Archive of SID

در
منابع طبیعی شماره ۷۳، زمستان ۱۳۸۵
پژوهش و سازندگی

بررسی نقش عوامل ساختاری در فراوانی منابع آب در منطقه کارستی لار با استفاده از سنجش از دور و GIS

• **رحیم کاظمی**، کارشناس ارشد پژوهشی، منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
• **(مرحوم) جعفر غیومیان**، استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
• **نادر جلالی**، مربی پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: مهرماه ۱۳۸۴
E-mail: ra_hkazemi@yahoo.com

چکیده

عوامل متعددی در پدیدهٔ کارستی شدن و تشکیل منابع آب در سازندهای کربناته حائز اهمیت می‌باشند، از عوامل مؤثر در ایجاد و گسترش این پدیده می‌توان به سنگ‌شناسی، توپوگرافی، میزان نزولات، سطوح ناپیوستگی، شیب‌ها و مناطق خرد شده لایه‌ها اشاره نمود. در این پژوهش نقش عوامل ساختاری در توسعه منابع آب در منطقه لار مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا مبادرت به تهیه لایه‌های اطلاعاتی شامل شبکه هیدروگرافی، عناصر تکتونیکی، خطواره‌ها، پتانسیل کارست و منابع آب کارستیک با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، بررسی عکس‌های هوایی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای شد. لایه‌های اطلاعاتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌ها، عناصر تکتونیکی، شبکه هیدروگرافی و شیب توپوگرافی با فراوانی منابع آب کارستیک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. این روابط نشانگر نقش بارز عناصر تکتونیکی و لزوم توجه به آن در بررسی استعداد منابع آب و انتقال آبهای زیرزمینی در مناطق کارستیک می‌باشد.

کلمات کلیدی: عناصر تکتونیکی، خطواره‌ها، چشمه، کارست، RS- GIS، حوضهٔ لار

Pajouhesh & Sazandegi No: 73 pp: 33-41

Investigation the effect of structural elements on the karst water resource abundance in the LAR catchment's using RS and GIS

By:R.Kazemi, J. Ghayoumian(Passed away), N. Jalali, Soil Conservation and Watershed Management Research Center

Structural elements such as, faults, joints, folds and bedding patterns play an important role in the karstification and development of karst water resource. In this research emphasis is given to investigating whether structural elements and topographic factors, mapped using remote sensing, aerial photo interpretation and derived from the geologic map can be correlated with hydrologic phenomena. With this assumption, various types of thematic layers have been prepared and integrated in a GIS environment due to the good correlation between above mentioned factors and hydrologic phenomena it was concluded that tectonic elements have a positive influence on the groundwater occurrence and they act as transmission routs in the limestone bodies.

Key words: Structural elements, Lineament, Spring, Karst, GIS-RS, Lar Catchment

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سازندهای کارستی ۱۱ درصد از رخنمون‌های سطحی را در ایران به خود اختصاص می‌دهند (۳). با توجه به موقعیت خاص آب و هوائی ایران و کمبود بارش و همچنین توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن، منابع آب زیرزمینی از اهمیت خاص برخوردار است. از طرفی به علت محدودیت منابع آب آبرفتی از نظر کیفی و کمی و به علت گسترش وسیع سازندهای کارستی در سطح کشور، مطالعات و تحقیقات منابع آب کارست به منظور بهره‌برداری آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از مهمترین روش‌های مطالعه این سازندها بررسی عناصر مرتبط با فرآیندهای کارستی شدن (پدیده‌های ساختاری مانند گسل‌ها، درزه‌ها، چین خوردگی‌ها و زون‌های خرد شده) از طریق تفسیر عکس‌های هوائی، پردازش اطلاعات ماهواره‌ای، بررسی نقشه‌های زمین شناسی و توپوگرافی است. این بررسی‌ها می‌توانند مناطق دارای پتانسیل منابع آب در این سازندها را تعیین نموده تا کاوش‌های زیر سطحی در مناطق محدودی مورد توجه قرار گیرند. در خصوص پدیده کارستی شدن و توسعه منابع آب در مناطق کارستی تحقیقات متعددی در دو دهه اخیر صورت گرفته است.

Ford و William (۹) معتقدند که کارست‌ها در اثر عمل انحلال در مسیرهائی که توسط پدیده‌های ساختاری کنترل می‌شوند، ایجاد می‌گردند. Parizek (۱۷،۱۶)مطالعاتی را در خصوص ارتباط بین آثار خردشدگی و وجود آب زیرزمینی در سنگ‌های کربناته انجام دادند و ثابت نمودند که آثار استخراج شده از عکس‌های هوایی، نمودهای سطحی از زون‌های شکستگی می‌باشند که هوازدگی و انحلال و قابلیت هدایت بیشتری از سنگ‌های مجاور دارند. آنها نتیجه گرفتند که ظرفیت ویژه چاه‌هایی که در نزدیکی مناطق خرد شده و یا محل تقاطع آنها حفر شده‌اند ۱۰ تا ۱۰۰ برابر چاه‌های حفر شده در محدوده‌های مجاور می‌باشد.

رضائی و زمانی (۵) ارتباط بین پدیده‌های ساختاری مانند چین خوردگی، گسل، درزه، ضخامت و شیب لایه‌ها و سطوح لایه‌بندی را با پدیده‌های کارستی در ناحیه شمال اردکان فارس بررسی و نتیجه گرفته‌اند که عوامل ساختاری نقش مهمی در ایجاد و توسعه کارست منطقه ایفا می‌کنند و همچنین درز و شکاف‌های موجود در منطقه نقش غالب را در نفوذ آب به درون آبخوان دارند.

احمدی پور (۲) در بررسی هیدرولوژیکی حوضه الشتر در غرب ایران، اشاره کرده اند که جریان آب زیرزمینی در حوضه مورد نظر تحت تأثیر ساختارهای تکتونیکی موجود در منطقه است و مظهر تمام چشمه‌های کارستیک منطقه در محل تقاطع و برخورد خطواره‌های موجود واقع شده‌اند.

علیرغم کاربرد گسترده سنجش از دور در شاخه‌های مختلف علوم زمین، هیدرولوژیست‌ها با سرعت کندتری از این ابزار در کار خود بهره گرفته‌اند (۱۰). اغلب سیستم‌های سنجنده، تابش‌های انعکاسی یا بازتابی الکترومغناطیس مربوط به اعماق چند سانتیمتری سطح زمین را اندازه‌گیری می‌نمایند. لذا امکان اندازه‌گیری مستقیم ویژگی‌های آب زیرزمینی از طریق تصاویر ماهواره‌ای وجود ندارد. تنها استثناء در این خصوص مربوط به اندازه‌گیری تغییرات ذخیره آب با استفاده از تغییرات جاذبه می‌باشد (۲۱). در مناطق خشک نیز علائم راداری تا بخشی از عمق زمین نفوذ نموده و برخی از ویژگی‌های زیرسطحی را به‌طور مستقیم ثبت می‌نمایند (۱۸،۸). با توجه به محدودیت‌های فوق تحقیقات مرتبط با کاربرد سنجش از دور در منابع آب زیرزمینی به‌طور عمده به‌صورت غیر مستقیم صورت می‌پذیرد. این بررسی‌ها با استفاده از نمایانگرهای منابع آب زیرزمینی نظیر ثبت پوشش گیاهی، رطوبت خاک، ثبت درجه حرارت زمین و ... صورت می‌پذیرد. در سازندهای سخت استفاده از خطواره‌ها به عنوان نمایانگر پتانسیل منابع آب زیرزمینی مورد توجه محققین قرار گرفته است.

