بررسی دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی و اثرات آن بر منابع آب زیرزمینی دشت ممسنی

مریم انصاری*
دانشجوی دکتری آب و هواشناسی شهری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
صمد فتوحی
دانشیار دانشکده جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹

چکیده
نوسان‌های در پارامترهای هواشناسی از جمله بارندگی یکی از ویژگی‌های چرخه اتمسفری است، ضمن اینکه کاهش شدید بارندگی و دوره‌های خشک ناشی از آن، تأثیرهای منفی بسیاری بر منابع آب می‌گذارد. در این پژوهش اثر دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی بر منابع آب زیرزمینی دشت ممسنی مورد بررسی قرار گرفته است. جهت انجام این پژوهش از داده‌های تراز آب زیرزمینی چاه‌های پیزومتری (۱۹ چاه) دشت ممسنی استفاده شده است. این آمار مربوط به مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا سال آبی ۹۲-۹۱ می‌باشد. همچنین از آمار بارش ایستگاه نورآباد برای تعیین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی استفاده‌شده است. در این پژوهش با استفاده از شاخص SPI خصوصیات خشک‌سالی و دوره‌های آن ارزیابی شده، جهت بررسی اثر دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی از روش همبستگی و رگرسیون استفاده شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد خشک‌سالی‌ها باعث افت آب‌های زیرزمینی شده است.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، خشک‌سالی، دشت ممسنی، SPI

مقدمه

منابع آب زیرزمینی، بزرگ‌ترین ذخیره قابل‌دسترسی آب شیرین را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند. در مناطقی که منابع آب سطحی محدود بوده و یا به‌راحتی در دسترس انسان قرار ندارند، می‌توان نیاز انسان‌ها را به آب از طریق آب‌های زیرزمینی که در همه‌جا گسترده‌اند، برطرف کرد (نادریان فر و انصاری، ۱۳۹۰). خشک‌سالی از مخاطرات طبیعی و اجتناب‌ناپذیری است که از دیرباز، در پهنه وسیع کشورهای مختلف به‌ویژه کشورهای مستقر در مناطق گرم و خشک به‌کرات وقوع یافته و می‌یابد. طبق مطالعات و آمارهای گزارش‌شده، ایران نیز با توجه به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی خود با میانگین بارشی معادل یک‌سوم متوسط کل جهان و همچنین یک‌سوم آسیا، در وضعیت مناسبی از لحاظ تأمین آب قرار ندارد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۶). در سطح بین‌المللی تعریف واحدی از خشک‌سالی که مورد قبول همه باشد، وجود ندارد. به‌طورکلی خشک‌سالی زمانی روی می‌دهد که کاهش چشم‌گیر آب، هم در مکان و هم در زمان

*نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۶۸۶۹۰۱۲ E-mail:mary_ansari60@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

ویژه‌ای روی دهد. خشک‌سالی با توجه به زمان و عامل وقوع آن به انواع مختلفی تقسیم می‌شود که مهم‌ترین آن خشک‌سالی هواشناسی، خشک‌سالی آب‌شناختی، خشک‌سالی کشاورزی و خشک‌سالی اجتماعی–اقتصادی می‌باشد. خشک‌سالی هواشناسی هنگامی رخ می‌دهد که بارندگی کمتر از حدود ۷۵ درصد از نرمال سه ماهه یا حتی ۶ ماهه بالاتر باشد. (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۷). خشک‌سالی آب‌شناختی به‌نوبه خود به دو دسته خشک‌سالی جریان رودخانه و خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی تقسیم می‌شود (بایزیدی و ثقفیان، ۱۳۹۰: ۳۷). خشک‌سالی هیدرولوژیک به دوره‌ای گفته می‌شود که در آن مقدار جریان آب رودخانه و مخازن آب زیرزمینی و سطحی تا حد بحرانی کم شود (وفا خواه و مهدوی، ۱۳۷۸: ۵). بر اساس تعریف مفهومی از کالو و همکاران ۱۹۹۹، اصطلاح خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی برای توصیف وضعیت مکانی است که سطح منابع آب زیرزمینی به‌عنوان پیامد مستقیم خشک‌سالی، افت پیدا می‌کند. زمانی که سیستم‌های آب زیرزمینی تحت تأثیر خشک‌سالی واقع می‌شود ابتدا آبگیری، سپس سطح و در نهایت آبدهی سفره آب زیرزمینی کاهش پیدا می‌کند. چنین خشک‌سالی را خشک‌سالی آب زیرزمینی می‌نامند(vanlanet et il., 2000) . ترسالی‌ها هم مانند خشک‌سالی‌ها دوره‌ای رخ می‌دهند و از نظر تعریف سالی را گویند که بارش آن از میانگین بلند مدت بیشتر باشد (قوی‌دل‌رحیمی، ۱۳۸۱: ۴۳). بارندگی و دما مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی هستند که پیش‌بینی و شناسایی رفتار آن‌ها برای مدیریت منابع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (بهره‌مند و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۴).

در زمینهٔ اثر خشک‌سالی‌ها بر منابع آب زیرزمینی در ایران مطالعات متنوعی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای اثر خشک‌سالی‌های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان بررسی شده نتایج نشان می‌دهد که در آب‌های زیرزمینی بین کاهش بارش و افت سطح ایستابی ضریب همبستگی معناداری وجود ندارد و خشک‌سالی به‌صورت غیرمستقیم بر منابع آب زیرزمینی مؤثر می‌باشد (محمدی و شمسی‌پور، ۱۳۸۲: ۱۱۶). نتایج حاصل از تحلیل دوره‌های خشک‌سالی دشت مشهد و میزان تأثیر آن بر منابع آب نشان می‌دهد که خشک‌سالی باعث تشدید افت آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است (حمیدیان پور، ۱۳۸۵: ۴۵). دائمی پدیده خشک‌سالی بر منابع آبی کشور را مطالعه کرد، نتایج نشان داد که در تمام حوضه‌های کشور بارندگی از حد معمول کمتر بوده و در نتیجه کاهش بارندگی‌ها، منابع آبی کشور نیز کاهش‌یافته است (دائمی، ۱۳۸۶: ۱۰). اثر دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین توسط پژوهشگران مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد که بین دوره‌های خشک‌سالی و سطح آب زیرزمینی منطقه ارتباط معناداری وجود دارد و تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی این حوضه دارای روند نزولی است (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۸: ۷۶). نتایج حاصل از آثار و پیامدهای خشک‌سالی بر منابع آب حوضه مرکزی گناباد نشان داد که طی این دوره خشک‌سالی منجر به کاهش آبدهی قنات‌ها، چاه‌ها و چشمه‌ها شده است (بهنیا فر و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۵). بیرانوند تأثیر خشک‌سالی‌های اخیر بر منابع آب زیرزمینی دشت قره‌بلاغ را مطالعه کرد و به این نتیجه دست‌یافت که تغذیه منابع آب زیر زمینی در ارتباط مستقیم با بارندگی سطح دشت‌ها و ارتفاع‌ها و به‌طور غیرمستقیم با آب‌های سطحی و سدها یا تغذیه مصنوعی به‌وسیله پخش سیلاب‌ها می‌باشد (بیرانوند، ۱۳۸۹: ۶۶). پژوهشگران تأثیر دوره‌های خشک‌سالی را بر منابع آب

