مقایسه روش های مختلف زمین آمار در تهیه نقشه هم بارش در استان ایلام

حمید رضا مرادی[۱]*، احسان شریفی‌مقدم[۲]، رضا امیدی پور[۳]

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۷

چکیده

با توجه به تغییر قابل ملاحظه بارندگی در مکان از یک سو و کم بودن ایستگاه‌های باران‌سنجی برای ثبت میزان بارندگی از سوی دیگر، ضرورت همبستگی مدل‌های تخمین بارندگی در مکان اجتناب‌ناپذیر است. هدف از انجام این تحقیق مقایسه روش‌های زمین‌آماری کریجینگ (Kriging)، کوکریجینگ (Cokriging) و معکوس وزنی فاصله (IDW) در تهیه نقشه هم‌بارش می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق استان ایلام در غرب کشور است.برای تهیه نقشه‌های هم‌بارش در منطقه مذکور از آمار مربوط به ۹۷ ایستگاه در سطح استان استفاده شد. از میان متغیرهای کمکی برای روش کوکریجینگ از داده‌های ارتفاعی ایستگاه‌ها که دارای بیشترین همبستگی با میزان بارش بود، استفاده شد. پس از تعیین ساختار مکانی داده‌ها، به کمک نرم افزار ArcGIS نقشه هم‌بارش با روش‌های مذکور تهیه گردید. دراین تحقیق برای ارزیابی روش‌های مذکور از معیارهای خطای استاندارد (SE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)و ضریب تبیین (R^2) استفاده گردید. بر اساس نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی، روش کریجینگ با کمترین ریشه میانگین مربعات خطا و بالاترین ضریب تبیین، به ترتیب ۹۳/۹ و ۰/۴۱۴دقیق ترین روش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ArcGIS، کریجینگ، کوکریجینگ، معکوس فاصله وزنی، استان ایلام

Archive of SID

[۱]- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و نیروی دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

* نویسنده مسئول: Email: hrmoradi@modares.ac.ir

[۲]- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و نیروی دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

[۳]- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی و نیروی دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

www.SID.ir

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل مورد استفاده در مطالعات منابع طبیعی، مقدار متوسط بارش منطقه‌ای است (۲۴). روش‌های مختلفی برای برآورد مقدار بارش وجود دارد که از جمله می‌توان به روش‌های زمین‌آماری[۱] اشاره نمود. روش‌های زمین‌آماری به دلیل در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها، از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

در بررسی‌های آمار کلاسیک نمونه‌هایی که از کل جامعه به منظور شناخت آن برداشت می‌شوند، فاقد بعد مکانی بوده و در نتیجه هیچ گونه اطلاعاتی در مورد مقدار همان کمیت در نمونه‌گیری به فاصله معین و معلوم در بر نخواهد داشت. در حالی که در زمین‌آمار علاوه بر مقدار یک کمیت در یک نمونه، موقعیت مکانی نمونه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد (۱۴). به فرآیند برآورد ارزش‌های کمی برای نقاط فاقد داده به کمک نقاط مجاور و معلوم (که با نام پیمونگاه، نمونه و یا مشاهده مرسوم‌اند) میان‌یابی می‌گویند. این فرآیند به دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و ضرورت تدوین نقشه از کل یک پهنه به منظور تهیه نقشه‌های هم ارزش (هم‌باران، هم‌دما و ...) انجام می‌گیرد (۵).

روش‌های مختلفی برای برآورد داده‌های مکانی وجود دارد که از معمول‌ترین این روش‌ها می‌توان به میانگین حسابی، گرادیان، روش تیسن و روش هیپسومتریک اشاره نمود (۱۲). اگرچه محاسبات این روش‌ها سریع و آسان است، ولی دارای معایبی نیز می‌باشند که گاهی منجر به ارائه نتایج غیر قابل قبول و با دقت کم می‌گردند. Corwin *et al* (1992) اشاره نموده‌اند که اشکالات روشهای ذکر شده، ضرورت استفاده از روش‌های زمین‌آماری را مطرح می‌نماید. در این رابطه، روش‌های زمین‌آماری مانند تخمین‌گرهای آماری ناپارامتری نظیر میانگین متحرک وزن‌دار و یا روش‌های پارامتری زمین‌آماری نظیر کریجینگ و کوکریجینگ مطرح می‌باشد (۶).

