Archive of SID

ارزیابی پتانسیل تشکیل کارست در استان خوزستان به روش تحلیل سلسله مراتبی

محمدحسین قبادی[۱]، سیدسجاد کراری *[۲] و حسین الماسی‌کیا [۳]

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۳- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی منطقه جنوب باختری (مرکز اهواز)

نویسنده مسئول: sajjadkarrari@yahoo.com *

دریافت: ۹۶/۱۱/۱۴ پذیرش: ۹۷/۸/۵

چکیده

در این مقاله، پتانسیل کارستی شدن با استفاده از پارامترهای لیتولوژی، بارش، شیب، پوشش گیاهی، تراکم آبراهه‌ها و فراوانی شکستگی‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط نرم‌افزار ARC GIS Version 10.2 انجام شده است. در این روش، لایه‌ها به صورتی زوجی نسبت به هم مقایسه و وزن‌دهی شده‌اند. به منظور بررسی این لایه‌ها، دو گروه در نظر گرفته شده است. گروه اول: میانگین بارش سالانه، جنس سازندها و تراکم شکستگی‌ها می‌باشد. گروه دوم: شیب، پوشش گیاهی و تراکم آبراهه‌ها می‌باشد.گروه اول اهمیت بیش‌تری در توسعه کارست دارد. این دو گروه به طور جداگانه وزن‌دهی شده و سپس دو گروه نسبت به هم مقایسه و وزن‌دهی شده‌اند. بیش‌ترین وزن در گروه اول مربوط به لایه میانگین بارش سالانه و در گروه دوم تراکم آبراهه بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده است. حدود ۷۰ درصد وزن به لایه اول مربوط می‌شود. نوار باریکی از بخش‌های شرقی تا شمال شرقی استان خوزستان دارای پتانسیل منابع آب کارستی می‌باشد. جهت صحت‌سنجی مدل ارائه شده از چشمه‌های بزرگ موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. نتایج نشان‌دهنده انطباق بالای مدل ارائه شده با حوضه آبگیر چشمه‌های موجود در منطقه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کارست، ARCGIS، پتانسیل‌یابی، AHP، خوزستان

مقدمه

اصطلاح کارست از واژه‌های (carso) یا (kras) گرفته شده است که اولین بار توسط افراد بومی برای توصیف چشم اندازهای توده سنگ‌های آهکی اطراف تریسته[۱] و کوهستان دیناریک[۲] یوگسلاوی سابق استفاده شده است. اشکال کارستی اغلب در سنگ‌های آهکی دیده می‌شوند اما در سنگ‌های سولفاته، کلروره، ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراهای حاوی سیمان کربناته بر حسب شرایط آب و هوایی و جغرافیایی دیده می‌شوند. تقریبا ۲۰ درصد از سطح قاره‌ها متشکل از سنگ‌های کارستی است (وال و همکاران، ۲۰۰۹). روابط بین ساختارهای تکتونیکی و خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای و مشخصه‌های هیدروژئولوژی توسط (کویکه و مسعود، ۲۰۰۶) در شمال غرب مصر بررسی شده و نتایج نشان‌دهنده تطبیق این ساختارها با هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی منطقه است (کویکه و مسعود، ۲۰۰۶). نتایج پژوهش‌های منتشر شده توسط (سولومون و کویل ۲۰۰۶) و (سولومون و گبریب ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸) که با بهره‌گیری از عوامل زمین‌ساختاری و انطباق آن با مشخصه‌های چشمه‌ها و چاه‌ها در کشور اریتره انجام شده است، نشان دادند که مولفه‌های لیتولوژی، لندفرم و ساختارهای تکتونیکی، نقش کنترل کننده در ایجاد چشمه‌ها دارند و چاه‌های با آبدهی بالا و چشمه‌های بزرگ، ارتباط نزدیکی با خطواره‌ها و گسل‌های بزرگ دارند (سولومون و گبریب، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸).

در پژوهش‌های ارزیابی پتانسیل آب‌های زیرزمینی در کشور هند که توسط (آمارش و همکاران، ۲۰۰۶) و با استفاده از روش تلفیق سنجش از دور، GIS و ژئوفیزیک انجام شد، عوامل مهم مورد مطالعه شامل: خطواره‌ها، لیتولوژی و مشخصه‌های هیدروژئومورفولوژیکی بوده و تطابق مناطق مشخص شده با اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای موید نتایج قابل اعتماد این روش اعلام شده است (آمارش و همکاران، ۲۰۰۶). ارتباط بین ساختارهای تکتونیکی و جریان آب زیرزمینی، در حوضه‌ای در کشور

[1] Trieste
[2] Dinaric

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیه توسط (آپیدین ، ۲۰۱۰) مورد پژوهش قرار گرفت، ایشان توانست همبستگی بالای این ساختارها را با آبدهی چاه‌ها نشان دهد و از آن برای مکان‌یابی حفر چاه استفاده کرده و به نتایج سودمندی برسد (آپیدین، ۲۰۱۰).

سازندهای کربناته حدود ۱۱ درصد از وسعت ایران به مساحت ۱۸۵۰۰۰ کیلومترمربع را پوشش می‌دهند و رشته کوه‌های زاگرس حدود ۵۵/۲ درصد از کل سازندهای کارستی ایران را شامل می‌شود (رئیسی، ۲۰۰۲). با توجه به موقعیت خاص آب و هوایی ایران و کمبود بارش و توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن و به علت محدودیت منابع آب آبرفتی از نظر کیفی و کمی و به علت گسترش وسیع سازندهای کارستی در سطح کشور، مطالعات منابع آب کارست به منظور بهره‌برداری از آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (ییه و همکاران، ۲۰۰۸).

خدری و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود بر روی توسعه کارست در جنوب ایران پارامترهای موثر بر توسعه کارست مانند: لیتولوژی، شیب، پوشش گیاهی، تراکم گسل‌ها، تراکم خطواره‌ها، فاصله از گسل‌ها و خطواره‌ها، بارش و دما مورد ارزیابی قرار دادند و با استفاده از روش سلسله مراتبی زوجی (AHP) وزن تاثیر هر کدام از لایه‌ها در توسعه کارست بدست آمده است. نتایج نشان داده است که شاخص زمین‌شناسی، تراکم گسل و فاصله از گسل بیش‌ترین اهمیت را دارد (خدری و همکاران، ۲۰۱۳).

منابع آب کارستی با کیفیت مناسب می‌تواند نقش مهمی در تامین آب شرب و کشاورزی داشته باشد. بنابراین جستجوی منابع کارستی از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از روش‌های مطالعه منابع آب کارست بررسی فرایند کارستی شدن است. این بررسی‌ها می‌تواند به کمک داده‌های سنجش از دور GIS انجام شده و مناطق دارای پتانسیل آب را تخمین بزند. نهایتا بررسی‌های زیرسطحی در مناطق شناسایی شده متمرکز می‌گردد.

