فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۱۶، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۴۳۰-۴۱۹ (۱۳۸۸)

بررسی کارایی روش‌های زمین‌آمار به منظور پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان با استفاده از روش دومارتن

وحید حبیبی اربطانی[1*]، مجتبی زارعیان جهرمی[2] و سید علی صادقی سنگدهی[3]

۱*- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: Vhabibi.desert@gmail.com

۲- دانش‌آموخته کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر

تاریخ دریافت: ۸۷/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۸۸/۰۵/۳۱

چکیده

هدف از این مطالعه پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان براساس روش دومارتن و با استفاده از روش‌های زمین‌آماری است. برای این منظور از آمار ۳۵ ایستگاه هواشناسی در یک دوره ۳۰ ساله استفاده شد. در ابتدا با استفاده از میانگین بارندگی و دمای سالیانه مقادیر ضریب خشکی دومارتن در هر ایستگاه بدست آمد. به منظور پهنه‌بندی این مقادیر از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و تابع معکوس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ استفاده شد. پس از نرمال‌سازی داده‌ها واریوگرام مربوطه ترسیم شد. برای برازش مناسبترین مدل بر روی واریوگرام تجربی از مقادیر کمتر RSS استفاده شد. در روش کوکریجینگ از مقادیر بارش که همبستگی بیشتری با مقادیر دومارتن داشتند استفاده شد. برای انتخاب مناسبترین روش میان‌یابی با استفاده از روش ارزشیابی متقابل (Cross validation) و شاخص آماری RMSE مقادیر خطای هر روش بدست آمد. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ دارای کمترین میزان خطاست. در نهایت با استفاده از آن و به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان تهیه شد. نقشه نهایی نشان داد که ۸۰٪ منطقه مورد مطالعه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی اقلیمی، دومارتن، زمین‌آمار، ارزشیابی متقابل.

مقدمه

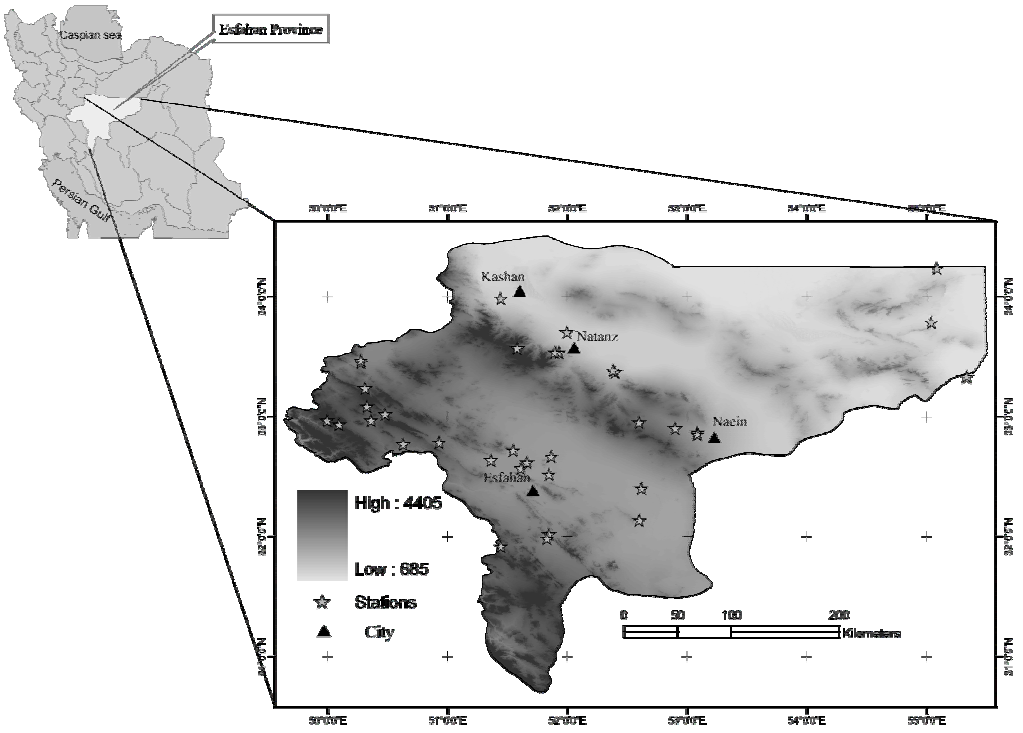
آگاهی از تغییرات مکانی نوع اقلیم یک منطقه نقش مهمی در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی به منظور حفظ آب و خاک دارد. روش‌های آمار کلاسیک در عرضه اطلاعات کلی از پدیده‌ها مفید بوده ولی قادر به تشریح کامل روابط فضایی متغیرها نیستند. در مقابل روش‌های زمین‌آمار برای متغیرهای دارای ساختار مکانی، همانند متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی کارایی بهتری دارند (مهدی زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در زمین‌آمار هر نمونه تا فاصله معینی با نمونه‌های اطراف خود در ارتباط است و طبق فرضیه‌های زمین‌آمار احتمال میزان تشابه بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیکتر بیشتر است (Metternicht & Robinson, 2006). بنابراین انتظار می‌رود که روشهای زمین‌آماری، با در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها و قابلیت استفاده از روابط بین متغیرها دارای دقت برآورد بیشتری باشند

