

آثار و پیامد های خشکسالی بر منابع آب حوضه مرکزی گناباد طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۵

ابوالفضل بهنیا فر*

استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

مجید حبیبی نوخندان

استادیار، پژوهشکده هواشناسی مشهد

رضا دولتی

کارشناس ارشد، جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

چکیده

خشکسالی از جمله مخاطرات طبیعی موقتی است، که در بیشتر نواحی جهان ظهور می کند و به سرعت به شکل تهدید منابع آب خودنمایی می کند. این پدیده در نواحی خشک و نیمه خشک شدت بیشتری دارد. کاهش غیر منتظره در میزان بارش نرمال، هر منطقه سبب بروز خشکسالی می شود. تداوم خشکسالی بر منابع آبی، کشاورزی و اقتصاد منطقه اثر منفی می گذارد. اگر خشکسالی باعث کاهش رواناب، افت سطح آب سفره های زیر زمینی و کاهش دبی این منابع شود، خشکسالی هیدرولوژیکی بروز خواهد کرد. از آن جا که رودهای دائمی در حوضه مورد مطالعه وجود ندارد. منابع آب آن وابسته به قنات ها، چشمه ها و چاه های حوضه بوده که به شدت از تغییرات بارش اثر پذیرند. هدف این تحقیق بررسی خشکسالی در حوضه مرکزی گناباد (از زیر حوضه های دشت لوت) و آثار آن بر منابع آب این حوضه می باشد. برای تعیین خشکسالی و شدت آن شاخص های زیادی در نظر گرفته می شود، ولی در این تحقیق با استفاده از دو شاخص درصد از نرمال و انحراف از استاندارد بارندگی، بروز خشکسالی و تداوم آن مورد بررسی قرار گرفته، همچنین نقش باران های ۴۸ ساعته در تشدید اثر خشکسالی بررسی شده است. سپس با استفاده از چهار شاخص افت سطح آب سفره های زیر زمینی در طول دوره ۲۰ ساله، کاهش دبی، تعداد کف شکنی در چاه های حوضه و کاهش تعداد منابع آب، اثرات خشکی بر منابع آبی حوضه بررسی گردیده است. تداوم خشکسالی در این حوضه که از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۸۱ شدت بیشتری داشته و بر منابع آبی آن اثر گذاشته و باعث ایجاد خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه مورد مطالعه شده است. نتایج آشکار ساخت طی این دوره خشکسالی منجر به کاهش آب دهی در قنات ها، به مقدار ۴۸ درصد در چاه ها، به مقدار ۴۰ درصد و در چشمه ها به مقدار ۳۱ درصد شده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، منابع آب، درصد از نرمال بارش، SPI، تعداد کف شکنی ها، حوضه مرکزی گناباد.

مقدمه

از آن جا که خشکسالی یک حادثه غیر مترقبه طبیعی است و در نواحی خشک و نیمه خشک استان خراسان رضوی مانند گناباد اثرات بیشتری داشته است، اولین و مهمترین تهدید آن در منابع آبی ظاهر می شود. اگر

چه این پدیده به صورت آهسته در زندگی و اقتصاد منطقه تأثیر گذاشته است، بنابراین بی اهمیت شمرده می شود (استاهی، کریستین، ۲۰۰۱، ۴۰) طبق گزارش اخیر برنامه محیطی سازمان ملل فراوانی وقوع سیل و دیگر شرایط حدی اقلیمی هر ساله دو برابر می شود و بالغ بر ۱۵۰ میلیون دلار خسارات آن ها افزایش می یابد. آب و کشاورزی از مهمترین بخش هایی است، که تحت تأثیر حوادث جدی هستند (رحیم زاده، ۱۳۸۴، ۴). هیمن و همکارانش (۱۹۹۱)، مخاطرات جهانی را در سال های ۱۹۶۴-۱۹۸۹، بر حسب تعداد وقایع و تأثیر آن از لحاظ تعداد کشته ها و خسارت دیدگان، به پنج گروه تقسیم می کنند، که در این میان مخاطرات آب و هوایی متداول ترین این خطر ها محسوب می شوند. بر اساس این تقسیم بندی اگر چه بیشتر مرگ و میر ها به زد و خوردها و درگیری های داخلی اختصاص دارد؛ اما نیمی از مرگ و میر ها، عموماً اختصاص به جهان سوم دارد، و بر اثر کمبود مواد غذایی ناشی از خشکسالی ایجاد می شود (مقیم و گودرزی نژاد، ۱۳۸۲، ۱۶-۱۴). گردش عمومی جو به گونه ای است، که در عرض های جغرافیایی تقریباً ۳۰ درجه هوا دائماً حالت فرونشینی دارد و هسته های پر فشار را در این عرض ها ایجاد می نماید. بر اثر سوبسیدانس هوا امکان صعود و بارندگی به حداقل رسیده و در نتیجه، شرایط اقلیمی خشک و بیابانی در عرض های مذکور حکمفرما شده است (زمردیان، ۱۳۸۱، ۲۲). حوضه مرکزی گناباد در استان خراسان رضوی واقع شده و دارای شرایط اقلیمی خشک، با متوسط بارش ۱۴۳ میلی متر است، که طی دوره ۸۵-۶۵ به دلیل خشکسالی با کمبود شدید منابع آب روبرو شده است.

در این شرایط با کمبود بارندگی و وقوع خشکسالی آثار زیان بار آن بیشتر در منابع آب ظهور کرد، و همچنین تداوم این روند، تأثیر زیادی بر روی منابع آب این حوضه در آینده خواهد داشت. دستیابی به یک شاخص که به توان خشکسالی حوضه را ارزیابی کرد، و هم ارتباط خشکسالی را با منابع آب حوضه توجیه کرد، از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در دنیا تحقیقات فراوانی بر روی خشکسالی صورت شده است (گیس و ماهر، ۱۹۶۷، ۴۸). گیس و ماهر در استرالیا با استفاده از شاخص دهک ها و مرتب کردن داده های بارندگی ماهانه گام مهمی در این زمینه برداشته اند (گیس و همکاران، ۱۹۶۷، ۴۸).

