

شواهد یخچالی در مناطق کوهستانی مرز ایران، ترکیه و عراق (کوهستان بزسینا و دالامپر)

منیژه قهرودی تالی*، دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
رسول حسنی قارنایی، کارشناسی ارشد، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱

چکیده

کوهستان بزسینا و دالامپر بین شهرستان های اشنویه و ارومیه، در نزدیکی مرزهای ایران، عراق و ترکیه قرار دارد. موقعیت مرزی، عدم وجود شرایط مناسب امنیتی، کوهستانی و صعب العبور بودن سبب شده است که بیشتر لندفرم های یخچالی این ناحیه ناشناخته باقی بماند. هدف پژوهش حاضر شناخت شواهد و قلمرو یخچال های دوره های سرد گذشته بوده است. داده مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، داده ارتفاعی سنجنده استر، مشاهدات میدانی و برداشت نمونه های رسوب است. برای تعیین خط برف مرز دایمی در گذشته، ابتدا بر اساس روش رایت خط ۶۰٪ سیرک های منطقه مشخص شد. سپس، با به دست آوردن اختلاف ارتفاع بین سیرک ها و با استفاده از خط ۶۰٪، برف مرز دائمی در منطقه مورد مطالعه در ارتفاع ۳۰۰۶/۸ متری مشخص شد که بر خط همدمای ۵°C انطباق دارد. برای ارائه مستندات بیشتر در قلمرو یخچالی در مسیر مشاهدات میدانی از عمق ۴۰ سانتی متری برای تحلیل های دانه سنجی و شکل سنجی نمونه برداری شد. پنجاه دانه از هر نمونه برای تحلیل شکل سنجی استفاده شد و ۱۰۰ گرم از هر نمونه با الک، تا ابعاد حداکثر ۰/۶۳ میکرون تحلیل گرانولومتری شد. ضرایب گردی و کروییت نمونه های برداشت شده از رسوبات دره یخچالی نشان داد که ذرات تقریباً زاویه دار و کشیده و کاملاً گرد نشده است که بیانگر قرارگیری آن ها در زبانه های یخی است.

کلیدواژه ها: اشنویه، ارومیه، دانه سنجی، کوهستان بزسینا و دالامپر.

مقدمه

منطقه مرزی بین ایران، ترکیه و عراق شواهد یخچالی دوره های پلیستوسن است. به دلیل موقعیت مرزی، عدم وجود شرایط مناسب امنیتی، و کوهستانی و صعب العبور بودن بیشتر لندفرم های یخچالی این ناحیه ناشناخته باقی مانده است. کوهستان بزسینا و دالامپر بین شهرستان های اشنویه و ارومیه در استان آذربایجان غربی و در نزدیکی مرزهای ایران، عراق و ترکیه قرار دارد و از جمله مناطق ناشناخته ایران است. سوابق مطالعات در این محدوده به بررسی های پدرا می (۱۹۸۲) در کوه های مرز ایران و عراق در آذربایجان و کردستان برمی گردد که در جنوب غربی پیرانشهر رسوبات یخچالی و آثار فرسایش یخچال های کوهستانی را تا ارتفاع ۱۳۵۰ متری مشاهده کرده است. وی به وجود دره های بیکوس، کوپر و آب خورده در ۱۵ تا ۲۱ کیلومتری جنوب پیرانشهر اشاره می کند و می نویسد که دره یخچالی بیکوس از ارتفاع ۲۷۵۰ متری زهکشی رودخانه ای دارد و یخرفت های وورم دیرین را به وضوح داراست. همچنین، در داخل خاک عراق، دره های شمالی کوه هلگورد^۱ مانند دره بترکیم^۲ و ارتفاعات جنوب شرقی ترکیه، آثار رسوبات یخچالی در ارتفاع ۱۵۰۰ متری در تراس های حاشیه رودخانه ها دیده شده است.

* نویسنده مسئول: M-ghahroudi@sbu.ac.ir، تلفن: ۰۹۱۲۱۲۶۳۹۶۸

رایت (۱۹۶۲) به سیزده سیرک در کوه‌های سکران در کردستان عراق و در نزدیکی مرزهای ایران اشاره می‌کند و مورن‌های یخچالی را در پایین‌دست دره‌های آن در روستای ناوپردان شناسایی کرده است. همچنین، به مورن‌های یخچالی در حاشیه یکی از شاخه‌های رودخانه زاب بزرگ در رایت^۱ در پایین‌دست شهر کوچک حاج عمران اشاره می‌کند. براساس نوشته‌های رایت، منطقه هلگورد در کردستان عراق که حدود ۲۰ کیلومتر با سکران فاصله دارد و عرض جغرافیایی آن کمی بالاتر است، در عصر پلیستوسن تحت تأثیر فعالیت یخچال‌های کوهستانی قرار گرفته است. دامنه‌های شمال‌غربی هلگورد، همچنین امتداد آن تا ارتفاعات هواره جو، سیاه‌کوه و کیله‌شین^۲ در مرز ایران و عراق دارای سیرک‌های متعددی است. از محل این سیرک‌ها تا روستاهای بولا^۳، بنی^۴ و بترکیم آثار رسوبات یخچالی در همه جا به چشم می‌خورد و ارتفاع خط برف دایم در عصر یخبندان به کمتر از ۲۰۰۰ متر و تا حدود ۱۸۰۰ متری تنزل می‌یابد. وجود تیل‌ها در ارتفاع ۱۱۰۰ متری در نزدیکی روستای بیرته در ۳ کیلومتری روستای سیداک تأیید شده و در حال حاضر رسوبات یخچالی توسط رودخانه حدود ۱۰ متر حفر شده است. آثار فرسایش کاوشی و تراکمی یخچال‌های کوهستانی پلیستوسن به فراوانی و به وضوح در دامنه‌های قوس کوهستانی بزسینا - دالامپر دیده می‌شود اما جزئیات آن تاکنون مطالعه نشده است. البته، در ترکیه، همچنین در عراق پژوهش‌های میدانی و نظری طی قرن بیستم انجام گرفته است.

در ایران می‌توان گزارش پدramی (۱۹۸۲) از یخچال‌های زیویه، راژان و دازگیر در ۳۰-۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی ارومیه را نام برد. نواحی بالای ۲۰۰۰ متر در پلیستوسن تحت تأثیر فرسایش یخچالی است. یخچال پایکوهی دازگیر در منطقه وسیع کروی‌شکلی تا پایین‌تر از ارتفاع ۱۷۵۰ متری گسترده شده است (پدramی، ۱۹۸۲). در نزدیکی مرزهای ایران و عراق در داخل ترکیه منطقه کوهستانی دالامپر (دالامپر ترکیه) با ارتفاع ۳۷۹۴ متر، کوه ست با ارتفاع ۳۹۱۰ متر و جیلو با ارتفاع ۴۱۳۵ متر را بوبک (۱۹۳۷) به طور جدی مطالعه کرد. وی معتقد بود که خط برف دایم ۷۰۰ متر پایین‌تر از برف مرز زمان حال بوده است، اما مطالعات بعدی رایت این عدد را تا ۱۲۰۰ متر و حتی بیشتر در بعضی مناطق پایین آورد. رایت سیرک‌هایی را مطالعه کرد که ارتفاع آن‌ها ۲۱۰۰ متر بود. بنابراین، رقم کاهش خط برف بوبک را نپذیرفت. مطالعات اخیر با استفاده از تصاویر سنجنده MSS ماهواره لندست اطلاعات دقیقی از یخچال‌های میاهواره^۵ و اولودرک^۶ در کوه‌های جیلو و یخچال گوروک^۷ در کوه‌های دالامپر ارائه می‌دهد (کورتز، ۱۹۸۶). در کردستان عراق، رایت (۱۹۶۲) کوه‌های هلگورد را بررسی کرد و چندین سیرک به‌ویژه در دامنه شمالی آن تا حدود مرزهای ایران در محدوده پیرانشهر تا اشنویه را شناسایی کرد. رسوبات این یخچال‌ها در حواشی رودخانه‌ها در پادگانه‌هایی با ارتفاع ۴۰-۶۰ متر قرار گرفته است (رایت، ۱۹۶۲).

