Archive of SID

مجله علمی – پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran – Watershed Management Science & Engineering
سال چهارم – شماره‌ی ۱۰ – بهار ۱۳۸۹
Vol. 4, No. 10, Spring 2010

بررسی تراکم شبکه‌ی ایستگاههای باران‌سنجی با استفاده از روش‌های زمین آماری (مطالعه‌ی موردی: استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی)

بابک کسایی رودسری[۱]، بیژن قهرمان[۲] و محمدباقر شریفی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۶

چکیده

اصلاح و طراحی یک شبکه‌ی باران سنجی بمنظور افزایش دقت در تخمین مقادیر بارش، نیازمند یافتن موقعیت بهینه‌ی ایستگاهها می‌باشد. بیش‌تر خطاهای تخمین بارش ناشی از موقعیت باران سنج‌ها می‌باشد که یک طراحی صحیح شبکه‌ی باران سنجی می‌تواند خطاهای مرتبط با اندازه‌گیری بارش را کاهش دهد. در این پژوهش، داده‌های بارش سالانه ۱۴۲ ایستگاه تحت تملک وزارت نیرو با دوره‌ی آماری به ثبت رسیده متفاوت از ۱۰ تا ۵۵ سال، در سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی از سازمان آب منطقه‌ای استان‌ها دریافت شده و تحلیل‌های زمین آماری در دو حالت به تفکیک سه استان و مجموعه‌ی آن‌ها به صورت سطح یکپارچه، بمنظور یافتن ارتباط مکانی بین داده‌ها صورت گرفت. در نتیجه، تحلیل مجزای سه استان، در سطح دو استان خراسان شمالی و جنوبی هیچ نیم‌تغییرنمای تئوری مناسبی برای مقادیر نیم‌تغییرنمای تجربی داده‌ها مشاهده نگردید و در استان خراسان رضوی نیم تغییر نمای مناسب از نوع کروی با مقادیر سقف ۲۳۰۰ (دارای واحد میلیمتر مربع) و دامنه‌ی تاثیر ۲۰ کیلومتر بدست آمد. در حالت تحلیل مجموعه سه استان به صورت یکپارچه، مناسب‌ترین نیم تغییرنما از نوع کروی با دامنه‌ی تاثیر ۲۰ کیلومتر و با مقدار سقف ۳۱۰۰ بدست آمد. در نهایت، با انجام مطالعات زمین آماری و بررسی مکانی ضریب تغییرات بر پارامتر بارش سالانه، در سطح استان خراسان رضوی به گونه‌ی مجزا، مشخص گردید که با اضافه شدن ۱۵ ایستگاه پیشنهادی جدید به شبکه‌ی باران سنجی موجود در این استان، مقادیر ضریب تغییرات مکانی بارش سالانه در محدوده‌ای گسترده، از بخش‌های مرکزی استان بین ۱۴ تا ۱۷ درصد و در نواحی غربی در حدود ۷ درصد کاهش می‌یابد. هم‌چنین، در نتیجه‌ی تحلیل بالا، در سطح مجموعه‌ی سه استان، مشخص گردید که با اضافه‌شدن ۱۵ ایستگاه جدید، مقادیر ضریب تغییرات مکانی بارش سالانه در محدوده‌ای گسترده، از بخش‌های مرکزی، شمالی و شرقی استان بین ۸ تا ۹ درصد و در نواحی غربی نزدیک به ۲۳ درصد کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بارش سالانه، تغییرات مکانی، زمین آمار، شبکه‌ی باران سنجی و کریجینگ.

مقدمه

میانگین بارش سالانه در ایران، در حدود ۲۴۰ میلی‌متر و تقریباً معادل یک سوم میانگین بارش جهان روی قاره‌ها (۸۰۰ میلی‌متر) می‌باشد[۵]. ایران، در شمار کشورهای خشک و نیمه خشک قرار داشته و همواره با مشکل کمبود آب روبه‌روست. بنابراین، برآورد نسبتاً دقیق و نزدیک به واقعیت میزان بارش به صورت نقطه‌ی یا منطقه‌ای، می‌تواند مفید واقع شود. تخمین بارش و طراحی یک شبکه‌ی باران سنجی، به گونه‌ای که نبود اطمینان در اندازه‌گیری‌ها و هزینه‌ی ساخت کمینه گردد، نیازمند یافتن موقعیت بهینه‌ی ایستگاهها می‌باشد. بیش‌تر خطاها ناشی از موقعیت باران سنج‌ها می‌باشد که یک طراحی صحیح شبکه‌ی باران سنجی می‌تواند خطاهای مرتبط با اندازه‌گیری ویژگی‌های رگبارها را کاهش دهد[۱۳]. کارهای زیادی به وسیله‌ی گذشتگان در زمینه‌ی طراحی

۱- نویسنده‌ی مسئول و کارشناس ارشد عمران (سازه‌های هیدرولیکی)، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.
babakkasaee@gmail.com
۲- دانشیار، گروه آبیاری دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- استادیار، گروه عمران- آب دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

www.SID.ir

Archive of SID

شبکه‌ی باران سنجی بمنظور کم‌تر کردن خطای تخمین بارش، صورت گرفته است[۱۳]. هرشفیلد[۱۴] به احتمال زیاد، نخستین فردی بود که در این زمینه به نتایج خوبی دست یافت. او از همبستگی داده‌ها در شبکه‌ی داده‌های بارش ۲۴ ساعته با دوره‌ی بازگشت ۲ ساله و هم‌چنین، بارش ۱ ساعته با همین دوره‌ی بازگشت، بمنظور طراحی استفاده نمود. از جمله افراد دیگری که در زمینه‌ی بررسی همبستگی مکانی شبکه‌ی داده‌های بارش فعالیت داشته‌اند، می‌توان ردریگز- ایترب و مجیا[۱۸]، براس و ردریگز- ایترب[۱۰] و براس و کولن[۹] را نام برد.

