ارزیابی روشهای مختلف درون‌یابی در برآورد منطقه‌ای بارندگی در استان خوزستان

مژده جامعی[1]،مهدی نادی[2]، جواد بذرافشان[3]
۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲-دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه تهران
۳- استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

mozhdeh.jamei@gmail.com

چکیده

نقشه‌های همبارش یک منطقه پیش نیاز بسیاری از مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی می باشد. نحوه توزیع بارش در یک منطقه وابسته به روش تحلیل مورد استفاده ی مکانی داده های بارندگی است. به منظور تعیین بهترین روش برآورد منطقه‌ای بارندگی ماهانه و سالانه در سطح استان خوزستان، در این تحقیق پنج روش درون یابی شامل کریجینگ، کوکریجینگ، رگرسیون-کریجینگ، وزنی عکس فاصله و اسپلاین با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج تحلیل واریوگرافی در این منطقه نشان داد که داده های بارندگی در تمامی ماهها بجز ماههای کم بارش از ساختار مکانی قوی برخوردار است. ارزیابی روش ها با استفاده از تکنیک اعتبارسنجی حذفی انجام شد. همچنین، شاخص های ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین خطای اریب در هر روش محاسبه و روش برتر بر اساس مقادیر کمتر خطاها انتخاب گردید. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که روش های رگرسیون-کریجینگ و کریجینگ عمومی به ترتیب به عنوان بهترین روش های درون یابی داده های بارندگی ماهانه و سالانه در این منطقه پیشنهاد نمود. همچنین، نتایج حاکی از وجود رفتارهای غیرخطی در تغییرات مکانی بارندگی ها در این منطقه است.

واژگان کلیدی: اعتبارسنجی حذفی، بارندگی، درون‌یابی، خوزستان کریجینگ.

۱. مقدمه

در بررسی پدیده های جوی، بارندگی از عناصر اقلیمی است که از تغییرات مکانی و زمانی زیادی برخوردار می‌باشد. با توجه به اینکه در بسیاری از اهداف مدیریت منابع آب، مدلهای هیدرولیکی، پیش‌بینی سیلاب، مطالعات تغییر اقلیم، برآورد بیلان آب، برنامه‌ریزی‌های آبیاری و... وجود آمار بارندگی و توزیع مکانی و زمانی آن حائز اهمیت است، بنابراین برآورد منطقه‌ای بارندگی در نقاط فاقد ایستگاه و در مناطق مابین ایستگاه‌های باران سنجی امری ضروری می‌باشد. روشهای مختلفی جهت برآورد بارندگی منطقه‌ای در سطوح وسیع وجود دارد که از جمله آنها روشهای زمین آماری می‌باشند. در این روشها از مقادیر معلوم نمونه‌برداری شده، برای پیش‌بینی مقادیر مجهول در محل‌های نمونه‌برداری نشده استفاده شده و با استفاده از یک مجموعه نقاط، سطحی پیوسته ایجاد می‌شود.

