فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی- پژوهشی)، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴
ص۲۸۱-۲۹۱

تأثیر گسل‌های فعال درکواترنری بر فراوانی آب‌های زیرزمینی حوضهٔ مهارلو، زاگرس مرکزی

مریم ده‌بزرگی*، استادیار، تکتونیک، دانشگاه خوارزمی، تهران
محسن رضایی، دانشیار، آب‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۰

چکیده

در این مطالعه، ارتباط بین گسل‌های فعال در کواترنری با وضعیت فراوانی چشمه‌ها و آبدهی چاه‌ها در بخشی از زاگرس مرکزی بررسی شده است. بدین منظور، گسل‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های منطقهٔ مورد نظر با مطالعهٔ دقیق نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های میدانی بررسی و در محیط نرم‌افزار GIS10.1 تفسیر شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که بسیاری از چشمه‌های منطقه از نوع گسلی است یا در شکل‌گیری آن‌ها گسل‌های دارای فعالیت عهد حاضر نقش اصلی را ایفاکرده است. همخوانی مکانی موقعیت این چشمه‌ها با راستای گسل‌های مهمی همچون پهنهٔ گسلی سروستان و سبزپوشان، همچنین اختلاف فاحش آبدهی چاه‌ها در پهنه‌های گسلی نسبت به سایر چاه‌ها از جمله شواهد این مدعاست. علاوه‌بر این، نتایج نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین فراوانی منابع آب با عناصر ساختاری در منطقهٔ مورد مطالعه وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: **چاه، چشمه، کواترنری، زاگرس، گسل‌های فعال، واحدهای هیدروژئولوژیکی.**

مقدمه

عوامل زمین‌شناختی آثار قابل‌توجهی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دارد. در بین این عوامل، نقش گسل‌ها بسیار بارز است. گسل‌ها با توجه به تغییراتی که در توالی لایه‌ها ایجاد می‌کند، همچنین با توجه به نقش مهم شکستگی‌ها در نفوذ آب‌های جاری، به‌طور تعیین‌کننده‌ای بر وضعیت فراوانی و کیفیت منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار است.

بررسی کلی اثر گسل‌ها بر وضعیت آب‌های زیرزمینی موضوع تحقیقات فراوانی بوده است (لیپمن و همکاران، ۲۰۰۰؛ سروانتس–مدل و آرمینتا، ۲۰۰۴؛ التاج، ۲۰۰۸). در این تحقیق، بر اساس داده‌های موجود و در مقیاس ناحیه‌ای به بررسی ارتباط بین شکستگی‌های بزرگ‌مقیاس و وضعیت فراوانی چشمه‌ها پرداخته‌ایم. بین پدیدهٔ گسلش و رخداد چشمه‌ها از نظر مکانی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد و شکستگی‌ها بر جهت و سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی و تغذیه‌کنندهٔ دشت‌ها تأثیر دارد. از سوی دیگر، گسل‌ها در وضعیت قرارگیری واحدهای لیتولوژیکی نسبت به یکدیگر تأثیرگذارند. جابه‌جایی واحدهای لیتولوژیکی در امتداد گسل‌ها سبب ایجاد آبخوان‌های جدید یا حذف آن‌ها می‌شود. گسل‌های فعال همچنین، در شکل‌گیری سیمای زمین‌ریخت‌شناسی همچون مخروط‌افکنه‌ها و نهشته‌های آبرفتی وسیع در جوار ارتفاعات مؤثر است. همچنین، سبب ایجاد مجاری هدایت آب‌های جاری در این سیماها و نفوذ بیشتر آب به درون زمین می‌شود و این خود شاهدی دال بر تأثیر پدیدهٔ گسلش بر وضعیت منابع آب است.

* نویسندهٔ مسئول: M_Dehbozorgi@khu.ac.ir، تلفن: ۰۹۱۰۸۵۰۹۰۷۷

در منطقهٔ مورد مطالعه پهنهٔ گسل سروستان و سبزپوشان تأثیر بسزایی در توزیع چشمه‌ها دارد. گسل سروستان با طول ۷۸ کیلومتر کمربند چین‌خورده- راندهٔ زاگرس را با حرکات امتداد لغز خود بریده و چین‌ها را دگرشکل کرده است (بربریان، ۱۹۹۵). گسل سبزپوشان نیز گسل امتداد لغز فعال در کواترنری است که با طولی حدود ۲۲۰ کیلومتر از شمال‌غرب شیراز به سمت جنوب‌شرق در طول کمربند زاگرس گسترش یافته است. از آنجا که مطالعات تکتونیکی فعال دربارهٔ گسل‌های سبزپوشان و سروستان در زاگرس مرکزی نشان‌دهندهٔ سطح فعالیت تکتونیکی به ترتیب خیلی بالا و بالا (معادل ردهٔ ۱ و ۲ اندیس Iat) و حاکی از فعالیت اخیر پهنه‌های گسلی مزبور است (ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰)، در این پژوهش به بررسی رابطهٔ بین وضعیت چشمه‌ها و چاه‌ها با پهنه‌های گسلی فعال در کواترنری (سبزپوشان و سروستان) با استفاده از داده‌های زمینی، تصاویر ماهواره‌ای و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌ایم. گسترهٔ مورد مطالعه در بخشی از رشته‌کوه‌های زاگرس در استان فارس واقع شده، به طوری که بخش شمال خاوری آن در پهنهٔ زاگرس مرتفع و بقیه در کمربند چین‌خوردهٔ سادهٔ زاگرس قرارگرفته است (فالکون، ۱۹۷۴). تنش فشارشی شمال‌شرق- جنوب‌غرب در زاگرس از کرتاسهٔ پایانی آغاز شده و در طول میوسن آغازی به علت برخورد دو صفحهٔ عربستان و اوراسیا شدت گرفته است. این پدیده منجر به تشکیل چین‌هایی با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق و راندگی‌هایی با شیب به سمت شمال‌شرق در پوشش رسوبی فانروزوییک شده است که روی پی‌سنگ زاگرس و نیز لایهٔ جدایشی نمک هرمز به سن اینفراکامبرین تا کامبرین قراردارد (کادینسکی‌کید و برزنگی، ۱۹۸۲؛ علوی، ۱۹۹۴). منطقهٔ مزبور با وسعتی حدود ۹۷۳۲ کیلومتر مربع حد فاصل طول‌های جغرافیایی '۰۰°۵۴ -'۱۵°۵۲ خاوری و عرض‌های جغرافیایی '۰۰°۳۰ -'۴۵°۲۸ شمالی واقع شده است (شکل ۱). میانگین دما در استان فارس ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد و تفاوت دمای سالیانه در سطح استان حدود ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد است. میانگین بارش در استان بیش از ۳۰۰ میلی‌متر و اختلاف میانگین بارش در مناطق مختلف استان زیاد است.

