

## بررسی تغییرات شدت خشکسالی در حوزه‌های آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار استان خوزستان

فاطمه درگاهیان\*، زهره ابراهیمی خوسفی، امین فضل کاظمی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۳

### چکیده

تمام مسائل مربوط به یک حوزه آبخیز از قبیل مدیریت آب و خشکسالی باید به صورت یکپارچه، در غالب مدیریت جامع مدنظر باشد. یکی از عوامل توسعه کانون‌های گردوغبار دهه اخیر استان خوزستان، منطقه خروجی سه حوزه آبخیز کارون، کرخه و زهره-جراحی، رخداد خشکسالی‌های متوالی بوده است. به منظور ارزیابی پتانسیل تغییرات مکانی-زمانی رخدادهای خشکسالی و ترسالی، از نمایه خشکسالی SPI استفاده شد اما با توجه به افزایش روند دما در هر سه حوضه، شاخص خشکسالی SPEI محاسبه و از دوره آماری ۱۳۴۶-۱۳۹۶ در قالب ۵ دهه در یک شبکه با تفکیک مکانی ۴۴×۴۴ کیلومتر بر اساس داده‌های هواشناسی و مدیریت منابع آب کشور در نرم‌افزار GIS بازتولید شد. برای ۷۹ نقطه در سه حوضه شاخص SPI و SPEI در نرم‌افزار متلب استخراج و در نرم‌افزار GIS به روش کریجینگ پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد بر اساس هر دو شاخص، دهه سوم مرطوب‌ترین و دهه پنجم خشک‌ترین دهه بوده است. در دو دهه اول که دما افزایش چندانی نداشته، رخداد خشکسالی بر اساس شاخص SPEI در کل حوضه‌ها شدت کمتری داشته اما در دهه آخر به دلیل افزایش دما و در نتیجه افزایش تبخیر شدت خشکسالی SPEI به‌ویژه در محدوده کانون‌های گردوغبار به مراتب شدیدتر بوده است.

**کلیدواژه‌ها:** تبخیر و تعرق تورنت‌وایت، شاخص‌های خشکسالی spi و spei، کانون گردوغبار، مدیریت حوزه آبخیز.

۱. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، نویسنده مسئول،

fatemeh.dargahian@gmail.com

۲. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت

۳. پژوهشگر مرکز ملی خشکسالی

\* این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی است که در مؤسسه تحقیقات سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور انجام شده است.

## مقدمه

برای اروپا نشان داده که تضعیف گردش بادهای غالب غربی با شروع خشکسالی مرتبط است (بوناکورسو<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). در خاورمیانه بر اساس آمار بلندمدت ۵۰ ساله در مقیاس بزرگ، رخداد لائینا به ویژه در سالهای ۱۹۹۹-۲۰۰۱ و ۲۰۰۷-۲۰۰۸ نقش مهمی در خشکسالی سراسر منطقه داشته است (بارلو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس مدل‌های مختلف اقلیمی و شاخص‌های خشکسالی در سال‌های آتی خشکسالی‌ها با شدت‌ها و ویژگی‌های متفاوت پیش‌بینی می‌شوند (فنگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۷).

برای شناسایی شروع، شدت، تداوم، محل، و توقف شرایط خشکسالی از نمایه‌ها یا شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود. نمایه‌های مربوط به خشکسالی در پنج گروه هواشناسی، رطوبت خاک، آب‌شناسی، سنجش از دور و یک گروه ترکیبی، و از نظر سادگی محاسبات در سه طبقه مجزا، سبز (ساده)، زرد و قرمز، توسط سازمان جهانی هواشناسی با همکاری تعدادی از مراکز بین‌المللی، سازمان مشارکت جهانی آب در سال ۲۰۱۶ طبقه‌بندی شده است (سازمان جهانی هواشناسی و سازمان مشارکت جهانی آب). تاکنون بر اساس شاخص‌های مختلف آشکارکننده خشکسالی مطالعات زیادی در زمینه خشکسالی و ویژگی‌های آن در کشور انجام شده است اما بیشترین فراوانی مربوط به شاخص‌های گروه هواشناسی بوده که از بین تمام شاخص‌ها بیشتر از شاخص SPI و SPEI استفاده شده و در بسیاری از مطالعات نتایج حاصل از این دو شاخص با هم مقایسه شده است (نصرتی و همکاران، ۲۰۱۴؛ مصطفی‌زاده و ذبیحی، ۲۰۱۶؛ نژادمقبلی و همکاران، ۲۰۱۷؛ رضایی و قربانی قلعه، ۲۰۱۸؛ تان و یانگ<sup>۱۱</sup>؛ استیج<sup>۱۲</sup> و همکاران ۲۰۱۵؛ ویسنت و بیگوریا<sup>۱۳</sup>؛

خشکسالی پدیده‌ای است که دارای اثرات بلندمدت بوده و از گذشته‌های دور جزء لاینفک اقلیم هر منطقه‌ای به شمار می‌آید و حتی در مناطق جنگلی هم ممکن است رخ دهد؛ به طوری که افزایش دما باعث تقویت استرس و مرگ‌ومیر ناشی از خشکسالی در سطح جهان در جنگل‌ها شده (یانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) و منجر به خسارات در سطح وسیع به محصولات کشاورزی می‌شود. زندالیناس<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) بر لزوم توسعه محصولات زراعی با تحمل بیشتر در برابر خشکسالی و ترکیب تنش گرما به منظور کاهش تأثیرات منفی تغییرات پیش‌بینی شده آب‌وهوایی جهانی بر تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان تأکید کردند. در بسیاری از مناطق، خشکسالی‌های مکرر و شدید در قرن بیست و یکم پیش‌بینی می‌شود اما زمان بازیابی (چه مدت یک اکوسیستم برای بازگشت به وضعیت عملکردی قبل از خشکسالی نیاز دارد) یک معیار مهم تأثیر خشکسالی است (اسچولم<sup>۱۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). رخداد خشکسالی با گردش عمومی جو مرتبط است (کینگ استون<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۵)؛ به طوری که در مقیاس بزرگ با الگوهای بزرگ مقیاس آب‌وهوایی نظیر نوسانات انسو (جیمینز<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۶)، نوسان اطلس شمالی و النینو (مارنگو<sup>۱۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) مرتبط است. در منطقه نیمه‌خشک شمال شرق برزیل برخی از رخداد‌های خشکسالی به النینو مرتبط است. رخداد خشکسالی‌ها با استفاده از شاخص SPI<sup>۱۹</sup> (شاخص بارش استاندارد) شش ماهه و ارتباط آن با شاخص نوسان اطلس شمالی

