بررسی و تحلیل نقش سنگ شناسی در ایجاد اشکال کارستی (مطالعه موردی: اشکال کارستیک استان کرمانشاه)

سمیه کریمی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

سیامک شرفی[۱]

دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی و مدرس گروه جغرافیا دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

بهروز کریمی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

چکیده

یکی از مهمترین عوامل در به وجود آمدن اشکال کارستی، جنس سنگ شناسی می باشد. وجود سنگ آهک از شرایط ضروری جهت تشکیل این اشکال است، اما کیفیت متفاوت انواع سنگ های آهکی، در میزان تشکیل و توسعه این اشکال تاثیر زیادی دارد. استان کرمانشاه چون در منطقه زاگرس مرطوب واقع شده و یکی از هسته های بارش محسوب می شود، شرایط مناسبی هم از نظر لیتولوژی و هم از نظر اقلیمی برای ایجاد اشکال کارستی فراهم شده است. در تحقیقات گذشته در استان کرمانشاه، نقش جنس زمین شناسی و سنگ شناسی در ایجاد اشکال کارستی ثابت در نظر گرفته شده و علت وجود اشکال متفاوت کارستی و توسعه و عدم توسعه آن ها را در مناطق مختلف، بیشتر از هر عاملی به عامل اقلیم نسبت داده اند. اما در این پژوهش بیشتر به نقش عامل سنگ شناسی در تشکیل اشکال کارستی توجه شده است. نوع تحقیق کاربردی- توسعه ای و روش آن آماری، میدانی و تحلیلی و ابزار تحقیق شامل نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی و عکس های هوایی می باشند. نتایج حاصل از آزمون t غیر جفتی در سطح اطمینان ۰/۹۵ نشان می دهد که درز و شکافها در پیدایش مجراهای انحلالی نقش داشته و این مجراها تحت تاثیر درزها به وجود آمده اند. اما نتایج آزمون t جفتی در سطح اطمینان ۰/۹۵ نشان می دهد که درزها در پیدایش مجراها دخالت نداشته اند. هم چنین مطالعات میدانی نشان می دهد که جنس سنگها در پیدایش اشکال کارستی به صورت متفاوت عمل کرده است، به طوری که سنگهای آهکی ضخیم لایه، باعث شکل گیری اشکال کارستی تحول یافته مانند دولین ها و اوالاها و در سنگ های کم ضخامت تر باعث شکل گیری اشکال خطی مانند کارن ها شده است.

واژه های کلیدی: اشکال کارستی، سنگ شناسی، سنگ آهک، آزمون های آماری

[۱]- نویسنده مسئول ۰۹۱۶۳۹۸۸۷۲۳ Email: ssharafi@ut.ac.ir

مقدمه

اشکال کارستی تحت تاثیر عوامل مختلفی به وجود می آیند. یکی از مهمترین این عوامل، نقش جنس زمین شناسی و سنگ شناسی می باشد. وجود سنگ آهک از شرایط لازم و ضروری جهت تشکیل این اشکال است، اما به نظر می رسد که کیفیت متفاوت انواع سنگ های آهکی، در میزان تشکیل و توسعه این اشکال تاثیر زیادی دارد. سنگ های آهکی موجود در منطقه مورد مطالعه متعلق به دوره های مختلف تریاس، ژوراسیک و کرتاسه بوده و به نظر می رسد، ویژگی ها و شکل ظاهری آن ها با همدیگر تفاوت داشته با شد که این نیز به نوبه خود ممکن است در میزان تغذیه آب، چگونگی عملکرد فرایندهای آبی و حتی پیدایش اشکال متفاوت کارستی در سطح آن ها نقش داشته باشد.

اصطلاح کارست که از زبان یوگسلاوی گرفته شده، توسط زمین ریخت شناسان اروپایی برای توصیف اشکال آهکی موجود در آلپ های دیناریک در سواحل دریای آدریاتیک بکار برده شده و به مرور زمان به عنوان یک اصطلاح علمی درآمده است. در واقع اصطلاح کارست به اشکال انحلالی در سنگ های انحلال پذیر آهک گفته می شود. در مناطق کارستی، کربنات کلسیم موجود در سنگ ها توسط آب اسید دار حمل شده و مواد ناخالص آن برجای می ماند. پدیده کارستی شدن بر اثر تاثیرات شیمیایی و مکانیکی آب در سنگ های آهکی، دولومیتی، ژیپس، هالیت و سنگ ها ی حل شدنی دیگر بوجود می آید و باعث ایجاد اشکالی مانند کارن، لاپیه، دولین، چاله های بسته، جاما، غارها، اوالا، پونورها، استاول ها، چشمه های متناوب، رودهای کور، دره های خشک، تپه های سنگی عریان، دشت های کارستی، اشکال و پدیده های مشابه دیگر می شود.

قسمت عمده ای از استان کرمانشاه در بخش رورانده و چین خورده زاگرس قرار دارد. پیکربندی ارتفاعات استان عموما از سازندهای سخت (کربناته)، شکل گرفته و تحت تاثیر فازهای شدید زمین ساختی، مخصوصا در بخش رورانده قرار گرفته است. لذا شرایط مناسبی از نظر زمین ساختی و سنگ شناسی جهت توسعه و تکامل فرایند کارست فراهم شده است. در سطح منطقه مورد مطالعه، برخورد عوامل درونی و بیرونی منجر به پیدایش پدیده های ژئومورفولوژی متنوعی شده است. اشکال کارست منطقه، محل تلاقی پدیده های زمین شناسی با عوامل فرسایشی و اقلیمی می باشند که منجر به پیدایش پدیده های شاخص در منطقه شده اند.

استان کرمانشاه چون در منطقه زاگرس مرطوب واقع شده و یکی از هسته های بارش محسوب می شود، شرایط مناسبی هم از نظر لیتولوژی و هم از نظر اقلیمی برای ایجاد اشکال کارستی فراهم شده است. در تحقیقاتی که سابق بر این، در زمینه کارست و عوامل شکل زای آن در استان کرمانشاه انجام شده است، نقش عامل زمین شناسی و سنگ شناسی (وجود سنگ آهک)، ثابت در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر کیفیت انحلال پذیری سنگ آهک در تمام سنگ های آهکی بصورت یکسان مورد توجه قرار گرفته، لذا علت وجود اشکال متفاوت کارستی و توسعه و عدم توسعه آن ها را در مناطق مختلف، بیشتر از هر عاملی به عامل اقلیم نسبت داده اند. بدین صورت که، با توجه به اینکه اختلاف ارتفاع در بین نقاط مختلف زیاد می باشد، لزوما اختلاف زیادی بین میزان بارش و نوع بارش وجود

دارد. چنانکه در ارتفاعات بالاتر منطقه با بارش بیشتر و به طور عمده از انواع بارش های جامد (برف)، روبرو هستیم و بر عکس، در ارتفاع پایین تر منطقه میزان بارش کمتر بوده و در نتیجه دسترسی به میزان آب نیز کم شده و این مسئله باعث ضعف عمل انحلال می شود. لذا در ارتفاعات بالاتر اشکال کارستی تکامل یافته تر بوده، در حالی که در ارتفاعات پایین تر اشکال کمتر توسعه یافته، شکل می گیرند(کریمی، ۱۳۸۷، ۲).