مواد و روش‌ها

پارامترهای مهم تشکیل منابع آب شامل جنس لایه‌های زمین، شرایط زمین‌ساختی و خصوصیات توپوگرافی است. در این مطالعه، به منظور بررسی ارتباط بین پدیدهٔ گسلش و وضعیت چشمه‌ها و چاه‌ها، حوضه‌های آبریز استخراج و روی نقشهٔ توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ ترسیم شده است. سپس، نقشهٔ عناصر زمین‌ساختی منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای $LANDSAT\ ETM^{+}$، نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات صحرایی ترسیم شد. همچنین، نقشهٔ شیب و نقشهٔ طبقات ارتفاعی با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد. سرانجام، نقشهٔ موقعیت مکانی چشمه‌ها و نیز نقشهٔ موقعیت مکانی چاه‌ها روی DEM منطقهٔ مطالعاتی در محیط GIS10.1 آماده شد. در نهایت، ارتباط بین لایه‌های اطلاعاتی تهیه شد و تراکم چشمه‌ها و آبدهی چاه‌ها در منطقه بررسی و تجزیه‌وتحلیل شده است. در شکل ۲ نقشهٔ واحدهای زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه همراه با عناصر ساختاری و موقعیت چشمه‌ها نمایش داده شده است.

عناصر زمین‌ساختی

با توجه به اهمیت عناصر زمین‌ساختی در ایجاد شرایط لازم برای نفوذ آب در سازندهای سخت و تسهیل شرایط تشکیل منابع آب زیرزمینی، نقشهٔ ساختاری در منطقهٔ مورد مطالعه تهیه شد. این نقشه شامل انواع گسل‌ها، محور تاقدیس‌ها و ناودیس‌هاست. الگوی کلی خطواره‌های منطقه نیز در دیاگرام گل‌سرخی ترسیم شده است. روند کلی و غالب گسل‌ها در جهت شمال‌غربی-جنوب شرقی و هماهنگ با روند کلی ساختارهای موجود در زاگرس است (شکل۳).

چشمه‌ها

در این بررسی، فراوانی چشمه‌ها در منطقهٔ مورد مطالعه شامل انواع دایمی و فصلی، همچنین تخلیهٔ سالیانهٔ آن‌ها مشخص شده است، به طوری که بیشترین میزان تخلیه ۱۶۲۰۹۵۰۴ و کمترین آن ۴۷۳۰ است. با انجام عملیات صحرایی، همچنین با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، موقعیت مکانی ۱۶۱ مورد از این چشمه‌ها ثبت و نقشهٔ موقعیت مکانی آن‌ها روی مدل ارتفاعی رقومی منطقهٔ مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۳). با توجه به شکل ۳، رابطهٔ نزدیکی بین

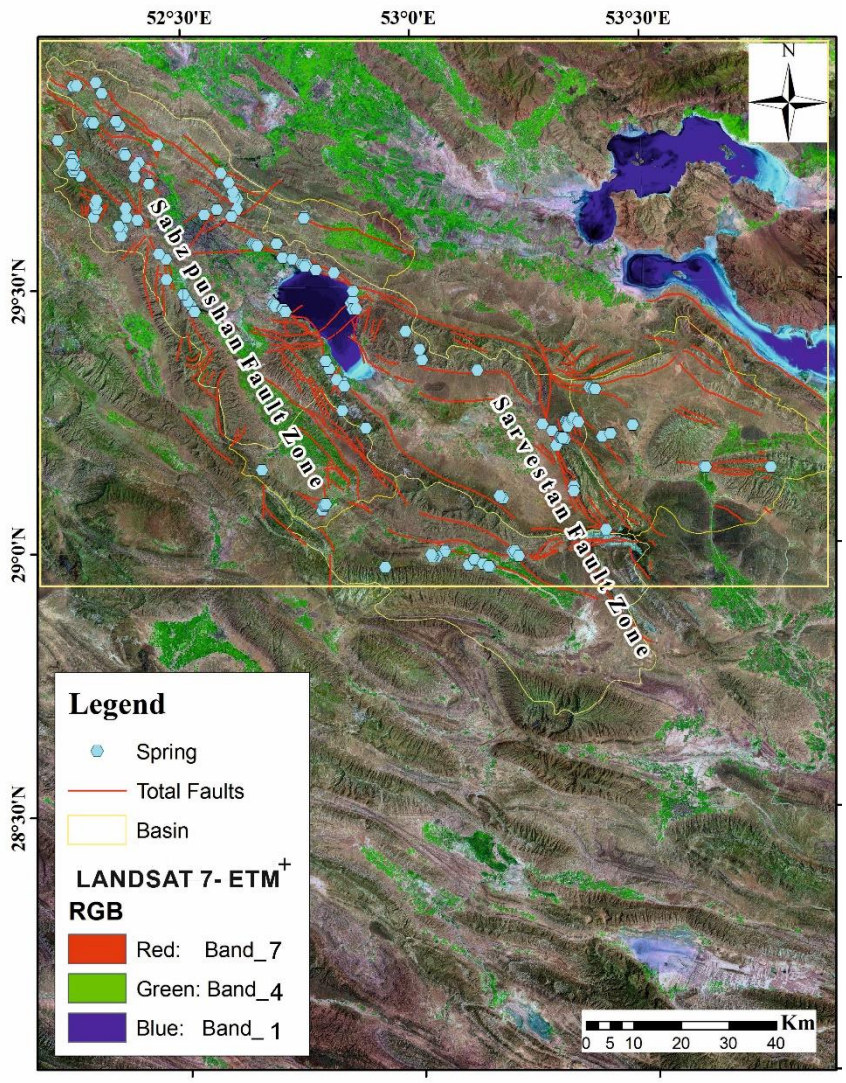
فراوانی چشمه‌ها با گسل‌های منطقه وجود دارد که نشان‌دهندهٔ نقش مهم عناصر زمین‌ساختی همچون پهنه‌های گسلی سبزپوشان و سروستان در هیدروژئولوژی منطقه است.

