

## ارزیابی آلودگی آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مرنند تحت شرایط استفاده مجدد پساب شهری در کشاورزی با استفاده از GODS

فرناز سلامتی<sup>۱</sup>، امیرحسین کوکبی نژاد<sup>۲\*</sup> و محمدعلی حسن پور<sup>۳</sup>

(۱ و ۲) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران.

(۳) کارشناس اداره آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی، ایران.

\* نویسنده مسئول: [amir.kokabi@iau-maragheh.ac.ir](mailto:amir.kokabi@iau-maragheh.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۱۵

### چکیده

محدوده مطالعاتی شهرستان مرنند در ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و در شمال غرب استان آذربایجان شرقی و در ۶۰ کیلومتری شمال غرب شهر تبریز واقع است. متاسفانه در سالهای اخیر توسعه کشورها، از جمله ایران موجب بهره برداری بیش از پیش و استفاده نادرست از منابع آب زیرزمینی شده و این امر باعث کاهش این منابع و عدم کنترل میزان آلاینده ها که به دلایل مختلف ایجاد شده اند، زمینه آلودگی این منابع ارزشمند را فراهم آورده است. در تحقیق انجام گرفته، سعی شده با استفاده از روش جی او دی اس و با استفاده از نقشه های آرک جی ای اس، تحلیل های زمین آماری و نقشه رتبه بندی منطقه غیر اشباع، نقشه تغییرات عمق اب زیرزمینی، نقشه رتبه بندی محیط خاک، نقشه رتبه بندی محیط آبخوان و نقشه آسیب پذیری کمی و کیفی در آبخوان مرنند و نقشه آسیب پذیری اراضی کاربری محدوده مطالعاتی ترسیم شده و با توجه به اهمیت و حساسیت موضوع ارزیابی آلودگی آبخوان مرنند مطالعه شود و نتایج حاصل از ارزیابی آلودگی استفاده مجدد از پساب شهری در کشاورزی، حاکی از این است بخش شرقی دشت با وجود جمعیت زیاد ساکن در منطقه دارای آلودگی بیشتری نسبت به غرب دشت که بیشتر زمین های کشاورزی است، می باشد و براساس مدیریت آلودگی در محدوده مطالعاتی بهتر است از پساب تصفیه شده در غرب دشت برای آبیاری زمین های کشاورزی استفاده گردد.

کلیدواژه: هیدروژئولوژی، مدل جی او دی اس، آلودگی اب های زیرزمینی، پساب تصفیه شده، مدیریت آلودگی.

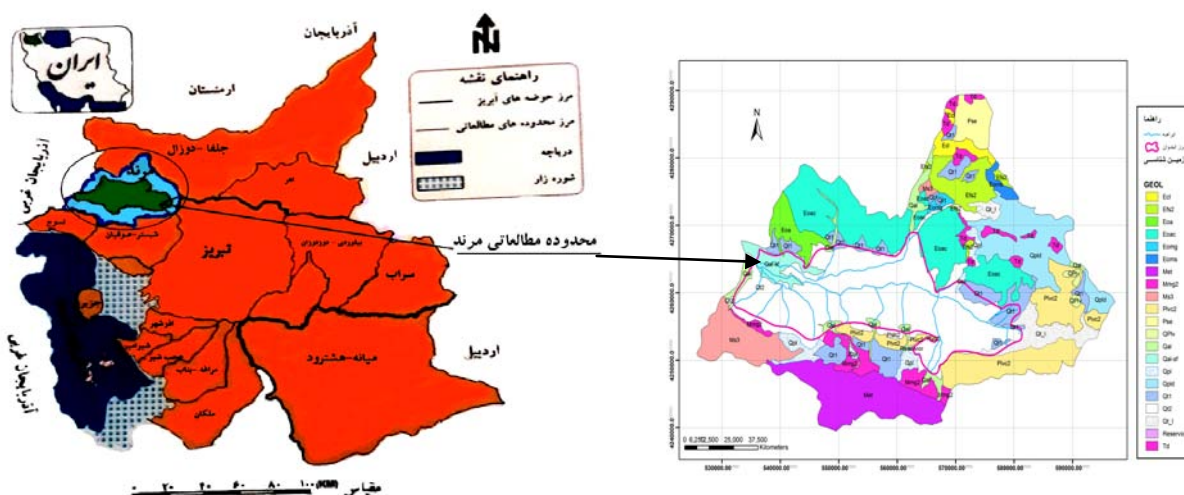
## مقدمه

بیش از ۸۰ درصد، از نیازهای آبی بخش کشاورزی و صنعتی در این شهرستان از طریق منابع آبهای زیرزمینی تامین می شود؛ افزایش بی رویه جمعیت در سال های اخیر، محدودیت منابع آب های سطحی و بهره برداری بیش از اندازه از سفره آب های زیرزمینی باعث ببار آمدن خسارات جبران ناپذیری به منابع طبیعی کشور در سال های گذشته شده است (Kirsch, 2009). و بررسی های زینالی و همکاران، تأثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بر ویژگی های کمی و کیفی آب های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت مرند) را با استفاده از متوسط بارش ماهانه هفت ایستگاه باران سنجی در دوره آماری (۹۱-۱۳۵۹) انجام دادند که داده های مربوط به پارامترهای کیفیت ۷۰ حلقه چاه بهره برداری و داده های ماهانه سطح آب ۲۳ پیژومتر در دوره آماری (۹۰-۱۳۸۰)، نتایج بررسی شاخص SPI نشان داد که در سال ۱۳۸۶ خشکسالی شدید در منطقه اتفاق افتاده و تا سال های پایانی مورد مطالعه، نیاز آبی منطقه تأمین نشده است. ضمن اینکه گسترش صنایع گوناگون در مجاورت مناطق ساحلی منجر به تخلیه پسابهای شهری، کشاورزی و صنعتی به این مناطق و به دنبال آن آلودگی محیطهای آبی شده است و آلاینده های مختلفی را به سفره آب زیرزمینی تحمیل می کنند (موری بازفتی و همکاران، ۱۳۹۶). مدیریت کیفی آب های زیرزمینی در گام اول مستلزم شناخت کافی منشأ آلاینده های آبخوان و معادلات مربوط به آن است و در گام دوم نیاز به ابزاری دارد تا بتواند عکس العمل تنش های مختلف کمی و کیفی وارد به سفره را در شرایط فعلی و آینده پیش بینی کند (حققی زاده و همکاران، ۱۳۹۵). بدون شک بهترین حالت شناخت رفتارهای یک سیستم سفره آب زیرزمینی تحقیقات دراز مدت برای هر منطقه است که با توجه به میزان محدود بودجه های تحقیقاتی معمولاً امکان پذیر نیست. مدیریت ریسک آلودگی، روشی است به منظور انتخاب راههایی مناسب برای کاهش و حذف آلودگی در راستای بهره برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی می باشد (موسوی، ۱۳۸۷). درک عمیق از نقش عوامل کیفی آب میتواند در توسعه ی استراتژی مدیریت حوضه ی آبریز مؤثر باشد و برای حفاظت از منابع آب کمک کند (Xu et al., 2016). سوماراتن و همکرانش به منظور مطالعه و تحقیق درخصوص مدل ارزیابی ریسک آب زیرزمینی در جنوب استرالیا، برای حفاظت میدان چاه، ارزیابی میزان وجود ریسک و خطر آب های زیرزمینی و اقدامات مدیریت ریسک، کاهش موانع برای حفاظت و تامین آب را برای محدوده مطالعاتی را انجام داده و نتایج حاکی از سلامت کامل محدوده مطالعاتی بوده است (Somaratne et al., 2013). برای محاسبه و ارزیابی ریسک، مدل های اب زیرزمینی، جی او دی اس و... به عنوان نسخه ای دوم از سیستم آب زیرزمینی در دنیای واقعی برای اتخاذ تصمیم های لازم و ضروری در مورد مدیریت منابع آبی به کار برده می شوند. (اقامحمدی و همکاران، ۱۳۹۴). هدف اصلی این پژوهش ارزیابی آلودگی آبخوان محدوده مطالعاتی مرند

