

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۰، بهار ۱۳۹۶، صص ۸۰-۶۵

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۰۱ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۰۴

بررسی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل‌های دراستیک و گادز در محیط GIS (مطالعه‌ی موردی: دشت رفسنجان)

مجید رضائی سربندی<sup>۱</sup>

رضا قضاوی<sup>۲\*</sup>

سیامک دخانی<sup>۳</sup>

سید مصطفی مرتضوی<sup>۴</sup>

## چکیده

آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع آب‌های متعارف در جهان است. در شرایط کنونی، بخش قابل‌ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور به‌خصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. ورود آلاینده‌های سطحی به منابع آب زیرزمینی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با محدودیت کمی و کیفی منابع آب مواجه هستند، از مشکلات جدی است. با توجه به خصوصیات هیدرولوژی و هیدروژئولوژیکی دشت رفسنجان و شرایط بحرانی وضعیت منابع آبی که در این دشت به وجود آمده است. در این پژوهش به منظور بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان دشت رفسنجان نسبت به آلودگی از مدل‌های دراستیک و گادز استفاده شد. نقشه‌ی پتانسیل آسیب‌پذیری مدل دراستیک از تلفیق هفت لایه‌ی عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، خاک، توپوگراف، محیط غیراشباع و هدایت هیدرولیکی در محیط GIS برای مسعسعی مورب مسعسعی بویید

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد آب‌خیزداری، دانشگاه کاشان، کاشان

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه مرتع و آب‌خیزداری دانشگاه کاشان، کاشان (نویسنده مسئول)  
Email: ghazavi@kashanu.ac.ir

۳- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مرتع و آب‌خیزداری دانشگاه کاشان، کاشان

۴- استادیار و عضو هیئت علمی گروه عمران دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان

شد. نقشه آسیب‌پذیری مدل گادز نیز از تلفیق چهار لایه نوع آبخوان، محیط غیراشباع، عمق سطح ایستابی و محیط خاک به دست آمد. برای صحت‌سنجی مدل‌ها از میزان تغییرات هدایت الکتریکی در سطح دشت استفاده گردید. نتایج نشان داد که شاخص دراستیک برای کل منطقه بین ۶۱/۳۳ تا ۱۸۳/۷۵ است و دشت رفسنجان را به پنج کلاس آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی می‌کند که به ترتیب ۰/۵۴، ۳۲/۹۳، ۵۵/۴۰، ۱۰/۵۴ و ۰/۵۹ درصد از مساحت دشت را به خود اختصاص داده‌اند. مدل گادز نیز منطقه‌ی مورد مطالعه را به سه کلاس آسیب‌پذیری کم (۳۲/۲۷٪)، متوسط (۶۷/۰۴٪) و زیاد (۰/۶۹٪) طبقه‌بندی کرد.

**کلمات کلیدی:** پهنه‌بندی، دراستیک، گادز، هدایت الکتریکی، GIS.

#### مقدمه

آب زیرزمینی از منابع استراتژیک طبیعی در جهان است. در کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی، حداقل ۲۰ درصد و اغلب بیش از ۳۰ درصد از کل آب استفاده شده از منابع آب‌های زیرزمینی است. توسعه صنعتی، کشاورزی و افزایش جمعیت جوامع در دهه‌های اخیر، باعث استفاده روزافزون از مواد شیمیایی، کودها و افزایش ضایعات صنعتی در بخش‌های مختلف و در نتیجه آلودگی منابع آب خصوصاً آب‌های زیرزمینی شده است. یکی از راه‌کارهایی که امروزه در کشورهای پیشرفته برای حفاظت از سفره‌های آب زیرزمینی به کار می‌رود، جلوگیری و پیش‌گیری از آلوده شدن آبخوان است. ارزیابی آسیب‌پذیری، روشی قدرتمند و کم‌هزینه در شناسایی نواحی مستعد به آلودگی است.

