

بررسی شدت خشکسالی با شاخص نرمال بارش (مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان)

داریوش رحیمی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان^۱
سعید موحدی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان
حمید برقی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان

چکیده

بحران آب یکی از مهمترین مشکلات و مسایل بحران‌های موجود در مدیریت جوامع انسانی و محیط زیست محسوب می‌گردد که تقریباً تمامی ارکان وجودی توسعه در سطوح بین‌المللی، منطقه‌ای، ملی و ناحیه‌ای را تحت تأثیر خود قرار داده است. عوامل مؤثر در ایجاد بحران مذکور دارای دامنه وسیع طبیعی (هیدرو کلیماتولوژی و...) و انسانی (مدیریتی، مصرفی و...) است. محدودیت منابع آب ناشی از رخداد خشکسالی‌های متوالی، یکی از مهمترین معضلات استان سیستان و بلوچستان است. در این مقاله کوشیده‌ایم با بررسی شدت خشکسالی و ناحیه‌بندی آن در محدوده استان، چگونگی رخداد خشکسالی و شدت‌های آن را مشخص کنیم. در بررسی خشکسالی استان سیستان و بلوچستان از روش آماری شاخص درصد نرمال استفاده گردید. بر اساس مطالعه مذکور بین ۳۶ تا ۵۲ درصد از سال‌های (۱۹۷۵-۲۰۰۵) مورد بررسی میزان بارش بیش از میانگین، ۱۰ تا ۲۳ درصد در آستانه خشکسالی، ۳ تا ۱۳ درصد خشکسالی ضعیف، ۶/۷ تا ۲۳ درصد خشکسالی متوسط، ۶ تا ۲۰ درصد خشکسالی شدید و ۶/۷ تا ۲۳ درصد خشکسالی است. همچنین، شدت‌های محاسباتی ایستگاه‌های چابهار، کنارک، خاش و زاهدان در توزیع لوگ نرمال، زابل و زهک در توزیع نرمال، ایرانشهر در توزیع ویبول و سراوان در توزیع نمایی، دارای بهترین برازش بوده، بر اساس شاخص مذکور استان با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای دارای سه پهنه است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، بارش نرمال، تهدیدات محیطی، توزیع لوگ نرمال، سیستان و بلوچستان

مقدمه

بحران آب یکی از مهمترین مسایل موجود در مدیریت جوامع انسانی، محیط زیست محسوب می‌گردد که تقریباً تمامی ارکان وجودی توسعه در سطوح بین‌المللی، منطقه‌ای، ملی و ناحیه‌ای را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در ایجاد و تشدید این بحران عوامل متعدد انسانی و طبیعی، مانند الگوی مصرف آب، نحوه بهره‌برداری از منابع آب، محل مصرف، تکنولوژی مصرف، میزان بارش‌های جوی، نوسان‌های پدیده‌های اقلیمی، ساختار زمین‌شناسی و غیر مؤثرند. تأثیر عوامل انسانی، نتیجه ساختارهای فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیک است که سیاست‌گذاری می‌تواند آن را محدود، مدیریت و یا تشدید کند.

تأثیر عوامل طبیعی در ایجاد بحران آب ناشی از رفتار عناصر مؤثر در تولید و توزیع و مصرف آب است؛ به‌گونه‌ای که بارش در شیوه تولید و میزان آب، ساختار زمین‌شناسی و توپوگرافیک در توزیع آن، میزان تبخیر و تعرق و توان اکولوژیک مناطق مختلف در مصرف آن تأثیر دارند؛ بدین صورت که میزان بارش سالانه (تولید آب) و ساختار زمین‌شناسی در شکل دهی آبخوان‌ها و توزیع جغرافیایی منابع آب زیر زمینی، ارتفاعات در میزان بارش دریافتی، ماندگاری منابع آب و حرکت آب‌های سطحی (توزیع منابع آب)، میزان تبخیر و تعرق در هدر رفت منابع و در نهایت، توان اکولوژیک سرزمین در نحوه مصرف آب (کشاورزی، جنگلداری، صنعت، دامپروری و...) تأثیر گذار است. در این میان، عوامل طبیعی مؤثر در بحران آب- اعم از بحران‌های مرتبط با تولید، مصرف و

توزیع- از تقدم بیشتری نسبت به عوامل دیگر برخوردارند. خشکسالی به همراه پدیده‌هایی، مانند زلزله، آتشفشان، سیلاب و لغزش از خطرات و تهدیدات زیست-محیطی محسوب می‌گردد، که در اثر عوامل هیدرو اقلیمی در طی یک یا چندین سال آبی رخ می‌دهد. تعاریف متفاوت و گوناگونی از خشکسالی ارائه گردیده که عمده آنها کاهش غیر مترقبه بارش در یک منطقه را تحت عنوان خشکسالی مد نظر قرار داده‌است. آنچه در زمینه تعریف خشکسالی مهم است، تعریف یا موضوع مورد بررسی است. برای مثال، چنانچه هدف مورد مطالعه کشاورزی باشد، در واقع به کاهش بارش توأم با کم شدن رطوبت خاک و افت میزان تولید محصولات کشاورزی خشکسالی اطلاق می‌گردد، و یا اگر موضوع مورد بررسی مربوط به مسایل هیدرولوژیک باشد، کاهش دبی در ایام سال نسبت به میانگین را خشکسالی می‌دانند و یا چنانچه مشخصات اقلیمی مدنظر باشد، کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین در منطقه‌ای را خشکسالی اقلیمی می‌نامند (کاویانی، ۱۳۸۰: ۷۱). آنچه که از تعاریف بالا در انواع خشکسالی‌ها استنباط می‌گردد، برجسته بودن نقش خشکسالی اقلیمی در رخداد انواع دیگر آن است.