مواد و روش‌ها

- شناسایی عوامل موثر بر توسعه کارست و تهیه لایه‌های اطلاعاتی:

در توسعه کارست عواملی مانند: لیتولوژی- بارش- شیب- پوشش گیاهی- دما- تراکم شکستگی‌ها و آبراهه‌ها موثراند. بر این اساس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این عوامل تهیه می‌شود.

- استانداردسازی داده‌ها به وسیله تحلیل سلسله مراتبی:

تبدیل داده‌های کمی و کیفی متناسب با روش AHP

- تهیه لایه‌های رستری:

تهیه لایه‌های رستری جهت استفاده در نرم‌افزار ARCGIS

- وزن‌دهی لایه‌ها:

وزن‌دهی به لایه‌ها براساس روش AHP

- هم‌پوشانی لایه‌ها:

هم‌پوشانی لایه‌ها در نرم‌افزار ARCGIS براساس وزن‌های اختصاص یافته و بدست آوردن نقشه خروجی از نرم‌افزار

عوامل زیادی در تشکیل منابع آب کارستی تاثیر گذارند که شامل:

لیتولوژی- بارش- شیب- پوشش گیاهی- دما- توپوگرافی- تراکم شکستگی‌ها و آبراهه‌ها می‌باشد. این پارامترها بایستی همراه با هم بررسی شوند. بدین منظور از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. جهت ارزیابی این پارامترها با یکدیگر نیاز به وزن‌دهی به هر کدام از پارامترها جهت ارزیابی می‌باشد. ابتدا هر کدام از پارامترها بررسی شده و سپس در مورد نحوه وزن‌دهی هر کدام از پارامترها توضیح داده خواهد شد.

موقعیت جغرافیایی

استان خوزستان در جنوب‌غرب ایران بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳۱۲۴۰۰ تا ۳۶۵۴۲۵۶ و طول‌های جغرافیایی ۱۸۳۲۳۰ تا ۴۵۶۹۴۹ قرار گرفته است (شکل ۱). این استان از نظر لیتولوژی و پتانسیل منابع آب زیرزمینی اهمیت بسزایی دارد.

زمین‌شناسی عمومی خوزستان

استان خوزستان از دو بخش جلگه‌ای و کوهستانی تشکیل شده است. از نظر سنی بخش جلگه‌ای از رسوبات کواترنر پوشیده شده است. قسمت اعظم این رسوبات حاصل فرسایش آبی منطقه کوهستانی است که در شمال و شمال‌غرب استان گسترش دارند. عامل اصلی حمل رسوبات رودخانه‌ها هستند. یکی دیگر از عوامل حمل

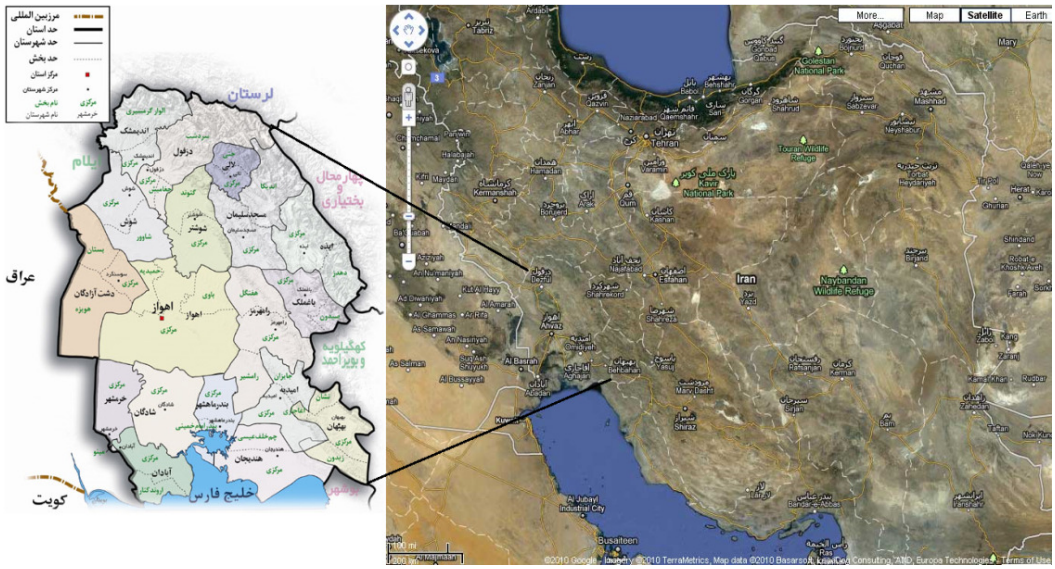
www.SID.ir

Archive of SID

رسوبات در این منطقه بادها هستند، که مواد همراه خود را به صورت لس‌ها و تلماسه‌ها بر جای می‌گذارند. بخش کوهستانی خوزستان با روند شمال‌غرب و جنوب‌شرق قسمتی از رشته کوه‌های زاگرس است که چون حصاری دشت خوزستان را از بخش مرتفع جدا می‌سازد. طبق نظر (اشتوکلین ،۱۹۶۸) زاگرس را از نظر ساختمانی به سه منطقه مجزا تقسیم کرده است، این بخش ازکوه‌های زاگرس قسمتی از منطقه چین‌خورده زاگرس است و شامل سکانسی بسیار ضخیم از سنگ‌های رسوبی با محدوده سنی پرکامبرین تا هولوسن است.

زیر پهنهٔ چین‌خورده، شامل: نواحی جای گرفته میان راندگی گذر کرده از جنوب اشترانکوه – زردکوه – دهنگان – سبز و تا لبهٔ جنوبی تاقدیس‌های سوسنگرد – آب‌تیمور – منصوری است که به نام‌های کمربند چین‌خورده (اشتوکلین، ۱۹۶۸)، زون سادهٔ چین‌خورده (فالکن، ۱۹۷۴) و کمربند چین‌خوردهٔ کوهستانی (فاور، ۱۹۷۵) از آن یاد می‌شود. داده‌های موجود نشانگر آن است که چین‌خوردگی این بخش از زاگرس به لحاظ تأثیر گسل‌های پی‌سنگی، حضور گنبدهای نمکی، راندگی‌های پنهان، فروافتادگی‌ها و خمش‌ها چندان ساده نیست، به گونه‌ای که نام زاگرس چین‌خورده و گسلیده بهتر است.

