ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2023;38(2):221-231 10.58209/geores.38.2.221

Evaluation of Jiroft Plain Aquifer Vulnerability Potential Using DRASTIC and CD Models

GEOGRAPHICAL RESEARCHES JOURNAL

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Pourkhosravani M.[1]* *PhD*
Nezhadafzali K.[2] *PhD*
Jamshidi Gohari F.[1] *MA*

How to cite this article
Pourkhosravani M, Nezhadafzali K, Jamshidi Gohari F. Evaluation of Jiroft Plain Aquifer Vulnerability Potential Using DRASTIC and CD Models. Geographical Researches. 2023 ;38(2):221-231.

[1]Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[2]Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Jiroft University, Kerman, Iran

Correspondence
Address: Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Bahonar University of Kerman, Pajouhesh Square, Kerman, Iran. Postal Code: 7616914111
Phone: -
Fax: +98 (34) 3325764
pourkhosravani@uk.ac.ir

Article History
Received: December 22, 2022
Accepted: April 19, 2023
ePublished: May 31, 2023

ABSTRACT

Aims Protection of underground water from pollution is a very important issue. Underground water vulnerability maps are useful tools for aquifer protection and pollution potential evaluation. The present study aims to evaluate the vulnerability of the Jiroft Plain aquifer using DRASTIC and CD models in the Geographical Information System (GIS).

Methodology The information relevant to these models was collected and entered into the GIS software in order to prepare the required layers of the models. Then, using overlapping techniques and applying the necessary weight coefficients on each layer, the final vulnerability map of the area was prepared.

Findings According to the DRASTIC index results for the Jiroft plain aquifer, 8.04% of the area was in the low vulnerability class and 91.96% was in the medium vulnerability class. While, according to CD, 99.13% of the studied area had low vulnerability and 0.86% of it was in the medium vulnerability class. In addition, based on the results of two-parameter elimination and one-parameter sensitivity analysis in the DRASTIC model, the most influential parameter in evaluating the vulnerability of the studied aquifer was the unsaturated environment factor.

Conclusion The majority of the studied area has low vulnerability to underground water pollution and the unsaturated environment factor was the most significant factor in this area's vulnerability evaluation.

Keywords Vulnerability; Jiroft Plain Aquifer; DRASTIC; Combined DRASTIC

CITATION LINKS

[Amiri F, et al; 2020] GIS-based DRASTIC and modified DRASTIC techniques for assessing groundwater vulnerability to pollution in Torghabeh-Shandiz of Khorasan ...; [Asgari Moghaddam A, et al; 2016] Vulnerability assessment of Bostan Abad plain aquifer by DRASTIC and SINTACS ...; [Baghapour MA, et al; 2016] Optimization of DRASTIC method by artificial neural network, nitrate vulnerability index and composite DRASTIC models to assess groundwater vulnerability for unconfined aquifer of Shiraz ...; [Bera A, et al; 2021] Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC model in Nangasai River Basin, India with special emphasis on agricultural ...; [Bhuvaneswaran C, Ganesh A; 2019] Spatial assessment of groundwater vulnerability using DRASTIC mode with GIS in Uppar odai sub-watershed, Nandiyar, Cauvery Basin...; [Colins J, et al; 2016] GIS-based assessment of aquifer vulnerability using DRASTIC Model: A case study on Kodaganar ...; [Hao J, et al; 2017] Assessing groundwater vulnerability and its inconsistency with groundwater quality, based on a modified DRASTIC model: A case study in Chaoyang District of Beijing...; [Hasan M, et al; 2019] Groundwater vulnerability assessment in Savar upazila of Dhaka district ...; [Javadi S, et al; 2011] Modification of DRASTIC model to map groundwater vulnerability to pollution using Nitrate measurements in agricultural ...; [Kadkhodaie Ilkhchi F, et al; 2019] Life between buildings: Using public ...; [Malakootian M, Nozari M; 2019] Contribution of the sensitivity analysis in groundwater vulnerability assessing using the DRASTIC and Composite ...; [Mfonka Z, et al; 2018] Modification of DRASTIC model to map groundwater vulnerability to pollution using Nitrate measurements in agricultural ...; [Moratalla A, et al; 2011] Evaluation of a GIS-Based integrated vulnerability risk assessment for the Mancha ...; [Nadiri AA, et al; 2018] Mapping specific vulnerability of multiple confined and unconfined aquifers by using artificial intelligence to learn from multiple DRASTIC ...; [Neshat A, et al; 2014] Groundwater vulnerability assessment using an improved DRASTIC method ...; [Neshat A, Pradhan B; 2017] Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using ...; [Pourkhosravani M, et al; 2021] Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using DRASTIC, composite DRASTIC, and nitrate vulnerability ...; [Sinha MK, et al; 2016] Assessment of groundwater vulnerability using modified DRASTIC model in Kharun Basin, Chhattisgarh...; [Wang Y, et al; 2007] Vulnerability of groundwater in Quaternary aquifers to organic contaminants ...; [Yavarizadeh N; 2012] Investigating the potential of Sirjan plain aquifer using DRASTIC model in GIS ...

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

Copyright© 2023, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت با استفاده از مدل‌های دراستیک و دراستیک ترکیبی

محسن پورخسروانی* PhD
گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
کرامت نژادافضلی PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، ایران
فاطمه جمشیدی گوهری MA
گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده
اهداف: حفاظت از آب‌های زیرزمینی در برابر آلودگی موضوع بسیار مهمی است. نقشه‌های آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی ابزار مفیدی برای حفاظت از سفره‌های زیرزمینی و ارزیابی پتانسیل آلودگی است. هدف پژوهش حاضر ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت با استفاده از مدل‌های دراستیک و دراستیک ترکیبی در سیستم اطلاعات جغرافیایی **(GIS)** است.
روش شناسی: این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی بوده و در سال ۱۴۰۱ در آبخوان دشت جیرفت انجام شد. ابتدا اطلاعات مربوط به مدل‌های دراستیک و دراستیک ترکیبی جمع‌آوری و پس از ورود به نرم‌افزار **GIS**، لایه‌های مورد نیاز مدل‌ها تهیه شد. سپس، با استفاده از تکنیک‌های همپوشانی و اعمال ضرایب وزنی لازم روی هر لایه، نقشه آسیب‌پذیری نهایی منطقه تهیه شد.
یافته‌ها : براساس نتایج شاخص دراستیک آبخوان دشت جیرفت، ۸/۰۴% از سطح منطقه درکلاس آسیب‌پذیری کم و ۹۱/۹۶% از سطح آن درکلاس آسیب‌پذیری متوسط قرار داشت. طبق نتایج شاخص دراستیک ترکیبی، ۹۹/۱۳% منطقه در کلاس آسیب-پذیری کم و ۰/۸۶% منطقه در طبقه آسیب‌پذیری متوسط قرار داشت. همچنین بر اساس نتایج دو آنالیز حساسیت حذف پارامتر و تک‌پارامتری در مدل دراستیک، تاثیرگذارترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه، فاکتور محیط غیراشباع بود.
نتیجه‌گیری: بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه آسیب‌پذیری کمی دارد و تاثیرگذارترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه فاکتور محیط غیراشباع است.

