



## بررسی آسیب پذیری آبخوان منطقه شمال شرق سنقر با استفاده از روش های DRATIC و DRATIC-LU و صحت سنجی آنها

سید داود محمدی\*<sup>۱</sup>، هانا مرادی سلیمی<sup>۲</sup>، مختار نوری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا، همدان [d.mohammadi@basu.ac.ir](mailto:d.mohammadi@basu.ac.ir)

<sup>۲</sup>کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان [Hannah.moradisalimi90@gmail.com](mailto:Hannah.moradisalimi90@gmail.com)

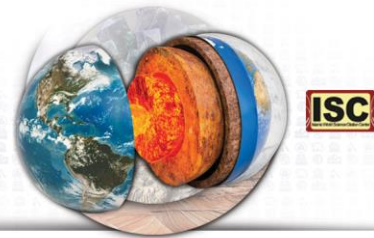
<sup>۳</sup>کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان [mokhtar.nouri1365@gmail.com](mailto:mokhtar.nouri1365@gmail.com)

### چکیده

بررسی آسیب پذیری سفره های آب زیرزمینی از لحاظ آلودگی، از ضروری ترین مطالعات در نواحی است که منبع اصلی آب شرب ساکنین منطقه از آبخوان های زیرزمینی تامین می گردد. یکی از این آب خوان ها، آب خوان منطقه سنقر کرمانشاه می باشد. انتخاب مدل بهینه برای تهیه و ارزیابی نقشه های آسیب پذیری آبخوان نیز، دارای اهمیت زیادی می باشد. در این راستا، به منظور مطالعه آسیب پذیری آلودگی آبخوان منطقه سنقر، از مدل های DRATIC و DRATIC-LU استفاده گردید. علت انتخاب مدل DRATIC، کارایی، دقت بالا و انجام ارزیابی آسیب پذیری با استفاده از تعداد لایه های اطلاعاتی متعدد است، زیرا عقیده بر این است که در این حالت، اثرات خطاها و عدم قطعیت های موجود در یک پارامتر منفرد بر خروجی نهایی محدود می شود. همچنین علت انتخاب مدل DRATIC-LU وجود یک فاکتور اضافی (هشتم) به مدل DRATIC عمومی است که سبب عملکرد بهتر این مدل می گردد. صحت سنجی این دو روش در نهایت با در نظر گرفتن میزان نیترات در منطقه مورد بررسی قرار گرفت و مدل DRATIC-LU به عنوان روش بهتر برای اندازه گیری مقدار آسیب پذیری در منطقه سنقر کرمانشاه، تایید شد.

### واژه های کلیدی

نقشه نیترات، کاربری اراضی، آلودگی آب، GIS، همپوشانی



## ۱. مقدمه

مفهوم آسیب‌پذیری آبخوان اولین بار در سال (۱۹۶۸) توسط مارگات<sup>۱</sup> مورد توجه قرار گرفت، مارگات آسیب‌پذیری را به‌عنوان خصوصیتی که مستقیماً نشان‌دهنده میزان حساسیت آبخوان به آلاینده‌ها است بیان کرده است. سپس افرادی از جمله امرل و رزاک<sup>۲</sup> در سال (۱۹۷۴)، ویلومسن و همکاران<sup>۳</sup> در سال (۱۹۸۳)، وربا و ستورنیکوا<sup>۴</sup> در سال (۱۹۸۷)، پلمکوئیست<sup>۵</sup> در سال (۱۹۹۱) و کمیته ملی تحقیق آمریکا در سال (۱۹۹۳) می‌توان اشاره کرد. جامعه بین‌المللی هیدروژئولوژیست‌ها در سال (۱۹۹۴) بیان می‌کند که آسیب‌پذیری خصوصیت ذاتی یک سیستم آب زیرزمینی است که به حساسیت آن سیستم به فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی بستگی دارد [به نقل از ۱۰]. رفع آلودگی آب زیرزمینی بسیار پرهزینه و فرآیندی طولانی است و اغلب زمانی آلودگی تشخیص داده می‌شود که رفع آلودگی آبخوان تقریباً غیر ممکن می‌گردد. یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان است [۱]. منطقه سنقر با مساحت ۵۴۱ کیلومتر مربع در شرق استان کرمانشاه واقع شده است. در این محدوده ۶۷ آبادی وجود دارد که حدود نیمی از آنها در پهنه‌های آبرفتی و بقیه در حاشیه دشت و نواحی مرتفع و کوهستانی واقع شده‌اند. جاده بیستون-سنقر و کامیاران-سنقر-اسداباد مهمترین راه دسترسی به منطقه هستند. این محدوده محل شکل‌گیری جریان آب سرشاخه‌های شمال‌غربی حوضه آبریز کرخه بوده و جامیشان مهمترین رودخانه منطقه است. در طی مسیر عبور رودخانه جامیشان از محدوده مورد بررسی شاخه‌هایی به آن ملحق می‌شوند که بیشتر از سمت ارتفاعات شمالی منطقه می‌باشد. به دلیل وجود بارندگی نسبتاً زیاد و گسترش سازندهای آهکی، توسعه خوبی از کارست و تشکیل ذخایر آب‌زیرزمینی کارستی مناسبی در این منطقه وجود دارد. هدف از این مقاله، بررسی آسیب‌پذیری آبخوان منطقه سنقر با استفاده از مدل‌های DRASTIC و DRASTIC-LU و صحت‌سنجی آنها می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی سنقر در استان کرمانشاه و در ایران

