



واکاوی اثر ساز کارهای همدیدی گردش جو و یک شاخص دور پیوندی بر بی‌هنجاری‌های نم و یژه و خشکسالی‌های پاییزه شمال غرب ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۶

چکیده

الگوهای گردش جوی نقش تعیین کننده‌ای در توزیع زمانی و مکانی بارش و رخداد دوره‌های خشک و تر دارد. هدف اصلی این تحقیق بررسی ارتباط بی‌هنجاری‌های میانگین فصل پاییز الگوهای فشاری با رخداد دوره‌های خشک پاییزه در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، اردبیل و زنجان است. در این پژوهش با به‌کارگیری رویکرد محیطی به گردشی با محاسبه شاخص بارش استاندارد با نرم‌افزار DIC طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۸۷ خشکسالی‌های پاییزه شمال غرب ایران مشخص شد. سپس نقشه‌های بی‌هنجاری پاییزه متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار متوسط دریا (SLP)، رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، و نیز نقشه‌های میانگین فصل پاییز فشار متوسط سطح دریا فصل پاییز، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نمودار هوف مولر رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از مجموع داده‌های بازسازی شده سایت NCAR/CEP دریافت و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد در خشکسالی‌های پاییزه، بی‌هنجاری‌های شدید مثبت در سطح زمین بیانگر حاکمیت بیشتر شرایط پرفشار بوده که مانع ورود کم فشارها به منطقه گردیده است. بی‌هنجاری‌های مثبت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیانگر حاکمیت پرفشار بوده که مانع انتقال توده هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین تر به سطح منطقه شده است. همچنین بررسی نمودارهای هوف مولر نوع اول و دوم تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان دهنده کاهش قابل توجه رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به ویژه در عرض‌های جنوبی (۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی) می‌باشد که این موضوع اهمیت سامانه‌های کم فشار سودانی و تلفیقی سودانی- مدیترانه‌ای در تزریق رطوبت به محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بررسی ضرایب همبستگی شاخص بارش استاندارد (شاخص SPI) ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای دور پیوند فصول پاییز در دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷) نشان داد در فصل پاییز فاز منفی شاخص نوسان اطللس شمالی (NAO) بیش از سایر الگوها با خشکسالی ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل همدیدی، بی‌هنجاری‌های رطوبت ویژه، خشکسالی‌های پاییزه، نمودار هوف مولر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی

مقدمه

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 تأثیر سامانه‌های منطقه‌ای و سیاره‌ای گردش عمومی جو تامین می‌شود (Alijani, 2010). 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

بارش از عناصر مهم جوی است که دارای تغییرپذیری زمانی و مکانی شدیدی است. تغییرات زمانی آن سبب شکل‌گیری دوره‌های خشک و تر می‌شود و تغییرات مکانی آن مناطق خشک و مرطوب را ایجاد می‌کند. ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی خاص و استیلای پرفشار جنب حاره‌ای علاوه بر برخورداری از رژیم کم بارشی دارای تغییرپذیری

*نویسنده مسئول: v.vahidi32@yahoo.com

^۳ گروه جغرافیا، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

^۴ کارشناس ارشد منابع طبیعی و آبخیزداری، محیط زیست، مشکین شهر

^۱ دانش آموخته دکتری آب و هوا شناسی واحد اهر، معاون اداره حفاظت محیط

زیست شهرستان مشکین شهر

^۲ گروه جغرافیا، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

نحوه ارجاع مقاله:

میرزایی، م، امینی نیا، ک، پناهی، ع، همت زاده، ا. ۱۴۰۴. واکاوی اثر ساز کارهای همدیدی گردش جو و یک شاخص دور پیوندی بر بی‌هنجاری‌های نم و یژه و خشکسالی‌های پاییزه شمال غرب ایران. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۳(۱): ۳۴-۵۳. DOI: 10.22125/agmj.2024.424085.1161
Mirzaie, M., Amininia, K., Panahi, A., Hammetzadeh, A. 2025. The analysis of the effects of a teleconnection index and synoptic mechanism of atmospheric circulation on specific humidity anomalies and droughts during autumn in northwestern of Iran. Journal of Agricultural Meteorology, 13(1): 34-53. DOI: 10.22125/agmj.2024.424085.1161

برای جلوگیری از حجیم شدن مقاله از توضیح سایر شاخص های دور پیوند مورد استفاده در مقاله اجتناب گردیده است. برخی از محققان ارتباط دوره های خشک را با الگوهای همدیدی بررسی کردند که از جمله آنها می توان به تحقیقات (Namias, 1991; Byun et al., 1992; Branstor and Trenberth, 1992; Chu et al., 1993; Byun, 1996; Tran et al., 2002; Prezerakos and Flocas, 2002; Croitoru et al., 2011; Mathbout et al., 2018; Ogunjo, 2019; Amini et al., 2020; Mohammadrezaei et al., 2020) که به بررسی الگوی گردش جوی مربوط به عامل وقوع خشکسالی پرداختند. (Stahl and Demuth, 1990) در بررسی ارتباط رخداد خشکسالی با الگوی گردش جوی بیان کردند که شکل گیری سامانه های پرفشار و الگوهای مختلف گردش و اچرخندی با رویداد خشکسالی در جنوب آلمان به شدت ارتباط داشته است. (Castro et al., 2008) در مطالعه ای به بازسازی دوره های خشکسالی در مرکز اسپانیا پرداختند و ارتباط بیشتر خشکسالی ها را با موقعیت شمالی-شرقی پرفشار اطلس شمالی بیان کردند که طبق تحقیق آنها هرگاه پرفشار آזור سامانه های کم فشار اطلس را به عرض های بالاتر منتقل کند و مانع از ورود آنها به مرکز اسپانیا شود خشکسالی رخ خواهد داد. (Buntgen et al., 2010) خشکسالی های 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 کم فشار روی غرب اروپا را علت ترسالی های تابستانه اسلوواکی بیان کردند. (Croitoru et al., 2011) رخداد خشکسالی در دشت های مرکزی رومانی را مطالعه کرده و بندالی شدن هوا در مسیر فرارفت توده هوای مرطوب حاره ای را دلیل آن بیان کردند. خشکسالی در ایران نیز در مقیاس کلی و ناحیه ای از ابعاد متفاوتی مورد توجه متخصصان رشته های مختلف قرار گرفته است. برخی از اقلیم شناسان رابطه دوره های خشک و خشکسالی را با سامانه های همدیدی و دور پیوند نیمکره شمالی مورد مطالعه قرار دادند. (Azizi, 1996) جایجایی سامانه های بندالی را در بروز دوره های خشک و مرطوب در ایران موثر می دانند. (KhoshAkhlagh, 1997; 1998) ضمن مطالعه خشکسالی های فراگیر با استفاده از واکوی همدید و مقایسه آنها با دوره های مرطوب، کمربند پرفشار آזור و پرفشار سیبری و نیز حرکات نصف النهاری پرفشار جنب حاره را دلیل رخداد دوره های خشک و مرطوب در کشور می دانند.

همدیدی می توان عوامل کنترل کننده آب و هوای هر ناحیه را تعیین نمود. دوره های خشک و مرطوب به عنوان یک بی هنجاری جوی، ریشه در تغییرپذیری اقلیم و مهم تر از همه گردش عمومی جو دارد (Kashani, 2018). از این رو برای کاهش اثرات این پدیده و مدیریت خطر آن، ارزیابی خشکسالی و تداوم دوره های آن ضروری است. در تحلیل سهم منابع آبی ایران از سامانه های 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 بارش ها، مربوط به رطوبت تزریقی از دریای عمان و سامانه های موسمی است (Mohammadi, 2017). (Pakzad, 2017). (2009) با مطالعه اثر سامانه کم فشار سودانی بر بارش ایران نشان داده است که بیش از سه چهارم وسعت کشور مستقیماً از بارش های این سامانه متأثر می باشد. بی هنجاری های اقلیمی ریشه در گردش الگوهای جوی دارد. تشخیص این بی هنجاری ها باعث شناسایی دوره های مرطوب و خشک خواهد شد. بررسی دوره های خشک و تر از جنبه های گوناگون، از جمله منابع آب، منابع طبیعی، اقتصادی و گردشگری و مانند آن، اهمیت ویژه ای دارد. الگوهای گردش جوی نقش تعیین کننده ای در توزیع زمانی و مکانی بارش و در نتیجه ایجاد دوره های خشک و تر در هر منطقه دارد (Mirzaie, 2023). الگوهای دور پیوند معرف تغییرات کلانی است که در الگوی امواج جوی و رودبادهای رخ می دهد و بر الگوی دما، بارش، مسیر رگبارها و موقعیت و شدت رودبادهای در قلمروهای وسیع اثر می گذارد. به همین دلیل الگوهای دور پیوند دور موجد بی هنجاری هایی هستند که همزمان در نواحی ظاهراً خیلی دور از هم دیده می شوند. تابحال در نیمکره شمالی ۱۸ الگوی دور پیوند شناسایی شده اند (Toloei, 2021). سیگنال های آب و هوایی با منشا خارجی به نام دور پیوند می توانند موجب تغییرات شرایط آب و هوایی شوند و از این طریق بر روی منابع آب زیرزمینی تأثیر گذارند (Azizi, 2019). نوسان اطلس شمالی پدیده ای بزرگ مقیاس است که علاوه بر مناطق اطراف خود، به طور غیرمستقیم مناطق بسیار دور تر را نیز متأثر می کند. همانطور که شدیداً بر روی دما و بارش اروپا و منطقه مدیترانه اثر دارد، دما و بارش خاورمیانه را نیز تحت تأثیر قرار می دهد.

همدیدی 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 بپردازد. همچنین این پژوهش سعی دارد در خصوص نمودارها (نیم‌رخ‌های) 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 (خشکسالی‌های پاییزه) شمال غرب ایران بپردازد. با نظر به این‌که 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 بررسی گردید.

