

# ارزیابی روش های مختلف زمین آمار جهت پهنه بندی شدت خشکسالی با استفاده

## از شاخص های خشکسالی SPI، PNPI، SIAP

محمود دمی زاده<sup>۱</sup>، حامد احمد پور<sup>۲</sup>، سعید چوپانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان

<sup>۲</sup>عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان

<sup>۳</sup>دانشجوی دکتری مهندسی علوم آبزیاری دانشگاه هرمزگان

### چکیده

خشکسالی یکی از پدیده های جوی است که بخشهای مختلف محیطی را تحت تاثیر قرار می دهد. این پدیده عمدتاً مربوط به کاهش در دریافت بارش نسبت به میانگین طولانی مدت منطقه می باشد. آگاهی از میزان و شدت خشکسالی در سالهای مختلف می تواند به عنوان یک ابزار مدیریتی جهت کاهش اثرات زیست محیطی آن فراروی مدیران و برنامه ریزان یک منطقه قرار گیرد. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی دقت روشهای آماری کریجینگ و عکس فاصله در پهنه بندی و تهیه نقشه های خشکسالی بر اساس شاخص های SPI، PNPI و SIAP در استان هرمزگان می باشد. بدین منظور تعداد ۳۴ ایستگاه باران سنجی که دارای آمار مناسب بارش بودند انتخاب و جهت پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفتند. ابتدا سه شاخص خشکسالی فوق محاسبه گردیدند و در مرحله بعد با استفاده از دو روش کریجینگ و عکس فاصله نقشه های شدت خشکسالی تهیه گردیدند. نتایج این تحقیق نشان داد که روش میانبایی کریجینگ معمولی به عنوان روش مناسب جهت پهنه بندی و تهیه نقشه شدت خشکسالی در استان هرمزگان می باشد.

لغات کلیدی: خشکسالی، کریجینگ، معکوس فاصله، شاخص SPI، PNPI، SIAP

## مقدمه

بارندگی به عنوان بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد (زارع- ابیان و همکاران، ۱۳۸۸). تغییرات بارش به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان سطحی و زیر زمینی انعکاس می‌یابند و باعث بروز نوسانات در منابع آبی مذکور می‌گردد. از جمله بی‌هنجاری‌هایی که باعث عدم توازن در بیلان آبی می‌شوند، خشکسالی‌ها می‌باشند. به همین دلیل بارش اولین برداری است که می‌تواند در بررسی هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد (نوحی و عسگری، ۱۳۸۴).

گرچه تعاریف متفاوتی برای پدیده‌ی خشکسالی ارائه شده است اما به‌طور کلی خشکسالی نتیجه کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی می‌باشد. با توجه به بخش‌های وسیع متأثر از خشکسالی داشتن یک تعریف واحد از آن دشوار است (Heim, 2002). لذا خشکسالی را بنا به ماهیت و اثر متفاوتی که بر منابع و بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، منابع طبیعی و خصوصاً بر منابع آب می‌گذارد، توسط متخصصین مختلفه عنوان یک ناهنجاری اقلیمی معمولاً به چهار گروه خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی-اجتماعی تقسیم می‌شود (Moreira و همکاران، 2006؛ بری ابرقویی و همکاران، ۱۳۸۲).

برای تحلیل خشکسالی وجود یک شاخص جهت تعیین دقیق و مطمئن دوره‌های تر و خشک بسیار ضروری است. به‌همین منظور شاخص‌های مختلفی نظیر SPI, DI, RAI, PNI, PNPI جهت بیان کمی خشکسالی ابداع و توسط کارشناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بداق‌جمالی و همکاران (۱۳۸۱) پهنه‌بندی خشکسالی در خراسان را بررسی کرده و از بین روش‌های درون‌یابی، روش کریجینگ معمولی و عکس فاصله وزنی (IDW) را برای این امر مناسب‌تر یافتند. انصافی مقدم (۱۳۸۲) با بررسی خشکسالی و روند بیابانی شدن در حوضه مرکزی ایران با استفاده از شاخص Z نشان داد که در یک دوره چهار ساله، ۱۷ سال دارای شرایط اقلیمی مطلوب بوده است و ۲۳ سال از دوره به درجات خشکی ضعیف با تمایل به خشکی متوسط گرایش داشته است.