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه میان‌یابی داده‌های اقلیمی در جهان و ایران صورت گرفته است. Goovaerts (2000) از بین روش‌های عکس مجذور فاصله، رگرسیون خطی با ارتفاع، تیسن و کریجینگ برای میان‌یابی بارندگی و دمای سالانه منطقه‌ای در کشور پرتقال، روش کریجینگ ساده را در مقایسه با دیگر روش‌های یاد شده مناسب‌تر دانسته است.Meul و VanMervenne (2003) برای تهیه نقشه سیلت خاک در بلژیک از روش‌های کرجینگ معمولی، کرجینگ وسیع[۲]، کریجینگ ساده و کوکرجینگ استفاده کردند و نتیجه گرفتند که کریجینگ وسیع با کمترین میزان خطای تخمینی دقیق‌ترین روش می‌باشد. Sokoti *et al.*, (2006) با استفاده از روش‌های زمین آماری را برای پیش‌بینی پراکنش شوری خاک مورد استفاده قرار دادند و نشان دادند که روش کریجینگ با مدل گوسین روشی دقیق برای پیش‌بینی شوری در جایی هیچ گونه داده کمکی دیگروجود ندارد، می‌باشد et al

۱-Geostatistica

2- Comprehensive Kriging

Archive of SID

www.SID.ir

Sarmadian (2010) با مقایسه روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در تهیه نقشه کلسیم سطحی خاک، نشان دادند که روش کوکریجینک با ضریب تبیین بالاتر و ریشه میانگین مربعات خطای (RMSE) کمتر نسبت به روش کریجینگ دقیق‌تر می‌باشد. Ly *et al.*, (2011) با استفاده از روش‌های زمین آماری میزان بارش روزانه در مقیاس حوزه‌های آبخیز در بلژیک را درون‌یابی کردند و دریافتند که روش‌های کریجینگ با انحراف خارجی[1] (KED) و روش کوکریجینگ معمولی دقت درون‌یابی بارش روزانه را افزایش نداده و در مقابل روش‌های کرجینگ معمولی و IDW با کمترین میزان ریشه میانگین مربعات خطا دقیق ترین روش می‌باشند.

در ایران نیز Mahdavi *et al.*, (2004)، سه روش میان‌یابی کریجینگ (معمولی و کوکریجینگ)و کریجینگ با یا بدون متغیر کمکی را در برآورد توزیع مکانی بارش سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران مقایسه و نشان دادند که روش کریجینگ با متغیر کمکی ارتفاع مناسب‌ترین روش تخمین بارندگی سالانه است. Solaemani *et al.*, (2011) به تحلیل منحنی‌های عمق-سطح–تداوم بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از دو روش میان‌یابی کریجینگ و معکوس وزنی فاصله در منطقه کفه نمک سیرجان پرداختند. نتایج این ارزیابی نشان داد که روش کریجینگ در تعیین متوسط بارندگی بر روش معکوس وزنی فاصله ارجحیت دارد. MehrShahi & Khosravi (2008) روش های کریجینگ و رگرسیون خطی بر پایه نقشه قومی ارتفاع برای استان اصفهان مورد ارزیابی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که تابع رگرسیونی کسینوسی برای میان‌یابی بارش در استان اصفهان مناسب می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه روش‌های زمین‌آماری کریجینگ (Kriging)، کوکریجینگ (Cokriging) و معکوس وزنی فاصله (IDW) در تهیه نقشه هم‌بارش در استان ایلام می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

موقعیت منطقه:

استان ایلام با وسعتی معادل ۲۰۱۵۰ کیلومتر مربع که حدود ۱/۲ درصد کل مساحت کشور می‌باشد در غرب سلسله جبال زاگرس و در موقعیت جغرافیایی ´۲۴ و °۴۵ تا ´۱۰ و °۴۸ طول شرقی و ´۵۸ و °۳۱ تا ´۱۵ و °۳۴ عرض شمالی واقع گردیده است. استان ایلام از نظر شرایط اقلیمی جزء مناطق گرمسیری محسوب می‌گردد ولی به‌دلیل وجود ارتفاعات و اختلاف درجه حرارت و بارندگی در بخش‌های شمالی، جنوبی و غربی آن می‌توان از نظر اقلیمی، مناطق سردسیری، معتدل و گرمسیری را در این استان مشاهده نمود. میانگین بارندگی سالانه استان ایلام ۶۷۴ میلیمتر و میانگین دمای سالانه ۲۳ درجه سانتی گراد می‌باشد (۱۷). شکل۱ موقعیت استان و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح استان را نشان می‌دهد.