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

(Sadeghi (2008) 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. (Rahimi (2018) 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. (Hejazizadeh (2018) 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 پراترفاع جنب حاره‌ای عربستان در سطح میانی وردسپهر بر روی منطقه پژوهش نقش بسزایی در انحراف بادهای غربی به سمت عرض‌های بالاتر و ایجاد شرایطی پایدار و خشک دارد. (Dustan (2019) 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. (Fallahzadeh (2019) با تحلیلی بر رابطه میانگین شاخص خشکسالی هر پهنه با تک تک الگوهای پیوند از دور به صورت همزمان و با تأخیر ۶ و ۹ ماهه از 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. (Amininia et al., (2022) در تحلیل آماری-همدیدی وقوع پاییزهای خشک شمال غرب ایران مشخص شد که استقرار سامانه پراترفاع 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

روش‌ها

تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای، به عنوان یک روش آماری جهت تقسیم یک مجموعه داده به زیر مجموعه‌ها یا خوشه‌های همگن و مفیدی که دارای ویژگی‌های مشابه باشند. داده‌های که همانند باشند در یک خوشه قرار می‌گیرند و مشاهدات ناهمبند در خوشه‌های جداگانه قرار می‌گیرند (Ghaiur and Montazeri, 2004). به عبارتی گروه بندی براساس فاصله بین آنها انجام می‌گیرد و اجزای که 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 (Alijani, 2011).

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

هدف از این تحلیل، یافتن ترکیباتی از متغیرهای مورد مطالعه است که به وسیله 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 متغیره نشان می‌دهد (Farajzadeh, 2011). برای شناسایی و تفکیک خشکسالی‌های پاییزه شمال غرب ایران 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 خشکسالی‌های پاییزه تعیین شد. پس از شناسایی و

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 (Mirzaie, 2023).

داده

به منظور بررسی و تحلیل الگوهای همبندی وقوع پاییزهای خشک در شمال غرب ایران آمار داده‌های بارش فصل پاییز ۱۵ 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 شکل ۱ موقعیت و پراکنش ایستگاه‌ها بر روی نقشه شمال غرب ایران و در جدول ۱ مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه ارائه گردیده است.



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

Figure 1- Location of stations on the map of northwestern Iran

جدول ۱- ارتفاع و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه شمال غرب ایران

Table 1- elevation and location of the studied stations in the northwestern region of Iran

Elevation (m)	Station type	Station name	Row
1391	synoptic	Ahr	1
1332	synoptic	Ardabil	2
32	synoptic	Parsabad	3
736	synoptic	Jolfa	4
1796	synoptic	Khalkhal	5
1103	synoptic	Khoy	6
1352	synoptic	Mahabad	7
1411	synoptic	Mako	8
1344	synoptic	Maragheh	9
1110	synoptic	Miyaneh	10
1817	synoptic	Takab	11
1364	synoptic	Tabriz	12
1316	synoptic	urmia	13
1682	synoptic	mirage	14
1663	synoptic	Zanjan	15

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 مقادیر ماهانه شاخص‌های پیوند از دور از سایت نوا طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷) برداشت شد.

نرم‌افزار DIC

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 و مقایسه شاخص‌ها به نحو کاملاً علمی ارائه می‌گردد (Hejazizadeh and uyzadeh, 2007).

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 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. (Mckay et al., 1993) 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.

استخراج پاییزهای خشک در محدوده مورد مطالعه، به منظور تعیین سامانه‌های فشار مؤثر 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 شده (NCEP/NCAR)^۱ 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 مؤثر در اقلیم منطقه را پوشش داد. سپس با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) بی‌هنجاری الگوهای همدیدی عامل‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر 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 میانجی 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 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 (GhavidelRahimi, 2018). به منظور ارزیابی ارتباط خشکسالی‌های پاییزه شمال‌غرب ایران با الگوهای دور پیوند نیمکره شمالی، رابطه بین شاخص SPI

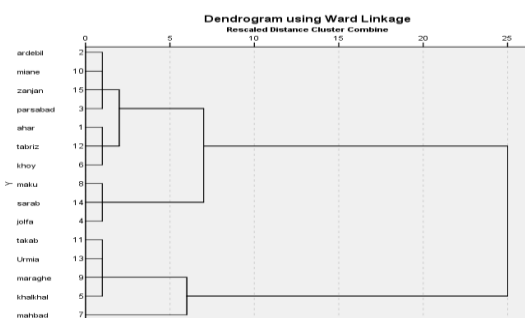
¹<https://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>

مقدار و زمان بارش پاییزه به دو گروه یا ناحیه متمایز (۱-)
پربارش (۲- بارش معمولی) تقسیم می‌شود (شکل ۲).

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

Table 3- Frequency of SPI droughts in autumn
seasons in northwest of Iran (2016-1987)

Year	Abundance	Description of events	Row
2008	2	Very severe drought	1
1995			
2010	2	severe drought	2
1998			
2011	7	Moderate drought	3
2006			
2003			
1999			
1997			
1990			
1989			
2016	9	Mild drought	4
2015			
2012			
2011			
2007			
2004			
2002			
2001			
1992			



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

Figure 2- The cluster analysis diagram of
precipitation of northwest stations in the autumn
season

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 ایستگاه) را شامل می‌شود که ۴۵

شاخص‌های دور پیوند نیمکره شمالی

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

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

Table2- The list Teleconnection Indices used in this
research

Latin definition	Index/ Pattern	Row
Arctic Oscillation	AO	1
East Atlantic/Western Rusia	EA/WR	2
North Atlantic Oscillation	NAO	3
Northern Annular Mode-Ao	NAM	4
Northern Oscillation Index	NOI	5
North Atlantic tropical Atlantic SstIndex	NTA	6
Polar/ Eurasia Pattern	POL/PEP	7
Northern /Tropical Hemisphere Pattern	TNA	8

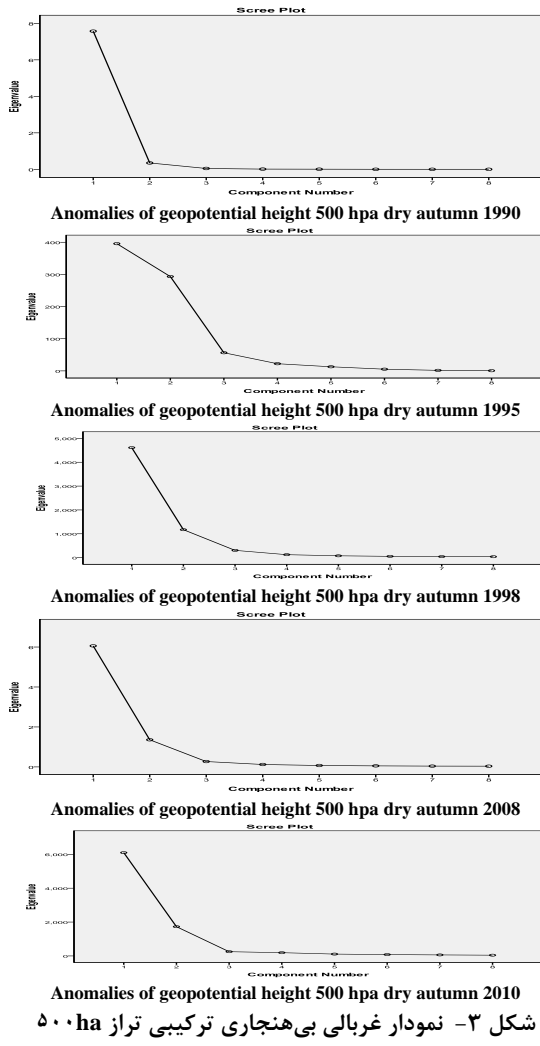
نتایج و بحث

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.

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

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 تأثیرگذاری 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 بی‌هنجاری ترکیبی تراز ۵۰۰ ha

پاییزهای خشک خروجی SPSS

Figure 3- Diagram scree plot Composite anomaly level of 500ha SPSS outputs for dry autumns

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 ارائه شده است.

جدول ۴- اعضای خوشه

Table 4- Cluster members

Clust ers	Case	Clust ers	Case	Clust ers	Case
2	Takab	2	Maragheh	1	Ahar
1	Tabriz	1	Miyaneh	1	Ardabil
2	Urmia	1	Khoy	1	Parsabad
1	Sarab	2	Mahabad	1	Jolfa
1	Zanjan	1	Mako	2	Khalkhal

نتایج به کارگیری تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

برای خشکسالی‌های پاییزه

با توجه به شدت و گستردگی (خشکی پاییز در اکثر ایستگاه‌های انتخابی) وقوع فصول پاییز خشک، ۵ پاییز سال‌های (۲۰۱۰، ۲۰۰۸، ۱۹۹۸، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰) به‌عنوان خشکسالی‌های پاییزه در محدوده منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. با تشکیل ماتریسی به ابعاد ۹۲×۵۶۷ 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 خشکسالی‌ها از روش PCA جهت شناسایی مؤلفه‌های اصلی وقوع خشکسالی‌های پاییزه 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

از آن بی‌هنجاری پرارتفاعی که بر روی دریای سیاه نفوذ پیدا می‌کند به‌عنوان مؤلفه دوم شناسایی گردید. معمولاً در اکثر این سال‌ها، همزمان سامانه کم ارتفاعی بر روی مدیترانه مرکزی و جنوب اروپا فعال می‌باشد که تاییدکننده انطباق و تبعیت فشار سطح دریا از تراز میانی جو در چنین شرایطی می‌باشد.