Archive of SID

www.SID.ir

زیرزمینی مشهد را بررسی کردند. نتایج نشان داد که خشک‌سالی‌ها باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی منطقه شده است (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۰). تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص بارندگی معیار شده(SPI) توسط پژوهشگران مطالعه شد. نتایج نشان داد که خشک‌سالی‌ها برافت سطح آب‌های زیرزمینی تأثیر بسزایی گذاشته‌اند (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۶). طی مطالعه‌ای دیگر تأثیر نوسانات بارش بر سطح منابع آب زیرزمینی حوضه آبخیز گرگانرود بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد که بارش و دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی ناشی از نوسانات بارش, منابع آب زیرزمینی این حوضه را تحت تأثیر قرار داده است (فهمیده عمادی، ۱۳۹۰: ۳۳). رابطه بین نوسانات اقلیمی با تراز آب‌خانه ده گلان نیز در مطالعه‌ای دیگر بررسی شد. نتایج نشان داد که با توجه به وجود تفاوت معنادار بین متغیرها در مقاطع مختلف زمانی، دوره‌های اقلیمی قابل تفکیک است. نوسانات تبخیر و بارش باعث تغییر قابل‌توجه در تراز آبخان شده است. (عطایی و همکاران: ۱۳۹۰). پژوهشگران آثار خشک‌سالی‌ها را در مقیاس زمانی گوناگون بر نوسان سطح آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور مطالعه کردند. نتیجه مطالعه در زمینه توزیع مکانی و ارتباط بین خشک‌سالی‌های هواشناسی و آب‌های زیرزمینی در دشت اراک نشان داد که در ایجاد همبستگی بین بارش و افت سطح ایستابی، بهترین ضریب همبستگی، ۰/۱۲۶- است که در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده و تأثیرپذیری منابع آب زیرزمینی را با یک تأخیر دو ماهه نمایان می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۸). پژوهشگران آثار و پیامدهای خشک‌سالی اقلیمی را بر تأخیر زمانی و تغییر رژیم آبدهی قنوات و چشمه‌های دشت اردکان یزد مطالعه کردند. نتایج نشان‌دهنده افزایش شدت و تداوم خشک‌سالی‌های اقلیمی و هیدرولوژی به‌ویژه در دهه اخیر می‌باشد به‌گونه‌ای که تکرار خشک‌سالی اقلیمی در دهه اخیر نسبت به چهار دهه گذشته، ۴ برابر شده است. همچنین نتایج حاکی از وجود تأخیر زمانی متفاوت بین وقوع خشک‌سالی اقلیمی و تأثیر آن بر آبدهی قنوات دشتی، کوهپایه‌ای، کوهستانی و چشمه‌ها می‌باشد (اکرامی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۸).

پژوهشگران طی پژوهشی روند خشک‌سالی و افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت اراک را مطالعه کردند. بر اساس نتایج حاصل از ۴۲ حلقه چاه، سطح آب زیرزمینی در ۴۰ حلقه چاه روندی کاهشی داشته است (خوارانی و خواجه، ۱۳۹۳: ۵۸). نتایج حاصل از تأثیر دوره‌های خشک‌سالی بر مدیریت منابع آب بوتسوانا نشان داد که فراوانی وقوع خشک‌سالی رو به افزایش است و خشک‌سالی یک تهدید عمده برای منابع آب بوتسوانا است ((amou. Et al, 2001: 102. تأثیر تغییر اقلیم روی منابع آّب جنوب تایوان نیز بررسی شد. نتایج نشان داد این وضعیت خطر مهمی برای آب و حتی رفاه اجتماعی- اقتصادی کشور می‌باشد ((Yu. Et al, 2002: 213. پژوهشگران در پژوهشی برای یافتن و شناختن روند تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه اریسا هند و تأثیر خشک‌سالی و دخالت بشر از روش‌های آماری استفاده کرند. نتایج نشان داد افت سطح آب به علت کمبود باران در طول مهر و موم‌های خشک و دمای بالا است (panda, et Al, 2007: 114). طی پژوهشی دیگر پژوهشگران از شاخص استانداردشده بارشی (SPI) برای بررسی اثر خشک‌سالی و بارندگی بر سطح آب زیرزمینی در سه منطقه تحت آبیاری در حوزه ماری دارلین استرالیا استفاده کردند. نتایج پژوهش