مطالعات مختلفی در زمینه درون‌یابی داده‌های بارندگی در ایران انجام شده است. نادی و همکاران (۸) با مقایسه دقت چندین روش آماری و زمین آماری تحت شرایط ایستا و ناایستا در برآورد بارندگی ماهانه در منطقه جنگلی چهارباغ گرگان نشان دادند که روش های مورد بررسی تفاوت زیادی با یکدیگر نداشته و به منظور افزایش دقت برآورد روش هیبرید خطی و غیرخطی را در منطقه توصیه نمودند. عساکره (۵) جهت کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش روزانه، میانگین بارش را در تاریخ معینی از سال بر اساس داده‌های ۶۵۴ ایستگاه مورد تحلیل قرار داد. نتایج نشان داد که روش کریجینگ عمومی بهترین روش برای میان‌یابی بارش است. ثقفیان و رحیمی بندرآبادی (۱) روش‌های میانگین متحرک وزنی، اسپلاین و کریجینگ را جهت برآورد توزیع مکانی مقدار بارندگی ماهانه و سالانه در جنوب غرب ایران مقایسه کردند. نتایج بیانگر آن بود که کوکریجینگ تغییرات مکانی بارندگی در منطقه را بهتر نشان داده و با توپوگرافی منطقه هماهنگی بیشتری دارد. رحیمی و مهدیان (۴) با بررسی روش های وزنی عکس فاصله، اسپلاین و کریجینک معمولی در پهنه بندی داده های بارندگی ماهانه در حوضه آبریز دریای خزر روش اسپلاین با توان ۲ را پیشنهاد کردند. مهدوی و همکاران(۶) روش‌های کریجینگ معمولی، کوکریجینگ، میانگین متحرک وزن‌دار و اسپلاین را به منظور برآورد توزیع مکانی بارش سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران مورد بررسی دادند. نتایج نشان داد که روش اسپلاین با متغیر کمکی ارتفاع مناسبترین روش تخمین بارندگی سالانه است. مهدیزاده و همکاران (۷) با بررسی چند روش زمین آماری جهت درون یابی داده های دما و بارندگی ماهانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه روش اسپلاین با توان ۲ را پیشنهاد نمود. در مطالعه دیگر خلیلی(۳) در یک شبکه متشکل از ۵۰۷ ایستگاه هواشناسی در گستره ایران میانگین های سالانه دراز مدت دمای هوا را با استفاده از یک رابطه رگرسیون خطی سه بعدی تحلیل کرد. تحقیقات زیادی نیز برای معرفی مناسب ترین روش درون‌یابی بارندگی در دنیا انجام شده است که برخی از آنها اشاره می‌شود. فرانسیسکو(۱۱) برای تعیین بهترین روش درون یابی داده‌های بارندگی شش روش درون‌یابی ساده و چند متغیره را با هم مقایسه کرده و به این نتیجه رسید که الگوریتم های چندمتغیره نسبت به الگوریتم‌های ساده دارای خطای کمتری می باشند. در مطالعه دیگری کولیبالی و بیکر(۱۰) با مقایسه چندین روش زمین آماری جهت درون یابی بارش سالانه در جنوب آفریقا، روش کریجینگ معمولی را توصیه نمودند. جفری و همکاران (۱۳) برای میان یابی بارندگی ماهانه و روزانه در استرالیا روش کریجینگ معمولی را پیشنهاد کردند. بوئر و همکاران (۹) با بررسی ۴ فرم کریجینگ و ۳ فرم اسپلاین نشان دادند که روش رگرسیون-کریجینگ سه متغیره بهترین روش برآورد می‌باشد. فیلیپس و همکاران (۱۴) با در نظر گرفتن متغیر کمکی ارتفاع و استفاده از روش کوکریجینگ دقت برآورد داده‌های بارندگی نسبت به روش کریجینگ را افزایش دادند.

بررسی تحقیقات انجام شده در داخل کشور نشان داد که روش های مورد بررسی عموماً روش های کلاسیک و بر مبنای شرایط ایستا است. با توجه به ماهیت تصادفی بودن زیاد داده های بارندگی و همچنین تغییرات زیاد پستی و بلندیها (۰-۳۷۱۲) در استان خوزستان و وجود روند در داده های این استان، بررسی امکان استفاده از روش های جدید درون‌یابی داده های بارش مانند رگرسیون-کریجینگ به منظور افزایش دقت برآوردها امری ضروری بنظر می‌رسد.