(مهـدی زاده و همکـاران،۱۳۸۵). اسـتفاده از روشـهای زمین‌آمار در پیش‌بینی تغییرات مکانی شاخص‌های اقلیمی در دهه‌های اخیر گسترش فراوانی یافته و در اغلب مـوارد دقت فراوانی داشته‌اند. متین (۱۳۷۹) برای تخمـین دمـا و تبخیر ماهانه و سالیانه در حوزه مرکزی ایـران، سـه روش کریجینگ[1]، تـابع معکـوس فاصـله[2] و TPSS[3] را بررسـی کرد. نتیجه این تحقیق نشان داد که روش کریجینگ بـرای برآورد تبخیر ماهانه و روش TPSS بـرای تبخیـر سـالیانه دقت بیشتری دارد. در مورد دما نیز روش کریجینگ بـرای برآورد دمـای متوسـط سـالیانه در مـاه‌هـای گـرم و روش TPSS برای ماه‌های سرد از دقت بالاتری برخوردار است. ولـی روش کریجینـگ بـا منطقـه تطـابق بیـشتری نـشان می‌دهد. مهـدی زاده و همکـاران (۱۳۸۵)، در پهنـه‌بنـدی اقلیمی دریاچه ارومیه با استفاده از روش سـیلیانوف ابتـدا نقشه‌های توزیع مکانی بارندگی سالیانه و مجمـوع سـالانه گرمای فعال را با استفاده از روش TPSS با توان ۲ بدست آورده و با روی هم گذاشتن آنها نقـشه پهنـه‌بنـدی حـوزه آبریز دریاچه ارومیـه را بدسـت آوردنـد. Nalder (1998) & Wein، به منظور بررسی توزیع مکانی بارندگی و دمای ماهانه در جنگلهای شمال کانـادا از روشـهای کریجینـگ، کوکریجینگ[4] و تابع معکوس فاصله استفاده کردند. نتـایج نشان داد که برای دمـای ماهانـه روش کرجینـگ و بـرای بـــارش ماهانـــه روش کوکریجینـــگ بهتـــرین روش میـــان‌یـــابی مـــی‌باشـــد. Gessler (1994) &

Hutchinson، دو روش TPSS و کریجینـــگ را بـــرای میان‌یابی دمـا مـورد بررسـی و مقایـسه قـرار دادنـد. آنهـا دریافتند که روش TPSS بخوبی روش کریجینگ می‌باشد، هرچند این روش به داده‌های کمتری نیاز دارد ولی نسبت به آن روش، دشوارتر مـی‌باشـد. Goovaerts (2000)، بـا بررسی تحلیل مکانی بارندگی ماهانه و سالانه ۳۶ ایـستگاه کلیماتولوژی در ناحیه‌ای به وسعت ۵۰۰۰ کیلومتر مربع در پرتغال با ارزیابی روشهای تیسن، مجـذور عکـس فاصـله، کریجینگ ساده و کوکریجینـگ چنـین اظهـار داشـت کـه روشهای زمین‌آمـاری کـه ارتفـاع در آنهـا در نظـر گرفتـه می‌شود، عملکرد بهتری نسبت به تخمین یک متغیره دارد. Diodato & Ceccarelli (2005)، تغییـــرات مکـــانی بارندگی سالانه و ماهانه را در جنوب ایتالیا مـورد بررسـی قـرار دادنـد. نتـایج آنهـا نـشان داد کـه بیـشترین خطـای پیش‌بینـی در روش میـانگین متحـرک وزن‌دار و کمتـرین خطـــای پـــیش‌بینـــی در روشـــهای رگرســـیون خطـــی و کوکریجینگ معمولی بدست آمد.

مطالب فوق نـشان مـی‌دهـد کـه روش مناسـب بـرای میان‌یابی و برآورد یـک متغیـر، بـه نـوع متغیـر و عوامـل تأثیرگـذار بـر آن بـستگی دارد و نمـی‌تـوان روش مـورد استفاده در یک منطقه را به سایر مناطق تعمیم داد.

1- Kriging
2- Inverse Distance Weighted (IDW)
3- Thin Plate Smoothing Splines
4-Cokriging



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه، مدل رقومی ارتفاع و پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان به مساحت ۱۰۷۶۰۲ کیلومتر مربع بین ´۳۶ °۴۹ تا ´۳۱ °۵۵ طول شرقی و ´۴۳ °۳۰ تا ´۲۷ °۳۴ عرض شمالی در حوزه مرکزی ایران قرار دارد که قسمت غربی آن به دامنه‌های شرقی رشته‌کوه‌های زاگرس ختم می‌شود. رژیم بارندگی آن مدیترانه‌ای می‌باشد. تغییرات بارندگی در سطح استان بین ۴۰/۷ تا ۶۴۹ میلی‌متر و تغییرات ارتفاعی بین ۶۸۵ تا ۴۴۰۵ متر می‌باشد. شکل(۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

روش تحقیق در این مطالعه به شرح زیر است:

۱) **تهیه داده‌های باران‌سنجی و دما:** در این مطالعه از اطلاعات ۳۵ ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک و کلیماتولوژی) و ایستگاه‌های سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب) در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۸۳-۱۳۵۳) جهت پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان با استفاده از نمایه اقلیمی دومارتن استفاده شده است. داده‌های ناقص در طول دوره آماری انتخاب شده به کمک روشهای بازسازی تصحیح گردیدند.

