Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال پنجم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۵
صص. ۱۳-۱

بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی کواترنری در ارتفاعات شمال شرق ایران (مطالعه موردی: رشته‌کوه بینالود)

علی قربانی شورستانی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
عذرا خسروی*- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
علی‌محمد نورمحمدی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

چکیده

پژوهش حاضر تلاش دارد تا با بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کواترنر در ارتفاعات بینالود، تعداد و محدوده پراکندگی سیرک‌های یخچالی و همچنین برف‌مرز آخرین دوره یخچالی را در ارتفاعات بینالود تعیین کند. بدین منظور با استفاده از تفسیر نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ منطقه، موقعیت شواهد یخچالی ازجمله سیرک‌ها بررسی و در مرحله بعد با انجام بازدید میدانی موقعیت آن‌ها شناسایی گردید. در گام بعدی با استفاده از دو روش رایت و پورتر حد برف‌مرز آخرین دوره یخچالی محاسبه گردید. همچنین در این تحقیق با استفاده از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیک موجود در منطقه و به کمک رابطه‌سنجی بین دما، بارش، ارتفاع و همچنین با در نظر گرفتن ارتفاع خط برف، نقشه‌های هم‌دما و هم‌باران حوضه در شرایط کنونی و در کواترنر بازسازی و ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد افزون بر ۳۹ سیرک بزرگ و کوچک بر روی ارتفاعات بینالود شکل‌گرفته‌اند که بین ارتفاع ۲۱۰۰ تا ۳۳۸۰ متری توزیع‌شده‌اند. تراکم سیرک‌ها در ارتفاع ۲۳۵۰ تا ۲۵۰۰متر بیش از بقیه ارتفاعات است به‌طوری‌که حدود۵۰ درصد آن‌ها در این ارتفاع تمرکزیافته‌اند. همچنین حداقل دمای‌متوسط سالانه بینالود در زمان حاکمیت یخچال‌ها برابر۵/۸- درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۳۳۰۸ متری و حداکثر دمای متوسط سالانه منطقه برابر با ۹/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۸۷۰ متری بوده است. مقایسه نقشه هم‌دمای فعلی و گذشته منطقه حاکی از آن است که رشته‌کوه بینالود در کواترنر حدود ۸/۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمان فعلی سردتر بوده است. نقشه هم‌بارش منطقه در کواترنر حاکی از آن است که حداقل بارش در آن زمان برابر با ۳۶۹ میلی‌متر در پست‌ترین نقطه و حداکثر مقدار بارش برابر با ۸۳۲ میلی‌متر در مرتفع‌ترین بخش بوده است.

واژگان کلیدی: ارتفاعات بینالود، سیرک یخچالی، یخچال‌های کواترنر ، تغییرات اقلیمی.

* نویسنده مسئول: E-mail: khosravyz20@yahoo.com

www.SID.ir
Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

مقدمه

پراکندگی زیاد سیرک‌های یخچالی در ارتفاعات، انباشت‌های یخرفتی در دره‌ها و نواحی پیش کوهی کوه‌های بلند ایـران، وجود آبرفت‌های رودخانه‌ای ضخیم، پراکندگی پادگانه‌های رودخانه‌ای و دریاچه‌ای و نظایر آن به‌عنوان نمونه‌ای از نشانه-های متعدد نوسانات اقلیمی در دوره چهارم زمین‌شناسی(پلیوستوسن– هولوسن) می‌باشد(یمانی،۱۳۸۱:۲۰).

می‌توان مدعی شد که اثرات تغییرات آب و هوایی در کواترنر به‌ویژه دوره‌های یخچالی در کشـور مـا کمتـر موردمطالعـه قرارگرفته و شناخته‌شده است. اگرچه در مورد برخی یخچال‌های کواترنر در ایران ازجمله البرز مطالعـاتی صـورت گرفتـه است. اما در مورد مناطق شرق و شمال‌شرق ایران پژوهشی هرچند اندک صورت نگرفته است. ارتفاعات بینالود در شمال-شرق ایران ازجمله مناطقی است که با توجه به ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر و قرار گرفتن در محدوده عبور جریان‌های سـرد سیبری خصوصاً در دوران سرد سال امکان ایجاد یخچال و شرایط یخچالی در آن وجود دارد.

