

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۴ - تابستان ۱۳۸۸

وصول مقاله : ۱۳۸۶/۲/۵

تأیید نهایی : ۱۳۸۷/۴/۱۱

صفحات : ۵۱ - ۶۸

## بررسی ویژگی خشکسالی‌های استان خراسان جنوبی

محمد اکبری

کارشناس ارشد جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان

دکتر محمود خسروی

استادیار جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان

### چکیده

استان خراسان جنوبی به دلیل واقع شدن در منطقه‌ی خشک و حاشیه‌ی کویر با حوادث طبیعی مختلف از جمله خشکسالی مواجه است. لذا بررسی ویژگی‌های خشکسالی در این منطقه ضروری می‌نماید. برای این منظور داده‌های آماری یک دوره‌ی ۳۰ ساله (۲۰۰۳-۱۹۷۴) در استان خراسانی جنوبی مبنای کار قرار گرفت. در این پژوهش شاخص بارش استاندارد (SPI) با در نظر گرفتن مزایایی که در تحلیل منطقه‌ای و ایجاد ارتباط زمانی بین رخداد‌های خشکسالی در نواحی مختلف یک پهنه دارد، انتخاب و با به‌کارگیری نرم‌افزارهای GIS مانند Arc Map، Arcview و ... خصوصیات آماری بارش ماهانه تجزیه و تحلیل شده است. هدف اصلی این تحقیق مشخص کردن نواحی دارای استعداد بالای خشکسالی، طول دوره و مدت خشکسالی است که برای ایستگاه‌های مختلف مشخص شد.

در طول این دوره شدیدترین خشکسالی در سال ۲۰۰۱ اتفاق افتاده است. کمترین SPI مشاهده شده مربوط به ایستگاه نهبندان با مقدار (-۲/۱۸) است. شدیدترین ترسالی منطقه نیز در دوره‌ی آماری مربوط به سال ۱۹۸۲ می‌باشد که بیشترین مقدار SPI مربوط به قاین با ۲/۶۵ می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، خراسان جنوبی، شاخص استاندارد بارش (SPI)، مقیاس زمانی، پهنه‌بندی، دوره‌ی برگشت.

### مقدمه

علل وقوع پدیده‌ی خشکسالی را می‌توان معلول عوامل فیزیکی و مکانی متعددی که عمدتاً ریشه در گردش عمومی جو و بیلان انرژی کره زمین دارد، جستجو کرد. خشکسالی به کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی گفته می‌شود.

مستمر به استمرار حالت کمبود بارش و غیرطبیعی به ناگهانی بودن از انحراف شاخص<sup>۱</sup> SPI در شرایط طبیعی از میانگین گفته می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۷۴: ۱۲). شاخص SPI که تنها بر پایه‌ی استفاده از معیار بارندگی استوار است، اساساً برای تعریف و پایش خشکسالی و ترسالی

1- Standard Precipitation Index

ارایه شده است (بری/برقویی و همکاران، ۱۳۸۲: ۹۲). از ویژگی‌های این شاخص این است که به محقق امکان می‌دهد تا تعداد وقایع خشکسالی و ترسالی اتفاق افتاده را برای هرگام زمانی دلخواه تعریف و شناسایی نماید (هیس، ۲۰۰۰: ۱۳). از طرف دیگر به دلیل بی‌بعد بودن این شاخص می‌توان اطلاعات مناطق مختلف را با هم مقایسه و نقشه‌های گستره‌ی خشکسالی را با دقت بیشتری تولید کرد (لشنی‌زند، ۱۳۸۲: ۲۵۷). هر خشکسالی دارای پنج ویژگی عمده می‌باشد که عبارتند از: آغاز و خاتمه، دوره‌ی تداوم، شدت، فراوانی و گستره. این ویژگی‌ها در هر مطالعه مربوط به خشکسالی مورد بررسی قرار می‌گیرد (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶: ۲۶). اثرات یک خشکسالی ممکن است در مناطق مختلف آب و هوایی با هم تفاوت داشته باشد؛ بطوری که هر چه منطقه‌ی مورد مطالعه به کمربند خشک آب و هوایی جهان نزدیکتر باشد به همان نسبت شدت آن بیشتر است (کوموسکو، ۱۹۹۹: ۷). به نحوی که اثرات آن در سال‌های بعدی از طریق کاهش آب قنوات و سفره‌های زیرزمینی ظاهر می‌شود. خشکی و خشکسالی دو پدیده‌ی جدا از هم هستند بطوری که خشکی ویژگی ذاتی یک منطقه ولی خشکسالی یک پدیده‌ی اتفاقی و در منطقه‌ای حادث می‌شود که اصولاً خشک نیست (علیچانی و کاویانی، ۱۳۷۸: ۲۵۸). در هر حال اثرات خشکسالی به مراتب بیشتر از خشکی و ممکن است موجب خسارت‌ها، مهاجرت‌ها و... و همچنین نابودی بسیاری از گونه‌های گیاهی و حیوانی شود (خوش/خلاق، ۱۳۷۶: ۱۳۷).

از اهداف اصلی این پژوهش، بررسی ویژگی‌های شدت، تداوم و وسعت منطقه‌ای خشکسالی و ترسالی در استان خراسان جنوبی و در نهایت تهیه‌ی نقشه‌ی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شدید در منطقه، همچنین شناسایی نواحی مستعد و با ضریب بالای خشکسالی در استان و در نهایت معرفی خشکسالی‌های شدید حادث شده در دوره‌ی اخیر می‌باشد.

#### محدوده‌ی مورد مطالعه

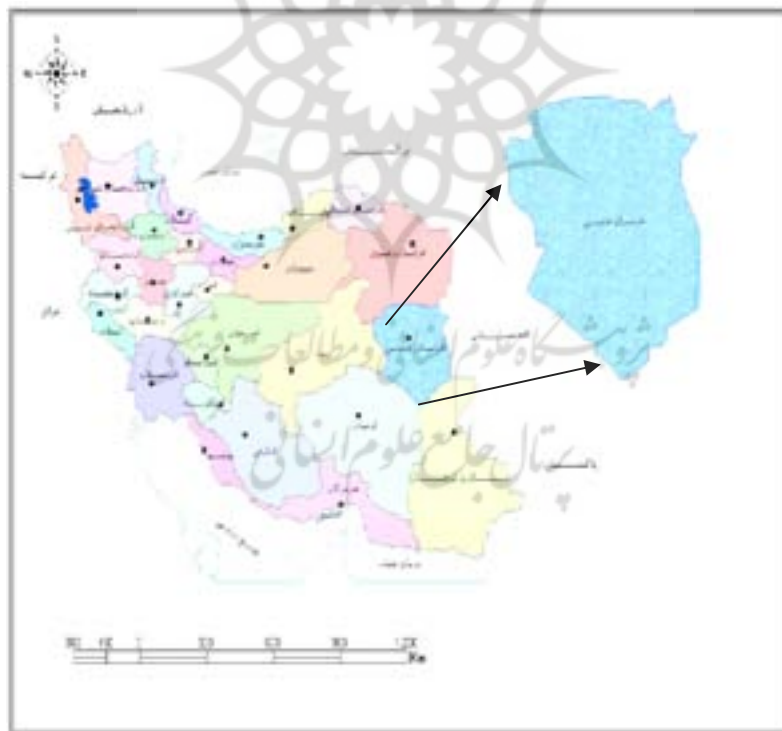
محدوده‌ی مورد مطالعه کل استان خراسان جنوبی می‌باشد که در بین عرض‌های جغرافیایی ۳۱° و ۳۰° تا ۱۵° و ۳۴° درجه‌ی شمالی، ۳۲° و ۵۷° تا ۵۰° و ۶۰° درجه‌ی طول شرقی گسترش یافته است (شکل ۱). به علت پایین بودن عرض جغرافیایی و نزدیکی به مدار رأس‌السرطان و به تبعیت از گردش عمومی جو در طول دوره‌ی گرم تحت تأثیر مرکز پرفشار جنب حاره‌ای واقع و دارای رژیم بارش زمستانه است.

