دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست و چهارم، شماره‌ی ۸۵
بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۸-۱

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

*محسن رضائی عارفی [۱]
محمد علی زنگنه اسدی [۲]
ابوالفضل بهنیافر [۳]
محمد جوانبخت [٤]

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۹/۱٤

چکیده

کارن به شیارها یا حفرات انحلالی کوچک و بزرگی گفته می شود که در سطوح سنگهای کربناته به وجود می آیند. این شیارها به طور عمده منطبق بر درزه ها و شکستگی‌های سنگ می باشد. بدین منظور حوضه کوهستانی کلات واقع در شمال شرق ایران (استان خراسان رضوی) و در ارتفاعات کپه داغ انتخاب گردید. هدف از این پژوهش طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارنهای حوضه آبریز کلات واقع در خراسان رضوی با استفاده از روش فورد و ویلیامز (به کمک داده های ژئومتری) می باشد. در ابتدا به منظور مطالعه کارن ها در منطقه مورد مطالعه نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کلات، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلات، تصاویر ماهواره ای و عکسهای هوایی با مقیاس ۱:٤۰۰۰۰ به منظور تعیین سازند های کربناته که احتمال تشکیل این فرم درآنها وجود دارد مورد بررسی قرار گرفت، سپس در محیط نرم افزار GIS نقشه پراکندگی واحد های کربناته 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 می دهد که در جنوب حوضه در نزدیک روستای استیق سو فرم های وندکارن، پیت کارن، در شمال غرب حوضه در نزدیک روستای قره سو فرم های پیت چند وجهی، کارن حفره ای، ماندر کارن، ریلن کارن، ریپل کارن و کریدور کارستی و در شرق حوضه در نزدیک روستای حمام قلعه فرم های ماندرکارن و کارن حفره ای و در شمال شرق حوضه فرم های کارن حفره ای، ریلن کارن، کارن ماندر، میکرو ریلن کارن، ریپل کارن و چاهک کارن شناسایی گردید. مهمترین عوامل مؤثر در پیدایش کارنها و توسعه آنها در بخش های مختلف در این حوضه را فرایندهای هیدرولیکی آب بر روی دامنه های آهکی، نقش بیوکارست، ناخالصی سنگ آهک و ذوب برف تشکیل داده اند.

واژه گان کلیدی: طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی، کارست، کارن، حوضه آبریز کلات،ژئوموفومتری

*۱- گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران (نویسنده مسئول) Email: Rezaei.arefi@cfu.ac.ir
۲- دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران Email: ma.zanganehasadi@hsu.ac.ir
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران Email: a.behniyafar@yahoo.com
٤- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران Email: mo_ja58@yahoo.com

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

مقدمه

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

لاپیه ها ممکن است در سطوح چینه بندی و درزه های غیـرخطی توسعه یابند(Eshki and Tharvati,2004 : 13) و عواملی مانند اثر قطره های باران، انحلال ناشی از رواناب سطح سنگها در محل درزهای متقاطع، تجمع لکه های 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 داشته اند. به طور کلی مهمترین عواملی که بر روی شکل کارن تأثیرمی گذارند 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 می باشند (Karimi Vardanjani, 2010: 80).

با افزایش ارتفاع ابعاد کارنها بزرگتر و تعداد آنها فراوان تر می شود(Ghobadi, 2009: 77).از لحاظ مورفولوژیکی، کارنها اغلب به صورت خطی و حفره ای در سطوح سنگهای کربناته به وجود می آیند.

در ارتباط با موضوع پژوهش حاضر، در خارج از کشور محققینی که در مورد کارست کارن به صورت کاملا مجزا تحقیق کرند محدود بودند از جمله اولین تقسیم بندی مورفولوژیکی از کارنها توسط (Bogeli,1961)، کارست ژئومورفولوژیست آلمانی صورت گرفت. وی کارنها را براساس ویژگیهای مورفولوژیکی 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) کارنها را بر اساس ژنز و مورفولوژی آنها به چند گروه طبقه بندی کرده است. مهم ترین شاخص های در نظر گرفته شده در این طبقه بندی عبارتند از زاویه شیب دامنه ای که کارنها روی آن تشکیل شده اند، نوع لیتولوژی و ساختار سنگ، ضخامت پوشش خاک، برهنه بودن یا نبودن سنگ کربناته و رواناب ایجاد شده بر سنگ کارست. کارنها بر اساس ابعادشان به این شرح تقسیم بندی می شوند(Gunns, 2013):الف) ماکروکارنها: کارنهایی با ابعاد حدود ۱ تا ۱۰ متر نظیر گرایکهای بزرگ، پیناکل ها و.... ب) مزوکارن: کارنهایی با ابعاد حدود ۱ سانتیمتر تا ۱ متر نظیر کارنهای شیاری، کفه های انحلالی و.... ج) میکروکارنها: کارنهایی با ابعاد حدود ۱ میلیمتر تا ۱ سانتیمترد) نانوکارن: کارنهایی با ابعاد کمتر از ۱ میلیمتر.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

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 درجهٔ تکامل یافتگی کارنها را مورد بررسی قرار داد که در آن هر اندازه رواناب های سطحی و جریان های آبی روی دامنه ها و بستره های آهکی بیشتر شود، میزان تکامل یافتگی کارن ها نیز افزایش یافته و ریزکارن های تشکیل شده به تدریج به ماکروکارن های خطی و حفره ای بزرگ تبدیل می شوند. در زمینه کارن در ایران تحقیقات بسیار اندکی صورت گرفته است. Zanganeh asadi and et al (2002) در مقاله خود باعنوان 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 پدیده ها را مکانهای مناسبی برای نفوذ آبهای سطحی معرفی کردند. RezaeiMoghadam and Qadri (2003) کارن ها 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 دامنه های 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 می تواند در مدیریت سرزمین در یک منطقه بسیار حائز اهمیت باشد. Jabari and Shirzadi (2010) در پژوهشی، تأثیر خزه ها بر ایجاد و توسعه لاپیه های حفره ای در سنگهای کربناته را با استفاده از دستگاه کولیس مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که بـین ابعاد خزه ها و ابعاد حفره های 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 پهنه 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 می دهند که حدود ۸ درصد از منابع آب ایران از این منابع استخراج می گردد 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) می باشد. که می تواند به مدیران سرزمین در خصوص مدیریت منابع آب کمک شایایی داشته باشد زیرا این اشکال هدایت کننده آب های سطحی به زیرزمین می باشند و از طرفی این اشکال کارستی می توانند زمینه قطب گردشگری را در منطقه فراهم آوردند.

