

## ارزیابی شبیه های درون یابی محیط سامانه ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پهنه بندی داده های بارندگی استان فارس

سید امیر شمس نیا\*<sup>۱</sup> و نادر پیرمردیان<sup>۲</sup>  
تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۴

### چکیده

داده های مربوط به بارندگی در هر منطقه نقشی بسیار مهم در بررسی مسایل آبشناسی و مطالعات منابع آبی دارند. در دسترس بودن آمار نیز از اهمیتی ویژه برخوردار است. در این میان مساله ی بررسی پراکنش مکانی بارش ها بایستی مورد مطالعه قرار گیرد. روش های آماری درون یابی متنوعی وجود دارند که با کمک آنها می توان خطوط همباران را استخراج کرد، اما به دلیل نابسندگی آمار و داده های موجود، و دقت پایین اندازه گیری ها، تخمین حاصله در برخی روش ها چندان رضایت بخش نیست. در دهه های اخیر مبانی دانش زمین آمار به خوبی گسترش یافته و توانایی های این شاخه از آمار در بررسی و پیش بینی متغیرهای مکانی مشخص شده است. در این پژوهش از آمار بارندگی سالانه و شبیه های گوناگون درون یابی استفاده شده است. در بررسی شبیه های زمین آمار نیز جهت تعیین عوامل مورد نیاز از نرم افزار GS<sup>+</sup> استفاده شد، سپس با بکارگیری شبیه های گوناگون درون یابی در محیط سامانه ی اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پهنه بندی وضعیت بارش در استان فارس صورت گرفت. همچنین، به منظور ارزیابی تخمینگرها، مقادیر درصد خطای هر یک از شبیه ها محاسبه شد. با توجه به نتایج بدست آمده، شبیه بهینه ای جهت پهنه بندی داده های بارش تعیین و توصیه شده است.

واژه های کلیدی: شبیه های درون یابی، زمین آمار، سامانه ی اطلاعات جغرافیایی، بارندگی.

<sup>۱</sup> - دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

<sup>۲</sup> - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز.

\* نویسنده ی مسوول مقاله

## پیشگفتار

در بررسی مسائل آبشناسی و منابع آب، تحلیل داده های بارندگی از اهمیتی ویژه برخوردار است. به همین دلیل، همواره توجه دست اندرکاران این دانش بر روش هایی بوده است که بتوانند با استفاده از آنها، در نقاط فاقد آمار، داده های بارندگی را به کمک داده های باران سنجی موجود تولید نمایند. روش های آماری درون یابی وجود دارد که به کمک آنها می توان خطوط همباران را استخراج نمود. طی چند دهه ی اخیر مبانی دانش زمین آمار به خوبی گسترش یافته است و توانایی های این شاخه از آمار در بررسی و پیش بینی متغیرهای مکانی مشخص شده است. تفاوت آمار سنتی با زمین آمار در این است که در آمار سنتی، اجزا یا نمونه هایی که از کل جامعه به منظور شناخت آن برداشت می شوند، فاقد داده های موقعیتی در فضا بوده و در نتیجه مقدار اندازه گیری شده یک کمیت معین در یک نمونه خاص هیچ گونه داده ای در مورد مقدار همان کمیت در نمونه ای دیگر به فاصله ی معلوم در بر نخواهد داشت. به بیان دیگر، نتایج بدست آمده از اندازه گیری نمونه ها مستقل از موقعیت فضایی آنها مورد تحلیل قرار می گیرد. در حالی که در زمین آمار افزون بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت فضایی نمونه نیز مورد توجه قرار می گیرد. بنابراین، می توان موقعیت فضایی نمونه ها را همراه با مقدار کمیت مورد نظر یکجا مورد تحلیل قرار داد. در زمین آمار به بررسی آن دسته از متغیرها پرداخته می شود که ساختار فضایی از خود بروز می دهند. بنابراین، مزیت زمین آمار آن است که می توان با استفاده از داده های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت را در نقطه ای با مختصات معلوم دیگر، واقع در درون دامنه ای که ساختار فضایی حاکم است، تخمین زد (حسینی پاک ۱۳۷۷).

در سالیان اخیر حرکتی مستمر از پژوهش های نظری به سمت پژوهش های کاربردی بویژه در پردازش داده ها برای مسائلی که یا برای آنها راه حلی موجود نیست و یا براحتی قابل حل نیستند، آغاز شده است. پیشگامان نظریه های زمین آمار هوپر و واترمایر بودند که در مورد معادن طلا کار می کردند. نخستین مقاله در این