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

جدول ۵- درصد واریانس‌های ۳ مؤلفه اول خروجی تحلیل مؤلفه‌های بی‌هنجاری ترکیبی تراز ۵۰۰ برای پاییزهای خشک

Table 5- Percentage of variances of the first 3 components of the output of 500ha anomaly components analysis for dry autumns

Agents	Cumulative variance	Percentage of variance	special amount	component	Year
High altitude anomaly Eastern Mediterranean	48.1	48.1	3.8	1	
High altitude anomaly in southern Iran	88.8	40.7	3.2	2	1990
Low-altitude anomaly Central Mediterranean	98.6	9.8	0.7	3	
A high-altitude anomaly extending from North Africa to the Black Sea (the Azores high)	42.8	42.8	3.4	1	
High altitude norm from the south to the center of Iran	72.9	30.1	2.4	2	1995
Anomalous low elevation of European and Central Mediterranean	94.5	21.6	1.7	3	
High altitude anomaly from south to west of Iran	37.1	37.1	2.9	1	
High altitude anomaly from the eastern Mediterranean to the Caucasus	71.7	34.6	2.7	2	1998
Low-altitude anomaly of southern Europe and central Mediterranean	94.6	22.9	1.8	3	
A high-altitude anomaly extending from North Africa to the Black Sea (the Azores high)	40.7	40.7	3.2	1	
High altitude anomaly of Northeast Europe	79.3	38.6	3.0	2	2008
Low-altitude anomaly of southern Europe and central Mediterranean	95.9	16.6	1.3	3	
High altitude anomaly Eastern Mediterranean	37.9	37.9	3.0	1	
High altitude anomaly in southern Iran	73.4	35.5	2.8	2	2010
Low-altitude anomaly Central Mediterranean	92.6	19.2	1.5	3	

بازه زمانی درازمدت (میانگین بلندمدت سه ماهه پاییز) با سال‌های خشک انتخابی ترسیم گردید.

بررسی خشکسالی پاییزه سال ۱۹۹۰

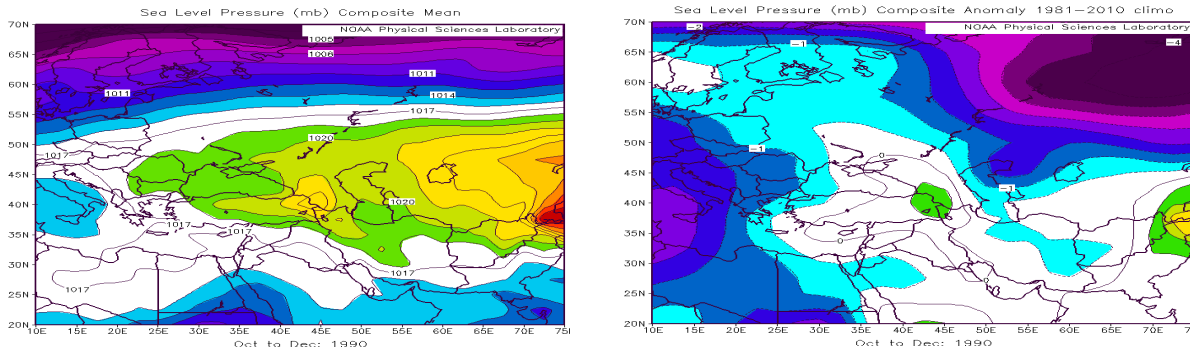
نقشه بی‌هنجاری فشار متوسط سطح دریا شکل (۴) راست) در فصل پاییز خشک ۱۹۹۰ حاکی از بی‌هنجاری شدید مثبت که از روی منطقه تا شمال شرق دریای سیاه گسترش یافته که نشانگر استقرار پرفشار قدرتمند سیبری که تا غرب دریای سیاه گسترش دارد که مانع نفوذ کم فشار

نمودارهای هوف مولر

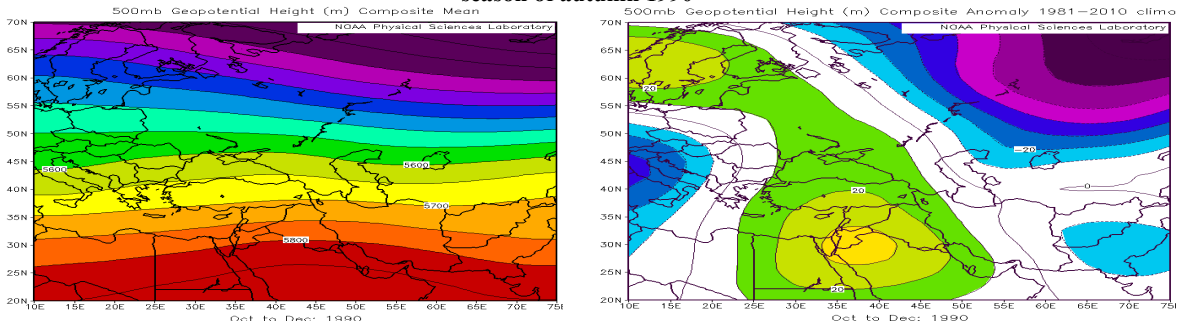
از مهم‌ترین نمودارهایی اقلیمی می‌باشند که تغییرات فراسنج‌های سطوح مختلف جو را در امتداد طول و عرض جغرافیایی در طی زمان مشخص می‌کنند (Ghavidel, Rahimi, 2018). به منظور درک بهتر ساختار جو در زمان وقوع خشکسالی‌ها برای عرض جغرافیایی ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه شرقی نمودارهای هوف مولر نوع اول و دوم سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مقیاس عرض ۷۰ تا ۰ درجه شمالی و طول ۷۰-۰ درجه شرقی در

محدوده غرب دریای خزر و شمال دریای سرخ با تشکیل هسته مرکزی ملاحظه می‌گردد که به همین دلیل و وجود پایداری جو با حاکمیت پراترفاع ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر تا شمال محدوده منطقه شمال غرب در تراز میانی جو شاهد کاهش قابل توجه رطوبت ویژه در منابع رطوبتی جنوبی در این فصل ملاحظه می‌گردد (شکل ۶).

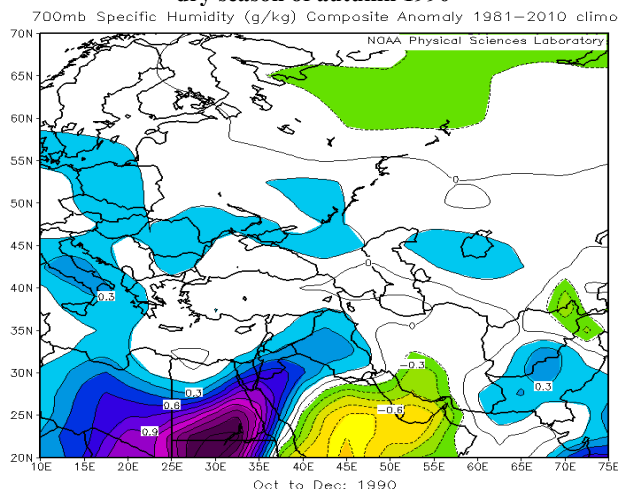
مدیترانه و کم فشار سودانی به منطقه شده است شکل (۴ چپ). نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو (شکل ۵ راست) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۰ حاکی از بی‌هنجاری شدید مثبت که مرکز اولیه آن بر روی عربستان و مرکز ثانویه آن بر روی شمال اروپا تشکیل یافته که باعث گسترش پراترفاع از روی عراق و سوریه تا جنوب دریای خزر شده است شکل (۵ چپ). در این نمونه حداکثر افزایش ارتفاع تراز میانی جو مربوط به



شکل ۴- بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل راست) و فشار متوسط سطح دریا (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۰
Figure 4- Anomalies of mean sea level pressure (right figure) and mean sea level pressure (left figure) in the dry season of autumn 1990



شکل ۵- بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل راست) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۰
Figure 5- Anomalies of geopotential height 500 hpa (right figure) and geopotential height 500 hpa (left figure) in the dry season of autumn 1990

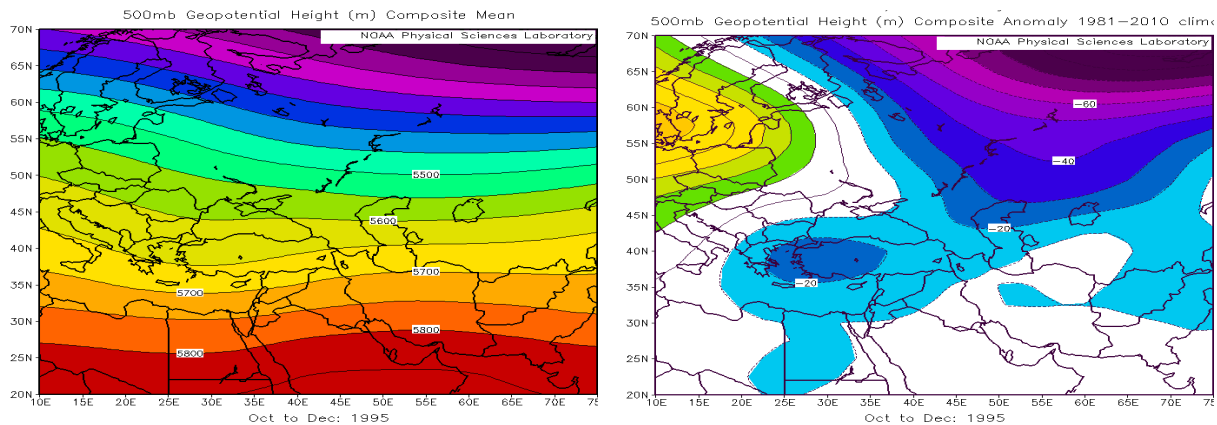


شکل ۶- وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰hpa فصل خشک پاییز ۱۹۹۰
Figure 6- Map of specific humidity anomaly in dry season autumn 1990