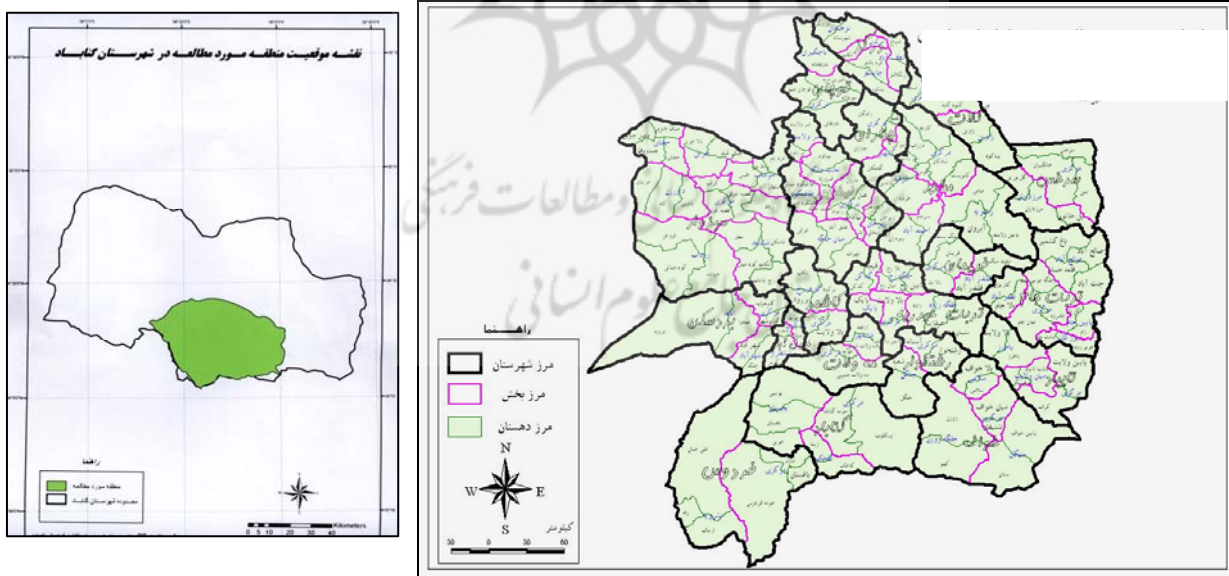
لمب (۱۹۸۲، ۴۷-۴۶) با استفاده از شاخص انحراف از استاندارد در جنوب صحرا به این نتیجه رسید که دهه ۱۹۴۰ با خشکسالی شدید همراه بوده و تا دهه ۱۹۷۰ ادامه داشته است. در سال ۱۹۹۳ محققان دانشگاه ایالت کلرادو نمایه خشکسالی جدیدی به نام نمایه استاندارد شده بارش (SPI) تهیه نمودند (مک کی و همکاران، ۱۹۹۳، ۳۷۹-۳۷۴) تا وضعیت عملیاتی پایش تأمین آب در ایالت کلرادو را بهبود بخشند. گرچه نمایه SPI برای ایالت کلرادو تهیه شده، ولی دارای ویژگی ها و مزایایی برای سایر مناطق نیز می باشد. مرکز ملی تعدیل خشکسالی (NDMC)، از فوریه ۱۹۹۶ شروع به تهیه نقشه های ملی ماهانه نمایه SPI در سطح بخش های اقلیمی ایالات متحده کرده است، نقطه قوت اساسی این نمایه آن است که برای مقیاس های زمانی مختلف از یک ماه تا چند سال قابل محاسبه می باشد، هر دوره زمانی خاص قابل انتخاب بوده و غالباً بستگی

به نوع سیستم هیدورلوژیکی (بیشتر مد نظر است) دارد. در ایران نیز برای پایش خشکسالی مناطق مختلف از این شاخص استفاده شده است.

حوضه آبریز اساسی ترین واحدهای طبیعی در مقیاس منطقه ای به شمار می آید، که استقلال و هویت تعریف شده ای دارد (رامشت، ۱۳۸۵، ۱۹). از آن جا که اثرات خشکسالی در یک منطقه از مکانی به مکان دیگر تفاوت می کند، اثرات آبی آن در حوضه آبریز ملموس تر است. این پژوهش نشان می دهد که شاخص SPI ۳۶ ماهه بیشترین تطابق را برای بررسی اثرات خشکسالی بر منابع آب این حوضه داشته است. و به همین دلیل برای پایش خشکسالی منطقه استفاده شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش

حوضه مرکزی گناباد از نظر موقع ریاضی بین مدار ۳۴ درجه و ۳ دقیقه شمالی و ۳۴ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و بین نصف النهار های ۵۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و ۵۹ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی واقع شده است. از لحاظ موقع نسبی استان خراسان رضوی و در ۳۰۰ کیلو متری جنوب مشهد بین دشت های بجستان، گیسور، خضری و فردوس قرار گرفته است. مساحت این حوضه ۱۸۷۲/۱۰۴ کیلو متر مربع است. بلندترین نقطه ارتفاعی آن ۲۸۵۷ متر و پست ترین نقطه ارتفاعی ۱۰۰۰ متر می باشد ارتفاع متوسط حوضه ۱۹۸۲ متر از سطح دریا است.



