

بررسی کارایی روش‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی در استان کرمان

مسعود بهشتی راد^۱: استادیار آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، سیرجان، ایران

محبوبه بهشتی راد: کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، سیرجان، ایران

چکیده

لزوم آمادگی برای تعدیل پدیده خشکسالی جز با تدوین طرح‌های پهنه‌بندی خشکسالی محقق نخواهد شد. پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت تأثیر قرار داده و باعث بروز بسیاری مشکلات از جمله اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی شده است. آگاهی از وضعیت خشکسالی، با پیش‌بینی و پهنه‌بندی شدت خشکسالی می‌تواند خطر زیان‌های ناشی از این پدیده را تا حد قابل توجهی کاهش دهد. در این تحقیق استان کرمان به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. هدف از این پژوهش ارزیابی دقت روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله در تهیه نقشه‌های شدت خشکسالی رخ داده در استان کرمان با استفاده از شاخص درصد بارش نرمال می‌باشد. بدین منظور ۴۴ ایستگاه هواشناسی که دارای آمار بلند مدت و پایه زمانی مشترک ۲۰ ساله بودند، انتخاب گردیدند. سپس شاخص خشکسالی درصد بارش نرمال برای دوره آماری محاسبه گردید. نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی برای سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ با استفاده از سه روش کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله تولید شد. از بین سه روش پهنه‌بندی، روش کریجینگ به دلیل داشتن خطای RMSE پایین‌تر به عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که: شدیدترین خشکسالی‌ها در سالهای ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱، ۱۳۸۴ اتفاق افتاده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، پهنه‌بندی، کریجینگ، کوکریجینگ، معکوس فاصله، استان کرمان.

^۱ . نویسنده مسئول: masood_kn@yahoo.com . ۰۹۱۳۱۴۵۵۸۷۴

بیان مسأله:

خشکسالی پدیده‌ای است که هرچند سال یکبار و در نتیجه کاهش میزان بارندگی در نقاط مختلف جهان به وقوع می‌پیوندد و چنانچه کشاورزی پایدار نتواند در برابر این پدیده مقاومت کند قحطی بوجود خواهد آمد (کارن آریا، ۱۹۹۰). کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هریک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند (میلر، ۱۹۹۱). خشکسالی یکی از مزمن ترین و زیان بار ترین بلاهای طبیعی است که جمعیت های انسانی را تحت تأثیر قرار داده و باعث بروز بسیاری از مشکلات می‌گردد (محسن ساروی و همکاران، ۱۳۸۳: ۴۸۵).

از ۴۰ نوع حادثه غیر مترقبه به ثبت رسیده در جهان، ۳۱ نوع آن در کشور ایران به وقوع پیوسته به طوری که ایران دهمین کشور بلاخیز جهان به شمار می‌رود. پدیده خشکسالی یکی از مهمترین بلاهای طبیعی است که در میان حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تاثیر قرار داده‌اند، تعداد فراوانی این پدیده از نظر درجه شدت، طول مدت، مجموع فضای تحت پوشش، تلفات جانی، خسارات اقتصادی و اثرات اجتماعی دراز مدت در جامعه، بیشتر از سایر بلاهای طبیعی بوده است. همچنین تمایز این پدیده با سایر بلاهای طبیعی در این است که برخلاف سایر بلاها این پدیده بتدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل کرده و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود. بنابراین چون تعیین دقیق زمان شروع آن کار مشکلی است تا حدودی آن را یک پدیده و بلیه خزنده می‌دانند، از سویی چون خشکسالی برخلاف سایر بلاهای طبیعی کمتر منجر به خسارات ساختاری می‌شود، کمک رسانی در هنگام وقوع این پدیده در مقایسه با سایر پدیده‌ها مثل سیل پیچیده‌تر و مشکل‌تر می‌باشد (کریمی احمدآباد و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۳).

خشکسالی با دیگر بلاهای طبیعی فرق می‌کند و اثر و پیامدهای آن فقط در توپوگرافی نمایان نیست بلکه می‌تواند در مقیاسی برابر چندین هزار کیلومتر مربع گسترش یابد و با تخریب زیست محیطی طولانی مدت همراه باشد. یکی از پیامدهای خشکسالی گرسنگی و قحطی است و در بسیاری از پهنه‌بندی‌های فقیر کره زمین تقریباً تشخیص آثار اولیه خشکسالی از گرسنگی فصلی و بومی و سوء تغذیه ناممکن است. قحطی و گرسنگی ناشی از خشکسالی باعث تلف شدن جان انسان‌های ساکن در مناطقی که خشکسالی رخ داده است می‌شود (محمدنیا قرایی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۴).