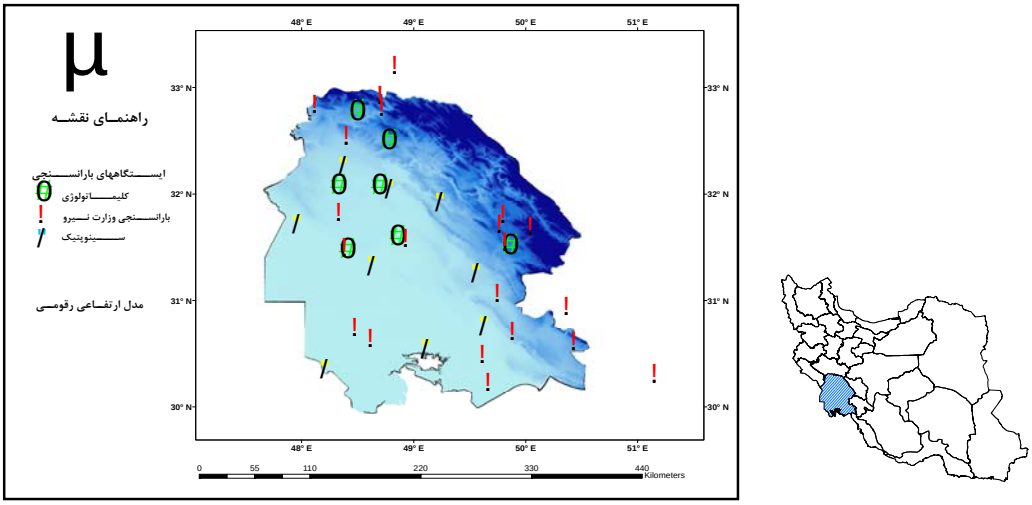
۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده ها

استان خوزستان با ۶۴۷۴۶ کیلومترمربع مساحت در جنوب غربی ایران بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی واقع است. این منطقه دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده و از لحاظ توپوگرافی به دو بخش کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم می‌گردد. متوسط بارندگی سالانه استان حدود ۳۶۷ میلی‌متر و کمترین و بیشترین مقدار بارندگی به ترتیب ۱۷۰ و ۸۵۰ میلی‌متر بوده و دوره بارش معمولا از مهرماه تا اردیبهشت ماه است. برای انجام این تحقیق آمار نرمال بارندگی ماهانه و سالانه ۳۷ ایستگاه (سینوپتیک و کلیماتولوژی سازمان هواشناسی و باران‌سنجی وزارت نیرو) طی دوره آماری ۲۲ ساله (سالهای۱۹۸۴-۲۰۰۵) مورد استفاده قرار گرفتند. بر اساس مدل ارتفاعی رقومی[1] خوزستان، حدود ارتفاعی این استان بین صفر تا ۳۷۱۲ متر است و ایستگاه‌های منتخب مورد بررسی نیز دارای ارتفاع

[1] - Digital Elevation Model (DEM)

بین ۳ تا ۸۷۵ متر از سطح دریا می‌باشند. انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی، با توجه به پراکندگی مکانی آنها از نظر ارتفاع صورت گرفته است. در شکل ۱ موقعیت ایستگاههای مطالعاتی در استان خوزستان ارائه شده است.



شکل-۱ موقعیت ایستگاههای بارانسنجی مطالعاتی در استان خوزستان

روش های درون یابی

روش‌های درون‌یابی داده های مکانی به منظور تخمین یک متغیر در یک نقطه خاص از روی داده‌های واقعی اندازه گیری شده در نقاط مجاور به کار می روند. کلیه روش های خانواده کریجینگ به علاوه روش وزنی عکس فاصله از فرمول زیر برای برآورد مقدار یک متغیر درنقاط فاقد اندازه گیری استفاده می کنند:

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \qquad (1)$$

رابطه (۱) بیان می کند که مقدار یک متغیر هواشناسی در یک نقطه برابر است با ترکیب خطی n ایستگاه مجاور آن (۲). تفاوت روش های مختلف درون یابی در λ_i های به کار گرفته شده برای هر ایستگاه می باشد که وزن ایستگاه نام دارد. در روش وزنی عکس فاصله λ_i ها برابر عکس فاصله بین ایستگاه تا نقطه مورد بررسی به توان a است. در این روش هرچه a بزرگتر باشد یعنی اهمیت ایستگاههای نزدیک در برآورد بیشتر است(۴).

