ارزیابی روشهای زمین‌آمار در برآورد بارندگی سالانه‌ی استان فارس

محمد شعبانی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۸/۱۸

چکیده

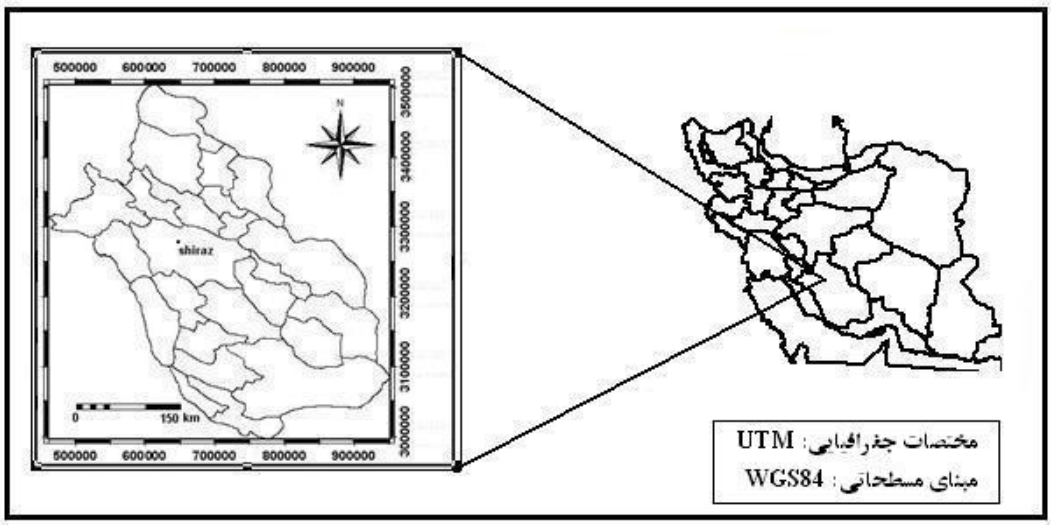
آگاهی از توزیع زمانی و مکانی بارندگی یکی از مهم‌ترین عوامل در اجرای طرح‌های حفاظت آب و خاک، مهار کردن سیلاب‌ها و مبارزه با خشکسالی است. نقشه‌های پهنه‌بندی باران و آگاهی از میزان تغییرات آن، نقش مهمی را در تهیه طرح‌های حفاظت خاک، جلوگیری از فرسایش و مدیریت اراضی یک منطقه ایفا می‌کنند. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی روش‌های زمین آمار در برآورد بارندگی سالانه در استان فارس و پهنه‌بندی منطقه از نظر اندازه‌ی بارندگی می‌باشد. در این تحقیق، پس از جمع‌آوری آمار بارندگی ۹۲ ایستگاه هواشناسی با طول دوره‌ی آماری ۲۰ ساله و با پراکنش مناسب در سطح استان، میانگین بارندگی سالانه برای کلیه‌ی ایستگاه‌ها محاسبه، سپس به منظور تعمیم داده‌های نقطه‌ای به اطلاعات ناحیه‌ای برای تهیه‌ی نقشه‌ی همباران، از روش‌های مختلف میان‌یابی شامل کریجینگ معمولی (OK) و کریجینگ ساده (SK) و روش‌های معین مانند عکس فاصله (IDW)، تابع شعاعی (RBF)، تخمینگر موضعی (LPI) و تخمینگر عام (GPI) استفاده گردید. نتایج بر اساس معیارهای R بالاتر و MAE و RMSE پایین‌تر نشان دادند که از بین روش‌های مختلف میانیابی، روش کریجینگ معمولی (OK)، به دلیل بالاتر بودن مقدار R و پایین‌تر بودن مقادیر RMSE و MAE (R = ۰/۸۴۷، MAE =۶۵/۳۳۴ و RMSE =۱۰۱/۵۳۳)، نسبت به سایر روش‌های میانیابی دیگر برتری داشته، در نتیجه به‌عنوان روش مناسب در تهیه‌ی نقشه هم‌باران سالانه در استان فارس انتخاب گردید. نتایج به دست آمده موید برتری روش‌های زمین‌آماری کریجینگ نسبت به روش‌های معین می‌باشند. علاوه بر این، نتایج نشان داد که ۴۵/۴۶٪ از کل سطح استان دارای بارندگی ۳۰۰-۲۰۰ میلی متر و ۰/۰۹٪ از سطح استان دارای بارندگی ۱۰۰۰-۹۰۰ میلی متر بوده که به ترتیب بیشترین و کمترین سطح را به خود اختصاص می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: استان فارس، روش‌های زمین‌آمار، روش‌های معین، نقشه‌ی هم‌باران.