قهرمان و سپاسخواه[۱۳] با انجام تحلیل کریجینگ روی داده‌های بارش با مدت تداوم یک ساعت و دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال در تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در سطح ایران، مقادیر واریانس خطای تخمین کریجینگ و **CV** (ضریب تغییرات مکانی بارش سالانه در هر نقطه که حاصل تقسیم انحراف معیار خطای تخمین کریجینگ بر مقدار بارش تخمین زده شده در آن نقطه است) را در محدوده‌ی مطالعاتی بدست آوردند. سپس با بررسی مقادیر **CV** نسبی (حاصل تقسیم مقدار**CV** روی بیش‌ترین **CV** موجود در سطح مطالعاتی) موقعیت‌های جدیدی جهت احداث ایستگاه بمنظور کم‌کردن خطای تخمین پیشنهاد نمودند.

در عمل احداث باران سنج اضافی در شبکه و نگهداری از آن، نیازمند هزینه‌هایی می باشد که توازنی میان دقت مورد نیاز و تعداد ایستگاههای پیشنهادی را برقرار کند. هدف از این پژوهش، تحلیل و ارزیابی شبکه‌ی باران سنجی موجود و در صورت نیاز، پیشنهاد احداث ایستگاههای جدید و به ترتیب اولویت آن‌ها در شبکه‌ی باران سنجی موجود در سطح سه استان خراسان (شمالی، رضوی و جنوبی) بمنظور کم‌تر نمودن مقادیر پارامتر CV مکانی بارش سالانه است.

مواد و روش‌ها

زمین آمار بر پایه‌ی مفاهیم متغیرهای ناحیه‌ای، توابع تصادفی و ایستایی قرار دارد[۱۶] و تئوری متغیرهای ناحیه‌ای، پایه‌ی ریاضی زمین آمار را تشکیل می‌دهند[۶]. یکی از مناسب‌ترین روش‌های تخمین مقادیر مجهول در شبکه‌ی داده‌ها با استفاده از نقاط اندازه‌گیری شده‌ی موجود، روش کریجینگ می‌باشد. روش کریجینگ ابتدا به وسیله‌ی ماترون در مدرسه‌ی ریاضی معدن در فونتایبلو فرانسه پایه‌گذاری شد[۸] و از نام د.جی.کریگ گرفته شده است[۱۷]. کریگ به احتمال زیاد، نخستین کسی بود که ارتباط فضایی را بکار برد و بهترین تخمینگر خطی نااریب را در ارزیابی معدنی مورد استفاده قرار داد[۶]. روش کریجینگ به علت قابلیت زیاد و مشابهت مسایل تخمینی به یکدیگر در رشته‌های گوناگون از قبیل ژئوهیدرولوژی، هیدرولوژی، علوم خاک و مهندسی محیط زیست کاربردی گسترده پیدا کرده است [۶، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۶ و ۱۷].

تخمین‌گر کریجینگ، تخمین‌گری خطی به شکل زیر است.

$$\hat{Z}(u_a) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(u_i) \qquad (۱)$$

$\hat{Z}(u_a)$، مقدار تخمین در نقطه‌ی u_a؛ $\mathbf{Z(u_i)}$، مقدار عددی نمونه‌ها در موقعیت‌های $\mathbf{u_i}$ و $\boldsymbol{\lambda_i}$، وزن آماری که به نمونه‌ی $\mathbf{Z(u_i)}$ نسبت داده می‌شود.

واریانس کریجینگ یا همان کم‌ترین واریانس را می‌توان با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست آورد[۲، ۸].

$$\delta_p^2(u_a) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i^* \gamma(u_a - u_i) + \eta^* \qquad (۲)$$

که $\boldsymbol{\lambda_i^*}$ و $\boldsymbol{\eta^*}$ به ترتیب مقادیر بهینه وزن‌های آماری و ضریب لاگرانژ[1] می‌باشد که با حل ماتریسی بدست می آیند[۶]. $\gamma(u_a - u_i)$ مقدار نیم تغییر نما[2] بین نقاط معلوم و نقاط تخمینی می‌باشد. نیم تغییر نمای داده‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\gamma^*(d) = \frac{1}{2N(d)} \sum_{i=1}^{N(d)} [Z(u) - Z(u+d)]^2 \qquad (۳)$$

$N(d)$ برابر تعداد زوج نمونه که به فاصله‌ی بردار d از یکدیگر واقع‌اند و $Z(u)$ مقدار پارامتر مورد نظر در موقعیت u می‌باشد. برای یک متغیر تصادفی ضریب تغییرات[3] به صورت زیر تعریف می شود[۳ و ۷]:

$$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} \qquad (۴)$$

نتیجه‌ی بدست آمده از رابطه‌ی بالا که برابر تقسیم انحراف معیار تخمین کریجینگ در هر نقطه‌ی شبکه روی مقدار میانگین بارش سالانه‌ی بدست آمده در آن نقطه است، نسبت به مقدار انحراف

[1]- Lagrange Multiplier
[2] - Semivariogram
[3] -Coeficient of Variation

www.SID.ir

Archive of SID

معیار شاخصی مناسب‌تر برای تعیین نقاط ضعف شبکه است[۱]. همان‌گونه که پیش‌تر عنوان گردید، مطالعات متداول، مقدار انحراف معیار را به عنوان پارامتر اصلی جهت اصلاح شبکه بیان نموده‌اند؛ در حالی که قهرمان و سپاسخواه[۱۳] برای نخستین بار، بر ارجحیت تصمیم‌گیری بر مبنای پارامتر CV مکانی بارش سالانه تاکید نموده‌اند و مطالعات خود را بر این اساس، در سطح کشور ایران به انجام رساندند[۱۳].

