

واژه‌های کلیدی: ایستگاه سینوپتیک، پهنه‌بندی، خشکسالی، جلگه خزر.

مقدمه

خشکسالی یکی از مهمترین بلایای طبیعی بوده که با وقوع تدریجی، بر ابعاد مختلف زندگی بشر تأثیر می‌گذارد. این پدیده اقلیمی که بطور مستقیم جوامع را از طریق محدودیت در دسترسی به منابع آب تحت تأثیر قرار می‌دهد، هزینه اقتصادی، اجتماعی و محیطی زیادی را به همراه دارد [۳]. در میان حوادث طبیعی که جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده است، اثرات پدیده خشکسالی از نظر فراوانی، شدت، مدت، وسعت، تلفات جانی، خسارت اقتصادی، آثار اجتماعی و آثار شدید دراز مدت در جامعه بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است [۱۵]. همچنین تمایز این پدیده با سایر بلایای طبیعی در این است که برخلاف سایر بلایا، این پدیده به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل می‌کند. بطوری که اثرات آن پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر می‌شود. این مسئله اهمیت پایش خشکسالی به منظور پیش بینی احتمال وقوع این پدیده و گستره آن در آینده را نشان می‌دهد [۶]. خشکسالی در یک تعریف کلی عبارت است از کمبود غیرعادی بارش در دوره‌ای بلند مدت به نحوی که باعث کمبود رطوبت خاک و سبب کاهش آب‌های جاری می‌شود [۱۱]. خشکسالی نه تنها یک رخداد فیزیکی است بلکه توسط شرایط آب و هوایی تعریف شده است. خشکسالی به صورت یک دوره طولانی از آب و هوا خشک غیر منتظره‌ای که باعث کمبود آب و آسیب به محصول می‌گردد، تعریف می‌شود [۱۳].

ویلهايت و گلانتز [۱۷] خشکسالی را به چهار گروه عمده هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و اقتصادی تقسیم نموده است. خشکسالی هواشناسی، کمبود میزان بارندگی نسبت به میانگین برای یک منطقه برآورد می‌شود که کمبود بارندگی از یک مقدار مشخص، مانند درصد کاهش از میانگین دراز مدت، نیز قابل بررسی خواهد بود. خشکسالی کشاورزی، ذخیره رطوبتی خاک در طول فصل رشد بررسی می‌شود [۱۰]. خشکسالی هواشناسی اساساً به حالتی از خشکسالی ناشی از کمبود باران اطلاق می‌شود که اولین نشانه بروز خشکسالی، خشکسالی هواشناسی می‌باشد. ادامه خشکسالی هواشناسی و تداوم آن موجب بروز خشکسالی هیدرولوژیکی می‌گردد که سطح تراز ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی از حد

پهنه‌بندی خشکسالی جلگه خزر با استفاده از شاخص‌های SPI و ZCI

مهین کله هوئی^{۱*}، عطاءاله کاویان^۲، کاکا شاهی^۳ و میلاد سلطانی^۴
 تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۵

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های جوی است که آثار سوء آن در بخش‌های مختلف محیطی، اقتصادی و اجتماعی بتدریج مشخص و ملموس می‌گردد و به همین دلیل به آن بلای خزنده هم گفته می‌شود. در این مطالعه به پهنه‌بندی خشکسالی در پنج سال متوالی جلگه خزر با استفاده از شاخص‌های SPI و CZI در محیط Arc GIS برای ایستگاه‌های سینوپتیک آستارا، اینچه برون، بندرانزلی، بابلسر، رامسر، رشت، قائمشهر، غفارحاجی، گرگان و نوشهر پرداخته شده است. بدین منظور مجموع بارندگی ۲۵ سال (۱۳۸۹-۱۳۶۵) مد نظر قرار گرفته شده است. نتایج شاخص‌ها نشان می‌دهد بیشترین ترسالی برای ایستگاه آستارا در سال ۱۳۷۹ با شاخصی بترتیب برابر ۲/۶ و ۲/۲۲ و بیشترین خشکسالی برای ایستگاه بابلسر در سال ۱۳۸۹ با شاخصی برابر ۲/۸۶- و ۲/۳۹- بوده است. براساس نقشه‌های خشکسالی پنج ساله، در سال ۱۳۶۹ بیشترین میزان خشکسالی در ناحیه شرقی جلگه خزر بوده و سایر نواحی با میزان کمتری مواجه بوده‌اند. در سال ۱۳۷۴ خشکسالی به جلگه مرکزی کشیده شده‌است و در سال ۱۳۷۹ ناحیه شرق و مرکز جلگه شاهد خشکسالی با میزان متفاوتی بوده است. سال ۱۳۸۴ تمام قسمت‌های حاشیه خزر شاهد خشکسالی با میزان مختلفی بوده است و در سال ۱۳۸۹ نیز اکثر جلگه خزر دارای خشکسالی بوده است و روند خشکسالی از شرق جلگه خزر به سمت غرب جلگه خزر کاهش یافته است.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، نویسنده مسئول،

Email: Mahin6936@gmail.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

بروز خشکسالی، خشکسالی هواشناسی می‌باشد. ادامه خشکسالی هواشناسی و تداوم آن موجب بروز خشکسالی هیدرولوژیکی می‌گردد که سطح تراز ذخایر آب های سطحی و زیرزمینی از حد معمول خود پایین تر می‌آید که در عرض های میانی بر اثر کمبود و فقدان بارش زمستان اتفاق می‌افتد. از دیدگاه اجتماعی و اقتصادی خشکسالی یعنی زمانی که کمبود آب برای نیازهای بشر موجب نابهنجاری های اجتماعی و اقتصادی شود [۹].

مهمترین اثر مستقیم خشکسالی بر منابع آب کشور است. کم شدن بارندگی یا فقدان آن برای یک مدت طولانی در سال (خشکسالی) خسارات جبران ناپذیری را به اکوسیستم های طبیعی مانند مراتع و جنگل ها که منابع آبی آنها صرفا از ریزش های جوی تامین می‌گردد، وارد می‌سازد. در اکوسیستم های مرتعی، خشکسالی و کاهش بارندگی باعث کاهش درصد پوشش گیاهی شده و متعاقبا بذردهی گیاهان کاهش یافته و بانک بذر اکوسیستم را فقیر می‌کند. همین امر منجر به کاهش درصد پوشش گیاهی در سال های بعد می‌گردد. هر چند که در سال های بعد امکان افزایش میزان بارش وجود دارد، اما به علت کمبود بذر در مرتع تاثیری بر درصد پوشش گیاهی موجود در منطقه نمی‌گذارد و تنها باعث افزایش تولید گیاهان می‌شود. از آنجا که ویژگی های خشکسالی مانند شدت، تداوم و بزرگی خشکسالی از محلی به محل دیگر متفاوت است، پایش خشکسالی در مناطق مختلف حائز اهمیت می‌باشد [۳].

