

## ارزیابی بحران منابع آب دشت مهران با مقایسه و تحلیل پارامترهای خشک‌سالی هوشناسی و هیدرولوژیکی

علی عباسی‌نیا<sup>۱</sup>، جعفر مرشدی<sup>۲\*</sup>، منیژه ظهوریان<sup>۲</sup> و جبرائیل قربانیان<sup>۲</sup>

(۱) دانش آموخته دکتری آب و هواشناسی گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲) گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

\* نویسنده مسئول: jafarmorshedi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۷

### چکیده

کمبود آب و عدم مدیریت صحیح منابع آب قابل دسترس، بحران آبی را ایجاد می‌کند که وقوع خشک‌سالی‌ها باعث تشدید آن می‌گردد و دارای ابعاد مختلف زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی است. هدف از این پژوهش تحلیل و مقایسه خشک‌سالی هوشناسی و آب‌های زیرزمینی دشت مهران با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص آب زیرزمینی (GRI) به منظور ارزیابی بحران منابع آب است. جهت بررسی خشک‌سالی هوشناسی از اطلاعات بارندگی ماهانه ایستگاه سینوپتیک مهران استفاده گردید؛ به منظور بررسی خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی دشت مهران، تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت مهران بر اساس داده‌های سطح آب تعداد ۲۳ حلقه چاه مشاهده‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین به منظور پایش خشک‌سالی هوشناسی، از شاخص SPI و پایش خشک‌سالی هیدرولوژیکی دشت مهران از شاخص GRI استفاده گردید. دوره آماری مورد نیاز جهت تحلیل خشک‌سالی یک دوره آماری ۲۵ ساله از سال آبی ۷۵-۷۴ تا ۹۷-۹۶ انتخاب گردید. بعد از تعیین دوره‌های رطوبتی شاخص‌ها، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ماهانه آب‌های زیرزمینی گردید که جهت تهیه این نقشه‌ها از بین مدل‌های مختلف، مدل کریجینگ انتخاب گردید. در نهایت با اعمال مدل نیم تغییر نمای بهینه در کریجینگ و ورود داده‌های آب‌های زیرزمینی به صورت لایه نقطه‌ای، نقشه‌های رستری با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS تهیه گردید. نتایج بررسی شاخص SPI نشان می‌دهد که طی دوره‌های آمار مدنظر ۴ دوره خشک‌سالی شدید اتفاق افتاده که شدیدترین آن سال آبی ۹۱-۹۰ بوده که مقدار شاخص SPI آن ۱/۷۳- می‌باشد. همچنین نتایج بدست آمده از شاخص GRI در منطقه نشان می‌دهد که یک دوره‌ی خشک‌سالی ۱۱ ساله آب‌های زیرزمینی اتفاق افتاده است. یعنی از سال آبی ۸۸-۸۷ شروع شده و تا سال آبی ۹۸-۹۷ ادامه داشته است که شدیدترین آن سال ۹۱-۹۰ با مقدار شاخص ۱/۱۱- می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بحران آب، خشک‌سالی، خشک‌سالی هیدرولوژیکی، دشت مهران، SPI، GRI.

## مقدمه

آب‌های زیرزمینی یکی از شاخص‌های غیرقابل دسترس نهایی چرخه هیدرولوژیکی است. خشک‌سالی و بارش سنگین باران یکی از مهم‌ترین رویدادهای است که آثار کوتاه مدت و بلندمدت بر منابع آب‌های زیرزمینی در دسترس دارد (Panda et al., 2007). خشک‌سالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است. گرچه بسیاری به اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌پندارند. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، گرچه مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً تفاوت می‌کند. خشک‌سالی یک اختلال موقتی است و با خشکی تفاوت دارد. چراکه خشکی صرفاً محدود به مناطقی با بارندگی اندک است و حالتی دائمی از اقلیم می‌باشد. یکی از جامع‌ترین و کامل‌ترین تعاریف توسط Palmer در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. به نظر وی خشک‌سالی عبارت از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی است. واژه‌ی مستمر حالت کمبود و واژه‌ی غیرطبیعی به انحراف شاخص موردنظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود. به عبارت دیگر دوره‌ای که در آن مقدار رطوبت و یا هر شاخص دیگری نسبت به شرایط میانگین منطقه از ناهنجاری منفی برخوردار گردد، به عنوان خشک‌سالی تلقی می‌شود. خشک‌سالی مخاطره‌آمیزترین پدیده طبیعی است. اگرچه امکان جلوگیری از وقوع آن وجود ندارد، اما می‌توان با انجام اقداماتی اثرات منفی آن را کم نمود. یکی از سیستم‌هایی که به شدت تحت تأثیر خشک‌سالی واقع شده و کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، آب‌های زیرزمینی است. دانشمندان علم آب و هواشناسی، شاخص‌های متعددی به منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی‌ها ارائه داده‌اند. شاخص خشک‌سالی زمانی مفید است که بتواند ارزیابی کمی؛ ساده و روشنی از خصوصیات اصلی آن یعنی تداوم، شدت و سطح درگیر با خشک‌سالی ارائه دهد. شاخص بارش استاندارد شده (SPI) از جمله شاخص‌هایی است که می‌تواند چنین خصوصیتی را توجیه کند؛ چون نیاز به اطلاعات و آمار کمتری داشته و جهت محاسبه روش ساده‌تری می‌باشد. علاوه بر آن در بازه‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است. در این مطالعه برای ارزیابی و پایش خشک‌سالی‌های کوتاه مدت، از SPI سه ماهه و برای پایش دوره‌های میان مدت از SPI دوازده ماهه و برای خشک‌سالی‌های درازمدت از SPI چهل و هشت ماهه استفاده شده است. به منظور محاسبه شاخص استاندارد شده بارش در بازه‌های زمانی متفاوت ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه با توجه به حجیم بودن محاسبات و طولانی بودن انتقال تابع توزیع تجمعی گاما به توزیع نرمال از برنامه کامپیوتری SPI استفاده گردید. وجه اشتراک همه خشک‌سالی‌ها، وجود انحراف از حالت نرمال است. Peters و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی در دوره‌هایی رخ می‌دهد که مقادیر بارندگی در آن دوره کمتر از متوسط بلندمدت باشد. زمانی که سیستم‌های آب زیرزمینی تحت تأثیر خشک‌سالی واقع می‌شوند، ابتدا آبیگری، سپس سطح و در نهایت آبدهی سفره آب زیرزمینی کاهش پیدا می‌کند، چنین خشک‌سالی را خشک‌سالی آب زیرزمینی می‌نامند Van Lanen و Peters (۲۰۰۰) به منظور مدیریت بهینه بهره‌برداری از منابع آب و کاهش اثرات منفی خشک‌سالی بیان داشتند، می‌بایست داده‌های بلندمدت مناطقی که در معرض خطر خشک‌سالی هستند، پایش و ارزیابی شوند. Silva (۲۰۰۳) بیان داشت تحلیل خشک‌سالی اغلب توصیفی است و برای

تحلیل کمی آن وجود یک شاخص دقیق بسیار ضروری است. Mendicino و همکاران (۲۰۰۸) برای پایش و پیش‌بینی خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی، شاخص ۱ GRI یا شاخص منابع آب زیرزمینی را در کالابریای ایتالیا مورد آزمایش قرار دادند. تاکنون این شاخص به عنوان جدیدترین و کاربردی‌ترین شاخص با ۴۰ سال داده شبیه‌سازی شده آزمایش شده است. Wanders و همکاران (۲۰۱۰) برای پایش خشک‌سالی آب زیرزمینی در مناطق مدیترانه‌ای این شاخص را بهتر از شاخص‌های دیگر دانستند. Abhishek و همکاران (۲۰۱۶) دو شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیکی SDI و GRI را در مقیاس‌های زمانی مختلف برای ارزیابی خشک‌سالی در حوضه رودخانه کریشنا در یک دوره آماری ۳۶ ساله (۱۹۷۲-۲۰۰۷) مقایسه کردند. نتایج این مقایسه نشان داد، هم‌بستگی خوبی بین دو شاخص در مقایسه نه ماهه وجود دارد که با افزایش مقیاس زمانی به ۲۱ ماهه این ارتباط بیش‌تر می‌شود. از مهم‌ترین تحقیقات صورت گرفته در داخل کشور در این زمینه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. صیف و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی خشک‌سالی هیدروژئولوژیکی آبخوان دشت فسا با استفاده از شاخص GRI را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مقدار این شاخص در سال‌های مورد بررسی روند کاهشی داشته و در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ شدیدترین خشک‌سالی آب زیرزمینی در این منطقه رخ داده است. همچنین شاخص SPI با شاخص GRI در مقیاس زمانی ۴۸ ماهه بدون تأخیر زمانی رابطه‌ی معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد دارد. طالبی و همکاران (۱۳۹۰) اثر خشک‌سالی بر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و آبدهی قنات در دشت بهاباد یزد را بررسی کردند، آن‌ها جهت بررسی چگونگی تأثیر خشک‌سالی اقلیمی بر منابع آب زیرزمینی، از شاخص‌های اقلیمی SPI و GRI استفاده کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ به عنوان خشک‌ترین سال و سال ۱۳۷۵-۱۳۷۴ را به عنوان مرطوبترین سال در دوره‌ی آماری ۲۰ ساله بودند و دو شاخص در مقیاس زمانی ۴۸ ماهه بیش‌ترین هم‌بستگی را داشتند. نجفی‌توربوآباد و جلیلی (۱۳۹۰) به بررسی روند خشک‌سالی دشت اردبیل بر اساس شاخص GRI با استفاده از GIS پرداختند، نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد با گذشت زمان بر میزان خشک‌سالی این دشت افزوده شده است. اکرامی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی دوره‌های متوالی خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیک را با استفاده از دو شاخص SPI و GRI به منظور بررسی تأثیر خشک‌سالی اقلیمی بر آبدهی برخی از قنات دشت اردکان یزد شناسایی کردند. آن‌ها از آمار بارندگی و ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان دهنده شدت و تداوم خشک‌سالی، به ویژه هیدرولوژیک در سال‌های اخیر و وجود تأخیر زمانی متفاوتی بین خشک‌سالی اقلیمی و آبدهی قنات‌های دشت اردکان بود. بختیاری‌عنایت و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی تأخیر زمانی آثار خشک‌سالی اقلیمی (SPI) بر خشک‌سالی آب‌شناختی (GRI) دشت هشگرد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد در ارتباط زمانی بین SPI و GRI علاوه بر وابستگی به پایه‌ی زمانی شاخص خشک‌سالی و تأخیر زمانی بین این دو شاخص، به

