ارزیابی برخی روش‌های زمین آمار در پهنه‌بندی شدت خشکسالی؛ مطالعه موردی مناطق شمالغرب و مرکزی ایران

کمال امیدوار[۱]، رضا ابراهیمی[۲]، فاطمه راستی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۸

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای طبیعی می‌باشد که به‌صورت دوره‌ای، در هر منطقه و با هر شرایط اقلیمی، اتفاق می‌افتد و بخش‌های مختلف زندگی بشر را دستخوش تأثیرات منفی فراوانی می‌سازد. تاکنون تعاریف بسیار زیادی از خشکسالی شده است. عدم وجود یک تعریف جامع از خشکسالی و متفاوت بودن معنی آن، از دیدگاه‌های مختلف، مانع از درک مفهوم خشکسالی شده است. بدین منظور از شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌گردد. در این تحقیق تعداد وقوع و گستره خشکسالی مورد بررسی قرار گرفته است. برای تعیین وقوع خشکسالی و میزان اثر آن بر نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه، شاخص‌های PNPI، MPNPI، DI و RAI در نقاط مختلف منطقه محاسبه شده و پهنه بندی خشکسالی با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS انجام گرفته است. برای رسیدن به این هدف، آمار مربوط به ۳۲ ایستگاه باران سنجی و سینوپتیکی که از پراکنش مناسبی در منطقه برخور دارند، در یک دوره ۳۰ ساله (از سال ۱۹۸۱ تا سال ۲۰۱۰) جمع آوری گردید. توزیع مکانی شاخص‌های خشکسالی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ معمولی (OK) و زیر مدل‌های کروی، نمایی، خطی و گوسی و روش عکس فاصله (IDW) با توان ۱ تا ۵ محاسبه شد و پهنه‌بندی خشکسالی انجام گرفت. سپس روش‌های زمین‌آماری مختلف با استفاده از معیارهای RMSE و MAE ارزیابی و باهم مقایسه گردید. نتایج نشان می‌دهد که روش کریجینگ معمولی (OK) مدل گوسی مناسب‌تر از روش عکس فاصله (IDW) بوده و از دقت بالاتری بر خوردار است. لذا پیشنهاد می‌شود که برای تهیه نقشه خشکسالی منطقه از این روش بهره گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خشکسالی، شاخص‌های خشکسالی، روش‌های زمین‌آماری، کرینجیگ معمولی، ARC GIS، DI، MPNPI، PNPI، RAI، SIAP.

[۱] دانشیار، جغرافیا، یزد، ایران، ۰۳۵۱۸۱۲۳۵۵۷، komidvar@yazd.ac.ir
[۲] دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، جغرافیا، یزد، ایران، ۰۹۳۷۶۵۰۲۷۶۲، Ebrahimireza7679@yahoo.com (نویسنده مسئول)
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، جغرافیا، یزد، ایران ، ۰۹۳۶۵۹۳۱۲۶۳، Rasti_fateme@yahoo.com

مقدمه

خشکسالی شرایطی از کمبود بارندگی و افزایش دما است، که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشکسالی به‌عنوان یک پدیده طبیعی خزنده است که با کمبود رطوبت نسبت به شرایط نرمال به کندی آغاز شده و به آرامی گسترش می‌یابد. این پدیده به شدت بر همه جوانب فعالیت‌های بشری تأثیر گذاشته، در حالی که نه تعریف جامع و کاملی برای آن ارائه شده است، نه شاخص مناسب و عمومی برای پایش آن مورد استفاده قرار گرفته است ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۰). خشکسالی پدیده محیطی و اقلیمی است و در اقلیم‌های مختلف در طی دوره‌های زمانی تکرار می‌شود ویلهایت (۱۹۹۷). خشکسالی اغلب با یک کاهش قابل ملاحظه بارش نسبت به متوسط بلند مدت بارندگی آغاز می‌شود و با گذر زمان سبب کاهش رطوبت خاک و در ادامه افت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد. به فرایند برآورد ارزش‌های کمی، برای نقاط بدون داده، به کمک نقاط مجاور و معلوم، درون‌یابی می‌گویند. این فرایند به دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و ضرورت تدوین نقشه از کل یک پهنه، به‌منظور تهیه‌ی نقشه‌های هم ارزش انجام می‌گیرد (عساکره،۱۳۸۷). درون‌یابی یکی از مهم‌ترین روش‌هایی است که اقلیم شناسان در مطالعات پهنه‌بندی از آن بهره مند می‌شوند .روش‌های درون‌یابی بر حسب ملاک‌های گوناگون قابل تقسیم می‌باشند، در تعیین ارزش یک نقطه تمامی نقاط مجاور و معلوم به گونه‌ی یکسان و همسان مؤثر نیستند .لذا، هر یک از نقاط یاد شده به تناسب تأثیرشان بر ارزش نقطه‌ی مجهول، حامل وزنی خواهند بود. روش‌های تعیین وزن‌های مرتبط با هر یک از نقاط سبب تکوین روش‌های گوناگونی در درون‌یابی شده است. درون‌یابی‌های زمین آمار، بر اساس تئوری متغیرات ناحیه‌ای پایه‌گذاری گردیده شده، و مبتنی بر توابع ریاضی و آمار است، و از مدل تغییرنما برای توصیف پیوستگی فضایی داده‌های ورودی و تخمین مقدار مکان‌های اندازه‌گیری نشده استفاده می‌کنند (اسیق و همکاران ۲۰۱۰). در خارج از کشور مطالعات زیادی در مورد میان یابی صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. بیگور و همکاران (۲۰۰۶) روشی مبنی بر تحلیل مقدار نهایی و روش‌های میانیابی فضایی ارائه کرده است. فاطیما (۲۰۰۶) در برآورد آلودگی خاک با استفاده از روش کریجینگ در یک ناحیه کنترل شده، به این نتیجه رسید که روش کریجینگ بهترین روش برای برآورد آلودگی خاک است. بریس و همکاران (۲۰۰۸) برای تهیهٔ نقشه‌ی خطر نیترات در دشت مادنا در ایتالیا از روش کریجینگ گسسته و روش‌های شبیه‌سازی استفاده کردند، نتایج نشان دادند که روش کریجینگ گسسته برای مطالعهٔ خطر تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی مناسب است. لوپز (۲۰۰۸) به شناسایی دوره‌های فرسایش با استفاده از عوامل RUSLE در رشته‌کوه‌های مرکزی پیرنه در اسپانیا پرداخته است. انگلو و همکاران (۲۰۰۹) مقایسه‌ای بین روش‌های متعدد تهیه نقشه بارش با استفاده از شاخص‌های فرسایشی انجام داده است. سلطانی و مدرس (۱۳۸۵) فراوانی و شدت خشکسالی در استان اصفهان را در ۲۲ ایستگاه استان اصفهان را تحلیل کردند و سپس با استفاده از روش کریجینگ معمولی نقشه دوره بازگشت خشکسالی استان اصفهان را ترسیم نمودند. شعبانی (۱۳۸۸) 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 که روش درون‌یابی کریجینگ ساده[1] (SK) برای تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان فارس مناسب‌تر از سایر روش‌ها شناخته شد. معروفی و همکاران (۱۳۸۸) از روش‌های زمین آماری، برای بررسی توزیع مکانی بارش استان همدان، استفاده کردند .نتایج نشان داد که در خصوص مقادیر میانگین بارندگی، روش کریجینگ ساده با مدل واریوگرام نمائی، در مورد مقادیر حداقل بارش سالانه، روش‌های کریجینگ معمولی و عمومی با مدل گوسین و در مورد مقادیر حداکثر بارندگی، روش کریجینگ ساده با مدل دایره‌ای بهترین نتایج را دارند. نادی و همکاران (۱۳۸۹) برای میان‌یابی داده‌های بارندگی در منطقه چهارباغ گرگان، هشت روش کریجینگ، کوکریجینگ، کریجینگ -رگرسیون، وزنی عکس فاصله، اسپلاین، گرادیان‌های سه بعدی خطی، هیبرید خطی و غیر خطی و کریجینگ با روند خارجی را ارزیابی کردند .برای ارزیابی از شاخص‌های آماری RMSE و MAD استفاده کردند .نتایج نشان داد که روش هیبرید خطی و غیر خطی در ۶۵ درصد موارد، بهترین روش برای

