

## ارزیابی کاربرد روش های زمین آمار در پهنه بندی شدت های خشکسالی استان فارس

محمد شعبانی<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۱۵

### چکیده

پدیده ی خشکسالی یکی از مهم ترین بلایای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت تأثیر خود قرار داده و باعث بروز بسیاری دشواری ها از جمله مشکلات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و غیره شده است. آگاهی از وضعیت خشکسالی، با پیش بینی و پهنه بندی شدت خشکسالی می تواند خطر زیان های ناشی از این پدیده را تا حد شایان توجهی کاهش دهد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی دقت روش های زمین آماری کریجینگ ساده (SK)، کریجینگ معمولی (OK) و روش عکس فاصله (IDW) با درجات ۱ تا ۵ در تهیه ی نقشه ی شدت خشکسالی های رخ داده در استان فارس در سال ۱۳۸۶ با استفاده از شاخص درصد بارش بهنجار می باشد. نتایج براساس معیار RMSE و MAE نشان دادند که در بین روش های میان یابی ذکر شده، روش کریجینگ ساده (SK)، به دلیل دارا بودن RMSE و MAE پایین تر ( $RMSE = ۱۱/۴۴$  و  $MAE = ۶/۹۴۶$ ) دقیق ترین بوده و به عنوان مناسب ترین روش جهت تهیه ی نقشه ی شدت خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۶ انتخاب می شود. بر اساس نقشه ی تهیه شده، وضعیت خشکسالی در استان فارس در این سال در دو طبقه ی شدید و بسیار شدید قرار می گیرد که به ترتیب ۲۱/۵۸ و ۷۸/۴۲ درصد از مساحت کل استان فارس را به خود اختصاص داده داده بود.

واژه های کلیدی: خشکسالی، کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی، پهنه بندی شدت خشکسالی، استان فارس.

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارسنجان

\* نویسنده ی مسؤل مقاله [mohamshabani@yahoo.com](mailto:mohamshabani@yahoo.com)

## پیشگفتار

خشکسالی یکی از مزلن ترین و زیان بارترین بلایای طبیعی است که جمعیت های انسانی را تحت تاثیر قرار داده و باعث بروز بسیاری از مشکلات برای آن ها می شود. تعداد و فراوانی این پدیده بیش از سایر رخدادها بوده است (محسنی ساروی و همکاران ۱۳۸۳). به دلیل متغیرهای گوناگون ی که به صورت مستقیم و غیر مستقیم در پدیده ی خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه دشوار بوده و به همین جهت تاکنون تعریف جامع و قابل قبولی برای همه ی پژوهشگران عنوان نشده است (فرج زاده ۱۳۷۵). هواشناسان خشکسالی را بارش کم تر از حد معمول که منجر به تغییر الگوی آب و هوایی می شود، تعریف کرده اند. آبشناسان بر این باورند که خشکسالی زمانی رخ می دهد که سطح تراز آب های سطحی و زیرزمینی از حد معمول خود پایین تر رود. از دیدگاه کشاورزان، زمانی که رطوبت خاک از نیاز واقعی محصول کم تر بوده و منجر به کاهش محصول شود، خشکسالی رخ داده است و از دیدگاه اجتماعی - اقتصادی، خشکسالی زمانی است که کمبود آب برای نیازهای بشری موجب ناهنجاری شود، بنابراین مشاهده می شود که وجود نیازها و زمینه های کاری پژوهشگران مختلف باعث شده است که هر یک از آنها تعریف گوناگونی را از خشکسالی ارائه دهند که در نهایت موجب طبقه بندی و تفکیک این پدیده گردیده است. این امر سبب شده است که روش های مطالعاتی ویژه با توجه به شاخص های مورد توجه، همچون بارندگی، رطوبت خاک، جریان های سطحی، آب های زیرزمینی و خسارت های اقتصادی ابداع و ارائه گردند (فرج زاده ۱۳۷۵).

