

بررسی و ارزیابی دقت روش های میان یابی در برآورد میزان متوسط فشار (QFE) سالانه استان خراسان رضوی

سعید موحدی، محمود سلطانیان، مرضیه یونسی^۳

چکیده

میان یابی یکی از مهم ترین تکنیک هایی است که اقلیم شناسان در مطالعات پهنه ای - مکانی از آن بهره می گیرند. روش های میان یابی برحسب ملاک های مختلف قابل تقسیم بندی هستند. هدف از بررسی حاضر سنجش دقت روشهای مختلف میان یابی در برآورد منطقه ای فشار در استان خراسان رضوی و مقایسه با نتایج موجود حاصل از روش گرادیان ارتفاع در منطقه می باشد. در این پژوهش فشار اندازه گیری شده در سطح ایستگاه (QFE) با استفاده از آمار ۱۳ ایستگاه منطقه مطالعاتی محاسبه گردید و با ۱۰ روش در محیط GIS مورد بررسی قرار و در نهایت با روش گرادیان ارتفاع نیز مورد مقایسه قرار گرفت و برای ارزیابی دقت روش ها از شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. بررسی ها نشان داد که روش همبستگی و RBF کمترین و روشهای LPI و GPI دارای بیشترین خطا نسبت به سایر روشها می باشند.

واژگان کلیدی: میان یابی، فشار، خراسان رضوی، همبستگی، LPI، RBF، GPI.

مقدمه

فشار هوا نیرویی است که هوا بر یک واحد از سطح زمین وارد می کند، از آنجایی که تراکم هوا با ارتفاع کاهش می یابد، با افزایش ارتفاع، فشار هوا نیز کم می شود، اما تغییر فشار بر حسب ارتفاع چندان منظم نیست. به طور کلی تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری سطح زمین، به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، فشار هوا حدود ۱۲ هکتوپاسکال کم می شود

۱. استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲. کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران soltaniannmhd@yahoo.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

و میزان کاهش فشار در طبقات بالاتر اتمسفر کندتر است. بدیهی است این وضعیت کلی در اتمسفر متعارف یا استاندارد وجود دارد و وضعیت خاص هر محل معین به طور مشخص با دیگر محلها فرق می کند. (کاویانی، علیجانی، ۱۳۸۲).

مهدیان و همکاران (۱۳۷۹) با روشهای میانابایی بارندگی سالانه حوضه ایران مرکزی را برآورد نمودند و تعیین کردند که روش TPSS با توان ۲ و با استفاده از ارتفاع به عنوان متغیر کمکی نسبت به بقیه روشها از دقت بالاتری برخوردار است. شهابی فر و همکاران (۱۳۸۳) از روش زمین آمار برای تعیین نیاز آبی چغندر قند در استان تهران استفاده کرده و به این نتیجه رسیده اند که روش کوکریجینگ از سایر روشها مناسب تر بوده است. میثاقی و محمدی (۱۳۸۵) در پهنه بندی اطلاعات بارندگی با استفاده از روش های زمین آماری کلاسیک و زمین آمار و مقایسه با شبکه های عصبی مصنوعی به این نتیجه رسیدند که روش های زمین آماری و تخمین گره های کوکریجینگ و کوکریجینگ برتری داشته اند. عساکره (۱۳۸۶) با استفاده از روش کوکریجینگ اقدام به میانابایی بارش ایران نمود و مشخص کرد که برازش مدل خطی بر نیمه پراش نگار بهترین الگو برای میانابایی بارش است. جعفری و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی توزیع مکانی برخی از خصوصیات خاک با کاربرد روش های زمین آماری به این نتیجه رسیده اند که روش کوکریجینگ دقت قابل قبول تری نسبت به سایر روشها داشته است. معروفی و همکاران (۱۳۸۸) نیز از روش زمین آمار برای تخمین هدایت الکتریکی و PH زه آب های آبراهه ای دشت همدان استفاده کرده اند. نتایج به دست آمده نشان دادند که روش های چند جمله ای موضعی و فاصله معکوس به ترتیب بهترین الگو برای تخمین هدایت الکتریکی و PH در منطقه می باشند. سرمدیان و تقی زاده (۱۳۸۸) نیز پس از بررسی کارایی روش های زمین آماری به منظور پهنه بندی برخی از ویژگی های خاک در منطقه اخترآباد به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ نسبت به سایر روشها از ضریب خطای کمتری برخوردار است. مهرشاهی و خسروی (۱۳۸۹) با روشهای میانابایی توزیع مکانی بارش سالانه را مورد بررسی قرار دادند و مشخص نمودند که تابع رگرسیونی کسینوسی برای میانابایی بارش استان اصفهان مناسب تر است. حاجی هاشمی و همکاران (۱۳۸۹) در برآورد مکانی مولفه های کیفی آب های زیر زمینی با استفاده از روش های زمین آمار در دشت گلپایگان به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ نسبت به روش کوکریجینگ از دقت بالاتر و خطای پایین تری برخوردار است. رضایی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی مکانی برخی شاخص های کیفی آبهای زیر زمینی استان گیلان با استفاده از زمین آمار پس از بررسی به این نتیجه رسیدند که در مجموع روش های کوکریجینگ و معکوس فاصله با توان یک دقت بیشتری در درون یابی این خواص داشته اند. میرموسوی و همکاران (۱۳۸۹) از روش زمین آمار جهت تخمین توزیع بارندگی در منطقه اصفهان استفاده کرده و به این نتیجه رسیده اند که روش کوکریجینگ معمولی با مدل دایره ای مناسب ترین روش برای درون یابی مقادیر میانگین بارندگی در این منطقه می باشد. ذکریاپور و همکاران (۱۳۹۰) جهت تخمین و درون یابی تخلخل و تراوایی مخازن

شکل شماره (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲ داده ها :

برای انجام این تحقیق از آمار ۱۳ ایستگاه سینوپتیک موجود در استان (جدول ۱) طی یک دوره آماری مشترک ۲۵ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۰) استفاده گردید. داده های متوسط فشار سالیانه (QFE) (برحسب هکتوپاسکال) این ایستگاهها از بانک اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید.