در این زیر پهنـــه، پوشش رسوبی روی پی‌سنگ به صورت تاقدیس‌ها و ناودیس‌هـای کشیده در راستـــــای NW - SE است که صفحه‌های محوری آن‌ها مارپیچ مانند تاب‌خورده و به چین‌ها سیمای زیگموییدال باز داده است. اگرچه روند عمومی ساختارها، NW - SE هستند و روند زاگرس دارند ولی رسوب‌های شکل‌پذیر میوسن، عملکرد گسل‌های پی‌سنگ، تغییر جهت بُردار حرکتی صفحهٔ عربستان نسبت به ورق ایران و سرانجام حرکت گنبدهای نمکی تغییراتی را در سیستم و روند کلی چین‌ها به وجود آورده‌اند. بیش‌ترین دگرشکلی‌های محلی در مجاورت گنبدهای نمکی به ویژه در کنار دو گسل کازرون و میناب، دیده می‌شود که حرکت‌های راستگرد آن‌ها منجر به تشدید حرکت چرخشی و خمیدگی ساختاری در روند چین‌ها شده است (آقانباتی ،۱۳۸۳). در شکل ۲ سازند های زمین‌شناسی استان خوزستان ذکر گردیده است.



شکل ۱. موقعیت استان خوزستان

نتایج

بارش: داده‌های بارندگی به صورت یک نقطه اندازه‌گیری می‌باشند. از این‌رو لازم است تا به صورت مساحت حوضه بیان شوند. در این پژوهش از روش خطوط هم‌بارش که دقت بیش‌تری دارد، استفاده شده است. برای رسم خطوط هم‌بارش از مدل رقوم ارتفاعی منطقه استفاده شده است. در مرحله بعد گرادیان بارش سالانه بر مدل رقومی ارتفاعی اعمال گردیده است تا مدل رقومی متوسط بارش سالانه بدست آید (شکل ۳ الف). به دلیل ایـنکه آب فاکـتور اصلی در توسعه کارسـت و انحلال

www.SID.ir

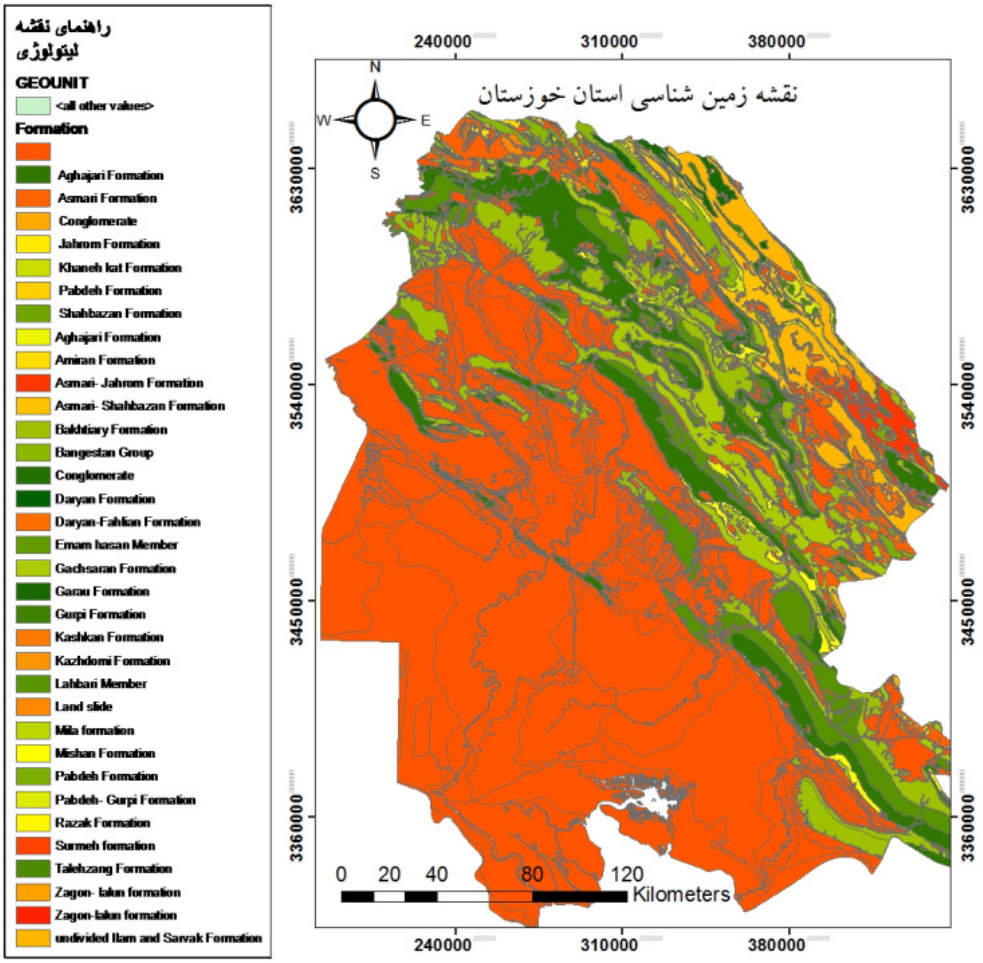
Archive of SID

می‌باشد از ارجحیت بیش‌تری برخوردار می‌باشد. تاثیر نوع بارش به دلیل نبود سازوکاری برای اندازه‌گیری آن در نظر گرفته نشده است. مقادیر بارش با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی استان بدست آمده است.

لیتولوژی: نوع سازند در کارستی شدن تاثیر بسزایی دارد. واحدهای لیتولوژی استان خوزستان در شکل ۳ ب ارائه گردیده است. پس از بررسی سازندها در توسعه کارست به هر واحد لیتولوژی وزن مناسبی اختصاص داده شده است. از آنجاییکه هدف مطالعه بررسی کارست در سازندهای آهکی می‌باشد از انحلال‌پذیری سازندهای نمکی و گچی صرف نظر شده است.

تراکم فراوانی شکستگی‌ها: گسل‌ها، درزه‌ها و شکاف‌ها به طور قابل‌ملاحظه‌ای بر هیدروژئولوژی سنگ‌های کربناته موثر هستند. زیرا باعث انتقال و انحلال سازندهای انحلال‌پذیر و توسعه کارست می‌شوند. نقشه تراکم شکستگی‌ها به کمک نقشه گسل‌های استان در محیط ARCGIS تهیه شده است (شکل ۳ ج). در واقع هر فراوانی شکستگی‌ها بیش‌تر باشد امکان انتقال و انحلال آب بیش‌تر می‌باشد.