رضیئی و همکاران (۱۳۸۲) در محدوده اصفهان و یزد نشان داد که منطقه در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۹ سیکل‌های نسبتاً بلند مدت خشکسالی و ترسالی را پشت سر نهاده است که هرکدام از آنها نزدیک به ۱۰ سال بر منطقه حاکم بوده و شاخص SPI با مقیاس ۱۲ و ۲۴ ماهه در ایستگاه‌های منطقه موید این مطلب می‌باشد.

محمدی و همکاران (۱۳۸۲) با پهنه‌بندی خشکسالی اقلیمی در حوضه مارون با استفاده از شاخص آمار SIAP در جنوب غرب ایران، در ابتدا سال‌های معرف خشک، نرمال و تر را برای حوضه تعیین و سپس نشان داد در سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۳ از ۲۴ ایستگاه مورد مطالعه ۱۶ ایستگاه (۶۷٪) با میزان شاخص  $1/8$ - و بقیه با میزان  $1$ - خشک‌ترین سال دوره محسوب می‌شوند.

شعبانی (۱۳۸۷) با ارزیابی کاربرد روش‌های زمین‌آمار پهنه‌بندی خشکسالی استان فارس با استفاده از شاخص SPI به کمک معیارهای RMSE و MAE نشان دادند که در بین روش‌های میان‌یابی روش کریجینگ ساده به دلیل دارا بودن RMSE و MAE پایین‌تر دقیق‌ترین روش برای پهنه‌بندی خشکسالی در منطقه مورد مطالعه بوده است.

عیوضی و مساعدی (۱۳۹۰) با پایش و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان با کمک شاخص SPI با روش های زمین اماری کریجینگ (Kriging) و درون یابی (IDW, GPI, RBF) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که روش های درون یابی کریجینگ و RBF بهترین دقت را ارائه کرده اند.

بوردی و همکاران (۲۰۰۹) روند خطی و غیر خطی خشکسالی و ترسالی را بر مبنای شبکه بندی شاخص بارش استاندارد شده (SPI) که از بارش ماهانه در اروپا (NCEP/NCAR) تعیین شده، تحلیل کردند. نتایج، حاکی از آن است که پوشش سطحی سری های زمانی خشکسالی و ترسالی، روند خطی مشخصی تا انتهای قرن اخیر نشان می دهد که در طی سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹ برعکس می شود، که نشانه روند غیر خطی است در مقیاس های زمانی هیدرولوژیکی مشخص تر است.

در پژوهشی آنگلیدیس و همکاران (۲۰۱۲)، امکان محاسبه شاخص بارش استاندارد شده به وسیله برازش توزیع نرمال ولوگ نرمال به داده های بارش بررسی شد. برای این کار ۱۹ سری زمانی از بارش ماهانه ۷۶ سال مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه این فرض که توزیع گاما نمایش بهتری از داده ۲۴ و ۱۲،۶،۳ ماهه های بارش نسبت به توزیع نرمال ولوگ نرمال در مقیاسهای زمانی 1 خواهد داشت آزمایش گردید. محاسبات نشان داد که برای شاخص بارش استاندارد شده برای مقیاس زمانی ۱۲ یا ۲۴ ماهه توزیع احتمال نرمال یا لوگ نرمال به راحتی می تواند به جای توزیع گاما مورد استفاده قرار گیرد که تقریباً نتایج مشابهی تولید می کند.

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی قابلیت روش های درونیابی زمین آمار کریجینگ، و عکس فاصله در تهیه نقشه شدت خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی SIAP, PNPI, SPI می باشد.

