

واکاوی همدید ناهنجاری های رطوبت ویژه پاییزهای خشک در شمال غرب ایران

محمد میرزائی*^۱، کریم امینی نیا^۲، علی پناهی^۳، ابوالفضل همت زاده^۴

^۱ دانش آموخته دکترای آب و هواشناسی واحد اهر، معاون اداره حفاظت محیط زیست شهرستان مشکین شهر

^۲ استادیار دانشگاه آزاد واحد اهر

^۳ استادیار دانشگاه آزاد تبریز

^۴ کارشناسی ارشد، کارشناس محیط زیست مشکین شهر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۳

چکیده

عناصر اقلیمی به ویژه بارش دارای تغییرات معنی داری در دوره های زمانی دارا می باشد و شناخت این تغییرات، امکان بهره وری بهینه از طبیعت را فراهم می سازد. در این پژوهش با به کارگیری رویکرد محیطی به گردشی با محاسبه شاخص بارش استاندارد با نرم افزار DIC طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۸۷ پاییزهای خشک مشخص شد. سپس نقشه های بی هنجاری در فصل پاییز شامل ارتفاع ژئو پتانسیل تراز 500 هکتوپاسکال، بی هنجاری فشار متوسط دریا (SLP)، بی هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، نقشه های میانگین فصل پاییز فشار متوسط سطح دریا فصل پاییز، ارتفاع ژئو پتانسیل تراز 500 هکتوپاسکال و نمودار هوف مولر رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از مجموع داده های بازسازی شده سایت NCAR/CEP دریافت و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد در پاییزهای خشک بی هنجاری های شدید مثبت فصل پاییز نسبت به میانگین بلندمدت در سطح زمین بیانگر حاکمیت بیشتر شرایط پرفشار بوده که مانع ورود کم فشارهای ورودی به منطقه گردیده است. بی هنجاری های مثبت فصل پاییز نسبت به میانگین بلندمدت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیانگر حاکمیت پرفشار بوده که مانع انتقال آب و هوای گرم و مرطوب عرض های پایین تر به سطح منطقه شده است. همچنین بررسی نمودارهای هوف مولر نوع اول و دوم تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در عرض ۳۸ درجه شمالی و طول ۴۸ درجه شرقی در پاییزهای خشک شمال غرب نشان دهنده کاهش قابل توجه رطوبت ویژه این تراز به ویژه در عرض های جنوبی (۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی) در ۴ مورد از ۵ نمونه مطالعاتی می باشد که این موضوع اهمیت سامانه های کم فشار سودانی و تلفیقی سودانی - مدیترانه ای در تزریق رطوبت به محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد. بررسی ضرایب همبستگی شاخص بارش استاندارد (شاخص SPI) ایستگاه های مورد مطالعه با الگوهای دور پیوند فصول پاییز در دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۱۶) نشان داد که در فصل پاییز شاخص نوسان فاز منفی اطلس شمالی (NAO) بیش از سایر الگوها با خشکسالی ایستگاه های مورد مطالعه همبستگی داشته اند.

کلمات کلیدی: تحلیل هم دیدی، بی هنجاری های رطوبت ویژه، پاییزهای خشک، نمودار هوف مولر،

تحلیل مؤلفه های اصلی

مقدمه

ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی خاص و استیلای پرفشار جنب حاره‌ای علاوه بر برخورداری از رژیم کم بارشی دارای تغییرپذیری زمانی و مکانی شدید در بارش می‌باشد. در داخل ایران منبع رطوبتی چشم‌گیری وجود ندارد. در نتیجه رطوبت بارش ایران از منابع آبی مجاور تحت تاثیر سامانه‌های منطقه‌ای و سیاره‌ای گردش عمومی جو تامین می‌شود (علیچانی، ۱۳۸۹، ص. ۶۵). با این وصف مطالعه و شناسایی منابع رطوبتی و عوامل صعود برای تعیین وضع بارندگی‌های مناطق مختلف ایران ضروری است و با استخراج و مطالعه نقشه‌های همدیدی می‌توان عوامل کنترل کننده آب و هوای هر ناحیه را تعیین نمود. دوره‌های خشک و مرطوب به عنوان یک بی‌هنجاری جوی، ریشه در تغییرپذیری اقلیم و مهم‌تر از همه گردش عمومی جو دارد (کاشانی، ۱۳۹۷). از این رو برای کاهش اثرات این پدیده و مدیریت خطر آن، ارزیابی خشکسالی و تداوم دوره‌های آن ضروری است. در تحلیل سهم منابع آبی ایران از سامانه‌های بارشی جو مشخص شد که از ۴۱۵ میلیارد مترمکعب بارش ایران، بیشترین سهم رطوبتی وارد شده مربوط به سامانه مدیترانه ای - خزری با ۲۴۰ میلیارد مترمکعب، سپس سامانه سودانی - خلیج فارس با ۱۵۲ میلیارد مترمکعب و ۲۲/۵ میلیارد مترمکعب بارش‌ها، مربوط به رطوبت تزریقی از دریای عمان و سامانه‌های موسمی است (پاکزاد، ۱۳۹۷).

محمدی (۱۳۸۸) با مطالعه اثر سامانه کم‌فشار سودانی بر بارش ایران نشان داده است که بیش از سه چهارم وسعت کشور مستقیماً از بارش‌های این سامانه متأثر می‌باشد. بی‌هنجاری‌های اقلیمی ریشه در گردش الگوهای جوی دارد. تشخیص این بی‌هنجاری‌ها باعث شناسایی دوره‌های مرطوب و خشک خواهد شد. بررسی دوره‌های خشک

و تر از جنبه‌های گوناگون، از جمله منابع آب، منابع طبیعی، اقتصادی و گردشگری و مانند آن، اهمیت ویژه - ای دارد. الگوهای گردش جوی نقش تعیین کننده‌ای در توزیع زمانی و مکانی بارش و در نتیجه ایجاد دوره‌های خشک و تر در هر منطقه دارد. الگوهای دور پیوند معرف تغییرات کلانی است که در الگوی امواج جوی و رودبادهای رخ می‌دهد و بر الگوی دما، بارش، مسیر رگبارها و موقعیت و شدت رودبادهای در قلمروهای وسیع اثر می‌گذارد. به همین دلیل الگوهای دور پیوند دور موجد بی‌هنجاری‌هایی هستند که همزمان در نواحی ظاهراً خیلی دور از هم دیده می‌شوند. تابحال در نیمکره شمالی ۱۸ الگوی دور پیوند شناسایی شده‌اند (طلوعی، ۱۴۰۰). سیگنال‌های آب و هوایی با منشأ خارجی به نام دور پیوند می‌توانند موجب تغییرات شرایط آب و هوایی شوند و از این طریق بر روی منابع آب زیرزمینی تاثیر گذارند (عزیزی، ۱۳۹۹). نوسان اطللس شمالی پدیده‌ای بزرگ مقیاس است که علاوه بر مناطق اطراف خود، بطور غیرمستقیم مناطق بسیار دورتر را نیز متأثر می‌کند. همان - طور که شدیداً بر روی دما و بارش اروپا و منطقه مدیترانه اثر دارد، دما و بارش خاورمیان‌ها را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای جلوگیری از حجیم شدن مقاله از توضیح سایر شاخص‌های دور پیوند مورد استفاده در مقاله اجتناب گردیده است.

برخی از محققان ارتباط دوره‌های خشک را با الگوهای همدیدی بررسی کردند که از جمله آنها می‌توان به تحقیقات نامیاس^۱ (۱۹۹۱)، بیون^۲ و همکاران (۱۹۹۲)، برانستاتور و ترنبرث^۳ (۱۹۹۲)، چو^۴ و همکاران (۱۹۹۳)، بیون (۱۹۹۶)، تران^۵ و همکاران (۲۰۰۲)، پرزرکاس و فلوکاس^۶ (۲۰۰۲)، کرویتورو^۷ و همکاران (۲۰۱۱)، معثبوت و همکاران^۸ (۲۰۱۸)، اوگانجو و

^۵ Tran^۶ Prezerakos & Flocas^۷ Croitoru^۸ Mathbout et al^۱ Namias^۲ Byun^۳ Branstator & Trenberth^۴ Chu

استفاده از واکاوی همدید و مقایسه آنها با دوره‌های مرطوب، کمربند پرفشار آزور و پرفشار سبیری و نیز حرکات نصف النهاری پرفشار جنب حاره را دلیل رخداد دوره‌های خشک و مرطوب در کشور می‌داند. صادقی (۱۳۸۷) خشکسالی‌های خراسان را با روش همدید بررسی کرده است. وی تاخیر در عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره و تضعیف ناوه شرق مدیترانه را علت اصلی خشکسالی‌های منطقه می‌داند. رحیمی (۱۳۹۶) نتایج بررسی و شناسایی الگوهای پیوند از دور مؤثر بر بارش حوضه‌ی کارون نشان داد که بارش‌های پاییزه بیشتر از الگوهای نوسانات جنوبی، NINO4, NINO1+2, NINO3.4 و SOI تأثیر می‌پذیرند. دوحجاری‌زاده (۱۳۹۷) بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در فصل زمستان سال‌های خشک منتخب نشان داد که اندرکنش بین سامانه‌های پرفشار سبیری در سطح زمین و پرارتفاع جنب حاره‌ای عربستان در سطح میانی و رددسپهر بر روی منطقه پژوهش نقش بسزایی در انحراف بادهای غربی به سمت عرض‌های بالاتر و ایجاد شرایطی پایدار و خشک دارد. دوستان (۱۳۹۸) با تحلیلی بر تحقیقات خشکسالی در ایران مشخص کرد که ۷۸ درصد مطالعات، خشکسالی را در نقاط مختلف ایران، چه در سطح منطقه، حوضه آبریز و یا ایستگاه ارزیابی کرده‌اند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که ایران در چند دهه اخیر دوره‌های خشکسالی را با شدت‌های مختلف تجربه کرده است. این پدیده در ارتباط با برآورد سناریوهای تغییر اقلیم چه خوش‌بینانه و چه بدبینانه در آینده نیز با شدت‌های مختلف ادامه خواهد داشت. فلاح‌زاده (۱۳۹۸) با تحلیلی بر رابطه میانگین شاخص خشکسالی هر پهنه با تک‌تک الگوهای پیوند از دور به صورت همزمان و با تأخیر ۶ و ۹ ماهه از

همکاران^۱ (۲۰۱۹)، امینی و همکاران^۲ (۲۰۲۰)، محمدرضایی و همکاران^۳ (۲۰۲۰) که به بررسی الگوی گردش جوی مربوط به عامل وقوع خشکسالی پرداختند. استاهل و دموت^۴ (۱۹۹۹) در بررسی ارتباط رخداد خشکسالی با الگوی گردش جو بیان کردند که شکل‌گیری سامانه‌های پرفشار و الگوهای مختلف گردش و اچرخندی با رویداد خشکسالی در جنوب آلمان به شدت ارتباط داشته است. کاسترو و همکاران^۵ (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای به بازسازی دوره‌های خشکسالی در مرکز اسپانیا پرداختند و ارتباط بیشتر خشکسالی‌ها را با موقعیت شمالی-شرقی پرفشار اطلس شمالی بیان کردند که طبق تحقیق آنها هرگاه پرفشار آزور سامانه‌های کم‌فشار اطلس را به عرض‌های بالاتر منتقل کند و مانع از ورود آنها به مرکز اسپانیا شود خشکسالی رخ خواهد داد. بونتگن و همکاران^۶ (۲۰۱۰) خشکسالی‌های دینامیکی اسلوواکی را مطالعه کردند. آنها نفوذ سامانه پرفشار در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی مرکز اروپا را علت اصلی خشکسالی و در مقابل قرارگیری کم‌فشار روی غرب اروپا را علت ترسالی‌های تابستانه اسلوواکی بیان کردند. کرویتورو و همکاران (۲۰۱۱) رخداد خشکسالی در دشت‌های مرکزی رومانی را مطالعه کرده و بندالی شدن هوا در مسیر فرارفت توده هوای مرطوب حاره‌ای را دلیل آن بیان کردند. خشکسالی در ایران نیز در مقیاس کلی و ناحیه‌ای از ابعاد متفاوتی مورد توجه متخصصان رشته‌های مختلف قرار گرفته است. برخی از اقلیم‌شناسان رابطه دوره‌های خشک و خشکسالی را با سامانه‌های همدیدی و دور پیوند نیمکره شمالی مورد مطالعه قرار دادند. عزیزی (۱۳۷۵) جابجایی سامانه‌های بندالی را در بروز دوره‌های خشک و مرطوب در ایران مؤثر می‌داند. خوش اخلاق (۱۳۷۷ و ۱۳۷۶) ضمن مطالعه خشکسالی‌های فراگیر با

⁴ Stahl & Demuth

⁵ Castro et al

⁶ Buntgen et al

¹ Ogunjo et al

² Amini et al

³ Mohammadrezaei et al

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

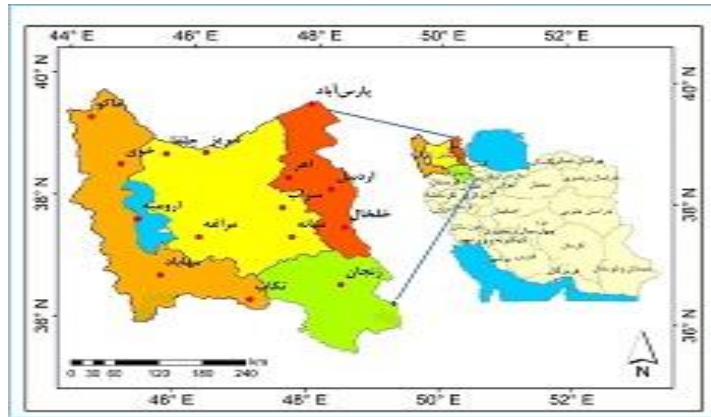
منطقه شمال غرب ایران که استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان را شامل می‌شود، افزون بر ۱۰ میلیون نفر جمعیت، هفت درصد تولید ناخالص ملی ایران را به خود اختصاص داده است. این بخش از کشور ۱۲۶۵۴۴/۴ کیلومتر مربع مساحت و ۷/۲ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. شمال غرب ایران یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور ایران از حیث کشت محصولات استراتژیک گندم و جو به روش دیم می‌باشد به طوری که مساحت ۲۳۴۵۵۹۵ هکتار دارای سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌باشد که طبق آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۱ رتبه پنجم و ششم (آذربایجان شرقی و غربی) و رتبه دهم و دوازدهم (استان اردبیل و زنجان) را در بین ۳۱ استان کشور دارا بودند. به استناد سرشماری نفوس و مسکن مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰ حدود ۳۷/۵ درصد جمعیت شمال غرب ایران در مراکز روستایی ساکن هستند که نسبت به شاخص جمعیت روستانشین کشور که ۳۲ درصد می‌باشد ۵/۵ درصد بیشتر می‌باشد و این جوامع روستایی، در کشاورزی فعالند و فعالیت آنها با آب و هوا و بارش رابطه مستقیمی دارند. بنابراین بررسی و تحلیل بارش این منطقه ضرورت دارد (میرزائی، ۱۴۰۲، ص. ۴۳).

