

## پایش و پیش‌بینی خشکسالی در استان کرمان با استفاده از شاخص $DI$ و پهنه‌بندی آن با روشهای زمین آماری

مسعود بهشتی‌راد<sup>۱</sup>: استادیار منابع طبیعی و آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، سیرجان، ایران

### چکیده

خشکسالی یک پدیده آب و هوایی است که احتمال وقوع این پدیده در همه‌ی نقاط کره زمین و با هر شرایط اقلیمی وجود دارد. پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت تأثیر خود قرار داده و باعث بروز بسیاری مشکلات از جمله اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی شده است. بر این اساس سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردار 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 به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. هدف از این پژوهش ارزیابی دقت روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله در تهیه‌ی نقشه‌های شدت خشکسالی رخ داده در استان کرمان با استفاده از شاخص دهک‌ها می‌باشد. بدین منظور ۴۴ ایستگاه هواشناسی که دارای آمار بلندمدت و پایه زمانی مشترک ۲۰ ساله بودند، انتخاب گردیدند. سپس شاخص خشکسالی دهک‌ها 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. جهت تعیین کارایی هر یک از این روشها از  $RMSE$  استفاده شد. از بین سه روش پهنه‌بندی، روش کریجینگ و کوکریجینگ به دلیل داشتن خطای  $RMSE$  پایین‌تر به عنوان مناسب‌ترین روشها انتخاب گردیدند. نتایج این پژوهش نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ به وقوع پیوسته است.

واژه‌های کلیدی: دهک‌ها، خشکسالی، پهنه بندی، کریجینگ، کوکریجینگ، معکوس فاصله، کرمان.

<sup>۱</sup> . نویسنده مسئول: [M\\_beheshtirad@yahoo.com](mailto:M_beheshtirad@yahoo.com)، ۰۹۱۳۱۴۵۵۸۷۴

## بیان مسأله:

از شروع تمدن انسانی، خشکسالی، تأثیرات شدید و گاهی اوقات فاجعه‌آمیز بر فعالیت‌های حیاتی انسان در سراسر جهان داشته است (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۷۹: ۵۶). خشکسالی پدیده‌ای است که هر چند 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 (Karen, 1990: 202). کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند (Miller, 1991). خشکسالی یکی از مزلزل‌ترین و زیان‌بارترین بلاهای طبیعی است که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده و باعث بروز بسیاری از مشکلات می‌گردد (ساروی و همکاران، ۱۳۸۳: ۱۰۹). بدلیل متغیرهای گوناگون که به صورت مستقیم و غیرمستقیم در پدیده خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه دشوار بوده و به همین جهت تاکنون تعریف جامع و قابل قبول برای همه‌ی پژوهشگران عنوان نشده است. هواشناسان خشکسالی را بارش کمتر از حد معمول که منجر به تغییر الگوی آب و هوایی می‌شود، تعریف کرده‌اند. هیدرولوژیست‌ها بر این باورند که خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که سطح تراز آب‌های سطحی و زیر زمینی از حد معمول خود پایین‌تر رود (فرج زاده، ۱۳۷۵: ۴۶-۴۷).

سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آنها از اهمیت زیادی برخوردارند. به این منظور از شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌شود. رحیمی (۱۳۸۴) با استفاده از شاخص نیچه،  $DI$  و  $SPI$  اقدام به مدل‌سازی دوره‌های مرطوب و خشک در استان آذربایجان شرقی نموده است. وی بر کارایی مدل‌های  $DI$  و  $SPI$  تأکید نموده است. شاخص درصد بارش نرمال<sup>۱</sup> ( $PNI$ ) یکی از ساده‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی خشکسالی‌ها است. با در دست داشتن میانگین درازمدت 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<sup>۲</sup> ( $SPI$ ) جهت کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف طراحی شده است (Mackki et al, 1995). این مقیاس‌ها اثرات خشکسالی را بر روی میزان توانایی منابع آب نشان می‌دهند (Mackki et al, 1933 and Hays, 2001). سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردار 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 دهک‌ها می‌باشد.