## موقعیت منطقه

استان هرمزگان بعنوان منطقه مورد مطالعه این پژوهش انتخاب گردیده است. استان هرمزگان در جنوب ایران واقع گردیده که از شمال به استانهای کرمان و فارسو از جنوب به آبهای خلیج فارس محدود میگردد. استان کرمان و سیستان و بلوچستان مرزهای شرقی و استان بوشهر و فارس مرزهای غربی این استان را محصور نموده اند.

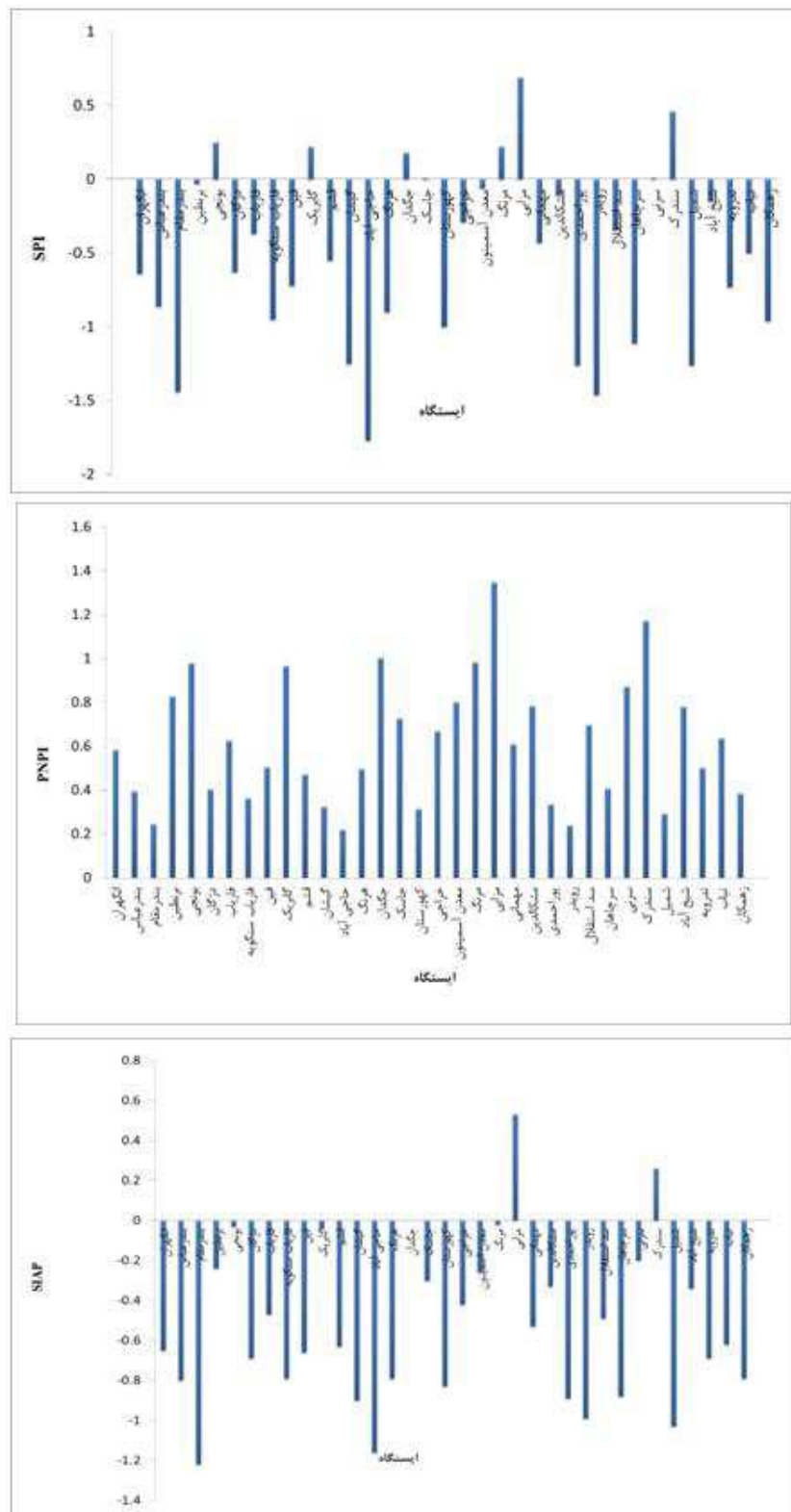
استان هرمزگان بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است و مساحت آن ۶۸ هزار کیلومتر مربع و جمعیت آن بر اساس سرشماری ۱۳۹۰ معادل ۱۷۷۶۴۱۵ نفر می باشد.

