

## بررسی تغییرات مکانی خشکسالی با روش‌های زمین آماری و شاخص توزیع استاندارد در استان کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۰

مسعود بهشتی راد<sup>۱</sup>

### چکیده

خشکسالی یک پدیده آب و هوایی است که احتمال وقوع این پدیده در همه نقاط کره زمین و با هر شرایط اقلیمی وجود دارد. پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت تاثیر 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 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 توزیع استاندارد می‌باشد. بدین منظور ۴۴ ایستگاه هواشناسی که دارای آمار بلند مدت و پایه زمانی مشترک بودند، انتخاب گردیدند. سپس شاخص خشکسالی توزیع استاندارد 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 عکس فاصله تولید شد. جهت تعیین کارایی هر یک از این روش‌ها از RMSE استفاده شد. از بین سه روش پهنه‌بندی، روش کریجینگ به دلیل داشتن RMSE پایین‌تر به عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب شد. نتایج این پژوهش نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ به وقوع پیوسته است.

واژه‌های کلیدی: توزیع استاندارد، پهنه‌بندی، خشکسالی، کریجینگ، کوکریجینگ، معکوس فاصله.

<sup>۱</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سیرجان، سیرجان، ایران، Masoodbehshiti9@yahoo.com، ۰۹۱۳۱۴۵۵۸۷۴

## مقدمه

از شروع تمدن انسانی، خشکسالی، تاثیرات شدید و گاهی اوقات فاجعه‌آمیز بر فعالیت‌های حیاتی انسان در سراسر جهان داشته است (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۷۹). 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 (Karen, 1990). کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند (Miller, 1997). خشکسالی یکی از مزلزل‌ترین و زیان‌بارترین بلاهای طبیعی است که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده و باعث بروز بسیاری از مشکلات می‌گردد (محسنی ساروی و همکاران، ۱۳۸۳).

بدلیل متغیرهای گوناگون که به صورت مستقیم و غیرمستقیم در پدیده خشکسالی دخالت دارند تعریف این واژه دشوار بوده و به همین جهت تا کنون تعریف جامع و قابل قبول برای همه‌ی پژوهشگران عنوان نشده است. هواشناسان خشکسالی را بارش کمتر از حد معمول که منجر به تغییرالگوی آب و هوایی می‌شود، تعریف کرده‌اند (سبزی‌پور و همکاران ۱۳۸۹). هیدرولوژیست‌ها بر این باورند که خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که سطح تراز آب‌های سطحی و زیرزمینی از حد معمول خود پایین‌تر رود (فرج‌زاده، ۱۳۷۵). سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردارند. به این منظور شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌شود. قویدل رحیمی (۱۳۸۴) با استفاده از شاخص نیچه، SPI و DI اقدام به مدل‌سازی دوره‌های مرطوب و خشک در استان آذربایجان شرقی نموده‌اند. وی بر کارایی مدل‌های DI و SPI تاکید نموده است. شاخص درصد

بارش نرمال<sup>۱</sup> (PNI) یکی از ساده‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی خشکسالی 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<sup>۲</sup> (SPI) جهت کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف طراحی شده است (Mckee, et all 1993) این مقیاس‌ها اثرات خشکسالی را بر روی میزان توانایی منابع آب نشان می‌دهند (Hayes, 2001). 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 معیارشده خشکسالی‌های محدوده حوضه‌ی آبخیز زاینده‌رود را بررسی نمودند. آن‌ها با روش کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی را تهیه نمودند و دریافتند که شاخص بارش معیارشده 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

<sup>1</sup> Percent of Normal Precipitation Index

<sup>2</sup> Standardized Precipitation Index

خشکسالی استان کرمانشاه را پایش نمودند. آن‌ها دریافتند که شاخص‌های DI و RAI کارایی قابل قبولی دارند.

هدف از انجام این تحقیق بررسی قابلیت سه روش درون‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ و عکس فاصله در تهیه نقشه شدت خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی توزیع استاندارد در استان کرمان با معیار RMSE می‌باشد.

#### محدوده 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 نصف‌النهار 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 باران‌سنجی، ۸ ایستگاه اقلیم‌شناسی و ۱۰ ایستگاه خودکار می‌باشد (شکل ۱).