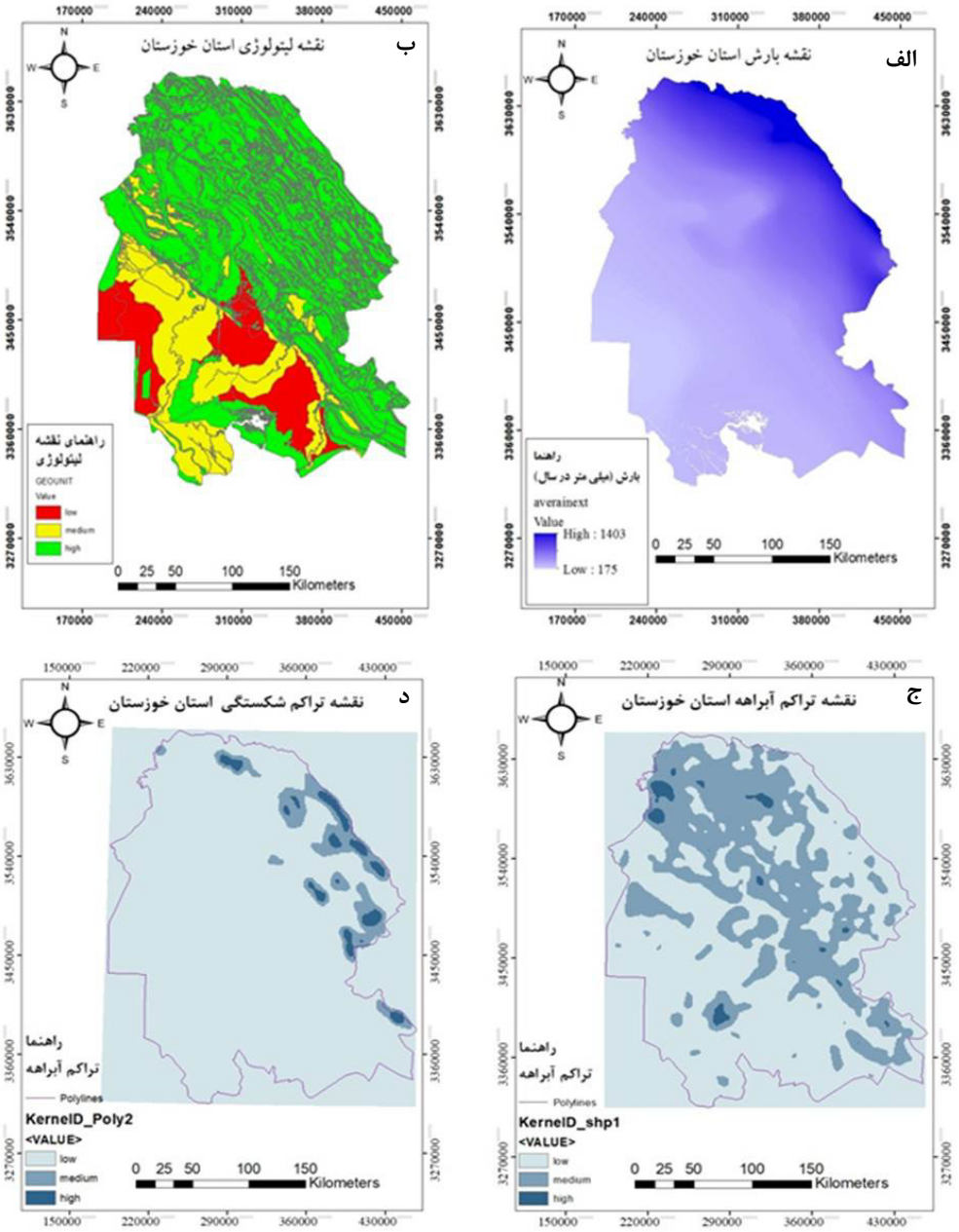
تراکم آبراهه: تراکم آبراهه نشان‌دهنده فاصله بین آبراهه‌ها و ماهیت سازندها می‌باشد. هر چه تراکم آبراهه بیش‌تر باشد قدرت زهکشی آن افزایش می‌یابد. تراکم آبراهه وابسته به میزان نفوذ آب باران در منطقه می‌باشد. مناطق با تراکم بیش‌تر آبراهه پتانسیل بیش‌تری برای آب‌های زیرزمینی می‌توانند داشته باشند. در مورد نقش رده‌های آبراهه‌ها بر روی منابع آب زیر زمینی مطالعات متعددی صورت گرفته است رده‌های ۳ به بالا برای منابع آب مناسب دانسته شده‌اند (ساعتی، ۱۹۸۰). نقشه تراکم آبراهه‌های رده ۲ و ۳ با استفاده از اطلاعات آبراهه استان در محیط ARCGIS تهیه شده است (شکل ۳ د).



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی استان خوزستان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳. الف) متوسط بارش سالانه بر حسب میلی‌متر، ب) نقشه لیتولوژی (میزان سازند آهکی)، ج) تراکم آبراهه‌های استان خوزستان، د) نقشه تراکم شکستگی‌های استان خوزستان

شیب: شیب توپوگرافی از عوامل موثر موفولوژیکی بر توسعه کارست می‌باشد. با توجه به اینکه شیب‌های کم فرصت نفوذ بیش‌تر آب را فراهم می‌کنند شیب‌های کمتر ارزش کمتری در توسعه کارست خواهند داشت. با افزایش ارتفاع در یک منطقه پتانسیل توسعه کارست به دلیل افزایش گرادیان هیدرولیکی افزایش یابد (زروش و همکاران، ۱۳۹۳). نقشه شیب به کمک مدل رقومی ارتفاعی در محیط GIS بدست آمده است (شکل ۴ الف).

پوشش گیاهی: پوشش گیاهی به لحاظ پراکندگی آن بر روی فرایند کارستی شدن موثر می‌باشد. امکان نفوذ بیش‌تر آب و جذب آب توسط گیاهان از عوامل موثر در میزان کارستی شدن می‌باشد. پوشش گیاهی انبوه می‌تواند به توسعه کارست کمک کند. در مناطق جنگلی میزان نفوذ آب زیاد بوده بنابراین در مواقع‌بارندگی باعث کاهش رواناب می‌شوند و بیش‌تر آب به د اخل زمین نفوذ می‌کند (زروش و همکاران، ۱۳۹۳). نقشه

