هیدروژئولوژی، سال هفتم، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۱
Hydrogeology, Volume 7, No. 2, Winter 2022

# بررسی ارتباط بین چشمه‌ها با رودخانه، عوامل زمین شناسی و زمین‌ساختی (مطالعه موردی: شهرستان کامیاران)

**خبات امانی[۱]، مهرنوش قدیمی[۲*] و سید محمد زمان زاده خسرقی[۳]**

۱- دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳- دانشیار دانشکده زمین‌شناسی دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول: ghadimi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۱۵

## چکیده

پراکندگی چشمه‌ها و میزان آبدهی آن‌ها تحت‌تأثیر پارامترهای مختلفی ازجمله تکتونیک، اقلیم، زمین‌شناسی، فاصله از شبکه زهکشی، ژئومورفولوژی و غیره قرار دارد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر پارامترهای ساختاری، لیتولوژی و شبکه زهکشی بر دو شاخص مربوط به چشمه‌ها، از جمله تعداد و آبدهی سالانه در محدوده شهرستان کامیاران واقع در استان کردستان صورت گرفته است. همچنین روابط همبستگی بین چشمه‌های موجود در حوزه‌های آبخیز و ایستگاه‌های هیدرومتری پائین‌دست آن‌ها بررسی شده است. جهت نیل به اهداف تحقیق داده‌های مربوط به آبدهی چشمه‌های شهرستان، سازندهای زمین‌شناسی و موقعیت گسل‌ها، مدل رقومی ارتفاع (DEM) و شبکه زهکشی تهیه شده و نسبت به دو پارامتر مذکور مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین با استخراج حوزه‌های آبخیز بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری روابط بین چشمه‌های بالادست آن‌ها با رواناب حوضه‌ها به‌دست آمده است. نتایج حاصل مؤید آن است که بین تعداد چشمه‌ها و فاصله از گسل ارتباط تنگاتنگی با ضریب همبستگی ۰/۹۴۷ وجود دارد. همچنین همبستگی بین تعداد چشمه و فاصله از رودخانه معنادار بوده و در حدود ۰/۷۶ است. اما بین این دو پارامتر با میزان آبدهی چشمه‌ها ارتباط بارزی برقرار نمی‌باشد. متغیر آبدهی با جنس سازند ارتباط معناداری دارد به گونه‌ای که سازند آهک ماسه‌ای بیش‌ترین مقدار آبدهی سالانه و سازندهای آندزیت، میکروگرانیت و شیل‌های سیلتی نیز کم‌ترین مقادیر آبدهی را دارند. در رابطه با روابط همبستگی بین چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری نیز نتایج نشان داد که بین پارامترهای دما و تخلیه سالانه روابط معنی داری وجود دارد اما بین شاخص‌های pH و EC هیچ گونه ارتباط معنی‌داری برقرار نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آبدهی، چشمه، رودخانه، شهرستان کامیاران، گسل.

## مقدمه

آب‌های زیرزمینی از دیرباز برای تأمین مصارف خانگی، تولیدات صنعتی و مصارف کشاورزی به عنوان منابع اصلی مورد استفاده قرار گرفته است (Al-Sudani ,2018; Liu et al ,2016). چشمه ها به عنوان خروجی‌های طبیعی سیستم‌های آب زیرزمینی، نقش مهمی در بررسی گردش آب‌های زیرزمینی و فعل و انفعالات آب و سنگ ایفا می‌کنند (Naik et al., 2002). چشمه‌ها مهم‌ترین زهکش‌های طبیعی آب‌های زیرزمینی هستند که تحت‌تأثیر پارامترهای مختلفی در سطح زمین ظهور می‌یابند و زندگی بسیاری از اجتماعات انسانی به ویژه در روستاها وابسته به این عوارض است. محقّقین مختلف معمولاً شرایط هیدرولوژی زیر سطحی را از طریق شاخص‌های سطحی مانند سیمای زمین‌شناسی و ساختارهای خطی استنتاج می‌کنند (Das, 1996).

هر چشمه دارای شاخص‌های متعدد مخصوص به خود است که از میان این شاخص‌ها پراکندگی و میزان آبدهی بسیار حائز

اهمیت هستند. شکستگی‌های تکتونیکی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش سطحی و غیره از جمله عوامل مؤثر بر این شاخص‌ها هستند. شناسایی خطواره‌ها[1] اهمیت ویژه‌ای درهیدروژئولوژی سازندهای سخت دارند، چون این شکستگی های واحدهای سنگی، محل انتقال و تمرکز آب‌های زیرزمینی هستند (Das ,1996؛ کلانتری و همکاران، ۱۳۸۸).

فرایندهای تکتونیکی شدید باعث به وجود آمدن سیستم‌های درز و شکاف زیادی می‌شود؛ این زون‌های گسلی می‌توانند در محیط‌های زمین‌شناسی بین مناطق کم‌عمق و عمیق ارتباط هیدرولیکی برقرار کنند (Bense et al ,2013). این ارتباط در مجموعه زون‌های گسلی در رسوبات آواری متغیر می‌باشد و تابع عمق دفن رسوبات ( Fulljames et al ,2013; Rawling et al ,2001)، گسترش گسل (Wieck et al ,1995) و تبلور مجدد در طول صفحه گسلی (Fisher and Knipe 1998) می-باشد. رودخانه‌ها نیز به دلیل اینکه در منتهی‌الیه دامنه‌ها جریان داشته و خط القعرهای توپوگرافیکی را تشکیل می‌دهند به نظر می‌رسد در پارامترهای مربوط به چشمه‌ها مؤثر باشند. چراکه توپوگرافی یک پارامتر پیچیده است که می‌تواند در سیماهای بیرونی یا در ساختارهای داخلی سنگ مانند گسل و زون شکستگی‌ها منعکس گردد (Henriksen, 2003).

در رابطه با عوامل مؤثر بر ظهور و آبدهی چشمه‌ها مطالعات متعددی صورت گرفته و هرکدام جوانب مختلفی را بر روی این عوارض بررسی نموده‌اند. متاسفانه مطالعات در رابطه با موضوع پژوهش حاضر در داخل کشور محدوده بوده است؛ ازجمله مطالعات انجام شده می‌توان به پژوهش کلانتری و همکاران (۱۳۸۸) در رابطه با تاثیر عوامل ساختاری در ظهور و آبدهی چشمه‌ها در دشت ایذه اشاره نمود. نتایج به دست آمده نشان داد که ارتباط نزدیکی بین موقعیت رخنمون چشمه‌ها و فاصله از شکستگی‌ها وجود دارد به طوریکه محل ظهور چشمه‌ها با فراوانی شکستگی‌ها انطباق بالایی داشت.

همچنین کاظمی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی تحت‌عنوان بررسی عوامل موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب سازندهای سخت در منطقه کارستی لار دریافتند که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌ها و عناصر تکتونیکی با فراوانی منابع آب کارستیک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. بررسی نقش عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها در ایجاد و توسعه منابع آب در منطقه لار، وقوع چشمه‌ها در فواصل نزدیک با عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها و همچنین روند نزولی، کاهش فراوانی با افزایش فاصله را نشان می‌دهد.

خوش‌رفتار و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی ارتباط گسل‌ها با چشمه‌های کارستی در توده کوهستانی پراو بیستون-کرمانشاه پرداختند و با بررسی موقعیت مکانی چشمه‌ها، موقعیت مکانی چاله‌های بسته، گسل‌ها، شیب و لایه طبقات ارتفاعی شده و سپس نمودار گلسرخی گسل‌ها رابطه بین چشمه و گسل در منطقه پراو بیستون با استفاده از روش وزنی دریافتند که ارتباط نزدیکی بین عناصر تکتونیکی با فراوانی چشمه‌ها، وجود دارد به گونه‌ای که در فواصل کم از گسل‌ها تعداد چشمه‌ها بیشتر و با فاصله گرفتن از گسل تعداد و فراوانی چشمه‌ها، کاسته می‌شود.

تحقیق دیگری توسط ادریس نیا و همکاران (۱۳۹۶) در زمینه ارتباط بین خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، عناصر تکتونیکی، شبکه هیدروگرافی و عوامل توپوگرافی با فراوانی منابع آب کارستیک در منطقه مهارلو با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور انجام شد. نتایج نشان داد که ارتباط نزدیکی بین جنس سازند، توپوگرافی، خطواره‌ها و عوامل هیدرولوژیکی با فراوانی چشمه‌ها در منطقه کارستی مهارلو وجود دارد.

حبیبی‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت و خصوصیات ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت شیان، استان کرمانشاه را بررسی نموده و دریافتند که مقدار هدایت الکتریکی در ابتدا و انتهای دشت بیشتر از قسمت‌های دیگر است و علت آن‌را می‌توان به احتمال بسیار زیاد به وجود سازندهای مارنی امیران و کشکان و حذف دولومیت‌ها در زون های خرد شده مربوط دانست. بیش‌ترین تأثیر عوامل زمین‌زاد بر کیفیت آب زیرزمینی مربوط به سازند شهبازان بوده و غلظت بالای عناصر شیمیایی محلول در آب زیرزمینی در قسمت‌های شرق و شمال دشت را می‌توان به وجود سازندهای مارنی امیران و کشکان نسبت داد.

