ارزیابی روش‌های مختلف درونیابی به منظور تخمین بارندگی روزانه مطالعه موردی: استان فارس

دکتر علی اکبر متکان
عضو هیأت علمی گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی
a-matkan@sbu.ac.ir

دکتر علیرضا شکیبا
عضو هیأت علمی گروه سنجش از دور و GISدانشگاه شهید بهشتی
a-shakiba@sbu.ac.ir

آزاده یزدانی
کارشناس ارشد سنجش از دور وGIS دانشگاه شهید بهشتی
azadehyazdani2001@yahoo.com

چکیده

آب، راز ماندگاری جهان و از عناصر اصلی بقا و دوام چرخش زندگی در کره زمین است. بدون تردید کشور ایران همانند دیگر کشورهای خاورمیانه در سال های پیش رو با بحران جدی ناشی از کمبود آب روبه‌رو خواهد بود. بنابراین شناخت و معرفی هر چه بیشتر منابع بهینه آب، الگوی درست مصرف و بهره‌گیری صحیح و مناسب از منابع زیرزمینی و آب های جاری مقوله ای است که سیاست گذاران و برنامه ریزان امور آب با نگرانی و دقت به آن پرداخته‌اند.

ریزش های جوی مهم‌ترین منبع طبیعی آب برای انواع فعالیت‌های بشری (صنعتی، کشاورزی و شرب) است. از آن‌جا که ریزش‌های جوی با متغیرهای زمانی و مکانی زیادی همراه هستند اطلاعات موجود در خصوص توزیع آب و هوایی و عوامل سینوپتیکی ریزش‌های جوی بسیار اندک است.

در ایران شبکه مشاهدات زمینی به اندازه کافی متراکم نبوده و بسیار پراکنده و نامنظم است. فاصله ایستگاه های مشاهداتی زمینی به خصوص در مناطق کوهستانی (مانند استان فارس) با توجه به عامل توپوگرافی از چند کیلومتر تا چند صد کیلومتر متفاوت است. بنابراین بررسی باران به روش سنتی که نیاز به شبکه باران سنجی متراکم دارد هم از لحاظ اجرایی و هم از لحاظ اقتصادی امکان‌پذیر و مقرون به صرفه نمی‌باشد.

در مقاله حاضر به منظور تخمین بارندگی روزانه استان فارس از دو روش درون یابی کریجینگ (Kriging) و معکوس وزنی فاصله (IDW) استفاده گردید. سپس دقت نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها از طریق تست آماری RMSE مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از اجرای مدل و ارزیابی دقت آن‌ها نشان داد که روش کریجینگ نسبت به روش IDW از دقت بیشتری برخوردار می باشد. همچنین نتایج نشان داد که در بین روش‌های کریجینگ، روش معمولی دایره‌ای و نمایی از کم‌ترین خطا نسبت به سایر روش‌های کریجینگ برخوردار می باشند.

واژگان کلیدی: درونیابی، کریجینگ، درونیابی عکس فاصله، بارندگی روزانه، GIS.

مقدمه

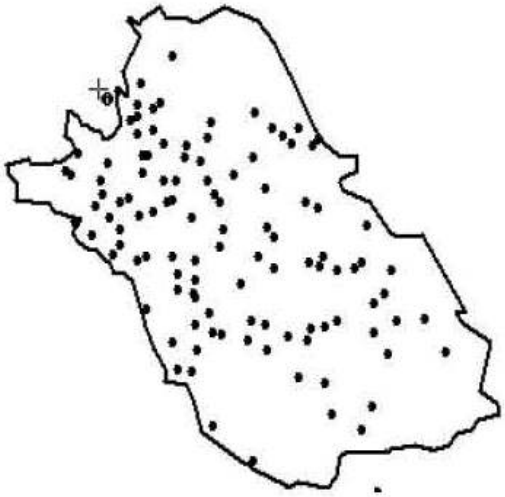
بارندگی در مقیاس روزانه تنها پارامتر مهم در شبیه سازی مدل های هیدرولوژیکی می باشد. همچنین تعیین مکانی و زمانی مقدار ورودی بارندگی بر روی سطح زمین برای مدیریت روزانه منابع آبی مانند رودخانه ها و مخازن آبیاری، پیش‌بینی وضع هوا و پیش‌بینی رواناب حاصله بسیار مهم و ضروری می باشد. به طور سنتی تخمین و ارزیابی بارندگی توسط وسایل و ابزار نسبتاً ساده و در فواصل زمانی معین و یا به طور پیوسته انجام گرفته است. از معمولی‌ترین این تجهیزات باران‌سنج‌های مختلف می‌باشد. باران سنج‌ها اندازه‌گیری نسبتاً خوبی را از میزان ارتفاع بارندگی ارائه می‌دهند، اما نقص اصلی این ابزار اندازه گیری نقطه ای آن می باشد. در صورتی که بارندگی بر روی سطح زمین، در مقیاس زمانی و مکانی به شدت تغییرپذیر می باشد. لذا ارزیابی بارندگی با شبکه‌های باران‌سنجی فقط در محیط‌های کوچک دقت قابل قبولی را ارائه داده و در محیط های بزرگ که از تراکم مناسب ایستگاه اندازه‌گیری برخوردار نیستند، مناسب نمی‌باشند. با توجه به محدودیت ذکر شده، پژوهشگران علوم مختلف از جمله هیدرولوژیست‌ها همیشه مایل به استفاده از داده‌های درون‌یابی شده با دقت مناسب می‌باشند. در این راستا همیشه محققین در زمانی‌که توزیع مکانی بارندگی روزانه را از داده های ایستگاه‌های باران‌سنجی مدنظر قرار می‌دهند، با این مشکل مواجه‌اند که از چه روش و یا تکنیک های درون یابی می‌بایست استفاده کنند به نحوی که داده‌های تولید شده واقعی‌تری از شرایط الگوهای مکانی بارش در منطقه مطالعاتی ارائه دهند.