داده‌ها

به منظور بررسی و تحلیل الگوهای همبندی وقوع پاییزهای خشک در شمال غرب ایران آمار داده‌های بارش فصل پاییز ۵ ایستگاه همبندی جدول (۱) در محدوده مورد مطالعه که دارای بیشترین طول دوره آماری بوده و سطح مناسبی از منطقه را پوشش می‌دهند، انتخاب شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS در محیط ARCMAP نقشه پراکنش ایستگاه‌های شمال غرب تهیه گردید. در

طریق روش آماری همبستگی نشان داد الگوی چندمتغیره انسو نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام، نوسان جنوبی، نینو ۳/۴ و ۳ بیشترین همبستگی معنی‌دار را با مقیاس‌های شاخص بارش استاندارد شده داشتند. امینی‌نیا و میرزائی و پناهی (۱۴۰۱) در تحلیل آماری-همبندی وقوع پاییزهای خشک شمال غرب ایران مشخص شد که استقرار سامانه پراارتفاع بر روی عراق و سوریه مهم‌ترین عامل خشکی پاییز در منطقه می‌باشد. همان طوری که قابل ملاحظه است در بیشتر این مطالعات تحلیل پایش خشکسالی و دوره‌های خشک با استفاده از مدل‌ها و شاخص‌های تحلیلی، پهنه‌بندی آماری و یا طبقه‌بندی اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفته است و مطالعه بی‌هنجاری‌های رطوبت و ارتباط بی‌هنجاری سامانه‌های همبندی در دوره‌های خشک منطقه خاص با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و استخراج عامل‌های بارش‌زا کمتر مورد توجه بوده است. بدین جهت این پژوهش سعی دارد ضمن بررسی پاییزهای خشک در منطقه شمال غرب، در مورد بی‌هنجاری‌های رطوبت در شکل‌گیری پاییزهای خشک در شمال غرب کشور پردازد. همچنین این پژوهش سعی دارد در خصوص نمودارها (نیم رخ‌های) سینوپتیکی رطوبت ویژه که تاکنون مطالعاتی انجام نشده است نسبت به تحلیل و بررسی این نمودارها در قالب نمودارهای هوف مولر با استفاده از نقشه‌های ترکیبی فصلی در تراز ۱۰۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال در عدم وقوع بارش‌های پاییزی (پاییزهای خشک) شمال غرب ایران به پردازد. با نظر به این که در اکثر مطالعات بررسی خشکسالی از تعداد محدود یک یا دو شاخص دور پیوند استفاده شده است. در این مطالعه به منظور ارزیابی ارتباط پاییزهای خشک شمال غرب ایران با الگوهای دور پیوند، رابطه بین شاخص SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه با تعداد ۸ شاخص دور پیوند نیمکره شمالی در مقیاس فصل پاییز مورد بررسی قرار گرفت.

شکل (۱) موقعیت و پراکنش ایستگاه‌ها بر روی نقشه شمال غرب ایران و در جدول (۱) مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه ارایه گردیده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت ایستگاه‌ها بر روی نقشه شمال غرب ایران

جدول ۱. مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه شمال غرب ایران

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع به متر
۱	اهر	همدیدی	۱۳۹۱
۲	اردبیل	همدیدی	۱۳۳۲
۳	پارس آباد	همدیدی	۳۲
۴	جلفا	همدیدی	۷۳۶
۵	خلخال	همدیدی	۱۷۹۶
۶	خوی	همدیدی	۱۱۰۳
۷	مهاباد	همدیدی	۱۳۵۲
۸	ماکو	همدیدی	۱۴۱۱
۹	مراغه	همدیدی	۱۳۴۴
۱۰	میانه	همدیدی	۱۱۱۰
۱۱	تکاب	همدیدی	۱۸۱۷
۱۲	تبریز	همدیدی	۱۳۶۴
۱۳	اورمیه	همدیدی	۱۳۱۶
۱۴	سراب	همدیدی	۱۶۸۲
۱۵	زنجان	همدیدی	۱۶۶۳

همگن و مفیدی که دارای ویژگی های مشابه باشند. داده های که همانند باشند در یک خوشه قرار می گیرند و مشاهدات ناهمانند در خوشه های جداگانه قرار می گیرند (غیور و منتظری، ۱۳۸۳، ص. ۲۸). به عبارتی گروه

روش پژوهش
تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای^۱، به عنوان یک روش آماری جهت تقسیم یک مجموعه داده به زیر مجموعه ها یا خوشه های

^۱ Cluster Analysis

بندی بر اساس فاصله بین آنها انجام می‌گیرد و اجزاییکه با هم فاصله کمتری دارند در یک گروه قرار می‌گیرند. هدف اصلی خوشه‌بندی کاهش تنوع و یا واریانس درون گروهی و افزایش واریانس بین گروهی است (علیجانی، ۱۳۹۰).

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

هدف از این تحلیل، یافتن ترکیباتی از متغیرهای مورد مطالعه است که به‌وسیله آنها بتوان شاخص‌های مستقلی را استخراج کرد. در تحلیل یا تجزیه مؤلفه‌های اصلی، کلیه متغیرها به طور مساوی در نظر گرفته شده و بر خلاف روش رگرسیون چند متغیره، متغیرها به دو گروه مستقل و وابسته تقسیم نمی‌شوند، بلکه هر مؤلفه اصلی استخراج شده مقداری از واریانس کل را بیان می‌کند. بنابراین اولین مؤلفه اصلی بیشترین اطلاعات و بالاترین واریانس و آخرین مؤلفه کمترین واریانس را دارند. در تحلیل عامل‌ها و محاسبه مؤلفه‌های اصلی، از دو ارزش مهم به نام‌های مقادیر ویژه و بردارهای ویژه استفاده می‌شود. مقدار ویژه از مجموع مجذورات ضرایب همبستگی همه متغیرها با یک عامل معین به دست می‌آید. عدد حاصل شده، ارزش ویژه عامل مورد نظر است که قدرت آن عامل را از نظر تبیین واریانس مجموعه متغیر نشان می‌دهد (فرج زاده، ۱۳۹۱). برای شناسایی و تفکیک فصول پاییز خشک در محدوده منطقه مورد مطالعه در دوره آماری، با محاسبه مجموع بارش فصل پاییز برای هر کدام از ایستگاه‌ها و استانداردسازی داده‌ها با نرم‌افزار SPSS از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ و تعیین شاخص بارش استاندارد برای هر یک از ایستگاه‌ها، از نرم افزار DIC استفاده گردید. سال‌هایی که در آن اکثریت ایستگاه‌ها دارای نمره استاندارد کمتر از صفر و با توجه به نتایج خروجی نرم‌افزار DIC دارای وضعیت خشکسالی متوسط، شدید یا خیلی شدید داشتند به‌عنوان سال‌های با پاییز خشک تعیین شد. پس از شناسایی و استخراج

پاییزهای خشک در محدوده مورد مطالعه، به منظور تعیین سامانه‌های فشار موثر بر عدم وقوع بارش در منطقه اقدامات ذیل انجام یافته است: در مرحله اول داده‌های بی‌هنجاری تغییرات فصلی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نسبت به میانگین بلندمدت برای مختصات ۱۰ تا ۷۵ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی در دوره‌های خشک در تلاقی‌های ۲/۵ درجه‌ای از مجموع داده‌های بازسازی

<https://psl.noaa.gov/cgi-NCEP/NCAR>

(bin/data/composites/printpage.pl) دریافت گردید. بعد با استفاده از نرم‌افزار EXCEL داده‌های مورد نیاز (مختصات ۱۰ تا ۷۵ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی) برش داده شد و داده‌های هر روز در یک ردیف افقی مرتب گردید. این محدوده (پنجره) شامل ۹۲ ردیف به تعداد روزهای پاییز و ۵۶۷ ستون به تعداد تلاقی (مختصات ۱۰ تا ۷۵ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی) برای هر سال را در بر می‌گیرد. به گونه‌ای که شبکه انتخاب شده تمامی سیستم‌های موثر در اقلیم منطقه را پوشش داد. سپس با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) بی‌هنجاری الگوهای همدیدی عامل‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال موثر با استفاده از نرم‌افزار SPSS استخراج و شناسایی شد. پس از تعیین عامل‌ها، برای هر سال یک نقشه میانگین فصلی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و یک نقشه میانگین فصلی فشار سطح متوسط دریا، بی‌هنجاری تراز میانی جو و فشار سطح دریا، بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به مختصات ۱۰ تا ۷۵ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی از سایت NCEP/NCAR دریافت گردیده و مورد تفسیر و تحلیل همدیدی قرار گرفتند. همچنین در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار گرادس (Grads) از نمودارهای هوف مولر نوع اول و نوع دوم در ترازهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

مورد استفاده قرار گرفت. این روش قابلیت تحلیل خشکسالی‌ها را در هر مقیاس زمانی و مکانی برای محقق فراهم می‌کند. به لحاظ ریاضی SPI براساس احتمال تجمعی بارندگی پایه‌ریزی شده است. مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) آستانه‌ی را برای پدیده خشکسالی در هر مقیاس زمانی تعیین کردند. خشکسالی در هر زمانی که SPI به طور پیوسته منفی و به شدت ۱- یا کمتر می‌رسد رخ می‌دهد. پایان خشکسالی زمانی است که SPI مثبت می‌شود. بنابراین هر پدیده خشکسالی مدتی دارد که از آغاز و پايانش و شدتی که براساس مقادیر بدست آمده در ماه‌هایی که به طور متوالی ادامه دارد مشخص می‌گردد. تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می‌باشد. این شاخص را می‌توان در مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت (۱-۳-۶ و ۹ ماهه) و بلندمدت (۱۲-۲۴-۲۸-۴۸ و ۷۲ ماهه) محاسبه کرد. این شاخص بهترین و جامع‌ترین و در عین حال ساده‌ترین روش مطالعه‌ی خشکسالی و ترسالی و خصوصیات آنها محسوب می‌شود. اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است.

شاخص‌های دور پیوند نیمکره شمالی مقادیرماهانه شاخص‌های دور پیوند از سایت نوا^۱ طی دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۱۶) برداشت شد. در جدول (۲) لیست شاخص‌های دور پیوند مورد استفاده در این پژوهش ارائه شده است.

جهت بررسی تغییرات رطوبتی در سال‌های نمونه استفاده گردید؛ لازم به ذکر می‌باشد که نمودارهای مذکور از مهم‌ترین نمودارهایی می‌باشند که تغییرات فراسنج‌های سطوح مختلف جو را در طی زمان مشخص می‌کنند (قویدل‌رحیمی، ۱۳۹۷، ۱۹۶-۱۹۳). به منظور ارزیابی ارتباط پاییزهای خشک شمال غرب ایران با الگوهای دور پیوند نیمکره شمالی، رابطه بین شاخص SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه با ۸ شاخص دور پیوند در بازه زمانی فصل پاییز با استفاده از روش پیرسون و رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفت که مقادیرماهانه شاخص‌های پیوند از دور از سایت نوا طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷) برداشت شد.

نرم افزار DIC^۱

این نرم‌افزار جهت انجام و اجرای پروژه‌های مربوط به خشکسالی بخصوص تجزیه و تحلیل شاخص‌های رایج خشکسالی و مقایسه این شاخص‌ها طراحی شده است. در این نرم‌افزار محاسبه شاخص‌های رایج خشکسالی به صورت کامل و جامع، همچنین محاسبات آماری، ترسیم نمودارها، مقایسه شاخص‌ها و ... به نحو کاملاً علمی ارایه می‌گردد (حجازی‌زاده و جوی زاده، ۲۰۰۷).