1. Young
2. Zandalinas
3. Schwalm
4. Kingston
5. Jiménez
6. Marengo
7. Standard Precipitation Index

8. Bonaccorso

9. Barlow

1 . Feng 0

1 . Tan and Yang 1

1 . Stage 2

به‌منظور بررسی شدت، فراوانی، تداوم و بزرگی خشکسالی، از شاخص‌ها یا نمایه‌های خشکسالی استفاده می‌شود. از مهم‌ترین شاخص‌های آشکارکننده رخداد خشکسالی هواشناسی می‌توان به دو شاخص SPI به‌لحاظ سرعت آشکارسازی رخداد پدیده خشکسالی و SPEI به‌لحاظ دقت و در نظر گرفتن شرایط دما از طریق پارامتر تبخیر با توجه به روند افزایش دمای جهانی، در آشکارسازی شدت و بزرگی خشکسالی اشاره کرد. در این مطالعه با توجه به گستردگی منطقه مورد مطالعه که از ارتفاعات بالای ۴۰۰۰ متر تا سواحل دریا که ارتفاع منفی می‌شود و انواع مختلف شرایط اقلیمی را شامل می‌شود، از دو شاخص SPI و SPEI برای آشکارسازی و پایش خشکسالی دهه‌ای استفاده شده است تا بتوان مناطق با پتانسیل بالای خشکسالی و ترسالی را در دهه‌های مختلف رصد نمود و اطلاعات صحیح و بموقع درباره واقعت منطقه مورد مطالعه را که بالادست کانون‌های گردوغبار دشت خوزستان است، در اختیار برنامه‌ریزان و سیاست‌گزاران مقابله با پدیده گردوغبار در استان خوزستان قرار داد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره- جراحی، بخشی از حوزه آبخیز پهناور خلیج فارس از عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی می‌باشند. حوزه آبخیز کارون بزرگ در محدوده ۸ استان اصفهان، چهارمحال و بختیاری، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، مرکزی، فارس و همدان واقع شده است. در این بین، بیشترین سهم مساحت در استان خوزستان و کمترین سهم مربوط به استان همدان است. حوزه آبخیز کرخه در غرب کشور و در منطقه میانی و جنوب غربی رشته‌کوه‌های زاگرس قرار دارد. قسمت شمالی حوضه در استان کرمانشاه، شرق حوضه در استان همدان، قسمت میانی در استان لرستان و قسمت جنوبی در استان خوزستان و قسمت غربی در استان ایلام واقع شده است. حوزه آبخیز جراحی و زهره، بخش‌هایی

اسوان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ لابودووا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). تجزیه و تحلیل رویداد خشکسالی در مناطق نیمه‌خشک شمال شرق برزیل با استفاده از شاخص‌های خشکسالی نشان می‌دهد که از اواسط دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶، در طول دوره ۲۵ ساله مورد مطالعه، ۱۶ سال بارش باران زیر حد طبیعی را تجربه کرده است. این ممکن است سطح مخازن منطقه را تحت تأثیر قرار داده و منجر به یک بحران واقعی آب شود که با توجه به ناهنجاری‌های باران منفی از سال ۲۰۱۰ بزرگ شده است (مارنگو و همکاران، ۲۰۱۸). سال ۲۰۱۴ جنوب شرقی برزیل در طول چند دهه، یکی از شدیدترین خشکسالی‌ها را تجربه کرده است. این کمبود بارندگی باعث ایجاد کمبود آب و بروز بحران آب شده است. در ژانویه سال ۲۰۱۵، مخازن اصلی تنها ۵٪ از ظرفیت ۱/۳ میلیارد مترمکعب خود را پر کرده بودند (ون لون<sup>۴</sup>، ۲۰۱۶).

در سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷، شدیدترین و فراگیرترین خشکسالی در کشور ایران رخ داده است (رشتچی و همکاران، ۲۰۱۷؛ آراسته و همکاران، ۲۰۱۷، خاضعی و همکاران، ۲۰۱۵؛ سهراب‌زاده و اسلامی، ۲۰۱۷). در سه حوضه مورد مطالعه از زمان رخداد خشکسالی شدید و فراگیر ۱۳۸۶-۱۳۸۷ تا سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ یک سیکل بزرگ خشکسالی رخ داده است. در این سه حوضه، اگر هم در این دهه یک سال با شرایط نزدیک به نرمال روبه‌رو بوده، فرصت جبران کمبود آب پیدا نکرده و خشکسالی بعدی حادث شده؛ به‌طوری که در آخرین سال دهه آخر، ورود آب به مخازن سدهای خوزستان ۶۵٪ کاهش داشته است. ذخایر آبی مخازن سدهای استان نیز ۵۸٪ کاهش پیدا کرده است. کاهش بارش در سطح سه حوضه تولید انرژی در نیروگاه‌های برقی خوزستان را تهدید کرد؛ به‌طوری که اثرات تدریجی و بلندمدت خشکسالی در سال ۱۳۹۶ به اوج خود رسید.

1. Vicente and Beguerí

2. Swann

3. Labudová

4. Van Loon

### شاخص بارش استاندارد SPI

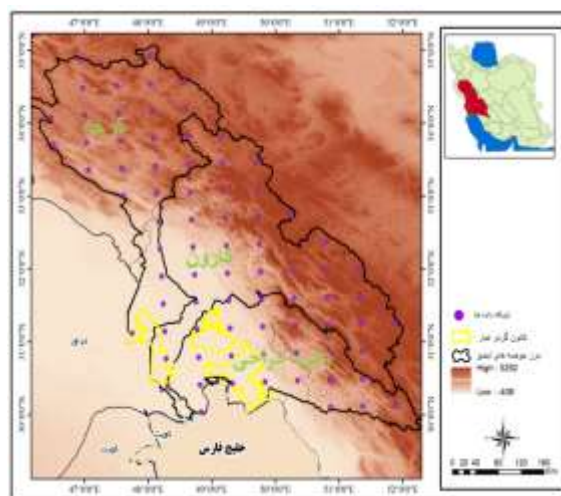
این شاخص نتیجه تحقیق و کار انجام شده در سال ۱۹۹۲ در دانشگاه ایالتی کلرادو در ایالات متحده توسط مکی و همکارانش است که برای اولین بار در هشتمین کنفرانس آب‌هوشناسی کاربردی در ژانویه ۱۹۹۳ ارائه شد؛ اساس این شاخص بر روابط فراوانی، مدت و بازه‌های زمانی خشک‌سالی است که بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید. تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص، عنصر بارندگی است. این شاخص را می‌توان در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد که یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین نمایه‌های خشک‌سالی است و بسیاری از محققان به قابلیت انعطاف‌پذیری این روش اشاره داشته‌اند. محاسبه نمایه بارش استاندارد شده برای هر منطقه بر اساس ثبت داده‌های بارش در بلندمدت برای یک دوره دلخواه استوار است. این گزارش‌ها (بارش) در بلندمدت به یک توزیع احتمال متناسب شده‌اند، بنابراین متوسط بارش استاندارد شده برای هر منطقه و برای هر دوره دلخواهی صفر و انحراف معیار آن یک می‌باشد (لشنی‌زند، ۲۰۰۱).