کلیدواژگان: آسیب‌پذیری، آبخوان دشت جیرفت، دراستیک، دراستیک ترکیبی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰
*نویسنده مسئول: pourkhosravani@uk.ac.ir

مقدمه
منابع آب زیرزمینی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین منابع آب در بخش وسیعی از جهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. متأسفانه با رشد چشمگیر جمعیت و افزایش نیازهای آبی و درنتیجه استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی، افزایش تقاضا جهت کاربرد کود، علف‌کش و آفت‌کش به منظور افزایش تولیدات غذایی، گسترش شهرسازی و رشد قارچ‌گونه صنایع بدون ایجاد سیستم‌های مناسب دفع و تصفیه فاضلاب و بالطبع ورود زیاد پساب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی به درون سفره‌های آب زیرزمینی، کیفیت این منابع ارزشمند نیز رو به زوال گذاشته و درحال آلوده‌شدن است [Nadiri *et al.*, 2018]. برخلاف آلودگی آب‌های سطحی، آلوده‌شدن آب‌های زیرسطحی نگرانی‌های به‌مراتب بیشتری را ایجاد می کند چرا که کشف آلودگی آب‌های زیرزمینی کاری دشوار است و با توجه به ظرفیت خودپالایی ضعیف این آب‌ها حذف آلاینده‌ها و احیا مجدد آبخوان‌ها کاری به‌مراتب دشوارتر است که به زمان زیاد، سرمایه‌گذاری عظیم و امکانات پیشرفته نیاز دارد به گونه‌ای که آلودگی ایجادشده ممکن است سال‌ها، دهه‌ها و یا حتی قرن‌ها پایدار باقی بماند. در همین راستا کمیته ملّی علوم آمریکا (National Research Council) در سال ۱۹۹۳ آسیب‌پذیری را تمایل یا احتمال رسیدن آلاینده‌های ایجادشده در بالای سطح آبخوان به یک مکان مشخص در سیستم آب زیرزمینی تعریف کرد [Wang *et al.*, 2007]. تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری یا به‌عبارتی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری روشی قدرتمند و در عین حال کم‌هزینه برای تعیین آبخوان‌هایی با اولویت پایش و مراقبت و همچنین انتخاب مناطق امن برای توسعه شهرسازی، کشاورزی و صنعت است که کمترین خسارت ممکن را به آب‌های زیرزمینی وارد کند. این نقشه‌ها به برنامه‌ریزان و مدیران در حفاظت از آب‌های زیرزمینی کمک می‌کند. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری بر این ایده استوار است که برخی مناطق از نظر آلودگی آب‌های زیرزمینی نسبت به سایر مناطق حساس‌ترند [Moratalla *et al.*, 2011]. در واقع به کمک نقشه‌های آسیب‌پذیری می‌توان فعالیت‌هایی که بالقوه برای آب‌های زیرزمینی خطرناک هستند را در مناطقی مستقر کرد که سفره‌های آب زیرزمینی کمتر تهدید شوند. این نقشه‌ها هم‌زمان، آبخوان‌های حساس به آلودگی که نیازمند حفاظت بیشتری هستند را مشخص کرده و از این رو اقدامات اضطراری پایش و پاکسازی را تسهیل می‌سازند [Bhuvaneswaran & Ganesh, 2019; Hasan *et al.*, 2019]. به منظور برآورد پتانسیل آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی و تهیه نقشه‌های آن، روش‌های متعددی وجود دارد که می‌توان آنها را در سه کلاس روش‌های فرآیندمحور یا شبیه‌سازی، روش‌های آماری و روش‌های هم‌پوشانی و شاخص دسته‌بندی نمود [Javadi *et al.*, 2011]. در این بین مدل‌های دراستیک و دراستیک ترکیبی از رایج‌ترین، شناخته شده-ترین و پراستفاده‌ترین مدل‌های روش هم‌پوشانی و شاخص هستند که محققین مختلفی از این مدل‌ها برای برآورد آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی استفاده کرده‌اند. *نشاط* و همکاران با استفاده از روش دراستیک به این نتیجه رسیدند که بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه در کرمان به طور قابل توجهی نیاز به حفاظت در برابر آلودگی دارند [Neshat *et al.*, 2014]. نتایج پژوهش *سینها* و همکاران نشان داد که از مجموع مساحت ۴۱۹۱ کیلومتر مربعی منطقه، حدود ۸، ۱۹۷، ۲۷۳۰، ۱۲۲۹ و ۲۷ کیلومتر مربع به‌ترتیب در طبقات آسیب‌پذیری بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد قرار داشته‌اند [Sinha *et al.*, 2016]. *نشاط* و *پرادان* دریافتند که مدل دراستیک از دقت بالایی برای ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی در برابر آلودگی برخوردار است [Neshat & Pradhan, 2017]. *هائو* و همکاران در پژوهشی دریافتند که وجود مناطق آسیب‌پذیر با کیفیت آب خوب و بد نشان‌دهنده اختلاف بین شاخص¬های آسیب¬پذیری و کیفیت آب‌های زیرزمینی است [Hao *et al.*, 2017]. *مفونکا* و همکاران ضمن ارزیابی آبخوان منطقه فومبان با

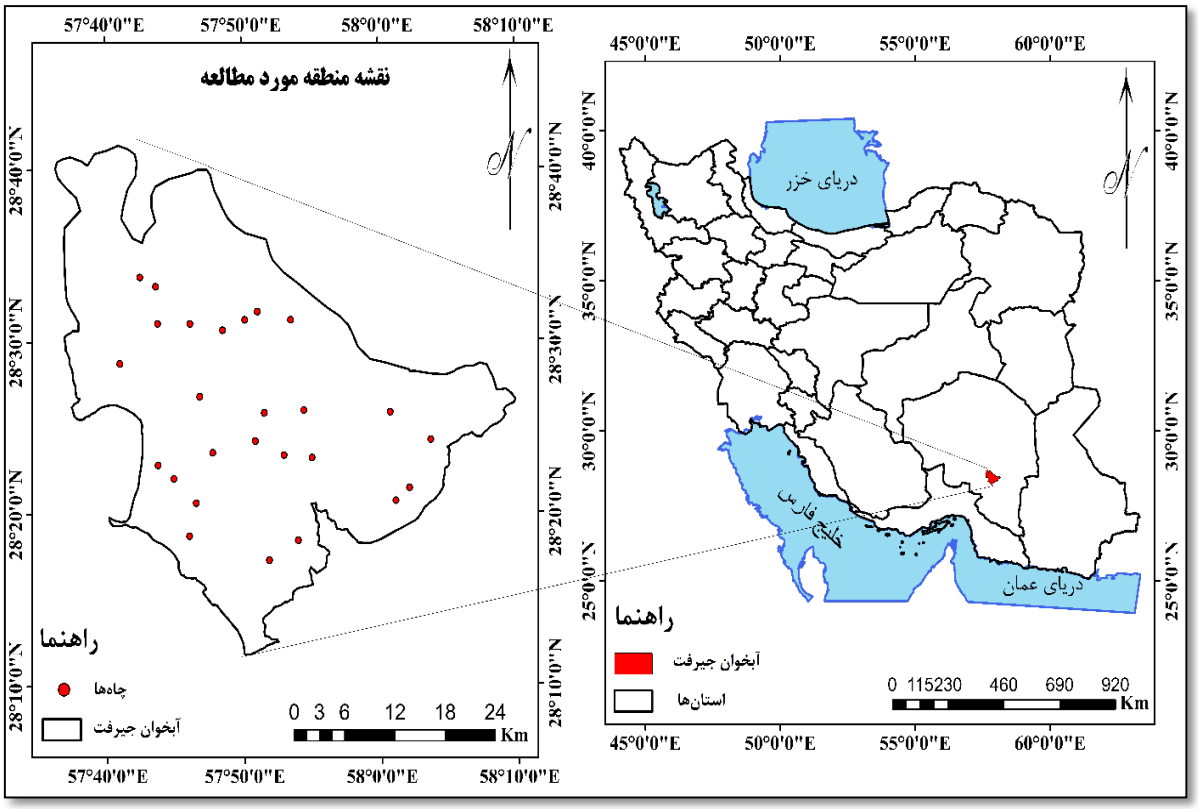
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

استفاده از مدل دراستیک دریافتند که منطقه مورد مطالعه ضعیف و نسبتاً آسیب‌پذیر است [Mfonka *et al.*, 2018]. طبق نتایج پژوهش *کدخدایی* و همکاران در ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شبستر، ضریب تعیین بالاتر مدل سینتکس، ویلکوکس، الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل‌های بهینه‌شده نشان‌دهنده کارایی بهتر آنها در منطقه مطالعه شده است [Kadkhodaie Ilkhchi *et al.*, 2019]. ارزیابی آسیب-پذیری آب‌های زیرزمینی منطقه شاندیز و طرقبه با استفاده از مدل دراستیک نشان داده است که جریان رودخانه از ناحیه شمال شرقی حوضه امکان تغذیه بیشتر آب را فراهم می‌کند که ممکن است کودهای حاصل از زمین‌های کشاورزی اطراف را به آب‌های زیرزمینی تخلیه کند و در نتیجه منجر به آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی این منطقه شود. پهنه‌های بسیار کم آسیب‌پذیر و کم آسیب‌پذیر در بخش‌های غربی و مرکزی حوضه وجود داشته است [Amiri *et al.*, 2020]. *برا* و همکاران آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی را با استفاده از شاخص دراستیک در پنج کلاس آسیب‌پذیری (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم) طبقه‌بندی کرده‌اند [Bera *et al.*, 2021]

