



ارزیابی روش‌های میان‌یابی کریجینگ و رگرسیون بر اساس مدل

ارتفاعی-رقومی، در تهیه نقشه همباران سالانه

(مطالعه موردی حوضه آبریز درجه دو هندیجان-جراحی)

کبری مکوندی^{۱*}، حسین سخائی راد^۲، سید مجید موسوی^۳، فاطمه ذاکری حسینی^۴

۱ - کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی مهندسین مشاور سامان آبراه-نویسنده مسئول.

Makvandi.n@yahoo.com

۲ - کارشناس ارشد سازه‌های آبی - رئیس هیئت مدیره شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه.

Absa110@yahoo.com

۳ - دکترای علوم و مهندسی آب (منابع آب)- مدیریت مطالعات پایه منابع آب سازمان آب و برق خوزستان.

smmosavi18@gmail.com

۴ - دکترای رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی- رئیس گروه تلفیق و بیلان منابع آب سازمان آب و برق خوزستان.

zakerfatemeh@gmail.com

چکیده

یکی از مهمترین پارامترهای ورودی جهت محاسبات بیلان آب و تهیه مدل‌های هیدرولوژیکی، توزیع مکانی بارش می‌باشد. بنابراین خطای ناشی از آن آثار مستقیمی در برنامه ریزی منابع آب خواهد داشت. از طرفی دیگر به دلیل عدم پوشش کامل ایستگاه‌های اندازه‌گیری نقطه‌ای باران، برآورد بارش منطقه‌ای و یا تخمین بارش در مناطق مابین ایستگاه‌ها امری ضروری به شمار می‌آید. برای این امر روش‌های مختلفی وجود دارد که از جمله آن‌ها روش‌های میان‌یابی می‌باشد. در این مطالعه، با استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و بکارگیری روش‌های زمین‌آمار از قبیل دو روش کریجینگ (ساده و معمولی) و روش رگرسیون برپایه مدل ارتفاعی رقومی زمین بارش سالانه حوضه آبریز هندیجان-جراحی مورد بررسی قرار گرفت، بدین منظور از آمار و اطلاعات ۲۰ ساله ایستگاه‌های هواشناسی، داده‌های بارش در دوره آماری (۱۳۹۸-۱۳۷۸) در ۷۷ ایستگاه باران سنجی حوضه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا به ازای هر مدل در روش کریجینگ، نیم تغییرنمای آن محاسبه و با استفاده از تکنیک ارزیابی متوالی، خطای نقشه‌ها برآورد شد و از میان ۱۴ نقشه، یک نقشه به عنوان نقشه بهینه اختیار شد. سپس با بهره‌گیری از باران متوسط سالانه ایستگاه‌ها و همچنین ارتفاع آنها، رابطه تغییرات میزان بارندگی با ارتفاع (گردیان باران سالانه) با استفاده از مدل رگرسیون خطی و نمایی برای سه اقلیم حوضه مشخص گردید. با توجه به ارزیابی‌های انجام شده مدل دایره‌ای از روش کریجینگ ساده و تابع رگرسیونی خطی و نمایی نتایج بهتری را برای میان‌یابی بارش نسبت به دیگر روش‌ها از خود نشان می‌دهند. در نهایت به منظور تعیین بهترین مدل



جهت توزیع مکانی بارش و انجام میان یابی، مدل های برتر با یکدیگر مقایسه شدند و مشخص گردید که مناسب ترین روش جهت میان یابی بارش سالانه در حوضه هندیجان-جراحی، روش رگرسیون با توابع خطی و نمایی می باشد.

واژه‌های کلیدی: بیلان، زمین آمار، کریجینگ، حوضه، هندیجان-جراحی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، نمایی.