یکی از روش های مطالعات خشکسالی تحلیل داده های بارندگی است که از عمومی ترین روش ها بشمار می رود. علت این امر دسترسی راحت تر و آسان تر به انواع داده های بارندگی در بخش های گوناگون یک منطقه است. از این دیدگاه، شاخص های گوناگونی برای مطالعه ی خشکسالی ابداع و ارائه شده اند که می توان به برخی مانند شاخص بارش معیار<sup>۱</sup> (SPI)، شاخص معیار

بارندگی سالانه<sup>۲</sup> (SIAP)، شاخص درصد بهنجار بارندگی<sup>۳</sup> (PNPI) و شاخص ناهنجاری بارندگی<sup>۴</sup> (RIA) اشاره کرد. پیش بینی خشکسالی ها با استفاده از شاخص مناسب و تهیه ی نقشه های شدت خشکسالی با استفاده از روش های گوناگون گامی مهم در مدیریت این پدیده است.

روش های گوناگونی برای پهنه بندی شدت خشکسالی یک منطقه وجود دارد که می توان از بین آنها به زمین آمار کریجینگ ساده<sup>۵</sup> (SK)، کریجینگ معمولی<sup>۶</sup> (OK)، کوکریجینگ<sup>۷</sup> و روش های معین مانند روش عکس فاصله<sup>۸</sup> (IDW)، تابع شعاعی<sup>۹</sup> (RBF)، درون یاب موضعی<sup>۱۰</sup> (LPI) و درون یاب عام<sup>۱۱</sup> (GPI) اشاره نمود. پژوهش های گوناگونی در داخل و خارج ایران در مورد کاربرد شاخص های خشکسالی و پهنه بندی شدت آن با استفاده از روش های گوناگون درون یابی انجام شده است که به برخی اشاره می شود.

یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از شاخص های درصد از بارش میانگین، شاخص پراکندگی بارش و شاخص بارش معیار شده، خشکسالی های محدوده ی حوضه ی آبخیز زاینده رود و نواحی مجاور آن را در یک دوره ی ۳۲ ساله و آمار بارش ۸۵ ایستگاه بارانسنجی بررسی کردند. آنها ابتدا با استفاده از سه شاخص یاد شده مقادیر خشکسالی را تعیین، سپس طبقه بندی خشکسالی را از لحاظ درصد منطقه ی تحت تاثیر انجام دادند. جهت درون یابی از روش های زمین آمار استفاده شد. با استفاده از تحلیل واریوگرامی که بهترین آن ها شبیه واریوگرام کروی بود، در مرحله ی بعد، با استفاده از نرم افزار ILWIS و روش کریجینگ درون یابی صورت گرفت و نقشه های هم گستره ی خشکسالی در هر سال تعیین گردید. نتایج این پژوهش نشان دادند که شاخص بارش

