

## ارزیابی تناوب ناگهانی خشکسالی و سیل (مطالعه موردی حوضه آبریز کارون بزرگ)

میلاذ مرادزاده<sup>۱</sup>، هادی پورحسین<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>\*- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تبریز، ایران

<sup>۲</sup>- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، تهران، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: miladmoradzadeh1997@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

### چکیده

کشورهای خاورمیانه به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک زمین، با مشکل کمبود آب و خشکسالی‌های متناوب و همچنین سیل‌های مخرب و ویرانگر مواجه هستند. خشکسالی-سیل، یکی از جدی‌ترین، پرهزینه‌ترین و گسترده‌ترین بلایای طبیعی جهان است. این پدیده طبیعی پیچیده، ناشی از بارش ناکافی یا بیش از حد در مقایسه با میانگین‌های ثبت شده بلند مدت است که می‌تواند تهدیدهای بزرگی برای جامعه انسانی، تولیدات کشاورزی، اکوسیستم‌ها و منابع آب ایجاد کند. رویدادهای تناوب ناگهانی خشکسالی-سیل (DFAA) در یک منطقه یا حوضه خاص، نوع جدیدی از رویدادهای هیدرولوژیکی شدید است که ناشی از همزیستی و تناوب سریع خشکسالی و سیل است. رویدادهای DFAA می‌توانند فاجعه‌های جدی تری نسبت به یک رویداد خشکسالی یا سیل ایجاد کنند و منجر به تلفات و خسارات اقتصادی بیشتر شوند. تغییرات آب و هوای جهانی و فعالیت‌های انسانی، از جمله گردش غیرعادی جوی و اقیانوسی، عواملی هستند که باعث افزایش فراوانی و شدت رویدادهای DFAA شده‌اند. مطالعات قبلی در سراسر جهان نشان داده است که توزیع فضایی رویدادهای DFAA در حال گسترش است. در این پژوهش، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای Persian در سطح حوضه کارون بزرگ استخراج و به داده‌های ماهواره‌ای تبدیل شدند. سپس، با استفاده از نرم افزار Rstudio، درجه‌ی غلظت بارش (PCD) و دوره‌ی غلظت بارش (PCP) برای حوضه کرخه و کارون محاسبه شد. در ادامه، آزمون روند MANN-KENDAL برای PCD و PCP ارزیابی شد. نتایج نشان داد که روند افزایشی درجه غلظت بارش و دوره غلظت بارش برای دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۷، متناسب با روند افزایشی داده‌های بارش بوده است. همچنین، شاخص ارزیابی تناوب ناگهانی خشکسالی-سیل (LDFAI) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که روند شاخص تناوب ناگهانی خشکسالی-سیلاب ارتباط مستقیمی با درجه غلظت بارش و دوره غلظت بارش دارد.

### کلمات کلیدی

"خشکسالی-سیل"، "DFAA"، "حوضه کارون"، "تغییرات آب و هوای جهانی"

### ۱- مقدمه

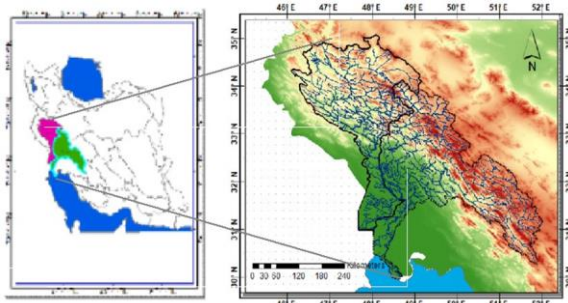
در مطالعه‌ای که توسط هوانگ و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۹) انجام شد، نشان داده شد که تغییرات ساختار بارش می‌تواند منجر به افزایش احتمال وقوع خشکسالی و سیل شود. این مطالعه نشان داد که افزایش شدت بارش می‌تواند منجر به وقوع خشکسالی‌های شدیدتر شود، در حالی که افزایش فراوانی بارش می‌تواند منجر به وقوع سیل‌های شدیدتر شود. در مطالعه‌ای دیگر، فانگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) نشان دادند که خشکسالی و سیل می‌توانند تأثیرات قابل

خشکسالی و سیل دو رویداد آب و هوایی شدید هستند که می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر جوامع انسانی، اکوسیستم‌ها و محیط زیست داشته باشند. تغییرات ساختار بارش، که می‌تواند منجر به افزایش شدت و فراوانی هر دو رویداد شود، یکی از عوامل اصلی افزایش خطر خشکسالی و سیل است. در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی برای ارزیابی تناوب ناگهانی خشکسالی و سیل انجام شده است.

<sup>۱</sup>Kechin, L., Sun, Y., Li, Y., & Zhang, F. (۲۰۱۷)

<sup>۲</sup>Jiang, X., Wang, W., & Xu, W. (۲۰۱۸)