## محاسبه شاخص های خشکسالی

از بین سالهای مختلف مورد مطالعه، نتایج محاسبات سه شاخص خشکسالی SIAP, PNPI و SPI برای سال ابی ۱۳۸۹-۹۰ محاسبه گردید که نتایج آن در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است ضمن اینکه وضعیت خشکسالی بر اساس طبقه بندی هر شاخص در ستون مقابل آن نیز ارائه شده است.

جدول شماره ۱- مقادیر شاخص خشکسالی برای ایستگاه های استان هرمزگان (۹۰-۱۳۸۹)

نام ایستگاه	PNPI	وضعیت	SIAP	وضعیت	SPI	وضعیت
انگهران	0/5825	متوسط	-0/65	متوسط	-0/64	ضعیف
بندرعباس	0/3948	بسیار شدید	-0/8	متوسط	-0/86	ضعیف
بندر مقام	0/2438	بسیار شدید	-1/22	شدید	-1/44	متوسط
برنطین	0/8262	ضعیف	-0/24	ضعیف	-0/03	ضعیف
بونجی	0/9771	ضعیف	-0/03	ضعیف	0/25	ضعیف
دژگان	0/4025	شدید	-0/69	متوسط	-0/63	ضعیف
فاریاب	0/6244	متوسط	-0/47	نرمال	-0/37	ضعیف
فاریاب سنگویه	0/361	بسیار شدید	-0/79	متوسط	-0/95	ضعیف
فین	0/5022	شدید	-0/66	متوسط	-0/72	ضعیف
گابریک	0/9653	ضعیف	-0/04	ضعیف	0/22	ضعیف
قشم	0/4703	شدید	-0/63	متوسط	-0/55	ضعیف
گیشان	0/3223	بسیار شدید	-0/9	شدید	-1/25	متوسط
حاجی آباد	0/2187	بسیار شدید	-1/16	شدید	-1/77	شدید
هرنگ	0/4946	شدید	-0/79	متوسط	-0/9	ضعیف
جگدان	1/0022	ضعیف	0	ضعیف	0/18	ضعیف
جاسک	0/7264	نرمال	-0/3	نرمال	0/01	ضعیف
کهوستان	0/3133	بسیار شدید	-0/83	متوسط	-1	متوسط
خراجی	0/6688	متوسط	-0/42	نرمال	-0/29	ضعیف
معدن آسمینون	0/8009	ضعیف	-0/26	نرمال	-0/06	ضعیف
مرنگ	0/9832	ضعیف	-0/02	ضعیف	0/22	ضعیف
مزابی	1/3464	نرمال	0/53	متوسط	0/69	ضعیف
مهمانی	0/6079	شدید	-0/53	متوسط	-0/43	ضعیف
مشکالدین	0/7828	نرمال	-0/33	نرمال	-0/11	ضعیف
پورا احمدی	0/3336	بسیار شدید	-0/89	شدید	-1/26	متوسط
رویدر	0/2385	بسیار شدید	-0/99	شدید	-1/46	متوسط
استقلال	0/6947	متوسط	-0/49	نرمال	-0/34	ضعیف
سرچاهان	0/4066	شدید	-0/88	شدید	-1/11	متوسط
سرنی	0/8714	ضعیف	-0/2	ضعیف	0/01	ضعیف
سندرک	1/1698	نرمال	0/26	نرمال	0/46	ضعیف
شمیل	0/2907	بسیار شدید	-1/03	شدید	-1/26	متوسط
شیخ آباد	0/7796	نرمال	-0/34	نرمال	-0/15	ضعیف
تدرویه	0/5004	شدید	-0/69	شدید	-0/73	ضعیف
تیاب	0/6352	متوسط	-0/62	متوسط	-0/5	ضعیف
زهمکان	0/3825	بسیار شدید	-0/79	متوسط	-0/96	ضعیف



