

بررسی آثار لندفرمی فعالیت‌های یخچالی عصر پلیستوسن در ایران مرکزی (منطقه موردی: کذاب-یزد)

محمد شریفی پیچون* - استادیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیا، دانشگاه یزد.
فاطمه زارع - کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد.
کاظم طاهری نژاد - کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۰۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۷/۱۲

چکیده

در برخی از مناطق ایران مرکزی با وجود شرایط خشک و بیابانی حال حاضر لندفرم‌هایی قابل مشاهده‌اند که مربوط به فرایندهای یخچالی بوده و در گذشته بوجود آمده‌اند. هدف از این پژوهش، مطالعه و بررسی این نوع لندفرم‌ها جهت شناخت شرایط محیطی و اقلیمی گذشته در حوضه‌های خارج از کوه سیرکوه می‌باشد. روش اصلی مطالعه مشاهده مستقیم بوده و از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه رقومی ارتفاعی و دستگاه GPS نیز استفاده شده است. بعلاوه، از روش‌های رایج و پورتر در بازسازی آثار سیرک‌های گذشته استفاده شده است. یافته‌ها حاکی از وجود لندفرم‌هایی است که در سیستم مورفوننتیک یخچالی بوجود آمده‌اند. این لندفرم‌ها در دو دسته لندفرم‌های کاوشی یخچالی و تراکمی یخچالی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. آثار کاوشی فعالیت یخچال‌های گذشته در منطقه شامل ۲۸ سیرک بزرگ و کوچک و دره‌های وسیع و عریض با عرض بعضاً بیش از ۲۰۰ متر در ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متر است. مهمترین آثار تراکمی عملکرد یخچال‌ها مورن‌های میانی، تیلیت‌ها و یخرفت‌های انتهایی است. مورن‌های میانی در منطقه مورد مطالعه به شکل تپه‌های تخم‌مرغی و ماریچی شکل بوده و نزدیک به یک کیلومتر طول و حدود ۲۰ متر ارتفاع دارند و از جمله تیبیک‌ترین آثار تراکمی یخچال‌ها را در ایران مرکزی بوجود آورده‌اند. همچنین، تیلیت‌ها از دیگر آثار تراکمی فعالیت زبانه‌های یخی در منطقه هستند که به شکل تراس‌هایی در سمت چپ و راست دره رودخانه بر روی سنگ بستر اغلب به شکل دگرشیب و متناوب در دو سمت دره قرار گرفته‌اند و احتمالاً مربوط به اولین دوره یخچالی می‌باشد که در دوره‌های دیگر توسط سیمان کربنات کلسیم سخت شده و به شکل کنگلومرا در آمده‌اند. یخرفت‌های انتهایی نیز در سه ارتفاع ۱۷۵۰، ۱۸۵۰ و ۲۱۷۰ متر وجود دارند که می‌تواند حاکی از وجود سه دوره یخچالی در منطقه باشد که از قدیم به جدید از شدت و قدرت آنها کاسته شده است. بررسی‌های دانه‌سنجی بر روی رسوبات میانی و تیلیت‌ها نیز موید منشا و فرایند زبانه یخچالی در منطقه است.

واژگان کلیدی: حوضه کذاب، مورایت یخچالی، مورن‌ها، تیلیت، کواترنر.

مقدمه

شناخت شکل‌های ناشی از اثر اقلیم و هر فعالیتی که شکل زمین را تغییر دهد و موجب جابجایی مواد و تغییر کمی و کیفی انرژی جنبشی آنها شود، مورد توجه ژئومورفولوژیست‌ها است (مقیم، ۱۳۸۷:۱) شواهد یخچالی از مهمترین آثاری هستند که تحولات اقلیمی گذشته و تغییرات آینده را می‌توان بر اساس آنها پیش بینی کرد (آبرامفسکی^۱، ۲۰۰۶:۱۰۸۰). در بررسی تغییرات اقلیمی کوتاه مدت یخچالهای کوهستانی از بهترین شاخص‌ها هستند (گاشف^۲، ۲۰۱۶). این گونه یخچالها، لندفرمهای تیبیک و ارزشمندی را در زمینه شناخت و توسعه یخچالها و همچنین فعالیت آنها را در کوتاه‌تر در اختیار ما قرار می‌دهد (آناکا^۳، ۲۰۱۶). بنابراین مطالعه شکل‌های عصرهای یخبندان اطلاعات ارزشمندی از شرایط پائوکلیما فراهم می‌آورد (لوسو^۴، ۱۹۹۸:۱). محمودی (۱۳۶۷:۱۲) شواهد ژئومورفولوژی یخچالی را یکی از مشخص‌ترین میراث تحولات اقلیمی دوره کوتاه‌تر در ایران می‌داند. هر چند موقعیت کنونی سرزمین ایران و تسلط شرایط خشک و نیمه خشک وجود حاکمیت یخچالها را در این سرزمین با شک و تردید همراه ساخته است، اما وجود شواهد و آثار ژئومورفولوژیکی یخچالها در مناطق مختلف ایران، حاکی از عملکرد یخچالها در این مناطق است از طرفی دیگر، دماوند، علم کوه، سبلان، اشتران کوه و زرد کوه از مرتفع‌ترین قله کوهستانی ایران به شمار می‌روند که در حال حاضر، دارای یخچال فعال می‌باشند (وزیری، ۱۳۸۲:۳۸) به طور کلی، فرآیندهای بیرونی زمین و اشکال ناشی از آنها اصولاً تابع شرایط اقلیمی حاکم بر هر منطقه در بستر زمان است (رامشت و همکاران، ۱۳۹۰) از جمله موارد اساسی در مطالعات یخچالی شناخت خط برف‌مرز دائمی و خط تعادل آب و یخ می‌باشد. خط تعادل آب و یخ خطی است بین حد نهایی گسترش زبانه یخچالی و سطح رواناب ناشی از ذوب یخ (محمودی، ۱۳۶۸)، اما برف‌مرز دائمی عبارت است از مرزی در سطح افقی که بالاتر از آن پوشش برف در تمام طول سال پابرجا می‌ماند (بلرو پومروی، ۱۳۶۹) به طور کلی شواهد ژئومورفولوژیکی و لندفرمهای موجود مانند سیرک‌های یخچالی و دره‌های یخچالی در مناطق مختلف کره زمین حاکی از عملکرد فرآیندهای یخچالی و حاکمیت سیستم‌های یخچالی است که شناسایی این ژئوformها علاوه بر اثبات تغییرات اقلیمی در گذشته می‌تواند برای کشف روند حاکم بر لندفرم‌ها و همچنین شناخت محدودیت‌ها و پتانسیل‌های محیطی در برنامه ریزی و مدیریت محیط موثر واقع شود (آنتونسن، ۷۷-۶۳: ۱۹۹۶). مطالعات تقریباً گسترده‌ای در زمینه تغییر سیستم‌های اقلیمی و اثر آن بر مورفولوژی ناهمواریها در سطح جهان به ویژه اروپای غربی و آمریکای شمالی در یک قرن اخیر انجام گرفته است. هر چند که مطالعه آثار یخچالی به قرن ۱۹ میلادی باز می‌گردد جایی که ونتز (۱۸۲۱) اظهار داشت که یخچال‌های سوئیس به مراتب و وسیع‌تر از امروز بوده‌اند. در نیمه اول قرن نوزدهم لوئی آگا سیز (۱۸۷۳-۱۸۰۷) زمین‌شناس سوئیس به گسترش یخچالها و نقش آنها را در تغییر شکل ناهمواری‌ها اشاره می‌کند. در آغاز قرن بیستم پنگ و بروخنر (۱۹۰۸-۱۹۰۱) ابتدا انعکاس بروز تغییرات اقلیمی روی فرم اراضی رودخانه دانوب را باز شناسی کردند (نقل از شریفی و فرح بخش، ۱۳۹۵). ابول (۱۹۳۰) پژوهش‌هایی را در مورد یخچالهای آلپ آغاز و بیان داشت که غیر از چهار دوره یخچالی که بروخنر بدان‌ها اشاره کرده است آثار دو دوره‌ی سرد قدیمی‌تر دیگر نیز قابل ردیابی هستند. برندا^۵ و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعاتی که در مورد یخچالهای کوردیلرا داروین^۶ در آمریکای جنوبی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افت یخچالهای طبیعی در جنوب آمریکای جنوبی به سرعت صورت گرفته و این عقب

