



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

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

مریم روانبخش<sup>۱</sup>  
\*مژگان احمدی ندوشن<sup>۲</sup>  
سید بهنام سروری نژاد<sup>۳</sup>

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

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۲

### چکیده

ارزیابی آسیب پذیری آب های زیرزمینی به آلودگی روشی قدرتمند و کم هزینه در شناسایی نواحی مستعد به آلودگی است. در این پژوهش با توجه به ویژگی های هیدرولوژی و هیدروژئولوژیکی دشت لور که در جنوب غربی ایران و شمال غربی استان خوزستان قرار دارد، آسیب پذیری آبخوان در برابر عوامل آلاینده پهنه بندی شده است. بدین منظور از مدل GODS و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پردازش و تجزیه و تحلیل کیفی آبخوان استفاده شده است. در این مدل از مشخصه های مؤثر در ارزیابی آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی شامل نوع آبخوان، خصوصیات منطقه غیر اشباع، عمق آب زیرزمینی، نوع خاک استفاده شد که به صورت چهار لایه در نرم افزار ArcGIS 10.2 تهیه گردید. سپس با وزن دهی و رتبه بندی و تلفیق چهار لایه فوق با استفاده از توابع نرم افزار، نقشه نهایی آسیب پذیری آبخوان نسبت به آلودگی، با تقسیم بندی به چهار محدوده آسیب پذیری 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 آسیب پذیری از نقشه پهنه بندی غلظت نترات استفاده شد و با روی هم گذاری نقشه مربوط به غلظت نترات بر روی نقشه نهایی مدل GODS این نتیجه حاصل شد که کلیه نقاطی که دارای نترات بالا هستند، در محدوده آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته اند که این امر می تواند

۱- گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

\*۲- گروه محیط زیست، 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.

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 تأمین 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 تأمین 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 آلودگی‌های 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

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 از جمله 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، به طوری 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 آلوده‌کننده است. هدف از بررسی آسیب‌پذیری کمک به پشتیبانی و ارائه راهنمایی‌های 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 می‌توان به روش‌های همپوشانی (AVI، COP، SINTAC، DRASTIC، GODS)، 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).

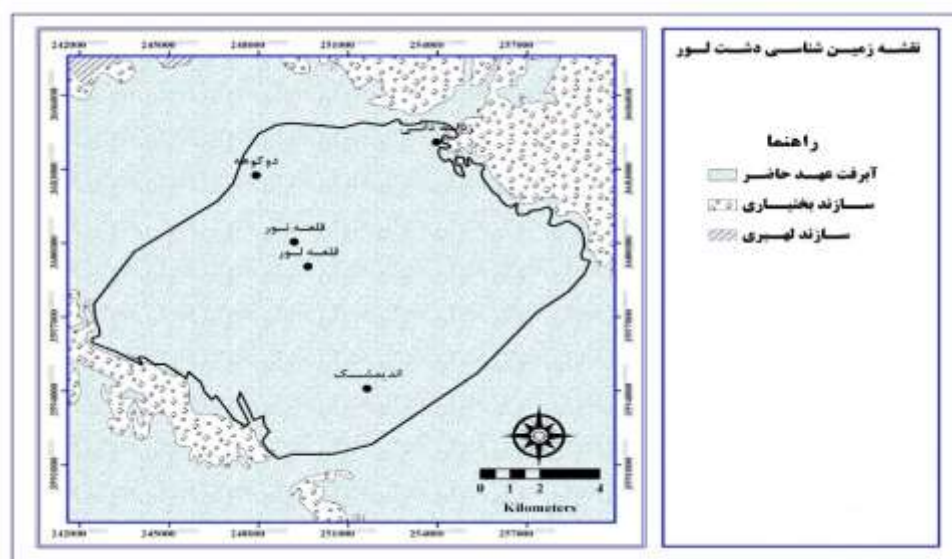
### پیشینه پژوهش

Mahmoudzadeh et al (2013) به بررسی آسیب‌پذیری آبخوان میمه‌ای 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 تاثیر آن‌ها بر تعیین آلودگی بود. Kheimiri et al (2013) از روش‌های GOD، DRASTIC، SINTACS و SI و ابزارهای سنجش از دور و GIS به منظور 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 به وسیله 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

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 شمال غربی ایتالیا پرداختند، از روش دراستیک اصلاح شده بهره گرفتند. همچنین از مقادیر نترات جهت صحت‌سنجی استفاده کردند. نتایج بیانگر عدم همبستگی بین میزان آسیب‌پذیری و نترات بود.