## پیشینه تحقیق:

انصاری و همکاران (۲۰۰۷) در پهنه‌بندی 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 و 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 حوضه‌ی آبخیز زاینده رود را بررسی نمودند. آنها با روش کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی را تهیه

<sup>۱</sup>. Percent of Normal Precipitation Index

<sup>۲</sup>. Standardized Precipitation Index

نمودند و دریافتند که شاخص بارش معیار شده کارایی بهتری دارد. هنگ و همکاران (۲۰۰۱) سه شاخص خشکسالی  $Z$ ، بارندگی استاندارد شده و  $Z$  چینی را در چهار ناحیه در کشور چین که شرایط خشک تا مرطوب را داشتند با استفاده از ۴۸ سال آمار بارندگی ارزیابی نمودند. 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 پهنه‌بندی شدت خشکسالی را در این استان فقط با روش معکوس فاصله تهیه نمودند. آنها بر کارایی شاخص درصد از بارش نرمال در این استان تأکید کردند. بداق جمال و همکاران (۲۰۰۳) در پایش وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از  $SPI$  نشان دادند که از بین روش‌های درون‌یابی، روش کریجینگ و معکوس فاصله<sup>۱</sup> ( $IDW$ ) روش‌های مناسبی برای درون‌یابی شدت دوره‌های خشک می‌باشد. 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 پهنه‌بندی شدت خشکسالی را برای این استان تهیه نمود و دریافت که روش کریجینگ بهترین روش برای تهیه نقشه شدت خشکسالی در استان فارس می‌باشد.

فدایی کرمانی و همکاران (۱۳۹۰) شاخص  $SPI$  و چگونگی تعیین دوره خشکسالی به کمک این شاخص برای شهرستان بم برای دوره زمانی ۳۰ ساله پرداختند و دوره‌های خشکسالی با مقیاس‌های زمانی مختلف در این منطقه را پیش‌بینی نمودند. 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. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از شاخص‌های  $RAI$ ،  $DI$ ،  $PNI$  و  $SPI$  دوره‌های خشکسالی استان کرمانشاه را پایش نمودند. آنها دریافتند که شاخص‌های  $RAI$  و  $DI$  کارایی قابل قبولی دارند. هدف از انجام این تحقیق آن است که قابلیت‌های سه روش درون‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ و  $IDW$  در تهیه نقشه شدت خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی دهک‌ها در استان کرمان با روش  $RMSE$  سنجیده شود.

### روش تحقیق:

در این پژوهش آمار ۴۴ ایستگاه باران سنجی در کل استان با پراکنش مناسب استفاده شد و پس از حذف داده‌های پرت و بازسازی داده‌ها یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۶-۱۳۸۶) به عنوان دوره آماری مشترک برای تمام ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد. نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کلموگراف و اسمیرنوف در محیط  $SPSS$  بررسی گردید. به منظور پایش خشکسالی از شاخص دهک‌ها استفاده گردید. جهت پهنه‌بندی توزیع خشکسالی در سطح استان از سه روش درون‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله ( $IDW$ ) در محیط نرم‌افزار  $ARCGIS$  استفاده شد. برای انتخاب روش مناسب درون‌یابی جهت تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی 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،

<sup>1</sup>. Inverse Distance Weighted

مقداری برآورد می‌گردد. سپس مقدار حذف شده به جای خود برگردانده و این برآورد برای سایر نقاط به گونه‌ای مجزا صورت می‌گیرد. این کار برای هر یک از نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود به گونه‌ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده - ای نقاط برآورد وجود خواهد داشت. به منظور ارزیابی و دقت روش‌های درون‌یابی از معیار ریشه دوم میانگین، مربع خطا ( $RMSE$ ) مورد استفاده قرار گرفت و در انتها روش مناسب درون‌یابی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان کرمان بر اساس کمترین  $RMSE$  انتخاب شد که معادله آن بشرح زیر است.

