

تحلیل دلایل و پیامدهای خشکسالی در استان خراسان جنوبی و شهر بیرجند

دکتر زهره فنی^۱، حسینعلی خلیل‌اللهی^{۲*}، دکتر ژیللا سجادی^۳، دکتر محمود
فال سلیمان^۴

۱. عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. عضو هیأت علمی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

دریافت: ۹۵/۹/۶ پذیرش: ۹۵/۱۲/۹

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های بشر در سده جاری است. حوادث طبیعی ناشی از آن مانند خشک‌سالی‌ها، طوفان، سیل‌های شدید، گرما، سرماهای بی‌موقع، بالا آمدن سطح آب دریاها، شدت آفات و بیماری‌های گیاهی، نابودی جنگل‌ها، مراتع و... خسارات جبران‌ناپذیری را در سطح کره زمین سبب شده است. خشک‌سالی پدیده‌ای خزننده و پیچیده است که ناشی از کمبود بارش و افزایش درجه حرارت بوده و برخلاف سایر حوادث، پیش‌بینی ابتداء، مدت و انتهای آن نیز دشوار است. استان خراسان جنوبی از سال ۱۳۷۷ تاکنون با خشک‌سالی مواجه بوده است. هدف اصلی این تحقیق تحلیل داده‌های هواشناسی، تعیین مدت خشک‌سالی، طول دوره، نواحی دارای استعداد بالای خشک‌سالی براساس شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص درصد نرمال و شاخص دهک‌ها و خصوصیات آماری بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان جنوبی و شهر بیرجند در فاصله سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۵ و سپس بررسی دلایل و پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی و ارائه راه‌کار بوده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در طول این دوره شدیدترین خشک‌سالی در سال‌های آبی ۱۳۸۰-۱۳۷۸، مرطوب‌ترین سال منطقه، سال آبی ۱۳۷۰-۱۳۶۹ و از سال ۱۳۷۷ تاکنون میزان بارندگی استان نزدیک به نرمال و یا خشکسال بوده

و در بین شهرستان‌های استان، بیشترین میزان خشکسالی به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های قائن، خوسف، بشرویه، طبس و فردوس است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، خراسان جنوبی، بیرجند، شاخص استاندارد (SPI)، درصد نرمال و دهک‌ها

۱- مقدمه

خشکسالی^۱ ناشی از کمبود بارش در دوره‌ای بلند مدت، بر خلاف سایر حوادث، پدیده‌ای بطیئ و خزنده است که به تدریج محیط را تسخیر و به یک بلای طبیعی تبدیل می‌شود، اما چون به تدریج رخ می‌دهد، برای مردم و مسئولین نامحسوس بوده و کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. «خشکسالی به عنوان مخاطره‌آمیزترین سانحه طبیعی، طیف گسترده‌ای از آب و هوا و اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و مناطق جغرافیایی متأثر از آن در چهار دهه گذشته به شدت افزایش یافته‌اند» (ملن^۲ و همکاران، ۲۰۱۱: ۷۶۶). «خشکسالی یکی از رخداد‌های طبیعی است که خسارات زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌آورد و با دیگر حوادث طبیعی مانند سیل، طوفان و زلزله تفاوت‌هایی دارد» (پیری و انصاری، ۱۳۹۲: ۱). به عبارتی می‌توان بیان کرد «خشکسالی مهم‌ترین رخداد زیست‌محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند منطقه مورد مطالعه است. این رخداد یک رخداد خزننده توصیف می‌شود، زیرا خشکسالی‌ها به آرامی گسترش می‌یابند و به مدت طولانی پایدار می‌مانند، گاهی اوقات برای چندین سال ادامه می‌یابند» (اسمیت^۳، ۲۰۰۴). بررسی مؤلفه‌های پدیدآورنده خشکسالی و تحلیل عوارض آن یکی از نیازهای اساسی در مطالعات توسعه و احیاء منابع آب، خاک، کشاورزی و برنامه‌ریزی‌های محیطی و منابع طبیعی است که بی‌شک روی تک‌تک مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی کشور تأثیر می‌گذارد. در هر حال اثرات خشکسالی به مراتب بیش از خشکی است و امکان دارد موجب خسارت‌ها، مهاجرت‌ها و نابودی بسیاری از گونه‌های گیاهی و حیوانی شود (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۷۶: ۱۳۷). خشکی و خشکسالی دو پدیده جدا از هم به طوری که خشکی ویژگی ذاتی یک منطقه است، ولی خشکسالی یک پدیده اتفاقی و در یک منطقه‌ای حادث می‌شود که اصولاً خشک نیست (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۸: ۲۵۸).
از خشکسالی تعاریف مختلفی شده است مانند:

1 Drought
2 Molen
3 Smith

هیم و ریچارد می‌گویند: خشکسالی پدیده‌ای موضعی از جمله پدیده‌های آب و هواشناسی است که هر چند سالی خسارت‌های زیادی را منجر می‌شود (هیم^۱ و ریچارد^۲، ۲۰۰۲). «خشکسالی رویدادی آب و هوایی است که بیانگر انحراف از میزان بارش در یک محدوده جغرافیایی از متوسط بارندگی بلندمدت یا عادی آن محدوده است» (کاراموز^۳ و نظیف^۴، ۲۰۱۲). خشکسالی را به انواع مختلف: خشکسالی هواشناسی^۵، خشکسالی هیدرولوژی^۶، خشکسالی کشاورزی^۷ و خشکسالی اقتصادی-اجتماعی^۸ می‌توان طبقه‌بندی کرد (ویل‌هیت^۹، ۲۰۰۰).

۲- پیشینه تحقیق

در بحث خشکسالی مطالعات فراوانی در داخل و خارج از ایران انجام شده است که در ذیل به نتایج تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: «کارل و کوسیلی با بررسی میانگین دوره‌های متوالی ۵، ۱۰ و ۲۰ ساله دما و بارندگی روند تغییرات خشکسالی را در کل کشور آمریکا مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که دمای هوا روبه افزایش بوده و از نظر بارندگی برخی از مناطق روبه خشکی و برخی مناطق روبه مرطوب‌شدن پیش می‌روند» (کارل^{۱۰} و کوسیلی^{۱۱}، ۱۹۸۲). ادوسا و همکاران در حوضه رودخانه آواش اتیوپی برای آنالیز مکانی و زمانی خشکسالی هواشناسی از شاخص استاندارد و برای آنالیز خشکسالی هیدرولوژیکی از جریان رودخانه استفاده کردند. نتایج نشان داد که خشکسالی هیدرولوژیکی به طور متوسط با تأخیر هفت ماهه نسبت به خشکسالی هواشناسی رخ داده است (ادوسا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۰).

رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) پهنه‌بندی خشکسالی را با شاخص‌های SPI و CZI و استفاده از علم زمین‌آمار در استان خراسان جنوبی انجام داده‌اند. براساس نتایج با بهره‌گیری از دو شاخص در طول سال آماری خشک‌ترین دوره مربوط به سال آبی ۱۳۷۸-۱۳۷۷ بوده و سال آبی ۱۳۷۱-۱۳۷۰ مرطوب‌ترین سال برای خراسان جنوبی برآورد شده است.

1. Heim
2. Richard
3. Karamouz
4. Nazif
۵. Meteorological
6. Hydrological
7. Agricultural
8. Socio-Economic
9. wilhite
10. .Karl
11. .Kosciely
12. Edossa



نتایج تحقیق حسین سنجری (۱۳۹۳) نشان می‌دهد خشکسالی در بعد زیست‌محیطی موجب افت و خشکیدن آب‌های سطحی و زیر زمینی، تخریب پوشش گیاهی، از بین رفتن و افول حیات وحش، افزایش طوفان و گرد و خاک، در بعد اقتصادی کاهش سطح درآمد حاصل از تولید محصولات زراعی و دامی، افزایش نرخ بیکاری و کاهش تولیدات زراعی و دامی و در بعد اجتماعی افزایش مهاجرت، افزایش فعالیت‌های غیر قانونی، فقر و وابستگی بیشتر روستائیان به سازمان‌های حمایتی شده است.

نتایج تحقیق آرزومندان مفرد (۱۳۹۱) نشان می‌دهد که مهاجرت‌ها به طور عمده به دلیل یافتن شغل، درآمد بیشتر، مخاطرات طبیعی که بارزترین آن خشکسالی‌های متوالی است و نیز استفاده از تسهیلات وام‌کانات شهر صورت گرفته است.

نتایج تحقیق خسروی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی ویژگی‌های خشکسالی یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۳-۱۹۷۴) در استان خراسان جنوبی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) نشان می‌دهد 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 دوره آماری مربوط به سال ۱۹۸۲ بوده که بیشترین مقدار (SPI) مربوط به قائن با ۲/۶۵ است.

عباسی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای در خصوص ارزیابی تغییرات اقلیمی، خشکسالی و یخبندان استان خراسان جنوبی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی توسط مدل آماری LARS-WG و مدل ECHO-G ریزمقیاس، نتیجه می‌گیرند که افزایش چهار درصدی بارش در استان، کاهش تعداد روزهای یخبندان و افزایش میانگین سالانه دما در حدود ۰/۳ درجه سانتی‌گراد است. بیشترین افزایش ماهانه دما مربوط به فصل زمستان، به میزان یک درجه سانتی‌گراد خواهد بود. تعداد روزهای خشک در شهرستان‌های شمالی این استان شامل بشرویه، فردوس و قائن افزایش، و در شهرستان‌های جنوبی آن شامل بیرجند، خوسف و نهبندان کاهش می‌یابد و به طور کلی خشکسالی‌های این استان در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ کاهش می‌یابند.

