**فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۵**
**محمد دارند**، استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه کردستان **M. Darand, Ph.D**

**شماره مقاله: ۹۸۵ صص: ۸۲-۶۷**
**وصول: ۹۲/۱۲/۲۶ پذیرش: ۹۳/۷/۳**
**E-mail: darand_mohammad@yahoo.com**

# پایش خشکسالی ایران به کمک شاخص شدت خشکسالی پالمر و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی

## چکیده

برای انجام این پژوهش، از داده‌های ماهانه‌شاخص شدت خشکسالی پالمر(PDSI) مرکز ملی اقیانوس و جوی شناسی ایالات متحده امریکا(NOAA) در بازه زمانی ۱۹۵۰/۱ تا ۲۰۰۵/۱۲(۵۶ سال) استفاده شد. قدرت تفکیک زمانی این داده‌ها ماهانه و قدرت تفکیک مکانی آنها ۲/۵ در ۲/۵ درجه قوسی است. با این قدرت تفکیک مکانی ۲۶ یاخته(پیکسل) در داخل مرز سیاسی ایران قرار می‌گیرد. بنابراین، پایگاه داده با ابعاد ۶۷۲*۲۶ فراهم شد که بر روی ردیف‌ها یاخته‌ها و بر روی ستون‌ها ماه‌ها قرار گرفتند. انجام تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام وارد بر روی داده‌ها نشان داد که ایران را به لحاظ شاخص شدت خشکسالی پالمر می‌توان به چهار پهنه متفاوت تقسیم کرد. به نظر می‌رسد که مکان-گزینی پهنه‌ها به نوعی بیانگر مسیر گذر سامانه‌های باران‌زا بر روی کشور و شعاع تأثیر آنها است. شدیدترین خشکسالی ایران مربوط به سال ۲۰۰۰ در پهنه شمال غرب کشور است. همچنین، ارتباط معنی- داری بین الگوهای پیوند از دور با خشکسالی‌های ایران وجود دارد. تأثیر الگوهای پیوند از دور بر خشکسالی در پهنه‌های مختلف متفاوت است. به‌طور کلی، الگوهای پیوند از دور در فصل پاییز ارتباط بیشتری با خشکسالی‌های ایران نشان می‌دهند.

**واژه‌های کلیدی**: خشکسالی، شاخص پالمر، پهنه‌بندی، الگوهای پیوند از دور، ایران.

## مقدمه

امروزه بحران وکمبودآب در جهان نظر بسیاری از اندیشمندان را به خود جلب کرده است. خشکسالی پدیده‌ای اقلیمی است که بر اثر عدم رخداد بارش شکل می‌گیرد. برخلاف خشکی که ویژگی بارز یک منطقه است، خشکسالی ممکن است در هر نوع آب و هوایی رخ دهد. طبق بررسی‌های ویلهایت(۱۹۹۷) خسارت‌های ناشی از خشکسالی در جهان طی دوره ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۶ سه برابر شده است. در یک طبقه‌بندی کلی، خشکسالی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد( وایلهایت، ۲۰۰۰: ۹۵۱ ؛ فرهنگ واژگان هواشناسی، ۱۹۹۷: ۸۴۷) ۱- خشکسالی هواشناسی: دوره‌ای(ماه تا سال) که میزان بارش زیر نرمال است و اغلب همراه با دماهای بالای نرمال است و به رخداد گونه‌های دیگر خشکسالی-(کشاورزی وهیدرولوژیکی) منجر می‌شود. خشکسالی هواشناسی به علت ناهنجاری‌های ماندگار در الگوهای گردش جوی کلان مقیاس که اغلب با ناهنجاری‌های دمای سطح دریا در مناطق حاره‌ای یا شرایط خارج از محل رخنمود می-

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

یابند، شکل می‌گیرد؛ ۲- خشکسالی کشاورزی: دوره‌ای را که بر اثر دریافت کم بارش یا تبخیر زیاد رطوبت خاک با کمبود مواجه می‌شود و به کاهش بازدهی محصول و رشد گیاه منجر می‌شود؛ ۳- خشکسالی هیدرولوژیکی: هنگامی رخ می‌دهد که جریان رودخانه‌ها و ذخایر آب در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی به زیر میانگین تراز بلندمدت خود برسند. خشکسالی هیدرولوژیکی به آرامی شکل می‌گیرد. علاوه بر موارد بالا، گروه دیگری از خشکسالی نیز وجود دارد که خشکسالی اقتصادی- اجتماعی گفته می‌شود. از دیدگاه اجتماعی و اقتصادی خشکسالی؛ یعنی زمانی که کمبود آب برای نیازهای بشر موجب نابهنجاری‌های اجتماعی و اقتصادی شود. عرضه و تقاضای بسیاری از کالاهای اقتصادی در ارتباط با آب است. روش‌های فراوانی برای برآورد خشکسالی توسط پژوهشگران مختلف در جهان ارایه شده است که می‌توان به شاخص شدت خشکسالی پالمر(PDSI)، شاخص استاندارد بارش(SPI)، شاخص صدک(PN)، شاخص اندیس گیاهی(NDVI)، شاخص بارش مؤثر(EPI)، شاخص دهک‌ها(DI)، شاخص نمره Z(ZSI)، شاخص Z چین(CZI) و شاخص تعدیل شده Z چین(MCZI) و غیره اشاره کرد. هریک از شاخص‌ها دارای نقاط ضعف و قوت متفاوتی هستند. در بیشتر شاخص‌ها تنها پارامتر بارش برای ارزیابی خشکسالی استفاده می‌شود؛ درحالی‌که خشکسالی علاوه بر پارامتر بارش، به پارامترهای دیگری نظیر دما، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک و غیره بستگی دارد. شاخص شدت خشکسالی پالمر در مقایسه با سایر شاخص‌ها، پارامترهای بیشتری را برای برآورد خشکسالی در نظر می‌گیرد. در این شاخص علاوه بر پارامتر بارش، دما، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک و رواناب نیز به عنوان ورودی برای محاسبه خشکسالی استفاده می‌شود. مزیت دیگر آن، این است که امکان مقایسه خشکسالی را در زمان‌ها و مکان‌های مختلف را فراهم می‌سازد. براساس یافته‌های پالمر، شاخص شدت خشکسالی پالمر یکی از روش‌های موفقیت‌آمیز برای برآورد خشکالی در مناطق مختلف اقلیمی است(پالمر، ۱۹۶۵: ۵۸). آسیایی طی مقاله‌ای نشان داد که مهمترین امتیازات نمایه پالمر آن است که نسبت به شرایط اقلیم محلی استاندارد است؛ بنابراین، می‌تواند در هر بخش از کشور برای نشان دادن خشکسالی نسبی یا ترسالی استفاده شود(آسیایی۱۳۸۵ : ۱۶۷). شاخص شدت خشکسالی پالمر، یک شاخص خشکسالی هواشناسی بسیار کاربردی است که در قرن اخیر توسط پژوهشگران زیادی در مناطق مختلف جهان(دای و همکاران، ۱۹۹۸؛ دای و همکاران،۲۰۰۴، وان در شیریر و همکاران، ۲۰۰۷؛۲۰۰۶a؛۲۰۰۶ b؛ بیورک و همکاران، ۲۰۰۶؛ بیورک و براون، ۲۰۰۸)برای برآورد خشکسالی استفاده شده است. پژوهش‌هایی را که بر روی خشکسالی در ایران انجام شده است، بیشتر بر پایه شاخص استاندارد بارش(SPI) است. برای نمونه می‌توان به پژوهش-های(رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰: ۲۴۷؛ خزانه‌داری و همکاران،۱۳۸۸: ۸۳؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۱؛ منتظری و غیور، ۱۳۸۸: ۷۱؛ شکیبا و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۵، مساعدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۷۶؛ حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۰۳؛ بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۱ ؛ خسروی و اکبری، ۱۳۸۸: ۵۱) اشاره کرد. پژوهش‌های دیگری نیز بر پایه شاخص‌های دیگر، از جمله: شاخص دهک‌ها، صدک‌ها و درصد بارش و ... انجام شده است؛ اما از شاخص شدت خشکسالی پالمر در پایش خشکسالی بسیار اندک استفاده شده است. به نظر می‌رسد که علت اصلی آن محاسبات بسیار مشکل و پیچیده این شاخص است؛ چراکه پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه شاخص شامل: دما، بارش، رواناب، تبخیر و تعرق و رطوبت خاک است. شاخص‌های دیگر به علت سادگی محاسبات و کم بودن پارامترهای ورودی که بیشتر بارش است، بیشتر مورد توجه پژوهشگران بوده است. همان‌طور که در تعریف خشکسالی هواشناسی گفته شد، ممکن است خشکسالی بر