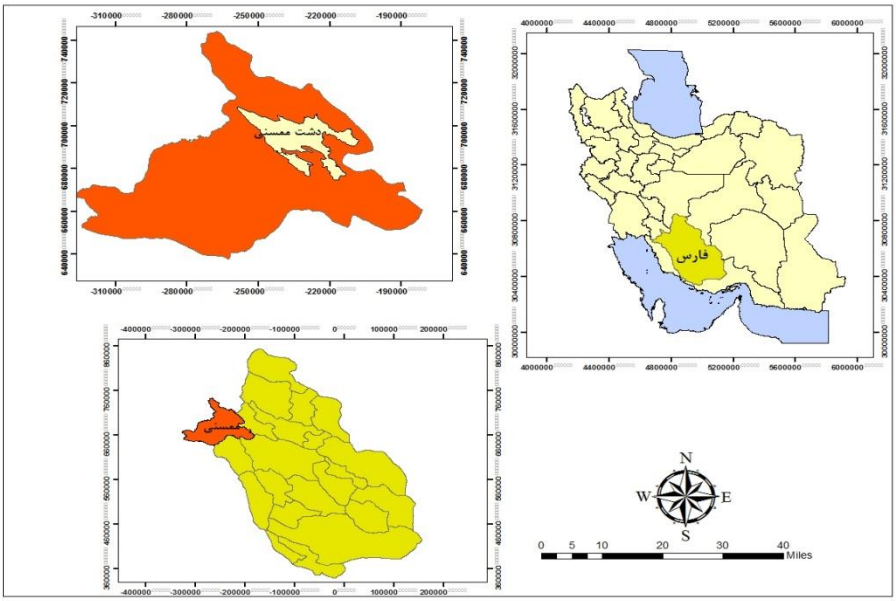
Archive of SID

www.SID.ir

آن‌ها نشان داد بین شاخص SPI و نوسانات آب زیرزمینی در منطقه همبستگی خوبی برقرار است و به‌وسیله آن می‌توان الگوی خشک‌سالی‌های اصلی در استرالیا را تعیین کرد (khan gabreil & rana, 2008: 159) .دشت ممسنی از جمله مناطقی است که از نظر میزان ریزش‌های جوی و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی وضعیت نسبتاً مناسبی را در استان فارس دارد. اما در بعضی از مهر و موم‌های اخیر به‌واسطه کمبود ریزش‌های جوی سالانه و نیز استفاده بیش از حد از منابع آب، با کمبود آب به خصوص در مصارف کشاورزی مواجه گردیده است. با توجه به اینکه مهم‌ترین منبع تأمین آب در دشت ممسنی آب زیرزمینی است، از این جهت بررسی تغییرات بارش، پیش‌بینی دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی و آثار آن بر تغییرات منابع آب زیرزمینی ضروری به نظر می‌رسد. هدف اصلی این پژوهش تعیین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی دشت ممسنی و مشخص نمودن رابطه بین این دوره‌ها و تراز آب زیرزمینی است.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت ممسنی در شمال غرب استان فارس بین عرض‌های جغرافیایی ´۵۰ °۲۹ تا ′۱۷ °۳۰ شمالی و طول‌های جغرافیایی′۱۵ °۵۱ تا ′۴۳ °۵۱ شرقی واقع شده است. مساحت دشت برابر با ۱۹۶/۱۴ کیلومترمربع می‌باشد. دشت ممسنی بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن جزء مناطق نیمه‌خشک می‌باشد. حداقل درجه حرارت منطقه ۲- درجه سانتی‌گراد و حداکثر درجه حرارت ۴۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارش دشت ۵۷۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. بر اساس گزارش‌ها و منابع موجود سفره‌های آب زیرزمینی دشت از نوع آزاد است. شکل ۱ موقعیت دشت ممسنی را در استان و کشور نشان می‌دهد (مهندسان مشاور آسماری، ۱۳۹۰، ۱۰).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت دشت ممسنی در استان فارس و کشور

www.SID.ir

داده‌ها و روش‌ها

متغیرهای مورد مطالعه شامل بارش و داده‌های تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی می‌باشد. از نمرات استاندارد شده بارش (ایستگاه نورآباد) برای تعیین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی استفاده شده است. دشت ممسنی دارای نوزده چاه پیزومتری است. برای انجام پژوهش حاضر از آمار تراز آب‌های زیرزمینی (چاه‌های پیزومتری) منطقه طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱ استفاده شده است. مشخصات چاه‌های پیزومتری منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است. این مشخصات شامل نام, طول و عرض جغرافیایی و عمق چاه‌ها می‌باشد. همچنین شکل ۲ پراکندگی چاه‌های پیزومتری را در محدوده دشت ممسنی نشان می‌دهد.

مآخذ: نگارندگان

شکل ۲: پراکندگی چاه‌های پیزومتری در دشت ممسنی

جدول ۱: مشخصات چاه‌های پیزومتری دشت ممسنی

ردیف	چاه‌های پیزومتری	طول		عرض		عمق چاه
۱	خومه زار	۱۹′	۳۳°	۵۲′	۵۵°	۴۹,۵
۲	رازیانه کاری	۲۲′	۳۳°	۴۱′	۵۵°	۴۱
۳	شیراسپاری	۲۳′	۳۳°	۳۴′	۵۵°	۳۰
۴	گچگران	۲۹′	۳۳°	۱۰′	۵۵°	۳۶
۵	اسکان عشایر	۲۹′	۳۳°	۵۸′	۵۵°	۷۶
۶	سنگان	۳۱′	۳۳°	۴۶′	۵۴°	۳۸/۵
۷	کلگاه	۳۲′	۳۳°	۴۹′	۵۴°	۴۴/۵
۸	مال محمود	۴۰′	۳۳°	۳۷′	۵۴°	۴۹
۹	چم گل	۲۴′	۳۳°	۵۶′	۵۳°	۵۰
۱۰	دیمه میل	۲۸′	۳۳°	۱۸′	۵۴°	۴۵
۱۱	آهنگری	۳۰′	۳۳°	۳۷′	۵۴°	۵۱
۱۲	عالیوند	۲۷′	۳۳°	۵۵′	۵۴°	۳۸

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳	تل مشکی	۲۶′	۳۳°	۲۶′	۵۵°	۴۸
۱۴	امامزاده درآهنی	۳۸′	۳۳°	۲۰′	۵۵°	۳۷
۱۵	جابه	۳۳′	۳۳°	۴۵′	۵۵°	۳۳
۱۶	تل حیدری	۲۶′	۳۳°	۳۸′	۵۴°	۴۱
۱۷	دم قنات	۴۲′	۳۳°	۵۹′	۵۴°	۵۵/۵
۱۸	تل خندق	۴۷′	۳۳°	۵۰′	۵۴°	۵۱
۱۹	شور	۱۳′	۳۳°	۱۷′	۵۴°	۵۷

مآخذ: (اداره آب منطقه‌ای شهرستان کازرون)

یکی از ارکان مهم و اساسی در مطالعات خشک‌سالی در هر منطقه، تعیین شاخص‌هایی برای سنجش میزان شدت و تداوم دوره خشک‌سالی است. شاخص خشک‌سالی در واقع تابعی از عوامل مختلف محیطی است که بر پدیده خشک‌سالی اثر می‌گذارد. در نهایت حاصل فرایند تابع، یک عدد است که در ارزیابی خشک‌سالی‌ها و تصمیم‌گیری‌های آینده، به‌مراتب مفیدتر از ردیف‌های متعدد داده‌های مرتبط با خشک‌سالی عمل می‌کند. برای تحلیل وضعیت خشک‌سالی شاخص‌های متعددی وجود دارد که در این پژوهش شاخص SPI[1] به خاطر مزایایی که دارد، مورداستفاده قرار می‌گیرد. شاخص SPI به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل‌دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌های متفاوت زمانی و همچنین مقیاس‌های مکانی مختلف، یک شاخص مناسب به‌منظور تحلیل خشک‌سالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۷). شاخص SPI تنها بر مبنای استفاده از داده‌های بارندگی استوار است و نتایج آن از قابلیت اعتماد بالایی برخوردار است. این شاخص برای اولین بار توسط مک‌کی و همکارانش در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد گردید که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$spi = \frac{pik - pi}{qi} \qquad (۱)$$

qi: انحراف معیار مقدار بارش؛

pik: مقدار بارندگی اندازه‌گیری شده برای K امین دوره مورد نظر؛

pi: میانگین بارندگی در K امین دوره برای مدت طولانی در ایستگاه معین i می‌باشد.

شاخص استاندارد شده بارندگی بر اساس احتمال بارندگی در زمان (ماه، فصل، سال) بنا نهاده شده است و در برنامه‌ریزی خشک‌سالی کاربرد دارد. اعداد SPI نشان‌دهنده وضعیت خشک‌سالی می‌باشند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۶). در این پژوهش جهت تعیین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی از بازه زمانی سالانه استفاده‌شده است. در شاخص SPI طبقه‌بندی خشک‌سالی‌ها مطابق جدول ۲ انجام می‌گیرد.

[1] Standardized precipitation Index

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: طبقه‌بندی خشک‌سالی‌ها بر اساس شاخص SPI.

ترسالی بسیار شدید	۲ و بالاتر
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی ملایم	۱ تا ۱/۴۹
نزدیک به نرمال	/۹۹ تا ۹۹/-
خشک‌سالی ملایم	۱- تا ۱/۴۹-
خشک‌سالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشک‌سالی بسیار شدید	۲- و کمتر

مآخذ: (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۶)

جهت بررسی اثر خشک‌سالی‌ها بر منابع آب زیرزمینی از روش همبستگی پیرسون[1] و رگرسیون خطی[2] استفاده شده است.

