

خشکسالی و تأثیر آن بر افت منابع آب زیرزمینی سمیه حیدر نژاد^۱، هدی قاسمیه^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه کاشان
^۲ استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

چکیده:

طی سال‌های اخیر در ایران خشکسالی‌های مستمر و شدیدی رخ داده که در نتیجه‌ی آن، منابع آب‌های سطحی منطقه خشک شده یا بسیار کم عمق شده و در نتیجه سفره‌های زیرزمینی با افت سطح ایستابی شدیدی روبرو شده است. منابع آب‌های زیرزمینی با توجه به عمق سفره، نوع آن، ویژگی‌های زمین‌شناسی، خصوصیات ژئوهیدرولوژیکی و شبکه‌ی آب‌های سطحی روی آن، نسبت به خشکسالی واکنش نشان می‌دهد؛ در نتیجه خشکسالی بر منابع آب‌های سطحی اثرات تخریبی مستقیم داشته، ولی خشکسالی به طور غیر مستقیم از طریق کاهش تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی از منابع آب سطحی، افزایش برداشت از طریق چاه‌های عمیق جهت مصارف کشاورزی، افزایش دما و تبخیر و تعرق و تغییر نوع بارش و... بر منابع آب‌های زیرزمینی موثر می‌باشد. بنابراین اثرات خشکسالی با تأخیر زمانی بیشتری در آب‌های زیرزمینی (با تأخیر ۹ ماهه) رخ می‌دهد.

واژگان کلیدی: خشکسالی، هیدروگراف، منابع آب، دشت کاشان

مقدمه

شده است که عبارتند از خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و اقتصادی - اجتماعی [۱۱].

خشکسالی دوره‌ی پیوسته و پایدار (از چند ماه تا چند سال) است که در این دوره، مقدار آب موجود در منابع آبی منطقه، به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد [۳]. به طور کلی خشکسالی یک دوره یا واقعه‌ی اقلیمی است که خصوصیات آن بستگی به مدت استمرار، شدت و وسعت منطقه تحت تأثیر و تسلط آن دارد که می‌تواند کوتاه مدت و کمتر زیان‌بخش و یا طولانی مدت، شدید و کشنده باشد [۴].

۱- خشکسالی هواشناسی
خشکسالی هواشناسی از کمبود بارش طی یک دوره‌ی زمانی ناشی می‌شود و در صورت تداوم می‌تواند منجر به رخداد سایر انواع خشکسالی‌ها گردد [۱۲].

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دما است که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد، خشکسالی یک وضعیت خزنده و خطرناک است و بر خلاف پدیده‌های مخرب مثل سیل و بارندگی که شروع و خاتمه‌ی آن مشخص بوده و محدوده‌ی عمل آن را می‌توان تعیین کرد، تشخیص آن بسیار سخت است [۳].

۲- خشکسالی کشاورزی
خشکسالی کشاورزی عبارت است از کاهش و کمبود آب که برای فعالیت‌های کشاورزی زیان‌آور است [۱]. در واقع این خشکسالی به بررسی کاهش بارش، میزان رطوبت خاک و میزان تبخیر و تعرق می‌پردازد. در این خشکسالی، میزان رطوبت خاک برای محصول ناکافی است و مقدار رطوبت خاک ناحیه‌ی اطراف ریشه زیر نقطه‌ی پژمردگی قرار می‌گیرد. خشکسالی کشاورزی بعد از خشکسالی هواشناسی و قبل از خشکسالی هیدرولوژیک اتفاق می‌افتد [۱].

انواع خشکسالی

۳- خشکسالی هیدرولوژیکی
خشکسالی هیدرولوژیکی، کاهش سریع جریان‌های سطحی و افت مخازن آب زیرزمینی، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها

خشکسالی بنا به ماهیت اثر مختلفی که در منابع و بخش‌های مختلف از جمله در کشاورزی و منابع طبیعی می‌گذارد، توسط متخصصین به ۴ نوع خشکسالی طبقه‌بندی

را بررسی می‌کند. خشکسالی هیدرولوژیکی معمولاً دیرتر از خشکسالی هواشناسی و کشاورزی اتفاق می‌افتد [۱].

۴- خشکسالی اقتصادی-اجتماعی

خشکسالی اقتصادی-اجتماعی موقعی اتفاق می‌افتد که کمبود فیزیکی آب روی جوامع انسانی و همچنین عرضه و تقاضای کالاهای اقتصادی تأثیر می‌گذارد، یعنی میزان تقاضای یک کالای اقتصادی بیشتر از عرضه‌ی آن می‌باشد. افزایش جمعیت و یا افزایش مصرف سرانه‌ی آب در کنار کاهش بارندگی در وقوع خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژی از عوامل بروز خشکسالی اقتصادی-اجتماعی است [۱].