زمینه توسط واترمایر در سال ۱۹۱۹ منتشر شد که در آن لزوم به کارگیری میانگین وزنی به جای میانگین حسابی بیان شده بود. در ضمن، شباهت بین مقادیر نمونه ها به عنوان تابعی از فاصله آنها ارزیابی شد که این ارتباط پایه ی اصلی دانش زمین آمار را تشکیل می دهد. در زمین آمار بر خلاف آمار سنتی نمونه های مجاور تا فاصله ی معینی به هم وابسته اند (مدنی ۱۳۷۷). این همبستگی به وسیله ی ابزار ی به نام نیم تغییرنا بررسی می شود و در اصل اساس زمین آمار بر تعریف نیم تغییرنا استوار است (مک براتنی و بوستر ۱۹۸۶). در تعریف نیم تغییرنا می توان از تعریف واریانس استفاده نمود. واریانس، وابستگی متقابل مقادیر دو نقطه به فاصله ی  $h$  را نشان می دهد. در زمین آمار واریانس توزیع اختلاف ها هنگامی که نقاط وابستگی زیادی با یکدیگر دارند، اندک است. در اصل این واریانس بیانگر تاثیر نمونه ها در محیط پیرامون خود در یک ناحیه مثل حوزه ی آبخیز می باشد. این واریانس تغییرنا نامیده می شود. به آن دلیل که آنرا به صورت نمودار واریانس بر حسب فاصله ی  $h$  ترسیم می کنند و در ریاضی آنرا به صورت  $2\gamma(h)$  نشان می دهند. مقدار  $\gamma(h)$  را نیم تغییرنا می نامند (مدنی ۱۳۶۹). ویژگی مهم نیم تغییرنا در این است که در جهت های گوناگون می توان آنها را رسم نمود و روند ها را شناسایی کرد. برای استفاده از آن، لازم است ابتدا شبیه تئوریکي به داده ها برازش داده شود و سپس از شبیه نیم تغییرنمای بدست آمده، در فرآیند تخمین استفاده گردد. با استفاده از معادله ی ۱ می توان مقدار نیم تغییرنمای تجربی را محاسبه کرد (حسینی پاک ۱۳۷۷).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x+h) - Z(x)]^2 \quad (1)$$

$N(h)$ : تعداد جفت نمونه های به کار رفته در محاسبه به ازای هر فاصله ای مانند  $h$  می باشد. شیوه های گوناگون درون یابی که در اینجا مورد مطالعه قرار می گیرند عبارتند از: شبیه های وزن دهی معکوس فاصله (IDW)، درون یابی موضعی (اسپیلاین) و کریجینگ. در روش وزن دهی معکوس فاصله ی مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم، با استفاده از مقدار همان کمیت

(قهرودی تالی ۱۳۸۴). کریجینگ، همراه هر تخمین، مقدار خطای آن را نیز می دهد و به این ترتیب می توان مقدار متوسط خطاها را محاسبه کرد (حسینی پاک ۱۳۷۷).

پژوهش هایی گسترده در زمینه ی به کارگیری زمین آمار و تخمینگر کریجینگ در موضوع های گوناگون انجام شده است. در پژوهشی که در کانادا انجام شد، گوپتا نشان داد که از بین سه عامل موثر در معادله ی نفوذ آب، هدایت آبی اشباع بیشترین تغییرات و کمترین همبستگی مکانی را نسبت به دو عامل ضریب جذب و سرعت نفوذ داشته است (گوپتا ۱۹۹۴). در سال ۱۹۹۰ نتایج حاصل از تخمین سطح ایستابی به روش زمین آمار برای بهینه نمودن شبکه های پایش در کشور مراکش ارائه گردید. این نتایج حاکی از برتری روش های زمین آمار بر روش های مبتنی بر آمار سنتی بود (بن جما و مارینو ۱۹۹۰). در سال ۲۰۰۱ نتایج حقیقی که بر روی تغییرات مکانی رطوبت خاک در چین شرقی با استفاده از روش های زمین آمار انجام شده بود، ارائه گردید. براساس این نتایج هرچه اندازه گیری ها در عمق بیشتری از خاک صورت پذیرد، میزان خطای پیش بینی بیشتر است (ساکسیا و همکاران ۲۰۰۱). در ایران نیز از این روش در مواردی گوناگون استفاده شده است. برای مثال در سال ۱۳۷۵ برای تخمین انتقال فسفر در سیلاب خروجی از حوزه های آبخیز با استفاده از مقادیر فسفر اندازه گیری شده در حوزه از تخمین های زمین آماری استفاده گردید (رضوانی ۱۳۷۵). در مطالعه ای در استان های شمالی ایران تغییرات منطقه ای بارندگی با استفاده از روش کریجینگ محاسبه شد (شمس الدینی ۱۳۷۹). در پژوهشی که جهت پهنه بندی داده های بارندگی با استفاده از روش های آمار سنتی و زمین آمار می باشد، نتایج نشان داد که تخمین گره های زمین آماری نتایج بهتری را نسبت به آمار سنتی نشان می دهند و در میان تخمین گره های زمین آمار کریجینگ و کوکریجینگ دارای این توانایی هستند که میزان بارندگی در نقاط فاقد آمار را با دقت قابل قبولی برآورد نمایند (مدنی ۱۳۷۷). هدف از انجام این پژوهش، استفاده از شبیه های گوناگون درون یابی و پهنه بندی داده های بارش در محیط سامانه ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) است تا بدین ترتیب بتوان

