

ارزیابی روشهای زمین آماری در برآورد فاکتورهای اقلیمی دما و بارندگی در استان چهارمحال و بختیاری به عنوان پیش نیازی در آمایش سرزمین

مهران حیدری بنی^۱ - مهرداد قطره سامانی^۲ بیژن برجیان^۳ - غلامرضا خاکیان^۴

۱،۲،۳،۴ کارشناس ارشد هواشناسی اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری heidarybeni@yahoo.com

چکیده:

بررسی شرایط آب و هواشناسی و اقلیمی از اجزاء اصلی فرآیند آمایش سرزمین محسوب میگردد و در این میان مطالعات میدانی هواشناسی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این اهمیت از آنجا ناشی می شود که آمار و اطلاعات هواشناسی بصورت نقطه ای و از ایستگاههای هواشناسی تهیه میگردد. جهت انجام بررسیهای میدانی می بایست دادههای مناطق فاقد ایستگاه با استفاده از آمار ایستگاههای موجود و بهره گیری از روش های زمین آماری که عموماً با عنوان روش های درون یابی مطرح می شود برآورد گردد.

با این نگرش و توجه به نقش میدانهای عددی تهیه شده از پارامترهای هواشناسی در آمایش سرزمین موضوع انتخاب برترین روش زمین آماری در برآورد مقادیر می تواند نقش مهمی در نتیجه گیری صحیح و کاهش خطا داشته باشد. در این مطالعه میزان دقت روشهای زمین آماری و میانیابی شامل روشهای کریجینگ، عکس مجذورفاصله، نزدیکترین همسایه، مثلث بندی و شپرت جهت برآورد پارامترهای بارندگی - دما و رطوبت نسبی به طور نمونه در استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: زمین آمار. میدانهای عددی. کریجینگ. عکس مجذورفاصله. RMSE, BIAS

آدرس: شهرکرد - بلوار آیت الله کاشانی - خیابان دستغیب - اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری.
کدپستی: ۸۸۱۵۷۳۴۱۱۵ فاکس: ۰۳۸۱-۳۳۳۵۳۱۳ تلفن: ۰۳۸۱-۳۳۳۵۳۱۶

مقدمه:

داده های هواشناسی بصورت نقطه ای و در ایستگاههای هواشناسی جمع آوری میشوند، درحالیکه در بسیاری از مطالعات اقلیمی و آمایش سرزمین نیاز به تهیه میدان و پهنه بندی مناطق خاص از لحاظ هر یک از پارامترهای عوامل اقلیمی است. در این میان آنچه کمتر بدان توجه می شود. آزمون و ارزیابی بهترین روشهای زمین آماری و درون یابی است که بتواند با کمترین

خطا داده های نقطه ای را به میدان و پهنه تبدیل و در نهایت تجزیه و تحلیل به صورت روشن و با زیربنایی کاملاً واضح از روند تهیه نقشه حاصل آید.

با فراگیر شدن بهره گیری از رایانه و سهل شدن استفاده از توابع ریاضی روشهای زمین آماری به کمک نرم افزارها و برنامه های رایانه ای مهندسی و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS). انتخاب و استفاده از روشهایی که کمترین خطا را دارند از ضروریتها و الویت های مطالعات میدانی در زمینه های مختلف بشمار میرود.

علم زمین آمار در بیشتر علوم زمین برای بررسی متغیرهای ناحیه ای و نیز برای تخمین متغیرهای تصادفی پیوسته کاربرد دارد. امروزه علم زمین آمار در بسیاری از علوم از جمله ژئوشیمی، زمین شناسی، ژئوفیزیک هیدرولوژی و هواشناسی کاربرد زیادی پیدا کرده است. تحقیقات مختلفی جهت منطقه ای کردن متغیرهای اقلیمی در جهان و همچنین در کشور انجام شده است.

رحیمی (۱۳۷۹) روشهای کریجینگ ۱ معمولی، کوکریجینگ ۲ و $Tpss3$ بدون متغیر کمکی را برای برآورد بارش سالانه و ماهانه در منطقه جنوب شرق کشور مورد بررسی و مقایسه قرارداد. نتایج حاصله نشان میدهد روش $Tpss$ با متغیر کمکی ارتفاع و خطای بین ۱۲ تا ۳۸ میلیمتر مناسبترین روش است.