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 رادر استان خراسان پایش نمودند و نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی را در این استان فقط باروش معکوس فاصله تهیه نمودند. آن‌ها بر کارایی شاخص درصد از بارش نرمال در این استان تاکید کردند. بداق جمالی و همکاران (۲۰۰۳) در پایش و 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.

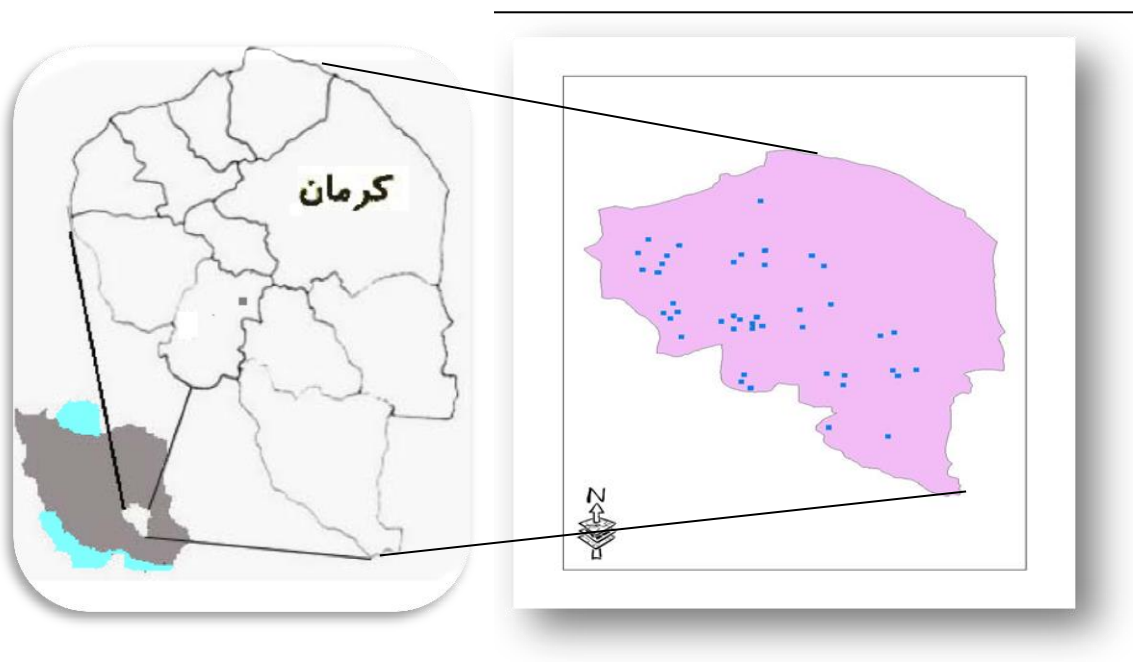
شعبانی (۱۳۸۸) با استفاده از شاخص درصد از بارش نرمال (PNI) شدت و مدت خشکسالی را در استان فارس سنجیده وی با روش‌های مختلف زمین آماری نقشه‌های پهنه بندی شدت خشکسالی را برای این استان تهیه نمود و دریافت که روش کریجینگ بهترین روش برای تهیه نقشه شدت خشکسالی در استان فارس می‌باشد.

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 پیش بینی 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 روشندل (۱۳۹۱) با استفاده از شاخص‌های PNI، DI، RAI و SPI دوره‌های

<sup>1</sup> Inverse Distance Weighted



شک(۱): موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

گونه‌ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای نقاط برآورد وجود خواهد داشت. به منظور ارزیابی و دقت روش‌های درونیابی از معیار ریشه دوم میانگین، مربع خطا<sup>۳</sup> (RMSE) مورد استفاده قرار گرفت و در انتها روش مناسب درونیابی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان کرمان براساس 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 نقطه‌ی  $i$ ام،  $Z_i$  مقدار مشاهده‌ای برای نقطه  $i$ ام.

