



پردیس کشاورزی و منابع طبیعی
دانشگاه تهران



وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران

شرکت آب منطقه‌ای مازندران
کمیته تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی

خلاصه گزارش طرح
بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری و آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت آمل-بابل (دشت حراز)
با استفاده از مدل دراستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی

کد طرح

MAW-90003

پژوهشگر

دکتر آرش ملکیان (پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران)

ناظر طرح

دکتر غلامحسین کرمی

تاریخ انتشار

بهار ۱۳۹۹

شناسنامه طرح

این گزارش نتیجه اجرای طرح تحقیقاتی با عنوان «بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری و آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت آمل- بابل (دشت هراز) با استفاده از مدل دراستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی» می‌باشد که پیشنهاد انجام آن پس از داوری در کمیته تحقیقات آب منطقه‌ای مازندران مورد تایید قرار گرفت.

قرارداد این طرح در تاریخ ۹۰/۱۲/۲۲ به شماره ۳۷۷۴۳/۵۰۰ بین شرکت آب منطقه‌ای مازندران به عنوان کارفرما و دانشگاه تهران به عنوان مجری (مشاور) تنظیم و با حمایت و پشتیبانی مالی از محل اعتبارات جاری شرکت آب منطقه‌ای مازندران انجام شده و در تاریخ ۹۸/۵/۳۱ خاتمه یافته است.

پژوهشگر این طرح آقای دکتر آرش ملکیان بوده، داوری نهایی طرح توسط آقای دکتر غلامحسین کرمی انجام گردیده است.

کمیته تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی
شرکت آب منطقه‌ای مازندران

بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری و آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت آمل- بابل (دشت هراز) با استفاده از مدل دراستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی

پژوهشگران: آرش ملکیان و مهدی قنبری

کد طرح: MAW-90003

چکیده

آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است و بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور توسط منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود. عدم درک میزان آسیب‌پذیری سریع آب‌های زیرزمینی ممکن است سبب ایجاد آلودگی‌های شدید در این منابع شود. فعالیت‌های انسانی، محیط آسیب‌پذیری را به وجود آورده، به طوری که آب زیرزمینی را به‌عنوان منبعی طبیعی در معرض آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی قرار داده‌اند. به‌منظور دستیابی به یک روش مناسب و موثر برای حفاظت منابع آب زیرزمینی از آلودگی‌هایی که در آینده آن را تهدید می‌کند، سیستم‌های ارزیابی آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی توسعه یافته‌اند. در همین راستا مناطق مستعد از نظر آلودگی در آبخوان دشت بابل- آمل به‌منظور کمک به تبیین سیاست‌های کاربردی و علمی برای مدیریت منابع آب زیرزمینی منطقه، تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت بابل- آمل با استفاده از مدل DRASTIC مدنظر قرار گرفت. تلفیق لایه‌های آسیب‌پذیری آبخوان به روش DRASTIC انجام و با توجه به نقشه آسیب‌پذیر مشخص شد حدود ۰/۰۷ درصد منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آلودگی خیلی کم، حدود ۸۳/۲۹ درصد دارای پتانسیل کم و در حدود ۱۵/۴۸ درصد دارای پتانسیل آسیب‌پذیری کم تا متوسط می‌باشد.

کلید واژه‌ها: فعالیت‌های انسانی، حفاظت منابع آب، نقشه آسیب‌پذیری، پتانسیل آلودگی.

مقدمه

حفاظت از منابع آب و اقدامات مورد نیاز در این زمینه در طول قرن گذشته دچار تحول شگرف شده است. دلایل این امر را می‌توان در تغییرات زیاد در نوع، کمیت و کیفیت آلاینده‌های منابع آب جستجو کرد. در حال حاضر تخلیه فاضلاب‌های خام شهری، صنعتی و کشاورزی، تخریب حوضه‌های