سعیدی رضوی و عرب (۱۳۹۸) به بررسی ارتباط سطح آب زیرزمینی با رودخانه و تحلیل ضریب جریان روزانه آن

[1] Lineaments

پرداختند. آن‌ها داده‌های روزانه تراز آب زیرزمینی، بارش و جریان را مورد بررسی قرار دادند که نهایتاً نتایج قابل قبولی بین ضریب جریان رودخانه و سطح تراز ایستابی را در مقیاس روزانه نشان داد. همچنین رابطه‌ی جریان با تراز سطح ایستابی و در نهایت ارتباط جریان با بارش و تراز آب زیرزمینی با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی چندمتغیره با همبستگی بالا به‌دست آمد و با مشتق گرفتن از این روابط تغییرات آن‌ها نسبت به تراز سطح ایستابی به صورت عددی حاصل شد.

شفیعی مطلق (۱۳۹۱) به بررسی نقش اثرات تکتونیک بر ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی سفره‌های کارستی در تاقدیس کوه سیاه در کمربند زاگرس پرداخت و حجم منابع پویای چشمه‌های کارستی به‌منظور نشان دادن ارتباط بین پدیده‌های تکتونیکی و هیدروژئولوژیکی سفره‌های آب کارستی را محاسبه نمود. نتایج پژوهش نشان داد که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌ها، عناصر تکتونیکی 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. Glen et al. (2013) در تحقیقی به بررسی نقش گسل‌ها در کنترل موقعیت مکانی چشمه‌های آب گرم اشاره کرده و دریافتند، مهم‌ترین چشمه‌های آب گرم در نزدیک جابجایی‌های ساختاری قرار دارند. Wu et al. (2021) نشان دادند که چشمه پروانه‌ای[2] در یونان چین در سنگ آهک سیلور ظاهر می‌شود. آب‌های زیرزمینی از نزولات جوی و آب ناشی از ذوب برف در ناحیه کوهستانی غرب تغذیه می‌شود سپس در امتداد شکاف‌ها به سمت شرق جریان می‌یابد و در دامنه‌های پایین در جایی که سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی کم عمق می‌شود با دمای محیط ظاهر می‌شود.

همچنین Dass et al. (2021) به ارزیابی جریان چشمه در حوضه‌های کوچک هیمالیای هند با رویکرد هیدروژئولوژیکی پرداختند. آن‌ها تعدادی چشمه را از جهات مختلف تخلیه، تغذیه آبخوان و دائمی یا موقتی بودن بر مبنای شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه مقایسه نمودند و بر مبنای ترکیبی از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و خصوصیات زمین‌شناسی راهکارهایی را برای احیای چشمه‌ها در سایر مناطق هیمالیا ارائه نمودند. در تحقیق دیگری که توسط Fensham et al. (2021) انجام شد ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی چشمه‌ها در جنوب حوضه بزرگ آرتزین استرالیا را ارزیابی نمودند و دریافتند که بسیاری از چشمه‌ها با گسل‌های عمیق همراه هستند و این نشان می‌دهد که فعال شدن مجدد گسل‌ها می تواند عامل مهمی در آبدهی آن‌ها باشد. همچنین آن‌ها بیش‌ترین هم‌سویی چشمه‌های آرتزین منطقه مطالعاتی خود را با سازند ماسه سنگ هورا دانستند.

از آنجا که حیات انسانی، جانوری و نباتی وابسته به آب است و یکی از اصلی‌ترین منابع تأمین آن چشمه‌ها است مطالعه و بررسی پیرامون آن‌ها ضرورت دارد. محدوده شهرستان کامیاران به‌ویژه تحت‌تأثیر گسل مروارید تکتونیزه بوده و شکستگی‌های متعددی در آن وجود دارد و همچنین از سازندهای زمین شناسی متفاوتی به‌وجود آمده و به‌دلیل کوهستانی بودن تغییرات ارتفاعی زیادی را به خود دیده است؛ همچنین اقلیم منطقه نیمه‌مرطوب بوده و نفوذ مازاد بارش، سفره‌های آب زیرزمینی را تقویت نموده و این عوامل سبب ظهور چشمه‌های متعددی در این منطقه شده است. از دیگر سو وجود سازندهای کارستی در نواحی از گستره شهرستان کامیاران چشمه‌های جالب‌توجهی را به‌وجود آورده که دبی‌های بسیار بالایی را در طول سال دارا می‌باشند. همچنین آب سطحی شهرستان کامیاران در یک حوضه واحد زهکشی نمی‌شود و حوضه‌های متعددی از این شهرستان سرچشمه گرفته و یا عبور می‌نمایند؛ لذا بررسی همبستگی چشمه‌ها و شبکه زهکشی صرفاً عامل ارتفاع را تشریح نمی‌کند. پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل مؤثر بر ظهور و آبدهی چشمه‌ها صورت گرفته و عوامل مؤثر در این دو پارامتر با توجه به شرایط محیطی محدوده مورد مطالعه واسنجی شده‌اند.

بحث دیگری که در زمینه منطقه مورد مطالعه شایان‌توجه است تکتونیزه بودن منطقه و وجود گسل‌های متعدد در آن است. ازجمله این گسل‌ها می‌توان گسل مروارید را نام برد؛ این مسئله بررسی ارتباط بین چشمه‌ها و شکستگی‌های تکتونیکی را مدنظر قرار می‌دهد که با سایر پارامترهای مؤثر، ارتباط بین میزان آبدهی و تعداد چشمه‌ها با شکستگی‌های تکتونیکی را نیز دربر می‌گیرد.

[2] Butterfly Spring

مشابه تحقیق حاضر در داخل کشور به‌ندرت انجام شده است که دلیل اصلی آن، فقدان آمار کامل در مورد چشمه‌ها می‌باشد که بدون پراکندگی و به صورت قابل استناد در یک حوزه آبخیز یا مرز سیاسی یک شهرستان وجود داشته باشد؛ از سوی دیگر انجام چنین تحقیقی مستلزم استناد به جامعه آماری وسیعی است که قطعیت نتایج را افزایش می‌دهد. لذا پژوهش حاضر با در اختیار داشتن آمار مربوط به چشمه‌های شهرستان کامیاران جزو پژوهش‌های معدود در داخل کشور است. چرا که مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در این زمینه ازجمله کلانتری و همکاران (۱۳۸۸)، کاظمی و همکاران (۱۳۹۴)، ادریس‌نیا و همکاران (۱۳۹۶)، شفیعی مطلق (۱۳۹۱) و غیره به بررسی ارتباط بین سیستم شکستگی‌های تکتونیکی و گسل‌ها با ظهور و آبدهی چشمه‌ها پرداختند و سایر مباحث مورد بحث در پژوهش حاضر ازجمله ارتباط چشمه با شبکه زهکشی و سازندهای زمین‌شناسی و همچنین ارتباط بین چشمه‌ها و رواناب حوضه‌ها کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

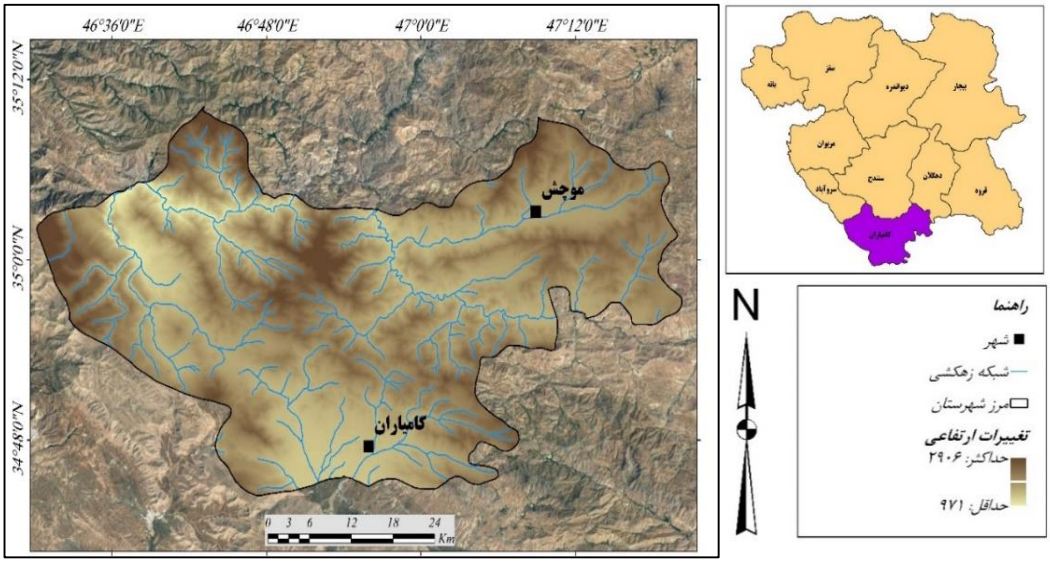
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

کامیاران، جنوبی‌ترین شهرستان استان کردستان است. این شهر بر روی گسل مروارید قرار گرفته و حصاری از کوهستان‌های شاهو و بیستون اطراف آن می‌باشد. بخش شمالی، غربی و شرقی کامیاران کوهستانی است و دره‌های زیبا و خوش آب و هوایی دارد و در بخش جنوبی به دشت کرمانشاه متصل است. وسعت شهرستان کامیاران ۲۰۵۵ کیلومترمربع و بر اساس سالنامه عمومی جمعیت و نفوس و مسکن استان کردستان در سال ۱۳۹۵دارای ۱۰۲۸۵۶ نفر جمعیت است.

