



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## ارزیابی پتانسیل آلودگی آب‌های زیر زمینی با شاخص دراستیک (مطالعه موردی: دشت ماهیدشت کرمانشاه)

شهرام گرگانی<sup>۱\*</sup>، علی بافکار<sup>۲</sup>، سید احسان فاطمی<sup>۲</sup>

۱. (نویسنده مسئول): گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

### اطلاعات مقاله:

### چکیده

تاریخ دریافت:

۹۵/۰۷/۲۴

تاریخ ویرایش:

۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش:

۹۵/۱۰/۱۸

تاریخ انتشار:

۹۵/۱۲/۱۶

**زمینه و هدف:** وجود منابع مهم آلاینده‌های انتشاری و نقطه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی در سطح زمین و نفوذ این آلاینده‌ها به آبخوان موجب کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شود. ارزیابی آسیب‌پذیری روشی کم هزینه در شناسایی نواحی مستعد به آلودگی است که در مدیریت منابع آب نقش اساسی دارد. دشت ماهیدشت یکی از دشت‌های مهم استان کرمانشاه بوده و نقش بسزایی در تولید محصولات کشاورزی دارد. با برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این دشت و بروز خشکسالی‌های اخیر، و ارجح بودن نیاز شرب منطقه اراضی کشاورزی با خطر کمبود آب مواجه است. لذا برای تصمیمات بهتر در زمینه مدیریت صحیح مصرف آب و کنترل آلودگی، این محدوده مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

**روش بررسی:** آسیب‌پذیری، بعنوان حساسیت کیفیت آب‌های زیرزمینی به بار آلودگی اعمال شده تعریف می‌شود و توسط خصوصیات ذاتی آبخوان تعیین می‌گردد. در این تحقیق با استفاده از مدل دراستیک (DRASTIC) و GIS به بررسی آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان دشت ماهیدشت نسبت به آلودگی پرداخته شده است. در روش دراستیک از هفت پارامتر شامل عمق تا سطح ایستابی، تغذیه خالص، مواد تشکیل دهنده آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی، مواد تشکیل دهنده منطقه غیراشباع و هدایت هیدرولیکی برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان استفاده شده که به صورت هفت لایه اطلاعاتی توسط نرم‌افزار ۱۰ ArcGIS تهیه گردیده است. آمار و اطلاعات اخذ شده محدود به مطالعه شامل لوگ حفاری چاه‌ها، ۴۴ عدد پیرومتر، آزمایش‌های پمپاژ و سه ایستگاه باران‌سنجی بوده است. این لایه‌ها در نرم‌افزار ۱۰ ArcGIS تهیه، رتبه دهی، وزن دهی و در نهایت تلفیق گردید.

**یافته‌ها:** با تلفیق لایه‌ها و در نظر گرفتن رتبه و وزن آنها نتایج اخذ شده نشان داد که دامنه شاخص دراستیک برای کل محدوده دشت معادل ۳۴ تا ۱۲۰ واحد بدست آمد. بر این اساس و با توجه به استانداردهای ذکر شده برای شاخص دراستیک، آبخوان در گروه آسیب‌پذیری بدون ریسک تا ریسک کم قرار گرفت.

**نتیجه‌گیری:** خروجی مدل دراستیک اعمال شده در منطقه مورد مطالعه، آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان را نشان می‌دهد و می‌تواند بعنوان ابزار اولیه در توسعه و مدیریت منابع آب در آینده نیز به کار رود. در ضمن این مدل قادر به تولید اطلاعاتی از جنس میزان و نوع آلاینده نیست. لذا در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد با توجه به کم شدن میزان بارندگی و پایین آمدن تراز آب زیرزمینی، و احتمال شور شدن آب زیرزمینی پهنه‌بندی از لحاظ شوری مورد بررسی قرار گیرد، همچنین برای معتبر کردن نتیجه مدل عمومی دراستیک، پساب‌های آبیاری و فاضلاب خانگی و صنعتی و میزان تغذیه آب زیرزمینی از آنها در نظر گرفته شود.

**واژگان کلیدی:** شاخص دراستیک، GIS،

دشت ماهیدشت، آسیب‌پذیری، آب‌های زیرزمینی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

shahram\_gorgani@yahoo.com

## مقدمه

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA)، با همکاری انجمن ملی آب زیرزمینی، مدل دراستیک را برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از آلاینده‌های انتشاری طراحی کرده است (۱). این مدل براساس مفهوم وضعیت هیدروژئولوژی استوار است که حرکت آب‌های زیرزمینی را در ورود، درون و خروج از سیستم در یک ناحیه تحت تاثیر قرار داده و کنترل می‌کند. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه مدل دراستیک در داخل و خارج کشور انجام شده که از جمله Ahmadi و همکاران (۲) آسیب پذیری آبخوان دشت سلفچگان- نی زار، Babai و همکاران (۳) پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دشت دهگلان، Fathi Hafshejani و همکار (۴) پهنه بندی پتانسیل آسیب پذیری آبخوان شهرکرد، Sadeghi و همکاران (۵) آسیب پذیری آبخوان دشت خضرآباد، Azizi و همکاران (۶) پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان دشت امام زاده جعفر گچساران، Afonso و همکاران (۷) آسیب پذیری آلودگی آب زیرزمینی در شهر پورتو در شمال پرتغال، Breabăn و همکاران (۸) ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی شهر برلاد بخش وازلی یکی از شهرستان‌های رومانی، Adjim و همکاران (۹) ارزیابی پتانسیل آسیب پذیری آب زیرزمینی آکیفرماجینا در شمال شرقی الجزایر در خارج از کشور را می‌توان نام برد.

