هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۰، سال ۵، پاییز ۱۳۹۸، صص ۵۶-۴۱
Hydrogeomorphology, Vol.5, No.20, Fall 2019, pp (41-56)

بررسی توسعه کارست در استان کردستان؛ مکانیسم تشکیل ژئومورفولوژی غارها و هیدروژئولوژی چشمه‌های کارستی

عبدالرضا واعظی هیر[*1]، ناصر جبرائیلی اندریان[2]، شعیب بختیاری[3]

۱- دانشیار، زمین‌شناسی، علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- دانشجوی کارشناس ارشد، زمین‌شناسی، علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانشجوی کارشناس ارشد، زمین‌شناسی، علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶

چکیده

تکتونیزه شدن استان کردستان و گسترش سنگ‌های کربناته انحلال‌پذیر، باعث توسعه‌ی کارست شده است. تعیین واحد کارستی و غیرکارستی و انتقال موقعیت چشمه‌ها و غارها روی نقشه نشان داد که تمام غارهای منطقه بر روی واحدهای کارستی قرار گرفته‌اند. مقایسه‌ی دیاگرام گلسرخی امتداد گسل‌های اطراف چند غار با امتداد راهروهای این غارها تأثیر آب یا ساختار در کنترل الگوی توسعه‌ی غارها مشخص گردید. با اینکه ۲۹ درصد از سازندهای استان را واحدهای کارستی تشکیل می‌دهد، به علت تراکم و دبی بالای چشمه‌های کارستی، ۶۹/۵ درصد آبدهی کل چشمه‌های استان از واحدهای کارستی می‌باشد. از نظر کاربری حدود ۷۹ درصد آب مورد نیاز کشاورزی و ۴ درصد آب شرب استان کردستان از چشمه‌های کارستی تأمین می‌شود. کمترین هدایت الکتریکی مربوط به چشمه‌های سازند سخت و واحدهای کارستی بوده و بیشترین و کمترین دبی ویژه به ترتیب مربوط به سنگ‌های کربناته و سنگ‌های بلورین می‌باشد. با توجه به شرایط زمین‌شناسی و تکتونیکی منطقه حدود ۹۰ درصد چشمه‌ها تحت تأثیر درز و شکستگی‌های تکتونیکی تشکیل شده‌اند. سیستم توسعه‌ی کارست در بخش‌های جنوبی استان عمدتاً کانالی و در بقیه‌ی قسمت‌های منطقه افشان است.

کلمات کلیدی: کارست، چشمه‌های کارستی، سیستم افشان و کانالی، کردستان.

۱- (نویسنده‌ی مسئول) **E-mail**:r.vaezi@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

۱- مقدمه

سنگ‌هایی که قابلیت کارستی شدن دارند می‌توان به دو دسته سنگ‌های کربناته (آهک و دولومیت) و سنگ‌های تبخیری (نمک و گچ) تقسیم کرد و یکی از لندفرم‌های مهم کارستی غارها هستند. از نظر هیدروژئولوژیکی غار به حفرات انحلالی که قطر بزرگ‌تر از ۵ الی ۱۵ میلی‌متر داشته باشند می‌گویند. این حداقل بازشدگی لازم برای ایجاد جریان آشفته میباشد. یکی از مشخصه‌های مهم غارها، شکل سطح مقطع آن‌ها است زیرا این مشخصه می‌تواند نشانگر عوامل کنترل‌کننده‌ی توسعه غار باشد. غارهایی که توسعه و تشکیل آن‌ها عموماً در اثر عوامل تکتونیکی می‌باشد (ساختار کنترل)[1]، دارای سطح مقطع نامنظم می‌باشد، این‌گونه غارها در راستای گسل‌ها و درزه‌ها و غیره توسعه می‌یابند. از طرف دیگر غارهایی که تشکیل و توسعه‌ی آن‌ها عموماً در اثر عمل هیدرولیکی آب ایجاد می‌شود (هیدرولیک کنترل)[2]، دارای سطح مقطع شبیه دایره یا بیضی می‌باشند. هرچند ممکن است اولین عامل ایجاد چنین غارهایی نیز ساختارهای تکتونیکی باشد، لیکن مهم‌ترین عامل توسعه آن‌ها جریان آب بوده است (کریمی، ۱۳۸۹: ۳۲۹). بهترین و کامل‌ترین مدل نحوه‌ی تشکیل غارها، توسط (پالمر[3]، ۱۹۹۱: ۴۵۴) ارائه و در سال ۲۰۰۷ این الگو تکمیل و بازنویسی شده است که در آن نقش تکتونیک در ژنز و شکل‌گیری غارها به‌خوبی بیان‌شده است. بر اساس مطالعات رئیسی و کوثر غار شاپور از نوع هیدرولیک کنترل بوده و در آهک آسماری تشکیل شده است. بر اساس مدل ژنز ارائه شده برای این غار در مطالعات ایشان، زمانی که دره‌ی تنگ چوگان وجود نداشته و یا تاقدیس دشتک به صورت پیوسته بوده است، رودخانه‌ی شاپور به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ی آب ورودی به درون توده‌ی آهک آسماری، همچنین آب‌های نفوذی از طریق حوضه‌ی آبگیر بسیار وسیعی که از کوه دوان تا کوه شاپور ادامه داشته است، سبب گردیده‌اند که سیستم توسعه‌یافته‌ای از

