فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی ـ پژوهشی)، دورهٔ ٤، شمارهٔ ١، بهار ١٣٩٧
ص ٦٧-٨١

قلمرو فرسایش یخچال‌های کواترنری در واحد ژئومورفیک شمالی ایران

غلام‌حسن جعفری*؛ دانشیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، ایران
نسرین حضرتی؛ کارشناس‌ارشد هیدروژئومورفولوژی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ١٣٩٦/١١/١٢ تاریخ پذیرش: ١٣٩٧/٠٣/٠١

چکیده

شواهد یخچالی از میراث بسیار بارز تغییرات اقلیمی دوران کواترنری به شمار می‌رود. در این پژوهش، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ١:٥٠٠٠٠، تعداد ٢٠٥٥ سیرک یخچالی در منطقهٔ مورد بررسی شناسایی شد. برای برآورد ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری از روش‌های رایت، ارتفاع کف سیرک پورتر، نسبت پنجه به دیواره، و نسبت‌های ارتفاعی در جهات مختلف جغرافیایی استفاده شد. با توجه به تأثیر جهت شیب بر شکل‌گیری لندفرم‌های سیرکی مناطق معتدله، نمی‌توان بدون در نظر گرفتن جهت سطوح ارضی به ارتفاع برف مرز برآوردشده اعتماد کرد و یافته‌ها نشان می‌دهد ارتفاع برف مرز به کمک روش ارتفاع کف سیرک پورتر و روش نسبت‌های ارتفاعی نسبت به سایر روش‌ها در جهات مختلف مقبول‌تر برآورد شده است. بالاترین ارتفاع برف مرز برآورده‌شده در این واحد ٢٩٨٧ متر و مربوط به حوضهٔ آب‌ریز سفیدرود ـ هراز و کمترین ارتفاع ٢٤٦٠ متر و مربوط به حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود است. حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی، با امتداد شمالی ـ جنوبی کوه‌های تالش، یک استثنای مهم است و کمترین برف مرز را بین حوضه‌های آب‌ریز داشته است (٢٠٣٣ متر). متوسط ارتفاع برف مرز برآوردشدهٔ این واحد ٢٥٨٩ متر است.

کلیدواژگان: برف مرز، سیرک، کواترنری، نسبت‌های ارتفاعی.

مقدمه

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 (قهرودی‌تالی ١٣٩٠: ٩٨). به دلیل بالاتر بودن ارتفاع کوهستان‌های ایران از برف مرز و همچنین شرایط مناسب اقلیمی و توپوگرافی، مانند درجهٔ حرارت و جهت باد و میزان بارندگی و جهت دامنه‌ها، یخچال‌های متعدد وجود داشته‌اند (قهرودی‌تالی و همکاران ١٣٩٢: ٢). از بین عوارض یخچالی، سیرک‌ها، به دلیل قابلیت تبدیل به داده‌های کمّی، اهمیت فراوان دارند. سیرک انعکاسی از عوامل توپوگرافی، زمین‌شناسی، نوع، و مدت اثر یخچال‌هاست (مقیمی و همکاران ١٣٩١:

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: jafarihas@yahoo.com

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

۱۲۲). از موضوعات اساسی در مطالعات یخچال‌شناسی خط برف مرز و خط تعادل آب‌ویخ است. ارتفاع خط تعادل از نظر پورتر خطی است که در آن گسترش یخچال به وسیلهٔ انباشت بر ذوب یخ طی عمل برداشت برتری دارد (ابطحی ۱۳۹۲: ۱۹۰). عواملی مثل جهت ناهمواری‌ها (شیب، جهت شیب، لیتولوژی، بلندترین قلهٔ مسلط)، تفاوت دمای محلی، میزان رطوبت نسبی، بارندگی، و پوشش گیاهی در ارتفاع برف مرز تأثیرگذار است (معیری و همکاران ۲۰۱۱: ۱۱).

تاریخ یخچال‌شناسی بر اساس یافته‌های تجربی مکتوب و قابل دسترس بیشتر به اوایل قرن ۱۹ بازمی‌گردد. افسانه‌های اساطیری ملل، که مورد توجه ولیکوفسکی[1] بوده و به‌مثابهٔ یک روش در تحلیل و تعقیب تغییرات کاتاستروف اقلیمی در سطح بین‌المللی به کار گرفته شده است، به‌خوبی نشان می‌دهد که چنین حوادثی را بشر ماقبل تاریخ تجربه کرده است (رامشت و نعمت‌اللهی ۱۳۸۵: ۱۴۵). مطالعات فراوانی پس از آن دربارهٔ یخچال‌ها صورت گرفت. ناپیرالسکی و همکارانش در سال ۲۰۰۷ مطالعات وسیعی در زمینهٔ لندفرم‌های یخچالی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند و روند گسترش و عقب‌نشینی یخچال را بررسی کردند. خیانگ در سال ۲۰۱۴ مطالعاتی روی درهٔ بین‌پو در فلات تبت شرقی انجام داد و دریافت که حجم یخ در این دره در سه مرحلهٔ متوالی یخچالی با ارتفاع برف ۱/۶۵، ۱/۰۳، ۰/۲۹ کیلومترمکعب کاهش پیدا کرده است و به ترتیب به ارتفاع ۵۰۰، ۴۱۰، ۱۵۰ متر رسیده است. دومورگان اولین کسی است که در سال ۱۸۹۰ به مطالعهٔ سیرک‌های یخچالی قدیمی ایران پرداخت (زمردیان ۱۳۹۱: ۳۶). محققان ایرانی نیز دربارهٔ یخچال‌های ایران مطالعات فراوان کرده‌اند. رامشت (۱۳۸۱) یافته‌های دانشمندانی چون درن و کهل را تأیید کرده و با تکیه بر شواهد ژئومورفیک و آثار فرسایشی یخچال‌ها را تا ارتفاع ۱۶۰۰ متری در چندین نقطه از ایران مرکزی، از جمله زفره ـ شیرکوه، مطالعه و بر پایین آمدن زبانه‌های یخی تا زمین‌های دشتی تأکید کرده است (رامشت و همکاران۱۳۹۰). طاحونی (۱۳۸۳) به بررسی آثار ژئومورفیک یخچالی در ارتفاعات تالش پرداخت و بر اساس شواهد ژئومورفیک دو سیستم فرسایش یخچالی و مجاور یخچالی را طی دوره‌های سرد پلئیستوسن شناسایی کرد. سرور و مجتهدی (۱۳۸۵) به بررسی شواهد پدیده‌های یخچالی در ارتفاعات بزابن و بزاکوه (شرق گیلان) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که هنگام یخبندان دورهٔ پلیوستوسن در جنوب شرق شهر رودسر گیلان یخچال‌های کوهستانی وجود داشته است. یمانی و زمانی (۱۳۸۶) حدود برف مرز آخرین دورهٔ یخچالی را در درهٔ شهرستانک بازیابی کردند. صمدزاده (۱۳۸۶) تغییرات آب‌وهوایی کواترنری پسین را، با استفاده از شواهد ژئومورفولوژیک، در دریاچهٔ نئور بررسی کرد و به این نتیجه رسید که بارش فراوان و تناوب تغییرات آب‌وهوایی و حاکمیت دوره‌های سرد یخچالی در این حوضه باعث حاکمیت قلمروهای مختلف فرسایش در سطوح مختلف ارتفاعی شده است. قهرودی‌تالی (۱۳۹۰) در حوضهٔ رود هراز به مطالعهٔ برف مرز دائمی در دورهٔ یخچالی و بین یخچالی پرداخت. او به این نتیجه رسید که در آخرین دورهٔ سرد خط برف مرز تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری در این حوضه پایین آمده است و ارتفاع برف مرز در حال حاضر ۳۲۰۰ متر است و ۸۰ درصد از حوضه در دوره‌های سرد تحت حاکمیت فرسایش یخچالی بوده است. سرور و مجتهدی (۱۳۹۰) در البرز غربی (کوه خشچال) مطالعاتی را انجام دادند و شکل‌گیری یخچال توسط سه عامل زمین‌ساخت و ریخت‌شناسی و تغییرات آب‌وهوایی را در این منطقه تأیید کردند. قهرودی‌تالی و همکارانش (۱۳۹۴)

