

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شماره ۲۸، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۱۷۸-۱۵۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۰۲/۲۰

کاربرد روش‌های زمین آمار در مطالعات توزیع مکانی بارش (مطالعه موردی: استان کرمان)

سیدحسین میرموسوی^۱، مینا میریان^۲

چکیده

در مطالعات جغرافیایی با توجه به اینکه برداشت اطلاعات اغلب به صورت نقطه‌ای انجام می‌گیرد، ضرورت دارد جهت تعمیم آن به کل منطقه، عملیات درونیایی بر روی نقاط انجام گیرد. در این مطالعه با استفاده از روش‌های کریجینگ و معکوس وزنی، نسبت به درونیایی بارش در استان کرمان اقدام شده است. برای این منظور از آمار بارش ماهانه تعداد ۹ ایستگاه سینوپتیک استان کرمان و ۱۱ ایستگاه سینوپتیک استان‌های همجوار استفاده شده است.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که روش کریجینگ با سطح خطای پایین‌تر روش مناسب‌تری برای درونیایی بارش در این منطقه می‌باشد. بر اساس مدل‌های برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار، مدل‌های کروی، خطی و نمایی امکانات مناسب‌تری را برای تهیه نقشه‌های همباران قرار می‌دهند. در بین مدل‌های مذکور مدل کروی برای ماه‌های ژانویه تا ژوئن و هم‌چنین ماه دسامبر، مدل‌نمایی برای ماه جولای و مدل‌نمایی برای ماه‌های آگوست تا نوامبر مناسب‌ترین مدل تغییر نما تشخیص داده شدند. بر مبنای نقشه‌های ترسیم شده برای ماه‌های مختلف ضمن اینکه بیشترین میزان بارش در فصل زمستان اتفاق افتاده است بیشترین دامنه تغییرات هم به میزان ۴۲-۱۳ میلی‌متر در این فصل است. از نظر مکانی شیب تغییرات بارش از جنوب به شمال روند کاهشی دارد. در سایر فصول ضمن پایین بودن میانگین بارش دامنه تغییرات نیز نوسانات قابل ملاحظه‌ای نشان نداد.

واژگان کلیدی: زمین آمار، کریجینگ، بارش، استان کرمان.

1- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه زنجان.
Email:hossein.mousavi.47@gmail.com.

2- دانشجوی کارشناسی ارشد (اقلیم‌شناسی) دانشگاه زنجان.

مقدمه

به دنبال گرم‌تر شدن کره زمین در سال‌های اخیر منبع تامین ذخایر آبی یعنی بارش دچار تغییرات قابل ملاحظه‌ای شده است. تغییر در توزیع زمانی و مکانی بارش پیامدهای بسیاری را بر بخش‌های مختلف به ویژه بخش‌های هیدرولوژیکی و کشاورزی داشته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع و نقش مهم این پارامتر تحلیل مکانی بارندگی در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران بوده است. روش‌های مختلفی برای تحلیل مکانی بارندگی بر اساس داده‌های نقطه‌ای حاصل از ایستگاه‌های باران‌سنجی وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های زمین‌آمار اشاره نمود.

روش‌های زمین‌آمار برای متغیرهایی که دارای ساختار مکانی هستند کارایی مناسبی دارند. از دیدگاه زمین‌آمار، هر نمونه تا فاصله معینی با نمونه‌های اطراف خود در ارتباط است و در واقع بر طبق فرضیه‌های زمین‌آمار، احتمال میزان تشابه بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیک‌تر بیشتر است این روش‌ها با در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها و قابلیت استفاده از روابط بین متغیرها دارای دقت برآورد بیشتری می‌باشند در زمین‌آمار به بررسی آن دسته از متغیرها پرداخته می‌شود که ساختار فضایی از خود بروز می‌دهند (قهرودی توالی، ۱۳۸۴: ۱۷۳). به عبارت دیگر ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار فضایی بین داده پرداخته شده و سپس در صورت وجود، تحلیل فضایی انجام می‌گیرد. در هر عملیات میانمایی، تصمیم‌گیری اساسی این است که یک مدل آمار برای ایجاد رابطه بین داده‌های نقطه‌ای انتخاب شود. رقام‌سنجشی مربوط به ایستگاه‌هایی که در فواصل ۲۰ و ۵۰ کیلومتر یا حتی بیشتر قرار دارد، نشان‌دهنده عناصر اقلیمی منطقه مزبور است که امروزه اقلیم بزرگ یا ماکرو کلیما گفته می‌شود (ادب، ۱۳۸۷: ۷).

تنوع زمانی بارش به عنوان یک عامل کلیدی مؤثر در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها به شمار می‌آید، اما تأثیر آن از نظر مقیاس و بزرگی به مراتب کمتر از تنوع مکانی آن می‌باشد

(ناپ و اسمیت^۱، ۲۰۰۱؛ اوستین و همکاران^۲، ۲۰۰۴؛ کولینز و همکاران^۳، ۲۰۰۸). تعیین مناسب‌ترین روش‌های درون‌یابی در سطح یک منطقه و چگونگی توزیع فضایی و مکانی آن، امری ضروری جهت توزیع مکانی بارش می‌باشد. روش‌های مختلفی برای برآورد و تخمین متغیرهایی از این دست وجود دارد که به عنوان نمونه می‌توان به روش‌های کلاسیک، نظیر تیسن^۴ و میانگین حسابی اشاره کرد. این روش‌ها گرچه همگی از نظر محاسبات سریع و آسان می‌باشند، ولی به دلایلی از جمله در نظر نگرفتن موقعیت، آرایش و همبستگی بین آنها، از دقت خوبی برخوردار نمی‌باشند. روش‌های دیگری نیز وجود دارد که به دلیل در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند که از آن جمله روش زمین‌آمار^۵ می‌باشد. در زمین‌آمار ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته می‌شود و سپس در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده‌ها انجام می‌گیرد. البته ممکن است نمونه‌های مجاور با فاصله‌ی معینی در قالب ساختار مکانی به هم وابسته باشند، در این حالت بدیهی است که میزان تشابه بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیک‌تر بیشتر است، زیرا در صورت وجود ساختار مکانی، تغییرات ایجاد شده در یک فضای معین شانس بیشتری برای تأثیرگذاری روی فضاهاى نزدیک به خود را نسبت به فضاهاى دورتر از خود دارند (الشنی زند، ۱۳۸۱: ۸۲). با توجه به این توضیحات مشخص می‌شود که با استفاده از روش‌های زمین‌آمار می‌توان از داده‌های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت در نقطه‌ای با مختصات معلوم دیگر را تخمین زد.

تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه میان‌یابی داده‌های اقلیمی در جهان و ایران صورت گرفته است. شمس‌الدینی (۱۳۷۹: ۶۹) با استفاده از روش کریجینگ تغییرات منطقه‌ای بارندگی را در استان‌های شمالی ایران انجام داد. صفری (۱۳۸۱: ۱۲۳) از تخمین‌گرهای زمین‌آمارى برای ایجاد شبکه بهینه پایش تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت چمچمال

- 1- Knapp and Smith.
- 2- Austin et al.
- 3- Collins et al.
- 4- Thissen.
- 5- Geostatistic.