<sup>2</sup> - standard index of annual precipitation

<sup>3</sup> - percentage of normal precipitation index

<sup>4</sup> - rainfall anomaly index

<sup>5</sup> - simple kriging

<sup>6</sup> - ordinary kriging

<sup>7</sup> - cokriging

<sup>8</sup> - inverse distance weights

<sup>9</sup> - radial basis function

<sup>10</sup> - local polynomial interpolation

<sup>11</sup> - global polynomial interpolation

<sup>1</sup> - standard precipitation index

۱۵ ساله (۱۳۷۰-۱۳۸۶) به عنوان دوره ی آماری مشترک برای تمامی ایستگاهها در نظر گرفته شد. سپس به کمک شاخص PNPI (شاخص درصد بهنجار بارندگی) شدت خشکسالی سال ۱۳۸۶ برای ایستگاههای مورد مطالعه مشخص و همزمان مختصات جغرافیایی هر ایستگاه باران سنجی در سامانه ی UTM نیز یادداشت شد. در مرحله ی بعد، تمامی داده‌های مربوط به شاخص درصد بهنجار ایستگاههای مطالعاتی از نظر بهنجار بودن به وسیله ی آزمون کلموگراف - اسمیرنوف در محیط SPSS بررسی شد. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای یاد شده به داده‌های ناحیه‌ای در محیط نرم افزاری ILWIS و ArcGis از روش‌های زمین آمار کریجینگ ساده، معمولی و روش معین عکس فاصله با درجات ۱ تا ۵ استفاده شد. به منظور تشریح پیوستگی مکانی متغیرها، واریوگرام داده‌ها در محیط نرم افزاری GS<sup>+</sup> ترسیم شد. سپس برای انتخاب روش مناسب درون یابی جهت تهیه ی نقشه ی تغییرات دشت ارسنجان از روش ارزیابی متقابل استفاده شد. در این روش یک نقطه به طور موقتی حذف شده و با اعمال روش مورد نظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می‌گردد. سپس مقدار حذف شده به جای خود برگردانده و این برآورد برای سایر نقاط به گونه ی مجزا صورت می‌گیرد. این کار برای هر یک از نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود به گونه ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده ای نقاط برآورد وجود خواهد داشت. به منظور ارزیابی و دقت روش‌های گوناگون درون یابی دو معیار ارزیابی میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE) مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت، روش مناسب درون یابی بر اساس کم ترین RMSE، MAE برگزیده شد و نقشه ی پهنه بندی شدت خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۶ تهیه گردید.

### — شاخص درصد از بارش بهنجار<sup>۱</sup>

شاخص درصد از بارش بهنجار یکی از ساده ترین شاخص هاست که برای ارزیابی خشکسالی ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این شاخص، با در دست داشتن

معیار شده، کارایی بهتری در حوضه ی آبخیز زاینده رود دارد. لوکاس و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از داده های ۲۸ ایستگاه با طول آماری ۴۰ سال (۲۰۰۰-۱۹۶۰) اقدام به محاسبه و مقایسه سه شاخص خشکسالی کردند. شاخص های مورد بررسی در این پژوهش شامل SPI، ناهنجاری بارش و شاخص Z بارندگی می باشد. در ابتدا آنها مقادیر شاخص های یاد شده را برای مقیاس های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ ماهه محاسبه، سپس اقدام به مقایسه ی سه شاخص بالا کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که هر سه شاخص مورد استفاده کارایی یکسانی را در تعیین شدت و تداوم خشکسالی دارند. مرید و همکاران (۲۰۰۶) کارایی هفت شاخص خشکسالی را در استان تهران با استفاده از ۳۲ سال آمار آن شهر مقایسه کردند. نتایج این پژوهش نشان دادند که شاخص های مورد مطالعه عملکرد یکسانی در تشخیص خشکسالی داشته و شاخص دهک های بارش دارای حساسیت زیادی نسبت به رخدادهای بارش در یک سال بوده است. همچنین، نتایج آنها نشان داد که شاخص های SPI و بارش موثر توانایی تشخیص شروع و تغییرات پیوسته ی زمانی و مکانی خشکسالی را داشته و بنابراین دو شاخص یاد شده برای بررسی خشکسالی در استان تهران پیشنهاد شده اند.

### روش انجام پژوهش

استان فارس در جنوب کشور با وسعت ۱۲۲۶۶۱ کیلومتر مربع بین عرض های ۲۷ درجه و ۰۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی از خط استوا و طول های ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی قرار گرفته است. این استان از شمال به استان اصفهان، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان های کرمان و یزد و از غرب به استان های بوشهر و یاسوج محدود شده است. مرکز این استان شهر شیراز است و از نظر تقسیمات کشوری به ۲۵ شهرستان، ۷۵ بخش، ۷۸ شهر و ۱۹۷ دهستان تقسیم می‌شود. در این پژوهش از آمار ۱۰۳ ایستگاه باران سنجی در کل استان فارس با پراکنش مناسب استفاده شد و پس از حذف داده های پرت و باز سازی داده ها، یک دوره ی آماری