آبریز، جنگل زدایی، مصرف بیش از حد سموم و کودهای شیمیایی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب در بسیاری از مناطق کمیت و کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی را به شدت تخریب نموده و تنها در سایه اقدامات حفاظت از منابع آب می‌توان به آینده‌ی این منابع امید داشت. آبخوان‌ها به دلیل استعداد کمتر نسبت به آلودگی و همچنین ظرفیت زیاد ذخیره نسبت به منابع آب سطحی به‌عنوان یک منبع مهم آب مورد توجه می‌باشند. با این حال وجود منابع قابل توجه آلاینده‌های انتشاری و نقطه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی در سطح زمین، به‌ویژه کشاورزی و نفوذ آلاینده‌ها به آبخوان، باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شود. به همین دلیل، جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، در مدیریت این منابع امری ضروری می‌باشد. به‌منظور دستیابی به یک روش مناسب و موثر برای حفاظت منابع آب زیرزمینی از آلودگی‌هایی که در آینده آن را تهدید می‌کند، سیستم‌های ارزیابی آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی توسعه یافته‌اند. آبخوان یا سفره آب زیرزمینی در لایه‌های تحکیم نیافته یا در سنگ‌های دارای درز و شکاف ایجاد می‌شود و این آب می‌تواند از طریق چاه بهره‌برداری گردد. آبخوان همچنین باید قابلیت آبدی خوبی داشته باشد. به‌طور کلی شکل سطح ایستابی غالباً از شکل سطح زمین پیروی می‌کند. بنابراین سطح ایستابی در نواحی پست در نزدیک سطح زمین و در تپه‌ها و کوه‌ها در عمق زیادتر قرار دارد. در مناطق مرطوب و پرباران سطح ایستابی ممکن است تا نزدیک سطح زمین بالا بیاید و در نقاطی «آبگیر» و در صورت وجود پوشش گیاهی باتلاق به‌وجود آید. پمپاژ از چاه‌های حفر شده درون آبخوان، نفوذ بارش و آب برگشتی کشاورزی مهمترین عوامل تغییرات تراز سطح ایستابی هستند. مفهوم آسیب‌پذیری آبخوان برای اولین بار با اشاره به پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله‌ی منابع آلاینده‌ی سطحی ارایه شد. از آن زمان به بعد، برای تعریف آسیب‌پذیری آبخوان تلاش‌های متعددی صورت گرفته و برای ارزیابی آن، روش‌های زیادی بر پایه‌ی روش‌های کمی ابداع شده است. کمیته ملی علوم آمریکا (۱۹۹۳)، آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به آلودگی را تمایل یا احتمال رسیدن آلاینده‌ها به یک مکان مشخص در سیستم آب زیرزمینی، بعد از به وجود آمدن آن‌ها در برخی محل‌ها در بالای سطح آبخوان می‌داند. مفهوم آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی، بر اساس این فرض که محیط فیزیکی ممکن است آب‌های زیرزمینی را در برابر برخی از اثرات نامطلوب طبیعی، مخصوصاً در مواردی که آلودگی وارد سفره آب زیرزمینی می‌شود، حفاظت کنند، بنا شده است. اصطلاح آسیب‌پذیری از نظر مفهومی به دو صورت آسیب‌پذیری ذاتی و آسیب‌پذیری ویژه تقسیم می‌شود.

آسیب‌پذیری ذاتی: به امکان آلودگی در یک منطقه بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ی خاص اشاره دارد. به عبارتی، این نوع آسیب‌پذیری به ویژگی‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی یک منطقه و فعالیت‌های بشری بستگی دارد و مستقل از ماهیت آلاینده است. روش‌هایی نظیر دراستیک و سین تکس به منظور ارزیابی این نوع آسیب‌پذیری استفاده می‌شود.

آسیب‌پذیری ویژه: آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به یک آلودگی خاص و یا گروهی از آلاینده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و در محاسبه‌ی آن خصوصیات آلاینده و ارتباط آن با اجزای مختلف آسیب‌پذیری ذاتی مدنظر می‌باشد. روش شاخص حساسیت یکی از روش‌هایی است که برای ارزیابی این نوع آسیب‌پذیری استفاده می‌شود و در آن آسیب‌پذیری آبخوان به‌طور مشخص نسبت به آلاینده‌های کشاورزی بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز دریای خزر

گسترش رشته کوه البرز در قسمت جنوبی حوضه آبریز رودخانه‌های ساحلی دریای مازندران و اختلاف ارتفاع زیاد به‌وجود آمده بین این رشته کوه و حوضه رسوبی دریای مازندران باعث شدت یافتن جریان‌های سطحی و ایجاد مخروط‌افکنه‌های بزرگ و کوچک در دامنه شمالی البرز شده است. سطح اساس پایین، باعث حمل مواد، تخریب ارتفاعات و در نتیجه ایجاد دره‌هایی با امتداد شمالی- جنوبی شده است. این دره‌ها و جریان‌های سطحی زیاد پس از رسیدن به دامنه‌ی ارتفاعات و دریا مواد حمل شده را در نواحی پست انباشته و رفته‌رفته دشت ساحلی جنوب دریای مازندران را به وجود آورده است (شکل ۱).

عرض بخش کوهستانی حوضه آبریز ساحلی خزر در مناطق مرکزی از ۱۰۰ کیلومتر و در مناطق شرقی از ۶۰ کیلومتر تجاوز نمی‌کند. مرتفع‌ترین قله‌ها در این بخش حوضه، دماوند با ارتفاع ۵۶۷۰ متر و در تخت سلیمان با ارتفاع ۴۶۰۰ متر در مرکز و جنوب غربی ناحیه کوهستانی قرار گرفته‌اند. این بخش از حوضه کاملاً کوهستانی بوده و در آن مناطق مسطح و کم شیب وجود ندارد. رودخانه‌های واقع در آن در دره‌های عمیق جریان داشته و دارای بسترهای پرشیب و مرکب از مواد رسوبی دانه‌درشت می‌باشند. بخشی از مناطق کوهستانی که در مجاورت دریای خزر قرار دارند تا ارتفاع ۲۰۰۰ متر پوشیده از جنگل

می‌باشند. بخش مسطح و کم شیب حوضه در امتداد ساحل دریا قرار داشته و عرض آن در منطق غربی کم بوده و از ۲۰ کیلومتر تجاوز نمی‌کند ولی در بخش شرقی عرض آن به ۵۰ کیلومتر می‌رسد. این ناحیه که احتمالاً در اثر بالا آمدن زمین و یا پس‌روی دریا و یا در اثر مشترک این دو عامل پدید آمده است، دارای شیب ملایم بوده و پوشش گیاهی متراکمی دارد که شامل جنگل، باغات میوه و اراضی کشاورزی است.