امروزه با توجه به تاثیراتی که خشکسالی بر زندگی موجودات زنده دارد، سبب شده است پژوهشگرانی در سراسر دنیا به اهمیت این موضوع پی ببرند و سعی در ارائه راهکارهایی جهت مقابله با این پدیده داشته باشند. قرار گرفتن ایران در کمربند خشک و نیمه خشک و کمبود بارش های جوی نیز سبب شده که هم راستا با سراسر جهان اقداماتی در این زمینه صورت بگیرد و منجر به ارائه راهکارها، معرفی شاخص ها و نمایه هایی جهت برآورد و محاسبه شدت و بزرگی خشکسالی هواشناسی شده است.

انصافی مقدم [۴] در ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک به این نتیجه دست یافت که در انتخاب مناسب ترین شاخص جهت تحلیل وضعیت خشکسالی در طی سال های یک دوره طولانی مدت، شاخص SPI^۱ و شاخص دهک ها در جایگاه نخست می‌باشد، و شاخص دهک DI^۲ و شاخص SPI مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید را در تمام ایستگاه های تحت مطالعه و کارآیی بیشتری نسبت به سایر شاخص ها از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید را دارند.

عیوضی و همکاران [۵]، در بررسی و تعیین مناسب ترین نمایه خشکسالی اقلیمی در سطح استان گلستان نتایج نشان داد که نمایه دهک های بارندگی و نمایه بارش استاندارد شده هم از نظرتقارن

وقوع کمینه بارندگی با دو وضعیت خشکسالی بسیار شدید و شدید و هم از نظر میانگین همبستگی و انحراف معیارنسبت به دیگر نمایه های مورد مطالعه بهتر بوده است.

یزدانیپناه و همکاران [۱۹]، در ارزیابی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI و GIS^۳ در آذربایجان به این نتیجه دست یافتند که طول مدت و شدت خشکسالی در غرب بیشتر از بخش های مرکزی و شرقی استان است.

شکیبا و همکاران [۱۴]، به مطالعه خشکسالی و تاثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI پرداختند و نتایج نشان داد که تمام ایستگاه ها در منطقه با خشکسالی مواجه بودند و از بین معیارهای مورد توجه شاخص SPI، معیار مجموع بزرگی خشکسالی معیار مناسب تری جهت نشان دادن وضعیت خشکسالی در منطقه تشخیص دادند و SPI شاخصی تقریبا مناسبی جهت بررسی اثرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی است. هاشمی و عطایی [۸]، در پهنه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI و بررسی اثرات آن بر محیط زیست استان چهار محال و بختیاری به این نتیجه دست یافتند که تمام پهنه های استان، در سال های ۱۳۶۱، ۱۳۶۳، ۱۳۶۸، ۱۳۷۳ و ۱۳۷۸ خشکسالی های نسبی، شدید و یا بسیار شدیدی را طی کرده اند، ولی در سال ۱۳۸۶ تمام پهنه های استان شرایط فوق العاده خشکی را تجربه کرده اند و خشکسالی بی سابقه استان طی این سال رخ داده است.

ادیب و گرجی زاده [۱]، با استفاده از شاخص SPI و CZI^۴ به بررسی و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص های خشکسالی در حوضه آبریز دز در دو ایستگاه تنگ پنج و تله زنگ پرداختند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که طبق شاخص SPI در ایستگاه تنگ پنج دیده شده درحالی که بر اساس شاخص CZI خشکسالی شدیدی در دو ایستگاه دیده نشده است.

اسماختین و هاگز [۱۵]، در برآورد خودکار و تجزیه و تحلیل ویژگی های خشکسالی هواشناسی از آمار بارش ماهانه جهت تعیین خصوصیات خشکسالی هواشناسی در جنوب آسیا از شاخص SPI در محیط نرم افزار SPATSIM استفاده نمود.

شان و همکاران [۱۳]، در منطقه سورت واقع در گجرات هند شاخص خشکسالی در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه را در مقایسه با مقدار واقعی خشکسالی ایستگاه پیدا کردند و نتایج روش SPI نشان دهنده تنوع به ترتیب ۵۰ درصد نرمال روبه مرطوب و نرمال روبه خشک است.

وو و همکاران [۱۸]، با استفاده از داد های بارندگی ماهانه، به ارزیابی شاخص های بارش استاندارد شده SPI، Z^۴ چینی CZI^۴ و نمره Z (Z-Score) در مقیاس های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه، برای اقلیم های خشک و مرطوب کشور چین پرداختند. و به این نتیجه دست یافتند که هر سه شاخص، نتایج یکسانی را برای

3. Geographic information system
4. China Z Index

1. Standardized Precipitation Index
2. Deciles Index

همه مقیاس‌های زمانی به همراه داشته، ولی محاسبات مربوط به شاخص‌های CZI و عدد Z آسان‌تر از شاخص SPI بود است. پژوهش‌های فراوانی توسط محققین مختلف در زمینه برآورد خشکسالی با استفاده از شاخص‌های اقلیمی مختلف در ایران و جهان صورت پذیرفته است ولی تاکنون مطالعه‌ای مبنی بر پهنه‌بندی خشکسالی در کل حاشیه دریای خزر با استفاده از شاخص‌های SPI و CZI صورت نگرفته است به همین جهت هدف اصلی از این مطالعه پهنه‌بندی خشکسالی در حاشیه دریای خزر با استفاده از شاخص SPI و CZI می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش جلگه خزر طبق شکل (۱) می‌باشد که این طول نوار ساحلی ۸۹۰ کیلومتر مربع و ارتفاع از سطح دریا در این محدود ۳۰- متر تا هم‌تراز آب‌های آزاد متغیر می‌باشد و نقطه شروع آن از استان گیلان با مرکزیت شهر رشت با میزان

بارندگی ۱۳۵۹ میلی متر و میانگین دمای سالانه استان در حدود ۱۵/۸ درجه سانتی گراد است و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و استان مازندران در مرکز جلگه با مرکزیت شهر ساری با میزان بارندگی ۹۷۷ میلی متر و میانگین دمای سالانه استان در حدود ۱۶٫۷ درجه سانتی‌گراد است و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی تا استان گلستان با مرکزیت شهر گرگان و میزان بارندگی ۶۰۱ میلی متر و میانگین دمای سالانه استان در حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد است و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی که نقطه خاتمه آن می‌باشد و داده‌های مورد نیاز در این مطالعه از ایستگاه‌های سینوپتیک جلگه خزر دریافت شده است (جدول ۱).

