

تحلیل دوره‌های خشک‌سالی دشت مشهد و میزان تأثیر آن بر منابع آب

● محسن حمیدیان پور - اداره کل منابع طبیعی استان بوشهر - اداره‌ی بیابان‌زایی و تثبیت شن

چکیده

خشک‌سالی یک پدیده‌ی تکرار شونده‌ی هر اقلیمی است و به عنوان یک عارضه‌ی موقت هر چند سال یک بار در این مناطق حادث می‌شود و در نتیجه، مشکلات موجود در این مناطق را حادثتر می‌نماید. و معمولاً به انواع اقلیمی، کشاورزی، هیدرولوژیکی تقسیم می‌شود. مساحت کل منطقه‌ی دشت مشهد حدود ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع است که ۵۰۰۰ کیلو متر مربع آن دشت و بقیه‌ی آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. با استفاده از روش SPI، خصوصیات خشک‌سالی (فراوانی وقوع، شدت، مدت) و دوره‌های آن ارزیابی شده، جهت بررسی اثرات خشک‌سالی بر روی منابع آب زیر زمینی از روش همبستگی و رگرسیون بین میانگین وزنی بارش دشت (دوره آماری ۶۲-۶۳ تا ۸۳-۸۲) و تغییرات سطح ایستابی ماهانه و سالانه‌ی دشت استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که خشک‌سالی باعث تشدید افت آب‌های سطحی و زیر زمینی شده اما به تنهایی عامل بحران آب و کاهش آبهای زیر زمینی نمی‌باشد بلکه بهره برداری بی رویه از منابع آب، تخریب پوشش گیاهی، توسعه‌ی بی رویه بدون توجه به ظرفیت‌های اقلیمی منطقه و آمایش سرزمین از جمله عوامل مهم افت آب‌های زیر زمینی نیز می‌باشد. و هم چنین شدت و فراوانی وقوع خشک‌سالی‌ها در حال افزایش یافتن است و اثرات نامطلوب بر منابع منطقه به خصوص منابع آب خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، دشت مشهد، روش SPI، آب‌های زیر زمینی

مقدمه

ایران در یکی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است و خشکی جزء فطرت و صفت ذاتی آن می‌باشد و خشک‌سالی نیز از جمله بلایایی است که در هر اقلیمی روی می‌دهد.

در میان عناصر اقلیمی، بارش بیشترین نوسان را دارد، این مسئله به ویژه در کشور ایران که بارش متوسط سالانه‌ی آن حدود ۲۵۰ میلی متر است، اهمیت بیشتری دارد. لذا مشاهده‌ی خشک‌سالی با شدت‌های مختلف و ترسالی‌های مخرب در ایران امری طبیعی و تقریباً متداول می‌باشد. بر اساس گزارش سازمان هواشناسی جهانی در ۱۵ سال اخیر حدود ۵۰ درصد خسارت وارده ناشی از خشک‌سالی بوده است. به علاوه حدود سه و نیم میلیون نفر در اثر حوادث طبیعی جان خود را از دست داده‌اند که از این مقدار نیز بیش از یک میلیون نفر به طور مستقیم و غیر مستقیم به واسطه‌ی خشک‌سالی بوده است (تربالی، ۱۳۸۳: ۵). در ایران خسارات ناشی از وقوع خشک‌سالی در طی ۵ سال (۸۲-۱۳۷۸) ۹۲۰۰۰ میلیارد ریال می‌باشد (کاوسی، ۱۳۸۳: ۵). در مجموع، خشک‌سالی در زمینه‌های

مختلف، هم به طور مستقیم و هم به طور غیر مستقیم اثرات زیان بخش وارد می‌آورد، مهم‌ترین اثر آن بر منابع آب کشور است (کردوانی، ۱۳۸۱: ۴۳). این در حالی است که تمامی فعالیت‌های کشور اعم از صنعتی، شهری و کشاورزی وابسته به این منبع می‌باشد، به عنوان مثال رقم مصرفی آب در بخش کشاورزی ۹۱ درصد است (موسسه‌ی تحقیقات تدبیر اقتصاد، ۱۳۸۳: ۴۰). در واقع آب به عنوان یک کالای استراتژیک در کشور در نظر گرفته می‌شود. بنابراین شناخت خشک‌سالی به عنوان یک بلیه و ارزیابی اثرات آن بر روی منابع، به ویژه منابع آب لازم و ضروری می‌باشد.

مختلف، هم به طور مستقیم و هم به طور غیر مستقیم اثرات زیان بخش وارد می‌آورد، مهم‌ترین اثر آن بر منابع آب کشور است (کردوانی، ۱۳۸۱: ۴۳). این در حالی است که تمامی فعالیت‌های کشور اعم از صنعتی، شهری و کشاورزی وابسته به این منبع می‌باشد، به عنوان مثال رقم مصرفی آب در بخش کشاورزی ۹۱ درصد است (موسسه‌ی تحقیقات تدبیر اقتصاد، ۱۳۸۳: ۴۰). در واقع آب به عنوان یک کالای استراتژیک در کشور در نظر گرفته می‌شود. بنابراین شناخت خشک‌سالی به عنوان یک بلیه و ارزیابی اثرات آن بر روی منابع، به ویژه منابع آب لازم و ضروری می‌باشد.