شکل شماره ۲- نمودار شاخص-SIAPPNPI-SPI در ایستگاههای مورد بررسی در سال ۹۰-۱۳۸۹

## پهنه بندی خشکسالی

با توجه به اینکه شاخص های مورد استفاده، میزان خشکسالی را بصورت نقطه ای و در محل ایستگاه هواشناسی محاسبه میکنند در این پژوهش نقشه های پهنه بندی شدت خشکسالی در استان هرمزگان با استفاده از روش های زمین تهیه گردید که شامل دو روش کریجینگ و روش معکوس فاصله می باشد.

در ابتدا بهترین واریوگرام برازش یافته بر نقاط شاخص ها با لحاظ معیارهای اثر قطعه ای، اثر آستانه، دامنه تأثیر، نسبت اثر قطعه ای به حد آستانه،  $R^2$  و RMSE تعیین گردید. مدل های برازش یافته برای تعیین واریوگرام مناسب شامل مدل های کروی، خطی، گوسی و نمایی بوده است.

بعد از تعیین بهترین مدل واریوگرام اقدام به پهنه بندی شاخص خشکسالی در ایستگاههای هواشناسی موجود در استان با استفاده از روش کریجینگ معمولی و روش معکوس وزنی فاصله گردید. روش های درونابی برتر با استفاده از معیار خطا و ضریب تبیین استخراج گردید. هم چنین نمودار پراکنش نقاط بین مقادیر اندازه گیری شده و برآورده شده نیز روش دیگر برای تعیین بهترین روش پهنه بندی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج بررسی های این پژوهش نشان می دهد شاخص SPI از بین چهار مدل کروی، گوسی، خطی و نمایی کمترین میزان خطا و بیشترین میزان دقت را مدل گوسی با ضریب تبیین  $0/85$  و خطای  $0/07$  ارائه کرده است. همچنین برای شاخص SIAP کمترین میزان خطا و بیشترین میزان دقت را مدل کروی با ضریب تبیین  $0/76$  و خطای  $0/01$  ارائه کرده است. همچنین مدل کروی با ضریب تبیین  $0/80$  و خطای  $0/04$  بهترین مدل جهت شاخص PNPI تعیین گردید.

بعد از انتخاب توابع نیم تغییرنمای مناسب برای هر کدام از شاخص ها، هر یک از روشهای درونابی مورد آزمون قرار گرفتند که نتایج آن بصورت خط برازش نقاط و ارائه مقادیر ضریب تبیین و خطا مشخص گردید.

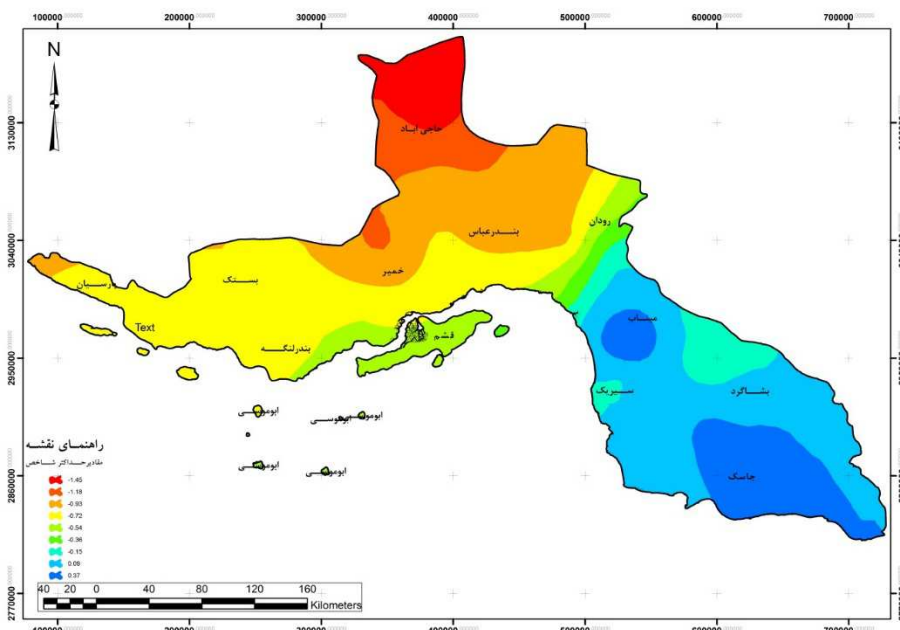
جدول شماره ۲- نتایج ارزیابی روش های درونابی