اما برای بررسی بیشتر سیستم شکل زایی کارست در این تحقیق، کیفیت انحلال پذیری سنگ آهک در منطقه مطالعاتی، یکسان در نظر گرفته نشده و سعی شده است که شکل گیری اشکال کارست به تفکیک هر جنس سنگ شناسی به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. به عبارت دیگر در این پژوهش بیشتر به نقش عامل سنگ شناسی در تشکیل اشکال کارستی توجه شده است. درمحدوده مورد مطالعه، ۶ نوع سنگ آهک از همدیگر تفکیک شده است که دارای ویژگی های متفاوتی از نظر زمان رسوب گذاری، ضخامت، رنگ، مواد تشکیل دهنده، میزان و زمان دسترسی به آب، ارتفاع و به تبع آن بارش و دما هستند. این عدم توازن، منجر به تغییرات شکل شیب در سطح آن ها و شدت و ضعف عمل انحلال در محدوده های فعالیت کارست شده و به دنبال آن اشکال کارستی متفاوتی ایجاد گردیده است. لذا در راستای مطالب ذکر شده در بالا و انجام تحقیقی در این مورد، باید منطقه ای انتخاب می شد که از نظر سنگ شناسی، دارای چندین نوع سنگ آهک با ویژگی های متفاوت باشد تا بتوان تمایز بین آن ها را از نظر شکل با همدیگر مقایسه کرد. در محدوده مورد مطالعه با استفاده از دو روش آماری و عملیات صحرایی و میدانی، به بررسی و مقایسه اشکال کارستی متفاوت ایجاد شده در آن ها اقدام شده است. بنابراین هدف این است، تا نقش جنس سنگ شناسی آهک ها در ایجاد اشکال کارستی، مورد بررسی قرار گرفته و انواع سنگ های آهکی در منطقه مورد مطالعه تفکیک شود و بررسی شود که گونه های مختلف آهک، منجر به تولید چه نوع اشکالی در محدوده مورد مطالعه شده اند.

پیشینه تحقیق

واژه کارست از نام جغرافیایی شمال غربی یوگسلاوی نزدیک مرز ایتالیا منشأ می گیرد که از اتریش[۲] تا جوبلجانا[۳] گسترش دارد. مردم این ناحیه بیش از۷۰۰ سال قبل کلمه اسلاو کارست و کلمه ایتالیایی کاریسو[۴] را به کار می بردند. هر دو این کلمه ها منشأ هند– اروپایی داشته و از کلمه کار[۵] به معنای سنگ گرفته شده اند و با آلمانی شدن کلمه کارس،[۶] واژه کارست شکل گرفته است. واژه کارست به پهنه هایی با خصوصیات هیدرولوژیکی بسیار ویژه که در اثر انحلال سنگهای کربناته شکل می گیرد، گفته می شود(صفری، ۱۳۸۷، ص۱۲).

---

۲ - Istria

۳ - Ljubljana

۴ - Careso

۵ - Kar

۶ - Kars

از جمله این تحقیقات انجام شده در زمینه کارست می توان به موارد زیر اشاره کرد:
ملکی (۱۳۸۰)، در رساله دکترا، به بررسی و تحول اشکال کارست و نقش آن در تأمین آب های زیرزمینی ارتفاعات بیستون-پراو (کرمانشاه) پرداخته است. وی برای اولین بار نقش ژئومورفولوژی اشکال کارست و میزان تحول آن را در نزولات جوی و بیلان آبی منطقه بررسی و به این نتیجه رسیده است که عوامل مهم تشکیل و تحول اشکال کارست در منطقه مورد مطالعه، عملکرد زمین ساخت شدید و پیچیده در کل محدوده و حاکمیت شرایط اقلیمی مرطوبتر در گذشته، نسبت به زمان کنونی است.
محمودی و همکاران(۱۳۸۰) تحول کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی در ناهمواریهای بیستون-پروآ(کرمانشاه) را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که در مکانهائی که تحول کارست پیشرفته است، پتانسیل های قوی در جذب آب و ذخیره آن ایجاد شده که وجود سرابهای متعدد در حاشیه و هم چنین ارائه روشهای مناسب در بهره برداری از مخازن کارستی با توجه به شرایط اقلیمی و زمین شناسی حاکم بر این مناطق، می تواند در رشد و شکوفایی منطقه در احداث پروژه های مختلفی که نیازمند منابع آب بیشتر هستند، مورد توجه قرار گیرد.
شوهانی(۱۳۸۵)، به بررسی و نقش عوامل موثر در پیدایش و تحول اشکال کارست پرداخته و نهایتاً نقشه پهنه بندی تحول کارست در استان کرمانشاه را تهیه کرده است. غلامی راد (۱۳۸۶)، در پایان نامه کارشناسی ارشد به پهنه بندی تحول چشمه ها ی کارستی استان پرداخته و به منظور دستیابی به اهداف تحقیق ابتدا گسلها را به عنوان شاخص تحول کارست با استفاده از نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شناسایی و بصورت رقومی تهیه نموده، پس از بررسی های آماری و تأیید ارتباط نقشه گسلها با موقعییت چشمه ها، موضوع تحلیل مکانی، رابطه گسلها و تحول چشمه های کارستی را مورد بررسی قرار داده است.
قاسمی (۱۳۸۲)، در پایان نامه کارشناسی ارشد به بررسی نقش زمین ساخت در ژئومورفولوژی حوضه آبخیز سرآبله اقدام نموده است. وی در این تحقیق ارتباط و نقش عوامل و فرایندهای زمین ساختی را در تشکیل عوارض ژئومورفولوژی به ویژه در ایجاد جهت گیری اشکال کارستی (چاله های بسته) حوضه آبخیز سرآبله مورد بررسی قرار داده است.
از تحقیقات دیگری که در این زمینه در کشور صورت گرفته است می توان به قدری (۱۳۸۲)، زنگنه اسدی و همکاران (۱۳۸۱)، بیگلو و همکاران(۱۳۹۰)، صفری(۱۳۸۷)، ملکی و همکاران(۱۳۸۸) و مرادی و همکاران(۱۳۸۹) اشاره نمود.
اما مطالعات فراوانی در زمینه کارست در منابع خارجی صورت گرفته است. محققان خارجی در زمینه توصیف، طبقه بندی، نقش درز و شکاف در شکل گیری اشکال کارستی، شناسایی و معرفی لندفرم های کارست و ... تحقیقات زیادی انجام داده اند. از مهمترین این پژوهش ها می توان به موارد زیر اشاره کرد. فورد و ویلیامز[۷] (۱۹۸۹) در کتاب هیدرولوژی و ژئومورفولوژی کارست، علاوه بر معرفی اشکال کارستی و کارن های مختلف شکل گرفته

[۷] Ford and Williams

در سنگ های آهکی، مبانی مسائل ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی مربوط به نواحی دارای سنگ های آهکی را بیان کرده اند. ریچارد هاگت[۲](2007)، فصلی از کتاب خود با عنوان مبانی ژئومورفولوژی را به کارست اختصاص داده که در این فصل به ویژگی های سنگ های آهکی، کارست و شبه کارست پرداخته و در نهایت به معرفی عوارض کارستی به خصوص کارن ها پرداخته و کارن ها را از نظر شیوه تشکیل و اندازه، تقسیم بندی نموده است. از دیگر محققان خارجی می توان به لیو و همکاران[۸](۲۰۱۲)، وال و همکاران[۹](۲۰۰۹)، کرانچ[۱۰](۲۰۱۱) و پنگ و همکاران[۱۱](۲۰۱۲) اشاره کرد.