منابع آب زیرزمینی از جمله منابع اصلی آب شهرستان جیرفت در جنوب استان کرمان است که برای مصارف شرب و کشاورزی به کار می‌رود. به همین علت با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی در تامین آب مورد استفاده برای شرب، کشاورزی و صنعت در منطقه مورد مطالعه، این پژوهش با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان جیرفت با استفاده از مدل‌های دراستیک و دراستیک ترکیبی انجام شد.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع توصیفی و تحلیلی است که در آبخوان دشت جیرفت در جنوب استان کرمان و در سال ۱۴۰۱ انجام شده است. این منطقه دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های معتدل و کوتاه است. متوسط بارندگی سالانه آن ۱۷۰ میلیمتر است. و ارتفاع این دشت از سطح دریا بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر متغیر است. آبخوان دشت جیرفت با مساحت حدود ۱۴۰۰/۹۵ کیلومتر مربع بین طول‌های ۵۷°۳۳′ تا ۵۸°۹′ و عرض‌های ۲۸°۱۱′ تا ۲۸°۵۱′ واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱) موقعیت آبخوان مورد مطالعه

به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت در برابر آلودگی از ۲ مدل دراستیک و دراستیک ترکیبی استفاده شد. شاخص‌هایی که در این مطالعه به کار رفتند عبارتند از عمق تا سطح ایستابی آب، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط غیراشباع، محیط خاک، توپوگرافی و هدایت هیدرولیکی که با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۳ و به روش درون‌یابی (IDW: Inverse Distance Weighted) تحلیل شدند. در ادامه روش محاسبه هر یک از مدل‌های دراستیک و دراستیک ترکیبی توضیح داده شده است.

روش محاسبه شاخص دراستیک

شاخص دراستیک از مجموع ضرب رتبه و وزن پارامترها به‌دست می‌آید. مقادیر بالاتر در دامنه‌های آسیب‌پذیری متناسب با شاخص دراستیک نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بیشتر سفره در برابر آلودگی هستند (جدول ۱).

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

در شاخص دراستیک، هر پارامتر در مقیاس ۱ تا ۱۰ رتبه‌بندی می‌شود که پتانسیل آلودگی نسبی آن پارامتر را برای آن منطقه نشان می‌دهد. همچنین در شاخص دراستیک به هر یک از پارامترها یک وزن اختصاصی بین ۱ تا ۵ داده می‌شود که مقادیر وزن نشان‌دهنده اهمیت نسبی پارامترها نسبت به یکدیگر است. شاخص دراستیک با استفاده از فرمول ذیل به‌دست می‌آید [Malakootian & Nozari, 2019].

رابطه ۱:

DRASTIC index = DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw

در فرمول بالا، حروف موجود شکلی کوتاه از عوامل مؤثر بر شاخص دراستیک هستند (لایه عمق تا سطح ایستابی: D، لایه تغذیه: R، لایه محیط آبخوان: A، لایه محیط خاک: S، لایه توپوگرافی: T، لایه محیط غیراشباع:I، لایه هدایت هیدرولیکی: C). همچنین، "r" و "w" به‌ترتیب امتیاز و وزن هر یک از عوامل هستند [Malakootian & Nozari, 2019]. رتبه‌بندی‌ها و وزن عوامل در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱) دامنه‌های آسیب‌پذیری متناسب با شاخص دراستیک

دامنه‌ها	شدت آسیب‌پذیری
۲۳-۴۶	خیلی کم
۴۷-۹۲	کم
۹۳-۱۳۶	متوسط
۱۳۷-۱۸۴	زیاد
>۱۸۵	خیلی زیاد

جدول ۲) امتیاز و وزن مربوط به عوامل شاخص دراستیک

پارامتر	طبقه	رتبه	وزن
عمق تا سطح ایستابی (m)	۴/۶-۹/۱	۷	۵
	۹/۱-۱۵/۲	۵	
	۱۵/۲-۲۲/۹	۳	
	۲۲/۹-۳۰/۵	۲	
	>۳۰/۵	۱	
تغذیه خالص (به روش Piscopo)	۵-۷	۳	۴
	۷-۹	۵	
محیط آبخوان	شن	۱۰	۳
	شن و ماسه	۸	
	شن و ماسه (غالب) و رس	۷	
	شن و ماسه و رس	۶	
	ماسه و رس	۴	
محیط خاک	شن و ماسه	۸	۲
	ماسه و رس	۴	
	رس و سیلت	۲	
	رس	۱	
توپوگرافی (شیب%)	۰-۲	۱۰	۱
	۲-۶	۹	
محیط غیراشباع	شن و ماسه	۸	۵
	شن و ماسه (غالب) و رس	۷	
	شن و ماسه و رس	۶	
	رس (غالب) و شن و ماسه	۵	
	ماسه و رس	۴	
هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)	۰/۸-۴/۱	۱	۳
	۴/۱-۱۲/۲	۲	
	۱۲/۲-۲۸/۵	۴	

روش محاسبه شاخص دراستیک ترکیبی

در رابطه با ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان باید توجه داشت که بین آسیب‌پذیری ذاتی و خطر آلودگی تفاوت وجود دارد. شاخص دراستیک ترکیبی را به منظور تعیین آسیب‌پذیری ویژه و آلودگی ایجادشده در آب زیرزمینی در اثر نیترات یا سایر آلاینده‌ها پیشنهاد کرده‌اند. هدف این مدل ارزیابی اثر احتمالی استفاده گسترده کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی بود.

برای به‌دست‌آوردن شاخص دراستیک ترکیبی، یک فاکتور اضافی (کاربری اراضی) به فرمول فوق اضافه می‌شود. بنابراین فرمول شاخص دراستیک ترکیبی به شرح ذیل است [Baghapour *et al.*, 2016].

CDRASTIC index=DrDw+RrRw+ArAw+SrSw+TrTw+ IrIw+CrCw+LrLw

در فرمول فوق، Lw وزن نسبی خطر آلودگی مربوط به کاربری اراضی و برابر با ۵ است و Lr رتبه خطر آلودگی مربوط به کاربری اراضی است [Baghapour *et al.* 2016]. رتبه خطر آلودگی مربوط به کاربری‌های مختلف اراضی در روش دراستیک ترکیبی در جدول ۳ و دامنه آسیب‌پذیری آن در جدول ۴ ارایه شده است

جدول ۳) رتبه خطر آلودگی مربوط به کاربری‌های مختلف اراضی در روش دراستیک ترکیبی

Lr	نوع کاربری
۸	نواحی ساختمانی
۶	باغ
۵	نواحی کشت‌نشده (بایر)

جدول ۴) دامنه آسیب‌پذیری مربوط به شاخص دراستیک ترکیبی

دامنه‌ها	شدت آسیب‌پذیری
<۱۰۰	خیلی کم
۱۰۰-۱۴۵	کم
۱۴۵-۱۹۰	متوسط
۱۹۰-۲۳۵	زیاد
>۲۳۵	خیلی زیاد

لایه عمق تا سطح ایستابی (D)

با افزایش عمق آب پتانسیل آلودگی سفره کاهش می‌یابد [Asgari Moghaddam, 2016]. به منظور تهیه نقشه عمق تا سطح ایستابی از اطلاعات ۲۶ چاه آبخوان دشت جیرفت تهیه‌شده از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان استفاده شد. موقعیت و عمق سطح ایستابی چاه‌های موجود در منطقه وارد اکسل و سپس به فرمت قابل قبول برای نرم‌افزار Arc GIS تبدیل شد و سپس با استفاده از روش درون‌یابی IDW در GIS نقشه هم‌عمق سطح ایستابی تهیه و مطابق جدول ۲ رتبه‌بندی گردید.

