Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۵
بهار ۱۳۹۸، صفحات ۲۴۶-۲۳۳

مریم روانبخش [۱]
*مژگان احمدی ندوشن [۲]
سید بهنام سروری نژاد [۳]

ارزیابی آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی دشت لور استان خوزستان نسبت به آلودگی با استفاده از مدل GODS در محیط GIS

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰٤/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۹/۱۳

چکیده

ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی به آلودگی روشی قدرتمند و کم‌هزینه در شناسایی نواحی مستعد به آلودگی است. در این پژوهش با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژی و هیدروژئولوژیکی دشت لور که در جنوب‌غربی ایران و شمال‌غربی استان خوزستان قرار دارد، آسیب‌پذیری آبخوان در برابر عوامل آلاینده پهنه‌بندی شده است. بدین منظور از مدل GODS و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پردازش و تجزیه‌وتحلیل کیفی آبخوان استفاده شده است. در این مدل از مشخصه‌های مؤثر در ارزیابی آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی شامل نوع آبخوان، خصوصیات منطقه غیراشباع، عمق آب زیرزمینی، نوع خاک استفاده شد که به‌صورت چهار لایه در نرم‌افزار ArcGIS 10.2 تهیه گردید. سپس با وزن‌دهی و رتبه‌بندی و تلفیق چهار لایه فوق با استفاده از توابع نرم‌افزار، نقشه نهایی آسیب‌پذیری آبخوان نسبت به آلودگی، با تقسیم‌بندی به چهار محدوده آسیب‌پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه و شاخص GODS برای کل منطقه بین ۰/۲ تا ۰/۸۷ برآورد گردید. جهت صحت سنجی نقشه نهایی آسیب‌پذیری از نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات استفاده شد و با روی هم‌گذاری نقشه مربوط به غلظت نیترات بر روی نقشه نهایی مدل GODS این نتیجه حاصل شد که کلیه نقاطی که دارای نیترات بالا هستند، در محدوده آسیب‌پذیری زیاد و خیلی‌زیاد قرار گرفته‌اند که این امر می‌تواند

۱- گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.
*۲- گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول). E- mail: m.ahmadi@khuisf.ac.ir
۳- گروه آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

دقت و صحت مدل را مورد تأیید قرار دهد. از نظر وسعت نیز می‌توان عنوان کرد که بخش عظیمی از منطقه در محدوده آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار می‌گیرد. با توجه به حجم زیاد منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه و استفاده از آب به‌منظور شرب و کشاورزی، حفاظت از این مناطق به‌منظور جلوگیری از آلودگی و مدیریت بهینه منابع آب ضروری است.

کلید واژه‌ها: آسیب‌پذیری آبخوان، دشت لور، آب زیرزمینی، مدل GODS.

مقدمه

با توجه به افزایش نیاز مبرم به آب و این‌که تنها منبع مطمئن بهره‌برداری در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران سفره آب زیرزمینی می‌باشد لذا نقش مدیریت صحیح بهره‌برداری و حفاظت از آب‌های زیرزمینی آشکار می‌شود. آب به‌عنوان مظهر حیات، مهم‌ترین نعمتی است که در طبیعت وجود دارد (Zakerinejad et al., 2012: 1). امروزه منابع آب زیرزمینی در اکثر مناطق جهان، بزرگ‌ترین ذخیره قابل دسترسی آب شیرین را تشکیل می‌دهند و از اهمیت بسیار بالایی در تامین آب شیرین برخوردار است (Bai et al., 2018: 148). منابع آب زیرزمینی بزرگ‌ترین ذخیره قابل دسترسی آب شیرین را تشکیل می‌دهند. در مناطقی که آب سطحی محدود بوده و یا به راحتی در دسترس انسان قرار ندارد می‌توان نیاز انسان‌ها را به آب از طریق آب‌های زیرزمینی که در همه جا به‌طور وسیع پخش شده‌اند، برطرف نمود (Zamzam et al., 2009: 2). امروزه تأمین آب مورد نیاز با کیفیت مناسب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های فکری مدیران منابع آب می‌باشد(Akhtari et al., 2006: 2). حیات بشر بدون آب امکان‌پذیر نبوده و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و... متوقف می‌شود (FAO/UNEP, 1984). منابع آب زیرزمینی ایران مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب به‌شمار می‌آیند (Fathi Hafshejani & Beigi Harchegani, 2013: 64). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بخش وسیعی از آب آشامیدنی به وسیله منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود. آب زیرزمینی یک منبع مهم برای بسیاری از جوامع شهری و روستایی است (Hamza et al., 2015: 3064). آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که متوسط بارندگی آن کم‌تر از یک سوم میانگین بارندگی کره زمین است، اهمیت زیادی داشته و نقش قابل توجهی را به‌عنوان مخزنی برای آب شیرین ایفا می‌کند. این منابع در مناطق جنوبی که بارندگی در آن کم‌تر است، اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کنند. آلوده شدن منابع آب زیرزمینی تهدیدی جدی در این مناطق بوده و کاربری اراضی بایستی متناسب با توان و خطر آلوده شدن آبخوان‌ها تعریف گردد. در بعضی موارد، فرآیندهای طبیعی به‌طور جدی سبب آلودگی می‌شوند، اما بیش‌تر نگرانی‌های بشر در مورد آلودگی های آب‌های زیرزمینی بر اثر فعالیت انسانی است (Fazeli et al., 2011: 46). در سال‌های اخیر افزایش روزافزون جمعیت، احداث کارخانجات صنعتی و بالا رفتن استانداردهای زندگی و به تبع آن افزایش نیازهای آبی و همچنین کاهش کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل توسعه صنعت و کشاورزی موجب توجه به کیفیت منابع آب زیرزمینی گردیده است (US EPA, 1995؛ Torabi & Dehghani, 2019: 202). در سال‌های اخیر افزایش جمعیت و

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

به تبع آن افزایش نیازهای آبی و همچنین کاهش کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل توسعه صنعت و کشاورزی موجب توجه به کیفیت منابع آب زیرزمینی گردیده است (US EPA, 1995). فعالیت‌های انسانی ازجمله تغییر کاربری اراضی منجر به آلوده شدن آبخوان‌ها و منابع آب زیرزمینی شده است (Neshat et al., 2017: 75).

یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی‌های آب زیرزمینی، شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان و مدیریت کاربری اراضی است (Ahmadi et al., 2013: 2). آبخوان‌ها به شکل‌های مختلف در معرض آلودگی قرار دارند که تشخیص و کنترل آلودگی در آن‌ها نسبت به آب‌های سطحی مشکل‌تر و پرهزینه‌تر می‌باشد. همچنین به دلیل استمرار آلودگی آبخوان‌ها توسط منابع آلوده‌کننده و افزایش مناطق آسیب‌پذیر، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی امری ضروری می‌باشد (Rahimzadeh kivi et al., 2015: 482). مفهوم آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی اولین بار در اواخر دهه (۱۹۶۰) در فرانسه جهت هشدار درباره آلودگی آب ارائه شد. آسیب‌پذیری آبخوان، شاخصی است که میزان نفوذ و پخش آلاینده‌ها از سطح زمین به سیستم آب زیرزمینی را نشان می‌دهد، به‌طوری که آلودگی تولید شده در سطح زمین بتواند به آب زیرزمینی برسد و در آن پراکنده شود. آسیب‌پذیری بیانگر استعداد سیستم در تاثیرپذیری از عوامل آلوده کننده است. هدف از بررسی آسیب‌پذیری کمک به پشتیبانی و ارائه راهنمایی های کاربردی و سیاست‌های مدیریتی برای حفظ منابعی است که امکان حفاظت از آن وجود دارد (Kheimiri et al., 2013: 836). روش‌های مختلفی برای تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی وجود دارد که از آن جمله می توان به روش‌های همپوشانی (GODS، DRASTIC، SINTAC، COP، AVI)، روش‌های آماری و روش‌های ریاضی اشاره کرد (Kheimiri et al., 2013: 837). انتخاب هر روش بستگی به شرایط منطقه، داده‌های موجود، شرایط اقتصادی و ... دارد (Gogu & Dassargues, 1999: 550).

پیشینه پژوهش

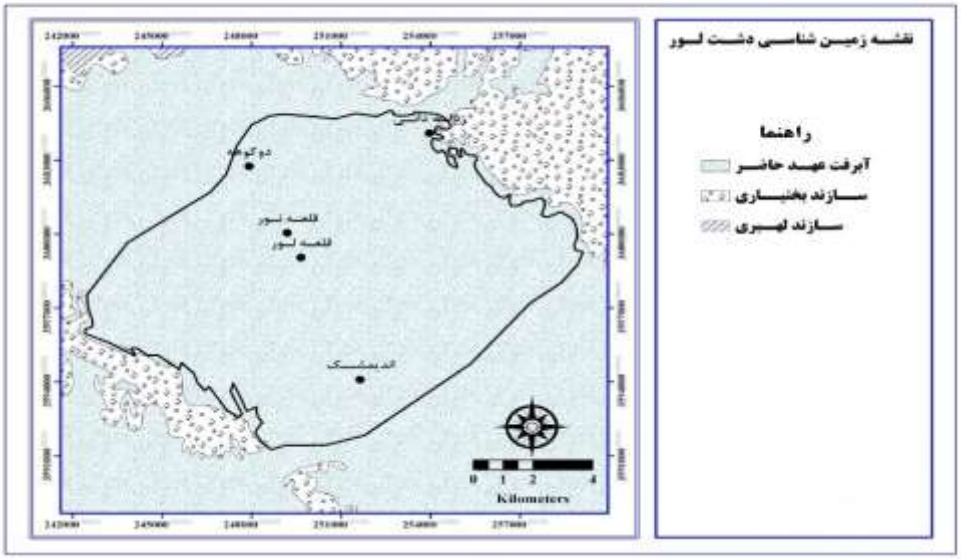
Mahmoudzadeh et al (2013) به بررسی آسیب‌پذیری آبخوان میمه‌ی اصفهان به سه روش دراستیک، GODS، AVI پرداختند که نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از کامل بودن روش دراستیک برای ارزیابی آسیب‌پذیری در سطح آبخوان‌ها بود که دلیل آن مشخصه‌های بیش‌تر و وزن‌دهی متفاوت مشخصه‌ها بر اساس تأثیر آن‌ها بر تعیین آلودگی بود. Kheimiri et al (2013) از روش‌های DRASTIC، GOD، SINTACS و SI و ابزارهای سنجش از دور و GIS به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی در منطقه‌ای نیمه خشک در تانزانیا استفاده کردند. کاربرد این روش‌ها نشان داد که حساس‌ترین بخش در منطقه بخش جنوبی آبخوان فوسانا می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که نقشه‌های آسیب‌پذیری می‌تواند یک پایه علمی مناسب برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مدیریت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه باشد. Ghazavi & Ebrahimi (2015) از مدل‌های دراستیک و GOD به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی در دشت ابرکوه استان یزد استفاده کردند. صحت مدل‌ها به‌وسیله رگرسیون خطی بین مقادیر مشاهده شده نیترات و آسیب‌پذیری تخمین زده شده در چاه‌ها برآورد گردید. همبستگی معنی‌داری بین نیترات اندازه‌گیری شده و پتانسیل آلودگی ارزیابی شده به وسیله مدل DRASTIC مشاهده شد ولی همبستگی معنی‌دار برای

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

مدل GOD مشاهده نشد. نتایج نشان داد که مدل DRASTIC برای بررسی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی بهتر از مدل GOD می‌باشد. Lasagna et al (2018) در مطالعه‌ای که به بررسی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی شمال‌غربی ایتالیا پرداختند، از روش دراستیک اصلاح شده بهره گرفتند. همچنین از مقادیر نیترات جهت صحت‌سنجی استفاده کردند. نتایج بیانگر عدم همبستگی بین میزان آسیب‌پذیری و نیترات بود.