#### شاخص توزیع استاندارد

شاخص توزیع استاندارد از شاخص‌های اصلی تعیین خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در یک منطقه

#### روش تحقیق

در این پژوهش آمار ۴۴ ایستگاه باران‌سنجی در کل استان با پراکنش مناسب استفاده شد و پس از حذف داده‌های پرت و بازسازی داده‌ها یک 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 توزیع استاندارد (Z) 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، 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

$$Z_{SI} = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (1)$$

که در آن :

$\bar{X}$  میانگین بارش سالانه  
 $S$  انحراف معیار دوره آماری

پس از محاسبه شاخص با استفاده از جدول (۱) وضعیت خشکسالی در در ایستگاه مورد نظر و در دوره مورد نظر مشخص می‌شود (اربابی سبزواری، ۱۳۸۹).

می‌باشد و از شاخص‌های اصلی در مطالعه تغییرات گرایش به مرکز می‌باشد. بارندگی به عنوان عامل اصلی در تعیین این شاخص می‌باشد (اربابی سبزواری، ۱۳۸۹).

مراحل محاسبه این شاخص به صورت زیر می‌باشد (انصافی مقدم، ۱۳۸۵ و نصری، ۱۳۸۶):

- ۱- مرتب نمودن سری زمانی داده‌های بارندگی به صورت صعودی
- ۲- تعیین میانگین و انحراف استاندارد سری زمانی داده‌ها
- ۳- تعیین شاخص توزیع استاندارد برای هر یک از دوره‌های آماری با استفاده از رابط ذیل:

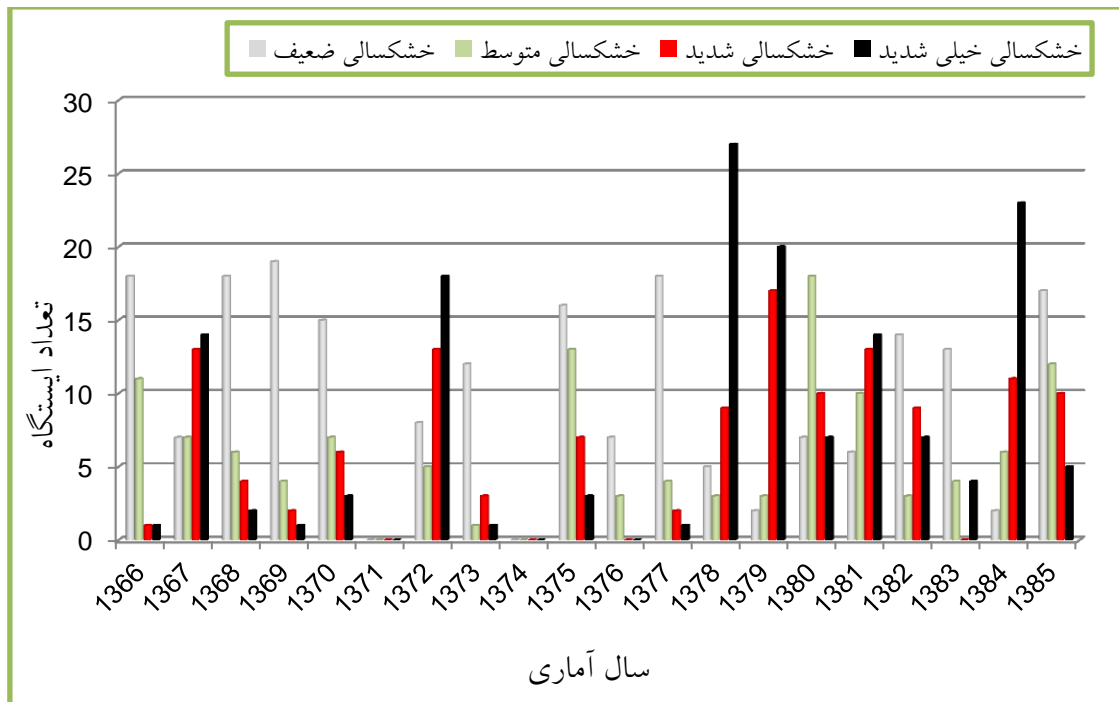
جدول (۱): طبقات مختلف خشکسالی با استفاده از شاخص توزیع استاندارد

