاری، دوره‌های کم‌پربارش، شمال ایران

Influence of monthly pressure anomalies on autumnal precipitation in the northern coastline of Iran

Abbas Ranjbar SaadatAbadi^{1*}, Ahmad Asadi Tloki² and Mohammad Moradi³

¹Atmospheric Science and Meteorological Research Center (AS MERC), Tehran, Iran

²Islamic Azad University, Tehran, Iran

³Meteorological Organization, Tehran, Iran

(Received: 8 June 2013, accepted: 26 November 2013)

Summary

Based on the climate divisions, Iran is mostly located in the arid and semi-arid regions. Changes in amount of precipitation have a great effect on water resources, agriculture and the economy of regions. Atmospheric circulation pattern has a determinative role in the temporal and spatial distribution of precipitation and some other meteorological parameters. Thus, abnormalities of these patterns compared to the long-term mean in dry and wet spells is one way that can determine the effective atmosphere patterns in changes in precipitation during these spells. A number of studies have described the relationship between the pressure patterns and the precipitation anomalies over monthly and seasonal time scales. Kutiel et al. (2001) found that the relationship between regional sea-level pressure (SLP) patterns and the dry or wet monthly precipitation conditions over Turkey was significant in winter and non-existent in summer. Pressure patterns associated with dry conditions usually show positive SLP departures, and vice versa. There is a strong relationship between the pressure patterns associated with wet conditions. Similar atmospheric variations and relationships have been found for precipitation over the eastern Mediterranean Basin and Greece, especially during winter (Maheras et al. 1999). They investigated the influence of the large-scale winter mid-tropospheric circulation on the Greece's precipitation. They concluded that the spatial distribution of winter precipitation over Greece was related to the eastern North Atlantic-European mid-tropospheric circulation fields.

A considerable part of precipitation in the northern coasts of Iran falls in autumn season. Investigating the relation between the mean monthly anomalies of pressure patterns and the extreme low precipitation conditions in autumn in the northern coastline of Iran (Mazandaran, Gilan and Golestan provinces) is the main purpose of this study.

Rainfall data comprised monthly totals for the period from 1977 to 2011, in seven stations across the northern coasts of Iran. It consisted of monthly precipitation totals (mm) for October to December in a 35-year period from the meteorological synoptic stations. Also, the grid point data (Sea level pressure and 500hPa) were extracted from the National Center for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research (NCEP-NCAR) reanalysis dataset. A grid data with $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ resolution was selected for the area between $0^{\circ}E$ - $90^{\circ}E$ and 15 - $80^{\circ}N$ for three months (October-December) over a 30-year period (1981-2010).

Therefore, using monthly precipitation data of seven synoptic stations during 35 years (from 1977 to 2011) for October, November and December, dry and wet spells were determined based on precipitation departures from the standard deviation so that, if a difference between the long-term mean precipitation and the standard deviation of precipitation in that month was less (or more) than the occurred precipitation, it was selected as dry (or wet) spell. Then monthly and seasonal pressure patterns and their anomalies were studied for those months of autumn that had minimum or maximum of precipitation during the 35 years.

Also, seasonal and monthly mean sea level pressure and 500-geopotential height anomalies for the two regions defined in the text were extracted during the period 1981-2010. Then, by normalizing the values of pressure, 500-geopotential height and rainfall during the months of October, November, December, and the season of autumn of these quantities and relationships between them were studied.

The results of study are as follow:

1- In low (high) precipitation periods, the geopotential height is dominated by a ridge (trough) and positive (negative) anomaly in north of Iran.

2- Another reason for low precipitation in north of Iran is the development and establishment of a low pressure in this region that is usually accompanied at the same time with development of a high pressure in Siberia. In high precipitation, the situation is reversed.

3- Attenuation (development) of the zonal component of the wind in Caspian Sea has an effective role in increasing (decreasing) the precipitation of this area.

4- Pressure patterns over the two regions have an important role in producing dry and wet spells in the northern coasts of Iran

5- Developing and strengthening of a high-pressure system over Europe and low-pressure systems in the Northeastern region of the Caspian Sea (Area 1) are associated with wet conditions along the southern coast of the Caspian Sea and vice versa.

Considering the precipitation mechanism in the northern coast of Iran is of great complexity and that the numerical weather prediction models are not accurate enough to predict rainfall in this region, especially in the medium and long term forecasts, the anticipated large-scale quantities such as pressure are expected to enhance the ability to predict rainfall in the northern coast of Iran.

Keywords: Pressure patterns, anomalies, wet/dry spells, north of Iran

۱ مقدمه

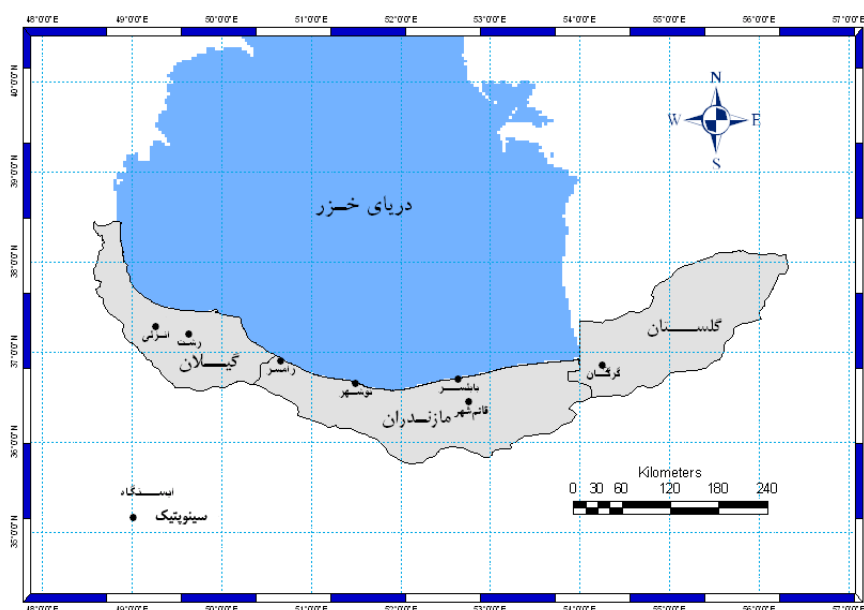
نقش مؤثری دارند (علیجانی، ۱۳۸۵). با توجه به اهمیت موضوع بارش، تحقیقات زیادی در داخل و خارج کشور صورت پذیرفته است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود.

جدول ۱. متوسط بارندگی ایستگاه‌های مورد بررسی (برحسب میلی‌متر).

نام ایستگاه	اکتبر	نوامبر	دسامبر	فصل پاییز	سالیانه
بندرانزلی	۳۲۱	۲۹۷	۲۱۴	۸۳۲	۱۷۷۰
رشت	۲۰۸	۲۰۲	۱۵۲	۵۶۱	۱۳۵۰
رامسر	۲۶۶	۱۷۱	۱۲۵	۵۶۲	۱۱۷۰
نوشهر	۲۴۷	۲۰۲	۱۴۰	۵۹۰	۱۳۰۰
بابلسر	۱۶۵	۱۵۹	۱۲۶	۴۵۰	۹۳۰
قائم‌شهر	۱۰۱	۹۸	۷۸	۲۷۷	۷۴۰
گرگان	۵۵	۶۷	۵۵	۱۷۷	۵۳۰

رنجبر سعادت‌آبادی و امینی (۱۳۸۹) بارش‌های همرفتی شدید فصل تابستان استان گلستان را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که نیروهای واداشتی همدیدی ناشی از امواج کم‌دامنه تراز میانی و نفوذ زبانه پُرفشار روی دریای خزر نقش مؤثری در ایجاد این بارش‌ها شدید تابستانه داشته است.

سازوکار رخداد بارش در سواحل شمالی کشور (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان) به علت شرایط خاص جغرافیایی منطقه، از جمله وجود دریای خزر و رشته‌کوه البرز متفاوت از سایر بخش‌های کشور است و این عوامل سبب می‌شود تا این منطقه با داشتن میزان بارندگی قابل‌ملاحظه (جدول ۱)، به قطب کشاورزی و صنعت گردشگری، و برخوردار از منابع آب و طبیعی فراوان تبدیل شود. کم‌بارشی یا خشک‌سالی می‌تواند پیامدهای مخربی برای این منطقه و منابع موجود آن به‌وجود آورد و بخش‌های گوناگون از جمله منابع آب و کشاورزی (مراحل کاشت، داشت و برداشت) و موارد مشابه را تحت‌شعاع قرار دهد. از طرفی رخداد دوره‌های خشک و خشک‌سالی، اجتناب‌ناپذیر است و از دیرباز، همه اقلیم‌ها و مناطق را بارها تحت‌تأثیر قرار داده و بسته به تداوم و شدت، مشکلات و پیامدهای مخربی در پی داشته است و خواهد داشت. بارش مهم‌ترین پدیده یا ویژگی زیست‌محیطی است و تاکنون تحقیقات فراوانی در باره عوامل ایجاد آن صورت گرفته است؛ به‌طوری‌که سال‌های پرباران یا خشک هر دو در کیفیت محیط زندگی انسان



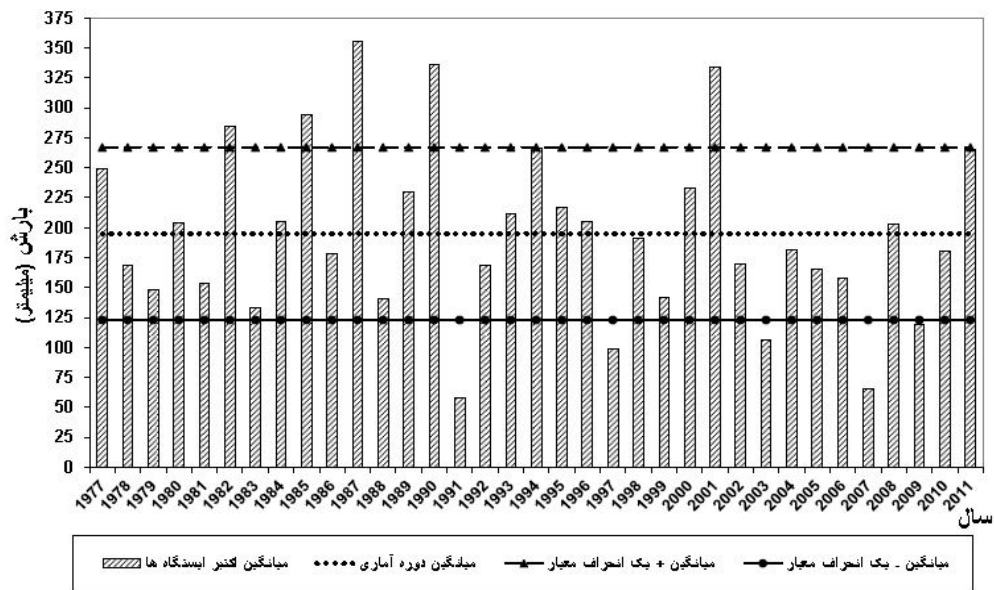
شکل ۱. نقشه استان‌های شمالی کشور و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی، شامل انزلی، رشت، رامسر، نوشهر، بابل، قراخیل (قائم‌شهر) و گرگان که با دایره سیاه رنگ مشخص شده‌اند.

