



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه علمی فضای جغرافیایی

سال بیست و چهارم، شماره ۸۷
پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۲۳۱-۲۱۳

غلام حسن جعفری^{۱*}
فروزان ناصری^۲

بررسی اشکال کارستی زاگرس با توجه به ارتفاع در دوره‌های سرد و گرم کواترنری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۶

چکیده

اشکال کارستی نتیجه برایندهای دمایی و رطوبتی در گذر زمان در سنگ‌های انحلال‌پذیر و به‌خصوص آهک هستند. اشکال کارستی ضمن وابستگی به اقلیم کنونی ولی با توجه به متأثر بودن از دما و آب و تغییرات آنها در طی کواترنری، معمولاً اشکالی پالیمسست یا چند نگاره‌اند. به‌منظور بررسی دقیق تغییرات مرزی اشکال کارستی در طی کواترنری، با استناد به متون کتابخانه‌ای و منابع اسنادی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه ارتفاعی رقومی ۳۰*۳۰، پایگاه داده‌های اسفزاری ۴۹ ساله، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ داده‌های موردنیاز برای تجزیه و تحلیل اثر عوامل دمایی-بارشی بر عوارض کارستی زاگرس (دولین، تنگ، کانیون، دشت آهکی، هوم، غار و چشمه) جمع‌آوری شد. داده‌های اولیه به کمک نرم‌افزارهایی همچون Arc GIS، Mapper Global، MATLAB و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. درصد زیادی از اشکال کارستی زاگرس در دمای ۴- تا ۱ درجه و بارش ۱۰۱۷ تا ۱۲۶۵ میلی‌متر (شرایط مساعد) و دمای ۹- تا ۴- درجه سانتی‌گراد و بارش ۱۲۶۵ تا ۱۵۱۳ میلی‌متر (شرایط بسیار مساعد) کواترنری شکل گرفته‌اند. در شرایط کنونی با توجه به تغییرات دما و بارش و قرارگیری آنها در شرایط مساعد با دما ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بارش ۵۸۳ تا ۷۲۶ میلی‌متر و شرایط متوسط با دمای ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد و بارش ۴۴۰ تا ۵۸۳ میلی‌متر متحول می‌شوند. درصد کمتری از اشکال در طبقه شرایط بسیار مساعد نسبت به طبقه شرایط مساعد قرار دارند که ناشی از این است که دمای بسیار پایین و هوای سرد مانع از توسعه کارست شده است؛ تراکم اشکال کارستی در دمای ۹- تا ۴- درجه سانتی‌گراد و بارش ۱۲۶۵ تا ۱۵۱۳ میلی‌متر کم شده است.

Email: jafarihas@znu.ac.ir

Email: f_naseri@sbu.ac.ir

*۱- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان

۲- دانشجوی دوره دکتری هیدروژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی تهران

کلیدواژه‌ها: آهک، دولین، هوم، اقلیم، کارست، زاگرس

مقدمه

در یک ناحیه، مجموعه‌ای از پدیده‌ها، عوارض و لندفرم‌های ژئومورفیک پیوسته و وابسته به یکدیگر حضور دارند که بر اثر فرایندهای ساختمانی و دینامیک درونی و یا با دخالت فرایندهای اقلیمی و دینامیک بیرونی شکل گرفته‌اند و دارای یک نظم سلسله مراتبی و زنجیره‌ای هستند و مورفوسیستم‌های بیابانی، رودخانه‌ای، یخچالی و جنب یخچالی، ساحلی، ولکانیکی و پلوتونیک، تکتونیک و چین‌خوردگی و غیره ایجاد شده‌اند (Zomorodiyani, 2006: 47). در ایران لندفرم‌های بسیاری وجود دارد که علت پیدایش آن‌ها را نمی‌توان با شرایط اقلیمی الآن تفسیر نمود. تغییرات اقلیمی یکی از ویژگی‌های خاص کواترنری بوده که به تغییر سیستم‌های شکل‌زا منجر شده است (Nematollahi, 2003: 12). یکی از سیستم‌های حاصل از سیستم شکل‌زای برودتی، کارست است. وجود آب مهم‌ترین فاکتور اقلیمی در توسعه کارست می‌باشد، در واقع این عامل اصلی‌ترین متغیر در کنترل انحلال و فرسایش است. به صورت طبیعی، کارست در مناطقی پیشرفت می‌کند که میزان بارندگی زیاد باشد و مناطق خشک یا بسیار سرد مانع از توسعه کارست می‌گردد (Chorley, 2010: 200). انحلال سنگ‌آهک در دمای کم و در آب و هوای سرد، سرعت بیشتری دارد و مقدار فرسایش کارستی در مناطق سرد و مرطوب به مراتب بیشتر از مناطق گرم و مرطوب است. پدیده یخبندان هم به عنوان یک فرایند ژئومورفیک، ضمن گسترش فرایندهای هوازدگی و توسعه درز و شکاف‌ها در سنگ‌های آهکی، با کاهش درجه حرارت محیط و مقدار تبخیر، عاملی برای افزایش میزان نفوذ آب در زمین و انحلال بیشتر سنگ‌های آهکی محسوب می‌شود (Zangane Asadi et al: 2002). تغییرات اقلیمی کواترنری منجر به تنوع و جابه‌جایی اشکال وابسته شده است؛ به طوری که تنوع اشکال نه تنها در قلمروهای متفاوت، بلکه در یک محدوده مشخص طبیعی نیز مشاهده می‌شود. حتی در گستره یک نوع سنگ با ساختمان زمین‌شناسی یکنواخت، این تفاوت‌ها به چشم می‌خورد و مجموعه این ناهماهنگی‌ها چیزی جز تأثیر اقلیم در ارتباط با ساختمان زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی نیست (Mahmoudi, 2009: 4). زاگرس در دوره‌های سرد پلئستوسن در نیمه شمال غربی فرایند یخچالی و مجاور یخچالی و در نیمه جنوب شرقی آن، فرایند رودخانه‌ای دست‌اندرکار تغییر چهره ناهمواری بوده‌اند ولی در حال حاضر نیمه شمال غربی زاگرس از نظر آب و هوایی، ویژگی عمومی ناحیه کوهستانی را دارد؛ به همین دلیل فرایند مجاور یخچالی در سطح میاناب‌ها و فرایند رودخانه‌ای در تالوگ‌ها از عناصر اصلی شکل‌زای منطقه به حساب می‌آیند (Alaei Taleghani, 2012: 130). اشکال و مواریث یخچالی به‌جامانده از گذشته گواهی شرایط مطلوب فرایند انحلال و توسعه اشکال کارستی در دوره‌های سرد کواترنری است، بررسی اشکال کارستی مثل تنگ، کانیون، دولین، دشت آهکی (پولیه)، حوضه آهکی، غار و چشمه و پراکندگی آن‌ها با در نظر گرفتن عامل دما-بارش در توده زاگرس مهم‌ترین هدف این مقاله محسوب می‌شود.

مطالعات زیادی در داخل و خارج از ایران بر روی سیستم کارست و اشکال کارستی انجام گرفته است.

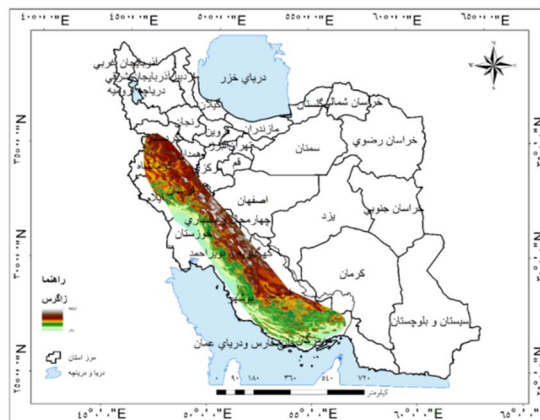
Romey et al (2013) سیستم کارستی اصلی یک جلگه آبرفتی را واقع در محیط کربناتی (کاسیس، پروانس، فرانسه) با استفاده از روش چندگانه (برش‌نگاری، مقاومت الکتریکی، گرانش و بررسی لرزه‌ای غیرفعال) همراه با روش‌های ژئومورفولوژیکی، مشاهده و حفاری بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که انحلال منجر به ایجاد حفره‌های بزرگ‌شده که بعداً توسط یخرفت‌های ناشی از یخبندان پوشیده شده است. (Chen et al (2015) در منطقه‌ای در چین، انواع ژئومورفولوژیکی کارست را بررسی نمودند. آن‌ها به‌طور سیستماتیک و جامع، لندفرم‌های کارستی را براساس تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی به هشت طبقه تقسیم نمودند که بیشتر تفاوت این مناطق در ژئومورفولوژی و آب‌وهوا می‌باشد. (Zebre et al (2016) به ارزیابی یک پولیه کارستی تحت تأثیر یخبندان در منطقه کوهپایه‌ای گومنس در شمال کوه‌های آلپ دیناریک با استفاده از کربن رادیواکتیو پرداختند. (Ghobadi et al (2019) پتانسیل تشکیل کارست در استان خوزستان را با استفاده از پارامترهای لیتولوژی، بارش، شیب، پوشش گیاهی، تراکم آبراهه‌ها و فراوانی شکستگی‌ها ارزیابی نمودند.