استفاده کرد. در تحقیقی دیگر که توسط مهدی‌زاده انجام شد، روش‌های مختلف زمین‌آمار را برای برآورد دما و بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مورد ارزیابی قرار داد (مهدی‌زاده، ۱۳۸۱: ۱۵۱). رحیمی و مهدیان (۱۳۸۲: ۱۵۱) جهت تعیین روش مناسب برای مقادیر بارش ماهانه ایران مرکزی و شرقی، از روش ^۱TPSS با توان ۲ استفاده کردند. مسعودیان (۱۳۸۲: ۱۵) برای تهیه نقشه هم‌دمای ایران، روش کریجینگ را مناسب دانستند. سلطانی و مدرس (۱۳۸۵: ۳۴) فراوانی و شدت خشکسالی در استان اصفهان را در ۲۲ ایستگاه استان اصفهان را تحلیل کردند و سپس با استفاده از روش کریجینگ معمولی^۲ نقشه دوره بازگشت خشکسالی استان اصفهان را ترسیم نمودند. تازه و همکاران (۱۳۸۷: ۱۲۶) با استفاده از زمین‌آمار و GIS نمایه خشکی ترانسو را پهنه‌بندی کرده و روش‌های زمین‌آمار را جهت پهنه‌بندی این نمایه مورد بررسی قرار داده و روش کریجینگ معمولی را مناسب ارزیابی کردند. عساکره (۱۳۸۷: ۲۵) با بررسی بارش ۲۶ اسفند ۱۳۷۶، به این نتیجه رسیدند که بهترین الگو جهت میان‌یابی بارش ایران‌زمین برای روز مذکور، مدل خطی از تکنیک کریجینگ می‌باشد.

دینگمن^۳ و همکاران (۱۹۹۸: ۳۲۹) ضمن کاربرد روش کریجینگ در تخمین میانگین بارندگی سالانه در شهر ورمونت^۴ در شمال شرقی آمریکا، به این نتیجه رسیدند که با دقت اطمینان ۹۵ درصد می‌توان از این روش جهت میان‌یابی بارش در این شهر استفاده نمود. گووارتز^۵ (۲۰۰۰: ۱۲۹) با استفاده از روش‌های عکس مجذور فاصله، رگرسیون خطی با ارتفاع، تیسن و کریجینگ معمولی و ساده به میان‌یابی بارندگی و دمای سالانه منطقه‌ای به وسعت ۵۰۰۰ کیلومتر مربع از کشور پرتقال پرداختند، نتایج ایشان بیانگر مناسب بودن روش کریجینگ ساده نسبت به سایر روش‌های مذکور می‌باشد. هارگرو^۶ (۲۰۰۱: ۱۲۲) جهت

1- Thin Plate Smoothing Splines.

2- Ordinary Kriging.

3- Dingman.

4- Vermont.

5- Goovaerts.

6- Executive

برآورد بارندگی در سوئیس از روش اسپلاین^۱ استفاده کردند. لوکینبیل و اربان^۲ (۲۰۰۳) جهت تخمین فضایی دمای نواحی کوهستانی، از مدل‌های رگرسیونی ساده و پیچیده و همچنین از جهات شیب استفاده نمودند. زاکیریس و ونجلس^۳ (۲۰۰۴: ۱۲) به منظور پایش خشکسالی و تحلیل مکانی آن، با استفاده از روش عکس مجذور فاصله، نقشه بارندگی ماهانه و نقشه درصد نرمال متوسط بارندگی سالانه را ترسیم نمودند.

با توجه به تغییر رژیم بارندگی در نتیجه گرم‌تر شدن کره زمین و بروز خشکسالی در سال‌های اخیر در این استان، توجه به این مسأله به منظور برنامه‌ریزی بهتر در زمینه اقتصادی و زیست‌محیطی امری مهم محسوب می‌شود. لذا برای نیل به این هدف در این مطالعه با استفاده از روش‌های کریجینگ و معکوس وزنی، نسبت به درون‌یابی بارش در استان کرمان و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آن اقدام شده است.

مواد و روش‌ها

داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، آمار میانگین ماهانه بارش مربوط به ۹ ایستگاه هواشناسی استان کرمان و ۱۱ ایستگاه هواشناسی استان‌های مجاور در طی دوره آماری ۱۹۷۳-۲۰۰۵ می‌باشد.

در این مطالعه با استفاده از روش‌های معکوس وزنی فاصله (IDW^۴) و کریجینگ، با کمک نرم‌افزار Surfer به میان‌یابی بارش استان کرمان پرداخته شده است. در ابتدا برای انجام هر نوع میان‌یابی باید نقاط کنترل (مرجع) مشخص شود. نقاط کنترل نقاطی هستند که بر اساس آنها ارزش‌ها معلوم می‌شود. تعیین شبکه، مرحله بعد آن محسوب می‌شود. یک شبکه حاصل تلاقی خطوط افقی و عمودی است که باعث می‌شود که محدوده مورد مطالعه

1- Spline

2- Lookingbill and Urban

3- Tsakiris and Vangelis.

4- Inverse Distance Weighted.

به سلول یا یاخته تبدیل شود. در واقع میانمایی از روی این سلول‌ها انجام می‌شود. مرحله بعد انتخاب روش میانمایی برای ترسیم نقشه‌های همباران می‌باشد.

در این مطالعه میانمایی بر اساس دو روش کریجینگ و عکس مربع فاصله صورت گرفته است. روش کریجینگ برای برآورد نقطه ناشناخته به هر یک از نمونه‌های اندازه‌گیری شده یک وزنی را نسبت می‌دهد. کریجینگ یک برآورد خطی به شکل زیر است (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰: ۳۱۴).

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(X_i) \quad (1)$$

در رابطه (۱):

Z^* مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $Z(X_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه X_i ، λ_i مجموع وزنی که به پیکسل X_i داده می‌شود و بیانگر اهمیت نقطه i ام در برآورد است (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵: ۹). این روش تکنیکی است یک متغیر را در نواحی نمونه‌برداری نشده به کمک مقادیر متغیر در نقاط یا بلوک‌های مجاور میانمایی می‌کند. کریجینگ یک روش زمین‌آمار برای درونیابی داده‌ها بر اساس واریانس فضایی است. در کریجینگ نیز واریانس فضایی تابعی از فاصله شناخته می‌شود (کارنیلی^۱، ۲۰۰۴: ۱۲۳). برای برآورد مقادیر بر اساس کریجینگ روش‌های مختلفی دارد. روش‌هایی که در این مطالعه استفاده شده عبارتند از:

الف) کریجینگ: در این روش برای بیان تغییرات فضایی از واریوگرام استفاده می‌شود و خطای مقادیر پیش‌بینی شده را با توجه به توزیع فضایی داده‌های پیش‌بینی شده کمینه می‌کنند. روش محاسبه آن بر اساس معادله زیر می‌باشد:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^N w_i Z_i \quad (2)$$

در معادله فوق مقدار بر آورد شده برابر است با مجموع وزن‌هایی که از ۱ تا N مورد بررسی قرار می‌گیرد و به Z_0 مورد (متغیر مورد نظر) داده می‌شود. وزن‌ها به همبستگی بین نقاط نمونه و نقاط برآورد شده بستگی دارد و همیشه جمع آنها برابر ۱ است (فرجی سبکبار و عزیز، ۱۳۸۵: ۴).

ب) روش معکوس وزنی فاصله (IDW): این روش یکی از روش‌هایی است که در مطالعات جغرافیایی از آن زیاد استفاده می‌شود. فرض اساسی این روش بر آن است که با افزایش فاصله میزان تأثیر پارامترها در برآورد سطح کاهش می‌یابد. برای پیش‌بینی در مکان‌هایی که در آن داده‌های آنها اندازه‌گیری نشده است، از مقادیر اندازه‌گیری شده پیرامون محل استفاده می‌شود. در پیش‌بینی عامل وزن بر اساس فاصله نقاط از یکدیگر تعیین می‌شود. به نقاط نزدیک محل نمونه وزن بیشتر و به نقط دورتر وزن کمتری اختصاص می‌یابد. با استفاده از تابع زیر می‌توان مقادیر مربوط به نقاط مختلف را به دست آورد:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^m}} \quad (3)$$

در رابطه (۳):

Z_i مقادیر نمونه، d_i فاصله اقلیدوسی هر مکان تا محل نمونه، m عامل توان (اصطکاک فاصله) و n تعداد نقاط نمونه است. نسبت کاهش وزن بستگی به مقدار m دارد. اگر $m=0$ در نظر گرفته شود در این صورت کاهش در وزن با فاصله ایجاد نمی‌شود. بنابراین وزن در سطح فضا برابر فرض می‌شود. با افزایش مقدار m وزن برای نقاط دورتر با سرعت بیشتر کاهش می‌یابد. اگر مقدار m خیلی بزرگ باشد، تنها نقاط پیش‌بینی بر مشاهده تأثیر خواهد داشت (فرجی سبکبار و عزیز، ۱۳۸۵: ۴).