شکل ۱: موقعیت شهرستان گناباد موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی

روش شناسی پژوهش

این تحقیق به صورت تحلیلی و براساس شاخص های مداخله گر در تأثیر خشکسالی بر منابع آب انجام شده است، همچنین با استفاده از چند شاخص SPI (انحراف از استاندارد)، درصد از نرمال، خشکسالی در منطقه به اثبات رسیده است، و ابزارهای اصلی تحقیق عبارتند از:

- ۱- آمارهای اقلیمی پردازش شده، برای دوره آماری و تعیین منحنی های افت مقادیر بارش طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۵؛
- ۲- آمارهای تغییرات منابع آب طی دوره ۸۵-۶۵ (قنات ها، چاه ها و چشمه ها) و تطبیق پذیری آن ها با نوسانات بارش حوضه؛
- ۳- متغیرهای تعیین پایش خشکسالی؛

جدول ۱: مشخصات شاخص های خشکسالی و شاخص های مؤثر بر منابع آب منطقه مورد مطالعه

شاخص های خشکسالی	شاخص های تأثیر بر منابع آبی حوضه
درصدی از نرمال	تعداد منابع آبی
SPI (انحراف از استاندارد)	دبی منابع آب
بارش های ۴۸ ساعته	کف شکنی در چاه ها
	افت سطح آب زیر زمینی

الف- میزان خشکسالی با شاخص درصدی از نرمال بر اساس میانگین بارش دوره ۳۳ ساله ایستگاه های حوضه به دست آمده است.

$$P/n = \frac{p}{p} \times 100$$

در فرمول:

p/n - میزان انحراف از میانگین به درصد؛
 p - متوسط بارندگی سالیانه؛
 P - میانگین بارش دوره آماری.

جدول ۲: طبقه بندی خشکسالی بر اساس شاخص P/N

مقدار p/n	نوع خشکسالی
۷۰-۸۰ درصد	خشکسالی خفیف
۵۵-۷۰ درصد	خشکسالی متوسط
۴۰-۵۵ درصد	خشکسالی شدید
کمتر از ۴۰ درصد	خشکسالی بسیار شدید

منبع: جمالی، بدای و همکاران، مدیریت ریسک خشکسالی، ۱۳۸۴

ب- ارزیابی خشکسای حوضه با نمایه SPI در مقیاس های یک ساله و سه ساله با استفاده از فرمول زیر به دست آمده است:

$$Tpo_n = \frac{[Tpo + \sum_{i=1}^{n-1} (Tp - i)] - \mu_n}{\delta_n}$$

N = تعداد ماه های بارندگی تجمعی؛

Tpo = مقدار نرمال شده بارندگی ماه فعلی؛

$Tp-i$ = مقدار نرمال شده ماه قبل؛

μ_n = میانگین تعداد بارندگی تجمعی در دوره آماری (n ماه)؛

δ_n = انحراف معیار برای ماه ها.

با استفاده از جدول :

جدول ۳: طبقه بندی دوره های خشکسالی و تر سالی بر اساس شاخص SPI

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

منبع: جمال، بذاق و همکاران، مدیریت ریسک خشکسالی، ۱۳۸۴

برای محاسبه مقادیر SPI در این پژوهش از نرم افزار SPI-LX-6 استفاده شد، که دقت بیشتری نسبت به سایر محیط های نرم افزاری مشابه دارد. رتال جامع علوم انسانی

متغیرهای آثار خشکسالی بر منابع آبی شامل چهار معیار افت مخازن آب، کاهش دبی سالیانه، تعداد کف شکنی در چاه ها و تعداد کاهش منابع آبی بوده است.

۴- تهیه نقشه های منابع آبی در طول دوره ۸۵-۶۵ در محیط Arc View.

یافته های تحقیق

الف - تعیین شدت پایش خشکسالی در منطقه

میانگین بارندگی در طول دوره آماری مورد تحقیق، نسبت به میانگین بارندگی ۱۶ ایستگاه هواشناسی در شرق کشور مقایسه و مشخص شد، که میانگین بارش گناباد (۱۴۳ میلی متر)، یعنی ۱۶ میلی متر کمتر از میانگین بارش در ایستگاه های شرق کشور است، و به این ترتیب خشکی در این حوضه تاثیر شدیدتری بر

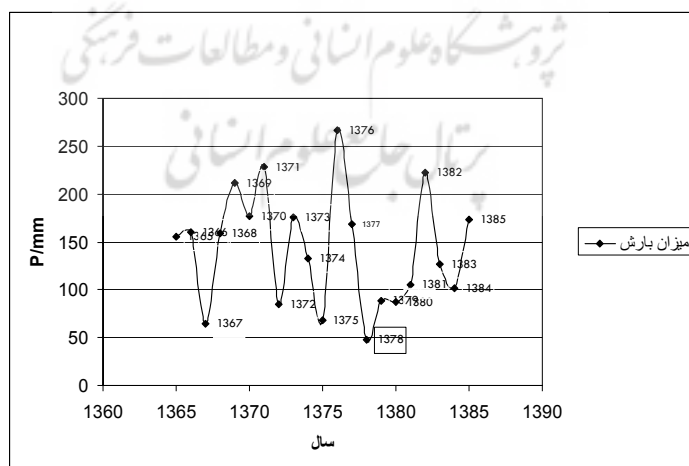
جای گذاشته است. پس از آن با استفاده از شاخص های SPI درصدی از نرمال و نیز بارش های ۴۸ ساعته خشکسالی پایش و به اثبات رسید. بیشترین مقدار بارش طی این دوره آماری در سال ۱۳۷۶ با ۲۶۶ میلی متر و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۷۸ با ۴۷ میلی متر بوده است (جدول ۴).