بخش‌های بزرگی از استان‌های لرستان و خوزستان و بخش کوچکی از استان کهگیلویه و بویراحمد و اصفهان است. حوضه آبریز کرخه بزرگ شامل بیش از نیمی از استان‌های لرستان و کرمانشاه و بخش‌هایی از استان‌های کردستان، همدان، ایلام و خوزستان است. آبراه اصلی حوضه، رود کرخه است که از تلاقی رودهای سیمره و زال در جنوب پل دختر تشکیل شده است. این حوضه از نظر تقسیمات کشوری جزء حوضه‌های درجه دو کشور می باشد. مساحت کرخه برابر با ۵۱۵۲۷ کیلومتر مربع است. در حوضه آبریز کارون بزرگ و کرخه بیشترین بارندگی ماهانه با مقدار ۴/۱۱۱ میلی‌متر و با سهم ۳/۱۹ درصد در سال، مربوط به دیمه می باشد. پس از دیمه، آذرماه با مقدار ۸/۱۱۴ میلی‌متر و ۷/۱۹ درصد از بیشترین بارندگی برخوردار است. در این حوضه آبریز بارندگی ماههای خرداد تا شهریور ماه زیر یک درصد از کل بارندگی سالانه را به خود اختصاص می دهد. در حوضه آبریز کرخه و کارون بزرگ بارندگی سالانه بین ۱۱۳ تا ۷۰۰۰ میلی‌متر متغیر بوده و متوسط آن ۸۳۷ میلی‌متر می باشد.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

جمع آوری داده ها داده های استفاده شده از داده های تصاویر ماهواره ای PERSIANN برای دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۷ برای حوضه کرخه و کارون جمع آوری شده است.

شاخص ارزیابی بارش (PCP.PCD)

روش محاسبه ی شاخص درجه غلظت بارش و دوره غلظت بارش برای اولین بار توسط (ژانگ و همکاران ۲۰۰۳) در مطالعه ی وقایع مرکب خشکسالی-سیل در حوضه های رودخانه یانگ تسه پیشنهاد شده است. این روش می تواند به طور کمی ویژگی های مکانی و زمانی بارش منطقه ای را توصیف کند. مفهوم

توجهی بر کشاورزی، اکولوژی و محیط زیست داشته باشند. این مطالعه نشان داد که خشکسالی می تواند منجر به کاهش تولید محصولات کشاورزی، کاهش کیفیت آب و افزایش فرسایش خاک شود. سیل نیز می تواند منجر به از بین رفتن محصولات کشاورزی، تخریب زیرساخت ها و آلودگی آب شود. شی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۱) شاخص تناوب ناگهانی طولانی مدت (LDFAI) را تعریف کردند که برای شناسایی رویدادهای خشکسالی و سیل استفاده می شود. این شاخص با استفاده از داده های بارش در یک دوره زمانی مشخص محاسبه می شود. نتایج مطالعه آنها نشان داد که LDFAI می تواند برای ارزیابی روند وقوع و شدت رویدادهای خشکسالی و سیل استفاده شود. وانگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) نشان دادند که خشکسالی و سیل می توانند تأثیرات قابل توجهی بر امنیت غذایی داشته باشند. این مطالعه نشان داد که خشکسالی می تواند منجر به کاهش تولید محصولات کشاورزی شود، در حالی که سیل می تواند منجر به از بین رفتن محصولات کشاورزی شود. و در نهایت نتیجه می گیریم که تغییرات ساختار بارش می تواند منجر به افزایش خطر خشکسالی و سیل شود. مطالعات اخیر نشان داده اند که خشکسالی و سیل می توانند تأثیرات قابل توجهی بر جوامع انسانی، اکوسیستم ها و محیط زیست داشته باشند.

روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز کارون بزرگ از نظر منابع آبی یکی از مهم ترین حوضه های آبریز کشور به شمار می آید و فراوانی ریزش های جوی به ویژه در سرشاخه های این دو حوضه پتانسیل قابل توجهی از منابع آب سطحی و زیر زمینی را ایجاد نموده است از نقطه نظر موقعیت جغرافیایی حوزه کارون در محدوده ۷۷° ۸۱' تا ۴۸° ۳۹' طول شرقی و ۱۸° ۱۱' تا ۳۰° ۰۱' عرض شمالی و ۳۷° ۳۹' تا ۳۴° ۳۹' درجه عرض شمالی و ۳۰ تا ۵۸ درجه طول شرقی واقع شده است. در محدوده ی حوضه آبریز کارون بزرگ شامل استان چهارمحال و بختیاری و

از روش های کاربردی و البته ناپارامتری روش معروف به روش من-کندال (Mann-Kendal) می باشد که به وفور مورد استفاده قرار گرفته است.

روش من-کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد. آزمون Mann-Kendall برای تعیین اینکه آیا یک دنباله زمانی روند صعودی یا نزولی یکنواخت دارد استفاده می شود. نیازی نیست که داده ها به طور نرمال توزیع شده باشند یا خطی. مستلزم آن است که هیچ خودهمبستگی وجود نداشته باشد.

$$r = \frac{4p}{n(n-1)} - 1 \quad (۶)$$

$$\text{var}(r) = \sigma^2 r = \frac{2(2n+5)}{9n(n-1)} \quad (۷)$$

$$T = \frac{r}{\sqrt{\text{var}(r)}} \quad (۸)$$

در رابطه (۶) تعداد کل داده ها،  $p$  تعداد تجمعی سنواتی را نشان می دهد که مقدار داده از مقدار سال قبل بیشتر بوده و به عبارت دیگر اگر  $x_i$  مقدار داده در سال باشد،  $p$  تعداد مشاهداتی است که  $x_j < x_i$  به طوریکه  $j > i$  باشد. در نهایت مقادیر مثبت  $T$  بیانگر یک روند افزایش در سری زمانی می باشد در حالیکه مقادیر منفی نشان دهنده روند نزولی در سیر زمانی است (یو و همکاران، ۲۰۰۲) همچنین اگر قدر مطلق  $T$ ، بزرگتر از ۱.۹۶ باشد در سطح احتمال ۵ درصد دارای روند معنی دار و برای قدر مطلق  $T$  بزرگتر از ۲.۵۷۵ در سطح احتمال ۱ درصد دارای روند معنی دار می باشد (هوبینز و همکاران ۲۰۰۱).