توسعه روزافزون جوامع بشری و گسترش فعالیت‌های صنعتی سهم عمده‌ای در آلودگی‌های محیط‌زیست به ویژه آب دارد. بنابراین فعالیت‌های انسان در بعضی از موارد به توازن‌های ظریف موجود در طبیعت آسیب می‌رساند. بعضی از این آسیب‌ها توسط طبیعت قابل جبران هستند. به عبارتی طبیعت قادر است بعضی از خرابی‌ها را ترمیم و محیط خود را تصفیه نماید، اما توانایی جبران آلودگی در طبیعت شامل تمام آسیب‌های وارده به آن نمی‌شود و نیز جبران خسارت وارده به زمان نیاز دارد. از این رو انسان باید با شناخت، پیشگیری و مقابله با آلودگی‌ها، آنها را در کنترل خود در آورد. یکی از مهم‌ترین منابع آبی آسیب‌پذیر در برابر آلودگی، آبخوان‌ها هستند. این منابع به شکل‌های مختلف در معرض آلودگی قرار دارند که تشخیص و کنترل آلودگی‌ها

در آنها نسبت به آب‌های سطحی مشکل‌تر و پرهزینه‌تر است. همچنین به دلیل استمرار آلودگی در این منابع، بهترین روش جلوگیری از آلودگی آنها، شناسایی منابع آلوده‌کننده و مناطق آسیب‌پذیر، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب است.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در محدوده استان کرمانشاه در ناحیه‌ای بین عرض‌های جغرافیایی  $34^{\circ} 09' 42''$  تا  $34^{\circ} 29' 11''$  شمالی و طول‌های جغرافیایی  $46^{\circ} 36' 2''$  تا  $46^{\circ} 58' 32''$  شرقی واقع شده است. پست‌ترین نقطه ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه در مرز شمال شرقی و خروجی دشت با ارتفاع  $1340$  m و بلندترین آن در جنوب و ورودی دشت به میزان  $1460$  m از سطح دریا واقع شده است. در روش دراستیک هفت عامل قابل اندازه‌گیری برای سیستم هیدروژئولوژیکی برآورد می‌شود. این عوامل شامل عمق آب زیرزمینی، تغذیه، محدوده آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی یا شیب سطح زمین، مواد تشکیل‌دهنده زون غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی هستند. این عوامل به صورت کمی برآورد می‌شوند، به طوری که به هر کدام از آنها با توجه به پتانسیل آلودگی آن، نرخی در محدوده ۱ تا ۱۰ اختصاص داده شده است (۱) به معنای کمترین و ۱۰ بیشترین خطر برای آلودگی آب زیرزمینی) هر یک از این مشخصه‌ها با توجه به اهمیت نسبی آن در توانایی انتقال آلودگی به سیستم آب زیرزمینی در ضریب وزنی ضرب شده که براساس معیار کیفی (از ۱ تا ۵) تعیین می‌شود. داده‌های مورد استفاده همگی در محیط ۱۰ ARC GIS به فرمت رستری تبدیل می‌شوند و عمل تلفیق لایه‌های مورد نظر انجام می‌گردد. بعد از تهیه نقشه رستری بر طبق جداول پیشنهادی Aller کلاسه بندی شده و در وزن مربوط به هر لایه ضرب می‌شود. شاخص دراستیک (Drastic Index) از معادله ۱ بدست می‌آید. بعد از بدست آوردن شاخص دراستیک برای تبدیل به درجات مختلف آسیب پذیری از تقسیم بندی Aller استفاده می‌شود. بعد از تهیه لایه‌ها و تلفیق لایه‌ها در محیط ۱۰ ARC GIS نقشه آسیب پذیری آبخوان تهیه می‌شود. مناطق با آسیب پذیری مختلف مشخص می‌شود. وزن

سیلت شامل گراول و ماسه رتبه ۴، ماسه شامل مقداری رس یا سیلت رتبه ۶، گراول و رس رتبه ۷، ماسه و گراول رتبه ۸، گراول رتبه ۹ اختصاص می‌یابد. در واقع رتبه‌های بالاتر خطر آلودگی بیشتری دارند.

#### – محیط خاک

محیط خاک تاثیر مهمی در چگونگی نفوذ آب، تغذیه و حرکت آلاینده دارد. مواد ریز بافت مانند سیلت و رس، نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهند و مواد درشت بافت مانند شن نفوذ پذیری خاک را افزایش می‌دهد. رتبه بندی بافت خاک با توجه به روش Aller و همکاران به این ترتیب است که به رس و سیلت رتبه ۱، لوم رسی رتبه ۲، لوم سیلتی رسی رتبه ۳، لوم سیلتی رتبه ۴، لوم رتبه ۵، لوم ماسه‌ای رتبه ۶، رس متراکم رتبه ۷، ماسه رتبه ۹ و گراول رتبه ۱۰ را داده می‌شود.