در نقاطی دیگر با مختصات معلوم بدست می آید. به بیان دیگر در این روش، ارزش یک متغیر براساس میانگین همسایه ها در محدوده های معین محاسبه می شود. به گونه ای که معکوس فواصل از نقاط مجهول وزن دهی می شود. هرچه فاصله ی نقاط مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد، وزن ارزش آن نقاط افزایش می یابد و نقاطی که ارزش آنها نا معلوم است، با استفاده از نقاط اطراف در یک شعاع مشخص براساس معادله ی ۱ برآورد می شود (قهرودی تالی ۱۳۸۴ و بوت ۲۰۰۰).

$$Z(x) = \frac{1}{N} [\sum Z(x_i)] \quad (2)$$

اساس این روش بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح درون یابی، اثر یک عامل بر نقاط اطراف یکسان نبوده و نقاط نزدیک، بیشتر و نقاط دورتر، کمتر تحت تاثیر قرار می گیرند. هرچه فاصله از مبدا افزایش می یابد، اثر عامل کمتر می شود. در پژوهشی که با استفاده از این روش صورت گرفته است، جهت پهنه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص معیار شده ی بارش و روش IDW، از توان دوم معکوس فاصله به اندازه ی سلول های ۲۰۰ متر و انجام محاسبات مربوطه، استفاده شده است. به کمک شاخص و روش یاد شده نقشه های پهنه بندی خشکسالی با استفاده از بارش ماهانه تهیه گردیده است (بداق جمالی و همکاران ۱۳۸۱). در روش درون یابی موضعی، توابع درون یابی، معادلات ریاضی قطعه ای هستند که بر یک گروه کوچک از نقاط برازش داده می شوند. در حالی که پیوستگی بین منحنی ها نیز حفظ می شود. به بیان دیگر با درون یابی موضعی می توان حتی فقط بر روی بخشی از داده ها عمل هموارسازی را انجام دهیم و پیوستگی بین منحنی ها را حفظ کنیم (قهرودی تالی ۱۳۸۴). روش کریجینگ مهمترین و گسترده ترین روش درون یابی می باشد. کریجینگ روش درون یابی پیشرفته ای است که برای داده هایی که دارای روند موضعی تعریف شده ای باشند، مناسب است. این روش با کمترین واریانس تخمین، درون یابی می کند و میزان خطای آن تابع ویژگی های تغییرنا می باشد. اگر مطالعات مربوط به تشخیص شبیه تغییرنا با دقت کافی انجام شود، درون یابی با روش کریجینگ از دقتی بالا برخوردار خواهد بود

مطالعه (شکل ۱) انتخاب گردید تا در مراحل اولیه، وضعیت سال‌های تر و خشک مشخص شود. از ایستگاه‌های یاد شده جهت بررسی میزان بارش نسبت به میانگین بلند مدت و همچنین جهت ارزیابی نتایج بدست آمده از شبیه‌های درون‌یابی استفاده گردید. سپس براساس نمودارهای یاد شده، جهت مقایسه‌ی روش‌های درون‌یابی، سال‌های تر و خشک مشخص گردید و تحلیل‌های مربوط بر روی ۱۱۹ ایستگاه انجام گرفت. در این راستا به منظور تحلیل به روش کریجینگ و تعیین شبیه‌نیم تغییرنمای مناسب و عامل‌های آن، از نرم افزار  $GS^+$  استفاده شد. داده‌های مربوط به ویژگی‌های جغرافیایی و Z-Value که مقادیر بارش سالانه می‌باشد، به عنوان ورودی به نرم افزار داده شد. در این نرم افزار با اعمال شبیه‌مورد نظر و انتخاب نیم تغییرنمای مناسب، تحلیل‌های گوناگونی انجام گرفت. نتایج بدست آمده به نرم افزار GIS انتقال داده شد و براساس روش کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی داده‌های بارش به صورت رستری ترسیم گردید. در روش وزن دهی معکوس فاصله و درون‌یابی موضعی نیز داده‌های مربوط به ایستگاه‌های بارسنجی به نرم افزار GIS داده شد و بر اساس شبیه‌های یاد شده نقشه‌های رستری تهیه گردید. تحلیل‌هایی گوناگون بر روی نقشه‌های رستری بدست آمده انجام گرفت و نقشه‌ها طبقه‌بندی شدند و برای آنها رستر کد تعریف گردید. در اینجا هدف از طبقه‌بندی، مشخص کردن وضعیت بارش در مناطق گوناگون نسبت به میانگین بلند مدت است. پس از طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل‌های مکانی در مورد نقشه‌ها انجام گرفت، تا ارتباط لازم بین عوارض برقرار شود. در نهایت، نقشه‌های پهنه‌بندی حاصله با نقشه‌ی استان فارس انطباق داده شد. سپس با مقایسه‌ی نتایج شبیه‌های گوناگون درون‌یابی و نمودارهای بارش نسبت به میانگین بلندمدت در ایستگاه‌های منتخب، بهترین شبیه‌درون‌یابی تخمین‌گر جهت پهنه‌بندی داده‌های بارندگی در استان فارس مشخص شد.

نقشه‌های همباران را استخراج کرد. همچنین در این مقاله جهت ارزیابی شبیه‌ها، پس از بررسی وضعیت بارش نسبت به میانگین بلند مدت و تعیین درصد مقادیر خطا و میانگین خطای هریک از تخمین‌گرها، بهترین شبیه در پهنه‌بندی داده‌های بارش تعیین می‌شود.