در سال‌های اخیر به دلیل فراهم نبودن شرایط جوی، ریزش‌ها به حداقل کاهش یافته است. بطوری که میانگین بارندگی در ایستگاه بیرجند به عنوان مهمترین ایستگاه منطقه ۱۷۷ میلیمتر با ضریب تغییرپذیری ۳۰ درصد می‌باشد. میانگین بارش منطقه حدود ۱۸۰ میلیمتر

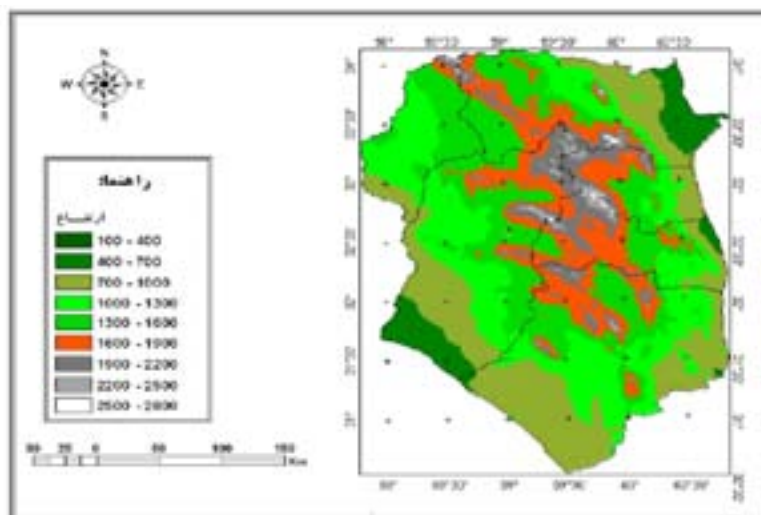
می‌باشد که کمتر از یک چهارم بارش جهانی است. لازم به ذکر است که به دلیل موقعیت قرارگیری استان در حاشیه‌ی شرقی کویر لوت و شرایط نامساعد آب و هوایی فاصله‌ی ایستگاه‌های منطقه زیاد و تعداد آن نیز کم می‌باشد با این وجود از آنجا که خشکسالی یک پدیده‌ی منطقه‌ای است برای بررسی ویژگی‌های آن از سایر ایستگاه‌های همجوار استفاده شده است.

### توپوگرافی منطقه

نقشه‌ی توپوگرافی خراسان جنوبی بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه شده است. بر اساس شکل (۲) بیشتر نقاط استان ارتفاع کمتر از ۲۰۰۰ متر دارند. نقاط دارای ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر در استان بسیار کم است. از مهمترین ویژگی کوه‌های استان می‌توان به امتداد شمالی - جنوبی آن و نیز وجود گسل‌هایی مانند خضری و نهبندان اشاره کرد. در حال حاضر فرسایش آبی و بادی در این مجموعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت استان خراسان جنوبی در ایران



شکل ۲: نقشه‌ی ناهمواری‌های استان خراسان جنوبی

#### اقلیم منطقه

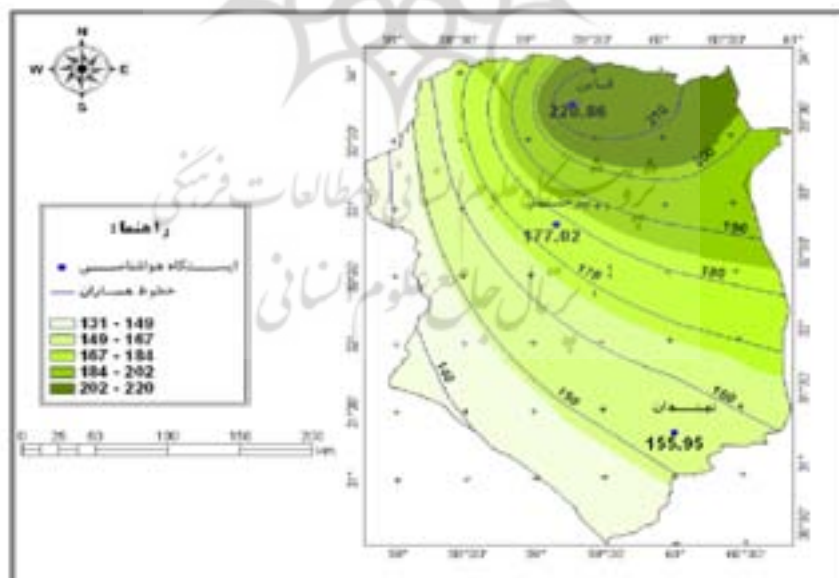
خراسان جنوبی بر روی کمربند آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک کره زمین واقع شده است. دوری از دریا و مجاورت با مناطق کویری نمک و لوت و صحرای قره‌قوم ترکمنستان و بادهای فرناحیه‌ای نظیر باد ۱۲۰ روزه‌ی سیستان بر خشکی هوا در این منطقه افزوده است. میانگین بارش در خراسان جنوبی طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۳-۱۹۷۴) حدود ۱۸۰ میلیمتر است. قلت میزان بارندگی و توزیع نامناسب زمانی و جغرافیایی آن، نوسان درجه‌ی حرارت و تبخیر شدید شرایط اقلیمی نامساعدی را برای فعالیت‌های اقتصادی به ویژه در شهرستان‌های جنوبی و مرکزی ایجاد کرده است. نوسان‌های آب و هوایی و وقوع خشکسالی از نوع خشکسالی‌های سال‌های اخیر میزان بارندگی را تا حدود ۳۰ درصد میانگین سالانه کاهش داده است. استان خراسان جنوبی از نظر شرایط ماکروکلیمایی از چنان شرایطی برخوردار نیست که برای تمام سال تحت تأثیر شرایط همسانی از نظر توده‌های هوا قرار گیرد. از این رو از نظر دینامیکی و ژنتیک اقلیمی در یک ناحیه‌ی انتقالی با شرایط متناوب اقلیمی قرار می‌گیرد. بطوری‌که از یک طرف در محدوده‌ی اقلیمی پرفشار جنب حاره‌ای (STHP) و از طرف دیگر تحت تأثیر سیستم‌های مدیترانه و پرفشار سیبری قرار دارد. از یک سو دارای تابستان‌های گرم و خشک با حداکثر درجه‌ی حرارت و از سوی دیگر دارای نواحی شمالی سرد و مرطوب و نواحی جنوبی سرد و خشک می‌باشد (فال سلیمان، ۱۳۷۲: ۱۵). در مجموع آب و هوای استان تحت تأثیر متناوب توده‌های هوای شمالگان و توده‌های هوای مدیترانه‌ای در فصل سرد و پرفشار آزور در دوره‌ی گرم سال است (علیچانی، ۱۳۷۹: ۲۸).