وسعت دشت‌های حوضه‌ی ساحلی ۶۴۹۱ کیلومترمربع یا ۲۳ درصد کل مساحت آن است. حوضه‌ی ساحلی با توجه به آبریز رودخانه به هشت محدوده‌ی مطالعاتی یا دشت تقسیم شده که بزرگ‌ترین آن‌ها دشت بابل-آمل با ۱۷۳۳ کیلومترمربع و کوچک‌ترین آن‌ها دیلمان-اشکورات با ۴۴ کیلومترمربع وسعت می‌باشد. در حقیقت محدوده دیلمان-اشکورات فاقد دشت مسطح بوده و وسعت فوق‌گسترش آبرفت در کناره بستر رودخانه‌ها می‌باشد، اگر این محدوده مدنظر قرار نگیرد، دشت رودسر-املش با وسعت ۳۹۶ کیلومترمربع، کوچک‌ترین دشت می‌باشد.

به دلیل اینکه مواد رسوبی دریاچه‌ای دانه‌ریز، شیب دشت ساحلی زیاد، جریان‌های ورودی تغذیه و بارندگی نیز بسیار است، به‌طور کلی سطح آب زیرزمینی در دشت‌های ساحلی کم است، به‌طوری که کم‌ترین سطح آب زیرزمینی در تمام دشت‌ها نزدیک سطح زمین است و عملاً در وسعت زیادی نواحی تبخیری وجود دارد و به‌ندرت در نواحی مخروط افکنه‌ها و دامنه‌های جنوبی دشت، عمق برخورد به آب زیاد می‌باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت بابل-آمل در بخش مرکزی مازندران بین طول جغرافیایی ۱۵° ۵۱' تا ۵۰° ۵۲' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵° ۴۵' تا ۳۶° ۴۵' شمالی قرار دارد. وسعت آن ۶۸۰۴ کیلومترمربع است که در حدود ۱۴۸۰ کیلومترمربع آن را دشت مورد مطالعه و بقیه را دشت‌های پراکنده در ارتفاعات شامل می‌شود (شکل ۱). در سطح دشت حداکثر ارتفاع ۲۵۰ متر و حداقل آن زیر سطح دریای آزاد قرار دارد و ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا ۱۶ متر می‌باشد. حوضه آبریز رودخانه‌های ساحلی، بخش میانی

بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری و آلودگی منابع آب زیرزمینی ...

حوضه آبریز دریای مازندران را تشکیل می‌دهد. در این گستره واحدهای زمین‌شناسی مختلفی وجود دارد که از قدیم به جدید عبارت‌اند از:

- پرکامبرین: واحدهای زمین‌شناسی مربوط به این محدوده زمانی شامل مجموعه سنگ‌های دگرگونی، سازند کهار و گرانیت می‌شود.

- پرکامبرین بالا: شامل سازندهای بایندر، سلطانیه و باروت می‌شود.

- کامبرین زیرین: شامل سازندهای زاگون و لالون می‌شود.

- اردوویسین: شامل سازند میلا و لشکرک می‌باشد.

- دونین - کربونیفر: شامل سازند جیروود و آهک مبارک می‌باشد.

- پرمین: شامل سازندهای دورود، روته و نسن می‌باشد.

- تریاس: شامل سازند الیکا می‌باشد.

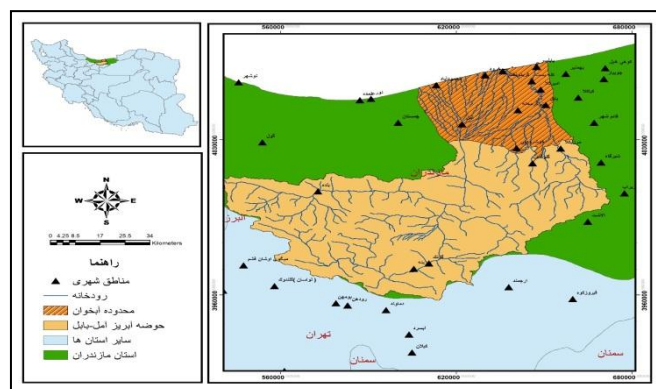
- ژوراسیک: شامل سازند شمشک، دلیچای و لار می‌باشد.

- کرتاسه زیرین: شامل سازند تیزکوه و واحدی دارای نام غیر قدیمی سازند چالوس می‌باشد.

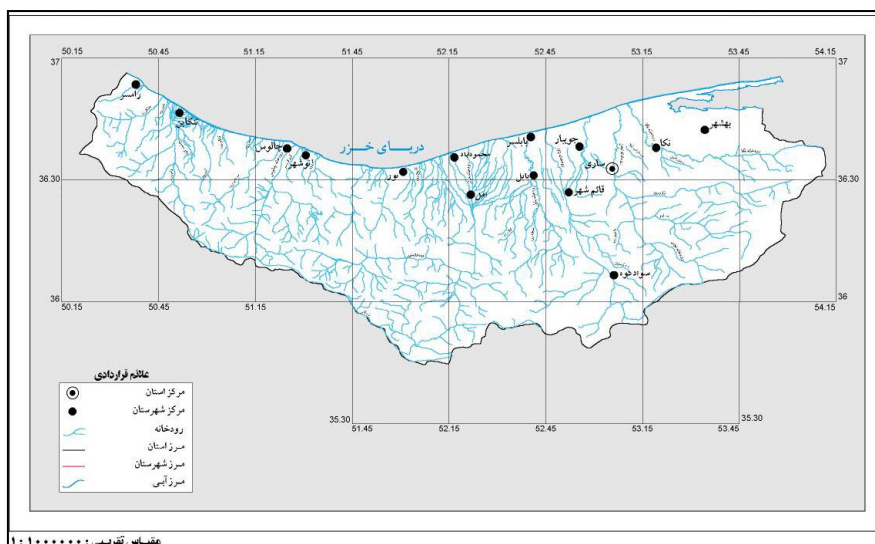
- پالئوژن: شامل سازند فجن، زیارت و کرج می‌باشد.