۳- علل تغییر آب و هوای کره زمین و خشکسالی

اصلی‌ترین دلایل تغییر آب و هوا و خشکسالی به نظر چارلی و باری (۱۹۹۲) عبارتند از: ۱- گسترش و حضور پرفشار جنب حاره ۲- تغییرات چرخه موسمی‌های تابستانی ۳- کاهش دمای آب‌های سطحی اقیانوس‌ها بر اثر تغییر مسیر جریان‌های اقیانوسی با تشدید فرار نش ۴-

جابه‌جایی مسیر سیستم‌های باران‌زایی عرض‌های میانه. روابط متقابل جو و اقیانوس‌ها نقش بسیار مهمی در این‌گونه همبستگی دارد، زمانی که دمای آب‌های سطحی اقیانوس‌ها کاهش می‌یابد، جو پایدارتر شده و شرایط واچرخندگی حاکم می‌شود (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۷۶: ۲۷). علل و عوامل مؤثر در خشکسالی‌ها هنوز به طور کامل شناخته نشده است. از این‌رو انسان هم قادر نیست از وقوع آن‌ها جلوگیری کند، اما اغلب عواملی چون وضعیت لکه‌های خورشیدی (کینگ، ۱۹۷۳)، جریان‌های آبی La Nina، L Nino و همچنین افزایش مقدار CO₂ در جو کره زمین را در پیدایش خشکسالی مؤثر می‌دانند (کردوا نی، ۱۳۸۰: ۲۶).

۴- علل خشکسالی از دیدگاه قرآن کریم

در قرآن کریم^۱ خداوند در آیات متعددی به امر خشکسالی، دلایل و راه‌کارهای مقابله با آن اشاره می‌کند. آن‌چنان که از آیات قرآنی به‌دست می‌آید عواملی چند برای خشکسالی بیان شده که کفر به خدا و کفران نعمت و گناه از مهم‌ترین علل است. در تحلیل قرآنی برای مبارزه با خشکسالی می‌توان با استغفار و توبه به سوی خدا و انجام کردارهای نیک و صالح از بلای خشکسالی گریخت، ولی باید بیان کرد «هر جامعه و نظام سالم حکومتی باید برای مبارزه با خشکسالی افزون بر کارهای معنوی و فرهنگی کارهای دیگری را نیز درپیش گیرد. از جمله برنامه‌ریزی در تولید، توزیع مواد غذایی، مدیریت آب، سدسازی، ذخیره‌سازی تولیدات، صرفه‌جویی در مصرف و نظارت و دخالت مستقیم دولت در تولید و توزیع مواد غذایی اشاره کرد» (یوسف، ۴۶-۴۸؛ سایت شرعی ساموس^۲، ۱۳۹۲).

۵- اثر تغییرات آب و هوایی

برخلاف تصور بیشتر افراد خشکسالی رخدادی نادر و تصادفی نیست، بلکه حالتی به‌هنگام و مستتر از آب و هواست. از آن‌جا که به صورت تدریجی ظاهری شود روندی آهسته‌تر و نامحسوس‌تر را نسبت به سایر بلایای طبیعی دارد (دراکاپ^۳ و پاولسن^۴، ۱۹۸۰: ۲۹۷-۳۰۲). تغییر آب و هوا اثرات مخربی بر بخش‌های مختلف از جمله منابع آب کشاورزی، مقوله انرژی و صنعت توریسم خواهد داشت. بیشتر کشورهای جهان در زمینه‌های تولید انرژی، کشاورزی و آب

۱. سوره قلم (۱۷)، سوره بقره (۱۵۵)، سوره نوح (۱۱۰)، سوره یوسف (۴۳-۴۸)، سوره اعراف (۱۳۰)، سوره قریش (۴)، سوره هود (۵۰)، ۵۲، ۵۳ و سوره نحل (۱۱۲)

2. <http://bastam.press.mihanblog.com/post>

3. Dracup

4. Paulson



آشامیدنی تکیه بر منابع آبی خود دارند که بر توسعه اقتصادی آن‌ها مؤثر است. اتخاذ تصمیمات در رابطه با تخصیص آب در بخش‌های مختلف و مدیریت منابع آبی آینده نیازمند در دست داشتن اطلاعات تغییر آب و هوا (اغلب دما و بارش) است (ملویل^۱، هاشمی و شمس‌الدین، ۲۰۰۹: ۶۵۳۵-۶۵۷۹). «آثار و پیامدهای خشکسالی تنها به مناطق روستایی خلاصه نشده و این پیامدها به شکل افزایش قیمت محصولات کشاورزی، حضور مهاجرین تازه وارد، افزایش پدیده گرد و غبار و حرکت‌شن‌های روان، کمبود آب و... زندگی ساکنان مناطق شهری را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد» (موسسه بین‌المللی مدیریت مهاجرت^۲، ۱۹۹۳، NDPC، ۲۰۰۰).

۶- ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی بین مدار جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و در شرق کشور ایران قرار گرفته است. این استان با وسعتی معادل ۱۵۰۸۰۰ کیلومترمربع (۹/۲٪ از مساحت کل کشور) و جمعیت آن در سال ۱۳۹۰ تعداد ۷۳۲۱۹۲ نفر (۰/۹٪ از جمعیت کشور) بوده است (سالنامه آماری استان خراسان جنوبی ۱۳۹۳، ۱۳۹۴). «آب و هوای استان خراسان جنوبی، در دشت‌ها و مناطق هموار مرکز، غرب و جنوب خشک و گرم و در بخش‌های مرتفع شمالی، شمال‌غربی استان و اطراف بیرجند دارای آب و هوای خشک و ملایم است» (اداره کل هواشناسی خراسان جنوبی^۳، ۱۳۹۰).

شهر بیرجند (دارای ۱۷۸۰۲۰ نفر جمعیت در سال ۱۳۹۰) مرکز استان خراسان جنوبی و دارای آب و هوای نیمه‌بیابانی با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. اطلاعات آب و هوایی ایستگاه سینوپتیک بیرجند در فاصله سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۵ نشان می‌دهد که میانگین بارش ۱۵۰/۱۵ میلی‌متر، میانگین متوسط سالیانه درجه حرارت بیرجند ۱۶/۵، متوسط حداقل ۹/۴، متوسط حداکثر ۲۵/۸، متوسط حداقل مطلق ۱۱/۵ و متوسط حداکثر مطلق ۴۳/۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. میانگین رطوبت در بهمن ماه ۵۷/۴ بالاترین و در شهریور ماه ۲۰/۹ کمترین میزان است. میانگین سرعت باد در اردیبهشت‌ماه ۱۳/۷m/s بالاترین و در دی‌ماه ۹/۱m/s کمترین میزان و بیشترین میانگین ساعت آفتابی روز در مردادماه ۱۱/۸۶ ساعت و کمترین میزان در دی‌ماه ۶/۸ ساعت بوده است.

1. Melville
2. International Emigration Management Institute
3. <http://www.skhmet.ir/index.php>

۷- تبیین خشکسالی‌های خراسان جنوبی و شهر بیرجند براساس شاخص SPI، درصد نرمال و دهک‌ها

کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک جغرافیایی و نوار بیابانی که در ۲۵-۴۰ درجه عرض شمالی نیمکره زمین، جزء مناطق کم باران جهان به شمار می‌آید. خراسان جنوبی به دلیل پایین بودن عرض جغرافیایی و نزدیکی به مدار رأس‌السرطان و به تبعیت از گردش عمومی جو در طول دوره 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 به طوری که میانگین بارندگی در ایستگاه بیرجند به عنوان مهم‌ترین ایستگاه و مرکز استان ۱۵۰/۱۵ میلی‌متر و میانگین بارش استان ۱۱۷/۰۳ میلی‌متر که کمتر از یک هفتم نزولات جهانی است. دانشمندان علم آب و هواشناسی شاخص‌های متعددی را جهت ارزیابی و پایش خشکسالی ارائه داده‌اند که هر یک از این شاخص‌ها براساس بکارگیری متغیرهای هواشناسی و روش‌های محاسباتی متفاوتی طراحی شده است (همیم^۱ و ریچارد^۲، ۲۰۰۲). برای بررسی خشکسالی‌ها در خراسان جنوبی از سه شاخص بارش استاندارد و شاخص درصدی از نرمال و شاخص دهک‌ها^۳ در محدوده زمانی سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۵ استفاده شده است.