در این پژوهش، ابتدا از شاخص SPI برای بررسی خشک‌سالی بهره گرفته شده است. بدین منظور مجموع بارش سالانه در معرض برآزش توزیع‌های مختلف قرار گرفت و در نهایت با آزمون نکویی برآزش به وسیله آزمون کلموگروف - اسمیرنوف و در سطح اطمینان ۹۵٪ توزیع گاما به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع انتخاب گردد. برای این منظور ابتدا داده‌ها به صورت صعودی مرتب شد و سپس احتمال وقوع تجربی مشاهدات با استفاده از رابطه ویبول که به صورت زیر قابل محاسبه است، به دست آورد:

$$p = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

در این رابطه،  $m$  شماره ردیف مشاهدات و  $n$  تعداد مشاهدات سری می‌باشد. سپس سری زمانی بارش به وسیله توزیع‌های مختلف برآزش شد و احتمال تجمعی وقوع داده‌ها

از استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، فارس و بوشهر را پوشش می‌دهد. در شکل (۱) موقعیت سه حوضه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه و شبکه داده‌ها

Figure (1): Location of the study area and Data Network

### داده‌ها و روش کار

شاخص‌های خشک‌سالی برای ارزیابی کیفیت و کمیت پدیده خشک‌سالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شاخص‌ها با توجه به منطقه و هدف مطالعه، کاربردهای متفاوتی دارند. برای بررسی روند تغییرات دهه‌های خشک‌سالی در حوزه آبخیز کارون بزرگ، از داده‌های بارش شبکه‌ای با قدرت تفکیک مکانی ۴۴×۴۴ کیلومتر استفاده شده است. این داده‌ها بر اساس میان‌یابی داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های سنجش بارش هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای در نرم‌افزار GIS بازتولید شده‌اند. از آنجایی که برای محاسبه مقادیر شاخص SPEI علاوه بر مقادیر بارش، نیاز به مقادیر تبخیر و تعرق می‌باشد، در این تحقیق، مقدار تبخیر و تعرق با استفاده از داده‌های بارش و دمای میانگین و از روش تورنت-وایت محاسبه شده است. برای استخراج داده‌های دما و تبخیر و تعرق نیز به همان روش میان‌یابی از داده‌های روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی هواشناسی و ایستگاه‌های هواشناسی و تبخیرسنجی شرکت مدیریت منابع آب ایران استفاده شده است. داده‌ها برای یک دوره آماری ۵۰ ساله در غالب ۵ دهه سامان‌دهی و شاخص خشک‌سالی SPI و SPEI با استفاده از نرم‌افزار DIP برای هر دهه استخراج و تحلیل شد.

$$z = spi = - \left[ t - \frac{c_0 + c_1 * t + c_2 * t^2}{1 + d_1 * t + d_2 * t^2 + d_3 * t^3} \right] \quad (5)$$

$0 < G(x) \leq 0.5$

در رابطه فوق، برای محاسبه t به طریق زیر عمل می‌شود:

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(H(x))^2} \right]} \quad (6)$$

اگر مقادیر احتمال تجمعی بزرگ‌تر از ۰/۵ و کوچک‌تر و

مساوی با ۱ باشد، SPI با استفاده از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$z = spi = \begin{cases} 0.5 & < G(x) \\ = + \left[ t - \frac{c_0 + c_1 * t + c_2 * t^2}{1 + d_1 * t + d_2 * t^2 + d_3 * t^3} \right] & \leq 1 \end{cases} \quad (7)$$

که در آن، t با توجه به مقادیر G(x) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{1 - (H(x))^2} \right]} \quad (8)$$

در روابط فوق ضرایب ثابت به شرح زیر تعریف

می‌شوند:

$d_1 = 1.432788$	$d_2 = 0.189269$	$d_3 = 0.001308$
$c_0 = 2.515517$	$c_1 = 0.802853$	$c_2 = 0.010328$

### شاخص بارش - تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI)

این شاخص در مقیاس‌های زمانی مختلف از معادله ساده بیلان آب یعنی تفاوت بین بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل بر پایه معادله وایت استفاده می‌کند. با در نظر گرفتن تبخیر و تعرق پتانسیل (PET)، تفاوت بین بارش (P) و تبخیر و تعرق پتانسیل برای ماه ۱ به صورت رابطه زیر محاسبه خواهد شد.

$$Di = Pi - PET \quad (1)$$

مقادیر D در مقیاس‌های زمانی مختلف از رابطه (۲)

محاسبه می‌شود:

$$D = \sum p_{n-i} - PET_{n-i} \quad (2)$$

که k (ماه‌ها) مقیاس زمانی مورد نظر و n ماه مورد نظر در محاسبه است. یک توزیع سه پارامتری برای محاسبه شاخص خشکسالی نیاز است تا بتواند مقدارهای منفی در داده‌های D را پوشش دهد. نتایج انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع نشان داده است که تابع لجستیک لگاریتمی برازش خوبی بر سری زمانی داده‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف دارد (ویسنت و

در توزیع‌های مختلف به دست آمد. پس از محاسبه تفاوت احتمال تجمعی برازش شده بر داده‌ها با احتمال تجمعی تجربی و با استفاده از آزمون نکویی برازش به وسیله آزمون کلموگروف - اسمیرنوف، احتمالات تجمعی توزیع گاما با داشتن کمترین تفاوت نسبت به احتمالات تجمعی تجربی، به عنوان توزیع مناسب برای بارش انتخاب شد. تابع توزیع گاما به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Gamma(x, \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (2)$$

در رابطه فوق،  $x > 0$  داده‌های بارش،  $\alpha > 0$  پارامتر شکل،  $\beta > 0$  پارامتر مقیاس، e عدد نپرین و  $\Gamma(\alpha)$  تابع گامای کامل است. به منظور برازش توزیع گاما بر داده‌ها، ابتدا بایستی پارامترهای تابع چگالی گاما g(x)، یعنی پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  تخمین زده شود. این پارامترها را می‌توان به روش‌های مختلفی مانند روش گشتاورها، روش بیشینه درست‌نمایی و... برآورد کرد. در این پژوهش، از روش بیشینه درست‌نمایی برای برآورد پارامترها بهره گرفته شد که از طریق معادلات زیر حاصل می‌شود:

$$\alpha = \frac{1}{4 * A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4 * A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

$$A = \ln(\bar{x}) = - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

در این فرمول، n تعداد مشاهدات و x میانگین سری می‌باشد. احتمال تجمعی نظیر مقدار بارش x میلی‌متر از رابطه ۴ به دست می‌آید:

$$G(X) = \int_0^x g(x) dx \quad (4)$$

$$= \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

سپس با استفاده از این دو پارامتر، احتمال تجمعی مقادیر بارش برای توزیع گاما حساب می‌شود. پس از محاسبه احتمال تجمعی نظیر مقادیر بارش G(x) مقادیر z استاندارد یا SPI برای هر مقدار بارش (x) از طریق فرمول‌های زیر محاسبه می‌شوند.