جدول ۴: اطلاعات بارش سالیانه ایستگاه گناباد طی دوره ۸۵-۱۳۶۵

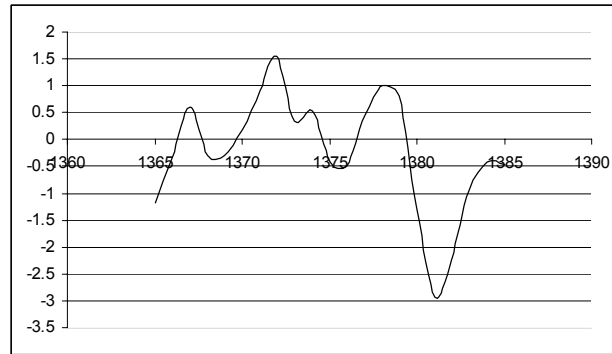
سال	P/mm	سال	P/mm	سال	P/mm
۱۳۶۵-۶	۱۵۶	۱۳۷۲-۳	۸۵.۴	۷۹-۸۰	۸۸.۵
۱۳۶۶-۷	۱۶۰	۱۳۷۳-۴	۱۷۶	۱۳۸۰-۱	۸۷.۲
۱۳۶۷-۸	۶۴.۵	۱۳۷۴-۵	۱۳۲	۱۳۸۱-۲	۱۰۵
۱۳۶۸-۹	۱۵۹	۱۳۷۵-۶	۶۷.۹	۱۳۸۲-۳	۲۲۲
۶۹-۷۰	۲۱۱.۷	۱۳۷۶-۷	۲۶۶	۱۳۸۳-۴	۱۲۷
۱۳۷۰-۱	۱۷۶	۱۳۷۷-۸	۱۶۹	۱۳۸۴-۵	۱۰۱
۱۳۷۱-۲	۲۲۸	۱۳۷۸-۹	۴۷.۳	۱۳۸۵-۶	۱۷۳

منبع: اداره هوا شناسی شهرستان گناباد، مرکز ملی اقلیم شناسی (آمار ها بر اساس سال زراعی تنظیم شده اند).

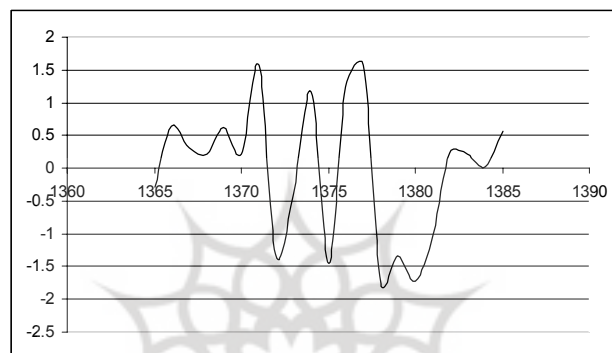
با مراجعه به شکل ۲، آشکار می شود که تغییرات بارش گناباد نسبت به میانگین ایستگاه های شرق کشور بسیار شدید بوده است. همچنین بر اساس شاخص SPI که می تواند برای دوره های مختلف زمانی مورد استفاده واقع شود. مقادیر یک و سه ساله این شاخص در منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است، و با توجه به این محاسبات آشکار شد، که خشکسالی از سال ۱۳۶۵ به تدریج و به صورت خزشی آغاز شده و روند فزاینده ای از سال ۱۳۷۰ به بعد هم به لحاظ تکرار و هم شدت داشته است.



شکل ۲: تغییرات میزان بارش سالیانه گناباد از میانگین ایستگاه های شرق کشور طی دوره ۸۵-۱۳۶۵



شکل ۳: مقدار شاخص SPI یک ساله در دوره آماری ۱۳۶۵-۱۳۸۵

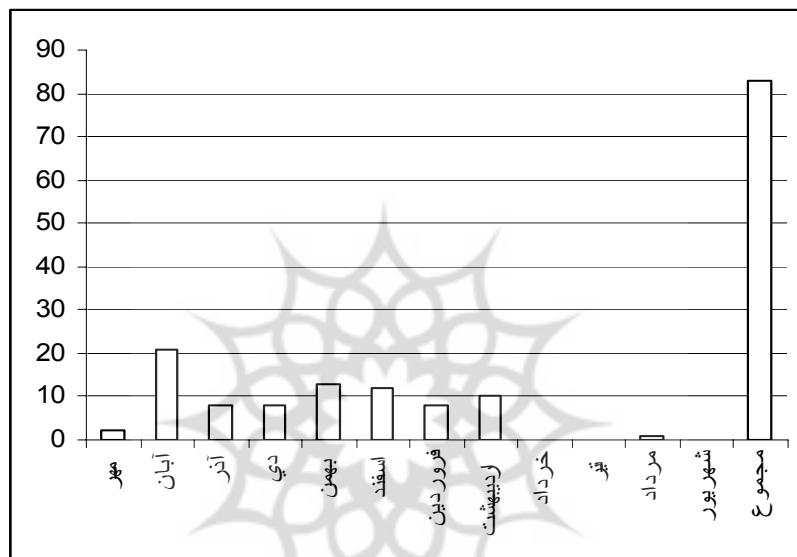


شکل ۴: مقدار شاخص SPI سه ساله در دوره آماری ۱۳۶۵-۱۳۸۵

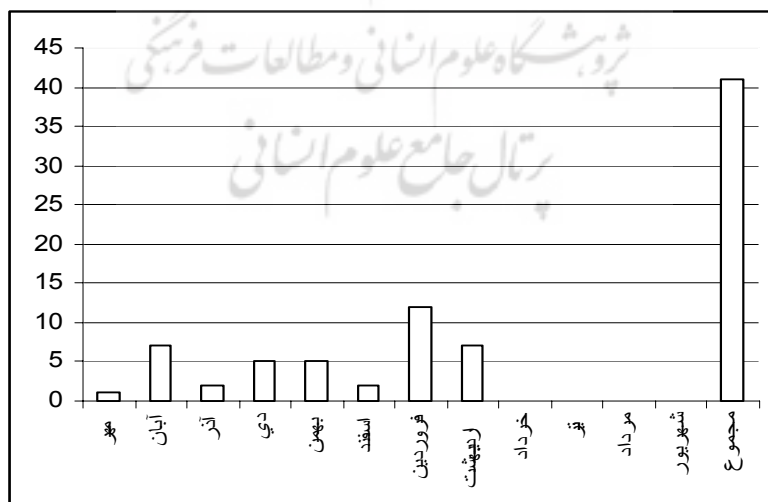
منبع نگارندگان: مرکز ملی اقلیم شناسی، اداره هواشناسی شهرستان گناباد