به طور کلی، باید گفت که خشکسالی متفاوت و مخرب تر از خشکی است. در حالی که خشکی یک صفت اقلیمی و نوع ویژگی دایمی آب و هوای مناطق خشک محسوب می‌گردد. خشکسالی را کاهش یکباره بارش در مدت زمان معین می‌دانند (علیچانی و کاویانی، ۱۳۷۱). بدین ترتیب، خطرات خشکی به دلیل وفق یافتن سیستم‌های حیاتی با وضعیت متعارف اقلیمی مناطق خشک در مقایسه با

حوزه تأثیرگذاری از اهمیت بیشتری برخوردار است. محدوده مورد مطالعه به دلیل دور بودن از مسیر سیستم‌های بارش‌زای مؤثر بر کشور، واقع شدن در منطقه‌ای خشک و بیابانی و همچنین، مجاورت با مناطق خشک دیگر کشور و کشورهای همسایه-که امکان اجرای پروژه‌های انتقال آب حداقل جهت شرب را دارا نیستند- تأثیرات خشکسالی‌ها را به گونه شدیدتری حس نموده است. در این مقاله، برای شناخت بحران آب در استان سیستان و بلوچستان، شدت خشکسالی به عنوان مهمترین عامل ایجاد آن بررسی می‌گردد.

پیشینه

به منظور بررسی خشکسالی، از دیرباز روش‌های متنوع و متغیری ابداع گردیده است. پدیده‌های هواشناختی خشکسالی، ترکیبی از کسری رطوبت اتمسفر و خاک هستند که از بیلان منفی آب محیط مشهود می‌گردد. از این رو، پیچیدگی اکولوژیک ویژه پوشش گیاهی و خاک در اقلیم خشک و نیمه خشک عامل تغییر ضرایب خشکسالی بوده است. آغاز بررسی وضعیت خشکسالی به صورت کمی به سال ۱۸۸۷ مربوط است که سازمان هواشناسی انگلستان بین خشکسالی مطلق (یک دوره ۱۵ روزه با بارش کمتر از ۰/۲ میلی متر در روز) و خشکسالی جزئی (که متوسط بارندگی ۲۹ روزه کمتر از ۰/۲ میلیمتر است) تفاوت قایل شد. هویت (Hoyt: ۱۹۴۲) نشان داد که ارزیابی دقیق به موقع شدت خشکسالی با همه پیچیدگی خود به دامنه و

خشکسالی که تنش‌های شدید حیاتی را برای سیستم‌های حیاتی ایجاد می‌نمایند، بمراتب کمتر است. با توجه به حجم خساراتی که از طریق خشکسالی بر پیکره اقتصادی، محیطی و اجتماعی جوامع در دو سطح افقی و عمودی وارد می‌شود، بررسی و کاهش تأثیرات آن در کشورهای جهان، بویژه در مناطق خشکی، مانند ایران (همچون استان سیستان و بلوچستان) از اهمیت بالایی برخوردار است.

ایران با قرار گرفتن در منطقه خشک و بیابانی جهان با بارشی حدود یک سوم بارش جهانی (کردوانی، ۱۳۷۱) و نوسان‌های شدید مکانی و زمانی پدیده مذکور، از جمله کشورهای است که خسارات هنگفتی را از این تهدید طبیعی در گستره‌های مختلف بویژه در طی دهه‌های اخیر دریافت نموده است.

استان سیستان و بلوچستان به دلیل موقعیت طبیعی خود و عوامل زمین‌شناسی، تکتونیک، شرایط اقلیمی و هیدرولوژیک تهدیداتی مانند آتشفشان، خشکسالی، توفان‌های حاره‌ای و رژیم سیلابی رودخانه‌ها را ایجاد نموده است.

روش‌های بررسی خشکسالی و شدت آن متعدد بوده، در برگیرنده روش‌های آماری (شاخص درصد نرمال، استاندارد نمودن داده‌ها، احتمالات و سری‌های زمانی)، روش‌های هواشناختی (سینوپتیک و دینامیکی، شامل روش‌های محیط گردشی و گردشی محیطی) و روش‌های هیدرولوژیک (محاسبات بیلان آب) است (فرج زاده، ۱۳۸۴).

در این میان، خشکسالی با توجه به شدت، فراوانی و

محدوده مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان با وسعتی حدود ۱۸۱۷۸۵ کیلومتر مربع، پهناورترین استان کشور است که در بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی، در جنوب شرق کشور قرار دارد. این استان با مشخصات اقلیمی، همانند بارشی کمتر از ۶۵ میلی‌متر، میزان تبخیر بیش از ۵۰۰۰ میلی‌متر، خشکسالی‌های مخرب، وزش بادهای ۱۲۰ روزه (که از اواخر بهار تا پایان تابستان می‌وزد و در تشدید نیاز آبی و خشکی محیط موثر است). در زمره استان‌های خشک و بیابانی کشور قرار گرفته است. این استان با میانگین بارش سالیانه استان ۱۳۹/۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۶/۲۲ درجه سانتیگراد، منطقه‌ای خشک و بیابانی محسوب می‌شود (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۴).

مواد و روش کار

الف) مواد: برای بررسی خشکسالی‌ها از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان در طی دوره ۳۰ ساله (۱۹۷۵-۲۰۰۵) استفاده شده‌است. مشخصات ایستگاه‌های مذکور به شرح جدول شماره (۱) است.

گسترش ناحیه کمبود بارش نسبت به میانگین سالانه بستگی دارد. به عبارت دیگر، ارزیابی شدت خشکسالی‌هایی که از دامنه وسیعتری برخوردارند، آسانتر از خشکسالی‌های محدود انجام می‌گیرد. والن (Wallen: ۱۹۶۲) با بررسی منطقه خشکسالی‌های اقلیمی، کشاورزی و هیدرولوژیک استرالیا و کاربرد مطالعه خود در ارتباط با کشاورزی خاورمیانه، به این نتیجه رسید که مطالعه بیلان آب برای ارزیابی خشکسالی از همه واقع بینانه‌تر است (فرج زاده ۱۳۸۴). آستانه ۸۰ درصد میانگین بارش را مرز وقوع خشکسالی در ایران می‌داند و شدت خشکسالی را با دو عامل «درصد کاهش بارش‌های جوی» و «استمرار دوره‌ای» مرتبط می‌داند.