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

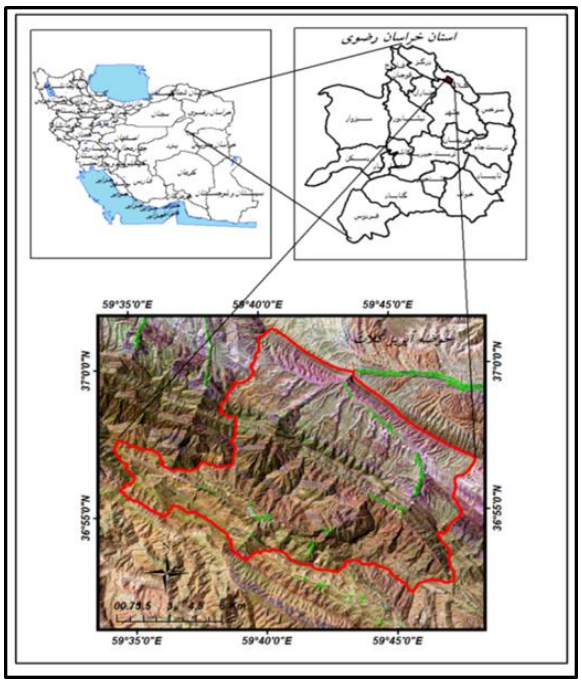
محدوده مورد مطالعه، حوضه آبریز کلات در زون کپه داغ می باشد که در ارتفاعات هزار مسجد و شمال شرق کشور واقع شده است. این حوضه با وسعت ۱۶۸/۳۷ کیلومترمربع در ۱٤٥ کیلومتری شمال شهر مشهد و در استان

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

خراسان رضوی قرار گرفته. از نظر موقع ریاضی بین ۵۹ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۵۹ درجه و ٤٧ دقیقه طول شرقی و ٣٦ درجه و ۵۲ دقیقه تا ٣٦ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مهم ترین راه های دسترسی به این حوضه از مسیر مشهد به کلات، درگز به کلات و سرخس به کلات می باشد (شکل۱).

براساس طبقه بندی اقلیمی کوپن، آب و هوای این حوضه نیمه خشک می باشد. متوسط دمای سالیانه منطقه برابر با ١٦/٤٩ درجه سانتیگراد و متوسط بارش سالیانه حوضه برابر با ٣١٤ میلیمتر می باشد. کمترین دمای متوسط ماهانه منطقه مربوط به دی ماه برابر با ٣/٥٤ درجه سانتی گراد و بیشترین دمای متوسط ماهانه مربوط به ماه تیر برابر با ٢٨/١٩ درجه سانتی گراد می باشد. همچنین کمترین میانگین حداقل دما مربوط به دی ماه برابر با ٠/٤ درجه سانتی گراد و میانگین حداکثر دمای ثبت شده برابر با ٣٤/٢ درجه سانتی گراد مربوط به تیر ماه می باشد. کاهش دما در منطقه از اوایل پاییز شروع شده و با آغاز بهار و فروردین دوباره دمای هوا روند افزایشی پیدا می کند.

واحدهای زمین شناسی منطقه مورد مطالعه از رسوبات اوایل دوران دوم، سوم و چهارم تشکیل شده اند. در اوایل کرتاسه پیشروی دریا در کپه داغ صورت می گیرد و در اواخر کرتاسه زیرین به اوج خود می رسد و سپس پسروی آغاز می شود. این پیشروی و پسرویها، سنگ بنای سازندهای کربناته منطقه را تشکیل می دهد و فعالیت تکتونیکی بعدی گسلها را ایجاد و ادامه این فعالیت ها منجر به وجود آمدن چین خوردگیها به صورت آنتی کلینال و سنکلینال در منطقه می شود. قدیمیترین رخنمونهای این واحدها به دوره ژوراسیک مربوط می شود(سازند چمن بید) و وسیعترین گسترش رخنمونها متعلق به سازندهای مزدوران و شوریجه می باشد (Aghanabati,2003).

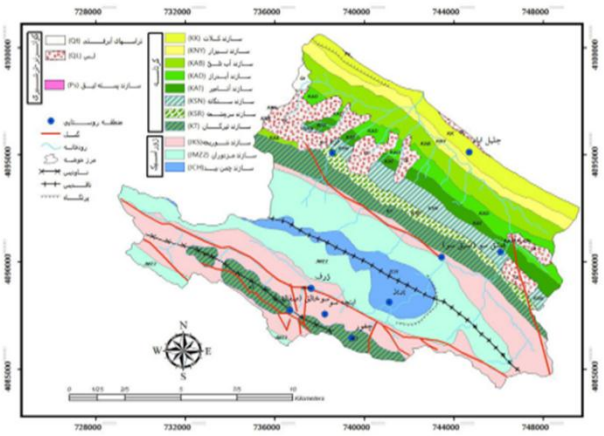


شکل ۱ - نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1 - Location map of the study area

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

سازندهای آهکی عمده حوضه مورد مطالعه شامل مزدوران، تیرگان، کلات و چمن بید می باشد که به ترتیب میزان انحلال در آنها کاهش می یابد (Rezaei et al, 2020: 68).این حوضه با وسعت ۱۶۸.۳۷ کیلومترمربع در ۱٤٥ کیلومتری شمال شهر مشهد و در استان خراسان رضوی قرار گرفته است می باشد که بیش از ۲۵ درصد (٤٤.۱٦ کیلومترمربع) از مساحت آن را سازندهای کارستی به خود اختصاص می دهند(Rezaei et al, 2021: 66). (شکل۲).