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

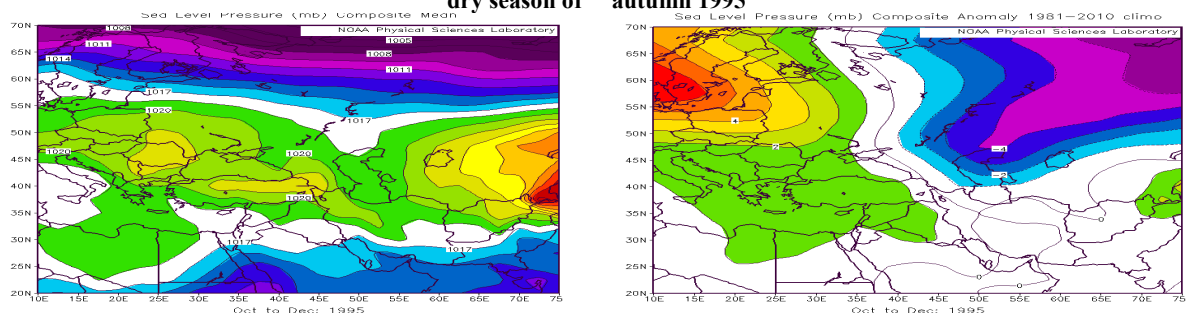
بررسی خشکسالی پاییزه سال ۱۹۹۵

نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۷ راست) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۵ حاکمی 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 چپ). اما در شکل (۸ راست) نقشه بی‌هنجاری فشار سطح دریا، بی‌هنجاری‌های مثبت که هسته مرکزی آن بر روی اروپا قرار دارد



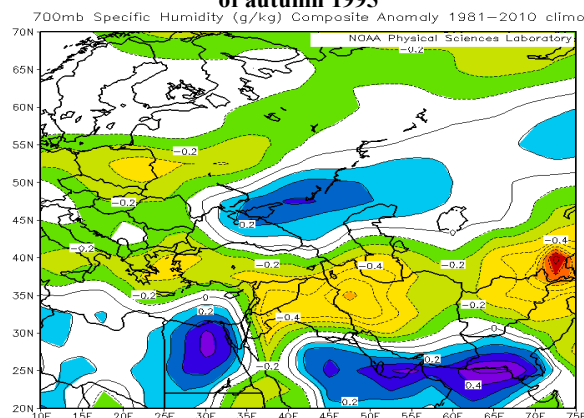
شکل ۷- بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل راست) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۵

Figure 7- Anomalies of geopotential height 500 hpa (right figure) and geopotential height 500 hpa (left figure) in the dry season of autumn 1995



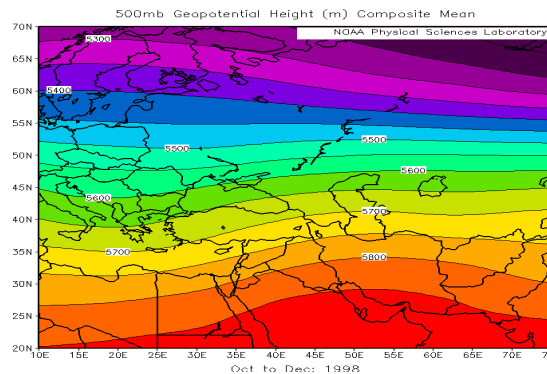
شکل ۸- بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل راست) و فشار متوسط سطح دریا (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۵

Figure 8. Anomalies of mean sea level pressure (right figure) and mean sea level pressure (left figure) in the dry season of autumn 1995

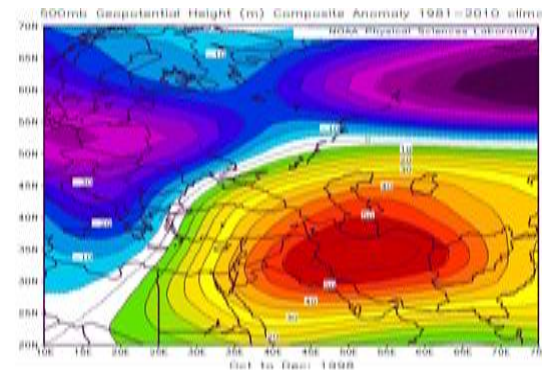


شکل ۹- وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰hpa فصل خشک پاییز ۱۹۹۵
Figure 9- Map of specific humidity anomaly in dry season autumn 1995

بی‌هنجاری‌های مثبت با هسته مرکزی که بیشینه آن بر روی اروپا و دریای خزر شکل گرفته و باعث شده پرفشار سیبری تا مرکز و شمال غرب ایران نفوذ کند شکل (۱۱ چپ). 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 مناطق محدودی از شمال محدوده مورد مطالعه رطوبت نسبتاً مناسبی را از طریق دریای سیاه دریافت نموده است (شکل ۱۲).

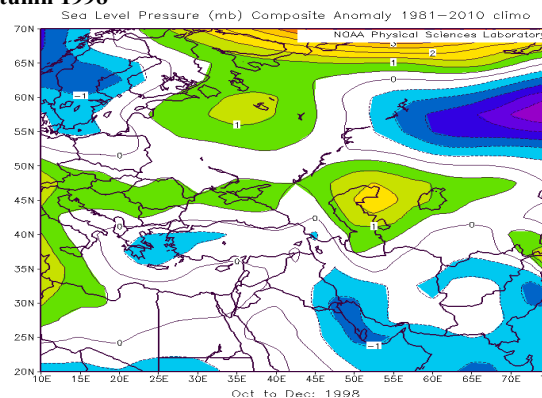
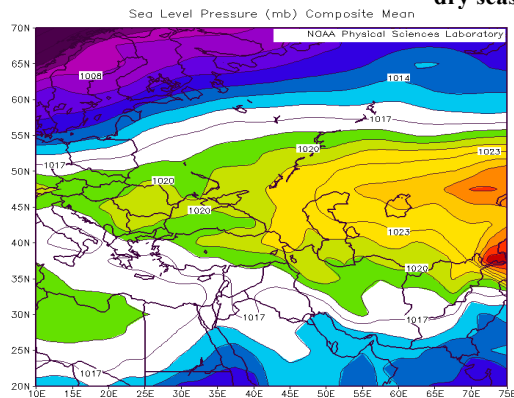


بررسی خشکسالی پاییزه سال ۱۹۹۸
نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۱۰ راست) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸ حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی ایران نسبت به میانگین بلندمدت، موجب گسترش پراترفاع از روی عراق و سوریه تا جنوب دریای خزر می‌باشد شکل (۱۰ چپ). شکل (۱۱ راست) نقشه بی‌هنجاری فشار سطح دریا در سال ۱۹۹۸، حاکی از تشکیل

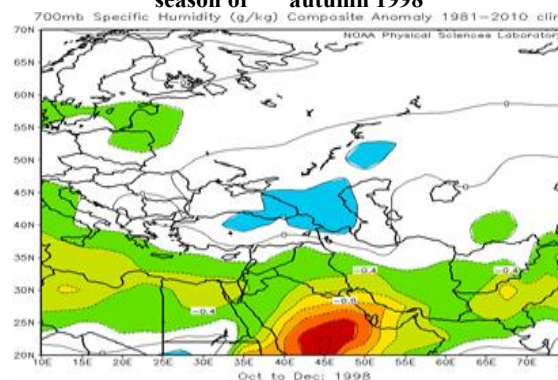


شکل ۱۰- بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل راست) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸

Figure 10- Anomalies of geopotential height 500 hpa (right figure) and geopotential height 500 hpa (left figure) in the dry season of autumn 1998



شکل ۱۱- بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل راست) و فشار متوسط سطح دریا (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸
Figure 11- Anomalies of mean sea level pressure (right figure) and mean sea level pressure (left figure) in the dry season of autumn 1998

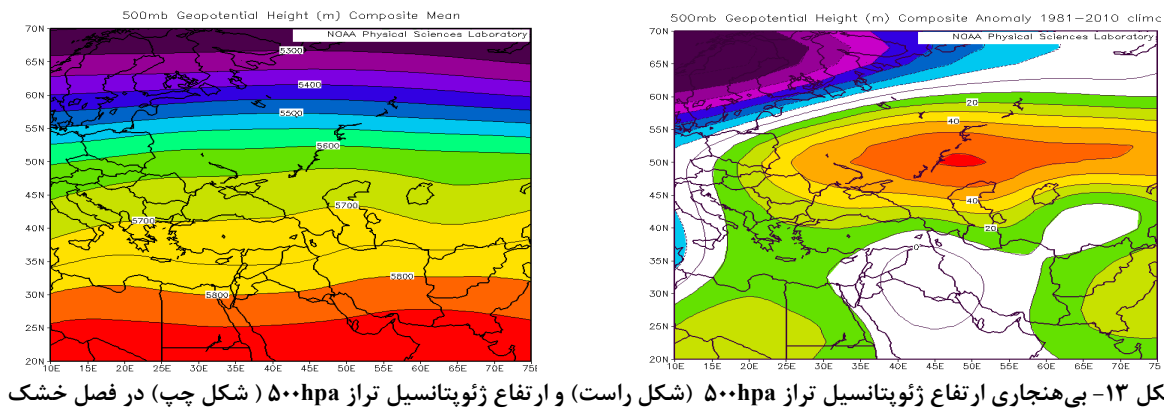


شکل ۱۲- وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ hpa فصل خشک پاییز ۱۹۹۸
Figure 12- Map of specific humidity anomaly in dry season autumn 1998

مرکزی بر روی دریای خزر (+۴) که 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) چپ). نقشه بی‌هنجاری‌های رطوبت ویژه درازمدت حاکی از بی‌هنجاری‌های منفی بر روی منابع رطوبتی چون مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ می‌باشد (شکل ۱۵).