در معادله خطی درجه یک، دو متغیر دارای رابطه خطی بوده و افزایش یکی موجب کاهش یا افزایش دیگری می‌شود. معادله رگرسیون درجه اول به‌صورت زیر است:

$$y = a + bx \qquad (۲)$$

در این فرمول, y نمره‌های پیش‌بینی‌شده متغیر وابسته, x نمره‌های متغیر مستقل, a مقدار ثابت عرض از مبدأ و b ضریب رگرسیون است.

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum yi}{n} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، $\bar{x}$ و $\bar{y}$ به ترتیب میانگین متغیر مستقل و وابسته می‌باشد.

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - nx^{-2}} \quad a = \bar{y} - b\bar{x} \qquad (۴)$$

در معادله فوق a و b به نام مؤلفه قطعی موسوم است و تقریباً ثابت هستند.

ضریب تعیین، نسبت تغییر در متغیر وابسته می‌باشد که با مدل رگرسیون بیان‌شده است. این ضریب تعیین می‌کند که متغیر مستقل چند درصد بر متغیر وابسته تأثیر گذاشته است. مقادیر ضریب تعیینی در محدوده صفر تا یک هستند. مقادیر کوچک نشان می‌دهد که مدل به‌خوبی با داده‌ها منطبق نیست. در رگرسیون تک متغیره همیشه ضریب استاندارد شده با ضریب همبستگی برابری می‌کند. ضریب استاندارد شده هرچه به یک نزدیک‌تر شود بیشتر مورد قبول واقع می‌شود (اسماعیلیان، ۱۳۸۷: ۵۶).

تحلیل‌های آماری این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS و گراف‌های مربوطه توسط نرم‌افزار Excel ترسیم‌شده است. نقشه‌های تراز آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار GIS[3] و روش IDW[4] رسم شده است.

[1] Pearson correlations
[2] Liner regression
[3] Geographical information system
[4] Inverse distance weighted

Archive of SID

www.SID.ir

یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص SPI، محدوده مورد مطالعه در طول دوره آماری با خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های متفاوتی با شدت‌های مختلف روبرو شده است. جدول ۳ وضعیت کیفی دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی و جدول ۴ فراوانی و درصد وقوع این دوره‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۳: دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی دشت ممسنی ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱

وضعیت کیفی	نمرات استاندارد شده	بارش سالانه	سال
نزدیک به نرمال	۰/۸۹	۷۰۷	۸۳-۸۲
ترسالی شدید	۱/۷۶	۸۸۰	۸۴-۸۳
نزدیک به نرمال	۰/۷۱	۶۷۱	۸۵-۸۴
نزدیک به نرمال	-۰/۰۳	۵۲۴	۸۶-۸۵
خشک‌سالی شدید	-۱/۵۵	۲۲۰	۸۷-۸۶
خشک‌سالی ملایم	-۱/۱۱	۳۰۷	۸۸-۸۷
نزدیک به نرمال	-۰/۵۶	۴۱۸	۸۹-۸۸
نزدیک به نرمال	-۰/۶۶	۳۷۹	۹۰-۸۹
نزدیک به نرمال	۰/۴۸	۶۲۴	۹۱-۹۰
نزدیک به نرمال	۰/۸۰	۵۴۵	۹۲-۹۱

مآخذ: (محاسبات نگارندگان)

جدول ۴: درصد وقوع دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی دشت ممسنی

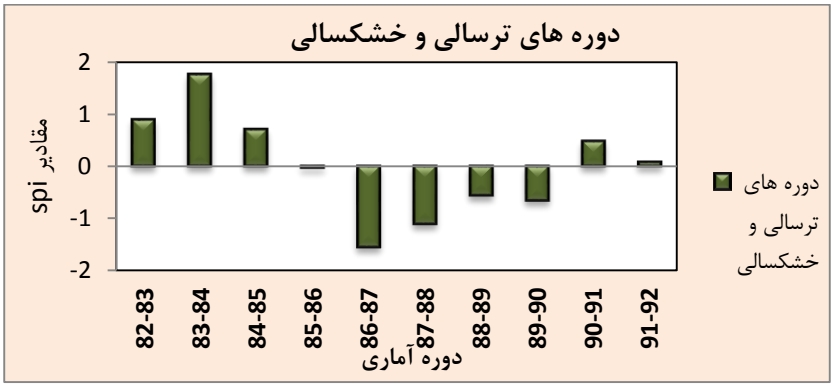
ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها	فراوانی	درصد وقوع
ترسالی شدید	۱	۱۰
خشک‌سالی شدید	۱	۱۰
خشک‌سالی ملایم	۱	۱۰
نزدیک به نرمال	۷	۷۰
مجموع	۱۰	۱۰۰

مآخذ: (محاسبات نگارندگان)

بر اساس جدول ۴ بیشترین درصد وقوع (۷۰ درصد) دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی منطقه مطالعاتی از نوع نزدیک به نرمال است. یعنی دوره‌ای که نه خشک‌سالی است و نه ترسالی است. ۳۰ درصد هم دوره خشک‌سالی و ترسالی شدید و خشک‌سالی ملایم در منطقه اتفاق افتاده است. طبق جدول ۳ دشت ممسنی طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱ دوره‌های مختلفی از خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها را پشت سر گذاشته است. دو سال خشک‌سالی شدید و ملایم، یک سال ترسالی شدید و هفت سال هم‌دوره نزدیک به نرمال در دشت ممسنی اتفاق افتاده است. شکل ۳ دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی دشت ممسنی را طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱ نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



مآخذ: نگارندگان

شکل ۳: دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی دشت ممسنی طی مهر و مومهای ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱

دشت ممسنی با دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی متفاوتی با شدت‌های مختلفی روبرو شده است. بعد از هر دوره ترسالی یک دوره خشک‌سالی اتفاق افتاده است. به ترتیب یک دوره ترسالی سه‌ساله، خشک‌سالی ۵ ساله و ترسالی ۲ ساله در منطقه حادث شده است که این دوره‌ها آثار متفاوتی را بر منابع آب زیرزمینی به‌جا گذاشته است. برای تعیین رابطه نمرات استاندارد شده بارش منطقه و تراز آب زیرزمینی از روش همبستگی پیرسون استفاده شده است. جدول ۵ داده‌های تراز آب زیرزمینی و جدول ۶ نتایج حاصل از همبستگی را نشان می‌دهد.