مورد بررسی را تحت نفوذ قرار دهد، کاهش بارش را به همراه خواهد داشت.

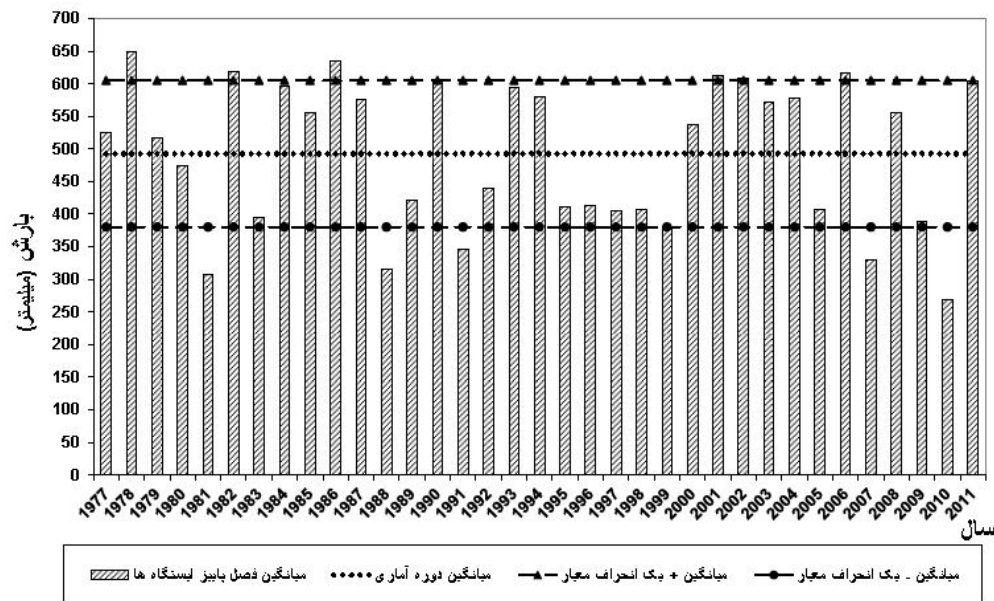
اشل و فارل (۲۰۰۰) سازوکار تغییرپذیری بارش در شرق مدیترانه را بررسی کردند و پی بردند که بی‌هنجاری مشاهده شده در بارش در شرق مدیترانه با تغییرپذیری اقلیمی بزرگ مقیاس در شمال اقیانوس اطلس ارتباط دارد و یک کنش از راه دور قوی بین شمال اقیانوس اطلس و مدیترانه موجود است. در نتیجه تقویت پُرفشار در شرق مدیترانه و فرارفت هوای سرد با بادهای شمالی و فرونشینی هوا، کاهش بارش ایجاد می‌شود و برعکس، فرارفت هوای گرم در جنوب شرق مدیترانه موجب صعود بیشتر هوای مرطوب می‌شود و افزایش بارش را به همراه دارد.

کریچاک و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی ارتباط الگوهای همدیدی با شرایط خشک و تر در شرق مدیترانه، متوجه این مسئله شدند که بی‌هنجاری فشار سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در اروپا

باقری (۱۳۷۲) در بررسی سامانه‌های همدیدی سیل‌زا در شمال ایران روشن ساخت که بارندگی‌های شمال کشور نتیجه حضور و اچرخندی است که از جانب اقیانوس اطلس حرکت کرده و در شمال و شمال شرق دریای خزر مستقر می‌شوند و آغاز بارندگی با افزایش فشار در منطقه همراه است. پناهی (۱۳۸۹) ارتباط الگوهای همدیدی ماهانه را با شرایط خشک و تر در غرب و شمال‌غرب کشور، براساس شاخص نمره استاندارد (Z) و نقشه‌های همدیدی بررسی کرد و دریافت که تقویت پُرفشار بر اروپا و عمیق شدن ناوه بر مدیترانه افزایش بارندگی در غرب و شمال غرب ایران را به دنبال دارد. همچنین تقویت پُرفشار بر نواحی مرکزی و شرق ایران و کج شدن ناوه موج غربی به حالت شمال شرقی-جنوب غربی، همراه با تقویت کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای و ادغام آنها و تقویت پُرفشار در اروپا، سبب افزایش بارش در غرب و شمال غرب ایران می‌شود. تقویت هرکدام از پُرفشارهای سیبری و اطلس شمالی، به‌طوری که منطقه



(الف)

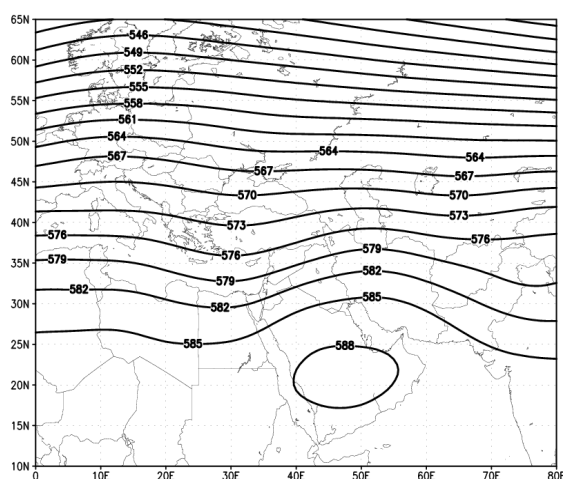


(ب)

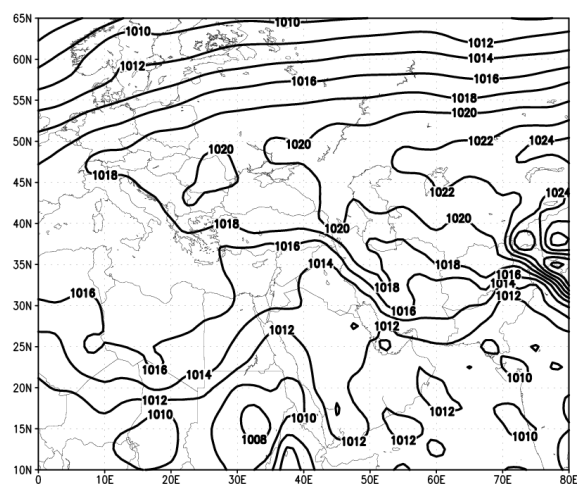
شکل ۲. (الف) میانگین بارش ایستگاه‌های انتخابی در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۱. (ب) برای فصل پاییز در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۱.

در کار کیتل و همکاران (۱۹۹۶)، ارتباط بارش شرق مدیترانه با فرایندهای بزرگ‌مقیاس که با دو مرکز پرفشار اصلی (پرفشارهای آزرورز و سیرری) شرق مدیترانه را تحت نفوذ خود قرار

و اطلس در ارتباط است؛ به طوری که در فصل‌های سرد و مرطوب سال در شرق مدیترانه، بی‌هنجاری قوی منفی فشار سطح دریا و ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در سراسر شرق اروپا به شمال شرق مدیترانه وجود دارد که در غرب اروپا بی‌هنجاری مثبت فشار سطح دریا و ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال ظاهر می‌شود.



(ب)



(الف)

شکل ۳. (الف) میدان فشار سطح دریا برحسب میلی بار و (ب) میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی برحسب متر برای ماه اکتبر دوره اقلیمی ۱۹۸۱-۲۰۱۰.

شود تا رابطه بین این بی‌هنجاری‌ها و رخداد دوره‌های خشک و تر مشخص و الگوهایی که نقش مؤثری در ایجاد این دوره‌ها دارند شناسایی شود.

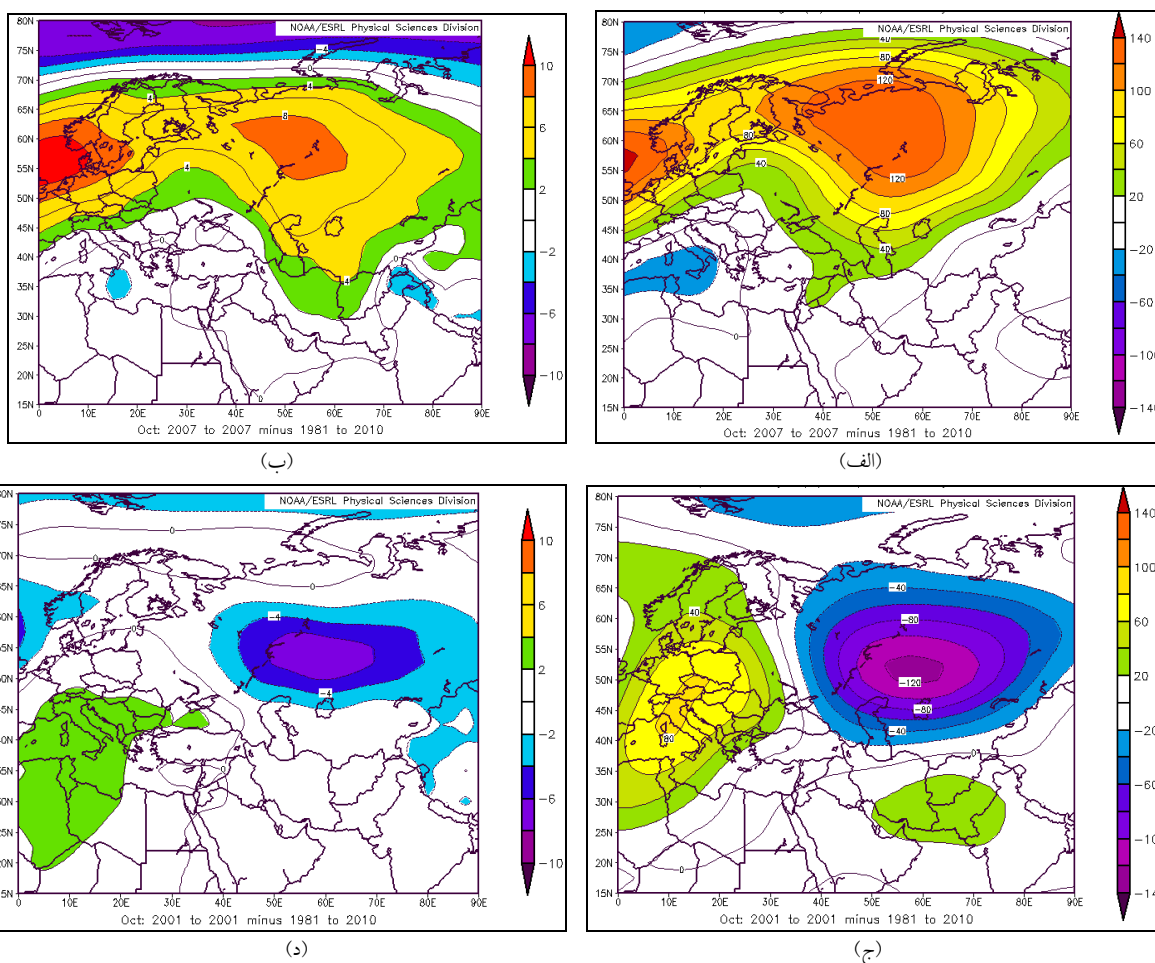
۲ روش تحقیق

در این تحقیق استان‌های گیلان، مازندران و گلستان با مساحت تقریبی، به ترتیب ۱۴۷۱۰، ۲۳۷۵۶ و ۲۲۰۲۲ کیلومتر مربع در حکم استان‌های شمالی در نظر گرفته شده است. بنابراین استان‌های پیش‌گفته با مساحت حدود ۶۰۴۸۸ کیلومتر مربع، حدود ۳/۷ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهند و بین مدارهای ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و نصف‌النهار ۴۸ درجه ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول جغرافیایی شرقی واقع شده‌اند (شکل ۱). رشته‌کوه البرز به صورت دیواری مرتفع خط ساحلی و جلگه‌های کناره‌ای دریای خزر را محصور کرده است. به سبب اقلیم خاص حاکم بر شمال ایران، این منطقه دارای بیشترین بارندگی (جدول ۱) در کل کشور است.