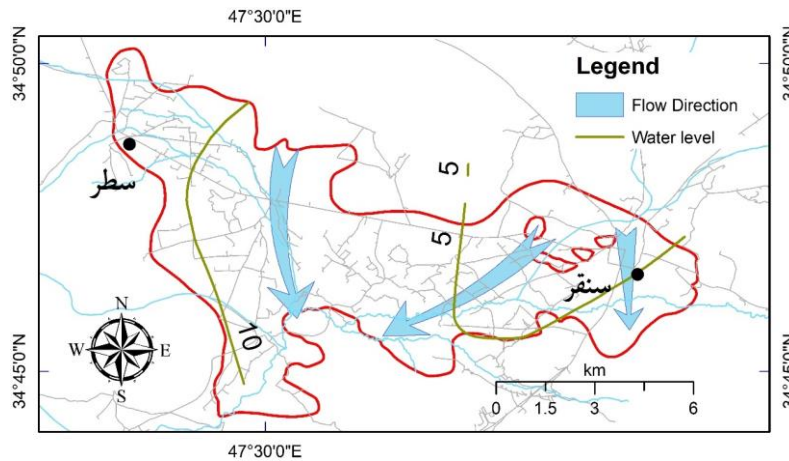
## ۲. زمین‌شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه در بخش شمال شرق منطقه سنقر، استان کرمانشاه، و در حد فاصل ۲۲° ۴۷' تا ۵۱° ۴۷' طول جغرافیایی شرقی و ۴۰° ۳۴' تا ۵۲° ۳۴' عرض جغرافیایی شمالی قرار دارد. ژئومورفولوژی شمال شرق سنقر، به شدت تحت تاثیر تکتونیک و ترکیب سنگ شناسی بوده به گونه‌ای که توده‌های نفوذی متعدد سبب تشکیل ارتفاعات شده که در مجموع شکل و ریخت کوهستانی به منطقه داده

1. Margat  
 2. Olmer and Rezac  
 3. Villumsen et al  
 4. Vrba and Sotornikova  
 5. Plamquist



است. همچنین عملکرد تکتونیکی که به صورت گسل و درزه های فراوان در منطقه نمود پیدا کرده است فرسایش را آسان کرده است. فرسایش سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی سبب پدید آمدن دشت های آبرفتی و حاصلخیز با ارتفاع کم شده است. با کمک حفاری های انجام شده در منطقه به طور کلی جنس آبرفت از لایه های رسی و ریز دانه تا مصالح درشت از نوع گراول متغیر است. در شکل ۲ محدوده آبخوان سنقر با خطوط تراز سطح و جهت جریان در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۲. محدوده آبخوان سنقر با خطوط تراز سطح و جهت جریان

### ۳. مواد و روش ها

مدلهای DRASTIC و DRASTIC-LU برای ارزیابی آسیب پذیری آبخوان سنقر در شمال شرق استان کرمانشاه استفاده گردید. برای تهیه لایه های مختلف شاخص DRASTIC، پیزومترهای مشاهده ای و اطلاعات چاه های بهره برداری، داده های ارتفاعی رقومی، لاگ چاه های اکتشافی موجود مورد استفاده قرار گرفت.

#### ۱.۳. روش DRASTIC

مدل DRASTIC یک رتبه بندی عددی است که اولین بار در سال ۱۹۸۷ توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالت متحده برای ارزیابی پتانسیل آسیب پذیری آب های زیر زمینی ایالت متحده مطرح و بر اساس مفهوم و وضعیت هیدروژئولوژیکی استوار است. این مدل از ترکیب هفت پارامتر هیدروژئولوژیک قابل اندازه گیری و مؤثر در انتقال آلودگی به آب های زیر زمینی که شامل عمق آب زیر زمینی، تغذیه خالص آبخوان، محیط آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی، مواد تشکیل دهنده ناحیه غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی می باشد، تشکیل شده است. برای تعیین اهمیت نسبی هر کدام از عوامل هفت گانه استفاده شده در مدل، هر پارامتر نسبت به سایر عوامل ارزیابی می شود. به طوری که به هر کدام با توجه به میزان اهمیت تأثیر در آلودگی سیستم آب زیر زمینی یک وزن از یک تا پنج تعلق می گیرد نشان دهنده اثر نسبی هر پارامتر بر انتقال آلودگی در آب های زیر زمینی است؛ یعنی پنج مؤثرترین و یک کمترین اثر را دارد. هر یک از عوامل هیدرولوژیک تأثیرگذار در مدل DRASTIC خود به بازه هایی تقسیم می شوند [۲]. برای تهیه نقشه آسیب پذیری آبخوان، با توجه به این که داده های مورد استفاده در مدل DRASTIC همگی در قالب رستری تهیه شدند، در نرم افزار GIS به منظور ترکیب لایه های رستری از تابع هم پوشانی استفاده شد. این تابع، به دو صورت ریاضی و وزنی عمل ترکیب داده ها را انجام می دهد. با توجه به این که هر یک از لایه های مورد نظر در این مدل دارای وزن و رتبه خاصی هستند، برای ترکیب و تلفیق داده ها بر اساس رابطه (۱) با استفاده از محاسبات رستری و تابع هم پوشانی وزنی، نقشه آسیب پذیری دشت مطابق جدول ۱ طبقه بندی گردید. پهنه بندی تمام پارامترها با روش میانبایی IDW در نرم افزار GIS در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت.