بدلیل متغیر های گوناگون که به صورت مستقیم و غیر مستقیم در پدیده خشکسالی دخالت دارند تعریف این واژه دشوار بوده و به همین جهت تا کنون تعریف جامع و قابل قبول برای همه ی پژوهشگران عنوان نشده است. هواشناسان خشکسالی را بارش کمتر از حد معمول که منجر به تغییرالگوی آب و هوایی می‌شود، تعریف کرده اند. هیدرولوژیست ها بر این باورند که خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که سطح تراز آب های سطحی و زیرزمینی از حد معمول خود پایین تر رود (فرج زاده، ۱۳۷۵). سیستم های پایش در تدوین طرح های مقابله با خشکسالی و مدیریت آنها از اهمیت زیادی برخوردارند. به این منظور شاخص های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌شود. شاخص درصد بارش نرمال^۱ (PNI) یکی از ساده ترین شاخص ها برای ارزیابی خشکسالی ها است. با در دست داشتن میانگین دراز مدت به عنوان مبنا، می‌توان تغییرات را نسبت به آن سنجید و محاسبات را برای دوره ماهانه، فصلی و سالانه انجام داد (شعبانی، ۱۳۸۸). شاخص بارش استاندارد^۲ (SPI) جهت کمی کردن کمبود بارش در مقیاس های زمانی مختلف طراحی شده است. هدف از انجام این تحقیق آن است که قابلیت های سه روش درون یابی کریجینگ، کوکریجینگ و IDW در تهیه نقشه شدت خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی درصد از بارش نرمال در استان کرمان سنجیده شود. کشور ایران در کمربند خشک و نیمه خشک واقع شده که میانگین بارندگی آن در حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد که تقریباً یک چهارم میانگین متوسط جهانی است و ۸۰ درصد آن تحت تأثیر اقلیم خشک و نیمه خشک است منطقه کرمان در حاشیه بیابان‌های ایران واقع شده و با وجود وابستگی شدید حیات زیست محیطی، کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی آن به منابع آب، خشکسالی تأثیرات شدیدی می‌تواند بر این منطقه بگذارد. استان کرمان در تولید محصولات کشاورزی نظیر خرما و پسته در کشور رتبه اول و تولید مرکبات رتبه سوم و محصولات باغی رتبه چهارم را دارا

¹ Percent of Normal Precipitation Index

² Standardized Precipitation Index

است. بنابراین با توجه به اینکه استان کرمان جزء مناطق خشک و کویری کشور به حساب می‌آید و کشاورزی به عنوان شغل اصلی ساکنان این منطقه، مخصوصاً بخش‌های جنوبی آن می‌باشد، خشکسالی می‌تواند تأثیرات زیادی بر روی کشاورزی و اقتصاد و معیشت ساکنان این منطقه بگذارد به همین جهت مطالعه خشکسالی در این منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

پیشینه تحقیق:

(مک کی و همکاران، ۱۹۲۵) اثرات خشکسالی را بر روی میزان توانایی منابع آب نشان می‌دهند. انصاری و داوری (۲۰۰۷) در پهنه بندی دوره خشک در استان خراسان با استفاده از شاخص SPI در محیط GIS نشان دادند که در سال‌های اخیر، تکرار و تداوم این پدیده در کلیه نقاط استان افزایش داشته است، ولی از شدت آن کاسته شده است. قطره سامانی (۱۳۷۹) با ترسیم نقشه توزیع خشکسالی استان چهارمحال بختیاری نشان داد میزان خشکسالی از شرق به غرب و از شمال به جنوب استان کاهش می‌یابد. یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از شاخص‌های درصد از بارش میانگین، شاخص پراکندگی بارش و شاخص بارش معیار شده خشکسالی‌های محدوده حوضه ی آبخیز زاینده رود را بررسی نمودند. آنها با روش کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی را تهیه نمودند و دریافتند که شاخص بارش معیار شده کارایی بهتری دارد. لوکاس و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های ۲۸ ایستگاه با طول آماری ۴۰ سال اقدام به محاسبه و مقایسه سه شاخص SPI، درصد از بارش نرمال و شاخص بارندگی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که هر سه شاخص مورد استفاده کارایی یکسانی را در تعیین شدت و تداوم خشکسالی دارند. مرید و همکاران (۲۰۰۶) کارایی هفت شاخص خشکسالی را در استان تهران با استفاده از ۳۲ سال آماری آن شهر مقایسه کردند. نتایج این تحقیق 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.

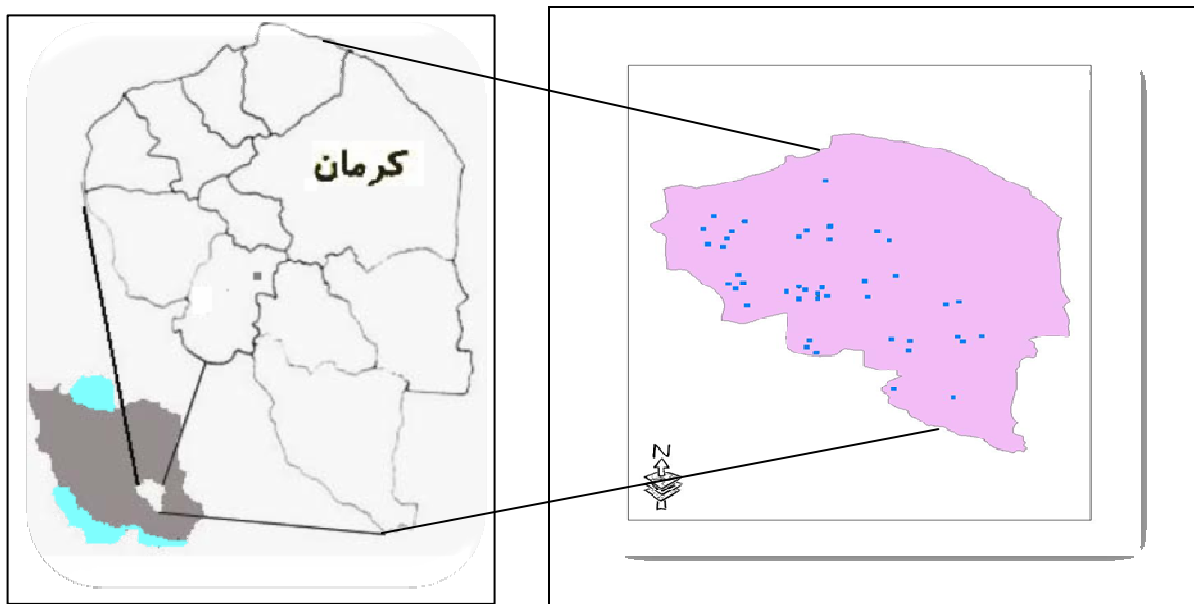
محمدیان و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از شاخص درصد از بارش نرمال شدت و مدت خشکسالی را در استان خراسان پایش نمودند و نقشه پهنه بندی شدت خشکسالی را در این استان فقط با روش معکوس فاصله تهیه نمودند. آنها بر کارایی شاخص درصد از بارش نرمال در این استان تاکید کردند. بداق جمال و همکاران (۲۰۰۳) در پایش وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از SPI نشان دادند که از بین روش‌های درون یابی، روش کریجینگ و معکوس فاصله^۱ (IDW) روش‌های مناسبی برای درون یابی شدت دوره های خشک می باشد.