شیب

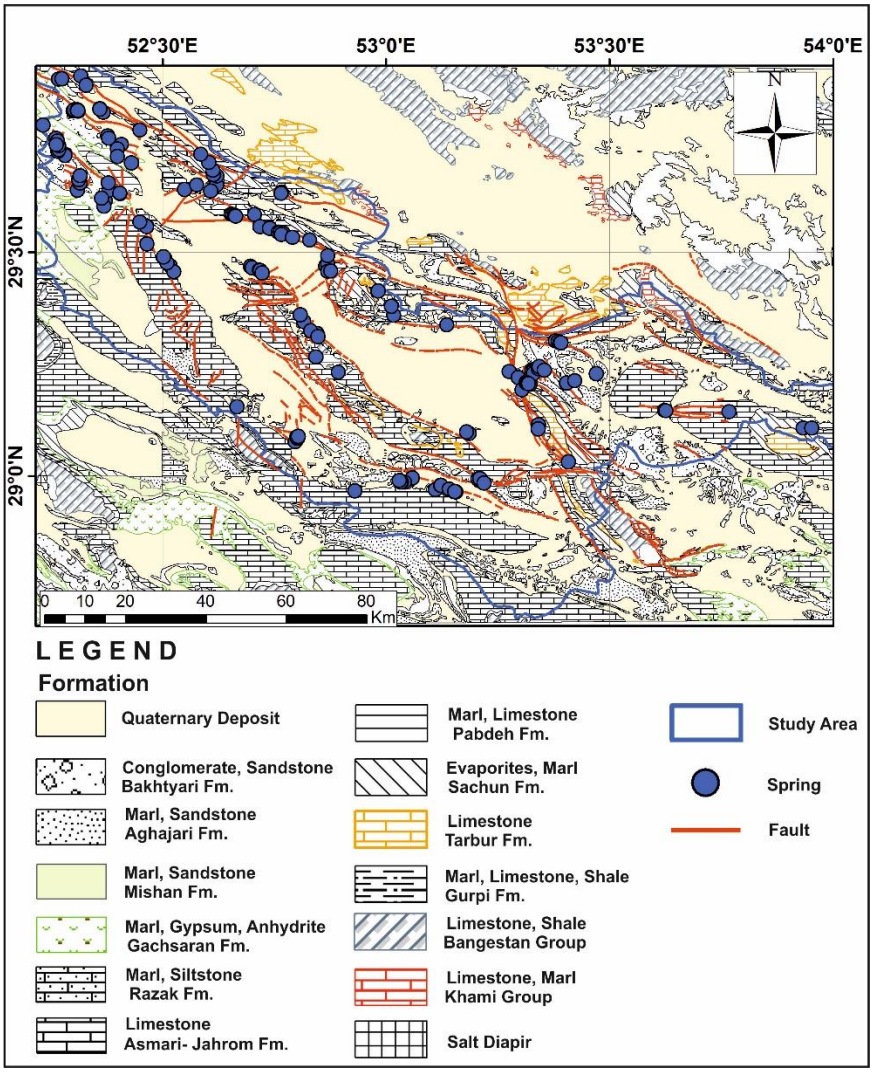
شیب توپوگرافی یکی از عوامل مهم کنترل‌کنندهٔ سیستم جریان آب زیرزمینی است. گسترش پدیدهٔ کارست در شیب‌های کم (به دلیل تماس بیشتر آب با آهک) بهتر است و پدیدهٔ انحلال در این شیب‌ها تشدید می‌شود. به‌منظور تعیین رابطهٔ وضعیت قرارگیری چشمه‌ها با مقدار شیب، با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ محدوده، مدل ارتفاعی رقومی منطقهٔ مورد مطالعه تهیه شد. در ادامه با کمک نرم‌افزار GIS10.1 نقشهٔ شیب در رده‌های مختلف به دست آمد (شکل ۴).

طبقات ارتفاعی

رفتار سنگ‌آهک در مقابل عوامل فرساینده و عوامل مؤثر در انحلال آن در ارتفاعات مختلف متفاوت است. از این لایه اطلاعاتی جهت بررسی روابط بین منابع آب موجود و طبقات ارتفاعی به‌دست آمد. بدین منظور نقشهٔ رده‌های ارتفاعی با به‌کارگیری مدل ارتفاعی رقومی منطقه تهیه شد (شکل ۵).



شکل ۱. تصویر ماهواره‌ای LANDSAT 7 سنجندهٔ ETM + منطقهٔ مورد مطالعه و موقعیت چشمه‌ها نسبت به گسل‌ها



شکل ۲. نقشهٔ واحدهای زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه (برگرفته از نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شیراز، ۱۹۷۹ و برگهٔ ۱:۲۵۰۰۰۰ جهرم، ۱۹۹۴، شرکت ملی نفت ایران)

بررسی تغییرات آبدهی چاه‌ها در منطقه

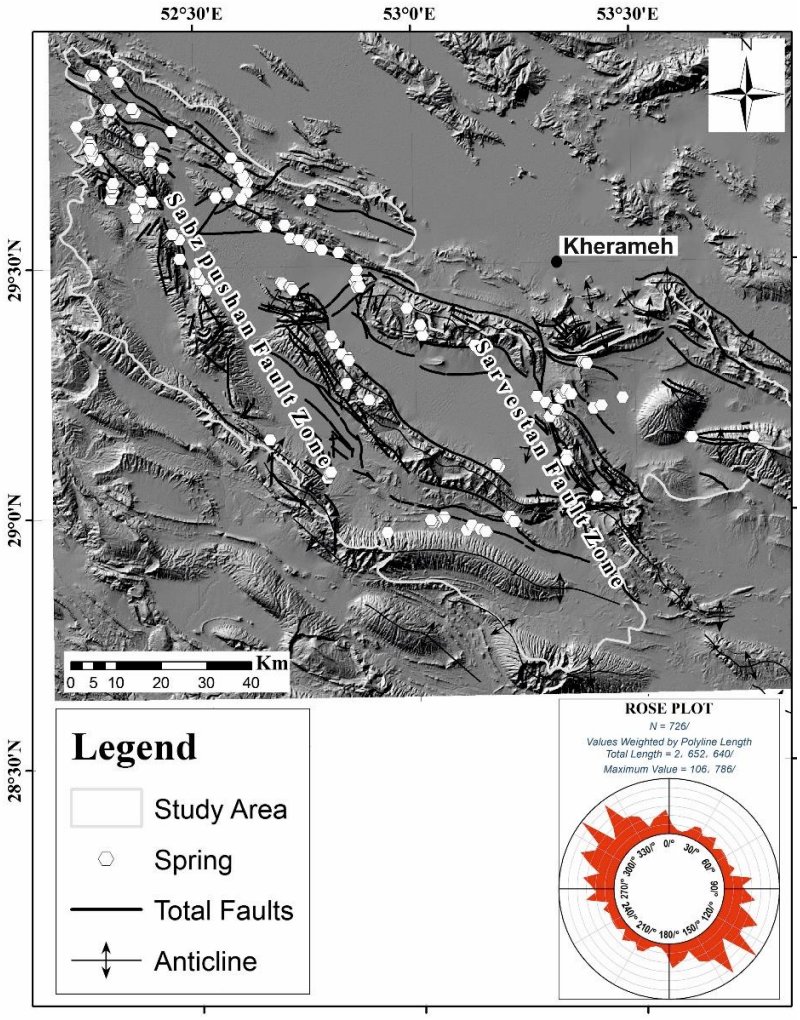
به دلیل عبور و تجمع آب در امتداد گسل‌ها و درزه‌ها، چاه‌هایی که در افق‌های درز و شکاف‌دار حفر می‌شود قابلیت آبدهی خوبی دارد. بدین منظور، اطلاعات دقیق مربوط به وضعیت دبی در چاه‌های منطقه تحلیل و بر اساس آن متوسط وضعیت آبدهی دشت نسبت به گسل‌های مجاور آن‌ها بررسی شد. در نهایت، نقشهٔ موقعیت مکانی آن‌ها به لحاظ میزان دبی روی مدل ارتفاعی رقومی منطقهٔ مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۶).