$$DRASTIC = DrDW + RrRW + ArAW + SrSW + TrTW + IrIW + CrCW \quad (1)$$



در این رابطه حروف D, R, A, S, T, I, C معرف پارامترهای تأثیرگذار در شاخص DRASTIC بوده و اندیس‌های I و W به ترتیب معرف رتبه و وزن هر کدام از پارامترها می‌باشند.

جدول ۱. رتبه‌بندی شاخص آسیب‌پذیری DRASTIC

| محدوده<br>شاخص (DRASTIC) | کلاس بندی<br>آسیب‌پذیری | محدوده<br>(شاخص DRASTIC) | کلاس بندی<br>آسیب‌پذیری |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| ۱۴۰-۱۵۹                  | متوسط تا زیاد           | ۷۹ >                     | خیلی کم                 |
| ۱۶۰-۱۷۹                  | زیاد                    | ۸۰-۹۹                    | کم                      |
| ۱۸۰-۱۹۹                  | خیلی زیاد               | ۱۰۰-۱۱۹                  | کم تا متوسط             |
| ۲۰۰ <                    | کاملاً مستعد            | ۱۲۰-۱۳۹                  | متوسط                   |

### ۲.۳. روش DRASTIC-LU

روش دوم برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان سنقر استفاده از روش DRASTIC-LU است. تفاوت این روش با روش DRASTIC عمومی اضافه کردن فاکتور هشتم به DRASTIC عمومی است [۳]. این فاکتور کاربری اراضی است که با وزن ۵ به معیارهای هفتگانه DRASTIC عمومی اضافه شده و با فرمول (۲) زیر محاسبه می‌گردد.

$$\text{DRASTIC-LU index} = Dr \times Dw + Rr \times Rw + Ar \times Aw + Sr \times Sw + Tr \times Tw + Ir \times Iw + Cr \times Cw + Lr \times Lw4 \quad (2)$$

در رابطه (۲) I(۲) نرخ و W وزن است. نرخهای پیشنهادی در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول ۲. رتبه‌بندی پارامتر مربوط به کاربری اراضی

| رتبه | نوع                 |
|------|---------------------|
| ۵    | باغات               |
| ۴    | زمینهای دیم         |
| ۷    | زمینهای کشاورزی آبی |
| ۸    | نواحی مسکونی        |
| ۱    | مرتع                |

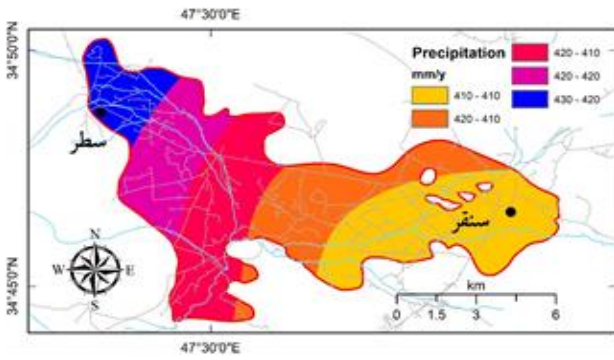
### ۴. نتایج و بحث

#### ۱.۴. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان منطقه به روش DRASTIC

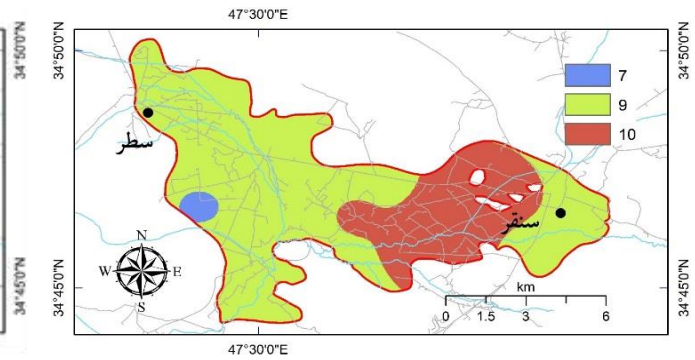
عمق سطح ایستابی به این دلیل که ضخامتی از مواد را در بر می‌گیرد که آب نفوذی قبل از رسیدن به سفره باید از آن عبور کند، دارای اهمیت زیادی در انتقال آلودگی‌های احتمالی است. عموماً با افزایش عمق آب، پتانسیل آلودگی سفره کاهش می‌یابد [۸]. با توجه به شکل ۳، عمق آب در دشت سنقر زیاد نیست. جنوب و تا حدودی شرق دشت نسبتاً بر اساس پارامتر عمق آب مستعد آلودگی است. فقط بخشهای کمی از غرب منطقه دارای عمق آب بیش از ۹ متر است. این نقشه نشان می‌دهد آبخوان سنقر می‌تواند مستعد انتقال آلاینده‌های سطحی باشد. تغذیه آب زیرزمینی باعث می‌شود که مواد آلاینده به صورت عمودی به داخل آبخوان انتقال یابد و به صورت افقی در آبخوان حرکت کند. تغذیه در واقع عاملی برای نفوذ و انتقال آلاینده‌ها از منطقه غیر اشباع به منطقه اشباع می‌باشد. بنابراین با افزایش میزان تغذیه در یک منطقه، پتانسیل آلودگی آبهای زیرزمینی آن منطقه افزایش خواهد یافت [۴]. نتایج پهنه‌بندی تغذیه خالص در دشت کرمانشاه در شکل ۴ آورده شده است. باتوجه به اینکه میزان نفوذ از بارندگی در مخازن سازند سخت و رسوبات ناپیوسته آبرفتی نیز ۳۵،۵۸ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است، این مقدار نیز بر حسب درصد به مجموع درصد بارش نفوذ یافته اضافه می‌