^۱Abramowski et al^۲Gachev et al^۳Onaca et al^۴Loso^۵Brenda^۶Cordillera Darwin

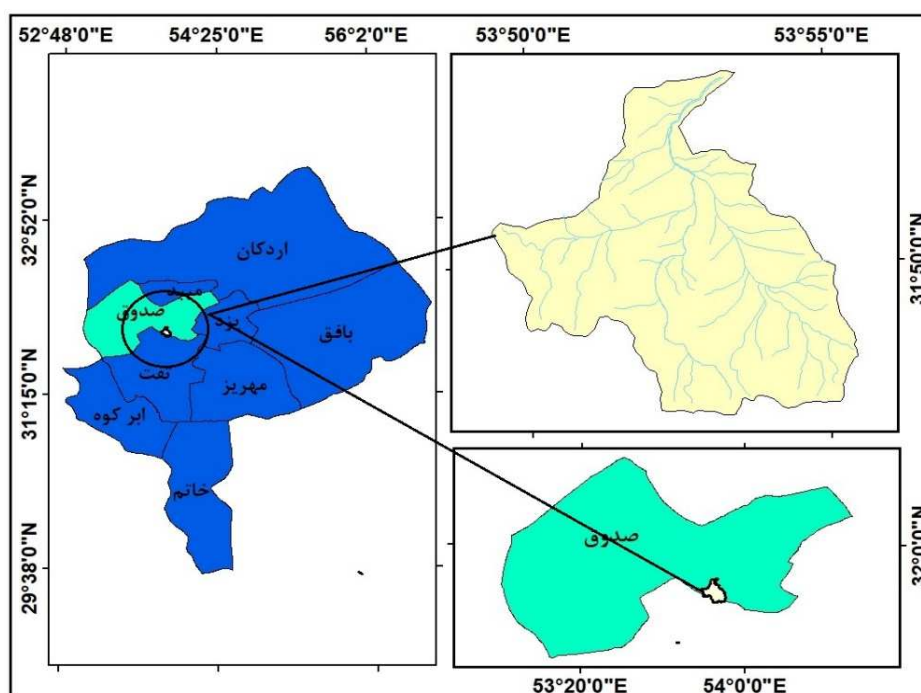
نشینی همزمان با افت یخ‌ها در جنوب آمریکا و نیوزیلند بوده است. خیانگ^۱ (۲۰۱۴) مطالعاتی بر روی دره بین پو ۲ در فلات تبت شرقی انجام داد و به این نتیجه رسید که حجم یخ در این دره در سه مرحله ی متوالی یخچالی با ارتفاع خط تعادل (ELA)، ۱/۶۵، ۱/۰۳ و ۰/۲۹ کیلومتر مکعب کاهش یافته است. زبره و استپین^۳ (۲۰۱۴) مطالعاتی بر روی کوه‌های آلپ دیناریک انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در کوه لاوسن یخچالها حدود ۹,۳۹ کیلومتر مربع توسعه یافته و حداکثر ضخامت آن حدود ۲۹۰ متر می‌بوده است. هندریکس و همکاران^۴ (۲۰۱۵) در کوه‌های شمالی ایتوپی مطالعاتی در زمینه آثار یخچالهای کوتاه‌تر انجام و اظهار نمودند که برف‌مرزهای دایمی در ارتفاع حدود ۶۰۰ متری قرار گرفته اند. لستین و اسپانیولو^۵ (۲۰۱۵) در مطالعاتی که بر روی آثار سیرک‌های یخچالی انجام دادند پی بردند که این لندفرمها می‌توانند اطلاعاتی در مورد مدت و شدت یخبندان و همچنین دمای گذشته و جهت باد را در اختیار ما قرار دهند. در ایران نیز مطالعات یخچال‌شناسی و بررسی یخبندان‌های دوران چهارم از اواخر قرن نوزدهم آغاز گردید و اولین کسی که در مورد این پدیده در ایران به مطالعه پرداخت ژاک دومرگان فرانسوی در سال ۱۹۸۰ بود. وی سیرک‌های یخچالی قدیمی را در اشتران کوه در ارتفاعی معادل ۳۸۰۰ متر و در قلیان کوه در ارتفاعی معادل ۲۴۴۰ متر مشاهده نمود. اما آنچه با نام مطالعات تدوین شده و دقیق در ایران در مورد آثار مرفیک یخبندان‌های دوران چهارم در دست است، مدیون تلاش‌ها و مطالعات جدی هانس بوبک در رشته کوه‌های البرز و در ارتفاعات کردستان (۱۹۳۳) و دزیو (۱۹۳۴) در زردکوه بختیاری است (جداری عیوضی، ۱۳۷۸: ۳۴). مطالعات دیگری را فیشر (۱۹۶۸) در کوه‌های البرز و قله علم کوه و همچنین، ژان درش مطالعاتی را در روی یخچال علم کوه و تخت سلیمان انجام داده است. بوبک با بررسی مورن‌های وورم در رشته کوه البرز و زاگرس آن را شاهدهی مشخص بر یخبندان قبل از وورم یاد می‌کند (رامشت، ۱۳۸۰: ۴). رایت (۱۹۶۳) از سیرک‌های یخچالی در ارتفاع ۳۰۰۰ متری دامنه شمالی اشترانکوه و آثار یخرفتی در ارتفاع ۲۶۰۰ متری گزارش داده است (رامشت، ۱۳۸۳: ۱۲). یمانی (۱۳۸۵) به بررسی اشکال ژئومورفیک یخچالها و حدود گسترش آنها در منطقه زرد کوه پرداخته و اظهار داشته است که در دامنه‌های شمال غربی این رشته کوه و پیرامون قله اصلی آن، بالای ارتفاع ۴۰۰۰ متر، بیش از ۱۵ سیرک و زبانه یخچالی وجود دارد. به اعتقاد وی، حداکثر گسترش زبانه‌های یخچالی تا ارتفاع ۲۵۰۰ متر و محدود به بستر رودخانه کوه‌رنگ است و مرز تشکیل سیرک‌های یخچالی حداقل تا ارتفاع ۳۴۰۰ متر بوده است. شریفی و فرح بخش (۱۳۹۵) به بررسی موارد ژئوفرم‌های یخچالی کوتاه‌تر و تغییرات سیستم‌های مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک در حوضه خضرباد در غرب شهر یزد پرداخته و اظهار داشته اند که دو دوره یخچالی، احتمالاً گونز و وورم، در این منطقه حاکمیت داشته و قلمرو یخچالی بین ارتفاعات ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر بوده است. از جمله افراد دیگری که در زمینه آثار یخچالها در ایران پژوهش نموده‌اند می‌توان به طاحوانی (۱۳۸۳) در ارتفاعات تالش، نعمت‌اللهی و همکاران (۱۳۸۴) در زاگرس، المدرسی (۱۳۸۴) در حوضه سخوید در شیرکوه یزد، رجبی و همکاران (۱۳۸۷) در کوه سه‌سهند آذربایجان، سرور (۱۳۸۹) در البرز شرقی، رامشت و همکاران (۱۳۹۰) در حوضه تیگرانی ماهان، مقیمی و همکاران (۱۳۹۱) در اشترانکوه لرستان، بیگلو و همکاران (۱۳۹۳) در کوهستان‌های بید خوان استان کرمان، شمسی پور و همکاران (۱۳۹۴) در شمال غربی زاگرس اشاره نمود که همه آنها به بررسی آثار ژئومورفیک یخچالها از جمله سیرک‌ها و دره‌های یخچالی و همچنین رسوبات یخچالی پرداخته‌اند و روش‌شناسی آنها تقریباً یکسان بوده و نتایج آنها با همدیگر سنخیت و سازگاری دارد. هدف این پژوهش نیز بررسی آثار لندفرم‌های یخچالی عصر پلیستوسن به

- 1 Xiangke
- 2 Yinpu
- 3 Zebre and Stepisnic
- 4 Hendrickx et all
- 5 Lestyn and Spagnolo

منظور بررسی تغییرات محیطی و اقلیمی گذشته در ایران مرکزی است؛ جایی که در حال حاضر شرایط خشک و بیابانی بر آن حاکم بوده و از شرایط اقلیمی متفاوتی از نظر فرایندهای شکل‌دهنده و تغییر دهنده محیط به نسبت زمان شکل‌گیری این لندفرمها برخوردار هستند.