شاخص تناوب ناگهانی خشکسالی-سیلاب دوره طولانی (LDFAI)

این شاخص برای محاسبه ی تناوب ناگهانی خشکسالی و سیلاب در دوره طولانی مدت استفاده می شود که معادله ی آن به شرح زیر است:

$$\text{LDFAI}_u = (Q_u - P_u) \times (|P_u| + |Q_u|) \times \alpha^{-|P_u + Q_u|} \quad (۹)$$

روش های محاسبه ی PCP,PCD برای توصیف کل بارش ماهانه به عنوان یک کمیت برداری با بزرگی و جهت می باشد (لی و همکاران ۲۰۱۰)

روش مورد استفاده برای محاسبه ی PCP,PCD به شرح زیر است:

برای محاسبه ی زاویه ی جهت ماهانه زاویه مربوط به اواسط روز هر ماه در نظر گرفته می شود با توجه به رابطه (۱) هر روز برابر با ۰.۹۸۶ می باشد. روش مورد استفاده در این پژوهش برای محاسبه ی PCP,PCD به شرح زیر است. (ژانگ و همکاران ۲۰۰۳)

$$۰.۹۸۶ = ۳۶۰^\circ / ۳۶۵ \quad (۱)$$

روش های PCP,PCD در محاسبه ی ارزیابی بارش مورد استفاده قرار می گیرد رابطه (۲) برای ارزیابی PCP و برای ارزیابی PCD از رابطه (۳) بکار گرفته می شود که می تواند به طور کلی ویژگی های مکانی و زمانی بارش منطقه ای را توصیف کند. معادلات (۲) تا (۵) فرآیند محاسبه ی این شاخص را بیان می کنند:

$$\text{PCP}_{uv} = \arctg(R_{xu}/R_{yu}) \quad (۲)$$

$$\text{PCD}_{uv} = \sqrt{(R_{xu}^2 + R_{yu}^2)}/R_u \quad (۳)$$

$$R_{xu} = \sum r_{uv} \cdot \sin \theta \quad (۴)$$

$$R_{yu} = \sum r_{uv} \cdot \cos \theta \quad (۵)$$

در توابع بالا  $u$  سال و  $v$  بیانگر دوره تناوب می باشد  $R_{xu}$  مجموع مؤلفه های عمودی بارش،  $R_{yu}$  مجموع مؤلفه های افقی بارش و  $R_u$  نشان دهنده مقدار کل بارش در طول دوره مورد مطالعه (سال -ام) یک ایستگاه است  $r_{uv}$  نشان دهنده دوره پنجم بارندگی در سال  $u$  است  $\theta$  زاویه آزیموت مربوط به هر دوره  $v$  را نشان می دهد  $\text{PCD}_{uv}$  نشان دهنده میزان غلظت بارندگی در سال  $u$  و  $\text{PCP}_{uv}$  متمرکزترین دوره بارش در سال  $u$  است.

ارزیابی روند MANN-KENDAL

در سری های زمانی بالاخص سری های زمانی داده های اقلیمی نیاز به تحلیل روند احساس می شود. یکی

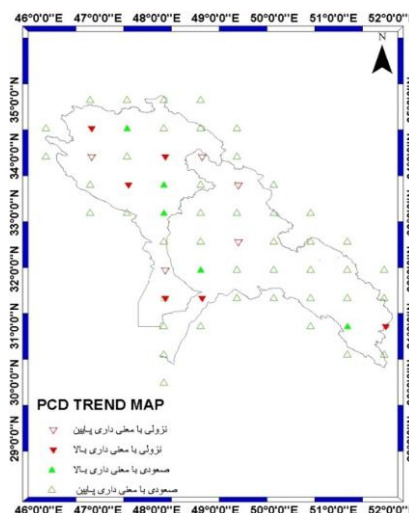
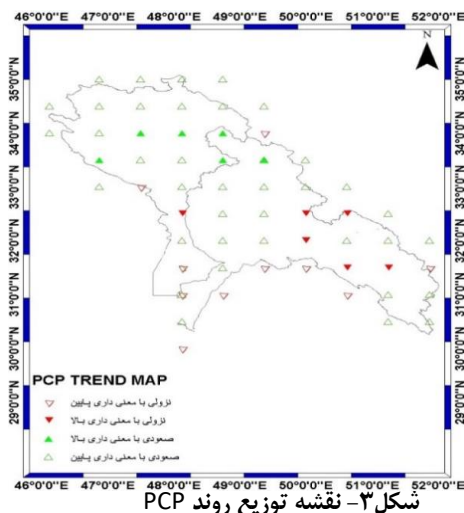
تعیین می کند که آیا در طول زمان، مقادیر بارش یا پارامتر مرتبط با آن در هر نقطه به صورت معناداری افزایش یا کاهش داشته اند. این بررسی می تواند الگوهای مهم و معنی دار تغییرات اقلیمی را در نقاط مختلف روشن کند و برای پیش بینی تغییرات آبی و تأثیرات آن ها ارزشمند باشد.

در این شاخص P بارندگی استاندارد شده در دوره قبل از سیل در سال u و بارندگی استاندارد شده در دوره ی پس از سیل در سال u است، همچنین (QU-PU) شدت تناوب خشکسالی - سیل و (|Pu| + |Qu|) شدت خشکسالی-سیل و  $\alpha$  ضریب وزنی تعریف شده است که نقش  $\alpha$  افزایش وزن رویدادهای DFAA و کاهش وزن یکی از رویداد خشکسالی یا سیل است.

