

\*محسن رضائی عارفی<sup>۱</sup>  
محمد علی زنگنه اسدی<sup>۲</sup>  
ابوالفضل بهنیافر<sup>۳</sup>  
محمد جوانبخت<sup>۴</sup>

## طبقه‌بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارن‌های حوضه آبریز کلات، شمال شرق ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

### چکیده

کارن به شیارها یا حفرات انحلالی کوچک و بزرگی گفته می‌شود که در سطوح سنگهای کربناهه به وجود می‌آیند. این شیارها به طور عمده منطبق بر درزهای سنگ می‌باشد. بدین منظور حوضه کوهستانی کلات واقع در شمال شرق ایران (استان خراسان رضوی) و در ارتفاعات کپه داغ انتخاب گردید. هدف از این پژوهش طبقه‌بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارنهای حوضه آبریز کلات واقع در خراسان رضوی با استفاده از روش فورد و ویلیامز (به کمک داده‌های ژئومتری) می‌باشد. در ابتدا به منظور مطالعه کارن‌ها در منطقه مورد مطالعه نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کلات، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلات، تصاویر ماهواره‌ای و عکسهای هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ به منظور تعیین سازندگان کربناهه که احتمال تشکیل این فرم در آنها وجود دارد مورد بررسی قرار گرفت، سپس در محیط نرم افزار GIS نقشه پراکندگی واحد‌های کربناهه تعیین گردید، سپس در مطالعات میدانی به کمک دستگاه GPS، کمپاس، متر، چکش اسمیت و دوربین دیجیتال انواع اشکال کارن بررسی و برداشت گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در جنوب حوضه در نزدیک روستای استیق سو فرم‌های وندکارن، پیت کارن، در شمال غرب حوضه در نزدیک روستای قره سو فرم‌های پیت چند وجهی، کارن حفره‌ای، ماندر کارن، ریلن کارن، ریپل کارن و کریدور کارستی و در شرق حوضه در نزدیک روستای حمام قلعه فرم‌های ماندرکارن و کارن حفره‌ای و در شمال شرق حوضه فرم‌های کارن حفره‌ای، ریلن کارن، کارن ماندر، میکرو ریلن کارن، ریپل کارن و چاهک کارن شناسایی گردید. مهمترین عوامل مؤثر در پیدایش کارنهای توسعه آنها در بخش‌های مختلف در این حوضه را فرایندهای هیدرولیکی آب بر روی دامنه‌های آهکی، نقش بیوکارست، ناخالصی سنگ آهک و ذوب برف تشکیل داده اند.

واژه‌گان کلیدی: طبقه‌بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی، کارن، حوضه آبریز کلات، ژئومورفومتری

## مقدمه

کارن یک واژه آلمانی است که در فرانسه معادل آن، لاپیه یا لاپیاز می‌باشد. از نظر تعریف، کارن به شیارها یا حفرات انحلالی کوچک و بزرگی گفته می‌شود که در سطوح سنگهای کربناته به وجود می‌آیند. این شیارها به طور عمده منطبق بر درزهای شکستگی سنگ هستند (Mahmoudi 2014, Trikar 1990, Chorly, 2003). این اشکال متنوع ترین لندفرمهای کارستی هستند (Rezaei Moghadam and Qadri, 2003: 122). کارنهای فراوان ترین و متنوع اشکال کارستی هستند که هم در مقیاس میکرو و هم در مقیاس ماکرو تشکیل می‌شوند. این پدیده بیشتر در سنگهای آهکی و دولومیتی دیده می‌شود (Pavlopoulos et al, 2009: 137).

لاپیه‌ها ممکن است در سطوح چینه بندی و درزهای غیرخطی توسعه یابند (Eshki and Tharvati, 2004: 13) و عواملی مانند اثر قطره‌های باران، انحلال ناشی از رواناب سطح سنگها در محل درزهای متقطع، تجمع لکه‌های خاکی و تبلور نمک و محیط تشکیل (Mostavi, 1989: 109; Smith, 1994: 86; Smith et al., 2000; Rodrigues et al., 1999) در تشکیل آنها نقش داشته‌اند. به طور کلی مهمترین عواملی که بر روی شکل کارن تأثیرمی‌گذارند شامل: شیب زمین، نوع پوشش که پوشش شامل برف، خاک، پوشش گیاهی مختلف نظیر جنگل، چمن و ... و نیز سنگ برهنه، مقدار، توزیع و نوع بارش (باران، برف)، آب و هوای منطقه، افزایش و یا کاهش دمای آب و لیتولوژی می‌باشند (Karimi Vardanjani, 2010: 80).

با افزایش ارتفاع ابعاد کارنهای بزرگتر و تعداد آنها فراوان تر می‌شود (Ghobadi, 2009: 77). از لحاظ مورفوولوژیکی، کارنهای غالب به صورت خطی و حفره‌ای در سطوح سنگهای کربناته به وجود می‌آیند.

در ارتباط با موضوع پژوهش حاضر، در خارج از کشور محققینی که در مورد کارست کارن به صورت کاملاً مجزا تحقیق کرند محدود بودند از جمله اولین تقسیم بندی مورفوولوژیکی از کارنهای توسط (Bogeli, 1961)، کارست ژئومورفوولوژیست آلمانی صورت گرفت. وی کارنهای را براساس ویژگیهای مورفوولوژیکی آنها به سه دسته اصلی تقسیم کرده است: الف) کارنهای پوشیده یا مدفون شده در زیر قشر خاک و پوشش گیاهی، ب) کارنهای نیمه پوشش یافته یا نیمه باز در زیر خاک و رسوبات آواری، ج) کارنهای سطوح سنگ برهنه (فاقد پوشش خاک و واریزه).

White (1988) کارنهای را بر اساس ژنز و مورفوولوژی آنها به چند گروه طبقه‌بندی کرده است. مهم ترین شاخص‌های در نظر گرفته شده در این طبقه‌بندی عبارتند از زاویه شیب دامنه ای که کارنهای روى آن تشکیل شده‌اند، نوع لیتوولوژی و ساختار سنگ، ضخامت پوشش خاک، برهنه بودن یا نبودن سنگ کربناته و رواناب ایجاد شده بر سنگ کارست. کارنهای بر اساس ابعادشان به این شرح تقسیم بندی می‌شوند (Gunns, 2013): الف) ماکروکارنهای با ابعاد حدود ۱ تا ۱۰ متر نظیر گرایکهای بزرگ، پیناکل‌ها و ... ب) مزوکارن: کارنهایی با ابعاد حدود ۱ سانتیمتر تا ۱ متر نظیر کارنهای شیاری، کله‌های انحلالی و ... ج) میکروکارنهای کارنهایی با ابعاد حدود ۱ میلیمتر تا ۱ سانتیمتر نانوکارن: کارنهایی با ابعاد کمتر از ۱ میلیمتر.

Lucas Plan et al (2011) در پژوهشی شکل جدیدی از کارنها با عنوان هوموکی کارن یا کارن پشته را در استرالیا با استفاده از روش‌های میدانی و آزمایشگاهی معرفی نمودند. Veress (2013)، در پژوهشی درجه تکامل یافتنگی کارنها را مورد بررسی قرار داد که در آن هر اندازه رواناب‌های سطحی و جریان‌های آبی روی دامنه‌ها و بستره‌های آهکی بیشتر شود، میزان تکامل یافتنگی کارن‌ها نیز افزایش یافته و ریزکارن‌های تشکیل شده به تدریج به ماکروکارن‌های خطی و حفره‌ای بزرگ تبدیل می‌شوند. در زمینه کارن در ایران تحقیقات بسیار اندکی صورت گرفته است. Zanganeh asadi and et al (2002) در مقاله خود با عنوان چشم اندازهای کارستی حوضه اخلمد و مدیریت محیطی آن با استفاده از روش‌های توصیفی و تجربی ضمن تحلیل اشکال کارستی، کارنها را به انواع ریلن کارن، کلوفت کارن و کارن بارانی دسته بندی نمودند و این پدیده‌ها را مکانهای مناسبی برای نفوذ آبهای سطحی معرفی کردند. RezaeiMoghadam and Qadri (2003) کارن‌ها را در منطقه تخت سلیمان با استفاده از روش‌های توصیفی و تجربی مطالعه نمودند و گسلها، عوامل اقلیمی، انحلال اولیه و سطحی سنگهای تراورتن را عامل تشکیل کارنها دانستند. Behniafar et al (2009) ویژگیهای ژئومورفیک توده کارستی اخلمد در دامنه‌های شمالی بینالود با استفاده از روش‌های توصیفی، تجربی و ژئومتری مطالعه نموده و اشکال ماکروژئومورفولوژی و میکروژئومورفولوژی را طبقه بندی نمودند و نتایج تحقیق نشان داد که شناسایی لندفرمهای کارستی می‌تواند در مدیریت سرزمین در یک منطقه بسیار حائز اهمیت باشد. Jabari and Shirzadi (2010) در پژوهشی، تأثیر خزه‌ها بر ایجاد و توسعه لایه‌های حفره‌ای در سنگهای کربناته را با استفاده از دستگاه کولیس مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که بین ابعاد خزه‌ها و ابعاد حفره‌های سنگی زیر آنها، همبستگی معناداری وجود دارد.