پیشینه‌ی مطالعات و تحقیقات

جان بومن و همکارش مارک کولینس (۱۹۸۷) در طی یک گزارش، به مطالعه‌ی اثرات خشک‌سالی و افزایش آبیاری بر روی منابع آب زیر زمینی و هم چنین آرایه راه‌کارهای مدیریتی منابع آب پرداختند. توماس مک کی (۱۹۹۳)، به منظور بررسی رابطه‌ی بین فراوانی خشک‌سالی و تداوم آن در مقیاس‌های زمانی متفاوت، برای ایستگاه فورت کولینز در کلرادو، از شاخص SPI استفاده نمود.

فرج‌زاده (۱۳۷۴) ضمن بررسی شاخص خشک‌سالی در ایران، پهنه‌های هم‌ارزش از نظر خشک‌سالی را آرایه نمود و اشاره داشت و نشان داد که حاکمیت سیستم‌های پرفشار در کشور، باعث کاهش بارندگی و کمبود آن در کشور می‌شوند. غیور (۱۳۷۵) مدت، فراوانی و وسعت خشک‌سالی‌های ایران را مورد بررسی قرار داد. الگوهای ماهانه‌ی ترسالی و خشک‌سالی در ایران توسط خوش‌اخلاق (۱۳۷۶)، مطالعه گردید و نقش سیستم‌های سینوپتیک در بروز

جدول (۱): میانگین تغییر سطح ایستابی، حجم آبخوان، بارش سالانه ی دشت مشهد

سال آبی	میانگین تغییر سطح ایستابی آبخوان (متر)	میانگین جمعی تغییر سطح ایستابی آبخوان (متر)	میانگین تغییر حجم آبخوان (میلیون متر مکعب)	میانگین تجمعی تغییر حجم آبخوان (میلیون متر مکعب)	بارش سالانه ی دشت
۱۳۶۳-۶۴	-۱/۴۳	-۱/۴۳	-۱۹۳/۰۵	-۱۹۳/۰۵	۲۳۲/۹
۱۳۶۴-۶۵	-۰/۹۴	-۲/۳۷	-۱۲۶/۹	-۳۱۹/۹۵	۳۲۶/۹
۱۳۶۵-۶۶	-۱	-۳/۳۷	-۱۳۵	-۴۵۴/۹۵	۳۰۹/۹
۱۳۶۶-۶۷	-۰/۱۸	-۳/۵۵	-۲۴	-۴۷۸/۹۵	۴۰۵/۹
۱۳۶۷-۶۸	-۱/۱۵	-۴/۷	-۱۵۵/۲۵	-۶۳۴/۲	۲۰۴/۳
۱۳۶۸-۶۹	-۱/۳۳	-۶/۰۳	-۱۷۹/۵۵	-۸۱۳/۷۵	۲۵۱/۷
۱۳۶۹-۷۰	-۰/۳	-۶/۳۳	-۴۰/۵	-۸۵۴/۲۵	۳۸۰/۱
۱۳۷۰-۷۱	۰/۶۷	-۵/۶۶	۹۰/۴۵	-۷۶۳/۸	۴۲۸/۹
۱۳۷۱-۷۲	۰/۷۱	-۴/۹۵	۹۵/۸۵	-۶۶۷/۹۵	۳۷۷/۶
۱۳۷۲-۷۳	-۰/۳۲	-۵/۲۷	-۴۳/۲	-۷۱۱/۱۵	۱۹۱/۵
۱۳۷۳-۷۴	-۰/۸	-۶/۷۰	-۱۰۸	-۸۱۹/۱۵	۲۸۵/۸
۱۳۷۴-۷۵	-۰/۷۵	-۶/۸۲	-۱۰۱/۲۵	-۹۲۰/۴	۲۳۵/۷
۱۳۷۵-۷۶	-۰/۲۵	-۷/۰۷	-۳۳/۷۵	-۹۵۴/۱۵	۲۵۶/۷
۱۳۷۶-۷۷	۰/۶۱	-۶/۴۶	۸۲/۳۵	-۸۷۱/۸	۳۸۳/۰
۱۳۷۷-۷۸	-۰/۸۶	-۷/۳۲	-۱۱۶/۱	-۹۸۷/۹	۲۵۸/۵
۱۳۷۸-۷۹	-۱/۳۳	-۸/۶۵	-۱۷۹/۵۵	-۱۱۶۷/۴۵	۱۷۰/۰
۱۳۷۹-۸۰	-۱/۶۵	-۱۰/۳	-۲۲۲/۷۵	-۱۳۹۰/۲	۱۷۳/۶
۱۳۸۰-۸۱	-۰/۹۹	-۱۱/۲۹	-۱۳۳/۶۵	-۱۵۲۳/۸۵	۳۲۰/۷
۱۳۸۱-۸۲	-۰/۷۸	-۱۲/۰۷	-۱۰۵/۳	-۱۶۲۹/۱۵	۲۷۷/۴
۱۳۸۲-۸۳	-۰/۵۴	-۱۲/۶۱	-۷۲/۹	-۱۷۰۲/۰۵	۲۷۷/۴
متوسط سالانه	-۰/۶۳		-۸۵/۱۲		۲۸۷/۴

مأخذ: سازمان آب منطقه ای استان خراسان

از جمله بررسی هایی که در استان خراسان بر روی وقایع خشک سالی و ترسالی انجام گرفته، می توان به مطالعه ی پدیده ی انسو (ENSO) و تاثیر آن بر بارش این استان توسط، ناظم السادات و قاسمی (۱۳۸۱)،

بررسی قرار داد و عامل بروز دوره های خشک و تر را به ترتیب، و اچرخندها و چرخندها معرفی نمود. عزیزی (۱۳۷۸)، به بررسی و مطالعه ی ارتباط خشک سالی های ایران و النینو پرداخته است.

