دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

کاربرد زمین آمار در پهنه بندی شدت های خشکسالی (مطالعه موردی: استان فارس)

ر. زمانی[۱]، ع. م. آخوندعلی[۲]، ک. سلیمانی[۳]، ف. انصاری[۱] و پ. اله‌بخشیان[۴]

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشگاه شهید چمران اهواز
۳ و ۴- استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
نویسنده مسوول: reza.zamani65@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۵

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای آرام و خزنده است که معمولا با کاهش بارندگی و رطوبت نسبی، همچنین افزایش درجه حرارت و سرعت باد همراه است. در دهه‌های اخیر در میان حوادث طبیعی که جوامع انسانی را تحت تاثیر قرار داده‌اند تعداد و فراوانی این پدیده بیش از سایر حوادث بوده است. لذا آگاهی از وضعیت خشکسالی با پیش‌بینی و پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی می‌تواند خطر زیان‌های ناشی از این پدیده را تا حد شایان توجهی کاهش دهد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی دقت روش‌های زمین آماری کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده و روش معین عکس فاصله در پهنه‌بندی و تهیه نقشه‌های خشکسالی روی داده در استان فارس در سال ۱۳۸۹ براساس دو شاخص ناهنجاری بارندگی (RAI) و شاخص دهک بارش (DPI) می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که در پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص DPI، روش کریجینگ معمولی و در مورد شاخص RAI، روش عکس فاصله دارای نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی می‌باشند. همچنین با توجه به نقشه‌های رسم شده براساس دو شاخص RAI و DPI، به ترتیب ۶۰/۹۱ و ۵۱/۰۵ درصد از مساحت استان در سال ۱۳۸۹ درگیر خشکسالی بوده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، زمین آمار، کریجینگ، ناهنجاری بارش، دهک بارش، استان فارس

مقدمه

خشکسالی ویژگی طبیعی و برگشت‌پذیر اقلیم است که به عنوان یک مخاطره طبیعی مخرب و زیان‌آور منجر به اثرات منفی بر جامعه، اقتصاد و محیط زیست می‌شود (۲۴). تعداد و فراوانی این پدیده بیش از سایر رخدادها بوده است. به دلیل متغیرهای گوناگونی که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در پدیده خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه دشوار بوده و به همین جهت تاکنون

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

تعریف جامع و قابل قبولی برای همه پژوهشگران عنوان نشده است و تعیین خشکسالی قبل از رخ دادن آن مشکل است زیرا به‌صورت آرام و طبیعی رخ می‌دهد (۱۵). به‌عنوان مثال در تعریفی خشکسالی را وضعیت کمبود بارندگی و افزایش دما بیان کرده‌اند که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد (۱). به عقیده دراکوپ خشکسالی را می‌توان به سه نوع هواشناسی، هیدرولوژی و کشاورزی دسته‌بندی کرد (۷). خشکسالی هواشناسی زمانی که مقدار بارش طی دوره زمانی معین کمتر از مقدار متوسط آن باشد اتفاق می‌افتد و بسته به هدف این دوره می‌تواند ماه و یا سال در نظر گرفته شود. در اثر خشکسالی هیدرولوژیکی جریان آب‌های سطحی و سطح آب دریاچه‌ها و منابع آبی کاهش می‌یابد و سطح سفره آب‌های زیرزمینی پایین می‌افتد. خشکسالی کشاورزی در اثر کمبود آب طی یک دوره خاص از رشد محصول یا کل دوره رشد آن اتفاق می‌افتد که باعث ایجاد تنش در گیاه و کاهش عملکرد محصول می‌شود. بایستی با ایجاد طرح‌های آمادگی برای مدیریت خشکسالی تا حدی از مشکلات ناشی از این پدیده کاست. این وضعیت به عنوان پدیده‌ای پیچیده در نظر گرفته می‌شود که تاثیر بیشتری روی زندگی بشر نسبت به سایر مخاطرات دارد (۲۲). همچنین پدیده خشکسالی به‌عنوان یک بلای محیطی توجه کارشناسان محیط زیست، بوم‌شناسان، هیدرولوژیست‌ها، هواشناسان، زمین‌شناسان و متخصصین کشاورزی را به خود جلب نموده است (۱۸). با توجه به وقوع تصادفی خشکسالی مطالعه رفتار آن مستلزم استفاده از روش‌های آماری می‌باشد که اولین بار توسط یوجویچ (۲۷) مورد توجه قرار گرفت و پس از آن دانشمندان زیادی به مطالعه خصوصیات احتمالاتی خشکسالی پرداختند. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که در بین حوادث طبیعی، خسارات ناشی از خشکسالی بیشترین مقدار را شامل است لذا پایش گسترده آن و ایجاد یک سامانه هشدار و پیش‌آگاهی در مناطق مستعد خشکسالی امری اجتناب‌ناپذیر است. لازمه شناخت و مقایسه رویدادها بیان کمی و یا اندازه‌گیری آنها است. بنابراین برای مطالعه خشکسالی و مقایسه آن در زمان‌های مختلف لازم است خشکسالی پایش شود. یکی از ابزارهای اصلی پایش خشکسالی، استفاده از شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. روش‌های مختلفی برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی یک منطقه وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به روش‌های زمین آمار اشاره نمود. یکی از بهترین روش‌های تحلیل داده‌های نقطه‌ای و پیش‌بینی، درون‌یابی و تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده از زمین آمار می‌باشد (۱۰). طی چند دهه اخیر مبانی علم زمین آمار به خوبی گسترش یافته است و توانایی‌های این شاخه از آمار در بررسی و پیش‌بینی متغیرهای مکانی مشخص شده است (۱۲). این روش‌ها به دلیل در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها، از اهمیت زیادی برخوردار هستند. در بررسی‌های آمار کلاسیک نمونه‌هایی که از کل جامعه به منظور شناخت آن برداشت می‌شوند، فاقد بعد مکانی بوده و در نتیجه مقدار اندازه‌گیری شده یک