---

<sup>1</sup> Groundwater Resource Index

ارتباط درونی بین تأخیر و پایه زمانی نیز وابسته است. مقصود و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی، سری زمانی و مدل ترکیبی ANN-ARIMA در مدل سازی و پیش بینی شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) در جنوب استان قزوین را مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق پس از محاسبه مقادیر GRI طی دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۶۳) و بررسی ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی (بارندگی، دبی، تبخیر و تعرق پتانسیل، دما (میانگین، ماکزیمم، مینیمم) و سیگنال های اقلیمی (SOI، MEI، AMO، PDO)، با استفاده از آزمون گاما در سه ساختار ترکیب ورودی، اقدام به مدل سازی با شبکه عصبی مصنوعی گردید. نتایج نشان داد که سیگنال اقلیمی SOI و پارامترهای دمایی دارای بیشترین همبستگی معنی دار با مقادیر GRI می باشند. استفاده از پارامترهای هواشناسی نیز سبب بهبود عملکرد شبکه عصبی گردید. عظیمی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی پراکنش مکانی و ارتباط وقوع خشک سالی با کاهش کیفیت آب های زیرزمینی بر پایه شاخص های GRI در محیط (GIS) در ۶۰۹ دشت ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. یافته ها نشان داد که مناطق مرکزی و بخش هایی از استان خراسان های رضوی و شمالی و همچنین محدوده وسیعی از استان فارس و عموماً نواحی جنوب ایران، کلاس خشک سالی های شدید را تجربه کرده اند (احمدی آخوومه و همکاران، ۱۳۹۴). مرتضایی فریزهندی و میراکبری (۱۳۹۷) پایش خشک سالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص های SDI و GRI در حوزه آبخیز رودخانه اعظم هرات استان یزد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که SPEI در مقیاس ۲۴ و ۴۸ ماهه با ۳ ماه تأخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد که حاکی از تأثیر گذاری خشک سالی هواشناسی بعد از گذشت دو سال و بیش تر بر منابع آب زیرزمینی می باشد. میراکبری و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر خشک سالی هواشناسی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط شاخص های SDI، SPEI، SPI و GRI را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق جهت بررسی تأثیر خشک سالی ها بر یکدیگر، همبستگی بین شاخص ها در مقیاس های زمانی مختلف بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص SPEI در مقیاس ۲۴ و ۴۸ ماهه با ۳ ماه تأخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد که حاکی از تأثیر گذاری خشک سالی هواشناسی بعد از گذشت دو سال و بیش تر بر منابع آب زیرزمینی می باشد. خسروی دهکردی و همکاران (۱۳۹۸) خشک سالی های آب زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از شاخص GRI مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور، از آمار ۳۲ چاه پیژومتری در دشت شهرکرد در دوره ۳۱ ساله (۱۳۶۴-۹۴) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که روش زنجیره مارکف در هر سه مرتبه از دقت خوبی در پیش بینی مقادیر شاخص GRI در یک، دو و سه ماه آینده برخوردار بوده است، لذا از آن می توان برای پیش بینی خشک سالی آب زیرزمینی دشت شهرکرد استفاده کرد. مصباح زاده و سلیمانی ساردو (۱۳۹۷) در تحقیقی روند زمانی خشک سالی هیدرولوژیک و هواشناسی در حوزه آبخیز کرخه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد رابطه زمانی وقوع خشک سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی با یکدیگر در سطح ۹۹ درصد معنی دار است و این همبستگی در بازه ۴۸ ماهه حداکثر است. محمدی و همکاران (۱۳۹۷) تغییرات زمانی و اثر خشک سالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از

شاخص‌های بارش استاندارد (SPI) و منابع آب زیرزمینی (GRI) را مورد بررسی قرار دادند که نتایج تحقیق نشان داد که افت سطح آب زیرزمینی در سطح دشت به طور متوسط ۲۰ متر و بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی در محدوده‌ی شهر کرمان به میزان ۱۴ متر در دوره‌ی آماری مورد مطالعه بوده است. روشن و همکاران (۱۳۹۸) روند تغییرات تراز آب زیرزمینی و شاخص‌های خشک‌سالی GRI و SWI در دشت ساری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که هر دو شاخص خشک‌سالی در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند نزولی بوده و با گذشت زمان شدت خشک‌سالی بر اساس این دو شاخص افزایش پیدا کرده است. بطوری‌که شدیدترین خشک‌سالی هر دو شاخص در مقیاس سالانه مربوط به سال ۱۳۹۴ و بهترین ترسالی این دو شاخص مربوط به سال ۱۳۶۹ بوده که مهم‌ترین دلیل افزایش شدت خشک‌سالی در سال ۱۳۹۴ افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری و در نتیجه برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی جهت کشاورزی در دشت می‌باشد. مرتضایی‌فریزه‌ندی و همکاران (۱۳۹۹) شاخص‌های خشک‌سالی هیدرولوژیکی استان کردستان را مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. در این پژوهش، فاصله زمانی بین وقوع خشک‌سالی هواشناسی و خشک‌سالی هیدرولوژیکی، در جهت تمهیدات لازم برای مقابله با خشک‌سالی ناشی از کمبود منابع آبی سطحی و زیرزمینی تعیین شد. به‌همین دلیل، وضعیت خشک‌سالی هیدرولوژیکی استان کردستان با استفاده از شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) و شاخص خشک‌سالی جریان‌ات رودخانه ای (SDI) ارزیابی و با شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی مقایسه شد. نتایج حاصل از شاخص GRI در دوره آماری مورد مطالعه نشان داد که خشک‌سالی نرمال دارای بیش‌ترین درصد فراوانی است. Yasamani و همکاران (۲۰۱۲) برای بررسی تأثیر خشک‌سالی‌های هواشناسی بر سطح آب زیرزمینی دشت تربت جام خراسان رضوی از شاخص GRI استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که رابطه معنی‌داری بین خشک‌سالی هواشناسی و خشک‌سالی آب زیرزمینی با تأخیر زمانی ۴۸ ماهه وجود دارد. Ekrami و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأخیر خشک‌سالی اقلیمی با آبدهی قنوت و چشمه‌ها در دشت یزد- اردکان به این نتیجه رسیدند که در مناطق کوهستانی تأخیر یک‌ساله و در مناطق دشتی تأخیر دو سال است. Jahanshahi و Shahed (۲۰۱۸) شاخص‌های هواشناسی منابع آب‌های زیرزمینی و هیدرولوژیکی برای نظارت و پیش‌بینی خشک‌سالی در آب و هوای نیمه خشک مورد ارزیابی قرار دادند. این تحقیق برای بررسی هم‌بستگی بین این شاخص‌ها و دوره‌های هم‌پوشانی ۳ تا ۴۸ ماهه در ایران مرکزی در طول سال ۱۹۷۰ بر شاخص‌های استاندارد بارش (SPI)، شاخص خشک‌سالی جریان (SDI) و شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) متمرکز شده است. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه از بیش از دو نوع خشک‌سالی دیگر نسبت به خشک‌سالی هواشناسی رنج می‌برد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه در سه دهه گذشته خشک‌تر شده است. خشک‌سالی از پدیده‌های جوی است که می‌تواند در هر ناحیه‌ای رخ دهد و منجر به خسارت‌های عمده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شود. این پدیده بخش‌های مختلف محیطی از جمله منابع آب‌های زیرزمینی را در طول دوره‌ی حاکمیت خود تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر خشک‌سالی بر روی منابع آب‌های زیرزمینی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که طی

