

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 پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۵

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 پیژومتري (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 استفاده شده 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 به راحتی در دسترس انسان قرار ندارند، می‌توان نیاز انسان‌ها را به آب از طریق آب‌های زیرزمینی که در همه جا 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 به کرات وقوع یافته و می‌یابد. طبق مطالعات و آمارهای گزارش شده، 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. به‌طور کلی خشک‌سالی زمانی روی می‌دهد که کاهش چشم‌گیر آب، هم در مکان و هم در زمان

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 آبیگری، سپس سطح و در نهایت آبدهی سفره آب زیرزمینی کاهش پیدا می‌کند. چنین خشک‌سالی را خشک‌سالی آب زیرزمینی می‌نامند (vanlanet et al., 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 زمینه 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

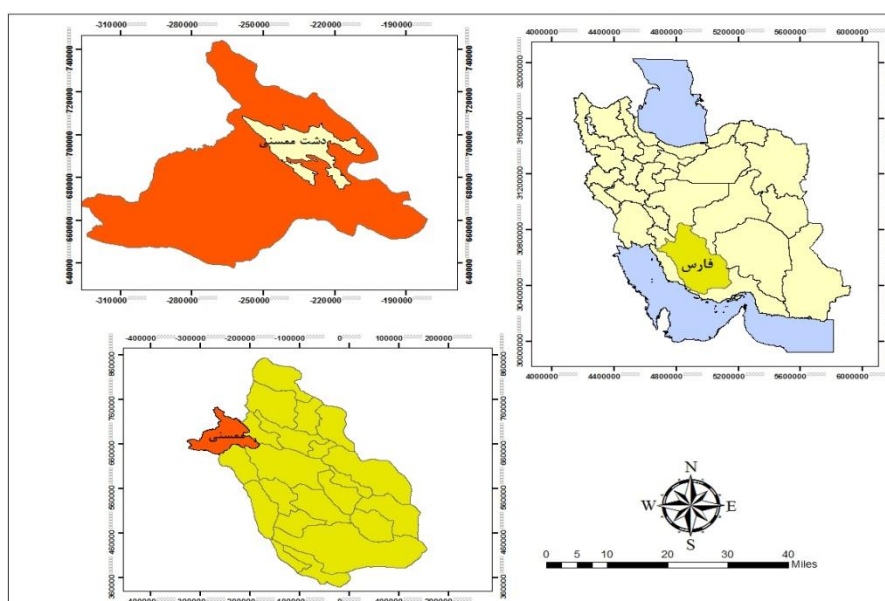
زیرزمینی مشهد را بررسی کردند. نتایج نشان داد که خشک‌سالی‌ها باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی منطقه شده است (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۰). تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص بارندگی معیار شده (SPI) توسط پژوهشگران مطالعه شد. نتایج نشان داد که خشک‌سالی‌ها برافت سطح 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 قابل توجه 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، 0.126 - است که در سطح 5% 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 آبدی قنات 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 آبدی قنات 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 آب 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 کردند. 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 استاندارد شده 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

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 $۲۹^{\circ} ۵۰'$ تا $۳۰^{\circ} ۱۷'$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $۵۱^{\circ} ۱۵'$ تا $۵۱^{\circ} ۴۳'$ شرقی واقع شده است. مساحت دشت برابر با $۱۹۶/۱۴$ کیلومتر مربع 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

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 پیژومتری است. برای انجام پژوهش حاضر از آمار تراز آب‌های زیرزمینی (چاه‌های پیژومتری) منطقه طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۲-۹۱ استفاده شده است. مشخصات چاه‌های پیژومتری 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 پیژومتری را در محدوده دشت ممسنی نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: پراکندگی چاه‌های پیژومتری در دشت ممسنی

جدول ۱: مشخصات چاه‌های پیژومتری دشت ممسنی

ردیف	چاه‌های پیژومتری	طول	عرض	عمق چاه
۱	خومه زار	۱۹'	۵۲'	۴۹٫۵
۲	رازبانه کاری	۲۲'	۴۱'	۴۱
۳	شیر اسپاری	۲۳'	۳۴'	۳۰
۴	گچگران	۲۹'	۱۰'	۳۶
۵	اسکان عشایر	۲۹'	۵۸'	۷۶
۶	سنگان	۳۱'	۴۶'	۳۸٫۵
۷	کلگاه	۳۲'	۴۹'	۴۴٫۵
۸	مال محمود	۴۰'	۳۷'	۴۹
۹	چم گل	۲۴'	۵۶'	۵۰
۱۰	دیمه میل	۲۸'	۱۸'	۴۵
۱۱	آهنگری	۳۰'	۳۷'	۵۱
۱۲	عالیوند	۲۷'	۵۵'	۳۸