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

کمیت معین در یک نمونه هیچگونه اطلاعاتی در مورد مقدار همان کمیت در نمونه‌گیری به فاصله معین و معلوم در بر نخواهد داشت. در حالی که در زمین آمار افزون بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت مکانی نمونه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. از این رو می‌توان موقعیت مکانی نمونه‌ها را همراه با مقدار کمیت مورد نظر یک جا مورد تحلیل قرار داد. به عبارت دیگر باید بتوان بین مقادیر مختلف یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله نمونه‌ها و جهت قرارگیری آنها نسبت به هم ارتباط برقرار کرد. این ارتباط مکانی (فاصله و جهت) بین مقدار یک کمیت در جامعه نمونه‌های برداشت شده، ممکن است در قالب‌های ریاضی قابل بیان باشد، که به این قالب‌های ریاضی ساختار مکانی گفته می‌شود. گفتنی است که روش‌های مختلف زمین آمار بسته به نوع متغیر دقت متفاوتی را ارائه می‌کنند. خصوصیات زمانی خشکسالی به همراه خصوصیات مکانی آن بیان می‌شود (۱۵) و برای بیان کمی پدیده خشکسالی و همچنین ارزیابی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی براساس نوع آن از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌گردد. هر یک از شاخص‌ها فقط برای کاربری خاص منطقه‌ای معتبرند، که علت آن متغیر بودن شرایط هواشناختی موثر بر ایجاد پدیده‌ی خشکسالی از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌باشد. برای مناطقی که دارای شرایط اقلیمی یکسان هستند، می‌توان از شاخص‌های خشکسالی یکسانی استفاده نمود. در این خصوص می‌توان به شاخص‌هایی چون درصد نرمال، شاخص استاندارد بارش، شاخص شدت خشکسالی پالمر، شاخص دهک‌ها، شاخص خشکسالی بالم و مولی، شاخص خشکسالی احیایی، شاخص اندیس گیاهی، شاخص بارش موثر، شاخص تامین آب‌های سطحی و شاخص ناهنجاری بارش اشاره نمود. پژوهش‌های گوناگونی در داخل و خارج ایران در مورد کاربرد شاخص‌های خشکسالی و پهنه‌بندی شدت آن با استفاده از روش‌های گوناگون درون‌یابی انجام شده است که به برخی اشاره می‌شود. لوکاس و همکاران (۱۶) با استفاده از داده‌های ۲۸ ایستگاه با طول آماری ۴۰ سال اقدام به محاسبه و مقایسه سه شاخص خشکسالی کردند. شاخص‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل شاخص بارش استاندارد، ناهنجاری بارش و شاخص Z بارندگی می‌باشد. آنها مقادیر شاخص‌های یاد شده را برای مقیاس‌های زمان ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه محاسبه، سپس اقدام به مقایسه سه شاخص بالا کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که هر سه شاخص مورد استفاده کارایی یکسانی را در تعیین شدت و تداوم خشکسالی دارند. مرید و همکاران (۲۱) کارایی هفت شاخص خشکسالی را در استان تهران با استفاده از ۳۲ سال آمار آن شهر مقایسه و نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های مورد مطالعه عملکرد یکسانی در تشخیص خشکسالی داشته و شاخص دهک‌های بارش دارای حساسیت زیادی نسبت به رخدادهای بارش در یک سال بوده است. یزدانی و همکاران (۲۶) با استفاده از شاخص‌های درصد از بارش میانگین، شاخص پراکندگی بارش و شاخص بارش معیار شده، خشکسالی‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