خشک سالی و ترسالی را معین کرد. او در سال (۱۳۷۷)، نیز خشک سالی های فراگیر در ایران را جهت تعیین دوره های مرطوب و خشک به کمک نقشه های سینوپتیکی فشار سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مورد

جدول (۲): ضریب همبستگی بین تغییرات سطح ایستابی و بارش ماهانه‌ی دشت مشهد

		precipitation	table water
precipitation	Pearson Correlation	1	410(**)
	Sig. (2-tailed)	0	000
	N	240	239
table water	Pearson Correlation	410(**)	1
	Sig. (2-tailed)	000	0
	N	239	239

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

لذا، در این قسمت از تحقیق از آمار ۲۰ ساله (۱۳۶۲-۶۳ تا ۱۳۸۲-۸۳) استفاده شد. جهت تحلیل خشک‌سالی‌ها در ایستگاه‌های مورد نظر دشت از میانگین وزنی و تعیین سال‌های خشک‌سالی از میانگین ۲۰ ساله مقادیر بارش استاندارد شده در دو مقیاس زمانی ۳ ماهه (خشک‌سالی هواشناسی) و ۲۴ ماهه (خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی) استفاده گردید.

به منظور کمی کردن ارتباط خشک‌سالی‌ها با نوسان سطح آب‌های زیرزمینی و انجام محاسبات و تحلیل‌های لازم از روش همبستگی، رگرسیون خطی و توان گرافیکی و محاسباتی نرم‌افزارهای SPSS, EXCEL جهت ترسیم نمودارها و خط روند مشاهدات کمک گرفته شد.

اهداف تحقیق

- ۱- تحلیل فراوانی وقوع، شدت و تداوم خشک‌سالی‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی طی دوره‌ی آماری (۸۳-۱۳۸۲ تا ۵۳-۱۳۵۲) مورد نظر در منطقه‌ی مورد مطالعه.
- ۲- ارزیابی راه‌کارهای مناسب برای کاهش اثرات خشک‌سالی.
- ۳- مشخص کردن روند کلی افت آب‌های زیرزمینی منطقه طی دوره‌ی آماری مورد نظر.
- ۴- بررسی ارتباط بین خشک‌سالی‌های اقلیمی و افت سطح ایستابی آبخوان دشت مورد مطالعه.

موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

دشت مشهد جزء حوزه‌ی آبریز کشف‌رود می‌باشد. این حوزه در شمال استان خراسان، در طول جغرافیایی ۵۸۲۰ تا ۶۰۸ و عرض جغرافیایی ۳۵۴۰ تا ۳۶۳ واقع است و از شمال به خط الرأس ارتفاعات هزار مسجد، از جنوب به خط الرأس ارتفاعات بینالود، از شرق به حوزه‌ی آبریز رودخانه‌ی اترک محدود می‌شود.

وسعت کل حوزه ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع است که ۵۰۰۰ کیلومتر مربع آن دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. بلندترین نقطه

می‌باشد، پرداخته و البته در این مطالعه به نقش انسان در بحران آب تأکید شده است.

روش تحقیق

نظر به این که داده‌های طولانی مدت بارش در تحلیل‌های مربوط به سری‌های زمانی، به ویژه در تحلیل روند بارش و خشک‌سالی دارای اهمیت به‌سزایی است داده‌های ماهانه‌ی یک ایستگاه سینوپتیک و هفت ایستگاه باران‌سنجی واقع در دشت، با طول آماری مشترک ۳۰ ساله که دارای آمار بارش طولانی‌تری بودند از سازمان مربوطه تهیه و برای انجام مطالعه انتخاب گردیدند.

در مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی خشک‌سالی‌ها از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در ۲ مقیاس (۲۴، ۳) ماهه استفاده گردید این تنوع زمانی به شاخص SPI امکان پایش ذخیره‌های آبی کوتاه مدت مانند رطوبت خاک یا منابع آبی بلند مدت نظیر آب‌های زیرزمینی، مخازن، دریاچه‌ها و جریان‌ات سطحی را می‌دهد.

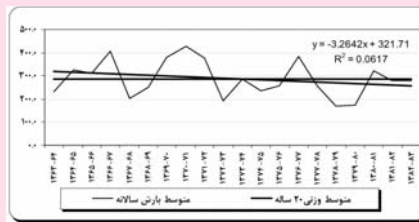
و به منظور تعیین رابطه‌ی خشک‌سالی و منابع آب زیرزمینی، داده‌های بارش سالیانه و ماهیانه‌ی دشت مشهد و همین‌طور داده‌های هیدروگراف سالانه و ماهانه‌ی دشت مشهد مورد استفاده قرار گرفته شد. به دلیل تغییرات مکرر تعداد چاه‌ها از سال اولیه (۱۳۴۲) تا سال‌های ۶۳-۱۳۶۲ امکان انتخاب دوره‌ی ۳۰ ساله مقدور نبوده است.

اشاره داشت. به طوری که مطالعه آنها نشان داد که شاخص نوسان جنوبی، رابطه‌ی معنی‌داری با بارش شمال شرق ایران دارد آن‌ها هم چنین دریافتند که وقوع فاز گرم عموماً همراه با افزایش بارندگی در ماه سرد سال در ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد که میزان دقیق افزایش آن به موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها بستگی دارد. و در زمان وقوع فاز سرد (ENSO) لاینو احتمال وقوع بارش کمتر از میانگین در شهرهای مشهد، بیرجند، و سرخس برابر با ۰/۷ می‌باشد. تریالی (۱۳۸۳)، در طی انجام یک طرح با عنوان مهار کم‌آبی و مشکلات ناشی از آن به مطالعه خشک‌سالی در منطقه‌ی شرق استان هرمزگان پرداخته است.