موقعیت توپوگرافی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخشی از زاگرس رورانده (شکسته یا مرتفع) در غرب ایران در استان کرمانشاه و در شمال شهرستان کرمانشاه واقع شده و جزئی از ناهمواریهای بیستون (پراو) می باشد. مساحت این حوضه نزدیک به ۴۰۰ کیلومتر مربع است. موقعیت جغرافیایی حوضه از ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و۲۷ د قیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی می باشد. این منطقه تقریباً از دو قسمت کوهستانی مجزا از هم (پراو در شرق و طاق بستان در غرب) تشکیل شده است. قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه به کوههای بیستون و حدود غربی و جنوبی آن به ترتیب به دشت های رازاور و کرمانشاه می رسد. حداکثر ارتفاع منطقه بیش از ۲۹۰۰ متر در کوههای پرو و حداقل ارتفاع آن نزدیک به ۱۴۰۰ متر در داخل تنگ کنشت واقع شده است. این محدوده به تبعیت از جهت کلی زاگرس از شمال غرب به جنوب شرق کشیده شده که عرض متوسط آن تقریبا ۱۰ کیلومتر و طول آن در بیشترین قسمت حدود ۲۱ کیلومتر است. این منطقه از دو واحد توپوگرافی کوهستان و دشت تشکیل شده است. مرز بین دو واحد توپوگرافی دشت و کوهستان را بیشتر دیواره و پرتگاههای گسلی با شیب زیاد تشکیل می دهد. شیب عمومی منطقه در کوهستان قسمت شرقی (پراو) از شرق به غرب می باشد کوههای منطقه به دلیل عملکرد زمین ساخت شدید دارای دره ها و قلل خط الرأسی زیادی می باشند. عموماً دره های ایجاد شده منطبق بر گسلها هستند. در منتها الیه هر دو کوهستان که به دشت ختم می گردد، مخروط افکنه های بزرگی بوجود آمده که بر روی آنها مناطق مسکونی شکل گرفته اند. این مسئله نیز لازم به ذکر است که کوهستان غربی (طاق بستان) در مجموع دارای ارتفاع کمتری نسبت به کوههای پراو می باشد (تقریباً ۷۰۰ متر طاق بستان کم ارتفاع تر می باشد)، به همین دلیل اشکال تیپیک و تحول یافته تر و وسیعتر کارست در کوههای پرو بیشتر است(کریمی، ۱۳۸۷). شکلهای۱ و ۲ موقعیت توپوگرافی و زمین شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می دهند.

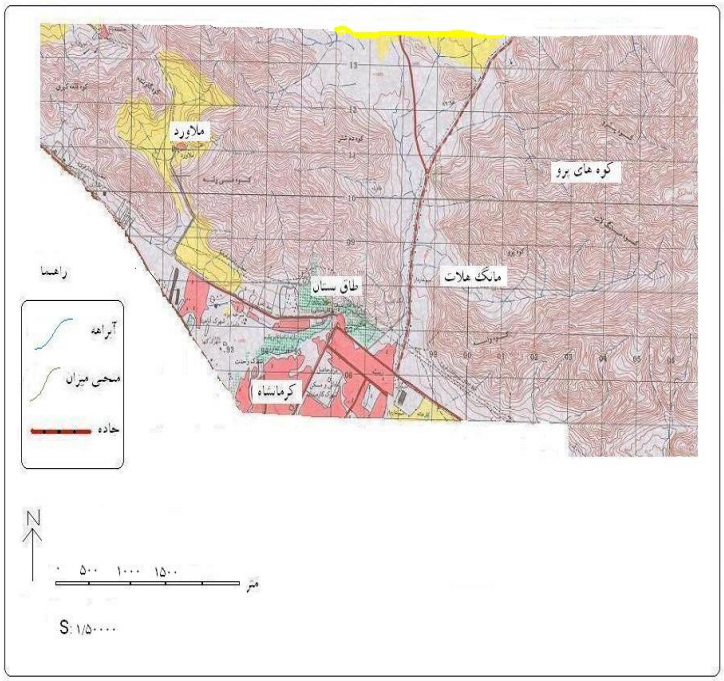
---

[۸] - Liu and et al

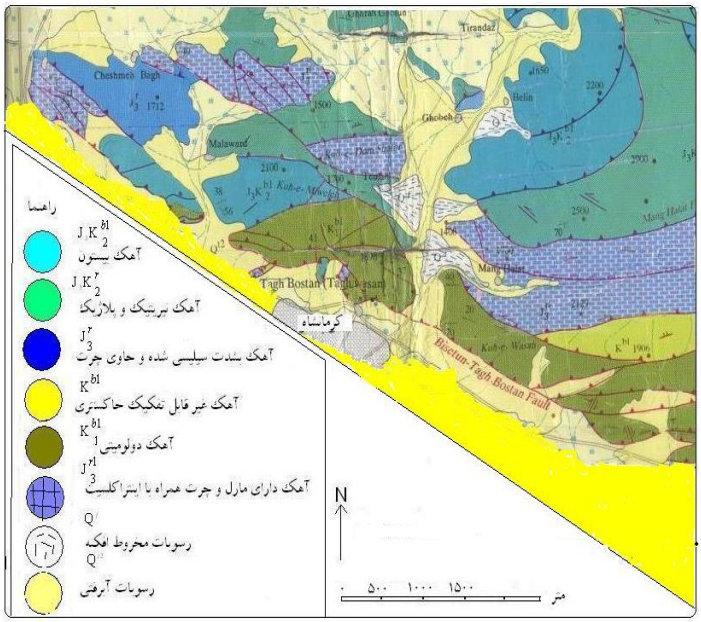
[۹] - Waele and et al

[۱۰] - Kranjc

[۱۱] - Peng and et al



شکل ۱: نقشه توپوگرافی محدوده مورد مطالعه



شکل ۲: نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

مواد و روش ها

با توجه به اهداف تحقیق، جنس زمین شناسی سنگ های مختلف، نه تنها می تواند در ایجاد شکل و تغییر شیب های متفاوت نقش داشته باشد، بلکه می تواند در ایجاد لندفرم های متفاوت نیز موثر باشد. بررسی نقش جنس سنگ های متفاوت در پیدایش لندفرم های مختلف در این تحقیق، فقط به سنگ های آهکی اختصاص داده شده، یعنی فقط نقش جنس سنگ های آهکی در پیدایش عوارض متفاوت کارستی مورد مطالعه قرار گرفته است.