محدوده مورد مطالعه

دشت لور، واقع در شمال‌غرب استان خوزستان با مساحتی حدود ۱٤۱ کیلومتر مربع و مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲٦ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ٤۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ٤۸ درجه و ۲٦ دقیقه طول شرقی قرار دارد که بخشی از دشت دزفول–اندیمشک که وسیع‌ترین دشت استان خوزستان می‌باشد، محسوب می‌شود. به‌منظور بررسی وضعیت هواشناسی منطقه، از ایستگاه‌های تبخیرسنجی سد تنظیمی دزفول که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مطالعاتی می‌باشد در بازه زمانی ده ساله (۹۳-۱۳۸۳)، استفاده گردید. متوسط بارندگی سالانه در این ایستگاه ۳۳۹/۷ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. با استفاده از ضریب اقلیمی دومارتن، اقلیم دشت خشک و در ارتفاعات نیمه‌خشک تعیین گردیده است. طبق شکل (۱)، زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، سازندهای لهبری، بختیاری و آبرفت‌های عهد حاضر را شامل می‌شود.



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی دشت لور

Figure 1: The geology map of Loor basin

مواد و روش‌ها

- شرح روش GODS

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

مدل GODS بسیار ساده، عملی و روشی تجربی برای ارزیابی سریع پتانسیل آلودگی است. این مدل به‌تدریج از سال (۱۹۹۸-۱۹۸۷) رواج پیدا کرد (Abdelmadjid & Omar, 2013: 950). شاخص آسیب‌پذیری GOD، آسیب‌پذیری آبخوان در برابر آلودگی را بر اساس سه پارامتر وضعیت هیدرولیکی آب زیرزمینی در آبخوان (G)، چینه‌ها یا لایه‌های روی منطقه اشباع بر حسب وضعیت و درجه استحکام آن‌ها (که میزان ظرفیت میرایی آلاینده‌ها را تعیین می‌کنند) (O) و عمق تا سطح ایستابی یا عمق سطح آب زیرزمینی در سفره‌های محبوس (D)، تعیین می‌کند. روش اولیه GOD به لایه خاک که یکی از مهم‌ترین بخش‌های کاهش و حذف آلاینده‌ها است به‌طور کاملاً صریح نپرداخته بود. به همین منظور روش GODS با لحاظ کردن پارامتر S (نشان دهنده حساسیت شستشوی خاک) ارائه شده است Khodaei et al., 2006: 74). جدول (۱) پارامترهای مدل گادز را نشان می‌دهد.

جدول ۱- پارامترهای مدل GODS

Table 1- Parameters of GODS model

پارامتر	محدوده	رتبه‌بندی	خصوصیات	وزن
نوع آبخوان	آزاد	۱	آبخوان‌ها به دو نوع آبخوان‌های محبوس (تحت فشار) و غیر محبوس (آزاد) طبقه‌بندی می‌شوند.	۱
منطقه غیراشباع	رس و گراول مخروط افکنه	۰/٤ ۰/۸	شامل قسمت قرار گرفته بین سطح ایستابی و محیط خاک است که اساساً غیراشباع و یا به‌طور ناپیوسته اشباع است.	۵
عمق آب زیرزمینی (متر)	۲۰-۵۰ >۵۰	۰/۷ ۰/٦	عمق آب زیرزمینی یکی از عوامل مهم در کنترل توانایی آلاینده برای رسیدن به آبخوان است. این مشخصه تعیین‌کننده عمقی است که آلوده‌کننده باید طی کند تا به سطح ایستابی برسد و اهمیت زیادی دارد.	۵
جنس خاک	رس، سیلت رسی، سیلت، ماسه و ماسه سیلتی، گراول و ماسه درشت دانه	۰/۵ ۰/٦ ۰/۸ ۰/۹ ۱	به بخش هوازده بالایی منطقه غیراشباع گفته می‌شود. این بخش از لحاظ فعالیت‌های بیولوژیکی و وجود مواد آلی بسیار دارای اهمیت است و برای حذف و کاهش آلاینده‌ها از نیروی بالایی برخوردار است.	۲

- پارامترهای مدل GODS

نوع آبخوان (G)

اطلاعات مربوط به نوع آبخوان با استفاده از اطلاعات نقشه منابع آب حاصل شد. تعیین حدود گسترش و نوع آبخوان دشت لور بر اساس لوگ حفاری چاه‌های مشاهده‌ای، بهره‌برداری و اکتشافی و گزارش‌ها و اطلاعات موجود صورت

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

گرفته است. براساس لوگ حفاری چاه‌ها، آبخوان دشت لور از نوع آزاد است. همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است ارزش‌گذاری نوع آبخوان در این مدل از صفر تا یک است.

- چینه‌ها یا لایه‌های منطقه غیراشباع (O)

این مشخصه ظرفیت میرایی آلاینده‌ها را تعیین می‌کند. مشخصات و ویژگی‌های لایه غیراشباع با استفاده از اطلاعات چاه‌های اکتشافی و یا سایر چاه‌های حفر شده در محدوده مورد مطالعه به‌دست آمد (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۳). ارزش رده‌های لایه غیراشباع در روش GODS از صفر تا یک متغیر است. برای تولید لایه مربوط به منطقه غیراشباع از راهنمای لوگ چاه‌های موجود در منطقه استفاده شد. بدین نحو که بر حسب نسبت جنس مواد تشکیل دهنده آبخوان در هر چاه، رتبه‌هایی براساس شکل (۱) به هر نقطه اختصاص داده و سپس نقشه نرخ‌بندی شده محیط غیراشباع به فرمت رستری تهیه شد.

عمق آب زیرزمینی (D)

جهت تهیه لایه عمق تا سطح ایستابی، از موقعیت جغرافیایی و عمق سطح ایستابی ۱۶ حلقه چاه پیزومتری که در محدوده مورد مطالعه وجود دارد، استفاده شد. این داده‌ها با فرمت نقطه‌ای و به‌صورت فایل Excel موجود بود که به فرمت قابل قبول برای نرم‌افزار ArcGIS 10.2 تبدیل گردید. جهت تبدیل نقاط ذکر شده به سطح، از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده گردید و لایه رستری عمق سطح ایستابی منطقه تهیه شد. برای ایجاد این لایه برای آبخوان لور از میانگین‌گیری یک دوره ده ساله (۹۳-۱۳۸۳) استفاده شد و با توجه به ارزش‌گذاری روش GODS رتبه‌بندی شد (شکل ۲).