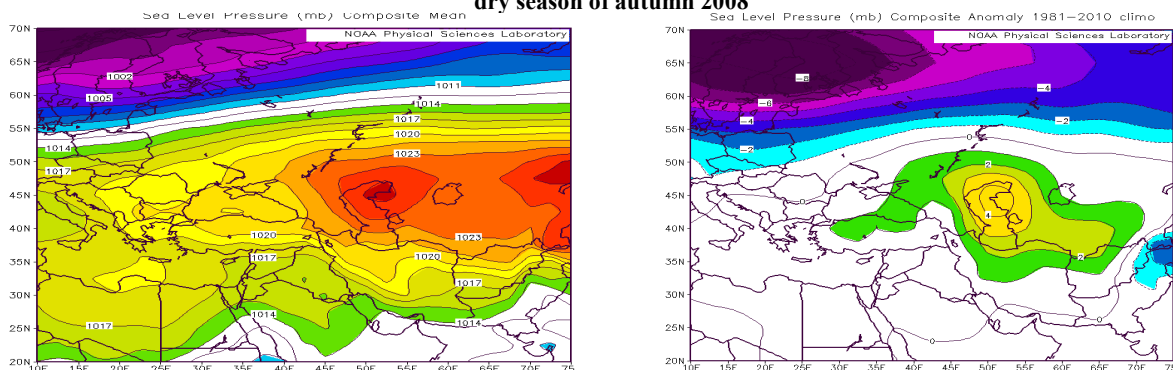
بررسی خشکسالی پاییزه سال ۲۰۰۸

نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۱۳) راست) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸ حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی شمال دریای خزر و سیاه که موجب گسترش پراارتفاع از روی عراق و سوریه تا مرکز دریای خزر می‌باشد شکل (۱۳) چپ). نقشه بی‌هنجاری فشار سطح دریا شکل (۴) راست) حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته



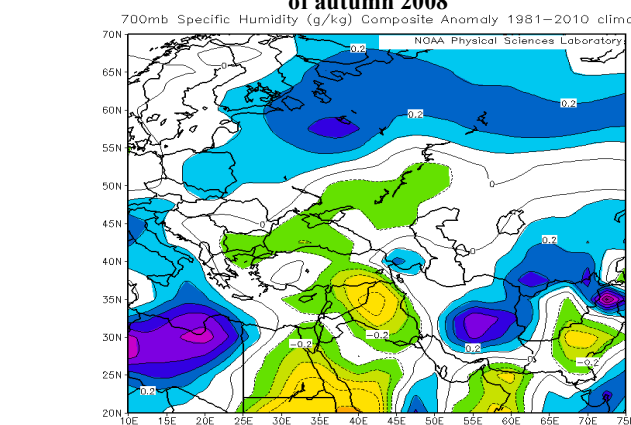
شکل ۱۳- بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل راست) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۱۹۹۸

Figure 13- Anomalies of geopotential height 500 hpa (right figure) and geopotential height 500 hpa (left figure) in the dry season of autumn 2008



شکل ۱۴- بی‌هنجاری فشار متوسط دریا (شکل راست) و فشار متوسط سطح دریا (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۲۰۰۸

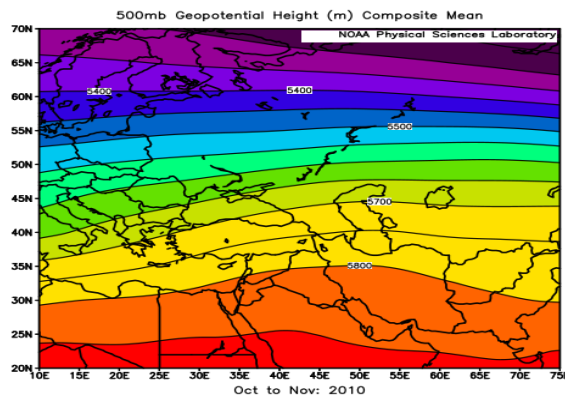
Figure 14- Anomalies of mean sea level pressure (right figure) and mean sea level pressure (left figure) in the dry season of autumn 2008



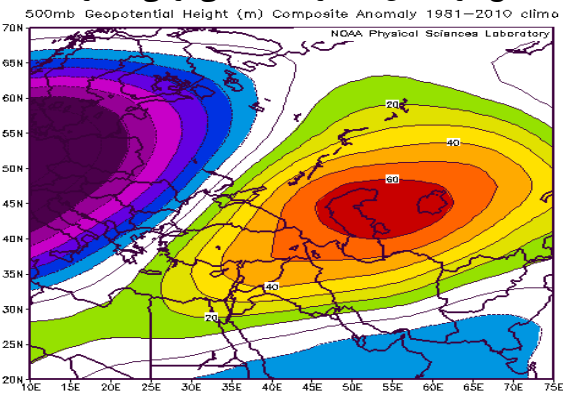
شکل ۱۵- وضعیت بی‌هنجاری رطوبت ویژه تراز ۷۰۰hpa فصل خشک پاییز ۲۰۰۸

Figure 15- Map of specific humidity anomaly in dry season autumn 2008

شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی دریای خزر، مرکز ایران و بر روی عربستان که موجب تقویت و گسترش پرفشار سیبری تا مرکز و جنوب ایران می‌باشد شکل (۱۷ چپ) که به دلیل وجود شرایط پایدار هیچ‌گونه بی‌هنجاری منفی در سطح ایران دیده نمی‌شود. نقشه بی‌هنجاری‌های رطوبت ویژه حاکی از بی‌هنجاری‌های منفی بر روی منابع رطوبتی چون مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ می‌باشد (شکل ۱۸).

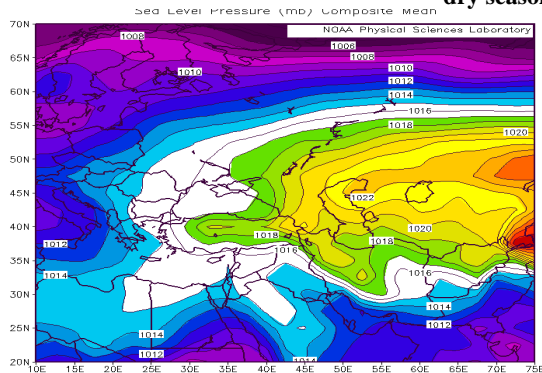


بررسی خشکسالی پاییزه سال ۲۰۱۰ در پاییز سال ۲۰۱۰، نقشه بی‌هنجاری تراز میانی جو شکل (۱۶ راست) حاکی از بی‌هنجاری‌های شدید مثبت با تشکیل هسته مرکزی بر روی دریای خزر و سیاه نسبت به میانگین بلندمدت موجب گسترش پرفشار از روی عراق و سوریه تا مرکز دریای خزر شده است شکل (۱۶ چپ). نقشه بی‌هنجاری فشار متوسط سطح دریا شکل (۱۷ راست) حاکی از بی‌هنجاری‌های

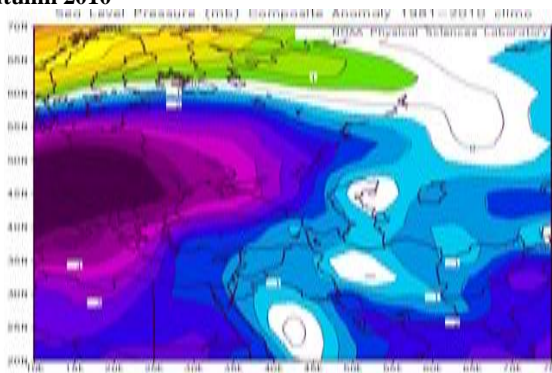


شکل ۱۶- بی‌هنجاری فشار متوسط سطح دریا (شکل راست) و فشار متوسط سطح دریا (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۲۰۱۰

Figure 16- Anomalies of geopotential height 500 hpa (right figure) and geopotential height 500 hpa (left figure) in the dry season of autumn 2010



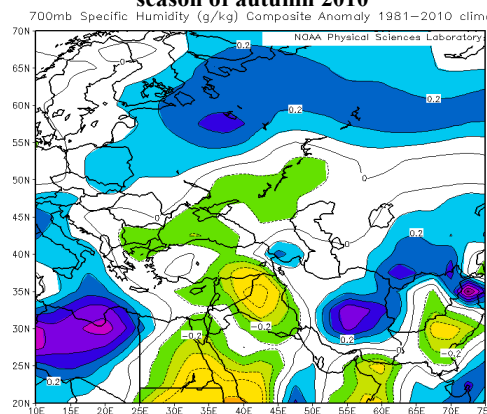
شکل چپ



شکل راست

شکل ۱۷- بی‌هنجاری فشار متوسط سطح دریا (شکل راست) و فشار متوسط سطح دریا (شکل چپ) در فصل خشک پاییز ۲۰۱۰

Figure 17- Anomalies of mean sea level pressure (right figure) and mean sea level pressure (Figure B) in the dry season of autumn 2010



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

Figure 18- Map of specific humidity anomaly in dry season autumn 2010

بلندمدت سه ماهه پاییز) با خشکسالی‌های 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 تأثیر آن در عدم وجود رطوبت مناسب در محدوده مورد مطالعه از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (شکل ۱۹ الی ۲۱).



شکل ۱۹- نمودار هوف مولر رطوبت ویژه درازمدت به گرم بر کیلوگرم تراز ۱۰۰۰ hpa و ۷۰۰ hpa

Figure 19- Diagram of Hoff Müller the first and second types of long-term specific humidity in g / kg at the level of 1000 and 700 hPa

سال ۱۹۹۰ مطابق جدول شماره ۳ مربوط به فراوانی وقوع خشکسالی SPI فصول پاییز شمال غرب ایران در دوره آماری مورد مطالعه در وضعیت خشکسالی متوسط واقع شده که کمترین کاهش رطوبت 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.