مواد و روش‌ها

منطقه کذاب از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده‌ی ۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی با وسعتی بالغ بر ۴۵ کیلومتر مربع در جنوب غرب شهر یزد و در جنوب شرق شهرستان میبد واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه کذاب

تحقیق حاضر بیشتر بر مبنای بررسی‌ها و مطالعات میدانی و پیمایش‌های زمینی قرار دارد. با این وجود از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، نقشه رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک ۲۵ متر و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث ۲۰۱۶ در بررسی آثار یخچالی منطقه استفاده شده است. بعلاوه در بازسازی سیرکها از روشهای رایج و پورتر استفاده شده است. در ابتدا، با استفاده از ویژگی خطوط منحنی‌های میزان آثار یخچالی بویژه سیرکهای اصلی و دره‌های یخچالی مشخص گردیدند. بر مبنای نقشه زمین‌شناسی لیتولوژی این آثار نیز بررسی شدند و با استفاده از DEM نقشه طبقات ارتفاعی و ارتفاعاتی که سیرکها در آن قرار گرفته بودند به طور دقیق تعیین شدند. سپس، به منظور کنترل داده‌ها و بررسی‌های دقیق‌تر بازدید میدانی از منطقه در تاریخ دهم اردیبهشت ۱۳۹۵ به عمل آمد. برای کنترل اطلاعات و همچنین برداشت اطلاعات بیشتر مانند مشخص نمودن محل قرارگیری سیرکها و ویژگیهای مورفومتری آنها، بررسی دره‌های یخچالی و عرض و طول آنها و مشاهده و برداشت آثار تراکی یخچالی در برخی نقاط از دستگاه GPS استفاده گردید. در بررسی‌های میدانی ۴ نمونه رسوب در طول دره اصلی یخچالی برداشت و به آزمایشگاه برای گرانولومتری انتقال داده شد. چون یکی از رسوبات برداشت شده کنگلومرای سخت بوده و دانه‌ها توسط سیمان کربنات کلسیم به همدیگر چسبیده بودند از اسید کلریدریک ۵۰ درصد برای تفکیک دانه‌های رسوب استفاده گردید. در آزمایشگاه

نمونه‌های رسوب دانه سنجی شدند و با استفاده از نرم افزار Gradistate 4 تحلیل شدند. بعلاوه، جهت ترسیم و نمایش نقشه‌ها از نرم افزار ArcGIS10,2 استفاده شده است.

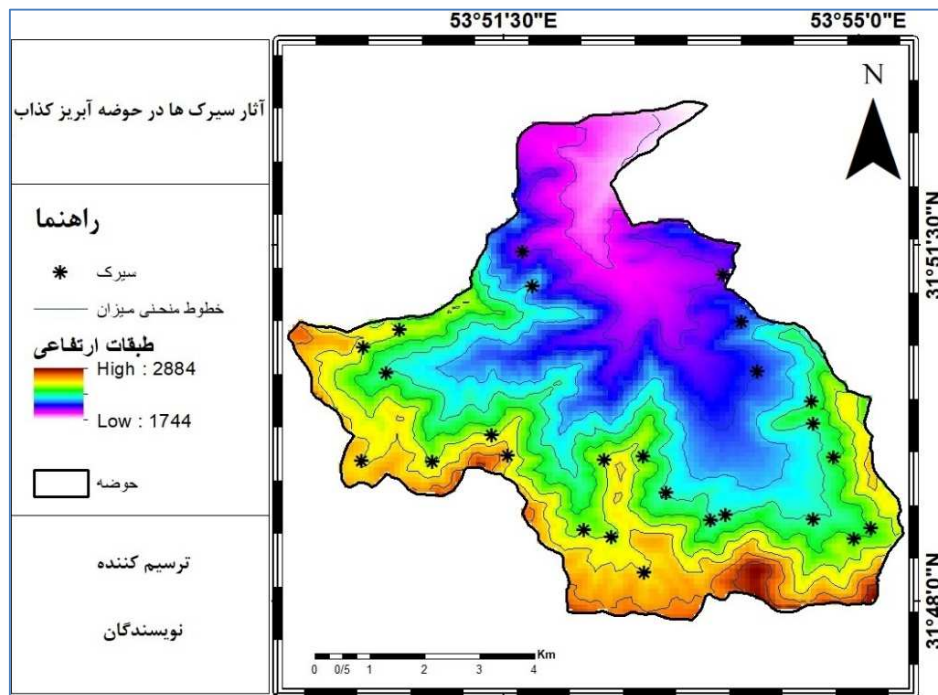
بحث

با استناد به مشاهدات مستقیم (بازدید میدانی) و بررسی نقشه‌های توپوگرافی، عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، شواهد ژئومورفولوژی یخچالی موجود در این منطقه مورد مطالعه را می‌توان به دو گروه کلی شامل اشکال کاوشی و اشکال تراکمی تفکیک نمود. در حوضه آبریز کذاب آثار کاوشی شامل سیرک‌ها و دره‌های یخچالی و آثار تراکمی انواع مورن‌ها، تیلیت‌ها، سنگ‌های سرگردان و تورهای سنگی می‌باشد که در ادامه هر یک از این موارد به تفکیک و تفصیل آورده شده‌اند.

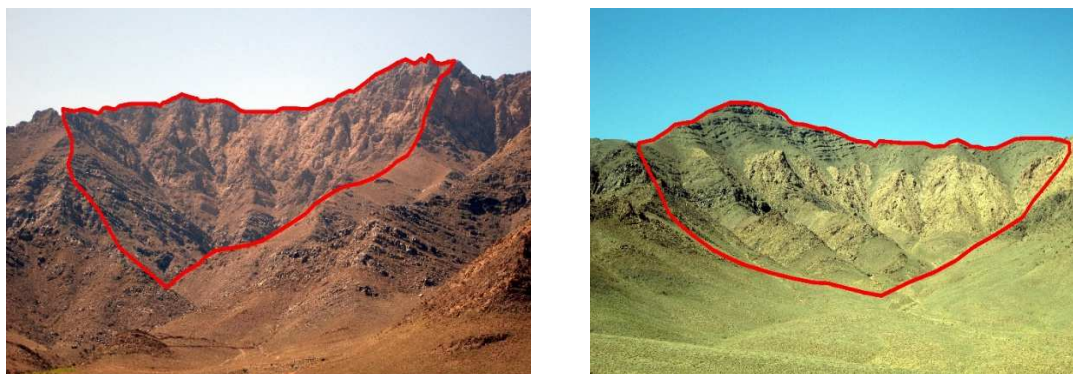
ردیابی آثار کاوشی یخساری منطقه

الف- سیرک‌های منطقه

برای ردیابی آثار سیرک‌های یخچالی در منطقه مورد مطالعه ابتدا از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید. آثار سیرک‌ها بر روی این نقشه به صورت خطوط منحنی میزان سینوسی (پنجه‌ای) شکل کشیده در ارتفاعات بالا دست در پایین‌تر از قله کوه هاست. بر این اساس، با بررسی نقشه توپوگرافی حوضه مورد مطالعه، فرم مربوط به سیرک‌های یخچالی در ارتفاعات منطقه مشخص و بدین ترتیب تعدادی آثار سیرک شناسایی گردید. سپس، در مطالعات میدانی به شکل دقیق‌تری این لندفرمها کنترل شده و در نهایت تعداد واقعی سیرک در حوضه مشخص شد. بدین ترتیب، می‌توان اظهار داشت که در قسمت‌های جنوب شرق، غرب و شرق منطقه حدود ۲۸ سیرک بزرگ و کوچک به طور پراکنده بین ارتفاعات حدود ۲۰۰۰ تا ۲۶۰۰ متری قرار گرفته‌اند (جدول ۱). بر اساس نقشه توپوگرافی منطقه، بازدیدهای میدانی و استفاده از GPS نقشه سیرکهای حوضه آبریز کذاب ترسیم گردید (شکل ۲). دو مورد از این سیرکها در شکل شماره ۳ به صورت عکس نمایش داده شده است. این سیرکها در بخش شرقی منطقه و در زیرحوضه هامانه قرار دارند.