بر اساس مطالعات ارینک (۱۹۵۲) خط برف دائم در ترکیه و در نزدیکی مرزهای این کشور با ایران در سبحان، شمال دریاچه وان ۳۷۰۰ متر است. محققان اخیر با بررسی تصاویر ماهواره‌ای کاهش وسعت یخچال‌های کوه سبحان در شمال دریاچه وان در ترکیه را طی سی سال اخیر بررسی کرده‌اند. در سال‌های اخیر بحث در مورد تغییرات وسعت یخچال‌ها و ذوب سریع آن‌ها، تحت تأثیر گرمایش جهانی افزایش یافته است (کلیتون و همکاران، ۲۰۰۷). سربیکایا (۲۰۱۲) نیز عقب‌نشینی کلاهدک یخی آرات را نشان داده است. همچنین، در سال ۲۰۰۹ یخبندان‌های کواترنری اخیر و دیرینه اقلیم ترکیه را از نظر زمانی و مدل‌سازی مطالعه کرد. کورتز و سانگور (۱۹۸۰) یخبندان‌های فعلی ترکیه را بررسی کردند. کریس و همکارانش (۲۰۰۶) عقب‌نشینی یخچال‌های قفقاز در مرز روسیه و گرجستان را مطرح کردند. سیف و ابراهیمی (۲۰۱۴) در ارتفاع بالاتر از ۳۲۰۰ متر سیرک‌های کوه زردکوه را براساس مدل ارتفاعی مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ با دقت ۱۰ متر مطالعه شکل‌سنجی و ارتفاع‌سنجی کردند و به این نتیجه رسیدند که توسعه عمودی سیرک‌ها از گسترش طولی و عرضی آن‌ها کندتر است. همچنین، دریافت ارتفاع کف سیرک‌ها با خط تعادل آب و یخ در طول آخرین دوره یخچالی رابطه نزدیکی ندارد، لذا برای بازسازی خط تعادل آب و یخ، به‌ویژه یخچال‌های حاره‌ای مانند

1. Rayat
2. Kilashin
3. Bola
4. Beni
5. Mia havara
6. Uludoruk
7. Geverok

زردکوه، مناسب نیست. همچنین، سیف (۲۰۱۵) تحولات اقلیمی دریاچه نمک را مطالعه کرد. وی سیرک‌های یخچالی موجود در ارتفاع ۲۵۰۰ متری حوضه دریاچه نمک را از شواهد دوره‌های سرد ذکر کرد. سیف و ابراهیمی (۲۰۱۴) چندین روش را به‌طور هم‌زمان برای تعیین خط تعادل آب و یخ در اشتران‌کوه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به موقعیت انتهای مورن‌ها، ارتفاع معادل ۳۱۲۱ متر در حداکثر گسترش یخچال‌ها بوده است. بر پایه خط تعادل آب و یخ حاضر که ۴۵۰۰ متر از سطح دریاست، در دوره سرد پلستوسن ۱۳۸۰ متر پایین‌تر بوده است.

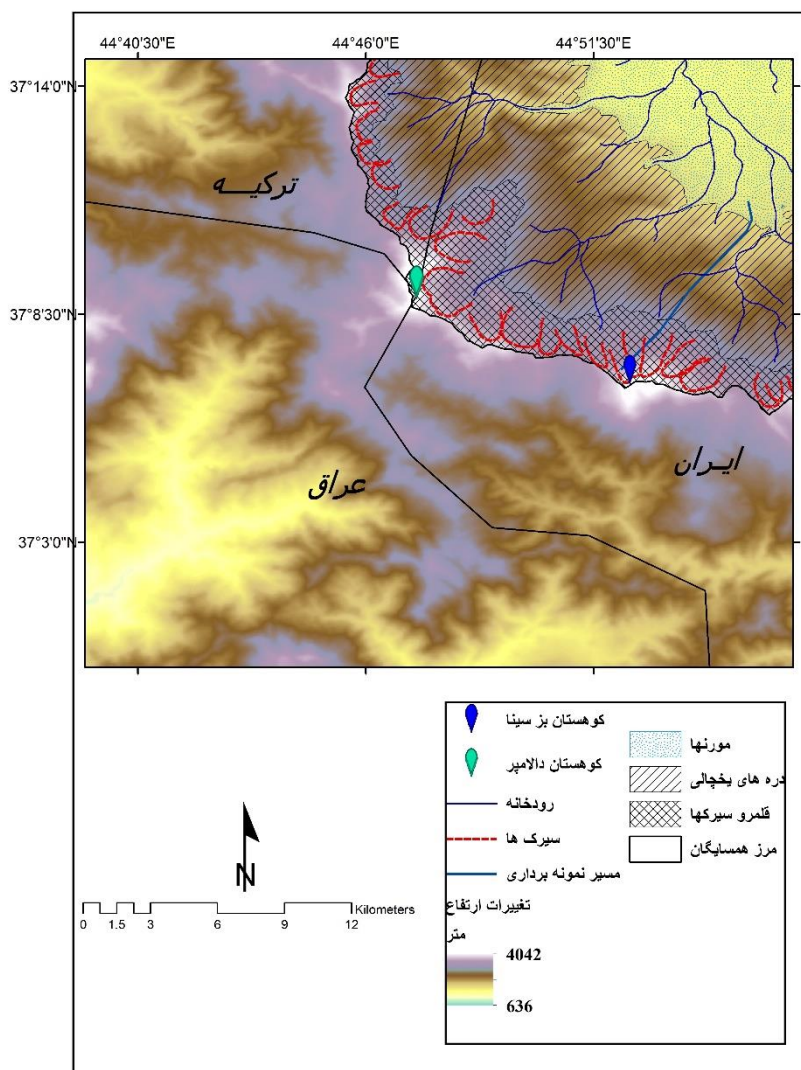
یمانی و همکاران (۲۰۰۷) ارتفاع کف سیرک‌ها در کوه‌های کرکس را که معادل ۳۰۰۰ متر است دمای صفر درجه در آخرین دوره سرد در نظر گرفتند. همچنین، در مطالعه ارتفاعات غرب استان کردستان، یمانی و همکاران (۲۰۱۴) سیرک‌ها، دره‌های یخچالی، مورن‌های میانی و کف را بالاتر از ارتفاع ۲۰۰۰ متر می‌دانند. قهرودی و همکاران (۲۰۱۲) در حوضه دالاخانی با استفاده از مدل رگرسیون میانگین دما و ارتفاع، ارتفاع معادل ۶۰٪ سیرک‌ها و نمونه‌برداری از رسوبات منطقه برف‌مرز دایمی در آخرین دوره یخچالی را ۲۸۲۰ متر محاسبه کردند. در نتیجه به کاهش ۵/۳۸ درجه سانتی‌گرادی در میانگین دمای حوضه دالاخانی نسبت به زمان حاضر رسیدند. قهرودی (۲۰۱۱) قلمرو برف‌های دایمی در آخرین دوره سرد در حوضه هراز را تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری برآورد کرد. همچنین، براساس مطالعه قهرودی و حسنی (۲۰۱۲) در کوهستان قندیل در مرز ایران و عراق که حداکثر ارتفاع آن ۳۴۰۰ متر است، ارتفاع برف‌مرز در آخرین دوره یخچالی ۱۶۵۰ متر بوده است. قهرودی و همکاران (۲۰۱۴) در حوضه رودخانه زاب کوچک نیز که قلمرو بزرگ‌تری از کوهستان قندیل را دربرمی‌گیرد، به ارتفاع ۱۶۵۰ متر در تعیین برف‌مرز دایمی رسیدند.