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

اثر ناهنجاری‌های دمای سطح آبها در مناطق حاره‌ای یا شرایط خارج از منطقه روی دهد. براین اساس، یکی دیگر از اهداف این پژوهش ارتباط بین الگوهای پیوند از دور با خشکسالی‌های ایران زمین است. پژوهش‌های زیادی بر روی تأثیر الگوهای کلان مقیاس جوی بر روی خشکسالی‌ها در مقیاس محلی، ملی و منطقه‌ای انجام شده است. برای نمونه، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: دای و همکاران ارتباط بین خشکسالی‌ها و شاخص نوسان جنوبی ال نینیو(ENSO) در مقیاس جهانی را مطالعه کرد(دای و همکاران، ۱۹۹۸: ۳۳۶۷). راجاگوپالان و همکاران نشان دادند که شاخص انسو نقش بسیار زیادی بر خشکسالی‌های تابستانی قرن بیستم ایالات متحده دارد( راجاگوپالان، ۲۰۰۴: ۴۲۴۴). عزیزی ارتباط بین دوره‌های خشکسالی- ترسالی را با ال نینیو در ایران بررسی کرد. نتایج وی بیانگر ارتباط نسبتاً قوی بین بارش سالانه ایران و ال نینیو است. این ارتباط با ضریب همبستگی ۰/۳۷- و در سطح ۹۵ درصد معنادار است(عزیزی، ۱۳۷۹: ۳۸). خورشیددوست و همکاران ارتباط الگوهای کلان مقیاس جوی- اقیانوسی را با ناهنجاری‌های بارش اهر مطالعه کردند. نتایج نشان داد که دو الگوی شاخص انسو و نوسان اطلس شمالی ارتباط معنی‌داری با بارش اهر دارند(خورشیددوست و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۵). لیون و بارنستون(۲۰۰۵) تأثیر انسو را بر بارش‌های فرین و خشکسالی‌های مناطق حاره‌ای بررسی کردند. نتایج آنها بیانگر ارتباط بسیار زیاد بارش و خشکسالی با پدیده انسو است. فاز گرم انسو(ال نینینو) به کاهش بارش، خشکسالی و گسترش آن منجر می‌شود. برای فاز سرد آن(لانینا) قضیه برعکس است. ناظم السادات و همکاران اثر همزمان انسو و دمای سطح آب خلیج فارس را بر رخداد خشکسالی و ترسالی نواحی غربی و شمال غربی ایران بررسی کردند. در فاز گرم (E1 Ninio)، در صورتی‌که PGSST کمتر (یا بیشتر) از نرمال باشد، احتمال خشکسالی (یا ترسالی) در مناطق مورد مطالعه بین ۵۰٪ تا ۷۱٪ (کمتر از ۳۳٪) متغیر است. در دوران La Nina وقتی که دمای سطح آب خلیج فارس سردتر از معمول باشد، احتمال ترسالی زیاد بوده، توسعه کشت گندم دیم توصیه می‌گردد. از طرف دیگر، در دوران گرم PGSST، احتمال خشکسالی زیاد و بنابراین، کشت دیم با ریسک زیادی روبه‌روست(ناظم السادات و همکاران، ۱۳۸۷: ۱). طاوسی و همکاران(۱۳۸۹) به مقایسه گسترش مکانی اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در ایران طی دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵ پرداختند. برای انجام این پژوهش از دو پارامتر میانگین دمای سالانه و جمع بارش سالانه ۴۵ ایستگاه هواشناسی همدید طی دوره ۳۰ ساله(۱۹۷۶-۲۰۰۵) استفاده شد. از شاخص زیست اقلیم یونیپ بهره گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که بیشترین گسترش مکانی اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران در دهه سوم روی داده است. شدیدترین تغییرات ابتدا در غرب و شمال‌غرب و سپس در جنوب‌شرق ایران مشاهده شد. هدف این پژوهش، پایش خشکالی ایران طی دهه‌های اخیر به کمک شاخص شدت خشکسالی پالمر و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی است.

## داده‌ها و روش پژوهش

فراهم سازی اطلاعات بهنگام، درباره زمان آغاز خشکسالی، شدت، وسعت، مدت و تأثیر آن می‌تواند میزان خسارات این پدیده زیان‌بخش را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهد؛ اما تراکم اندک پیمونگاه‌های هواشناسی در بسیاری از مناطق، پایش منطقه‌ای خشکسالی را به صورت پیوسته دشوار می‌سازد(ثنایی نژاد و همکاران، ۱۳۸۶: ۸۹). برای ارزیابی دوره‌های تر و خشک و پایش و پیش‌آگاهی خشکسالی در یک منطقه، وجود داده‌هایی که دارای ویژگی‌های زیر باشند، اساسی و ضروری است(رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰: ۲۲۵): ۱- به سادگی قابل دستیابی باشند؛ ۲- به طور همگن و

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

یکنواخت منطقه را پوشش دهند؛ ۳- به اندازه کافی بلندمدت باشند تا نتایج آن از نظر آماری قابل اعتماد باشد و ۴- برای تعیین و شناسایی رویدادهای خشک و تر به اندازه کافی بهینه باشند، ضروری است. داده‌های پیمونگاه‌های همدیدی، اقلیمی و باران‌سنجی کشور اغلب ویژگی‌های یاد شده بالا را ندارند. براین اساس، پژوهشگران علوم جوی به جای استفاده از داده‌های خام زمینی، به استفاده از داده‌های بازتحلیل شده روی آورده‌اند که کیفیت آنها با روش‌های گوناگون مانند هماهنگی با نتایج مدل‌های پیچیده جوی کنترل شده‌اند. در این پژوهش از داده‌های شاخص محاسبه شده شدت خشکسالی پالمر مرکز ملی اقیانوس و جوشناسی ایالات متحده امریکا استفاده شده است. این داده‌ها با تفکیک زمانی ماهانه از برج ژانویه سال ۱۸۷۰ تا برج دسامبر ۲۰۰۵ در تارنمای مرکز موجود است. تفکیک مکانی داده‌ها ۲/۵ در ۲/۵ درجه است که برای کرنل ۶۰ جنوبی تا ۷۵ درجه شمالی عرض جغرافیایی و از ۱/۲۵ درجه شرقی تا ۳۵۸/۷۵ درجه شرقی طول جغرافیایی داده‌ها به‌صورت رایگان در اختیار عموم قرار گرفته است. با این درجه تفکیک ۲۶ یاخته در داخل مرزهای سیاسی قرار خواهد گرفت(شکل ۱). برای هر کدام از یاخته‌ها از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۵ داده‌های ماهانه مربوط به شاخص استخراج شد و یک آرایه با ابعاد ۶۷۲*۲۶ به‌دست آمد که بر روی ردیف‌ها یاخته و بر روی ستون‌ها ماه‌های مختلف سال قرار داشتند. هدف پالمر ارائه شاخصی بود که بتواند خشکسالی را در زمان‌ها و مکان‌های مختلف با هم مقایسه و برآورد کند. این شاخص به جای آنکه صرفاً بر بارش تأکید داشته باشد، بر مدل توازن و تعادل آب اولیه استوار است. اساس و پایه روش تفاوت بین مقدار بارش مورد نیاز برای نگهداشت تراز نرمال آب و میزان بارش واقعی است. روش محاسبه شاخص شدت خشکسالی پالمر به این صورت است که برای هر ماه از سال جداگانه مقادیر چهار مؤلفه مرتبط با رطوبت خاک همراه با مقادیر بالقوه آن نیاز است. هشت مؤلفه شامل تبخیر و تعرق( ET)، تبخیر و تعرق بالقوه(PE)، نگهداشت رطوبت(R)، نگهداشت رطوبت بالقوه(PR)، رواناب(RO)، رواناب بالقوه(PRO)، اتلاف رطوبت( L) و اتلاف رطوبت بالقوه(PL) است. مقادیر این مؤلفه‌ها ارتباط بسیار زیادی با ظرفیت آب در دسترس دارند. در این روش مقدار تبخیر و تعرق بالقوه به کمک روش تورنت وایت برآورد می‌شود.

(۱)
$$PE_x = 16\left(\frac{10t}{I}\right)^A$$

که $t$ میانگین دمای ماه مورد نظر بر حسب درجه سانتی‌گراد و $I$ شاخص حرارتی سالانه است و از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

(۲)
$$I = \left(\frac{t_n}{5}\right)^{1.514}$$

که $t_n$ میانگین ماهانه دما برحسب درجه سانتی‌گراد است. مقدار $A$ ضریبی است که به شاخص دمای سالانه بستگی دارد و از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

(۳)
$$a = (675 * 10^{-9})I^3 - (771 * 10^{-7})I^2 + (179 * 10^{-4})I + 0.492$$

مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل(PE) برآورد شده به کمک رابطه زیر اصلاح می‌شود.

(۴)
$$PE = PE(\frac{DN}{360})$$

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

که $D$ میانگین ساعات آفتابی و $N$ تعداد روزها در ماه مورد نظر است. مقادیر بالقوه مؤلفه‌ها برحسب اقلیم هر منطقه به کمک ضرایب $\alpha$، $\beta$، $\gamma$ و $\delta$ به‌دست می‌آیند. فاکتورهای وزن‌دهی ضرایب بیلان آب نامیده می‌شوند و به کمک روابط زیر به‌دست می‌آیند.

| | |
|---|---|
| $\alpha_i = \frac{\overline{ET_1}}{\overline{PE_1}}$ | $\beta i = \frac{\overline{R_1}}{\overline{PR_1}}$ (۵ |
| $\gamma i = \frac{\overline{RO_1}}{\overline{PRO_1}}$ | $\delta_i = \frac{\overline{L_1}}{\overline{PL_1}}$ (۶ |

که $i$ ماه‌های سال است و علامت بار بر روی اصطلاحات بیانگر میانگین است. این ضرایب برای برآورد میزان تفاوت بین بارش واقعی($P$) هر ماه و بارش فرضی($\acute{P}$) است.

| | |
|---|---|
| $D = P - \acute{P}$ | $\acute{P}=\alpha PE + \beta PR + \delta PRO - \delta PL$ |