خدائی (۴) نقش نمایانگرهای آب‌های زیرزمینی در شناسائی منابع آب کارستی حوضه نمونه ارومیه را بررسی و مدل‌سازی نمود و اظهار می‌دارد که موقعیت محل ظهور چشمه‌ها انطباق خوبی با مناطق تعیین شده برای اکتشاف منابع آب زیرزمینی که توسط مدلسازی GIS مشخص شده است نشان می‌دهد.

Travaglia(۲۲) در بررسی منابع آب زیرزمینی از خطواره‌ها و عناصر تکتونیکی به‌عنوان یک لایه اطلاعاتی مهم استفاده کرده‌اند و به نتایج سودمندی در خصوص رابطه این عناصر با پتانسیل آبدهی چاه‌ها رسیده‌اند.

Ahmed(۷) از خطواره‌ها به‌عنوان راهنمای اکتشاف آب‌های زیرزمینی در سازندهای سخت در یک منطقه خشک و نیمه‌خشک مراکش استفاده نمود و نتیجه‌گرفت که تکتونیک روی هیدروگرافی منطقه تأثیر زیادی داشته و الگوی شکستگی نشان دهندهٔ آن است که گسل‌ها مسیر عمده برای حرکات جانبی و عمودی آبهای زیرزمینی هستند.

علی‌رغم بررسی‌های انجام شده در سطح بین المللی، تحقیقات چندانی در خصوص بررسی پتانسیل منابع آب از طریق تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در ایران صورت نگرفته است. نظر به تنوع و وسعت نهشته‌های کربناته در ایران و موقعیت خشک آن در جهان توجه خاص به پتانسیل این نهشته‌ها به منظور اکتشاف منابع شرب زیر زمینی اجتناب ناپذیر است.

هدف از این تحقیق بررسی ارتباط بین خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، عناصر تکتونیکی، شبکه هیدروگرافی و عوامل توپوگرافی با فراوانی منابع آب کارستیک در منطقه لار و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز رودخانه لار، واقع در یال جنوبی کوه‌های البرز مرکزی و ۸۵ کیلومتری شمال شرقی تهران واقع در عرض جغرافیائی ´۳۵ °۴۸ تا ´۴ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ´۳۲ °۵۱ تا ´۴ °۵۲ شرقی می‌باشد. این حوزه مرتفع ترین حوزه آبخیز کشور با حداقل ارتفاع ۲۴۰۰ متر در محل خروجی حوزه و حداکثر ۵۶۷۰ متر در قله دماوند می‌باشد.

رودخانه لار از شمال غرب به جنوب شرق منطقه جاری است ودارای ۶ شاخه اصلی می‌باشد. رودخانه‌های فرعی الرم، سفیدآب و دلیچای قسمت‌های شمالی حوزه را زه‌کشی می‌کنند و رودهای خشک‌رود، سیاه پلاس و پهنک از قسمت‌های جنوبی حوزه با روند شمالی- جنوبی و غربی - شرقی به رود اصلی لار متصل می‌شوند.

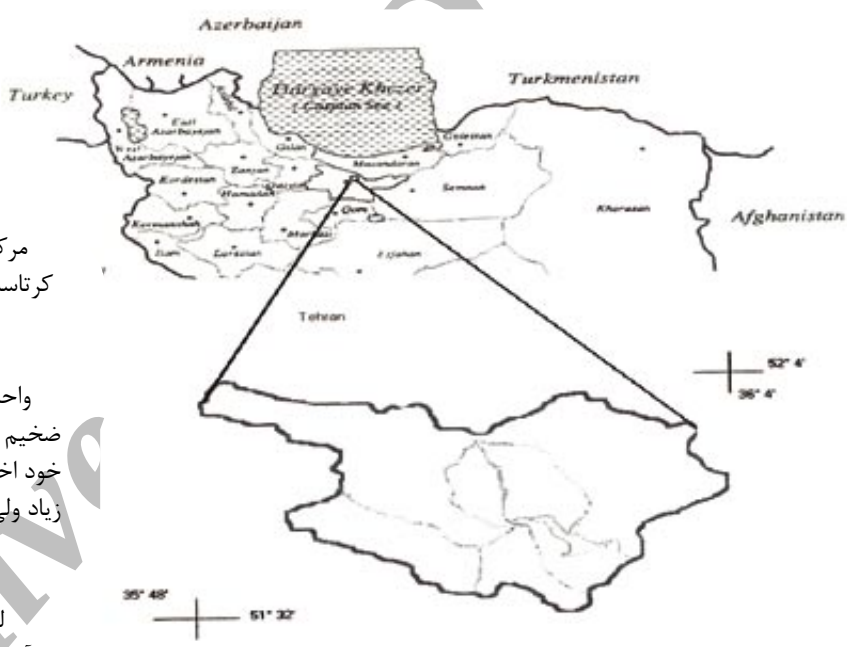
www.SID.ir

Archive of SID

آب و هـوای منطقـه مورد مطالعـه متأثر از توده هـوای مدیترانه‌ای و خزری اسـت (۶) و جزء آب و هوای سـرد و خشک یا سرد و نیمه خشک طبقه بندی میشـود. میانگین بارش سـالانه محاسبه شـده از ایستگاه‌های منطقه حدود ۶۹۷ میلی‌متر می‌باشـد. شکل شـماره ۱منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

زمین‌شناسی عمومی‌منطقه

منطقه مورد مطالعه در قسـمت میانی کوه‌های البرز واقع شده و تحت تأثیر فشارهای ناشی از کوهزائی آلپی یکسری چین خوردگی‌های متوالی و گسـل‌های متعددی با روند کلی شمال غرب-جنوب شرق در منطقه شکل



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

گرفته است. زمین‌شناسی ناحیه توسـط Stocklin (۱۹) مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس یافته‌های وی واحدهای کربناته شامل سازندهای لار-دلیچای و تیزکوه می‌باشـند این سازندها حدود ۳۳ درصد از سطح حوزه را به خود اختصاص داده‌اند و بخش عمده این نهشته‌ها در قسمت‌های میانی حوزه گسترش دارند. واحدهای سنگ‌شناسی از قدیم به جدید شامل موارد ذیل می‌باشد:

سازند شمشک

واحدهای سـنگ شناسی متعلق به سازند شمشـک متشکل از ماسه سـنگ، شیل و لایه‌های ذغال‌دار است که گسـترش محدودی در منطقه مـورد مطالعه دارد. این سـازند به‌صورت نوار باریکی در شـمال و جنوب غرب منطقه رخنمون دارد، چشـمه‌های موجود در این سازند دارای دبی ناچیز می‌باشند.

