

مقدمه

آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع آبی در ایران بوده و بخش مهمی از آب مورد نیاز کشاورزی و مصارف شهری از آن تأمین می‌شود [۱]. برای مدیریت بهینه آب‌های زیرزمینی ضرورت دارد که اطلاعات کافی از مجموعه ویژگی‌های کمی و کیفی آبخوان مورد مطالعه جمع‌آوری شود [۱۵]. امروزه کمبود منابع آب با کیفیت مناسب در بخش کشاورزی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک [۲۰]، از موضوعات اساسی مورد بحث است. از طرفی فراسنج‌های کیفی آب آبیاری تأثیر زیادی بر بسیاری از ویژگی‌های خاک می‌گذارد [۲۱، ۱۸] بنابراین، آگاهی از تغییرپذیری مکانی فراسنج‌های کیفی آب آبیاری مهم در جهت شناخت و مدیریت بهتر منابع آب و اراضی می‌باشد [۴].

علم زمین آمار، به کاربرد تمامی روش‌های آماری که در علوم زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند، از جمله آمار کلاسیک و آمار فضایی، اطلاق می‌شود که در بررسی مسایل علوم آب و خاک، در تحقیقات زیادی به‌کاررفته است [۶، ۲۲]. مطالعات محققین نشان می‌دهد، استفاده از روش‌های پهنه‌بندی خصوصیات هیدروشیمیایی [۲] و کیفیت آب [۱۳] و مشخص نمودن مناطق تخلیه و تغذیه آب‌های زیرزمینی در مدیریت طرح‌های بهره‌برداری از منابع آب کمک شایانی می‌نماید [۹]. مدیریت و تحلیل منابع آب زیرزمینی در سال‌های اخیر با استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی سرعت رو به رشد داشته است [۸].

گزارشات بسیاری از محققین دال بر افت آب‌های زیرزمینی در بسیاری از دشت‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است [۲۰]. من جمله دشت میناب در استان هرمزگان با ۲۰ متر فرونشست، دشت داراب، ۱۲،۶ متر؛ دشت مشهد، ۱۲،۱ متر؛ دشت شاهرود، ۱۴ متر؛ دشت کاشان؛ ۱۰ متر، دشت اراک، ۱۰ متر؛ دشت نیشابور؛ ۶ متر [۱، ۱۹، ۳، ۲۰، ۲]. در زمینه تحلیل و بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در ایران مطالعات متعددی انجام شده که در ادامه به برخی اشاره می‌شود.

ایمانی و طالبی [۱۱] و چزگی و همکاران [۵] به بررسی آثار خشکسالی بر تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی با استفاده از SPI و GRI در بهاباد یزد و منطقه طرق پرداختند. نتایج حاکی از وجود رابطه‌ی معنی‌داری در مقیاس زمانی دراز مدت بین خشکسالی هواشناسی و هیدروژئولوژیکی دشت می‌باشد. جمشیدزاده و میرباقری [۱۲] در ارزیابی کمی و کیفیت آب زیرزمینی کاشان،

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی طی سه دهه اخیر در دشت میناب

مسلم مهنی^۱ و ام‌البنین بذرافشان^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۲

چکیده

منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب مورد نیاز برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت، از اهمیت زیادی برخوردار است. پژوهش فوق در دشت میناب واقع در استان هرمزگان با هدف بررسی روند تغییرات کمیت و کیفیت آب زیرزمینی صورت پذیرفت. به‌منظور بررسی تغییرات کمیت آب زیرزمینی از شاخص GRI طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ و به‌منظور شناخت وضعیت کیفی آب از شاخص‌های هدایت الکتریکی (EC)، PH، نسبت جذب سدیم (SAR) و سختی کل آب (T.H) چاه‌های مشاهده‌ای دشت میناب در دوره آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ استفاده گردید. برای پهنه‌بندی ویژگی‌های کمی و کیفی آب، از روش IDW در نرم‌افزار ArcGIS و برای بررسی روند و تغییرات نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی از آزمون تحلیل روند من-کندال استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد، تمامی پیژومترهای مورد بررسی در مقیاس فصلی و سالانه دارای روند کاهشی بوده به‌طوری‌که بیش‌ترین آماره روند من کندال در شمال دشت مشاهده گردید. بررسی نقشه‌های هم مقدار پارامترهای کیفی با استفاده از روش IDW، نشان داد، ۶۳ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه دارای وضعیت مناسب از نظر کیفی می‌باشند و تنها مساحت ۳۷ درصد در بخش مرکزی دارای وضعیت نامناسب است.

واژه‌های کلیدی: کمیت و کیفیت آب زیرزمینی، آزمون تحلیل روند، دشت میناب، پهنه‌بندی.

۱. کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین، دانشگاه هرمزگان.
۲. استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، نویسنده مسئول.
Email: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

تغییرات آن از گذشته تا حال است.