شکل ۲: نقشه آثار مربوط به سیرک‌ها در حوضه کذاب



شکل شماره (۳) نمایی از آثار سیرکهای موجود در منطقه مورد مطالعه

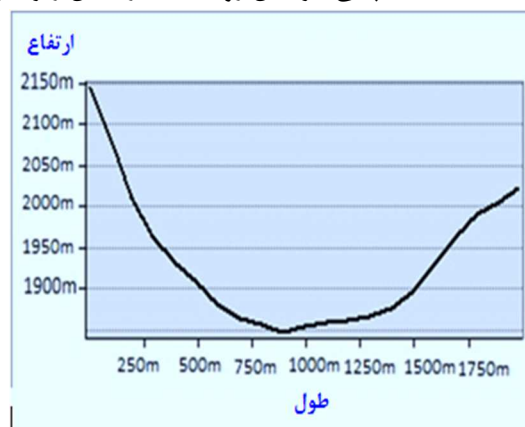
جدول شماره (۱) سیرکهای موجود در منطقه مورد مطالعه، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع کف آنها

نقاط	جهت	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	شمال غرب	۲۰۲۴	۵۳ ۸۶ ۱۸	۳۱ ۸۵ ۷۳
۲	شمال غرب	۲۲۲۴	۵۳ ۸۶ ۲۲	۳۱ ۸۵ ۰۸
۳	شمال غرب	۲۰۷۲	۵۳ ۸۷ ۲۲	۳۱ ۸۴ ۹۴
۴	غرب	۲۵۰۲	۵۳ ۸۵ ۰۸	۳۱ ۸۴ ۸۵
۵	غرب	۲۶۳۹	۵۳ ۸۲ ۸۹	۳۱ ۸۴ ۱۶
۶	غرب	۲۳۱۵	۵۳ ۸۴ ۲۷	۳۱ ۸۳ ۷۰
۷	غرب	۲۳۵۶	۵۳ ۸۵ ۶۸	۳۱ ۸۳ ۰۱
۸	غرب	۲۶۳۷	۵۳ ۸۳ ۵۶	۳۱ ۸۲ ۶۱
۹	جنوب غرب	۲۶۰۴	۵۳ ۸۴ ۳۹	۳۱ ۸۲ ۳۲
۱۰	جنوب غرب	۲۶۵۰	۵۳ ۸۵ ۵۸	۳۱ ۸۲ ۳۷
۱۱	جنوب	۲۴۰۳	۵۳ ۸۷ ۱۳	۳۱ ۸۱ ۴۴
۱۲	جنوب	۲۴۶۹	۵۳ ۸۷ ۵۱	۳۱ ۸۱ ۲۵
۱۳	جنوب	۲۳۰۰	۵۳ ۸۷ ۷۲	۳۱ ۸۲ ۸۷
۱۴	جنوب	۲۴۴۱	۵۳ ۸۸ ۲۰	۳۱ ۸۲ ۵۸
۱۵	جنوب	۲۲۰۱	۵۳ ۸۸ ۸۴	۳۱ ۸۲ ۲۳
۱۶	جنوب	۲۲۲۱	۵۳ ۸۸ ۷۹	۳۱ ۸۲ ۲۵
۱۷	جنوب شرق	۲۳۰۲	۵۳ ۸۹ ۲۰	۳۱ ۸۱ ۷۳
۱۸	جنوب شرق	۲۲۲۷	۵۳ ۸۹ ۶۳	۳۱ ۸۱ ۷۸
۱۹	جنوب شرق	۲۲۶۹	۵۳ ۹۰ ۴۴	۳۱ ۸۱ ۶۱
۲۰	جنوب شرق	۲۲۸۵	۵۳ ۹۱ ۰۱	۳۱ ۸۱ ۴۹
۲۱	جنوب شرق	۲۳۷۸	۵۳ ۹۱ ۴۱	۳۱ ۸۱ ۶۱
۲۲	شرق	۲۳۴۱	۵۳ ۹۱ ۰۸	۳۱ ۸۲ ۳۲
۲۳	شرق	۲۳۴۳	۵۳ ۹۰ ۸۶	۳۱ ۸۳ ۰۱
۲۴	شرق	۲۳۱۳	۵۳ ۹۰ ۹۸	۳۱ ۸۳ ۴۷

۳۱ ۸۳ ۷۰	۵۳ ۹۰ ۲۲	۲۱۳۰	شرق	۲۵
۳۱ ۸۴ ۱۸	۵۳ ۹۰ ۰۱	۲۱۳۷	شرق	۲۶
۳۱ ۸۴ ۸۷	۵۳ ۸۹ ۷۰	۲۱۱۵	شمال شرق	۲۷
۳۱ ۸۵ ۶۵	۵۳ ۸۹ ۴۸	۲۰۲۹	شمال شرق	۲۸

ب- دره یخچالی

یکی دیگر از اشکال مهم یخچال‌های کوهستانی، دره‌های یخچالی است که قبلا وجود داشته و سپس به وسیله زبانه‌های یخچالی به شدت دستکاری شده‌اند (محمودی، ۱۳۸۹). این دره‌ها، دره‌هایی هستند که به وسیله یخچال ایجاد می‌گردند و نیمرخ آن به شکل U می‌باشد (احمدی، ۱۳۹۱). پهنای دره‌ها اغلب بیش از گودی آن است. کف آن ممکن است سنگی باشد که در این صورت یا صیقلی و موجدار است یا شیارهای متعدد و باریک دارد که بر اثر خراش یخرفته‌ها ایجاد شده‌اند (محمودی، ۱۳۸۹). سطوح هموار وسیعی درون دره‌ها وجود دارند، که این دره‌ها را به شکل U نشان می‌دهد. تغییر اقلیم و تغییر سیستم فرسایش باعث بریده شدن این سطوح شده به نحوی که پرتگاههایی در حاشیه این سطوح و درون سنگ بستر ایجاد شده است. در سه زیر حوضه منطقه مورد مطالعه دره‌های U شکل تیبیکی وجود دارند، پهنای بعضی از این دره‌ها در حدود ۲۰۰ متر می‌باشد. البته لیتولوژی در ایجاد این دره‌ها نقش داشته است به طوری که در منطقه سنگهای دگرگونی عرض آنها بیشتر می‌باشد. در داخل دره‌ها اغلب یخرفته‌های متنوع میانی به شکل طولی قابل مشاهده است و یخرفته‌های جانبی بیشتر به شکل تراس در کنار این دره‌ها قرار گرفته‌اند. این دره‌ها در بعضی مناطق کاملا بر روی سنگ بستر گذاشته شده و آثار خراشیدگی بر روی سنگ بستر نمایان است. تراس‌های سنگی نیز در بخش‌هایی از دره به وضوح قابل مشاهده هستند که بر روی این تراس‌ها یخرفت‌ها بر جای مانده‌اند. به ویژه آنکه در بخشی از این بستر تیلایت‌های یخچالی نیز قابل رویت‌اند. در شکل زیر نمونه‌ای از دره‌ی یخچالی در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴: نمایی از یک دره آبراهه‌ای - یخچالی در منطقه مورد مطالعه و نیمرخ عرضی آن در ارتفاع حدود ۲۱۰۰ متری در زیر حوضه ماهان در بخش شرقی حوضه