۱- مقدمه

داده های ایستگاه های باران سنجی در یک محدوده جغرافیایی به صورت نقطه ای برداشت می شوند که باقیستی این داده ها به سطح تعیین داده شود (*Bazgeer et al, 2008:139-147*) تغییرات قابل ملاحظه ای بارندگی در زمان و مکان از یک سو و قلت ایستگاه های باران سنجی معمولی در ثبت عمق بارندگی روزانه از سوی دیگر ضرورت تبیین مدل های تخمین بارندگی را در زمان و مکان امری اجتناب ناپذیر می نماید. دستیابی به توزیع مکانی بارش بر اساس داده های نقطه ای بارش که از ایستگاه های بارانسنجی به دست می آیند، بر اساس دو روش درون یابی و برون یابی میسر می گردد. روش تخمین و برآورد میزان متغیر پیوسته را در مناطق نمونه گیری نشده در داخل ناحیه ای که مشاهدات نقطه ای پراکنده شده اند را درون یابی می گویند (قهروندی تالی، ۱۳۸۴: ۱۷۳). اگر چه امروزه روش های درون یابی متعددی از جمله روش‌های پلیگون تیسن، روش‌های میانیابی Kriging، Spiline، IDW و ... جهت تهیه نقشه های همبارش از روی داده های نقطه ای ایستگاه ها ارائه شده است (Goovaerts, ۲۰۰۰: ۱۱۳-۱۲۹) ولی انتخاب روش مناسب جهت تهیه نقشه های همباران از مسائل اساسی در تهیه این نوع نقشه ها است (*Kieffer & Bois, 2002: 39-752*) محققان زیادی بسیاری به مقایسه و ارزیابی روش های مختلف درون یابی پرداخته اند که نشان دهنده اهمیت موضوع در کاهش خطای ناشی از انتخاب روش می باشد . تاکنون پژوهش های بسیاری در زمینه میان یابی داده های اقلیمی در جهان و ایران صورت گرفته است. در آنالیز درون یابی بارندگی در منطقه سانتاباربارا که توسط نگوین و همکاران (۱۹۹۸) انجام گردید از دو روش کریجینگ و فاصله معکوس برای درون یابی اطلاعات استفاده شد. در همین رابطه با رسم نیم تغییرنماها و تفسیر آنها بدليل آنکه همبستگی خاصی بین اطلاعات وجود نداشت، روش کریجینگ مناسب تشخیص داده نشده و به جای آن روش رگرسیون چندگانه استفاده گردید. در این مطالعه اطلاعات بارندگی برای ۶۰ نقطه به دست آمد و با محاسبه میزان خطای باقیمانده نسبی، روش رگرسیون چندگانه نتایج بهتری نسبت به روش فاصله معکوس برای درون یابی بارندگی در برداشت. کولینز و بولستاد (۱۹۹۶) روش‌های مختلفی را برای درون یابی داده های درجه حرارات حداقل و حداقل در آمریکا ارزیابی و مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که انتخاب بهترین شیوه برای درون یابی، تحت تأثیر مستقیم دامنه تغییرها در درجه حرارت، واریانس آنها و میزان همبستگی درجه حرارت با ارتفاع منطقه است. گوارتز (۲۰۰۰) از بین روش‌های عکس مجذور فاصله، رگرسیون خطی با ارتفاع، تیسن و کریجینگ برای میان یابی بارندگی و دمای سالانه منطقه ای به وسعت پنج هزار کیلومتر مربع از کشور پرتقال، روش کریجینگ ساده را در مقایسه با دیگر روش های یادشده مناسبتر دانسته است. همزمان با توسعه روش های جدید درون یابی، پژوهشگرانی مانند ناوم و سانیس (۲۰۰۴)، رحیمی بندرآبادی و مهدیان (۱۳۸۲)، مدرس (۱۳۸۵)، رحمتی (۱۳۹۳) و نجف پور (۱۳۹۷)

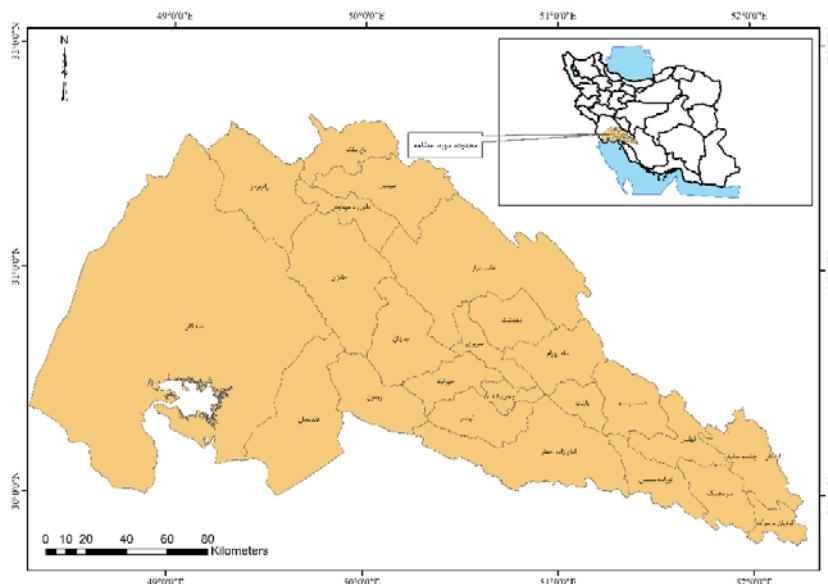


و... میزان دقت برآورد این شیوه ها را در داده های اقلیمی، مقایسه کردند. هر کدام از این افراد از میان روش‌های مختلف زمین آماری با در نظر گرفتن میزان دقت آنها، بهترین روش را برگزیدند. در این پژوهش، نتایج حاصل از روش های میان یابی کریجینگ و رگرسیون خطی و نمایی بر پایه مدل ارتفاعی رقومی را برای میان یابی بارش سالانه حوضه هندیجان-جراحی بررسی گردید.

۲ - مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات منطقه و ایستگاه های مورد مطالعه

حوضه آبریز هندیجان-جراحی با مساحت $40,820$ کیلومترمربع در جنوب غرب کشور در استان های خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد و فارس بین ۱۷° تا ۱۹° و ۴۸° تا ۵۲° طول شرقی و ۳۱° تا ۳۹° عرض شمالی واقع شده است و شامل دو رودخانه اصلی جراحی و زهره می باشد. موقعیت حوضه هندیجان-جراحی در کشور در شکل شماره(۱) نشان داده شده است.