برای بررسی این مساله، منطقه ای که دارای چندین نوع سنگ آهک با ویژگی های متفاوت بود، انتخاب گردید تا بتوان تاثیر آن ها را در شکل گیری عوارض کارستی متنوع مطالعه کرد. لذا منطقه ای برای مطالعه انتخاب شد که ناهمواری های آن، در چندین نوع سنگ آهک با ویژگی های متفاوت تشکیل شده بود. سنگ های این منطقه بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تفکیک شده و ۶ نوع سنگ آهک با ویژگی های متفاوت از همدیگر، تشخیص داده شد. منطقه انتخاب شده از دو توده کوهستانی تشکیل شده است، به طوری که هر توده دارای همان ۶ نوع سنگ آهک مجزا می باشند، ولی یک توده (توده طاق بستان) نسبت به دیگری در ارتفاع پایین تری قرار دارد. انتخاب این منطقه با دو توده کوهستانی مجزا برای انجام مقایسه بین سنگ های آهکی همسان بود. بعد از تفکیک سنگ ها برای این که مشخص گردد اشکال کارستی تشکیل شده بر روی آن ها با هم تفاوت دارد یا خیر، از عکس های هوایی با مقیاس های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ استفاده شد. با استفاده از عکس های هوایی تا حدود زیادی اشکال تشکیل شده بر روی سطح سنگ ها با توجه به ویژگی های مخصوص به آن اشکال، شناسایی شدند. در شناسایی و معرفی اشکال کارست، بیشتر تاکید بر روی کارن ها در منطقه بود. اشکال مشخص شده از روی عکس های هوایی بر روی نقشه توپوگرافی منتقل و اقدام به ترسیم نقشه ژئومورفولوژی شد. اما برای این که مشخص گردد اشکال شناسایی شده بر روی سنگ های مختف آهکی، متفاوت هستند، لازم بود که نقشه ژئومورفولوژی با نقشه زمین شناسی نیز تطبیق داده شود. بنابراین اشکال ترسیم شده بر روی نقشه توپوگرافی به صورت نقشه ژئومورفولوژی ترسیم و با نقشه زمین شناسی نبز تطبیق داده شد. این مطابقت تا حدود زیادی نشان داد که سنگ های متفاوت آهکی، مستعد تشکیل نوع خاصی از اشکال کارستی هستند. برای بررسی صحت نتایج حاصل از ابزار و روش های مورد استفاده و مطالعه بیشتر، مشاهده مستقیم و انجام عملیات صحرایی نیز صورت پذیرفت. در بازدید های میدانی نقش جنس سنگ شناسی آهک ها در پیدایش عوارض کارستی مختلف به طور وسیع تر و دقیق تری مطالعه شد. قبلا اشکال کارستی موجود در منطقه از روی عکس های هوایی تشخیص داده شده بود، اما در بخشی از تحقیق مشخص شد که گریک ها که در نتیجه درز و شکاف ایجاد می شوند، نامفهوم بوده و دقیقا نمی توان گفت که آن ها گریک هستند. از این رو اقدام به تحقیقات و اندازه گیری های میدانی شد. با انجام کار میدانی و عملیات صحرایی و با استفاده از کمپاس برانتون و متر نواری، امتداد و طول ۲۱ مورد از گریک ها در منطقه اندازه گیری شد. از آن جا که گریک ها

در امتداد درزها شکل می گیرند، با استفاده از کمپاس امتداد درزها نیز اندازه گیری شد. به عبارت دیگر برای رسیدن به این هدف که آیا گریک ها توسط درزها ایجاد شده اند یا نه، همراه با اندازه گیری امتداد هر گریک، درز یا شکاف قرار گرفته در امتداد همان گریک نیز اندازه گیری شد. در صورت نبود درز در امتداد گریک اندازه گیری شده، نبود درز نیز یادداشت شد. برای این که مشخص شود اشکال مورد نظر همان گریک ها هستند که درزها و شکاف های زمین ساختی در پیدایش آن ها نقش داشته اند، امتدادهای برداشت شده در نرم افزار SPSS و با آزمون های آماری t جفتی و t غیر جفتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بطور خلاصه می توان گفت که هدف از عملیات میدانی، بررسی و مشاهده مستقیم نقش جنس سنگ شناسی در پیدایش اشکال مختلف کارستی بوده است. بنابراین بررسی های صحرایی تکمیل کننده روش های آماری در این پژوهش می باشند. در حین عملیات صحرایی با استفاده از GPS موقعیت منطقه و عوارض ژئومورفولوژی نیز تعیین شد تا به صورت دقیق تری این عوارض به روی نقشه ژئومورفولوژی منتقل شوند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مشاهدات میدانی و عملیات صحرایی در خصوص نقش جنس سنگ شناسی در تشکیل اشکال کارستی

در معرفی اشکال کارستی در این تحقیق بیشترین تاکید بر روی کارن ها بوده است و چون کارن ها اشکالی هستند که در ابعاد و اندازه های متغیر از کوچک تا بزرگ وجود دارند و درز و شکاف در پیدایش آن ها نقش مهمی را ایفا می کند، لذا باید با حضور در منطقه مورد مطالعه و مشاهده بصری درز ها، اندازه گیری هایی صورت می گرفت تا مشخص شود که این اشکال در واقع بر روی عکس هوایی درست تشخیص داده شده اند. به همین منظور، با حضور در منطقه مطالعاتی و با استفاده از کمپاس برانتون و متر نواری، امتداد ۲۱ مورد از اشکال که بر روی عکس هوایی گریک تشخیص داده شده بودند، اندازه گیری شد. چون درز ها و شکاف های زمین ساختی در ایجاد گریک ها نقش بسیار مهمی را ایفا می کنند، لذا جهت درزهایی که در امتداد همان گریک ها وجود داشتند، نیز با کمپاس اندازه گرفته شد و در صورت نبود درز در امتداد گریک، نبود درز نیز یادداشت شد. داده های برداشت شده از امتداد درزها و گریک ها با استفاده از آزمون های آماری t جفتی و t غیر جفتی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا ماهیت وجودی این عوارض به درستی مشخص گردد. نتایج بدست آمده از آرمون های آماری در جداول۱، ۲، ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۱: مقایسه بین امتداد گریک ها و درزها با استفاده از آزمون t غیر جفتی(آماره های گروهی)

	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	اختلاف استاندارد
درزها	۱	۲۱	۲۹۷/۷۵	۲۶/۴۳	۵/۹

مجراها	۲	۲۱	۲۸۶/۲	۲۶/۱۶	۵/۸۵

جدول ۲: آزمون t غیر جفتی نمونه ها

	آزمون لوتر برای برابری واریانسها		آزمون t برابری میانگینها					۰/۹۵ فاصله اطمینان اختلافها	
	F بحرانی	سطح معنی دار بودن	مقدارt	درجه آزادی	سطح معنی دار بودن	میانگین اختلافها	اختلاف استاندارد	حد پایین	حد بالا
واریانس های برابر	۰/۲۴۱	۰/۶۳	۱/۳۸۹	۳۸/۹	۰/۱۷۳	۱۱/۵۵	۸/۳۱۵	-۵/۲۸۲	۲۸/۳۸۲
واریانس های نابرابر			۱/۳۸۹	۳۷	۰/۱۷۳	۱۱/۵۵	۸/۳۱۵	-۵/۲۸۲	- ۲۸/۳۸۲