محمودزاده و همکاران، با ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت میمه‌ی اصفهان با استفاده از روش‌های تطبیقی GODS, DRASTIC و AVI، نشان دادند که روش دراستیک آسیب‌پذیری آبخوان را بیشتر از دو روش دیگر ارزیابی کرده است. و مدل

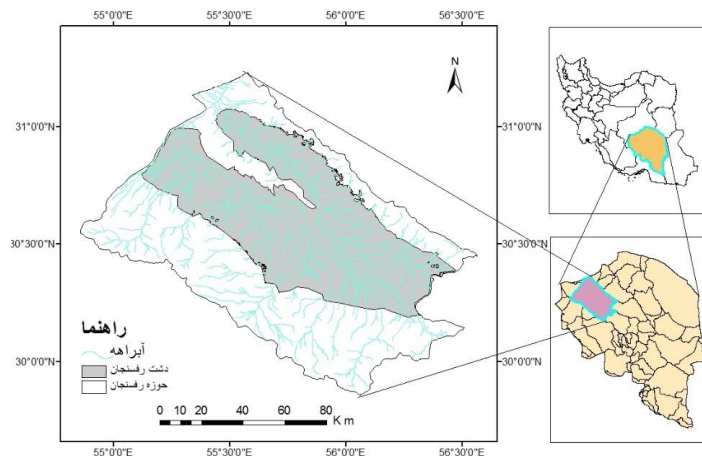
دراستیک به طور دقیق‌تری محدوده‌های مختلف آسیب‌پذیری را مشخص کرده است. خوشدوز ماسوله و همکاران، مدل دراستیک اصلاح شده را برای تعیین آسیب‌پذیری آبخوان‌های ساحلی مورد استفاده قرار دادند و برای ارزیابی نتایج مدل، نقشه‌های آسیب‌پذیری تولید شده با نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول را مقایسه کردند. نتایج مدل دراستیک اصلاح شده نشان داد که ۳۴/۱ درصد از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه دارای پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۴۸/۱ درصد پتانسیل زیاد و ۱۷/۸ درصد پتانسیل متوسط است.

عمده کاربری اصلی دشت رفسنجان کشاورزی است ولی وجود صنایع و فاضلاب‌های شهری و روستایی منابع آب زیرزمینی دشت رفسنجان را در معرض خطر آلودگی قرار می‌دهد. بنابراین با تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری و مدیریت صحیح می‌توان از منابع آب زیرزمینی محافظت کرد. هدف از انجام این تحقیق پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان‌های دشت رفسنجان بر اساس مدل‌های دراستیک و مدل گادز و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است. این مدل‌ها بر اساس یکی از عوامل آلاینده صحت‌سنجی می‌شوند و در نهایت با بررسی صحت مدل‌های مذکور و مقایسه‌ی آن‌ها، بهترین مدل جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان‌های دشت رفسنجان در مقابل آلودگی معرفی گردد. با تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی می‌توان با توجه به ملاحظات و قوانین محیط‌زیستی در جهت تعیین کاربری‌های مناسب اراضی در دشت برنامه‌ریزی نمود، به طوری که کمترین آسیب به منابع آبی منطقه وارد شود. همچنین می‌توان در مورد مناطق مناسب جهت ذخیره‌ی نزولات آسمانی در منطقه، برنامه‌ریزی مناسبی داشت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه‌ی مورد مطالعه

دشت رفسنجان در ناحیه مرکزی ایران، در ۱۱۰ کیلومتری غرب شهر کرمان در منطقه‌ای پست به لحاظ ارتفاعی واقع شده است که وسعتی برابر  $۵۴۵۹/۳۶$  کیلومترمربع را داراست. این دشت بین طول‌های جغرافیایی  $۵۴^{\circ}/۳۰'$  تا  $۵۶^{\circ}/۳۰'$  و عرض جغرافیایی  $۲۹^{\circ}/۵۲'$  تا  $۲۹^{\circ}/۱۵'$  قرار دارد (شکل ۱). جمعیتی بالغ بر ۲۸۷۹۲۱ نفر در این دشت ساکن هستند که طبق آمارنامه‌ی سال ۱۳۹۰، جمعیت شهری منطقه ۱۷۱۱۹۷ نفر و جمعیت روستایی آن بالغ بر ۱۱۵۱۱۴ نفر است. اقلیم منطقه براساس شاخص دوماتن، از نوع خشک و نیمه‌خشک است و میانگین بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه‌ی منطقه به ترتیب ۹۰ میلی‌متر و  $۳۳۵۹/۱۲$  میلی‌متر است.



شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

### – مدل دراستیک

مدل دراستیک بر اساس مفهوم وضعیت هیدروژئولوژیکی استوار است. وضعیت هیدروژئولوژیکی در حقیقت، توصیف‌کننده‌ی ترکیبی از تمام عوامل زمین‌شناسی و

هیدرولوژیکی است که حرکت آب زیرزمینی را در ورود، درون و خروج از سیستم در یک ناحیه تحت تأثیر قرار داده و کنترل می‌کند. این مدل از ترکیب هفت مشخصه‌ی هیدروژئولوژیک قابل اندازه‌گیری و مؤثر در انتقال آلودگی به آب‌های زیرزمینی که شامل عمق آب زیرزمینی<sup>۱</sup> (D)، تغذیه خالص<sup>۲</sup> (R)، محیط آبخوان<sup>۳</sup> (A)، محیط خاک<sup>۴</sup> (S)، توپوگرافی یا شیب سطح زمین<sup>۵</sup> (T)، مواد تشکیل‌دهنده‌ی زون غیراشباع<sup>۶</sup> (I) و هدایت هیدرولیکی<sup>۷</sup> (C) تشکیل شده است. کلاسه‌بندی و ارزش‌گذاری کلاس‌های مختلف مربوط به هر کدام از پارامترها بر اساس روش استاندارد دراستیک در محیط GIS انجام شده است.

لایه‌ی نهایی به نام شاخص دراستیک<sup>۸</sup>، طبق رابطه‌ی (۱) به دست می‌آید:

رابطه‌ی (۱)

$$DRASTICindex = Dr.Dw + Rr.Rw + Ar.Aw + Sr.Sw + Tr.Tw + Ir.Iw + Cr.Cw$$

در رابطه‌ی مذکور، حروف D, R, A, S, T, I, C، مشخصه‌های تأثیرگذار در مدل دراستیک و اندیکس‌های  $r$  و  $w$  به ترتیب رتبه و وزن هر مشخصه هستند. بنابراین شاخص آسیب‌پذیری ذاتی در این روش از حاصل ضرب وزن هر مشخصه در رتبه‌ی آن به دست می‌آید.

مدل گادز

- 
- 1- Depth to Water
  - 2- Net Recharge
  - 3- Aquifer Media
  - 4- Soil Media
  - 5- Topography(slope)
  - 6- Impact of Vadose Zone
  - 7- Hydraulic Conductivity
  - 8- DRASTIC Index

در مدل گادز، ارزش کلاس‌های مختلف مشخصه‌ها از صفر تا یک تغییر می‌کند و به تمامی مشخصه‌ها، وزن یکسانی اختصاص داده می‌شود. شاخص آسیب‌پذیری گادز طبق رابطه‌ی (۲) از حاصل ضرب مشخصه‌ها به دست می‌آید.

$$GODSindex = G.O.D.S \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

در این رابطه G، امتیاز نوع سفره‌ی آبدار؛ O، امتیاز لیتولوژی منطقه‌ی بالای سفره‌ی آبدار؛ D، امتیاز عمق تاسطح ایستابی و S، امتیاز نوع خاک است.

### بحث و نتایج

نقشه‌ی نهایی آسیب‌پذیری آبخوان دشت رفسنجان براساس مدل دراستیک با استفاده از رابطه‌ی (۱) تولید شد.

جدول (۱) روش محاسبه و رتبه‌دهی پارامترهای مدل دراستیک در منطقه

پارامترهای مدل دراستیک	روش محاسبه	محدوده	رتبه	وزن	وزن نهایی (رتبه × وزن)	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
میانگین عمق سطح ایستابی پیژومترها	۱/۵-۴/۶	۹	۹	۴۵	۰/۳۴	۱۸/۹۸	
عمق سطح ایستابی (متر)	۴/۶-۹/۱	۷	۵	۳۵	۱/۴۷	۸۰/۰۴	
عمق سطح ایستابی (متر) و استاندارد (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)	۹/۱-۱۵/۲	۵	۵	۲۵	۵/۵۱	۳۰/۱/۱۴	
	۱۵/۲-۲۲/۸	۳	۳	۱۵	۹/۱۹	۵۰/۱/۶۱	
	۲۲/۸-۳۰/۴	۲	۲	۱۰	۲۵/۱۳	۱۳۷۲/۱۴	
	۳۰/۴ <	۱	۱	۵	۵۸/۳۶	۳۱۸۵/۴۵	
	R= Slop(%) + R(mm) + In(mm)	۳-۵	۱	۴	۲/۸۲	۱۵۴/۲۲	
تغذیه خالص (میلی متر)		۵-۷	۳	۱۲	۵۱/۳۴	۲۸۰۳/۱۴	
		۷-۹	۵	۲۰	۴۴/۰۲	۲۴۰۳/۵۳	

#### ادامه‌ی جدول (۱)

پارامترهای مدل دراستیک	روش محاسبه	محدوده	رتبه	وزن	وزن نهایی (رتبه × وزن)	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
پیسکوپیو (۱۸)		۹-۱۱	۸	۳۲	۱/۸۲	۹۸/۴۷	