تکنیک‌های متعددی وجود دارد که به پژوهشگران اجازه می‌دهد تا داده‌های نقطه‌ای بارندگی را به داده های سطح تبدیل کرده تا از آن طریق به توانند الگوی مکانی بارش را در یک ناحیه نشان دهند. GIS با معرفی مجموعه‌ای از تکنیک‌ها، مناسب‌ترین روش را متناسب با شرایط مکانی و متغیر مورد نظر، به پژوهشگر معرفی نماید. هم چنین از آن جایی که سنجش باران با تکنیک های سنجش از دور هنوز در مرحله آزمایش است (Matkan, 1999 and Todd, 1993) ، لذا تحقیق حاضر تلاش دارد تا برای تعمیم اطلاعات موجود از تکنیک‌های درون‌یابی و GIS کمک بگیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق حاضر با استفاده از روش‌های معکوس وزنی فاصله (IDW) و کریجینگ (Kriging) بر اساس مدل های مختلف سمی واریوگرام درونیابی فضایی انجام شده است. همچنین برای ارزیابی میزان دقت نیز از روش ریشه دوم مربع میانگین (RMSE) استفاده گردیده است.

منطقه مورد مطالعه استان فارس در جنوب غربی ایران می باشد. در این منطقه برای ۱۱۴ ایستگاه باران سنجی اطلاعات بارندگی روزانه برای سال زراعی ۱۳۸۲-۱۳۸۱ تهیه گردیده و با توجه به موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها لایه ایستگاه های باران سنجی تولید شده و در محیط نرم افزاری Arcview GIS 3.2 مدل‌سازی فضایی انجام گرفته و در مرحله آخر نتایج حاصل از روش‌های گوناگون مقایسه شده است. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی استان فارس

به‌منظور انتخاب روز کم باران و پرباران پس از بررسی آمار بارندگی روزانه استان فارس مربوط به سال ۱۳۸۱ ابتدا روزهای بدون بارندگی حذف گردید و سپس از بین روزهای دارای بارندگی، روز ۲۲ آبان با کم‌ترین میزان بارش با مجموع ۴۱۱/۶ میلی‌متر در سطح استان به‌عنوان روز کم باران و روز ۲۵ بهمن با مجموع ۱۹۵۸/۲ میلی‌متر در سطح استان به‌عنوان روز پرباران انتخاب گردید. در ضمن برای مقایسه آسان‌تر نتایج حاصل از روش‌های گوناگون، پس از درونیابی، طبقه‌بندی مجدد برای طول رده‌ها انجام گرفت و از آن‌جا که در این تحقیق، هدف مقایسه روزهای پرباران با یکدیگر و روزهای کم باران با یکدیگر می‌باشد کلاس‌های تعریف شده در تمام روزهای پرباران مشابه و در تمام روزهای کم باران نیز مشابه منظور شده است.

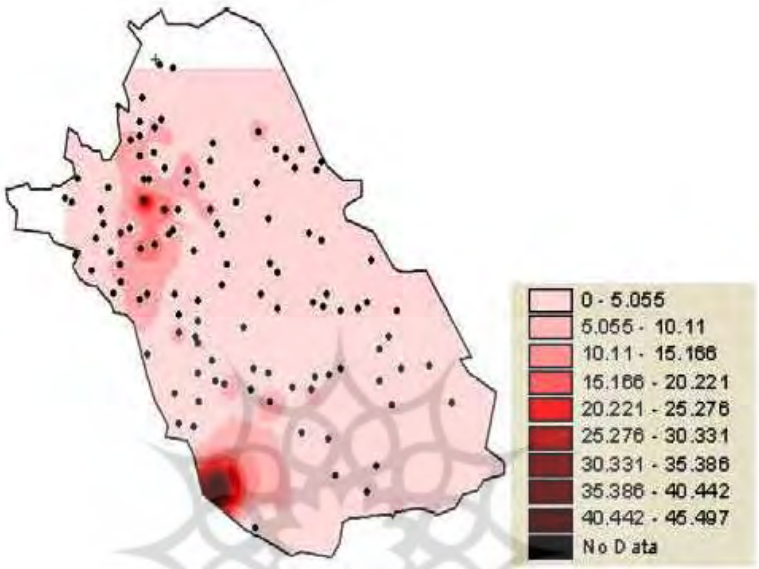
اجرای روش‌های درونیابی فضایی

۱ – روش معکوس وزنی فاصله:

روش IDW یکی از روش‌های شهودی درونیابی است که در آن بالاترین وزن برای تخمین نقاط به نزدیک‌ترین نقطه به نمونه داده می‌شود. این روش یک روش دقیق درونیابی است که مقادیر نقاط اطلاعات بعد از درونیابی تغییر نمی‌کند و در واقع نوعی میانگین متحرک است . اساس روش IDW بر معادله ۱ استوار است:

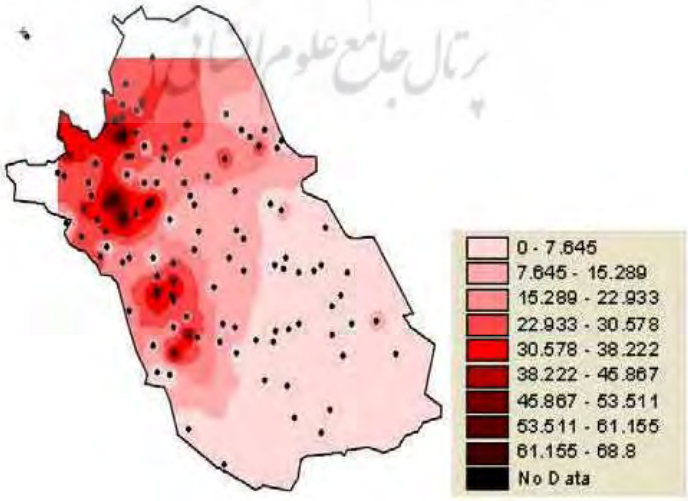
$$z = \sum_{i=1}^{n} zi / di \uparrow m \Big/ \sum_{i=1}^{n} 1 / di \uparrow m \qquad (۱)$$

در این معادله zi مقادیر نمونه، di فاصله اقلیدسی هر نقطه تا محل نمونه، m عامل توان است که عمدتا ۲ انتخاب می‌شود و در نهایت n تعداد نقاط نمونه می‌باشد.



شکل ۲- اجرای مدل IDW برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳ - اجرای مدل IDW برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

شکل‌های ۳و۲ نتیجه اجرای IDW را در منطقه مورد مطالعه برای دو روز ۲۲ آبان (روز کم باران) و ۲۵ بهمن (روز پر باران) سال ۱۳۸۱ نشان می‌دهند:

۲-کریجینگ:

روش کریجینگ یک روش زمین آماری برای درونیابی داده‌ها بر اساس واریانس فضایی آن‌هاست. مبنای این روش بر آن است که واریانس فضایی تابعی از فاصله است. از آن‌جا که پارامترهای هیدرولوژی به‌عنوان متغیرهای ناحیه‌ای نامنظم‌تر از آن هستند که بتوان آن‌ها را به‌عنوان یک تابع ساده ریاضی مدل کرد پس بهتر است مبنای مدل‌سازی آن‌ها واریانس در نظر گرفته شود.در این شیوه سمی واریوگرام نقش اساسی را دارد و بر اساس نوع سمی واریوگرام انواع مختلفی از کریجینگ وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از:

۲-۱-کریجینگ معمولی (Ordinary kriging):

محاسبات درکریجینگ معمولی بر مبنای معادله ۲ می‌باشد:

$$z = \sum_{i=1}^{n} wi.zi \qquad ۲$$

در معادله ۲، پارامتر Z مقدار برآورد شده، wiوزن نمونه، z مقدار نمونه و nتعداد نمونه‌ها می‌باشد.

برای محاسبه وزن‌ها از معادله ۳ استفاده می‌گردد:

$$\sum_{i} (wi * \gamma(hik)) + \lambda = \gamma(hpi) \qquad ۳$$

در معادله۳، hikفاصله بین نقاط ورودی i و k، hip فاصله بین پیکسل خروجی (مقادیر برآورد شده) p و نقطه ورودی (مقادیر معلوم) i و $\gamma(hpi)$ مقدار سمی واریوگرام برای فاصله hik و $\gamma(hik)$ مقدار سمی واریوگرام برای فاصله hpi و wi عامل وزن و λ ضریب لاگرانژ (که برای کمینه سازی خطای تخمین استفاده می‌شود) می‌باشند.

کریجینگ معمولی براساس نوع سمی واریوگرام انواع مختلفی دارد که عبارتند از:

۲-۱-۱-سمی واریوگرام دایره‌ای(circular):

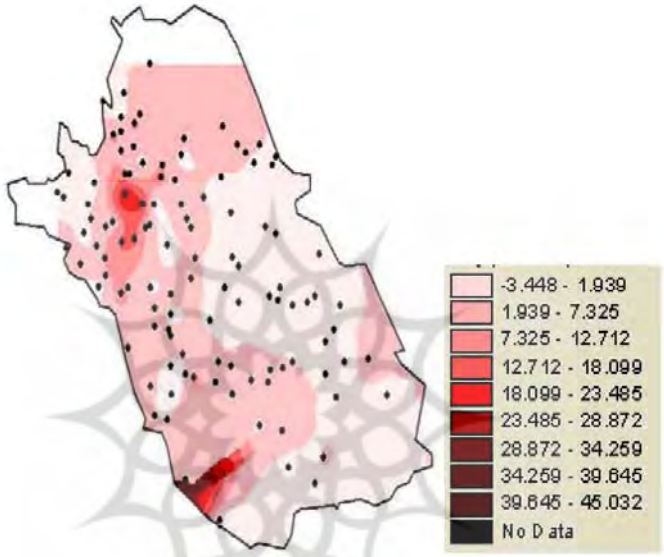
در این حالت معادله قابل استفاده برای محاسبه وزن در معادلات ۲ و ۳ عبارت است از :

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c\left(1 - \frac{2}{\pi}\cos^{-1}\left(\frac{h}{\alpha}\right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha^2}}\right) \qquad ۴$$
$$0 < h \le \alpha$$