بسیاری از مناطق و شهرها به منابع آب کارست وابسته هستند همین امر موجب شده تا به شناسایی و پنهانه بندی مناطق کارستیک پرداخته شود (Safari et al, 2018: 96). با توجه به اینکه طبق آخرین تحقیقات صورت گرفته حدود ۱۳ درصد مساحت ایران را سازندهای کربناته تشکیل می‌دهند که حدود ۸ درصد از منابع آب ایران از این منابع استخراج می‌گردد که در تأمین آب شرب کشور نقش بسیار مهمی دارند (Behniafar and Qanbarzadeh, 2016: 16) و با عنایت به اینکه منابع آب ایران بخصوص در نیمه شرقی شرایط مناسبی ندارند و از طرفی تابحال در شناسایی لندفرمهای کارستی از کارنها کمتر استفاده شده است، بنابراین هدف از پژوهش حاضر طبقه بندی ژئومورفولوژیکی و ژنتیکی کارنها براساس روش Ford and Williams (2017) در حوضه کوهستانی کلات در شمال شرق ایران با استفاده از تکنیکهای میدانی (ژئومورفومتری و نقشه برداری کارنها) می‌باشد. که می‌تواند به مدیران سرزمین در خصوص مدیریت منابع آب کمک شایایی داشته باشد زیرا این اشکال هدایت کننده آب‌های سطحی به زیرزمین می‌باشند و از طرفی این اشکال کارستی می‌توانند زمینه قطب گردشگری را در منطقه فراهم آورند.

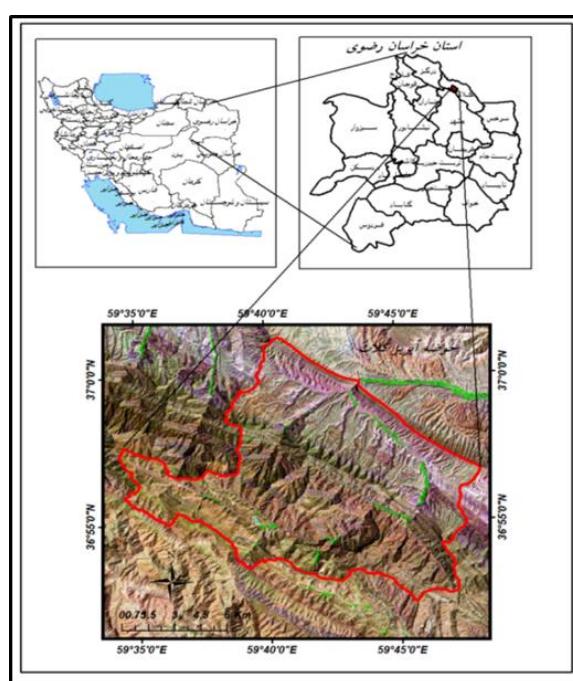
#### موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، حوضه آبریز کلات در زون کوه داغ می‌باشد که در ارتفاعات هزار مسجد و شمال شرق کشور واقع شده است. این حوضه با وسعت ۱۶۷/۳۷ کیلومترمربع در ۱۴۵ کیلومتری شمال شهر مشهد و در استان

خراسان رضوی قرار گرفته. از نظر موقع ریاضی بین ۵۹ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مهم‌ترین راه‌های دسترسی به این حوضه از مسیر مشهد به کلات، درگز به کلات و سرخس به کلات می‌باشد (شکل ۱).

براساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، آب و هوای این حوضه نیمه خشک می‌باشد. متوسط دمای سالیانه منطقه برابر با ۱۶/۴۹ درجه سانتیگراد و متوسط بارش سالیانه حوضه برابر با ۳۱۴ میلیمتر می‌باشد. کمترین دمای متوسط ماهانه منطقه مربوط به دی ماه برابر با ۳/۵۴ درجه سانتی گراد و بیشترین دمای متوسط ماهانه مربوط به ماه تیر برابر با ۲۸/۱۹ درجه سانتی گراد می‌باشد. همچنین کمترین میانگین حداقل دما مربوط به دی ماه برابر با ۰/۴ درجه سانتی گراد و میانگین حداکثر دمای ثبت شده برابر با ۳۴/۲ درجه سانتی گراد مربوط به تیر ماه می‌باشد. کاهش دما در منطقه از اوایل پاییز شروع شده و با آغاز بهار و فروردین دوباره دمای هوا روند افزایشی پیدا می‌کند.

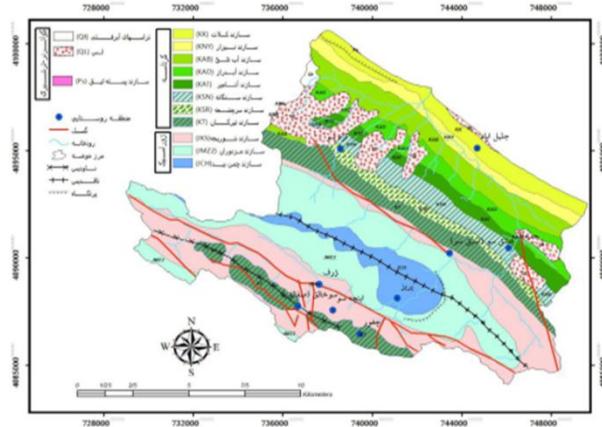
واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از رسوبات اوایل دوران دوم، سوم و چهارم تشکیل شده‌اند. در اوایل کرتاسه پیش روی دریا در کوه داغ صورت می‌گیرد و در اواخر کرتاسه زیرین به اوج خود می‌رسد و سپس پسروی آغاز می‌شود. این پیش روی و پسرویها، سنگ بنای سازندهای کربناته منطقه را تشکیل می‌دهد و فعالیت تکتونیکی بعدی گسلها را ایجاد و ادامه این فعالیت‌ها منجر به وجود آمدن چین خورده‌گیها به صورت آنتی کلینال و سنکلینال در منطقه می‌شود. قدیمی‌ترین رخنمونهای این واحدها به دوره ژوراسیک مربوط می‌شود (سازند چمن بید) و وسیع‌ترین گسترش رخنمونها متعلق به سازندهای مزدوران و شوریجه می‌باشد (Aghanabati, 2003).



شکل ۱ - نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1 - Location map of the study area

سازندهای آهکی عمده حوضه مورد مطالعه شامل مزدوران، تیرگان، کلات و چمن بید می باشد که به ترتیب میزان اتحال در آنها کاهش می یابد (Rezaei et al, 2020: 68). این حوضه با وسعت ۱۶۸.۳۷ کیلومترمربع در ۴۴.۱۶ کیلومتری شمال شهر مشهد و در استان خراسان رضوی قرار گرفته است می باشد که بیش از ۲۵ درصد (۴۴.۱۶ کیلومترمربع) از مساحت آن را سازندهای کارستی به خود اختصاص می دهد (Rezaei et al, 2021: 66). (شکل ۲).



## روش مطالعه

به منظور طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضه آبریز کلات، پس از مرزبندی حوضه، با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلات، بازدیدهای میدانی و عکسهای هوایی، مناطق مستعد کارستی شدن در حوضه مشخص گردید. این موضوع با بررسی جنس سازندها و میزان گستردگی آنها و نیز مطالعه انواع گسلها و تاثیر گسلها در شکل گیری کارنهای در منطقه انجام شد. با استفاده از نرم افزار GIS نقشه‌های حوضه ترسیم گردید. سپس جهت شناسایی کارنهای طی بازدیدهای میدانی در چندین نوبت، با استفاده از دستگاه GPS، کمپاس، متر و شیب سنج، کارنهای شمال، شمال‌شرق، شرق، جنوب، جنوب‌غرب و غرب حوضه ژئومتری گردید. روش تحقیق به صورت تجربی و آزمایشگاهی بوده است که با استفاده از روش طبقه‌بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارنهای در حوضه مورد مطالعه طبق طبقه‌بندی فورد و ویلیامز کارنهای شناسایی و طبقه‌بندی گردید (جدول ۲).