جنس خاک (S)

برای تهیه این لایه، از نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه استفاده گردید. این نقشه ابتدا زمین مرجع و سپس با توجه به سری‌های خاک موجود، رقومی گردید. سپس به هر کدام از سری‌های خاک یک نرخ تعلق گرفت. در انتها از تابع تبدیل بردار به رستر استفاده و نقشه خاک منطقه مورد مطالعه به رستر تبدیل گردید. محدوده و ارزش‌گذاری رده‌ها در روش GODS در شکل (۳) نشان داده شده است.

- تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی GODS

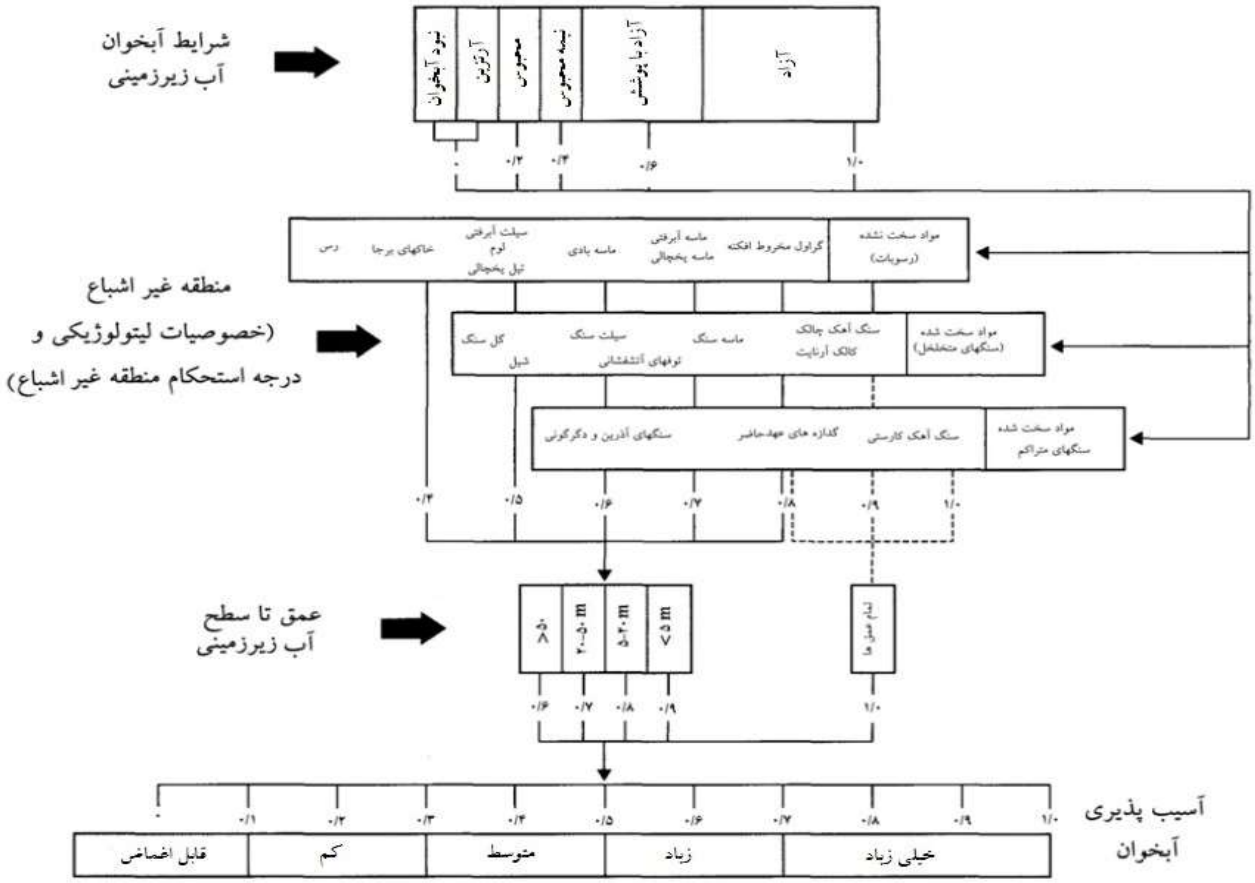
ساختار و چهارچوب این روش بسیار ساده و عملی است و سیستمی تجربی جهت ارزیابی سریع آسیب‌پذیری آبخوان نسبت به آلودگی می‌باشد. جهت ساخت پایگاه اطلاعاتی، داده‌های با فرمت نقطه‌ای در محیط نرم‌افزار Excel موجود می‌باشند که به محیط GIS آورده شدند. تمامی داده‌ها به یک سیستم تصویر (UTM) زمین مرجع شدند. بسیاری از عملیات‌های مربوط به پردازش و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در بخش Spatial analyst بسته نرم‌افزاری Arc GIS انجام پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به انواع درون‌یابی‌ها، تجزیه‌وتحلیل سطوح، طبقه‌بندی مجدد، انواع تبدیل‌ها و

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

محاسبه‌گر رستری اشاره کرد. جهت تولید TIN و انواع دیگری از تبدیل‌ها از بخش 3D analyst استفاده شده است. همچنین توابع آنالیز توپولوژیکی مانند یکی کردن، بریدن، ادغام کردن و روی هم‌گذاری مورد استفاده قرار گرفته است. پس از نرخ‌بندی و وزن دهی پارامترها، تلفیق نقشه‌ها انجام گرفته است. پس از تهیه چهار لایه مربوط به مشخصه‌های مدل GODS در محیط GIS، برای تلفیق نقشه‌های آماده شده از دستور Raster Calculator در جعبه ابزار Spatial Analyst استفاده شده است. در این روش ارزش کلاس‌های مختلف مشخصه‌ها از صفر تا یک تغییر می‌کند و به تمامی مشخصه‌ها وزن یکسانی اختصاص داده می‌شود. طبق رابطه (۱)، شاخص آسیب‌پذیری GODS طبق معادله زیر از حاصل‌ضرب مشخصه‌ها به‌دست آمد.