## وضعیت بارندگی استان

میانگین بارندگی در شش ایستگاه مورد مطالعه در خراسان جنوبی به شرح جدول (۱) است

جدول ۱: وضعیت بارندگی در ایستگاههای مورد مطالعه

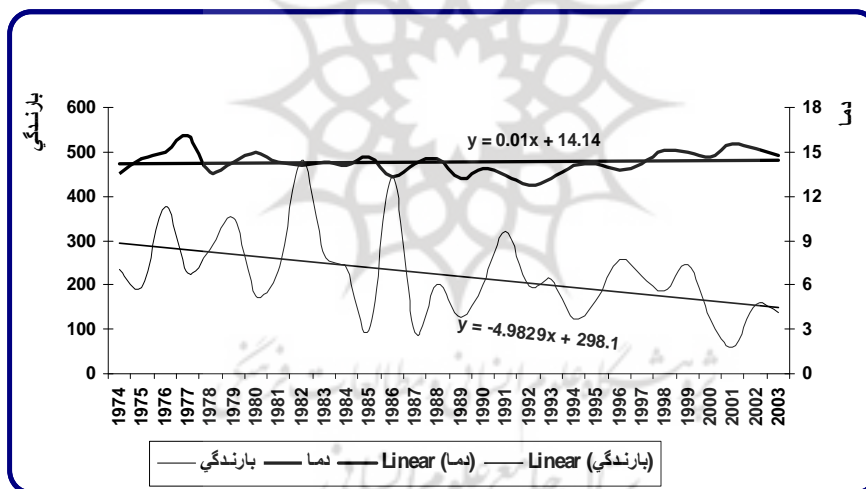
بشرویه	گناباد	فردوس	نهبندان	قاین	بیرجند	وضعیت بارندگی
۱۰۳/۰۱	۱۵۹/۲۲	۱۵۸/۲۷	۱۵۵/۹۵	۲۲۰/۸۶	۱۷۷/۰۲	میانگین مجموع بارش سالانه
۴۵/۲۵	۷۰/۷۴	۶۳/۷۵	۶۱/۹۵	۹۴/۴۳	۷۵/۰۳	میانگین مجموع بارش بهار
۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۹۱	۰/۷۴	۰/۹	میانگین مجموع بارش تابستان
۴/۷۹	۹/۶۴	۸/۷۲	۵	۱۱/۹۲	۱۱/۳۶	میانگین مجموع بارش پاییز
۵۲/۱۹	۷۸	۸۵/۱۰	۸۸/۰۹	۱۱۳/۷۷	۸۹/۷۳	میانگین مجموع بارش زمستان
۴۳/۹۵	۴۴/۴۳	۴۰/۲۸	۳۹/۷۲	۴۲/۷۶	۴۲/۳۸	درصد بارش فصل بهار
۰/۷۵	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۵۱	درصد بارش فصل تابستان
۴/۶۴	۶/۰۵	۵/۵۱	۳/۲۱	۵/۴	۶/۴۲	درصد بارش فصل پاییز
۵۰/۶۶	۴۸/۹۹	۵۳/۷۷	۵۶/۴۹	۵۱/۵۰	۵۰/۶۹	درصد بارش فصل زمستان
۳۰/۱۱	۴۸/۳۷	۴۷/۷۶	۶۵/۲۶	۹۸/۵۱	۵۳/۱۷	انحراف معیار بارش سالانه
۹۰/۷/۰۴	۲۳۴/۰/۱	۲۲۸/۱/۸	۴۲۵/۹/۵	۹۷۰/۶/۱	۲۸۲۷/۵	واریانس بارش سالانه



شکل ۳: نقشه‌ی خطوط همباران استان خراسان جنوبی (۱۹۷۴-۲۰۰۳)

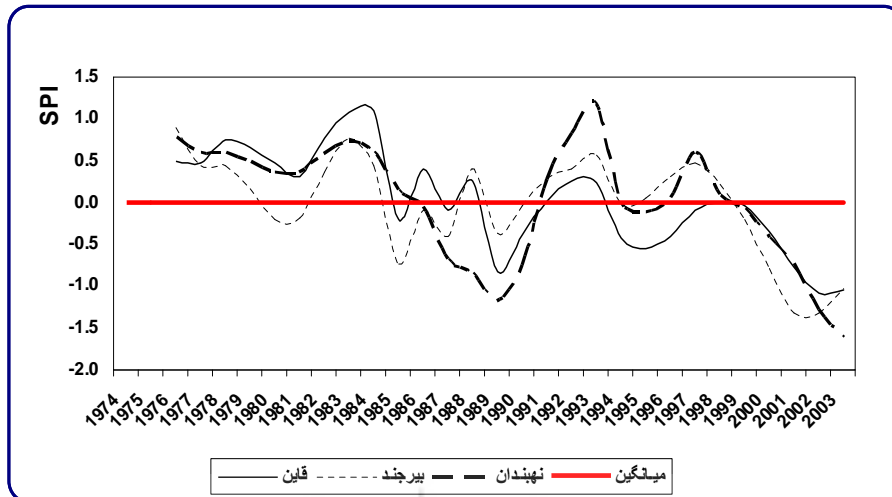
### وضعیت ایستگاه بیرجند به عنوان ایستگاه نمونه‌ی منطقه

وضعیت بارندگی و دما در طول دوره‌ی مورد مطالعه (۱۹۷۴-۲۰۰۳) ایستگاه بیرجند به صورت شکل (۴) ترسیم شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود در طول دوره‌ی ۳۰ ساله‌ی مورد مطالعه روند بارش در این ایستگاه همواره به صورت کاهشی بوده است. ضریب تغییرپذیری بارندگی ایستگاه بیرجند معادل  $۳۰/۰۴$  درصد بوده است. در همین دوره روند تغییرات دما به صورت افزایشی بوده است. تغییرات سال به سال دما کم و ضریب تغییر پذیری آن  $۴/۶۵$  درصد است. از این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌هایی که دما افزایش داشته و در طرف مقابل بارندگی کاهش داشته خشکسالی در منطقه حاکم بوده است. هرچه تفاوت بین دما و بارش بیشتر شده به همان میزان خشکسالی شدیدتر بوده است. موارد فوق را نقشه‌های تعیین‌کننده‌ی پهنه‌های خشکسالی نیز تأیید می‌نماید. به طوری که شدیدترین خشکسالی ایستگاه بیرجند در سال ۲۰۰۱ بوده که در نمودار فوق نیز تفاوت دما و بارندگی در این سال حداکثر بوده است.



شکل ۴: روند بارندگی و دما در ایستگاه قاین (۱۹۷۴-۲۰۰۳)

بر اساس میانگین متحرک سه ساله خشکسالی‌های استان خراسان جنوبی بطور متوسط با دوره‌های هشت ساله تکرارپذیر است بر اساس آن در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۴ وضعیت ترسالی بر استان حاکم بوده است. از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۲ شرایط خشکسالی حاکم شده و در بازه ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۹ یک دوره‌ی کوتاه ترسالی حاکم شده است. اما از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ یک دوره‌ی خشکسالی خیلی شدید در استان حاکم بوده است (شکل ۵).