1. Velikovsky

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

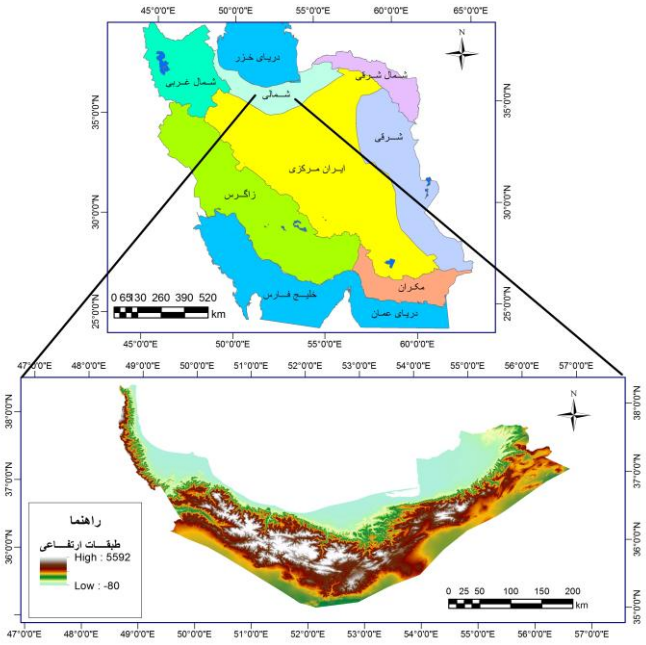
ارتفاع برف مرز را در آخرین دورهٔ یخچالی در حوضهٔ دالاخانی کرمانشاه در آخرین دورهٔ یخچالی در ارتفاع ۲۸۲۰ متری برآورد کردند. رسوبات یافت‌شده تا این ارتفاع منشأ یخچالی دارند. سیف و همکارانش (۱۳۹۴) به بازسازی برف مرز پلئیستوسن در سایت ریگ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این مناطق در شرایط کنونی امکان تشکیل یخچال را ندارد؛ ولی در گذشته فعالیت‌های یخچالی در این منطقه صورت گرفته است. انتظاری و همکارانش (۱۳۹۴) به بررسی ژئومورفولوژیکی تحولات اقلیمی حوضهٔ آب‌ریز گرگان‌رود پرداختند. نتایج این تحقیق نشان‌دهندهٔ آن است که تفاوت دمای امروز و کواترنری حدود ۹/۴ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است. خوش‌رفتار و همکاران (۱۳۹۵) شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی در کوه شاه‌البرز در منطقهٔ البرز غربی را بررسی کردند و برای بررسی شواهد یخچالی روش‌های تجربی را به کار گرفتند و در دامنهٔ شمالی، که هم‌اکنون تحت تأثیر فرسایش آبی است، سیرک‌های یخچالی را شناسایی کردند. کیانی و همکارانش (۱۳۹۵) تغییرات اقلیم کواترنری را در حوضهٔ آبریز گاوخونی مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که ارتفاع برف مرز کواترنری این حوضه ۲۵۰۰ متر و مقدار دما نسبت به امروز ۵ درجهٔ سانتی‌گراد پایین‌تر بوده است. جعفری و آوجی (۱۳۹۵) در تودهٔ کوهستانی قروه به تعیین ارتفاع برف مرز دائمی یخچال‌های کواترنری پرداختند و برف مرز دائمی این تودهٔ کوهستانی را در دامنه‌های شمالی و جنوبی برآورد کردند و به این نتیجه رسیدند که در این منطقه دما در کواترنری ۸ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت به امروز سردتر بوده است. یمانی و زمانی (۱۳۹۵) ارتفاع خط تعادل را در آخرین دورهٔ یخچالی در درهٔ هراز در ارتفاع ۲۷۹۹ متر برآورد کردند و به تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ارتباط بین جهت و ارتفاع ناهمواری‌ها و چگونگی پیدایش اشکال مورفولوژی یخچالی پرداختند. به دلیل قرارگیری قلل مرتفع ایران (دماوند و علم‌کوه و ...) و امتداد غالب رشته‌کوه‌های شمالی ایران (شرقی ـ غربی) و همچنین به دلیل پیچیدگی ناهمواری‌ها این منطقه نسبت به سایر نقاط ایران، از نظر شکل‌گیری یخچال‌ها و توسعهٔ آن، شرایط مساعدتری داشته است؛ کمااینکه در حال حاضر نیز تنها یخچال فعال ایران در علم‌کوه جزئی از این واحد مورفوتکتونیک است. هدف از این پژوهش بررسی ارتباط بین جهت ناهمواری و شکل‌گیری سیرک و برآورد ارتفاع برف مرز کواترنری این واحد مورفوتکتونیک است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد بررسی

واحد ژئومورفیک شمالی به مجموعهٔ کوه‌های به‌هم‌پیوسته و ممتد حاشیهٔ جنوبی و غربی دریای خزر گفته می‌شود که همانند سدی نفوذناپذیر کناره‌های دریای خزر را از ناحیهٔ داخلی کشور جدا کرده‌اند. کوه‌های شمالی از نظر شکل ظاهری به دو واحد البرز و تالش تقسیم شده است. مرز این دو واحد را درهٔ سفیدرود تعیین می‌کند. درهٔ سفیدرود واحد شمالی را در سراسر عرض آن شکافته است (شکل ۱). مناطق کوهستانی واحد ژئومورفیک شمالی در بخش مرکزی آن قرار دارد و این قسمت برای شکل‌گیری سیرک و یخچال شرایط بهتری دارد. این واحد به زیرحوضه‌های تالش ـ مرداب انزلی، سفیدرود ـ هراز، هراز ـ قره‌سو، قره‌سو ـ گرگان‌رود، و قسمت‌های شمالی کویر مرکزی تقسیم شده است.

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]



شکل ۱. موقعیت واحد ژئومورفیک شمالی

بخش زیادی از آب‌های سطحی واحد شمال غربی از طریق این دره به دریای خزر می‌ریزد. واحد شمالی در دوره‌های سرد پلئیستوسن تحت حاکمیت سیستم شکل‌زایی یخچالی و مجاور یخچالی و فرایند رودخانه‌ای بوده است. آثار یخچالی فراوانی در این ناحیه وجود دارد. در حال حاضر فرایند یخچالی در بخش‌هایی از آن عمل می‌کند؛ اما نقش برتر در شرایط کنونی مجاور یخچالی و رودخانه‌ای است (علایی طالقانی ۱۳۹۱: ۱۳۲).