محاسبه و تعیین خشکسالی و ترسالی منطقه با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش شاخص استاندارد شده بارش (SPI) روشی است که در ابتدا برای تعیین خشکسالی‌ها توسط اقلیم‌شناسان

جدول ۲- لیست شاخص‌های دور پیوند مورد استفاده در این پژوهش

ردیف	تعریف و منطقه	شاخص/الگو	تعریف لاتین
۱	نوسانات قطبی	AO	Arctic Oscillation
۲	الگوی اطلس شرقی و غرب روسیه	EA/WR	East Atlantic/Western Russia
۳	نوسانات اقیانوس اطلس شمالی	NAO	North Atlantic Oscillation
۴	شاخص مد سالانه شمالی	NAM	Northern Annular Mode-Ao
۵	شاخص نوسانات شمالی	NOI	Northern Oscillation Index

^۱ Calculator Drought Indices

^۲ www.cdc.noaa.gov

North Atlantic tropical Atlantic SstIndex	NTA	شاخص دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی	۶
Polar/ Eurasia Pattern	POL/PEP	الگوی قطبی اروپا آسیا	۷
Tropical/ Northern Hemisphere Pattern	TNA	شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی	۸

اندازه گیری، مشاهده و محاسبه با توجه به شدت و گستردگی وقوع فصول پاییز خشک (خشکی پاییز در اکثر ایستگاه‌های منتخب)، ۵ پاییز سال‌های (۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰) به‌عنوان سال‌هایی با پاییز خشک در محدوده منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید با توجه به اطلاعات جدول (۳)

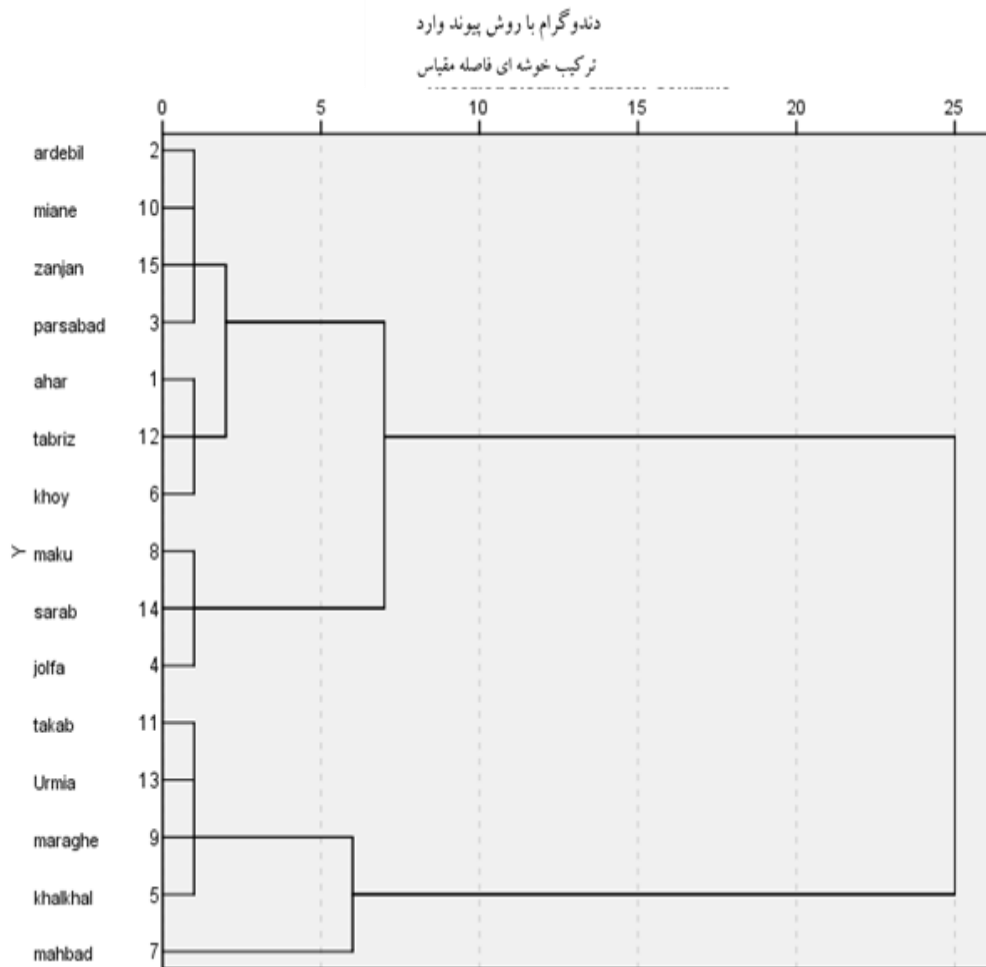
مشخص می‌شود که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش شاخص SPI نشان داد که فراوانی وقوع وضعیت خشکسالی در شدت‌های ملایم و متوسط طی دوره زمانی مورد نظر، در منطقه بیشتر رخ داده‌اند.

جدول ۳. فراوانی وقوع خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در فصول پاییز شمال غرب ایران (۱۹۸۷-۲۰۱۶)

سال	ف راوانی	توصیف وقایع	رد یف
۱۹۹۵ و ۲۰۰۸	۲	خشکسالی بسیار شدید	۱
۱۹۹۸ و ۲۰۱۰	۲	خشکسالی شدید	۲
۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ و ۱۹۹۷ و ۱۹۹۹ و ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱	۷	خشکسالی متوسط	۳
۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ و ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶	۹	خشکسالی ملایم	۴

خوشه‌بندی ایستگاه‌های منطقه از نظر میزان بارش پاییز با توجه به یکنواخت نبودن داده‌های بارش ایستگاه‌ها و نظر به اینکه آمار توصیفی داده‌ها حاکی از عدم رفتار مشابه در نقاط مختلف محدوده مورد مطالعه ملاحظه می‌باشد، بنابراین برای شناسایی نواحی بارشی همگن و یکنواخت در منطقه شمال غرب ایران از خوشه‌بندی

استفاده شد. خوشه‌بندی ابزار تحلیلی سودمندی برای پهنه‌بندی بارشی است. نتایج حاصل از این تحلیل نشان داد که منطقه شمال غرب کشور برحسب ویژگی‌های مکانی در دریافت مقدار و زمان بارش پاییز به دو گروه یا ناحیه متمایز (۱- پربارش ۲- بارش معمولی) تقسیم می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲. نمودار تحلیل خوشه‌ای بارش ایستگاه‌های شمال غرب در فصل پاییز

ایستگاه) را شامل می‌شود که ۴۵ درصد بارش پاییزی را دریافت نمودند که از لحاظ دریافت میزان بارش پاییزی، می‌توان این مناطق را منطقه پربارش تقسیم‌بندی نمود. ۲- ناحیه شمالی- مرکزی شامل ایستگاه‌های اردبیل، میانه، زنجان، اهر، پارس آباد، تبریز، خوی، ماکو، سراب و جلفا می‌باشند که میانگین بارش آنها کمتر از صد میلی‌متر در فصل پاییز در دوره آماری مورد مطالعه بوده که در محدوده شمال و مرکز منطقه مورد مطالعه واقع شده‌اند و ۵۵ درصد بارش پاییزی را دریافت کرده‌اند که از لحاظ دریافت میزان بارش پاییزی، می‌توان این مناطق با بارش متوسط یا معمولی تقسیم‌بندی نمود. در جدول (۴) تعداد خوشه و گروه‌ها یا عامل‌های هر خوشه ارایه شده است.

در پژوهش مذکور برای انجام تحقیق خوشه‌ای از روش فاصله مربع اقلیدسی و روش ادغام وارد استفاده شد. با توجه به اطلاعات شکل (۲) نمودار تحلیل خوشه‌ای مشخص می‌شود که منطقه شمال غرب از لحاظ دریافت میزان بارش پاییزی به دو ناحیه (گروه) تقسیم شدند.

۱- ناحیه جنوبی یا گروه یک شامل ایستگاه‌های مهاباد، خلخال، مراغه، اورمیه و تکاب می‌باشند که بیشترین میزان بارش پاییزی را دریافت نموده‌اند که این ایستگاه‌ها در محدوده جنوب غربی و غرب منطقه واقع شده‌اند و تعداد محدودی از ایستگاه‌های محدوده (۵)

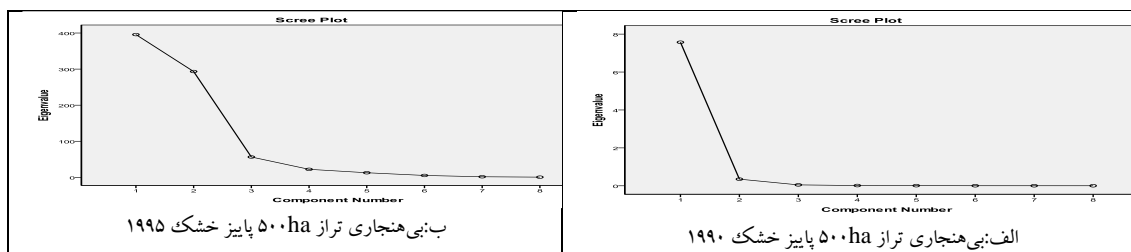
جدول ۴. اعضای خوشه

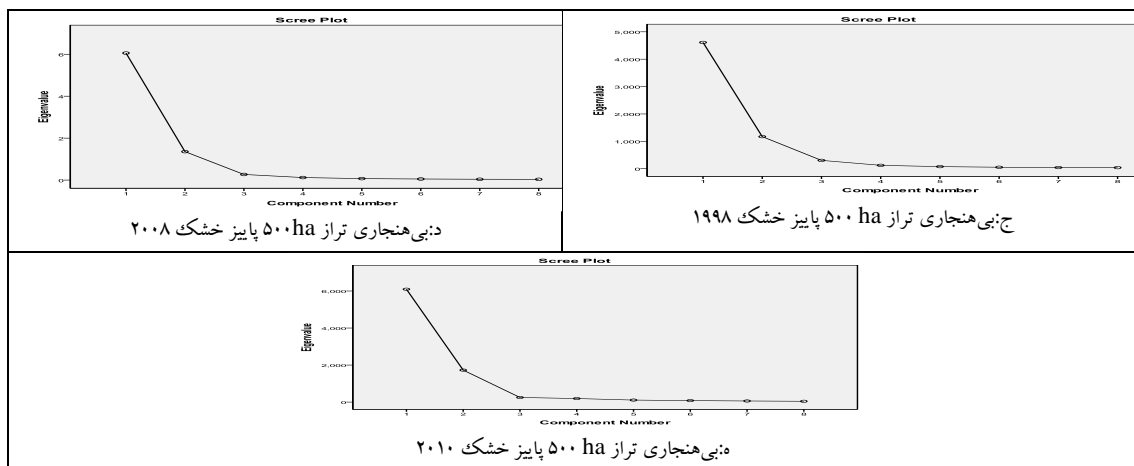
خوشه	عامل‌ها	خوشه	عامل‌ها	خوشه	عامل‌ها
۲	تکاب	۲	مراغه	۱	اهر
۱	تبریز	۱	میانه	۱	اردبیل
۲	ارومیه	۱	خوی	۱	پارس‌آباد
۱	سراب	۲	مهاباد	۱	جلقا
۱	زنجان	۱	ماکو	۲	خلخال

نتایج به کارگیری تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای فصول خشک

با توجه به شدت و گستردگی (خشکی پاییز در اکثر ایستگاه‌های انتخابی) وقوع فصول پاییز خشک، ۵ پاییز سال‌های (۲۰۱۰، ۲۰۰۸، ۱۹۹۸، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰) به عنوان سال‌هایی با پاییزهای خشک در محدوده منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. با تشکیل ماتریسی به ابعاد ۵۶۷*۹۲ با آرایش S (۹۲)، تعداد ردیف‌های ماتریس شامل تعداد روزهای فصل خشک پاییز و ۵۶۷، تعداد ستون‌های ماتریس به تعداد نقاط تلاقی برای بی‌هنجاری ارتفاع تراز میانی جو به طور مجزا برای هر کدام از سال‌های خشک از روش PCA جهت شناسایی مؤلفه‌های اصلی وقوع پاییزهای خشک بر روی داده‌های تغییرات ارتفاع تراز میانی جو نسبت به میانگین بلندمدت (بی‌هنجاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) استفاده شد به طوری که شبکه انتخاب شده تمامی سیستم‌های همدید موثر در اقلیم منطقه را پوشش دهد.

با بکارگیری تحلیل مؤلفه‌های اصلی، سه مؤلفه اول سهم بیشتری از واریانس توجیهی را به خود اختصاص داده‌اند که در مجموع این مؤلفه‌ها بیش از ۸۰ درصد از تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین را تبیین می‌نماید. نکته قابل توجه دیگر، فاصله نسبتاً زیاد واریانس تبیینی مؤلفه اول با مؤلفه‌های دیگر می‌باشد که نشان دهنده تاثیرگذاری این مؤلفه در تغییرات پارامترهای یاد شده در اکثریت نقاط تلاقی می‌باشد و مؤلفه‌های بعدی با کاهش تدریجی واریانس تبیینی اثرات خود را نشان می‌دهند. نمودار غربالی در شکل (۳) برای داده‌های بی‌هنجاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال پاییزهای خشک ارائه شده است. همان‌طور که در شکل (۳) قابل ملاحظه است این نمودارها تصویر مقدار ویژه هر یک از مؤلفه‌های استخراج شده را نشان می‌دهد. چون از بزرگترین مقدار ویژه شروع می‌شود همواره نمودارها نزولی هستند و مقدار ویژه با استخراج عامل‌های بعدی به سرعت افت می‌کند.





شکل ۳. نمودار غربالی بی هنجاری تراز ۵۰۰ ha پاییزهای خشک: سال ۱۹۹۰ (شکل الف)، سال ۱۹۹۵ (شکل ب)، سال ۱۹۹۸ (شکل ج)، سال ۲۰۰۸ (شکل د) و سال ۲۰۱۰ (شکل ه)

و پس از آن بی هنجاری پراارتفاعی که بر روی دریای سیاه نفوذ پیدا می کند به عنوان مؤلفه دوم شناسایی گردید. معمولاً در اکثر این سال ها، همزمان سامانه کم ارتفاعی بر روی مدیترانه مرکزی و جنوب اروپا فعال می باشد که تایید کننده انطباق و تبعیت فشار سطح دریا از تراز میانی جو در چنین شرایطی می باشد.