معکوس وزنی فاصله		کریجینگ معمولی		روش درونابی
SE	R2	SE	R2	شاخص خشکسالی
0/20	0/47	0/14	0/52	SPI
0/22	0/39	0/16	0/43	SIAP
0/19	0/48	0/14	0/53	PNPI

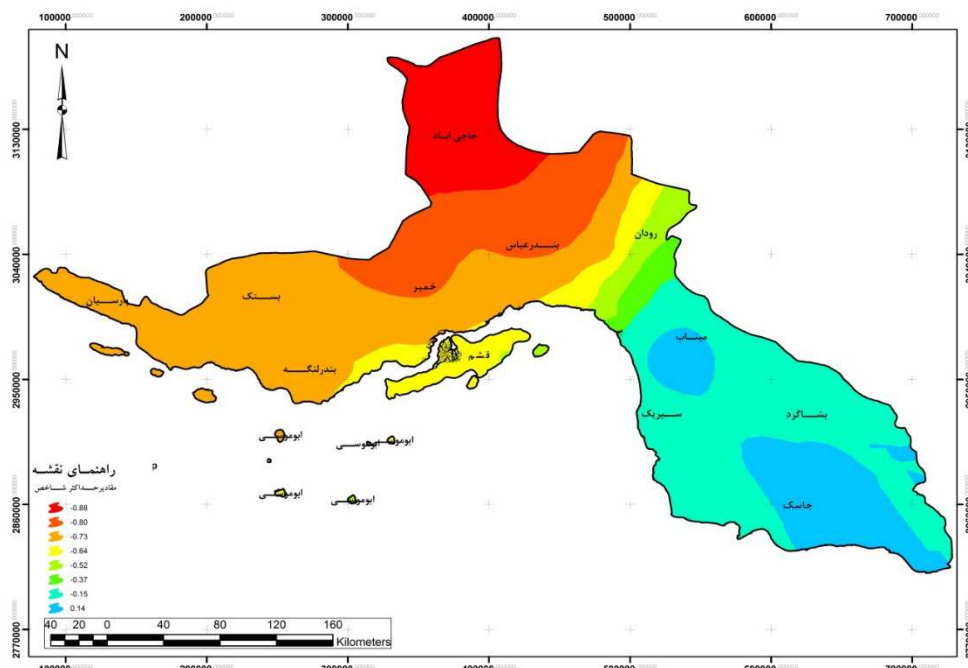
جدول شماره ۲ مقدار SE,  $R^2$  را برای روش های کریجینگ و عکس فاصله را نشان میدهد. نتایج فوقیانگر این موضوع می باشد که نمودار برازش نقاط بین مقادیر واقعی و تخمینی برای شاخص SPI در روش میانابی کریجینگ ( $R^2=0/52$ ) و

نسبت به روش معکوس فاصله ( $R^2=0/47$  و  $SE=0/14$ ) دقت بالاتری داشته در نتیجه روش کریجینگ معمولی بعنوان روش مناسب برای پهنه بندی استفاده گردید و بر مبنای آن اقدام به ترسیم نقشه های پهنه بندی شدت خشکسالی استان گردید که نتایج آنها در شکل های ۲ تا ۴ ارائه شده است. همچنین این موضوع برای سایر شاخص های خشکسالی همچنانکه در جدول فوق دیده میشود نیز صادق می باشد.