با توجه به شکل ها، شاخص های SPI یک و سه ساله، ملاحظه می شود که شدت خشکسالی در سال ۱۳۷۸، بیشتر بوده و به سوی حال حاضر افزایش یافته است. اگر شاخص p/n را در نظر بگیریم، نوسانات بارشی در طول دوره آماری شدیدتر شده و دامنه تغییرات بارش افزایش یافته است. این شدت از سال ۱۳۷۰ به بعد به طور چشم گیری با یک روند تدریجی قابل مشاهده است، و با توجه به تأثیر آن بر منابع آب منطقه در این مدت مشخص می شود، که خشکسالی هیدرولوژیکی در قلمرو مورد مطالعه ظهور کرده است. به طوری که کاهش بارندگی در دوره مذکور منجر به افت سطح آب زیر زمینی به دلیل فقدان تغذیه آب و به ویژه خشک شدن، تعداد زیادی از قنات ها و چشمه ها شده است. مقدار SPI یک ساله در سال ۱۳۷۶ برابر ۱.۲۴ بوده و این مقدار در سال ۱۳۷۸ به ۱.۷۷- رسیده است، که دامنه تغییرات وسیعی را مشخص می کند و نشان دهنده بروز خشکی شدید است. همچنین مقدار SPI سه ساله، از سال ۱۳۷۸ معادل ۱ بوده، ولی در سال ۱۳۸۱ به ۲.۹۲- رسیده است و کاملاً با کاهش دبی منابع آبی مطابقت می نماید، که خود بیانگر خشکسالی شدید هیدرولوژیکی در منطقه است، به عبارت دیگر کاهش شاخص SPI در سال هایی که خشکسالی بروز کرده است، در طی یک دوره طولانی کاملاً با آمار کاهش یا افت منابع آبی مانند چاه ها و قنات ها مطابقت داشته است. که این موضوع تأثیر منفی زیاد، بر بخش کشاورزی گذاشته است. تغییر در

وضعیت زمانی بارش ها که به صورت بارش های ۴۸ ساعته مورد بررسی قرار گرفته و از شاخص های دیگر پایش خشکسالی است، در منطقه به وجود آمده است. بر اساس آمارهای هواشناسی منطقه در سال ۱۳۷۸ از مجموع ۴۷.۳ میلی متر بارش سالیانه، و مقدار ۴۱ میلی متر آن به صورت بارش های ۴۸ ساعته نازل شده است، به طور کلی مقادیر بارش های ۴۸ ساعته، در دوره های خشک افزایش یافته و بارندگی ها از حالت متداوم به صورت رگباری در آمده اند، این مسئله مبین ظهور خشکی می باشد، زیرا از ویژگی های مناطق خشک بارش های رگباری است. در شکل های ۵ و ۶، تفاوت میزان این بارش ها در سال های خشکسالی و تر سالی مورد مقایسه قرار گرفته و نشان داده شده است.



شکل ۵: توزیع ماهیانه بارش های ۴۸ ساعته سال ۱۳۷۶ (تر سالی) از مجموع ۲۶۶.۱ میلی متر بارش سالیانه



شکل ۶: توزیع ماهیانه بارش های ۴۸ ساعته سال ۱۳۷۸ (خشکسالی) از مجموع ۴۷.۳ میلی متر بارش سالیانه

منبع نگارندگان: اداره هواشناسی شهرستان گناباد

از طریق شاخص های پایش خشکسالی کاملاً آشکار می شود، که خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه مرکزی گناباد ظهور کرده است، و این خشکسالی بر منابع آبی حوضه تاثیرات منفی داشته است، برای اثبات این موضوع از چندین شاخص استفاده شده است، که نتایج آن مورد بررسی قرار می گیرد.

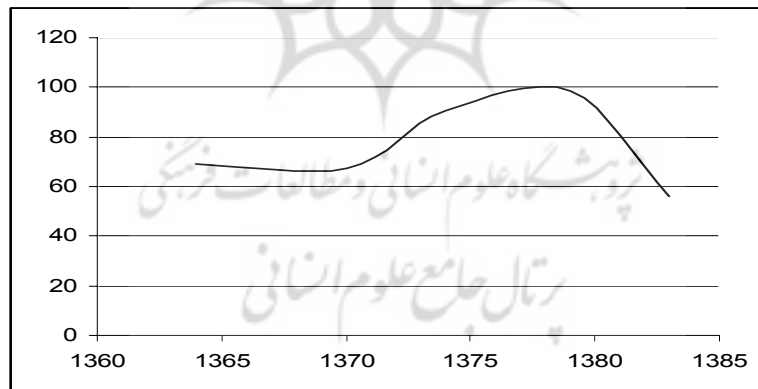
ب- پی آمد های ناشی از خشکسالی بر منابع آب

برای آشکار سازی نقش خشکسالی بر منابع آبی حوضه مرکزی گناباد از شاخص های تعداد و دبی منابع آبی، افت سطح ایستایی و تعداد کف شکنی ها استفاده شده است.