می‌دهند، نیز تأیید می‌شود. در روش کار آنها به ارتباط بین الگوهای فشار سطح دریا و ارتفاع تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در شمال غرب و غرب ایران و شرق مدیترانه در ماه‌های تر و خشک در فصل سرد توجه شده است.

تحقیقات مشابه دیگری (مانند کیتل و همکاران، ۲۰۰۱؛ تورکس، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸؛ ماهراس و همکاران، ۱۹۹۹؛ نگوین و دی‌گیتانو، ۲۰۱۲؛ کادیوگلو و سن، ۱۹۹۸؛ کادیوگلو و همکاران، ۱۹۹۹) در خصوص ارتباط توزیع فشار، ژئوپتانسیل و گردش‌های جوئی با بارش و تغییرات آن روی نواحی‌ای مانند ترکیه، شرق مدیترانه و فلسطین اشغالی صورت گرفته است که در اغلب نتایج برای شرایط خشک و تر، الگوهای متفاوتی حاصل شده است.

در این مقاله سعی شده است تا ابتدا بی‌هنجاری بارش‌های ماهانه و فصل پاییز نسبت به شرایط بلندمدت آنها تعیین شود. سپس بی‌هنجاری الگوهای فشاری سطح زمین و میدان ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و مولفه‌های نصف‌النهاری (V) و مداری (U) باد در ترازهای ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نسبت به میانگین بلندمدت اقلیمی (۱۹۸۱-۲۰۱۰) محاسبه و تحلیل



شکل ۴. (الف) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل متر) برای یک الگوی کم‌بارش (اکتبر سال ۲۰۰۷). (ب) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای اکتبر سال ۲۰۰۷. (ج) بی‌هنجاری میانگین ماهانه ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل متر) برای یک الگوی پُربارش (اکتبر سال ۲۰۰۱). (د) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای اکتبر سال ۲۰۰۱.

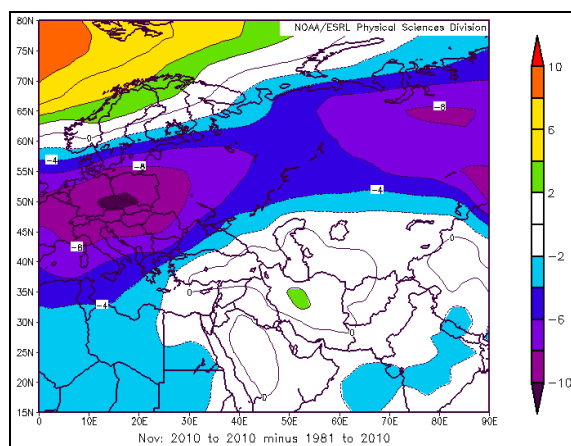
دریا و ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ hPa است. لازم به ذکر است که براساس توصیه سازمان هواشناسی جهانی (WMO) در سال ۲۰۰۸، حداقل چگالی ایستگاه‌های غیرخودکار برای اندازه‌گیری بارش در نواحی ساحلی، یک ایستگاه در هر ۹۰۰ کیلومتر مربع اعلام شده است. طول سواحل شمالی کشور حدود ۸۸۹ کیلومتر است، بنابراین با توجه به فاصله ایستگاه‌های منتخب از یکدیگر (شکل ۱) به نظر می‌رسد که این ایستگاه‌ها برای پوشش منطقه ساحلی جنوب دریای خزر مناسب باشند. آمار بارش ایستگاه‌های انتخابی در ماه‌های اکتبر، نوامبر و

برای مشخص کردن ماه‌های کم‌بارش و پُربارش، از داده‌های ایستگاه‌های همدیدی بندرانزلی و رشت از استان گیلان، رامسر، نوشهر، بابلسر و قراخیل قائمشهر از استان مازندران و ایستگاه گرگان از استان گلستان که دارای سابقه آماری طولانی مدت (۱۹۷۷-۲۰۱۱) هستند استفاده شده است. معیار اصلی برای انتخاب این ایستگاه‌ها، داشتن آمار طولانی مدت و همچنین پوشش نواحی ساحلی جنوب دریای خزر است. بنابراین، هدف تعمیم بارش این ایستگاه‌ها، به کل منطقه نیست بلکه بررسی رفتار و پاسخ بارش این ایستگاه‌ها به بی‌هنجاری میدان‌های فشار سطح

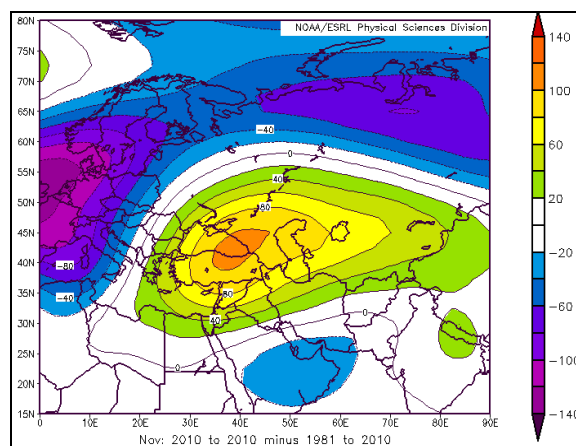
نمودارهای شکل ۲)، ماه‌ها و فصل‌های کم‌بارش و پُربارش مشخص شد.

بنابراین در این تحقیق، ماه کم‌بارش یا ماه خشک، ماهی است که در آن ماه، مقدار بارش ماهانه از میانگین بلندمدت منهای انحراف معیار بارش در آن ماه کمتر باشد و ماه پُربارش یا ماه تر، ماهی است که در آن ماه، مقدار بارش ماهانه از میانگین بلندمدت به‌علاوه انحراف معیار

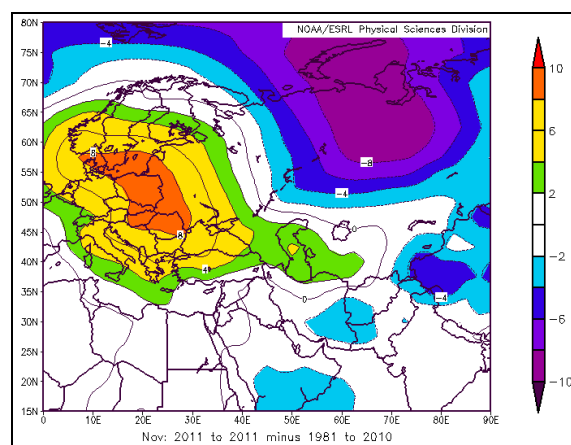
دسامبر از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. ابتدا همگنی داده‌های بارش با استفاده از آزمون ران مورد سنجش قرار گرفت و از همگنی داده‌ها اطمینان حاصل شد. سپس برای تعیین ماه‌ها و فصل‌های پاییز کم‌بارش و پُربارش طی دوره (۱۹۷۷-۲۰۱۱)، براساس اینکه اختلاف بین میانگین بلندمدت بارش ماهانه (\bar{P}) و مقدار انحراف معیار بارش (σ) در آن ماه از مقدار بارش رخ داده (P) کمتر ($P < \bar{P} - \sigma$) یا بیشتر ($P > \bar{P} + \sigma$) باشد (مانند



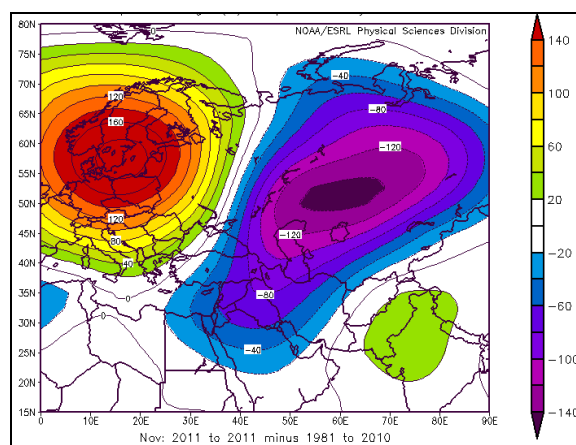
(ب)



(الف)