می باشد. تعیین تعریف آلودگی و انواع آن بررسی میزان آلودگی با استفاده از مدل سازی داده ها سهم عمده ای در آشکارسازی ضروت این مطالعه و توجه به روشهای مدیریت آلودگی آب های زیرزمینی و در دسترس بودن اطلاعات درست و به موقع در خصوص آبخوان دشت موردنظر را به خوبی آشکار می کند. ضمن اینکه منابع و دخایر آب زیرزمینی برای همه کشور ها بسیار مهم و حایز اهمیت می باشد و میزان زیادی از آب مصرفی در حوزه کشاورزی و صنعت را تامین می نماید؛ بنابراین برای افزایش توان کشور مان ایران باید با استفاده از روشهای نوین میزان آلودگی آبهای زیرزمینی را کاهش دهیم و سعی در تصفیه و استفاده مجدد از آنها بنماییم تا بحران های کم آبی در دنیا و بخصوص کشور ما زندگی روزمره ما را دچار مشکل نسازد (Alain et al, 2014). اهداف کلی پژوهش شامل: ارزیابی آلودگی زیست محیطی (آلودگی و...) ناشی از استفاده مجدد از پساب تصفیه شده در بخش کشاورزی و بررسی تاثیر استفاده مجدد از پساب در کنترل افت تراز آب زیرزمینی و احیای آبخوان منطقه می باشد.

## مواد و روش ها

پژوهش انجام گرفته در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در محدوده مطالعاتی مرند، درحد فاصل طول های جغرافیایی  $45^{\circ}$ - $15^{\circ}$  تا  $46^{\circ}$ - $5^{\circ}$  شرقی و عرضهای جغرافیایی  $38^{\circ}$ - $18^{\circ}$  تا  $38^{\circ}$ - $46^{\circ}$  شمالی واقع است. این محدوده در شمال غرب ایران قرار گرفته و مهمترین شهر مستقر در آن بنام شهرستان مرند در ۶۰ کیلومتری شمال غرب شهر تبریز واقع شده است (شکل ۱). این محدوده از نظر جغرافیای سیاسی وابسته به استان آذربایجان شرقی می باشد. محدوده مطالعاتی مرند  $1878/5$  کیلومتر مربع است که  $738$  کیلومتر مربع آنرا پهنه های آبرفتی تشکیل می دهد. خط راه آهن و جاده آسفالت تبریز - جلفا و جاده آسفالت تبریز - بازرگان از داخل محدوده مورد مطالعه عبور می کند (حرفه دوست، ۱۳۹۲). زلیبیرچای و زنوزچای مهمترین رودخانه های این محدوده هستند و از شاخه های الحاقی می توان هرزندچای، محبوب آبادچای، شیخ چای، زوریرچای، زولبین چای و پیربالاچای را نام برد که نهایتاً به قطورچای و سپس به ارس می ریزند و جزء حوزه آبریز دریای خزر می باشند. حجم آب مصرفی شهرستان در قسمت آب های زیرزمینی حدود  $250$  میلیون مترمکعب تخمین زده



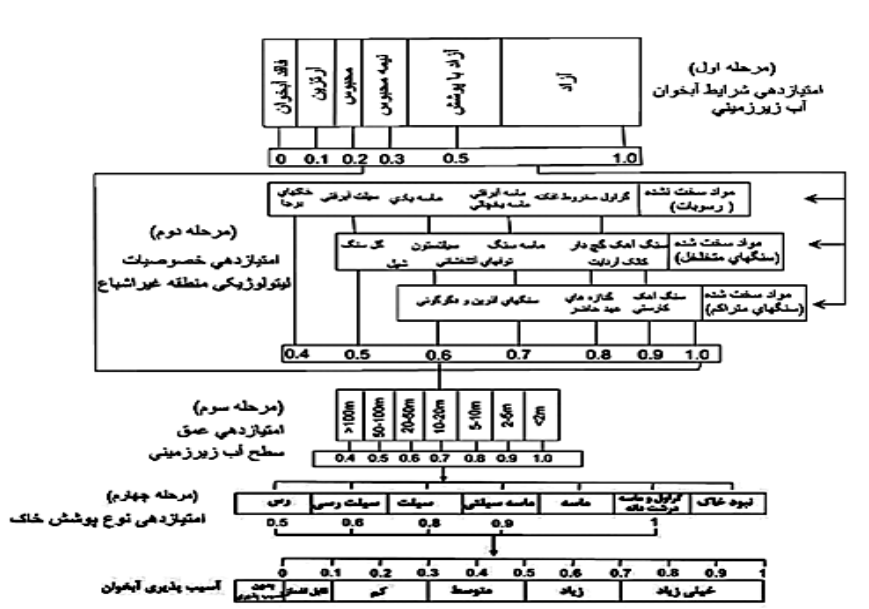
می‌شود (مهندسیین مشاور توسعه پایدار، ۱۳۹۴). در اولین مرحله اقدام به مطالعات کتابخانه ای در رابطه با موضوع و بررسی پیشینه تحقیق شد. دومین مرحله از تحقیق، جمع آوری و طبقه بندی داده ها و ابزار تحقیق است. از داده ها و ابزارهای اصلی می توان به نقشه ها، نرم افزارها و داده های عددی اشاره کرد که از منابع مختلف اخذ و مورد استفاده قرار گرفت. مهم ترین داده های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: ۱- نقشه های زمین شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که از سازمان زمین شناسی کشور اخذ گردید، ۲- داده های مربوط به کیفیت آب های زیرزمینی از سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی اخذ شد، ۳- داده های مربوط به بخش هواشناسی از سازمان آب و هواشناسی آذربایجان شرقی اخذ شد و با مطالعه آن به کاهش نزولات جوی طی چندین سال اخیر و به تبع آن کاهش سطح آب زیرزمینی و افزایش استفاده از منابع آبی پی بردیم و همچنین در ترسیم برخی از نقشه های موجود در تحقیق از آن استفاده شده است، ۴- نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (جی ای اس)، نیز جهت تهیه انواع نقشه ها و همچنین تجزیه و تحلیل پارامترهای جی او دی اس مورد استفاده واقع شد. در این تحقیق از نرم افزار آرک جی ای اس ۱۰،۱ استفاده شده است. با توجه به اینکه آمار و داده های مربوط به عناصر مختلف بصورت  $X, Y, Z$  می باشد و مشخص بودن موقعیت جغرافیایی هر چاه سبب شده با استفاده از نرم افزار آرک جی ای اس، نقشه های مورد نیاز ترسیم و جداول اطلاعاتی آنها در همین نرم افزار ویرایش شود. در تحقیق انجام گرفته نقشه ۵۸ حلقه چاه مشاهده ای تهیه شد. در مرحله بعد نقشه رتبه بندی منطقه غیر اشباع در آبخوان مرند و نقشه تغییرات عمق آب زیرزمینی در آبخوان مرند و نقشه رتبه بندی محیط خاک و نقشه رتبه بندی محیط آبخوان (منطقه اشباع) در آبخوان و نقشه آسیب پذیری کمی در آبخوان مرند و نقشه کیفی آسیب پذیری در آبخوان مرند و نقشه آسیب پذیری اراضی کاربری محدوده مطالعاتی در نرم افزار آرک جی ای اس ترسیم شده است. شاخص آسیب پذیری GOD آسیب پذیری آبخوان را در برابر آلودگی براساس سه مشخصه وضعیت هیدرولیکی آب زیرزمینی در آبخوان لایه های، روی منطقه اشباع بر حسب وضعیت و درجه استحکام آنها (که میزان ظرفیت میرایی ها آلاینده را تعیین می کنند) و عمق تا سطح ایستابی یا عمق آب زیرزمینی در سفره های محبوس، تعیین می کند. روش اولیه GOD به لایه خاک که از مهمترین بخش های کاهش و حذف آلاینده هاست به طور کاملاً صریح نپرداخته بود. به همین منظور روش جی او دی اس با لحاظ کردن مشخصه S (نشان دهنده ی حساسیت شست و شوی خاک) ارائه شده است (Paeze, et al., 1990).