جدول ۵: تعداد منابع آبی حوضه مرکزی گناباد در دوره ۸۵-۶۵

سال	تعداد چاه عمیق و نیمه عمیق	دبی سالیانه	تعداد قنات	دبی سالیانه	تعداد چشمه	دبی سالیانه	تخلیه (میلیون متر مکعب)
۱۳۶۴	۱۵۳	۱۴	۲۷۲	۵۲.۵	۲۳	۷	۶۹
۱۳۷۰	۲۴۵	۳۲.۲	۲۳۹	۴۴	-	-	۶۷.۲
۱۳۷۴	۲۴۶	۳۱.۵	۴۰۸	۵۲.۵	۲۲	۸.۵	۹۲.۵
۱۳۷۹	۲۶۲	۲۳	۲۸۵	۷۰	۲۵	۵.۸	۹۸.۵
۱۳۸۳	۲۱۷	۱۴	۳۰۴	۳۸	۷۴	۴	۵۶

منبع: اداره آب منطقه ای شهرستان گناباد، واحد مطالعات، سال ۱۳۸۶

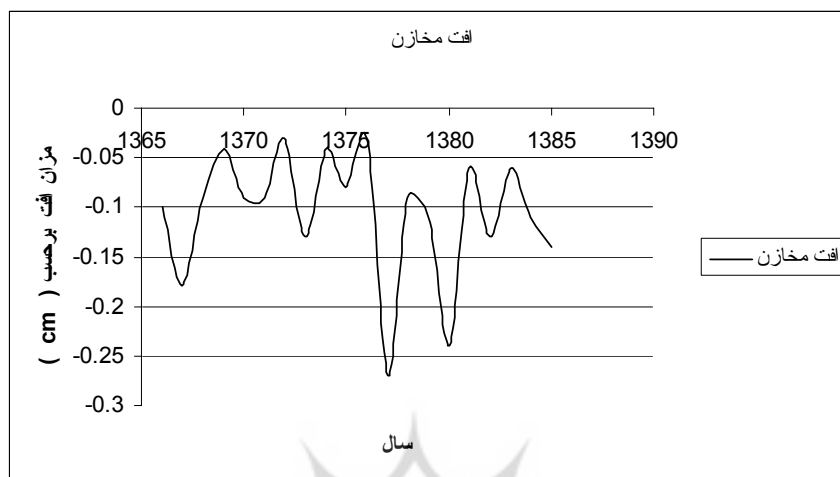


شکل ۷: تغییرات دبی منابع آب در دوره آماری ۱۳۶۴ - ۱۳۸۳ برحسب میلیون متر مکعب

منبع نگارندگان: اداره آب منطقه ای شهرستان گناباد، واحد مطالعات آب

با توجه به این که از سال ۱۳۶۹ در حوضه مورد مطالعه، حفر چاه به جز موارد خاص ممنوع بوده است، بنابراین باید تغییرات زیادی در مقادیر آب قنات ها صورت نگرفته باشد، ولی از سال ۱۳۷۵ به بعد، به دلیل تداوم خشکسالی کاهش شدید، در این منابع آبی به وقوع پیوسته است. طبق شکل کاهش دبی سالیانه این منابع تحت تاثیر خشکسالی های مربوط به سال ۱۳۷۵ از ۹۲.۵ میلیون متر مکعب در سال، به ۵۶ میلیون متر

مکعب در سال ۸۳ کاهش یافته است. گرچه با ممنوعیت حوضه برای حفر چاه از سال ۷۰ تا حدودی منحنی به سمت بالا تمایل داشته است، اما مطالعه خشکسالی های دهه دوم، در این تحقیق روند فزاینده کاهش دبی را به جهت افت مخازن آب، که در اثر کاهش ورودی به سفره های زیرزمینی بوده را در پی داشته است، این کاهش ورودی در منابع آبی حوضه تا حال حاضر تداوم دارد.



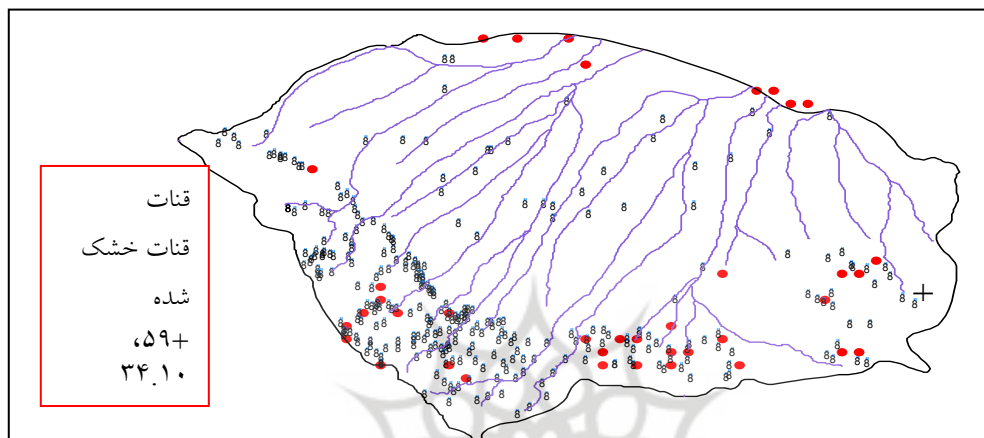
شکل ۸: تغییرات افت منابع آب در حوضه

منبع: نگارندگان: اداره آب منطقه ای شهرستان گناباد، واحد مطالعات آب

میانگین افت سطح ایستایی آب در چاه های حوضه در طول دوره ۱۰ سانی متر در سال محاسبه شده است، اما این مقدار در سال ۱۳۶۷ به ۲۷ سانتی متر، و در سال ۱۳۸۰ به ۲۴ سانتی متر، افزایش یافته است، که بیانگر کاهش مخازن آبی در اثر شدت خشکسالی ها بوده است. با توجه به ممنوعیت حفر چاه ها ملاحظه می شود، که افت سطح ایستایی از ۱۰ سانتی متر در ابتدای دوره خشکسالی به ۲۴ سانتی متر در اواخر آن رسیده است. خشکسالی باعث خشک شدن ۵۱ رشته از قنات های حوضه نیز شده است. قنات های پایکوهی که مادر چاه آن ها از عمق کمتری برخوردار بوده است، بیشترین آسیب را از خشکسالی دیده اند، این مسئله یعنی خشک شدن، ۵۱ رشته قنات در طی این دوره، در یکصد سال گذشته بی سابقه بوده است، تداوم خشکسالی از طریق منفی شدن شاخص SPI، مشخص شده است از عوامل اصلی خشکیده شدن قنات ها بوده است.