همچنین برای بررسی تغییرات مکانی متغیرها در بازه‌های زمانی ماهانه نمودارهای نیمه پراش نگار ترسیم شده است (در این مطالعه به دلیل جلوگیری از اطاله از ارائه آنها پرهیز شده است). پراش نگار تابعی است که به وسیله آن تغییرپذیری مکانی متغیرها اندازه‌گیری می‌شود و اندازه‌هایی از شباهت بین گره‌های شبکه برای فاصله‌ای معین را نشان می‌دهد. با تقسیم پراش نگار بر عدد ۲ که فهم آن آسان‌تر است نیمه‌پراش نگار به دست می‌آید. نیمه‌پراش نگار به شکل تابع زیر تعریف می‌شود: (مدنی، ۱۳۷۷: ۶۵۹):

$$y(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (4)$$

در رابطه (۴):

$y(h)$: مقدار نیمه تغییرنا برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند؛

$N(h)$: تعداد زوج نقاطی است که به فاصله h از هم قرار دارند؛

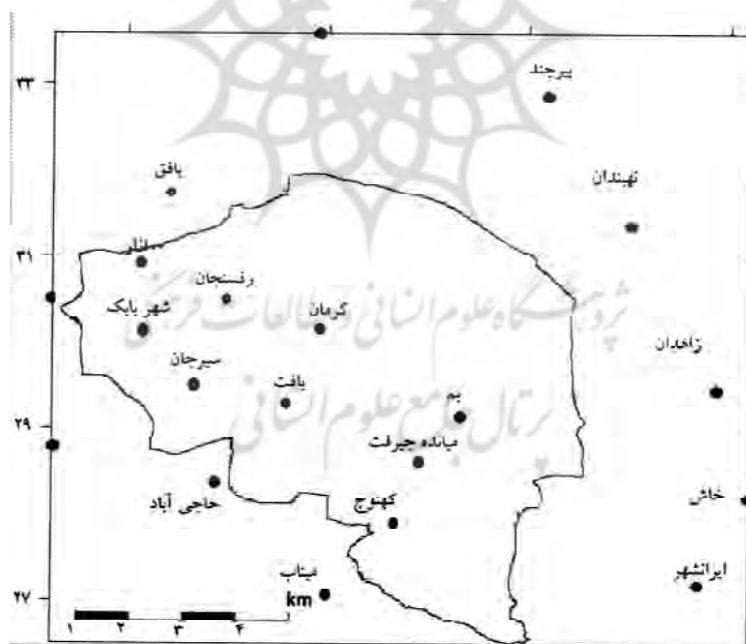
$z(X_i)$: مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه x ; $z(x_i + h)$: مقدار مشاهده شده متغیری که به فاصله h از x قرار دارد. جداول حاصله بر اساس مدل‌هایی برازش داده شده‌اند که نسبت به دیگر مدل‌ها برتری داشته‌اند.

موقعیت جغرافیایی و مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی

در این مطالعه از تعداد ۹ ایستگاه سینوپتیک استان کرمان استفاده شده است. همچنین با توجه به اینکه این ایستگاه‌ها به طور نامناسب توزیع شده‌اند، به طوری که بخش غرب و جنوب غرب از تراکم بیشتری از ایستگاه‌ها برخوردار بوده در حالی که بخش‌های شمالی آن تقریباً فاقد ایستگاه می‌باشد، فلذا برای میانبایی دقیق‌تر از تعداد ۱۱ ایستگاه سینوپتیک استان‌های مجاور استفاده شده است (جدول و نقشه ۱).

جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های منتخب در استان کرمان

ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع (متر)	ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع (متر)
انار	سینوپتیک	۱۴۰۸/۸	طبس	سینوپتیک	۷۱۱
بافت	سینوپتیک	۲۲۸۰	بافق	سینوپتیک	۹۹۱/۴
بیرجند	سینوپتیک	۱۴۹۱	بم	سینوپتیک	۱۰۶۶/۹
ایران‌شهر	سینوپتیک	۵۹۱	حاجی آباد	سینوپتیک	۹۳۱/۲
کرمان	سینوپتیک	۱۷۴۵/۸	کهنوج	سینوپتیک	۴۶۹/۷
مروست	سینوپتیک	۱۵۴۶/۶	خاش	سینوپتیک	۱۳۹۴
میانده	سینوپتیک	۶۰۱	میناب	سینوپتیک	۱۱۲۹/۶
سیرجان	سینوپتیک	۱۷۳۹/۴	داراب	سینوپتیک	۱۱۰۷
زاهدان	سینوپتیک	۱۳۷۰	شهر بابک	سینوپتیک	۱۸۳۴
نهبندان	سینوپتیک	۱۲۱۱	رفسنجان	سینوپتیک	۱۵۸۰/۹



نقشه (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان کرمان و استان‌های مجاور

یافته‌ها

در این مطالعه دقت روش‌های درون‌یابی کریجینگ و معکوس وزنی فاصله مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد، روش میان‌یابی کریجینگ با سطح خطای پایین‌تر به عنوان روش بهینه برای ترسیم نقشه‌های همباران استان کرمان می‌تواند انتخاب شود (جدول ۲).

جدول (۲) میزان خطای برآورد شده دو روش میان‌یابی کریجینگ و معکوس وزنی فاصله

روش	جمع	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	مه	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه
روش معکوس وزنی فاصله (IDW)	۷/۱۲	۳/۸۷	۰/۲۲	-/۰/۷	-/۰/۳	۰/۰۶	۰/۰۴	-/۰/۲	۰/۲۲	-/۰/۹۳	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۶۳
روش کریجینگ	۱/۵۸	۰/۳۳	-/۰/۱	-/۰/۱	-/۰/۱	۰/۰۳	۰/۰۱	-/۰/۱	۰/۰۲	-/۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۵۱

با استفاده از روش کریجینگ نقشه‌های همباران به صورت ماهانه برای استان کرمان ترسیم شده است، همچنین نمودار نیمه‌پراش نگار، تغییرپذیری مکانی متغیرها را مشخص ساخته که اندازه‌ای از شباهت بین گره‌ها را مشخص می‌نماید^۱.

ارزیابی مدل‌های نیمه‌پراکنش نگار به سه حالت خطی، کروی و نمایی برای هر ماه نشان داده‌اند که با افزایش فاصله، شباهت‌های ایستگاه‌ها از نظر بارشی کم می‌شود و همبستگی بین آنها کاهش می‌یابد و بر این اساس بهترین مدل برای ترسیم نقشه‌های همباران در ماه‌های مختلف سال انتخاب گردید (جدول ۶ الی ۳).

بررسی مدل برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بارش در استان کرمان در سطح اطمینان ۹۵٪ به صورت $268.2(1.5h-0.5h^3)$ نشان داد برای ماه‌های ژانویه تا ژوئن و هم چنین ماه دسامبر مدل کروی مناسب‌ترین مدل تغییر نما می‌باشد. بر این اساس نقشه‌های همباران بر اساس این برازش در ماه‌های مذکور ترسیم گردیده است (جدول ۳).