ردیابی آثار تراکمی یخساری منطقه

الف- مورن‌ها

مورن‌های منطقه کذاب از سنگ‌هایی ریزدانه (گراول و قلوه سنگ) تا ابعاد بزرگ (حدود ۴ متر) تشکیل شده‌اند و از حدود ارتفاع ۱۷۵۰ متر تا حدود ۲۲۰۰ متر به شکلهای متفاوتی مانند مورن‌های جانبی، میانی، تحتانی و پیشانی وجود دارند که مورن‌های جانبی و بویژه میانی در داخل دره‌های یخچالی (بویژه دره زیر حوضه هامانه) به شکل تپه‌های طولی و تخم

مرغی شکل در امتداد دره کشیده شده‌اند. عملاً بخش زیادی از فضاهای حوضه کذاب را مورن‌های یخچالی پوشانده است. در زیر انواع مورن‌های موجود در منطقه به شکل مفصل‌تری آورده شده‌اند:

مورن‌های جانبی

این نوع از مورن‌ها در دو طرف سواحل دره‌های یخچالی و بعضاً به شکل تراس‌هایی بر روی دامنه‌های مشرف به رودخانه بر جای گذاشته شده است. بخش عمده‌ای از این مورن‌ها در سمت چپ حوضه کوه میل درویش قرار گرفته اما به شکل موردی در بخش‌هایی در سمت راست و بر روی تراس‌های سنگی بخشی از یخرفت‌های جانبی هنوز قابل مشاهده‌اند. این مورن‌ها به شکل یکپارچه نبوده و تنها در بخش‌هایی از دره که دور از جریان آب بوده باقی مانده است (شکل ۵).



شکل ۵: نمایی از بقایای مورن‌های جانبی در ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متری در منطقه مورد مطالعه

مورن‌های میانی

به جرأت می‌توان گفت یکی از تیبیک‌ترین و مشخص‌ترین مورن‌ها، بویژه مورن‌های میانی در کشور ایران در حوضه کذاب قرار دارد. دلیل ماندگاری و حفظ آنها را می‌توان به خشکی و عدم وجود سیلاب‌های شدید نسبت داد که بر خلاف مناطق دیگر ایران، هنوز یخرفت‌ها در این منطقه به خوبی قابل ملاحظه و مشاهده بوده و می‌توان آن را به عنوان یک منطقه آموزشی یخچال‌شناسی معرفی نمود. مورن‌های میانی در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه به ویژه در زیر حوضه هامانه به شکل تپه‌های ممتد و طولیلی با ارتفاع بعضاً حدود ۲۰ متر، طول حدود ۸۰۰ متر و ارتفاع حدود ۲۲۰۰ متر از سطح دریا در داخل دره‌های یخچالی، جایی که دره‌های مختلف به هم می‌پیوندند، قرار گرفته‌اند. در زیر حوضه هامانه حدود ۱۰ تپه میانی با ارتفاع بین ۵ تا ۲۰ متر وجود دارند که هم از نظر مورفولوژی و هم از نظر رسوب‌شناسی به فعالیت زبانه‌های یخچالی تعلق دارند. در زیر نمونه‌ای از این تپه‌ها بر روی گوگل ارث و به شکل عکس آورده شده است (شکل ۶).



شکل ۶: نمایی از بقایای مورن‌های میانی موجود در منطقه مورد مطالعه، تصویر سمت راست از گوگل ارث اخذ شده و

تصویر سمت چپ عکس از منطقه با دوربین عکاسی در ارتفاع ۲۲۲۰ می باشد.

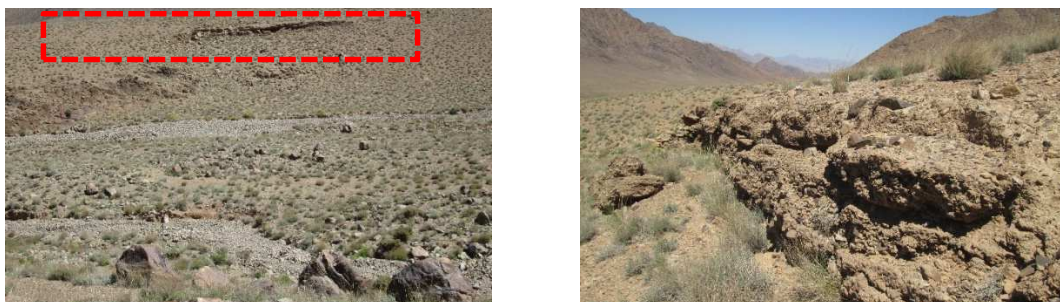
مورن های تختانی

این یخرفتها بر روی تراس های سنگی در ارتفاع بالای حدود ۲۰ متر از بستر دره رودخانه کنونی قرار داشته و به در حال حاضر شکل تراس‌هایی بر بستر رودخانه مشرف می باشد. بخشی از این رسوبات توسط سیمان‌های سیلیسی و آهکی سخت شده و به شکل کنگلومرا در آمده اند. این رسوبها هم به شکل رسوبهای درهم شامل قطعات ریز و درشت و هم به شکل تخته سنگها بر روی این تراسها قابل مشاهده می باشند.

تیلیت ها

تیلیت، صخره رسوبی است که در آن یخرفتها توسط مواد ریزدانه به شکل سیمان به هم چسبیده و بلوک‌ها و قطعات درشت هوازده نشده در آن قرار دارند. در واقع، اگر رسوبات کنگلومرا یخرفت باشد آن را تیلیت می نامند (شریفی و فرح بخش، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر، تیلیت را می‌توان نوعی کنگلومرا به شمار آورد که فرآیند نهشته‌گذاری آن یخرفت های یخچالی (اعم از کوهستانی و قاره ای) است. از جمله تفاوت‌هایی که تیلیت با کنگلومرا دارد مورفولوژی رسوبات، اندازه و سرت شدگی دانه های رسوبی، محل و جهت قرارگیری این دانه ها است. تیلیت ها در کنار دره های یخچالی قرار دارند، اغلب مورفولوژی هموار و کشیده ای در امتداد دره ها دارند، اندازه دانه ها از قطعات ریز تا قطعات بسیار بزرگ (با قطر بیش از یکی دو متر و حجم بیش از یک تن) را در بر می گرد، جهت و زاویه قرارگیری آنها، بر خلاف رسوبات رودخانه ای، در امتداد دره رودخانه ای نیست. در حوضه آبریز کذاب چند مورد از این رسوبها به شکل بریده بریده در حاشیه دره های یخچالی و بر روی سنگهای بستر قابل مشاهده هستند. اغلب آنها به شکل تراسهایی بر بستر کنونی رودخانه مشرف هستند. بیشتر آنها رنگ خاکستری تیره داشته و کوارتزهایی زاویه دار با دانه های فلدسپات را در بردارند. ضخامت آنها در برخی موارد به بیش از ده متر می رسد. به دلیل آنها بر روی سنگ بستر قرار گرفته و بر روی آنها یخرفت های دیگر نیز بر جای مانده اند، و همچنین سخت شدگی آنها، احتمالاً این رسوبات به اولین دوره یخچالی در منطقه (یعنی گونز) بر می گردند. با استفاده از همین تیلیت ها و یخرفت های موجود بر روی آنها می توان گفت که دست کم دو دوره یخچالی در این منطقه حاکمیت داشته است. در حوضه کذاب این تیلیت ها به شکل متناوب و البته نامنظم در هر دو طرف دره قابل مشاهده هستند. از دلایل عمده‌ای که این تیلیت‌ها تا به حال از بین نرفته اند خشکی منطقه و عدم وجود بارشها و البته سیلابهای شدید و وسیع در این بخش از ایران مرکزی است. در شکل زیر چهار نمونه از تیلیت ها در حوضه کذاب آورده شده است (شکل ۷).





شکل ۷: نمایی از یخرفت و تیلیتها در منطقه مورد مطالعه

مورن‌های پیشانی (سنگهای سرگردان)

این یخرفت‌ها به شکل سنگ‌های سرگردان ۱ در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده اند. حجم و قطر زیاد این سنگها، همچنین ناهمگون بودنشان در محیط نشاندهنده آن است که احتمالاً توسط زبانه یخی به این نقطه حمل شد اند و با ذوب و از بین رفتن یخ‌ها، این سنگها بر سراسر دشت برجای مانده اند. در حوضه کذاب در سه ارتفاع مختلف شامل ۱۷۵۰ متر، ۱۸۵۰ متر و ۲۱۷۰ متر چنین سنگهایی با ابعاد مختلف و به شکل توده ای قابل مشاهده است که هم می‌تواند حاکی از پسروری یخها در سه مقطع زمانی باشد و هم حاکی از گسترش یخچالها در سه دوره متوالی در ایران مرکزی، که در این صورت شدت آنها در دوره های اولیه بیشتر بوده و زبانه های یخی تا ارتفاعات پایین تر کشیده شده و قطعه سنگهای بزرگ را نیز با خود پایین می‌آورده اند که با ذوب یخها این سنگها بر جای مانده اند. قطر بزرگ برخی از این سنگ‌ها به بیش از ۴ متر رسیده و وزن آنها به بیش از ۵ تن قابل تخمین است. این سنگها که با سنگ‌های پیرامون خود همگون نبوده و به ندرت حالت گردشگری پیدا کرده اند. در زیر نمونه ای از این سنگها آورده شده است (شکل ۸).



شکل ۸: نمایی از سنگ‌های سرگردان در ارتفاع ۱۸۵۰ و ۲۱۷۰ متری در حوضه کذاب

همانطور که گفته شد این سنگ‌ها هم اکنون در ابعاد و اندازه‌های بزرگی قابل مشاهده هستند. در جدول (۲) قطر چند سنگ سرگردان اندازه گیری و اندازه قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک آنها ذکر گردیده است.

جدول شماره (۲) ابعاد سه سنگ سرگردان در منطقه کذاب

اندازه گیری چند نمونه از سنگهای سرگردان	قطر بزرگ (Cm)	قطر متوسط (Cm)	قطر کوچک (Cm)
سنگ اول	۱۵۰	۱۳۰	۱۰۰
سنگ دوم	۳۲۰	۲۲۰	۱۸۰
سنگ سوم	۲۸۵	۲۰۰	۱۴۰

استفاده از داده های رسوب

جهت بررسیهای دقیق تر آثار یخچالی منطقه مورد مطالعه، چهار نمونه رسوب به هنگام بازدید میدانی از منطقه برداشت گردید و سپس این نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه ها از رسوبهایی برداشت گردید که گمان می رود رسوبهای برجای مانده از زبانه های یخی هستند. در آزمایشگاه به به آزمایش نمونه های برداشت شده رسوب از حوضه آبریز کذاب پرداخته شد. عوامل مربوط به اندازه ذرات شامل دانه بندی، جور شدگی و سرت شدگی ابزاری مناسب برای درک بهتر فرآیندهای مورفودینامیکی و زمین مهندسی است. جنس سنگها، فعالیت های تکتونیک، ساختارهای زمین شناسی و آب و هوا از جمله عواملی هستند که در تشکیل نوع رسوبات و بار رسوبی حاصل از آن تاثیر می گذارند (شریفی و فرح بخش، ۱۳۹۵). به طور کلی توزیع ذرات در رسوبات بستگی به ویژگیهای سنگ مادر، فرایند هوازدگی، سایش و جور شدگی انتخابی آنها به هنگام انتقال بستگی دارد (موسوی حرمی، ۱۳۹۱). در این پژوهش، از روش گرانولومتری جهت اندازه گیری قطر دانه های رسوبی و ویژگیهای این رسوبات استفاده گردیده است. همانطور که اشاره شد در منطقه مورد مطالعه ۴ نمونه رسوب برداشت (جدول شماره ۴) و پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، نسبت به دانه سنجی آنها اقدام گردید.

جدول شماره (۴) موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا برای نمونه های برداشت شده از سطح منطقه

شماره نمونه	طول جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه)	عرض جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه)	ارتفاع
۱	۵۳ ۹۰ ۴۸	۳۱ ۸۱ ۹۶	۲۲۲۰
۲	۵۳ ۹۰ ۵۹	۳۱ ۸۲ ۱۱	۲۲۳۲
۳	۵۳ ۸۹ ۸۴	۳۱ ۸۲ ۵۳	۲۱۷۰
۴	۵۳ ۸۹ ۷۰	۳۱ ۸۲ ۵۴	۲۱۴۹

در روش گرانولومتری، ابتدا نمونه ها وزن شده، سپس مواد اضافی را با آب مقطر شسته و پس از خشک شدن مجدداً وزن شدند. در نمونه چهارم، رسوبات توسط سیمان آهکی به همدیگر چسبیده و سخت شده بود. برای جدا سازی این نمونه از اسید کلریدریک ۵۰ درصد استفاده گردید. در ادامه، مقدار حدود ۸۰۰ گرم از رسوبات را وزن و در داخل الک ها، که بر حسب منافذ و قطر اندازه های آنها به گونه ای روی یکدیگر قرار داده شدند که منافذ کوچکتر در پایین قرار بگیرد، ریخته شدند. الک ها را به مدت ۲۰ دقیقه داخل دستگاه شیکر گذاشته و در ادامه مقدار رسوب باقی مانده هر الک با دقت وزن شدند. نمونه های رسوبی به وسیله ی سری کامل الک دانه بندی و ذرات به شکل درصد برای هر الک مشخص گردید. قطر الک های مورد استفاده در این پژوهش از درشت به ریز به ترتیب ۴۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۳ میکرون بوده است (جدول شماره ۵)

جدول (۵) مقادیر نمونه های اندازه گیری شده به درصد

واحد اندازه گیری به میکرون	درصد نمونه اول	درصد نمونه دوم	درصد نمونه سوم	درصد نمونه چهارم
۴۰۰۰	۷۷,۴۴	۵۰,۷۷	۶۷,۴۳	۷۶,۴۷
۲۰۰۰	۵,۲۵	۱۹,۵۰	۹,۵۳	۷,۴۷
۱۰۰۰	۴,۶۵	۱۱,۴۵	۶,۲۵	۶,۰۴
۶۰۰	۲,۹۲	۴,۶۴	۳,۶۱	۳,۰۲
۵۰۰	۱,۳۱	۱,۲۳	۱,۹۷	۱,۲۷
۲۵۰	۳,۲۲	۴,۳۳	۳,۹۷	۲,۳۸
۱۲۵	۲,۲۶	۳,۴۰	۲,۹۶	۱,۴۳
۶۳	۳,۹۸	۴,۶۴	۴,۲۷	۱,۹۰

پس از مشخص نمودن درصد رسوبات بر روی هر الک، عوامل آماری رسوب شناسی مانند میانگین (Mz)، میانه (Md)، انحراف معیار جامع (SDI)، چولگی جامع (SKI)، کشیدگی منحنی (Ku) توسط نرم افزار Gradistat بدست آمد (جدول ۶).

جدول شماره (۶) تحلیل پارامترهای آماری به روش لحظه ای با استفاده از نرم افزار Gradistat

روش های اندازه گیری دانه های رسوبی	پارامترهای آماري	S _۱	S _۲	S _۳	S _۴
Method of	mean	۳۹۰۷,۸	۳۱۱۲,۶	۳۶۰۳,۳	۳۹۶۷,۵
moments	sorting	۱۶۶۸,۷	۱۸۲۹,۳	۱۷۹۷,۵	۱۵۵۸,۳
Arthematic(mm)	skewness	-۱,۴۴۹	-۰,۳۷۶	-۰,۹۷۷	-۱,۴۸۲
	kurtosis	۳,۳۰۲	۱,۴۸۷	۲,۱۸۸	۳,۴۷۷
Method of	mean	۲۸۵۶,۲	۲۰۶۵,۸	۲۴۸۴	۳۱۴۷,۶
moments	sorting	۲,۹۷۱	۳,۱۹۶	۳,۱۷۰	۲,۴۵۷
Geometric(mm)	skewness	-۲,۲۲۲	-۱,۵۳۱	-۱,۸۲۷	-۲,۵۲۸
	kurtosis	۶,۸۴۳	۴,۴۵۱	۵,۲۴۲	۹,۰۵۶
Method of	mean	-۱,۵۱۴	-۱,۰۴۷	-۱,۳۱۳	-۱,۶۵۴
moments	sorting	۱,۵۰۷	۱,۶۷۶	۱,۶۶۴	۱,۲۹۷
Logarithmic(f)	Skewness	۲,۲۲۲	۱,۵۳۱	۱,۸۲۷	۲,۵۲۸
	kurtosis	۶,۸۴۳	۴,۴۵۱	۵,۲۴۲	۹,۰۵۶