همچنین، می‌توان به مطالعات و تلاش‌هایی که بذرافشان (۱۳۷۹) توکلی و همکاران (۱۳۸۰)، کریمی و همکاران (۱۳۸۰)، کارآموز و همکاران (۱۳۸۰) دانشور و همکاران (۱۳۸۵) در زمینه تعیین شاخص خشکسالی و شدت آن در مناطق مختلف کشور به انجام داده‌اند، اشاره نمود. در این مطالعات، از روش‌های نسبت‌ها، سینوپتیک، استاندارد نمودن داده‌ها و احتمال وقوع خشکسالی استفاده گردیده و در این مطالعات خشکسالی به‌عنوان یک تهدید اقلیمی در کشور شناخته شده‌است که دارای دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰ ساله است. برای مثال، در مطالعه دانشور و همکاران (۱۳۸۵) دوره برگشت خشکسالی در مناطق جنوب شرقی کشور ۲ ساله تعیین شده‌است.

جدول شماره ۱ مشخصات ایستگاههای سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان

ایستگاه	طول جغرافیا	عرض جغرافیا	ارتفاع (متر)	دوره آماری
چابهار	۶۰/۳۷	۲۵/۱۷	۸	۴۳
ایران شهر	۶۰/۴۲	۲۷/۱۲	۵۹۱	۴۲
خاش	۶۱/۱۲	۲۸/۱۳	۱۳۹۴	۲۰
کنارک	۶۰/۲۲	۲۵/۲۶	۱۲	۲۲
سراوان	۶۲/۲	۲۷/۲	۱۱۹۵	۲۰
زابل	۶۱/۲۹	۳۱/۲	۴۸۹	۴۴
زاهدان	۶۰/۵۳	۲۹/۲۸	۱۳۷۰	۴۳
زهک	۶۱/۴۱	۳۰/۵۴	۴۹۵	۱۴

رابطه شماره (۱)

$$PN = \frac{P}{\bar{p}} \times 100$$

در این رابطه داریم:

PN: شاخص بارش نرمال، P: بارش سالانه (متر) میلی

(متر)

\bar{p} : متوسط بارش دوره (میلی متر)

استفاده از این شاخص، یکی از ساده ترین روشهای ارزیابی شدت خشکسالی است. این شاخص برای یک زمان (سال، فصل، ماه یا روز)، با توجه به رابطه (۱) تعیین می‌گردد. طبقه‌بندی شاخص شدت خشکسالی بر حسب این شاخص در جدول شماره (۲) ارائه شده است.

طبق جدول شماره (۱) تعداد سال‌های آمار برداری شده ایستگاه‌های سینوپتیک استان بین ۱۴ تا ۴۴ (ایستگاه‌های زهک و زابل) متفاوت است. به منظور بررسی آماری داده‌ها در یک دوره مشترک (دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۵) ایستگاه‌های نامتجانس از نظر آماری با استفاده از روش نسبت‌ها تکمیل و تحلیل شده‌اند.

(ب) روش کار: در بررسی خشکسالی استان سیستان و بلوچستان از روش آماری شاخص درصد نرمال استفاده می‌گردد. در این روش از نسبت بارندگی سالانه به متوسط سالانه بر حسب درصد استفاده می‌گردد:

جدول شماره ۲ شدت خشکسالی بر حسب نسبت بارش سالانه به متوسط سالانه.

درصد میانگین	۸۰	۷۰-۸۰	۵۵-۷۰	۴۰-۵۵	<۴۰
شدت خشکسالی	آستانه	ضعیف	متوسط	شدید	خیلی شدید

(ماخذ: فرج زاده، ۱۳۸۴)

دوره آماری با ایستگاه‌های پایه منطبق نبوده؛

۴- محاسبه مقادیر شاخص‌های آماری ایستگاه‌های منتخب؛

۵- محاسبه شاخص درصد نرمال بارش در هر ایستگاه؛

۶- تعیین شدت خشکسالی در هر ایستگاه؛

۷- بررسی احتمال و امکان وقوع خشکسالی؛

برای تبیین الگوریتم بالا

۱- در ابتدا داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک استان از محل سایت سازمان هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، پنجره داده‌های اقلیمی کشور با آدرس www.chaharmahalmet.ir در فرمت *.doc ذخیره و سپس با تبدیل فرمت داده‌ها در نرم افزار excel به صورت بانک اطلاعاتی ذخیره گردید.

۲- با توجه به عدم انطباق زمانی داده‌ها از نظر طول دوره آماری داده‌ها با روش نسبت‌ها بازسازی گردید.

این روش یکی از روش‌های غیر گرافیکی برای بازسازی داده‌ها در علوم هواشناسی و هیدرولوژی محسوب می‌گردد. داده‌های ایستگاهی که ناقص است (در دوره

طبق جدول شماره (۲) چنانچه میزان مجموع بارش سالانه ۸۰ درصد و یا بیشتر از متوسط بلند مدت بارش سالانه باشد، منطقه در آستانه خشکسالی، اگر شاخص PN ۷۰ تا ۸۰ درصد متوسط بارش سالانه باشد خشکسالی ضعیف، در صورتی که شاخص نرمال ۵۵ تا ۷۰ درصد خشکسالی متوسط، اگر این شاخص، ۴۰ تا ۵۵ درصد بارش باشد خشکسالی شدید و اگر میزان شاخص نرمال کمتر از ۴۰ درصد متوسط بلند مدت بارش باشد خشکسالی خیلی شدید رخ داده است. در ادامه، شدت خشکسالی با استفاده از شاخص PN در بین ایستگاه‌های منتخب استان ارزیابی می‌گردد. برای بررسی شدت خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان در ابتدا الگوریتم زیر تهیه و سپس طبق الگوریتم مذکور شدت خشکسالی‌ها در بین ایستگاه‌های منتخب محاسبه و تعیین گردید:

۱- جمع‌آوری و تهیه بانک اطلاعات بارش ایستگاه‌های سینوپتیک استان؛

۲- انطباق داده‌هایی از نظر زمانی بایکدیگر؛

۳- بازسازی داده‌های بارش در ایستگاه‌هایی که از نظر

(۲/۶۵) با ایستگاه چابهار (۳/۰۷) و شرایط اقلیمی ویژه مناطق گرمسیری و ایستگاه زهک با ضریب خشکی (۱/۶۳)، نزدیکی مسافت و تشابه اقلیمی با ایستگاه زابل با ضریب خشکی ۹۳/۱ بازسازی شده‌اند.

علاوه بر موارد ذکر شده، برای بررسی شدت خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از تکنیک‌های آماری توصیفی، احتمالات و تحلیلی (خوشه‌بندی) تلاش گردید ضمن تعیین شدت خشکسالی و توزیع بهینه داده‌ها با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی نواحی همگن استان از نظر شدت خشکسالی مشخص گردد. بدین منظور، با استفاده از پایگاه داده‌های شدت خشکسالی در نرم‌افزار آماری-S plus و به کمک تحلیل خوشه‌ای با روش وارد (فاصله‌ای بین دو خوشه از طریق مجموع مجذورات آن دو) (کلانتری ۱۳۸۷) مناطق هم شدت مشخص شد.

نتایج

با توجه به روش ارایه شده نتایج زیر در ادامه الگوریتم بالا ارایه می‌گردد:

۴- در این مرحله از الگوریتم ارایه شده شاخص‌های آماری ایستگاه‌های منتخب استان محاسبه و مقادیر هرکدام از شاخص‌های آماری در جدول شماره (۳) ارایه گردیده است.

آماري مشترك داراي جا افتادگي و يا عدم ثبت داده هستند) به کمک ایستگاه دارای آمار کامل در طی دوره آماری مورد نظر بوده، همچنین دارای شباهت‌های اقلیمی یا هیدرولوژیکی باشند و با استفاده از رابطه شماره (۲) بازسازی و تکمیل می‌گردد (علیزاده، ۱۳۷۴).

رابطه شماره (۲)

$$x_1 = \frac{P_a}{P_b} \times P_i$$

در این رابطه داریم:

x_1 : بارش در سال فاقد آمار

P_a : میانگین بارش در ایستگاه ناقص

P_b : میانگین بارش در ایستگاه کامل و

P_i : مجموع بارش در سال مورد نظر ایستگاه کامل.

برای بررسی موضوع مورد بحث دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۵ -

۱۹۷۵) انتخاب شد و با استفاده از آزمون همگنی و رابطه

شماره (۲) داده‌ها بازسازی و برآورد گردیدند.

۳- بازسازی در ایستگاه‌های خاش، کنارک، سراوان و

زهک انجام گرفته است. بازسازی داده‌ها با در نظر گرفتن

شباهت‌های اقلیمی، فاصله مکانی و شباهت‌های جغرافیایی

منطقه با استفاده از ایستگاه‌های پایه انجام گردید؛ بدین

ترتیب که ایستگاه‌های خاش و سراوان با توجه به شباهت

اقلیمی و ضریب خشکی دمارتن (به ترتیب برابر با ۵/۰۲ و

۳/۳۵) با ایستگاه ایرانشهر (ضریب خشکی ۳) و اقلیم

بسیار خشک، ایستگاه کنارک با ضریب خشکی دمارتن

جدول شماره ۳ برخی شاخص‌های آماری بارش سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیک استان (۱۹۷۵-۲۰۰۵)

ایستگاه	میانگین	انحراف از معیار	ضریب تغییرات	چولگی
	$\mu = \frac{\sum xi}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	$cv = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$	$skew = \frac{\sum n(x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma)^3}$
چابهار	۱۱۶/۸	۱۱۲/۵	۹۶/۳	۲/۴
ایرانشهر	۱۱۳	۶۴/۲	۵۸/۸	۰/۴
خاش	۱۶۳/۳	۹۵/۹	۵۸/۷	۰/۷
کنارک	۱۰۶/۷	۸۹/۷	۸۴	۱/۳
سراوان	۱۱۹/۱	۶۲/۴	۵۲/۴	۱
زابل	۶۲/۲	۳۱/۱	۵۰/۱	.
زاهدان	۷۹/۱	۴۳	۵۴/۴	۰/۷
زهک	۵۰/۶	۲۵	۴۹/۴	۰/۳

ماخذ: محاسبات نگارنده

آرنون، ۱۳۷۴). علاوه بر آن، میزان چولگی داده‌ها در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی مثبت بوده که نشان دهنده رخداد بارش‌های سنگین با تعداد محدود در مقابل بارش‌های سبک و فراوانی بالاست.

در این قسمت مراحل ۵ و ۶ از الگوریتم ارائه شده در بالا با استفاده از رابطه شماره (۱) معین گردیده است. جدول شماره (۴) شاخص درصد نرمال (PN) به تفکیک ایستگاه و در سال‌های مختلف را نشان می‌دهد.