1- Simple Kriging

میان‌یابی بارندگی ماهانه در منطقه مطالعاتی است. اسیق و همکاران (۲۰۱۰) درون‌یابی‌های زمین آمار بر مبنای تئوری متغیرات ناحیه‌ای پایه گذاری شده است و به توابع ریاضی و آمار متکی است، آن‌ها از مدل واریوگرام (تغییرنما) برای توصیف پیوستگی فضایی داده‌های ورودی و تخمین مقدار مکان‌های اندازه‌گیری نشده استفاده می‌کنند. به بیانی دیگر برای مدل نمودن همبستگی مکانی متغیرهای مورد بررسی از واریوگرام استفاده می‌شود (حمیدیان پورو همکاران،۱۳۹۰). ذبیحی وهمکاران (۱۳۹۰) توزیع مکانی بارندگی سالانه در استان قم را با استفاده از دو روش کریجینگ و عکس فاصله با توان‌های (۱ تا ۳) ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که در محدوده مورد مطالعه روش کریجینگ، مناسب‌ترین روش تخمین بارندگی سالانه است. منصوری دانشور و همکاران (۱۳۹۱)، در ارزیابی شاخص‌های SPI،SIP،RAI،PNI برای پهنه بندی شدت خشکسالی ایران با مقایسه دو روش درون‌یابی IDW و مدل ارتفاعی رقومی DEM مشخص کرد که شاخص‌های PNI وRAI از حساسیت بالاتری برخوردار بوده، توزیع مکانی شدت خشکسالی را با دقت بیشتری به نمایش گذاشته‌اند. همچنین با مقایسه نقشه‌های پهنه بندی شدت خشکسالی و طبق وابستگی خشکسالی به سیستم‌های جوی، نتیجه گرفت که تحلیل درون‌یابی بدون دخالت مدل ارتقاعی (DEM) بهترین روش برای ارزیابی شدت خشکسالی است. امیدوار و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از داده‌های بارش ماهانه تعدادی از ایستگاه‌های سینوپتیک داخل و خارج از استان یزد در یک دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) جهت پایش دوره‌های خشک و از زمین آمار، برای محاسبه نقاط نیم‌تغییرنگار استفاده کردند. در نهایت مشخص کردند که مدل بهینه جهت توجیه مکانی شاخص SPI دارای مدل‌نمایی هستند لذا این مدل می‌تواند در درون‌یابی داده‌یابی SPI در منطقه مورد نظر مورد استفاده قرار گیرد و نقشه پهنه‌بندی خشکسالی را با دقت بالایی ترسیم نماید. باقری و همکاران (۱۳۹۱)، در بررسی توزیع مکانی خشکسالی استان کرمان، نشان داد که روش زمین آمار کریجینگ بهترین روش درون‌یابی است. پیری و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی کارایی نمایه‌های خشکسالی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از داده‌های ۲۹ ساله بارش در ۷ ایستگاه هواشناسی، مورد بررسی قرار دادند و جهت انتخاب مناسب‌ترین نمایه از ضریب همبستگی اسپرمن بین شاخص خشکسالی و تغییرات بارندگی در دوره آماری مورد مطالعه استفاده کرده‌اند. در نهایت مشخص گردیدکه در شهرهای زهک، زابل، ایرانشهر و چابهار شاخص PN با ضریب همبستگی یک، در شهرهای زاهدان و سراوان شاخصRAI ، با ضریت ۰/۸۴ و ۰/۹۹ و در خاش شاخص SPI با ضریب همبستگی یک توانسته‌اند خشکسالی شدید و بسیار شدید را نسبت به دیگر شاخص‌ها بهتر نشان دهند. روش‌های عمده پهنه بندی خشکسالی ها را می‌توان شامل روش‌های درونیابی در چهار گروه اصلی Kriging و RBF،GPI، IDW طبقه بندی کرد (عیوضی و مساعدی، ۱۳۹۰). برای پهنه بندی شدت خشکسالی در یک منطقه، روش‌های گوناگونی وجود دارد که می‌توان از بین آن‌ها به روش کریجینگ ساده (SK)، کریجینگ معمولی (OK)، کوکریجینگ (که دارای مدل‌های متفاوتی از جمله کره‌ای، دایره‌ای، نمایی و گوسی هستند) و روش‌های معین مانند روش عکس فاصله (IDW)، تابع پایه شعاعی (RBF)، درون‌یابی موضعی (LPI) ودرون‌یابی عام (GPI) اشاره نمود. پژوهش‌های گوناگونی در داخل و خارج ایران در مورد کاربرد شاخص‌های خشکسالی وپهنه‌بندی شدت آن با استفاده از روش‌های گوناگون درون‌یابی انجام شده است. هدف از این پژوهش، یافتن بهترین روش زمین آمار برای منطقه‌ای کردن شاخص‌های SIAP، PNPI، MPNPI، DI و RAI و در نهایت تعیین مدلی بهینه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ضمن بهره گیری از این روش به کمک نرم افزار GS+۵,۱ وARC GIS پهنه‌بندی خشکسالی انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

در این پژوهش، به منظور پایش خشکسالی منطقه شمال غرب و مرکزی از داده‌های بارش ۳۰ سال (۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰) به صورت سالانه، ۳۲ ایستگاه منتخب منطقه استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ و نقشه شماره ۱ آورده شده است.

پراکندگی ایستگاه‌ها به شکلی است که کل منطقه را تحت پوشش قرار می‌دهد.

نقشه شماره (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

در این تحقیق آمار دراز مدت ۳۰ ساله (سال ۱۹۸۱-۲۰۱۰) به‌عنوان دوره مشترک آماری انتخاب گردید، برای بررسی درستی و همگنی داده‌ها روش آزمون توالی (Run Test) برای همه ایستگاه‌ها به کار برده شد. بازسازی داده‌ها به روش ماتریس همبستگی در نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. شاخص‌های به کار رفته شامل، PNPI، MPNPI، SIAP، DI و RAI می‌باشند.