بارش فرضی($\acute{P}$) مقداری از بارش است که بر اثر بیلان ساده آب به‌دست می‌آید. مقدار آن تابع تبخیر و تعرق، رواناب( و تغذیه آب در سطح زمین) و هر نوع تغییر در نگهداشت رطوبتی خاک است. شاخص ناهنجاری رطوبت($Z$) به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

| | |
|---|---|
| $Z = K_i d$ | $K_i = \frac{17.67K'_i}{\sum_{i=1}^{12} \overline{D_i} * K'_i}$ (۸ |

که $\overline{D_i}$ میانگین مقادیر مطلق $D$ برای ماه $i$ام است و $K_i$ از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

| | |
|---|---|
| $K_i = 1.5\log_{10}\left(\frac{\frac{\overline{PE_1} + \overline{R_1} + \overline{RO_1}}{\overline{P_1} + \overline{L_1}} + 2.8}{\overline{D_1}}\right) + 0.5$ | (۹ |

شاخص ناهنجاری رطوبت($Z$) مرطوب یا خشک بودن یک ماه خاص را ارزیابی می‌کند و شاخص شدت خشکسالی پالمر برای هر ماه به کمک معادله‌ی زیر به‌دست می‌آید.

| | |
|---|---|
| $X_i = 0.897X_{i-1} + (\frac{1}{3})Z_i$ | (۱۰ |

برای مثال، برای محاسبه خشکسالی یک ماه خاص( $X_i$)، ۰/۸۹۷برابر شاخص شدت خشکسالی ماه قبل($X_{i-1}$) به$\frac{1}{3}$ ناهنجاری رطوبت ماه مورد نظر اضافه می‌شود. پالمر مقدار۰/۸۹۷ و$\frac{1}{3}$ را فاکتورهای دوام نامید که به‌طور تجربی به آنها رسیده بود. وی خشکسالی را به ۱۱ گروه طبقه‌بندی کرد(جدول ۱).

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

جدول۱) طبقات شاخص شدت خشکسالی پالمر(پالمر، ۱۹۶۵)

| گروه | نشانه | مقادیر شاخص |
|---|---|---|
| ۱ | ترسالی بسیار شدید | ۴ و بالاتر |
| ۲ | ترسالی شدید | ۳ تا ۳/۹۹ |
| ۳ | ترسالی متوسط | ۲ تا ۲/۹۹ |
| ۴ | تقریباً مرطوب | ۱ تا ۱/۹۹ |
| ۵ | تا حدی مرطوب | ۰/۵تا ۰/۹۹ |
| ۶ | نرمال | ۰/۴۹- تا ۰/۴۹ |
| ۷ | تا حدی خشک | ۰/۹۹- تا ۰/۵- |
| ۸ | خشکسالی خفیف | ۱/۹۹- تا ۱- |
| ۹ | خشکسالی متوسط | ۲/۹۹- تا ۲- |
| ۱۰ | خشکسالی شدید | ۳/۹۹- تا ۳- |
| ۱۱ | خشکسالی بسیار شدید | ۴- و کمتر |

هدف از پهنه‌بندی این است که مناطق و مکان‌هایی را که به لحاظ صفت مورد نظر یکسان هستند، شناسایی کنیم. تحلیل خوشه‌ای، روشی آماری است که مجموعه‌ای از افراد را بر حسب اندازه همانندی میان آنها دسته‌بندی می‌کند. در این پژوهش، به منظور پهنه‌بندی خشکسالی ایران، بر روی آرایه به‌دست آمده ۶۷۲*۲۶ (آرایش T یا آرایش مکان-زمان) تحلیل خوشه‌ای با روش ادغام وارد انجام شد. در یک تحلیل خوشه‌ای دوگام اساسی وجود دارد:گام اول محاسبه درجه همانندی افراد با یکدیگر است وگام دوم چگونگی ادغام افراد برحسب درجه همانندی آنها با یکدیگر. برای محاسبه درجه همانندی روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. در مطالعات اقلیمی غالباً برای محاسبه درجه ناهمانندی (همانندی) از فاصلهٔ اقلیدسی استفاده می‌شود(مسعودیان، ۱۳۸۶؛ مسعودیان،۱۳۸۴: ۴۷). دو نقطه را در صورتی متعلق به یک ناحیه می‌دانیم که شاخص شدت خشکسالی پالمر در ۶۷۲ ماه مورد بررسی به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک باشند. براین اساس، نخست با اندازه‌گیری فاصله اقلیدسی شاخص شدت خشکسالی پالمر همه نقاط مکانی ماتریس به‌دست آمده(۲۶) به ازای همه زمان‌ها(۶۷۲ ماه) درجه ناهمانندی مکان‌ها با یکدیگر را می‌سنجیم. بنابراین، برای $n$ مشاهده $\frac{n(n-1)}{2}$ فاصله قابل محاسبه است.

$$D_{ij} = \left[\sum_{n=1}^{672}\left(PI_{id} - PI_{jd}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (۱۱$$

$D_{ij}$ فاصله اقلیدسی نقطه iاُم به مختصات( $\varphi_i, \lambda_i$ )و نقطه jاُم به مختصات( $\varphi_j, \lambda_j$ )

$PI_{id}$ شاخص شدت خشکسالی پالمر نقطه iاُم در روز dاُم

$PI_{jd}$ شاخص شدت خشکسالی پالمر نقطه jاُم در روز dاُم

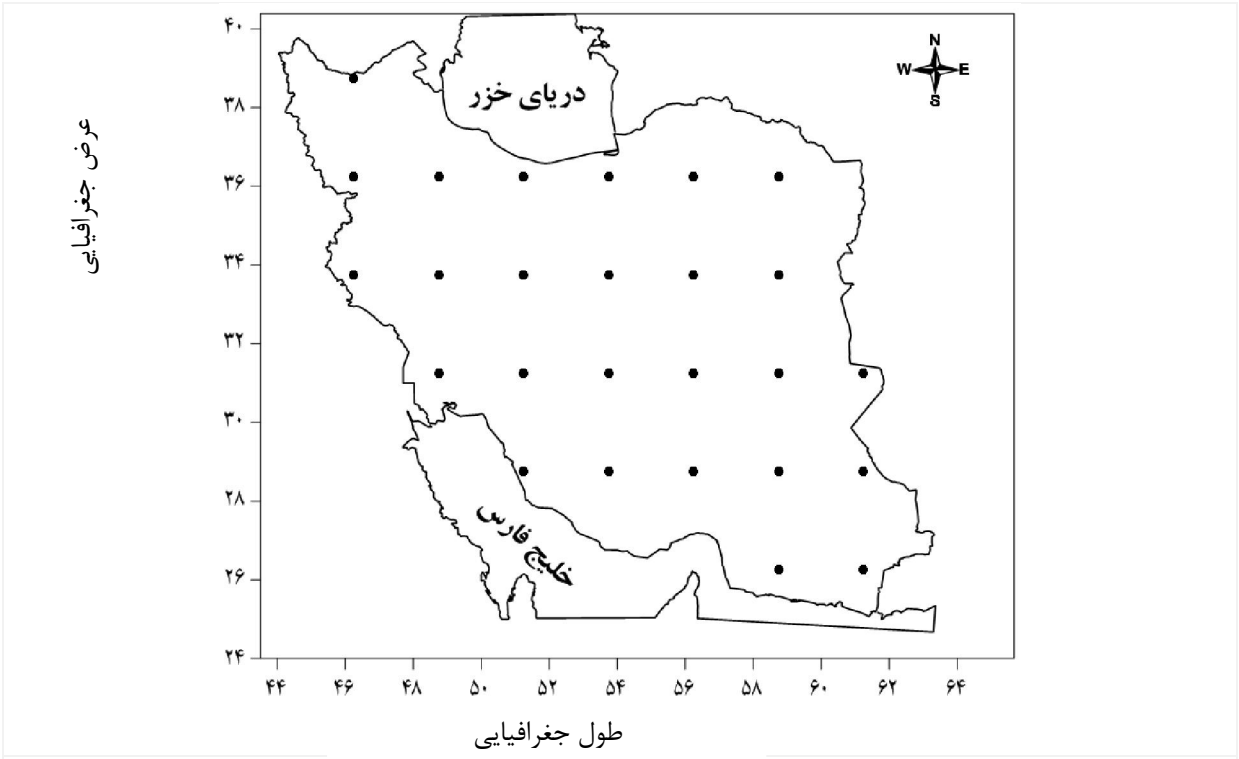
پس از اندازه‌گیری فواصل اقلیدسی، تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام وارد بر روی ماتریس D انجام گرفت. انتخاب روش وارد برای ادغام به این علت است که تضمین کننده‌کمترین پراش درون گروهی است و به همین علت، همگنی درون گروهی افزایش می‌یابد. به این ترتیب، گروه‌هایی حاصل می‌شود که از یکدستی درونی بالاتری

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

برخوردارند(مسعودیان و همکاران،۱۳۸۵: ۱). به بیانی دیگر، در روش واردگروه‌های $i$ و $j$ در صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هریک از آنها با دیگر گروه‌ها کمینه باشد؛ یعنی:

$$D(i,j) = \frac{n_i n_j D_{ij}}{(n_i + n_j)} \quad (۱۲$$

دراینجا $D_{ij}$ فاصله بین گروه i و گروه j است(مسعودیان، ۱۳۸۶: ۷۹).