جدول۱- ضریب خشکی دومارتن و نوع اقلیم

نوع اقلیم	ریب
فرا خشک	۰ تا ۵
خشک	۵ تا ۱۰
نیمه‌خشک	۱۰ تا ۲۰
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۴
نیمه‌مرطوب	۲۴ تا ۲۸
مرطوب	۲۸ تا ۳۵
خیلی مرطوب(الف)	۳۵ تا ۵۵
خیلی مرطوب(ب)	بیشتر از ۵۵

۲) محاسبه نمایه اقلیمی دومارتن: در این روش با استفاده از مقادیر بارندگی و دمای سالیانه و استفاده از رابطه۱، مقدار ضریب خشکی مشخص و با استفاده از دامنه مقادیر، ضریب خشکی و طبق جدول ۱ نوع اقلیم تعیین می‌گردد.

$$A_i = P/T + 10 \qquad (۱)$$

که در آن A_i: ضریب خشکی دومارتن، P: میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) و T: میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) می‌باشد.

۳) نرمال‌سازی داده‌ها: به منظور تعیین نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف[1] داده‌هایی که چولگی بالایی داشتند غیرنرمال تشخیص داده شده و به منظور نرمال‌سازی آنها از روشهای لگاریتم‌گیری و ریشه دوم استفاده گردید.

٤) روشهای میان‌یابی: در این مرحله برای بررسی تغییرات مکانی بارش سالیانه از روشهای کریجینگ، کوکریجینگ (به همراه متغیر کمکی ارتفاع) و تابع معکوس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ استفاده شده است.

٤- ۱. کریجینگ: یک روش تخمین زمین آماری است که بر پایه تابع معکوس فاصله استوار می‌باشد. به‌طوری‌که می‌توان گفت این روش بهترین تخمین‌گر خطی نااریب[2] می‌باشد. این تخمین‌گر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i) \qquad (۲)$$

که در آن $Z^*(x)$: عیار تخمینی، λ_i: وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه iام و $z(x_i)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده است. این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند، زیرا ترکیب خطی از n داده است که شرط استفاده از این تخمین‌گر این است که، متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا اینکه به نحوی توزیع متغیرها را به نرمال تبدیل کرد (حسنی پاک، ۱۳۸٦).

مهمترین قسمت کریجینگ تعیین وزن های آماری λ_i است که برای نااریب بودن تخمین‌ها، این اوزان بایستی به نحوی تعیین شوند که مجموع آنها برابر ۱ باشد

1-Kolmogorov-Smirnov

2 - Best Linear Unbiased Estimator (B.L.U.E)

($\sum_{i=1}^{n}\lambda_i = 1$). همچنین برای استفاده از این تخمین‌گر بایستی واریانس تخمین را محاسبه و سپس تابع حاصل را به حداقل رساند (مهدیان، ۱۳۸۵)، به عبارتی دیگر:

$$\text{var}\,[z^*(x_0)] = E\,[(z^*(x_0) - z(x_0))^2] = \text{Min} \quad (۳)$$

برای انجام روش کریجینگ لازم است واریوگرام مربوط به متغیر مورد نظر ترسیم شود. محاسبهٔ منحنی واریوگرام از مهمترین عملیات زمین‌آمار است که از طریق معادلهٔ زیر قابل محاسبه است :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)}\sum_{i=1}^{n(h)}[Z(xi) - Z(xi+h)]^2 \quad (۴)$$

که در معادله فوق: $\gamma(h)$: مقدار واریوگرام برای جفت نقاطی که به فاصلهٔ h از هم قراردارند، $n(h)$: تعداد زوج نقاطی که به فاصله h از هم قراردارند، $Z(xi)$: مقدار مشاهده شده متغیر x، $Z(xi+h)$: مقدار مشاهده شده متغیر که به فاصله h از x قراردارد.

۴- ۲. کوکریجینگ: همان‌طور که در آمار کلاسیک نیز روشهای چند متغیره وجود دارد، در زمین‌آمار نیز می‌توان برای تخمین از روش کوکریجینگ و براساس همبستگی بین متغیرهای مختلف استفاده نمود. معادله کوکریجینگ به شرح زیر است (مهدیان، ۱۳۸۵).

$$Z^*(x_i) = \sum_{e'=1}^{n}\lambda_{e'i}.x_i\sum_{k=1}^{n}\lambda_k.y(xk) \quad (۵)$$

که در آن: $Z^*(x_i)$ = مقدار تخمین زده شده برای نقطه X_i می‌باشد، λ_i: وزن مربوط به متغیر Z، λ_k: وزن مربوط به متغیر کمکی y، $z(x_i)$: مقدار مشاهده شده متغیر اصلی و $y(x_k)$: مقدار مشاهده شده متغیر کمکی است.