1- Structure control
2- Hydraulic control
3- Palmer

www.SID.ir

غار تشکیل شود (رئیسی و کوثر[1]،۱۹۹۷ : ۷). مطالعه‌ی غار زکریا در استان فارس نشان داد که این غار از نوع آناستوموز تک گذرگاهی است و توسعه‌ی آن تحت تأثیر عوامل تکتونیکی، چینه‌شناسی و سطح اساس فرسایش بوده است (واعظی و رئیسی، ۱۳۸۵: ۴). اولین تقسیم‌بندی صورت گرفته در خصوص تعیین نوع جریان آب در سفره‌های کارستی توسط (وایت[2]، ۱۹۹۸) بر مبنای تغییرات متنی رفتار چشمه‌ها صورت پذیرفت. بر اساس این مطالعات جریان کارستی به دو نوع مجرایی و افشان[3] تقسیم گردید. مقصودی و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به ارزیابی فاکتورهای مؤثر در توسعه و پهنه‌بندی کارست در منطقه‌ی پالنگان در استان کردستان با استفاده از روش‌های منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی پرداخته‌اند. آن‌ها در پژوهش مذکور جهت بررسی توسعه‌ی کارست از هشت فاکتور شامل گسل، شیب، جهت شیب، ارتفاع، رودخانه، پوشش گیاهی و اقلیم استفاده نمودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بخش‌های جنوبی و غربی منطقه‌ی مورد مطالعه به علت وجود شبکه‌ی گسلی متنوع و شرایط آب و هوایی مرطوب دارای بیشترین پتانسیل توسعه‌ی کارست بودند ولی بخش‌های شمالی و شرقی به دلیل عدم وجود تشکیلات آهکی و شرایط آب و هوایی نیمه‌مرطوب دارای کمترین پتانسیل توسعه‌ی کارست بودند (مقصودی و همکاران[4]، ۲۰۱۶: ۴۶۸) در پژوهشی با عنوان مشخصات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی در منطقه کارست جنوب غربی چین برای تجزیه و تحلیل فرایندهای ژئوشیمیایی در مطالعه، عناصر اصلی آب شامل Ca^{2+}، Mg2+، HCO^{3-}، SO_4^{2-} اندازه‌گیری کردند،که منشأ آنها بیشتر از سنگ‌های کربناته (آهک و دولومیت) بوده است. در مقایسه با مناطق روستایی، مقدار TDS در مناطق شهری بالاتر می‌باشد (گو و همکاران[5]، ۲۰۱۷: ۲۴۸). بررسی سه چشمه کنار هم در منطقه‌ی آلپی نشان داد این چشمه‌ها هم از نظر هیدروشیمی و هم از نظر دبی خروجی با هم تفاوت دارند مشخص شد که در سیستم‌های

1- Raeisi & Kowsar
2- White
3- Conduit & Diffuse
4- Maghsoudi et al.,
5- Gu et al.,

www.SID.ir

کارستی حتی چشمه‌های نزدیک هم که در ظاهر از یک کوه تغذیه می‌شوند می‌تواند حوضه‌ی تغذیه‌ی این چشمه با هم تفاوت داشته و رفتار هیدرولوژیکی و ژئوشیمیایی متفاوتی داشته باشند (فیلیپینی و همکاران[1]، ۲۰۱۸: ۵۸۴). در مطالعه‌ی توده‌ی کارستی شاهو واقع در زاگرس مرتفع، ارزیابی ویژگی هیدرودینامیکی آبخوان‌های منطقه نشان داد که سیستم توسعه‌ی کارست در این آبخوان‌ها توسعه یافته است و پژوهشگران نتیجه گرفتند که توسعه‌ی ژئومورفولوژی کارست سطحی و وجود دولین‌ها، عامل اصلی رفتار هیدرودینامیکی چندگانه آبخوان‌ها است (ویسی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۲۳).

با توجه به گسترش زیاد سنگ‌های کربناته در استان کردستان و بهره‌برداری وسیعی که از چشمه‌های کارستی صورت می‌گیرد، لزوم شناخت این منابع و نقش کارست‌زایی در تأمین منابع آب استان ضروری می‌باشد. در این پژوهش بعد از تعیین مناطق کارستی استان، غارها و چشمه‌های کارستی به عنوان دو شاخص مهم توسعه کارست مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند تا خصوصیات غارها و چشمه‌های استان از نظر مدل توسعه و سیستم جریان مورد ارزیابی قرار گیرد.