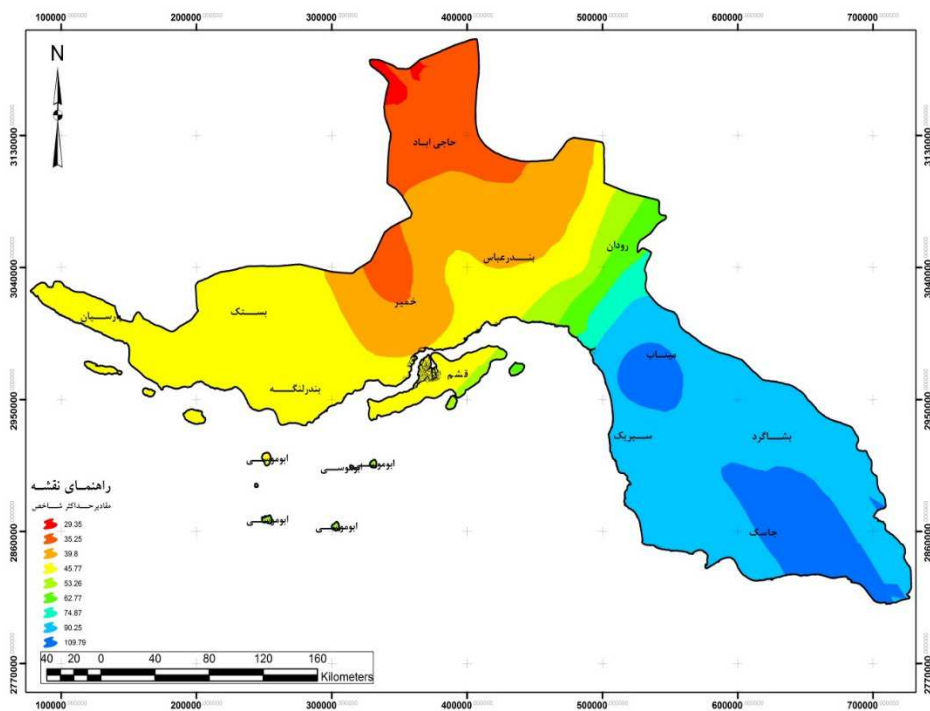
نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهش ها نظیر شعبانی (۱۳۹۰) و عیوضی و مساعدی (۱۳۹۰) که روش کریجینگ را روش مناسب تشخیص دادند مطابقت می نماید. همچنین روش IDW در هیچ یک از شاخص های مورد بررسی نتایج خوبی ارائه نکرده است. با توجه به اینکه اساس مدل IDW بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح اثر یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نمی باشد و نقاط نزدیک بیشتر و نقاط دور کمتر تحت تأثیر قرار می گیرند و هر چه فاصله از مبدأ افزایش میابد اثر متغیر کمتر می شود از این رو این روش برای داده های با پراکندگی زیاد نتایج خوبی ارائه نمی دهد که با نتایج (Dirkez et al., 1998) و (Johnston, 2001) و (Apaydin et al., 2004) مطابقت دارد.



شکل ۲- تغییرات شاخص SPI با استفاده از روش کریجینگ معمولی در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰



شکل ۳- تغییرات شاخص SIAP با استفاده از روش کریجینگ معمولی در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰



شکل ۴- تغییرات شاخص PNPI با استفاده از کریجینگ معمولی در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰



## منابع و ماخذ

- ۱- آبکار، علی اکبر، بروغنی، مهدی و طایی سمیرمی، مجید (۱۳۸۹)، تحلیل مکانی خشک سالی استان خراسان رضوی با استفاده از GIS، مجموعه مقالات همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
- ۲- حسنی پاکع، ا. (۱۳۷۷)، زمین آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.
- ۳- رضیعی، طیب (۱۳۸۶)، بررسی ارتباط الگوهای گردش جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دوره‌های خشک و تر در غرب ایران، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- ۴- زمانی، ر.، آخوند علی، مع. م.، سلیمانی، ک.، انصاری، ف.، و اله بخشیان، پ (۱۳۹۱)، کاربرد زمین آمار در پهنه بندی شدت‌های خشک سالی (مطالعه موردی :استان فارس). پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز سال سوم. شماره ۲۹-۶.۱۵
- ۵- عیوضی.م.، مساعدی.ا. (۱۳۹۰)، پایش و تحلیل مکانی خشک‌سالی هواشناسی در سطح استان گلستان با استفاده از روش های زمین آماری. نشریه مرتع و آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۴. شماره ۱. بهار ۱۳۹۰. ص ۶۵-۷۸.
- ۶- کریمی، ولی الله؛ حبیب نژاد روشن، محمود و آبکار، علیجان (۱۳۹۰). بررسی شاخص خشک سالی هواشناسی در ایستگاههای سینوپتیک مازندران، فصلنامه مهندسی آبیاری و آب، سال دوم شماره ۵، پاییز ۱۳۹۰.
- ۷- لشنی‌زند، م.، (۱۳۸۲)، بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشک‌سالی‌های اقلیمی در شش حوزه واقع در غرب و شمال غرب کشور، کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، ۲۹-۱ آبان اصفهان، ۲۵۷-۲۶۶.
- ۸- محمدی، مجتبی؛ بردیشیخ، واحد و احمدی، حسن (۱۳۸۹)، پهنه بندی شدت به کمک سیستم اطلاعات (SPI) خشک سالی در استان سیستان و بلوچستان با شاخص جغرافیایی. مجموعه مقالات همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
- ۹- مهدوی م، حسینی چگینی ا، مهدیان م و بندرآبادی، ر. (۱۳۸۳)، مقایسه روش‌های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۲، ص ۱ تا ۱۷.
- ۱۰- یزدانی و انصاری ح. (۱۳۸۸)، بررسی خشک‌سالی هیدرولوژیکی حوزه آبریز رودخانه‌های استان همدان. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه آزاد واحد شهرری، ۱۴ آبان ماه ۱۳۸۸.

11- Hayes, M.J., M.D. Svoboda, D.A. Wilhite and Vanyarkho. O.V. (1999) Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3): pp. 429- 437.

12- Heim R. R., (2002). *Drought Indices: A Review. Drought: a Global Assessment*, 159-167.

13- Hayes M. J., Svobod M.D., Wilhite D.A., Vanyarkho O.V., (1999). *Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index*.

- 14- Hershfield D.M., Braken Siek D.L., Comer G. H., (1972). *Some Measures of Agricultural Drought in Floods and Droughts, Proc. of the 2nd Inter. Symp. In "Hydrology"* (eds.). E.F.Schlitz, V.A.Koelzer, and K. Mahmood, Fort Colling, Colorado,:491-502.
- 15- Loukas A., Vasiliades L., Dalezios J., (2003). *Inter Comparision of Meteorological Drought Indicesfor Drought Assessment and Monitoring in Greece, 8th International Conference on Environmental Science and Technology Lemons Island, Greece, 8-10 September.*
- 16- 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.*
- 17- Mckee B.T., Doesken N. J., Kleist J.,(1993). *The Relationship of Drought Frequency and Duration toTime Scales, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim CA, American Meteorological Society, 17-22 January 1993: 179-184.*
- 18- Paul B.K.,(1998). *Coping Mechanisms Practised by Drought Victims (1994/5) in North Bengal, Bangladesh. Applied Geography 18(4): 355-373.*
- 19- Szalai S., Bella S.Z., (2004). *SPI Index for Monitoring of Drought Development in 2003, Hungarian Meteorological Service, EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 1: 258p.*
- 20- Zhang J., (2004). *Risk Assessment of Drought Disaster in the Maize-Growing Region of Songliao Plain, China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 102(2): 133-153.*