بررسی چگالی آبراهه‌ها

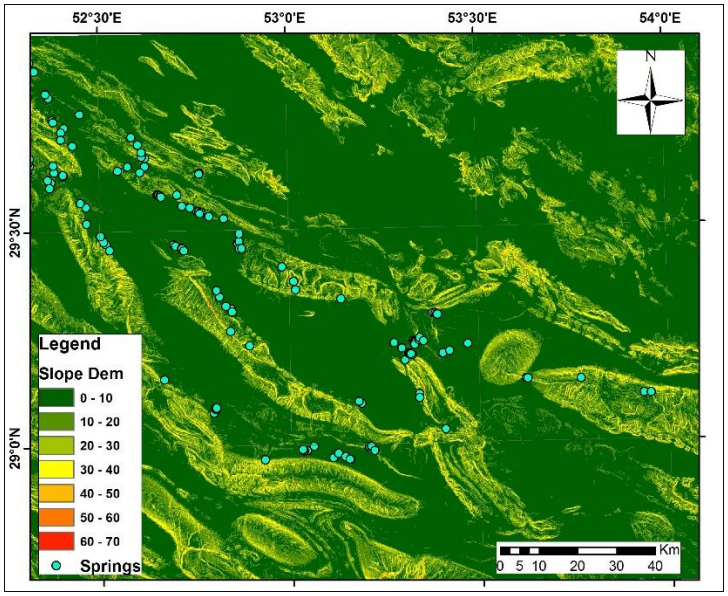
چگالی آبراهه (Dd) عبارت است از نسبت طول آبراهه‌ها به واحد مساحت و از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$Dd=Lu/A$$

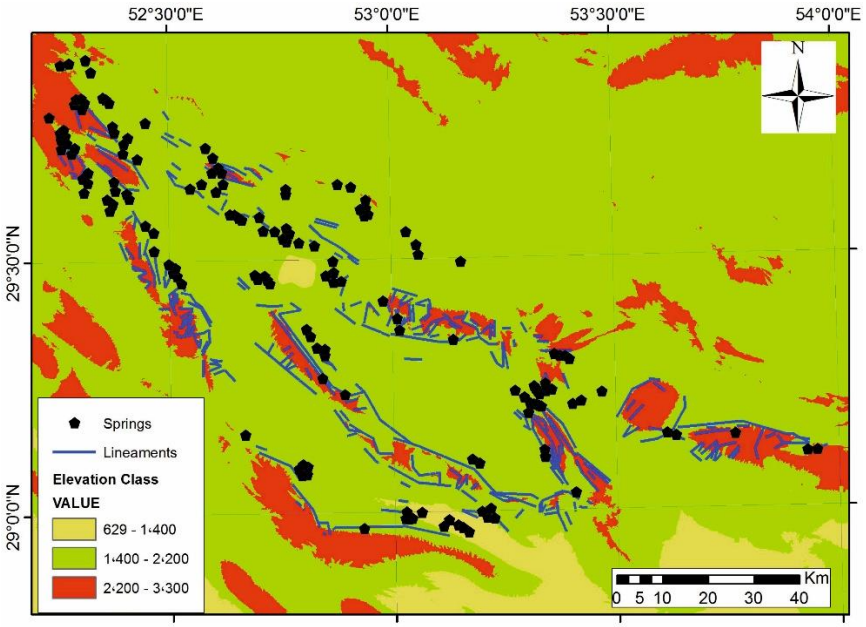
در این فرمول A مساحت واحدهای هیدروژئولوژیکی مشخص و Lu طول کلی آبراهه‌های موجود در آن واحد است. به‌طور کلی، مقادیر پایین چگالی آبراهه در مناطق خیلی مقاوم و دارای مواد نفوذپذیر، دارای پوشش گیاهی زیاد است و در مناطقی که برجستگی کم است دیده می‌شود. اما، مقادیر بالای آن بیانگر این است که منطقه دارای مواد نفوذناپذیر، با