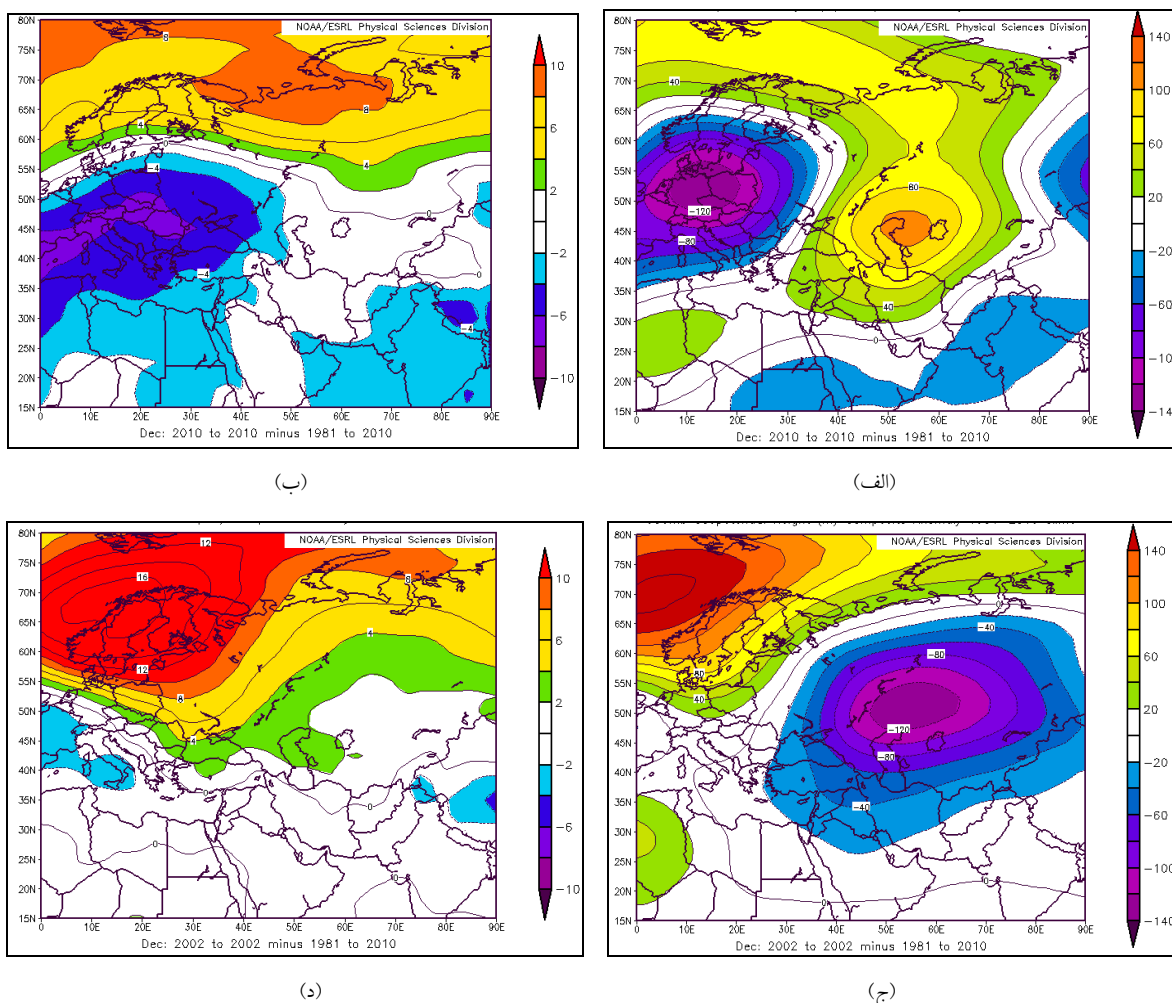


(د)



(ج)

شکل ۵. (الف) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل‌متر) برای یک الگوی کم‌بارش (نوامبر سال ۲۰۱۰). (ب) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای نوامبر سال ۲۰۱۰. (ج) بی‌هنجاری میانگین ماهانه ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل‌متر) برای یک الگوی پُربارش (نوامبر سال ۲۰۱۱). (د) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای نوامبر سال ۲۰۱۱.



شکل ۶. الف) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل متر) برای یک الگوی کم‌بارش (دسامبر سال ۲۰۱۰). ب) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای دسامبر سال ۲۰۱۰. ج) بی‌هنجاری میانگین ماهانه ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل متر) برای یک الگوی پربارش (دسامبر سال ۲۰۰۲). د) بی‌هنجاری میانگین ماهانه میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای دسامبر سال ۲۰۰۲.

دوره پُربارش: برای ماه اکتبر سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱، برای ماه نوامبر سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۹۳ و ۲۰۱۱، برای ماه دسامبر سال‌های ۱۹۷۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۶ و برای فصل پاییز سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۸۲ و ۱۹۸۶ انتخاب شد.

برای بررسی همبندی الگوهای میانگین ماهانه و فصلی و بی‌هنجاری‌های آنها، از داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ترازهای فشاری ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، برگرفته از مرکز NCEP/NCAR (www.cpc.ncep.noaa.gov) طی دوره اقلیمی ۱۹۸۱-۲۰۱۰ استفاده شده است.

بارش در آن ماه بیشتر باشد. براساس این تعریف و با استفاده از نمودارهایی مانند شکل ۲ ماه‌های کم‌بارش و پُربارش مشخص شد که برای نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

دوره کم‌بارش: برای ماه اکتبر سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۷ و ۱۹۹۷، برای ماه نوامبر سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰، برای ماه دسامبر سال‌های ۱۹۸۲، ۱۹۹۶ و ۲۰۱۰ و برای فصل پاییز سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۸۱ و ۲۰۱۰ انتخاب شد.

۳ یافته‌های تحقیق

۱-۳ میانگین ماهانه بلندمدت (شرایط اقلیمی)

الگوهای جوّی

نقشه میانگین فشار سطح دریا در ماه اکتبر طی دوره اقلیمی (۱۹۸۱-۲۰۱۰) مرکز پُرفشاری در شرق سبیری و شمال چین (شکل ۳-الف) را نشان می‌دهد که زیانه آن تا غرب اروپا و غرب ایران گسترش یافته است و یک مرکز کم‌فشار در شمال غرب اروپا و همچنین در عرض‌های پایین‌تر از ۲۵ درجه منطقه مورد بررسی وجود دارد. زیانه کم‌فشار اخیر از کشور عربستان از سمت جنوب شرق تا شمال ایران کشیده شده است و خط فشاری ۱۰۱۸ هکتوپاسکال روی نوار شمالی کشور قرار گرفته است. شکل ۳-ب میانگین میدان ارتفاع در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به ماه اکتبر در دوره اقلیمی را نشان می‌دهد. در این شکل یک مرکز پُرافتخا با منحنی بسته ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل متر روی کشور عربستان وجود دارد که زیانه آن تا شمال ایران گسترش یافته و زیانه کم‌ارتفاعی از شمال اروپا و از روی دریای سیاه تا دریای مدیترانه کشیده است. همچنین یک زیانه کم‌ارتفاع از روی سبیری تا شبه‌قاره هند قرار دارد. از شمال ایران خط هم‌ارتفاع تقریبی ۵۷۸۰ ژئوپتانسیل متر عبور می‌کند.

میانگین دوره اقلیمی (۱۹۸۱-۲۰۱۰) میدان‌های فشار سطح دریا و ارتفاع تراز ۵۰۰ hPa ماه نوامبر (شکل عرضه نشده است) بیانگر گسترش سامانه‌های عرض‌های میانی به عرض‌های جنوبی‌تر است. در بخش‌های شمالی منطقه مورد بررسی، سامانه کم‌ارتفاع و در بخش‌های جنوبی آن پُرافتخا مستقر است و از نوار شمالی خط هم‌مقدار ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر عبور کرده است. در نقشه فشار سطح متوسط دریا، مرکز پُرفشار در شرق سبیری و کشور چین قرار دارد و در شمال غرب اروپا و عرض‌های کمتر از ۲۵ درجه شمالی، کم‌فشار قرار دارد. در غرب کشور ایران

زیانه پُرفشار و در شرق کشور زیانه کم‌فشار نسبی وجود دارد. در شمال ایران خط هم‌فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود.

در میانگین ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ماه دسامبر (شکل عرضه نشده است)، سامانه کم‌ارتفاع در عرض‌های جنوبی کشور ایران و گرادیان پربندی شدیدتر نسبت به ماه نوامبر روی کشور دیده می‌شود. هرچند پربندهای هم‌ارتفاع تقریباً مداری هستند، اما یک ناوه روی دریای مدیترانه و ناوه ضعیف‌تری در شمال شرق کشور وجود دارد. در این ماه خط هم‌ارتفاع ۵۶۳۰ ژئوپتانسیل-متر از نوار شمالی می‌گذرد (شکل عرضه نشده است). الگوی فشار سطح متوسط دریا نشان می‌دهد که یک مرکز پُرفشار در شرق سبیری و کشور چین قرار دارد که به جز دریای مدیترانه، شمال غرب اروپا و عرض‌های جغرافیایی ۲۰-۱۵ درجه شمالی، دیگر نقاط منطقه انتخابی را پوشش داده است. در شمال ایران خط هم‌فشار ۱۰۲۱ هکتوپاسکال قرار گرفته است.

۲-۳ الگوهای هم‌دید ماهانه و بی‌هنجاری

میدان‌های فشار و ارتفاع ۵۰۰ hPa

الف- ماه اکتبر

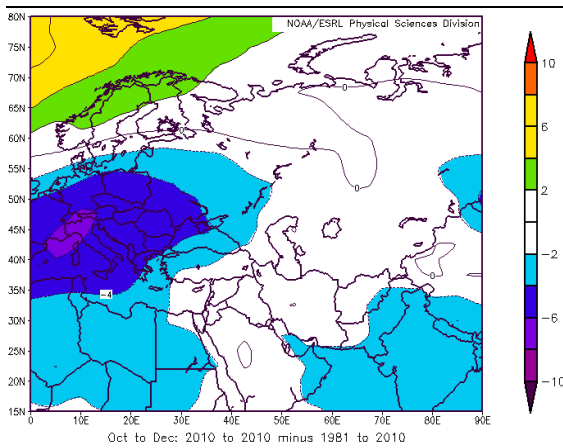
در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در ماه‌های کم‌بارش اکتبر، مانند سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۷، روی شمال ایران پشته ارتفاعی از سمت شبه‌قاره عربستان قرار دارد. یک مرکز کم‌ارتفاع در شمال سبیری که ناوه آن تا شبه‌قاره هند و مرکز دیگر کم‌ارتفاع روی شمال دریای سیاه قرار دارد که ناوه آن تا شمال آفریقا کشیده شده است. ارتفاع متوسط روی شمال ایران در ماه کم‌بارش اکتبر حدود ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر است که نسبت به دوره اقلیمی این ماه (۵۷۸۰ ژئوپتانسیل متر) تا ۲۰ ژئوپتانسیل متر افزایش داشته است. الگوی فشاری میدان تراز دریا نشان می‌دهد که

مدیترانه کشیده شده است. در منطقه مورد بررسی، ارتفاع نسبت به دوره نرمال اکتبر تا ۲۰ ژنوتانسیل متر کاهش داشته است. در سطح متوسط دریا بیشتر تحت تأثیر پرفشار بوده و فشار بین ۱۰۱۷ تا ۱۰۲۱ هکتوپاسکال است. فشار متوسط نسبت به نرمال کمی بیشتر است.