شعبانی (۱۳۸۸) با استفاده از شاخص درصد از بارش نرمال (PNI) شدت و مدت خشکسالی را در استان فارس سنجیده وی با روش‌های مختلف زمین آماری نقشه‌های پهنه بندی شدت خشکسالی را برای این استان تهیه نمود و دریافت که روش کریجینگ بهترین روش برای تهیه نقشه شدت خشکسالی در استان فارس می باشد. محمدی مطلق و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از سری‌های زمانی حاصل از شاخص بارش استاندارد شده و زنجیره مارکوف، پایش و گسترش خشکسالی در سطح استان کرمان را بررسی نمودند. آنها دریافتند بر اساس این شاخص در تمامی ایستگاه‌ها وضعیت خشکسالی تقریباً نرمال است.

محدوده مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه، استان کرمان یکی از استان‌های جنوبی کشور است که در موقعیت جغرافیایی بین ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۲۳ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. استان کرمان با مساحت ۱۸۱۷۱۴ کیلومتر مربع حدود ۱۱ درصد از مساحت کل کشور را دارا می‌باشد. استان‌های همجوار کرمان شامل سیستان و بلوچستان، هرمزگان، خراسان، یزد و فارس می‌باشند. این استان در محدوده تلاقی رشته کوه-های مرتفع زاگرس و رشته کوه‌های مرکزی واقع شده است. (شکل شماره ۱). در حال حاضر این استان دارای ۲۰ شهرستان، ۴۸ بخش، ۶۱ شهر، ۱۴۴ دهستان و ۵۹۳۷ آبادی می‌باشد. استان کرمان دارای ۱۶ ایستگاه سینوپتیک است که ۴ ایستگاه سینوپتیک آن فرودگاهی می‌باشند، ۹۰ ایستگاه باران سنجی، ۸ ایستگاه اقلیم شناسی و ۱۰ ایستگاه خودکار می‌باشد.

¹ Inverse Distance Weighted



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه های مورد مطالعه

روش تحقیق:

در این پژوهش آمار ۴۴ ایستگاه باران سنجی در کل استان با پراکنش مناسب استفاده شد و پس از حذف داده های پرت و بازسازی داده ها یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۶-۱۳۸۶) به عنوان دوره ی آماری مشترک برای تمام ایستگاه ها در نظر گرفته شد. نرمال بودن داده ها بوسیله آزمون کلموگراف و اسمیرنوف در محیط SPSS بررسی گردید. به منظور پایش خشکسالی از شاخص درصد از بارش نرمال استفاده گردید. جهت پهنه بندی توزیع خشکسالی در سطح استان از سه روش درون یابی کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله (IDW) در محیط نرم افزار ARCGIS استفاده شد. برای انتخاب روش مناسب درون یابی جهت تهیه نقشه ی پهنه بندی توزیع خشکسالی از روش ارزیابی متقابل استفاده گردید. در این روش یک نقطه به طور موقتی حذف شده و با اعمال روش مورد نظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می گردد. سپس مقدار حذف شده به جای خود برگردانده و این برآورد برای سایر نقاط به گونه ای مجزا صورت می گیرد. این کار برای هر یک از نقاط مشاهده ای تکرار می شود به گونه ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده ای نقاط برآورد وجود خواهد داشت. به منظور ارزیابی و دقت روش های درون یابی از معیار ریشه دوم میانگین، مربع خطا^۳ (RMSE) مورد استفاده قرار گرفت و در انتها روش مناسب درون یابی جهت تهیه نقشه پهنه بندی شدت خشکسالی استان کرمان بر اساس کمترین RMSE انتخاب شد که معادله آن بشرح زیر است.

رابطه (۱):

$$R. M. S. E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_i - Z^*_i)^2}$$

که در آن n تعداد نقاط مشاهده ای، Z^*_i مقدار برآوردی برای نقطه ی Z_i مقدار مشاهده ای برای نقطه Z_i شاخص درصد بارش نرمال (PNI)

شاخص درصد بارش نرمال یکی از ساده ترین شاخص ها برای ارزیابی خشکسالی ها است. با در دست داشتن میانگین دراز مدت به عنوان مبنا، می توان تغییرات را نسبت به آن سنجید و محاسبات را برای دوره ماهانه، فصلی و سالانه انجام داد. این شاخص از تقسیم بارندگی بر میانگین بارندگی و ضرب آن در عدد ۱۰۰ بدست می آید (سبزی پور و همکاران، ۱۳۸۹). این شاخص از رابطه (۲) بدست می آید.

$$PNI = P_i / \bar{P} \times 100$$

رابطه (۲)

که در رابطه فوق :

PNI : شاخص درصدی از بارش نرمال

P_i : بارندگی سال i ام

\bar{P} : متوسط بارندگی سالانه منطقه در ایستگاه مورد نظر

به منظور آنالیز خشکسالی با استفاده از این شاخص ابتدا محاسبات آن برای ایستگاه‌های تحت مطالعه انجام می‌شود. سپس با استفاده از جدول شماره ۱ وضعیت خشکسالی هر منطقه تعیین می‌گردد.