نمره شاخص توزیع استاندارد	توصیف خشکسالی
$Z > 1/5$	فرا مرطوب
$-0/52 < Z \leq 1/5$	مرطوب
$-0/25 < Z \leq -0/52$	نرمال
$-0/25 < Z \leq -0/25$	خشکسالی ضعیف
$-0/52 < Z \leq -0/25$	خشکسالی متوسط
$-0/84 < Z \leq -0/52$	خشکسالی شدید
$Z \leq -0/84$	خشکسالی بسیار شدید

۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ اتفاق افتاده است. از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۸۵ در منطقه مورد مطالعه خشکسالی تداوم داشته است. در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۴ در هیچکدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه خشکسالی اتفاق نیفتاده است و این سال‌ها مرطوب‌ترین سال‌ها هستند.

## نتایج

نمودار (۱) نشان دهنده وضعیت خشکسالی‌های منطقه مورد مطالعه (خیلی شدید، شدید، متوسط و ضعیف) در طول دوره آماری می‌باشد. نتایج این نمودار نشان می‌دهد که بیشترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۲، ۱۳۷۵، ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱،



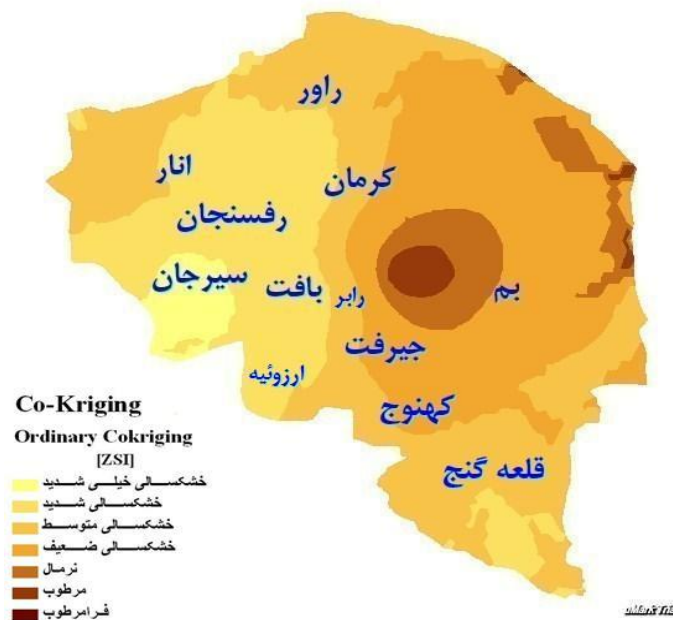
نمودار(۱): فراوانی خشکسالی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص توزیع

### پهنه‌بندی خشکسالی

شاخص توزیع استاندارد به صورت نقطه‌ای محاسبه می‌شود و لازم است به‌منظور بررسی و صحت خشکسالی، بصورت مکانی نیز پردازش گردد و نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی ارائه گردد. نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی با سه روش میان‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ و عکس 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 (۲) تا (۷) ارائه شده است.



شکل (۲): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان در سال ۱۳۶۷ بر اساس مدل کریجینگ



شکل (۳): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان در سال ۱۳۶۷ بر اساس مدل کو کریجینگ



شکل (۴): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان در سال ۱۳۶۷ بر اساس مدل عکس فاصله



شکل (۵): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان در سال ۱۳۸۴ بر اساس مدل کریجینگ





شکل ۶: نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان در سال ۱۳۸۴ بر اساس مدل کوکریجینگ



شکل (۷): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان در سال ۱۳۸۴ بر اساس مدل عکس فاصله

## ارزیابی روش‌های درون‌یابی

فاصله رانشان می‌دهد. هرچه این مقدار کمتر باشد از دقت بیشتری برخوردار است.

جدول (۲) مقادیر RMSE در سال‌های مختلف و براساس روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و عکس

جدول (۲): نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی بر اساس RMSE

سال آماری	روش میان‌یابی					شاخص خشکسالی
	۱۳۶۷	۱۳۷۲	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۴	
عکس فاصله	۰/۸۵	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۴۲
کریجینگ	۰/۷۰	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۳۲
کوکریجینگ	۰/۸۲	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۱

## بحث و نتیجه‌گیری

از آنجایی که در میان عناصر اقلیمی، بارش بیشترین نوسان را دارد، مشاهده خشکسالی و ترسالی با شدت‌های مختلف براساس داده‌های بارش در مطالعات اقلیمی امری طبیعی و تقریباً متداول می‌باشد.