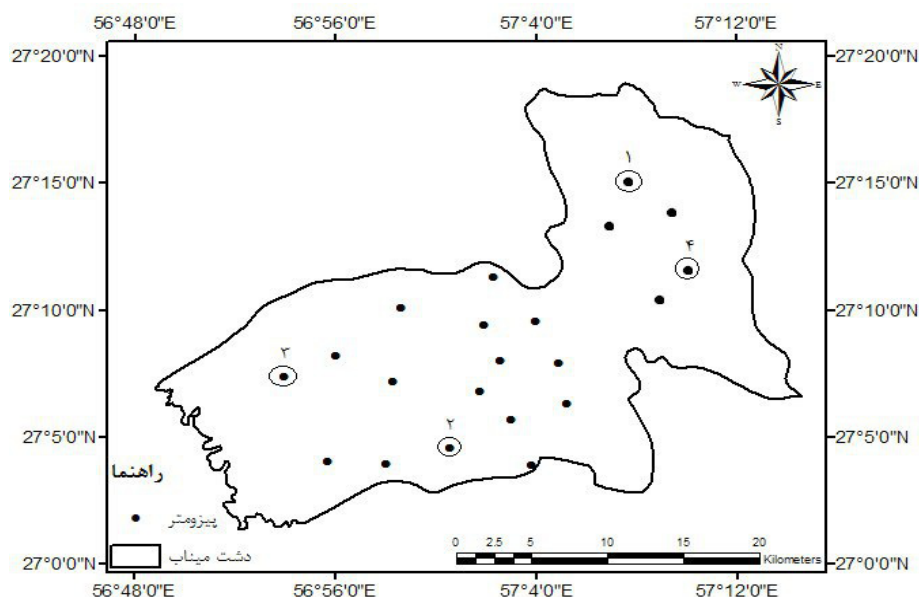
منطقه مورد مطالعه

دشت میناب با وسعت ۸۵۶/۹۵ کیلومترمربع در فاصله ۷۰ کیلومتری از شرق مرکز استان واقع گردیده است. این دشت بین طول‌های ۵۶ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۵۷ درجه و هشت دقیقه شرقی و عرض‌های ۲۶ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی قرار گرفته است [۱۷]. حداقل ارتفاع دشت برابر صفر در نزدیکی ساحل خلیج فارس و حداکثر آن ۹۰ متر در نزدیکی روستای گوربند و با متوسط وزنی ارتفاع برابر ۱۸/۵ متر که به‌طور کلی ارتفاع دشت از شرق به طرف غرب و جنوب غرب کاهش می‌یابد، حداقل و حداکثر عمق سفر ۳/۴۸ و ۴۸ متر است [۷]. تیپ آب کلروسدیمی بوده و از نظر تقسیم‌بندی شولر در ۵۰٪ نمونه‌ها دارای کیفیت نامناسب برای کشاورزی است [۵].

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، برای بررسی روند و آثار تغییرات پارامترهای کیفی آب شامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از اطلاعات مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای دشت میناب در دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. در این پژوهش، برای بررسی روند و تغییرات نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی از شاخص GRI و پارامترهای کیفی معیار آب شامل شوری (EC)، pH، نسبت جذب سدیم (SAR) و سختی کل آب (TH) از آزمون ناپارامتریک من-کندال در نرم‌افزار متلب و اکسل استفاده شده و تغییرات زمانی مربوط به سطح سفره آب زیرزمینی پارامترهای کیفی در دوره آماری مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته شد.

متوسط نرخ کاهش سطح آب در سال را ۰/۴۶۹ متر می‌باشد و نشان داد که در اکثر نمونه‌ها آب قابل شرب نیست. صیف و همکاران [۲۳] با استفاده از شاخص GRI در بررسی خشکسالی آبخوان فسا روند کاهش آب زیرزمینی را تأیید نمودند. محققین در پژوهشی شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) را برای مناطق کالابریا با اقلیم مدیترانه‌ای برای دوره ۴۵ ساله بکار برده و با SPI منطقه مقایسه نموده و به این نتیجه رسیدند که همبستگی GRI با SPI در مقیاس زمانی طولانی‌تر مناسب‌تر است [۱۸]. هولز [۱۰] به بررسی تغییرات فصلی در کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که میزان غلظت برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه قبل از شروع بارش‌ها در فصل زمستان از ۱۰۰۰-۲۰ برابر افزایش یافته و غلظت یون آمونیوم بیش از حد مجاز برای آشامیدن بود. دمیر و همکاران [۷] تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه را بررسی کردند. نتایج حاکی از این بود که قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیش‌ترین خطر برای شوری می‌باشد. ارسلان [۴] به پهنه‌بندی شوری آب در ترکیه پرداختند. نتایج نشان‌دهنده مناسب بودن روش IDW است. مرور تحقیقات فوق نشان می‌دهد، در حال حاضر بسیاری از نقاط در ایران و دنیا در معرض تهدید کاهش کمیت و کیفیت آب زیرزمینی هستند. امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی در تکنیک‌ها و اطلاعات موجود در زمینه پایش‌های کمی و کیفی منابع آب در قالب نقشه پهنه بندی شده ارائه می‌گردد. بررسی این نقشه‌ها می‌تواند مدل تغییرات و نوسانات کمی و کیفی زمانی و مکانی منابع آب را مشخص نموده و روند تغییرات آتی را نشان دهد. بر این اساس، هدف از تحقیق فوق پهنه‌بندی کمی و کیفی آب در دشت میناب و تحلیل روند



شکل ۱- موقعیت پیزومترهای منطقه مورد مطالعه (نقاط ۱ تا ۴ به ترتیب پیزومتر شمالی، جنوبی، غربی و شرقی)

آزمون تعیین روند من-کندال

این آزمون ابتدا توسط من [۱۶] ارائه و سپس توسط کندال [۱۴] توسعه یافت و کاربرد آن توسط سازمان جهانی هواشناسی (۱۹۶۶) توصیه شده است. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از آن است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

۱. محاسبه اختلاف بین تک‌تک مقادیر مشاهده‌ای با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S بصورت رابطه زیر است.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که n تعداد مشاهده‌های سری، و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j و k ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز بصورت رابطه زیر است.

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

۲. محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر می‌باشد.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} : n > 10 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} : n \leq 10 \quad (4)$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد t . نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد.

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (6)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

روش IDW

فرمول کلی روش IDW مانند سایر تخمین‌گرهای زمین‌آمار به صورت زیر معرفی می‌شود [۲۴].

$$\lambda_i = \frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)^p}{\sum \left(\frac{1}{d_k}\right)^p} \quad (7)$$

که در آن: λ_i وزن اختصاص داده شده به متغیر، d_i فاصله اقلیدسی نقاط x و y و P مقدار توان هر وزن.

شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI)

شاخص GRI در سال ۲۰۰۸ میلادی توسط مهندسین و سناتوره^۱ [۱۸] در کالابریای ایتالیا ایجاد و مورد آزمایش قرار گرفت. شاخص GRI از رابطه (۳) محاسبه می‌شود و جدول ۱ تغییرات این شاخص و چگونگی طبقه‌بندی خشکسالی براساس آن نشان داده شده است.

$$GRI_{y,m} = \frac{D_{ym} - \mu_{Dm}}{\delta_{Dm}} \quad (8)$$

$GRI_{y,m}$: ارزش شاخص در ماه m از سال y ؛ D_{ym} : ارزش سطح ایستابی در ماه m از سال y ؛ μ_{Dm} و δ_{Dm} : به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های سطح ایستابی ماه m برای D سال.

آنالیز خوشه‌ای جهت انتخاب پیرومترهای معرف دشت

اصطلاح تحلیل خوشه‌ای اولین بار توسط تراون [۲۶] برای روش‌های گروه‌بندی اشیائی که شبیه بودند، مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای ابزار میان‌بر تحلیل داده‌ها است که هدف آن نظم دادن به اشیاء مختلف به گروه‌هایی که درجه ارتباط بین دو شیء اگر آنها به یک گروه تعلق داشته باشند حداکثر و در غیر این صورت حداقل است. به عبارت دیگر تحلیل خوشه‌ای ساختار داده‌ها را بدون توضیح اینکه چه وجود دارد را نشان می‌دهد. هدف از خوشه‌بندی داده‌ها آن است که مشاهدات را به گروه‌های متجانس تقسیم کند، به طوری که مشاهدات هر گروه بیشترین شباهت و مشاهدات گروه‌های مختلف کمترین شباهت را با هم داشته باشند.

نتایج

به دلیل زیاد بود تعداد پیرومترها در سطح دشت میناب و عدم امکان استفاده از همه آن‌ها جهت آنالیز، از تکنیک‌های کم کردن داده استفاده گردید. لذا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، تعداد ایستگاه‌های با بالاترین درصد تشابه کیفیت و کمیت آب زیرزمینی حذف و ایستگاه‌های با کمترین تشابه انتخاب گردید (شکل ۲). بر این اساس، ایستگاه‌های پیرومتر شماره ۱ از شاخه اول، پیرومتر ۳۸ از شاخه دوم و ۱۶ و ۲۷ از شاخه سوم و چهارم انتخاب گردید که به ترتیب برای نشان دادن تغییرات شمال، جنوب، شرق و غرب استفاده گردید.

1. Groundwater Resources Index
2. Senatore

نوسانات کمیت آب زیرزمینی طی دوره مورد بررسی

در بررسی نوسانات کمیت آب‌های زیر زمینی طی دوره مورد مطالعه ابتدا به بررسی در فصل‌های جداگانه و سپس سالانه اقدام شد. نتایج بررسی نمودارهای مربوط به نوسانات کمیت آب زیرزمینی در چهار جهت شرق، جنوب، غرب و شمال در فصل‌های مختلف و همچنین سالانه نشان می‌دهد که نوسانات آب زیرزمینی در تمام دشت روند فصلی نداشته و در تمام فصل‌ها دارای یک روند می‌باشند و این روند به صورت صعودی است اما میزان این تغییرات در قسمت‌های مختلف دشت متفاوت است به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد نوسانات را به‌ترتیب در جنوب، غرب و سپس در شمال و شرق دشت مشاهده می‌شود که در این میان بیش‌ترین میزان نوسانات به‌ترتیب مربوط به جنوب (۱۲ متر)، شرق (۹ متر)، شمال (۵ متر) و سپس غرب (۲ متر) منطقه مورد مطالعه می‌باشد. میزان نوسانات مربوط به داده‌های سالانه نیز مشابه به نوسانات داده‌های

فصلی بوده است.

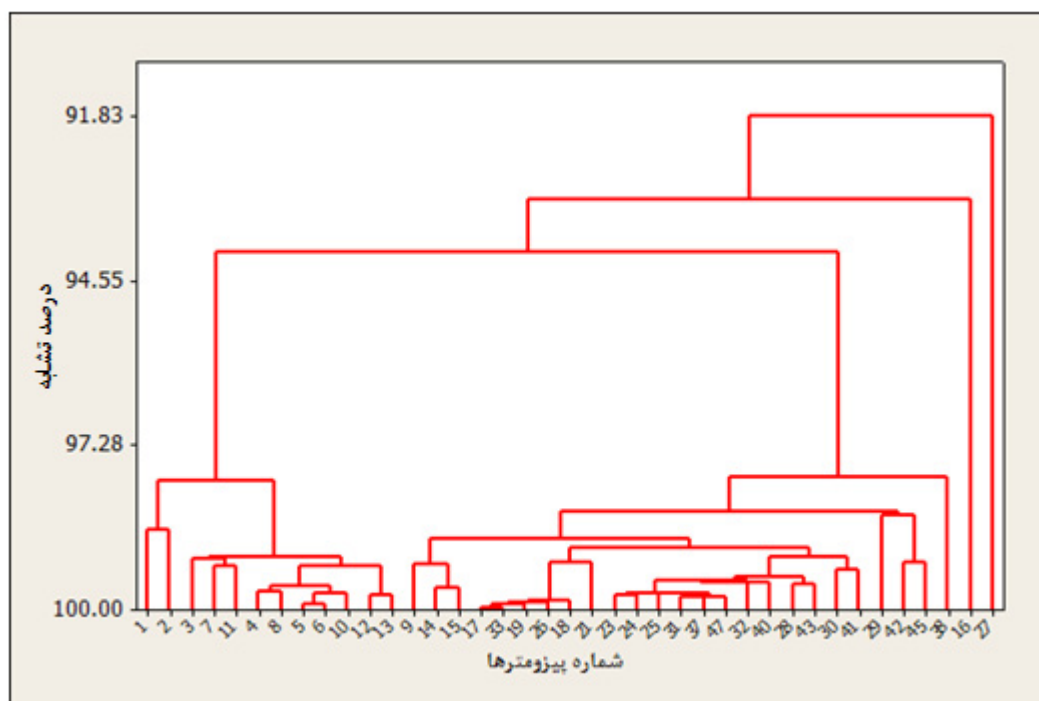
بررسی دوره‌های تر و خشک با استفاده از شاخص GRI

در این تحقیق جهت بررسی دوره‌های خشکسالی و ترسالی از شاخص GRI استفاده شده است که نتایج بدست آمده در زیر آورده شده است (شکل ۴).