اولین قدم برای برآورد ارتفاع برف مرز شناسایی شواهد یخچالی، مثل سیرک، است. برای شناسایی سیرک‌های منطقه از نقشه‌های توپوگرافی و ۱:۵۰۰۰۰ و انعکاس فرم شواهد یخچالی در نقشه‌ها، خطوط منحنی میزان و آبراهه‌ها، مدل ارتفاعی رقومی با قدرت تفکیک ۳۰ متری مستخرج از ماهوارهٔ SRTEM سایت http://earthexplorer.usgs.gov، فرم اشکال یخچالی، و نرم‌افزارهای Arc GIS و Global Mapper استفاده شد. فرایندهای مختلف شکل‌زایی در طی زمان فرم‌های مخصوص به خود را ایجاد می‌کنند که با نگاه دقیق به فرم خطوط منحنی میزان قابل شناسایی‌اند؛ از این فرم‌ها سیرک‌هایی هستند که به وسیلهٔ یخچال شکل می‌گیرند. انعکاس این لندفرم در نقشه‌های توپوگرافی به صورت U است که انتهای آن وسیع‌تر از دهانه‌ای است که میل به بسته شدن دارد. به دلیل گستردگی منطقهٔ مورد مطالعه، برآورد ارتفاع برف مرز به صورت یکپارچه با مشکل روبه‌رو می‌شد. برای حل این مشکل، ابتدا ارتفاع برف مرز در حوضه‌های آب‌ریز این واحد برآورد و جهت کلی سیرک‌های شناسایی‌شده با توجه به امتداد ناهمواری‌ها مشخص شد. با استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ایران، شرایط لیتولوژیکی مکان سیرک‌های این واحد بررسی شد و اطلاعات سیرک‌های شناسایی‌شده‌ای که در رسوبات دیاژنزنشدهٔ آبرفتی یا رسوبات حساس به فرسایش، مثل مارن و رس، قرار داشتند در برآورد ارتفاع برف مرز حذف شد. برای تعیین ارتفاع برف مرز از چندین روش مختلف استفاده شد که به تفکیک در ادامه می‌آید.

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

روش رایت

در روش رایت با تعیین مکان سیرک‌ها و گذراندن خط ۶۰ درصد از آن برف مرز دائمی تعیین می‌شود (پاریزی و همکاران ۱۳۹۲: ۱۱۷). در این روش روی سیرک‌های شناسایی‌شده روابط ۱ و ۲ اعمال شد:

رابطهٔ ۱ $R= n \times ۰/۶۰$

رابطهٔ ۲ $R=Hmin+X۶۰*۱۰۰X=(Hmax-Hmin)/$

در روابط ۱ و ۲، n فراوانی کل سیرک‌ها در حوضهٔ مورد نظر، X تفاوت ارتفاع برف مرز دائمی از ارتفاع پایین‌ترین سیرک، Hmax بالاترین ارتفاع سیرک، Hmin پایین‌ترین ارتفاع سیرک، R ارتفاع برف مرز است (قهرودی‌تالی و حسنی قارنایی ۱۳۹۵: ۳۲۷).

روش پورتر

از نظر پورتر، یخچال زمانی سیرک را پر می‌کند که خط برف مرز خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک نباشد. این روش برای به دست آوردن ارتفاع خط تعادل‌های یخچالی گذشته است. در روش پورتر از رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود که به کمک آن نما و مد محاسبه می‌شود.

رابطهٔ ۳ $Mo = L+\frac{d1}{d1+d2}\times h$

در رابطهٔ ۳، Mo ارتفاع کف سیرک، L حد پایین طبقهٔ نمادار، d1 تفاضل فراوانی طبقهٔ ماقبل طبقهٔ نمادار از فراوانی طبقهٔ نمادار، d2 تفاضل فراوانی طبقهٔ مابعد طبقهٔ نمادار از فراوانی طبقهٔ نمادار، h اختلاف ارتفاع طبقهٔ نمادار است (قربانی شورستانی و همکاران ۱۳۹۵: ۴).

روش نسبت پنجه به دیواره

با استفاده از روش نسبت پنجه به دیواره ارتفاع خط تعادل (ELA) و نسبت THAR[1] به دست می‌آید. با روش THAR بهترین نتیجه برای یخچال‌های کوچک و متقارن با توزیع نرمال پهنه‌ها و ارتفاعات به دست می‌آید. با توجه به اینکه مبنای روش‌های محاسبهٔ دیرینهٔ ELA داده‌های تجربی و فرضیه‌های نظری هستند، در محاسبهٔ ELA با دامنه‌ای از خطاها و عدم‌قطعیت‌ها رو به رو هستیم (یمانی و همکاران ۱۳۹۲: ۷، به نقل از: ژو و همکاران ۲۰۱۰). برای شناسایی سیرک‌ها نیز از این روش استفاده می‌شود و اگر نسبت THAR کمتر از ۰/۴۶ یا بزرگ‌تر از ۰/۸۶ باشد، شکل شناسایی‌شده سیرک محسوب نمی‌شود (رابطهٔ ۴) (پورتر ۲۰۰۱: ۱۰۶۹):

رابطهٔ ۴ $THAR=(ELA – AT) / (AH – AT)$

در رابطهٔ ۴، ELA ارتفاع خط تعادل، AH ارتفاع سر یخچال، AT ارتفاع پایهٔ یخچال است.

1. Terminus-to-Head Altitude Ratio

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

روش نسبت‌های ارتفاعی

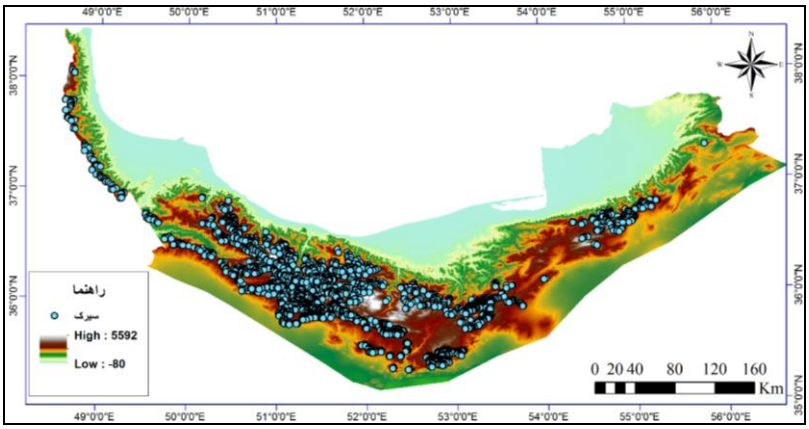
در روش نسبت‌های ارتفاعی از راه میانگین محدودهٔ ارتفاعی پایانهٔ زبانهٔ یخچالی و بلندترین ستیغ حوضه یا منطقهٔ مورد نظر ارتفاع برف مرز مشخص می‌شود (رابطهٔ ۵):

$$AR=\frac{Ah+At}{2}$$ رابطهٔ ۵

در رابطهٔ ۵، AR ارتفاع برف مرز، Ah بالاترین ارتفاع قلمرو یخچالی، At پایین‌ترین ارتفاع قلمرو یخچالی است (شریفی و فرح‌بخش ۱۳۹۴: ۵۹۳).

یافته‌های پژوهش

با توجه به منابع و روش‌های استفاده‌شده در این واحد ۲۰۵۵ سیرک شناسایی شد (شکل ۲).