جدول ۲- طبقه‌بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارنهای در قلمروهای کارستی از نظر فورد و ویلیامز (۲۰۱۷)

Table 2-Genetic and morphological classification of karren in the karst regions ( Ford and Williams 2017)

گروه‌ها و نوع کارن	مشخصات مورفولوژیکی و ژئومورفومتریک
کارن‌های حفره‌ای و تشکی در سنگ برخنه	میکرو‌حفرات اتحالی، گاهی به صورت کندونی ریز با عرض و ابعاد کمتر از یک سانتی‌متر. حفرات تخم مرغی شکل و مدور با اشکال بی‌قاعده که کف صاف و صیقلی دارند و قطرشان بیش از یک سانتی‌متر است. حفرات تشکی مانند بیضوی، گرد یا مورفولوژی بی‌قاعده که کف صاف و صیقلی دارند و قطرشان بیش از یک سانتی‌متر است تریت کارن‌ها یا کارن چاله‌ها با دیواره‌های پرشیب، کف هموار و صاف که به طور عمده در پایین دامنه به وجود می‌آید. قطر آنها بین ۳۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. شافت کارن‌ها یا چاهک کارن‌ها که از کف به مادر غارها یا غارهای اولیه باز می‌شوند. این کارن‌ها با زهکشی آب در غاررودها مرتبط هستند.
کارن‌های خطی با عملکرد درز و ترکی	میکروشیار درزه‌ها با ابعاد کوچک و عمق کمتر از یک سانتی‌متر و طول چند سانتی‌متر که به طور عمومی منطبق بر مسیر درزه‌های سنگ یا فرورفتگی‌های کوچک می‌باشد. کارن‌های شکافی یا اسپیلیت کارن‌ها که در مسیر جوینت‌ها، استی‌لولیت‌ها به وجود آمده و عمقی حدود چند متر دارند.
کارن‌های خطی با عملکرد درز و ترکی	کارن‌نهرها یا کلوفت کارن‌ها، نهرهای اتحالی و شیارهای بزرگ و عرضی اتحالی که مسلط بر شکافهای بزرگ و شکستگی‌ها هستند. گاهی در مسیر گسله‌ها بوجود آمده و بین ۱۰ تا ۲۰ متر طول دارند. اگر سنگ آهک توسط این نهرهای اتحالی به صورت پلیگون‌های شطرنجی مانند درآیند، به آنها سفره کارنی گفته می‌شود که توسط کلیت و گریک مشخص می‌شوند. کلینت به معنی صفحه‌یا صفحات آهکی و گریک به معنی شکاف سنگی است. مقیاس فضایی گریکها از حد دالان‌های بزرگ تا حد عرض یک خیابان بزرگ متفاوت است. میکرو‌شیارهای اتحالی (میکروریلن‌ها) با عرض حدود یک میلی‌متر که در اثر جریانهای باریک آب و یا نیروی آب تقلیل زیاد به وجود می‌آیند.
کارن‌های خطی با عملکرد هیدرودینامیکی رواناب‌ها	کارن‌های با عملکرد آب تقلیل ریلن کارن‌ها (شیار کارنهای موازی)، آب گذرها و نهرهای اتحالی با مورفولوژی شیاردار هستند که عرض بین ۱ تا ۳ سانتی‌متر داشته و در بخش پایین دامنه تا بالادست دامنه به صورت شیارهای اتحالی موازی تشکیل می‌شوند. رونل کارن‌ها یا کارن مجراهای اتحالی که شبیه آبراهه‌های هورتونی بوده و در زیر خاک کمی صاف هستند. عرض آنها بین ۳ تا ۳۰ سانتی‌متر و طولشان ۱ تا ۱۰ متر با مورفولوژی خطی می‌باشد. کارن مجراهای بالای دامنه، شیارهای اتحالی در بخش بالای دامنه هستند که کانون تجمع و ذخیره آب می‌باشد. طول آنها تا ۱۰۰ متر می‌باشد و مهم ترین آنها کارن ماندرها و وندکارن‌ها می‌باشند. فلولت کارن‌ها نوعی شیارهای اتحالی فلولت مانند در بالادست دامنه هاست که بین ۱ تا ۵۰ سانتی‌متر عرض دارند و مقطع آنها مانند فلولت یا آبراهه‌ای است. ریبل کارنهای اتحالی، شیارهای کانال مانند با جهت مستقیم تا پیچ و خم دار در سنگهای برخنه آهکی.

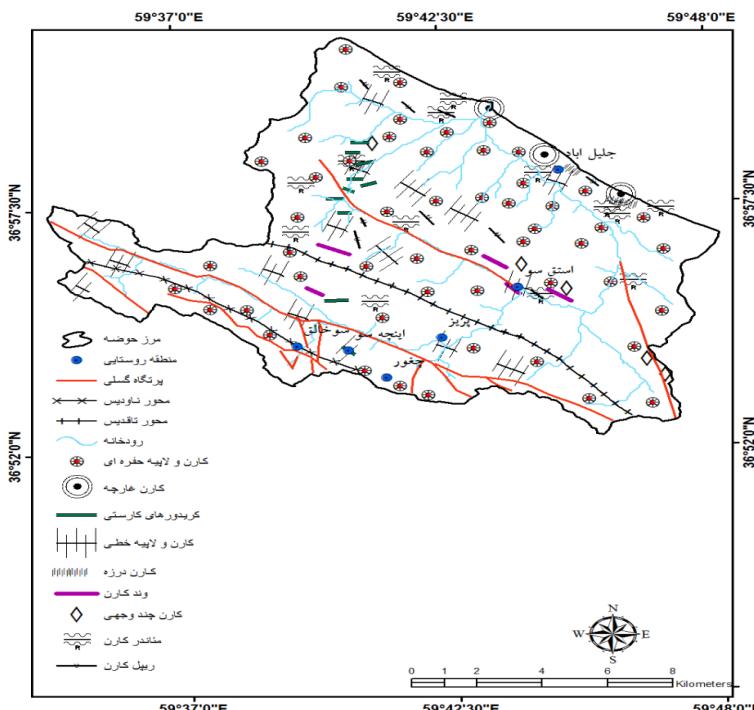
## طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارن های حوضه آبریز کلات، شمال شرق ایران...

جویبارها و نهرهای اتحادی مرکب(همراه با چاله های حفره ای و تشتکی) که گاهی در زیر خاکهای کارستهای برجی تشکیل می شوند.	
کارن پنهان(سفره لایپه)، مجموعه ای از درز و ترکها و شکستگی های سنگی که عملکرد آب در داخل آنها موجب فراخ شدن آنها شده و صفحات آهکی(کلینت) همراه با شیار درزه هایی(گریک ها) هستند. در چنین نواحی پلیگونهای آهکی به صورت گریک و کلینت در می آید. شکافها یا گریکها موجب اشکال صفحه ای در آهک به نام کلینت یا قطعات آهکی می شوند.	اشکال پلی ژنیک
پیناکل های کارستی که به صورت هرمی یا مخروطی بوده و ستون های آهکی بلندی بر جای میمانند. این ستون های کله قندی یا پیناکل ها ممکن است در زیر خاک یا اریزه قرار گیرند.	
جنگل های سنگی: نوعی ستون های سنگی بریده شده که به صورت عمودی و مانند تنه ی درختان بر جای میمانند و ریخت جنگل دارند. ارتفاع این ستون های سنگی تا ۴۵ متر و عرض آنها به ۲۰ متر میرسد. این جنگل های سنگی در کشور چین وسعت زیادی دارند.	
آوار کارست ها یا تخریبی که با کلینت ها و گریکهای زیادی همراه بوده و دارای بقایای اریزه های زیادی است.	
کارست کریدوری، در این قلمروها، گریکها یا شکافهای کارستی به عرض چندین متر تشکیل می شوند و شکل یک راهرو با طول چند کیلومتر را به خود میگیرند. این کریدورهای طویل به طور عمومی در محل گریکها به وجود می آیند.	
کارنهای ساحلی که بر اثر هجوم آب دریا و امواج ساحلی و یا عملکرد بیولوژیکی جانوران تشکیل می شوند، به طوری که حفرات و تشتک هایی در آهک های ساحلی تشکیل می شود و در شرایط مطلوب قطر این تشتک های ساحلی به بیش از ۱ متر میرسد.	

### نتایج و بحث

#### شناسایی و طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارنهای منطقه مورد مطالعه

لازمه طبقه بندی اشکال کارستی شناسایی آنها می باشد که با استفاده از روشها و تکنیکهای میدانی و نقشه های زمین شناسی جهت شناسایی سازندهای کربناته انجام می شود. بازدید های میدانی نشان داد که متنوع ترین و بیشترین اشکال کارستی موجود در این حوضه مربوط به کارنهای می باشد. کارنهای در سازند های کلات، تیرگان و سرچشمہ گسترش یافته اند که شامل: ریلن کارنهای، ماندر کارنهای، کارنهای حفره ای (پیت ها)، ریپل کارن، میکروریلن کارن، کارن غارچه و کارن پنهان می باشد (جدول ۳) و (شکل ۳).