ایستگاه‌های سینوپتیک کوهستانی و دشتی فراوانی در حاشیه



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان‌ها (الف) و ایستگاه‌های سینوپتیک (ب) حاشیه دریای خزر

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده حاشیه دریای خزر

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه (متر)
آستارا	۴۸°۵۱'	۳۸°۲۲'۱۲"	۲۰٫۱-
اینچه برون	۵۴°۴۳'۴۰"	۳۷°۲۷'۲۴"	۱۰
بابلسر	۵۲°۳۸'۵۹"	۳۶°۴۳'۱۲"	۲۱-
بندر انزلی	۴۹°۲۷'	۳۷°۲۸'۵۹"	۲۳٫۶-
رامسر	۵۰°۴۰'۰۱"	۳۶°۵۳'۵۹"	۲۰-
رشت	۴۹°۳۷'۰۱"	۳۷°۱۹'۰۱"	۸٫۶-
قائم‌شهر	۵۲°۴۶'۱۲"	۳۶°۲۷'	۱۴٫۷
غفار حاجی	۵۴°۰۸'۰۶"	۳۶°۵۹'۵۲"	۲۲-
گرگان	۵۴°۴۴'۲۷"	۳۷°۱۲'۱۷"	۰
نوشهر	۵۱°۳۰'	۳۶°۲۷'	۲۰٫۹-

$\bar{P}$ مقدار متوسط بارندگی در دوره ی آمار

SD انحراف معیار

بر اساس تجزیه و تحلیل های انجام شده، شاخص های برآورد خشکسالی بین دو مقدار مثبت و منفی و در طبقات مختلف از شرایط کاملاً مرطوب تا خشکسالی خیلی شدید قرار دارند (جدول ۲). هرچه این شاخص ها بر اساس میزان نوساناتی که دارند به سمت مثبت میل کنند، می توان شاهد منطقه ای با شرایط نرمال، مطلوب و پرباران بود، و هرچه این شاخص ها بر اساس میزان نوساناتی که دارند به سمت منفی میل کنند، می توان شاهد منطقه ای با خشکسالی در حد نرمال، خفیف تا شدید باشیم.

شاخص Z چینی CZI

این شاخص بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون هیلفرتی می باشد. با این فرض که داده های بارندگی از توزیع پیرسون تپ سه پیروی می کنند [۱۰]. برای طبقه بندی این شاخص از همان طبقه بندی SPI (جدول ۱)، استفاده می شود [۱]، و شاخص به صورت روابط زیر محاسبه می شود:

$$CZI = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \cdot \varphi_{j+1} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{روابط (۲)}$$

$$C_s = \frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^3}{n \times \sigma^3}$$

$$\varphi_j = \frac{(X_j - \bar{X})}{\sigma}$$

که:

$\bar{X}$ ماه مورد نظر

C_s ضریب چولگی

φ متغیر استاندارد

X_j بارندگی ماه j

$\bar{X}$ میانگین بارندگی روزانه

n تعداد کل ماه ها در طول دوره آماری

σ^2 واریانس داده های بارندگی ماهانه

σ انحراف معیار داده های بارندگی ماهانه

با توجه به مقادیر بارندگی سالانه هریک از ایستگاه ها مقادیر CZI و SPI استخراج گردید، آن گاه وضعیت خشکسالی هر دوره زمانی با استفاده از جدول ۲ تعیین گردید.

جدول ۲: طبقه بندی شدت خشکسالی شاخص خشکسالی بارش استاندارد [۱۵]

مقادیر SPI و CZI	طبقه خشکسالی
> 2	کاملاً مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	نسبتاً مرطوب
۰/۹۹ تا ۰	مرطوب ملایم
۰ تا -۰/۹۹	خشکسالی ملایم
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
< -2	خشکسالی خیلی شدید

دریای خزر قرار واقع شده است، ولی با توجه با این که برخی از این ایستگاه ها تازه تاسیس اند و فاقد آمار کافی و برخی نیز به علت قدیمی بودن ایستگاه ها دارای آمار ناقص هستند، همین سبب شده که داده های مجموع بارندگی سالانه مورد نیاز را از برخی ایستگاه های سینوپتیک دشتی و هم ارتفاع جلگه خزر از جمله: ایستگاه های آستارا، اینچه برون، بندرانزلی، بابلسر، رامسر، رشت، قائمشهر، غفار حاجی، گرگان و نوشهر که دارای آمار مناسب در بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۹ جمع آوری گردد و سپس داده های مورد نظر را به محیط اکسل نرم افزار DIP جهت برآورد شاخص مورد نظر وارد نموده و پس از بدست آوردن شاخص های مورد نظر، و با استفاده از نرم افزار ARC GIS برای ۵ سال (۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۹)، که بر اساس مشاهدات و بررسی های انجام شده در میزان شاخص های خشکسالی در برخی از سال های انتخابی میزان ترسالی و خشکسالی در بیش ترین حد خود بوده انتخاب شده است، اقدام به پهنه بندی خشکسالی برای ایستگاه های دارای آمار گردیده است. پهنه بندی بر اساس روش درونیابی و با استفاده از دستور IDW^۱ صورت گرفته است.

۲- معرفی شاخص ها

با توجه به وجود شاخص های متعدد برای برآورد خشکسالی هواشناسی در این پژوهش از شاخص های کمی در تحلیل خشکسالی هواشناسی، شامل، شاخص Z چینی CZI و شاخص بارش استاندارد SPI موجود در نرم افزار شاخص خشکسالی بارش DIP^۲ استفاده شده است.

شاخص بارش استاندارد SPI

مک کی و همکاران [۱۶]، در دانشگاه ایالات کلرادو به منظور پایش و تعیین خشکسالی ها شاخص بارش استاندارد که بر اساس محاسبه احتمال وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است معرفی نمود، و این شاخص بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار بدست می آید و تنها فاکتور موثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می باشد [۷]. شاخص بارش استاندارد SPI به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره ایی متفاوت زمانی و همچنین مقیاس های مکانی مختلف، به عنوان شاخص مناسب به منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است [۱۳].

استخراج متغیر تصادفی Z یا SPI مربوط به هر مقدار بارندگی در سطوح هم احتمال از منحنی احتمالات تجمعی نرمال با استفاده از رابطه یک بدست می آید.

رابطه (۱)

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

P_i مقدار بارندگی در مقیاس i ام.

1. Inverse Distance Weighted
20 Drought Index Precipitation

با توجه به گراف‌های حاصل از شاخص ۱۲ ماهه SPI (شکل ۲ الف، ب، و پ) در قسمت الف شکل ۲، نشان داده شده است، که بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های اینچه برون و گرگان در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۷ با شاخصی برابر ۲/۱۸ و ۲/۳۵- و کمترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های گرگان و اینچه برون در سال ۱۳۷۶ با شاخصی برابر ۰/۰۶ و ۰/۰۲- می‌باشد و طبق قسمت ب شکل ۲ نیز بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های آستارا و رشت در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ با شاخصی برابر ۲/۶ و ۲/۲۸- و نیز ایستگاه آستارا دارای کمترین ترسالی و خشکسالی در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۶۵ با شاخصی برابر ۰/۰۴ و ۰/۰۲- می‌باشد و طبق قسمت پ شکل ۲ نیز بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه بابل‌سردر سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۹ با شاخصی برابر ۱/۹۷ و ۲/۸۶- و کمترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های قائمشهر و بابل‌سردر سال ۱۳۸۴ و ۱۳۷۲ با شاخصی برابر ۰/۰۴ و ۰/۰۱- می‌باشد.