۷-۱- شاخص بارش استاندارد^۴

شاخص بارش استاندارد در سال ۱۹۹۵ توسط مکی^۵ و همکارانش ارائه شد. این شاخص براساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید و تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی است. این شاخص را می‌توان در مقیاس‌های زمانی ۳،۶،۱۲،۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد. ویژگی دیگر شاخص بارش استاندارد تعیین آستانه خشکسالی برای هر دوره زمانی است. این شاخص برای کمی کردن کمبود بارش در بازه‌های زمانی چندگانه طراحی شده است (بذرافشان، ۱۳۸۱).

$$SPI = \frac{Xi - \bar{X}}{\sigma}$$

Xi = بارندگی ایستگاه در دوره مورد نظر

-
- 1 Heim
 - 2 Richard
 - 3 Deciles
 - 4 Standardized Precipitation Index
 - 5 Mckee

\bar{X} = متوسط بارندگی در ایستگاه مورد نظر
 σ = انحراف معیار بارندگی ایستگاه مورد نظر

جدول ۱. طبقه‌بندی مقادیر SPI

ردیف	وضعیت آب و هوایی	نمایه SPI
۱	بسیار بسیار مرطوب	۲ و بالاتر
۲	بسیار مرطوب	۱/۵۰ تا ۱/۹۹
۳	نسبتاً مرطوب	۱ تا ۱/۴۹
۴	نزدیک نرمال	۰/۹۹ تا -۰/۹۹
۵	نسبتاً خشک	-۱/۴۹ تا -۱/۰
۶	بسیار خشک	-۱/۵ تا -۱/۹۹
۷	بسیار بسیار خشک	-۲/۰ و کمتر

منبع (میرونی‌دیس^۱ و همکاران، ۲۰۱۲)

براساس این روش دوره خشکسالی زمانی رخ می‌دهد مقدار شاخص بارش استاندارد به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد، و هنگامی پایان می‌یابد که مقدار شاخص بارش استاندارد مثبت شود. جدول ۲ مقادیر تجمعی شاخص بارش استاندارد و نیز بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان می‌دهد.

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی*			عرض جغرافیایی*			ارتفاع از سطح دریا (متر)*	میانگین بارش (میلی م تر)**	میانگین دما (سانتی گرا د)**
		ثانیه	دقیقه	درجه	ثان	دقیقه	درجه			
۱	بشرویه	۴۸	۲۵	۵۷	۴۲	۵۱	۳۳	۸۸۵	۸۶،۵۷	۱۹،۳
۲	بیرجند	۱۸	۱۵	۵۹	۰	۵۴	۳۲	۱۵۰۴	۱۵۰،۱۵	۱۶،۵
۳	خورخ	۰	۲۵	۵۸	۰	۵۱	۳۲	۱۰۸۰	۹۲،۲۳	۱۹،۹
۴	طیلس	۰	۵۵	۵۶	۰	۳۶	۳۳	۷۱۱	۷۷،۹۵	۲۲،۷
۵	فردوس	۰	۱۱	۵۸	۴۸	۱	۳۴	۱۲۹۳	۱۲۹،۶	۱۷،۶

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه و میانگین بارش و دما در استان خراسان جنوبی

*منبع سالنامه آماری خراسان جنوبی، ۱۳۹۴

1 Myronidis

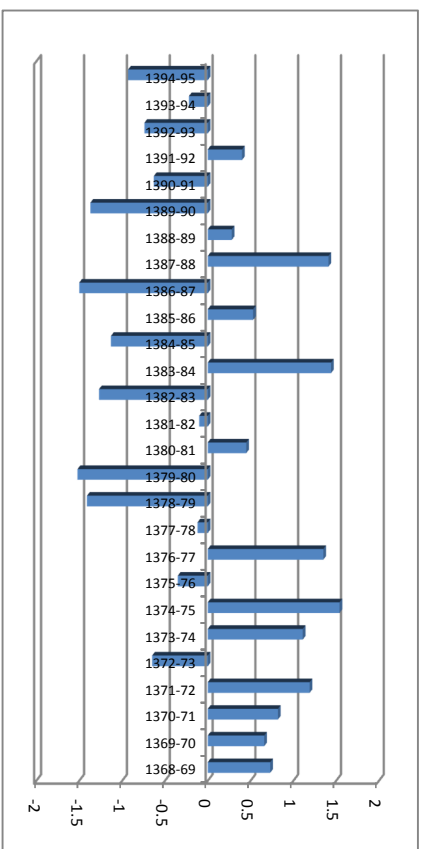
**منبع محاسبات محققین

براساس شاخص شاخص بارش استاندارد سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۵ در استان خراسان جنوبی، سال‌های آبی ۱۳۷۸-۱۳۸۰ بسیار خشک، سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ نسبتاً خشک و سال ۱۳۷۰-۱۳۶۹ بسیار بسیار مرطوب و از سال ۱۳۸۱-۱۳۸۰ تاکنون وضعیت آب و هوا نزدیک به نرمال و میانگین بارندگی استان ۱۱۷/۰۳ میلی‌متر، بیشترین میزان میانگین بارندگی ۲۰۷/۶۶ میلی‌متر، سال آبی ۷۰-۶۹، و کمترین میانگین بارندگی ۵۴/۷۷ میلی‌متر، سال آبی ۷۹-۷۸ بوده است. آب و هوای شهر بیرجند در سال آبی ۱۳۷۹-۱۳۸۰ بسیار خشک و در سال‌های ۷۸-۷۹، ۸۲-۸۳، ۸۴-۸۵ و ۸۹-۹۰ نسبتاً خشک و میانگین بارندگی بیرجند ۱۵۰/۱۵ میلی‌متر، بیشترین میزان بارندگی ۲۳۹/۵ میلی‌متر، سال آبی ۷۵-۷۴، و کمترین میزان بارندگی ۶۲/۵ میلی‌متر (۷۹-۸۰) بوده است (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۳ درصد وضعیت آب و هوای شهرهای استان براساس شاخص بارش استاندارد از سال ۱۳۶۸-۱۳۹۵

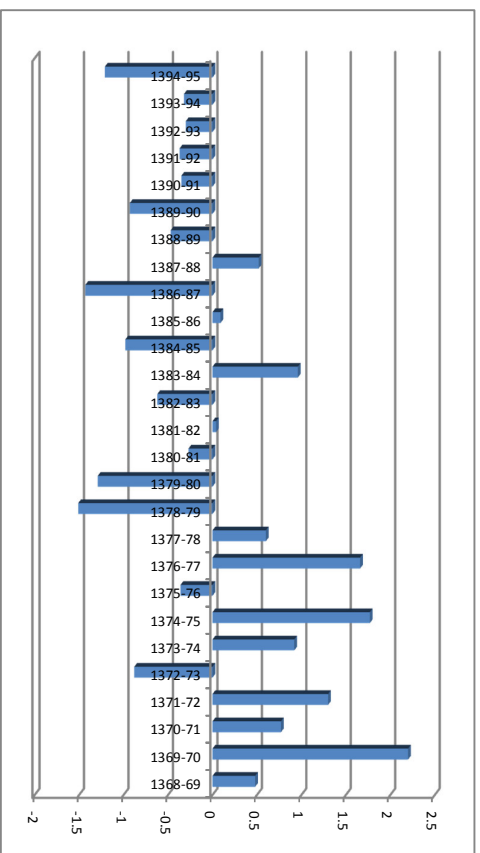
ردیف	وضعیت آب و هوایی	نمایه SPI	بشرویه (%)	بیرجند (%)	خورخو سف (%)	طب س (%)	فردو س (%)	قائن (%)	نهبندان (%)	استان (%)
۱	بسیار بسیار مرطوب	۲ و بالاتر	۳/۷	-	-	۳,۷	۳,۷	-	۷	۳,۷
۲	بسیار مرطوب	تا ۱/۵	۷/۴	۳,۷	-	-	۳,۷	-	۳	۷,۴
۳	نسبتاً مرطوب	تا ۱/۴۹	-	۱۸,۵۲	-	۷,۴	۳,۷	-	۳	۳,۷
۴	نزدیک نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹	۷۴/۱	۵۵,۵۵	۱۰۰	۷۴,۱	۷۷,۸	۱۰۰	۶۶,۷	۷۴,۱
۵	نسبتاً خشک	۱/۴۹ تا -۱/۰	۱۱/۱	۱۴,۸	-	۱۴,۸	۱۱,۱	-	۱۸,۵	۷,۴
۶	بسیار خشک	-۱/۵ تا -	-	۷,۴	-	-	-	-	-	۳,۷
۷	بسیار خشک	-۲/۰ و کمتر	۳/۷	-	-	-	-	-	-	-
جمع										
			۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

منبع محاسبات محققین



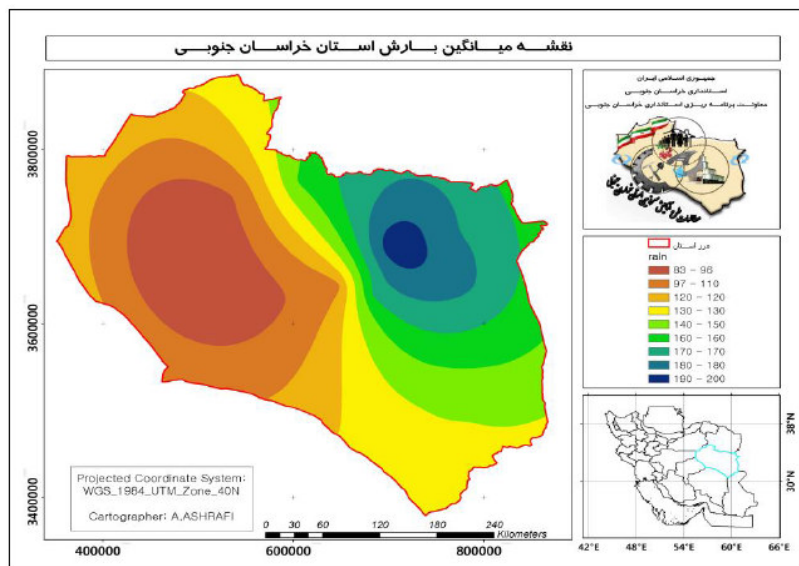
شکل ۱ نمودار میانگین شاخص بارش استاندارد خراسان جنوبی در دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۵