کریجینگ یک روش تخمین زمین آماری ناریب با کمترین واریانس تخمین است. برای ارضای شرط ناریب بودن باید مجموع ضرایب ایستگاهها برابر ۱ شود. در این روش تعیین λ_i ها بر اساس آنالیز نیم‌تغییرنما می باشد که نیم‌تغییرنما کمیتی برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین ایستگاههای هواشناسی را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو ایستگاه و با توجه به جهت و فاصله آنها نشان می دهد. هنگامیکه از متغیر اصلی به اندازه کافی داده نداشته باشیم اما داده های یک متغیر کمکی در منطقه موجود باشد به صورتی که اولاً از این متغیر کمکی به تعداد زیاد در منطقه داشته باشیم و ثانیاً ضریب همبستگی آن با متغیر اصلی بیشتر از ۰/۵ باشد می‌توان با استفاده از رابطه مکانی بین متغیر کمکی و اصلی در غالب روش کوکریجینگ دقت تخمین ها را افزایش داد. در مطالعات اقلیم شناسی از متغیر ارتفاع به عنوان متغیر کمکی استفاده می شود (۱۱).

در شرایطی که در منطقه متغیر اصلی دارای روند باشد می توان از روش رگرسیون-کریجینگ استفاده نمود. در این روش ابتدا با استفاده از یک رابطه رگرسیون خطی چندگانه بین متغیر اصلی و متغیرهای کمکی طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاهها، روند موجود در داده ها محاسبه شده و با کم کردن آن از مقادیر متغیر اصلی جزء باقیمانده در هر ایستگاه بدست می آید. سپس باقیمانده ها را با روش کریجینگ درون‌یابی کرده و مقادیر درون‌یابی شده خطاها در هر نقطه را به مقادیر برآورد شده از رابطه رگرسیونی اضافه می کنیم که معادله نهایی آن به صورت زیر می باشد:

$$\hat{f}(s_0)=\hat{\alpha}+\hat{\beta}_1 x+\hat{\beta}_2 y+\hat{\beta}_3 h+\sum_{i=1}^{n} w_i z^*(s_i) \qquad (۲)$$

در معادله فوق x ، y و h به ترتیب طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع نقاط می باشد.
اسپلاین‌ها توابع غیرپارامتری با قابلیت ارتجاعی بالایی هستند و می‌توان آن‌ها را یک تابع چندجمله‌ای تکه‌ای نامید یعنی توابع پیچیده ای شامل قطعاتی از چندجمله ای ها با درجات مختلف بین هر دو نقطه از فضا که درمحل اتصالات نرم شده‌اند(۷). می‌توان گفت این روش نوع خاصی از روش کریجینگ جامع است(۱۲). با این تفاوت که برای محاسبه فاکتورهای وزنی به جای آنالیز نیم تغییرنما به برآورد پارامتر پیرایشی[1] نیاز دارد که با تغییر آن می توان بهترین مدل را بر داده ها برازش داد.
در این تحقیق به منظور تعیین بهترین روش مکانی‌کردن داده‌های بارش پنج روش میان‌یابی شامل: کریجینگ عمومی، کوکریجینگ، رگرسیون-کریجینگ، وزنی عکس فاصله، اسپلاین و با یکدیگر مقایسه شدند.

معیارهای ارزیابی روش‌ها

به منظور ارزیابی دقت روشهای درون‌یابی بکار رفته و انتخاب بهترین روش درون‌یابی از روش اعتبارسنجی‌حذفی[2] استفاده شد. معیارهای ارزیابی به کارگرفته شده برای مقایسه روش‌ها شامل ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)[3] و میانگین خطای اریب (MBE)[4] بوده که به صورت زیر محاسبه می گردند:

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\hat{Z}(x_i)-Z(x_i)\right]^2}{N}} \qquad (۳)$$

$$MBE=\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\hat{Z}(x_i)-Z(x_i)\right]}{N} \qquad (۴)$$

که در آن، $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده متغیر i اُم، $\hat{Z}(x_i)$: مقدار برآوردشده متغیر i اُم توسط روش معین درون‌یابی، N: تعداد داده‌ها می‌باشند.