با در اختیار داشتن مقادیر ضریب تغییرات در کلیه‌ی نقاط شبکه، بمنظور پیشنهاد نقاط با موقعیت بهینه‌ی جدید، جهت کاهش خطاها، از راهکار زیر استفاده می‌شود:

۱- ضریب تغییرات در تمامی نقاط شبکه محاسبه می‌شود.

۲- نقطه با بیش‌ترین ضریب تغییرات به عنوان اولویت نخست جهت احداث ایستگاه انتخاب می‌گردد.

۳- پس از تعیین اولویت نخست، فرض می‌شود ایستگاهی در آن محل وجود دارد که میانگین بارش آن ایستگاه، برابر همان مقدار تخمینی بارش به وسیله‌ی نقاط اطراف در شبکه است. با وارد کردن این نقطه‌ی جدید به سیستم داده‌ها، تحلیل کریجینگ بار دیگر روی سیستم انجام گرفته و واریانس و ضریب تغییرات برای تمامی نقاط شبکه محاسبه می‌گردد.

۴- مراحل ۲ و ۳ تا تعیین ۱۵ موقعیت بهینه برای شبکه‌ی اصلاح شده جدید تکرار می‌گردد.

بمنظور انجام فرآیند نامبرده، داده‌های بارش سالانه‌ی مربوط به کلیه‌ی ایستگاههای باران سنجی، تبخیر سنجی و سینوپتیک، در سطح سه استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی، از اداره‌ی آب منطقه‌ای هر استان دریافت گردید. از مجموعه‌ی داده‌های دریافت شده، آمار ۱۴۲ ایستگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و در هر استان، پس از تعیین دوره‌ی آماری مناسب (دوره‌ای که شامل دست‌کم یک دوره‌ی خشکسالی و ترسالی باشد)، آمار ایستگاههایی که مفقود و به ثبت نرسیده بودند، به کمک آمار ایستگاههای مجاور آن‌ها که کامل بودند، بازسازی شدند. گفتنی است، بمنظور افزایش دقت مطالعات، ایستگاههای با طول دوره‌ی آماری اندک از مجموعه داده‌ها حذف گردیده و از میان ۱۴۲ ایستگاه باقیمانده، ایستگاههایی که نیاز به بازسازی آماری داشته‌اند (به طور میانگین ۱۵ درصد و در بیش‌ترین حالت، ۲۳ درصد)، طول دوره‌ی شاخص بازسازی آماری در سال‌های با آمار مفقود صورت پذیرفته است. سال‌های آماری در نهایت، آمار تکمیل شده کلیه‌ی ایستگاهها در دوره‌ی آماری شاخص میانگین‌گیری شده و بمنظور انجام تحلیل زمین آماری وارد محیط نرم افزاری نسخه‌ی هشتم سورفر[1] گردید. شکل(۱) موقعیت ایستگاههای موجود در سطح سه استان را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

تحلیل داده‌های بارش سالانه در دو بخش انجام گرفت. در بخش نخست، آمار بارش هر استان به صورت جداگانه و در بخش دوم داده‌های سه استان به صورت مجموعه‌ی واحد مورد تحلیل قرار گرفتند.