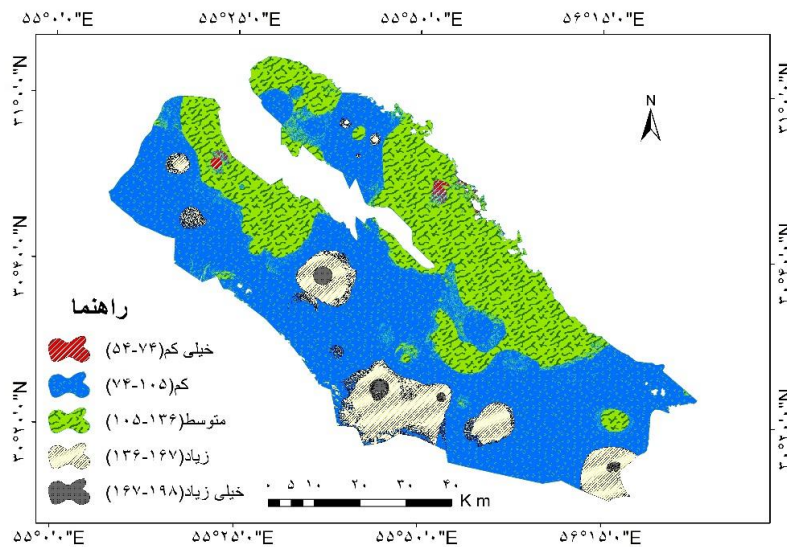
بررسی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی با استفاده از ۷۱ مدل‌های ...

۱۲۴/۶۲	۲/۲۸	۶		۲	رس وسیلت	لوگ‌های حفاری	
					رس و سیلت با	چاه‌های موجود و	
۱۹۰/۱۳۵	۳۴/۸۳	۱۲	۳	۴	گراول و ماسه	استاندارد (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)	محیط آبخوان
۳۰۷۴/۶۲	۵۶/۳۲	۱۸		۶	ماسه با رس		
۳۵۸/۷۶	۶/۵۷	۲۴		۸	ماسه و گراول		
۰/۳۵	۰/۰۰۵	۲	۲	۱	رس	گمانه‌های شرکت	
۳/۱۴	۰/۰۶	۶		۳	لوم رس‌دار	گاز و طرح‌های	
۸۴/۶۲	۱/۵۴	۸		۴	لوم سیلتی	انجام شده و	
۵۵۶/۱۸	۱۰/۱۸	۱۰	۲	۵	لوم	استاندارد (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)	محیط خاک
۲۳۴۲/۰۶	۴۲/۹۰	۱۲		۶	لوم ماسه‌ای		
۱۳۶۴/۶۴	۲۴/۹۹	۱۴		۷	رس فشرده		
۳۶۶/۳۸	۶/۹	۱۶		۸	ماسه ریز		
۶۱۴/۰۹	۱۱/۲۴	۱۸		۹	ماسه درشت		
۱۲۷/۸۸	۲/۳۴	۲۰		۱۰	شن		
۲۸۱۳/۳۵	۵۱/۵۳	۱۰		۱۰	۰-۲	نقشه‌ی مدل رقومی	
۲۳۴۱/۹۴	۴۲/۸۹	۹		۹	۲-۶	ارتفاع و استاندارد	
۲۱۷/۹۹	۳/۹۹	۵	۱	۵	۶-۱۲	(آلر و همکاران، ۱۹۸۷)	توپوگرافی (شیب %)
۳۷/۶۹	۰/۷۰	۳		۳	۱۲-۱۸		
۴۸/۳۹	۰/۸۹	۱		۱	۱۸<		
۴۵/۰۴	۰/۸۲	۱۵		۳	رس سیلت	لوگ‌های حفاری	
۴۱۳/۲۴	۷/۵۷	۲۰		۴	شنی سیلت	چاه‌های موجود و	
۳۰۰/۱۸۸	۵۴/۹۸	۳۰	۵	۶	ماسه‌ای	استاندارد (آلر و همکاران، ۱۹۸۷)	محیط غیراشباع
۱۵۵۳/۰۳	۲۸/۴۴	۴۰		۸	شن و ماسه		
۴۴۶/۱۷	۸/۱۹	۴۰		۹	گراول		
۱۲۳۵	۲۲/۶۲	۳		۱	<۴	محیط آبخوان و	
۳۹۰۷/۳۶	۷۱/۵۷	۶	۳	۲	۴-۱۲	هدایت هیدرولیکی،	هدایت
۳۱۷	۵/۸۱	۱۲		۴	۱۲-۲۸	کلاپ و هورنبرگر (۱۹۸۷)	هیدرولیکی (متر بر روز)

نقشه‌ی آسیب‌پذیری بر اساس روش آلر و همکاران<sup>۱</sup> (۵) به پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شد و با توجه به جدول (۲)، کلاس آسیب‌پذیری متوسط بیشترین مساحت (۵۴/۴٪) و آسیب‌پذیری خیلی کم، کمترین مساحت (۵/۴٪) را به خود اختصاص دادند.