در این تحقیق با استفاده از توزیع استاندارد اقدام به تحلیل و طبقه‌بندی شدت و مدت خشکسالی‌ها شد و بعد از طبقه‌بندی خشکسالی براساس شاخص توزیع استاندارد 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 با 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 ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ رخ داده است. در این تحقیق مشخص شد که شاخص توزیع استاندارد کارایی مناسبی دارد. محمدی مطلق و همکاران (۱۳۹۰) در پهنه‌بندی خشکسالی استان فارس و قمرنیا و روش‌اندل (۱۳۹۱) در پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمانشاه نیز بر کارایی شاخص توزیع استاندارد تاکید کرده‌اند.

از آنجا که هر چه معیار انتخاب روش مناسب ارزیابی RMSE پایین‌تر باشد، لذا بر اساس جدول (۲) روش کریجینگ با دارا بودن کمترین مقدار RMSE مناسب‌ترین جهت تهیه نقشه‌ی شدت خشکسالی استان کرمان تشخیص داده شد و بعنوان مناسب‌ترین روش تهیه نقشه شدت خشکسالی استان کرمان توصیه 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 پهنه‌بندی کریجینگ دارند، هم‌راستا می‌باشد.

پهنه‌بندی خشکسالی استان کرمان با شاخص توزیع استاندارد و میان‌یابی آن با روش‌های

تحقیق نشان داد که استان از حساسیت زیادی نسبت به خشکسالی برخوردار است. برنامه‌ریزی صحیح و بهینه منابع آب موجود در استان و تلاش برای تدوین روش‌های تهیه نقشه‌های بحرانی خشکسالی کشور از پیشنهادهای این پژوهش می‌باشد.

کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله در محیط ARCGIS و استفاده از روش بارش سالانه نشان داد که صرف‌نظر 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

## منابع

- انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۵. «بررسی و ارزیابی شاخص‌های اقلیمی و تعیین شاخص مناسب پیش‌بینی خشکسالی در حوضه دریاچه نمک»، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۱۴۵ ص.
- اربابی سبزواری، ا. ۱۳۸۹. تحلیل اثر خشکسالی Z نرمال بارندگی در سامانه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه کاشان. فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال سوم. شماره ۷. صفحات: ۱۰۵-۱۲۴.
- انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۶. «ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص حوضه دریاچه نمک»، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۴. شماره ۲. صفحات: ۲۷۱-۲۸۸.
- خزانه‌داری، ل. س. جوانمرد و ج. آهنزاده. ۱۳۷۹. «بحران خشکسالی و مدیریت مقابله با آن»، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی. کرمان.
- سبزی‌پور، ع. آ. کاظمی، ص. معروفی، ج. بذرافشان، و م. غفوری. ۱۳۸۹. «ارزیابی تطبیقی هفت نمایه خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای. علوم و تکنولوژی محیط زیست»، دوره دوازدهم شماره یک. صفحات: ۹۷-۱۱۱.
- شعبانی، م. ۱۳۸۸. «ارزیابی کاربرد روش‌های زمین‌آمار در پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی استان فارس»، مجله‌ی مهندسی آب. سال دوم. بهار ۱۳۸۸. صفحات: ۳۶-۳۱.
- فدایی کرمانی، ا. و غ. بارانی. ۱۳۹۰. «بررسی چگونگی پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI»، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک. اسفند ۱۳۹۰.
- فرج‌زاده، م. ۱۳۷۵. «خشکسالی و روش‌های مطالعه‌ی آن»، نشریه جنگل و مرتع. شماره ۳۲.
- قطره سامانی، س. ۱۳۷۹. «بررسی روند خشکسالی در استان چهارمحال بختیاری»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مقابله با کم‌آبی و خشکسالی. کرمان.
- قمرنیا، ه. و ف. روشندل. ۱۳۹۱. «بررسی مقایسه‌ای 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.
- قبرپور، م. 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 سوم، شماره اول. صفحات: ۲۹-۴۳.
- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۴: «آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی»، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۸، شماره ۳.