شکل ۵: نمودار میانگین متحرک سه ساله‌ی شاخص SPI خراسان جنوبی در دوره‌ی آماری (۱۹۷۴-۲۰۰۳)

## مواد و روش‌ها

### معرفی شاخص استاندارد بارش (SPI)<sup>۱</sup>

شاخص بارش استاندارد یکی از شاخص‌های اساسی در مطالعه‌ی تغییرات حول مرکز به‌شمار می‌آید که محاسبه‌ی آن نیازمند داشتن میانگین و انحراف معیار درازمدت مقادیر بارندگی برای دوره‌های مورد مطالعه است (بورناکورسو و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۷۵). این شاخص اساساً برای تعریف و پایش خشکسالی و ترسالی ارزیابی شده است (تسکریس وانگیلس، ۲۰۰۴: ۲). این شاخص به تحلیل‌گر امکان می‌دهد تا تعداد وقایع خشکسالی و ترسالی اتفاق افتاده را برای هرگام زمانی دلخواه تعریف و شناسایی نماید (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳: ۱۷۹). از آنجاکه این شاخص بی‌بعد می‌باشد، می‌توان به کمک آن اطلاعات مناطق مختلف را با هم مقایسه و نقشه‌های گستره‌ی خشکسالی را با دقت بیشتری تولید نمود (گ نیو، ۲۰۰۰: ۶).

از جمله مزایای دیگر این شاخص آن است که می‌توان خشکسالی‌های شدید و ترسالی‌های شدید منطقه را شناسایی و با برازش تابع چگالی احتمال، تحلیل فراوانی بر روی آن انجام داد (لیویدا و اسماکوپولوس، ۲۰۰۷: ۱۴۵). برای این پژوهش ابتدا داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی واقع در استان و برخی ایستگاه‌های استان‌های مجاور در یک بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله (۱۹۷۴ - ۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفتند (رضیعی و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۰۴).

1- Standard Precipitation Index



## داده‌ها و تعیین شاخص ایستگاههای مختلف

مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در این تحقیق به شرح جدول زیر است (جدول شماره ۲).

جدول ۲: مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	میانگین بارش	میانگین دما
بیرجند	۱۲ ۵۹	۳۲ ۵۷	۱۴۹۱	۱۷۷	۱۶/۱
قاین	۲۰ ۵۹	۳۳ ۴۰	۱۴۳۲	۲۲۰	۱۴/۳
نهبندان	۲۰ ۶۰	۳۱ ۳۲	۱۲۱۱	۱۵۵	۱۹/۶۵
فردوس	۱۰ ۵۸	۳۴ ۱۰	۱۵۰۰	۱۵۸	۱۸/۸
گناباد	۴۱ ۵۸	۳۴ ۲۱	۱۰۵۶	۱۵۹	۱۸/۹
بشرویه	۲۷ ۵۷	۳۳ ۵۴	۸۸۵	۱۰۳	۲۰/۶

شاخص SPI یا همان استاندارد بارش برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط مک‌کی (Mckee) و همکارانش جهت تعیین خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت. شاخص SPI که تنها بر پایه‌ی استفاده از معیار بارندگی استوار است، جهت تعیین خشکسالی و ترسالی استان در فاصله‌ی زمانی مورد مطالعه (۲۰۰۳-۱۹۷۴) مورد استفاده قرار گرفت. پس از تعیین شاخص SPI فصلی ایستگاهها، سری‌های زمانی با توجه به شدت‌های مختلف طبقه‌بندی و با تکنیک مرتب‌سازی، داده‌های فصلی در قالب ستونی و سنواتی تنظیم شد (خسروی، ۱۳۸۲: ۱۷۱). شکل شماره (۶) تغییرات خشکسالی استان را در طی دوره‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. در طی ۱۲۰ فصل پی‌درپی (۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳) دوره‌های عمده‌ی خشکسالی به شرح زیر بودند.

- دوره‌ی خشکسالی تابستان ۱۹۷۴ تا پاییز ۱۹۷۶

- دوره‌ی خشکسالی زمستان ۱۹۸۳ تا زمستان ۱۹۸۵

- دوره‌ی خشکسالی بهار ۱۹۸۸ تا پاییز ۱۹۹۰

- دوره‌ی خشکسالی بهار ۱۹۹۶ تا زمستان ۱۹۹۶

- دوره‌ی خشکسالی زمستان ۲۰۰۰ تا بهار ۲۰۰۴

دوره‌های فوق بر اساس شکل (۶) استخراج شده است. بدین گونه که سال‌هایی را که خشکسالی‌ها به هم نزدیک بوده‌اند را به عنوان یک دوره در نظر گرفته‌ایم. در دوره‌ی خشکسالی طولانی زمستان ۲۰۰۰ تا بهار ۲۰۰۴، حداکثر شدت خشکسالی مشاهده شد. علیجانی و بنی‌واهب نیز در دوره‌ای ۴۷ ساله بر روی ایستگاه بیرجند به نتایج مشابهی دست یافته‌اند (بنی‌واهب و علیجانی، ۱۳۸۴: ۴۰). در مرحله‌ی بعد با تعیین یک شاخص منطقه‌ای



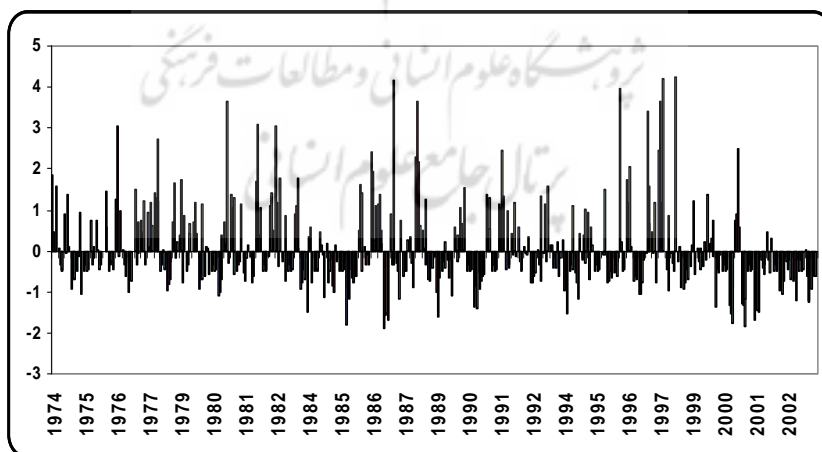
( $+0/5$  و  $-0/5$ ) خشکسالی‌ها و ترسالی‌های فراگیر استان مشخص شد (جدول ۳ و ۴). بر اساس این شاخص خشک‌ترین سال، سال ۲۰۰۱ و مرطوب‌ترین آن سال ۱۹۸۲ می‌باشد. برای تعیین شدت و طول مدت دوره‌های خشک و مرطوب سعی شد، پنج سال خشک و پنج سال مرطوب مورد استناد قرار گیرد. نمره‌ی استاندارد ایستگاههای منتخب در دوره‌های خشک در جدول (۳) و دوره‌های مرطوب در جدول (۴) ذکر شده است.