۱- در این مطالعه به دلیل جلوگیری از افزایش حجم از ارائه نمودارهای واریوگرام اجتناب شده است.

جدول (۳) مدل کروی برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بارش در استان کرمان

ماه	میزان خطا	مقدار آستانه	اثر قطعه‌ای	دامنه تصحیح
ژانویه	۵۱۳۳۰	۳۱۹۰/۱	۱	۲/۴
فوریه	۵۳۹۰۴/۳	۲۶۳	۲/۱	۲/۳
مارس	۴۸۱۱۲/۶	۲۵۰	۱/۱	۲/۱
آوریل	۱۱۲۳/۳	۷۴	۱/۷	۹/۶
مه	۸۷/۴	۱۰/۶۱	-۰/۱	۲/۳
ژوئن	۸/۴	۱	-۰/۱	۲/۶
جولای	۱۴	۳۴/۳	۲/۴	۱۲/۱
اگوست	۲۳	۴۱/۳	۱۲	۷/۴
سپتامبر	۴۵/۴	۵۶/۲	۲/۲	۶/۷
اکتبر	۴۰/۴	۶۱/۶	۳	۶/۵
نوامبر	۳۲/۳	۴۵/۴	۴/۳	۸/۷
دسامبر	۸۰۸۵	۱۸۴/۶	-۰/۱	۲/۷

بررسی مدل برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بارش بر مبنای مدل نمایی در سطح اطمینان ۹۵٪ به صورت $(1-e)^{-2.68x}$ ، نشان‌دهنده آن بود که این مدل تنها برای ماه جولای مناسب می‌باشد. بنابراین مبنای ترسیم نقشه‌های همبارش در این ماه قرار گرفت (جدول ۴).

جدول (۴) مدل نمایی برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بارش در استان کرمان

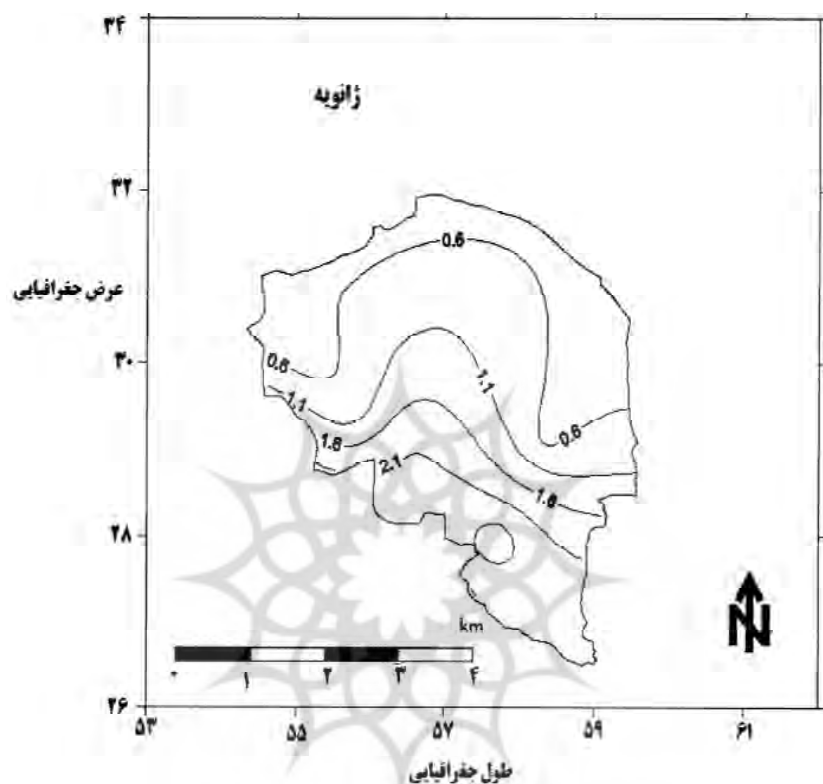
ماه	میزان خطا	مقدار آستانه	اثر قطعه‌ای	دامنه تصحیح
ژانویه	۱۴/۲	۳۱	۱/۴	۷/۳
فوریه	۱۹/۲	۲۳/۲	۳/۵	۹
مارس	۱۹	۲۵	۲/۳	۷/۱
آوریل	۲۶/۴	۳۴	۳/۴	۶/۵
مه	۱۶	۲۷/۲	۱/۱۰	۴/۵
ژوئن	۱۵/۱	۲۴	۹/۶	۸/۹
جولای	۱۵۴	۲۳/۱۶	۳/۶	۱۱/۸۴
اگوست	۱۸/۲	۲۴/۲	۵/۴	۱۵/۲
سپتامبر	۲۲/۳	۳۴	۷/۴	۱۶/۵
اکتبر	۳۲	۴۴/۴	۸/۶	۱۲
نوامبر	۲۸/۲	۳۳	۹/۷	۱۲/۴
دسامبر	۱۳/۱	۲۶	۷/۸	۱۳/۳

بررسی مدل برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بر اساس مدل نیمه تغییرنا خطی در سطح اطمینان ۹۵٪ به صورت $0/0005h$ حاکی از آن بود که مدل، برازش مناسب‌تری برای ماه‌های آگوست تا نوامبر دارد (جدول ۵).

جدول (۵) مدل خطی برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بارش در استان کرمان

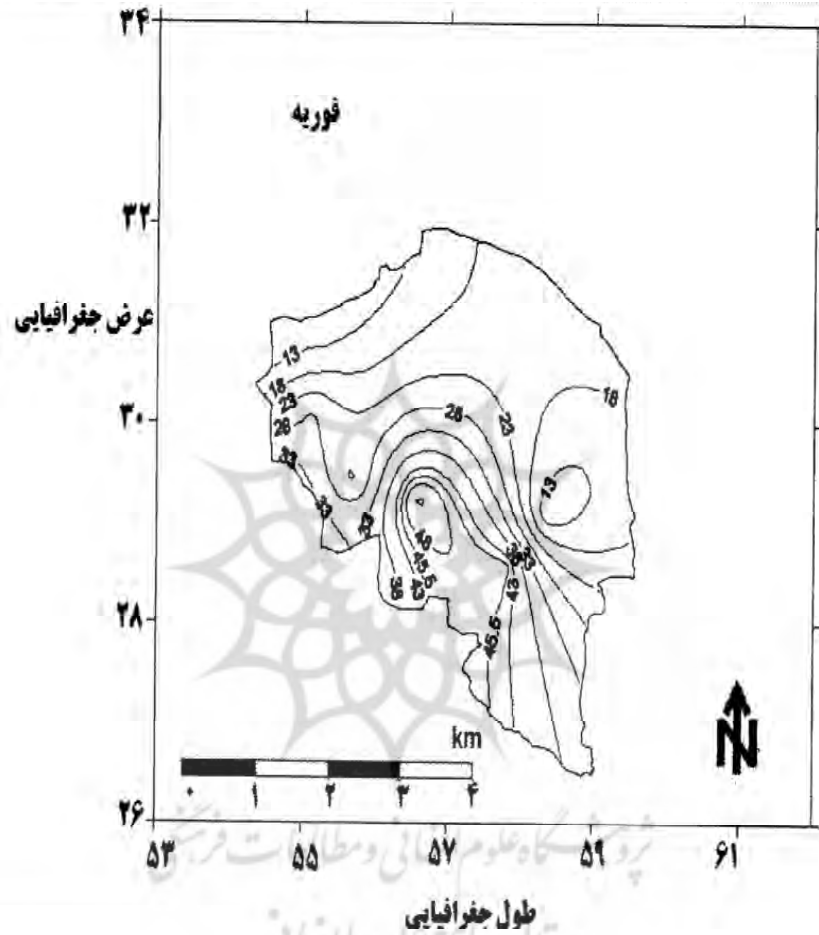
ماه	میزان خطا	مقدار آستانه	اثر قطعه‌ای	دامنه تصحیح
ژانویه	۲۳۱/۱	۳۲۱/۳	۳	۵/۴
فوریه	۲۳۱	۳۲۱	۷/۶	۴/۳
مارس	۶۵۳	۷۶۴/۶	۳/۴	۲/۸
آوریل	۴۲۱	۴۹۱/۵	۱/۲	۶/۶
مه	۹۶/۹	۱۱۲/۱	۴/۳	۵/۴
ژوئن	۱۲۳/۱۲	۲۱۱/۲	۵/۳	۲/۴
جولای	۳۳۲	۲۳۱/۱	۶/۴	۸/۹
آگوست	۸۸۲	۱۱/۳	۱۸/۳	۵/۲۷
سپتامبر	۶/۱۰	۱/۵۸	-۰/۶	۵/۲۷
اکتبر	۲/۴۳	۱/۷	۱	۵/۲۷
نوامبر	۶/۵۹	۵/۷	۱/۵۸	۵/۲۷
دسامبر	۴۳۲/۴	۱۲۴/۱	۳/۲	۳/۴