جدول ۵: داده‌های تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی طی مهر و مومهای ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱

	۸۳-۸۲	۸۴-۸۳	۸۵-۸۴	۸۶-۸۵	۸۷-۸۶	۸۸-۸۷	۸۹-۸۸	۹۰-۸۹	۹۱-۹۰	۹۲-۹۱
خومه زار	۱۰۳۶/۴۸	۱۰۳۷/۵۷	۱۰۳۷/۵۲	۱۰۳۴/۰۶	۱۰۲۴/۲۸	۱۰۰۹/۷۹	۱۰۱۵/۳۷	۱۰۱۵/۵	۱۰۲۶/۲۴	۱۰۲۹/۵۲
رازیانه کاری	۱۰۰۷/۵۴	۱۰۰۸/۳۱	۱۰۰۷/۶۹	۱۰۰۶/۴۳	۱۰۰۲/۷۷	۹۹۸/۷۳	۹۹۹/۸۲	۱۰۰۰/۴۶	۱۰۰۴/۱۳	۱۰۰۴/۳۶
شیرازپاری	۹۷۳/۴۶	۹۷۳/۶۴	۹۷۳/۴۱	۹۷۲/۹۱	۹۷۲/۰۹	۹۷۱/۲۴	۹۷۱/۸۷	۹۷۱/۳۹	۹۷۴/۱۷	۹۷۲/۲
گچگران	۹۴۲/۳۹	۹۴۳/۴۴	۹۴۳/۱۹	۹۴۲/۸۳	۹۴۱/۹	۹۴۱/۰۷	۹۴۱/۲۴	۹۴۱/۴۹	۹۴۳/۲۲	۹۴۱/۹۶
اسکان عشایر	۱۰۱۱/۷۵	۱۰۱۷/۹۶	۱۰۱۷/۲۲	۱۰۰۸/۹۴	۹۹۹/۱۶	۹۸۷/۰۹	۹۸۸	۹۸۷/۷۹	۱۰۰۲/۸۷	۹۹۸/۷۸
سنگان	۹۲۵/۴۵	۹۲۵/۷۲	۹۲۵/۵۴	۹۲۵/۱	۹۲۳/۸۱	۹۲۲/۵۲	۹۲۲/۶۹	۹۲۲/۰۷	۹۲۴/۴۲	۹۲۳/۳۲
کلگاه	۸۹۹/۵۷	۸۹۹/۶۳	۸۹۹/۵۵	۸۹۸/۹۶	۸۹۸/۱۸	۸۹۶/۹۵	۸۹۶/۲۴	۸۹۵/۱۳	۸۹۷/۶۱	۸۹۶/۴۹
مال محمود	۹۰۱/۱۶	۹۰۲/۴۵	۹۰۲/۱۳	۸۹۵/۷۳	۸۹۳/۰۱	۸۸۷/۹۵	۸۸۷/۹۷	۸۸۶/۸	۸۹۶/۴	۸۹۴/۰۶
چم گل	۸۷۴/۸۳	۸۷۴/۹۷	۸۷۴/۶۸	۸۷۳/۲۸	۸۷۱/۵	۸۶۸/۲۳	۸۶۷/۵۱	۸۶۷/۳۹	۸۷۲/۶۵	۸۷۰/۲۱
دیمه میل	۹۱۴/۳۹	۹۱۶/۲۶	۹۱۷/۶۵	۹۱۵/۷۳	۹۱۱/۵۴	۹۱۰/۵۹	۹۱۰/۱۹	۹۰۸/۳۱	۹۱۱/۸۸	۹۱۰/۴۷
آهنگری	۸۹۶/۶۳	۸۹۷/۸۲	۸۹۷/۵۲	۸۹۶/۳۳	۸۹۳/۸۸	۸۹۰/۹	۸۹۰/۳۳	۸۸۸/۶۹	۸۹۳/۵۳	۸۹۰/۰۷
عالیوند	۹۳۶/۲۳	۹۳۸/۱۱	۹۳۹/۸۴	۹۳۸/۶۸	۹۳۲/۹۹	۹۲۵/۵۲	۹۲۱/۵۵	۹۱۹/۵۴	۹۲۴/۹۷	۹۲۲/۴۴
تل مشکی	۹۴۱/۴۲	۹۴۳/۳۵	۹۴۴/۰۸	۹۴۳/۰۳	۹۳۹/۱۹	۹۳۲/۸۹	۹۲۹/۳۳	۹۲۶/۷۸	۹۳۲/۵۵	۹۲۸/۲۷
امامزاده درآهنی	۹۶۷/۴۳	۹۶۸/۸۸	۹۶۸/۹۳	۹۶۷/۶۸	۹۶۵/۶۴	۹۶۲/۳۸	۹۶۰/۳۲	۹۵۸/۶۵	۹۶۳/۱۱	۹۶۳/۹۶
جابه	۹۴۲/۵۱	۹۴۳/۶	۹۴۲/۷۴	۹۴۲/۷۲	۹۳۹/۷۷	۹۳۷/۳۴	۹۳۸/۷	۹۳۷/۳۳	۹۳۹/۷۵	۹۳۹/۴۱
تل حیدری	۹۴۳/۲۳	۹۴۴/۳۶	۹۴۴/۸۴	۹۴۴/۰۷	۹۳۹/۷۷	۹۳۵/۰۶	۹۳۰/۷۷	۹۲۸/۳۲	۹۳۱/۰۸	۹۲۷/۶۵
دم قنات	۱۰۱۶/۲۶	۱۰۲۰/۲۱	۱۰۱۹/۸۱	۱۰۱۶/۶۳	۱۰۱۲/۱۳	۱۰۰۹/۵۱	۱۰۰۷/۵۳	۱۰۰۸/۶۸	۱۰۰۹/۹۵	۱۰۱۰/۳۴
تل خندق	۱۰۴۷/۱۶	۱۰۵۰/۷۶	۱۰۵۰/۷۸	۱۰۴۵/۸۱	۱۰۴۱/۹	۱۰۳۴/۲۸	۱۰۳۲/۰۶	۱۰۳۲/۱۶	۱۰۳۴/۴۲	۱۰۳۹/۲۳
شور	۱۰۱۶/۴	۱۰۲۱/۲۳	۱۰۲۰/۳۹	۱۰۱۴/۴۵	۱۰۰۶/۰۳	۹۹۷/۷۶	۹۹۷/۵۱	۹۹۸/۱۷	۱۰۰۱/۹۱	۱۰۰۶/۱

مآخذ: (اداره آب منطقه‌ای شهرستان کازرون)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶: نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین خشک‌سالی‌ها و تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی

چاه‌ها	ضریب همبستگی	سطح معناداری	چاه‌ها	ضریب همبستگی	سطح معناداری
خومه زار	۰/۷۷۹	۰/۰۰۸	چم‌گل	۰/۷۴۳	۰/۰۱۴
رازیانه‌کاری	۰/۸۲۰	۰/۰۰۴	دیمه میل	۰/۶۸۵	۰/۰۲۹
شیراسپاری	۰/۸۰۸	۰/۰۰۵	آهنگری	۰/۶۵۷	۰/۰۳۹
گچگران	۰/۸۳۵	۰/۰۰۳	جابه	۰/۷۶۵	۰/۰۱۰
اسکان عشایر	۰/۸۰۲	۰/۰۰۵	دم‌قنات	۰/۷۶۲	۰/۰۲۴
سنگان	۰/۷۶۸	۰/۰۰۹	تل خندق	۰/۶۴۱	۰/۰۴۶
مال‌محمود	۰/۸۳۲	۰/۰۰۳	شور	۰/۷۴۵	۰/۰۱۳
عالیوند	۰/۶۳۴	۰/۰۳۷	کلگاه	۰/۶۳۵	۰/۰۳۸
تل حیدری	۰/۳۱۱	۰/۳۸۲	امازاده درآهنی	۰/۴۵۴	.۰/۱۸۷
تل مشکی	۰/۴۷۹	۰/۱۶۲			