همانطور که در جدول شماره ی (۶) مشاهده می‌شود مقدار میانگین در نمونه ها بسیار نامناسب بوده و بخش عمده دانه‌های رسوبی در اطراف میانگین نیستند. بنابراین، رسوبات همه نمونه های برداشت شده از جور شدگی ۲ بسیار ضعیفی برخوردار بوده و انحراف معیار بالایی را نشان می دهند. هر چند که در نمونه های اول و چهارم این مقدار باز هم کمتر می باشد. نمونه چهارم از یک تیلیت یخچالی برداشت شده است. مقدار کشیدگی در همه نمونه ها نیز بالاست که حاکی از فرایندی جز حمل توسط آب بوده و بنابراین دانه های رسوبی چون به شکل جهشی و غلطیدن حرکت نکرده‌اند، گرد شدگی کمتری در زوایای آنها بوجود آمده است. همچنین، بررسی نمونه ها نشان می‌دهد که دانه ها کج شدگی بالایی پیدا کرده اند. همانطور که از جدول (۶) پیداست هر چهار نمونه مقدار کج شدگی منفی را نشان می دهند که نشان از تمایل منحنی تجمعی رسوبات به سمت چپ و وجود اندازه دانه های بزرگ در رسوبات است. با تحلیل این رسوبات در نرم افزار وضعیت

بافت رسوبی، میزان جور شدگی، کج شدگی و کشیدگی دانه های رسوبی برای هر چهار نمونه مشخص گردید (جدول شماره ۷).

جدول شماره (۷) تحلیل پارامترهای آماری رسوبات برداشت شده از منطقه کذاب

نمونه	۱	۲	۳	۴
نام رسوب	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
گروه بافتی	گراول	گراول	گراول	گراول
جور شدگی	بسیار ضعیف	بسیار ضعیف	بسیار ضعیف	بسیار ضعیف
کج شدگی	بسیار زیاد	بسیار زیاد	بسیار زیاد	بسیار زیاد
کشیدگی	بسیار کشیده	کشیده	کشیده	بسیار کشیده

بدین ترتیب، همانطور که از جدول فوق مشاهده می‌شود جور شدگی رسوبات در همه نمونه‌ها برداشت شده بسیار ضعیف بوده و رسوبات در اندازه‌های مختلف، بدون هیچ گونه سرت شدگی، روی هم انباشته شده‌اند. این امر احتمالا حاکی از دخالت یخ در جابجایی رسوبات است به گونه ای که رسوبات را یکجا برداشته و در یک جا نیز بر جای گذاشته است. مقدار کج شدگی رسوبات نیز بسیار زیاد بوده و منحنی تجمعی توزیع رسوبات نمونه‌ها به طرف رسوبات درشت دانه متمایل است. در واقع، فراوانی رسوبات درشت دانه نیز می‌تواند نشان از فرایند یخ باشد. بعلاوه، از نظر میزان کشیدگی، رسوبات اغلب بسیار کشیده‌اند و بنابراین نمی‌توانند به شکل جهشی یا غلطیدن توسط آبهای جاری جابجا شده باشند. کشیدگی زیاد رسوبات به احتمال زیاد حاکی از انتقال آنها توسط زبانه های یخی است.

نتیجه گیری

لندفرمهای کنونی سطح زمین و ویژگیهای ظاهری آنها اغلب تابع شرایط اقلیمی در بستر زمان و ویژگیهای این شرایط از جمله پایداری، توالی و تناوب این ویژگیهاست. چرا که آثار زمین ساخت در طولانی مدت تابع شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد و بدین ترتیب اقلیم تاریخ زمین را بر روی این فرمهای ناهمواریها حکاکی می‌کند. از این نقطه نظر، با قرائت این خطنگارهای اقلیمی می‌توان شرایط و ویژگیهای اقلیمی دوره‌های گذشته از جمله بارش، رطوبت، دما و باد را بازسازی نمود. اقلیم اغلب به شکل سیستم در یک دوره تاریخی عمل نموده و یک سیستم ژئومورفیک مرتبط با خود را بوجود می‌آورد. مطالعه و بررسی ژئوفرمهای حوضه کذاب حاکی از سیستم اقلیمی یخچالی در عصر هولوسن است. بنابراین، سیستم مورفونیک یخچالی در این منطقه شامل آثار کاوشی و تراکمی یخچالی بوده که هم اکنون نیز به شکل تپه‌یک قابل مشاهده و ملاحظه است. با وجود آنکه منطقه کمتر از ۲۷۰۰ متر ارتفاع دارد، اما آثار یخچالی آن در حال حاضر از کوه بزرگ شیرکوه با حجم زیاد و ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر محرزتر و مشخص‌تر است. دلیل آن را می‌توان بارشهای کمتر و کمبود قدرت جریان آبها پس از عقب نشینی یخچالها از منطقه ایران مرکزی دانست. بدین روی، آثار زبانه‌های یخی هنوز به شکل مشخص و کمتر تخریب شده موجوداند. از مهمترین آثار کاوشی یخچالها، سیرکهای متعدد و دره های یخچالی بزرگ و وسیع است به طوری که آثار حدود ۲۸ سیرک بزرگ و کوچک یخچالی در منطقه وجود داشته که تعدادی از آنها حجم بسیار بزرگی دارند. سه دره بزرگ و وسیع در سه زیر حوضه نیز وجود دارد که تا ارتفاع حدود ۱۷۰۰ متری با همان

وسعت و پهنا کشیده شده اند. عرض برخی از این دره ها، دره هامانه، در ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متری به بیش از ۲۰۰ متر می‌رسد. در حالیکه ارتفاع بالا دست آن ۶۰۰ متر بوده و وسعت آن به کمتر از چند هزار کیلومتر مربع می‌رسد. بنابراین آبهای جاری هرگز قادر به ایجاد چنین لندفرمهایی نیستند. بویژه آنکه دره در ارتفاع حدود ۱۷۰۰ متر به طور ناگهانی گم شده و دیگر امتداد پیدا نکرده است. مهمترین آثار تراکمی برجای مانده از یخچالهای گذتسه مورنهای میانی و تیلیت‌ها می‌باشند. مورنهای میانی بعضا به طول نزدیک به یک کیلومتر و ارتفاع حدود ۲۰ متر به شکل تپه های مارپیچی شکل و کشیده در امتداد دره، بویژه دره هامانه قرار دارند. این تپه ها در وسط دره بسیار پهن حدود ۲۰۰ متر در ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متری، در جایی که دره های فرعی به هم می پیوندند، قرار گرفته اند. رسوبات برداشت شده از این تپه ها و دانه سنجی آنها نیز موید این مطلب است که رسوبات هیچ گونه سرت شدگی یا جور شدگی ندارند، از کشیدگی بسیار بالایی برخوردارند بعلاوه، از نظر مورفولوژی و استراتیگرافی این تپه ها مارپیچی شکل و فاقد چینه بندی بوده و همچنین، ذرات آنها از اندازه های مختلف و متنوعی تشکیل شده اند. این ذرات اغلب در مقایسه با رسوبات فلوویالی فشرده‌تر بوده و سطح ذرات نیز به دلیل انتقال آنها توسط یخ شفاف‌تر می‌باشد.

تیلیت‌ها نیز از جمله آثار تراکمی یخها بوده که در منطقه کذاب در امتداد دره های یخچالی قابل مشاهده است. آنها در منطقه مورد مطالعه بر روی سنگهای مادر و اغلب به شکل دگرشیب قرار گرفته و از نظر مورفولوژی تراسی را بوجود آورده‌اند. وجود این تیلیت‌ها و یخرفت های دیگر بر روی آنها احتمالا حاکی از دست کم دو دوره یخچالی متناوب در منطقه است. تیلیت‌ها احتمالا مربوط به اولین دوره یخچالی بوده که در دوره های دیگر بر اثر رسوب کربنات کلسیم در داخل منافذ آنها سخت شده و به شکل کنگلومرا در آمده است. همچنین، بر روی این لایه های رسوبی سخت شده-تیلیت- که ارتفاع آن در بعضی از بخشهای دره به بیش از ۱۰ متر می رسد، یخرفت‌ها قرار گرفته‌اند که احتمالا مربوط به آخرین دوره یخچالی بوده که بر جای گذاشته شده است. بعلاوه، وجود سنگهای سرگردان نیز در سه ارتفاع متفاوت در منطقه (ارتفاع ۱۷۵۰، ۱۸۵۰ و ۲۱۷۰ متر) می‌تواند نشان دهنده توالی یخبندان در سه دوره زمانی مختلف باشد. از نظر این سنگها می توان اظهار داشت که در ایران مرکزی دست کم سه دوره یخچالی اتفاق افتاده است که دوره های اولیه آن از شدت بیشتری برخوردار بوده اند و توانسه اند سنگها را تا ارتفاعات پایین تری انتقال دهند.

منابع

- احمدی، حسن، ۱۳۹۱، ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران
- المدرسی، سیدعلی، ۱۳۸۴، هیدروژئومورفولوژی حوضه آبخیز سخوید یزد، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی محمد حسین مبین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد
- جداری عیوض، جمشید، ۱۳۷۸، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور
- جعفر بیگلو، منصور؛ یمانی، مجتبی؛ عباس نژاد، احمد، زمانزاده، سید محمد؛ ذهاب ناظوری، سمیه، ۱۳۹۳، بازسازی برف مرزهای یخچالی کوتاه‌تر در کوهستان‌های بید خوان (استان کرمان)، فصلنامه علمی- پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، سال ۱۲، شماره ۴۰
- رجبی، معصومه؛ بیاتی خطیبی، مریم، ۱۳۸۷، بررسی لندفرم دره های یخچالی، مطالعه موردی دره های یخچالی کوهستان سهند، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۰۵-۱۲۱
- رامشت، محمد حسین، ۱۳۸۰، دریاچه های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۶۰
- رامشت، محمد حسین، ۱۳۸۳، آثار یخچالهای دوران چهارم در حومه اصفهان، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۶۷، صص ۱۰-۲۱

- رامشت، محمدحسین؛ کاظمی، محمد مهدی، ۱۳۸۶، آثار یخچالی در حوضه اقلید فارس، مجله رشد آموزش جغرافیا، دوره ی ۲۱، شماره ۴، ص ۹
- رامشت، محمد حسین؛ لاجوردی، محمود؛ لشکری، حسن؛ محمودی محمدآبادی، طیبه، ۱۳۹۰، ردیابی آثار یخچالی (مطالعه ی موردی: یخچال طبیعی حوضه تیگرانی ماهان)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۲، شماره ۲، ص ۷۸-۵۹
- سرور، جلیل الدین؛ فرید مجتهدی، نیما، ۱۳۸۹، شواهد ریخت شناسی یخچالهای کواترنری در البرز غربی، جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، شماره ۱۸، صص ۹۲-۶۹
- شمسی پور، علی اکبر؛ باقری سیدشکری، سجاد، جعفری اقدم، مریم؛ سلیمی منش، جبار، ۱۳۹۴، بازسازی برف مرزهای آخرین دور هی یخچالی با شواهد دوره‌های یخچالی در زاگرس شمال غربی (مطالعه موردی، تاق‌دیس قلاجه)، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۹
- شریفی، محمد؛ فرح بخش، زهرا، ۱۳۹۵، بررسی موارد ژئو فرم های یخچالی کواترنر و تغییرات سیستمهای مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک در حوضه خضرآباد - یزد، در دست چاپ
- طاحونی، پوران، ۱۳۸۳، شواهد ژئومورفولوژیکی فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات تالش، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۷، صص ۵۵-۳۱
- محمودی، فرج الله، ۱۳۸۹، ژئومورفولوژی دینامیک، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور
- مقیمی، ابراهیم، ۱۳۸۷، ژئومورفولوژی اقلیمی، قلمرو سرد یخچالی تهران، انتشارات دانشگاه تهران
- مقیمی، ابراهیم؛ یار احمدی، علی محمد؛ ثروتی، محمدرضا؛ کردوانی، پرویز، ۱۳۹۱، تاثیر مورفولوژی دامنه ها در تحول سیرکهای یخچالی اشترانکوه،
- موسوی حرمی، رضا، ۱۳۹۱، رسوب شناسی، چاپ چهاردهم، انتشارات آستان قدس رضوی (به نشر)، مشهد
- نعمت‌اللهی، فاطمه؛ محمدحسین رامشت، ۱۳۸۴، آثار یخساری در ایران، مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۱۶۲-۱۴۳
- وزیر، فریبرز، ۱۳۸۲، هیدرولوژی کاربردی در ایران، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
- یمانی، مجتبی، ۱۳۸۵، ژئومورفولوژی یخچالهای زردکوه (بررسی اشکال ژئومورفیک و حدود گسترش آن) پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹

- *Anthonsen K., L.; Clemmensen, L. B.; Jensen, J. H., 1996, Evolution of a dune from crescentic to parabolic form in response to short-term climatic changes: Råbjerg Mile, Skagen Odde, Denmark. Geomorphology 17, Pp. 63-77.*
- *Abramowskia, U.; Bergau, A.; Seebach, D.; Kubik, P. w., 2006, Pleistocene Glaciations of Central Asia: Results from 10Be Surface Exposure Ages of Erratic Boulders from the Pamir (Tajikistan) and the Alay (Kyrgyzstan), Quaternary Science Reviews, No. 25, Pp. 1080-1096*
- *Brenda, L. H.; Charles T. P.; George H. D.; Thomas, V. L.; Gordon R.M., 2013, Extensive recession of Cordillera Darwin glaciers in southernmost South America during Heinrich Stadial Quaternary Science Reviews, Volume 62, , Pages 49-55*
- *Çalışkan, O.; Gürgen, G.; Yılmaz, E.; and Yeşilyurt, S., 2014, Debris-covered Glaciers During Glacial and Interglacial Periods on the Taurus Mountains (Turkey) Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 120, Pp. 716-721*
- *Gachev, E.; Stoyanov K. and Gikov, A., 2016, Small glaciers on the Balkan Peninsula: State and changes in the last several years, Quaternary International, online*

- *Hendrickx, H.; Jacob, M.; Frankl, A.; Nyssen, J., 2015, Glacial and periglacial geomorphology and its paleoclimatological significance in three North Ethiopian Mountains, including a detailed geomorphological map. Geomorphology, Volume 246, Pages 156-167*
- *Iestyn D. M., Spagnolo, B., 2015, Glacial cirques as palaeoenvironmental indicators: Their potential and limitations. Earth-Science Reviews, Volume 151, Pages 48-78*
- *Loso, M. G., H. K. Schwartz, S. F. Wright & P. R. Bierman, , 1998. Composition, Morphology, and Genesis of a Moraine-like Feature in the Miller Brook Valley," Vermont Northeastern, Geology Sciences, No. 20(1), Pp. 1-10*
- *Onaca, A.; Ardelean, F.; Urdea, P. and Magori, B. ,2016,Southern Carpathian rock glaciers: Inventory, distribution and environmental controlling factors, Geomorphology, In Press, Corrected Proof, Available online 2 April 2016*
- *Xiangke X., 2014, Climates during Late Quaternary glacier advances: glacier-climate modeling in the Yingpu Valley, eastern Tibetan Plateau, Quaternary Science Reviews, Volume 101, Pages 18-27*
- *Žebre, M.; Stepišni, U. ,2014, Reconstruction of Late Pleistocene glaciers on Mount Lovćen, Montenegro, Quaternary International, Volume 353, Pages 225-235*