جدول ۳: شاخص SPI خشک‌ترین سال‌های ایستگاههای منتخب استان در دوره‌ی آماری (۱۹۷۴-۲۰۰۳)

سال	بیرجند	قاین	نهبندان	فردوس	گناباد	بشرویه
۲۰۰۱	-۱/۹۸	-۱/۶۳	-۲/۱۸	-۱/۸۹	-۱/۱۲	-۱/۰۸
۱۹۸۵	-۱/۸۹	-۱/۲۴	-۰/۲۹	-۱/۱۸	-۱/۲۳	-۱/۰۹
۱۹۸۷	-۱/۴۹	-۱/۳۱	-۱/۶۵	-۰/۵۶	-۰/۹۴	۰/۴۱
۲۰۰۰	-۱/۵۶	-۰/۹۸	-۰/۶۱	-۱/۲۰	-۱/۲۴	-۱/۰۱
۱۹۹۴	-۰/۲۷	-۰/۹۸	-۱/۲۰	-۰/۴۷	-۱/۴۱	-۰/۴۳

جدول ۴: شاخص SPI مرطوب‌ترین سال‌های ایستگاههای منتخب استان در دوره‌ی آماری (۱۹۷۴-۲۰۰۳)

سال	بیرجند	قاین	نهبندان	فردوس	گناباد	بشرویه
۱۹۸۲	۱/۶۴	۲/۶۵	۱/۰۷	۱/۵۵	۲/۸۷	۰/۵۸
۱۹۹۱	۱/۴۷	۱	۲/۳۱	۱/۲۰	۱/۴۳	۰/۸۰
۱۹۸۶	۲/۱۸	۲/۳۵	-۰/۱۲	۱/۸۵	۱/۰۸	-۰/۱۷
۱۹۷۶	۰/۸۲	۱/۵۹	۰/۷۵	۱/۰۳	-۰/۱۸	۱/۶۳
۱۹۷۴	۱/۵۴	۰/۱۳	۱/۰۲	۰/۹۶	۰/۵۸	۰/۳۶



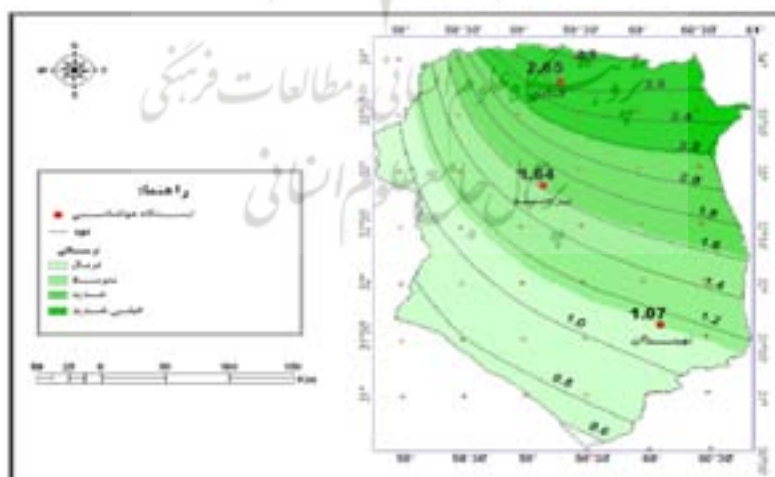
شکل ۶: نمودار تغییرات شاخص SPI فصلی استان خراسان جنوبی دوره‌ی آماری ۱۹۷۴-۲۰۰۳

## بحث و نتایج

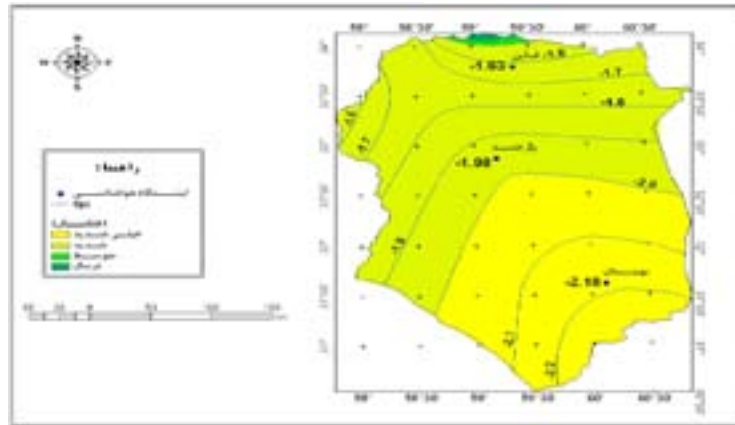
### پهنه‌بندی نواحی مختلف استان بر اساس شدت خشکسالی

در طول دوره‌ی آماری ۳۰ ساله شدیدترین خشکسالی مربوط به سال ۲۰۰۱ بوده است (اکبری، ۱۳۸۴: ۴۰). در این سال کل استان دچار خشکسالی شدید بوده در عین حال که در نواحی جنوبی (نه‌بندان) از شدت بیشتری برخوردار بوده است. پس از آن سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۱۹۹۴ به ترتیب از شدت‌های بالاتری برخوردار بوده‌اند. آنچه از این نقشه‌ها بر می‌آید این است که در طول دوره‌ی آماری تمام ایستگاه‌های استان و استان‌های مجاور خشکسالی‌های شدیدی را تجربه کرده‌اند. آمارها نشان می‌دهند که بیش از ۵۰ درصد از شدیدترین خشکسالی‌های استان در فاصله سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۹ اتفاق افتاده است.

نقشه‌های خشکسالی وجود دو ناحیه با دو چهره‌ی متفاوت را در قسمت شمالی و جنوبی استان نشان می‌دهد. بطوری‌که در نیمه‌ی شمالی استان خشکسالی شدت کمتری نسبت به بخش جنوبی و غربی دارد. البته نواحی مرکزی استان هم از این وضعیت بی‌بهره نیست. بطوری‌که در سال ۱۹۸۵ ایستگاه بیرجند در بخش میانی استان شدیدترین خشکسالی خود را با  $SPI = -1/89$  تجربه کرده است. این در حالی است که در همین سال نواحی جنوب، جنوب شرق و شمال غربی استان از شرایط نرمالی برخوردار بوده است. بطور کلی نقشه‌های مربوط به شدیدترین خشکسالی‌ها در استان پتانسیل خشکسالی‌های شدید را نشان می‌دهند. اشکال (۷ و ۸) وضعیت نواحی مختلف استان را در شدیدترین ترسالی و خشکسالی نشان می‌دهند.



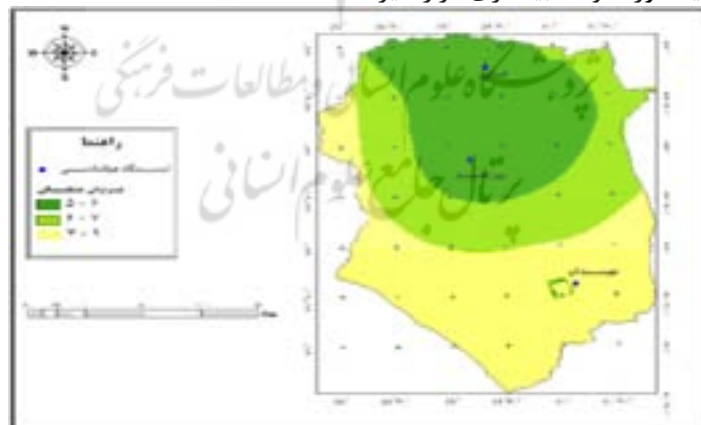
شکل ۷: تغییرات شدت ترسالی در استان خراسان جنوبی در سال ۱۹۸۲



