

## تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی آبهای زیرزمینی دشت مهران با استفاده از شاخص GRI

علی عباسی نیا

دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

جعفر مرشدی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران (نویسنده مسئول)

jafarmorshedi@gmail.com

منیژه ظهوریان

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

جبرائیل قربانیان

استادیار گروه هیدرولوژی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: 99/11/24 تاریخ پذیرش: 1400/03/30

### چکیده

خشکسالی آب های زیرزمینی زمانی اتفاق می افتد که آبهای زیرزمینی یک منطقه تحت تاثیر خشکسالی طولانی مدت قرار گیرند، در این نوع خشکسالی ابتدا تغذیه، سپس سطح ایستابی و نهایتاً میزان تخلیه سیستم های آبهای زیرزمینی تحت تاثیر خشکسالی کاهش یابد. بنابراین به منظور آگاهی از وضعیت خشکسالی آب های زیرزمینی دشت مهران در استان ایلام از شاخص GRI استفاده گردید. بدین منظور آمار 23 سال از سال 1375 تا سال 1397 تعداد 19 ایستگاه هیدرومتری پس از تدقیق و بازسازی داده ها انتخاب شد. پس از ورود داده های خام اولیه در فایل محاسبات گام به گام شاخص GRI اقدام به محاسبه میانگین، LN، فاکتور U، پارامتر Shape و پارامتر Scale، لگاریتم در پایه e و توزیع احتمالی GAMMA برای داده های ورودی و محاسبه مقدار  $H(x)$  و تفکیک آن در حد بین  $0/5 - 0$  و  $1 - 0/5$  و محاسبه پارامتر  $Z$  و در پایان استخراج نتایج نهایی محاسبه شاخص GRI با ترکیب محاسبات موجود در دو جدول نهایی. نتایج تحقیق نشان می دهد که خشکسالی دشت مهران از سال 1375 تا سال 1388 نزدیک نرمال البته با یک نوسان شدید بوده و از سال 1388 تا 1397 دچار خشکی ملایم شده است.

کلمات کلیدی: خشکسالی؛ آبخوان آبرفتی؛ شاخص GRI؛ دشت مهران، ایلام

## مقدمه و طرح موضوع

در خشکسالی های اخیر، آبهای زیرزمینی، برای مصارف مختلف کشاورزی، شهری و صنعتی با شدت مورد بهره برداری قرار گرفته است. این مسئله، تنش خشکی بر منابع آب زیرزمینی را در اکثر نقاط ایران تشدید می نماید. بحران آب بر سر سفره های زیرزمینی کشور سایه انداخته و آمار و ارقامی که درباره این منابع آبی اعلام می شود، چندان خوشایند نیست؛ به طوری که طبق آخرین آمار، تمامی دشت های کشور با افت سطح منابع آب زیرزمینی مواجه هستند. 405 دشت ایران در وضعیت ممنوعه است و 17 دشت دیگر نیز در حال بررسی است که این موضوع بسیار هشداردهنده به نظر می رسد. آمارها نشان می دهد تا سال 2050 میلادی نزدیک به 55 درصد نیازهای آبی بشر از منابع آب زیرزمینی استحصال می شود و اگر به همین صورت ادامه یابد، 70 درصد کشورهای جهان به نوعی با تنش آبی روبرو می شوند. در دهه های پیش مطابق آمارها، کشور ما از 130 میلیارد مترمکعب منابع آب زیرزمینی برخوردار بود اما در 20 سال گذشته منابع آب تجدیدشونده به 110 میلیارد مترمکعب و در 6 سال گذشته به کمتر از 100 میلیارد مترمکعب کاهش یافته است. (ستار محمودی، قائم مقام وزیر نیرو، پایگاه اطلاع رسانی وزارت نیرو، آبان 1395). برداشت های بی رویه، حفر چاه های غیرمجاز، عدم نظارت کافی بر میزان برداشت های فراتر از میزان پروانه بهره برداری موجب افت سطح و کاهش کیفیت آب زیرزمینی، نشست زمین در تعدادی از دشت ها و پایین آمدن محسوس آبدهی چاه ها و در معرض نابودی شده قرار گرفتن تعدادی از آبخوان های کشور شده است. روند فعلی برداشت از منابع آب زیرزمینی در کشور یک روند غیر صیانتی است و ادامه آن آسیب های جبران ناپذیر جدی بر کمیت و کیفیت آبخوان ها خواهد زد. وجه اشتراک همه خشکسالی ها، وجود انحراف از حالت نرمال است. خشکسالی آبهای زیرزمینی در دوره هایی رخ می دهد که مقادیر بارندگی در آن دوره کمتر از متوسط بلندمدت باشد (Peters و همکاران، 2003). زمانی که سیستم های آب زیرزمینی تحت تأثیر خشکسالی واقع می شوند، ابتدا آگیری، سپس سطح و در نهایت آبدهی سفره آب زیرزمینی کاهش پیدا می کند، چنین خشکسالی را خشکسالی آب زیرزمینی می نامند (Van Lanen و همکاران، 2003). به منظور مدیریت بهینه بهره برداری از منابع آب و کاهش اثرات منفی خشکسالی، می بایست داده های بلندمدت مناطقی که در معرض خطر خشکسالی هستند، پایش و ارزیابی شوند. تحلیل خشکسالی اغلب توصیفی است و برای تحلیل کمی آن وجود یک شاخص دقیق بسیار ضروری است (Silva، 2003). برای پایش و پیش بینی خشکسالی منابع آب زیرزمینی، شاخص<sup>1</sup> GRI یا شاخص منابع آب زیرزمینی توسط Mendicino و همکاران (2008) در کالابریای ایتالیا آزمایش شد. تاکنون شاخص به عنوان جدیدترین و کاربردی شاخص با