لایه تغذیه (R)

برای تهیه لایه تغذیه از روش پیسکوپو استفاده شد. برای محاسبه درصد شیب، یک مدل رقومی ارتفاعی (DEM) از منطقه تهیه شد. سپس شیب منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل تهیه و استخراج

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

شده و با استفاده از معیارهای جدول ۵ رده‌بندی شد. نقشه خاک منطقه نیز با توجه به معیارهای جدول ۵ تهیه و رده‌بندی گردید. پس از تهیه تمام نقشه‌های مذکور برای به‌دست‌آوردن لایه تغذیه، نقشه‌های شیب و خاک به همراه رتبه بارندگی منطقه هم‌پوشانی شدند. رتبه بارندگی در منطقه مورد مطالعه به دلیل بارندگی کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر، برابر ۱ بود.

معادله پیسکوپو برای محاسبه پتانسیل تغذیه یک منطقه به صورت ذیل است

مقدار تغذیه = درصد شیب + میزان بارندگی + نفوذپذیری خاک

برای به‌دست‌آوردن رتبه واقعی تغذیه از معیارهای جدول ۵ استفاده شد.

جدول ۵. رتبه‌های تغذیه برای منطقه مورد مطالعه

شیب		بارندگی		نفوذپذیری خاک		میزان تغذیه	
درصد شیب	فاکتور	بارش (mm)	فاکتور	محدوده	فاکتور	محدوده	رتبه
۲>	۴	۸۵۰<	۴	زیاد	۵	۱۱-۱۳	۱۰
۲-۱۰	۳	۷۰۰-۸۵۰	۳	متوسط تا زیاد	۴	۹-۱۱	۸
۱۰-۳۳	۲	۵۰۰-۷۰۰	۲	متوسط	۳	۷-۹	۵
۳۳<	۱	۵۰۰>	۱	کم	۲	۵-۷	۳
				خیلی کم	۱	۳-۵	۱

لایه محیط آبخوان (A)

این پارامتر مسیر جریان آب‌های زیرزمینی موجود در آبخوان را کنترل می‌کند [Malakootian & Nozari, 2019]. برای تهیه این لایه، از اطلاعات لوگ حفاری چاه‌ها تهیه‌شده از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان استفاده شد. سپس طبق مدل برای هر یک از چاه‌ها با توجه به جنس لوگ چاه یک ارزش عددی بر اساس جدول ۲ داده شد و در نهایت نقشه رستری محیط آبخوان در محیط GIS تهیه گردید.

لایه محیط خاک (S)

این قسمت نمایانگر بالاترین بخش منطقه غیراشباع است که تا قسمت نفوذ ریشه‌های گیاه و فعالیت‌های موجودات ارگانیک ادامه می‌یابد [Baghapour *et al.*, 2016]. به منظور تهیه لایه خاک مربوط به آبخوان دشت جیرفت از لوگ حفاری چاه‌های منطقه و نقشه‌هایی که توسط اداره منابع طبیعی تهیه شده است استفاده شد. نوع خاک تا عمق ۲ متری تعیین شد و مطابق جدول ۲ رتبه‌بندی شد و در نهایت نقشه رستری محیط خاک در محیط GIS تهیه گردید.

لایه محیط غیراشباع (I)

این لایه بین لایه خاک و لایه آبخوان قرار می‌گیرد. برای تهیه لایه محیط غیراشباع از اطلاعات لوگ چاه‌های موجود در منطقه تهیه‌شده توسط سازمان آب منطقه‌ای کرمان استفاده شد. رتبه‌بندی ازطریق مطالعه لوگ‌ها و به تناسب ترکیب و اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده طبق جدول ۲ انجام شد. در انتها از روش IDW برای تعمیم رتبه‌بندی به کل منطقه استفاده شد.

لایه توپوگرافی (T)

برای تهیه لایه توپوگرافی ابتدا مدل رقومی ارتفاعی منطقه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱/۵۰۰۰۰) منطقه تهیه شد و سپس شیب برای DEM (۳۰ متر) در محیط Arc GIS و با استفاده از ابزار slope محاسبه گردید و مطابق جدول ۲ رتبه‌بندی شد.

لایه هدایت هیدرولیکی (C)

در این پژوهش از اطلاعات حاصل از قابلیت انتقال و بخش اشباع آبخوان برای تعیین هدایت هیدرولیکی استفاده گردید. بدین‌ترتیب اطلاعات به‌دست‌آمده همراه با موقعیت هر چاه از محیط اکسل به محیط نرم‌افزار GIS انتقال و به یک لایه نقطه‌ای تبدیل شد. در انتها از روش IDW جهت تعمیم به کل منطقه استفاده شد و رتبه‌بندی صورت گرفت.

لایه کاربری اراضی (L)

آب‌های زیرزمینی به طور چشمگیری با کاربری اراضی در ارتباط هستند. به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی آبخوان دشت جیرفت، از روش سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید.

آنالیز حساسیت

به منظور از بین‌بردن تردیدها در مورد وزن‌ها و رتبه‌های تخصیص داده‌شده در شاخص دراستیک از آنالیز حساسیت که نوعی آزمون آماری است استفاده شد. در آنالیز حساسیت، پارامترهای ورودی مدل تغییر داده شدند و عکس‌العمل سیستم نسبت به این تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت. در نتیجه میزان حساسیت هر پارامتر مشخص شد. برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت، میزان تاثیرگذاری هر کدام از پارامترها با استفاده از دو نوع تحلیل حساسیت حذف پارامتر و تحلیل حساسیت تک‌پارامتری اندازه‌گیری شد [Yavarizadeh, 2012].

یافته‌ها

لایه رتبه‌بندی‌شده عمق تا سطح ایستابی (D)

براساس نقشه رتبه‌بندی‌شده، عمق (شکل ۲) و رتبه‌های مربوط به پارامترهای مدل دراستیک در منطقه مورد مطالعه (جدول ۲) عمق برخورد به سطح ایستابی از ۶۵ متر در محدوده شرق آبخوان تا ۴ متر در محدوده مرکز آبخوان متغیر بود. از نظر وسعت می‌توان گفت قسمت اعظم مساحت آبخوان دارای اعماق بالای ۳۰ متر بود که از نظر استعداد آلودگی پایین بود.

لایه رتبه‌بندی‌شده تغذیه خالص (R)

همانطور که در شکل ۲ و جدول ۲ مشخص است، بر اساس روش Piscopo تغذیه خالص در آبخوان جیرفت را می‌توان در ۲ کلاس ۳ و ۵ تقسیم کرد. از نظر وسعت نیز می‌توان گفت ۷۴/۱۱% از منطقه مورد مطالعه دارای رتبه ۵ و ۲۵/۸۸% از آن دارای رتبه ۳ بود.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

لایه رتبه‌بندی‌شده محیط آبخوان (A)

طبق شکل ۲ و جدول ۲، محیط آبخوان مورد مطالعه در ۵ کلاس ۴، ۶، ۷، ۸، ۱۰ تقسیم شد که از نظر وسعت بیشتر سطح آبخوان دارای رتبه‌های ۶، ۷ و ۸ بود. کلاس ۱۰ بیانگر بیشترین پتانسیل آلودگی و کلاس ۴ کمترین پتانسیل را برای آلودگی نشان می‌دادند.

لایه رتبه‌بندی محیط خاک (S)

طبق شکل ۲ و جدول ۲، محیط خاک آبخوان دشت جیرفت در ۴ کلاس ۱، ۲، ۴ و ۸ تقسیم شد که می‌توان گفت ۸۴/۲۲% از وسعت آبخوان رتبه ۴ را داشت. کلاس ۸ بیانگر بیشترین پتانسیل آلودگی و کلاس ۱ کمترین پتانسیل را نشان می‌داد.