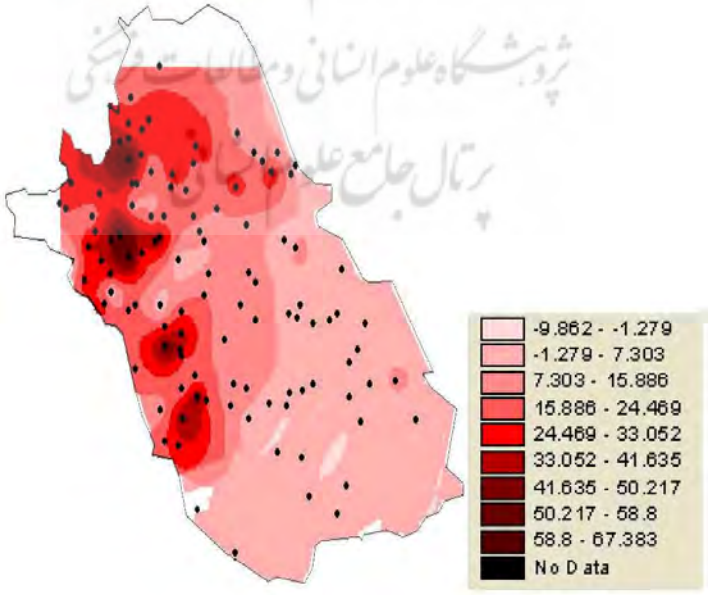
$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \qquad h > \alpha$$
$$\gamma(0) = 0$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c\left(1 - exp\left(\frac{-h}{r}\right)\right) \qquad h > 0$$
$$\gamma(0) = 0$$

نتیجه حاصل از اجرای مدل دایره‌ای برای بارندگی روزهای ۲۲ آبان و ۲۵ بهمن ۱۳۸۱ در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود:



شکل ٤ – اجرای مدل کریجینگ دایره‌ای برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱



شکل ٥ – اجرای مدل کریجینگ دایره‌ای برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

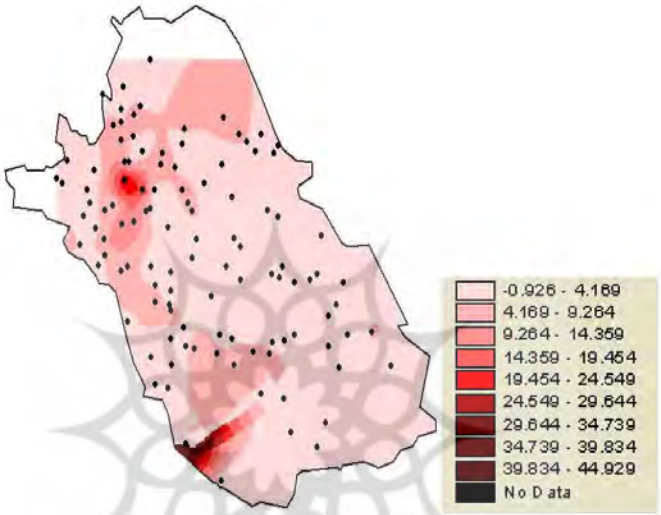
۲-۱-۲-سمی واریوگرام نمایی (exponential):

معادله‌ای که به‌وسیله آن در مدل نمایی وزن نمونه‌ها محاسبه می‌شود عبارت است از:

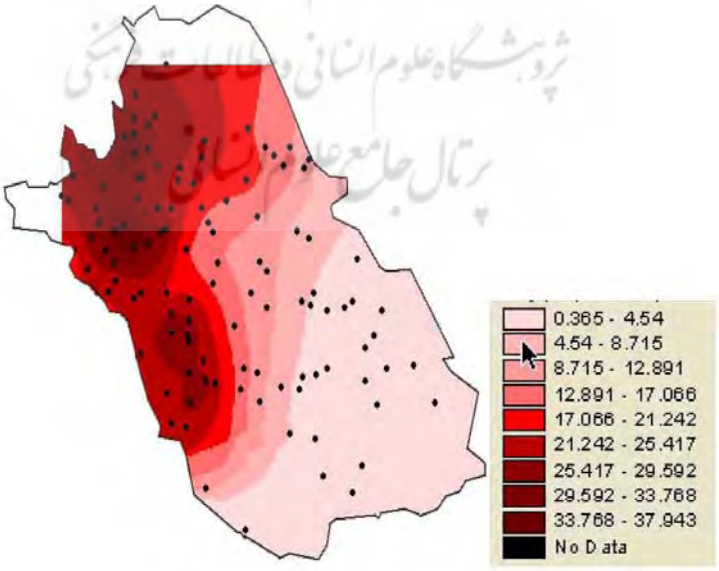
۵

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c\left(1 - exp\left(-\frac{h^2}{r^2}\right)\right) \quad h > 0$$
$$\gamma(0) = 0$$

نتایج حاصل از اجرای کریجینگ‌نمایی برای بارندگی روزهای ۲۲ آبان و ۲۵ بهمن ۱۳۸۱ در شکل‌های ۶ و ۷ دیده می‌شود:



شکل ٦ - اجرای مدل کریجینگ نمایی برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱



شکل ۷ - اجرای مدل کریجینگ نمایی برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

۳-۱-۲-سمی واریوگرام گوسن (Gaussian):