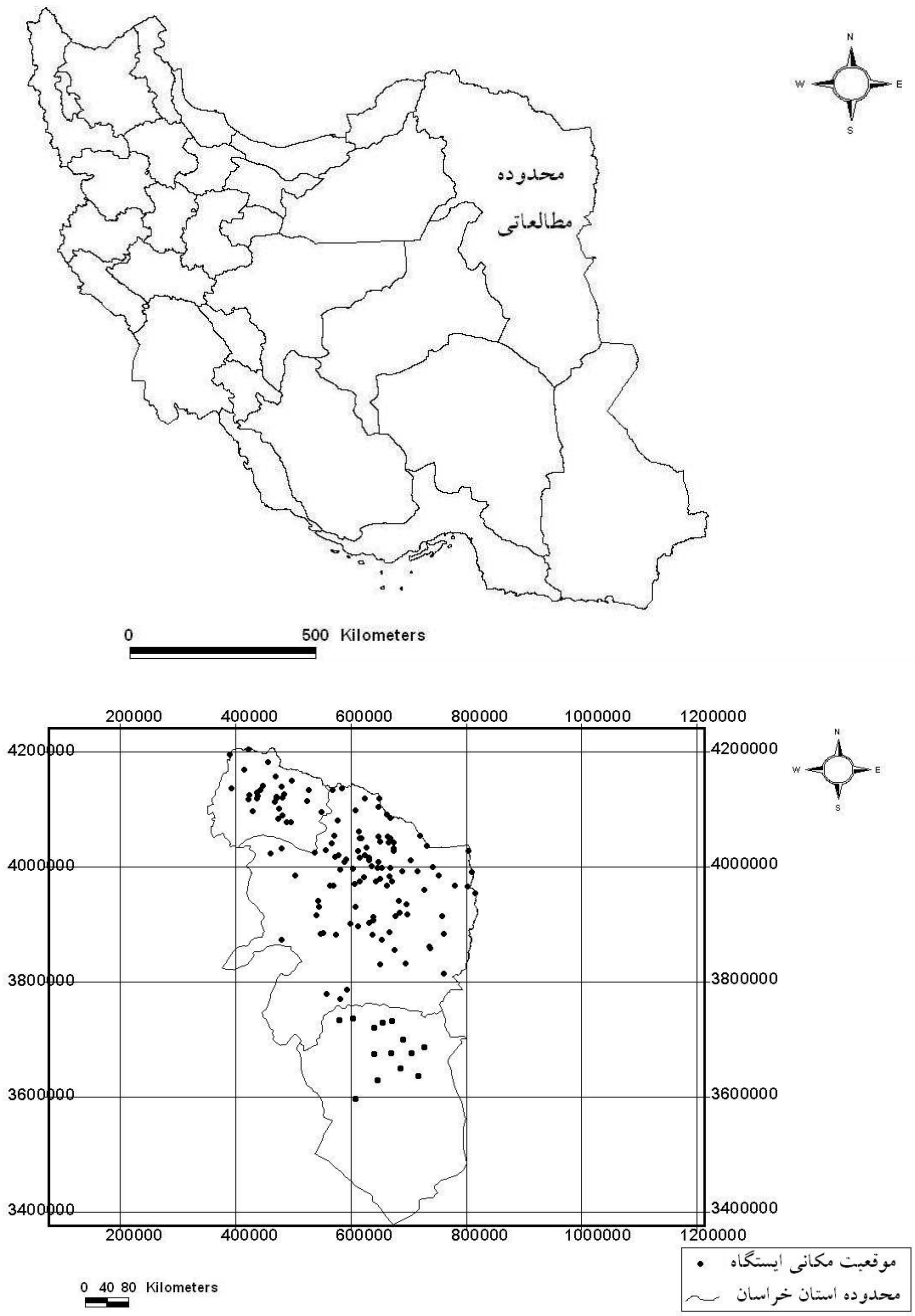
تحلیل سه استان به صورت مجزا

نیم تغییر نمای تجربی داده‌ها برای هر سه استان ترسیم گردیده و مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل(۲) نیم تغییر نمای تجربی ترسیم شده برای هر استان را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل‌های بالا مشاهده می‌شود، برای استان‌های خراسان شمالی و جنوبی، هیچ مدل نیم تغییر نمای تئوری دارای حد آستانه (فاصله‌ای که در فاصله‌های دورتر از آن مقادیر نیم تغییر نما مقدار ثابتی را دارا باشد[۱۵]) مناسب نمی‌باشد. در استان خراسان رضوی مقادیر نیم تغییر نمای تجربی در فاصله‌ی ۲۰ کیلومتری به مقدار ثابت ۲۳۰۰ میل می‌کند[۴].

[1]- Surfer 8-Full Version

www.SID.ir

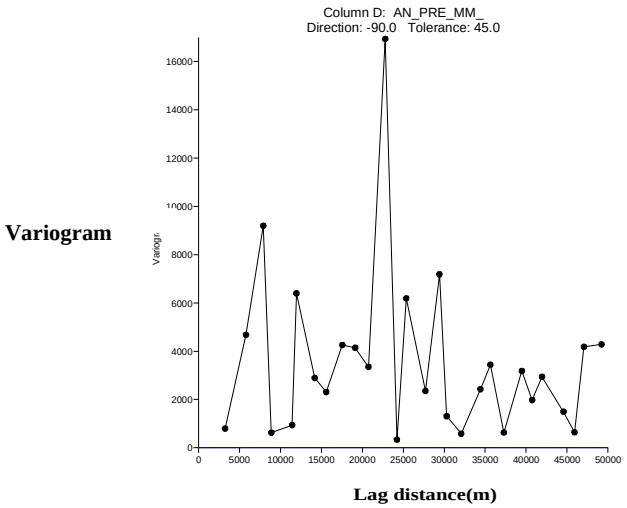
Archive of SID

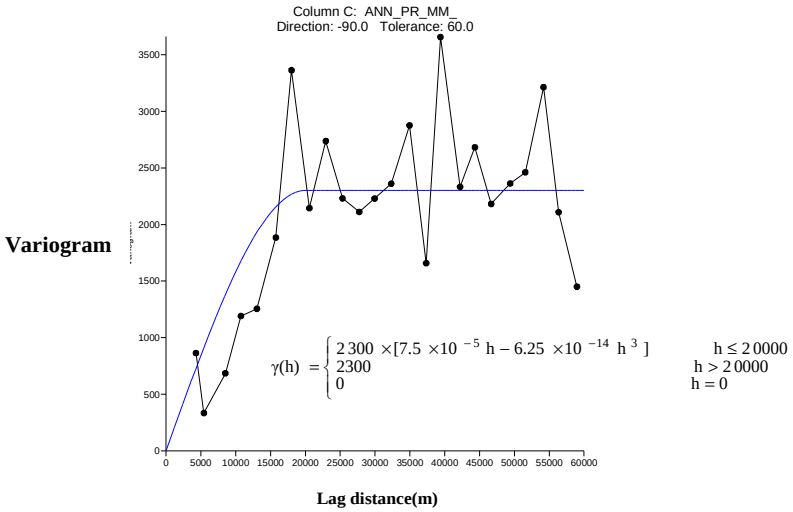


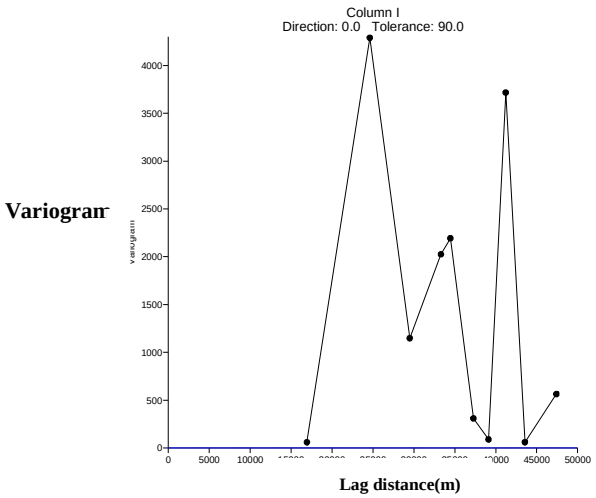
شکل ۱- موقعیت تمامی ایستگاههای مورد استفاده در سطح سه استان خراسان شمالی (بالا)، رضوی (وسط)، جنوبی (پایین)

www.SID.ir

Archive of SID







شکل۲- نیم تغییر نمای میانگین بارش سالانه در سطح استان خراسان شمالی (بالا)، رضوی (وسط) و جنوبی (پایین)