با بررسی همبستگی مابین نقاط تلاقی و مؤلفه های استخراجی تغییرات ارتفاع تراز میانی جو، مؤلفه های اصلی عدم وقوع بارش در منطقه بدست آمد که نتایج آن در جدول (۵) آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده، سامانه بی هنجاری پراارتفاع مستقر در شرق مدیترانه تا جنوب ایران عامل اصلی خشکی پاییز در منطقه بوده و

جدول ۵. درصد واریانس های ۳ مؤلفه اول خروجی تحلیل مؤلفه های بی هنجاری تراز ۵۰۰ برای پاییزهای خشک

سال	مؤلفه	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس جمعی	عامل ها
۱۹۹۰	۱	۳/۸	۴۸/۱	۴۸/۱	بی هنجاری پراارتفاع شرق مدیترانه
	۲	۳/۲	۴۰/۷	۸۸/۸	بی هنجاری پراارتفاع جنوب ایران
	۳	۰/۷	۹/۸	۹۸/۶	بی هنجاری کم ارتفاع مدیترانه مرکزی
۱۹۹۵	۱	۳/۴	۴۲/۸	۴۲/۸	بی هنجاری پراارتفاع کشیده از شمال آفریقا تا دریای سیاه (پراارتفاع آزور)
	۲	۲/۴	۳۰/۱	۷۲/۹	بی هنجاری پراارتفاع جنوب تا مرکز ایران
	۳	۱/۷	۲۱/۶	۹۴/۵	بی هنجاری کم ارتفاع جنوب اروپا و مدیترانه مرکزی
۱۹۹۸	۱	۲/۹	۳۷/۱	۳۷/۱	بی هنجاری پراارتفاع جنوب تا غرب ایران
	۲	۲/۷	۳۴/۶	۷۱/۷	بی هنجاری پراارتفاع شرق مدیترانه تا قفقاز
	۳	۱/۸	۲۲/۹	۹۴/۶	بی هنجاری کم ارتفاع جنوب اروپا و مدیترانه مرکزی
۲۰۰۸	۱	۳/۲	۴۰/۷	۴۰/۷	بی هنجاری پراارتفاع کشیده از شمال آفریقا تا دریای سیاه (پراارتفاع آزور)
	۲	۳/۰	۳۸/۶	۷۹/۳	بی هنجاری پراارتفاع شمال شرق اروپا
	۳	۱/۳	۱۶/۶	۹۵/۹	بی هنجاری کم ارتفاع جنوب اروپا و مدیترانه مرکزی
۲۰۱۰	۱	۳/۰	۳۷/۹	۳۷/۹	بی هنجاری پراارتفاع شرق مدیترانه
	۲	۲/۸	۳۵/۵	۷۳/۴	بی هنجاری پراارتفاع جنوب ایران
	۳	۱/۵	۱۹/۲	۹۲/۶	بی هنجاری کم ارتفاع مدیترانه مرکزی

نمودارهای هوف مولر

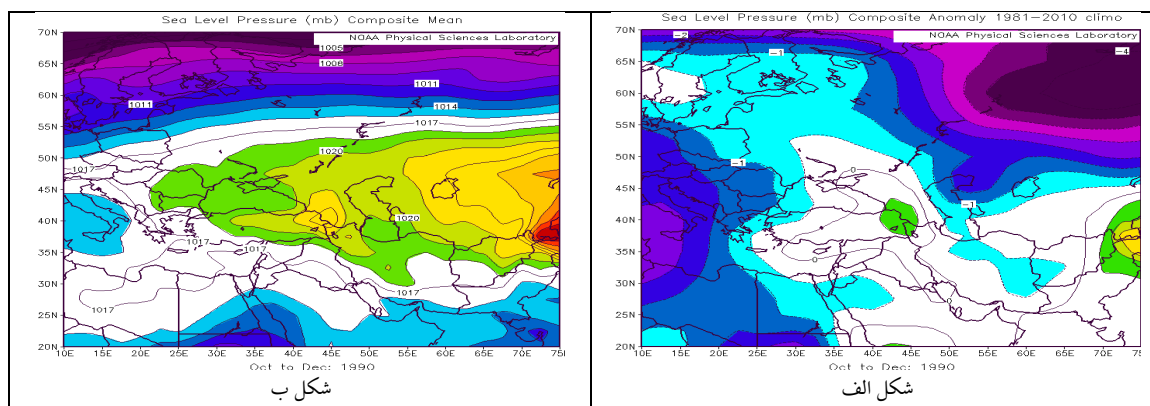
از مهم ترین نمودارهایی اقلیمی می باشند که تغییرات فراسنج های سطوح مختلف جو را در امتداد طول و عرض جغرافیایی در طی زمان مشخص می کنند (قویدل رحیمی، ۱۳۹۷، ص. ۱۹۶-۱۹۳). به منظور درک بهتر ساختار جو در زمان وقوع خشکسالی ها برای عرض جغرافیایی ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه شرقی نمودارهای هوف مولر نوع اول و دوم سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مقیاس عرض ۷۰ تا ۰ درجه شمالی و طول ۷۰-۰ درجه شرقی در بازه زمانی درازمدت (میانگین بلندمدت سه ماهه پاییز) با سال های خشک انتخابی ترسیم گردید.

بحث و نتایج

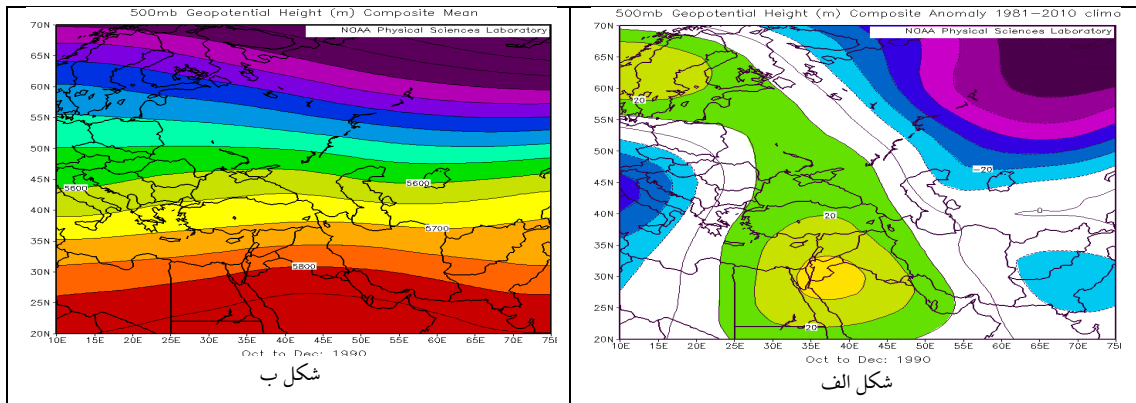
بررسی پاییزهای خشک

فصل پاییز خشک سال ۱۹۹۰: نقشه بی هنجاری فشار متوسط سطح دریا شکل (۴ الف) در فصل پاییز خشک

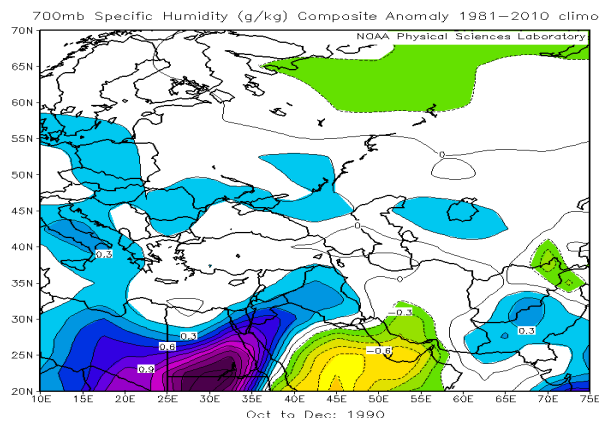
۱۹۹۰ حاکی از بی هنجاری شدید مثبت که از روی منطقه تا شمال شرق دریای سیاه گسترش یافته که نشانگر استقرار پرفشار قدرتمند سیبری که تا غرب دریای سیاه گسترش دارد که مانع نفوذ کم فشار مدیترانه و کم فشار سودانی به منطقه شده است شکل (۴ ب). نقشه بی هنجاری تراز میانی جو (شکل ۵ الف) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۰ حاکی از بی هنجاری شدید مثبت که مرکز اولیه آن بر روی عربستان و مرکز ثانویه آن بر روی شمال اروپا تشکیل یافته که باعث گسترش پرفشار از روی عراق و سوریه تا جنوب دریای خزر شده است شکل (۵ ب). در این نمونه حداکثر افزایش ارتفاع تراز میانی جو مربوط به محدوده غرب دریای خزر و شمال دریای سرخ با تشکیل هسته مرکزی ملاحظه می گردد که به همین دلیل وجود پایداری جو با حاکمیت پرفشار ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر تا شمال محدوده منطقه شمال غرب در تراز میانی جو شاهد کاهش قابل توجه رطوبت بویژه در منابع رطوبتی جنوبی در این فصل ملاحظه می گردد شکل (۶).



شکل ۴. بی هنجاری فشار متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط سطح دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۰



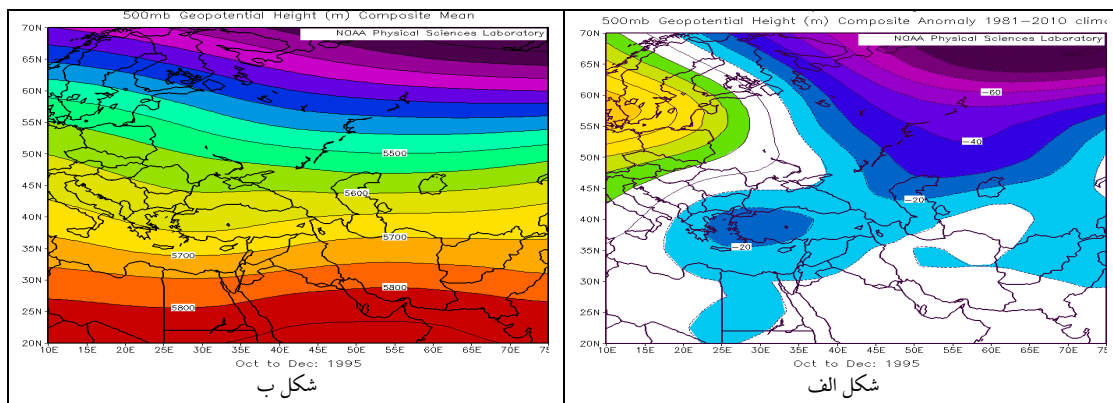
شکل ۵. بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل الف) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۰



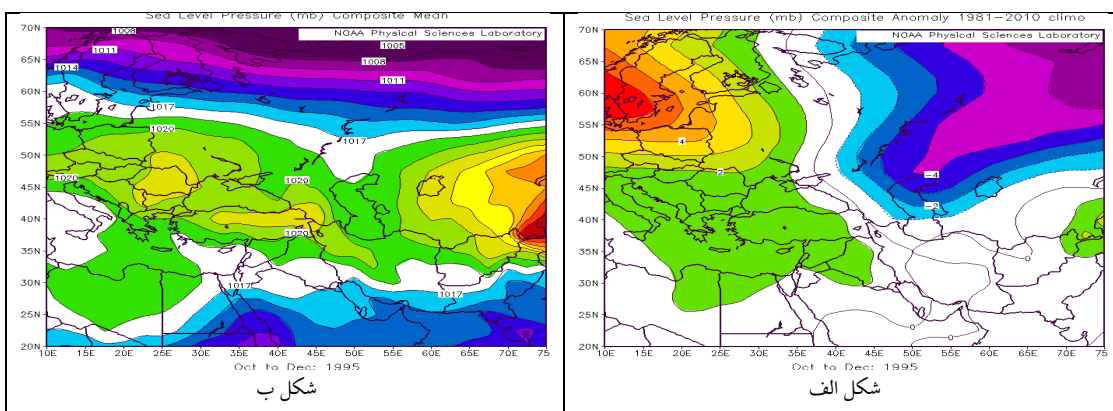
شکل ۶. وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰hpa فصل خشک پاییز ۱۹۹۰

با پرفشار آזור و نفوذ آن به منطقه شمال غرب که مانع از تریق رطوبت به ویژه از جانب دریای مدیترانه به قسمت محدوده مورد مطالعه گردیده است شکل (۸ ب). شکل (۹) نقشه ترکیبی بی‌هنجاری‌های رطوبت ویژه که بی‌هنجاری‌های مثبت بر روی دریای سیاه و مدیترانه حاکی از افزایش پرفشار در سطح زمین و برقراری شرایط پایدار منجر به کاهش رطوبت نسبت به میانگین بلندمدت در منابع تامین رطوبت شده است.

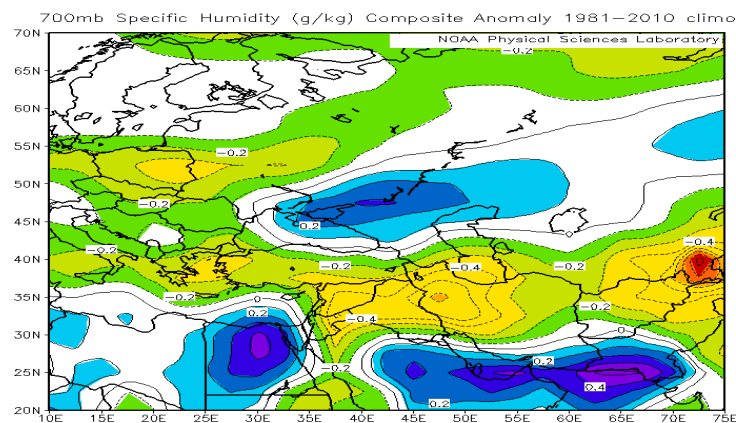
فصل پاییز خشک سال ۱۹۹۵: نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۷ الف) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۵ حاکی از تشکیل بی‌هنجاری‌های منفی با هسته مرکزی در شرق مدیترانه که باعث نفوذ کم ارتفاع ضعیف شرق مدیترانه بر روی شمال دریای خزر شده است شکل (۷ ب). اما در شکل (۸ الف) نقشه بی‌هنجاری فشار سطح دریا، بی‌هنجاری‌های مثبت که هسته مرکزی آن بر روی اروپا قرار دارد حاکی از ترکیب زبانه‌های پرفشار سیبری



شکل ۷. بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل الف) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۵



شکل ۸. بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط سطح دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۵