شکل ۲. موقعیت مکانی سیرک‌های شناسایی‌شدهٔ کواترنری

جهت ناهمواری‌ها به صورت غربی ـ شرقی است و سیرک‌ها در دامنه‌های شمالی ـ جنوبی شکل گرفته‌اند. اما حوضهٔ تالش ـ مرداب انزلی استثنا و جهت ناهمواری‌ها شمالی ـ جنوبی است که دامنه‌های شرقی ـ غربی آن شرایط مساعدتری برای فعالیت‌های یخچالی دارد. در این حوضه ۸۴ سیرک شناسایی شد. فراوانی سیرک در حوضه‌های آب‌ریز سفیدرود ـ هراز ۳۶۱، حوضهٔ آب‌ریز هراز ـ قره‌سو ۶۶۱، قره‌سو ـ گرگان‌رود ۱۰۳، و کویر مرکزی ۸۴۶ است. پس از حذف شبه‌سیرک‌ها، تعداد ۱۹۴۸ سیرک در این واحد باقی ماند و درصد فراوانی سیرک‌های باقی‌مانده برآورد شد. منظور از شبه‌سیرک لندفرم‌هایی است که در نقشه‌های توپوگرافی سیرک شناخته شده بودند؛ ولی در مراحل بعدی با توجه به لیتولوژی یا ضرایب مربوطه نمی‌توانستند سیرک در نظر گرفته شوند. ۶۱/۰۷ درصد از سیرک‌های شناسایی‌شده در دامنه‌های نسار و ۳۶/۸۹ درصد از سیرک‌های شناسایی‌شده در دامنه‌های نگار قرار گرفته‌اند (جدول ۱).

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

جدول ۱. درصد فراوانی سیرک‌های شناسایی‌شده در واحد ژئومورفیک شمالی

حوضهٔ آب‌ریز	جهت	فراوانی کل سیرک	فراوانی سیرک پس از حذف شبه‌سیرک	درصد فراوانی
تالش ـ مرداب انزلی	شرق	۸۴	۵۳	۲/۷۲
سفیدرود ـ هراز	شمال	۲۲۲	۲۱۳	۱۰/۹۳
	جنوب	۱۳۹	۱۳۳	۶/۸۲
هراز ـ قره‌سو	شمال	۳۶۵	۳۶۲	۱۸/۵۸
	جنوب	۲۹۶	۲۹۰	۱۴/۸۸
قره‌سو ـ گرگان‌رود	شمال	۱۰۳	۸۲	۴/۲
کویر مرکزی (قسمت شمالی)	شمال	۵۴۲	۵۱۹	۲۴/۶۴
	جنوب	۳۰۴	۲۹۶	۱۵/۱۹

روش رایت

الف) بعد از شناسایی آثار سیرکی به کمک نقشه‌های توپوگرافی، برآورد برف مرز با روش رایت (رابطهٔ ۱) در دو مرحله انجام شد. در مرحلهٔ اول تعداد کل سیرک‌های هر یک از حوضه‌های آب‌ریز در ۶۰ درصد ضرب و ارتفاع برف مرز برآورد شد. در مرحلهٔ دوم همانند مرحلهٔ اول عمل شد؛ ولی داده‌های آن دسته از سیرک‌هایی که در رسوبات دیاژنزنشده مثل کنگلومرا و رسوبات سست قرار داشتند از مجموع داده‌های مورد تجزیه‌وتحلیل خارج شدند. آثار سیرکی در این سنگ‌ها شبه‌سیرک‌هایی هستند که بعد از عقب‌نشینی یخچال‌ها و در شرایط کنونی بر اثر عوامل فرسایشی شکل گرفته‌اند و نمی‌توان تشکیل آن‌ها را به کواترنری نسبت داد. همچنین سیرک‌هایی که پروفیل‌های ترسیم‌شدهٔ آن‌ها دلیلی بر شبه‌سیرک بودنشان است نیز از برآورد ارتفاع برف مرز خارج شدند. پایین‌ترین ارتفاع در واحد ژئومورفیک شمالی ۱۸۰۸ متر در حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی و بالاترین ارتفاع ۲۶۳۵ متر در حوضهٔ آب‌ریز هراز ـ قره‌سو برآورد شد. پس از حذف شبه‌سیرک‌ها، بر ارتفاع برف مرز حوضه‌های آب‌ریز افزوده شد. بیشترین افزایش ارتفاع مربوط به حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود و ۴۹۸ متر است (جدول ۲).

جدول ۲. ارتفاع برف مرز به روش رایت (رابطهٔ ۱)

حوضهٔ آب‌ریز	رابطهٔ ۱ (قبل از حذف سیرک)	رابطهٔ ۱ (بعد از حذف سیرک)	تفاوت ارتفاعی
تالش ـ مرداب انزلی	۱۸۰۸	۱۹۹۷	۱۸۹
سفیدرود ـ هراز	۲۵۲۰	۲۸۷۳	۳۵۳
هراز ـ قره‌سو	۲۶۳۵	۲۸۶۱	۲۲۶
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۱۹۹۳	۲۴۹۱	۴۹۸
کویر مرکزی	۲۱۹۸	۲۴۸۲	۲۸۴

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

ب) در این مرحله همانند رابطهٔ ۲ عمل شد و حداکثر ارتفاع از حداقل ارتفاع کسر و سپس بر عـدد ۱۰۰ تقسـیم و در عدد ۶۰ ضرب شد. از جمع عدد به‌دست‌آمده از این رابطه با کمترین ارتفاع سیرک شناسایی‌شده ارتفاع برف مرز محاسـبه شد. در این مرحله نیز ارتفاع برف مرز با توجه به نتایج (رابطهٔ ۱) افزایش یافته است و بیشترین افزایش مربوط به حوضـهٔ آب‌ریز سفیدرود ـ هراز و ۵۵۵ متر است (جدول ۳).

جدول ۳. ارتفاع برف مرز به روش رایت (رابطهٔ ۲)

حوضهٔ آب‌ریز	رابطهٔ ۱	رابطهٔ ۲	تفاوت ارتفاعی
تالش ـ مرداب انزلی	۱۹۹۷	۲۲۰۲	۲۰۵
سفیدرود ـ هراز	۲۸۷۳	۳۴۲۸	۵۵۵
هراز ـ قره‌سو	۲۸۶۱	۳۲۵۱	۳۹۰
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۴۹۱	۲۵۷۲	۸۱
کویر مرکزی	۲۴۸۲	۲۸۰۲	۳۲۰

ج) در این مرحله پس از تفکیک سیرک‌های شناسایی‌شده در جهات جغرافیایی منطقه (شمال شـرق و جنـوب غـرب حوضه‌های آب‌ریز)، حداکثر ارتفاع از حداقل ارتفاع کسر و سپس بر عدد ۱۰۰ تقسیم و در عدد ۶۰ ضرب شد. از جمع عدد به‌دست‌آمده از این رابطه با کمترین ارتفاع سیرک ارتفاع برف مرز دائمی کـواترنری در جهـات مختلـف در حوضـه‌هـای آب‌ریز برآورد شد. معمولاً دامنهٔ نسار (شمال) باید نسبت به دامنهٔ نگار (جنوب) ارتفاع برف مرز پایین‌تـری داشـته باشـد و چون در حوضه‌های آب‌ریز سفیدرود ـ هراز، هراز ـ قره‌سو، کویر مرکزی خلاف این ثابت شـده اسـت، در ایـن مرحلـه از ارتفاع برف مرز این سه حوضه صرف‌نظر شد (جدول ۴).