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

که در آن  $n$  تعداد نقاط مشاهده‌ای،  $Z_i^*$  مقدار برآوردی برای نقطه  $i$  نام،  $Z_i$  مقدار مشاهده‌ای برای نقطه نام. شاخص درصد بارش نرمال ( $PNI$ )

شاخص دهک‌ها ( $DI$ ):

این شاخص در سال ۱۹۶۷ توسط گیبز و ماهر ارائه شد (گیبز، ۱۹۷۶). این روش بر مبنای کاربرد توزیع فراوانی تجمعی یک ایستگاه بنا شده است و به طور وسیع مورد استفاده محققین استرالیایی قرار گرفته است (بهیار، ۱۳۸۶). این شاخص وقوع بارندگی‌های طولانی مدت را در دهم‌هایی از توزیع نرمال تقسیم کرده و هر یک از این گروه‌ها را یک دهک می‌نامند (انصافی مقدم، ۱۳۸۶). تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص بارش می‌باشد و مقیاس زمانی مورد استفاده در این شاخص نیز مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشد (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۹). اصول کلی محاسبه شاخص دهک‌ها به صورت زیر است (نصری، ۱۳۸۶): ابتدا داده‌های بارندگی ماهانه و یا سالانه به صورت صعودی مرتب می‌شوند. سپس احتمال وقوع بارش از رابطه روبرو محاسبه می‌شود:

$$Pi = \frac{i}{N + 1} \times 100$$

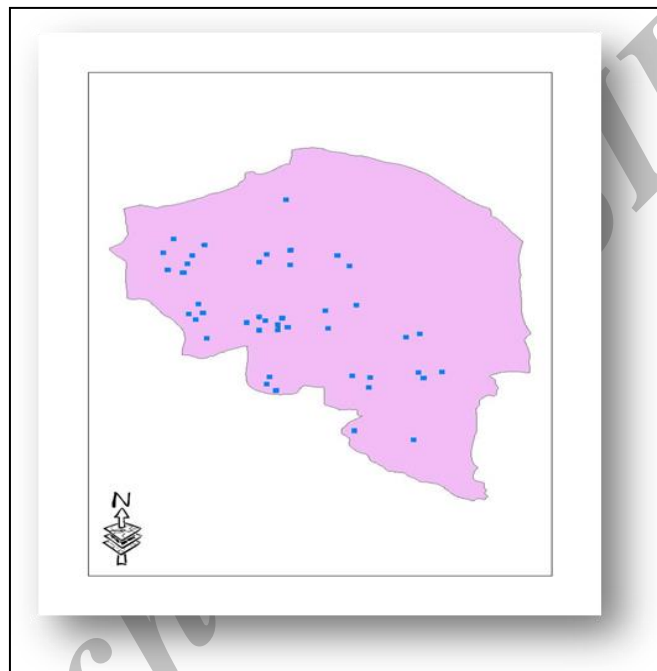
که در آن:  $Pi$  احتمال وقوع بارندگی در شماره ردیف  $i$  ام و  $N$  تعداد داده‌های بارندگی می‌باشد. پس از محاسبه  $Pi$  و بر حسب اینکه یک مقدار  $Pi$  در چه فاصله دهکی (فاصله ۱۰ درصدی) قرار گرفته باشد، یکی از درجه‌های خشکی به آن نسبت داده می‌شود. بنابراین اولین دهک مقدار بارندگی است که از کمترین ۱۰ درصد تجاوز نمی‌کند. دومین دهک مقدار بارندگی است که از کمترین ۲۰ درصد کل تجاوز نکرده و به همین ترتیب ادامه پیدا می‌کند. دهک پنجم یا میانه مقدار بارشی است که از ۵۰ درصد رخدادها تجاوز نمی‌کند. پس از محاسبه  $Pi$  طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی استان کرمان را با استفاده از جدول شماره ۱ انجام می‌گیرد (سلطانی، ۱۳۸۵).