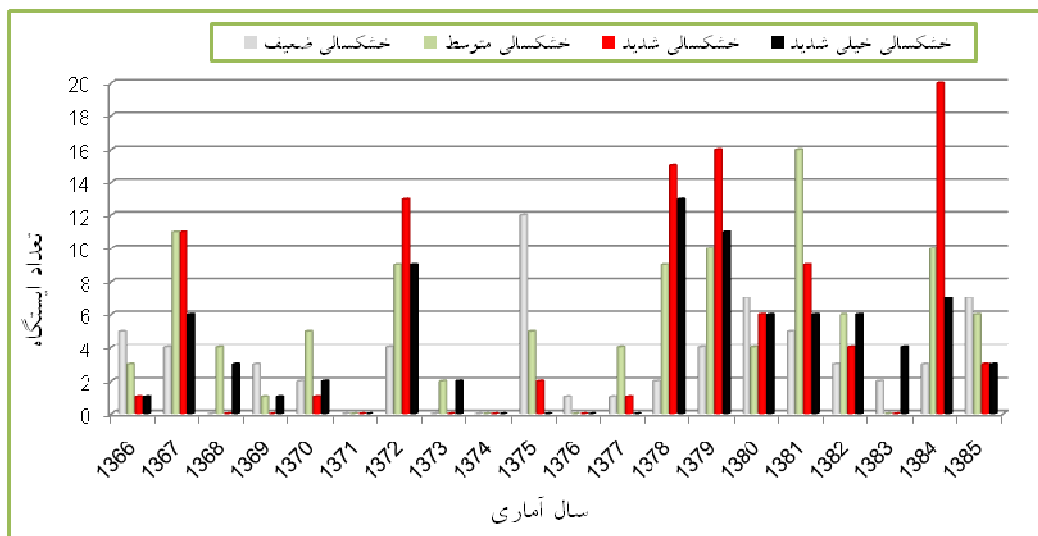
جدول ۱- طبقات مختلف خشکسالی با استفاده از شاخص درصدی از نرمال بارندگی

وضعیت خشکسالی	آستانه درصد از نرمال
خشکسالی ضعیف	۷۰ تا ۸۰ درصد
خشکسالی متوسط	۵۵ تا ۷۰ درصد
خشکسالی شدید	۴۰ تا ۵۵ درصد
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۴۰ درصد

یافته های تحقیق و ارائه نتایج:

پایش خشکسالی:

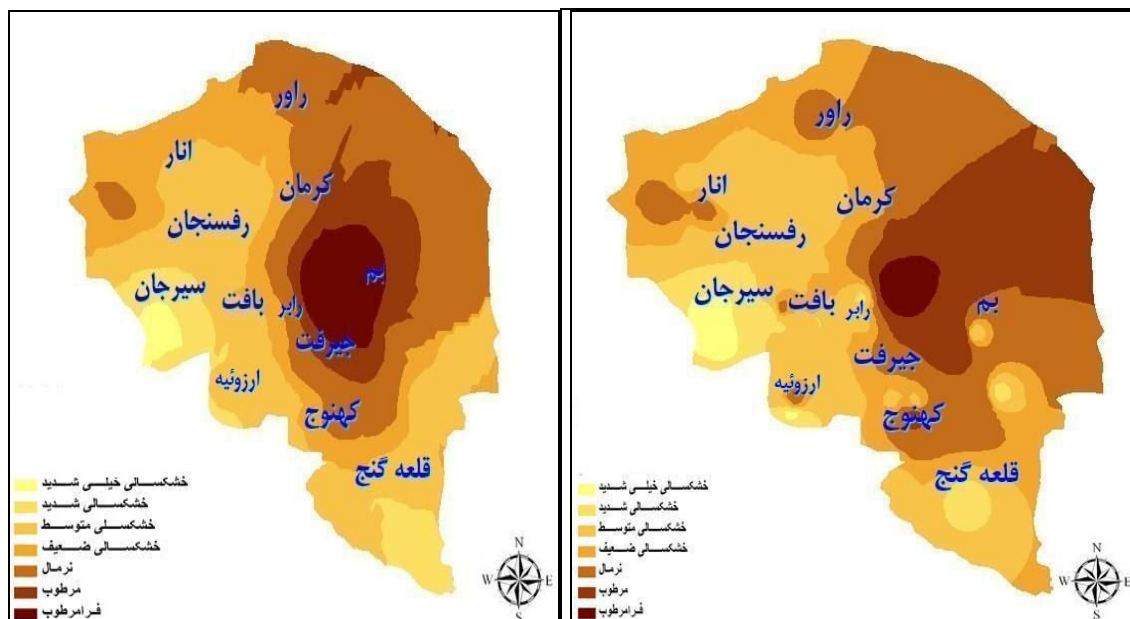
شکل شماره ۲ نشان دهنده وضعیت خشکسالی در استان کرمان براساس شاخص PNI در طول دوره آماری می باشد. نتایج این نمودار نشان می دهد که بیشترین خشکسالی ها در سال های ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱، ۱۳۸۴ اتفاق افتاده است. از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۵ (به جز سال ۱۳۸۳) در استان کرمان خشکسالی تداوم داشته است.