در این روش ارزش کلاس‌های مختلف مشخصه‌ها از صفر تا یک تغییر می‌کند و به مشخصه تمامی‌ها وزن یکسانی اختصاص داده می‌شود. شاخص آسیب پذیری جی او دی اس طبق معادله شماره (۱) از حاصل ضرب مشخصه‌ها به دست می‌آید.

$$\text{GODS index} = G. O. \tag{1}$$

D.S

در این رابطه G، امتیاز نوع سفره آبدار O، امتیاز لیتولوژی منطقه بالای سفره ی آبدار D، امتیاز عمق تا سطح ایستابی و S، امتیاز نوع پوشش خاک است. این روش از چهار پارامتر نوع آبخوان، خصوصیات منطقه غیراشباع، عمق آب زیرزمینی و نوع خاک استفاده می‌کند (Chilton, et al, 1990). ارزش کلاس‌های مختلف پارامترها از صفر تا یک تغییر می‌کند و به تمامی پارامترها وزن یکسانی اختصاص داده می‌شود (Enterprise Risk Management, 2011). مشخصات و ویژگی‌های لایه ی غیر اشباع با استفاده از اطلاعات چاه‌های اکتشافی یا سایر چاه‌های حفر شده در محدوده ی مورد مطالعه به دست آمده است. ج عمق آب زیرزمینی برای تهیه ی لایه ی عمق آب زیرزمینی، موقعیت و عمق سطح ایستابی پیژومترها و چاه‌های مشاهده ای موجود در آبخوان‌ها به محیط آرک جی ای اس تبدیل و در نهایت با استفاده از الگوریتم مدل جی او دی اس (شکل ۲) کلاسه بندی شد.

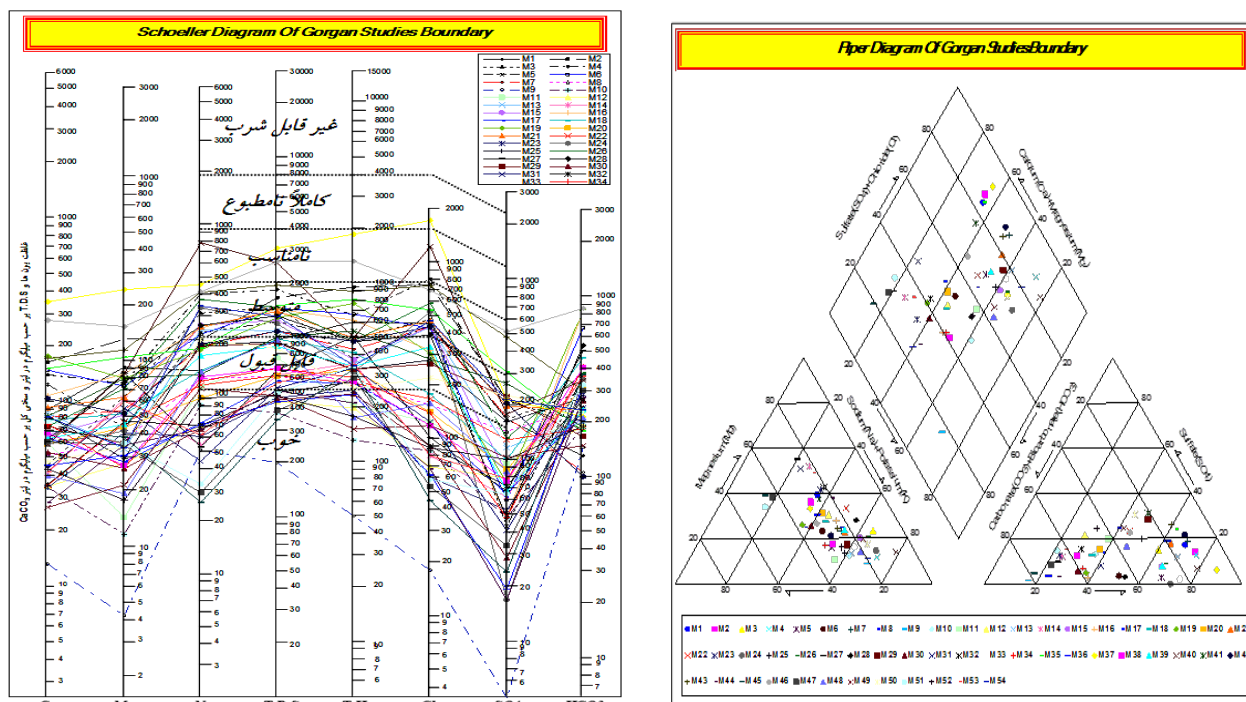


شکل ۲: شکل الگوریتم مدل جی او دی اس (Paeze, et al., 1990).