جدول شماره (۱) خصوصیات ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیای	طول جغرافیایی	ارتفاع	QFE
قائن	۳۳,۷۱	۵۹,۱۶	۱۴۳۲	۸۵۶
بشرویه	۳۳,۹	۵۷,۴۵	۸۸۵	۹۱۳,۶
فردوس	۳۴,۰۱	۵۸,۱۶	۱۲۹۳	۸۷۱,۴
گناباد	۳۴,۳۵	۵۸,۶۸	۱۰۵۶	۸۹۲,۷
کاشمر	۳۵,۲	۵۸,۴۶	۱۱۰۹,۷	۸۹۰
تربت جام	۳۵,۲۵	۶۰,۵۸	۹۵۰,۴	۹۰۸,۳
تربت حیدریه	۳۵,۲۶	۵۹,۲۱	۱۴۵۰,۸	۸۶۰,۵
سبزوار	۳۶,۲	۵۷,۷۱	۹۷۷,۶	۹۰۵,۶
نیشابور	۳۶,۲۶	۵۸,۸	۱۲۱۳	۸۸۰,۳
مشهد	۳۶,۲۶	۵۹,۶۳	۹۹۹,۲	۹۰۳
گلمکان	۳۶,۴۸	۵۹,۲۸	۱۱۷۶	۸۸۵,۹
سرخس	۳۶,۵۳	۶۱,۱۶	۲۳۵	۹۸۳,۳
قوچان	۳۷,۰۶	۵۸,۵	۱۲۸۷	۸۷۰,۵

۳,۲. روش های میانایی:

میانایی بر اساس ارزش تعداد محدودی از نقاط نمونه برداری شده که در سطح محدود مورد مطالعه پراکنده شده اند، ارزش یاخته های لایه رستر خروجی را به کمک یک رابطه ریاضی یا آماری بصورت تخمینی برآورد می کند. این قابلیت جهت پیش بینی و تخمین ارزش سایر نقاط مکانی که مقدار آنها نامشخص است نظیر ارتفاع، میزان بارش، دما، رطوبت، ساعت آفتابی، آلودگی و... می توان استفاده کرد. در ادامه به برخی از روشهای میانایی که در این مقاله از آن استفاده شده اشاره می شود:

الف: میانایی به روش وزن دهی بر اساس فاصله معکوس IDW

روش IDW با گرفتن میانگین از ارزش نقاط نمونه برداری شده، ارزش نهایی یاخته های لایه رستر خروجی را برآورد می کند. هرچه نقطه نمونه برداری شده به مرکز یاخته ای که قرار است ارزش آن را برآورد نمود نزدیکتر باشد

آن نقطه با ضریب تاثیر (وزن) بیشتری در فرایند محاسبه میانگین وزنی ارزش نقاط نمونه برداری شده مجاور شرکت خواهد کرد. این روش میانمایی بر این فرض استوار است که پدیده‌ای (فشار) که در حال تهیه نقشه توزیع مکانی آن هستید همگام با زیاد شدن فاصله و دور شدن از یک نقطه نمونه برداری شده، مقدار درصد تاثیر (وزن) آن نقطه در برآورد ارزش یاخته خروجی کاهش می‌یابد.

در میانمایی به روش IDW، بطور صریح و روشن این فرض که، چیزهایی که در نزدیکی یکدیگر قرار دارند، نسبت به چیزهایی که از هم فاصله دارند، به هم شبیه‌تر هستند، در نظر گرفته می‌شود. برای پیش‌بینی مقادیر در هر موقعیتی که اندازه‌گیری در آنجا صورت نگرفته است، IDW، از مقادیر اندازه‌گیری شده پیرامون موقعیتی که می‌خواهیم پیش‌بینی انجام دهیم، استفاده می‌کند. مقادیر اندازه‌گیری شده‌ای که نزدیک‌ترین موقعیت را به محل پیش‌بینی دارند تاثیر بیشتری بر مقدار پیش‌بینی، نسبت به موقعیت‌های دورتر دارند. در این صورت در تکنیک IDW، فرض بر این است که هر نقطه اندازه‌گیری شده یک تاثیر محلی دارد که با فاصله کاهش می‌یابد. با این فرض، نقاط نزدیک‌تر در پیش‌بینی، وزن بیشتری نسبت به نقاط دورتر خواهند داشت.

فرمول عمومی به صورت زیر است:

$$(s_0) = \sum_{i=1}^{Nn} \lambda_i Z(S_i) \quad (1)$$

که: (s_0) مقدار پیش‌بینی شده برای موقعیت S_0 است که ما در تلاش برای یافتن این مقدار هستیم. N ، تعداد نقاط نمونه برداری شده است (۱۲ ایستگاه) که برای پیش‌بینی در پیرامون موقعیتی است که می‌خواهیم در آن نقطه پیش‌بینی انجام دهیم. λ_i ، هم وزن اختصاص داده شده برای هر نقطه اندازه‌گیری شده است که ما از این نقاط در پیش‌بینی از آن استفاده خواهیم کرد. همچنین $Z(S_i)$ ، مقدار مشاهده شده در موقعیت S_i ، است (فشار).

فرمول تعیین وزن به صورت زیر است:

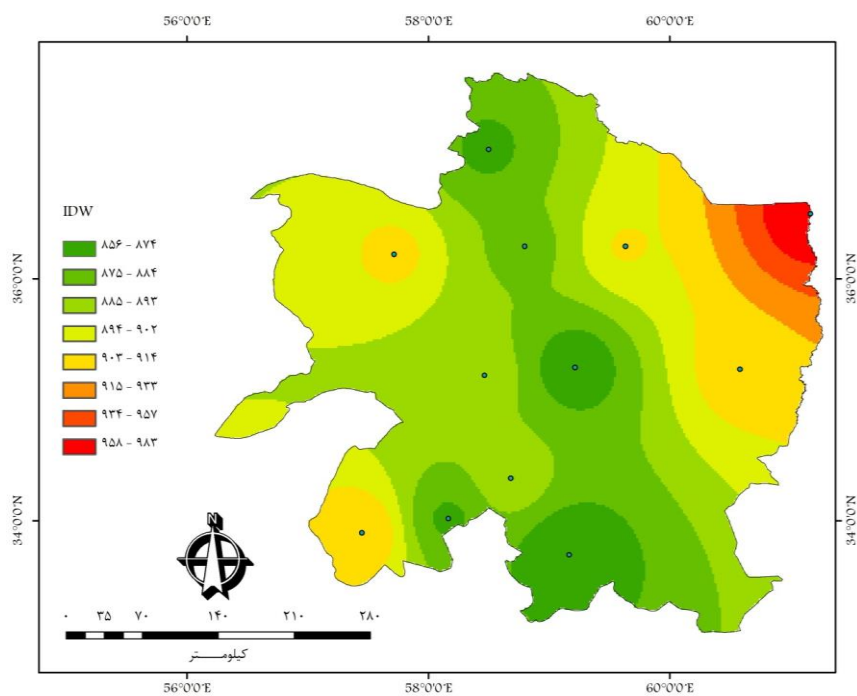
$$\lambda_i = d_{j.}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{j.}^{-p} \quad (2)$$

و

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (3)$$

بطوریکه دیده می‌شود، با بزرگتر شدن فاصله، وزن با فاکتور D ، کاهش می‌یابد. کمیت d_i ، فاصله بین موقعیت پیش‌بینی شونده‌ی، S_0 ، و هر موقعیت اندازه‌گیری شده‌ی، S_i ، است.