در داخل ایران (Yamani et al (2011) عوامل مؤثر در پهنه‌بندی و توسعه‌یافتگی کارست حوضه چله در غرب ایران را با استفاده از منطق فازی و AHP مطالعه کردند و آن حوضه را به چهار قسمت از نظر توسعه و تحول کارست تقسیم نمودند و نتیجه گرفتند که کارست‌های بلندی‌های جنوبی حوضه و زمین‌های مسطح در رأس طاق‌دیس شمالی و در امتداد گسل اصلی توسعه‌یافتگی بیشتری دارند. (Jafari and Naseri (2020) زیرحوضه‌های آهکی زاگرس را با توجه به تغییرات ارتفاع و تفسیر تفاوت‌ها در زمینه عناصر دمایی و بارشی بررسی نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که کشیدگی و طول زیرحوضه‌ها با افزایش ارتفاع در کل زاگرس با ضریب تبیین ۰/۵ بیشتر می‌شود و دال بر انحلال بیشتر است. همچنین بیان داشتند که فرسایش در سطح یک حوضه ممکن است توزیع همگن یا ناهمگن داشته باشد؛ در صورتی که ضریب ناهمواری در یک حوضه زیاد باشد، نشان‌دهنده تغییر توزیع فرسایش از همگن به ناهمگن است، در مناطق آهکی هرچه ارتفاع بیشتر می‌شود، ضریب ناهمواری به دلیل فرسایش ناهمگن سطحی به طور متوسط ۰/۶ درصد افزایش می‌یابد. (Abbasi et al (2012) پهنه‌بندی تحول کارست طاق‌دیس نوا را با استفاده از مدل آنتروپی در زاگرس شمال غرب بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که عواملی چون فاصله از گسل، شیب، جهت شیب، دما و بارش بیشترین و کاربری اراضی و خاک، سطوح ارتفاعی و لیتولوژی کمترین تأثیر را بر اشکال کارستی داشته‌اند. (Kazemi (2012) در بررسی عوامل مؤثر بر تحول ژئومورفولوژی کارست کوه گاماسیاب با تأکید بر تحول لاپیه به چگونگی شکل‌گیری و عوامل مؤثر بر تحول ژئومورفولوژی کارست منطقه پرداخت. نتایج حاکی از آن است که لاپیه‌ها بیشتر در بالاترین طبقه شیب بین ۱۳۰-۵۴ درصد و در طبقه ارتفاعی ۳۴۰۰-۳۰۰۰ متر، در جهت جنوب غربی با غلبه سازند زمین‌شناسی آهک کربناته و در هم‌دمای ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد با طبقه هم‌بارش ۶۹۹ تا ۷۷۳ میلی‌متر قرار گرفته است. (Ebrahimi and Seif (2015) با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی پتانسیل گسترش کارست سنگ‌های کربناته زاگرس بر پایه عوامل همچون آب، زمین‌شناختی و اقلیمی پرداختند. مهم‌ترین علل در نظر گرفته‌شده این پژوهش، عللی است

که White (1988) آن‌ها را در قالب سه نیروی پیش برنده فیزیکی، شیمیایی و وضعیت آب‌شناختی معرفی کرده است. آن‌ها هوازدگی شیمیایی دوره‌های یخچالی و عهد حاضر را طبق نمودارهای پلتیر به‌عنوان جایگزین اثر بارش و دما به کار گرفتند. در نهایت با بررسی چشمه‌ها و غارها مشخص شد که تراکم چشمه‌ها و غارها با درجه گسترش واحدهای کربناتی منطقه زاگرس تطابق خوبی دارد. (Chitsazan et al (2016 خصوصیات ژئومورفولوژی کارست زاگرس و مناطق آهکی ایران مرکزی را در چند طاق‌دیس باهم مقایسه و مورد بررسی قرار دادند. مطالعات آن‌ها در طاق‌دیس کینو به‌عنوان معرف زاگرس، بسیاری از سیماهای کارستی مانند پولیه، فروچاله، کارن و غیره را در برمی‌گیرد؛ ویژگی‌های آن‌ها دال بر وجود بسیاری از کنترل‌کننده‌های پرمافرس در گذشته است؛ زیرا با برخی از مناظر شمالی کانادا شباهت دارد، اما در کوه‌های شتری در ایران مرکزی، هیچ‌گونه پیشرفت مورفولوژیکی کارست مانند پولیه‌ها و فروچاله‌ها وجود نداشته و دیگر سیماهای معمولی کارست (کارن‌های شیاری، رانل کارن و غیره) توسط سیماهای لانه‌زنوری، کارن میکرواسپیتز و سیماهای مشابه جایگزین شده است و همچنین خلوص آهک در کوه‌های شتری مشابه زاگرس است و به همین جهت، دلیل اصلی برای تفاوت‌های مورفولوژیکی را می‌توان به نوع و مقدار بارش، میان لایه‌های سنگی غیر کربناته و ضخامت طبقات کربناته نسبت داد. (Khezri et al (2017 تحول کارست حوضه آبریز غار سهولان مهاباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و AHP ارزیابی و پهنه‌بندی نموده‌اند و در نقشه پهنه‌بندی کارست منطقه را به چهار گروه توسعه‌نیافته، کمتر توسعه‌یافته، متوسط و توسعه‌یافته طبقه‌بندی نمودند و لیتولوژی را به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توسعه کارست منطقه اعلام کردند. Maleki et al (2018) ارزیابی توسعه کارست را با استفاده از ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های کارستی در آبخوان‌های شاهو و اسلام‌آباد در استان کرمانشاه بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که سیستم کارستی آبخوان شاهو نسبت به آبخوان اسلام‌آباد توسعه‌یافته‌تر است. تاکنون کمتر به پراکندگی لندفرم‌های کارستی در یک سطح وسیع همچون زاگرس پرداخته شده است. اشکال کارستی وابسته به انحلال سنگ‌های کربناته به‌وسیله آب هستند و در نواحی که آب مشابهی داشته باشند آنجایی که دمای پایین‌تری دارد سرعت عمل انحلال بیشتر می‌شود. تغییرات دما و بارش در طی کوآترنری باعث شده که اشکال مختلف کارستی هم مواریث دمای پایین‌تر با سرعت عمل انحلال سریع‌تر را داشته باشند و هم مواریث دوره‌های گرم‌تری که امکان دارد با توجه به ویژگی مکانی، آب بیشتری دریافت کرده و آب بیشتر جبران دمای بالاتر را کرده و انحلال ادامه داشته، منتهی با شرایط متفاوت‌تر؛ در مقابل هم امکان دارد در شرایطی انحلال کند یا متوقف شده باشد. به‌هرحال اشکال کارستی هم آثار انحلال در شرایط دمایی و بارشی متفاوت را در خود حفظ کرده‌اند و هم آثار فرایندهای دیگری به‌جز انحلال را (در تنگ‌ها و کانیون‌ها آثار ریزش)؛ این‌گونه موارد را تحت عنوان پالیمسست یا چندنگارگی می‌خوانند. این مقاله قصد دارد اشکال بزرگ کارستی زاگرس را در ارتباط با تغییرات شرایط دمایی-بارشی که در اثر ارتفاع حاصل می‌شود در دو دوره یخچالی و بین یخچالی کوآترنری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

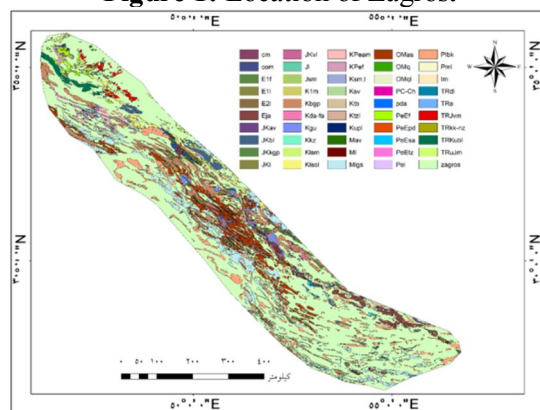
موقعیت جغرافیایی زاگرس

زاگرس در نیمکره شمالی، شرق مدار گرینویچ لندن و در غرب قاره آسیا و در کمربند کوهزایی آلپ-همیالیا قرار دارد. سیستم اصلی آن از مشرق مدیترانه شروع شده، تمام جنوب ترکیه را طی می‌کند و کوه‌های توروس و آنتی‌توروس را در برگرفته و سپس وارد عراق می‌شود. این سیستم در ترکیه جهت غربی-شرقی دارد. با ورود به خاک عراق، روند شمال غربی-جنوب شرقی پیدا می‌کند و با همین روند نیز در بخش غربی ایران امتداد می‌یابد و از شمال غرب تا جنوب شرق کشور پهناور ایران را در سیطره خود گرفته است (Ghasemifar and Naserpour, 2011). زاگرس در عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۹ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۹ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و ۳۱ ثانیه تا ۵۶ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۵ ثانیه شرقی قرار دارد. (شکل ۱). در ناحیه زاگرس سازندهای کارستی فراوان رخنمون دارند و ۹۰ درصد از ارتفاعات آن را سنگ‌های کربناتی تشکیل می‌دهند. با توجه به حرکات تکتونیکی و ایجاد گسل‌ها و چین‌خوردگی و به دنبال آن درز و شکاف‌ها در سنگ‌های کربناتی زاگرس و همچنین آب‌وهوای سرد در آخرین دوره یخبندان، باعث ایجاد چرخه ژئومورفولوژیک کارست در حالت‌های متفاوت و در بخش‌های مختلف شده است (Moghim, 2012: 14) (شکل ۲).



شکل ۱: موقعیت مکانی زاگرس.

Figure 1: Location of Zagros.



شکل ۲: موقعیت زمین‌شناسی زاگرس.

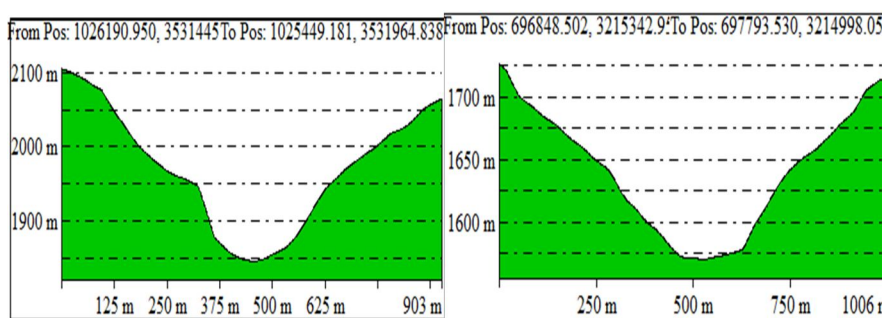
Figure 2: Geological location of Zagros.

مواد و روش‌ها

در ابتدای کار با کمک نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و نرم‌افزارهای موجود اشکال کارستی به شرح زیر شناسایی گردید. **تنگ و کانیون:** در مناطق آهکی دره‌های مختلفی در اثر انحلال آهک و دیگر عوامل فرسایشی شکل گرفته‌اند، دره‌هایی که دو طرف آن باز است و یک طاق‌دیس را قطع کرده و دو ناودیس را به هم متصل می‌کند، به‌عنوان تنگ در نظر گرفته شده‌اند و دره‌هایی که یک‌طرف آن باز و طرف دیگر آن را در درون طاق‌دیس بن بست شده است به عنوان کانیون در نظر گرفته شدند (شکل ۳) و (شکل ۴)؛ این اشکال در نرم‌افزار Arc GIS با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مشخص و سپس جهت صحت سنجی آن‌ها وارد نرم‌افزار Global Mapper و Google Earth شدند و تراکم آن‌ها بررسی گردید (رابطه ۱).

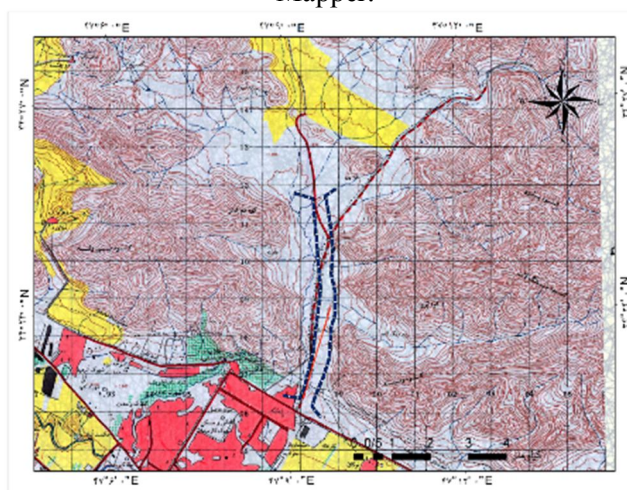
$$\text{تراکم} = \frac{\text{تعداد}}{\text{مساحت}}$$

رابطه ۱ (Alizadeh, 2016: 337)



شکل ۳: نیم‌رخ عرضی: سمت راست کانیون و سمت چپ تنگ؛ استخراج از Global Mapper.

Figure 3: Transverse profile: right side of the canyon and left side of the strait; extracted from Global Mapper.

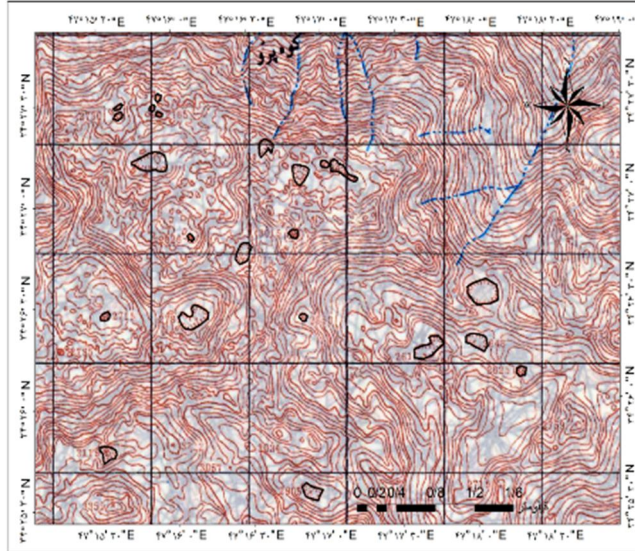


شکل ۴: تنگ کنشت شهر کرمانشاه (مأخذ: نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، ۵۴۵۸، III).

Figure 4: Kenesht Strait in Kermanshah city (Source: Topographic map 1:50000, 5458, III).

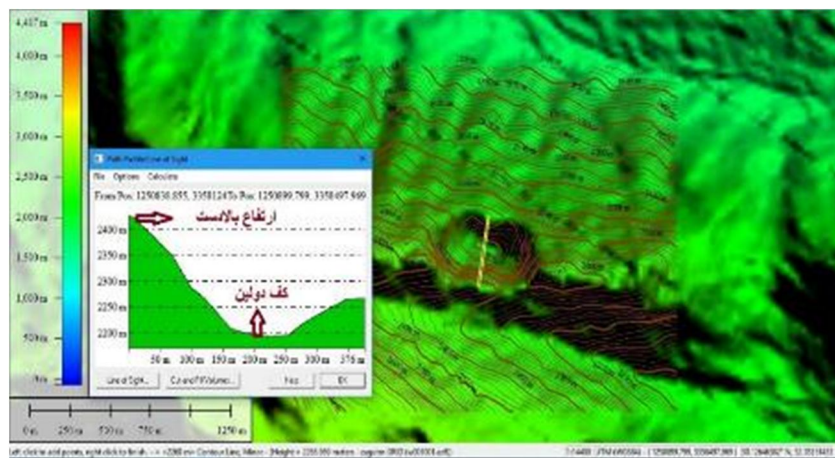
دولین: در محدوده‌ی زاگرس فروافتادگی‌هایی که در نواحی کارستی به‌صورت منحنی میزان‌های بسته می‌باشند و زهکش داخلی دارند و هرچه به‌طرف داخل می‌رویم ارتفاع کمتر می‌شود، تحت عنوان دولین شناسایی شدند. پس از

شناسایی و مشخص کردن دولین‌ها در نرم‌افزار Arc GIS، (شکل ۵) و (شکل ۶)، جهت بررسی از نرم‌افزار Global Mapper استفاده شد، نیمرخ توپوگرافی آن‌ها، گود شدگی چاله‌ها را بدون پارگی یا محل خروجی نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمایی از دولین‌های مشخص شده در نرم‌افزار Arc GIS (مأخذ: نقشه ۱:۵۰۰۰۰، II.۵۴۵۸).

Figure 5: View of the identified dolines in Arc GIS software (Source: Map 1:50000, 5458, II).



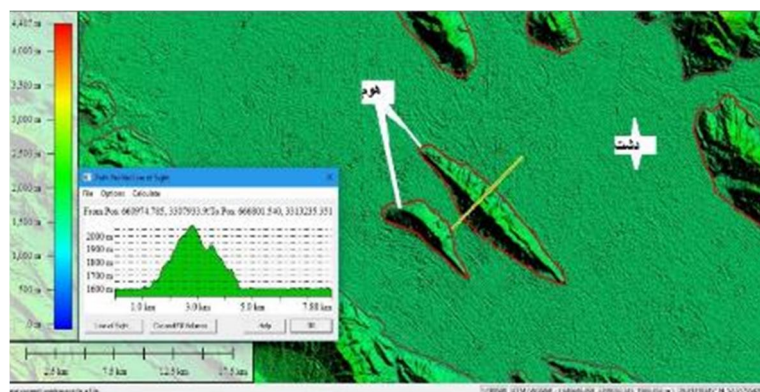
شکل ۶: نمایی از دولین در نرم‌افزار Global Mapper.

Figure 6: View of dolines in Global Mapper software.

دشت و هوم: به‌منظور شناسایی دشت و هوم، از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و خطوط منحنی میزان توپوگرافی تهیه‌شده از نقشه ارتفاعی رقومی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد و مساحت آن‌ها نیز به دست آمد و سپس نسبت تراکم آن‌ها به مساحت در طبقات دمایی-بارشی برآورد شد (رابطه ۲) و (شکل ۷).

$$\text{تراکم} = \frac{\text{مساحت عارضه}}{\text{مساحت طبقات ارتفاعی}}$$

(رابطه ۲) (Alizadeh, 2016: 335)



شکل ۷: نمایی از هوم و دشت و نیمرخ آن‌ها در نرم‌افزار Global Mapper.

Figure 7: View of the hill and plain and their profile in Global Mapper software.

دما و بارش: فرم‌ها و اشکال کارستی در مناطقی به وجود می‌آیند که بارندگی زیاد و دما کم باشد (Zangenehasadi et al, 2002). به همین دلیل با توجه به اثرگذاری دما و بارش بر انحلال و کارستی-فیکاسیون و همچنین جهت به دست آوردن ارتفاع برف‌مرز امروز، بررسی دما و بارش امر مهمی هست؛ لذا در این پژوهش اطلاعات دما و بارش از پایگاه داده‌های ۴۹ ساله اسفزاری استخراج گردید و در محیط Arc GIS، با استفاده از روش میان‌یابی (Inverse Distance Weighting) نقشه هم‌دما و هم‌بارش ترسیم و سپس با تلفیق دولایه دما و بارش نقشه ترکیبی زاگرس نیز ترسیم گردید.

جهت بازسازی دما و بارش دوران کواترنری، از رابطه رگرسیونی بین ارتفاع و دمای زاگرس استفاده شد. در رابطه برآورد شده ارتفاع برف‌مرز کواترنری زاگرس جایگزین X شده و اختلاف دمای کنونی و گذشته محاسبه شد (رابطه ۳) ، و از این طریق دمای گذشته زاگرس بازسازی و نقشه آن ترسیم گردید. سپس با برقراری رابطه رگرسیونی میان دما و بارش کنونی و جایگزین کردن دمای گذشته به جای دمای کنونی، اختلاف بارش کنونی و گذشته نیز به دست آمد و بارش گذشته بازسازی و نقشه آن نیز ترسیم گردید.

$$y = -0.0063(x) + 250918 \quad \text{رابطه ۳}$$

که y دما و x ارتفاع است.

بحث

شرایط دمایی-بارشی مستعد توسعه کارست در شرایط کنونی

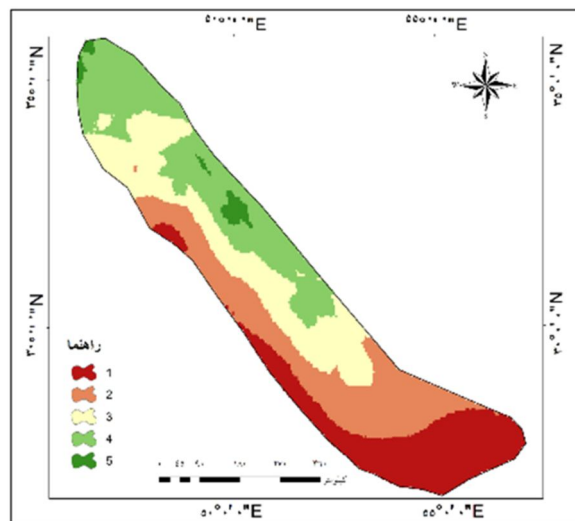
بارش و رطوبت، در همه کوهستان‌ها به یک اندازه نمی‌باشد و حتی در یک کوهستان بر روی دامنه‌های رو به باد (بادگیر) و پشت به باد (بادپناه) یکسان نیست و تأثیرات اوروگرافیک کوهستان‌ها باعث تغییر در بارش می‌شود (Ghayour and Masoudian, 1996). با توجه به قرارگیری محدوده مطالعاتی در مسیر جریان‌های مرطوب و سیکلون‌های مدیترانه‌ای و سودانی، در دامنه‌های غربی زاگرس نسبت به در دامنه‌های شرقی بارش و رطوبت بیشتری دریافت می‌کنند (Alijani, 2003: 236)؛ به گونه‌ای که بارش سالانه بین ۲۵۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر و دمای سالانه از ۱- تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد در نوسان است؛ بنابراین انتظار می‌رود اثرگذاری آن‌ها بر مناطق مختلف کارستی، متفاوت باشد.

به همین منظور، نقشه‌های دما و بارش کنونی ترسیم گردید و سطوح وابسته به هرکدام به پنج طبقه تقسیم‌بندی شد (جدول ۱). دما از بیشترین به کمترین و بارش بالعکس، از کمترین به بیشترین، به ترتیب در طبقات یک تا پنج قرار گرفتند. به این صورت که برای طبقه‌بندی دما، به مناطقی که بیشترین دما را داشتند در تشکیل کارست کمترین امتیاز داده شد و مناطقی با دمای پایین که بهترین شرایط را برای توسعه کارست دارند بالاترین امتیاز تعلق گرفت. همچنین برای بارش، مناطقی با حداکثر بارش و بهترین وضعیت برای توسعه کارست، بالاترین امتیاز داده شد. پس از ترسیم نقشه‌های دما و بارش و طبقه‌بندی آن‌ها، طبقات به ترتیب از طبقه اول تا پنجم به‌عنوان بسیار نامساعد (دما ۲۶-۲۰ و بارش ۲۹۷-۱۵۴)، نامساعد (دما ۲۰-۱۵ و بارش ۴۴۰-۲۹۷)، متوسط (دما ۱۵-۱۰ و بارش ۵۸۳-۴۴۰)، مساعد (دما ۱۰-۵ و بارش ۷۲۶-۵۸۳) و بسیار مساعد (دما ۵-۱- و بارش ۸۷۲-۷۲۶) در نظر گرفته شدند. انتظار می‌رود که طبقه بسیار مساعد با کمترین دما و بیشترین بارش، بهترین شرایط را جهت توسعه کارست داشته باشد. از طبقه بسیار مساعد به پایین، به ترتیب میزان دما افزایش و میزان بارش کاهش می‌یابد و شرایط نیز جهت کارستی-فیکاسیون نامطلوب‌تر می‌شود؛ در طبقه بسیار نامساعد انتظار می‌رود تراکم و توسعه کارست به حداقل برسد. البته این نکته را باید در نظر داشت که طبقه بسیار مساعد دارای پهنه‌ی کمتری نسبت به بقیه طبقات می‌باشد، به همین دلیل درصد پراکندگی اشکال کارستی نیز در آن کمتر می‌شود. در نهایت با تلفیق دمای دولا به دما و بارش، نقشه دمایی-بارشی کنونی منطقه ترسیم گردید (شکل ۸).

جدول ۱- طبقات دما و بارش کنونی در زاگرس

Table 1- Current temperature and precipitation classes in Zagros

| شرایط طبقه | بارش (میلی‌متر) | دما (درجه سانتی‌گراد) | طبقه |
|---------------|-----------------|-----------------------|------|
| بسیار نامساعد | ۲۹۷-۱۵۴ | ۲۶-۲۰ | ۱ |
| نامساعد | ۴۴۰-۲۹۷ | ۲۰-۱۵ | ۲ |
| متوسط | ۵۸۳-۴۴۰ | ۱۵-۱۰ | ۳ |
| مساعد | ۷۲۶-۵۸۳ | ۱۰-۵ | ۴ |
| بسیار مساعد | ۸۷۲-۷۲۶ | -۵-۱ | ۵ |



شکل ۸: نقشه دمایی-بارشی کنونی در زاگرس.

Figure 8: Current temperature-precipitation map in Zagros.

برای بازسازی دما و بارش گذشته، با جایگزینی ارتفاع برف‌مرز کواترنری برآورد شده توسط Jafari and Hazrati (2018) برای حوضه‌های مختلف زاگرس (جدول ۲)، در روابط رگرسیونی به‌دست‌آمده برای هر حوضه زاگرس و برآورد اختلاف دمای حال حاضر با گذشته (جدول ۳)، دمای گذشته بازسازی شده و نقشه هم‌دمای کواترنری نیز ترسیم گردید. سپس با استفاده از روابط به‌دست‌آمده بین بارش و دما، اختلاف بارش کنونی با گذشته به دست آمد و بارش گذشته نیز بازسازی شده و نقشه هم‌بارش آن نیز ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد بارش برای دوران کواترنری در زاگرس بین ۲۷۳ تا ۱۵۱۳ میلی‌متر و دما سالانه از -۹ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد در نوسان بوده و به‌طور متوسط بارش گذشته تقریباً ۱/۸ برابر بارش کنونی بوده و دما ۸/۸ درجه سانتی‌گراد با دمای کنونی اختلاف داشته است. پس از ترسیم دو نقشه دما و بارش گذشته و تلفیق آن‌ها (شکل ۹)، پنج طبقه دمایی-بارشی از نظر شکل‌گیری و توسعه کارست برای دوره‌های سرد کواترنری همانند دوره کنونی مشخص گردید؛ به این صورت که مناطقی که دارای کمترین دما و بیشترین بارش هستند، بالاترین امتیاز و مناطق با بیشترین دما و کمترین بارش، پایین‌ترین امتیاز را برای کارستی شدن به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

جدول ۲- ارتفاع برف‌مرز در حوضه‌های زاگرس، منبع: (Jafari and Hazrati, 2018).

Table 2- Snow line height in the Zagros basins, source: (Jafari and Hazrati, 2018).

| حوضه | مرزی غرب | کرخه | کارون | بختگان | کل زاگرس |
|----------------------|----------|--------|--------|--------|----------|
| ارتفاع برف‌مرز (متر) | ۲۳۰۰ | ۲۴۴۳/۵ | ۲۹۳۷/۵ | ۲۹۶۱ | ۲۷۱۹ |

جدول ۳- اختلاف دمای به‌دست‌آمده برای هر حوضه.

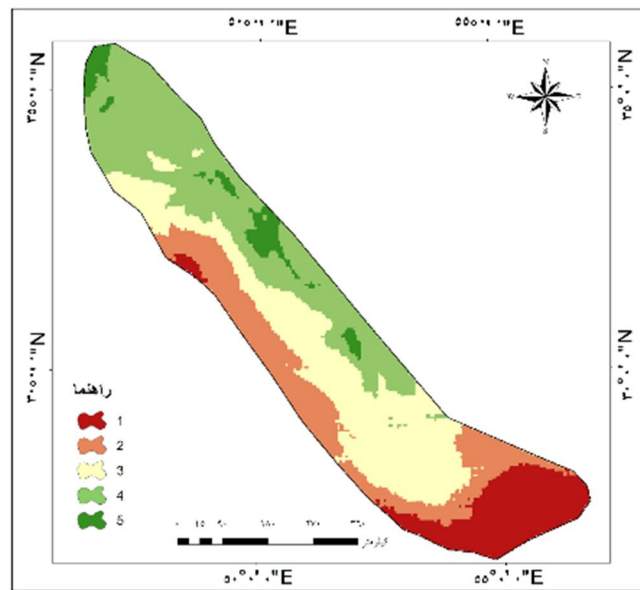
Table 3- Temperature difference obtained for each basin.

| حوضه آبریز | رابطه رگرسیونی ارتفاع و دما Y | اختلاف دما (درجه C) |
|----------------|-------------------------------|---------------------|
| مرزی غرب | $-۰/۰۰۵۹(۲۳۰۰)+۲۲/۲۶۶$ | ۸/۷ |
| کرخه | $-۰/۰۰۵۹(۲۴۴۳/۵)+۲۴/۲۱۳$ | ۹/۸ |
| کارون بزرگ | $-۰/۰۰۵۳(۲۹۳۷/۵)+۲۳/۲۷۷$ | ۷/۷۱ |
| بختگان- مهارلو | $-۰/۰۰۰۴(۲۹۶۱)+۲۳/۳۸۴$ | ۱۱/۵۴ |
| کل زاگرس | $-۰/۰۰۶۳(۲۷۱۹)+۲۵/۹۱۸$ | ۸/۸ |

جدول ۴- طبقات دما و بارش کواترنری در زاگرس.

Table 4- Temperature and precipitation classes of the Quaternary period in the Zagros.

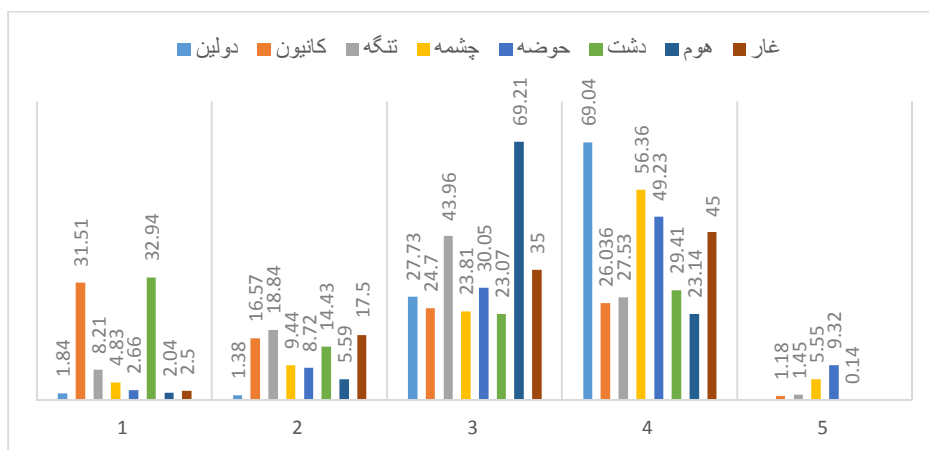
| طبقه | دما (درجه C) | بارش (میلی‌متر) | شرایط طبقه |
|------|--------------|-----------------|---------------|
| ۱ | ۱۸-۱۱ | ۵۲۱-۲۷۳ | بسیار نامساعد |
| ۲ | ۱۱-۶ | ۷۶۹-۵۲۱ | نامساعد |
| ۳ | ۶-۱ | ۱۰۱۷-۷۶۹ | متوسط |
| ۴ | -۱-۴ | ۱۲۶۵-۱۰۱۷ | مساعد |
| ۵ | -۹-۴ | ۱۵۱۳-۱۲۶۵ | بسیار مساعد |



شکل ۹: نقشه دمایی-بارشی دوره کواترنری در زاگرس.

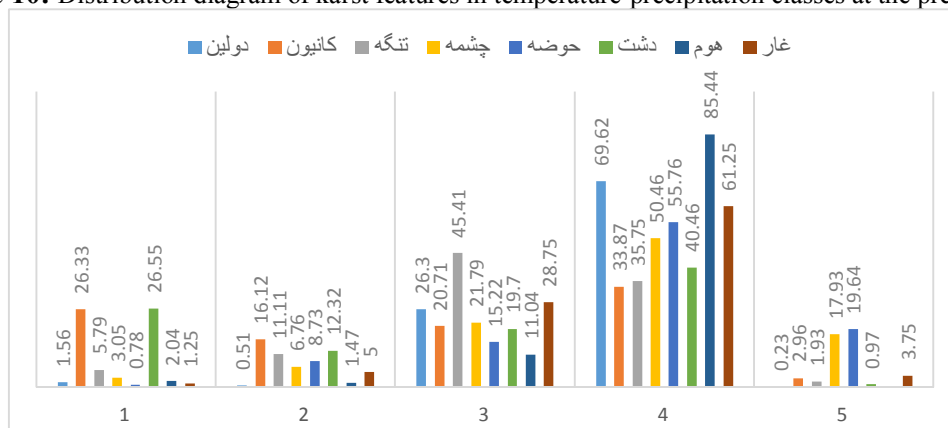
Figure 9: Temperature-precipitation map of the Quaternary period in the Zagros.