بر اساس جدول شماره (۳) شاخص ضریب تغییرات در تمام ایستگاه‌های استان بالاتر از ۴۰ درصد بوده (بین ۹۶/۳ در چابهار تا ۴۹ درصد در زهک) است. بیشتر بودن این شاخص (از حد ۴۰ درصد) در بارش نشان دهنده بی‌نظمی بالای بارش و حاکمیت شرایط اقلیمی خشک در محدوده ایستگاه مورد بررسی است (رامشت، ۱۳۷۵). طبق جدول مذکور بارش‌ها در استان بسیار نامنظم و با تغییر پذیری بالا همراه هستند. این نشان دهنده حاکمیت اقلیم خشک و رخداد خشکسالی‌های زیاد و با شدت بالا است (آی -

جدول شماره ۴ فراوانی نسبی سال‌های بارشی بر اساس شاخص درصد نرمال

شدت خشکی	۱۰۰>	۸۰-۱۰۰	۷۰-۸۰	۵۵-۷۰	۴۰-۵۵	۴۰<
چابهار	۳۶/۷	۱۳/۳	۶/۶۷	۶/۷	۱۶/۷	۲۳/۳
ایرانشهر	۵۳/۳	۱۰	۳/۳۳	۱۰	۱۰	۱۶/۷
خاش	۴۶/۷	۱۰	۱۳/۳۳	۶/۷	۶/۷	۲۰
کنارک	۴۰	۱۳/۳	۳/۳۳	۶/۷	۲۰	۲۰
سراوان	۴۶/۷	۲۳/۳	۱۰	۶/۷	۶/۷	۱۰
زابل	۵۳/۳	۱۳/۳	۳/۳۳	۱۳/۳	۱۳/۳	۶/۷
زاهدان	۴۳/۳	۱۰	۶/۶۷	۲۳/۳	۱۳/۳	۶/۷
زهک	۵۳/۳	۱۶/۷	۳/۳۳	۱۳/۳	۱۰	۶/۷
متوسط شاخص	۴۶/۷	۱۳/۸	۶/۳	۱۰/۸	۱۲/۱	۱۳/۸

ماخذ: محاسبات نگارنده

بیش از ۵۰ درصد بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند.

به طور کلی، در ایستگاه‌های منتخب ۴۶ درصد دوره مورد بررسی دارای وضعیت تر سالی بوده که بدین ترتیب، فاقد شدت خشکسالی است. به عبارت دیگر، در این مدت بارش‌ها مقدار مثبتی را نشان می‌دهد.

۱۳/۸ درصد دوره در آستانه خشکسالی، ۶/۳ درصد خشکسالی ضعیف، ۱۰/۸ درصد با شدت متوسط، ۱۲/۱ درصد شدید و ۱۳/۸ درصد از شدت بسیار بالا برخوردار بوده است؛ به گونه‌ای که حدود ۲۶ درصد دوره از خشکسالی شدید و بسیار شدید برخوردار است. شاخص خشکسالی بویژه در دهه اخیر شدیدتر نیز بوده است نمودارهای شماره (الف الی ذ).

بر اساس جدول شماره (۴) ۳۶ تا ۵۲ درصد از سال‌های مورد بررسی میزان بارش بیش از میانگین، ۱۰ تا ۲۳ درصد در آستانه خشکسالی، ۳ تا ۱۳ درصد خشکسالی ضعیف، ۶/۷ تا ۲۳ درصد خشکسالی متوسط، ۶ تا ۲۰ درصد خشکسالی شدید و ۶/۷ تا ۲۳ درصد خشکسالی بسیار شدید به ثبت رسیده است. بدین ترتیب، باید گفت حدود نیمی از سال‌های مورد مطالعه دارای وضعیت مرطوب و نیمی دیگر وضعیت خشک داشته‌اند. البته آنچه باید بدان توجه بیشتری نمود پراکنش سال‌های خشک و مرطوب در بین ایستگاه‌های استان است به نحوی که چابهار و کنارک (در بخش جنوبی استان) حدود ۳۶ درصد کمترین سال‌های مرطوب را داشته ایستگاه‌های زابل، زهک و ایرانشهر با

در توزیع‌های مختلف برازش داده شد و سپس، توزیعی که داده‌ها بیشترین برازش را با آنها داشته، انتخاب گردید. بر این اساس، ایستگاه‌های چابهار، کنارک، خاش و زاهدان در توزیع لوگ نرمال، ایستگاه‌های زابل و زهک در توزیع نرمال، ایستگاه ایرانشهر در توزیع ویبول و ایستگاه سراوان در توزیع نمایی دارای بهترین برازش بوده‌اند. بدین ترتیب، مناطق جنوبی در ساحل دریای عمان (چابهار و کنارک) و مناطق شمالی در دشت سیستان دارای توزیع یکسان ولی مناطق مرکزی استان (ایرانشهر، خاش، سراوان و زاهدان) که دارای توپوگرافی و جهت ناهمواری نا متجانس هستند، دارای توزیع‌های مختلفی هستند.

۶- بررسی احتمال و پیش‌بینی امکان وقوع خشکسالی مرحله آخر الگوریتم طرح شده است. در این مرحله میزان احتمال وقوع شدت‌های خشکسالی محاسبه شده بررسی گردید. برای محاسبه احتمال وقوع مقادیر شدت خشکسالی از روابط تجربی گوناگونی مانند ویبول، کالیفرنیا و غیره استفاده می‌شود، اما رابطه عمومی آن به صورت رابطه شماره (۳) است.

$$C(U_i) = i / (N + 1)$$

در رابطه شماره (۳):

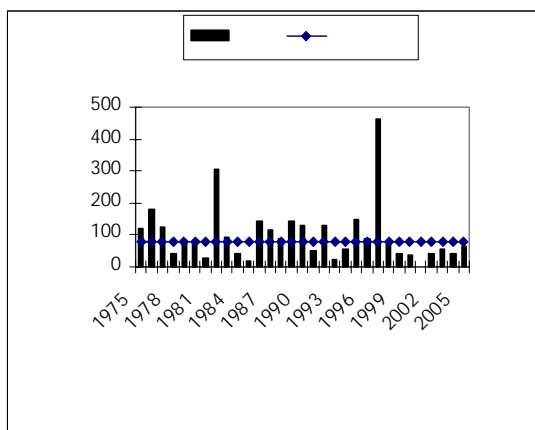
CUi: میزان احتمال وقوع، i: شماره ردیف، N: تعداد

داده‌ها است.