شکل ۲- فراوانی خشکسالی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص PNI

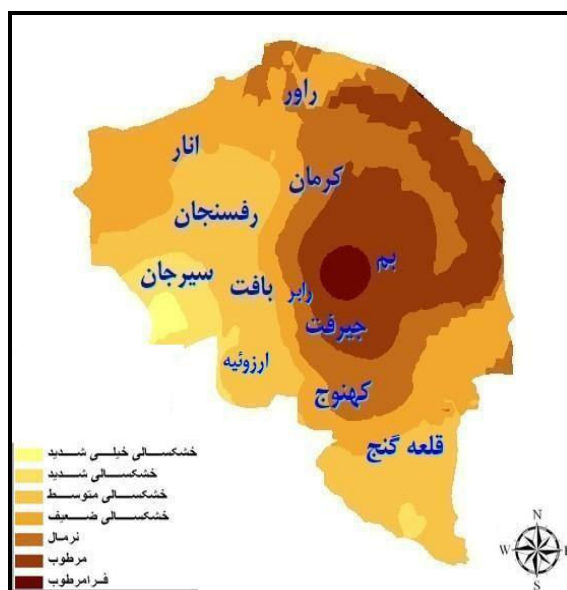
پهنه بندی خشکسالی:

شاخص PNI به صورت نقطه‌ای محاسبه می‌شود و لازم است بمنظور بررسی و صحت خشکسالی، بصورت مکانی نیز پردازش گردد و نقشه پهنه بندی شدت خشکسالی ارائه گردد. نقشه های پهنه بندی خشکسالی با سه روش میان‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله برای سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۸، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ تهیه شد و در شکل‌های شماره ۳ تا ۷ ارائه شده است.



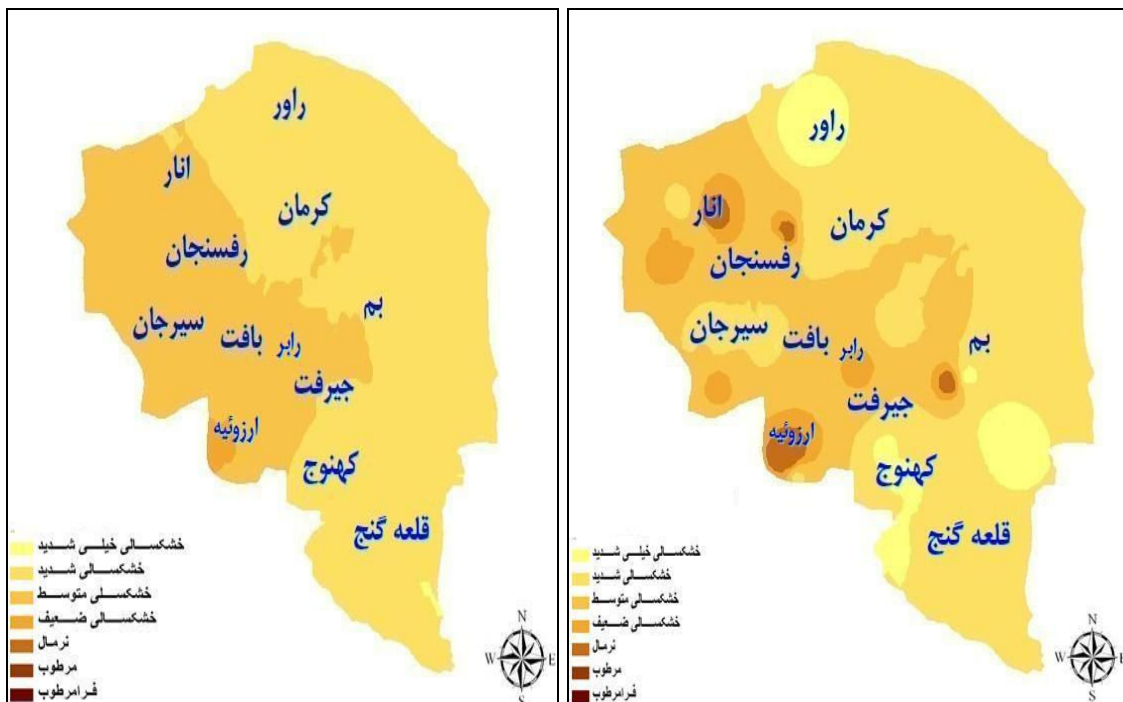
ب) معکوس فاصله

الف) کریجینگ



ج) کوکریجینگ

شکل ۳- نقشه های پهنه بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۶۷ بر اساس شاخص خشکسالی PNI