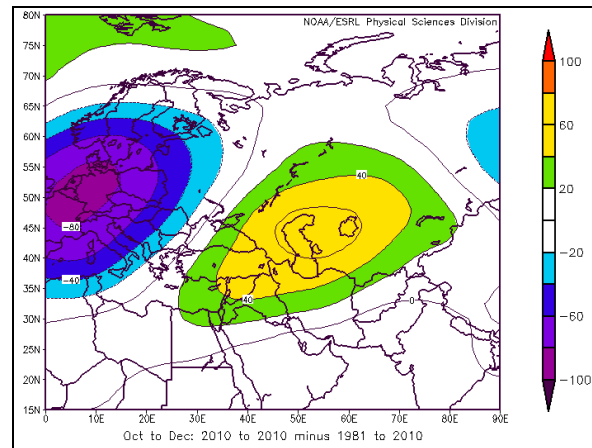
بررسی بی‌هنجاری‌های ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ماه‌های اکتبر کم‌بارش، بی‌هنجاری مثبت ارتفاع را در شمال سبیری و بی‌هنجاری‌های منفی ارتفاع را در غرب مدیترانه، شمال اروپا و شبه‌قاره هند نشان می‌دهد.

منطقه مورد بررسی در این ماه‌های کم‌بارش، اغلب تحت تأثیر زبانه کم‌فشار بوده و مقدار فشار بین ۱۰۱۶ تا ۱۰۲۱ هکتوپاسکال است.

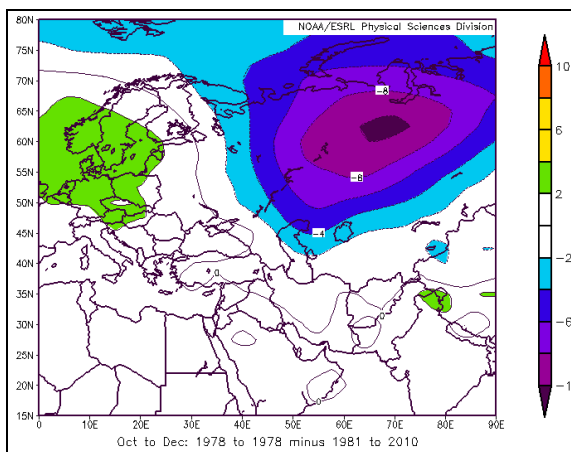
در ماه‌های پرفشار اکتبر سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱، پشته ارتفاعی که باعث پایداری روی سواحل جنوبی دریای خزر می‌شود نسبت به ماه اکتبر کم‌بارش، ضعیف‌تر شده و جای خود را به ناوه ناشی از مرکز کم‌ارتفاع مستقر در شمال سبیری داده است که این ناوه گاهی از شمال ایران به‌صورت مورب تا روی دریای



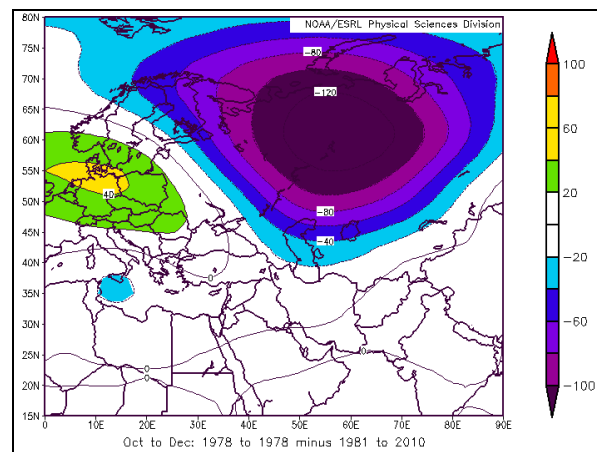
(ب)



(الف)

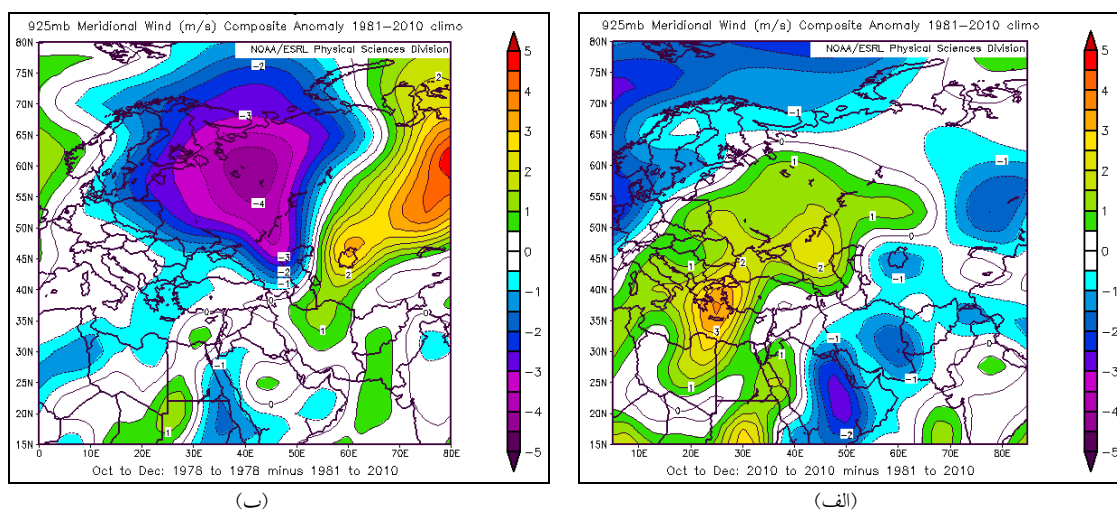


(د)



(ج)

شکل ۷. (الف) بی‌هنجاری میانگین فصلی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژنوتانسیل‌متر) برای یک الگوی کم‌بارش (پاییز سال ۲۰۱۰). (ب) بی‌هنجاری میانگین فصلی میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای پاییز سال ۲۰۱۰. (ج) بی‌هنجاری میانگین فصلی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژنوتانسیل‌متر) برای یک الگوی پرفشار (پاییز سال ۱۹۷۸). (د) بی‌هنجاری میانگین فصلی میدان فشار (برحسب هکتوپاسکال) برای پاییز سال ۱۹۷۸.



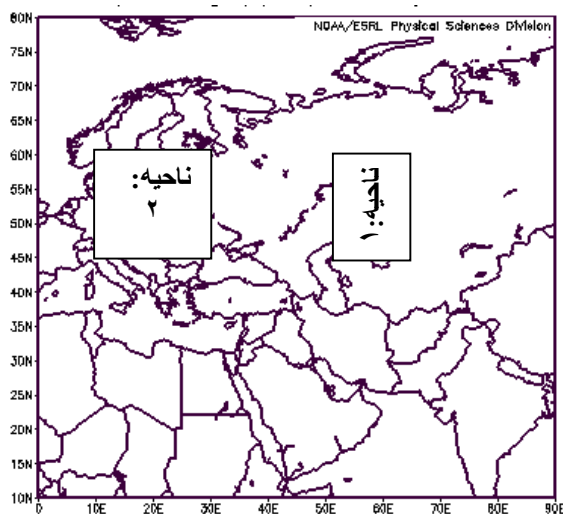
شکل ۸. الف) بی‌هنجاری مؤلفه نصف‌النهاری باد تراز ۹۲۵hPa فصل پاییز برای یک الگوی کم‌بارش (پاییز سال ۲۰۱۰). ب) مانند الف) ولی برای یک الگوی پُر بارش (پاییز سال ۱۹۷۸).

مهمی در ایجاد دوره‌های خشک شدید در سواحل شمالی کشور داشته باشد. از این رو تقویت و گسترش هم‌زمان پُرفشارهای سیبری و اروپا را می‌توان به مثابه یکی از الگوهای فشاری بسیار مؤثر بر رخداد دوره‌های خشک در منطقه مورد بررسی محسوب کرد.

در اغلب ماه‌های اکتبر پُر بارش، مرکز بی‌هنجاری منفی ارتفاع روی سیبری و بی‌هنجاری قوی مثبت ارتفاع روی اروپا و دریای مدیترانه همراه می‌شود (شکل ۴-ج). در این ماه‌ها اغلب، بی‌هنجاری‌های مثبت فشار روی اروپا و بی‌هنجاری‌های منفی فشار روی بخش‌هایی از سیبری و شمال دریای خزر مشاهده می‌شود (شکل ۴-د). تقویت و گسترش پُرفشار دینامیکی روی اروپا می‌تواند سبب ایجاد جریان‌های شمالی روی دریای خزر شود که در صورت وجود ناوه در سطوح زیرین و ردسپهر و همچنین با توجه به ویژگی‌های کوهساری منطقه (که باعث واداشت مکانیکی و صعود هوا می‌شود) می‌تواند نقش مهمی در افزایش بارش منطقه داشته باشند. همچنین تقویت کم‌ارتفاع در بخش‌های غربی سیبری و امتداد آن تا روی

این ماه‌ها بی‌هنجاری‌های مثبت ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روی سواحل جنوبی دریای خزر و نواحی شمالی دریای خزر غالب است. نمونه‌ای از این الگوها در شکل ۴-الف نشان داده شده است که منطقه مورد بررسی تحت تاثیر بی‌هنجاری‌های مثبت ارتفاعی قرار داشته به طوری که بیشترین این بی‌هنجاری‌ها در شمال و نواحی شمالی دریای خزر واقع شده است.

اغلب در ماه‌های اکتبر کم‌بارش، بی‌هنجاری منفی فشار (تا حدود ۳- هکتوپاسکال) در نوار شمالی ایران مشاهده می‌شود. اما در برخی از حالت‌ها (مانند شکل ۴-ب) بی‌هنجاری مثبت فشار در محدوده وسیعی از جمله روی روسیه، دریای خزر و منطقه مورد بررسی گسترش می‌یابد به طوری که در بخش‌های جنوبی دریای خزر، مقدار آن تا ۳+ هکتوپاسکال می‌رسد (شکل ۴-ب). در این حالت کمربندی از بی‌هنجاری‌های مثبت ارتفاع و فشار در عرض‌های جغرافیایی حدود ۴۵ تا ۷۰ درجه ایجاد می‌شود و زبانه آن تا روی دریای خزر و منطقه مورد نظر گسترش می‌یابد. بنابراین بی‌هنجاری‌های مثبت میدان‌های فشار و ارتفاع در روی منطقه و نواحی شمالی آن، می‌تواند نقش



شکل ۹. محدوده جغرافیایی دو منطقه (ناحیه ۱: ۵۲-۶۵°E و ناحیه ۲: ۱۰-۳۰°E و ۴۵-۶۰°N) انتخاب شده است.