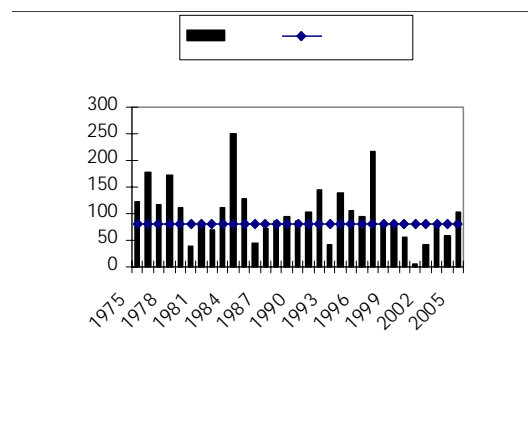
برای بررسی احتمال رخداد شدت خشکسالی

محاسباتی، داده‌های مذکور به کمک نرم افزار Minitab11

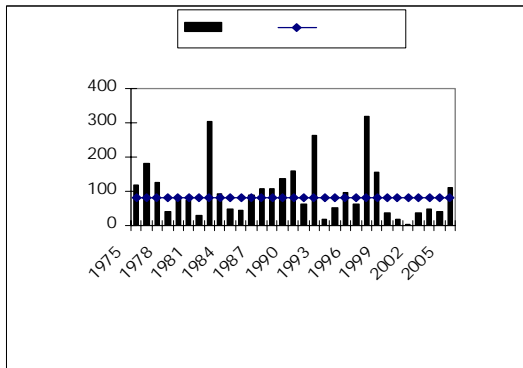
شکل شماره ۱ شدت خشکسالی در ایستگاه‌های مورد بررسی



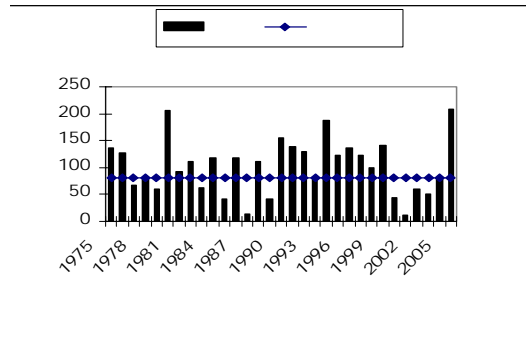
نمودار ج) شدت خشکسالی در ایستگاه چابهار



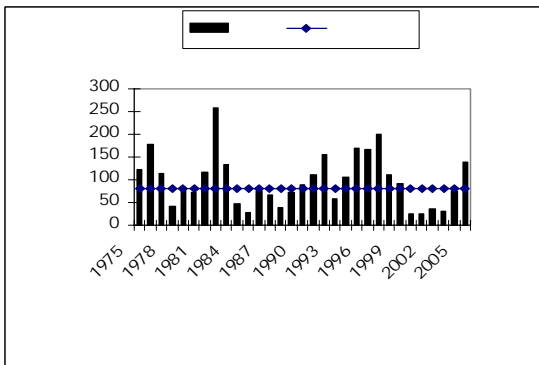
نمودار الف) شدت خشکسالی در ایستگاه سراوان



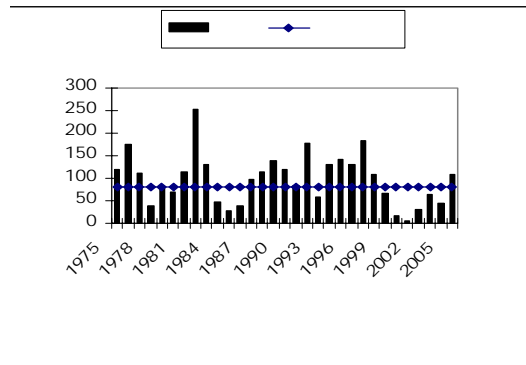
نمودار ذ) شدت خشکسالی در ایستگاه کنارک



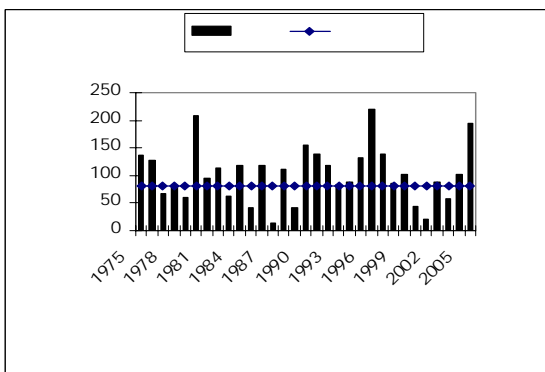
نمودار ب) شدت خشکسالی در ایستگاه زابل



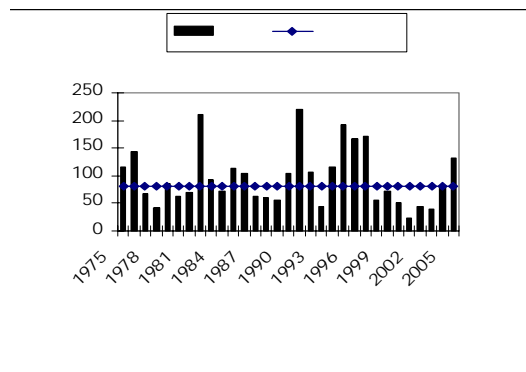
نمودار د) شدت خشکسالی در ایستگاه خاش



نمودار خ) شدت خشکسالی در ایستگاه ایرانشهر



نمودار چ) شدت خشکسالی در ایستگاه زهک



نمودار ج) شدت خشکسالی در ایستگاه زاهدان

نتیجه

فراوانی و دامنه اثرگذاری (به صورت افقی و عمقی) در امر توسعه دارای تأثیرات متفاوتی هستند. برخی از آنها مانند سیل و زلزله، از فراوانی کم و شدت بالا و اثرگذاری افقی

تهدیدات محیطی، از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه محسوب می‌گردد. این تهدیدات بر اساس شدت،

که در انتخاب روش‌های مدیریت ریسک می‌تواند مفید باشد.