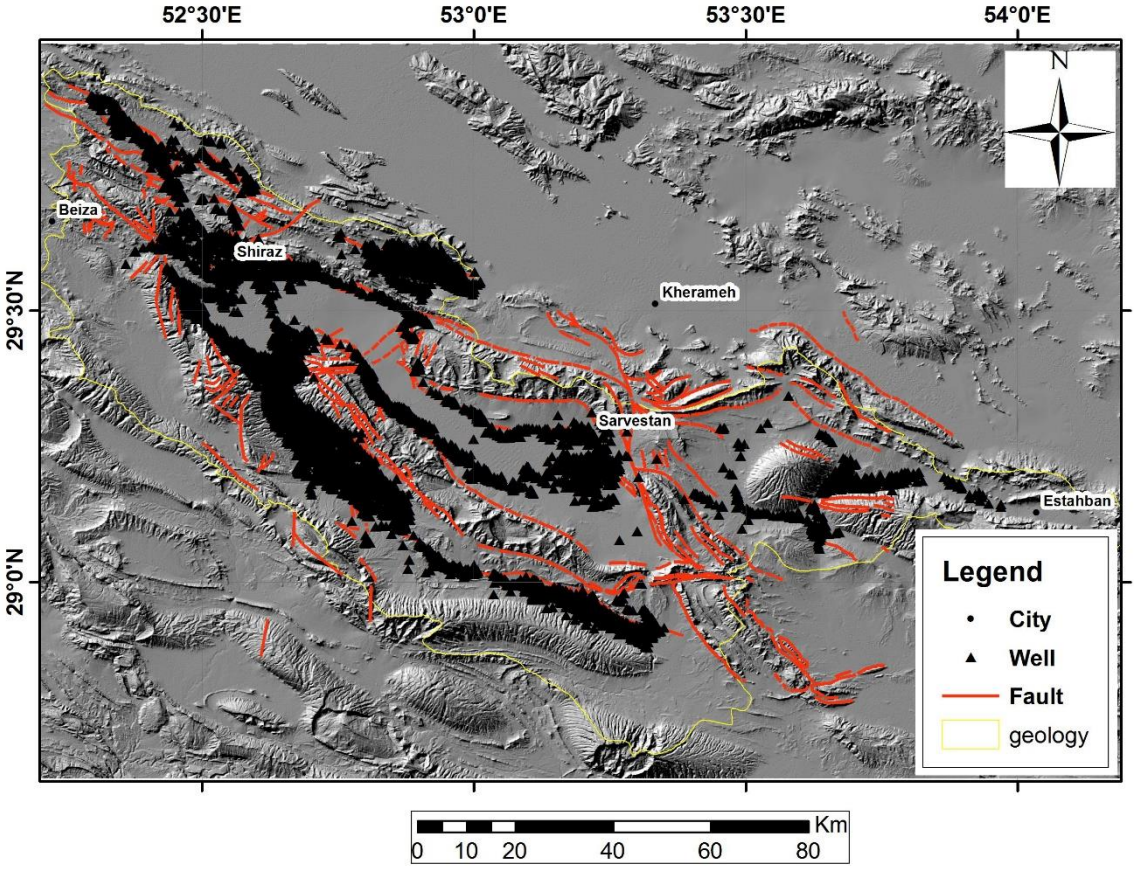
شکل ۳. نقشهٔ عناصر ساختاری روی تصویر سایه‌روشن مدل ارتفاعی رقومی ۳۰ متر منطقهٔ مورد مطالعه و نمودار گل‌سرخی خطواره‌ها



شکل ۴. نقشهٔ چشمه‌ها روی لایهٔ شیب منطقهٔ مورد مطالعه

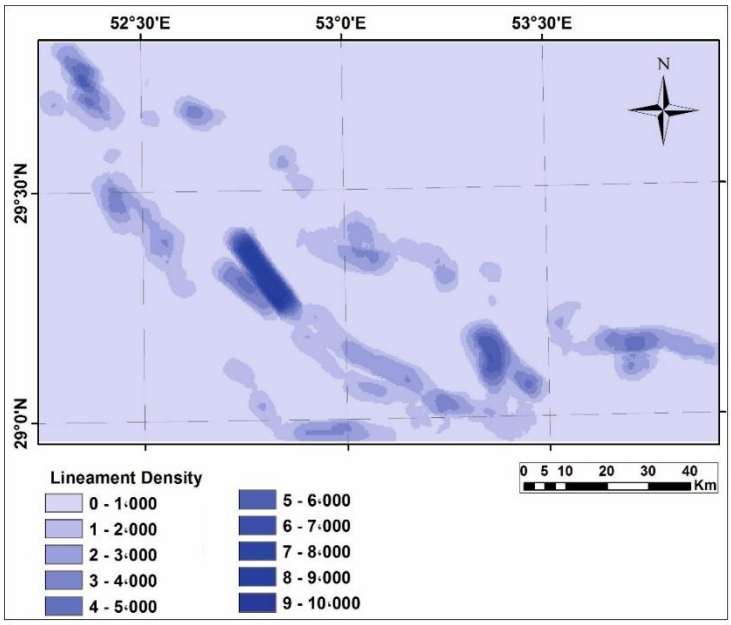


شکل ۵. نقشهٔ چشمه‌ها روی لایهٔ طبقات ارتفاعی منطقهٔ مورد مطالعه



شکل ۶. نقشهٔ موقعیت چاه‌ها روی مدل ارتفاعی رقومی منطقهٔ مورد مطالعه

پوشش گیاهی اندک و پستی و بلندی زیاد است (ازدمیر و برد، ۲۰۰۹؛ شابان و همکاران، ۲۰۰۵). چگالی آبراهه شاخص مفیدی برای ارزیابی و شناسایی نئوتکتونیک در حوضه‌های آبراهه است (ملوش و کلر، ۲۰۱۳؛ کلر و همکاران، ۱۹۹۹). در این شاخص هرچه ضریب چگالی بیشتر باشد، زمین‌ساخت فعال و حساسیت واحدهای زمین‌شناسی موجود در حوضه زیاد است. همچنین، نشان از جوان‌بودن و نرسیدن به مرحلهٔ تعادل حوضهٔ آبراهه دارد. در این تحلیل، با استفاده از مدل ارتفاع رقومی ۳۰ متر در محیط GIS10.1، آبراهه‌های گسترهٔ بررسی استخراج شد. در نهایت، مرز کل، مرز زیرحوضه‌ها و آبراهه‌های محدودهٔ مورد مطالعه به‌دست آمد. برای تشکیل حوضه‌ها ابتدا باید حفره‌های (Sink) موجود در مدل رقومی ارتفاعی (DEM) اصلاح شود. در نتیجه، خروجی رستری با حفره‌های پرشده خواهیم داشت. در مرحلهٔ بعد، جهت جریان آبراهه‌ها و به‌دنبال آن، تجمع جریان برای هر سلول رستری محاسبه شد. با استفاده از روش STRAHLER ردهٔ جریان هر کدام از آبراهه‌ها محاسبه شد. در نهایت، برای ایجاد شبکهٔ رودخانه، فایل رستری به فایل خطی برداری تبدیل شد. مرزهای تعیین‌شده با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور بررسی و تلفیق و در محدودهٔ مورد نظر پارامترهای مورد نیاز استخراج شد. در نهایت، نقشهٔ چگالی آبراهه‌ها تهیه شد (شکل ۷).