شهرستان کامیاران از لحاظ زمین‌شناسی بخش‌هایی از زون سنندج-سیرجان، زاگرس مرتفع، زاگرس چین‌خورده و زون جوش‌خورده را شامل می‌شود. سنگ‌های متنوعی مانند فلیش‌های کرتاسه، مجموعه افیولیتی کرتاسه، فلیش ائوسن، توده‌های نفوذی گابرو-دیوریتی، سنگ‌های دگرگونی و غیره در این ناحیه رخنمون دارد. موارد ۱، ۲ و ۳ کمپلکس به‌هم افزوده و زون جوش‌خورده‌ای را تشکیل می‌دهند که در طی الیگوسن آغازی، توده‌های نفوذی گابرو-دیوریتی در آن نفوذ کرده‌اند و به تشکیل طیف متنوعی از سنگ‌های دگرگونی منجر شده است. در دوران ژوراسیک-کرتاسه در حوضه‌های رسوبی، سنگ‌های سازنده زون‌های زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده و نیز رسوبات آهکی، آهکی-دولومیتی و رسوبات رادیولاریت با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌های آذرآواری نهشته شده‌اند (گنجائیان و امانی، ۱۳۹۹).

از نظر شبکه هیدروگرافی تمامی محدوده سیاسی شهرستان کامیاران جزو زیرحوضه‌های شمالی حوزه آبخیز کرخه می‌باشد. اما بخش‌های شمالی و غربی شهرستان به رودخانه سیروان و بخش‌های جنوبی شهرستان به رودخانه قره‌سو در استان کرمانشاه می‌ریزد (شکل ۱).




**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و شبکه هیدروگرافی حوزه آبخیز منطقه مورد مطالعه.**

**روش تحقیق**

تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده که برای انجام آن از داده‌های مربوط به آبدهی چشمه‌های شهرستان، سازندهای زمین شناسی و موقعیت گسل‌ها، مدل رقومی ارتفاع (DEM) و شبکه زهکشی، داده‌های ژئوشیمی چشمه‌ها نظیر pH، EC و غیره استفاده شده است. ابزارهای مورد استفاده شامل GPS، دوربین عکاسی، نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و ابزارهای مفهومی مانند نرم‌افزارهای ARC GIS،Google Earth، ARC HYDRO ، EXCEL و غیره بوده که مطالعات اولیه نیز با استفاده از منابع علمی و کتابخانه‌ای صورت گرفته است.

جهت انجام تحقیق حاضر ابتدا نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده است. سپس لایه گسل‌های اصلی و شکستگی‌های تکتونیکی محدوده مورد نظر در نرم‌افزار ARC GIS رقومی شده است. پس از شناسایی گسل‌های موجود چشمه‌های ظهور یافته در مجاور آن‌ها تا فاصله ۵ کیلومتری از گسل در فواصل ۵۰۰ متری کلاسه‌بندی شده‌اند. دلیل انتخاب بافرهای با این ابعاد به مقیاس منطقه مورد مطالعه و تراکم خطوط گسلی و شکستگی‌های آن به محدوده اثر هر گسل نسبت به خطواره‌های مجاور آن مشخص و متمایز می‌شود.

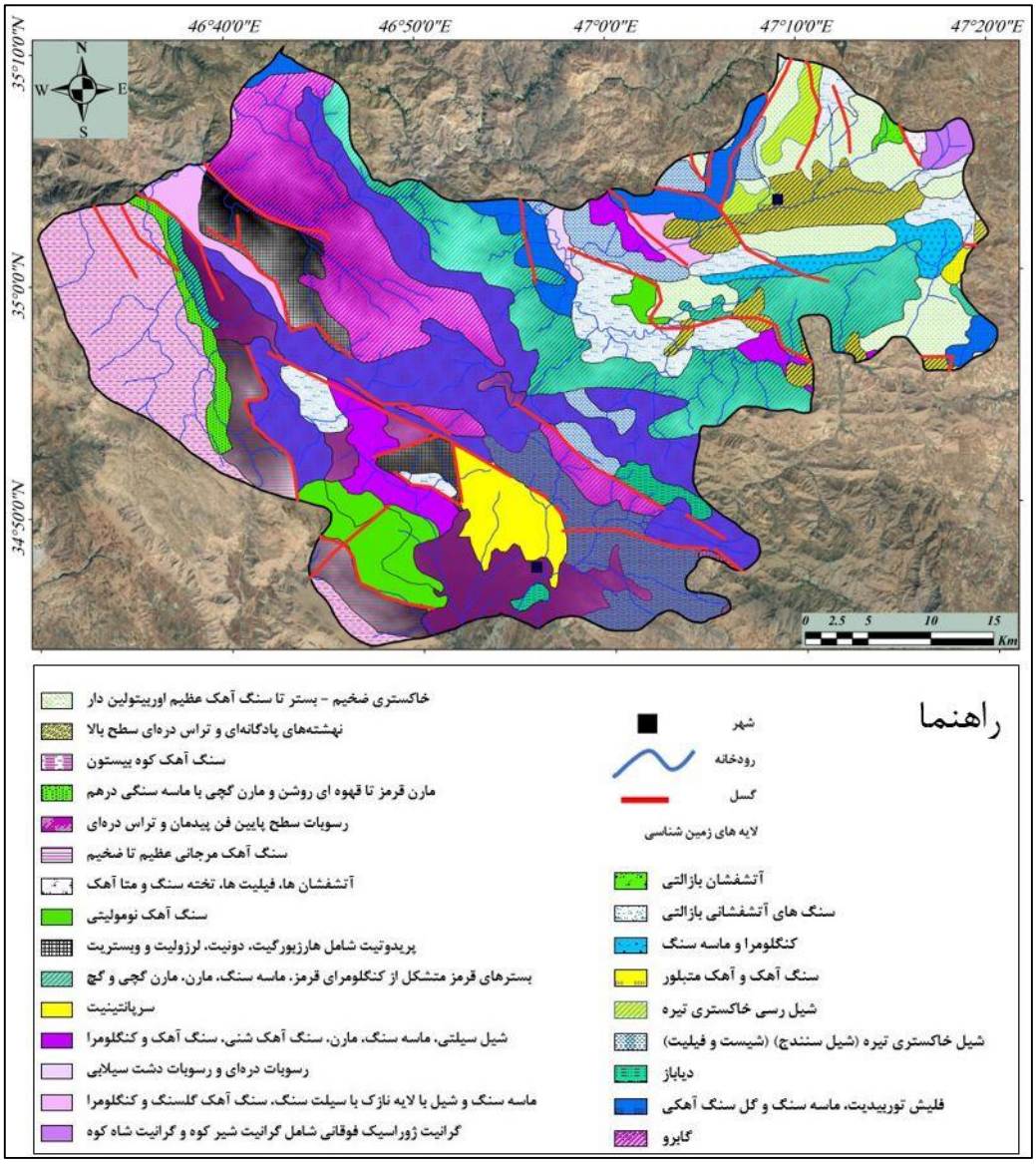
سپس شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی[3] (DEM) با پیکسل سایز ۱۲/۵ متر بر گرفته از سایت آلاسکا در نرم‌افزار ARC HYDROS استخراج شده و نتایج بر روی تصاویر ماهواره‌ای و Google Earth قرار گرفته‌اند. چشمه‌های موجود تا فاصله ۲ کیلومتری از شبکه زهکشی در رده‌های ۱۰۰ متری کلاسه‌بندی شده و شاخص‌های مربوط به تعداد و وضعیت آبدهی سالانه آن‌ها بر حسب مترمکعب به دست آمده است.

در ادامه جهت بررسی ارتباط بین چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری ابتدا حوزه آبخیز بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری در نرم‌افزار ARC GIS استخراج و سپس چشمه‌های موجود در حوضه‌های مربوطه شناسایی و تفکیک شده‌اند. سپس آمار مربوط به آبدهی و ژئوشیمی چشمه‌ها از شرکت منابع آب ایران تهیه شده و پس از کنترل داده‌ها و حذف آمارهای ناقص و نامرتبط در برنامه EXCEL تعداد ۲۸۱۷ چشمه، مبنای بررسی‌ها قرار گرفته‌اند. از میان متغیرهای موجود و مربوط به چشمه‌ها، دو متغیر تعداد و آبدهی سالانه بر مبنای مترمکعب انتخاب شده و نسبت به پارامترهای ساختاری و لیتولوژی و شبکه شاخص‌های مورد بررسی از قبیل دما، هدایت الکتریکی، تخلیه سالانه به مترمکعب و pH به‌دست آمده و تحلیل شده است.

مبحث دیگری که در پژوهش حاضر به آن پرداخته شده بررسی ارتباط بین چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری مستقر در پائین دست آن‌هاست. به‌گونه‌ای که تعدادی پارامتر نظیر pH، هدایت الکتریکی، دما و میزان تخلیه سالانه مورد نظر قرار گرفته شده و روابط همبستگی بین هرکدام از ایستگاه‌های هیدرومتری با چشمه‌های موجود در حوضه‌های بالادست آن‌ها به‌دست آمده است.

در ادامه پارامتر زمین‌شناسی و جنس سازند در بررسی میزان آبدهی چشمه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، جهت تهیه نمودار از سازندهایی که آمار چشمه‌های زیادی از آن‌ها در دسترس باشد، استفاده گردید. نقشه زمین‌شناسی شهرستان کامیاران به علاوه موقعیت و جهت گسل‌ها و خطواره‌های تکتونیکی در شکل ۲ ارائه شده است.