۱- استادیار مرتع و آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نی ریز.
mohamshabani@yahoo.com

مقدمه

آگاهی از مقدار عددی باران و تهیه‌ی نقشه همباران در هر منطقه یکی از راهکارهای مهم در مهارکردن فرسایش و حفاظت از منابع خاک آن منطقه به شمار رفته و نقش بسیار مهمی را در طراحی و اجرای طرح‌های عمرانی ایفا می‌کند. در بسیاری از مطالعات و بررسی‌های منابع طبیعی و کشاورزی، به دلیل عدم پوشش کامل ایستگاه‌های اندازه‌گیری نقطه‌ای باران، برآورد بارندگی برای مناطق مابین ایستگاه‌ها امری اجتناب ناپذیر است(مهدوی و همکاران،۱۳۸۳). با محاسبه‌ی مقادیر نقطه‌ای بارش برای هر ایستگاه هواشناسی و انتخاب روش مناسب می‌توان نقشه‌ی هم‌باران را به‌صورت ناحیه‌ای برای یک منطقه ترسیم کرد. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های ناحیه‌ای می‌توان از روش‌های میان‌یابی استفاده کرد. روش‌های میان‌یابی مختلفی برای برآورد توزیع مکانی بارش وجود دارند که می‌توان از بین آنها به روش‌های زمین آمار و معین اشاره کرد. این روش‌ها بسته به نوع متغیر، تعداد و پراکنش داده‌ها و شرایط منطقه مورد بررسی دقت متفاوتی دارند و باید قبل از اقدام به میان‌یابی و تهیه‌ی نقشه روش مناسب انتخاب شود(حکیم‌خانی و همکاران،۱۳۸۶). مهدیان و همکاران(۱۳۷۹) با استفاده از روش‌های زمین آمار اقدام به برآورد بارندگی سالانه در حوضه‌ی مرکزی ایران نمودند. در مطالعه‌ی آنها سه روش میان‌یابی کریجینگ، میانگین متحرک وزنی(با درجات یک تا چهار) و TPSS (با درجات دو تا پنج، با و بدون متغیر کمکی) مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که روش TPSS با توان دو، در صورت استفاده از متغیر کمکی ارتفاع، بیشترین دقت را دارد. مهدوی و همکاران(۱۳۸۳) در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران به بررسی روش‌های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش سالانه پرداختند. نتایج نشان داد که روش TPSS با متغیر ارتفاع مناسب‌ترین روش تخمین بارندگی سالانه است. روش کریجینگ و روش میانگین متحرک وزن‌دار با توان ۲ در رده‌های بعدی قرارگرفتند. کمپلینگ و همکاران(۲۰۰۱) میانگین منطقه‌ای بارش متوسط را در جنوب اسپانیا با استفاده از روش مرسوم تیسن و روش‌های متفاوت زمین آمار(کریجینگ و کوکریجینگ) به‌دست آوردند. تخمین‌های به دست آمده نشان داد که نتایج کریجینگ بیشترین همبستگی را با داده‌های واقعی دارند. دیوداتو و همکاران(۲۰۰۵) تغییرات مکانی بارندگی سالانه و ماهانه را درجنوب ایتالیا بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که میانگین متحرک وزن دار، دارای بیشترین خطای پیش‌بینی و کمترین خطا مربوط به وایازی خطی و کوکریجینگ معمولی است. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی دقت روش‌های زمین‌آمار در برآورد بارندگی سالانه در استان فارس و پهنه‌بندی منطقه از نظر اندازه‌ی بارندگی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت استان فارس نسبت به کشور