از جمله مطالعات انجام شده در ارتباط با خشک‌سالی و منابع آب می‌توان، کارهای رشیدی (۱۳۷۹) شمسی پور (۱۳۸۰)، اربابی (۱۳۸۰)، عزیزی (۱۳۸۲)، زاهدی (۱۳۸۳)، چهاردولی (۱۳۸۳) را نام برد. تمامی این محققان جهت تحلیل خشک‌سالی از داده‌های سالیانه‌ی بارش به روش Z نرمال استفاده کرده‌اند.

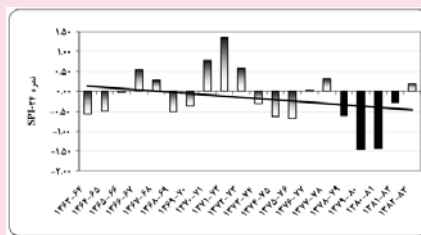
این مطالعه به شناسایی ویژگی‌های خشک‌سالی به روش SPI و ارتباط خشک‌سالی با منابع آب به ویژه آب‌های زیرزمینی در سطح یک منطقه (دشت مشهد) که عامل مهمی جهت توسعه

هیدروگراف واحد دشت یک روند منفی کاملاً مشخصی را نمایان می‌کند. شکل (۳). بر اساس این روند در طی دوره ۲۰ ساله، سطح ایستابی دشت به طور متوسط سالانه ۶۵ سانتی متر افت داشته است. مقدار افت در طی پنج سال آخر دوره آماری آب‌های زیرزمینی دشت در اثر تداوم خشک‌سالی به طور متوسط به بیش از پنج متر رسیده است. روند معمولی ماهانه‌ی دشت این گونه می‌باشد که با اتمام دوره‌ی زراعی و توقف بهره‌برداری از آب زیرزمینی و تغذیه آبخوان از طریق ریزش‌های جوی از آبان ماه به بعد، تراز آب‌های زیرزمینی روند صعودی داشته و در ماه فروردین و اردیبهشت به بعد به دنبال بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، منحنی تغییرات تراز آب زیرزمینی روند نزولی به خود گرفته و در اواخر شهریور به حداقل ارتفاع و حداکثر افت خود می‌رسد. با این حال سال‌هایی که دچار خشک‌سالی بوده‌اند با سال‌هایی که دارای روندی معمول می‌باشند تفاوت ملاحظه می‌شود. به عنوان مثال در سال‌های ۱۳۷۸-۷۹ که خشک‌سالی شدید رخ داده مشاهده می‌شود کاهش بارش و به تبع آن افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی باعث افت سریع‌تر و زودتر سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی گشته است (شکل ۳). افزایش تعداد چاه‌ها و گسترش کشت آبی در دشت، برداشت بیشتری از منابع آب‌های زیرزمینی را به دنبال داشته است. افزایش برداشت، تعادل بین ورودی و خروجی دشت را برهم زده و منفی شدن آب و کاهش ذخیره‌ی آبخوان را سبب گردیده است. جدول (۱). به طوری که در سال آبی ۱۳۷۸-۷۹ مقدار کاهش حجم آبخوان ۱۷۹/۵۵ - میلیون متر مکعب و سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ که خشک‌سالی تداوم داشته این مقدار به ۲۲۲/۷۵ - میلیون متر مکعب می‌رسد که در بیست سال گذشته، بی‌سابقه بوده است شکل (۴). به طوری که دشت با ۱۵۰ میلیون متر مکعب کاهش آب روبه‌روست. چرا که به گفته‌ی مدیر عامل

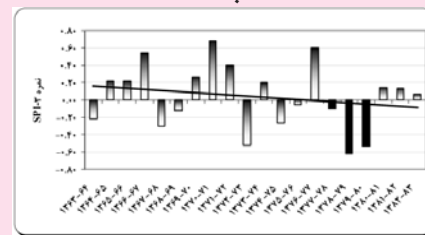


شکل (۱): نوسانات بارش در طی دوره ۲۰ ساله و رگرسیون خطی با زمان. روند منفی بارش قابل مشاهده است.

الف



ب



شکل (۲): متوسط شدت خشک‌سالی‌های دشت مشهد در دو مقیاس ۳ ماهه (الف) و ۲۴ ماهه (ب) و رگرسیون خطی بین شدت خشک‌سالی و زمان

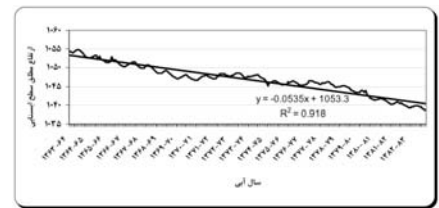
می‌سازد. در این نمودار آشکار می‌گردد که ضمن افزایش نوسانات بارش، شدت و فراوانی خشک‌سالی‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافته‌اند. خط رگرسیون در این نمودارها روند منفی بارش و خشک‌سالی‌ها را نشان می‌دهد.