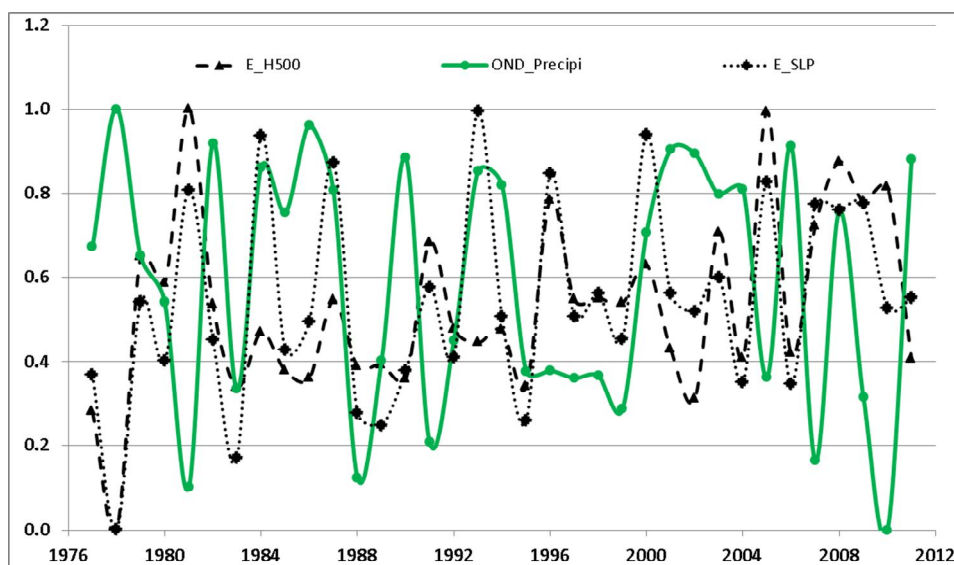
شامل دریای سیاه، ایران، عراق، مدیترانه شرقی تا شمال چین کشیده شده است و بی‌هنجاری منفی فشار در محدوده گسترده‌ای از روی اروپا تا روی سبیری (شکل ۵-الف) کشیده شده است (این حالت بر عکس شکل ۴-الف است).

از جمله ماه‌های پُربارش نوامبر در سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۹۳ و ۲۰۱۱ رخ داده است. در تراز ۵۰۰hPa این ماه‌ها اغلب، ناوهای عمیق از شمال سبیری به صورت مورب از شمال ایران تا شرق دریای مدیترانه و شمال دریای سرخ امتداد دارد و پُراارتفاع گسترده‌ای روی اروپا قرار گرفته است. در منطقه مورد بررسی، ارتفاع نسبت به دوره نرمال نوامبر تا ۸۰ ژئوپتانسیل متر کاهش داشته است (شکل ۵-ج) و در سطح زمین نیز این منطقه بیشتر تحت تأثیر پُرفشار از سمت مدیترانه و شمال اروپا قرار دارد (شکل ۵-د). در این ماه‌ها، روی سبیری، کشور چین و گاهی در جنوب ایران بی‌هنجاری منفی و روی اروپا و غرب مدیترانه بی‌هنجاری مثبت وجود دارد که زبانه آن تا شمال ایران کشیده است (شکل‌های ۵-ج و ۵-د).

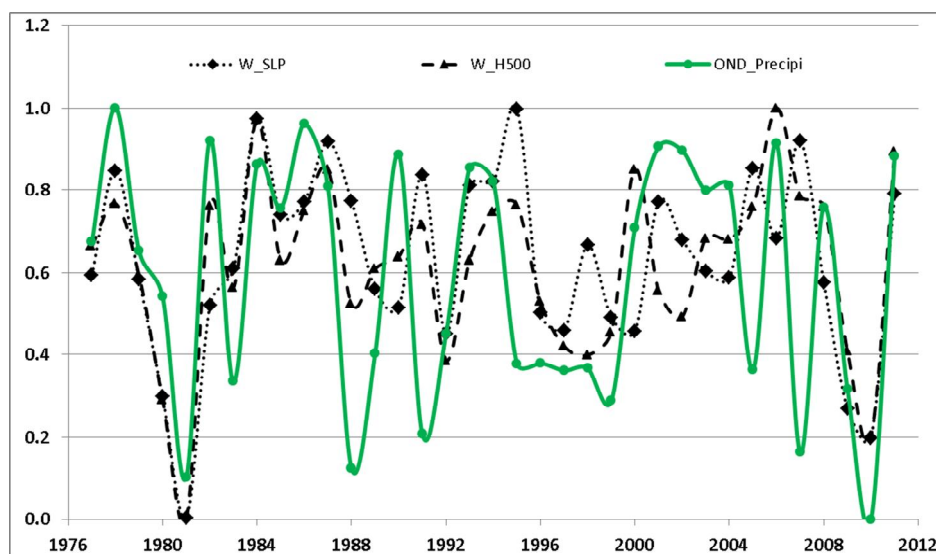
خزر می‌تواند پُرفشار سطح زمین را در نواحی غربی این ناوه تقویت کند و شرایط مناسبی برای تغذیه رطوبت و رخداد بارش در سواحل شمالی کشور را فراهم آورد.

ب- ماه نوامبر

ماه نوامبر سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰، به‌منزله نمونه‌هایی از ماه‌های نوامبر کم‌بارش در سواحل شمالی کشور است. در این ماه‌ها، شمال ایران تحت تأثیر زبانه کم‌فشار و پشته ارتفاعی است. در تراز ۵۰۰hPa، ناوهای از شمال اروپا و از سمت شرق دریای سیاه تا روی دریای مدیترانه کشیده شده است. در این ماه‌ها، ارتفاع تراز ۵۰۰hPa در شمال ایران نسبت به میانگین دوره اقلیمی (ارتفاع ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر) تا ۶۰ ژئوپتانسیل متر افزایش را نشان می‌دهد. در این ماه‌های کم‌بارش، شمال ایران و شرق دریای خزر در سطح زمین بی‌هنجاری منفی فشار و بی‌هنجاری‌های مثبت ارتفاع روی خزر و نواحی شمالی آن قرار می‌گیرد. یکی از ماه‌های نوامبر کم‌بارش نمونه در سال ۲۰۱۰ رخ داده است (شکل‌های ۵-الف و ۵-ب). بی‌هنجاری مثبت ارتفاع روی دریای خزر و گستره وسیعی



(الف)



(ب)

شکل ۱۰. الف) تغییرات کمیت‌های بهنجارشده فشار (SLP) و ارتفاع (H500) فصل پاییز در ناحیه ۱. ب) مانند الف) ولی برای ناحیه ۲.

ج- ماه دسامبر

در ماه‌های کم‌بارش دسامبر سال‌های ۱۹۸۲، ۱۹۹۶ و ۲۰۱۰ مشاهده شد که در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در شمال ایران و روی سبیری، پشته ارتفاعی وجود دارد که گاهی افزایش ارتفاع روی شمال ایران نسبت به میانگین دوره اقلیمی تا ۵۰ ژئوپتانسیل‌متر هم رسیده است. بی‌هنجاری مثبت ارتفاع در شمال دریای خزر و بی‌هنجاری منفی قوی ارتفاع روی اروپا بارز است

(شکل ۶-الف). در نقشه سطح زمین منطقه اروپا و تا حدودی شمال ایران تحت‌تاثیر زبانه کم‌فشار است، به‌طوری‌که بیشترین بی‌هنجاری‌های منفی فشار روی اروپا و غرب دریای مدیترانه قرار گرفته و زبانه آن روی سواحل جنوبی دریای خزر کشیده شده است (شکل ۶-ب).

در ماه‌های دسامبر پُربارش سال‌های ۱۹۷۸، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۶، در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شمال ایران در دامنه

۳-۴ بی‌هنجاری مؤلفه‌های باد ترازهای پایین وردسپهر

یکی از عوامل مؤثر بر بارش، وجود رطوبت است و دریای خزر به‌منزله منبع اصلی تغذیه رطوبت برای استان‌های سواحل شمالی کشور به شمار می‌رود. براین اساس مؤلفه‌های مداری (U) و نصف‌النهاری (V) باد در ترازهای پایین جو (۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) می‌تواند نقش بسزایی در کاهش و یا افزایش میزان رطوبت منطقه مورد بررسی داشته باشد. برای نشان دادن این موضوع، از میانگین ماهانه مؤلفه‌های باد طی دوره ۳۵ ساله (۱۹۷۷-۲۰۱۱) روی سطح تقریبی دریای خزر ($37/5^{\circ}N$ تا $45^{\circ}N$ و $47/5^{\circ}E$ تا $52/5^{\circ}E$) استفاده شد. بررسی ضرایب همبستگی مؤلفه‌های باد در ترازهای فوق با بی‌هنجاری بارش (جدول ۲) نشان می‌دهد که همبستگی معنی‌داری بین مؤلفه مداری باد ترازهای پیش‌گفته و بی‌هنجاری بارش وجود ندارد. اما مؤلفه نصف‌النهاری باد ترازهای ۹۲۵، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال همبستگی منفی و معنی‌داری با بی‌هنجاری بارش دارد به طوری که میزان این همبستگی با افزایش ارتفاع (از ترازهای پایین به بالا) کاهش می‌یابد و بیشینه و کمینه ضریب همبستگی، به ترتیب مربوط به ترازهای ۹۲۵ و ۷۰۰ هکتوپاسکال است. بی‌هنجاری مثبت مؤلفه V باد بیانگر تقویت جریان‌های جنوبی (کاهش تغذیه رطوبت از دریای خزر) و بی‌هنجاری‌های منفی آن بیانگر تقویت جریان‌های شمالی (افزایش تغذیه رطوبت از دریای خزر) است. بنابراین در ماه‌های کم‌بارش، بی‌هنجاری مؤلفه V باد در ترازهای پایین وردسپهر روی دریای خزر، در بیشتر موارد مثبت است؛ این امر باعث تقویت جریان جنوبی (از سمت استان‌های ساحلی به سمت دریا) می‌شود و کاهش رطوبت و به تبع آن کاهش بارندگی را در منطقه مورد

ناوهای از شمال سبیری است و ارتفاع در منطقه مورد بررسی نسبت به دوره اقلیمی تا ۴۰ ژئوپتانسیل متر کاهش دارد. در شمال اروپا بی‌هنجاری مثبت ارتفاع مشاهده می‌شود (شکل ۶-ج). این شرایط با بی‌هنجاری مثبت فشار از اروپای شمالی تا خزر همراهی می‌شود (شکل ۶-د).

۳-۳ الگوهای فصلی (پاییز) میدان‌های فشار و ارتفاع تراز ۵۰۰ hPa و بی‌هنجاری آنها

در فصل پاییز کم‌بارش سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۸۸ و ۲۰۱۰، افزایش ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، روی خزر و نواحی شمالی آن و کاهش ارتفاع روی اروپا بارز بوده است (شکل ۷-الف). این شرایط با کاهش فشار زیاد روی اروپا به‌ویژه در نواحی غربی آن (شکل ۷-ب) و گاهی هم با کاهش فشار روی خزر همراهی می‌شود. مقادیر ارتفاع و فشار روی منطقه مورد بررسی نسبت به میانگین دوره اقلیمی آن، به ترتیب تا حدود ۵۰ ژئوپتانسیل متر افزایش و ۲ هکتوپاسکال کاهش را نشان می‌دهد. بنابراین در فصل‌های پاییز کم‌بارش، بی‌هنجاری منفی ارتفاع و فشار روی اروپا و بی‌هنجاری مثبت ارتفاع (و گاهی فشار) روی سبیری و خزر حاکم است (شکل‌های ۷-الف و ۷-ب). در فصل پُربارش، روی سبیری و دریای خزر بی‌هنجاری منفی ارتفاع (و گاهی فشار) و روی مدیترانه و اروپا بی‌هنجاری مثبت ارتفاع و فشار حاکم است. بنابراین در فصل‌های پُربارش پاییز سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۸۲، ۱۹۸۶ و ۲۰۰۶، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، اغلب ناوه کم‌ارتفاع از شمال سبیری تا روی دریای خزر و بی‌هنجاری مثبت ارتفاع و فشار در غرب اروپا مشاهده می‌شود (شکل‌های ۷-ج و ۷-د).