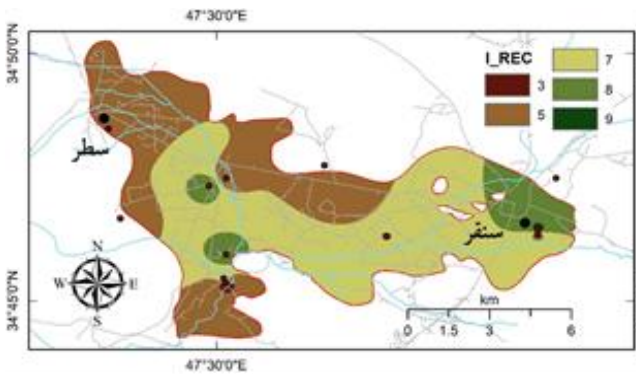
شود. به عبارتی میزان درصد نفوذ ۱۳،۵۶ بعلاوه ۱،۸۳ می گردد. محیط آبخوان در واقع جنس مواد تشکی لدهنده آبخوان م یباشد. این پارامتر به خصوصیات مواد تشکی لدهنده منطقه اشباع نظیر تخلخل و اندازه ذرات بستگی دارد و نشان دهنده حرکت آلاینده ها در درون آبخوان می باشد [۹]. پهنه بندی محیط آبخوان سنقر در شکل ۵ آورده شده است. این لایه با استفاده از لوگ چاههای اکتشافی و بهره برداری منتخب نوع رسوبات و سطح آب زیرزمینی تعیین گردید با توجه به رتبه دهی ۳ و وزن روش DRASTIC، تأثیر مواد تشکی لدهنده آبخوان سنقر در بخشهای جنوبی و شرقی افزایش داشته است. این بخش شامل قسمت بالایی منطقه غیر اشباع می باشد که تا حد نفوذ ریشه گیاهان یا فعالیت موجودات ارگانیکی ادامه دارد [۴]. پهنه بندی محیط خاک دشت سنقر در شکل ۶ آورده شده، محیط خاک معمولاً با ضخامتی حدود ۰،۵ تا ۲ متر به لحاظ میکروبیولوژی منطقه بسیار فعال به شمار می رود. مواد تشکی لدهنده خاک سطحی با توجه به رتبه دهی و وزن روش DRASTIC ۴، دارای تأثیر مطابق شکل ۶ می باشد. هر چقدر که میزان شیب کم باشد، مدت زمان تماس آلاینده با سطح زمین افزایش م ییابد و به دنبال آن احتمال نفوذ آن به درون زمین نیز افزایش م ییابد. در نتیجه با کاهش شیب سطح زمین، امکان آسی پذیری آبخوان افزایش می یابد [۵]. پهنه بندی شیب دشت سنقر در شکل ۷ آورده شده است. افزایش شیب توپوگرافی موجب کاهش ماندگاری آب بر روی سطح زمین و کاهش نرخ نفوذ و کاهش شیب نیز موجب افزایش سرعت نفوذ شده است و پتانسیل آلودگی بیشتری را ایجاد می کند. در حقیقت ناحیه با شیب بیشتر رتبه کمتر در مدل خواهد داشت. بنابراین شیب دشت با توجه به رتبه دهی و وزن روش DRASTIC (۱)، دارای تأثیر مطابق شکل ۷ می باشد. منطقه غیر اشباع شامل محدوده بین سطح ایستابی و محیط خاک که غیر اشباع است می باشد. این محدوده اساساً غیر اشباع می باشد و یا به صورت ناپیوسته اشباع می باشد و عبور آلاینده و رقیق شدن آن را کنترل می کند [۶]. بنابراین پارامتر محیط غیر اشباع با توجه به رتبه دهی و وزن روش DRASTIC (۵)، دارای تأثیر مطابق شکل ۸ می باشد. هر چه هدایت هیدرولیکی بیشتر باشد، امکان جریان یافتن آلاینده ها در آبخوان بیشتر خواهد بود و آسیب پذیرتر خواهد بود [۶]. هدایت هیدرولیکی در دشت کرمانشاه با توجه به رتبه دهی و وزن روش DRASTIC (۳)، دارای تأثیر مطابق شکل ۹ می باشد. نهایتاً پهنه بندی تمام پارامترها با روش میانمایی IDW در نرم افزار GIS در منطقه مورد مطالعه انجام گرفته است.