www.SID.ir

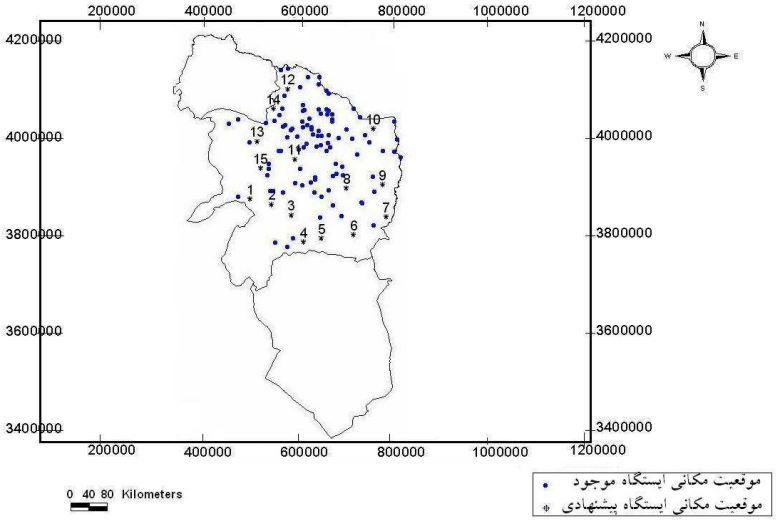
Archive of SID

پیشنهاد احداث ایستگاه جهت اصلاح شبکه‌ی استان خراسان رضوی

با بررسی مقادیر CV مکانی بارش سالانه در سطح استان خراسان رضوی، ۱۵ موقعیت جدید به ترتیب اولویت آن‌ها، جهت اصلاح شبکه باران سنجی استان خراسان رضوی پیشنهاد گردید. جدول (۱) این موقعیت‌ها را نشان می‌دهد. هم‌چنین، در شکل (۳) موقعیت ایستگاههای پیشنهادی جدید نسبت به نقاط موجود در شبکه مشاهده می‌شود.

جدول ۱- موقعیت پیشنهادی برای احداث ایستگاههای جدید در استان خراسان رضوی به ترتیب اولویت

شماره ردیف	X(UTM)	Y(UTM)	محل قرارگیری ایستگاه پیشنهادی	نام نزدیک‌ترین آبادی به نقطه‌ی مورد نظر	میانگین بارش(mm)	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۱	۵۶۳۳۵۹	۳۸۸۸۵۳۹	جنوب بردسکن	زمان آباد	۱۳۷/۱	۱۱۱/۹۷	۸۱/۶۷
۲	۶۰۹۲۱۰	۳۸۷۷۰۴۹	جنوب خلیل آباد	مهدی آباد	۱۷۲/۴	۱۳۸/۳۵	۸۰/۲۵
۳	۶۵۱۲۴۰	۳۸۵۴۰۶۸	جنوب غربی تربت حیدریه	میاندهی	۱۸۱/۳۴	۱۴۲/۱۰	۷۸/۳۶
۴	۶۷۷۹۸۷	۳۷۹۶۶۱۵	مرکز گناباد	اروک	۲۳۹/۱۵	۱۸۸/۸۳	۷۸/۹۶
۵	۷۱۶۱۹۶	۳۸۰۴۲۷۶	شرق گناباد	قطارگز	۱۷۳/۰۱	۱۳۴/۳۲	۷۷/۶۴
۶	۷۸۴۹۷۳	۳۸۱۱۹۳۶	مرکز خواف	هرشی	۱۹۴/۹۲	۱۴۸/۵۹	۷۶/۲۳
۷	۸۵۳۷۴۹	۳۸۵۰۲۳۸	شرق تایباد	دوقارون	۲۱۰/۳	۱۶۰/۰۴	۷۶/۱
۸	۷۶۹۶۸۹	۳۹۱۱۵۲۰	شرق تربت حیدریه	شاهین علیا	۲۵۰/۳	۱۸۸/۹۳	۷۵/۴۸
۹	۸۴۶۱۰۸	۳۹۱۹۱۸۰	مرکز تربت جام	ده کوشکک	۲۴۳/۵۴	۱۷۸/۴۴	۷۳/۲۷
۱۰	۸۲۷۰۰۳	۴۰۳۷۹۱۵	شمال سرخس	کافر قلعه	۲۲۷/۸۳	۱۶۳/۷۹	۷۱/۸۹
۱۱	۶۵۸۸۸۲	۳۹۷۲۸۰۲	جنوب نیشابور	سالاری	۲۶۱/۳۶	۱۷۸/۳۸	۶۸/۲۵
۱۲	۶۴۳۵۹۹	۴۱۲۲۱۷۸	مرکز قوچان	قریه شرف	۲۷۳/۷۵	۱۸۵/۸۲	۶۷/۸۸
۱۳	۵۷۸۶۴۳	۴۰۱۱۱۰۴	شرق سبزوار	قره قلی	۱۷۳/۰۲	۱۱۴/۹۷	۶۶/۴۵
۱۴	۶۱۳۰۳۱	۴۰۸۰۰۴۶	شمال نیشابور	آق قایه	۲۷۷/۸۵	۱۸۴/۸۳	۶۶/۵۲
۱۵	۵۸۶۲۸۴	۳۹۵۳۶۵۱	جنوب شرقی سبزوار	ماه سوخته	۱۷۷/۷۹	۱۱۶/۹۵	۶۵/۷۸