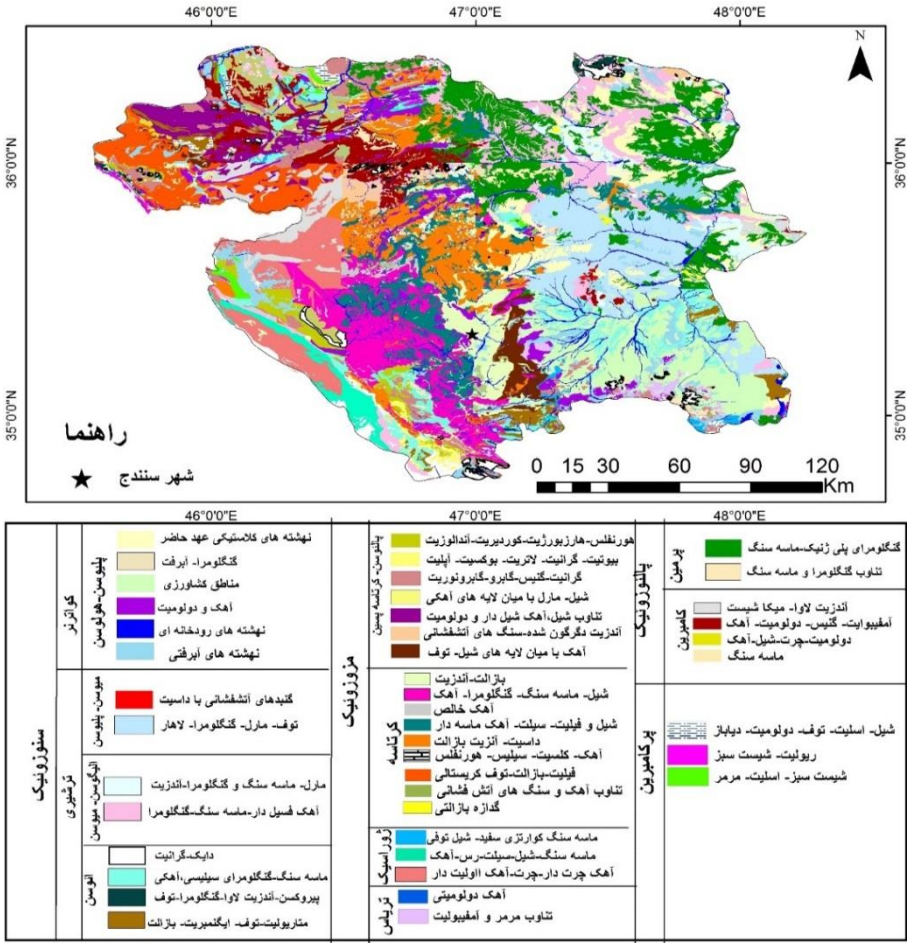
۲- مواد و روش

قدیمی‌ترین رسوبات مشاهده شده در ناحیه شرق و جنوب شرق استان کردستان را واحدهای پرمین تشکیل می‌دهد که در بخش‌های شمالی ناحیه گسترش کمی دارد و از سنگ‌های کربناته، دولومیت، آهک و دولومیت‌های چرت دار که همراه با شیست‌های کمی دگرگون شده‌اند تشکیل یافته است. قدیمی‌ترین سنگ‌های ناحیه جنوب و جنوب غرب استان شامل سری‌های تریاس می‌باشد که مجموعه‌ای از آهک‌های خاکستری دانه‌ریز، دولومیت و مادستون دولومیتی را تشکیل می‌دهند. در روی رسوبات تریاس مجموعه‌های رسوبی و عمدتاً کربناته قرار گرفته‌اند که از نظر سنی به ژوراسیک تا کرتاسه نسبت داده شده‌اند و شامل مجموعه‌ای از رسوبات زیست‌آواری شیمیایی هستند که قدیم‌ترین

1- Filipini et al.,

www.SID.ir

نهشته‌های آن آهک‌های شدیداً چین‌خورده هستند. نقشه‌ی سازندهای زمین‌شناسی تهیه‌شده از نقشه‌ی رقومی استان در شکل (۱) نشان داده می‌شود.



شکل (۱) نقشه‌ی زمین‌شناسی استان کردستان (رقومی شده از نقشه‌ی سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۸۱)

Fig (1) Geological map of Kurdistan province

www.SID.ir

برای بررسی توسعه‌ی کارست و تشکیل غار و چشمه‌های کارستی ابتدا شناخت کلی از سنگ‌شناسی منطقه لازم می‌باشد. همچنین بایستی وضعیت ساختار و سازندهای منطقه شناسایی گردد تا مناطق با پتانسیل کارستی شدن تشخیص داده شود. شناخت انواع واحدهای کارستی نیز در شناسایی میزان کارست‌شدگی در مناطق مختلف محدوده کمک می‌کند. برای مطالعه بر روی مکانیسم تشکیل غار و عوامل کنترل‌کننده‌ی آن اولین گام نقشه‌برداری می‌باشد. با کمک نقشه‌ی پلان غارها می‌توان امتداد راهروهای غار را با دیاگرام گلسرخی[1] گسل‌های اطرافش مقایسه کرد. مطالعه‌ی تراکم پراکندگی و میزان دبی چشمه‌های کارستی قسمت‌های مختلف محدوده می‌تواند جهت پی بردن به افشان یا کانالی بودن سیستم توسعه‌ی کارست انجام شود. همچنین جهت مطالعه ارتباط کیفیت آب چشمه‌های استان با سازندهای زمین‌شناسی پارامتر هدایت هیدرولیکی (EC)[2] مورد بررسی بیشتر قرار گرفت.

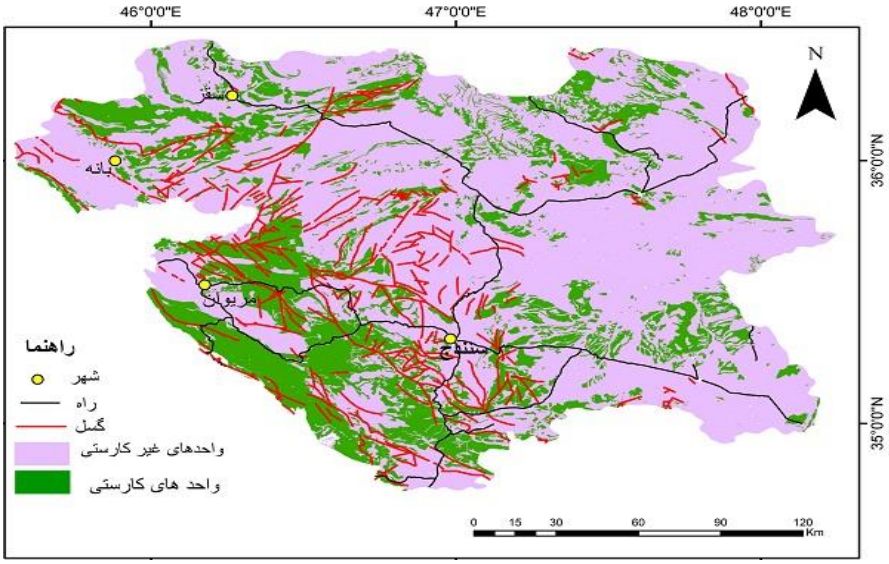
۳- بحث و نتایج

برای بررسی توسعه کارست از نقشه‌ی زمین‌شناسی رقومی شده ۱:۲۵۰۰۰۰ استان کردستان برای تفکیک لیتولوژی‌های با قابلیت کارستی شدن از واحدهای غیرکارستی استفاده شد که در شکل (۲) نشان داده‌شده است.