۳. نتیجه‌گیری و بحث

نرمال بودن داده ها

قبل از مکانی کردن داده های بارندگی باید نرمال بودن توزیع احتمالاتی آن ها مورد آزمون قرار گیرد. به همین منظور از آزمون اندرسون دارلینگ در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد که نتایج نشان داد در تمامی موارد به جز ماههای ژانویه و دسامبر توزیع داده ها با توزیع نرمال اختلاف معناداری نداشت که برای ماههای مذکور نیز با تبدیل لگاریتمی توزیع داده ها به نرمال تبدیل شد.

آنالیز نیم تغییر نما

در این تحقیق پنج نوع مدل نیم تغییرنما شامل مدل های کروی، نمایی، خطی، خطی دارای حد آستانه و گوسی بر داده ها برازش داده شد و از بین آن ها نیم تغییر نمای بهینه بر اساس مجموع مربعات خطای[5] کمتر و ضریب تبیین(r^2) بالاتر انتخاب شد. نتایج بهترین نیم تغییرنماهای منتخب به همراه خصوصیات آنها در جدول (۱) نشان داده شده است.
بررسی نسبت بخش ساختاردار به بی ساختار [C/(C+C0)] نشان داد که در بیش از ۷۰ درصد موارد نقش مؤلفه ساختاردار به بی‌ساختار خیلی بیشتر است که این حاکی از ساختار مکانی مناسب داده های بارندگی در منطقه است. همچنین نتایج این

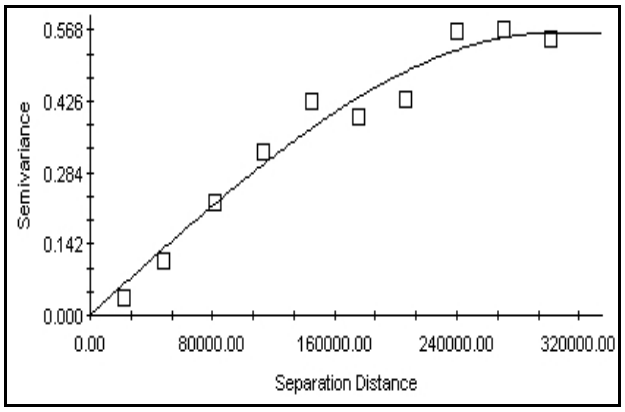
---

[1] - Smoothing
[2] - Cross Validation
[3] - Root Mean Square Error (RMSE)
[4] - Mean Bias Error (MBE)
[5] - Residual Sums of Squares(RSS)

جدول بوضوح نشان می‌دهد که در ماههای گرم سال ساختار مکانی داده ها ضعیف می‌شود که این اولاً به دلیل وجود بارش های کم و ثانیاً ماهیت محلی بودن بارش‌هاست که کاهش دامنه تأثیر در اغلب ماههای گرم مؤید این واقعیت است. دامنه تأثیر داده ها نیز بین ۱۴/۷ تا ۸۶/۵ کیلومتر نوسان می کند. همچنین نتایج جدول بیانگر آن است که در بیش از ۸۵ درصد موارد مدل تئوری نیم تغییرنمای بهینه، مدل کروی می باشد که یک نمونه از آن در شکل (۲) نمایانده شده است.

