پانزدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر
کرمان ۶ و ۷ شهریور ماه ۱۳۹۸

بررسی آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص *GODS*

لیلا بیرانوند[۱]، افسانه افضلی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
L.Beyranvand74@gmail.com

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان a.afzali@kashanu.ac.ir

چکیده

آب زیرزمینی از منابع مهم تامین آب در سراسر ایران و جهان می‌باشد، زیرا احتمال آلودگی منابع آب زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی کمتر است و منبع بزرگی جهت ذخیره آب می‌باشد. با توجه به اهمیت این منابع، جلوگیری از آلودگی آن‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، در این مطالعه به ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر، به عنوان راهی برای مدیریت کاربری اراضی و جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی پرداخته شده است. هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت درود- بروجرد با استفاده از شاخص GODS است. این شاخص دارای ۴ پارامتر نوع آبخوان، منطقه غیر اشباع، بافت خاک و عمق آب زیرزمینی است که پس از رتبه بندی با هم تلفیق می‌شوند. نتایج حاصل از شاخص آسیب‌پذیری GODS نشان داد ۳۸/۵۵ درصد از مساحت منطقه دارای آسیب‌پذیری کم، ۶۰/۱۶ درصد دارای آسیب-پذیری متوسط، ۰/۴۴ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۰/۸۴ درصد از مساحت منطقه در طبقه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار دارد. سپس اعتبار سنجی مدل با استفاده از داده‌های کل جامدات محلول (TDS) در منطقه صورت گرفت، که دارای میزان همبستگی ۰/۲۷ بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب زیرزمینی، دشت درود- بروجرد، آسیب‌پذیری ذاتی، شاخص هم‌پوشانی، لرستان

۱-مقدمه

در حال حاضر بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب به خصوص در بخش شرب و کشاورزی از منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد (سلطانی و همکاران). اهمیت استفاده و بهره‌برداری بهینه از این آب‌ها در مناطقی که فاقد رودخانه دائمی بوده و یا منابع آب سطحی از کمیت و کیفیت مناسبی برخوردار نیست، دوچندان است. اگرچه استفاده از این منابع غالبا هزینه‌های زیادی دارد ولی به دلیل احتمال کمتر آلودگی‌های مختلف میکروبی و صنعتی و عدم نیاز به تصفیه فیزیکی ترجیح داده می‌شوند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان). با این حال، آب‌های زیرزمینی به شکل‌های مختلف در معرض آلودگی قرار دارند. این منابع ممکن است در اثر فعالیت‌های بشر در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، شهرنشینی، عدم وجود سیستم‌های جمع‌آوری و دفع پساب‌ها و برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی آلوده شوند (حیدرزاده و معزی). تشخیص و کنترل آلودگی در این آب‌ها نسبت به آب‌های سطحی مشکل‌تر و پرهزینه‌تر است. هم‌چنین به دلیل استمرار آلودگی این منابع، بهترین روش جلوگیری از آلودگی آن‌ها، شناسایی منابع آلوده کننده و مناطق آسیب‌پذیر، تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب می‌باشد (سلطانی و همکاران). مطالعات زیادی در زمینه بررسی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی صورت گرفته است. امفونکا[1] و همکاران (۲۰۱۸)، به ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوانی در غرب کامرون با استفاده از دو مدل گادس و دراستیک پرداختند. بر اساس مدل دراستیک، منطقه مورد مطالعه ضعیف و نسبتا آسیب‌پذیر و بر اساس روش