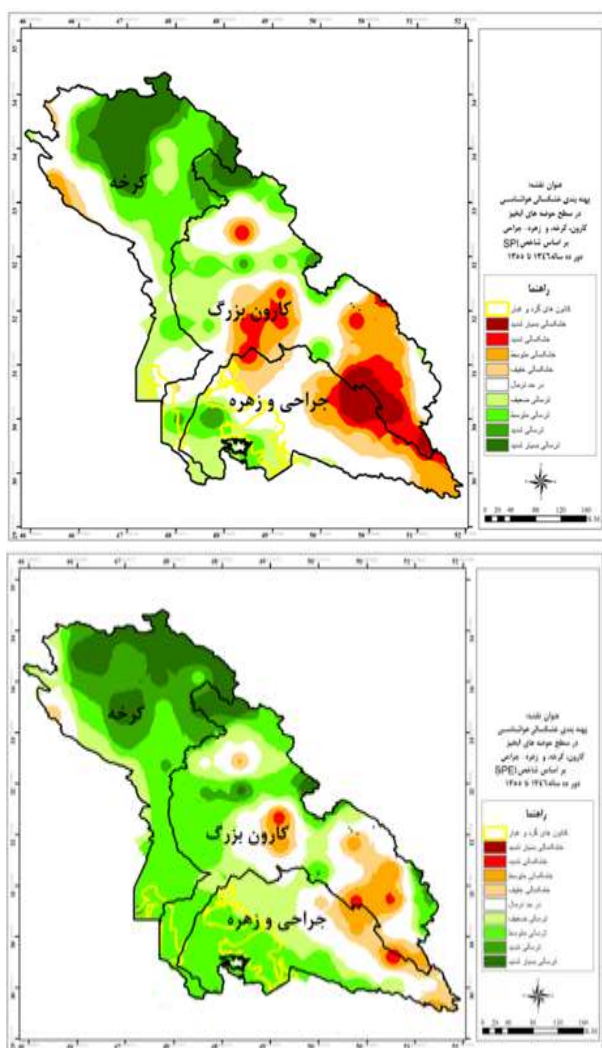
در این مرحله، برای محاسبه SPI سال‌هایی که احتمال تجمعی آن‌ها (cdf) بزرگ‌تر از صفر و کمتر یا مساوی با ۰/۵ باشد، از رابطه زیر به دست می‌آید:

بیگوریا، ۲۰۱۶)

$$F(x) = \left[ 1 + \left( \frac{\alpha}{x - \gamma} \right) \right]^{-1} \quad (3)$$

$\alpha$  پارامتر مقیاس،  $\beta$  پارامتر شکل و  $\gamma$  پارامتر اصلی برای مقادیر  $D$  در محدوده  $D < \infty$  و  $\gamma > D$  است. شاخص SPEI می‌تواند در مقیاس‌های زمانی مختلف محاسبه شود. مقادیر مثبت SPEI بیانگر مثبت بودن بیلان آب و مقادیر منفی آن بیانگر منفی بودن بیلان آب است. از آنجایی که این شاخص می‌تواند برای پایش و ارزیابی دوره‌های خشک و مرطوب مورد استفاده قرار گیرد، در این پژوهش از آن استفاده شده است.

دهه اول مورد بررسی از سال آبی ۱۳۴۵ تا سال آبی ۱۳۵۴ می‌باشد. بر اساس شاخص خشکسالی SPI در مرز بین دو حوزه آبخیز هنديجان جراحی و حوضه کارون به‌ویژه در بالادست، حوضه خشکسالی بسیار شدید و شدید رخ داده است. بخش‌های وسیعی از دو حوضه دچار خشکسالی متوسط و ضعیف است. درحالی‌که در حوضه کرخه به‌ویژه در سر حوضه، ترسالی شدید رخ داده است (شکل ۲). با توجه به اهمیت پارامترهای دما و تبخیر و تعرق در شاخص SPEI شدت خشکسالی در کل حوضه‌ها کم است.



شکل (۲): خشکسالی دهه اول سه حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های

گردوغبار خوزستان ۱۳۴۶-۱۳۵۵

Figure (2): First decade droughts of three watersheds leading to the Khuzestan Dust (1346-1355)

خشکسالی دهه دوم سال آبی ۱۳۵۶-۱۳۶۵ بر اساس شاخص SPI و SPEI

جدول (۱): مقادیر شاخص SPI و SPEI

Table (1): The SPI and SPEI index value

وضعیت	شرح	شاخص SPI و SPEI
۱	نرمال	$-0.49 < SPI < +0.49$
۲	خشکسالی ملایم	$-0.99 < SPI < -0.5$
۳	خشکسالی متوسط	$-1 < SPI < -1.49$
۴	خشکسالی شدید	$-1.5 < SPI < -1.99$
۵	خشکسالی بسیار شدید	$SPI < -2$
۶	ترسالی ملایم	$+0.49 < SPI < +0.99$
۷	ترسالی متوسط	$+1 < SPI < +1.49$
۸	ترسالی شدید	$+1.5 < SPI < +1.99$
۹	ترسالی بسیار شدید	$SPI > +2$

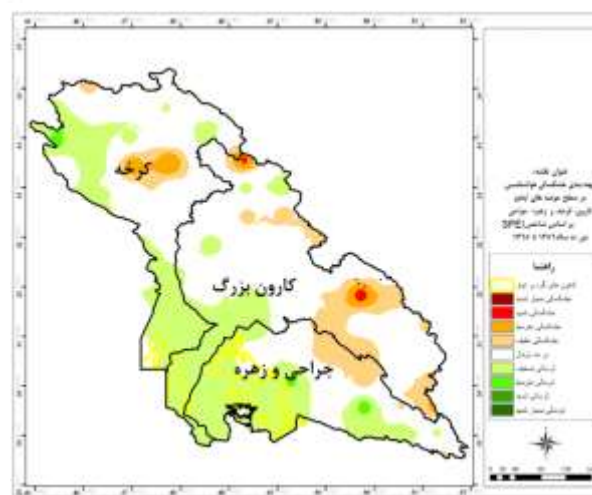
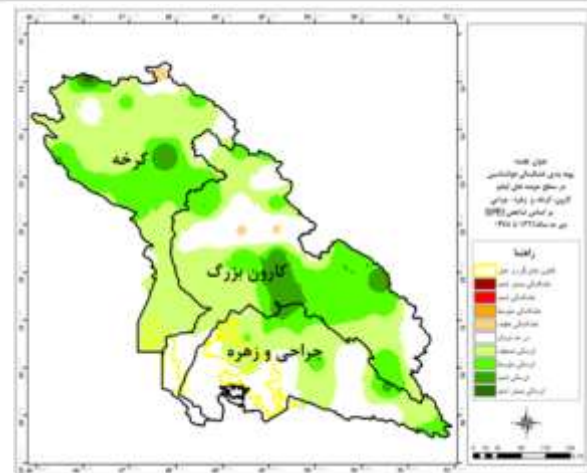
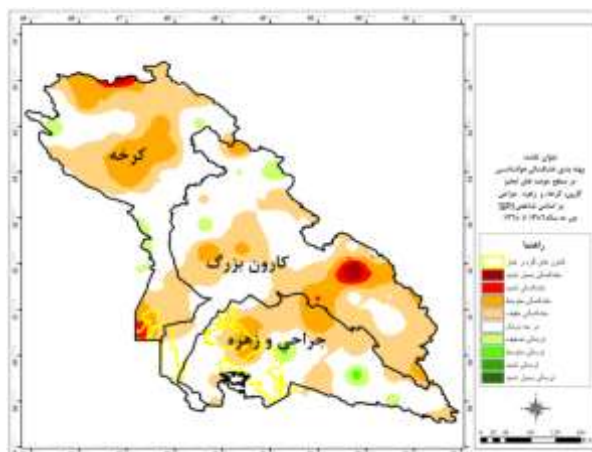
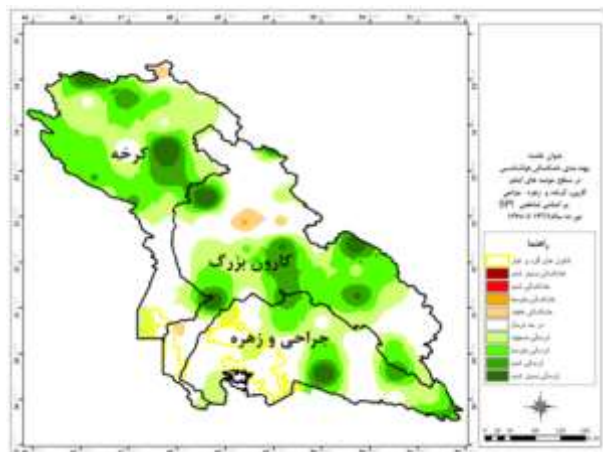
پس از محاسبه شاخص خشکسالی و ترسالی بر اساس معیار طبقات جدول (۱) برای ۷۹ نقطه اطلاعات برای ۵ دهه استخراج و در محیط نرم‌افزار GIS به روش کریجینگ پهنه‌بندی و توزیع مکانی مناطق با پتانسیل خشکسالی و ترسالی بر اساس دو شاخص انجام و تحلیل شد.