بررسی آثار مورفولوژیکی یخبندان‌های کواترنر ایران موضوع موردعلاقه‌ی بسیاری از محققان بوده اسـت کـه مـی‌تـوان شروع آن را به ژاک دومرگان[1](۱۸۹۰.م) نسبت داد(نعمت‌اللهی و رامشت،۱۳۸۳، ۱۴۳). اما مطالعات جدی‌تر توسط هانس بوبک[2] در کوه‌های البرز و دزیو در کوه‌های زردکوه شروع شد. هانس بوبک پس از مطالعات زیاد یخچال‌هـای امـروزی و آثار دوره‌های یخبندان با ارائه دلایلی از تئوری دوره‌های سرد دفاع کرد(جـداری‌عیوضـی،۱۳۸۳ ، ۹۳). بـروکس۳(۱۹۸۲) محقق کانادایی نیز شواهد ژئومورفولوژیکی تغییرات اقلیمـی دوران چهـارم را در ایـران بررسـی کـرده اسـت. همچنـین فرینو۴(۱۹۸۸) در بررسی یخچال‌های ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، خط‌مرز برف دائمی در پلیستوسـن را ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ متر پایین‌تر از خط‌مرز فعلی برآورد نموده است. اما بهترین تحقیقات یخچالی ایران توسط مرحـوم منـوچهر پدرامی صورت گرفته است. تلاش‌های وی بیشتر روی خط‌برف دائمی در ایران متمرکز بوده و حاصل مطالعات او، نقشه-ی خط برف دائم ایران و وورم اخیر است. او به مسائل مربوط به یخچال‌های ایـران اشـراف خـوبی داشـته و کارهـایش مبنایی برای سـایر پژوهشـگران شـده اسـت(رامشـت و کـاظمی،۱۳۸۶،۴). ایشـان مهـم‌تـرین اصـل در بازسـازی خـط برف‌مرزگذشته دوره وورم را مطالعه یخرفت‌های این دوره یخچالی می‌داند(پدرامی، ۱۹۸۲). طی قریب به دو دهه‌ی اخیـر گزارشات ارزشمندی از شواهد یخچال‌های ایران توسط ژئومورفولوژیست‌ها ارائه گردیده است که می‌توان به پژوهش‌های یمانی(۱۳۸۱) در ارتفاعات علم‌کوه، یمـانی(۱۳۸۶) در ارتفاعـات زردکـوه، یمـانی و زمـانی(۱۳۸۶) در دره‌ی شهرسـتانک، افشاری‌آزاد و پورصبا(۱۳۸۸) در دامنه‌ی شمالی کوه سیالان در البرزغربی و رامشت و همکاران(۱۳۹۰) در حوضه تیگرانی ماهان اشاره نمود.

طاحونی(۱۳۸۳) به بررسی آثار ژئومورفیک یخچالی در ارتفاعات تالش پرداختـه و بـر اسـاس شـواهد ژئومورفیـک، دو سیستم فرسایش یخچالی و مجاوریخچالی را طی دوره‌های سرد پلیستوسن شناسایی نمود. رامشت و کـاظمی(۱۳۸۶)، بـا استفاده از شاخص‌های فرم‌شناسی در ژئومورفولوژی، تحلیل‌های آماری و مطالعات میدانی به بازسـازی شـرایط محیطـی منطقه‌ی اقلید فارس در سردترین فاز یخچالی کواترنر پرداخته و برای اولین بار، وجود آثار یخچالی در اقلید فـارس را بـه اثبات رساندند. همچنین المدرسی و رامشت(۱۳۸۶) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، شواهد اقلیمی و شواهد میـدانی آثار یخسازی در حوضه‌ی سخوید در شیرکوه یزد را مورد ارزیابی قرار داده و خط تعادل آب و یخ در منطقـه را در ارتفـاع ۲۳۵۰ متر و محدوده گلاسیر را ارتفاع ۳۲۲۰ متری برآورد نمودند. یمانی و زمانی(۱۳۸۶) به بررسـی حـدود بـرف‌مـرز در

[1] - De Morgan
[2] - Bobek
[3] - Brooks
[4] - Ferrigno

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

دره‌ی شهرستانک در آخرین دوره یخچالی پرداخته، ایشان با ادغام روش بررسی سیرک‌ها و روش‌های آماری، ارتفاع ۲۶۱۶ متر را برای برف‌مرز دره شهرستانک در آخرین دوره یخچالی پیشنهاد نمودند.