لایه رتبه‌بندی‌شده توپوگرافی (T)

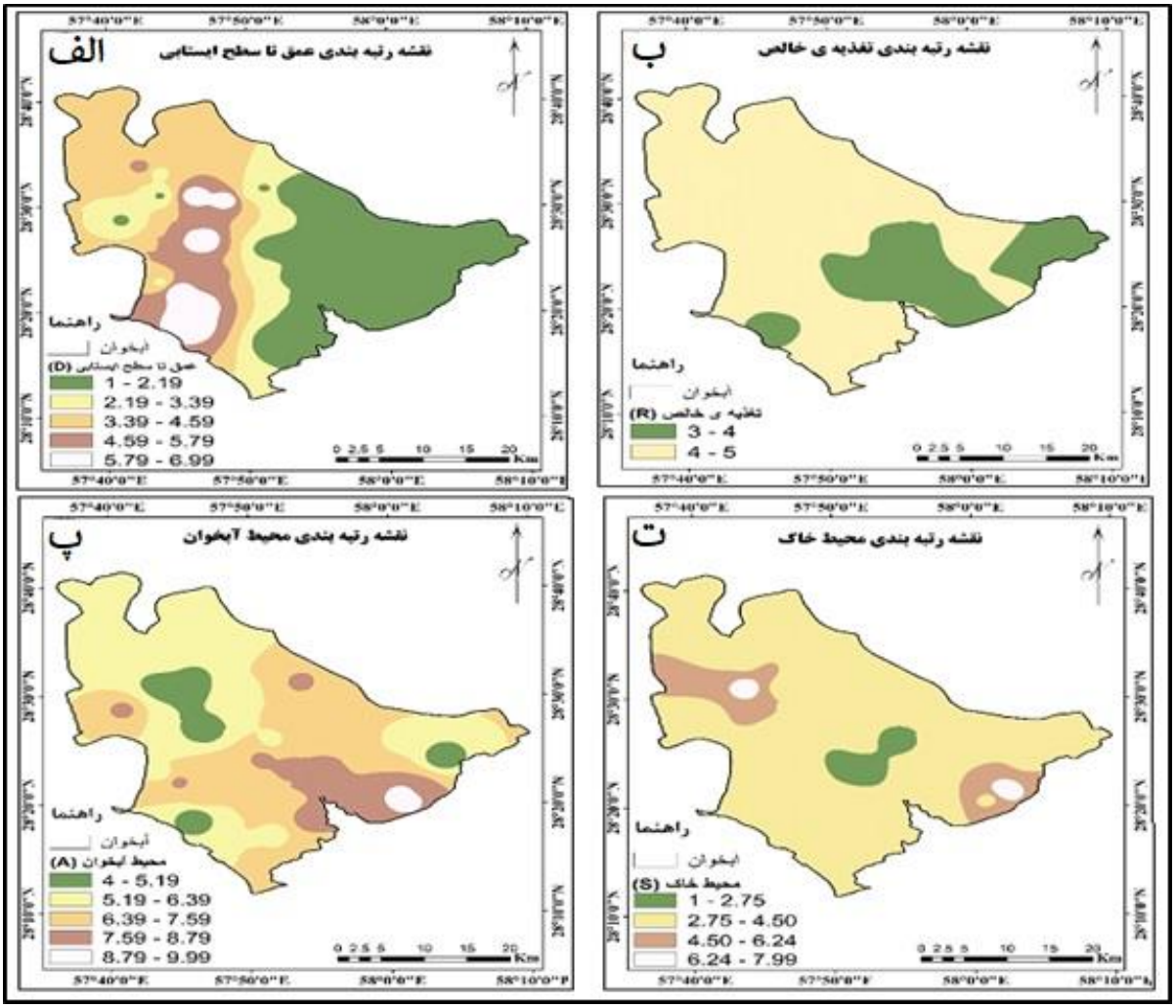
شیب توپوگرافی با پتانسیل آلودگی رابطه عکس دارد. با توجه به شکل ۳ و جدول ۲، شیب آبخوان جیرفت در ۲ کلاس ۹ و ۱۰ قرار گرفت که کلاس ۹ از گسترش بسیار کمتری برخوردار بود و کلاس ۱۰ بیشترین پتانسیل را برای آلودگی فراهم می‌کرد.

لایه رتبه‌بندی‌شده منطقه غیراشباع (I)

با توجه به شکل ۳ و جدول ۲، محیط غیراشباع آبخوان دشت جیرفت در ۵ کلاس ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ تقسیم‌بندی شد که در آن کلاس ۸ بیانگر بیشترین پتانسیل آلودگی بود. بخش وسیعی از وسعت آبخوان دارای رتبه ۴ و ۵ بود.

لایه رتبه‌بندی‌شده هدایت هیدرولیکی (C)

هدایت هیدرولیکی وابسته به جنس خاک، منطقه میانی و لایه سفره است. هدایت هیدرولیکی آبخوان دشت جیرفت براساس مطالعات مدل ریاضی از ۰/۸ متر بر روز تا حداکثر ۲۸/۵ متر بر روز متغیر بود و کل آبخوان در ۳ کلاس ۱، ۲ و ۴ قرار داشت. این نتایج در شکل ۳ و جدول ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲). نقشه‌های رتبه‌بندی‌شده آبخوان دشت جیرفت از الف) عمق تا سطح ایستابی، ب) تغذیه خالص، پ) محیط آبخوان، ت) محیط خاک

نقشه کاربری اراضی آبخوان جیرفت

شکل ٤ نقشه کاربری اراضی آبخوان دشت جیرفت را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل و جدول ٦ مشاهده می‌گردد، سه نوع کاربری اصلی در منطقه وجود داشت. زمین بایر اصلی‌ترین کاربری اراضی در منطقه بود که ۶۱/۴۵% سطح آبخوان را به خود اختصاص داده بود.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

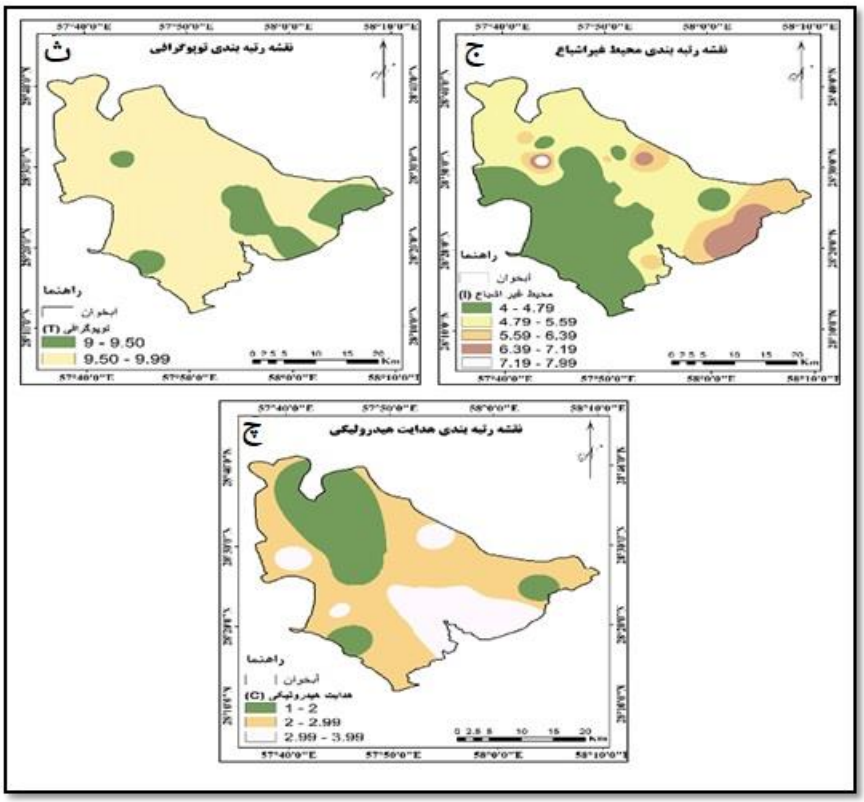
شکل ٤ نقشه کاربری اراضی آبخوان دشت جیرفت را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل و جدول ٦ مشاهده می‌گردد، سه نوع کاربری اصلی در منطقه وجود داشت. زمین بایر اصلی‌ترین کاربری اراضی در منطقه بود که ۶۱/۴۵% سطح آبخوان را به خود اختصاص داده بود.

جدول ۶) درصد مساحت کاربری اراضی

کاربری اراضی	مساحت (Km^2)	درصد مساحت
نواحی ساختمانی	۵/۸۶	۰/۴۱
زمین‌های بایر	۸۶۰/۸۹	۶۱/۴۵
باغ‌ها	۵۳۴/۲۰	۳۸/۱۳
کل	۱۴۰۰/۹۵	۱۰۰

شاخص آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت: خروجی نهایی مدل دراستیک

شکل ۵ نقشه آسیب‌پذیری ذاتی را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل و جدول ۷ مشاهده می‌گردد، شاخص دراستیک آبخوان دشت جیرفت بین ۸۲ تا ۱۲۸ قرار داشت. آبخوان دشت جیرفت از نظر آسیب‌پذیری در برابر عوامل آلودگی، در دو کلاس آسیب‌پذیری کم و آسیب‌پذیری متوسط قرار داشت (جدول ۷، شکل ۵).