برای تخمین با این روش و برای محاسبه اوزان مربوطه، نیاز به محاسبه واریوگرام متقابل به صورت زیر است:

$$\lambda(zy)h = \frac{1}{2}n[z(x_i+h) - z(x_i)]\times[y(x_k - y(x_k))] \quad (۶)$$

که در آن : $\gamma(zy)h$: واریوگرام متقابل بین متغیر y و Z، $z(x_i)$: متغیر مشاهده شده و $y(x_k)$: متغیر کمکی می‌باشد.

برای پهنه‌بندی اقلیمی دومارتن در این روش از داده‌های بارندگی که همبستگی بیشتری با مقادیر دومارتن داشت استفاده شد.

۴-۳. تابع معکوس فاصله: در این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرند. سپس این مقادیر توسط توان وزنی کنترل می‌شود، به طوری‌که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزنها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همجوار توزیع می‌کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه تخمین هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند (حسنی پاک، ۱۳۸۶). مقدار فاکتور وزنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^{n} D_i^{-\alpha}} \quad (۷)$$

D_i: فاصله بین نقطه برآورد شده و مقدار مشاهده شده در نقطه i ام

α: توان معادله و n: تعداد نقاط مشاهده شده است.

۵) انتخاب مناسبترین روش میان‌یابی: پس از رسم واریوگرام و برازش مدل مناسب، عملیات میان‌یابی به وسیله روش کریجینگ، کوکریجینگ و تابع معکوس

فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ بررسی گردید. بدین منظور از روش ارزشیابی متقابل استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا یکی از نقاط اندازه‌گیری را حذف نموده و بعد با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش میان‌یابی مورد نظر برای نقطه حذف شده تخمین آماری صورت می‌گیرد، در مرحله بعد این نقطه به محل خود برگردانده شده و نقطه بعدی حذف می‌شود و به همین ترتیب برای تمام نقاط مشاهده‌ای یک برآورد نیز صورت می‌گیرد و نتایج در قالب دو ستون مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی ارائه می‌گردد (Davis, 1987). در این تحقیق به منظور آزمون برازندگی روشهای میان‌یابی، از روش میانگین مربعات باقیمانده (RMSE) استفاده شد که فرمول محاسبه آن به شرح زیر است (Webster & Oliver, 2001).

$$R.M.S.E = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Z(xi) - Z^{*}(xi))^{2}} \qquad (۸)$$

که در آن: $z^{*}(xi)$: مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر، $z(xi)$: مقدار اندازه‌گیری شده متغیر مورد نظر (مقدار مشاهده‌ای) و n: تعداد مشاهده‌ها می‌باشد.

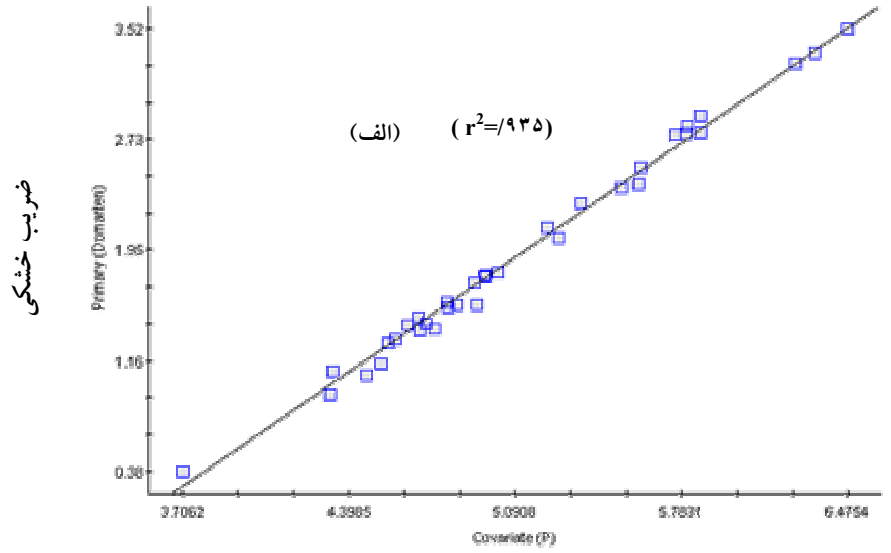
نتایج

خلاصه آماری داده‌های بارش، دما و ارتفاع هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۲ آمده است. داده‌های دما نرمال بوده و احتیاجی به تبدیل نداشت. اما داده‌های بارش و ضریب خشکی دومارتن نرمال نبوده بنابراین از روش لگاریتم‌گیری جهت نرمال‌سازی آنها استفاده شد.