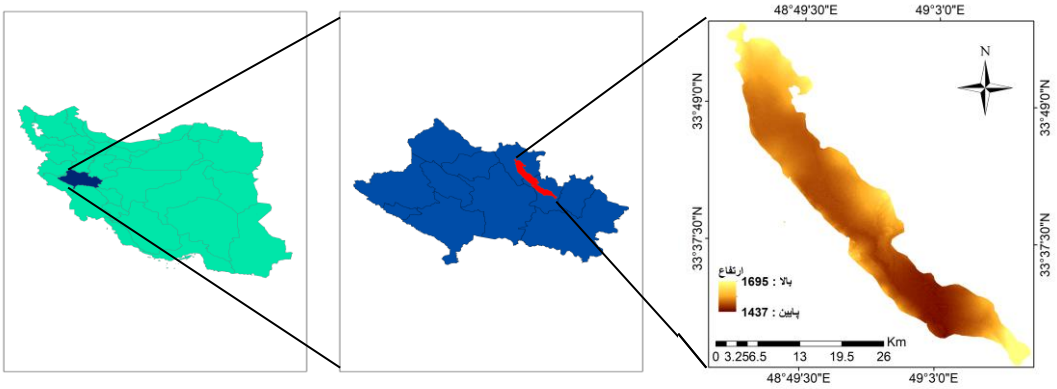
1.Mfonka

گادس، سه سطح آسیب‌پذیری غیر قابل اندازه گیری، کم و متوسط بود و در نهایت نتایج با داده‌های نیترات تایید شد. ریبیرو[1] و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از شاخص SI به ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در حوضه رودخانه گویاس در اکوادور پرداختند. این شاخص شامل ۵ پارامتر است. نتایج نشان داد که مناطق با آسیب‌پذیری بالا در پیرامون مناطق آبیاری مزرعه شالیکاری قرار دارند. لنگرودی و همکاران (۱۳۹۴)، به ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت آستانه- کوچصفهان با استفاده از مدل دراستیک اصلاح شده پرداختند. این مدل، شامل پارامترهای دراستیک همراه با پارامتر نشت از کانال‌های خاکی به عنوان پارامتر هشتم است. نتایج همبستگی نقشه‌های آسیب-پذیری دراستیک و دراستیک اصلاح شده نشان داد که نقشه دراستیک اصلاح شده از دقت بالاتری برخوردار است. در این مطالعه، به منظور بررسی آسیب‌پذیری آبخوان دشت درود- بروجرد از شاخص GODS در محیط GIS استفاده شده است. با توجه به اینکه در این منطقه، مطالعات محدودی در زمینه آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی صورت گرفته، بنابراین بررسی بیشتر منطقه مورد مطالعه و تهیه نقشه آسیب‌پذیری با روش‌های مختلف می‌تواند گام مهمی در راستای شناسایی مناطق با پتانسیل آلودگی بالا و حفاظت از این منابع باارزش باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعاتی

منطقه مورد نظر شامل دشت‌های بروجرد- درود بوده که بین طول‌های جغرافیایی ´۳۰ °۴۸ تا ´۱۰ °۴۹و عرض-های ´۳۰ °۳۳ تا ´۰۱ °۳۴ قرار گرفته‌اند (شکل ۱). وسعت محدوده ۱۹۱۲ کیلومتر بوده و شامل دشت‌های درود-بروجرد به وسعت حدود ۸۱۵ کیلومتر و محدوده بیلانی به وسعت ۷۴۶ کیلومتر می‌باشد. امتداد این دشت‌ها بصورت شمال غربی- جنوب شرقی بوده و از شمال به دشت‌های نهاوند و ملایر و از شرق به رشته کوه‌های حد فاصل بین استان لرستان و حوضه داخلی شهرستان اراک و از غرب به رشته کوه‌های زاگرس و از جنوب به کوه‌های اشترانکوه محدود می‌شود (گزارش آب منطقه‌ای لرستان).



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

1.Ribeiro

۲-۲- روش مطالعه

برخی از محققان بر این عقیده‌اند که برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری یک منطقه، با تعداد کمتری از پارامترها و با دقت بیشتر و هزینه کمتر می‌توان به نتایجی معادل مدل دراستیک دست یافت. در بعضی از مطالعات مدل دراستیک را با تعداد کمتری از پارامترها انجام دادند. در این راستا، مدل GOD ارائه گردید. شاخص آسیب‌پذیری GOD آسیب‌پذیری آبخوان را در برابر آلودگی بر اساس سه پارامتر وضعیت هیدرولیکی آب زیرزمینی در آبخوان، چینه‌ها یا لایه‌های روی منطقه اشباع بر حسب درجه و وضعیت استحکام آن‌ها (که میزان ظرفیت میرایی آلاینده‌ها را تعیین می‌کنند) و عمق سطح ایستابی تعیین می‌کند. روش اولیه GOD به لایه خاک که یکی از مهم‌ترین بخش‌های کاهش و حذف آلاینده‌هاست، نپرداخته است. به همین منظور روش GODS با درنظر گرفتن لایه خاک (نشان دهنده حساسیت شست وشوی خاک) ارائه شده است (خدائی و همکاران).