از آن جا که منبع تمام آب‌های زیرزمینی تجدید شونده، ریزش‌های جوی است، وقوع خشک‌سالی‌ها یعنی کمبود، فقدان بارندگی و هم‌چنین کمبود آب‌های سطحی برای آبیاری و دیگر مصارف، از یک طرف تغذیه نشدن یا به اندازه‌ی کافی تغذیه نشدن آب زیرزمینی و از طرف دیگر، برداشت زیاد از آب زیرزمینی برای توسعه‌ی کشاورزی، شهرها، صنایع و غیره، سطح آب زیرزمینی به شدت پایین می‌رود (کردوانی، ۱۳۷۸، ۵۱). لذا جهت آشکار سازی میزان تاثیر خشک‌سالی بر آب‌های زیرزمینی ابتدا به بررسی هیدروگراف ماهانه‌ی معرف دشت و سپس به محاسبه‌ی میزان همبستگی خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی و بارش (منبع اصلی آب‌های زیرزمینی) می‌پردازیم. بررسی هیدروگراف معرف دشت مشهد

در قله‌ی بینالود واقع است و حدود ۳۳۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. پایین‌ترین نقطه در محل خروجی حوزه (پل خاتون) قرار گرفته و ۵۸۰ متر از سطح دریا بلندتر است (ولایتی، ۱۳۷۵: ۵۷).

تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی

در بررسی بارش منطقه با تاکید بر هشت ایستگاه باران‌سنجی مشخص شد که بارش متوسط سالانه‌ی دشت بر اساس روش میانگین وزنی برابر با ۲۸۷ میلی‌متر است در سال‌های پر باران مقدار بارش به حدود ۴۳۰ میلی‌متر و در سال‌های کم‌آبی به حدود ۱۷۰ میلی‌متر می‌رسد. یعنی نسبت سال‌های خشک به سال مرطوب، تقریباً یک سوم می‌باشد. این نسبت نشان می‌دهد که نوسان بارش سالیانه قابل توجه است (جدول ۱). علاوه بر نوسان زیاد بارش که ویژگی مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود، میزان بارش دشت نیز از یک سیر نزولی برخوردار است. همبستگی بارش با زمان در شکل (۱) نشان داده شده است. شکل (۲) نیز که اختصاص به تعیین سال‌های خشک و تر دارد این وضعیت را تا حدودی مشخص

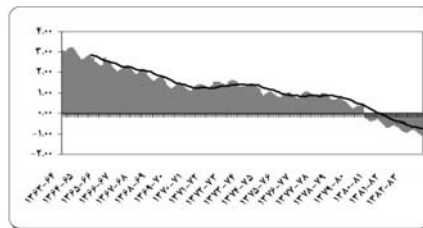


شکل (۳): متوسط سطح ایستابی دشت مشهد و رگرسیون خطی با زمان "روند منفی سطح آب زیر زمینی قابل مشاهده است"

شرکت آب و فاضلاب مشهد ۷ هم اکنون حجم ورودی سالانه‌ی آب به دشت مشهد یک میلیارد و پنجاه و شش میلیون متر مکعب است در حالی که میزان برداشت سالانه از دشت یک میلیارد و صد و هشتاد و هفت میلیون متر مکعب می‌باشد. این روند در سال‌های آخر تعدیل یافته و لی منطقه هنوز تحت سیطره‌ی اثرات خشک‌سالی قرار دارد. اگر به میزان انحراف سطح آب‌های زیرزمینی از متوسط ماهانه‌ی سطح آب در پنج سال اخیر (۷۹-۱۳۷۸ تا ۸۳-۱۳۸۲) در شکل (۵) توجه شود تاثیر خشک‌سالی‌های اخیر در افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت آشکارتر می‌گردد. خط تیره روی نمودار میانگین متحرک از داده‌های انحراف از متوسط، با دوره‌ی لغزش ۲۰ ماهه گرفته شده است. این کاهش بارش همراه با افزایش مداوم چاه‌ها و حجم برداشت از آب زیرزمینی دلیل مناسبی برای خشک‌سالی‌های آب‌های زیرزمینی دشت می‌باشد. نتیجه این که با کاهش بارش و احتیاج بیشتر به منابع آب زیرزمینی جهت مصارف مختلف از جمله کشاورزی باعث خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی می‌شوند، یعنی تاثیر فعالیت‌های انسانی عاملی موثر در خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی می‌شود. به منظور تعیین کمی ارتباط بارش (خشک‌سالی هواشناسی) و خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی ضریب همبستگی آن را محاسبه کرده‌ایم و میزان توجه توسط رگرسیون خطی بیان می‌شود.

میزان تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی

به منظور تعیین کمی ارتباط بارش‌های ماهانه و تغییرات ماهانه‌ی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت، ضریب همبستگی بین بارش ماهانه و تغییرات ماهانه سطح ایستابی محاسبه و در جدول (۲) نشان داده شده است. این ضریب همبستگی ضمن آن که در سطح معنی‌دار بوده و ارتباط مستقیم بارش و تغییرات ماهانه‌ی سطح ایستابی را نسبت به میانگین بیان می‌کند، در کل به چند دلیل مقدار پایینی (۰/۴) را نشان می‌دهد. اول این که نفوذ آب ناشی از بارش و ذوب برف‌ها به عمق زمین و رسیدن در سطح آب‌های زیر زمینی با تاخیر زمانی همراه است (عزیزی، ۱۳۸۲: ۱۳۹)؛ به طوری که حداکثرهای منحنی هیدروگراف دشت همان طور که ملاحظه کردیم در ماه‌های بهمن و