<sup>1</sup> - Groundwater Resource Index

40 سال داده شبیه سازی شده آزمایش شده است. برای پایش خشکسالی آب زیرزمینی در مناطق مدیترانه ای این شاخص بهتر از شاخص های دیگر است (Nico و همکاران، 2013). Abhishek و همکاران (2016) دو شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی SDI و GRI را در مقیاسهای زمانی مختلف برای ارزیابی خشکسالی در حوضه رودخانه کریشنا در یک دوره آماری 36 ساله (1972-2007) مقایسه کردند. نتایج این مقایسه نشان داد، همبستگی خوبی بین دو شاخص در مقایسه نه ماهه وجود دارد که با افزایش مقیاس زمانی به 21 ماهه این ارتباط بیشتر می شود. از مهمترین تحقیقات صورت گرفته در داخل کشور در این زمینه می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

اکرامی و همکاران (1390) در یک تحقیق دوره های متوالی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی را با استفاده از دو شاخص SPI و GRI به منظور بررسی تاثیر خشکسالی اقلیمی بر آبدهی برخی از قنوت 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 هیدرولوژیکی در سالهای اخیر و وجود تاخیر زمانی متفاوتی بین خشکسالی اقلیمی و آبدهی قناتهای دشت اردکان بود. بختیاری عنایت و همکاران (1394) در تحقیقی به بررسی تأخیر زمانی آثار خشکسالی اقلیمی (SPI) بر خشکسالی آبشناختی (GRI) دشت هشتگرد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است در ارتباط زمانی بین SPI و GRI علاوه بر وابستگی به پایه زمانی شاخص خشکسالی و تأخیر زمانی بین این دو شاخص، به ارتباط درونی بین تأخیر و پایه زمانی نیز وابسته است. مقصود و همکاران (1395) در تحقیقی کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی، سری زمانی و مدل ترکیبی ANN-ARIMA در مدلسازی 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 (1363-1390) و بررسی ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی (بارندگی، دبی، تبخیر و تعرق پتانسیل، دما (میانگین، ماکزیمم، مینیمم) و سیگنالهای 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 هکاران (1396) در تحقیقی پراکنش مکانی و ارتباط وقوع خشکسالی با کاهش کیفیت آب های زیرزمینی برپایه شاخص های GRI در محیط (GIS) در 609 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 خشکسالی های شدید را تجربه کرده اند. مرتضایی فریزهندی و میراکبری (1397) پایش خشکسالی 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 24 و 48 ماهه با 3 ماه تأخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد که حاکی از تأثیرگذاری خشکسالی هواشناسی بعد از گذشت دو سال و بیشتر بر منابع آب زیرزمینی می باشد. میراکبری و همکاران (1397) تأثیر خشکسالی 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 خشکسالی ها بر یکدیگر، همبستگی بین شاخص ها در مقیاس های زمانی مختلف بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص SPEI در مقیاس 24 و 48 ماهه با 3 ماه تأخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد که حاکی از تأثیرگذاری خشکسالی هواشناسی بعد از گذشت دو سال و بیشتر بر منابع آبریززمینی می باشد. خسروی دهکردی و همکاران (1398) خشکسالی های آب زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از شاخص GRI مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور، از آمار 32 چاه پیرومتری در دشت شهرکرد در دوره 31 ساله (94-1364) 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 خشکسالی آب زیرزمینی دشت شهرکرد استفاده کرد. مصباح زاده و سلیمانی ساردو (1397) در تحقیقی روند زمانی خشکسالی هیدرولوژیک و هواشناسی در حوزه آبخیز کرخه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد رابطه زمانی وقوع خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک با یکدیگر در سطح 99 درصد معنی دار است و این همبستگی در بازه 48 ماهه حداکثر است. محمدی و همکاران (1397) تغییرات زمانی و اثر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از شاخص های بارش استاندارد (SPI) و منابع آب زیرزمینی (GRI) را مورد بررسی قرار دادند که نتایج تحقیق نشان داد که افت سطح آب زیر زمینی در سطح دشت به طور متوسط 20 متر و بالآمدگی سطح آب زیر زمینی در محدوده ی شهر کرمان به میزان 14 متر در دوره ی آماری مطالعه بوده است. روشن و همکاران (1398) روند تغییرات تراز آب زیرزمینی و شاخص های خشکسالی GRI و SWI در دشت ساری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که هر دو شاخص خشکسالی در سطح اطمینان 99 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 1394 و بهترین ترسالی این دو شاخص مربوط به سال 1369 بوده که مهمترین دلیل افزایش شدت خشکسالی در سال 1394 افزایش تعداد چاه های بهره برداری و در نتیجه برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی جهت کشاورزی در دشت می باشد. مرتضایی فریزندی و همکاران (1399) شاخص های خشکسالی هیدرولوژیک استان کردستان را مورد تحلیل و بررسی قرار دادند در این پژوهش، فاصله زمانی بین وقوع خشکسالی هواشناسی و خشکسالی هیدرولوژیک، در جهت تمهیدات لازم برای مقابله با خشکسالی ناشی از کمبود منابع آبی سطحی و