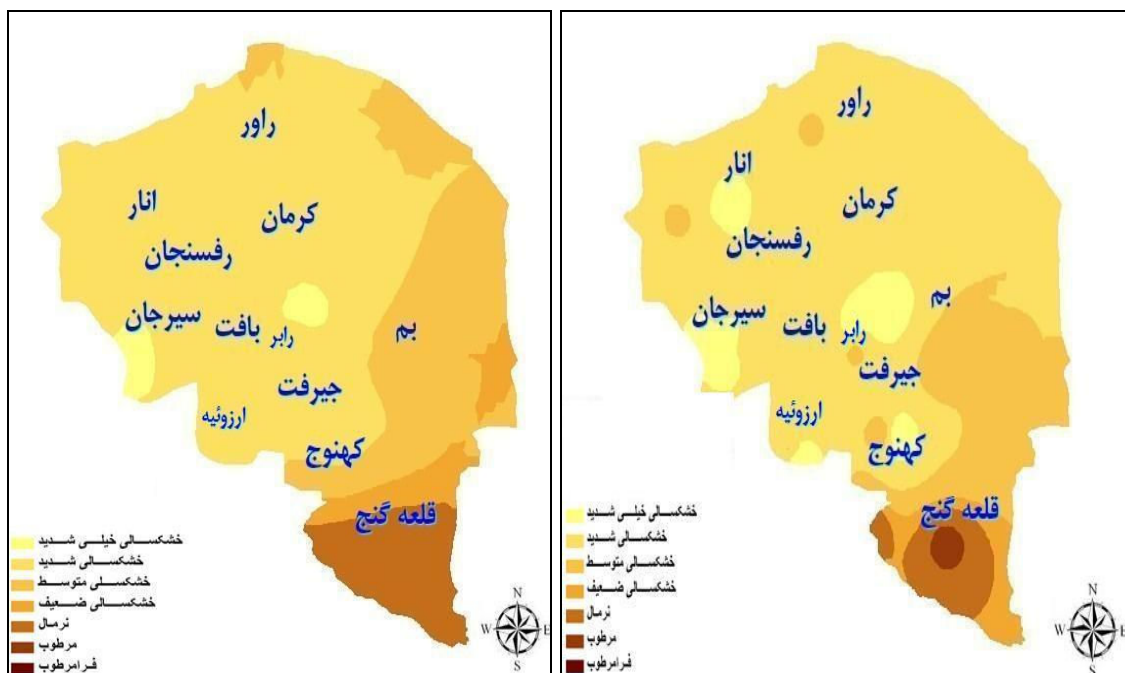
ب) معکوس فاصله

الف) کریجینگ



ج) کوگریجینگ

شکل ۴- نقشه‌های بهینه‌بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۷۲ بر اساس شاخص خشکسالی PNI



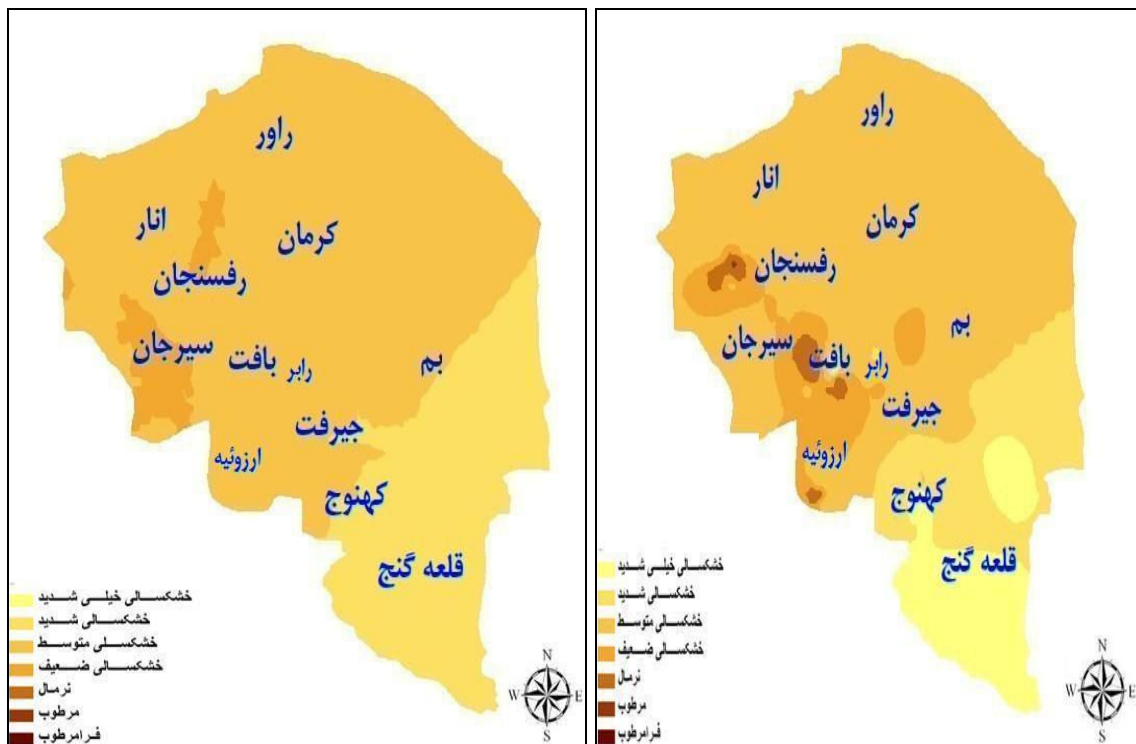
ب) معکوس فاصله

الف) کرچیجنگ



ج) کوکرچیجنگ

شکل ۵- نقشه های پهنه بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۷۸ بر اساس شاخص خشکسالی PNI



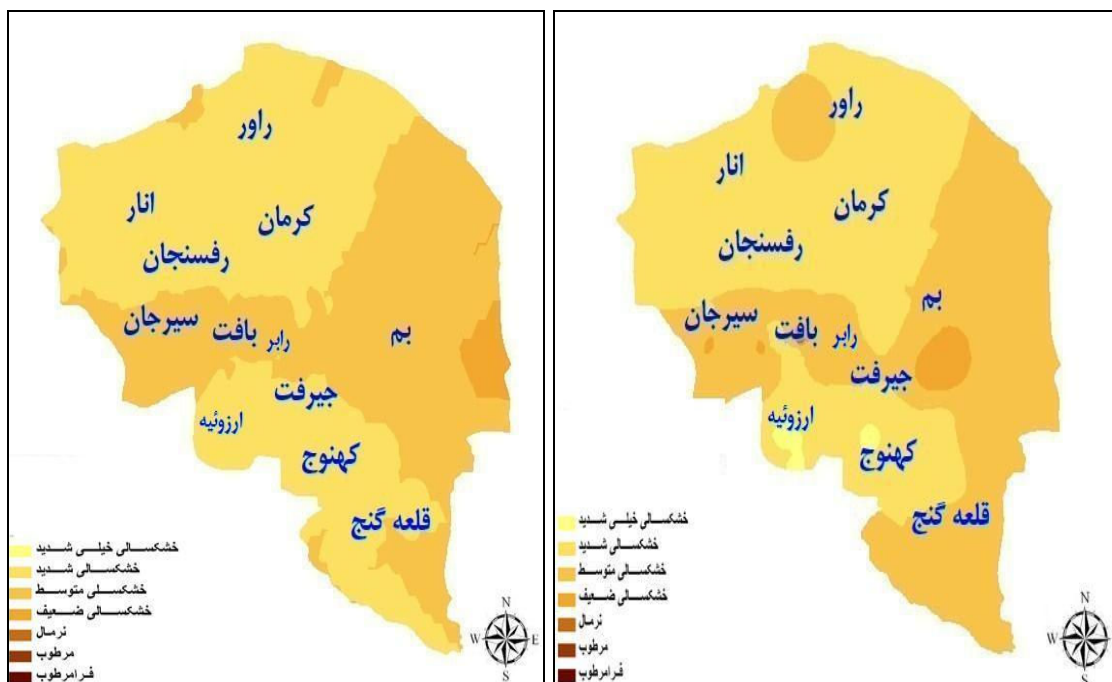
ب) معکوس فاصله

الف) کریجینگ



ج) کو کریجینگ

شکل ۶- نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۸۱ بر اساس شاخص خشکسالی PNI



ب) معکوس فاصله

الف) کریجینگ



ج) کوکریجینگ

شکل ۷- نقشه های پهنه بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۸۴ بر اساس شاخص خشکسالی PNI

ارزیابی روش های درون یابی:

در جدول شماره ۲ مقادیر ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) در سال های مختلف و براساس روش های کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله را نشان می دهد. هرچه مقدار ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) کمتر باشد، روش میان

یابی از دقت بیشتری برخوردار است. در این جدول روش کریجینگ بدلیل داشتن کمترین RMSE بهترین روش برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر خشکسالی می‌باشد.

جدول ۲- نتایج ارزیابی کارایی روش‌های میان‌یابی بر اساس ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE)

سال آماری						روش میان‌یابی	شاخص خشکسالی
۱۳۸۴	۱۳۸۱	۱۳۷۹	۱۳۷۸	۱۳۷۲	۱۳۶۷		
۱۵	۲۴/۳۸	۲۲/۲۳	۱۹/۴۲	۳۲/۸۲	۴۶/۰۹	IDW	PNI
۱۵/۵۳	۲۳/۱	۱۹/۲۲	۱۸/۲۸	۲۲/۵۷	۴۳/۷۱	Kriging	
۱۶/۲۷	۲۱/۷۹	۱۹/۱	۱۸/۱	۲۲	۴۴/۲۸	Co-Kriging	

منبع: یافته‌های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۱.

نتیجه‌گیری:

در این تحقیق با استفاده از شاخص درصد بارش نرمال (PNI) اقدام به تحلیل و طبقه‌بندی شدت و مدت خشکسالی‌ها کرده و بعد از طبقه‌بندی خشکسالی براساس شاخص PNI با استفاده از سه روش درون‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله اقدام به پهنه‌بندی خشکسالی در منطقه مورد مطالعه گردید. با پهنه‌بندی توزیع خشکسالی استان مشخص شد که در سال ۱۳۶۷ در بخش غربی استان وضعیت خشکسالی‌ها کم بوده است. در سال ۱۳۷۲ خشکسالی در کل سطح استان فراگیر بوده است و این تفاوت در بخش‌های شرقی و جنوبی خشکسالی شدیدتر می‌باشد. در سال ۱۳۷۹ در کل استان کرمان خشکسالی اتفاق افتاده است، در سال ۱۳۸۱ در بخش‌های جنوبی خشکسالی شدید رخ داده است. در سال ۱۳۸۴ در نواحی شرقی استان حوالی شهرستان بم خشکسالی با شدت کمتری رخ داد و در سایر نواحی خشکسالی شدید بوده است. نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی نشان داده‌اند که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۷۸ رخ داده است. در این تحقیق مشخص شد که شاخص درصد بارش نرمال کارایی مناسبی دارد که این یافته با نتایج تحقیق قمرنیا و روشندل (۱۳۹۱) همراه است، آنها نشان دادند که شاخص درصد بارش نرمال کارایی قابل قبولی در استان کرمانشاه دارد.

از آنجا که معیار انتخاب روش مناسب ارزیابی ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) پایین‌تر است، لذا بر اساس جدول شماره ۲ روش کریجینگ با دارا بودن کمترین مقدار MRSE بر سایر روش‌های تهیه نقشه‌ی شدت خشکسالی استان کرمان برتری دارد و بعنوان مناسب‌ترین روش تهیه نقشه شدت خشکسالی استان کرمان انتخاب می‌گردد. این یافته با نتایج تحقیق شعبانی (۱۳۸۸) که نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی را برای استان فارس تهیه نمودند مطابقت دارد. آنها دریافتند که روش کریجینگ مناسب‌ترین روش برای استان فارس می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج قهرودی (۱۳۸۱) و قنبرپور (۱۳۸۴) که تاکید به کارایی روش پهنه بندی کریجینگ دارند، همراستاست.

پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان با شاخص PNI و میان‌یابی آن با روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله در محیط ARCGIS و استفاده از روش بارش سالانه نشان داد که صرف نظر از چند سال شرایط نرمال برای بعضی از ایستگاه‌ها، خشکسالی بویژه در مناطق جنوبی و شرقی استان با تداوم و شدت همراه بوده است و نقشه پهنه بندی خشکسالی در سال‌های مختلف دوره در این تحقیق نشان داد که استان از پتانسیل حساسیت زیادی نسبت به خشکسالی برخوردار است. برنامه ریزی صحیح و بهینه منابع آب موجود در استان و تلاش برای تدوین روش‌های تهیه نقشه‌های بحرانی خشکسالی کشور از پیشنهاد‌های این پژوهش می‌باشد.

تشکر و قدردانی:

از حمایت‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات سیرجان در انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد.

منابع:

۱. انصافی مقدم، طاهر (۱۳۸۵): «بررسی و ارزیابی شاخص های اقلیمی و تعیین شاخص مناسب پیش بینی خشکسالی در حوضه دریاچه نمک»، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
۲. سبزی پور، ع.، آ. کاظمی، ص. معروفی، جواد. بذرافشان، و م. غفوری (۱۳۸۹): «ارزیابی تطبیقی هفت نمایه خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای»، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دوازدهم، شماره ۱، تهران، صص ۹۷-۱۱۱.
۳. فرج زاده، مهدی (۱۳۷۵): «خشکسالی و روش های مطالعه آن»، نشریه جنگل و مرتع، شماره ۳۲، تهران.
۴. قطره سامانی، سامان (۱۳۷۹): بررسی روند خشکسالی در استان چهارمحال بختیاریف مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان.
۵. قمرنیا، ه. و ف. روشندل (۱۳۹۱): «بررسی مقایسه ای وضعیت خشکسالی سی ساله استان کرمانشاه با استفاده از شاخص های مختلف خشکسالی هواشناسی»، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری.
۶. قنبرپور، محمدرضا (۱۳۸۴): «مقایسه روش های تحلیل مکانی در تعیین بارندگی و دما در مقیاس حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تالش)»، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال سوم، شماره اول، رشت، صص ۲۹-۴۳.
۷. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۱): «ارزیابی درون یابی به روش کریجینگ»، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۳، تهران، صص ۹۵-۱۰۳.
۸. کریمی احمدآباد، م.، و س. قره چلو (۱۳۸۸): بررسی نتایج روش های پهنه بندی خشکسالی با دو رویکرد مختلف در سامانه های اطلاعات جغرافیایی، همایش و نمایشگاه ژئوفیزیک، تهران.
۹. محسنی ساروی مهدی، صفدری ع. ا.، ثقفیان ب (۱۳۸۳): «تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی های حوضه ی کارون به کمک شاخص بارش استاندارد»، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۴، تهران، صص ۴۷-۳۱.
۱۰. محمدی مطلق، م. معتضدی، ا. امیری مهدی پور، ن (۱۳۹۰): «پایش و پیش بینی خشکسالی استان فارس با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و زنجیره مارکوف. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک»، تهران.
۱۱. محمدنیا فرایی، س.، و م. عسکریزاده (۱۳۸۹): «بررسی راه کارهای لازم و همکاری های متقابل در جهت پیشگیری و کاهش خسارات مخاطرات محیطی در کشورهای اسلامی»، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.
۱۲. محمدیان، آ.، کوهی م. و آ. آدینه بیگی (۱۳۸۹): «مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص های DI، SPI و PNI و پهنه بندی آنها (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی)»، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد هفدهم، شماره اول، تهران، صص ۱۲۷-۱۱۹.
۱۳. نصرتی، ک.، و ح. آذرینوند (۱۳۸۱): «تحلیل منطقه ای شدت-مدت-دوره بازگشت خشکسالی با استفاده از داده های بارندگی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز اترک)»، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۷، شماره ۱، تهران، صص ۴۸-۲۶.
۱۴. یزدانی، م.، چاوشی، س.، شیرانی، ک. و خدقلی م (۱۳۸۶): بررسی وضعیت خشکسالی در زیر حوضه ی آبخیز زاینده رود، اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود، شهرکرد.
15. Akhtari, R., Mahdian, M.H., and Morid, S. (2007): Assesment of spatial analysis of SPI and EDI drought indices in Tehran province. Tehran, J. Iran-Water Resource. Res.2:3.27-38.
16. Bodagh Jamali, J., Javanmard, s., and Shirmohammady, R. (2003): Monitoring and zoning drought condition in Khorasan province using standardized precipitation index. Mashhad, J. Geographi. Res.17:4.11389-11406.
17. . Hayes, M.J. (2001): Drought Indices, National Drought Mitigation Center, Noaa, Press, 11p.

18. .Karen arms,. (1990): Environmental Sciences. Staunders Collage Pub Florida.
19. Loukas A., Vasiliades L.N.R:Dalezios N.R. (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.
20. Morid s., Smakhtin, v., Moghaddasi, M. (2006): Comparison of seven meteorological Indices for drought monitoring in Iran. International Journal of Climatology 26:971-985.
21. McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1933): The Relationship of Drought Frequency and Duration to time Scale. In Proc, 8th Conf. on Applied Climatology, January 17-22, American Meteorological Society, Massachusetts , Pp:179-184.
22. McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J.(1995): Drought Monitoring with Multiple Time Scales .In Proc, 9th Conf. on Applied Climatology January 15-20, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp:233-236.
23. Miller, G.T. (1997): Environmental Sciences, Word Worth Pob, Belmont, California.