مآخذ: (محاسبات نگارندگان)

مطابق جدول شماره ۶ دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی دشت ممسنی را طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱ تحت تأثیر قرار داده است. از بین چاه‌های پیزومتری که در منطقه وجود دارد فقط چاه‌های امامزاده در آهنی، تل حیدری و تل مشکی با دروه‌های خشک‌سالی و ترسالی رابطه‌ای نشان نداده است. با توجه به سطح معناداری به‌دست‌آمده در اکثر چاه‌ها دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی تأثیرات شدیدی را به‌طور مستقیم بر تراز آب‌های زیرزمینی منطقه گذاشته است. بنابراین به دلیل اینکه سطح معناداری بیشتر چاه‌های منطقه از ۰/۰۵ کمتر است پس ارتباط معناداری بین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی منطقه با منابع آب زیرزمینی وجود دارد. جهت بررسی اثر دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی دشت ممسنی از آزمون رگرسیون استفاده شده است. نتایج حاصل در جدول ۷ نشان داده‌شده است.

جدول ۷: نتایج حاصل از رگرسیون خطی بین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی با تراز آب زیرزمینی

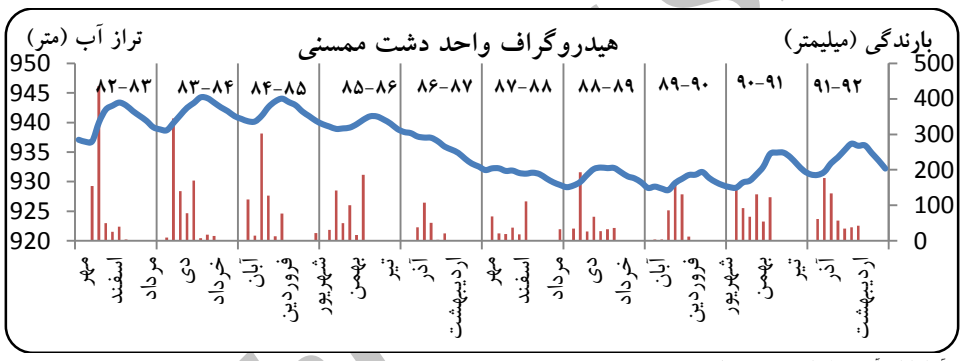
چاه‌های پیزومتری	ضریب استاندارد شده	ضریب تعیین	سطح معناداری
خومه زار	۰/۷۷۹	۰/۶۰۷	۰/۰۰۸
رازیانه کاری	۰/۸۲۰	۰/۶۷۳	۰/۰۰۴
شیراسپاری	۰/۸۰۸	۰/۶۵۲	۰/۰۰۵
گچگران	۰/۸۳۵	۰/۶۹۷	۰/۰۰۳
اسکان عشایر	۰/۸۰۲	۰/۶۴۳	۰/۰۰۵
سنگان	۰/۷۶۸	۰/۵۹۰	۰/۰۰۹
کل گاه	۰/۶۳۵	۰/۵۲۴	۰/۰۳۸
مال محمود	۰/۸۳۲	۰/۶۹۳	۰/۰۰۳
چم گل	۰/۷۴۳	۰/۵۵۳	۰/۰۱۴
دیمه میل	۰/۶۸۵	۰/۴۶۹	۰/۰۲۹
آهنگری	۰/۶۵۷	۰/۴۳۲	۰/۰۳۹
عالیوند	۰/۶۳۴	۰/۴۱۷	۰/۰۳۷
جابه	۰/۷۶۵	۰/۵۷۶	۰/۰۱۰
دم قنات	۰/۷۰۲	۰/۴۹۳	۰/۰۲۴
تل خندق	۰/۶۴۱	۰/۴۱۱	۰/۰۴۶
شور	۰/۷۴۵	۰/۵۵۵	۰/۰۱۳

مآخذ: (محاسبات نگارندگان)

Archive of SID

www.SID.ir

مطابق نتایج جدول ۷ ضرایب استاندارد شده چاه‌های پیزومتری منطقه به یک خیلی نزدیک است. پس همبستگی مستقیم بین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی و تراز آب زیرزمینی وجود دارد. طبق نتایج حاصل از رگرسیون خطی متغیر مستقل که همان دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی می‌باشد بیش از ۴۰ درصد بر تراز آب‌های زیرزمینی دشت ممسنی تأثیر گذاشته است. به ازای یک واحد تغییر در دوره‌های تر و خشک، به مقدار ضرایب استاندارد شده تغییر در تراز آب‌های زیرزمینی دشت ممسنی ایجاد شده است. سطح معناداری به‌دست‌آمده در این آزمون کمتر از ۰/۰۵ است. با توجه به معادله شماره (۲) می‌توان بر اساس دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی تراز آب زیرزمینی (متغیر وابسته) را برای چاه‌های پیزومتری محاسبه نمود. چون سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ است پس مدل مناسبی است. بنابراین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی به میزان قابل‌توجهی بر میزان تراز آب‌های زیرزمینی دشت ممسنی تأثیر گذاشته است. شکل شماره ۴ هیدرو گراف دشت ممسنی را نشان می‌دهد.



مأخذ: اداره آب منطقه‌ای شهرستان کازرون

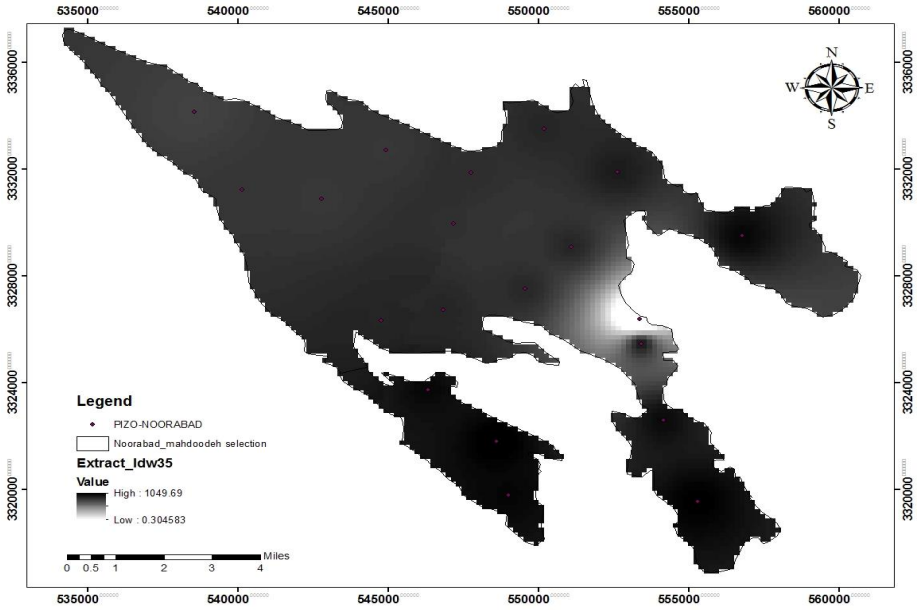
شکل ۴: هیدرو گراف دشت ممسنی طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱.