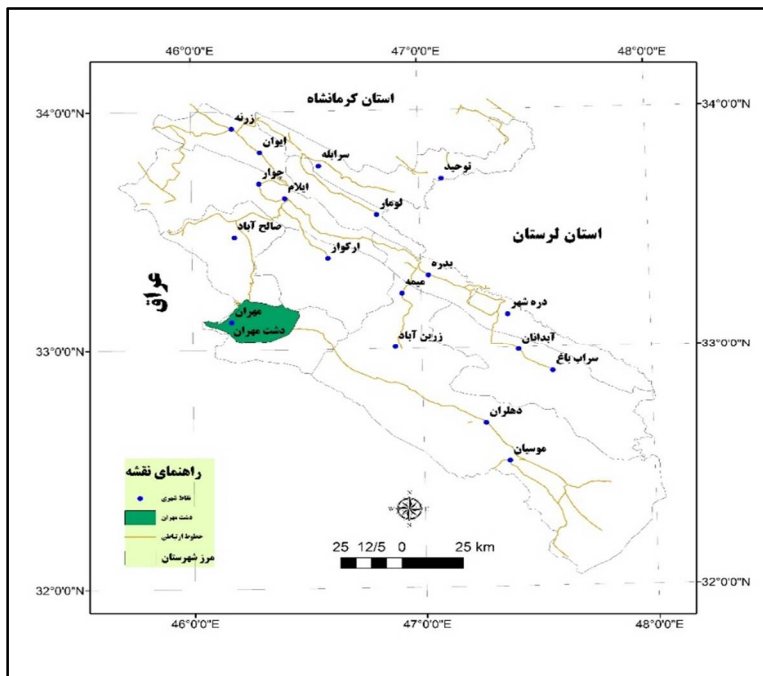
زیرزمینی تعیین شد. به همین دلیل، وضعیت خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان با استفاده از شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) و شاخص خشکسالی جریانات رودخانه ای (SDI) ارزیابی و با شاخص های خشکسالی هواشناسی مقایسه شد. نتایج حاصل از شاخص GRI در دوره آماری مورد مطالعه نشان داد که خشکسالی نرمال دارای بیشترین درصد فراوانی است. خشکسالی از پدیده های جوی است که می تواند در هر ناحیه ای رخ دهد و منجر به خسارت های عمده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شود. این پدیده بخش های مختلف محیطی از جمله منابع آب های زیرزمینی را در طول دوره ی حاکمیت خود تحت تاثیر قرار می دهد. اثر خشکسالی بر روی منابع آب های زیرزمینی کم تر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که طی سالهای اخیر در ایران و به طور منطقه ای در غرب استان ایلام بویژه دشت مهران، خشکسالی مستمر و نسبتاً شدیدی رخ داده که در نتیجه آن، منابع آبهای سطحی منطقه خشک یا بسیار کم شده و سفره های زیرزمینی با افت سطح ایستابی شدیدی روبرو شده است.

طور کلی هدف از این مطالعه تحلیل خشکسالی آبهای زیرزمینی دشت مهران با استفاده از شاخص GRI و همچنین تعیین میزان و روند خشکسالی آب های زیرزمینی آن می باشد. ارائه نتایج حاصله، می تواند گام مهمی در راستای برنامه ریزی و مدیریت بهینه بهره برداری از منابع آب منطقه می باشد.