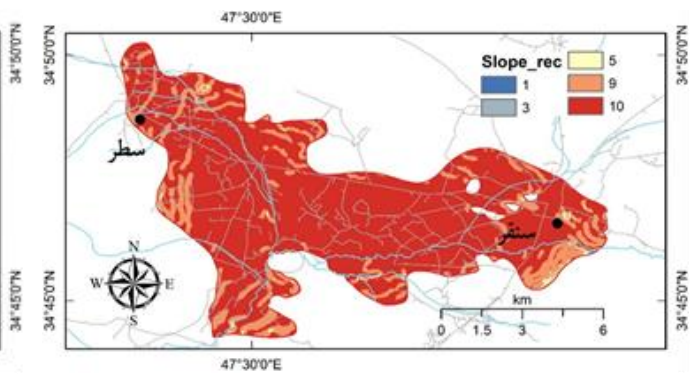
شکل ۴. پهنه بندی تغذیه بارش (mm/y)



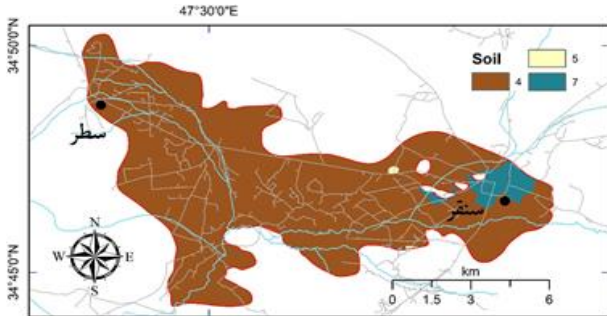
شکل ۳. پهنه بندی سطح آب زیرزمینی (با روش پیشنهادی آلر ۱۹۸۷)



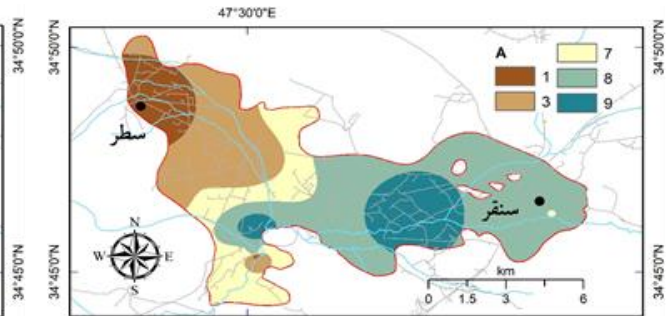
شکل ۶. پهنه بندی محیط خاک



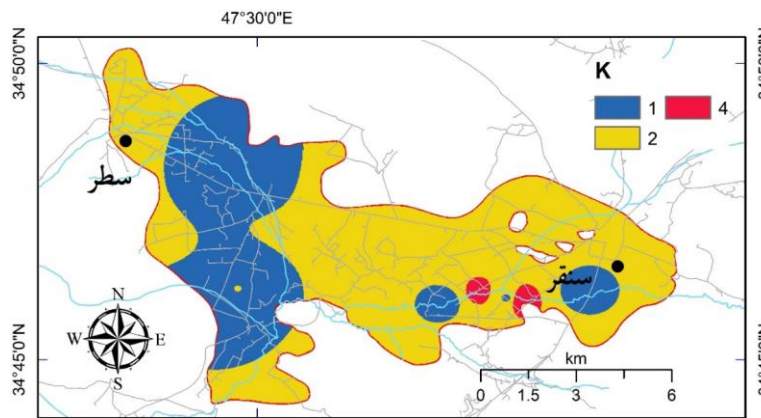
شکل ۵. پهنه بندی محیط آبخوان



شکل ۸. پهنه‌بندی محیط غیراشباع



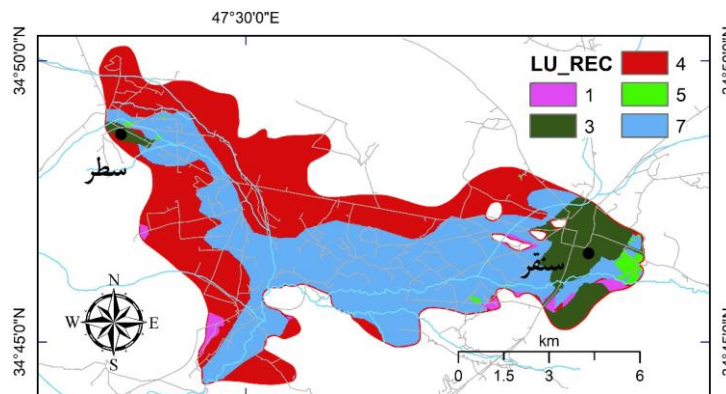
شکل ۷. پهنه‌بندی شیب (متر)



شکل ۹. پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی (متر بر روز) با میانمایی IDW در روش DRASTIC

#### ۲،۴. پهنه بندی روش DRASTIC-LU

همانطور که در قسمت ۲،۳ و در جدول ۲ اشاره شد در این روش فاکتور هشتم به نام کاربر اراضی اضافه می گردد که شکل پهنه‌بندی این دشت در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