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

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، به مراتب 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، مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص SPI به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌های متفاوت زمانی و همچنین مقیاس‌های مکانی مختلف، یک شاخص مناسب به منظور 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:

$$spi = \frac{pik - pi}{qi} \quad (1)$$

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 استفاده شده است. در شاخص SPI طبقه‌بندی خشک‌سالی‌ها مطابق جدول ۲ انجام می‌گیرد.

¹ Standardized precipitation Index

جدول ۲: طبقه‌بندی خشک‌سالی‌ها بر اساس شاخص SPI.

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

مأخذ: (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۶)

جهت بررسی اثر خشک‌سالی‌ها بر منابع آب زیرزمینی از روش همبستگی پیرسون^۱ و رگرسیون خطی^۲ 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 به صورت زیر است:

$$y = a + bx \quad (2)$$

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

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum yi}{n} \quad (3)$$

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

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4)$$

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 بیان شده 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 به خوبی 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 ترسیم شده است. نقشه‌های تراز آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار GIS^۳ و روش IDW^۴ رسم شده است.

¹ Pearson correlations

² Liner regression

³ Geographical information system

⁴ Inverse distance weighted

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

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

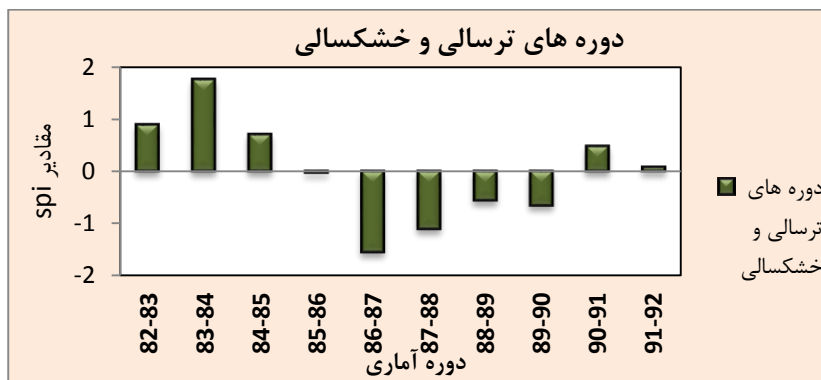
مأخذ: (محاسبات نگارندگان)

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

مأخذ: (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.



مأخذ: نگارندگان

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

دشت ممسنی با دوره های ترسالی و خشکسالی متفاوتی با شدت های مختلفی روبرو شده است. بعد از هر دوره ترسالی یک دوره خشکسالی اتفاق افتاده است. به ترتیب یک دوره ترسالی سه ساله، خشکسالی ۵ ساله و ترسالی ۲ ساله در منطقه حادث شده است که این دوره ها آثار متفاوتی را بر منابع آب زیرزمینی به جا گذاشته است. برای تعیین رابطه نمرات استاندارد شده بارش منطقه و تراز آب زیرزمینی از روش همبستگی پیرسون استفاده شده است. جدول ۵ داده های تراز آب زیرزمینی و جدول ۶ نتایج حاصل از همبستگی را نشان می دهد.

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

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

مأخذ: (اداره آب منطقه ای شهرستان کازرون)

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

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

مأخذ: (محاسبات نگارندگان)