## روش تجزیه و تحلیل

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده، دو روش عمده و اساسی به کار گرفته شده است. روش اول استفاده از زمین‌آمار (Geostatistical Analyst) است. این روش با استفاده از نرم افزار آرک جی ای اس به کار گرفته شده است. مهم‌ترین کاری که صورت گرفت استفاده از این روش‌ها به منظور درون‌یابی و تهیه نقشه پیش‌بینی آب‌های زیرزمینی است. روش‌های مختلف آماری برای این منظور وجود دارد که در این تحقیق از روش Spline در آرک جی ای اس استفاده شده است. بایستی اشاره کرد که قبل از به کار گرفتن زمین‌آمار، بایستی آمار و داده‌ها به لحاظ نرمال بودن بررسی شوند که این کار نیز با همین نرم افزار صورت گرفت و در نهایت نقشه‌های عناصر مختلف و برای سال‌های مختلف تهیه گردید. در تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده از نمودارهای شولر، ویلکوکس و پایپر به منظور ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی است. البته این نرم افزارها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی اکسل، و برای همین کار طراحی شده است. همه عناصر موجود از قبیل منیزیم، کلسیم، پتاسیم، هدایت الکتریکی، نسب جذب سدیم، کل مواد محلول، کلر و سایر عناصر به تفکیک حلقه چاه‌ها، وارد نرم افزار شد و تحلیل‌های بعدی روی همین داده‌ها اعمال شد. به منظور بررسی و تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی از نمودارهای پایپر استفاده شده است. همچنین با استفاده از نمودارهای شولر و ویلکوکس قابلیت شرب و کشاورزی آب‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تعیین تیپ آب زیرزمینی از دیاگرام پایپر (Piper, 1994) که حالت بسط داده شده نمودار هیل (Hill, 1998) می باشد استفاده شده است که با استفاده از آن می توان تعداد زیادی آنالیز را در یک دیاگرام نشان داد. دیاگرام پایپر مشخصات شیمیایی آب را بر حسب غلظت نسبی اجزاء آن، نه بر حسب غلظت مطلق آنها نشان می دهد، بطوریکه می توان با استفاده از آن خیلی سریع به نوع آب پی برد. (شکل ۳) دیاگرام پایپر نمونه های آب زیرزمینی در مهر ماه ۹۴ را نشان می دهد. با توجه به دیاگرام مذکور موارد زیر قابل تفسیر می باشد: ۱- منابع آب زیرزمینی نواحی جنوب شرقی، جنوب شرقی و بخش مرکزی (مخروط افکنه یامچی) از نوع بی کربناته با رخساره های بی کربنات سدیک و بی کربنات منیزیک می باشد، ۲- منابع آب زیرزمینی نواحی شمالی و غربی دشت از نوع تیپ کلروره با رخساره های کلروره سدیک و کلروره منیزیک می باشد. دیاگرام شولر (Schoeller, 1962) با توجه به مقیاس لگاریتمی، از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه و نمایش تعداد زیادی نمونه در یک دیاگرام، نمایش غلظت یونها (میلی گرم) از اهمیت خاصی برخوردار است. در این دیاگرام مقادیر یونها در ستون های قائم نشان داده می شوند و تقسیمات ستون ها لگاریتمی است و عناصر اصلی به میلی گرم بر لیتر یا PPM نمایش داده می شوند و می توان جهت نشان دادن تفاوت تیپ های مختلف آب زیرزمینی از آن استفاده کرد. همچنین دیاگرام مذکور جهت طبقه بندی آب جهت

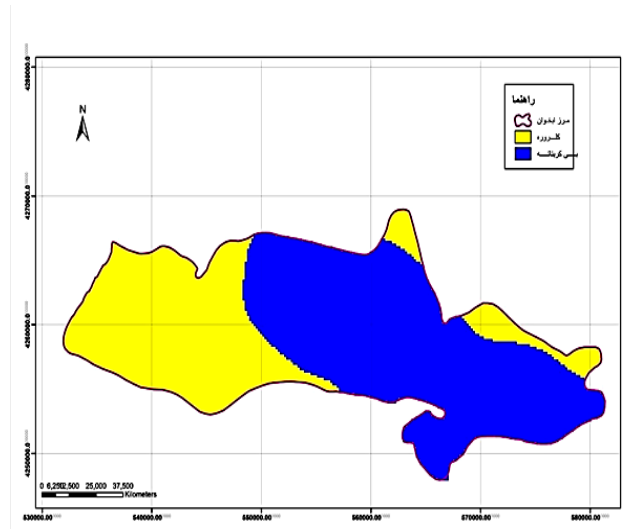
مصارف شرب و بر اساس استانداردهای ارائه شده برای هر شور ( که در کشور های مختلف این استانداردها متفاوت است ) استفاده می شود ( Wasko et al ,2017 ). ( شکل ۴ ) دیاگرام شولر بر اساس استاندارد ایران برای محدوده مطالعاتی مرند را نشان می دهد.



شکل ۴: دیاگرام شولر بر اساس استاندارد ایران برای مرند

شکل ۳: نمودار پایپر

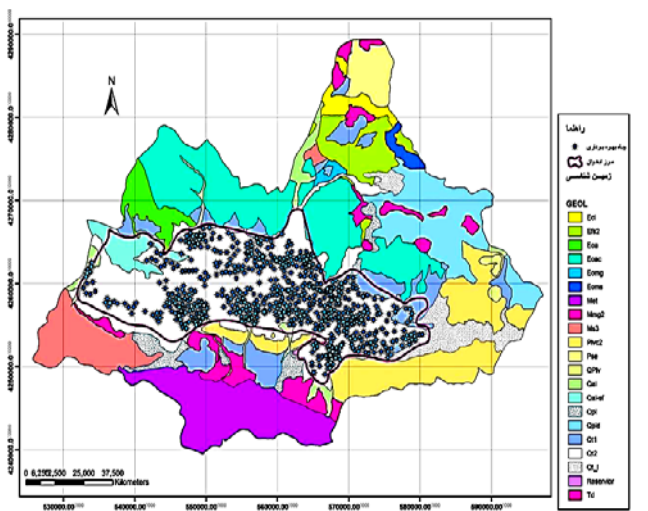
برای تعیین تیپ آب زیرزمینی از دیاگرام پایپر استفاده می شود. که با استفاده از آن می توان تعداد زیادی آنالیز را در یک دیاگرام نشان داد. دیاگرام پایپر مشخصات شیمیایی آب را برحسب غلظت نسبی اجزاء آن، نه برحسب غلظت مطلق آنها نشان می دهد، به طوری که می توان با استفاده از آن خیلی سریع به نوع آب پی برد (Lindenbaum et al,2012). در تعیین تیپ آب، ناحیه D شکل، در ادامه مسیر جریان و در قسمت غرب منطقه گسترش دارد. این قسمت دارای تیپ آب کلروره می باشد. در قسمت های غرب دشت، آبرفت ریز دانه بوده و ضمن افزایش سطح تماسی سبب انحلال املاح بیشتری در آب می گردد. همچنین در این بخش مقداری نمک در ترکیب آبرفت وجود دارد که سبب افزایش املاح آب زیرزمینی و تغییر تیپ آن به کلروره می گردد (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه توزیع تیپ آب زیرزمینی در بخش های مختلف لایه آبدار آزاد مرند

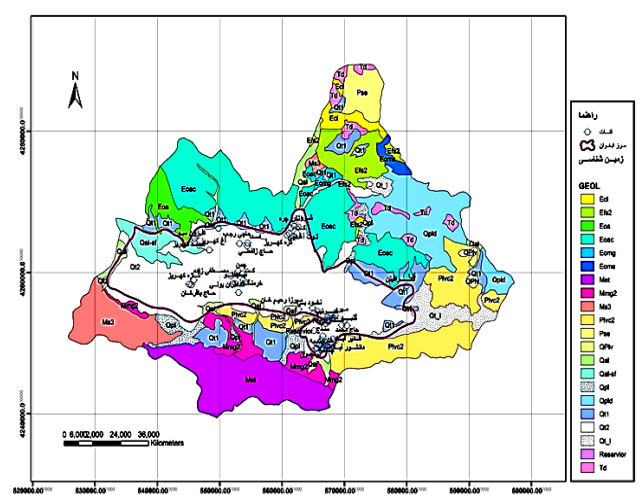
### بحث و یافته ها

براساس اطلاعات دریافتی از سازمان آب منطقه ای استان اذربایجان شرقی اندازه گیری سطح آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مرند صورت گرفته است. موقعیت چاه ها در ( شکل ۶) آورده شده است. و در (شکل ۷) نقشه قنات های موجود در منطقه و در (شکل ۸) نقشه چشمه های موجود در ابخوان محدوده مطالعاتی مرند می باشد و برطبق نقشه ها می توان گفت تمرکز چاه های بهره برداری در بخش شرق و مرکز دشت بیشتر از بخش شرقی و چشمه ها در بخش غربی دشت متمرکز می باشند. براساس اطلاعات دریافتی، اندازه گیری سطح آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مرند از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۵ در ۴۴ حلقه چاه مشاهده ای انجام گرفته است. موقعیت چاه ها در (شکل ۹) آورده شده است.