روش‌های مطالعه یا تحلیل خشکسالی

در سال‌های اخیر به علت وقوع خشکسالی‌های متعدد، مطالعات در این زمینه افزایش یافته است. از آنجایی که وقوع این پدیده، تداوم، زمان آغاز و پایان خشکسالی، شدت و بزرگی آن همگی فرآیندهای احتمالی می‌باشند، لذا روش‌هایی که امروزه برای تحلیل این ویژگی‌ها به کار برده می‌شوند، اغلب روش‌های آماری-تحلیلی می‌باشند. تعاریف متنوعی که توسط محققان رشته‌های مختلف از خشکسالی ارائه شده، باعث گردیده است که روش‌های مطالعاتی خاص با توجه به شاخص‌های مورد توجه مانند بارندگی، رطوبت خاک، جریان‌های سطحی، مخازن زیرزمینی، خسارت‌های اقتصادی و ... ابداع گردد. روش‌های مطالعه‌ی خشکسالی به طور اجمالی عبارتند از روش تحلیل سینوپتیکی، روش بیلان آبی، روش تحلیل جریان، روش تحلیل داده‌های بارش، روش سنجش از دور، روش استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیکی و تاریخی [۲].

۱- روش تحلیل سینوپتیکی

در این روش، رخداد خشکسالی را به وسیله‌ی نقشه‌های هواشناسی در سطوح مختلف جو و نحوه‌ی قرارگیری الگوها و سامانه‌های جوی مطالعه می‌کنند و الگوهای مؤثر در وقوع خشکسالی را شناسایی می‌کنند، پدیده‌ی خشکسالی در رابطه‌ی مستقیم با گردش عمومی جو و نحوه‌ی استقرار مراکز فشار مورد مطالعه قرار می‌گیرد [۲].

۲- روش بیلان آبی

با توجه به این که یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تأثیرگذار خشکسالی میزان رطوبت خاک می‌باشد، این مسأله بخشی از مطالعات مربوط به خشکسالی را به خود اختصاص داده است، نظر به تأثیر این عامل در رشد گیاهان و هر گونه فعل و انفعال بیولوژیکی، این مسأله تحت عنوان خشکسالی کشاورزی قلمداد می‌گردد که در مطالعه‌ی آن عمدتاً تغییرات رطوبت خاک در طی دوره-های خاصی که گیاه نیازمند آن رطوبت می‌باشد، مد نظر قرار می‌گیرد. به طور کلی برای محاسبه‌ی بیلان آبی روش‌های مختلفی وجود دارد، ولی شاخص‌های مهم این روش عبارتند از شاخص تورنت وایت و شاخص پالمر [۶].

الف) شاخص تورنت وایت

مدل بیلان آبی تورنت وایت، اختلاف بین بارش و تبخیر را در نظر می‌گیرد و بیلانی از کمبود یا مازاد آب را ارائه می‌کند. اولین لازمه‌ی مطالعه این مدل، ظرفیت نگهداری آب خاک در رابطه با نوع خاک و کاربری اراضی می‌باشد. مازاد آب می‌تواند به راحتی تحت عنوان رواناب محاسبه شود. محاسبه‌ی کمبود رطوبت بسیار مشکل است، چرا که تبخیر و تعرق واقعی با حجم آب خاک تغییر پیدا می‌کند. در مدل تورنت وایت، میزان تبخیر و تعرق واقعی از بارندگی با توجه به میزان آب قابل دسترس باقی مانده در خاک، محاسبه می‌شود. هنگامی که بارش کمتر از تبخیر و تعرق بالقوه باشد، تبخیر و تعرق واقعی با بارش به اضافه‌ی هر مقدار رطوبت خاک که تبخیر یا تعرق پیدا کند، برابر می‌شود. در شاخص تورنت وایت، تبخیر و تعرق بالقوه از میانگین دما محاسبه می‌شود، این مدل می‌تواند اطلاعاتی در رابطه با حجم آب مورد نیاز در هر زمان ارائه کند و شاخص مشخصی از خشکسالی را ارائه دهد [۵].