- شاخص CZI

با توجه به گراف‌های حاصل از شاخص ۱۲ ماهه CZI (شکل ۳ ت، ث و ج) در قسمت ت شکل ۳، نشان داده شده است، که بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه اینچه برون در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۷۷ با شاخصی برابر ۲/۰۶ و ۲/۰۶- و کمترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه اینچه برون در سال ۱۳۷۶ و ۱۳۷۴ با شاخصی برابر ۰/۰۳ و ۰/۰۳- می‌باشد و طبق قسمت ث شکل ۳، دیده می‌شود که بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های آستارا و رشت در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ با شاخصی برابر ۲/۲۲ و ۲/۱۹- و کمترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های بندر انزلی و رشت در سال ۱۳۶۷ و ۱۳۷۶ با شاخصی برابر ۰/۰۳ و ۰/۰۲- می‌باشد. طبق قسمت ج شکل ۳، دیده می‌شود که بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه بابل‌سردر سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۹ با شاخصی برابر ۲/۲۲ و ۲/۳۹- و کمترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های نوشهر و قائمشهر در سال ۱۳۸۳ و ۱۳۶۷ با شاخص برابر ۰/۰۹ و ۰/۰۱- می‌باشد.

مقایسه شاخص SPI و CZI

نتایج حاصل از این دو شاخص بسیار به هم نزدیک بوده به گونه ایی زمانی که یک ایستگاه توسط شاخص بارش استاندارد SPI دارای بیشترین شدت خشکسالی بوده، شاخص CZI نیز همان ایستگاه را با شدیدترین شدت خشکسالی معرفی می‌کند به عنوان مثال، طبق شاخص SPI بیشترین شدت خشکسالی در ایستگاه‌های : گرگان، رشت و بابل‌سردر بوده که همین ایستگاه‌ها نیز به جز گرگان طبق شاخص CZI دارای بیشترین شدت خشکسالی بوده است و طبق هر دو شاخص ایستگاه‌های اینچه برون، آستارا و بابل‌سردر دارای بیشترین ترسالی بوده است که مطابق با نتایج کریمی و همکاران [۱۰]، مبنی بر مشابه بودن نتایج شاخص SPI و CZI بوده

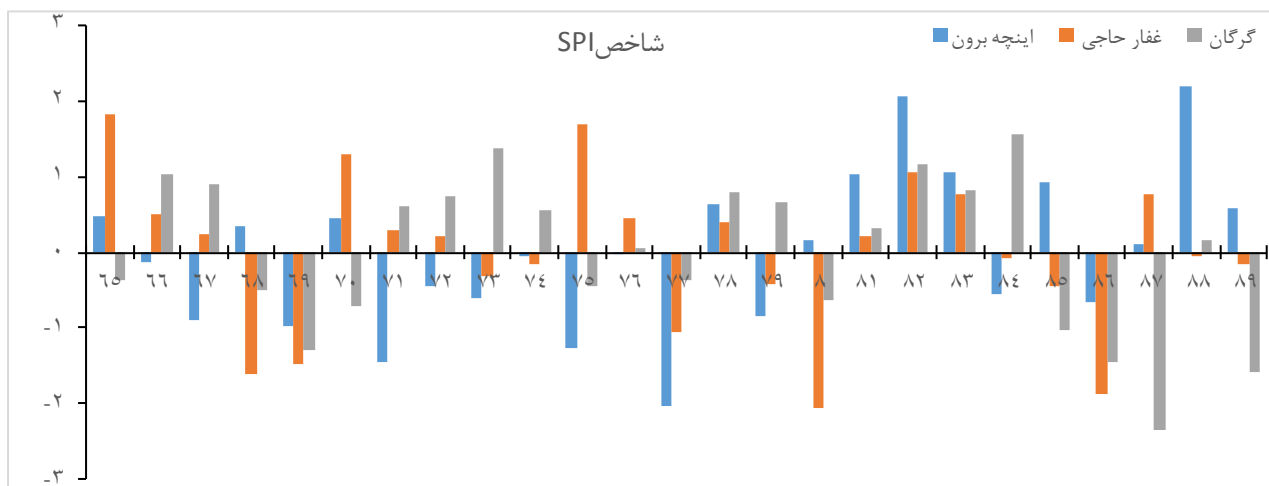
است.

- نتایج حاصل از پهنه بندی خشکسالی

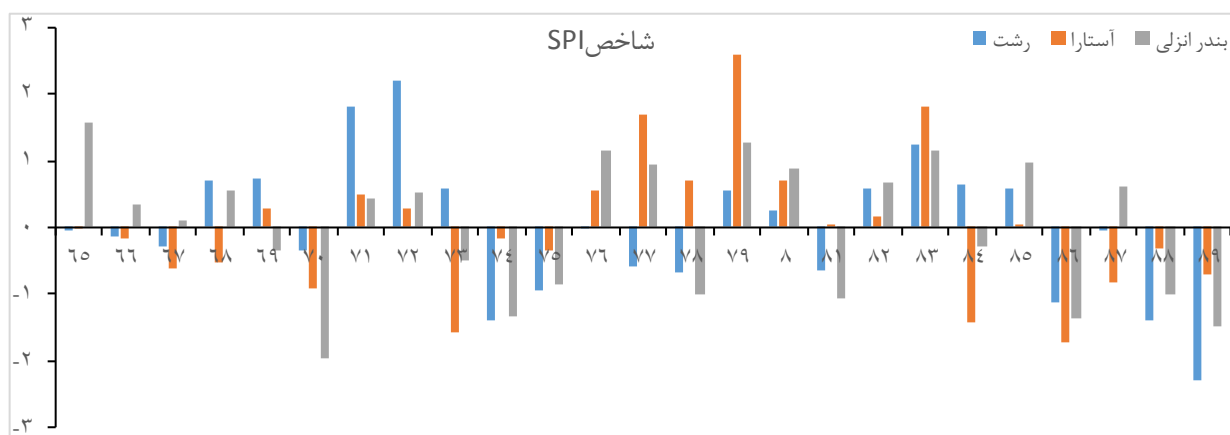
در این مطالعه به پهنه بندی پنج سال متوالی خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص‌های SPI و CZI صورت گرفته است (شکل ۴). همانطور که مشخص است طبق نقشه الف، پهنه بندی براساس شاخص‌های مذکور برای سال ۱۳۶۹ حاکی از آن است که خشکسالی بیشتر در قسمت شرق جلگه خزر بوده است و بیشترین مقدار آن در ایستگاه‌های غفار حاجی و گرگان رخ داده است این درحالی است که در سایر ایستگاه‌ها شرایط نرمال تری نسبت به این دو ایستگاه مشاهده شده است بطوریکه ایستگاه آستارا دارای بیشترین مقدار ترسالی بوده است. طبق شکل ب، در سال ۱۳۷۴ روند خشکسالی به سمت استان‌های مرکزی جلگه خزر کشیده شده است بطوری که ایستگاه‌های نوشهر، رشت، بندر انزلی و سپس رامسر به ترتیب بیشترین میزان خشکسالی را داشته و سایر ایستگاه‌ها دارای شرایط نرمال تری نسبت به این ایستگاه‌ها داشته اند. طبق شکل ج، در سال ۱۳۷۹ اکثر ایستگاه‌ها به جز ایستگاه‌های استان گیلان شاهد خشکسالی بوده است و میزان خشکسالی در ایستگاه رامسر به نسبت سایر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است. طبق شکل د، در سال ۱۳۸۴ خشکسالی در اکثر ایستگاه‌ها با میزان و وسعت مختلفی رخ داده است، در ایستگاه‌های آستارا و رامسر دارای بیشترین میزان خشکسالی بوده و این درحالی است که ایستگاه گرگان بیشترین میزان ترسالی یا بارندگی را داشته است. در سال ۱۳۸۹ نیز طبق پهنه بندی شکل خ، نیز ایستگاه‌های بابل‌سردر، قائمشهر و رشت دارای بیشترین میزان خشکسالی بوده است و در سایر ایستگاه‌ها خشکسالی‌های خفیف تری نیز رخ داده است با این حال ایستگاه اینچه برون دارای شرایط ترسالی بوده است.