شکل ۶: نقشه موقعیت چاه های بهره برداری در محدوده

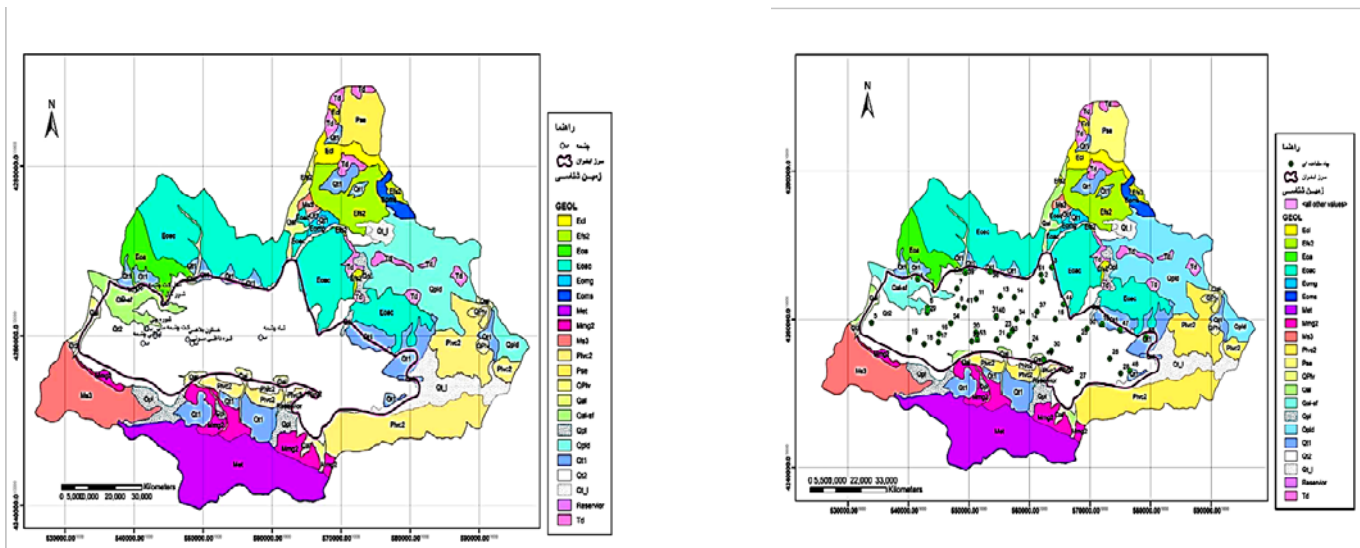
مورد مطالعه



شکل ۷: نقشه قنات های موجود در محدوده

مورد مطالعه





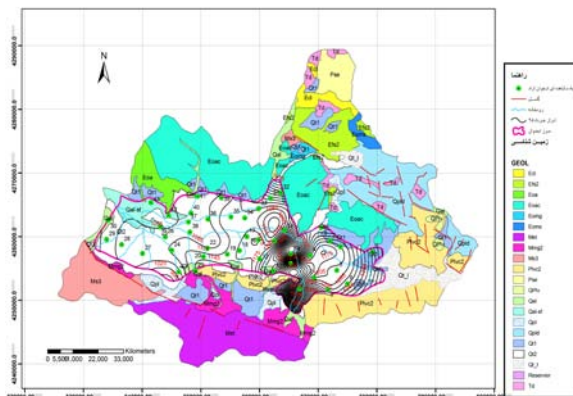
شکل ۹ : موقعیت چاه های مشاهده ای در محدوده

مورد مطالعه

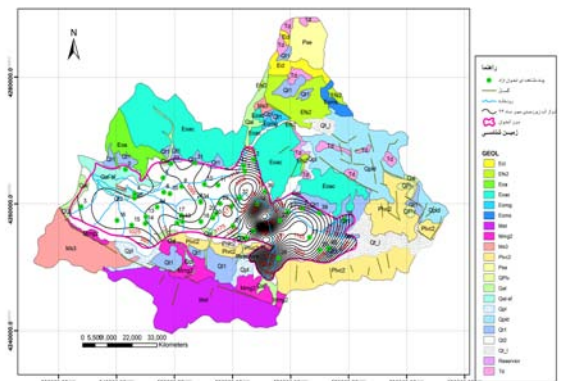
شکل ۸ : نقشه چشمه های موجود در محدوده

مورد مطالعه

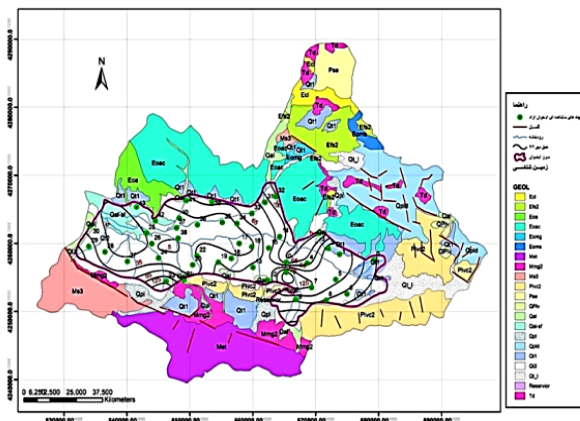
بررسی سطح آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مزند در سال های (۱۳۹۴، ۱۱۶۵) ستان می دهد نه حدانترو حداقل تراز آب زیرزمینی به ترتیب در ماه های (خرداد۱۳۹۵ و مهر۱۳۹۴) و صورت گرفته است. و شکل های(۱۱) و (۱۰) به ترتیب منحنی های هم تراز آب زیرزمینی را برای ماههای خرداد ۱۳۹۵ و مهر ۱۳۹۴ آبخوان محدوده مطالعاتی مزند نشان می دهند. بر اساس منحنی های هم تراز آب زیرزمینی خردادماه ۱۳۹۵ ترسیم شده، منحنی حداکثر تراز آب با ارتفاع ۱۸۰۰ مترنسبت به سطح متوسط دریا در جنوب و براساس منحنی های هم تراز آب زیرزمینی در مهر ماه ۱۳۹۴ به ترتیب منحنی حداقل تراز آب با ارتفاع ۹۹۰ متر در جنوب غرب محدوده مطالعاتی مزند می باشد جهت اطلاع از عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت، منحنی های هم عمق آب زیرزمینی برای ماههای خردادماه سال۱۳۹۵ و مهرماه سال ۱۳۹۴ ترسیم و در شکل های (۱۲) و (۱۳) نشان داده شده است. طبق این نقشه، حداکثر عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی قسمت شرقی دشت بوده و در بخشهای مرکزی نیمه غربی دشت به سمت مناطق تخلیه به حداقل مقدار خود می رسد. همانطور که در نقشه های یاد شده ملاحظه می گردد، گستره منحنی های هم عمق کمتر از ۵ متر (نواحی تبخیر از سطح آب زیرزمینی) در محدوده آبخوان بسیار کم بوده و بنابر این میزان تبخیر از سطح آب زیرزمینی نیز به مقدار جزئی صورت می گیرد.