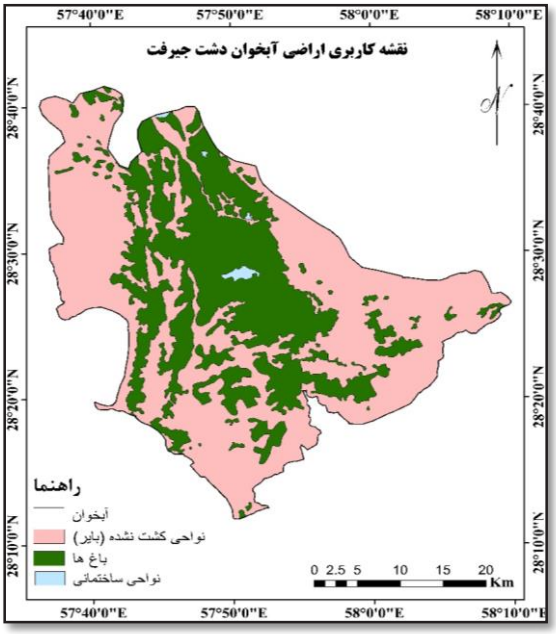
شکل ۳) نقشه‌های رتبه‌بندی‌شده آبخوان دشت جیرفت از ث) توپوگرافی (شیب%)، ج) محیط غیراشباع، چ) هدایت هیدرولیکی

جدول ۷) کلاس‌بندی شاخص دراستیک آبخوان دشت جیرفت

آسیب‌پذیری	دامنه	مساحت (Km^2)	درصد مساحت
کم	۸۲-۹۲	۱۱۲/۶۸	۸/۰۴
متوسط	۹۳-۱۲۸	۱۲۸۸/۲۷	۹۱/۹۶
کل		۱۴۰۰/۹۵	۱۰۰

تهیه لایه رتبه‌بندی شده کاربری اراضی (L)

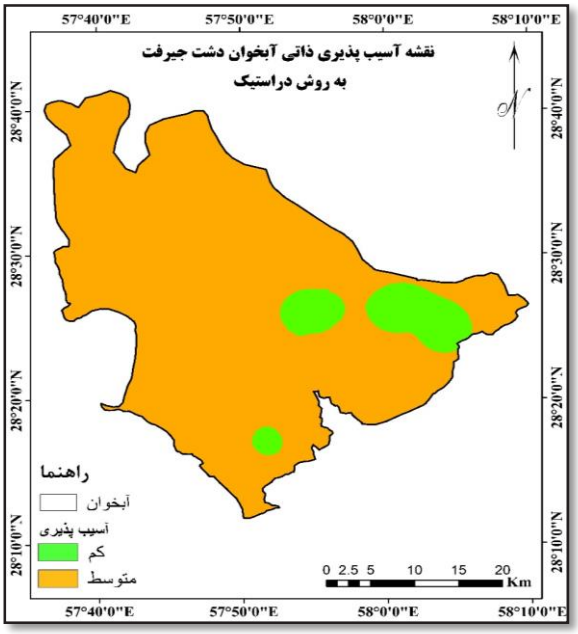
به منظور تهیه لایه L، از نقشه کاربری اراضی منطقه (شکل ۴) و جدول ۳ استفاده گردید. با توجه به جدول مذکور، کمترین رتبه (۵) مربوط به نواحی کشت‌نشده و اراضی بایر بود که کمترین خطر نیتراته‌شدن را برای منابع آب زیرزمینی ایجاد می‌کند و بیشترین رتبه (۸) مربوط به مناطق مسکونی بود که بیشترین خطر نیتراته‌شدن را برای سفره‌های آب زیرزمینی دارد. شکل ۶ نقشه L را برای آبخوان دشت جیرفت نشان می‌دهد.



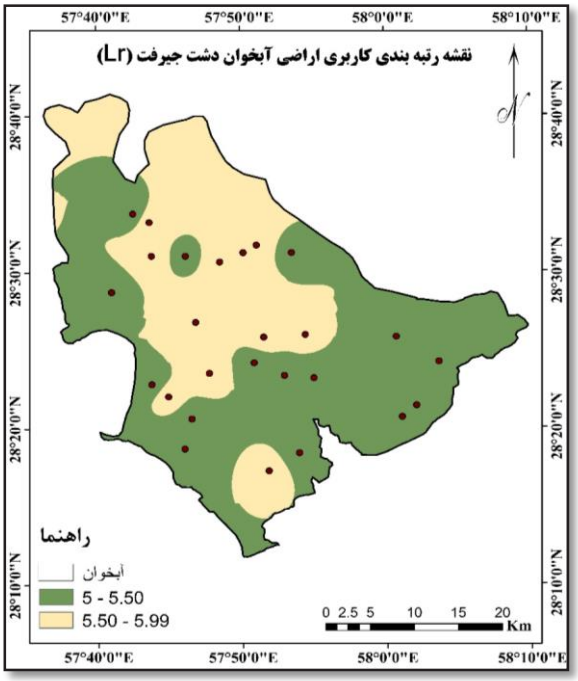
شکل ۴) نقشه کاربری اراضی آبخوان دشت جیرفت

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]



شکل ۵) نقشه آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان دشت جیرفت به روش دراستیک



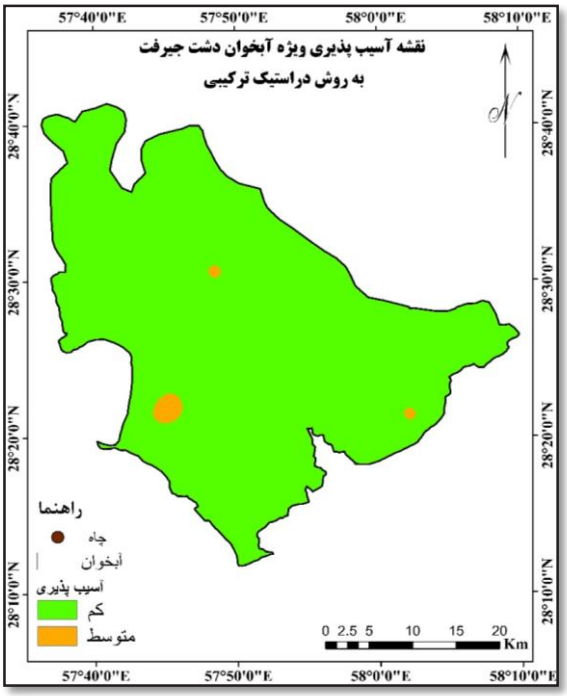
شکل ۶) لایه رتبه‌بندی‌شده کاربری اراضی (L) آبخوان دشت جیرفت

شاخص آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت: خروجی نهایی مدل دراستیک ترکیبی (CD)

شکل ۷ نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت به روش دراستیک ترکیبی را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل و جدول ۸ مشاهده می‌گردد، شاخص دراستیک ترکیبی آبخوان دشت جیرفت بین ۱۰۹ تا ۱۵۸ بود که در دو کلاس آسیب‌پذیری کم و متوسط دسته‌بندی می‌شود. بیشتر وسعت منطقه یعنی ۹۹/۱۳% دارای آسیب‌پذیری کم و ۰/۸۶% منطقه آسیب‌پذیری متوسط داشت.