سازند دلیچای

بیرون زدگی‌های سنگی متعلق به سازند دلیچای با لیتولوژی آهک‌های ضخیم لایه، آهک مارنی و ماسـه‌ای به طور عمده در قسـمت‌های شـمالی حوزه گسـترش دارد. مرز زیرین این سـازند با سازند شمشک و مرز بالایی سازند لار می‌باشد.

آهک لار

آهک‌هـای کرم قهـوه‌ای ضخیم لایه و دولومیتی متعلق به سـازند لار با گسـترش مناسب قسـمت‌های مرکزی منطقه را پوشش می‌دهد و عمده ظاهر سـطحی کارسـت و کارن‌ها و فروچاله‌های ایجاد شـده در این واحد مشـاهده می‌شود. این واحد متعلق به ژوراسیک بالائی می‌باشـد و مرز زیرین با شمشـک و دلیچـای و مرز بالائی با آهک‌های تیزکوه هستند.

سازند تیز کوه

آهک‌های زرد متمایل به صورتی متوسـط لایه با میان لایه‌هائی از کنگلومرای پلی ژنتیک در قسـمت‌های مرکزی حوزه گسـترش مناسـبی دارند. سن سازند متعلق به کرتاسه تحتانی است.

سازند کرج

واحدهای سنگ‌شناسی متعلق به سازند کرج شامل توف‌های ضخیم لایه و شـیل می‌باشد که مرز شمالی و جنوبی حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. فراوانی چشمه‌های موجود در سازند کرج زیاد ولی اغلب با دبی کم یا به‌صورت زه آب می‌باشند.

سنگ‌های آتشفشانی دماوند

لیتولوژی سنگ‌های آتشفشانی دماوند عمدتاً شامل تراکی آندزیت‌ها می‌باشـد که حاصل فعالیت‌های دماوند اسـت. این بیرون‌زدگی‌ها مرز شـرقی حوزه را به خود اختصـاص داده‌اند. چشـمه‌های موجود در این منطقه به استثنای چند چشمه آب گرم، دارای آبدهی ناچیز می‌باشند.

نهشته‌های دریاچه‌ای

نهشـته‌های دریاچه‌ای شـامل دو واحد پائینی و بالایی است که واحد پائینی عمدتاً از سـیلت با دانه‌بندی خوب و همچنین بسـتری از ماسـه و گراول تشـکیل شـده و نهشته‌های واحد فوقانی شـامل یک سکانس افقی سیلت و ماسه با لایه‌های نازک رس و گراول است. این نهشته‌ها منتسب به رسـوب‌گذاری بعد از فوران دماوند و ایجاد دریاچه می‌باشـند. این واحد در قسمت میانی حوزه گسترش دارد.

روش تحقیق

وجود شـرایط زمین‌شناسـی (از دیدگاه جنس لایه‌های زمین)، آب به‌عنـوان عامل انحلال و تحـرکات تکتونیکی به‌عنوان تسـریع کننده و ایجاد کننده شـرایط لازم برای نفوذ آب به اعماق و شـرایط توپوگرافی

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب مهمترین پارامترهای ایجاد کننده پدیده کارستی شدن و تشکیل منابع آب در سازندهای کربناته می‌باشد. از این‌رو در این تحقیق ابتدا حوزه آبریز لار بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ رسم گردید. سپس با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ واحدهای کربناته مشخص گردیدند. مرز واحدهای سنگ‌شناسی از طریق تفسیر عکس‌های هوائی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تصویر ماهواره‌ای TM تدقیق شدند. نقشه عناصر تکتونیکی با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی و تفسیر عکس‌های هوائی تهیه گردید. نقشه خطواره‌ها با پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و عملیات بارز سازی تصویر و تفسیر چشمی‌استخراج شدند. نقشه شیب، کلاس‌های ارتفاعی و شبکه آبراهه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در محیط GIS تهیه گردیدند. نقشه موقعیت مکانی چشمه‌های منطقه با استفاده از GPS و در طی عملیات صحرائی تهیه شدند در نهایت ارتباط بین لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده و تراکم چشمه‌ها در منطقه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

لایه‌های اطلاعات مرتبط با منابع آب کارستی

لایه عناصر تکتونیکی

نظر به اهمیت تحرکات تکتونیکی در ایجاد شرایط لازم برای نفوذ آب در سازندهای سخت کربناته و تسهیل شرایط تشکیل منابع آب زیر زمینی، اقدام به تهیه نقشه عناصر تکتونیکی گردید. این نقشه شامل کلیه عناصر تکتونیکی نظیر انواع گسل‌ها، محور طاقدیس‌ها و ناودیس‌ها می‌باشد. علاوه بر آن تعدادی از عناصر تکتونیکی از طریق تفسیر عکس‌های هوائی استخراج و این نقشه تکمیل گردید. کلیه این عناصر توسط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیائی ILWIS[1] رقومی‌گردیدند. شکل شماره۲ این لایه اطلاعاتی را نشان می‌دهد.

لایه چشمه‌ها

در مطالعات هیدروژئولوژی سازندهای سخت، چشمه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و منبع مناسبی جهت بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیک سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشند. عناصر ساختاری میتوانند فرصت مناسبی برای ظهور آب زیرزمینی را در سطح زمین ایجاد کنند. با توجه به وجود فراوان چشمه در منطقه مورد مطالعه که شامل چشمه‌های دائمی، فصلی، خشک و زه آبها می‌باشند، با انجام عملیات صحرائی گسترده و همچنین با استفاده از نقشه توپوگرافی و GPS موقعیت مکانی بیش از ۴۰۰ مورد از این چشمه‌ها ثبت شد، و یک لایه رقومی از موقعیت مکانی آنها تهیه گردید. شکل شماره ۳ موقعیت مکانی چشمه‌ها را نشان می‌دهد.

لایه شیب

شیب توپوگرافی یک عامل مهم کنترل کننده سیستم جریان آب زیرزمینی است. گسترش پدیده کارست در شیب‌های کم (به‌دلیل تماس بیشتر آب با آهک) بهتر بوده و پدیده انحلال در این شیب‌ها تشدید می‌شود. برای این منظور نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه با استفاده از نرم افزار ILWIS رقومی شده و پس از تهیه مدل ارتفاعی رقومی DEM[2] نقشه شیب منطقه در کلاس‌های مختلف تهیه گردید.