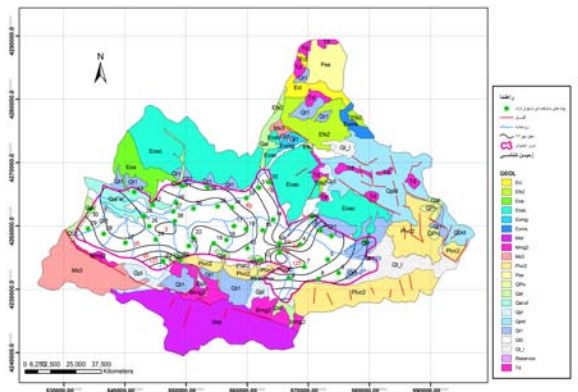
شکل ۱۱: منحنی های هم تراز آب زیرزمینی آبخوان محدوده مطالعاتی مرند خردادماه ۱۳۹۵



شکل ۱۰: منحنی های هم تراز آب زیرزمینی آبخوان محدوده مطالعاتی مرند مهرماه ۱۳۹۴



شکل ۱۳: منحنی های عمق آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مرند خردادماه ۱۳۹۵



شکل ۱۲: منحنی های عمق آب زیرزمینی آبخوان محدوده مطالعاتی مرند مهرماه ۱۳۹۴

بهترین روش جلوگیری از آلودگی های آنها ، شناسایی منابع آلوده کننده و مناطق آسیب پذیر و اتخاذ سیاست های مدیریتی مناسب است. ارزیابی آسیب پذیری روشی کم هزینه در شناخت نواحی مستعد به آلودگی است که در مدیریت منابع آب نقش اساسی دارد. آسیب پذیری ، به عنوان حساسیت کیفیت آب های زیرزمینی به بار آلودگی اعمال شده تعریف می شود و توسط خصوصیات ذاتی آبخوان تعیین می گردد. با استفاده از روش جی او دی اس به بررسی آسیب پذیری آبخوان آزاد محدوده مطالعاتی مرند نسبت به آلودگی پرداخته شده است.

### بررسی پارامترهای جی او دی اس

#### ۱-تاثیر منطقه غیر اشباع

ناحیه غیراشباع خاک تاثیر زیادی بر نرخ نفوذ، طول مسیر و چگونگی حرکت آلاینده داشته و آنرا کنترل می نماید (SAWate, 2012). دانه درشت بودن رسوبات سبب افزایش نفوذ پذیری و آبشویی سریع در بخش شرق دشت (رتبه ۱-۰,۹) و آبشویی کند در بخش غرب دشت (رتبه ۰,۶-۰,۴) انجام می گیرد. حدود تغییرات عمق در بخش شرق و بخش کمی از غرب دشت، کم (در حدود تغییرات ۰,۸-۰,۷۵) و تبخیر، زیاد است و در بخش مرکز دشت، زیاد (در حدود تغییرات ۰,۷-۰,۶) و تبخیر، کم می باشد. با استفاده از شکل ۲ رتبه بندی شده است. در قسمت های شرق (رتبه ۱-۰,۹۵) و جنوب شرق (رتبه ۰,۹۵-۰,۹) ، رسوبات دانه درشت و به تدریج به سمت غرب (رتبه ۰,۶-۰,۵) و جنوب غرب (رتبه ۰,۸-۰,۶) ، رسوبات دانه ریز تر شده است. براساس لوگ حفاری چاه ها آبخوان دشت مرنده از نوع آزاد است (شکل ۱۵).

### ۲- عمق سطح آب

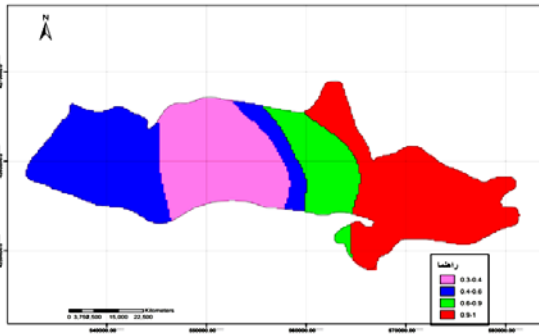
با استفاده از آمار و اطلاعات چاه های مشاهده ای موجود در دشت، نقشه هم عمق آب زیرزمینی تهیه گردید و سپس رتبه بندی عمق برای محاسبه شاخص جی او دی اس محاسبه گردید. شکل (۱۴) نقشه رتبه بندی عمق سطح آب را برای هرسلول به ابعاد ۱۰۰ متر نشان می دهد و از این رو با استفاده از شکل ۲ رتبه بندی شده است. حدود تغییرات عمق در بخش شرق و بخش کمی از غرب دشت، زیاد (در حدود تغییرات ۰,۸-۰,۷۵) و تبخیر، کم است و در بخش مرکز دشت، کم (در حدود تغییرات ۰,۷-۰,۶) و تبخیر، زیاد می باشد.

### ۳- محیط خاک

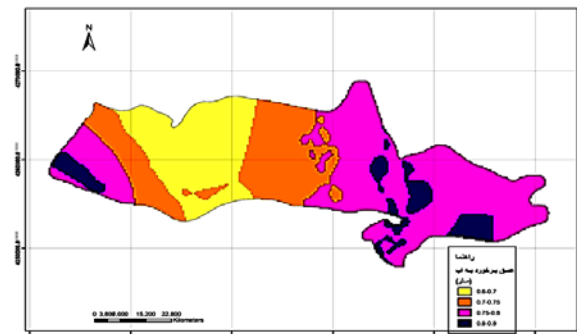
با استفاده از لوگ های حفاری و نقشه های مقاطع ژئوالکتریک نوع و جنس خاک تا عمق دومتری مشخص گردید. برای تهیه نقشه محیط خاک از موقعیت چاههای حفاری، نوع و جنس خاک و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش دهی در محیط آرک مپ استفاده شد. در شکل (۱۷) نقشه محیط خاک به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه گردید و از این رو با استفاده از شکل ۲ رتبه بندی شده است. در قسمت های شرق (رتبه ۱-۰,۹۵) و جنوب شرق (رتبه ۰,۹۵-۰,۹) ، رسوبات دانه درشت و به تدریج به سمت غرب (رتبه ۰,۶-۰,۵) و جنوب غرب (رتبه ۰,۸-۰,۶) ، رسوبات دانه ریز تر شده است.

### ۴- محیط آبخوان آزاد مرنده

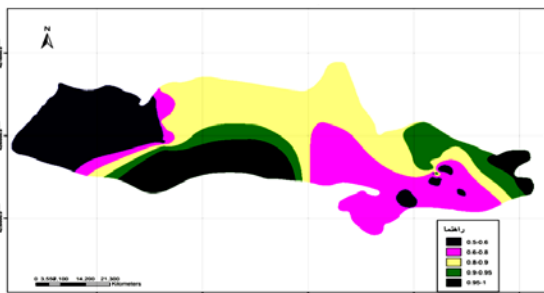
با استفاده از لوگ های حفاری موجود در محدوده ی مطالعات و نقشه های مقاطع ژئوالکتریک، نوع و جنس محیط آبخوان و ارزش مربوط به هر کدام در محیط آرک مپ ارزش دهی شد. نقشه محیط آبخوان آزاد (شکل ۱۶) بصورت رستری تهیه شد. براساس لوگ حفاری چاه ها آبخوان دشت مرنده از نوع آزاد است و از این رو با استفاده از (شکل ۲) رتبه بندی شده است.