شکل ۳ - نقشه پراکندگی کارنهای در حوضه آبریز کلات

Figure 3- distribution map of the Karrens in Kalat basin

جدول: ژئومتری کارنها بر روی سازند کلات

Table 3: karrens geometry on the kalat formation

ردیف	نام منطقه	نوع کارن	طول	عرض	عمق	ارتفاع
۱	شمال شرق حوضه	کارن حفره ای (پیت)	۱۸ CM	۱۵ CM	۱۲ CM	۹۱۰ M
۲	شمال شرق حوضه	ریلن کارن	۲۰ CM	۳ CM	۲ CM	۹۱۵ M
۳	شمال شرق حوضه	میکرو ریلن کارن	۷۵ CM	۱ MM	۰/۵ MM	۹۰۹ M
۴	شمال شرق حوضه	کارن ماندر	۱۳۵ CM	۱ CM	۰/۷ MM	۹۰۹ M
۵	شمال شرق حوضه	ریل کارن	۱۳۵ CM	۰/۵ CM	۰/۳ MM	۹۰۸ M
۶	شمال شرق حوضه	کارن غارچه	۱۳۰ CM	۱۱۰ CM	۶۰ CM	۹۰۹ M
۷	شمال شرق حوضه	روونل کارن (کارن مجرای انحلالی)	۸۰ CM	۶ CM	۳ CM	۹۱۰ M
۸	شمال غرب حوضه	کارن حفره ای (پیت)	۰/۴ CM	۱ CM	۰/۲ CM	۱۲۰۰ M
۹	شمال غرب حوضه	ریلن کارن	۹۱ CM	۳ MM	۲ MM	۱۱۹۳ M
۱۰	شمال غرب حوضه	کریدور کارستی	۳۰۰ M	۵/۲۳ M	۲/۵ M	۱۱۸۹ M
۱۱	شمال غرب حوضه	کارن ماندر	۱۱۰ CM	۳/۵ CM	۱ CM	۱۲۱۰ M
۱۲	شمال غرب حوضه	ریل کارن	۴۲ CM	۱/۵ CM	۱ CM	۱۴۰۰ M
۱۳	شمال غرب حوضه	راین کارن	۱۳۰ CM	۱ MM	۰/۵ MM	۱۲۸۰ M
۱۴	شمال غرب حوضه	کارن کندوئی	۲۰ CM	۱۰ CM	۴ CM	۱۲۵۰ M
۱۵	شمال غرب حوضه	کارن شیاری	۵۰ CM	۶ CM	۳/۵ CM	۱۴۵۰ M
۱۶	استیق سو(جنوب حوضه)	وند کارن	۳ M	۵ CM	۴ CM	-
۱۷	استیق سو(جنوب حوضه)	پیت کارن گرد	-	۱۰/۵ CM	۳ CM	-
۱۸	قره سو	پیت چند و چهی	-	۱۵ CM	۵ CM	-
۱۹	قره سو	کارن کندوئی	-	۰/۷ CM	۰/۳ CM	-
۲۰	قره سو	کارن ماندر	۶/۵ M	-	۲ CM	-
۲۱	حمام قلعه	کارن ماندر	۱۱/۵ M	-	۰/۵ MM	-
۲۲	قره سو به طرف غرب حوضه	ریلن کارن ها	۸ M	۸ CM	۵ CM	-
۲۳	غرب حوضه	پیت کارن کف دره ها	-	۸ CM	۱۲ CM	-
۲۴	شمال غرب حوضه	میکرو حفرات انحلالی	-	۱ CM	۴ MM	۱۲۵۰

با توجه به داده های بدست آمده و بر اساس طبقه بندی صورت گرفته توسط فورد و ویلیامز کارن های حوضه کلات به شرح ذیل می باشند:

**الف- گروه اول کارن های حفره ای و تشتکی در سنگ بر亨ه:** گروه اول، کارن هایی هستند که بر روی سطوح سنگ بر亨ه به وجود می آیند. این نوع کارن ها در اثر ویژگی های سنگ شناختی و عملکرد انحلالی آب به وجود می آیند و در هر جایی از سطوح سنگ آهکی که امکان تجمع آب باشد مانند محل درز و ترکهای سنگ بوجود می آید توسعه می یابند. لذا مهم ترین فرآیند تشکیل دهنده این کارن ها، وجود درز و ترک در سنگ می باشد. گاهی قطرات درشت باران به سطوح سنگ بر亨ه برخورد کرده و موجب ایجاد حفرات اولیه در سنگ شده که کارن های انحلالی را بوجود می آورند. (Veress, 2018).

انواع این گروه کارن ها که در حوضه مورد مطالعه به وجود آمده اند عبارتند از:

۱) میکرولاپیه ها یا میکرو حفرات انحلالی<sup>۵</sup>: این گروه از کارن ها معمولاً به اشکال دوایر بی قاعده، حفره های مدور، بیضی شکل و تخم مرغی هستند. اگر قطرشان کمتر از یک سانتی متر باشد، به آنها میکروكارن حفره ای اطلاق می گردد. از نظر ژنر این کارنها در اثر انحلال ناشی از عملکرد قطره باران ایجاد می گردد (Veress, 2016) در منطقه اکثرا میکرو حفرات انحلالی عرضی در حدود ۱ سانتیمتر و قطر ۴ میلیمتر را دارا می باشد (شکل ۶-الف).

۲) کارن های کندوئی (پیت): اگر ابعاد کارن های حفره ای از یک سانتی متر بیشتر باشد، آنها را ماکروكارن حفره ای می گویند. از مشخصات بارز کارن های حفره ای یا پیت ها، گرد بودن کفة آنها است که در اشکال مختلف دایره ای، حفرات بی قاعده، بیضی شکل و تشتکی در سطوح سنگ های کربناته به وجود می آیند. قطر اغلب این حفرات کمتر از یک متر بوده و به ندرت قطری بیشتر از ۲ متر دارند که اکثرا شامل اشکال تشتکی می باشند. کارن های حفره ای روی دامنه های کارستی به دو صورت منفرد و مجتمع قابل مشاهده هستند. منشأ تشکیل آنها مرتبط با تبخیر آب از حفرات و یا محل درزه هایی است که آب باران و برف در آن تجمع یافته است (Zeber and Stipsnik, 2015). این کارنها بیشتر در شمال شرق حوضه بر روی سازند کلات برداشت گردیدند که دارای عرض ۱۵ سانتیمتر و قطر ۱۰ سانتیمتر می باشد (شکل ۶-ب).

۳) شافت کارنها یا چاهک کارنها<sup>۶</sup>: این اشکال از کف به مادر غارها یا غارهای اولیه باز می شوند. این کارنها با زهکشی آب در غار رودها مرتبط هستند. شافت کارن ها یا کارن های چاهکی در واقع غارچه های عمودی کم عمقی هستند که زهکش کننده آب به این کارست می باشند (Veress, 2018). در منطقه مورد مطالعه از نظر ژنر این نوع کارن ها عموماً در محل شکستگی های عمیق و صفحات لایه بندی به وجود می آیند. زئومتری آنها نشان می دهد که عمقی بین چند سانتی متر تا حداقل ۳ متر دارند. مقطع آنها دایره ای یا بیضوی می باشد. منشأ شافت کارن ها در ارتباط با مادر غارها می باشد. بسیاری از گریک ها توسط شافت کارن ها به درون این کارست راه می یابند (شکل ۶-ج).

۴) کارن های سه وجهی (تریت کارن ها)<sup>۷</sup>: گروهی از کارن های حفره ای به صورت سنگ چاله های سه وجهی یا چند وجهی تشکیل می شوند که آنها را کارن های چند وجهی یا تریت کارن می نامند. حتی ممکن است کارن های حفره ای در اثر توسعه یافتنی عملکرد انحلالی به شکل تشتکی با کفة صاف روى دامنه ها به وجود آیند. منشأ این کارن های تشتکی عمدتاً تمرکز جریان آب در یک نقطه از سنگ یا ذوب برف و یخ می باشد (Veress, 2018). در منطقه مورد مطالعه این نوع کارن های تشتکی به طرف بالای دامنه گسترش یافته و عمیق تر می شوند. تریت کارن ها معمولاً حالت چند گوشه ای یا چند وجهی دارند و بر اثر عملکرد هیدرولیکی بر سطوح سنگ کربناته تشکیل می شوند. طبق مطالعات میدانی، عرض کارنها سه وجهی ۳ سانتیمتر و عمق آنها ۱ سانتیمتر می باشد (شکل ۶-د).

ب) گروه دوم، کارن های خطی

<sup>5</sup>-Micro Pit

<sup>6</sup>-Shaft Karren

<sup>7</sup>-Tritt Karren

این گروه با منشأ درزه شدگی سنگ‌ها و یا شکستگی‌های تکتونیکی در سنگ کارست ارتباط دارند، به طوری که آب در محل درزه‌ها و جوینت‌ها وارد شده و موجب توسعه آنها می‌شود (Veress, 2018). از این گروه کارن‌ها فقط میکروکارن‌های خطی یا درزه‌ای در حوضه مورد مطالعه مشاهده گردید.

۱- میکروکارن‌های خطی یا درزه‌ای<sup>۸</sup>: میکرو شیار درزه‌ها از نظر ژئز تحت تاثیر فعالیت آبهای جاری بر روی کربناته ای وجود می‌آیند. این اشکال با ابعاد کوچک و عمق کمتر از یک سانتی‌متر و طول چند سانتی‌متر به طور کلی محل توسعه این فرم می‌باشند. این میکرو کارن معمولاً دارای عرض ۱ سانتی‌متر و عمق ۰/۵ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۶-ر).

#### ج) سومین گروه از کارن‌ها، کارن‌های خطی با منشأ هیدرودینامیکی

از آنجائیکه نقش اصلی در تشکیل این گروه از کارن‌ها، فعالیت‌های آب‌های جاری بر روی سنگ‌های کربناته، تبخیری‌ها و سیلیکات‌های می‌باشد به کارن‌های هیدرودینامیکی معروفند. هنگامی که آب‌های جوی بر روی سطوح سنگ جاری شوند، در اثر عملکرد انحلالی و فرآیندهای ژئوشیمیایی، انواعی از این گروه کارن به وجود می‌آید. کارن‌های با عملکرد جریان‌های آبی از تنوع مورفولوژیکی زیادی برخوردار بوده زیرا می‌توانند بر اثر جریان‌های ورقه‌ای آب یا عملکرد قطره باران بر سطوح سنگ و یا در اثر جریان‌های نهری آب به وجود می‌آیند (Verse, 2018). در این نوع از کارن‌ها، عملکرد انحلالی غالب می‌باشد و در حوضه مورد مطالعه از لحاظ مورفولوژیکی به شش نوع تقسیم می‌شوند که عبارتند از: میکرو شیارهای هیدرودینامیکی، ریلن کارن‌ها، وند کارن‌ها، ماندرکارن‌ها، رونل کارن‌ها و ریپل کارن‌ها

۱) میکروشیارهای<sup>۹</sup> هیدرودینامیکی: میکروشیارهای انحلالی با عرض حدود یک میلی‌متر در اثر جریانهای باریک آب و یا نیروی آب ثقلی زیاد به وجود می‌آیند. اکثرا این نوع کارن بر روی سازند تیرگان در شمال غرب حوضه توسعه یافته‌اند (شکل ۷-الف).

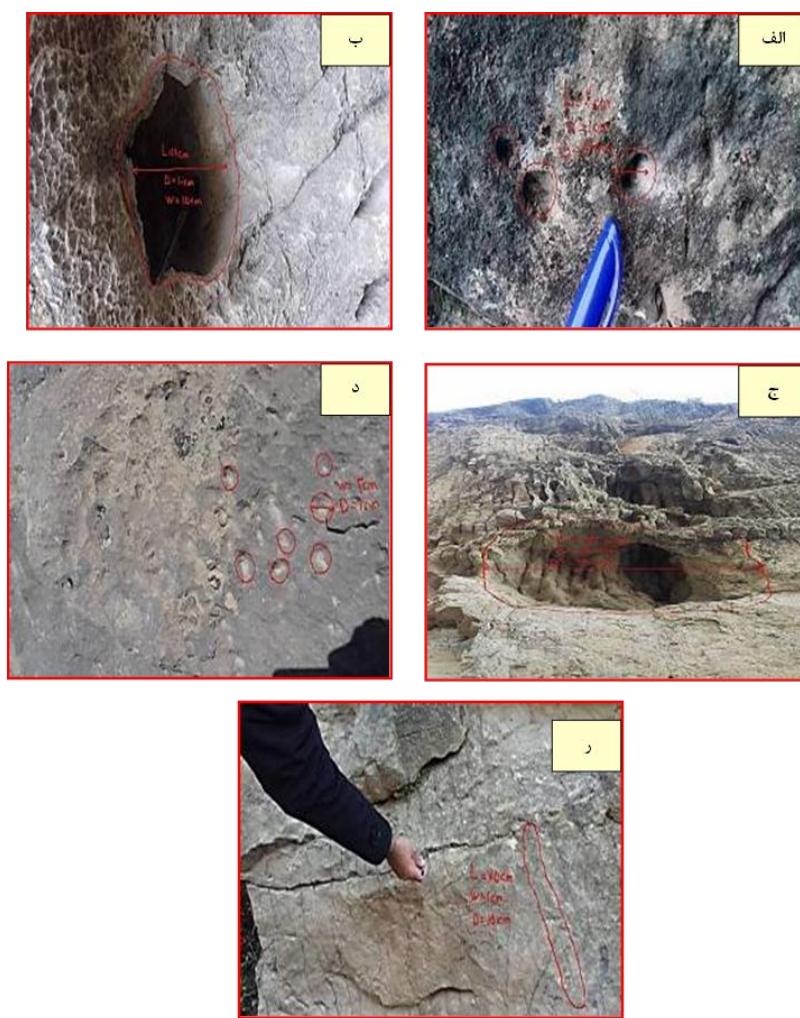
۲) ریلن کارن یا کارن شیاری<sup>۱۰</sup>: ریلن کارن‌ها یا کارن‌های شیاری به صورت مجموعه‌ای از شیارهای موازی در اثر انحلال سنگ کارست به وجود می‌آیند (Zeber and Stepnik, 2015). در منطقه مورد مطالعه مورفولوژی آنها به صورت شیارهای لوله‌ای و درجهت شبیه دامنه می‌باشد. همچنان که جریان آب از بالادست دامنه به طرف پایین حرکت می‌کند، انحلال در مسیر خطی آب تشدید شده و این شیارهای موازی را به وجود می‌آورد. این شیارها در بالای دامنه شبیه شبکه‌های درختی هستند که در اثر رواناب‌های سطحی ایجاد می‌شوند. طول ریلن کارن‌ها از چند دسی‌متر تا چندین متر بوده و مقطع عرضی آنها اغلب V شکل، سهمی شکل و قوس دار می‌باشد. ریلن کارن‌ها از لبه بالایی دامنه‌های سنگی بر اثر جریان آب شروع شده و به طرف پایین دامنه سنگی تداوم می‌یابند. این شیارها معمولاً به موازات هم تشکیل می‌شوند و تراکم زیادی دارند. این نوع میکرو کارن در شمال شرق حوضه که بیشتر توسعه دارد اکثرا دارای عرض ۳ سانتی‌متر و قطر ۱/۵ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۷-ب).

<sup>8</sup>Micro – Joints Karren

<sup>9</sup>Micro Rills

<sup>10</sup>Rillen Karren

۳) رونل کارن ها یا فلوتینگ: اشکال دیگری از کارن های گروه هیدرودینامیکی هستند که منشأ آنها جریان های آبی و عملکرد اتحالی است. فلوتینگ ها بر اثر پایداری جریان های آبی در شبیب دامنه ها به وجود می آید. به طوری که آب بر اثر فرآیند اتحالی، مسیرهای عمیق و عریض را در سنگ ها ایجاد می کند. مقطع عرضی این کارن ها به صورت لوله ای یا فلوت مانند است (Veress, 2018). در منطقه مورد مطالعه این نوع کارن، آبراهه های اتحالی کم عمقی هستند که معمولاً در امتداد درزه های سطحی سنگ و یا صفحات لایه بندی به وجود می آیند. این نوع کارن ها گاهی در شبیب های زیاد هم مشاهده می شوند. عرض آنها بین ۵ تا ۲۵ سانتی متر و طول شان تا ۳۰ متر می رسد. این نوع کارن بیشتر در شمال شرق حوضه و بر روی سازند کلات گسترش یافته است (شکل ۷-ج).



شکل ۴: اشكال کارن های حفره ای و خطی در حوضه کلات، (الف) میکرو خدرات اتحالی در سازند تیرگان، شمال غرب حوضه، (ب) کارن حفره ای در شمال شرق حوضه بر روی سازند کارستی کلات، (ج) کارن غارچه در شمال شرق حوضه، (د) کارن های سه وجهی در شرق حوضه بر روی سازند تیرگان، (ر) درزه و میکرو شیار درزه بر روی سازند کارستی کلات

Figure 4: Forms of hollow and linear karns in the Kalat basin, a) dissolution micro-holes in the Tirkhan formation, northwest of the basin, b) hollow karns in the northeast of the basin on the Kalat karst formation, c) Gharche karns in the northeast of the basin , d) three-sided karns in the east of the basin on the Tirkhan formation, r) joint and micro-groove on the Kalat karst formation

۴) وندکارن‌ها یا کارن راهروها<sup>۱۱</sup> از اشکال دیگر کارن‌های با منشأ هیدرودینامیکی هستند و معمولاً در نواحی ای که آب ذخیره شود و تمرکز آن در سطوح سنگ کربناته زیاد باشد، شکل می‌گیرند. مانند؛ تمرکز آب در پای ریشه درختان یا محل تجمع خزه‌ها. به تدریج بر اثر توسعه فرآیند انحلالی عرض و عمق این راهروهای انحلالی بیشتر می‌شود. بنابراین نقطه شروع وندکارن‌ها از یک چاله یا محل تجمع آب خواهد بود و سپس آب در مسیر خطی جریان می‌یابد و راهروهای انحلالی را به وجود می‌آورد. (Jabari and Shirzadi, 2011).