بر این اساس، ایستگاه‌های چابهار و کنارک از نظر شدت خشکسالی با ۹۸/۴۱ درصد در گروه یک، ایستگاه‌های ایرانشهر، خاش، سراوان و زاهدان با شدت خشکی ۹۷/۹۸ درصد در گروه دوم و زابل و زهک با شدت ۱۰۱/۸۵ درصد در گروه سوم قرار دارند. با توجه به میانگین شدت خشکسالی، گروه سوم همواره از خشکسالی‌های شدیدتری نسبت به دو گروه دیگر برخوردار است.

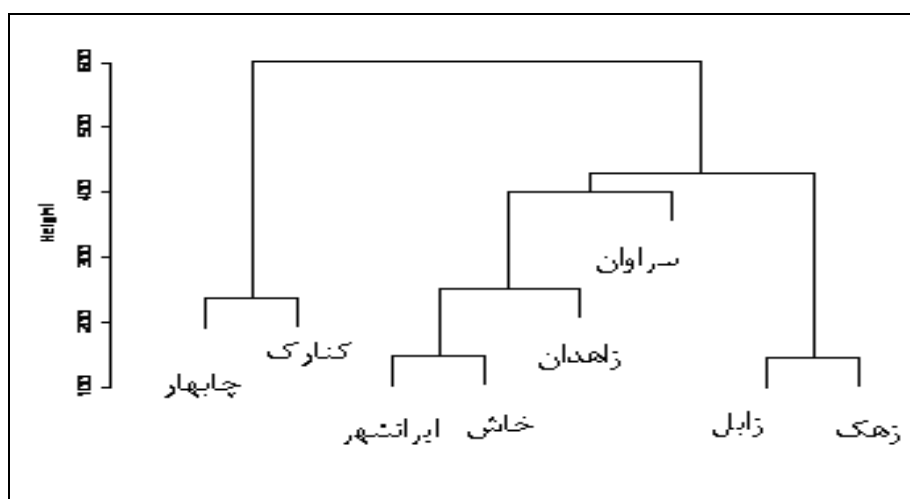
پایین بودن شاخص خشکسالی در دو گروه دیگر، ناشی از موقعیت ارتفاعی گروه دوم (استقرار در کنار ارتفاعات تفتان) و بحری بودن (نزدیکی به دریای عمان و دریافت بارش‌های موسمی) را می‌توان قابل توجیه دانست.

طبق نمودار درختی (نمودار شماره ۲) و نقشه شماره (۱) گروه اول (چابهار و کنارک) و گروه سوم (زابل و زهک) نسبت به گروه دوم دارای تجانس بیشتری هستند. نمودار شماره (۲) گروه‌های همگن و نقشه شماره (۱) پهنه‌های هم شدت خشکسالی استان را نشان می‌دهد. علاوه بر آن، برآزش شدت‌ها در توزیع‌های مختلف هماهنگ با گروه‌بندی ذکر شده است به نحوی که چابهار و کنارک دارای توزیع لوگ نرمال، زابل و زهک توزیع نرمال و ایرانشهر، خاش، سراوان و زاهدان دارای توزیع‌های مختلف هستند، که همین تفاوت در ترتیب قرارگیری خوشه دوم مشهود است.

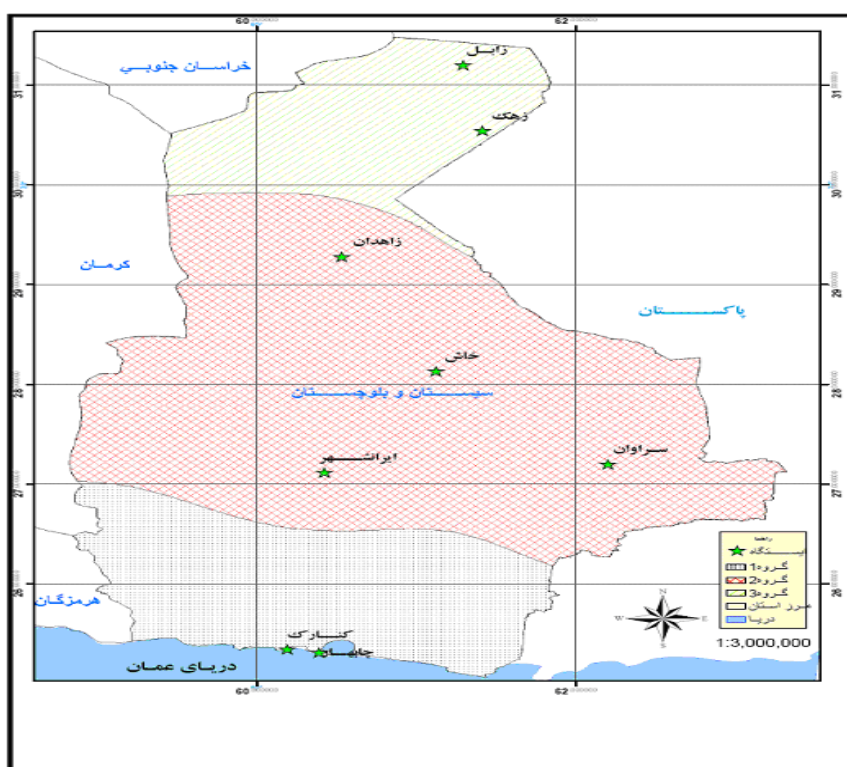
محدود و عمقی گسترده، بویژه در مرکز حادثه برخوردارند. بدین ترتیب، بر اساس نظریه پخش هر اندازه به مرکز حادثه نزدیکتر باشند، تأثیرگذاری آنها شدیدتر و ملموس‌تر خواهد بود، اما خشکسالی بنابر مشخصات آن به عنوان پدیده‌ای اقلیمی دارای گستره جغرافیایی وسیع، فراوانی بیشتر و تأثیرگذاری شدید در هر دو بعد افقی و عمودی است. این تهدید طبیعی به علت تأثیرگذاری سریع در منابع آب، پوشش گیاهی و مرتعی، تامین آب آشامیدنی، کشاورزی و به پیرو آن، منابع غذایی و صنایع تأثیرات وسیعتری نسبت به سایر تهدیدات دارد.