محدوده حوزه آبخیز زاینده رود و نواحی مجاور آن را در یک دوره‌ی ۳۲ ساله و آمار بارش ۸۵ ایستگاه باران‌سنجی بررسی کردند. آنها ابتدا با استفاده از سه شاخص یاد شده مقادیر خشکسالی را تعیین، سپس طبقه‌بندی خشکسالی را از لحاظ درصد منطقه‌ی تحت تأثیر انجام دادند و جهت درون‌یابی از روش‌های زمین آمار استفاده شد. با استفاده از تحلیل نیم‌تغییرنما که بهترین آنها نیم‌تغییرنمای کروی بود، در مرحله‌ی بعد با استفاده از نرم افزار ILWIS و روش کریجینگ درون‌یابی صورت گرفت و نقشه‌های هم‌گستره خشکسالی در هر سال تعیین گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص بارش معیار شده کارایی بهتری در حوزه آبخیز زاینده رود دارد. هایز (۱۱) در پژوهشی که در منطقه کلرادو آمریکا انجام داد به این نتیجه رسید که برای تحلیل خشکسالی شاخص ذخیره آب سطحی نسبت به دیگر شاخص ها دارای نتایج بهتری است. کالانکا (۵) در سال ۲۰۰۷ با بررسی و پیش‌بینی تاثیر تغییر اقلیم در اروپا در یک دوره آماری در یک دوره ۳۰ ساله براساس شاخص RAI و SPI بدین نتیجه رسید که افزایشی ۱۵ تا ۵۰ درصد خشکسالی براساس هر دو شاخص در آینده خواهیم داشت. انصافی‌مقدم و رفیعی (۴) در پژوهشی با استفاده از آمار ۴۴ ساله بارش در ۳۴ ایستگاه منطقه حوزه دریاچه نمک به تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد پرداخته‌اند. آنها به منظور تجزیه و تحلیل شدت مکانی خشکسالی از روش فاصله معکوس استفاده کردند. نتایج نشان داد ایستگاه‌های مرکزی و شرق حوضه دوره‌های خشکسالی شدیدتری را پشت سر گذاشته‌اند. نلبنتیس و تساکریس (۲۳) دو خشکسالی هواشناسی و هیدولوژیکی واقع در حوضه رودخانه اوینوس در یونان را بررسی نمودند. آنها با استفاده از شاخص بارش استاندارد و شاخص خشکسالی جریان به این نتیجه رسیدند که شاخص خشکسالی جریان به عنوان شاخص کارآمدتر و بهتری برای حوزه‌های مورد مطالعه محسوب می‌شود. کیم و همکاران (۱۵) با استفاده از دو شاخص SPI و EDI به بررسی خشکسالی هواشناسی ۲۰۰ ساله (۲۰۰۶-۱۸۰۷) سئول در کره‌ی جنوبی پرداخته‌اند. نتایج بدین شکل بود که شاخص EDI نسبت به شاخص SPI در تخمین خشکسالی کارآمدتر بوده است. ال‌کینا و همکاران (۲) به بررسی خشکسالی و اثرات منفی اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی و محیطی آن در کشور اردن پرداخته‌اند. آنها برای کمی‌سازی از سه شاخص SPI، DPI و RAI استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی از آن بود که در ۳۵ سال گذشته خشکسالی با فراوانی غیر یکنواختی در حال تکرار می‌باشد. مقدار، مدت و همچنین پهنه‌بندی آن از سطح نرمال به سطح بسیار شدید خصوصا در دهه گذشته تغییر یافته است. ادوسا و همکاران (۸) در پژوهش خود به تجزیه و تحلیل خصوصیات خشکسالی در حوزه رودخانه آواش اتیوپی براساس هواشناسی و هیدرولوژیکی پرداخته اند. در این پژوهش آنها با استفاده از شاخص بارش استاندارد به این نتیجه رسیدند که در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه خشکسالی بسیار

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

شدیدتری در قسمت بالایی و وسط حوزه رخ داده است. شعبانی (۲۵) با استفاده از شاخص درصدی از بارش، خشکسالی استان فارس را در یک دوره ۱۵ ساله و آمار بارش ۱۰۳ ایستگاه باران‌سنجی بررسی کرد که نتایج این پژوهش نشان داد، روش درون‌یابی کریجینگ ساده (SK) برای تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان فارس مناسب‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد. عامری و همکاران (۳) با استفاده از شاخص درصدی از بارش، خشکسالی استان کرمان را در یک دوره ۳۰ ساله و برای کل ایستگاه‌های باران‌سنجی بررسی کردند، که نتایج این پژوهش نشان داد که روش درون‌یابی تابع شعاعی برای تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی مناسب‌تر از سایر روش‌های درون‌یابی می‌باشد. مرادی و همکاران (۲۰) به بررسی و پیش‌بینی مدت، فراوانی و گستردگی خشکسالی در طول ۳۲ سال (۱۹۹۹- ۱۹۶۸) با استفاده از داده‌های ۲۶ ایستگاه در داخل و خارج استان فارس براساس شاخص بارش استاندارد پرداخته اند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که خشکسالی‌های شدیدتری در جنوب و مرکز استان رخ داده است. خلیلی و همکاران (۱۴) با آنالیز تفاوت‌ها و شباهت‌های دو شاخص خشکسالی SPI و RDI را بررسی نموده‌اند، نتایج حاکی از آن بود که هر دو شاخص در همه حالات رفتار شبیه به هم داشته‌اند، هر چند که شاخص RDI خشکسالی را در وضعیت شدیدتری نشان می‌دهد. هدف از انجام این پژوهش بررسی وضعیت خشکسالی در استان فارس با استفاده از دو شاخص RDI و DPI، انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی، درون‌یابی و پیش‌بینی با روش‌های زمین آماری و روش معین عکس فاصله می‌باشد. انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی از میان روش‌های موجود می‌تواند در بحث مدیریت منابع آب و مبارزه با خشکسالی کاربردی و ضروری باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

استان فارس در جنوب کشور با وسعت ۱۲۲۶۶۱ کیلومتر مربع بین عرض‌های ۲۷ درجه و ۰۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی از خط استوا و طول‌های ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی قرار گرفته است. این استان از شمال به استان اصفهان، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان‌های کرمان و یزد و از غرب به استان‌های بوشهر و کهگلویه و بویراحمد محدود شده است. مرکز این استان شهر شیراز است و از نظر تقسیمات کشوری به ۲۵ شهرستان، ۷۵ بخش، ۷۸ شهر و ۱۹۷ دهستان تقسیم می‌شود.

روش انجام پژوهش

در این پژوهش از آمار ۲۵ ایستگاه باران‌سنجی در استان فارس استفاده شد. پس از انجام آزمون کلموگراف- اسمیرنوف برای نرمال بودن داده‌ها و آزمون شناسایی داده‌های پرت، دوره آماری ۲۵ ساله (۱۳۸۹-۱۳۶۵) به عنوان دوره آماری مشترک در نظر گرفته شد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

در ادامه با کمک شاخص‌های DPI و RAI شدت خشکسالی در سال ۱۳۸۹ برای ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه و سپس برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی از روش‌های زمین آماری کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی و روش معین عکس فاصله از نرم افزار $GS^{+}9$ و Arc Gis9.3 استفاده شد. در ادامه به معرفی دو شاخص مورد مطالعه پرداخته شده است.