شکل ۸: تغییرات شدت خشکسالی در استان خراسان جنوبی در سال ۲۰۰۱

**پهنه‌بندی و تعیین نواحی بر اساس فراوانی وقوع خشکسالی**

برای پهنه‌بندی استان بر اساس فراوانی وقوع خشکسالی ابتدا میانگین متحرک ۳ساله SPI به دست آمد. پس از آن دو آستانه  $-0.5$  و  $+0.5$  برای خشکسالی و ترسالی تعیین شد. حد فاصل این دو آستانه به عنوان سال‌های نرمال در نظر گرفته شد. پس از آن تعداد سال‌هایی که ارزش آن  $-0.5$  و کمتر و  $+0.5$  و بیشتر بود به ترتیب به عنوان فراوانی خشکسالی و ترسالی ایستگاه در دوره‌ی آماری در نظر گرفته شدند. براساس نقشه پهنه‌بندی فراوانی خشکسالی‌ها نیز می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت‌های فضایی همانند میزان بارندگی در نقاط مختلف استان وجود دارد. لذا در نواحی جنوبی استان بالا بودن رخداد خشکسالی نسبت به نواحی شمالی در برنامه‌ریزی‌ها باید مورد توجه بیشتری قرار گیرند.



شکل ۹: پهنه‌بندی نواحی مختلف استان بر اساس فراوانی خشکسالی به سال در دوره‌ی آماری (۲۰۰۳-۱۹۷۴)

## تعیین پهنه‌ها بر اساس طول مدت خشکسالی

برای تعیین طول دوره‌های خشکسالی و ترسالی در منطقه‌ی مورد مطالعه جدول ۵ مورد نظر بوده است.

جدول ۵: آستانه‌های شاخص SPI

مقادیر SPI	
+۲	فوق العاده مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی ملایم
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی فوق العاده شدید

Makee, 1993

بر اساس شاخص SPI وضعیت ایستگاههای استان در بیشتر موارد نزدیک به نرمال بوده است. وضعیت هر ایستگاه در جدول (۶) مشخص شده است.

جدول ۶: وضعیت هر ایستگاه از نظر ترسالی و خشکسالی به درصد

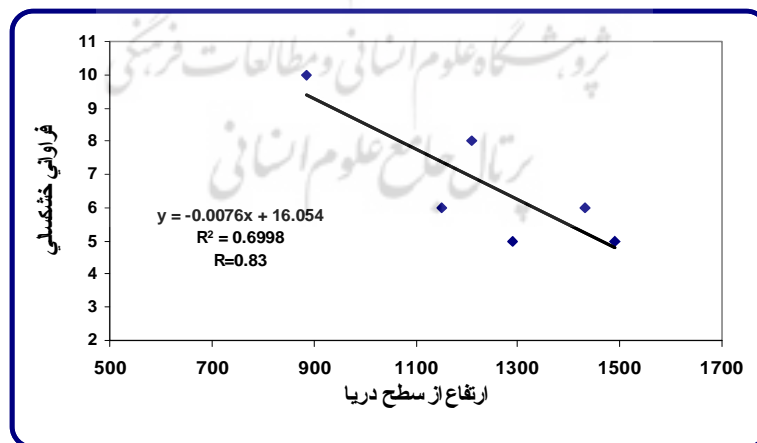
وضعیت	قاین	بیرجند	نهبندان
فوق العاده مرطوب	۴/۲	۴/۲	۵
خیلی مرطوب	۳/۳	۳/۳	۰
مرطوب متوسط	۷/۵	۵/۸	۱۳/۳
نزدیک نرمال	۷۸/۳	۷۷/۵	۷۴/۲
خشکسالی ملایم	۵	۶/۷	۵
خشکسالی شدید	۱/۷	۲/۵	۲/۵
خشکسالی فوق العاده شدید	۰	۰	۰

### بررسی رابطه‌ی فضای فراوانی وقوع خشکسالی با ارتفاع از سطح دریا

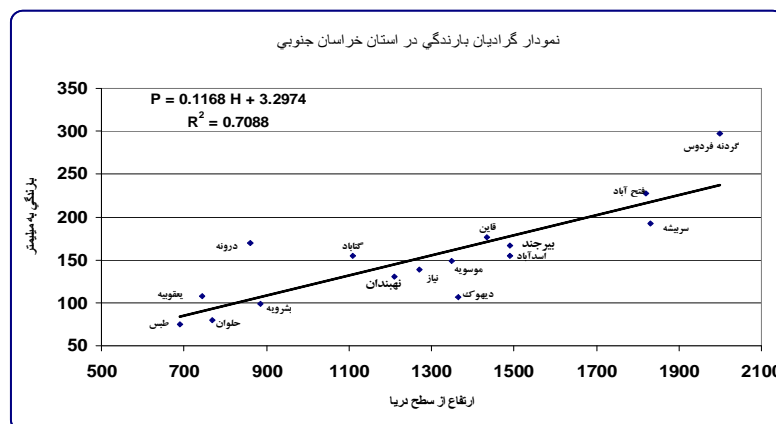
با آنالیز انجام شده مشخص شد که بین ارتفاع از سطح دریا و فراوانی وقوع خشکسالی یک رابطه‌ی معکوس قوی حاکم است. همانطور که شکل ۱۱ نشان می‌دهد در ایستگاههایی که در ارتفاع پایین‌تری از سطح دریا قرار دارند، تعداد فراوانی خشکسالی‌های رخ داده بیشتر است. تعداد رخداد خشکسالی ایستگاهها در جدول (۷) بیان شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین فراوانی خشکسالی در ایستگاه بشرویه با ۱۰ سال و کمترین فراوانی را، ایستگاه بیرجند با ۵ سال داشت. بین تکرار خشکسالی و ارتفاع از سطح دریا یک رابطه‌ی معکوس نسبتاً قوی با ضریب همبستگی  $R = 0.83$  وجود دارد. همچنین با قرار دادن ارتفاع از سطح دریا در فرمول  $D = -0.0076H + 16.054$  تعداد فراوانی وقوع خشکسالی ایستگاه را می‌توان به دست آورد.

جدول ۷: رابطه‌ی تعداد خشکسالی با ارتفاع از سطح دریا (به سال)

نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا	فراوانی خشکسالی‌ها (سال)
بیرجند	۱۴۹۱	۵
قاین	۱۴۳۲	۶
نهبندان	۱۲۱۱	۸
بشرویه	۸۸۵	۱۰
گناباد	۱۱۵۰	۶
فردوس	۱۲۹۰	۵



شکل ۱۰: رابطه‌ی ارتفاع از سطح دریا و میزان بارش



شکل ۱۱: رابطه‌ی خشکسالی و ارتفاع از سطح دریا

بررسی رابطه‌ی بارندگی و ارتفاع از سطح دریا در ۱۶ ایستگاه منطقه نشان می‌دهد که بین این دو پارامتر یک رابطه‌ی مستقیم و قوی با ضریب همبستگی  $R = 0.71$  وجود دارد. به این معنا که در ایستگاههای مرتفع میزان ریزش باران بیشتر از ایستگاههای واقع در نقاط پست است. به عنوان مثال همانطور که شکل شماره‌ی ۱۰ نشان می‌دهد ایستگاه گردنه‌ی فردوس با ارتفاع ۲۰۰۰ متر دارای حداکثر ریزش جوی به میزان  $۲۹۷/۴$  میلیمتر و ایستگاه طس با ارتفاع ۶۹۰ متر دارای حداقل بارندگی به میزان  $۷۴/۸$  میلیمتر است.