در تحقیقی دیگر توسط مهدیزاده (۱۳۸۱) منطقه ای کردن دما و بارش سالانه و ماهانه با دوره آماری ۳۰ ساله در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد ارزیابی قرار گرفت. روش $Tpss$ بدون متغیر ارتفاع و توان ۲ نتیجه بهتری در برآورد سالانه بارندگی داشته و در برآورد دمای ماهانه و سالانه روش $Tpss$ با متغیر کمکی ارتفاع از دقت بیشتری برخوردار بوده است.

از مطالعات دیگری که در این زمینه انجام شده است می توان به مارتینز و کب (۱۹۹۶)، سایبانی (۱۹۹۶)، آتکینسون ۶ و همکاران (۱۹۹۸)، دیرکس ۷ و همکاران (۱۹۹۸)، کولینز ۸ و برستاد (۱۹۹۹)، کریاکیدیس ۱۰ و همکاران (۲۰۰۱)، تانگ ۱۱ (۲۰۰۲) اشاره نمود. بررسی منابع مختلف بیانگر وجود شباهت و اختلافات قابل توجهی در نتایج حاصل شده می باشد. لذا انتخاب یک روش میانبایی مناسب بستگی به متغیر مورد نظر و عوامل دیگری همچون منطقه مورد مطالعه، تعداد نقاط مشاهده، تراکم و پراکندگی داده ها و همگن بودن نقاط دارد. با توجه با موارد ذکر شده انجام بررسی و تعیین بهترین روش زمین آماری در مطالعاتی که در نهایت به تولید نقشه های میدانی و پهنه بندی ختم می گردد از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است که متأسفانه کمتر بدان پرداخته می شود..

مواد و روشها:

۷۷ سال پیش نخستین تجربه در به کار گیری روش های زمین آمار در معادن طلای آفریقای جنوبی برای یافتن ارتباط مکانی نمونه ها شروع شد. اولین بار در سال ۱۹۵۱ کریگ وجود ارتباط مکانی بین نمونه ها را در ارزیابی ذخایر معدنی پیشنهاد کرد و بتدریج روشهای آماری در علوم زمین توسعه یافت و به ابداع شاخه جدیدی از علم آمار به نام زمین آمار منتج شد.

¹ -Kriging

² -Co-Kriging

³ -Thin Plate Smoothing Splines

⁴ -Martinez-Cob

⁵ -Subyani

⁶ -Atkinson

⁷ -Driks

⁸ -Colins

⁹ -Bolstad

¹⁰ -Kyrakidis

¹¹ -Tang

زمین آمار دارای تعاریف اروپائی و آمریکایی است. بر مبنای تعریف اروپائی متغیرهای ناحیه ای هم ردیف آمار مکانی مطرح می شوند و کاربرد تمامی روشهای آماری در علوم زمین تعریف آمریکائی این علم را در بر میگیرد. در آمار کلاسیک نمونه فاقد اطلاعات مکانی در فضا است ولیکن در زمین آمار علاوه بر مقدار کمیت معین در یک نمونه موقعیت مکانی نمونه نیز مورد توجه قرار میگیرد. به عبارت دیگر باید بتوان بین مقادیر مختلف یک کمیت. فاصله نمونه ها و جهت قرار گیری آنها نسبت به هم ارتباطی برقرار کرد. این ارتباط مکانی در قالبهای ریاضی بیان می شود که بدان ساختار مکانی گفته می شود. در زمین آمار ابتدا به بررسی وجود و یا عدم وجود ساختار مکانی بین دادهها پرداخته می شود در صورت وجود ساختار مکانی تحلیل دادهها انجام میشود. تغییرات در یک فضای معین شانس بیشتری در تاثیر گذاری بر فضاهای نزدیک دارد.