[3] Digital Elevation Model



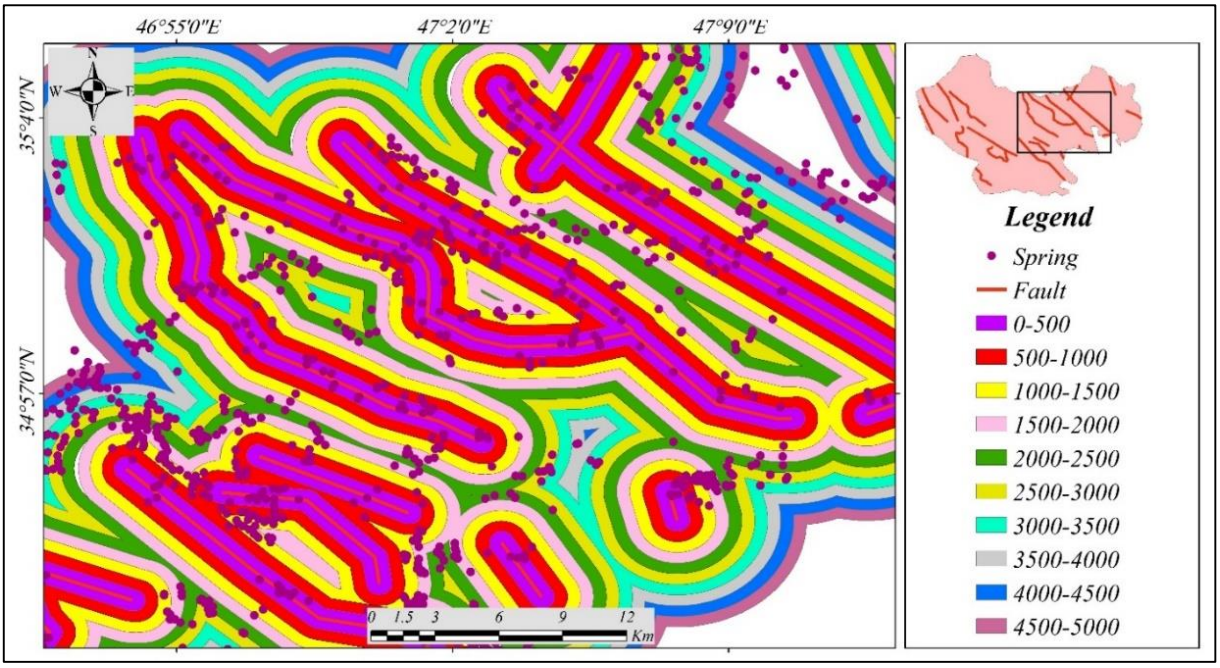

**شکل ۲- لایه‌های زمین شناسی شهرستان کامیاران بر روی تصویر گوگل ارث.**

## نتایج و بحث

جهت نیل به اهداف تحقیق، هرکدام از متغیرهای مستقل از قبیل جنس سازند، عامل ارتفاع، فاصله از رودخانه و فاصله از گسل را نسبت به دو شاخص آبدهی و تعداد چشمه‌ها مورد بررسی قرار داده و همبستگی آن‌ها در منطقه مورد مطالعه ارزیابی شد.

### فاصله از گسل

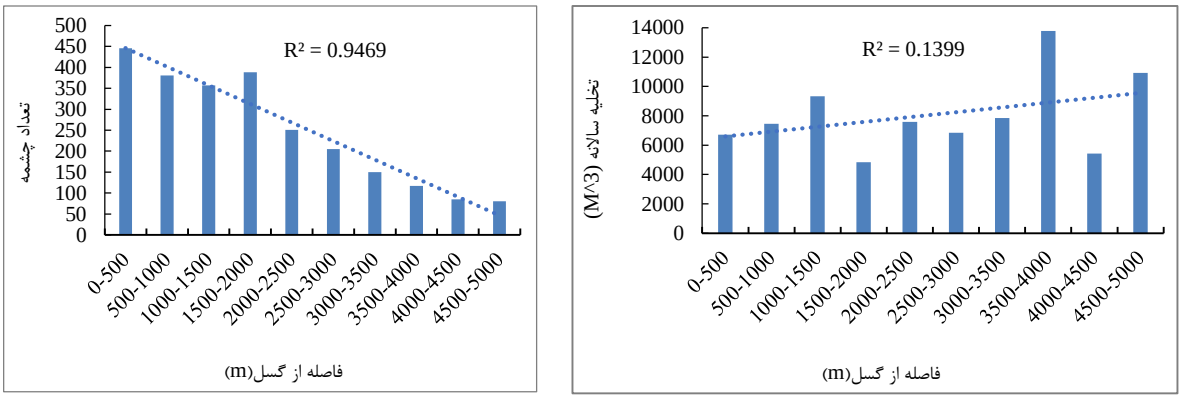
شکل ۳ نمایی از بافرهای موجود در حاشیه گسل‌های محدوده مورد بررسی را نشان می‌دهد که چشمه‌های موجود در هر بافر نیز مشخص شده و پارامترهای مربوط به تعداد و آبدهی چشمه‌ها در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۱ این پارامترها را به تفکیک کلاس نشان داده که بر مبنای آن نمودارهای شکل ۴ ترسیم شده است. همچنین بین فاصله از گسل و تعداد چشمه‌ها رابطه معنی‌داری با همبستگی ۰/۹۴۷ وجود دارد. به گونه‌ای که می‌توان گفت بیش‌ترین تعداد چشمه‌ها در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به گسل‌ها قرار دارند و به تدریج با فاصله گرفتن از این شکستگی‌های تکتونیکی تعداد چشمه‌ها نیز کاهش می‌یابد. اما بین میزان آبدهی چشمه‌ها و فاصله از گسل ارتباط خاصی برقرار نیست.




**شکل ۳- کلاسه بندی چشمه‌های مجاور خطوط گسلی (فاصله ها بر حسب متر است).**

**جدول ۱- ارتباط بین فاصله از گسل و تعداد چشمه‌ها و آبدهی آن‌ها.**

| ردیف | فاصله از گسل (m) | تعداد چشمه | میانگین آبدهی سالانه ($M^3$) |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۵۰۰-۰ | ۴۴۶ | ۶۷۰۷/۶۹ |
| ۲ | ۱۰۰۰-۵۰۰ | ۳۸۱ | ۷۴۵۸/۲۰ |
| ۳ | ۱۵۰۰-۱۰۰۰ | ۳۵۷ | ۹۳۲۸/۸۲ |
| ۴ | ۲۰۰۰-۱۵۰۰ | ۳۸۸ | ۴۸۴۲/۴۲ |
| ۵ | ۲۵۰۰-۲۰۰۰ | ۲۵۱ | ۷۵۷۹/۶۲ |
| ۶ | ۳۰۰۰-۲۵۰۰ | ۲۰۵ | ۶۸۴۵/۶۵ |
| ۷ | ۳۵۰۰-۳۰۰۰ | ۱۵۰ | ۷۸۵۲/۹۴ |
| ۸ | ۴۰۰۰-۳۵۰۰ | ۱۱۷ | ۱۳۷۸۳/۶۱ |
| ۹ | ۴۵۰۰-۴۰۰۰ | ۸۵ | ۵۴۲۵/۵۳ |
| ۱۰ | ۵۰۰۰-۴۵۰۰ | ۸۰ | ۱۰۹۲۱/۱۸ |
| | $R^2$ | ۰/۹۴۶۹ | ۰/۱۳۹۹ |



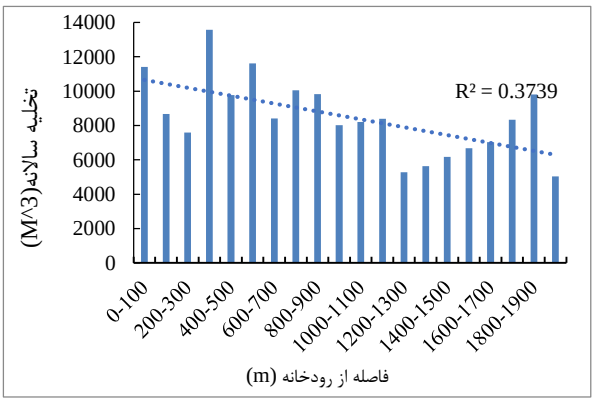

**شکل ۴- نمودارهای همبستگی بین فاصله از گسل با آبدهی چشمه‌ها و تعداد چشمه‌ها**

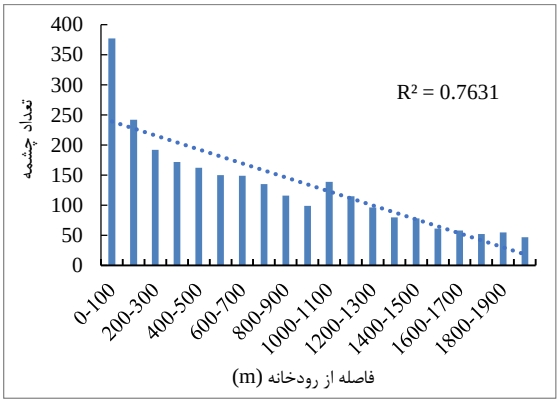
**فاصله از رودخانه**

در ادامه رابطه بین فاصله از رودخانه، آبدهی و تعداد چشمه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار چشمه‌های موجود تا فاصله ۲ کیلومتری از شبکه زهکشی در رده‌های ۱۰۰ متری کلاسه‌بندی شدند (جدول ۲). دلیل انتخاب فاصله-های ۱۰۰ متری به مقیاس منطقه مطالعاتی و تراکم آبراهه‌های آن مربوط می‌شود. نتایج حاصل از این پارامتر نیز گویای آن است که با فاصله گرفتن از رودخانه‌ها تعداد چشمه‌ها کاهش می‌یابد. اما همبستگی بین این دو نسبت به فاصله از گسل کم‌تر است. بین میانگین آبدهی سالانه و فاصله از رودخانه ارتباط قابل‌توجهی وجود ندارد و همبستگی بین این دو پارامتر نیز نسبت به فاصله از گسل کم‌تر است. نکته جالب توجه این است که تعداد چشمه‌ها با فاصله گرفتن از گسل به صورت تقریباً یکنواخت کاهش می‌یابد اما در ارتباط با رودخانه بیش-ترین تعداد چشمه‌ها در فاصله ۰-۱۰۰ متری این عوارض هستند و پس از آن به تدریج نزولی می‌شود (شکل ۵)؛ این نکته را باید در ارتباط با شیب‌های هیدرولیکی لایه‌های زیرزمینی دانست.