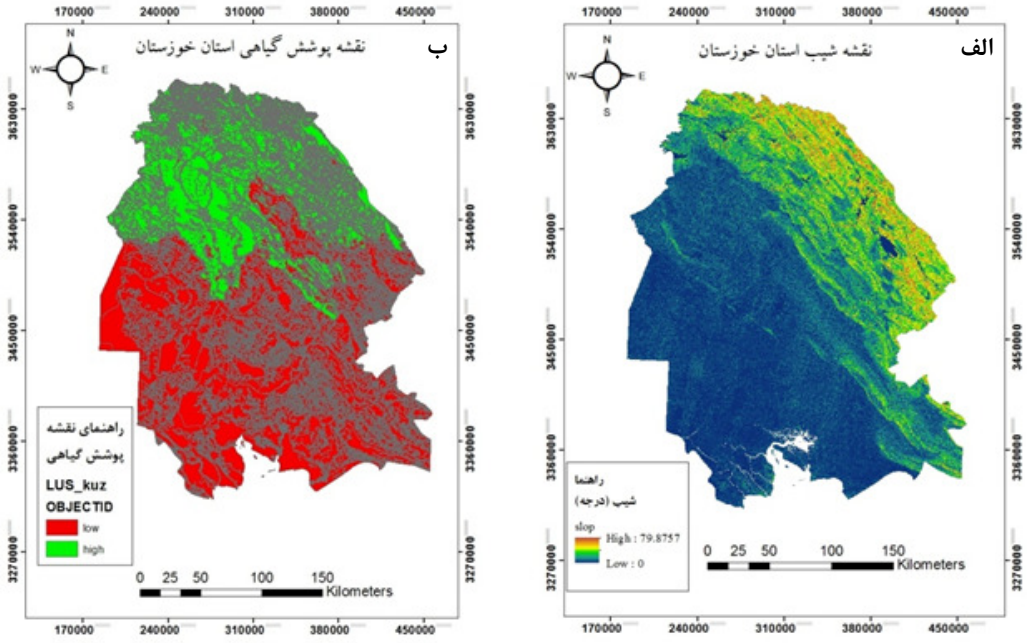
www.SID.ir

Archive of SID

پراکندگی پوشش گیاهی استان به کمک نقشه کاربری اراضی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان در محیط ARCGIS تهیه شده است (شکل ۴ ب).

دما: با افزایش دما میزان انحلال گاز کربنیک در آب کاهش یافته، در نتیجه میزان انحلال‌پذیری سنگ‌های کربناته با افزایش دما کاهش می‌یابد. بنابراین دماهای پایین ارزش بیش‌تری در پتانسیل‌یابی کارست خواهند داشت. با توجه به اینکه لایه دمایی با روند ایجاد کارست در منطقه همخوانی کمی نشان می‌دهد و اعتبار چندانی ندارد، از لحاظ نمودن آن خودداری شده است.

PH آب‌های کارستی در حالت عادی به دلیل وجود کربنات و بی‌کربنات قلیایی بوده و در تشکیل کارست تاثیر چندانی نخواهد داشت.



شکل ۴. الف) نقشه شیب استان خوزستان، ب) نقشه پوشش گیاهی استان خوزستان

استانداردسازی لایه‌ها

روش[1] AHP در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی مطرح گردیده است. این روش یکی از تکنیک‌های کارآمد در تصمیم‌گیری‌های چند متغیره می‌باشد. در این روش معیارها دو به دو به صورت زوجی با هم مقایسه شده و اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر تعیین می‌گردد. برای ارزش‌گذاری معمولا از یک مقیاس فاصله‌ای از یک تا نه استفاده می‌شود. در این روش براساس اهمیت هر پارامتر به آن وزنی اختصاص داده شده است. مقادیر وزن‌های اختصاصی بین صفر و یک متغیر می‌باشد. هر چه مقدار ارزش داده شده بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده اهمیت و ارجحیت بیش‌تر عنصر سطری نسبت به عنصر ستونی است. به طوری که ارزش نه بیانگر کاملا مرجح یا کاملا مهم‌تر و ارزش یک بیانگر با ارجحیت و اهمیت یکسان است (جدول ۱). هرچه تاثیر پارامتر مربوطه در کارستی شدن بیش‌تر باشد ارجحیت و وزن بیش‌تری به آن اختصاص داده می‌شود. در این روش وزن‌دهی براساس تجربه افراد صورت می‌گیرد. پارامترها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و میزان اهمیت هر یک نسبت به هم در یک ماتریس وارد می‌گردد (ساعتی، ۱۹۸۰). از این رو جهت استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی از روش AHP استفاده شده است.

عوامل ایجاد کارست در استان خوزستان را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود. گروه اول: میانگین بارش سالانه، جنس سازندها و تراکم شکستگی‌ها می‌باشد. گروه دوم: شیب، پوشش گیاهی و تراکم آبراهه‌ها می‌باشد. همان طور که آشکار است گروه اول اهمیت بیش‌تری در توسعه کارست دارند. ماتریس گروه اول در جدول ۲ و ماتریس گروه دوم در جدول ۳ آورده شده است.

[1] Analytical Hierarchy Process (AHP)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. ارزش‌گذاری ارجحیت در ماتریس مقایسه زوجی

مقدار ارزش (امتیاز)	درجه اهمیت در مقایسه زوجی
۱	با اهمیت و ارجحیت یکسان
۳	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر
۵	ارجحیت زیاد
۷	ارجحیت خیلی زیاد
۹	کاملا مرجح یا کاملا مهم‌تر

جدول ۲. ماتریس زیرگروه اول (به روش AHP)

لایه‌ها	متوسط بارش سالانه (mm)	لیتولوژی	فراوانی تراکم شکستگی‌ها
متوسط بارش سالانه (mm)	۱	۲	۲
لیتولوژی	۰.۵	۱	۲
فراوانی تراکم شکستگی‌ها	۰.۵	۰.۵	۱

جدول ۳. ماتریس زیرگروه دوم (به روش AHP)

لایه‌ها	شیب	تراکم آبراهه	پوشش گیاهی
شیب	۱	۱	۱/۲
تراکم آبراهه	۱	۱	۱
پوشش گیاهی	۰/۸۳	۱	۱

یکی از مزایای روش AHP بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین اهمیت نرخ سازگاری[1] برای معیارها می‌باشد. این نرخ گویای درجه صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است (ساعتی، ۱۹۸۰). چنانچه نرخ مذکور برابر و کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان ارزش‌گذاری‌ها و مقایسات را خوب و صحیح دانست، در غیر این صورت ارزش‌گذاری‌ها بایستی دوباره انجام یا اصلاح شود (چانگا و همکاران، ۲۰۰۷، دی و رامچاران، ۲۰۰۰). نرخ سازگاری از طریق محاسبه شاخص سازگاری[2] بدست می‌آید که در رابطه (۱) آورده شده است.

$$CI=\Sigma \lambda \max-n \qquad (۱)$$

که در این رابطه: $\lambda \max$ عنصر بردار ویژه و n تعداد معیارها می‌باشد. عنصر بردار ویژه از رابطه (۲) بدست می‌آید.