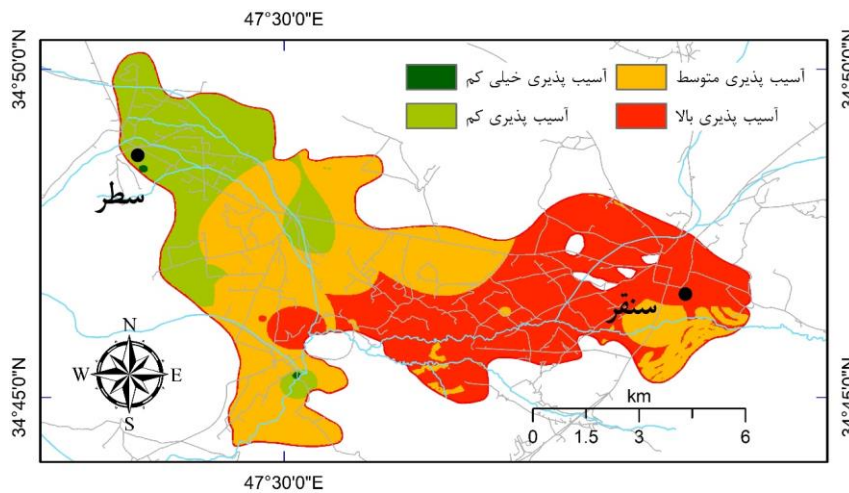


شکل ۱۰. لایه کاربری اراضی دشت سنقر در روش DRASTIC

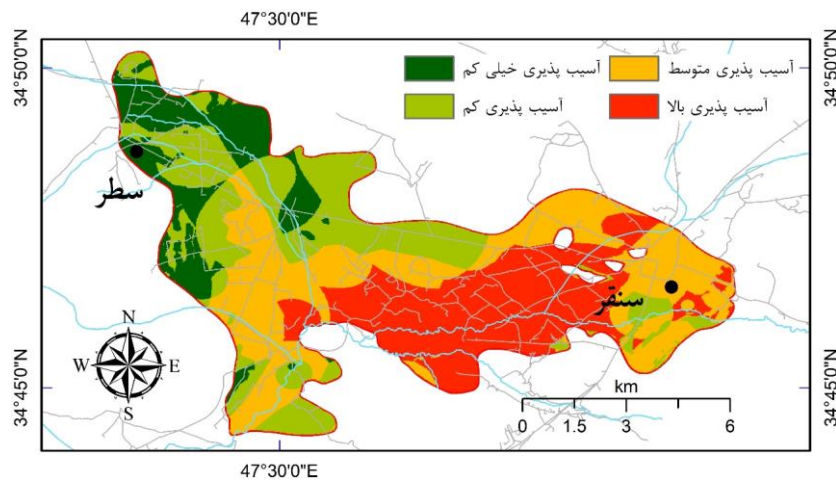


#### ۲,۴. هم‌پوشانی لایه های DRASTIC و DRASTIC-LU

با استفاده از روش هم پوشانی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه نهایی مدل DRASTIC هفت لایه وزندار با روش "جمع وزندار" Weighted Sum روی هم گذاشته شد تا مقدار آسیب پذیری مطابق شکل ۱۱ نشان داده شود. برای تهیه نقشه نهایی DRASTIC-LU به نقشه DRASTIC لایه وزندار کاربری اراضی اضافه گردید. این نقشه نیز به ۴ دسته مساوی به شرح شکل ۱۲ تقسیم گردید.



شکل ۱۱. نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری روش DRASTIC دشت سنقر



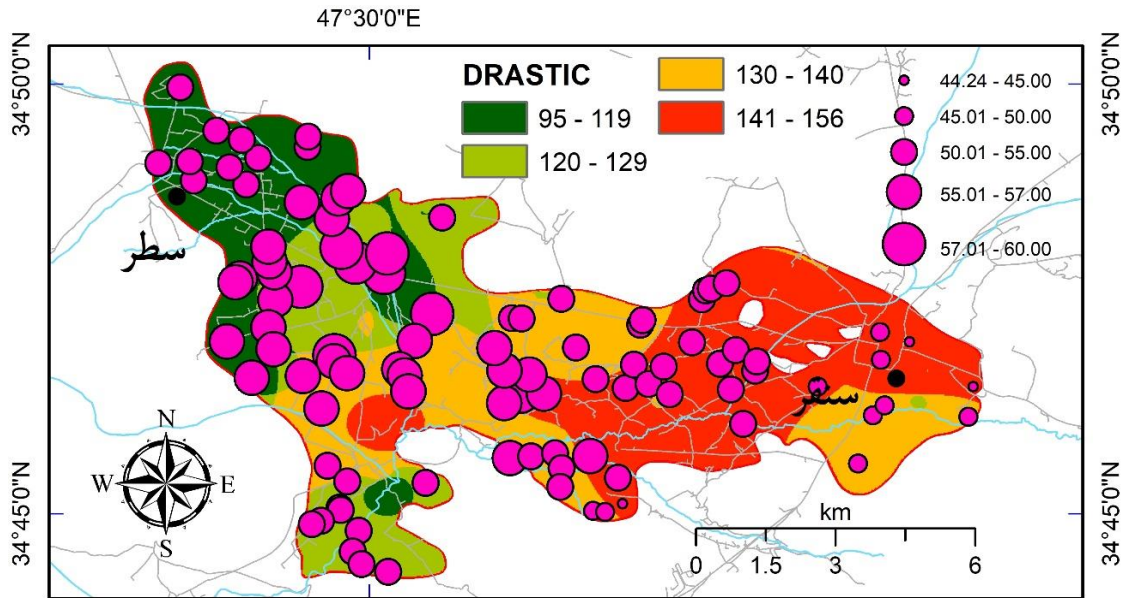
شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری روش DRASTIC-LU