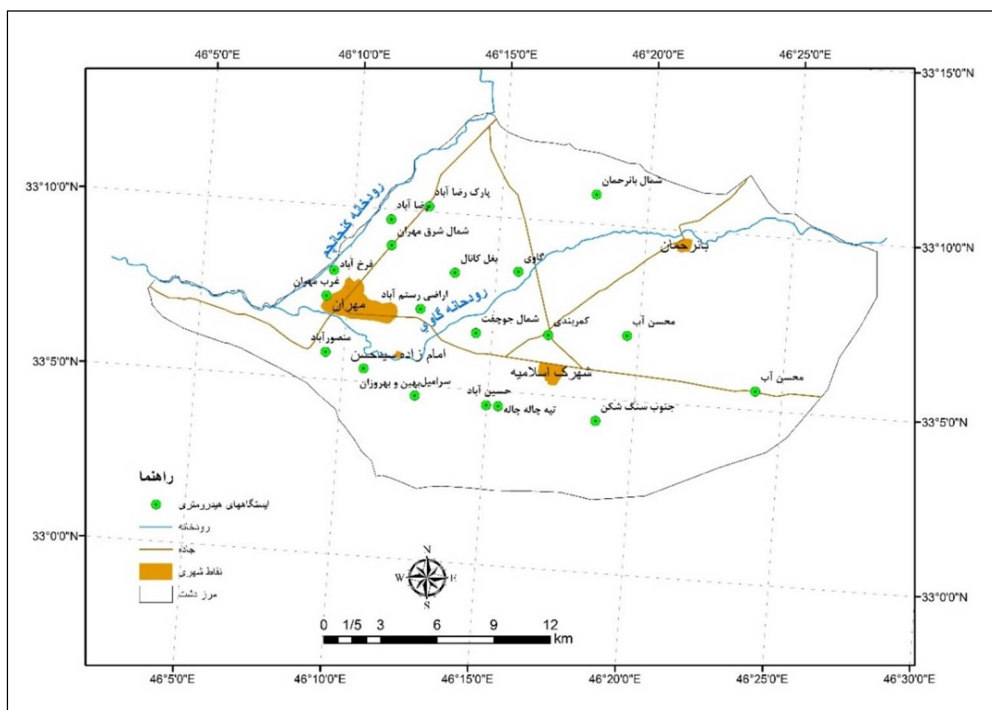
## مواد و روش ها

دشت مهران با مساحت بالغ بر 463 کیلومتر مربع با عرض های جغرافیایی  $33^{\circ}07'$  تا  $33^{\circ}8'$  شمالی و طول های جغرافیایی  $46^{\circ}12'$  تا  $46^{\circ}14'$  شرقی، در غرب استان ایلام و جنوب غرب ایران واقع شده است (شکل 1). مرز مناطق غربی این دشت کشور عراق می باشد و کلیه منابع آب سطحی و زیرزمینی این دشت در نهایت به کشور عراق تخلیه می گردد. متوسط بارندگی و دمای سالانه دشت مهران به ترتیب حدود 270 میلیمتر و 24/5 درجه سانتیگراد می باشد. مهمترین رودخانه های جاری در محدوده عبارتند از رودخانه گاوی، کنجانچم و چنگوله. چشمه های کارستی منطقه به عنوان سرچشمه رودخانه های مذکور بوده و بخش مهمی از دبی پایه آنها را تشکیل می دهد. از جمله می توان به سراب ملکشاهی به عنوان سرچشمه رودخانه گاوی، سراب میش خاص سرچشمه اصلی کنجانچم و چشمه خوشادل و چشمه پهن به عنوان تأمین کننده اصلی جریان رودخانه چنگوله اشاره کرد. چشمه کارستی چنگوله با دبی 1/2 متر مکعب در ثانیه مهمترین منبع آبی منطقه محسوب می شود. منابع آب زیر زمینی دشت مهران شامل 179 حلقه چاه با تخلیه سالانه 47/4 میلیون متر مکعب و 227 دهنه چشمه

با تخلیه 85/56 میلیون متر مکعب در سال است که بیش از 90 درصد آن به مصرف کشاورزی می رسد.



شکل 1. موقعیت جغرافیایی دشت مهران در استان ایلام (مآخذ: نگارندگان)



شکل 2. موقعیت ایستگاههای هیدرومتری دشت مهران (مآخذ: نگارندگان)

## روش تحقیق:

### گام اول: پیش پردازش داده ها (بازسازی و تدقیق)

در بررسی داده های چاه های مشاهداتی منطقه، مشخص گردید که تعدادی از ایستگاه ها آمار آنها ثبت نشده یا فاقد داده می باشند. از آنجایی که برای ادامه محاسبات تکمیل داده ها ضروری است لزوم بازسازی مشخص گردید. برای بازسازی داده های چاه های مشاهداتی چندین روش آماری وجود دارد که از این میان نرم افزارهایی نظیر SPSS، Mini Tab و Excel نیز قادر به اجرای بازسازی داده ها می باشند، در این تحقیق، از روش ضریب تشخیص یا روابط همبستگی بین داده ها در محیط نرم افزاری Excel استفاده گردید. بعد از تکمیل تمام داده های ناقص و بازسازی آنها اقدام به محاسبات شاخص خشکسالی GRI گردید.

### گام دوم: محاسبات شاخص خشکسالی GRI

شاخص GRI در سال 2008 توسط مهندسینو و همکاران به عنوان شاخصی قابل اعتماد برای مدلسازی، پیش و پیش بینی وضعیت خشکسالی برای منطقه مدیترانه پیشنهاد شد. در این شاخص وضعیت مختلف سنگ شناسی زمین تاثیر 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 سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه نیز حساس می باشد. مهمترین قابلیت این شاخص همبستگی بالای آن با متوسط رواناب در برخی از رودخانه های حوزه در پیش بینی خشکسالی های فصل تابستان می باشد. جهت محاسبه این شاخص از معادله ی زیر استفاده می شود (Mendicino et al., 2008).

$$GRI = \frac{D_{ij} - m_{im}}{\sigma} \quad \text{رابطه (1)}$$

که در آن،  $GRI$  ارزش شاخص منابع آب زیرزمینی،  $D_{ij}$  سطح آب در ماه  $i$  ام و چاه  $j$  ام و  $m_{im}$  میانگین فصلی و  $\sigma$  انحراف معیار داده های سطح آب در ماه  $i$  می باشد. شاخص  $GRI$  یک شاخص کاهش سطح سفره و یک معیار غیرمستقیم از میزان تغذیه سفره و یک منبع غیرمستقیم از خشکسالی خواهد بود. از آنجایی که سطح سفره از سطح زمین در جهت پایین اندازگیری می شود. بنابراین مقادیر مثبت نشانه خشکسالی و مقادیر منفی حاکی از عدم وقوع خشکسالی می باشد (جدول 1).