جدول-۱ پارامترهای نیم تغییرنما

ماه	مدل	اثر قطعه ای(C0)	آستانه(C+C0)	دامنه تأثیر(km)	C/(C+C0)	R^2
JAN	Spherical	0.0001	0.27	78.3	1	0.90
FEB	Spherical	0.001	0.38	83	0.99	0.91
MAR	Spherical	0.001	0.37	85.3	0.99	0.89
APR	Spherical	0.026	0.62	21.9	0.95	0.76
MAY	Spherical	0.242	1.32	14.7	0.81	0.87
JUNE	Exponential	0.073	0.25	43	0.70	0.45
JULY	Exponential	0.166	0.33	33	0.50	0.01
AUG	Spherical	0.067	0.23	65.9	0.71	0.82
SEP	Spherical	0.224	0.46	21.1	0.51	0.49
OCT	Spherical	0.085	0.41	50.4	0.79	0.91
NOV	Spherical	0.0001	0.25	63.2	1	0.92
DEC	Spherical	0.0001	0.28	86.5	1	0.89
ANNUAL	Spherical	0.0001	0.30	83.6	1	0.91



شکل-۲: نیم تغییر نمای تجربی و تئوری کروی مربوط به داده های بارندگی ماه فوریه

بررسی روش های مختلف درون‌یابی

در روش IDW با استفاده از تکنیک اعتبارسنجی حذفی و معیارهای ارزیابی خطا مشخص گردید که از بین توانهای ۱ تا ۵، توان ۳ در بیشتر ماهها کمترین خطا را دارد که بعنوان توان بهینه در روش IDW انتخاب گردید. جهت تعیین تعداد نقاط همسایگی بهینه در برآورد منطقه‌ای بارش، درون‌یابی این داده‌ها در ماههای مختلف با تعداد نقاط همسایگی متفاوت و با توان بهینه۳ انجام گردید. ارزیابی نتایج مشخص نمود که تعداد نقاط همسایگی در این روش تفاوت معنی‌داری در نتایج ایجاد نمی‌کند.

در این تحقیق از روش کریجینگ عمومی[1] استفاده گردید. همچنین بررسی نیم تغییرنماهای متقاطع[2] بارندگی- ارتفاع در موارد مختلف ارتباط مکانی قوی‌ای نشان نداد که این باعث شد ارزیابی روش کوکریجینگ به طور کلی از محاسبات حذف

[1]- Ordinary Kriging
[2] -Cross Variogram

گردد. در روش رگرسیون- کریجینگ تخمین اولیه با استفاده از یک رابطه گرادیانی خطی سه بعدی انجام شد و مدل نیم‌تغییرنمای باقیمانده ها در اکثر موارد مدل کروی بود. این روش در بیشتر ماهها کاهش خطای برآورد را نشان داد.

انتخاب بهترین روش درون یابی

انتخاب بهترین روش درون یابی داده های بارندگی در بین ۴ روش مورد بررسی بر اساس شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا[1] و میانگین خطای اریب[2] کمتر انجام شد. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا مربوط به داده‌های بارندگی در جدول (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که در بیش از ٪۶۰ موارد روش رگرسیون-کریجینگ کمترین میزان خطا را در برداشته و پس از آن روش‌های کریجینگ معمولی و وزنی عکس فاصله به ترتیب بهترین روش های درون یابی می باشند. بنابراین روش برتر برای مکانی کردن داده های بارندگی ماهانه در این منطقه روش رگرسیون-کریجینگ معرفی می گردد. اما با توجه به مقادیر مثبت میانگین خطای اریب این روش باید توجه داشت که این روش در پیش بینی داده ها کمی دارای رفتار بیش برآوردی است. اما در مورد بارندگی سالانه روش کریجینگ عمومی پیشنهاد می گردد زیرا این روش علاوه بر اینکه دارای میانگین مربعات خطای کمتری نسبت به سایر روش‌ها است همچنین خطای اریبی آن نیز نزدیک به صفر است. در شکل -۳ توزیع مکانی بارش سالانه در استان خوزستان ارائه شده است.