## مواد و روش‌ها

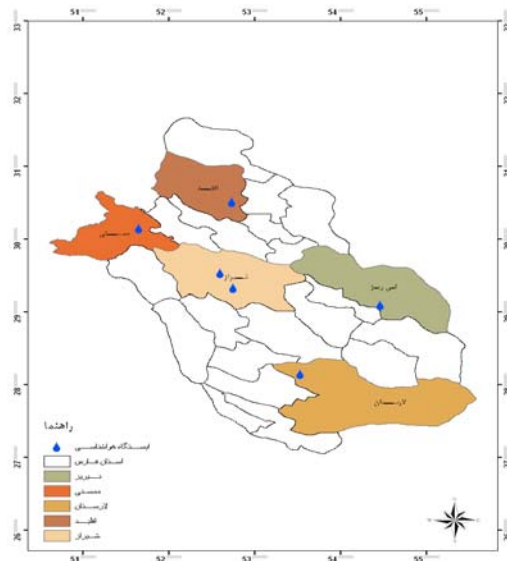
در این پژوهش از داده‌های بارسنجی ۹۰ ایستگاه در استان فارس و جهت بالابردن دقت درون‌یابی از ۳۵ ایستگاه در استان‌های مجاور (اصفهان، یزد، کرمان، هرمزگان، بوشهر و کهگیلویه و بویر احمد) استفاده گردید. با توجه به موارد گوناگونی که در مطالعات داده‌های هواشناسی مد نظر است، یک دوره‌ی آماری مشترک ۳۰ ساله (۵۲-۱۳۵۱ تا ۸۱-۱۳۸۰)، جهت تجزیه و تحلیل آماری و بررسی دوره‌های تر و خشک انتخاب گردید.

انتخاب دوره‌ی آماری ۳۰ ساله به این دلیل است که اولاً، داده‌های موجود در سال‌های اخیر با توجه به افزایش اطلاعات دیده‌بان‌ها و پیشرفت فناوری از دقت و اعتبار بالاتری برخوردار است و ثانياً، به دلیل خلاء کمتر داده‌ها در این بازه‌ی زمانی میزان داده‌های بازسازی شده کاهش می‌یافت. به منظور بهره‌گیری از آمارهای اشاره شده، ابتدا داده‌های بارش ماهانه‌ی کلیه‌ی ایستگاه‌ها به لحاظ صحت و همگنی از روش آماری ران تست، مورد بررسی قرار گرفت. با اطمینان از همگنی داده‌ها، داده‌های مفقود شده‌ی هر ایستگاه با استفاده از داده‌های نزدیکترین ایستگاه مبنا و بکارگیری روش EM الگوریتم به وسیله‌ی نرم افزار SPSS برآورد گردید. این روش نسبت به روش‌های دیگر در تخمین داده‌های مفقود شده از دقتی بالاتر برخوردار است و می‌تواند بر اساس حداکثر تخمین مورد انتظار عمل نماید و با پردازش به صورت تکرارهای متوالی، بهترین تخمین را اعمال نماید (فیگوئیر دو ۲۰۰۴). از میان ۹۰ ایستگاه استان فارس، ۶ ایستگاه در بخش‌های گوناگون منطقه‌ی مورد

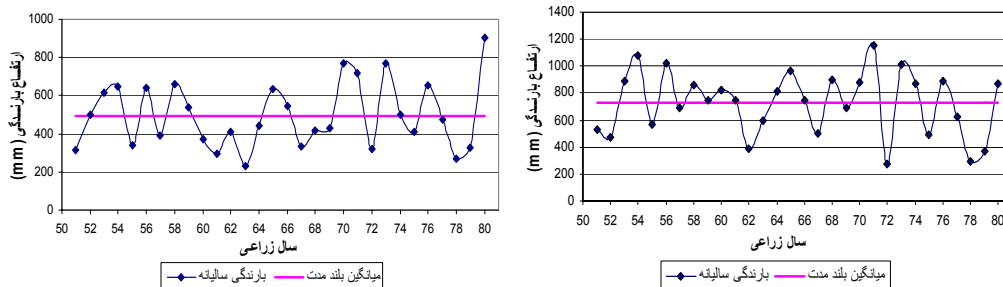
## نتایج

میزان بارندگی سالانه در هریک از سال های زراعی و میانگین بلند مدت در دوره آماری مورد نظر در هر یک از ایستگاههای منتخب استان فارس تعیین شد (شکل های ۲ تا ۷). بدین روش میزان کاهش یا افزایش بارش نسبت به میانگین بلند مدت و روند تغییرات بارش در سال های زراعی گوناگون نیز، مشخص گردید. نتایج حاصله از مقادیر تغییرات بارندگی سالانه نسبت به میانگین بلند مدت در هر یک از ایستگاهها، می تواند وضعیت بارش در رخداد خشکسالی یا ترسالی و امکان انتخاب سال های تر و خشک را فراهم نماید. بررسی نمودارها نشان می دهد که میزان بارش در سال های ۵۱، ۵۲، ۵۵، ۶۱، ۶۲، ۶۳،