جدول (۲) کلاس‌بندی آسیب‌پذیری مدل دراستیک و دامنه‌ی آسیب‌پذیری

کلاس آسیب‌پذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت %	دامنه‌ی آسیب‌پذیری
خیلی کم	۲۹/۸۳	۰/۵۴	
کم	۱۷۹۷/۳۹	۳۲/۹۳	۱۸۳/۷۵ - ۶۱/۳۳
متوسط	۳۰۲۴/۶۵	۵۵/۴۰	
زیاد	۵۷۵/۳۷	۱۰/۵۴	
خیلی زیاد	۳۲/۱۲	۰/۵۹	



شکل (۲) نقشه‌ی آسیب‌پذیری به آلودگی براساس مدل دراستیک

1- Aller et al.,



نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مدل گداز با استفاده از رابطه‌ی (۲) تولید شد. اطلاعات و مساحت مربوط به هر یک از پارامترهای مدل گداز در جدول (۳) آورده شده است.

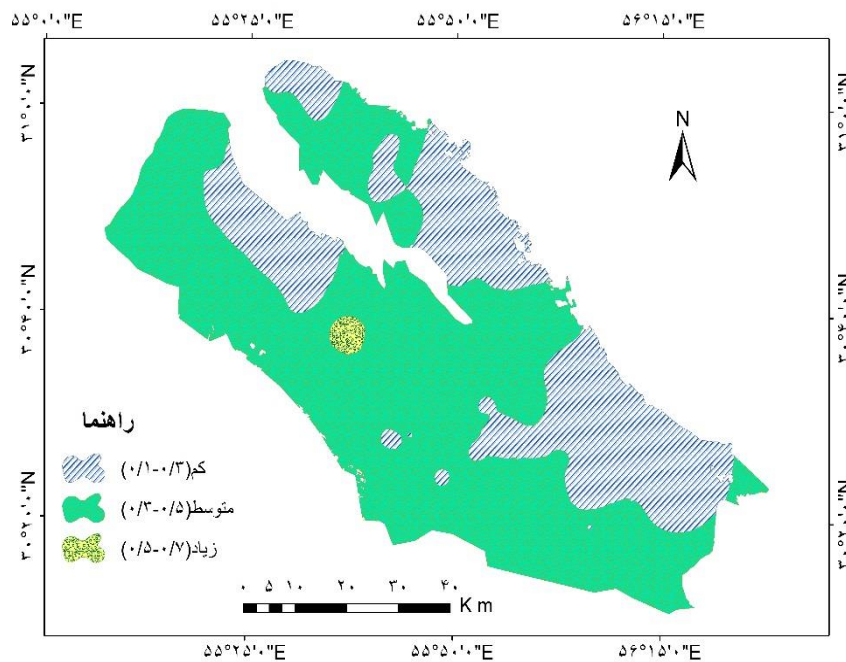
جدول (۳) پارامترهای مدل گداز و رتبه‌دهی در منطقه

پارامترهای مدل گداز	روش محاسبه	محدوده	رتبه	مساحت	
				درصد	کیلومتر مربع
نوع آبخوان	اطلاعات گزارش‌های موجود (۱۲۱)	آزاد	۱	۱۰۰	۵۴۵۹/۳۶
		رسی	۰/۴	۰/۴۹	۲۶/۹۰
محیط	اطلاعات لوگ‌های حفاری چاه‌های	رس با ماسه مخلوط ماسه و	۰/۵	۱۸/۰۰	۹۸۲/۹۴
غیراشباع	منطقه (۱۲۱)	سیلت	۰/۶	۶۳/۲۰	۳۴۵۰/۷۹
		شن و ماسه	۰/۷	۱۶/۱۳	۸۷۹/۴۵
		گراول	۰/۸	۲/۱۸	۱۱۹/۲۸
	میانگین عمق سطح	<۵	۰/۹	۰/۹۶	۵۲/۴۶
عمق آب	ایستابی پیزومترهای	۵-۲۰	۰/۸	۱۳/۳۶	۷۲۹/۸۲
زیرزمینی	موجود (۱۲)	۲۰-۵۰	۰/۷	۲۸/۷۹	۱۵۷۱/۸۱
		۵۰<	۰/۶	۵۶/۸۹	۳۱۰۵/۲۷
	اطلاعات گمانه‌های	رسی	۰/۵	۱/۰۸	۵۹/۲۷
	شرکت گاز و طرح‌های	سیلت رسی	۰/۶	۳/۶۹	۲۰۱/۶۷
محیط	انجام شده	رسی شنی	۰/۷	۱۵/۹۵	۸۷۱/۱۵
خاک		سیلتی	۰/۸	۳۳/۶۲	۱۸۳۵/۹۷
		ماسه سیلتی	۰/۹	۲۹/۸۸	۱۶۳۰/۰۸
		شنی گراولی	۱	۱۵/۷۸	۸۶۱/۲۲