منبع محققین



شکل ۲ نمودار میانگین شاخص بارش استاندارد بیرجند در دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۵

منبع محققین



شکل ۳. نقشه میانگین بارش استان خراسان جنوبی

منبع اسماعیل‌نژاد، ۵۰:۱۳۹۴

۷-۲- شاخص درصدی از نرمال (PN)

در روش شاخص درصد نرمال مقدار بارندگی در یک دوره مشخص را بر مقدار بارندگی در طول دوره آماری تقسیم و حاصل را در ۱۰۰ ضرب کرده تا درصد نرمال تعیین شود. عدد بزرگ‌تر از ۱۰۰ نشان‌دهنده ترسالی و عدد کوچک‌تر از ۱۰۰ نشان‌دهنده خشکسالی است (شریفیان و رحیمی، ۱۳۹۲).

$$\text{شاخص درصد نرمال} = \frac{\text{مقدار بارندگی در یک دوره مشخص}}{\text{مقدار بارندگی در طول دوره}} \times 100$$

براساس محاسبه شاخص درصد نرمال آب و هوای استان و همچنین بیرجند در ۲۷ سال مورد بررسی، ۱۲ سال (۴۴/۵٪) ترسال و ۱۵ سال (۵۵/۵٪) خشکسال بوده است (جداول ۵ و ۶).

۷-۳- شاخص دهک‌ها

در روش شاخص دهک‌ها فاصله بین کمترین و بیشترین مقدار بارش در طول دوره آماری در هر ایستگاه به ده قسمت تقسیم شده و با توجه به این که مقدار بارندگی در هر سال در کدام یک از دهک‌ها قرار گیرد، وضعیت آب و هوایی هر سال با توجه به جدول ۴ تعیین می‌شود (شریفیان و رحیمی، ۱۳۹۲).

جدول ۴. طبقه‌بندی مقادیر شاخص دهک‌ها

ردیف	وضعیت آب و هوایی	نمایه دهک‌ها	ردیف	وضعیت آب و هوایی	نمایه دهک‌ها
۱	بسیار پایین تر از نرمال	دهک‌های ۱ و ۲ (یک پنجم پایین)	۴	بالاتر از نرمال	دهک‌های ۷ و ۸ (یک پنجم نزدیک به بالا)
۲	پایین تر از نرمال	دهک‌های ۳ و ۴ (یک پنجم نزدیک به پایین)	۵	بسیار بالاتر از نرمال	دهک‌های ۹ و ۱۰ (یک پنجم بالا)
۳	نزدیک به نرمال	دهک‌های ۵ و ۶ (یک پنجم میانی)			

براساس شاخص دهک‌ها در ۲۷ سال مورد بررسی به طور میانگین آب و هوای استان بیرجند نزدیک به نرمال بوده است. آب و هوای استان ۲۰ سال (۷۴٪) نزدیک به نرمال یا کمتر بوده و بیرجند ۱۵ سال (۵۵/۶٪) نزدیک به نرمال یا کمتر بوده است (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵. وضعیت آب و هوای استان خراسان جنوبی براساس شاخص بارش استاندارد، شاخص درصد نرمال و شاخص دهک‌ها

ردیف	سال	میزان بارندگی	شاخص بارش استاندارد		شاخص درصد نرمال		شاخص دهک‌ها	
			میزان شاخص	نوع آب و هوا	میزان شاخص	نوع آب و هوا	میزان شاخص	نوع آب و هوا
۱	۶۹-	۱۳۶,۸۸	۰,۴۸	نزدیک به نرمال	۱۱۶,۹۶	ترسال	۶	نزدیک به نرمال
۲	۷۰-	۲۰۷,۶۶	۲,۲۰	بسیار بسیار مرطوب	۱۷۷,۴۴	ترسال	۱۰	بسیار بالاتر از نرمال

از بالاتر از نرمال	۷	ترسال	۱۲۸,۵۳	نزدیک به نرمال	۰,۷۷	۱۴۸,۶۴	-۷۱ ۱۳۷۰	۳
از بالاتر از نرمال	۸	ترسال	۱۴۵,۸۲	نسبتاً مرطوب	۱,۳۰	۱۷۰,۶۶	-۷۲ ۱۳۷۱	۴
بسیار پایین تر از نرمال	۲	خشکسال	۶۹,۰۰	نزدیک به نرمال	-۰,۸۸	۸۰,۷۶	-۷۳ ۱۳۷۲	۵
از بالاتر از نرمال	۷	ترسال	۱۳۲,۳۶	نزدیک به نرمال	۰,۹۲	۱۵۴,۹	-۷۴ ۱۳۷۳	۶
بسیار بالاتر از نرمال	۹	ترسال	۱۶۲,۰۷	بسیار مرطوب	۱,۷۷	۱۸۹,۶۷	-۷۵ ۱۳۷۴	۷
پایین تر از نرمال	۴	خشکسال	۸۳,۳۹	نزدیک به نرمال	-۰,۳۶	۱۰۲,۲۷	-۷۶ ۱۳۷۵	۸
بسیار بالاتر از نرمال	۹	ترسال	۱۵۸,۵۱	بسیار مرطوب	۱,۶۶	۱۸۵,۵۱	-۷۷ ۱۳۷۶	۹
نزدیک به نرمال	۶	ترسال	۱۲۱,۰۲	نزدیک به نرمال	۰,۶	۱۴۱,۶۳	-۷۸ ۱۳۷۷	۱۰
بسیار پایین تر از نرمال	۱	خشکسال	۴۶,۸	بسیار خشک	-۱,۵۱	۵۴,۷۷	-۷۹ ۱۳۷۸	۱۱
بسیار پایین تر از نرمال	۱	خشکسال	۵۴,۹۸	نسبتاً خشک	-۱,۲۹	۶۳,۸۸	-۸۰ ۱۳۷۹	۱۲
پایین تر از نرمال	۴	خشکسال	۹۰,۵۵	نزدیک به نرمال	-۰,۲۷	۱۰۵,۹۷	-۸۱ ۱۳۸۰	۱۳
نزدیک به نرمال	۵	ترسال	۱۰۱,۴۳	نزدیک به نرمال	۰,۰۴	۱۱۸,۷۱	-۸۲ ۱۳۸۱	۱۴
پایین تر از نرمال	۳	خشکسال	۷۸,۰۷	نزدیک به نرمال	-۰,۶۲	۹۱,۳۷	-۸۳ ۱۳۸۲	۱۵
از بالاتر از نرمال	۷	ترسال	۱۳۳,۷۹	نزدیک به نرمال	۰,۹۶	۱۵۶,۵۷	-۸۴ ۱۳۸۳	۱۶
بسیار پایین تر از نرمال	۲	خشکسال	۶۵,۴۵	نزدیک به نرمال	-۰,۹۸	۷۶,۶	-۸۵ ۱۳۸۴	۱۷
نزدیک به نرمال	۵	ترسال	۱۰۳,۰۵	نزدیک به نرمال	۰,۰۸۶	۱۲۰,۶۱	-۸۶ ۱۳۸۵	۱۸

بسیار پایین تر از نرمال	۱	خشکسال	۴۹,۸۲	نسبتاً خشک	-۱,۴۳	۵۸,۳۱	-۸۷ ۱۳۸۶	۱۹
نزدیک به نرمال	۶	ترسال	۱۱۸,۱۴	نزدیک به نرمال	۰,۵۲	۱۳۸,۲۶	-۸۸ ۱۳۸۷	۲۰
پایین تر از نرمال	۳	خشکسال	۸۳,۳۵	نزدیک به نرمال	-۰,۴۶	۹۷,۵۴	-۸۹ ۱۳۸۸	۲۱
بسیار پایین تر از نرمال	۲	خشکسال	۶۷,۱۵	نزدیک به نرمال	-۰,۹۳	۷۸,۵۸	-۹۰ ۱۳۸۹	۲۲
پایین تر از نرمال	۴	خشکسال	۸۷,۷۹	نزدیک به نرمال	-۰,۳۵	۱۰۲,۷۴	-۹۱ ۱۳۹۰	۲۳
پایین تر از نرمال	۴	خشکسال	۸۷,۰۲	نزدیک به نرمال	-۰,۳۷	۱۰۱,۸۴	-۹۲ ۱۳۹۱	۲۴
پایین تر از نرمال	۴	خشکسال	۹۰,۲۱	نزدیک به نرمال	-۰,۳	۱۰۴,۷	-۹۳ ۱۳۹۲	۲۵
پایین تر از نرمال	۴	خشکسال	۸۸,۵۸	نزدیک به نرمال	-۰,۳	۱۰۳,۶۶	-۹۴ ۱۳۹۳	۲۶
بسیار پایین تر از نرمال	۱	خشکسال	۵۷,۳۸	نزدیک به نرمال	-۱,۲۱	۶۷,۱۵	-۹۵ ۱۳۹۴	۲۷