به منظور تعیین جنس سازندهایی که غارهای استان در آن تشکیل‌شده‌اند، انواع واحدهای مختلف کارستی از جمله آهک خالص، آهک ناخالص، دولومیت و... از هم جدا شده و موقعیت جغرافیایی غارها روی نقشه‌ی واحدهای کارستی منتقل شده است (شکل ۳). با توجه به این شکل ۲۹٪ مساحت استان را واحدهای کارستی تشکیل می‌دهد. آهک ناخالص، آهک خالص، آهک با میان لایه‌های ولکانیکی، آهک دولومیت‌دار و... به ترتیب بیشترین سازندهای کارستی منطقه می‌باشند. تمام غارهای استان بر روی واحدهای کارستی تشکیل شده‌اند.

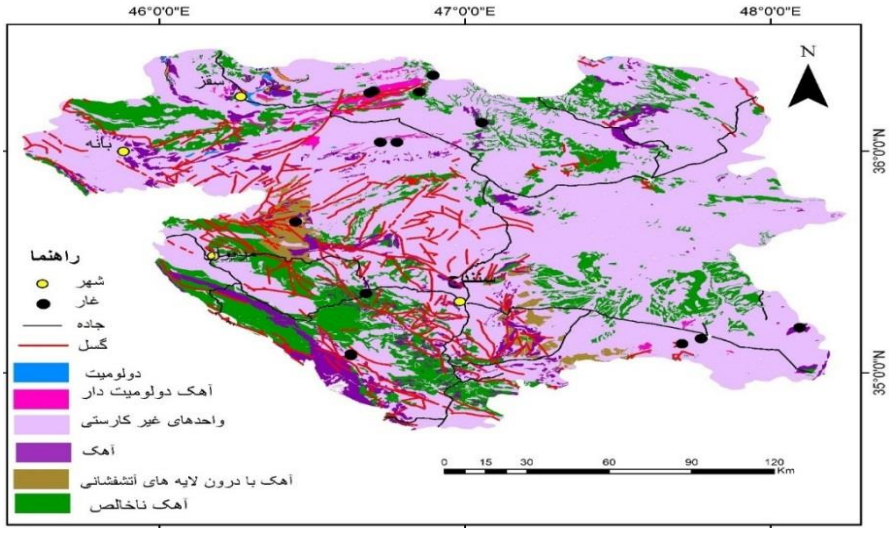
1- Rose Diagram
2- Electrical Conductivity (EC)

www.SID.ir



شکل(۲) نقشه‌ی واحدهای کارستی و غیرکارستی استان کردستان

Fig (2) Map of karstic and non–karstic formations

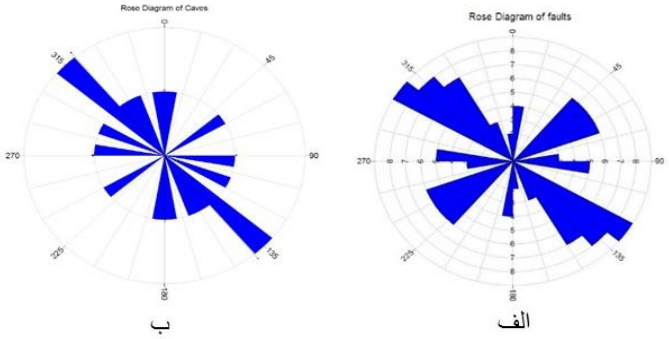


شکل (۳) انواع واحدهای کارستی استان به تفکیک و موقعیت

Fig (3) Karstic units in Kurdistan province by types and position

www.SID.ir

به منظور بررسی کلی نقش تکتونیک در تشکیل غارهای استان، امتداد تمامی گسل‌های اصلی موجود در منطقه و امتداد کلی غارهای استان بر روی دیاگرام گلسرخی منتقل و مقایسه گردید (شکل ۴).



شکل (۴) الف- نمودار گلسرخی امتداد گسل‌های منطقه ب- نمودار گلسرخی امتداد غارهای منطقه
Fig (4) a- Faults strike rose diagram for the study area
b- Caves strike rose diagram for the study area

نتیجه نشان داد که امتداد بیشتر گسل‌های استان در محدوده‌ی ۳۰۰ تا ۳۳۰ درجه بوده و امتداد راهروی اصلی غارهای استان نیز در محدوده‌ی ۳۱۰ تا ۳۲۰ درجه می‌باشد. سپس جهت بررسی دقیق‌تر، پنج غار استان انتخاب شده و امتداد راهروی هر غار با امتداد نمودارگلسرخی گسل‌های اطراف آن غار مقایسه گردید (شکل۵). به‌علت نزدیکی سه غار دیوزندان، طلا و کوله‌وا این غارها از دسته گسل مشابه تأثیر پذیرفته‌اند به همین دلیل برای گسل‌های این سه غار یک نمودار گل‌سرخی رسم گردید ولی به‌دلیل تأثیرپذیری غارهای شم شم و سورآوا از دسته درزه‌های جداگانه برای هریک از این غارها نمودار گلسرخی جداگانه رسم گردید.