شکل شماره(۱)- موقعیت حوضه هندیجان-جراحی در کشور

در این مطالعه از آمار و اطلاعات بارندگی ۷۷ ایستگاه هواشناسی در حوضه آبریز درجه ۲ هندیجان-جراحی طی دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۷۸ (۲۰ ساله) استفاده گردید. بمنظور استفاده از آمار جمع‌آوری شده در تحلیل بارندگی، ابتدا آزمون ران



تست بر روی داده‌های کلیه ایستگاهها انجام شد. سپس آمار و اطلاعات بارندگی ایستگاهها با استفاده از نمودارهای جرم مضاعف بارش سالانه، نمودارهای سری زمانی سالانه و ماهانه ایستگاهها و همچنین همبستگی بین داده‌ها به لحاظ کیفی ارزیابی گردیده و نواقص موضعی آمار بارندگی ماهانه تکمیل گردیده است.

تطویل آمار با توجه به وضعیت کمی و کیفی آمار از لحاظ خصوصیات اقلیمی و توپوگرافی بین ایستگاهها و بر اساس بهترین رابطه همبستگی صورت گرفته است و سعی گردیده از ایستگاه‌های نزدیک به هم که معمولاً تحت پوشش یک نوع توده بارندگی می‌باشند و بیشترین طول دوره آماری مشترک دارند رابطه همبستگی برقرار و نواقص آماری آن‌ها تا حد دوره شاخص تکمیل و تطویل گردیده است.

۲-۲- روش‌های میان‌یابی مورد استفاده

۱-۲- روش کریجینگ

کریجینگ یک روش تخمین زمین آماری است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار می‌باشد. می‌توان گفت این روش، بهترین تخمین گر خطی نالریب است و در قالب رابطه زیر و در قالب رابطه زیر بیان می‌شود:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n w_i z(x_i) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، Z^* مقدار متغیر مکانی برآورد شده، (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 اهمیت نقطه i در برآورد است (حسنی پاک، ۱۳۸۰: ۳۱۴). شرط استفاده از این تخمین‌گر، آن است که متغیر توزیع نرمال داشته باشد. همان‌طور که گفتیم، کریجینگ بهترین تخمین گر نالریب است؛ بنابراین باید عاری از خطای سیستماتیک باشد؛ همچنین واریانس تخمین نیز باید حداقل باشد؛ بنابراین، برای شرط عاری از خطأ بودن، باید میانگین خطای تخمین صفر باشد؛ یعنی:

$$E[z(x_i) - Z^*(x_i)] = 0 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲)، (x_i) مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه i با مختصات معلوم، (x_i) مقدار تخمینی در همان نقطه i و E امید ریاضی می‌باشد (صفری، ۱۳۸۱: ۵۱). کریجینگ بر حسب مشخصات ساختار مکانی، انواع مختلفی دارد و مهم ترین نوع آن، کریجینگ ساده و معمولی است (Hevesi, 1992:667). از شرط‌های اساسی در استفاده از روش کریجینگ، نرمال بودن داده‌ها است؛ بنابراین، برای محاسبه نقشه هم بارش به روش یادشده، داده‌های بارش با استفاده از تبدیل های شبیه نرمال باکس-کاکس با متغیر $1/0$ دوباره نرمال گردید. مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش برای برآذش عبارتند از: مدل کروی، مدل نمایی، مدل گوسی، مدل دایره‌ای، درجه دو منطقی، کروی چهار وجهی و کروی پنج وجهی که



با دو شیوه کریجینگ ساده (SK) و کریجینگ معمولی (OK), صورت گرفته است. جدول (۱) نتایج ارزیابی به روش فوق را نشان می‌دهد.

- معیار ارزیابی

در این تحقیق به منظور مقایسه روش‌های بکار برده شده و انتخاب مناسب ترین روش زمین آماری، از تکنیک ارزیابی متقابل استفاده شده است. در این خصوص، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط موجود، مقدار آن نقطه برآورد گردید. این کار برای کلیه نقاط مشاهده‌ای تکرار شد، به طوری که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود داشت. همچنین با استفاده از مدل‌های بدست آمده، در تعدادی از نقاطی که اندازه گیری وجود داشته است، مقادیر تخمینی محاسبه گردید. معیارهای مختلفی نیز برای ارزیابی کارآیی روش‌های میان‌یابی وجود دارد، که می‌توان به میانگین خطای اربیب یا انحراف (MBE)، میانگین خطای مطلق (MAE) ریشه دوم میانگین مربع خطای ($RMSE$) و انحراف استاندارد عمومی (GSD) اشاره کرد. معادلات مربوطه به قرار زیر هستند:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(X_i) - Z(X_i)]}{n} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |[Z^*(X_i) - Z(X_i)]|}{n} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(X_i) - Z(X_i)]^2}{n}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در معادلات فوق n : تعداد نقاط مشاهده‌ای، $Z^*(X_i)$: میانگین مقادیر مشاهده‌ای، $Z(X_i)$: مقدار برآورده در نقطه i ام و $Z(X_i)$: مقدار مشاهده‌ای برای نقطه i ام می‌باشد. در جدول (۱) نتایج ارزیابی یه روش‌های مختلف کریجینگ اراده شده است.