منبع اداره کل هواشناسی استان خراسان جنوبی
محاسبه‌کننده محققین

جدول ۶. وضعیت آب و هوای بیرجند براساس شاخص‌های بارش استاندارد، شاخص درصد نرمال و شاخص دهک‌ها

ردیف	سال	میزان بارندگی	شاخص بارش استاندارد		شاخص درصد نرمال		شاخص دهک‌ها	
			میزان شاخص	نوع آب و هوا	میزان شاخص	نوع آب و هوا	میزان شاخص	نوع آب و هوا
۱	-۶۹ ۱۳۶۸	۱۹۲,۱	نزدیک به نرمال	۰,۷۳	۱۲۷,۹۴	ترسال	۸	بالاتر از نرمال
۲	-۷۰ ۱۳۶۹	۱۸۸,۱	نزدیک به نرمال	۰,۶۶	۱۲۵,۲۷	ترسال	۸	بالاتر از نرمال
۳	-۷۱ ۱۳۷۰	۱۹۷,۸	نزدیک به نرمال	۰,۸۲	۱۳۱,۷۳	ترسال	۸	بالاتر از نرمال
۴	-۷۲ ۱۳۷۱	۲۱۸,۸	نسبتاً مرطوب	۱,۱۹	۱۴۵,۷۲	ترسال	۹	بسیار بالاتر از نرمال

۵	-۷۳	۱۱۲,۵	-۰,۶۵	نزدیک به نرمال	۷۴,۹۲	خشکسال	۳	پایین تر از نرمال
۶	-۷۴	۱۳۷۲	۱,۱۱	نسبتاً مرطوب	۱۴۲,۷۹	ترسال	۹	بسیار بالاتر از نرمال
۷	-۷۵	۱۳۷۳	۱,۵۴	بسیار مرطوب	۱۵۹,۵۱	ترسال	۱۰	بسیار بالاتر از نرمال
۸	-۷۶	۱۳۷۴	-۰,۳۵	نزدیک به نرمال	۸۶,۵۸	خشکسال	۴	پایین تر از نرمال
۹	-۷۷	۱۳۷۵	۱,۳۵	نسبتاً مرطوب	۱۵۲,۱۱	ترسال	۱۰	بسیار بالاتر از نرمال
۱۰	-۷۸	۱۳۷۶	-۰,۱۲	نزدیک به نرمال	۹۵,۴۴	خشکسال	۵	نزدیک به نرمال
۱۱	-۷۹	۱۳۷۷	-۱,۴۱	نسبتاً خشک	۴۵,۴۹	خشکسال	۱	بسیار پایین تر از نرمال
۱۲	-۸۰	۱۳۷۸	-۱,۵۲	بسیار خشک	۴۱,۶۲	خشکسال	۱	بسیار پایین تر از نرمال
۱۳	-۸۱	۱۳۷۹	۰,۴۵	نزدیک به نرمال	۱۱۷,۱۵	ترسال	۷	بالاتر از نرمال
۱۴	-۸۲	۱۳۸۰	-۰,۱	نزدیک به نرمال	۹۶,۲۴	خشکسال	۵	نزدیک به نرمال
۱۵	-۸۳	۱۳۸۱	-۱,۲۷	نسبتاً خشک	۵۱,۲۱	خشکسال	۱	بسیار پایین تر از نرمال
۱۶	-۸۴	۱۳۸۲	۱,۴۴	نسبتاً مرطوب	۱۵۵,۵۱	ترسال	۱۰	بسیار بالاتر از نرمال
۱۷	-۸۵	۱۳۸۳	-۱,۱۳	نسبتاً خشک	۵۶,۲۸	خشکسال	۲	بسیار پایین تر از نرمال
۱۸	-۸۶	۱۳۸۴	۰,۵۳	نزدیک به نرمال	۱۲۰,۴۸	ترسال	۷	بالاتر از نرمال
۱۹	-۸۷	۱۳۸۵	-۱,۵	بسیار خشک	۴۲,۲۹	خشکسال	۱	بسیار پایین تر از نرمال
۲۰	-۸۸	۱۳۸۶	۱,۴۱	نسبتاً مرطوب	۱۵۴,۵۱	ترسال	۱۰	بسیار بالاتر از نرمال
۲۱	-۸۹	۱۳۸۷	۰,۲۸	نزدیک به نرمال	۱۱۰,۷۵	ترسال	۶	نزدیک به نرمال
۲۲	-۹۰	۱۳۸۸	-۱,۳۷	نسبتاً خشک	۴۷,۰۹	خشکسال	۱	بسیار پایین تر از نرمال
۲۳	-۹۱	۱۳۸۹	-۰,۶۳	نزدیک به نرمال	۷۵,۷۲	خشکسال	۳	پایین تر از نرمال

۲۴	-۹۲	۱۷۳,۴	۰,۴	نزدیک به نرمال	۱۱۵,۴۸	ترسال	۷	بالا تر از نرمال
۲۵	-۹۳	۱۳۹۲	-۰,۷۴	نزدیک به نرمال	۷۱,۵۹	خشکسال	۳	پایین تر از نرمال
۲۶	-۹۴	۱۳۹۳	-۰,۲۲	نزدیک به نرمال	۹۱,۵۷	خشکسال	۵	نزدیک به نرمال
۲۷	-۹۵	۱۳۹۴	-۰,۹۳	نزدیک به نرمال	۶۴,۹۳	خشکسال	۲	بسیار پایین تر از نرمال

منبع اداره کل هواشناسی استان خراسان جنوبی

محاسبه کننده محققین

۸- پیامدهای خشکسالی در استان خراسان جنوبی و شهر بیرجند

خشکسالی‌های ۱۸ سال گذشته (۱۳۹۵-۱۳۷۷) استان خراسان جنوبی خسارات مستقیم و غیرمستقیم فراوانی در برداشته است. اثرات مستقیم آن شامل کاهش تولیدات کشاورزی و کاهش جریان آب رودخانه‌ها و جویبارها، فرسایش خاک، فرونشست زمین، از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش تولیدات دامی، افزایش گرد و غبار، خشک شدن قنات‌ها، چشمه‌ها، کاهش آب سفره‌های زیرزمینی، خشک شدن سدها و... اثرات غیرمستقیم آن شامل کاهش درآمد کشاورزان، فقر، تخلیه آبادی‌ها، آسیب رسیدن به بدنه صنعت، افزایش مهاجرت روستاییان به شهرهای کوچک و بزرگ، حاشیه‌نشینی، روی آوردن به شغل‌های کاذب و... بخشی از پیامدهای خشکسالی مداوم در این استان بوده است. سازمان جهانی خوارو بار برای مقابله با خشکسالی معتقد است ناهماهنگی بین سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های تسکین از دیگر موانع مقابله صحیح با بلایای طبیعی از جمله خشکسالی محسوب می‌شود (FAO, ۱۹۹۸: ۱-۲). براساس توصیه بانک جهانی در رابطه با حوادث طبیعی نیاز فوری به تغییر مانند حرکت از انفعال به جلوگیری از واکنش به آمادگی، از تحرک منابع بعد از وقوع به کاهش و انتقال ریسک پیش از وقوع است (بانک جهانی، ۱۳۸۱: ۴۰۰). براساس شاخص بارش استاندارد از جمعیت ۷۳۲۱۹۲ نفری استان، ۰/۷٪ ترسالی ضعیف، ۷/۴٪ درحد نرمال، ۱۵/۵٪ خشکسالی خفیف، ۲۸/۶٪ خشکسالی متوسط، ۴۳/۳٪ خشکسالی شدید و ۵/۲٪ خشکسالی بسیار شدید تحت تأثیر قرار دارند. از مساحت ۱۵۰۸۰۰ کیلومترمربع استان براساس شاخص بارش استاندارد حدود ۰/۸٪ ترسالی ضعیف، ۱۵٪ درحد نرمال، ۳۱/۶٪ خشکسالی خفیف، ۲۳/۷٪ خشکسالی متوسط، ۲۴/۷٪ خشکسالی شدید و ۴/۹٪ خشکسالی بسیار شدید تحت تأثیر قراردارند (سازمان هواشناسی کشور، مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران، ۱۳۹۵).

۸-۱- تخلیه روستاها در خراسان جنوبی

تخلیه روستاها و پدیده مهاجرت به شهرها یکی از پیامدهای غیرمستقیم خشکسالی است. جدول ۷ نشان می‌دهد که در استان خراسان جنوبی براساس آمار سال ۱۳۹۳ از مجموع ۳۵۵۸ آبادی، تعداد ۱۶۸۰ آبادی (۴۷/۲٪) خالی از سکنه بوده که در مقایسه با آمار سال ۱۳۸۵ (در مدت ۸ سال) تعداد ۴۰۳ آبادی خالی از سکنه شده و بیشتر جمعیت مهاجر روستایی در شهر بیرجند و «شش روستای حاشیه شهر (مهرشهر، دستگرد، امیرآباد، حاجی‌آباد، چهکنند، علی‌آباد) ساکن شده‌اند. در سال ۱۳۸۵ جمعیت این شش روستا ۷۰۲۷ تن بوده، در سال ۱۳۹۵ به ۴۵۰۲۰ تن و مساحت آن‌ها از ۱۲۸ هکتار به ۸۹۶ هکتار افزایش یافته است» (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی خراسان جنوبی، ۱۳۹۵).