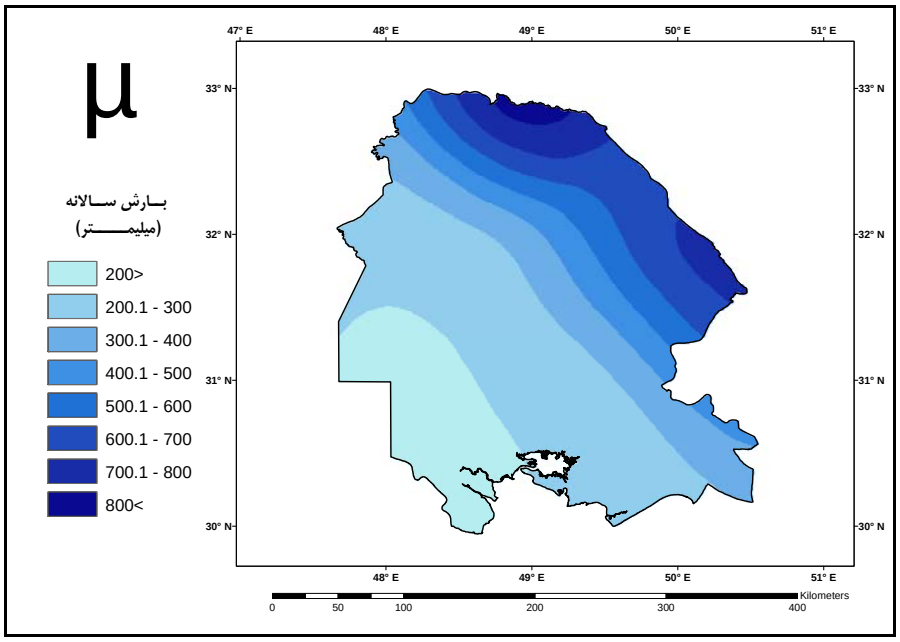
جدول-۲ مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا

Month	RMSE			
	Kriging	**IDW**	**Kriging-Regression**	**TPS**
JAN	21.16	**20.36***	21.90	32.19
FEB	16.17	16.45	**15.26**	27.48
MAR	15.46	15.16	**14.05**	24.87
APR	9.02	9.92	**8.19**	16.42
MAY	6.79	6.32	**5.70**	9.52
JUNE	0.42	0.41	**0.40**	0.48
JULY	0.31	0.33	**.25**	0.44
AUG	0.51	0.49	**0.44**	0.64
SEP	1.28	1.05	**1.00**	1.30
OCT	6.99	**5.39**	6.14	8.17
NOV	**12.62**	13.54	13.32	26.31
DEC	**23.91**	25.24	26.37	44.66
ANNUAL	**98.17**	109.39	100.42	176.09

*: مقدار خطای روش درون یابی منتخب در ماه مورد نظر

[1] -Root Mean Square Error(RMSE)

[2] - Mean Bias Error(MBE)



شکل-۳ توزیع مکانی بارش سالانه در استان خوزستان براساس روش کریجینگ عمومی

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر آن است که روش های رگرسیون-کریجینگ و کریجینگ عمومی را به ترتیب به عنوان بهترین روش جهت منطقه‌ای نمودن داده‌های بارندگی ماهانه و سالانه در استان خوزستان می‌توان پیشنهاد نمود. انتخاب روش رگرسیون- کریجینگ به عنوان بهترین روش برآورد داده های بارندگی ماهانه حاکی از ساختاردار بودن باقیمانده ها می‌باشد.

۴. قدردانی : از دفتر تحقیقات و استانداردهای مهندسی آب سازمان آب و برق خوزستان به عنوان حمایت کننده پژوهش تشکر می‌نماییم .

۵. مراجع

۱- ثقفیان، ب.؛ رحیمی بندرآبادی، س. ۱۳۸۴. مقایسه روشهای درونیابی و برونیابی برای برآورد توزیع مکانی مقدار بارندگی سالانه. دو فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران،۱، شماره۲ ، صفحه ۷۴-۸۴.

۲- حسنی پاک، ع ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران.