جدول(۱)-نتایج ارزیابی روش‌های درونیابی برآورد میانگین سالانه بارندگی-روش کریجینگ

خطای روش ارزیابی متقابل			مدل تابع	روش
RMS	MAE	MBE		
71.77	42.28	-1.22	دایره	کروی
71.91	41.11	-0.58		کروی چهار وجهی
72.05	41.23	-0.67		کروی پنج وجهی
72.12	41.20	-0.70		نمایی
72.64	40.90	-0.70		گوسی
73.80	44.80	-1.42		درجه دو منطقه ای
72.88	42.28	-1.22		دایره
71.27	41.65	1.65		کروی
71.27	42.11	1.67		کروی چهار وجهی
71.28	41.94	1.66		کروی پنج وجهی
71/54	40.99	1.49		نمایی
73.03	40.98	2.27		گوسی
73.76	45.69	1.12	OK	درجه دو منطقه ای
74.85	40.74	1.00		



۲-۲-۲- روش رگرسیون

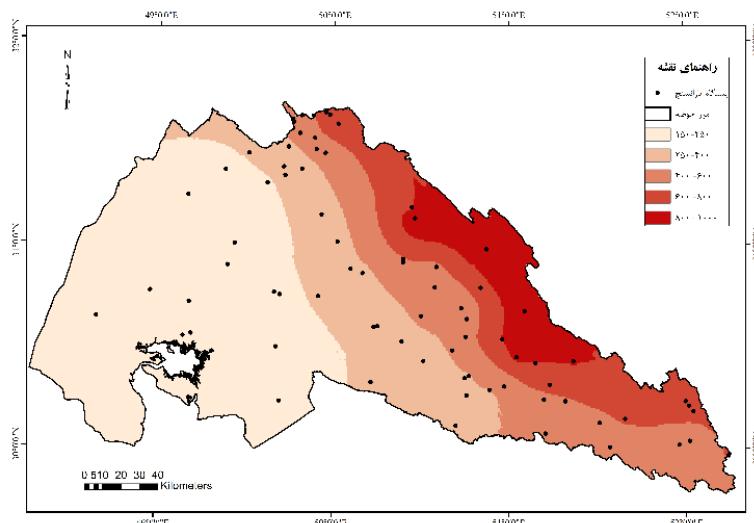
تحلیل رگرسیون این امکان را فراهم می‌آورد که تغییرهای مستقل پیش‌بینی شود و سهم هر یک از تغییرهای مستقل در تبیین متغیر وابسته تعیین گردد (کلانتری، ۱۳۸۵: ۱۷۶). برای انجام میان یابی، معادله‌های رگرسیونی مختلف وجود دارد که با توجه به مقدار همبستگی متغیر اصلی و ثانویه انتخاب می‌شود. بدین منظور، با استفاده از مدل رگرسیون خطی، نخست داده‌های بارش و ارتفاع ایستگاه‌ها بررسی می‌شود سپس داده‌های مورد نظر با بهترین توابع نظری رگرسیونی برآش داده می‌شود.

۳- نتایج بحث

تعیین مقادیر عددی بسیاری از شاخص‌ها در نقاط فاقد ایستگاه، برای ایجاد و توسعه مدل‌هایی که در مقیاس وسیع، یک مشخصه یا فرایند اکولوژیکی را پیش‌بینی می‌کنند، دارای اهمیت می‌باشد. گفتنی است که مدل‌های انتخابی، فقط برای همان منطقه قابل اعتماد هستند؛ اما چنانچه یک مدل خاص برای چندین محل، مناسب تشخیص داده شود، می‌توان با اطمینان زیادی آن را در موقعیت‌های مشابه دیگر نیز به کار گرفت

الف) تحلیل مدل میان یابی کریجینگ در میان یابی بارش

برای تعیین مدل بهینه جهت تخمین توزیع بارندگی، هر کدام از مدل‌های ذکر شده را بر روی داده‌های میانگین بارندگی اعمال گردید و درستی و دقیقت هر یک از نقشه‌های تولید شده را با روش ارزیابی متقابل محاسبه شد. نتایج این بررسی در جدول (۱) ارائه شده است. بر این اساس، بهترین مدلی که قادر به توجیه مکانی توزیع بارندگی می‌باشد، مدل دایره‌ای از روش کریجینگ ساده است. شکل شماره (۲) نقشه پهنه بندی بارش حوضه هندیجان-جراحی به روش فوق نشان می‌دهد.