۶۴، ۶۷، ۷۲، ۷۵ و ۷۸ تا ۷۹ در تمامی ایستگاههای منتخب کمتر از میانگین بلند مدت است و لذا این سال ها از نظر هواشناسی و بارندگی جزء سال های خشک طبقه بندی می شود. میزان بارش در سال های ۵۳، ۵۴، ۵۶ تا ۵۸، ۶۵، ۷۱، ۷۳، ۷۴ و ۷۶ تقریباً در تمامی ایستگاهها بیشتر از میانگین بلند مدت می باشد. لذا این سال ها جزو سال های تر طبقه بندی می شود. با توجه به نتایج بدست آمده از طبقه بندی سال های خشک و تر، جهت مقایسه ی شبیه های درون یابی، سال ۷۸ به عنوان سال خشک و سال ۷۴ به عنوان سال تر انتخاب می شوند.

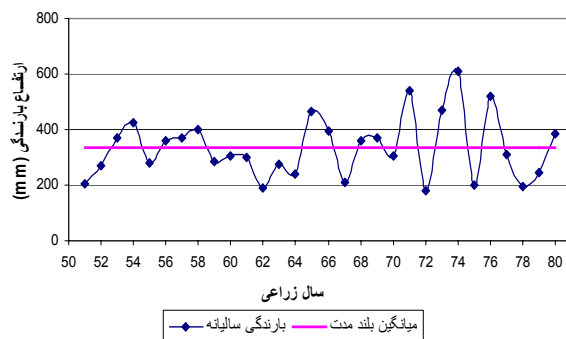


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاههای منتخب جهت صحت سنجی و ارزیابی شبیه های درون یابی

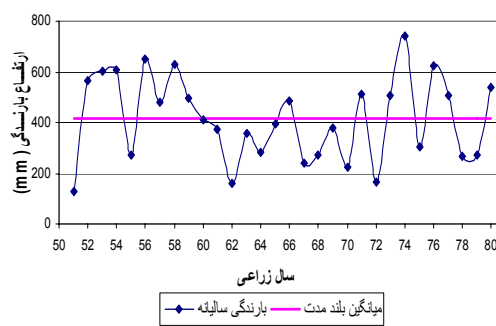


شکل ۳- میزان بارندگی سالانه و متوسط بلند مدت ایستگاه اقلید.

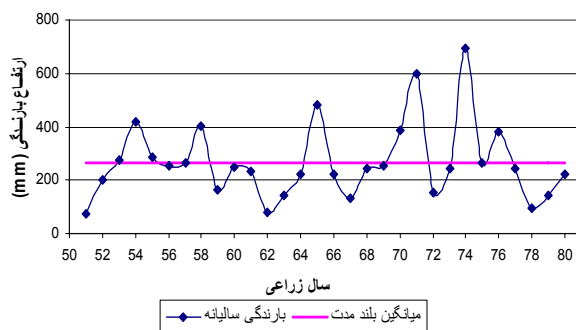
شکل ۲- میزان بارندگی سالانه و متوسط بلند مدت ایستگاه ممسنی.



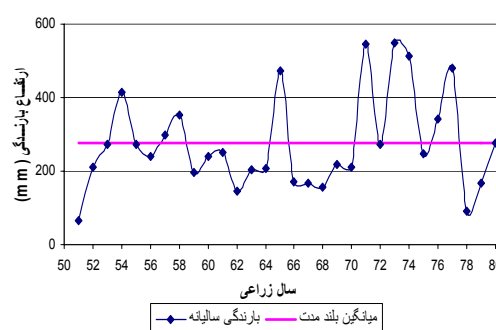
شکل ۵- میزان بارندگی سالانه و متوسط بلند مدت ایستگاه شیراز.



شکل ۴- میزان بارندگی سالانه و متوسط بلند مدت ایستگاه مهارلو.



شکل ۷- میزان بارندگی سالانه و متوسط بلند مدت ایستگاه لارستان.