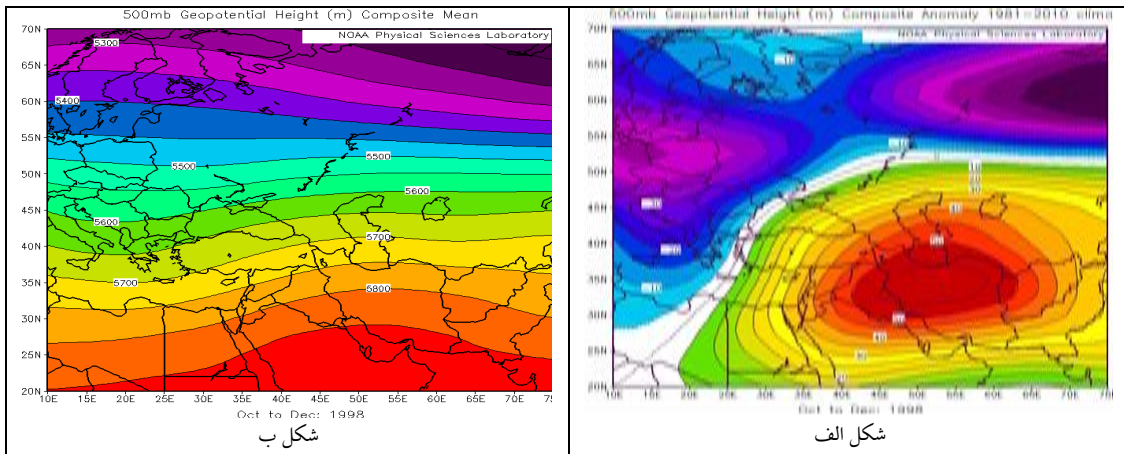
شکل ۹. وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰hpa فصل خشک پاییز ۱۹۹۵

خزر می‌باشد شکل (۱۰ ب). شکل (۱۱ الف) نقشه بی‌هنجاری فشار سطح دریا در سال ۱۹۹۸، حاکی از تشکیل بی‌هنجاری‌های مثبت با هسته مرکزی که بیشینه آن بر روی اروپا و دریای خزر شکل گرفته و باعث شده پرفشار سبیری تا مرکز و شمال غرب ایران نفوذ کند شکل

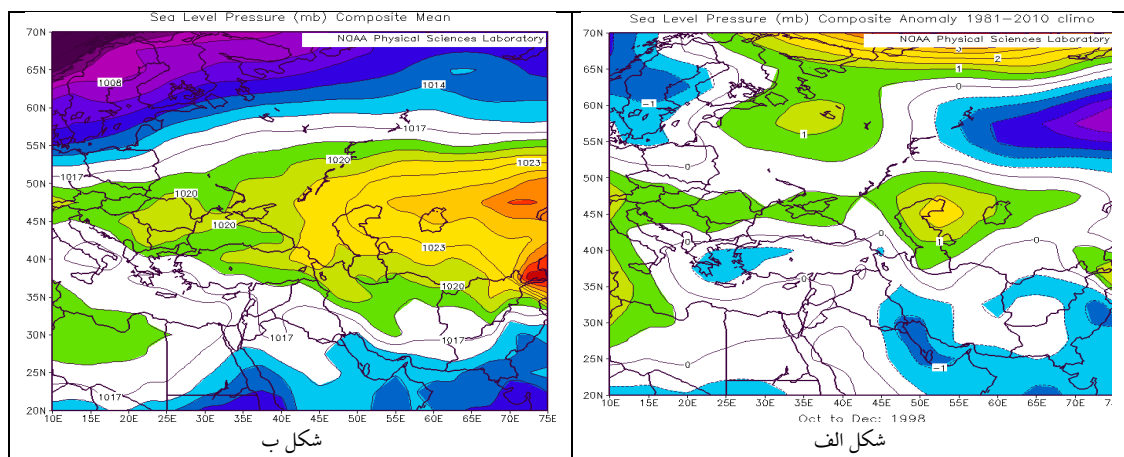
فصل پاییز خشک سال ۱۹۹۸: نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۱۰ الف) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸ حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی ایران نسبت به میانگین بلندمدت، موجب گسترش پرارتفاع از روی عراق و سوریه تا جنوب دریای

مناطق محدودی از شمال محدوده مورد مطالعه رطوبت نسبتاً مناسبی را از طریق دریای سیاه دریافت نموده است (شکل ۱۲).

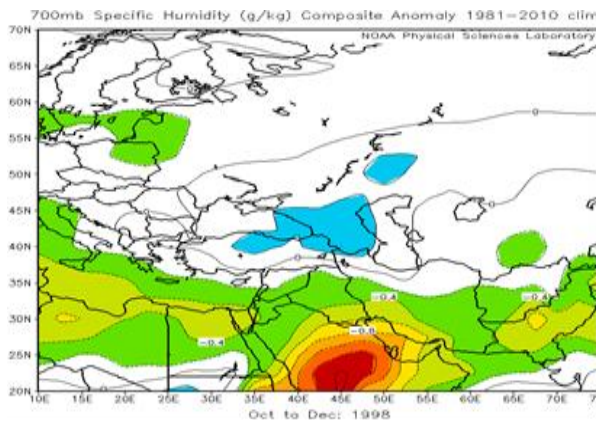
بی‌هنجاری رطوبت ویژه در این سال نشان می‌دهد که بیشینه کاهش رطوبت ویژه در جنوب دریای سرخ، سودان و مرکز و جنوب مدیترانه می‌باشد و تنها



شکل ۱۰. ی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل الف) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸



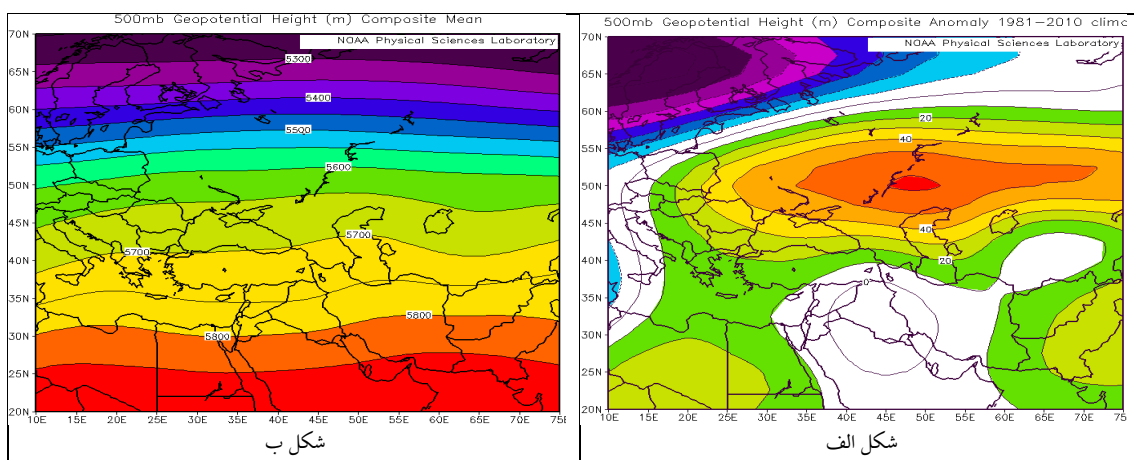
شکل ۱۱. بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸



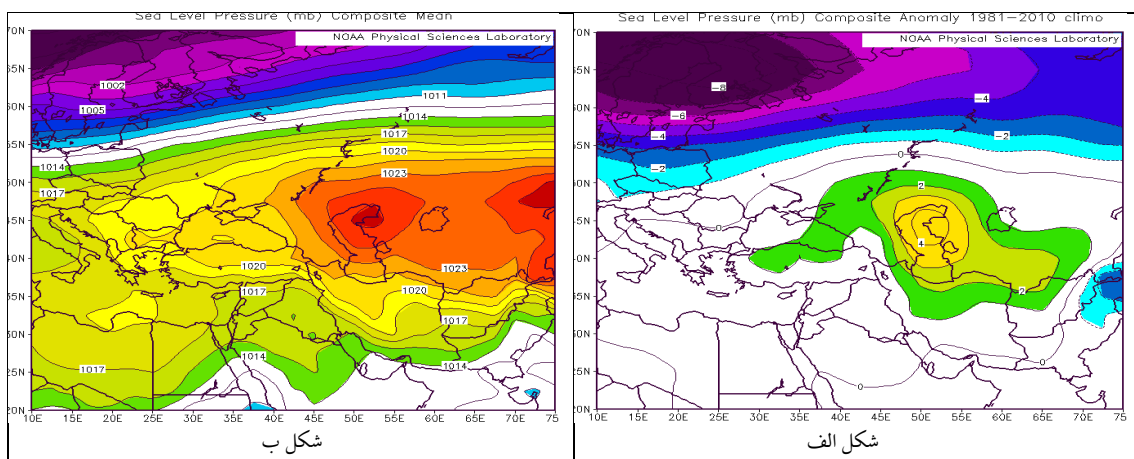
شکل ۱۲. وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ hpa فصل خشک پاییز ۱۹۹۸

روی دریای خزر (+۴) نسبت به میانگین بلندمدت موجب تقویت و گسترش پرفشار سیبری تا مرکز و جنوب ایران می‌باشد که به دلیل برقراری شرایط پایدار هیچ‌گونه بی‌هنجاری منفی در سطح ایران دیده نمی‌شود شکل (۱۴) الف و ب). نقشه بی‌هنجاری‌های رطوبت ویژه درازمدت حاکی از بی‌هنجاری‌های منفی بر روی منابع رطوبتی چون مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ می‌باشد شکل (۱۵).

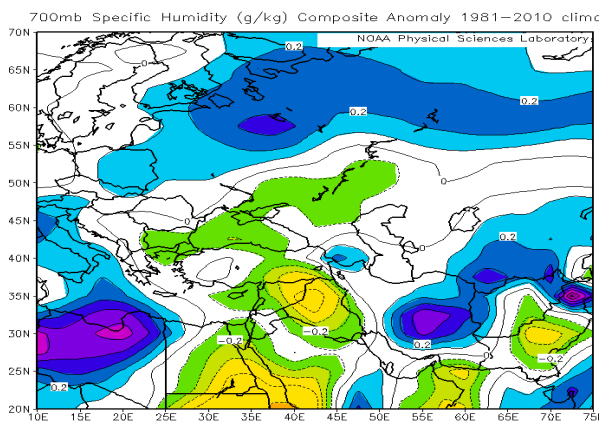
فصل پاییز خشک سال ۲۰۰۸: نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۱۳) الف) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸ حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی شمال دریای خزر و سیاه نسبت به میانگین بلندمدت موجب گسترش پرا ارتفاع از روی عراق و سوریه تا مرکز دریای خزر می‌باشد شکل (۱۳) ب). نقشه بی‌هنجاری فشار سطح دریا حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر



شکل ۱۳. بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۲۰۰۸



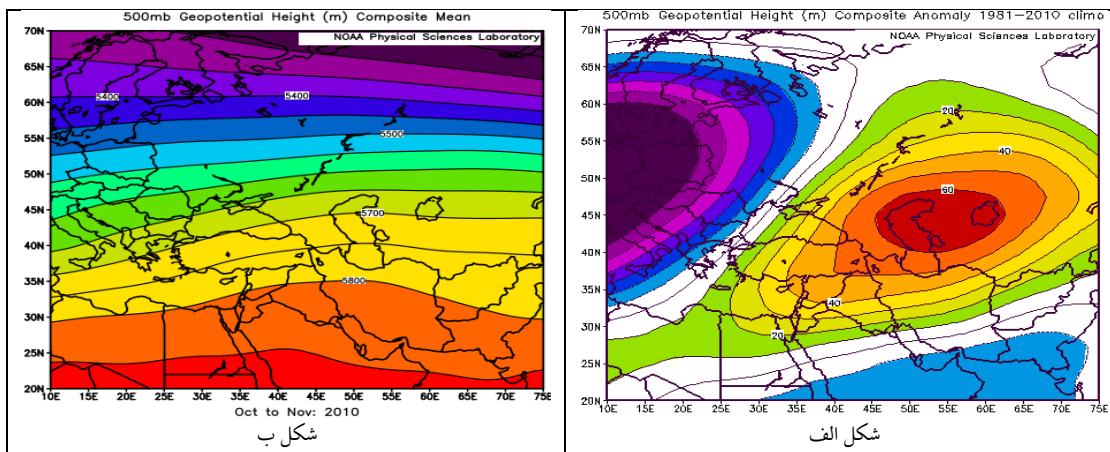
شکل ۱۴. بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۲۰۰۸



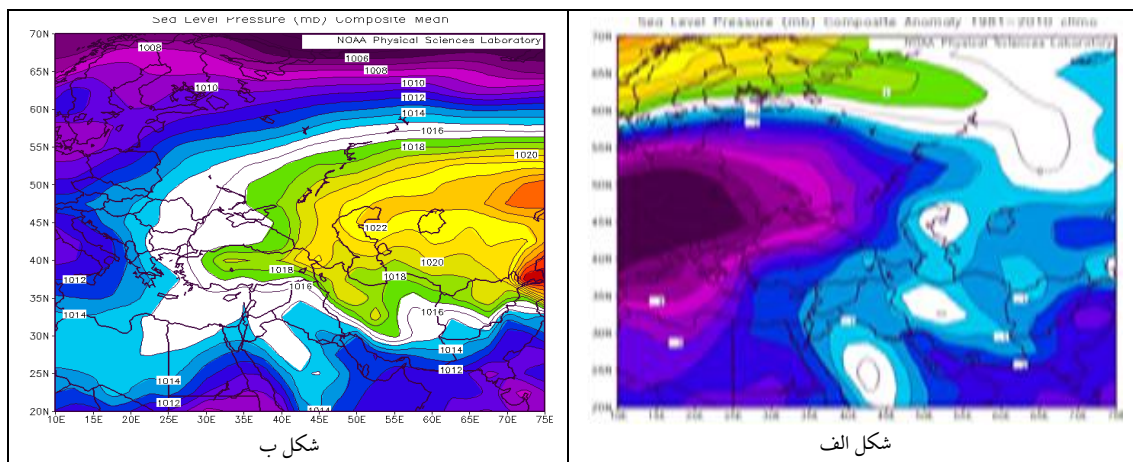
شکل ۱۵. وضعیت بی هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰hpa فصل خشک پاییز ۲۰۰۸

ایران و بر روی عربستان نسبت به میانگین بلندمدت موجب تقویت و گسترش پرفشار سیبری تا مرکز و جنوب ایران می باشد که به دلیل وجود شرایط پایدار هیچ گونه بی هنجاری منفی در سطح ایران دیده نمی شود شکل (۱۷ الف وب). نقشه بی هنجاری های رطوبت ویژه درازمدت حاکی از بی هنجاری های منفی بر روی منابع رطوبتی چون مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ می باشد شکل (۱۸).