از دیدگاه زمین آماری هر نمونه تا یک حداکثر فاصله معین با نمونه های اطراف خود ارتباط دارد که بدان دامنه تاثیر گفته می شود. نیم تغییر نما^۱ به عنوان ابزاری اساسی در زمین آمار مطرح و جهت تبیین ارتباط مکانی یک متغیر کاربرد دارد و در حقیقت همبستگی مکانی بین نقاط اندازه گیری شده بر حسب مربع تفاضل دو نقطه که با استفاده از جهت و فاصله آنها بیان می شود. نیم تغییر نما کمیتی برداری که درجه همبستگی و غیر شبیه بودن تغییرات را نشان میدهد. نیم تغییر نمای تئوری از لحاظ عملی قابل دسترس نیست چون نیازمند نمونه برداری از تمامی اجزای بی نهایت کوچک محیط مورد مطالعه است. در بررسیهای زمین آماری معمولاً از نیم تغییر نمای تجربی استفاده می شود (رابطه شماره ۱).

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه $N(h)$ تعداد جفت نمونه ها $Z(xi)$ مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر $Z(xi+h)$ مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر که در فاصله h از $Z(xi)$ قرار گرفته است.

روش کریجینگ یکی از روشهای زمین آماری است که به افتخار کریگ نام گذاری شده است. روش تخمین آماری که با استفاده از مقادیر معلوم و یک تغییر نما مقادیر مجهول را برآورد می نماید. این روش بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است. علاوه بر تخمین مقادیر مجهول خطای مرتبط به تخمین نیز محاسبه میشود (رابطه شماره ۲):

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه $Z^*(x_0)$ مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $Z(xi)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه xi وزن آماری که به نمونه xi نسبت داده می شود و بیانگر اهمیت نقطه i ام در برآورد است. شرط استفاده از این تخمین گر آنست که متغیر توزیع نرمال داشته باشد. در غیر این صورت باید از کریجینگ غیر خطی استفاده نمود و یا با تبدیلی متغیر مورد نظر را به نرمال تبدیل کرد.

کریجینگ معمولی، لوگ کریجینگ و کوکریجینگ از انواع کریجینگ به شمار میروند. در صورت عدم نمونه برداری کافی از متغیر تخمین با دقت انجام نمی شود و در چنین مواردی می توان با در نظر گرفتن رابطه مکانی بین متغیر و متغیر دیگری که به خوبی از آن نمونه گیری شده تخمین را اصلاح کرد که به این شیوه از کریجینگ کوکریجینگ گفته میشود.

^۱ -Semivariogram

روش مجذور نسبت عکس فاصله^۱ به عنوان یکی از روشهای درون یابی و نرم کنندگی مطرح است در این روش نقاط نزدیکتر تاثیر افزونتری در برآورد دارند و به عنوان یکی از روشهای سریع در درون یابی مطرح است. روش نزدیکترین همسایه^۲ دادههای واقعی موجود را به نزدیکترین نقطه شبکه نسبت میدهد. در صورتیکه پراکنش نقاط به نحو مطلوبی باشد استفاده از این روش جهت تخمین نقاط شبکه فاقد داده مناسب است. در روش مثلث بندی همراه با درون یابی خطی مثلث هائی مابین نقاط موجود ترسیم می شود و نقاط شبکه موجود در هریک از مثلث ها به داده واقعی نسبت داده می شود.

در این مطالعه از دادههای هواشناسی ۶ ایستگاه سینوپتیک، ۷ ایستگاه اقلیم شناسی و ۳۰ ایستگاه بارانسنجی استان چهارمحال و بختیاری استفاده شده است و با تکنیک اعتبار سنجی حذفی میزان دقت هریک از روشها در برآورد فاکتورهای متوسط دمای سالانه، متوسط دمای حداقل سالانه، متوسط دمای حداکثر سالانه، جمع بارش یک ماهه و سالانه در دوره مشخص مورد ارزیابی قرار گرفته است. دادههای هواشناسی از بانک اطلاعاتی اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری دریافت و از نظر همگنی و صحت مورد کنترل کیفی قرار گرفت با توجه به الگوریتم طرح ریزی شده مطالعه از تکمیل خلاءهای آماری خودداری شد.

به منظور ارزیابی میزان دقت روشها از دو ابزار آماری RMSE (میانگین ریشه دوم انحرافات) و اریبی BIAS (مقدار متوسط انحرافات) استفاده شد. (روابط ۳ و ۴)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (s_i - m_i)^2 / n} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$B = \sum_{i=1}^n (s_i - m_i) / n \quad (\text{رابطه ۴})$$

در روابط ۳ و ۴ S_i مقدار برآورد شده بوسیله روش و m_i مقدار اندازه گیری شده است. جهت معرفی برترین روش از طبقه بندی رتبه ای استفاده شد.