جدول ٤. ارتفاع برف مرز به روش رایت (رابطهٔ ۲) در جهات مختلف

حوضهٔ آب‌ریز	شمال	جنوب	شرق	اختلاف
تالش ـ مرداب انزلی	-	-	۲۲۰۲	۰
سفیدرود ـ هراز	۳۴۲۸	۳۰۸۰	-	−۳۴۸
هراز ـ قره‌سو	۳۲۶۱	۲۷۱۰	-	−۵۵۱
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۵۷۲	–	-	۰
کویر مرکزی	۲۸۱۹	۲۸۰۲	-	−۱۷

روش ارتفاع کف سیرک پورتر

در این روش ابتدا سیرک‌ها از نظر ارتفاعی با فاصلهٔ ۱۰۰ متر طبقه‌بندی شدند و فراوانـی نسـبی سـیرک در هـر یـک از طبقات به دست آمد. ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری در طبقه‌ای قرار دارد که سیرک‌ها بیشترین فراوانی را داشته باشند. با مشخص کردن طبقهٔ نمادار، طبق رابطهٔ ۳ عمل شد. در واحد ژئومورفیک شمالی در جهـت شـمال ـ جنـوب، حوضـهٔ

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

آب‌ریز هراز ـ قره‌سو به دلیل تفاوت ۷- متر کنار گذاشته شد. بین حوضه‌های باقی‌مانده بیشترین تفاوت ارتفاع برف مرز در جهات مختلف در حوضهٔ آب‌ریز کویر مرکزی و ۳۵۰ متر است (جدول ۵).

جدول ۵. ارتفاع برف مرز به روش ارتفاع کف سیرک

حوضهٔ آب‌ریز	شمال	جنوب	شرق	اختلاف
تالش ـ مرداب انزلی	-	-	۱۹۶۴	۰
سفیدرود ـ هراز	۲۸۲۵	۳۱۵۰	–	۳۲۵
هراز ـ قره‌سو	۲۹۶۴	۲۹۵۷	–	-۷
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۵۶۵	۰	–	۰
کویر مرکزی	۲۵۰۰	۲۸۵۰	–	۳۵۰

روش نسبت پنجه به دیواره

الف) در این مرحله از اطلاعات پروفیل‌های تهیه‌شده در مرحلهٔ قبل، علاوه بر ارتفاع کف سیرک، ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین قسمت پروفیل نیز استخراج شد. پس از برداشت اطلاعات لازم، نسبت THAR برای هر یک از سیرک‌ها محاسبه شد؛ به این صورت که ارتفاع پایین‌ترین قسمت پروفیل از ارتفاع کف سیرک کسر شد و عدد به‌دست‌آمده بر تفاوت بین حداقل ارتفاع و حداکثر ارتفاع پروفیل تقسیم شد. نسبت به‌دست‌آمده بین ۰ تا ۱ متغیر است. سیرک‌هایی که نسبت به‌دست‌آمده برای آن‌ها پایین‌تر از ۰/۴۶ یا بالاتر از ۰/۸۶ است سیرک محسوب نمی‌شوند و در برآورد ارتفاع برف مرز مدّنظر قرار نمی‌گیرند (پورتر ۲۰۰۱). سپس ارتفاع برف مرز سیرک‌های باقی‌مانده طبق روش رایت محاسبه شد. در واحد ژئومورفیک شمالی، ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال ـ جنوب ۲۵۲ متر تفاوت داشت. این تفاوت ارتفاعی در جهت‌های شرق ـ غرب این واحد و در حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی (شرق ـ غرب) و حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود (شمال ـ جنوب) صفر بود. در جهت شمال ـ جنوب حوضهٔ آب‌ریز هراز ـ قره‌سو ۹۷- متر و قسمت‌های شمالی حوضهٔ آب‌ریز کویر مرکزی ۵۶۷ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع در برف مرز برآورد شد (جدول ۶).

جدول ٦. ارتفاع برف مرز به روش نسبت پنجه به دیواره (با اعمال روش رایت)

حوضهٔ آب‌ریز	شمال	جنوب	شرق	اختلاف
تالش ـ مرداب انزلی	-	-	۲۰۱۸	۰
سفیدرود ـ هراز	۲۸۳۵	۳۱۲۱	–	۲۸۶
هراز ـ قره‌سو	۲۸۱۳	۲۷۱۶	–	-۹۷
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۴۹۱	–	–	۰
کویر مرکزی	۲۵۱۳	۳۰۸۰	–	۵۶۷

ب) تفاوت این مرحله با مرحلهٔ قبلی در این است که در این مرحله همانند روش ارتفاع کف سیرک پورتر ارتفاع برف

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

مرز برآورد شده است. اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال ـ جنوب ۱۱۱ متر و در جهت شرق ـ غرب کل واحد و در حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی (شرق ـ غرب) و حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود (شمال ـ جنوب) تفاوت ارتفاعی صفر است. در جهت شمال ـ جنوب در حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود با ۲۱۶- متر و قسمت‌های شمالی حوضهٔ آب‌ریز کویر مرکزی با ۳۸۴ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز برآورد شد (جدول ۷).

روش نسبت‌های ارتفاعی

در این روش پایین‌ترین ارتفاع با بالاترین ارتفاع پروفیل ترسیمی جمع و بر ۲ تقسیم شد. برای به دست آوردن برف مرز از میانگین و مد استفاده شد. این روش نسبت به سایر روش‌ها نتایج بهتری از خود نشان داد. ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال ـ جنوب ۲۶۳ متر تفاوت داشت. این تفاوت ارتفاعی در جهت‌های شرق ـ غرب این واحد و در حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی (شرق ـ غرب) و حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود (شمال ـ جنوب) نزدیک به صفر بود. در جهت شمال ـ جنوب در حوضهٔ آب‌ریز هراز ـ قره‌سو با ۱۲۵ متر و قسمت‌های شمالی حوضهٔ آب‌ریز کویر مرکزی با ۴۲۱ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع در برف مرز برآورد شد (جدول ۸).

جدول ۷. ارتفاع برف مرز به روش نسبت پنجه به دیواره (با اعمال روش پورتر)

حوضهٔ آب‌ریز	شمال	جنوب	شرق	اختلاف
تالش ـ مرداب انزلی	-	-	۱۹۱۴	۰
سفیدرود ـ هراز	۲۹۵۷	۳۱۲۱	–	۱۶۴
هراز ـ قره‌سو	۲۷۶۶	۲۵۵۰	–	-۲۱۶
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۴۹۱	۰	–	۰
کویر مرکزی	۲۴۶۶	۲۸۵۰	–	۳۸۴

جدول ۸. ارتفاع برف مرز به روش نسبت‌های ارتفاعی

حوضهٔ آب‌ریز	شمال	جنوب	شرق	اختلاف
تالش ـ مرداب انزلی	-	-	۲۰۳۳	۰
سفیدرود ـ هراز	۲۸۲۵	۳۰۶۸	–	۲۴۳
هراز ـ قره‌سو	۲۷۵۰	۲۸۵۷	–	۱۲۵
قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۴۶۰	۰	–	۰
کویر مرکزی	۲۴۵۴	۲۸۷۵	–	۴۲۱