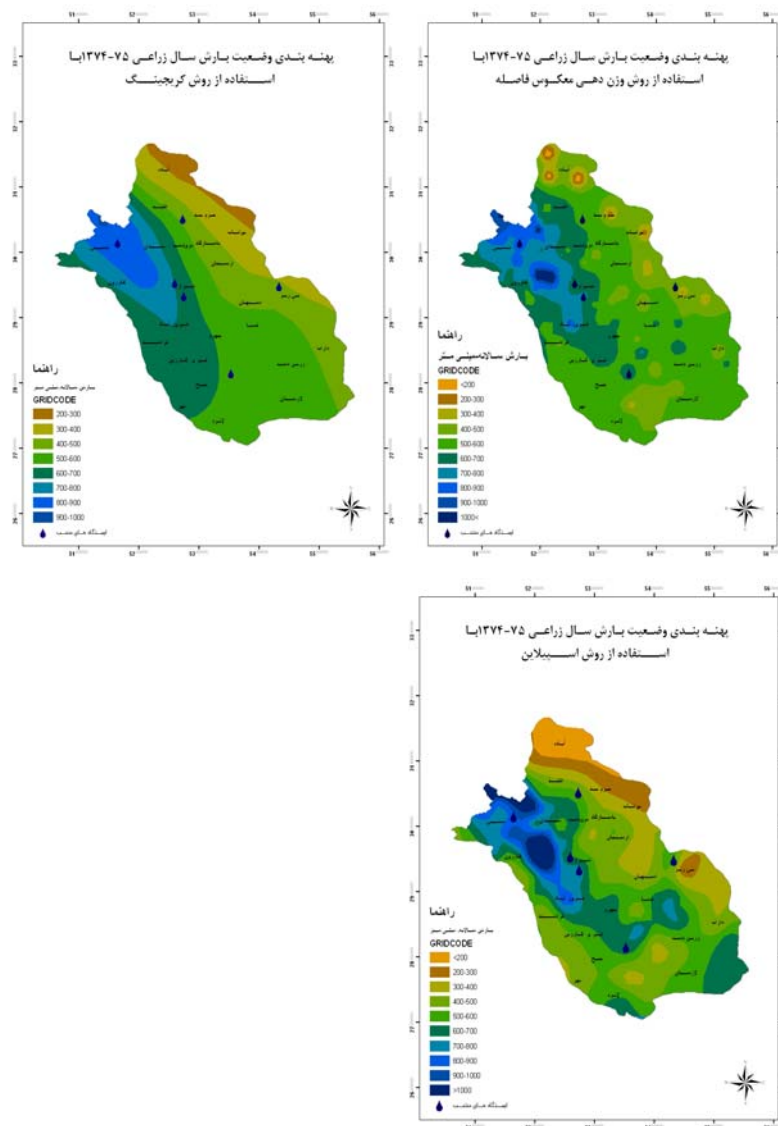


شکل ۶- میزان بارندگی سالانه و متوسط بلند مدت ایستگاه نیریز.

کریجینگ به خوبی و با دقت بالایی صورت گرفته است و حتی روند تغییرات بارش نیز کاملاً قابل تشخیص است. روی هم رفته در شبیه‌های وزن دهی معکوس فاصله و درون‌یابی موضعی دامنه‌تاثیر و محدوده‌ای که در آن درون‌یابی انجام می‌گیرد، تاثیر گذار نمی‌باشد و درون‌یابی فقط براساس فاصله و وزن انجام می‌گیرد، در حالی که به جز عامل فاصله عوامل دیگری نظیر دامنه‌تاثیر و واریانس خطا نیز موثر می‌باشند. در راستای بررسی پهنه‌بندی به کمک روش‌های گوناگون، مقادیر بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های منتخب و مقادیر بارش بدست آمده با استفاده از روش‌های گوناگون درون‌یابی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. به کمک جدول مذکور درصد خطای نسبی و میانگین خطای هر یک از شبیه‌ها نیز محاسبه گردیده است (جدول ۳ و ۲). نتایج حاکی از آن است که درصد نسبی خطا در بیشتر موارد و میانگین خطاها در شبیه‌کریجینگ کمتر از سایر شبیه‌ها بوده و