نتیجه گیری و بحث

در جداول ۱ تا ۶ مقدار واقعی، برآورد شده و خطا در میزان برآورد عوامل هواشناسی متوسط دمای سالانه، متوسط دمای حداقل سالانه، متوسط دمای حداکثر سالانه، جمع بارش سال ۱۳۸۴ و دی ماه ۱۳۸۴ ارائه شده است. چنانچه در جدول شماره ۱ نیز مشاهده میشود در برآورد متوسط دمای حداقل، روش مثلث بندی با درون یابی خطی کمترین میانگین ریشه دوم انحرافات پراکنش داده ها (RMSE) را داشته و از نظر کمترین قدر مطلق، اریبی (BIAS) از رتبه ۲ برخوردار است و می توان از این روش به عنوان روش با خطای کمتر یاد کرد. در برآورد متوسط دمای حداکثر سالانه روش درون یابی نزدیکترین همسایه کمترین میانگین ریشه دوم انحرافات پراکنش داده ها (RMSE) را داشته و از نظر کمترین قدر مطلق اریبی (BIAS) از رتبه ۲ برخوردار است و میتوان در این بررسی روش درون یابی نزدیکترین همسایه را به عنوان روش قابل انتخاب معرفی نمود.

¹ -Inverse Distance Weighting

² -Nearest Neighbor

در برآورد متوسط دمای سالانه روش کریجینگ معمولی^۱ از نظر کمترین میانگین ریشه دوم انحرافات (RMSE) دارای رتبه ۲ بوده و از نظر کمترین قدر مطلق اریبی (BIAS) از رتبه ۱ برخوردار است. بدین لحاظ روش کریجینگ نسبت به سایر روشها در برآورد دادههای میدانی متوسط دمای سالانه از مزیت برخوردار است. چنانچه در مقدمه این مقاله اشاره شد هدف اصلی این مقاله معطوف نمودن توجه به ضرورت دقت در انتخاب روش زمین آماری و یا درون یابی با کمترین خطا در برآورد است و طبیعتاً لازمست میزان حساسیت روشها از نظر مکانی و زمانی با حذف تعداد بیشتری از دادهها و بهره مندی از آمار سنوات مختلف عوامل گوناگون اقلیمی مورد ارزیابی قرار گیرد و در نهایت به بومی سازی روشها با توجه به اقلیم و شرایط آب و هوایی اقدام گردد.

با توجه به تغییر پذیری قابل ملاحظه زمانی و مکانی بارندگی. در بررسی روشهای زمین آماری علاوه بر استفاده از آمار ۴۳ ایستگاه دارای آمار بارندگی میزان دقت روشها با حذف آمار بارندگی تعداد ۵ و ۱۰ ایستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج در قالب جدولهای ۴ و ۵ ارائه شده است. به منظور اجرای تکنیک اعتبار سنجی حذفی از روش کاملاً تصادفی در حذف آمار موجود استفاده شد.

در برآورد جمع بارش سالانه روش درون یابی نزدیکترین همسایه از نظر میانگین ریشه دوم انحرافات (RMSE) دارای رتبه ۲ بوده و از نظر کمترین قدر مطلق اریبی (BIAS) از رتبه ۱ برخوردار است. بدین لحاظ روش نزدیکترین همسایه در مقایسه با سایر روشها برآورد دقیق تری از جمع بارش سالانه ارائه داد. در برآورد جمع بارش ماهانه استفاده از روش درون یابی عکس مجذور فاصله دارای کمترین میانگین ریشه دوم انحرافات (RMSE) و از نظر کمترین قدر مطلق اریبی (BIAS) از رتبه ۱ برخوردار است و میتوان در این بررسی روش درون یابی نزدیکترین همسایه را به عنوان روش قابل انتخاب معرفی نمود. با وجود تغییر در تعداد ایستگاههای حذف شده (۵ و ۱۰ ایستگاه) تفاوتی در روش میانبایی انتخاب شده مشاهده نمی گردد.