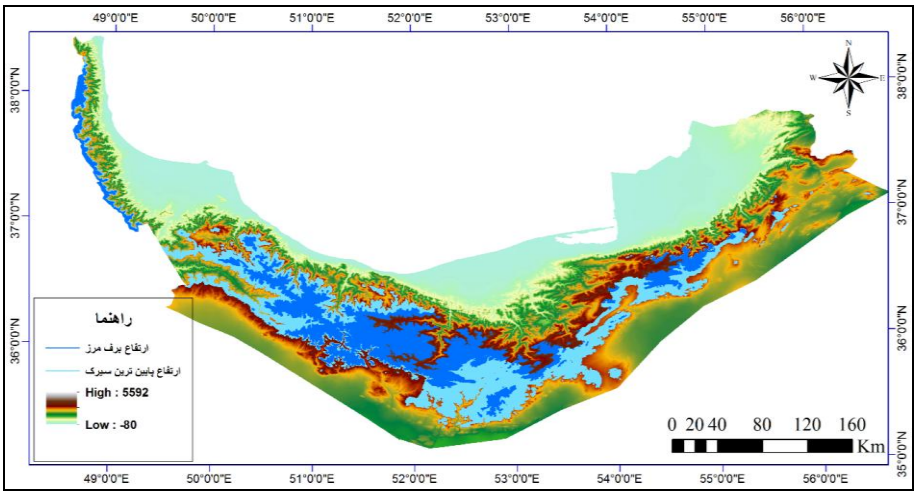
در واحد ژئومورفیک شمالی، از غرب به شرق، با توجه به کاهش ریزش‌های جوی و رطوبت نسبی، ارتفاع برف مرز کاهش داشته است. در حوضهٔ آب‌ریز سفیدرود ـ هراز (غربی‌ترین حوضه) این واحد ارتفاع برف مرز بالاتر از ۲۹۸۰ متر است و در حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود (شرقی‌ترین حوضه) ۲۴۶۰ متر و ۵۲۰ متر اختلاف ارتفاع برف مرز برآورد شد. در حوضه‌های آب‌ریز متعلق به این واحد دو استثنا وجود دارد؛ یکی حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی که ناهمواری‌های

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

آن جهت شمالی ـ جنوبی دارد و بر اثر شرایط محلی کمترین ارتفاع برف مرز (۲۰۳۳ متر) را به خود اختصاص داده است و دیگری حوضهٔ آب‌ریز کویر مرکزی (قسمت‌های شمالی) که جهت دامنه‌های آن به سمت جنوب (البرز جنوبی) است. این حوضهٔ آب‌ریز ارتفاع برف متوسطی بین حوضه‌های آب‌ریز این واحد دارد (۲۶۶۴ متر). روش نسبت‌های ارتفاعی و روش ارتفاع کف سیرک پورتر روشی مناسب‌تر برای این واحد معرفی شد. دربارهٔ سیرک‌هایی که پایین‌تر از ۲۵۰۰ متر شکل گرفته‌اند نقش قلل مرتفعی را که این سیرک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند نمی‌توان نادیده گرفت. ارتفاع برف مرز بر اساس ارتفاع پایین‌ترین سیرک شناسایی‌شده حوضهٔ تالش ـ مرداب انزلی در واحد ژئومورفیک شمالی ۱۸۱۹ متر و در حوضهٔ قره‌سو ـ گرگان‌رود ۲۳۸۰ متر با اختلاف ارتفاع ۵۶۱ متر برآورد شد (جدول ۹). براساس ارتفاع برف مرز در روش نهایی و ارتفاع پایین‌ترین سیرک شناسایی‌شده، نقشه سیستم شکل زای یخچالی ترسیم گردید (شکل ۳).

جدول ۹. ارتفاع برف مرز و ارتفاع پایین‌ترین سیرک شناسایی‌شده

حوضهٔ آب‌ریز	ارتفاع برف مرز	ارتفاع برف مرز بر اساس ارتفاع پایین‌ترین سیرک
حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی	۲۰۳۳	۱۸۱۹
حوضهٔ آب‌ریز سفیدرود ـ هراز	۲۹۸۷/۵	۲۱۵۷
حوضهٔ آب‌ریز هراز ـ قره‌سو	۲۸۰۳/۵	۲۱۷۲
حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود	۲۴۶۰	۲۳۸۰
حوضهٔ آب‌ریز کویر مرکزی	۲۶۶۴/۵	۱۹۲۰



شکل ۳. مناطق تحت حاکمیت فرایند یخچالی کواترنری

بحث و نتیجه

برای برآورد ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری در این پژوهش از روش‌های رایت، ارتفاع کف سیرک پورتر، نسبت پنجه به دیواره (با اعمال روش رایت و پورتر)، و نسبت‌های ارتفاعی در جهات مختلف جغرافیایی استفاده شد. نتایج دال بر این

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

است که روش‌های نسبت‌های ارتفاعی و ارتفاع کف سیرک پورتر برای برآورد ارتفاع برف مرز این واحد مناسب‌ترند. در انتخاب روش مناسب برای ارتفاع برف مرز با توجه به اثرگذاری جهت شیب سطوح ارضی بر شکل‌گیری لندفرم‌های سیرکی مناطق معتدله به تفاوت ارتفاع برف مرز دائمی برآوردشدهٔ دامنه‌های نگار و نسار در روش‌های مختلف توجه شد. دخالت دادن اطلاعات لندفرم‌های شبه‌سیرکی باعث می‌شود ارتفاع برف مرز دائمی در بیشتر حوضه‌ها پایین‌تر برآورد شود. ۶۱/۰۷ درصد از سیرک‌های شناسایی‌شده در دامنه‌های نسار و ۳۶/۸۹ درصد سیرک‌های شناسایی‌شده در دامنه‌های نگار قرار گرفته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد دامنه‌های نسار برای شکل‌گیری و ماندگاری یخچال‌ها شرایط بهتری دارند. واحد ژئومورفیک شمال در طول جغرافیایی نسبت به عرض جغرافیایی گسترش بیشتری دارد. ارتفاع برف مرز برآوردشده، به‌خصوص برای حوضه‌های آب‌ریز جنوب دریای خزر، از غرب به شرق با کاهش بارش و رطوبت نسبی، کمتر شده است؛ طوری که بالاترین ارتفاع برف مرز برآورده‌شده در این واحد ۲۹۸۷ متر و مربوط به حوضهٔ آب‌ریز سفیدرود ـ هراز در جنوب غربی دریای خزر و کمترین ارتفاع ۲۴۶۰ متر و مربوط به حوضهٔ آب‌ریز قره‌سو ـ گرگان‌رود در جنوب شرقی دریای خزر است. در این واحد ژئومورفیک یک استثنای مهم وجود دارد و آن حوضهٔ آب‌ریز تالش ـ مرداب انزلی است که با امتداد شمالی ـ جنوبی کوه‌های تالش کمترین ارتفاع برف مرز را بین حوضه‌های آب‌ریز داشته است (۲۰۳۳ متر). متوسط ارتفاع برف مرز برآوردشدهٔ این واحد ۲۵۸۹ متر است. ارتفاع برف مرز برآوردشدهٔ طاحونی (۱۳۸۳) در دامنه‌های جنوبی تالش ۲۹۰۰ متر، در دامنه‌های شرقی ۲۴۰۰ متر، و در دامنه‌های شمالی ۱۸۰۰ متر، افشاری‌آزاد و پورصبا (۱۳۸۸) در ارتفاعات سیالان ۲۱۰۰ متر، یمانی و زمانی (۱۳۸۶) در درهٔ شهرستانک البرز مرکزی ۲۶۱۶ متر، یمانی و همکارانش (۱۳۹۰) و ابطحی (۱۳۹۲) در زیرحوضهٔ جاجرود (دامنهٔ جنوبی البرز) ۳۰۹۵ متر، خوش‌رفتار و همکارانش (۱۳۹۵) در کوه شاه‌البرز و انتظاری و همکارانش (۱۳۹۴) در حوضهٔ آب‌ریز گرگان‌رود، قهرودی‌تالی (۱۳۹۰) و یمانی و زمانی (۱۳۹۵) در حوضهٔ آب‌ریز هراز ارتفاع برف مرز برآوردشده در این واحد را تأیید می‌کند.