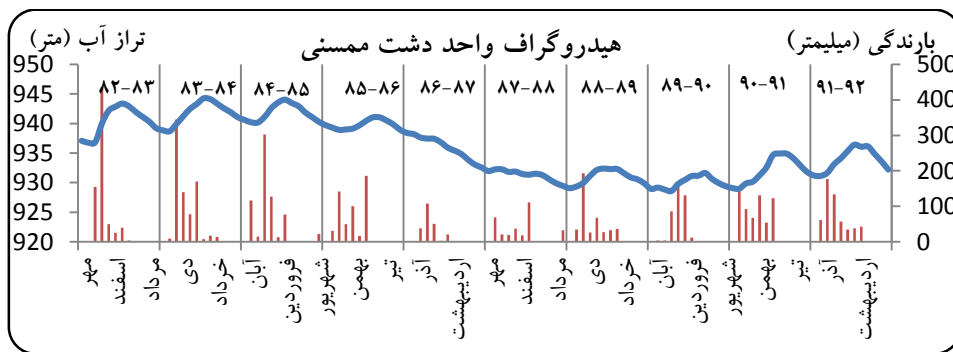
مطابق جدول شماره ۶ دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی دشت ممسنی را طی مهر و موم‌های ۸۳-۸۲ تا ۹۱-۹۲ تحت تأثیر قرار داده است. از بین چاه‌های پیژومتری که در منطقه وجود دارد فقط چاه‌های امامزاده در آهنی، تل حیدری و تل مشکی با دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی رابطه‌ای نشان نداده است. با توجه به سطح معناداری 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 داده شده است.

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

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

مأخذ: (محاسبات نگارندگان)

مطابق نتایج جدول ۷ ضرایب استاندارد شده چاه‌های پیژومتری 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 پیژومتری 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.

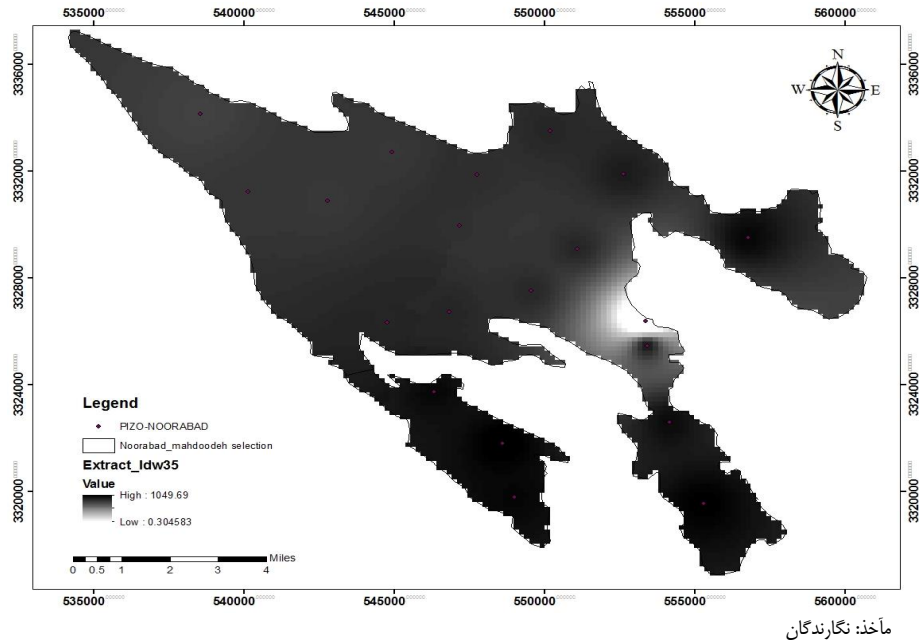


مآخذ: اداره آب منطقه‌ای شهرستان کازرون

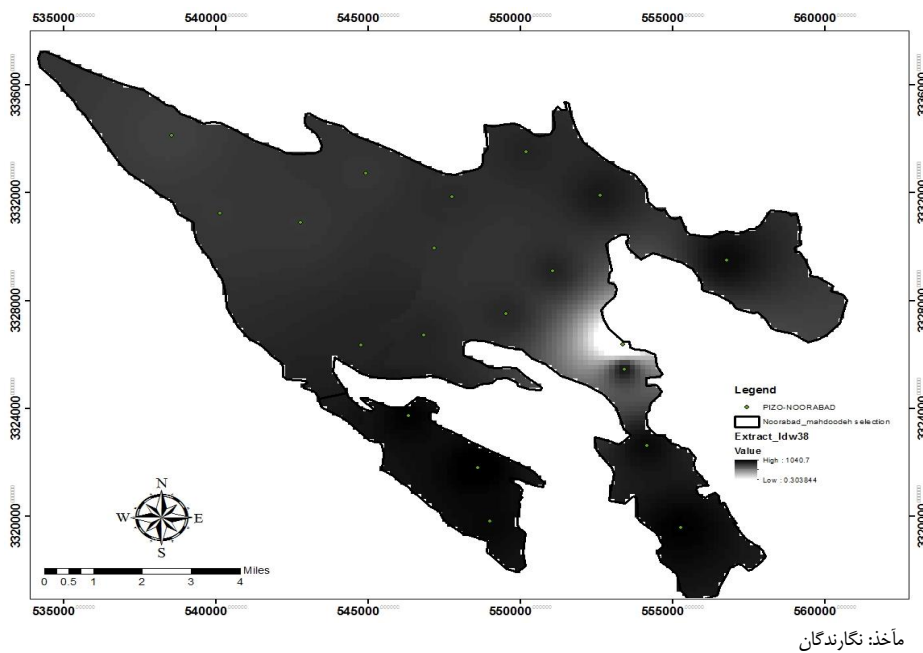
شکل ۴: هیدرو گراف دشت ممسنی طی مهر و موم‌های ۸۲-۸۳ تا ۹۱-۹۲.