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه، استان فارس در جنوب کشور واقع شده است. این استان با وسعت ۱۲۲۶۶۱ کیلومتر مربع به مرکزیت شهر شیراز بین عرض‌های جغرافیایی ۲۷ درجه و ۰۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی از خط استوا و طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی قرار گرفته است. استان فارس از شمال به استان اصفهان، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان‌های کرمان و یزد و از غرب به استان‌های بوشهر و یاسوج محدود می‌شود. استان فارس از نظر تقسیمات کشوری شامل ۲۵ شهرستان، ۷۵ بخش، ۷۸ شهر و ۱۹۷ دهستان می‌باشد(شکل ۱).

روش تحقیق

در استان فارس بیش از ۱۵۰ ایستگاه سینوپتیک، هواشناسی، باران‌سنجی و تبخیرسنجی وجود دارد. از بین این ایستگاه‌ها، ۹۲ ایستگاه هواشناسی با آمار طولانی مدت و پراکنش مناسب در سطح استان انتخاب گردید و یک دوره‌ی مشترک آماری ۲۰ ساله(۱۳۸۶-۱۳۶۷) برای کلیه‌ی ایستگاه‌های مطالعاتی در نظر گرفته شد. پس از انتخاب دوره‌ی مشترک آماری، تجزیه و تحلیل داده‌های پرت انجام شد، سپس اقدام به بررسی همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون توالی گردید. برای انجام آزمون توالی و همگنی داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد. در مرحله‌ی بعد، میانگین اندازه‌ی بارندگی مربوط به کلیه‌ی ایستگاه‌ها از نظر بهنجار بودن با استفاده از آزمون کلموگراف- اسمیرنف در محیط SPSS بررسی شد. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای مذکور به اطلاعات ناحیه‌ای در محیط نرم‌افزاری ILWIS و ArcGIS از روش‌های زمین‌آمار[1] کریجینگ ساده[2] و معمولی[3] و روش‌های معین[4] عکس فاصله[5]، تابع شعاعی[6]، تخمین‌گر عام[7] و تخمین‌گر موضعی[8] استفاده گردید. به منظور تشریح پیوستگی مکانی متغیرها، واریوگرام داده‌ها بطور جداگانه در محیط نرم افزاری GS^+ ترسیم شد. سپس به منظور انتخاب روش مناسب میانیابی برای تهیه‌ی نقشه‌ی همباران سالانه، روش ارزیابی متقابل[9] مورد استفاده قرار گرفت. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای کلیه‌ی نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌گردد، به‌طوری که در آخر، به تعداد نقاط مشاهده‌ای، نقاط برآوردی نیز وجود خواهد داشت. با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد کرد. معیارهای مختلفی برای این کار وجود دارند که می‌توان به میانگین خطای مطلق[10] (MAE)، میانگین خطای اریب یا انحراف[11] (MBE)، ریشه‌ی دوم میانگین مربع خطا[12] (RMSE) و ضریب همبستگی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی(R) اشاره نمود(حسنی پاک، ۱۳۷۷). معادلات ۲ تا ۵ نحوه‌ی محاسبه آنها را نشان می‌دهند.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}[Z_{mi} - Z_{ei}]}{n} \qquad (۲)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|Z_{mi} - Z_{ei}|}{n} \qquad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[Z_{mi} - Z_{ei}]^2}{n}} \qquad (۴)$$

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[Z_{ei} - \bar{Z}_{mi}]^2}{\sum_{i=1}^{n}[Z_{mi} - \bar{Z}_{mi}]^2}} \qquad (۵)$$

1- Geostatistical Method
2- Simple Kriging
3- Ordinary Kriging
4- Deterministic Method
5- Inverse Distance Weight
6- Radial Basis Function
7- Global Polynomial Interpolation
8- Local Polynomial Interpolation
9- Cross Validation
10 - Mean Absolute Error
11- Mean Bias Error
12 - Root Mean Square Error

که در آن‌ها: n تعداد ایستگاههای مطالعاتی، Z_{ei} مقدار برآوردی برای ایستگاه i ام، Z_{mi} مقدار مشاهده‌ای برای ایستگاه i ام و $\overline{Z}_{mi}$ میانگین مقادیر مشاهده‌ای برای ایستگاه i ام می‌باشد.