جدول ۲. ضریب همبستگی بی‌هنجاری بارش با مؤلفه‌های باد ترازهای ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال روی دریای خزر در ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر و فصل پاییز. V و U به ترتیب بیانگر مؤلفه‌های نصف‌النهاری و مداری باد است. اعداد پُررنگ شده با خط زیر، معرف ضرایب همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد هستند و علامت ستاره (*) ضرایب همبستگی در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد.

V925	V850	V700	V600	V500	U925	U850	U700	U600	U500	مؤلفه‌های باد سطوح فشار ماه/فصل
<u>-۰/۵۹</u>	<u>-۰/۵۹</u>	-۰/۳۶*	-۰/۲۸	-۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۴	اکتبر
<u>-۰/۷۷</u>	<u>-۰/۶۹</u>	-۰/۴۲*	-۰/۳۵*	-۰/۲۸	-۰/۱۷	-۰/۱۹	-۰/۱۴	-۰/۱۲	-۰/۱۳	نوامبر
<u>-۰/۶۰</u>	<u>-۰/۴۸</u>	-۰/۳۷*	-۰/۳۳	-۰/۳۰	-۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۲۰	-۰/۰۳	دسامبر
<u>-۰/۵۷</u>	<u>-۰/۵۲</u>	-۰/۳۶*	-۰/۳۱	-۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۷	فصل پاییز

در حالت کلی بی‌هنجاری‌های فشار روی سطح دریای خزر با مؤلفه‌های باد ترازهای ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که رابطه معنی‌دار و منفی بین بی‌هنجاری‌های فشار با مؤلفه مداری باد ترازهای پیش‌گفته در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر روی خزر وجود دارد. اما برای مؤلفه نصف‌النهاری فقط در ماه نوامبر این رابطه وجود دارد و در بقیه ماه‌ها رابطه معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

۴ بحث و بررسی

بررسی نقشه‌های بی‌هنجاری میدان‌های فشار و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hPa طی دوره ۳۵ ساله (۱۹۷۷-۲۰۱۱) برای ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر و همچنین فصل پاییز نشان داد که شکل‌گیری الگوهای جوئی در دو منطقه با رخداد دوره‌های خشک و تر در سواحل شمالی کشور ارتباط معنی‌داری دارد. همبستگی معنی‌داری بین بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیلی و بی‌هنجاری بارش در این نواحی وجود دارد. این الگوهای جوئی شامل الگوهای فشاری حاکم در نواحی شمال شرقی دریای خزر و منطقه سبیری و الگوهای فشاری روی بخش‌هایی از اروپا هستند

بررسی ایجاد خواهد کرد. برای نشان دادن این موضوع، با توجه به ضرایب همبستگی آورده شده در جدول ۲، نمونه‌ای از بی‌هنجاری مؤلفه V باد سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال برای فصل پاییز کم‌بارش ۲۰۱۰ در شکل ۸-الف نشان داده شده است. جریانات جنوبی در محدوده وسیعی از اروپا و دریای مدیترانه و بخش‌هایی از دریای خزر دیده می‌شود (شکل ۸-الف).

در حالت کلی محدوده تغییرات میانگین ماهانه بلندمدت مؤلفه V باد سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال روی سطح دریای خزر در ماه اکتبر از ۰/۷۶- تا ۲ متر بر ثانیه، در نوامبر ۲/۱- تا ۲/۷ متر بر ثانیه و در دسامبر از ۰/۵۱- تا ۲/۷ متر بر ثانیه است. در ماه‌های پُر بارش، بی‌هنجاری‌های مؤلفه V باد سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال روی دریای خزر، در بیشتر موارد منفی است که این امر سبب تضعیف جریانات جنوبی (تقویت جریانات شمالی) روی دریای خزر می‌شود و پیامد آن افزایش رطوبت و پتانسیل رخداد بارش در منطقه مورد بررسی خواهد بود. برای نمونه در شکل ۸-ب، مؤلفه نصف‌النهاری باد برای فصل پاییز پُر بارش نشان داده شده است. در این شکل جریانات شمالی در روی روسیه و بخش‌های وسیعی از دریای خزر دیده می‌شود.

جدول ۳. ضریب همبستگی بی‌هنجاری فشار سطح دریا (SLP) با مؤلفه‌های باد ترازهای ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال روی دریای خزر در ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر و فصل پاییز، V و U به ترتیب بیانگر مؤلفه‌های نصف‌النهاری و مداری باد است. اعداد پررنگ شده، معرف ضرایب همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد هستند و علامت ستاره (*) ضرایب همبستگی در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد.

مؤلفه‌های باد سطوح فشار ماه/فصل	U500	U600	U700	U850	U925	V500	V600	V700	V850	V925
اکتبر	-۰/۴۸	-۰/۵۴	-۰/۶۰	-۰/۶۸	-۰/۶۲	-	-	-	-	-
نوامبر	-۰/۴۸	-۰/۵۱	-۰/۵۸	-۰/۷۰	-۰/۶۸	-۰/۶۰	-۰/۵۷	-۰/۴۸	-۰/۳۴*	-
دسامبر	-۰/۳۴*	-۰/۴۱*	-۰/۴۸	-۰/۶۲	-۰/۶۱	-	-	-	-	-
فصل پاییز	-	-۰/۳۴*	-۰/۴۱*	-۰/۶۲	-۰/۶۸	-	-	-	-	-

میانگین فشار سطح دریا و ارتفاع تراز ۵۰۰hPa برای هر یک از نواحی به صورت ماهانه و فصلی طی دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ استخراج شد. سپس با بهنجار کردن مقادیر فشار، ارتفاع و بارش ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر و فصل پاییز چگونگی تغییرات این کمیت‌ها بررسی شد. در شکل ۱۰ تغییرات میدان‌های فشار و ارتفاع برای دو ناحیه ۱ و ۲ و همچنین بارش برای سواحل شمالی کشور نشان داده شده است. آنچه حائز اهمیت است اثر پُرفشار سیبری و سامانه‌های غالب روی اروپا در ایجاد دوره‌های خشک و تر روی سواحل شمالی کشور است، به طوری که هرگاه کاهش فشار و ارتفاع در ناحیه ۱ (شکل ۱۰-الف) با افزایش فشار و ارتفاع در ناحیه ۲ (شکل ۱۰-ب) همراه شود، بهترین شرایط برای رخداد دوره‌های تر در سواحل شمالی کشور فراهم می‌شود (مانند سال ۱۹۷۸ در شکل ۱۰) و در صورت افزایش فشار و ارتفاع در ناحیه ۱ و کاهش آنها در ناحیه ۲ شرایط مساعدی برای رخداد دوره‌های خشک فراهم می‌شود (مانند سال ۱۹۸۱ در شکل ۱۰).

در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود که بین بارش سواحل شمالی کشور با تغییرات ارتفاع تراز ۵۰۰hPa رابطه معنی‌داری وجود دارد؛ به طوری که ضرایب همبستگی (با

بی‌هنجاری‌های رخ داده در این الگوها، نقش مهمی در ایجاد دوره‌های خشک و تر در سواحل شمالی کشور دارد. برای نشان دادن این موضوع دو محدوده فرضی با مشخصات جغرافیایی (ناحیه ۱: ۵۲-۶۵°E و ۴۵-۶۰°N و ناحیه ۲: ۱۰-۳۰°E و ۴۵-۶۰°N) که در شکل ۹ مشخص شده است، در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که انتخاب این نواحی و مساحت تقریبی آنها براساس بررسی نقشه‌های بی‌هنجاری میدان‌های ارتفاع و فشار است و می‌توان آنها را به منزله شاخص‌هایی از اثرات پُرفشار سیبری و سامانه‌های جوئی روی اروپا فرض کرد.

در حالت‌هایی که پُرفشار سیبری گسترش وسیعی داشته باشد و منطقه مورد بررسی و شمال ایران را تحت پوشش قرار دهد، سبب رخداد دوره‌های خشک در منطقه می‌شود و بسته به مدت و همراهی این شرایط با استقرار پُرفشار روی دریای خزر، شدت دوره‌های خشک متفاوت خواهد بود. استقرار و توسعه سامانه پُرفشار در ناحیه ۲ سبب ریزش جریان‌های شمالی از عرض‌های شمالی بالا روی خزر و همچنین افزایش فعالیت ناوه‌ها در دو طرف این سامانه پُرفشار خواهد شد که این وضعیت می‌تواند شرایط مساعدی برای رخداد دوره‌های تر در منطقه مورد بررسی را فراهم آورد.