(۲) $\lambda \max$ = وزن معیار / سطر ماتریس ارزش‌گذاری ستون وزن‌ها

$\lambda \max$ باید به تعداد معیارها و برای همه آن‌ها محاسبه شده و سپس از مجموع آن‌ها در رابطه (۱) CI حاصل می‌شود. شاخص دیگر، شاخص تصادفی است که توسط ساعتی و هارکر، متناسب با تعداد معیارها، به شرح جدول (۴) محاسبه و ارائه شده است. نهایتا نرخ سازگاری از رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$CR=CI/RI \qquad (۳)$$

در مرحله بعد وزن‌های اختصاص داده شده نرمالیزه شده و در محیط GIS به پارامتر مربوطه اختصاص داده می‌شود. نقشه‌های لیتولوژی و کاربری اراضی به دلیل کیفی بودن طی روش سلسله مراتبی به لایه‌های رستری تبدیل می‌شوند. سپس در ادامه نیز از این روش برای وزن‌دهی کل پارامترهای موثر در کارستی شدن استفاده شده است.

وزن‌دهی به روش AHP

برای این منظور گروه اول و گروه دوم زیرگروه‌ها به صورت جداگانه وزن‌دهی شده و سپس در نهایت دو گروه نسبت به هم وزن‌دهی می‌شوند. مقادیر وزن‌ها در هر لایه در محیط GIS ضرب شده و لایه هر گروه بدست آمده و دو لایه نهایی دوباره در محیط GIS وزن‌دهی شده و لایه نهایی بدست می‌آید. در جدول ۵ ماتریس گروه‌های ۱ و ۲ آورده شده است. مقادیر وزن محاسبه شده برای هر زیر گروه به ترتیب در جدول‌های ۶ و ۷ و وزن هر گروه در جدول ۸ آورده شده است. شاخص سازگاری (CI) در گروه

1 Consistency Rate (CR)
2 Consistency Index (CI)

www.SID.ir

Archive of SID

اول ۰/۰۲۶۷، در گروه دوم ۰/۰۱۳۸ و در مجموع زیر گروه‌ها صفر می‌باشد. مقدار نرخ سازگاری (CR) در گروه اول ۰/۰۴۶، در گروه دوم ۰/۰۲۳۷ و در مجموع زیر گروه‌ها صفر می‌باشد. نهایتا در شکل ۵ لایه نهایی حاصل از ترکیب گروه اول و دوم آورده شده است. با توجه به شکل ۵ قسمت‌های سبز رنگ در محدوده شمال‌شرق استان خوزستان پتانسیل تشکیل کارست داشته و در واقع این مناطق مستعد تشکیل منابع آب زیرزمینی می‌باشند. برای بررسی درستی این ادعا در ادامه مقاله به بحث در مورد صحت آن پرداخته می‌شود.

جدول ۴. شاخص‌های تصادفی برای ماتریس‌های n بعدی

تعداد معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵

جدول ۵. ماتریس زیرگروه‌ها (به روش AHP)

زیر گروه‌ها	گروه اول	گروه دوم
گروه اول	۱	۱/۵
گروه دوم	۰/۶۷	۱

جدول ۶. وزن‌دهی زیرگروه اول (به روش AHP)

نام زیرگروه	وزن
میانگین بارش سالانه (mm)	۰.۴۱
لیتولوژی	۰.۳۵۵
فراوانی تراکم شکستگی‌ها	۰.۲۳۵

جدول ۷. وزن‌دهی زیرگروه دوم (به روش AHP)

نام زیرگروه	وزن
شیب	۰.۳۳
تراکم آبراهه	۰.۳۸
کاربری اراضی	۰.۲۹

جدول ۸. وزن‌دهی گروه‌ها (به روش AHP)

نام گروه	وزن
گروه اول	۰.۶۹
گروه دوم	۰.۳۱

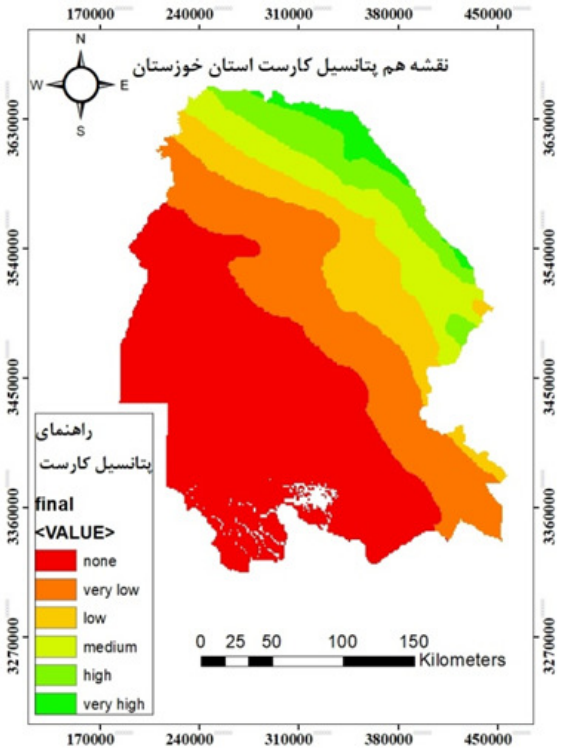
صحت‌سنجی

پس از تهیه هر مدل لازم است که نتایج بدست آمده با توجه به واقعیات و اطلاعات موجود پیرامون آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد به عبارتی باید نقشه پهنه‌بندی بدست آمده صحت‌سنجی شود. در غیر این صورت اعتماد به نتایج پهنه‌بندی با تصمیم‌گیری جهت انجام مراحل بعدی مطالعات، از جمله اکتشافات ژئوفیزیکی و حفاری‌های اکتشافی، از شانس موقعیت کمتری برخوردار گردیده و ریسک سرمایه‌گذاری برای انجام مطالعات مذکور بالا خواهد بود. در چنین شرایطی نتایج پهنه‌بندی در هاله‌ای از ابهام و عدم اطمینان قرار گرفته و نه تنها کمک به صرفه جویی در وقت و هزینه نمی‌کند بلکه باعث گمراهی مطالعات و افزایش هزینه‌ها خواهد شد.