نتایج بررسی دوره‌های تر و خشک نشان می‌دهد که در جنوب، غرب و شمال یک دوره خشک و یک دوره تر وجود داشته است اما در شرق دشت دو دوره تر و یک دوره خشک مشاهده می‌شود که تعداد سال‌های این دوره‌های تر و خشک در قسمت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. با توجه به نمودارهای مربوط به شاخص GRI بیش‌ترین سال‌های خشک در قسمت جنوبی و شرقی دشت مشاهده می‌شود که از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ در دوره خشکسالی بوده است اما در قسمت غربی و شمالی دشت، خشکسالی با تاخیر رخ داده

جدول ۱- طبقه بندی شاخص GRI [۱۸]

مقادیر GRI	وضعیت	طبقات
۲ و بیشتر	ترسالی بسیار شدید	۱
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید	۲
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط	۳
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک به نرمال	۴
-۱/۴۹ تا -۱	خشکسالی متوسط	۵
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید	۶
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید	۷

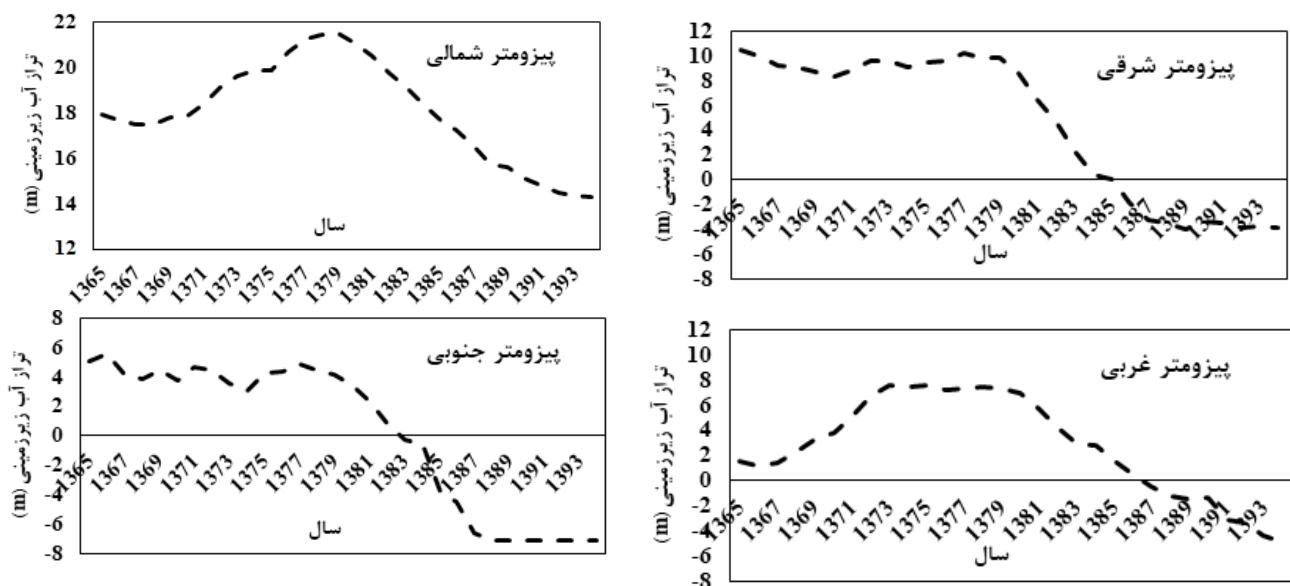


شکل ۲- تحلیل خوشه‌ای جهت انتخاب مناسب‌ترین پیزومترها در سطح دشت میناب

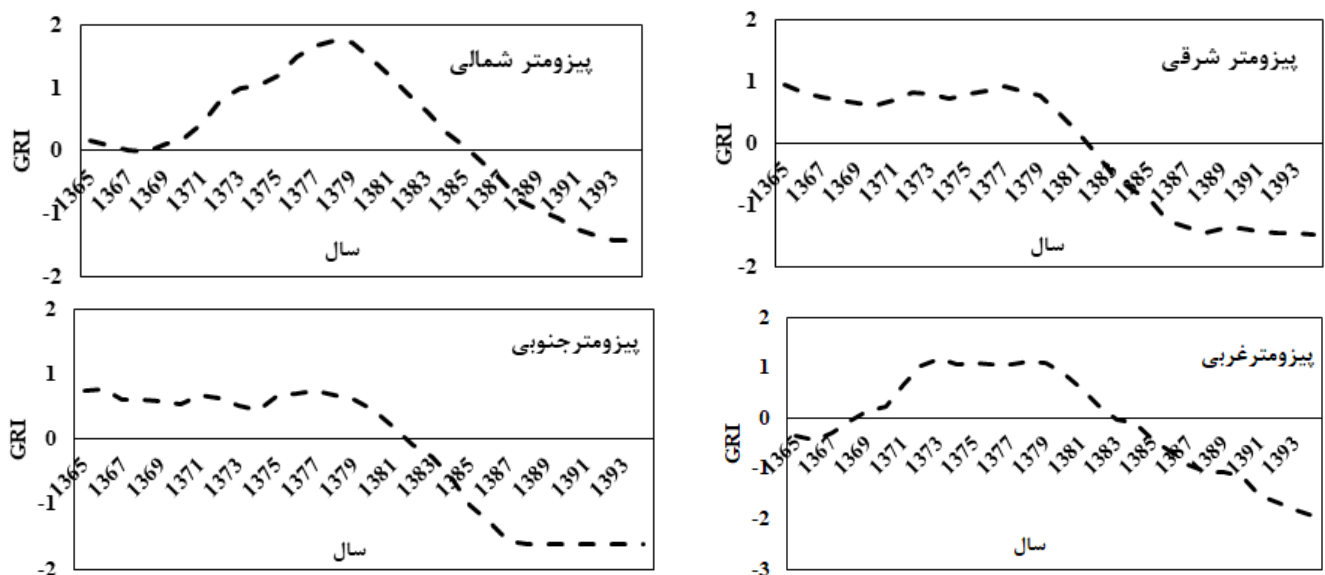
و عموم ایستگاه‌ها، از سال ۱۳۸۵ کاهش روند آب‌های زیرزمینی مشهود است. عموماً در تمام دشت در سال‌های قبل از ۱۳۸۰، روند ثابت و گاهی افزایشی در تراز آب زیرزمینی مشاهده می‌شود.