موارد فوق حاکی از آن است که شرایط محلی بر قلمرو یخچالی در دوره‌های سرد در ایران حاکم بوده است که اتکا بر مستندات مهم شواهد میدانی منطقی به نظر می‌رسد.

در پژوهش حاضر، قلمرو مناطق یخچالی بزسینا و دالامپر در مرز مشترک بین ایران، عراق و ترکیه بررسی شده است. کوهستان بزسینا و دالامپر بین شهرستان‌های اشنویه و ارومیه در استان آذربایجان غربی و در نزدیکی مرزهای ایران، عراق و ترکیه قرار دارد. از نظر موقعیت ریاضی بین عرض‌های جغرافیایی ۵۰' ۳۶° تا ۱۰' ۳۷° و طول جغرافیایی ۴۰' ۴۴° تا ۱۰' ۴۵° واقع شده است. این محدوده به صورت قوس کوهستانی باز مشرف به دشت مرگور، یکی از کانون‌های جمعیتی و کشاورزی منطقه است. آخرین روستاها در دامنه‌های بزسینا و دالامپر روستاهای کیسیان و کچله است که روی رسوبات یخچالی پلیستوسن واقع شده است. قله دالامپر در شمال بزسینا واقع شده و فاصله مستقیم آن از بزسینا حدود ۳ کیلومتر است و دقیقاً در مرز مشترک ایران، عراق و ترکیه قرار دارد. از نظر ارتفاع ۳۴۸۶ متر است؛ یعنی، کمی بلندتر از بزسیناست. میانگین سالیانه بارش در ایستگاه ارومیه ۳۲۵/۶ میلی‌متر و در ایستگاه اشنویه ۴۴۷/۷ میلی‌متر است. اما خطوط هم‌بارش مناطق کوهستانی محدوده مورد مطالعه ۶۰۰-۸۰۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد که عمدتاً به صورت برف است. همچنین، میانگین دمای سالیانه در ارومیه ۱۱/۸ و در اشنویه ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد است. جنس سنگ‌های منطقه عمدتاً رسوبی (آهک) و دگرگونی است. به‌طرف ارتفاعات مرزی افیولیت‌ها برونزد دارد. قله دالامپر توده‌ای افیولیتی و یکی از مناطق جوش‌خورده پوسته زمین بعد از بسته‌شدن نتوتیس توسط فشار صفحه عربستان است. شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه در مرز ایران، عراق و ترکیه را نشان می‌دهد. با توجه به مشاهدات میدانی سیرک اصلی بزسینا و دالامپر در ارتفاع حدود ۳۰۰۵ متری قرار دارد. همچنین، در خصوص کوهستان بزسینا سیرک‌های کوچک‌تر تا ارتفاع ۲۵۴۳ متری مشاهده شد. آخرین حد مورن‌ها تا ارتفاع ۱۷۰۰ متری است. لذا، در شکل ۱ قلمروها براساس مشاهدات میدانی در سه حد ارتفاعی بیش از ۲۵۴۳ متر، به منزله قلمرو سیرک‌ها، کمتر از ۱۷۰۰ متر، به منزله قلمرو مورن‌ها، و حدواسط دو ارتفاع فوق، به منزله قلمرو دره‌های یخچالی، برای مطالعات اولیه تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، داده ارتفاعی استر از ماهواره ترا، مشاهدات میدانی و برداشت نمونه‌های رسوبی بوده است. به دلیل قرارگیری محدوده مورد مطالعه در منطقه مرزی، امکان تهیه



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

پوشش کامل از نقشه‌های توپوگرافی فراهم نشد، لذا از تصاویر زوج‌سنجندۀ استر برای تولید مدل ارتفاعی استفاده شده است. با استفاده از مدل ارتفاعی و نقشه‌های توپوگرافی در مناطق یخچالی دالامپر و بزسینا سیرک‌ها شناسایی شد که در دامنه شمال شرقی توسعه بیشتری داشت. سپس، مسیر اولیه مشاهدات تعیین و بازدیدهای مکرر از منطقه مورد مطالعه انجام شد. آثار فرسایش کاوشی و تراکمی یخچال‌ها، پرشدگی دره‌ها، بریدگی‌های شیب و سیرک‌های کوچک تخریب‌شده بر اثر جریان‌های بعد یخچالی شناسایی شد. از نکات جالب توجه در این تحقیق، شناسایی هسته‌های یخی در دو مورد از سیرک‌های بزسینا بود که در بازدیدهای مربوط به ماه اکتبر ۲۰۱۵ محقق شد. در بیشتر ماه‌های سال دامنه سیرک‌ها دارای لایه‌های ضخیم برف است، بنابراین فقط در اواخر سپتامبر و اوایل اکتبر (قبل از بارش‌های پاییزه) امکان دیدن این عوارض یخچالی وجود دارد.

برای تعیین قلمرو لندفرم‌ها، مانند سیرک‌ها، مورن‌ها و شواهد فلویال، رگرسیون دمای سالانه مستخرج از ایستگاه‌های سینوپتیکی و کلیماتولوژی و داده ارتفاعی استر محاسبه شد (رابطه ۱). براساس میانگین دمای سالانه مدل رگرسیونی دما، تغییرات دمای عهد حاضر به‌دست آمد.

$$y = 0.06x + 22/46 \quad R^2 = 0.9591 \quad (1)$$

فراوانی سیرک‌های موجود با توجه به داده‌های ارتفاعی استر بررسی شد و تعداد ۷۵ سیرک در ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متری شناسایی شد (آلن، ۱۹۹۸). همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، ۶۵٪ سیرک‌ها در ارتفاع ۲۹۰۰ تا ۳۰۰۰ متری است.