جریان‌های شمالی و شمال غربی از عرض‌های شمالی به سمت نواحی جنوبی و دریای خزر حرکت کند. حرکت هوا از عرض‌های شمالی بالا به سمت عرض‌های جنوبی می‌تواند تاوایی نسبی بسته‌های هوا را افزایش دهد. از طرفی وجود رشته‌کوه البرز سبب همگرایی جریان‌های شمالی در ترازهای پایین جو و افزایش آهنگ تاوایی نسبی می‌شود. بحث دینامیکی این موضوع، نیازمند بررسی بیشتر است اما به‌طور ساده می‌توان براساس پایستاری تاوایی مطلق برای حالت فشارورد گفت، با کاهش عرض جغرافیایی تاوایی سیاره‌ای کاهش می‌یابد و در نتیجه باید تاوایی نسبی افزایش یابد. همچنین براساس برخی از جملات معادله تاوایی نسبی می‌توان به‌طور احتمالی عوامل مؤثر بر فرایند رخداد بارش در منطقه مورد بررسی را بیان کرد. براساس معادله تاوایی در دستگاه مختصات دکارتی، آهنگ تام تاوایی نسبی، با مجموع جملات همگرایی، فرافت تاوایی سیاره‌ای، جمله کژفشاری یا سیم‌لوله و جمله پیچشی یا کج‌شدگی برابر است (هولتون، ۲۰۰۴). در دستگاه مختصات فشاری چون تغییرات فشار در راستای محور طول‌ها و عرض‌ها صفر است، جمله سیم‌لوله از معادله تاوایی حذف می‌شود و این معادله به‌صورت زیر در می‌آید.

$$\frac{D\xi}{Dt} = -(\xi + f) \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \beta v + \left[\frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial p} \right], \quad (1)$$

که $-\beta v$ ، برای حالتی که جریان‌ها شمالی هستند مثبت است. از طرفی با توجه به مطالب بالا و همبستگی بین بارش و مؤلفه نصف‌النهاری باد در ترازهای پایین و ردسپهر، به‌نظر می‌رسد که نقش همگرایی در افزایش حرکت‌های چرخندی بارز باشد. برای سادگی اگر معادله فوق تحلیل مقیاس شود به‌صورت زیر تبدیل می‌شود (هولتون، ۲۰۰۴):

سطح خطای یک درصد) بین بی‌هنجاری بارش با ارتفاع ژئوپتانسیل 500 hPa در ناحیه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب برابر با $0/515$ و $0/593$ است. همچنین ضریب همبستگی بین بی‌هنجاری فشار در ناحیه ۲ با بی‌هنجاری بارش در سواحل شمالی کشور $0/37$ به‌دست آمد اما برای ناحیه ۱ ارتباط معنی‌داری بین بی‌هنجاری فشار و بارش مشاهده نشد. یکی از علت‌های احتمالی این امر، پاسخ متفاوت بارش سواحل کشور نسبت به فعالیت دو سامانه پُرفشار (یکی پُرفشار سبیری و دیگری سامانه‌های پُرفشار روی اروپا که به سمت شرق حرکت می‌کنند) در منطقه ۱ است. در زمانی که منطقه ۱، تحت‌تأثیر این سامانه‌های پُرفشار قرار می‌گیرد، بی‌هنجاری مثبت فشار در این منطقه رخ می‌دهد، درحالی‌که به‌هنگام عبور پُرفشارهایی که از سمت اروپا وارد می‌شود، به علت استقرار جریان‌های شمالی روی دریای خزر، ممکن است بی‌هنجاری مثبت بارش در سواحل شمالی کشور حاصل شود. این درحالی است که به‌هنگام توسعه پُرفشار سبیری، به علت استقرار جریانات جنوب شرقی تا شرقی روی منطقه، شرایط برای تغذیه رطوبتی و رخداد بارش در سواحل فراهم نمی‌شود.

به‌طورکلی بی‌هنجاری‌های منفی (مثبت) فشار و ارتفاع در ناحیه ۱ و بی‌هنجاری‌های مثبت (منفی) آنها در ناحیه ۲، سبب رخداد دوره‌های تر (خشک) در سواحل شمالی کشور می‌شود. بنابراین تقویت سامانه کم‌فشار در ناحیه ۱ و پُرفشار در ناحیه ۲ می‌تواند در تغییرات بارش در سواحل جنوبی دریای خزر نقش مهمی داشته باشد.

با استقرار ناوه‌های کج در ناحیه ۱ (که جهت ناوه از شمال شرق به جنوب غرب باشد) شرایط برای رخداد بارش در سواحل شمالی کشور فراهم می‌شود و شکل‌گیری سامانه پُرفشار در پشت ناوه پیش‌گفته نقش بارزی در ایجاد جریان‌های شمالی روی خزر و تغذیه رطوبتی کافی برای رخداد بارش فراهم می‌آورد. تقویت و توسعه سامانه پُرفشار در ناحیه ۲ سبب می‌شود تا

۱-۱- پشته ارتفاعی که منشاء آن پُرارتفاع جنب‌حاره روی شبه جزیره عربستان است روی منطقه مستقر می‌شود.

۱-۲- استقرار سامانه کم‌فشار روی منطقه غالب است.

۱-۳- بی‌هنجاری‌های منفی فشار و ارتفاع روی اروپا و

بی‌هنجاری‌های مثبت فشار و ارتفاع روی سبیری بارز و

مشهود است، بنابراین تقویت سامانه‌های کم‌فشار روی

اروپا همراه با تقویت و گسترش پُرفشار سبیری سهم

موثری در ایجاد دوره‌های خشک در منطقه دارد.

۱-۴- بی‌هنجاری مثبت مولفه نصف‌النهاری باد در

ترازهای پایین و ردسپهر (که می‌تواند بیانگر تقویت

جریان‌ات جنوبی روی دریای خزر باشد) با کاهش بارش

در منطقه مورد بررسی همراه می‌شود.

۱-۵- توسعه و تقویت سامانه کم‌فشار روی اروپا (ناحیه ۲)

و سامانه پُرفشار در نواحی شمال شرقی دریای خزر (ناحیه

۱) با دوره‌های خشک در سواحل جنوبی دریای خزر

همراه می‌شود.

دوره‌های پُربارش نواحی شمالی ایران:

۲-۱- استقرار ناوه ارتفاعی از روی سبیری تا روی منطقه و

گاهی تا روی دریای مدیترانه

۲-۲- گسترش سامانه پُرفشار از اروپا روی استان‌های

شمالی ایران

۲-۳- بی‌هنجاری‌های مثبت فشار و ارتفاع روی اروپا و

بی‌هنجاری‌های منفی فشار و ارتفاع روی سبیری مشهود

است.

۲-۴- بی‌هنجاری منفی مولفه نصف‌النهاری باد در ترازهای

پایین و ردسپهر (که می‌تواند بیانگر تقویت جریان‌ات

شمالی روی دریای خزر باشد) با افزایش بارش در منطقه

مورد بررسی همراه می‌شود.

۲-۵- توسعه و تقویت سامانه پُرفشار روی اروپا (ناحیه ۲)

و سامانه کم‌فشار در نواحی شمال شرقی دریای خزر

(ناحیه ۱) با دوره‌های تر در سواحل جنوبی دریای خزر

همراه می‌شود.

$$\frac{D\xi}{Dt} \cong (\xi + f) \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right) \cong -(\xi + f) \left(-\frac{\partial v}{\partial y} \right), \quad (2)$$

برای حالتی که جریان‌های شمالی غالب هستند از تغییرات مؤلفه مداری نسبت به محور طول‌ها صرف‌نظر شده است و همگرایی تقریبی به‌صورت زیر در می‌آید که در معاله بالا از آن استفاده شده است.

$$D = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \cong -\frac{\partial v}{\partial y}. \quad (3)$$

بنابراین احتمال می‌رود که در فرایند رخداد بارش در سواحل شمالی نقش همگرایی و جمله اثر بتا در افزایش حرکت چرخندی در لایه‌های زیرین و ردسپهر بارز باشد؛ هرچند که برای بحث دقیق‌تر باید جمله پیچشی هم بررسی شود. باین‌حال در حالت کلی به‌نظر می‌رسد که یکی از الگوهای فشاری مناسب برای رخداد بارش در سواحل شمالی کشور، استقرار سامانه پُرفشار گرمایی روی دریای خزر است به‌طوری‌که کاهش ارتفاع ژئوپتانسیلی ۵۰۰hPa در ناحیه ۱، همراه با جریان‌های شمالی در روی خزر باشد. از طرفی توسعه پُرفشار روی اروپا سبب می‌شود تا محدوده فعالیت ناوه‌ها در دو طرف این سامانه گسترش یابد که این امر ضمن فراهم آوردن جریان‌های شمالی از روی روسیه و اروپای شرقی به سمت نواحی جنوبی‌تر و دریای خزر، سبب عبور بیشتر ناوه‌ها از روی خزر و ناحیه ۱ می‌شود که پیامد آنها رخداد بارش در منطقه مورد بررسی است.

۵ نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی الگوهای میانگین ماهانه فشاری طی دوره اقلیمی (۱۹۷۷-۲۰۱۱) و بی‌هنجاری‌های میدان فشار تراز دریا و ارتفاع سطوح میانی جو و ارتباط با دوره‌های خشک و تر در ماه‌های فصل پاییز در سواحل شمالی کشور نشان داد که:

در دوره‌های کم‌بارش:

- Meteorology: 4th edition, Elsevier Academic Press, 535 pp.
- Kadioglu, M., Sen, Z., 1998, Power-law relationship in describing temporal and spatial precipitation pattern in Turkey: *Theor. Appl. Climatol.*, **59**, 93-106.
- Kadioglu, M., Ozturk, N., Erdun, H., Sen, Z., 1999, On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis: *Int. J. Climatol.*, **19**, 1717-1728.
- Krichak, S. O., Tsidulko, M., Alpert, P., 2000, Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the Eastern Mediterranean: *Theor. Appl. Climatol.*, **65**, 215-229.
- Kutiel, H., Maheras, P., Guika, S., 1996b, Circulation indices over the Mediterranean and Europe and their relationship with rainfall conditions across the Mediterranean: *Theor. Appl. Climatol.*, **54**, 125-138.
- Kutiel, H., Hirsch-Eshkol, T. R., and Turkes, M., 2001, Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey: *Theor. Appl. Climatol.*, **69**, 39-67.
- Maheras, P., Xoplaki, E., Kutiel H., 1999, Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860-1990: *Theor. appl. Climatol.*, **64**, 189-199.
- Nguyen, L. T., DeGaetano, A. T., 2012, A climatology of 500-hPa closed lows and associated precipitation in the Northeastern United States: *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **51**, 3-15.
- Turkes, M., 1996, Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey: *Int. J. Climatol.*, **16**, 1057-1076.
- Turkes, M., 1998, Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey: *Int. J. Climatol.*, **18**, 649-680.
- WMO, 2008, Guide to Hydrological Practices, Measurement to Hydrological Information, **1**(168), 296, Geneva.
- سازوکار بارش در سواحل شمالی کشور پیچیدگی خاصی دارد و مدل‌های عددی برای پیش‌بینی بارش‌های شمال کشور به‌ویژه پیش‌بینی‌های میان‌مدت و بلندمدت دقت مناسبی ندارند، با این حال پیش‌بینی کمیت‌هایی مانند فشار و ارتفاع در مقیاس‌های بزرگ‌تر دقت بهتری دارد. بنابراین، نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در ارتقاء پیش‌آگاهی‌های بارش در سواحل شمالی کشور نقش مهمی داشته باشد.
- ### منابع
- باقری، س.، ۱۳۷۲، بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- پناهی، ع.، ۱۳۸۹، ارتباط الگوهای سینوپتیکی ماهانه با شرایط خشکی و تری در غرب و شمال غرب کشور: پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- علیجانی، ب.، ۱۳۸۵، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ دوم.
- رنجبر سعادت آبادی، ع. و امینی، ن.، ۱۳۸۹، مطالعه بارش‌های همرفتی شدید فصل تابستان استان گلستان (۱۳۸۰-۱۳۸۶)، مجله پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال اول، تابستان ۸۹، ۷۶-۵۷.
- Eshel, G., Farrell, B. F., 2000, Mechanisms of Eastern Mediterranean rainfall variability: *J. Atmos. Sci.*, **57**, 3219-3232.
- Holton, J., 2004, An Introduction to Dynamic