طبق شکل ۴ تراز آب در مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا سال ۸۵-۸۴ تقریباً به ۹۴۵ متر رسیده است اما از سال ۸۵-۸۴ تا آخر دوره آماری سیری نزولی را در تراز آب‌های زیرزمینی دشت ممسنی شاهد هستیم که این امر ناشی پدیده خشک‌سالی است که طی مهر و موم‌های اخیر دشت ممسنی را تهدید کرده است. همچنین برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی منطقه باعث افت تراز آب‌ها شده است.

با استفاده از GIS نقشه‌های تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی برای دوره‌های ترسالی شدید و خشک‌سالی شدید رسم شده است (شکل ۵ و ۶).

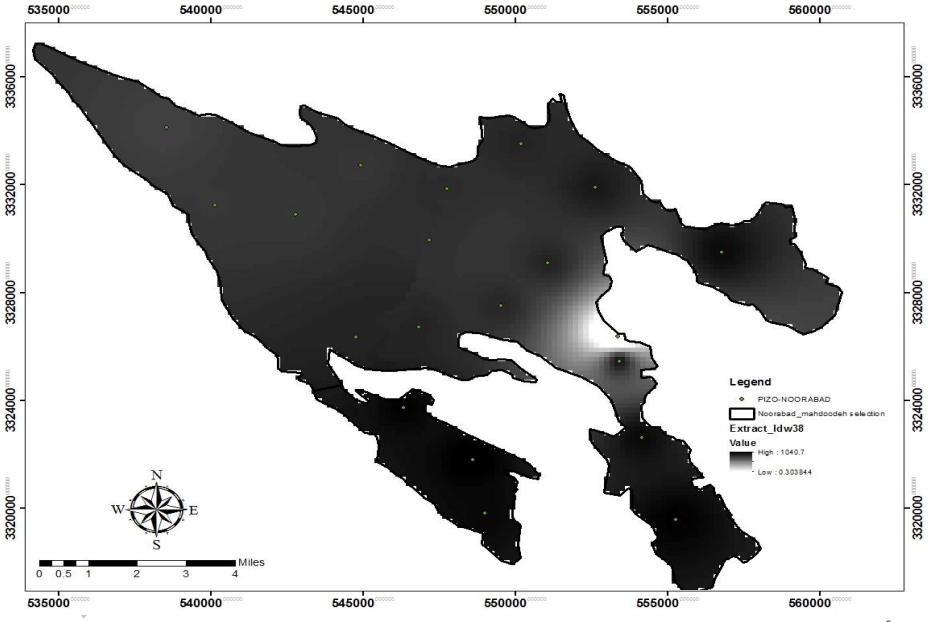
Archive of SID

www.SID.ir



مآخذ: نگارندگان

شکل ۵: نقشه تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی سال ۸۴-۸۳.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۶: نقشه تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی سال ۸۷-۸۶.

همان‌طور که تحلیل آماری نشان داد همبستگی معناداری بین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی با تراز آب زیرزمینی وجود دارد. با استفاده از نرم‌افزار GIS و روشIDW نقشه تراز آب زیرزمینی ترسیم‌شده است. در شکل ۵ تراز آب زیرزمینی در شمال غرب، مرکز، جنوب، جنوب شرق و همین‌طور شمال غرب دشت نسبتاً بالاست که این امر ناشی از شدت دوره ترسالی است. درصورتی‌که در شمال دشت، قسمت‌های شرقی و جنوبی و تا حدودی غرب منطقه تراز آب پائین آمده است. به‌طورکلی در این نقشه تقریباً نصفی از مساحت دشت را تراز آب نسبتاً بالا تشکیل می‌دهد. با مقایسه