جدول ۱. توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های محدوده مورد مطالعه

طبقات ارتفاعی سیرک‌ها	تعداد سیرک‌ها	درصد سیرک‌ها	درصد تجمعی
۲۶۰۰-۲۵۰۰	۳	۵/۲۶	۵/۲۶
۲۷۰۰-۲۶۰۰	۳	۵/۲۶	۱۰/۵۳
۲۸۰۰-۲۷۰۰	۴	۷/۰۲	۱۷/۵۴
۲۹۰۰-۲۸۰۰	۱۴	۲۴/۵۶	۴۲/۱۱
۳۰۰۰-۲۹۰۰	۱۳	۲۲/۸۱	۶۴/۹۱
۳۱۰۰-۳۰۰۰	۱۰	۱۷/۵۴	۸۲/۴۶
۳۲۰۰-۳۱۰۰	۷	۱۲/۲۸	۹۴/۷۴
>۳۲۰۰	۳	۵/۲۶	۱۰۰

برای تعیین خط برف‌مرز دائمی در گذشته ابتدا بر اساس روش رایت خط ۶۰٪ سیرک‌های منطقه مشخص شد. سپس، با به‌دست‌آوردن اختلاف ارتفاع بین سیرک‌ها و با استفاده از خط ۶۰٪، برف‌مرز دائمی در منطقه مورد مطالعه در ارتفاع ۳۰۰۶/۸ متری مشخص شد (پورتر، ۲۰۰۱).

$$x = \frac{\text{Max elevation sirque} - \text{Min elevation siruue}}{100} \times 60$$

$$x = \frac{3316 - 2543}{100} \times 60 = 463/8$$

$$x = 2543 + 463/8 = 3006/8$$

بدین معنا که در سردترین دوره حاکم بر منطقه از این ارتفاع به بالا برف به صورت دائمی در تمام طول سال در ارتفاعات وجود داشته است؛ یا به عبارت دیگر متوسط دما در این ارتفاع معادل صفر درجه سانتی‌گراد بوده است (شکل ۲). همچنان که شکل ۳ نشان می‌دهد، خط هم‌دمای ۵ درجه از ارتفاع معادل صفر درجه در آخرین دوره سرد یا خط تعادل آب و یخ عبور می‌کند.

برای ارائه مستندات بیشتر در قلمرو یخچالی در مسیر مشاهدات میدانی از عمق ۴۰ سانتی‌متری برای تحلیل‌های دانه‌سنجی و شکل‌سنجی نمونه‌برداری شد. پنجاه دانه از هر نمونه برای تحلیل شکل‌سنجی استفاده شد و ۱۰۰ گرم از هر نمونه با الک تا ابعاد حداقل ۰/۶۳ میکرون تحلیل گرانولومتری شد. شکل ۳ و جدول ۲ موقعیت لندفرم‌ها در نمونه‌گیری را در مسیر مشاهدات نشان می‌دهد. ضرایب گردی و کرویت^۱ دو شاخص متداول از شکل‌شناسی رسوب است. ضریب گردی بر اساس دو بعد از ذره را ابتدا ونت‌وورث (۱۹۱۹) با رابطه (۲) تعریف کرد که در آن r_i انحنای تیزترین گوشه ذره و R شعاع کوچک‌ترین بخش گرد ذره است. بعدها مدل توسعه‌یافته از ضریب گردی با رابطه (۳) تعریف شد و مقیاس آن بین صفر تا ۱ است که در آن r_i شعاع انحنای گوشه ذره، R شعاع بزرگ‌ترین بخش گرد ذره و n تعداد گوشه‌هاست (وادل، ۱۹۳۲).

$$Roundness = \frac{r_i}{R} \quad (2)$$

$$Roundness = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{r_i}{R}\right)}{n} \quad (3)$$



شکل ۲. سیرک دوم با دالان برفی، همچنین پیش آمدگی

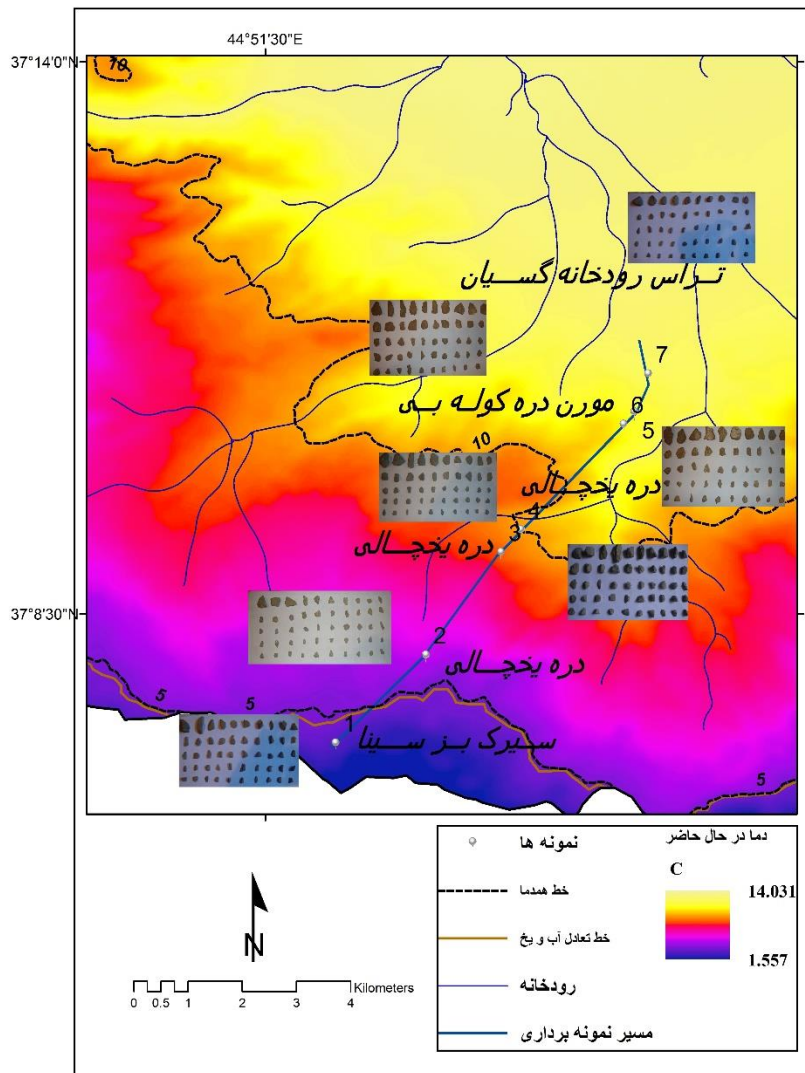
شاخص فوق دوبعدی است. استفاده از حجم به عنوان شاخص کرویت را نیز وادلدر (۱۹۳۲) ارائه کرده است (کرومبین، ۱۹۴۰؛ فریدمن و همکاران، ۱۹۹۲) که در آن حجم ذره و V_p حجم کوچک‌ترین ذره با شکل گرد است (رابطه ۴) که با رابطه (۵) محاسبه می‌شود. در رابطه زیر a ، b و c متوسط محورهای بلند و کوتاه ذره و بین $0/3-0/6$ در نوسان است (کرومبین، ۱۹۴۱).