**جدول ۲- ارتباط بین فاصله از رودخانه با تعداد و آبدهی چشمه‌ها.**

| فاصله از رودخانه (متر) | تعداد چشمه | میانگین آبدهی سالانه ($M^3$) | فاصله از رودخانه (m) | تعداد چشمه | میانگین آبدهی سالانه ($M^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۰۰-۰ | ۳۷۷ | ۱۱۴۰۴/۵۸ | ۱۱۰۰-۱۰۰۰ | ۱۳۹ | ۸۱۹۷/۶۵۷ |
| ۲۰۰-۱۰۰ | ۲۴۲ | ۸۶۶۴/۴۴۲ | ۱۲۰۰-۱۱۰۰ | ۱۱۵ | ۸۳۹۸/۶۲۱ |
| ۳۰۰-۲۰۰ | ۱۹۲ | ۷۵۸۲/۳۸۸ | ۱۳۰۰-۱۲۰۰ | ۹۶ | ۵۲۸۸/۳۹۱ |
| ۴۰۰-۳۰۰ | ۱۷۲ | ۱۳۵۷۴/۴۴ | ۱۴۰۰-۱۳۰۰ | ۸۰ | ۵۶۳۴/۱۸۷ |
| ۵۰۰-۴۰۰ | ۱۶۲ | ۹۷۷۵/۴۸۳ | ۱۵۰۰-۱۴۰۰ | ۷۸ | ۶۱۷۲/۶۳۸ |
| ۶۰۰-۵۰۰ | ۱۵۰ | ۱۱۶۲۲/۵۵ | ۱۶۰۰-۱۵۰۰ | ۶۱ | ۶۶۸۶/۲۲۷ |
| ۷۰۰-۶۰۰ | ۱۴۹ | ۸۴۱۱/۴۴۶ | ۱۷۰۰-۱۶۰۰ | ۵۸ | ۷۰۳۰/۳۵۳ |
| ۸۰۰-۷۰۰ | ۱۳۵ | ۱۰۰۴۸/۹۲ | ۱۸۰۰-۱۷۰۰ | ۵۲ | ۸۳۳۶/۹۳۵ |
| ۹۰۰-۸۰۰ | ۱۱۶ | ۹۸۲۵/۵۲۷ | ۱۹۰۰-۱۸۰۰ | ۵۵ | ۹۸۰۲/۵۳۶ |
| ۱۰۰۰-۹۰۰ | ۹۹ | ۸۰۱۸/۵۷۵ | ۲۰۰۰-۱۹۰۰ | ۴۷ | ۵۰۳۱/۵۱۳ |




**شکل ۵- نمودارهای رابطه بین فاصله از رودخانه با تعداد و آبدهی چشمه‌ها.**

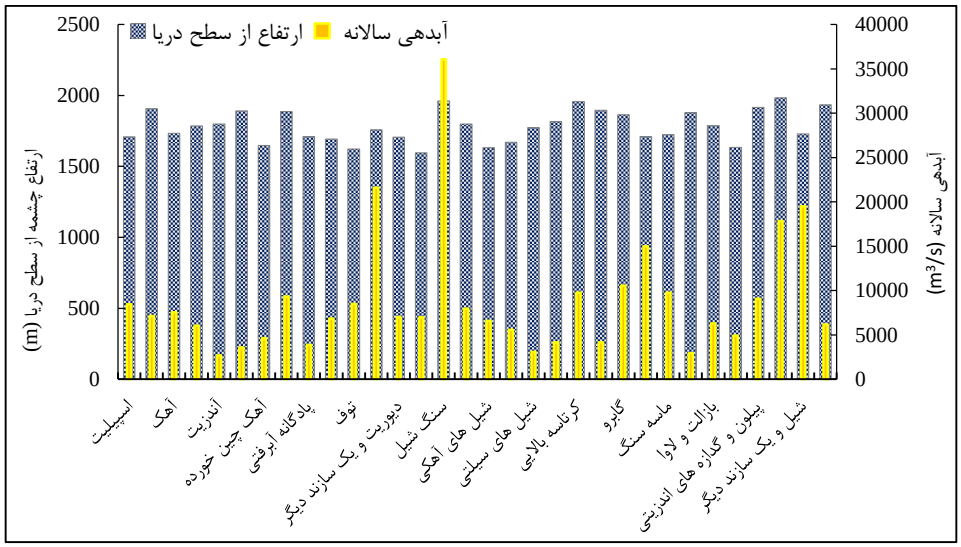
**جنس سازند**

با توجه به نتایج حاصل از نمودار شکل ۷ می‌توان دریافت که میزان آبدهی چشمه‌ها ارتباط بالایی با نوع و جنس سازند زمین‌شناسی دارد. به‌گونه‌ای که در سازند آهک ماسه‌ای بیشترین میزان آبدهی وجود دارد و در ۱۴ چشمه موجود در این سازند در محدوده منطقه مورد مطالعه، میانگین آبدهی سالانه حدود ۱۲۰ هزار مترمکعب در سال می‌باشد. لازم به توضیح است به‌دلیل اختلاف بسیار بالای آبدهی این سازند

نسبت به سایر سازندهای موجود، جهت نمایش بهتر تغییرات در نمودار شکل ۷ سازند آهک ماسه‌ای حذف شده است؛ شکل ۶ عکس یکی از چشمه‌های واقع در این سازند را در محدوده روستای پالنگان واقع در منطقه کارستی شمال شهرستان کامیاران نشان می‌دهد. پس از آن به ترتیب سنگ شیل با میانگین آبدهی ۳۶۰۰۰ مترمکعب، دیوریت با ۲۱۶۰۰ مترمکعب و ترکیب شیل و یک سازند دیگر با میانگین آبدهی ۱۹۵۰۰ متر مکعب در سال قرار دارند. کم‌ترین میزان آبدهی نیز مربوط به سازندهای آندزیت، شیل‌های سیلتی و میکروگرانیت می‌باشد.

نکته دیگری که در نمودار شکل ۶ به آن اشاره شده، میانگین ارتفاع چشمه‌های مربوط به هر سازند است. صرف‌نظر از اینکه هر سازند بنا به ماهیت خود در چه ارتفاعی قرار دارد برای مثال سازندهای آبرفتی در خطالقعرها و دشت‌های سیلابی متراکم هستند که ارتفاع پائینی دارند اما سازندهایی مانند آهک و ماسه‌سنگ که غالباً منطبق بر ارتفاعات هستند؛ میانگین ارتفاع چشمه‌های سازندهای مختلف اختلاف چندانی با هم نداشته و همبستگی بسیار پائینی بین این دو پارامتر وجود دارد.

**شکل ۶- چشمه کارستی پالنگان واقع در سازند آهک ماسه‌ای.**



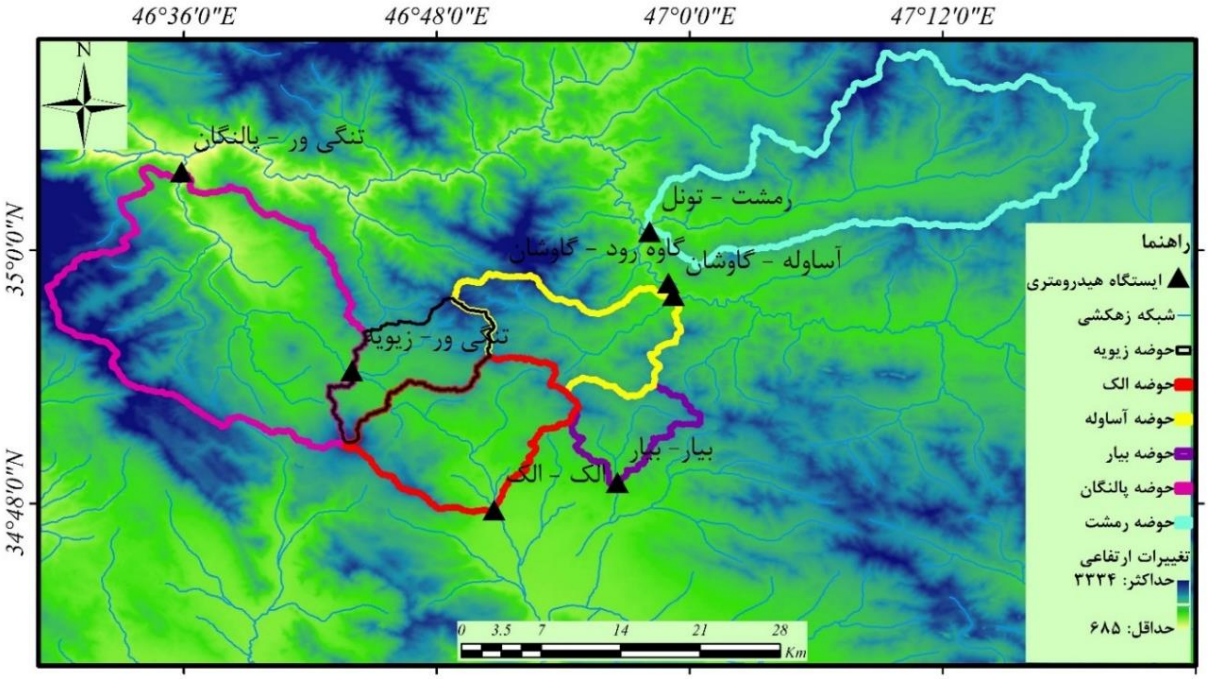

**شکل۷- مقایسه میانگین میزان آبدهی چشمه‌ها در سازندهای مختلف با توجه به میانگین ارتفاع چشمه‌های هر سازند.**

جدول ۳- مقایسه میزان آبدهی چشمه‌ها در سازندهای مختلف.