۳- خلیلی، ع. ۱۳۷۵. تغییرات سه بعدی میانگین های سالانه دراز مدت دمای هوا در گستره ایران. نیوار، صفحه ۲۳-۱۲.

۴- رحیمی، س.؛ مهدیان، م. ۱۳۸۴. بررسی روش های توزیع مکانی بارندگی روزانه و ماهانه در حوضه دریای خزر. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی شماره ۶۹ صفحه ۶۳-۷۲.

۵- عساکره ، ح .۱۳۸۷. کاربرد روش کریجینگ در میان یابی بارش- مطالعه موردی: میان یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ در ایران زمین. فصلنامه جغرافیا و توسعه صفحه ۱۲- ۲۵.

۶- مهدوی، م .؛ حسینی چگینی، ا.؛ مهدیان، م، ح.؛ رحیمی بندرآبادی، س .۱۳۸۳. مقایسه روش های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران. فصلنامه منابع طبیعی ایران ۵۷ شماره ۲، صفحه ۱۷-۱.

۷- مهدیزاده، م. ۱۳۸۱. ارزیابی روش های زمین آماری برای برآورد دما و بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. آبیاری و آبادانی. کرج, دانشگاه تهران. کارشناسی ارشد. ۱۵۲ص.

۸- نادی، م. ۱۳۸۹. استفاده از تکنیک های مختلف پهنه بندی داده های اقلیمی برای تعیین مهمترین فاکتورهای مؤثر بر رویش درختان ناحیه مرتفع چهارباغ گرگان. آبیاری و آبادانی. کرج, دانشگاه تهران. کارشناسی ارشد، ۸۹ ص.

9- Boer E P J., Beurs K M d. and Dewi Hartkamp A .2001. Kriging and thin plate splines for mapping climate variables . International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 3(2), P.146-154.

10- Coulibaly M. and Becker S. 2007. Spatial Interpolation of Annual Precipitation in South Africa - Comparison and Evaluation of Methods. International Water Resources Association. Water International, 32,(3),P. 494-502.

11- Francisco, J. M. 2010.Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. International Jornal Of Climatology 30,P. 620-631.

12- Hutchinson, M. F. and Gessler P. E. 1994. Splines - more than just a smooth interpolator. Geoderma 62,P.45-67.

13- Jeffrey, S.J., Carter, J.O., Moodie, K.M and Beswick, A.R.2001. Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data.Environmental Modelling and Software,16(4),P.309-330.

14- Phillips, D. L., Dolph, J. and Marks, D. 1992. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. Agricultural and Forest Meteorology 58, P.119-141.

Assessment of Interpolation methods to estimate regional Rainfall in Khuzestan Province

Mozhdeh Jamei [1], Mehdi Nadi [2], Javad Bazrafshan[3]

1- PhD student of Agrometeorology, Ferdowsi University of Mashhad

2- PhD student of Agrometeorology, College of Agriculture & Natural Resources university of Tehran

3- Assist. Professor, College of Agriculture & Natural Resources university of Tehran

Mozhdeh.jamei@gmail.com

Abstract:

Rainfall maps of a region prerequisite hydrological and meteorological studies. Rainfall distribution on area is related to spatial rainfall data analysis method. In order to determine the best interpolation method to estimate regional monthly and yearly Rainfall In Khuzestan province five interpolation methods i.e. ordinary Kriging, Cokriging, Regression-Kriging, Inverse distance weighting and TPS were compared together. The results of Variogeraphy analysis in this region showed that, rainfall data always has strong spatial structure except in low rainfall months. Cross validation technique was used for assessing methods. In each method, root mean square error and mean bias error indexes were calculated, then the best was selected based on least errors. Results showed that regression-Kriging and ordinary Kriging methods are the best interpolation methods of monthly and annual rainfall data respectively, also results showed the existence of nonlinear behavior in the spatial variation of rainfall in this region.

Key words: Cross validation, Interpolation, Khuzestan, Kriging, Rainfall.