### ۳- نتایج

توزیع روند پارامترهای (PCD, PCP)

به منظور تعیین وضعیت صعودی یا نزولی بودن این تغییرات در هر نقطه اعمال شده است. این آزمون

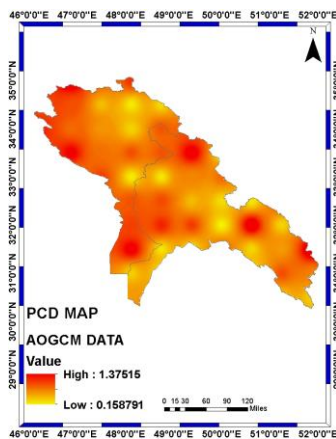


در حوضه کرخه، در قسمت شمالی، چهار نقطه با روند صعودی معنی دار و دو نقطه در حوضه کارون با روند صعودی معنی دار دیده می شوند. این تفاوتها نشان می دهند که در مناطق مختلف، الگوهای متفاوتی از تغییرات PCP و روند آن وجود دارد که ممکن است ناشی از تأثیرات جغرافیایی، مسائل محلی، یا شرایط آب و هوایی خاص در هر منطقه باشد. در تحلیل نقشه توزیعی روند PCD، اکثر نقاط نشان دهنده یک الگوی صعودی در طول زمان بوده اند، اما این نقاط صعودی بیشتر به عنوان تغییرات بی معنا تلقی شده اند. همانطور که در (شکل ۲) مشاهده می شود، در حوضه کرخه، سه نقطه با روند صعودی معنادار و سه نقطه در مرکز حوضه با روند نزولی معنادار دیده می شوند. اما در حوضه کارون، دو نقطه با روند صعودی معنادار و دو نقطه با روند نزولی معنادار تشخیص داده شده اند. به

شکل ۲- نقشه توزیع روند PCD

در تحلیل نقشه توزیعی (شکل ۲)، نقاط مختلف حوضه های کرخه و کارون، الگوهای متفاوتی از روند بارش و PCP وجود دارد. در نقاط جنوب شرقی حوضه کارون، پنج نقطه با روند نزولی معنی دار مشاهده شده اند، در حالی که در بقیه نقاط این منطقه الگوهای صعودی بارش بی معنی تلقی شده اند. در نقاط جنوبی حوضه کرخه، یک نقطه با روند نزولی معنی دار و کاهش PCP دیده شده است.

با مقایسه توزیع فضایی دو پارامتر PCP و PCD، الگوی کلی تغییرات مکانی زمانی مشاهده شده است. این تغییرات نشان می‌دهند که در منطقه مورد بررسی، تغییرات مرتبط با این دو پارامتر به صورت کاهش از جنوب شرق به سمت شمال شرق آشکار است. این تفاوت در الگوی تغییرات مکانی بین PCD و PCP، با تأکید بر کاهش بیشتر مقادیر PCD نسبت به PCP، نشان می‌دهد که میزان کاهش در پارامتر PCD بیشتر از PCP است. این امر نشان از وجود تأثیرات مختلف آب و هوایی و متغیرهای محیطی بر روی این دو پارامتر دارد.



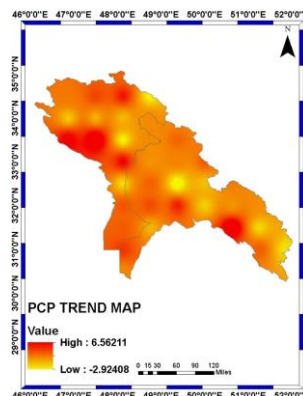
شکل ۵- نقشه ارزیابی PCD

نقشه توزیع فضایی SDFAI توزیع فضایی نقشه LDFAI نشان می‌دهد که وجود یک الگوی کاهش از جنوب شرق به سمت شمال غرب در این پارامتر وجود دارد. این الگوی کاهش، به طور کلی نشان‌دهنده کاهش نوسانات بین دو نقطه از منطقه جنوب شرقی به منطقه شمال غربی است. البته، این کاهش در SDFAI با توجه به مقایسه با پارامترهای دیگری همچون PCP و PCD، تفاوت‌هایی دارد و به نظر می‌رسد که در LDFAI این الگوی کاهش بیشتر به چشم می‌خورد. (شکل ۵)

طور کلی، چهار نقطه در کل حوضه با روند نزولی معنادار مشاهده شده است. این الگوهای روند از اهمیت آماری و علمی برخوردارند زیرا نشان می‌دهند که در برخی نقاط، تغییرات معناداری در طول زمان اتفاق افتاده که می‌تواند تأثیرات مهمی بر شرایط آب و هوایی و اقلیمی منطقه داشته باشد. این نتایج می‌توانند به تفهیم بهتر از الگوهای تغییرات اقلیمی کمک کنند و در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و پیش‌بینی‌های آینده از اهمیت بالایی برخوردار باشند.