در فصل زمستان شیب تغییرات در قسمت جنوب و جنوب غرب منطقه بیشتر می‌باشد. قسمت‌های شمالی مناطقی یکنواخت از نظر بارشی محسوب می‌شوند. روند بارش از سمت جنوب غرب به شمال، کاهشی می‌باشد که این خود بیانگر این مطلب است که رابطه بارش با طول جغرافیایی معکوس است.



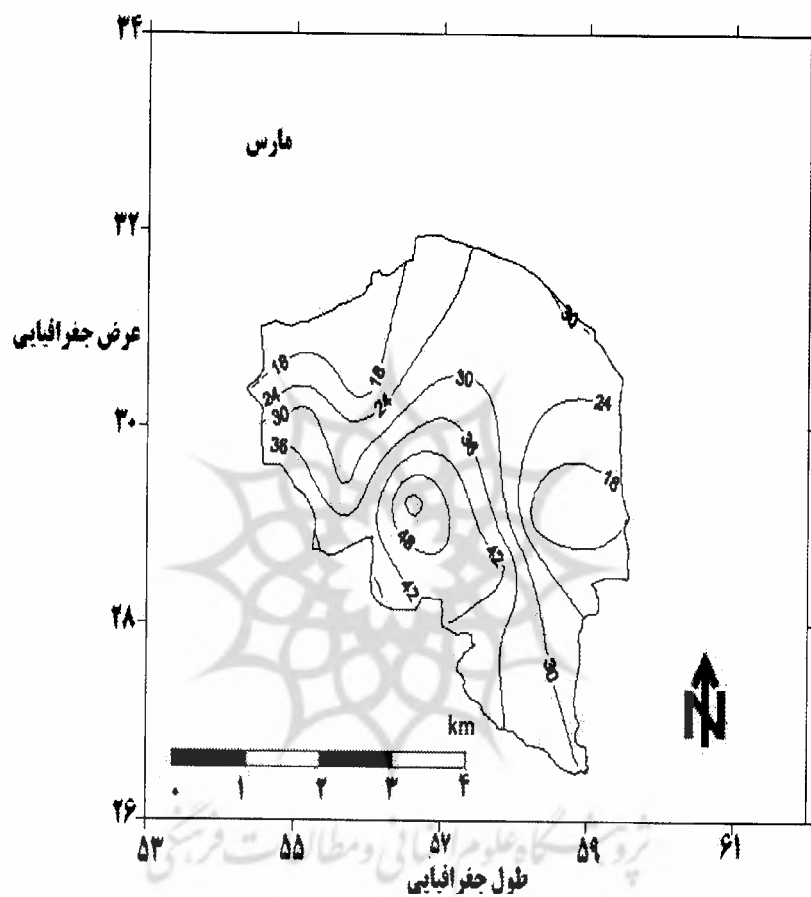
نقشه (۲) نقشه همباران ماه ژانویه استان کرمان

در ماه ژانویه شیب تغییرات در قسمت‌های جنوب و جنوب غرب قرار داشته و قسمت‌های شمالی دارای بارشی یکنواخت می‌باشد. روند بارش از جنوب به شمال کاهشی بوده و دامنه تغییرات در این ماه بین ۱۸-۴۸ میلی‌متر می‌باشد. به طور کلی در فصل زمستان بیشترین میانگین بارش مربوط به ماه ژانویه ($33/6$ میلی‌متر) می‌باشد (نقشه ۲). در ماه فوریه همانند ماه قبل قسمت‌های شمالی یکنواخت‌تر بوده است، ولی از میزان یکنواختی بارش در این ناحیه نسبت به ماه قبل کاسته شده است. روند بارش نیز همچنان کاهشی می‌باشد و دامنه تغییرات آن بین ۱۳-۴۵ میلی‌متر می‌باشد (نقشه ۳).



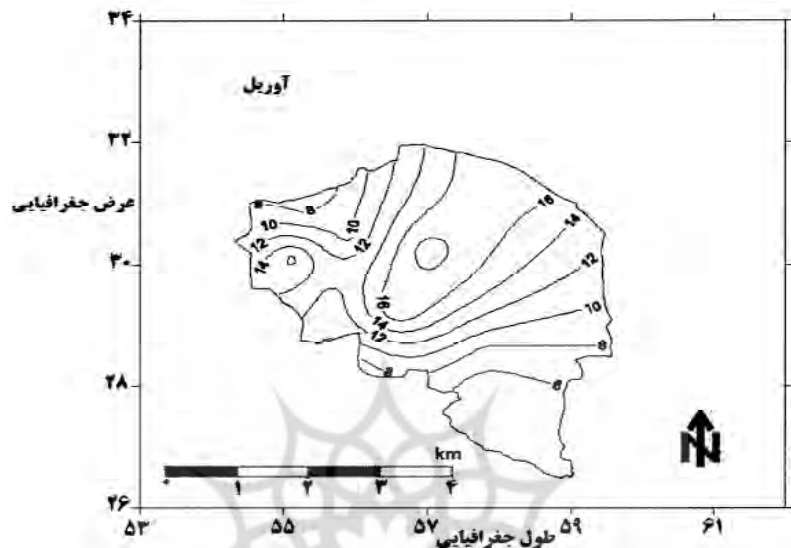
نقشه (۳) نقشه همباران ماه فوریه استان کرمان

بررسی نقشه همباران ماه مارس نیز نشان‌دهنده ویژگی‌هایی نظیر ماه قبل می‌باشد. دامنه‌ی تغییرات بارش در این ماه بین ۱۸-۴۲ میلی متر است (نقشه ۴).