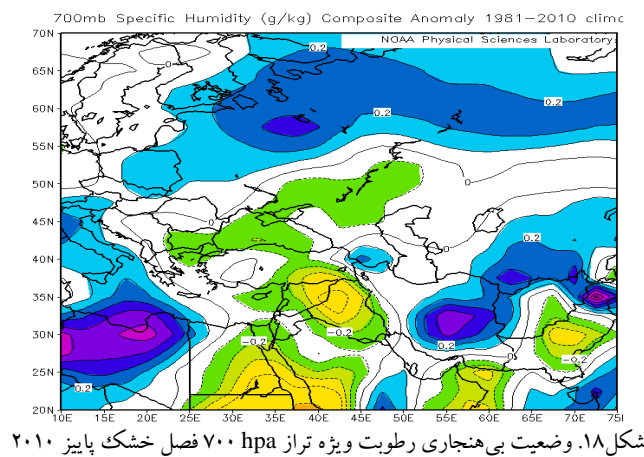
فصل پاییز خشک سال ۲۰۱۰: در پاییز سال ۲۰۱۰، نقشه بی هنجاری تراز میانی جو شکل (۱۶ الف) حاکی از بی هنجاری های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی دریای خزر و سیاه نسبت به میانگین بلندمدت موجب گسترش پرارتفاع از روی عراق و سوریه تا مرکز دریای خزر شده است شکل (۱۶ ب). نقشه بی هنجاری فشار متوسط سطح دریا حاکی از بی هنجاری های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی دریای خزر، مرکز



شکل ۱۶. بی هنجاری فشار متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط سطح دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۲۰۱۰



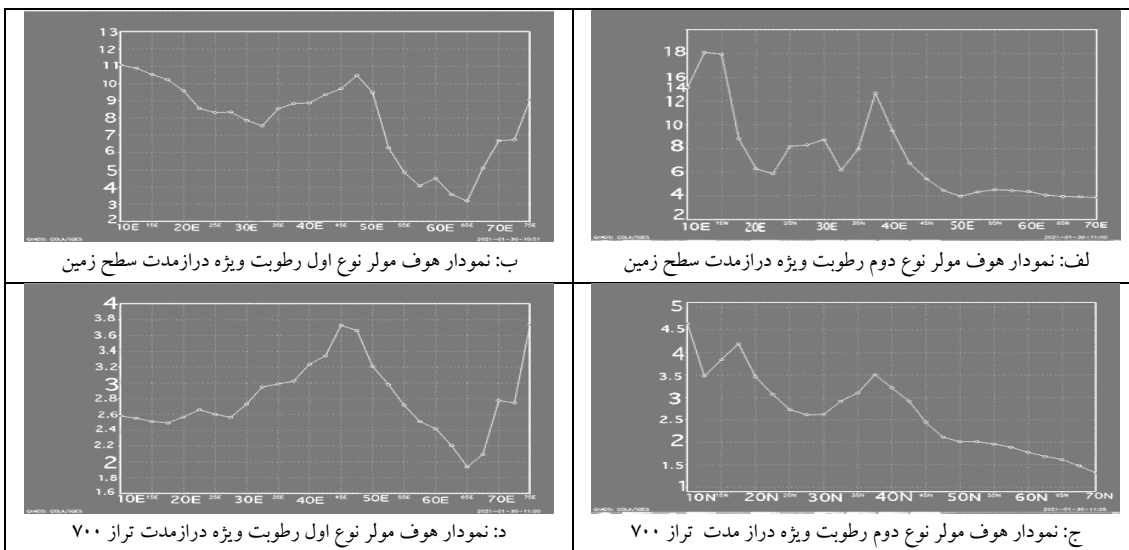
شکل ۱۷. بی‌هنجاری فشار سطح متوسط دریا (شکل الف) و فشار متوسط سطح دریا (شکل ب) در فصل خشک پاییز ۲۰۱۰



شکل ۱۸. وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ hpa فصل خشک پاییز ۲۰۱۰

ماهه پاییز) با سال‌های خشک انتخابی ترسیم گردید که بررسی این نمودارها حاکی از آن است که تغییرات رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در طول و عرض‌های جغرافیایی موثر در بارش منطقه بیشتر از تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بوده و بررسی چگونگی این تغییرات در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و تاثیر آن در عدم وجود رطوبت مناسب در محدوده مورد مطالعه از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (شکل ۲۱ و ۲۰ و ۱۹).

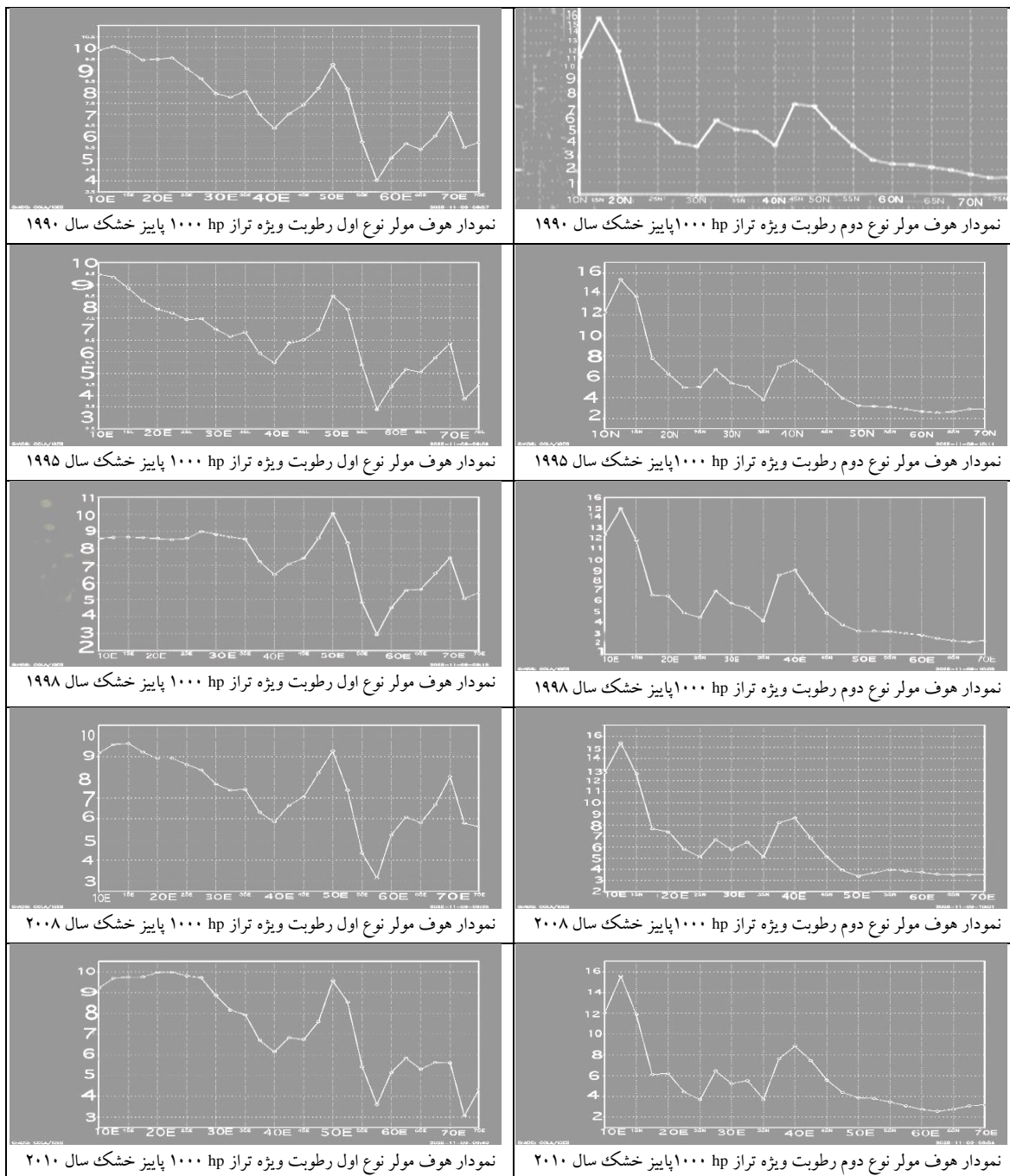
تحلیل نمودار هوف مولر رطوبت ویژه تراز سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به منظور درک بهتر ساختار جو در زمان وقوع خشکسالی‌ها برای عرض جغرافیایی ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه شرقی نمودارهای هوف مولر نوع اول و دوم سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مقیاس عرض ۷۰ تا ۰ درجه شمالی و طول ۰-۷۰ درجه شرقی در بازه زمانی درازمدت (میانگین بلندمدت سه



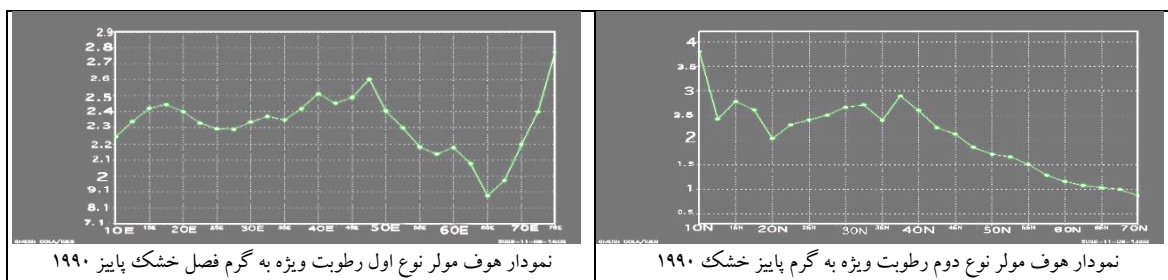
شکل ۱۹. نمودار هوف مولر رطوبت ویژه درازمدت به گرم بر کیلوگرم تراز hpa ۱۰۰۰ الف: نوع دوم ب: نوع اول و hpa ۷۰۰ ج: نوع دوم د: نوع اول

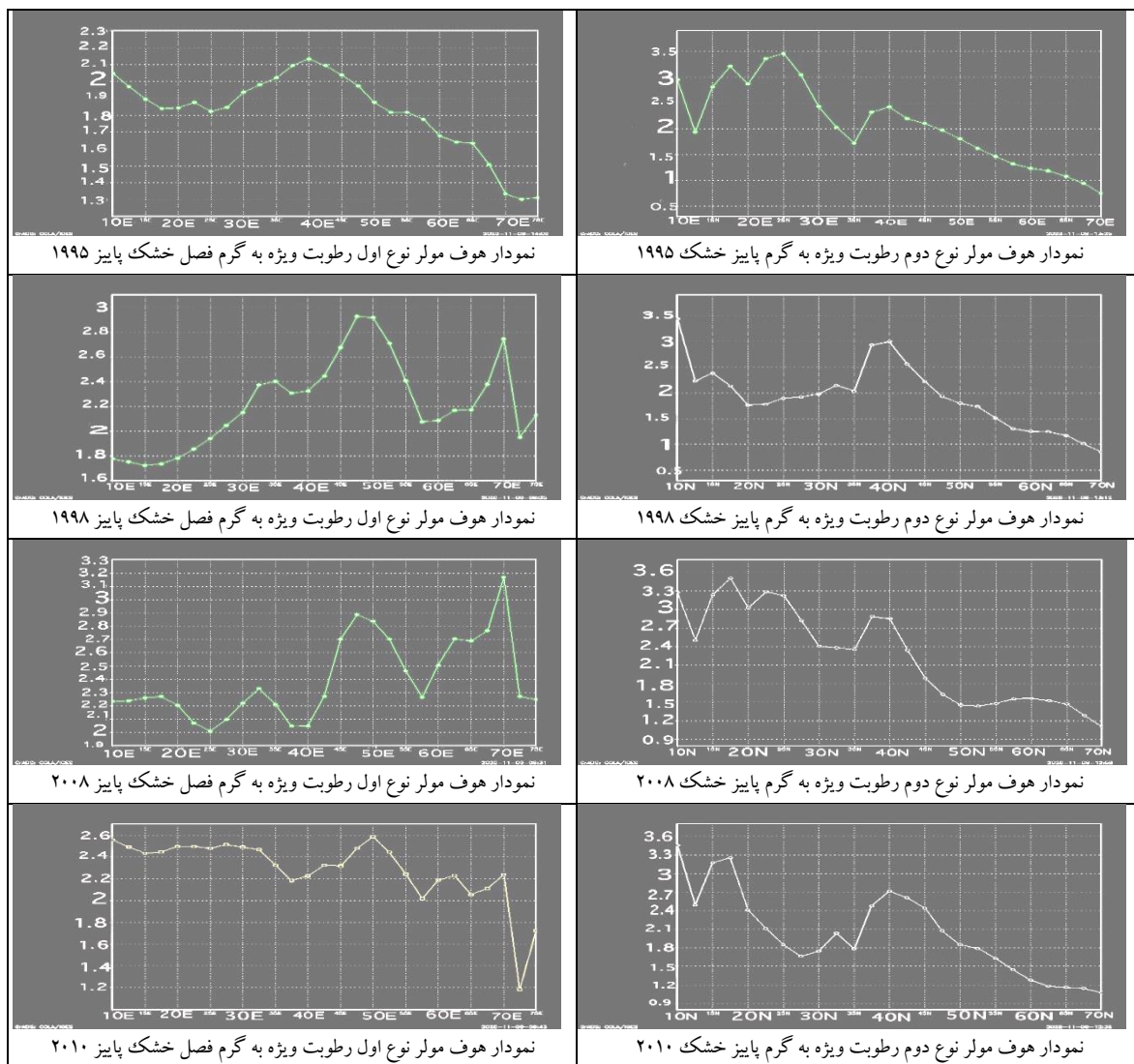
سپس به فصل خشک پاییز سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰ و ۱۹۹۸ و بعد به ترتیب به سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۰ تعلق دارد. کاهش رطوبت ویژه بین ۰/۴ الی ۰/۹ گرم بر کیلوگرم را در بین سال‌ها که ۰/۴ گرم بر کیلوگرم به فصل خشک پاییز سال ۱۹۹۰ و ۰/۹ گرم بر کیلوگرم مربوط به فصل خشک پاییز سال ۲۰۰۸ می‌باشد. با نظر به اینکه سال ۱۹۹۰ مطابق جدول شماره (۳) مربوط به فراوانی وقوع خشکسالی SPI فصول پاییز شمال غرب ایران در دوره آماری مورد مطالعه در وضعیت خشکسالی‌های متوسط قرار دارد کمترین کاهش رطوبت در طول و عرض جغرافیایی موصوف در نمودارهای هوف مولر مربوط به این سال می‌باشد و بقیه سال‌ها که در وضعیت خشکسالی‌های شدید تا خیلی شدید قرار دارند نسبت به سال ۱۹۹۰ با کاهش رطوبت بیشتری در طول و عرض جغرافیایی موصوف در نمودارهای هوف مولر مواجه هستند.