جدول ۱- طبقات مختلف خشکسالی با استفاده از شاخص دهک‌ها

مقدار درصد وقوع	وضعیت خشکسالی	شماره دهک
کمتر از ۱۰ درصد	خشکسالی خیلی شدید	اول
۱۰ تا ۲۰ درصد	خشکسالی شدید	دوم
۲۰ تا ۳۰ درصد	خشکسالی	سوم
۳۰ تا ۴۰ درصد	تقریباً نرمال	چهارم
۴۰ تا ۵۰ درصد	نرمال	پنجم
۵۰ تا ۶۰ درصد	کمی نرمال	ششم
۶۰ تا ۷۰ درصد	کمی مرطوب	هفتم
۷۰ تا ۸۰ درصد	مرطوب	هشتم
۸۰ تا ۹۰ درصد	بسیار مرطوب	نهم
بیشتر از ۹۰ درصد	فوق العاده مرطوب	دهم

**شناخت منطقه مورد مطالعه:**

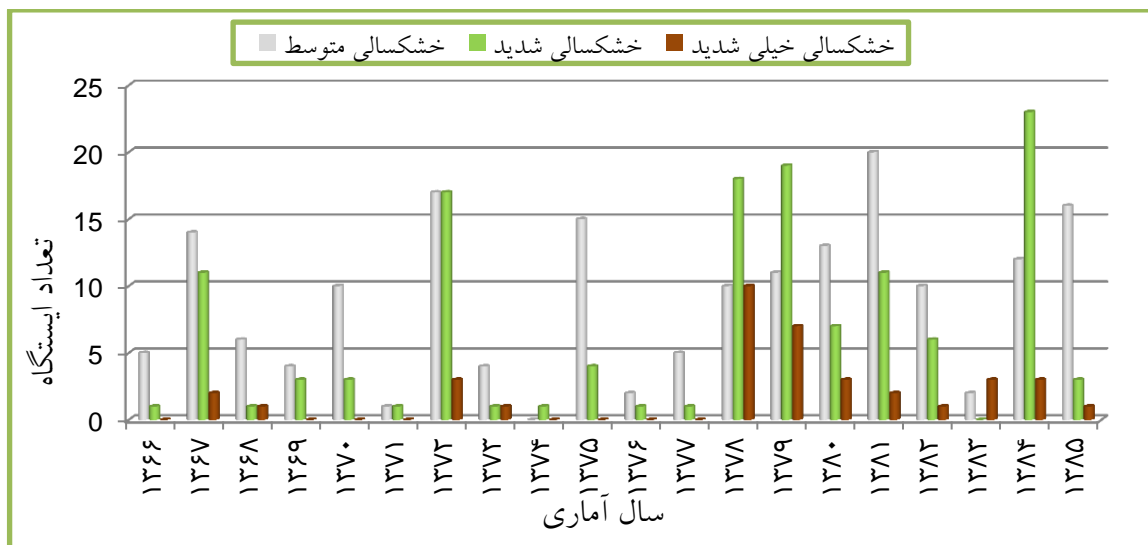
منطقه مورد مطالعه، استان کرمان یکی از استان‌های جنوبی کشور است که در موقعیت جغرافیایی بین ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۲۳ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. استان کرمان با مساحت ۱۸۱۷۱۴ کیلومتر مربع حدود ۱۱ درصد از مساحت کل کشور را دارا می‌باشد. استان‌های همجوار کرمان شامل سیستان و بلوچستان، هرمزگان، خراسان، یزد و فارس می‌باشند. این استان در محدوده تلاقی رشته کوه‌های مرتفع زاگرس و رشته کوه‌های مرکزی واقع شده است. 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 اقلیم‌شناسی و ۱۰ ایستگاه خودکار می‌باشد. (شکل شماره ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