جدول ۷ تعداد آبادی‌های دارای سکنه و خالی از سکنه شهرستان بیرجند و استان خراسان جنوبی

منطقه	تعدادآبادی - ۱۳۸۵			تعدادآبادی - ۱۳۹۰			تعدادآبادی - ۱۳۹۳		
	دارای سکنه	خالی از سکنه	جمع	دارای سکنه	خالی از سکنه	جمع	دارای سکنه	خالی از سکنه	جمع
بیرجند	۲۷۵	۳۵	۳۱۰	۳۲۵	۱۰۴	۴۲۹	۳۲۴	۱۰۵	۴۲۹
استان	۲۲۲۰	۱۲۷۷	۳۰۳۳	۱۸۸۳	۱۶۸۰	۳۵۶۳	۱۸۷۸	۱۶۸۰	۳۵۵۸

منبع سالنامه آماری استان خراسان جنوبی، سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴

۸-۲- تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی استان خراسان جنوبی

منابع آب خراسان جنوبی شامل ۳۲۹۹ حلقه چاه، تعداد ۶۲۶۵ رشته قنات و ۲۱۸۹ چشمه بوده، در حالی که از کل میزان آب مصرفی استان ۷۲/۶٪ از چاه، ۲۲/۱٪ از قنات و ۵/۳٪ از چشمه تأمین می‌شود. ۶۰۰ قنات در سطح استان خشک شده و ۱۲۵۰ رشته قنات آبدهی آن‌ها از بین رفته و قابل استحصال نیستند و مابقی نیز سطح آبدهی آن‌ها کاهش یافته است. میزان کسری مخازن آب استان ۱۸۵/۲۰ میلیون مترمکعب بوده و از مجموع ۴۰ دشت محدوده استان، تعداد

دو دشت (۵٪) ممنوعه بحرانی (دشت سده و دشت سرایان)، تعداد ۲۱ دشت (۵۲/۵٪) ممنوعه و تعداد ۱۷ دشت (۴۲/۵٪) آزاد اعلام شده و دشت بیرجند از دشتهای ممنوعه استان محسوب می شود (شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۹۵). با توجه به جدول ۸ میزان دبی آب چاهها (۸/۱۶٪)، آب چشمه‌ها (۴۷/۷۷٪) و آب قنات‌ها (۶۳/۳۱٪) بوده، به‌گونه‌ای که در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۸۱ کاهش داشته است. با وجود افزایش تعداد منابع آب در سال ۱۳۹۱ افزایش میزان تخلیه نسبت به تعداد ناچیز بوده و متوسط دبی منابع آب به میزان قابل توجهی کاهش یافته است.

جدول ۸. مقایسه آماری تعداد و میزان تخلیه منابع آبی خراسان جنوبی

منابع آبی	تعداد منابع		تخلیه (میلیون متر مکعب)		درصد افزایش تعداد	درصد افزایش تخلیه	درصد کاهش متوسط دبی
	۱۳۹۱	۱۳۸۱	۱۳۹۱	۱۳۸۱			
چاه	۳۰۳۷	۳۲۹۹	۸۷۶,۰۹	۸۵۶,۵۷	۸	۲	۸,۱۶
چشمه	۱۴۴۸	۲۱۸۹	۶۴,۱۵	۶۰,۴۴	۵۱	۶	۴۷,۷۷
قنات	۴۳۴۴	۶۲۵۲	۲۶۶,۵۹	۲۵۷,۵۶	۴۴	۳	۶۳,۳۱

منبع شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۹۵

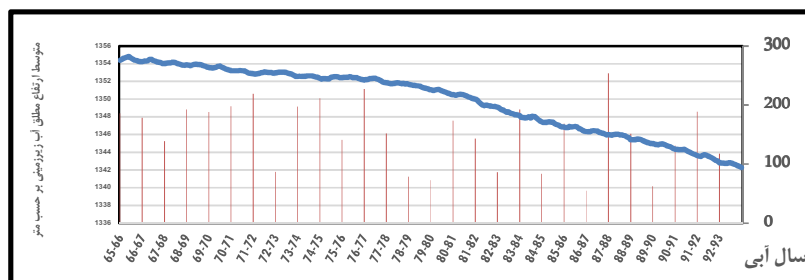
۸-۳- تغییر محل و کف‌شکنی در چاه‌های آب استان

درخواست‌های تغییر محل و کف‌شکنی چاه‌های استان بیانگر افت سطح آب زیرزمینی و ایجاد بحران در این منابع محسوب می‌شود. جدول ۹ نشان می‌دهد که تغییر محل در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۱ افزایش ۴۳٪ داشته است. علاوه بر این تعداد کف‌شکنی چاه‌ها کاهش و تعداد جابه‌جایی چاه‌ها در این دوره آماری افزایش داشته که این بیانگر وضعیت بحرانی آب در آبخوان‌هاست.

جدول ۹. تعداد تغییر محل و کف‌شکنی در چاه‌های استان خراسان جنوبی

سال	تعداد کف‌شکنی و تغییر محل	تعداد تغییر محل	تعداد کف‌شکنی	درصد تغییر محل	درصد کف‌شکنی
۱۳۹۱	۱۰۶	۷۲	۳۴	۶۸	۳۲
۱۳۹۲	۱۱۸	۸۳	۳۵	۷۰	۳۰
۱۳۹۳	۱۱۹	۱۰۳	۱۶	۸۷	۱۳

منبع شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۹۵



شکل ۴. نمودار هیدروگراف آب زیرزمینی آبخوان بیرجند

منبع شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، (۳:۱۳۹۴)

۴-۸- پیامد خشکسالی بر منابع آبی دشت بیرجند

نمودار هیدروگراف آبخوان بیرجند (شکل ۴) معرف ارتفاع مطلق آبخوان در ماه‌ها و سال‌های مختلف و نیز بیانگر وضعیت افت آبخوان است. این شکل نشان می‌دهد که در ۱۵ سال اخیر منتهی به سال ۱۳۹۳ نخست افت در سطح آب زیرزمینی به صورت متوالی ادامه داشته و همچنین با توجه به شیب نمودار میزان افت در سال‌های اخیر به میزان قابل توجهی افزایش یافته به طوری که نسبت به قبل ۲/۷ برابر شده (شیب نمودار از ۰/۱۸- به ۰/۵۰- رسیده) است. محاسبات و شواهد حاکی از این است که افت آب زیرزمینی به طرز شدید ادامه داشته و در دشت بیرجند به میزان متوسط سالانه ۰/۶ متر در طی ۳ سال گذشته و کسری مخزن معادل ۱۰/۴۶- میلیون متر مکعب بوده است.

۵-۸- تأثیر خشکسالی بر کیفیت و منابع آب شرب شهر بیرجند

اکنون منابع آب شرب شهر بیرجند ۳۳ حلقه چاه (۱۱ حلقه دشت رکات، نه حلقه دشت علی‌آباد، چهار حلقه دشت مرک، هفت حلقه دشت سربیشه، دو حلقه داخل شهر) بوده که با ۱۵۰ کیلومتر خط انتقال آب شهر تأمین می‌شود. پایین آمدن دبی چاه‌ها و افزایش عمق حفاری به سبب خشکسالی‌های اخیر و دور شدن منابع آبی سبب بالا رفتن هزینه تأمین، انتقال و توزیع آب (هزینه حفاری و جابه‌جایی چاه‌ها، هزینه برق، هزینه تعمیرات، هزینه استهلاک و...) شده است. با توجه به تداوم خشکسالی‌ها و تأثیرگذاری آن بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی همه ساله با افت مداوم سطح آب و کاهش آبدهی چاه‌ها همراه بوده، به طوری که اکنون توان تولید کنونی آب (۸۴۵ لیتر بر ثانیه) کمتر از میزان مجوز بهره‌برداری از منابع در اختیار (۹۸۵ لیتر بر



ثانیه) است. به طوری که در ایام پیک مصرف با کسری حدود یک صد لیتر بر ثانیه آب مواجه است (شرکت آب و فاضلاب بیرجند، ۱۳۹۵). یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های کنونی و آینده شهر بیرجند کمبود آب برای شرب، صنعت و کشاورزی است.