### جدول 1. جدول حدود تعیین خشکسالی و ترسالی شاخص GRI

مقادیر GRI	کلاس رطوبتی	گروه رطوبتی
2 و بالاتر	1	ترسالی بسیار شدید
1/5 تا 1/99	2	ترسالی شدید
1 تا 1/49	3	ترسالی ملایم
0/99 تا -0/99	4	نزدیک به نرمال
-1 تا -1/49	5	خشکسالی ملایم
-1/5 تا -1/99	6	خشکسالی شدید
-2 و کمتر	7	خشکسالی بسیار شدید

### گام سوم: اجرای مدل و تعیین میزان شاخص خشکسالی GRI

مراحل محاسبات به طور خلاصه به شرح ذیل است: 1- ورود داده های خام اولیه به محیط اکسل. 2- دستور کسر کمینه از مقادیر خام ورودی. 3- ایجاد میانگین متحرک تجمعی در حالات 6 گانه (1، 3، 6، 9، 12، 24 و 48 ماهه). 4- انجام محاسبات یکی به یک توزیع تجمعی احتمال برای ستون های خام



ورودی. 5- ذخیره اطلاعات توزیع تجمعی احتمال، بدست آمده از گام ماکرو. 6- تکرار مقادیر توزیع تجمعی احتمال برای تمامی ستون ها در فایل محاسبات GRI. 7- ورود داده های خام اولیه در فایل محاسبات گام به گام شاخص GRI. 8- محاسبه میانگین، LN، فاکتور U، پارامتر Shape و پارامتر Scale. 9- محاسبه لگاریتم در پایه e برای تمامی داده های خام ورودی. 10- محاسبه توزیع احتمالی GAMMA برای داده های ورودی. 11- محاسبه مقدار  $H(x)$  برای داده های ورودی. 12- تفکیک مقادیر  $H(x)$  در حد بین 0 و 0/5 مقدار. 13- تفکیک مقادیر  $H(x)$  در حد بین 0/5 و 1 مقدار. 14- محاسبه پارامتر t در روابط شاخص GRI. 15- تکرار محاسبات پارامتر t برای دسته دوم ورودی های  $H(x)$ . 16- دستور محاسباتی پارامتر Z در گام های محاسباتی شاخص GRI. 17- نتایج نهایی محاسبه شاخص GRI با ترکیب محاسبات موجود در دو جدول نهایی.

## نتایج و بحث

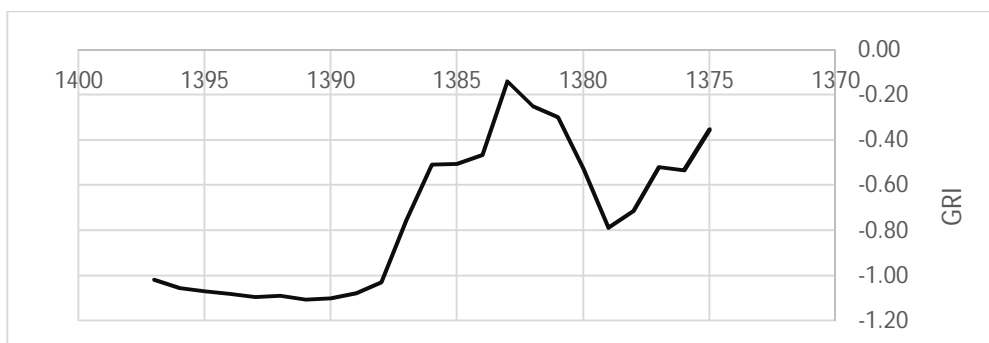
جهت ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی براساس نوسانات سفره زیرزمینی سطح متوسط آب زیرزمینی در کل دشت تعیین شد که برای این هدف از روش درون یابی معکوس فاصله استفاده گردید و مقادیر متوسط ماهانه سطح آب زیرزمینی از نقشه های حاصل استخراج گردید. بر اساس رابطه شاخص GRI در محیط برنامه اکسل دوره های خشکسالی تعیین گردید. (جدول 2).

مقدار خشکسالی دشت مهران بر اساس شاخص GRI در شکل 3 نشان داده شده است بر اساس این شکل خشکسالی دشت مهران از سال 1375 تا سال 1388 نزدیک نرمال بوده که روند این خشکسالی ابتدا شدید یعنی از سال 1375 تا سال 1379 سپس از سال 1379 تا سال 1383 خشکسالی کاهش و دوباره از سال 1383 تا سال 1388 خشکسالی شدید شده است. از سال 1388 تا 1397 وضعیت خشکسالی دشت مهران در محدوده ی خشکی ملایم بوده است.