سپس به کمک پنج شاخص، شدت و درصد فراوانی خشکسالی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص شد. برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی در محیط GS+5.1 و ARCGIS، با استفاده از روش‌های زمین آمار کریجینگ معمولی در زیر مدل‌های کروی، نمایی، خطی و گوسی و روش معین عکس فاصله با درجات ۱ تا ۵ استفاده شد. به‌منظور ارزیابی و دقت روش‌های گوناگون درون‌یابی دو معیار ارزیابی میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه‌ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE) مورد استفاد قرارگرفت.

جدول (۱): مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیاایی	میانگین بارش (میلی‌متر)
۱	آبگرم خراقان	۴۹,۲۸	۳۵,۷۵	۳۲۵,۱
۲	آق تپه	۴۶,۶۸	۳۴,۷۳	۲۸۶,۷
۳	اراک	۴۹,۷۷	۳۴,۱	۳۰۷
۴	بندرانزلی	۴۹,۴۷	۳۷,۴۷	۱۷۱۵
۵	چغاکبود	۴۶,۷۸	۳۴	۴۵۳
۶	دیواندره	۴۷,۲	۳۵,۹۲	۴۲۸,۸
۷	قزوین	۵۰	۳۶,۲۵	۳۲۶,۲
۸	گنبد	۴۸,۷۵	۳۴,۶۸	۴۰۰,۵
۹	فرودگاه	۴۸,۵۳	۳۴,۸۵	۳۱۸
۱۰	نوژه	۴۸,۷۱	۳۵,۲	۳۳۰,۵
۱۱	حویق طوالش	۴۸,۸۸	۳۸,۱۵	۱۰۸۷,۹
۱۲	حصار	۴۷,۷۱	۳۶,۹۶	۲۵۵,۹
۱۳	کله چوب	۴۶,۶	۳۴,۵	۷۰۹,۹
۱۴	کرمانشاه	۴۷,۱۲	۳۴,۲۸	۴۲۹,۵
۱۵	کوچصفهان	۴۹,۷۷	۳۷,۲۷	۱۲۰۱,۸
۱۶	کوریجان	۴۸,۶۳	۳۵,۵	۲۹۹,۵
۱۷	ماهیدشت	۴۶,۸۲	۳۴,۲۷	۴۱۸,۴
۱۸	ماسوله	۴۸,۸۲	۳۷,۱۷	۸۷۲,۵
۱۹	ملاعلی	۴۹,۵۲	۳۶,۵۱	۳۱۰,۸
۲۰	مظفرآباد	۴۷,۷۸	۳۵,۲۲	۳۲۸,۶
۲۱	نانجرد	۵۰,۱	۳۴,۳۷	۲۱۲,۲
۲۲	ناشاره	۴۸,۸۶	۳۴,۶۶	۳۴۶,۳
۲۳	نیماور	۴۸,۶۸	۳۶,۵۵	۳۲۶,۶
۲۴	پاطاق	۴۶,۳	۳۴,۳۴	۵۶۲,۳
۲۵	رشت	۴۹,۶۵	۳۷,۲	۱۳۳۱,۵
۲۶	سقز	۴۶,۲۷	۳۶,۲۵	۴۶۶,۳
۲۷	صحنه	۴۷,۶۸	۳۴,۴۸	۴۹۲,۹
۲۸	سنندج	۴۷	۳۵,۳۳	۴۲۹,۴
۲۹	شورین	۴۸,۵۸	۳۴,۸	۳۳۱,۲
۳۰	سورلانه	۴۸,۴۳	۳۴,۸۱	۴۷۵,۷
۳۱	ذاکر	۴۸,۷	۳۶,۶۵	۲۳۳,۹
۳۲	زنجان	۴۸,۴۸	۳۴,۶۸	۲۹۱,۵

شاخص‌های مورد مطالعه

شاخص معیارسالانه بارندگی [1] (SIAP)

بهترین روشی که برای تبدیل داده‌های خام بارندگی به اندازه‌های نسبی وجود دارد این است که، انحراف مقادیر بارندگی از میانگین را بر انحراف معیار تقسیم نمود. از این رو خلیلی به‌منظور بررسی روند خشکسالی و تر سالی در گستره ایران، شاخص معیاربارندگی را به‌صورت زیر ارائه نمود؛

این شاخص از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$SIAP = \frac{Pi - \overline{P}}{SD} \quad (۱)$$

که در آن:

Pi: مجموع بارش در یک سال معین

$\overline{P}$: میانگین بارش

SD: انحراف معیار بارش

شاخص درصد از نرمال اصلاح‌شده [2] (MPNPI)

این شاخص بر اساس انحراف بارش سالانه از میانگین حسابی تقسیم بر میانگین هندسی بنا شده است. این شاخص را یوسفی رامندی[3] در سال ۱۳۹۲ برای برطرف کردن ضعف شاخص درصد از نرمال در مقیاس سالانه ارائه کرده است.

$$PNPI = \frac{Pi - \overline{P}}{GM} \quad (۳)$$

MPNPI: شاخص درصد از نرمال اصلاح شده

Pi: بارندگی سال i

$\overline{P}$: میانگین بارندگی بلند مدت

GM: میانگین هندسی بارش در طول دوره آماری می‌باشد. می‌توان از این شاخص برای بارندگی سالانه که داده‌های صفر وجود ندارد، استفاده نمود. حدود مقادیر این شاخص در جدول ۲ بیان شده است.

شاخص ناهنجاری بارش (RAI[4]):

اساس شاخص ناهنجاری بارندگی، محاسبه انحراف مقادیر بارندگی از نرمال می‌باشد .مراحل محاسبه این شاخص به‌صورت زیر است:

۱-محاسبه میانگین درازمدت بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر ($\overline{P}$)

۲-استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگ‌ترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی (m)

۳-استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی (X)

۴-مقایسه داده‌های بارندگی (P) با میانگین درازمدت بارندگی $\overline{P}$، چنانچه $P > \overline{P}$ یا ناهنجاری مثبت باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RAI = 3(P - \overline{P})/(m - \overline{P}) \quad (۵)$$

۵- و اگر $P < \overline{P}$ یا ناهنجاری منفی باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی به‌صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$RAI = 3((P - \overline{P})/(x - \overline{P}))$$

۶-نسبت دادن آستانه‌های ۳+ و ۳- به ترتیب به میانگین ۱۰ مورد از شدیدترین ناهنجاری‌های مثبت و منفی به دست آمده از شاخص ناهنجاری بارندگی.

۷-نهایتاً، با مقیاس گذاری روی مقادیر حاصل از شاخص ناهنجاری بارندگی، نه طبقه ناهنجاری با دامنه‌ای از شرایط ترسالی بسیار شدید تا خشکسالی بسیار شدید تعیین می‌شود.