شاخص ناهنجاری بارش (RAI):

شاخص ناهنجاری بارش، بارندگی ماه یا سال معین را روی مقیاس خطی که از روی سری داده‌ها حاصل می‌شود ارزیابی می‌کند و اساس آن انحراف مقادیر بارندگی از نرمال می‌باشد. این شاخص مطابق با رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

رابطه (۱)
$$RAI = \pm 3[(\frac{P - \overline{P})}{(\overline{m} - \overline{p})}]$$

در رابطه بالا، $\overline{P}$: میانگین بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه، P مقدار بارندگی مورد نظر، $\overline{m}$: میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین و کوچکترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره زمانی مورد مطالعه می‌باشد. در حالتی که $P > \overline{P}$ از علامت مثبت و در حالتی که $P < \overline{P}$ از علامت منفی استفاده می‌شود.

طبقات مختلف پایش خشکسالی براساس این شاخص در جدول ۱ آمده است.

شاخص دهک‌های بارش(DPI):

در محاسبه شاخص دهک‌های بارش وقوع بارندگی‌های طولانی مدت را در گروه‌هایی تقسیم کرده و هر یک از این گروه‌ها یک دهک نامیده می‌شود. به منظور محاسبه دهک‌ها ابتدا داده‌های بارندگی ماهانه یا سالانه به صورت صعودی مرتب می‌شود. سپس احتمال وقوع بارش یک ماه یا سال معین از رابطه (۲) تعیین می‌شود. طبق تعریف، دهک اول مقدار بارندگی که کمتر از ۱۰ درصد احتمال وقوع بارش تجاوز ننماید. دهک دوم، مقدار بارندگی که از ۲۰ درصد احتمال وقوع بارش تجاوز ننماید و الی آخر.

رابطه (۲)
$$Pi = \frac{i}{N+1} \times 100$$

در رابطه بالا، Pi احتمال وقوع بارندگی در شماره ردیف iام و n تعداد داده‌های بارندگی می‌باشد. در ادامه بر حسب این که یک مقدار در چه فاصله دهکی قرار گرفته مطابق جدول ۱ یکی از درجات خشکسالی به آن نسبت داده می‌شود.

جدول ۱- حالت‌های خشکسالی براساس هریک از شاخص‌های مورد مطالعه

حالت خشکسالی	شاخص RAI	شاخص DPI
بدون خشکسالی	۰/۳+ تا ۰/۳-	۶۰ تا ۴۰ (درصد)
خشکسالی ضعیف	۱/۲- تا ۰/۳-	۴۰ تا ۳۰ (درصد)
خشکسالی متوسط	۲/۱- تا ۱/۲-	۳۰ تا ۲۰ (درصد)
خشکسالی شدید	۳- تا ۲/۱-	۲۰ تا ۱۰ (درصد)
خشکسالی خیلی شدید	کمتر از ۳-	کمتر از ۱۰ درصد

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

معرفی زمین آمار

متغیر مکانی:

از آن جایی که زمین آمار علم مخصوص متغیرهای مکانی است، لذا به عنوان مبانی این علم لازم است تا در آغاز مفهوم متغیر مکانی مورد بحث قرار گیرد و پیش از تعریف متغیر مکانی لازم است تا مفهوم متغیر تصادفی ارائه گردد. یک متغیر تصادفی متغیری است که هر مقداری که در دامنه خود بپذیرد و آن مقدار با یک احتمال معین متناظر می‌باشد. به عبارت دیگر هر مقداری از آن دارای احتمال رخداد معینی است و این مقدار مستقل از مقادیر دیگر می‌باشد. مقادیر یک متغیر تصادفی که در مکان توزیع شده است دارای دو حالت می‌باشد:

۱- مقدار یک متغیر در هر نقطه از مکان تابع مختصات آن می‌باشد.

۲- مقدار یک متغیر تصادفی در هر نقطه از مکان مستقل از مختصات می‌باشد.

نظریه متغیرهای ناحیه‌ای:

به‌طور کلی زمین آمار را می‌توان رویکرد آماری برای مدل‌سازی متغیرهای ناحیه‌ای در قالب نظریه‌ی احتمال و با استفاده از مفهوم تابع تصادفی تعریف کرد. یک متغیر ناحیه‌ای عبارت از هر خصوصیت محیطی است که مقدار آن در فضای یک، دو و یا سه بعدی توزیع یافته‌اند.

نیم‌تغییرنما[1]:

اساس تعدادی از تخمین‌گرهای زمین آمار از جمله کریجینگ بر تعریف نیم‌تغییرنما استوار است. واریانس متغیر بین نقاطی به فاصله h می‌تواند همبستگی متقابل مقدار متغیر تصادفی را بین این نقاط نشان دهد. در صورت وجود ساختار مکانی، طبیعی است که همبستگی در نقاط نزدیک به هم بیشتر از نقاط دور از هم است.

اگر واریانس بین نقاطی به فاصله h کوچک باشد، نشانه همبستگی بیشتر بین آن نقاط است. این واریانس وابسته به فاصله را نیم‌تغییرنما می‌نامند و با γ(h) نشان می‌دهند. هدف اصلی از برقراری تابع نیم‌تغییرنما آن است که بتوان ساختار تغییرپذیری متغیر را نسبت به فاصله مکانی شناسایی نمود. تابع نیم‌تغییرنما تغییرات یک پارامتر را با در نظر گرفتن فاصله به‌صورت رابطه زیر نشان می‌دهند:

رابطه (۳):

$$¥(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x) - Z(x+h)]$$

در رابطه بالا: Z(x) و Z(x+h) مقدار متغیر در نقاط x و x+h و N(h) تعداد جفت نمونه‌های به کار رفته به ازای هر فاصله h می‌باشند.