برای صحت‌سنجی از موقعیت چشمه‌های بزرگ و واحدهای آبدار کارستی مانند تاقدیس‌ها در منطقه استفاده شده است. در این مقاله چشمه بی‌بی ترخون یا تلوک، چشمه سبزآب یا چشمه بزرگ، چشمه‌های آرپناه، تاقدیس لیلی و کی نو و کمارون در منطقه مورد مطالعه جهت صحت‌سنجی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. البته با توجه به وسعت استان خوزستان به دلیل کمبود اطلاعات تنها از این موارد ذکر شده برای صحت‌سنجی استفاده شده است. در صورتی که می‌بایستی از اطلاعات بیش‌تری برای صحت‌سنجی استفاده شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. نقشه هم‌پتانسیل کارست استان خوزستان

چشمه بی‌بی ترخون یا تلوک

چشمه بی‌بی ترخون یا تلوک در مختصات "۴۶/۵۹ '۱۷ °۳۲ و "۲۵/۰۹ '۱۹ °۴۹ در مرز شهرستان اندیکا و لالی قرار دارد و هم اکنون برای آب شرب لالی از آن استفاده می‌گردد. تصاویری مربوط به محل چشمه بی‌بی ترخون یا تلوک اندیکا در شکل ۶ آورده شده است. سنگ مخزن چشمه بی‌بی ترخون از آبخوان کارستی کوه ادیو واقع در یال جنوب‌غربی تاقدیس پابده می‌باشد. این چشمه در دهانه تنگ بابا احمد واقع گردیده و از واریزه‌های خرد شده آهکی حاصل از زمین‌لغزش در سازند آسماری خارج می‌گردد. آب چشمه از ۱۸ دهانه قابل تشخیص خارج می‌شود که فاصله بین اولین و آخرین دهانه چشمه ۵ متر می‌باشد. تراز دهانه چشمه از ۴۱۷ تا ۴۲۰ متر متغیر است. آب چشمه به رودخانه تلوک وارد می‌شود. در دوره مرطوب آب چشمه بی‌کربنات کلسیم و در دوره خشک از نوع کلروره می‌باشد. آب‌های زیرزمینی متعلق به چشمه در حفره‌های کارستی و فضای بین درزه‌ها و شکاف‌ها در کوه ادیو قرار دارد. این کوه بخشی از تاقدیس پابده بوده و شیب لایه‌ها به سمت جنوب‌غربی می‌باشد.

اطلاعات مربوط به این چشمه توسط سازمان آب و برق خوزستان در فاصله سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ دریافت گردیده است. براین اساس پارامترهای مهم آبی برای این چشمه به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته است. دبی آب این چشمه در بازه زمانی مطالعه شده نوسان فراوانی داشته است به صورتی که در کمترین حالت خود در اسفند ماه سال ۱۳۸۶ به ۰/۲۱ لیتر بر ثانیه رسیده است و در بهترین حالت در دی ماه سال ۱۳۸۵ به بهترین حالت خود رسیده که برابر با ۴۶/۱ لیتر بر ثانیه می‌رسد. EC این چشمه در پایین‌ترین مقدار آن در بهمن ماه سال ۱۳۸۲ به مقدار ۳۲۸ میلی‌گرم بر لیتر رسیده است که این مقدار برای شرب مناسب می‌باشد. EC آب این چشمه در بالاترین حالت در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ به عدد ۱۵۵۸ میلی‌گرم بر لیتر رسیده است که این عدد می‌تواند تحت تاثیر خشکسالی ایجاد شده باشد. براساس پارامتر TDS که ناخالصی‌های موجود در آب را نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان ناخالص در بهمن سال ۸۲ ثبت شده است که برابر با ۱۹۵ میلی‌گرم بر لیتر است و بیش‌ترین مقدار ثبت شده در شهریور ماه سال ۱۳۸۶ است که برابر با ۸۱۰۹ میلی‌گرم بر لیتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۶. الف) نمایی از محل چشمه بی‌بی ترخون اندیکا، ب) نمایی از محل چشمه بی‌بی ترخون در مرز شهرستان لالی و اندیکا

HCO3 پارامتری است که بالاترین مقدار آن در آبان ماه سال ۱۳۹۰ بود که برابر با ۴/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد همین‌طور کمترین مقدار HCO3 در آب چشمه بی‌بی ترخون مربوط به بهمن ماه سال ۱۳۸۰ است که مقدار آن برابر با ۴/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر ثبت گردیده است. Ca یکی از عناصری است که باعث سختی آب در چشمه می‌گردد. کمترین میزان این عنصر در آبان سال ۱۳۸۲ بوده که برابر با ۱/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد همین‌طور بیش‌ترین میزان این عنصر در آبان سال ۱۳۸۸ به ثبت رسیده است. نکته جالب این است که هر دو مقدار بیشینه و کمینه مربوط به آبان ماه می‌باشد که در یکی آبان ماه خشک سالی بوده و در دیگری ترسالی بوده است.

میزان کلر در آب این چشمه در فصول پر آب بیش‌تر بوده و در فصول خشک کمتر می‌شود در کمترین حالت کلر در شهریور ۱۳۸۹ برابر با ۰/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر است و در بیش‌ترین حالت در آذر ماه سال ۱۳۸۴ مقدار این عنصر در آب به ۹/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد.

SO4 کمترین مقدار آن مربوط به مهرماه سال ۱۳۸۹ است که برابر با ۰/۰۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده است و بیش‌ترین مقدار این ماده در دی ماه سال ۱۳۸۶ بوده که برابر ۴/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر است.

در این آمار بیش‌ترین سختی در سال مرداد ماه سال ۱۳۸۹ به ثبت رسیده است و برابر با ۲۴۳/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. هم‌چنین کمترین سختی ثبت شده برای آب چشمه بی‌بی ترخون مربوط به مرداد ماه سال ۱۳۸۲ می‌باشد که مقدار آن ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است (آب و برق خوزستان، مهندسین مشاور سازآب پردازان، ۱۳۹۴).

چشمه سبزآب یا چشمه بزرگ

چشمه سبز آب یا چشمه بزرگ پرآب‌ترین چشمه کارستی استان خوزستان می‌باشد. این چشمه در پایین دست تکیه‌گاه راست سد شهید عباسپور قرار دارد. جنس سنگ مخزن آن از سازند آهکی-دولومیتی آسماری می‌باشد. آبخوان‌های کارستی حوضه آبریز چشمه سبزآب عمدتا در سازندهای آهکی ایلام-سروک و آهکی-دولومیتی آسماری می‌باشند.

چشمه‌های آرپناه

این چشمه‌ها از یال جنوب‌غربی تاقدیس سرخبود خارج می‌شوند. سنگ مخزن چشمه‌های آرپناه سازند آهکی ایلام-سروک می‌باشد. این چشمه‌ها از سازند گورپی خارج می‌شوند.

تاقدیس لیلی و کی‌نو

تاقدیس‌های کارستی لیلی و کی‌نو در بیش‌تر قسمت‌ها با هم ادغام شده‌اند. به صورتی که تفکیک واحدهای آبدار کارستی از هم دشوار است. این واحدها یکی از مهم‌ترین منابع تغذیه چشمه‌های کارستی سبزآب و بی‌بی ترخون می‌باشد.

تاقدیس کمارون

این تاقدیس یکی از مهم‌ترین حوضه‌های کارستی پرآب در استان خوزستان می‌باشد. به طوری که شرایط مناسبی را برای احداث سد شهید عباسپور فراهم کرده است.

با بررسی وضعیت زمین‌شناسی این چشمه‌ها و تاقدیس‌ها و مدل کارست منطقه انطباق بسیار خوبی بین مدل پیشنهادی و حوضه آبریز چشمه‌ها و تاقدیس‌ها بدست

www.SID.ir

Archive of SID

آمده است (آب و برق خوزستان، مهندسین مشاور سازآب پردازان، ۱۳۹۴).