در نهایت، روش مناسب میان‌یابی تشخیص داده شد و مبادرت به تهیه‌ی نقشه‌ی هم‌باران سالانه در کل استان فارس گردید. در این تحقیق، از سه معیار MAE، RMSE و R جهت ارزیابی نتایج استفاده شده است، به‌طوری که هر روشی که دارای MAE و RMSE پایین‌تر و R بالاتر باشد به‌عنوان روش مناسب برای تهیه‌ی نقشه‌ی هم‌باران برگزیده می‌شود.

مشخصات واریوگرام

هدف اصلی از محاسبه واریوگرام این است که بتوان تغییرپذیری متغیر را نسبت به فاصله‌ی مکانی یا زمانی شناخت. برای این‌کار لازم است که مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله‌ی معلوم h از یکدیگر قرار دارند محاسبه و در مقابل h رسم گردد(حسنی پاک،۱۳۷۷). شکل ۲ نمایی از یک نیم تغییرنما را نشان می‌دهد. هر تغییرنما دارای چند فراسنج مهم می‌باشد که در ذیل به آنها پرداخته شده است(حسنی پاک،۱۳۷۷).

دامنه‌ی تأثیر

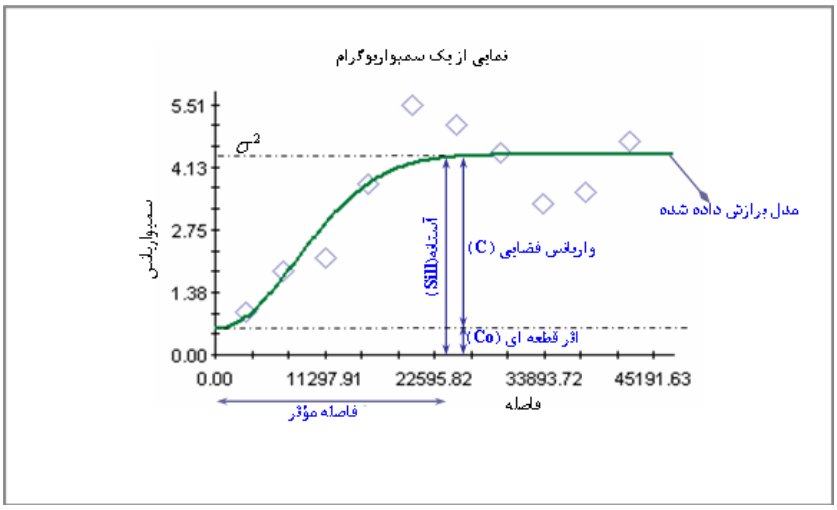
فاصله‌ای که در آن واریوگرام به حد ثابتی می‌رسد و به حالت خط افقی نزدیک می‌گردد، دامنه یا شعاع تأثیر(R) نامیده می‌شود(شکل۲). این دامنه محدوده‌ای را مشخص می‌کند که می‌توان از داده‌های موجود در آن برای تخمین مقدار متغیر مجهول استفاده کرد. بدیهی است که دامنه‌ی تأثیر بزرگتر دلالت بر پیوستگی مکانی گسترده‌تری دارد.

سقف یا آستانه‌ی واریوگرام

به مقدار ثابتی که واریوگرام در دامنه‌ی تأثیر به آن می‌رسد، آستانه گفته می‌شود. مقدار آستانه برابر با واریانس کل تمام نمونه‌هایی است که در محاسبه تغییرنما به‌کار رفته‌اند. در روش کریجینگ، واریوگرام‌هایی که به سقف مشخص می‌رسند اهمیت بیشتری دارند(شکل۲). در مواردی واریوگرام‌هایی به‌دست می‌آیند که در محدوده‌ی فواصل موردنظر تمایلی به نزدیک شدن به حد ثابتی ندارند. این واریوگرام‌ها می‌توانند نشان‌دهنده‌ی وجود روند در داده‌ها و یا عدم ایستایی داده‌ها باشند.