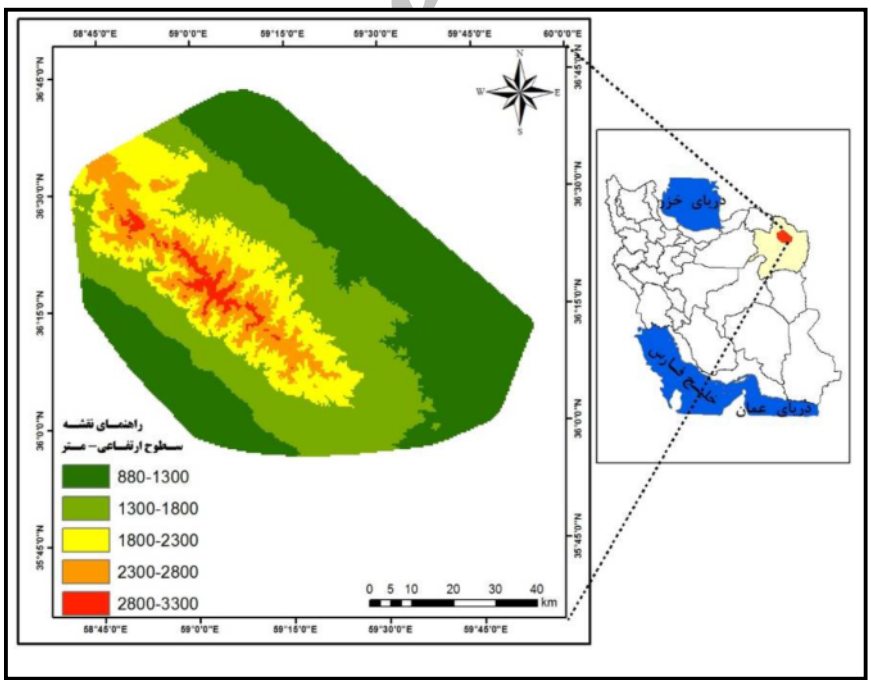
از دیگر پژوهش‌های موردتوجه در زمینه‌ی ردیابی آثار یخچال‌های کواترنر در ایران، می‌توان به مطالعات رامشت و پوردهقان(۱۳۸۷) در حاشیه کویر لوت در منطقه‌ی دهبکری شهر بم اشاره کرد که ایشان بر اساس مطالعات ژئومورفیک و دانه‌سنجی رسوبات، خط‌مرز برف دائمی را در ارتفاع ۲۶۴۰ متری محاسبه نموده و منطقه‌ی دهبکری بم را به‌عنوان بزرگ‌ترین برفخانه‌ی ایران در آخرین فاز یخچالی دوران چهارم معرفی می‌نماید.

رامشت و همکاران(۱۳۹۰) به بررسی آثار یخچالی در منطقه ماهان کرمان اقدام نمودند بر اساس نتایج ایشان خط مرز برف در ارتفاع ۲۹۰۰ متر و خط تعادل آب و یخ در ارتفاع ۱۹۰۰متری قرار دارد همچنین نتایج تحقیق ایشان اختلاف دمای حال و گذشته را حدود ۸/۵ درجه سانتی‌گراد و اختلاف بارش فعلی و گذشته را در حدود ۳۰۰ میلی‌متر برآورد نمودند.

این تحقیق یک تحقیق بنیادی است که هدف از آن بررسی لندفرم‌های یخچالی در ارتفاعات بینالود، تعیین مرزهای یخچالی در کواترنر، مطالعه اختلاف دمای کنونی و کواترنر در منطقه موردمطالعه می‌باشد.

معرفی منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه شامل ارتفاعات بینالود در شمال‌شرق ایران و در استان خراسان رضوی است که در بخش غربی حوضه‌ی بزرگ کشف‌رود واقع‌شده است. موقعیت ریاضی محدوده‌ی مطالعاتی در حدفاصل ´۵۵ °۳۵ تا ´۵۰ °۳۶ عرض شمالی و بین ´۳۵ °۵۸ تا ´۴۰ °۵۹ طول شرقی قرار دارد(سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ مشهد)(شکل ۱).