شکل (۴): تغییرات سطح آبخوان در ۲۰ سال آماری

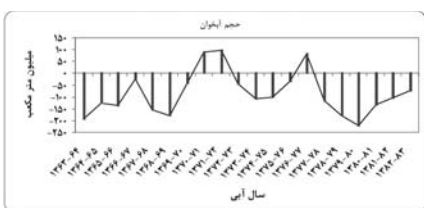
اسفند می‌باشد. ولی حداکثر بارش در ماه‌های اسفند و فروردین و تا حدی اردیبهشت، می‌باشد. و علاوه بر نفوذ پذیری عوامل دیگری چون برداشت از آب‌های زیرزمینی، تغذیه‌ی مصنوعی و غیره در تغییرات سطح آب موثر می‌باشند و دوم این که داده‌های بارش ماهانه از انحراف (پرت داده‌ها) بالایی برخوردار می‌باشند؛ به طوری که در ماه‌های کم‌آبی صفر و در ماه‌های پر آبی به ۱۱۰ میلی‌متر می‌رسد و سوم این که مقادیر بارش و سطح ایستابی آب از آهنگ خاصی پیروی نمی‌کنند. لذا تصویر درستی از ارتباط بین بارش و سطح ایستابی نشان نمی‌دهد.

لذا جهت دست‌یابی به نتیجه‌ی بهتر از داده‌های بارش سالانه‌ی دشت (میانگین وزنی) و تغییرات سالانه‌ی سطح ایستابی

استفاده شد. و نتایج به شرح زیر است: نقاط حول یک خط راست جمع شده‌اند. یعنی بین دو متغیر رابطه‌ی خطی وجود دارد. از آن جایی که با افزایش بارش، میزان تغییرات سطح ایستابی به سمت اعداد مثبت سیر می‌کند می‌توان گفت که رابطه‌ی مشاهده شده، رابطه‌ی مستقیم می‌باشد. میزان این همبستگی ۰/۷۴ محاسبه شده (۵) که نسبت به ضریب همبستگی قبل مقدار بالایی را شامل می‌شود. بهترین خط برازش بین متغیرها در شکل (۶) آورده شده است این خط در میان تمام خطوط ممکن دارای کمترین مقدار مجموع مربعات فاصله‌ی عمودی بین نقاط و خط را داراست. به طور کلی مقدار ضریب همبستگی ۵۵ درصد از پراکندگی مشاهده شده در تغییرات سطح ایستابی را توسط بارش توجیه می‌کند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که خشک‌سالی عامل افت سطح ایستابی دشت مشهد می‌باشد ولی به تنهایی عامل اصلی بحران آب در منطقه نبوده بلکه اضافه برداشت‌ها نقش اصلی را به عهده دارند. در واقع مدیریت نادرست و افزایش جمعیت در این منطقه باعث شده است که خشک‌سالی به عنوان یک حادثه‌ی پر خطر شناخته شود در حالی که در کشورهای پیشرفته علاوه بر به کارگیری سیستم‌های مدیریتی، هر نوع فعالیتی مطابق با توان اکولوژیک منطقه می‌باشد.

نتیجه گیری

خشک‌سالی نوعی از بلایای طبیعی محسوب می‌شود که باعث تهدید رفاه بشری و حیات کلیه‌ی جانداران می‌گردد. یا به بیانی، سلامت محیط را به مخاطره می‌اندازد. انسان در حال حاضر قادر نیست



شکل (۵) انحراف از متوسط سری ماهانه سطح آب دشت مشهد

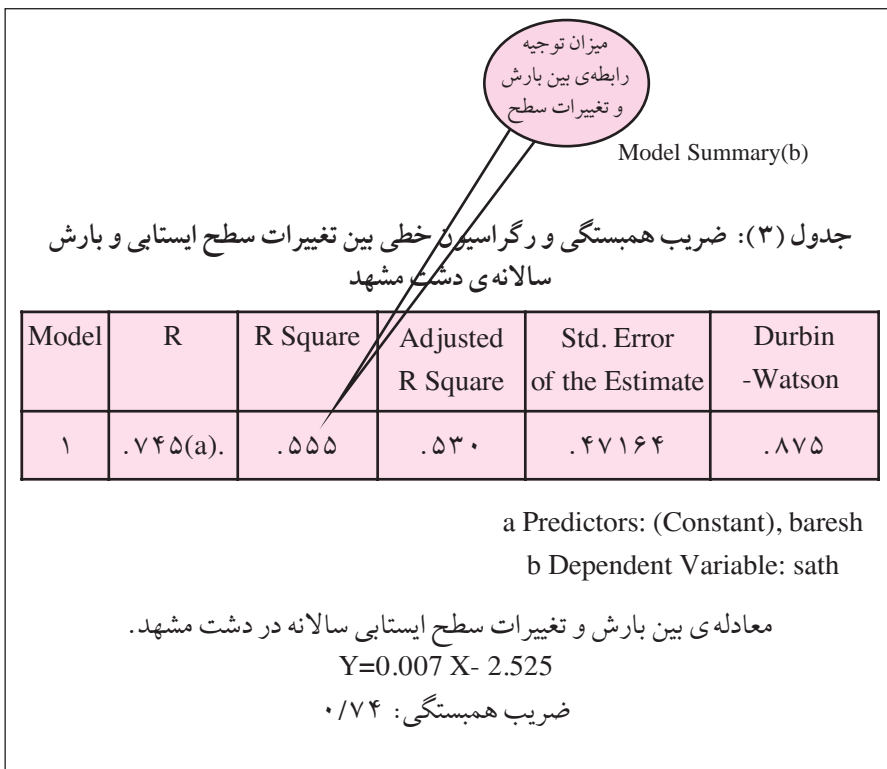
مذکور در دوره‌ی خشک‌سالی سال‌های ۱۳۷۸-۷۹ و ۱۳۷۹-۸۰ بسیار نگران‌کننده است و به افت نزدیک به ۳ متر رسیده و در پنج سال آخر دوره‌ی آماری این مقدار به حدود ۵ متر رسیده است.