نوع آبخوان

اطلاعات مربوط به نوع آبخوان، از لاگ حفاری چاه‌های اکتشافی و گزارشات آب منطقه‌ای لرستان بدست آمد. آبخوان درود- بروجرد از نوع آزاد می‌باشد. آبخوان‌های آزاد، آسیب‌پذیرترین نوع آبخوان‌ها هستند (آیدی[1]).

منطقه غیر اشباع

منطقه غیر اشباع، نفوذ و حرکت رو به پایین آلاینده‌ها را کنترل و محدود می‌کند و زمان مورد نیاز برای رسیدن آلاینده‌ها به آبخوان را تعیین می‌کند. ویژگی و درجه ترکیب منطقه اشباع، ظرفیت تضعیف آلودگی را تعیین می‌کند (آرایوزو[2]). برای تهیه این لایه، از نقشه زمین شناسی منطقه استفاده شد و در نهایت رتبه بندی شد.

عمق آب زیرزمینی

عمق سطح ایستابی، فاصله عمودی از سطح زمین تا بالای منطقه اشباع در آبخوان است. این نشان دهنده فاصله‌ای است که یک آلاینده بالقوه باید طی کند تا به آبخوان برسد (اودراگو[3] و همکاران). برای تهیه این لایه، از داده‌های ۵ ساله عمق آب زیرزمینی چاه‌ها استفاده شد و پس از درونیابی به روش IDW و رتبه بندی، نقشه نهایی بدست آمد.

بافت خاک

این پارامتر نشان دهنده وضعیت بافت خاک در بالای محیط آبخوان است (شرستا[4] و همکاران). خصوصیات بافت خاک بر میزان نفوذ از سطح زمین تاثیر می‌گذارد (خسروی و همکاران). اطلاعات مربوط به بافت خاک منطقه، از نقشه خاک شناسی بدست آمد و بر اساس مقادیر ۰ تا ۱ رتبه بندی شد.

۲-۳- تهیه نقشه آسیب‌پذی با استفاده از شاخص GODS

1.Aydi
2.Arauzo
3.Ouedraogo
4.Shrestha

نقشه نهایی آسیب‌پذیری، پس از تهیه نقشه‌های معیار و رتبه بندی آن‌ها در محیط GIS، بر اساس دستورالعمل ضرب در Raster Calculator بدست آمده و در محدوده صفر تا یک رتبه بندی شد. در جدول ۱ محدوده‌های شاخص GODS آمده است.

جدول ۱- رتبه بندی شاخص آسیب‌پذیری GODS

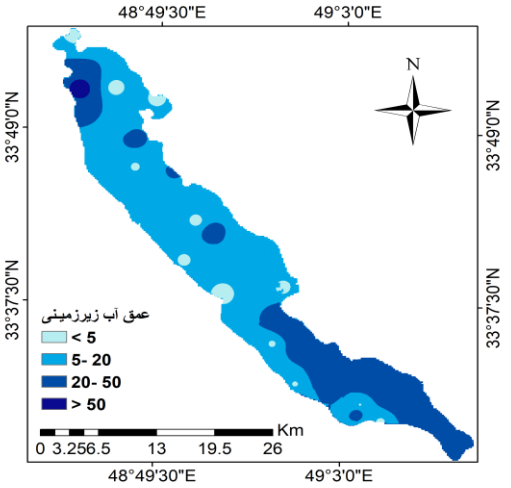
ارزش آسیب‌پذیری	محدوده
بدون آسیب‌پذیری	۰
قابل اغماض	۰-۰/۱
کم	۰/۱-۰/۳
متوسط	۰/۳-۰/۵
زیاد	۰/۵-۰/۷
خیلی زیاد	۰/۷ -۱/۰

۲-۴- اعتبار سنجی مدل GODS با کل جامدات محلول (TDS)