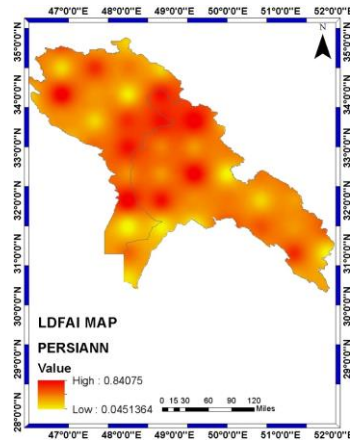
### توزیع فضایی PCP, PCD

نقشه توزیعی PCD بیان می‌کند که مقادیر PCD در نواحی مختلف حوضه‌های کرخه و کارون با شیب افزایشی از شمال غربی به جنوب شرقی تغییر می‌کنند. مقادیر PCD در این نواحی متفاوت هستند و این تفاوت در مقادیر مشخص و قابل ملاحظه است. با توجه به (نقشه C شکل ۳) با توجه به بازه مقادیری که بین  $+0.36$  تا  $+0.54$  اعلام شده‌اند، مشخص شده است که مقدار PCD در ایستگاه جنوب شرقی، که بیشترین مقدار را با ارزش  $+0.54$  دارد، بیشترین مقدار PCD را در این ناحیه دارد. سوی دیگر، مقدار کمترین PCD، که  $+0.36$  است، در ایستگاه غربی مشاهده شده است. (شکل ۴)

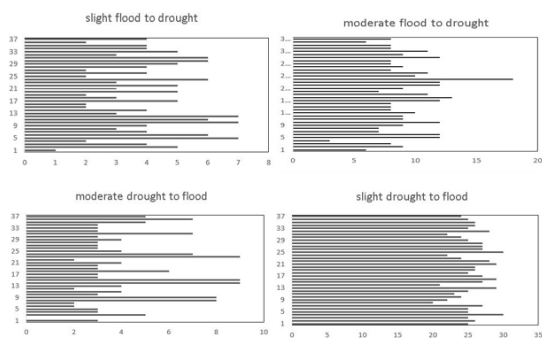


شکل ۴- نقشه ارزیابی PCP

روند تغییرات در بیشتر از نیمی از بازه‌های زمانی، از صفر تا یک، نشان دهنده یک الگوی نوسانات از خشکسالی کمتر تا سیل بوده است. در این بازه، تغییرات اغلب به صورت "slight drought to flood" بوده و این نوسانات از خشکسالی به سیل در این محدوده دیده می‌شود. (شکل ۷) اما در بازه‌هایی که بیشتر از یک بوده‌اند، روند تغییرات به صورت "moderate drought to flood" تجسم یافته است. این نوسانات، از یک وضعیت متوسط خشکسالی به سیل قابل مشاهده است.



شکل ۶- نقشه ارزیابی LDAFI MAP PERSIANN



شکل (۸) نمودار ارزیابی کلی فراوانی SDAFI

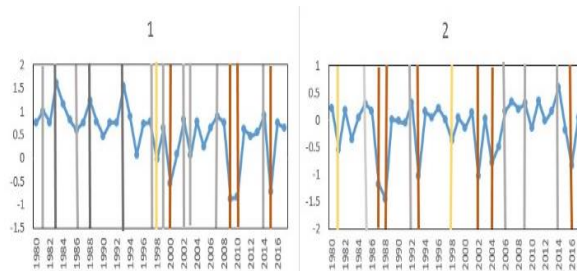
همچنین، تغییرات در بازه‌هایی که کمتر از منفی ۰.۵ بوده‌اند، با خط زرد نشان داده شده‌اند و نشان دهنده الگوی "slight flood to drought" است. بازه‌های کمتر از منفی ۰.۵، الگوی "moderate flood to drought" قابل مشاهده است. (شکل ۸)

### نتیجه گیری

در تحلیل مقیاس فضایی، غلظت بارش PCD و دوره غلظت بارش PCP نشان دهنده یک شیب افزایشی پراکنده از نقاط جنوب و جنوب شرقی به سمت نقاط شمال غربی بوده است. توزیع فضایی این پارامترها به نسبت سازگاری دارد. در مقیاس PCD، ایستگاه جنوب شرقی بیشترین مقدار و ایستگاه غربی کمترین مقدار را دارا می‌باشد و دامنه‌ی این مقادیر بین ۰.۳۶ تا ۰.۵۴ متغیر است. از سوی دیگر، در مقیاس PCP، دامنه مقادیر بین ۰.۲۵۴ تا ۱.۱۶۵

### ارزیابی فراوانی (FTD,DTF)

تجزیه و تحلیل روند تغییر بین سالانه SDAFI و تشخیص شدت DFAA را نشان می‌دهد همچنین ویژگی‌های روند سری رویدادهای DFAA در منطقه‌ی کرخه و کارون را بیان می‌کند روند تغییرات در اکثر بازه‌های زمانی بین صفر تا یک به صورت slight drought to flood است. بازه تغییرات sdfai برای بازه‌هایی که بیشتر از یک بود به صورت moderate drought to flood است همچنین روند تغییرات بین صفر تا -۰.۵ برای sdfai با خط زرد بیانگر slight flood to drought و بازه کمتر از -۰.۵ moderate flood to drought است.



شکل (۷) نمودار های ارزیابی فراوان SDAFI

(شکل ۷) تجزیه و تحلیل روند تغییرات سالانه SDAFI (شاخص تناوب ناگهانی خشکسالی-سیل) و تشخیص شدت DFAA (تغییرات ناگهانی خشکسالی-سیل) را نشان می‌دهد. این تحلیل ویژگی‌های سری زمانی رویدادهای DFAA در منطقه‌های کرخه و کارون را مشخص می‌کند.