نتایج تحلیل روند مقادیر کمیت آب زیرزمینی

مقادیر آماره آزمون من-کندال برای سری زمانی کمیت آب‌های زیرزمینی به صورت فصلی و سالانه برای پیژومترهای نمونه در قسمت‌های مختلف دشت که بیشترین تغییرات را در میزان کمیت آب‌های زیرزمینی در طول دوره آماری مورد مطالعه داشته‌اند،

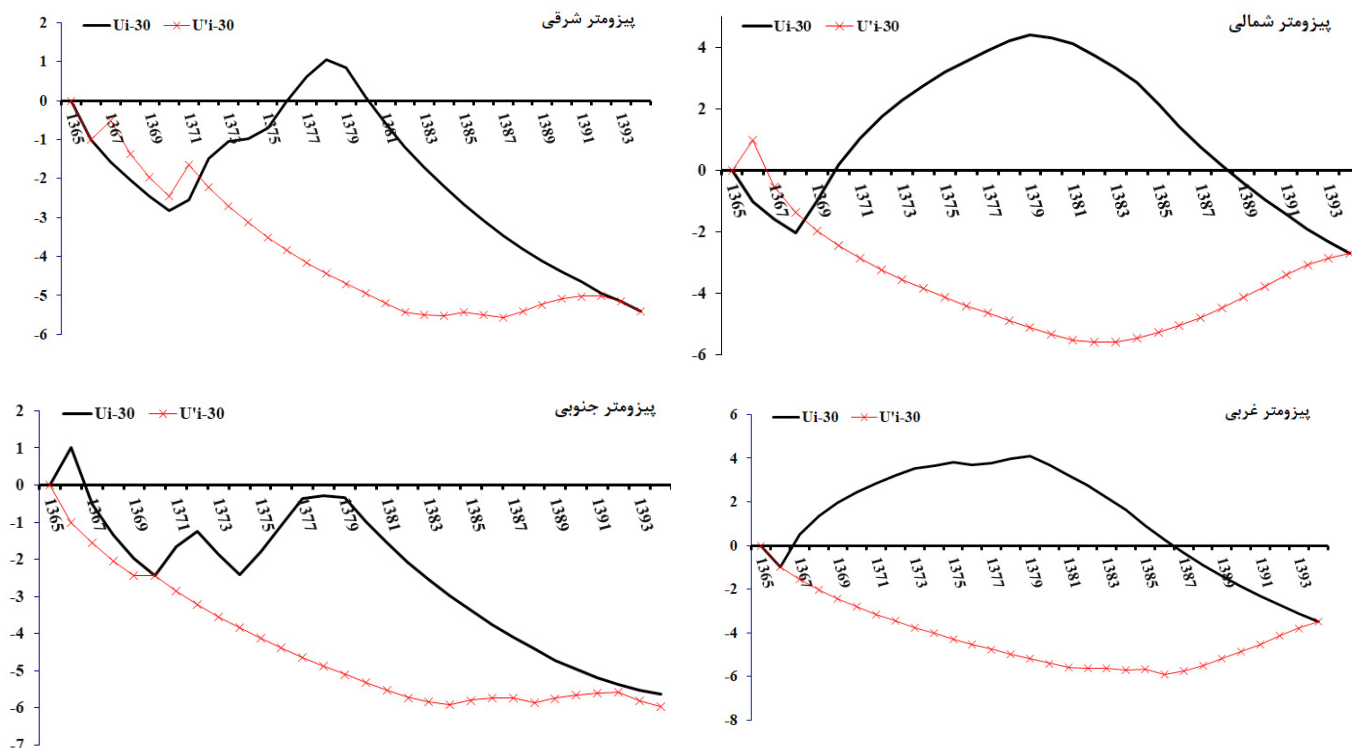


شکل ۳- نوسانات کمیت آب زیرزمینی در مناطق مختلف دشت میناب در فصل بهار



شکل ۴- نوسانات خشکسالی آب زیرزمینی در مناطق مختلف دشت میناب در مقیاس سالانه

محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که در تمام قسمت‌های دشت روند معنی‌داری کاهشی برای سری زمانی کمیت آب‌های زیرزمینی وجود دارد. در این بین بیشترین روند معنی‌داری در قسمت جنوبی دشت و برای دوره فصلی زمستان مشاهده می‌شود. قسمت شرقی دشت با داشتن بیشترین روند معنی‌داری در دوره سالانه، رتبه دوم را در بیشترین روند معنی‌داری در بین قسمت‌های مختلف دشت میناب را دارا می‌باشد و پس از آن قسمت‌های شمالی و غربی به ترتیب دارای کمترین میزان روند معنی‌داری می‌باشند.