- نئوژن: شامل سازندهای کنگلومرای قرمز نئوژن، کنگلومرای پلیوسن و سازند آبرفتی هزار دره می‌باشد.

- کواترن: نهشته‌های کواترن در گستره مورد نظر در بخش جنوبی و شمال البرز با یکدیگر متفاوت است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت بابل- آمل بر روی عکس هوایی



شکل ۲- رودخانه‌ها و حوضه‌های آبریز استان مازندران

دشت آمل - بابل اکثراً به وسیله تشکیلات کوتاه‌تری پوشیده شده است و قسمت کوچکی از آن متعلق به سازندهای میوسن و پلیوسن است.

روش تحقیق

به منظور اجرای مدل دراستیک بر اساس GIS برای ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در محدوده‌ی دشت بابل - آمل، مراحل آماده‌سازی نقشه‌ها، وزن‌دهی و تلفیق اعمال شده است. داده‌های مورد نیاز برای تهیه‌ی مشخصه‌های دراستیک از منابع مختلف و با فرمت‌های گوناگون جمع‌آوری گشته‌اند. پایگاه اطلاعاتی برای داده‌های با فرمت نقطه‌ای ابتدا در محیط اکسل تهیه شده، سپس به محیط GIS آورده شد. تمامی داده‌ها به سیستم تصویر درآمدند. همچنین توابع تحلیلی مکانی مختلفی بر روی داده‌ها برای تبدیل آن‌ها به نقشه صورت گرفت. از تبدیل‌های انجام گرفته می‌توان به تبدیل نقطه به ناحیه که شامل درونیابی کریجینگ و IDW از روش‌های تخمین مکانی که با توجه به نحوه‌ی توزیع مکانی متغیر مورد نظر به تخمین مقادیر مجهول در موقعیت‌های مکانی مطلوب و معلوم می‌پردازد، اشاره کرد. عبارت DRASTIC مخفف پارامترهایی است که در سیستم هیدروژئولوژیکی کنترل‌کننده‌ی آلودگی آب زیرزمینی می‌باشند. این پارامترها شامل: عمق آب زیرزمینی (D)، تغذیه (R)، مواد تشکیل‌دهنده‌ی آبخوان (A)، نوع خاک (S)، توپوگرافی (T)، اثر منطقه غیراشباع (I) و هدایت

بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری و آلودگی منابع آب زیرزمینی ...

هیدرولیکی آبخوان (C) می‌باشد. برای تعیین اهمیت نسبی هر کدام از عوامل هفتگانه‌ی استفاده شده در مدل، هر پارامتر نسبت به سایر عوامل ارزیابی می‌شود، به طوری که به هر کدام با توجه به اهمیت تاثیر در آلودگی یک وزن نسبی، از یک تا پنج، تعلق می‌گیرد، که پنج مؤثرترین و یک کم‌اثرترین آن‌هاست.

هر یک از عوامل هیدرولوژیکی تاثیرگذار در مدل دراستیک، خود به بازه‌هایی تقسیم می‌شوند که نسبت تاثیر هر بازه بر روی آسیب‌پذیری آبخوان متفاوت است. در این مدل به بازه‌های هر یک از پارامترهای هیدرولوژیکی نیز یک رتبه از یک تا ده، بر اساس تاثیر آن‌ها بر آسیب‌پذیری اختصاص داده می‌شود که در جدول‌های ۱ تا ۷ وزن و رتبه‌ی مربوط به هر پارامتر ارایه شده است.

جدول ۱- رتبه‌بندی و وزندهی عمق سطح ایستابی (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

عمق سطح ایستابی (متر)	
رتبه	محدوده
۱۰	۰ - ۱/۵
۹	۱/۵ - ۴/۵
۷	۴/۵ - ۹
۵	۹ - ۱۵
۳	۱۵ - ۲۳
۲	۲۳ - ۳۰
۱	>۳۰

وزن نسبی: ۵

ارزیابی آسیب‌پذیری هر منطقه بایستی بر اساس اهمیت هر یک از پارامترها در آن منطقه صورت گیرد. به طور مثال توپوگرافی در یک منطقه‌ی کوهستانی نسبت به یک دشت مسطح از اهمیت بیشتری برخوردار است. همچنین بایستی توجه داشت که بعضی از پارامترها در ایجاد دیگر پارامترهای هفت‌گانه دراستیک موثر می‌باشند. به عنوان مثال توپوگرافی (T)، بر پارامتر عمق آب زیرزمینی (D) در یک منطقه موثر است و هر چند که اثر توپوگرافی قبلاً به طور مجزا در برآورد شاخص دراستیک اعمال شده است. در نهایت، پس از جمع‌آوری و رقمی کردن اطلاعات هیدروژئولوژیک، هفت عامل نامبرده برای تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری با یکدیگر همپوشانی و تلفیق می‌گردند و یک لایه جدید به نام شاخص دراستیک