روش‌های زمین آماری مورد استفاده:

روش کریجینگ:

یک روش کارآمد درون‌یابی است که می‌توان آن را دقیق یا غیر دقیق (هموار) در نظر گرفت که این خود بستگی به مدل خطای اندازه‌گیری دارد (۱۹). این شیوه انعطاف‌پذیری بالایی دارد و این امکان را می‌دهد که کاربر نمودارهای خود همبستگی مکانی را بررسی کند. روش کریجینگ از مدل‌های آماری استفاده می‌کند که این امکان را فراهم می‌سازد تا گستره‌ای از نقشه‌های خروجی شامل پیش‌بینی، پیش‌بینی استاندارد

1- Semi Variogram

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

و احتمال فراهم شود (۱۹). انعطاف‌پذیری این روش به‌وسیله نیاز این روش به تعداد زیاد تصمیم‌گیری کاربر فراهم شده است. کریجینگ فرض می‌کند داده‌ها از یک فرآیند تصادفی مانا می‌آیند و از توزیع نرمال پیروی می‌کنند (۱۲). روش کریجینگ بر پایه‌ی نظریه متغیرهای ناحیه‌ای می‌باشد و همبستگی مکانی بین داده‌ها نقش اساسی در آن بازی می‌کند. روش‌های درون‌یابی مورد استفاده در این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشند.

۱- کریجینگ معمولی

روش کریجینگ معمولی به‌عنوان روش رگرسیون حداقل مربعات شناخته شده است که وابستگی مکانی بین مشاهدات را برآورد می‌کند (۱۳). این روش در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که میانگین ناشناخته باشد. چون در اکثر موارد تعداد و پراکندگی داده‌ها به حدی نیست که میانگین‌گیری ساده از آنها میانگین واقعی در منطقه را نشان دهد، مقدار پارامتر مورد نظر از رابطه (۴) برآورد می‌شود:

$$Z^*(x_0)=\sum_{i=1}^{n} a_i . Z(x_i) \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه بالا، $Z^*(x_0)$ مقدار برآورد شده در نقطه مجهول x_0، λ_i وزن مقدار مربوطه به نقطه iام، $Z(x_i)$ مقدار معلوم مربوط به نقطه x_i و n تعداد داده‌های معلوم می‌باشد.

۲- کریجینگ ساده

این روش ساده‌ترین نوع کریجینگ مورد استفاده در هیدرولوژی و مهندسی محیط زیست است، که عبارت از نوعی درون‌یابی خطی در ابعاد بزرگ است. در این نوع کریجینگ فرض بر این است که مقدار میانگین کمیت در منطقه مورد تخمین از راه تجربه و مطالعات پیشین معلوم است. در چنین وضعیتی از اطلاعات حاضر می‌توان برای بهبود برآورد استفاده کرد.

۳- روش معین عکس فاصله (IDW)

روش معین عکس فاصله مقادیر نقاط مجهول را از راه میانگین وزنی داده‌های مشاهده‌ای با نقاط همسان‌شان برآورد می‌کند (۱۷). این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. به طوری که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کند. البته باید توجه دشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند. مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$a_i=\frac{D_i^{-\sim}}{\sum_{i=1}^{n} D_i^{-\sim}} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه بالا، λ_i وزن ایستگاه iام، D_i فاصله ایستگاه iام تا نقطه مجهول و α توان وزن‌دهی می‌باشند.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی دقت مدل‌های تدوین شده تخمین‌گرهای زمین آماری، از معیارهای آماری ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) استفاده شده است.

ضریب تبیین (R^2): ضریب تبیین نشان دهنده میزان همبستگی بین مقادیر برآورد شده توسط مدل و مقادیر واقعی می‌باشد.

جذر میانگین مربعات خطا (RMSE): این معیار دقت مدل را براساس تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر برآورد شده ارزیابی می‌کند و هرچه مقدار آن کمتر و به صفر نزدیک‌تر باشد نشان دهنده‌ی عملکرد بهتر مدل است. مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می شود.

رابطه (۶) $$RMSE = \sqrt{\frac{(Z^*(x_i) - Z(x_i))^2}{n}}$$

میانگین خطای مطلق (MAE): این معیار از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید و هرچه مقدار آن به صفر نزدیک‌تر، حاکی از عملکرد بهتر مدل است.

رابطه (۷) $$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|Z^*(x_i) - Z(x_i)\right|$$

در روابط فوق، $Z^*(x_i)$: مقدار برآورد شده x_i، $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده x_i و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