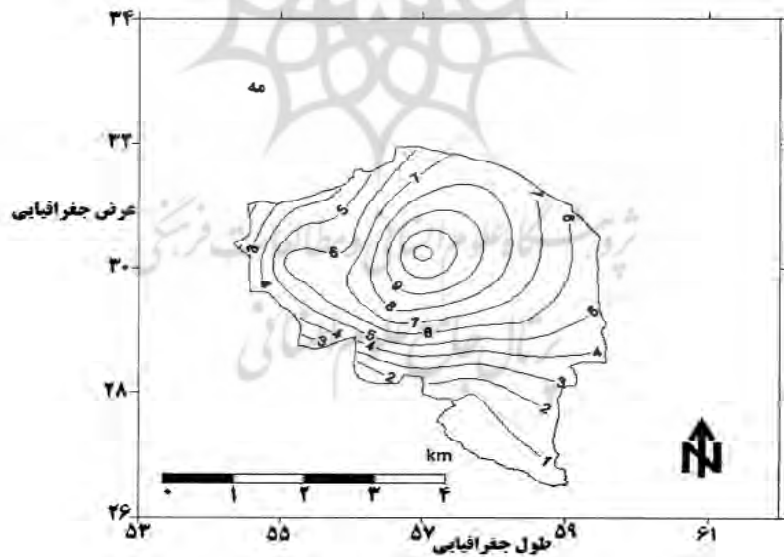


نقشه (۴) نقشه همباران ماه مارس استان کرمان

در فصل بهار به تدریج میزان بارش استان کاهش یافته به طوری که در ماه ژوئن این کاهش به صورت چشمگیری نمایان شده است. در دو ماه اول (آوریل و مه) شیب تغییرات بارش تقریباً در تمام قسمت‌های استان به یک میزان است و بارش در تمام نقاط به صورت یکنواخت توزیع شده است. روند بارش در این دو ماه حالت افزایشی دارد (نقشه ۵ و ۶).

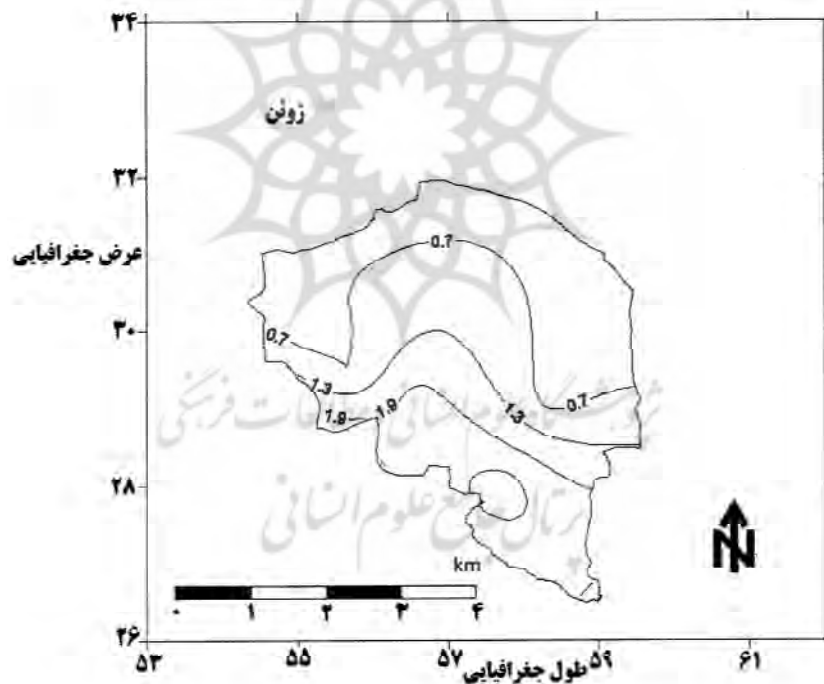


نقشه (۵) همباران ماه آوریل استان کرمان



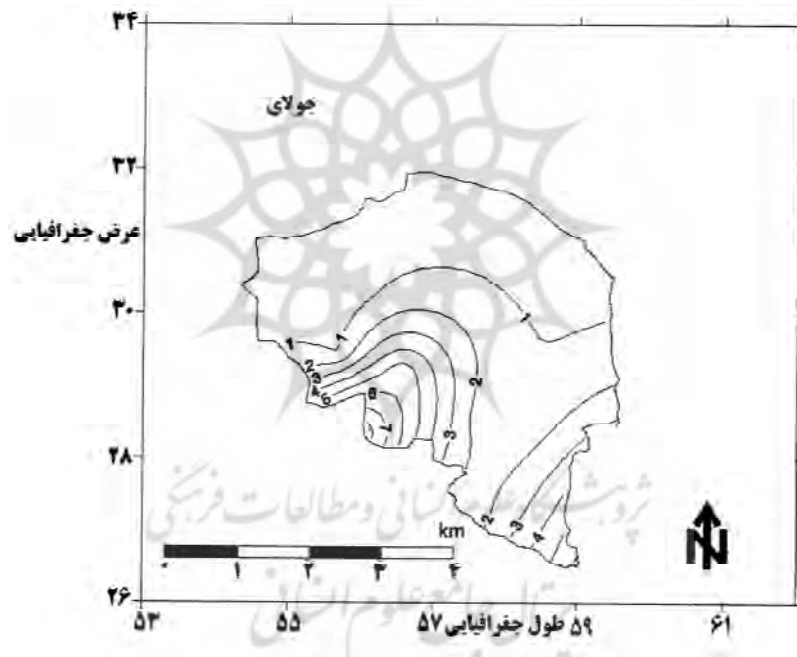
نقشه (۶) همباران ماه مه استان کرمان

اما در ماه ژوئن روال این تغییرات، عوض و شیب تغییرات در قسمت‌های جنوب غرب بیشتر شده میزان بارش نسبت به ماه قبل کاهش یافته است. دامنه تغییرات ماه آوریل بین ۱۰ تا ۱۶ ، ماه می ۱ تا ۹ و ماه ژوئن ۰/۷ تا ۱/۳ میلی‌متر قرار دارد. بیشترین بارش با میانگین ۱۱/۰۵ میلی‌متر در ماه آوریل رخ داده است. در ماه آوریل در قسمت‌های شرق و غرب سیستم‌های بارانزا حاکمیت بیشتری دارند. همچنین در ماه مه تمام نواحی این استان در گستره بارشی قرار می‌گیرند و بارش به صورت یکنواخت در آن نواحی برقرار می‌باشد. اما در ماه ژوئن به تدریج منحنی‌های همبارش کم‌تر می‌شوند. این مورد تقریباً در مورد تمام نواحی استان صادق می‌باشد (نقشه ۷).