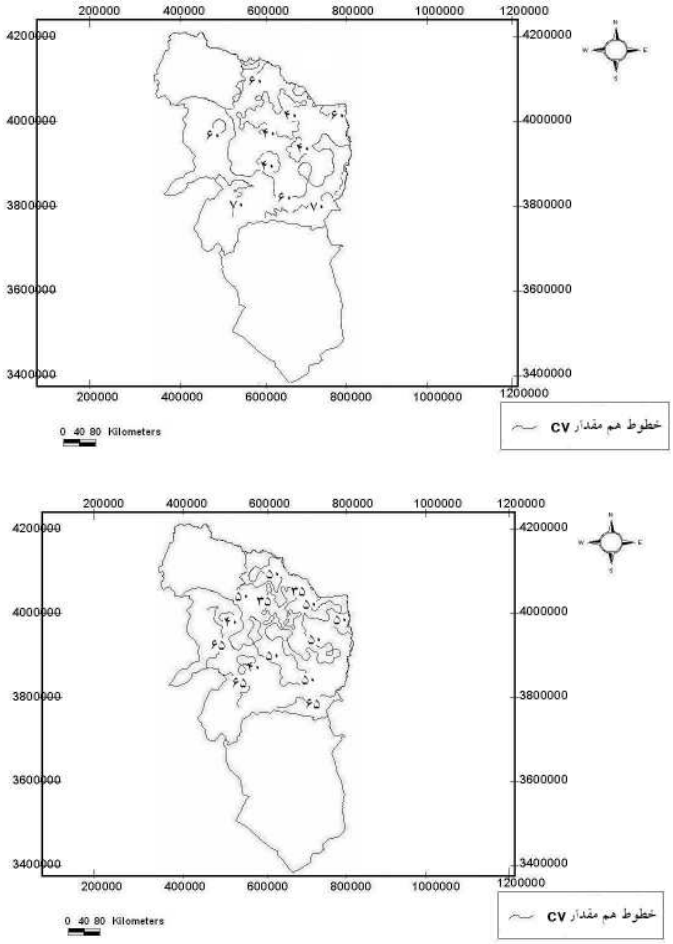
شکل ۳- موقعیت‌های پیشنهادی احداث ایستگاه جدید به ترتیب اولویت

نقشه‌ی خطوط هم مقدار CV مکانی بارش سالانه در سطح استان خراسان رضوی

شکل (۴) نشان‌دهنده‌ی خطوط هم مقدار ضریب تغییرات در دو حالت پیش و پس از ورود ایستگاههای پیشنهادی به شبکه می‌باشند. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، با اضافه شدن ایستگاههای جدید به شبکه‌ی موجود، مقادیر ضریب تغییرات در محدوده‌ای گسترده از بخش‌های مرکزی استان، بین ۱۴ تا ۱۷ درصد و در نواحی غربی در حدود ۷ درصد کاهش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- نقشه‌ی خطوط هم مقدار CV مکانی بارش سالانه پیش از اصلاح (بالا) و پس از اصلاح شبکه (پایین)

تحلیل مجموعه‌ی سه استان به صورت یکپارچه

شکل (۵) بهترین نیم تغییر نمای برازش داده شده برای داده‌های بارش در این حالت را نشان می‌دهد.

پیشنهاد احداث ایستگاه جدید در حالت تحلیل یکپارچه‌ی سه استان

شکل (۶) موقعیت ایستگاههای پیشنهادی جدید را نسبت به نقاط موجود در شبکه نشان می‌دهد. هم‌چنین، جدول (۲) نشان دهنده‌ی مختصات جغرافیایی و مشخصات نقاط پیشنهادی به ترتیب اولویت آن‌ها می‌باشد.

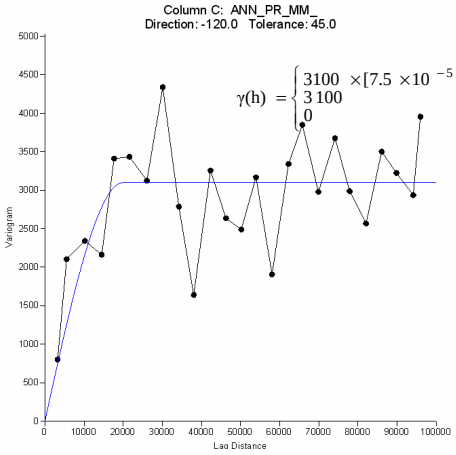
نقشه‌ی خطوط هم مقدار ضریب تغییرات

در شکل (۶) نقشه‌های هم مقدار ضریب تغییرات در دو حالت پیش و پس از ورود ایستگاههای پیشنهادی جدید به شبکه مشاهده می‌گردد.

همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، با اضافه‌شدن ایستگاههای جدید به شبکه‌ی موجود، مقادیر ضریب تغییرات در محدوده‌ای گسترده از بخش‌های مرکزی، شمالی و شرقی استان بین ۸ تا ۹ درصد و در نواحی غربی در حدود ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. هم‌چنین، مقدار میانگین ضریب تغییرات در سطح استان در دو حالت پیش و پس از اصلاح شبکه، به ترتیب برابر ۵۶ و ۴۸ می‌باشد.