$$\psi = \left(\frac{V_p}{V_{cs}}\right)^{1/3} \quad (4)$$

$$\psi = \frac{abc}{a^3} = \left(\frac{bc}{a^2}\right)^{1/3} \quad (5)$$

یافته‌های پژوهش

بررسی سطوح ارتفاعی تعداد ۷۵ سیرک در کوهستان بزسینا و دالامپر نشان داد که ۶۵٪ سیرک‌ها در ارتفاع ۲۹۰۰ تا ۳۰۰۰ متری قرار دارد. ۶۰٪ اختلاف ارتفاع بین کم‌ارتفاع‌ترین و بلندترین آن‌ها ارتفاع $3006/8$ متری را مشخص کرد، لذا ارتفاع اخیر خط برف‌مرز دایمی در نظر گرفته شد. در مقایسه آن با مدل رگرسیون دما-ارتفاع روشن شد که با خط هم‌دمای ۵ درجه انطباق دارد. انطباق نتایج فوق با شواهد میدانی بیانگر حضور سیرک‌ها در ارتفاعات بالاتر از برف‌مرز دایمی است. در قلمرو اخیر، آثار فرسایشی به‌ویژه در دامنه‌های بزسینا به شکل سیرک‌های نسبتاً بزرگ خود را نشان داده است. مشخص‌ترین سیرک‌های بزسینا شامل سه سیرک است که سیرک موجود در جهت شمال شرقی بزرگ‌تر از دو سیرک دیگر است. سیرک اخیر در ارتفاع ۳۰۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است و دیواره سنگی بزرگ و مرتفعی آن را حمایت می‌کند. در این دیواره دو معبر یا دالان وجود دارد که از نزدیکی قله تا داخل سیرک امتداد دارد و طول آن حدود ۳۵۰ متر است. شیب دالان‌ها و دیواره‌های کناری آن‌ها بسیار زیاد است و معمولاً در طول سال پر از برف است. در اواخر تابستان و اوایل مهر ماه یعنی قبل از بارش‌های جدید برف، بقایای یخ یخچالی قابل مشاهده است. شکل ۴ دالان منتهی به سیرک شمال شرقی بزسینا و دورنمای آن را نشان می‌دهد.



شکل ۳. خط تعادل آب و یخ و موقعیت نمونه‌های رسوب

جدول ۲. موقعیت نمونه‌های رسوب

نمونه	لندفرم	طول	عرض	ارتفاع
۱	سیرک	۴۴/۸۷	۳۷/۱۲	۳۰۰۵
۲	دره یخچالی شمالشرق بزسینا	۴۴/۹	۳۷/۱۵	۲۶۷۱
۳	دره یخچالی	۴۴/۹۲	۳۷/۱۷	۲۲۳۸
۴	دره یخچالی	۴۴/۹۳	۳۷/۱۹	۲۰۴۱
۵	مورن (روستای کوله بی)	۴۴/۹۲۸	۳۷/۱۹۷	۱۷۷۴
۶	تراس رودخانه‌ای گسیان	۴۴/۷۸	۳۷/۱۶۶	۱۸۶۴
۷	تراس رودخانه‌ای گسیان	۴۴/۹۲	۳۷/۱۸	۱۶۳۰
۸	بخش علیای تراس رودخانه‌ای گسیان	۴۴/۹	۳۷/۱۸	۱۶۴۰
۹	بخش علیای تراس رودخانه‌ای گسیان	۴۴/۹۵	۳۷/۱۸۵	۱۶۴۹



شکل ۴. سیرک شمال شرقی بزسینا (تصویر بالا) و دورنمای سیرک (تصویر پایین)

در داخل سیرک و چسبیده به دیواره سیرک چند تکه یخ دیگر هم وجود دارد که به وسیلهٔ واریزه‌ها پوشیده شده و فقط در چند نقطه قابل مشاهده است. در این سیرک احتمالاً سه مرحلهٔ گسترش یخچال وجود داشته است. پیش‌آمدگی اولیه احتمالاً مربوط به وورم است و آثار آن به صورت تپه‌های مورنی متصل به هم قوس بزرگی را در جلوی سیرک ایجاد کرده است. حدود ۱۰۰ متر عقب‌تر، در داخل گودی سیرک، خاکریز کم‌ارتفاع‌تری از تپه‌های جلوی سیرک دیده می‌شود که نشان‌دهندهٔ گسترش با تأخیر دیگری است. بین این خاکریز و قوس مورنی اولیه، دریاچهٔ کوچک دوقلوبی وجود دارد که آب آن از ذوب یخچال‌های داخل سیرک و بهمن‌های برفی تغذیه می‌شود. حدود ۱۰۰ متر عقب‌تر، خاکریز مرتفع دیگری وجود دارد که طبق فرضیهٔ اخیر نشان‌دهندهٔ آخرین مرحلهٔ گسترش یخچال است. این قوس مورنی از

مورن‌های بسیار بزرگ و حجیم تشکیل شده است که نهشته‌های درشت‌دانه و نامنظم و منفصل آن، سیمانی نشده و زاویه‌دار و فاقد جورشدگی است. سیرک اخیر با تیغه‌ای سنگی از سیرک دیگر جدا شده است. در سمت شمال نیز بعد از تپه‌های مورنی آثار سیرک تخریب‌شده و مورن‌های کناری آن هنوز وجود دارد و تکه‌های ضخیم یخ‌برف آن معمولاً تا بارش‌های سال بعد دوام می‌آورد. آب‌ذوب این برف‌ها در دوره بعد یخچالی راه خود را از میان مورن‌های سیرک باز کرده است. منظره برش طولی آن رسوبات درهم و نامنظم تیل را نشان می‌دهد. سیرک مذکور دارای قوس مورنی نسبتاً مرتفعی (حدود ۲۵ متر) از کف سیرک است. گودی سیرک را دریاچه اشغال کرده است. طول دریاچه آن حدود ۳۱۰ متر است. اینجا هم دالانی یخی وجود دارد که البته کوچک‌تر از دالان‌های سیرک شمال‌شرقی است. بین دریاچه و دیواره سنگی پشت آن حلقه‌ای مورنی با ارتفاع ۸ متر وجود دارد که احتمالاً ناشی از آخرین پیشروی یخچال است. در کف این پیش‌آمدگی تأخیری یخچال که مربوط به آخرین مرحله گسترش یخچال (احتمالاً در هولوسن) است هسته یخی از داخل دالان تا انتهای خاکریز ادامه دارد. ذوب بیشتر یخ در سال‌های اخیر، از شکاف ریمای در حاشیه سیرک قابل مشاهده است. آب ذوب یخ از زیر وارد دریاچه می‌شود. شکل ۴ سیرک دوم کوهستان بز سینا و شکل ۵ هسته یخی آن و شکاف ریمایی را نشان می‌دهد که در تپه‌های جلوی سیرک ایجاد شده است.

سیرک سوم از نظر ارتفاع ۵۰ متر پایین‌تر از سیرک دوم قرار دارد، اما از نظر موقعیت کمی به طرف شرق متمایل است. از سیرک دوم کمی بزرگ‌تر است، اما در این سیرک مراحل گسترش یخچال دیده نمی‌شود. به این معنا که بعد از شکل‌گیری سیرک اصلی که در حال حاضر گودی آن با آب ذوب برف اشغال شده است هیچ خاکریزی بین دریاچه و دیواره سیرک وجود ندارد و دیواره کم‌شیب‌تر آن در مقایسه با دو سیرک دیگر مسقیماً به دریاچه متصل است و موقعیت آن شرایط را برای دریافت انرژی بیشتر خورشید مهیا کرده و فرصت انباشت برف را نداده است. برخلاف دو سیرک قبلی، هسته یخی نیز ندارد (شکل ۶).

غیر از سیرک‌های سه‌گانه بز سینا، تعداد زیادی سیرک‌های کوچک و بزرگ در دامنه‌های دالامپر، همچنین فاصله بین دالامپر و بز سینا وجود دارد. میرگه‌فال یکی از این سیرک‌هاست که در حال حاضر محل برپایی چادرهای عشایر و دامداران منطقه است و به صورت سکوی نسبتاً بزرگی در دامنه رو به جنوب و در ارتفاع ۳۰۰۰ متری قرار دارد. آثار پرشدگی دره در آن به وضوح و تا نزدیکی آبشار سوله دوکل دیده می‌شود. در دامنه‌های دالامپر تا بز سینا در امتداد سرشاخه‌های رودخانه باراندوز آثار تراکمی ناشی از فرسایش یخچال‌های پلیستوسن به‌ویژه در بریدگی آبراهه‌ها، همچنین جاده مرزی قابل مشاهده است.