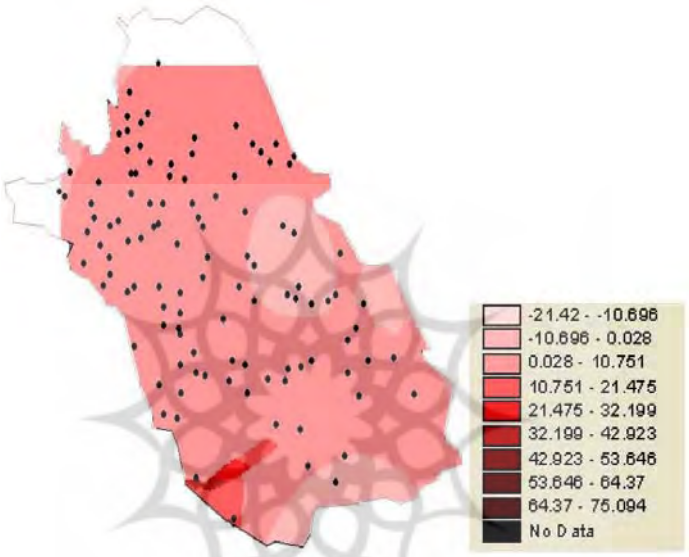
معادله‌ای که براساس آن سمی واریوگرام گوسن رسم می‌شود عبارت است از:

۶

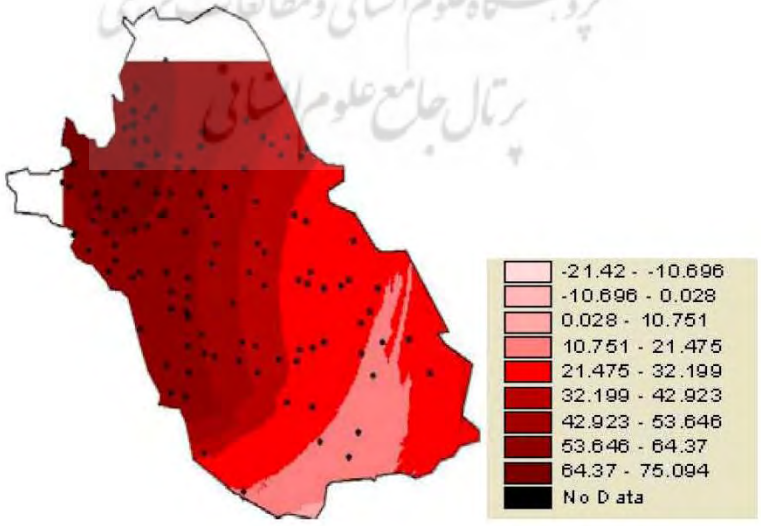
$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c\left(1 - exp\left(-\frac{h^2}{r^2}\right)\right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

اجرای مدل گوسن برای روزهای ۲۲ آبان و ۲۵ بهمن را شکل‌های ۸ و ۹ نمایش می‌دهد:



شکل ۸ – اجرای مدل گوسن برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱



شکل ۹ – اجرای مدل گوسن برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

٤-١-٢- سمی واریوگرام کروی (spherical):

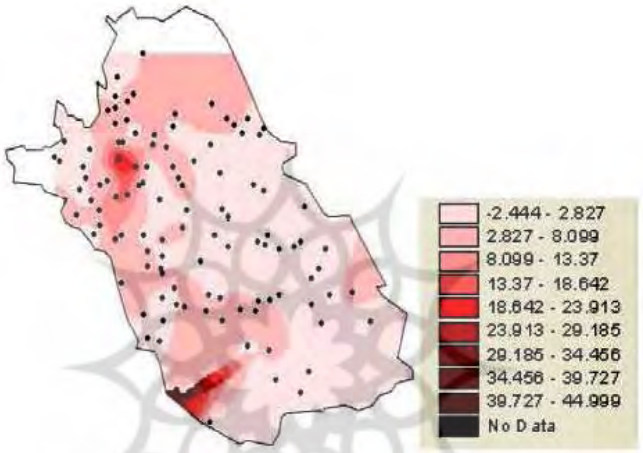
معادله ۷ مبنای رسم سمی واریوگرام کروی است :

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c\left(\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{a}\right)^3\right) \quad 0 < h \le a \qquad (۷)$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \quad h > a$$

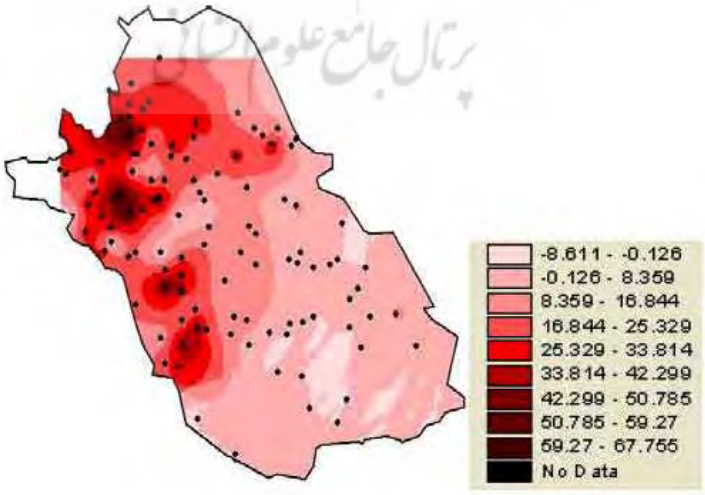
$$\gamma(0) = 0$$

نتایج حاصل از اجرای مدل کروی برای بارندگی روزهای ۲۲ آبان و ۲۵ بهمن در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود:



شکل ۱۰- اجرای مدل کریجینگ کروی برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۱- اجرای مدل کریجینگ کروی برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

۵-۱-۲-سمی واریوگرام خطی (linear):