ب) شاخص پالمر

این شاخص یکی از مهم‌ترین روش‌های مطالعه‌ی خشکسالی از طریق بیلان آبی است. این مدل نیازمند تحلیل‌های آبی و هوایی طولانی مدت به منظور محاسبه‌ی

پنج ثابت یا ضریب می‌باشد که ویژگی‌های رطوبتی ویژه‌ای از آب و هوای منطقه را تعریف می‌کند. در این مرحله، محاسبه‌ی این شاخص نیازمند مطالعه‌ی بیلان آبی ماه به ماه برای یک دوره‌ی طولانی مدت (مثلاً ۳۰ سال یا بیشتر) می‌باشد. پالمر مدل دو لایه‌ای خاک را به کار گرفته و از طریق شاخص تورنت وایت، تبخیر و تعرق را محاسبه می‌نماید، با این وجود، شاخص مذکور روش خاصی را برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق بالقوه نیاز ندارد. نتایج طولانی مدت، مجموعه‌ای از روش‌های شاخص خشکسالی را ارائه می‌دهد که از ۶- تا ۶+ متغیر است. ارزش صفر در این شاخص بیانگر شرایط طبیعی منطقه بوده که در طی زمان، ارزش مزبور می‌تواند دارای ناهنجاری‌های مثبت (حالت سیلابی یا پربارانی) و ناهنجاری منفی (خشکسالی) باشد [۵].

۳- روش تحلیل جریان

در این روش این گونه تحلیل‌ها به طور کلی بر روی جریان‌های سطحی، مخازن آب، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد و تحت عنوان خشکسالی هیدرولوژیکی قلمداد می‌شود و مورد مطالعه قرار می‌گیرد [۲].

۴- روش تحلیل داده‌های بارش

این روش جزء عمومی‌ترین روش‌های تحلیل خشکسالی به شمار می‌رود و علت این امر دسترسی آسان‌تر به انواع داده‌های بارندگی در بخش‌های مختلف کره‌ی خاکی است. از طرفی مقادیر بارندگی جزء بی‌ثبات‌ترین متغیرهای آب و هوایی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود و از این جهت می‌تواند شاخص خوبی برای مطالعه‌ی خشکسالی باشد. از طرف دیگر بارش جوی در واقع مهم‌ترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک و جریان‌های سطحی مخازن زیرزمینی و... منعکس می‌شود. بنابراین اولین برداشتی است که می‌تواند در مطالعه‌ی خشکسالی مورد توجه قرار گیرد. شاخص‌های مختلفی برای مطالعه‌ی خشکسالی از این دیدگاه ارائه شده است

که عبارتند از: میانگین بارندگی طولانی مدت، شاخص دهک‌ها (DI)، شاخص درصد نرمال بارندگی (PNPI)، شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص معیار استاندارد (ZSI)، شاخص Z چینی (CZI)، شاخص Z چینی اصلاح شده (MCZI) [۶].

۵- روش سنجش از دور

در این روش به وسیله‌ی تصاویر ماهواره‌ای که در طی دو دوره‌ی زمانی مختلف از یک منطقه گرفته شده و با استفاده از عامل پوشش گیاهی، تغییراتی که به طور گسترده در وضعیت پوشش گیاهی منطقه رخ داده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد و به دنبال آن پدیده‌ی خشکسالی مورد مطالعه قرار می‌گیرد [۲].

۶- روش استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیکی و

تاریخی

اطلاعات تاریخی که به دست آمده از خاطرات و رسوم خانوادگی ساکنین و نیز نشانه‌های ژئومورفولوژیکی از قبیل واروهای گلی (مربوط به سیستم فرسایش یخچالی و سایر پدیده‌های ژئومورفولوژیکی محیط‌های قدیمی)، رخداد‌های پدیده‌های طبیعی گذشته از جمله خشکسالی را بیان می‌کند. معمولاً خاطراتی مانند کاهش شدید میزان محصولات یا میزان بارندگی در سال‌های گذشته به دلیل اثری که در جوامع می‌گذارد، در ذهن‌ها باقی می‌ماند، ولی متأسفانه این گونه اطلاعات بیشتر ایام حالت مکتوب به خود نمی‌گیرد. سفرنامه‌های سیاحان و کاشفان اولیه و مهاجرین مستعمرات نیز می‌تواند اطلاعات ذی‌قیمتی را در بر داشته باشد. همچنین بررسی‌های باستان‌شناسی می‌تواند روش دیگری برای مطالعه‌ی خشکسالی‌های گذشته باشند. بعد از جمع‌آوری مدارک و اسناد، چگونگی ارتباط آنها با مسائل خشکسالی از اهمیت خاصی برخوردار است، معمولاً یافتن تابع‌های تبدیل برای گفته‌ها، خسارت‌های کشاورزی و اجتماعی و ارتباط آنها با بارش سالیانه و جریان‌ها در طی دوره‌های بارانی، مسأله‌ی پیچیده‌ای محسوب می‌گردد [۶].