[1] Standard Index Annual Precipitation
[2] Modifid Percent of Normal Index
[3] روح الله یوسفی رامندی، دانش آموخته کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی تهران
[4] Rainfall Anomaly Index

جدول(۲): طبقات مختلف شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی

ردیف	طبقات شدت خشکسالی	RAI	DI
۱	ترسالی خیلی شدید	بیشتر از ۳	۹۰ درصد و بیشتر
۲	ترسالی شدید	۲/۱ تا ۳	۸۰ تا ۹۰ درصد
۳	ترسالی متوسط	۱/۲ تا ۲/۱	۷۰ تا ۸۰ درصد
۴	ترسالی ملایم	۰/۳ تا ۱/۲	۶۰ تا ۷۰ درصد
۵	نرمال	۰/۳- تا ۰/۳	۴۰ تا ۶۰ درصد
۶	خشکسالی ملایم	۰/۳ -تا ۱/۲-	۳۰ تا ۴۰ درصد
۷	خشکسالی متوسط	۱/۲-تا ۲/۱-	۲۰ تا ۳۰ درصد
۸	خشکسالی شدید	۲/۱- تا ۳-	۲۰ تا ۳۰ درصد
۹	خشکسالی بسیارشدید	کمتر از ۳-	کمتر از ۱۰ درصد

ادامه جدول (۲): طبقات مختلف شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی

ردیف	طبقات شدت خشکسالی	MPNPI	PNPI	SIAP
۱	ترسالی خیلی شدید	بیشتر از ۲۸	۱۶۰٪ و بیشتر	بیشتراز۱/۲۸
۲	ترسالی شدید	۲۱ تا ۲۸	۱۴۵ تا ۱۶۰ درصد	۱/۲۸تا ۰/۸۴
۳	ترسالی متوسط	۱۴ تا ۲۱	۱۳۰ تا ۱۴۵ درصد	۰/۸۴تا ۰/۵۲
۴	ترسالی ملایم	۷ تا ۱۴	۱۲۰ تا۱۳۰ درصد	۰/۵۲تا ۰/۲۵
۵	نرمال	۷ تا ۷-	۸۰ تا۱۲۰ درصد	۰/۲۵-تا۰/۲۵
۶	خشکسالی ملایم	۷- تا ۱۴ -	۷۰ تا۸۰ درصد	۰/۵۲-تا -۰/۲۵
۷	خشکسالی متوسط	۱۴- تا ۲۱-	۵۵ تا ۷۰ درصد	۰/۸۴-تا -۰/۵۲
۸	خشکسالی شدید	۲۱- تا ۲۸-	۴۰ تا ۵۵ درصد	۱/۲۸- تا -۰/۸۴
۹	خشکسالی بسیارشدید	کمتر از ۲۸-	کمتراز۴۰ درصد	کمتراز ۱/۲۸-

روش‌های میان‌یابی مورد مطالعه

روش کریجینگ

یکی از روش‌های بسیار مناسب برای تحلیل فضایی و توزیع منطقه‌ای داده‌های مکانی، روش کریجینگ می‌باشد. در این روش میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می‌شود، به این صورت که هرچه متغیر به مبدأ نزدیک‌تر باشد، وزن آن بیشتر است و هرچه فاصله نقاط دورتر باشد، وزن کمتر خواهد بود. مطلق بودن تخمین در درون-یابی از ویژگی‌های روش کریجینگ است. کریجینگ یک برآوردگر خطی است که به‌صورت فرمول زیر اعمال می-شود.

$$z^* = \sum_{i=1}^{n} w_i z(x_i) \qquad (۶)$$

که در آن:

z^*: مقدار متغیر مکانی برآورد شده

$z(x_i)$: مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه

w_i x_i: وزن آماری که به نمونه x_i نسبت داده می‌شود و بیانگر مقدار دخالت نقطه iام در برآورد است.

روش عکس فاصله (IDW[1])

این روش بیشتر برای تهیه نقشه‌های با داده‌های زیاد بکار می‌رود و هنگامی که حداکثر و حداقل متغیر موردنظر در محدوده مورد مطالعه موجود باشد بسیار سودمند است. فاصله نقطه تا محل مورد تخمین در این روش به دو صورت معکوس فاصله و خطی وزن‌هایی را به خود اختصاص داده که در زیر به شرح مختصر آن‌ها پرداخته می‌شود.

$$I = \left(\frac{1}{d^n}\right)^{-1} \qquad W = \left(\frac{1}{d^n}\right) \qquad d = \frac{D}{D_0}$$

d: فاصله نسبی نقطه معلوم تا نقطه مورد تخمین

D: فاصله اقلیدسی نقطه معلوم تا نقطه مورد تخمین

D_0: حداقل فاصله نقطه معلوم تا نقطه مورد تخمین

n: توان وزن می‌باشد.

[1] Inverse Distance Weights

روش‌های مختلف میان‌یابی بر اساس روش ارزیابی متقابل[1] مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در این روش یک نقطه به‌صورت موقتی حذف شده و با اعمال میان‌یابی مورد نظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می‌گردد. سپس مقدار حذف شده به جای خود برگردانده شده و برای بقیه نقاط به‌صورت مجزا این برآورد صورت می‌گیرد به طوری که در پایان جدولی با دو ستون که نشان دهنده‌ی مقادیر واقعی و برآورد شده می‌باشد، حاصل می‌گردد. معیارهای ارزیابی استفاده شده در این مطالعه بر اساس پارامترهایی از قبیل ME,RMSE,ASE,MSE تعریف می‌شوند. مهم‌ترین معیار برای ارزیابی تخمین، مقدار مجذور میانگین مربع خطا (RMSE[2]) می‌باشد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum\left(Z_i^* - Z_i\right)^2}{n}} \qquad (۷)$$

$z^*(x_i)$: مقدار تخمین زده شده

$z(x_i)$: مقدار مشاهده شده در نقطه i ام

که n تعداد مشاهدات می‌باشد.

اصولا مناسب ترین روش درون‌یابی، روشی است که مقادیر RMSE و MAE حداقل مقدار را داشته باشند.

برای پهنه‌بندی درصد فراوانی (پارامترهای کیفی) خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها برحسب مقادیر به دست آمده از شاخص‌های خشکسالی از تخمین‌گرهای زمین آماری کریجینگ معمولی (مدل کروی، نمای، خطی وگوسی) و تخمین‌گر عام IDW با توان ۱ تا ۵ استفاده گردید. در پایان جهت ارزیابی و دقت مدل تخمین‌گر زمین آماری و بررسی خطای میانیابی و تعیین شاخص‌های مورد نظر، از تکنیک اعتبارسنجی متقابل (Cross-validation) استفاده گردید. در این تکنیک برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری شده که معمولاً تنها ابزار مقایسه می‌باشند، می‌توان تخمین انجام داد و سپس به مقایسه مقدار مشاهده‌ای و تخمین پرداخت. بدین ترتیب که در روش اعتبار سنجی حذفی، یک نقطه حذف و با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش میان‌یابی مورد نظر، برای این نقطه تخمین صورت می‌گیرد. سپس این نقطه به محل خود برگردانده می‌شود و نقطه بعدی حذف می‌گردد. به همین ترتیب برای تمام نقاط برآورد صورت می‌گیرد. مقادیر مشاهده‌ای و برآورد شده مقایسه گردیده و خطای برآورد با استفاده از مدل آماری مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استاندارد شده محاسبه می شود که این مقدار هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل می‌باشد.