اثر قطعه‌ای

مقدار واریوگرام در مبدأ مختصات، یعنی به ازای h=۰ را اثر قطعه‌ای(C.) می‌نامند(شکل۲). در حالت آرمانی مقدار C. باید صفر باشد، اما در بیشتر مواقع بزرگتر از صفر است. در این حالت جزء تصادفی و یا غیر ساختاردار متغیرظاهر می‌شود.

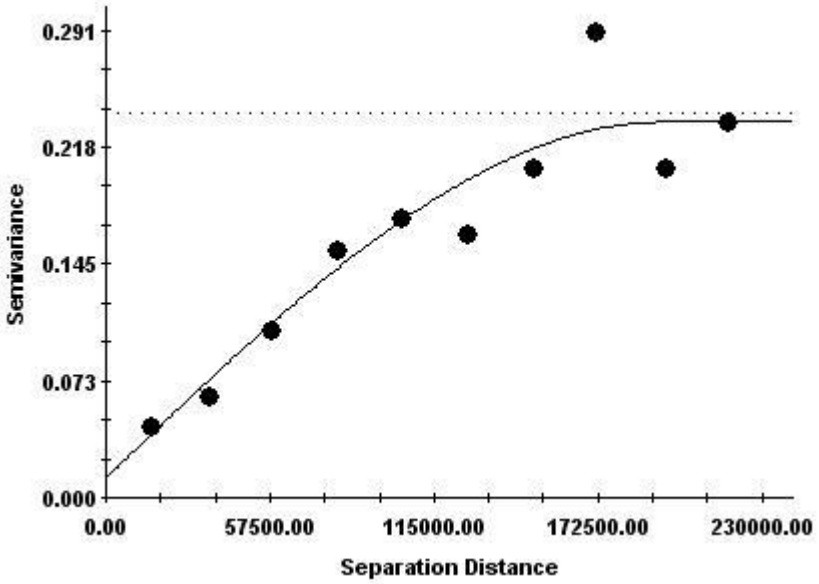


شکل ۲- سمیو اریوگرام و فراسنج‌های آن.

نتایج

نتایج مربوط به آزمون کلموگراف- اسمیرنف نشان دادند که داده‌های مربوط به بارندگی متوسط سالانه بهنجار نبوده و لذا از لگاریتم داده‌های این شاخص که بهنجار می‌باشند، استفاده شد. لازم به ذکر است که شرط بهنجار بودن فقط برای روش‌های زمین آمار می‌باشد. جدول ۱ مقادیر برخی آماره‌های داده‌های بارندگی را در دو حالت لگاریتمی و غیرلگاریتمی نشان می‌دهد. نتایج مربوط به واریوگرام تجربی و بهترین شبیه برازش یافته بر آن همراه با فراسنجهای آن در جدول ۲ ارائه شده‌اند. شکل ۳ واریوگرام تجربی لگاریتم داده های بارندگی را نشان می‌دهد.

جداول ۳ و ۴ به ترتیب نتایج ارزیابی روش‌های معین و زمین‌آمار کریجینگ را براساس معیارهای R، MAE و RMSE عرضه می‌کنند. شکل ۴ نقشه‌ی هم‌باران منطقه را بر اساس روش کریجینگ معمولی (OK) در استان فارس نشان می‌دهد. جدول۵ مساحت و درصد مساحت مربوط به طبقات بارش را در استان فارس عرضه می‌نماید.



شکل ۳- واریوگرام تجربی لگاریتم متوسط بارش سالانه در منطقه‌ی مورد مطالعه.