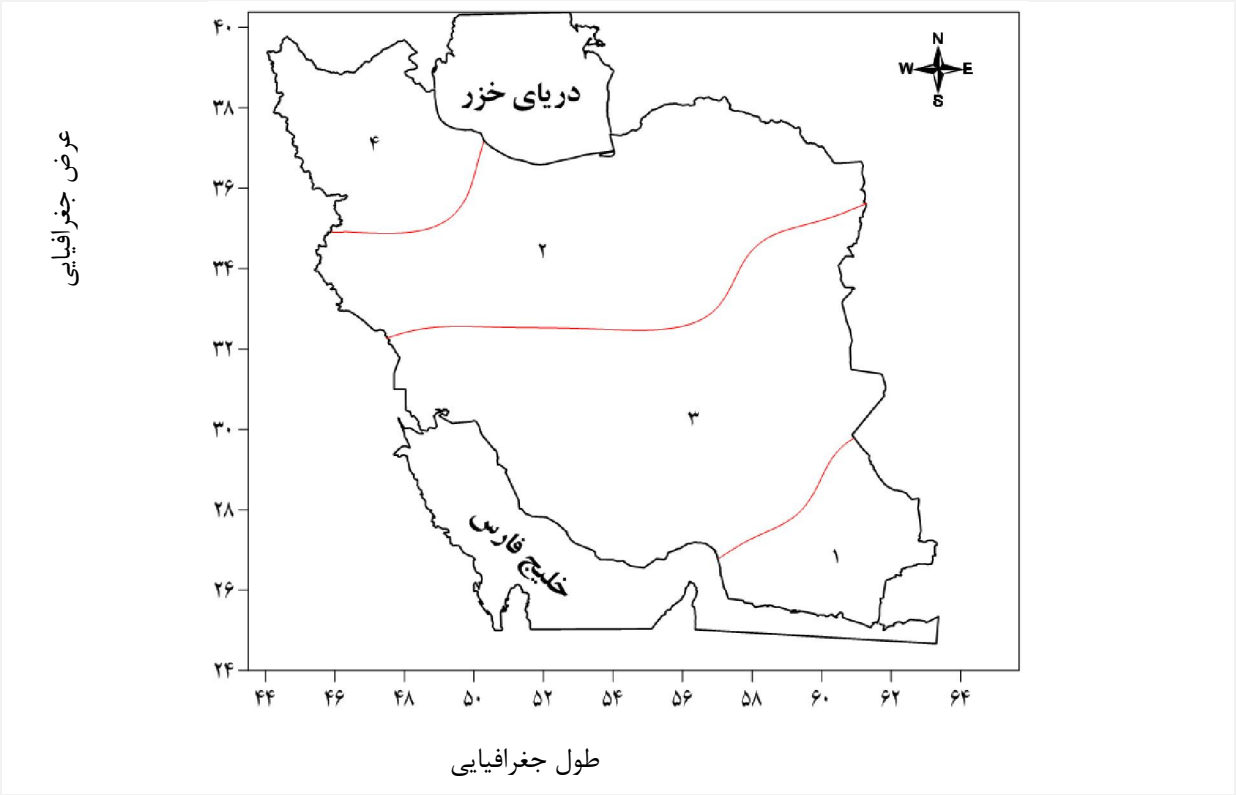

شکل۱) موقعیت یاخته‌ها بر روی ایران(اندازه یاخته‌ها ۲/۵*۲/۵ درجه است

## یافته‌های پژوهش

در این پژوهش پس از استخراج داده‌های شاخص شدت خشکسالی پالمر برای ۲۶ یاخته ایران یک ماتریس با ابعاد ۶۷۲×۲۶ ایجاد شد. انجام تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام وارد نشان داد که ایران را به لحاظ شاخص شدت خشکسالی پالمر به چهار ناحیه و پهنه مجزا تقسیم کرد. به نظر می‌رسد که لانه‌گزینی نواحی خشکسالی براساس این شاخص به نوعی تداعی کننده مسیر عبور و گذر سامانه‌های بارش‌زا برای ایران است. در صورتی که سامانه‌های بارش‌زا به هر دلیلی در طول سال نتوانند وارد منطقه شوند و یا در صورت ورود نتوانند به بارش منجر شوند، خشکسالی و کمبود بارش در پهنه‌های مختلف ایران رخ می‌دهد. با این که مناطقی که در این پهنه‌ها قرار گرفته‌اند، به لحاظ مقدار بارش دریافتی یکسان نیستند، ولی عدم ورود سامانه‌ها به منزله عدم رخداد بارش و خشکسالی در کل پهنه خواهد شد. به بیانی دیگر، نه

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

تنها خشکسالی در مناطق پربارش پهنه اتفاق خواهد افتاد، بلکه عدم دریافت بارش برای مناطق کم‌بارش نیز خشکسالی را به‌وجود می‌آورد.




شکل ۲) پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص شدت خشکسالی پالمر طی بازه زمانی ۱۹۵۰/۱ تا ۲۰۰۵/۱۲

پهنه (جنوب شرقی) ۱- به لحاظ موقعیت مکانی این پهنه در جنوب شرق کشور قرار دارد. طبق تقسیم‌بندی نواحی بارشی ایران، این ناحیه یک ناحیه بسیار کم‌بارشی است که بیشتر بارش دریافتی آن در برج بهمن است(مسعودیان ۱۳۸۸). در فصل تابستان نیز به دلیل رخداد پدیده مونسون بارش دریافتی نسبتاً زیاد است. دوره‌های خشکسالی و ترسالی به صورت دوره‌ای در این پهنه رخ می‌دهد. طی سال‌های ۱۹۵۵ تا ۱۹۵۸ یک دوره ترسالی به‌صورت متوالی در این پهنه رخ داده است؛ درحالی‌که طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ یک دوره خشکسالی پنج ساله در این ناحیه رخ داده است. شدت ترسالی در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ به اوج خود رسیده است؛ به‌طوری که میزان شدت شاخص به بالای ۱۰ رسیده است. ارتباط خشکسالی در این ناحیه با الگوهای پیوند از دور نشان داد که دو الگوی انسو(MEI) و الگوی استخر گرم نیمکره غربی(WHWP) در مقایسه با سایر الگوها بیشترین تأثیر را بر روی رخداد خشکسالی‌های این ناحیه دارند. فاز مثبت این دو الگو همزمان با ترسالی و فاز منفی آن با خشکسالی در این ناحیه همراه است. تأثیر این الگوها تنها در ماه‌های سرد سال دیده می‌شود. برخی دیگر از الگوها نیز رابطه معناداری با خشکسالی‌های این ناحیه نشان می‌دهند. برای نمونه، می‌توان به الگوی شاخص نوسان شمالی(NOI)، الگوی حاره‌ای اطلس شمالی(TNA) و الگوی آرام غربی(WP) اشاره کرد. ارتباط این شاخص‌ها با خشکسالی ناحیه جنوب شرقی کشور منفی است. در برج‌های گرم سال نیز ارتباط الگوی آرام

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

شمالی(NP)، الگوی آرام/امریکای شمالی(PNA) و الگوی اطلس شرقی(EA) با خشکسالی‌های این ناحیه ارتباط منفی نشان می‌دهد.