برای انتخاب روش درون‌یابی مناسب نیاز به انتخاب بهترین تابع نیم‌تغییرنما برای برازش بر داده‌ها می‌باشد. قابل ذکر است در این پژوهش چهار نوع نیم‌تغییرنمای کروی، گوسین، خطی و نمایی استفاده شده است. مشخصات روش‌های زمین آماری مورد استفاده در جدول ۲ ذکر شده است. همانطور که از این جدول مشخص است، برای شاخص RAI مدل نیم‌تغییرنمای نمایی و برای شاخص DPI مدل نیم‌تغییرنمای گوسین بهترین نوع می‌باشند. سایر مشخصات نیم‌تغییرنمای مورد استفاده در روش زمین آماری در جدول ۲ ذکر شده است. بعد از انتخاب توابع نیم‌تغییرنمای مناسب برای هر کدام از شاخص‌ها، هر یک از روش‌های درون‌یابی مورد آزمون قرار گرفته که نتایج آن در جدول ۳ ذکر شده است. مطابق با نتایج جدول ۳ برای شاخص RAI روش معین عکس فاصله با توان ۲ مناسب‌تر از روش‌های زمین آماری می‌باشد. معیارهای ارزیابی ذکر شده در جدول ۳ این مطلب را به وضوح نشان می‌دهند. همچنین مطابق این جدول روش زمین آماری کریجینگ معمولی برای شاخص DPI دارای بهترین نتایج ارزیابی می‌باشد. البته روش‌های ذکر شده دراین جدول در واقع بهترین روش‌های مورد استفاده و انتخاب شده بعد از انجام سعی و خطای فراوان می‌باشند. به‌عنوان نمونه در روش معین عکس فاصله این روش با توان‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ مورد استفاده قرار گرفته، که نتایج نشان داد این روش با توان ۲ دارای نتایج بهتری می‌باشد. همچنین همبستگی‌های ذکر شده در جدول (۳) در سطح اطمینان ۹۹ درصد بررسی شده‌اند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

جدول ۲- مشخصات مدل‌های نیم‌تغیرنمای مورد استفاده

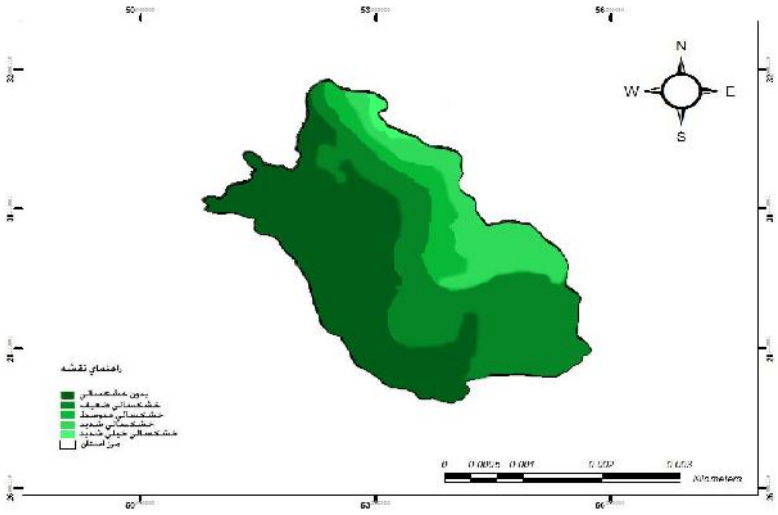
Index	Model	Range Parameter	Nugget (C_0)	Sill ($C+C_0$)	Proportion
RAI	کروی	۲۵۱۴۲/۴	۰/۱۹	۲/۰۹	۰/۹۰۹
DPI	گوسین	۲۹۷۸۹/۵	۰/۲۷۱	۱/۷۹	۰/۸۴۸

جدول ۳- مقایسه روش‌های درون‌یابی برای هریک از شاخص‌های مورد استفاده

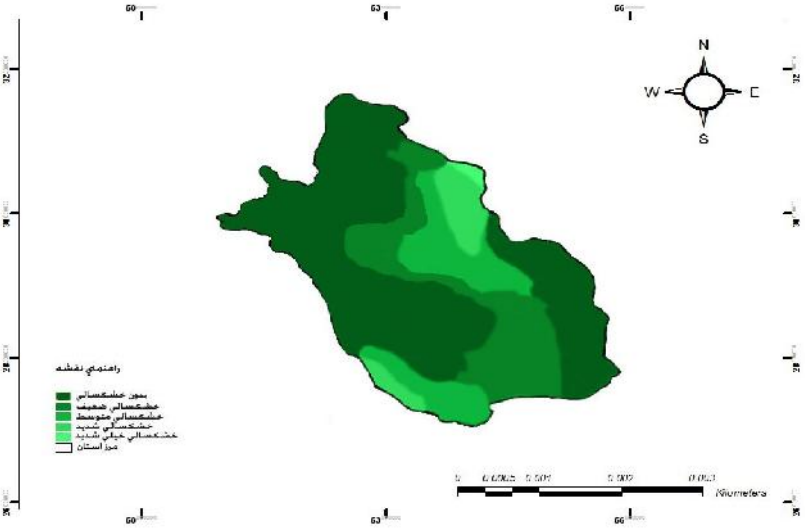
شاخص	روش درون‌یابی	توان	R^2	RMSE	MAE
RAI	Ordinary Kriging	-	۰/۶۹۹	۷/۱۵۹	۵/۳۲
	Simpel Kriging	-	۰/۷۰۵	۶/۷۸۳	۴/۹۸
	IDW	۲	۰/۸۸۳	۴/۰۴۱	۳/۰۹
DPI	Ordinary Kriging	-	۰/۸۲۳	۵/۲۷۳	۴/۲۱
	Simpel Kriging	-	۰/۷۴۹	۷/۰۷	۵/۱۴
	IDW	۲	۰/۶۴۳	۸/۰۱۲	۶/۱۱

نقشه‌های پهنه‌بندی و درون‌یابی خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۹ با توجه به مناسب‌ترین روش درون‌یابی در شکل‌های ۱ و ۲، برای هریک از شاخص‌های مورد مطالعه رسم شده است. همانطور که از این شکل‌ها مشخص است قسمت‌های غربی و شمال غربی استان وضعیت مناسب‌تری نسبت به سایر مناطق در درگیری با پدیده خشکسالی دارند. در ادامه درصد هر قسمت از مساحت استان که تحت هر حالت خاص خشکسالی بوده، محاسبه و در جدول ۴ ذکر شده است. با توجه به نتایج ذکر شده در این جدول مساحت‌های درگیر هر حالت خشکسالی خاص برای هر دو شاخص تقریبا یکسان شده‌اند. به عنوان نمونه مساحت درگیر خشکسالی شدید برای هر دو شاخص حدود ۱۵-۱۰ درصد محاسبه شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]



شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۹ براساس شاخص RAI.