<sup>۱</sup> - Percent of Normal Precipitation Index

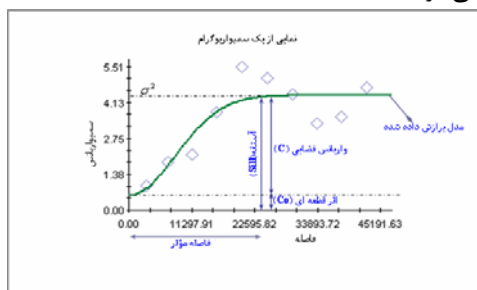
می کند که می توان از داده های موجود در آن برای برآورد مقدار متغیر مجهول استفاده کرد. بدیهی است که دامنه ی تأثیر بزرگ تر دلالت بر پیوستگی مکانی گسترده تری دارد.

### سقف یا آستانه ی واریوگرام<sup>۲</sup>

به مقدار ثابتی که واریوگرام در دامنه ی تأثیر به آن می رسد، آستانه گفته می شود. مقدار آستانه برابر واریانس کل تمام نمونه هایی است که در محاسبه ی تغییرنا بکار رفته اند. در روش کریجینگ، واریوگرام هایی که به سقف مشخص می رسند، اهمیت بیش تری دارند (شکل ۱). در مورد هایی واریوگرام هایی بدست می آید که در محدوده ی فاصله های مورد نظر تمایلی به نزدیک شدن به حدی ثابت ندارند. این واریوگرام ها می توانند نشان دهنده ی وجود روند در داده ها و یا عدم ایستایی آن ها باشند.

### اثر قطعه ای<sup>۳</sup>

مقدار واریوگرام در مبدأ مختصات، یعنی به ازای  $h=0$  را اثر قطعه ای ( $C_0$ ) می نامند (شکل ۱). در حالت آرمانی مقدار  $C_0$  باید صفر باشد، اما در بیش تر مواقع بزرگ تر از آن است. در این حالت بخش تصادفی و یا ناساختار متغیر ظاهر می شود.



شکل ۱- واریوگرام و فراسنج های آن.

### روش ارزیابی صحت

برای انتخاب روش مناسب درون یابی از روش ارزیابی متقابل استفاده شده است. در این روش، در هر مرحله یک نقطه ی مشاهده ای حذف شده و با استفاده از سایر

میانگین دراز مدت به عنوان مبنا، می توان تغییرات را نسبت به آن سنجید و محاسبات را برای دوره های ماهانه، فصلی و سالانه انجام داد. این شاخص به علت سادگی، جامعیت و انعطاف پذیری زیاد به عنوان شاخصی مهم مورد استفاده و توجه پژوهشگران بوده و به صورت رابطه ی (۱) تعریف می گردد.

$$PNPI = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (1)$$

که در آن  $P_i$  اندازه ی بارش در سال مورد نظر و  $\bar{P}$  میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاه مورد نظر می باشد. طبقه بندی شدت خشکسالی بر اساس این شاخص در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- طبقه بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص درصد بارش بهنجار.

مقادیر شاخص (درصد)	شدت خشکسالی
۷۰ تا ۸۰	خشکسالی ضعیف
۵۵ تا ۷۰	خشکسالی متوسط
۴۰ تا ۵۵	خشکسالی شدید
کم تر از ۴۰	خشکسالی بسیار شدید

### ویژگی های واریوگرام

هدف اصلی از محاسبه ی واریوگرام این است که بتوان تغییرپذیری متغیر را نسبت به فاصله ی مکانی یا زمانی شناخت. برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله ی  $h$  از یکدیگر قرار دارند، محاسبه و در مقابل  $h$  رسم گردد (حسنی پاک ۱۳۷۷). شکل ۱ نمایی از یک نیم تغییرنا را نشان می دهد. هر تغییرنا دارای چند فراسنج مهم است که در زیر به آن پرداخته می شود (حسنی پاک ۱۳۷۷).