شاخص‌های خشکسالی

می‌نامند، که در این منطقه مقدار کمی آب وجود داشته و توسط ذرات خاک و یا نیروی موئینگی نگه داشته می‌شود اصطلاح منطقه‌ی تهویه به مراتب مناسب‌تر از منطقه‌ی اشباع می‌باشد. زیرا ممکن است بخشی از منطقه‌ی تهویه واقعاً اشباع شده باشد و فقط فشار آب در آن کمتر از فشار هوا باشد، همانند آب موئینه‌ای که در بالای سطح آب زیرزمینی به ویژه در خاک‌های ریزدانه وجود دارد و جزء منطقه‌ی آب زیرزمینی محسوب نشده و آب منطقه‌ی تهویه است، همچنین به کار بردن اصطلاح منطقه‌ی آب زیرزمینی مناسب تر از اصطلاح منطقه‌ی اشباع می‌باشد [۱۳].

تأثیر خشکسالی بر افت منابع آب زیرزمینی دشت کاشان

با توجه به آنچه در زمینه‌ی خشکسالی و آب زیرزمینی بیان شد، می‌توان تعریفی به شرح زیر برای خشکسالی آب زیرزمینی مطرح نمود. اگر در یک دوره‌ی معین سطح آب زیرزمینی تا زیر سطح بحرانی پایین برود و منجر به نتایج مخرب شود خشکسالی آب زیرزمینی رخ داده است. منابع آب زیرزمینی به دلیل آن که کمتر تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی به ویژه نوسانات بارندگی قرار می‌گیرند، منبع قابل اعتمادی در تأمین آب در جهان به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند [۷].

منابع آب‌های زیرزمینی با توجه به عمق سفره، نوع آن، ویژگی‌های زمین‌شناسی، خصوصیات ژئوهیدرولوژیکی و شبکه‌ی آب‌های سطحی روی آن، نسبت به خشکسالی واکنش نشان می‌دهند؛ در نتیجه خشکسالی بر منابع آب‌های سطحی اثرات تخریبی مستقیم داشته، ولی خشکسالی به طور غیر مستقیم از طریق کاهش تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی، افزایش برداشت از طریق چاه‌های عمیق جهت مصارف کشاورزی، افزایش دما و تبخیر و تعرق و تغییر نوع بارش بر منابع آب‌های زیرزمینی مؤثر می‌باشد. بنابراین اثرات خشکسالی با تأخیر زمانی بیشتری در آب‌های زیرزمینی (با تأخیر ۹ ماهه) رخ می‌دهد [۷].

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر در ایران خشکسالی‌های مستمر و شدیدی رخ داده که

یکی از عوامل مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی در هر منطقه، شاخص‌هایی است که بر اساس آنها میزان شدت، تداوم خشکسالی و ... در یک منطقه قابل ارزیابی است. شاخص خشکسالی محاسبه شده از مقادیر شناخته شده‌ی پارامترهای منتخب، امکان توصیف و بیان خشکسالی به صورت کمی را فراهم می‌کند، به طور خلاصه شاخص خشکسالی، وسیله‌ای است که با خلاصه کردن اطلاعات خشکسالی به صورت دوره‌ای، اطلاعات و شرایط رطوبتی در منطقه را نشان می‌دهد [۱]. مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی خشکسالی عبارتند از: شاخص شدت پالم (PDSI)، شاخص درصد نرمال (PNI)، شاخص ناهنجاری و بی‌نظمی بارش (RAI)، شاخص دهک‌ها (DI)، شاخص رطوبت محصول (CMI)، شاخص بالم و مولی (BMDI)، شاخص ذخیره‌ی آب سطحی (SWSI)، شاخص بارش کلی یا سراسری (RI)، شاخص بارش مؤثر (ERI)، شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص خشکسالی احیایی (RDI)، شاخص خشکسالی رطوبت خاک (SMDI) و شاخص خشکسالی محصول ویژه (CSDI) [۱].

آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی بخشی از آب‌های قابل استحصال از زیر سطح زمین است که از طریق چاه‌ها، گالری‌ها و قنات‌ها به سطح زمین انتقال داده شده و یا به طور طبیعی توسط چشمه‌ها از درون زمین تخلیه می‌گردد. البته باید توجه کرد که تمام آبی که در زیرزمین است، به عنوان آب زیرزمینی اطلاق نمی‌گردد. به عنوان مثال وقتی چاهی در زمین حفر می‌گردد، رطوبت اولیه‌ای که در ابتدا مشاهده می‌شود، که به طور آزاد به داخل چاه نشست نمی‌کند، آب زیرزمینی از عمقی شروع می‌شود که به طور آزاد به داخل چاه نشست می‌کند. از آنجایی که فشار داخل چاه تقریباً فشار اتمسفر است، بنابراین فشار در سطح لایه‌ی آبدار زیرزمینی همان فشار اتمسفر است و در زیر سطح لایه‌ی آبدار بیشتر از فشار اتمسفر است. منطقه‌ی بین سطح لایه‌ی آبدار زیرزمینی تا سطح زمین را منطقه‌ی تهویه یا غیر اشباع

در نتیجه‌ی آن، منابع آب‌های سطحی منطقه خشک شده یا بسیار کم عمق شده و سفره‌های زیرزمینی با افت سطح ایستایی شدیدی روبرو شده است [۷].

در زمینه‌ی تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی و مدیریت منابع آب مطالعات متعددی صورت گرفته است، از جمله مالکی (۱۳۷۵)، خوش‌اخلاق (۱۳۷۶)، علیجانی (۱۳۷۸) و فرج‌زاده (۱۳۷۸) هر کدام پس از انجام تحقیقات، به نگهداری، حفاظت آب و مدیریت بهینه منابع آب در حوضه تأکید کرده‌اند [۸].

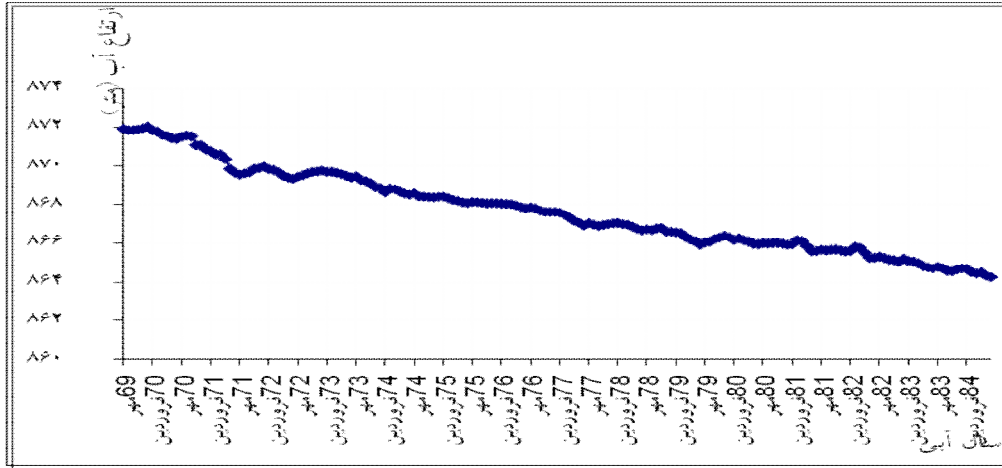
همچنین شکیبا و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه پرداختند، ایشان به منظور ارزیابی اثرات محتمل خشکسالی روی منابع آب زیرزمینی در شرق کرمانشاه، ابتدا ارتباط میان آنها به صورت گرافیکی نشان دادند و سپس ضریب همبستگی میان آنها را محاسبه نمودند. در نهایت نتایج تحقیق نشان داد که در میان شاخص‌های DM و SPI، شاخص DM، شاخص بهتری برای نمایش خشکسالی در منطقه است. در این تحقیق بررسی نتایج نشان داد که خشکسالی‌ها تأثیر معناداری روی دبی آب زیرزمینی می‌گذارند. همچنین آنالیز توزیع خشکسالی‌ها نشان داد که برای خشکسالی‌های با دوره‌های کوتاه کمبود دبی آب کمتر از تغذیه است، در حالی که برای خشکسالی‌هایی با دوره‌های طولانی، کمبود دبی آب زیرزمینی بیشتر از تغذیه است [15].

بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت کاشان

دشت کاشان در منطقه‌ای خشک و کم باران قرار دارد و میزان نزولات جوی آن پایین است. لذا به علت کمبود بارندگی، منابع آب‌های منطقه محدود است. تنها چندین رودخانه‌ی فصلی در منطقه جریان دارد که در محل ورود به دشت خشک می‌شوند و تنها در مواقع بارندگی شدید، سیلاب‌هایی وارد دشت می‌گردند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تنها منابع آبی قابل استفاده در دشت کاشان، آب‌های زیرزمینی هستند که برای کلیه‌ی مصارف شرب، بهداشت،