مدل گادز، دشت رفسنجان را به سه کلاس آسیب پذیری کم، متوسط و زیاد، طبقه بندی نمود که طبق جدول (۴)، بیشترین مساحت مربوط به کلاس آسیب پذیری متوسط با ۶۷/۰۴ درصد و بعد از آن آسیب پذیری کم با ۳۲/۲۷ درصد است.

جدول (۴) آسیب پذیری مدل گادز و مساحت های طبقات

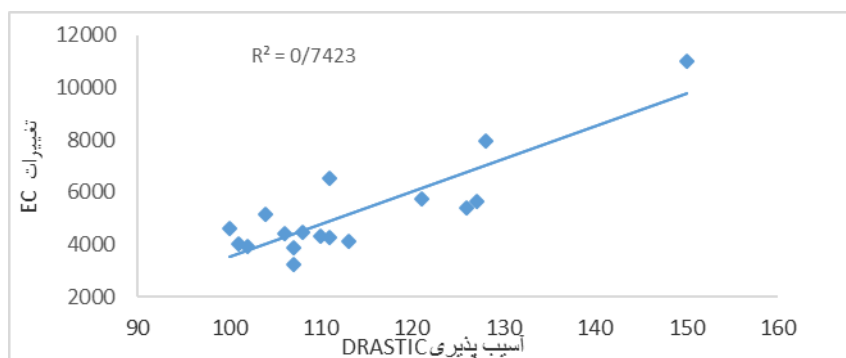
کلاس آسیب پذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت %
کم	۱۷۶۲/۱۶	۳۲/۲۷
متوسط	۳۶۶۰/۴۶	۶۷/۰۴
زیاد	۳۶/۸۰	۰/۶۹



شکل (۳) نقشه ی آسیب پذیری دشت براساس مدل گادز

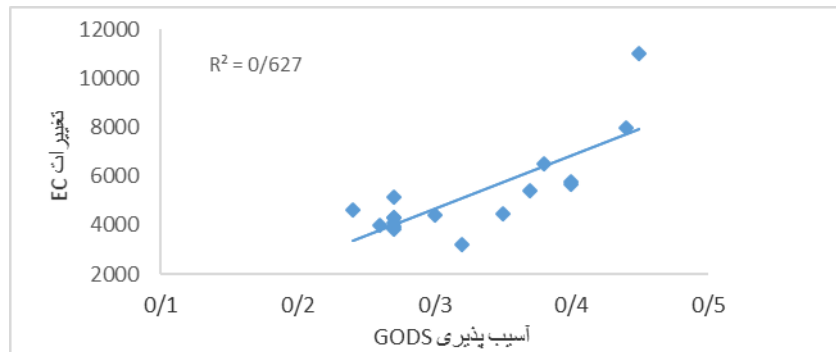
### نتیجه‌گیری

از آن جایی که مدل دراستیک و گادز، مدل‌های تجربی هستند، باید صحت‌سنجی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای صورت پذیرد. به همین دلیل از پارامترهای کیفی هدایت الکتریکی<sup>۱</sup> (EC) برای ارزیابی نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت رفسنجان استفاده شد که با مطالعات خوشدوز ماسوله و همکاران و اصغری مقدم و همکاران، مطابقت دارد. با مقایسه‌ی نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل‌ها، بهترین مدل جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه‌ی مطالعاتی تعیین شد. ضریب همبستگی بین میزان آسیب‌پذیری محاسبه شده توسط مدل دراستیک با میزان تغییرات EC در آبخوان دشت رفسنجان برابر ۰/۷۴ به دست آمد.



شکل (۴) همبستگی بین تغییرات EC و آسیب‌پذیری محاسبه شده براساس مدل دراستیک

و همچنین ضریب همبستگی بین میزان پتانسیل آسیب‌پذیری براساس مدل گادز با میزان تغییرات پارامتر هدایت الکتریکی در آبخوان دشت رفسنجان برابر ۰/۶۲ به دست آمد.