### دامنه ی تأثیر<sup>۱</sup>

فاصله ای که در آن واریوگرام به حد ثابتی رسیده و به حالت خط افقی نزدیک می شود، دامنه یا شعاع تأثیر ( $R$ ) نامیده می شود (شکل ۱). این دامنه محدوده ای را مشخص

<sup>2</sup> - sill

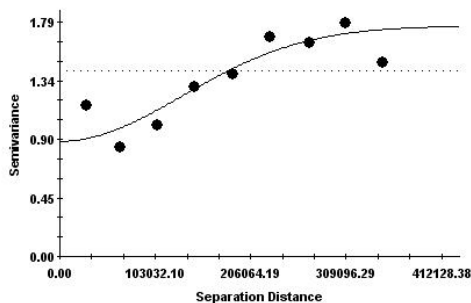
<sup>3</sup> - nugget effect

<sup>1</sup> - range of influence

جدول ۳- مقادیر RMSE و MAE برای هر یک از روش های درون یابی.

روش	MAE	RMSe
عکس فاصله با توان ۱ (IDW1)	۷/۵۸۲	۱۲/۲۹۸
عکس فاصله با توان ۲ (IDW2)	۷/۷۹۵	۱۳/۳۳۳
عکس فاصله با توان ۳ (IDW3)	۸/۱۶۷	۱۴/۴۵۱
عکس فاصله با توان ۴ (IDW4)	۸/۴۷۱	۱۵/۴۵۹
عکس فاصله با توان ۵ (IDW5)	۸/۷۰۶	۱۶/۲۴۸
کریجینگ معمولی (OK)	۶/۹۵۶	۱۱/۵۱۰
کریجینگ ساده (SK)	۶/۹۴۶	۱۱/۴۴۰

شکل ۲ واریوگرام تجربی داده های شاخص بارش بهنجار را نشان می دهد. با توجه به جدول ۳ چون روش کریجینگ ساده دارای MAE و RMSE پایین تر نسبت به سایر روش هاست، لذا روش کریجینگ ساده (SK) به عنوان روش مناسب جهت تهیه نقشه شدت خشکسالی در استان فارس برگزیده می شود. شکل ۳ نقشه ی پهنه بندی شدت خشکسالی در استان فارس را براساس روش کریجینگ ساده نشان می دهد. جدول ۴ نیز مساحت طبقه های شدت خشکسالی های رخ داده ی استان فارس را در سال ۱۳۸۶ ارایه می دهد.



شکل ۲- واریوگرام تجربی شاخص درصد از بارش بهنجار.

نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌گردد. این کار برای تمامی نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به گونه ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد کرد. معیارهای گوناگونی برای این کار وجود دارند که می توان به میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE) اشاره نمود (یزدانی ۱۳۸۵). معادلات محاسبه RMSE و MAE در شماره های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

$$RMSe = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n} \quad (3)$$

که در آن ها n تعداد نقاط مشاهده‌ای،  $Z^*(x_i)$  مقدار برآوردی برای نقطه ی  $x_i$ ،  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده‌ای برای نقطه  $x_i$  و  $\bar{Z}(x_i)$  میانگین مقادیر مشاهده‌ای می باشد.

## نتایج

نتایج مربوط به آزمون کلموگراف - اسمیرنوف نشان دادند که داده های مورد مطالعه در ۱۰۳ ایستگاه بهنجار نبوده و لذا از جذر داده ها استفاده شد. جدول ۲ مقادیر فراسنج های واریوگرام و شبیه برازش یافته بر آن و جدول ۳ مقادیر RMSE و MAE مربوط به داده های شاخص درصد بارش بهنجار را برای هر یک از روش های میان یابی نشان می دهد.