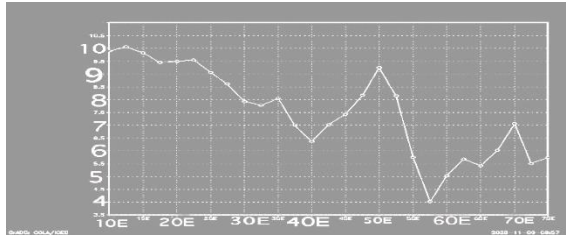
تحلیل همبستگی فصل پاییز شاخص SPI با الگوهای شاخص‌های دورپیوند

بررسی همبستگی شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های دور پیوند در این فصل نشان داد که ایستگاه‌های اردبیل، اهر، جلفا، پارس‌آباد، تبریز، خوی، سراب، میانه و زنجان با الگوی نوسان اطلس 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 معنی‌داری در سطح ۰/۹۵٪ و به بالا همبستگی معنی‌داری دارد که مقادیر آن‌ها بین ۰/۳ تا ۰/۶ با علامت مثبت متغیر است.

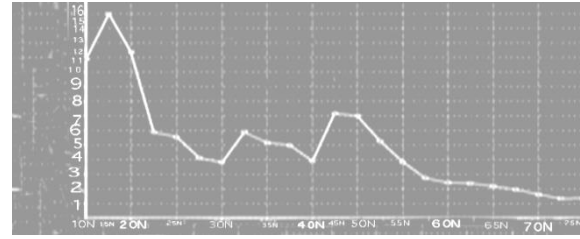
تحلیل نمودار هوف مولر رطوبت ویژه تراز سطح زمین و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

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 ۷۰-۰ درجه شرقی در بازه زمانی درازمدت (میانگین

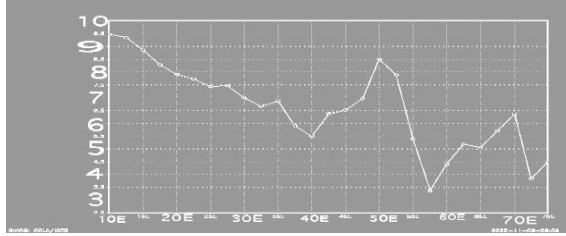
به همین خاطر به منظور تحلیل و تفسیر نوسانات رطوبتی با توجه به منابع رطوبتی، نمودارهای هوف مولر در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بیشتر مورد توجه قرار گرفت. در شکل ۲۱ بررسی نمودارهای هوف مولر نوع دوم در نمونه‌های انتخابی در بین خشکسالی‌ها نشان‌دهنده کاهش بیشترین رطوبت ویژه در عرض جغرافیایی بین ۴۰-۱۵ درجه شمالی مربوط به خشکسالی پاییز سال ۱۹۹۵ و سپس به فصل پاییز ۲۰۱۰ و ۲۰۰۸ و ۱۹۹۸ و بعد به خشکسالی 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 خشکسالی فصل پاییز سال ۱۹۹۰ و ۱/۲ گرم بر کیلوگرم مربوط به خشکسالی فصل 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 خشکسالی فصل پاییز سال ۲۰۰۸ و سپس به خشکسالی فصل 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 خشکسالی فصل پاییز سال ۱۹۹۰ و ۰/۹ گرم بر کیلوگرم مربوط به خشکسالی فصل پاییز سال ۲۰۰۸ می‌باشد. با نظر به اینکه



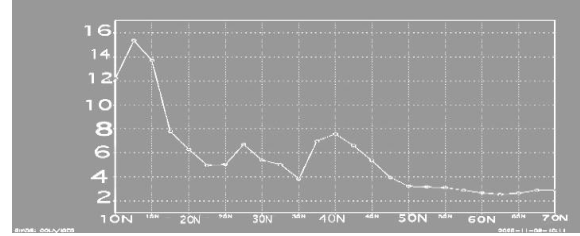
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۱۹۹۰



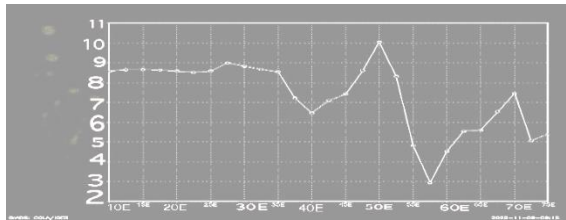
نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۱۹۹۰



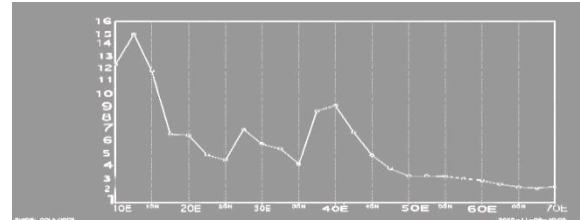
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۱۹۹۵



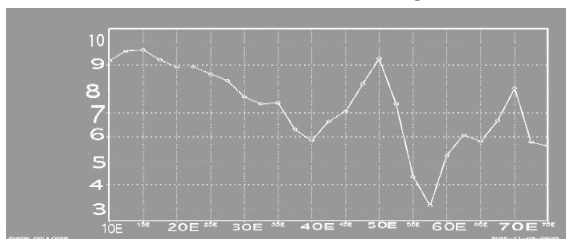
نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۱۹۹۵



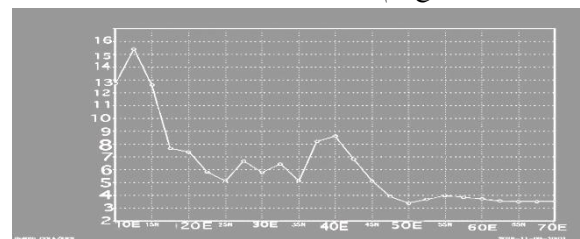
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۱۹۹۸



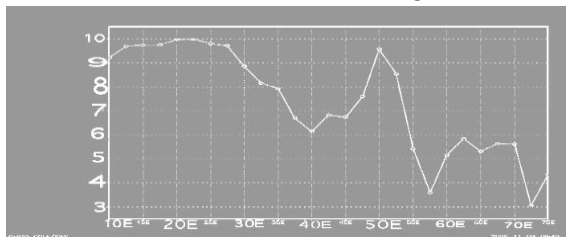
نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۱۹۹۸



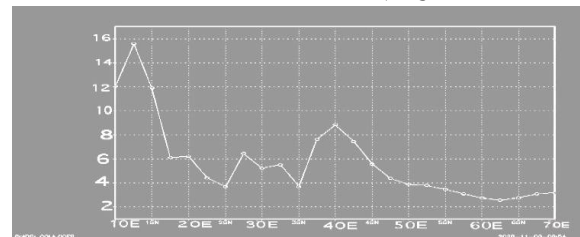
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۲۰۰۸



نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۲۰۰۸



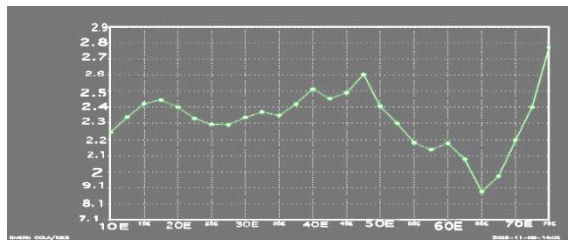
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۲۰۱۰



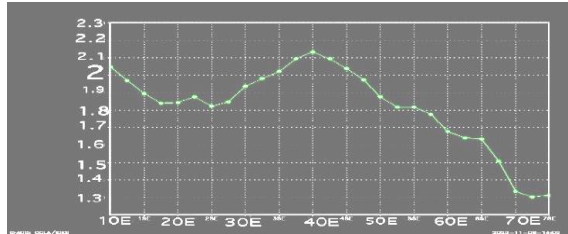
نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه تراز hp ۱۰۰۰ پاییز خشک سال ۲۰۱۰

شکل ۲۰- نمودار هوف مولر نوع اول و دوم رطوبت ویژه به گرم تراز hpa ۱۰۰۰ خشکسالی‌های پاییزه سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۰۸، ۱۹۹۸، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰

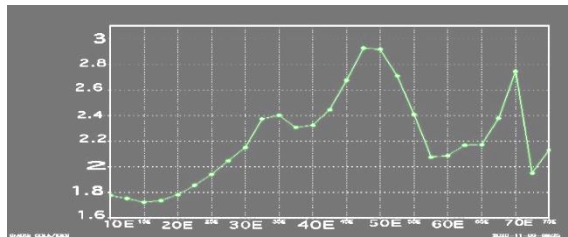
Figure 20- The first and second type of Hof-Mueller diagram in level of 1000 hpa in the drought's autumn seasons 2010,2008,1998,1995,1990



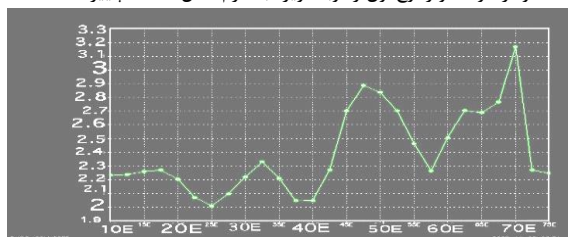
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه به گرم فصل خشک پاییز ۱۹۹۰



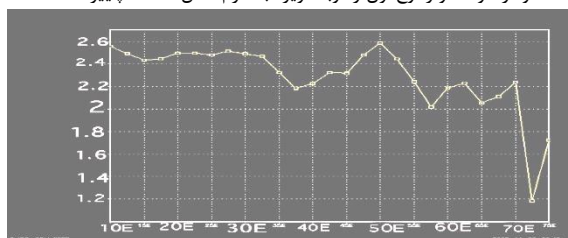
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه به گرم فصل خشک پاییز ۱۹۹۵