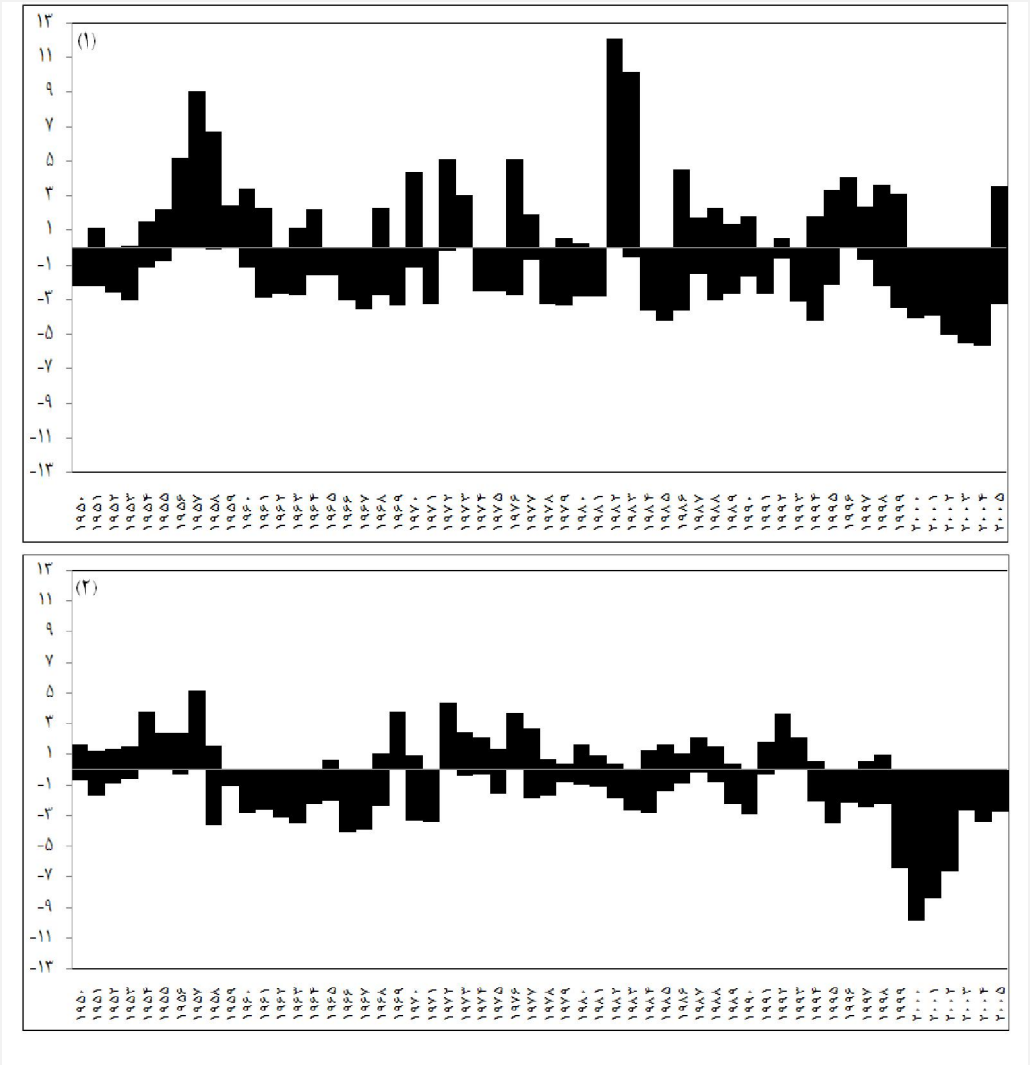
پهنه (نیمه شمالی) ۲- به لحاظ مکانی این ناحیه در نیمه شمالی ایران قرار دارد. روند خشکسالی در این ناحیه نیز طی دوره مورد مطالعه همراه با نوسان است. در مقایسه با ناحیه یک نوسان‌های کمتری در این ناحیه دیده می‌شود. شدیدترین ترسالی در این ناحیه در سال ۱۹۵۷ و شدیدترین خشکسالی در سال ۲۰۰۰ رخ داده است. از نیمه دوم سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ خشکسالی به‌صورت پیاپی با اندکی تغییر در سال ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در این ناحیه دیده شده است. در مرتبه اول بیشتر بارش دریافتی این ناحیه در فصل زمستان است؛ زیرا مهیایی بارش در این فصل سال نسبت به دیگر فصل‌های سال بیشتر است. بارش فصل پاییز نیز در این ناحیه درخورتوجه است. سامانه‌های بارش‌زای این ناحیه یا به‌صورت ادغامی سودان و مدیترانه است یا به‌صورت انفرادی هر کدام از سامانه‌ها منجر به بارش می‌شوند. سالی را که سامانه‌های بارش‌زا از این ناحیه عبور نکنند یا به هر دلیلی به رخداد بارش در این ناحیه منجر نشوند، کمبود بارش به رخداد خشکسالی منجر خواهد شد. میزان بارش دریافتی در بخش‌غربی ناحیه به علت وجود ناهمواری زاگرس و بادگیر بودن، بیشتر از بخش شرقی است. ارتباط خشکسالی‌های این ناحیه با الگوهای پیوند از دور در جدول (۳) نشان داده شده است. الگوی استخر گرم نیمکره غربی(WHWP) ارتباط معنی‌داری را با خشکسالی در این ناحیه نشان نمی‌دهد. الگوی انسو(MEI)، نوسان‌های دهه‌ای اقیانوس آرام(PDO)، الگوی آرام شرقی(EPP) و اسکاندیناوی(SCA) ارتباط مثبتی با خشکسالی-های نشان می‌دهند؛ درحالی‌که برخی دیگر از الگوها نظیر شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی(TNA)، الگوی اطلس شرقی(EA) ارتباط منفی با خشکسالی این ناحیه نشان می‌دهند. نکته قابل توجه این است که در فصل پاییز ارتباط الگوهای پیوند از دور با خشکسالی و ترسالی این ناحیه به نسبت دیگر فصل‌های سال بیشتر است.

پهنه (نیمه جنوبی) ۳- این ناحیه در جنوب پهنه دو و در نیمه جنوبی ایران قرار دارد. نوسان‌های خشکسالی در این ناحیه در برخی سال‌ها همانند ناحیه شمارهٔ دو است. شدیدترین ترسالی در این ناحیه در سال ۱۹۵۷ و شدیدترین خشکسالی در سال ۲۰۰۰ مشاهده شده است. بارش‌های دریافتی این ناحیه نیز بر اثر سامانه‌های مدیترانه‌ای و سودانی است. درصورتی که سامانه مدیترانه‌ای بسیار قوی باشد، می‌تواند به سمت عرض‌های جنوبی پیشروی کند و با سامانه بارشی سودان ترکیب و ادغام شده و به بارش در این ناحیه منجر شوند. در این ناحیه بر روی بلندی‌های محور زاگرس در بخش غربی میزان بارش بیشتر از بخش‌های شرقی است. همان‌طور که در جدول (۴) نشان داده شده است، الگوی حاره‌ای اطلس جنوبی( TSA) و الگوی اطلس شرقی(EA) در بیشتر ماه‌های سال ارتباط منفی و معنی‌داری را با خشکسالی‌های این ناحیه دارد. الگوی حاره‌ای اطلس شمالی(TNA) و الگوی استخر گرم نیمکره غربی(WHWP) نیز در برخی ماه‌ها ارتباط معنی‌داری را با خشکسالی و ترسالی‌های این ناحیه نشان می‌دهد.

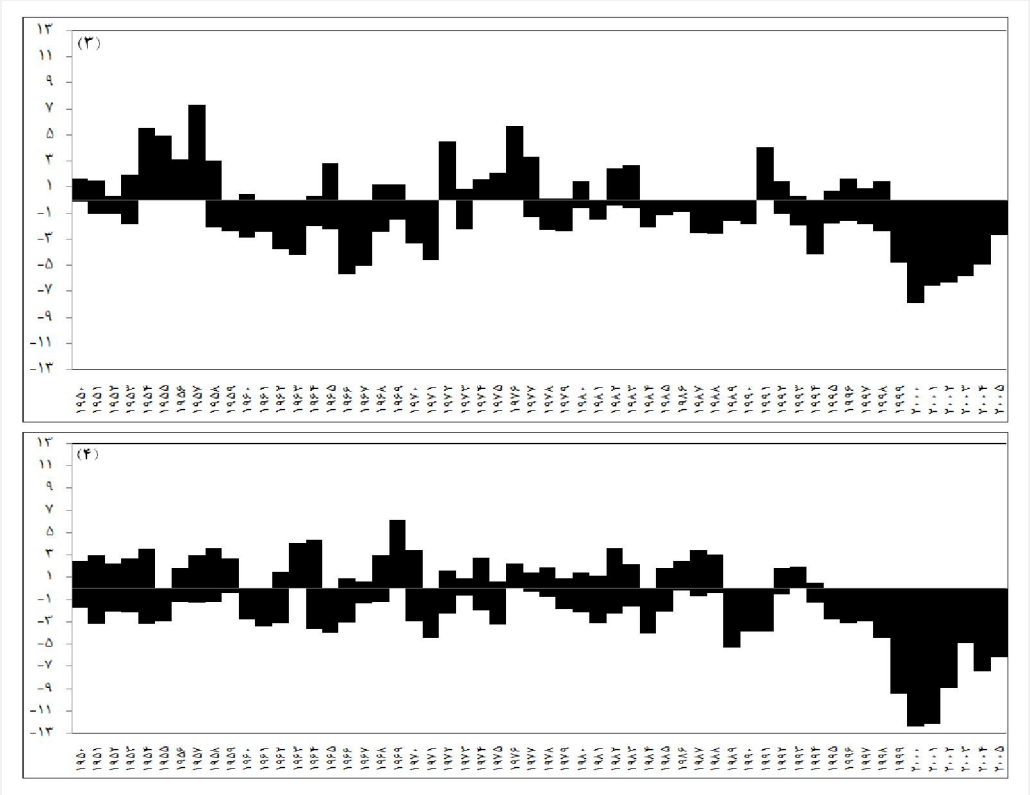
پهنه (شمال غربی) ۴- این ناحیه در شمال غرب کشور قرار دارد. نوسان‌های خشکسالی و ترسالی‌های این ناحیه با دیگر نواحی متفاوت است. شدیدترین ترسالی در این ناحیه در سال ۱۹۶۸-۱۹۶۹ و شدیدترین خشکسالی در این ناحیه همانند سایر نواحی دیگر مربوط به سال ۲۰۰۰ است؛ به‌طوری‌که مقدار شاخص به بالاترین حد خود ۱۲/۴- رسیده است. از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ در این ناحیه به‌صورت پیاپی حدود ۱۲ سال خشکسالی دیده شده است. ارتباط خشکسالی‌های این ناحیه با شاخص چند متغیره انسو(MEI)، الگوی آرام شرقی(EP/NP)، اسکاندیناوی(SCA) و الگوی قطبی(POL) مثبت

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

است. فاز مثبت این شاخص‌ها منجر به ترسالی و فاز منفی منجر به خشکسالی در این ناحیه می‌شود و برعکس، ارتباط خشکسالی با برای برخی دیگر از شاخص‌ها، نظیر: شاخص حاره‌ای اطلس شمالی(TNA)، الگوی اطلس شرقی(EA)، نوسان اطلس شمالی(NAO) و نوسان شمالی(NOI) منفی است.