| نوع سازند | تعداد چشمه | ارتفاع از سطح دریا (m) | آبدهی سالانه ($M^3$) |
|---|---|---|---|
| اسپیلیت | ۱۹ | ۱۷۰۹/۱۶ | ۸۴۵۷/۸۸ |
| آبرفت | ۱۲۶ | ۱۹۰۶/۱۳ | ۷۱۱۲/۴۳ |
| آهک | ۲۸۲ | ۱۷۳۴/۱۵ | ۷۵۵۰/۳۰ |
| آبرفت | ۹۴ | ۱۷۸۵/۱۶ | ۶۰۴۵/۷۹ |
| آندزیت | ۲۴ | ۱۷۹۸/۳۸ | ۲۷۰۳/۴۲ |
| آندزیت تراکیت | ۲۱ | ۱۸۹۱/۰۰ | ۳۵۸۰/۶۲ |
| آهک چین‌خورده | ۱۲۱ | ۱۶۴۸/۰۷ | ۴۶۴۱/۷۹ |
| بازالت | ۱۰۹ | ۱۸۸۷/۸۲ | ۹۳۱۳/۲۲ |
| پادگانه آبرفتی | ۴۵ | ۱۷۱۱/۷۱ | ۳۸۶۳/۰۶ |
| پیوسته آذرین | ۵۴ | ۱۶۹۳/۴۴ | ۶۸۵۲/۴۳ |
| توف | ۵۶ | ۱۶۲۳/۸۹ | ۸۵۰۳/۴۶ |
| دیوریت | ۳۹ | ۱۷۵۷/۴۱ | ۲۱۶۰۲/۷۰ |
| دیوریت و یک سازند دیگر | ۳۵ | ۱۷۰۶/۲۴ | ۷۰۱۰/۰۹ |
| رسوبات آبرفتی | ۸۹ | ۱۵۹۶/۷۵ | ۶۹۹۹/۵۱ |
| سنگ شیل | ۲۶ | ۱۹۶۱/۳۸ | ۳۶۰۸۴/۴۶ |
| سنگ‌های آهکی | ۳۴۹ | ۱۷۹۹/۸۷ | ۷۹۵۹/۴۵ |
| شیل‌های آهکی | ۱۷۲ | ۱۶۳۲/۸۰ | ۶۵۷۱.۱۹ |
| شیل | ۱۴۰ | ۱۶۷۰/۹۴ | ۵۵۸۸/۹۶ |
| شیل‌های سیلتی | ۲۹ | ۱۷۷۴/۳۱ | ۳۰۷۹/۸۶ |
| فلیش | ۸۶ | ۱۸۱۷/۰۰ | ۴۱۵۰/۸۷ |
| کرتاسه بالایی | ۶۴ | ۱۹۵۶/۲۸ | ۹۷۵۶/۴۵ |
| کنگلومرا | ۵۱ | ۱۸۹۵/۳۷ | ۴۱۶۶/۳۴ |
| گابرو | ۳۵۳ | ۱۸۶۳/۷۸ | ۱۰۵۶۳/۰۲ |
| گرانیت | ۶۵ | ۱۷۱۱/۵۸ | ۱۴۹۸۶/۸۸ |
| ماسه‌سنگ | ۱۰۰ | ۱۷۲۳/۷۱ | ۹۷۶۶/۷۹ |
| میکروگرانیت | ۲۴ | ۱۸۷۹/۷۱ | ۲۹۴۵/۸۸ |
| بازالت و لاوا | ۳۳ | ۱۷۸۸/۳۳ | ۶۲۸۴/۵۰ |
| رسوبات شیل و ماسه سنگ | ۲۷ | ۱۶۳۴/۵۶ | ۴۹۱۶/۹۰ |
| پیلون و گدازه‌های اندزیتی | ۴۰ | ۱۹۱۵/۳۳ | ۹۰۶۸/۶۷ |
| سنگ گابرو | ۲۷ | ۱۹۸۴/۷۴ | ۱۷۸۳۱/۳۶ |
| شیل و یک سازند دیگر | ۷۵ | ۱۷۲۸/۴۴ | ۱۹۵۱۶/۷۲ |
| شیست | ۲۸ | ۱۹۳۳/۴۶ | ۶۲۰۵/۸۳ |
| آهک ماسه‌ای | ۱۴ | ۱۴۲۱/۳۶ | ۱۲۱۹۷۶/۷۴ |
| میانگین | ۳۶.۸۵ | ۱۷۷۴/۰۱ | ۱۲۲۹۲/۶۵ |
| انحراف معیار | ۸۹.۸۷ | ۱۲۶/۶۶ | ۲۰۷۹۴/۷۳ |

**بررسی ارتباط بین چشمه‌ها و رواناب حوضه‌ها**

جهت بررسی ارتباط بین چشمه‌ها و رواناب خروجی حوضه‌ها ابتدا داده‌های مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده شهرستان کامیاران گردآوری گردید. سپس نواقص آن‌ها برطرف و حوضه‌های بالادست هرکدام در نرم‌افزار ARC Hydro استخراج شد. سپس چشمه‌های هر زیرحوضه تفکیک و پارامترهای تخلیه سالانه، دما، هدایت الکتریکی و pH چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری مقایسه شد. شکل ۸ نقشه حوضه‌های بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری و جدول ۴ مقایسه پارامترهای چشمه‌ها و ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