اگرچه خط تعادل آب و یخ ارتفاع ۳۰۰۶/۸ متری را نشان داد، مشاهدات میدانی، به‌ویژه در کوهستان بز سینا، سیرک‌های کوچک‌تر را تا ارتفاع ۲۵۴۳ متری مشخص کرد. نمونه‌برداری رسوبات در امتداد دره کوهستان بز سینا نیز بیانگر قلمرو مورن‌ها تا ارتفاع ۱۷۰۰ متری است، به طوری که گسترش مورن‌ها تا ابتدای دشت مرگور ادامه دارد. مورن‌های بزرگ یخچال بز سینا در داخل باغات و مزارع روستای کیسیان و کچله حاکی از گسترش زبانه یخچالی است. به نظر می‌رسد بخشی از این رسوبات مربوط به دوره‌های قدیمی‌تر یخچالی باشد، زیرا در مواردی بر اثر کلسیت، سیمانی و سخت شده است. در محل خروج یکی از شاخه‌های اصلی رودخانه باراندوز از پایکوه‌های دالامپر، تراس بزرگی در حاشیه رودخانه جلب توجه می‌کند که از نهشته‌های بسیار درشت و درهم یخچالی با گردشدگی بسیار کم و فاقد جورشدگی تشکیل شده است و از آثار تراکمی یخچال دالامپر در قسمت پایین آبشار سوله دوکل است.

از شواهد دیگر فرسایش یخچالی در محدوده مورد مطالعه توپوگرافی دره‌هاست که موج است و حالت پلکانی دارد. آثار دو بریدگی شیب در ارتفاع ۲۸۰۰ و ۲۶۰۰ متری به وضوح دیده می‌شود. آب ذوب برف و یخ بریدگی‌هایی در آن‌ها ایجاد کرده است. در ارتفاع ۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰ متری آثاری از سیرک‌های بسیار کوچک اما تخریب‌شده، دیده می‌شود و به نظر می‌رسد تغییرات اقلیم بعد از آخرین پیشروی یخچال، آن‌ها را دست‌کاری کرده باشد.

باراندوز یکی از رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. عمل فرسایش سطوح شکسته را ساییده است. در نتیجه دامنه شرقی کوه‌های مرز ایران و ترکیه که بخشی از زون خوی-مهاباد است و در ساختمان آن سنگ‌های دگرگونی و رسوبی از پالئوزوئیک تا کواترنر شرکت دارد با چندین سطح فرسایشی و به حالت پله‌مانند به چاله ارومیه

فرودمی آید. رواناب‌هایی که در سطح این دامنه جریان یافته است، به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد در فاصله کم، با دره‌های عمیق و پرشیب آن را شکافته است (علایی طالقانی، ۱۳۸۶: ۸۳). در حاشیه اغلب رودهای بزرگی که به دریاچه ارومیه می‌ریزد سه و گاهی چهار پادگانه دیده می‌شود (جداری عیوضی ۱۳۷۴: ۸۹). پرشدگی دره رودخانه‌ها در محدوده بین بزسینا و دالامپر در حجم عظیمی اتفاق افتاده است. توپوگرافی موج و تپه‌های باقی‌مانده در گوشه و کنار دره به‌روشنی آن را اثبات می‌کند. شکل ۷ نشان می‌دهد که حتی روستای کوله‌بی هم روی یکی از این تپه‌ها واقع شده است. شکل ۸، سه تراس رودخانه باراندوز با ارتفاع ۴۰ متر نسبت به سطح رودخانه را نشان می‌دهد.



شکل ۵. هسته یخی سیرک دوم (تصویر بالا از نزدیک) و شکاف ریمای (تصویر پایین)



شکل ۶. سیرک سوم در بزسینا



شکل ۷. اسقرار روستای کوله‌بی در مورن‌ها

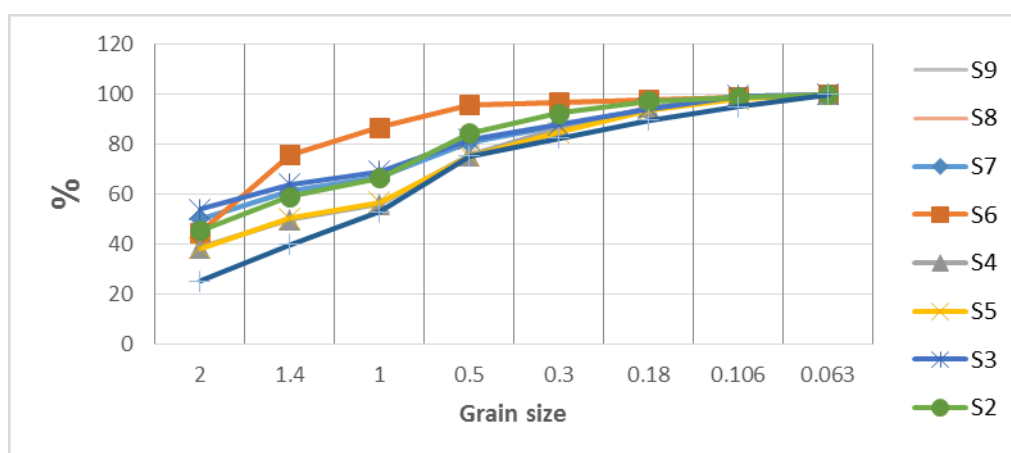
نمودار تجمعی از گرانولومتری به سمت قطر ذرات درشت کشیده شده است که حدود ۵۰٪ نمونه‌ها دارای ابعاد بیش از ۲ میلی‌متر و حدود ۲۰٪ از آن‌ها کمتر از ۰/۵ میکرون است. این درصد هنگامی تغییر می‌کند که نمونه‌ها به تراس‌ها نزدیک‌تر می‌شود (شکل ۹). تحلیل دانه‌سنجی حاکی از عملکرد و افزایش دخالت آب با دورشدن از سیرک‌هاست.

شکل ۱۰، نمودار میله‌ای ضریب کرویت نمونه‌ها را نشان می‌دهد. ضریب کرویت بیانگر اختلاف بین طول بزرگ، طول کوچک و ضخامت و بین ۰/۳-۰/۶ متغیر است. گستردگی دامنه ضریب کرویت بیانگر کشیدگی دانه‌های رسوب و عدم کرویت آن است. به عبارت دیگر، حاکی از حرکت رسوب در داخل یخ است. شکل ۱۱ نمودار میله‌ای ضریب گردی

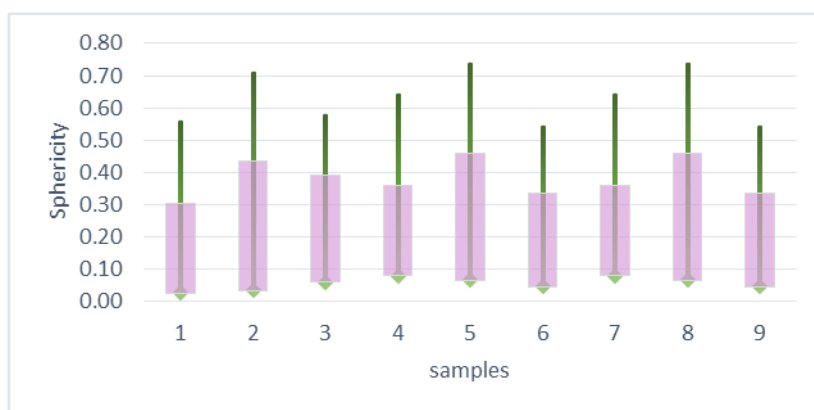
نمونه‌هاست و کاهش تغییرات ضریب گردی دانه‌ها بیانگر عدم غلتیدن ذرات است. به عبارت دیگر، فاصله‌گرفتن این شاخص از ۱، بیانگر عدم کاهش برجستگی‌های رسوب و حاکی از منشأ یخچالی رسوبات است. عدم وجود روند خاصی در نمونه‌ها حاکمیت فعالیت‌های یخچالی در قلمرو کوهستان بزسینا را نشان می‌دهد.