در این تحقیق آمار دراز مدت ۳۰ ساله (سال ۱۹۸۱-۲۰۱۰) به‌عنوان دوره مشترک آماری انتخاب گردید، سپس به کمک پنج شاخص، شدت و درصد فراوانی خشکسالی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص شد. سپس برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی در محیط GS+5.1 و ARC GIS، با استفاده از روش‌های زمین آمار کریجینگ معمولی در زیر مدل‌های کروی، نمایی، خطی و گوسی و روش معین عکس فاصله با درجات ۱ تا ۵ استفاده شد. به‌منظور ارزیابی و دقت روش‌های گوناگون درون‌یابی دو معیار ارزیابی میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه‌ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE) مورد استفاده قرار گرفت.

هدف از انجام این پژوهش پهنه‌بندی کیفی خشکسالی‌ها برحسب شاخص‌های خشکسالی منطقه مورد مطالعه با استفاده از مناسب‌ترین روش‌های زمین آمار بود (اشکال ۲ و ۳). بدین منظور از روش‌های زمین‌آمار مانند روش‌های کریجینگ و روش‌های معین مانند عکس فاصله (IDW) استفاده گردید. نتایج نشان داد که روش‌های زمین‌آماری کریجینگ (در مدل‌های مختلف) برای خشکسالی بسیارشدید، شدید و متوسط نسبت به روش IDW به دلیل پائین تر بودن مقدار RMSE مناسب‌تر است (جداول ۳ الی ۶). بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که روش‌های زمین‌آماری دارای برتری‌های قابل ملاحظه نسبت به روش‌های معین در تحلیل مکانی خصوصیات کیفی خشکسالی برحسب شاخص‌های خشکسالی مورد مطالعه می‌باشند.

نتایج و بحث

یکی از راه کارهای مطالعه خشکسالی و اثرات مخرب آن، پایش و پهنه بندی شدت‌های خشکسالی با استفاده از

[1] Cross validation
[2] Root Mean Square Error

شاخص‌های خشکسالی و روش‌های درونیابی از جمله روش‌های زمین آماری می‌باشد. در این پژوهش به منظور برآورد شدت خشکسالی در منطقه موردمطالعه از شاخص‌های SIAP، PNPI، MPNPI، DI و RAI استفاده شده است. روش‌های کریجینگ معمولی و روش معین عکس فاصله برای درون‌یابی به کار برده شده‌اند. نتایج نشان داد که روش زمین آماری کریجینگ بر روش عکس فاصله ارجحیت دارد. هدف از انجام این پژوهش پهنه‌بندی کیفی خشکسالی‌ها برحسب شاخص‌های خشکسالی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های زمین آمار بود. (اشکال ۲ و ۳). بدین منظور از روش‌های زمین‌آمار مانند روش‌های کریجینگ و روش‌های معین مانند عکس فاصله (IDW)استفاده گردید. نتایج نشان داد که روش‌های زمین‌آماری کریجینگ (در مدل‌های مختلف) برای خشکسالی بسیارشدید، شدید و متوسط نسبت به روش IDWبه دلیل پایین‌تر بودن مقدار RMSE مناسب‌تر است (جداول ۳ تا ۶).

برای انتخاب روش درونیابی مناسب نیاز به انتخاب بهترین تابع نیم تغییرنما برای برازش بر داده‌ها می‌باشد . قابل ذکر است در این پژوهش چهار نوع نیم تغییرنمای کروی، گوسین، خطی و نمایی استفاده شده است. مشخصات روش‌های زمین آماری مورد استفاده در جداول ۳ تا ۶ ذکر شده است .همانطور که از این جداول مشخص است، برای شاخص‌های خشکسالی در طبقات مختلف بارشی حاصل از آنالیز زمین آماری نشان می‌دهد، که کریجینگ معمولی به ترتیب در زیر مدل‌های گوسی، نمایی، کروی و گوسی، عکس فاصله با توان ۲ تبعیت می‌کند. مدل نیم تغییرنمای گوسین بهترین نوع می‌باشند .سایر مشخصات نیم تغییرنمای مورد استفاده در روش زمین آماری در جداول ذکر شده، مطابق با نتایج درصد فراوانی خشکسالی‌ها روش عکس فاصله (توان ۱ تا ۳) نتایج بهتری نسبت به کریجینگ معمولی دارد. البته روش‌های ذکر شده دراین جداول در واقع بهترین روش‌های مورد استفاده و انتخاب شده بعد از انجام سعی و خطای فراوان می باشند .به‌عنوان نمونه در روش معین عکس فاصله این روش با توان‌های ۱، ۲،۳، ۴ و ۵ مورد استفاده قرار گرفته که نتایج نشان داد این روش با توان ۲ دارای نتایج بهتری می باشد.

همان‌طور که در روش پژوهش بیان شد در آغاز به کمک شاخص‌های SIAP، PNPI، MPNPI، DI و RAI شدت خشکسالی در دوره‌ی آماری مورد نظر برای تمامی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. سپس درون‌یابی به روش کریجینگ انجام شد، یعنی بر اساس روندیابی و بررسی سمی واریوگرام بهترین مدل به داده‌های سالانه شدت خشکسالی برازش داده شد. سپس با دیگر روش‌های درون یابی، بر مبنای روش ارزیابی متقاطع و معیارهای ارزیابی کارایی مورد بررسی قرار گرفتند. البته با توجه به اینکه توضیح و ارائه نقشه‌ی درون یابی تمامی نمونه‌ها امکان پذیر نمی باشد، فقط نتایج مربوط به مناسب‌ترین مدل برازش داده به خشکسالی بسیار شدید براساس شاخص‌های خشکسالی مختلف نشان داده می‌شود. البته شایان ذکر است که نرمال‌سازی برای هیچ یک از مقادیر شدت خشکسالی حاصل از شاخص‌های خشکسالی امکان پذیر نبود چرا که این امر در محاسبه‌ی مقادیر شدت خشکسالی انجام می‌پذیرد و دیگر نیاز به نرمال سازی نمی‌باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که روش‌های زمین‌آماری دارای برتری‌های قابل ملاحظه نسبت به روش‌های معین در تحلیل مکانی خصوصیات کیفی خشکسالی برحسب شاخص‌های خشکسالی مورد مطالعه می‌باشند.

جدول (۳): مناسب‌ترین روش میانیابی بر مبنای RMSE و MAE برای خشکسالی بسیار شدید

طبقه بارشی	خطای روش ارزیابی متقابل		مدل تابع	شاخص
	MAE	RMSE		
خشکسالی بسیار شدید	-۰,۱۳	۳,۵	کروی	SIAP
	۰,۰۲	۰,۶۱	گوسی	PNPI
	۰,۳۵	۶,۱۹	نمایی	MPNPI
	۰,۰۰	۰,۰۹	گوسی	DI
	۰,۱۴	۳,۰۱	گوسی	RAI

جدول ۴: مناسب‌ترین روش میان‌یابی بر مبنای MAEو RMSE برای خشکسالی شدید

شاخص	مدل تابع	خطای روش ارزیابی متقابل		طبقه بارشی
		RMSE	MAE	
SIAP	نمایی	۵,۴۳	۰,۰۱	
PNPI	توان دو	۲,۳۱	۰,۰۲	
MPNPI	نمایی	۵,۳۳	۰,۰۵	خشکسالی شدید
DI	گوسی	۰,۰۹	۰,۰۰	
RAI	کروی	۵,۳۳	-۰,۲۶	

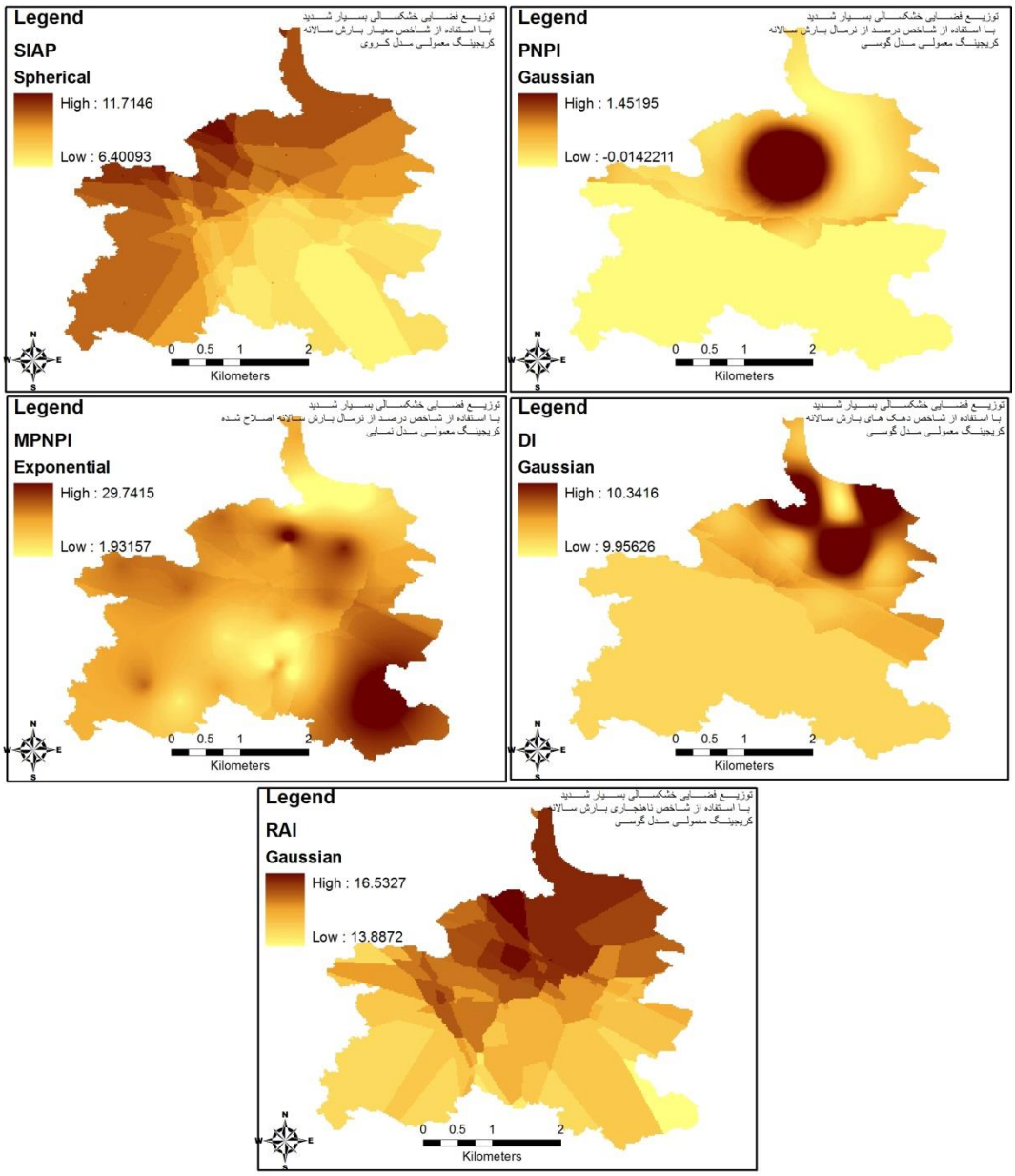
جدول ۵: مناسب‌ترین روش میان‌یابی بر مبنای MAE و RMSE برای خشکسالی متوسط

شاخص	مدل تابع	خطای روش ارزیابی متقابل		طبقه بارشی
		RMSE	MAE	
SIAP	خطی	۴,۱۱	۰,۲۷	
PNPI	کروی	۴,۹۹	-۰,۲۸	
MPNI	خطی	۵,۱۰	۰,۲۹	خشکسالی متوسط
DI	گوسی	۱,۲۴	-۰,۰۱	
RAI	نمایی	۴,۸۲	۰,۲۴	