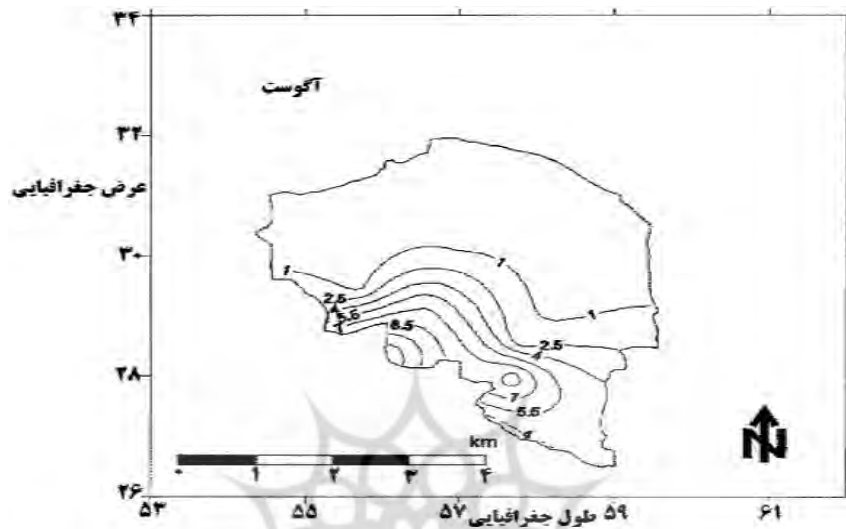


نقشه (۷) نقشه همباران ماه ژوئن استان کرمان

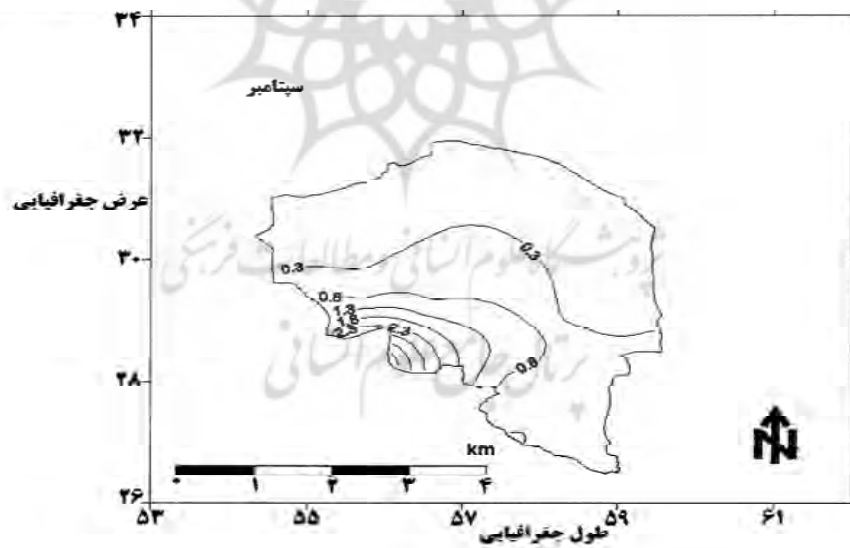
در فصل تابستان به دلیل ورود آنتی‌سیکلون‌ها از میزان بارش این استان به طور محسوس کاسته شده است. روند بارش از سمت جنوب به شمال کاهش یافته یعنی رابطه بارش با عرض جغرافیایی معکوس می‌باشد. نواحی جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق دارای شیب تغییرات یکسان می‌باشد. همچنین قسمت‌های شمال، شمال غرب و شمال شرق مناطق یکنواخت از نظر بارش محسوب می‌شوند. دامنه تغییرات در ماه جولای ۸-۱، ماه آگوست ۵-۱ و ماه سپتامبر ۵/۲-۳/۰ میلی‌متر بوده است. بالاترین میانگین بارش نیز مربوط به ماه آگوست (۲/۲۳) می‌باشد (نقشه‌های ۱۰ تا ۸).



نقشه (۸) نقشه همباران ماه جولای استان کرمان

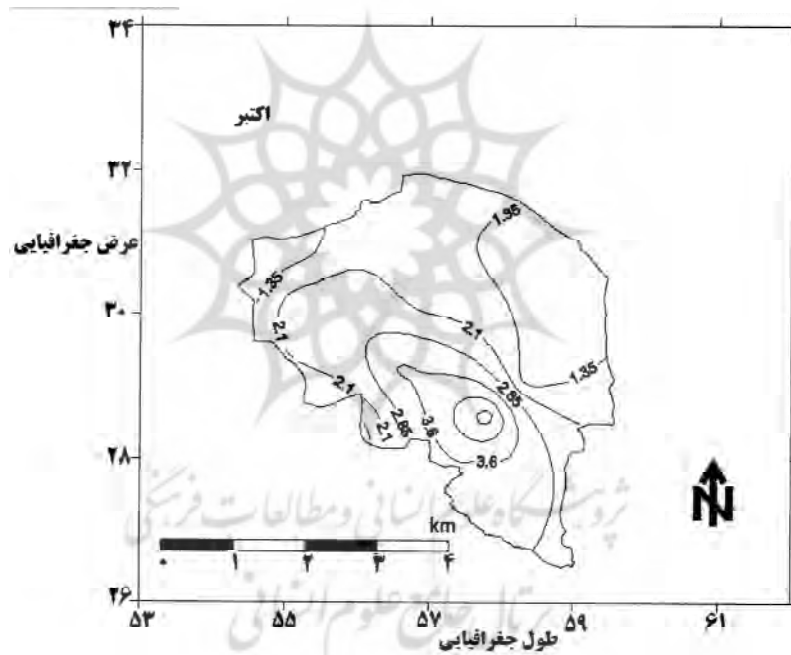


نقشه (۹) نقشه همباران ماه آگوست استان کرمان

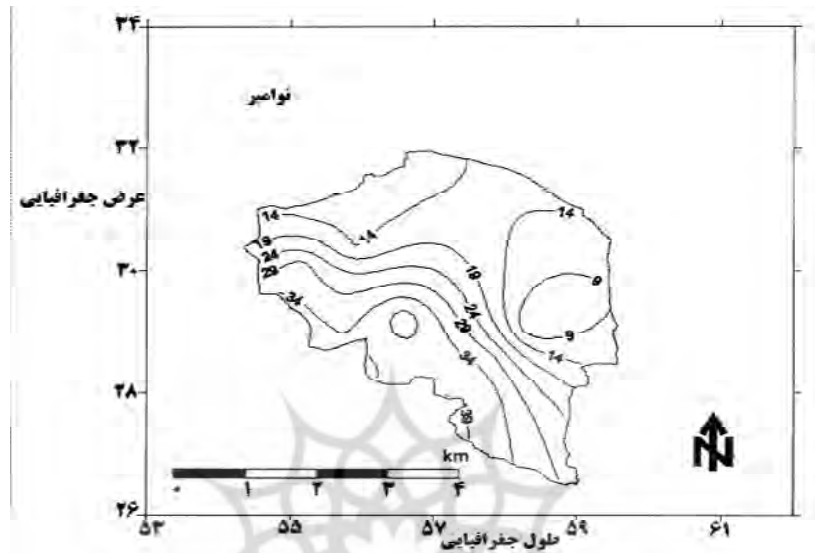


نقشه (۱۰) نقشه همباران ماه سپتامبر استان کرمان

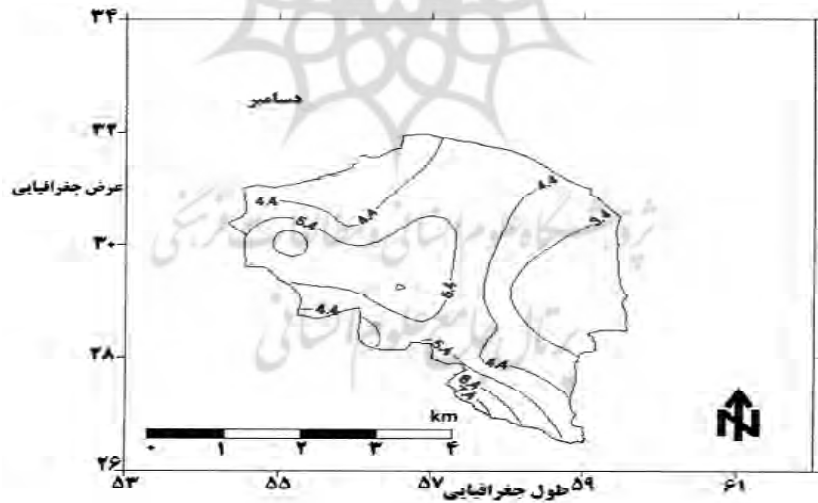
در فصل پاییز به تدریج توده‌های بارانی از سمت جنوب غرب بیشتر نواحی را فرا گرفته است و فشردگی منحنی‌ها در این نواحی بیشتر شده است. ولی نسبت به فصل قبل، بارش نواحی بیشتری را در گستره خود قرار می‌دهد که این مورد به ورود جبهه‌های غربی در این فصل به این ناحیه از کشور می‌باشد. بررسی نقشه‌های این فصل نشان می‌دهد که بیشترین شیب تغییرات در قسمت‌های جنوب و جنوب غرب استان بوده و قسمت‌های شمالی گستره بارشی یکنواختی را دارا می‌باشد. روند بارش در منطقه مذکور کاهش یافته بوده که این امر حاکی از معکوس بودن رابطه بارش با عرض جغرافیایی است (نقشه‌های ۱۳ تا ۱۱).