کد طرح: MAW-90003 / پژوهشگران: آرش ملکیان و مهدی قنبری

به دست می آید. نتیجه‌ی مدل دراستیک طبق رابطه، یک لایه‌ی شبکه‌ای است که در آن پیکسل‌های دارای اعداد بزرگ‌تر بیان‌کننده‌ی مناطقی هستند که آسیب‌پذیری ذاتی آب زیرزمینی بیشتر است و پیکسل‌های دارای ارزش عددی کمتر مناطقی را نشان می‌دهند که آسیب‌پذیری ذاتی آن‌ها ناچیز می‌باشد. شکل ۳ مراحل تهیه‌ی نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری یک آبخوان با استفاده از مدل دراستیک را نشان می‌دهد.

جدول ۲- رتبه‌بندی و وزندهی تغذیه خالص (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

تغذیه خالص (میلی متر بر سال)	
رتبه	محدوده
۱	۰ - ۵۰
۳	۵۰ - ۱۰۰
۶	۱۰۰ - ۱۸۰
۸	۱۸۰ - ۲۵۰
۹	۲۵۰ >
وزن نسبی: ۴	

جدول ۳- رتبه‌بندی و وزندهی محیط آبخوان (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

همکاران، ۱۹۸۷)

محیط آبخوان		
رتبه نمونه	رتبه	محدوده
۲	۱ - ۳	شیل توده‌ای
۳	۲ - ۵	سنگ آذرین یا دگرگونی
۴	۳ - ۵	سنگ آذرین یا دگرگونی هوازده
۵	۴ - ۶	رسوبات یخچالی
۶	۵ - ۹	ماسه‌سنگ لایه‌لایه، سنگ آهک و توالی
۶	۴ - ۹	شیل‌ها
۶	۴ - ۹	ماسه سنگ توده‌ای
۸	۴ - ۹	سنگ آهک توده‌ای
۹	۲ - ۱۰	ماسه و گراول
۱۰	۹ - ۱۰	بازالت سنگ آهک کارستی
وزن نسبی: ۳		

جدول ۴- رتبه‌بندی و وزندهی محیط خاک (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

لایه خاک	
رتبه	محدوده
۱۰	خاک لایه نبود یا نازک
۱۰	گراول
۹	ماسه
۸	پیت
۷	رس فشرده/ متراکم
۶	لوم ماسه‌ای
۵	لوم
۴	لوم سیلتی
۳	لوم رسی
۲	کود گیاهی (ماک)
۱	رس غیر متراکم
وزن نسبی: ۲	

جدول ۵- رتبه‌بندی و وزندهی توپوگرافی (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

شیب (درصد)	
رتبه	محدوده
۱۰	۰ - ۲
۹	۲ - ۶
۵	۶ - ۱۲
۳	۱۲ - ۱۸
۱	۱۸ >
وزن نسبی: ۱	

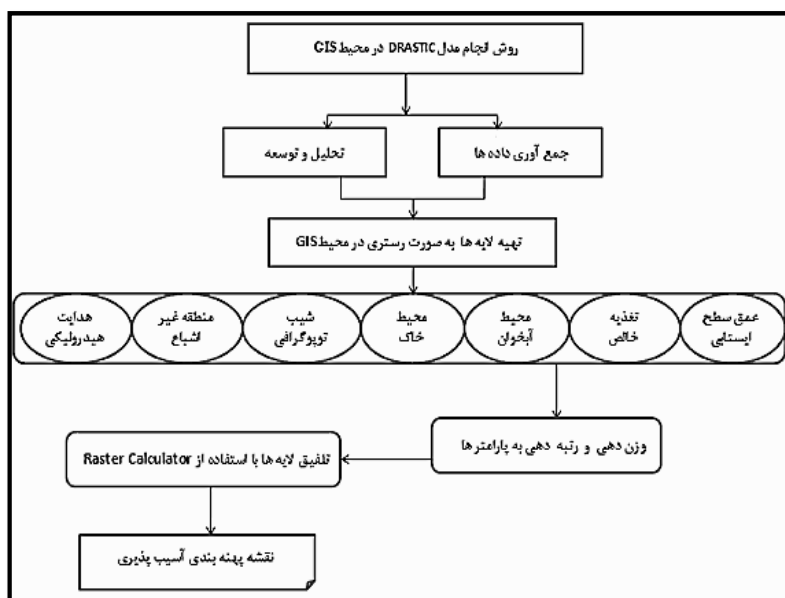
کد طرح: MAW-90003 / پژوهشگران: آرش ملکیان و مهدی قنبری

جدول ۶- رتبه بندی و وزن دهی محیط غیراشباع (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

منطقه غیراشباع		
رتبه نمونه	رتبه	محدوده
۱	۱	لابه محبوس کننده
۳	۲-۶	سیلت / رس
۳	۲-۵	شیل
۶	۲-۷	سنگ آهک
۶	۴-۸	ماسه سنگ
۶	۴-۸	سنگ آهک لایه لایه، ماسه سنگ و شیل
۶	۴-۸	ماسه و گراول با مقدار زیادی سیلت و رس
۴	۲-۸	سنگ دگرگونی یا آذرین
۸	۶-۹	ماسه و گراول
۹	۲-۱۰	بازالت
۱۰	۸-۱۰	سنگ آهک کارستی
وزن نسبی: ۵		