شکل ۲: نقشه زمین شناسی حوضه آبریز کلات

Figure 2: Geology map of the Kalat basin

(مآخذ: نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

(Sources: geological map 1:100,000 Kelat of the Geological and Mineral Exploration Organization of the country

جدول ۱-توزیع و نسبت سازندهای کربناته و غیرکربناته در حوضه کوهستانی کلات

Table 1- Distribution and percentage of the carbonate and uncarbonate formations in the Kalat mountain basin

ردیف	نام سازند	مساحت سازند به کیلومترمربع	مساحت سازند به درصد
۱	چمن بید(JCh)	۱۰/۱۰	۵/۹۹
۲	مزدوران۲(Jmz2)	۳۵/۷۵	۲۱/۲۳
۳	شوریجه(JkS)	۳٦/٦۱	۲۱/۷٤
٤	تیرگان(KT)	۱۸/۱۸	۱۰/۷۹
۵	سرچشمه(KSR)	٤/۸٦	۲/۸۸
٦	سنگانه(KSN)	٦/۹۵	٤/۱۲
۷	آتامیر(KAT)	٦/۰۸	۳/٦۱
۷	آبداز(KAD)	۷/۲۲	٤/۲۸
۹	آب تلخ(KAB)	۱۳/۱۵	۷/۸
۱۰	نیزار(KNY)	٦/۹۵	٤/۱۲
۱۱	کلات(KK)	۸/۹۷	۵/۳۲
۱۲	پسته لیق(Ps)	۰/۰۱۹	۰/۰۱۱
۱۳	لس(QL)	۱۲/۹۳	۷/٦۷
۱٤	تراسهای آبرفتی(Qt)	۰/٦۵	۰/۳٦

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

روش مطالعه

به منظور طبقه بندی اشکال کارستی حوضه آبریز کلات، پس از مرزبندی حوضه، با استفاده از نقشه زمین شناسی 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 کارنها در منطقه انجام شد. با استفاده از نرم افزار GIS نقشه های حوضه ترسیم گردید. سپس جهت شناسایی کارنها، طی بازدیدهای میدانی در چندین نوبت، با استفاده از دستگاه GPS، کمپاس، متر و شیب سنج، کارنهای شمال، شمال شرق، شرق، جنوب، جنوب غرب و غرب حوضه ژئومتری گردید. روش تحقیق به صورت تجربی و آزمایشگاهی بوده است که با استفاده از روش طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارنها در حوضه مورد مطالعه طبق طبقه بندی فورد و ویلیامز کارنها شناسایی و طبقه بندی گردید (جدول ۲).

جدول۲- طبقه بندی ژنتیکی و مورفولوژیکی کارن ها 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)

گروه ها و نوع کارن	مشخصات مورفولوژیکی و ژئومورفومتریک
کارن های حفره ای و تشتکی در سنگ برهنه	میکرو حفرات انحلالی، گاهی به صورت کندوئی ریز با عرض و ابعاد کمتر از یک سانتی متر.
	حفرات تخم مرغی شکل و مدور با اشکال بی قاعده که کف صاف و صیقلی دارند و قطرشان بیش از یک سانتی متر است.
	حفرات تشتکی مانند بیضوی ،گرد یا مورفولوژی بی قاعده که کف صاف و صیقلی دارند و قطرشان بیش از یک سانتی متر است
	تریت کارن ها یا کارن چاله ها با دیواره های پرشیب، کف هموار و صاف که به طور عمده در پایین دامنه به وجود می آید. قطر آنها بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر می باشد.
	شافت کارنها یا چاهک کارنها که از کف به مادر غارها یا غارهای اولیه باز می شوند . این کارنها با زهکشی آب در غاررودها مرتبط هستند.
کارن های خطی با عملکرد درز و ترکی	میکروشیار درزه ها با ابعاد کوچک و عمق کمتر از یک سانتی متر و طول چند سانتی متر که به طور عمومی منطبق بر مسیر درزه های سنگ یا فرورفتگی های کوچک می باشد.
	کارن های شکافی یا اسپیلیت کارن ها که در مسیر جوینت ها، استی لولیت ها به وجود آمده و عمقی حدود چند متر دارند.
	کارن نهرها یا کلوفت کارنها، نهرهای انحلالی و شیارهای بزرگ و عریض انحلالی که مسلط بر شکافهای بزرگ و شکستگی ها هستند. گاهی در مسیر گسله ها بوجود آمده و بین ۱۰ تا ۲۰ متر طول دارند. اگر سنگ آهک توسط این نهرهای انحلالی به صورت پلیگون های شطرنجی مانند درآیند، به آنها سفره کارنی گفته می شود که توسط کلینت و گریک مشخص مس شود. کلینت به معنی صفحه یا صفحات آهکی و گریک به معنی شکاف سنگی است. مقیاس فضایی گریکها از حد دالان های بزرگ تا حد عرض یک خیابان بزرگ متفاوت است.
	میکرو شیارهای انحلالی (میکروریلن ها) با عرض حدود یک میلی متر که در اثر جریانهای باریک آب و یا نیروی آب ثقلی زیاد به وجود می آیند.
کارن های خطی با عملکرد هیدرودینامیکی رواناب ها	کارن های با عملکرد آب ثقلی ریلن کارن ها(شیار کارنهای موازی)، آب گذرها و نهرهای انحلالی با مورفولوژی شیاردار هستند که عرض بین ۱ تا ۳ سانتی متر داشته و در بخش پایین دامنه تا بالادست دامنه به صورت شیارهای انحلالی موازی تشکیل می شوند. رونل کارن ها یا کارن مجراهای انحلالی که شبیه آبراهه های هورتونی بوده و در زیر خاک کمی صاف هستند. عرض آنها بین ۳ تا ۳۰ سانتی متر و طولشان ۱ تا ۱۰ متر با مورفولوژی خطی می باشند. کارن مجراهای بالای دامنه، شیارهای انحلالی در بخش بالای دامنه هستند که کانون تجمع و ذخیره آب می باشند . طول آنها تا ۱۰۰ متر می باشد و مهم ترین آنها کارن ماندرها و وندکارن ها می باشند. فلوت کارن ها نوعی شیارهای انحلالی فلوت مانند در بالادست دامنه ها هستند که بین ۱ تا ۵۰ سانتی متر عرض دارند و مقطع آنها مانند فلوت یا آبراهه ای است. ریپل کارنهای انحلالی، شیارهای کانال مانند با جهت مستقیم تا پیچ و خم دار در سنگهای برهنه آهکی. کارن ماندری یا مارپیچی، توسط آبراهه های روی سنگ بستر با پیچ و خم های زیاد به وجود می آیند.