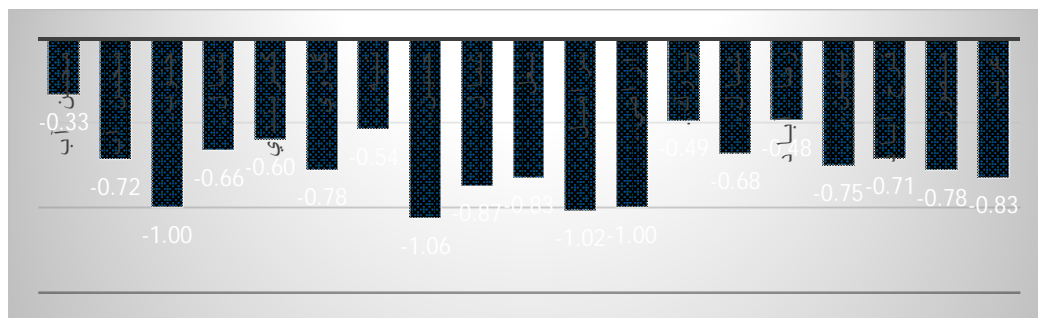
## جدول 2. وضعیت رطوبتی دشت مهران بر اساس شاخص GRI

سال	بارش سالانه (میلیمتر)	شاخص GRI	کلاس رطوبتی	گروه رطوبتی
1375	224/4	-0/35	4	نزدیک به نرمال
1376	157/7	-0/53	4	نزدیک به نرمال
1377	275/8	-0/52	4	نزدیک به نرمال
1378	180/6	-0/72	4	نزدیک به نرمال
1379	112/7	-0/79	4	نزدیک به نرمال
1380	238/5	-0/53	4	نزدیک به نرمال

1381	232/7	-0/30	4	نزدیک به نرمال
1382	178/5	-0/25	4	نزدیک به نرمال
1383	317/5	-0/14	4	نزدیک به نرمال
1384	273	-0/47	4	نزدیک به نرمال
1385	175	-0/51	4	نزدیک به نرمال
1386	230	-0/51	4	نزدیک به نرمال
1387	9/81	-0/75	4	نزدیک به نرمال
1388	221/3	-1/03	5	خشکی ملایم
1389	166	-1/08	5	خشکی ملایم
1390	144/4	-1/10	5	خشکی ملایم
1391	4/44	-1/11	5	خشکی ملایم
1392	248/8	-1/09	5	خشکی ملایم
1393	272/4	-1/10	5	خشکی ملایم
1394	155/3	-1/08	5	خشکی ملایم
1395	315/9	-1/07	5	خشکی ملایم
1396	136/3	-1/06	5	خشکی ملایم
1397		-1/02	5	خشکی ملایم

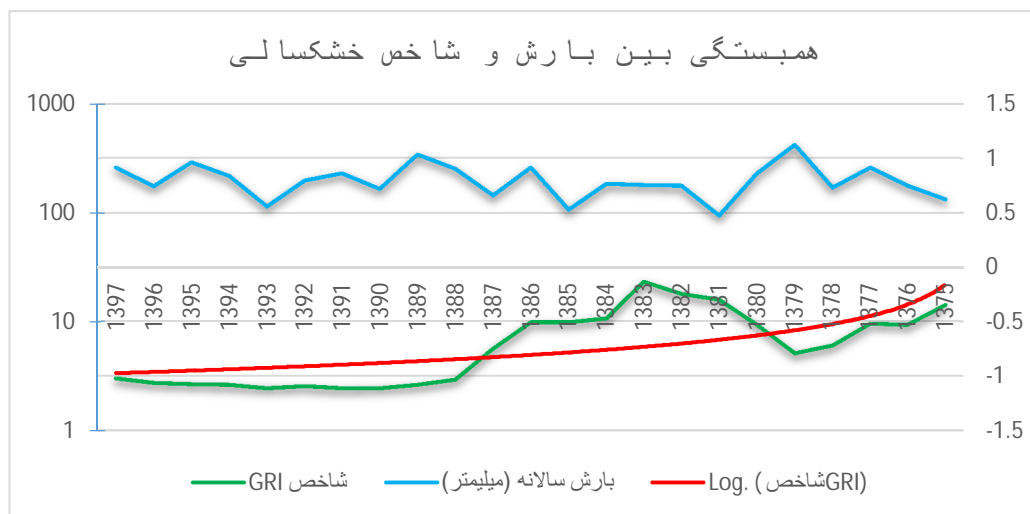


شکل 3. نمودار مقدار GRI دشت مهران از سال 1375 تا سال 1397 (مآخذ: نگارندگان)



شکل 4. نمودار مقدار GRI ایستگاه های دشت مهران از سال 1375 تا سال 1397 (مآخذ: نگارندگان)

بر اساس این روند می توان نتیجه گیری کرد که علاوه بر خشکسالی هواشناسی عوامل دیگری مثل بهره برداری غیر اصولی و مدیریت نشده از منابع آب زیرزمینی در بخش های مختلف، به خصوص در بخش کشاورزی باعث بروز خشکسالی آب زیرزمینی می شوند 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. شکل 4 مقدار خشکسالی GRI در ایستگاههای موجود در دشت مهران نشان می دهد بر اساس این شکل بیشترین مقدار خشکسالی در ایستگاههای حسین آباد، سرامل، اراضی رستم آباد و جنوب سنگ شکن در محدوده 1- تا 1/10- که در طبقه "خشکی ملایم" واقع شده اند. کمترین میزان خشکسالی هم در ایستگاههای محسن آباد، پارک رضا آباد، رضا آباد و تپه چاله چاله 0/33- تا 0/54- در طبقه خشکی "نزدیک به نرمال" قرار دارند.