#### ۵,۴. صحت سنجی مقدار آسیب‌پذیری برای دو روش ذکر شده به کمک نیترات

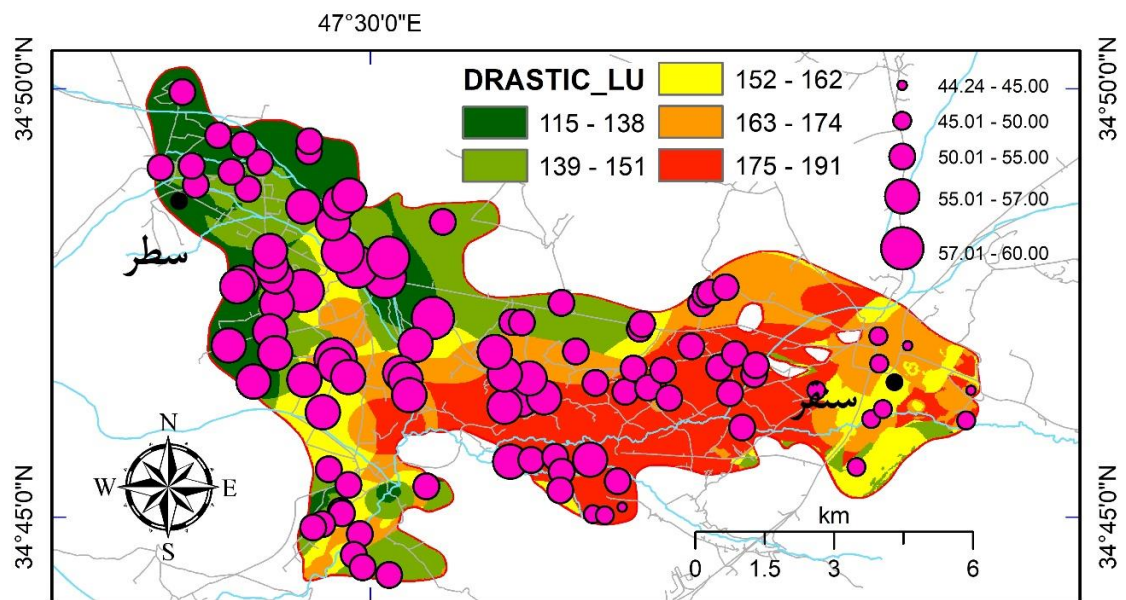
برای صحت سنجی دو روش به کار گرفته شده با انتخاب ۱۰۰ نقطه رانوم در محدوده آبخوان ارزشهای مکانی نقشه های نهایی مدل‌های DRASTIC و DRASTIC-LU مقادیر نیترات به این ۱۰۰ نقطه انتقال داده شد. سپس در نرم افزار SPSS با رسم منحنی ROC مساحت زیرمنحنی محاسبه گردید. نتایج برای مدل DRASTIC، ۳۴ درصد در شکل ۱۳، برای مدل DRASTIC-LU ۳۷ درصد در



شکل ۱۴ نشان داده شده است. این نتیجه نشان می دهد عملکرد مدل DASTIC-LU از روش دیگر در آبخوان سنقر بهتر و صحت آن بیشتر است.



شکل ۱۳. نقشه نهایی مدل DRASTIC آبخوان سنقر به همراه میزان نیترات



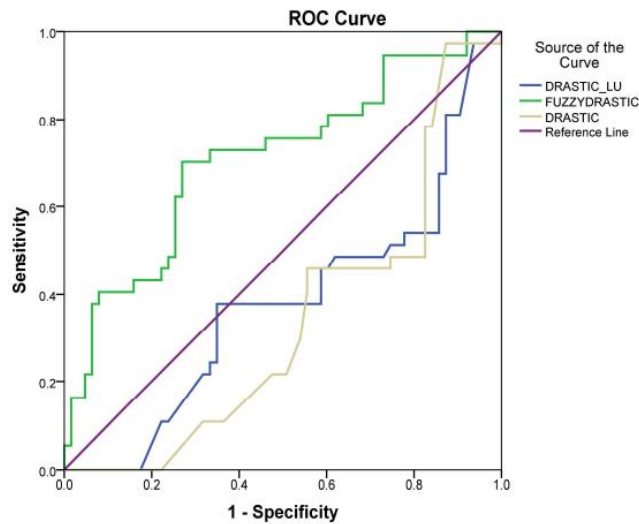
شکل ۱۴. نقشه نهایی مدل DRASTIC-LU آبخوان سنقر به همراه میزان نیترات

با توجه به پراکندگی میزان نیترات در آبخوان مشاهده می شود که بیشترین انطباق بین توزیع نیترات و زون با پتانسیل آلودگی بالا و متوسط در مدل DRASTIC-LU دیده می شود. از ۱۰۰ نقطه حاوی نیترات در منحنی مشخصه عملگر سیستم برای ارزیابی استفاده





گردد. در این منحنی مساحت زیر منحنی [۷] برای هر سه مدل به شرح شکل ۱۵ محاسبه شد. نتایج حاکی از این است که مدل DRASTIC\_LU با ۳۷,۷ درصد و مدل DRASTIC با ۳۳,۹ درصد در رتبه های بعدی قرار می گیرند.