شکل (۵) همبستگی بین تغییرات EC و میزان آسیب پذیری محاسبه شده بر اساس مدل گادز

مدل دراستیک ۵۵/۴۰ درصد (۳۰۲۴/۶۵ کیلومتر مربع) از مساحت دشت را در کلاس آسیب پذیری متوسط کلاسه بندی کرد که بیشترین وسعت را به خود اختصاص داده است. بیش از ۶۰ درصد از منطقه ی تحت آسیب پذیری متوسط تا خیلی زیاد است که با توجه به وسعت کشاورزی و استفاده بی رویه و غیراصولی از کود و سموم شیمیایی در منطقه می تواند نگرانی هایی را برای آلودگی منابع آب زیرزمینی به وجود آورد که نتایج تحقیقات مشابه از جمله رحمان، فرهادی و همکاران، این موضوع را تصدیق می کند. نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین نقشه ی آسیب پذیری مدل دراستیک با پارامتر هدایت الکتریکی اندازه گیری شده در دشت رفسنجان با ضریب همبستگی ۰/۷۴ درستی و صحت مدل را تأیید می کند.

بر اساس نتایج مدل گادز، کلاس آسیب پذیری متوسط با ۳۶۶۰/۴۰ کیلومتر مربع بیشترین وسعت دشت را فرا گرفته است. مقایسه نتایج دو مدل دراستیک و گادز نشان داد که مدل دراستیک، محدوده ی دشت رفسنجان را به پنج کلاس و مدل گادز به سه کلاس آسیب پذیری تقسیم نموده اند که هر دو مدل بیشترین وسعت را به کلاس آسیب پذیری متوسط اختصاص داده اند مدل دراستیک پتانسیل آسیب پذیری را در طبقات بیشتری کلاسه بندی می کند که نشان دهنده ی دقت

بیشتر مدل دراستیک است در نمودارهای ۱ و ۲ ضریب همبستگی مدل دراستیک و گادز با میزان تغییرات هدایت الکتریکی در دشت رفسنجان نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مدل دراستیک با ضریب همبستگی ۰/۷۴ بین میزان آسیب‌پذیری و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده، دارای دقت بالاتری نسبت به مدل گادز در پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان دشت رفسنجان است نتایج مطالعات محمودزاده و همکاران نیز مؤید دقت بیشتر مدل دراستیک است.

#### **پیشنهادات**

- استفاده از نقشه‌ی پتانسیل آلودگی برای مدیریت منابع آب زیرزمینی و کاربری اراضی صحیح و پایدار منطقه‌ی رفسنجان.
- تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری ویژه‌ی دشت رفسنجان با اندازه‌گیری فلزات سنگین در آبخوان.

## منابع

- احمدی، علی و محمد آبرومند (۱۳۸۸)، بررسی نیروی آلودگی آبخوان دشت خاش، شرق ایران، با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه‌ی زمین‌شناسی جغرافیایی کاربردی، سال پنجم، شماره‌ی ۱، صص ۱-۱۱.
- اخوان، سمیرا (۱۳۸۹)، استفاده از مدل‌های دراستیک و SWAT به منظور بررسی آلودگی نیترات آب‌های زیرزمینی و ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی در دشت همدان-بهار، پایان‌نامه‌ی دکتری رشته‌ی آبیاری، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- اصغری مقدم، اصغر؛ فیجانی، الهام و عطاالله ندیری (۱۳۸۸)، ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت‌های بازرگان و پلدشت با استفاده از مدل دراستیک بر اساس GIS، مجله‌ی محیط‌شناسی، سال سی و پنجم، شماره‌ی ۵۲، صص ۵۵-۶۴.
- آزادشهرکی، فخرالدین؛ آغاسی، عبدالوحید؛ آزادشهرکی، فرزاد و علیرضا زارعی، (۱۳۸۸)، ارزیابی نیروی و آنالیز حساسیت آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت هشتگرد به روش دراستیک، مجله‌ی آب و فاضلاب، شماره‌ی ۲، صص ۶۱-۷۰.
- چیت‌سازان، منوچهر و یوسف اختری (۱۳۸۵)، ارزیابی پتانسیل آلودگی آبخوان دشت های زویرچری و خران با استفاده از مدل DRASTIC و GIS، مجله‌ی آب و فاضلاب، شماره‌ی ۱۷، صص ۳۹-۵۱.
- فرهادی، صغری؛ ناصری، حمیدرضا. و مجید فردی (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت بهبهان با استفاده از مدل DRASTIC و GODS و مقایسه‌ی نتایج آنها، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- جعفری ملک‌آبادی، علی؛ افیونی، مجید؛ موسوی، فرهاد و اردشیر خسروی (۱۳۸۳)، بررسی غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی استان اصفهان، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره‌ی ۳، صص ۶۹-۸۲.