بر اساس استدلال فوق فرض وجود تفاوت‌های فضایی به لحاظ وقوع خشکسالی در استان را می‌توان پذیرفت. زیرا که نقاط دارای ارتفاع بیشتر خشکسالی‌های کمتری را تجربه کرده‌اند و نقاط پست‌تر خشکسالی‌های بیشتری را پشت سر گذاشته‌اند.

### نتیجه‌گیری

برای مطالعه‌ی ویژگی‌های خشکسالی در خراسان جنوبی از آمار ایستگاههای کل استان و استان‌های همجوار در فاصله (۲۰۰۳-۱۹۷۴) استفاده شد. نوسان بارش ماهانه و درجه‌ی حرارت در نقاط مختلف استان باعث شده است که نواحی شمالی از اقلیمی سرد و نواحی جنوبی از آب و هوایی نسبتاً سرد و خشک برخوردار باشد. بررسی روابط بین نوسان‌های بارندگی ایستگاهها نشان می‌دهد که بین بارندگی و ضریب تغییرات آن اتباط معکوسی وجود دارد. بطوری‌که هر چه بارندگی افزایش یابد ضریب تغییرپذیری آن کاهش می‌یابد. به عنوان مثال میانگین بارندگی ایستگاه بیرجند و نهبندان به ترتیب ۱۷۷ و ۱۵۳ و ضریب تغییرات آنها به ترتیب ۳۰ و ۴۲ می‌باشد. در نتیجه اطمینان نسبی به بارش در نواحی شمالی استان بیشتر

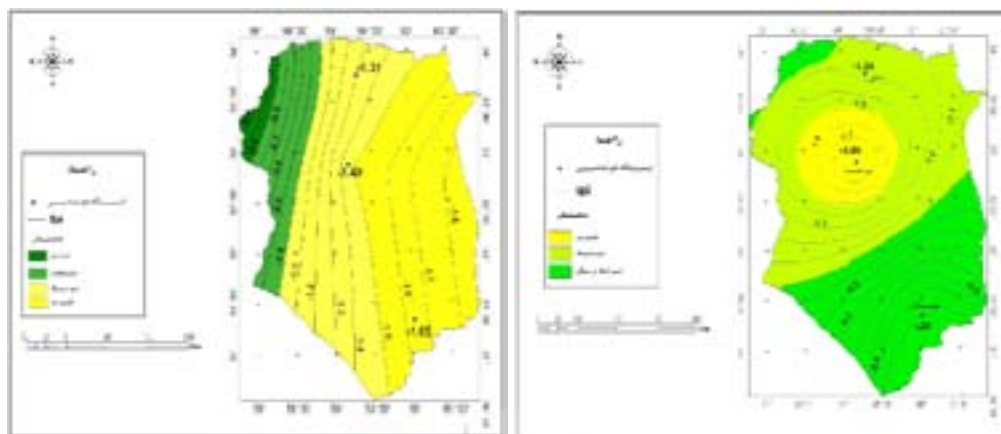
و در نواحی جنوبی کمتر است. از آنجا که خشکسالی در نتیجه‌ی کمبود بارش حادث می‌شود، شدت و ضعف این بلیه‌ی طبیعی در اثر نوسان‌های آن صورت می‌گیرد.

بررسی سری زمانی شاخص SPI نشان داد که این شاخص در مقیاس کوتاه مدت نتایج قابل قبولی ارائه نمی‌دهد در حالی که در دوره‌های طولانی‌تر می‌توان از آن برای ارزیابی مقادیر بارش در مناطق خشک سود جست. روش‌های گوناگونی برای مطالعه‌ی خشکسالی ارائه شده که برخی از آنها عبارتند از: شاخص پالمر، شاخص دهک‌ها، شاخص درصدی از نرمال و... محققین این مقاله از میان این روش‌ها شاخص استاندارد بارش (SPI) را به دلیل سادگی، بی‌بعد بودن، انعطاف پذیری و جامعیت نسبت به دیگر شاخص‌ها برای مطالعه‌ی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های فراگیر خراسان جنوبی برگزیده است. پس از ترسیم نمودار سری زمانی شاخص (SPI) مشخص شد که استان خراسان جنوبی در طول دوره‌ی آماری (۲۰۰۳-۱۹۷۴) به استثناء چند دوره‌ی کوتاه ترسالی، خشکسالی‌هایی با درجه‌ی بسیار شدید تا شدید را تجربه کرده است. (سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۳ خشکسالی در نوع خود بی‌نظیر بوده است.)

میانگین متحرک استان نشان می‌دهد که خشکسالی‌های استان با دوره‌های متناوب حدوداً هشت‌ساله تکرار پذیر است. پهنه‌بندی خشکسالی‌های استان نشان می‌دهد که نواحی جنوبی، جنوب‌غربی و غربی استان استعداد بیشتری برای این پدیده دارند. فراوانی، شدت، وسعت و دوره‌ی تداوم خشکسالی‌های منطقه و ایران منتج از شرایط عدیده اقلیمی است که سیستم‌های گردش عمومی جو و ویژگی‌های محلی، ارتفاع، وضعیت منطقه از نظر دریافت اثرات سیستم‌های مهاجر فرامنطقه‌ای (بادهای غربی، آنتی‌سیکلون سیبری و...) کاربری اراضی و سایر عوامل است. بطور قطع شرایط توپوگرافی در کم و کیف خشکسالی اهمیت ویژه‌ای دارد. همانطور که نقشه‌های شدت خشکسالی نشان می‌دهند، نقاطی که ارتفاع بیشتری داشته‌اند خشکسالی‌های ضعیف‌تری را تجربه کرده‌اند.

موضوع دیگری که در خشکسالی‌های منطقه مؤثر بود دوری از سیستم‌های باران‌زا است. از آنجا که به دلیل قرارگیری ایران در شمال مدار ۳۰ درجه بارش‌های آن عمدتاً زمستانه است و حداکثر بارندگی استان در فصل زمستان ریزش می‌کند، سیستم‌های باران‌زا که در فصل زمستان به منطقه وارد می‌شوند اغلب قبل از رسیدن به منطقه رطوبت خود را از دست داده و دارای حداقل رطوبت هستند. به لحاظ پوشش گیاهی در این منطقه گیاهان مقاوم به خشکی از قبیل تاغ، گز، خار ... رشد می‌کنند. بطوری که در خشکسالی‌های نسبتاً طولانی اخیر قطعاً پوشش نباتی و حیات جانوری آسیب جدی دیده‌اند و دهها میلیارد ریال به بخش‌های کشاورزی، آب‌های زیرزمینی و اقتصادی آسیب وارد شده است.