طبق بررسی‌های انجام شده مشخص شد که خشکسالی در قسمت شرق جلگه خزر بیشترین مقدار بوده و هرچه به سمت غرب جلگه خزر کشیده می‌شود این میزان خشکسالی به خاطر بارش‌های مناسب، کمتر می‌شود و با نتایج پژوهش قطره سامانی [۷]، رضیعی و همکاران [۱۲]، مبنی بر این که وسعت خشکسالی از شرق به غرب کاهش می‌یابد مطابقت دارد و با یافته‌های بذرافشان و همکاران [۲]، مبنی بر این که وضعیت خشکسالی‌ها در پهنه استان گلستان از سمت غرب به شرق کاهش می‌یابد مطابقت ندارد.

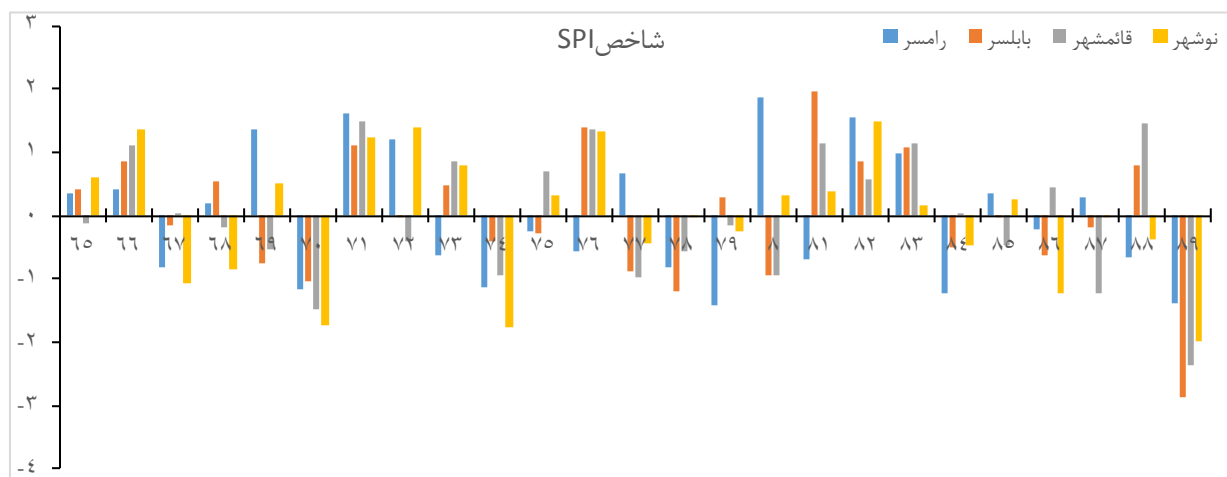
می‌توان بیان نمود که کم بودن میزان بارش‌ها و دمای زیادتر در سمت شرق جلگه خزر نسبت به قسمت‌های مرکزی و غرب جلگه خزر از عوامل موثر در وقوع خشکسالی بوده است در این قسمت می‌توان مناطق کویری هم مشاهده نمود که با تغییر کاربری اراضی بر وسعت اراضی کویری این ناحیه افزوده شده و خود یکی از دلایل خشکسالی بوده است و چنانچه در این نواحی و سایر نواحی مدیریت نامناسب از منابع موجود، بهره برداری بی رویه آب‌های سطحی و زیرزمینی و تغییر کاربری نامناسب که سبب تغییرات اقلیمی می‌شود، وقوع خشکسالی‌هایی با شدت‌های متفاوت برای سایر نواحی دور از انتظار نیست.



(الف)

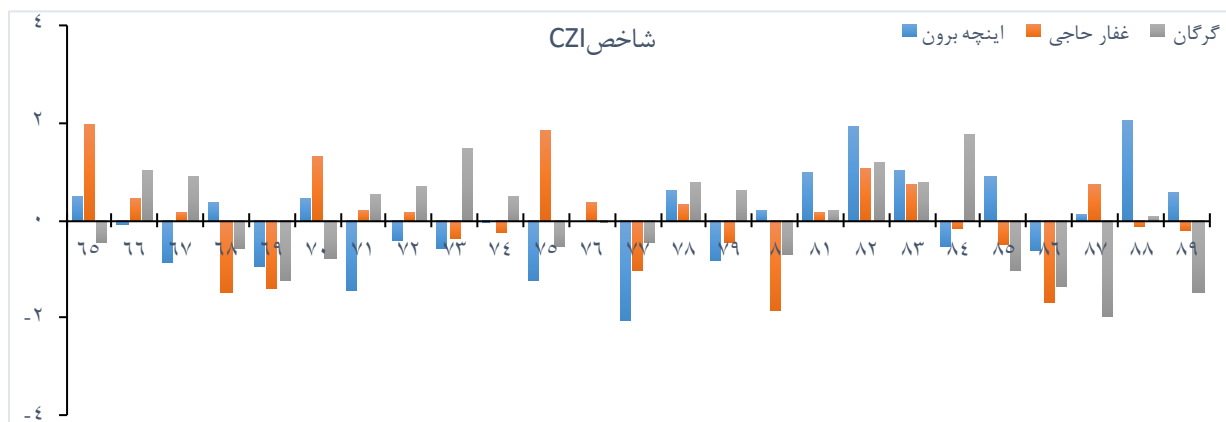


(ب)