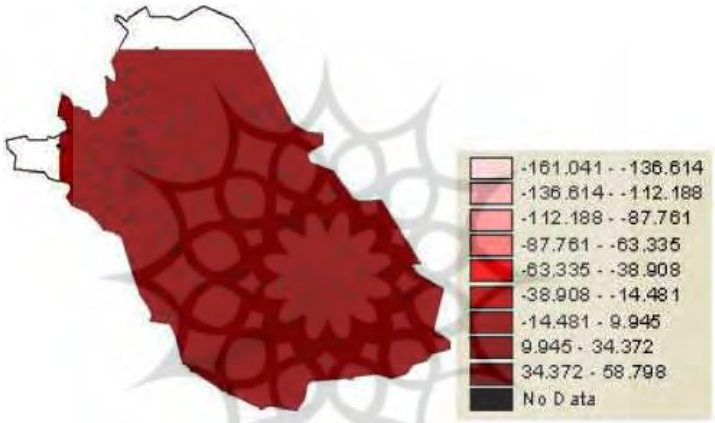
اساس ترسیم سمی واریوگرام خطی در معادله ۹ مشاهده می‌گردد:

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c\left(\frac{h}{\alpha}\right) \qquad 0 < h \le \alpha \qquad (۹)$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \qquad h > \alpha$$

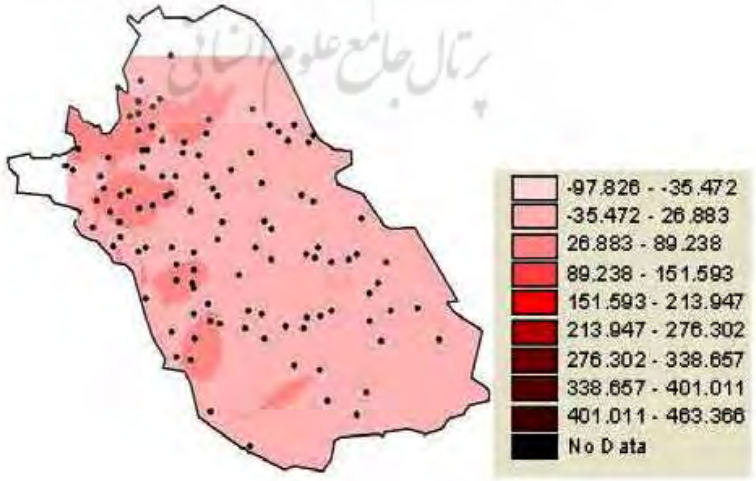
$$\gamma(0) = 0$$

اشکال ۱۲ و ۱۳ نمایش اجرای مدل سمی واریوگرام خطی برای روزهای ۲۲ آبان و ۲۵ بهمن می‌باشد:



شکل ۱۲ – اجرای مدل کریجینگ خطی برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۳ – اجرای مدل کریجینگ خطی برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

۲-۲-کریجینگ عمومی (Universal kriging):

فرمول کلی کریجینگ عمومی به صورت زیر است :

$$z(x) = m(x) + \varepsilon'(x) \qquad ۱۰$$

در معادله ۱۰،z(x) تغییرات فضایی متغیر x، m(x) مؤلفه همبستگی فضایی و $\varepsilon'(x)$ متغیر ناحیه‌ای می‌باشد. m(x) در این معادله تابع مختصات جغرافیایی نقاط است، برای محاسبه m(x) معادله ۱۱ قابل استفاده است:

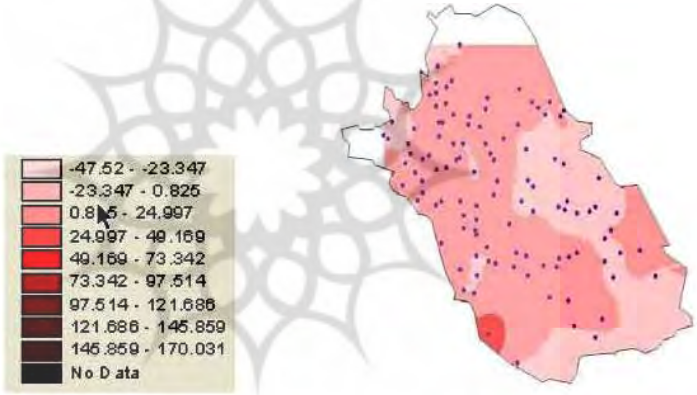
$$m(x) = \sum_{n=1}^{N} an.pn(x) \qquad ۱۱$$

در معادله ۱۱، an روند محلی، pn معادله روند، x بردار دوبعدی x،y و N تعداد نمونه‌هاست.

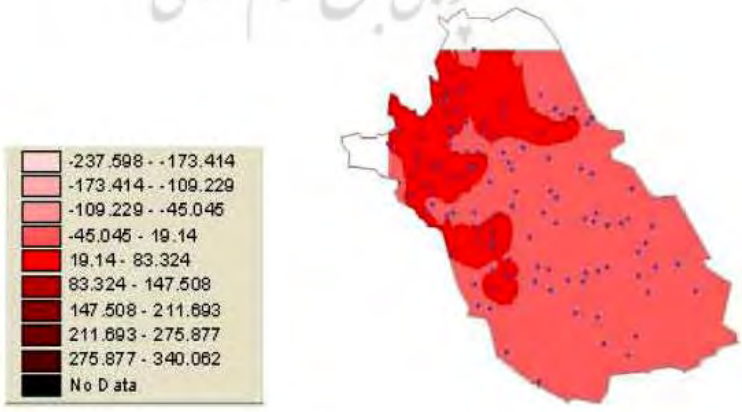
براساس روندهای محلی (pn) کریجینگ عمومی به دو حالت تقسیم می‌گردد:

۱-۲-۲-کریجینگ عمومی با روند خطی (Universal with linear drift):

در این حالت معادله مورد استفاده یک معادله درجه ۱ است. شکل۱۴ اجرای این مدل را برای بارندگی روز ۲۲ آبان و شکل ۱۵ برای ۲۵ بهمن نشان می‌دهد:



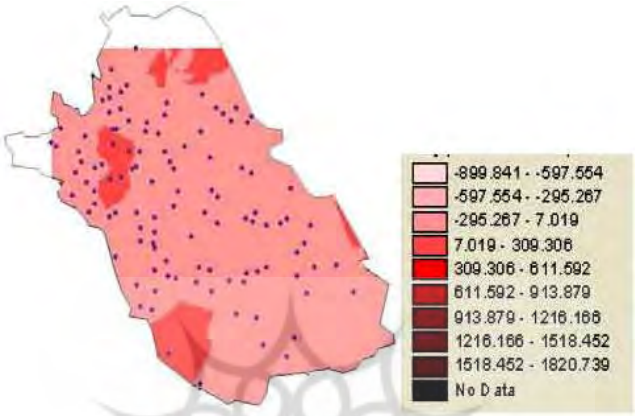
شکل ١٤ - اجرای مدل کریجینگ عمومی با روند خطی برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱



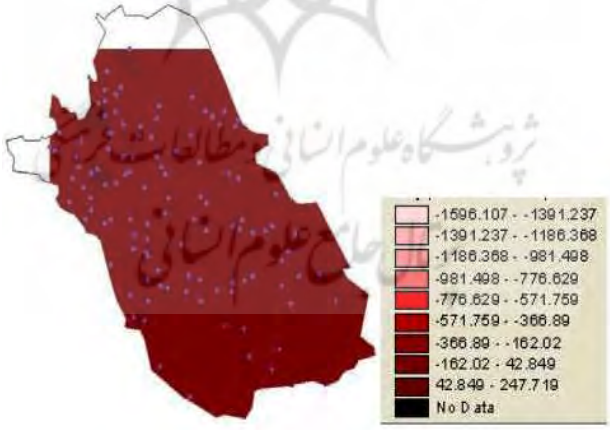
شکل ۱۵ - اجرای مدل کریجینگ عمومی با روند خطی برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

۲-۲-۲-کریجینگ عمومی با روند کوادراتیک (Universal with quadratic drift):

در این حالت معادله مورد استفاده درجه دوم است. شکل‌های ۱۶ و ۱۷ اجرای این مدل را برای ۲۲ آبان و ۲۵ بهمن ۱۳۸۱ نشان می‌دهد:



شکل ١٦ – اجرای مدل کریجینگ عمومی با روند کوادراتیک برای ۲۲ آبان ۱۳۸۱



شکل ۱۷ – اجرای مدل کریجینگ عمومی با روند کوادراتیک برای ۲۵ بهمن ۱۳۸۱

ارزیابی میزان خطا:

برای اندازه‌گیری میزان خطای مدل‌های گوناگون و مقایسه روش‌ها و همچنین مقایسه نتایج PHWGI برای روز کم باران (۲۲ آبان ۱۳۸۱) و روز پرباران (۲۵ بهمن ۱۳۸۱) از محاسبه خطای ریشه دوم مربع میانگین (RMSE) استفاده شده است. این روش خطاسنجی نوعی انحراف معیار تعمیم یافته است که برای به‌دست آوردن اختلافات میان زیرگروه ها یا روش های گوناگون محاسبه یک متغیر، استفاده می گردد. نام دیگر RMSE، واریانس باقیمانده (Residual Variation) است. برای به دست آوردن RMSE کل باید ابتدا RMSEm که عبارت‌است از RMSE هر نمونه، محاسبه گردد (بر اساس معادله ۱۲) و در نهایت با معادله ۱۳، RMSE کل به‌دست می‌آید:

$$RMSEm = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[\hat{F}m(xi) - Fm(xi)\right]} \uparrow 2 \qquad ۱۲$$

در این معادله N تعداد محاسبات، $\hat{F}m(xi)$ مقدار محاسبه شده و $Fm(xi)$ مقدار واقعی نقاط است.

$$RMSE = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} RMSEm \qquad ۱۳$$

که در معادله ۱۳، M تعداد نقاط نمونه است. هر چه مقدار RMSE کم‌تر باشد می‌توان نتیجه گرفت که مدل مناسب‌تر بوده است. جدول یک روش‌های گوناگون درونیابی را از لحاظ میزان خطا نشان می‌دهد:

جدول ۱ - میزان خطای محاسبه شده برای روش‌های گوناگون درونیابی

روش درونیابی	RMSE روز ۲۲ آبان	RMSE روز ۲۵ بهمن
روشIDW	۵.۳۸	۳.۱۲
کریجینگ معمولی دایره‌ای	۴.۳۵	۲.۹۹
کریجینگ معمولی نمایی	۴.۱۵	۲.۹۵
کریجینگ معمولی گوسن	۵.۲۵	۴.۰۲
کریجینگ معمولی کروی	۴.۴	۳.۰۱
کریجینگ معمولی خطی	۵.۲۷	۳.۸۴
کریجینگ عمومی خطی	۵.۲۳	۴.۱۵
کریجینگ عمومی کوادراتیک	۵.۳۲	۳.۴۳

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر سعی شده است روش‌های گوناگون درونیابی از لحاظ میزان دقت برای درونیابی داده‌های مربوط به بارندگی روزانه با یکدیگر مقایسه شوند. هدف دیگری که در این تحقیق دنبال شد، مقایسه میزان دقت درونیابی برای روزهای پرباران و روزهای کم باران بود.