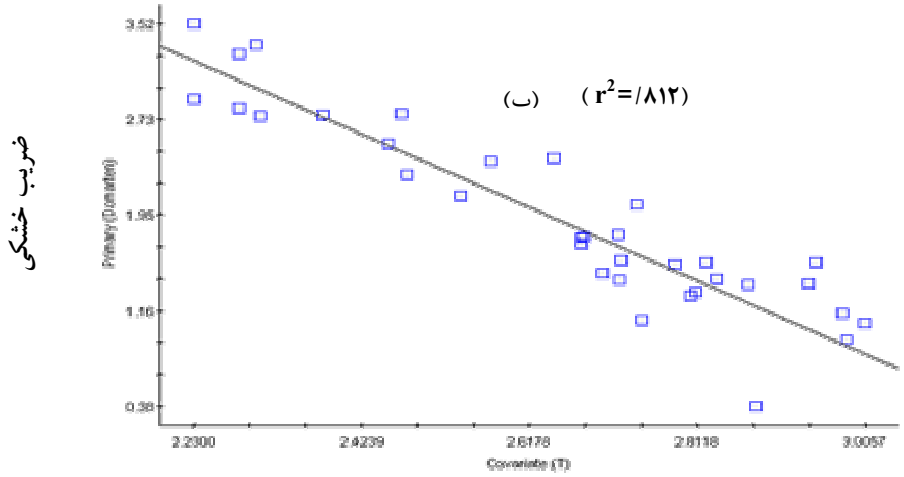
جدول۲- خلاصه آماری داده‌های بارش، دما و ضریب خشکی دومارتن

مقادیر ضریب خشکی دومارتن	کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل
(log) مقادیر ضریب خشکی دومارتن	۱/۵۷	۱/۷۸	۷/۹٤	۹/۰۳	۳۳/٦۳	۱/٤٦
بارش به میلی‌متر	۰/۲۷	-۰/٦۲	۰/۰۸	۱/۸۸	۳/۵۲	۰/۳۸
(log) بارش به میلی‌متر	۱/۵٦	۲/۳۹	۱٤۸/۳۸	۲۰۱/۵٦	٦٤۹	٤۰/۷
دما به درجه سانتی‌گراد	-۰/٤۱	۰/۲۱	۰/٦۸	۵/۰۷	٦/٤۸	۳/۷۱
مقادیر ضریب خشکی دومارتن	-۰/٤	۰/۱۷	۳/۲۷	۱٤/٦۷	۲۰/۲	۹/۳

در این مطالعه برای بررسی اقلیم منطقه در روش کوکریجینگ از بین دو متغیر دما و بارش، متغیری که همبستگی بیشتری با ضریب خشکی دومارتن داشت به‌عنوان متغیر کمکی مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۲ رابطه بارش و دما را با ضریب خشکی دومارتن نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بارش دارای ضریب همبستگی بیشتری بوده (r^2= ۰/۹۳۵) و به‌عنوان متغیر کمکی انتخاب شد.

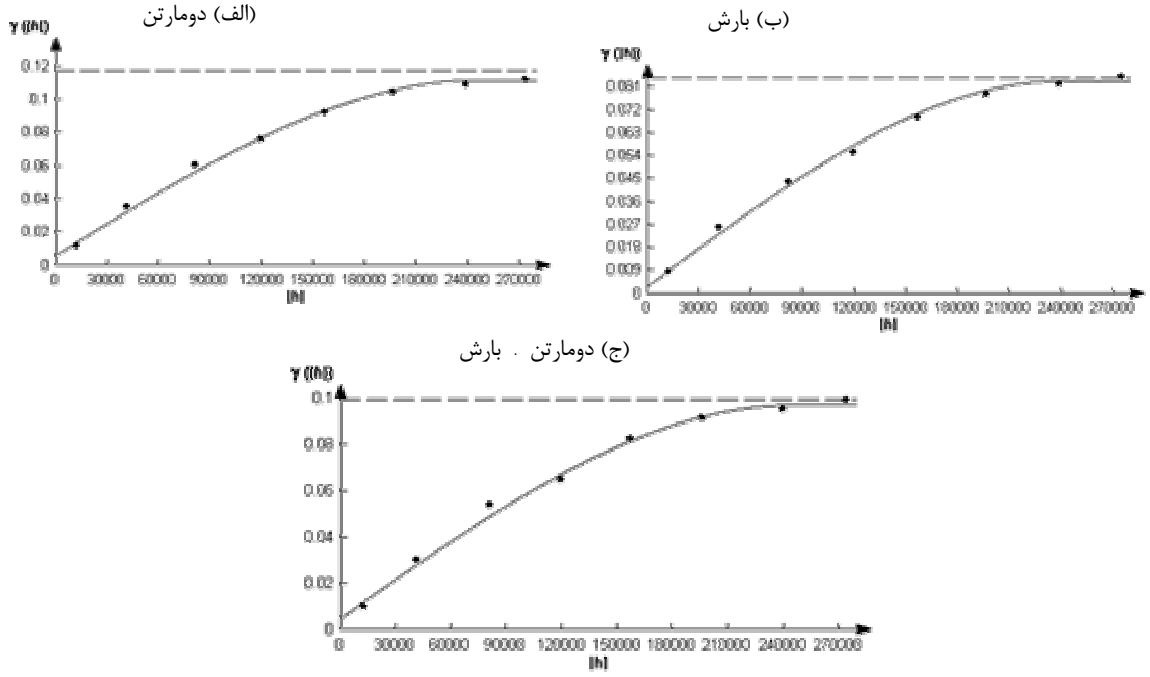


بارش(میلی‌متر)



دما (درجه سانتیگراد)

شکل۲- رابطه بین ضریب خشکی دومارتن با بارش (الف) و دما (ب)



شکل۳- واریوگرام‌های مربوط به متغیرهای ضریب خشکی دومارتن، بارش و واریوگرام متقابل این دو

پس از نرمال‌سازی داده‌ها واریوگرام‌های تجربی ضریب خشکی دومارتن، بارش و تقابل این دو ترسیم گردید (شکل ۳). جدول ۳ نیز انتخاب مناسبترین مدل جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی را با توجه به مقادیر RSS و استحکام ساختار فضایی نشان می‌دهد. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بنابراین بین ۰/۲۵-۰/۷۵ ساختار مکانی متوسط بوده و هنگامی که بزرگتر از ۰/۷۵ باشد ساختار مکانی ضعیف است (Liu, *et al.*, 2006 and Chien, *et al.*, 1997). همان‌طور که نشان داده شده مقدار این شاخص در دو متغیر ضریب خشکی و بارش کمتر از ۰/۲۵ بوده (به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۷ و ۰/۰۲۵) و دارای استحکام ساختار فضایی قوی می‌باشند.

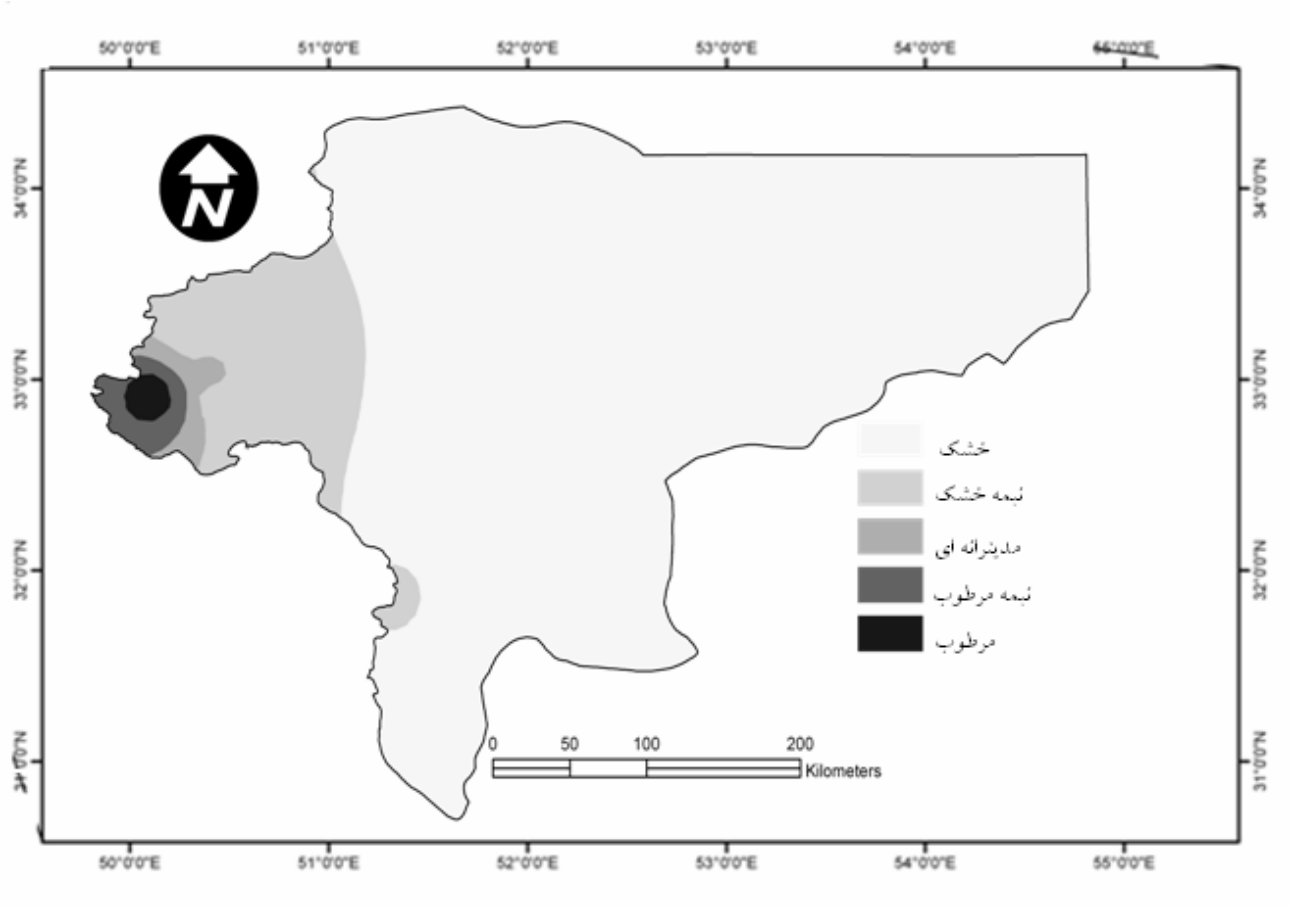
جدول۳- بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام و شاخص‌های مربوط به آن