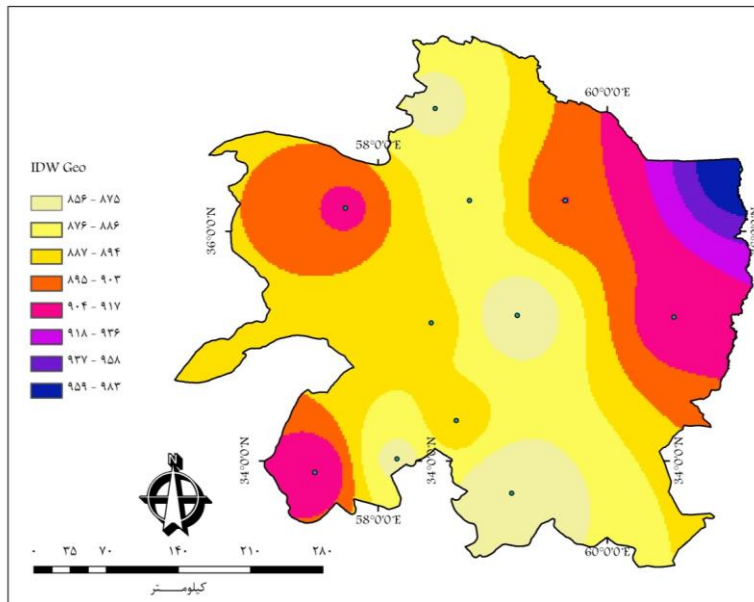
پارامتر توانی P ، تاثیرات وزنی مقادیر اندازه‌گیری شده را در پیش‌بینی مقدار موقعیتی که پیش‌بینی در آن انجام می‌گیرد را بوجود می‌آورد. بطوریکه با افزایش فاصله موقعیت‌های نمونه‌برداری شده و موقعیتی که پیش‌بینی در آن صورت می‌گیرد، وزن یا تاثیر نقاط اندازه‌گیری شده در پیش‌بینی بصورت نمایی کاهش می‌یابد. وزن‌های موقعیت-های اندازه‌گیری شده که در پیش‌بینی استفاده می‌شود، مقیاس‌بندی شده‌اند، بطوریکه مجموع وزن‌شان برابر با یک خواهد بود.



شکل شماره (۲) نقشه تهیه شده بر اساس روش IDW

بر اساس نقشه‌های تهیه شده با روش IDW، نقشه‌ای که فاقد ایستگاه گل‌مکان بود با مقدار $6/83$ خطا نتیجه‌ای را ارائه داد که به واقعیت (فشار ایستگاه) نزدیک‌تر بود و ایستگاه سرخس با مقدار $92/23$ اختلاف، کمترین میزان انطباق را با واقعیت نشان می‌دهد. از طرفی ریشه میانگین مربع خطا در بین روش‌های ده‌گانه میان‌بایی عدد $6/44$ را نشان می‌دهد که در بین این روش‌ها در جایگاه سوم قرار دارد.

نقشه تهیه شده با روش IDWGeo از مجموعه روش‌های زمین‌آمار نیز از نظر میزان ریشه میانگین مربع خطا با مقدار $6/75$ در بین ده روش از نظر کمترین خطا در رده ششم قرار گرفته است. در این روش نیز ایستگاه گل‌مکان با اختلاف $6/83$ کمترین مقدار اختلاف را نسبت به فشار واقعی نشان می‌دهد.



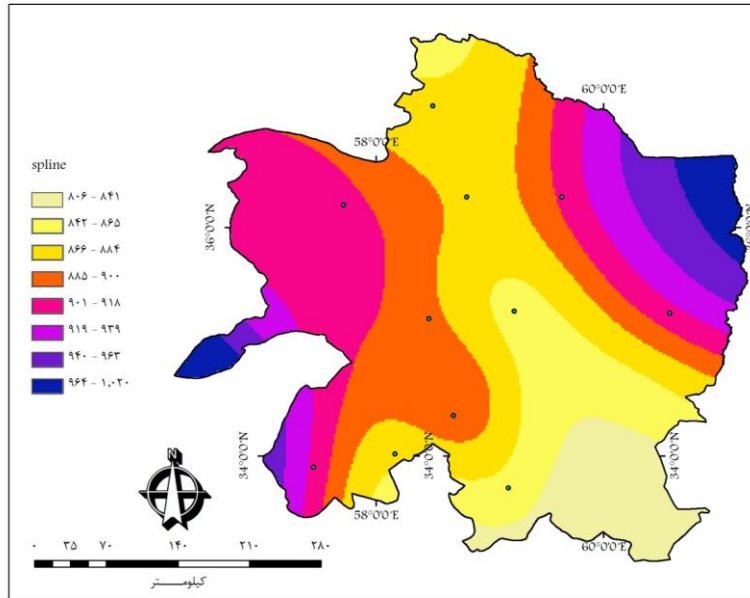
شکل شماره (۳) میانبایی فشار با روش IDW Geo

ب: میانبایی به روش Spline

در روش Spline ارزش یاخته‌ها بر اساس یک تابع ریاضی که میزان خمیدگی و انحناء کلی سطح را به حداقل می‌رساند محاسبه می‌گردد و یک سطح نرم و یکنواخت را ایجاد می‌نماید که دقیقاً از نظر ارزش از بین نقاط ورودی عبور می‌کند.

از نظر مفهومی این کار شبیه کشیدن یک صفحه به روی تعدادی نقطه نمونه برداری شده ورودی است بطوریکه مقدار انحناء و خمیدگی کلی سطح، در وضعیت حداقل مقدار ممکن باشد. در هنگام استفاده از این روش، یک تابع ریاضی، بر تعداد نقاط مشخص شده ورودی در حالی برآزش داده می‌شود که سطح ایجاد شده از آن، در بین نقاط نمونه برداری شده ورودی عبور نماید.