شکل ۵- نمودار روند تغییر مقادیر کمیت آب سالانه با استفاده از روش من - کندال

شرقی دارای کیفیت مناسبی و در قسمت‌های شمالی و جنوبی به دلیل بالا بودن میزان سختی از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر آب از نظر سختی دارای کیفیت مناسبی نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

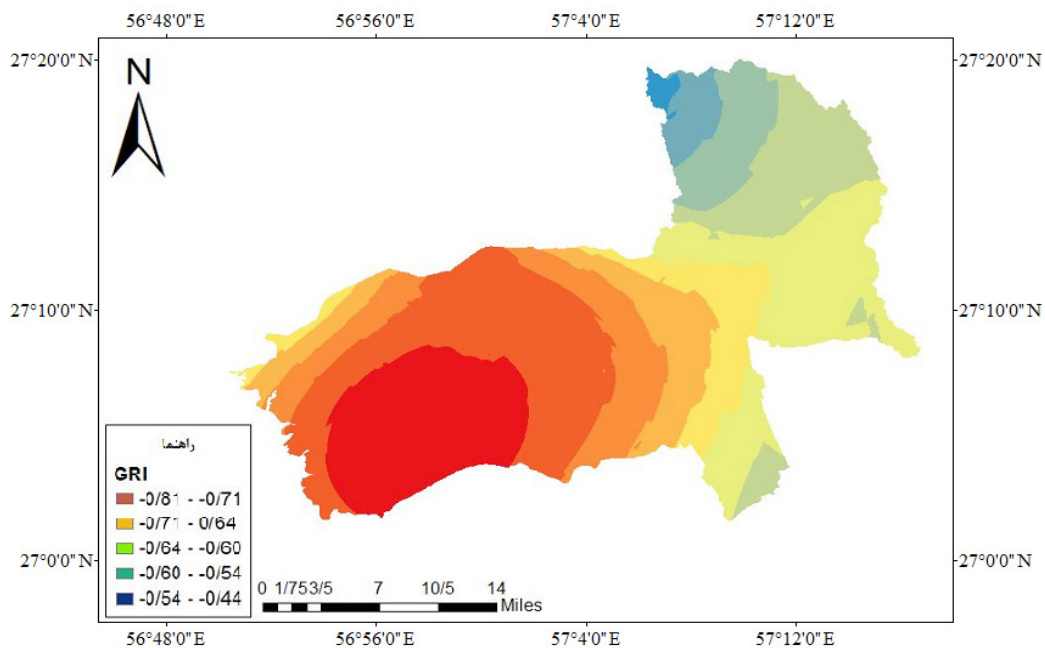
تحقیق فوق با هدف تحلیل روند تغییرات کمیت آب زیرزمینی دشت میناب و پهنه‌بندی کیفیت آن صورت پذیرفته است. با توجه به نتایج مربوط به شاخص GRI که خشکسالی را در دوره آماری مورد مطالعه در دشت میناب نشان می‌دهد، تمامی دشت به جز بخش شرقی، دارای یک دوره خشک و یک دوره تر بوده است. بدین شکل که بزرگترین تداوم خشکسالی در قسمت شرقی و جنوبی (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴) و سپس به ترتیب قسمت‌های غربی و شمالی (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴) دشت اتفاق افتاده است. بنظر می‌رسد، بخش غربی و شمالی نسبت به سایر بخش‌های دشت، کمتر مورد تهدیدات بشری و استخراج بیش از حد آب زیرزمینی قرار گرفته است.

بررسی روند تغییرات نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی دشت میناب، از آزمون تحلیل روند من-کندال در دو دوره فصلی و سالانه استفاده شده است. نتایج حاصل از این آزمون بیانگر روند معنی‌داری برای سری زمانی کمیت آب‌های زیرزمینی در تمام قسمت‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد. قسمت‌های جنوبی و شرقی دارای بیشترین روند معنی‌داری نزولی و قسمت‌های شمالی و غربی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بخش‌های جنوبی و شرقی دشت پرتراکم‌ترین نقطه چاه‌های برداشت است که اقدام به کف‌کنی کرده

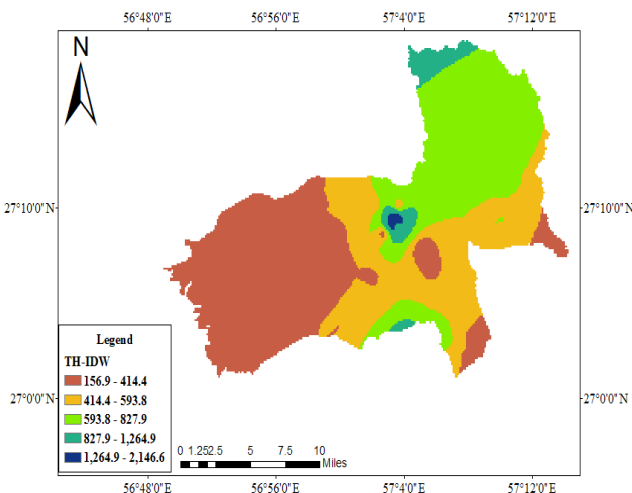
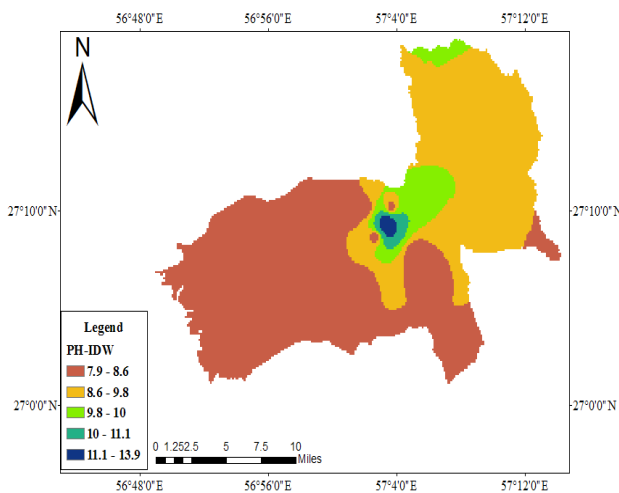
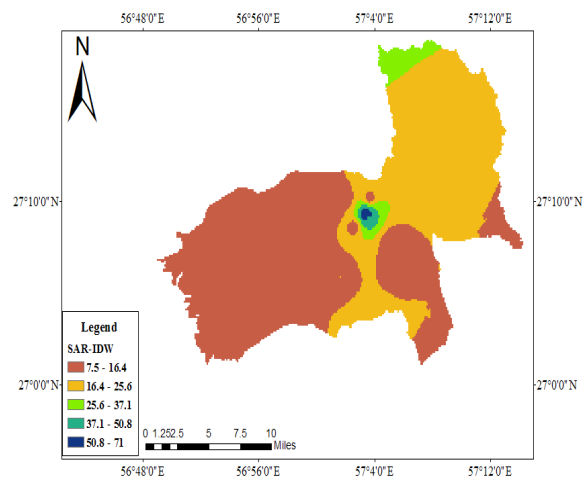
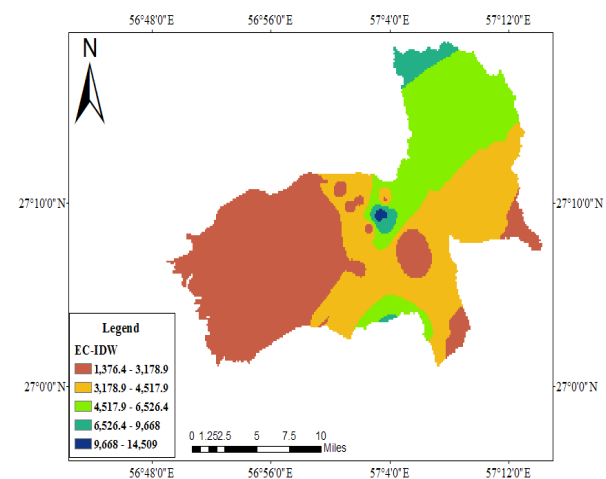
تهیه نقشه‌های هم مقدار شاخص خشکسالی آب‌های زیرزمینی نقشه‌های هم مقدار مربوط به شاخص خشک سالی آب‌های زیرزمینی به دست آمده از روش IDW به قرار زیر است. با توجه به نقشه‌های هم مقدار GRI مشاهده می‌شود که بیشترین میزان خشکسالی در سال نمونه (۱۳۸۰) در قسمت‌های غرب و جنوب غرب مشاهدت می‌شود و هر چقدر از غرب به طرف شرق و از جنوب به شمال پیش می‌رویم شدت خشکسالی کمتر می‌شود طوری که کمترین شدت خشکسالی در قسمت‌های شمال شرقی دشت مشاهده می‌شود. تغییرات فوق در شکل ۶ مشهود است.