منابع

ابطحی، سید مرتضی (۱۳۹۲). «بررسی پالئوکلیمای حوضهٔ آبخیز جاجرود به کمک شواهد یخچالی»، *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، س ۱، ش ۱، صص ۱۸۵ ـ ۲۰۱.

افشاری‌آزاد، محمدرضا و آیدا پورصبا (۱۳۸۸). «بررسی اشکال یخچالی و حدود و گسترش آن در دامنهٔ شمالی کوه سیالان»، *جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای*، ش ۱۳، صص ۲۸۳ ـ ۳۰۰.

انتظاری، علی‌رضا، ابوالقاسم امیر احمدی، امان‌محمد قرنجیک، علی جهان‌فر، شایان یگانه (۱۳۹۴). «بررسی ژئومورفولوژیکی تحولات اقلیمی حوضهٔ آب‌ریز گرگان‌رود در کواترنر»، *کواترنری ایران* (علمی ـ پژوهشی)، د ۱، ش ۲، صص ۱۶۹ ـ ۱۸۰.

پاریزی، اسماعیل، محمدحسین رامشت، علی‌رضا تقیان (۱۳۹۲). «شواهد یخچال‌های کواترنری پایانی در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان»، *پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی*، س ۲، ش ۳، صص ۱۱۱ ـ ۱۲۸.

جعفری، غلام‌حسن و مینا آوجی (۱۳۹۵). «بررسی آثار برف مرز دائمی یخچال‌های کواترنری تودهٔ کوهستانی قروه»، *کواترنری ایران* (علمی ـ پژوهشی)، د ۲، ش ۴، صص ۳۷۹ ـ ۳۹۱.

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

خوش‌رفتار، رضا، فرید مجتهدی، نیما اسعدی اسکویی، ابراهیم نوروزپور، کامبیز شهربیجاری (۱۳۹۵). «شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی پلئیستوسن پایانی در کوه شاه‌البرز ـ البرز غربی»، *کواترنری ایران* (علمی ـ پژوهشی)، د ۲، ش ۲، صص ۲۵۵ ـ ۱۶۵.

رامشت، محمدحسین، محمود لاجوردی، حسن لشکری، طیبه محمودی (۱۳۹۰). «ردیابی آثار یخچال‌های طبیعی حوضهٔ تیگرانی ماهان»، *فضای جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، س ۲۲، ش ۲، صص ۵۹ ـ ۷۸.

رامشت، محمدحسین و فاطمه نعمت‌اللهی (۱۳۸۵). «آثار یخساری در ایران»، *نشریهٔ دانشکدهٔ علوم انسانی تبریز*، ش ۳، صص ۱۳۰ ـ ۱۴۹.

سرور، جلیل‌الدین و نیما فریدمجتهدی (۱۳۸۵). «شواهد پدیده‌های یخچالی کوهستانی پلئیستوسن در ارتفاعات بزابن و بزاکوه (شرق گیلان)»، *سرزمین*، ش ۱۲، صص ۷۴ ـ ۸۷.

ـــــــــــــــ (۱۳۹۰). «شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی پلئیستوسن در دامنهٔ شمالی کوه خشچال (البرز غربی)»، *سرزمین*، س ۸، ش ۳۱، صص ۵۱ ـ ۶۷.

زمردیان، محمدجعفر (۱۳۹۱).« ژئومورفولوژی ایران»، جلد دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

سیف، عبدالله، محمدرضا ثروتی، محمد راهدان‌مفرد (۱۳۹۴). «بازسازی برف مرزهای کواترنری پایانی در محدودهٔ سایت ریگ»، *تحقیقات جغرافیایی*، س ۳۰، ش ۱، شمارهٔ پیاپی ۱۱۶، صص ۱۹۳ ـ ۲۰۸.

شریفی، محمد و زهرا فرح‌بخش (۱۳۹۴). «بررسی آنومالی حرارتی و رطوبتی بین زمان حال و پلئیستوسن و بازسازی شرایط اقلیمی با استفاده از شواهد ژئومورفیک (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ خضرآباد ـ یزد)»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، د ۴۷، ش ۴، صص ۵۸۳ ـ ۶۰۵.

صمدزاده، رسول (۱۳۸۶). «بررسی تغییرات آب‌وهوایی کواترنر پسین با استفاده از شواهد ژئومورفولوژیک در حوضهٔ دریاچهٔ نئور»، *سرزمین*، س ۴، ش ۱۶، صص ۱۹ ـ ۳۷.

طاحونی، پوران (۱۳۸۳). «شواهد ژئومورفولوژیک فرسایش یخچالی پلئیستوسن در ارتفاعات طالش»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۴۶، صص ۳۱ ـ ۵۵.

علایی طالقانی، محمود (۱۳۹۱). *ژئومورفولوژی ایران*، قومس.

قربانی شورستانی، علی، عذرا خسروی، علی‌محمد نورمحمدی (۱۳۹۵). «بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال کواترنری در ارتفاعات شمال شرق ایران (مطالعهٔ موردی: رشته‌کوه بینالود)»، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، س ۵، ش ۱، صص ۱ ـ ۱۳.

قهرودی‌تالی، منیژه (۱۳۹۰). «تخمین و مقایسهٔ برف مرزهای دائمی در عصر یخچالی و بین‌یخچالی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ رود هراز)»، *جغرافیا و توسعه*، ش ۲۵، صص ۹۷ ـ ۱۱۰.

قهرودی‌تالی، منیژه، محمدرضا ثروتی، رسول حسنی قارنایی (۱۳۹۲). «تحلیل ناپایداری‌های حاصل از نهشته‌های یخچالی در حوضهٔ رود زاب کوچک»، *فضای جغرافیایی*، س ۱۳، ش ۴۳، صص ۱ ـ ۱۷.

قهرودی‌تالی، منیژه، رسول حسنی قارنایی (۱۳۹۴). «شواهد یخچالی در مناطق کوهستانی مرز ایران، ترکیه، عراق (کوهستان بزسینا و دالامپر)»، *کواترنری ایران*، د ۱، ش ۴، صص ۳۲۳ ـ ۳۳۷.

قهرودی‌تالی، منیژه، کاظم نصرتی، اسماعیل عبدلی (۱۳۹۴). «تخمین برف مرز در آخرین دورهٔ یخچالی در حوضهٔ دالاخانی»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، س ۲۶، ش ۲، صص ۲۳۱ ـ ۲۴۶.

کیانی، طیبه، محمدحسین رامشت، امجد ملکی، فریده صفاکیش (۱۳۹۵). «بررسی تغییرات حوضهٔ گاوخونی در فاز پایانی کواترنر»،

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، د ۴۸، ش ۲، صص ۲۱۳ ـ ۲۲۹.

مقیمی، ابراهیم، علی‌محمد یاراحمدی، محمدرضا ثروتی، پرویز کردوانی (۱۳۹۱). «تأثیر مورفولوژی دامنه‌ها در تحول سیرک‌های یخچالی اشتران‌کوه»، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، د ۱۶، ش ۳، صص ۱۱۹ ـ ۱۳۹.

یمانی، مجتبی و حمزه زمانی (۱۳۹۵). «تعیین ارتفاع خط تعادل (ELA) در درهٔ هراز در آخرین دورهٔ یخچالی، *کواترنری ایران*، د ۲، ش ۴، صص ۳۰۵ ـ ۳۱۴.