مقایسه‌ی نقشه‌ی پلان[1] هر غار با رز دیاگرام گسل‌های اطرافش نشان داد که در شکل‌گیری غارهای شم شم، طلا و کوله وا ساختار و تکتونیک نقش داشته است به‌طوری

1- plan

www.SID.ir

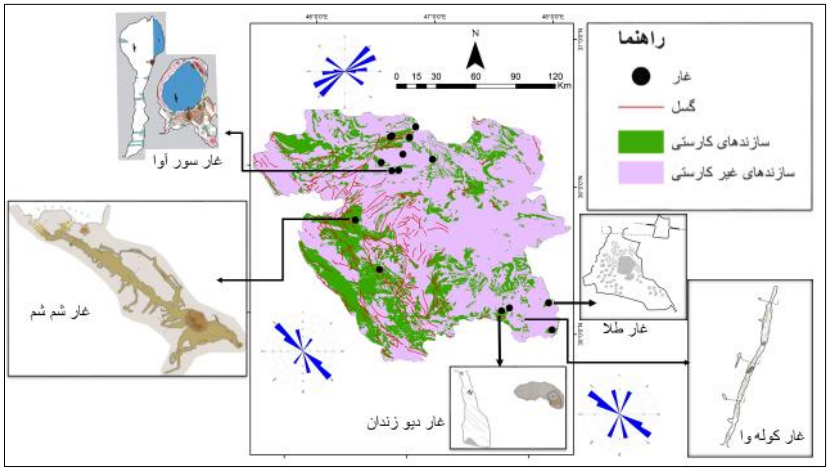
که زاویه‌ی امتداد گسل‌های اطراف این سه غار در محدوده‌ی ۳۰۰ تا ۳۳۰ درجه بوده و زاویه‌ی امتداد راهرو اصلی غارها نیز در همین حدود می‌باشند. از طرفی نقشه‌ی سطح مقطع[1] این غارها گوشه دار بوده و مؤید کنترل تشکیل این غارها توسط تکتونیک است. ولی مقایسه‌ی نقشه‌ی پلان غارهای سورآوا و دیو زندان با امتداد گسل‌های اطراف این دو غار نشان داد که هرچند ممکن است اولین عامل ایجاد ساختارهای تکتونیکی باشد، لیکن مهم‌ترین عامل توسعه‌ی آن‌ها جریان آب بوده است. زاویه امتداد کلی گسل‌های اطراف غار دیو زندان در محدوده ۳۰۰ تا ۳۱۵ می‌باشند ولی امتداد راهروی اصلی این غار زاویه ۳۵۰ تا ۳۶۰ را نشان می‌دهد و همچنین نقشه‌ی سطح مقطع این غار نیز به شکل بیضوی بوده و نشانگر تأثیر جریان آب در تشکیل این غار است. زاویه‌ی امتداد گسل‌های اطراف غار سور آوا نیز در محدوده‌ی ۴۰ تا ۶۰ درجه می‌باشد ولی امتداد راهروی اصلی این غار زاویه‌ی ۲۷۰ تا ۳۰۰ درجه را نشان می‌دهد و همچنین نقشه‌ی سطح مقطع این غار به شکل دایره‌ای تا بیضوی بوده و نشانگر تأثیر جریان آب در تشکیل این غار است.

از نظر کاربری از بین ۳۵۵۵۶ چشمه‌ی استان، ۲۷۸۹۴ چشمه برای کشاورزی، ۲۸۳۲ چشمه برای دام وطیور، ۳۱۸۳ چشمه برای تأمین آب شرب شهری و روستایی، ۱۳ چشمه برای آبزی‌پروری و ۲۷ چشمه برای صنعت استفاده و کاربری بقیه‌ی چشمه‌ها نامعلوم است.

از بین کل چشمه‌های استان تعداد ۲۸۳۱۱ آن کارستی بوده و سهم کاربری چشمه‌های کارستی در بین تمام چشمه‌های استان ، ۲۲۴۵۹ واحد چشمه برای کشاورزی (۷۹/۳۲ درصد آب موردنیاز کشاورزی استان کردستان از چشمه‌های کارستی تأمین می‌شود) ، تعداد ۱۱۳۴ برای شرب (۴در صد)، تعداد ۱۹۶۹ برای واحدهای پرورش دام و طیور (۶/۹۵ درصد) و تعداد ۱۲ واحد آبزی‌پروری استفاده می‌شود. همچنین در بین چشمه‌هایی که برای صنعت استفاده می‌شوند تعداد ۴ واحد آن از سازندهای کارستی، ۱۱ واحد از آبرفت و ۱۲ واحد از سنگ‌های آذرین و دگرگونی خارج می‌شوند. لازم به ذکر است که کاربری ۲۷۱۱ چشمه (۹/۵۷ درصد) گزارش نشده است.

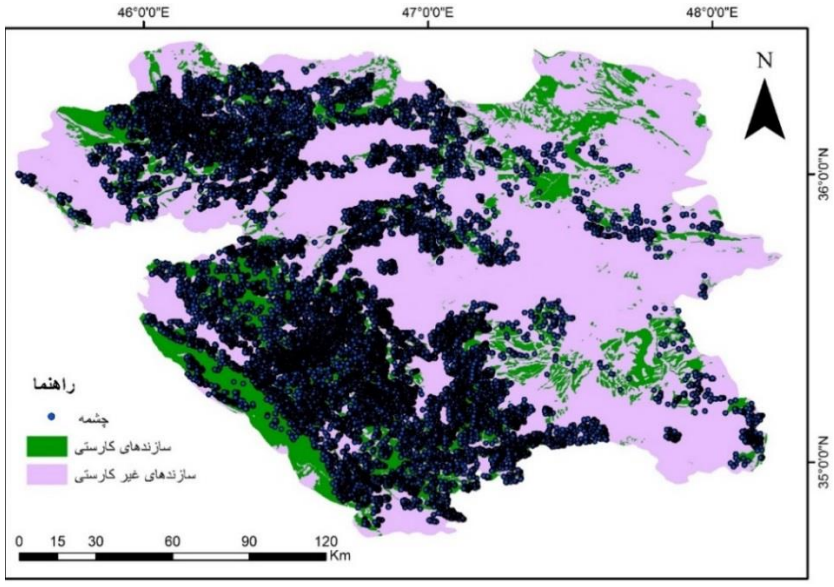
1- profile

www.SID.ir



شکل(۵) غارها و نمودار گل سرخی امتداد گسل‌ها در قسمت‌های مختلف استان کردستان

Fig (5) Caves and faults strike rose diagram in different parts of Kurdistan province