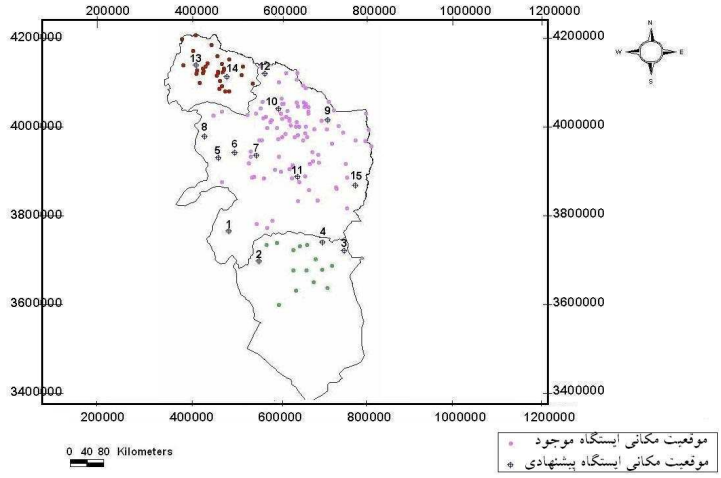
www.SID.ir

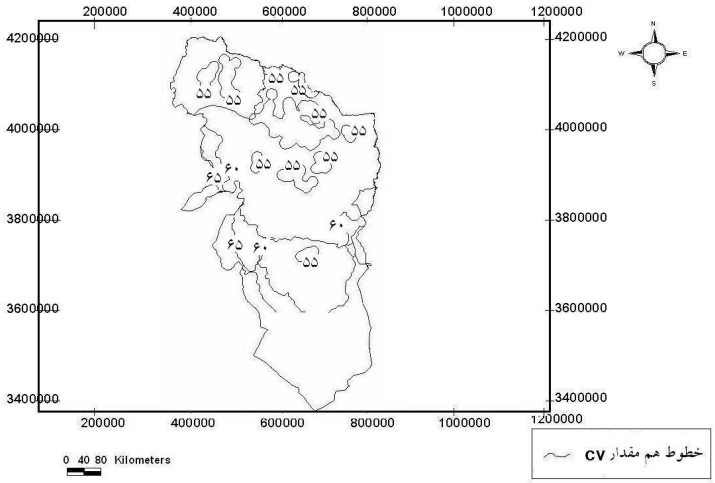
Archive of SID



$$\gamma(h) = \begin{cases} 3100 \times [7.5 \times 10^{-5} h - 6.25 \times 10^{-14} h^3] & h \le 20000 \\ 3100 & h > 20000 \\ 0 & h = 0 \end{cases}$$

شکل ۵- نیم تغییر نمای تئوری برازش‌یافته برای داده‌های میانگین بارش سالانه در سطح مجموعه سه استان

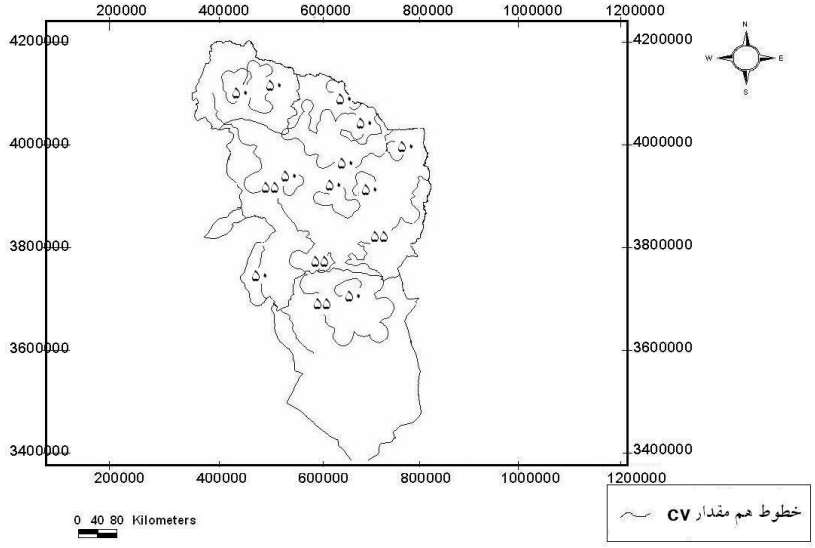




شکل ۶- موقعیت‌های پیشنهادی احداث ایستگاه جدید به ترتیب اولویت (بالا) و نقشه‌ی خطوط هم مقدار CV مکانی بارش سالانه پیش از اصلاح شبکه (پایین)

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه‌ی شکل ۶- نقشه‌ی خطوط هم مقدار CV مکانی بارش سالانه پس از اصلاح شبکه

جدول ۲- موقعیت پیشنهادی برای احداث ایستگاههای جدید در استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی به ترتیب اولویت

شماره ردیف	X(UTM)	Y(UTM)	محل قرارگیری ایستگاه پیشنهادی	نام نزدیک‌ترین آبادی به نقطه‌ی مورد نظر	میانگین بارش(mm)	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۱	۵۵۲۸۱۵	۳۷۷۷۲۶۵	مرکز فردوس	ماه نو	۲۵۵/۱۸	۱۸۲/۲۸	۷۱/۴۳
۲	۶۲۲۹۴۱	۳۷۰۷۵۰۳	جنوب شرقی فردوس	سه قلعه	۲۳۸/۱۰	۱۶۳/۶۹	۶۸/۷۵
۳	۸۲۰۵۶۷	۳۷۳۲۸۷۱	شرق قائنات	بارنجگان	۱۶۳/۲۶	۱۰۸/۱۳	۶۶/۲۳
۴	۷۶۹۵۶۶	۳۷۵۱۸۹۷	شمال قائنات	بهمن آباد جدید	۱۷۳/۶۸	۹۶/۳۶	۵۵/۴۸
۵	۵۲۷۳۱۵	۳۹۴۸۵۰۱	جنوب سبزوار	بنس برد سفلی	۱۶۴/۷۴	۱۰۳/۹۷	۶۳/۱۱
۶	۵۶۵۵۶۵	۳۹۶۱۱۸۵	مرکز سبزوار	طرسک	۱۷۷/۷۵	۱۰۱/۱۸	۵۶/۹۲
۷	۶۱۶۵۶۶	۳۹۵۴۸۴۳	شمال غربی کاشمر	ده میان	۲۲۹/۱۰	۱۳۵/۴۰	۵۹/۱۰
۸	۴۹۵۴۴۰	۳۹۹۹۲۳۸	غرب سبزوار	باقر آباد	۱۷۰/۵۲	۱۰۰/۹۶	۵۹/۲۱
۹	۷۸۲۳۱۶	۴۰۳۷۲۹۰	جنوب کلات	باغگاه	۲۴۸/۲۹	۱۴۹/۰۲	۶۰/۰۲
۱۰	۶۶۷۵۶۶۰	۴۰۶۲۶۵۸	غرب چناران	قزل کن	۲۵۵/۹۰	۱۵۵/۷۷	۶۰/۸۷
۱۱	۷۱۲۱۹۱	۳۹۰۴۱۰۷	جنوب تربت حیدریه	کریم آباد	۲۵۵/۴۱	۱۴۷/۸۰	۵۸/۷۹
۱۲	۶۳۵۶۹۱	۴۱۴۵۱۰۵	شمال شرقی قوچان	امامقلی	۲۷۳/۷۶	۱۵۷/۳۰	۵۷/۴۶
۱۳	۴۷۶۳۱۵	۴۱۶۴۱۳۱	مرکز مانه و سملقان	کوشکی ترکمن	۲۷۷/۲۱	۱۵۸/۹۰	۵۷/۳۲
۱۴	۵۴۶۴۴۰	۴۱۳۸۷۶۳	جنوب شرقی بجنورد	طراقی ترک	۲۸۹/۵۶	۱۷۹/۲۱	۶۱/۸۹
۱۵	۸۴۶۰۶۷	۳۸۸۵۰۸۰	شمال تایباد	آل	۲۳۰/۴۸	۱۴۶/۶۵	۶۳/۶۳