$$\text{GODS index} = G.\ O.\ D.\ S \qquad \text{رابطه (۱)}$$

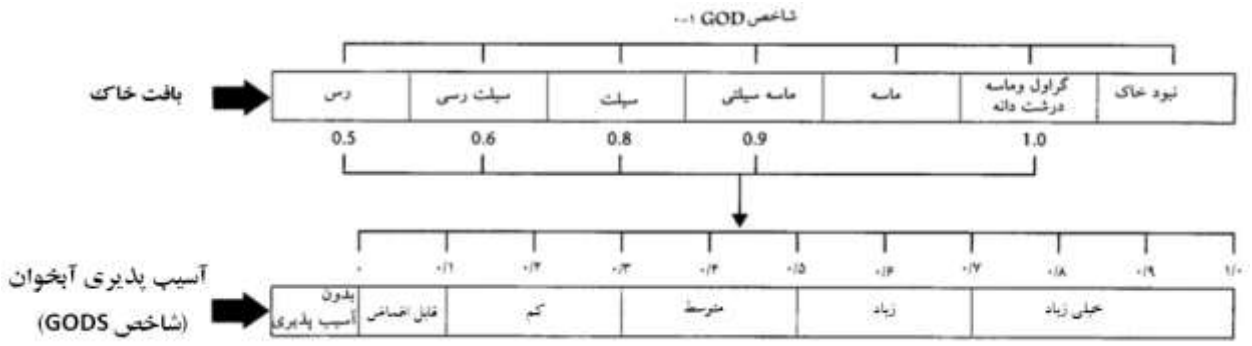
از حاصل‌ضرب پارامترهای فوق نقشه‌ای حاصل شد که ارزش عددی سلول‌های آن از صفر تا یک متغیر است. با کلاس‌بندی آن نقشه به پنج گروه قابل اغماض (۰/۱-۰)، آسیب‌پذیری کم (۰/۳-۰/۱)، متوسط (۰/۷-۰/۳)، زیاد (۰/۷-۰/۵) و خیلی زیاد (۱-۰/۷)، نقشه آسیب‌پذیری آبخوان تهیه گردید.



شکل ۲: ارزش‌گذاری پارامترهای روش GOD

Figure 2: Weighiting parameters in GOD model

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026



شکل ۳: نحوه تبدیل شاخص GOD به شاخص GODS

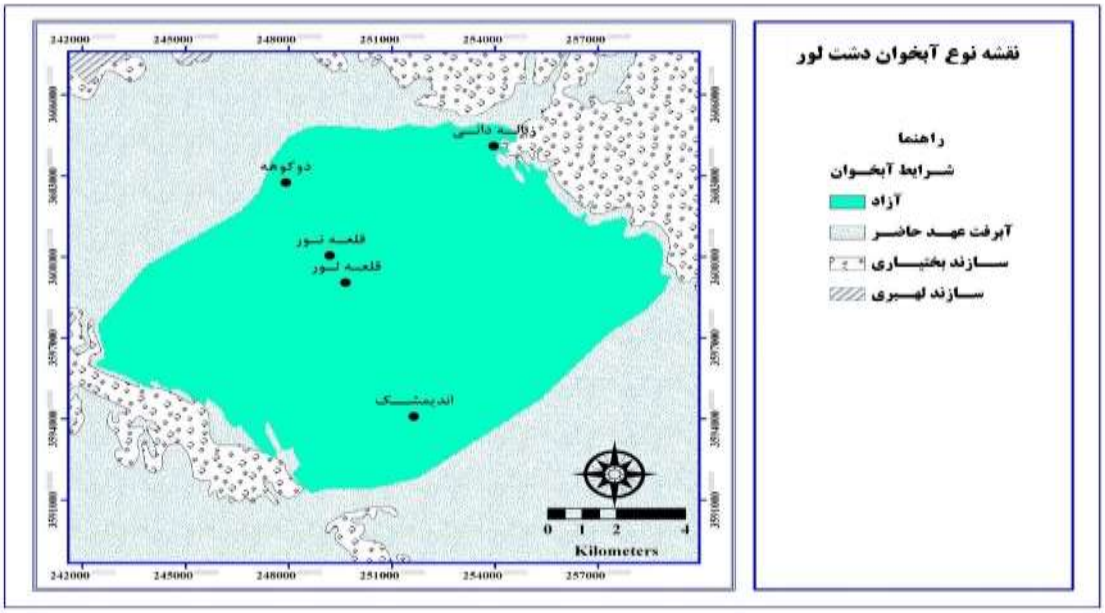
Figure 3: Converting GOD index to GODS index

- تهیه نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات

جهت تهیه این نقشه از ٤٦ نقطه در آبخوان دشت لور در بازه زمانی (۱۳۹۳-۱۳۹۲) نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری نیترات، توسط سازمان آب و برق استان خوزستان انجام شده است.

یافته‌ها و بحث

لایه‌های گوناگون مربوط به مدل طبق مراحل ذکر شده تهیه شد که نتایج آن در ادامه آورده شده است. همان‌گونه که در شکل (٤) مشاهده می‌شود، نوع آبخوان منطقه مورد مطالعه از نوع آزاد است و ۱۰۰ درصد مساحت منطقه مورد نظر را تحت پوشش قرار می‌دهد و دارای ارزش یک است.