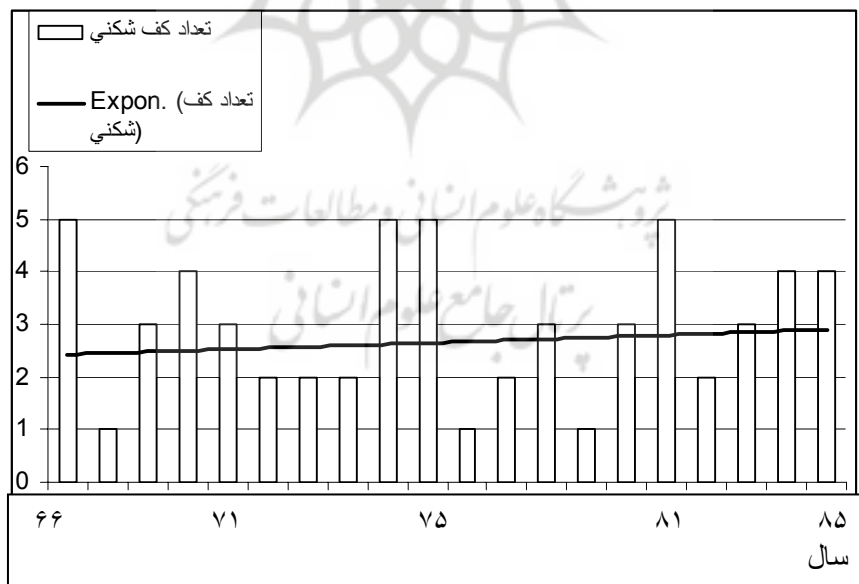
یکی دیگر از مواردی که می توان به عنوان شاخص در نظر گرفت، افزودن به عمق چاه ها به منظور رسیدن به منابع آبی است، که در لایه های عمیق تر زمین واقع شده اند می باشد، که در اصطلاح به آن کف شکنی می گویند، که به دلیل تشدید خشکسالی که موجب افت سطح آب زیر زمینی شده است، صورت می گیرد و کشاورزان مجبور به عملیات کف شکنی در چاه ها می شوند. اگر شاخص SPI را با شاخص افت مخازن مورد تطبیق قرار دهیم، ملاحظه می شود که منفی بودن شاخص با افت مخازن مطابقت کامل دارد و این موضوع کف شکنی را تشدید کرده است.

تغییر مکان چاه‌ها بر اثر خشک شدن آن‌ها و افزایش تعداد کف شکنی‌ها از دیگر آثار خشکسالی حوضه بوده است. از سال ۱۳۷۰ به سوی حال حاضر که خشکسالی‌ها تشدید شده، به تبعیت از آن تعداد عملیات کف شکنی از سال ۱۳۶۵ تا پایان دوره سال ۱۳۸۵ سالیانه یک درصد رشد را نشان می‌دهد. در جدول ۶، میزان تغییرات در منابع آبی حوضه، طی دوره خشکسالی محاسبه شده است ملاحظه می‌شود، که آبدهی قنات‌ها از ۵۰ میلیون متر مکعب، در اوایل دوره خشکسالی، به ۳۸ میلیون متر مکعب، در پایان دوره و مقدار افت مخازن، به $1/64$ متر در پایان دوره خشکسالی رسیده است.



شکل ۲: پراکندگی قنات‌های خشک شده حوضه

منبع نگارندگان: آب منطقه ای خراسان رضوی، مطالعات آب، GIS



شکل ۸: تعداد عملیات کف شکنی در حوضه

منبع: سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی، آب های زیر زمینی، ۱۳۸۶

جدول ۶: تغییرات در منابع آبی دوره ۱۳۸۳-۱۳۷۰

نوع منبع	ابتدای دوره	پایان دوره
تغییرات آبدهی قنات ها	۵۰ میلیون متر مکعب	۳۸ میلیون متر مکعب در سال
تغییرات در دبی چاه ها	۲۳ میلیون متر مکعب	۱۴ میلیون متر مکعب در سال
بیشترین تعداد کف شکنی	ثابت	یک درصد افزایش
مقدار افت مخازن	ثابت	۱ مترو ۶۴ سانتی متر

منبع: سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی، مطالعات آب

نتیجه گیری

با توجه به نتایج شاخص های خشکسالی در این حوضه، در سال های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۴ خشکسالی متوسط بروز کرده است، اما از این دوره به بعد خشکسالی شدید همزمان با خشکسالی سراسری در کشور آغاز شده، و با فراز و نشیب نسبی تا سال ۱۳۸۵ ادامه داشته است. تداوم این خشکسالی به شدت بر منابع آبی منطقه تاثیر گذاشته است، که مهمترین اثرات آن کاهش دبی قنات ها است، به طوری که ۵۱ قنات به طور کامل خشک شده است، و تعداد زیادی از آن ها به علت کاهش دبی تا ۷۵٪ برای کشاورزی قابل استفاده نبوده اند. ماکزیمم تعداد کف شکنی در چاه ها، مربوط به سال ۱۳۸۱ بوده است، که در اواخر دوره خشکسالی واقع می شود، تعداد کف شکنی ها از سال ۱۳۷۴ به بعد روند تدریجی داشته است.