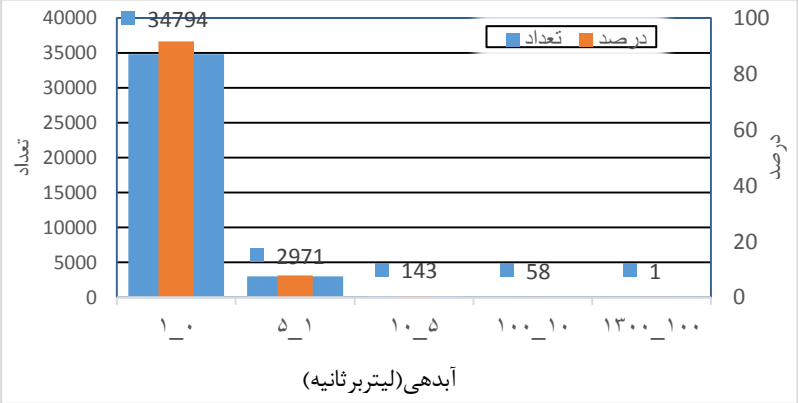


شکل (۶) موقعیت چشمه‌های کارستی استان

Fig (6) Location of karstic springs in the study area

www.SID.ir

موقعیت کل چشمه‌ها بر روی نقشه منتقل شده و مناطقی که بیشتر چشمه‌ها قرارگرفته‌اند مشخص گردید. سپس جهت مطالعه کارست، چشمه‌هایی که از واحدهای با قابلیت کارستی شدن خارج می‌شوند از آن استخراج شد (شکل۶). آبدهی کل چشمه‌های استان ۱۳۷۰۰/۶۵ لیتر است که سهم چشمه‌های کارستی استان ۹۵۲۷/۳ لیتر می‌باشد (شکل۷). یعنی ۶۹/۵ درصد آبدهی چشمه‌های استان کردستان مربوط به چشمه‌های کارستی است. دبی میانگین چشمه‌های کارستی ۰/۴ لیتر بر ثانیه است که کم بودن میانگین دبی می‌تواند از توسعه ضعیف کارست و یا غالب بودن سیستم افشان منطقه حکایت داشته باشد.



شکل(۷) نمودار فراوانی و درصد دبی چشمه‌های استان

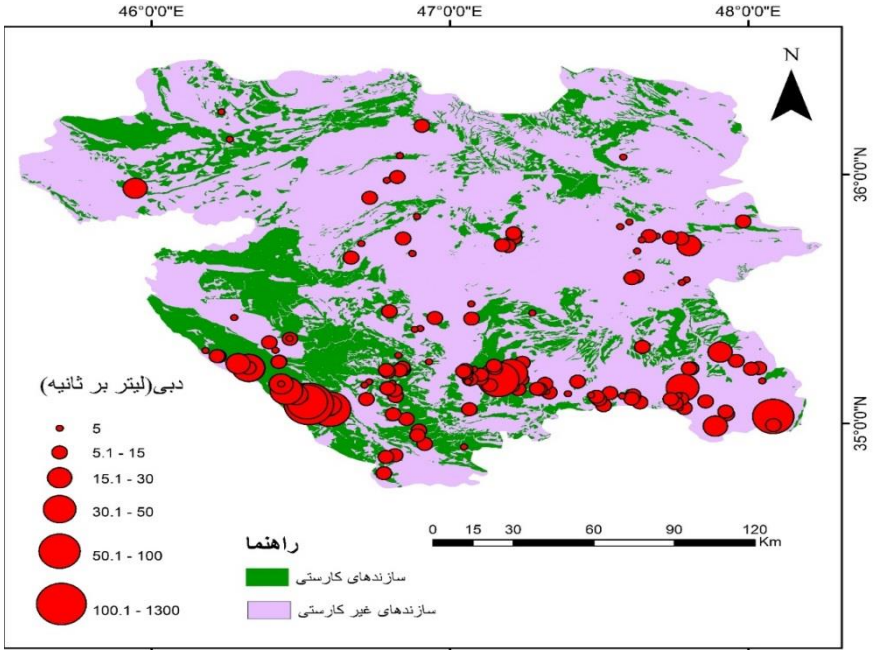
Fig (7) Histogram for springs frequency and discharge percent in the study area

جهت مشخص کردن کانالی یا افشان بودن سیستم توسعه‌ی کارست در قسمت‌های مختلف استان چشمه‌های با دبی بالای ۵ لیتر بر ثانیه انتخاب‌شده و روی نقشه‌ی شکل (۸) پلات گردید.

همانطور که مشاهده می‌شود بیشتر چشمه‌های با دبی بالای ۵ لیتر بر ثانیه در سازندهای کارستی قرار گرفته‌اند. پرآب ترین چشمه استان چشمه‌ی دایمی تلوکسان با

www.SID.ir

دبی ۱۳۰۰ لیتربرثانیه می‌باشد که در قسمت جنوبی استان، شهرستان سروآباد و در آبادی دیوزناو قرار دارد. این چشمه از آهک چین‌خورده سازند شاهو به سن ژوراسیک (معادل سازند بیستون) خارج می شود. دما و EC و pH متوسط این چشمه به ترتیب ۱۲ درجه سانتیگراد، ۳۳۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و ۷/۴ میباشد. با مقایسه‌ی نقشه‌ی شکل (۸) با نقشه‌ی چشمه‌های کارستی استان مشاهده می‌شود در مناطقی که تراکم چشمه بالاست در عوض چشمه‌ها آبدهی کم دارند و سیستم توسعه‌ی کارست افشان همچنین در مناطقی که تراکم و تعداد چشمه کم است در عوض چشمه‌ها آبدهی بالایی داشته و می‌تواند معرف سیستم توسعه‌ی کارست کانالی باشد. بنابراین در قسمت‌های جنوبی استان سیستم توسعه به نظر می‌رسد از نوع کانالی و در بقیه قسمت‌ها افشان باشد.