جدول ۱ - مقدار واقعی. برآورد شده و خطا در میزان برآورد متوسط دمای حداقل ایستگاههای دزک و آورگان استان چهارمحال و بختیاری

BIAS	RMSE	مقدار برآورد شده		مقدار واقعی		روش
		آورگان	دزک	آورگان	دزک	ایستگاه
۵۲.۰-	۰۵.۱	۹۷.۲	۱.۳	۴.۴	۷.۲	کریجینگ
۱۴.۰-	۱۷.۱	۱.۳	۷۳.۳	۴.۴	۷.۲	عکس مجذور فاصله
۲۵.۰-	۱۶.۲	۲	۶.۴	۴.۴	۷.۲	نزدیکترین همسایه
۲.۰-	۹۲.۰	۳.۳	۴.۳	۴.۴	۷.۲	مثلث بندی
۷۳.۰-	۶۰.۱	۲۵.۲	۴.۳	۴.۴	۷.۲	شپرد

^۱ - Ordinary Kriging

جدول ۲ - مقدار واقعی . برآورد شده و خطا در میزان برآورد متوسط دمای حداکثر ایستگاههای دزک و اورگان استان چهارمحال و بختیاری

BIAS	RMSE	مقدار برآورد شده		مقدار واقعی		روش
		اورگان	دزک	اورگان	دزک	ایستگاه
۶۵ .۰	۶۸ .۱	۱ .۲۰	۹ .۱۹	۹ .۱۷	۸ .۲۰	کریجینگ
۸۰ .۰	۴۴ .۱	۹ .۱۹	۴ .۲۰	۹ .۱۷	۸ .۲۰	عکس مجذور فاصله
۵۰ .۰	۸۶ .۰	۱ .۱۹	۶ .۲۰	۹ .۱۷	۸ .۲۰	نزدیکترین همسایه
۷۳ .۰	۷۵ .۱	۲۲ .۲۰	۹۳ .۱۹	۹ .۱۷	۸ .۲۰	مثلث بندی
۱۴ .۰	۵۰ .۱	۵۳ .۱۹	۴۵ .۱۹	۹ .۱۷	۸ .۲۰	شپرد

جدول ۳ - مقدار واقعی . برآورد شده و خطا در میزان برآورد متوسط دمای سالانه ایستگاههای دزک و اورگان استان چهارمحال و بختیاری

BIAS	RMSE	مقدار برآورد شده		مقدار واقعی		روش
		اورگان	دزک	اورگان	دزک	ایستگاه
۱ .۰	۴۱ .۰	۶ .۱۱	۵ .۱۱	۱ .۱۱	۸ .۱۱	کریجینگ
۴ .۰	۴۱ .۰	۶ .۱۱	۱ .۱۲	۱ .۱۱	۸ .۱۱	عکس مجذور فاصله
۱ .۰	۷۱ .۰	۵ .۱۰	۶ .۱۲	۱ .۱۱	۸ .۱۱	نزدیکترین همسایه
۲ .۰	۴۵ .۰	۷ .۱۱	۶ .۱۱	۱ .۱۱	۸ .۱۱	مثلث بندی
۳۵ .۰-	۳۸ .۰	۹ .۱۰	۳ .۱۱	۱ .۱۱	۸ .۱۱	شپرد

جدول ۴ - مقدار واقعی . برآورد شده و خطا در میزان برآورد متوسط رطوبت نسبی سالانه ایستگاههای دزک و اورگان استان چهارمحال و بختیاری

BIAS	RMSE	مقدار برآورد شده		مقدار واقعی		روش
		اورگان	دزک	اورگان	دزک	ایستگاه

۱۵.۱-	۷۴.۳	۴۵	۱.۴۳	۱.۵۰	۷.۴۱	کریجینگ
۷۰.۱-	۰۷.۴	۷.۴۴	۷.۴۳	۱.۵۰	۷.۴۱	عکس مجذور فاصله
۲۰.۱-	۱۴.۳	۴۶	۴.۴۳	۱.۵۰	۷.۴۱	نزدیکترین همسایه
۹۰.۰-	۰۰.۴	۳.۴۵	۷.۴۴	۱.۵۰	۷.۴۱	مثلث بندی
۴۰.۱-	۰۴.۳	۴۶	۴۳	۱.۵۰	۷.۴۱	شپرد