کشاورزی، صنعت و فضای سبز استفاده می‌شود. با افزایش روز افزون جمعیت در منطقه کاشان و نیاز روز افزون به آب، روند برداشت از سفره‌های آبی زیرزمینی دشت در ۴۰ سال اخیر شدت گرفته و هر سال بیشتر از سال قبل شده است، به طوری که تعداد چاه‌های عمیق از ۶۷ حلقه در سال ۱۳۴۴ به ۹۲۴ حلقه چاه مجاز در سال ۱۳۸۲ رسیده است. بنابراین طی سالیان اخیر، روند نزولی سطح آب زیرزمینی شدت بیشتری به خود گرفته است. این مسأله علاوه بر کاهش آبدی چاه‌ها، تأثیر به صورت تنزل شدید کیفیت منابع آب نشان داده است. تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی هر سفره بستگی به مقدار آب‌های ورودی یا خروجی به سفره دارد. عوامل تغذیه کننده‌ی سفره، باعث بالا رفتن سطح و عوامل تخلیه، باعث افت سطح آب زیرزمینی می‌گردد. این دو عامل در آب‌های زیرزمینی در تمام مدت با مقادیر مختلف به کار تخلیه یا تغذیه‌ی خود ادامه می‌دهند و تغییرات سطح آب زیرزمینی با هر یک از این دو عامل رابطه مستقیم دارد. لذا افزایش هر کدام، باعث تغییر در همان راستا می‌گردد. بنابراین هنگامی که سطح آب زیرزمینی صعود می‌کند، مقدار آب‌های ورودی نسبت به آب‌های خروجی افزایش می‌یابد و برعکس چنانچه منحنی، حالت کاهش سطح آب زیرزمینی را نشان دهد، میزان تخلیه از تغذیه بیشتر است. عوامل تغذیه در محدوده‌ی مورد تحقیق شامل بارندگی، جریان‌های سطحی، آب‌های موجود در تشکیلات مجاور و پساب‌های برگشتی به آب‌های زیرزمینی ناشی از مصارف هستند. به منظور مشخص نمودن میزان تغییرات آبی زیرزمینی و تعیین ماه‌های دارای حداکثر و حداقل ارتفاع آب زیرزمینی و تهیه‌ی بیلان آب، از هیدروگراف واحد استفاده می‌شود، که هیدروگراف واحد دشت کاشان از مهر ۱۳۶۹ تا شهریور ۱۳۸۴ در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این هیدروگراف، سطح آب زیرزمینی دارای روند نزولی است و در طی مدت ۱۵ سال، ۷/۳۴ متر افت نموده است به گونه‌ای که میزان افت متوسط سالانه، حدود ۴۹ سانتی متر بوده است. بنابراین هیدروگراف واحد دشت، نشان دهنده‌ی این است که تعادل بین ورودی و

خروجی آبخوان به هم خورده و در نتیجه سطح آب سفره، دچار افت شدیدی شده است.



شکل 1- هیدروگراف واحد تسطیح شده‌ی دشت کاشیان از مهر ۶۹ تا شهریور ۸۴

بررسی روند خشکسالی در شهرستان کاشان

به منظور بررسی وضعیت و روند خشکسالی در استان اصفهان و به ویژه در شهرستان کاشان، مطالعات زیادی توسط محققین مختلف صورت گرفته است. از جمله زارع پور (۱۳۹۰) به مقایسه و ارزیابی شاخص‌های اقلیمی خشکسالی در استان اصفهان و به ویژه در شهرستان کاشان پرداخت که نتایج تحقیق وی در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱ در فاصله‌ی زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (دوره‌ی زمانی ۱۹ ساله) وضعیت اقلیمی شهرستان کاشان به صورت خشکسالی با درجه‌بندی مختلف بوده است.

جدول ۱- بررسی روند خشکسالی در شهرستان کاشان [۲]