شکل شماره(۲) نقشهٔ پهنهٔ بندی بارش حوضه - مدل دایره‌ای کریجینگ ساده

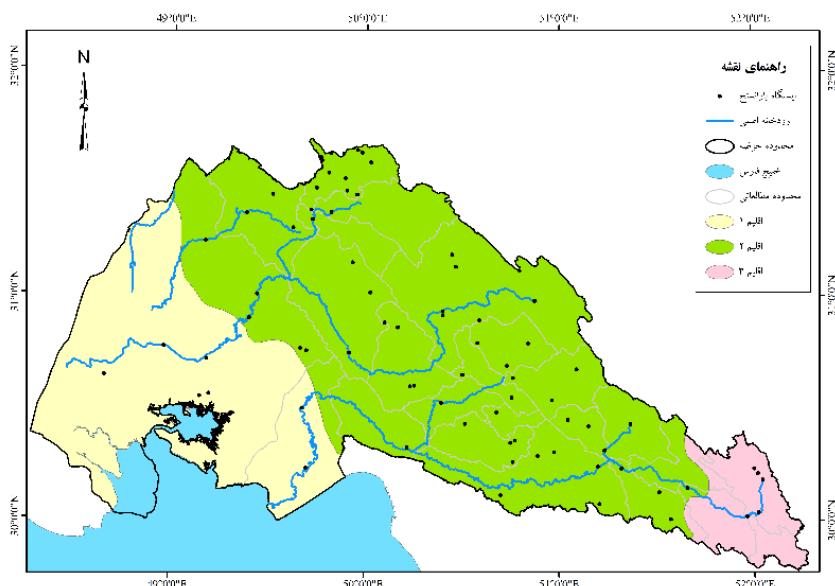
ب) ارزیابی رگرسیون خطی بر پایهٔ مدل ارتفاعی رقومی برای میان‌یابی بارش

با توجه به تنوع روند بارندگی و شرایط آب و هوایی مناطق مختلف حوضه آبریز هندیجان- جراحی، بارش حوضه در ۳ ناحیه با ارتفاع بررسی و تفکیک گردیده است. موقعیت نواحی مختلف گرادیان باران از نظر رژیم بارندگی در شکل (۳) نشان داده شده است. در ناحیه یک که بخش ساحلی و حاشیه خلیج فارس را در بر می‌گیرد. ناحیه دو که قسمت اعظم حوضه هندیجان- جراحی را به خود اختصاص داده است و شمال، شمال شرق و مرکز حوضه را در برگرفته است و ناحیه سه که بخش کوچکی از حوضه هندیجان- جراحی را در بر می‌گیرد و در قسمت جنوب شرقی واقع شده است، این ناحیه علیرغم افزایش ارتفاع، دارای بارش کمتری نسبت به ایستگاههای هم ارتفاع در ناحیه دو می‌باشد. علت این پدیده آن است که اکثر بارندگی جبهه مدیترانه‌ای در قسمت شمال و شمال شرق حوضه ریزش نموده و بنابراین میزان بارندگی که به این ناحیه (جنوب شرقی حوضه) می‌رسد، کاهش می‌یابد. بنابراین ایستگاههایی که در شمال و شمال شرقی حوضه واقع شده‌اند، به علت نزدیکتر بودن به کانون جریانات هوایی مدیترانه‌ای بیشترین بارش منطقه را دارا می‌باشد، اما ایستگاههای واقع در جنوب شرقی حوضه به تدریج به علت دور شدن از کانون جریانات هوای مدیترانه‌ای با داشتن ارتفاع بالا بارش کمتری را دارا هستند. جهت انجام میان‌یابی به وسیله تحلیل‌های رگرسیونی، معادلات گستردگی وجود دارد. با برآش بارش ارتفاع با معادلات مختلف بهترین معادله استخراج گردید. مدل رگرسیون و روابط بارش ارتفاع در اشکال (۴) الی (۶) و نقشهٔ پهنهٔ بندی بارش با استفاده از روش رگرسیون در شکل (۷) ارائه شده است.

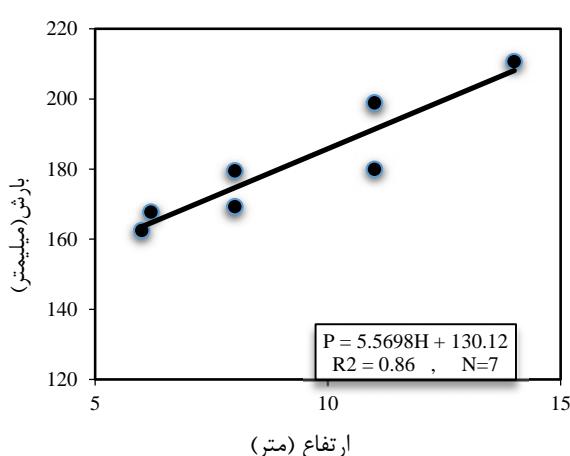
زمان برگزاری: آبان ماه ۱۴۰۱

کنفرانس ملی روش‌های کاربردی حل مسائل فنی بیلان آب گشور

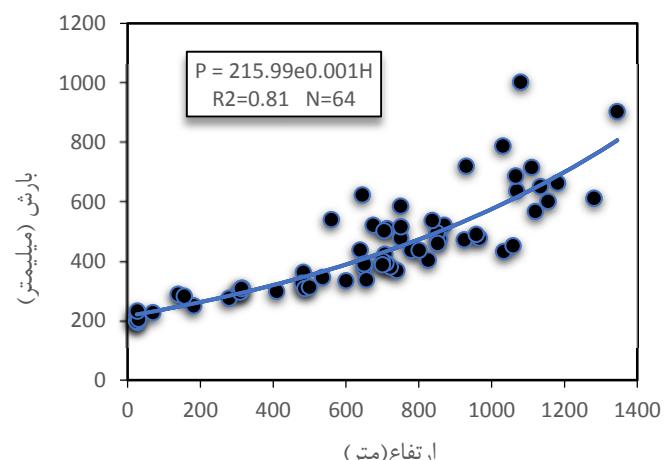
National Conference on Applied Solutions
for Technical Issues in Water Balance Estimation