محدوده مورد مطالعه

دشت لور، واقع در شمال غرب استان خوزستان با مساحتی حدود ۱۴۱ کیلومتر مربع و مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد که بخشی از دشت دزفول-اندیمشک که وسیع‌ترین دشت استان خوزستان می‌باشد، محسوب می‌شود. به منظور 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

مدل GODS بسیار ساده، عملی و روشی تجربی برای ارزیابی سریع پتانسیل آلودگی است. این مدل به تدریج از سال (۱۹۸۷-۱۹۹۸) رواج پیدا کرد (Abdelmadjid & Omar, 2013: 950). شاخص آسیب پذیری GOD، آسیب پذیری 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

وزن	خصوصیات	رتبه‌بندی	محدوده	پارامتر
۱	آبخوان‌ها به دو نوع آبخوان‌های محبوس (تحت فشار) و غیر محبوس (آزاد) طبقه‌بندی می‌شوند.	۱	آزاد	نوع آبخوان
۵	شامل قسمت قرار گرفته بین سطح ایستابی و محیط خاک است که اساساً غیراشباع و یا به‌طور ناپیوسته اشباع است.	۰/۴ ۰/۸	رس و گراول مخروط افکنه	منطقه غیراشباع
۵	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.	۰/۷ ۰/۶	۲۰-۵۰ >۵۰	عمق آب زیرزمینی (متر)
۲	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.	۰/۵ ۰/۶ ۰/۸ ۰/۹ ۱	رس، سیلت رسی، سیلت، ماسه و ماسه سیلتی، گراول و ماسه درشت دانه	جنس خاک

- 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

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 به دست 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 به صورت 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.

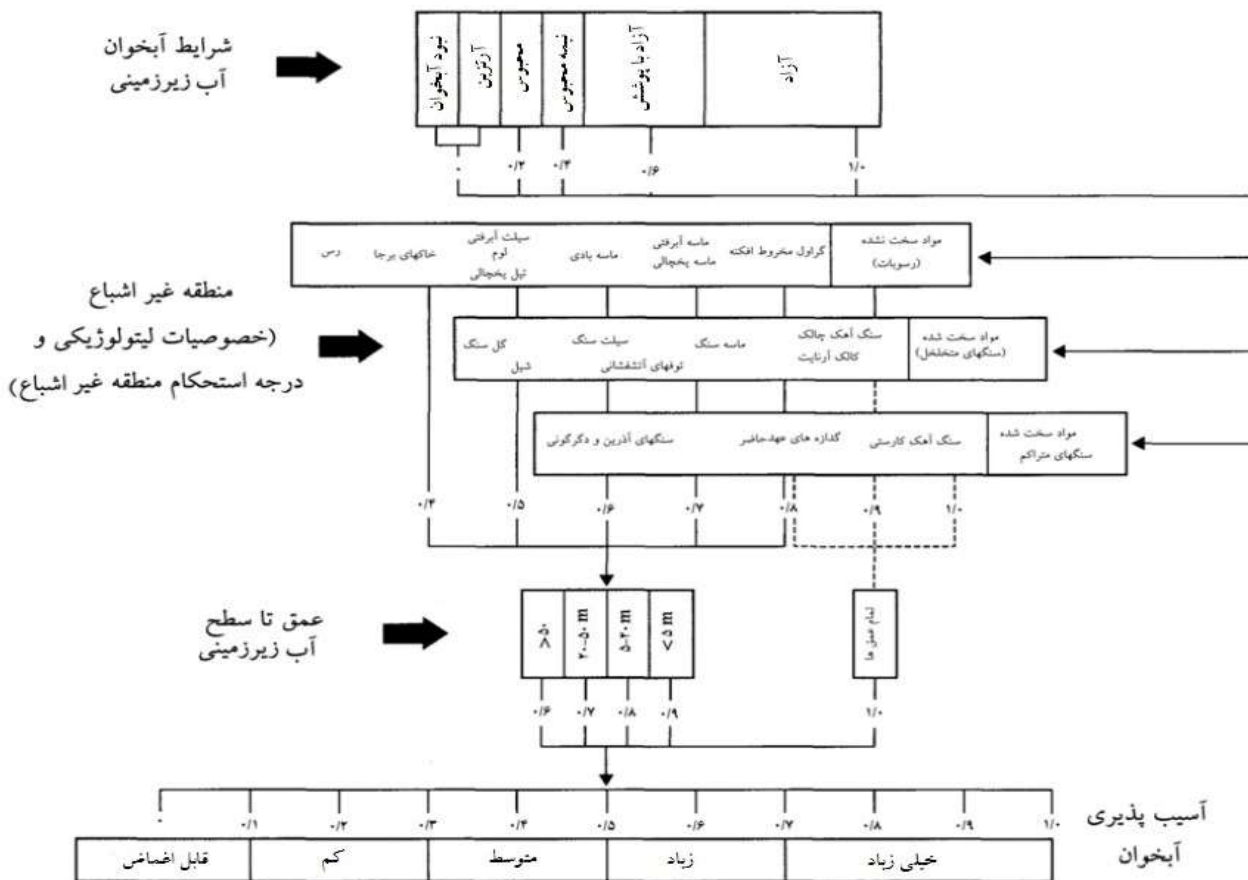
- تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی GODS

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 تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش Spatial analyst بسته نرم‌افزاری Arc GIS انجام پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به انواع درونیابی‌ها، تجزیه و تحلیل سطوح، طبقه‌بندی مجدد، انواع تبدیل‌ها و

محاسبه گر رستری اشاره کرد. جهت تولید TIN و انواع دیگری از تبدیل ها از بخش 3D analyst استفاده شده است. همچنین توابع آنالیز توپولوژیکی مانند یکی کردن، بریدن، ادغام کردن و روی هم گذاری مورد استفاده قرار گرفته است. پس از نرخ بندی و وزن دهی پارامترها، تلفیق نقشه ها انجام گرفته است. پس از تهیه چهار لایه مربوط به مشخصه های مدل GODS در محیط GIS، برای تلفیق نقشه های آماده شده از دستور Raster Calculator در جعبه ابزار Spatial Analyst استفاده شده است. در این روش ارزش کلاس های مختلف مشخصه ها از صفر تا یک تغییر می کند و به تمامی مشخصه ها وزن یکسانی اختصاص داده می شود. طبق رابطه (۱)، شاخص آسیب پذیری GODS طبق معادله زیر از حاصل ضرب مشخصه ها به دست آمد.

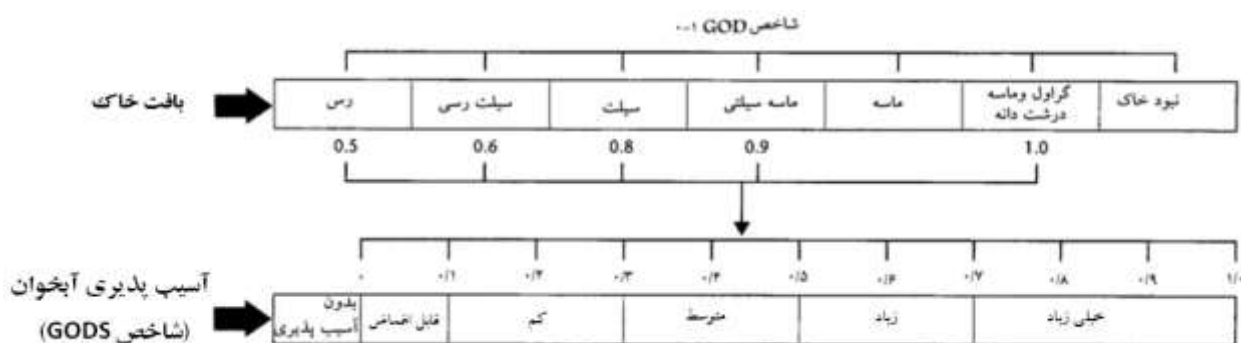
$$\text{GODS index} = G \cdot O \cdot D \cdot S \quad \text{رابطه (۱)}$$

از حاصل ضرب پارامترهای فوق نقشه ای حاصل شد که ارزش عددی سلول های آن از صفر تا یک متغیر است. با کلاس بندی آن نقشه به پنج گروه قابل اغماض (۰/۱-۰)، آسیب پذیری کم (۰/۱-۰/۳)، متوسط (۰/۳-۰/۷)، زیاد (۰/۷-۰/۹) و خیلی زیاد (۰/۹-۱) نقشه آسیب پذیری آبخوان تهیه گردید.



شکل ۲: ارزش گذاری پارامترهای روش GOD

Figure 2: Weighting parameters in GOD model



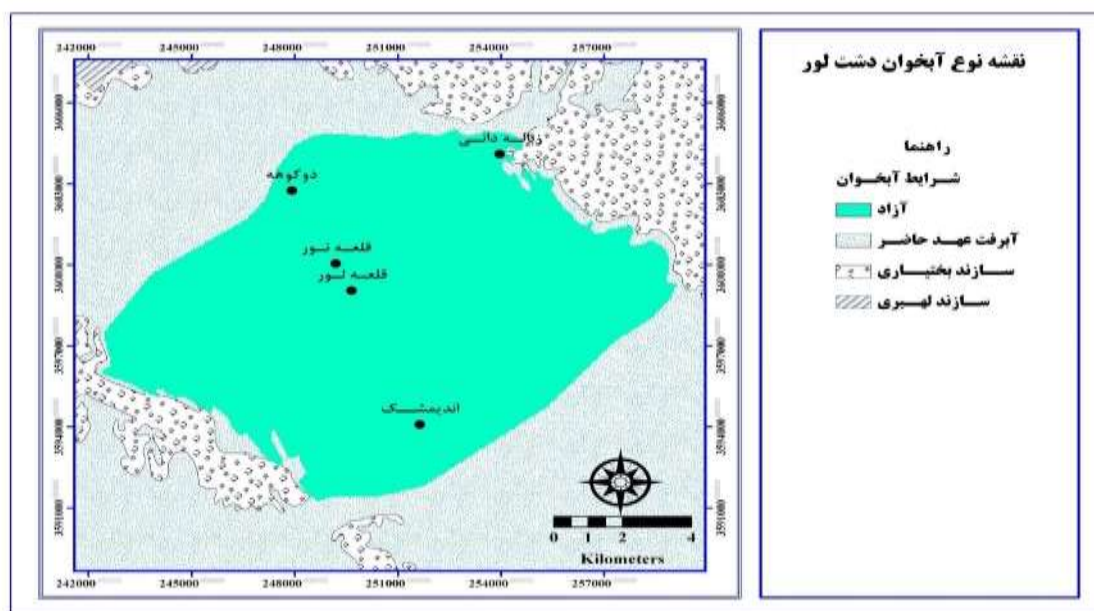
شکل ۳: نحوه تبدیل شاخص GOD به شاخص GODS  
Figure 3: Converting GOD index to GODS index

- تهیه نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات

جهت تهیه این نقشه از ۴۶ نقطه در آبخوان دشت لور در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۹۳) نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری نیترات، توسط سازمان آب و برق استان خوزستان انجام شده است.

یافته‌ها و بحث

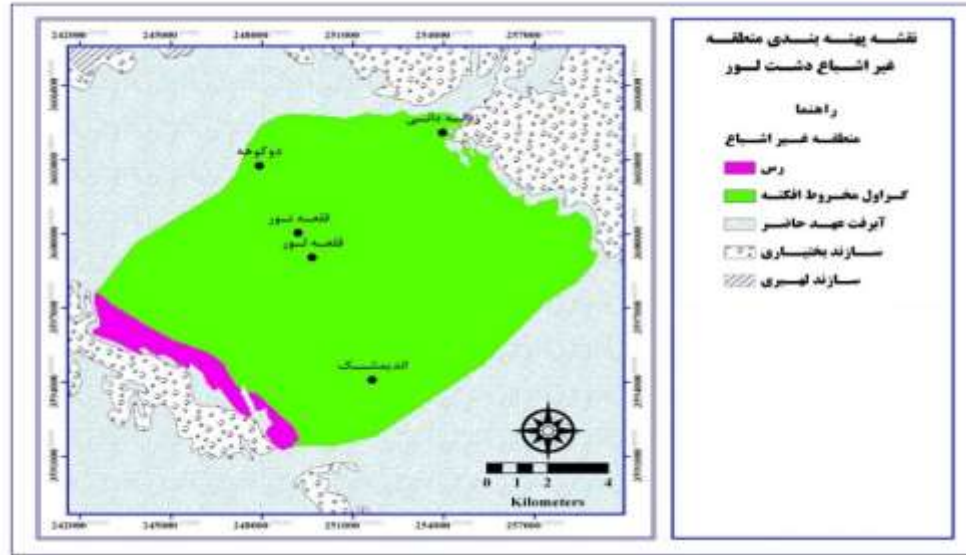
لایه‌های گوناگون مربوط به مدل طبق مراحل ذکر شده تهیه شد که نتایج آن در ادامه آورده شده است. همان‌گونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، نوع آبخوان منطقه مورد مطالعه از نوع آزاد است و ۱۰۰ درصد مساحت منطقه مورد نظر را تحت پوشش قرار می‌دهد و دارای ارزش یک است.



شکل ۴: نقشه نوع آبخوان  
Figure 4: The aquifer type map of the study area



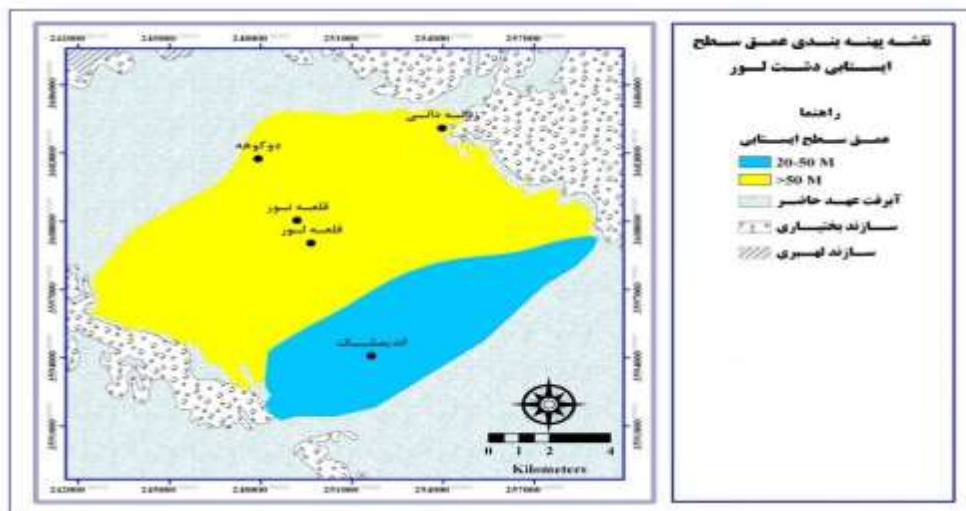
همان گونه که در شکل (۵) نشان داده شده است، قسمت اعظمی از ناحیه غیراشباع (شمال، شرق، جنوب، مرکز و غرب) دشت لور دارای رتبه  $0/8$  (گراول مخروط افکنه) می باشد که  $89/9$  درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.



شکل ۵: نقشه پهنه بندی محیط غیر اشباع

Figure 5: Unsaturated environment zoning map

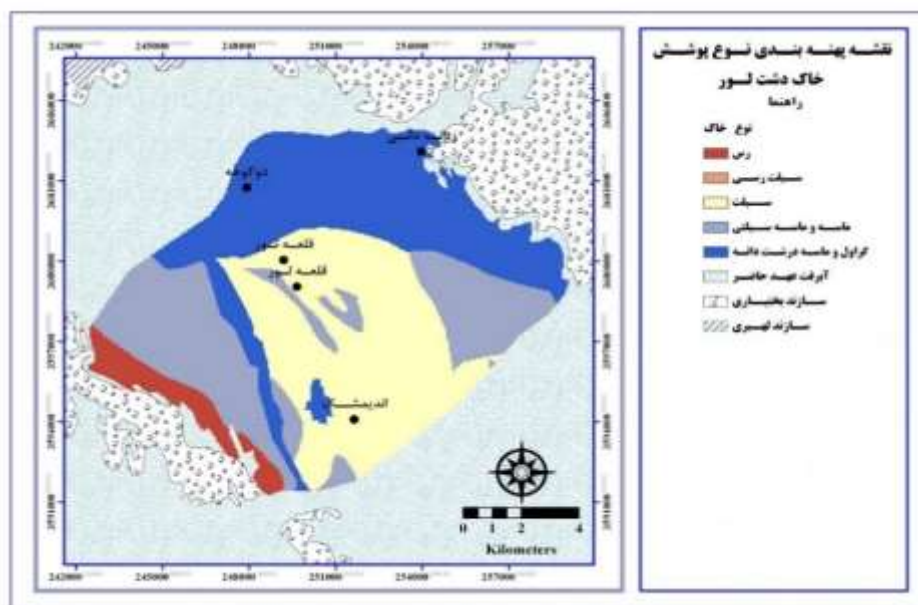
همان گونه که در شکل (۶) مشاهده می شود، این لایه در آبخوان لور در ۲ کلاس ( $0/6$ ،  $0/7$ ) قرار می گیرد. در (کلاس  $0/6$ ) عمق آب زیرزمینی بیش از ۵۰ متر برآورد شده است که ۷۲ درصد از منطقه شامل قسمت های (شمال، شمال غرب، غرب، جنوب غربی، مرکز، شمال شرقی و شرق منطقه) را در بر می گیرد.