رویدادهایم LDFAA (خشکسالی به سیل و سیل به خشکسالی) دیده می‌شود. رویدادهای DTF و FTD از ناحیه شمالی تا جنوبی کرخه و کارون بزرگ ویژگی‌هایی متفاوتی را نمایان می‌سازند. این دو رویداد، در برخی مناطق با تفاوت‌های قابل توجهی در فراوانی دیده می‌شوند. هرچند که الگوی فضایی رویدادهای FTD با DTF موافقت دارد، اما در کل، فراوانی رویدادهای DTF بیشتر از FTD بوده است. این نتایج نشان می‌دهند که در این منطقه، رخدادهای خشکسالی به سیل (DTF) در برخی نواحی بیشتر از رویدادهای سیل به خشکسالی (FTD) دیده می‌شوند.

متغیر است. توزیع فضایی PCP و PCD در ناحیه کرخه و کارون به نسبت سازگار است و به نظر می‌رسد که نوسانات مختلف در شرایط هوایی ممکن است بر تغییرات مکانی و زمانی این دو پارامتر تأثیرگذار باشند. در تحلیل مقیاس فضایی شاخص LDFAI (شاخص تناوب ناگهانی خشکسالی-سیل در دوره کوتاه مدت)، دیده می‌شود که وجود یک شیب کاهشی از منطقه‌های شمال و سمت شمال غربی به جنوب، مشخص است. توزیع فضایی این شاخص، تطابق قابل توجهی با درجه و دوره غلظت بارش دارد. ر منطقه کرخه و کارون بزرگ، مشاهده می‌شود که وجود تفاوت‌های قابل توجه در فراوانی

#### منابع

1. Siler-Evans, K., Hanson, A., Sunday, C., Leonard, N., & Tumminello, M. (۲۰۰۲). Analysis of pipeline accidents in the United States from ۱۹۶۸ to ۲۰۰۹. *International journal of critical infrastructure protection*, ۷(۴), ۲۵۷-۲۶۹.
2. Wu, Z., Li, J., He, J., & Jiang, Z. (۲۰۰۶). Large-scale atmospheric singularities and summer long-cycle droughts-floods abrupt alternation in the middle and lower reaches of the Yangtze River. *Chinese Science Bulletin*, ۵۱, ۲۰۲۷-۲۰۳۴.
3. Zhu, R., Wu, F., Zhou, S., Hu, T., Huang, J., & Gao, Y. (۲۰۰۶).
4. ). Cumulative effects of drought-flood abrupt alternation on the photosynthetic characteristics of rice. *Environmental and Experimental Botany*, ۱۶۹,
5. Feng, S., Hu, Q., & Oglesby, R. J. (۲۰۱۱). Influence of Atlantic sea surface temperatures on persistent drought in North America. *Climate Dynamics*, ۳۷, ۵۶۹-۵۸۶.
6. Yang, J., Gong, D., Wang, W., Hu, M., & Mao, R. (۲۰۱۱). Extreme drought event of ۲۰۰۹/۲۰۱۰ over southwestern China. *Meteorology and Atmospheric Physics*, ۱۱۵, ۱۷۳-۱۸۴.
7. Mu, Q., Zhao, M., Kimball, J. S., McDowell, N. G., & Running, S. W. (۲۰۱۳). A remotely sensed global terrestrial drought severity index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, ۹۴(۱), ۸۳-۹۸.
8. Shao, Y. H., Gu, G. F., Jiang, Z. Q., Zhou, W. X., & Sornette, D. (۲۰۱۲). Comparing the performance of FA, DFA and DMA using different synthetic long-range correlated time series. *Scientific reports*, ۲(۱), ۸۳۵.
9. Zhang, L., Jiao, W., Zhang, H., Huang, C., & Tong, Q. (۲۰۱۷). Studying drought phenomena in the Continental United States in ۲۰۱۱ and ۲۰۱۲ using various drought indices. *Remote sensing of environment*, ۱۹۰, ۹۶-۱۰۶.
10. Tang, T., & Lee, C. (۲۰۱۶). The role of surface layer proteins in the degradation of a photosynthetic prokaryote, the cyanobacterium *Synechococcus* sp. *Marine Chemistry*, ۱۸۶, ۳۳-۴۵.
11. Li, J. L., Lee, W. L., Waliser, D., Wang, Y. H., Yu, J. Y., Jiang, X., ... & Mahakur, M. (۲۰۱۶). Considering the radiative effects of snow on tropical Pacific Ocean radiative heating profiles in contemporary GCMs using A-Train observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, ۱۲۱(۴), ۱۶۲۱-۱۶۳۶.
12. Li, X., Zhang, Q., Zhang, D., & Ye, X. (۲۰۱۷). Investigation of the drought-flood abrupt alternation of streamflow in Poyang Lake catchment during the last ۵۰ years. *Hydrology Research*, ۴۸(۵), ۱۴۰۲-۱۴۱۷.