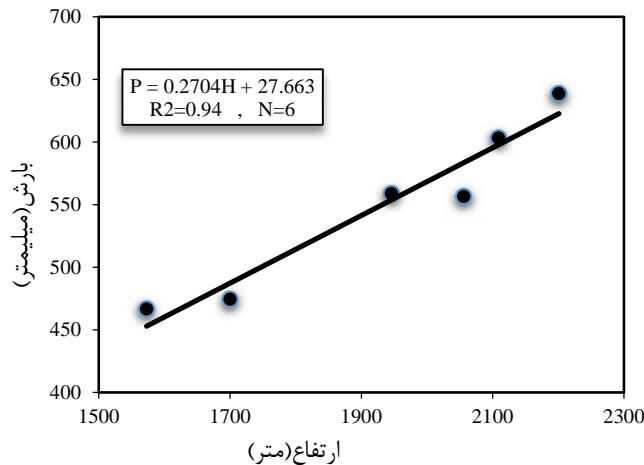
شکل (۳) - موقعیت نواحی مختلف گرادیان باران از نظر رژیم بارندگی



شکل ۴- رگرسیون خطی- ناحیه ۱



شکل ۵- رگرسیون به روش نمایی ناحیه ۲



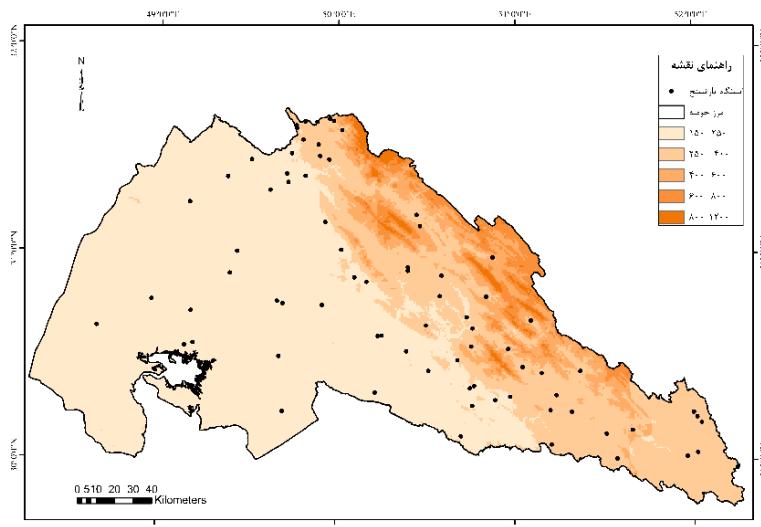
شکل ۶- رگرسیون خطی- ناحیه ۳

با توجه به این نتایج، برای انتخاب بهترین روش جهت میان یابی داده های بارش، از شیوه ارزیابی متقابل و ضریب همبستگی استفاده گردید (جدول ۲). مقادیر همبستگی مکانی بین توپوگرافی و روش های میان یابی نشان می دهد که بیشترین همبستگی به ترتیب به روش رگرسیون خطی و تابع نمایی و سپس کریجینگ ساده با مدل دایره ای مربوط است. مقدار ضریب همبستگی روش کریجینگ ساده با مدل دایره ای با توپوگرافی نشان دهنده آن است که مقادیر بارش با ارتفاع، رابطه ای مثبت دارد؛ اما این رابطه در مقایسه با دو روش دیگر، ضعیفتر است این مسئله خود به نوعی رابطه بارش و ارتفاع را در میان یابی بارش آشکار می کند. با توجه به این نتایج، مشخص می گردد که روش های رگرسیون بارش و ارتفاع در مقایسه با روش کریجینگ ساده با مدل دایره ای، دقت و انحراف، نتایج بهتری برای میان یابی بارش نشان می دهد. بر این اساس منحنی های همباران حوضه با استفاده از معادلات رگرسیون (بارش- ارتفاع) و اعمال آن در مدل ارتفاعی رقومی زمین در محیط ArcGIS ترسیم و سپس با انتقال مقادیر میانگین بارش سالانه ایستگاه های منتخب، خطاهای مشاهده شده برطرف و منحنی های هم باران تهیه گردید. در ادامه، نقشه تفاضل بین دو روش رگرسیون به عنوان روش بهینه و روش کریجینگ ساده با مدل گوسی را آورده ایم (شکل ۷). با توجه به شکل، میزان اختلاف این دو نقشه حاشیه شرقی و بخش شمال شرقی حوضه، در مقایسه با نواحی دیگر بیشتر و درست بر مناطقی منطبق است که دارای ارتفاع بیشتر می باشند. دلیل عمدۀ این اختلاف، میان یابی به روش کریجینگ ساده با مدل دایره ای می باشد؛ زیرا در ارتفاع های یادشده، ایستگاه های کمتری برای اندازه گیری میزان نزولات جوی وجود دارد؛ بنابراین، برای میان یابی باید این نکته در نظر گرفته شود که وجود ایستگاه های اندازه گیری به تعداد کافی و مناسب، و همچنین پراکنش درست و اصولی آنها در عملیات میان یابی نقشی تعیین کننده دارد.