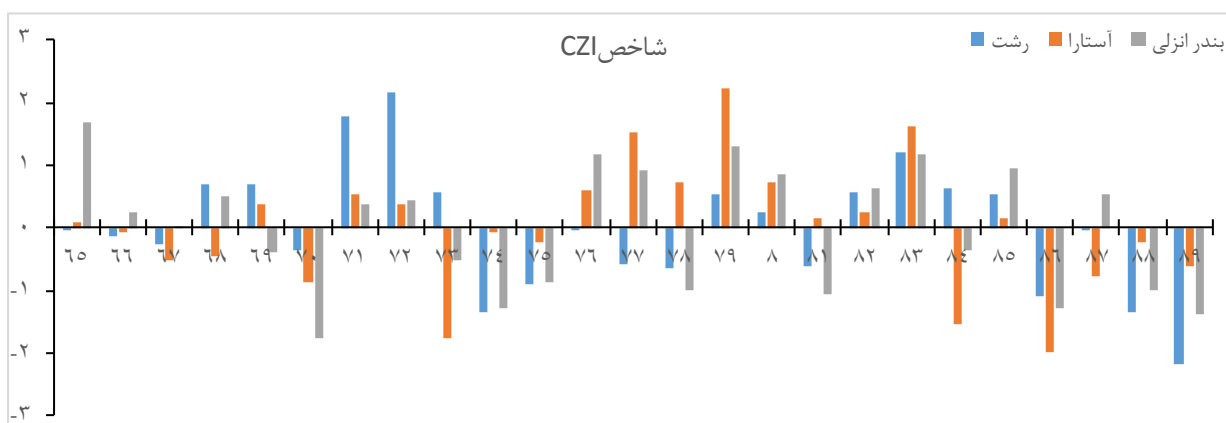


(پ)

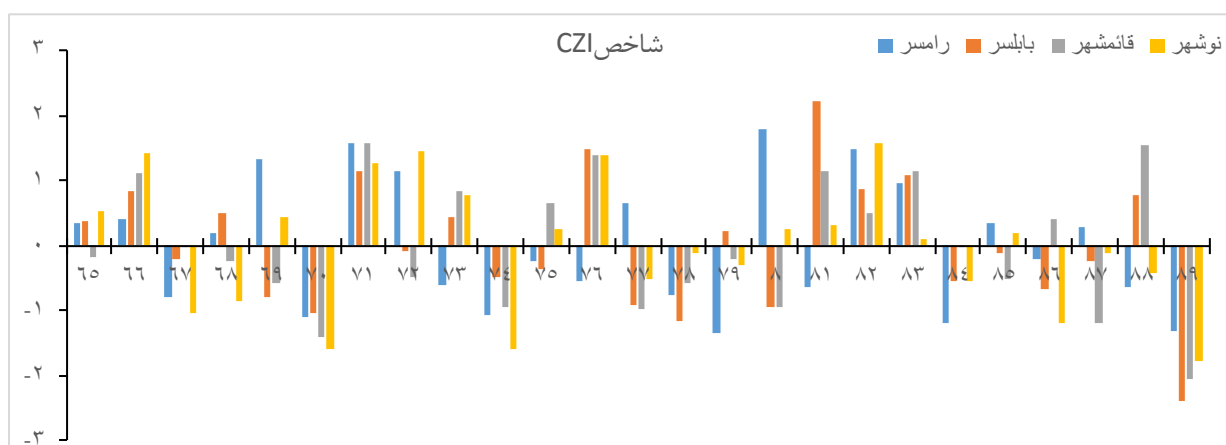
شکل ۲: گراف‌های حاصل از شاخص SPI برای استان‌های جلگه خزر



(ت)