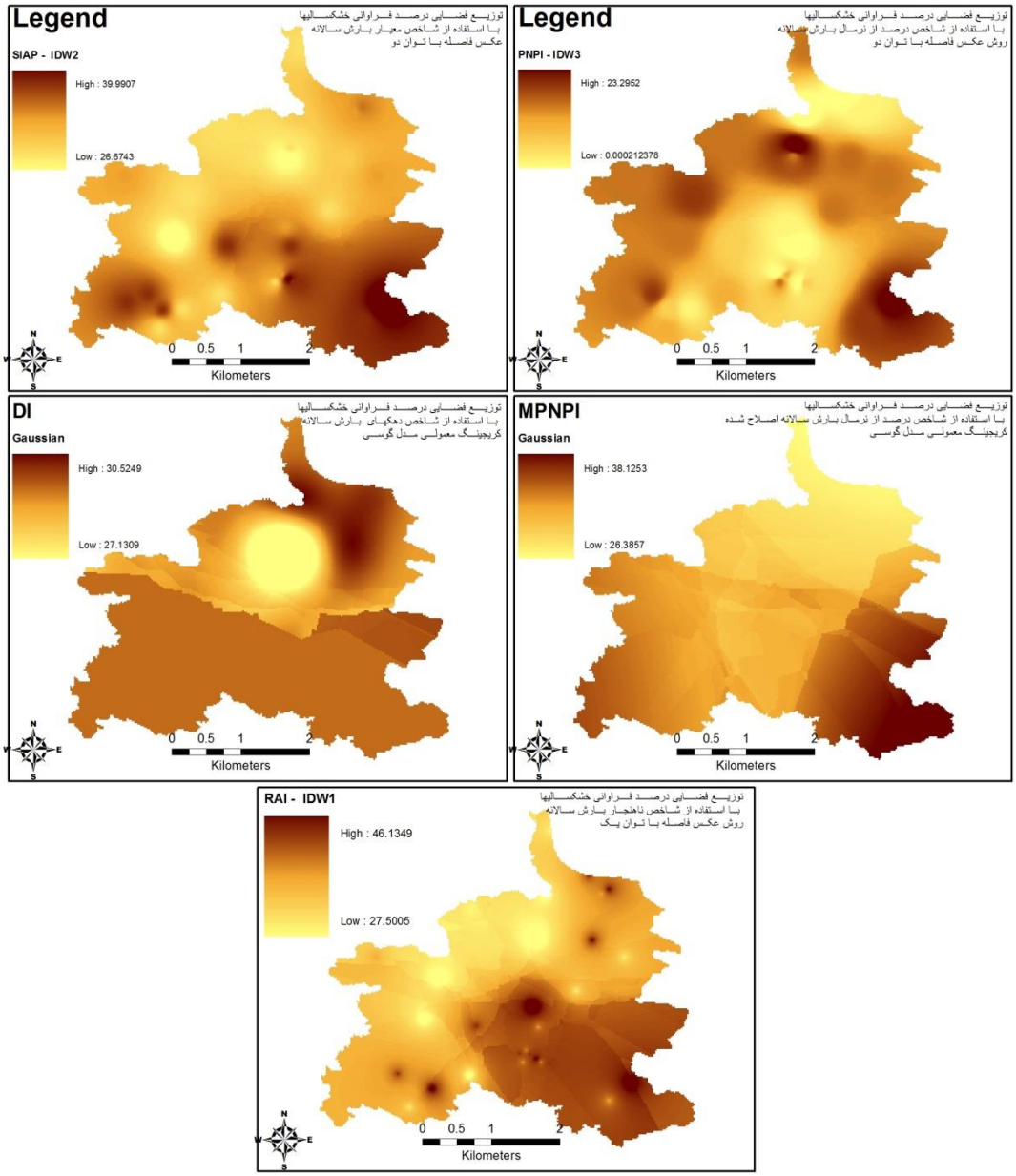
جدول ۶: مناسب‌ترین روش میان‌یابی بر مبنای MAE و RMSE برای خشک‌سالی‌ها

شاخص	خطای روش ارزیابی متقابل			طبقه بارشی
	مدل تابع	RMSE	MAE	
SIAP	IDW2	۲,۸۷	۰,۲۵	
PNPI	IDW3	۵,۵۰	-۰,۷۵	
MPNPI	Gaussian	۴,۹۲	-۰,۰۶	خشکسالی‌ها
DI	Gaussian	۱,۳۰	-۰,۰۶	
RAI	IDW1	۴,۵۶	۰,۳۹	

نمایش‌گرافیکی پهنه‌بندی خشکسالی بسیار شدید به روش مناسب‌ترین زمین آمار برحسب شاخص‌های مختلف:



شکل‌های (۲) توزیع فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید به روش‌های متفاوت زمین اماری و برحسب شاخص‌های خشکسالی



شکل‌های (۳) توزیع فضایی درصد فراوانی خشکسالی‌ها به روش‌های متفاوت زمین اماری و برحسب شاخص‌های خشکسالی

نتیجه‌گیری

شاخص‌های متعددی برای محاسبه شدت خشکسالی وجود دارد و از آنجایی که این شاخص‌ها متکی به متغیرهای اقلیمی و ایستگاه‌های هواشناسی می‌باشند، قابلیت محاسبه و ثبت آن‌ها در تمامی مکان‌ها به شکل پیوسته نیست. برای رفع این نقص از روش‌های درون‌یابی فضایی بهره می‌برند. با توجه به اینکه هر یک از روش‌ها از فرمول‌های خاص خود استفاده می‌نمایند، که حاصل این امر نتایج متفاوت است، بنابراین ابتدا با استفاده از شاخص‌های خشکسالی شدت خشکسالی محاسبه گردید، سپس برای مقایسه‌ی روش‌های درون‌یابی از روش ارزیابی متقاطع و همچنین محاسبه‌ی معیارهای خطاگیری RMSE و MAE استفاده گردید. بر این اساس، بهترین روش برای درون‌یابی کریجینگ معمولی (مدل گوسی، نمایی، کروی و خطی به ترتیب اهمیت) مناسب‌تر از روش عکس فاصله تشخیص داده شد. در واقع این روش دارای کمترین انحراف می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز زمین آماری نشان می‌دهد که کریجینگ معمولی به ترتیب در زیر مدل‌های گوسی، نمایی، کروی و گوسی، عکس فاصله با توان ۲ تبعیت می‌کند. با مشاهده نتایج حاصل از انجام

محاسبات در جداول فوق و با توجه کردن به روش ارزیابی صحت به این نتیجه می‌توان رسید که روش کریجینگ معمولی (به ترتیب اهمیت گوسی، نمایی، کروی و خطی) با داشتن کمترین پارامترها RMSE و MAE مناسب‌ترین و بهترین روش برای پهنه‌بندی خشکسالی ها (متوسط تا بسیار شدید) در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات عساکره (۱۳۷۶)، شعبانی (۱۳۸۸)، عیوضی و مساعدی (۱۳۸۹)، باقری و محمدی (۱۳۸۹)، ذبیحی و همکاران (۱۳۹۰)، رئیسی و وفاخواه (۱۳۹۰)، ثقفیان و همکاران (۱۳۹۰)، بحرینی مطلق و همکاران (۱۳۹۰) که در تحقیقاتشان روش کریجینگ معمولی (مدل نمایی و گوسی و...) را به عنوان مناسب‌ترین مدل زمین آماری تشخیص داده اند مطابقت دارد. زیرا آنان با مقایسه‌ی روش‌های زمین آماری کریگینگ و عکس فاصله با توان‌های یک الی سه در تعیین متوسّط بارندگی نشان دادندکه روش کریجینگ ازروش عکس فاصله بهتر است. هر چند یافته‌های حاصل از آنالیز زمین آماری این تحقیق مبنی بر واریوگرام مدل گوسی با یافته‌های حقیقات مذکور همسویی نداشت، که دلیل مغایرت می‌تواند به تفاوت در ساختار فضایی داده ها مربوط باشد، ولی توصیه روش درون‌یابی کریجینگ از نتایج این تحقیق مخصوصا در سال‌های خشک با یافته‌های محققان مذکور مطابقت و همسویی دارد. با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که روش مناسب برای درون‌یابی، به نوع متغیر و عوامل منطقه‌ای تأثیرگذار بر آن بستگی دارد و نمی‌توان روش منتخب در یک منطقه را به سایر مناطق تعمیم داد. همچنین خشکسالی ها براساس شاخص‌های مختلف خشکسالی از الگوی منظم و خاصی تبعیت نمی‌کنند. (به دلیل تنوع نقشه‌های خشکسالی با شاخص‌های خشکسالی به روش مناسب‌ترین مدل زمین آماری چنین نتیجه گرفته می‌شود). در کل می‌توان چنین نتیجه گرفت، با توجه به اینکه نقشه‌های پهنه بندی مکانی خشکسالی حکایت از گسترش مکانی و شدت بیشتر پهنه‌های بحرانی در طی دوره آماری سی ساله مورد مطالعه در پژوهش حاضر دارد، شناخت این مناطق آسیب پذیر و در معرض خطر و نیز میزان و گستردگی این پدیده، برای اعمال مدیریت و نیز برنامه‌ریزی‌های عمرانی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و کشاورزی از سوی دولت مردان و سیاست گذاران امر از ضروریات است.