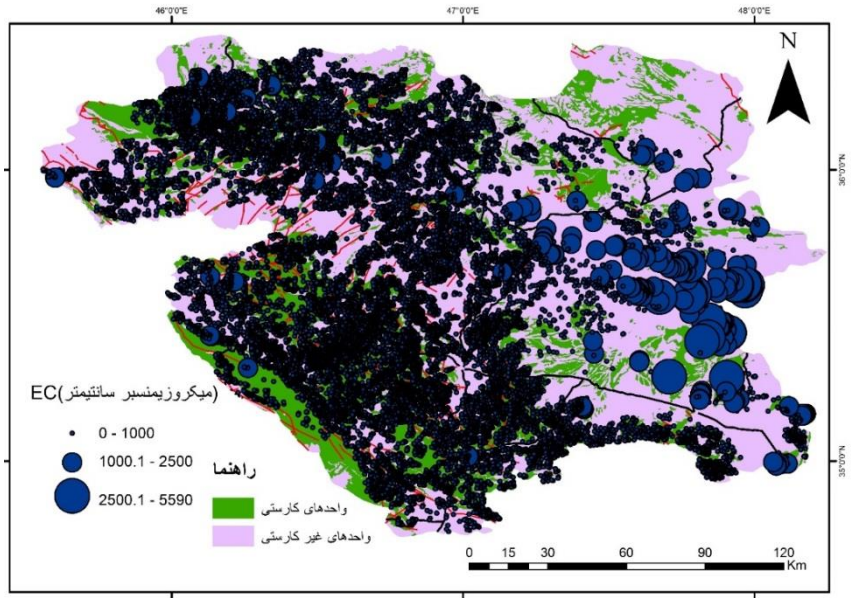


شکل (۸) موقعیت چشمه‌های با دبی بیشتر از ۵ لیتر بر ثانیه

Fig (8) Location of springs with discharge greater than 5 liter per second

www.SID.ir

همچنین جهت بررسی تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر هیدروشیمی چشمه‌های استان، هدایت الکتریکی (EC) چشمه‌ها بر روی واحدهای کارستی و غیرکارستی استان منتقل گردید (شکل ۹). بیشترین EC در چشمه‌هایی است که از آبرفت خارج می‌شوند و کمترین هدایت الکتریکی نیز مربوط به کارست و سازندهای سخت است. از نظر تعداد چشمه‌ی بیشترین فراوانی مربوط به واحدهای کارستی است و هدایت الکتریکی چشمه‌های کارستی بین ۲۰۰ الی ۵۰۰ (میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) است (شکل ۱۰).

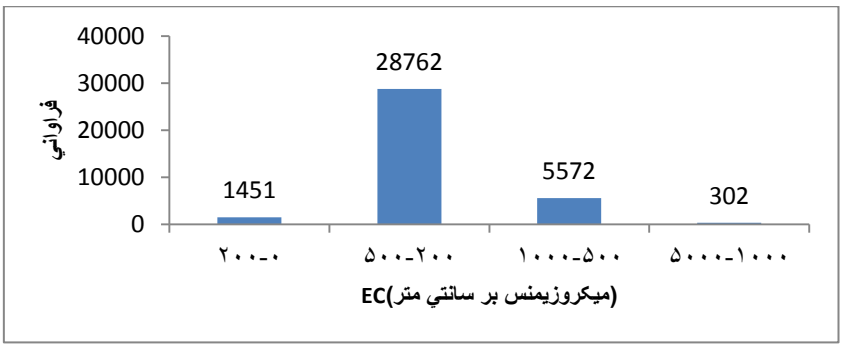


شکل (۹) هدایت الکتریکی **چشمه‌های استان کردستان**
Fig (9) Electrical conductivity of springs in Kurdistan province

در محدوده با توجه به شرایط زمین‌شناسی و تکتونیکی منطقه‌ی چشمه‌ها به انواع دره‌ای - همبری، دره‌ای - گسلی، دره‌ای - درز و شکافی، دره‌ای - کارستی، دره‌ای - زهکش، دامنه‌ای - همبری، دامنه‌ای – گسلی، دامنه‌ای - درز و شکافی، دامنه‌ای-کارستی، دامنه‌ای - زهکش، دامنه‌ای - زهکش، نشتی- همبری، نشتی-گسلی، نشتی- درز و شکافی، نشتی - کارستی، نشتی-زهکش، کف رودخانه - همیری، کف رودخانه‌ای - گسلی،