۱۳. Bi, W., Li, M., shan, B., Yan, D., Dong, Z., Feng, J., & Wang, H. (۲۰۱۸). Drought-flood abrupt alteration events over China. *Science of The Total Environment*, ۸۷۵, ۱۶۲۵۲۹.
۱۴. Qian, L., Meng, H., Chen, X., & Tang, R. (۲۰۲۳). Evaluating agricultural drought and flood abrupt alternation: A case study of cotton in the middle-and-lower Yangtze River, China. *Agricultural Water Management*, ۲۸۳, ۱۰۸۳۱۳.
۱۵. Zhi van, Q., Deng, Y., Zhong, L., He, H., & Chen, X. (۲۰۱۸). Effects of drought-flood abrupt alternation on yield and physiological characteristics of rice. *Int. J. Agric. Biol*, ۲۰, ۱۱۰۷-۱۱۱۶.
۱۶. Shi, W.Z., Huang, S.Z., Liu, D.F., Huang, Q., Han, Z.M., Leng, G.Y., Wang, H., Liang, H., Li, P., Wei, X.T., ۲۰۲۱. Drought-flood abrupt alternation dynamics and their potential driving forces in a changing environment. *J. Hydrol.* ۵۹۷, ۱۲۶۱۷۹  
<https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.jhydrol.۲۰۲۱.۱۲۶۱۷۹>.
۱۷. Wang, J., Rong, G., Li, K., & Zhang, J. (۲۰۲۱). Analysis of Characteristics of Dry–Wet Events Abrupt Alternation in Northern Shaanxi, China. *Water*, ۱۳(۱۷), ۲۳۸۴.
۱۸. Wang, J., Rong, G., Li, K., & Zhang, J. (۲۰۲۱). Analysis of Characteristics of Dry–Wet Events Abrupt Alternation in Northern Shaanxi, China. *Water*, ۱۳(۱۷), ۲۳۸۴.
۱۹. Qi, W., Liu, J., Yang, H., Zhu, X., Tian, Y., Jiang, X., ... & Feng, L. (۲۰۲۰). Large uncertainties in runoff estimations of GLDAS versions ۲.۰ and ۲.۱ in China. *Earth and Space Science*, ۷(۱), e۲۰۱۹EA۰۰۰۸۲۹.
۲۰. Shan .h., Lu, Y., Fang, Y., Xin, X., Li, L., Li, W., ... & Liu, X. (۲۰۲۰). The Beijing Climate Center climate system model (BCC-CSM): The main progress from CMIP<sup>۰</sup> to CMIP<sup>۱</sup>. *Geoscientific Model Development*, ۱۲(۴), ۱۵۷۳-۱۶۰۰.
۲۱. Cai, F., Zhang, Y., Mi, N., Ming, H., Zhang, S., Zhang, H., & Zhao, X. (۲۰۲۰). Maize (*Zea mays* L.) physiological responses to drought and rewatering, and the associations with water stress degree. *Agricultural Water Management*, ۲۴۱, ۱۰۶۳۷۹.
۲۲. Shi, W., Zhang, K., Xie, Y., Chao, L., Tola, T. L., & Xue, X. (۲۰۲۲). Monitoring the Variation of Drought-Flood Abrupt Alternation and Its Response to Atmospheric Circulation at Multi-time Scales. In *Smart Rivers* (pp. ۱۱۳۹-۱۱۵۱). Singapore: Springer Nature Singapore.
۲۳. Zhiang, X., Liu, H., & Zhang, M. (۲۰۱۵). Double ITCZ in coupled ocean-atmosphere models: From CMIP<sup>۳</sup> to CMIP<sup>۰</sup>. *Geophysical Research Letters*, ۴۲(۲۰), ۸۶۵۱-۸۶۵۹.
۲۴. chang, Y., You, Q., Ullah, S., Chen, C., Shen, L., & Liu, Z. (۲۰۲۳). Substantial increase in abrupt shifts between drought and flood events in China based on observations and model simulations. *Science of The Total Environment*, ۸۷۶, ۱۶۲۸۲۲.

## Assessment of Sudden Drought and Flood Occurrence (Case Study of the Karun River Basin)

Milad Moradzadeh<sup>۱</sup>; Hadi Pourhosein<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> MSc, water resources engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>۲</sup> MSc., water resources engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

### Abstract

### Introduction

The Middle Eastern countries, due to their location in the dry belt, are facing the problem of water scarcity and recurring droughts, as well as destructive and devastating floods. Drought-flood is one of the most serious, costly, and widespread natural disasters in the world. This complex natural phenomenon is caused by insufficient or excessive rainfall compared to long-term recorded averages, which can pose major threats to human society, agricultural production, ecosystems, and water resources. Sudden drought-flood recurrence events (DFAA) in a specific region or basin are a new type of extreme hydrological events that are caused by the coexistence and rapid alternation of drought and flood. DFAA events can create more serious disasters than a drought or flood event and lead to more casualties and economic losses. Global climate change and human activities, including abnormal atmospheric and oceanic circulation, are factors that have led to an increase in the frequency and intensity of DFAA events. Previous studies around the world have shown that the spatial distribution of DFAA events is expanding. In this study, Persian satellite images were first extracted at the level of the Karun Grand Basin and converted to satellite data. Then, using the Rstudio software, the degree of rainfall concentration (PCD) and the rainfall concentration period (PCP) were calculated for the Karkheh and Karun basins. Next, the MANN-KENDAL trend test was evaluated for PCD and PCP. The results showed that the increasing trend of rainfall concentration degree and rainfall concentration period for the period ۱۹۸۰-۲۰۱۷ was in line with the increasing trend of rainfall data. The Sudden Drought-Flood Recurrence Assessment Index (LDFAI) was also evaluated. The results showed that the trend of the sudden drought-flood recurrence index is directly related to the degree of rainfall concentration and the rainfall concentration period.

This study is important because it provides new insights into the causes and trends of DFAA events in the Middle East. The results of this study suggest that DFAA events are becoming more frequent and intense in this region, and that this trend is likely to continue in the future. This is a serious concern, as DFAA events can have devastating impacts on human society and the environment. The study's findings have several implications for policy and decision-making. First, they highlight the need for increased investment in adaptation measures to climate change. Second, they suggest that policies to reduce human-induced climate change and other factors that contribute to DFAA events are needed. Third, they call for improved monitoring and early warning systems to mitigate the impacts of DFAA events.