به همین خاطر به منظور تحلیل و تفسیر نوسانات رطوبتی با توجه به منابع رطوبتی، نمودارهای هوف مولر در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بیشتر مورد توجه قرار گرفت. در شکل (۲۱) بررسی نمودارهای هوف مولر نوع دوم در نمونه‌های انتخابی در بین سال‌های خشک نشان‌دهنده کاهش بیشترین رطوبت ویژه در عرض جغرافیایی بین ۱۵-۴۰ درجه شمالی مربوط به فصل خشک پاییز سال ۱۹۹۵ و سپس به فصل خشک پاییز ۲۰۱۰ و ۲۰۰۸ و ۱۹۹۸ و بعد به سال ۱۹۹۰ تعلق دارد. کاهش رطوبت ویژه بین ۰/۵ الی ۱/۲ گرم بر کیلوگرم را در بین سال‌ها که ۰/۵ گرم بر کیلوگرم به فصل خشک پاییز سال ۱۹۹۰ و ۱/۲ گرم بر کیلوگرم مربوط به فصل خشک پاییز سال ۱۹۹۵ می‌باشد. بررسی نمودارهای هوف مولر نوع اول در نمونه‌های انتخابی در بین سال‌های خشک نشان‌دهنده کاهش بیشترین رطوبت ویژه در طول جغرافیایی ۵۰-۲۰ درجه شرقی مربوط به فصل خشک پاییز سال ۲۰۰۸ و



شکل ۲۰. نمودار هوف مولر نوع اول و دوم رطوبت ویژه به گرم تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال فصول پاییزهای خشک سالهای ۲۰۱۰، ۲۰۰۸، ۱۹۹۸، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰





شکل ۲۱. نمودار هوف مولر نوع اول و دوم رطوبت ویژه به گرم تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال فصول پاییزهای خشک سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰

تحلیل همبستگی فصل پاییز شاخص SPI با الگوهای شاخص‌های دور پیوند

بررسی همبستگی شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های دور پیوند در این فصل نشان داد که ایستگاه‌های اردبیل، اهر، جلفا، پارس آباد، تبریز، خوی، سراب، میانه و زنجان با الگوی نوسان اطللس شمالی (NAO) با ۹ ایستگاه (۶۰ درصد ایستگاه‌ها) و ایستگاه‌های اورمیه، تکاب، خلخال، مراغه، میانه، مهاباد و زنجان با شاخص قطبی اروپا و آسیا (POL/PEP) با ۷ ایستگاه (۴۷ درصد ایستگاه‌ها) رابطه معنی داری در سطح ۰.۹۵. و به بالا همبستگی معنی داری دارد که مقادیر آن‌ها بین ۰/۳ تا ۰/۶ با علامت مثبت متغیر است. اردبیل با شش شاخص (۴۰ درصد شاخص‌ها)، اهر با چهار شاخص (۲۷/۷ درصد شاخص‌ها)، تبریز و مراغه با سه شاخص (۲۰ درصد شاخص‌ها) و مهاباد و زنجان با دو شاخص (۱۳/۴ درصد شاخص‌ها) به ترتیب بیشترین تعداد همبستگی را نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارند و بین ایستگاه ماکو با شاخص‌های پیوند از دور رابطه معنی داری مشاهده نشد (جدول ۶). در پاییزهای خشک استیلای پر ارتفاع جنب حاره‌ای روی بیشتر مساحت ایران از جمله شمال غرب حاکمیت

دارند، به طوری که بی‌هنجاری‌های ارتفاع تراز میانی جو بیشتر از حد نرمال می‌باشد در نتیجه بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در این فصل‌ها فاقد هرگونه بارشی هستند. در جدول (۷) وضعیت شاخص‌های دورپیوند با خشکسالی ارایه گردیده است.

جدول ۶. همبستگی شاخص SPI ایستگاه‌های شمال غرب ایران در فصول پاییز با پاییز شاخص‌های دور پیوند نیمکره شمالی (۲۰۱۶-۱۹۸۷)

شاخص ایستگاه	AO	EA/WR	NAO	NAM	NOI	NTA	POL/PEP	TNA
اردبیل	۰/۴۵۳	۰/۲۳۶	۰/۶۲۴	۰/۴۲۵	۰/۰۷۱	۰/۶۴۲	۰/۲۱۱	۰/۴۴۳
اهر	۰/۴۳۷	۰/۱۴۳	۰/۶۴۱	۰/۳۲۲	۰/۰۰۴	۰/۴۷۲	۰/۲۲۶	۰/۶۱۵
اورمیه	۰/۱۱۵	۰/۱۲۵	۰/۱۷۰	۰/۱۱۷	۰/۲۶۰	۰/۲۱۶	۰/۴۴۵	۰/۲۲۴
جلفا	۰/۲۴۶	۰/۱۸۳	۰/۵۲۱	۰/۲۶۳	-۰/۲۷۱	-۰/۲۸۷	۰/۰۴۵۰	۰/۲۹۳
پارس‌آباد	۰/۳۳۴	۰/۰۲۶	۰/۴۳۷	۰/۲۱۴	۰/۰۴۰	۰/۲۳۳	۰/۱۵۴	۰/۲۶۶
تبریز	۰/۱۷۵	۰/۱۷۴	۰/۴۲۱	۰/۰۶۷	۰/۳۴۴	۰/۴۵۲	۰/۲۷۴	۰/۴۲۶
تکاب	۰/۰۳۷	۰/۴۴۱	۰/۱۸۳	۰/۱۲۵	۰/۴۸۱	۰/۳۱۴	۰/۴۵۳	۰/۳۱۴
خلخال	۰/۲۱۴	۰/۲۳	۰/۳۲۵	۰/۲۱۴	۰/۳۱۶	۰/۲۳۵	۰/۴۴۲	۰/۲۱۵
خوی	۰/۲۰۷	۰/۱۷۶	۰/۴۲۱	۰/۱۱۷	۰/۲۴۵	۰/۲۸۶	۰/۱۵۱	۰/۲۵۶
سراب	۰/۰۱۸	۰/۱۲۲	۰/۳۷۴	۰/۰۸۶	۰/۳۳۲	۰/۲۱۳	۰/۱۷۵	۰/۱۵۳
ماکو	۰/۰۲۷	۰/۱۷۱	۰/۳۳۵	۰/۲۳۱	۰/۱۲۴	۰/۰۲۴	۰/۲۳۶	۰/۱۷۴
مراغه	۰/۰۸۶	۰/۲۶۸	۰/۲۴۶	۰/۱۳۷	۰/۵۱۴	۰/۳۵۲	۰/۳۷۴	۰/۳۳۶
میانه	۰/۱۲۷	۰/۲۶۵	۰/۳۱۵	۰/۰۹۶	۰/۲۷۳	۰/۳۱۱	۰/۴۳۵	۰/۲۳۳
مهاباد	۰/۱۲۳	۰/۳۷۴	۰/۲۶۷	۰/۱۴۲	۰/۶۱۵	۰/۲۹۴	۰/۵۳۶	۰/۲۸۴
زنجان	۰/۱۵۲	۰/۲۴۳	۰/۳۴۱	۰/۰۷۱	۰/۵۱۳	۰/۲۱۰	۰/۴۳۳	۰/۱۳۵

همبستگی معنادار در سطح ۰/۰۱ و همبستگی معنادار در سطح ۰/۰۵

جدول ۷. وضعیت ارتباط شاخص‌های دورپیوند نیمکره شمالی با پاییزهای خشک شمال غرب (۲۰۱۶-۱۹۸۷)

شاخص	AO	EA/WR	NAO	NAM	NOI	NTA	POL/PEP	TNA
شاخص	فاز مثبت	فاز مثبت	فاز منفی	فاز منفی	فاز منفی	فاز مثبت	فاز منفی	فاز مثبت

شاخص (SPI) ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای دور پیوند فصول پاییز در دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷) حاکی از اثرگذاری شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) و شاخص قطبی اروپا و آسیا (POL/PEP) با همبستگی معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد در جهت مثبت و با شدت متوسط تا قوی دارند. تحلیل نقشه‌های ترکیبی بی‌هنجاری‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین تحلیل نشان داد که در فصل‌های خشک بی‌هنجاری‌های مثبت حاکی از افزایش ارتفاع در نقشه‌های بی‌هنجاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و در نقشه‌های بی‌هنجاری سطح

نتیجه گیری

شمال غرب ایران یکی از قطب‌های مهم کشاورزی ایران از حیث کشت محصولات استراتژیکی گندم و جو به روش دیم می‌باشد. به طوری که مساحت ۲/۳۴۵/۵۹۵ هکتار دارای سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌باشد که طبق آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۱ رتبه پنجم و ششم را در کشور در بین ۳۱ استان دارا می‌باشد و این منطقه به دلیل مراتع عظیم گیاهی و جنگل‌ها و بیشه‌زارهای غنی، وابستگی زیادی به بارش دارد. تحلیل ضرایب همبستگی شاخص بارش استاندارد

با توجه به نمودارهای هوف مولر، تغییرات رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ۵ نمونه آماری این تحقیق بسیار بیشتر از تغییرات رطوبتی تراز سطح زمین می‌باشد. این مورد می‌تواند تأییدکننده این موضوع باشد که آرایش الگوهای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به بالا نقش بسیار تعیین‌کننده‌تری نسبت به سامانه فشار سطح زمین در تزریق یا عدم تزریق رطوبت به سوی منطقه دارد. نتایج این پژوهش با تحقیق (علیجانی، ۱۳۹۰)، (غیور، ۱۳۹۱)، محمد کیانیان، (۱۳۹۷) و (حسینی صدر، ۱۳۹۸) در خصوص نقش آرایش الگوهای تراز فوقانی جو نسبت به سامانه فشار سطح زمین در تزریق یا عدم تزریق رطوبت به منطقه بسیار بارز و کلیدی بنظر می‌رسد تطابق دارد. پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات بعدی بررسی خشکسالی در منطقه بهتر است از داده‌ها با تفکیک بالاتر همانند داده‌های ERA5 بجای داده‌های NCEP-NCAR که تفکیک بسیار پایین دارد مورد استفاده قرار گیرد و با بکارگیری کمیت‌های دیگر مانند سرعت قائم و ... تشخیص ساختار وضعیت جوی حاکم در زمان خشکی و کم بارشی را بهتر تحلیل فیزیکی-آماري نمود.

منابع

۱. احمدی، محمود، جعفری، فرزانه (۱۳۹۷). مسیریابی کامل و تحلیل سینوپتیک سامانه‌های منجر به بارش‌های بیش از ۵۰ میلی‌متر در جنوب ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳ (۵)، ۸۳-۱۰۲.
۲. اکبری، زینب، سیاه‌منصور، مجتبی، و نصیری، فرناز (۱۳۹۳). تحلیل الگوهای سینوپتیکی و شاخص‌های ناپایداری منجر به وقوع بارش‌های نیمه سنگین و سنگین استان لرستان. اولین همایش علوم جغرافیایی ایران. تهران، موسسه جغرافیا، ۳۰ اردیبهشت، ۲۱۶-۳۲۴.
۳. امیدوار، کمال، ترکی، مسلم (۱۳۹۱). شناسایی الگوهای ریزش بارش‌های سنگین استان چهارمحال بختیاری. برنامه‌ریزی آمایش فضا، ۴ (۱۶)، ۱۷۶-۱۴۲.
۴. امینی‌نیا، کریم، میرزائی، محمد، و پناهی، علی (۱۴۰۱). تحلیل آماری-هم‌دید وقوع پاییزهای خشک در شمال‌غرب ایران. فصلنامه فضای جغرافیایی، ۷۸ (۲۲)، ۱۹۰-۱۶۵.

زمین، بی‌هنجاری‌های شدید مثبت بر روی منطقه مورد مطالعه بخصوص در عرض‌های بالاتر مثل روسیه، اروپا و شمال آفریقا حاکی از تقویت پرفشار ملاحظه می‌گردد که نتایج این مطالعه در زمینه وقوع شرایط هم‌دید بی‌هنجاری‌های مثبت فشار سطح دریا و تراز میانی جو بر خشکسالی‌ها با تحقیقات (حسن ذوالفقاری، ۱۳۹۱)، (پرک و علیجانی، ۱۳۹۴)، (محمد مرادی، ۱۳۹۹)، (امینی‌نیا و میرزائی و پناهی، ۱۴۰۱) مطابقت دارد. ضمناً در فصل‌های خشک در نقشه‌های ترکیبی بی‌هنجاری رطوبت ویژه در تراز ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، بی‌هنجاری‌های شدید منفی بر روی منابع تامین رطوبتی و در محدوده منطقه مورد مطالعه ملاحظه می‌گردد که حاکی از کمبود رطوبت در دوره‌های خشک بر اثر گسترش و نفوذ پرفشار در سطح زمین و پرارتفاع در تراز میانی جو بر روی منابع تامین رطوبتی و مناطق شمال‌غرب ایران (محدوده منطقه مورد مطالعه) و در نتیجه باعث حاکمیت شرایط خشک در محدوده منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بررسی کلی نمودارهای هوف مولر تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در سال‌های خشک (پاییزهای خشک شمال‌غرب) نشان‌دهنده کاهش قابل توجه رطوبت ویژه این تراز به ویژه در عرض‌های جنوبی (۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی) در ۴ مورد از ۵ نمونه مطالعاتی (به جز سال ۱۹۹۵) می‌باشد که این موضوع اهمیت سامانه‌های کم فشار سودانی و تلفیقی سودانی-مدیترانه‌ای در تزریق رطوبت به محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش در تأیید با مطالعات (بخیار محمدی، ۱۳۸۸)، (لشکری و خلیلیان، ۱۳۹۱)، (امیدوار، ۱۳۹۱)، (لشکری، ۱۳۹۲)، (اکبری، ۱۳۹۳)، (مصطفایی، ۱۳۹۴)، (لشکری، ۱۳۹۵)، (راستگو و سعادت‌آبادی، ۱۳۹۷)، (احمدی و جعفری، ۱۳۹۸)، (حسن لشکری و ندا اسفندیار، ۱۴۰۱) در خصوص نقش و اهمیت سامانه کم فشار سودانی و ادغامی سامانه‌های سودانی مدیترانه‌ای در شکل‌گیری بارش‌های فراگیر در مناطق مختلف ایران را دارد می‌باشد.

