نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و سوم، شماره ۷۰، پاییز ۱۴۰۲

بررسی آثار و شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی در ارتفاعات بینالود

دریافت مقاله: ۹۸/۹/۲۷ **پذیرش نهایی**: ۹۹/۳/۱۹

صفحات: ۲۶۷-۲۴۹

ابوالقاسم امیر احمدی: استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران[1]
Email: amirahmadi@hsu.ac.ir
لیلا گلی مختاری: استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
Email: L.mokhtari@hsu.ac.ir
مهناز ناعمی تبار: دانش‌آموخته ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
Email: mahnaznaemi70@gmail.com

چکیده

هدف از این پژوهش، شناسایی شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی در ارتفاعات شمالی بینالود است. نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی، ابزار و داده‌های به‌کاررفته در این پژوهش هستند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار Arc gis 10/4 استفاده‌شده است. شناسایی شواهد یخچال‌های کواترنر بر اساس چهار دسته از شواهد، شامل شاخص‌های مورفیک، شواهد اقلیمی، شواهد ژئومورفولوژیکی و شاخص‌های آزمایشگاهی انجام گرفت. با استفاده از شاخص‌های مورفیک فرم خطوط منحنی میزان روی نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای، نواحی تحت سلطه پهنه‌های یخی و آثار ۲۸ سیرک یخچالی شناسایی شد. شواهد اقلیمی نشان می‌دهد که در ارتفاعات بینالود، نه‌تنها در کواترنر حدود ۷ درجه نسبت به زمان فعلی دمای سردتری داشته، بلکه مقدار بارش آن نیز در مقایسه با زمان حال، کمابیش دو برابر بیشتر بوده است. از سویی، سیرک‌های یخچالی، مورن، تیل و تورهای یخچالی مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها در ارتفاعات بینالود معرفی شدند. درنهایت شاخص‌های آزمایشگاهی گرانولومتری به‌منزله تکمیل‌کننده شواهد یخچال‌ها، وجود رسوبات یخچالی را در ارتفاعات بینالود به اثبات رساندند. همچنین با استفاده از روش رایت، خط مرز برف دائمی در دوران حاکمیت یخچال‌های ارتفاعات بینالود، در ارتفاع ۲۶۰۰ متری برآورد شد.

کلید واژگان: ارتفاعات بینالود، خط برف دائمی، سیرک، کواترنر پایانی، یخچال

---

۱. **نویسنده مسئول**: سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، گروه ژئومورفولوژی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

مقدمه

بررسی تحولات اقلیمی کواترنر و مواریث اقلیمی آن یکی از جالب‌ترین مباحث ژئومورفولوژی ایران می‌باشد. در این میان بررسی آثار یخچالی و حدود گسترش آن‌ها در نواحی کوهستانی ایران بهترین کلید برای مرزبندی‌های مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک به شمار می‌رود (یمانی، ۱۳۸۵: ۱۲۵). کواترنر جدیدترین دوره عمر کره زمین است. برخلاف کوتاهی این برهه از زمان، شواهد موجود گواه تنوع و اهمیت رخ دادهای صورت گرفته در آن می‌باشد (نجف‌آبادی، ۱۳۹۷: ۲۲۴). یخچال‌ها توده‌های بزرگی از یخ هستند که در مناطق با آب‌وهوای سرد و مرطوب شکل می‌گیرند. وسعت عملکرد فرایندهای یخی در گذشته (کواترنر) بیشتر از امروزه بوده به‌طوری‌که خیلی از نواحی که در حال حاضر تحت تسلّط فرایندهای غیر یخچالی است در کواترنر متأثر از عملکرد یخ بوده و در حال حاضر نیز شواهد آن از بین نرفته است (رجبی و خطیبی، ۱۳۸۷: ۱۰۵). تحولات اقلیمی کواترنری نقشی ویژه در شکل لندفرم‌های کنونی ایران داشته است. تغییر قلمرو برف مرزهای دائمی در کواترنری از نتایج این تحولات به شمار می‌آید. تغییرات برف مرزهای دائمی در طول کواترنری مرز تغییرات قلمروهای شکل‌زایی در ایران است. به بیانی دیگر مرز قلمروهای شکل‌زایی یخچالی با برف مرزهای دائمی در دوره‌های سرد انطباق داشته است (قهرودی تالی، ۱۳۹۰: ۹۸). ماهیت اکثر اشکال سطحی زمین را به شرایط آب‌وهوایی، به‌ویژه به تحولات شدید و متناوب اقلیمی در دوره کواترنری ارتباط می‌دهند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۹۴). نوسان‌های اقلیمی از آنجا اهمیت بالاتری برخوردارند که بررسی محققین حکایت از آب و هوایی سردتر با شرایط یخچالی در گذشته در مکان‌هایی دارد که امروزه دارای اقلیمی معتدل یا گرم‌اند که این خود، بررسی و تحقیق بیشتر را در مکان‌های بررسی نشده طلب می‌کند. در ایران نیز مانند تمام نقاط خشک و نیمه‌خشک دنیا دوران کواترنر میراث خویش را در تمام زوایای پوسته زمین بر جای نهاده است (عبدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۴). تحولات اقلیمی کواترنر از روی آثار مورفولوژیک یخچال‌ها، برای اولین‌بار در اروپا شناخته شد و بعدها شواهد مرتبط با این پدیده، در سایر نقاط زمین موردبررسی قرار گرفت. در ایران نیز مانند سایر نقاط خشک و نیمه‌خشک دنیا، آثار این تحولات شناخته‌شده است، ولی درباره چگونگی اقلیم حاکم بر ایران در آن زمان و دامنه تغییرات آن ابهاماتی وجود دارد (رامشت و همکاران، ۱۳۸۶:۱۳). در سال ۱۹۳۳ مطالعه جدی درباره آثار مستقیم یخبندان کواترنری در کوه‌های ایران با کارهای هانس بوبک در البرز، ارتفاع‌های کردستان و دزیو در زرد کوه شروع شد. بوبک با بررسی مورن‌های رشته‌کوه البرز و زاگرس، آن را شواهدی بر یخبندان قبل از وورم در این ارتفاع‌ها معرفی کرد. این مطالعات او را بر آن داشت که در سال ۱۹۵۵ اولین اظهارنظر کلی درباره اقلیم ایران در کواترنری را منتشر سازد. وی معتقد بود که در طول دوران یخچالی، اقلیمی سرد و خشک‌تر از امروز بر ایران حاکم بوده است. پژوهشگران بعدی غالباً به نتایجی برخلاف نظریه وی دست‌یافته‌اند. از آن جمله شارلاو است که به اقلیم سرد و مرطوب‌تر از امروز اعتقاد دارد (جداری عیوضی، ۱۳۹۶: ۱۵). فردین و همکاران[1]

[1]. Fredin et al.
[2]. Jan deresh

(۲۰۱۳) معتقدند که چشم‌اندازهای کنونی نروژ نتیجه فرآیندهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی در طول زمان بسیار طولانی است. بااین‌حال بخش بزرگی از لندفرم‌های کنونی آن نتیجه یخچال‌های کواترنری هستند. اشکال یخچالی مانند سیرک، دره‌های U شکل، مورن‌ها، دروملین و اسکر با اندازه‌های میلی‌متری تا کیلومتری در نروژ دیده می‌شوند. امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی آثار یخچالی کواترنری در دشت آسپاس با تعیین خط برف دائمی در دوره یخچالی که به روش رایت صورت گرفت (ارتفاع ۲۶۰۰ متری) نشان دادند که دمای متوسط سالانه صفر درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۲۶۰۰ متری منطقه قرار می‌گرفته و وجود بالغبر ۲۵۵ سیرک بزرگ و کوچک نشان می‌دهد که در دوران سرد یخچالی سیرک‌ها به‌عنوان یکی از منابع تغذیه‌کننده بسیار غنی برای تشکیل یک پوشش یخی در منطقه به شمار می‌رفته‌اند. شواهد ژئومورفولوژی موجود، وجود بیش از یک خط تالوگ در دشت که به‌جای جریان‌های آبی، سطوح یخی عمل کرده است را تأیید می‌کند. همچنین برای تأیید تسلط یخچال‌ها بر منطقه به عملیات گرانولومتری و مورفوسکوپی و نتایج حاصل از آن پرداخته‌شده که اکثر نمونه‌ها از نوع رسوبات یخچالی هستند. رایت[۱] در سال ۱۹۸۳ روی ارتفاعات زاگرس در امتداد مرز ایران و عراق کارکرد و خط دائمی برف در دوره وورم را در ارتفاع ۱۸۰۰ متری ردیابی نمود، بر اساس این نظریه، در ایران در زمان حاکمیت یخچال‌ها، خط برف خیلی پایین‌تر از میزانی است که بوبک و موافقان نظر وی ابراز کردند (جداری عیوضی، ۱۳۹۶). ژان درش[۲] نیز مطالعاتی را در روی یخچال علم‌کوه و تخت سلیمان انجام داده است. بوبک با بررسی مورن‌های وورم در رشته‌کوه البرز و زاگرس آن را شاهدی مشخص بر یخبندان قبل از وورم یاد می‌کند و افت آهنگ درجه حرارت ۴ تا ۵ درجه کمتر از زمان حاضر را بیان نموده است (رامشت، ۱۳۹۰). یسیلیورت و همکاران[۳] (۲۰۱۶) ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری کوه‌های شرقی ترکیه را با دو روش ارتفاع کف سیرک و نسبت‌های ارتفاعی، ۲۹۰۰ متر بالاتر از سطح دریا برآورد کردند که نسبت به ارتفاع برف مرز کنونی در حدود ۸۰۰ متر پایین‌تر بوده است. بروک و کیرکبرید[۴](۲۰۱۸) در تحقیقی ارتفاع برف مرز دائمی ناحیه تاراروای ایسلند را برای شرایط کنونی ۱۲۰۰ متر برآورد کردند. درحالی‌که آن‌ها معتقدند در دوره کواترنری، این ارتفاع هم‌سطح دریا و حتی پایین‌تر از آن بوده است. میندراسکو و ایوانز[۵] (۲۰۱۴) سیرک‌ها و توسعه آن‌ها را در کشور رومانی بررسی کردند.دلماس و همکاران[۶](۲۰۱۵) رشد آلومتریک سیرک‌ها را در کوه‌های آلپ مطالعه و بر اساس روش‌های آماری آن‌ها را تجزیه‌وتحلیل کردند.

3. Yesilyurt etal
4. Brook etal
5. Mindrescu etal
6. Delmas etal

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

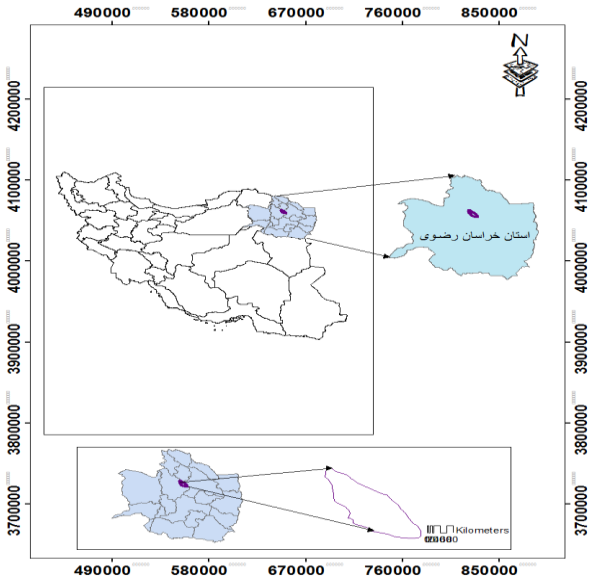
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

روش تحقیق

معرفی محدوده مورد مطالعه

رشته‌کوه بینالود در شمال شرق ایران (شمال خراسان رضوی) و در میان دو مدار جغرافیایی ۵۷ دقیقه و ۳۵ درجه و ۵۲ ثانیه شمالی، ۵۸ درجه و ۴۴ دقیقه و ۵۹ ثانیه شرقی واقع‌شده است. از غرب و شمال‌غرب با کوه‌های کم ارتفاع‌تر و شاه‌جهان و از شرق و جنوب شرق به کوه‌های به‌مراتب پست‌تر کته شمشیر محدود می‌شود. اگرچه مرز بینالود با ارتفاعات غربی و شرقی‌اش تا حدی آشکار است، اما در جبهه‌ی شمال - شمال شرقی، فرورفتگی کشف‌رود و گسل مشهد، این واحد را به‌وضوح از رشته‌کوه کپه داغ - هزار مسجد جدا می‌کند. حد جنوبی بینالود نیز به گسل‌های نیشابور و میامی و رود کال‌شور و دشت نیشابور منتهی می‌شود. به‌این‌ترتیب، تمام زهکش‌ها و آبریزهای شمالی رشته‌کوه بینالود به تراف کشف رود و زهکش‌های دامنه جنوبی آن به کال شور و دشت نیشابور ملحق می‌شوند شکل (۱).



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

داده و روش‌کار

شناسایی شواهد یخچال کواترنر پایانیِ منطقه موردمطالعه با توجه به نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ انجام شد. در این راستا برای تهیه نقشه‌های هم بارش و هم‌دمای حال حاضر حوضه، از داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های اخلمد، بقیع، بار و فریزی استفاده شد و به کمک این داده‌ها و مدل رقومی ارتفاعی حوضه، نقشه‌های هم بارش و هم‌دمای حال حاضر حوضه در نرم‌افزار ARC GIS 10/4 ترسیم شد. در مرحله بعد با توجه به فرم منحنی میزان‌ها در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، نواحی تحت تسلط پهنه‌های یخی و سیرک‌های یخچالی که نشانه حاکمیت اقلیم یخچالی در گذشته بوده، در منطقه مشخص شد و خط مرز برف دائمی گذشته منطقه

موردمطالعه به روش رایت برآورد شد. سپس با استفاده از ارتفاع خط مرز برف گذشته و افت آدیاباتیک دما، نقشه هم‌دمای گذشته حوضه به دست آمد. برای تهیه نقشه هم‌بارش گذشته، پس از هم‌پوشانی نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش حال حاضر حوضه در نرم‌افزار ARC GIS 10/4 همبستگی نقطه‌ای آن‌ها گرفته شد و با استفاده از رابطه بین بارش و دمای زمان حال و داده‌های دمایی زمان گذشته، نقشه هم بارش گذشته حوضه تهیه شد. پس‌ازآن در عملیات میدانی، فرم‌های ایجادشده توسط یخچال‌ها، مشتمل بر مورن، تیل، تور یخچالی و سیرک یخچالی مورد شناسایی قرار گرفت و از محل‌های خاصی از حوضه نمونه‌برداری انجام گرفت و پس از انتقال به آزمایشگاه، در نهایت به تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مبادرت شد.

شواهد مورفیک

گام اول برای دنبال کردن آثار یخچال‌های کواترنر در منطقه مطالعاتی، بررسی فرم‌شناسی بر اساس شاخص‌های مورفیک روی نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث است. این نقشه‌ها که به نمایش مجازی ناهمواری‌ها می‌پردازند، می‌توانند تشخیص فرم، فرآیند، پدیده‌هایی ژئومورفیک و مواد مادری را به کمک چهار عنصر فرم خطوط منحنی میزان، آرایش قلل، فرم شبکه آبراهه و نقاط ارتفاعی منفرد آسان‌تر کنند. اگرچه خطوط منحنی میزان روی نقشه توپوگرافی رقوم ارتفاعی خاصی را نشان می‌دهند، ولی همه آن‌ها فرم یکسانی ندارند. با توجه به فرم منحنی‌میزان‌ها روی همین نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، سیرک‌های یخچالی شناسایی شدند شکل (۲). این عوارض که روی نقشه‌های توپوگرافی به شکل نعل اسب هستند، چنانچه در ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر واقع شوند، احتمال نسبت دادن آن‌ها به فعالیت‌های یخچالی قریب‌به‌یقین است (رامشت: ۱۰،۱۳۹۰).

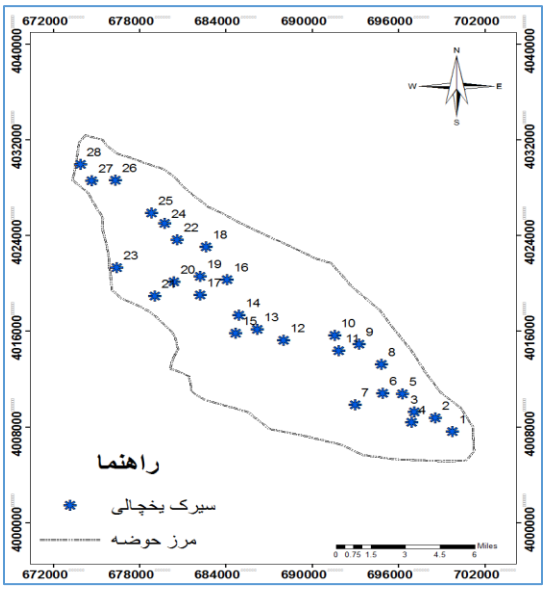
شکل (۲). نمونه‌ای از شناسایی سیرک یخچالی در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه موردمطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

سیرک‌های شمارش‌شده روی ارتفاعات منطقه، افزون بر ۲۸ سیرک بزرگ و کوچک است که بین ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متری توزیع‌شده‌اند شکل (۳). همان‌گونه که در جدول (۱) بیان‌شده، تراکم سیرک‌ها در ارتفاع ۱۹۰۰ تا ۲۸۰۰ متر بیشتر از بقیه ارتفاعات است.

جدول (۱). توزیع فراوانی سیرک‌های یخچالی در منطقه موردمطالعه

درصد	جهات جغرافیایی										فراوانی سیرک	طبقه‌های ارتفاع
	شمال‌غرب	غرب	جنوب‌غرب	جنوب	جنوب‌شرق	شرق	شمال‌شرق	شمال				
۰	–	–	–	–	–	–	–	–			–	۱۶۰۰-۱۸۰۰
۴/۵۹	–	–	۱	–	–	–	–	–			۲	۱۸۰۰-۲۰۰۰
۹/۸۲	–	–	–	–	۲	–	–	–			۳	۲۰۰۰-۲۲۰۰
۱۸/۸۸	–	–	–	۱	۱	۱	۳	۳			۷	۲۲۰۰-۲۴۰۰
۱۹/۸۱	۱	۱	۱	–	–	–	۲	۱			۶	۲۴۰۰-۲۶۰۰
۲۱/۷۰	۱	۱	–	۲	–	۱	–	–			۶	۲۶۰۰-۲۸۰۰
۱۸/۴۰	۲	–	۱	۳	–	–	–	–			۴	۲۸۰۰-۳۰۰۰
۱۰۰	۴	۲	۳	۵	۳	۲	۵	۴			۲۸	جمع



شکل (۳). موقعیت سیرک‌های منطقه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

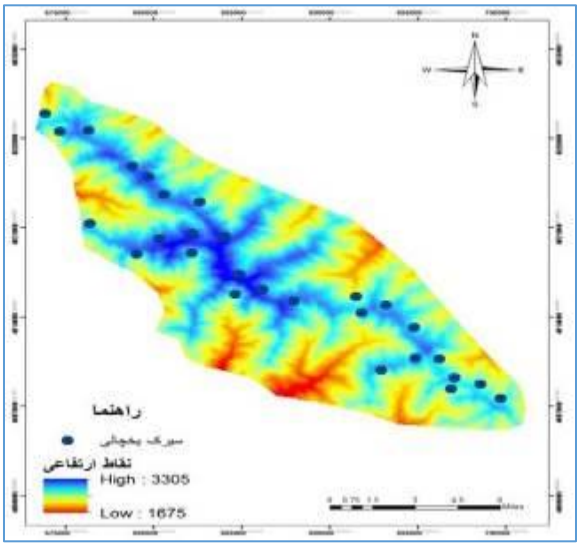
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

تخمین خط مرز برف دائمی در کواترنر به روش رایت

یکی از روش‌هایی که می‌توان به‌وسیله‌ی آن برف مرز دائمی را در دوره‌های سرد کواترنر تعیین کرد، روش رایت است. در این روش با تعیین مکان سیرک‌های کوچک و گذراندن خطّ ۶۰ درصد از آن‌ها، برف مرز دائمی تعیین می‌شود. در این روش پس از تشخیص تعداد و ارتفاع سیرک‌های یخچالی به کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و محاسبه درصد تجمعی پراکندگی سیرک‌ها در ارتفاعات مختلف، ارتفاعی که ۶۰ درصد از سیرک‌ها بالاتر از آن هستند را به‌عنوان ارتفاع برف مرز دائمی و دمای صفر درجه سانتی‌گراد دوران یخچالی را به آن نسبت می‌دهند (جعفری: ۱۳۹۱). ارتفاع خط برف که به این روش در منطقه به دست آمد ۲۶۰۰ متر است. به عبارتی در سردترین دوره‌ی حاکم بر منطقه، در این ارتفاع برف همیشه وجود داشته است و یا به مفهومی دیگر متوسط دما بر روی این خط معادل صفر درجه سانتی‌گراد بوده است شکل (۴).



شکل (۴). نقشه مرز برف دائمی منطقه موردمطالعه در دوره حاکمیت یخچال‌ها به روش رایت

ردیابی آثار یخچال‌ها بر اساس شواهد اقلیمی

از جمله دلایل مهمی که می‌توان با توجه به آن وجود یخچال‌های کواترنر پایانی را در منطقه موردمطالعه به اثبات رساند، شواهد اقلیمی است. برای بررسی میزان تغییرات عناصر اقلیمی، از جمله دما و بارش، به مقادیر کمی این پارامترها نیازمندیم جدول (۲). در این راستا برای تهیه نقشه هم‌دمای فعلی منطقه، بعد از تهیه داده‌های دمایی چهار ایستگاه اخلمد، بقیع، بار و فریری، رابطه بین دما و ارتفاع آن‌ها گرفته شد جدول (۳). سپس نقشه میانگین دمای سالانه منطقه در عصر حاضر ترسیم شد شکل (۵).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

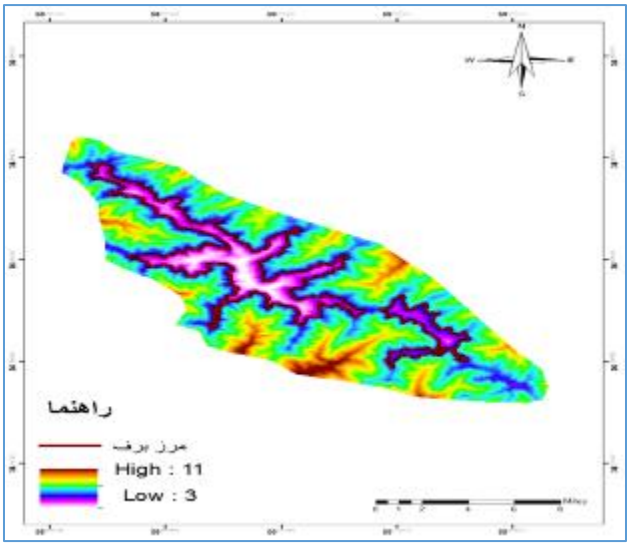
جدول (۲). مشخصات ایستگاه‌های موردمطالعه

نام ایستگاه	طول دوره آماری	نوع ایستگاه	ارتفاع از دریا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
اخلمد	۲۱	سینوپتیک	۱۳۵۰	۵۸ ۵۶	۳۶ ۶۳
بقیع	۲۱	سینوپتیک	۲۲۰۹	۵۸ ۴۲	۳۶ ۳۵
بار	۲۱	سینوپتیک	۱۲۳۰	۵۸ ۴۲	۳۶ ۴۸
فریزی	۲۱	سینوپتیک	۱۶۴۰	۵۸ ۹۶	۳۶ ۴۸

جدول (۳). میانگین دما سالیانه ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	طول دوره آماری	ارتفاع	میانگین دما سالیانه
اخلمد	۲۱	۱۳۵۰	۱۲/۶
بقیع	۲۱	۲۲۰۹	۸/۶
بار	۲۱	۱۲۳۰	۱۲/۹
فریزی	۲۱	۱۶۴۰	۱۲/۲

نقشه هم‌دمای فعلی نشان می‌دهد که حداقل دمای منطقه در زمان فعلی ۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما برابر با ۱۱ درجه سانتی‌گراد است.

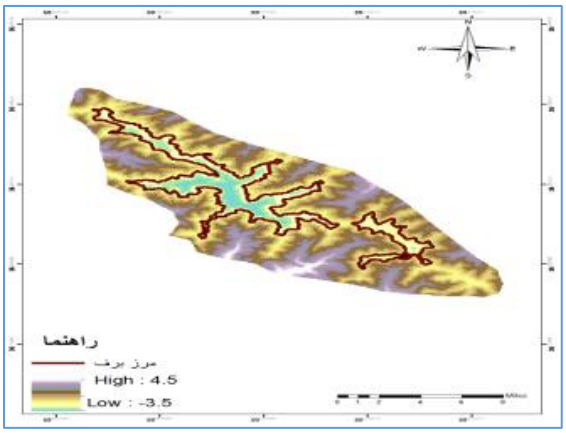


شکل (۵). نقشه هم‌دما فعلی منطقه موردمطالعه در زمان حاضر

بررسی شرایط دمایی منطقه در گذشته

برای تخمین میزان دمای محیطی گذشته، بعد از تعیین خط مرز برف دائمی منطقه (رقم ۲۶۰۰ متر که با روش رایت تعیین گردید) همبستگی بین دما و ارتفاع محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که بیشترین همبستگی

با رابطه خطی y= a+ bxمطابقت داشته و کاهش دما به ازای هر هزار متر ۴/۵ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. با توجه به ارتفاع خط مرز برف دائمی (۲۶۰۰ متر)، خط دمای صفر سالانه و با توجه به تغییر ارتفاع در منطقه می‌توان خطوط هم‌دمای زمان گذشته را محاسبه نمود شکل (۶). همان‌طور که در نقشه هم‌دمای گذشته مشاهده می‌شود، حداقل دمای منطقه در زمان حاکمیت یخچال‌ها برابر با ۳/۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما برابر با ۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. مقایسه نقشه هم‌دمای فعلی و گذشته منطقه حاکی از این است که منطقه موردمطالعه در کواترنر ۶/۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمان فعلی سردتر بوده است. البته این میزان تفاوت برای همه نقاط یکسان نبوده و تحت تأثیر ارتفاع، افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که بیشترین تفاوت حرارتی مربوط به مرتفع‌ترین قسمت و کمترین تفاوت مربوط به پست‌ترین ارتفاع می‌باشد.



شکل (۶). نقشه هم‌دما منطقه موردمطالعه در دوره سرد کواترنر

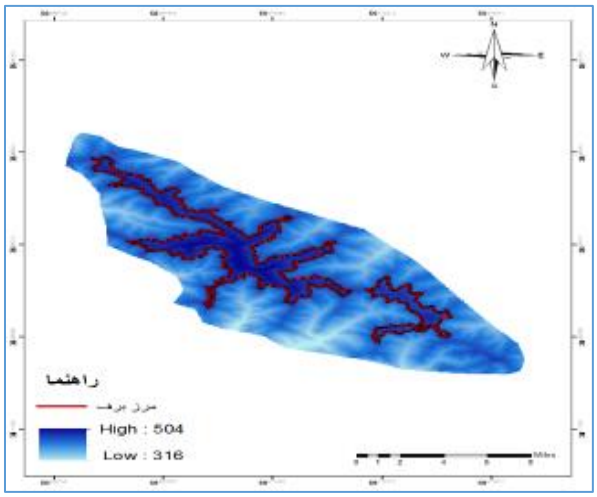
نقشه هم‌بارش محدوده موردمطالعه

برای بازسازی شرایط رطوبتی منطقه در زمان حاضر، از داده‌های بارشی چهار ایستگاه اخلمد، بقیع، بار و فریزی، استفاده شد شکل (۷). نقشه هم بارش حال حاضر در منطقه نشان می‌دهد که حداقل بارش منطقه برابر با ۳۱۶ میلی‌متر و حداکثر بارش برابر ۵۰۴ میلی‌متر در مرتفع‌ترین قسمت منطقه است جدول (۴).

جدول (۴). میانگین بارش سالیانه ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	طول دوره آماری	ارتفاع	میانگین بارش سالیانه
اخلمد	۲۱	۱۳۵۰	۲۷۹
بقیع	۲۱	۲۲۰۹	۳۷۷/۳
بار	۲۱	۱۲۳۰	۳۱۵
فریزی	۲۱	۱۶۴۰	۳۳۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

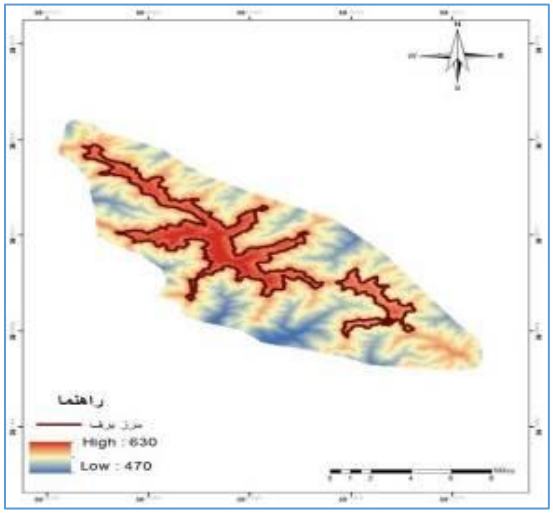


شکل (۷). نقشه هم‌بارش منطقه موردمطالعه در زمان حاضر

برآورد میزان بارش حوضه در دوره پلیستوسن

بعد از همپوشانی نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای فعلی منطقه و با توجه به معادله خطی y= 0/1153X+ 123/25 رابطه بین دما و بارش محاسبه شد و با توجه به معناداری رابطه دما و بارش و ثابت بودن رابطه بین دما و بارش، با داشتن داده‌های دمایی زمان گذشته، نقشه هم بارش منطقه در دوره حاکمیت یخچال‌ها تهیّه شد شکل (۸). نقشه هم بارش منطقه در کواترنر حاکی از این است که حداقل بارش در آن زمان برابر با ۴۷۰ میلی‌متر و حداکثر مقدار بارش برابر با ۶۳۰ میلی‌متر در مرتفع‌ترین بخش بوده است. مقایسه نقشه‌های هم‌بارش حال و گذشته منطقه نشان می‌دهد که میزان رطوبت محیطی در دوره‌ای که دمای محیط به میزان ۶/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بوده با مقدار بارش‌های فعلی تفاوت چشمگیری داشته است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]



شکل (۸). نقشه هم‌بارش در دوره سرد کواترنر

نتایج

شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها

سیرک یخچالی

هر سیرک یخچالی حوضچه‌ای است که یخچال کوهستانی از آن جریان می‌یابد، به‌عبارتی‌دیگر نقطه کانونی تغذیه یخچال، سیرک نامیده می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر چاله‌ای است به شکل نیم‌دایره که به یک دیوار با شیب تند مشرف است شکل (۹). یخچال‌های سیرکی یکی از کوچک‌ترین یخچال‌ها به شمار می‌آید و نیز یکی از ساده‌ترین اشکال یخچال محسوب می‌شود. این عارضه در مرتفع‌ترین قسمت دره، در مجاورت قلل کوهستان‌ها به‌صورت حفره قیفی شکل است و بر اثر تمرکز یخ در یک گودال قبلی به وجود آمده است (امیر احمدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵۲).

شکل (۹). نمایی از سیرک یخچالی در منطقه موردمطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

تیل یا یخرفت

این نوع رسوب‌ها از ته‌نشست مواد یخچالی تولید می‌شوند و متوسط دانه و بدون نظم دانه‌ای‌اند. همچنین در بین آن‌ها کانی‌های فرسایش نیافته به فراوانی یافت می‌شود. دوم رسوبات درشت‌دانه که فقط در نقاطی یافت می‌شوند که منشأ سنگ‌ها از نوع گرانیت و سینیت باشد، این قطعات عموماً مخطط و زاویه‌دارند (معتمد، ۱۳۸۲: ۷۰). تیله‌ای یخچالی در منطقه موردمطالعه در ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر مشاهده می‌شود شکل (۱۰).

شکل (۱۰). نمایی از تیل یخچالی در منطقه موردمطالعه

مورن

به رسوبات غیرمنظم و طبقه‌بندی نشده یخچالی مورن می‌گویند. مواد تشکیل‌دهنده این رسوبات از نظر ابعاد و قطعات و دانه‌ها تفاوت خیلی زیادی دارند و هیچ‌گونه نظمی در آن‌ها دیده نمی‌شود و کاملاً فاقد جور شدگی‌اند. اندازه‌ی دانه‌ها در این رسوبات از قطعه‌سنگ‌های بسیار بزرگ تا رس تغییر می‌کند (امیر احمدی: ۱۳۹۳، ۱۵۴). در منطقه موردمطالعه مورن در دره یخچالی در ارتفاع ۲۳۰۰ متر مشاهده می‌شود شکل (۱۱).

شکل (۱۱). نمایی از مورن یخچالی در منطقه موردمطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

تور یخچالی

قطعه‌سنگ‌های بزرگی که بر اثر هوازدگی و فرایندهای فرسایشی دامنه‌ای در مجاورت هم روی دامنه‌ها انباشته می‌شوند پدیده‌ای موسوم به تور می‌سازند (المدرسی: ۱۳۸۴). این پدیده نشانگر فرایندهای جنب یخچالی در زمان‌های گذشته به شمار می‌رود. تورهای یخچالی در اثر عملکرد فرسایش دوران چهارم به وجود می‌آیند. در منطقه موردمطالعه تورها در ارتفاعات ۲۰۰۰ تا ۲۴۰۰ متر مشاهده می‌شوند شکل (۱۲).

شکل (۱۲). نمایی از تور یخچالی در منطقه موردمطالعه

شاخص‌های آزمایشگاهی

در اثبات وجود آثار یخچالی، تمسک به روش‌های آزمایشگاهی به‌ویژه در مطالعه رسوبات، مرسوم است (رامشت و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۷). در این پژوهش برای آزمون صحت یافته‌های تحلیلی و فرمیک و برای دستیابی به دلایل متقن و تأیید وجود آثار یخچال‌ها در منطقه، روی نمونه‌ها آزمایش به عمل آمد. با اندازه‌گیری قطر ذرات در رسوب‌های نرم و جدا از هم (گرانولومتری)، می‌توان تغییرات قطر ذرات متشکله و تراکم هر یک از آن‌ها را تعیین کرد و با استفاده از اندازه ذرات و درصد تجمعی رسوبات، می‌توان به نوع رسوبات پی برد (معتمد، ۱۳۸۴: ۱۳). به گفته‌ای هر نوع رسوب، منحنی گرانولومتری منحصربه‌فرد خود را دارد که در این میان منحنی‌های رسوبات یخچالی در جهت طولی کشیدگی بیشتری دارند (غیور: ۱۳۷۸، به نقل از معیری: ۱۳۸۷).

نقاط نمونه‌برداری

جدول (۵). موقعیت نقاط نمونه‌برداری

شماره نمونه	ارتفاع به متر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۲۵۷۱	۳۶ ۱۶ ۴۰	۵۹ ۰۵ ۳۴
۲	۲۵۳۷	۳۶ ۱۶ ۴۹	۵۹ ۰۶ ۴۲
۳	۲۳۰۵	۳۶ ۱۶ ۵۶	۵۹ ۳۶ ۳۳

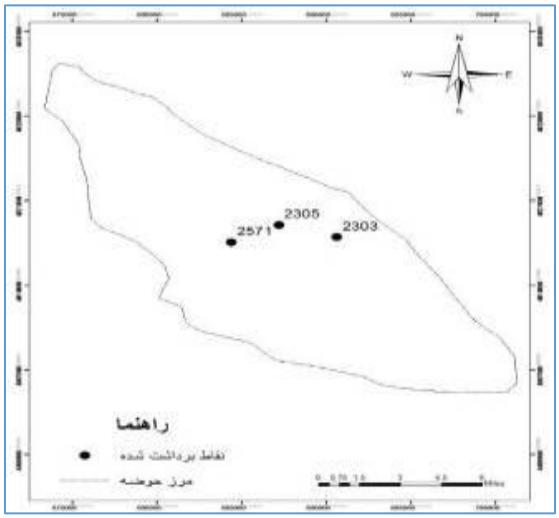
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

شاخص گرانولومتری (دانه سنجی رسوبات)

در این روش ابتدا از محل‌های خاص (رسوباتی که احتمال حمل آن‌ها توسط یخچال وجود داشت)، جدول (۵) نمونه‌برداری کرده و به تفکیک دانه‌ها در اندازه‌های گوناگون اقدام شد شکل (۱۳). برای این کار ابتدا با استفاده از ترازوی دقیق میزان ۴۰۰ گرم هر یک از رسوبات نمونه‌برداری شده را وزن نموده و سپس اقدام به خشک‌کردن رسوبات در دستگاه اتو در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد نمودیم. به توجه به در هم بودن رسوبات (ریز و درشت بودن رسوبات) ۱۰ الک به اندازه‌های (۷۴، ۱۲۵، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۴۲۰، ۵۹۰، ۸۴۰، ۱۴۱۰، ۲۸۰۰) میکرون انتخاب کرده و برای تعیین نمودن مقدار رسوبات در قطرهای مختلف نمونه را در بزرگ‌ترین تامی (۲۸۰۰) میکرون ریخته و دستگاه لرزاننده را به مدت ۱۵ دقیقه به کار انداختیم. الک‌ها قادرند رسوباتی که قطرشان از منفذ الک درشت تراست را در خود نگاه داشته و بقیه را به الک‌های زیر بفرستند. بعد از ۱۵ دقیقه مواد دانه‌بندی شده در الک‌ها را مجدداً وزن نموده و به همراه شماره الک یادداشت نمودیم. با بررسی داده‌ها به این نتیجه رسیدیم که نمونه‌ها نشان‌دهنده عملکرد یخچال در منطقه موردمطالعه می‌باشد جداول (۶ تا ۸).



شکل (۱۳). نقشه نقاط نمونه‌برداری شده از منطقه

جدول (۶). گرانولومتری نمونه شماره ۱

درصد تجمعی معکوس	درصد تجمعی (کومولو)	وزن رسوبات به درصد	وزن رسوبات به گرم	قطر روزنه الک به میکرون
۱۰۰	۶۵/۹۵	۶۰/۹۵	۲۳۵/۶	۲۸۰۰
۳۳/۸۱	۷۷/۶۶	۱۶/۷۱	۵۹/۷۰	۱۴۱۰
۱۷/۱	۸۳/۵۲	۵/۸۶	۲۰/۹۶	۸۴۰
۱۱/۴۲	۹۷/۶۹	۴/۱۷	۴۱/۱۹	۵۹۰
۷/۲۵	۹۸/۸۱	۱/۱۲	۴/۰۳	۴۲۰

۶/۱۳	۹۰/۶	۱/۷۹	۶/۴۱	۳۰۰
۴/۳۴	۹۲/۲۸	۱/۶۸	۶/۰۳	۲۵۰
۲/۶۶	۹۳	۰/۷۲	۲/۶۰	۱۵۰
۱/۹۴	۹۴	۱	۳/۵۸	۱۲۵
۰/۹۴	۱۰۰	۰/۹۴	۳/۳۹	۷۴

جدول (۷). گرانولومتری نمونه شماره ۲

درصد تجمعی معکوس	درصد تجمعی (کومولہ)	وزن رسوبات به درصد	وزن رسوبات به گرم	قطر روزنه الک به میکرون
۱۰۰	۸۵/۹۲	۸۹/۹۵	۲۲۲/۲۵	۲۸۰۰
۱۴/۰۴	۹۲/۵۹	۶/۶۷	۱۷/۲۶	۱۴۱۰
۷/۳۷	۹۴/۶۹	۲/۱۰	۵/۴۵	۸۴۰
۵/۲۷	۶۹/۲۹	۱/۶۰	۴/۱۵	۵۹۰
۳/۶۷	۹۶/۸۷	۰/۵۸	۱/۵۱	۴۲۰
۳/۰۹	۶۱/۹۷	۰/۷۴	۱/۹۳	۳۰۰
۲/۳۵	۹۸/۶۳	۱/۰۲	۲/۶۴	۲۵۰
۱/۳۳	۹۹/۱۶	۰/۵۳	۱/۳۸	۱۵۰
۰/۸	۹۹/۴۸	۰/۳۲	۰/۸۵	۱۲۵
۰/۴۸	۱۰۰	۰/۴۸	۰/۴۸	۷۴

جدول (۸). گرانولومتری نمونه شماره ۳

درصد تجمعی معکوس	درصد تجمعی (کومولہ)	وزن رسوبات به درصد	وزن رسوبات به گرم	قطر روزنه الک به میکرون
۱۰۰	۵۴/۶۷	۵۴/۶۷	۱۴۹/۷۹	۲۸۰۰
۴۵/۳۱	۷۲/۹۳	۱۸/۲۶	۵۰/۰۲	۱۴۱۰
۲۷/۰۵	۸۰/۷۶	۷/۸۳	۲۱/۴۵	۸۴۰
۱۹/۲۲	۸۷/۴۶	۶/۷۰	۱۸/۳۶	۵۹۰
۱۲/۵۲	۸۹/۴۹	۲/۰۳	۵/۵۶	۴۲۰
۱۰/۴۹	۹۲/۹	۳/۴۱	۹/۳۶	۳۰۰
۷/۰۸	۹۶/۴	۳/۵۰	۹/۶۰	۲۵۰
۳/۵۶	۹۷/۵۷	۱/۷۱	۴/۷	۱۵۰
۱/۸۵	۹۸/۰۶	۰/۴۹	۱/۳۵	۱۲۵
۱/۳۶	۱۰۰	۱/۳۶	۳/۷۳	۷۴

شاخص مورفوسکوپی

عملیات مورفوسکوپی بر روی دانه‌هایی انجام می‌گیرد که ضخامت آن‌ها کمتر از ۲ میلی‌متر باشد. لذا بهتر است از دانه‌های تامی شده و از تامی‌های ۵۰۰ تا ۷۰۰ میکرون انتخاب گردد. نمونه‌هایی که بدین منظور انتخاب می‌گردد با اسیدکلریدریک و آب‌اکسیژنه شسته به‌طوری‌که ناخالصی نداشته باشد. از بین رسوبات الک شده، رسوبات ۵۹۰ میکرون

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

را انتخاب و برای عملیات مورفوسکوپی آماده نمودیم و جهت مشاهده مورفوسکوپی ۱۰۰ دانه را انتخاب و بر روی لامل قرار دادیم و به کمک مورفوسکوپ هر یک از دانه‌ها را به‌صورت جداگانه موردمطالعه قرار دادیم.

حاکمیت عملکرد آب، باد و رسوبات ماسه‌ای به دودسته تقسیم می‌شوند:

۱- فرسایش یافته

۲- فرسایش نیافته

از نظر شکل بین ماسه‌های فرسایش یافته که تحت تأثیر عواملی چون آب، باد و یخچال فرسوده شده‌اند دو گونه قابل‌تشخیص است:

ماسه‌های فرسوده شده درخشان: ماسه‌های درخشان که با کناره‌های براق و کمانی دیده می‌شوند نور چراغ را منعکس کرده و قابلیت انکسار نور را دارند. این‌گونه رسوبات که معمولاً روشن، کمانی و تقریباً صیقلی‌اند منشأ آبی دارند.

ماسه‌های فرسوده شده مات: دارای کناره‌های کمانی بوده و کناره‌های آن‌ها از ماسه‌های فرسوده شده درخشان منظم‌تر است. این ذرات در زیر مورفوسکوپ فاقد شفافیت بوده و مات و کدر هستند. علت این امر وجود چاله‌های ستاره‌ای شکل بی‌شماری است که در اثر برخورد این دانه‌ها به هم به وجود آمده است، نوری که از چراغ به این ماسه‌ها می‌تابد در جهات مختلف پخش می‌شود. عامل فرسایش دهنده این نوع رسوب باد است. اما رسوباتی که عامل فرسایش آن‌ها یخچال است به‌صورت دانه‌های صیقلی و سفیدرنگ دیده می‌شوند.

با بررسی نمونه‌های برداشت‌شده اشکال (۱۴ تا ۱۷) در منطقه تعداد هر یک از دانه‌ها در تیپ فرسایش آبی، بادی، یخچالی تعیین شد و پورسانتاژ هر یک محاسبه گردید جدول (۹).

شکل (۱۴). رسوب برداشت‌شده یخچالی نمونه شماره ۱

شکل (۱۵). رسوب برداشت‌شده یخچالی نمونه شماره ۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

شکل (۱۶). رسوب برداشت‌شده یخچالی نمونه شماره ۳

شکل (۱۷). رسوب برداشت‌شده یخچالی نمونه شماره ۴

جدول (۹). نتایج عملیات مورفوسکوپی رسوبات

شماره نمونه	اندازه دانه‌ها به میکرون	تعداد دانه‌های مورد آزمایش	پورسانتاژ		
			یخچالی NU	آبی EL	رسوبات واریزه‌ای EN
۱	۵۹۰	۱۰۰	٪۲۴	٪۶۰	٪۱۶
۲	۵۹۰	۱۰۰	٪۳۸	٪۴۳	٪۲۰
۳	۵۹۰	۱۰۰	٪۶۹	٪۵۳	٪۳۱
۴	۵۹۰	۱۰۰	٪۱۲	٪۴۹	٪۳۹

با توجه به داده‌های جدول (۹) نتیجه گرفته شد که اکثر نمونه‌ها دارای درصد بالایی از ذراتی هستند که در اثر عملکرد فرسایش آبی شکل‌گرفته‌اند. دومین عامل فرسایش در نمونه‌ها فرسایش یخچالی است. سومین عامل فرسایش واریزه‌ای است.

نتیجه‌گیری

ایران یکی از مناطقی است که تحت تأثیر نوسانات اقلیمی قرارگرفته، اما ابعاد و دامنه آن به عمق و وسعت اروپا و آمریکای شمالی نبوده است (رامشت و کاظمی، ۱۳۸۶: ۱۴). بنابراین، اثبات این ادعا که ارتفاعات منطقه موردمطالعه در کواترنر پایانی تحت حاکمیت یخچال بوده، دور از ذهن به نظر نمی‌رسد؛ اما با دقت در آثار و شواهد به‌جامانده این شک و تردید از میان می‌رود. شواهد اقلیمی، مانند اطلاعات دما و بارش بیانگر این است که منطقه موردمطالعه با حداکثر و حداقل دما ۱۱ و ۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل بارش ۵۰۴ و ۳۱۶ میلی‌متر و در کواترنر پایانی با حداکثر و حداقل دما ۴/۵ و ۳/۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل بارش ۴۷۰ و ۶۳۰ میلی‌متر تفاوت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

قابل‌توجهی با زمان حال داشته است، به‌گونه‌ای که نه‌تنها دمای گذشته منطقه نسبت به حال حاضر ۶/۵ درجه سردتر بوده، بلکه بارش آن نیز دو برابر زمان حال بوده است. از سویی، فرم منحنی میزان‌ها روی نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای، آثار ۲۸ سیرک یخچالی و نواحی تحت تسلط پهنه‌های یخی در زمان گذشته را برای ما مشخص می‌کند. شواهد ژئومورفولوژیکی، مثل قطعات بزرگ یخرفت، مورن‌ها، تیل‌ها، سیرک‌ها و تور یخچالی، مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کواترنر پایانی در این حوضه هستند. به‌عبارت‌دیگر در طی دوران یخبندان دامنه‌های شمالی همواره شرایط برودتی گسترده‌تری را نسبت به سطوح رو به جنوب تجربه کرده‌اند. خط مرز برف دائمی در دوران حاکمیت یخچال‌ها در منطقه به روش رایت محاسبه گردید و ارتفاع مرز برف در ارتفاع ۲۶۰۰ متر برآورد گردید و نشان‌دهنده آن است که دمای متوسط سالانه صفر درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۲۶۰۰ متری منطقه قرار می‌گرفته است. یکی دیگر از شاخص‌هایی که به کمک آن می‌توان وجود آثار یخچال‌ها در منطقه را به اثبات رساند، شاخص‌های آزمایشگاهی بود.در این راستا از محل‌های خاصی نمونه‌برداری به عمل آمد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج رسوب سنجی انجام‌گرفته روی چند نمونه، گویای وجود رسوبات یخچالی در منطقه است. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش نشان‌دهنده آن است که بیشترین عامل نهشته‌گذاری در منطقه را رسوبات آبی تشکیل می‌دهد و عامل دوم رسوبات یخچالی است و به این نتیجه رسیدیم که منطقه تحت تأثیر فرایندهای یخچالی دوران چهارم قرارگرفته است. عملیات مورفوسکوپی روی نمونه‌ها نشان می‌دهد که نمونه‌ها دارای درصد بالایی از ذراتی هستند که در اثر عملکرد آبی شکل‌گرفته‌اند. درصد بالای نمونه‌ها را بعد از رسوبات آبی، رسوبات یخچالی تشکیل می‌دهد. رسوبات یخچالی مؤید آن است که زمانی منطقه تحت تأثیر فعالیت یخچال‌ها بوده است. در واقع وجود بارش کافی همراه با دمای پایین منطقه، شرایطی را به وجود آوردند که یخچال‌ها بتوانند به فرم سازی عوارضی بپردازند که فرآیند کنونی منطقه قادر به شکل دادن آن‌ها نیست. درمجموع با توجه به آثار و شواهد ذکرشده می‌توان گفت که منطقه موردمطالعه در آخرین فاز پایانی کواترنر، تحت تأثیر حرکات متمرکز و ورقه‌ای یخ بوده است.

منابع

امیراحمدی، ابوالقاسم (۱۳۹۳). **ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک ایران**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه حکیم سبزواری، **۲۲۰.**

امیراحمدی، ابوالقاسم، مقصودی، اکبر، احمدی، طیبه (۱۳۹۰). **بررسی آثار یخچالی کواترنری و تأثیر آن بر عدم شکل‌گیری مدنیت و سکونتگاه مهم شهری در دشت آسپاس**، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، **(۱۰)۳**، ۶۱-۸۰.

جداری عیوضی، جمشید (۱۳۹۶). **ژئومورفولوژی ایران**. چاپ ۱۷، تهران، انتشارات پیام نور، **۱۰۳.**

جعفری، غلامحسن، حضرتی، نسرین (۱۳۹۸). **برآورد ارتفاع برف مرز واحد ژئومورفیک ایران مرکزی**، مجله جغرافیا و توسعه، **(۵۵)**، ۲۱۰-۱۹۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]

رامشت، محمدحسین، کاظمی، محمدمهدی (۱۳۸۶). **آثار یخچالی در حوضه اقلید فارس**، مجله رشد آموزش جغرافیا، **۴(۲۱)**، ۳-۱۱.

رامشت، محمدحسین، لاجوردی، محمود، لشکری، حسن، طیبه، محمودی (۱۳۹۰). **ردیابی آثار یخچال‌های طبیعی (مطالعه موردی: حوضه تیگرانی ماهان)**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، **(۲)**، ۷۸-۵۹.

رامشت، محمدحسین (۱۳۸۲). **دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران**، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، **۲(۱۵)**، ۳۸-۱۳.

رجبی، معصومه، بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۷). **بررسی لندفرم دره‌های یخچالی، مطالعه موردی: دره‌های یخچالی کوهستان سهند، پژوهش‌های جغرافیایی، (۶۴)**، ۱۰۵-۱۲۱.

شریفی نجف‌آبادی، رسول (۱۳۹۷). **شواهد یخچالی و زمین ساختی کواترنر پسین در حوضه چشمه لنگان اصفهان**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، **۲(۳۳)**، ۲۳۷-۲۲۴.

عبدی، صمد، رامشت، محمدحسین (۱۳۹۰). **ردیابی آثار یخچالی کواترنر در حوضه آبی رودخانه بوانات**، فصلنامه علمی پژوهشی سپهر، **۸۲(۲۱)، ۷۰-۶۴**.

قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۰). **تخمین و مقایسه برف مرزهای دائمی در عصر یخچالی و بین یخچالی (مطالعه موردی: حوضه رود هراز)**، مجله جغرافیا و توسعه، **(۹) ۲۵**، ۹۷-۱۱۰.

المدرسی، سیدعلی (۱۳۸۴). **هیدرومورفولوژی حوضه آبریز سخوید یزد**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

معتمد، احمد (۱۳۸۲). **جغرافیای کواترنر**، انتشارات سمت، چاپ دوم، **۲۶۸**.

معیری، مسعود، رامشت، محمدحسین، تقوایی، مسعود، تقی زاده، محمدمهدی (۱۳۸۷). **مواریث یخچالی حوضه صفاشهر استان فارس، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، (۴)**، ۱۰۹-۱۳۰.

یمانی، مجتبی (۱۳۸۵). **ژئومورفولوژی یخچال‌های زردکوه (بررسی اشکال ژئومورفولوژیک و حدود گسترش آن‌ها)**، پژوهش‌های جغرافیایی، **(۳۹) ۷**، ۱۲۵-۱۳۹.

Brook. M. Kirkbride. M.P. (2018), **Reconstruction and paleoclimatic significance of late Quaternary glaciers in the Tararua Range, North Island, New Zealand**, Quaternary International, **(470)**, 53-66.

Delmas. M. Gunnell. Y. Marc Calvet. M. (2015), **A critical appraisal of allometric growth among alpine cirques based on multivariate statistics and spatial analysis**, Geomorphology, **(228)**, 637–652.

Fredin. Ola. Bjorn. B. Raymond. E. Louise. H. Oddvar. L. Atle. N. Harald. S. (2013), **Glacial Landforms and Quaternary Landscape Development in Norway**, Quaternary Geology of Norway, Geological Survey of Norway, Special Publication, **(13).**

Mindrescu. M. Evans. I.S. (2014), **Cirque form and development in Romania: Allometry and the buzzsaw hypothesis**, Geomorphology, **(208)**, 117–136.

Yesilyurt. S. Akçar. N. Dogan. U. Yavuz. V. Ivy- Ochs. S. Vockenhuber. C. Schlüchter. C. (2016), **Extensive Quaternary glaciations in eastern Turkey**, In EGU General Assembly Conference Abstracts, **(18)**, 170-183.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.127.0]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.249]