جدول ۳: مقایسه میانگین بین درزها و گریک ها با استفاده از آزمون t جفتی

	میانگین	تعداد	انحراف معیار	خطای معیار	همبستگی	سطح معنی دار بودن
درز	۲۹۷/۷۵	۲۱	۲۶/۴۲۶	۵/۹۹	۰/۷۰۱	۰/۰۱
مجراها	۲۸۶/۲	۲۱	۲۶/۱۵۹	۵/۸۵		

جدول ۴: آزمون نمونه های جفتی

	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین	مقدار t	درجه آزادی df	سطح معنی دار بودن	۰/۹۵سطح معنی دار بودن اختلافها	
							حد پایین	**حد بالا**
مجراها و درزها	۱۱/۵	۲۰/۳	۴/۵۴	۲/۵۴۱	۱۹	۰/۰۲	۲/۰۴	۲۱/۰۶

نتایج آزمون t غیر جفتی در سطح اطمینان ۰/۹۵ نشان می دهد که بین میانگین امتداد مجراهای انحلالی (گریک ها) با درزهای زمین ساختی، هیچ اختلاف معنی داری وجود ندارد. این مساله نشان می دهد که هر دو پدیده از یک

جامعه آماری هستند. به عبارت دیگر درز و شکاف ها در پیدایش مجراهای انحلالی نقش داشته و این مجراها تحت تاثیر درزها بوجود آمده اند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که اشکال مورد نظر همان گریک ها یا اشکال کارنی هستند که قبل از مشاهدات میدانی بر روی عکس های هوایی تشخیص داده شده بودند. اما نتایج بدست آمده از آزمون t جفتی، این مساله را نشان نمی دهد. نتیجه آزمون آماری t جفتی در سطح اطمینان ۰/۹۵ نشان می دهد که اختلاف بین میانگین ها معنی دار بوده، لذا مسیر و امتداد این دو عارضه یکی نمی باشد و در نتیجه درزها در پیدایش مجراها دخالتی نداشته اند. از آن جا که تشکیل گریک ها به وجود درزها بستگی دارد، پس با توجه به نتایج این آزمون نمی توان اشکال مورد بررسی را گریک دانست. نتایج حاصل از این آزمون ها و مشاهداتی که به صورت مستقیم از منطقه و پدیده ها صورت گرفته را می توان چنین تفسیر کرد که هر چند آزمون t وجود گریک ها را در نتیجه درز و شکاف ها توجیه نمی کند، ولی در اغلب آن ها درز و شکاف ها تولید کننده گریک ها یا مجراها می باشند. مشاهده مستقیم و مطالعات میدانی این پدیده ها نشان می دهد که درزهای زمین ساختی در مسیر این مجراها وجود داشته و در پیدایش آن ها موثر بوده اند. ملکی (۱۳۸۰) نیز در منطقه بیستون به بررسی ارتباط سیستم ساختاری با کارست شدگی منطقه پرداخته و به مقایسه امتداد فروچاله ها با عوامل ساختاری اقدام کرده است و با استفاده از نمودار رزدیاگرام به این نتیجه رسیده است که فروچاله های منطقه کاملا تحت تاثیر عوامل ساختاری در منطقه بوجود آمده اند. شکل ۳، نمونه ای از کارن ها(لاپیه ها) را نشان می دهد که در مسیر درزها شکل گرفته اند.

شکل ۳: شکل گیری لاپیه ها در امتداد درزها

همزمان با انجام عملیات میدانی و مشاهده مستقیم عوارض، با استفاده از GPS نیز موقعیت منطقه و موقعیت عوارض کارستی تعیین و بلافاصله به نقشه توپوگرافی انتقال داده شد. پس از انتقال عوارض به نقشه توپوگرافی، نتیجه این بررسی میدانی به صورت نقشه ژئومورفولوژی تهیه و سپس با نقشه زمین شناسی تطبیق داده شد و مشخص گردید که تا حدود زیادی اشکال کارستی در سنگ های مخلتف متفاوت هستند.

با توجه به نقشه ژئومورفولوژی که حاصل مشاهدات میدانی و مستقیم می باشد، به نظر می رسد که اشکال تیپیک و توسعه یافته کارستی نظیر دولین های بزرگ، اوالاها که از تجمع دولین ها شکل می گیرند و جاماهایی با قطر زیاد که حجم زیادی از آب نزولات جوی را به درون زمین هدایت می کنند، در سنگ آهک بیستون ($K_3 J \frac{b1}{2}$) شکل گرفته اند (شکل ۴).

شکل ۴ : اوالا و جاماها در ارتفاعات عالیور (منبع: قاسمی،۱۳۸۲)

این اشکال در ارتفاعات بالای کوه های پراو و بیستون که با توجه به نقشه زمین شناسی، جنس آن ها از سنگ آهک بیستون است، بوجود آمده اند. البته اشکالی مانند دولین ها در سنگ ها آهکی دیگر در منطقه نیز یافت می شوند، ولی نه تنها به صورت پراکنده دیده می شوند، بلکه نسبت به دولین های شکل گرفته در سنگ آهک بیستون بسیار کوچک و کم عمق هستند. سنگ بیستون از نظر مواد و واحدهای تشکیل دهنده آن غیر قابل تفکیک می باشد (شکل۵).

شکل ۵ : مناره (کارست برجی) که در دامنه اغلب کوه ها شکل گرفته است.

ضخامت این سنگ آهک بسیار زیاد بوده و مرتفع ترین قسمت کوه های منطقه را تشکیل می دهد. لذا از نظر دریافت نزولات جوی، موقعیت مناسبی را داراست و درجه خلوص آن نیز بالا می باشد.

در قسمت های پایین تر سنگ آهک بیستون در سنگ آهک دارا ی آهک دانه درشت، نیریتیکی و حاوی چرت همراه با رادیولاریت و سنگ مارن ($\frac{r1}{3}$ **J)**، اشکال خاص دیگری بوجود آمده است. کلافت کارن ها اشکالی هستند که بیشتر در این جنس تشکیل شده اند. این اشکال در گروه کارن ها طبقه بندی می شوند که نسبت به اشکال کارستی چون اوالاها یا جاماها کمتر توسعه پیدا کرده اند. آن ها دره های بزرگی هستند که در امتداد درزها و شکستگی های اصلی بوجود می آیند. کلافت کارن ها نسبت به سایر اشکال کارن ها چون گریک ها و ریل ها بزرگتر می باشند. ارتفاع این سنگ نسبت به سایر سنگ های آهکی به استثنای آهک بیستون، زیاد می باشد، اما ناخالصی ها چون وجود مارل و سنگ چرت در آن، باعث شده تا این سنگ درجه خلوص پایین تری را از نظر میزان آهک داشته باشد. ناخالصی آن باعث شده است تا اشکال تحول یافته تر کارستی نظیر آن چه در آهک بیستون وجود دارد، در این جا شکل نگیرد، اما وجود سیستم درز و شکاف های زمین ساختی زیاد و ارتفاع بالا و در نتیجه

دریافت بارش های جوی بیشتر، موجب شده است تا دره های بزرگ (کلافت کارن ها) در آن شکل بگیرد. کلافت کارن های نظیر آن ها به ندرت در سایر سنگ ها ی منطقه یافت می شوند.