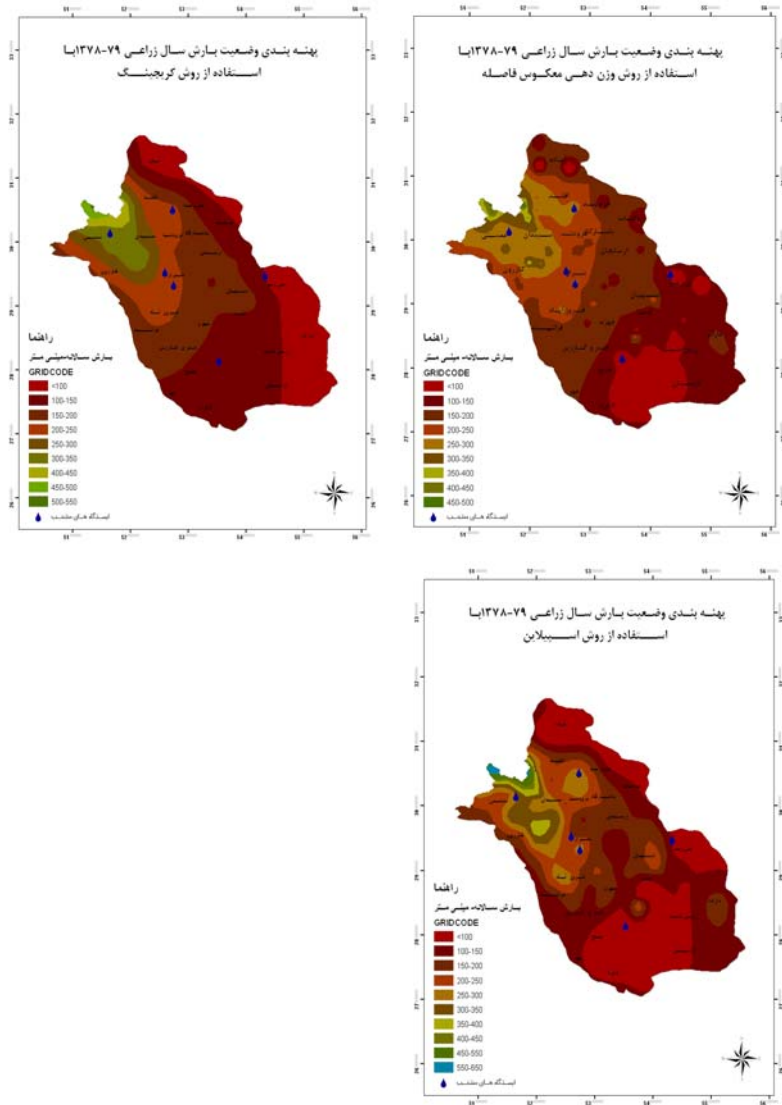
شکل‌های ۸ و ۹ پهنه‌بندی داده‌های بارش استان فارس با استفاده از سه روش درون‌یابی وزن دهی معکوس فاصله، درون‌یابی موضعی و کریجینگ را نشان می‌دهند. شکل ۸ مربوط به سال‌های زراعی ۱۳۷۴-۷۵ می‌باشد که به عنوان سال تر و شکل ۹) مربوط به وضعیت بارش سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹ است که به عنوان سال خشک پهنه‌بندی شده است. همان‌گونه که در هر دو شکل دیده می‌شود، پهنه‌بندی به کمک روش وزن دهی معکوس فاصله به صورت لکه‌ای و خطوط شکسته بوده و نقشه‌های همباران به خوبی قابل تشخیص نیستند. نقشه‌های بدست آمده از روش درون‌یابی موضعی نیز تا حدودی وضعیت لکه‌ای شکل دارند، اما به دلیل آن که خاصیت این شبیه‌هموارسازی است و پیوستگی منحنی‌ها را حفظ می‌نماید (قهرودی تالی ۱۳۸۴)، ترسیم خطوط همباران و پهنه‌بندی بهتر صورت گرفته است. نتایج بدست آمده از پهنه‌بندی بارندگی به کمک روش

این شبیه درون یابی را با دقتی بالاتر انجام می دهد. در شبیه کریجینگ پس از آنکه ویژگی های نقاط بررسی گردید ، نیم تغییرنمای بهینه در ۴ جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه ترسیم می شود که خود می تواند جهت بررسی رفتار شبیه مورد استفاده قرار گیرد. در این شبیه افزون بر تعیین میانگین خطاها، توزیع تحلیل آنها نیز قابل بررسی است که به کمک آن می توان بخش هایی را که خطا بالاست و برای کاهش آن به داده هایی بیشتر نیاز است را مشخص کرد و تحت پوشش قرار داد (حسینی پاک ۱۳۷۷). اما بررسی خطاها در هیچ کدام از شبیه های وزن دهی معکوس فاصله و درون یابی موضعی انجام نمی گیرد و به همین علت است که در پهنه بندی با استفاده از شبیه کریجینگ خطاهای احتمالی کاهش یافته و نقشه ها با دقتی بالا ایجاد می شوند. لذا ، با توجه به نتایج موجود روش کریجینگ به عنوان شبیه بهینه در پهنه بندی داده های بارش در استان فارس تعیین و توصیه می گردد. شبیه درون یابی موضعی نیز درصد خطای کمتری نسبت به شبیه وزن دهی معکوس فاصله داشته و هموارسازی و درون یابی را با دقتی بیشتر انجام می دهد و با افزایش توان شبیه ، نقش فاصله در درون یابی کم شده و پهنه بندی دقیق تری می تواند صورت گیرد.



شکل ۸- پهنه‌بندی وضعیت بارش سال زراعی ۱۳۷۴-۷۵ با استفاده از شبیه‌های درون‌یابی (وزن دهی معکوس فاصله (IDW)، درون‌یابی موضعی (اسپیلاین)، کریجینگ).





شکل ۹- پهنه بندی وضعیت بارش سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹ با استفاده از شبیه های درون یابی (وزن دهی معکوس فاصله (IDW)، درون یابی موضعی (اسپیلاین)، کره‌چینگی).

جدول ۱- مقادیر بارش سالانه و مقادیر بارش تخمین زده شده با استفاده از شبیه‌های گوناگون درون‌یابی در هریک از ایستگاه‌های منتخب (برحسب میلی‌متر).