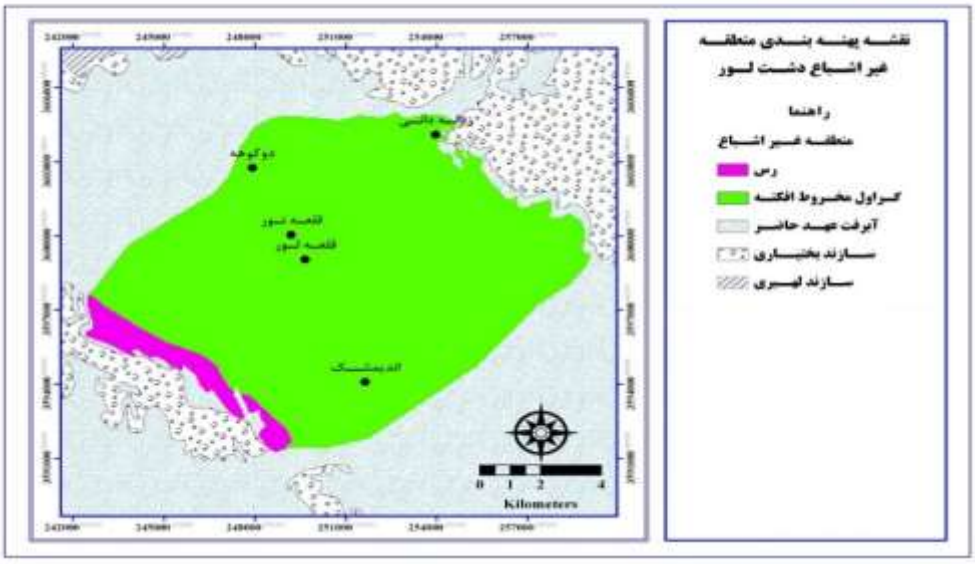


شکل ٤: نقشه نوع آبخوان

Figure 4: The aquifer type map of the study area

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

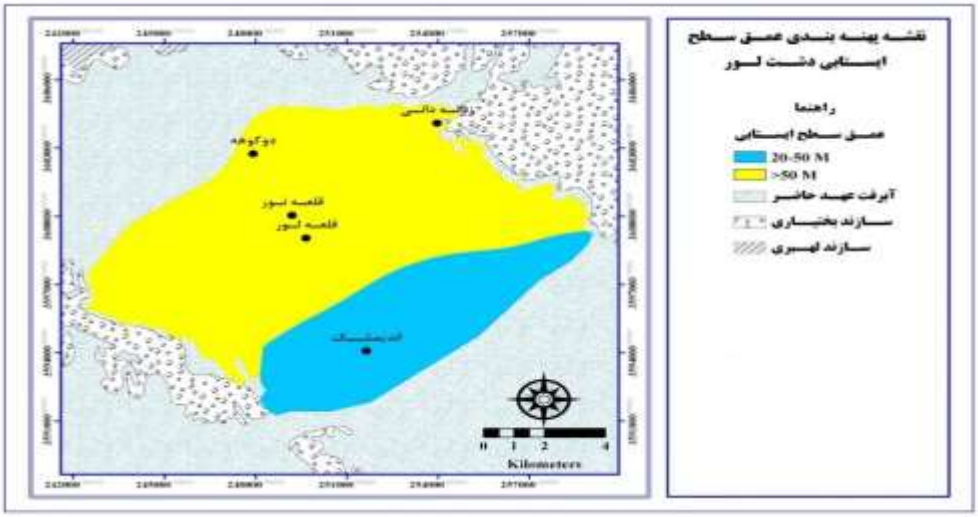
همان‌گونه که در شکل (۵) نشان داده شده است، قسمت اعظمی از ناحیه غیراشباع (شمال، شرق، جنوب، مرکز و غرب) دشت لور دارای رتبه ۰/۸ (گراول مخروط افکنه) می‌باشد که ۸۹/۹ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داده است.



شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی محیط غیراشباع

Figure 5: Unsaturated environment zoning map

همان‌گونه که در شکل (٦) مشاهده می‌شود، این لایه در آبخوان لور در ۲ کلاس (۰/٦، ۰/۷) قرار می‌گیرد. در (کلاس ۰/٦) عمق آب زیرزمینی بیش از ۵۰ متر برآورد شده است که ۷۲ درصد از منطقه شامل قسمت‌های (شمال، شمال غرب، غرب، جنوب‌غربی، مرکز، شمال‌شرقی و شرق منطقه) را در بر می‌گیرد.