متغیرها	R^2	RSS	اثر قطعه‌ای بر آستانه C_O/C_O+C	شعاع تأثیر(Km)	آستانه (C_O+C)	اثر قطعه‌ای C_o	مدل
ضریب خشکی دومارتن	۰/۹۵۲	۰/۰۶	۰/۰۵۷	۲٤٥/٦٥۳	۰/۱۰٥	۰/۰۰٦	کروی
بارش	۰/۹٥۸	۰/۰۳٥	۰/۰۳٥	۲۳۹/۳۷۳	۰/۰۸	۰/۰۰۲۸	کروی
تقابل ضریب خشکی دومارتن وبارش	۰/۹٥٦	۰/۰٤۲	۰/۰٥٤	۲٤٥/۲٦۱	۰/۰۹۲	۰/۰۰٥	کروی

جدول ٤ خطاهای روشهای کریجینگ، کوکریجینگ و تابع معکوس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ را با استفاده از شاخص RMSE نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده برای پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان با استفاده از ضریب خشکی دومارتن، روش کوکریجینگ به همراه متغیر کمکی بارش دارای کمترین میزان خطا بوده و به‌عنوان مناسبترین روش انتخاب شد. در نهایت با استفاده از این روش و به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان تهیه شد(شکل ٤).

جدول ٤- نتایج خطای میان‌یابی برای تخمین نوع اقلیم با توجه به ضریب خشکی دومارتن

متغیر	کوکریجینگ	کریجینگ	تابع معکوس فاصله (تابع معکوس فاصله)				
			توان۱	توان۲	توان۳	توان٤	توان۵
ضریب خشکی دومارتن	**۰/٦۹**	۳/۱۸۵	۳/٦٦۸	۳/۱۵۵	۳/۱۵٦	۳/۲٦٤	۳/۳٦۷



شکل٤- نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان به روش کوکریجینگ

بحث

در این مطالعه پس از نرمال‌سازی داده‌ها، واریوگرام‌های مربوطه ترسیم شد (شکل۲). واریوگرام‌های برازش داده شده برای شاخص‌های ضریب خشکی دومارتن و بارش دارای ساختار فضایی قوی هستند (جدول۳). پس از ترسیم واریوگرام و برازش مدل مناسب بر روی آن، شاخص‌های مربوطه استخراج شد و نتایج نشان داد که شعاع تأثیر ضریب خشکی دومارتن، بارش و دما به هم نزدیک است (بین ۲۳۹ و ۲٤٥ کیلومتر). این امر نشان‌دهنده همبستگی بالا و تشابه تغییرات مکانی این شاخص‌ها نسبت به هم می‌باشد. استحکام ساختار فضایی ضریب خشکی دومارتن، بارش و دما قوی بوده و نشان‌دهنده پیوستگی مکانی و دقت بالای مدل‌های برازش داده شده است، که خود نقش بسزایی در بالا بردن دقت تخمین دارد.

خداقلی و همکاران (۱۳۸۵)، در مطالعه گیاه اقلیم‌شناختی حوضه زاینده‌رود ٦۳ متغیر اقلیمی را مورد مطالعه قرار دادند و ۸ پهنه اقلیم رویشی را تفکیک کردند، مطالعه نامبردگان نشان داد که ۵ عامل بارش، دمای گرمایشی، جهت و سرعت باد، بارش تابستانه و غبار ۹۵/۹۵ درصد پراش متغیرهای اولیه را بیان می‌کند. در این مطالعه از بین روشهای میان‌یابی مورد بررسی جهت پهنه‌بندی اقلیمی، روش کوکریجینگ با متغیر کمکی بارش کمترین میزان خطا را داشته و به‌عنوان مناسبترین روش انتخاب شد. اندرسون در تحقیق خود با استفاده از روشهای درون‌یابی فضایی، داده‌های دما را به سطح تعمیم داده است. براساس نتایج تحقیق، روشهای زمین‌آماری دقت بیشتری نسبت به روشهای معین داشتند که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. Goovaerts (2000) و Diodato & Ceccarelli (2005)، نیز روش کوکریجینگ را برای برآورد شاخص‌های اقلیمی مناسب تشخیص داده‌اند.