#### – توپوگرافی

رتبه بندی توپوگرافی (درصد شیب) با روش Aller و همکاران به نحوی انجام می‌شود هر چه بیشتر باشد امکان نفوذ پذیری به خاک کم می‌شود هرچه شیب کمتر باشد خطر آسیب پذیری بیشتری می‌شود. طوری که به شیب کمتر از ۲ درصد رتبه ۱۰، (۶-۲) رتبه ۹، (۱۲-۶) رتبه ۵، (۱۸-۱۲) رتبه ۳، و شیب بزرگتر از ۱۸ درصد رتبه ۱ داده می‌شود.

#### – محدوده غیر اشباع

ناحیه غیر اشباع حد فاصل سطح ایستابی تا زیر سطح خاک است. رتبه بندی ناحیه غیر اشباع با توجه به تئوری دراستیک برای ناحیه با جنس رس رتبه ۲، رس و سیلت رتبه ۳، رس و سیلت با گراول و ماسه رتبه ۴، رس با ماسه زیاد رتبه ۵، ماسه با مقداری رس و سیلت رتبه ۶، ماسه سیلتی رتبه ۷، ماسه و گراول رتبه ۸ در نظر گرفته می‌شود.

#### – هدایت هیدرولیکی

سرعت حرکت و انتشار آلاینده در آبخوان توسط هدایت هیدرولیکی کنترل می‌شود. هر چه هدایت هیدرولیکی آبخوان بیشتر باشد، سرعت انتشار آلاینده بیشتر خواهد بود، و خطر آسیب پذیری بیشتر است. با توجه به روش Aller و همکاران به محدوده‌های با هدایت هیدرولیکی بیشتر رتبه بالاتری از لحاظ درجه آسیب پذیری داده می‌شود (۴-۱) رتبه ۱، ۱۲-۴ رتبه ۲، ۲۸-۱۲ رتبه ۴، ۴۱-۲۸ رتبه ۶).

دهی پارامترهای مدل دراستیک با توجه تئوری مدل Aller و همکاران، صورت می‌گیرد (۱).

$$DRASTIC\ Index = D_r D_w + R_r R_w + A \quad (1)$$

$$A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

رتبه بندی پارامترهای مدل دراستیک:

#### – عمق تا سطح ایستابی

این پارامتر نشان دهنده فاصله بین سطح زمین و سطح ایستابی است. عمق تا سطح ایستابی همراه با خصوصیات منطقه غیر اشباع، زمان حرکت آلاینده‌های جامد یا مایع که با آب انتقال داده می‌شوند و زمان فرایند رقیق شدگی آلاینده‌ها در منطقه غیر اشباع را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۰) با توجه به تئوری Aller و همکاران در رتبه بندی عمق تا سطح ایستابی هر چه سطح ایستابی به سطح زمین نزدیکتر باشد خطر آلودگی بیشتر است. بنابراین رتبه بندی به این صورت است اگر سطح ایستابی در ۲ متری زمین باشد رتبه ۱۰، از ۲ تا ۵ m رتبه ۹، از ۵ تا ۹ m رتبه ۷، از ۹ تا ۱۵ m رتبه ۵، از ۱۵ تا ۲۳ m رتبه ۳، از ۲۳ تا ۳۰ m رتبه ۲ و بزرگتر از عمق ۳۰ متری رتبه ۱ تعلق می‌گیرد.

#### – تغذیه

مقدار آبی که با نفوذ سطحی به خاک موجب انتقال آلودگی به آبخوان می‌شود، تغذیه نام دارد. هرچه مقدار تغذیه بیشتر باشد، پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی زیادتر می‌گردد. برای تهیه نقشه تغذیه خالص از روش پسکویو (Piscopo)، تغذیه خالص براساس میزان بارندگی سالانه، شیب و نفوذ پذیری خاک محاسبه می‌شود (۱۱) در نهایت تغذیه خالص از مجموع رتبه بندی این سه پارامتر بدست می‌آید و با توجه به این روش هر چه میزان تغذیه بیشتر باشد خطر آلودگی بیشتر است. و تغذیه خالص با محدوده‌های (۳-۵) رتبه ۱، (۵-۷) رتبه ۳، (۷-۹) رتبه ۵، (۹-۱۱) رتبه ۸، (۱۱-۱۳) رتبه ۱۰ را از کمترین تا بیشترین خطر آلودگی به خود اختصاص می‌دهند.

#### – محدوده اشباع آبخوان

این مولفه به جنس رسوبات یا سازند در قسمت اشباع آبخوان اشاره می‌کند. رتبه بندی با توجه به روش Aller و همکاران برای سازند با جنس رس رتبه ۲، رس و سیلت رتبه ۳، رس و

## یافته‌ها

## - تهیه لایه‌های اطلاعاتی

## ۱- عمق تا سطح ایستابی

در محدوده مورد مطالعه ۴۴ حلقه چاه مشاهده‌ای در سطح منطقه پراکنده بودند که سطح آب در آنها میانگین عمق تا سطح ایستابی ماه‌های سال آبی ۹۱-۹۲ بود. اطلاعات این چاه‌های مشاهده‌ای از گروه مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه تهیه گردید. با استفاده از داده‌های سطح آب (عمق تا سطح ایستابی) و رتبه بندی آن با توجه به مدل دراستیک نقشه لایه عمق تا سطح ایستابی تهیه شد (شکل ۱-الف).