شکل۱: موقعیت منطقه موردمطالعه

روش تحقیق

هدف از این پژوهش شناسایی شواهد یخچالی و تعیین ارتفاع برف‌مرز دائمی کواترنر پایانی رشته‌کوه بینالود می‌باشد. مطالعه با تحدید منطقه موردمطالعه با توجه به نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی آغاز شد. برای تهیه نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای حال حاضر منطقه از داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های مشهد، نیشابور، طرق، اخلمد، چناران، شاندیز، طرقبه،

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

کنگ، گلمکان، ارسلان، امین آباد، سلطان آباد و چکنه استفاده شد و به کمک این داده‌ها و مدل رقومی ارتفاعی(تهیه-شده بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه موردمطالعه، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، مطالعه برگ‌های شماره(7762 II -7762 IV– 7763 II – 7763 III–III – 7762 I– 7862 II– 7862 III– 7862 IV- 7863 III –) منطقه و با توجه به رابطه همبستگی میان عناصر دما، بارش و ارتفاع، نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش حال حاضر منطقه ترسیم شد. در مرحله بعد با توجه به فرم منحنی‌های میزان در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی منطقه نواحی تحت تسلط پهنه‌های یخی و سیرک‌های یخچالی که نشانه حاکمیت اقلیم یخچالی درگذشته بوده در منطقه مشخص گردید و خطبرف دائمی گذشته رشته‌کوه بینالود به روش رایت[1] و پورتر[2] برآورد شد. برای تخمین میزان دمای محیطی گذشته، بعد از تعیین خط‌مرز برف دائمی منطقه در زمان گذشته، همبستگی بین دما و ارتفاع ایستگاه‌های موردنظر با استفاده از رابطه خطی محاسبه شد و معادله خطی آن به‌صورت $T= -0/005H + 19/148$ به دست آمد به‌منظور پی بردن به برف‌مرز گذشته و خط تعادل آب و یخ در منطقه موردمطالعه از رابطه ذیل برای محاسبه نما یا مد استفاده‌شده است.

$$m_o = L + \frac{d_{1\cdot}}{d_1 + d_{2\cdot}} \times h$$ رابطه‌ی(۱)

L : حد پایین رده نمادار

d_1 : تفاضل فراوانی رده ماقبل رده نمادار، از فراوانی رده نمادار

d_2 : تفاضل فراوانی رده مابعد رده نمادار، از فراوانی رده نمادار

h : فاصله رده‌ها

سپس با استفاده از ارتفاع خط‌مرز برف گذشته و افت آدیاباتیک دما، نقشه هم‌دمای گذشته منطقه به‌دست آمد. برای تهیه نقشه هم‌بارش گذشته پس از هم‌پوشانی نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش حال حاضر منطقه در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 همبستگی نقطه‌ای آن‌ها گرفته شد و با استفاده از رابطه بین بارش و دمای زمان حال و داده‌های دمایی زمان گذشته، نقشه هم‌بارش گذشته منطقه تهیه شد. پس‌ازآن در عملیات میدانی، فرم‌های ایجادشده توسط یخچال‌ها مشتمل بر دره‌های یخچالی، سیرک‌ها و یخرفت‌ها مورد شناسایی قرارگرفته و درنهایت به تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مبادرت شد. شایان‌ذکر این‌که برای کنترل و گردآوری اطلاعات تکمیلی، عملیات میدانی و به‌منظور بررسی پیشینه تحقیق و روش-های مختلف مطالعه یخچال‌ها از روش کتابخانه‌ای استفاده‌شده است. به‌طورکلی این تحقیق یک تحقیق بنیادی است که در آن از روش تحلیلی – توصیفی و تاریخی و تجربی استفاده‌شده است.

بحث و یافته‌ها

شواهد مورفولوژیک

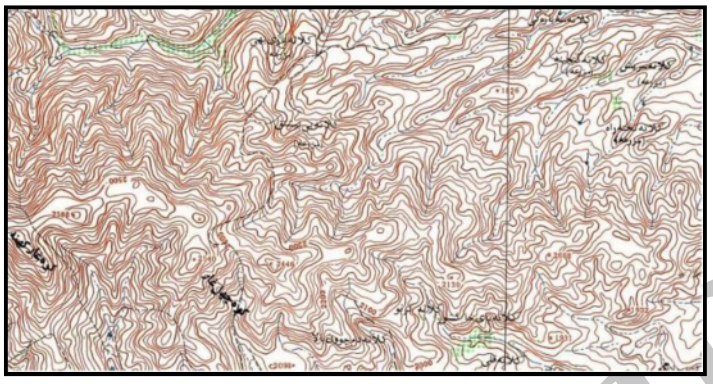
با توجه به اینکه، لندفرم‌ها در طی زمان تکامل می‌یابند، بنابراین با بررسی تغییرات لندفرم‌های هر منطقه می‌توان سیر تغییرات فرایندهای آن را مشخص کرد. مطالعات ژئومورفولوژی می‌تواند تأثیرات توپوگرافی، شرایط اقلیمی و زمین‌ساخت را در حمل‌ونقل، فرسایش و رسوب‌گذاری مواد آتشفشانی مشخص نماید(تورث[3]، ۱۹۹۹: ۹۳). گام اول برای دنبال کردن آثار یخچال‌های کواترنر در رشته‌کوه بینالود بررسی فرم‌شناسی بر اساس شاخص‌های مورفیک روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. با توجه به فرم منحنی میزان‌ها روی همین نقشه‌ها، سیرک‌های یخچالی

1 - wright
2- Porter
3 . Tourth

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

شناسایی شدند(شکل ۲). این عوارض که روی نقشه‌های توپوگرافی به شکل نعل‌اسب هستند، چنانچه در ارتفاع بالای ۲۴۰۰متر واقع شوند، احتمال بیشتری برای نسبت دادن آن‌ها به فعالیت‌های یخچالی وجود دارد.



شکل۲: انعکاس آثار پهنه‌های یخی در نقشه‌های توپوگرافی بینالود(منبع: نقشه توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ شیت 7862II، پیوه‌ژن)

سیرک‌های شمارش‌شده روی ارتفاعات بینالود افزون بر۳۹ سیرک بزرگ و کوچک است که بین ارتفاع ۲۰۵۰ تا ۳۳۸۰متری توزیع‌شده‌اند. همان‌گونه که در جدول(۱) بیان‌شده، تراکم سیرک‌ها در ارتفاع ۲۳۵۰ تا ۲۵۰۰ متر بیشتر از بقیه ارتفاعات است به‌طوری‌که حدود۵۰ درصد آن‌ها در این ارتفاع تمرکزیافته‌اند.

جدول ۱: بررسی سیرک‌های موجود بر روی ارتفاعات بینالود

ردیف	ارتفاع	تعداد سیرک‌ها	درصد سیرک‌ها	درصد تجمعی
۱	۲۱۰۰ – ۲۰۵۰	۱	٪۲,۵۶	٪۲,۵۶
۲	۲۱۵۰ – ۲۱۰۰	۲	٪۵,۱۲	٪۷,۶۸
۳	۲۲۰۰ – ۲۱۵۰	۲	٪۵,۱۲	٪۱۲,۸
۴	۲۲۵۰ – ۲۲۰۰	۲	٪۵,۱۲	٪۱۷,۹۲
۵	۲۳۰۰ – ۲۲۵۰	۲	٪۵,۱۲	٪۲۳
۶	۲۳۵۰ – ۲۳۰۰	۵	٪۱۲,۸۲	٪۳۵,۸۶
۷	۲۴۰۰ – ۲۳۵۰	۹	٪۲۳	٪۵۸,۸
۸	۲۴۵۰ – ۲۴۰۰	۶	٪۱۵,۳۸	٪۷۴,۲۴
۹	۲۵۰۰ – ۲۴۵۰	۶	٪۱۵,۳۸	٪۸۹,۶
۱۰	۲۵۵۰ – ۲۵۰۰	۲	٪۵,۱۲	٪۹۴,۷
۱۱	۲۶۰۰ – ۲۵۵۰	۲	٪۵,۱۲	٪۱۰۰
-----	جمع کل	۳۹	٪۱۰۰	----------

شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها

سیرک

اولین و ساده‌ترین شکلی که یخچال‌های کوهستانی به وجود می‌آورند،سیرک یخچالی است(محمودی ۱۳۸۶). این عارضه به‌صورت چاله نیم‌دایره به دیواره‌های بلند و تند محدود می‌شود و به‌صورت آمفی‌تئاتر در بالادست دره‌های یخچالی شکل می‌گیرد. پس از ذخیره شدن برف در سیرک، جریان یخی شکل می‌گیرد و به‌صورت رودخانه‌ای به سمت پایین جریان می‌یابد(پاریزی۱۳۹۲، به نقل از کافمن،۱۹۹۲) بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در این منطقه سیرک‌های متعددی وجود دارد((اشکال ۳)الف، ۳)ب و ۳)ج) که بین ارتفاع ۲۳۵۰ تا ۳۳۸۰متری واقع‌شده است(جدول ۱).

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

تیل یا یخرفت

وقتی‌که دوره یخبندان به پایان می‌رسد، یخ‌ها تمام رسوباتی را که با خود حمل کرده‌اند، روی زمین باقی می‌گذارند و از یک پوشش ناهموار به نام تیل یا یخرفت به وجود می‌آورند(اشکال ۳) ث و ۳) ج). آنچه تیل یا یخرفت را از رسوبات دیگر جدا می‌کند و ویژگی عادی این رسوبات به شمار می‌رود نبود لایه‌بندی و عدم جورشدگی دانه‌هاست. این رسوبات برخلاف نهشته‌های آبی هیچ نشانی از لایه‌بندی ندارند و در آن ریزترین دانه‌های رس همراه با تخته‌سنگ‌ها در ساختار بی‌نهایت بی‌نظم درهم‌آمیخته‌اند(پاریزی به نقل از کرسول،۱۳۹۲). در منطقه موردنظر سازند موجود از نوع شیل و شیست می‌باشد و با توجه به فعالیت شدید فرسایش مکانیکی(ترموکلاستی و کریوکلاستی) تقریباً بخش اعظمی از این دانه‌بندی توسط واریزه‌های حاصل از این نوع فرسایش مدفون‌شده است و فقط در نقاط محدودی قابل‌ردیابی است).

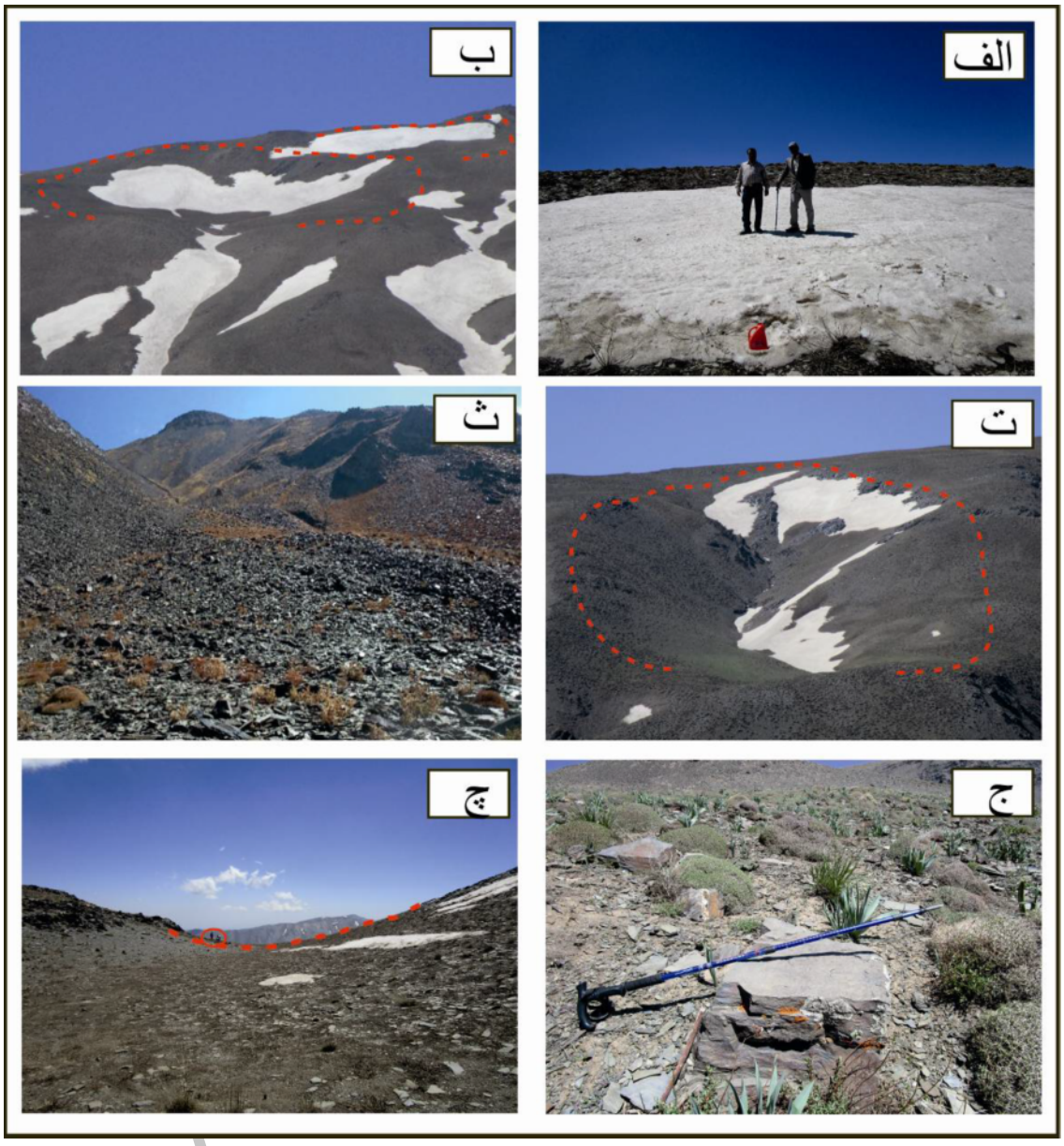
دره‌های یخچالی

یکی از اشکال مهم یخچال‌های کوهستانی، دره‌های یخچالی هستند که اغلب از قبل وجود داشته و زبانه‌های یخچالی به‌شدت دستکاری‌شده‌اند. این دره‌ها، جداری پرشیب دارند و برش عرضی آن‌ها به شکل U است(محمودی، ۱۳۸۶). درواقع یخچال‌ها همان‌گونه که دره‌هایشان را عمیق‌تر می‌کنند، موجب تعریض دره نیز می‌شوند و درنتیجه، نیمرخ عرضی پهنی را به وجود می‌آورند که به‌طور مشخص U شکل است. این دره‌ها مشخص‌ترین لندفرم‌های یخچالی کوهستانی است(دیبلج۱۹۹۸:۴۱۰ به نقل از رجبی و خطیبی،۱۳۸۷). به نظر می‌رسد دره‌های یخچالی در بینالود به دلیل تغذیه اندک سیرک‌های یخچالی نتوانسته‌اند فاصله زیادی از خروجی کف سیرک طی کنند و گسترش زیادی نداشته‌اند(شکل ۳) ث).

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017



شکل۳: الف)، ب) و ت)- سیرک‌های یخچالی و آثار باقی‌مانده. ث)-تیل یا یخرفت در ارتفاعات محدوده موردمطالعه ج). تخته‌سنگ‌های بجا مانده از فعالیت‌های یخچالی در محدوده موردمطالعه. چ)- آثار دره‌های یخچالی گسترش نیافته

ردیابی آثار یخچالی بر اساس شواهد اقلیمی

ازجمله 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 ازجمله دما و بارش، به مقادیر کمکی این پارامترها نیازمندیم. لذا برای تهیه نقشه هم‌دمای فعلی بینالود بعد از تهیه داده‌های دمایی ایستگاه‌های مشهد، نیشابور، طرق، اخلمد، چناران، شاندیز، طرقبه، کنگ، گلمکان، ارسلان، امین آباد، سلطان‌آباد و چکنه رابطه بین دما و ارتفاع آن‌ها محاسبه شد، سپس میانگین دمای سالانه رشته‌کوه بینالود در عصر حاضر به دست آمد.