## Methodology

The Karun Grand Basin is one of the most important water basins in the country in terms of water resources, and the abundance of rainfall, especially in the headwaters of these two basins, has created a significant potential for surface and groundwater resources.

From the point of view of geographical location, the Karun basin is located in the range of  $48^{\circ}39'17''$  to  $48^{\circ}17'39''$  east longitude and  $30^{\circ}39'11''$  to  $37^{\circ}39'01''$  north latitude, and Karkheh is located between the geographical coordinates of  $34$  to  $36$  degrees north latitude and  $30$  to  $38$  degrees east longitude. The Karun Grand Basin includes the provinces of Chaharmahal and Bakhtiari, large parts of the provinces of Lorestan and Khuzestan, and a small part of the provinces of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad and Isfahan. The Karkheh Grand Basin includes more than half of the provinces of Lorestan and Kermanshah, and parts of the provinces of Kurdistan, Hamadan, Ilam, and Khuzestan. The main waterway of the basin is the Karkheh River, which is formed by the confluence of the Simorgh and Zale rivers in the south of Pol-e Dokhtar. This basin is part of the second-degree basins of the country in terms of national divisions. The area of Karkheh is equal to  $51527$  square kilometers. In the Karun Grand Basin and Karkheh, the highest monthly rainfall of  $111.4$  millimeters and a share of  $19.3\%$  in the year is related to December. After December, November with  $114.8$  millimeters and  $19.7\%$  has the most rainfall. In this water basin, the rainfall of the months of June to September accounts for less than  $1\%$  of the total annual rainfall. In the Karkheh and Karun Grand Basin, annual rainfall varies from  $113$  to  $700$  millimeters, with an average of  $437$  millimeters. Here is a more concise translation: The Karun Grand Basin is a major water source in Iran, with abundant rainfall, especially in the winter months. The basin covers parts of seven provinces, and its area is about  $51,500$  square kilometers. The average annual rainfall is  $437$  millimeters. I hope this helps! Let me know if you have any other questions. The method for calculating the degree of rainfall concentration index (PCD) and rainfall concentration period index (PCP) was first proposed by Zhang et al. (2003) in a study of compound drought-flood events in the Yangtze River basins. This method can quantitatively describe the spatial and temporal characteristics of regional rainfall. The concept of the PCD and PCP calculation methods is to describe the total monthly rainfall as a vector quantity with magnitude and direction (Li et al., 2010).

The method used to calculate PCD and PCP is as follows: To calculate the monthly direction angle, the angle corresponding to the middle of the day of each month is considered. According to Equation (1), the mean daily rainfall depth is equal to  $0.986$ . The method used in this study to calculate PCD and PCP is as follows. (Zhang et al., 2003).

### MANN-KENDAL trend estimation

In time series, especially climate data time series, the need for trend analysis is felt. One of the practical and non-parametric methods is the Mann-Kendal method, which is widely used. The Mann-Kendall method was first presented by Mann (1945) and then expanded and developed by Kendall (1970). The zero hypothesis of the Mann-Kendall test indicates the randomness and absence of trend in the data series, and the acceptance of the one hypothesis

(rejection of the null hypothesis) indicates the existence of the trend in the data series. The Mann-Kendall test is used to determine whether a time series has a uniform upward or downward trend. The data need not be normally distributed or linear. It requires that there is no autocorrelation. In the relation  $(\frac{p}{n})$  of the total number of data,  $p$  indicates the cumulative number of years when the data value is greater than the value of the previous year, and in other words, if  $x_i$  is the data value per year,  $p$  is the number of observations that  $X_j < X_i$  so that  $j > i$ . Finally, positive values of  $T$  indicate an increasing trend in the time series, while negative values indicate a decreasing trend over time (Yu et al., ۲۰۰۲). Also, if the absolute value of  $T$  is greater than  $۱.۹۶$  in The probability level of ۵% has a significant trend and for the absolute value of  $T$  greater than  $۲.۵۷۵$ , the probability level of ۱% has a significant trend (Hobbins et al. ۲۰۰۱).

### Conclusion

In spatial scale analysis, PCD rainfall concentration and PCP rainfall concentration period show a scattered increasing trend from the southern and southeastern points to the northwestern points. The spatial distribution of these parameters is relatively consistent. In the PCD scale, the southeastern station has the highest value and the western station has the lowest value, and the range of these values varies from ۰.۳۶ to ۰.۵۴. On the other hand, in the PCP scale, the range of values varies from ۰.۲۵۴ to ۱.۱۶۵. The spatial distribution of PCD and PCP in the Karkheh and Karun region is relatively consistent, and it seems that various fluctuations in weather conditions may affect the spatial and temporal changes of these two parameters. In spatial scale analysis of the LDFAI index (sudden drought-flood recurrence index in the short term), it is seen that there is a decreasing trend from the northern and northwestern regions to the south. The spatial distribution of this index has a significant match with the degree and period of rainfall concentration. In the Karkheh and Karun Grand region, it is observed that there are significant differences in the frequency of LDFAA events (drought to flood and flood to drought). DTF and FTD events from the northern to southern region of Karkheh and Karun Grand show different characteristics. These two events are seen in some areas with significant differences in frequency. Although the spatial pattern of FTD events agrees with DTF, in general, the frequency of DTF events has been higher than FTD. These results show that in this region, drought to flood (DTF) events are seen more in some areas than flood to drought (FTD) even.