در منطقه مورد مطالعه عمق و عرض برخی از وندکارن‌ها بین ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و طول شان تا ۱۰۰ متر می‌رسد. هر اندازه درجه خلوص سنگ کربناته بیشتر باشد، تعداد این کارن‌ها در سطوح سنگ بیشتر خواهد بود. در صورتی که بافت سنگ کربناته ناهمگن باشد، ترکیبی از انواع کارن‌های خطی و حفره‌ای در آن تشکیل می‌شوند. تغییر مورفولوژی کارن‌ها مربوط به ناهمگن بودن بافت سنگ، متفاوت بودن عملکرد شیمیایی- انحلالی، ترکیبات کانی شناختی، اندازه دانه‌های سنگ آهک و عملکرد هیدرولیکی آب می‌باشد (Veress, 2018). در حوضه مورد مطالعه در جنوب حوضه در استیق سو این فرم توسعه بیشتری یافته است (شکل ۷-د).

۵) کارن ماندری یا مارپیچی<sup>۱۲</sup>: این کارن‌ها توسط آبراهه‌های روی سنگ بستر با پیچ و خم‌های زیاد به وجود می‌آیند. از نظر ژئو، این نوع کارن‌ها بر اثر جریان یافتن آب و عملکرد هیدرودینامیکی در سطوح دامنه‌ها به وجود می‌آیند و دو عامل توپوگرافی سطح و ناخالصی سنگ در تشکیل آنها مؤثر است (Veress, 2018). کارن ماندرها در دامنه‌های کم شیب آهکی (کمتر از ۱۰ درجه) به وجود می‌آیند و مورفولوژی آنها سینوسی شکل و مارپیچی است در منطقه مورد مطالعه دو نوع کارن ماندر برداشت گردید. کارن ماندر اول مربوط به شمال غرب حوضه بر روی آهک تیرگان قرار گرفته که طول ۱۸۰ سانتی‌متر، عرض  $\frac{3}{5}$  سانتی‌متر و عمق ۱ سانتی‌متر را دار می‌باشد (شکل ۶-ر)، و نوع دوم در شمال شرق حوضه بر روی آهک کلات قرار گرفته که طول ۱۳۵ سانتی‌متر، عرض ۱ سانتی‌متر و عمق ۰/۷ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۷-ن).

۶) ریپل کارن یا کارن موجی<sup>۱۳</sup>: این نوع کارن‌ها بیشتر در کارست‌های کوهستانی به وجود می‌آیند. ژئو این نوع کارن‌ها مربوط به خاصیت آب موئینه‌ای سنگ و ناخالصی‌های آن است. (Rezai Moghadam et al., 2003). در منطقه مورد مطالعه عمق این کارن‌ها کم است و معمولاً در امتداد سطوح لایه بندی سنگ به وجود می‌آیند دیواره این نوع کارن‌ها پُرشیب بوده و عمق شان از چند سانتی‌متر تا چند دسی‌متر و قطرشان حدود چند سانتی‌متر است. مورفولوژی بسیاری از ریپل کارن‌ها بی قاعده و نامنظم است و چون به شکل انگشت دست توسعه می‌یابند گاهی به آنها کارن‌های انگشتی نیز گفته می‌شود. بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد طول ابعاد ریپل کارن در شمال غرب تقریباً ۱۰ برابر این نوع کارن در شمال شرقی حوضه می‌باشد (اشکال ۷-و -ی).

د) گروه چهارم کارن‌ها، کارن‌های پُلی ژئیک

<sup>11</sup>-Vand Karren

<sup>12</sup>-Meander Karren

<sup>13</sup>-Solution Ripples and Scallops

عمدتاً به صورت پهنه های کارنی یا سفره های لایه ای قابل مشاهده هستند.(Mahmoudi, 2014) در حوضه مورد مطالعه کارن پهنه و کریدور کارستی از این گروه شناسایی گردید.

سفره کارن یا کارن پهنه<sup>۱۴</sup>: آن بخش از زمین های کارستی که توسط اشکال متنوعی از کارن ها به صورت پهنه ای وسیع اشغال شده باشند را سفره لایه یا کارن پهنه می نامند. وسعت سفره های لایه متغیر است و در آن اشکال زیادی از انواع کارن ها به وجود می آیند. سفره های لایه در مناطق کوهستانی با شیب زیاد دیده می شوند. ژنر این اشکال مربوط به آثار انحلالی در سفره های لایه و عملکرد فیتوکارست (پوشش گیاهی) نیز می باشد. این نوع سفره های لایه ای در نواحی مرطوب وسعت بیشتری دارند. در هر سفره لایه ای، اشکال بسیار متنوع و ترکیبی از پیناکل های کوچک تا حفرات انحلالی و سنگ چاله های کارستی و درزه های متراکم به وجود می آیند. در واقع هر سفره های پولیگون های آهکی(کلینت ها)، حفرات انحلالی و شیارکارن ها همگی به طور مجتمع وجود داشته باشند. مفهوم سفره لایه هم شامل وسعت قلمروی کارن ها و هم تنوع و ترکیب اشکال کارست سطحی در آن است. اگرچه وسعت سفره های لایه در اقلیم های گرم و مرطوب استوایی و مداری بیشتر است، ولی این اشکال کارستی را می توان در اقلیم های معتدل، خشک و نیمه خشک در سنگ های آهکی، دولومیتی و ماسه سنگی مشاهده کرد(Mahmoudi, 2014).

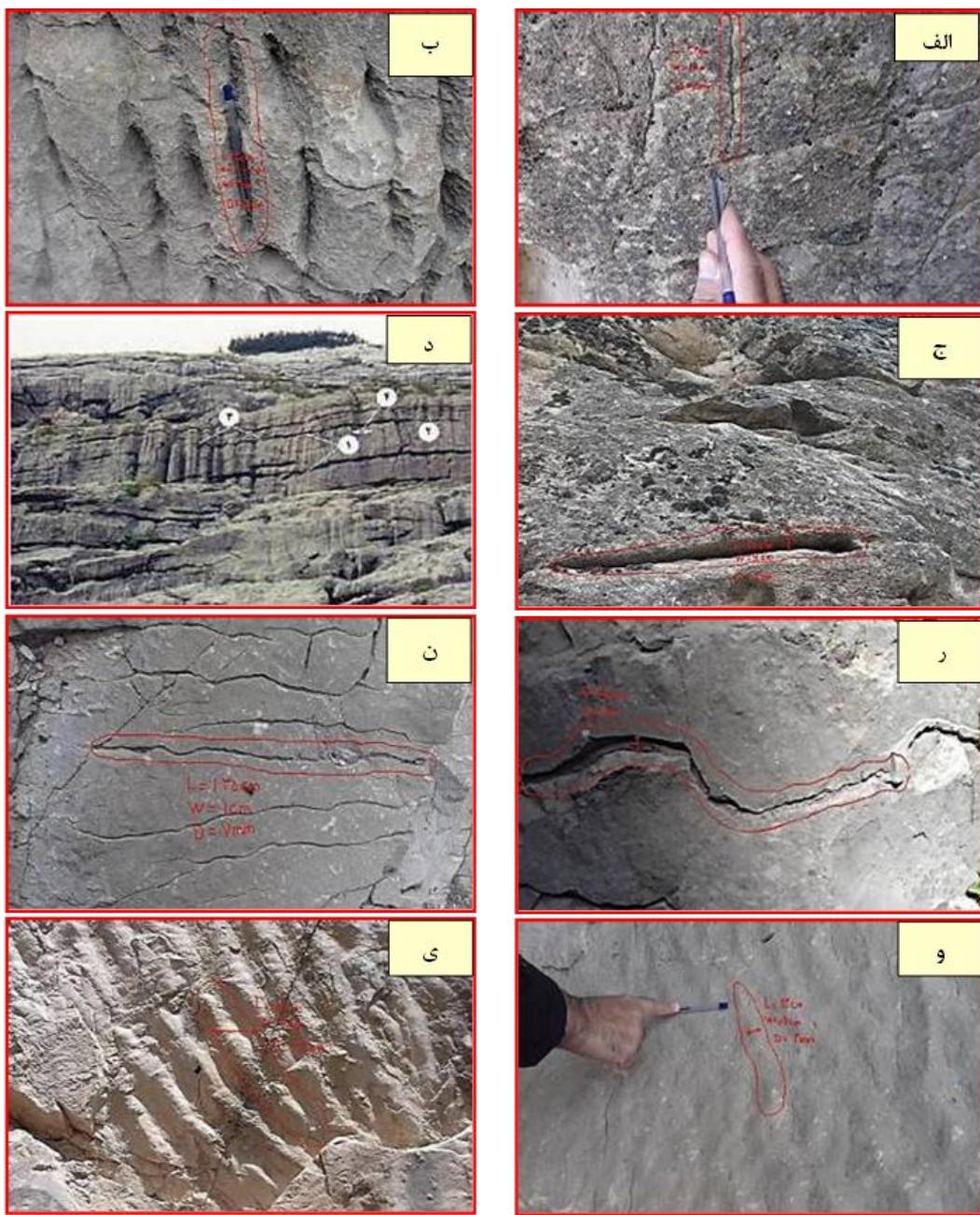
۱- بررسی های میدانی نشان می دهد این نوع کارن ها در شمال شرق حوضه اکثرا بر روی سازند کلات و در شمال غرب بیشتر بر روی سازند تیر گان گسترش یافته اند (اشکال ۸-الف و ب) لازم به ذکر است که وسعت این نوع کارن ها در شمال شرق بیشتر از شمال غربی منطقه می باشد.

۲) کریدورهای کارستی<sup>۱۵</sup>: کریدورهای کارستی، دالان های عریضی هستند که از توسعه گریک ها به وجود می آیند. عرض آنها گاهی بین ۳ تا ۱۰ متر و در شرایط تکامل یافتنی تا ۳۰ متر می رسد. این کریدورهای کارستی در شرایط مرطوب عمیق تر می شوند.(Veress, 2018). از نظر ژنر، این فرمها تحت تأثیر دو عامل فرسایش دیفرانسیل و فرایند های تکتونیک بوجود آمده اند. در فرسایش دیفرانسیل تناوب آهک و شیل تحت تأثیر فرسایش این اشکال را بوجود آورده است و در اثر فرایند های تکتونیک، برگشتگی لایه ها از حالت افقی به حالت عمودی این اشکال زیبا را بوجود آورده است که چشم هر بیننده ای را به خود جلب کرده است.(Mahmoudi, 2014).

کریدورهای کارستی بیشتر در شمال غرب حوضه در اطراف آبشار قره سو بر روی سازندهای تیرگان و سرچشمه برداشت گردید بررسی ها نشان می دهد که عرض متوسط آنها در حدود ۵ متر می باشد و طول ابعاد آنها متفاوت می باشد (اشکال ۸-ج و د). لازم به ذکر است در اکثر مناطق عامل فرسایش (تناوب شیل و آهک) و تکتونیک به صورت ترکیبی چنین اشکالی را ایجاد نموده اند.

<sup>14</sup>Karren Feil-

<sup>15</sup>-Bogaz



شکل ۵: لشکال کارن های خطی با منشأ هیدرودینامیکی در حوضه کلات، (الف) میکرو ریلان کارن در شمال غرب حوضه، (ب) ریلان کارن در شمال شرق حوضه بر روی سازند کارستی کلات، (ج) دوبل کارن در شمال شرق حوضه بر روی سازند کلات، (د) ویدکارنها در ر) ماندر کارن در شمال غرب حوضه در آبشار قره (Baniafar, 2015) استیق سو و مراحل پیشرفت از شکاف کارن تا وید کارن هرگب سو بر روی آهک نیرگان، (ن) ماندر کارن در شمال شرق حوضه، و) دوبل کارن در شمال شرق حوضه بر روی سازند کارستی کلات، (ی) دوبل کارن بر روی سازند نیرگان

Figure 5: Shapes of linear kars with hydrodynamic origin in the Kalat basin, a) micro-reylan karn in the northwest of the basin, b) raylan karn in the northeast of the basin on the karst formation of Kalat, c) runel karn in the northeast of the basin on the Kalat formation , d) Vandkarns in Stiqsu and the stages of progress from the Karen gap to the complex Vandkarn (Baniafar, 2015), r) Karen Mander in the northwest of the basin in the Qarasu waterfall on the Tirkhan limestone, n) Karen Mander in the northeast of the basin, and ) Ripple Karen in the northeast of the basin on the Kalat karst formation, j) Ripple Karen on the Tirkhan Formation



شکل ۶: کارن های پلی ژئیک در حوضه کلات، (الف) کارن بهنه در شمال شرق حوضه بر روی سازند کلات، (ب) کارن بهنه یا سفره کارن یا شبکه کارن در شمال غرب حوضه بر روی آهک نیرگان، (ج) گریدور کارستی در شمال غرب حوضه در آبشار قره سو بر روی آهک نیرگان، (د) گریدور کارستی در شمال غرب حوضه در آبشار قره سو بین آهک نیرگان و سرچشمہ

Figure 6: Polygenic karns in the Kalat basin, a) Wide karn in the northeast of the basin on the Kalat formation, b) Karn spread or karn table or karn network in the northwest of the basin on the Tiran limestone, c) Karst corridor in the northwest Basin in Qarasu waterfall on Tiran limestone, d) Karst corridor in the northwest of the basin in Qarasu waterfall between Tiran limestone and Sarcheshme.

### نتیجه گیری

حوضه آبریز کلات یک حوضه کارستی می باشد که بیش از ۲۵ درصد از مساحت آن کارستی می باشد و سازندهای کربناته مهم آن شامل تیرگان، مزدوران، کلات و سرچشمہ می باشد. عوامل عمدۀ توسعه کارست در این حوضه شامل لیتولوژی، اقلیم، درزو شکاف، تکتونیک، ارتفاع و هیدرولوژی می باشند. یکی از لندفرمهای مهم کارستی که در این پژوهش به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است، کارن یا لایپه می باشد که با استفاده از روش فورد و ویلیامز به طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی آنها پرداخته شده است. بدین منظور پس از تعیین واحد های مستعد توسعه این فرم (واحد های کربناته حوضه) به کمک متر، کمپاس، GPS، شیب سنج و چکش اسمیت اقدام به برداشت ژئومتری کارنهای گردید و کارنهای در چهار گروه مهم کارنهای حفره ای و تستکی در سنگ برخنه، کارنهای خطی با عملکرد درز و ترکی، کارنهای خطی با عملکرد هیدرودینامیکی روانابها و کارنهای پلی ژئیک یا مرکب تقسیم بندی

گردید. در گروه اول: میکرو حفرات انحلالی، کارنهای حفره‌ای و کارن غارچه یا شافت کارنهای تریت کارنهای در حوضه مورد مطالعه شناسایی گردید. در گروه دوم میکروکارنهای خطی یا درزه‌ای شناسایی گردید. در گروه سوم میکرو ریلن کارن، ریلن کارن، وندکارن، رونل کارن، ماندر کارن و ریپل کارنهای شناسایی گردید و در گروه چهارم کارن پهنی یا سفره لایپه و کریدور کارستی شناسایی شدند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کارنهای حفره‌ای در شمال شرق حوضه ابعادشان نسبت به شمال غرب و غرب حوضه بیشتر بود، طول ابعاد کارن ماندر در شمال غرب حوضه نسبت به شمال شرق حوضه بیشتر بود. وندکارنهای فقط در جنوب حوضه شناسایی گردید و کارن غارچه فقط در شمال شرق حوضه مشاهده گردید. بررسی‌ها نشان می‌دهد تفاوت لیتوژوژی مهمترین تاثیر را در گسترش این نوع فرم داشته است. از آنجاییکه که این تفاوت باعث عملکرد متفاوت این واحد‌های سنگی (سازندهای زمین‌شناسی) در برابر عوامل تکتونیکی شده است که در نتیجه باعث تفاوت در توسعه و شدت شکستگی‌ها را از یک سو و از طرفی میزان چین خوردگی و فرسایش از سوی دیگر گردیده که در مجموع باعث عملکرد متفاوت این واحد‌ها در برابر توسعه این فرم شده است.