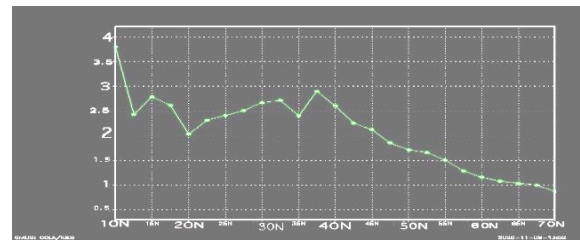
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه به گرم فصل خشک پاییز ۱۹۹۸



نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه به گرم فصل خشک پاییز ۲۰۱۰



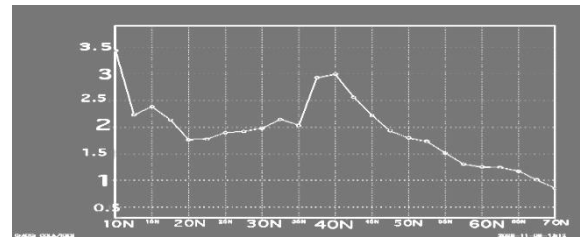
نمودار هوف مولر نوع اول رطوبت ویژه به گرم فصل خشک پاییز ۲۰۰۸



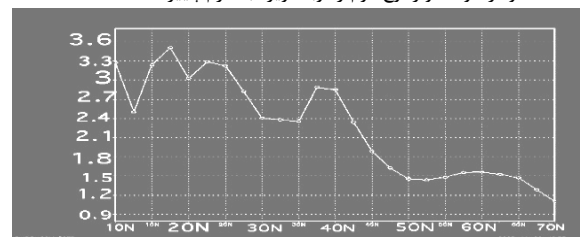
نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه به گرم پاییز خشک ۱۹۹۰



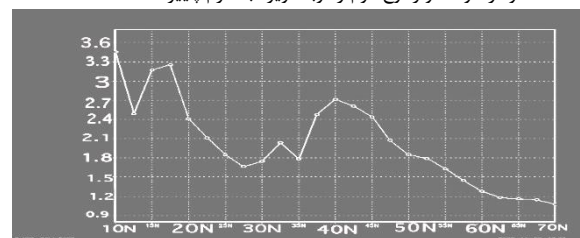
نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه به گرم پاییز خشک ۱۹۹۵



نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه به گرم پاییز خشک ۱۹۹۸



نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه به گرم پاییز خشک ۲۰۱۰



نمودار هوف مولر نوع دوم رطوبت ویژه به گرم پاییز خشک ۲۰۰۸

شکل ۲۱- نمودار هوف مولر نوع اول و دوم رطوبت ویژه به گرم تراز ۷۰۰ hpa خشکسالی‌های پاییزه سال‌های ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۱۹۹۰

Figure 21- Hoff-Mueller diagram of the first and second types of specific humidity at 700 hpa in the droughts autumn 1990 ,1995 , 1998, seasons of 2010,2008

خشک استیلای پراتفاح 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 ارائه گردیده 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 معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در پاییزهای

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

Table 6- Correlation of the SPI index of stations in the northwest of Iran in the autumn seasons with the autumn indices of the Northern Hemisphere (1987-2016)

AO	EA/WR	NAO	NAM	NOI	NTA	POL/PEP	TNA	Index/Pattern
								Station
0.453	0.236	0.624	0.425	0.071	0.642	0.211	0.443	Ardabil
0.437	0.143	0.641	0.322	0.004	0.472	0.226	0.615	Ahr
0.115	0.125	0.170	0.117	0.260	0.216	0.445	0.224	urmia
0.246	0.183	0.521	0.263	-0.271	-0.287	0.0450	0.293	Jolfa
0.334	0.026	0.437	0.214	0.040	0.233	0.154	0.266	Parsabad
0.175	0.174	0.421	0.067	0.344	0.452	0.274	0.426	Tabriz
0.037	0.441	0.183	0.125	0.481	0.314	0.453	0.314	Takab
0.214	0.23	0.325	0.214	0.316	0.235	0.442	0.215	Khalkhal
0.207	0.176	0.421	0.117	0.245	0.286	0.151	0.256	Khoy
0.018	0.122	0.374	0.086	0.332	0.213	0.175	0.153	Sarab
0.027	0.171	0.335	0.231	0.124	0.204	0.236	0.174	Mako
0.086	0.268	0.246	0.137	0.514	0.352	0.374	0.336	Maragheh
0.127	0.265	0.315	0.096	0.273	0.311	0.435	0.233	Miyaneh
0.123	0.374	0.267	0.142	0.615	0.294	0.536	0.284	Mahabad
0.152	0.243	0.341	0.071	0.513	0.210	0.433	0.135	Zanjan

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

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

Table 7- The status of the relationship between the Northern Hemisphere distance indicators and the dry autumns of the Northwest (1987-2016)

AO	EA/WR	NAO	NAM	NOI	NTA	POL/PEP	TNA	Index/Pattern
positive phase	positive phase	Negative Phase	Negative Phase	Negative Phase	positive phase	Negative Phase	positive phase	Phase type

هکتوپاسکال و در نقشه‌های بی‌هنجاری فشار سطح متوسط دریا، 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 (Zolfaghari, 2012)، (Parak Amininia et al., 2020)، (Moradi, 2020)، (Alijani, 2015) (2022) مطابقت دارد. ضمناً در خشکسالی‌های پاییزه 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 پراارتفاع در تراز میانی جو بر روی منابع تامین رطوبتی و مناطق شمال غرب 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

نتیجه‌گیری

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 (شاخص SPI) ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای دور پیوند فصول پاییز در دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۱۶) حاکی از اثرگذاری شاخص نوسان اطللس شمالی (NAO) و شاخص قطبی اروپا و آسیا (POL/PEP) با همبستگی معنی داری 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 خشکسالی‌های پاییزه بی‌هنجاری‌های مثبت حاکی از افزایش ارتفاع در نقشه‌های بی‌هنجاری تراز ۵۰۰

- Akbari, Z., Mojtabi, SM., Nasiri, F. 2014. Analysis of synoptic patterns and instability indicators of semi-heavy and heavy rainfall in Lorestan province. The first conference of geographical sciences of Iran. Tehran, Institute of Geography, May 30, 216-324. (In Farsi).
- Alijani, B. 2011. Synoptic Climatology. Tehran, Samt Pub. (In Persian).
- Alijani, B. 2010. Climate of Iran. Tehran, Samt Pub. (In Farsi).
- AliMirzaei, Z., Bidaki, Z., Honarbakhsh, A. 2017. "Spatial distribution of meteorological drought intensity in North Karun basin", Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 29, 138-149. (In Farsi).
- Amininia, K., Akbarzadeh, L., Jalali, M., Razmi, R., 2014. Analysis of rainfall fluctuations in Ahar. Journal of Geographical Space, 45 (14), 1-17. (In Farsi).
- Amininia, K., Mirzaie, M., Panahi A. 2022. Statistical-Synoptic Analysis of the Occurrence of Dry Autumns in Northwest of Iran. Geographical-space, 22(78),165-190. (In Farsi).
- Amini, M., Ghadami, M., Fathian, F., Modarres, R. 2020. Teleconnections between Oceanic-Atmospheric Indices and Drought over Iran Using Quantile Regressions. Journal of Hydrological Sciences, 13(65), 2286-2295
- Azizi, A. H. 1996. Blocking and its effect on precipitation in Iran. Ph.D thesis, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University. (In Farsi).
- Azizi, Z., Yazdani, MR., kianian, MK. 2020. Influence of teleconnection patterns on prediction of groundwater level fluctuations (Case Study, Garmsar Plain). Journal of Iran-Water Resources Research, 2 (16), 178-191. (In Farsi)
- Bayazi, M. 2015. Drought assessment of synoptic stations in the west of the country using Herbst method and adaptive neural-fuzzy model. Journal of Iranian Natural Resources Research, 1, 278-284. (In Farsi).
- Branstor, G.W., Trenberth, K.E. 1992. Issues in establishing causes of the 1988 drought over North America. Journal of Climate, 3(5), 159-172.
- Buntgen, U., Brazdil, R, Frank, D., Esper, J. 2010. Three centuries of Slovakian drought dynamics. Climate Dynamics, 315-329.
- Byun, H.R., Lee, D.K., Joung, C.H. 1992. A study on the atmospheric circulation during the dry period the changma. part. I, Existence and characteristics. Journal of Korean Meteorology, 28,72-85.
- Byun, H.R 1996. On the atmospheric associated with Korean drought. Journal of Korean Meteorology, 32-33.
- Castro. F.D., Santisteban, M., Barriendos, Mediavilla, R 2008. Reconstruction of Drought خشک شمال غرب) نشان دهنده کاهش قابل توجه رطوبت ویژه این تراز به ویژه در عرض‌های جنوبی (۱۵ تا ۳۰ درجه شمالی) 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 (Mohammadi, 2009; Lashkari and khalilian, 2012; Omidvar, 2012; Lashkari, 2013; Akbari, 2014; Mostafaei, 2015; Lashkari, 2016; Rastgu and Saadatabadi, 2018; Ahmadi and Jafari, 2019; Lashkari and Esfandiar, 2022) 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. 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 تعیین کننده‌تری نسبت به سامانه فشار سطح زمین در تزریق یا عدم تزریق رطوبت به سوی منطقه دارد. نتایج این پژوهش با تحقیق Alijani, 2011; Ghaiur, 2012; Kianian, 2018;) (Hoseinisadr, 2019) 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. با توجه به محدودیت منابع آبی به دلیل تغییر اقلیم و خشکسالی در نتیجه وقوع تغییرات بارش و اثرات اجتناب ناپذیر آن برای مصارف کشاورزی و زیست محیطی در منطقه شمالغرب ایران پیشنهاد می‌گردد که سیاست‌های سند الگوی کشت محصولات کشاورزی اجرایی گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از داوران محترم در ارائه نظرات و پیشنهادهای ارزشمندشان جهت افزایش کیفیت این پژوهشی تشکر می‌کنند.