[1]- Kriging with an External Drift

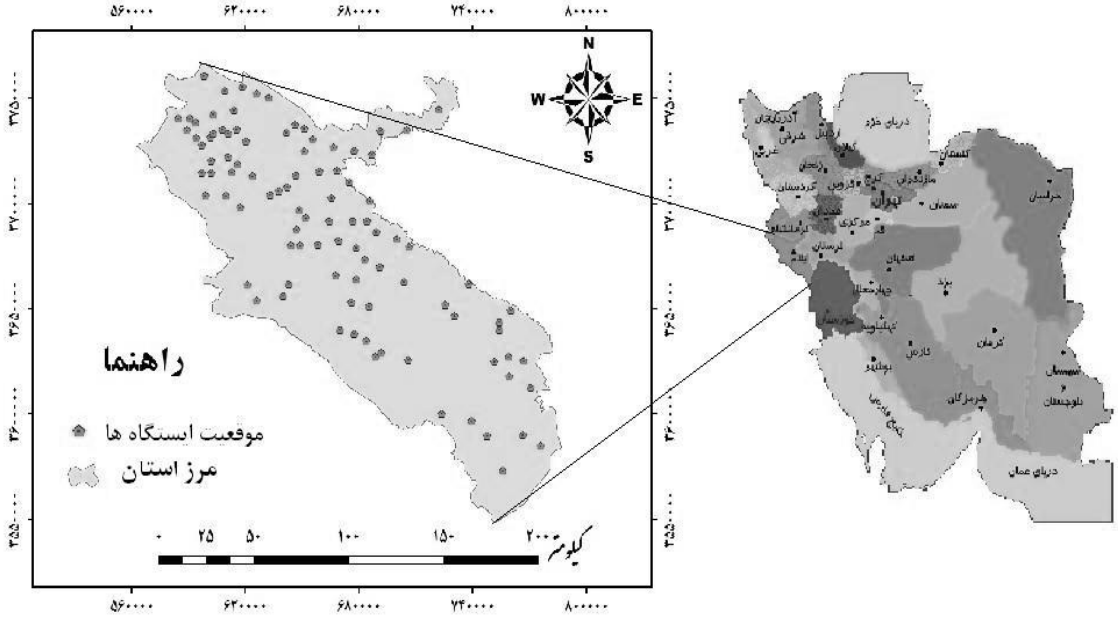
Archive of SID

www.SID.ir

در این تحقیق برای اجرای مدل‌های زمین‌آماری کریجینگ و معکوس وزنی فاصلهاز داده‌های بارش ۱۳ ساله مربوط به ۹۷ ایستگاه (شامل ۸۶ ایستگاه باران سنجی، ۹ ایستگاه سینوپتیک و ۲ ایستگاه اقلیم‌شناسی) استفاده گردید. برای مدل کوکریجینگ علاوه بر داده-های بارش از داده‌های ارتفاع منطقه نیز استفاده شد. جدول۱ ویژگی‌های آماری دو متغیر مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

روش کار:

در این تحقیق برای درون‌یابی نقشه بارش استان ایلام، آمار ۹۷ ایستگاه تهیه و سپس نرمال بودن آنها بررسی گردید. کلیه داده‌ها از نظر نرمال بودن با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس برای تعیین ساختار مکانی داده‌ها و بهترین مدل قابل استفاده، مشخصات واریوگرام داده‌ها استخراج گردید. بررسی مشخصات و ترسیم واریوگرام با استفاده از نرم افزار GS+ انجام پذیرفت. سپس برای ترسیم نقشه‌های هم‌بارش، داده‌ها به نرم‌افزار ArcGIS انتقال و مدل‌های مورد نظر اجرا شدند. در مرحله آخر برای تعیین دقت روش‌های درون‌یابی از معیارهای ارزیابی خطای استاندارد(SE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده گردید.



شکل ۱- موقعیت استان ایلام بر روی نقشه و پراکنشایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح استان

www.SID.ir

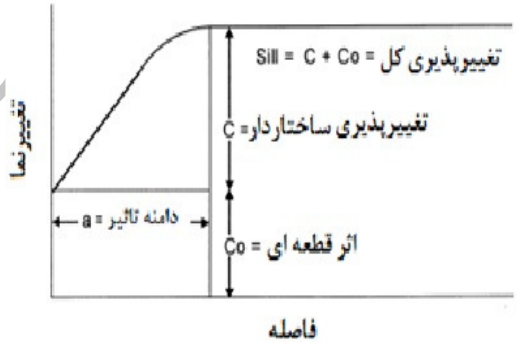
جدول۱- مشخصات آماری داده‌های مورد استفاده

نوع داده	تعداد	میانگین	میانه	مد	حداکثر	حداقل	چولگی	دامنه تغییرات	انحراف معیار	sig
بارش سالانه (mm)	۹۷	۴۴۲/۸	۴۵۰/۱	۱۸۰	۸۲۵	۱۸۰	۰/۱۲۰	۶۴۶	۱۲/۸۶	۰/۰۳۰*
ارتفاع (m)	۹۷	۸۵۷/۹	۹۱۶	۹۰۳	۱۶۴۲	۱۰۲	-۰/۳۷۳	۱۵۴۰	۳۷/۴۴	۰/۰۰۲*

*سطح معنی داری ۵ درصد

مشخصات واریوگرام:

هدف اصلی از محاسبه واریوگرام شناخت توان تغییرپذیری متغیر نسبت به فاصله مکانی یا زمانی می‌باشد. برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله معلومh از یکدیگر قرار دارند محاسبه و در مقابل h رسم شود(۱۰). شکل۲ نمایی از یک نیم تغییرنما را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمونه‌ای از یک تغییر نما را به همراه مولفه-های آن اثر قطعه‌ای آستانه (C_0)، حدآستانه (C) و دامنه تاثیر (a) نشان می‌دهد.

