فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی- پژوهشی)، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵
ص ۱۵۵-۱۶۵

شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی پلئیستوسن پایانی در کوه شاه‌البرز– البرز غربی

رضا خوش‌رفتار *؛ استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان
نیما فرید مجتهدی؛ دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، کارشناس واحد تحقیقات ادارهٔ کل هواشناسی گیلان
ابراهیم اسعدی اسکوئی؛ دکتری هواشناسی کشاورزی، کارشناس سازمان هواشناسی کشور
کامبیز نوروزپور شهربیجاری؛ کارشناس‌ارشد ژئومورفولوژی، دبیر ناحیه یک استان قزوین

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۲

چکیده

توپوگرافی یخچالی در کوهستان‌ها، یکی از شواهد تحولات آب‌وهوایی کواترنر در ایران است. تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز، مرتفع‌ترین کوه در نیمهٔ جنوبی البرز غربی است که نقش مهمی در ساختار و مورفولوژی منطقه دارد. شواهد ژئومورفولوژیکی، نشان از حضور یخچال‌های کوهستانی در این تودهٔ کوهستانی دارد. برای بررسی شواهد ژئومورفولوژی یخچالی در کوه شاه‌البرز از روش‌های تجربی مانند روش پورتر و تحلیل فرایند- فرم استفاده شده است. در دامنهٔ شمالی که به‌شدت بر اثر فرسایش آبی دستکاری شده، چهار سیرک یخچالی شناسایی شده است. برخلاف دامنهٔ جنوبی، در محل پیوستن دره‌های دینه‌رود و رود الموت، شواهدی از یخ رفت‌ها دیده می‌شود. ارتفاع خط تعادل برف و یخ در دورهٔ پلیستوسن با استفاده از میانگین ارتفاع کف سیرک های یخچالی، ۳۵۶۰ متر اما در شرایط حاضر ۴۹۰۰ متر است. با توجه به حداکثر پیش روی زبانهٔ یخچالی تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر در درهٔ اصلی شاهرود، قلمرو یخچالی در پلیستوسن، احتمالاً تا ارتفاع ۲۰۰۰ متر بود.

کلیدواژه‌ها: **تغییرهای آب‌وهوایی، سیرک‌های یخچالی، کوه شاه‌البرز، میراث ژئومورفولوژیکی.**

مقدمه

با اینکه شواهد دگرگونی‌های محیطی دوران چهارم فوقانی در ایران از اواخر قرن نوزدهم شناسایی شد، این مطالعات در شناخت منسجم توالی محیط‌های دیرینهٔ ایران، به‌طور همه‌جانبه، تدوین نشده است (بروکس، ۱۹۸۲). شناخت سیر تحول شرایط آب‌وهوایی و به‌تبع آن سامانه‌ها، فرایندهای فرسایشی و تغییر و تحول طبقه‌های فرسایشی کوهستانی، درک درستی از تحول چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیکی در مناطق کوهستانی فراهم می‌آورد. بخش بزرگی از مطالعه‌ها در زمینهٔ تحول شرایط فرسایشی کوهستان در ایران، ماحصل شناسایی میراث زمین‌شکل‌های بازمانده از دوره‌های یخچالی کواترنری است که در فلات ایران به اشکال گوناگون دیده می‌شود. در این میان، شناسایی اشکال فرسایش یخچالی چون سیرک‌های یخچالی، به‌منزلهٔ کانون تجمع برف و به‌تبع آن یخ و تغذیهٔ یخچالی کوهستانی، اهمیت بسزایی دارد. توسعه و گسترش این مطالعه‌ها در ایران، جزء مطالعه‌های موردی است و هنوز سیر شناسایی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها در پهنهٔ جغرافیایی ایران روند یکپارچه‌ای ندارد. با توجه به اینکه در رابطه با تغییرات آب‌وهوایی، هر گونه تعمیمی در مورد یک مکان خاص اشتباه است (شوم، ۱۹۶۹)، در صورت مطالعه‌های متعدد و دقیق می‌توان با تکمیل شناخت جغرافیای سیرک‌های یخچالی به‌منزلهٔ نمونه‌ای از میراث‌های ژئومورفولوژیکی به‌جای‌مانده در رشته‌کوه‌های

* نویسندهٔ مسئول: Khoshraftar@znu.ac.ir، تلفن: ۰۹۱۱۳۳۱۴۴۳۴

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]

البرز، بستر مساعدی برای مطالعهٔ یکپارچهٔ طبقه‌های فرسایشی و آب‌وهوایی البرز در دورهٔ کواترنر و تغییرهای آب‌وهوایی این سرزمین به‌دست آورد. شناخت تغییرهای آب‌وهوایی گذشته و اثر آن بر شرایط فرسایشی، محیط‌زیستی و بوم‌شناختی دورهٔ پلئیستوسن به‌عنوان دوره‌ای که چهرهٔ ناهمواری‌های زمین شکل به نسبه امروزی خود را به‌دست آورد، کمک مؤثری در درک روند تکامل ناهمواری‌ها و مخاطره‌های کوهستانی خواهد کرد.