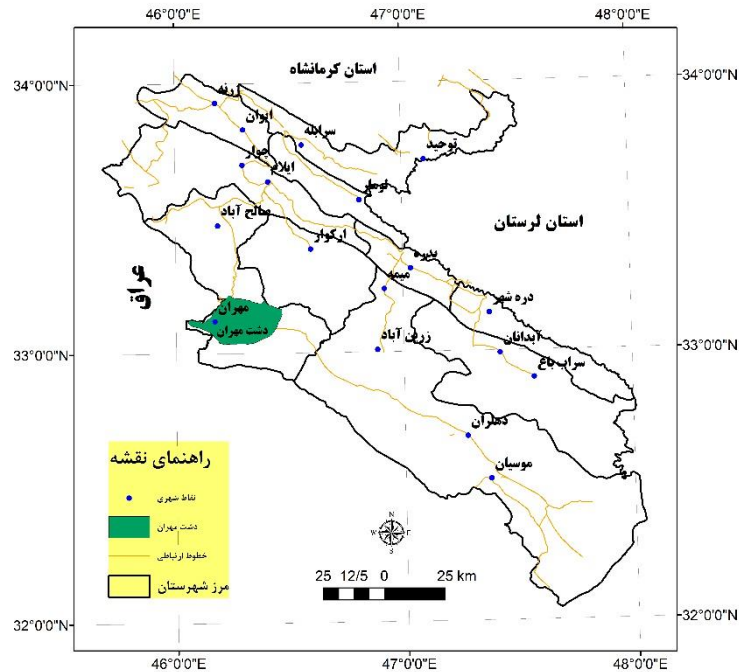
سال‌های اخیر در ایران و به طور منطقه‌ای در غرب استان ایلام، به ویژه دشت مهران، خشکسالی مستمر و نسبتاً شدیدی رخ داده که در نتیجه آن، منابع آب‌های سطحی منطقه خشک یا بسیار کم شده و سفره‌های زیرزمینی با افت سطح ایستابی شدیدی رو به رو شده است. به طور کلی هدف از این مطالعه تحلیل و مقایسه خشکسالی هواشناسی و آب‌های زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های SPI و GRI در دشت مهران استان ایلام می‌باشد. ارائه نتایج حاصله، می‌تواند گام مهمی در راستای برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه و بهره‌برداری صحیح از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه باشد.

## مواد و روش‌ها

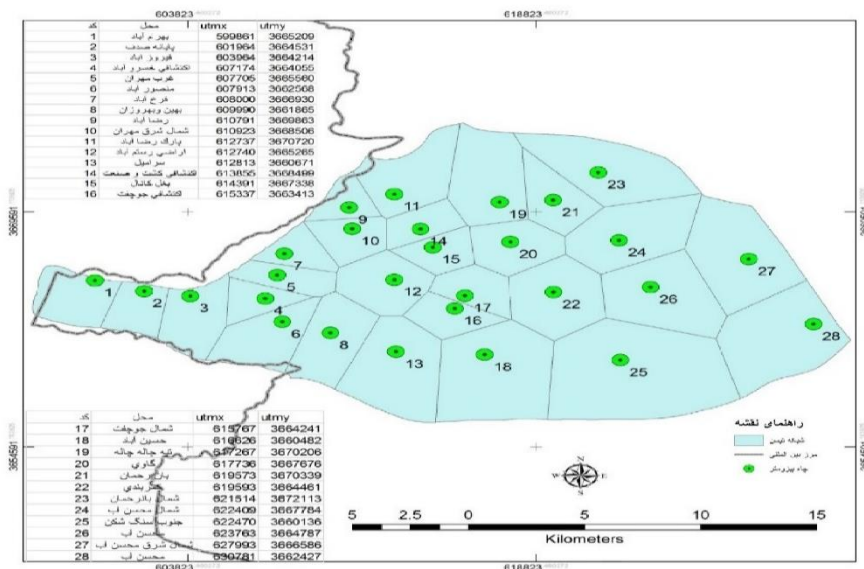
منطقه مهران بر اساس تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی ایران، جزء زاگرس چین‌خورده محسوب می‌شود و روند عمومی این منطقه تقریباً شمال غربی - جنوب شرقی بوده و منطبق بر روند عمومی زاگرس است. رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترسیر به‌طور هم‌شیب قرار دارند. این رسوبات پوشش‌های حاشیه قاره‌ای شرق پلاتفرم عربستان را تشکیل می‌دهد که در پلیوسن تغییر شکل یافته و چین‌خورده‌اند. دشت مهران به صورت یک ناودیس بین تاقدیس‌های اناران در شمال و شرق و تاقدیس چنگوله در جنوب قرار دارد و توسط رسوبات ناشی از فرسایش سازندهای اطراف پوشیده شده است. این دشت با مساحت بالغ بر ۴۶۳ کیلومترمربع با عرض‌های جغرافیایی  $33^{\circ}07'$  تا  $33^{\circ}8'$  شمالی و طول‌های جغرافیایی  $46^{\circ}12'$  تا  $46^{\circ}14'$  شرقی، در غرب استان ایلام و جنوب غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). مرز مناطق غربی این دشت، کشور عراق می‌باشد و کلیه منابع آب سطحی و زیرزمینی این دشت در نهایت به کشور عراق تخلیه می‌گردد. متوسط بارندگی و دمای سالانه دشت مهران به ترتیب حدود ۲۷۰ میلی‌متر و  $24/5$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مهم‌ترین رودخانه‌های جاری در محدوده عبارتند از رودخانه گاوی، کنجانچم و چنگوله. چشمه‌های کارستی منطقه به عنوان سرچشمه رودخانه‌های مذکور بوده و بخش مهمی از دبی پایه آن‌ها را تشکیل می‌دهد. از جمله می‌توان به سراب ملکشاهی به عنوان سرچشمه رودخانه گاوی، سراب میش خاص سرچشمه اصلی کنجانچم و چشمه خوشادل و چشمه پهن به عنوان تأمین‌کننده اصلی جریان رودخانه چنگوله اشاره کرد. چشمه کارستی چنگوله با دبی  $1/2$  مترمکعب در ثانیه مهم‌ترین منبع آبی منطقه محسوب می‌شود. منابع آب زیرزمینی دشت مهران شامل ۱۷۹ حلقه چاه با تخلیه سالانه  $47/4$  میلیون مترمکعب و ۲۲۷ دهنه چشمه با تخلیه  $85/56$  میلیون مترمکعب در سال است که بیش از ۹۰ درصد آن به مصرف کشاورزی می‌رسد.

یکی از روش‌های تعیین خشکسالی، شاخص بارش استاندارد شده است که برای پایش خشکسالی در منطقه کلرادو ارائه شد. این شاخص به دلیل سادگی در محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و هر نوع شرایط آب و هوایی به عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته می‌شود. این شاخص برای محاسبه خشکسالی در مقیاس‌های کوتاه مدت (۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه) و بلند مدت (۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ماهه) و بر مبنای داده‌های بارش که هم‌بستگی

بالایی نسبت به هم دارند استوار است. SPI کوتاه مدت، شرایط رطوبت خاک را منعکس می کند و برآورد فصلی از بارندگی را مشخص می سازد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دشت مهران در استان ایلام



شکل ۲: موقعیت و شبکه تیسن ایستگاه های هیدرومتری دشت مهران

در این مدل، تغییرات بیش تری وجود دارد و نشانگر آن است که نمایه SPI کوتاه مدت، حساسیت بیش تری به تغییرات شرایط رطوبت دارد و همان طور که n طولانی تر می شود، بارندگی ماه جدید، اثر کم تری بر کل بارندگی دارد و نمایه به آهستگی

پاسخ می‌دهد. SPI طولانی مدت، خشک‌سالی را بهتر منعکس می‌کند و مقادیر SPI برای این مقیاس زمانی با سیل‌ها، سطح آب در سطح‌ها و منابع آب زیرزمینی مرتبط است. مناسب‌ترین توابع توزیع احتمال برای برازش داده‌های بارندگی ماهانه، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک توابع گاما می‌باشد. به منظور تفسیر و بررسی نتایج حاصل از این محاسبه جدولی ارائه شده که در آن مقادیر مثبت نشان دهنده‌ی بارندگی بیش از بارش متوسط و مقادیر منفی عکس آن است. طبق این روش خشک‌سالی زمانی روی می‌دهد که این شاخص مثبت شود. مقادیر تجمعی بزرگی و شدت دوره‌ی خشک‌سالی را نشان می‌دهد. برای بدست آوردن نتایج دقیق‌تر از شاخص بهتر است سری زمانی، با میزان تغییرپذیری بالا انتخاب شود. این شاخص از رابطه‌ی (۱) بدست می‌آید:

$$SPI = \frac{Xi - \bar{X}}{SD} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه:  $\bar{X}$ : میانگین بارش در طول دوره‌ی آماری؛  $Xi$ : بارش هر ماه یا سال؛  $SD$ : انحراف معیار.