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۹ براساس شاخص DPI.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

جدول ۴- درصد مساحت خشکسالی براساس هر یک از شاخص‌های مورد استفاده در استان فارس در سال ۱۳۸۹

شاخص	بدون خشکسالی	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
RAI	۳۹/۰۹	۳۵/۷۴	۹/۷۶	۱۳/۴	۲/۰۱
DPI	۴۸/۸۲	۲۳/۲	۱۷/۳۳	۹/۵	۱/۱۵

همانطور که ذکر شد یکی از راهکارهای مطالعه خشکسالی و اثرات مخرب آن، پایش و پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی و روش‌های درون‌یابی از جمله روش‌های زمین آماری می‌باشد. در این پژوهش به‌منظور برآورد شدت خشکسالی در استان فارس از دو شاخص RAI و DPI استفاده شده است. روش‌های کریجینگ ساده، معمولی و روش معین عکس فاصله برای درون‌یابی به کار برده شده‌اند. نتایج نشان داد که با استفاده از شاخص RAI، روش عکس فاصله بر روش‌های زمین آماری (کریجینگ) ارجحیت داشت. در مورد نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های مختلف نشان داد که برای شاخص فوق، روش عکس فاصله با توان ۲ از دقت بهتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار هست و در نتیجه به‌عنوان مناسب‌ترین روش درون‌یابی برای تهیه نقشه شدت خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۹ انتخاب گردید. در مورد شاخص DPI روش کریجینگ معمولی از دقت بهتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار هست و در نتیجه به‌عنوان مناسب‌ترین روش درون‌یابی برای تهیه نقشه شدت خشکسالی انتخاب گردید. همچنین نتایج بدست آمده از اشکال ۱، ۲ و جدول ۴ نشان می‌دهند که براساس شاخص RAI، ۲/۰۱ درصد مساحت استان درگیر خشکسالی خیلی شدید، ۱۳/۴ درصد خشکسالی شدید، ۹/۷۶ درصد خشکسالی متوسط، ۳۵/۷۴ درصد خشکسالی ضعیف و ۳۹/۰۹ درصد مساحت استان در وضعیت بدون خشکسالی است. براساس شاخص DPI، ۱/۱۵ درصد مساحت استان فارس در وضعیت خشکسالی خیلی شدید، ۹/۸ درصد خشکسالی شدید و ۱۷/۳۳ درصد خشکسالی متوسط، ۲۳/۲ درصد خشکسالی ضعیف و ۴۸/۸۲ درصد در وضعیت بدون خشکسالی قرار دارد. برتری روش معین عکس فاصله در درون‌یابی شدت خشکسالی براساس شاخص RAI نشان دهنده این مطلب است که این روش می‌تواند همچنان به عنوان یک روش درون‌یابی قوی در کنار روش‌های زمین آماری جدید مورد استفاده قرار گیرد. همچنین عدم یکسان شدن روش درون‌یابی برای هر کدام از شاخص‌ها با نتایج پژوهش‌های دیگر از جمله شعبانی و مرادی مطابقت دارد. طبق پژوهش شعبانی (۲۵) بهترین روش میان‌یابی شدت خشکسالی در استان فارس براساس شاخص PNAI، روش کریجینگ ساده انتخاب شده است. لذا با توجه به نتایج حاصل از

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

این پژوهش و پژوهش‌های مشابه می‌توان گفت که در واقع برای هر شاخص یک روش مناسب جهت درون‌یابی و پهنه‌بندی خشکسالی وجود دارد و نمی‌توان صرفا از یک روش میان‌یابی برای همه شاخص‌ها استفاده کرد. همچنین مرادی و همکاران (۲۰) نیز طی پژوهشی که روی همین منطقه انجام داد، تقریبا به نتایج یکسانی در مورد شاخص‌های مورد بررسی دست نیافت که این نیز خود جای بحث و پژوهش‌های گسترده‌تر دارد. می‌توان نتیجه گرفت که ابتدا باید شاخص مناسب در یک منطقه برای پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی با توجه به شرایط اقلیمی و دیگر پارامترهای موثر بر آن شناسایی و سپس اقدام به انتخاب بهترین روش درون‌یابی شود. پیشنهاد می‌شود که با توجه به اهمیت بحث خشکسالی سایر مناطق کشور هم از حیث یافتن مناسب‌ترین شاخص پایش خشکسالی و بهترین روش درون‌یابی برای شاخص‌های اساسی خشکسالی مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