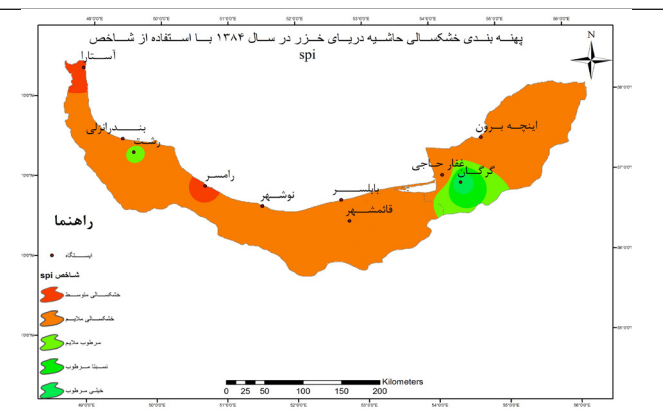
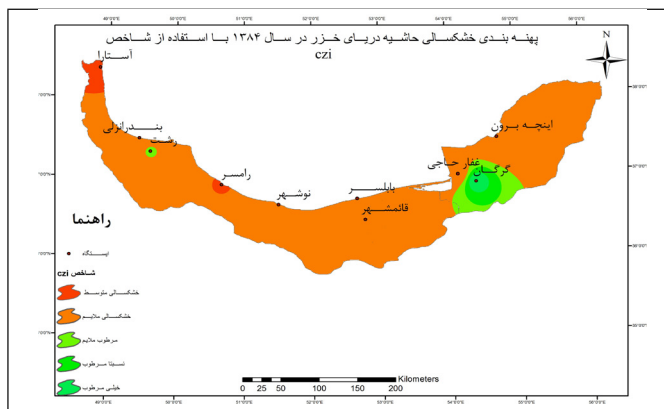
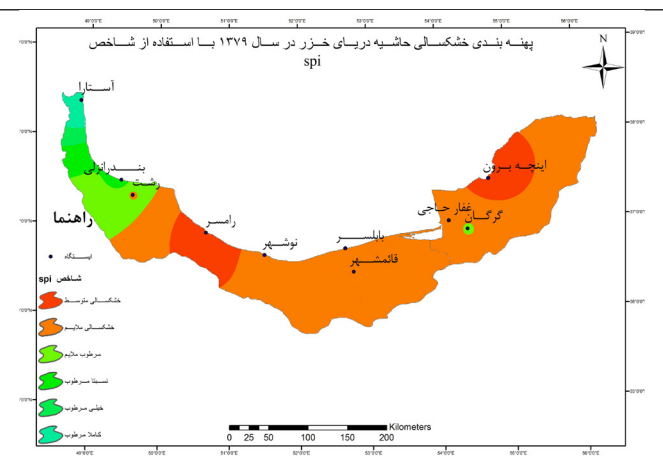
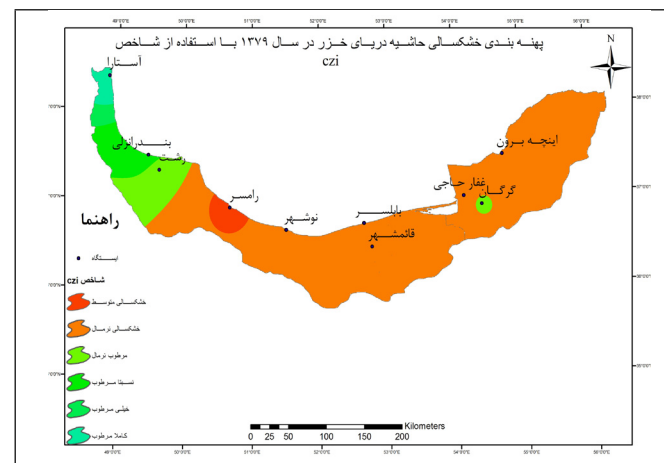
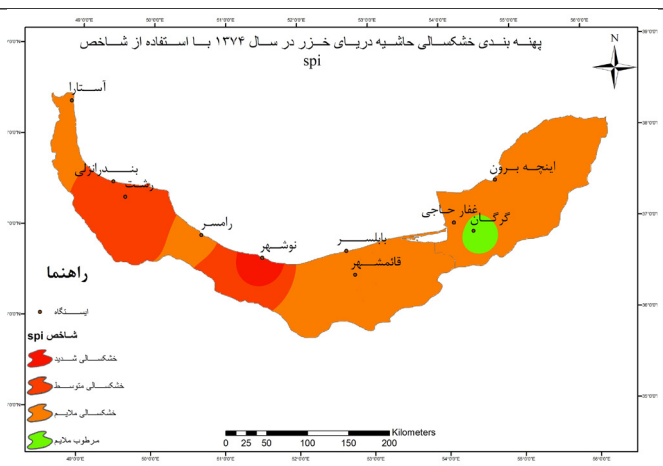
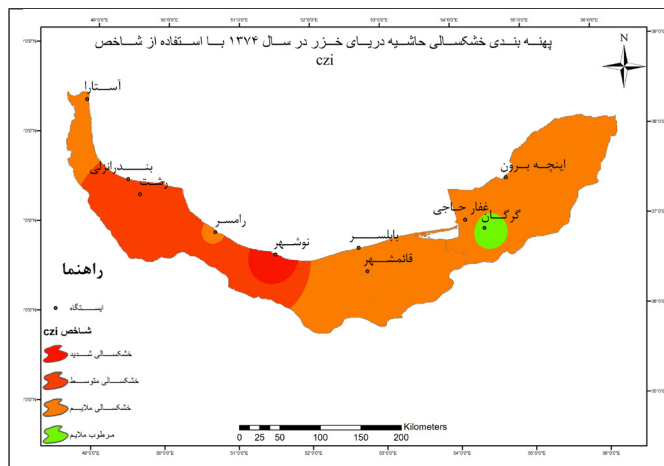
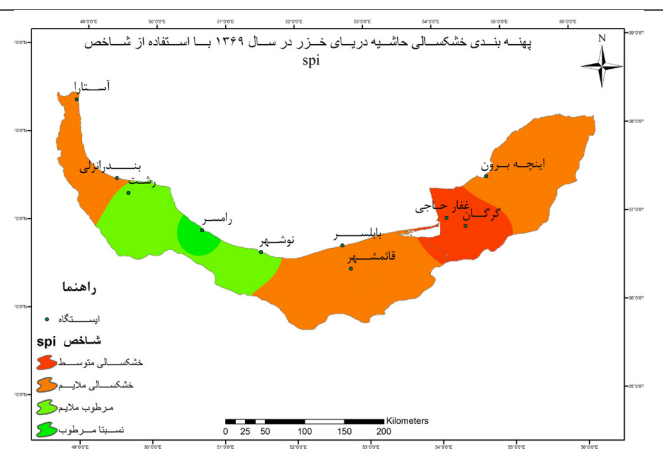
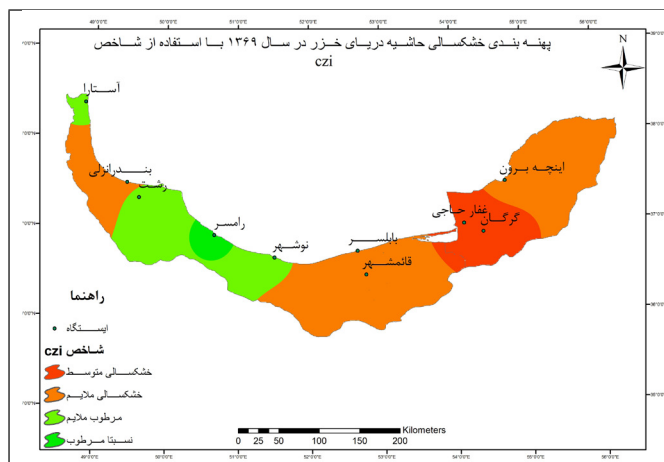


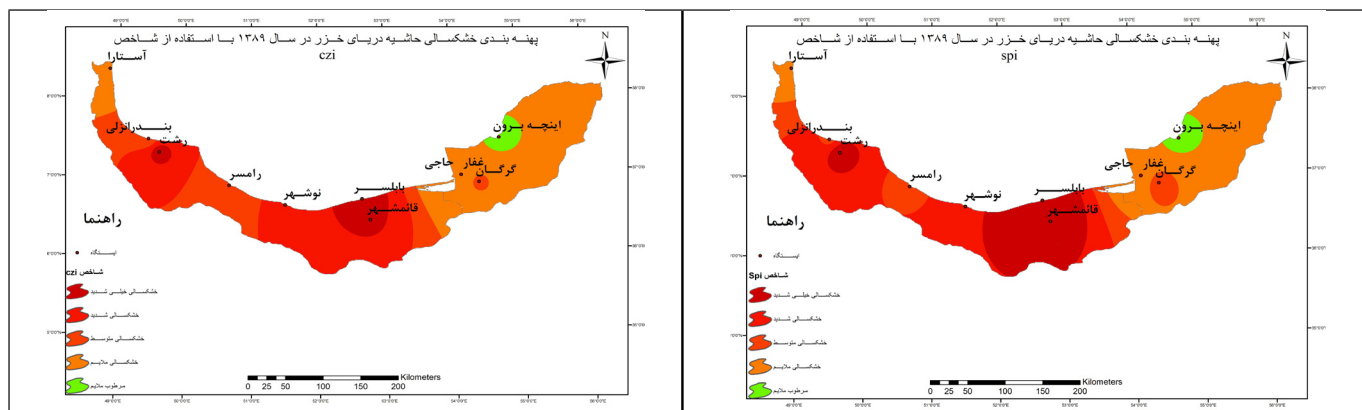
(ث)



(ج)

شکل ۳: گراف‌های حاصل از شاخص SPI و CZI برای استان‌های جلگه خزر





شکل ۴: پهنه بندی خشکسالی سال‌های متوالی بر اساس شاخص‌های CZI و SPI

of Range and Desert Research, 18 (3):395-407.

3. Ebrahimi Khusfi, M. Darvishzade, R. Matkan, A. and Ashourloo, D. 2010. Drought Assessment in Arid Regions Using Vegetation Indices - a Case Study of «Shirkooch of Yazd» in Central Iran. environmental sciencws 7(4): 59-72.