تهیه نقشه‌های هم مقدار شاخص خشکسالی آب‌های زیرزمینی

شکل ۷ متوسط تغییرات مقادیر کیفی آب زیرزمینی طی با توجه به نقشه‌های هم مقدار شوری یا EC آب زیرزمینی مشاهده می‌شود که میزان شوری در قسمت غرب دشت و همچنین قسمتی از شرق و جنوب شرقی دشت کمترین مقدار را دارا می‌باشد که از نظر شوری آب دارای کیفیت مناسبی می‌باشند. اما در قسمت شمال و جنوب دشت میزان شوری یا EC بالا بوده و دارای کیفیت نامناسبی از نظر شوری می‌باشند. میزان SAR در قسمت‌های مختلف دشت میناب مشابه الگوی پراکندگی pH می‌باشد. به صورتی که مانند pH در بیشتر قسمت‌های دشت به جز قسمتی محدودی در مرکز دشت و قسمت شمالی دشت که دارای میزان SAR زیادی می‌باشند. با توجه به نقشه هم مقدار سختی کل آب یا TH مشاهده می‌شود که همانند شوری، قسمت غربی دشت و همچنین قسمت‌های از شرق و جنوب



شکل ۶- نقشه تغییرات GRI دشت میناب در سال ۱۳۸۰



شکل ۷- متوسط تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت میناب طی دوره ۳۰ ساله

Assessment. 129:277-294.

2. Ajdary, K. and Kazemi, G.A. 2014. Quantifying changes in groundwater level and chemistry in Shahrood, northeastern Iran. *Hydrogeology Journal*. 22: 469-480.

3. Akbari, M., M.R. Jarge and S.H. Madani, 2009. Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS)(Case study: Mashhad Plain Aquifer). *Journal of Water Soil Conservation*. 16: 63-78.

4. Arsalan, H. 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*. 113: 57-63

5. Chezgi, J., Soheili, A., and Hayatzadeh, M. 2013. A study of drought on ground water using SPI and GRI in the Torogh. The 9th Iran Watershed Management and Science Conference, 30-31 October, 2013, Yazd, Iran.

6. Costa, A.C., Durao, R., Soares, A., and Pereira, M. J. 2008. A geostatistical exploratory analysis of precipitation extremes in southern Portugal. *REVSTAT-Statistical Journal*. 6(1), 21-32.

7. Demir, Y., Erşahin, S., Güler, M., Cemek, B., Günal, H., and Arslan, H. 2009. Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluents in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 158(1), 279-294.

8. Fernández, C. J., and Bravo, J. I. 2007. Evaluation of diverse geometric and geostatistical estimation methods applied to annual precipitation in Asturias (NW Spain). *Natural Resources Research*. 16(3), 209-218.

9. Forootan, E., Et al. 2014. Separation of large scale water storage patterns over Iran using GRACE, altimetry and hydrological data. *Remote Sensing Environmental*. 140:580-595.

10. Holz, G. K. 2009. Seasonal variation in groundwater levels and quality under intensively drained and grazed pastures in the Montagu catchment, NW Tasmania. *Agricultural Water Management*. 96(2), 255-266.

و حجم زیادی از آب مصرفی بندرعباس از این بخش تامین می شود. با بررسی دوره های آماری فصلی و سالانه مشاهده می شود که روند تغییرات نوسانات سطح آب های زیرزمینی با توجه به قسمت های مختلف متفاوت است به صورتی که در قسمت شمالی بیشترین روند معنی داری در فصل پائیز، در قسمت غربی در دوره سالانه و در دو قسمت جنوب و شرق این روند در فصل زمستان قابل مشاهده تر و بیشتر است.

نتایج نشان می دهد، روند کمیت آب های زیرزمینی در کل دشت دارای روند افزایشی تا سال ۱۳۸۱ و روند کاهش از سال ۱۳۸۲ تا حال حاضر بوده است که آماره من کندال نیز تأیید کننده این مطلب است.