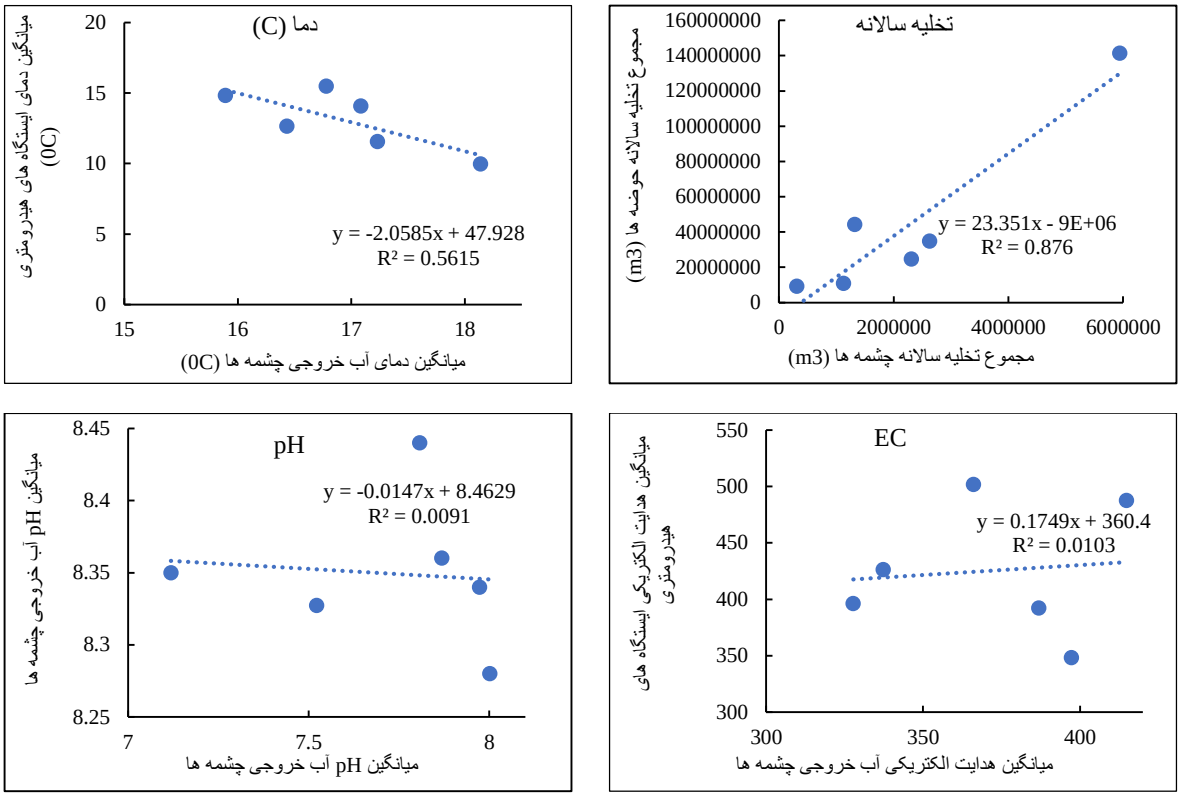



**شکل ۸ - حوضه‌های بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در شهرستان کامیاران.**

**جدول ۴- مقایسه تعدادی از شاخص‌های مربوط به چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری.**

| | نام حوضه شاخص | الک | بیار | آساوله | رمشت | پالنگان | زیویه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| چشمه | تعداد چشمه | ۱۲۰ | ۴۱ | ۲۵۹ | ۴۳۱ | ۴۰۷ | ۲۶۳ |
| | میانگین ارتفاع ($m^3$) | ۱۶۱۷/۷۳ | ۱۷۳۵/۸۳ | ۱۷۹۲/۹۴ | ۱۷۹۷/۴۵ | ۱۶۲۳/۱۴ | ۱۸۳۳/۱۵ |
| | میانگین تخلیه سالانه ($m^3$) | ۱۱۰۲۶/۶۱ | ۷۵۵۶/۰۴ | ۸۹۲۴/۳۷ | ۶۰۹۸/۳۹ | ۱۴۵۹۷/۹۹ | ۴۲۷۹/۵۴ |
| | تخلیه سالانه ($m^3$) | ۱۳۲۳۱۹۳/۵ | ۳۰۹۷۹۷/۶ | ۲۳۱۱۴۱۰/۸ | ۲۶۲۸۴۰۶ | ۵۹۴۱۳۸۲/۴ | ۱۱۲۵۵۱۹/۸ |
| | دما (°C) | ۱۷/۲۳ | ۱۵/۸۹ | ۱۶/۴۳ | ۱۶/۷۸ | ۱۷/۰۸ | ۱۸/۱۴ |
| | EC | ۳۸۶/۸۷ | ۳۲۷/۷۶ | ۳۳۷/۲۶ | ۳۶۶/۰۴ | ۳۹۷/۳۲ | ۴۱۴/۸۷ |
| | pH | ۷/۸۷ | ۷/۸۱ | ۷/۹۷ | ۸ | ۷/۱۲ | ۷/۵۲ |
| ایستگاه هیدرومتری | مساحت‌حوضه ($km^2$) | ۱۳۲/۶۶ | ۴۸/۳ | ۹۹/۷۴ | ۳۱۰/۶ | ۳۳۴/۶ | ۶۹/۶۵ |
| | دما (°C) | ۱۱/۵۶ | ۱۴/۸۱ | ۱۲/۶۴ | ۱۵/۴۹ | ۱۴/۰۷ | ۹/۹۵ |
| | EC | ۳۹۲/۲ | ۳۹۶/۲۳ | ۴۲۶/۲۵ | ۵۰۱/۶۴ | ۳۴۸/۳۳ | ۴۸۷/۶۸ |
| | pH | ۸/۳۶ | ۸/۴۴ | ۸/۳۴ | ۸/۲۸ | ۸/۳۵ | ۸/۳۳ |
| | تخلیه سالانه ($m^3$) | ۴۴۱۵۰۴۰۰ | ۹۱۷۶۹۷۶ | ۲۴۵۹۸۰۸۰ | ۳۴۶۸۹۶۰۰ | ۱۴۱۲۸۱۲۸۰ | ۱۰۸۷۸۷۹۴ |
| | درصد آبدهی چشمه از کل آبدهی حوضه | ۳۳/۳۷ | ۲۹/۶۲ | ۱۰/۶۴ | ۱۳/۲ | ۲۳/۷۸ | ۹/۶۷ |

شکل ۹ نمودارهای مربوط به بررسی روابط همبستگی بین تعدادی از پارامترهای مشترک بین چشمه‌ها و ایستگاه-های هیدرومتری را نشان می‌دهد که بین مجموع تخلیه سالانه چشمه‌ها با مجموع آبدهی سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری ارتباط معنی‌داری با ضریب همبستگی ۸۷ درصد برقرار است؛ البته دلیل اصلی این ارتباط معنی‌دار مربوط به تعداد زیاد چشمه‌های موجود در حوضه‌های ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه می‌باشد.




**شکل ۹- نمودارهای همبستگی پارامترهای تخلیه سالانه، دما، pH و EC بین چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری.**

شاخص دیگری که در این رابطه مورد بررسی قرار گرفته میانگین دمای آب خروجی چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری است که دارای ضریب همبستگی ۰/۵۶ می‌باشد. این امر مؤید آن است که دمای آب حین خروج از چشمه‌ها بالا بوده و به‌تدریج با طی نمودن مسیر رودخانه و رسیدن به ایستگاه هیدرومتری در ارتباط با هوای بیرون کاهش می‌یابد. این اختلاف دما در حوضه‌های زیویه و الک بسیار زیاد است و به حدود ۸-۷ درجه سانتیگراد می‌رسد. اما در ایستگاه بیار به حدود یک درجه تنزل می‌یابد.

اما یافته‌ها حاکی از آن است که بین پارامترهای EC و pH چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه هیچ‌گونه ارتباط معنی‌داری وجود ندارد و همبستگی در حد صفر می‌باشد. از نظر هدایت الکتریکی به‌جز حوضه پالنگان که میزان هدایت الکتریکی ایستگاه هیدرومتری از چشمه‌ها کم‌تر است در سایر حوضه‌ها عکس این حالت صادق است. دلیل این امر را می‌توان در کارستی بودن سازندهای حوزه آبخیز پالنگان دانست.

در رابطه با pH باید اذعان نمود که در تمامی حوضه‌ها میزان pH ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری در مقایسه با میانگین چشمه‌ها بیش‌تر بوده و این تفاوت از ۰/۲۸ در رمشت تا ۱/۲۳ در حوضه پالنگان متغیر است که می‌توان دلیل آن را نیز در سازندهای کارستی حوضه پالنگان بررسی نمود. آن‌چه که در مورد تمامی pHهای ثبت شده چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری یکسان است؛ قلیایی بودن آن‌هاست. در این میان درجه قلیایی بودن آب خروجی چشمه‌های حوضه پالنگان از همه کم‌تر بوده و نزدیک به حالت خنثی می‌باشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

پراکندگی چشمه‌ها و میزان آبدهی آن‌ها تحت‌تأثیر پارامترهای مختلفی قرار دارد. در تحقیق حاضر اثرگذاری پارامترهای ساختاری، لیتولوژی و شبکه زهکشی بر دو شاخص مربوط به چشمه‌ها، از جمله تعداد و آبدهی سالانه مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌های به‌عمل آمده نشان داد بین شاخص تعداد چشمه‌ها و فاصله از گسل‌ها ارتباط بسیار نزدیکی وجود دارد به‌گونه‌ای که بیشترین تعداد چشمه‌های مورد بررسی در مجاورت خطوط گسلی قرار داشته‌اند. میزان همبستگی بین این دو پارامتر ۰/۹۴۷ است که حاکی از ارتباط تنگاتنگ آن‌هاست. این ارتباط به صورت ضعیف‌تر بین تعداد

چشمه و فاصله از رودخانه نیز برقرار است که دلیل اصلی آن به دو عامل شیب هیدرولوژیکی سفره‌های زیرزمینی و تراکم چشمه‌ها در ارتفاعات پائین‌تر برمی‌گردد. همبستگی بین تعداد چشمه و فاصله از رودخانه ۰/۷۶ است. اما بین دو پارامتر فاصله از گسل و رودخانه با میزان آبدهی چشمه‌ها ارتباط معناداری وجود نداشت.

جهت پی‌بردن به عامل تأثیرگذار در میزان آبدهی چشمه‌ها جنس سازندهای زمین‌شناسی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل گردید که همبستگی قابل‌توجهی بین این دو شاخص برقرار است؛ به‌گونه‌ای که سازند آهک ماسه‌ای بیش‌ترین میزان تخلیه سالانه و آندزیت، شیل‌های سیلتی و میکروگرانیت کمترین مقادیر مربوطه را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین بررسی‌ها نشان داد صرف‌نظر از ماهیت هر سازند در هر سطح ارتفاعی، همبستگی معناداری بین میانگین ارتفاع چشمه‌های سازندهای مختلف برقرارنمی‌باشد.