داده‌های درونیابی شده به روشIDW توزیعی مشابه با داده‌های اولیه دارند به این معنا که فراوانی داده‌ها در کلاس‌های مختلف تقریبا با داده‌های اولیه مشابه است، البته پارامتر توان وزن‌دهی در نتیجه درونیابی تاثیر به‌سزایی دارد و انتخاب توان مناسب نتیجه مثبتی در درونیابی با این روش می‌گذارد و چون در تحقیق حاضر وزن در نظر گرفته شده برای کل درونیابی ثابت است اگر مقادیر غلط در داده‌های اولیه وجود داشته باشد نتایج را شدیدا تحت تاثیر قرار می‌دهد، به‌همین دلیل لازم است تا قبل از درونیابی با تمام روش‌ها مخصوصاIDW داده های مشکوک تصحیح و یا حذف گردند. تکنیک IDW تغییرات شدید حد بالا و پایین داده ها را که نمونه‌برداری نشده است در نظر نمی‌گیرد و در واقع داده‌های موجود را به کل سطح تعمیم می‌دهد.

در روش‌های کریجینگ دایره‌ای، نمایی، کروی و خطی به مقادیر با فراوانی کم تر، وزن بیشتری داده می‌شود به این مفهوم که داده‌های اولیه تا حدودی تعدیل می‌شوند و داده‌هایی که فراوانی کم دارند، دارای اهمیت می‌شوند. در نتیجه این روش‌ها برای از بین بردن اثرات لبه و کم کردن تاثیر مقادیر ماگزیمم و می‌نیمم شیوه‌های مفیدی محسوب می‌شوند.

روش‌های کریجینگ عمومی (با روند خطی و کوادراتیک) و همچنین کریجینگ گوسن توزیع اولیه داده‌ها را دستخوش تغییر شدید می‌نماید و می توان نتیجه گرفت که این روش‌ها برای درونیابی داده‌های کوتاه مدت مانند بارندگی روزانه، روش‌های مفیدی نیست.

در نهایت با توجه به مطالب فوق می توان این گونه نتیجه گرفت که یک روش درونیابی را برای کل پروژه‌ها و کل منطقه و همچنین انواع متغیرها نمی توان بهترین روش در نظر گرفت. و انتخاب روش به نوع داده‌ها، ماهیت آن‌ها و خصوصیات منطقه بستگی زیادی دارد. به جز موارد مذکور انتخاب یک روش مناسب برای درونیابی بسته به هدف پروژه ممکن است تغییر نماید. برای مثال در طراحی یک سد، هدف تعیین بیشترین مقدار بارندگی روزانه است که باعث ایجاد سیلاب می گردد که این سیلاب می تواند سد را تخریب نماید.

در مجموع روش کریجینگ برای درونیابی داده‌های بارندگی روزانه نتایج بهتری نسبت به روش درونیابی IDW داشته است. ازمیان روش‌های کریجینگ، کریجینگ معمولی دایره ای و نمایی بهترین نتایج را برای درونیابی اطلاعات بارندگی روزانه در بر داشته است. این در حالیست که کریجینگ عمومی کوادراتیک و کریجینگ معمولی گوسن بیشترین خطا را برای درونیابی اطلاعات بارندگی روزانه نشان می‌دهند. در مجموع روش‌های درونیابی برای روزهای پرباران (مانند ۲۵ بهمن ۱۳۸۱) نتایج بهتری نسبت به روزهای کم باران (مانند ۲۲ آبان ۱۳۸۱) دارد. در خاتمه شایان ذکر است که روش‌های دیگر درونیابی از جمله رگرسیون چندگانه (Multiple regression) نیز برای درونیابی داده‌های بارندگی می‌تواند بسیار مفید و مؤثر باشد.

منابع:

1- Isaaks, E.H. and Srivatava, R.M. 1984: Applied Geostatistics. Oxford University press, New York.

2- Kidd, C. and Barrett, E.C. 1990: The use of passive microwave imagery in rainfall monitoring. Remote Sensing Review, 1990 ,4(2), 415-450.

3- Matkan, A.A. 1999: Passive Microwave Monitoring of Snow Cover and Rainfall over Iran, Using DMSP F-11 Special Sensor Microwave/Imager Data, Ph.D. Thesis,, University of Bristol, Bristol, U.K

4- Peterson, T.C., Easterling, D.R., Karl, T.R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., Torok, S., Auer, I., Boehm, R., Gullett, D., Vincent, L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mestre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Forland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Alexanderson, H., Jones, P. and Parker D., 1998: Homogeneity Adjustments of in situ Atmospheric Climate data: a review, International Journal of Climatology ,18: 1493-1517.

5- Sabins, F.F. 1997: Remote Sensing: Principle and interpretations, W.H. Freeman, New York.

6- Todd, M.C. 1993: The Estimation of Rainfall using Infrared and Passive Microwave Satellite Imagery: A Study Over the British Isles and Surrounding Seas. Ph.D. Thesis, University of Bristol, 484pp.

7- Wackernagel ,H. ,1998 :Splines and kriging with drift ,Proceedings of Seminar on Data Spatial Distribution in Meteorology and Climatology ,Volterra ,1997 ,COST ACTION 79 , Edited by: M.Bindi and B. Gozzini,226p.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی