اولین همایش ملی و اولین همایش بین المللی علوم محیط زیست، کشاورزی و منابع طبیعی

The First National and International Conference of
Environmental sciences, Agriculture and Natural Resources

استفاده از GIS برای تحلیل حساسیت پارامترهای مدل دراستیک جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان قره‌سو

پردیس کیانی*[1]. خلیل قربانی[2]. عبدالرضا کابلی[3]. میثم سالاری جزی[4]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان p_kiani_107@yahoo.com

[2]دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ghorbani.khalil@yahoo.com

[3]کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، شرکت آب منطقه ای گلستان kaboli1355@gmail.com

[3]استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان meysam.salarijazi@gmail.com

چکیده :

یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آب های زیرزمینی شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان و مدیریت کاربری اراضی است. مدل‌های زیادی برای این هدف ارائه شده در این بررسی از مدل دراستیک جهت ارزیابی پتانسیل الودگی منابع آب زیرزمینی در آبخوان حوضه قره‌سو استفاده شده است. نقشه نهایی پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان حاصل از تلفیق نقشه‌های رستری هفتگانه پارامترهای مدل دراستیک (عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی، اثرمنطقه غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی) در محیط GIS نشان می‌دهد که شاخص دراستیک در منطقه بین ۸۴ تا ۱۷۹ متغیر بوده و از نظر آسیب‌پذیری به چهار کلاس آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شده است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت تک‌پارامتری و حذف نقشه نشان می‌دهد که عمق آب زیرزمینی مهم‌ترین پارامتر تاثیرگذار بر آسیب‌پذیری آبخوان منطقه می‌باشد. همچنین این نتایج نشان می‌دهد که وزن موثر و تئوریک پارامترهای به کار رفته بر هم منطبق نیستند.

کلمات کلیدی: آسیب‌پذیری، دراستیک، پهنه‌بندی، GIS، استان گلستان

۱-مقدمه

آب‌زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان می‌باشد، در شرایط کنونی، بخش قابل ملاحظه ای از مصارف آب کشور به خصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. بنابراین حفاظت کیفی آب‌های زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. در بسیاری از موارد آلودگی آب‌های زیرزمینی بعد از آلوده شدن چاه‌های آب شرب شناسایی می‌شوند. رفع آلودگی آب زیرزمینی بسیار پرهزینه و فرآیندی طولانی است و اغلب زمانی آلودگی تشخیص داده می‌شود که رفع آلودگی آبخوان تقریباً غیرممکن می‌گردد. لذا پایش آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از آلودگی این منابع بسیار ارزشمند و حیاتی، ضروری به نظر می‌رسد(صادقی و روح اللهی، ۱۳۸۶). یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان و مدیریت کاربری اراضی است. مفهوم آسیب‌پذیری برای اولین بار در اواخر سال ۱۹۶۰ میلادی در فرانسه برای آگاهی بخشی در مورد آلودگی آب زیرزمینی ارائه شده است(Vrba and Zoporozec, 1994). آسیب‌پذیری آبخوان نیروی آن را برای امکان پخش و نفوذ آلاینده‌ها از سطح زمین به سیستم آب زیرزمینی نشان می‌دهد به طوری‌که آلودگی تولید شده در سطح زمین بتواند به آب زیرزمینی برسد و در آن پراکنده شود(Worrall, and Besien, 2004; Babiker et al., 2005). روش‌های مختلفی برای تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری سفره وجود دارد که از جمله آن می‌توان به روش‌های همپوشانی (SINTAC، DRASTIC، GOD، AVI،COP)، روش‌های ریاضی و روش‌های آماری اشاره کرد(Vlaicu and Munteanu, 2008). روش‌های همپوشانی بر پایه تلفیق لایه‌های حاصل از پارامترهای مختلف بنا نهاده شده‌اند و اساس کار یکسانی دارند بر ارزیابی توصیفی و کمی آسیب‌پذیری تکیه دارند. این روش‌ها در به کارگیری نوع و تعداد پارامترها با هم تفاوت داشته ولی در نهایت منجر به ثبت یک شاخص عددی یا امتیاز برای هر ویژگی می‌گردد. از کاربردی‌ترین روش های شاخص-همپوشانی، روش دراستیک می‌باشد که توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا[۱] (EPA) جهت تعیین پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی ارائه شد(Babiker et al., 2005).

۲- مواد و روش‌ها :

۱,۲- منطقه مورد مطالعه:

محدوده مطالعاتی آبخوان حوضه قره‌سو در استان گلستان با وسعت ۱۶۷۰ کیلومترمربع بین عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه و طول شرقی ۵۴ درجه تا ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه جغرافیایی می‌باشد که حدودا ۸ درصد از مساحت استان گلستان را تشکیل می‌دهد. مهم‌ترین رودخانه‌های تشکیل دهنده این حوضه، رودخانه‌های کردکوی، شصت کلاته، زیارت، گرمابدشت، انجیرآب و کفش‌گیری می‌باشد که پس از الحاق به یکدیگر در مجاورت روستای قره سو به خلیج

[۱] - Environmental protection Agency

گرگان جریان می‌یابد. این حوضه از شمال و شرق به حوضه‌ی آبریز گرگانرود، از جنوب به حوضه‌ی آبریز نکارود و از غرب به حوضه‌ی آبریز خلیج گرگان و نیز دریاچه‌ی بزرگ خزر محدود می‌شود و در روستای قره‌سو به این دریاچه تخلیه می‌گردد.

۲,۲- مدل دراستیک :

روش دراستیک رایج‌ترین روش مورد استفاده در میان تمامی مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌زیرزمینی می‌باشد(Samey and Gang, 2008) . به‌طوری که در بسیاری از کشورها و مناطق دنیا از مدل دراستیک برای ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌زیرزمینی استفاده می‌شود. در این روش هفت عامل یا مشخصه قابل اندازه‌گیری برای سیستم هیدروژئولوژیکی برآورد می‌شود. این عوامل شامل عمق تا سطح ایستابی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی، اثر منطقه غیراشباع و هدایت هیدرولیکی آبخوان می‌باشند. این مدل رتبه‌ها و وزن‌های مشخصی را به پارامترها اختصاص می‌دهد. هرکدام از پارامترهای دراستیک به بازه‌هایی تقسیم می‌شوند که نسبت تاثیر آن‌ها برروی آسیب‌پذیری متفاوت است. این عوامل به‌صورت عددی برآورد می‌شوند، به‌طوری‌که به هر کدام از آن‌ها با توجه به پتانسیل آلودگی آن در بازه مربوط ارزشی از ۱ تا ۱۰ اختصاص داده شده است. این فرآیند یک ارزیابی نسبی بین بازه‌ها در هر عامل را فراهم می‌آورد. ارزش‌های بیشتر نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بیشتر می‌باشد(Samey and Gang, 2005). برای تعیین اهمیت نسبی هر کدام از عوامل مذکور هر پارامتر نسبت به سایر پارامترها ارزیابی می‌شود. به این منظور به هر کدام از این پارامترها یک وزن نسبی بین ۱ تا ۵ تعلق می‌گیرد، به‌طوری‌که به مهم ترین آن‌ها وزن ۵ و به کم‌اهمیت‌ترین آن‌ها وزن ۱ اختصاص داده شده است(جدول۱). نتیجه مدل دراستیک یک اندیس عددی است که از رتبه‌ها و وزن‌های اختصاص یافته به پارامترهای مدل تشکیل شده است. معادله‌ی مربوط برای تعیین شاخص دراستیک و یا به عبارت دیگر پتانسیل آلودگی(آسیب‌پذیری) در هر سلول یا چندضلعی موجود در نقشه به صورت رابطه زیر تعیین می‌گردد :

رابطه(۱) $$\text{شاخص آسیب‌پذیری} = DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw$$

که در آن r رتبه و W وزن هر یک از پارامترهاست (Samey and Gang, 2008) . با تعیین عوامل فوق به محض محاسبه شاخص دراستیک می‌توان نواحی با احتمال آسیب‌پذیری بیشتر در برابر آلودگی را نسبت به مناطق دیگر شناسایی نمود. هر چه مقدار شاخص دراستیک بیشتر باشد، پتانسیل آلودگی آب‌زیرزمینی نیز بیشتر خواهد بود (Bai et al., 2011) .

جدول(۱) وزن های نسبت داده شده به پارامترهای هفت گانه دراستیک

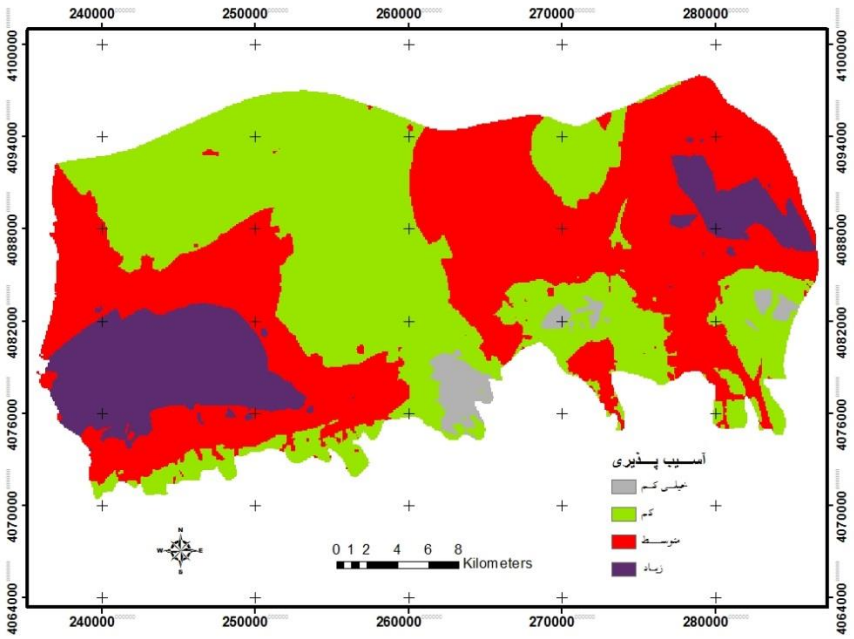
پارامتر	توصیف	وزن نسبی
عمق تا آب زیرزمینی	عمق از سطح زمین تا سطح ایستابی را بیان می‌کند. سطوح ایستابی عمیق‌تر شانس آلودگی کمتری دارند.	۵
تغذیه خالص	مقدار آبی که از سطح زمین نفوذ کرده و به سطح ایستابی می‌رسد.	۴
محیط آبخوان	به خصوصیات مواد منطقه اشباع که بر رقیق شدن آلاینده‌ها تاثیر دارد اشاره می‌کند.	۳

محیط خاک	بخش هوازده بالای منطقه غیراشباع که میزان آب نفوذی را کنترل می‌کند.	۲
توپوگرافی	به شیب سطح زمین اشاره دارد. هرچه شیب کمتر باشد امکان نفوذ آلاینده بیشتر است.	۱
منطقه غیر اشباع	مواد منطقه غیراشباع که عبور و رقیق شدن آلاینده را به منطقه اشباع کنترل می‌کند.	۵
هدایت هیدرولیکی	توانایی آبخوان در انتقال آب که هرچه بیشتر باشد امکان جریان یافتن آلاینده‌ها در آبخوان بیشتر خواهد شد.	۳

۳- نتایج و بحث

۱،۳- ارزیابی آسیب‌پذیری

لایه‌های مورد نیاز روش دراستیک بعد از جمع‌آوری آمار و اطلاعات لازم، در محیط GIS تهیه شدند. لایه‌های استخراج شده با توجه به رابطه(۱) روی هم قرار داده شدند و نقشه آسیب‌پذیری منطقه مطالعاتی بدست آمد. نتایج اندیس دراستیک نشان می‌دهد که مقادیر آن بین ۸۴ تا ۱۷۹ قرار می‌گیرد و به چهار طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی می‌شود . از نظر وسعت می‌توان گفت که ۲/۴ درصد از منطقه مورد مطالعه در محدوده‌ی آسیب‌پذیری خیلی کم، ۴۲/۱ درصد آسیب‌پذیری کم، ۴۳/۵ درصد آسیب‌پذیری متوسط و ۱۲ درصد در محدوده آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرند.



شکل(۱) نقشه آسیب‌پذیری آبخوان قره سو

۲,۳-تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت یکی از مولفه های اصلی پروژه‌های مدل‌سازی محسوب می‌گردد، زیرا امکان ارزیابی صحت نتیجه را فراهم می‌آورد (Hasiniaina et al., 2010) . تحلیل حساسیت به مطالعه سهم متغیرها و پارامترهای ورودی به صورت منفرد در خروجی مدل تحلیلی می‌پردازد. در مدل سازی GIS اثر داده‌های ورودی منفرد روی نقشه هم‌پوشانی نهایی توسط مولفین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. این اثر به فاکتورهای زیادی نظیر نوع عمل هم‌پوشانی انجام گرفته، مقدار وزن‌ها، تعداد لایه‌های اطلاعاتی و واحدهای نقشه در هر لایه و خطا یا عدم قطعیت وابسته به هر واحد نقشه بستگی دارد. در این راستا فقط، جنبه‌های مرتبط با تاثیر رتبه‌دهی و وزن‌دهی پارامترهای منفرد مورد بررسی قرار می‌گیرد (Napolitano and Fabbri, 1996). به منظور تحلیل حساسیت آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه، از دو نوع تحلیل حساسیت استفاده شده است.

۱,۲,۳- تحلیل حساسیت حذف نقشه

در این نوع تحلیل، ارزیابی ضرورت یا عدم ضرورت استفاده از هفت پارامتر مدل‌های دراستیک مطرح می‌باشد. به ویژه مساله مربوط به تاثیر هر پارامتر به صورت منفرد بر مقدار آسیب‌پذیری نهایی، هدف اصلی تحقیقات انجام شده توسط محققین مختلف بوده و شیوه‌های متعدد استفاده از تعداد پارامترهای کمتر به کاربرده شده است (Napolitano and Fabbri, 1996) . میزان حساسیت حذف نقشه، حساسیت نقشه آسیب پذیری را نسبت به حذف یک یا تعداد بیشتری نقشه از نقشه تحلیل تناسب را نشان می‌دهد و به کمک رابطه ۲ محاسبه می‌شود

$$S = (|V/N - V'/n|)\times 100$$ رابطه (۲)

در این رابطه، S میزان حساسیت بیان شده از لحاظ شاخص تغییرپذیری، V و V' به ترتیب شاخص آسیب‌پذیری غیرآشفته (شاخص واقعی و بدون حذف پارامتر) و شاخص آسیب‌پذیری آشفته، N و n به ترتیب تعداد لایه‌های اطلاعاتی، مورد استفاده برای محاسبه V و V' می‌باشد. شاخص آسیب‌پذیری واقعی به‌دست آمده با کاربرد هر هفت پارامتر به عنوان آسیب‌پذیری غیرآشفته در نظر گرفته می‌شود. در حالی که آسیب‌پذیری محاسبه شده با استفاده از تعداد کمتری از لایه‌های اطلاعاتی، به عنوان آسیب‌پذیری آشفته در نظر گرفته می‌شود (Babiker et al., 2005) . هدف این پروسه ارزیابی حساسیت مقادیر آسیب‌پذیری نسبت به حذف پارامتر تعریف شده می‌باشد (Hasiniaina et al., 2010) .

برای استفاده از این روش ابتدا هر کدام از پارامترهای روش دراستیک به طور جداگانه از محاسبات حذف و شاخص آسیب‌پذیری محاسبه شده. سپس با توجه به رابطه۲ شاخص تغییرپذیری دراستیک محاسبه می‌شود. با این روش می‌توان موثرترین پارامتر بر آلودگی آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را شناسایی نمود.

جدول(۲) نتایج اماری تحلیل حساسیت حذف نقشه

پارامترحذف شده	تغییرات شاخص آسیب پذیری (٪)			
	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار
D	۴۴/۸	۸۵	۰	۷,۲۰
R	۱۴/۷	۵۷	۰	۹/۹
A	۱۳	۴۲	۰	۸/۶
S	۲۳/۹	۴۲	۰	۱۰/۱
T	۲۱	۴۲	۰	۷/۹
I	۲۰	۵۷	۰	۱۴/۵
C	۱۸/۱	۴۲	۰	۱۰/۱

نتایج آماری تحلیل حساسیت حذف نقشه در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود بیشترین تغییر در شاخص آسیب‌پذیری با حذف پارامتر عمق تا سطح ایستابی با میانگین تغییرات شاخص آسیب‌پذیری ۴۴/۸ درصد اتفاق می‌افتد. این نتایج نشان می‌دهند که پارامتر عمق تا سطح ایستابی مهم‌ترین پارامتر تاثیرگذار بر شاخص آسیب‌پذیری می‌باشد.

۲,۲,۳-تحلیل حساسیت تک پارامتری

میزان حساسیت تک پارامتری جهت ارزیابی تاثیر هر یک از پارامترهای دراستیک روی شاخص آسیب‌پذیری طراحی شده است. در این روش تحلیل، وزن موثر یا واقعی هر پارامتر ورودی در هر پلی‌گون با وزن تئوریک با استفاده از رابطه بدست می‌آید.

$$W = (PrPw / V) \times 100$$ رابطه (۳)

که در این رابطه، W وزن موثر هر پارامتر، Pr و Pw به ترتیب مقدار رتبه و وزن هر پارامتر و V شاخص کلی آسیب‌پذیری می‌باشد (Babiker et al., 2005) .

جدول(۳) نتایج آماری تحلیل حساسیت تک پارامتری

پارامتر	وزن تئوریک	وزن تئوریک(٪)	وزن موثر(٪)			
			میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار
D	۵	۲۷/۱	۲۶/۴	۴۱	۳	۱۰/۸
R	۴	۱۷/۴	۱۸/۸	۳۷	۱۳	۳/۱
A	۳	۱۳	۱۱/۵	۲۷	۴	۴/۳
S	۲	۸/۷	۵/۹	۲۰	۱	۳
T	۱	۴/۳	۷	۱۱	۰	۱/۱
I	۵	۲۱/۷	۱۹	۳۵	۶	۵/۷

جدول ۳ نتایج آماری تحلیل حساسیت به روش تک پارامتری ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که پارامتر عمق تا ایستابی با میانگین وزن موثر ۲۶/۴ درصد موثرترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان مورد مطالعه می‌باشد که نتایج حاصل از تحلیل حساسیت حذف نقشه را برای مدل تایید می‌کند. مقایسه وزن موثر هر پارامتر با وزن تئوریک آن نشان می‌دهد که وزن‌های موثر و تئوریک پارامترها کاملا بر هم منطبق نمی‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان حوضه قره سو توسط مدل دراستیک نشان می‌دهد که شاخص دراستیک در منطقه بین ۸۴ تا ۱۷۹ متغیر بوده و در ۴ گروه آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط و زیاد واقع شده است. بیشترین آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی منطقه، مربوط به آسیب‌پذیری متوسط و کم، به ترتیب با درصدهای ۴۳/۵ و ۴۲/۱ می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از تحلیل حساسیت حذف نقشه و تک‌پارامتری نیز نشان می‌دهد که پارامتر عمق تا سطح ایستابی موثرترین پارامتر تاثیرگذار در آسیب‌پذیری آبخوان منطقه می‌باشد.

۵- مراجع

صادقی، ه. و ص. روح اللهی. ۱۳۸۶. اندازه گیری شاخص های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر اردبیل. مجله علمی-پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل. دوره هفتم. شماره ۱.

Babiker,I.S., et al. 2005. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara,Heights, Gifu Prefecture, central japan. Science of the Total Environments 354, 127-140.

Bai, L. Wang, Y. and F. Meng. 2011. Application of DRASTIC and extension theory in the groundwater vulnerability evaluation. Water and Environment Journal, 26(3): 381-391.

Hasiniaina, F., Zhou, J. and L. Guovi, 2010. Regional assessment of groundwater vulnerability in Tamsag basin, Mongolia using DRASTIC model. Journal of American science, 6(11):65-7.

Napolitano,P.,Fabbri, AG. (1996) Single-parameter sensitivity analysis for aquifer vulnerability assessment using DRASTIC and SINTACS HydroGIS 96: application of geographical information system in hydrology and water resources management. Proceeding of Vienna Conference. HAHS Pub, 235, 559-556.

Samey, A. A. and C. Gang. 2008. A GIS Based DRASTIC Model for the Assessment of Groundwater vulnerability to pollution in West Mitidja: Blida city, Algeria. Research Journal of Applied Sciences, 3(7): 500-507.

Vlaicu M. and Munteanu C. 2008. Karst groundwater Vulnerability Assessment Methods. Trav. Inst.. Speol., Bucarest, t.XL VII, 107-118.

Vrba, J. and Zoporozec, A. (1994). "Guidebook on mapping groundwater vulnerability". International Contribution for Hydrogeology. Hannover Heise. p. 16.

Worrall,F.,T.,Besien.2004.The vulnerability of groundwater of pesticide contamination estimated directly from observations of presence or absence in wells. Journal of Hydrology 303(1-4), 92-107.