۸-۶- اثر خشکسالی بر آلودگی هوا در شهر بیرجند

در مطالعه پایش میزان آلودگی هوای شهر بیرجند که توسط آقای رضایی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شده حاکی از «کیفیت بهداشتی هوای شهر بیرجند در ۳۵۷ روز از ۳۶۶ روز بررسی در سال ۱۳۹۱ در حد پاک و یا قابل قبول، ولی در ۹ روز از حد استاندارد تجاوز کرده است. بر این اساس کیفیت هوا در سه روز غیربهداشتی برای گروه‌های حساس در سه روز به صورت غیربهداشتی، در یک روز خیلی غیربهداشتی، و دو روز در رده خطرناک بوده است. ذرات معلق و منوکسیدکربن به ترتیب بیشترین سهم را به عنوان آلاینده مسئول آلودگی شهر بیرجند در شرایط غیراستاندارد دارند. ورود ذرات معلق به شهر بیرجند از بیابان‌های اطراف شهر بیرجند بوده که به دلیل خشکسالی‌های اخیر، تخریب و کاهش پوشش گیاهی منطقه در حال افزایش است. بالا بودن سرانه خودروها و استفاده از سوخت‌های فسیلی برای گرمایشی در فصل‌های سرد از عوامل اصلی آلودگی هوای بیرجند محسوب می‌شود. لغو پرواز هواپیماهای فرودگاه بین‌المللی بیرجند یکی دیگر از مشکلات خشکسالی و آلودگی هواست. به طوری که از مجموع ۱۳۳۱ پرواز در سال ۱۳۹۰، تعداد ۵ پرواز (۰/۳۸٪)، همچنین در سال ۱۳۹۱ (۰/۱۶٪)، در سال ۱۳۹۲ (۰/۷۳٪)، در سال ۱۳۹۳ (۱/۲۲٪) و در سال ۱۳۹۴ (۱/۴٪) پروازهای فرودگاه بین‌المللی بیرجند به دلیل گرد و خاک ناشی از خشکسالی، طوفان و دید کم لغوشده است. به عبارتی هر چه بر مدت و شدت خشکسالی افزوده شده تعداد پروازهای لغوشده افزایش یافته است.

جدول ۱۰. اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی خشکسالی در خراسان جنوبی

اثرات اجتماعی	اثرات اقتصادی	اثرات زیست‌محیطی
مهاجرت دسته جمعی از روستا به شهر	کاهش عملکرد زراعی، باغی و دامی	افزایش دما، افزایش تبخیر و تفرق
افزایش بیکاران و بزهکاری (سرقت، قاچاق، اعتیاد، فساد، فحشاء و...)	پایین آمدن قدرت خرید مردم و کاهش درآمد مالیاتی دولت	افت کیفیت آب (شوری، آلودگی و...)
رواج مشاغل کاذب و غیرقانونی	ناپایداری منابع درآمد روستاییان	فرسایش خاک و بیابان‌زایی

از هم گسیختگی انسجام اجتماعی و خانوادگی جوامع روستایی و عشایری، استثمار کارگران به‌ویژه زنان و گروه‌های محروم	کاهش انگیزه‌های سرمایه‌گذاری به دلیل بازده کم سرمایه توأم با افزایش ریسک سرمایه‌گذاری	کاهش تنوع پوشش گیاهی، از بین رفتن مراتع
برهم خوردن مناسبات نهادها و کاهش توان و تضعیف شدن سنت‌های همیاری محلی	افزایش بدهی‌ها و کاهش پس‌اندازها و سرمایه‌های جاری و ثابت	نابودی و آسیب‌دیدگی مناطق حفاظت‌شده
تخلیه روستاها و کاهش جمعیت روستاها	پایین آمدن قیمت‌ها به دلیل افت کیفیت	تهدید حیات وحش، مرگ و میر وحوش
پایین آمدن کرامت انسانی، افزایش فقر، نیازمندی و احساس حقارت	اختلال در داد و ستد و ناتوانی پرداخت اقساط وام‌های دریافتی	هجوم آفات و بیماری‌های گیاهی، بیماری‌های دامی
کاهش امید به زندگی، افزایش تنش‌های روحی و روانی (نامیدی، اضطراب، عدم احساس امنیت، اختلال در باورها و...)	افزایش نرخ بیکاری به دلیل از بین رفتن زمین‌ها و فرصت‌های اشتغال کشاورزی و غیرکشاورزی توأم با پایین آمدن سطح دستمزدها به دلیل عرضه نیروی کارمزد	کاهش منابع آب سطحی (رودخانه و سدها) و زیرزمینی (خشک‌شدن چاه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها و افت سطح آب‌های زیرزمینی)
کاهش امنیت مرزها، افزایش هزینه‌های نظامی و امنیتی	پایین آمدن ارزش دارایی‌های محلی (مسکن، زمین، باغ و... در روستا	کاهش سطح زیر کشت زمین‌های زراعتی و دیم‌کاری
درگیری‌های محلی برسر استفاده از منابع آبی در روستا	افزایش جمعیت تحت پوشش سازمان‌های حمایتی-اداری	فرونشست زمین
کاهش جمعیت روستا، افزایش جمعیت شهر، کاهش کیفیت زندگی	تغییر در ساختار اقتصادی روستاها	افزایش سیلاب‌ها و تخریب زمین
بدبینی و نارضایتی مردم نسبت به دولت، ناامنی‌های سیاسی	لغو پرواز هواپیماها، کاهش پروازها	کاهش کیفیت آب شرب روستاها و شهرها
افزایش حاشیه‌نشینی در شهر	کاهش تعداد دام عشایر، فروش ارزان دام	افزایش کانون‌های بادی، گرد و خاک
افزایش زباله‌گردها در سطح شهر	از بین رفتن صنایع دستی، کاهش تولید	آلودگی هوا و افزایش ریزگردها
افزایش متکدیان و کارتون‌خواب‌ها و کودکان کار	افزایش پرداخت میزان خسارت شرکت‌های بیمه	افزایش تعداد دشت‌های ممنوعه و بحرانی



افزایش پرونده‌های قضایی و تعداد زندانی‌ها	افزایش مصرف برق و آب در اثر افزایش گرما	تغییر در زمان رویش برخی از محصولات کشاورزی
---	---	--

منبع. مطالعات محققین

۹- نتیجه‌گیری

خشکسالی پدیده‌ای جهانی، پیچیده و خزننده و زمانی حادث می‌شود که میزان بارندگی سالانه کمتر از میانگین درازمدت آن است و به صورت مستقیم یا غیرمستقیم منجر به آثار سوء اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود. عوامل متعددی در پیدایش خشکسالی مؤثر است که تغییر و دخالت در آن‌ها جهت جلوگیری از بروز و وقوع آن از توان بشر خارج و غیرممکن و در هیچ منطقه و شرایطی وجود ندارد. خراسان جنوبی عمدتاً دارای آب و هوای گرم و خشک است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد میانگین بارندگی استان از سال ۱۳۶۸-۱۳۹۵، به میزان ۱۱۷/۳ میلی‌متر، یعنی یک هفتم بارندگی جهانی، کمتر از یک دوم بارندگی کشور و میانگین بارندگی بیرجند ۱۵۰/۱۵ میلی‌متر بوده است. براساس محاسبات داده‌های آماری شاخص بارش استاندارد، شاخص درصد نرمال و شاخص دهک‌ها در طول این دوره شدیدترین خشکسالی در سال‌های آبی ۱۳۸۰-۱۳۷۸، مرطوب‌ترین سال منطقه نیز در دوره آماری، مربوط به سال آبی ۱۳۷۰-۱۳۶۹ و از سال ۱۳۷۷ تاکنون، میزان بارندگی استان، نزدیک به نرمال و یا خشکسال بوده است. براساس محاسبه شاخص درصدی از نرمال، آب و هوای استان بیرجند در ۲۷ سال مورد بررسی دارای ۱۲ سال (۴۴/۵٪) ترسال، ۱۵ سال (۵۵/۵٪) خشکسال، و براساس شاخص دهک‌ها، در استان ۲۰ سال (۷۴٪) دارای آب و هوا نزدیک به نرمال یا کمتر، در بیرجند ۱۵ سال (۵۵/۶٪) آب و هوا نزدیک به نرمال یا کمتر بوده است. در بین شهرستان‌های استان بیشترین میزان خشکسالی به ترتیب قائن، خوسف، بشرویه، طبس و فردوس بوده است. از کل جمعیت استان ۹۱/۹٪ و از کل مساحت ۸۴/۲٪ نواحی تحت تأثیر خشکسالی خفیف تا خشکسالی شدید بوده است. خشکسالی‌های ۱۸ سال گذشته اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی در سطح استان و شهر بیرجند در پی داشته است. مدیریت ریسک نسبت به مدیریت بحران مهم‌ترین عامل مهارکننده خشکسالی است. تغییر کشت و اجرای آبیاری‌های تحت فشار، اجرای گونه‌های مقاوم با خشکسالی، جداکردن آب شرب از سایر مصارف شهری، جلوگیری از تخریب و گسترش پوشش گیاهی، ارتقاء سطح فرهنگ صرفه‌جویی در مصرف آب، کنترل برداشت آب از منابع زیرزمینی، اجرای پروژه آبخیزداری و آبخوان و تثبیت شن‌های روان، ذخیره آب‌های جاری و جلوگیری از خروج آب از مرزهای کشور، بارور کردن ابرها، انتقال آب از سایر مکان‌ها، اخذ آب از رطوبت هوا و نظایر آن باید در زمینه بهبود راندمان محصولات اقدام کرد.