شکل ۱۵. مساحت زیرمنحنی برای دو مدل به کار رفته در آبخوان

## ۵. نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که در مدل های مختلف تفاوت هایی در زون های آسیب پذیری وجود دارد. بر اساس همپوشانی ۷ لایه مختلف در روش اندیس DRASTIC بین ۹۵ تا ۱۵۶ به دست آمد که با استفاده از روش فواصل مساوی دسته بندی و به ۵ زون خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم گردید. بر اساس همپوشانی ۸ لایه مختلف در DRASTIC-LU اندیس نهایی بین ۱۱۵ تا ۱۹۱ به دست آمد که با استفاده از روش فواصل مساوی دسته بندی و به ۵ زون خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم گردید. از ۱۰۰ نقطه حاوی نیترات در منحنی مشخصه عملگر سیستم برای ارزیابی استفاده گردید. با توجه به نتایج اعتبارسنجی دو روش به کار رفته با استفاده از مساحت زیرمنحنی (ROC) مدل DRASTIC و DRASTIC-LU بیشتر بخش های جنوبی و شرقی مستعد آلودگی هستند. با توجه به پراکندگی میزان نیترات در آبخوان مشاهده می شود که بیشترین انطباق بین توزیع نیترات و زون با پتانسیل آلودگی بالا و متوسط در مدل DRASTIC-LU دیده می شود. در این منحنی، مساحت زیر منحنی (ROC) برای هر دو مدل محاسبه شد که نتایج حاکی از این است که مدل DRASTIC\_LU با ۳۷,۷ درصد و مدل DRASTIC با ۳۳,۹ درصد در رتبه بعدی قرار می گیرند.

## منابع

- [1] باقرزاده، سمیه، کلانتری، نصرالله، مرادزاده، محسن، رحیمی، محمدحسین، ۱۳۸۹. استفاده از GIS برای تحلیل حساسیت تک پارامتری روش های DRASTIC و SINTACS جهت ارزیابی آسیب پذیری منابع آب زیرزمینی دشت بهبهان، همایش ملی ژئوماتیک ۸۹، سازمان نقشه برداری کشور، تهران.
- [2] محمودزاده، الهه، رضایان، سحر، احمدی، آزاده، ۱۳۹۱. آنالیز حساسیت آسیب پذیری آب زیرزمینی دشت میمه اصفهان با استفاده از روش دراستیک، اولین همایش بین المللی بحران های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.
- [3] صمدی، جواد، ۱۳۹۴. بهینه سازی مدل DRASTIC جهت ارزیابی آسیب پذیری آب زیرزمینی آبخوان کاشان به آلودگی نیترات با استفاده از روش آماری و تحلیل حساسیت. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۳۵(۹)، ۲۷-۱۵.
- [4] ناصری، حمیدرضا، صارمی نژاد، فردوس، ۱۳۹۰. مقایسه ارزیابی آسیب پذیری آبخوان به روش های DRASTIC و منطق فازی، مطالعه موردی دشت گل گیر مسجد سلیمان. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۴(۱۱)، ۲۴-۱۷.
- [5] فدایی نوبندگانی، امیر، ۱۳۹۳. ارزیابی پتانسیل آسیب پذیری ذاتی ویژه آبخوان آزاد دشت شیراز با استفاده از مدل های COMPOSITE DRASTIC (CD) و DRASTIC و NITRATE VULNERABILITY (NV) در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پایان نامه کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شیراز.



- [6] احمدی، علی، آبرومند، محمد، ۱۳۸۸. بررسی پتانسیل آلودگی آبخوان دشت خاش، شرق ایران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه زمین شناسی کاربردی، ۵(۱)، ۱۱-۱.
- [7] فتحی هوشجانی، الهام، ۱۳۹۱. بررسی صحت مدل دراستیک با استفاده از تغییرات فصلی غلظت آلاینده نیترات در محیط GIS. سومین همایش مدیریت جامع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری.
- [8] Voudouris K., Nazakis N., Polemio M. and Kareklas K., 2010. Assessment of intrinsic vulnerability using the DRASTIC model and GIS in the Kiti aquifer, Cyprus, *European Water*, 30:13-24.
- [9] Brahim, F.B., Kanfir, H. and Bouri, S., 2012. Groundwater Vulnerability and Risk mapping of the Northern sfax Aquifer, Tunisia. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 37(5): 1405-1421.
- [10] Stiger T.Y., Rideiro L. and Carvalho Dill, A.M.M., 2006. Evaluation of an intrinsic and a specific Vulnerability assessment method in comparison with grand water salinization and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the south of Portugal, *Hydrogeology journal*, 14: 79-99.