جدول ۱: طبقه بندی مقادیر خشک‌سالی در SPI

مقادیر SPI	وضعیت آب و هوایی (طبقه)	طبقه
> ۲	شدیداً مرطوب	۱
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب	۲
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط	۳
۰ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم	۴
۰ تا -۰/۹۹	خشک‌سالی ملایم	۵
-۱ تا -۰/۴۹	خشک‌سالی متوسط	۶
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشک‌سالی شدید	۷
< -۲	خشک‌سالی خیلی شدید	۸

اجرای شاخص آب‌های زیرزمینی به منظور پایش خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی در ۳ مرحله انجام می‌گیرد. پیش‌پردازش داده‌ها (بازسازی و تدقیق): برای بازسازی داده‌های چاه‌های مشاهداتی چندین روش آماری وجود دارد که از این میان نرم‌افزارهایی نظیر SPSS، Mini Tab و Excel نیز قادر به اجرای بازسازی داده‌ها می‌باشند، در این تحقیق، از روش ضریب تشخیص یا روابط هم‌بستگی بین داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel استفاده گردید. بعد از تکمیل تمام داده‌های ناقص و بازسازی آن‌ها اقدام به محاسبات شاخص خشک‌سالی GRI گردید. محاسبات شاخص خشک‌سالی GRI: Mendicino و همکاران (۲۰۰۸) شاخص GRI را به عنوان شاخصی قابل اعتماد برای مدل‌سازی، پایش و پیش‌بینی وضعیت خشک‌سالی برای منطقه مدیترانه پیشنهاد نمودند. در این شاخص وضعیت مختلف سنگ‌شناسی زمین تأثیر مهمی بر واکنش آب‌های زیرزمینی حوزه در فصل تابستان نسبت به بارش‌های فصل زمستان دارد و به طور کلی مقادیر این شاخص تغییرات مکانی زیادی دارد و نسبت به خصوصیات سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه نیز حساس می‌باشد. مهم‌ترین قابلیت این شاخص هم‌بستگی بالای آن



با متوسط رواناب در برخی از رودخانه‌های حوزه در پیش‌بینی خشک‌سالی‌های فصل تابستان می‌باشد. جهت محاسبه این شاخص از معادله‌ی (۲) استفاده می‌شود.

$$GRI = \frac{D_{ij} - m_{im}}{\sigma} \quad \text{رابطه ۲:}$$

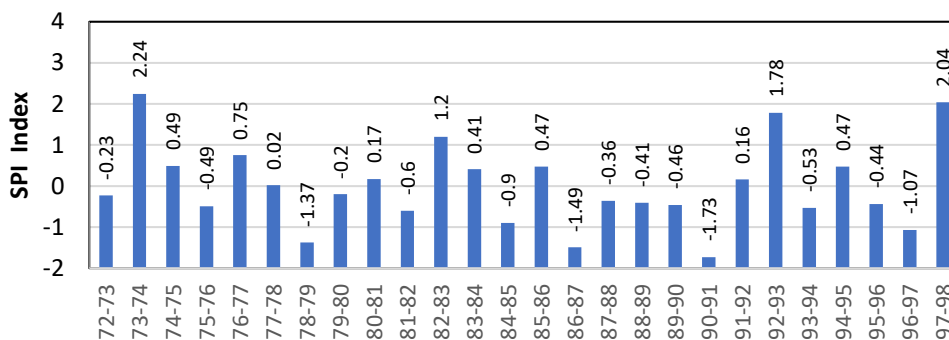
که در آن:  $GRI$ ، ارزش شاخص منابع آب زیرزمینی،  $D_{ij}$ ، سطح آب در ماه  $i$  ام و چاه  $j$  ام،  $m_{im}$ ، میانگین فصلی و  $\sigma$ ، انحراف معیار داده‌های سطح آب در ماه  $i$  می‌باشد. شاخص  $GRI$  یک شاخص کاهش سطح سفره و یک معیار غیرمستقیم از میزان تغذیه سفره و یک منبع غیرمستقیم از خشک‌سالی خواهد بود. سطح سفره از سطح زمین در جهت پایین اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین مقادیر مثبت نشانه خشک‌سالی و مقادیر منفی حاکی از عدم وقوع خشک‌سالی می‌باشد (جدول ۲).

**جدول ۲: جدول حدود تعیین خشک‌سالی و ترسالی شاخص  $GRI$**

مقادیر $GRI$	کلاس رطوبتی	گروه رطوبتی
۲ و بالاتر	۱	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	۲	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	۳	ترسالی ملایم
-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	۴	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	۵	خشک‌سالی ملایم
-۱/۵ تا -۱/۹۹	۶	خشک‌سالی شدید
-۲ و کمتر	۷	خشک‌سالی بسیار شدید

## نتایج و بحث

زمانی که شاخص بارش استاندارد شده ( $SPI$ ) دارای توالی‌های منفی باشد؛ خشک‌سالی رخ می‌دهد و زمانی که مقادیر  $SPI$  برابر ۱- و یا کمتر شود؛ خشک‌سالی تشدید می‌شود. با مثبت شدن شاخص بارش استاندارد شده دوره خشک‌سالی خاتمه می‌یابد. بنابراین تداوم خشک‌سالی با توجه به زمان شروع و پایان آن تعریف می‌شود و شدت آن برای هر یک از ماه‌های وقوع خشک‌سالی تعیین می‌گردد. بر اساس این شاخص در دشت مهران ۴ دوره خشک‌سالی در طی دوره آماری مدنظر اتفاق افتاده است که شامل سال‌های ۷۹-۷۸، ۸۷-۸۶، ۹۱-۹۰ و ۹۷-۹۶ است که شدیدترین دوره خشک‌سالی در سال آبی ۹۱-۹۰ است که شاخص  $SPI$  برابر با ۱/۷۳- که درجه خشک‌سالی از نوع "خشک‌سالی شدید" است. مرطوب‌ترین سال هم بر اساس این شاخص سال‌های آبی ۷۴-۷۳ و ۹۸-۹۷ است که شاخص  $SPI$  بترتیب برابر با ۲/۲۴ و ۲/۰۴ می‌باشد. تعداد سال‌های نرمال هم ۱۸ سال بوده که دامنه‌ای بین ۰/۹۹ و -۰/۹۹- داشته‌اند. در شکل (۳) و جدول (۲) مقدار و طبقات شاخص بارش استاندارد شده ( $SPI$ ) دشت مهران نشان داده شده است.



شکل ۳: شاخص بارش استاندارد شده (SPI) دشت مهران

جدول ۲: طبقات شاخص بارش استاندارد شده (SPI) دشت مهران

سال	مقدار	طبقه خشکی	سال	مقدار	طبقه خشکی
۷۳-۷۲	-۰/۲۳	نزدیک به نرمال	۸۶-۸۵	۰/۴۷	نزدیک به نرمال
۷۴-۷۳	۲/۲۴	ترسالی بسیار شدید	۸۷-۸۶	-۱/۴۹	خشک‌سالی ملایم
۷۵-۷۴	۰/۴۹	نزدیک به نرمال	۸۸-۸۷	-۰/۳۶	نزدیک به نرمال
۷۶-۷۵	-۰/۴۹	نزدیک به نرمال	۸۹-۸۸	-۰/۴۱	نزدیک به نرمال
۷۷-۷۶	۰/۷۵	نزدیک به نرمال	۹۰-۸۹	-۰/۴۶	نزدیک به نرمال
۷۸-۷۷	۰/۰۲	نزدیک به نرمال	۹۱-۹۰	-۱/۷۳	خشک‌سالی شدید
۷۹-۷۸	-۱/۳۷	خشک‌سالی ملایم	۹۲-۹۱	۰/۱۶	نزدیک به نرمال
۸۰-۷۹	-۰/۲	نزدیک به نرمال	۹۳-۹۲	۱/۷۸	ترسالی شدید
۸۱-۸۰	۰/۱۷	نزدیک به نرمال	۹۴-۹۳	-۰/۵۳	نزدیک به نرمال
۸۲-۸۱	-۰/۶	نزدیک به نرمال	۹۵-۹۴	۰/۴۷	نزدیک به نرمال
۸۳-۸۲	۱/۲	ترسالی ملایم	۹۶-۹۵	-۰/۴۴	نزدیک به نرمال
۸۴-۸۳	۰/۴۱	نزدیک به نرمال	۹۷-۹۶	-۱/۰۷	خشک‌سالی ملایم
۸۵-۸۴	-۰/۹	نزدیک به نرمال	۹۸-۹۷	۲/۰۴	ترسالی بسیار شدید