### نتایج

خشکسالی دهه اول سال آبی ۱۳۴۶-۱۳۵۵ بر اساس شاخص SPI و SPEI

در دهه دوم بر اساس شاخص SPI خشکسالی بسیار شدید و شدید در مساحت‌های بسیار کم، اما در سرشاخه حوزه‌های کرخه و کارون رخ داده و هر سه حوزه بیشتر دچار خشکسالی متوسط و ضعیف است و قسمت‌های وسیعی از حوزه‌ها دارای شرایط نرمال و نزدیک به نرمال هستند. اما بر اساس شاخص خشکسالی SPEI با توجه به نقش تعدیل‌کننده دما در این دهه، بیشتر قسمت‌های هر سه حوزه دارای شرایط نرمال بوده و بخش پایین دست هر سه حوزه با ترسالی ضعیف مواجه است.

در دهه سوم، هر سه حوزه بر اساس هر دو شاخص با شرایط نرمال تا ترسالی ضعیف مواجه‌اند. تعداد زیادی از هسته‌های مکانی ترسالی بسیار شدید در سرحوضه‌ها در روش SPI وجود دارد که در روش SPEI جای خود را به ترسالی شدید و متوسط داده‌اند. در این دهه، محدوده کانون‌های گردوغبار با شرایط نرمال تا ترسالی ضعیف مواجه‌اند.



شکل (۴): خشکسالی دهه سوم سه حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار خوزستان (۱۳۶۶-۱۳۷۵)  
Figure (4): Three decades of droughts in three watersheds leading to Khuzestan Dust (1366-1375)

شکل (۳): خشکسالی دهه دوم سه حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار خوزستان ۱۳۵۶-۱۳۶۵  
Figure (3): Second decade droughts in three watersheds leading to Khuzestan (1356-1365)

خشکسالی دهه چهارم سال آبی ۱۳۷۶-۱۳۸۵ بر اساس شاخص SPI و SPEI

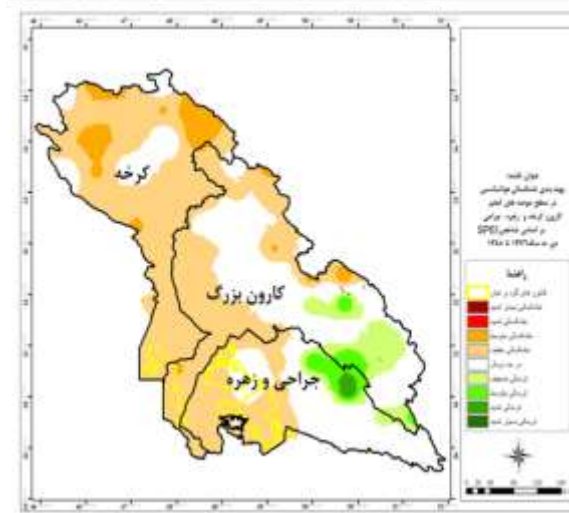
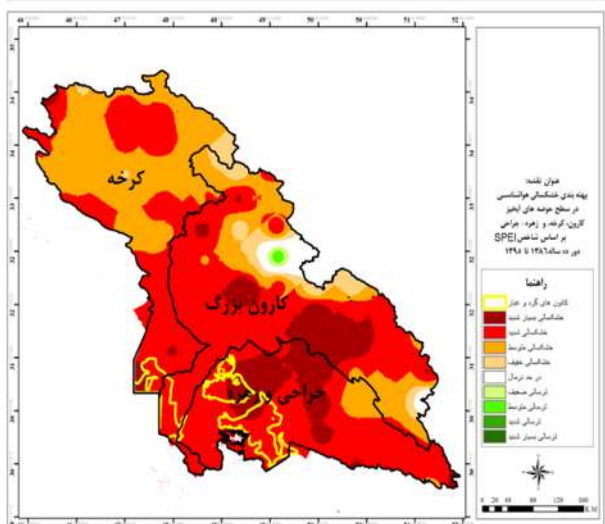
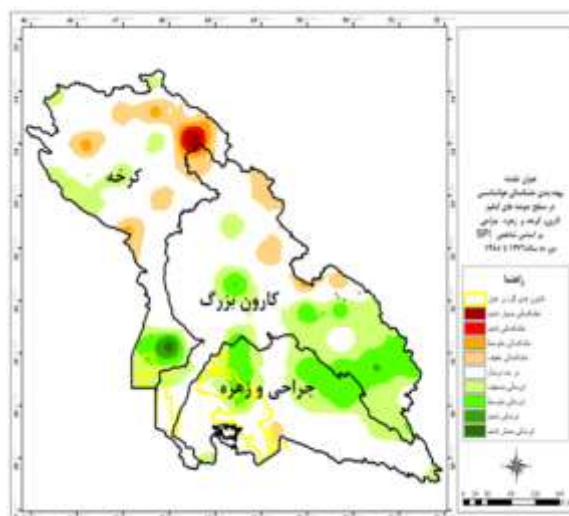
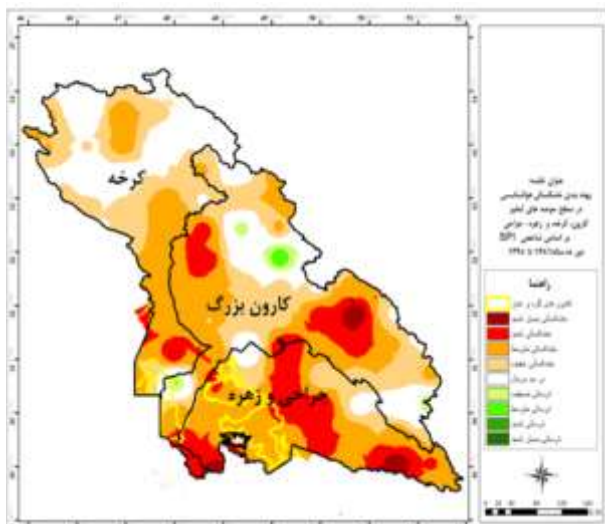
خشکسالی دهه سوم سال آبی ۱۳۶۶-۱۳۷۵ بر اساس شاخص SPI و SPEI

در دهه چهارم، بر اساس شاخص SPI بیشتر مناطق شرایط نزدیک به نرمالی دارند و در بخش‌های وسیعی از شرق کارون بزرگ و نیمه شمالی حوضه زهره-جراحی شرایط ترسالی متوسط و ضعیف حاکم است. بخش‌های وسیعی از حوضه کارون و کرخه بر اساس شاخص SPEI دچار

در دهه سوم، هر سه حوزه بر اساس هر دو شاخص با

به طوری که در مجموع بیش از ۹۵٪ حوضه در این دهه با خشکسالی مواجه شده است. کانون‌های گردو غبار در این دهه بر اساس شاخص SPEI با خشکسالی بسیار شدید و شدید مواجه بوده‌اند.