در زمینهٔ شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی پلئیستوسن در رشته‌کوه البرز، سه برههٔ زمانی به‌نسبه متمایز را می‌توان شناسایی کرد. اولین مطالعات را دانشمندان خارجی مانند بوبک و درش (۱۹۵۵) روی یخچال‌های منطقهٔ علم‌کوه انجام دادند. دور دوم مطالعات مربوط به یمانی و رمضانی (۱۳۸۶)، یمانی (۱۳۸۰) ، یمانی (۱۳۸۸) و سرور و فریدمجتهدی (۱۳۸۵، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰) است. همچنین، می‌توان از مطالعات محمودی (۱۳۷۴) و طاحونی (۱۳۸۳) در کوه‌های تالش نام برد. در اواخر دههٔ ۸۰ شمسی، موجی جدیدی از بررسی‌ها در این زمینه در رشته‌کوه البرز شروع شد که پیگیری آن را یمانی و همکاران و افراد دیگر انجام دادند. قهرودی (۱۳۹۰) در بررسی مناطق ارتفاعی رودخانهٔ هراز، حد پایینی برف‌مرز دائمی در دوره‌های سرد را ۱۸۰۰ و در دوره‌های گرم ۳۲۰۰ متر تعیین کرد. در درهٔ هراز در دوره‌های یخچالی، زبانه‌های یخی تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر را فراگرفته بود، به‌گونه‌ای که آثار رسوب‌های یخچالی در ترکیب با رسوب‌های رودخانه‌ای تا ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر دیده شده است. قهرودی (۱۳۹۰)، برخلاف نظر درش و بوبک، مرزهای پایینی برف‌های دائمی را در البرز در دوره‌های سرد برابر ۱۸۰۰ و در دوره‌های گرم ۳۲۰۰ متر تعیین کرده است. تعیین این مرزها، با توجه به ارتفاع کف سیرک‌ها، از ارتفاع ۲۵۰۰ تا ۲۷۰۰ متر به بالا امکان‌پذیر بوده است (قهرودی، ۱۰۶:۱۳۹۰). یمانی و زمانی (۱۳۸۶)، در مطالعهٔ آثار یخچالی درهٔ شهرستانک، ۳۴ سیرک یخچالی را شناسایی کردند و شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی در حوضهٔ شهرستانک را تابعی از جهت ناهمواری ذکر کرده‌اند. در این مطالعه، ارتفاع برف‌مرز دورهٔ گذشته در ارتفاع ۲۶۱۶ متر تعیین شد (یمانی و رمضانی، ۱۳۸۶: ۱۱۵). یمانی (۱۳۸۸)، در دو مطالعه، ابتدا به مطالعهٔ زمین‌ریخت‌شناسی یخچالی و زبانه‌های یخچال‌های منطقهٔ علم‌کوه پرداخت. مطالعهٔ وی نشان داد که علم‌کوه، تنها یخچال فعال ایران، به‌دلیل گرم‌شدن آب‌وهوا به‌تدریج در حال ذوب‌شدن است و زبانهٔ علم‌چال، فعال‌ترین زبانهٔ یخچالی علم‌کوه، سالیانه ۳۰/۲ متر حرکت دارد. وجود اشکال جریان یخ‌رفتی، هسته‌های یخی تا انتهایی زبانهٔ یخچالی، تغییر ضخامت یخ‌رفت سطحی زبانه‌ها، شکاف ریمای (ریماک) در انتهای سیرک‌های یخچالی و نیز تخریب پناهگاه کوهنوردی احداث‌شده روی زبانهٔ سیرک علم‌چال، از مشخص‌ترین شواهد فعالیت و حرکت زبانهٔ یخچالی به‌شمار می‌رود (یمانی، ۱۳۸۸: ۴۷ و ۵۱). مطالعهٔ دیگر یمانی و همکاران (۱۳۹۰: ۴۸) بازسازی مرزهای پلئیستوسن در درهٔ جاجرود در البرز مرکزی بود.

در بخش جنوبی البرز غربی، که منطبق بر مناطق الموت و طالقان است، تاکنون، مطالعه‌ای در راستای شناسایی شواهد یخچالی صورت نگرفته است. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و معرفی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی پلئیستوسن در دامنهٔ شمالی کوه شاه‌البرز و تعیین حدود گسترش آن در دورهٔ پلئیستوسن است.

تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز بخش‌هایی از حوضه‌های آبریز الموت‌رود (در شمال) و طالقان‌رود (در جنوب) را دربرمی‌گیرد. فرازش این تودهٔ کوهستانی از غرب در درهٔ شاهرود از حوالی سرخهٔ کوله شروع می‌شود و با جهت کلی شمال‌غربی– جنوبی‌شرقی تا گردنهٔ تنورکان در شمال آبادی حسن‌جون ادامه می‌یابد. شاه‌البرز یکی از قله‌های بلند رشته‌کوه البرز غربی و تنها قلهٔ بخش جنوبی واحد مورفولوژی البرز غربی است.

بخش بزرگی از دامنهٔ شمالی کوه شاه‌البرز از توف‌های اسیدی ائوسن تشکیل شده است و در بخش‌های جنوبی و گاه شمالی بخش‌هایی شامل گدازه‌های بازی ائوسن است. علاوه‌بر این، تعداد زیادی دایک بازالتی، آندزیتی در میان آن دیده می‌شود.

داده‌ها و روش‌ها

اگرچه مطالعات اسنادی و میدانی، بخش جدایی‌ناپذیر هر پژوهشی را تشکیل می‌دهد، در این پژوهش، بخش مربوط به مطالعات میدانی اهمیت بسزایی دارد و تحلیل‌ها بر اساس روابط حاکم بین فرایندها و فرم‌ها انجام گرفته است. دو مسیر اصلی دسترسی به قلهٔ شاه‌البرز عبارت است از:

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]

۱. مسیر جبههٔ شمالی (الموت)، به‌ترتیب قزوین– الموت– رجایی‌دشت– معلم‌کلایه– گرمارود از روستای اوانک– کوه‌پیمایی به سوی قلهٔ شاه‌البرز و سیرک C
۲. مسیر جبههٔ جنوبی (طالقان)، به‌ترتیب قزوین– طالقان– روستای حسن‌جون– کوهپیمایی به سوی قله.

مراحل بررسی ژئومورفولوژی یخچالی کوه شاه‌البرز، عبارت است از:

۱. پس از مشخص‌شدن موضوع پژوهش، مقاله‌ها، کتب و گزارش‌های مرتبط با موضوع و منطقه جمع‌آوری، دسته‌بندی و بررسی شد.
۲. در بررسی‌های میدانی اولیه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث (Digital globe, 2011)، محدودهٔ مورد پژوهش تعیین حدود شد.
۳. به‌منظور تعیین ارتفاع برف‌مرز دائمی عصر حاضر و بررسی شرایط آب‌وهوایی از داده‌های ایستگاه‌های همدید طالقان در دامنهٔ جنوبی و معلم‌کلایه در دامنهٔ شمالی شاه‌البرز (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۵) استفاده شده است (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی در منطقهٔ مورد مطالعه.

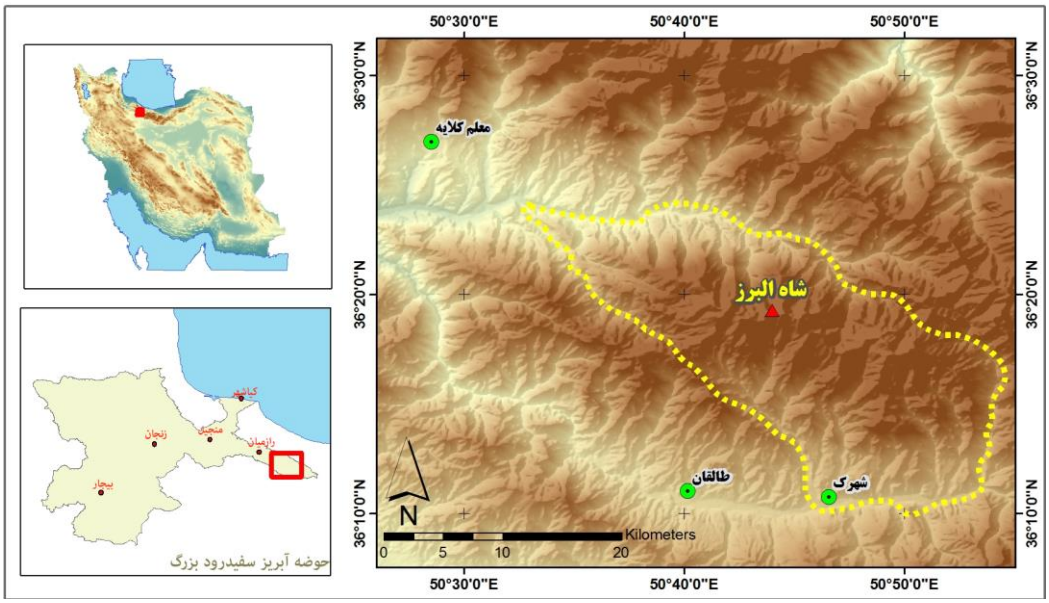
ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سال تأسیس	طول دورهٔ آماری (سال)
۱	معلم کلایه	۱۶۲۹	۵۰° ۲۹′	۳۶° ۲۷′	۱۳۷۹	۱۵
۲	طالقان	۱۸۹۷	۵۰° ۴۶′	۳۶° ۱۰′	۱۳۸۶	۸