شکل ۷. نقشهٔ چگالی آبراهه‌ها

یافته‌های پژوهش

به منظور تعیین ارتباط بین فراوانی چشمه‌ها با عناصر زمین‌ساختی، خطواره‌ها و عوامل توپوگرافی، در محیط نرم‌افزار GIS10.1 لایه‌های فوق با یکدیگر تلفیق و بررسی شد. بررسی دقیق توزیع مکانی چشمه‌ها و مقایسهٔ این توزیع با روند گسل‌های مجاور آن‌ها گویای این واقعیت است که بسیاری از چشمه‌های منطقه در روندی نسبتاً خطی و در راستاهایی بسیار نزدیک به راستای گسل‌ها و پهنه‌های گسلی قراردارد. از جمله می‌توان به ارتباط بین توزیع مکانی چشمه‌ها و پهنهٔ گسلی سروستان و سبزپوشان اشاره کرد (شکل ۳). علاوه‌بر این، توزیع مکانی چشمه‌ها در شمال باختر شیراز نیز مثالی دیگر از تبعیت روند کلی گسل‌های بمو و صدراست.

رابطهٔ چگالی آبراهه با زمین‌ساخت فعال

توزیع چگالی آبراهه نیز ارتباط تنگاتنگ آن را با زمین‌ساخت فعال منطقه به خوبی نشان می‌دهد. با توجه به نحوهٔ توزیع آبراهه‌ها و نقشهٔ ترسیم‌شده در شکل ۶، می‌توان کنترل وضعیت توزیع توسط گسل‌ها را استنباط کرد. در مناطق دچار بالاآمدگی زمین‌ساختی، به‌دلیل شاخه‌شاخه‌شدن آبراهه و در حقیقت افزایش طول در مساحتی معین، چگالی آبراهه

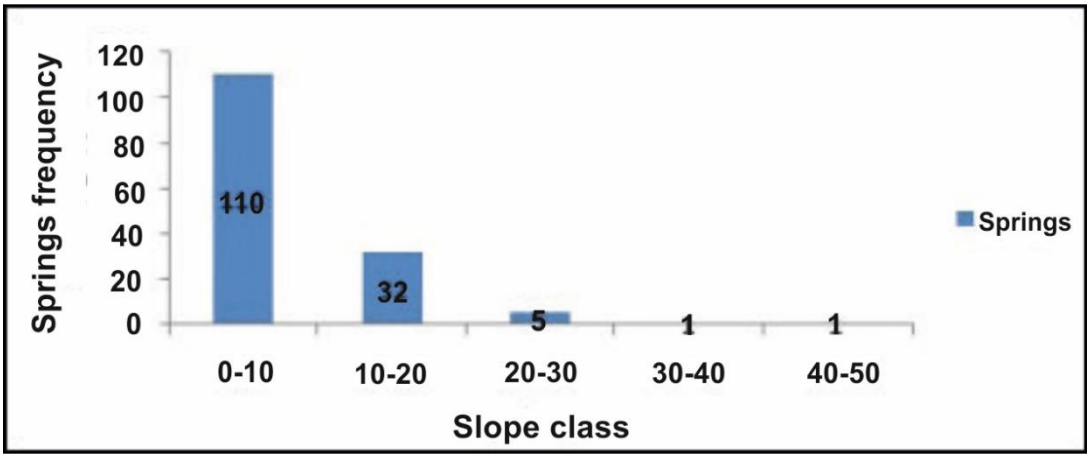
بالاست، در حالی که در دشت‌ها چگالی پایین آبراهه ایجاد شده است. با درنظرگرفتن شرایط اقلیمی یکسان در محدودهٔ مورد بررسی، سنگ‌شناسی عامل مهم دیگری بر نحوهٔ توزیع چگالی آبراهه‌هاست که لازم است بررسی شود، به طوری که در بخش‌هایی از منطقه به دلیل وجود سازندهای نفوذناپذیر، چگالی آبراهه بالاتر و در نواحی واجد سازندهای نفوذپذیر چگالی آبراهه کمتر است. در صورتی که چگالی آبراهه به‌طور مشخص برای واحدهای زمین‌شناسی با خصوصیات یکسان تعیین شود، از اهمیت تأثیر غیرزمین‌ساختی کاسته می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات واحدهای هیدروژئولوژیکی منطقهٔ مورد مطالعه

واحد هیدروژئولوژیکی	ارتفاع میانگین چشمه از سطح دریا	چگالی آبراهه	چگالی خطواره	دبی میانگین چاه	دبی میانگین چشمه	انحراف معیار دبی چشمه	میانگین تخلیهٔ سالیانه (چاه و چشمه)
سنگ‌آهک	۱۶۴۸	۰/۹۳	۰/۳۴	۱۱/۱	۱۸/۹	۲۷/۸	۷۶۳۹۶۶
آغاجاری- بختیاری	۲۰۲۶	۱/۰۳	۰/۰۹	۵/۴	۷/۹	۱۴/۲	۳۰۱۶۷۵
ساچون-گچساران	۱۹۲۹	۱/۱۴	۰/۲۵	۴/۶	۷	۱۵/۸	۲۴۸۲۲۷
پابده-گورپی-رازک	۱۲۷۲	۱/۱۵	۰/۲۷	۱۱/۴	۲۵/۵	۲۴/۸	۹۹۱۴۸۷

رابطهٔ بین رده‌های شیب و درصد وقوع چشمه‌ها

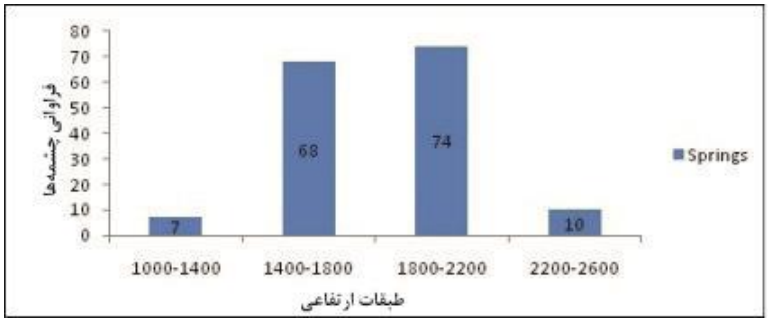
به‌منظور بررسی ارتباط بین میزان شیب و منابع آب، ابتدا نقشهٔ شیب طبقه‌بندی و لایهٔ چشمه‌ها روی یکدیگر قرار داده شد. شکل ۸ روند مناسب وقوع چشمه‌ها در رده‌های مختلف شیب را نشان می‌دهد. چشمه‌ها در رده‌های پایین شیب تمرکز دارد و با افزایش شیب از فراوانی آن‌ها کاسته می‌شود. وجود چشمه‌ها در شیب‌های بالاتر نشان‌دهندهٔ تأثیر عوامل زمین‌شناسی محلی است.