جدول ۷- رتبه بندی و وزن دهی هدایت هیدرولیکی (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)	
رتبه	محدوده
۱	۰/۰۴ - ۴/۱
۲	۴/۱ - ۱۲/۳
۴	۱۲/۳ - ۲۸/۷
۶	۲۸/۷ - ۴۱
۸	۴۱ - ۸۲
۱۰	>۸۲
وزن نسبی: ۳	



شکل ۳- مراحل تهیه نقشه پهنه بندی آسیب پذیری با استفاده از مدل دراستیک

نتایج و بحث

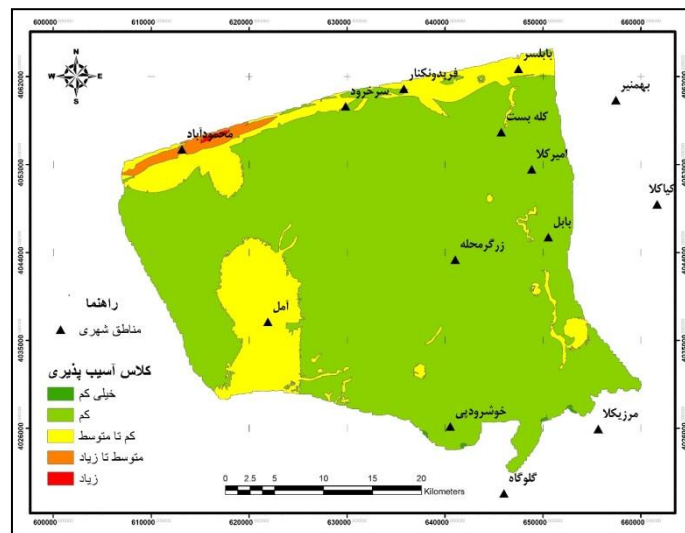
در طی پژوهش سعی شد تا نگرشی صحیح نسبت به ضرورت حفاظت از منابع آب زیرزمینی ایجاد شود. تخریب آب های زیرزمینی در دشت آمل - بابل به واسطه ی موقعیت خاص، نوع کاربری های مستقر، رونق زیاد کشاورزی و استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و مواد آفت کش در آن، تهدیدی جدی به شمار رفته و به عنوان یک مخاطره ی محیطی برای این ناحیه ارزیابی می شود. بدین منظور ارزیابی آسیب پذیری آبخوان دشت آمل - بابل بر اساس مدل DRASTIC مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه روش دراستیک نسبت به سایر روش های تعیین پتانسیل آسیب پذیری آبخوان به آلودگی، از کاربردی ترین روش های رتبه دهی محسوب می گردد و از تعداد پارامترهای بیشتری در تهیه مدل استفاده می کند، بنابراین از این روش استفاده شد. بعد هر یک از نقشه های رستری ارزش گذاری شده با استفاده از تحلیل گر مکانی (Spatial Analyst) در وزن در نظر گرفته شده در جدول ۸ ضرب شد و برای به دست آوردن شاخص دراستیک با هم جمع شدند.

جدول ۸- وزن‌های اختصاص یافته به پارامترهای مدل دراستیک (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

وزن	پارامتر
۵	عمق تا سطح ایستابی
۴	تغذیه خالص
۳	محیط آبخوان
۲	محیط خاک
۱	توپوگرافی
۵	محیط غیراشباع
۳	هدایت هیدرولیکی

در تلفیق لایه‌ها در واقع ارزش عددی مربوط به هر سلول در یک لایه‌ی رستری با ارزش عددی سلول متناظر آن در لایه‌های رستری دیگر با هم جمع شده و در نهایت به صورت نقشه‌ای رستری، که همه‌ی سلول‌های آن دارای ارزش هستند و شاخص دراستیک را در نواحی مختلف نقشه به صورت طیف رنگی نشان می‌دهند، نمایان می‌شوند (شکل ۴).

نتایج نقشه‌ی آسیب‌پذیری دشت آمل - بابل بر اساس مدل DRASTIC نشان داد که حدود ۰/۰۷ درصد منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آلودگی خیلی کم، حدود ۸۳/۲۹ درصد دارای پتانسیل کم و در حدود ۱۵/۴۸ درصد دارای پتانسیل آسیب‌پذیری کم تا متوسط می‌باشد. نقشه‌ی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت که از تلفیق نقشه‌های رستری هفت گانه پارامترهای مدل دراستیک با لحاظ کردن وزن هر پارامتر در محیط GIS به دست آمده است، نشان می‌دهد که آبخوان دشت آمل - بابل در محدوده آسیب‌پذیری کم تا آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرد که وسعت محدوده‌ی آسیب‌پذیری کم نسبت به سایرین بیشتر (حدود ۸۳/۲۹ درصد) است. شاخص دراستیک در نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری



شکل ۴- نقشه‌ی آسیب‌پذیری دشت آمل - بابل بر اساس مدل DRASTIC

دشت بین ۹۱ تا ۱۷۹ می‌باشد. مناطق دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بیشتر در قسمت‌های شمال غربی دشت هراز قرار دارند. مناطق با پتانسیل آسیب‌پذیری کم تا متوسط در بخش‌های اطراف شهر آمل و نوار ساحلی قرار دارند. مناطق دارای پتانسیل کم در سایر قسمت‌های دشت مشاهده می‌شوند. بنابراین، در مناطق آسیب‌پذیر برای جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی بایستی مراقبت و کنترل بیشتری صورت گیرد.