زمان برگزاری: آبان ماه ۱۴۰۱

کنفرانس ملی روش‌های کاربردی حل مسائل فنی بیلان آب گشور

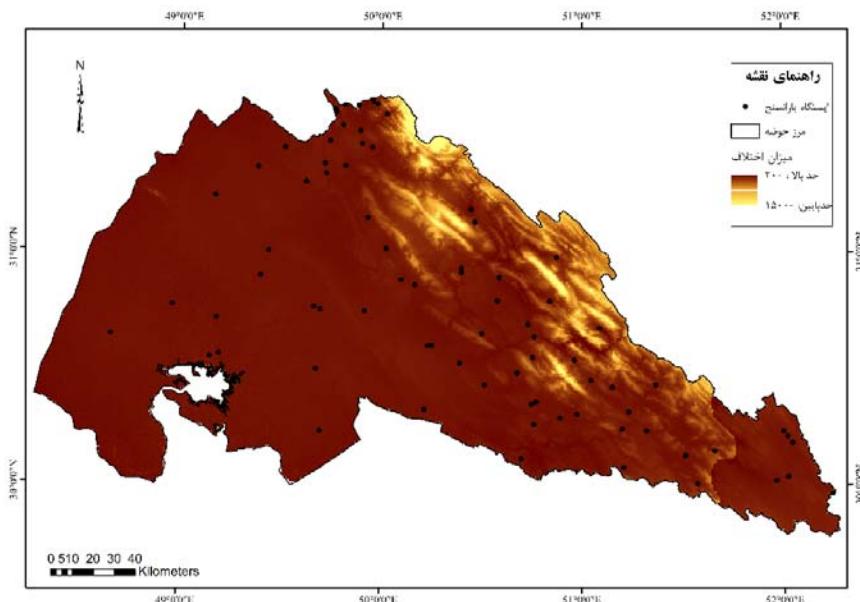
National Conference on Applied Solutions
for Technical Issues in Water Balance Estimation



شکل(۷) - نقشه پهنه بندی بارش با استفاده از روش رگرسیون

جدول ۲ - ماتریس همبستگی مکانی مقادیر میان یابی با توپوگرافی

ضریب تعیین R^2	روش میان یابی
۰/۷۸	روش کریجینگ ساده با مدل دایره‌ای
۰/۸۶	روش رگرسیون خطی ناحیه (۱)
۰/۸۱	روش تابع نمایی ناحیه (۲)
۰/۹۴	روش رگرسیون خطی ناحیه (۳)



شکل(۷)-نقشه تفاضل بین دو روش رگرسیون (بارندگی-ارتفاع) و روش کریجینگ ساده با مدل دایره‌ای

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، موارد ذیل قابل استنتاج می‌باشد:

الف- با توجه به اینکه در مرکز حوضه به سمت بخش شمال شرقی و شمال غربی حوضه با افزایش ارتفاع، ایستگاه‌های کمتری برای اندازه‌گیری نزولات جوی وجود دارد استفاده از روش کریجینگ، توزیع مناسبی از روند بارندگی منطقه ارائه نمی‌دهد در مناطق اینچنینی استفاده از رگرسیون و اعمال آن در مدل ارتفاعی رقومی زمین، رفتار بارش را در مکان‌هایی که با نبود یا کمبود ایستگاه مواجه هستند، بهتر نشان می‌دهد.

ب- مناسب ترین روش جهت میانیابی بارش سالانه حوضه هندیجان-جراحی با توجه به پراکنش ایستگاهها استفاده از استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و نمایی است.



ج-روش کریجینگ مانند سایر روش‌های دیگر درونیابی بر مبنای استفاده از اطلاعات نقطه‌ای پایه گذاری شده است، که این امر با توجه به پراکندگی نسبتاً زیاد ایستگاههای هواشناسی، موجب کاهش دقت مکانی در نتایج میانیابی این روش می‌شود.

د- توجه نکردن به درستی مدل انتخاب شده برای میان‌یابی هر گونه داده اقلیمی، به رخ دادن هرگونه اشتباه در بحثهای اجرایی خواهد انجامید.

ه- برای میان‌یابی باید به این نکته توجه کرد که تعداد کافی و مناسب و همچنین پراکنش درست و اصولی ایستگاههای سنجش و اندازه گیری، نقش تعیین کننده‌ای در عملیات میان‌یابی ایفا می‌کنند؛ بنابراین، در زمان ساخت ایستگاه‌های جدید، نواحی ای که از توزیع مناسب و یا تعداد کافی ایستگاهها برخوردار نیستند، باید در مقایسه با نواحی دیگر در اولویت قرار گیرند.