خشکسالی خفیف شده است که می‌تواند حاکی از افزایش تدریجی دما و افزایش تبخیر باشد.



شکل (۵): خشکسالی دهه چهارم حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار خوزستان ۱۳۷۶-۱۳۸۵

شکل (۶): خشکسالی دهه چهارم حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار خوزستان ۱۳۸۵-۱۳۹۵

شکل (۷): خشکسالی دهه پنجم بر اساس سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ بر اساس شاخص SPEI و SPI

شکل (۵): Three decades of droughts in three watersheds leading to Khuzestan Dust (1376-1385)

شکل (۶): Three decades of droughts in three watersheds leading to Khuzestan Dust (1386-1395)

### بحث و نتیجه گیری

خشکسالی ریشه در گردش عمومی جو دارد و رخداد تغییر اقلیم طی دهه‌های اخیر با افزایش گرمایش جهانی، خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای را تشدید کرده است (چوات و همکاران، ۲۰۱۸). افزایش CO<sub>2</sub> اتمسفری باعث گرم‌تر شدن کره زمین

خشکسالی دهه پنجم سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ بر اساس شاخص SPEI و SPI

در دهه پنجم بر اساس شاخص SPI، خشکسالی متوسط و ضعیف، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. خشکسالی شدید در پایین دست حوضه کرخه و به صورت دو هسته در بالادست حوضه کارون و در سطح گسترده‌تری در حوزه آبخیز زهره-جراحی رخ داده است. با توجه به روند افزایش دما در شاخص SPEI مساحت زیادی از هر سه حوضه دچار خشکسالی شدید و بسیار شدید شده است؛



ترسالی شدید رخ داده است. بر اساس شاخص SPEI شدت خشکسالی در تمام حوضه‌ها کم است.

در دهه دوم بر اساس شاخص SPI هر سه حوضه، بیشتر دچار خشکسالی متوسط و ضعیف است و قسمت‌های وسیعی از حوضه‌ها دارای شرایط نرمال و نزدیک به نرمال هستند. اما بر اساس شاخص خشکسالی SPEI با توجه به نقش تعدیل‌کننده دما در این دهه، بیشتر قسمت‌های هر سه حوضه دارای شرایط نرمال بوده و بخش پایین‌دست هر سه حوضه بر ترسالی ضعیف مواجه است. در دهه سوم، هر سه حوضه بر اساس هر دو شاخص با شرایط ترسالی تا نرمال مواجه هستند. در این دهه، محدوده کانون‌های گردوغبار با شرایط نرمال تا ترسالی ضعیف مواجه‌اند. در دهه چهارم بر اساس شاخص SPI بیشتر مناطق شرایط نزدیک به نرمالی دارند. بخش‌های وسیعی از حوضه کارون و کرخه بر اساس شاخص SPEI دچار خشکسالی خفیف شده است که می‌تواند حاکی از افزایش تدریجی دما و افزایش تبخیر باشد. در دهه پنجم بر اساس شاخص SPI، خشکسالی متوسط و ضعیف بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است و خشکسالی شدید در پایین‌دست حوضه کرخه و به‌صورت دو هسته در بالادست حوضه کارون و در سطح گسترده‌تری در حوزه آبخیز زهره-جراحی که بیشتر کانون‌های گردوغبار در آن واقع شده‌اند، رخ داده است. با توجه به روند افزایش دما در شاخص SPEI مساحت زیادی از هر سه حوضه دچار خشکسالی شدید و بسیار شدید شده است؛ به طوری که در مجموع بیش از ۹۵٪ حوضه‌ها در این دهه با خشکسالی مواجه شده است. کانون‌های گردوغبار در این دهه بر اساس شاخص SPEI با خشکسالی شدید و بسیار شدید مواجه بوده‌اند.

بنابراین نتایج نشان داد در دو دهه اول که دما افزایش چندانی نداشته، رخداد خشکسالی بر اساس شاخص SPEI در کل حوضه‌ها از شدت کمتری نسبت به شاخص SPI برخوردار بوده است، اما در دهه آخر به دلیل افزایش دما و در نتیجه افزایش تبخیر و تعرق شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPEI به‌ویژه در پایین‌دست حوضه‌ها و محدوده کانون‌های گردوغبار به‌مراتب شدیدتر بوده است. بنابراین در

می‌شود و بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که این گرم شدن باعث می‌شود خشکسالی گسترده‌تر و شدیدتر شود (اسچولم و همکاران، ۲۰۱۷). خشکسالی یک بخش طبیعی و جدانشدنی از اقلیم است و می‌تواند در هر منطقه اقلیمی، بیابانی و حتی جنگلی رخ دهد. این بلای طبیعی به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که با محدودیت جدی منابع آب روبه‌رو هستند، اثر عامل خشکی اقلیم را تشدید می‌کند (خسروی و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به مشکلات کمی‌نمودن ویژگی‌های خشکسالی مانند تداوم، شدت و بزرگی خشکسالی، شاخص‌های متعددی در دهه‌های اخیر توسعه پیدا کرده‌اند. یکی از محدودیت‌های شاخص‌های رایج مانند شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) عدم لحاظ بیلان آب بر اساس میزان تبخیر و تعرق است. شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) بر اساس بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل، بیلان آب را در محاسبه شاخص خشکسالی لحاظ می‌کند (نصرتی، ۲۰۱۴). در این مطالعه با توجه به گستردگی منطقه مورد مطالعه و تنوع شرایط اقلیمی، از دو شاخص SPI و SPEI برای آشکارسازی و پایش خشکسالی دهه‌ای استفاده شده است تا بتوان مناطق با پتانسیل بالای خشکسالی و ترسالی و تغییرات دهه‌ای آن را رصد نمود و اطلاعات صحیح و دقیقی درباره واقعت منطقه مورد مطالعه را که بالادست کانون‌های گردوغبار دشت خوزستان است، در اختیار برنامه‌ریزان سیاست‌گزاران مقابله با پدیده گردوغبار، مدیریت منابع آب و مدیریت کشاورزی در استان خوزستان قرار داد. برای رسیدن به این منظور، از داده‌های بارش دما و تبخیر و تعرق شبکه‌ای با قدرت تفکیک ۴۴×۴۴ کیلومتر استفاده شده است. داده‌ها برای یک دوره آماری ۵۰ ساله در غالب ۵ دهه سامان‌دهی و دو شاخص شاخص SPI و SPEI بر روی داده‌های دهه‌ای اعمال شد. با توجه به نتایج، در دهه اول بر اساس شاخص خشکسالی SPI در مرز بین دو حوزه آبخیز زهره، جراحی و حوضه کارون به‌ویژه در بالادست حوضه‌ها خشکسالی بسیار شدید و شدید رخ داده است. بخش‌های وسیعی از دو حوضه هم دچار خشکسالی متوسط و ضعیف است. درحالی‌که در حوضه کرخه به‌ویژه در سرحوضه،