## ۲- لایه تغذیه

آمار بارندگی سالیانه سه ایستگاه باغ طیقون، ماهیدشت و سرفروزآباد از مرکز تحقیقات هواشناسی کرمانشاه گرفته شد. و از بارندگی سالیانه برای مدل سازی استفاده شد. با استفاده از داده‌های بارندگی سالانه ایستگاه‌های محدوده دشت، نقشه بارندگی دشت ماهیدشت در محیط ۱۰ ARC GIS تهیه گردید. سپس با استفاده از روش پیسکوپو نقشه تغذیه تهیه و با روش Aller و همکاران رتبه بندی شد. شکل ۱-ب رتبه بندی تغذیه محدوده دشت را نشان می‌دهد.

## ۳- لایه‌های محدوده اشباع و غیر اشباع آبخوان دشت

با استفاده از لوگ حفاری ۷۰ چاه موجود در محدوده مورد مطالعه، براساس نسبت جنس مواد تشکیل دهنده محدوده اشباع و غیر اشباع آبخوان در هر کدام از چاه‌ها، به هر یک رتبه‌ای براساس معیارهای تئوری روش دراستیک اختصاص داده شد. سپس شبکه تیسسن (Thiessen reticule) منطقه براساس موقعیت چاه‌ها و نسبت به مرز منطقه مورد مطالعه تهیه شد، در نهایت لایه بدست آمده براساس رتبه داده شده به هر چاه به لایه رستری تبدیل گردید. شکل‌های ۱-ج و ۱-د رتبه بندی ناحیه اشباع و غیر اشباع دشت را نشان می‌دهد.

## ۴- بافت خاک

با استفاده از لوگ‌های حفاری چاه‌های موجود در دشت نقشه بافت خاک تا عمق ۲ متری در محیط ۱۰ ARC GIS تهیه شد، سپس با توجه به رتبه بندی آن توسط تئوری مدل دراستیک لایه بافت خاک ایجاد گردید. شکل ۱-د نقشه رتبه‌بندی بافت

خاک را نشان می‌دهد.

## ۵- لایه توپوگرافی

با استفاده از نقشه DEM منطقه ماهیدشت، نقشه توپوگرافی دشت و با استفاده از آن نقشه درصد شیب در محیط ۱۰ ARC GIS تهیه، سپس با توجه با تئوری دراستیک رتبه بندی شد. شکل ۱-ز نقشه رتبه بندی درصد شیب را نشان می‌دهد.

## ۶- تهیه لایه هدایت هیدرولیکی

برگه‌های مربوط به گزارش آزمایش پمپاژ ۱۰۵ حلقه چاه بهره برداری موجود در محدوده مورد مطالعه از شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه تهیه گردید. آزمایش پمپاژ به صورت پلکانی با تغییر دور موتور و افزایش دبی، در زمان‌های مختلف انجام شد. در نهایت اختلاف سطح آب در چاه قبل از شروع پمپاژ با سطح آب در چاه بعد از بازیافت اندازه‌گیری شد. فاصله بین تراز آب ساکن اولیه قبل از پمپاژ و تراز آب فعلی در حین بازیافت را افت یا فروکش باقیمانده می‌گویند (۱۲). با استفاده از معادله ۲ می‌توان قابلیت انتقال آبخوان را بدست آورد:

$$s_r = \frac{Q_0}{4\pi T} \ln \frac{t}{t - t_1} \quad (2)$$

که در آن:

$s_r$ : فروکش باقیمانده در زمان

$t$ : زمان از شروع پمپاژ برحسب دقیقه

$t_1$ : زمان توقف پمپاژ

$t - t_1$ : زمان پس از توقف پمپاژ

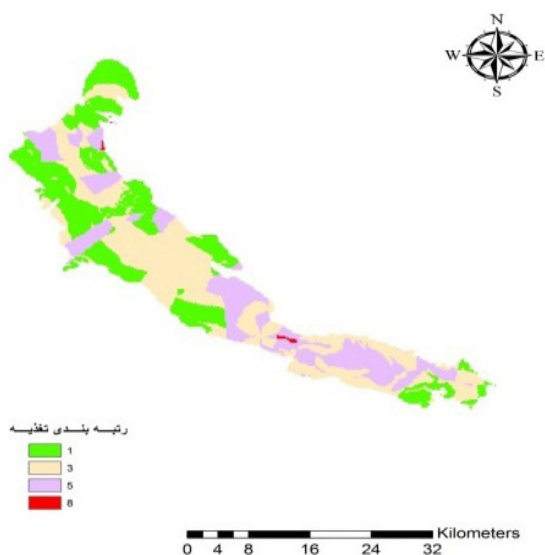
$Q_0$ : دبی اولیه پمپاژ لیتر بر ثانیه

$T$ : قابلیت انتقال بر حسب متر مربع بر روز

با درون یابی  $T$  بدست آمده نقاط مختلف دشت نقشه هم قابلیت انتقال محدوده مورد مطالعه در محیط ۱۰ ARC GIS تهیه شد. در محدوده مورد مطالعه ۶۵ حلقه چاه به سنگ کف برخورد کرده بود. با کم کردن عمق این چاه‌ها از تراز سطح ایستابی ضخامت اشباع آنها حاصل شد. با درون یابی در محیط ۱۰ ARC GIS نقشه هم‌ضخامت اشباع آبخوان تهیه شد. سپس با توجه به معادله ۳ (۱۲) از تقسیم نقشه هم‌قابلیت