4. Ensafi Moghaddam, T. 2007. An Investigation and assessment of climatological indices and determination of suitable index for climatological droughts in the Salt Lake Basin of Iran. Iranian journal of Range and Desert Research, 14(2):271-288.

5. Eivazi, M., mosaedi, A., Mesbah, S., 2012. Determine the most appropriate index climatic drought in Golestan city, the third National Conference on Integrated Water Resource Management, 20 and 21 September.

6. Fatehimaraj, A. and Heidarian, A., 2014. Study drought, agriculture and hydrology using GIS in Khuzestan city, Iran-Watershed Management Science & Engineering, 7(23):19-32.

7. Ghatreh Samani, S., 2000. The trend of drought in Chaharmahal & Bakhtiari province, Proceedings of the First National Conference on examining strategies to deal with water scarcity and droughts, Kerman.

8. Hashami, Z. and Attai, H. 2011. Zoning drought using SPI index and its effects on the environment, the Environmental Protection Agency, Environmental Science Quarterly, Issue 51, 13-25.

9. Hashami, M., Ahangarzadeh, Z., 2012. Monitoring meteorological drought North Khorasan Province in GIS. The first national conference of Climatology,

نتیجه‌گیری

با مشاهده و مقایسه شاخص‌های CZI و SPI برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است، که طبق شاخص SPI بیشترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های آستارا و بابلسر با شاخصی برابر ۲/۶ و ۲/۸۶- در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ و کمترین میزان ترسالی برای ایستگاه‌های قائمشهر و آستارا با شاخصی برابر ۰/۰۴ در سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵، کمترین میزان خشکسالی برای ایستگاه بابلسر در سال ۱۳۷۲ با شاخصی برابر ۰/۰۱- می‌باشد. طبق شاخص CZI بیشترین ترسالی برای ایستگاه‌های آستارا و بابلسر در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱ با شاخصی برابر ۲/۲۲ و بیشترین میزان خشکسالی برای ایستگاه بابلسر در سال ۱۳۸۹ با شاخصی برابر ۲/۳۹- و کمترین ترسالی و خشکسالی برای ایستگاه‌های اینچه برون و قائمشهر در سال ۱۳۷۶ و ۱۳۶۷ با شاخصی برابر ۰ و ۰/۰۱- می‌باشد. و براساس نقشه‌های خشکسالی ۵ ساله، در سال ۱۳۶۹ بیشترین میزان بزرگی خشکسالی در ناحیه شرقی جلگه خزر بوده و سایر نواحی با میزان کمتری مواجه بوده‌اند. در سال ۱۳۷۴ خشکسالی به حاشیه مرکزی کشیده شده است و در سال ۱۳۷۹ ناحیه شرق و مرکز جلگه شاهد خشکسالی با میزان بزرگی متفاوتی بوده است در سال ۱۳۸۴ در تمام قسمت‌های حاشیه جنوبی دریای خزر خشکسالی با میزان بزرگی مختلفی رخ داده است و در سال ۱۳۸۹ نیز اکثر جلگه خزر شاهد خشکسالی بوده است.

منابع

1. Adib, A. and Gorgizadeh, A. 2016. Evaluation and Monitoring of drought using of drought Indexes ;Case study the Dez watershed. engineering water and irrigation, 7(23):173-185.

2. Bazrafshan, O. Mohseni Saravi, M.

Malekian, A. and Moeini, A. 2011. A study on drought characteristics of Golestan Province using Standardized Precipitation Index (SPI). Iranian journal

15. Smakhtin, V. U. and Hughes, D. A. 2007. Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data. *Environmental Modelling & Software*, 22(6): 880-890.
16. McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. In *Proceedings of the 9th Conference on Applied Dallas, Boston, MA: American Meteorological Society. Climatology* 233-236.
17. Wilhite, D. A., and Glantz, M. H. 1985. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3): 111-120.
18. Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A., and Hu, Q. 2001. An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China Z Index and the statistical Z Score. *International journal of climatology*, 21(6): 745-758.
19. Yazdanpanah, H., Tabatabaei, S. H. and Soleimanitabar, M. 2005. Assessment of Meteorological Drought Using SPI Model and GIS in Azarbaijan". In *Proc, 1th Conf. on Climate modeling*. Graduate University of Advanced Technology, Iran, Kerman.
10. Karimi, V., Habbibnejad, M., Abkar, A., 2011. Investigation of meteorological drought Indexes in Mazandaran synoptic Stations, 2(5): 15-25.
11. Kianfar, A., Asfandyari, M., Mohammadi, M., Pourmohammadi, S., 2009. The frequency of hydrological drought analysis (Case study: Knjanchm river basin), the National Conference and the effects of drought management strategies, Isfahan, Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources.
12. Razi, T., Shokoohi, A., Saghafian, B., Arasteh, P., 2003. Monitoring of drought in central Iran using SPI index, The third regional conference and the first International Conference on Climate Change Meteorological Organization Country.
13. Shah, R., Bharadiya, N. and Manekar, V. 2015. Drought index computation using standardized precipitation index (SPI) method for Surat district, Gujarat. *Aquatic Procedia*, 4, 1243-1249.
14. Shakiba, A., Mirbaghari, B., Khiri, A., 2010. Drought and its impact on groundwater resources in the East Kermanshah by using spi Index. *Geographia (Geographical Society Iranian Journal)*, 8(25): 105-124.



Abstract

Droughts Zoning Caspian Plain with Using SPI and CZI IndicesM. Kalehhouei^{*1}, A. Kavian², K. Shahedi³ and M. Soltani⁴

Received: 2017/06/15 Accepted: 2018/02/24

Drought is one of the atmospheric phenomena that adverse effects on various sectors environmental, economic and social gradually identified and is tangible and that is the reason it is also called creeping disaster. In this study, droughts zoning for five years consecutive caspian plain with using spi and czi indices with Arc Gis for stations synoptic: Astara, Inchebron, Bandar anzali, Babolsar, Ramsar, Rasht, Ghaemshar, Gafarhaji, Gorgan and Noushar collected. For this purpose, total rainfall for 25 years 1986 to 2010 was considered. The results indexes show that, most wet year for stations Astara with index respectively 2.6 and 2.22 in 2000 year and most dry year for station Babolsar in 2010 year with index respectively -2.86 and -2.39. Based maps drought five year in 1990 most of the drought in the eastern part of the caspian plains and other areas faced with lower rates. in 1995 year the drought has led to the central plain and in 2000 year area west and central plains experienced drought magnitude is different. in 2005 year drought with different magnitude occurred in all parts of the plains and also in 2010 year all part plain caspian witness drought and process drought has decrease in east to west plain caspin.

Keywords: Drought, Plain caspian, Station synoptic, Zoning.

1. MSc Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Corresponding Author, Email: Mahin6936@gmail.com

2,3. Associate professor, Watershed Management Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

4. MSc Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University.