۱۰- منابع

- قرآن مجید، سوره یوسف، آیات ۴۶-۴۸.
- آرزومندان مفرد، راضیه، «مهاجرت‌های روستایی و اثرات اقتصادی- اجتماعی آن بر حاشیه‌نشینی (مطالعه موردی: بیرجند)»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بیرجند، ص ۱۹۴، ۱۳۹۱.
- اسماعیل‌نژاد، مرتضی، ۱۳۹۴، *تحلیل موقعیت اقلیمی، مطالعات طرح آمایش سرزمین خراسان جنوبی*، ص ۵۰.
- بانک جهانی، *مبارزه با فقر گزارش توسعه جهانی ۲۰۰۱-۲۰۰۰*، ترجمه دفتر تأمین امور اجتماعی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، چاپ اول، ص ۴۰۰، تهران، ۱۳۸۱.
- بذرافشان، جواد، ۱۳۸۱ «مطالعه تطبیقی برخی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران، *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد هواشناسی کشاورزی*، دانشگاه تهران.
- پیری، حلیمه و حسین انصاری، ۱۳۹۲، «بررسی خشکسالی دشت سیستان و تأثیر آن بر تالاب بین‌المللی هامون»، *فصل‌نامه علمی پژوهشی تالاب*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۶۳-۷۴.
- خسروی، محمود و محمد اکبری، ۱۳۸۸، «بررسی ویژگی‌های خشکسالی‌های استان خراسان جنوبی»، *فصل‌نامه جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۴، صص ۶۸-۵۱.
- خوش‌اخلاق، فرامرز، هوشنگ قائمی و مجید زاهدی، ۱۳۷۶، «بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران»، *فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره پیاپی ۴۵، شماره دوم، سال دوازدهم، صص ۱۵۴-۱۳۶.
- رحیم‌زاده، محمدزاده و کردان‌مقدم و هوشمند، ۱۳۸۸، «پهنه‌بندی خشکسالی با شاخص‌های SPI و CZI و استفاده از علم زمین آمار»، (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)، «نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، صص ۳۴۰-۳۳۲.
- رضایی، ایوب، محمدرضا رضایی و محمدحسین صیادی، ۱۳۹۲، «آلاینده‌های هوای شهری بیرجند و تأثیر بهداشتی آن بر شهروندان»، *دومین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا*، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، صص ۶۵-۶۲.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی خراسان جنوبی، *سالنامه آماری استان خراسان جنوبی*، ۱۳۸۶، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴، معاونت آمار و اطلاعات.
- سنجری، حسین، ۱۳۹۳، «بررسی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی خشکسالی بر نواحی روستایی (بخش شوسف- شهرستان نهبندان)»، *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد*، دانشگاه بیرجند، چکیده.
- شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، *دفتر مطالعات پایه منابع آب، گروه آب‌های زیرزمینی*، ص ۱۲، ۱۳۹۲.



- شریفیان، حسین و لیلا رحیمی، ۱۳۹۲، «پایش خشکسالی استان سیستان و بلوچستان براساس نمایه SPI و دهک‌ها و نرمال»، اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی /یران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.
- عباسی، فاطمه، شراره ملبوسی و ایمان باباییان و مرتضی اثمیری و رضا برهانی، ۱۳۸۹، «پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G»، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۲، صص ۲۱۸-۲۳۳.
- علیجانی، بهلول و محمدرضا کاویانی، ۱۳۷۸، مبانی آب و هواشناسی، تهران، انتشارات سمت، ص ۲۵۸.
- کردوانی، پرویز، ۱۳۸۰، خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۶.
- The Holy Quran, Surah Yusuf, No. of Verses 46-48. [in Persian]
- Arezoomandan Mofrad, R., "Rural Immigrations and Its Economic-Social Effects on Suburban Life (Case study: Birjand)", *M.A. Thesis, Birjand University*, pp. 194, 2013. [in Persian]
- Esmail Nezhad, M., *Analyzing Climate Status, Studies on Spatial Plan of South Khorasan*, pp. 50, 2015. [in Persian]
- *International Bank, Fighting Poverty: International Development Report 2000-2001*, Translated by The Office of Providing Social Security of Management and Planning Organization, First Edition, Management and Planning Organization Press, pp. 400, Tehran 2002. [in Persian]
- Bazrafshan, J., "Comparative Study of Meteorological Drought in Some Climate Sample of Iran", *M.A. Thesis in Agricultural Meteorology*, Tehran University, 2002. [in Persian]
- Piri, H., H. Ansari, "Analyzing Drought in Sistan Plain and Its Effects on Hamoon International Pond", *M.A. Thesis, Islamic Azad University of Ahvaz*, Year 4, Vol. 15, pp. 63-74, 2013. [in Persian]
- Khosravi, M., M. Akbari, "Analyzing Drought Features of South Khorasan", *Geography and Development Quarterly*, Vol. 14, pp. 51-68, 2009. [in Persian]
- Khoshakhlagh, F., H., Ghaemi, M., Zahedi, "Analyzing Monthly Patterns of Drought and Wet Year in Iran", *Geographical Research Quarterly*, Vol. 45, No. 2, Year 12, pp. 136-154, 1997. [in Persian]
- Rahimzadeh, Mohamadzadeh, Kardanmoghadam, Hooshmand, "Zoning Drought Areas According to SPI and CZI Indices and by Using Geostatistics (Case Study: South Khorasan Province)", *First National*

- Conference of Applied Researches on Water Resources of Iran*, Kermanshah Industrial University, pp. 332-340, 2009. [in Persian]
- Rezaei, A., M. R., Rezaei, M. H. Sayyadi, "Air Pollutants in Birjand and Their Effects on Citizens' Health", *Second National Conference of Air and Sound Pollution Management*, Tehran, Sharif University of Technology, pp.62-65, 2013. [in Persian]
 - Management and Planning Organization of South Khorasan, *Statistics Yearbook of South Khorasan*, 2006, 2010, 2015, Deputy of Statistics and Information. [in Persian]
 - Sanjari, H., Analyzing the Social, Economic and Environmental Consequences of Drought on Rural Areas of Shoosf (a District in Nehbandan County), *M.A. Thesis*, Birjand University, Abstract p., 2015. [in Persian]
 - Regional Water Company, *Office of Basic Studies of Water Resources*, Department of Underground Water, P. 12, 2013. [in Persian]
 - Sharifian, H., L., Rahimi, "Monitoring Drought in Sistan va Baluchestan Province Based on SPI and Deciles and Normal Distribution", *First National Conference of Water and Agriculture Resources*, Irrigation and Drainage Association, Islamic Azad University of Khoorasgan, Isfahan, 2013. [in Persian]
 - Abbasi, F, S. Malboosi, I. Babaian, M. Asmari, R. Borhani, "Forecasting Climate Change in Shouth Khorasan between 2010 and 2039 Based on Statistics Subscales Output of ECHO-G Model", *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industry)*, Vol. 24, No. 2, pp. 218-233, 1999. [in Persian]
 - Alijani, B., M. R. Kaviani, *Basics of Meteorology*, Tehran, Samt Publications, pp. 258, 1998. [in Persian]
 - Kordavani, P., *Drought and Ways to Deal with It in Iran*, First Edition, Tehran, Tehran University Press, pp .26, 2001. [in Persian]
 - Dracup J. A., K. S. Lee, & E. G. Paulson. On the definition of droughts. *Water Res. Res* 16, pp .297-302, 1980.
 - Edossa, D. C., M. S. Babel, A. D. Gupta, Drought analysis in the Awash River basin, Ethiopia, *Water Resource Manage*, 24, pp.1441-1460, 2010.
 - FAO.UN.Disaster Mangement Training Program (DMTP), Model for national Disaster Management Structure Preparedness plan, and Supportig egislation, 1998.
 - International Emigration Management Institute, 1993, NDPC, 2000, Karl, T. H. R. & A. J. Kosciely, Drought in the United States, *Journal of Climatology*, 2, pp. 313-320, 1982.

- Karl, Thomas R. & Albert J. Koscielny, Drought in the United States: 1895–1981, National Climatic Center, Asheville, NC2S801, U.S.A. Vol. 2, Issue 4, October/December. pp. 313–329, 1982.
- Karamouz, M. & S. Nazif, *Hydrology and Hydroclimatology: Principles and Applications*, CRC Press, 2012.
- Melville, B.W., M.Z. Hashmi & A.Y., Shamseldin, Downscaling of future rainfall extreme events, a weather generator based approach, Hydrol, Earth syst. Sci. Discuss.6, pp. 6535-6579, 2009.
- Molen, M.K. et al, Drought and Ecosystem Carbon Cycling, Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 151, No. 7, pp. 765- 773, 2011.
- Myronidis, D., D. Stathis, K. Ioannou, D. Fotakis, an Integration of Statistics Temporal Methods to Track the Effect of Drought in a Shallow Mediterranean Lake. *Water Resources Management* 26 (15), pp. 4587-4605, 2012.
- Richard, R. & J.R. Heim, A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States NOAA/National Climatic Data Center, in final form 12 February, 2002.
- Smith, Kelly, the Basics of Drought Planning: A 10- Step Process, National Drought Mitigation Center Sutherland, Margaret Christopher, Tweed, 2004.
- Wilhite, D.A., “Drought Vol. 1, pp. 11, A Global Assessment”, 2000.
- [http://www.press.mihanblog.com/post http://bastam-](http://www.press.mihanblog.com/post/http://bastam-)
- <http://www.skhmet.ir/index.php/>