**یافته‌های تحقیق:****پایش خشکسالی در استان:**

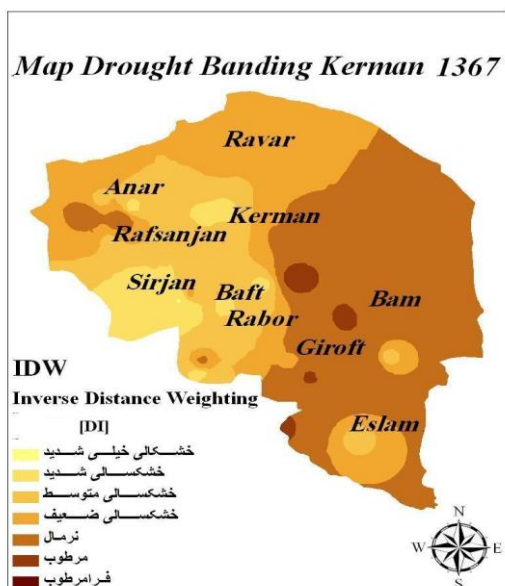
طبق داده‌های نمودار شماره ۱، نشان دهنده وضعیت خشکسالی در استان کرمان بر اساس شاخص  $DI$  در طول دوره آماری می‌باشد. نتایج این نمودار نشان می‌دهد که بیشترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱، ۱۳۸۴ اتفاق افتاده است. از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۵ (به جز سال ۱۳۸۳) در استان کرمان خشکسالی تداوم داشته است.



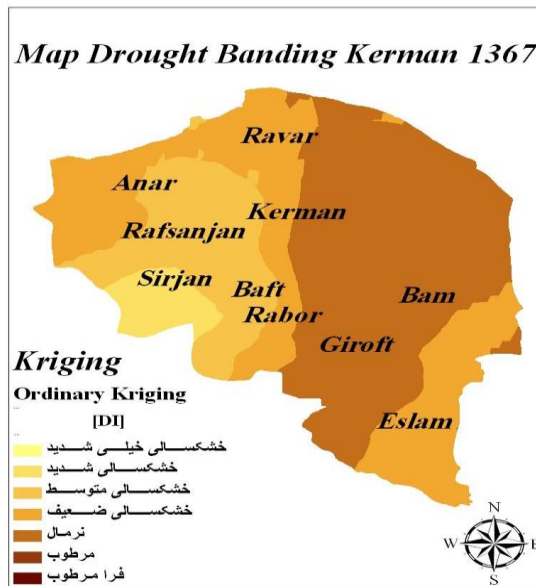
نمودار ۱- فراوانی خشکسالی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص *DI*

**پهنه‌بندی خشکسالی:**

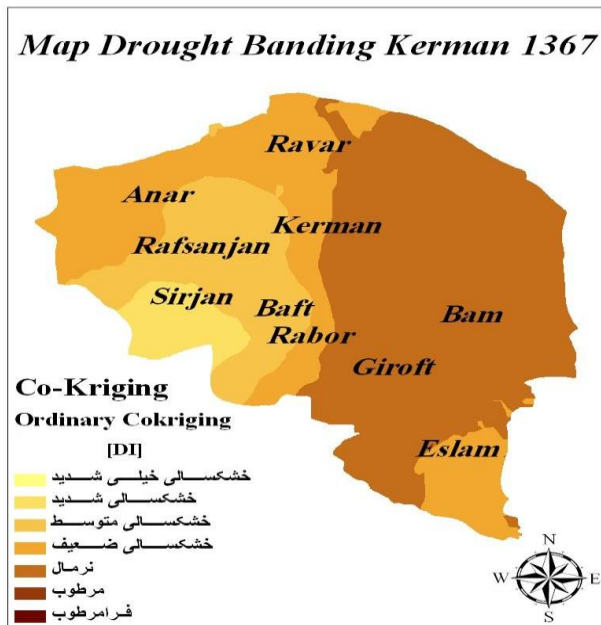
شاخص *DI* به صورت نقطه‌ای محاسبه می‌شود و لازم است بمنظور بررسی و صحت خشکسالی، بصورت مکانی نیز پردازش گردد و نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی ارائه گردد. نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی با سه روش میان-یابی کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله برای سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ که جز شدیدترین خشکسالی‌ها بودند، تهیه شد. نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی با سه روش کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله برای سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۴ در شکل‌های شماره ۲ و ۳ ارائه شده است.