۵- سیاستگذاری

از همکاری و مساعدت مدیریت محترم عامل و کارشناسان شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه، مدیران و کارشناسان محترم شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان، شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس و کهگیلویه و بویراحمد به خاطر راهنمای‌های ارزنده‌ای که ارائه نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶- منابع

- ۱- حسنی پاک، علی اصغر (۱۳۸۶). زمین آمار. دانشگاه تهران. ۳۸۰ ص.
- ۲- قهودی تالی، م (۱۳۸۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم، شماره ۴۹، ص ۱۷۳.
- ۳- حسنی پاک، علی اصغر (۱۳۸۰). تحلیل داده‌های اکتشافی. تهران: دانشگاه تهران.
- ۴- صفری، مجید (۱۳۸۱). تعیین شبکه بهینه اندازه گیری سطح آب زیرزمینی با کمک روش‌های زمین آماری. مطالعه موردی: دشت چمچال. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.



۵- کلانتری، خلیل (۱۳۸۵). پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی- اقتصادی با استفاده از نرم افزار SPSS
تهران: نشر شریف.

۶- مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز درجه دو هندیجان- جراحی (مختوم به سال آبی ۱۳۹۷-۹۸) - شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه. (مقاله حاضر از مطالعات فوق برگرفته شده است)

7-Bazgeer, S., P.Sharma, R.K. KMahey, S.S. Hundal, and A. Sood, (2008). Assessment of land use changes using remote sensing and GIS and their implications on climatic variability for Balachaur watershed in Punjab, India. DESERT: 139-147.

8-Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, J. Hydrol, 228, 113- 129.

9-Kieffer Weisse, A. and P. Bois, (2002). A comparison of methods for mapping statistical characteristics of heavy rainfall in the French Alps: The use of daily information, Hydrologicai Sciences- Journal des Sciences Hydrologiques, 47(5), 739- 752.

10- Nguyen RT, Prentiss D and Shively JE, 1998. Rainfall interpolation for Santa BarbaraCounty, UCSB, Department of Geography, Accessed September 2004.

11-Collins, Jr. F. C. and P. V. Bolstad (1996). «A Comparison of Spatial Interpolation Techniques in Temperature Estimation». Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Fe: New Mexico. Januar 21-2:38-52.

12- Goovaerts, P (2000) «Geostatistical Approach for Incorporating Elevation into Spatial Interpolation Rainfall». Journal of Hydrology. Amsterdam. 228 (1-2):133-129.

13- Hevesi JA, JD Istok and AL Flint. (1992). «A Precipitation Estimation in Mountainous Terrain Using Multivariate Geostatistics. Part I: Structural Analysis. Journal Applied Meteorology 31: 661–676.



Evaluation of kriging and regression interpolation methods based on the model

A numerical height in the preparation of the annual rainfall map

(A case study of the second grade catchment basin of Handijan-Jarhari)

Kobra Makvandi^{1*}, Hossein Sakhai Rad², Seyed Majid Mousavi³, Fatemeh Zakiri Hosseini⁴

1- Senior expert in irrigation and drainage, consulting engineers of Saman Abrah-*Responsible author.
Makvandi.n@yahoo.com

2- Senior expert in water structures and Chairman of the Board of Directors of Saman Abrah Consulting Engineers -Absa110@yahoo.com

3- PhD in water science and engineering (water resources) - management of basic studies of water resources of Khuzestan Water and Electricity Organization-smmosavi18@gmail.com

4- Ph.D. in Sedimentology and Sedimentary Petrology - Head of the Department of Consolidation and Balance of Water Resources of Khuzestan Water and Electricity Organization - zakerfatemeh@gmail.com

Abstract

One of the most important input parameters for water balance calculations and preparation of hydrological models is the spatial distribution of precipitation. Therefore, the error caused by it will have direct effects on water resource planning. On the other hand, due to the lack of full coverage of point rain measurement stations, it is necessary to estimate regional rainfall or to estimate rainfall in the areas between the stations. For this, there are various methods, one of which is mediation methods. In this study, the annual rainfall of Handijan-Jarhari catchment basin was investigated by using the geographic information system capability and applying geostatistical methods such as two kriging methods (simple and normal) and linear regression based on the digital elevation model of the land. From the statistics and information of 20 years of meteorological stations, the rainfall data in the statistical period (1378-1398) was analyzed in 77 rain gauge stations of the basin. For this purpose, first, for each model, its semivariance index was calculated using the kriging method, and using the sequential evaluation technique, the error of the maps was estimated, and one map was selected as the optimal map among 14 maps. Then, by using the average annual rain of the stations and their altitude, the relationship between the changes in the amount of rainfall and the altitude (gradient of annual rain) was determined using the linear and exponential regression model for the three climates of the basin. According to the evaluations, the circular model of the simple kriging method and the linear and exponential regression function show better results for estimating precipitation than other methods. Finally, in order to determine the best model for the spatial distribution of rainfall and perform interpolation, the best models were compared with each other and it was determined that the most suitable method for interpolation of annual rainfall in the Handijan-Jarhari basin is the regression method with linear and exponential functions.