پهنه بندی شاخص خشکسالی آب زیرزمینی (GRI) در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش IDW در نرم افزار ArcGIS انجام شده و نقشه مربوط به آن رسم شده است. با مشاهده نقشه مربوط به میان یابی شاخص خشکسالی آب زیرزمینی نتیجه می شود که قسمت های غرب و جنوب دارای بیشترین میزان شدت خشکسالی بوده اند و در قسمت های شمال و شرق شدت خشکسالی به مراتب کمتر شده به صورتی که کمترین شدت خشکسالی را در قسمت شمال شرقی می توان مشاهده کرد.

به منظور بررسی کیفیت آب های زیرزمینی دشت میناب، چهار پارامتر EC، PH، SAR و T.H با استفاده از روش IDW در نرم افزار ArcGIS میان یابی شده و نقشه های میان یابی شده مربوط به هر پارامتر رسم شده اند. با بررسی نقشه های هم مقدار پارامترهای کیفی یاد شده، مشخص گردید، بیشتر قسمت های منطقه مورد مطالعه دارای وضعیت مناسب یا قابل تحمل از نظر کیفی می باشند. که در این میان قسمت های غربی تا مرکز دشت دارای کیفیت مطلوب بوده و به جز قستی از مرکز دشت (مایل به شمال) دیگر قسمت ها دارای کیفیت مناسب تا قابل قبول هستند که با نتایج ترکمانی تمبکی و رهنماد [۲۴] هم خوانی دارد.

در نهایت پیشنهادات زیر در راستای اهداف مقاله ارائه می گردد.

- استفاده از شاخص های خشکسالی متفاوت و مقایسه نتایج آن ها با هم جهت درک بهتر رفتار هیدرولوژیکی و هیدرومتئورولوژیکی دشت مذکور
- تعیین نحوه تاثیر شرایط هیدرومتئورولوژیکی و هیدروژئولوژیکی دوره مورد مطالعه و تاثیر آن بر روی تغییرات آب زیرزمینی دشت میناب
- بررسی تغییرات جمعیت، الگوی کشت و سطح کشت طی سال های آماری و تاثیر آن بر روی دشت میناب

منابع

1. Ahmadi, S. H., and Sedghamiz, A. 2007. Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater level. *Environmental Monitoring*

20. Motaghi, M., Djamour, Y., Walter, T. R., Wetzell, H. U., Zschau, J., and Arabi, S. 2007. Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from In SAR, levelling and GPS. *Geophys Journal of International*. 168:518–526.
21. Narany, T. S., Ramli, M. F., Aris, A. Z., Sulaiman, W. N. A., & Fakharian, K. 2015. Groundwater irrigation quality mapping using geostatistical techniques in Amol–Babol Plain, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*. 8(2), 961-976.
22. Ostovari. Y., Beygi Harchegani. H., and Davoudian, A. 2015. Assessment of GWQI and geostatistical processinf in the Lordegan plain. *Journal of Environmental science and Technology*. 4: 46-59. (In Persian)
23. Seyf, M., Mosaedi, A., and Mohhamadzadeh, H. 2011. A study of hydrological drought using GRI. The 15th Iran Geological Society Conference. 14-15 December, 2013, Tehran, Iran.
24. Torkamani Tombaki, H., and Rahnamrad, J. 2016. Chemical and physical facotors changes in the Minab plain. The 1th International Conference of Iranian natural hazards and environmental cisises, strategies and challenges. 13 September, Ardebil, Iran.
25. Tryon, R. C. 1939. Cluster analysis: Correlation profile and orthometric (factor) analysis for the isolation of unities in mind and personality. Edwards brother, Incorporated, lithoprinters and publishers.
11. Imani, M., and Talebi, A. 2011. Astudy of drought effects on ground water table in the Behabad – Yazd plain using SPI and GRI. The 4th Iran Water Resource Management Conference, Tehran. Iran.
12. Jamshidzadeh, Z., and Mirbagheri, S.A. 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. *Journal of Desalination*. 270: 23-30.
13. Joodaki, G., Wahr, J., and Swenson, S. 2014. Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models and well observations. *Water Resources Research*. 50: 2679-2692.
14. Kendall, M.G. 1948. Rank correlation methods, 220p.
15. Madani, K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. *Journal of environmental studies and sciences*, 4(4), 315-328.
16. Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend, *Econometrica*. Journal of the Econometric Society. 245-259.
17. Mehni, M. 2016. Spatiotemporal qualitiy and quantity of ground water resources in the Minab plain at 3 past decades. M.Sc. Natural Resources and Geography Faculty. University of Hormozgan. (In Persian)
18. 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*. Journal of Hydrology. 357: 282–302.
19. Mohammadi, H., and Karimpour Reihan, M. 2008. The effect of 1991-2001 droughts on ground water in Neishabour plain. *Journal of Desert*. 12: 186-197.

*Abstract***Spatiotemporal of Quality and Quantity of Groundwater Resources in the Minab Plain Over the 3past Decades**M. Mehni¹ and O. Bazrafshan²

Received: 2017/03/19 Accepted: 2017/11/13

A Groundwater resource is one of the most important sources that provide agriculture, domestic and industrial demand. The aim of this study is trend analysis of quantity – quantity groundwater fluctuations in the Minab plain from Hormozgan province. In order to assessment quantity and quality fluctuations was used Groundwater Resource Index (GRI) in the time period 1968- 2015 and EC, pH, SAR, TH in the time period 2008-2015, respectively. IDW method was used to map zoning of quality characteristics in ArcMap software. Mann- Kendal trend test used to analyze groundwater level oscillation. Result showed that groundwater level have decreasingly trend in the seasonal and annual time scale. As, Mann- Kendal Statistic is strong in the East and Southern plain. Iso- hyetal groundwater quality map showed that much of area (0.63%) has suitable water quality and the central of plain (0.37%) has unsuitable water quality.

Keywords: *Quality and quantity ground water, Trend analysis, Minab plain, Map zoning.*

1. MSc Student, Department of Land Planning, , University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Corresponding author, Email: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir