

تأثیر ارتفاع بر خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های آهکی (مطالعه موردی ارتفاعات زاگرس ایران)

غلام‌حسن جعفری*: دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان

فروزان ناصری: کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان

تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۱۲/۱۰

تاریخچه مقاله (۱۳۹۸/۰۳/۲۵)

چکیده

کارستی - فیکاسیون عمل انحلال سنگ‌های کربناتی، تحت تأثیر عوامل مختلف و حاصل دخالت مشترک مورفودینامیک درونی (ساختار زمین‌شناسی و لیتولوژی) و بیرونی (اقلیم، ارتفاع، پوشش گیاهی و زمان) است. ارتفاع به عنوان یک عامل بیرونی، بر مقدار بخار آب و گرد و خاک موجود در هوا اثر می‌گذارد، شرایط دمایی و بارشی را تغییر می‌دهد و فرم نهایی زمین از این تغییرات تأثیر می‌پذیرد. هدف این مقاله، بررسی تفاوت‌های فیزیوگرافی زیرحوضه‌های آهکی زاگرس با توجه به تغییر ارتفاع و تفسیر تفاوت‌ها در زمینه‌ی عناصر دمایی و بارشی است. با توجه به وسعت ۳۸۱۱۴۰ کیلومترمربعی زاگرس و پراکندگی لیتولوژی آهک در مناطق ارتفاعی مختلف، با استناد به منابع اسنادی (نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، لایه‌ی مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰) ابتدا زیرحوضه‌های واقع در این نوع لیتولوژی تفکیک شد. سپس پارامترهای فیزیوگرافی (طول حوضه، مساحت، فاکتور فرم، فاکتور شکل، نسبت کشیدگی و ضریب ناهمواری) زیرحوضه‌ها نیز برآورد شد. بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها در زمینه‌ی ارتفاع نشان می‌دهد که کشیدگی و طول زیرحوضه‌ها با افزایش ارتفاع در کل زاگرس با ضریب تبیین ۰/۵ بیشتر می‌شود. نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که افزایش ضریب کشیدگی و طول حوضه در مناطق آهکی، دال بر انحلال بیشتر است و فاکتور شکل و فاکتور فرم با ضریب تبیین ۰/۵۳ برای کل زاگرس، نزدیک شدن شکل هندسی حوضه به مربع و مستطیل را نشان می‌دهد و تقریباً نتایجی همانند ضریب کشیدگی حوضه را منعکس می‌سازد. فرسایش در سطح یک حوضه ممکن است توزیع همگن یا ناهمگن داشته باشد؛ در صورتی که ضریب ناهمواری در یک حوضه زیاد باشد، نشان‌دهنده‌ی تغییر توزیع فرسایش از همگن به ناهمگن است. در مناطق آهکی هر چه ارتفاع بیشتر می‌شود، ضریب ناهمواری به دلیل فرسایش ناهمگن سطحی به طور متوسط ۰/۶ درصد افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: ارتفاع، حوضه‌های آهکی، زاگرس، کارست، مورفومتري.

۱- مقدمه

یک ناحیه‌ی ژئومورفولوژیک از مجموعه‌ی پدیده‌ها، عوارض و لندفرم‌های ژئومورفیک پیوسته و وابسته به هم تشکیل شده که بر اثر فرایندهای ساختمانی و دینامیک درونی و دخالت فرایندهای اقلیمی و دینامیک بیرونی به وجود

آمده است و نظمی سلسله مراتبی و زنجیره‌ای دارد (Farajzade and Ahmadabadi, 1388). کارست به‌عنوان یک پدیده‌ی ژئومورفیک، حاصل فرایندهای متعددی است که در پهنه‌های آهکی و در شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی گوناگون رخ می‌دهد و آثار آن به شکل‌های مختلف از قبیل گودال‌ها و غارها در سطح و زیرزمین دیده می‌شود. پدیده‌های کارستی حاصل دخالت مشترک مورفودینامیک درونی (ساختار زمین‌شناسی و لیتولوژی) و بیرونی (اقلیم، ارتفاع، پوشش گیاهی و زمان) است (Nojavan et al, 1396). وجود آب، فاکتور اصلی اقلیمی در توسعه‌ی کارست به شمار می‌رود. آب در چندین سیستم شکل‌زا نقش دارد؛ در نواحی مرتفع و عرض‌های جغرافیایی بالا به‌صورت یخچال، در پای کوه‌ها به‌صورت پهنه‌های یخی، در منطقه‌ی حاشیه به‌صورت پیشروی زبانه‌های یخی و آب ذوبان، در مناطق پایین‌تر به‌صورت رواناب و در چاله‌های پایین‌دست به‌صورت آب‌های راکد است (Seyf et al, 1394).

قابلیت انحلال سنگ‌های کربناته نسبت به شرایط دمایی متفاوت است (Ghobadi, 1388)؛ انحلال سنگ‌آهک در دمای کم و در آب‌وهوای سرد، سریع‌تر و مقدار فرسایش کارستی به‌مراتب بیش از مناطق گرم و مرطوب است (Zhangneasadi et al, 1381). با تأثیر ناهمواری‌ها بر دما و بارش، فرایندهای فرسایشی و به‌تبع آن چهره‌ی زمین و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی تغییر می‌کند (Alipour et al, 1396)؛ هر اندازه ارتفاع افزایش یابد، میزان بخار آب و گردوخاک در هوا کاهش می‌یابد. در این صورت، توانایی جذب حرارت هوا نیز کم می‌شود. پس دمای هوا به‌صورتی منظم با ارتفاع کاهش می‌یابد و گرادیان حرارتی حدود ۵ الی ۶ درجه برای هر ۱۰۰۰ متر تغییر می‌کند. هنگام سرد شدن هوا در شب، رطوبت به‌صورت شبنم متراکم می‌شود یا احتمالاً یخ می‌بندد. در چنین شرایطی، بخش سطحی سنگ‌ها و خاک‌ها مرطوب و هنگام روز دوباره بر اثر تبخیر خشک می‌شود. این تغییرات غالباً متلاشی شدن سنگ‌ها را به همراه دارد. در صورتی که شرایط مناسب باشد به انحلال و تجزیه‌ی سنگ‌های انحلال‌پذیر منجر می‌شود. تأثیر ارتفاع بر بارش، از سایر عوامل آشکارتر است (Mahmoudi, 1386)؛ بدین صورت که در مناطق مرتفع‌تر، آب دریافتی از طریق بارش بیشتر می‌شود. به دلیل سرد بودن، رشد گیاهان انبوه با ریشه‌های عمیق محدود می‌شود و در نتیجه تبخیر و تعرق ناشی از گیاهان کاهش می‌یابد. از طرفی در مناطق دارای شیب زیاد، امکان باقی ماندن خاک با ضخامت زیاد و رویش گیاه فراهم نمی‌شود؛ بنابراین، آب باران به‌سرعت جاری می‌شود و فرصت نفوذ کمتری می‌یابد. بخشی از آب نفوذ کرده نیز در امتداد لایه‌بندی حرکت می‌کند و امکان توسعه‌ی کارست به‌صورت عمودی فراهم می‌شود. در اراضی پست و گود و زمین‌های مسطح چون آب حاصل از بارندگی یا ذوب شدن برف‌ها و ... نمی‌تواند در اثر جریان‌های سطحی از منطقه خارج شود، در سطح زمین جمع می‌شود و میزان آب نفوذیافته افزایش می‌یابد و به علت بالا بودن ارتفاع، میزان تبخیر کم می‌شود و بیش از ۹۰ درصد بارش می‌تواند به درون سیستم کارست نفوذ یابد (Karimiverdenjani, 1394). مجموع چنین شرایطی چه به‌صورت مجرد و انتزاعی و چه به‌صورت ترکیبی، بستر مناسبی برای انحلال و گسترش کارستی - فیکاسیون (کارستی شدن) فراهم می‌کند. اینک عمل انحلال در زاگرس فارس به دلیل حاکمیت آب‌وهوای خشک نقشی ندارد و تخریب آهک به شکل مکانیکی صورت می‌گیرد؛ اما در زاگرس شمال غربی به‌ویژه زاگرس مرتفع، فرسایش کارستی در شرایط اقلیمی کنونی نیز فعال است. با این حال،

گسترش اشکال کارستی در سراسر زاگرس نشان‌دهنده‌ی حاکمیت این نوع فرسایش در سطح وسیع در دوره‌های سرد و مرطوب پلیستوسن می‌باشد (Alaeitaleghani, 1391).

در زمینه‌ی اثر عوامل مختلف بر سیستم کارستی - فیکاسیون مطالعات فراوانی انجام شده‌است. Hyland (۲۰۰۵)، نقشه‌ی حساسیت فروچاله‌ها و توزیع کارست در شمال دره‌ای در ویرجینا را با در نظر گرفتن عوامل سنگ‌بستر، ضخامت خاک، فاصله تا گسل و فاصله تا جریان‌های سطحی و ارزش‌دهی به این چهار معیار تهیه کرد. Papadopoulo-vrvnioti و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی ریزش کارست با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک پرداختند. آنها با در نظر گرفتن پارامتر برآورد خط زمین‌لرزه PGA، با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله و پارامترهای مؤثر بر فروریزش به این نتیجه رسیدند که دو عامل زمین‌لرزه و زاویه شیب بر ریزش کارست در منطقه اثر منفی داشته‌است. آنها با توجه به نقشه‌ی حساسیت فروپاشی کارست با دقت بالا اعلام کردند که ۳۰ درصد شهر دارای حساسیت بالا و خیلی زیاد نسبت به ریزش است. Zhou و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تکنیک‌های GIS، RS و روش AHP به بررسی منطقه‌ی گوانجی پرداختند و آن را در مقابل خطر فروپاشی کارست به چهار طبقه‌ی خطر زیاد، متوسط، کم و بی‌خطر پهنه‌بندی کردند. Chen و همکاران (۲۰۱۵)، انواع ژئومورفولوژیکی کارست را در منطقه‌ای از چین بررسی کردند. آنها در این مطالعه به‌طور سیستماتیک و جامع، لندفرم‌های کارستی را بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی در هشت گروه طبقه‌بندی کردند؛ تفاوت این مناطق بیشتر در ژئومورفولوژی و آب‌وهوای آنها بود. Han و همکاران (۲۰۱۵)، هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی حوضه‌های کارستی استان گوی‌جوی چین را با استفاده از ویژگی‌های یون‌های عمده و مقادیر SI مواد معدنی در آب‌های زیرزمینی مطالعه کردند. Zebre و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از کرین رادیواکتیو به ارزیابی یک پولیه کارستی تحت‌تأثیر یخبندان در منطقه‌ی کوهپایه‌ای گومنس در شمال کوه‌های آلپ دیناریک پرداختند. Burthens و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای تحت عنوان هیدروژئولوژی کارست نمک زیرخاک‌های مختلف و اقلیم (خلیج فارس و زاگرس)، بینش جدیدی در زمینه‌ی روابط بین اقلیم، خاک و هیدروژئولوژی کارست نمکی ارائه دادند. از یافته‌های این مطالعه این است که در آب‌وهوای خشک، چاه‌هایی با عمق کم شکل می‌گیرد و خاک مرطوب با گچ اشباع انحلال‌یافته کم است. بارش، آب‌های سطحی را ایجاد می‌کند ولی آب چشمه‌ها عمدتاً از طریق جریان اصلی زیرزمینی تأمین می‌شود و میانگین وجود آب در گنبد‌های نمکی با توجه به ضخامت خاک کنترل می‌شود. Ballesteros و همکاران (۲۰۱۹)، چهار غار در کوه‌های آلپ را با استفاده از طبقه‌بندی بر اساس شش فاز مطالعه کردند. این امر با هدف بازسازی تکامل کارست طی پلیوسن - کواترنر و بر اساس تحقیقات ژئومورفولوژیکی صورت گرفت. نتایج آنها نشان می‌دهد که آب‌وهوای منطقه‌ای، برش رودخانه‌ای و وجود رسوبات حاصل از رخدادهای درونی در سطح، عوامل اصلی کنترل‌کننده‌ی سیر تحول غار و تحولات ژئومورفولوژیکی منطقه‌ای در طول پلیوسن و کواترنر بوده‌است.

در ایران نیز مطالعات فراوانی در زمینه‌ی سیستم کارستی - فیکاسیون انجام شده‌است که به چند مورد آن اشاره می‌شود. Naseri و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی توپوگرافی ژئوالکتریک کارست طاقدیس آسماری، به تلفیقی از تحلیل‌های سطحی و اکتشافات ژئوالکتریک با فنون نوین معکوس‌سازی پرداخته‌اند. این تکنیک‌ها، بر پایه‌ی معکوس‌سازی داده‌های مقاومت الکتریک استوار است. با مقایسه‌ی نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی،

فقدان همبستگی بین نمایانگرهای سطحی آب زیرزمینی و کارست شدگی عمقی در طاقدیس آسماری به دست آمد. بر اساس شواهد سطحی، نتایج حفاری‌ها و مطالعه‌ی ژئوالکتریک، تکامل کارست سطحی در طاقدیس آسماری به صورت ناقص و تکامل کارست عمقی به صورت پیشرفته می‌باشد. Maghsoudi و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از ضرایب فرودوزمان حذف چشمه‌ها، به بررسی توسعه‌ی کارست در توده‌ی پراو بیستون پرداختند. Yamani و همکاران (۱۳۹۲) نیز عوامل مؤثر در پهنه‌بندی و توسعه‌یافتگی کارست حوضه‌ی چله در غرب ایران را با استفاده از منطق فازی و AHP مطالعه کردند. آنها منطقه را از نظر توسعه و تحول کارست به چهار قسمت تقسیم کردند و معتقدند کارست‌ها در بلندی‌های جنوبی حوضه توسعه‌یافتگی بیشتری دارند و زمین‌های مسطح در رأس طاقدیس شمالی و امتداد گسل اصلی. Abasi و همکاران (۱۳۹۱) نیز با استفاده از مدل آنتروپی به پهنه‌بندی تحول کارست در طاقدیس نوا در زاگرس شمال غربی پرداختند و در نهایت منطقه را به چهار طبقه کارست با تحول زیاد، زیاد، متوسط و فاقد کارست تقسیم کردند. از میان عوامل نه‌گانه به ترتیب فاصله از گسل، جهت شیب، شیب، دما و بارش دارای بیشترین نقش و عوامل خاک، کاربری اراضی، سطوح ارتفاعی و لیتولوژی فاقد تأثیر می‌باشند. Kazmi (۱۳۹۱) در پژوهشی به نام بررسی عوامل مؤثر بر تحول ژئومورفولوژی کارست در کوه گاماسیاب، با تأکید بر تحول لاپیه به چگونگی شکل‌گیری و عوامل مؤثر بر تحول ژئومورفولوژی کارست در منطقه پرداخت. نتایج حاکی از آن است که لاپیه‌ها بیشتر در بالاترین طبقه‌ی شیب، بین ۱۳۰-۵۴ درصد و در طبقه ارتفاعی ۳۴۰۰-۳۰۰۰ متر در جهت جنوب غربی با غلبه‌ی سازند زمین‌شناسی آهک کربناته و در هم‌دمای ۲-۱ درجه با طبقه هم‌بارش ۷۷۳-۶۹۹ میلی‌متر بارش قرار گرفته‌است. Maghsoudi و همکاران (۱۳۹۳)، شدت انحلال سنگ‌های کربناتی زاگرس جنوبی در حوضه‌ی سیف‌آباد را با استفاده از نه‌متغیر پهنه‌بندی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که بیشترین انحلال در جنوب غرب و کمترین آن در شمال حوضه بوده‌است. در این راستا، تا به حال به تأثیری که ارتفاع و به تبع آن دما و بارش در یک قلمرو وسیع همچون زاگرس می‌تواند بر سیستم کارستی - فیکاسیون داشته باشد، کمتر پرداخته شده‌است که در این مقاله تجزیه و تحلیل می‌شود. Khoshraftar و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اشکال کارستی در توده‌ی کوهستانی درفک - گیلان، به بررسی پدیده‌های کارستی منطقه پرداختند. آنها با توجه به شواهد کارست سطحی در توده کوهستانی درفک و درجه تکامل اشکال آن به این نتیجه رسیدند که این توده یکی از کامل‌ترین اشکال کارستی را در رشته‌کوه‌های البرز غربی در خود جای داده است. همچنین وجود سازندهای آهکی و عملکرد گسل‌های راندگی شمال و جنوب درفک و وجود اقلیم پربارش در ارتفاعات، شرایط برای تشکیل کارست کامل را فراهم کرده و کارست جنگلی ایجاد شده‌است. Maghami (۱۳۹۶) نیز به بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش کارست‌های حوضه‌ی آبریز پرچین در شمال شرق ایران پرداخت و با توجه به هیدرولوژی و لیتولوژی منطقه به این نتیجه رسید که عوامل مختلفی چون سازندهای آهکی، تکتونیک و فرایندهای هیدرولوژیکی، شرایط مناسب را برای شکل‌گیری اشکال گوناگون و متنوع و تکامل‌یافته‌ی کارستی فراهم می‌آورند. Khezri و همکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی و پهنه‌بندی تحول کارست حوضه آبریز غار سهولان مهاباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در روش AHP پرداختند. سپس نقشه‌ی پهنه‌بندی کارست منطقه را در چهار طبقه‌ی توسعه‌نیافته، کمتر توسعه‌یافته، متوسط و توسعه‌یافته ترسیم کردند و لیتولوژی را مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توسعه‌ی کارست منطقه دانستند. Maleki و همکاران (۱۳۹۷) نیز به ارزیابی توسعه‌ی کارست با استفاده از ویژگی‌های هیدرو

ژئوشیمیایی چشمه‌های کارستی در آبخوان‌های شاهو و اسلام‌آباد در کرمانشاه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سیستم کارستی آبخوان شاهو نسبت به آبخوان اسلام‌آباد توسعه یافته‌تر است.

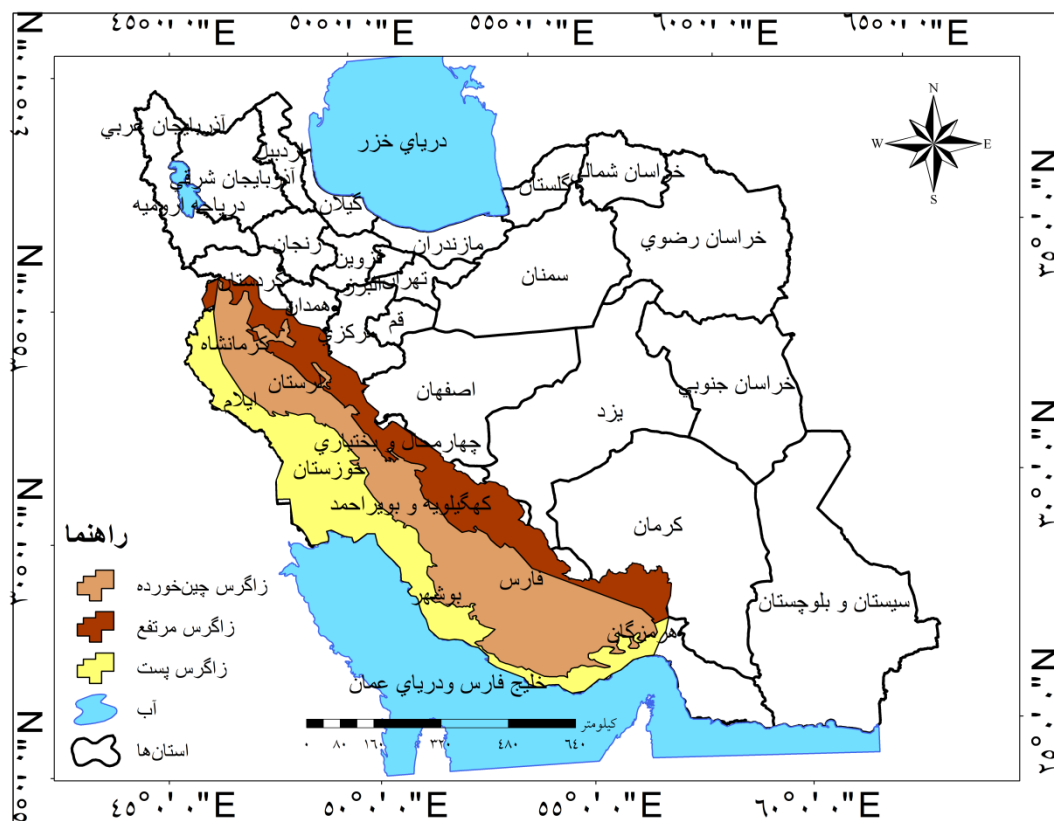
مرز مطالعاتی حوضه‌ی کارستیک نمی‌تواند با مرز حوضه‌های توپوگرافیکی انطباق داشته باشد. حوضه‌ها ساختار پیچیده‌ای دارند، ممکن است آب‌های یک حوضه از طریق جریان‌ات زیرزمینی به حوضه‌های مجاور راه یابد یا عکس آن رخ دهد. توپوگرافی مناطق کارستیک، مناطقی ناپایدار است؛ این چشم‌اندازها در اغلب اوقات دارای شبکه‌های زهکش از هم گسیخته و منقطع‌اند تا جایی که رودخانه‌ها و شبکه‌های آبراه‌های در سطح زمین نمی‌توانند به‌طور پیوسته جریان یابند (Nojavan et al, 1396)، ولی تأثیر عوامل کوهستانی محلی و وجود محدوده‌های پشت به باران، حالت بسیار پیچیده‌ای برای هم باران‌ها پدید می‌آورد که شاخص آب‌وهوای کوهستانی است (Overlander, 1379). اینک به دلیل گستردگی کوه‌های زاگرس در امتداد عرض جغرافیایی، تغییر روند آنها و تأثیر عامل ارتفاع در عناصر آبی و حرارتی، شرایط اقلیمی نیمه مرطوب سرد تا خشک گرم حکم‌فرما است. به دلیل گستردگی مراکز پرفشار جنب‌حاره‌ای به سمت شمال، این قلمرو به‌استثنای فصول سرد از باران‌های غربی محروم است. در قلمرو زاگرس در زمینه‌ی ارتفاع و تغییر جهت محور چین‌خوردگی‌ها، میزان و نوع بارش از شمال غرب به جنوب شرق تغییر می‌کند (Alijani, 1391)؛ بر این اساس انتظار می‌رود که با افزایش ارتفاع خصوصیات فیزیوگرافیکی مثل مساحت، ناهمواری، ضریب کشیدگی، طول، فرم و فاکتور، شکل زیرحوضه‌های آهکی - که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر عمل کارستی - فیکاسیون قرار دارد - تغییر یابد. این مقاله با تجزیه و تحلیل روابط بین ارتفاع با خصوصیات فیزیوگرافی، می‌تواند کمک فراوانی در بررسی شرایط کارستی - فیکاسیون این گونه زیرحوضه‌ها داشته باشد. تفاوت ارتفاع زاگرس و تأثیری که بر خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مناطق آهکی گذاشته، موضوعی است که در این پژوهش دنبال شده و هدف مقاله، بررسی تفاوت‌های فیزیوگرافی زیرحوضه‌های آهکی زاگرس با توجه به تغییر ارتفاع و تفسیر تفاوت‌ها در زمینه‌ی عناصر دمایی و بارشی است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

سرزمینی از ایران که در غرب راندگی اصلی زاگرس قرار دارد، زون زاگرس نامیده می‌شود که از سمت مشرق به گسل میناب (گسل زندان) محدود می‌شود، ولی در سمت مغرب نیز ویژگی‌های این زون در کشورهای هم‌جوار عربی (به‌ویژه عراق، عربستان و سواحل جنوبی خلیج فارس) دیده می‌شود (Darvishzade, 1370). این سرزمین در اصل جزء فلات ایران است و تمام حاشیه‌ی غربی آن را دربر می‌گیرد و توسط دشت‌های داخلی ایران از ارتفاعات شرقی جدا می‌شود (Haririan, 1369). سیستم اصلی آن از مشرق مدیترانه شروع می‌شود، تمام جنوب ترکیه را طی می‌کند و کوه‌های توروس و آنتی‌توروس را در برمی‌گیرد و به عراق وارد می‌شود. این سیستم در ترکیه جهت غربی - شرقی دارد و با ورود به خاک عراق، روند شمال غربی - جنوب شرقی می‌یابد. سپس با همین روند در بخش غربی ایران امتداد می‌یابد و از شمال غرب تا جنوب شرق کشور پهناور ایران را در سیطره‌ی خود می‌گیرد (Ghasemifar and Nasrpour, 1390).

زاگرس چین‌خورده با پهنایی حدود ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، در منتهی‌الیه حاشیه‌ی غربی ایران و به‌موازات راندگی اصلی زاگرس قرار دارد. به علت چین‌خوردگی رسوبات این بخش، به آن زاگرس چین‌خورده می‌گویند و از آن جهت

که حد بیرونی کوه‌های مرتفع زاگرس است، زاگرس بیرونی نیز نامیده می‌شود (Darvishzade, 1370). نوار چین‌خورده‌ی زاگرس، به تدریج در سمت شمال شرق به منطقه‌ای رورانده منتهی می‌شود (رانندگی اصلی زاگرس) و در نتیجه زونی به شدت خردشده و گسل‌خورده پدید می‌آید که به صورت نوار باریک و طولی (۱۰ تا ۷۰ کیلومتر) بین زون سندج - سیرجان و زاگرس چین‌خورده و به موازات آنها قرار دارد. این بخش از زاگرس را از آن جهت زاگرس داخلی می‌نامند که داخلی‌ترین بخش زاگرس است. از سوی دیگر چون منطقه‌ی رورانده زاگرس، مرتفع‌ترین قسمت کوه‌های زاگرس را دربر می‌گیرد؛ به همین جهت آن را زاگرس مرتفع نیز می‌نامند (Motiei, 1372). دشت خوزستان که قسمتی از سطح وسیع بین‌النهرین را شامل می‌شود، از نظر ساختمان زمین‌شناسی جزئی از پلاتفرم عربستان به شمار می‌رود. این دشت به وسیله‌ی رسوبات آبرفتی کاملاً پوشیده شده و تشکیلات زمین‌شناسی قدیمی آن از نظر دور مانده است (Ghasemifar and Nasrpour, 1390). دشت خوزستان از نظر ساختمان، ساده بوده و منحصر به چین‌خورده‌ی‌های بسیار ملایم با محور شمالی - جنوبی است که از محور چین‌خورده‌ی کلی پلاتفرم عربی تبعیت می‌کند (Darvishzade, 1370). (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی زاگرس و واحدهای فرعی آن

۳- مواد و روش

در این مقاله با توجه به ویژگی‌های کارست و تأثیر انحلال بر حوضه از لحاظ خصوصیات فیزیوگرافی (پارامترهای شکلی)، شیب و ناهمواری (پارامترهای توپوگرافی)، ابتدا زیرحوضه‌ی رودخانه‌هایی که در مناطق آهکی قرار داشتند، در محیط Arc Map تعیین حدود شد. سپس پارامترهایی مثل محیط، مساحت، طول آبراهه‌ها و کمترین و بیشترین

ارتفاع محاسبه شد. با استفاده از روابط جدول (۱)، پارامترهای شکلی و توپوگرافی حوضه‌ها برآورد شد. سپس بر اساس روش استرالر، رتبه‌ی نهایی آبراهه‌ی اصلی حوضه‌ها به دست آمد و داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار Excel وارد شد. در نهایت برای بررسی تغییرات آنها نسبت به عامل ارتفاع، بین ارتفاع به‌عنوان متغیر مستقل و سایر پارامترها به‌عنوان متغیر وابسته، روابط رگرسیونی خطی برآورد شد. همچنین وضعیت آنها در طبقات ارتفاعی، مناطق اقلیمی مختلف و فاصله نسبت به گسل بررسی شد.

جدول ۱: پارامترهای اعمال‌شده بر روی حوضه‌ها

توضیحات	رابطه	پارامترها	
مساحت سطح حوضه به کیلومتر مربع	-	(A) ^۱	پارامترهای پایه
محیط حوضه به کیلومتر	-	(P) ^۲	
طول حوضه به کیلومتر	$L_b = 1.321 \times A^{0.568}$	(L _b) ^۳	
طول جریان به کیلومتر	-	(L _u) ^۴	
L _b طول آبراهه به کیلومتر، A مساحت حوضه	$R_f = A/L_b^2$	(Rf) ^۵	پارامترهای شکلی
L _b طول آبراهه به کیلومتر، A مساحت حوضه	$B_s = L_b^2/A$	(Bs) ^۶	
A مساحت حوضه، L _b طول حوضه به کیلومتر	$R_e = 1.128 \sqrt{A/L_b}$	(Re) ^۷	
P محیط حوضه، A مساحت حوضه	$Cc = P/2\sqrt{\pi A}$	(Cc) ^۸	
A مساحت حوضه، P محیط	$R_c = 4 \times \pi \times A/p^2$	(Rc) ^۹	
h حداکثر ارتفاع به متر، h ₁ حداقل ارتفاع به متر	$B_h = h - h_1$	(Bh) ^{۱۰}	

A: مساحت، P: محیط، L_b: طول حوضه، L_u: طول آبراهه، Rf: فاکتور فرم، Bs: فاکتور شکل، Re: نسبت کشیدگی، Bh: ناهمواری حوضه.

فرض این مطالعه، اثراتی است که تغییرات ارتفاعی ناهمواری‌های زاگرس می‌تواند بر هر یک از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها داشته باشد و با توجه به ارتفاع بتوان رابطه‌ی رگرسیونی خطی را بر پارامترهای مختلف برآورد کرد. برای بررسی تأثیر ارتفاع بر خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها، تعداد ۷۷۴ زیرحوضه به‌عنوان نمادی از انحلال در مناطق کارستی زاگرس شناسایی شد. سپس طبق روش استرالر، آبراهه‌های هر کدام رتبه‌بندی و خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها بر اساس رتبه‌ی نهایی در هر واحد زاگرس تجزیه و تحلیل شد (شکل ۲).

¹ Basin Area (A)

² Basin perimeter (P)

³ Basin length (L_b)

⁴ Stream Length (L_u)

⁵ Form Factor (Rf)

⁶ Shape Factor (Bs)

⁷ Elongation Ratio (Re)

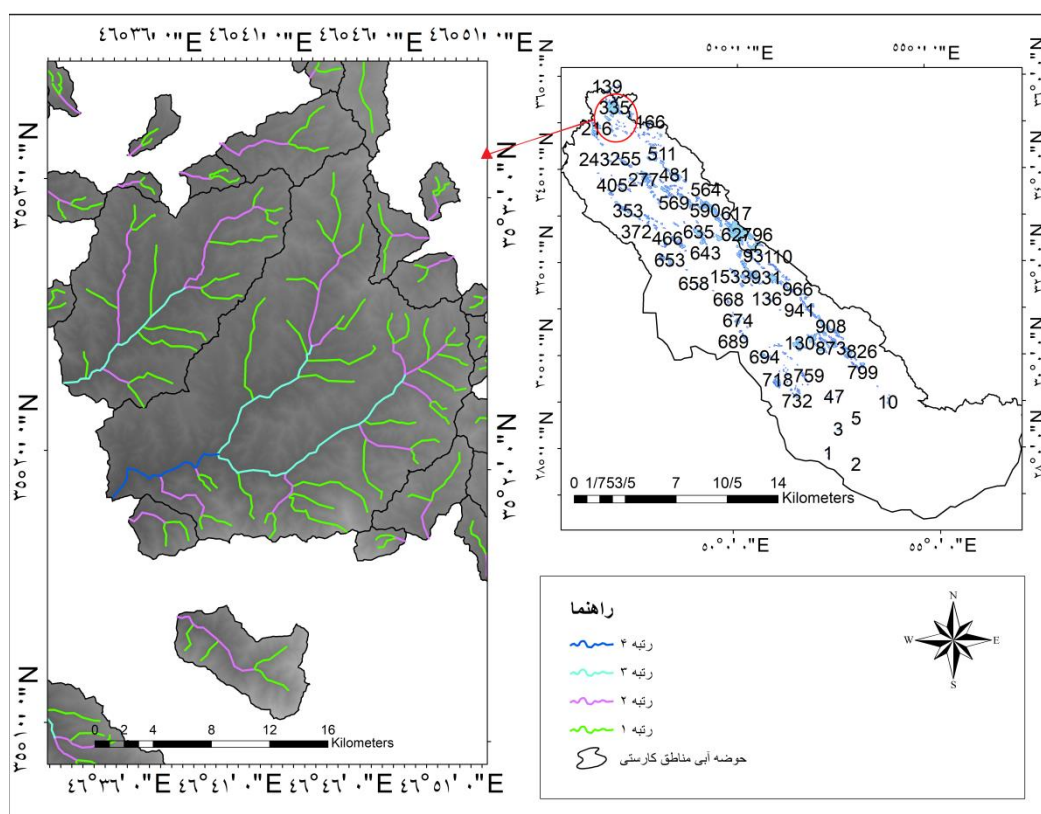
⁸ Compactness Coefficient (Cc)

⁹ Circularity Ratio (Rc)

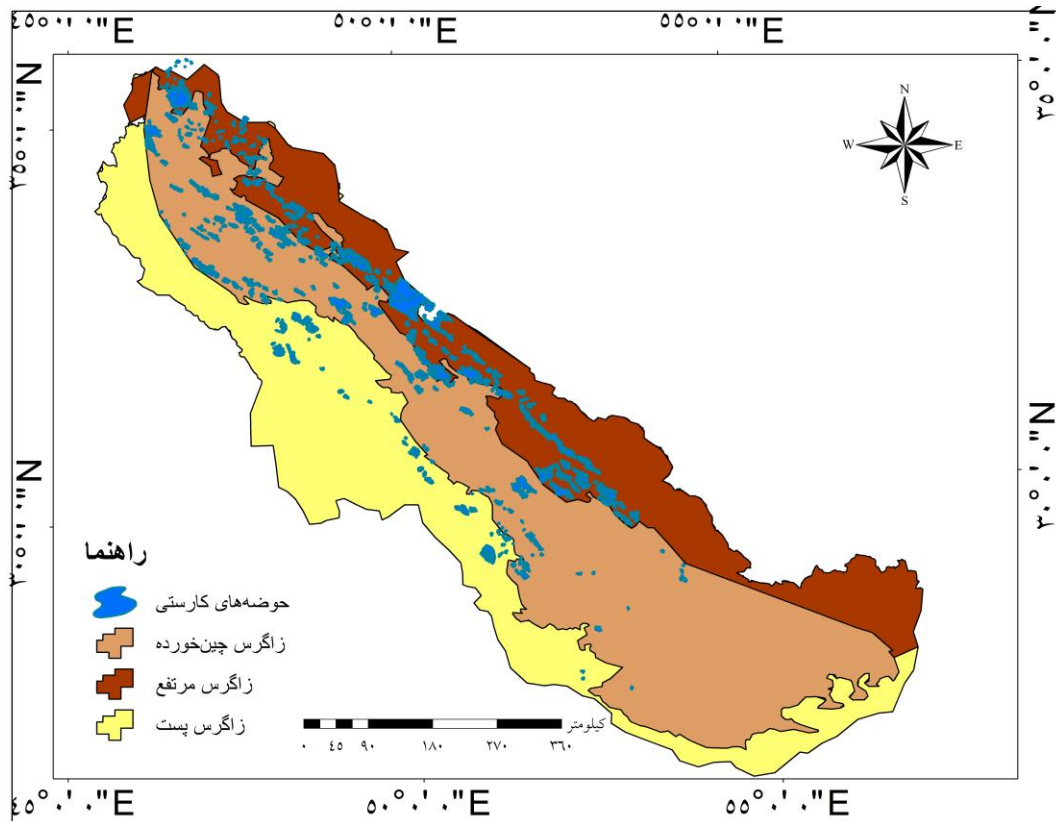
¹⁰ Basin relief (Bh)

۴- یافته‌ها (نتایج)

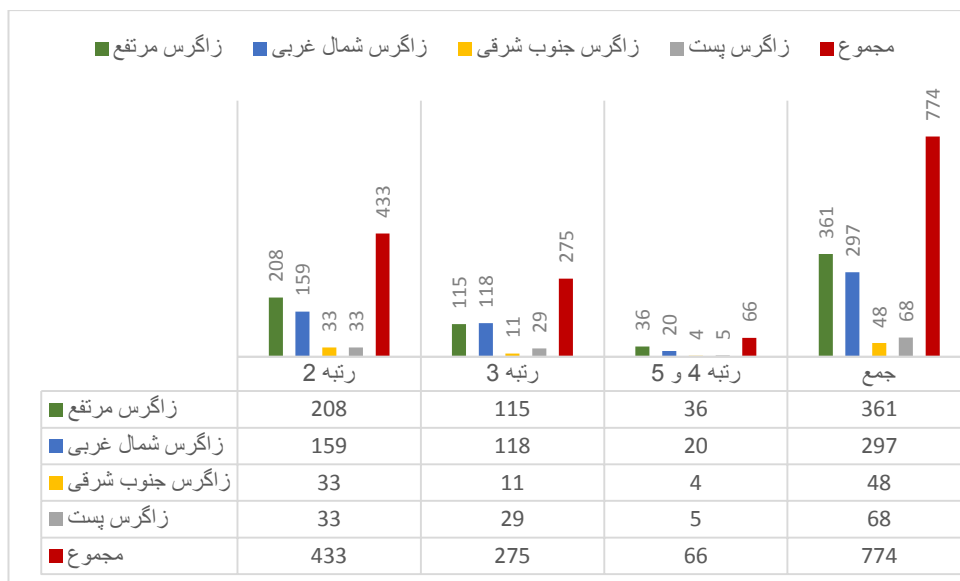
به‌طور کلی، تراکم زیرحوضه‌های کارستی در زاگرس مرتفع نسبت به زاگرس چین‌خورده و پست بیشتر است (شکل ۳). تعداد زیرحوضه‌ها با توجه به افزایش رتبه‌ی رودخانه کاهش می‌یابد و رتبه‌ی رودخانه‌ی اصلی در بیشتر زیرحوضه‌ها، رتبه‌ی دو یا سه است (شکل ۴). تغییر ارتفاع ناهمواری‌ها در نواحی کوهستانی، تأثیراتی بر پارامترهای اقلیمی دارد. در نتیجه پارامترهایی همچون مساحت، ناهمواری، کشیدگی، طول حوضه، فاکتور فرم و فاکتور شکل زیرحوضه‌ها برآورد و برای بررسی مورفولوژی آنها در زمینه‌ی ارتفاع بررسی شد. در مناطق مرتفع با توجه به شرایط مساعد اقلیم در توسعه‌ی کارست، تغییر پارامترهای ذکر شده دور از انتظار نیست.



شکل ۲: نمونه‌ای از رتبه‌بندی حوضه‌ها به روش استرالر در مناطق کارستی زاگرس مرتفع



شکل ۳: پراکندگی زیرحوضه‌های کارستی در زاگرس



شکل ۴: فراوانی زیرحوضه‌ها بر اساس رتبه‌ی آنها در زاگرس

در زاگرس مرتفع، ۳۶۱ زیرحوضه مشخص شد. رتبه‌ی آبراهه اصلی زیرحوضه‌های این قسمت از زاگرس بین دو تا چهار متغیر است. بررسی رابطه‌ی رگرسیونی خطی بین ارتفاع به‌عنوان متغیر مستقل و سایر پارامترهای مورفولوژی حوضه‌ای به‌عنوان متغیر وابسته در رتبه‌های مختلف، بر این امر دلالت دارد که با افزایش ارتفاع، مساحت، ضریب ناهمواری، طول، نسبت کشیدگی و فاکتور شکل حوضه‌ها نیز افزایش و فاکتور فرم کاهش یافته است. افزایش مساحت زیرحوضه‌ها در رتبه‌های مشابه با افزایش ارتفاع، بر غلبه‌ی فرسایش سطحی بر فرسایش خطی دلالت دارد. در فرسایش

خطی معمولاً میاناب‌ها وسعت کمی دارند و حوضه‌ها به تبع آن کم وسعت تر می‌شوند. در لیتولوژی واحد و در آبراهه‌های مشابه، با افزایش مساحت زیرحوضه بر اثر افزایش ارتفاع به دلیل شرایط مطلوب‌تر انحلال سنگ آهک، مساحت زیرحوضه‌ها نیز بیشتر شده و افزایش مساحت زیرحوضه، فرسایش را از خط (آب) به سطح (انحلال) متمایل کرده‌است. بر اثر افزایش مساحت حوضه‌ها با ارتفاع، طول حوضه‌ها نیز بیشتر می‌شود؛ چراکه اتصال آبراهه‌ها در مناطقی که انحلال در سطح بیشتر باشد، کمتر می‌شود. دو فاکتور فرم و شکل حوضه یک ویژگی مورفومتری را تبیین می‌کنند، ولی اعداد برآوردی فرم حوضه برعکس شکل حوضه تفسیر می‌شوند؛ به این صورت که هر چه ضریب به‌دست آمده در فاکتور شکل به یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر دایره‌ای بودن حوضه است، ولی در فاکتور فرم حوضه‌های کشیده کمتر از یک و فاکتور شکل بیش از یک است (Alizade, 1389). بررسی این فاکتورها نشان می‌دهد که حوضه‌های نواحی مرتفع‌تر، کشیده‌تر هستند و این گونه می‌توان تفسیر کرد که شرایط انحلال مطلوب‌تر، حوضه‌های کشیده‌تری را به وجود آورده‌است (جدول ۲). سطح معنی‌داری تمامی روابط ارائه‌شده در این مقاله در نرم‌افزار spss برآورد شد و کمتر از ۰/۰۵ بود (حداقل ۰/۰۰ و حداکثر ۰/۰۲)، حداقل سطح معنی‌داری نیز به رتبه‌های ۴ رودخانه‌ای تعلق داشت.

جدول ۲: روابط همبستگی میان ارتفاع و پارامترهای هندسی شکل حوضه در زاگرس مرتفع

رتبه ۴	رتبه ۳	رتبه ۲	-
R2	R2	R2	پارامتر
۰/۵۹	۰/۴۶	۰/۴۳	مساحت
۰/۰۵X-۱۳۴/۵۲	۰/۰۱X-۳۱/۶۳	۰/۰۰۳۸X-۴/۸۶	
۰/۰۶	۰/۵۱	۰/۵۴	ناهمواری
۰/۹۸X-۱۹۵۲/۲	۰/۷۸X-۱۳۸۸/۸	۰/۵۶۸۹X-۸۱۹/۰۲	
۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۴۱	نسبت کشیدگی
۰/۰۰۰۵X+۰/۷۷	۰/۰۰۰۳X+۰/۷۹	۰/۰۰۰۲X+۰/۸	
۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۴۲	طول حوضه
۰/۰۰۷۳X-۱۰/۵۶	۰/۰۰۳۳X-۳/۳۸	۰/۰۰۱۳X-۰/۳۲	
۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۴	فاکتور فرم
-۴E-۰۵X+۰/۴۶	-۴E-۰۵X+۰/۵۲	-۵E-۰۵X+۰/۵۸	
۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۴۱	فاکتور شکل
۰/۰۰۰۴X+۱/۷۵	۰/۰۰۰۳X+۱/۶۶	۰/۰۰۰۲X+۱/۵۹	

به دلیل وسعت زیاد زاگرس چین‌خورده، دو قسمت شمال غربی و جنوب شرقی آن مطالعه شد. در ۲۹۷ زیرحوضه با رتبه‌ی دو و سه زاگرس شمال غرب، بین ارتفاع با سایر پارامترها به‌جز ناهمواری رابطه‌ی معناداری وجود نداشت (جدول ۳)؛ یعنی ضریب تبیین آنها کمتر از ۰/۴ بود و وضعیت مورفومتری یک حوضه‌ها نمی‌توانست فقط با عامل ارتفاع و کارستی فیکاسیون تجزیه و تحلیل شود. بررسی این پارامترها دال بر این است که تغییرات آنها گاه با افزایش ارتفاع، بسیار جزئی و نامحتمل و گاه تغییرات، سمت‌وسوی مشخصی ندارد. با توجه به اینکه با افزایش رتبه‌ی رودخانه، مساحت زیرحوضه‌ها نیز بیشتر می‌شود؛ قاعدتاً می‌توان گفت در زیرحوضه‌های کوچک، پارامترها از ارتفاع تبعیت بسیار ناچیزی داشته‌اند. در صورتی که با افزایش ارتفاع در رتبه‌های چهار - که به قطع زیرحوضه‌ها بیشترین مساحت را دارند - پارامترها نیز همانند زاگرس مرتفع دستخوش تغییر شده‌است. در حوضه‌های با رتبه‌ی چهار، بین ارتفاع و سایر پارامترها (مساحت، ناهمواری، طول حوضه، کشیدگی و فاکتور شکل) رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد. ارتباط بین فاکتور فرم با ارتفاع نیز معکوس است.

جدول ۳: روابط همبستگی میان ارتفاع و پارامترهای هندسی شکل حوضه در زاگرس شمال غربی

رتبه ۴		رتبه ۳		رتبه ۲		-
R2	روابط همبستگی Y	R2	روابط همبستگی Y	R2	روابط همبستگی Y	پارامتر
۰/۵۵	۰/۰۵X-۸۸/۴۷	۰/۲	۰/۰۱۱۳X-۹/۱	۰/۱	۰/۰۰۲۹X-۰/۱۹	مساحت
۰/۷	۰/۹۵X-۹۹۵/۹	۰/۵۴	۰/۷۰X-۵۴۷/۳	۰/۲۱	۰/۳۷X-۶/۷۷	ناهمواری
۰/۴۸	۰/۰۰۰۴X+۱/۰۷	۰/۱۷	۰/۰۰۰۲X+۱/۲۸	۰/۰۹	۰/۰۰۰۱X+۱/۱۱	نسبت کشیدگی
۰/۵۲	۰/۰۰۶۳X-۵/۳۳	۰/۱۹	۰/۰۰۲۱X+۱/۱۴	۰/۱	۰/۰۰۰۹X+۱/۵۵	طول حوضه
۰/۴۳	-۴E-۰۵X+۰/۴۴	۰/۱۵	-۳E-۰۵X+۰/۴۵	۰/۰۸	-۳E-۰۵X+۰/۵۱	فاکتور فرم
۰/۴۷	۰/۰۰۰۳X+۱/۹۹	۰/۱۷	۰/۰۰۰۲X+۲/۱	۰/۰۹	۰/۰۰۰۲X+۱/۵۹	فاکتور شکل

در قسمت جنوب شرقی زاگرس چین خورده نیز ۴۸ حوضه مشخص شد. همان‌طور که در روابط موجود در جدول (۴) مشاهده می‌شود، حوضه‌ها دارای رتبه‌ی دو تا چهار هستند و برای حوضه‌های هر رتبه، بین ارتفاع و سایر پارامترها همبستگی مستقیمی وجود دارد؛ بدین معنی که تمامی آنها از ارتفاع تأثیر پذیرفته‌اند و با افزایش ارتفاع، ضریب همبستگی پارامترهای مورفومتریک به‌جز فاکتور فرم بیشتر شده‌است.

جدول ۴: روابط همبستگی میان ارتفاع و پارامترهای هندسی شکل حوضه در زاگرس جنوب شرق

رتبه ۴		رتبه ۳		رتبه ۲		-
R2	روابط همبستگی Y	R2	روابط همبستگی Y	R2	روابط همبستگی Y	پارامتر
۰/۵۸	۰/۰۹X-۱۰۵/۰۴	۰/۴۵	۰/۰۱۱۵X-۲/۰۳	۰/۵۸	۰/۰۰۳۸X-۱/۹۴	مساحت
۰/۹۱	۰/۴۹X-۲۱۸/۹	۰/۵۸	۰/۴X-۱۰۳/۳	۰/۷۲	۰/۵X-۵۵/۳۹	ناهمواری
۰/۴۶	۰/۰۰۰۵X+۱/۴۹	۰/۴۷	۰/۰۰۰۳X+۱/۳۱	۰/۶۱	۰/۰۰۰۲X+۰/۹۵	نسبت کشیدگی
۰/۵۲	۰/۰۰۸X-۲/۵۴	۰/۴۷	۰/۰۰۲۶X+۲/۱۵	۰/۶	۰/۰۰۱۴X+۰/۶۶	طول حوضه
۰/۳۹	-۳E-۰۵X+۰/۴۴۳۹	۰/۴۷	-۴E-۰۵X+۰/۴۶	۰/۶	-۵E-۰۵X+۰/۵۱	فاکتور فرم
۰/۴۵	۰/۰۰۰۴X+۲/۳۷	۰/۴۸	۰/۰۰۰۲X+۲/۱۲	۰/۶۱	۰/۰۰۰۲X+۱/۷۴	فاکتور شکل

در زاگرس پست، ۶۸ حوضه آبریز در مناطق آهکی با رتبه‌های دو تا چهار شناسایی شد. روابط رگرسیونی برآورد شده بین ارتفاع و پارامترها به‌جز فاکتور فرم، همبستگی مستقیمی را نشان می‌داد؛ با این تفاوت که در این واحد نسبت به بقیه‌ی واحدهای زاگرس ضریب همبستگی بالاتر بود (جدول ۵).

جدول ۵: روابط همبستگی میان ارتفاع و پارامترهای هندسی شکل حوضه در زاگرس پست

پارامتر	رتبه ۲		رتبه ۳		رتبه ۴	
	R2	روابط همبستگی Y	R2	روابط همبستگی Y	R2	روابط همبستگی Y
مساحت	۰/۵۳	۰/۰۰۷۳X+۲/۰۹	۰/۴۳	۰/۰۲X+۸/۵۶	۰/۶۹	۰/۰۳X+۲۸/۱۶
ناهمواری	۰/۶۱	۰/۵X+۳/۱۹	۰/۸۲	۰/۵۱X+۲۹/۰۳	۰/۹۵	۰/۵۶X+۴۳/۲۲
نسبت کشیدگی	۰/۵۳	۰/۰۰۰۴X+۱/۲	۰/۴۴	۰/۰۰۰۴X+۱/۶۱	۰/۶۸	۰/۰۰۰۳X+۲/۰۴
طول حوضه	۰/۵۴	۰/۰۰۲۶X+۲/۲	۰/۴۴	۰/۰۰۴۴X+۴/۷۵	۰/۶۹	۰/۰۰۴۸X+۸/۹۸
فاکتور فرم	۰/۵	-۸E-۰۵X+۰/۴۹	۰/۴۳	-۶E-۰۵X+۰/۴۱	۰/۶۷	-۳E-۰۵X+۰/۳۶
فاکتور شکل	۰/۵۳	۰/۰۰۰۴X+۱/۹۹	۰/۴۴	۰/۰۰۰۴X+۲/۳۹	۰/۶۸	۰/۰۰۰۳X+۲/۷۷

۵- بحث و نتیجه گیری

با توجه به تغییر دما و تأثیرپذیری بارش از آن، بر اثر تغییر ناهمواری‌های زاگرس انتظار می‌رود که ضرایب فیزیوگرافی حوضه‌ها در مناطق آهکی تغییراتی داشته باشد که بتوان با استناد به آنها تغییرات کارستی - فیکاسیون را در زمینه‌ی ارتفاع تجزیه و تحلیل کرد. با افزایش ارتفاع زیرحوضه‌ها در قسمت‌های مختلف زاگرس (به‌جز زاگرس چین‌خورده‌ی شمال غرب)، این تغییرات منعکس شده‌است. افزایش ضریب تبیین در زاگرس پست بر این دلالت دارد که با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها، بهتر می‌توان نقش تغییرات عناصر اقلیمی (دما و بارش) این بخش از زاگرس را بر خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها ردیابی کرد. بررسی عواملی مانند فیزیوگرافی حوضه‌ها نسبت به ارتفاع نشان می‌دهد که کشیدگی و طول زیرحوضه‌ها با افزایش ارتفاع بیشتر می‌شود. نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که افزایش ضریب کشیدگی و طول حوضه در مناطق آهکی، دال بر انحلال بیشتر است و فاکتور شکل و فاکتور فرم، نزدیک شدن شکل هندسی حوضه به مربع و مستطیل را نشان می‌دهد و تقریباً نتایجی همانند ضریب کشیدگی حوضه را منعکس می‌سازد؛ به گونه‌ای که حداقل فاکتور فرم و حداکثر فاکتور شکل، انحلال بیشتر را منعکس می‌کند. فرسایش در سطح یک حوضه ممکن است توزیع همگن یا ناهمگنی داشته باشد؛ در صورتی که ضریب ناهمواری زیاد باشد، بیانگر این است که توزیع فرسایش از حالت همگن به ناهمگن تبدیل شده‌است. در مناطق آهکی هر چه ارتفاع بیشتر می‌شود، ضریب ناهمواری نیز افزایش می‌یابد؛ زیرا توزیع فرسایش در سطح ناهمگن می‌شود. به‌طور مثال زیرحوضه‌ها در مناطق مرتفع که اثر انباشت برف و آب ناشی از ذوب آن در حالت متمرکز است، کشیدگی بیشتری دارد. معمولاً سیرک - حوضه‌ها نیز در ارتفاع بیشتر، ضریب ناهمواری بسیاری دارند؛ یعنی کناره‌ی حوضه‌ها مرتفع‌تر از نقاط خروجی آنها در حوضه‌ها است. به‌طور کلی، نتایج حاصل از پراکندگی حوضه‌ها در نواحی ارتفاعی مختلف به این صورت است که در ارتفاع پایین عوامل دیگر همراه با کارستی - فیکاسیون، در ارتفاعات متوسط (بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) بیشتر عوامل کارستی - فیکاسیون و از این ارتفاع به بالا گسترش یخچال و فرایندهای یخچالی کواترنری در شکل‌گیری اشکال کارستی نقش داشته‌اند. در کارهای سیستماتیک، اصل به نتیجه رسیدن مطالعات به شناخت تمامی ورودی‌های سیستم مورد مطالعه برمی‌گردد. بررسی مورفومتری زیرحوضه‌های نواحی آهکی زاگرس در زمینه‌ی عوامل اقلیمی، دال بر اثرگذاری چندین عامل بر این خصوصیات است که فقط بخشی از آنها به شرایط انحلالی مرتبط می‌شود؛

ریزش، لغزش، توپوگرافی، گسل، درز و شکاف و هر عامل دیگری می‌تواند این خصوصیات را تحت تأثیر قرار دهد که جا دارد در مطالعات جداگانه بررسی شود.

منابع

1. Abbasi, M.; Bagheri Seyd Shakri, S.; & M. Jafar Aghda., 2014. Zoning of Karst transformation using entropy model Case study: Northwest Nawa Zagros anticline, *engineering geology and environment*, (94), 168-161. (in Persian).
2. Alaei Taleghani, M., 2012. Geomorphology of Iran, Gomes Publishers Tehran, 7nd edition. (in Persian).
3. Alijani, B., 2012. Weather of Iran, Tehran, Payame Noor Publications, 11nd edition. (in Persian).
4. Alipour, A.; Hashemi, M.; Projhe, F.; & M. Naserzadeh, 2017. Identification and Comparison of Iranian Deserts in the Field of Geomorphology and Climatology (Case Study: Central and Eastern Deserts of Iran), *Regional Planning Quarterly*, (27), 21-34. (in Persian).
5. Alizadeh, A., 2014. Principles of Applied Hydrology, Imam Reza University Publishers, 39nd edition. (in Persian).
6. Ballesteros, D.; Giralt, S.; Gracia sanegundo, J.; & M. Jimenez-sanchez, 2019. Quaternary regional evolution based on karst cave geomorphology in picos de Europa (Atlantic margin of the iberi an peninsulal), *Science direct*, (336), 133-151.
7. Bruthans, J.; Kams, J.; Filippi, M.; Zare, M.; & M. Alan., 2017. Hydrogeology of salt karst under different cap soils and climates (Persian Gulf and Zagros Mts. Iran), *International journal of speleology*, 46, (2).
8. Chen, W.; Zhang, Y.; Qin, H.; Zhu, D.; & X. Wang, 2015. The Karst Geomorphologic Regionalization in China, In From Geoheritage to Geoparks, (pp. 233-244). Springer, Cham.
9. Darwishadeh, A., 1991. Geology Iran, Science Publishing Today, Tehran. (In Persian).
10. Farajzadeh, M., & A. Ahmadabadi., (2009). Evaluation and zoning of the tourism climate in Iran using the tourism climate index (TCI). *natural geographic research*. (71), 31-42. (in Persian).
11. Ghobadi, M., 2007. Karst Engineering Geology, Bu-Ali Sina University Publishers, Hamedan. (in Persian).
12. Han, Z.; Tang, C.; Wu, P.; Zhang, R.; Zhang, C.; & J. Sun, 2015. Hydrogeochemical characteristics and associated mechanism based on groundwater dating in a karstic basin, Guizhou Province, China, *Environmental earth sciences*, 73(1), 67-76.
13. Hariri, M., 1990. General Geomorphology of Iran, Islamic Azad University Publishers. (in Persian).
14. Hyland, S. E., 2005. Analysis of sinkhole susceptibility and karst distribution in the northern Shenandoah Valley, Virginia: implications for low impact development (LID) site suitability models (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
15. Karimi Vardanjani, H., 2015. Karst Hydrology and Geomorphology, Eram Publication, Shiraz. (in Persian).
16. 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).
17. Khazri, S.; Shahabi, H.; & S. Mohammadi, 2017. Evaluation and zoning of karst evolution of Mahollad Cave catchment using Analytical Hierarchy Process, *Quantitative Geomorphological Research*, (1), 21-39.
18. Khoshraftar, R.; Serour, J.; & N. Farid mojtahedi, 2016. Investigation of karstic forms in the Dorfak-Gilan massif, *Journal of Geographical Space*, (53), 39-56.