شکل ۶: نقشه پهنه بندی عمق سطح ایستابی

Figure 6: Map of the depth of the water table

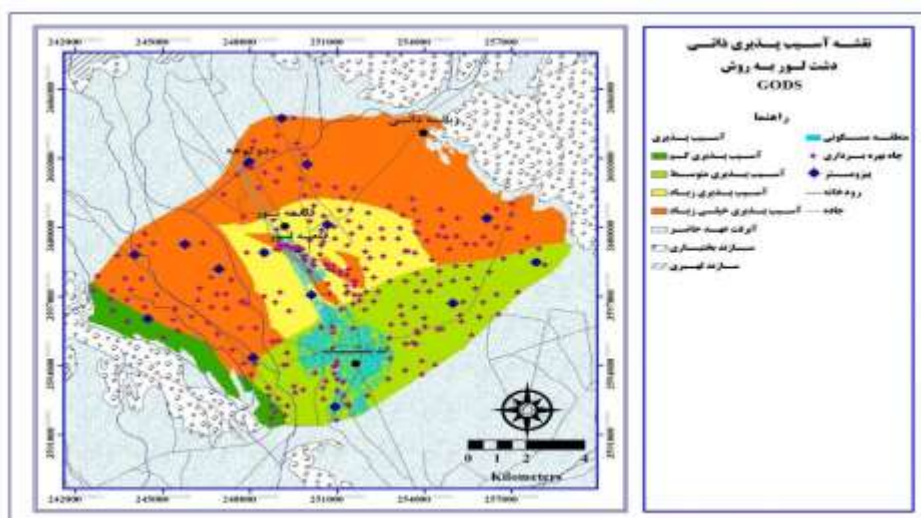
خاک منطقه مورد مطالعه در پنج طبقه (۰/۵، ۰/۶، ۰/۸، ۰/۹ و ۱) ارزش گذاری شده است که نتایج در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۷: نقشه بهینه‌بندی نوع پوشش خاک

Figure 7: The map of soil type

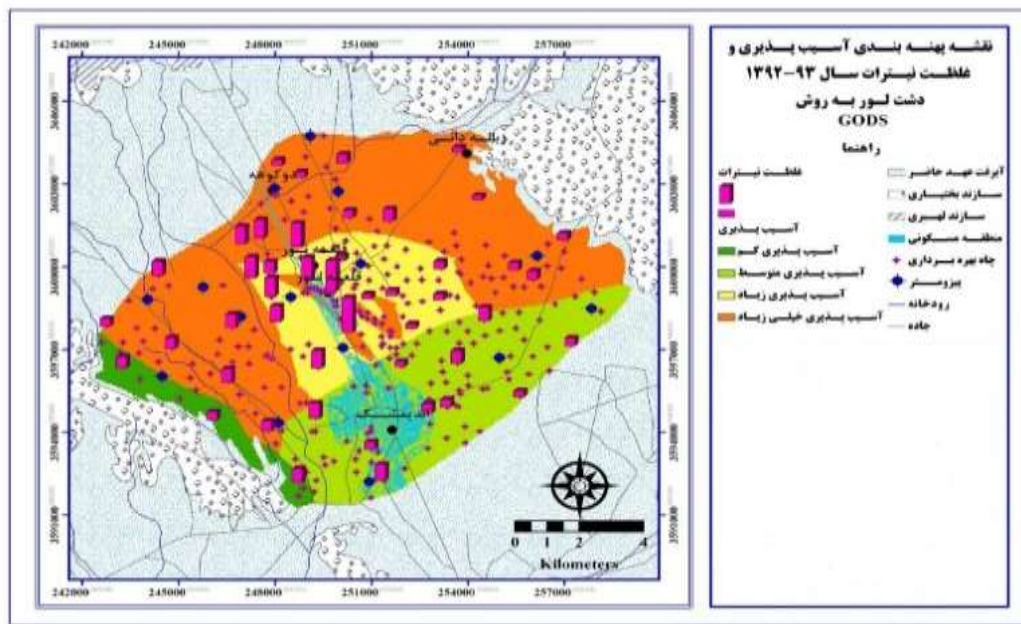
شکل (۸) نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت لور را به روش GODS نشان می‌دهد. شاخص آسیب‌پذیری در محدوده مورد مطالعه، بین ۰/۲ تا ۰/۸۷ گرفت و نقشه آسیب‌پذیری به کلاس‌های آسیب‌پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد.