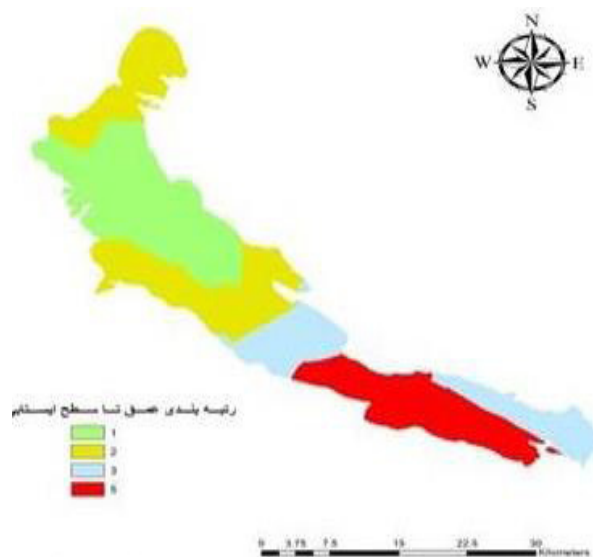
شکل ۱- نقشه رتبه بندی هدایت هیدرولیکی را نشان می دهد.

$$K=T/b \quad (3)$$

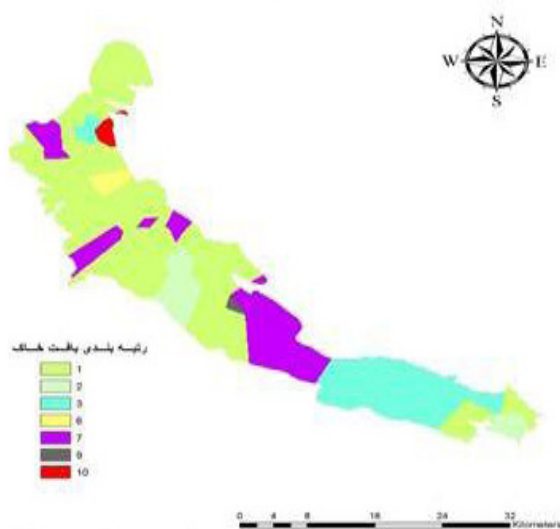


شکل ب- رتبه بندی لایه تغذیه

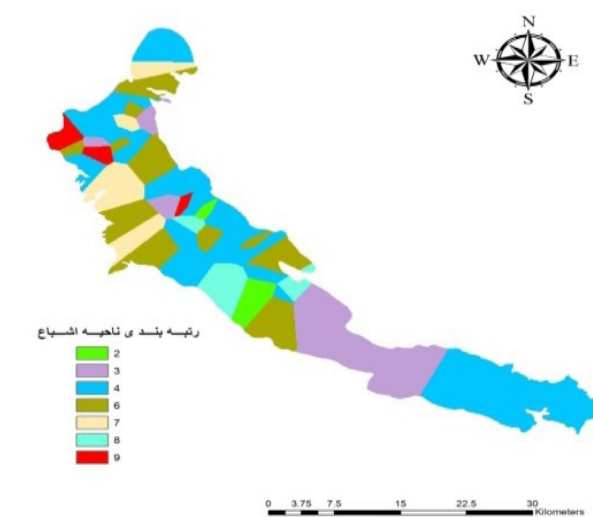
انتقال آبخوان بر نقشه هم ضخامت اشباع هدایت هیدرولیکی محدوده بدست آمد. با استفاده از رتبه بندی توسط مدل دراستیک لایه هدایت هیدرولیکی دشت تهیه گردید.