سنگ آهک دولومیتی با علامت $K\frac{b1}{1}$ در محدوده مطالعاتی با سیستم درز و شکاف های فراوان و ضخامت زیاد با رنگ خاکستری تیره تا روشن، دانه ریز تا دانه درشت، متعفن و در قسمت هایی دارای آلگ می باشد. بخش های زیادی از منطقه از این جنس تشکیل شده است. ارتفاعات مهم طاق بستان و دامنه های جنوبی کوه مانگ هلات مشرف به دشت کرمانشاه، کاملاً در این سنگ شکل گرفته است. از مهمترین اشکال ایجاد شده در این جنس، که در سایر سنگ ها کمتر دیده می شود، گریک ها و اسپیتز کارن ها هستند (شکل های ۶ و ۷).

شکل ۶ : نمایی دور از گریک ها و اسپیت ز کارن ها[۱۲] ها.کوه های طاق بستان(نگاه رو به جنوب)

[۱۲] - spitz karren

شکل۷ : لاپیه در ارتفاعات عالیور (منبع: قاسمی،۱۳۸۲)

در قسمت انتهایی کوه های طاق بستان که به تنگه ملاورد می رسد، نمونه های تیپیکی از این کارن ها در این جنس بوجود آمده است. لازم به ذکر است که ارتفاع این کوه ها نسبت به سایر ارتفاعات منطقه بسیار کمتر بوده و از مواد متفاوت تری شکل گرفته اند. گریک ها و اسپیتز کارن ها در گروه کارن ها دسته بندی می شوند. این اشکال، شبیه به نهرهای انحلالی هستند که درزها و شکاف های زمین ساختی در پیدایش آن ها نقش مهمی دارند. پهنا و طول آن ها از کلافت کارن ها بسیار کوچکتر می باشد. به نظر می رسد ارتفاع کمتر این کوه ها و هم چنین ناخالصی آن به علت وجود دولومیت در ایجاد این اشکال کوچک مقیاس بر روی این سنگ نقش داشته باشند. در دامنه های جنوبی مانگ هلات که از این جنس می باشد، این تیغه ها و شکاف ها یعنی اسپیتز کارن ها و گریک ها وجود دارد، ولی داری وسعت بیشتری می باشند، به طوری که در برخی مناطق به کوریدورها تبدیل شده اند. این در حالی است که مانگ هلات نسبت به طاق بستان دارای ارتفاع بیشتر و به تبع آن نزولات بیشتری می باشد

سنگ آهک دارای رادیولاریت، گل سنگ و سیلیس و نیریتیک و پلاژیکی با علامت $K_3 J \frac{r}{2}$ نمونه دیگری از سنگ های آهکی موجود در منطقه می باشد که در نتیجه وجود سیلیس و گلسنگ ناخالصی آن زیاد می باشد. دارای رنگ بندی های متناوب با رنگ های سفید، زرد، خاکستری، بنفش، سبز و قرمز بوده و ضخامت لایه بندی آن کم است. ظاهراً این سنگ نسبت به سایر سنگ های آهکی منطقه، بیشتر و زودتر تحت تاثیر انحلال قرار می گیرد. نگاهی به نقشه توپوگرافی و زمین شناسی منطقه این ادعا را اثبات می کند، زیرا بیشتر دره های منطقه در این جنس شکل گرفته است، در صورتی که در سایر جنس ها دره ها کمتر بوجود آمده اند. از ویژگی های مهم این نوع سنگ آهک این است که در این سنگ، درز و شکاف های زمین ساختی به ندرت دیده می شوند. در قسمت غربی محدوده مورد مطالغه سه دره بزرگ شکل گرفته است که هر سه منطبق بر این جنس هستند. در همین منطقه قسمت غربی این جنس به فرورفتگی ختم می شودکه شبیه به پولیه کارستی است (شکل ۸).

شکل ۸: نمونه ای از مورفولوژی دامنه ای در کوه های آهکی قلعه گبری

در منطقه نوع خاص دیگری از سنگ آهک وجود دارد که شکل ظاهری آن تفاوت بارزی با سایر سنگ های آهکی دارد. این سنگ با نام زمین شناسی $\mathrm{J}\frac{r}{3}$ مشخص شده است که دارای رادیولاریت، مارل و شیل می باشد. ویژگی بارز این سنگ وجود مخروط های واریزه ای بسیار ریزدانه تر از سایر سنگ ها و همچنین تشکیل چند دره U شکل بزرگ در کنار همدیگر با دیواره های تیز بین آن ها بر روی این سنگ آهک می باشد (شکل ۹).مخروط های دانه ریز در سایر سنگ های منطقه یافت نمی شوند.

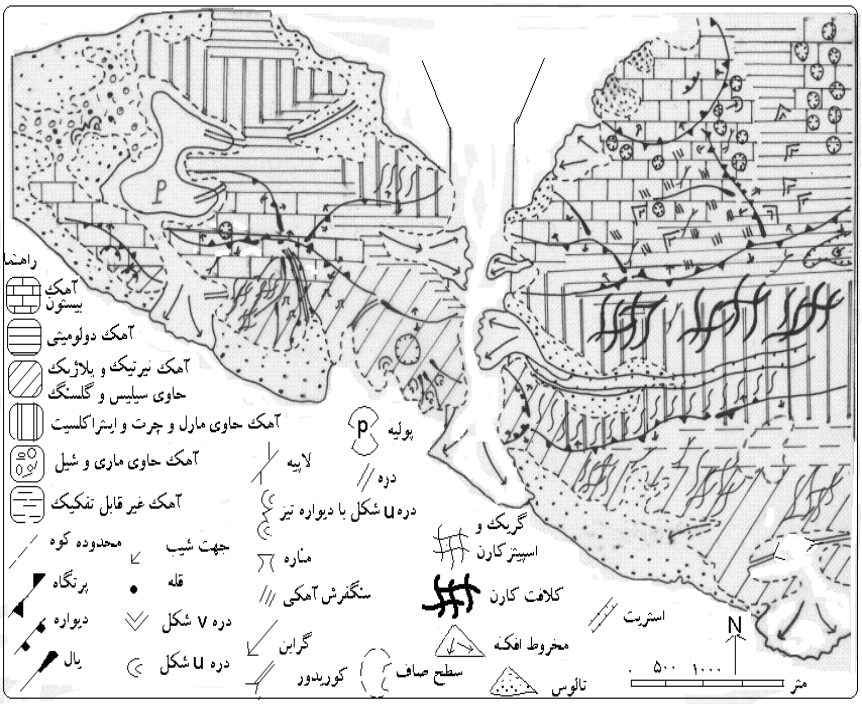
شکل ۹: نمونه ای از مورفولوژی دامنه ای در سنگ آهک(کوه های قلعه گبری)

نتیجه گیری

مطالعات میدانی نشان می دهد که نوع جنس سنگ شناسی می تواند در ایجاد لندفرم های مختلف موثر باشد. بطوری که سنگ های آهکی ضخیم لایه با درجه خلوص بیشتر، معمولا محل تشکیل عوارض کارستی تحول یافته نظیر دولین ها و اوالاها ست، در حالی که در سنگ هایی با ناخالصی بیشتر و کم ضخامت تر، اشکال کمتر توسعه یافته مانند کارن ها شکل گرفته است.