جدول ۵- RMSE و BIAS روشهای میانابیی مختلف. در برآورد جمع بارندگی سالانه ایستگاههای استان چهارمحال و بختیاری با حذف دادههای ۵ و ۱۰ ایستگاه

روش	کریجینگ	عکس مجذور فاصله	نزدیکترین همسایه	شپرد	مثلث بندی
RMSE با حذف ۵ ایستگاه	۲.۱۳۲	۴.۱۶۰	۲.۱۲۸	۴.۱۶۵	۶.۱۵۱
BIAS با حذف ۵ ایستگاه	۱.۳۷	۱.۴۵	۶.۲۵	۶.۵۹	۹.۴۰
RMSE با حذف ۱۰ ایستگاه	۳.۱۶۸	۹.۱۷۲	۶.۱۶۴	۵.۲۳۹	۲.۱۴۳
BIAS با حذف ۱۰ ایستگاه	۰.۴۳	۱.۱۲	۶.۲	۵.۲۴	۰.۱۸

جدول ۶- RMSE و BIAS روشهای میانابیی مختلف. در برآورد جمع بارندگی ماهانه ایستگاههای استان چهارمحال و بختیاری با حذف دادههای ۵ و ۱۰ ایستگاه

روش	کریجینگ	عکس مجذور فاصله	نزدیکترین همسایه	شپرد	مثلث بندی
RMSE با حذف ۵ ایستگاه	۶۵.۲۱	۰۷.۱۹	۲۲.۲۲	۰۴.۲۰	۵۵.۱۹
BIAS با حذف ۵ ایستگاه	۴۶.۳-	۳۲.۱-	۸۵.۳-	۳۷.۴-	۸۳.۲-
RMSE با حذف ۱۰ ایستگاه	۷۰.۲۲	۷۰.۲۱	۳۴.۲۲	۹۲.۲۱	۴۱.۲۰
BIAS با حذف ۱۰ ایستگاه	۰۶.۴-	۳۴.۰-	۲۸.۳-	۴۳.۳-	۰۶.۲-

منابع و مراجع مورد استفاده :

- حسنی پاک، علی اصغر. ۱۳۷۷، زمین آمار - انتشارات دانشگاه تهران
- خلیلی. علی. ۱۳۷۷، طرح جامع آب کشور. گزارش حوضه آبریز دریاچه ارومیه. وزارت نیرو بخش هواشناسی و اقلیم شناسی عمومی، شرکت مهندسی مشاور جاماب
- مدنی، حسن، ۱۳۷۳، مبانی زمین آمار، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- متین، محمود. ۱۳۷۹. تعیین روش میانبایی مناسب برای تخیرودرجه حرارت در اقلیم خشک و نیمه خشک حوضه مرکزی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری. مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی
- رحیمی بندرآبادی، سیما. ۱۳۷۹. بررسی روشهای ژئواستاتستیک در برآورد بارندگی مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرق ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان زدایی. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- دلبری، معصومه. ۱۳۸۰. شناخت زمین آمار و روشهای میانبایی مکانی. سمینار کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- Abtew, W., J. Obeysekera, and G. Shin. 1993. Spatial Analysis For monthly Rainfall In South Florida. Water Resources Bulletin. 29(2):179-188
- Clark, Isobel. 1987. Practical Geostatistical. Elsevier Applied Science Publishers Ltd.
- Dirks, K. N., I. E. Hay, C. D. Stow, and D. Harris. 1998. High-Resolution Studies Of Rainfall On Norfolk Island. Part II: Interpolation Of Data. Journal Of Hydrology, Amsterdam. 208(3-4):187-193
- England, E. J., and A. Spark. 1990. GEO-EAS User's Guide. Geostatistical Enviromental Assessment Software. United States Enviromental Protection Agency, Las Vegas, NV.
- Garen, D. C., G. L. Johnson, and C. L. Hansen. 1994. Mean Areal Precipitation For Daily Hydrologic Modeling In Mountainous Regions, Water Resources Bulletin. 30(3):481-490