[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]




شکل ۳) روند ماهانه خشکسالی در پهنه‌های مختلف طی بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۵۰

جدول۲) ارتباط خشکسالی‌های جنوب شرقی(پهنه۱) با الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی در ماه‌های مختلف سال

| | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | می | جون | جولای | آگوست | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AO | ۰/۰۵ | -۰/۰۸ | -۰/۰۴ | ۰/۰۴ | -۰/۱۰ | -۰/۱۲ | -۰/۰۷ | ۰/۱۷ | -۰/۰۹ | ۰/۱۹ | ۰۰ | ۰/۱۰ |
| MEI | ۰/۳۳* | ۰/۳۲* | ۰/۲۴ | ۰/۱۹ | ۰/۱۴ | ۰/۲۳ | ۰/۲۴ | ۰/۲۱ | ۰/۱۸ | ۰/۲۵ | ۰/۲۹* | ۰/۲۸* |
| NAO | -۰/۰۲ | -۰/۱۳ | ۰/۰۶ | -۰/۱۳ | ۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۱۵ | -۰/۱۱ | ۰/۰۵ | ۰/۱۷ | -۰/۰۳ |
| NOI | -۰/۲۵ | -۰/۳۹** | -۰/۲۸* | -۰/۰۶ | -۰/۱۱ | -۰/۲۰ | ۰/۰۵ | -۰/۰۳ | -۰/۰۵ | -۰/۱۶ | ۰۰ | -۰/۰۵ |
| NP | ۰/۰۳ | -۰/۰۹ | -۰/۱۴ | ۰/۱۹ | ۰۰ | -۰/۳۲* | ۰/۰۵ | ۰/۱۵ | ۰/۰۴ | ۰/۱۶ | -۰/۱۰ | ۰۰ |
| PDO | ۰ | ۰۰ | ۰/۰۳ | -۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۱۱ | ۰/۱۹ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | -۰/۰۵ |
| PNA | -۰/۰۳ | -۰/۰۵ | ۰/۱۰ | -۰/۰۵ | ۰/۱۰ | -۰/۳۵** | ۰/۱۸ | -۰/۰۱ | -۰/۰۴ | -۰/۰۴ | ۰/۰۵ | ۰۰ |
| TNA | ۰/۰۲ | ۰۰ | -۰/۰۲ | -۰/۰۶ | -۰/۰۴ | -۰/۰۷ | -۰/۲۰ | -۰/۱۸ | -۰/۱۳ | -۰/۰۹ | -۰/۱۷ | -۰/۱۰ |
| TSA | -۰/۰۷ | -۰/۰۴ | -۰/۲۱ | -۰/۲۰ | -۰/۲۵ | -۰/۱۶ | -۰/۲۰ | -۰/۲۵ | -۰/۱۶ | -۰/۱۴ | -۰/۱۵ | -۰/۱۰ |
| WHWP | ۰/۴۱** | ۰/۴۲** | ۰/۲۸* | ۰/۱۷ | ۰/۱۴ | ۰/۰۸ | -۰/۰۱ | -۰/۰۵ | -۰/۰۶ | ۰۰ | -۰/۰۳ | ۰/۲۹* |
| WP | ۰/۰۲ | -۰/۲۷* | -۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | -۰/۲۳ | ۰/۰۱ | ۰/۱۶ | -۰/۱۵ | ۰/۰۹ | -۰/۱۷ | -۰/۰۵ |
| EA | ۰/۰۹ | -۰/۰۲ | -۰/۱۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | -۰/۳۱* | -۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۲ | ۰/۰۵ |
| EP/NP | -۰/۱۱ | -۰/۰۱ | -۰/۰۳ | -۰/۲۰ | -۰/۰۱ | -۰/۱۸ | -۰/۰۴ | ۰۰ | ۰/۱۱ | -۰/۱۳ | ۰/۱۹ | ۰/۱۷ |
| EA/WR | ۰/۲۵ | ۰/۰۳ | ۰/۱۴ | -۰/۱۳ | -۰/۰۳ | ۰/۱۵ | ۰/۰۶ | -۰/۰۳ | ۰/۱۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۹ | ۰/۰۵ |
| SCA | ۰/۱۳ | -۰/۰۲ | ۰/۱۶ | -۰/۰۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۵ | ۰/۲۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | -۰/۰۷ | ۰۰ | -۰/۰۳ |
| POL | -۰/۰۹ | ۰/۰۸ | -۰/۰۴ | -۰/۰۱ | -۰/۰۲ | ۰/۰۲ | -۰/۰۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۸ | ۰/۰۴ | -۰/۱۷ | ۰/۰۲ |

*معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد **معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

جدول۳) ارتباط خشکسالی‌های نیمه شمالی کشور(پهنه۲) با الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی در ماه‌های مختلف سال

| | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | می | جون | جولای | آگوست | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AO | -۰/۰۹ | -۰/۱۱ | ۰/۰۶ | -۰/۰۱ | -۰/۲۷* | -۰/۲۳ | ۰/۰۵ | -۰/۰۴ | -۰/۱۹ | -۰/۰۶ | -۰/۰۱ | ۰/۳۲* |
| MEI | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ | ۰/۱۵ | ۰/۰۳ | -۰/۰۱ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۱۵ | ۰/۲۷* | ۰/۲۷* | ۰/۲۴* |
| NAO | -/۰۲ | -۰/۱۱ | -۰/۰۱ | ۰/۱۴ | -۰/۰۱ | -۰/۰۳ | -۰/۰۵ | -۰/۰۶ | -۰/۰۹ | ۰/۱۴ | ۰/۲۲ | ۰/۰۴ |
| NOI | -۰/۲۲ | -۰/۱۶ | -۰/۰۲ | -۰/۰۷ | -۰/۰۹ | -۰/۰۲ | -۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰۰ | -۰/۳۳* | ۰۰ | -۰/۱۳ |
| NP | ۰۰ | ۰/۱۸ | -۰/۰۸ | -۰/۱۵ | -۰/۲۵ | -۰/۰۴ | ۰/۰۷ | -۰/۱۵ | ۰/۰۱ | -۰/۳۰* | -۰/۱۹ | ۰/۱۸ |
| PDO | -۰/۰۲ | -۰/۱۷ | -۰/۰۵ | -۰/۲۴ | -۰/۰۴ | ۰/۰۲ | ۰/۱۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۵ | ۰/۴۰** | ۰/۳۱* | ۰/۰۹ |
| PNA | -۰/۱۳ | -۰/۲۸* | -۰/۰۵ | ۰/۱۱ | ۰/۲۱ | ۰/۰۳ | ۰/۱۵ | -۰/۲۱ | -۰/۰۳ | ۰/۰۸ | ۰/۱۸ | -۰/۱۲ |
| TNA | -۰/۲۲ | -۰/۲۵ | -۰/۲۸* | -۰/۲۳ | -۰/۲۰ | -۰/۱۹ | -۰/۲۵ | -۰/۲۳ | -۰/۲۳ | -۰/۲۰ | -۰/۳۰* | -۰/۳۹** |
| TSA | -۰/۱۵ | -۰/۱۰ | -۰/۲۱ | -۰/۲۵ | -۰/۲۶* | -۰/۲۳ | -۰/۲۴ | -۰/۱۴ | -۰/۰۳ | -۰/۰۷ | -۰/۱۰ | -۰/۰۴ |
| WHWP | ۰/۱۲ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | -۰/۰۱ | ۰/۰۵ | -۰/۰۵ | -۰/۰۸ | -۰/۲۵ | -۰/۲۰ | -۰/۱۳ | -۰/۱۲ | ۰/۱۱ |
| WP | ۰/۰۹ | -۰/۱۶ | ۰/۱۰ | -۰/۰۱ | ۰/۳۷** | -۰/۰۱ | -۰/۱۲ | ۰/۱۳ | -۰/۲۷* | ۰/۰۸ | -۰/۰۸ | ۰/۱۹ |
| EA | -۰/۱۸ | -۰/۱۸ | -۰/۰۱ | -۰/۳۱* | -۰/۱۷ | -۰/۱۹ | -۰/۲۴ | -۰/۲۸* | -۰/۰۹ | -۰/۱۹ | -۰/۰۴ | -۰/۰۶ |
| EP/NP | ۰/۱۳ | ۰ | -۰/۰۴ | -۰/۲۱ | ۰/۰۲ | -۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۲۵ | ۰/۲۸* | ۰/۳۲* | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ |
| EA/WR | ۰/۱۵ | -۰/۰۴ | -۰/۰۳ | ۰/۰۵ | -۰/۲۳ | ۰/۲۷* | ۰/۱۷ | -۰/۳۰* | -۰/۰۱ | ۰/۱۲ | ۰/۱۵ | ۰/۱۷ |
| SCA | ۰/۲۰ | ۰/۳۴* | ۰/۲۷* | -۰/۰۵ | ۰/۰۹ | ۰/۲۲ | ۰ | ۰۰ | -۰/۱۲ | -۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۱ |
| POL | -۰/۱۹ | ۰/۱۷ | ۰/۳۷** | -۰/۱۵ | -۰/۰۴ | -۰/۲۹* | -۰/۱۸ | -۰/۰۹ | -۰/۱۴ | -۰/۱۲ | -۰/۰۱ | ۰/۲۷* |

*معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد **معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول۴) ارتباط خشکسالی‌های نیمه جنوبی کشور(پهنه۴) با الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی در ماه‌های مختلف سال

| | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | می | جون | جولای | آگوست | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AO | ۰/۰۳ | -۰/۰۸ | -۰/۰۳ | ۰/۰۸ | -۰/۳۸** | -۰/۲۶* | -۰/۰۴ | ۰/۱۷ | -۰/۲۰ | ۰/۰۴ | -۰/۱۲ | ۰/۲۶* |
| MEI | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | -۰/۰۱ | -۰/۰۱ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰/۰۶ |
| NAO | ۰/۰۶ | -۰/۱۲ | ۰ | ۰/۰۲ | -۰/۱۵ | -۰/۱۴ | ۰ | ۰/۰۵ | -۰/۰۸ | ۰/۱۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ |
| NOI | -۰/۱۴ | -۰/۱۴ | -۰/۱۶ | -۰/۰۷ | -۰/۰۸ | -۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۱۴ | ۰/۰۲ | -۰/۱۴ | ۰/۰۳ | -۰/۰۱ |
| NP | ۰/۰۸ | ۰/۱۳ | ۰۰ | -۰/۰۴ | -۰/۲۵ | -۰/۰۴ | -۰/۰۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۷ | -۰/۰۹ | -۰/۲۲ | ۰/۱۵ |
| PDO | -۰/۲۰ | -۰/۲۸* | -۰/۱۳ | -۰/۲۹* | -۰/۰۷ | -۰/۰۲ | ۰/۱۳ | ۰/۱۰ | ۰/۱۵ | ۰/۲۰ | ۰/۰۸ | -۰/۱۰ |
| PNA | -۰/۱۳ | -۰/۲۸* | -۰/۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۲۴ | ۰/۰۶ | ۰/۱۱ | -۰/۱۸ | ۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۱۸ | -۰/۱۷ |
| TNA | -۰/۲۳ | -۰/۲۲ | -۰/۳۱* | -۰/۲۹* | -۰/۲۶ | -۰/۲۲ | -۰/۲۸* | -۰/۲۱ | -۰/۲۶ | -۰/۲۶ | -۰/۲۵ | -۰/۳۲* |
| TSA | -۰/۳۲* | -۰/۲۳ | -۰/۳۴** | -۰/۳۵** | -۰/۳۵** | -۰/۲۸* | -۰/۳۳* | -۰/۳۳* | -۰/۲۶ | -۰/۲۷* | -۰/۱۹ | -۰/۲۴ |
| WHWP | ۰/۱۷ | ۰/۱۴ | ۰/۰۳ | -۰/۰۴ | ۰/۰۴ | -۰/۰۵ | -۰/۱۴ | -۰/۲۸* | -۰/۲۶* | -۰/۲۴ | -۰/۲۳ | ۰/۱۰ |
| WP | -۰/۰۲ | -۰/۳۴** | ۰/۰۴ | -۰/۰۷ | ۰/۲۷* | -۰/۱۴ | -۰/۰۱ | ۰/۱۸ | -۰/۱۸ | ۰/۱۰ | -۰/۱۹ | -۰/۰۹ |
| EA | -۰/۲۴ | -۰/۱۴ | -۰/۱۸ | -۰/۲۹* | -۰/۲۸* | -۰/۲۸* | -۰/۳۹** | -۰/۳۲* | -۰/۰۳ | -۰/۱۶ | -۰/۱۳ | -۰/۱۲ |
| EP/NP | -۰/۰۸ | -۰/۱۵ | ۰/۰۶ | -۰/۲۸* | -۰/۰۱ | -۰/۱۵ | ۰۰ | ۰/۱۴ | ۰/۳۸* | ۰/۰۶ | ۰/۰۳ | -۰/۰۴ |
| EA/WR | ۰/۱۷ | -۰/۱۶ | -۰/۰۲ | -۰/۲۱ | -۰/۱۴ | ۰/۲۴ | ۰/۱۶ | -۰/۱۹ | -۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۶ | ۰/۰۴ |
| SCA | ۰/۱۴ | ۰/۱۵ | ۰/۲۲ | -۰/۲۱ | ۰/۰۲ | ۰/۱۲ | ۰/۱۲ | ۰/۱۳ | -۰/۰۱ | -۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۱۲ |
| POL | -۰/۲۱ | ۰/۱۰ | ۰/۱۵ | -۰/۰۱ | -۰/۰۷ | -۰/۲۴ | -۰/۲۱ | ۰/۰۷ | -۰/۱۹ | -۰/۰۹ | ۰/۰۴ | ۰/۳۳* |

*معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد **معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

جدول۵) ارتباط خشکسالی‌های شمال غرب کشور(پهنهٔ ۴) با الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی در ماههای مختلف سال

| | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | می | جون | جولای | آگوست | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AO | -۰/۱۸ | -۰/۲۵ | ۰/۰۷ | -۰/۰۱ | -۰/۲۶ | -۰/۱۷ | -۰/۰۴ | -۰/۱۷ | -۰/۱۴ | ۰۰ | ۰/۰۳ | ۰/۱۴ |
| MEI | ۰/۳۱* | ۰/۲۴ | ۰/۱۹ | ۰/۰۹ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ | ۰/۱۰ | ۰/۰۸ | ۰/۱۳ | ۰/۳۲* | ۰/۳۳* | ۰/۳۴* |
| NAO | -۰/۱۷ | -۰/۳۶** | -۰/۰۸ | ۰/۱۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ | -۰/۰۸ | -۰/۰۸ | -۰/۰۳ | ۰/۲۰ | ۰/۱۹ | -۰/۰۱ |
| NOI | -۰/۲۷* | -۰/۱۴ | -۰/۰۵ | -۰/۱۲ | -۰/۰۹ | -۰/۰۷ | -۰/۰۳ | -۰/۰۳ | -۰/۰۱ | -۰/۳۵** | -۰/۱۳ | -۰/۲۰ |
| NP | ۰۰ | ۰۰ | ۰/۱۰ | -۰/۰۷ | -۰/۰۹ | -۰/۱۰ | ۰/۰۷ | -۰/۰۳ | -۰/۰۸ | -۰/۲۴ | -۰/۰۶ | ۰/۱۰ |
| PDO | ۰/۰۱ | ۰۰ | -۰/۰۳ | -۰/۰۷ | ۰/۰۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۱۸ | ۰/۲۲ | ۰/۳۶** | ۰/۱۹ | ۰/۰۹ |
| PNA | -۰/۱۶ | -۰/۰۳ | -۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۲۷* | ۰/۱۴ | -۰/۱۲ | -۰/۰۵ | ۰/۱۳ | -۰/۰۵ | -۰/۰۳ |
| TNA | -۰/۱۴ | -۰/۰۴ | -۰/۰۵ | -۰/۰۲ | -۰/۰۶ | -۰/۰۹ | -۰/۲۸* | -۰/۳۷** | -۰/۳۷** | -۰/۳۴* | -۰/۳۴* | -۰/۲۸* |
| TSA | -۰/۰۶ | -۰/۰۲ | -۰/۱۴ | -۰/۲۱ | -۰/۲۷* | -۰/۲۱ | -۰/۲۲ | -۰/۱۶ | -۰/۱۰ | -۰/۱۰ | -۰/۰۸ | ۰۰ |
| WHWP | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۱۷ | ۰۰ | ۰/۱۱ | ۰۰ | -۰/۰۸ | -۰/۲۷* | -۰/۱۸ | -۰/۱۱ | -۰/۱۰ | ۰/۰۵ |
| WP | ۰/۰۵ | -۰/۲۰ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۰/۴۱** | ۰/۰۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | -۰/۳۵** | ۰/۰۶ | -۰/۰۸ | ۰/۲۷* |
| EA | -۰/۲۴ | -۰/۰۶ | ۰/۰۲ | -۰/۲۸* | -۰/۰۴ | -۰/۱۲ | -۰/۲۹* | -۰/۳۶** | -۰/۰۲ | -۰/۱۹ | -۰/۰۱ | -۰/۱۲ |
| EP/NP | ۰/۱۸ | ۰ | -۰/۱۰ | -۰/۲۱ | ۰/۰۸ | -۰/۰۴ | ۰/۱۲ | ۰/۳۱* | ۰/۳۱* | ۰/۲۷* | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ |
| EA/WR | ۰/۱۳ | -۰/۱۰ | ۰/۰۹ | ۰/۱۳ | -۰/۲۹* | ۰/۲۹* | ۰/۳۳* | -۰/۱۲ | -۰/۲۲ | ۰/۳۳* | ۰/۱۲ | ۰/۱۷ |
| SCA | ۰/۰۷ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰ | ۰/۳۴* | ۰/۳۱* | ۰/۰۱ | ۰/۰۳ | -۰/۱۳ | ۰۰ | ۰/۱۰ | -۰/۰۶ |
| POL | ۰ | ۰/۳۵** | ۰/۴۶** | -۰/۱۰ | -۰/۰۶ | -۰/۱۱ | -۰/۱۰ | -۰/۱۴ | -۰/۰۳ | ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ |

*معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد **معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

## نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، شناسایی و پهنه‌بندی خشکسالی در ایران طی دهه‌های اخیر به کمک شاخص شدت خشکسالی پالمر(PDSI) بود. داده‌های شاخص در داخل مرزهای سیاسی ایران استخراج شدند و به کمک تحلیل خوشه‌ای به روش وارد پهنه‌بندی صورت گرفت. سپس ارتباط هر کدام از پهنه‌ها با الگوهای پیوند از دور جوی –اقیانوسی تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل نشان داد که ایران را به لحاظ شاخص شدت خشکسالی پالمر به چهار ناحیه و پهنه متفاوت و مجزا به لحاظ مکانی می‌توان تقسیم کرد: ناحیه جنوب شرقی، ناحیه شمال غربی، نیمه شمالی و نیمه جنوبی. به نظر می‌رسد که مکان گزینی پهنه‌ها به نوعی نشان دهنده تأثیر سامانه‌های بارش‌زا و عبور و محل گذر آنها بر روی کشور است. روند خشکسالی و ترسالی در هرکدام از نواحی طی بازه زمانی ۱۹۵۰-۲۰۰۵ نشان داد که خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها به‌صورت متوالی و پیاپی در نواحی دیده می‌شود. از نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ به بعد خشکسالی در همه نواحی دیده می‌شود. شدیدترین خشکسالی‌ها مربوط به ناحیه ۴ یا شمال غرب کشور است. یافته‌های این پژوهش به نوعی تأییدی بر یافته‌های طاوسی و همکاران(۱۳۸۹) است. در سال ۲۰۰۰ شدیدترین خشکسالی در ایران رخ داده است. در بین الگوهای پیوند از دور شاخص چند متغیره انسو(MEI) و الگوی استخر گرم نیمکره غربی(WHWP) بیشترین تأثیر را بر روی رخداد خشکسالی‌های ناحیه جنوب شرق(پهنه۱) دارند. ارتباط این شاخص‌ها با خشکسالی این ناحیه مثبت است. ارتباط خشکسالی در پهنه نیمه شمالی ایران(پهنه ۲) با بیشتر الگوهای پیوند از دور؛ از جمله شاخص چند متغیره انسو(MEI)، الگوی نوسان‌های دهه‌ای اقیانوس آرام(PDO) و شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی(TNA) در فصل پاییز معنی‌دار است. خشکسالی‌های نیمه جنوبی ایران(پهنه ۳) در فصل گرم سال(بهار و تابستان) ارتباط معنی‌داری با الگوی حاره‌ای

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

اطلس جنوبی( TSA)، شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی(TNA) و الگوی اطلس شرقی(EA) نشان می‌دهد. خشکسالی‌های شمال غرب کشور(پهنه ۴) ارتباط معنی‌داری با شاخص چندمتغیره انسو(MEI)، شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی(TNA) و الگوی آرام شرقی(EP/NP) نشان می‌دهد.