لایه طبقات ارتفاعی

رفتار سنگ آهک در مقابل عوامل فرساینده و عوامل موثر در انحلال آن در ارتفاعات مختلف متفاوت است (۱). از این لایه اطلاعاتی جهت بررسی روابط بین منابع آب موجود و طبقات ارتفاعی استفاده شده است. بدین منظور اقدام به تهیه نقشه کلاس‌های ارتفاعی منطقه از روی مدل ارتفاعی رقومی DEM گردید. برای تهیه این لایه اطلاعاتی، DEM طبقه‌بندی و به‌صورت یک لایه مجزا مورد استفاده قرار گرفت.

لایه شبکه هیدروگرافی

با توجه به اینکه در بسیاری نقاط شبکه هیدروگرافی توسط منابع آب زیرزمینی و چشمه‌ها تغذیه می‌شود و با فرض احتمال تکتونیکی بودن بعضی از آبراهه‌ها و نظر به اینکه در منطقه مورد نظر شبکه گسترده‌ای از رودهای دائمی و فصلی و انشعابات مربوطه وجود دارد. برای بررسی ارتباط این شبکه با منابع آب موجود، اقدام به رقومی نمودن شبکه هیدروگرافی منطقه از روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ گردید.

لایه خطواره‌ها

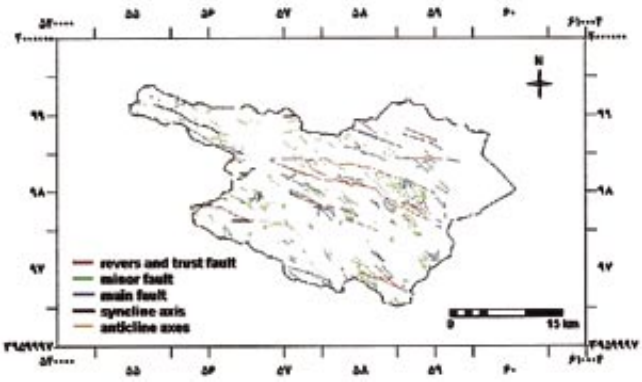
بنا به تعریف Meijerink (۱۳) خطواره عبارتست از عناصر خطی ساختمانی که به نظر می‌رسد در زون‌های شکستگی توسعه پیدا کرده‌اند و در تصاویر ماهواره‌ای یا سنجش از راه دور قابل مشاهده و ثبت می‌باشند. خطواره‌های تفسیر شده می‌توانند به منشاءهای تکتونیکی مختلف متعلق باشند. عوارض خطی توپوگرافی که توسط زون‌های خردشدگی ایجاد شده‌اند و تیغه‌های بیرون زدگی‌های سنگی نیز به‌عنوان خطواره شناخته می‌شوند.

در تحقیق حاضر به منظور بررسی اهمیت خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای در استعدادیابی منابع آب در سازندهای کارستی و بررسی روابط آنها با چشمه‌ها به‌عنوان خروجی منابع آب زیرزمینی، این لایه اطلاعاتی تهیه شده است.

تاکنون روش‌های گوناگونی برای واضح سازی و استخراج خطواره‌ها ارائه شده است که شامل الگوریتم‌های مبتنی بر روش‌های محاسباتی مانند روش‌های فیلتر کردن لبه و استفاده از عملگرهای گرادیان، آنالیز پروفیل درجه خاکستری، مورفولوژی ریاضی و روش‌های تئوری برای پردازش تصویر می‌باشد که به‌صورت اتوماتیک و نیمه اتوماتیک صورت می‌پذیرد. ولی هنوز تجربه و مشاهدات محقق در آشکارسازی و تفسیر خطواره‌ها عامل اصلی محسوب می‌گردد.(۲۴،۲۳،۲۰،۱۵،۱۲) در تحقیق حاضر برای استخراج خطواره‌ها و تهیه نقشه مربوطه، از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال ۲۰۰۰ که به‌دلیل برداشت در فصل تابستان مناسب برای بررسی‌های زمین شناسی می‌باشد استفاده شده است. ابتدا با استفاده از فیلترهای مختلف (شکل ۴) بر روی باند ۷ و همچنین بر روی میانگین باندهای ۷، ۵ و۴ نسبت به آشکارسازی خطواره‌ها اقدام شد. پس از تفسیر و استخراج چشمی‌خطواره‌ها در محیط نرم‌افزار ILWIS و پس از حذف خطواره‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی (جاده، خطوط انتقال و.....) و خطواره‌های مشکوک، اقدام به رقومی نمودن آنها بر روی صفحه مونیتور گردید. شکل شماره ۵ نقشه خطواره‌های منطقه را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: نقشه عناصر تکتونیکی