استفاده از عکس های هوایی و مطالعات میدانی نشان می دهد که اشکال ایجاد شده در کوهستان شرقی یعنی کوه های پراو و بیستون که هم مرتفع تر و هم وسعت بیشتری دارند، در سنگ های کوهستان غربی هم تشکیل شده است، با این تفاوت که تعداد و وسعت آنها کمتر می باشد. به عنوان مثال در دامنه کوه های طاق بستان مشرف به

دشت کرمانشاه که از سنگ آهک دولومیتی است، لندفرم بارز ایجاد شده گریک ها و اسپیتز کارن ها می باشد. همین اشکال در دامنه جنوبی کوه مانگ هلات مشرف به دشت کرمانشاه در قسمت شرقی منطقه نیز دیده می شود، ولی این اشکال در این جا دارای ابعاد بزرگتری می باشند، به نحوی که در چند مورد به کوریدورها تبدیل شده اند. در سنگ آهک بیستون در قسمت غربی منطقه نیز دولین یافت می شود، اما از تعداد، عمق و وسعت کمتری برخوردارند. در سنگ آهک نیرتیکی و پلاژیکی حاوی سیلیس و گلسنگ، در قسمت شرقی منطقه دره های V شکل بزرگ و دره های کوچکتر شکل گرفته است، در قسمت غربی منطقه نیز وجو دره ها در این جنس زیاد می باشد(شکل ۱۰). این مساله بخوبی نقش جنس سنگ آهک را در تحول اشکال کارست نمایان می کند. به نظر می رسد علاوه بر نوع جنس سنگ که در ایجاد این عوارض موثر است، نباید نقش عامل اقلیم را نادیده گرفت. عامل اقلیم با ارتفاع بیشتر، در میزان گستردگی و وسعت و همچنین تعداد آن ها نقش مهمی را ایفا می کند. چون در کوه هایی با ارتفاع بیشتر حتی اگر اشکال کارنی هم در آن ها شکل گرفته باشد و عوارض تحول یافته موجود نباشد، بارش های بیشتر باعث شده است که کارن ها گسترده تر از مناطق کم ارتفاع باشند.

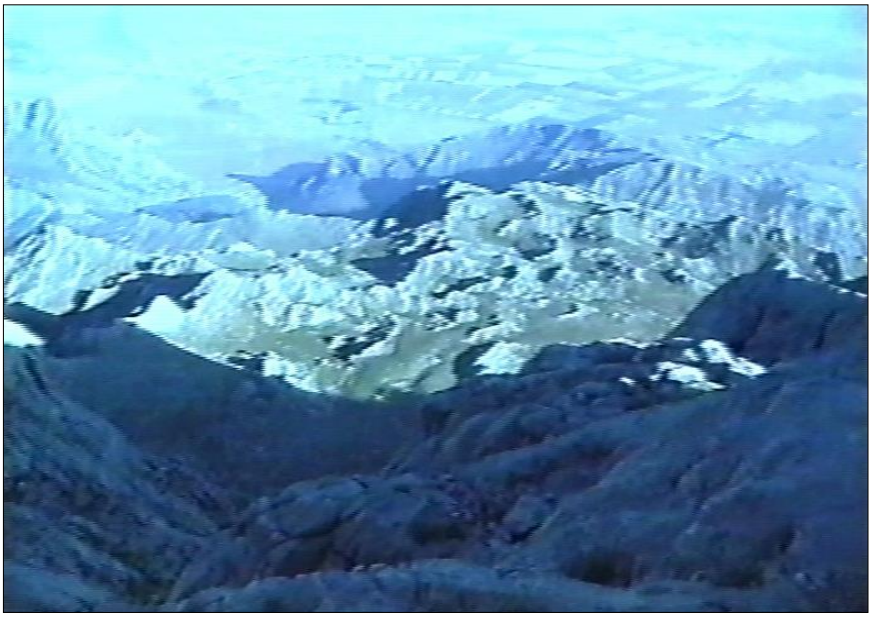


شکل ۱۰: نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

هم چنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که در سطوح ارتفاعی مختلف، اشکال کارستی متفاوتی ایجاد می شود. بررسی های میدانی، استفاده از نقشه های توپوگرافی و عکس های هوایی بیان کننده این مطلب است که معمولاً سطوح ارتفاعی بالاتر محل تشکیل اشکال بزرگتر و تحول یافته تر مانند دولین ها، جاماها و اوالاها است، در حالی

که سطوح ارتفاعی پایین بیشتر محل تشکیل اشکال خطی کارستی (کارن ها) نظیر گریک ها، لاپیه ها، کارن های دیواری و ... می باشد. مسلما، نوع جنس سنگ آهک با توجه به ضخامت، درجه خلوص، سیتم درز و شکاف و مواد تشکیل دهنده بسیار مهم است، به طوری که در آهک های خالص تر و با ضخامت بیشتر، اشکال تحول یافته کارستی مانند پولیه و اوالاها شکل می گیرند، ولی در آهک هایی با ناخالصی بیشتر، سیستم درز و شکاف کمتر و کم ضخامت تر، اشکال خطی و کارن ها بیشتر بوجود می آیند. علاوه بر جنس سنگ عامل اقلیم هم در توسعه آن ها نقش دارد. بطوری که اشکال کارستی در سنگ هایی که بارش بیشتری دریافت می کنند، به علت انجام بیشتر عمل انحلال بزرگتر هستند. شکل گرفتن ساختمان کوه ها به صورت کوه هایی با قله های صاف یا دیواره های پر شیب هم می تواند نقش موثری داشته باشد. راس قله ها در برخی سنگ های منطقه شرقی نظیر آهک بیستون بیشتر صاف است. وجود سطوح صاف که در قسمت های مرتفع منطقه بیشتر دیده می شود، باعث تشکیل پولیه ها، اوالاها و دولین ها می گردد، زیرا در سطوح صاف تر، آب فرصت بیشتری برای باقی ماندن و تاثیر بیشتر بر روی عمل انحلال دارد، در حالی که اگر قله ها با دامنه های پرشیب همراه باشند، آب سریع تر از منطقه خارج شده و انحلال کمتر صورت می گیرد.