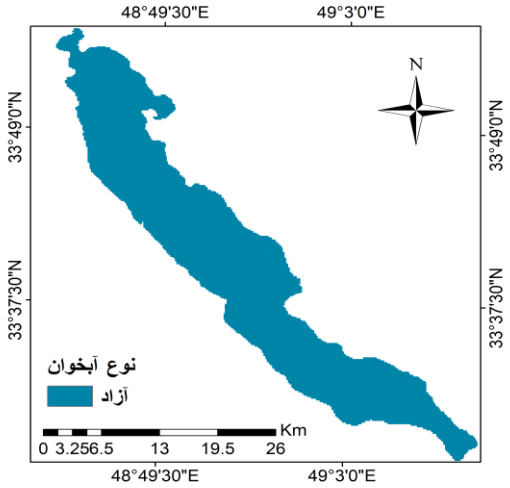
TDS عامل مهمی در کیفیت آب بوده و اثر زیادی در جابجایی و تبدیل شیمیایی و یونیزه شدن مواد دارد. هم‌چنین نقش زیادی در تعیین جوامع آبزی جانوری و گیاهی دارد. هر چه قدر مقدار این پارامتر بیشتر باشد، نشان از شوری بیشتر آب است (اژدری و حسینی). غلظت زیاد کل مواد جامد محلول در آب به علت اثرات سوء فیزیولوژیکی و ایجاد طعم در آب ناخوشایند است. میزان TDS از آن جهت اهمیت پیدا می‌کند که با افزایش میزان TDS احتمال وجود مقادیر زیاد از موادی که باعث کاهش کیفیت آب می‌شوند، بیشتر است (اصغری مقدم و همکاران). غلظت املاح محلول در تعیین تناسب آب در مصارف شرب انسان و دام، صنعت و کشاورزی نقش مهمی دارد. از این رو در این مطالعه، از شاخص کل جامدات محلول برای صحت سنجی نقشه آسیب‌پذیری GODS استفاده شد.

۳- نتایج

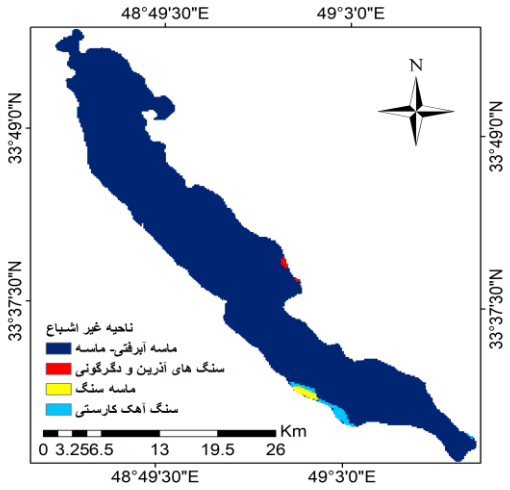
نقشه‌های معیار شامل نوع آبخوان، منطقه غیر اشباع، بافت خاک و عمق آب زیرزمینی تهیه شده و پس از رتبه بندی، بر اساس دستورالعمل ضرب در محیط GIS با هم تلفیق شدند. تمام نقشه‌های معیار دارای رتبه بندی از صفر تا یک و دارای وزن‌های یکسان می‌باشند. در نهایت نقشه آسیب‌پذیری نهایی GODS بر اساس ۴ نقشه معیار بدست آمد. بر اساس نتایج، کل منطقه به ۴ طبقه آسیب‌پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شد. اعتبار سنجی با استفاده از داده‌های TDS نشان از همبستگی ضعیف ۰/۲۷ داشت. در شکل‌های ۲ تا ۶ نقشه‌های معیار و نقشه نهایی آسیب‌پذیری آمده است.