براساس طبقه‌بندی دما-بارش کنونی از اشکال سطحی بیشترین درصد دولین‌ها در طبقه چهار ۶۹/۰۴٪ و در طبقه سه ۲۷/۷۳٪، حوضه‌های آهکی در طبقه چهار ۴۹/۲۳٪ و سه ۳۰/۰۵٪، دشت‌های آهکی در طبقه یک ۳۲/۹۴٪ و سه ۲۹/۴۱٪ و هوم‌ها در طبقه سه ۶۹/۲۱٪ و چهار ۲۳/۱۴٪ قرار گرفته‌اند؛ از اشکال خطی بیشتر کانیون‌ها در طبقه یک ۳۱/۵۱٪ و چهار ۲۶/۰۳٪ و تنگ‌ها در طبقه سه ۴۳/۹۶٪ و چهار ۲۷/۵۳٪ قرار گرفته‌اند و چشمه‌ها در طبقه چهار ۵۶/۳۶٪ و سه ۲۳/۸۱٪ و غارها در طبقه چهار ۴۵٪ و سه ۳۵٪ بیشترین تراکم را دارند. به‌طور کلی می‌توان گفت تراکم بیشتر اشکال و لایه‌های کارستی به‌جز دشت‌ها، به ترتیب در طبقات دمایی-بارشی چهارم و سوم (مساعد و متوسط) بوده است (شکل ۱۰). مطابق شکل (۱۱)، براساس دما-بارش کواترنری بیشترین میزان پراکندگی دولین‌ها در طبقه چهار ۶۹/۶۲٪ و سه ۲۹/۳٪، حوضه‌های آهکی در طبقه چهار ۵۵/۷۶٪ و پنج ۱۹/۶۴٪، دشت‌های آهکی در طبقه چهار ۴۰/۴۶٪ و یک ۲۶/۵۵٪ و هوم‌ها در طبقه چهار ۸۵/۴۴٪، کانیون‌ها در طبقه یک ۳۳/۸۷٪ و چهار ۲۶/۳۳٪، تنگ‌ها در طبقه سه ۴۳/۹۶٪ و چهار ۲۷/۵۳٪، چشمه‌ها در طبقه چهار ۵۰/۴۶٪ و سه ۲۱/۷۹٪ و غارها در طبقه چهار ۶۱/۲۵٪ قرار گرفته‌اند. با یک مقایسه کلی میان پراکندگی اشکال در دو زمان حال و گذشته، می‌توان گفت که پراکندگی اشکال کارستی در کواترنری به ترتیب اکثراً در طبقه دمایی-بارشی مساعد و بسیار مساعد قرار داشته‌اند؛ درحالی‌که در دوره کنونی بیشتر در طبقات دمایی-بارشی مساعد و متوسط هستند. این‌گونه پراکندگی‌ها خود دلیل بر این مطلب است که در طی کواترنری با تغییر دما-بارش منطقه کارستی-فیکاسیون شدید و ضعیف شده است. قرارگیری اغلب پدیده‌های کارستی در شرایط مساعد و بسیار مساعد کواترنری نشان می‌دهد که در طی دوره‌های سرد کارست‌ها شکل گرفته و در شرایط کنونی تکامل می‌یابند (جدول ۵) و (شکل ۱۲).



شکل ۱۰: نمودار پراکنندگی عوارض کارستی در طبقات دمایی-بارشی در زمان کنونی.

Figure 10: Distribution diagram of karst features in temperature-precipitation classes at the present time.



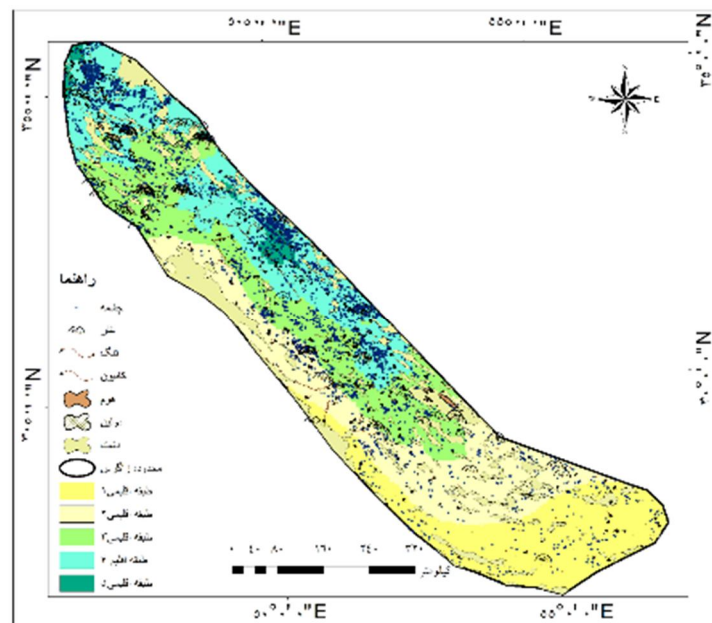
شکل ۱۱: نمودار پراکنندگی عوارض کارستی در طبقات دمایی-بارشی در دوره کواترنری.

Figure 11: Distribution diagram of karst features in temperature-precipitation classes in the Quaternary period.

دول ۵- پراکنندگی عوارض کارستی در طبقات دمایی-بارشی در دوره کنونی و دوران کواترنری بر حسب درصد.

Table 5- Distribution of karst features in temperature-precipitation classes in the current period and the Quaternary period in percentage.

| دوره کنونی | | | | | دوران کواترنری | | | | | نوع اشکال | اشکال |
|---------------|---------|-------|-------|-------------|----------------|---------|-------|-------|-------------|-----------|-------|
| بسیار نامساعد | نامساعد | متوسط | مساعد | بسیار مساعد | بسیار نامساعد | نامساعد | متوسط | مساعد | بسیار مساعد | | |
| ۳۱/۵۱ | ۱۶/۵۷ | ۲۴/۷ | ۲۶/۰۴ | ۱/۱۸ | ۲۶/۳۳ | ۱۶/۱۲ | ۲۰/۷۱ | ۳۳/۸۷ | ۲/۹۶ | کانیون | خطی |
| ۸/۲۱ | ۱۸/۸۴ | ۴۳/۹۶ | ۲۷/۵۳ | ۱/۴۵ | ۵/۷۹ | ۱۱/۱۱ | ۴۵/۴۱ | ۳۵/۷۵ | ۱/۹۳ | تنگه | |
| ۴/۸۳ | ۹/۴۴ | ۲۳/۸۱ | ۵۶/۳۶ | ۵/۵۵ | ۳/۰۵ | ۶/۷۶ | ۲۱/۷۹ | ۵۰/۴۶ | ۱۷/۹۳ | چشمه | نقطه |
| ۲/۵ | ۱۷/۵ | ۳۵ | ۴۵ | - | ۱/۲۵ | ۵ | ۲۸/۷۵ | ۶۱/۲۵ | ۳/۷۵ | غار | |
| ۱/۸۴ | ۱/۳۸ | ۲۷/۷۳ | ۶۹/۰۴ | - | ۱/۵۶ | ۰/۵۱ | ۲۶/۳ | ۶۹/۶۲ | ۰/۲۳ | دولین | سطحی |
| ۲/۶۶ | ۸/۷۲ | ۳۰/۰۵ | ۴۹/۲۳ | ۹/۳۲ | ۰/۷۸ | ۸/۷۳ | ۱۵/۲۲ | ۵۵/۷۶ | ۱۹/۶۴ | حوضه | |
| ۳۲/۹۴ | ۱۴/۴۳ | ۲۳/۰۷ | ۲۹/۴۱ | ۰/۱۴ | ۲۶/۵۵ | ۱۲/۳۲ | ۱۹/۷ | ۴۰/۴۶ | ۰/۹۷ | دشت | |
| ۲/۰۴ | ۵/۵۹ | ۶۹/۲۱ | ۲۳/۱۴ | - | ۲/۰۴ | ۱/۴۷ | ۱۱/۰۴ | ۸۵/۴۴ | - | هوم | |



شکل ۱۲: پراکندگی اشکال کارستی با توجه به طبقات دمایی-بارشی در زاگرس.

Figure 12: Distribution of karst forms according to temperature-precipitation classes in Zagros.

نتیجه گیری

در ناحیه زاگرس سازندهای کارستی رخنمون فراوان دارند و ۹۰ درصد از ارتفاعات آن را سنگ‌های کربناتی تشکیل می‌دهد. بررسی‌های اشکال ماکرو کارستی زاگرس می‌تواند فهم بهتری را از اثرات دما و بارش و تغییرات آن در طی کواترنری برای محقق فراهم نماید. به این منظور توزیع اشکال کارستی در دو گروه سطحی و نقطه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. تراکم درصد زیادی از اشکال کارستی در طبقات مساعد و بسیار مساعد دمایی-بارشی دال بر این است که اقلیم به‌عنوان یک عامل اثرگذار در شکل‌گیری و توسعه آن‌ها نقش مهمی داشته است و توسعه کارست در مناطق با دمای کم و بارش زیاد را مورد تأیید قرار می‌دهد؛ از طرفی پراکندگی درصد کمتر اشکال در طبقه دمایی-بارشی بسیار مساعد نسبت به طبقه دمایی-بارشی مساعد نیز دال بر این ادعاست که دمای بسیار پایین و هوای سرد مانع از توسعه کارست شده است. لذا توزیع آن‌ها در طبقه دمایی-بارشی بسیار مساعد (دمای ۹- تا ۴- درجه سانتی‌گراد و بارش ۱۲۶۵ تا ۱۵۱۳ میلی‌متر) -باینکه بیشترین بارش را دارد- کمتر است. نتایج حاصل از پراکندگی اشکال کارستی در طبقات دمایی-بارشی در زمان حال و کواترنری، دال بر این است که اکثر آن‌ها در طی کواترنری در شرایط دمایی-بارشی مساعد و بسیار مساعد به وجود آمده‌اند؛ در دوره کنونی این اشکال بیشتر در شرایط دمایی-بارشی مساعد و متوسط قرار دارند. این‌گونه پراکندگی دال بر این مطلب است که تغییرات اقلیم کواترنری، کارستی-فیکاسیون شدید و ضعیف شده و شکل‌گیری اشکال در اقلیم سرد (دمای ۹- تا ۶- درجه و بارش ۱۰۱۷ تا ۱۵۱۳ میلی‌متر) بیشتر اتفاق افتاده است و قرارگیری آن‌ها در طبقات دمایی-بارشی مساعد و متوسط کنونی، تکامل بیشتر آن‌ها را به دنبال داشته است. در مجموع می‌توان چنین گفت که با توجه به اقلیم ایران و متمایل بودن آن به گرما و

خشکی، کاهش دما بر اثر افزایش ارتفاع نقش مهمی در پیدایش و گسترش لندفرم‌های کارستی ماکرو دارد. بر این اساس با توجه به تغییر اقلیم کواترنری، بسیاری از اشکال کارستی بر اثر انحلال بیشتر در دوره‌های سرد به وجود آمده و امروزه با توجه به شرایط دمایی و بارشی گسترش یافته‌اند. با تمام این مباحث نباید فراموش کرد که پیدایش و گسترش اشکال ماکرو کارست، تحت تأثیر چندین عامل صورت می‌گیرد؛ چنانچه در شکل‌گیری و تکامل آن‌ها دو عنصر آب فراوان و دمای پایین نقش دارد و آب فراوان در بسیاری از موارد، می‌تواند جبران دمای بالا را بنماید؛ نمی‌توان برای بررسی رابطه این‌گونه اشکال با اقلیم به صورت قطعی نظر داد و از منطق ریاضی یا صفر و یک برای تبیین تغییرات در آن‌ها سخن به میان آورد چراکه بیشتر از منطق فازی تبعیت می‌کنند؛ به همین دلیل نیز در بهترین شرایط، روابط بین شرایط دما-بارش با وسعت این‌گونه اشکال به صورت تجمعی، در طبقات ارتفاعی مختلف، از ضریب تبیین بالای ۵۰ درصد تبعیت می‌نماید و نباید انتظار داشت تأثیرپذیری مرز اشکال کارستی از تغییر اقلیم کواترنری همانند تغییرات برف‌مرز دائمی از منطق ریاضی تبعیت نماید.

References

- Abbasi, M., Bagheri Seyd Shakri, S., & Jafari Aghdam, M. (2012). Zoning of karst transformation using entropy model: Case study of northwest Nawa Zagros anticline. *Engineering Geology and Environment*, 94, 161-168. [In Persian]. https://www.gsjournal.ir/article_43275.html
- Alaei-Taleghani, M. (2012). **Geomorphology of Iran** (7th ed.). Tehran: Gomes Pub. [In Persian].
- Alijani, B. (2012), "**Weather of Iran**", Tehran: *Payame Noor Publications*. [In Persian].
- Alizadeh, A. (2016). *Principles of applied hydrology* (35th ed.). Mashhad Astan Quds Razavi Pub. [In Persian].
- Chen, W., Zhang, Y., Qin, H., Zhu, D., & Wang, X. (2015). The karst geomorphologic regionalization in China. (pp. 233-244). Springer pub.
- Chitasazan, M., Karimi Vardanjani, H., Cherchi, A., & Karimi, H. (2016). Investigation of geomorphological characteristics of Zagros karst and its comparison with calcareous areas of Central Iran. *Journal of Advanced Applied Geology*, 19, 89-97. https://aag.scu.ac.ir/article_12148_2e73a2258ebd27933c6f8dc400b0db21.pdf. [In Persian].
- Chorley, R. J., Stanley, E. S., & S, D. E. (2010). *Geomorphology* (3rd ed., Vol. 2, A. Motamed & E. Moghimi, Trans.). Tehran Publications. [In Persian].
- Ebrahimi, B., Seif, A. (2015), "Use of GIS to evaluate the potential for karst expansion of Zagros carbonate straits based on geological and climatic factors", *Journal of Earth Sciences*, (98), 348-333. (In Persian). <https://www.sid.ir>
- Ghassimeefar, E., Naserpour, S. (2011), "Climatic zoning of Zagros area", *Sepehr Publication* (89), 60-54. (In Persian). https://www.sepehr.org/?_action=articleInfo&article=13044&lang=fa
- Ghayour, HA., Masoudian, SA, (1996), "Spatial study of the relationship between precipitation and altitude in Iran", *Geographical research*. 41, 124 to 143. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/420456/en%23downloadbottom>
- Ghobadi, MH., Karari, SS and Almasi Kia, H. (2019), "Evaluation of karst formation potential in Khuzestan province by hierarchical analysis", *New findings of applied geology*. (25), 72-83. (In Persian). https://nfag.basu.ac.ir/article_2493.html
- Jafari, Gh., Hazrati, N. (2018), "Quaternary Surface Rehabilitation of the Geomorphic Zagros Unit of Iran", *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, (28), 33-49. (In Persian). https://ges.razi.ac.ir/article_977.html,
- Jafari, G. H., & Naseri, F. (2020). Effect of height on the physiographic properties of limestone sub-basins (A case study of Zagros Heights of Iran). *Environmental Erosion Research Journal*, 9(4), 1-16. https://magazine.hormozgan.ac.ir/browse.php?a_id=503&sid=1&slc_lang=en
- Kaufmann, O., Quinif, Y. (2002), "Geohazardmap of cover-collapse sinkholes in the Tournaisis area, southern Belgium", *Engineering Geology*. 65, 117-124. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795201001181>
- Kazemi, M. (2012), "Investigating the Factors Affecting the Evolution of Karst Geomorphology in Gamasiab Mountain, Emphasizing the Development of Lapis (South of Nahavand)". *Geographic Quarterly of the Territory*. (33), 107-126. (In Persian). <https://www.noormags.ir/view/en/articlepage>
- Khazri, S., Shahabi, H., Mohammadi, S. (2017), "Evaluation and zoning of karst evolution of Mahollad Cave catchment using Analytical Hierarchy Process", *Quantitative Geomorphological Research*, (1), 21-39. [In Persian]. https://www.geomorphologyjournal.ir/article_78073.html?lang=fa
- Mahmoudi, F. (2007), "Climate geomorphology", *Payame Noor Publication*. (In Persian).
- Maleki, A., Mohammadi, S., Karimi, H., Zintizadeh, A. (2018), "Evaluation of karst development using hydro-geochemical properties of karst springs in Shahoo and Islamabad aquifers of Kermanshah province", *Journal of Quantitative Geomorphology*, (4), 131-146. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/510858/fa>
- Moghimi, H. (2012), "Karst hydrology", *Payame Noor University Press*, First edition. (In Persian).

- Nematolahi, F, (2003), "Investigation of geomorphic features of Namdan plain", *Master Thesis of Islamic Azad University of Najafabad*. (In Persian).
- Romey, C., Rochette, P., Vella, C., Arfib, B., Andrieu-Ponel, V., Braucher, R. & Mattioli, E, (2014), "Geophysical and geomorphological investigations of a Quaternary karstic paleolake and its underground marine connection in Cassis (Bestouan, Cassis, SE France)", *Geomorphology*, 214, 402-415. [https://hal.umontpellier.fr/hal-02883872/file/1-s2.0-S0169555X14001044-main%20\(1\).pdf](https://hal.umontpellier.fr/hal-02883872/file/1-s2.0-S0169555X14001044-main%20(1).pdf)
- Yamani, M., Shamsipour, A., Jafariaghdam, M., Bagheri Seyed Shakri, S, (2013), "Investigating the Factors Influencing the Development and Separation of Karest Basin of Chell Basin Using Fuzzy Logic and AHP, Kermanshah Provinc", *Earth Sciences*. (88), 66-57. (In Persian). https://www.gsjournal.ir/article_53641.html?lang=fa
- Zanganeh, Asadi, M., Ghayour, H., Ramesht, M., Velayati, S, (2002), "Karstic Perspectives of Akhلامad Basin and its Environmental Management", *Geographic Journal*. (42), 101-87. (In Persian). <https://www.sid.ir>
- Žebre, M., Stepišnik, U., Colucci, R. R., Forte, E., & Monegato, G, (2016), "Evolution of a karst polje influenced by glaciation: the Gomance piedmont polje (northern Dinaric Alps)", *Geomorphology*, 257, 143-154. https://arts.units.it/bitstream/11368/2876261/1/1-s2.0-S0169555X16300071-main_IN_PRESS.pdf
- Zomorodiyān, M, (2006), "Iran Geomorphology (Climate Processes and External Dynamics)", *Ferdowsi University of Mashhad Publication*, Volume 2. [In Persian].

Study of the Karstic Shapes of Zagros due to Height in Cold and Warm Quaternary Periods

Hassan Jafari , foruzan Naseri

Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran
Ph.D. Student in Hydro-Geomorphology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
Email: jafarihas@znu.ac.ir (corresponding author)

Abstract

Karst landforms are the result of temperature and moisture processes over time in dissolved rocks and especially limestone. Karst forms, depending on the current climate, but due to being affected by temperature and water and their changes during the Quaternary, are usually palimpsest or polymorphic forms. Based on bibliographic texts and documents (geological maps 1: 50000, 30 * 30 digital elevation maps, 49-year olds database, satellite imagery and topographic maps 1: 50000), the data were collected to analyze the effects of climatic factors on Zagros karstic areas (Doline, Strait, Canyon, Limestone Plots, Homes or Hills, Caves and Springs). The initial data was analyzed using software such as Arc GIS, Mapper Global, MATLAB and Excel. A large percentage of Zagros karstic forms are formed at temperatures ranging from 4 to 1 degree, precipitation is from 1017 to 1265 mm (Favorable climate) and temperatures ranging from -9 ° to -4 ° C, and precipitation ranges from 1265 to 1513 mm (very favorable climate) of the Quaternary. In the current situation, due to climate change and its favorable climate, temperatures of 5 to 10 degrees Celsius and precipitation of 583 to 726 mm and moderate climate with temperatures of 10 to 15 degrees and precipitation of 440 to 583 mm are evolving. Fewer percentages of climates in the climate are favorable to the climate, which is due to the fact that very low temperatures and cold weather impede the development of karst; the density of the karstic forms decreased from -9 ° to -4 ° C and the precipitation from 1265 to 1513 mm.

Introduction

There are many landforms in Iran that the cause of their emergence cannot be interpreted with the present climate. Climate change is one of the special features of the Quaternary, which has led to changes in the formation of systems. One of the systems derived from the refrigeration system is karst. Water is the most important factor in the development of karst. This is the main factor in controlling dissolution and erosion. Naturally, karst develops in areas where rainfall is high and arid or cold areas are preventing the development of karst. The dissolution of limestone at a low temperature and in cold weather is faster and the amount of karstic erosion in wet and cold areas is much higher than warm and humid areas. Zagros In the cold periods of the Pleistocene in the northwestern part of the glacial and adjacent glacial process, and in the southeast half of it, the river flow process has been changed to face roughness; but now the northwestern part of the Zagros is mountainous in terms of climate. For this reason, the process of glacier adjacent to the level of the mountains and the river process in the talogues are the main elements of the region's formation. The frozen forms and molds of the past have been testimony to the favorable conditions for the dissolution and development of karst forms during the Quaternary cold periods, The main purpose of this article is to investigate the karstic forms such as Strait, Canyon, Doline, Limestone plain (Polyeyeh), calcareous basin, cave and springs, and considering their climatic factors in the Zagros massif.

So far, the dispersion of karst landforms in a wide area such as Zagros has been less. This paper intends to analyze the most important Zagros karstic forms in relation to climate conditions.

Materials & Method

Natural evidence and evidence suggests that the past climatic conditions could not be as current as the present; many forms of land levels are not justified by current processes and their origin is attributed to different climatic conditions than the current climate. Based on bibliographic texts and documents (geological maps 1: 50000, 30 * 30 digital elevation maps, 49year olds database, satellite imagery and topographic maps 1: 50000), the data were collected to analyze the effects of climatic factors on Zagros karstic areas (Doline, Strait, Canyon, Limestone Plots, Hills, Caves and Springs). The initial data was analyzed using software such as Arc GIS, Mapper Global, MATLAB and Excel. In this study, temperature and precipitation data were extracted from the 49year old Sfazari database and in Arc GIS, the map of both temperature and precipitation was mapped using Inverse Distance Weighting.

Discussion of Results

Precipitation and humidity are not the same in all mountains and it's not even in a mountain on the slopes of the wind and windsurf and the effects of mountains in the mountains make changes in rainfall. According to the location of studies in the direction of wet currents and Mediterranean and Sudanese cyclones, they receive precipitation and moisture in the western slopes of Zagros rather than in the eastern slopes; So that annual rainfall varies between 250 to 900 mm and the annual temperature varies from -1 to 26 ° C; So their effects on different areas of karst are expected to be different. According to the current climate classifications, the highest levels of dolphins in the fourth floor were 69.04% and in the third class, 27.73%, limestone basins on the fourth class were 49.23% and 30.5% respectively, limestone plains in the first class of 32.94% and 29/41/29% respectively, and hills in the third class were 69/21% and 23/14% respectively; of the linear forms, most canyons in the first class were 31.51% and the fourth class was 26.03% and the tongues in the third class were 43.96% and the second class was 27.53% and the springs in the fourth class were 56.36% and the three 23 /81%, and the caves on the fourth floor are 45% and the top 35% are the most densely populated. Generally, it can be said that most of the karstic layers and layers except plains were in the fourth and third climates (favorable and moderate), respectively. Based on the Quaternary climate, the highest dispersion of dolines in the fourth class was 69.62% and 29.3%, the limestone basins in the fourth class were 56.76% and the fifth grade was 19.64%, the limestone plains in the fourth class were 40.46% and the first class 26.55% and the beds on the fourth class were 85.44%, the canyons in the first class were 33.87% and the fourth class was 33.36%, the tongues in the third class were 43.96% and the fourth class was 27.53%, the springs were in the fourth class 50.46% and the third class was 21.79% and the caves on the fourth class were 61.25%. With a general comparison between the dispersion of forms in both present and past times, it can be said that the dispersion of karst forms in the Quaternary, respectively, has often been favorable and very favorable in the climate class, while in the current period they are more favorable and moderate in the climatic classes.

Conclusion

A large percentage of Zagros karstic forms are formed at temperatures ranging from -4 to 1 degree, precipitation is from 1017 to 1265 mm (Favorable climate) and temperatures ranging from -9 ° to -4 ° C, and precipitation ranges from 1265 to 1513 mm (very favorable climate) of the Quaternary. In the current situation, due to climate change and its favorable climate, temperatures of 5 to 10 degrees and precipitation of 583 to 726 mm and moderate climate with temperatures of 10 to 15 degrees and precipitation of 440 to 583 mm are evolving. Fewer percentages of forms in the climate are favorable to the climate, which is due to the fact that very low temperatures and cold weather impede the development of karst; the density of the karstic forms decreased from -9 ° to -4 ° C and the precipitation from 1265 to 1513 mm. With all these issues, it should not be forgotten that the emergence and spread of macro karst forms is influenced by several factors; if two elements of abundant water and low temperature are involved in their formation and development and abundant water can, in many cases, compensate for the high temperature. It is not possible to definitively examine the relationship between such forms and the climate and we cannot talk about mathematical logic or zeros and ones to explain the changes in them; because they follow more than fuzzy logic.

Keyword: Limestone, Doline, Hill, Climate, Karst, Zagros.