## منابع


۱- آسیایی، مهدی .(۱۳۸۵). پایش خشکسالی در مشهد با استفاده از شاخص خشکسالی پالمر، *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۷، صص ۱۶۷- ۱۸۶.

۲- بداق جمالی، جواد؛ جوانمرد، سهیلا و شیرمحمدی، رضا .(۱۳۸۱). پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، *تحقیقات جغرافیایی*. ۱۷، صص ۴-۲۱.

۳- ثنایی نژاد، حسین؛ داوری،کامران و عابدی، علیرضا.(۱۳۸۶). پایش خشکسالی کشاورزی در دشت مشهد با استفاده از نمایه NDVI و معرفی نمایه جدید APVI، *علوم و صنایع کشاورزی؛ ویژه آب و خاک*، ش ۱، ۸۹-۹۵.

۴- حسینی صفا، حمیده و مرید، سعید.(۱۳۸۷). تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران، *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ش۵،۲۰۳-۲۱۲ .

۵- خزانه داری، لیلا؛ زابل عباسی، فاطمه؛ قندهاری، شراره؛کوهی، منصوره و ملبوسی، شراره.(۱۳۸۸). دورنمایی از وضعیت خشکسالی ایران طی سی سال آینده، *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۱۲، ۸۳-۹۸.

۶- خسروی، محمود.(۱۳۸۳). بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان، *جغرافیا و توسعه*، ۱۶۷- ۱۸۸.

۷- خسروی، محمود و اکبری، محمد(۱۳۸۸)، بررسی ویژگی خشکسالی‌های استان خراسان جنوبی، *جغرافیا و توسعه*، ۱۴، ۵۱-۶۸.

۸- خورشید دوست، علی محمد؛ رحیمی قویدل، یوسف و عباس زاده، کریم.(۱۳۸۹). کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی- اقیانوسی در تحلیل نوسانات بارش(مطالعه موردی: ایستگاه اهر)، *فضای جغرافیایی*، ۲۹، ۹۵-۱۲۸.

۹- رضیی، طیب و فتاحی، ابراهیم.(۱۳۹۰). ارزیابی کاربرد داده‌های بارش NCEP/NCAR در پایش خشکسالی ایران، مجله *فیزیک زمین و فضا*، ۲،۲۲۵-۲۴۷.

۱۰- شکیبا، علیرضا، میرباقری، و ا. خیری.(۱۳۸۹). خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI، *جغرافیا(فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)*، ۲۵، ۱۰۵-۱۲۴.

۱۱- طاوسی، تقی، محمودی، پیمان، سرگلزائی مقدم، فرزانه.(۱۳۸۹). مقایسه گسترش مکانی اقلیم‌های خشک و نیمه خشک در ایران طی دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵، *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱، ۹۴-۱۰۵.

۱۲- عزیزی، قاسم.(۱۳۷۹). ال نینیو و دوره‌های خشکسالی و ترسالی در ایران، *پژوهش‌های جغرافیایی*، دانشگاه تهران، ۵۴، ۳۸-۴۳.

۱۳- علیزاده، امین؛ انصاری، حسن؛ ارشادی، سارا و آشگر طوسی، شادی.(۱۳۸۷). پایش و پیش‌بینی خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان، *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۱۱، ۱-۱۷.


[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

۱۴- مساعدی، ابوالفضل؛ خلیلی‌زاده، مجتبی و محمدی استادکلایه، امین.(۱۳۸۷). پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، . *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۲، ۱۷۶-۱۸۲.

۱۵- مسعودیان، سیدابوالفضل.( ۱۳۸۸). نواحی بارشی ایران، مجله جغرافیا و توسعه. ۷، ۷۹-۹۱.

۱۶- ــــــــــــ .(۱۳۸۴). شناسایی رژیم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، پژوهش‌های جغرافیایی. ۵۲: ۴۷-۶۱.

۱۷- ــــــــــــ.(۱۳۸۶). شناسایی تیپ‌های همدید اصفهان، طرح پژوهشی دانشگاه اصفهان.

۱۸- مسعودیان، سیدابوالفضل؛ قائدی، سهراب و محمدی، بختیار.(۱۳۸۵). نواحی رطوبتی ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی تبریز، *ویژه نامه جغرافیا*، ۲۰: ۱-۱۳.

۱۹- منتظری، مجید و غیور، حسنعلی.(۱۳۸۸). تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر، *جغرافیا و توسعه*، ۱۶، ۷۱-۹۲.

۲۰- ناظم السادات، سیدمحمدجعفر؛ قاسمی، س.ا؛ امین و ع.ر. سلطانی.(۱۳۸۷). اثر همزمان ENSO و SST خلیج فارس بر وقوع خشکسالی و ترسالی در نواحی غربی و شمال غربی ایران، *دانش کشاورزی*، ۱۸، ۱- ۱۷.

۲۱- نگارش، حسین؛ خسروی، محمود؛ شاه حسینی، منصوره و محمودی، پیمان.(۱۳۸۹). مطالعه خشکسالی‌های کوتاه مدت شهرستان زاهدان، *جغرافیا و توسعه*، ۱۸، ۱۰۹- ۱۳۴.

۲۲- نگارش، حسین و کریمی، محمد.(۱۳۸۷). تحلیل خشکسالی‌های اخیر منطقه ایرانشهر به روش SPI، *نشریه علوم جغرافیایی*، ۱۲، ۳۱-۵۸.

23- American Meteorological Society (AMS). **Meteorological drought—policy statement**. Bull Amer Meteor Soc 1997, 78:847–849. Available at: http://www.ametsoc.org/policy/drought2.html.

24- Burke, E. J., and S. J. Brown(2008). **Evaluating uncertainties in the projection of future drought**. J.Hydrometeorol. 9:292–299, doi:10.1175/2007JHM929.1.

25- Burke, E. J., S. J. Brown, and N. Christidis. (2006)**. Modeling the recent evolution of global drought and projections for the twenty-first century with the Hadley Centre climate model**. J. Hydrometeorol. 7: 1113–1125, doi:10.1175/JHM544.1.

26- Dai, A. (2011) **Drought under global warming: A review**, WIREs Clim. Change. 2: 45–65, doi:10.1002/wcc.81.

27- Dai, A., K. E. Trenberth, and T. R. Karl. (1998) **Global variations in droughts and wet spells: 1900–1995**. Geophys. Res. Lett., 25: 3367–3370, doi:10.1029/98GL52511.

28- Dai, A., K. E. Trenberth, and T. T. Qian. (2004) **A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming**. J. Hydrometeorol., 5: 1117–1130, doi:10.1175/JHM-386.1.

29- Lyon, B and Barnston. (2005). **ENSO and the spatial extent of interannual precipitation extremes in tropical land areas**. journal of climate. Vol.18: 5095-5109.

30- Palmer, W. C. (1965). **Meteorological Drought Research paper**, No. 45, U. S. weather Bureau. Washington, D. C. Feb., 58p.

31- Rajagopalan, B., E. Cook, U. Lall, and B. K. Ray. (2000). **Spatiotemporal variability of ENSO and SST teleconnections to summer drought over the United States during the twentieth century**. J. Climate, 13**:** 4244–4254.

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]

32- Van der Schrier, G., D. Efthymiadis, K. R. Briffa, and P. D. Jones. (2007). **European Alpine moisture variability for 1800–2003**. Int. J. Climatol. 27: 415–427, doi:10.1002/joc.1411.

33- Van der Schrier, G., K. R. Briffa, P. D. Jones, and T. J. Osborn. (2006a). **Summer moisture variability across Europe**. J. Clim. 19: 2818–2834,doi:10.1175/JCLI3734.1.

34- Van der Schrier, G., K. R. Briffa, T. J. Osborn, and E. R. Cook. (2006b). **Summer moisture availability across North America**. J. Geophys. Res. 111, D11102, doi:10.1029/2005JD006745.

35- Wilhite DA. **Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Wilhite DA, ed. Droughts: Global Assessment**. London: Routledge; 2000: 3–18.

36- Wilhite, D.A .(1997). **Responding to Drought: Common Thread From the Past. Visons for the Future**.j.Am.Water Resourc.Assoc. 33(5):951-959.

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02 ]