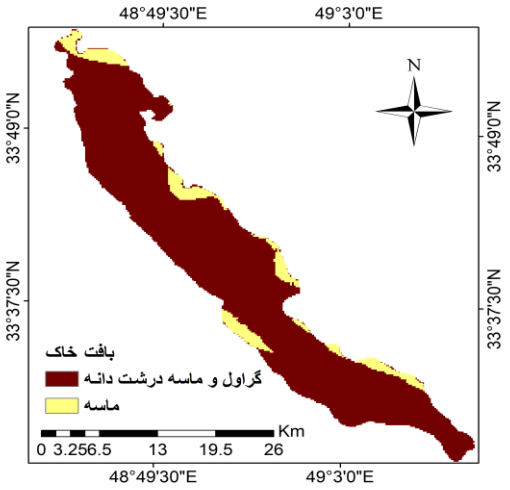
شکل۲- عمق آب زیرزمینی



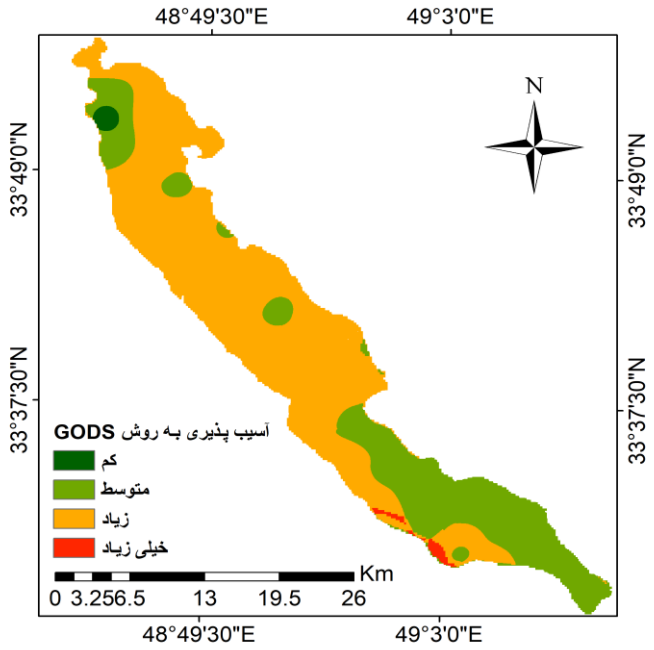
شکل۳- نوع آبخوان



شکل۴- ناحیه غیر اشباع



شکل۵- بافت خاک



شکل۶- نقشه نهایی آسیب‌پذیری GODS

۴- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، از ۴ پارامتر نوع آبخوان، بافت خاک، عمق آب زیرزمینی و ناحیه غیر اشباع برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت درود- بروجرد به روش GODS استفاده شد. نتایج نشان داد که نقشه آسیب‌پذیری دارای ۴ طبقه آسیب‌پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. بیشترین مساحت مربوط به طبقه آسیب-پذیری متوسط با درصد مساحت ۶۰/۱۶ (۲۸۵/۵۰ کیلومتر مربع) و بعد از آن به ترتیب، طبقه کم با درصد مساحت ۳۸/۵۵ (۱۸۲/۹۵ کیلومتر مربع)، طبقه خیلی زیاد با درصد مساحت ۰/۸۴ (۴/۰۱ کیلومتر مربع) و طبقه زیاد با درصد مساحت ۰/۴۴ (۲/۱۰ کیلومتر مربع) می‌باشد. طبقات آسیب‌پذیری کم به طور عمده به دلیل قرار گرفتن چاه‌هایی با عمق بیشتر (۵۰-۲۰) و بافت خاک ماسه‌ای در این مناطق می‌باشد. مناطق با آسیب‌پذیری بالا به دلیل تشکیلات سنگ آهک در این منطقه است. سپس برای اعتبار سنجی مدل GODS از داده‌های کل جامدات محلول استفاده شد، که میزان همبستگی بین این داده‌ها و نقشه نهایی آسیب‌پذیری ۰/۲۷ بود. خدائی و همکاران (۱۳۸۵) در پژوهشی به ارزیابی آسیب‌پذیری دشت جوین به دو روش دراستیک و گادس پرداختند. نقشه‌های نهایی آسیب-

پذیری هر دو روش دارای دو طبقه کم و متوسط است، با این تفاوت که در روش گادس آسیب‌پذیری آبخوان را بیشتر از روش دراستیک نشان می‌دهد. ایشان به این نتیجه رسیدند که روش دراستیک به دلیل استفاده از پارامترهای زیاد، تا حدودی خنثی کردن عدم قطعیت پارامترها و دقت نسبی بالاتر، موثرتر از روش گادس است. اما روش گادس به دلیل سادگی و کم هزینه بودن آن، و در مواردی که داده‌های کافی در اختیار نباشد، استفاده می‌شود. به هر حال، روش‌های مختلف دارای مزایا و محدودیت‌های خود هستند، در نتیجه بهتر است نقشه آسیب‌پذیری یک منطقه بر اساس روش‌های متعدد تهیه شود، تا روش مناسب‌تر شناسایی شود. با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی و موارد متعدد استفاده آن، و در نتیجه آلودگی این منابع در اثر کاربری‌های مختلف، توصیه می‌شود نقشه‌های آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه تهیه شود تا کارشناسان ذیربط بتوانند بر اساس این نقشه‌ها، راهکارهایی را برای جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی و مدیریت کاربری اراضی فراهم آورند. همبستگی ضعیف بین شاخص آسیب‌پذیری و داده‌های TDS نشان می‌دهد که TDS شاخص مناسبی برای صحت سنجی نقشه‌های آسیب‌پذیری نمی‌باشد، از این رو پیشنهاد می‌شود از پارامتر دیگری استفاده شود. از آنجا که نیترات از منابع انسانی مانند کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی و یا تخلیه نامناسب فاضلاب نشات می‌گیرد، می‌تواند شاخص مناسب‌تری برای صحت سنجی نقشه‌های آسیب‌پذیری باشد.