اثر قطعه‌ای[1]

مقدار واریوگرام در مبدا مختصات یعنی به ازای h=0 را اثر قطعه‌ای (C_0) می‌نامند(شکل۲). اثر قطعه‌ای در حالت ایده آل باید صفر باشد، اما در بیشتر مواقع بزرگتر از صفراست(۱۰). جدول۲ ویژگی‌های واریوگرام هر کدام از داده‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.

سقف یا آستانه واریوگرام[2]:

به مقدار ثابتی که واریوگرام در دامنه تاثیر به آن می‌رسد، آستانه گفته می‌شود که برابر با واریانس تمام نمونه‌هایی است که در محاسبه تغییرنما به کار رفته اند(۱۰).

دامنه تاثیر[3]:

فاصله‌ای که در آن واریوگرام به حد ثابتی می-رسد و به حالت افقی نزدیک می‌شود، دامنه یا شعاع تاثیر (R) نامیده می‌شود(شکل ۲). این دامنه محدوده‌ای را نشان می‌دهد که می توان از داده‌های موجود در آن برای تخمین مقدار مجهول استفاده کرد(۱۰).

کریجینگ[4]:

کریجینگ یک روش تخمین زمین‌آماری است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد. می‌توان گفت این روش، بهترین

[1]-Nuget Effect

[2]-Sill
[3]-Range of Influence
4-Kriging

Archive of SID

www.SID.ir

تخمینگر خطی نااریب[1] است و در قالب رابطه۱بیان می‌شود:

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} W_i Z(X_i) \qquad (۱)$$

در این رابطه : Z^* مقدار مکانی برآورد شده، $Z(X_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه X_i و W_i وزن آماری است که به نمونه X_i نسبت داده می‌شود و بیانگر نقطه iام در برآورد است(۱۱). شرط استفاده از این روش نرمال بودن داده‌ها می‌باشد.

کوکریجینگ[2]:

همان‌طورکه درآمار کلاسیک روش‌های چند-متغیره برای تخمین وجود دارد، در زمین‌آمار نیز می‌توان به روش کوکریجینگ و براساس همبستگی بین متغیرهای مختلف مقادیر مجهول را تخمین زد. این خصوصیت می‌تواند باعث دقت بیشتر تخمین‌ها گردد (۸). از نظر تئوریک کو کریجینگ با کریجینگ تفاوتی ندارد.سیستم معادلاتی کوکریجینگ را می‌توان به هر تعداد متغیر ثانویه تعمیم داد. این روش به دلیل وجود همخطی[3] بین متغیرهای کمکی عاری از ایراد نیست. لذا تنها زمانی که بتوان همخطی را کشف و حذف نمود از این روش استفاده می‌شود(۲) و بر اساس رابطه ۲ محاسبه می‌گردد(۱۸):

(۲)

$$Z(x_0)\sum_{i=1}^{n}\lambda_{1j}z_2(x_i) + \sum_{j=1}^{m}\lambda_{2j}z_2(x_j)$$

که در آن $Z_2(X_i)$: متغیر مکانی کمکی، $Z_1(X_i)$: متغیر مکانی اصلی، $Z(X_0)$: مقدار نامعلوم متغیر در نقطه X_0، m و n به ترتیب برابر با تعداد نقاط نمونه برداری متغیرهای اصلی و فرعی، λ_{1i} و λ_{2j} : عبارتند از وزن‌های آماری داده شده به متغییر اصلی و کمکی می‌باشند.

معکوس وزنی فاصله[4] (IDW):

در این روش مدل بر اساس نقاط همسایه برازش داده و تولید می‌شود و به نقاط مجاور بر اساس نسبت فاصله آن‌ها از نقطه مجهول وزن خاصی اختصاص می‌یابد. در حقیقت نوعی میانگین‌گیری وزن‌دار صورت می‌گیرد. مقدار تخمینی در این روش از رابطه ۳ به‌دست می-آید (۱):

$$Z_{X0} = \frac{\sum_{i=1}^{\alpha} Z_{Xi} d_i^{-a}}{\sum_{i=1}^{\beta} d_i^{-a}} \qquad (۳)$$

که در آن Z_{X0}: مقدار تخمینی متغییر z در نقطه X_0، Z_{X1} : مقدار نمونه در نقطه X_I،d_i: فاصله نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین و : α ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می-کند.