منابع

Ahmadi, M., Jafari, F. 2018. Full routing and synoptic analysis a sample of studies of heavy rainfall systems in excess of 50 mm in southern Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 5 (3), 83-102. (In Farsi).

- International Journal of Climatology, 21, 4610-4619.
- 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", Journal of Pure Appl eophys, 175 (11), 3875-3890.
- 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. Journal of Atmos. Res, 200, 153-168.
33. Mohammadrezaei, M., Soltani, S., Modarres, R. 2020. Evaluating the Effect of Ocean-Atmospheric Indices on Drought in Iran. Journal of Theor Appl Climatol 140, 219–230.
- Masuodian, A. 2011. Climate of Iran. Tehran, Sharia Toos Pub. (In Farsi).
- Mirzaie, M. 2023. Statistical and Synoptic Analysis of Effective Pressure Systems on the Occurrence or Absence of precipitation of Northwest of Iran in Autumn Season. Ph.D Thesis Synoptic climatology. Islamic Azad University, Ahar branch, 127. (In Farsi).
- Modaresirad, A., Ghahramani, B., Khalili, D., Ghahramani, Z., Ahmadiardakani, S. 2017. Integrated meteorological and hydrological drought model, A management tool for reactive water resources planning of semi-arid regions. Journal of Advances in Water Resources, 54, 336-353.
- Ogunjo, Samuel, Ibiyinka, A., Fuwape, Christiana, F. 2019. Impact of Large-Scale Climate Oscillation on Drought in West Africa. Arxiv Preprint Arxiv, 1901.10145.
- Omidred, K., Turkish, M. 2011. Identifying patterns of heavy rainfall in Chaharmahal Bakhtiari province. Journal of Spatial Planning, 4(16), 142-176. (In Farsi).
- Parak, F., Alijani, B. 2015. Synoptic investigation of the role of the Sudanese low pressure system during wet and drought years in the southern half of Iran. Journal of Geography and Environmental Hazards, 4 (3), 75-90. (In Farsi).
- Parvizi, M. 2015. A study of Kerman droughts with four drought indices. Journal of Geographical Sciences, 29 (14), 117-131. (In Farsi).
- Prezerakos, N. G., Flocas, H. G. 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.
- Rezaee, P., Abed, H. 2010. Survey least temperature change trend in station rasht synoptic with accent on glacial period. Geography and Environmental Observations, 2, 39-48. (In Farsi).
- Sadeghi, S. 2008. Synoptic analysis of Khorasan droughts. PhD thesis, Humanities Faculty, Kharazmi University. (In Farsi).
- Episodes for Central Spain from Rogation Ceremonies Recorded at the Toledo Cathedral from 1506 to 1900 A Methodological Approach. Journal of Global and Planetary Change, 63, 230-242.
- Chu, p.s., Nash, A.J., Porter, F.U. 1993. Diagnostic studies of two contrasting episode in Hawaii, Dry 1982 and Wet 1982. Journal of climate, 1457-1462.
- Croitoru, A.E., Toma, F.M. 2011. Meteorological Drought in Central Romanian Plain (Between olt and Erges Rivers) Case Study, Year 2000. Riscurisi Catastrofe, NR. X, 9, 113-120.
- Doostan, R. 2019. Analysis of drought researches of Iran. Journal of Geography and Environmental Hazards, 6 (4), 53-94. (In Farsi).
- Eivazi, M., Mosaedi, A. 2011. Spatial monitoring and analysis of meteorological drought in Golestan province using geostatistical methods. Journal of Watershed Management, 64 (1), 65-78. (In Farsi).
- Ekhtiari Khajeh, Sh., Dinpajhoh, Y. 2015. Application of effective drought index (EDI) to study drought periods (Tabriz, Bandar Anzali and Zahedan stations). Journal of Irrigation Science and Engineering, 1, 133-145. (In Farsi).
- Farajzadeh, M., Ghasemifar, A. 2019. Principles of climate change (climate) and its consequences. Tehran, Nashr- Entekh Pub. (In Farsi).
- Farajzadeh, M., Baghbanan, P. 2018. Climate risk management. Tehran, Select Pub. (In Farsi).
- Gavidel Rahimi, Y. 2018. Synoptic Mapping and Interpretation of Climate Using GradsSoftware. Tehran, Saha Danesh Pub. (In Farsi).
- Hajzadeh, Z. 2015. Detection of synoptic conditions affecting drought and severe wetlands in the eastern half of Iran. Journal of Geography and Environmental Hazards, 27 (7), 135- 160. (In Farsi).
- Kashani, A. 2018. Blocking time series on the Iranian plateau. Tehran, Raznhan Pub. (In Farsi).
- Khoshakhlaq, F. 1997. A study of monthly patterns of drought and wetlands in Iran. Journal of Geographical Research, 45 (12), 136-154. (In Farsi).
- Khosravi, M., Movaqqari, A., Daneshvar, M. 2012. Evaluating the pni, rai, sip and spi indices in mapping drought intensity of Iran, comparing the interpolation method and digital elevation model (DEM). Journal of Geography and Environmental Stability, 5 (2), 53-70. (In Farsi).
- Lashkari, H., Esfandiari. N. 2021. Synoptic and thermodynamic patterns of atmospheric rivers associated to heavy precipitation in the cold period of Iran. Journal of Natural Environmental Hazards, 29(10), 125 – 144. (In Farsi).
- Liu, M., Xianli, X., Sun, Y., Alexander, A., Kelin, W. 2017. Decreasing spatial variability of drought in south west china during 1959-2013.

- (oryza sativa L.)–wheat (triticum aestivum L.) drought assessment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30, 1-13.
- Toloei, Y., Gandomkar, A., Bagheri Badaghabadi, M. 2021. Investigating the Relationship between Northern Hemisphere Transplant Patterns and Drought in Northwestern Iran. *Journal of Physical Geography*, 51(14), 55 – 74. (In Farsi).
- Tran, L., Knight, C. G., Wesner, V. 2002. Drought in Bulgaria and atmospheric synoptic conditions over Europe. *Geo. Journal*, 57,15-149.
- Saligheh, M. 2016. Synoptic climatology of Iran. Tehran, Samt Pub. (In Farsi).
- Stahl, K., Demuth, S. 1999. Linking streamflow drought to the occurrence of atmospheric circulation pattern. *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, 44 (3), 467-482.
- Subash, N., Mohan, H., Banukumar, K. 2011. Comparing water-vegetative indices for rice



The analysis of the effects of a teleconnection index and synoptic mechanism of atmospheric circulation on specific humidity anomalies and droughts during autumn in northwestern of Iran

M. Mirzaie,¹ K. Amininia^{*2}, A. Panahi³, A. Hammetzadeh⁴

Received: 02/05/2024

Accepted: 01/12/2024

Abstract

Atmospheric circulation patterns play a key role in the temporal and spatial distribution of precipitation and occurrence of dry -wet spells in different regions. The aim of this study is investigating the relationship between seasonal average anomalies of pressure patterns and the occurrence of autumn dry periods in northwestern provinces of Iran (West and East Azarbaijan, Ardabil and Zanjan). Dry autumns were identified during the statistical period of 1987-2016, by using the environment to circulation approach and the calculated values of Standard Precipitation Index with DIC software. Then, the autumn season map of anomalies different variables including the geopotential height of 500 hPa, mean sea level pressure (SLP), specific humidity of 700 hPa, mean sea level pressure, geopotential height of 500 hPa and the Hoff-Müller humidity diagram 700 and 1000 hPa levels were obtained and analyzed from the NCAR/NCEP reanalysis data. The results showed that in the dry autumns, there exist a strong positive anomaly accompanied by dominant high-pressures conditions, which blocked the low pressures to enter into the region. The observed positive anomalies of the 500 hPa level height comparing to the long-term average prevented the transfer of the warm and humid air masses of lower latitudes to the study region. Also, the examination of the first and second type Hoff-Muller diagrams of the level of 700 hPa and 1000 hPa between 38 N latitude and 48E longitude during the dry autumns of northwest, Iran shows a significant decrease in the specific humidity, especially in the southern sections of the region. This confirms the importance of Sudanese and combined Sudanese-Mediterranean low-pressure systems in bringing moisture into the study area. The correlation coefficients of the standardized precipitation index (SPI) of the stations under study with the patterns of the autumn seasons in the period (1987-2016) showed that in the dry spells of autumn season, the negative phase of North Atlantic Oscillation Index (NAO) has higher correlation with drought occurrence than other climatic patterns.

Keywords: Synoptic analysis, specific humidity, Anomalies, Drought, Hoff-Müller diagram, Teleconnection



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

² Department of Geography, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran (*Corresponding author Email address: v.vahidi32@yahoo.com)

³ Department of Geography, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

⁴ senior expert in natural resources and watershed management, environment, Meshkin Shahr

نحوه ارجاع مقاله:

میرزایی، م، امینی نیا، ک، پناهی، ع، همت زاده، ا. ۱۴۰۴. واکاوی اثر ساز کارهای همدیدی گردش جو و یک شاخص دور پیوندی بر بی‌هنجاری‌های

نم ویژه و خشکسالی‌های پاییزه شمال غرب ایران. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۳(۱): ۳۴-۵۳. DOI: 10.22125/agmj.2024.424085.1161

Mirzaie, M., Amininia, K., Panahi, A., Hammetzadeh, A. 2025. The analysis of the effects of a teleconnection index and synoptic mechanism of atmospheric circulation on specific humidity anomalies and droughts during autumn in northwestern of Iran. Journal of Agricultural Meteorology, 13(1): 34-53. DOI: 10.22125/agmj.2024.424085.1161