منابع

۱-اژدری، ز.، حسینی، ز. ۱۳۹۷. تغییر پذیری مکانی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار (مطالعه موردی: دشت سگزی اصفهان)، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹(۳): ۸۲-۶۵.

۲-اصغری مقدم، ا.، جوانمرد، ز.، ودیعتی، م.، نجیب، م. ۱۳۹۴. ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت مهربان با استفاده از روش‌های GQI و FGQI، مجله هیدروژئومورفولوژی، ۲: ۹۸-۷۹.

۳-حیدرزاده، ن.، معزی، م. ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی و بررسی روند تغییرات با استفاده از شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی ک موردی: دشت آمل، بابل)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده فنی و مهندسی.

۴-خدائی،ک.، شهسواری، ع.، اعتباری، ب. ۱۳۸۵. ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جوین به روش‌های DRASTIC و GODS، زمین شناسی ایران، ۲(۴): ۷۳-۸۷.

۵-سلطانی، ش.، اصغری مقدم، ا.، برزگر، رحیم.، کاظمیان، ن. ۱۳۹۶. ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی آبخوان دشت کرکندی- دوزدوزان با استفاده از مدل دراستیک واسنجی شده، تحقیقات منابع آب ایران، ۴: ۹۹-۸۹.

۶-شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان. ۱۳۹۳. گزارش مطالعات منابع آب و زمین شناسی، دشت‌های استان لرستان.

۷-لنگرودی، م.، سیوکی، ع.، جوادی، س.، هاشمی، ر. ۱۳۹۴. ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت آستانه-کوچصفهان با استفاده از مدل اصلاح شدهDRASTIC- NW، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۹): ۸۲-۷۵.

8-Adi, A. 2018. Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using a GIS- based multi- criteria decision analysis. J. Groundwater for Sustainable Development. 204-211.

9-Arauzo, M. 2016. Vulnerability of groundwater resources to Nitrat pollution: A simple and effective procedure for delimiting Nitrate Vulnerable Zones. J. Total Environment. 1-14.
10-Khosravi, Kh., and Saraj, M., and Tsai, F., and Singh, V., and Kazakis, N., and Melesse, A., and Prakash, I., and Bui, D., and Pham, B. 2018. A comparison study of DRASTIC methods with various objective methods for groundwater vulnerability assessment. J. Total Environment. 1032-1049.
11-Mfonka, Z., and Ngoupayou, J., and Adjigui, P., and Kpoumiem A., and Zammouri, M., and Ngouh, A., and Mouncherou, O., and Rakotondrabe, F., and Rasolomanana, E. 2018. A GIS- based DRASTIC and GOD models for assessing alterites aquifer of three experimental watersheds in Foumban (Western- Cameroon). J. Groundwater for Sustainable Development.250-264.
12- Ouedraogo, I., and Defourny, P., Vanclooster, M. 2016. Mapping the groundwater vulnerability for pollution at the pan African scal. J. Science of the Total Environment544:939-953.
13-Ribeiro, L., and Pindo, J., and Granda, L. 2016. Assessment of groundwater vulnerability in the Daule aquifer, Ecuador, using the susceptibility index method. J. Total Environment.1-10.
14- Shrestha, S., and Kafle, R., Pandey, V. 2016. Evaluation of index- overlay methods for groundwater vulnerability and risk assessment in Kathmandu valley, Nepal. J. Science of the Total Environment. 1-12.