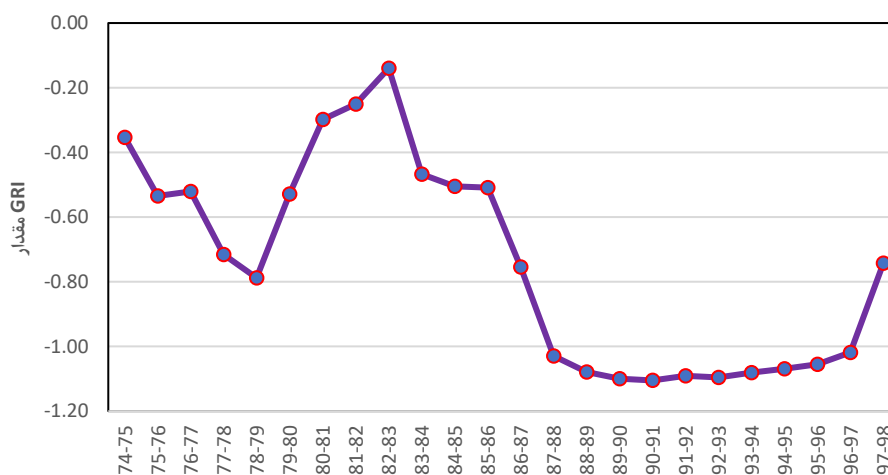
جهت ارزیابی خشک‌سالی هیدرولوژیکی براساس نوسانات سفره زیرزمینی سطح متوسط آب زیرزمینی در کل دشت تعیین شد که برای این هدف از روش درون‌یابی معکوس فاصله استفاده گردید و مقادیر متوسط ماهانه سطح آب زیرزمینی از نقشه‌های حاصل استخراج گردید. بر اساس رابطه شاخص GRI در محیط برنامه اکسل دوره‌های خشک‌سالی تعیین گردید (جدول ۳).

مقدار خشک‌سالی دشت مهران بر اساس شاخص GRI در شکل (۳) نشان داده شده است بر اساس این شکل وضعیت رطوبتی آب‌های زیرزمینی دشت مهران از سال ۷۴-۷۵ تا سال ۸۶-۸۷ نزدیک نرمال بوده است. اما روند خشک‌سالی از سال آبی ۸۷-۸۸ شروع شده و تا سال آبی ۹۷-۹۸ ادامه داشته است و درجه خشک‌سالی هم از نوع "خشک‌سالی ملایم" بوده است. بر اساس این روند می‌توان نتیجه‌گیری کرد که علاوه بر خشک‌سالی هواشناسی عوامل دیگری مثل بهره‌برداری غیراصولی و

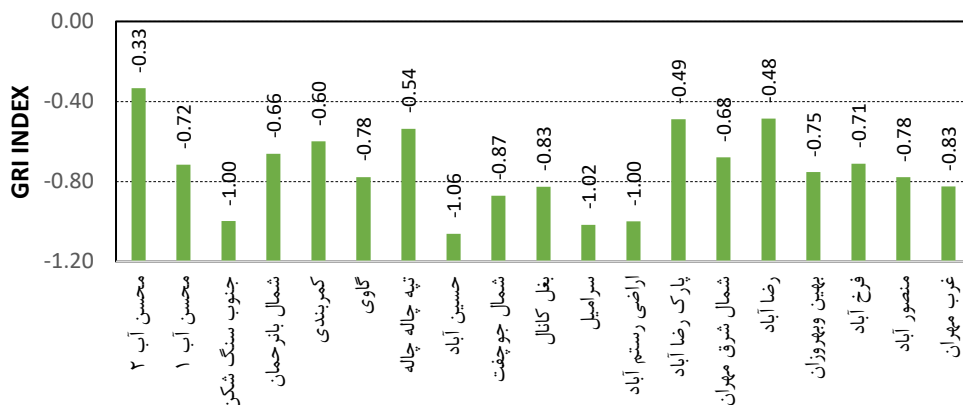
مدیریت نشده از منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف، به‌خصوص در بخش کشاورزی باعث بروز خشکسالی آب زیرزمینی می‌شوند و در صورت تداوم این روند وارد فاز خشک‌سالی شدید خواهد شد که نه تنها قابل جبران نخواهد بود بلکه حتی ممکن است منجر به پدیده فرونشست زمین و تخریب اراضی سطح دشت شود.

جدول ۳: وضعیت رطوبتی دشت مهران بر اساس شاخص GRI

سال آبی	مقدار	طبقه خشکی	سال آبی	مقدار	طبقه خشکی
۷۶-۷۵	-۰/۳۵	نزدیک به نرمال	۸۸-۸۷	-۰/۷۵	نزدیک به نرمال
۷۷-۷۶	-۰/۵۳	نزدیک به نرمال	۸۹-۸۸	-۱/۰۳	خشکی ملایم
۷۸-۷۷	-۰/۵۲	نزدیک به نرمال	۹۰-۸۹	-۱/۰۸	خشکی ملایم
۷۹-۷۸	-۰/۷۲	نزدیک به نرمال	۹۱-۹۰	-۱/۱۰	خشکی ملایم
۸۰-۷۹	-۰/۷۹	نزدیک به نرمال	۹۲-۹۱	-۱/۱۱	خشکی ملایم
۸۱-۸۰	-۰/۵۳	نزدیک به نرمال	۹۳-۹۲	-۱/۰۹	خشکی ملایم
۸۲-۸۱	-۰/۳۰	نزدیک به نرمال	۹۴-۹۳	-۱/۱۰	خشکی ملایم
۸۳-۸۲	-۰/۲۵	نزدیک به نرمال	۹۵-۹۴	-۱/۰۸	خشکی ملایم
۸۴-۸۳	-۰/۱۴	نزدیک به نرمال	۹۶-۹۵	-۱/۰۷	خشکی ملایم
۸۵-۸۴	-۰/۴۷	نزدیک به نرمال	۹۷-۹۶	-۱/۰۶	خشکی ملایم
۸۶-۸۵	-۰/۵۱	نزدیک به نرمال	۹۸-۹۷	-۱/۰۲	خشکی ملایم
۸۷-۸۶	-۰/۵۱	نزدیک به نرمال			