یمانی، مجتبی، ابراهیم مقیمی، قاسم عزیزی، کاوه باخویشی (۱۳۹۲). «تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیک هولوسن در بلندی‌های غرب استان کردستان»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، دانشگاه تهران، س ۴۵، ش ۴، صص ۱ ـ ۱۴.

یمانی، مجتبی و حمزه زمانی (۱۳۸۶). «بازیابی حدود مرز برف دره شهرستانک در آخرین دورهٔ یخچالی»، *جغرافیا*، دورهٔ جدید، س ۵، ش ۱۲ و ۱۳، صص ۹۹ ـ ۱۱۶.

یمانی، مجتبی، علی‌اکبر شمسی‌پور، مریم جعفری‌اقدم (۱۳۹۰). «بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوض جاجرود»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۷۶، تابستان، صص ۳۵ ـ ۵۰.

Abtahi, S. M. (2013). basin Investigation of Paleoclimatology of Jajrood in Iran by glacial evidence, Geographical Exploration of Desert Areas, Vol.1, No. 1, pp. 185-201.

Afshari-Azad, M. & Poursaba, A. (2011). Investigating Glacial Forms and Their Development in the Northern Foot of Siyalan Mountain, Journal Of Geography And Regional Development, Vol. 7, No. 13, pp. 283-300.

Alaei Taleghani, M. (2009). Geomorphology of Iran, Ghoomes Publish, pp. 360.

Entezari, A., Amirahmadi, A., Gharanjic, A. M., Jahanfar, A., Shayan Yeganeh, A. A. (2015). Geomorphologic assessment of climatic changes of Gorganroud basin in the Quaternary, Quaternary Journal of Iran, Vol. 1, No. 2, pp. 169-180.

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, No. 25, pp. 97-110.

Ghahroudi Tali, M., Nosrati, K., Abdoli, E. (2012). Estimate of Snow-line in the past Glacial in Dalakhani Basin, Geography and Environmental Planning, Vol. 58, No. 2, pp. 231-246.

Ghahroudi Tali, M. & Hosni Qarnai, R. (2015). Glacial evidence in the mountainous regions of Iran, Turkey, Iraq (Buccina and Dalamper Mountains), Quaternary Quarterly Journal of Iran (Scientific-Research), Volume 1, Issue 4, pp. 337-323.

Ghahroudi Tali, M., Sarvati, M. R., Hassani Gharnaie, R. (2014). Analysis of deposits instability in Zab-e-kouchak basin, Geographical space, No. 43, pp. 1-17.

Ghorbani Shorstani, A., Khosravi, A., NorMohammadi, A. M. (2016). Investigation of geomorphological evidences of quaternary glacier in highlands of Northeast Iran (Case Study: Binalood mountain Range). Quantitative Geomorphologic Research, 5(1): pp.1-13.

Jafari, G. H. & Avaji, M. (2017). The Quaternary Evolution of Kurdistan Qorveh Mountain Mass. Quaternary Journal of Iran, Vol. 2, No. 8, pp. 379-391.

Khoshraftar, R., Farid Mojtahedi, N., Asadi Oskoei, E., Norozpor Sahr e Bijare, K. (2016). Geomorphology of late Pleistocene mountain glaciers in Shah Alborz Mountain- Western Alborz, Quaternary Journal of Iran, Vol. 2, No. 6, pp. 155-165.

Kiani, T., Ramesht, M., Maleki, A., Safakish, F. (2016). Climate change in Gavkhouni Basin at the late Quaternary phase. Physical Geography Research Quarterly, Vol. 48, No. 2, pp. 213-229.

Moayeri, M., Ramesht, M. H., Saif, A., Yamani, M., Jafari, Gh. H. (2011). The impact of mountainous

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]

skirts direction of Iran on differences in altitude of wither and ice equilibrium line of quaternary, Geography and environmental planning journal, Vol. 40, No. 4, pp. 1-12.

Moghimi, E., Yarahmadi, A., Servati, M. R., Kardavani, p. (2012). The morphological influence of the slopes in evolution of the glacier cirquses in Oshtorankuh, Spatial Planning(Modarese Human Sciences), Vol. 16, No. 3, pp. 119-139.

Napieralski, J., Harbor, J., & Li, Y. (2007). Glacial geomorphology and geographic information systems. Earth-Science Reviews, Vol. 85, No. 1, pp.1-22.

Parizi, A., Ramesht, M. H., Taghyan, A. (2013). Evidence of the final quaternary glaciers in the sirjan TengueBasin, Quantitative Geomorphologic Research, Vol. 2, No. 3, pp. 111-128.

Porter, S. (2001). Snowline depression in the tropics during the Last Glaciation, Quaternary Science, No. 20, pp. 1067-1091.

Ramesht, M., Lashkari, H., Lashkari, H., Lajevardi, M., Ramesht, M., Mahmoudi Mohammad Abadi, T. (2011). Study of Natural Glacial Evidences in Mahan (Case Study: Glacier of Tigrany Mahan Basin), Geography and Environmental Planning, Vol. 22, No. 2, pp. 59-78.

Ramesht, M., Nematollahi, F., 2010, Ice Capes Evidences in Iran, The Scientific Research Journals Spatial Planning, Vol. 9, No. 4, pp. 143-162.

Sarvar, J. & Farid Mojtahedi, N. (2011). Evidences of Pleistocene glacial geomorphology in the northern slope of Khashchal mountain (western Alborz). territory, Vol. 8, No. 3, pp. 51-69.

Sarvar, J. & Farid-Mojtahedi, N. (2007). Evidences of mountains Phenomenon Glacial of Pleistocene at the Bozabon and Bozakuh mountains (east of Gillian), territory, Vol. 3, pp. 76-89.

Seif, A., Rahedan Mofrad, M., & Srrvati, M. R. (2015). Snow restoration of the final Quaternary boundaries within the rig site. Quarterly Journal of Geographic Research, Vol. 30, No.1, pp. 193-208.

Sharifi, M. & Farah Bakhsh, Z. (2015). Study of thermal anomaly and moisture between present and Pleistocene and regeneration of climatic conditions using geomorphic evidence (Case study: Khezrabad basin), Natural Geography Research, No. 4, pp. 583-605.

Tahouni, P. (2004). Geomorphologic Evidence of the Pleistocene Glacier Erosion in the Talesh Highlands, No. 47, pp. 31-55.

Xiangke, Xu. (2014). Climates during Late Quaternary glacier advances: glacier-climate modeling in the Yingpu Valley, eastern Tibetan Plateau, Quaternary Science Reviews, No. 101, pp. 18-27.

Yamani, M., Moghimi, E., Azizi, G., Bakhiashi, K. (2014). Determination of Holocene Morphoclimatic Regions in Highlands of the West and Northwest of Kurdistan Province, Physical Geography Research, Vol. 4, No. 4, pp. 1-14.

Yamani, M., Shamsi Pour, A. A., Jafari Aghdam, M. (2011). Renovation of the Ploshtozen Peninsula in the Jajrood Basin, Natural Geographic Research, No. 76, pp. 35-50.

Yamani, M. & Zamani, H. (2007). Restoration of the snowline of the Shahrestanac Valley at the last glacial period, Geography (Scientific-Research Journal of the Iranian Association of Geographical Society), New period, Year 5, No. 12 and 13, pp. 161-99.

Yamani, M. & Zamani, H. (2017). An Assessment of Equilibrium-line Altitudes in the Haraz Valley during the Last Glacial Maximum. Quaternary Journal of Iran, Vol. 2, No. 8, pp. 305-314.

Zomorrodian, M.J. (2012). Geomorphology of Iran . Climatic Processes & Exogen Dynamics, Vol. 2.

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-21]