در نهایت با استفاده از این روش نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان اصفهان تهیه گردید که براساس آن اقلیم این استان از خشک تا مرطوب متغیر بوده و اقلیم خشک و نیمه‌خشک با در برگرفتن بیش از ۸۰٪ از مساحت این استان به‌عنوان اقلیم غالب منطقه مورد مطالعه تعیین شده است. نقشه نهایی پهنه‌بندی اقلیمی استان امکان برنامه{ریزی و مدیریت بهینه منابع آب و معرفی گونه‌های مناسب مرتعی و زراعی برای هر یک از انواع اقلیم‌های تعیین شده را فراهم می‌سازد.

منابع مورد استفاده

- حسنی پاک، ع.ا. ۱۳۸٦، زمین‌آمار (ژئواستاتیستیک)، چاپ دوم، انشارات دانشگاه تهران، ۳۱٤ ص.
- خداقلی، م.، مسعودیان، س.ا.، کاویانی، م.ر. و کمالی. غ. ۱۳۸۵، بررسی گیاه - اقلیم‌شناختی حوضه زاینده-رود، پژوهش و سازندگی، ۷۰(۱): ۵۳-٤۱.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۲، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ شانزدهم، انشارات دانشگاه امام رضا، ۸۱۵ ص.
- متین، م. ۱۳۷۹، تعیین روش میان‌یابی مناسب برای تبخیر و درجه حرارت در اقلیم خشک و نیمه‌خشک حوزه مرکزی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری، مرکز اموزش عالی امام خمینی(ره)، معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهادکشاورزی.
- مهدیان، م.ح. ۱۳۸۵، کاربرد زمین‌آمار در خاکشناسی، کارگاه آموزشی کاربرد زمین‌آمار در خاکشناسی اولین همایش خاک، توسعه پایدار و محیط زیست، ۱۸-۱۷ آبان ماه ۱۳۸۵، دانشگاه تهران.
- مهدی زاده، م.، مهدیان، م.ح. و حجام، س. ۱۳۸۵، کارایی روشهای زمین‌آماری در پهنه‌بندی اقلیمی حوزه آبریز دریاچه

ارومیه، مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۳۲، شماره ۱، ص ۱۰۳-۱۱۶.

- Anderson, Sh. 2000, An Evaluation of Spatial Interpolation Methods pn Air Temperature in Phoenix،AZ.PP:144-149.
- Aşkın, T.and Kızılkaya, R. 2006, Assessing spatial variability of soil enzyme activities in pasture topsoils using Geostatistics. European Journal of Soil Biology .pp 230-237.
- Chien, YL., Lee, DY., Guo, HY. and Houng, KH. 1997, Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. Soil Sci. 162:291–297.
- Davis, B.M. 1987, Uses and abuses of cross-validation in Geostatistics .Math. Geol. 19, 241–248.
- Diodato, N. and Ceccarelli, M., Interpolation processes using multivariate Geostatistics for mapping of climatologically precipitation mean in the Sannio Mountains (southern Italy), 2005, Earth Surf. Process. Landforms 30, 259–268.
- Goovaerts, P. 2000, Geostatistical approach for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall: J.Hyrol.Amesterdam. 228(1-2), 113-129.
- Hutchinson, M.F.and Gessler, P.E. 1994, spline-More Than Just A Smooth Interpolator.2:45-67.
- Johansson, B. and Chen, D. 2003, The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modeling. International journal of climatology. 23: 1523–1535.
- Liu, X., Wu, J. and Xu , J. 2006, Characterizing the risk assessment of heavy metals and sampling uncertainty analysis in paddy field by Geostatistics and GIS. Environmental Pollution 141 257-264.
- Nalder, J.A. and Wein, R.W. 1998, Spatial interpolation of climate norals: test of a new method. Canadian Boreal forest . Agri-forest. 94(4):211-225.
-Robinson, T.P. and Metternicht, G. 2006, testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties, Computer and Electeronics in Agriculture 50)97-108.
- Webster, R. and Oliver, M.A. 2001, Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley and Sons, Brisbane, Australia.pp274.

The Study of Geostatistics Methods for Climate hazarding by Domarten Method in Esfahan Province

Habibi arbatani, V.[1*], zareian jahromi, M[2] and sadeghi sangdehi, S.A.[3]

1*- Corresponding Author, Msc of Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Email: Vhabibi.desert@gmail.com
2- Msc of Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Msc of Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, and member of young club research, Azad university of Ghaem shahr, Karaj, Iran

Received:05.10.2008 Accepted: 22.08.2009

Abstract

The goal of this research was climatic zoning of Esfahan province using Domarten and geostatistic methods. We used 30 years data of 35 climatologically stations. At first we calculated Domartan aridity index of climatological stations using mean annual precipitation and temperature. In order to climatic zoning, Kriging, Cokriging and IDW with powers of 1 to 5 were used. After normalization, the variogram were drawn. To fit the best model on empirical variogram, the lowest values of RSS were applied. Highly correlated values of precipitation with Domarten index were used in Cokriging method. For selection of the best interpolation method, cross validation and RMSE were considered and errors were calculated. Cokriging has the lowest error .Using cokriging and GIS, climatic zoning map of Esfahan province were prepared. Climatic zoning map showed that 80 % of studied area has arid and semi-arid climate

Key Words: climatic hazarding, domarten, geostatistic, cross validation,