جدول ۱- اندازه‌های برخی آماره‌های بارندگی در دو حالت لگاریتمی و غیرلگاریتمی

آماره / حالت	تعداد نمونه	میانگین نمونه‌ها، mm	انحراف معیار	بیشترین، mm	کمترین، mm	چولگی	کشیدگی
غیر لگاریتمی	۹۲	۳۶۶/۴۵	۱۹۱/۴۸	۱۱۱۵	۱۰۴/۵	۱/۳۶	۲/۰۴
لگاریتمی	۹۲	۵/۷۸۳	۰/۴۹	۷/۰۲	۴/۶۵	۰/۱۳	-۰/۲۶

جدول ۲- اندازه‌های فراسنجهای واریوگرام تجربی لگاریتم داده های بارندگی

مدل	اثر قطعه‌ای، mm	آستانه، mm	شعاع تأثیر، m	R^2	RSS
کروی	۰/۰۱۲	۰/۲۳۳	۱۹۵۱۰۰	۰/۸۸۲	۰/۰۰۶۱۹

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های معین بر اساس معیارهای R، MAE و RMSE.

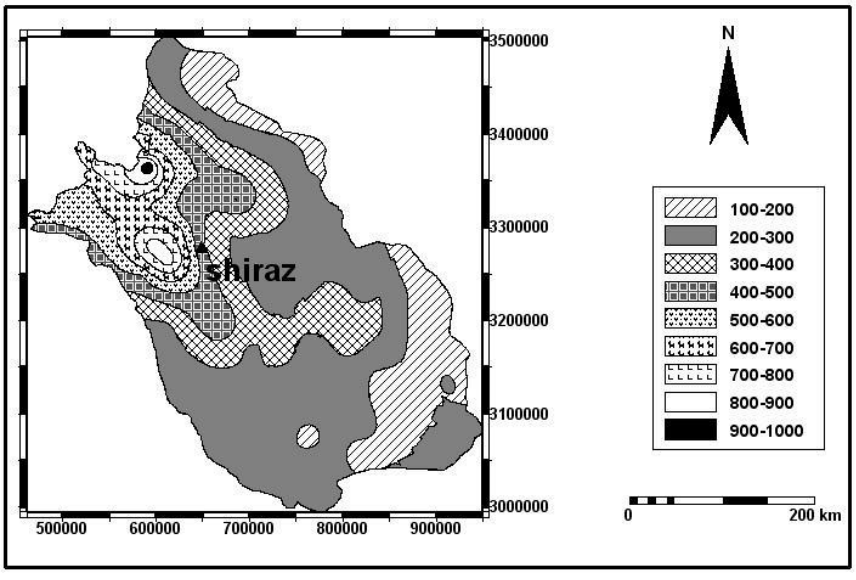
روش	R	MAE	RMSE
عکس فاصله (IDW)	۰/۸۳۰	۶۸/۲۴۰	۱۰۶/۲۶۰
تابع شعاعی (RBF)	۰/۷۷۸	۸۱/۷۹۴	۱۲۰/۴۳۴
تخمینگر عام (GPI)	۰/۸۱۱	۷۷/۰۷۹	۱۱۱/۷۴۲
تخمینگر موضعی (LPI)	۰/۸۳۹	۶۶/۳۰۶	۱۰۴/۱۱۹

جدول ۴- نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آماری کریجینگ براساس معیارهای R، MAE و RMSE.

روش	R	MAE	RMSE
کریجینگ ساده (SK)	۰/۸۳۱	۶۵/۸۹	۱۰۴/۸۶
کریجینگ معمولی (OK)	۰/۸۴۷	۶۵/۳۳۴	۱۰۱/۵۳

جدول ۵- وضعیت بارندگی در استان فارس

طبقه	دامنه‌ی طبقات (mm)	مساحت (km^2)	مساحت (درصد)
۱	۱۰۰-۲۰۰	۱۹۷۵۰/۲۱	۱۶/۱۲
۲	۲۰۰-۳۰۰	۵۵۷۰۲/۳۶	۴۵/۴۶
۳	۳۰۰-۴۰۰	۱۹۸۲۵/۹۱	۱۶/۱۸
۴	۴۰۰-۵۰۰	۱۰۳۹۷/۳۰	۸/۴۹
۵	۵۰۰-۶۰۰	۷۵۰۸/۳۱	۶/۱۳
۶	۶۰۰-۷۰۰	۵۳۹۹/۲۵	۴/۴۱
۷	۷۰۰-۸۰۰	۲۷۸۷/۵۰	۲/۲۸
۸	۸۰۰-۹۰۰	۱۰۴۲/۸۴	۰/۸۵
۹	۹۰۰-۱۰۰۰	۱۱۲/۰۸	۰/۰۹