مبحث دیگری که در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفت روابط همبستگی بین چشمه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری در محدوده مورد مطالعه بود. نتایج این بخش نشان داد که بین پارامترهای دما و تخلیه سالانه روابط معنی‌داری وجود دارد. البته رابطه بین میزان تخلیه سالانه چشمه‌ها و حوضه‌ها به دلیل تعداد زیاد چشمه‌های موجود در حوضه‌های بزرگ طبیعی است. میانگین دمای آب خروجی چشمه‌ها با میانگین دمای آب ایستگاه‌های هیدرومتری دارای ضریب همبستگی ۵۶ درصد است. دمای آب حین خروج از چشمه‌ها بالا بوده و به‌تدریج با طی‌نمودن مسیر رودخانه و رسیدن به ایستگاه هیدرومتری در ارتباط با هوای بیرون کاهش می‌یابد. اما بین شاخص‌های pH و EC هیچ گونه ارتباط معنی‌داری برقرار نبود. مقالات و پژوهش‌های متعددی در رابطه با موضوع تحقیق حاضر انجام شده است؛ اما غالباً به بررسی روابط بین تکتونیک و شرایط هیدروژئولوژیکی با چشمه‌ها و چاه‌ها پرداخته و ارتباط این عوامل با لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی و رودخانه‌ها کم‌تر مورد توجه بوده است. به ویژه می‌توان گفت در داخل کشور مطالعات در رابطه با چشمه‌ها محدود است و غالباً پژوهش‌های از این قبیل به مطالعه پیرامون تأثیر خطواره‌های گسلی در ظهور چشمه‌ها بسنده نموده‌اند؛ نتایج حاصل از آن‌ها با نتایج حاصل از این بخش از پژوهش حاضر هم‌سو بوده و همبستگی بالایی بین تعداد چشمه‌ها نسبت به مجاورت گسل-ها و خطواره‌های تکتونیکی برقرار بوده است. برای نمونه Fensham et al. (2021) دریافتند که بین چشمه‌های واقع در جنوب حوضه بزرگ آرتزین استرالیا با گسل‌های عمیق ارتباط نزدیکی برقرار است و فعال شدن مجدد گسل‌ها می‌تواند عامل مهمی در آبدهی آن‌ها باشد. شفیعی مطلق (۱۳۹۱) نیز با بررسی نقش اثرات تکتونیک بر ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی سفره‌های کارستی در تاقدیس کوه سیاه در کمربند زاگرس پی به نقش بارز عناصر تکتونیکی و لزوم توجه به آن در بررسی استعداد منابع آب و انتقال آب‌های زیرزمینی در مناطق کارستیک برد. مطالعات کلانتری و همکاران (۱۳۸۸) در رابطه با تاثیر عوامل ساختاری در ظهور و آبدهی چشمه‌ها در دشت ایذه نشان‌دهنده ارتباط نزدیکی بین موقعیت رخنمون چشمه-ها و فاصله از شکستگی‌ها و انطباق محل ظهور چشمه‌ها با فراوانی شکستگی‌ها بود. تحقیقات کاظمی و همکاران (۱۳۹۴) در رابطه با بررسی عوامل موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب سازندهای سخت در منطقه کارستی لار دریافتند که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌ها و عناصر تکتونیکی با فراوانی منابع آب کارستیک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. بررسی نقش عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها در ایجاد و توسعه منابع آب در منطقه لار، وقوع چشمه‌ها در فواصل نزدیک با عناصر تکتونیکی و خطواره‌ها و همچنین روند نزولی، کاهش فراوانی با افزایش فاصله را نشان می‌دهد. نتایج تحقیق ادریس نیا و همکاران (۱۳۹۶) در زمینه ارتباط بین خطواره‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، عناصر تکتونیکی، شبکه هیدروگرافی و عوامل توپوگرافی با فراوانی منابع آب کارستیک در منطقه مهارلو نشان داد که ارتباط نزدیکی بین جنس سازند، توپوگرافی، خطواره‌ها و عوامل هیدرولوژیکی با فراوانی چشمه‌ها در منطقه کارستی مهارلو وجود دارد.

لذا وجه تمایز پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های مرتبط، بررسی توأمان عوامل زمین‌شناختی، زمین‌ساختی و ژئومورفولوژی در ظهور و آبدهی چشمه‌ها می‌باشد. همچنین علاوه بر تعداد و پراکندگی مکانی چشمه‌ها، میزان آبدهی آن‌ها نیز در رابطه با عوامل مذکور مورد بررسی قرار گرفته شده است.

غالب تحقیقاتی که در رابطه با بخش دوم پژوهش حاضر انجام شده به بررسی ارتباط بین آب‌های سطحی و زیرزمینی پرداخته و جوانب متعدد مشترک بین آن‌ها مانند پارامترهای هیدروشیمیایی را بررسی نموده است. تحقیقاتی نیز که صرفاً به بحث آب‌های سطحی پرداخته‌اند غالباً روابط بین بارش رواناب را مورد توجه قرار داده و می‌توان گفت پژوهشی از این قبیل که به بررسی روابط بین چشمه‌های موجود در حوضه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری پائین‌دست آن‌ها پرداخته باشد صورت نگرفته است.

## منابع

ادریس‌نیا، س.، پهلوانروی، ا.، مقدم نیا، ع.، نظری سامانی، ع.، میری، ع.، ۱۳۹۶. بررسی نقش عوامل ساختاری در فراوانی منابع آب منطقه کارستی مهارلو با استفاده از سنجش از دور و GIS . نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۷۰(۲): ۲۷۵-۲۶۳.

حبیبی نیا، ه.، کرد، م.، طاهری، ک.، ۱۴۰۰. تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت و خصوصیات ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت شیان، کرمانشاه . نشریه هیدروژئولوژی، ۶(۱): ۱۲۵-۱۱۴.

خوش‌رفتار ،ر .، جعفری، غ.، فیض الله پور ، م.، آرین تبار، ح.، مرادی، پ.، ۱۳۹۷. ارزیابی ارتباط گسل‌ها با چشمه های کارستی در توده کوهستانی پراو بیستون-کرمانشاه. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹(۵۴): ۲۲-۱.

سعیدی رضوی، بازه های مطالعاتی.، عرب، ع.، ۱۳۹۹. بررسی ارتباط سطح آب زیرزمینی با رودخانه و تحلیل ضریب جریان روزانه آن . نشریه هیدروژئولوژی، ۵(۱): ۹۷-۸۴.

شفیعی مطلق، خ.، ۱۳۹۱. بررسی پتانسیل تاقدیس کوه سیاه دهدشت در فراوانی منابع آب با استفاده از GIS. فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست؛ ۶(۱۹): ۹۵-۸۱.

کاظمی، ر.، شادفر، ص.، بیات، ر.، ۱۳۹۳. بررسی عوامل موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب سازندهای سخت، مطالعه موردی: منطقه کارستی لار. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۷(۴): ۴۰۱-۳۸۹.

کلانتری، ن.، کشاورزی، م.، چرچی، ع.، ۱۳۸۸. عوامل مؤثر در ظهور چشمه‌های حوزه‌ی آبخیز دشت ایذه. فصلنامه‌ی زمین‌شناسی کاربردی، ۵(۲): ۱۴۷-۱۳۵.

کلانتری، ن.، مهدی پور، م.، همرایان آزاد، و .، ۱۳۹۵. تأثیر پدیده‌های ساختاری و مورفولوژیکی در ظهور، تغذیه و گل‌آلود شدن چشمه‌ی گرداب در شمال شرق اندیمشک استان خوزستان. نشریه هیدروژئومورفولوژی، ۳(۹): ۱۱۲-۸۷.

گنجائیان، ح.، امانی، خ.، ۱۳۹۹. جغرافیای طبیعی استان کردستان، انتشارات انتخاب، تهران.

نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان کردستان ،۱۳۹۵. سازمان برنامه و بودجه کشور.

نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کامیاران؛ سازمان زمین-شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Al-Sudani, H., 2018. Hydrochemical evaluation and utilization of groundwater in Khanaqin Area, Diyala Governorate-East of Iraq. Iraqi J. Sci., 59 (4B): 2279–2288.

Bense, V. F., Gleeson, T., Loveless, S. E., Bour, O., & Scibek, J., 2013. Fault zone hydrogeology. Earth-Science Reviews, 127: 171-192.

Das, D., 1996, Environmental appraisal for water resource development Proceedings, International Conference on Disaster Management (ICODIM): 499-507 Guwahati: India, Organized by Tejpur University.

Dass, B., Sen, S., Bamola, V., Sharma, A., & Sen, D., 2021. Assessment of spring flows in Indian Himalayan micro-watersheds–A hydro-geological approach. Journal of Hydrology, 598, 126354.

Fensham, R. J., Doyle, T., Habermehl, M. A., Laffineur, B., & Silcock, J. L., 2021. Hydrogeological assessment of springs in the south-central Great Artesian Basin of Australia. Hydrogeology Journal, 29(4): 1501-1515.

Fisher, Q. and Knipe, R., 1998, Fault Sealing Processes in Siliciclastic Sediment, in Faulting, Fault Sealing and Fluid Flow in Hydrocarbon

along a flow path in the North China Plain. J. Asian Earth Sci., 117: 33–51.

Naik, P., Awasthi, A., Mohan, P., 2002. Springs in a headwater basin in the Deccan Trap country of the Western Ghats, India. Hydrogeol. J., 10 (5): 553–565.

Rawling GC, Goodwin LB, Wilson JL., 2001. Internal Architecture, Permeability Structure, and Hydrologic Significance of Contrasting Fault Zone Types, Geology, 29(1): 43–46.

Wieck J, Person M, Stayler L., 1995. A Finite Element Method for Simulating Fault Block Motion and Hydrothermal Fluid Flow within Rifting Basins, Water Resour Res, 31(12): 3241–3258.

Wu, Y., Zhou, X., Wang, M., Zhuo, L., Xu, H., & Liu, Y., 2021. Comparison of hydrogeological characteristics and genesis of the Xiaguan Hot Spring and the Butterfly Spring in Yunnan of China. Journal of Hydrology, 593, 125922.

Reservoirs, Geol Soc Lond. Spec Publ, 147(1): 117–134.

Fulljames J.R, Zijerveld J.J, Franssen RCMW., 1997. Fault Seal Processes: Systematic Analysis of Fault Seals over Geological and Production Time Scales, in Hydrocarbon Seals: Importance for Exploration and Production, Norwegian Petrol Soc Spec Publ,. 7(3): 51–59.

Glen J.M.G, Egger A.E, lppolito C, Athens N., 2013. Correlation of Geothermal springs sub-surface fult terminations Revealed by High Resolution UAV- Acquired Magnetic data. Thirty- Eighth work shop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford university, Stanford, California, February.

Henriksen, H., 2003. The role of some regional factors in the assessment of well yields from hard-rock aquifers of Fennoscandia. Hydrogeology Journal, 11(6): 628-645.

Liu, H., Guo, H., Xing, L., Zhan, Y., Li, F., Shao, J., Niu, H., Liang, X., Li, C., 2016. Geochemical behaviors of rare earth elements in groundwater