پوشش گیاهی خود منطقه، مانع از توسعه و تشکیل کانون‌های گردوغبار شده است. اما در سال‌های خشک به‌ویژه در دهه اخیر که با طولانی‌ترین تداوم و شدیدترین خشکسالی‌ها همراه بود (شکل ۶)، با عدم مدیریت و استحصال آب در پشت‌بندهای خاکی (درگاهیان و همکاران، ۲۰۱۸) و عدم رعایت حقایق دشت‌های رسوبی باعث توسعه و فعال شدن کانون‌های گردوغبار در دهه پنجم شدند. لذا تنها با بررسی روند بلندمدت خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها و شناخت رفتار آن‌ها می‌توان تا حدودی نه تنها از توسعه و فعالیت شدید کانون‌های گردوغبار در امان بود بلکه به راهکارهایی برای مهار نسبی سیلاب‌های ناشی از ترسالی‌های شدید نیز دست یافت.

### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح مطالعات جامع مقابله با گردوغبار کانون‌های داخلی استان خوزستان در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است که بدین وسیله از همکاری معاونت پژوهشی مؤسسه قدردانی می‌شود.

مناطق که در آینده با افزایش دما مواجه‌اند و به‌خصوص در دشت‌های پایین دست حوضه‌ها که محل تشکیل و فعالیت کانون‌های گردوغبار است، رصد پدیده خشکسالی با شاخص SPEI مناسب‌تر است؛ هرچند که شاخص SPI پاسخی سریع‌تر و واضح‌تر در هر زمان و هر مکانی است. با توجه با روند افزایش دما طی دهه‌های آتی، به‌ویژه در مناطق پایین دست حوضه‌ها کاهش منابع آب و توسعه و پیشرفت کانون‌های گردوغبار در صورت عدم مدیریت درست، امری اجتناب‌ناپذیر است. لذا پیشنهاد می‌شود به‌منظور سازگاری بیشتر و کاهش آسیب‌پذیری در سال‌هایی که ترسالی رخ می‌دهد، مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبریز به‌طور جامع و سیستمی در نظر گرفته شود. با مدیریت آب در سال‌های کم‌آبی، حقایق هورها و تالاب‌ها و از همه مهم‌تر دشت‌های سیلابی نیز که به نوبه خود اکوسیستم‌های مستحق حقایق طبیعی هستند، رعایت شود زیرا کانون‌های گردوغباری که اکنون در انتهای سه حوضه آبخیز کارون، کرخه و هندیجان تشکیل شده، بیشتر ناشی از دشت‌های رسوبی است که قبلاً توسط سیلاب‌ها با آب شیرین آب‌شویی شده و با رشد طبیعی

### منابع

- Arasteh, M., Kabul, S.H. and Yazdani, M., 2017. Investigation of the effects of meteorological droughts on the yield of two wheat and barley crops (Case study: Khorasan Razavi province). *Journal of Agricultural Meteorology*, 5 (1): 15-25.
- Bonaccorso, B., Cancelliere, A. and Rossi, G., 2015. Probabilistic forecasting of drought class transitions in Sicily (Italy) using standardized precipitation index and North Atlantic oscillation index. *Journal of Hydrology*, 526, 136-150.
- Barlow, M., Zaitchik, B., Paz, S., Black, E., Evans, J. and Hoell, A., 2016. A review of drought in the Middle East and southwest Asia. *Journal of Climate*, 29(23): 8547-8574.
- Choat, B., Brodribb, T.J., Brodersen, C.R., Duursma, R.A., Lopez, R. and Medlyn, B.E., 2018. Triggers of tree mortality under drought. *Nature*, 77(11): 531-558.
- Dargahian, F., Razavizadeh, S. and Lotfinasabasl, S., 2018. The role of water resources management as one of the factors contributing in the dust resource activity amplification in southern and southeast parts of Ahwaz. , *Nature of Iran*, 3 (4), 26-33. [In Persian]
- Feng, S., Trnka, M., Hayes, M. and Zhang, Y., 2017. Why Do Different Drought Indices Show Distinct Future Drought Risk Outcomes in the US Great Plains? *Journal of Climate*, 30(1): 265-278.
- Kingston, D.G., Stagger, J.H., Tallaksen, L.M. and Hannah, D.M., 2015. European-scale drought: understanding connections between atmospheric circulation and meteorological drought indices. *Journal of Climate*, 28(2): 505-516.
- Khazaei, M., Shahrivar, A., Najafi, S. and Vafakhah, M., 2015. Investigation of the Social and Economic Impacts of Meteorological Drought, *Journal of Watershed Management Development*, 3(9): 47-54.
- Khosravi, M., Tavosi, T. and Raispour, K.,