- خوشدوز ماسوله، نیلوفر؛ بابازاده، حسین؛ طباطبایی، حسن و مهدی نادری (۱۳۹۲)، توسعه‌ی مدل دراستیک اصلاح شده برای تعیین آسیب‌پذیری آبخوان‌های ساحلی، نشریه‌ی حفاظت منابع آب و خاک، جلد ۳ شماره ۱: صص ۱۹-۳۰.
- محمودزاده، الهه؛ رضایان، سحر و آزاده احمدی (۱۳۹۲)، ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت میمه‌ی اصفهان با استفاده از روش‌های تطبیقی DRATIC, GODS و AVI، مجله‌ی محیط‌شناسی، سال ۳۹، شماره‌ی ۲: صص ۴۵-۶.
- نانبخش، حسن (۱۳۸۲)، بررسی میزان غلظت نیترات و نیتريت در چاه‌های شرب شهر ارومیه، مجله‌ی پزشکی ارومیه، جلد ۱۴، شماره‌ی ۲: صص ۹۸-۱۰۳.
- رنگزن، کاظم؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز، میرزایی، لیللا، علیجانی، فرشاد. (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت ورامین با استفاده از DRATIC و ارزیابی تجربی اثر منطقه‌ی غیراشباع در محیط GIS، فصلنامه‌ی زمین‌شناسی ایران، سال ۲، شماره‌ی ۶: صص ۲۱-۳۲.
- صادقی روش، محمدحسن و غلامرضا زهتابیان (۱۳۹۱)، ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت خضرآباد به روش دراستک، فصلنامه‌ی علمی محیط زیست، شماره‌ی ۵۵: صص ۲۱-۳۱.
- یارمحمدی، احسان (۱۳۸۵)، ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت علیقلی با استفاده از مدل DRATIC و SINTACS در محیط IS، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه چمران اهواز، ص ۱۶۰.
- Abdulla, M., A. Al-Rawabdeh Nadhir., A. Al-Ansari. And A. Al-Taani, Sven Knutsson (2013), **A GIS-Based Drastic Model for Assessing Aquifer Vulnerability in Amman-Zerqa Groundwater Basin**, Jordan, Engineering, 5: PP. 490-504.
- Al-Adamat, RAN, IDL. Foster and SNJ Baban (2003), **Groundwater Vulnerability and risk Mappingfor the Basaltic Aquifer of the**

- Azraq Basin of Jordan Using GIS, Remote Sensing and DRASTIC**, Applied Geography, 23: 4: PP. 303–24.
- Aller, L., T. Bennett., J. Lehr, and G. Hackett. (1987), **DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings**, Environmental Protection Agency, P. 252.
- Kamlesh Prasad, J. and P. Shukla. (2014), **Assessment of Groundwater Vulnerability Using GIS-based DRASTIC Technology for the Basaltic Aquifer of Burhner watershed, Mohgaon Block, Mandla (India)**, Current Science, 107: PP. 10-25.
- Lathamani, R., M.R Janardhana. B. Mahalingam. and S. Suresha. (2015), **Evaluation of Aquifer Vulnerability using Drastic Model and GIS: A Case Study of Mysore City, Karnataka, India**, International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering, PP. 1031–1038.
- 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, P. 125.
- Piscopo, G. (2001), **Ground Water Vulnerability Map, Explanatory notes (Castlereagh Catchment)**, Australia: NSW Department of Land and Water Conservation, P. 12.
- Rahman, A. (2008), **A GIS Based DRASTIC model for Assessing Groundwater Vulnerability in Shallow Aquifer in Aligarh**, India, Applied Geography, 28: PP. 32-53.
- Victorine Neh, A., A. Ako Ako., A. Richard Ayuk II. and T. Hosono. (2014), **DRASTIC-GIS model for Assessing Vulnerability to Pollution of the Phreatic Aquiferous formations in Douala–Cameroon**, Journal of African Earth Sciences, 102: PP. 180-190.
- Vrba, J. and A. Zaporozec (1994), **Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability, International Contribution for Hydrogeology**, Hannover, Germany, P. 131.