شکل ۸: نقشه آسیب‌پذیری آبخوان به آلودگی به روش GODS

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

همان گونه که در شکل (۹) مشاهده می شود، نقشه پهنه بندی آسیب پذیری مدل GODS با غلظت نترات اندازه گیری شده در بازه زمانی سال (۱۳۹۲-۱۳۹۳)، همپوشانی داده شد. بیشترین غلظت نترات اندازه گیری شده در محدوده های آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته اند.



شکل ۹: نقشه آسیب پذیری و غلظت نترات (میلی گرم در لیتر) دشت لور

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

به طور کلی می توان بیان کرد که مزیت عمده روش GODS، سادگی و کم هزینه بودن انجام آن می باشد و این که فراهم کردن اطلاعات و تهیه نقشه های مربوط به پارامترها آسان تر می باشد ولی این روش به دلیل در نظر نگرفتن تمام پارامترهای مؤثر در آسیب پذیری ذاتی به ویژه تغذیه سطحی از دقت کمتری نسبت به روش هایی از جمله DRASTIC برخوردار است که از پارامترهای بیشتری جهت ارزیابی آسیب پذیری استفاده می کند، ولی با وجود دقت کم تر به دلیل مشترک بودن برخی از پارامترهای آن با مدل DRASTIC در کل نتایج قابل قبولی ارائه می دهد.

(Khodaei et al (2006). Mahmoudzadeh et al (2013) و Polemio et al (2009) نیز به این موضوع در مقالات خود اشاره داشته اند. با توجه به نوع اقلیم منطقه مورد مطالعه می توان نتیجه گرفت که پارامتری به جز بارش بر روی میزان آلودگی منطقه مؤثر است. از این رو، می توان مهم ترین پارامتر تأثیرگذار بر روی آلودگی سطح ایستابی را به جز بارش، پساب های ناشی از فعالیت های کشاورزی و همچنین تصفیه نادرست فاضلاب های مناطق مسکونی و ورود آن ها به سیستم آب زیرزمینی دانست. نتایج همچنین نشان داد که غلظت نترات پارامتر مناسبی برای بررسی صحت مدل های آسیب پذیری از جمله مدل GODS می باشد.

### نتیجه گیری

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 آسیب پذیری خیلی زیاد قرار می گیرند که این امر می تواند 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 آسیب پذیری متوسط اما شمال این شهر در محدوده آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار می گیرد. نواری از غرب تا جنوب آسیب پذیری کم را نشان می دهد که به دلیل ریزدانه بودن محیط غیراشباع و پوشش خاک منطقه می باشد. مزیت عمده روش GODS، سادگی و کم هزینه بودن انجام آن و آسان تر بودن جمع آوری و فراهم کردن اطلاعات و تهیه نقشه های مربوط به پارامترها می باشد. نتایج این مطالعه همچنین مشخص کرد که غلظت نترات پارامتر مناسبی برای بررسی صحت مدل های آسیب پذیری از جمله مدل GODS می باشد و روی هم گذاری نقشه نترات تولید شده بر روی نقشه آسیب پذیری صحت مدل را مورد تأیید قرار داد.

## 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 methodology 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

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.