شکل ۸. رابطهٔ بین رده‌های مختلف شیب و تعداد چشمه‌ها در هر رده

رابطهٔ بین رده‌های ارتفاعی و فراوانی چشمه‌ها

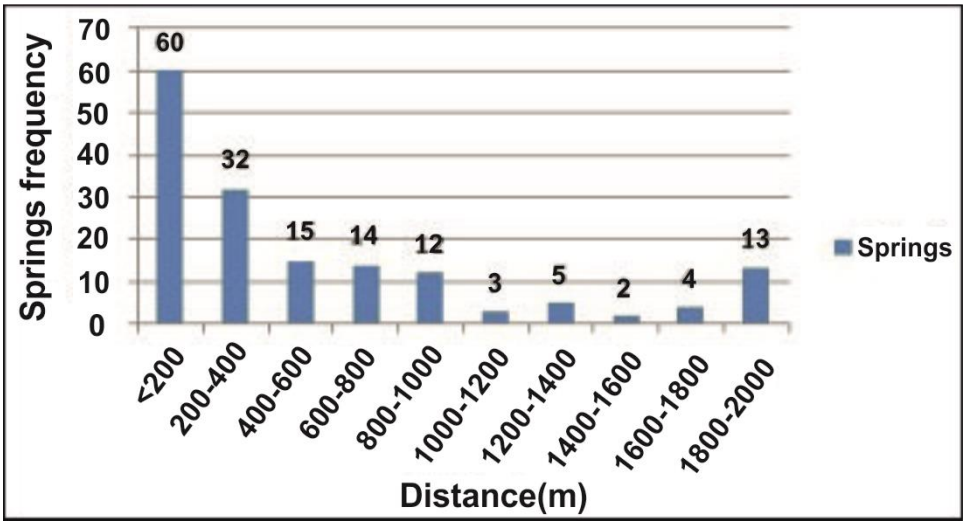
لایهٔ مدل رقومی ارتفاعی (DEM) پس از رده‌بندی در فواصل ۲۰۰ متری بر لایهٔ چشمه‌ها منطبق شده است. نتایج حاصل نشان‌دهندهٔ رابطهٔ شاخص وقوع چشمه‌ها در مناطق گسلی از ارتفاعات پایین تا بالاست (شکل ۹). از آنجا که در منطقهٔ مورد مطالعه رخداد چشمه‌ها بیشتر از شکستگی‌ها تبعیت می‌کند و بیشترین تمرکز شکستگی‌های منطقه در طبقات ارتفاعی بین ۱۴۰۰–۲۲۰۰ متر واقع شده است، بیشترین تمرکز چشمه‌ها نیز در طبقات ارتفاعی بین ۱۴۰۰–۲۲۰۰ متر مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه چشمه‌ها به‌دلیل ارتباط مخزن چشمه با محل تمرکز آب زیرزمینی عمدتاً باید در طبقات ارتفاعی پایین تشکیل شود، قرارگیری اکثر چشمه‌ها در طبقات ارتفاعی بالا در ارتباط با تغذیهٔ آن‌ها با سیستم شکستگی‌های فعال منطقه درنظرگرفته می‌شود.



شکل ۹. رابطهٔ بین طبقات ارتفاعی و تعداد چشمه‌ها در هر طبقه

رابطهٔ بین فراوانی وقوع چشمه‌ها و فاصله از عناصر زمین‌ساختی و خطواره‌ها

به‌منظور بررسی نقش عناصر ساختاری در ایجاد و توسعهٔ منابع آب در منطقه، لایهٔ عناصر ساختاری در فواصل ۲۰۰ متری بافربندی شد و نقشهٔ فاصله از عناصرساختاری به‌دست آمد. در مرحلهٔ بعدی، این لایه با لایهٔ چشمه‌ها روی هم قرار داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ وقوع چشمه‌ها در فواصل نزدیک به عناصر زمین‌ساختی، همچنین روند نزولی کاهش فراوانی با افزایش فاصله است. این موضوع بیانگر این است که قطعات گسلی سبزپوشان و سروستان با فعالیت اخیر خود سبب شکل‌گیری مجاری عبور آب در ارتفاعات مختلف شده است. بیشترین تعداد چشمه‌ها در فاصلهٔ کمتر از ۱۰۰ متری خطواره‌ها قراردارد. افزایش مجدد فراوانی چشمه‌ها در آخرین کلاس نشان‌دهندهٔ فرار آب از شکستگی‌ها و ظهور آن در منطقهٔ دورتر از زون خردشدگی گسل است (شکل ۱۰).



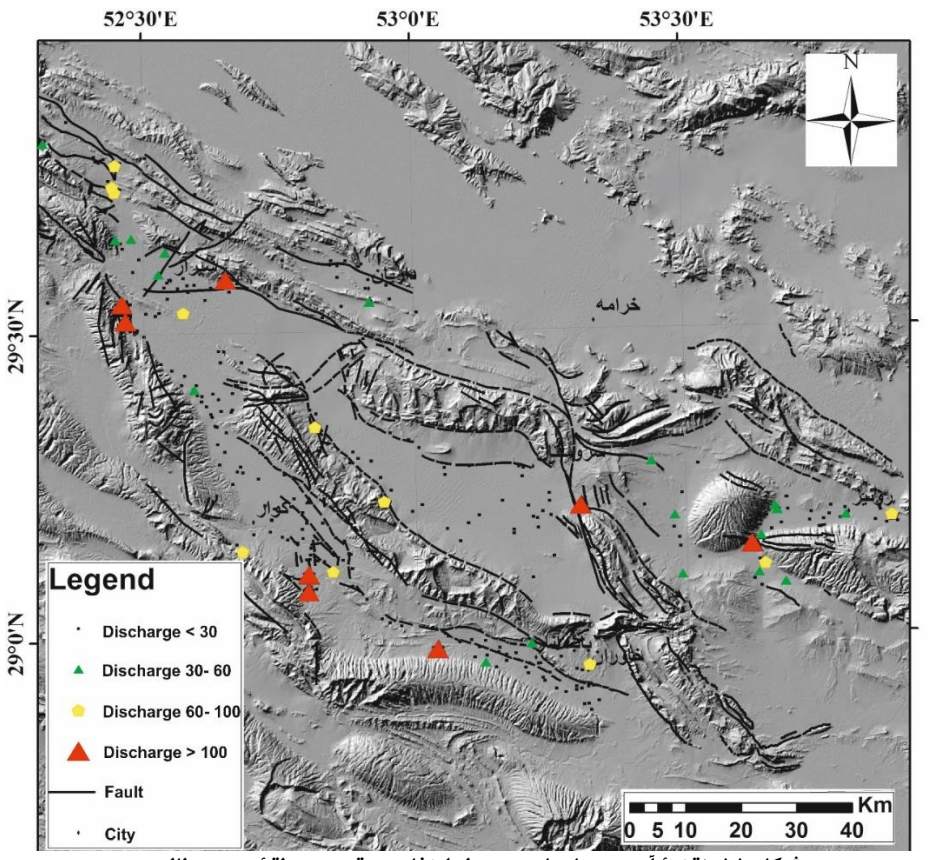
شکل ۱۰. رابطهٔ بین فراوانی چشمه‌ها و فاصله از عناصر زمین‌ساختی

رابطهٔ بین عناصر تکتونیکی و میزان آبدهی چاه‌ها

با توجه به شکل ۱۱، آشکار می‌شود که در پهنه‌های گسلی سروستان و سبزپوشان و نیز سایر بخش‌های به شدت گسل‌خوردهٔ گسترهٔ مورد مطالعه، میزان دبی به شدت بالاتر از چاه‌های موجود در دشت‌ها و نواحی دور از گسل‌ها بوده است. این واقعیت بیانگر این است که عناصر ساختاری نقش تغذیهٔ آب چاه‌های حفرشده در این مناطق را برعهده دارد، به‌طوری که شکستگی‌ها مسیرهای انتقال آب است و نقش ویژه‌ای در این تغذیه دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، رابطهٔ بین عناصر ساختاری فعال در کواترنری همچون گسل‌های سبزپوشان و سروستان با فراوانی



شکل ۱۱. نقشهٔ آبدهی چاه‌ها روی مدل ارتفاعی رقومی منطقهٔ مورد مطالعه

چشمه‌ها و دبی چاه‌ها در بخشی از زاگرس مرکزی بررسی شد. نتایج گویای این حقیقت است که بسیاری از چشمه‌های منطقهٔ مورد مطالعه از نوع گسلی است یا در شکل‌گیری آن‌ها گسل‌های فعال نقش اصلی را دارد. همخوانی مکانی موقعیت این چشمه‌ها با راستای گسل‌های مهم منطقه، همچنین اختلاف شدید آبدهی چاه‌ها نسبت به سایر چاه‌ها از جمله شواهد ارتباط پدیدهٔ گسلش واجد فعالیت کنونی با رخداد چشمه‌ها و آبدهی چاه‌هاست. تغییرات چگالی آبراهه شاخص مؤثر تأثیرات زمین‌ساخت فعال منطقه را روی وضعیت آب‌های زیرزمینی ارائه می‌دهد. همچنین، رابطهٔ تنگاتنگی بین فراوانی چشمه‌ها با فاصله از عناصر زمین‌ساختی وجود دارد که نشان‌دهندهٔ نقش اساسی پهنه‌های گسلی فعال در کواترنری در این بخش از زاگرس مرکزی، یعنی در هیدروژئولوژی منطقه، است. در پایان پیشنهاد می‌شود از روابط بین فراوانی چشمه‌ها و تغییرات دبی چاه‌ها با عناصر زمین‌ساختی، خطواره‌ها، لیتولوژی و عوامل توپوگرافی برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی استفاده شود؛ بدین صورت که این روابط برای تلفیق اطلاعات مرتبط با شاخص‌های آب زیرزمینی و مدل‌سازی در محیط GIS10.1 آستانه‌ای را برای محدودکردن مناطق هدف مشخص کند. در این صورت می‌توان کاوش‌های زیرسطحی را در مناطق محدودتری انجام داد. از روابط به‌دست‌آمده می‌توان برای پهنه‌بندی مناطق مستعد ایجاد فرایند کارستی و مناطق مستعد ایجاد فروچاله‌ها به منزلهٔ موردی از آستانه‌ها نیز استفاده کرد.

قدردانی و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی «بررسی ارتباط عوامل تکتونیکی، مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی در حوضهٔ آبریز مهارلو» است که با حمایت معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه خوارزمی به انجام رسیده است و مؤلفان از دانشگاه خوارزمی تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

Alavi, M. (1994). Tectonic of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations, *Tectonophysics*, 229: 211–238.

Al-Taj, M. (2008). Structural Control on Groundwater Distribution and Flow in Irbid Area, North Jordan, *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, 1: 81-88.

Berberian, M. (1995). Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics, *Tectonophysics*, 241: 193-224.

Cervantes-Medel, A. and Armienta, M.A. (2004). Influence of faulting on groundwater quality in Valle del Mezquital, *Mexico, Geoffisica International*, 43(3): 477-493.

Dehbozorgi, M.; Porkermani, M.; Arian, M.; Matkan, A.A.; Motamedi, H. and Hosseiniasl, A. (2010). Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran, *Geomorphology*, 121(3-4): 329-341.

Falcon N., 1974, "Southern Iran: Zagros Mountains", In: Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts: Data for orogenic studies, Spencer, A. M. (ed.), Geological Society of London, Special Publication, Vol. 4, PP. 199–211.

Kadinsky-Cade, K. and Barzangi, M. (1982). Seismotectonics of southern Iran: the Oman line, *Tectonics*, 1: 389-412.

Keller, E.A.; Gurrola, L.D. and Tierney T.E. (1999). Geomorphic criteria to determine direction of lateral propagation of reverse faulting and folding, *Geology*, 27: 515-518.

Lippmann, M.J.; Truesdell, A.H. and Pruess K. (2000). The control of fault on the hydrology of the Cerro Prieto III area, *Twenty-Fifth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*, Stanford, California, January 24-26, SGP-TR-165.

Melosh, B.L. and Keller E.A. (2013). Effects of active folding and reverse faulting on stream channel evolution, Santa Barbara Fold Belt, California, *Geomorphology*, 186: 119-135.

National Iranian Oil Company (1994). Geological Map of Jahrom, Quadrangle G12, 1:250000, Tehran.

National Iranian Oil Company (1979). Geological Map of Shiraz, Quadrangle G11, 1:250000, Tehran.

Ozdemir, H. and Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, *Environmental Geology*, 56: 1405-1415.

Shaban, A.; Khawlie, M.; Abdallah, C. and Awad, M. (2005). Hydrological and watershed haracteristics of the El-Kabir River, North Lebanon. Lakes & Reservoirs, *Research & Management*, 10: 93-101.