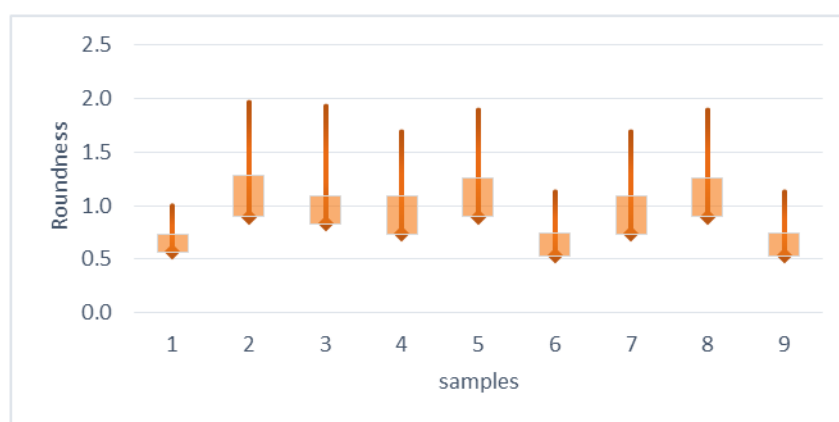
شکل ۸. کوهستان دالامپر و مورن‌های پایین دست



شکل ۹. نمودار تجمعی درصد رسوبات نمونه‌ها



شکل ۱۰. نمودار میله‌ای از ضریب کروییت



شکل ۱۱. نمودار میله‌ای از ضریب گردی

بحث و نتیجه‌گیری

سیرک‌ها، دره‌های یخچالی و مورن‌ها شواهد گسترش یخچال‌ها در دوره کواترنری در قلمروهای کوهستانی است. کوهستان بزسینا در نزدیکی مرز ایران، ترکیه و عراق است و قلّه دالامپر در شمال بزسینا دقیقاً در مرز مشترک ایران، عراق و ترکیه قرار دارد. نتایج حاصل از بررسی آماری سیرک‌ها، رگرسین دما-ارتفاع، شواهد میدانی و بررسی‌های رسوب‌شناسی در این ناحیه نشان داد که فرسایش یخچالی در مناطق فوق وجود داشته است. سیرک‌های بزرگ و کوچک، دامنه‌های پرشیب، دره‌های پرشده با رسوبات درهم یخچالی و بریدگی‌های شیب، آثار خود را در این مناطق کوهستانی برجای گذاشته است. همچنین، آثار فرسایش تراکمی این یخچال‌ها شامل مورن‌ها در جلوی سیرک‌ها و بر روی دامنه‌ها قابل‌شناسایی است. اگرچه ارتفاع این نواحی کمتر از کوهستان‌های البرز و سبلان است، آثار یخچالی برجای مانده از عصر یخبندان بسیار گسترده است. مطالعات نشان می‌دهد کاهش دمای هوا در آخرین دوره یخچالی حدود ۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از میانگین دمای سالیانه فعلی بوده است. حتی اگر میزان بارش مانند زمان حال فرض شود، پذیرش تغییرات اعمال شده توسط یخبندان و حرکت یخچال‌های کوهستانی اجتناب‌ناپذیر است. نتایج حاصل از برف‌مرز دائمی و انطباق آن با شواهد میدانی، با شواهد سیرک‌های بزرگ خود را نشان داد، به طوری که سه سیرک بزرگ در ارتفاع ۳۰۰۰ متری کوهستان بزسینا شناسایی شد. سیرک قسمت شمال شرقی بزرگ‌تر از دو سیرک دیگر است. سیرک اخیر به وسیله تیغه‌ای سنگی از سیرک دوم جدا شده است که در سمت شمال آن مورن‌های کناری قابل مشاهده است. قوس مورنی سیرک مذکور نسبتاً مرتفع (حدود ۲۵ متر) از کف سیرک است. گودی سیرک را دریاچه اشغال کرده است و دارای دالانی یخی است. سیرک سوم از نظر موقعیت کمی به طرف شرق متمایل است و ۵۰ متر پایین‌تر از سیرک دوم قرار دارد. شواهد میدانی و نتایج حاصل از تحلیل‌های شکل‌سنجی، آثار فرسایش کاوشی و تراکمی یخچال‌ها را در

ارتفاعات پایین تر نیز نشان داد، به طوری که گسترش مورن‌های یخچالی بزسینا تا ابتدای دشت مرگور ادامه می‌یابد. بیشتر روستاهای این محدوده مانند روستای کیسیان و کچله روی مورن‌ها شکل گرفته است. همچنین، از نهشته‌های بسیار درشت و درهم یخچالی با گردشگی بسیار کم و فاقد جورشدگی تشکیل شده است. تحلیل دانه‌سنجی نمونه‌های رسوب تراس رودخانه باراندوز حاکی از عملکرد و افزایش دخالت آب با دور شدن از سیرک‌هاست، در عین حال گستردگی دامنه ضریب کرویت بیانگر کشیدگی دانه‌های رسوب و عدم کرویت آن است که ممکن است حاکی از حرکت رسوب در داخل یخ باشد. کاهش تغییرات ضریب گردی دانه‌ها بیانگر عدم غلتیدن ذرات است که حاکمیت فعالیت‌های یخچالی در قلمرو کوهستان بزسینا را نشان می‌دهد. مقایسه ضرایب گردی و کرویت نمونه‌های برداشت‌شده از رسوبات یخچالی در تحقیقات پاورز (۱۹۵۳) نیز بر موارد فوق تأکید دارد.

مقایسه نتایج این پژوهش با سیف و ابراهیمی (۲۰۱۴) در ارتفاعات زردکوه نشان داد که ارتفاع کف سیرک‌ها برای تعیین برف‌مرز دایمی مناسب نیست. همچنین، نتایج این پژوهش در خصوص ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متری برای قلمرو سیرک‌ها با مطالعات سیف و ابطحی (۲۰۱۴) درباره دریاچه نمک نیز مطابقت دارد. سیف (۲۰۱۵) ارتفاع مورن‌ها را در ارتفاع انتهایی مورن‌ها ۳۱۲۱ متر بیان کرده است، در حالی که این ارتفاع در کوهستان بزسینا تا ۱۷۰۰ متر هم دارای شواهد میدانی است که ممکن است به موقعیت این کوهستان در مسیر جریان‌های غربی و عرض جغرافیایی بالاتر مربوط باشد. البته، مقایسه نتایج مطالعات اخیر در زمینه ارتفاع مورن‌ها با یمانی و همکاران (۲۰۱۴) در غرب کردستان تقریباً مطابقت دارد. محدوده مورد مطالعه این پژوهش به محدوده مورد مطالعه قهرودی و همکاران (۲۰۱۴) بسیار نزدیک است. به همین دلیل نتایج مشاهدات میدانی در دامنه‌های کوهستان بزسینا و قلمرو مورن‌ها با نتایج پژوهش اخیر مطابقت دارد. البته، در پژوهش مذکور ارتفاع برف‌مرز دایمی در آخرین دوره سرد بر اساس رگرسیون دمای زمستان و ارتفاع بوده است.