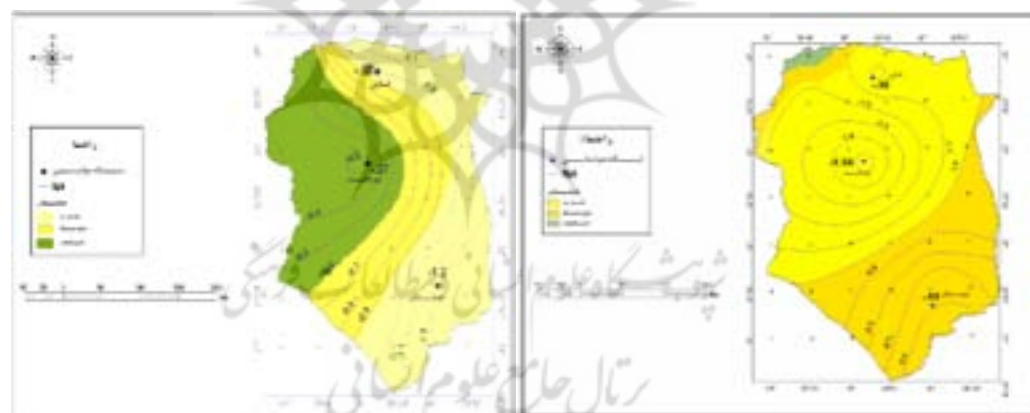


شکل ۱۳: تغییرات شدت خشکسالی در استان

خراسان جنوبی در سال ۱۹۸۵

شکل ۱۴: تغییرات شدت خشکسالی در استان

خراسان جنوبی در سال ۱۹۸۷

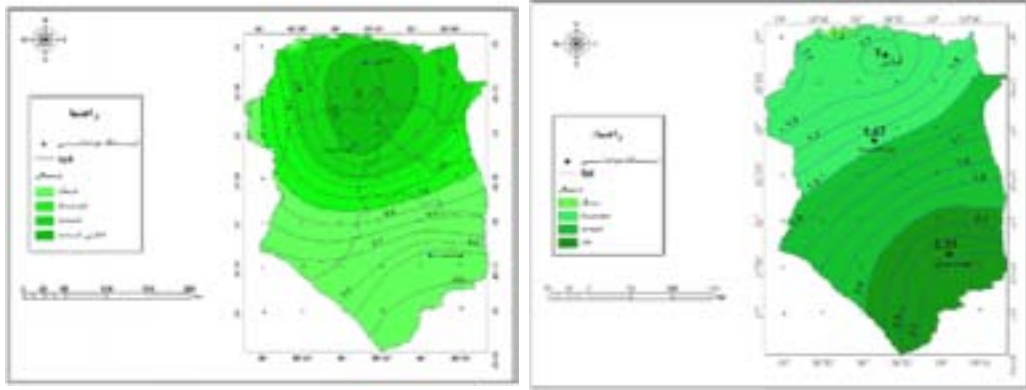


شکل ۱۵: تغییرات شدت خشکسالی در استان

خراسان جنوبی در سال ۲۰۰۰

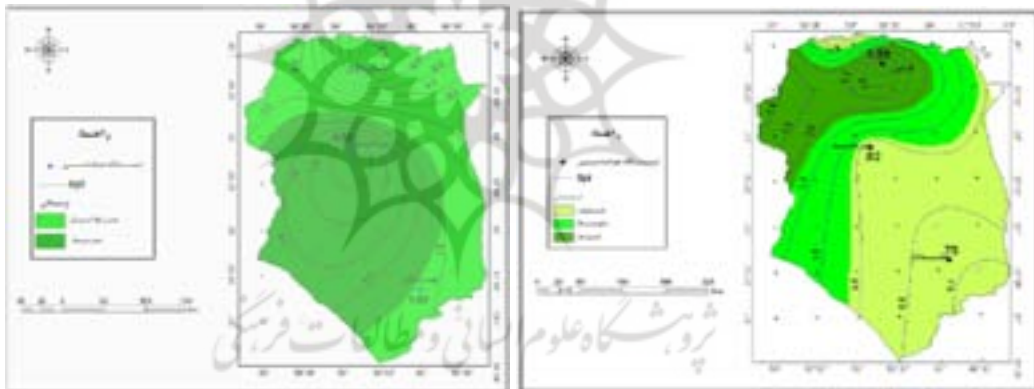
شکل ۱۶: تغییرات شدت خشکسالی در استان

خراسان جنوبی در سال ۱۹۹۴



شکل ۱۸: تغییرات شدت ترسالی در استان خراسان جنوبی در سال ۱۹۸۶

شکل ۱۷: تغییرات شدت ترسالی در استان خراسان جنوبی در سال ۱۹۹۱



شکل ۲۰: تغییرات شدت ترسالی در استان خراسان جنوبی در سال ۱۹۷۴

شکل ۱۹: تغییرات شدت ترسالی در استان خراسان جنوبی در سال ۱۹۷۶

## منابع و مأخذ

- ۱- اکبری، محمد (۱۳۸۴). تحلیل خشکسالی‌های استان خراسان جنوبی از دیدگاه اقلیم‌شناسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی.
- ۲- بری ابرقویی، حسین؛ جواد بذاق‌جمالی، محمود توکلی (۱۳۸۲). کاربرد برخی از شاخص‌های آماری هواشناسی جهت ارزیابی شدت خشکسالی در مقیاس کشوری (بین استان‌ها)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره پیاپی ۶۹. مشهد.
- ۳- بنی‌واهب، علیرضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۴). بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل‌های آماری، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۲. سال سی و هفتم. دانشگاه تهران.
- ۴- خسروی، محمود (۱۳۸۳). بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه. سال دوم. شماره پیاپی ۳. پژوهشکده علوم زمین و جغرافیا. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۵- خوش‌اخلاق، فرامرز (۱۳۷۶). بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره پیاپی ۴۵.
- ۶- رضیئی، طیب و همکاران (۱۳۸۲). پایش پدیده خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص Spi، اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۹ مهر - ۱ آبان. دانشگاه اصفهان.
- ۷- سالنامه‌های هواشناسی کشور. ۲۰۰۳-۱۹۷۴. استان خراسان جنوبی.
- ۸- کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی (۱۳۷۸). مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.
- ۹- علیجانی، بهلول (۱۳۷۹). آب و هوای ایران، انتشارات پیام نور. چاپ چهارم.
- ۱۰- غیور، حسنعلی و سیدابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۶). بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالی‌ها در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره پیاپی ۴۵.
- ۱۱- فال‌سلیمان، محمود (۱۳۷۲). آمایش نواحی خشک و نیمه‌خشک با تکیه بر محدودیت منابع آب (نمونه‌ی موردی حوضه آبریز بیرجند)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۲- فرج‌زاده‌اصل، منوچهر (۱۳۷۴). تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۳- لشنی‌زند، مهران (۱۳۸۲). بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی‌های اقلیمی، اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۹ مهر - ۱ آبان. دانشگاه اصفهان.
- 14-Agnew, C.T, 2000, Using the SPI to identify drought, Drought Network News, Vol. 12, No. 1, Winter 1999-Spring 2000
- 15-Bonaccorso.B and Others, 2003, Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily, Water Resources Management 17: 273-296
- 16-Hayes.M, Revisiting the SPI: Clarifying the Process, Drought Network News, Vol. 12, No. 1, Winter 1999-Spring 2000
- 17-Komuscu, A. U. 1999,Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey, Drought Network News 11(1):7-13.
- 18-Livada,I and V. D. Assimakopoulos,2007, Spatial and temporal analysis of drought in Greece using the Standardized Precipitation Index (SPI), Theoretical and Applied Climatology, Vol 89.
- 19-McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J.: 1993, The relationship of drought frequency and duration to time scales, in Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society , Boston, 179-184.
- 20-Tsakiris G,H.Vangelis,2004, Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI, Water Resources Management, vol 18.