## References

- Agha Nabati, S. A., (2003). " *Geology of Iran*" , Geological Organization of Iran [In Persian].
- Behniyafar, A., Qanbarzadeh, H., (2016) . " *Karst Geomorphology*" , Mashhad: Negaran Sabz Publications [In Persian].
- Behniafar et al., (2008). Geomorphic characteristics of the Akhlamed karst mass in the northern slopes of Binalud highlands, Zahedan, " *Journal of Geography and Development*" , No. 14, pp. 121-140 [In Persian]..
- Bogeli, A., (2009) . " *Karst hydrology and physical speleology*" , Springer-Verlag: Berlin.
- Bogeli ,A.(1991) . Karst hydrology and physical speleology, "Springer-Verlag, pub Berlin" , 284pp
- Chorley, R, J. & others (2012) .Geomorphology, the fourth volume, translated by: Ahmed Motamed, " *Samit Publications*" .
- Eshghi, A.,Tharvati, M R., (2013) . Geomorphological characteristics of karst landscapes in Abriz Karde basin, " *Geographical Researches*" , No. 48, pp. 1-15. [In Persian].
- Ford, D., Williams, P. D., (2007) . " *Karst hydrogeology and geomorphology*" , WestSussex: John Wiley & Sons pub. [DOI:10.1002/9781118684986]
- Gunn, J., (2013). Denudation and Erosion Rates in Karst, " *Treatise on Geomorphology*" , Vol. 6, 72-81.
- Ghobadi, M. H., (2009) . " *Karst engineering geology*" , Bu Ali Sina University Press, :Hamadan. [In Persian].
- Ghobadi, M. H., Behzadatbar, P., (2015) . "Evaluation of karst development based on lithological, morphological and structural features in Bidsorkh region, east of Sahneh, east of Kermanshah province, " *Journal of New Finds of Applied Geology*" , 20 : 91-76. [In Persian].
- Jabari, I., Shirzadi, S., (2011) . The effect of mosses on the creation and development of cavity lapias in carbonate rocks, " *Journal of Quantitative Geomorphology Research*" , No. 3, pp. 1-12 . [In Persian].
- Karimi Vardanjani, H., (2010) . Karst hydrogeology, concepts and methods, " *Eram Shiraz Publications*" , p. 130. [In Persian].
- Mahmoudi, F., (2013) . Internal and external dynamic geomorphology," *Payam Noor University Press*" , Tehran. [In Persian].
- Mahmoudi, F., (2006) . "Structural geomorphology", Eighth Edition",Tehran: " *Payame Noor Publications*" . [In Persian].

- Mustoe, G.E., (1982) . The Origin of honeycomb weathering, "*Geological Society of America - Bulletin*", 93, (2): 108-115.
- Mahmoudi, F., (2014) . "*Structural geomorphology*", Eighth Edition",Tehran: Payame Noor Publications. [In Persian].
- Plan L., Renetzedder C., Pavuza R. and Körner W., (2012) . A new karren feature: hummocky karren," *International Journal of Speleology*", 41(1), 75-81. Tampa, FL (USA). ISSN 0392-6672[DOI.org/10.5083/1827-806X.41.1.8].
- Pavlopoulos, K., Evelpidou, N., and Vassilopoulos, A., (2009). "*Mapping geomorphological environments*", Springer,. Verlag pub:Berlin.
- Rezai Moghadam, M H., Qadri, M., (2012) ." Karrens, the most diverse karst phenomena in Takht Suleiman region, "*Geographical Research Quarterly*", No. 76, pp. 1-16
- Rodriguez-Navarro, C., Doehe, E, and Sebastian, E., (1999). Origins of honeycomb weathering: The role of salts and wind, "*Geological Society of America Bulletin*", 111, (8), PP. 1250-1255 [DOI: 10.1130/0016-7606].
- Rezaei Arefi, M., Zanganeh asadi, M., Behniafar, A., M. Zabankhet., (2020). Karst evolution zoning using hierarchical analysis method (Case study: Kalat mountain basin, Razavi Khorasan), "*Geography magazine*", year 18, number 64, pp: 94-79
- Rezaei Arefi, M., Zanganeh asadi, M., Behniafar, A., M. Zabankhet, (2021). Identifying the degree of karstization of the Kalat mountain basin in the northeast of Iran, "*Geographical space magazine*", year 20, number 71, pp: 63-88
- Smith, B.J., Wark, P.A, and Moses, C. A., (2000). Limestone weathering in contemporary arid environmental: A case study from Southern Tunisia, "*Earth Surface Processes and Landforms*", 25, 1343-1354. [DOI: 10.1002/1096-9837].
- Smith, B.J., (1994). Weathering processes and forms, In: Abrahams, A.D., and Parsons, A.J., (eds). "*Geomorphology of Desert Environments*", Chapman and Hall, pub:london. [DOI 10.1007/978-1-4020-5719-9].
- Safari, A., Ganjaian, H., Haidari, Z., Feridouni Kurdestani, M., (2017). Determining developed karst areas using fuzzy logic and OWA models in Qarasu basin, "*Hydrogeomorphology magazine*", summer 2017, pp. 114 -95
- Tricar, J., (1990). Shapes of unevenness in dry areas, translated by Mehdi Sedighi and Pourkarmani,M., "*Astan Quds Razavi Publishing House*", Mashhad, p. 650
- Veress, M., (2013). karst environment, "*springer*",pub:Berlin,230pp.
- Veress, M., (2016). Covered Karst. "*Springer, Berlin, Heidelberg, New York*",536 p.
- Veress, M., (2018). The karren and karren formation of bare slopes. "*Earth-Science Reviews*" 188 p.
- White, W. B., (1988). "*Geomorphology and hydrology of karst terrains*",OxfordUniversity. pub: Oxford.
- Zebre, M., Stepisnik, U., (2015). Glaciokarst landforms and processes of the southern Dinaric Alps. "*Earth Surface Processes and Landforms* ", 40(11), 1493-1505, [DOI: 10.1002/esp.3731].
- Zanganeh Asadi, M. A., Shafiee, N., Kolivand, T., (2017). "Evaluation of karst erosion in Fahlian limestone basin of Fars", "*Fifth National Conference of Iranian Geomorphological Association, Iranian Geomorphological Association*", Tehran, Knowledge Reference Publications, p 217. [In Persian].

## Genetic and Morphological Classification of Karrenes in the Kalat Basin, in Northeast of Iran

Mohsen Rezaei Arefi, Department of Geography Education, Farhangian University, Tehran, Iran (corresponding author)

Mohammad Ali Zanganeh asadi, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Abolfazl Behniyafar, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran

Mohammad javanbakht, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran

### **introduction**

karren is a German word that is equivalent in France to Lapie. In terms of definition, karren refers to grooves or small and large dissolution holes that occur on the surfaces of carbonate rocks. These grooves mainly correspond to the joints and fractures of the rock . These are the most diverse forms of karst landforms . karrens are the most abundant and diverse. There are karst formations that are formed both in the micro scale and in the macro scale. This phenomenon is mostly seen in limestone and dolomite rocks (Pavlopoulos et al, 2009:137).The aim of the current research is to classify the geomorphological and genetic karrens based on the method of Ford and Williams (2017) in the Kalat basin in the northeast of Iran using field techniques (geomorphometry and mapping of karrens). which can be of great help to the managers of the land regarding the management of water resources, because these forms lead surface water to the underground, and on the other hand, these karst forms can provide the basis for a tourism pole in the region. The studied area is the Kalat basin in the Kopeh Dagh zone, which is located in the heights of Hazar Mosque and in the northeast of the Iran.

### **Methodology**

In order to classify the karst forms of the Kalat basin. After demarcating the basin, using a 1:100,000 Kalat geological map, field visits and aerial photographs, the karst prone areas in the basin were determined. This issue was done by examining the type of formations and their extent, as well as studying the types of faults and the effect of faults in the formation of karrens in the region. Basin maps were drawn using GIS software. Then, in order to identify the ridges, during field visits on several occasions, using GPS, compass, meter and inclinometer, the ridges of the north, northeast, east, south, southwest and west of the basin were geometrically surveyed. The research method was experimental and laboratory, which was identified and classified using the genetic and morphological classification method of karrens in the study area according to the classification of Ford and Williams.

### **Results and Discussion**

Identification and genetic and morphological classification of karrens of the studied area The requirement for the classification of karst forms is their identification, which is done using field methods and techniques and geological maps to identify carbonate formations. Field visits showed that the most diverse and most karst forms in this basin are related to karrens. karrens are spread in Kalat, Tirgan, and Sarcheshme formations, which include: Rillen karren, Mander karren, Pit karren, Ripple karren, Microrillen karren, Gharche karren, and field karren.

### **conclusion**

Investigations showed that the dimensions of the pit karrens in the northeast of the basin were larger than those in the northwest and west of the basin, and the length of the karrens mander in the northwest of the basin was greater than in the northeast of the basin. Vandkarna was identified only in the south of the basin and karren gharche was observed only in the northeast of the basin. Investigations showed that the difference in lithology has had the most important effect on the spread of this type of form. Since this difference has caused the different performance of these rock units (geological formations) against tectonic factors, which has caused a difference in the development and severity of fractures on the one hand and the amount of folding and erosion on the other hand. which has caused the different performance of these units against the development of this form.

**Key Words:** Genetic and Morphological Classification, Karst, Karren, Kalat Basin Geomorphometry