شکل الف- رتبه بندی عمق تا سطح ایستابی

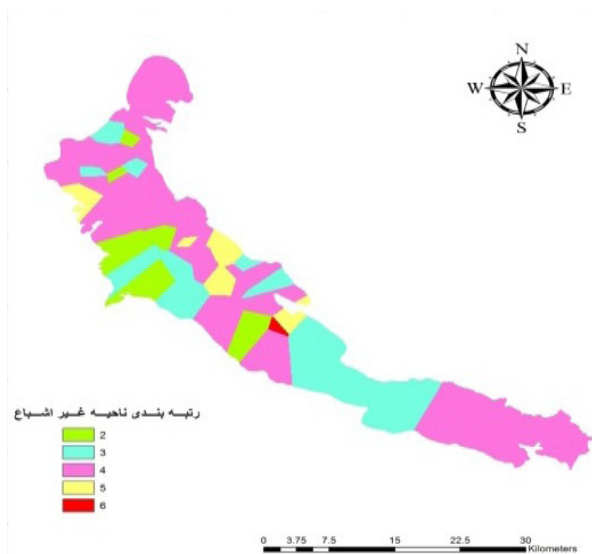


شکل د- رتبه بندی بافت خاک

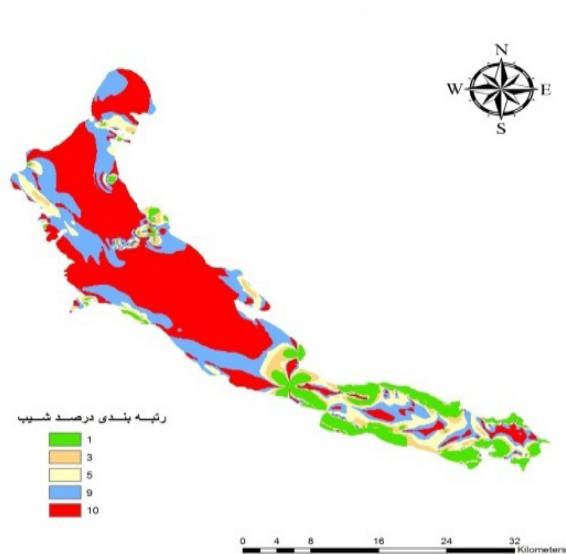


شکل ج- رتبه بندی ناحیه اشباع

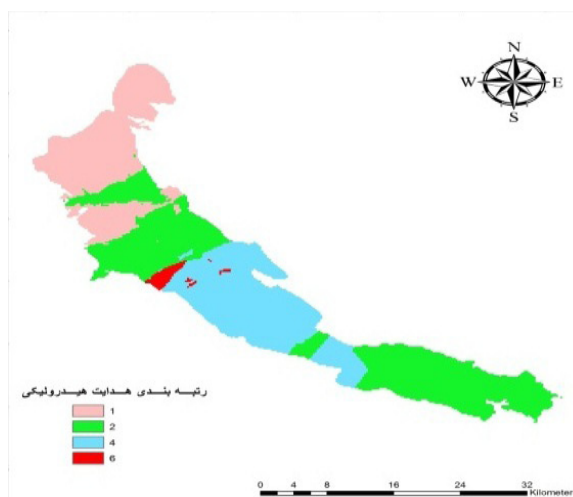
شکل ۱- رتبه بندی لایه های مربوط به دراستیک (الف- رتبه بندی عمق تا سطح ایستابی، ب- رتبه بندی لایه تغذیه، ج- رتبه بندی ناحیه اشباع، د- رتبه بندی بافت خاک، ز- نقشه رتبه بندی درصد شیب، ه- رتبه بندی ناحیه غیر اشباع، و- نقشه رتبه بندی هدایت هیدرولیکی آبخوان)



شکل ه - رتبه بندی ناحیه غیر اشباع



شکل ز- نقشه رتبه بندی درصد شیب



شکل و- نقشه رتبه بندی هدایت هیدرولیکی آبخوان

ادامه شکل ۱- رتبه بندی لایه‌های مربوط به دراستیک (الف- رتبه بندی عمق تا سطح ایستابی، ب- رتبه بندی لایه تغذیه، ج- رتبه بندی ناحیه اشباع، د-رتبه بندی بافت خاک، ز- نقشه رتبه بندی درصد شیب، ه- رتبه بندی ناحیه غیر اشباع، و- نقشه رتبه بندی هدایت هیدرولیکی آبخوان)

## بحث

بزرگتر باشد، نشان‌دهنده این است که آسیب پذیری آب‌های زیرزمینی بیشتر است. شکل ۲ نقشه آسیب پذیری آبخوان دشت ماهیدشت- سرفروزآباد را با توجه به پارامترهای مورد استفاده موجود نشان می‌دهد. شاخص دراستیک برای دشت بین ۳۴ تا ۱۲۰ برآورد گردید. طبقه بندی کیفی شاخص آسیب

نتیجه همپوشانی و تلفیق هفت لایه ساخته شده یک اندیس عددی است که از رتبه و وزن‌های اختصاص یافته به پارامترهای مدل دراستیک مشتق می‌شود. بعد از محاسبه شاخص دراستیک نواحی آسیب پذیر آبخوان مشخص می‌گردد. هرچه این اندیس

حساسیت از روش تحلیل حساسیت حذف نقشه استفاده شد. در این نوع تحلیل حساسیت، ارزیابی ضرورت یا عدم ضرورت استفاده از هفت پارامتر دراستیک مطرح است. به ویژه مساله مربوط به تاثیر هر پارامتر به صورت منفرد بر مقدار آسیب پذیری نهایی، هدف اصلی تحقیقات انجام شده توسط محققین مختلف در این زمینه بوده است. میزان حساسیت حذف نقشه، حساسیت نقشه آسیب پذیری نسبت به حذف یک یا تعداد بیشتری نقشه از نقشه آسیب پذیری را نشان می‌دهد و به کمک معادله ۴ محاسبه می‌گردد. در این معادله،  $S$  میزان حساسیت بیان شده از لحاظ شاخص تغییرپذیری،  $V$  و  $V'$  به ترتیب شاخص آسیب پذیری غیرآشفتة (شاخص واقعی و بدون حذف پارامتر) و شاخص آسیب پذیری آشفتة،  $N$  و  $n$  به ترتیب تعداد لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده برای محاسبه  $V$  و  $V'$  است.

$$S = \left( \left| \frac{V}{N} - \frac{V'}{n} \right| \right) \times 100 \quad (4)$$

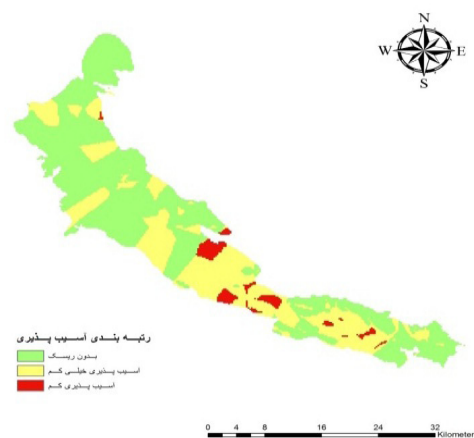
شاخص آسیب پذیری واقعی بدست آمده با کاربرد هر هفت پارامتر به عنوان آسیب پذیری غیر آشفتة در نظر گرفته می‌شود. در حالیکه آسیب پذیری محاسبه شده با استفاده از تعداد کمتری از لایه‌های اطلاعاتی، به عنوان آسیب پذیری آشفتة در نظر گرفته می‌شود. هدف این فرایند، ارزیابی حساسیت مقادیر آسیب پذیری نسبت به حذف پارامتر تعریف شده است. نتایج آماری تحلیل حساسیت به روش حذف نقشه در جدول ۱ نشان داده شده است.

همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود، بیشترین تغییر در شاخص آسیب پذیری در حذف پارامترهای تغذیه و محدوده اشباع به ترتیب با میانگین تغییرات شاخص آسیب پذیری ۲/۱۷ و ۲/۰۳ اتفاق می‌افتد. حساسیت شاخص آسیب پذیری به حذف پارامتر عمق تا سطح ایستابی در رتبه سوم قرار دارد. شاخص آسیب پذیری حساسیت کمتری به پارامترهای محیط خاک، ناحیه غیراشباع، توپوگرافی و هدایت هیدرولیکی نشان می‌دهد.

### نتیجه گیری

از آنجا که تعداد پارامترهای مدل سازی پهنه بندی آلودگی آب زیرزمینی در روش دراستیک نسبت به سایر روش‌های

پذیری دراستیک به سه محدوده (۷۹-۳۴) منطقه بدون ریسک، (۹۹-۸۰) منطقه با آسیب پذیری خیلی کم و (۱۲۰-۱۰۰) محدوده با آسیب پذیری کم تقسیم بندی شد. همان طور که مشاهده می‌شود بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه در محدوده بدون آسیب پذیری یا آسیب پذیری خیلی کم قرار دارد. با توجه به ماهیت روش دراستیک و اینکه بارندگی در محدوده دشت خیلی کم و سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۲ پایین بوده است، استنباط می‌گردد که منابع زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در ناحیه آلاینده‌گی شدید قرار نمی‌گیرد. اگر در این مدل پساب‌های آبیاری و فاضلاب‌ها در نظر گرفته شود با توجه به پایین رفتن سطح آب احتمال آلوده شدن آب زیرزمینی خیلی کم است. دلیل افزایش ضخامت ناحیه غیر اشباع می‌تواند کمتر شدن میزان نزولات جوی، افزایش تبخیر از سطح، گرم شدن هوا، بهره برداری زیاد از حد و غیر مجاز از آب‌های زیرزمینی، کمتر شدن منابع آب‌های سطحی و افزایش احتمالی جمعیت، افزایش مصرف بی رویه آب شرب و در نهایت خالی شدن هر آنچه که به عنوان منبع آبی شناخته می‌شود، باشد.



شکل ۲- نقشه پهنه بندی آسیب پذیری محدوده دشت با روش دراستیک

### تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت به مطالعه سهم متغیرها و پارامترهای ورودی به صورت منفرد در خروجی مدل تحلیلی می‌پردازد. در مدل‌سازی GIS، داده‌های ورودی به صورت منفرد، روی نقشه همپوشانی نهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این رو به منظور تحلیل

جدول ۱- نتایج آماری تحلیل حساسیت حذف تک نقشه

تغییرات شاخص آسیب پذیری				پارامتر حذف شده
انحراف معیار	کمینه	بیشینه	میانگین	
۱/۷۹	۴/۹	۱/۲۱	۱/۵۹	D
۱/۹۱	۴/۴۶	۱/۰۸	۲/۱۷	R
۳/۶۸	۶/۹	۰/۵۷	۲/۰۳	A
۰/۲۱۵	۳/۴۹	۱/۳۴	۰/۰۰۴	S
۳/۰۷	۳	۱/۹۶	۰/۶	T
۲/۵۱	۲/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۴	I
۱/۹۱	۳/۹۷	۱/۶۹	۰/۴۵	C

ضمن این مدل قادر به تولید اطلاعاتی از جنس میزان و نوع آلاینده نیست.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "ارزیابی و پیش بینی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دشت ماهیدشت با روش دراستیک" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۳ است. که با کمک اساتید محترم دکتر علی بافکار و دکتر سید احسان فاطمی و حمایت دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شده است.

### منابع

- 1- Aller L, Lehr JH, Petty R, Bennett T. Drastic: A standardized system to evaluate ground water pollution potential using hydrogeologic settings. Oklahoma: United States Environmental Protection Agency; 1987 Jun. Report No.: EPA/600/2.87/036.
- 2- Ahmadi J, Akhondi L, Abbasi H, Khashei Siuki A, Alimadadi M. Determination of aquifer vulnerability using drastic model and a single parameter sensitivity analysis and acts and omissions (case study: Salafchegan-neyzar plain). Journal of Water and Soil Conservation. 2013;20(3):1-25 (in Persian).
- 3- Khosravi Kh, Habibnejad Roshan M, Solaimani K, Babaei Kh. Assessment of groundwater vulnerabil-

دیگر بیشتر بوده، لذا از تکامل بیشتری برخوردار بوده و پر کاربردترین روش نسبت به سایر روش‌های رتبه دهی و وزن‌دهی است. در این تحقیق با استفاده از تمام داده‌های هیدرولوژی و هیدروژئولوژی واقعی موجود، اجرای مدل دراستیک از نظر وضعیت آسیب پذیری آلودگی آب زیرزمینی در دشت ماهیدشت میسر گردید. خروجی مدل دراستیک اعمال شده در منطقه مورد مطالعه، آسیب پذیری ذاتی آبخوان را نشان می‌دهد و می‌تواند به عنوان ابزار اولیه در توسعه و مدیریت منابع آب در آینده نیز به کار رود. در

ity using a-GIS based DRASTIC model (case study: Dehgolan Plain, Kurdistan Province). Journal of Watershed Management Research. 2012;3(5):42-62 (in Persian).