شکل ۳: نمودار مقدار شاخص GRI دشت مهران

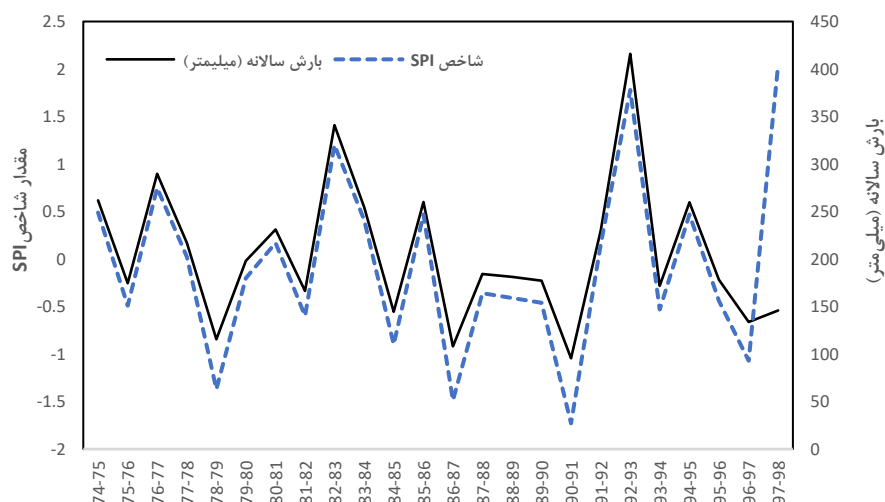


شکل ۴: نمودار مقدار GRI ایستگاه‌های دشت مهران طی دوره آماری ۲۳ ساله

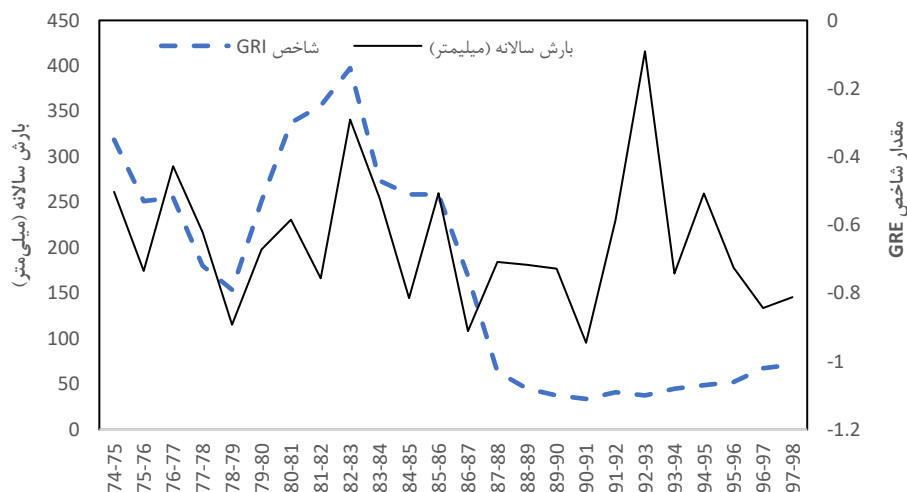
شکل (۴) مقدار خشک‌سالی GRI در ایستگاه‌های موجود در دشت مهران نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، بیش‌ترین مقدار خشک‌سالی در ایستگاه‌های حسین‌آباد، سرامیل، اراضی رستم‌آباد و جنوب سنگ‌شکن در محدوده ۱- تا ۱/۱۰- که در طبقه "خشکی ملایم" واقع شده‌اند. کم‌ترین میزان خشک‌سالی هم در ایستگاه‌های محسن‌آباد، پارک رضا‌آباد و رضا‌آباد و تپه‌چاله ۳۳/۰- تا ۵۴/۰- در طبقه خشکی "نزدیک به نرمال" قرار دارند.

#### مقایسه دو شاخص SPI و GRI در تعیین خشک‌سالی

به منظور مقایسه دو شاخص SPI و GRI در تعیین خشک‌سالی منطقه اقدام به ایجاد رابطه هم‌بستگی بین هر کدام از این شاخص‌ها با میزان بارش سالانه منطقه گردید. رابطه بین بارش سالانه و مقادیر هر یک از شاخص‌ها نشان می‌دهد که در شاخص SPI بین میزان بارش و خشک‌سالی هم‌بستگی مثبت برقرار است. یعنی سال‌هایی که مقدار بارش افزایش داشته، شاخص هم بیش‌تر شده و بالعکس (شکل ۵). نمودار هم‌بستگی بارش و مقادیر شاخص GRI نشان می‌دهد که هیچ هم‌بستگی خاصی وجود ندارد. جایی که بارش افزایش یافته، میزان شاخص کاهش و بالعکس (شکل ۶).



شکل ۵: نمودار هم‌بستگی بارش و مقادیر شاخص SPI دشت مهران

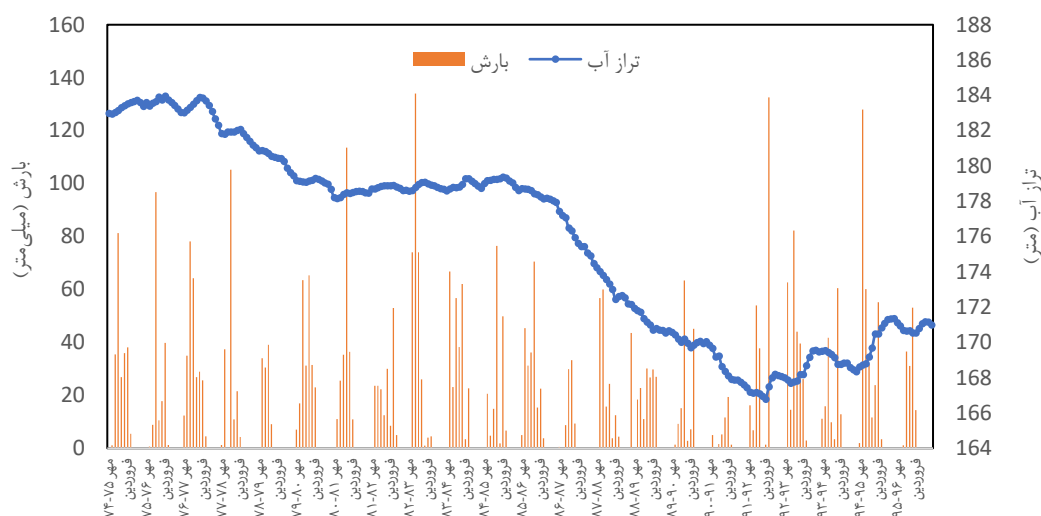


شکل ۶: نمودار هم‌بستگی بارش و مقادیر شاخص GRI دشت مهران

### هیدروگراف واحد

به منظور بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت مهران اقدام به تهیه هیدروگراف واحد برای سال‌های آبی ۷۴-۷۵ تا ۹۵-۹۶ شد (شکل ۸). بر اساس این هیدروگراف سطح آب زیرزمینی دشت مهران در شهریور ماه حداقل بوده و به تدریج سطح آب افزایش یافته و در بهمن به حداکثر میزان خود می‌رسد. از فروردین روند نزولی طی کرده است. تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت مهران به دو عامل بارندگی و بهره‌برداری از آبخوان آبرفتی توسط چاه‌های عمیق بستگی دارد. به طوری که از آبان ماه که بارندگی شروع می‌شود تراز آب زیرزمینی به تدریج بالا می‌آید تا اینکه در بهمن به حداکثر میزان خود می‌رسد. در این دوره معمولاً از آبخوان آبرفتی بهره‌برداری نمی‌شود. چون بارندگی‌های موجود نیاز آبی گیاهان را بر طرف می‌کنند. در اواخر بهمن و

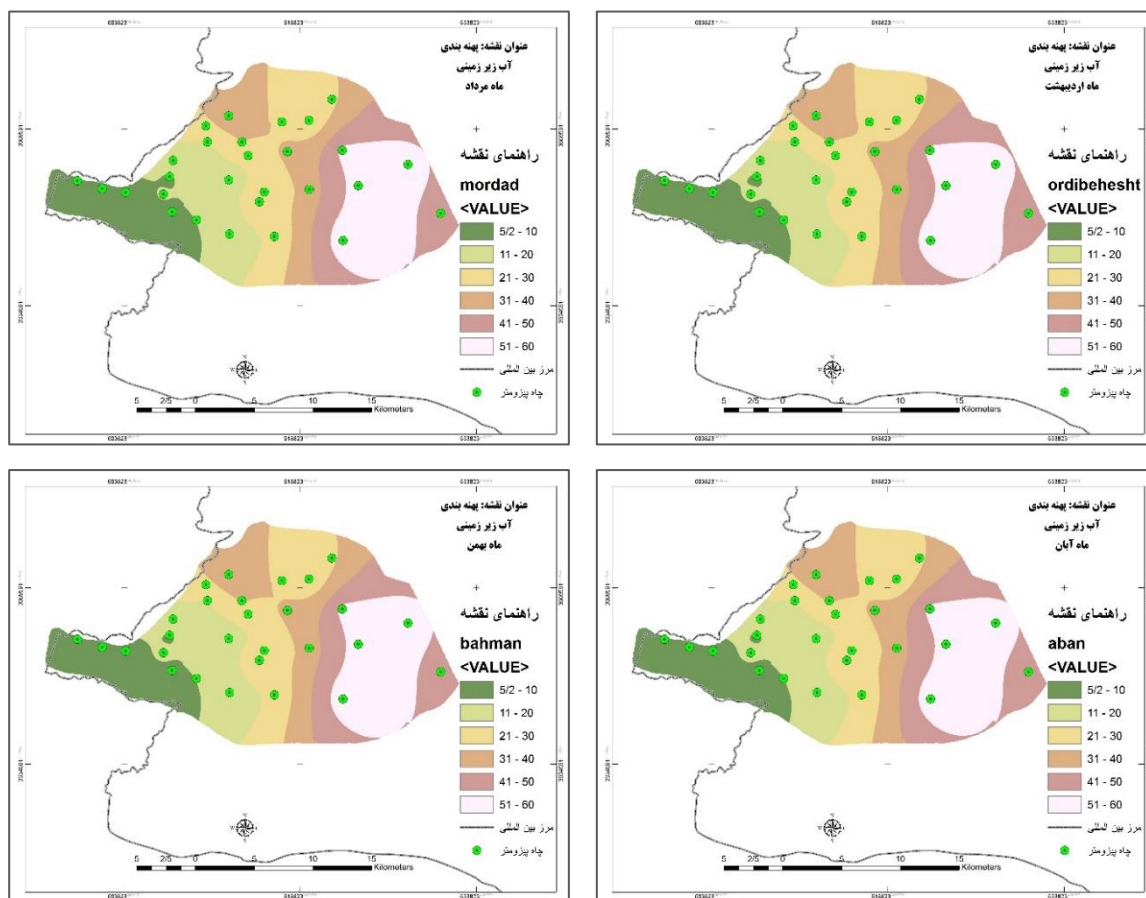
اوایل اسفند بهره‌برداری از آبخوان آبرفتی آغاز می‌شود. بنابراین از اسفند ماه به بعد به علت بهره‌برداری از آبخوان آبرفتی سطح آب زیرزمینی پایین می‌رود.