شکل 5. نمودار همبستگی بین بارش و شاخص خشکسالی دشت مهران (مآخذ: نگارندگان)

شکل 5 نمودار همبستگی بین بارش و شاخص خشکسالی در دشت مهران طی دوره آماری 23 ساله را نشان می دهد که بر اساس آن بین بارش و شاخص GRI رابطه ی معکوس وجود دارد یعنی با افزایش بارش، شاخص GRI کاهش یافته و خشکسالی در وضعیت " نزدیک به نرمال " و زمانی که بارش کاهش پیدا کرده شاخص GRI افزایش یافته و خشکسالی در وضعیت " خشکی ملایم " قرار گرفته است. همچنین بر اساس برازش منحنی یا رگرسیون برای داده های شاخص GRI و بارش سالانه می توان تشخیص داد که روند تغییر داده ها محسوس بوده است و بر اساس آن می توانیم تا حدودی وضعیت داده ها را پیش بینی کنیم. مطابق شکل 5 روند شاخص GRI روندی کاهشی داشته و می توان نتیجه گرفت که خشکسالی هیدرولوژیکی دشت مهران از سال 1375 تا 1397 افزایش پیدا کرده است.

#### نتیجه گیری

خشکسالی به عنوان یکی از بلایای طبیعی دسته بندی می شود که تاثیرات عمده ای بر بخش های یک اکوسیستم می گذارد. گرچه امکان جلوگیری از وقوع آن وجود ندارد اما می توان با اقداماتی اثرات منفی آن را کم نمود. بنابراین به منظور آگاهی از وضعیت خشکسالی آب های زیرزمینی دشت مهران در استان ایلام از شاخص GRI استفاده گردید. بدین منظور آمار 23 سال از سال 1375 تا سال 1397 تعداد 19 ایستگاه هیدرومتری پس از تدقیق و بازسازی داده ها انتخاب شد. پس از ورود داده های خام اولیه در فایل محاسبات گام به گام شاخص GRI بدست آمد. نتایج تحقیق نشان می دهد که خشکسالی دشت مهران از سال 1375 تا سال 1388 "نزدیک نرمال" البته با یک نوسان شدید بوده و از سال 1388 خشکسالی وارد یک مرحله بالاتر و شدیدتر یعنی "خشکی ملایم" شده و در سال 1390 و 1391 به حداکثر شدت خشکسالی رسیده است. این روند تا پایان سال 1397 ادامه داشته است که این با نتایج تحقیق احمدی آخورمه و همکاران (1394) در آبخوان محدوده مطالعاتی مرودشت خرامه استان فارس که شدیدترین خشکسالی در پایان دوره ی آماری سال 1390 رخ داده است مشابه می باشد. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده از شاخص GRI با افزایش دوره ی زمانی بر شدت و فراوانی روند خشکسالی افزوده شده است. به طوری که در مقیاس زمانی 12 ماهه بیشترین شدت خشکسالی در سال 1390 و 1391 با مقدار 1/1- بوده است. تخلیه اصلی آبخوان دشت مهران توسط چاه و قنات و چشمه صورت می گیرد که مطابق با آخرین آمار برداری نگارنده این پژوهش در سال جاری اکثر منابع آب سطحی و رودخانه ها موجود در دشت مهران خشک شده است و همین امر باعث شده کشاورزان کمبود آب مورد نیاز خود را به واسطه چاههای غیر مجاز بدست آورند که همین امر منجر به وارد نمودن خسارت زیادی

به سفره آب زیر زمینی می شود. مهمترین عوامل کاهش تراز آب زیرزمینی شامل زیاد شدن تعداد چاه های بهره برداری که بسیاری از آنها بدون مجوز می باشند که منجر به برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی در دشت مورد مطالعه شده است. با اعمال مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی و کنترل بیشتر در حفر چاههای مجاز می توان برداشت از آبخوان مورد نظر را تعدیل بخشید و از آثار سوء برداشت بی رویه که ممکن است در آینده گریبان گیر منطقه شود، جلوگیری کرد. تغذیه مصنوعی می تواند در بهبود وضعیت ذخایر آب زیرزمینی نقش چشمگیری داشته باشد. احداث آب بندهای جدید خصوصاً در نقاط شمالی و شرقی دشت، کنترل و مهار جریانات سطحی و به کارگیری فرآیندهای آبخیزداری، توسعه و ترمیم پوشش گیاهی که این علاوه بر کنترل فرسایش امکان نفوذ آب به اعماق زیرین خاک را فراهم می سازد.

#### منابع مورد استفاده

احمدی آخوومه، مریم؛ نوحه گر، احمد؛ سلیمانی مطلق، مهدی و طایبی سمیرمی، مجید. 1394. بررسی خشکسالی آب زیرزمینی با استفاده از شاخص های SWI و GRI در آبخوان محدوده مطالعاتی مرودشت خرامه استان فارس. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، شماره 20، صص 105-118.

اکرامی، محمد؛ ملکی نژاد، حسین و اختصاصی، محمدرضا. 1390. بررسی تأثیر خشکسالی اقلیمی بر آبدی برخی از قنوات دشت یزد اردکان. همایش بین المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، یزد، مرکز بین المللی قنات و سازه های تاریخی آبی.