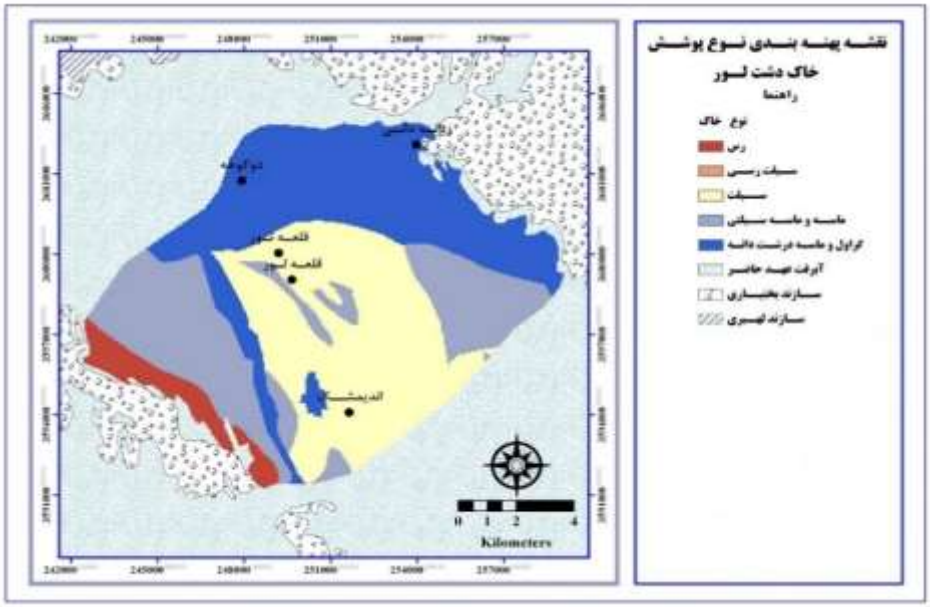


شکل ٦: نقشه پهنه‌بندی عمق سطح ایستابی

Figure 6: Map of the depth of the water table

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

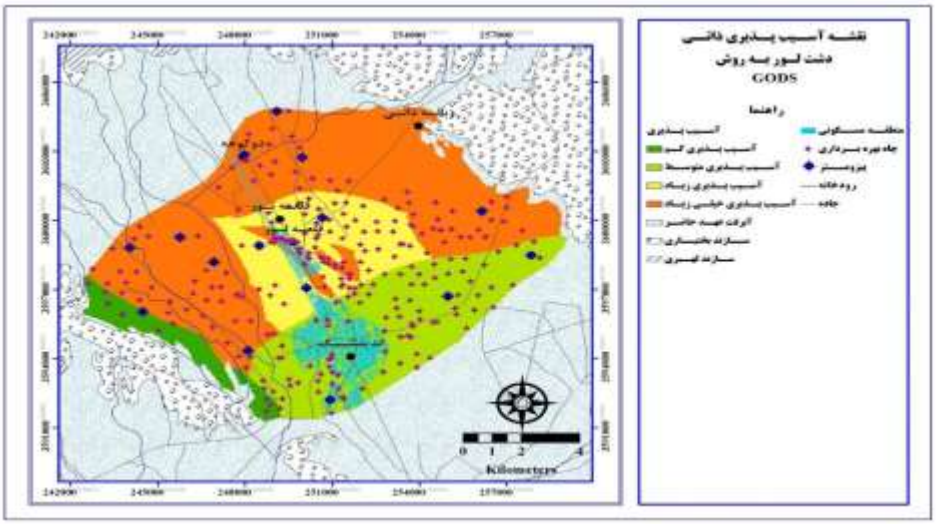
خاک منطقه مورد مطالعه در پنج طبقه (۰/۵، ۰/۶، ۰/۸، ۰/۹ و ۱) ارزش گذاری شده است که نتایج در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی نوع پوشش خاک

Figure 7: The map of soil type

شکل (۸) نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت لور را به روش GODS نشان می‌دهد. شاخص آسیب‌پذیری در محدوده مورد مطالعه، بین ۰/۲ تا ۰/۸۷ گرفت و نقشه آسیب‌پذیری به کلاس‌های آسیب‌پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد طبقه‌بندی شد.

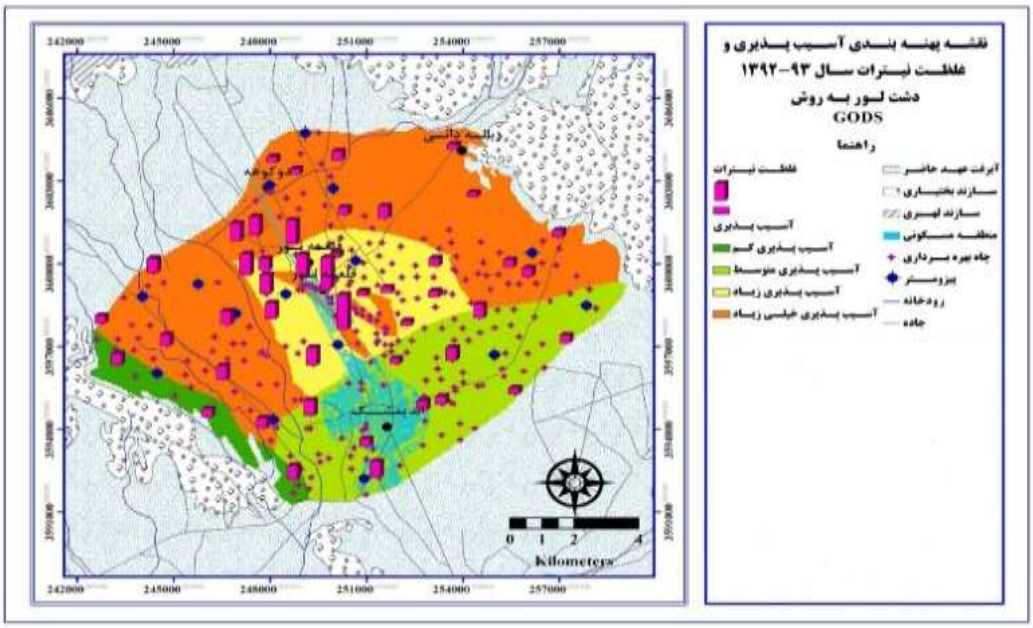


شکل ۸: نقشه آسیب‌پذیری آبخوان به آلودگی به روش GODS

Figure 8: The vulnerability map of the quifer pollution by using GODS model

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

همان‌گونه که در شکل (۹) مشاهده می‌شود، نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مدل GODS با غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در بازه زمانی سال (۱۳۹۳-۱۳۹۲)، همپوشانی داده شد. بیش‌ترین غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در محدوده‌های آسیب‌پذیری زیاد و خیلی‌زیاد قرار گرفته‌اند.



شکل ۹: نقشه آسیب‌پذیری و غلظت نیترات (میلی‌گرم در لیتر) دشت لور

Figure 9: Vulnerability map and Nitrate concentration map in Loor basin

به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که مزیت عمده روش GODS، سادگی و کم هزینه بودن انجام آن می‌باشد و این‌که فراهم کردن اطلاعات و تهیه نقشه‌های مربوط به پارامترها آسان‌تر می‌باشد ولی این روش به دلیل در نظر نگرفتن تمام پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری ذاتی به ویژه تغذیه سطحی از دقت کم‌تری نسبت به‌روش‌هایی از جمله DRASTIC برخوردار است که از پارامترهای بیش‌تری جهت ارزیابی آسیب‌پذیری استفاده می‌کند، ولی با وجود دقت کم‌تر به دلیل مشترک بودن برخی از پارامترهای آن با مدل DRASTIC در کل نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد.