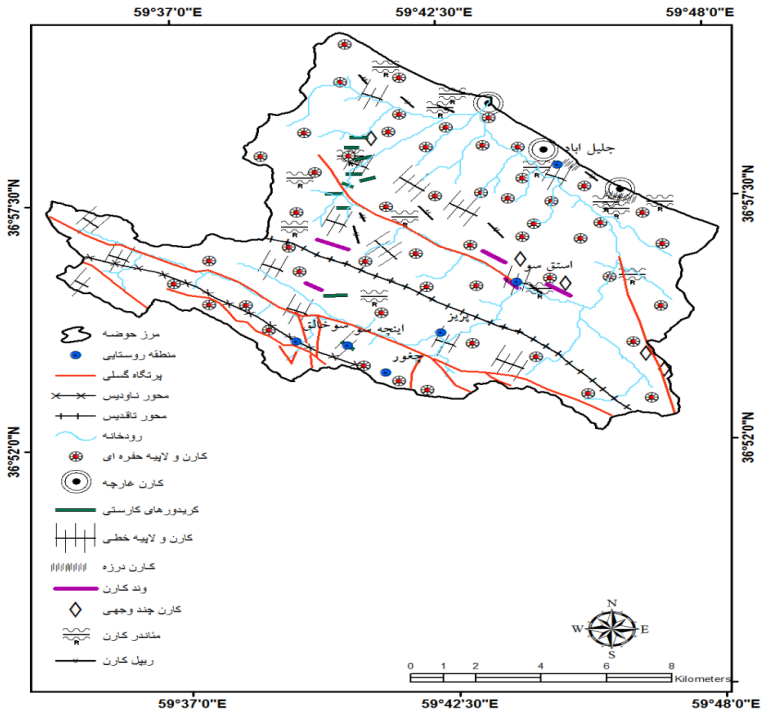
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

اشکال پلی ژنیک	جویبارها و نهرهای انحلالی مرکب(همراه با چاله های حفره ای و تشتکی) که گاهی در زیر خاکهای کارستهای برجی تشکیل می شوند.
	کارن پهنه(سفره لاپیه)، مجموعه ای از درز و ترکها و شکستگی های سنگی که عملکرد آب در داخل آنها موجب فراخ شدگی 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 آیند. شکافها یا گریکها موجب اشکال صفحه ای در آهک به نام کلینت یا قطعات آهکی می شوند.
	پیناکل های کارستی که به صورت هرمی یا مخروطی بوده و ستون های آهکی بلندی بر جای می مانند. این ستون های کله قندی یا پیناکل ها ممکن است در زیر خاک یا واریزه قرار گیرند.
	جنگل های سنگی ،نوعی ستون های سنگی بریده شده که به صورت عمودی و مانند تنه ی درختان برجای می مانند و ریخت جنگل دارند. ارتفاع این ستون های سنگی تا ٤٥ متر و عرض آنها به ۲۰ متر می رسد. این جنگل های سنگی در کشور چین وسعت زیادی دارند.
	آوار کارست ها یا کارست های تخریبی که با کلینت ها و گریکهای زیادی همراه بوده و دارای بقایای واریزه 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 می گیرند. 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 می رسد.

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 کارنها می باشد. کارنها در سازند های کلات، تیرگان و سرچشمه گسترش یافته اند که شامل: ریلن کارنها، ماندرکارنها، کارنهای حفره ای (پیت ها)، ریپل کارن، میکروریلن کارن، کارن غارچه و کارن پهنه می باشد (جدول ۳) و (شکل ۳).



شکل ۳ - نقشه پراکندگی کارنها در حوضه آبریز کلات

Figure 3- distribution map of the Karrens in Kalat basin

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

جدول۳: 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	میکروریلن کارن	۷۵ CM	۱ MM	۰/۵ MM	۹۰۹ M
٤	شمال شرق حوضه	کارن ماندر	۱۳۵ CM	۱ CM	۰/۷ MM	۹۰۹ M
٥	شمال شرق حوضه	ریپل کارن	۱۳۵ CM	۰/٥ CM	۰/۳ MM	۹۰۸ M
٦	شمال شرق حوضه	کارن غارچه	۱۳۰ CM	۱۱۰ CM	٦۰ CM	۹۰۹ M
۷	شمال شرق حوضه	رونل کارن (کارن مجرای انحلالی)	۸۰ CM	٦ CM	۳ CM	۹۱۰ M
۸	شمال غرب حوضه	کارن حفره ای(پیت)	۰/٤ 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	٥/۲۳ M	۲/٥ M	۱۱۸۹ M
۱۱	شمال غرب حوضه	کارن ماندر	۱۱۰ CM	۳/٥ CM	۱ CM	۱۲۱۰ M
۱۲	شمال غرب حوضه	ریپل کارن	٤۲ CM	۱/٥CM	۱ CM	۱٤۰۰ M
۱۳	شمال غرب حوضه	راین کارن	۱۳۰ CM	۱ MM	۰/٥ MM	۱۲۸۰ M
۱٤	شمال غرب حوضه	کارن کندوئی	۲۰ CM	۱۰ CM	٤ CM	۱۲٥۰ M
۱٥	شمال غرب حوضه	کارن شیاری	٥۰ CM	٦ CM	۳/٥ CM	۱٤٥۰ M
۱٦	استیق سو(جنوب حوضه)	وند کارن	۳ M	٥ CM	٤CM	–
۱۷	استیق سو(جنوب حوضه)	پیت کارن گرد	-	۱۰/٥ CM	۳ CM	–
۱۸	قره سو	پیت چند وجهی	–	۱٥ CM	٥ CM	–
۱۹	قره سو	کارن کندویی	–	۰/۷CM	۰/۳ CM	–
۲۰	قره سو	کارن ماندر	٦/٥ M	–	۲ CM	–
۲۱	حمام قلعه	کارن ماندر	۱۱/٥ M	-	۰/٥ MM	–
۲۲	قره سو به طرف غرب حوضه	ریلن کارن ها	۸ M	۸ CM	٥ CM	–
۲۳	غرب حوضه	پیت کارن کف دره ها	-	۸ CM	۱۲ CM	–
۲٤	شمال غرب حوضه	میکرو حفرات انحلالی	-	۱ CM	٤ MM	۱۲٥۰

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 برهنه: گروه اول، کارن هایی هستند که بر روی سطوح سنگ برهنهٔ 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 دهندهٔ این کارن ها، وجود درز و ترک در سنگ می باشد. گاهی قطرات درشت باران به سطوح سنگ برهنه برخورد کرده و موجب ایجاد حفرات اولیه در سنگ شده که کارن های انحلالی را بوجود می آورند .(Veress, 2018).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

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

۱) **میکرولاپیه ها یا میکرو حفرات انحلالی**[5]: این گروه از کارن ها معمولاً به اشکال دوایر بی قاعده، حفره های مدوّر، بیضی شکل و تخم مرغی هستند. اگر قطرشان کمتر از یک سانتی متر باشد، به آنها میکروکارن حفره ای اطلاق می گردد. از نظر ژنز 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 ٤ میلیمتر را دارا می باشد (شکل ٦- الف).

۲) **کارن های کندوئی (پیت)**: اگر ابعاد کارن های حفره ای از یک سانتی متر بیشتر باشد، آنها را ماکروکارن حفره ای می گویند. از مشخصات بارز کارن های حفره ای یا پیت ها، گِرد بودن کفهٔ 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 دارندکه 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 ٦- ب).

۳) **شافت کارنها یا چاهک کارنها**[6]: 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 کنندهٔ آب به اِپی کارست می باشند (Veress, 2018).در منطقه مورد مطالعه از نظر ژنز این نوع کارن ها عموماً در محل شکستگی های عمیق و صفحات لایه بندی به وجود می آیند. ژئومتری آنها نشان می دهد که عمقی بین چند سانتی متر تا حداکثر 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 اِپی کارست راه می یابند (شکل ٦- ج).

٤) **کارن های سه وجهی (تریت کارن ها)** [7]: 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 یافتگی عملکرد انحلالی به شکل تشتکی با کفهٔ صاف روی 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 براثر عملکرد هیدرولیکی بر سطوح سنگ کربناته تشکیل می شوند. طبق مطالعات میدانی، عرض کارنهای سه وجهی ۳ سانتیمتر و عمق آنها ۱ سانتیمتر می باشد (شکل ٦- د).

ب)گروه دوم، کارن های خطی

[5]-Micro Pit
[6]-Shaft Karren
[7]-Tritt Karren

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

این گروه با منشأ درزه شدگی سنگ ها و یا شکستگی های تکتونیکی در سنگ کارست ارتباط دارند، به طوری که آب در محل درزه ها و جوینت ها وارد شده و موجب توسعه آنها می شود (Veress, 2018).از این گروه کارن ها فقط میکروکارن های خطی یا درزه ای در حوضه مورد مطالعه مشاهده گردید.

۱- **میکروکارن های خطی یا درزه ای**[8] : میکرو شیار درزه ها از نظر ژنز تحت تاثیر فعالیت آبهای جاری بر روی کربناتهه ا بوجود می آیند. این اشکال با ابعاد کوچک و عمق کمتر از یک سانتی متر و طول چند سانتی متر به طور کلی محل توسعه این فرم می باشند. این میکرو کارن معمولا دارای عرض ۱ سانتیمتر و عمق ۰/۵ سانتیمتر می باشد (شکل ٦- ر).

ج)سومین گروه از کارن ها، کارن های خطی با منشأ هیدرودینامیکی

از آنجائیکه نقش اصلی در تشکیل این گروه از کارن ها، فعالیت های آب های جاری بر روی سنگ های کربناته، تبخیری ها و سیلیکاته ها می باشد به کارن های هیدرودینامیکی معروفند. هنگامی که آب های جوّی بر روی سطوح سنگ جاری شوند، در اثر عملکرد انحلالی و فرآیندهای ژئوشیمیایی، انواعی از این گروه کارن به وجود می آید. کارن های با عملکرد جریان های آبی از تنوع مورفولوژیکی زیادی برخوردار بوده زیرا می توانند بر اثر جریان های ورقه ای آب یا عملکرد قطرهٔ باران بر سطوح سنگ و یا در اثر جریان های نهری آب به وجود می آیند (Verse, 2018). در این نوع از کارن ها، عملکرد انحلالی غالب می باشد و در حوضه مورد مطالعه از لحاظ مورفولوژیکی به شش نوع تقسیم می شوند که عبارتند از: میکرو شیارهای هیدرودینامیکی، ریلن کارن ها، وند کارن ها، مآندرکارن ها، رونل کارن ها و ریپل کارن ها

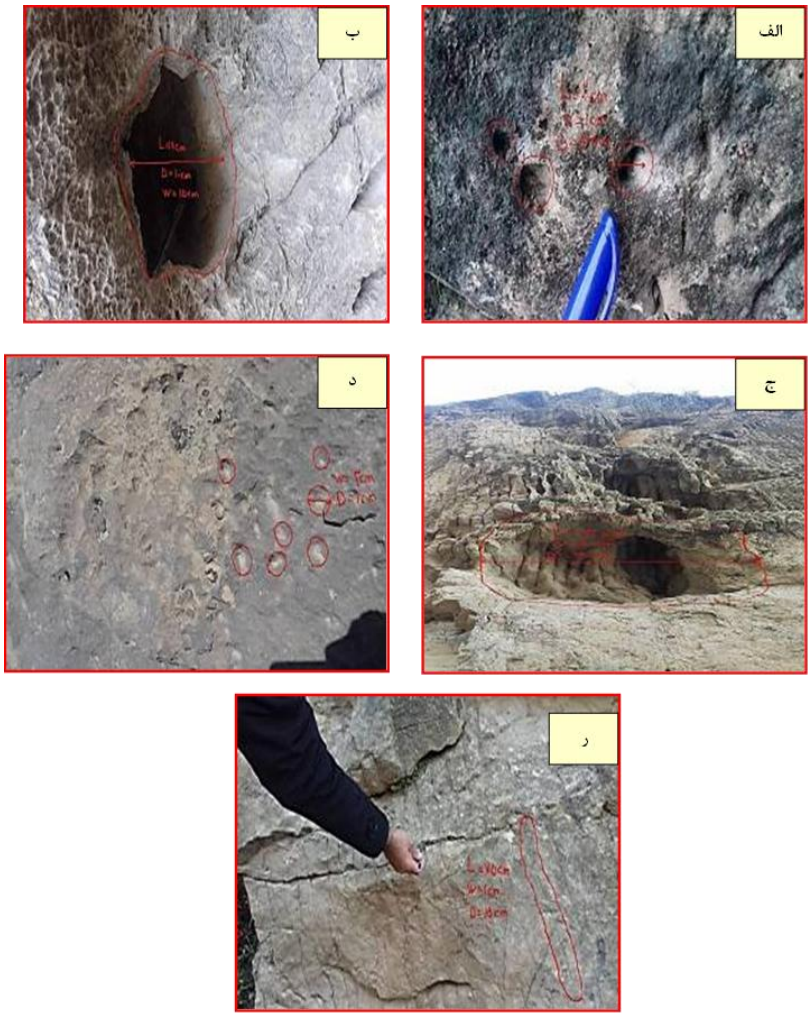
۱) **میکروشیارهای**[9] **هیدرودینامیکی**: میکروشیارهای انحلالی با عرض حدود یک میلی متر در اثر جریانهای باریک آب و یا نیروی آب ثقلی زیاد به وجود می آیند. اکثرا این نوع کارن بر روی سازند تیرگان در شمال غرب حوضه توسعه یافته اند (شکل ۷- الف).

۲) **ریلن کارن یا کارن شیاری**[10]: ریلن کارن ها یا کارن های شیاری به صورت مجموعه ای از شیارهای موازی در اثر انحلال سنگ کارست به وجود می آیند (Zeber and Stepnik, 2015). در منطقه مورد مطالعه مورفولوژی آنها به صورت شیارهای لوله ای و در جهت شیب دامنه می باشد. همچنان که جریان آب از بالادست دامنه به طرف پایین حرکت می کند، انحلال در مسیر خطی آب تشدید شده و این شیارهای موازی را به وجود می آورد. این شیارها در بالای دامنه شبیه شبکه های درختی هستند که در اثر رواناب های سطحی ایجاد می شوند. طول ریلن کارن ها از چند دسی متر تا چندین متر بوده و مقطع عرضی آنها اغلب V شکل، سهمی شکل و قوس دار می باشد. ریلن کارن ها از لبهٔ بالایی دامنه های سنگی بر اثر جریان آب شروع شده و به طرف پایین دامنه سنگی تداوم می یابند. این شیارها معمولاً به موازات هم تشکیل می شوند 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 می باشد (شکل ۷- ب).

[8]- Micro – Joints Karren
[9]- Micro Rills
[10]- Rillen Karren

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

۳) **رونل کارن ها یا فلوتینگ:** اشکال دیگری از کارن های گروه هیدرودینامیکی هستند که منشأ آنها جریان های آبی و عملکرد انحلالی است. فلوتینگ ها بر اثر پایداری جریان های آبی در شیب دامنه ها به وجود می آید. به طوری که آب بر اثر فرآیند انحلالی، 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 انحلالی 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 شیب 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: اشکال کارن های حفره ای و خطی در حوضه کلات، الف) میکرو حفرات انحلالی 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 Tirgan 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 Tirgan formation, r) joint and micro-groove on the Kalat karst formation

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

٤) **وَندکارن ها یا کارن راهروها**[11] از اشکال دیگر کارن های با منشأ هیدرودینامیکی هستند و معمولاً در نواحی ای که آب ذخیره شود و تمرکز آن در سطوح سنگ کربناته زیاد باشد، شکل می گیرند. مانند؛ تمرکز آب در پای ریشهٔ درختان یا محل تجمع خزه ها. به تدریج بر اثر توسعهٔ فرآیند انحلالی عرض و عمق این راهروهای انحلالی بیشتر می شود. بنابراین نقطهٔ شروع وَندکارن ها از یک چاله یا محل تجمع آب خواهد بود و سپس آب در مسیر خطی جریان می یابد و راهروهای انحلالی را به وجود می آورد .(Jabari and Shirzadi, 2011) .

در منطقه مورد مطالعه عمق و عرض برخی از وَندکارن ها بین ۵۰ تا ۸۰ سانتی متر و طول شان تا ۱۰۰ متر می رسد. هر اندازه درجهٔ خلوص سنگ کربناته بیشتر باشد، تعداد این کارن ها در سطوح سنگ بیشتر خواهد بود. در صورتی که بافت سنگ کربناته ناهمگن باشد، ترکیبی از انواع کارن های خطی و حفره ای در آن تشکیل می شوند. تغییر مورفولوژی کارن ها مربوط به ناهمگن بودن بافت سنگ، متفاوت بودن عملکرد شیمیایی- انحلالی، ترکیبات کانی شناختی، اندازهٔ دانه های سنگ آهک و عملکرد هیدرولیکی آب می باشد (Veress, 2018).در حوضه مورد مطالعه در جنوب حوضه در استیق سو این فرم توسعه بیشتری یافته است (شکل ۷- د).

٥) **کارن ماندری یا مارپیچی**[12]: این کارنها توسط آبراهه های روی سنگ بستر با پیچ و خم های زیاد به وجود می آیند. از نظر ژنز، این نوع کارن ها بر اثر جریان یافتن آب و عملکرد هیدرودینامیکی در سطوح دامنه ها به وجود می آیند و دو عامل توپوگرافی سطح و ناخالصی سنگ در تشکیل آنها مؤثر است (Veress, 2018).کارن مآندرها در دامنه های کم شیب آهکی (کمتر از ۱۰ درجه) به وجود می آیند 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 ۳/۵ سانتیمتر و عمق ۱ سانتیمتر را دار می باشد (شکل ٦- ر)، و نوع دوم در شمال شرق حوضه بر روی آهک کلات قرار گرفته که طول ۱۳۵ سانتیمتر، عرض ۱سانتیمتر و عمق ۰/۷ سانتیمتر می باشد (شکل ۷- ن).

٦) **ریپل کارن یا کارن موجی**[13]: این نوع کارن ها بیشتر در کارست های کوهستانی به وجود می آیند. ژنز این نوع کارنها مربوط به خاصیت آب موئینه ای سنگ و ناخالصی های آن است .(Rezai Moghadam et al., 2003). در منطقه مورد مطالعه عمق این کارن ها کم است و معمولاً در امتداد سطوح لایه بندی سنگ به وجود می آیند دیوارهٔ این نوع کارن ها پُرشیب بوده و عمق شان از چند سانتی متر تا چند دسی متر و قطرشان حدود چند سانتی متر است. مورفولوژی بسیاری از ریپل کارن ها بی قاعده و نامنظم است و چون به شکل انگشت دست توسعهٔ می یابند گاهی به آنها کارن های انگشتی نیز گفته می شود. . بررسی های میدانی نشان می دهد طول ابعاد ریپل کارن در شمال غرب تقریبا ۱۰ برابر این نوع کارن در شمال شرقی حوضه می باشد (اشکال ۷- و - ی).

د)گروه چهارم کارن ها، کارن های پُلی ژنیک

[11]-Vand Karren
[12]-Meander Karren
[13]-Solution Ripples and Scallops

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

عمدتاً به صورت پهنه های کارنی یا سفره های لاپیه 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[14]: آن بخش از زمین های کارستی که توسط اشکال متنوعی از کارن ها به صورت پهنه ای وسیع اشغال شده باشند را سفرهٔ لاپیه یا کارن پهنه می نامند. وسعت سفره های لاپیه متغیر است و در آن اشکال زیادی از انواع کارن ها به وجود می آیند. سفره های لاپیه در مناطق کوهستانی با شیب زیاد دیده می شوند. ژنز این اشکال مربوط به آثار انحلالی در سفره های لاپیه و عملکرد فیتوکارست (پوشش گیاهی) نیز می باشد. این نوع سفره های لاپیه ای در نواحی مرطوب وسعت بیشتری دارند. در هر سفرهٔ لاپیه 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 سفرهٔ لاپیه ای ممکن است از چند ده مترمربع تا چند صد مترمربع وسعت داشته باشد و در آنها شکاف کارن های بزرگ، پولیگون های آهکی(کلینت ها)، حفرات انحلالی و شیارکارن ها همگی به طور مجتمع وجود داشته باشند. مفهوم سفرهٔ لاپیه هم شامل وسعت قلمروی کارن ها و هم تنوع و ترکیب اشکال کارست سطحی در آن است. اگرچه وسعت سفره های لاپیه 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) .

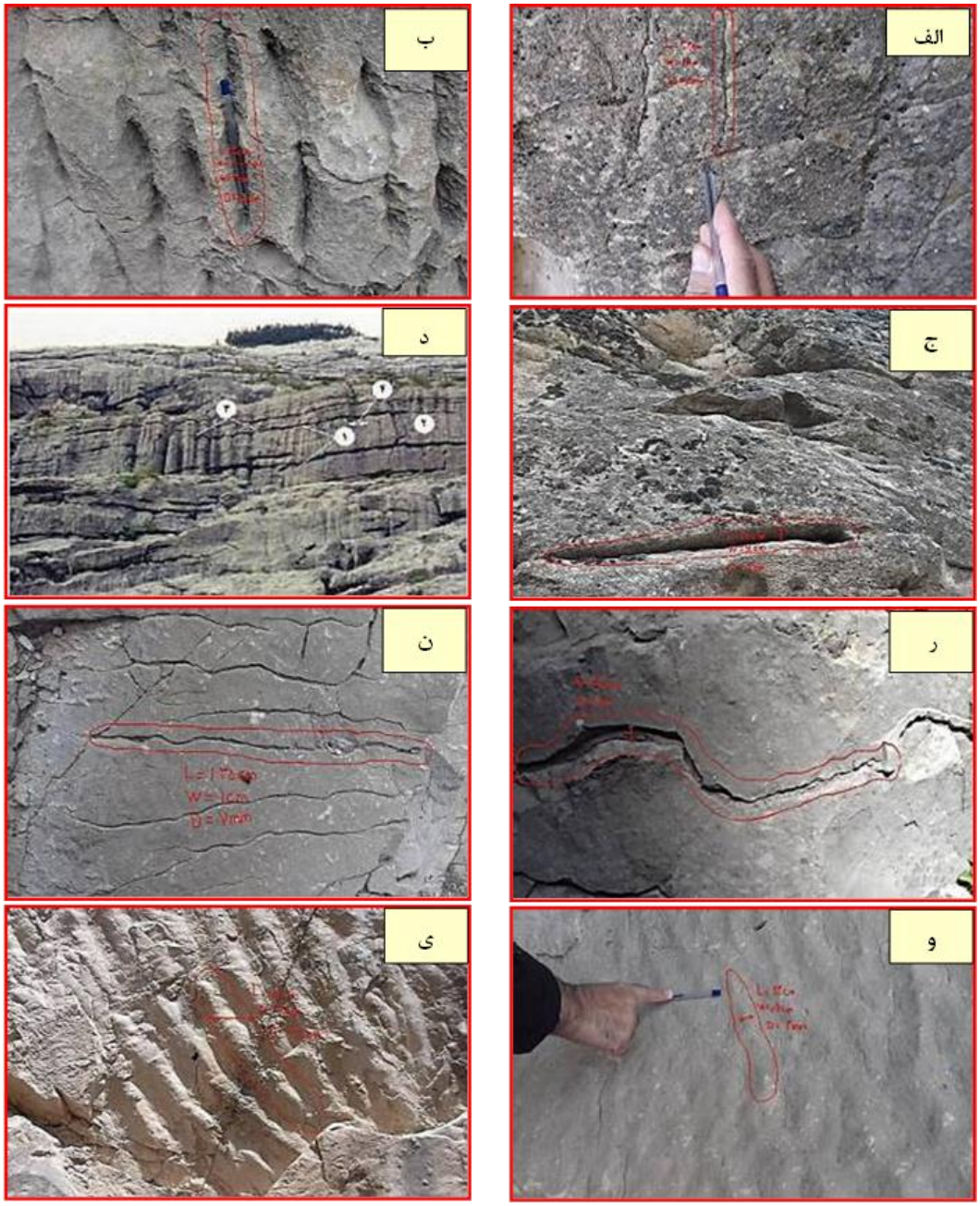
۱- بررسی های میدانی نشان می دهد این نوع کارن ها در شمال شرق حوضه اکثرا بر روی سازند کلات و در شمال غرب بیشتر بر روی سازند تیر گان گسترش یافته اند (اشکال ۸- الف و ب) لازم به ذکر است که وسعت این نوع کارن ها در شمال شرق بیشتر از شمال غربی منطقه می باشد.