از مجموع نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش میانبایی Spline نقشه‌ای که فاقد ایستگاه تربت جام بود با ۳/۰۱ اختلاف مقدار فشار بهتری را نسبت به واقعیت نشان می‌دهد. ریشه میانگین مربع خطای بدست آمده در این روش با میزان ۶/۴۴ در بین روشهای هشت گانه استفاده شده در رده پنجم قرار گرفته که جایگاه مناسبی را نشان نمی‌دهد.



شکل شماره (۴) نقشه میانمایی به روش Spline

ج: میانمایی به روش Kriging

روشهای میانمایی Spline و IDW جز روشهای جبری محسوب می گردند. اما روش میانمایی Kriging جز روشهای زمین آمار است که مبتنی بر مدل‌های آماری شامل خودهمبستگی می باشند. فرمول مدل کریجینگ:

$$Z(s) = \mu + \epsilon(s) \quad (4)$$

در این فرمول $S=(X,Y)$ یک ایستگاه هواشناسی است، یک نمونه از موقعیت‌های نمونه برداری شده، $s=(1,5)$ است و $Z(s)$ مقدار آن در موقعیت است. مثلاً $Z(1,5)=100$. مدل، مبتنی بر میانگین ثابت μ برای داده‌ها (فاقد روند) و خطاهای $\epsilon(s)$ با وابستگی مکانی است. فرض بر این است که فرایند تصادفی $\epsilon(s)$ در اصل ایستا است. پیش‌بینی کننده، بعنوان مجموع وزن دار شده‌ای از داده‌ها شکل می گیرد.

$$(s)^n = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (5)$$

که در آن $Z(S_i)$ مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i ام است، مثلاً $Z(1,5)=100$ ، λ_i وزن مجهول برای مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i ام است، S_0 موقعیت پیش‌بینی است.

این مدل، مدل پیش‌بینی کننده‌ی یکسان و مشابهی با میانمایی IDW دارد. اما، در روش میانمایی IDW، وزن λ_i ، فقط به فاصله موقعیت نمونه برداری شده تا موقعیتی که قرار است پیش‌بینی صورت گیرد، وابسته است. در کریجینگ

معمولی، وزن λ_i ، به نیم‌پراش‌نگار، فاصله تا موقعیت پیش‌بینی و ارتباط‌های مکانی مابین مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی پیرامون موقعیت پیش‌بینی، وابسته می‌باشد.

زمانیکه برای چندین موقعیت، پیش‌بینی‌ها را ایجاد می‌کنیم، انتظار می‌رود برخی از پیش‌بینی‌ها بیشتر و برخی کمتر از مقادیر واقعی باشند. میانگین اختلاف‌های بین مقادیر پیش‌بینی ایجاد شده نارایب است. برای اطمینان از نارایی، مجموع وزن λ_i ها باید مساوی یک باشد. با استفاده از این محدودیت، باید نارایی را بازبینی و تأیید اعتبار کرد که تفاوت بین مقادیر واقعی، $Z(s_0)$ و پیش‌بینی کننده، $\sum \lambda_i Z(S_i)$ تا حد ممکن کوچک باشد. یعنی، حداقل کردن انتظار آماری از طریق فرمول زیر:

$$\left((s_0) - \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \right)^2 \quad (6)$$

که از معادلات کریجینگ بدست آمده است. با حداقل‌سازی انتظار آماری و با میانگین‌گیری، پیش‌بینی کننده‌ی کریجینگ، تا حد امکان مقداری نزدیک به مقدار مجهول را می‌دهد. با استفاده از راه‌حل حداقل‌سازی که توسط نارایی تحمیل شده است، معادلات کریجینگ را به صورت زیر ارائه می‌دهد:

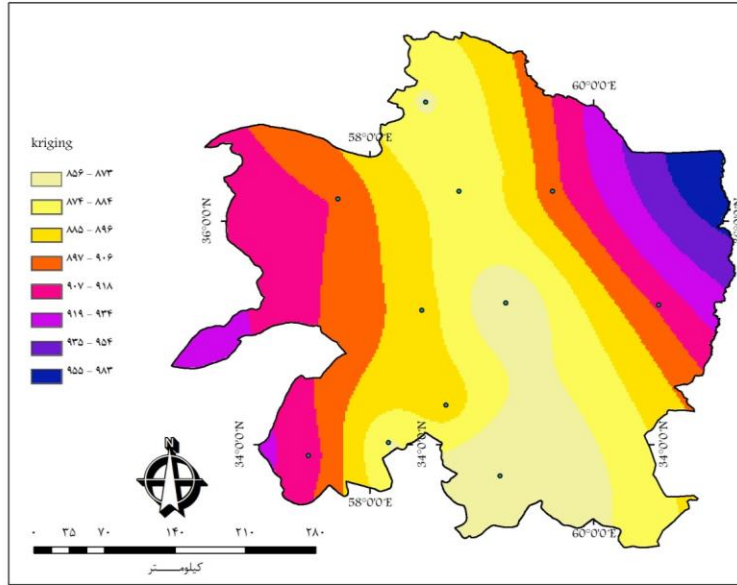
$$\Gamma \times \lambda = g \quad (7)$$

یا

$$\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1N} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{N1} & \cdots & \gamma_{NN} & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & . \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \\ m1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

هدف از حل این معادلات، بدست آوردن همه λ_i ها (وزن‌ها) است، بنابراین پیش‌بینی کننده با استفاده از معادله $\sum \lambda_i Z(S_i)$ می‌تواند شکل بگیرد.

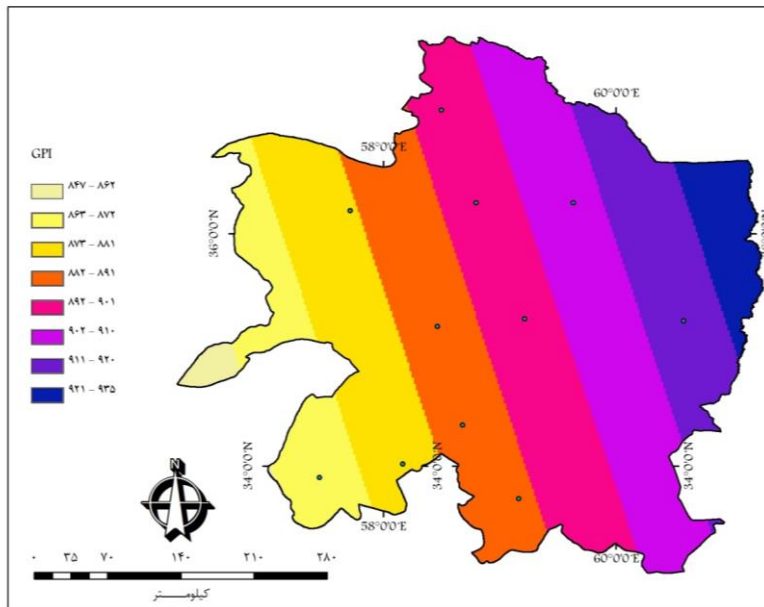
در بین ۱۳ نقشه تهیه شده با روش Kriging ایستگاه نیشابور با اختلاف ۰/۰۲ بیشترین انطباق مقدار فشار را نشان داد از طرفی بررسی صورت گرفته برای ریشه میانگین مربع خطاها این روش هشتمین رده میزان خطا را در بین روشهای ده گانه نشان داد.



شکل شماره (۵) نقشه میانمایی فشار با روش Kriging

د: میانمایی چند جمله ای عام^۱

میانمایی چند جمله ای عام سطح همواری را برازش می کند که با یک تابع ریاضی (یک چند جمله ای) برای نقاط نمونه برداری شده ورودی، تعریف می شود. سطح چند جمله ای عام به تدریج تغییر می کند و در داده ها، الگوی درشت مقیاس در نظر گرفته می شود.

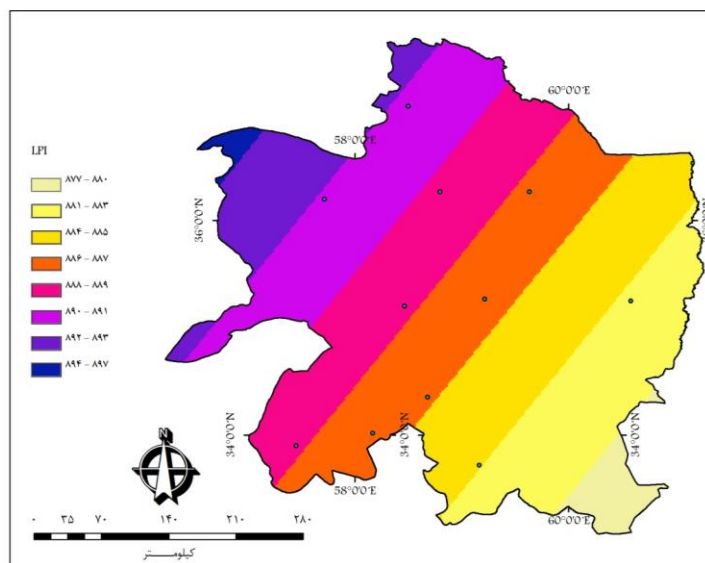


شکل شماره (۶) نقشه میانمایی فشار استان با روش GPI

در بررسی صورت گرفته در بین نقشه های حاصل از روش GPI ایستگاه مشهد با مقدار $3/69$ اختلاف بهترین نتیجه را نسبت به واقعیت نشان داد که بر اساس این روش میزان ریشه میانگین مربع خطاها نیز با $8/49$ نتیجه مناسبی را برای این پارامتر ارائه نداد.

هز میانمایی چندجمله ای محلی^{۱۱}

میانمایی به روش چندجمله ای عام، یک چندجمله ای را برای تمام سطح، برازش می کند. ولی در میانمایی به روش چند جمله ای محلی، چندین چندجمله ای معین در درون هر همسایگی همپوشانی شده برازش می شوند. در بررسی صورت گرفته در بین نقشه های حاصل از روش LPI ایستگاه سرخس با مقدار $99/96$ اختلاف بدترین نتیجه را نسبت به واقعیت نشان داد که بر اساس این روش میزان ریشه میانگین مربع خطاها نیز با $8/49$ بیشینه خطا را در بین روشها دارد.



شکل شماره (۷) نقشه میانمایی فشار برای استان با روش LPI

و: توابع پایه ی شعاعی^{۱۲}

روش های توابع پایه ی شعاعی (RBF)، یک سری از تکنیک های میانمایی دقیق اند، به عبارت دیگر، سطح باید از میان هر مقدار نمونه اندازه گیری شده، عبور کند. پنج تابع پایه ی متفاوت وجود دارد:

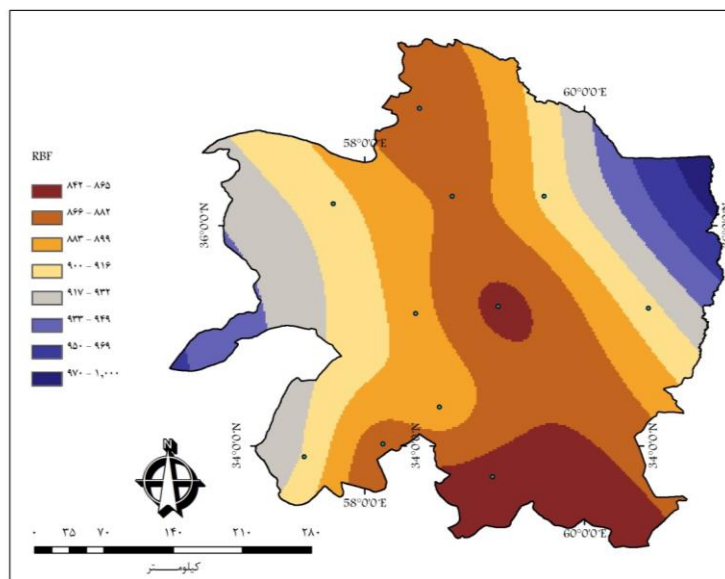
- Thin plate spline
- Spline with tension
- Completely regularized spline
- Multiquadric function

1. Local Polynomial Interpolation
1. Radial Basis Functions

Inverse multiquadric spline

هر تابع پایه، شکل و پی آمد مختلفی در یک سطح میانبایی متفاوت دارد. روشهای RBF شکلی از شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند. RBFها به صورت مفهومی و ادراکی، شبیه برآزش دادن غشاهای لاستیکی در میان مقادیر نمونه‌ی اندازه‌گیری شده هستند، حال آنکه انحناي کل سطح، حداقل سازی شود. تابع پایه‌ی شعاعی انتخاب شده چگونگی برآزش غشای پلاستیکی بین مقادیر را تعیین می‌کند. RBFها پیش‌بینی کننده‌های دقیقی هستند و با پیش‌بینی کننده‌های چند جمله‌ای عام و محلی که هر دو پیش‌بینی کننده‌های نادقیقی هستند و در آنها سطح مستلزم آن نیست که از میان نقاط اندازه‌گیری شده بگذرد، متفاوت‌اند. زمانیکه RBF را با روش IDW که پیش‌بینی کننده‌ی دقیق دیگری است، مقایسه می‌کنیم، IDW هرگز مقادیر بالای مقدار اندازه‌گیری شده‌ی بیشینه یا زیر مقدار اندازه‌گیری شده‌ی کمینه، پیش‌بینی نخواهد کرد. (موحدی، سلطانیان. ۱۳۹۰)

در بین روشهای میانبایی روش RBF با مقدار $6/12$ ریشه میانگین مربع خطا بعد از روش همبستگی بهترین روش را برای برآورد میزان فشار استان ارائه داده است.



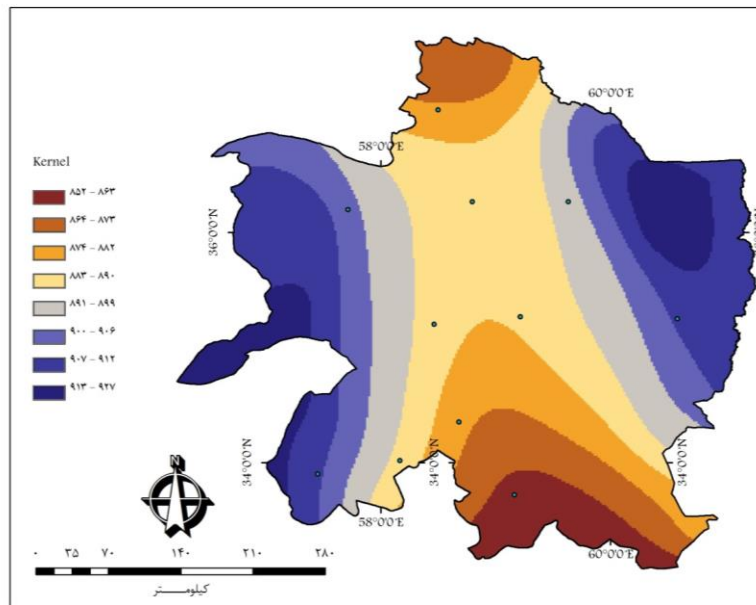
شکل شماره (۸) نقشه میانبایی با روش RBF

ز: میانبایی به روش کرنل^{۱۳}

میان بایی به روش کرنل یک نوع از روش میانبایی LPI مرتبه اول است که از بی ثباتی در محاسبات با استفاده از یک روش مشابه بکار رفته در رگرسیون خط الراسی برای برآورد ضرایب رگرسیونی جلوگیری می‌کند. برای میانبایی از روش کرنل خطی رتبه پنجم استفاده کردیم. محاسبه کرنل خطی رتبه پنجم به قرار زیر است:

$$1 - \left(\frac{r}{h}\right)^3 \left(10 - \left(\frac{r}{h}\right) \left(15 - 6 \left(\frac{r}{h}\right)\right)\right), \frac{r}{h} < 1 \quad (9)$$

که r بیانگر یک شعاع با یک مرکز از نقطه S است که به جای کرنل استوانه‌ای استفاده می‌شود. در عمل، انتخاب پهنای باند h اهمیت بیشتری نسبت به انتخاب تابع کرنل دارد. در بررسی صورت گرفته در بین نقشه‌های حاصل از روش Kernel ایستگاه مشهد با مقدار $0/43$ اختلاف بهترین نتیجه را نسبت به واقعیت نشان داد که بر اساس این روش میزان ریشه میانگین مربع خطاها نیز $6/89$ بوده است.



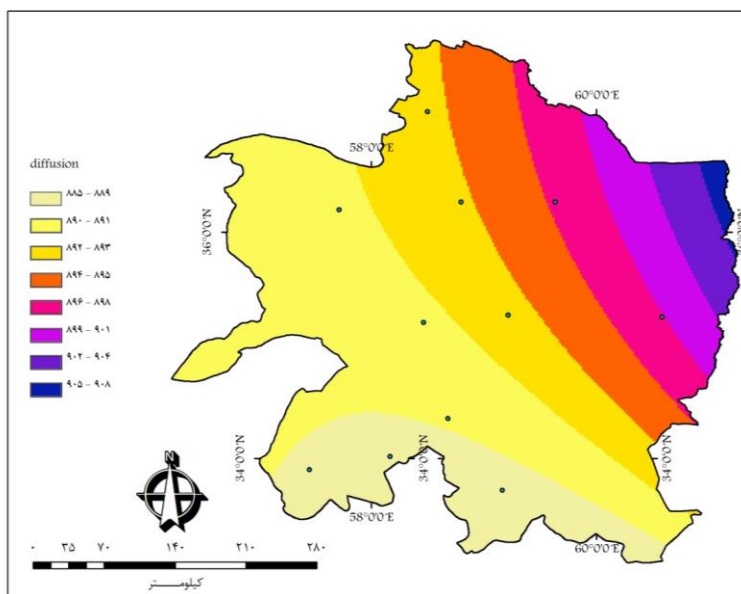
شکل شماره (9) نقشه تهیه شده بر اساس روش Kernel

ح: میانبایی افشانده^{۱۴}

میانبایی افشانده اشاره به راه حل اساسی معادله گرماست که توضیح می‌دهد که چگونه گرما یا ذرات با گذشت زمان در یک محیط همگن افشانده می‌شود. میانبایی در این روش مانند روش میانبایی گوسی از مجموعه کرنل است. میانبایی به روش افشانده به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$e^{-3\left(\frac{r}{h}\right)^2} \quad (10)$$

در بین نقشه‌های تهیه شده با روش افشانده نقشه فاقد ایستگاه کاشمر با میزان $0/3$ کمترین اختلاف را میزان فشار اصلی دارد. از طرفی ریشه میانگین خطای بدست آمده در این روش مقدار $6/5$ را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۱۰) نقشه تهیه شده بر اساس روش افشانه

ط: روش گرادیان ارتفاع با فشار

از آنجا که فشار تابعی از ارتفاع محل می باشد، می توان گفت به طور مستقیم فشار به ارتفاع نیز وابسته است. جهت تعیین معادله رگرسیون فشار و ارتفاع از روش رگرسیون خطی و به کمک نرم افزار Excel معادلات بدست آمد که در بخش نتایج به آن اشاره می شود.

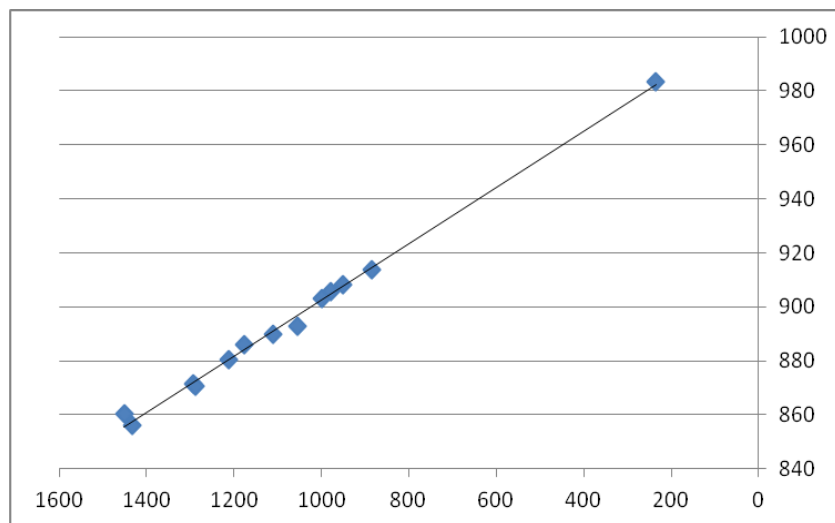
اساس این روش بر اساس تغییرات فشار با پارامتر ارتفاع به کمک محاسبه روابط رگرسیونی بین این دو پارامتر است. جهت انجام این روش لازم است مقدار ضریب همبستگی نیز بین این دو پارامتر تعیین و در صورت معنادار بودن نقشه آن تهیه گردد.

برای ترسیم نقشه فشار ابتدا رابطه همبستگی فشار ایستگاههای استان با ارتفاع آنها به کمک روابط رگرسیونی به شرح زیر بدست آمد:

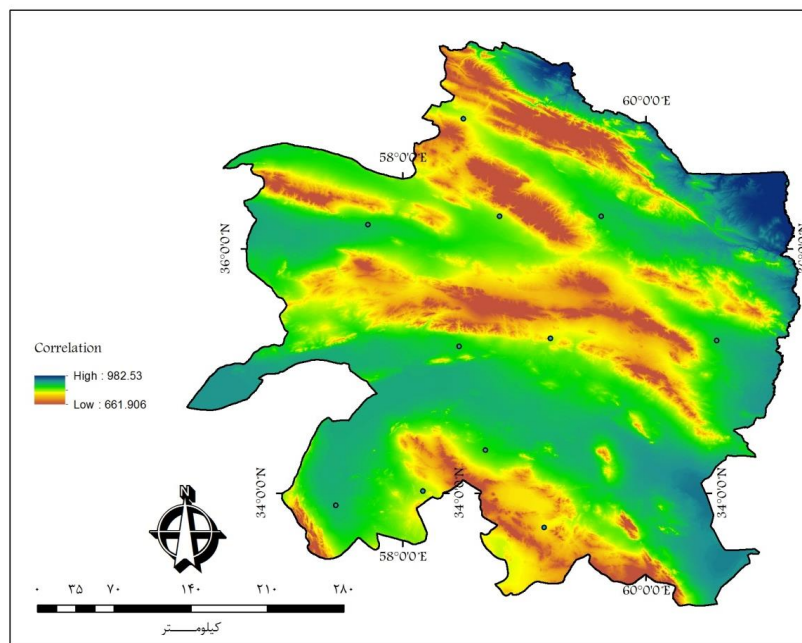
$$QFE = -0.1042H + 1006.6$$

$$R = 0.9978$$

به کمک رابطه فوق و نقشه DEM استان نقشه فشار منطقه بدست آمد.



شکل شماره (۱۱) همبستگی ارتفاع و فشار



شکل شماره (۱۲) نقشه حاصل از همبستگی ارتفاع و فشار

بر اساس نقشه تهیه شده در روش نهایی مقدار خطای ریشه میانگین مربعات $1/07$ برآورد گردید که در میان روشهای ده گانه جایگاه نخست را به خود اختصاص داده است. از طرفی ایستگاه گناباد با اختلاف $0/5$ نسبت به مقدار واقعی بیشترین واقعیت را در ارائه فشار نشان می دهد.

۳. محاسبه میزان میانگین مربعات خطای نقشه ها و مقایسه آنها :

جهت مقایسه میزان دقت نقشه های بدست آمده از هر روش ابتدا از بین ۱۳ ایستگاه به ترتیب یک ایستگاه حذف و نقشه فشار به روشهای فوق تهیه گردید سپس مقدار برآورد شده این ایستگاه از روی نقشه بدست آمد و با داده

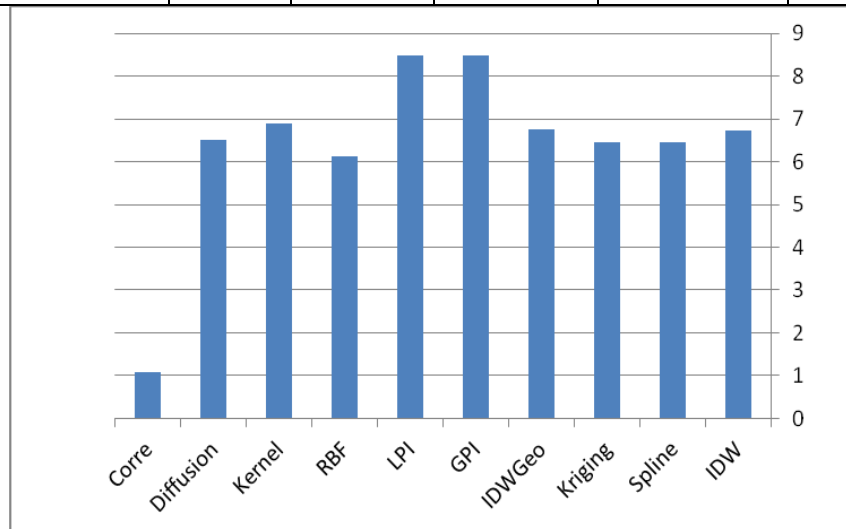
واقعی مقایسه شد این کار ۱۳ بار (برای هر ایستگاه) و به تعداد روشها (۱۰ بار)، یعنی ۱۳۰ بار انجام شد. از روی داده های برآورد شده نقشه و مقادیر واقعی و به کمک رابطه زیر مقدار شاخص RMSE بدست آمد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (o_i - e)^2}{n}} \quad (11)$$

همانگونه که در جدول شماره (۲) ملاحظه می شود از بین روشها، روش همبستگی پائین ترین میزان خطا و بالاترین خطا مربوط به روشهای LPI و GPI می باشد و نقشه فشار تهیه شده به روش همبستگی نشان می دهد فشار رابطه بسیار نزدیکی با ارتفاع دارد.