Khodaei et al (2006)، Mahmoudzadeh et al (2013) و Polemio et al (2009) نیز به این موضوع در مقالات خود اشاره داشته‌اند. با توجه به نوع اقلیم منطقه مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که پارامتری به‌جز بارش بر روی میزان آلودگی منطقه مؤثر است. از این‌رو، می‌توان مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار بر روی آلودگی سطح ایستابی را به‌جز بارش، پساب‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و همچنین تصفیه نادرست فاضلاب‌های مناطق مسکونی و ورود آن‌ها به سیستم آب زیرزمینی دانست. نتایج همچنین نشان داد که غلظت نیترات پارامتر مناسبی برای بررسی صحت مدل‌های آسیب‌پذیری از جمله مدل GODS می‌باشد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مدل GODS، نشان داد که مرکز دشت و قسمت اعظم منطقه شامل شمال، شمال شرق، شمال غرب، غرب و قسمتی از شرق در محدوده آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد قرار می‌گیرند که این امر می‌تواند به دلیل نوع پوشش خاک منطقه (ماسه و ماسه سیلتی، گراول و ماسه درشت دانه) و جنس رسوبات ناحیه غیراشباع (گراول مخروط افکنه) که دانه درشت هستند باشد. شهر اندیمشک در محدوده آسیب‌پذیری متوسط اما شمال این شهر در محدوده آسیب‌پذیری زیاد و خیلی‌زیاد قرار می‌گیرد. نواری از غرب تا جنوب آسیب‌پذیری کم را نشان می‌دهد که به دلیل ریزدانه بودن محیط غیراشباع و پوشش خاک منطقه می‌باشد. مزیت عمده روش GODS، سادگی و کم‌هزینه بودن انجام آن و آسان‌تر بودن جمع‌آوری و فراهم کردن اطلاعات و تهیه نقشه‌های مربوط به پارامترها می‌باشد. نتایج این مطالعه همچنین مشخص کرد که غلظت نیترات پارامتر مناسبی برای بررسی صحت مدل‌های آسیب‌پذیری از جمله مدل GODS می‌باشد و روی‌هم گذاری نقشه نیترات تولید شده بر روی نقشه آسیب‌پذیری صحت مدل را مورد تأیید قرار داد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

References

- Abdelmadjid, B., Omar, S., (2013), "Assessment of groundwater pollution by nitrate using intrinsic vulnerability methods: A case study of the Nil valley groundwater (Jijel, North-East Algeria)", ***African Journal of Environmental Science and Technology***, 7 (10): 949-960.
- Bai, M., Haghizade, A., Tahmasebipour, N., (2018), "Spatial variations of quality groundwater use geostatistical method", ***Journal of Geographic space***, 63 (18): 147-164.
- Fazeli, M., Kalantari, N., Rahimi, M.H., Khoubyari, A., (2011), "Temporal and spatial distribution of nitrate in the Zydoun plain's groundwater resources", ***Water resource engineering***, 4 (8): 45-51. [In Persian].
- FAO/UNEP, (1984), "Provisional methology for assessment and mapping of desertification". Rome (Italy), Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Environmental Programme. ISBN 9251014426 pp. 84.
- Fathi Hafshejani, E., Beigi Harchegani, H., (2013), "Spatial variability and mapping of nitrate and phosphate in Shahrekord Groundwater over a period of five years", ***JWSS***, 17 (65): 63-75. [In Persian].
- Ghazavi, R., Ebrahimi, Z., (2015), "Assessing groundwater vulnerability to contamination in an arid environment using DRASTIC and GOD models", ***International Journal of Environmental Science and Technology***, 12 (9): 2909-2918.
- Gogu, R., Dassargues, A., (1999), "Current trend and future challenge in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods", ***Journal of Environmental Geology***, 39 (6): 549-559.
- Hamza, S. M., Ahsan, A., Imteaz, M. A., Rahman, A., Mohammad, T. A., Ghazali, A. H., (2015), "Accomplishment and subjectivity of GIS-based DRASTIC groundwater vulnerability assessment method: A review", ***Environ Earth Sci***, 73: 3063-3076.
- Khemiri, S., Khnissi, A., Alaya, M. B., Saidi, S., Zargouni, F., (2013), "Using GIS for the comparison of intrinsic parametric methods assessment of groundwater vulnerability to pollution in scenarios of semi-arid climate: the case of Foussana groundwater in the central of Tunisia", ***Journal of Water Resource and Protection***, 5: 835-845.
- Lasagna, M., Domenico, D., Franchino, E., (2018), "Intrinsic groundwater vulnerability assessment: issues, comparison of different methodologies and correlation with nitrate concentrations in NW Italy", ***Environmental Earth Sciences***, 77: 277-293.
- Mahmoudzadeh, A., Rezaeian, S., Ahmadi, A., (2013), "Assessment of Meymeh plain aquifer vulnerability in Esfahan using comparative method AVI, GODS, DRASTIC", ***Journal of Environmental studies***, 39 (2): 45-60. [In Persian].
- Neshat, A., Pradhan, B., Dadras, M., (2014). "Groundwater vulnerability assessment using an improved DRASTIC method in GIS", ***Resources, Conservation and Recycling***, 86: 74–86.
- Rahimzadeh kivi, M., Hamzeh, S., Kardan Moghadam, H., (2015), "Determining the vulnerability of groundwater in Birjand plain using DRASTIC and AHP", ***Physical Geography Research***, 47 (3): 481-498. [In Persian].
-Torabi, H., Dehghani, R., (2019), "Assessment Mann-Kendall and Spearman test nonparametric in trends of groundwater quality (Case Study: Mazandaran Plain)", ***Journal of Geographic space,*** 64(18): 201-214.
- Zakerinejad, R., Masoudi, M., Fallah, R., Afzali, F., (2012), "Assessment of desertification using ground water criteria and GIS (case study: Zarin Dasht Fars)", ***Journal of Irrigation and Water Engineering***, 2 (3): 1-10. [In Persian].
- Zamzam, A., Rahnama, M., Taherinejad, M., (2009), "Evaluation pH changes in groundwater

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 3:36 IRDT on Sunday September 6th 2026

of Rafsanjan plain using MT3DMSA", National Conference on Water Crisis, Marvdasht university, February 2009, pp 1-10. [In Persian].
- Polemio, N., Casarano, D., Limoni, P. P., (2009), "Karstic aquifer vulnerability assessment methods and results at a test site (Apulia, southern Italy)", ***Nat. Hazards Earth Syst. Sci.***, 9: 1461-1470.