شکل ۸: هیدروگراف واحد دشت مهران طی دوره آماری مورد نظر

### پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، مشخصات ایستگاه‌ها که از قبیل نام ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و مقادیر سطح آب زیرزمینی می‌باشد، به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی انتقال داده شد. در این محیط اقدام به پهنه‌بندی و تهیه نقشه‌های شبیه‌سازی مکانی با استفاده از مدل‌های درون‌یابی موجود و تحلیل فضایی داده‌های مکانی گردید. مدل‌های درون‌یابی جهت افزایش دقت نقشه‌های پهنه‌بندی ارائه شده‌اند. در استفاده از مدل‌های مختلف درون‌یابی، مدل‌های IDW و کریجینگ دارای دقت بیش‌تری نسبت به بقیه مدل‌ها می‌باشند. از بین این دو مدل، مدل کریجینگ برای آنالیز آب‌های زیرزمینی مناسب‌تر است. به همین دلیل در این تحقیق از بین مدل‌های مختلف، مدل کریجینگ انتخاب گردید. در نهایت با اعمال مدل نیم تغییر نمای پهنه در کریجینگ و ورود داده‌های آب‌های زیرزمینی به صورت لایه نقطه‌ای، نقشه‌های رستری با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS تهیه گردید. سپس با انجام تحلیل‌های مکانی و کلاس‌بندی سطح آب زیرزمینی، نقشه‌های پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی دشت مهران طی دوره آماری مدنظر و به صورت ماهانه (۱۲ ماه) تهیه گردید که در این تحقیق، از هر فصل یک ماه (ماه وسط هر فصل) به نیابت از بقیه ماه‌ها با توجه به تغییرات جزئی ماه‌های هر فصل آورده شده است (شکل ۷). نتایج این نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی از طرف شرق دشت به سمت غرب دشت کاهش یافته و میزان این اختلاف به حدود بیش از ۵۰ متر هم می‌رسد که این به دلیل ساختار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی منطقه می‌باشد.



شکل ۷: نقشه‌های پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی (اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن ماه) دشت مهران

### نتیجه‌گیری

طی سال‌های گذشته برداشت بیش از حد از آبخوان دشت مهران منجر به کاهش ذخیره آبی سفره، افت سطح آب زیرزمینی، خشک‌شدن برخی چاه‌ها، افزایش آسیب‌پذیری دشت نسبت به خشک‌سالی شده است. این مساله لزوم تجدید نظر در روش‌های فعلی بهره‌برداری از منابع آب منطقه را بیش‌تر نمایان می‌کند. بنابراین به منظور آگاهی از وضعیت خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی دشت مهران در استان ایلام از شاخص از دو شاخص SPI و GRI استفاده گردید. بدین منظور آمار ۲۵ سال از سال آب ۷۶-۷۵ تا سال ۹۶-۹۷ تعداد ۲۳ حلقه چاه پیژومتری به عنوان شاخص انتخاب شد. با انطباق نتایج حاصل از محاسبات هر دو شاخص با اطمینان می‌توان نتیجه گرفت که در طی دوره آماری مورد نظر بر اساس هر دو شاخص، خشک‌سالی در منطقه اتفاق افتاده است. منتها تحلیل خشک‌سالی در هر دو شاخص متفاوت است. براساس شاخص SPI در دشت مهران، ۴ دوره خشک‌سالی در طی دوره آماری مدنظر اتفاق افتاده است که شامل سال‌های ۷۹-۷۸، ۸۷-۸۶، ۹۱-۹۰ و ۹۷-۹۶ است که شدیدترین دوره خشک‌سالی در سال آبی ۹۰-۹۱ است که شاخص SPI برابر با  $-1/73$  که درجه خشک‌سالی از نوع "خشک‌سالی شدید" است. مرطوب‌ترین سال هم بر اساس این شاخص سال‌های آبی ۷۴-۷۳ و ۹۸-۹۷ است که شاخص SPI به ترتیب برابر با  $2/24$  و

۲/۰۴ می‌باشد. تعداد سال‌های نرمال هم ۱۸ سال بوده که دامنه‌ای بین ۰/۹۹ و ۰/۹۹- داشته‌اند. بر اساس شاخص GRI روند خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی دشت مهران از سال آبی ۸۸-۸۷ شروع شده و تا سال آبی ۹۸-۹۷ ادامه داشته است و درجه خشک‌سالی هم از نوع "خشک‌سالی ملایم" بوده است. همچنین نتایج بدست آمده از این شاخص در منطقه نشان می‌دهد که یک دوره‌ی خشک‌سالی ۱۱ ساله آب‌های زیرزمینی اتفاق افتاده یعنی از سال آبی ۸۸-۸۷ شروع شده و تا سال آبی ۹۸-۹۷ ادامه داشته است که شدیدترین آن سال ۹۰-۹۱ با مقدار شاخص ۱/۱۱- می‌باشد. نتایج بررسی و مقایسه دو شاخص SPI و GRI در تحلیل خشک‌سالی‌ها نشان می‌دهد که طی دوره ای آمار مدنظر در هر دو شاخص شدیدترین دوره خشک‌سالی را سال آبی ۹۰-۹۱ معرفی کردند که در شاخص SPI برابر با ۱/۷۳- و در شاخص GRI مقدار شاخص برابر با ۱/۱۱- بوده است و هر دو در طبقه نوع "خشک‌سالی شدید" قرار گرفته‌اند. نتایج این مقایسه بیانگر کارایی نسبتاً مناسب هر دو مدل در تحلیل خشک‌سالی هواشناسی و آب‌های زیرزمینی دشت مهران می‌باشند که با نتایج تحقیقات بختیاری عنایت و همکاران (۱۳۹۴)، محمدی و همکاران (۱۳۹۷)، میراکبری و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی می‌توان نتیجه گرفت که سطح آب زیرزمینی طی دوره آماری مورد نظر در شمال و شرق ۶۰ متر شروع می‌شود و به سمت غرب و به موازات جهت رودخانه‌های کنجانچم و گاوی تا ۵/۲ متر کاهش پیدا می‌کند. علت آن هم وجود ارتفاعات کونک و یکشنبه در شمال و چه‌قمر و چه‌موسی در شرق دشت می‌باشد. شیب توپوگرافی دشت هم به سمت غرب دشت و در مجاورت با مرز کشور عراق می‌باشد. تخلیه اصلی آبخوان دشت مهران توسط چاه و قنات و چشمه صورت می‌گیرد که مطابق با آخرین آماربرداری نگارنده این پژوهش در سال جاری اکثر منابع آب سطحی و رودخانه‌ها موجود در دشت مهران خشک شده است و همین امر باعث شده کشاورزان کمبود آب مورد نیاز خود را به واسطه چاه‌های غیرمجاز بدست آورند که همین امر منجر به وارد نمودن خسارت زیادی به سفره آب زیرزمینی می‌شود. مهم‌ترین عوامل کاهش تراز آب زیرزمینی شامل زیاد شدن تعداد چاه‌های بهره‌برداری که بسیاری از آن‌ها بدون مجوز می‌باشند که منجر به برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت مورد مطالعه شده است. با اعمال مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی و کنترل بیش‌تر در حفر چاه‌های مجاز می‌توان برداشت از آبخوان مورد نظر را تعدیل بخشید و از آثار سوء برداشت بی‌رویه که ممکن است در آینده گریبان‌گیر منطقه شود، جلوگیری کرد. نتایج این تحقیق با تحقیقات صورت گرفته توسط طالبی و همکاران (۱۳۹۰)، عظیمی و همکاران (۱۳۹۶)، روشن و همکاران (۱۳۹۸) که عامل اصلی افت آب زیرزمینی را در درجه اول بهره‌برداری غیراصولی از منابع آب زیرزمینی ذکر کردند مطابقت دارد. تغذیه مصنوعی می‌تواند در بهبود وضعیت ذخایر آب زیرزمینی نقش چشم‌گیری داشته باشد. احداث آب‌بندهای جدید خصوصاً در نقاط شمالی و شرقی دشت، کنترل و مهار جریان‌ات سطحی و به‌کارگیری فرآیندهای آبخیزداری، توسعه و ترمیم پوشش گیاهی که این علاوه بر کنترل فرسایش امکان نفوذ آب به اعماق زیرین خاک را فراهم می‌سازد.