بختیاری عنایت، بهرام؛ آرش ملکیان و سلاجقه، علی. 1394. آنالیز همبستگی پایه زمانی و تأخیر زمانی بین خشکسالی اقلیمی و خشکسالی آبشناختی دشت هشتگرد. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران، شماره 4، صص 609-616.

خسروی دهکردی، امیر؛ میرعباسی نجف آبادی، رسول؛ صمدی بروجنی، حسین و احمدرضا قاسمی دستگردی. 1398. پایش و پیش بینی خشکسالی های آب زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از شاخص GRI و مدل زنجیره مارکف. نشریه هیدروژئولوژی، دوره 4، شماره 1، صص 111-125.

روشان، سیدحسین؛ حبیب نژاد روشن، محمود و کاکا شاهی. (1398). بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی و شاخص های خشکسالی GRI و SWI در دشت ساری. نشریه فضای جغرافیایی، دوره 19، شماره 67، صص 131-146.

طالبی، علی؛ ایمانی، مهناز و محمدتقی دستورانی. 1390. بررسی اثر خشکسالی بر کاهش سطح آبهای زیرزمینی و آبدی قنوات در دشت بهاباد یزد. همایش بین المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، یزد، مرکز بین المللی قنات و سازه های تاریخی آبی.

عظیمی، سعید؛ اژدری مقدم، مهدی و سیدآرمان هاشمی منفرد. 1396. ارزیابی پراکنش مکانی و ارتباط وقوع خشکسالی با کاهش کیفیت آب های زیرزمینی برپایه شاخص های GRI در محیط (GIS) مطالعه موردی: 609 دشت ایران. نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، دوره 8، شماره 30، صص 73-89.

محمدی، صدیقه؛ ناصری، فرزین و حمید نظری پور. 1397. بررسی تغییرات زمانی و اثر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از شاخص های بارش استاندارد (SPI) و منابع آب زیرزمینی (GRI). نشریه اکوهیدرولوژی، دوره 5، شماره 1، صص 11-22.

مقصود، فاطمه؛ یزدانی، محمدرضا؛ رحیمی، محمد؛ ملکیان، آرش و علی اصغر ذوالفقاری. 1395. 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 10، شماره 33، صص 47-57.

مصباح زاده، طیبه و فرشاد سلیمانی ساردو. 1397. بررسی روند زمانی خشکسالی هیدرولوژیک و هواشناسی در حوزه آبخیز کرخه. نشریه علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال 12، شماره 40، صص 115-105.

مرتضایی فریزهندی، قاسم و مریم میراکبری. 1397. پایش خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص های SDI و GRI در حوزه آبخیز رودخانه اعظم هرات استان یزد. مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، دوره 71، شماره 3، صص 775-785.

مرتضایی فریزهندی، قاسم؛ لطفی مغانجوقی، جعفر؛ خلیقی سیگارودی، شهرام؛ محسنی، ساروی محسن و علی اکبر نظری سامانی. 1399. تحلیل و بررسی شاخص های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد 12، شماره 2، صص 442-453.

میراکبری، مریم؛ مرتضایی فریزهندی، قاسم و محسن محسنی ساروی. 1397. بررسی تاثیر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط شاخص های SDI، SPEI، SPI و GRI. نشریه علمی - پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال دوازدهم، شماره 42، صص 70-81.

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

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

Van Lanen, H.A.J. and E. Peters. 2000. Definition, effects and assessment of groundwater droughts. In J. S. Vogt, Drought and Drought Mitigation in Europe. Dordrecht: Kluwer, 5:49-61

Silva, V.P.R. 2003. On climate variability in north-east Brazil. Journal of Arid Environment, 54: 256-367.

Nico, W., A.J. Van Lanen and A.F. Loon. 2010. Indicators for drought characterization on a global scale. Wageningen, Netherlands, Water and Global Change, 24: 80-93.

Peters, E., P.J.J.F. Torfs, H.A.J. Van Lanen and G. Bier. 2003. Propagation of drought through groundwater, a new approach using linear reservoir theory. Journal name, 17: 3023-3040.

## **Hydrological Drought Analysis of Groundwater in Mehran Plain Using GRI Index**

### **Abstract**

Groundwater drought occurs when the groundwater of an area is affected by prolonged drought. In this type of drought, first the feeding, then the water level and finally the discharge of groundwater systems due to drought are reduced. Therefore, in order to know the drought status of groundwater in Mehran plain in Ilam province, GRI index was used. For this purpose, statistics of 23 years from 1996 to 1397, 19 hydrometric stations were selected after verifying and reconstructing the data. After entering the primary raw data in the step-by-step calculation file of the GRI index, calculate the mean, LN, U factor, Shape parameter and Scale parameter, logarithm in base e and possible GAMMA distribution for the input data and calculate the value of  $H(x)$  And its separation in the range between 0,5-0 and 1,5-1 and the calculation of the parameter  $t$  and  $Z$  and at the end of extracting the final results of the calculation of the GRI index by combining the calculations in the two final tables. The results show that the drought in Mehran plain from 1375 to 1388 is close to normal, but with a sharp fluctuation and from 1388 to 1397 has suffered mild drought.

**Keywords:** Drought, Alluvial aquifer, GRI index, Mehran plain, Ilam.