بحث و نتیجه‌گیری

روش AHP بر مبنای قضاوت‌های کارشناسی در پیش‌بینی دقیق‌تر پدیده کارستی شدن و مطالعه منابع آب می‌تواند کمک شایانی بنماید. با توجه به خروجی نرم‌افزار ARCGIS، بخش‌های سبز رنگ در شکل ۵ بالاترین پتانسیل کارستی شدن را نشان می‌دهند. در واقع می‌توان گفت این مناطق مستعد تشکیل منابع آب زیرزمینی می‌باشند. البته به منظور دفاع از این ادعا نیاز به صحت‌سنجی مکان‌های مستعد کارستی شدن می‌باشد. با توجه به اینکه هدف این مقاله نهایتا ارزیابی وجود آب در مناطق کارستی است و بررسی برخی از اشکال کارستی کمک چندانی در یافتن منابع آب نمی‌کند و از طرفی این بررسی در سطح استان خوزستان کار بسیار وسیع و طاقت‌فرسا است از بررسی این اشکال چشم پوشی شده است. در این مقاله بررسی چشمه‌های بی‌بی ترخون یا تلوک، چشمه سبزآب یا چشمه بزرگ، چشمه‌های آرپناه، تاقدیس لیلی و کی‌نو و کمارون صحت بررسی انجام شده را تایید می‌نمایند. این چشمه‌ها در محدوده سبز رنگ شکل ۵ قرار گرفته‌اند و احتمال توسعه کارست را افزایش می‌دهند. بررسی چشمه‌های بیش‌تر در این مناطق می‌تواند صحت بررسی انجام شده را دو چندان نماید. هم‌چنین پیشنهاد می‌گردد از روش‌های تحلیلی دیگر هم‌چون Fuzzy AHP که به صورت تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد استفاده شود. این کار باعث افزایش دقت نقشه‌های حاصل می‌گردد. با افزایش دقت نقشه‌های حاصل می‌توان در گام بعدی عملیات ژئوفیزیک و حفر گمانه‌های اکتشافی را با دقت بیش‌تر در این مناطق پی‌جویی نمود.

منابع

آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۷ ص.

آب و برق خوزستان، مهندسین مشاور سازآب‌پردازان (۱۳۹۴)، مطالعه منابع آب شهرستان اندیکا، ۲۳۴ ص.

زروش، ن.، واعظی، عبدالرضا، کریمی، ح (۱۳۹۳) ارزیابی پتانسیل توسعه کارست در تاقدیس کبیرکوه استان ایلام با استفاده از تلفیق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سنجش از دور و GIS، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، ۱۴۴- ۱۵۷.

Amaresh, Kr., S. Singh and R. Prakash (2006) An integrated approach of Remote Sensing, geophysics and GIS to evaluation of Groundwater Potentiality of Ojhala Subwatershed, Mirzapur district, U.P., India. Map India Conference, 1-9.

Apaydin, A (2010) Relation of tectonic structure to groundwater flow in the Beypazari region, NW Anatolia, Turkey. Hydrogeology Journal, 18: 1343-1356.

Changa, K. F., Chiangb, C. M., Chouc, P .C (2007) Adapting aspects of GB Tool 200 searching for suitability in Taiwan, Building and Environment, 42: 310–316.

Dey, P. K., Ramcharan E. K (2000) Analytic Hierarchy Process Helps Select Site for limestone Quarry Expansion in Barbados, Journal of Environmental Management, 88: 1384-1395.

Khedri, A. Rezaei, M. Ashjari, J (2013) Assessing Karst Development Potential in Poyon Anticline using GIS, RS and Analytical Hierarchy Process (AHP) (in Persian). Iran-Water Resources Research, 9 (3): 37-46.

Masoud, A., Koike K (2006) Tectonic architecture through Landsat-7 ETM+/SRTM DEMderived lineaments and relationship to the hydro geologic Setting in Siwa region, NW Egypt. Journal of African Earth Sciences, 45: 467–477.

Raeisi, E (2002) Carbonate karst caves in Iran. In: Kranjc A (ed) Evolution of karst: from prekarst to cessation, Ljubljana-Postojna, 339–344.

Saaty, T. L (1980) The Analytic Hierarchy Process, Mcgraw Hill, Inc. Reprinted By Rws Publications, Pittsburgh.

Solomon, S., Ghebreaba W (2006) Lineament characterization and their tectonic significance using Landsat TM data and field studies in the central highlands of Eritrea, Journal of African Earth Sciences, 46: 371–378.

Solomon, S., Ghebreaba, W (2008) Hard-rock hydro tectonics using geographic information systems in the central highlands of Eritrea: Implications for groundwater, Journal of Hydrology, 1(2): 147–1.

Solomon, S., Quiel, F (2006) Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea, Hydrogeology Journal, 14: 729-741.

Waele, J. D., Plan, L., Audra, Ph (2009) Recent developments in surface and subsurface karst geomorphology: An introduction. Geomorphology Journal, 106: 1–8.

www.SID.ir

Archive of SID

Yeh, H. F., Lee C.H., Hsu, K. C., Chang, P. H (2008) GIS for assessment of the groundwater recharge potential zone, J Environmental Geology, 58, 185-195.

www.SID.ir

Archive of SID

the Evaluation of potential of Karst formation with hierarchy analysis method in Khozestan province

M. H. Ghobadi[1], S. S. Karrari[*2] and H. Almasikia[3]

1, 2- Dept., of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3- Geological Survey of Iran, Geological Survey of Southwest Region (center of Ahvaz)

* sajjadkarrari@yahoo.com

Recieved: 2018/2/3 Accepted: 2018/10/27

Abstract

determining the potential of karst is necessary to study the resources of karst water. This is paper the potential of karstification with use of lithology, precipitation, slop, vegetable, stream, density and frequency of fractures has been carried out with Analysis hierarchy method in ARC GIS Version 10.2 environment. In this method, the layers are compared and weighed in a pair manner. In order to the examination of layers have been considered two groups. The first group: Average rainfall annual, lithology of formations and fracture density. The second group is slope, vegetation and density stream. The first group is more important in development of karst. The two groups were separately weighed and then the two groups were compared and weighed. Translation error The highest weight in the first group was related to the average precipitation annual, and in the second group, the density of the stream had the highest weight. the first layer is attributed the weight of About 70%. The narrow strip from eastern to northeastern parts of Khozestan province has karstic potential of water sources. The validation model has been used the proposed large springs in the study area. The results show high adaptation the model with springs of basin in the area.

Keywords: Karst, ARCGIS, Potential, AHP, Khozestan

www.SID.ir