سال	شاخص درصد نرمال بارندگی	طبقه‌بندی خشکسالی	شاخص دهک	طبقه‌بندی خشکسالی	شاخص بارش استاندارد شده	طبقه‌بندی خشکسالی	شاخص معیار استاندارد	طبقه‌بندی خشکسالی	شاخص Z چینی	طبقه‌بندی خشکسالی
۱۹۹۰	۵۹/۸۳	خشکسالی متوسط	-۴	خشکسالی بسیار شدید	-۱/۴۸	خشکسالی متوسط	-۱/۲۸	خشکسالی متوسط	-۱/۳۹	خشکسالی متوسط
۱۹۹۱	۷۷/۸۸	خشکسالی ضعیف	-۲	خشکسالی متوسط	-۰/۷	نزدیک نرمال	-۰/۷	نزدیک نرمال	-۰/۶۶	نزدیک نرمال
۱۹۹۲	۱۶۵/۷۸	نرمال	۴	ترسالی بسیار شدید	۱/۹۴	ترسالی شدید	۲/۰۹	ترسالی بسیار شدید	۱/۸۶	ترسالی شدید
۱۹۹۳	۱۱۲/۶۶	نرمال	۲	ترسالی متوسط	۰/۵۱	نزدیک نرمال	۰/۴	نزدیک نرمال	۰/۴۹	نزدیک نرمال
۱۹۹۴	۷۵/۰۶	خشکسالی ضعیف	-۲	خشکسالی متوسط	-۰/۸۱	نزدیک نرمال	-۰/۷۹	نزدیک نرمال	-۰/۷۷	نزدیک نرمال
۱۹۹۵	۶۵/۳۲	خشکسالی متوسط	-۴	خشکسالی بسیار شدید	-۱/۲۳	خشکسالی متوسط	-۱/۱	خشکسالی متوسط	-۱/۱۵	خشکسالی متوسط
۱۹۹۶	۱۵۸/۶۴	نرمال	۴	ترسالی بسیار شدید	۱/۷۷	ترسالی شدید	۱/۸۷	ترسالی شدید	۱/۷	ترسالی شدید
۱۹۹۷	۶۳/۵۸	خشکسالی متوسط	-۴	خشکسالی بسیار شدید	-۱/۳۱	خشکسالی متوسط	-۱/۱۶	خشکسالی متوسط	-۱/۲۳	خشکسالی متوسط
۱۹۹۸	۱۰۹/۹۲	نرمال	۱	ترسالی ضعیف	۰/۴۲	نزدیک نرمال	۰/۳۲	نزدیک نرمال	۰/۴۱	نزدیک نرمال
۱۹۹۹	۱۱۱/۸	نرمال	۲	ترسالی متوسط	۰/۴۸	نزدیک نرمال	۰/۳۸	نزدیک نرمال	۰/۴۶	نزدیک نرمال
۲۰۰۰	۹۸/۸۱	نرمال	۰	نرمال	۰/۰۶	نزدیک نرمال	-۰/۰۴	نزدیک نرمال	۰/۰۶	نزدیک نرمال
۲۰۰۱	۶۷/۹۲	خشکسالی متوسط	-۳	خشکسالی شدید	-۱/۱۱	خشکسالی متوسط	-۱/۰۲	خشکسالی متوسط	-۱/۰۵	خشکسالی متوسط
۲۰۰۲	۱۴۸/۵۳	نرمال	۴	ترسالی بسیار شدید	۱/۵۱	ترسالی شدید	۱/۵۴	ترسالی شدید	۱/۴۵	ترسالی متوسط
۲۰۰۳	۱۰۸/۰۴	نرمال	۱	ترسالی ضعیف	۰/۳۶	نزدیک نرمال	۰/۲۶	نزدیک نرمال	۰/۳۵	نزدیک نرمال
۲۰۰۴	۱۰۷/۳۲	نرمال	۱	ترسالی ضعیف	۰/۳۴	نزدیک نرمال	۰/۲۳	نزدیک نرمال	۰/۳۳	نزدیک نرمال
۲۰۰۵	۷۵/۹۳	خشکسالی ضعیف	-۲	خشکسالی متوسط	-۰/۷۸	نزدیک نرمال	-۰/۷۷	نزدیک نرمال	-۰/۷۳	نزدیک نرمال
۲۰۰۶	۷۹/۱	خشکسالی ضعیف	-۲	خشکسالی متوسط	-۰/۶۵	نزدیک نرمال	-۰/۶۶	نزدیک نرمال	-۰/۶۱	نزدیک نرمال
۲۰۰۷	۱۱۶/۱۳	نرمال	۲	ترسالی متوسط	۰/۶۱	نزدیک نرمال	۰/۵۱	نزدیک نرمال	۰/۵۹	نزدیک نرمال
۲۰۰۸	۸۱/۹۲	نرمال	-۱	خشکسالی ضعیف	-۰/۵۴	نزدیک نرمال	-۰/۵۸	نزدیک نرمال	-۰/۵۱	نزدیک نرمال
۲۰۰۹	۱۱۵/۸۴	نرمال	۲	ترسالی متوسط	۰/۶	نزدیک نرمال	۰/۵	نزدیک نرمال	۰/۵۸	نزدیک نرمال