طبق مطالعه حدود نیمی از سال‌های مورد مطالعه دارای وضعیت مرطوب و نیمی دیگر وضعیت خشک داشته‌اند. البته آنچه باید بدان توجه بیشتری نمود پراکنش سال‌های خشک و مرطوب در بین ایستگاه‌های استان است. به‌گونه‌ای که بخش جنوبی استان با حدود ۳۶ درصد کمترین سال‌های مرطوب و بخش شمالی و ایرانشهر با بیش از ۵۰ درصد، بیشترین فراوانی سال مرطوب را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طور کلی، در ایستگاه‌های منتخب سال‌های خشک (میزان بارندگی کمتر از میانگین) با ۵۶ درصد حالت غالب خشکسالی در استان را نشان می‌دهد. طبق این مطالعات خشکسالی با توجه به تأثیرگذاری افقی و عمودی آن عامترین خطر طبیعی محسوب می‌گردد که بنیان‌های توسعه در استان سیستان و بلوچستان را در معرض خطر قرار می‌دهد.

با توجه به تفاوت منطقه اقلیمی و شدت‌های محاسبه شده تعیین مناطق هم شدت خشکسالی از جمله اقداماتی است



نمودار شماره ۲ خوشه‌بندی ایستگاه‌های منتخب استان بر اساس شاخص شدت خشکسالی



نقشه شماره ۱ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان سیستان و بلوچستان

منابع

- ۱- آی-آرنون. (۱۳۷۴). اصول زراعت در مناطق خشک، ترجمه: کوچکی، عوض و امین، علیزاده، مشهد: آستان قدس رضوی.
- ۲- بذرافشان، جواد. (۱۳۷۹). مطالعه برخی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۳- توکلی، محمود، حسین بری ابرقویی و محمد صادق طالبی. (۱۳۸۰). شاخص ارزیابی روند بارش ایران باتکیه بر مشخصه‌های خشکسالی متئورولوژیکی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، صص ۴۸۳-۴۶۹.
- ۴- جعفر پور، عبدالجواد. (۱۳۷۷). آمار زبان شناسی، دانشگاه شیراز.
- ۵- دانشور، محمدرضا، عبدالرسول تلوری، محمود توکلی و محمدرضا دانائیان. (۱۳۸۵). تحلیل دوره های بازگشت خشکسالی، شرق و جنوب شرقی کشور، نیوارش ۶۲-۶۳، مجله علمی و فنی سازمان هواشناسی کشور صص ۲۱-۳۶.
- ۶- رامشت، محمد حسین. (۱۳۷۵). کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی. (۱۳۸۴). سالنامه آماری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان سیستان و بلوچستان.
- ۸- سید سجادی، سید منصور. (۱۳۸۲). راهنمای مختصر با آثار باستانی سیستان، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان سیستان و بلوچستان.
- ۹- علیجانی، بهلول و محمدرضا کاویانی. (۱۳۷۱). مبانی آب و هواشناسی، سمت.
- ۱۰- علیزاده، امین. (۱۳۷۴). اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد: آستان قدس رضوی.
- ۱۱- فرج‌زاده، منوچهر. (۱۳۸۴). خشکسالی از مفهوم تا راهکار، سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.
- ۱۲- کارآموز، محمد، صدیقه ترابی و شهاب عراقی‌نژاد. (۱۳۸۰). مدیریت منطقه‌ای خشکسالی، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صص ۱۶.
- ۱۳- کاویانی، محمدرضا. (۱۳۸۰). بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۶۰، صص ۸۹-۷۱.
- ۱۴- کردوانی، پرویز. (۱۳۷۱). منابع و مسایل آب ایران، دانشگاه تهران.
- ۱۵- کریمی، ولی الله، علی اکبر کامکار حقیقی، علیرضا سپاسخواه و داور خلیلی. (۱۳۸۰). بررسی خشکسالی در استان فارس، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، ش ۴، صص ۱۶-۱۰۵.
- ۱۶- کلاترتی، خلیل. (۱۳۸۷). پردازش و تحلیل داده ها در تحقیقات اجتماعی- اقتصادی، تهران: نشر فرهنگ صبا.
- ۱۷- کمالی، غلامعلی ولیلی خزانه‌داری. (۱۳۸۱). تحلیلی بر خشکسالی اخیر مشهد، نیوار، ش ۴۴ و ۴۵، سازمان هواشناسی کشور.
- ۱۸- مسعودیان، سید ابوالفضل و محمدرضا کاویانی. (۱۳۸۷). اقلیم شناسی ایران، دانشگاه اصفهان.
- 19-Hoyt, w.G. 1942. Droughts in Mainzer, O.E. Hydrology. McGraw-Hill, New york, 579-91. - 19
- 20-Wallen. c.c. 1962. Climatology and Hydrometeorology with special regard to the arid 20
- 21-Lands. The Problems of the Arid Zone. Paris. UNESCO Aride zone Research PP53- 8
- 22-www.chaharmahalmet.irhttp// -