-۱	۸	۰	-۸	۱
۸	-۶۴	۰	۶۴	-۸
۰	۰	۰	۰	۰
-۸	۶۴	۰	-۶۴	۸
۱	-۸	۰	۸	-۱

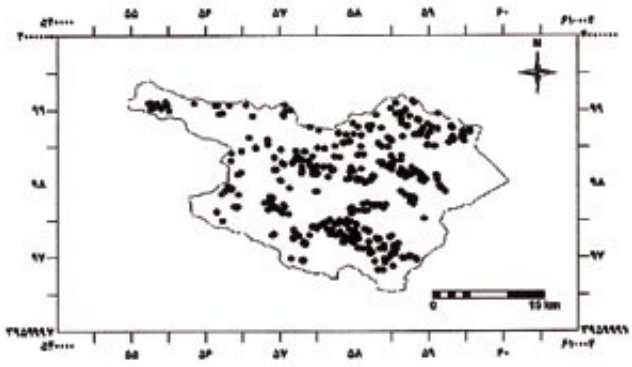
E-W		
-۱	-۲	-۱
۲	۴	۲
-۱	-۲	-۱

N-S		
-۱	۲	-۱
-۲	۴	-۲
-۱	۲	-۱

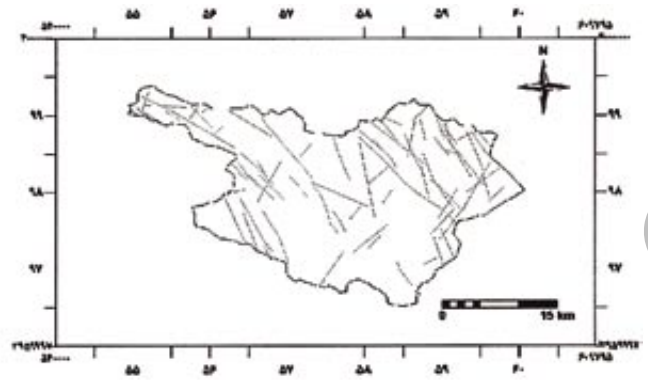
NW-SE		
۲	-۱	-۲
-۱	۴	-۱
-۲	-۱	۲

NE-SW		
-۲	-۱	۲
-۱	۴	-۱
۲	-۱	-۲

شکل ۴: برخی فیلترهای مورد استفاده در استخراج خطواره‌ها



شکل ۳: موقعیت مکانی چشمه‌های منطقه



شکل ۵: نقشه خطواره‌های منطقه مورد مطالعه

لایه پتانسیل کارست شدگی

پیدایش منابع آب زیرزمینی در آهک‌های کارستی و در دیگر سازندهای سخت غیر کربناته ناشی از عملکرد تخلخل ثانویه حاصل از زون‌های شکستگی می‌باشد با این تفاوت که در سنگ‌های کربناته به‌دلیل عملکرد پدیده انحلال در طی زمان، فرآیند تشکیل منابع آب سرعت و گسترش پیدا می‌کند. در دیگر سازندهای سخت به‌دلیل مقاومت در مقابل عمل انحلال و همچنین پرشدن درزه و شکاف‌ها توسط مواد ریزدانه منابع آب قابل توجهی تشکیل نمی‌شود.

با فرض بالا و نظر به اینکه عامل اولیه در ایجاد پدیده کارست شدگی و تشکیل منابع آب در آن، وجود سازندهای کربناته مناسب می‌باشد اقدام به تهیه لایه پتانسیل کارست شده است. مفهوم پتانسیل کارست شدگی برای نشان دادن مناطقی است که عامل اولیه ایجاد پدیده کارست را دارا می‌باشد.

به منظور آماده‌سازی این لایه، نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ منطقه با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر عکس‌های هوایی و بررسی‌های صحرایی تکمیل گردید. نقشه زمین‌شناسی نهایی در سیستم GIS رقومی شد. سپس با توجه به معیارهای جنس سنگ‌ها، ضخامت لایه‌ها و اطلاعات چینه‌شناسی، لایه احتمال پدیده کارست‌شدگی از نقشه زمین شناسی استخراج گردید. واحدهای زمین‌شناسی حوزه با توجه به لیتولوژی و پتانسیل کارست شدگی آنها در پنج گروه طبقه‌بندی شدند. رخنمون‌های آهکی با ضخامت زیاد و یا توده‌ای با سن بیشتر در کلاس کارست شدگی شدید[۳] و بیرون زدگی‌های آهکی با ضخامت کم و دارای ناخالصی مارنی با سن جدیدتر در کلاس کارست شدگی متوسط[۴] طبقه‌بندی شدند. بیرون‌زدگی‌های سازند کرج و شمشک در کلاس غیر کارست با تراوایی کم[۵] و بیرون‌زدگی‌های ولکانیکی دماوند در کلاس غیر کارست و ناتراوا[۶] قرار گرفتند. پهنه‌های آبرفتی در کلاس کواترنری تقسیم بندی شده‌اند. با توجه به این طبقه بندی نقشه پتانسیل کارست شدگی تهیه گردید. شکل شماره ۶ این نقشه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود یک واحد تقریباً پیوسته از سنگ‌های کربناته مستعد کارستی شدن که با سنگ‌های غیر آهکی با نفوذپذیری کم احاطه شده است در منطقه وجود دارد.

البته عامل‌های مهم دیگری مانند تخلخل ثانویه و ترکیب کانی شناسی وجود دارد که در ایجاد پدیده کارست نقش دارند ولی استفاده از این نوع اطلاعات با توجه به مقیاس مطالعه امکان پذیر نمی‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی الگوی خطواره‌ها در منطقه

الگوی کلی خطواره‌های مستخرج در یک دیاگرام گل‌سرخی تهیه شد. رونـد کلـی و غالب خطواره‌ها در جهت NW-SE می‌باشـد که هماهنگ با روند کلی سـاختارهای موجود در منطقه می‌باشـد. دسـته دوم خطواره‌ها کـه فراوانی کمتری دارند با روند کلی NE-SW می‌باشـند که با درزه‌های کششی ناشـی از چین‌خوردگی‌های منطقه قابل توجیه می‌باشد. در ضمن انطباق روند کلی و غالب خطواره‌ها با روند سـاختارهای موجود در منطقه، نشـان دهنده این اسـت که خطواره‌های مسـتخرج به احتمال زیاد جنبه ساختاری دارند.

نتایج

بـه منظور یافتن ارتباط میان فراوانی چشـمه‌ها بـا عناصر تکتونیکی، خطواره‌ها، عوامل توپوگرافی و زمین‌شناسـی با اسـتفاده از قابلیت نرم‌افزار ILWIS، و در محیط GIS لایه فراوانی چشمه‌ها با لایه‌های فوق‌الذکر تقاطع داده و در نهایت نتایج بدست آمده مورد بررسی قرار گرفت.

رابطهٔ بین کلاس‌های شیب و درصد وقوع چشمه‌ها

به منظور بررسی ارتباط بین میزان شیب و منابع آب ابتدا نقشه شیب طبقه‌بندی شـده و با لایه چشـمه‌ها قطع داده شده اسـت. شکل شماره ۷ نتایج، نشـان دهنده یک روند مناسب وقوع چشمه‌ها در کلاس‌های مختلف اسـت، چشمه‌ها در کلاس‌های پایین شیب تمرکز داشته و با افزایش شیب از فراوانی چشـمه‌ها کاسـته می‌گردد وجود چشمه‌ها در شـیب‌های بالاتر می‌تواند نشان دهنده، تأثیر عوامل زمین‌شناسی محلی باشد.

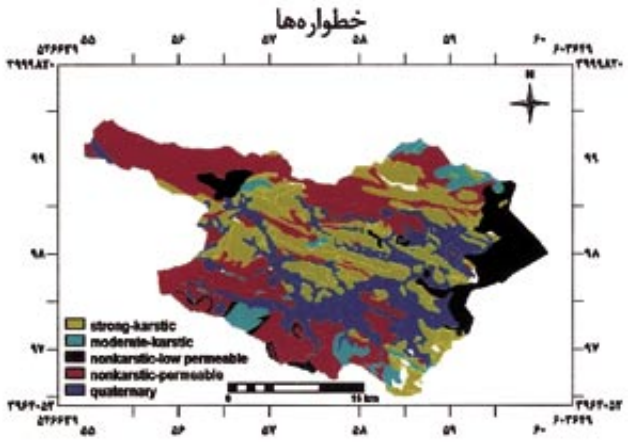
رابطه بین کلاس‌های ارتفاعی و فراوانی چشمه‌ها

لایـه مدل رقومی ارتفاعی DEM پس از کلاسـه‌بندی در فواصل ۲۰۰ متری با لایه چشمه‌ها تقاطع داده شده که نتایج روند نزولی وقوع چشمه‌ها در ارتفاع‌های پایین تا بالا را نشان می‌دهد (شکل ۸).

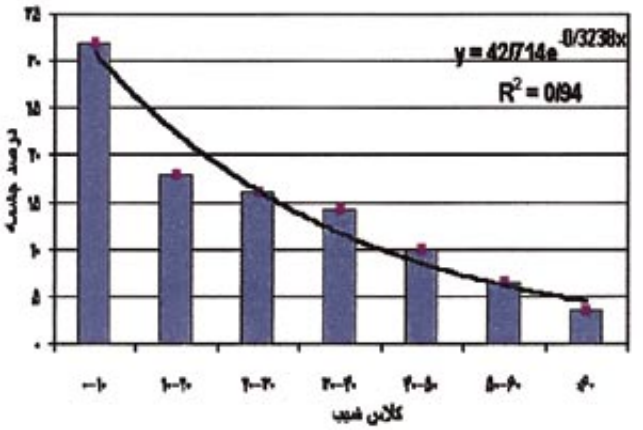
رابطه بین فراوانی وقوع چشمه‌ها و فاصله از عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها

جهت بررسـی نقش عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها در ایجاد و توسـعه منابـع آب در منطقـه، دو لایه فوق‌الذکر به‌طور مجـزا در کلاس‌های ۲۰۰ متری طبقه‌بندی شـده و نقشـه فاصله از عناصر تکتونیکـی و خطواره ها حاصل گردید. در مرحله بعدی این لایه با لایه چشـمه‌ها قطع داده شـده اسـت. نتایج نشـان دهنده وقـوع چشـمه‌ها در فواصل نزدیک بـه عناصر تکتونیکـی و خطواره‌هـا و همچنین روند نزولی کاهـش فراوانی با افزایش فاصله را نشـان می‌دهد از این موضوع می‌توان استنتاج کرد که بسیاری از عناصر تکتونیکـی می‌تواند به‌عنوان مجرای عبـور آب عمل کند همچنین فراوانی چشمه‌ها در فواصل دورتر می‌تواند توسط شرایط زمین‌شناسی محل و شکستگی‌هایی که شناسایی نشـده‌اند توجیه شود. کاهش اندک فراوانی چشـمه ها در اولین کلاس می‌تواند به‌علت خطـای اندازه‌گیری صحرایی و ناشی از مقیاس کار باشد. علاوه بر آن فرار آب از زون خرد شده و ظهور آن در منطقه دورتر از زون خردشدگی را نمی‌توان از نظر دور داشت.

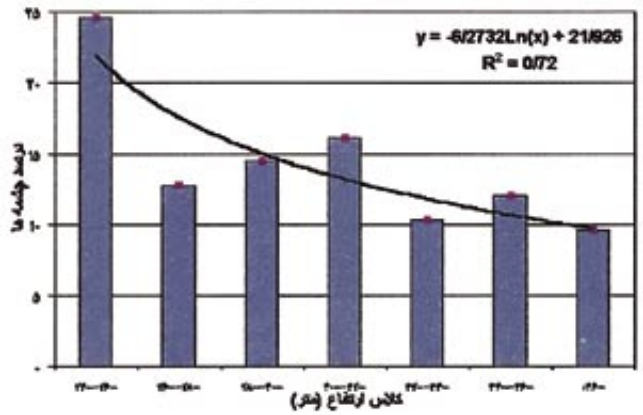
قابل توجه اینکه اختلاف اندک بین نتایج تقاطع نقشه عناصر تکتونیکی



شکل ۶: نقشه احتمال پدیده کارستشدگی



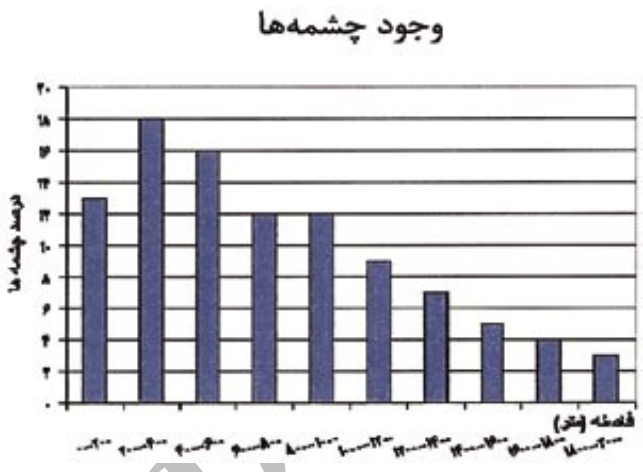
شکل ۷: رابطه بین کلاس‌های مختلف شیب و فراوانی وجود چشمه‌ها



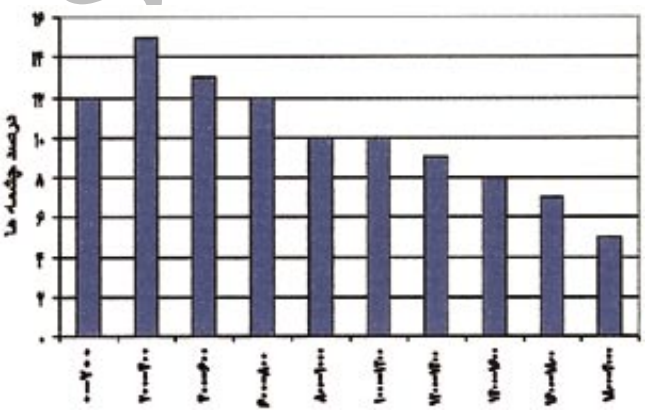
شکل ۸: رابطه بین کلاس‌های ارتفاعی و فراوانی وقوع چشمه‌ها

www.SID.ir

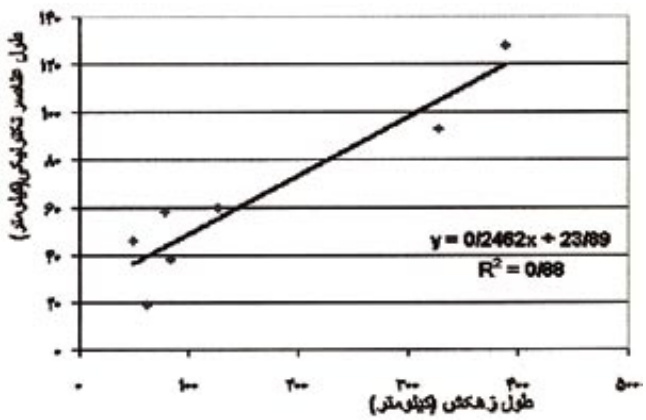
Archive of SID



شکل۹: رابطه بین فراوانی چشمه‌ها و فاصله از عناصر تکتونیکی



شکل ۱۰: رابطه بین فراوانی چشمه‌ها و فاصله از خطواره‌ها



شکل ۱۱: رابطه بین طول عناصر تکتونیکی و طول شبکه هیدروگرافی

و خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهوارهای مؤید اهمیت تفسیر و استخراج خطواره‌ها است. (شکل‌های ۹ و ۱۰)

رابطه بین طول عناصر تکتونیکی و شبکه هیدروگرافی

به منظور بررسی تبعیت شبکه هیدروگرافی از عوامل تکتونیکی، لایه عناصر تکتونیکی و شبکه هیدروگرافی به واحدهای مختلف تقسیم‌بندی و قطع داده شدند. نتایج نشان می‌دهد که رابطه مناسبی بین طول عناصر تکتونیکی و طول شبکه هیدروگرافی در منطقه وجود دارد(شکل ۱۱).

رابطه بین طول عناصر تکتونیکی و شبکه هیدروگرافی با فراوانی چشمه‌ها

با توجه به رابطه مناسب بین شبکه هیدروگرافی و عناصر تکتونیکی و با فرض تطابق عناصر تکتونیکی با زون‌های خرد شده و تبعیت چشمه‌ها از زون‌های خرد شده (۱۴) رابطه بین طول عناصر تکتونیکی و شبکه هیدروگرافی با فراوانی چشمه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نشان دهنده روند صعودی فراوانی چشمه‌ها با افزایش طول عناصر تکتونیکی و شبکه هیدروگرافی می‌باشد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

توزیع چشمه‌ها در واحدهای مختلف نقشه پتانسیل کارستشدگی

اختلاف در تعداد چشمه‌های داخل کلاس کارست شدگی شدید تا کارست شدگی متوسط و سازندهای غیر کارستی نفوذناپذیر و همچنین فراوانی زیاد در واحد آبرفتی قابل پیش بینی می‌باشد، جالب توجه، وجود فراوانی زیاد چشمه‌ها در واحد غیر کارست با نفوذپذیری کم (کارست ناتراوا) می‌باشد که البته این چشمه‌ها عمدتاً با دبی ناچیز و یا به صورت زه‌آب می‌باشند (شکل ۱۴). بررسی این پدیده توسط Kazemi(۱۱) نشان داد که نه مورد چشمه کارستیک ۷۶ درصد کل دبی چشمه‌ها در منطقه لار را تشکیل می‌دهند. از طرف دیگر در فصول خشک شش چشمه کارستیک ۶۸ درصد کل دبی رودخانه‌های منطقه را به‌خود اختصاص می‌دهند.

رابطه بین فراوانی چشمه‌های داخل واحدهای آهکی و فاصله از مرز لایه آهکی

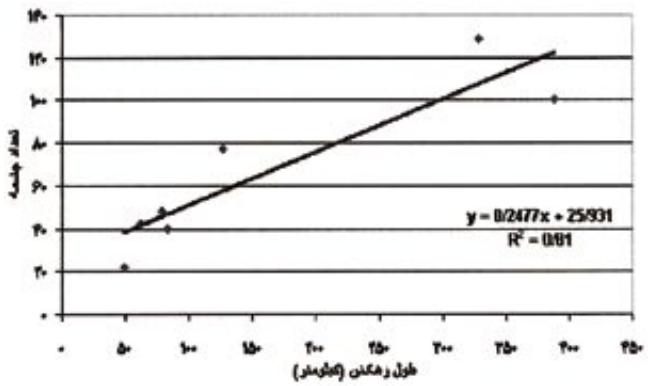
رابطهٔ بین فراوانی چشمه‌های داخل واحدهای آهکی و فاصله از مرز لایه آهکی در شکل ۱۵ ارائه شده است بررسی این رابطه نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از مرز لایه آهکی از فراوانی چشمه‌ها کاسته می‌شود. البته این با اختلاف لیتولوژیک بین آهک با دیگر سنگ‌ها و ایجاد زون خردشدگی در مرز بین لایه‌ها قابل توجیه است. لازم به توضیح است در شکل ۱۵ چشمه‌هایی که فاصله‌ای بیش از ۴۰۰ متر از مناطق کارستیک داشته‌اند مد نظر قرار نگرفته‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

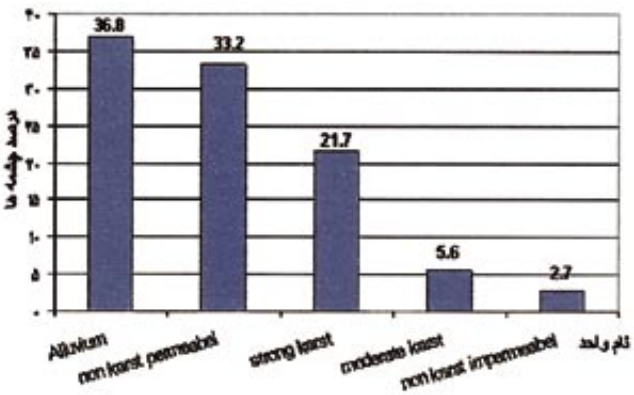
در این تحقیق رابطه بین عوامل ساختاری با فراوانی منا بع آب در منطقه لار، برر سی گردید. نتایج نشان داد که رابطه زیادی بین فراوانی چشمه‌ها با فاصله از عناصر تکتونیکی، خطواره‌ها و شبکه هیدروگرافی وجود دارد. همچنین تبعیت روند کلی جهت عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها با شبکه هیدروگرافی و مشاهده تمرکز عوارض کارستی در امتداد کلی عناصر

www.SID.ir

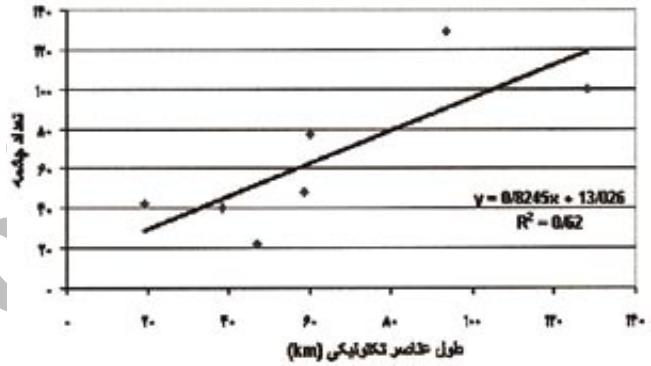
Archive of SID



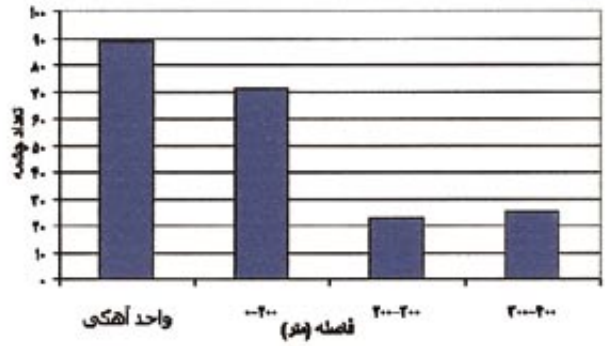
شکل ۱۲: رابطه بین طول شبکه هیدروگرافی و تعداد چشمه‌ها



شکل ۱۴: توزیع چشمه‌ها در واحدهای مختلف



شکل ۱۳: رابطه بین طول عناصر تکتونیکی و تعداد چشمه‌ها



شکل ۱۵: رابطه بین فراوانی چشمه‌ها داخل واحد آهکی و فاصله از مرز لایه آهکی

تکتونیکی نشـان دهنده نقش اساسـی عناصر تکتونیکی در هیدروژئولوژی منطقه و تأثیر آن در پدیده کارستی شدن می‌باشد.