نقشه (۱۱) نقشه همباران ماه اکتبر استان کرمان



نقشه (۱۲) نقشه همباران ماه نوامبر استان کرمان



نقشه (۱۳) نقشه همباران ماه دسامبر استان کرمان

بررسی میزان دامنه تغییرات بارش در فصل پاییز در این استان نشان می‌دهد که میزان این تغییرات در ماه اکتبر بین ۳/۶-۱/۳۵، ماه نوامبر بین ۸/۴-۳/۴ و ماه دسامبر بین ۸-۳۹ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین میانگین بارش در این فصل مربوط به ماه سپتامبر (۲۳/۶۴) است (نقشه‌های ۱۳ تا ۱۱).

نتایج

به طور کلی عمده‌ترین نتایج این مطالعه عبارتند از:

- بررسی و مقایسه روش‌های درونیایی کریجینگ و معکوس وزنی فاصله، نشان داد که روش میانیایی کریجینگ با سطح خطای پایین‌تر به عنوان روش بهینه می‌تواند برای ترسیم نقشه‌های همباران استفاده شود.

- بررسی مدل برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار بارش در استان کرمان به صورت $268.2(1.5h-0.5h^3)$ نشان داد برای ماه‌های ژانویه تا ژوئن و هم چنین ماه دسامبر مدل کروی مناسب‌ترین مدل تغییر نما می‌باشد.

- بررسی مدل برازش یافته نیمه پراکنش نگار بارش بر مبنای مدل نمایی به صورت $268.2(1-e)$ ، نشان دهنده آن بود که این مدل تنها برای ماه جولای مناسب می‌باشد.

- بررسی مدل برازش یافته نیمه‌پراکنش نگار براساس مدل نیمه‌تغییرنا خطی به صورت $0.0005h$ حاکی از آن بود که مدل، برازش مناسب‌تری برای ماه‌های آگوست تا نوامبر دارد.

- بررسی نقشه‌های همباران در فصل زمستان نشان داد که شیب تغییرات در قسمت جنوب و جنوب غرب منطقه بیشتر بوده و قسمت‌های شمالی، مناطقی یکنواخت از نظر بارشی محسوب می‌شوند. در این فصل روند بارش از سمت جنوب غرب به شمال نیز حالت کاهشی دارد.

- بیشترین مقدار بارش و دامنه تغییرات بارش در فصل زمستان در ماه فوریه بوده که میزان آن بین ۴۵-۱۳ میلی‌متر می‌باشد.

- روند کاهشی در میزان بارش و دامنه تغییرات آن از اواخر ماه مه شروع شده و تا پایان ماه سپتامبر ادامه می‌یابد. در طی این دوره روند بارش از سمت جنوب به شمال کاهشی بوده و نواحی جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق دارای شیب تغییرات یکسانی می‌شوند.
- در فصل پاییز ضمن افزایش در میزان بارش، شیب تغییرات در قسمت‌های جنوب و جنوب غرب استان بیشتر شده و قسمت‌های شمالی گستره بارشی یکنواختی را دارا می‌شوند.



منابع

- ۱- ادب، ح؛ فلاح قاهره، غ؛ میرزا بیاتی، ر. (۱۳۸۷)، «ارزیابی روش‌های میان‌یابی کریجینگ و رگرسیون خطی بر پایه DEM در تهیه نقشه همبارش سالانه در استان خراسان رضوی»، *همایش ژئوماتیک ۸۷*.
- ۲- تازه، مهدی؛ کوثری، محمدرضا؛ بخشایی، مهسا و خسروی، یونس (۱۳۸۷)، «پهنه‌بندی خشکی براساس نمایه ترانسو با استفاده از زمین آمار و GIS (مطالعه موردی: بخش غربی استان اصفهان)»، *کنفرانس بین‌المللی گیاه‌شناسی درختی و تغییر اقلیم در اکوسیستم‌های خزری*، پژوهشکده اکوسیستم‌های خزری ساری.
- ۳- حسنی‌پاک، علی‌اصغر (۱۳۸۰)، «تحلیل داده‌های اکتشافی»، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- رحیمی بندرآبادی، سیما، مهدیان، محمدحسین (۱۳۸۲)، «بررسی تغییرات مکانی بارندگی ماهانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب شرق ایران»، *سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم*، دانشگاه اصفهان.
- ۵- سلطانی، سعید؛ مدرس، رضا (۱۳۸۵)، «تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان»، *مجله منابع طبیعی ایران*.
- ۶- شمس‌الدینی، علی (۱۳۷۹)، «تغییرات منطقه‌ای بارندگی با استفاده از روش کریجینگ در استان‌های شمالی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- ۷- صفری، مجید (۱۳۸۱)، «تعیین شبکه بهینه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با کمک روش‌های زمین‌آماري مطالعه موردی دشت چمچال»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۸- عساکره، حسین (۱۳۸۷)، «کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش» (مطالعه موردی: میان‌یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ در ایران زمین)، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۲.
- ۹- قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۴)، «سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی»، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم، تهران.

- ۱۰- فرجی سبکبار، ح.؛ عزیزی، ق. (۱۳۸۵)، «ارزیابی میزان دقت روش‌های درونیابی فضایی مطالعه موردی: الگوسازی بارندگی حوزه کارده مشهد»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۸.
- ۱۱- لشنی زند، مهران (۱۳۸۱)، «بررسی اقلیم خشکسالی‌های ایران و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب ایران)»، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه اصفهان.
- ۱۲- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۲)، «تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران»، *مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان*.
- ۱۳- مدنی، حسن (۱۳۷۷)، «هبانی زمین‌آمار»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۱۴- مهدی‌زاده، محمد (۱۳۸۱)، «ارزیابی زمین‌آمار برای برآورد دما و بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه»، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی*، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- 15- Austin, A.,L. Yahdjian, J.M. Stark, J. Belnap, A. Porporato, U. Norton, D.A. Ravetta, and S.M. Schaeffer (2004), "Water Pulses and Biogeochemical Cycles in Arid and Semiarid Ecosystems:", *Ecologia* 141:221-235.
- 16- Dingman, S.L., Seely-Reynolds, D.M., and Reynolds, R.C (1998), "Application of Kriging to Estimating Mean Annual Precipitation in a Region of Orographic Influence", *Journal of the American Water Resources Association*, 24:239-339.
- 17- Collins, S.L. Sinsabaugh, R.L. Crenshaw, C. Green, L. Porras Alfaro, A. Stursova, M. Zeglin, L.H (2008), "Pulse Dynamics and Microbial Processes in Aridland Ecosystems", *Journal of Ecology*, 96:413-420.
- 18- Goovaerts, P. (2000), "Geostatistical Approach for Incorporating Elevation into Spatial Interpolation Rainfall", *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 228(1-2): 129-133.
- 19- Arnon Karnieli (2004), "Application of Kriging Technique to Areal Precipitation Mapping in, Arizona", *Geo Journal*, Springer Netherlands, Volume 22, 120-131.

- 20- Hargrove, W. (2001), "Interpolation of Rainfall in Switzerland Using a Regularized Spline with Tension", *Geographic Information and Spatial Technologies Group*, Book Ridge National Laboratory, 122-125.
- 21- Knapp, A.K. Smith, M.D. (2001), "Variation among Biomes in Temporal Dynamics of Aboveground Primary Production", *Journal of Science*, 291:481-484.
- 22- Lookingbill, T.R and Urban, D.L. (2003), "Spatial Estimation of Air Temperature Differences for Landscape-scale Studies in Montane Environments", *Agricultural and Forest Meteorology*, 114: 141-151.
- 23- Tsakiris G., Vangelis H. (2004), "Towards a Drought Watch System Based on Spatial SPI", *Water Resour Manag*, 18(1):1-12.