www.SID.ir

شکل ۶ و ۵ به این نتیجه رسیدیم که دوره‌های خشک‌سالی بر تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی تأثیر مثبتی داشته است. تراز آب زیرزمینی در قسمت‌های شمالی، شمال غرب و مرکزی دشت به میزان قابل‌توجهی افت کرده است که این امر ناشی از شدت دوره خشک‌سالی است. به‌طورکلی خشک‌سالی‌ها باعث افت تراز آب زیرزمینی در بیش از ۵۰ درصد مساحت دشت ممسنی شده است به خصوص شرق منطقه که تراز آب به‌شدت پائین آمده است.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی متفاوتی طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱ دشت ممسنی را در شمال غرب استان فارس تحت تأثیر قرار داده است. ۷۰ درصد این دوره‌ها را، دوره نزدیک به نرمال به خود اختصاص داده است یعنی دوره‌ای که نه ترسالی است و نه خشک‌سالی است. هیدرو گراف دشت ممسنی روندی نزولی را در بارش منطقه نشان می‌دهد که به تبعیت از بارش, تراز آب زیرزمینی منطقه نیز افت کرده است. نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی با تراز آب زیرزمینی نشان‌دهنده ارتباط قوی و معناداری بین این دوره‌ها می‌باشد، چون سطح معناداری به‌دست‌آمده اکثر چاه‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. از بین ۱۹ چاه پیزومتری موجود، تراز آب زیرزمینی ۱۶ چاه به‌طور مستقیم با دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی ارتباط داشته است. با استفاده از آزمون رگرسیون خطی تأثیر دروه‌های ترسالی و خشک‌سالی بر تراز آب زیرزمینی دشت ممسنی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این دوره‌ها بیش از ۴۰ درصد بر تراز آب‌های زیرزمینی دشت ممسنی تأثیر گذاشته است. به ازای یک واحد تغییر در دوره‌های تر و خشک به مقدار ضرایب استاندارد شده تغییر در تراز آب‌های زیرزمینی دشت ممسنی ایجاد می‌شود. سطح معناداری به‌دست‌آمده در این آزمون کمتر از ۰/۰۵ است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش، خطر خشک‌سالی دشت ممسنی را تحت تأثیر قرار داده است و باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی منطقه شده است. مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی این پژوهش عبارت‌اند از: مدیریت منابع آب، کنترل و نظارت مستمر بر مصرف بهینه آب شرب و به حداقل رساندن تلفات آب در تأسیسات، پیش‌بینی بلندمدت رژیم اقلیمی و اجرای عملیات آبخیزداری مناسب، احداث سد و استفاده بیشتر از آب‌های سطحی منطقه، به‌کارگیری طرح‌های مناسب حفاظتی، تأمین آب و تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی. با توجه به اینکه کشت غالب منطقه برنج می‌باشد و این محصول نیاز آبی بالایی دارد بنابراین جایگزین کردن محصولات با نیاز آبی کم به‌جای کشت برنج نیز پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- اسلامیان، سید سعید، نصری، مسعود و رحیمی، نعیمه (۱۳۸۸): بررسی روزهای ترسالی و خشک‌سالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۳، صص ۹۰-۷۵.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- اسماعیلیان، مهدی (۱۳۸۷): راهنمای جامع spss 14، نشر دیباگران، تهران.
۳- اسکندری دامنه، حامد، زهتابیان، غلامرضا، خسروی، حسن وآذره، علی (۱۳۹۴): بررسی و تحلیل ارتباط زمانی و مکانی بین خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در استان تهران، فصل‌نامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۴، شماره ۹۶، صص ۱۲۰-۱۱۳.
٤- اکرامی، محمد, احتصاصی، محمدرضا و ملکی نژاد، حسین (۱۳۹۲): آثار و پیامدهای خشک‌سالی اقلیمی بر تأخیر زمانی و تغییر رژیم آبدهی قنوات و چشمه‌ها (مطالعه موردی: دشت یزد - اردکان)، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۹، شماره ۲، صص ۴۰-۲۷.
۵- بایزیدی، مطلب و ثقفیان، بهرام (۱۳۹۰): تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای خشک‌سالی جریان رودخانه در مناطق جنوب غرب کشور، علوم مهندسی و آبخیزداری ایران، سال پنجم، شماره ۴، صص ۵۲-۳۷.
۶- بهنیا فر، اباالفضل، حبیبی نو خندان، محمد و دولتی، رضا (۱۳۸۹): آثار و پیامدهای خشک‌سالی بر منابع آب حوضه مرکزی گناباد طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۵، جغرافیای طبیعی، شمار ۳، دوره ۷، صص ۶۶-۵۳.
۷- بهره‌مند، عبدالرضا؛ همدمی، قاسم؛ صنیعی، ابراهیم (۱۳۹۲): تحلیل روند تغییرات بلند مدت بارندگی و دبی در غرب دریاچه ارومیه، پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز، سال چهارم، شماره ۸، صص ۵۷-۴۳.
۸- بیرانوند، مهدی (۱۳۸۹): تأثیر خشک‌سالی بر تغییرات منابع آب زیرزمینی با استفاده از GIS در دشت قره‌بلاغ طی مهر و موم‌های (۱۳۸۷-۱۳۷۲). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان، محمود خسروی.
۹- حمیدیان پور، محسن (۱۳۸۵): تحلیل دوره‌های خشک‌سالی دشت مشهد و میزان تأثیر آن بر منابع آب، جنگل و مرتع، شماره ۷۵، صص ۵۰-۴۴.
۱۰- خسروی، ایمان، آخوندزاده، مهدی، خوش‌گفتار، محمدمهدی (۱۳۹۴): مدل‌سازی و پیش‌بینی سری زمانی شاخص‌های خشک‌سالی با روش‌های یادگیری ماشین به‌منظور مدیریت مخاطرات، مجله دانش مخاطرات، شماره ۱، دوره دوم، صص ۵۱-۶۵.
۱۱- خوارانی، اسد اله و خواجه، محمد (۱۳۹۳): بررسی هم‌زمانی روند خشک‌سالی و افت سطح آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت داراب) برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره هجدهم، شماره ۲، صص ۷۹-۵۷.
۱۲- خوش‌اخلاق، فرامرز، فیروز، رنجبر، طولابی، سعید، مقبل، معصومه، معصوم پور سما کوش، جعفر (۱۳۸۹): بررسی خشک‌سالی در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ و اثرات آن بر منابع آب و کشاورزی (مطالعه موردی شهرستان مرودشت) فصل‌نامه جغرافیا، شماره ۲۴، دوره ۸، صص ۱۳۶-۱۱۹.
۱۳- دائمی، علیرضا (۱۳۸۶) پدیده خشک‌سالی و اثرات آن بر منابع آبی کشور، فصل‌نامه مهندس مشاور، شماره ۴۱، صص ۱۱-۷.
۱۴- شکیبا، علیرضا، میرباقری، بابک و خیری، افسانه (۱۳۸۹): خشک‌سالی و تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI، انجمن جغرافیای ایران، سال هشتم، شماره ۲۵، صص ۱۲۴-۱۰۵.
۱۵- عطایی، هوشمند، قادری، ناصح و قادر زاده، حامد (۱۳۹۰): بررسی رابطه بین نوسانات اقلیمی با تراز آب‌خانه ده گلان، فصل-نامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره ۴، صص ۲۰۸-۱۸۷.
۱۶- فهمیده عمادی، مریم (۱۳۹۰): بررسی تأثیر نوسانات بارش بر سطح آب زیرزمینی حوضه آبریز گرگانرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان، غلامرضا نوری، ۱۳۶ صفحه.
۱۷- قوی‌دل رحیمی، یوسف (۱۳۸۱): تجزیه‌وتحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره مرطوب و خشک آذربایجان شرقی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز، ۱۸۷ صفحه.
۱۸- محمدی، حامد و شمسی‌پور، علی‌اکبر (۱۳۸۲): تأثیر خشک‌سالی‌های اخیر درافت منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان، پژوهش‌های جغرافیائی، شماره ۴۵، صص ۱۳۰-۱۱۵.
۱۹- محمدی، محسن، مرادی، حمیدرضا و وفاه‌خواه، مهدی (۱۳۹۱) توزیع مکانی و ارتباط بین خشک‌سالی‌های هواشناسی و آب‌های زیرزمینی در دشت اراک، جغرافیای طبیعی، سال پنجم، شماره ۱۵، صص ۸۴-۷۷.
۲۰- مهندسان مشاور آسماری (۱۳۹۲): آماربرداری سراسری از منابع آب سطحی و زیرزمینی حوضه آبریز زهره (محدوده مطالعاتی نورآباد ممسنی)، شرکت مدیریت منابع آب ایران، سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، دفتر مطالعات پایه منابع آب.

Archive of SID

www.SID.ir

۲۱- نادریان فر، محمد و انصاری، حسین (۱۳۹۰): ارزیابی اثرات شدت -مدت خشک‌سالی‌ها در مقیاس زمانی گوناگون بر نوسان‌های سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت نیشابور)، مجله مهندسی منابع آب، سال چهارم، صص ۱۵-۱.
۲۲- وفا خواه، مهدی و مهدوی، محمد (۱۳۷۸): ارائه مدل ریاضی جهت برآورد خشک‌سالی هیدرولوژیک در مناطق خشک مرکزی ایران. دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. سازمان هواشناسی کشور، ۱۶۵-۱۵۳.

23- Amou J.، M. C. Quick and M. G. G. Foreman. (2001): Climate Change in The Fraser River Watershed Flow and Temperature Projections. J. Hydro. 263: 230-244.
24- Khan, S., H.F. Gabriel & T. Rana, (2008): Standard Precipitation Index to Track Drought and Assess Impact of Rainfall on Water Tables in Irrigation Areas, Irrig Drainage Syst, No 22, Pp. 159- 177.
25- Panda, D.K. Et al. (2007): "The Influence of Drought and Anthropogenic Effects on Groundwater Levels in Orissa, India", Journal of Hydrology, 343, Pp. 140- 153.
26- Yu، Pao-Shan، Y. Tao-Chang and W. Chih-Kang. (2002): Impact of Climate Change on Water Resources in Southern Taiwan. J. Hydro l. 260: 161-175.
1- Van Lanen, H.A.J., Peters, E., (2000): Definition, Effects and Assessment of Groundwater Droughts. In: Vogt, J.V., Somma, F. (Eds.), Drought and Drought Mitigation in Europe. Kluwer, Dordrecht, 49–61.

Archive of SID

www.SID.ir