نتیجه‌گیری

با نگرشی به نتایج تحلیل در دو حالت مجزا و پیوسته‌ی سه استان، درمی‌یابیم که در حالت دوم و بدون در نظر گرفتن حدود سیاسی استان‌ها، از مجموعه ۱۵ ایستگاه پیشنهادی ۱۰ ایستگاه در سطح استان خراسان رضوی قرار گرفته است. با توجه به این‌که بارش پدیده‌ای منطقه‌ای بوده و مرزهای سیاسی معیاری مناسب برای انجام مطالعات هیدرولوژی نمی‌باشند، نتایج بدست آمده از تحلیل یکپارچه‌ی استان قابلیت اطمینان بالاتری دارد. هم‌چنین، در هر دو حالت مشاهده می‌گردد که تعداد شایان توجهی از ایستگاههای پیشنهادی در بخش‌های غربی استان خراسان رضوی قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده‌ی نیاز بیش‌تر این نواحی به اصلاح و احداث ایستگاههای ثبت بارش جدید می‌باشد.

www.SID.ir

از آن‌جا که تحلیل زمین آماری انجام گرفته در این پژوهش بر اساس بارش سالانه صورت گرفته است، توصیه می‌گردد مطالعات بر مبنای سایر عامل‌ها مانند: عامل‌های زیست محیطی، اقتصادی و سیاسی صورت پذیرد و بهترین نتیجه ملاک عمل قرار گیرد. در نهایت، با توجه به این‌که موقعیت‌های پیشنهادی جهت احداث ایستگاه جدید مجازی بوده و مقادیر آن‌ها با کمک نقاط اطراف بدست آمده و وارد شبکه‌ی داده‌ها شده‌اند، توصیه می‌شود ایستگاهها به ترتیب اولویت و در چند مرحله به شبکه اضافه شوند تا عملکرد آن‌ها در دراز مدت مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج بدست آمده بار دیگر تحلیل گردند.

منابع

۱- حسنی پاک، ع.ا. ۱۳۷۷. زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران.

۲- دواتگر، ن. ۱۳۷۶. بررسی امکان وجود تغییرات فضایی در توزیع اندازه‌ی ذرات، مواد آلی، جرم مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع دو مزرعه شالیزاری. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- صفوی، ح. ۱۳۸۵ . هیدرولوژی مهندسی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- کسایی رودسری، ب. ۱۳۸۷. بررسی تراکم شبکه باران سنجی و تغییرات مکانی بارش سالانه در استان خراسان (رضوی، شمالی، جنوبی) به روش‌های زمین آماری، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران-آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- لطفی صدیق، ا. ۱۳۷۰. محاسبه بارش میانگین ناحیه‌ای با استفاده از متد عناصر محدود و متد سطح بارش. جلد ۲، شماره‌های ۳و۴. مجله دانش کشاورزی. دانشگاه تبریز.

۶- مدنی، ح. ۱۳۷۳. مبانی زمین آمار. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۷- هاشمی پرست، س.م. ۱۳۶۹. آمار و احتمال در مهندسی و علوم. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی.

8- Bacchi, B. and Kottegoda, N.T. 1995. "Identification and Calibration of Spatial Correlation Pattern of Rainfall", J. of Hydrology, 165:311-348.

9- Bras, R. L. and Colon, R. 1978. "Time averaged areal mean of precipitation: Estimation and network design ", Water Resour. Res., 14(5), P. 8878.

10- Bras, R. L. and Rodriguez-Iturbe, I. 1976. "Network design for the estimation of areal mean of rainfall events", Water Resour. Res., 12(6), P. 1185.

11- Delhomme, J.P. 1978. "Kriging In The Hydrosciences", Adv. Water Resour., 1(5)251-266.

12- Gambolati, G. and Volpi, G. 1979. "A Conceptual Deterministic Analysis of The Kriging Technique In Hydrology", Water Resourses Res., 15(3)625-629.

13- Ghahraman, B. and Sepaskhah, A.R. 2001. "Autographic Raingage Network Design For Iran by Kriging", Iran. J. of Sci. And Tech., 25(B4): 653-660.

14- Hershfield, D. M. 1965. "On the spacing of raingages ", IASH Publ. 67, Symp. Design of Hydrol. Networks. P. 72.

15- Kassim, A.H.M. and Kottegoda, N.T. 1991. "Rainfall Network Design Through Comparative Kriging Mehods.", Hydrol. Sci. J., 36(3)223-240.

16- Label, T., Bastin, G., Obled, C. and Creutin, J.D. " on the Accuracy of Areal Rainfall Estimations: A Case Study" 1987, Water Resourses Res., 23(11)2123-2134.

17- Murteja, K.N. 1986. "Applied Hydrology "Tata Mc Graw Hill. New Dehli.

18- Rodriguez-Iturbe, I. and Mejia, J. M. 1971. "The design of networks in time and space", Water Resour. Res., 10(4), P. 713.

Archive of SID
www.SID.ir