- قهرودی تالی، م. ۱۳۸۱. «ارزیابی درون‌یابی به روش کریجینگ»، پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۴۳. صفحات: ۹۵-۱۰۳.
- یزدانی، م.، س. چاوشی، ک. شیرانی، و م. خداقلی. ۱۳۸۶. «بررسی وضعیت خشکسالی در زیرحوضه‌ی آبخیز زاینده رود»، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود. شهرکرد.
- محسنی ساروی م.، ع. ا. صفدری و ب. ثقفیان. ۱۳۸۳. «تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی‌های حوضه‌ی کارون به کمک شاخص بارش استاندارد»، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۴.
- محمدیان، آ.، م. کوهی و آ. آدینه بیگی. ۱۳۸۹. «مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های SPI، DI و PNI و پهنه‌بندی آن‌ها (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی)»، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد هفدهم. شماره اول.
- محمدی مطلق، م. معتضدی، ا. امیری و ن. مهدی‌پور. ۱۳۹۰: «پایش و پیش‌بینی خشکسالی استان فارس با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و زنجیره مارکوف»، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک. اسفند ۱۳۹۰.
- نصری، م.، و ر. مدرس. ۱۳۸۶. «تحلیل ناحیه‌ای خشکسالی منطقه اردستان بر اساس دو شاخص خشکسالی»، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۶. صفحات: ۱۶۷-۱۷۶.
- Bodagh Jamali, J., S. Javanmard and R. Shirmohammady. 2003. Monitoring and zoning drought condition in Khorasan province using standardized precipitation index. Mashhad, J. Geography. Res.17:4.11389-11406.
- Hayes, M. J. 2001. Drought Indices, National Drought Mitigation Center, Noaa, Press, 11p.
- Hong, W., M. J. Hayes, A. Welss, Q. and Hu. 2001. An evaluation the standardized precipitation index, the china-Z index and the statistical Z-score. International Journal of Climatology, 21, 745-758.
- Karen arms. 1990. Nvironmental Sciences. Staunders Collage Pub Florida.
- Loukas A., L. N. R. Vasiliades, 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.
- Morid s., V. Smakhtin, M. Moghaddasi. 2006. Comparison of seven meteorological Indices for drought monitoring in Iran. International Journal of Climatology 26:971-985.
- McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. 1993. 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.
- McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. In Proc, 9th Conf. on Applied Climatology January 15-20, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp:233-236.
- Miller, G. T. 1997. Environmental Sciences, Wods Worth Pob, Belmont, California.

## Investigation Spatial Variation of Drought using Geostatistics Methods and Z Index in Kerman Province

Masood Beheshtirad<sup>1</sup>

### Abstract:

Drought is a weather phenomenon that probability of occurrence in all parts of the planet and the climate there is any. Drought Phenomenon is one of the most important disasters that infect on many of countries. Drought causes many problems as Economic, Social, political and Cultural. The monitoring systems is developing plans to deal with drought and its management are important. Knowledge about drought, prediction and zoning of drought severity can decrease the damages of these phenomena. In this study Kerman province is selected. The aim of this study is the accuracy evaluation of Kriging, Co-kriging and Inverse Distance Weights methods in providing of maps of severity drought in Kerman province by Z Index. In do this, 44 meteorological station base time common years are selected. Z Index computed. Drought zoning maps provide by three methods of Kriging, Co-kriging and Inverse Distance Weights to years 1367, 1372, 1378, 1379, 1381 and 1384. Between of three methods of zoning, Kriging method has the lowest error RMSE so is the best methods. Results of this research was showed most severity drought occur to year 1378 and 1379.

**Key Words:** Drought, Co-kriging, Inverse Distance Weights, Kriging, Zoning Z.

---

<sup>1</sup> Department of Natural Resources, Sirjan Branch, Islamic Azad University, Sirjan, Iran .[Masoodbeheshti9@yahoo.com](mailto:Masoodbeheshti9@yahoo.com),  
09131455874