جدول ۸) کلاس‌بندی شاخص دراستیک ترکیبی آبخوان دشت جیرفت

آسیب‌پذیری	دامنه	مساحت (Km^2)	درصد مساحت
کم	۱۰۹-۱۴۵	۱۳۸۸/۷۸	۹۹/۱۳
متوسط	۱۴۵-۱۵۸	۱۲/۱۷	۰/۸۶
کل		۱۴۰۰/۹۵	۱۰۰



شکل ۷) نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت جیرفت به روش دراستیک ترکیبی

تحلیل حساسیت مدل دراستیک

الف) تحلیل حساسیت حذف پارامتر (حذف لایه‌ها)

جدول ۹ تغییرپذیری شاخص آسیب‌پذیری را در نتیجه حذف لایه‌ها برای آبخوان دشت جیرفت نشان می‌دهد. نتایج موجود در این جدول نشان می‌دهد که مهمترین پارامتر تاثیرگذار بر شاخص آسیب‌پذیری، محیط غیراشباع بود که با میانگین تغییرات ۱/۶۵ بیشترین وزن مؤثر را داشت. پس از آن پارامترهای عمق سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی، محیط خاک، محیط آبخوان و توپوگرافی به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی حساسیت قرار داشتند و در نهایت آسیب‌پذیری آبخوان با میانگین تغییرات ۰/۶۳ کمترین حساسیت را نسبت به تغذیه خالص دارا بود.

ب) تحلیل حساسیت تک‌پارامتری

جدول ۱۰ نتایج آماری حاصل از آنالیز حساسیت به روش تک‌پارامتری را ارایه می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود وزن مؤثر و نظری پارامترهای دراستیک کاملاً بر هم منطبق نبودند و در بعضی موارد تفاوت‌های قابل توجهی با هم داشتند. با توجه به نتایج جدول، پارامتر محیط غیراشباع مؤثرترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری بود که نتایج حاصل از تحلیل حساسیت حذف لایه‌ها نیز این موضوع را تایید کرد. میانگین

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

وزن مؤثر این پارامتر بیش از وزن نظری اختصاص داده‌شده به آن توسط مدل دراستیک بود. در ادامه باید بیان کرد که پس از محیط غیراشباع با میانگین وزن موثر ۲۴/۱۹، بیشترین تاثیر را به‌ترتیب پارامترهای محیط آبخوان، تغذیه خالص، عمق سطح ایستابی، توپوگرافی و محیط خاک در شاخص آسیب‌پذیری داشتند و هدایت هیدرولیکی نیز با وزن موثر ۷/۲۶ کمترین تاثیر را در شاخص آسیب‌پذیری آبخوان داشت.

تحلیل حساسیت مدل دراستیک ترکیبی

الف) تحلیل حساسیت حذف پارامتر (حذف لایه‌ها)

جدول ۱۱ تغییرپذیری اندیس آسیب‌پذیری ویژه مدل CD را در نتیجه حذف لایه‌ها برای آبخوان دشت جیرفت نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌گردد، مهمترین پارامتر تاثیرگذار بر شاخص آسیب‌پذیری، کاربری اراضی است که با میانگین تغییرات ۱/۲۰ بیشترین وزن مؤثر را داشت. این شاخص همچنین حساسیت نسبت به حذف پارامتر عمق سطح ایستابی و هدایت هیدرولیکی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰) نتایج آماری تحلیل حساسیت به روش تک‌پارامتری

پارامتر	وزن نظری	وزن نظری (%)	میانگین	بیشینه	وزن موثر (%) کمینه	انحراف معیار (S.D)
D	۵	۲۱/۷٤	۱٤/۷۳	۳۵/۳۵	٤/۰۹	۱۰/۵۰
R	٤	۱۷/۳۹	۱۷/۳۱	۲۲/۹۸	۱۰/۸۱	۳/۳٦
A	۳	۱۳/۰٤	۱۹/۱۳	۲۷/۰۲	۱۰/۹۰	٤/۷۹
S	۲	۸/۷۰	۷/۷۸	۱٤/۵٤	۲/۱۰	۲/۳۹
T	۱	٤/۳۵	۹/۵۷	۱۱/٤۹	۷/۷۵	۱/۱۲
I	۵	۲۱/۷٤	۲٤/۱۹	٤۱/٦٦	۱۵/۵۰	٦/٤۱
C	۳	۱۳/۰٤	۷/۲٦	۱۳/۰٤	۲/۷۲	۳/۳۱

جدول ۱۱) نتایج آماری تحلیل حساسیت به روش حذف پارامتر برای مدل دراستیک ترکیبی

پارامتر حذف‌شده	میانگین	اندیس تغییرپذیری(S%) بیشینه	کمینه	انحراف معیار (S.D)
D	۱/۰٤	۲/۲٤	۰	۰/۵۸
R	۰/۳۵	۰/۷٦	۰/۰۱	۰/۱٦
A	۰/۵٤	۱/۳٦	۰/۰۲	۰/۳۵
S	۰/۹۰	۱/۵٤	۰/۱۵	۰/۲۷
T	۰/۷۰	۰/۸۸	۰/۵۱	۰/۱۰
I	۰/۹٤	۲/۸۰	۰/۰۱	۰/۷۱
C	۰/۹٦	۱/٤۷	۰/۳۲	۰/۳۸
L	۱/۲۰	۲/۰٤	۰/٦٤	۰/۳٦

ب) تحلیل حساسیت تک‌پارامتری

در جدول ۱۲ نتایج تحلیل حساسیت به روش تک‌پارامتری مدل CD ارایه شده است. با توجه به این جدول، وزن نظری و وزن مؤثر پارامترهای اندیس CD با هم تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای نشان دادند. پارامتر کاربری اراضی به عنوان موثرترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری بود (با میانگین وزن موثر ۲۰/۹۳ %)، که نتایج حاصل از تحلیل حساسیت حذف لایه‌ها را نیز تایید می‌کند. میانگین وزن موثر این پارامتر بیش از وزن نظری اختصاص داده‌شده به آن بود. وزن مؤثر پارامترهای محیط آبخوان، توپوگرافی و محیط غیراشباع نیز بیشتر از وزن نظری اختصاص داده‌شده به آنها بود و وزن مؤثر پارامترهای عمق سطح ایستابی، تغذیه خالص، محیط خاک و هدایت هیدرولیکی کمتر از وزن نظری آنها بود.

جدول ۱۲) نتایج آماری تحلیل حساسیت به روش تک‌پارامتری برای مدل دراستیک ترکیبی

پارامتر	وزن نظری	وزن نظری (%)	میانگین	بیشینه	وزن موثر (%) کمینه	انحراف معیار (S.D)
D	۵	۱۷/۸٦	۱۱/۷۲	۲۸/۲۲	۳/٤۰	۸/٤۹
R	٤	۱٤/۲۹	۱۳/٦۵	۱۷/۸۵	۸/۸۲	۲/۵۱
A	۳	۱۰/۷۱	۱۵/۱۱	۲۲/۰۵	۸/۵۷	۳/۷۷
S	۲	۷/۱٤	٦/۱۵	۱۱/٤۲	۱/٦٦	۱/۹۱
T	۱	۳/۵۷	۷/۵٤	۸/۹۲	٦/۲۸	۰/۷۰
I	۵	۱۷/۸٦	۱۹/۱۰	۳۲/۱۱	۱۲/۵۷	۵
C	۳	۱۰/۷۱	۵/۷۵	۱۰/۲۵	۲/۱٤	۲/٦۸
L	۵	۱۷/۸٦	۲۰/۹۳	۲٦/۷۸	۱۷	۲/۵۸