۵. بابایی، ام‌السلمه، نجف پور، بهرام (۱۳۹۸). نقشه‌ها و نمودارهای اقلیمی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۲۶.
۶. پاکزاد، زهرا (۱۳۹۷). سهم منابع آبی ایران از سامانه‌های جوی. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۱ (۲۹)، ۱۶۴-۱۵۳.
۷. پرک، فاطمه، علیجانی، بهلول (۱۳۹۴). واکاوی همدیدی سامانه کم فشار سودانی در رخدادهای خشکسالی‌ها و ترسالی‌های نیمه جنوبی ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳ (۴)، ۷۵-۹۰.
۸. پروازی، مهناز (۱۳۹۷). بررسی خشکسالی‌های کرمان با چهار شاخص خشکسالی. مجله علوم جغرافیایی، ۲۹ (۱۴)، ۱۱۷-۱۳۱.
۹. حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۹۷). آشکارسازی شرایط همدید موثر بر خشکسالی و ترسالی‌های شدید فراگیر در نیمه شرقی ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲۷ (۷)، ۱۶۰-۱۳۵.
۱۰. حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۹۰). روش نو به محاسبات اتوماتیک شاخص‌های خشکسالی در هزاره سوم با نرم‌افزار DIC. نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی، قم، ۴۷۶-۴۸۵.
۱۱. حجازی‌زاده، زهرا، جوی‌زاده، سعید (۱۳۹۶). مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن. تهران. چاپ سوم، انتشارات سمت، ۴۴-۷۹.
۱۲. حسینی‌صدر، عاطفه (۱۳۹۸). تحلیل ساز و کار همدیدی بارش فراگیر در شمال غرب ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۷۰ (۲۴)، ۱۰۰-۷۹.
۱۳. خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۷۶). بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران. مجله تحقیقات جغرافیایی، ۴۵ (۱۲)، ۱۵۴-۱۳۶.
۱۴. دوستان، رضا (۱۳۹۸). تحلیلی بر تحقیقات خشکسالی در ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴ (۶)، ۹۴-۵۴.
۱۵. ذوالفقاری، حسن (۱۳۹۱). تاثیر سامانه‌های بندالی جو بر وقوع دوره‌های خشک غرب و شمال غرب ایران. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۰-۹ (۳)، ۱۱۹-۱۰۱.
۱۶. راستگو، زهرا، رنجبرسعدت‌آبادی، عباس (۱۳۹۷). مطالعه بارش‌های شدید و حدی استان بوشهر از دیدگاه همدیدی-دینامیکی. نشریه هواشناسی و علوم جو، ۱ (۱)، ۹۶-۷۷.
۱۷. رحیمی، داریوش، عبدالهی، خدایار (۱۳۹۶). شناسایی الگوهای پیوند از دور مؤثر بر بارش حوضه‌ی کارون. مجله اکوهیدرولوژی، ۱ (۳)، ۹۵-۱۰۵.
۱۸. صادقی، سلیمان (۱۳۸۷). تحلیل همدیدی و اچرخندها برخشکسالی‌های فراگیر خراسان. مجله ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، ۱۰ (۶)، ۱۱۸-۱۰۵.
۱۹. طلوعی، یوسف، گندمکار، امیر (۱۴۰۰). بررسی رابطه بین الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی با خشک‌سالی‌های شمال غرب ایران. مجله پژوهشی جغرافیای طبیعی، ۵۱ (۱۳)، ۷۴-۵۵.
۲۰. عزیزی، قاسم (۱۳۷۸). بلوکینگ و اثر آن بر بارش‌های ایران. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۷ (۳۱)، ۵۰-۳۶.
۲۱. عزیزی، رضا، یزدانی، محمدرضا، کیانیان، محمدکیا (۱۳۹۹). تاثیر الگوهای پیوند از دور بر پیش بینی نوسانات آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت گرمسار). مجله پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران، ۲ (۱۶)، ۱۹۱-۱۷۸.
۲۲. علیجانی، بهلول (۱۳۹۰). اقلیم‌شناسی سینوپتیک. چاپ چهارم. تهران. انتشارات سمت، ۲۵۷.
۲۳. علیجانی، بهلول (۱۳۸۹). آب و هوای ایران. چاپ دهم. تهران. انتشارات سمت، ۲۲۱.
۲۴. غیور، حسنعلی (۱۳۹۱). بررسی رابطه بارش‌های فراگیر با الگوهای گردش جو بالا. مخاطرات محیط طبیعی، ۲ (۲)، ۱۷-۱.
۲۵. فلاح‌زاده، مونا، رضایی، پرویز، عباسی، علیرضا (۱۳۹۸). ارتباط الگوهای پیوند از دور با خشکسالی؛ مطالعه موردی حوضه قره قوم. مجله پژوهشی تحقیقات جغرافیایی، ۲ (۳۴)، ۶۴-۱۵۳.
۲۶. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۷). تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم‌افزار Grads. چاپ چهارم، تهران، انتشارات سها دانش، ۲۰۷.
۲۷. کاشانی، عباس (۱۳۹۷). سری زمانی بلاکینگ در فلات ایران. چاپ اول، تهران، انتشارات رازنهان، صفحه ۲۴۹.
۲۸. کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). مبانی آب و هوا شناسی، چاپ یازدهم، تهران، انتشارات سمت، ۵۳۶.
۲۹. کیانیان، محمدکیا (۱۳۹۷). مطالعه و شناسایی الگوهای همدیدی موثر بر رخدادهای خشکسالی‌های استان سمنان. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۳۷ (۸)، ۳۳-۱۹.
۳۰. لشکری، حسن (۱۳۹۵). تحلیل همدیدی نقش پرفشار عربستان و رودباد جنب حاره‌ای در کوتاه‌ترین طول دوره بارشی جنوب و جنوب غربی ایران. فصلنامه علوم محیطی، ۴ (۱۴)، ۷۴-۵۹.
۳۱. لشکری، حسن (۱۳۹۲). تحلیل سینوپتیک سامانه‌های همراه بارش سنگین و فراگیر در حوضه کشکان. فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۴۳ (۱۷)، ۱-۲۰.
۳۲. لشکری، حسن، اسفندیاری، ندا (۱۴۰۱). الگوهای همدیدی و ترمودینامیکی رودخانه‌های جوی منجر به بارش سنگین دوره سرد کشور ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۲۹ (۱۰)، ۱۴۴-۱۲۵.
۳۳. محمدی، بختیار (۱۳۸۸). تحلیل همدید بارش‌های ابر سنگین ایران، رساله دکتری اقلیم‌شناسی. استاد راهنما: مسعودیان، سید ابوالفضل و کاویانی، محمدرضا، دانشکده ادبیات، دانشگاه اصفهان.

Episodes for Central Spain from Rogation Ceremonies Recorded at the Toledo Cathedral from 1506 to 1900 A Methodological Approach. Global and Planetary Change, 63, 230-242.

۴۴. Chu.p.s.,Nash,A.J. and Porter, F.U. (1993).

Diagnostic studies of two contrasting episode in hawaii: Dry 1982 and Wet 1982,J.Climate.,1457-1462.

۴۵. Croitoru.A.E and F.M.Toma. (2011).

Meteorological Drought in Central ROMANIAN PLAIN (Between OLT and ARGES RIVERS) CASE STUDY: YEAR 2000. RISCURI SICATASTROFE, NR. X, 9, 113-120.

۴۶. Prezerakos.N.G and H.A flocas. (2002). *Regional and Global Large- Scale Dynamics Associated with a Prolonged Drought Event in Greece.* Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 64, 1841-1854.

۴۷. Mathbout, S., Lopez-Bustins, J. A, Royé, D., Martin-Vide, J., Bech, J., Rodrigo, F. S., (2018a), "Observed changes in daily precipitation extremes at annual timescale over the eastern Mediterranean during, 1961-2012", Pure Appl. eophys, 175 (11): 3875-3890.

۴۸. Mathbout, S., Lopez-Bustins, J. A., Martin-vide, J., Bech, J., Rodrigo, F. S., (2018b), "Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria, during 1961-2012", Atmos. Res, 200: 153-168.

۴۹. Mohammadrezaei, M. Soltani, S. & Modarres, R (2020). Evaluating The Effect Of Ocean- Atmospheric Indices On Drought In Iran. Theor Appl Climatol 140, 219-230.

۵۰. Ogunjo, Samuel T. Ibiyinka A. Fuwape, And Christiana F. Olusegun., (2019). "Impact Of Large Scale Climate Oscillation On Drought In West Africa." Arxiv Preprint Arxiv: Pp. 1901.10145.

۵۱. Tran.L, C.G.Knight, V.Wesner. (2002). *Drought in Bulgaria and Atmospheric Synoptic Conditions over Europe.* GeoJournal, 57,15 – 149.

۳۴. مرادی، محمد (۱۳۹۹). آشکارسازی و تحلیل ناهنجاری بارش زمستانه در جنوب شرق ایران. جغرافیا و روابط انسانی، ۱ (۳)، ۱۱۳-۹۶.

۳۵. مسعودیان، سیدابوالفضل، عطایی، هوشمند (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۱ (۱۸)، ۱۸-۳۴.

۳۶. مصطفایی، حسن (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴ (۲)، ۷۶-۶۵.

۳۷. میرزائی، محمد (۱۴۰۲). بررسی آماری-همیدیدی سامانه‌های فشارهای موثر بر وقوع یا عدم وقوع بارش شمال غرب در فصل پاییز. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، ۱۲۷.

۳۸. Amini M, Ghadami M, Fathian F, Modarres, R (2020). Teleconnections Between Oceanic- Atmospheric Indices And Drought Over Iran Using Quantile Regressions, Hydrological Sciences Journal Vol. 65, 2020 - Issue 13, Pp. 2286-2295.

۳۹. Branstor, G.W. and Trenberth,K.E. (1992). Issues in establishing causes of the 1988 drought over North America, J. Climate,5,159-172.

۴۰. Buntgen.U, R. Brazdil.D.Frank, J.Esper. (2010). *Three centuries of Slovakian drought dynamics.* Clim. Dyn, 35, 315-329.

۴۱. Byun.H.R.Lee.D.K. and Joung,C.H. (1992). A study on the atmospheric circulation during the dry priord the changma.part.I:Existence andcharacteristics”J. of Korean Meteo. Soc.,28:72-85.

۴۲. Byun.H.R,(1996) On the atmospheric associated with Korean drought. J.of Korean Meteo. Soc.,32-33.

۴۳. Castro. F,D, J. I.Santisteban, M.Barriendos, R.Mediavilla. (2008). *Reconstruction of Drought*

Synoptic analysis of specific humidity anomalies of dry autumns in the northwest of Iran

Mohammad Mirzaie*¹, Karim Amininia², Ali Panahi³, Abolfazl Hemmatzadeh⁴

¹ A graduate Ph.D climatology, Branch of Ahar, Deputy of Environmental Protection Department of Meshkin Shahr

² Assistant Professor of Vahad Aher Azad University

³ Assistant Professor of Vahad Tabriz Azad University

⁴ Meshkinshahr environmental expert

*Corresponding Author Email: v.vahidi32@yahoo.com

Received: 08 November 2023, Accepted: 25 May 2024

ABSTRACT

Climatic elements, especially precipitation, have significant changes in time periods. Knowing these changes makes it possible to make the best use of nature. In this research, dry autumns were identified during the statistical period of 1987-2016, by using the environment to circulation by calculating the standard rate index with DIC software. Then the maps of anomalies in the autumn season include the geopotential height of 500 hPa, mean sea level pressure (SLP) anomaly, specific humidity anomaly of 700 hPa, maps of the average autumn season of average sea level pressure in the fall season, geopotential height of 500 hPa and the Hoff-Müller humidity diagram 700 and 1000 hectopascal levels were obtained and analyzed from the total reconstructed data of the NCAR/CEP site. The results of this research showed that in the dry autumns, strong positive anomalies of the autumn season compared to the long-term average on the surface of the earth indicate the dominance of high-pressure conditions, which prevented the entry of low pressures into the region. The positive anomalies of the autumn season compared to the long-term average at the level of 500 hectopascals indicate the high-altitude rule that has prevented the transfer of the warm and humid climate of lower latitudes to the level of the region. Also, the examination of the first and second types of Hof-Muller diagrams of the level of 700 hPa and 1000 hPa in latitude 38 degrees north and longitude 48 degrees east in the dry autumns of the northwest shows a significant decrease in the specific humidity of this level, especially in the southern latitudes (15 to 30 degrees north). In 4 cases out of 5 examples of studies, this issue shows the importance of Sudanese low pressure systems and combined Sudanese-Mediterranean systems in injecting moisture into the study area. Examining the correlation coefficients of the standard precipitation index (SPI index) of the stations under study with the patterns of the autumn seasons in the statistical period (1987-2016) showed that in the autumn season, the North Atlantic Negative Phase Oscillation Index (NAO) is more than other patterns with station drought. The studied subjects have been correlated.

Keywords: *synoptic analysis, specific humidity anomalies, dry autumns, Hoff-Müller diagram, Northwest of Iran*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mirzaie, M.; Amininia, K.; Panahi, A.; Hemmatzadeh, A. (2023). Synoptic analysis of specific humidity anomalies of dry autumns in the northwest of Iran. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 6(1): 73-98

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