شکل ۴- نقشه‌ی همباران سالانه بر حسب mm در استان فارس

بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج مربوط به تحلیل مکانی واریوگرام به‌دست آمده(جدول۲)، مشخص گردید که شبیه برازش یافته بر داده‌های بارندگی از نوع کروی بوده و در بین سایر شبیه‌های دیگر برازش‌یافته دارای مقدار R بالاتر و RSS[1] RSS[1] پایین‌تر می‌باشد(جدول۲). علاوه بر این، نتایج نمایش داده شده در جداول ۳ و ۴ نیز نشان می‌دهند که تمامی روش‌های میان‌یابی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند، دارای مقادیر متفاوتی از R، RMSE و MAE می‌باشند. از آنجا که معیار انتخاب روش مناسب ارزیابی R بالاتر و RMSE و MAE پایین‌تری هستند، لذا نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که از بین روش‌های معین برای بررسی اندازه‌ی تغییرات بارندگی در منطقه، روش تخمینگر موضعی(LPI)، به دلیل بالاتر بودن مقدار R و پایین‌تر بودن اندازه‌های RMSE و MAE نسبت به دیگر روش-ها مناسب‌ترند (جدول۳). مضافا، نتایج عرضه گردیده در جدول ۴ نشان داد که از بین روش‌های کریجینگ، روش کریجینگ معمولی(OK)، به دلیل بالاتر بودن مقدار R و پایین‌تر بودن اندازه‌های RMSE و MAE نسبت به روش کریجینگ ساده بهتر است. با مقایسه‌ی دو روش LPI و OK، نتیجه‌گیری می‌شود که روش OK ، باز به دلیل بالاتر بودن مقدار R و پایینتر بودن اندازه‌های RMSE و MAE (جداول ۳ و۴) نسبت به روش LPI ارجحیت داشته و لذا به‌عنوان روش نهایی در تهیه‌ی نقشه‌ی هم‌باران در استان فارس انتخاب می‌شود. افزون بر آن، نتایج مندرج در جدول ۵ نشان می‌دهند که ۴۵/۴۶٪ از کل سطح استان دارای بارندگی ۳۰۰-۲۰۰ میلی متر و ۰/۰۹٪ از سطح استان دارای بارندگی ۱۰۰۰-۹۰۰ میلی‌متر بوده که به ترتیب بیشترین و کمترین سطح را به خود اختصاص می‌دهند.

1 - Residual Sum of Squares

منابع

۱- حسنی پاک، علی اصغر. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

۲- حکیم‌خانی، شاهرخ، محمد حسین مهدیان، و محمود عرب خدری. ۱۳۸۶. تهیه نقشه فرسایندگی باران برای حوضه‌ی دریاچه نمک. مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۰، شماره ۳.

۳- مهدوی، محمد ابراهیم، محمد حسینی چگینی، محمد حسین مهدیان، و سیما رحیمی بندرآبادی. ۱۳۸۳. مناسبترین روش‌های زمین آمار در برآورد توزیع مکان بارش سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرق ایران. مجلهٔ منابع طبیعی ایران، شماره ۲، جلد ۵۷، ۱۶ صفحه.

۴- مهدیان، محمدحسین و ابراهیم حسینی چگینی. ۱۳۷۹. بررسی موقعیت ایستگاه‌های رسوب‌سنجی کشور با استفاده از نظریه‌ی ژئواستاتیستیک (مطالعه‌ی موردی در حوزه‌ی دریاچه‌ی ارومیه). دومین همایش ملی فرسایش و رسوب. صص ۱۶۷-۱۷۶.

5- Campling, P., A. Gobin., and J. Fegen. 2001. Temporal and spatial rainfall across humid tropical cachments, Hydrological Processes, 15: 359-375

6- Diodato, N., and M.C. Ecarelli. 2006. Interpolation process using multivariate geostatistics for mapping of climatological precipitation in the Sennio Mountcins(southern Italy), Earth surface and Land Form , 30: 259-268.