۲) کریدورهای کارستی[15]: کریدورهای کارستی، دالان های عریضی هستند که از توسعهٔ گریک ها به وجود می آیند. عرض آنها گاهی بین ۳ تا ۱۰ متر و در شرایط تکامل یافتگی تا ۳۰ متر می رسد. این کریدورهای کارستی در شرایط مرطوب عمیق تر می شوند .(Veress, 2018).از نظر ژنز، 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.

[14]-Karren Feil
[15]-Bogaz

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026



شکل ۵: اشکال کارن های خطی با منشأ هیدرودینامیکی در حوضه کلات، الف) میکرو ریلن کارن در شمال غرب حوضه، ب) ریلن کارن در شمال شرق حوضه بر روی سازند کارستی کلات، ج) رونل کارن در شمال شرق حوضه بر روی سازند کلات، د) وندکارنها در استیق سو و مراحل پیشرفت از شکاف کارن تا وند کارن مرکب (Baniafar, 2015) ر) ماندر کارن در شمال غرب حوضه در آبشار قره سو بر روی آهک تیرگان، ن) ماندر کارن در شمال شرق حوضه، و) ریپل کارن در شمال شرق حوضه بر روی سازند کارستی کلات، ی) ریپل کارن بر روی سازند تیرگان

Figure 5: Shapes of linear karns 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 Tirgan 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 Tirgan Formation

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

شکل ۶: کارن های پلی ژنیک در حوضه کلات، الف) کارن پهنه در شمال شرق حوضه بر روی سازند کلات، ب) کارن پهنه یا سفره کارن یا شبکه کارن در شمال غرب حوضه بر روی آهک تیرگان، ج) کریدور کارستی در شمال غرب حوضه در آبشار قره سو بر روی آهک تیرگان، د) کریدور کارستی در شمال غرب حوضه در آبشار قره سو بین آهک تیرگان و سرچشمه

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 Tirgan limestone, c) Karst corridor in the northwest Basin in Qarasu waterfall on Tirgan limestone, d) Karst corridor in the northwest of the basin in Qarasu waterfall between Tirgan 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 سرچشمه می باشد. عوامل عمده 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 لاپیه 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 کارنها گردید و کارنها در چهار گروه مهم کارنهای حفره ای و تشتکی در سنگ برهنه، کارنهای خطی با عملکرد درز و ترکی، کارنهای خطی با عملکرد هیدرودینامیکی روانابها و کارنهای پلی ژنیک یا مرکب تقسیم بندی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

گردید. در گروه اول: میکرو حفرات انحلالی، کارنهای حفره ای و کارن غارچه یا شافت کارنها و تریت کارنها در حوضه مورد مطالعه شناسایی گردید. در گروه دوم میکروکارنهای خطی یا درزه ای شناسایی گردید. در گروه سوم میکرو ریلن کارن، ریلن کارن، وندکارن، رونل کارن، ماندر کارن و ریپل کارنها شناسایی گردید و در گروه چهارم کارن پهنه یا سفره لاپیه و کریدور کارستی شناسایی شدند. بررسی ها نشان می دهد که کارنهای حفره ای 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. وندکارنها فقط در جنوب حوضه شناسایی گردید و کارن غارچه فقط در شمال شرق حوضه مشاهده گردید. بررسی ها نشان می دهد تفاوت لیتولوژی مهمترین تاثیر را در گسترش این نوع فرم داشته است. از آنجائیکه که این تفاوت باعث عملکرد متفاوت این واحد های سنگی (سازندهای زمین شناسی) در برابر عوامل تکتونیکی شده است که در نتیجه باعث تفاوت در توسعه و شدت شکستگی ها را از یک سو و از طرفی میزان چین خوردگی و فرسایش از سوی دیگر گردیده که در مجموع باعث عملکرد متفاوت این واحد ها 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].

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

- 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., Renetzeder 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., Doehne, 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].

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:06 IRDT on Thursday June 18th 2026

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 karrens, 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