۴. مرحلهٔ اصلی در این پژوهش بازدیدهای میدانی از منطقهٔ مورد مطالعه بود. در این مرحله، علاوه‌بر GPS، از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و نقشهٔ زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده شد. به‌جز بازدید میدانی اولیه برای شناسایی کلی، در سه مرحله، یک بار در تابستان ۱۳۹۲ و دو بار در تابستان ۱۳۹۳ بازدیدهای اصلی و برداشت‌های محیطی انجام شد. پس از شناسایی فرم‌های یخچالی، با استفاده از دستگاه GPS، اطلاعات لازم با توجه به مختصات هر یک از لندفرم‌ها ثبت شد. به‌علت برف‌گیربودن منطقه و سختی دسترسی، مطالعات میدانی فقط در فصل تابستان انجام شد.
۵. داده‌های مکانی برداشت‌شده در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ رقومی سازمان نقشه‌برداری جانمایی شد. برای نمایش داده‌های مکانی از جی‌آی‌اس و تحلیل مکانی و ارتفاعی از مدل رقومی زمین (DEM) با قدرت تفکیک ۹۰ متر استفاده شد. داده‌های برداشت‌شده از مطالعات میدانی روی نقشه‌های پایه، عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های لندست (۲۰۱۱) انتقال یافت و با تولید نقشه‌های تلفیقی و ترسیم پروفیل‌ها، تحلیل‌ها در زمینهٔ ارتباط بین اشکال یخچالی و فرایندهای حاکم بر منطقه طی پلئیستوسن انجام شد.

یافته‌های پژوهش

به‌دلیل تفاوت نوع و جنس سازندهای زمین‌شناسی سخت‌فرسای مربوط به دوره‌های زمین‌شناسی اول و دوم و سازندهای نرم‌فرسای دوران سوم و تفاوت عملکرد عوامل فرسایشی و هوازدگی، شاهد تفاوت عمده‌ای در چشم‌اندازهای ژئومورفیکی شمالی کوه شاه‌البرزیم. خط‌الرأس‌ها خشن و صخره‌ای و دامنه‌های با شیب تند و محدب– مقعر است. عموماً خط‌الرأس‌ها پرتگاه و توپوگرافی خشن دارد و فقط در مناطقی که سیرک‌های یخچالی وجود دارد، توپوگرافی ملایم است. بزرگی و شکل چاله‌مانند برخی از این سیرک‌ها مانند سیرک C سبب شده که این بخش از کوه را مردم محلی البرزچال بنامند. دامنه‌های شمالی شاه‌البرز، به‌خصوص در مناطقی که از سازندهای دوران سوم شکل گرفته، به‌شدت تحت تأثیر فرایندهای فرسایش آبی است. به‌دلیل تفاوت سازندهای شکل‌دهنده در خط‌الرأس، میان‌بند و دامنه‌های پایین‌دست، چشم‌اندازهای زمین‌ریخت‌شناسی متفاوتی دارد. اشکال شناسایی‌شده به دو گروه عمده تفکیک شده است: اشکال کاوشی و اشکال انباشتی.

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]



شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مورد مطالعه در کشور و حوضهٔ آبریز (چپ)، کوه شاه‌البرز در رشته‌کوه‌های البرز (راست)

الف) اشکال کاوشی

مشخص‌ترین شکل حاصل از فرسایش کاوشی یخچال‌ها در منطقه، وجود سیرک‌های یخچالی است که در حال حاضر بهترین کلید برای تعیین موجودیت، حدود گسترش، ابعاد و ارتفاع سیرک‌های یخچالی است. شواهد کاوشی یخچالی بیانگر حاکمیت و تسلط یخ و قلمروهای برف‌های دائمی است. مطابق با مطالعه و بازدیدهای میدانی، در کوه شاه‌البرز طی دورهٔ پلئیستوسن چهار سیرک یخچالی در دامنهٔ شمالی شکل گرفته است که به‌ترتیب از غرب به شرق شاه‌البرز A، B، C و D نام‌گذاری شد.

سیرک A. موقعیت این سیرک "۴۲/۶۳ '۴۱ °۵۰ طول شرقی و "۴۶/۲۸ '۱۹ °۳۶ عرض جغرافیایی شمالی و ارتفاع متوسط ۳۵۷۸ متر، در منتهی‌الیه غربی خط‌الرأس کوه شاه‌البرز قرارگرفته است. نقاط ارتفاعی ۳۷۹۹، ۳۸۵۹، ۳۸۷۹، ۳۸۷۸ و ۳۸۲۵ متر مشرف به سیرک نشان‌دهندهٔ عارضهٔ هورن[1] است (جدول ۲).

سیرک B. موقعیت این سیرک "۶/۲۲ '۴۴ °۵۰ طول شرقی و "۳۸/۶۱ '۱۹ °۳۶ عرض شمالی و ارتفاع متوسط آن ۳۶۴۵ متر، مسلط به درهٔ زیورچال است. هورن‌های قدیمی با ارتفاع ۴۰۲۷، ۳۹۷۰، ۳۹۲۵، ۳۹۴۲، ۳۸۳۲، ۳۸۲۸ و ۳۶۵۷ متر این سیرک را دربرگرفته است.

سیرک C. موقعیت این سیرک برابر است با "۵۶/۷۲ '۴۴ °۵۰ طول شرقی و "۳۶/۷۹ '۱۹ °۳۶ عرض شمالی است. ارتفاع متوسط این سیرک ۳۵۶۰ متر است. نقاط ارتفاعی ۳۸۲۸، ۳۸۳۲، ۳۹۴۲، ۳۹۲۵، ۳۹۵۸، ۳۹۸۲، ۴۰۴۸، ۴۱۳۹، ۴۰۵۱، ۳۷۴۹، ۳۶۴۵ متر است.

جدول ۲. مختصات جغرافیایی سیرک‌های یخچالی کوه شاه‌البرز (مختصات نقطهٔ میانی سیرک)

شماره	نام سیرک	مساحت (هکتار)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	A	۱۴۰	۳۶° ۱۹' ۴۶/۲۸"N	۵۰° ۴۱' ۴۲/۶۳"E
۲	B	۱۹۸	۳۶° ۱۹' ۳۸/۶۱"N	۵۰° ۴۴' ۶/۲۲"E
۳	C	۲۰۵	۳۶° ۱۹' ۳۶/۷۹"N	۵۰° ۴۴' ۵۶/۷۲"E
۴	D	۱۴۰	۳۶° ۱۹' ۲۹/۱۵"N	۵۰° ۴۵' ۳۱/۵۶"E

1. Horn

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]

سیرک D. این سیرک با مختصات "۳۱/۵۶ '۴۵ °۵۰ طول شرقی و "۲۹/۱۵ '۱۹ °۳۶ عرض شمالی و ارتفاع متوسط ۳۵۷۷ متر است. نقاط ارتفاعی ۳۶۴۵، ۳۷۴۹، ۳۸۶۴، ۳۸۷۳، ۳۸۶۱ و ۴۳۹۴ متر است.

به‌طور کلی، جهت شیب سیرک‌های شاه‌البرز جنوب شرقی- جنوب، شمال‌غربی- شمال است. با توجه به تکامل شکل‌زایی سیرک‌های یخچالی، به‌ویژه در سیرک C و D، به‌جزء سیرک A که از تکامل کمتری برخوردار است، کمینهٔ شیب کف سیرک‌ها کمتر از ۵٪ است (جدول ۳ و شکل‌های ۲ و ۶). به‌رغم شکل‌گیری اشکال کاوشی سیرک‌های یخچالی با درجهٔ اعلای تکامل شکل‌زایی، در دامنهٔ جنوبی آن آثاری از سیرک‌های یخچالی مشاهده نمی‌شود. مطالعهٔ نیمرخ طولی دره‌های یخچالی و سیرک‌ها، کمک عمده‌ای به شناسایی میزان تکامل سیرک‌های موجود می‌کند. سیرک D از لحاظ میزان اثر فرسایشی کاوشی یخچالی، از درجهٔ بالاتری برخوردار است (شکل ۴). از لحاظ مساحت، سیرک C با مساحت ۲۰۵ هکتار، بزرگ‌ترین سیرک یخچالی شاه‌البرز است.

جدول ۳. ویژگی‌های شیب سیرک‌های یخچالی کوه شاه‌البرز

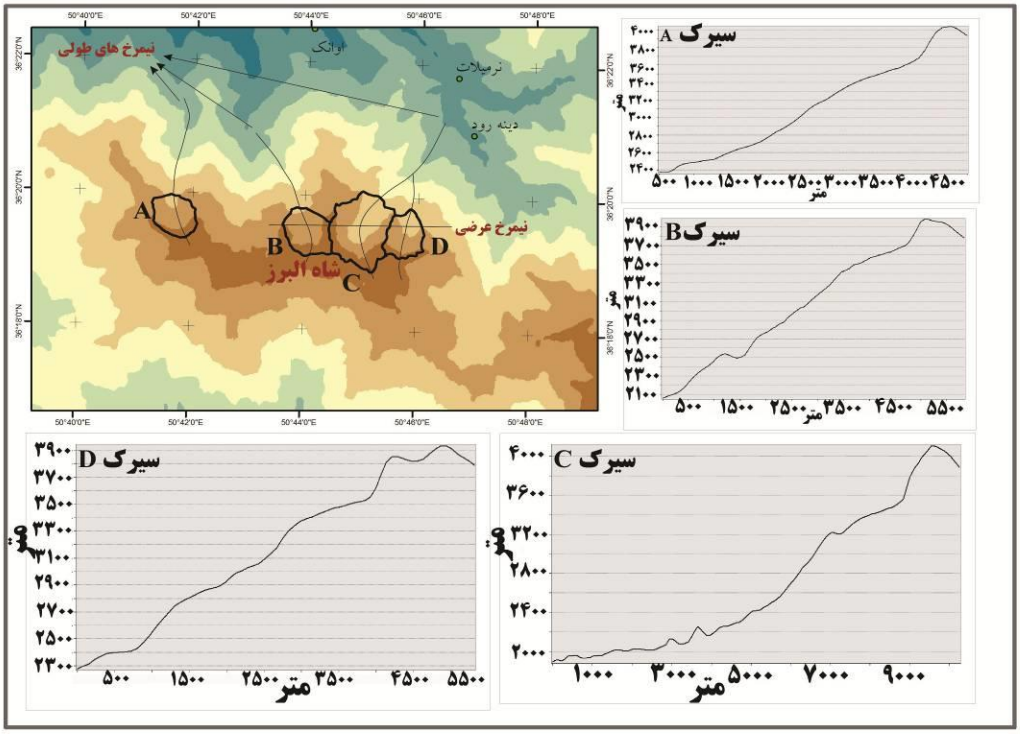
شماره	نام سیرک	جهت شیب	تغییرات	میزان شیب (درجه)		
				بیشینه	کمینه	میانگین
۱	A	شمال‌غربی	۳۷/۶۴	۵۱/۰۹	۱۳/۴۵	۳۲/۱۳
۲	B	شمال‌غربی	۴۷/۶۲	۵۱/۱۸	۳/۵۶	۲۸/۳۰
۳	C	شمال‌غربی	۵۸/۵۹	۶۱/۸۳	۳/۲۴	۲۹/۳۱
۴	D	شمالی	۵۴/۵۵	۵۹/۱۴	۴/۵۸	۳۰/۷۷

در شکل‌گیری، توزیع و تکامل شکل‌زایی سیرک‌های یخچالی کوه شاه‌البرز، عوامل جغرافیایی نقش بسزایی دارد. بنا به نظر بروکس (۱۹۸۲)، خشونت آب‌وهوایی و توپوگرافی توأم با یکدیگر، رژیم‌های ژئومورفیکی غیررودخانه‌ای مانند رژیم‌های یخچالی و یخ‌برفی را به‌وجود آورده است. سیرک‌های یخچالی شاه‌البرز فقط در دامنهٔ شمالی این کوه شکل‌گرفته است. جهت ناهمواری سیرک‌ها با نحوه و درجهٔ تکامل شکل‌زایی سیرک‌ها ارتباط و همبستگی قوی دارد، به‌گونه‌ای که در تمامی سیرک‌ها، جبههٔ اصلی سیرک به سمت شمال‌غربی، شمال و شمال‌شرقی است. این هماهنگیِ درجهٔ تکامل فرسایش کاوشی یخچالی، با شرایط جغرافیایی و هندسی منطقه به دلایل زیر است:

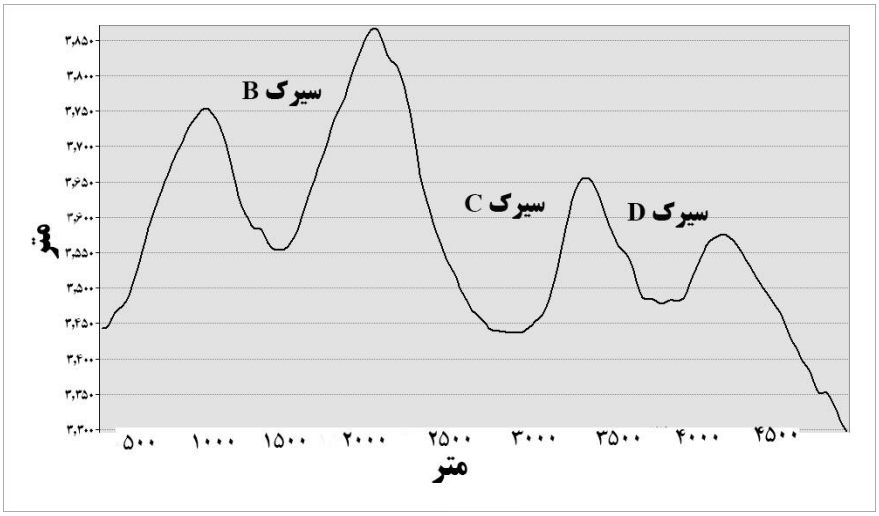
- مدار میل خورشید در این منطقه در تابستان از شمال‌شرقی به جنوب‌غربی و در فصل سرد از جنوب‌شرقی به جنوب‌غربی است. مدار، زاویهٔ میل خورشید و امتداد ناهمواری سبب شده تا قبل از ظهر، تابش خورشیدی با تمایل بیشتری به منطقه بتابد. در تابستان، عملاً تابش مستقیم خورشید به منطقه در زمان‌هایی است که اثر کمتری دارد. این مسئله سبب شده که منطقه از تابش دریافتی سهم کمتری داشته باشد. در فصل سرد، دامنه‌های شمالی شاه‌البرز به‌دلیل زاویهٔ میل و مدار خورشید، عملاً از دریافت تابش مستقیم در طول روز بی‌بهره است. علاوه‌بر سایه‌اندازی کوه بر دامنه‌های شمالی، این منطقه بخش بزرگی از روز را در سایه است. همین امر سبب تعدیل دمایی در دامنه‌های شمالی کوه شاه‌البرز می‌شود. بنابراین، ارتفاع عامل اصلی شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی با همکاری با موقعیت جغرافیایی، جهت شیب، و ناهمواری (سایه اندازی) در شکل‌گیری و درجهٔ تکامل این سیرک‌های یخچالی است.
- برخلاف دامنهٔ شمالی شاه‌البرز، عدم همراهی این مؤلفه‌های جغرافیایی که همگی در کاهش میزان تابش منطقه تأثیر دارد، در دامنهٔ جنوبی، تأثیر تابش بیشتر به‌دلیل زاویهٔ میل خورشید و عدم وجود سایه‌اندازی ناشی از خط‌الرأس کوه، سبب شده است که سیرک‌های یخچالی در همان ارتفاع شکل نگیرد. این مسئله در علم‌کوه، تنها یخچال فعالِ ایران که در شمال‌شرقی کوه شاه‌البرز قرارگرفته نیز محرز است. بنابراین، در تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز تغییرهای آب‌وهوایی دورهٔ کواترنر که به‌احتمال قوی ناشی از دمای کمتر هوا بوده و منجر به پایداری و عدم ذوب یخچال‌های کوهستانی سیرک‌های شمالی آن شده است، با همراهی مؤلفه‌های جغرافیایی، در شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی و کلاهک‌های یخی مؤثر است. از فرضیه‌های دیگری که می‌توان از نحوهٔ

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]

توزیع جغرافیایی و درجهٔ تکامل سیرک‌های یخچالی دامنهٔ شمالی شاه‌البرز استنتاج کرد، نقش احتمالی دمای کمتر در دورهٔ کواترنر نسبت به بارش بیشتر است. اشکال فرسایش یخچالی انباشتی در دره‌های شمالی شاه‌البرز، به‌ویژه در مناطق میان‌بند و پایین‌دست، به‌دلیل وجود سازندهای حساس دوران سوم و فرسایش‌پذیری شدید آن‌ها و احتمالاً وقوع سیلاب‌های ناشی از ذوب یخچال‌ها پس از پایان دورهٔ یخچالی و سیلاب‌های چند هزار سال اخیر، به‌شدت دستکاری شده است و شواهد آن در جای‌جای مسیرهای کوهستانی دیده می‌شود. بیشترین تجمع این آثار در حاشیهٔ درهٔ منشعب‌شده از سیرک C است که علت آن نیز به‌دلیل حجم بالاتر این یخچال و طبیعتاً قدرت فرسایشی بیشتر این زبانهٔ یخچالی است.



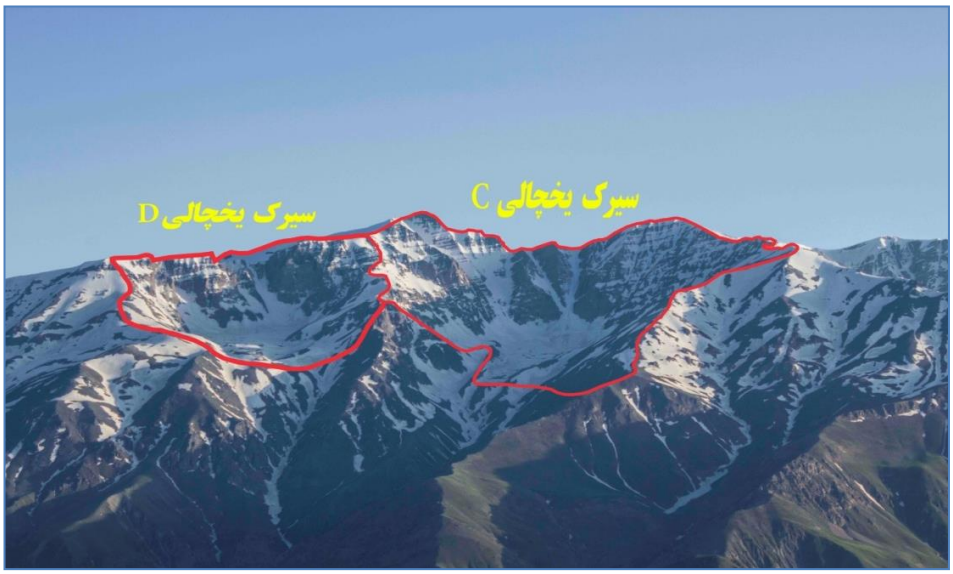
شکل ۲. موقعیت و نیمرخ‌های طولی سیرک‌های یخچالی شاه‌البرز



شکل ۳. نیمرخ عرضی ۱-۱ سیرک‌های B، C و D

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]



شکل ۴. سیرک‌های یخچالی C و D در کوه شاه‌البرز

ب) اشکال انباشتی

آثار تراکمی یخچالی شامل انواع یخ‌رفت‌هاست که بیانگر قلمروی مجاور یخچالی است. حجم عظیمی از یخ‌رفت‌های یخچالی در سیرک‌های شاه‌البرز وجود دارد. بیشترین یخ‌رفت‌ها در داخل سیرک C و D و دره‌های پایین‌دست آن مشاهده می‌شود. علت اصلی این امر بزرگی و تغذیهٔ مناسب این سیرک‌ها و در نتیجه تغذیهٔ زبانهٔ یخچالی است. علاوه‌بر این، پیوستن زبانه‌های یخچالی دو سیرک C و D، به‌عنوان بزرگ‌ترین سیرک‌های این تودهٔ کوهستانی، منجر به شکل‌گیری زبانهٔ یخچالی بزرگی، با دوام و قدرت فرسایشی بیشتر شد، به‌گونه‌ای‌که حداکثر پیش‌روی زبانهٔ یخچالی کوه شاه‌البرز که تا ارتفاع حدود ۲۲۰۰ متر می‌توان مشاهده کرد، تنها آثار انباشتی مهمی است که در این منطقه به‌طور متراکم‌تر باقی مانده است. در درهٔ زیوررود (دره منتهی به معدن سنگ‌لاشه) به‌دلیل فعالیت‌های انسانی در جاده‌کشی و معدن، به‌ویژه در حوالی خروجی دره از کوهستان و دستکاری شدید در تنها آبراههٔ موجود در منطقه، شواهد یخ‌رفتی منطقه کاملاً با دیگر مصالح فرسایشی تداخل پیدا کرده و ریخت‌های انباشتی از بین رفته است (شکل‌های ۵ و ۶). نکتهٔ مورد توجه در دیگر دره‌های یخچالی (مانند درهٔ منتهی به سیرک B) و دارای حجم کمتر یخ یخچالی این است که اثر نوسان‌های آب‌وهوایی مدت کوتاه (پلئیستوسن)، سیلاب‌های احتمالی یخچالی، گذشت زمان به‌نسبه طولانی در برهنه‌شدن منطقه از پوشش یخی، در ازهم‌پاشیدگی نسبی ریخت‌های انباشتی یخچالی مؤثر بوده است. علاوه‌بر این، وجود سازندهای نرم‌فرسا در مناطق میان‌بند و پایین‌دست که محل جای‌گذاری نهشته‌های یخچالی است و حساسیت این سازندها به فرسایش آبی، از دیگر دلایل کاهش و از بین رفتن شواهد نهشته‌های یخچالی در منطقه است.

برف‌مرز کواترنر و عصر حاضر

به‌منظور بازسازی ارتفاع خط تعادل (ELA)[1] روش‌های گوناگونی وجود دارد. در میان محققان داخلی، روش مطالعهٔ کف سیرک استفاده شده است (یمانی و رمضانی، ۱۳۸۶: ۱۰۹). با توجه به بارزبودن شواهد سیرک‌های یخچالی در شاه‌البرز، از روش مطالعهٔ کف سیرک برای شناسایی خط برف دائمی در کواترنر استفاده شده است. بر اساس نظر پورتر[2]، هنگامی که یخچالی فقط سیرک را پرمی‌کند، ELA دائمی آن معمولاً خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک[3] (CF) نیست. بنابراین، روش مطالعهٔ کف سیرک، برای تعیین ارتفاع (خط‌های تعادل) گذشته مناسب است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰:

1. Equilibrium Line Altitude
2. Porter
3. Cirque Floor

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]

۴۴). میانگین ارتفاع کف سیرک در دامنهٔ شمالی شاه‌البرز برابر با ۳۵۵۸ متر است. با توجه به روش پورتر، ارتفاع برف‌مرز گذشته منطبق بر آخرین دورهٔ یخچالی، برابر با مقدار نما در ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی، ۳۴۷۲ متر است. بنابراین، ارتفاع خط تعادل بنا بر روش ارتفاع کف سیرک، در آخرین دورهٔ یخچالی، ۳۴۷۲ متر بود.

شکل ۵. الف) یخ‌رفت‌های کناری در کرانهٔ دینه‌رود ب) یخ‌رفت‌های میانی (محدودهٔ زرد) و رویش درختان اُرس بر روی آن

شکل ۶. یخ‌رفت‌ها در میان سازندهای گل‌سنگ و سیلت استون قرمز نئوژن در درهٔ دینه‌رود

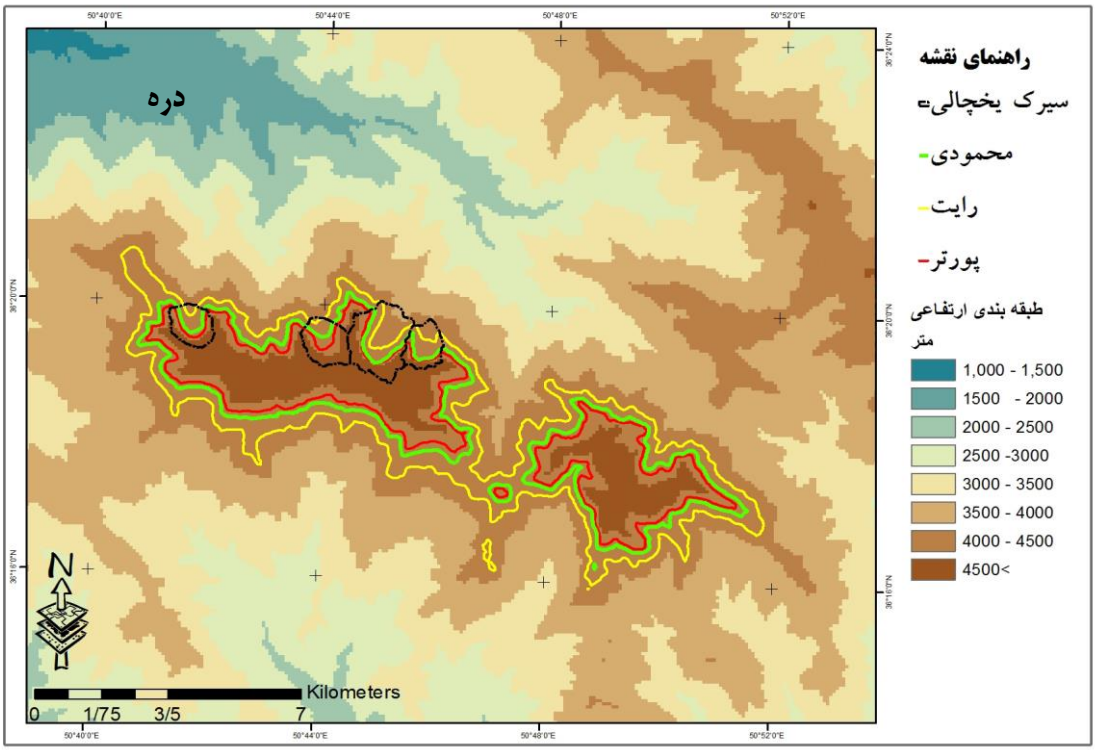
روش دیگر تعیین برف‌مرز دائمی در دوره‌های سرد کواترنر، روش رایت[1] است. در این روش با تعیین مکان سیرک‌های کوچک و گذراندن خط ۶۰٪ آن، برف‌مرز دائمی تعیین می‌شود.

بنابراین، محاسبهٔ ارتفاع برف‌مرز در آخرین دورهٔ یخچالی در دامنه‌های شمالی شاه‌البرز برابر با ۳۶۶۰ متر است (شکل ۷). مقایسهٔ داده‌های به‌دست آمده از برخی مطالعه‌های مشابه که به بررسی ارتفاع خط تعادل و برف‌مرز دائمی در آخرین دورهٔ یخچالی در البرز پرداخته‌اند، نشان از تفاوت میان این ارقام است؛ برای مثال، ۲۶۱۶ متر در درهٔ شهرستانک البرز مرکزی (یمانی و زمانی، ۱۳۸۶: ۱۱۵) و ۳۰۷۲ متر در درهٔ جاجرود البرز مرکزی (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۸).

1. Wright

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]



شکل ۷. برف‌مرز دائمی به روش‌های پورتر، رایت و پیشنهادشدهٔ محمودی (۱۳۶۷) در کوه شاه‌البرز

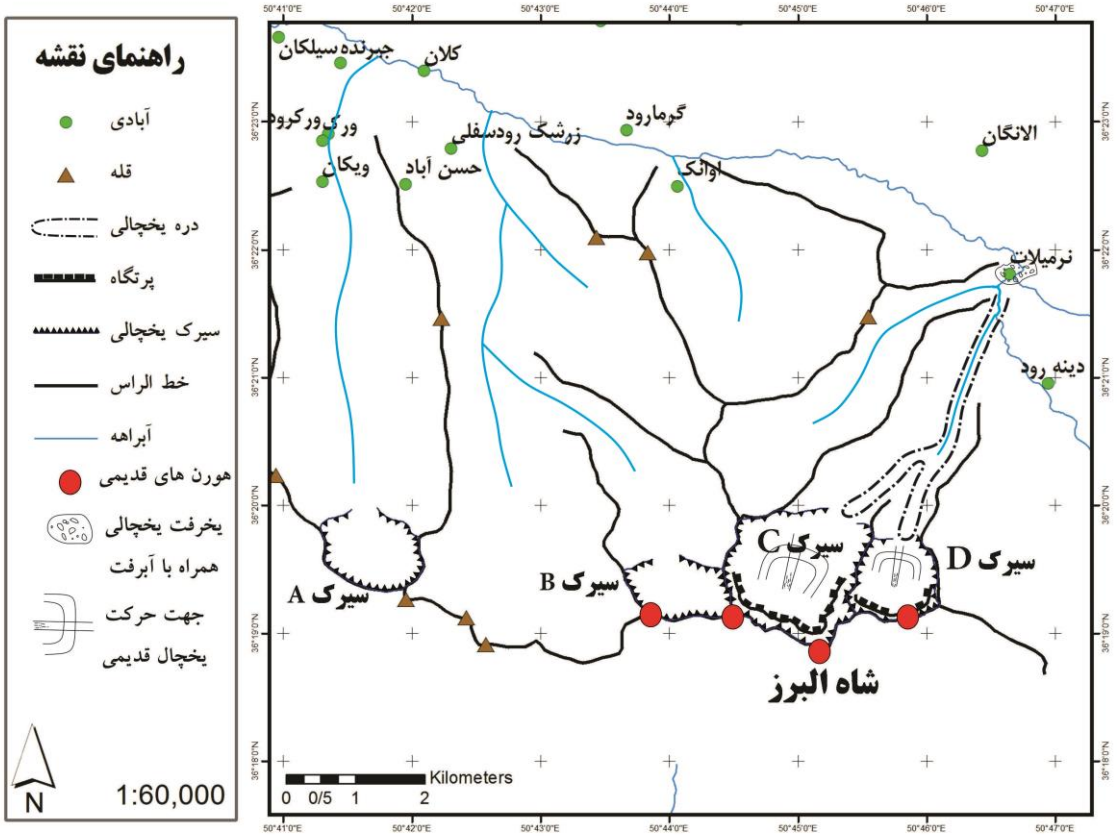
بحث و نتیجه‌گیری

به‌جز علم‌کوه در البرز و بغروداغ در تالش، مانند سایر پهنه‌های تحت تأثیر یخچال‌های کوهستانی در البرز غربی، مجموعه اشکال فرسایشی یخچالی کواترنری شناسایی‌شده در این پژوهش، بیشتر از نوع کاوشی، با تسلط سیرک‌های یخچالی است. احتمالاً طی کواترنر، در تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز، چهار سیرک یخچالی در دامنهٔ شمالی شکل گرفته است. برخلاف موارد مشابه در علم‌کوه و سیالان، به‌دلیل وجود تفاوت‌هایی از جمله عرض جغرافیایی پایین‌تر، نوع سازندهای زمین‌شناسی نرم‌فرسا و سیلاب‌های پس از دورهٔ یخچالی، اشکال انباشتی نسبت به اشکال فرسایشی حجم کمتری دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، کوه شاه‌البرز، مانند کوه‌های سیالان و خشچال، طی دوره‌های سردتر پلئیستوسن، دارای آب‌وهوایی متفاوت از امروز بوده است. وجه غالب این تفاوت، دمای کمتر هوا، افزایش میزان بارش و تغییر نوع بارش بوده است. این دمای کمتر در ییلان یخچال‌ها نقش مهمی داشته و منجر به شکل‌گیری یخچال‌های سیرکی در این تودهٔ کوهستانی و انشعاب زبانه‌های آن شده است (شکل ۸).

با این‌حال، برای شناسایی برف‌مرز دائمی و ارتفاع خط تعادل یخچالی در تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز، ارقام ۳۴۷۲ بر اساس روش ارتفاع کف سیرک پورتر و ارتفاع ۳۶۶۰ متری روش رایت برآورد شده است. یکی از علل عمدهٔ این تفاوت و رقم به‌نسبه بالاتر این خط در تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز را می‌توان عرض جغرافیایی به‌نسبه پایین‌تر نسبت به دیگر موارد مشابه، اختلاف شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی، همچنین تفاوت‌های محلی ناهمواری دانست. با توجه به نتیجهٔ به‌دست آمده در این پژوهش، میان شکل‌گیری و تکامل سیرک‌های کوه شاه‌البرز و شرایط جغرافیایی ناهمواری‌های منطقه رابطهٔ نزدیکی وجود دارد. بنابراین، عوامل احتمالی افزایش ارتفاع خط تعادل و برف‌مرز در این تودهٔ کوهستانی نسبت به مناطق شمالی‌تر البرز، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عرض جغرافیایی به‌نسبه پایین‌تر قلل رشته‌کوه البرز
- شرایط جغرافیایی به‌نسبه متفاوت این کوه به شکل تودهٔ کوهستانی مرتفع با آب‌وهوایی به‌نسبه گرم‌تر از مناطق اصلی رشته‌کوه البرز.

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]



شکل ۸. نقشهٔ ژئومورفولوژی خلاصه‌شدهٔ کوه شاه‌البرز و پیرامون آن

نکتهٔ اساسی این است که به‌دلیل شرایط جغرافیایی متفاوت و به‌نسبه گرم‌تر و خشک‌تر، شرایط برای تشکیل سیرک در دامنه‌های جنوبی این تودهٔ کوهستانی فراهم نشده است و به‌غیر از دو سیرک دارای یخچال دره‌ای، سایر سیرک‌ها توان شکل‌گیری زبانه‌های یخچالی را نداشت. ارتفاع خط تعادل یا برف‌مرز در تودهٔ کوهستانی شاه‌البرز نسبت به دیگر مناطق مانند درهٔ شهرستانک، جاجرود و علم‌کوه، در ارتفاع بالاتری قرارگرفته است. در حال حاضر، مناطق بالاتر از ارتفاع ۲۰۰۰ متر، در منطقهٔ مورفوکلیماتیکی مجاور یخچالی یا کرایونیوال[1] قراردارد و از لحاظ موفودینامیکی، پدیده‌های یخبندان و ذوب‌یخ در رخنمون‌های سنگی و حرکات دامنه‌ای، به‌ویژه سولی‌فلوکسیون و ژلی‌فلوکسیون در مواد پوششی منفصل و ریزدانه تشکیل‌دهندهٔ دامنه‌ها غالب است.

منابع

بروکس، یان ای. (۱۳۷۷). ژئومورفولوژی اقلیمی ایران، ترجمهٔ علی خورشید دوست، رشد آموزش جغرافیا، ۴۷: ۲-۱۰.

تصاویر لندست (۲۰۱۱). سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحدهٔ آمریکا، آدرس سایت:/http://glovis.usgs.gov.

تصاویر گوگل ارث Digital globe 2011,

سازمان هواشناسی کشور (۱۳۹۵). آمار ایستگاه‌های معلم کلایه و طالقان.

سرور، ج.، فرید مجتهدی، ن. (۱۳۹۰). شواهد ژئومورفولوژی یخچالی پلئیستوسن در دامنهٔ شمالی کوه خشچال(البرز غربی)، فصلنامهٔ جغرافیایی سرزمین، ۸(۳۱): ۵۱-۶۹.

سرور، ج.، فرید مجتهدی، ن. (۱۳۸۹). شواهد ریخت‌شناسی (ژئومورفولوژی) یخچالی کواترنری در البرز غربی، دامنهٔ شمالی کوه سیالان، جغرافیا و توسعه، ۱۸: ۶۹-۹۲.

سرور، ج.، فریدمجتهدی، ن. (۱۳۸۵). شواهد پدیده‌های یخچالی کوهستانی پلئیستوسن در ارتفاعات بزابن و بزاکوه (شرق گیلان)، فصلنامهٔ سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات ۳(۱۲): ۷۴-۸۷.

1. Cryo-nival

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]

شوم، اس.ای، (۱۳۷۴). مفاهیم ژئومورفیک تغییرات آب‌وهوایی، ترجمهٔ رضا خوش‌رفتار، رشد آموزش جغرافیا، ۳۷: ۲۵-۳۰.
طاحونی، پ. (۱۳۸۳). شواهد ژئومورفولوژیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات تالش، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۷: ۳۱-۵۵.
قهرودی، م. (۱۳۹۰). تخمین و مقایسهٔ قلمرو برف‌های دائمی در عصر یخچالی و بین‌یخچالی، مطالعهٔ موردی: حوضهٔ رود هراز، جغرافیا و توسعه، ۲۵: ۹۷-۱۱۰.
محمودی، ف. (۱۳۷۴). سیمای طبیعی گیلان، کتاب گیلان، گروه پژوهشگران گیلان، تهران.
۲۲- محمودی، ف. (۱۳۶۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر، پژوهش‌های جغرافیایی، ۲۳: ۵-۴۲.
یمانی، م. (۱۳۸۸). اندازه‌گیری حرکت سالیانهٔ یخچال‌های علم‌کوه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۷: ۳۱-۵۲.
یمانی، م. و رمضانی، ح. (۱۳۸۶). بازیابی حدود برف‌مرز برف‌درهٔ شهرستانک در آخرین دورهٔ یخچالی، جغرافیا نشریهٔ علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، دورهٔ جدید، ۵(۱۲-۱۳): ۹۹-۱۱۶.
یمانی، م.، شمسی‌پور، ع.ا.، جعفری اقدم، م. (۱۳۹۰). بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوضهٔ جاجرود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۶: ۳۵-۵۰.

Brookes, Ian A. (1982) .Geomorphological Evidence for Climatic Change in Iran during the last 20000 years, Translated by Ali Khorshiddoust, Roshd e Amozesh Geography, 47: 3-10. [in Persian]
Ghohroudi Tali, M. (2010). Estimate and Compare the Permanent Snow Field in Glacial and Interglacial ages, case study: Haraz River Basin, Geography and Development, 25: 97-110. [in Persian]
http://glovis.usgs.gov/ (Landsat Images, 2011).
Iran Meteorological Organization (2016). Moalem Kolaye and Talegan climatology stations. [in Persian]
Schumm, S.A. (1969). Geomorphic Implications of Climate Changes, Translated by Reza Khoshraftar, Roshd e Amozesh Geography, 37: 25-30. [in Persian]
Souror, J., Farid Mmojtahedi, N. (2011). Geomorphologic Evidences of the Pleistocene Quaternary Glacial at Northern Slope of Khashchal Mountain (Western Alborz), Sarzamin, 31: 51-69. [in Persian]
Souror, J., Farid Mmojtahedi, N. (2010). Morphological Evidences of Quaternary Glacial at the west Alborz northern hill side of Sayalan Mountain, Geography and Development, 8: 69-92. [in Persian]
Souror, J., Farid Mmojtahedi, N. (2008). Evidences of the Pleistocene Quaternary Glacial at Bezaben and Bezaohe (East of Guilan), Sarzamin, 3: 74-87. [in Persian]
Tahouni, P. (2004). Geomorphologic Evidence of the Pleistocene Glacier Erosion in the Talesh Highlands, 47: 31-55. [in Persian]
Mahmudi, F. (1995). Natural Landscape of Guilan province, Book chapter of Guilan Book, Groh e Pagoheshgran Guilan, Tehran. [in Persian]
Mahmudi, F. (1988). Iran Topography Evolution in Quaternary, Researches in Geography, 23: 5-42.
Yamani, M., Shamsipor, A.A., Jafari Agdam, M. (2011). Renovation Snow Line on Jajroud Basin, Physical Geography Research Quarterly, 76: 35-50. [in Persian]
Yamani, M. (2009). The Measurement of Annual Movement of Alamkooh Glaciers, Physical Geography Research Quarterly, 67: 31-52. [in Persian]
Yamani, M., Ramezani, H. (2007). Reconstruction of Snowline Depression in Sahrestank Valley during the last Glaciation, Geography Scientific Journal of Iranian Geographical Association, 12(13): 99-116. [in Persian]

Downloaded from iranqua.ir at 11:24 +0330 on Monday March 13th 2017
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-19]