1. Alizadeh, A. 2007. Principles of applied hydrology, Astan Ghods Razavi publications institute, Nineteenth edition, 803 pp.
2. Al-Qinna, M.I., N.A. Hammouri, M.M. Obeidat and F.Y. Ahmad. 2010. Drought analysis in Jordan under current and future climate. Climate Research lab., 98 pp.
3. Ameri, A., Kh. Abdollahi and Sh. Rezaian. 2010. A interpolation methods comparison zone classification drought in Kerman province by using GIS. 2nd National Conference on Integrated Water Resources Management, 21-22, Kerman, Iran.
4. Ansafi Moghadam,T. and E. Rafiei. 2009.drought climate zone classification by method inverse distance weights (Case Study: Salt lake Basin), Iranian Journal of Range and Desert Research, 16(2): 274-292.
5. Calanca, P. 2007. Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes. Global and Planetary Change 57: 151-160.
6. Davis, B.M. 1987. Use and abuses of cross-validation in geostatistics. Math Geology 19: 241-248.
7. Dracup, J.A., K.S. Lee and E.G. Paulson. 1980. On the definition of droughts. Water Resource Research, 16: 297-302.
8. Edossa, D.C., M.S. Babel and A.D. Gupta. 2010. Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia. Water Resource Management 24: 1441-1460.
9. Goovarets, P. 2000. Performance comparison of geostatistical algorithms for incorporating elevation into the mapping of precipitation. Journal of Hydrology 228: 113-129.
10. Gundogdu, I.B. and O. Esen. 2010. The importance of secondary variables for mapping of meteorological data. International Conference on Cartography and GIS. 15-20 June 2010. Nessebar, Bulgaria.
11. Hayes, M. 2004. Drought Indices. National Drought Mitigation Center, http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm.
12. Isaaks, E.H. and R.M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics, Oxford University Press, New York. 541 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

13. Kahenmann, S. and B. Ahrens. 2010. On daily interpolation of backed with precipitation secondary information. Advances in Science & Research, 4: 29-35.
14. Khalili, D., T. Farnoud, H. Jamshidi, A. Kamgar and S. Zand-Parsa. 2011. Comparability Analyses of the SPI and RDI meteorological drought indices in different climatic zones. Water Resourse Management, 58(1).
15. Kim, D.W., Hi. Ryong Byun and K.S. Choi. 2009. Evaluation, modification and application of the effective drought index to 200-Year drought climatology of Seoul, Korea. Journal of Hydrology 378: 1-12.
16. Loukas, A., L.N.R. Vasiliades and N.R. Dalezios. 2003. Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece. Proceeding of the 8 International Conference on Environmental Science and Technology. Lemons Island and Greece, 8-10 September 2003.
17. Ly, S., C. Charle and A. Degr. 2010. Spatial interpolation of daily rainfall at catchment scale: a case study of the Ourthe and Ambleve catchments, Belgium. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 7: 7383-7416.
18. Mishra, A., K. Vijay and P. Singh. 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology 391: 202-216.
19. Mohamadi, J. 2006. Pedometry.spatial statistic second vol, pelk publisher, First printing, 457 pp.
20. Moradi, H.R., M. Rajabi and M. Faragzadeh. 2011. Investigation of meteorological drought characteristics in Fars province, Iran. CATENA, 84: 35-46.
21. Morid, S., V. Smakhtin and M. Moghadasi. 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. Internatiaonal Journal Climatology 26: 971-985.
22. Nafarzadegan, A.R., M. Rezaeian Zadeh, M. Kherad, H. Ahani, A. Gharehkhani, M.A. Karampoor and M.R. Kousari. 2010. Drought area monitoring during the past three decades in Fars province, Iran. *The* 4th International DOI.
23. Nalbantis, I. and G. Tsakiris. 2009. Assesment of hydrological drought revisited. Water Resource Management, 23: 881-897.
24. Raziei, T., I. Bordi, L.S. Pereira and A. Sutera. 2010. Space-time variability of hydrological drought and wetness in Iran using NCEP/NCAR and GPCC datasets. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 7: 3249-3279.
25. Shaabani, M. 2009. Evaluation application of methods for use in zonation drought intensities fars province. Journal of Water Engineering, 2(4): 31-36.
26. Yazdani, M.S., K.C. Havoshi, M. Shirvani and M. Khodagholi. 2006. Investigation of meteorological drought in the subbasins Zayandehrud.The first regional conference on optimal utilization of water resources and basins Zayandehrud and Karoon. January 10-11, Shahrekoord, Iran. 7 pp.
27. Yevjevich, V. 1967. An objective approach to definitions and nvestigations of continental hydrologic droughts. Hydrologic Paper No. 23. Colorado State University.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]

Application of Geostatistics in Zone Classification of Drought Severities (Case Study: Fars Province)

R. Zamani[1], A.M. Akhonali[2], K. Solaimani[3], F. Ansari[1] and P. Allahbakhshian[4]

1, 2- M.Sc. Student, Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz
3, 4- Professor, M.Sc. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: reza.zamani65@yahoo.com)
Received: August 17, 2011 Accepted: February 14, 2012

Abstract

Drought is a phenomenon that is usually quiet and creepy, which increases due to precipitation and relative humidity reductions and increases of temperature and wind. In the recent decades between various natural disasters frequency of drought was sensible than the other events. Therefore, understanding of the conditions through the prediction of drought and its intensities leads to decrease some unwanted costs considerably. The aim of this study is to evaluate the accuracy of ordinary and universal Kriging and inverse distance weights methods from the zone classification and mapping on the drought of Fars province in 1389 based on two indicators of abnormal rainfall and rainfall deciles. The survey results showed that the zone classification on the drought DPI and RAI indices ordinary Kriging and inverse distance weights methods of the results are better than the other interpolation methods respectively. Finally, according to the plans gained by two indices of RAI and DPI 60.91 and 51.05 percent of the study area was indicated under drought realm in 2010.

Keywords: Drought, Geostatistics, Kriging, RAI, DPI, Fars province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-19]