در قسـمت شمال غربی و جنوب شـرقی نقشه پتانسیل کارست، یک گسسـتگی در حصار توده آهکی مشاهده می‌شود که با توجه به تطابق آن بـا روند کلی عناصر تکتونیکی، خطواره‌ها و شـبکه هیدروگرافی، می‌تواند نشـان دهنده عدم انطبـاق حوزه توپوگرافی و حوزه کارسـت و همچنین نشـان دهنده احتمال تبـادل آب زیرزمینی بین این حـوزه و حوزه‌های مجاور باشد.

از روابط بین فراوانی چشـمه‌ها با عناصر تکتونیکی، خطواره‌ها، شبکه هیدروگرافـی، لیتولـوژی و عوامل توپوگرافی می‌توان برای پتانسـیل یابی منابع آب زیر زمینی اسـتفاده کرد. بدین صورت که این روابط برای تلفیق اطلاعـات مرتبط با شـاخص های آب زیر زمینی و مدل سـازی در محیط GIS، یک آسـتانه‌ای را برای محدود کردن مناطق هدف مشخص می‌کنند در این‌صـورت می‌توان کاوش‌های زیر سـطحی را در مناطـق محدودتری انجام داد. از روابط بدسـت آمده می‌توان برای پهنه‌بندی مناطق مسـتعد ایجاد فرآیند کارستی و مناطق مستعد ایجاد فروچاله‌ها به عنوان موردی از آستانه‌ها استفاده نمود.

سپاسگزاری

در اجرای این پژوهش از مساعدت‌های مسئولین محترم مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری برخوردار بوده‌ام که بدینوسـیله از همگی آنان سپاسگذاری می‌شود.

پاورقی‌ها

1-Integrated Land and Water Information System
2-Digital Elevation Model
3-Strong Karst
4-Moderate Karst
5-Non Karst Low Permeable
6-Non Karst Impermeable

منابع مورد استفاده

۱ - احمدی، حسـن ۱۳۶۷؛ ژئومورفولوژی کاربردی، انتشـارات دانشـگاه تهران، ۵۹۲ص.

۲ - احمـدی پور، محمدرضا، ۱۳۷۷؛ بررسـی هیدروژئولوژیکی حوزه الشـتر- غرب ایران، مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سازندهای کارستی،

www.SID.ir

Archive of SID

تهران - کرمانشاه.
۳ - افراسیابیان، احمد،۱۳۷۷؛ اهمیت مطالعات و تحقیقات منابع آب کارست در ایران، مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سازندهای کارستی، تهران، کرمانشاه
۴ - خدائی، کمال ۱۳۷۹؛ نقش نمایانگرهای آب‌های زیر زمینی در شناسائی منابع آب کارستی حوزه نمونه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد آب‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی.
۵ - رضایی. زمانی، ۱۳۷۷؛ ارتباط سیستم ساختمانی و کارست‌شدگی در اردکان فارس، جنوب غرب ایران، مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سازندهای کارستی، کرمانشاه .
۶ - محمدی‌گلرنگ، بهرام، ۱۳۸۰؛ ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری انجام شده در حوزه آبخیز سد لار، وزارت جهاد کشاورزی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.
7- Ahmed Mahmood,.1996; Lineament as groundwater exploration guides in hard-rock terranes of arid regions.Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 22, No.1 March 1996.
8- Elachi, C, Roth LE, Schaber .1984; Spaceborne radar subsurface imaging in hyperarid regions. IEEE trans geosci remote sensing GE: 22: 383-388.
9- Ford. D.C. and Williams. S.1989; Karst geomorphology and hydrology. 6.1pp.
10- Hoffmann, J .2005; The future of satellite remote sensing in hydrogeology, Hydrogeology Journal, 13:247-250.
11- Kazemi, R.2003; Reconnaissance of karsts hydrology in the Lar catchments, Iran using Rs and GIS, M.sc thesis, ITC, The Netherlands, 48 pp.
12- Mah, A., Taylor, G. R, Lennox, P., and Balla, L, .1995; Lineament analysis of landsat thematic mapper images, Northern Territory, Australia, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.61, pp. 671-773.
13- Meijerink,A.M.J.1996; Remote sensing applications to hydrology: Ground water. Hydrologycal Sciences. 41 (4).
14- Milanovic. P, .1981; Karst hydrology, W.R.D., Colorado. U.S.A, 434.
15- Moore, G, and Waltz, F. A. 1983; Objective procedure for lineament enhancement and extraction, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, No.49, pp. 641 647.
16- Parizek, R, R, 1990; Nature and hydrologic significance of fracture traces lineaments, and fracture zones related to ground water monitoring. U.S.E.P.A. Office of Research and Development Environment. Environmental Monitoring Systems. Technical document CR813660-01-0, 165 pp.
17- Parizek, R.R. ,1976; On the nature and significance of fracture trace and lineaments in carbonates and other terrains: In karst Hydrology and water resources, Proceedings of the U.S. Yugoslavian Symposium.
18- Robinson CA, El-Baz F, Singhroy V.1999; Subsurface imaging by radarsat: Comparison with landsat TM data and implications to ground water in the selima area, north-western sudan. Can J Remote Sens 25: 268-277.
19- Stocklin. Et al. 1964; Stratigraphic lexicon of Iran. Report No 18. 1991; Ministry of Mine and Metals, Geological Survey of Iran. G.S.I.
20- Sijmons, K .1984; Line detection in remote sensing for cartography. Volume 20 technical papers of the 12th international cartographic Conference. 7th General Assembly, Perth, Western Australia.
21- Tapley BD, Bettadpur S, Ries JC, Thompson PF, Watkins MM, 2004; Grace measurements of mass variability in the earth system. Science 305: 503-505.
22- Travaglia. 1988; Ground water exploration by satellite remote sensing on the syrian arab republic, RSC Services 76, FAO 1988.
23- Wang, Jefer and Liu, Wendong.1994; Road detection from multi-spectral satellite Iimagery Canadian Journal of Remote Sensing vol. 20. No. 2, March-April.
24- Wang, M, and Howarth, P. 1993; Modelling errosion in remote sensing images classification, Remote Sensing of Environment, Vol. 45, No. S, PP. 261-271.

Archive of SID

www.SID.ir