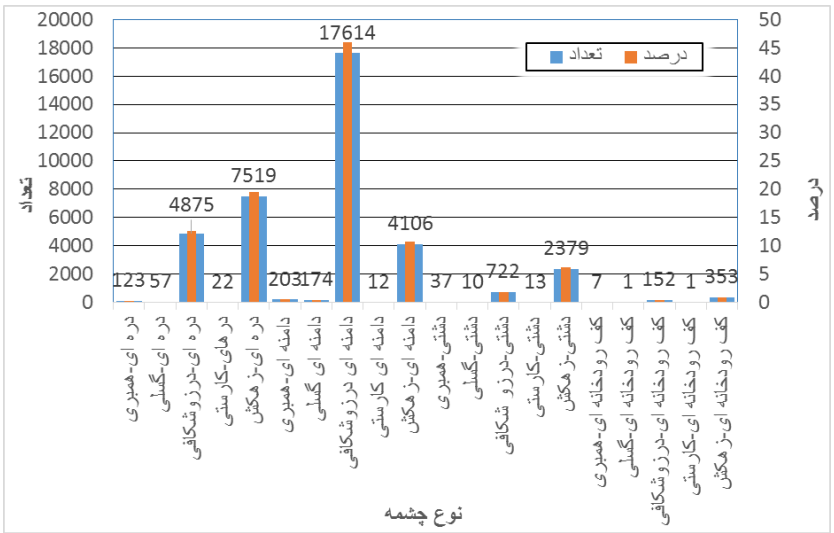
www.SID.ir

کف رودخانه‌ای - درز و شکافی، کف رودخانه‌ای - کارستی، کف رودخانه - زهکشی تقسیم شده‌اند. براساس داده‌برداری شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان، حدود ۹۰ درصد چشمه‌ها از نوع دامنه‌ای - درز و شکافی، دره‌ای-زهکش، دره‌ای - درز و شکافی و دامنه‌ای - زهکشی می‌باشند.



شکل (۱۰) هیستوگرام هدایت الکتریکی چشمه‌های استان کردستان

Fig (10) Electrical conductivity of springs in the Kurdistan province



شکل(۱۱) گروه‌بندی چشمه‌های استان کردستان بر حسب نوع ساختار (بر اساس آماربرداری۱۳۹۶)

Fig (11) Grouping of springs in Kurdistan province according to type of structure

www.SID.ir

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی‌ها ۲۹ درصد از مساحت استان کردستان را واحدهای کارستی تشکیل می‌دهد. بیشترین مساحت واحدهای کارستی به ترتیب مربوط به آهک ناخالص، آهک خالص، آهک با میان لایه‌های ولکانیکی، آهک دولومیت‌دار، دولومیت و مقدار خیلی کم ژیپس و انیدریت می‌باشد.

همه غارهای استان کردستان بر روی واحدهای کارستی واقع‌شده است. غالب گسل‌های استان کردستان در امتداد شمال غربی – جنوب شرقی هستند یعنی در امتداد گسل زاگرس تشکیل‌شده‌اند. بررسی امتداد راهروهای غارهای شم شم، طلا، و کوله وا با امتداد کلی گسل‌ها شمال غربی -جنوب شرقی یکسان بوده و این نشان‌دهنده‌ی غالب بودن کنترل توسعه این غارها توسط ساختار و گسل‌ها و درزه‌های منطقه می‌باشد. ولی بررسی امتداد راهروها، نقشه‌ی پلان و نیم‌رخ غارهای سورآوا و دیو زندان نشان داد که این غارها بیشتر از ساختار و گسل و درزه‌های منطقه تبعیت نمی‌کند و جریان آب بیشترین تأثیر را در تشکیل این دو غار داشته است.

از آبدهی کل چشمه‌های استان کردستان ۶۹/۵ درصد مربوط به چشمه‌های کارستی است ولی دبی میانگین چشمه‌های کارستی کم و در حد ۰/۴ لیتر بر ثانیه است که نشان از غالب بودن سیستم افشان توسعه‌ی کارست در استان می‌باشد. سیستم توسعه‌ی کارست فقط در بخش‌های جنوبی بیشتر کانالی و در بقیه‌ی قسمت‌های استان افشان می‌باشد. از نظر تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر هیدروشیمی چشمه‌ها، چشمه‌های سازند سخت و کارستی EC کمتری نسب به بقیه‌ی چشمه‌ها دارند.

www.SID.ir

۵- منابع

-Reference

Filipini M, Squarzoni G, Waele J.D , Fiorucci A, Vigna B, Grillo B, Riva A, Rossetti S, Zini L, Casagrande G, Stumpp C, Gargini A., (2018). Differentiated spring behavior under changing hydrological conditions in an alpine karst aquifer. *Journal of hydrology*, 572-584.

Ford D.C. & Williams, P.W., (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman Ltd.

Geological map of Kurdistan province, (2002). *Geological survey of Iran*.

Gu, X., Ma, T., Wu, Y., Wu, X., (2017). Hydrogeochemical Characteristics of Groundwater in the Karst Region, Southwest China. *Procedia Earth and Planetary Science* (17), 245-248.

Karimi Vardanjani, H. (2010). *Karst hydrogeology, concepts and methods*. Shiraz, Eram publication.

Maghsoudi, M., Ganjaeian, H. and Amani, K., (2016). Evaluation of the Contributing Factors in Development and Zoning Karst in Palangan Zone by Uzing Fuzzy Logic and ANP. *Open Journal of Geology*, 6(6), 468.

Palmer, AN., (1975). The origin of maze caves: *National Speleological Society* Bulletin. 37(3), 56-76.

Palmer, AN., (1991). Origin and morphology of limestone caves. Bull. Geol. Soc. Am. 100, 1-21 Palmer AN. 2007. *Cave Geology*, Published by Cave Books, Dauton, Ohio, 454.

Raeisi A, Kowsar N., (1997). Development of Shapour Cave, Southern Iran. *Cave and Karst Science*. 24(1), 27-34.

Vaezi, A., Raeisi, A. (2007). Morphology and modeling of Zakaria cave (Estahban) formation. 25th Earth science conference, *Geological survey of Iran*, February 19th to March 2. -GSI25-GSI25_328.

Veysi, A., Mogimi, E., Magoudi, M., Yamani, M., Hosseini, M. (2019). Evaluation of karstic aquifer development in relation to geomorphology of dolines and hydrodynamic features (Case study: karstic mass of the Shahu). *Hydrogeomorphology*, 5(19), 101-123.

White W.B., (1988). *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press, New York.

www.SID.ir