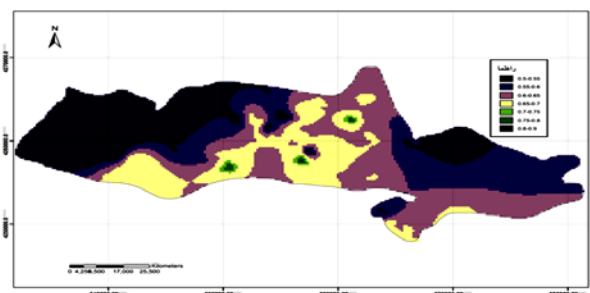
شکل ۱۵: نقشه رتبه بندی منطقه غیر اشباع در آبخوان



شکل ۱۴: نقشه حدود تغییرات عمق آب زیرزمینی



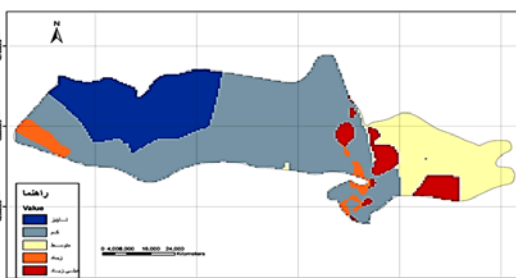
شکل ۱۷: نقشه رتبه بندی محیط خاک در ابخوان



شکل ۱۶: نقشه رتبه بندی منطقه اشباع در آبخوان

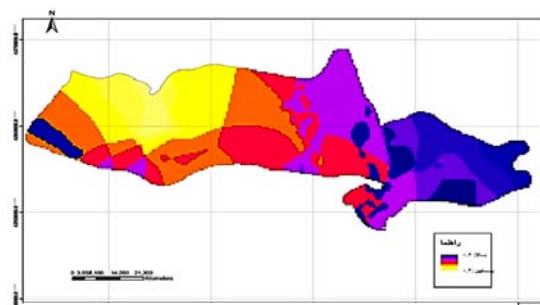
### شاخص آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی

با استفاده از نقشه های تهیه شده و به کمک وزن های تهیه شده و به کمک وزن های در نظر گرفته شده برای هر پارامتر در روش جی او دی اس ، نقشه آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی محدوده به دست آمد (Zope et al,2016). در (شکل ۱۸) عدد محاسبه شده نشان دهنده میزان حساسیت سفره به آلوده شدن می باشد نقشه آسیب پذیری کمی در آبخوان آزاد مرند نشان دهنده آسیب پذیری بالا (۰,۶) در سمت جنوب شرق و شرق و در جنوب غرب محدوده و آسیب پذیری پایین (۰,۴) در سمت شمال غربی آن می باشد. براساس نقشه کمترین میزان آسیب پذیری آبخوان آزاد در سمت غرب و شمال غرب و بیشترین میزان آن در سمت شرق و مقدار جزئی در جنوب غرب قرار دارد. به منظور درک بهتر نتایج به دست آمده ، شاخص مورد نظر به صورت توصیفی به ۵ کلاس مختلف تقسیم بندی گردید و که در (شکل ۱۹) مشاهده می شود.



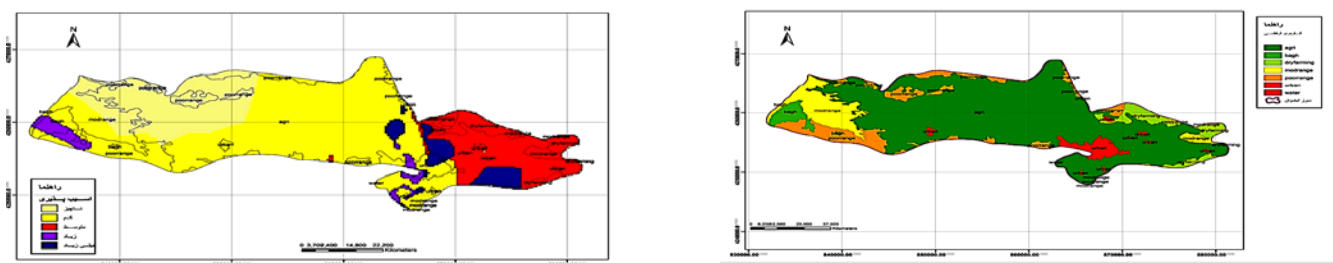
شکل ۱۹: نقشه توصیفی کیفی آسیب پذیری

رشد



شکل ۱۸: نقشه کمی آسیب پذیری

روزافزون جمعیت، نیاز به تولیدات کشاورزی و مواد غذایی را افزایش داده و زمینه ی توسعه ی فعالیت های کشاورزی را فراهم آورده است. این افزایش تولید تبعات زیست محیطی فراوان از جمله آبیاری و مصرف بیشتر آفت کش ها و کودهای کشاورزی دارد که در نتیجه ی آن آب های زیرزمینی در خطر آلودگی قرار خواهند داشت. بنابراین، ارزیابی و سنجش آلودگی می تواند به برنامه ریزی و مدیریت هر چه بهتر سلامت انسان ها کمک کند (یارمحمدی، ۱۳۸۵). در ذیل به ارزیابی آسیب پذیری اراضی کاربری محدوده مطالعاتی می پردازیم. بیشترین میزان آسیب پذیری اراضی کاربری محدوده مطالعاتی در سمت شرق دشت متمرکز می باشد و کمترین مقدار آن که ناچیز خوانده می شود در سمت غرب دشت قرار دارد شهر مرنده نیز در محدوده ی آسیب پذیری زیاد قرار دارد در (شکل ۲۰) نقشه اراضی کاربری محدوده مطالعاتی، در محدوده مطالعاتی زمین های کشاورزی بیشترین محدوده را شامل می شوند و شهر مرنده در جنوب شرق محدوده مطالعاتی قرار دارد در (شکل ۲۱) نقشه آسیب پذیری اراضی کاربری محدوده مطالعاتی مرنده مشخص است و براساس نقشه آسیب پذیری خیلی زیاد در بخشی از مرکز و بخشی از جنوب شرق مشاهده می شود که در واقع مناطقی هستند که در آن تمرکز جمعیت و شهر مرنده و روستاهای اطراف شهر مرنده را شامل می شود و تمرکز جمعیت سبب آلودگی بیشتر و آسیب پذیری خیلی زیاد شده است و آسیب پذیری ناچیز مربوط به شمال غرب محدوده، که بیشتر زمین کشاورزی هستند، می باشد.



شکل ۲۰: نقشه اراضی کاربری

### نتیجه گیری

در اولین گام مشخصات حوضه از نظر جغرافیایی، سهم دخالت آنها در تغییرات کمی آبهای زیرزمینی و مشخصات زمین شناسی و اقلیمی مطالعه و سپس وضعیت بهره برداری شامل میزان آبدهی، عمق و تراز آب و قنات و چشمه های موجود در محدوده مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی های هیدروژئولوژیک نشان دادند که آبخوان مرنده از نوع آزاد می باشد و نقشه سطح تراز آب زیرزمینی که با استفاده از سطح ایستابی ثبت شده از پیزومترها در دشت مرنده رسم شده است، نشان داد که حداکثر تراز ۱۸۰۰ متر در مقطع ورودی تا ۹۹۰ متر از سطح دریا برای سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در مقاطع خروجی آب زیرزمینی تغییر می نماید و بررسی هیدروگراف واحد سال بیلان (۱۳۹۴-۱۳۹۵) نشان می دهد که حداکثر