منابع

- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۳). ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۸۹ص.
- علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، ۸۳ص.
- قهرودی، منیژه (۱۳۹۰). تخمین و مقایسه قلمرو برف‌های دائمی در عصرهای یخچالی و بین یخچالی؛ مطالعه موردی حوضه رود هراز، نشریه جغرافیا و توسعه، ۹۷-۱۱۰.
- قهرودی، منیژه؛ نرستی، کاظم و عبدلی، اسماعیل (۱۳۹۴). تخمین برف مرز در آخرین دوره یخچالی در حوضه دالاکانی، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۳۱-۲۴۶.
- قهرودی، منیژه؛ ثروتی، محمدرضا و حسنی قارنایی، رسول (۱۳۹۲). تحلیل ناپایداری‌های حاصل از نهشته‌های یخچالی در حوضه زود زاب کوچک، فضای جغرافیایی، ۱-۱۷.
- یمانی، مجتبی؛ مقیمی، ابراهیم؛ عزیزی، قاسم و باخویشی، کاوه (۱۳۹۲). تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیک هولوسن در بلندی‌های غرب استان کردستان، ۴۵(۴)، زمستان: ۱-۱۴.
- یمانی، مجتبی؛ جداری عیوضی، جمشید و گورابی ابولقاسم (۱۳۸۸). شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در دامنه‌های کرکس، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۲۰۷-۲۳۰.
- Alaei Taleghani, M. (2009). *Geomorphology of Iran*, Ghoomes Publish, 83pp.
- Allan, T.R. (1998). *Topographic Context of Glaciers and Perennial Snow fields*, Glacier National Park, Montana, *Geomorphology*, 21.
- Bobek, H. (1937). *Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran*, In: Z. Gletscherk, 25: 130-183.
- Chris, R.; Stokes, S.; Gurney, D.; Shahgedanova, M. and Popovnin, V. (2006). Late – 20th Century Changes in Glacier Extent in the Caucasus Mountains, Russia/Georgia, *Journal of Glaciology*, 52(176).
- Clayton, L.; Attig, J.W.; Ham, N.R.; Johnson, M.D.; Jennings, C.E. and Syverson, K.M. (2007). Ice-walled-lake plains: Implications for the Origin of Hummocky Glacial Topography in Middle North America, *Geomorphology* 97 Elsevier: 237-248.
- Erinc, S. (1952). *The Present Glaciation in Turkey*, Reprinted from *Proceedings*, VIIIth General assembling XVII Congress, International Geographical Union, Washington, Printed in USA.
- Friedman, G.M.; Sanders, J.E. and Kopaska Merkel, D.C. (1992). *Principles of Sedimentary Deposits: Stratigraphy and Sedimentology*, Macmillan Publishing Company, New York, 717pp.
- Ghahroudi Tali, M. (2011). The estimation and comparison of the extent of snowline in glacial and peri-glacial periods, the case of Haraz River Basin, *Geography and Development*, 25: 97-110.
- Ghahroudi Tali, M.; Abdoli, E. and Nosrati, K. (2012). Estimate of Snow-line in the past Glacial in Dalakhani Basin, *Geography and Environmental Planning*, 58-2: 231-246.
- Ghahroudi Tali, M. and Hassani Gharnaie, R. (2012). Evolution of glacial landforms in Iraq and Iran borders,

- Geological Conference of Kurdistan*, November 14-16, Sulaimani, Kurdistan Region, Iraq.
- Ghahroudi Tali, M.; Sarvati, M.R. and Hassani Gharnaie, R. (2014). Analysis of deposits instability in Zab-e-kouchak basin, *Geographical space*, 43: 1-17.
- Iran Meteorological Organization (2012). World weather records. <http://www.irimo.ir/english/statistics/synopH>
- Jedari Eivazi, J. (2004). *Geomorphology of Iran*, Payamnoor publish, 89 pp.
- Krumbein, W.C. (1941). Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles, *Journal of Sedimentary Petrology*, 11: 64-72.
- Krumbein, W.C. (1940). Flood gravels of San Gabriel Canyon, California, *Geological Society of America Bulletin*, 51: 639-676.
- Kurter, A. (1986). Glacier of the Middle East and Africa- glacier of Turkey, U.S. Geological Survey Professional part 1386- G-1.
- Kurter, A. and Sungur, K. (1980). Present Glaciation In Turkey, In World Glacier Inventory, *Proceeding of the Workshop at Federal*, Switzerland, 17-22 Sep. 1987, International Association of Hydrological Science , Publication 126: 155-160.
- Pedrami, M. (1982). Pleistocene glaciation and Paleoclimate of Iran, GEO1, Survey of Iran Tehran, Summary presented at *INQUA Congress*.
- Porter, S.C. (2001). Snowline Depression in the Tropics during the Last Glaciations, *Quaternary Science Reviews*, 20, 1068 pp.
- Powers, M.C. (1953). A New Roundness Scale for Sedimentary Particles, *Journal of Sedimentary Petrology*, 23(2): 117-119.
- Sarikaya, M.A. (2012). Recession of the Ice Cap on Mount Agri (Ararat) Turkey From 1976 to 2011 and its Climate Significance, *Journal of Asian Earth Science*, 49: 190-194.
- Seif, A. (2015). Equilibrium-line altitudes of Late Quaternary Glaciers in the Oshtorankuh Mountain, Iran, *Quaternary International*, 374: 126-143.
- Seif, A. and Abtahi, M. (2014). A Survey of Climatic Changes of Namak Lake Basin in the Late Quaternary, *Journal of Geography and Planning*, Tabriz, 46: 91-111.
- Seif, A. and Ebrahimi, B. (2014). Combined Use of GIS Experimental Function for The Morphometric Study of Glacial Cirques, Zardkuh Mountain, *Iran .Quaternary International*: 1-14.
- Wadell, H. (1932). Volume, Shape and Roundness of Rock Particles, *Journal of Geology*, 40: 443-51.
- Wentworth, C.K. (1919). A Laboratory and Field Study of Cobble Abrasion, *American Journal of Science*, 27: 507-521.
- Wright, H.E. (1962). *Pleistocene glaciation in Kurdistan*, In: Eiszeitalter u. Gegenwart 12: 131-164.
- Yamani, M.; Jedari Eyvazi, J. and Gorabi, A. (2007). The Geomorphological Traces of Glaciers Boundaries in Karkas Mountains, *Modares Journal of Human Science*, 50: 207-230.
- Yamani, M.; Moghimi, E.; Azizi, G. and Bakhiashi, K. (2014). Determination of Holocene Morphoclimatic Regions in Highlands of the West and Northwest of Kurdistan Province, *Physical Geography Research*, 4(4): 1-14.