2010. Synoptic analysis of dust systems in Khuzestan province, *Geography and Development*, No. 20, pp. 118-97
10. Jiménez-Muñoz, J.C., Mattar, C., Barichivich, J., Santamaría-Artigas, A., Takahashi, K., Malhi, Y. and Van Der Schrier, G., 2016. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. *Scientific reports*, 6, 33130.
  11. Labudová, L., Labuda, M. and Takáč, J., 2017. Comparison of SPI and SPEI applicability for drought impact assessment on crop production in the Danubian Lowland and the East Slovakian Lowland. *Theoretical and applied climatology*, 128(1-2), 491-506.
  12. Leshnizand, M., 2001. Climate drainage zoning in Lorestan province using statistical indices, *Proceedings of the First National Conference on Water Crisis Solutions*, University of Zabol.
  13. Marengo, J.A., Alves, L.M., Alvala, R., Cunha, A.P., Brito, S. and Moraes, O.L., 2018. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1973-1985.
  14. Marengo, J.A., Torres, R.R. and Alves, L.M., 2017. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(3-4), 1189-1200.
  15. Mostafazadeh, R. and Zabihi M., 2016. Analysis and comparison of SPI and SPEI indices in meteorological drought assessment using R software (Case study: Kurdistan province). *Earth and Space Physics* (3) 42: pp. 643-633.
  16. Nosrati, K., Mohseni Saravi, M. and Shahbazi, R., 2014. Comparison and Application of Two Standardized Precipitation Indices and Standardized Precipitation-Evapotranspiration for Evaluation of Meteorological Drought Status in Tehran Province, *Journal of Desert Management*, 2(3): 9077.
  17. Nezgadmoghbolli, N., Mousaadi, A., Azari, M. and Ismaili, K., 2017. Drought Evaluation Based on SPI and SPEI Indicators and Their Relation to Groundwater Drought (Case Study: Jiroft Plain), 14th National Conference Irrigation and Evaporation Reduction, Kerman, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
  18. Rezaei Ghaleh, L. and Ghorbani, Kh., 2018. Comparative analyses of SPI and SPEI meteorological drought indices (Case study: Golestan province), *Journal of Agricultural Meteorology*, 6(1): 31-40.
  19. Rashtchi, L., Pazhehesh, M., Asadi, A. and Yazdani, M., 2017. Investigation of climatic drought in rice cultivation period in different parts of Guilan province using SPI index, *Journal of Cereal Research*, 8 (1): 33-43.
  20. Schwalm, C.R., Anderegg, W.R., Michalak, A.M., Fisher, J.B., Biondi, F., Koch, G. and Huntzinger, D.N., 2017. Global patterns of drought recovery. *Nature*, 548(7666), 202.
  21. Sohrabzadeh, F. and Eslami, H., 2017. Investigation of Temporal and Spatial Changes of Drought Risk in Khuzestan Province Using Standardized Precipitation Index (SPI) *Journal of Water Engineering* 5 (1): 101-112.
  22. Stagge, J.H., Tallaksen, L.M., Gudmundsson, L., Van Loon, A.F. and Stahl, K., 2015. Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI). *International Journal of Climatology*, 35(13), 4027-4040.
  23. Swann, A.L., Hoffman, F.M., Koven, C.D. and Randerson, J.T., 2016. Plant responses to increasing CO2 reduce estimates of climate impacts on drought severity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(36), 10019-10024.
  24. Tan, C., Yang, J. and Li, M., 2015. Temporal-spatial variation of drought indicated by SPI and SPEI in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Atmosphere*, 6(10), 1399-1421.
  25. Van Loon, A.F., Stahl, K., Di Baldassarre, G., Clark, J., Rangelcroft, S., Wanders, N. and Uijlenhoet, R., 2016. Drought in a human-modified world: reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches.
  26. Vicente Serrano, S.M. and Beguería, S., 2016. Comment on ‘Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI)’ by James H. Stagge et al. *International Journal of Climatology*, 36(4), 2120-2131.
  27. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016. *Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. Svoboda and B.A. Fuchs). *Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2*. Geneva.
  28. Young, D.J., Stevens, J.T., Earles, J.M., Moore, J., Ellis, A., Jirka, A.L. and Latimer, A.M., 2017. Long-term climate and competition explain forest mortality patterns under extreme drought. *Ecology Letters*, 20(1), 78-86.
  29. Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V. and Gómez-Cadenas, A., 2018.

Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia plantarum*, 162(1), 2-12.

## Investigation of drought intensity changes in watersheds leading to dust centers in Khuzestan province

Fatemeh. Dargahian<sup>1\*</sup>, Zohre Ebrahimikhusfi<sup>2</sup>, Amin Fazl Kazemi<sup>3</sup>

Received: 29/09/2019

Accepted: 22/04/2020

### Extended abstract

**Introduction:** All watershed-related issues including water management, drought, and other matters should be addressed in an integrated, simultaneous, and interconnected manner based on a comprehensive management model. One of the causes of intensification and development of dust centers Khuzestan province, especially throughout the last decade, has been the occurrence of successive droughts in the upstream and downstream of those basins including the outlet area of the three Great Basins, Great Karun, Karkheh, and Jarahi-Zohre.

Drought profiles were used to evaluate the potential spatial and temporal variations of drought and wet events. Moreover, SPI and SPEI drought profiles were also applied. In the year 2008, a severe and widespread drought occurred in Iran. A large drought cycle occurred in the three studied basins from 1986 to 2017. Water supplies of Khuzestan dam reservoirs have been decreased by 65% over the last decade. Water reserves in Dam Province reservoirs have decreased by 58% while the drought peaked in 2017. Drought indices were used to evaluate the severity, frequency, duration, and magnitude of the drought. To identify the intensity and magnitude of the drought, indices of meteorological drought occurrence could be divided into SPI indices in terms of speed, and SPIE indices in terms of accuracy and temperature conditions considered via the evaporation parameter which has risen due to increasing global temperature.

**Materials and methods:** Drought indices are used to assess the quality and quantity of drought phenomena. These indicators have different applications depending on the area and purpose of the study. To investigate the trend of decade-long drought changes in the Karun watershed, 44 \* 44 km grid precipitation data have been used. Since in addition to precipitation values, evapotranspiration values are required to calculate SPIE indices, evapotranspiration values were, in this study, calculated through mean temperature data and the Torrent-White method. Temperature, evapotranspiration, and transpiration data were also interpolated from daily synoptic and meteorological climatology data and Iranian Water Resources Management Meteorological and Evaporation stations. Data were extracted and analyzed for a 50-year statistical period, and the SPI and SPEI drought indices were collected for each decade. Drought and wetland indices for 79 points were analyzed by bad zone kriging method and spatial distribution of drought and wetland potentials based on the two indices mentioned.

**Result:** According to the SPI drought index, during the first decade, an extreme and severe drought occurred at the boundary between the two surgical watersheds of Jarahi-Zohre and Karoun Basin, especially in the upstream of the drought basin. Large sections of the two basins were found to be affected by moderate to weak drought, whereas in the Karkheh Basin, especially at its wetlands, extreme drought had occurred. According to the SPEI index, drought intensity in all basins was low. Taking the SPI index into account, during the second decade all three watersheds mostly experienced moderate to weak droughts, and large parts of the watersheds had normal and near-normal conditions. But according to the SPEI drought index, due to the moderating role of temperature in this decade, most parts of all three basins had normal conditions, and the lower part of all three basins faced weak humidity.

Within the third decade, all three basins faced humid-to-normal conditions on both indices. In this decade, the range of dust bogs faced weak to normal-humid conditions. In the fourth decade, the basins had near-normal conditions based on SPI. Large sections of the Karun and Karkheh basins had been mildly degraded based on the SPEI index, which may indicate a gradual increase in temperature and evaporation. According to the SPI index, moderate and weak droughts affect most of the area in the fifth decade, with severe drought in the downstream of the Karkheh basin and two core upstream of the Karoun Basin in the Jarahi-Zohre watershed where most foci Walnut specks of dust are located due to the rising temperatures in the SPEI index over a large area of the three watersheds which had been hit by severe and very severe drought. Accordingly, as found by the SPEI, more than 95% of the watersheds faced severe droughts in this decade.

**Discussion and Conclusion:** Drought is rooted in the general circulation of the atmosphere, and the effects of climate change have increased in recent decades as global warming has intensified regional-scale droughts. Increasing atmospheric CO<sub>2</sub> causes global warming which in turn leads, according to the findings of many

1. Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; Fatemeh.dargahian@gmail.com

2. Assistant Professor, Department of Natural Science, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft

3. National Drought Center Researcher

DOI: 10.22052/deej.2020.9.27.11

studies, into wider and more severe droughts. As a natural and inseparable part of the climate, drought may occur in any climate, desert, or even forest. This natural disaster is particularly severe in arid and semi-arid climates with severe constraints on water resources. In the first two decades of the study period when the temperature did not increase significantly, the drought events were, based on the SPEI index, less severe in all basins than the SPI index. However, the downstream of the watersheds and the range of dust bins were much more intense, particularly in terms of the SPEI index, in the last decade due to the increase in temperature and consequently the increase in evapotranspiration and drought intensity.

**Keywords:** Torrent White Evapotranspiration, Watershed Management, Source Dust, Drought Severity.