- 4- Fathi Hafshejani E, Beigi Harchegani H. Mapping Shahrekord aquifer vulnerability using DRASTIC model and its verification with seasonal variations of nitrate and phosphate concentrations. Water Engineering. 2012;5(14):1-15 (in Persian).
- 5- Sadeghi Ravesh MH, Zehtabian Gh. Assessment of Khezrabad aquifer vulnerability using DRASTIC method. Journal of Environment. 2013;55:21-31 (in Persian).
- 6- Azizi F, Mohammadzadeh H. Vulnerability assess-



- ment of Emamzadeh Zafar aquifer of Gachsaran using DRASTIC method and GIS techniques. Proceedings of the 5th Conference of watershed Management and Soil and Water Resource Management; 2012 Feb 28-29; Kerman, Iran (in Persian).
- 7- Afonso MJ, Pires A, Chaminé HI, Marques JM, Guimarães L, Guilhermino L, et al. Aquifer vulnerability assessment of urban areas using a GIS-based cartography: Paranhos groundwater pilot site, Porto, NW Portugal. Proceedings of the 33rd International Geological Congress, General Symposium: Hydrogeology. 2008 Aug 6-14; Oslo: Norway.
- 8- Breabăn IG, Paiu M. Application of DRASTIC model and GIS for evaluation of aquifer vulnerability: Study case Barlad City Area. Proceedings of the 5th Conference of Water Resources and Wetlands; 2012 Sep 14-16; Tulcea, Romania.
- 9- Ahmadi A, Abromand M. Vulnerability of Khash-Plain Aquifer, Eastern Iran, to pollution using geographic information system (GIS). Applied Geology. 2009;5(1):1-11 (in Persian).
- 10- Asefi M, Radmanesh F, Zarei H. Optimization of DRASTIC model for vulnerability assessment of groundwater resources using analytical hierarchy process (case study: Andimeshk Plain). Journal of Environmental Studies. 2014;40(1):79-94 (in Persian).
- 11- Piscopo G. Groundwater vulnerability map explanatory notes. Parramatta NSW: Department of Land and Water Conservation; 2001 Aug. Report No.: CNR 2001.017.
- 12- Karamoz M. Advanced Hydrology. Tehran: Amirkabir University of Technology Publication; 2014 (in Persian).



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Evaluating Potential Contamination of Groundwater by DRASTIC (Case Study: Plain Mahidasht Kermanshah)

Sh Gorgani<sup>1,\*</sup>, A Bafkar<sup>2</sup>, SE Fatemi<sup>2</sup>

1. Water Resources Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

2. Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

### ARTICLE INFORMATIONS:

**Received:** 15 October 2016

**Revised:** 1 January 2017

**Accepted:** 7 January 2017

**Published:** 6 March 2017

**Key words:** DRASTIC, GIS, Plain Mahidasht, Vulnerability, Groundwater

### \*Corresponding Author:

shahram\_gorgani@yahoo.com

### ABSTRACT

**Background and Objective:** There are major mobile and non-mobile pollution sources due to human activities that can influence aquifers and reduce groundwater quality. Vulnerability assessment is an inexpensive procedure in to identify areas prone to the pollutants. Identification of these sources is essential in water resources management. Mahidasht Plain is one of the important regions of Kermanshah province and plays a significant role in the production of agricultural products. Water supply for agriculture may be at risk due to the indiscriminate withdrawal of groundwater resources of the plains, the recent droughts and potable water requirements. Therefore, analysis and evaluation of the area helps to make better decisions on proper management and control of water pollution.

**Materials and Methods:** Vulnerability, which is defined as the sensitivity of groundwater quality to pollution load, was applied and determined using intrinsic features of the aquifer. In this study, we have studied inherent vulnerability of the Mahidasht aquifer against pollution by using DRASTIC model and GIS. Seven parameters for the zoning of aquifer vulnerability was used in the DRASTIC method, including depth to the water table, net recharge, aquifer material, soil type, topography, impact of vadose zone and hydraulic conductivity. These parameters were prepared as seven layers of information in Arc GIS10 Software. The data collected for the purpose of this study were taken from wells log, 44 piezometer in the area, pumping experiments and three rain-gauge stations. The layers prepared in Arc GIS10 software were weighted, ranked and eventually integrated.

**Results:** The DRASTIC index calculated for the plain ranged from 34 to 120 units. On this basis and according to the standards listed for DRASTIC index, the aquifer was in a vulnerable group with a low or no risk.

**Conclusion:** DRASTIC model output showed an inherent vulnerability of the aquifer. The model can be used as a primary tool in the development and management of water resources in the future. In addition, this model is not able to produce information about amount and type of pollutants. Therefore, it is recommended to examine the salinity zoning in the future research due to less rainfall and decreasing underground water level and consequently the higher probability of salinity in underground water. Additionally, the domestic and industrial wastewater, sewage irrigation and the fraction used for groundwater recharge should be considered in order to validate the results of Drastic model.