ب) معکوس فاصله

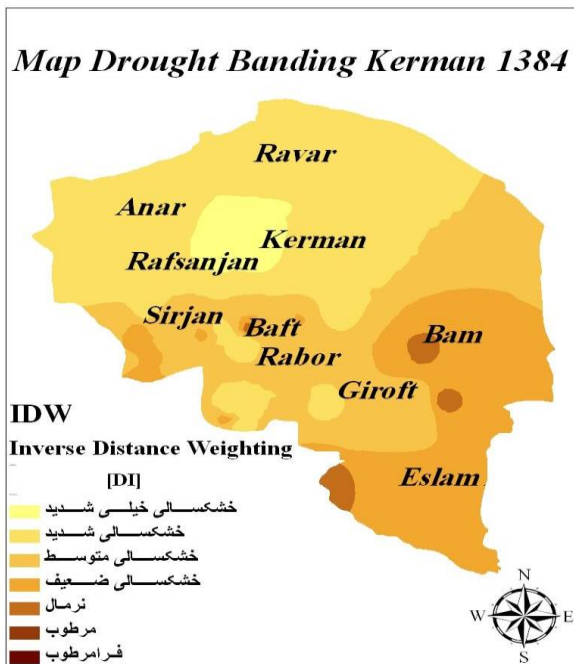


الف) کریجینگ

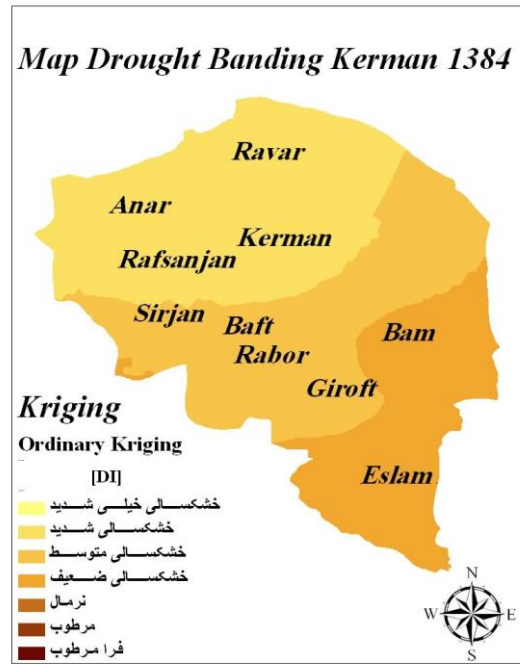


ج) کوکریجینگ

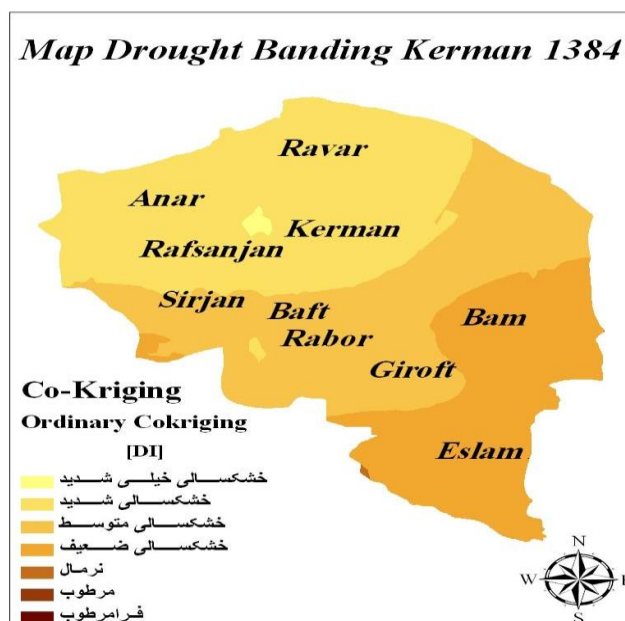
شکل ۲- نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۶۷ بر اساس شاخص خشکسالی DI