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

بحث

منابع آب زیرزمینی از جمله مهم‌ترین منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند به همین علت حفاظت از این منابع آبی در مقابل آلودگی یک مقوله بسیار مهم است. در همین رابطه نقشه‌های آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی، ابزاری مفید برای حفاظت از آبخوان‌ها و ارزیابی پتانسیل آلودگی هستند. بدین منظور، با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیک و هیدروژئولوژیک آبخوان دشت جیرفت، آسیب‌پذیری این آبخوان در برابر عوامل آلاینده پهنه‌بندی شد نتایج پژوش حاضر از نظر تعیین مهمترین عامل در آسیب‌پذیری آبخوان با پژوهش *امفونکا* و همکاران در منطقه فومبان همراستا است و هر دو پژوهش فاکتور محیط غیراشباع را مهمترین پارامتر در آسیب‌پذیری آبخوان می‌دانند [Mfonka *et al.*, 2018]. اما در پژوهشی متفاوت *کالینز* و همکاران فاکتور عمق آب را به عنوان مهمترین فاکتور در آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی حوضه کوداگنار در جنوب هند تشخیص دادند [Colins *et al.*, 2016]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دراستیک آبخوان دشت جیرفت بین ۸۲ تا ۱۲۸ و در دو کلاس آسیب‌پذیری کم و آسیب‌پذیری متوسط قرار داشت. به طور مشابهی، نتایج مدل دراستیک صورت‌گرفته در آبخوان دشت سیرجان نشان داد که ۳۰% از آبخوان دارای آسیب‌پذیری کم و ۶۹% آن دارای آسیب‌پذیری متوسط بوده است [Pourkhosravani *et al.*, 2021]. نتایج مدل دراستیک آبخوان باغین-کرمان نشان داد که ۲۵% آبخوان آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۸% آسیب‌پذیری کم، ۲۶% آسیب‌پذیری متوسط، ۸% آسیب‌پذیری زیاد و ۲% آسیب‌پذیری خیلی زیاد داشتند [Malakootian & Nozari, 2019]. همچنین طبق نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش درصد مساحت مناطقی با آسیب‌پذیری کم در شاخص دراستیک ترکیبی نسبت به شاخص دراستیک افزایش یافته است به‌گونه‌ای که از ۸/۰۴% در مدل دراستیک به ۹۹/۱۳% در مدل دراستیک ترکیبی رسید. در تفسیر این مطلب می‌توان گفت که هدف از مدل دراستیک ترکیبی، ارزیابی احتمال آلوده‌شدن آب زیرزمینی به نیترات از طریق افزودن پارامتر کاربری اراضی به پارامترهای هیدروژئولوژیکی مدل دراستیک بود. هدف این مدل ارزیابی خطر احتمالی استفاده گسترده کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی است. اما از آنجایی که سطح وسیعی از آبخوان مورد مطالعه پوشیده از زمین‌های کشاورزی بود و متأسفانه در سال های اخیر، تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به استفاده از کودهای شیمیایی روی آورده‌اند فروشویی نیترات موجود در این کودها توسط آب برگشتی در اراضی کشاورزی موجب آلوده‌شدن آب‌های زیرزمینی شده است. در نتیجه توجه جدی به اصول و مدیریت صحیح کشاورزی در این مناطق از اهمیت فراوانی برخوردار است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد ضمن استفاده از سیستم‌های آبیاری جدید و به‌روز از برداشت مازاد از سفره‌های آب زیرزمینی جلوگیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از تأسیس واحدهای صنعتی آلوده‌کننده در نواحی با پتانسیل آلودگی بالا جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

آسیب‌پذیری عمده سطح آبخوان دشت جیرفت نسبت به آلودگی آب‌های زیرزمینی متوسط است و تأثیرگذارترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان مورد مطالعه، فاکتور محیط غیراشباع است.

تشکر و قدردانی: نویسندگان این مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان به خاطر همکاری در جمع‌آوری داده تشکر و قدردانی می‌نمایند.
تاییدیه اخلاقی: موردی از طرف نویسندگان گزارش نشده است.
تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند به طور کامل از اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد و نویسندگان در قبال ارایه اثر خود وجهی دریافت ننموده‌اند. همچنین اعلام می‌دارند که این اثر قبلا در جای دیگری منتشر نشده و همزمان به نشریه دیگری ارایه نگردیده است.
سهم نویسندگان: محسن پورخسروانی (نویسنده اول)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۳۳%)؛ کرامت نژادافضلی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی (۳۳%)؛ فاطمه جمشیدی گوهری(نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/تحلیل‌گر آماری/نگارنده بحث (۳۴%)
منابع مالی: .موردی از طرف نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

- Amiri F, Tabatabaie T, Entezari M (2020). GIS-based DRASTIC and modified DRASTIC techniques for assessing groundwater vulnerability to pollution in Torghabeh-Shandiz of Khorasan County, Iran. Arabian Journal of Geosciences. 13(12):479.
- Asgari Moghaddam A, Nadiri A, Pakniya V (2016). Vulnerability assessment of Bostan Abad plain aquifer by DRASTIC and SINTACS models. Hydrogeomorphology. 3(8):21-52. [Persian]
- Baghapour MA, Fadaei Nobandegani A, Talebbeydokhti N, Bagherzadeh S, Nadiri AA, Gharekhani M, et al. (2016). Optimization of DRASTIC method by artificial neural network, nitrate vulnerability index and composite DRASTIC models to assess groundwater vulnerability for unconfined aquifer of Shiraz Plain, Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 14(1):13.
- Bera A, Mukhopadhyay BP, Chowdhury P, Ghosh A, Biswas S (2021). Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC model in Nangasai River Basin, India with special emphasis on agricultural contamination. Ecotoxicology and Environmental Safety. 214:112085.
- Bhuvaneswaran C, Ganesh A (2019). Spatial assessment of groundwater vulnerability using DRASTIC mode with GIS in Uppar odai sub-watershed, Nandiyar, Cauvery Basin, Tamil Nadu. Groundwater for Sustainable Development. 9:100270.
- Colins J, Sashikkumar MC, Anas PA, Kirubakaran M (2016). GIS-based assessment of aquifer vulnerability using DRASTIC Model: A case study on Kodaganar basin. Earth Sciences Research Journal. 20(1):1-8.
- Hao J, Zhang Y, Jia Y, Wang H, Niu C, Gan Y, et al. (2017). Assessing groundwater vulnerability and its inconsistency with groundwater quality, based on a modified DRASTIC model: A case study in Chaoyang

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]

Heras J (2011). Evaluation of a GIS-Based integrated vulnerability risk assessment for the Mancha Oriental System (SE Spain). Water Resources Management. 25:3677-3697.
- Nadiri AA, Sedghi Z, Khatibi R, Sadeghfam S (2018). Mapping specific vulnerability of multiple confined and unconfined aquifers by using artificial intelligence to learn from multiple DRASTIC frameworks. Journal of Environmental Management. 227:415-428.
- Neshat A, Pradhan B, Dadras M (2014). Groundwater vulnerability assessment using an improved DRASTIC method in GIS. Resources Conservation and Recycling. 86:74-86.
- Neshat A, Pradhan B. (2017). Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using DRASTIC framework and GIS. Arabian Journal of Geosciences. 10:501.
- Pourkhosravani M, Jamshidi F, Sayari N (2021). Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using DRASTIC, composite DRASTIC, and nitrate vulnerability models. Environmental Health Engineering and Management Journal. 8(2):129-140.
- Sinha MK, Verma MK, Ahmad I, Baier K, Jha R, Azzam R (2016). Assessment of groundwater vulnerability using modified DRASTIC model in Kharun Basin, Chhattisgarh, India. Arabian Journal of Geoscience. 9(2):1-22.
- Wang Y, Merkel BJ, Li Y, Ye H, Fu S, Ihm D (2007). Vulnerability of groundwater in Quaternary aquifers to organic contaminants: A case study in Wuhan City, China. District of Beijing City. Arabian Journal of Geosciences. 10(6):144.
- Hasan M, Islam MA, Hasan MA, Alam MJ, Peas MH (2019). Groundwater vulnerability assessment in Savar upazila of Dhaka district, Bangladesh-A GIS-based DRASTIC modeling. Groundwater for Sustainable Development. 9:100220.
- Javadi S, kavehkar N, Mousavizadeh MH, Mohammadi K (2011). Modification of DRASTIC model to map groundwater vulnerability to pollution using Nitrate measurements in agricultural areas. Journal of Agricultural Science and Technology. 13:239-249.
- Kadkhodaie Ilkhchi F, Asghari Moghaddam A, Barzegar R, Gharekhani M (2019). Optimization of the DRASTIC and SINTACS models in assessing the vulnerability of the Shabestar plain aquifer. Iranian Journal of EcoHydrology. 6(1):77-88. [Persian]
- Malakootian M, Nozari M (2019). Contribution of the sensitivity analysis in groundwater vulnerability assessing using the DRASTIC and Composite DRASTIC Indexes. Natural Hazards and Earth System Sciences. 1-32.
- Mfonka Z, Ngoupayou JN, Ndjigui PD, Kpoumie A, Zammouri M, Ngouh A, et al (2018). A GIS-based DRASTIC and GOD models for assessing alterites aquifer of three experimental watersheds in Foumban (Western-Cameroon). Groundwater for Sustainable Development. 7:250-264.
- Moratalla A, Gómez-Alday JJ, sanz D, Castano S, De Las

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.58209/geores.38.2.221]