## منابع

- احمدی آخوومه، م.، نوحه گر، ا.، سلیمانی مطلق، م. و طایبی سمیرمی، م. (۱۳۹۴). بررسی خشک‌سالی آب زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های SWI و GRI در آبخوان محدوده مطالعاتی مرودشت خرامه استان فارس. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره ۲۰، شماره ۲۱، ص ۱۱۸-۱۰۵.
- اکرامی، م.، ملکی‌نژاد، ح. و اختصاصی، م. ر. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر خشک‌سالی اقلیمی بر آبدهی برخی از قنوات دشت یزد اردکان. همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، ۲ اسفند ۱۳۹۰، یزد، ایران.
- بختیاری عنایت، ب.، ملکیان، آ. و سلاجقه، ع. (۱۳۹۴). آنالیز هم‌بستگی پایه زمانی و تأخیر زمانی بین خشک‌سالی اقلیمی و خشک‌سالی آب‌شناختی دشت هشتگرد. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۴، ص ۶۱۶-۶۰۹.
- خسروی دهکردی، ا.، میرعباسی‌نصف‌آبادی، ر.، صمدی بروجنی، ح. و قاسمی‌دستگردی، ا. ر. (۱۳۹۸). پیش و پیش‌بینی خشک‌سالی‌های آب زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از شاخص GRI و مدل زنجیره مارکف. نشریه هیدروژئولوژی، دوره ۴، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱۱۱.
- روشان، س. ح.، حبیب‌نژادروشن، م. و شاهدی، ک. (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی و شاخص‌های خشک‌سالی GRI و SWI در دشت ساری. نشریه فضای جغرافیایی، دوره ۱۹، شماره ۶۷، ص ۱۴۶-۱۳۱.
- صیف، م.، مساعدی، ا. و محمدزاده، ح. (۱۳۹۰). بررسی خشک‌سالی هیدروژئولوژیکی آبخوان دشت فسا با استفاده از شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI). پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۲۳ تا ۲۴ آذر ۱۳۹۰، تهران، ایران.
- طالبی، ع.، ایمانی، م. و دستورانی، م. ت. (۱۳۹۰). بررسی اثر خشک‌سالی بر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و آبدهی قنوات در دشت بهاباد یزد. همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، ۲ اسفند ۱۳۹۰، یزد، ایران.
- عظیمی، س.، اژدری‌مقدم، م. و هاشمی‌منفرد، س. آ. (۱۳۹۶). ارزیابی پراکنش مکانی و ارتباط وقوع خشک‌سالی با کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی بر پایه شاخص‌های GRI در محیط (GIS) مطالعه موردی: ۶۰۹ دشت ایران. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، دوره ۸، شماره ۳۰، ص ۸۹-۷۳.
- محمدی، ص.، ناصری، ف. و نظری‌پور، ح. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات زمانی و اثر خشک‌سالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از شاخص‌های بارش استاندارد (SPI) و منابع آب زیرزمینی (GRI). نشریه اکوهیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۱، ص ۲۲-۱۱.
- مرتضایی فریزهندی، ق.، لطفی‌مغانجویی، ج.، خلیقی‌سیگارودی، ش.، محسنی‌ساروی، م. و نظری‌سامانی، ع. ا. (۱۳۹۹). تحلیل و بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هیدروژئولوژیکی استان کردستان. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۲، شماره ۲، ص ۴۵۳-۴۴۲.
- مرتضایی فریزهندی، ق. و میراکبری، م. (۱۳۹۷). پیش خشک‌سالی هیدروژئولوژیکی با استفاده از شاخص‌های SDI و GRI در حوزه آبخیز رودخانه اعظم هرات استان یزد. مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، دوره ۷۱، شماره ۳، ص ۷۸۵-۷۷۵.
- مصباح‌زاده، ط. و سلیمانی‌ساردو، ف. (۱۳۹۷). بررسی روند زمانی خشک‌سالی هیدروژئولوژیک و هواشناسی در حوزه آبخیز کرخه. نشریه علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱۲، شماره ۴۰، ص ۱۱۵-۱۰۵.

مقصود، ف.، یزدانی، م.، رحیمی، م.، ملکیان، آ. و ذوالفقاری، ع. ا. (۱۳۹۵). مقایسه کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی، سری زمانی و مدل ترکیبی ANN-ARIMA در مدل سازی و پیش بینی شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) (مطالعه موردی: جنوب استان قزوین). مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱۰، شماره ۳۳، ص ۴۷-۵۷.

میراکبری، م.، مرتضایی فریزهندی، ق. و محسنی ساروی، م. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر خشک سالی هواشناسی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط شاخص های SDI، SPEI، SPI و GRI. نشریه علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱۲، شماره ۴۲، ص ۷۰-۸۱.

نجفی توبورآباد، س. و جلیلی، ل. (۱۳۹۰). بررسی روند خشک سالی دشت اردبیل براساس شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) با استفاده از GIS. اولین کنگره ملی علوم و فناوری های نوین کشاورزی، ۱۹ شهریور ۱۳۹۰، زنجان، ایران.

**Abhishek, A., Channaveerappa, P. and Dodamani, B.M. (2016).** Comparison of two hydrological drought indices. *Perspectives in Science*, 8, pp: 626-628.

**Ekrami, M., Ekhtesasi, M. R. and Malekinezhad, H. (2013).** The Effects and Consequences of Climatic Drought on Time Delay and the Change in Water Discharge of springs and Qanats (Yazd-Ardakan Plain). *Iranian-Water Resources Research*, 9 (2), pp: 19-26.

**Jahanshahi, A., Shahedi, K. (2018).** Evaluation of meteorological, hydrological and groundwater resources indicators for drought monitoring and forecasting in a semi-arid climate. *Desert*, 23 (1), pp: 29-43.

**Mendicino, G., Senatore, A. and Versace, P. (2008).** A groundwater resource index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. *Journal of Hydrology*, 357 (3-4), pp: 282-302.

**Panda. D. K., Mishra, A., Jena. S.K., James, B.K. and Kumar, A. (2007).** The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of Hydrology*, 343 (3), pp: 140- 153.

**Peters, E., Torfs, P.J.J.F., Van Lanen, H.A.J. and Bier, G. (2003).** Propagation of drought through groundwater, a new approach using linear reservoir theory. *Hydrological Processes*, 17 (15), pp: 3023-3040.

**Silva, V.P.R. (2003).** On climate variability in north-east Brazi. *Journal of Arid Environment*, 54 (2), pp: 256-367.

**Van Lanen, H.A.J. and Peters, E. (2000).** Definition, effects and assessment of groundwater droughts. *Drought and Drought Mitigation in Europe*, 14, pp: 49-61.

**Wanders, N., Van Lanen, H.A.J. and van Loon, A.F. (2010).** Indicators for drought characterization on a global scale. *Wageningen, Netherlands, Water and Global Change*, 24, pp: 80-93.

**Yasamani, S., Mohammadzadeh, H. and Mosaedi, A. (2012).** Effect of drought on groundwater levels in Torbatjam plain using indices SPI and GRI. 6<sup>th</sup> Congress of Geological Society of Iran. Shiraz University, Iran.

## Assessing the Water Resources Crisis of Mehran plain by Comparing and Analyzing Meteorological and Hydrological Drought Parameters

Ali Abbasinya<sup>1</sup>, Jafar Morshedi<sup>2\*</sup>, Manije Zohourian<sup>2</sup>, Gabrail Ghorbanian<sup>2</sup>

1) PhD student in Meteorology, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2) Department of Geography Management, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

\*Correspondence author: jafarmorshedi@gmail.com

Received Data: 2021. 04. 16

Accepted Data: 2021. 10. 10

### Abstract

Lack of water and lack of proper management of available water resources creates a water crisis that is exacerbated by droughts and has various environmental, social and economic dimensions. The purpose of this study is to analyze and compare meteorological drought and groundwater of Mehran plain using standardized precipitation index (SPI) and groundwater index (GRI) to assess the water resources crisis. In order to study the meteorological drought, monthly rainfall information of Mehran synoptic station was used and in order to study the drought of groundwater in Mehran plain, groundwater level changes in Mehran plain were analyzed based on water level data of 23 observation wells. Also, SPI index was used to monitor meteorological drought and GRI index was used to monitor hydrological drought in Mehran plain. The statistical period required for drought analysis was a 25-year statistical period from the water year of 75-74 to 97-96. After determining the moisture periods of the indices, monthly groundwater zoning maps were prepared. To prepare these maps, the kriging model was selected from among different models. Finally, by applying the optimal half-change model in kriging and entering groundwater data as a point layer, raster maps were prepared using Arc GIS software. The results of the SPI index show that during a period of statistics, 4 periods of severe drought occurred, the most severe of which was the 90-91 water year, with a value of SPI of -1.73. Also, the results obtained from the GRI index in the region show that an 11-year period of groundwater drought occurred, ie it started from the water year of 88-87 and continued until the water year of 98-97, the most severe of which was 90-91 with an index value of -1.11.

**Keywords:** Water Crisis, Drought, Hydrological Drought, Mehran Plain, SPI, GRI.