بهره برداری بی رویه و غیر مجاز از منابع آب زیرزمینی، توسط چاه‌های عمیق سبب شده است که سطح آب زیرزمینی به مرور پایین افتاده و مخزن دشت با کسری مواجه شود (دشت مشهد سالانه با ۱۵۰ میلیون مترمکعب کسری آب مواجه است). بنابراین مقدار آب ورودی به دشت از میزان تخلیه یا آب خروجی، کمتر می‌باشد.

از دیگر نتایج این کار اشاره به روند نزولی بارش و به تبع آن کاهش دبی رودخانه‌ها، نسبت به زمان، و هم‌چنین سیر صعودی دما، میزان تبخیر و افزایش شدت و فراوانی خشک‌سالی‌ها می‌باشد. لذا با توجه به

پی‌آمدهای خشک‌سالی از قبیل پایین رفتن سطح آب زیر زمینی، پدیده‌ی گسترش آب شور به سمت آب شیرین، نشست زمین (منطقه‌ی طوس در دشت مشهد)، و ترک خوردگی و دیگر پی‌آمدهای اجتماعی و اقتصادی می‌بایست در جهت کاهش و پیشگیری از شدت گرفتن اثرات خشک‌سالی گامی برداشته شود.

و در نهایت تغذیه‌ی منابع آب زیر زمینی در ارتباط مستقیم با بارندگی سطح دشت‌ها و ارتفاعات و به طور غیر مستقیم به آب‌های سطحی و سدها یا تغذیه‌ی مصنوعی به وسیله‌ی پخش سیلاب‌ها می‌باشد. و از آن‌جا خشک‌سالی با کاهش بارندگی مستمر نسبت به میانگین آغاز می‌شود لذا به هنگام خشک‌سالی به صورت مستقیم به طریق کمبود تغذیه به وسیله‌ی بارش و به طور غیر مستقیم عدم تغذیه‌ی کافی از طریق رودها که خود در هنگام خشک‌سالی میزان آبدهی آن‌ها کاهش می‌یابد موجب افت آب‌های زیر زمینی می‌شود. لذا خشک‌سالی باعث تشدید افت آب‌های سطحی و زیر زمینی شده اما خشک‌سالی به تنهایی عامل بحران

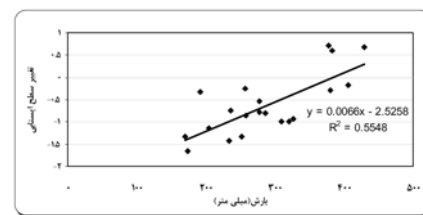


دوره‌ی خشک و گرمی که در بقیه‌ی سال به چشم می‌خورد. گرم‌ترین ماه‌های سال تیر، مرداد و شهریور است که متوسط دمای ماهانه در این ماه‌ها بیش از ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد و سردترین ماه‌ها دی و بهمن ماه با متوسط دمای ماهانه حدود ۳ درجه‌ی سانتی‌گراد است. بدین صورت مشخص می‌شود که دشت مشهد یک دوره‌ی سرد مرطوب و یک دوره‌ی گرم و خشک دارد. انطباق فصل خشک با دوره‌ی رویش گیاهان زراعی، مصرف آب به منظور جبران نیاز آبی گیاهان را ضروری می‌کند، این کمبود مخصوصاً هنگام خشک‌سالی به طور عمده از منابع آب زیرزمینی جبران می‌شود. وجود زمین‌های مستعد و قابل کشت و ضریب اطمینان بالای آب زیرزمینی و همین‌طور نوسان بارش سبب توجه خاص کشاورزان به استفاده از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق شده است. این توجه افزایش تعداد چاه‌ها تا ۱۰ برابر سال‌های اولیه را باعث شده است.

طبق هیدروگراف معرف دشت، سطح آب زیرزمینی در طی زمان به طور متوسط سالانه حدود ۶۵ سانتی متر افت داشته است. افت

مانع رخداد این بلیه‌ی طبیعی گردد، ولی می‌تواند قبل از اتخاذ تصمیم‌های توسعه‌ای و پیش از انجام طرح‌ها، برنامه‌ها و خط‌مشی‌ها، آن را شناخته و مورد ارزیابی قرار دهد. این شناخت باعث احتراز از زیان‌های این بلیه نمی‌شود، ولی می‌تواند از اثرات مخرب آن بکاهد.

قرارگیری دشت مشهد در حدود عرض ۳۶ درجه‌ی شمالی، شرایط آب و هوایی خاصی را به وجود آورده است. از ویژگی‌های بارزتر آن دشت، وجود دو دوره‌ی کاملاً متفاوت طی یک سال است. یک دوره‌ی مرطوب که از آبان ماه شروع می‌شود و تا اواخر اردیبهشت ادامه دارد و



شکل (۶): رگرسیون خطی بین بارش و تغییرات سطح ایستایی سالانه‌ی دشت مشهد (۱۳۸۲-۸۳ الی ۱۳۶۲-۶۳)

آب و کاهش آب‌های زیر زمینی نمی‌باشد بلکه بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب، تخریب پوشش گیاهی توسعه بی‌رویه بدون توجه به ظرفیت‌های اقلیمی منطقه و آمایش سرزمین از جمله عوامل مهم افت آب‌های زیر زمینی نیز می‌باشد. و از طرف دیگر افزایش دما و گرمای هوا و بالعکس کاهش میزان بارش موجب تشدید پدیده‌ی خشک‌سالی‌ها و افت بیشتر آب‌های زیر زمینی شده است.