نقشه‌ی شاخص آسیب‌پذیری بر اساس مدل DRASTIC از تلفیق لایه‌های تولیدشده در مراحل قبل آماده شد. برای درک بهتر شاخص آسیب‌پذیری باید روشی را انتخاب کرد تا آسیب‌پذیری آبخوان به خوبی نمایش داده شود و مقایسه‌ی بین نواحی متفاوت به‌طور هم‌زمان امکان‌پذیر شود (جدول ۹). محدوده‌ی شاخص DRASTIC در دشت آمل- بابل بین ۹۱ تا ۱۷۹ قرار دارد که می‌توان آن را به پنج گروه تقسیم‌بندی کرد (جدول ۱۰)، در این صورت آسیب‌پذیری آبخوان دشت آمل- بابل در محدوده‌ی آسیب‌پذیری خیلی کم تا آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرد.

جدول ۹- رده بندی شاخص آسیب پذیری دراستیک (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

دراستیک آسیب پذیری شاخص	
پتانسیل آلودگی	محدوده
بدون پتانسیل آلودگی	۷۹<
خیلی کم	۸۰-۹۹
کم	۱۰۰-۱۱۹
کم تا متوسط	۱۲۰-۱۳۹
متوسط تا زیاد	۱۴۰-۱۵۹
زیاد	۱۶۰-۱۷۹
خیلی زیاد	۱۸۰-۱۹۹
کاملاً مستعد آلودگی	۲۰۰>

جدول ۱۰- رده بندی شاخص آسیب پذیری دراستیک در دشت امل - بابل

شاخص آسیب پذیری دراستیک			
درصد	مساحت کیلومتر مربع	پتانسیل آلودگی	محدوده
۰,۰۷	۱,۰۰	خیلی کم	۹۱-۹۹
۸۳,۲۹	۱۱۸۷,۱۶	کم	۹۹-۱۱۹
۱۵,۴۸	۲۲۰,۷۰	کم تا متوسط	۱۲۰-۱۳۹
۱,۰۶	۱۵,۲۰	متوسط تا زیاد	۱۴۰-۱۵۹
۰,۰۸	۱,۲۱	زیاد	۱۶۰-۱۷۹

با توجه به جدول ۱۰ حدود ۰/۰۷ درصد منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آلودگی خیلی کم، حدود ۸۳/۲۹ درصد دارای پتانسیل کم و در حدود ۱۵/۴۸ درصد دارای پتانسیل آسیب پذیری کم تا متوسط می باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

آسیب‌پذیری آبخوان، پتانسیل آبخوان را برای آلودگی نشان می‌دهد و نباید با خطر آلودگی اشتباه شود. بدین معنی که ممکن است در یک منطقه آسیب‌پذیری کم و متوسط باشد ولی به دلیل حضور گسترده منابع آلاینده، از نظر آلودگی منطقه پرخطری باشد. برعکس ممکن است در منطقه‌ای آسیب‌پذیری بالا باشد ولی به دلیل عدم حضور منابع آلاینده هیچ‌گونه خطر آلودگی آب زیرزمینی را تهدید نکند.

با توجه به اینکه سطح ایستابی در نواحی شمالی دشت نزدیک سطح زمین می‌باشد که این وضعیت پتانسیل آلوده شدن سفره را از حیث بررسی تاثیر عمق سطح ایستابی افزایش می‌دهد. راه‌حل پیشنهادی برای برطرف نمودن این مساله، استفاده بیشتر از منابع آب زیرزمینی به صورت چاه به‌ویژه چاه کم‌عمق و نیز احداث شبکه زهکشی مناسب برای پایین انداختن سطح آب می‌باشد ولی در کنار آن باید به کنترل میزان برداشت و بررسی عکس‌العمل سفره در مقابل بهره‌برداری بیشتر و پیشروی آب‌شور دریا توجه داشت، زیرا در زیر سفره آب زیرزمینی که حاوی آب خوب با کیفیت مناسب و قابل‌استفاده می‌باشد، آب‌شور قرار دارد، لذا عمق حفاری در چاه‌ها نباید زیاد باشد. زیرا سفره‌ی آب‌شور زیرین تحت فشار بوده و ممکن است سفره‌ی فوقانی را نیز آلوده نماید. در نواحی غربی و مرکزی (بیشتر در حوزه‌ی رودخانه‌ی هراز) آبخوان دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بیشتری است و از طرفی به دلیل حاصلخیزی خاک و پرباری بَرنج و وجود دشت‌های سیلابی گسترده و هموار، شالیکاران بومی بخش‌های گسترده‌ای از این مناطق را زیر کشت می‌برند، سموم و کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم وارد سفره آب زیرزمینی می‌شود. از راهکارهای مدیریتی که برای تقلیل آثار منفی و زیانبار زیست‌محیطی ناشی از سموم و کودهای شیمیایی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تلفیق کلیه راه‌های مبارزه اعم از زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی که میزان مصرف سموم را کاهش داده و اثرات مخرب آن‌ها را به حداقل برساند.
- کنترل زیستی آفات از طریق ازدیاد شکارگرها و ...
- کنترل کشت و کار، همانند قطع و یا ریشه‌کنی چوب‌های مسموم، تنوع در تولید محصول