ب) معکوس فاصله



الف) کریجینگ



ج) کوکریجینگ

شکل ۳ - نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی کرمان در سال ۱۳۸۴ بر اساس شاخص خشکسالی  $DI$

ارزیابی روش‌های درون‌یابی:

جدول شماره ۲- مقادیر  $RMSE$  در سال‌های مختلف و بر اساس روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله را نشان می‌دهد. هر چه این مقدار کمتر باشد، میان‌یابی از دقت بیشتری برخوردار است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی بر اساس  $RMSE$

سال آماری						روش میان‌یابی	شاخص خشکسالی
۱۳۸۴	۱۳۸۱	۱۳۷۹	۱۳۷۸	۱۳۷۲	۱۳۶۷		
۱۳/۹۳	۲۱/۷۴	۲۰/۸۷	۱۴/۸۷	۱۹/۵۷	۲۱/۱۳	$IDW$	$PNI$
۱۳/۴۵	۲۱/۱	۱۸/۹	۱۳/۲	۱۸/۲۴	۱۹/۴۷	$Kriging$	
۱۳/۳	۱۹/۹	۱۸/۷	۱۲/۸	۱۸/۴	۲۰/۸۱	$Co-Kriging$	

منبع: یافته‌های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۱.

نتیجه‌گیری:

در این تحقیق با استفاده از شاخص دهک‌ها ( $DI$ ) اقدام به تحلیل و طبقه‌بندی شدت و مدت خشکسالی‌ها کرده و بعد از طبقه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص  $DI$  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 دهک‌ها کارایی مناسبی دارد که این



یافته با نتایج محمدی مطلق و همکاران (۱۳۹۰) و قمرنیا و روشندل (۱۳۹۱) همراه است. از آنجا که معیار انتخاب روش مناسب ارزیابی  $RMSE$  پایین‌تر است، لذا بر اساس جدول شماره ۲- روش کریجینگ و کوکریجینگ با دارا بودن کمترین مقدار  $RMSE$  روش‌های مناسب جهت تهیه نقشه شدت خشکسالی استان کرمان هستند و بعنوان مناسب‌ترین روش‌های تهیه نقشه شدت خشکسالی استان کرمان انتخاب می‌گردند. این یافته با نتایج تحقیق شعبانی (۱۳۸۸) که نقشه‌های پهنه بندی 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 تأکید به کارایی روش پهنه بندی کریجینگ دارند، همراه است. در نهایت پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان با شاخص  $DI$  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 پهنه‌بندی خشکسالی در سال‌های مختلف دوره در این تحقیق نشان داد که استان از پتانسیل حساسیت زیادی نسبت به خشکسالی برخوردار است.

#### تشکر و قدردانی:

این مقاله برگرفته از طرحی است که با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان انجام گرفته است، که در اینجا از این معاونت تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