سطح ایستابی در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ مربوط به مهر ماه ۱۳۹۴ و حداقل سطح ایستابی مربوط به شهریور ماه ۱۳۹۵ است. سطح تراز آب زیرزمینی طی سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در دشت مرند حدود ۱ سانتیمتر کاهش یافته است. در حالی که از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ حدود ۱۲ سانتیمتر افت در آبخوان ایجاد شده است و براساس مطالعات ژئوفیزیک و با توجه به شیب توپوگرافی منطقه، آبخوان دشت مرند در قسمت های شرق و جنوب شرقی از رسوبات دانه درشت تشکیل شده است و به تدریج به سمت غرب و جنوب غرب دانه ریز شده و لذا نفوذ آلودگی ها در بخش های شرقی دشت با سهولت بیشتری نسبت به غرب دشت انجام می گیرد ضمن اینکه در بخش های غربی آبخوان تحت فشار شکل گرفته است و عمده جهت جریان در دشت مرند از شرق به غرب است. البته جهت جریان شمالی جنوبی نیز در دشت وجود دارد و با استفاده از روش جی او دی اس مناطق آسیب پذیری بالا و پایین مشخص شد و نهایتاً اقدام به مدلسازی کمی در دشت با استفاده از داده های موجود گردید بدین ترتیب براساس مطالعات انجام گرفته آبخوان آزاد دشت مرند، براساس نقشه آسیب پذیری خیلی زیاد در بخشی از مرکز و بخشی از جنوب شرق مشاهده می شود که در واقع مناطقی هستند که در آن تمرکز جمعیت و شهر مرند و روستاهای اطراف شهر مرند را شامل می شود و تمرکز جمعیت سبب آلودگی بیشتر و آسیب پذیری خیلی زیاد شده است و آسیب پذیری ناچیز مربوط به شمال غرب محدوده، که بیشتر زمین کشاورزی هستند، می باشد و ارزیابی پتانسیل آلودگی سفره آب زیرزمینی دشت مرند با استفاده از مدل دراستیک در محیط جی آی اس توسط فخری واصغری مقدم، انطباق غلظت نیترات بر روی نقشه نهایی مدل دراستیک نشان داد که کلیه نقاطی که دارای نیترات بالا هستند، در محدوده پتانسیل آلودگی خیلی زیاد و زیاد قرار گرفته اند که این دقت و صحت مدل را مورد تأیید قرار داد. پس بهتر است از پساب تصفیه شده در بخش غرب دشت برای آبیاری زمین های کشاورزی استفاده شود تا آسیب کمتر و خطرات کمتری را به دنبال داشته باشد و مدیریت پساب تصفیه شده با کمک مدل های جی او دی اس و دراستیک و .. با توجه به خشکسالی های اخیر و کمبود آب به عنوان روشی نوین در مدیریت منابع آب زیرزمینی و حفظ آن می باشد و با اعمال مدیریت صحیح، بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در منطقه کنترل می شود و با روشی اصولی نسبت به توزیع پساب بازچرخانی شده پرداخته، به نحوی که از آلودگی و صدمات آن جلوگیری می کند.

#### منابع

آقامحمدی، س. و دخیلی، ر. و خاشعی، ع. و مجرد، م. (۱۳۹۴)، ارزیابی ریسک آلوده آبهای زیر زمینی در دشت

مشهد، اولین همایش ملی کیفیت منابع آب و توسعه پایدار، آبان ماه ۹۴، اراک، ایران.

حرفه دوست، س.، (۱۳۹۲) ، مطالعه ارتباط هیدروژئولوژیکی بین دشتهای تبریز و شبستر با تأکید بر دادههای ژئوفیزیکی، پایاننامه کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشگاه آزاد واحد مراغه، ۸۹ ص.

حقی زاده ، ع. و آرتیمانی ، م. و طهماسبی پور، ن.، (۱۳۹۵)، تحلیل پتانسیل یابی آلودگی آب زیرزمینی به روش دراستیک اصلاح شده در محیط GIS (مطالعه موردی دشت قهاوند- رزن استان همدان)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، انتشار آنلاین، ۲ ص.

موری بازفتی ، ه. و صفاهیه ، ع. و نبوی ، م. و غانمی ، ک.، (۱۳۹۶) ، ارزیابی میزان آلودگی جیوه در رسوبات بین جزرو مدی خوریات ماهشهر، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۷۰، شماره ۳، ۷۰۰ ص.

مهندس مشاور توسعه پایدار، استان اذربایجان شرقی، (۱۳۹۴، ۱۳۹۵) کلیات، شناخت منطقه، هیدروکلیماتولوژی، هیدروژئولوژی و هیدروژئولوژی، زمین شناسی و تکتونیک، مهندسی مشاور آبران.

موسوی، ر. (۱۳۸۷) ، ارزیابی آسیب پذیری آبخوان دشت تبریز به روش DRASTIC, GOD, AVI، پایان نامه کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه، ۹۶ ص.

یارمحمدی ، احسان ، (۱۳۸۵) ، بررسی پتانسیل آسیب پذیری آبخوان دشت عقیلی با استفاده از روش های ، DRASTIC و SINTACS در محیط GIS ، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زمین شناسی ، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۵ ص.

**Alain , P. , Frances, Maciek , W. , Lubczynski, J., R. , Fernando, A.M., Santos Mohammad ,R. , Mahmoudzade, A., (2014),**“Hydrogeophysics and remote sensing for the design of hydrogeological conceptual models in hard rocks – Sardón catchment (Spain)”, Journal of Applied Geophysics, pp:63-81.

**Chilton ,P.J., Vlugman, A. , Foster, S. , (1990) ,** A groundwater pollution risk assessment for public water supply sources in Barbados, American Water Resources Association International Conference on Tropical Hydrology and Caribbean Water resources, San Juan de Puerto Rico: 279-289.

**Enterprise Risk Managemen ,(2011),** Application Guide; Deposit Insurance Corporation of ,Ontario Toronto, Canada.

**Hill ,M.C. , (2000),** Methods and Guidelines for Effective Model Calibration .U.S.Geol.Survey water- Res. Invest. Rep, pp: 90 -93.

- Kirsch , R. , ( 2009 ) ,** Groundwater geophysics (A tool for hydrogeology), SpringerVerlag Berlin Heidelberg, Second Edition, pp: 548.
- Lindenbaum , J. , ( 2012),** Identification of Ammonium in Groundwater Using Stable Nitrogen and Boron Isotopes in Nam Du, Hanoi. Master's Thesis, Department of Geology, Lund University, Lund ,Sweden .
- Paez ,G., ( 1990 ) ,** Evaluacion de la vulnerabilidad a la contaminacion de las aguas subterranas en el Valle del Cauca, Informe Ejecutivo, Corporeginal del Valle del Cauca,Cauca, Colombia.
- Piper, A. M. , ( 1953),** A graphic procedure I the geo-chemical interpretation of water analysis, USGS Groundwater Note no, pp: 12.
- Schoeller , H., (1926 ) ,**Les Eaux Souterraines. Hydrologie dynamique et chimique, Recherche, Exploitation et Évaluation des Ressources. 187 fig. Paris: Masson et Cie, Éditeurs pp:. 642.
- Somaratne , N., Zulfic , H., Ashman , G. , Vial , H. , Swaffer , B. , Frizenschaf , J. , (2013 ) ,** Groundwater Risk Assessment Model (GRAM): Groundwater Risk Assessment Model for Wellfield Protection ,pp:12.
- South Australian Water Corporation (SA Water), (2012) ,** Drinking Water Quality Report, SA Water: Adelaide, Australia.
- Wasko, C. , Sharma, A. ,( 2017),** Continuous rainfall generation for a warmer climate using 711 observed temperature sensitivities, Journal of Hydrology,pp: 544.
- Xu , H., Zheng , H., Chen, X., Ren, Y., Ouyang, Z., (2016),** Relationships between river water quality and landscape factors in Haihe River Basin, China: Implications for environmental management. Chinese Geographical Science , pp:, 207.
- Zope, P. E., Eldho, T. I., Jothiprakash, V., (2016),:** Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding, A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India,pp: 748 CATENA ,pp: 145.