ارزیابی صحت:

روش‌های مختلف میان‌یابی بر اساس روش ارزیابی متقابل[5] بررسی می‌گردند.در این روش یک نقطه به صورت موقت حذف و با اعمال میان‌یابی مورد نظر، مقدار آن نقطه برآورد و سپس مقدار حذف شده به جای خود بازگردانده شده و این برآورد برای بقیه نقاط به صورت جداگانه صورت می‌گیرد. در پایان جدولی با دو ستون به دست می‌آید که نشان دهنده مقادیر واقعی و برآورد شده هستند. با

[1]-Best Linear Unbiased Estimator
[2]-Cokriging
[3]-Colinearity
[4]-Inverse Distance Weight
[5]-Cross-Validation

Archive of SID

www.SID.ir

داشتن این دو مقدار می‌توان دقت مدل را برآورد کرد. هر چه مقدار برآورد شده به صفر نزدیک‌تر باشد مدل درست‌تر است (۱۵).

جدول۲- مشخصات واریوگرام داده‌های مورد استفاده در درون‌یابی

متغیر	اثر قطعه (C_o)	سقف (C_o+C)	دامنه تاثیر (a)	کلاس وابستگی مکانی (C/C_o +C)	همبستگی	بهترین مدل
بارندگی	۸۶۶۰	۳۸۴۲۰	۳۶۶۸۰۰	۰/۷۷۵	۰/۸۸	نمایی
بارندگی× ارتفاع	۷۳۰۰	۷۵۷۰۰	۳۰۷۸۰۰	۰/۹۰۴	۰/۹۲	کروی

در این تحقیق از معیارهای خطای استاندارد[1] (SE)، ریشه میانگین مربعات خطا[2](RMSE) و ضریب تبیین[3] (R^2) که به‌ترتیب با روابط ۵، ۶ و ۷ بدست می‌آیند، استفاده گردید.شاخص خطای استاندارد با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردید (۴):

$$SE = \frac{Sx}{\sqrt{n}} \qquad (۵)$$

که در آن SE خطای استاندارد، Sx انحراف استاندارد نمونه‌ها و n تعداد نمونه‌ها می‌باشد.ریشه میانگین مربعات خطا با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می گردد:

(۶)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Z(X_i) - \left(Z^*(X_i)\right)\right)^2}$$

که در آن Z(Xi) مقدار مشاهداتی در نقطه Xi و Z*(Xi)،Xi مقدار برآوردی در نقطه Xi و n تعداد نمونه می‌باشد (۳). بر اساس این رابطه هر چه میزان ریشه میانگین مبعات خطا به صفر نزدیکتر باشد داده‌های برآوری از دقت بیشتری برخوردار هستند (۹). برای محاسبه ضریب تبیین داده‌ها از رابطه ۷ استفاده گردید (۳):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - T_t)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_m)^2} \qquad (۷)$$

که در آن که در آن O_i مقدار مشاهداتی، Om میانگین مقدار مشاهداتی و T_t مقدار تخمینی یا برآوردی می‌باشد. ضریب تبیین ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه رابطه یک متغیر کمی با متغیر کمی دیگر است. این ضریب بین ۱ تا ۱- است و در عدم وجود رابطه بین دو متغیر، برابر صفر است.

نتایج:

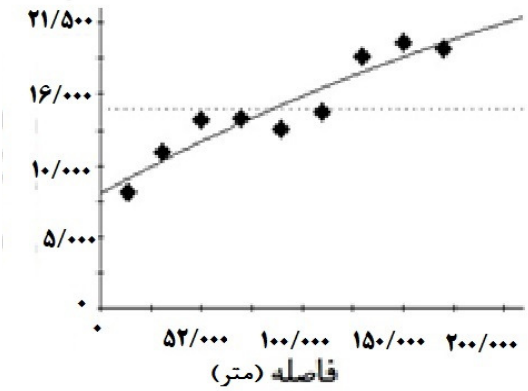
ابتدا آمار مورد نظر تهیه وبرای تعیین کلاس وابستگی مکانی،واریرگرام بارندگی و واریوگرام بارندگی-ارتفاع رسم و بهترین مدل قابل استفاده در نرم افزار GS+ انجام تعیین گردید. شکل ۳و۴ نمودارهای حاصل از واریوگرام بارندگی و بارندگی-ارتفاع را نشان می‌دهد.پس از تعیین نوع مدل، داده‌ها به نرم‌افزار ArcGIS انتقال و مدل‌های مورد نظر اجرا و از آنها خروجی تهیه گردید. شکل‌های ۵ تا ۷ خروجی حاصل از سه روش درون‌یابی را نشان می‌دهد. پس از تهیه نقشه هم‌بارش منطقه با روش‌های مورد نظر برای تعیین صحت از شاخص‌های خطای استاندارد(SE)،ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) وضریب همبستگی (R^2) و

[1]-Standard Error
[2]-Root Meansquare Error
[3]- Correlation Coefficient

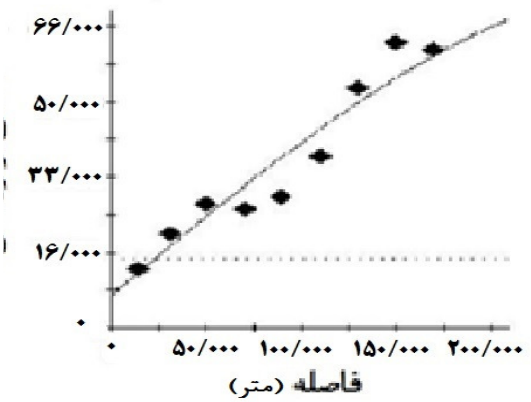
Archive of SID

www.SID.ir

استفاده شد. جدول ۳ نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های مختلف زمین‌آماری را نشان می‌دهد.



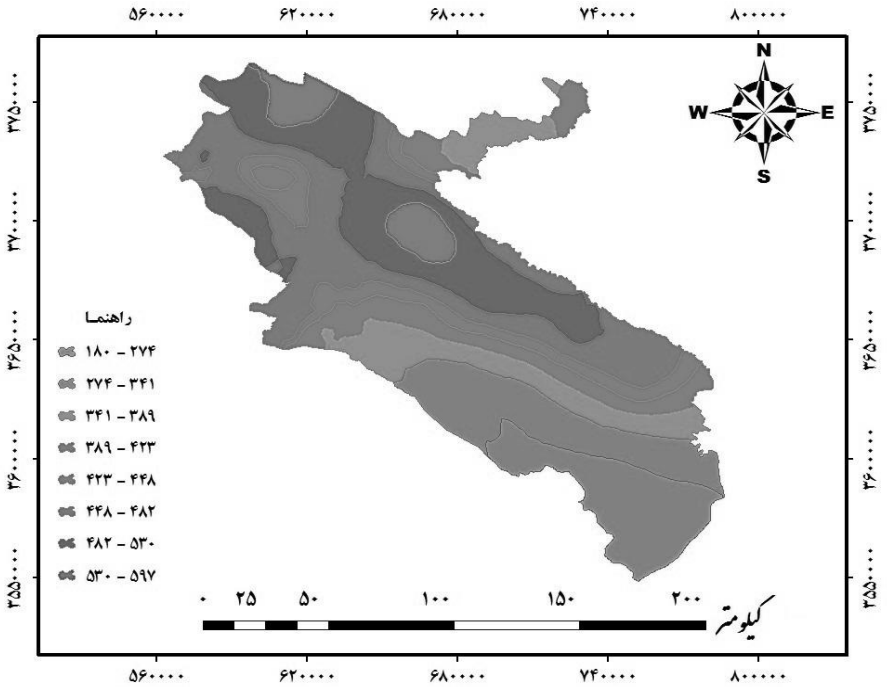
شکل۳- واریوگرام بارندگیمنطقه



شکل۴- واریوگرام متقابل بارندگی و ارتفاع منطقه

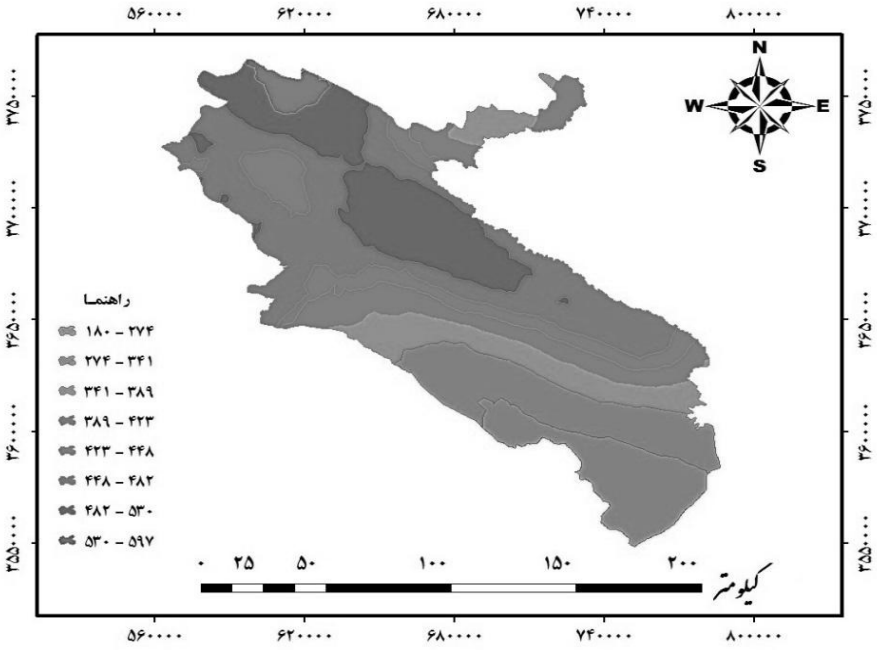
جدول۳- نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های درون یابی مورد استفاده

روش درون‌یابی	خطای استاندارد(SE)	ضریب همبستگی (R^2)	RMSE
کریجینگ	۰/۱۴۳	۰/۴۱۴	۹۳/۹
کوکریجینگ	۰/۱۰۲	۰/۳۷۱	۹۷/۳
IDW	۰/۱۷۱	۰/۳۸۹	۹۵/۹

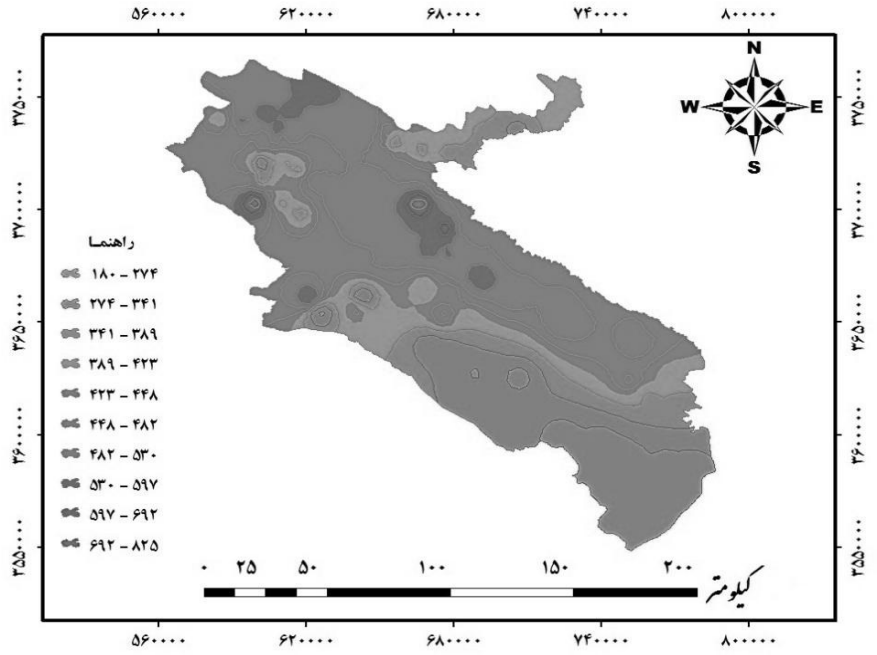


شکل۵- نقشه هم‌بارش استان ایلام تهیه شده با روش کریجینگ با استفاده از داده‌های بارندگی

www.SID.ir



شکل ۶- نقشه هم‌بارش استان ایلام تهیه شده با روش کوکریجینگ با استفاده از داده‌های بارندگی- ارتفاع



شکل۷- نقشه هم بارش استان ایلام تهیه شده با روش معکوس وزنی فاصلهبا استفاده از داده‌های بارندگی

بحث و نتیجه‌گیری:

تحقیق حاضر درچهارمرحله شامل تهیه داده، بررسی کلاس وابستگی مکانی، درون‌یابی و ارزیابی انجام پذیرفت. در مرحله اول داده‌های بارش (داده بارش و ارتفاع برای روش کوکریجینگ) منطقه با دوره‌ی آماری یکسان تهیه گردید. در مرحله دوم کلاس وابستگی مکانی داده‌ها بررسی گردید. در مرحله سوم با

www.SID.ir

استفاده از روش‌های مختلف اقدام به درون‌یابی و تهیه نقشه بارش شد. در مرحله چهارم برای ارزیابی نقشه‌های تولید شده از شاخص‌های ارزیابی استفاده گردید. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که روش کریجینگ با توجه به میزان ریشه مربعات خطا و ضریب همبستگی از دیگر روش‌ها دقیق‌تر است. Mahdavi *et al.*, (۲۰۰۴)، Azizi &Farajisabokbar (2004)، Solaemani *et al.*, (2011) نیز در تحقیقات خود بر دقت بیشتر روش کریجینگ نسبت به سایر روش‌های درون یابی تاکید کردند. MehrShahi & Khosravi, (2008) در تحقیقات مشاهده کردند که روش رگرسیون خطی بر پایه مدل ارتفاعی‌رقومی (DEM) دقیق‌تر از کریجینگ می‌باشد. همچنین این محققان در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (۹، ۱۹، ۲۲ و ۲۴).

پس از روش کریجینگ روش‌های معکوس وزنی فاصله و کوکریجینگ از دقت بیشتری برخوردار بودند. یکی از دلایل بدست آمدن این نتایج استفاده از تعداد نقاط نمونه زیاد (۹۷ ایستگاه) می‌باشد. در صورتی که تعداد نقاط کمتر از ۳۰ باشد روش بهینه و دقیق، امثال روش معکوس وزنی فاصله خواهد بود. از طرفی روش کریجینگ زمانی بهترین نتیجه را خواهد داشت که داده‌ها از پراکنش نرمال برخوردار باشند.

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق و سایر تحقیقات مشابه، پیشنهاد می‌گردد در تهیه نقشه‌های هم‌بارش و به کارگیری روش‌هایزمین‌آماری در صورتی که داده‌های نرمال و کافی در اختیار باشد، از روش کریجینگ استفاده گردد.همچنین برای ارزیابی روش‌های درون‌یابی ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) با توجه به منابع مختلف (۹، ۲۲ و ۲۴) روش مناسبی است.

References:

1.-Adab auli, Kh., S. Nikmehr ,& A.Liaghat, 2009. Evaluation of different spatial estimating one stimating soil salinity, pH and CaCO3 percentage (Case study of Boukanregion). Journal of Water and Soil 23:46-54.

2-Asakareh, H., 2005. Modeling spatial variations of climate, Geographical Research. 74:193-212.

3-Basistha, A., D.S. Arya,& N.K.Goel, 2008. Spatial Distribution of Rainfall in Indian Himalayas – A case study of Uttarakhand Region, Water Resource Management. 22:1325–1346.

4-Bihamta, M.R.,&ZareChahouki, M.A.2008. Principles of Statistics for the Natural Resource Science.University of Tehran Press.2Edition, 300p.

5-Chang, K.T., 2004. Introduction to Geographic Information System.2nd edition.McGrow hill. New York. 450 p.

6-Corwin, D.L., M. Sorensen & J.D.Rhoades, 1992. Using GIS to locate salinity on irrigated soils. Proc. 8th Conf. Computing in Civil Engineering in Conjunction with A/E/C system ‘92, TCCP/ASCE-Dallas, TX, June 7-9, pp. 468-485.

7-Farajisabokbar, H., &Gh.Azizi, 2004. Evaluation the accuracy of spatial interpolation methods. Journal of pajohesh and Joghrafia.58 : 1-15.

8-Ghanbari, T.F., 2011. Using Geostati-stical in Estimating Spatial Variability of Yeild, Density and Canopy Cover Percentage of Artemisia aucheriBoiss in Baladeh Rangelands.Master of Science Thesis.Tarbyat modares University. 124 p.

Archive of SID

www.SID.ir

9-Goovaerts, P., 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. Journal of Hydrology. 228: 113–129.
10-Hoseinipak, A.A., 1997. Geostatistic, Tehran university press.First Ed. 1014p.
11-Hoseinipak, A.A., 2000. Exploratory Data Analysis.FirstEdition. 330p.
12-Hosseini, E., J. Gallichand,&J. Caron.1993. Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in southwest Iran.Transactions of American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 36: 1687- 1693.
13-Ly, S., C. Charles ,and A. Degr, 2011. Geostatistical interpolation of daily rainfall at catchment scale: the use of several variogram models in the Ourthe and Ambleve catchments, Belgium. Hydrology and Earth System Sciences, 15: 2257-2274.
14-Mahdavi, M., A. Hoseini,M.H. Mahdyan, & S.B. Rahimi,2004. Comparison of geostatistical methods for estimating the spatial distribution of annual rainfall in arid and semi-aridsouth-eastern Iran. Journal of Iranian Natural Resource. 57:1-17.
15-MehrShahi, D., &Y. Khosravi,2008. Evaluation interpolation methode, krigingand liner regression based on Digital Elevation Model to determine the spatial distribution of annual precipitation (case study : Province of Isfahan). Journal of Planing and Space Monitoring. 14:233-249.
16-Meul, M.V., & M. Meirvenne, 2003. Kriging soil texture under different types of nonstationarity.Geoderma, 112:217-233.
17-Mozaffarian, V., 2008. Number of scientific board of Research institute of Forest and Rangeland (Department of Botany).Department of Natural Resources Ilam. 678p.
18-Myers, D.E., 1994. Spatial Interpo-lation: An Overview, Geoderma. 62:17- 28.
19-Robinson, T. &Metternicht, P. 2008. Testingthe Performance of Spatial Interpolation Techniques for Mapping Soil Properties.Computer and Electronics in Agriculture.50:97-108.
20-Sarmadian, F., A.Keshavarzi, & Malekian, A. 2010. Continuous mapping of topsoil calcium carbonate using geostatistical techniques in a semi-arid region.Australian Journal of Crap Science (AJCS). 4: 603-608.
21-Shabanie, M., 2011. Evaluation of geostatistical methods in mapping of groundwater quality and their zoning: A Case Study Neyriz Plain, Fars Province. Natural Geography of Lar Research. 4:83-97.
22-Shi, W., J. Liu,Z. Du,Y. Song,Chen, C. &Yue, T. 2009. Surface Modeling of Soil pH.Geoderma, 150: 113-119.
23-Sokoti, S., M, Mahdian, Mahmoodi, SH & A. Ghahramani.2007. Comparison the applicability of some geostatistic smethods to predict soil salinity, a case study of Urmia plain. J Pajuhesh and Sazandegi 74: 90-98.
24-Solaemani,M. Zabihi, A., K. Shabani,&S. Abrosh. 2011. Evaluation of spatial distribution of precipitation using statistical methods (Case study: Qom province). Natural Geography Research. 78:101-112.

Archive of SID

www.SID.ir