- بهترین حالت اینکه سموم و نهاده کشاورزی با حداقل تراکم وارد محیط زیست شده تا محیط‌های آبی قدرت خود پالایی خود را از دست ندهند.
- افزایش همکاری میان سازمان محیط زیست و جهاد کشاورزی
- گسترش ترویج و آموزش کشاورزان به استفاده نکردن از سموم، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی و در عوض استفاده از روش‌های بیولوژیکی به ویژه در مناطقی که پتانسیل بالایی در برابر آلودگی دارند.
- از موارد دیگری که برای ارزیابی بهتر پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان‌ها می‌توان به آن اشاره نمود، به‌روز نمودن و ادامه‌ی بررسی مدل‌های کمی و کیفی سفره‌ی آب زیرزمینی در حوضه و تصحیح ارقام به دست آمده با توجه به نوسان سطح آب و یا افزایش بهره‌برداری و اطلاعات هیدروژئولوژیکی جدید می‌باشد.
- بررسی کیفی سفره‌های آب زیرزمینی در مقاطع ورودی و خروجی و عمق لایه آبدار برای شناخت روند آلودگی آن.
- اختصاص یک روز و یا یک هفته به آب و انجام کارهای فرهنگی از طریق صدا و سیما و تشکیل سمینارها، آگاهی‌دادن عمومی راجع به ارزش و اهمیت آب و نحوه‌ی استفاده صحیح از آن از طریق خطبه‌های نماز جمعه، سخنرانی در مدارس و ...
- دولت با استفاده از ابزارهای فرهنگ‌سازی و آموزش در بخش کشاورزی باید کشاورزان را به استفاده نکردن از سموم، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی و در عوض استفاده از روش‌های بیولوژیکی به‌ویژه در مناطقی که پتانسیل بالایی در برابر آلودگی دارند، تشویق و ترغیب کند.

تشکر و قدردانی

این طرح پژوهشی با حمایت مالی معاونت فنی و پژوهش‌های شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، دفتر امور پژوهشی و پشتیبانی علمی آن شرکت و کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران به انجام رسیده است که به این وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. احمدی، ع، آبرومند، م، ۱۳۸۸. بررسی پتانسیل آلودگی آبخوان دشت خاش، شرق ایران، با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال پنجم، شماره ۱: ۱۱-۱.
۲. چیت‌سازان، م، اختری، ی، ۱۳۸۵. پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی در دشت‌های زویرچری و خیرآن با استفاده از مدل دراستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله آب و فاضلاب، دوره هفدهم، شماره ۵۹، ص ۵۱-۳۹.
۳. عباسی، م، کابلی، ع، نیک‌قوجق، شفیع‌پور، ع، ۱۳۹۰. ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان گرگان به روش DRASTIC و تعیین حریم کیفی نقطه‌ای آبخوان، طرح GLE-88009، کمیته تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی شرکت آب منطقه‌ای گلستان، شرکت مدیریت منابع آب ایران.
۴. عزیزی، ف، محمدزاده، ح، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آبخوان دشت امامزاده جعفر گچساران، مجله‌ی مهندسی منابع آب، سال پنجم، شماره ۱۳، ص ۱۴-۱.
5. Al-Adamat, R.A.N., Foster, I.D.L., Baban, S. M. J., 2003. Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, Remote sensing and DRASTIC. *Applied Geography* 23, 303-324.
6. Dixon, B., 2005. Groundwater vulnerability mapping, a GIS and fuzzy rule based integrated tool. *Applied Geography* 25, 327-347.
7. Hamza, M.H., Added, A., Rodríguez, R., Abdeljaoued, S., 2006. A GIS-based DRASTIC vulnerability assessment in the coastal alluvial aquifer of Metline-Ras Jebel-Raf Raf (Northeastern part of Tunisia). *Journal of Environmental anagement* 84, 12-19.
8. Sinan, M., Razack, M., 2008. An extension to the DRASTIC model to assess groundwater vulnerability to pollution: application to the Haouz aquifer of Marrakech (Morocco). *Environmental Geology* doi:10.1007/s00254-008-1304-2.

Abstract

Groundwater is the water present beneath Earth's surface in soil pore spaces and in the fractures of rock formations and is one of the most important natural resources in the world and a considerable part of the country's water consumption is provided by groundwater resources. Failure to understand the rapid vulnerability of groundwater may lead to severe contamination of these resources. Human activities have created a vulnerable environment by exposing groundwater to natural and industrial pollutants as a natural resource. Groundwater vulnerability assessment systems have been developed in order to achieve an effective and effective method of protecting groundwater resources from future contaminants. In this regard, pollution prone areas in Babol-Amol Plain aquifer were considered using DRASTIC model to assist in explaining practical and scientific policies for groundwater resources management in the area. Integration of aquifer vulnerability layers was done by DRASTIC method and according to the vulnerability map it was found that about 0.07% of the study area has very low pollution potential, about 83.29% low potential and about 15.48% low potential to medium.

Keyword: Amol-Babol plain, DRASTIC, Groundwater vulnerability.