نام ایستگاه	مقادیر بارش سال زراعی ۱۳۷۴-۷۵	تخمین بارش سال زراعی ۱۳۷۴-۷۵			مقادیر بارش سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹	تخمین بارش سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹		
		شبیه IDW	شبیه kriging	شبیه spline		شبیه IDW	شبیه Kriging	شبیه Spline
ممسنی	۸۷۰/۵	۸۱۲/۹۵	۸۵۹/۲۵	۸۹۵/۲	۲۹۷	۲۷۴/۵	۳۰۸/۵	۲۸۰/۵
اقلید	۴۹۷	۵۷۸/۳۴	۴۶۶/۹	۴۱۹/۷۴	۲۶۸	۲۸۸/۵	۲۴۲/۳	۲۸۶/۱
مهارلو	۷۴۱	۷۸۴/۴	۶۸۳/۱	۷۸۰/۱	۲۶۹	۲۲۸/۴	۲۴۲/۸	۲۹۳/۵
شیراز	۶۱۱/۸	۶۷۴/۳۵	۶۵۴/۱۴	۶۷۰/۲۵	۱۹۲/۸	۲۳۴/۳	۲۱۱/۱	۱۶۲/۷
نیریز	۵۱۴	۵۷۴/۲	۴۵۳/۲	۵۷۰/۳۸	۹۱/۵	۹۸/۵	۹۴/۵	۹۷/۳
لارستان	۶۶۷	۶۱۸/۳	۵۸۶/۲	۶۲۷/۵	۹۶/۵	۸۱/۲	۱۰۴/۲	۸۳/۵

جدول ۲- درصد خطای مقادیر بارش تخمین زده شده ایستگاه‌های منتخب در هریک از شبیه‌های درون‌یابی.

نام ایستگاه	درصد خطا- سال زراعی ۱۳۷۴-۷۵			درصد خطا- سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹		
	شبیه IDW	شبیه Kriging	شبیه Spline	شبیه IDW	شبیه Kriging	شبیه Spline
ممسنی	۶/۶۱٪	۱/۲۹٪	۲/۸۳٪	۷/۵۷٪	۳/۸۷٪	۵/۵۶٪
اقلید	۱۶/۳۵٪	۶/۰۵٪	۱۵/۵۴٪	۷/۶۵٪	۹/۵۸٪	۶/۷۵٪
مهارلو	۵/۸۶٪	۷/۸۱٪	۵/۲۷٪	۱۵/۰۹٪	۹/۳۶٪	۹/۲٪
شیراز	۱۰/۲۲٪	۶/۹٪	۹/۵٪	۲/۱۵٪	۹/۴۹٪	۱۵/۱٪
نیریز	۱۱/۷٪	۱۱/۸٪	۱۰/۹٪	۷/۶۵٪	۳/۲۷٪	۶/۳۵٪
لارستان	۷/۳٪	۱۲/۱۱٪	۵/۹۲٪	۱۵/۸۵٪	۷/۹۷٪	۱۳/۴۷٪

جدول ۳- درصد میانگین خطای هر یک از شبیه‌های درون‌یابی.

نام شبیه	میانگین خطا (سال زراعی ۱۳۷۴-۷۵)	میانگین خطا (سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹)
IDW	۹/۶۷٪	۱۲/۵۵٪
Kriging	۷/۶۶٪	۷/۲۵٪
Spline	۸/۳۲٪	۹/۴٪

## منابع

- بداق جمالی ج، جوانمرد س، شیرمحمدی و ر. ۱۳۸۱. پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. مجله شماره ۶۷. مقاله شماره ۵۵۰. ۲۱-۴.
- حسینی پاک ع ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتستیک). موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳۱۴.
- رضوانی س. ۱۳۷۵. کاربرد مدل ANSWERS برای تخمین انتقال فسفر در سیلاب خروجی از حوضه های آبخیز با استفاده از مقادیر فسفر اندازه گیری شده در حوضه آبخیز و مقادیر تخمین زده شده بوسیله روش های ژئواستاتستیک. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۲۷۵.
- شمس الدینی ع. ۱۳۷۹. تغییرات منطقه ای بارندگی با استفاده از روش کریجینگ در استان های شمالی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۱۵۲ صفحه.
- قهرودی تالی م. ۱۳۸۴. سیستم های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی (GIS سه بعدی در ArcGIS). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم. ۲۷۳.
- مدنی ح. ۱۳۶۹. زمین آمار (ترجمه). مرکز انتشارات صنعت فولاد. ۱۵۶.
- مدنی ح. ۱۳۷۷. مبانی زمین آمار. دانشگاه صنعتی امیر کبیر، واحد تفرش. ۶۵۹.
- میثاقی ف، محمدی ک. ۱۳۸۵. پهنه بندی اطلاعات بارندگی با استفاده از روش های آمار کلاسیک و زمین آمار و مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی. مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۴.

- Ben-Jemma F, Marino MA. 1990 Optimization of a ground water well monitoring network. Int. Conf. on Optimizing the Resources for Water Management, Forth Worth, Texas, April 17-21, 610-15.
- Booth B. 2000. Using ArcGIS 3D Analyst. GIS by Esri. Copyright, Environmental Systems Research Institute.
- Figueiredo MAT. 2004. Lecture notes on the EM algorithm. Portugal Instituto de Telecomunicacoes, Instituto Superior Tecnico, 1049-001 Lisboa.
- Gupta RKP. 1994. Modeling spatial patterns of three infiltration parameters. Canadian Agricultural Engineering 36: 9-13.
- Mackbratni AB, Webster R. 1986. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. J. Soil Sci. 37: 617-639.
- Suxia L, Xingguo M, Haibin L, Gongbing P, Robock A. 2001. Spatial variation of soil moisture in China: Geostatistics characterization. Journal of Meteorological Society of Japan, 79: 555-74.