جدول ۲- فراسنج های مربوط به واریوگرام و

ویژگی های شبیه برازش یافته بر آن.

شبیه	اثر قطعه ای (%)	آستانه (%)	شعاع تأثیر (m)	R <sup>2</sup>	RSS
گوسین	۰/۸۸۱۰	۱/۷۶۳	۲۴۴۱۳/۱۱۶	۰/۷۹۱	۰/۱۸۱

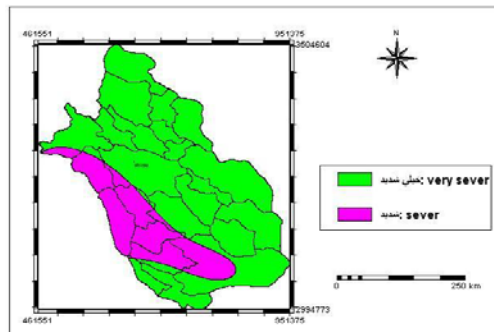
جدول ۴ نیز نشان می دهند که شدت خشکسالی در استان فارس در سال ۱۳۸۶ بر اساس شاخص PNPI در دو وضعیت شدید و بسیار شدید قرار داشتند که به ترتیب ۲۱/۵۸ و ۷۸/۴۲ درصد از کل استان فارس را به خود اختصاص داده بودند.

### منابع

- ۱- حسنی پاک ع.ا، ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.
- ۲- فرج زاده م، ۱۳۷۵. خشکسالی و روش های مطالعه ی آن. نشریه جنگل و مرتع، شماره ۳۲.
- ۳- محسنی ساروی م، صفدری ع.ا، ثقفیان ب، ۱۳۸۳. تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی های حوضه ی کارون به کمک شاخص بارش استاندارد. مجله ی منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۴.
- ۴- یزدانی م، چاوشی س، شیرانی ک، خدافل م، ۱۳۸۵. بررسی وضعیت خشکسالی هواشناسی در زیر حوضه ی آبخیز زاینده رود. اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود، شهرکرد.

5- Loukas A., Vasiliades L.N.R: Dalezios N.R. 2003. Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece. Proceeding of the 8 International Conference on Environmental Science and Technology. Lemons Island and Greece, 8–10 September 2003.

6- Morid S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M. 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology* 26: 971–985.



شکل ۳- نقشه ی پهنه بندی شدت خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۶.

جدول ۴- مساحت طبقه های شدت خشکسالی رخ داده ی استان فارس در سال ۱۳۸۶

شدت خشکسالی	مساحت (km <sup>2</sup> )	مساحت (درصد)
شدید	۲۶۴۴۵/۲۸	۲۱/۵۸
بسیار شدید	۹۶۰۸۰/۲۴۱	۷۸/۴۲

### بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج تحلیل فضایی واریوگرام بدست آمده (جدول ۲) مشخص گردید که شبیه برازش یافته بر واریوگرام داده های درصد بارش از بهنجار از نوع گوسین بوده و در بین سایر شبیه های دیگر برازش یافته دارای میزان R بالاتر و RMSE پایین تر است. این مطلب نشان می دهد که ساختار فضایی مناسبی بر داده ها حاکم است. افزون بر این نتایج بدست آمده از جدول ۳ نیز نشان می دهند که تمامی روش های درون یابی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند دارای مقادیر متفاوتی از RMSE و MAE می باشند. از آنجا که معیار انتخاب روش مناسب ارزیابی RMSE و MAE پایین تر است، لذا بر اساس جدول ۳ روش کریجینگ ساده (SK) با دارا بودن مقادیر  $RMSE=11/44$  و  $MAE=9/64$  بر سایر روش ها برتری داشته و در نتیجه به عنوان مناسب ترین روش تهیه ی نقشه ی شدت خشکسالی استان فارس در سال ۱۳۸۶ انتخاب می گردد. همچنین، نتایج بدست آمده از شکل ۳ و