جدول شماره (۲) نتایج ارزیابی خطای حاصل از بکارگیری روشهای میانبایی و همبستگی

روشهای میانبایی	IDW	Spline	Kriging	IDWGeo	GPI
RMSE	۶/۷۳	۶/۴۴	۶/۴۴	۶/۷۵	۸/۴۹
روشهای میانبایی	LPI	RBF	Kernel	Diffusion	Corre
RMSE	۸/۴۹	۶/۱۲	۶/۸۹	۶/۵	۱/۰۷



شکل شماره (۱۳) نتایج ارزیابی خطای حاصل از بکارگیری روشهای میانبایی و همبستگی

۴. نتیجه گیری

جهت تعیین میزان فشار برای تک تک نقاط استان نیاز به استفاده از روشهای میان بایی است. در این پژوهش از روشهای میانبایی ده گانه جهت تعیین فشار سالانه استان استفاده گردید. با توجه به نتایج بدست آمده از بین روشهای دهه گانه مورد مطالعه، روش همبستگی با ۱/۰۷ مقدار خطا دقیق ترین نتیجه را نسبت به واقعیت نشان داد و روش LPI و GPI با مقدار ۸/۴۹ بیشترین میزان خطا را نسبت به واقعیت بیان می دارد.

منابع

- ۱- جعفری محمد، حسین محمد عسگری، محمد معظمی، مهدی بی نیاز، محمد طهمورث، (۱۳۸۷)، بررسی توزیع مکانی برخی از خصوصیات خاک با کاربرد روش های زمین آماری، زراعت و باغبانی، شماره ۸۰.
- ۲- حاجی هاشمی محمد رضا، مجید آتشگاهی، امیرحسین حمیدیان، (۱۳۸۹)، برآورد مکانی مولفه های کیفی آب های زیرزمینی با استفاده از روش های زمین آمار (مطالعه موردی دشت گلپایگان)، نشریه محیط زیست طبیعی، شماره ۴.
- ۳- ذکریاپور حسین، محمد موسوی روحبخش، علی امیری، محمد سعید حسین زاده، (۱۳۹۰)، استفاده از روش های زمین آماری در تخمین و درون یابی تخلخل و تراوایی مخازن نفتی، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، شماره ۲.
- ۴- رضایی مجتبی، ناصر دواتگر، خسرو تاجداری، بهروز ابولپور، (۱۳۸۹)، بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص های کیفی آب های زیرزمینی استان گیلان با استفاده از زمین آمار، نشریه آب و خاک، شماره ۵.
- ۵- سرمیدیان فریدون، روح الله تقی زاده مهرجردی، (۱۳۸۸)، بررسی کارایی روش های زمین آماری به منظور پهنه بندی برخی از ویژگی های خاک در منطقه اختر آباد، نشریه مرتع و آبخیزداری، شماره ۳.
- ۶- شهابی فر مهدی، مهدی کوچک زاده، محسن محمدزاده، سید مجید میر لطیفی، (۱۳۸۳)، استفاده از روش های زمین آماری در تعیین نیاز آبی چغندر قند در استان تهران، چغندر قند، شماره ۲۰.
- ۷- عساکره حسین (۱۳۸۶)، تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان
- ۸- عیوضی معصومه، ابوالفضل مساعدی (۱۳۹۰)، پایش و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان با استفاده از روش های زمین آماری، مرتع و آبخیزداری، شماره ۶۴.
- ۹- کاویانی محمدرضا، بهلول علیجانی، (۱۳۸۲)، مبانی آب و هواشناسی، چاپ نهم، انتشارات سمت.
- ۱۰- معروفی صفر، امین ترنجیبیان، حمید زارع ایبانه، (۱۳۸۸)، ارزیابی روش های زمین آمار جهت تخمین هدایت الکتریکی و PH زه آب های آبراهه ای دشت همدان -بهار، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، شماره ۲.
- ۱۱- مهدیان محمدحسین و همکاران (۱۳۷۹)، ارزیابی روشهای میانابیی برای برآورد بارندگی سالانه در حوضه مرکزی ایران، پژوهش و سازندگی، شماره ۴۸.
- ۱۲- مهرشاهی داریوش و یونس خسروی، (۱۳۸۹)، ارزیابی روش های میان یابی کریجینگ و رگرسیون خطی بر پایه مدل ارتفاعی رقومی جهت تعیین توزیع مکانی بارش سالانه (مطالعه موردی استان اصفهان)، برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره ۶۸.

- ۱۳- میثاقی فرهاد، کوروش محمدی، (۱۳۸۵)، پهنه بندی اطلاعات بارندگی با استفاده از روش های آمار کلاسیک و زمین آمار و مقایسه با شبکه های عصبی و مصنوعی، مجله علمی کشاورزی، شماره ۴.
- ۱۴- میرموسوی سید حسین، احمد فریدی، یونس خسروی (۱۳۸۹) تعیین بهترین روش زمین آمار جهت تخمین توزیع بارندگی با استفاده از GIS (مطالعه موردی اصفهان)، مجله فضای جغرافیایی، شماره ۳۰.

15- J.W. Einax, U. Soldt, Geostatistical and multivariate statistical methods for the assessment of polluted soils—merits and limitations, hemometrics and Intelligent Laboratory Systems, Volume 46, Issue 1, 15 February 1999, Pages 79-91.

16- V Teles, F Delay, G de Marsily, Comparison of genesis and geostatistical methods for characterizing the heterogeneity of alluvial media: Groundwater flow and transport simulations, Journal of Hydrology, Volume 294, Issues 1–3, 15 July 2004, Pages 103-121.

17- Bill X Hu, Jiang Xiaowei, Wan Li, Integration of Tracer Test Data to Refine Geostatistical Hydraulic Conductivity Fields Using Sequential Self-Calibration Method, Journal of China University of Geosciences, Volume 18, Issue 3, September 2007, Pages 242-256.

18- B. Ortuani, A geostatistical approach to an inverse problem: Identification of geometry and estimate of equivalent conductivities for highly heterogeneous porous media with the differential system method, Advances in Water Resources, Volume 30, Issue 4, April 2007, Pages 772-793.

19- Qingmin Meng, Chris Cieszewski, Marguerite Madden, Large area forest inventory using Landsat ETM+: A geostatistical approach, SPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 64, Issue 1, January 2009, Pages 27-36.