

کارنها، متنوع ترین پدیده‌های کارست در منطقه تخت سلیمان

چکیده

منطقه تخت سلیمان در بین عرض جغرافیایی $36^{\circ}30'30''$ تا $36^{\circ}42'30''$ شمالی و طول $47^{\circ}5'$ تا $47^{\circ}21'$ شرقی در شمال شرق شهر تکاب، در قسمت جنوبی استان آذربایجان غربی در ایران قرار گرفته است. ویژگی‌های زمین‌شناسی و اقلیمی منطقه تخت سلیمان شرایط مناسبی را برای پیدایش اشکال کارست فراهم ساخته است. تراورتن از سنگهای عمده کربناته منطقه است که از سنگهای آهکی و دولومیتی دوره کرتاسه تشکیل شده است. چشمه‌هایی که در قسمت‌های مختلف منطقه وجود دارند به وسیله انحلال سنگهای کربناته، سنگهای تراورتن را به وجود آورده‌اند. فعالیت‌های تکتونیکی در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی بیش از ۸۵ گسل را در این منطقه به وجود آورده‌اند. این گسل‌ها همراه با شکاف‌ها و درزه‌ها عامل مهمی برای پیدایش اشکال کارست به خصوص کارنها در منطقه می‌باشند. شرایط اقلیمی مانند بارش و رطوبت نسبی نیز در پیدایش کارنها مهم می‌باشند. انحلال اولیه و سطحی سنگهای تراورتن این کارنها را به وجود آورده است. عوامل درونی و بیرونی موجب پیدایش کارنهای متنوعی شده‌اند که در این رابطه بارش عامل بیرونی و ویژگی سنگها عامل درونی محسوب می‌شوند.

از لحاظ مورفولوژی کارنهای منطقه به انواع مختلفی دسته‌بندی می‌شوند:

۱. اشکال دایره‌ای کارنها مانند: کارنهای بارانی یا چاله‌های بارانی، پن‌ها، و کارنهای پله‌ای.
۲. اشکال خطی کارنها مانند: کارنهای موازی، آبروهای انحلالی، شکاف‌های آهکی یا گریک‌ها.
۳. کارنهای پلی‌ژنتیک.

چاله‌های بارانی به وسیله قطرات باران در روی سنگهای برهنه ایجاد شده‌اند. در منطقه تخت سلیمان این اشکال ریز بر روی دامنه‌های ملایم بیشتر از دامنه‌های پر شیب شکل گرفته و به صورت بی‌نظم و فرسایش یافته‌ای به هم پیوسته‌اند. نمونه‌هایی از این اشکال در اطراف دولین چال تپه مشاهده می‌شوند. پن‌ها هم شبیه چاله‌های بارانی اما بزرگتر از آنها می‌باشند. این نوع کارنها در اطراف دریاچه تخت سلیمان به چشم می‌خورند. کارنهای پله‌ای بیشتر در قسمت شمالی برجک دریا به وجود آمده‌اند این نوع کارنها دارای دیواره‌های انتهایی قوسی شکل و کف مسطح می‌باشند که به سمت پایین دامنه‌های خود گسترده شده‌اند. جریان‌های آبی در دامنه‌های پرشیب شیارهایی را به نام کارنهای بارانی ایجاد کرده‌اند. از تمرکز جریان‌های آبی شکاف‌های آهکی یا گریک به وجود آمده است. به طور کلی در منطقه نیمه خشک تخت سلیمان اشکال کارستی کمتر در معرض تغییرات و فرسودگی شدید قرار می‌گیرند.

کارنها نقش مهمی در برنامه‌ریزی محیطی دارند. کارنها به وسیله ایجاد شیارها و چاله‌ها، شرایط مساعدی را برای کاهش مقاومت سنگهای تراورتن در برابر عوامل مورفولژیک فراهم ساخته که در نهایت موجب تخریب و فرسایش آنها می‌شوند. کارنها جریان‌های آبی را کنترل نموده و با تمرکز و نفوذ آنها، در چرخه هیدرولوژی و تغذیه سفره آبهای زیرزمینی تأثیر می‌گذارند. این فرآیندها منابع آب کارستی را فراهم می‌سازند. تولید و جابجایی خاک و پیدایش واریزه‌های بلوکی از دیگر نتایج گسترش کارنها می‌باشد که روی مورفولوژی منطقه و فعالیت‌های انسانی تأثیر گذاشته‌اند. در مجموع کارنها دارای چشم‌اندازهای طبیعی جذابی هستند که گروه‌های هنری و جهانگردی را به خود جلب می‌کنند.

کلید واژه‌ها: کارست، کارن، ژئومورفولوژی، منطقه تخت سلیمان، سنگهای آهکی.

مقدمه

پدیده‌های کارست که از انحلال سنگ‌های آهکی به وجود می‌آیند علاوه بر ایجاد اشکال متنوع ژئومورفولوژی نقش مهمی نیز در برنامه‌ریزی‌های محیطی ایفا می‌کنند. این پدیده‌ها از عوامل درونی و بیرونی ناشی شده و گسترش آنها به نحوی بیانگر تأثیر هر کدام از عوامل یاد شده می‌باشد.

ویژگی‌های زمین‌شناسی و اقلیمی منطقه تخت سلیمان به صورتی است که شرایط را برای شکل‌گیری پدیده‌های کارست فراهم ساخته است، سنگ‌های آهکی تراورتن که از نهشته‌گذاری چشمه‌های آهک‌ساز در کواترنر به وجود آمده‌اند و همچنین آهک‌های دولومیتی قدیمی‌تر، قسمت‌هایی از منطقه را تحت پوشش قرار داده‌اند. حرکات تکتونیکی در دوره‌های مختلف گسل‌ها و شکستگی‌های زیادی را ایجاد کرده است، به طوری که تعداد ۸۵ گسل در سطح منطقه شناسایی گردیده است که در جهت‌های مختلفی گسترش پیدا کرده‌اند. این گسل‌ها در کنار شکستگی‌ها و درزه‌ها از پتانسیل‌های مهم منطقه در ایجاد اشکال کارست، به خصوص کارنها می‌باشند. وضعیت اقلیمی از جمله بارش و رطوبت نسبی نیز از عوامل دیگر شکل‌گیری این پدیده‌ها می‌باشند. «عوامل اقلیمی علاوه بر اینکه در آهک‌زایی مؤثر است در ایجاد پدیده‌های کارستی ناشی از عمل انحلال نقش عمده‌ای بر عهده دارد» (زنگنه اسدی و همکاران، ۹۰، ۱۳۸۱). نمونه‌های کاملاً مشخصی از اشکال کارست در سطح منطقه تشکیل شده‌اند که عبارتند از کارنها، دولینها، اووالا، برجکهای تراورتن، سکوی تراورتن و دره‌های کارستی. در میان این پدیده‌ها کارنها از تنوع بیشتری برخوردارند. ابتدایی‌ترین و سطحی‌ترین نوع انحلال سنگ‌های آهکی به صورت کارنها ظاهر می‌شوند. در واقع کارنها اشکال کوچک کارستی هستند که به سبب انحلال سنگ در سطح‌رویی و زیرین زمین ایجاد می‌شوند. آبهایی که در آنها مقدار زیادی گاز کربنیک وجود دارد در درزه‌ها و شکافهای سطحی سنگ‌ها نفوذ کرده و زمینه انحلال آنها را فراهم می‌سازند. مواد حل شده توسط جریان‌های سطحی تخلیه شده و حفره‌ها و شکافهای انحلالی به وجود می‌آید که کارن نامیده می‌شوند. کارن یک واژه آلمانی است که اصطلاح فرانسوی آن لاپیه^۱ می‌باشد. در پژوهش حاضر سعی شده انواع کارنها را از لحاظ مورفولوژی و شرایط تشکیل بررسی شوند.

هدف پژوهش: در این پژوهش اهداف زیر دنبال شده‌اند:

- تعریف کارن و چگونگی تشکیل آن در منطقه - بررسی نقش عوامل درونی در تشکیل کارنها - بررسی نقش عوامل بیرونی در تشکیل کارنها - دسته‌بندی کارنها براساس مورفولوژی و نحوه شکل‌گیری آنها - بررسی نقش کارنها در برنامه‌ریزی‌های محیطی منطقه.

بیان مسأله: کارنها از تأثیر متقابل عوامل درونی و عوامل بیرونی بر سطح سنگهای آهکی ایجاد شده و نقش بیشتر هر کدام از این عوامل، نوع، شکل و اندازه آنها را تعیین می‌کند. از لحاظ مورفولوژی کارنها به اشکال دایره‌ای، خطی، دیواری، شطرنجی و پلی‌ژنیک دسته‌بندی می‌شوند که هر کدام از این دسته‌ها نیز زیر مجموعه‌های مخصوص به خود را دارا می‌باشند. کارنها نوعی از پدیده‌های کارستی به حساب می‌آیند که در ساختار طبیعی و برنامه‌ریزی‌های محیطی منطقه مؤثر می‌باشند.

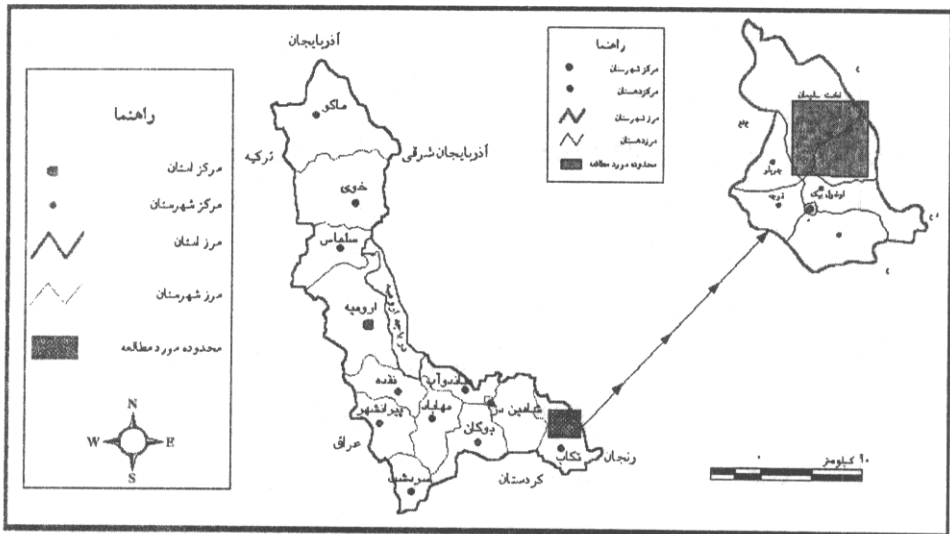
پیشینه تحقیق: در مورد کارنهای منطقه مطالعات مستقلی صورت نگرفته است. تنها می‌توان به مطالعاتی اشاره کرد که در زمینه‌های زمین‌شناسی، اقلیم و توپوگرافی انجام شده‌اند. زمینه‌های نظری این پژوهش در شناسایی و دسته‌بندی کارنها الهام گرفته از پژوهش‌های بزرگان کارست شناس از جمله فورد- ویلیام^۲ (۱۹۸۹) و سلبی^۳ (۱۹۸۵) می‌باشد.

روش تحقیق: در بررسی کارنهای منطقه روشهای زیر را مد نظر قرار داده‌ایم:
- روش توصیفی و کتابخانه‌ای در مورد مبانی، دسته‌بندی و عواملی که موجب تشکیل کارنها در منطقه می‌شوند.

- جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از ادارات هواشناسی، زمین‌شناسی و نقشه‌برداری.
- روش تجربی و بررسی‌های میدانی برای تطبیق نمونه‌های شاخص کارنها در منطقه.

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه تخت سلیمان یکی از مناطق تاریخی و باستانی کشور ایران می‌باشد که در جنوب شرق استان آذربایجان غربی و در شمال شرق شهرستان تکاب واقع شده است. «تخت سلیمان در واقع باقیمانده شهر شیز می‌باشد» (ناومان، ۱۳۷۳، ۱۵) که مورخان و جهانگردان در گذشته به دریاچه کارستی آن اشاره کرده‌اند. این منطقه در بین عرض‌های $36^{\circ} 30'$ و $36^{\circ} 42' 30''$ شمالی و طول‌های $47^{\circ} 5'$ و $47^{\circ} 21'$ شرقی قرار گرفته است. شهرستان تکاب استان آذربایجان غربی را به استان‌های کردستان، زنجان و آذربایجان شرقی متصل می‌کند و منطقه تخت سلیمان نیز در محل تلاقی این استان با استان آذربایجان شرقی قرار داشته و وسعتی در حدود $546/25$ کیلومتر مربع دارد.



شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی تخت سلیمان

۱. کارنها و شرایط تشکیل آنها در منطقه

عواملی که شرایط مناسب را برای پیدایش کارنها در منطقه فراهم ساخته‌اند عبارتند از عوامل درونی و عوامل بیرونی که به طور گذرا به آنها اشاره‌ای خواهیم داشت.

۱-۱- عوامل درونی: این عوامل به صورتهای مختلفی در شکل‌گیری کارنها مؤثر

بوده‌اند که عبارتند از:

- جنس سنگها: چشمه‌های آهک‌ساز که در دوره کوتاه‌تر فعالیت داشته‌اند نهشته‌های تراورتنی وسیعی را در سطح زمینهای منطقه ایجاد کرده‌اند. این پوشش آهکی تراورتنی در زمین‌های اطراف روستاهای نصرت‌آباد، احمدآباد، قره بلاغ، برنجه و ... مشاهده می‌شوند. همچنین آهکهای دولومیتی قدیمی‌تر نیز در ارتفاعات کوه بلقیس و کوه گورگور تشکیل شده‌اند. وجود این آهکهای تراورتنی و دولومیتی که نسبت به عمل انحلال حساس هستند از شرایط مهم تشکیل کارنها در منطقه می‌باشد.

- ضخامت سنگهای آهکی: در قسمتهایی که سنگهای آهکی ضخامت زیادی دارند مانند ارتفاعات کوه چال تپه و ارتفاعات اطراف روستای برنجه تراکم و تنوع کارنها افزایش یافته است.

- درزه‌ها و شکستگی‌ها: منطقه تخت سلیمان تحت تأثیر حرکات کوه‌زایی گذشته

به شدت تکتونیزه شده و گسل‌ها و شکستگی‌های زیادی در آن به وجود آمده است. گسل

رورانده قینرجه - چهار طاق جهت شمال غربی - جنوب شرقی داشته و گسل‌های متعدد دیگری نیز با جهات مختلف نسبت به آن امتداد دارند که تعداد ۸۵ عدد از آنها شناسایی شده‌اند. به تناسب این گسل‌ها، شکستگی‌های ساده و درزه‌های زیادی هم ایجاد گردیده‌اند که زمینه تمرکز و نفوذ آب به داخل سنگهای آهکی را فراهم ساخته و موجب شکل‌گیری انواع مختلفی از کارنها شده‌اند. رابطه کاملاً مشخصی نیز بین کارنها، دولینها و گسل‌ها در منطقه وجود دارد. «تعداد زیادی از دولینها در طول شکستگی‌ها به صورت ردیفهایی تشکیل می‌شوند» (Twidal - bourn, 2000, 89). دولینهای منطقه بیشتر در امتداد گسلها و کارنهای منطقه نیز بیشتر در اطراف این دولینها شکل گرفته‌اند.

۱-۲- عوامل بیرونی: این عوامل به وسیله پارامترهای زیر در شکل‌گیری کارنها

مؤثر بوده‌اند:

- نوع آب و هوای منطقه: در نواحی سرد و مرطوب و اقلیم ارتفاعات عمل انحلال سنگهای آهکی به شدت خود می‌رسد. با توجه به فرمول و نمودار اقلیم نمای آمبرژه آب و هوای منطقه از نوع اقلیم ارتفاعات نزدیک به اقلیم سرد و نیمه خشک تعیین شده است. - وجود دوره‌های متناوب خشک و مرطوب: در نواحی که دارای دوره‌های متناوب خشک و مرطوب هستند عمل کارست به حداکثر خود می‌رسد (احمدی، ۱۳۷۴، ۹۲). با بررسی داده‌های دما و نم نسبی و تهیه نمودار آمبروترمیک مشخص می‌شود که منطقه دارای دوره‌های متناوب خشک و مرطوب بوده و زمینه مساعدی را برای فرآیندهای کارست و تشکیل کارنها دارا می‌باشد.

- بارش: سطحی‌ترین و ابتدایی‌ترین پدیده کارست که کارنها می‌باشند در ابتدا به وسیله باران محتوی گاز کربنیک که خاصیت اسید کربنیک دارد تشکیل شده و سپس به وسیله عوامل هیدرودینامیکی گسترش می‌یابند (قدری، ۱۳۸۲، ۱۲۱). نقش بارش به حدی مهم است که اگر میزان بارش از ۳۰۰ میلی‌متر کمتر شود اشکال کارست به وجود نمی‌آیند (چورلی و همکاران، ۱۳۷۷، ۲۰۰). با بررسی داده‌های بارش ایستگاه‌های منطقه، میانگین بارش سالیانه ۴۳۶/۴۷ میلی‌متر برآورد شده است (دفتر مطالعاتی البرز، ۱۳۸۰، جلد اول، ۲۲) که شرایط کارست‌زایی و تشکیل کارنها را دارا می‌باشد.

- ارتفاع ناهمواری‌ها: بیشترین کارنهای منطقه در ارتفاعات ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ متری تشکیل شده‌اند. ارتفاع متوسط منطقه ۲۳۱۲ متر و بلندترین نقطه آن قله کوشک در کوه

بلقیس با ارتفاع ۳۳۲۸ متر می‌باشد. نزدیک به ۵۳ درصد مساحت منطقه در ارتفاعی بین ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ متر قرار دارند. با توجه به افت حرارتی اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه‌های هواشناسی، به ازای هر ۱۰۰۰ متر ۴٫۵ درجه سانتیگراد از دمای هوا کاسته می‌شود. بنابراین با افزایش ارتفاع و کاهش شیب توپوگرافی و سرد شدن هوا میزان گاز کربنیک بیشتری در آب حل شده و باعث ایجاد کارنها در ارتفاعات منطقه گردیده است. لازم به ذکر است که افت حرارتی دما متناسب با وجود سنگهای آهکی و درجه خلوص آنها در پیدایش کارنهای منطقه مؤثر بوده است. از عوامل مهم دیگری که در تشکیل کارنهای منطقه مؤثر بوده‌اند می‌توانیم به فرآیندهای هیدرودینامیکی، سطح تعادل آبهای زیرزمینی، پوشش گیاهی و زمان اشاره کنیم.

۲. دسته‌بندی کارنهای منطقه

از لحاظ مورفولوژی نمونه‌های مختلفی از کارنها در سطح منطقه شناسایی شده‌اند که شکل، اندازه و شرایط تشکیل مخصوص به خود را دارند. این کارنها را به صورت زیر دسته‌بندی می‌کنیم:

۲-۱- اشکال دایره‌ای کارنها^۴: برخی کارنها به شکل دایره یا بیضی دیده می‌شوند و عامل بارش نقش اولیه را در تشکیل آنها داشته است. قطرات باران به هنگام برخورد با سطح سنگ‌های آهکی سبب خیس شدن و توقف آب در سطح سنگ‌ها می‌گردد و موجبات تجزیه شیمیایی و تبدیل کربنات کلسیم به بی‌کربنات کلسیم محلول و انحلال آنها را فراهم ساخته است. کارن‌های دایره‌ای منطقه به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

الف: کارن‌های بارانی^۵ یا حفره‌های بارانی^۶: حفره‌هایی تقریباً دایره‌ای شکل هستند که به صورت مستقیم از برخورد قطرات باران به وجود آمده‌اند. «این نوع از کارنها به صورت حفره‌هایی مستقل و مجزا از هم در سطح سنگ‌های آهکی تشکیل شده‌اند» (سبسی ۱۹۸۵، ۳۰۸). قطر آنها معمولاً کمتر از ۱ سانتی‌متر و عمقی بین ۱ تا ۲ سانتی‌متر دارند. نمای کلی این کارنها شبیه کندوهای زنبور می‌باشد. در قسمت‌هایی مانند اطراف دولین چال تپه این حفره‌ها تقریباً هم شکل و هم اندازه بوده و فاصله آنها بسیار به هم نزدیک می‌باشد اما در قسمت‌هایی دیگر مانند اطراف دریاچه تخت سلیمان این حفره‌ها هم شکل

4. Circular form's karren.

5. Rainkarren.

6. Rainpit.

و به یک اندازه نیستند. عمق آنها کم و در عوض قطر آنها بیشتر بوده و در اندازه‌های مختلفی به وجود آمده‌اند. در محل قرارگیری تعداد زیادی از این حفره‌ها «درزه‌ها و شکستگی‌های ریزی است که در سطح سنگها ایجاد شده و قطرات باران در آنها متمرکز می‌شوند» (فورد- ویلیام، ۱۹۸۹).

ب: پن‌ها^۷: حفره‌های انحلالی هستند که در سطح سنگ‌های آهکی ایجاد شده‌اند. اندازه آنها بزرگتر از کارن‌های بارانی بوده، کف آنها تقریباً مسطح می‌باشد. اکثراً در کف حفره‌ها کلسیت یا خاک رس وجود دارد. در مواردی که قسمت زیرین سنگ خالی گردیده، کف آنها سوراخ شده و شکل یک استوانه پیدا کرده‌اند. نمونه پن‌های مسطح و کف دار را در اطراف دولین چال تپه و دریاچه تخت سلیمان مشاهده می‌کنیم و نوع استوانه‌ای آن در اطراف دولین انحلالی جنوبی که در حد فاصل کوه تویله و کوه زندان سلیمان تشکیل شده وجود دارد «نقش اورگانیزم‌ها و فرسایش شیمیایی در شکل‌گیری این نوع کارنها مشهود است» (فورد- ویلیام، ۱۹۸۹، ۳۷۹). در بعضی از این پن‌ها که در کف آنها خاک تشکیل شده گیاهانی رشد کرده‌اند که با جذب و پس دادن عناصر شیمیایی به خاک و سنگ و تولید اسید هومیک نقش مهمی در گسترش این حفره‌ها داشته‌اند.

ج) کارن‌های پله‌ای^۸: این نوع کارن‌ها در سطح منطقه بسیار کم هستند. چند نمونه از آنها در دامنه شمال شرقی کوه چال تپه و همچنین در قسمت شمالی برجک دریا شناسایی شده‌اند. این نوع کارنها در روی سنگ‌های آهکی و دولومیتی برهنه تشکیل شده‌اند. در واقع اشکال پله مانندی هستند که از گسترش و ترکیب پن‌ها و کارنهای شیاری به وجود آمده‌اند. حفره‌های آنها به وسیله تیغه‌های کم ارتفاعی از همدیگر جدا شده‌اند. کف آنها تمایل کمی داشته و تیغه‌ها نیز کم ارتفاع می‌باشند. هر پله شامل یک حفره شیمیایی می‌باشد که در قسمت پایین و در بین تیغه‌ها قرار گرفته است. ارتفاع تیغه‌ها ۲ تا ۳ سانتی‌متر، پهنای پله‌ها ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و طول آنها به ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر می‌رسد.

۲-۲- اشکال کارن‌های خطی^۹:

این کارن‌ها به شکل طولی گسترش دارند. عوامل تشکیل دهنده آنها ممکن است شکستگی‌ها، فرآیندهای هیدرودینامیک و یا گسترش کارن‌های بارانی باشد. کارن‌های خطی منطقه را به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم:

7. pans.

8. Tritkarren.

9. Liner form karren.

الف: کارن‌های موازی^{۱۰}: در قسمت‌هایی که سنگ‌های آهکی به صورت برهنه در سطح زمین ظاهر شده‌اند شیاریهایی موازی در سطح سنگ‌ها ایجاد شده‌اند. نمونه کاملاً مشخص این نوع کارن را در اطراف دولین چال تپه مشاهده می‌کنیم. فرآیند تشکیل این نوع کارن به این صورت بوده است که در اثر بارش، کارن‌های بارانی تشکیل شده، بعد از پر شدن حفره‌ها، آب آنها سر ریز نموده و در مسیرهای مشخص جاری می‌شود. «تداوم حرکت آب سبب وصل شدن این حفره‌ها به هم شده و به صورت شیاریهای موازی در سطح سنگ‌ها در می‌آیند» (سلیبی، ۱۹۸۵، ۳۰۸). در واقع بارش و اعمال هیدرودینامیک آب‌های جاری مهمترین عوامل تشکیل این نوع کارن‌ها می‌باشند.

در منطقه دو نوع کارن موازی شناسایی شده است:

- کارن‌های موازی که سطوح بین شیاریها در آنها مسطح بوده و در مسیر طولی دارای پیچ و خم‌هایی می‌باشند. عمق و عرض شیاریها در حدود ۲ سانتی‌متر و طول آنها ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد.

- کارن‌های موازی که سطوح بین شیاریها در آنها به صورت تیغه‌های تندی ظاهر شده و مسیر طولی شیاریها نیز دارای پیچ و خم‌هایی می‌باشد. دیواره این شیاریها متقارن نبوده بلکه در یک طرف شیاری شیب تند و در طرف دیگر شیب ملایم می‌باشد.

عده‌ای از دانشمندان مانند جنینگ^{۱۱} (۱۹۸۵) و دانکرلی^{۱۲} (۱۹۸۳) اصطلاح شیاریهای انحلال^{۱۳} را برای نامیدن کارن‌های موازی به کار برده‌اند (فورد- ویلیام، ۱۹۸۹، ۳۸۴).

ب) آب‌روهای انحلالی^{۱۴}: شیاریهای کم عمقی وجود دارند که آب در سطح آنها جاری است. عمل فرسایش این شیاریها را زیاد به عمق نبرده و نوعی کارن را به نام آب‌روهای انحلالی ایجاد کرده است. با توجه به شکل ظاهری آنها در سطح منطقه به دو نوع تقسیم می‌شوند:

- **کارن‌های جویباری^{۱۵}:** این نوع کارن در روی سنگهای برهنه تشکیل شده و دارای لبه‌های مشخصی می‌باشد. لبه‌دار بودن این نوع کارن، شدت عوامل تخریب فیزیکی را در این قسمت نشان می‌دهد. عرض آنها به ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و عمق آنها به ۲۰ تا ۳۵ سانتی‌متر می‌رسد. نمونه‌هایی از این نوع کارن در ارتفاعات اطراف روستای برنجه مشاهده می‌شود.

10. Rillenkarren.
13. Solution flute.

11. Jenning.
14. Solution runnel.

12. Dunkerley.
15. Rinnenkarren.

- کارن‌های ساییده شده^{۱۶} (مدور): این نوع کارن‌ها در زیر خاک تشکیل شده و گسترش پیدا کرده‌اند. رطوبت موجود در خاک که از آب‌های حاصل از بارش فراهم شده است گاز کربنیک لازم را برای انحلال آنها در اختیار گذاشته است. عمق و عرض آنها افزایش یافته و لبه‌های آنها حالت و ساییدگی پیدا کرده‌اند. عرض آنها ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و عمق آنها به ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد.

ج) شکافهای آهکی: منطقه تخت سلیمان دارای شکست‌ها و گسل‌های متعددی است که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی به وجود آمده‌اند. جریان آب‌های سطحی باعث افزایش عمق و عرض آنها شده، به صورتی که یک دره طولی را ایجاد کرده‌اند. در ژئومورفولوژی کارست به این عارضه گریک^{۱۷} گفته می‌شود که واژه معادل فارسی آن را پژوهشگران داخلی (عامری و غضنفری، ۱۳۸۰، ۳۳۲) ژرف شیار تعبیر کرده‌اند. در جنوب غرب روستای برنجه یک گسل احتمالی با جهت شمال غرب- جنوب شرق تشکیل شده است. طول آن در حدود ۲۰۰ متر، عرض آن ۲ تا ۳ متر و عمق آن در حدود ۳ تا ۵ متر می‌باشد. در قسمت شمال غربی چند شاخه از آن جدا شده و شعباتی را به وجود آورده‌اند. حرکت آب‌های جاری با حجم زیاد در خط گسل، سبب انحلال کف آن شده و آن را گسترش داده‌اند. دیواره‌ها حالت عمودی پیدا کرده و نشانه‌هایی از فروریختگی به صورت بلوک‌های واریزه‌ای و همچنین نشانه‌هایی نیز از عمل انحلال در کف آن دیده می‌شود. این شکاف بزرگ یک اووالا را در قسمت شمالی به یک دولین فروریخته در قسمت جنوب شرقی متصل می‌سازد. با توجه به گسترش طولی زیاد آن می‌توان آن را به کریدورهای انحلالی یا بوگاز^{۱۸} شبیه دانست. در واقع تشکیل این نوع کارن حاصل عمل مشترک عوامل تکتونیکی و هیدرودینامیکی می‌باشد (عکس ۱).

۲-۳- کارن‌های شطرنجی: در فاصله بین روستای قزل قشلاق و برنجه تشکیلات آهکی وجود دارد که در سطح آنها چند دولین تشکیل شده است. در اطراف دولین شرقی این قسمت شکاف‌های طولی و عرضی زیادی در سطح سنگ‌ها ایجاد شده است. عمل یخبندان سبب افزایش حجم این شکافها و درزها شده، سپس آب‌های جاری مواد هوازده را با توجه به شیب زیاد که مربوط به دامنه کوه می‌باشد به سمت پایین جابجا کرده و سبب افزایش عمق و عرض این شکاف‌ها شده‌اند. این شکاف‌ها ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر عرض و

16. Roundkarren.

17. Grike.

18. Bogaz.

نزدیک به ۵۰ سانتی‌متر عمق دارند «به مجموعه‌ای از این شکاف‌ها کارن‌های شطرنجی می‌گویند» (محمودی، ۱۳۷۶). این نوع کارنها در دامنه کوه حالت پله ماندی پیدا نموده‌اند (عکس ۲). از آنجا که مدت زمان زیادی از تشکیل آنها نمی‌گذرد و همچنین توسط خاک پوشیده نشده‌اند کناره‌های آنها گوشه‌دار و تیز می‌باشد. موادی که از انحلال شکاف‌های بین برآمدگی‌ها به وجود آمده توسط آبهای جاری حمل و در قسمت‌های پای دامنه نهشته شده‌اند به همین دلیل زمین‌های پایین دامنه دارای خاک ضخیم بوده و مورد استفاده کشاورزی قرار می‌گیرند.



عکس ۱ یک کارن شکافی یا گریک که در اثر دخالت عوامل تکتونیک و مورفودینامیک ایجاد شده است، جنوب غرب روستای برنجه

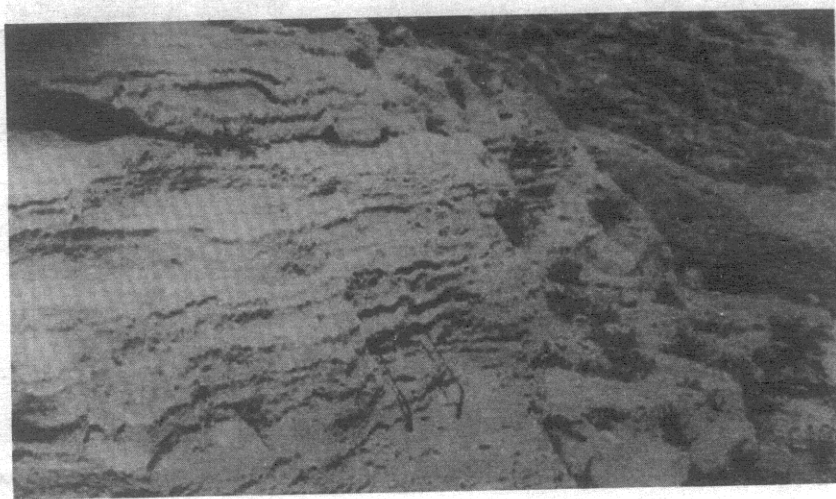
۲-۴- کارن‌های دیواری^{۱۹}: آهک‌هایی در سطح منطقه وجود دارند که از نوع آهک‌های دولومیتی می‌باشند. در جاهایی که دامنه حالت عمودی و دیواره‌ای دارد تحت تأثیر فرسایش شیمیایی و انحلال شیارهایی به صورت افقی در آنها ایجاد شده است. این شیارها در سطح افقی و مطابق با نحوه قرارگیری لایه‌های نازک آهک و مارن به وجود آمده‌اند. عمق آنها ۱ تا ۳ سانتی‌متر، عرض آنها ۲ تا ۵ سانتی‌متر و طول آنها گاهی به ۲ تا ۳ متر نیز می‌رسد. این نوع کارن مخصوص صخره‌هایی است که حالت عمودی و دیواره‌ای دارند و به آنها کارن‌های دیواری می‌گویند (عکس ۳). فورد و ویلیام (۱۹۸۹)،

19. Wallkarren.

(۳۸۷) به نوعی از کارن دیواره‌ای اشاره کرده‌اند که شیارهای آن حالت عمودی داشته و در سنگ‌های مرمر تشکیل شده‌اند. در حالی که کارن‌های دامنه شمال شرق کوه چال تپه در جهت افقی و مطابق با نحوه قرارگیری لایه‌ها ایجاد شده‌اند.



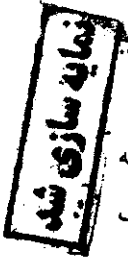
عکس ۲ کارن‌های شطرنجی، شمال غرب روستای برنجه



عکس ۳ کارن‌های دیواری، دامنه شمال شرق قله چال تپه

۲-۵- کارن‌های پلی ژنتیک^{۲۰}: در قسمتهایی از کوه چال تپه و در روی کوه‌های غرب روستای برنجه صخره‌هایی وجود دارند که در روی آنها چند کارن با شکل و

20. Polygenetic karren.



اندازه‌های مختلف تشکیل شده‌اند. شرایط تشکیل هر کدام از این کارنها متفاوت می‌باشد. در زیر به دو نمونه از این کارنها اشاره می‌کنیم:

الف) ترکیبی از حفره‌های بارانی، پن‌ها و کارن‌های شیاری ساییده شده: در دامنه شمال شرقی کوه چال تپه در سطحی حدود ۳ متر مربع نمونه‌ای از کارن‌های پلی‌ژنتیک مشاهده می‌شود. در قسمت چپ این سطح آهکی چند پن به صورت بیضی و دایره‌ای مشاهده می‌شود که در کف یکی از آنها گیاهانی رشد کرده‌اند. در قسمت راست آن چند کارن ساییده شده مشخص هستند که در روی آنها کارن‌های بارانی تشکیل شده‌اند. این مجموعه در یک سطح تقریباً مسطح به وجود آمده است. در تشکیل کارن‌های ساییده شده پوشش خاکی تأثیر مستقیم داشته است، کارن‌های بارانی تحت تأثیر قطرات باران قرار داشته و تشکیل شده‌اند و پن‌ها علاوه بر وجود آب به نحوی از ارگانسیم‌ها و فرسایش شیمیایی نیز تأثیر پذیرفته‌اند.

ب) ترکیبی از کارن‌های بارانی، کارن‌های موازی و کارن‌های دیواری: در سطح یک قطعه سنگ نسبتاً بزرگ در دامنه شمال شرقی کوه چال تپه مجموعه دیگری از کارن‌های پلی‌ژنتیک تشکیل شده‌اند. در سطح سنگ، حفره‌های بارانی مشاهده می‌شوند که به صورت سوراخ‌هایی سطح سنگ را پوشانده‌اند. بعضی از آنها به هم چسبیده و کارن‌های موازی را ایجاد کرده‌اند. در تمام قسمت‌های سنگ، کارن‌های دیواری افقی به چشم می‌خورد. شرایط تشکیل هر کدام از این کارن‌ها نیز متفاوت می‌باشد که توضیح داده شده‌اند.

ج) سنگ فرش آهکی^{۱۱}: چشمه‌های آهک‌ساز در سطح منطقه زیاد است در بعضی موارد آب این چشمه‌ها به آبراه اصلی نمی‌رسد و در روی زمین‌های تقریباً مسطح جاری شده و به مرور زمان به عمق زمین نفوذ می‌کنند. مواد محلولی که در آب هستند به صورت نهشته‌هایی، سطح زمین را پوشانده و به مرور زمان به سنگ‌های تراورتنی تبدیل شده‌اند. ضخامت این نهشته‌ها که یک لایه آهکی را تشکیل می‌دهند زیاد نیست و بیانگر این مسأله است که عمل تراورتن‌زایی در حال حاضر نیز صورت می‌گیرد.

عامل فرسایش و حفر، قسمت‌هایی از این سطح آهکی را کنده و به عمق برده است به این صورت پوشش آهکی توسط شیارهایی تکه‌تکه شده‌اند. این شیارها ممکن است

21. Limestone pavement.

منظم بوده و یا بی‌نظم باشند. زمانی هم توده‌هایی از خاک و سنگ توسط آب‌های جاری از قسمت‌های بالایی دامنه‌ها حمل شده و روی بخشی از این سنگ‌های آهکی را پوشانده‌اند به صورتی که یکپارچگی توده‌های آهکی به هم خورده است. به این سطوح آهکی بریده شده سنگ‌فرش آهکی می‌گویند. مشخص‌ترین نمونه سنگ‌فرش آهکی در اطراف کوه زندان سلیمان وجود دارد. سنگ‌فرش‌های آهکی می‌توانند در مقیاس‌های دیگر اشکال کارست نیز مورد بررسی قرار گیرند اما فورد و ویلیام (۱۹۸۹) و سلی (۱۹۸۵) آنها را در ادامه کارن‌ها مورد بحث قرار داده‌اند و به تبعیت از بزرگان کارست شناس ما نیز سنگ‌فرش‌های آهکی را جزو اشکال کارن‌ها دسته‌بندی کرده‌ایم.

۳. نقش ژئومورفولوژیکی کارن‌ها در برنامه‌ریزی‌های محیطی منطقه

در برنامه‌ریزی‌هایی که لازم است برای توسعه منطقه صورت گیرد می‌بایست کلیه مسائل طبیعی و انسانی را مد نظر قرار داد. بنابراین «در مراحل مختلف فرآیند برنامه‌ریزی نیاز به مشارکت و مداخله ژئومورفولوژی نیز پیش می‌آید» (هوک، ۱۳۷۵، ۲۶۱). کارن‌ها یکی از پدیده‌های طبیعی و ژئومورفولوژی هستند که لازم است مورد توجه قرار گیرند.

نقش کارن‌ها را می‌توانیم به صورت زیر بیان کنیم:

- کارن‌ها که از عمل انحلال در سنگهای آهکی به وجود می‌آیند، شیارها و حفره‌هایی را در سطح این سنگها ایجاد کرده و به نوعی مقاومت آنها را در برابر عوامل مورفوژنز کاهش می‌دهند. این مسأله زمینه را برای فرسایش و متلاشی شدن آنها فراهم می‌سازند مانند کارن‌های بارانی و پن‌ها که در منطقه وجود دارند.

- کارن‌ها جریان آبهای سطحی را تحت تأثیر قرار داده و مسیر آنها را کنترل می‌کنند. در مواردی نیز باعث تمرکز آبها می‌شوند مانند شکاف‌های آهکی، کارنهای موازی، کارنهای جویباری و کارنهای مدور که در ارتفاعات کوه‌چال تپه و روستای برنجه وجود دارند.

- در زمین‌های آهکی و گچی به دلیل به وجود آمدن حفره‌ها و درزه‌ها، قابلیت نفوذ زیاد است بنابراین آبی که در زمین نفوذ می‌کند ممکن است زیاد باشد و منابع آبی عظیم کارستی را به وجود بیاورد (کردوانی، ۱۳۷۴، ۴۹). کارن‌ها با تمرکز آبهای سطحی زمینه را برای نفوذ آنها به اعماق زمین فراهم می‌سازند و به نوعی در چرخه آبشناسی و تغذیه سفره‌های زیر زمینی منطقه مؤثر هستند.

- کارنها در تولید و جابجایی خاک مؤثر می‌باشند. شکاف‌های متقاطعی که در سطح کارنهای شطرنجی شمال غرب روستای برنجه ایجاد گردیده با جذب آب و تجزیه شیمیایی سنگ آهک، خاک تولید کرده است. این خاکها توسط آبهای حاصل از بارش جابجا شده و در زمینهای پای دامنه‌ای که کارنهای شطرنجی در روی آن تشکیل گردیده نهشته شده‌اند. قسمتی از پای دامنه که به وسیله این خاکها اشغال شده مورد استفاده کشاورزی اهالی روستا قرار می‌گیرد.

- کارنها در مواردی موجب تشکیل واریزه‌های بلوکی در دامنه و در دیواره بعضی از دولینها شده‌اند. شکاف آهکی یا گریکی که در قسمت غرب روستای برنجه روی داده است واریزه‌های بلوکی زیادی ایجاد نموده که این واریزه‌ها به داخل شکاف ایجاد شده سقوط کرده‌اند. این شکاف آهکی همچنین موجب شکستگی و ریزش دیواره شرقی دولین فروریخته روستای برنجه شده است. در اثر این شکستگی واریزه‌های بلوکی زیادی به داخل این دولین سقوط کرده‌اند که وزن بعضی از آنها به چند تن می‌رسد.

- کارنها در اشکال و اندازه‌های مختلف خود از مناظر طبیعی زیبا و دیدنی منطقه تخت سلیمان محسوب می‌شوند که از جنبه گردشگری می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با شناساندن و معرفی این پدیده‌ها در سطح کشور می‌توان جوامع علمی و هنری را به این منطقه جذب نمود.

نتیجه

تنوع کارنها ناشی از تأثیر عوامل درونی و بیرونی و همچنین شدت و نقش غالب هر کدام از عوامل یاد شده می‌باشد. به طوری که شکل‌گیری هر کدام از اشکال خطی، دایره‌ای، شطرنجی و پهنه‌های کارنی منطقه را می‌توان به دخالت و تأثیر مستقیم این عوامل نسبت داد. اشکال ژئومورفولوژی جالبی که توسط این کارنها ایجاد شده‌اند از لحاظ علمی و هنری می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. شناساندن این پدیده‌ها صنعت گردشگری را به منطقه جذب نموده و تا حدودی موجب خارج شدن منطقه از انزوای فرهنگی و اقتصادی می‌شود. این کارنها نقش مهمی در حرکت و جابجایی آبهای جاری، نفوذ آنها در عمق زمین و تغذیه آبهای زیرزمینی دارند. همچنین متخلخل نمودن سطح سنگها، جابجایی خاک و در مواردی ایجاد ریزشهای بلوکی از دیگر نتایج این کارنها می‌باشد که می‌بایست در برنامه‌ریزی‌های محیطی منطقه به آنها توجه نمود.

منابع و مآخذ

۱. احمدی، حسن (۱۳۷۸)؛ ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، چاژ دوم ۱۳۷۸، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. زنگنه اسدی، محمدعلی و همکاران (۱۳۸۱)؛ چشم‌اندازهای کارستی حوضه اخلمد و مدیریت محیطی آن، مجله پژوهشهای جغرافیایی شماره ۴۲، سال سی و چهارم، بهار ۱۳۸۱، دانشگاه تهران.
۳. چورلی، ریچاردجی، شوم، استانی ای، سوذن، دیوید، ای، ترجمه دکتر احمد معتمد (۱۳۷۷)؛ ژئومورفولوژی، جلد دوم (زمین‌شناسی)، چاپ اول ۱۳۷۷، انتشارات سمت.
۴. سازمان جغرافیایی ارتش (۱۳۷۹)، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، شیت‌های شیرمرد و ساغرچی.
۵. سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۸۰)؛ نقشه زمین‌شناسی تخت سلیمان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
۶. شرکت خدماتی مهندسی آب و خاک کشور، مطالعات البرز (۱۳۸۰)؛ مطالعات مرحله اول سد مخزنی تخت سلیمان، جلد اول، گزارش هیدرولوژی و هیدرولوژی. چاپ سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی.
۷. عامری، علی و غضنفری، پرویز (۱۳۸۰)؛ واژه‌نامه جامع زمین‌شناسی، چاپ اول ۱۳۸۰، انتشارات دانشگاه تبریز.
۸. فون دراوستن. هانس هینتگ، ناومان. ردولف، ترجمه فرامرز نجد سمیعی (۱۳۷۳)؛ تخت سلیمان، چاپ اول ۱۳۷۳، انتشارات میراث فرهنگی.
۹. قدری، محمدرضا (۱۳۸۲)؛ پژوهش‌های ژئومورفولوژی منطقه تخت سلیمان با تأکید بر ویژگی سنگ‌های آهکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی با گرایش ژئومورفولوژی، استاد راهنما: رضایی مقدم، محمدحسین، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
۱۰. کردوانی، پرویز (۱۳۷۴)؛ ژئوهیدرولوژی، چاپ دوم ۱۳۷۴، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۱. محمودی، فرج‌الله (۱۳۷۶)؛ ژئومورفولوژی ساختمانی، چاپ سوم ۱۳۷۶، انتشارات دانشگاه پیام نور.
۱۲. هوک، ج. ام (۱۳۷۲)؛ ترجمه زمردیان، محمدجعفر، ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، چاپ اول ۱۳۷۲، انتشارات سمت.
13. Ford , Derek and Williams, Paul (1989); karst geomorphology and hydrology, London, unwin human. Ltd First Publish.
14. Selby, M.J (1985); Earth changing surface an introduction to geomorphology, Clarnbon press oxford.
15. Twidale, C.R and Bourne, J.A (2000); Dolins of the Pleistocene dune calcarenite terrain of western Eyre Peninsula, South Autorialia: a reflection of underprinting? Geomorphology 33 (2000) 89-105.