#### منابع و مأخذ:

- انصافی مقدم، طاهر (۱۳۸۶): «ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص حوضه دریاچه نمک»، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۴، شماره ۲، تهران، صص ۲۷۱-۲۸۸.
- بهیار، مریم و احمد پرنده خوزانی (۱۳۸۶): «بررسی آماری خشکسالی اصفهان. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)»، جلد بیست و هفتم. شماره ۶. اصفهان، صص ۱۰۵-۱۲۸.
- خزانه داری، لیلا و جواد آهنزاده (۱۳۷۹): «بحران خشکسالی و مدیریت مقابله با آن»، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان.
- سبزی‌پور، ع. آ. کاظمی و جواد بذرافشان (۱۳۸۹): «ارزیابی تطبیقی هفت نمایه خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای»، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۲، شماره ۱، تهران، صص ۹۷-۱۱۱.
- سلطانی، سعید و رضا مدرس (۱۳۸۵): «تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان»، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۱، تهران، صص ۱۵-۲۶.
- شعبانی، محمد (۱۳۸۸): «ارزیابی کاربرد روش‌های زمین آمار در پهنه بندی شدت‌های خشکسالی استان فارس»، مجله مهندسی آب، سال دوم، شماره ۵، مردودشت، صص ۳۶-۳۱.
- فرج زاده مهدی (۱۳۷۵): «خشکسالی و روش‌های مطالعه‌ی آن»، نشریه جنگل و مرتع. شماره ۳۲.
- قطره سامانی، سامان (۱۳۷۹): «بررسی روند خشکسالی در استان چهارمحال بختیاری»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان.
- قمرنیا، هادی و فاطمه روشندل (۱۳۹۱): بررسی مقایسه‌ی وضعیت خشکسالی سی ساله استان کرمانشاه با استفاده از شاخص‌های مختلف خشکسالی هواشناسی، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری.

۱۰. قنبرپور، محمدرضا (۱۳۸۴): «مقایسه روش‌های تحلیل مکانی در تعیین بارندگی و دما در مقیاس حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تالش)»، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال ۳، شماره ۱، رشت، صص ۲۹-۴۳.
۱۱. قویدل رحیمی، یاسر (۱۳۸۴): «آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی»، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۳، تهران.
۱۲. ساروی، محسن، صفدری ع. ا و بهروز ثقفیان (۱۳۸۳): «تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی های - حوضه کارون به کمک شاخص بارش استاندارد»، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۴، تهران.
۱۳. محمدیان، آمنه، کوهی م. و آرش آدینه بیگی (۱۳۸۹): «مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های *SPI*، *DI* و *PNI* و پهنه بندی آنها (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی)»، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۷، شماره ۱، مشهد، صص ۴۳-۵۸.
۱۴. نصرتی، ک.، و ح. آذرنیوند (۱۳۸۱): «تحلیل منطقه‌ای شدت-مدت-دوره بازگشت خشکسالی با استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز اترک)»، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۷، شماره ۱، تهران.
۱۵. نصری، مهدی و رضا مدرس (۱۳۸۶): «تحلیل ناحیه‌ای خشکسالی منطقه اردستان بر اساس دو شاخص خشکسالی»، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۶، تهران، صص ۱۶۷-۱۷۶.
16. 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.*
17. Bodagh Jamali, J., Javanmard, s., and Shirmohammady, R. (2003): *Monitoring and zoning drought condition in Khorasan province using standardized precipitation index. Mashhad, J. Geography. Res.17:4.11389-11406.*
18. Hayes, M.J. (2001): *Drought Indices, National Drought Mitigation Center, Noaa, Press, 11p.*
19. Gibbs, W. J., Maher, J. V., (1976): *Rainfall Deciles as Drought Indicats. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 48,37 pp.*
20. Hong, W., Hayes, M.J., Welss, A., and Hu, Q., (2001): *An evaluation the standardized precipitation index, the china-Z index and the statistical Z-score. International Journal of Climatology, 21, 745-758.*
21. Karen arms, (1990): *Nvironmental Sciences. Staunders Collage Pub Florida.*
22. Morid s., Smakhtin, v., Moghaddasi, M. (2006): *Comparison of seven meteorological Indices for drought monitoring in Iran. International Journal of Climatology 26:971-985.*
23. 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.*
24. 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.*
25. Miller, G.T. (1997): *Environmental Sciences, Wods Worth Pob, Belmont, California.*