طبق شکل ۴ تراز آب در مهر و موم‌های ۸۲-۸۳ تا سال ۸۴-۸۵ تقریباً به ۹۴۵ متر رسیده است اما از سال ۸۴-۸۵ 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).



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



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

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 روش IDW نقشه تراز آب زیرزمینی ترسیم شده 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. در صورتی که در شمال دشت، قسمت‌های شرقی و جنوبی و تا حدودی غرب منطقه تراز آب پائین آمده است. به‌طور کلی در این نقشه تقریباً نیمی از مساحت دشت را تراز آب نسبتاً بالا تشکیل می‌دهد. با مقایسه

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 راه، دوره نزدیک به نرمال به خود اختصاص داده است یعنی دوره‌ای که نه ترسالی است و نه خشک‌سالی است. هیدروگراف 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 پیرومتری موجود، تراز آب زیرزمینی ۱۶ چاه به‌طور مستقیم با دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی ارتباط داشته است. با استفاده از آزمون رگرسیون خطی تأثیر دوره‌های 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 ۷۵-۹۰.

- ۲- اسماعیلیان، مهدی (۱۳۸۷): راهنمای جامع spss 14، نشر دیباگران، تهران.
- ۳- اسکندری دامنه، حامد، زهتابیان، غلامرضا، خسروی، حسن و آذر، 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.
- ۴- اکرامی، محمد، اختصاصی، محمدرضا و ملکی نژاد، حسین (۱۳۹۲): آثار و پیامدهای خشک‌سالی اقلیمی بر تأخیر زمانی و تغییر رژیم آبدهی قنات و چشمه‌ها (مطالعه موردی: دشت یزد - اردکان)، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۹، شماره ۲، صص ۴۰-۳۷.
- ۵- بایزیدی، مطلب و ثقفیان، بهرام (۱۳۹۰): تجزیه و تحلیل منطقه‌ای خشک‌سالی جریان رودخانه در مناطق جنوب غرب کشور، علوم مهندسی و آب‌خیزداری ایران، سال پنجم، شماره ۴، صص ۵۲-۳۷.
- ۶- بهنیا فر، ابوالفضل، حبیبی نو خندان، محمد و دولتی، رضا (۱۳۸۹): آثار و پیامدهای خشک‌سالی بر منابع آب حوضه مرکزی گناباد طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۵، جغرافیای طبیعی، شماره ۳، دوره ۷، صص ۶۶-۵۳.
- ۷- بهره‌مند، عبدالرضا؛ همدی، 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، اسداله 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 ۱۳۸۶-۸۷ 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- شکبیا، 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، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره ۴، صص ۲۰۸-۱۸۷.
- ۱۶- فهیمده 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): تجزیه و تحلیل 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 جغرافیایی، 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- مهندس 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.

- ۲۱- نادریان فر، محمد و انصاری، حسین (۱۳۹۰): ارزیابی اثرات شدت -مدت خشک سالی ها در مقیاس زمانی گوناگون بر نوسان های سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت نیشابور)، مجله مهندسی منابع آب، سال چهارم، صص ۱-۱۵.
- ۲۲- وفا خواه، مهدی و مهدوی، محمد (۱۳۷۸): ارائه مدل ریاضی جهت برآورد خشک سالی هیدرولوژیک در مناطق خشک مرکزی ایران. دومین کنفرانس منطقه ای 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.