19. Maghmi moghim, Gh., 2017. Investigating the Factors Affecting the Formation and Extension of Karst Basin Karst in Northeast Iran, *Journal of Geography and Development*, (48), 245-264.
20. Maghsoudi, M.; Karimi, H.; Safari, F.; & Z. chaharrahi, 2009. Investigating the development of karst in the Pro-Bisotun masses using landing coefficients, time of springs death and analyzing the isotopic and chemical results, *natural geographic research*, (69), 65-51. (in Persian).
21. Mahmoudi, F., 2007. Climate geomorphology, Payame Noor Publication. (in Persian).
22. Maleki, A.; Mohammadi, S.; Karimi, H.; & A. A. Zintizadeh, 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)
23. Maqsoodi, M.; Akhavan, H.; Mehdiyan Mahfrozzi, M.; & Gh. Ashoorzadeh, 2005. The zoning of the intensity of the dissolution of carbonate rocks in southern Zagros (case study: Leaf Seifabad Basin), *Natural Geography Studies*, (1), 105-104. (in Persian).
24. Motai, H., 1993. Geology of Iran: Zagros Genetics, Tehran, Geological Survey of Iran. (in Persian).
25. Naseri, H.; Alijani, F.; & S. Mirzaei, 2008. Karst Geoelectrical Tomography, Asmari Anticline (Southeast of Masjed Soleiman), *Shahid Chamran University of Science*, (19), 100-110. (in Persian).
26. Nojavan, M.; Shah Zeidi, S.; & M. Ramesht, 2017. Karst geomorphology, Samt Publishing. (in Persian).
27. Papadopoulou-Vrynioti, K.; Bathrellos, G. D.; Skilodimou, H. D.; Kaviris, G.; & K. Makropoulos, 2013. Karst collapse susceptibility mapping considering peak ground acceleration in a rapidly growing urban area, *Engineering Geology*, 158, 77-88.
28. Qasimifar, E., & S. Naserpour., (2011). Climatic zoning of the Zagros area. *Sepehr Publication*. (89), 60-54. (in Persian).
29. Rajabi, M., & A. Abbas Nejad., (2000). Zagros Rivers from the perspective of geomorphology. Ouerland, Theodore. Tabriz University Publishers. (in Persian).
30. Saif, A.; Servati., M.; & M. Rahddan Moorfarid, 2015. Quaternary Burning Restoration within the Rig Site, *Geographical Quarterly*, (116), 208-193. (in Persian).
31. Yamani, M.; Shamsipour, A.; Jafariaghdam, M.; & S. Bagheri Seyed Shakri, 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).
32. Zanganeh, Asadi, M.; Ghayour, H.; Ramesht, M.; & S. Velayati, 2002. Karstic Perspectives of Akhلامad Basin and its Environmental Management, *Geographic Journal*, (42), 101-87. (in Persian).
33. Žebre, M.; Stepišnik, U.; Colucci, R. R.; Forte, E.; & G. Monegato, 2016. Evolution of a karst polje influenced by glaciation: the Gomance piedmont polje (northern Dinaric Alps), *Geomorphology*, 257, 143-154.
34. Zhou, G.; He, S.; Chen, K.; & H. Yan, 2014. Risk evaluation of Karst collapse using GIS and RS, In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International (pp. 3089-3092). IEEE.

Effect of height on the physiographic properties of limestone sub-basins (A case study of Zagros Heights of Iran)

Gholam Hassan Jafari¹: Associate professor, Geography Department, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Frozan Naseri: Ms.C in Hydrogeomorphology, Geography Department, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Article History (Received: 2019/06/15

Accepted: 2020/02/29)

Extended abstract

1- Introduction

Various factors influence the karstification process in the dissolution of carbonate rocks. Karst is common influence result of internal morphodynamics (geological structure and lithology) and external morphodynamics (climate, altitude, vegetation, and time). They affect the karstification of the demise of carbonate rocks. Karst is the result of numerous methods that occur in calcareous zones and climatic, geological, and hydrological conditions, and its effects can be seen in multiple forms, such as pits and caves above and below ground. One of the climate indices that determines the environmental conditions is the amount of moisture and its changes. The presence of water is a significant climate factor in karst development. They reflected in the formation of the environment in several Forming systems: in the high elevations and latitudes as glacier systems, in the piedmont as ice sheet systems, in the marginal zone as ice tab and mudflat systems, in the lower zones as runoff and in the smaller pit as waterfall system (Seif et al., 2015). The solubility of carbonate rocks is sensitive to temperature changes (Ghobadi, 2009: 142); Limestone dissolution is more rapid at low temperatures and in colder climates, and the amount of karst erosion in cold and humid regions is much higher than in hot and humid regions (Zanganeh Asadi et al., 2002). With the impact of elevation on temperature and precipitation, erosion processes and consequently the face of the Earth and geomorphological phenomenon change (Alipour et al., 2017). The purpose of this paper is to investigate the physiographic differences of calcareous Zagros sub-basins concerning altitude variation and the interpretation of disagreements concerning temperature and precipitation elements.

2- Methodology

In this paper, considering the karst features and the effect of dissolution on the basin in terms of physiographic properties (shape parameters), slope, roughness (topographic parameters) in the Arc Map, the basins of the rivers that were located in the calcareous zones were determined. The settings of such as environment, basin area, and rivers length, minimum and maximum height were calculated. The shape and topographic parameters of the basins were estimated, by using the existing relationships, and then the final rank of the basin's main waterway was obtained based on the Australian method. The collected data were entered into Excel software. Finally, linear regression equations between altitude as the independent variable and other parameters as the dependent variables were estimated to investigate their variation concerning the altitude factor. They were also studied in elevation classes, different climatic zones, and distance to the fault.

¹ Corresponding Author: jafarihas@znu.ac.ir

3- Results

Investigation of the estimated linear regression relation between height as an independent variable and other parameters as a dependent variable at different ranks indicates that with increasing elevation, area, roughness coefficient, length, elongation ratio, and basin shape factor become less and form element lower. Increasing the area of sub-basins at ranks similar to elevation implies that surface erosion overcomes linear erosion. When corrosion is direct, the intermediates are usually less extensive, and the basins are consequently getting smaller. However, the sub-basin area increases due to elevation in single lithology, and as in similar waterways. Due to the karst-fission effect on basin dimensions and their influence on climatic elements, the sub-basin area has grown and increased the area of the sub-basin has made the erosion from the line (water) to surface (dissolution) more inclined. In 297 sub-basins with rank 2 and 3 northwest Zagros, there was no significant relationship between altitudes with other parameters except ruggedness. That is, their coefficient of explanation was less than 0.4, and it could not be analyzed solely by the height factor. Examination of these parameters indicates that their changes, sometimes with increasing altitude, are minor and occasionally unanticipated and sometimes have no specific direction. As the river rises, the area of the sub-basins also increases. We identified in the southeastern part of the folded Zagros, 48 basins. In each rank basin, there is a direct correlation between height and other parameters. It means that all of them are affected by altitude. They increase with the coefficient of all of them, except the form factor, it has grown. In low Zagros, 68 catchments in calcareous zones, with ranks two to four, it was considered that the regression relationships between altitude and parameters except the form factor had a direct correlation with the difference that this unit had higher correlation coefficient than the other Zagros units.

4- Discussion & Conclusions

The physiographic coefficients of the basins in the calcareous zones, the change in temperature and precipitation due to elevation changed. The transformations of karstification can analyze the change in temperature and precipitation — these changes reflected in different parts of Zagros (except for the folded northwest Zagros). The increasing of the coefficient of explanation in low altitude Zagros indicates that due to the physiographic characteristics of the basins, the role of climate change (temperature and precipitation) in this part of Zagros can be better traced. The examining factor such as basin physiography due to the increase of altitude shows that the elongation and length of the sub-basins increase with increasing. And it is reflected almost like the basin drag coefficient. Erosion at the basin surface may have a homogeneous or heterogeneous distribution. If the coefficient of roughness is high, it indicates that the distribution of decay has become seamless. In calcareous regions, as the altitude increases, the ratio of hardness increases too because the distribution of erosion becomes heterogeneous. Investigation of the physiographic characteristics of the watersheds concerning altitude shows that the elongation and length of the basins increase with increasing Zagros with an explanation coefficient of 0.5. The results show that increasing the coefficient of elongation and length of the basin in calcareous zones lead to more dissolution, and the form factor, with a ratio of explanation of 0.53 for the whole Zagros indicate the geometric shape of the basin to square and rectangle. It almost reflects results similar to the basin drag coefficient. In calcareous areas, as the altitude increases, the coefficient of roughness increases by an average of 0.6% due to heterogeneous surface erosion.

Morphometric study of Zagros calcareous sub-basins about climatic factors indicates that several factors affect these properties, only some of which are related to dissolution conditions; Crashes, landslides, topography, faults, seams and crevices, and any other factors can affect these properties that may be addressed in separate studies.

Key Words: Height, Karst, limestone basin, Morphometric, Zagros.