سال تغییر می‌کند. خشکسالی‌ها و تغییرات فصلی در بارش و پمپاژ، ارتفاع آب زیرزمینی را به صورت مداوم تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین وقوع خشکسالی‌های متناوب و طولانی و نوسانات بالای آب و هوا از عوامل اصلی کمبود آب به‌ویژه منابع آب سطحی است که فشار مضاعفی را بر منابع آب‌های زیرزمینی وارد می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مسائل مطرح شده، خشکسالی به طور جهانی به عنوان یک واقعه‌ای شناخته شده است که با کمبود آب در ارتباط می‌باشد. خشکسالی با توجه به زمان وقوع، مدت، شدت و وسعت منطقه‌ای که تحت تأثیر آن می‌باشد، سال به

با بررسی‌های به عمل آمده بر روی آمار موجود در شهرستان کاشان نیز کمبود بارش‌های سطحی، خشکسالی و کمبود منابع آب‌های سطحی را به دنبال خواهد داشت. کمبود منابع آب‌های سطحی موجب افزایش مصرف منابع آب زیرزمینی و در نتیجه افت منابع آب زیرزمینی شده است. بنابراین خشکسالی به طور مستقیم بر روی منابع

منابع

آب‌های سطحی و به طور غیر مستقیم بر روی منابع آب‌های زیرزمینی تأثیر می‌گذارد که با مدیریت بهینه‌ی منابع آب می‌توان اثرات مخرب افت آب زیرزمینی را تا حد زیادی متعادل کرد.

- ۱- حجازی‌زاده، زهرا و سعید جوی‌زاده، ۱۳۸۹. مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن، انتشارات سمت، ص ۳۵۸.
- ۲-زارع‌پور، هادی، ۱۳۹۰. مقایسه و ارزیابی شاخص‌های اقلیمی خشکسالی و تعیین شاخص برتر جهت پهنه‌بندی در استان اصفهان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه کاشان، ص ۱۷۳.
- ۳-علیزاده، امین، ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ص ۸۷۲.
- ۴- کردوانی، پرویز، ۱۳۸۶. خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۹۲.
- ۵- صفدری، علی اکبر، ۱۳۸۰. تحلیل کمی شدت، تداوم، فراوانی و گسترهی خشکسالیها به کمک داده‌های بارندگی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی کارون)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه تهران، کرج، صفحه‌ی ۱۶-۴۷.
- ۶- شمسی پور، علی اکبر، ۱۳۸۰. بررسی خشکسالی اخیر بر آب‌های زیرزمینی دشت‌های شمال همدان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، صفحه‌ی ۳۲-۵۸.
- ۷- شمسی پور، علی اکبر، محمدی، حسین‌مراد ۱۳۸۲. تأثیر خشکسالی‌های اخیر بر افت منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان، پژوهش‌های جغرافیائی - شماره‌ی ۴۵ تابستان، صفحه‌ی ۱۱۵-۱۳۰.
- ۸-اسلامیان، سعید، نصری، مسعود، رحیمی، نعیمه، ۱۳۸۸. بررسی دوره‌های ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه‌ی آبخیز دشت بوئین، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیستم-شماره‌ی ۳۳، صفحه‌ی ۷۵-۹۰.
- ۹- شکیبیا، علیرضا، میرباقری، بابک، خیری، افسانه، ۱۳۸۹. خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران) دوره‌ی جدید، سال هشتم، شماره‌ی ۲۵، تابستان، صفحه‌ی ۱۰۴-۱۲۴.
- ۱۰- آسیایی، مهدی، شاخص‌های خشکسالی، ۱۳۸۵، انتشارات سخن گستر، ص ۱۷۶.
- ۱۱- پور حاج شکر، هما، ۱۳۸۸. پهنه بندی و تحلیل خشکسالی هواشناسی و ارتباط آن با پدیده‌های بزرگ مقیاس جوی در ایران، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران.
- ۱۲- رضی، طیب، ثقفیان، بهرام و کاردانش آراسته، پیمان، ۱۳۸۶. بررسی الگوی زمانی و مکانی خشکسالی‌های هواشناسی سیستان و بلوچستان، مجله‌ی علمی کشاورزی، شماره‌ی ۱، جلد ۳۰، صفحه‌ی ۸۵-۹۹.
- ۱۳- صفوی، حمیدرضا، ۱۳۸۸. هیدرولوژی مهندسی، انتشارات ارکان دانش اصفهان، ص ۲۲۴.
- ۱۴- قاسمیه، هدی، ۱۳۸۹. مدیریت جامع منابع آب با استفاده از روش DSS، پایان نامه‌ی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۱۹۷.

15- A.Shakiba, B. Mirbagheri, and A. Kheiri, 2010, High resolution climatology, Vol.7, Ems2010-335.