منابع

۱. ابراهیمی، ر.، ب. زهرایی و م. ناصری. ۱۳۹۰. پیش بینی میان مدت خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش استنتاج فازی. آب و فاضلاب، شماره ۲.

۲. امیدوار، ک. و ی. خسروی. (۱۳۸۸). ارزیابی روش کریجینگ در تعیین مدلی بهینه جهت پایش شاخص SPI بارندگی استاندارد در محیط GIS (مطالعه موردی: استان یزد). دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن . اصفهان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

۳. پیری، ح.، و. راهداری و س. ملکی. ۱۳۹۲. بررسی و مقایسه کارایی چهار نمایه خشکسالی هواشناسی در مدیریت خطر خشکسالی‌های استان سیستان و بلوچستان. مهندسی آبیاری و آب، شماره یازدهم.

۴. سلطانی، س. و ر. مدرس. (۱۳۸۵). تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان. منابع طبیعی ایران، جلد۵۹، شماره۱، ص۲۶-۱۵.

۵. شعبانی م. ۱۳۸۸. ارزیابی کاربرد روش‌های زمین آمار در پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی استان فارس. مهندسی آب، سال دوم، صص ۳۶-۳۱.

۶. حمیدیان پور، م.، م. سلیقه و غ.م. فلاح قالهری. ۱۳۹۱ . کاربرد انواع روشهای درونیابی به منظور پایش و تحلیل فضایی خشکسالی(مطالعه موردی:استان خراسان رضوی). جغرافیا و توسعه، شماره ۳.

۷. ذبیحی، ع.، ک. سلیمانی، م. شعبانی وص. ابروش.۱۳۹۰. بررسی توزیع مکانی بارش سالانه با استفاده از روش‌های زمین آماری (مطالعه موردی :استان قم). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۸ ، صص۱۰۱-۱۱۲.

۸. عساکره، ح. ۱۳۸۷. کاربرد روش کریجینگ در میانیابی بارش. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲.

۹. عیوضی، م. و ا. مساعدی. ۱۳۹۰. پایش و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان با استفاده از روش‌های زمین آمار. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره۶۴، شماره۱ ، ص۶۵-۷۸.

۱۰. معروفی، ص.، گ. گل محمدی، ک. محمدی و ح. زارع ابیانه. ۱۳۸۸. ارزیابی روش های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش استان همدان . مجله دانش آب و خاک.

۱۱. منصوری دانشور، م.، م. خسروی و ع. موقری. ۱۳۹۱. ارزیابی شاخص های SPI و PNI،RAI، SIP برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی ایران با مقایسه دو روش درون‌یابی IDW و مدل ارتفاعی رقومیDEM . جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۵، صص۵۳-۷۰.

۱۲. نادی، م.، ع. خلیلی، ک. پورطهماسی و ج. بذرافشان .۱۳۸۹ . ارزیابی برخی از روش‌های زمین آمار برای میان‌یابی داده‌های بارندگی در منطقه چهارباغ . چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران.

۱۳. باقری، ر. و ص. محمدی. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی خشکسالی با استفاده از زمین آمار در استان کرمان در یک دوره آماری سی ساله. تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد۱۹، شماره ۲، صص ۲۹۶-۲۸۳.

14. Ashiq M.W., C. Zhao, J. Ni And M. akhtar. 2010. GIS-based high-resolution spatialinterpolation of precipitation in mountain plainareas of Upper Pakistan for regional climate Change impact studies, TheorApplClimatol 99 .

15. Barcae,E., G. Passarella .2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation, Journal of Environmental Monitoring and Assessment.133: 261-273 pp.

16. Beguer´ıa, S. and S.M. Vicente- Serrano. 2006. "Mapping the hazard of extreme rainfall by peaks over threshold extreme value analysis and spatial regression techniques", J. Appl. Meteorol. , 45, 108-124.

17. Benmostefa Largueche, F.Z. 2006. " Estimating Soil Contamination with Kriging Interpolation Method". American Journal of Applied Science 3(6): 1894-1898.

18. L´opez- Vicente, M., A. Navas and J. Mach´ın. 2008. "Identifying erosive periods by using RUSLE factors in mountain fields of the Central Spanish Pyrenees, Hydrol. Earth Syst. Sci., 12, 523-535.

19. M. Angulo- Mart´ınez, M., S. L´opez- Vicente, M. Vicente- Serrano and S. Beguer´ıa .(2009). "Mapping rainfall erosivity at a regional scale: a comparison of interpolation methods in the Ebro Basin (NE Spain)", Hydro l. Earth Syst. Sci. 1907- 1920.

20. wilhite , D.A.1997. Responding to Drought: Common threads from the past, Vision for the future. Journal of the American Water Resources Association, 33(5), 951-959.

Evaluation of geo statistical techniques in drought intensity zoning (Case Study: Northwest and Central regions of Iran)

Kamal omidvar[1], reza ebrahimi[2], fateme rasti[3]

Abstract

Drought is a natural phenomenon that periodically, every region and every climate, occurs in different sectors of human life can be affected by many negative effects. So far, the drought has many definitions. The lack of a comprehensive definition of drought and the different means, from a different perspective, the drought has hampered. For this purpose the quantitative expression of drought This phenomenon is used. This research proposes four characteristics of drought intensity, duration, and extent of occurrence of drought has been studied. To determine the extent of drought and its effects on different parts of the study area, indicators PNPI, MPNPI, DI and RAI in different parts of the draft Zoning calculated using ARC GIS software have been conducted. To achieve this goal, the statistics for 32 meteorological stations and synoptic polls that are doing good distribution in the region, 30-year period (from 1981 to 2010) were collected. Spatial distribution of drought indices using ground ordinary kriging (OK) and the spherical model, exponential, linear and Gaussian and inverse distance method (IDW) Batvan 1 to 5 were calculated, and the area classified drought done were. Then the method ground by using various criteria to evaluate and compare the RMSE and MAE. The results show that the ordinary kriging (OK) Gaussian model is more appropriate than the inverse distance method (IDW) and has a higher accuracy. It is recommended that this method be used for mapping regional drought.

Keywords: zoning classification of drought, drought indices, land statistical methods, normal.

[1] Kamal omidvar, yazd university/ Geography; komidvar@yazd.ac.ir
[2] Reza ebrahimi, yazd university/ Geography; Ebrahimireza7679@yahoo.com
[3] Fateme rasti, yazd university/ Geography; Rasti_fateme@yahoo.com