نتیجه دیگری که از این تحقیق حاصل می شود این است که جنس سنگ شناسی آهک ها در ایجاد اشکال کارستی متفاوت نقش مهمی را ایفا می کند. مطالعه و بازدیدهای میدانی، ترسیم نقشه ژئومورفولوژی و مراجعه به نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و مطابقت آن با نقشه ژئومورفولوژی بوضوح تفاوت در لندفرم های کارستی ایجاد شده در هر نوع سنگ آهک را نشان می دهد. همانطور که نقشه ژئومورفولوژی و عکس های تهیه شده در بازدیدهای میدانی از منطقه نشان می دهد، اشکال کارستی بزرگ نظیر دولین ها، اوالاهای وسیع که از بهم پیوستن این دولین ها شکل گرفته اند و جاماها یی با قطر دهانه بسیار وسیع فقط در سنگ آهک بیستون ($K_3J\frac{b1}{2}$) شکل گرفته اند. این سنگ که مرتفع ترین قسمت کوه های بیستون و پراو از آن تشکیل شده است، دارای لایه بندی ضخیم بوده و کلیه واحدهای ژوراسیک پسین تا کرتاسه پسین را در بر می گیرد و به دلایل تکتونیکی یا پیوستگی یکنواخت ردیفهای کربناته، تفکیک واحدهای آن از هم مقدور نیست. به نظر می رسد خالص ترین آهک موجود در منطقه این سنگ آهک باشد و به علت قرار گیری در ارتفاعات نزولات جوی بیشتری را نیز دریافت می کند. اشکال خطی کارستی در این واحد سنگی محدود بوده و لندفرم های تحول یافته و توسعه یافته کارستی بیشتر در این سنگ شکل گرفته است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: پولیه و دولین ها در ارتفاعات پراو و بیستون (منبع: ملکی،۱۳۸۰)

سنگ آهک نیرتیکی و پلاژیکی حاوی سیلیس و گلسنگ از نمونه های دیگر سنگ آهک منطقه است که درز و شکاف بر سطح آن دیده نمی شود و مورفولوژی آن تفاوت بسیار واضحی را باسایر سنگ های آهکی دارد. نبود درز و شکاف در سطح آن شاید نشانه ای بر مقاومت کم این جنس در مقابل نیروهای درونی زمین باشد، چنان که بیشتر دره های شکل گرفته در منطقه منطبق بر این جنس می باشند. به عبارت دیگر به علت مقاوت کم، این سنگ بیشتر تحت تاثیر عوامل فرسایشی قرار گرفته و در جاهایی که دامنه های این جنس به دشت ها نزدیک می شود، دره ها شکل گرفته اند. این در حالی است که در نوع دیگری از سنگ های آهکی منطقه فقط اشکال خطی کارستی شکل گرفته اند، بدون اینکه اشکال دیگری نظیر دولین ها یا اوالاها در آن وجود داشته باشد. این سنگ ها مستعد تشکیل کارن ها بوده و عوارض خطی چون کارن دیواری یا گریک ها در آن ها شکل گرفته است. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، باید تاکید کرد که علاوه بر تاثیر ارتفاع و به تبع آن عامل اقلیم در تحول و ایجاد اشکال کارستی توسعه یافته، نوع جنس سنگ شناسی آهک ها هم می تواند در این امر دخیل باشد. در واقع هر سنگ آهک با ویژگی های مخصوص به خود باعث شکل گیری نوع بخصوصی از اشکال کارستی شده و خصوصیات سنگ آهک مثلا از نظر درجه خلوص یا مواد تشکیل دهنده و ضخامت و درز و شکاف ها، می تواند در میزان تحول این اشکال موثر باشد.

منابع

۱. جعفربیگلو، منصور، مقیمی، ابراهیم و فرشاد صفری، (۱۳۹۰)، استفاده از DEM در تحلیل مورفوتکتونیک فروچاله های کارستی توده پروآ- بیستون، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه اصفهان، سال ۲۲، شماره ۴، صص۱۸-۱.

۲. زنگنه اسدی، محمدعلی، غیور، حسنعلی، رامشت، محمدحسین، ولایتی، سعدا...، (۱۳۸۱)، چشم اندازهای کارستی حوضه اخملد و مدیریت محیطی آن، پژوهش های جغرافیایی، ۳۴(۴۲)،صص ۸۷-۱۰۱ .

۳. شوهانی، داوود،(۱۳۸۵)، پهنه بندی تحول کارست در استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی،صص۸۹-۱۰۱ .

۴. صفری، فرشاد،(۱۳۸۷)، مقایسه توسعه کارستی توده پرآو-بیستون و کوه نوا در استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.

۵. عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ استان کرمانشاه،(۱۳۷۵)، سازمان نقشه برداری کشور.

۶. عکس های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ استان کرمانشاه،(۱۳۷۲)، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

۷. غلامی راد، زهرا، (۱۳۸۶)، پهنه بندی تحول چشمه های کارستی استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی.

۸. قاسمی،اصغر،(۱۳۸۲)، بررسی نقش زمین ساخت در ژئومورفولوژی حوضه آبخیز سرآبله با تاکید بر اشکال کارست، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی، صص۴۶-۵۴.

۹. قدری، محمدرضا،(۱۳۸۲)، پژوهش های ژئومورفولوژی منطقه تخت سلیمان با تاکید بر ویژگی سنگ های آهکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

۱۰. کریمی، سمیه،(۱۳۸۷)، بررسی تطبیقی تحول ژئومورفولوژی آهک های کارستیک در منطقه کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

۱۱. محمودی، فرج اله، ملکی، امجد،(۱۳۸۰)، تحول کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی در ناهمواریهای بیستون-پروآ(کرمانشاه)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۰.

۱۲. مرادی، صمد، رضایی، محسن و جهانگیر پورهمت،(۱۳۸۹)، بررسی تأثیر عوامل مختلف در توسعه کارست پهنه های کارستی زاگرس ، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

۱۳. ملکی، امجد، شوهانی، داوود و محمود علایی طالقانی،(۱۳۸۸)، پهنه‌بندی تحول کارست دراستان کرمانشاه، فصلنامه برنامه ریزی و آمایش فضا دانشگاه تربیت مدرس، دوره سیزدهم، شماره ۱.

۱۴. نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰(۶ شیت) استان کرمانشاه،(۱۳۸۴)، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

۱۵. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه،(۱۳۸۳)، سازمان زمین شناسی کشور.

16. Andrej Kranjc, (2011), The Origin and evolution of the term "Karst" Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 19, Pages 567-570.

17. Chang-Cheng Liu, Yu-Guo Liu, Da-Yong Fan, Ke Guo,(2012), Plant drought tolerance assessment

for re-vegetation in heterogeneous karst landscapes of south western China, Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, Volume 207, Issue 1, Pages 30-38.
18. Ford, Derek and Williams, Paul (1989).Karst geomorphology and hydrology.london, unwinhuman.Ltd First Publish.
19. Hugget, Richard, (2007), Fundamental of geomorphology.p,136-170.
20. Jo De Waele, Lukas Plan, Philippe Audra , (2009), Recent developments in surface and subsurface karst geomorphology: An introduction Geomorphology, Volume 106, Issues 1–2, Pages 1-8.
21. Tao Peng, Shi-jie Wang , (2012), Effects of land use, land cover and rainfall regimes on the surface runoff and soil loss on karst slopes in southwest China , CATENA, Volume 90, Pages 53-62.