پاورقی

- 1-Standardized Precipitation Index
- 2-A.bowman and Mark A.Collins
- Jean
- 3-Umoh T.Umoh
- 4-A. Loukas & L. Vasiliades
- 5-and spatial characteristics-
Temporal

۶- میانگین وزنی در طی بیست سال (۶۳-۱۳۶۲ تا ۸۳-۱۳۸۲) محاسبه شده است دلیل این امر فقدان داده‌های چاه‌های پیژومتر در طی ۱۰ سال گذشته می‌باشد. در طی ۱۰ سال اولیه چاه‌های اندازه‌گیری ارتفاع سطح ایستابی آب دایما به دلایل مختلفی چون خشک شدن چاه، نامناسب بودن مکان چاه، همجواری با دیگر چاه‌ها و غیره... تغییر مکان داشته یا به طور کل حذف شده است، و این تغییرات تعداد چاه‌ها مانع از استفاده یک دوره همگن ۳۰ ساله شد. و دوره مطالعه را از ۳۰ سال به ۲۰ سال تغییر داده ایم.

۷- سید محمد رضا فخرایی

۸ - shownews.aspx?id=4052
http://news.moe.org.ir/ سایت خبری وزارت نیرو

منابع

- تربالی، عبدا... (۱۳۸۳)؛ مهار کم‌آبی و مشکلات ناشی در منطقه‌ی شرق استان خراسان، گزارش پروژه‌ی سازمان

هواشناسی کشور، معاونت پژوهشی آموزشی

- چهاردولی، مجتبی (۱۳۸۳)؛ اثرات خشک‌سالی بر منابع آب شهرستان ملایر، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه جغرافیا، اسفند.

- حمیدیان پور، محسن (۱۳۸۴)؛ تحلیل دوره‌های خشک‌سالی دشت مشهد و میزان اثرات آن بر منابع آب زیر زمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده‌ی علوم زمین، گروه جغرافیا، آبان.

- خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۷۷)؛ تحقیق در خشک‌سالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی؛ پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا طبیعی.

- رشیدی، مسعود؛ طبیبیان، اصغر (۱۳۷۹)؛ بررسی و تحلیل خشک‌سالی هیدرولوژیکی در منطقه‌ی کرمان، دومین کنفرانس ملی بررسی راه‌کارهای مقابله با کم‌آبی و خشک‌سالی.

- زاهدی، ابراهیم (۱۳۸۳)؛ بررسی اثرات خشک‌سالی بر کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیر زمینی بهشهر، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده‌ی علوم زمین، گروه جغرافیا.

- شمسی پور، علی اکبر (۱۳۸۰)؛ بررسی اثرات خشک‌سالی‌های اخیر بر منابع آب‌های دشت‌های شمال همدان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده‌ی جغرافیا، شهریور.

- شهرک آمار پردازان (۱۳۷۷)؛ راهنمای کاربران Spss_6 for windows؛ ناشر: مرکز انتشاراتی حامی، جلد دوم، چاپ اول.

- عزیزی، قاسم (۱۳۷۸)؛ النینو و دوره‌های خشک‌سالی- ترسالی در ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، موسسه جغرافیایی دانشگاه تهران صص ۷۱-۷۴

۷۴.

- عزیزی، قاسم (۱۳۸۲)؛ ارتباط خشک‌سالی‌های اخیر و منابع آب زیر زمینی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، موسسه جغرافیایی دانشگاه تهران صص ۱۳۱-۱۴۳، زمستان.

- غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۷۶)؛ بزرگی، گستره و فراوانی خشک‌سالی در ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، تابستان.

- فرج زاده، منوچهر (۱۳۷۴)؛ تحلیل و پیش‌بینی خشک‌سالی در ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده‌ی علوم انسانی، گروه جغرافیا.

- کاووسی، نادر (۱۳۸۳)؛ گزارش خشک‌سالی‌های کشور و اقدامات انجام شده، مجله‌ی خشکی و خشک‌سالی شماره‌ی ۱۱، بهار.

- کردوانی، پرویز (۱۳۸۰)؛ مناطق خشک، جلد اول، ویژگی‌های اقلیمی، علل خشکی، مسایل آب و غیره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، پاییز.

- کردوانی، پرویز (۱۳۸۱)؛ خشک‌سالی و راه‌های مقابله با آن در ایران و آب در کشاورزی، صنعت و شهر، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، پاییز.

- موسسه تحقیقات تدبیر اقتصاد (۱۳۸۳)؛ رویکردی نوین به مساله آب در خاورمیانه" فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو" تهران، رییس گروه اقتصاد بین‌الملل: محمد حسن زاده، کارشناس: زهرا زارع پور.

- ناظم السادات، سید محمد جعفر؛ قاسمی، احمد رضا (۱۳۸۲)؛ پدیده ENSO و تاثیر آن بر بارش و کاهش ریسک در استان خراسان، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدیریت ریسک بلایای جوی و اقلیمی، مشهد، پژوهشکده‌ی اقلیم‌شناسی، ۲۳ مهر.

- ولایتی، سعدا... (۱۳۷۵)؛ منابع مسایل آب استان خراسان، انتشارات خراسان.