مطابقت آمارهای بارش، شاخص SPI و کاهش منابع آب نشان می دهد، که خشکسالی اثرات بیشتری بر روی قنات ها (قنات ها هوا بین) داشته است. کاهش دبی قنات ها از ۷۰ میلیون متر مکعب، به ۳۸ میلیون، یعنی ۴۸٪ کاهش دبی، در این دوره که مصادف با دوره خشکسالی بوده، از آثار منفی خشکسالی بر منابع آب است. این مقدار در چاه ها از ۲۳ میلیون متر مکعب، به ۱۴ میلیون متر مکعب، کاهش یافته یعنی ۴۰٪ کاهش و چشمه ها از ۵/۸ میلیون متر مکعب، به ۴ میلیون متر مکعب، یعنی ۳۱٪ کاهش بوده است.

افت مخازن در این دوره ۲ مترو ۱۰ سانتی متر بوده است، که میانگین آن ۱۱ سانتی متر در سال است. تداوم خشکسالی از سال ۱۳۷۸، به بعد باعث افزایش چشمگیر افت مخازن تا ۲۸ سانتی متر در سال بوده است و با توجه به این که تغییرات چندانی در تعداد حفر چاه وجود نداشته است، اثر خشکی بر افت مخازن چشمگیر است. این مسئله بیانگر وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی، پس از خشکسالی هواشناسی در این دوره می باشد

از نظر پراکندگی اثرات خشکسالی در حوضه مرکزی گناباد نتایج نشان می دهند، که بیشترین تاثیر خشکسالی در مناطق پایکوهی جنوب شرق حوضه بوده است. و اثرات آن با افزایش ارتفاع بیشتر شده است. این نکته قابل ذکر است، که گناباد جزء نواحی خشک محسوب می شود و خشکسالی های چندین ساله می توانند اثرات بسیار آسیب پذیری را به بار آورند.

منابع

- ۱- آهنگر طوسی، شادی، (۱۳۸۲): پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر عزیزی، پیش بینی وقوع خشکسالی در استان خراسان برای بهینه سازی الگوی کشت جهت سازگاری با آن، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- ایران نژاد، مهدی، (۱۳۸۳): روش های تحقیق در علوم اجتماعی، نشر مدیران.
- ۳- بهنیاfer (عشقی)، قنبر زاده، هادی، (۱۳۸۲): مبانی میکرو کليماتولوژی و آب و هوای محلی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، سخن گستر.
- ۴- ترابی پلت کله صدیقه، (۱۳۸۳): پایان نامه دکتری، به راهنمایی دکتر جمالی، تحلیل و پیش بینی خشکسالی و اثرات آن در مدیریت منابع آب دانشگاه صنعتی امیر کبیر، پلی تکنیک تهران دانشکده مهندسی و عمران.
- ۵- توکلی، حسین، (۱۳۸۵): مطالعات طرح تلفیق آبخیزداری اداره منابع طبیعی شهرستان گناباد.
- ۶- جمالی بداق، آسیایی مهدی، صمدی نقاب سینا و جوانمرد سهیلا، (۱۳۸۴): مدیریت ریسک خشکسالی. سخن گستر.
- ۷- رامشت، حسین، (۱۳۸۴) نقشه های ژئومورفولوژی (نماها و مجازها)، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- ۸- زمردیان، محمد جعفر، (۱۳۸۱): ژئومورفولوژی ایران - فرایند های ساختمانی و دینامیک های درونی، جلد اول، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۹- زمردیان، محمد جعفر، (۱۳۸۱): ژئومورفولوژی ایران، جلد دوم - فرایندهای اقلیمی و دینامیک های بیرونی - دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۰- شیر محمدی، رضا، محمد رضا شهریاری، منصوره کوهی، (۱۳۸۲): بررسی الگوهای مکانی و زمانی فصل بهار در خراسان - بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی
- ۱۱- قنبر زاده، هادی، بهنیاfer، ابوالفضل، (۱۳۸۵): مبانی تغییرات محیطی - دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، سخن گستر.
- ۱۲- قهرمان بیژن. (۱۳۸۱): بررسی و ارزیابی شاخص های مناسب خشکسالی و اصلاح مناسب ترین آن ها برای اقلیم خراسان. ستاد حوادث استان، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۳- محمدی، حسین، (۱۳۸۵): آب و هواشناسی کاربردی - دانشگاه تهران - مؤسسه انتشارات و چاپ.
- ۱۴- مطالعات سازمان آب منطقه ای خراسان، (۱۳۷۴): طرح اجرای سدهای چهارگانه گناباد- هواشناسی و هیدرولوژی.
- ۱۵- مطالعات سازمان آب منطقه ای خراسان، (۱۳۷۴): طرح اجرای سدهای چهارگانه گناباد- زمین شناسی.
- ۱۶- مطیعی، همایون، (۱۳۸۴): آشنایی با Arc View-GIS و برنامه های جنی - دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).
- ۱۷- مقیمی، ابراهیم و محمودی، فرج اله، (۱۳۸۳): روش تحقیق در جغرافیای طبیعی - نشر قومس.
- ۱۸- مقیمی ابراهیم و گودرزی نژاد شاپور، ترجمه (۱۳۸۲): مخاطرات محیطی. مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی.
- ۱۹- ولایتی، سعد اله، جغرافیای آب ها - انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۲۰- نبوی، بهروز، (۱۳۵۱): مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم اجتماعی - انتشارات کتابخانه.

- 22- GibbsU, W. J. & Maher, J.V. (1976): Rain all Deciles as Drought Indicators; Bulletin no 48 Bureau of Meteorology, Australia.
- 23- Keristin Stahi, (2001): Hydrological Drought A Study Across Europ.
- 24- Lam b, P. (1982): Persistence of Sub Saharan Drought Climatology.
- 25- Mackee, T., B., N., J., Doesken, and J., Kleist, (1993), The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, Preprints, 8 Conference on Applied Climatology