نقشه هم‌دمای فعلی منطقه نشان می‌دهد که حداقل دمای متوسط سالانه منطقه برابر۳ درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۳۳۰۰ متری است و حداکثر دمای متوسط سالانه برابر با ۱۵٫۵درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۸۷۰ متری است(شکل ۴).

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

تخمین دمای بینالود در کواترنر

برای تخمین میزان دمای محیطی گذشته، بعد از تعیین خطمرز برف دائمی منطقه در زمان گذشته، همبستگی بین دما و ارتفاع ایستگاه‌های موردنظر با استفاده از رابطه خطی محاسبه شد و معادله خطی آن به‌صورت $T= -0/005H + 19/148$ به دست آمد. سپس با استفاده از این رابطه افت آدیاباتیک دمای حال حاضر منطقه به میزان ۰/۶۲ درجه سانتی گراد به ازای هر ۱۰۰ متر ترفیع مکانی محاسبه شد. سپس با استفاده از ارتفاع خطمرز برف دائمی گذشته بینالود و افت آدیاباتیک آن نقشه هم‌دمای گذشته منطقه آماده شد(شکل ۵).

همان‌طور که مشاهده می‌شود، حداقل دمای متوسط سالانه بینالود در زمان حاکمیت یخچال‌ها برابر۵/۸- درجه سانتی-گراد در ارتفاع ۳۳۰۸ متری و حداکثر دمای متوسط سالانه منطقه برابر با ۹/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۸۷۰ متری بوده است. مقایسه نقشه هم‌دمای فعلی و گذشته منطقه حاکی از آن است که رشته‌کوه بینالود در کواترنر حدود۸/۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمان فعلی سردتر بوده است. البته این میزان تفاوت برای همه نقاط منطقه یکسان نبوده و تحت‌تأثیر ارتفاع افزایش می‌یافته است، به‌طوری‌که بیشترین تفاوت حرارتی مربوط به مرتفع‌ترین قسمت و کمترین تفاوت مربوط به پست‌ترین نقطه منطقه بوده است. برای بازسازی شرایط رطوبتی گذشته، با توجه به اینکه از بیلان آبی گذشته اطلاعاتی در دست نبود نیاز به نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای فعلی منطقه داشتیم. برای تهیه نقشه هم‌بارش فعلی منطقه بعد از تهیه داده‌های بارشی ایستگاه‌های موجود رابطه بین بارش و ارتفاع محاسبه و نقشه میانگین سالانه بارش منطقه در عصر حاضر در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 تهیه شد(شکل۶ الف).

نقشه هم‌بارش حال حاضر منطقه نشان می‌دهد که میانگین سالانه حداقل بارش منطقه برابر با ۱۹۶میلی‌متر و میانگین حداکثر بارش برابر با ۵۵۱ میلی‌متر در مرتفع‌ترین قسمت منطقه است.

برآورد میزان بارش بینالود در کواترنر

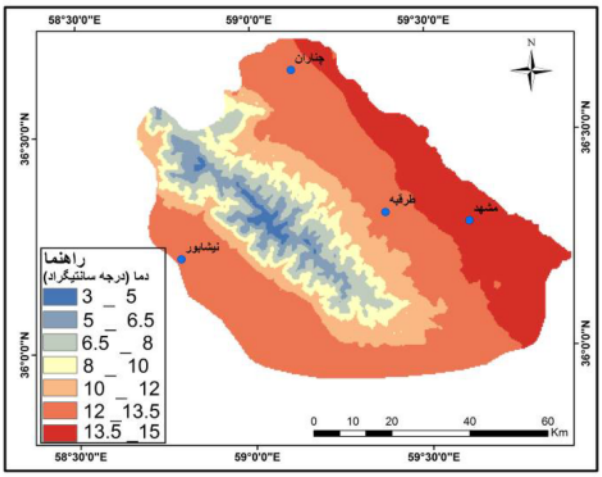
در این راستا بعد از همپوشانی نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای فعلی منطقه در نرم‌افزار ArcGIS رابطه بین دما و بارش محاسبه شد و با توجه به معناداری رابطه دما و بارش و ثابت بودن رابطه بین دما و بارش، با داشتن داده‌های دمایی زمان گذشته، نقشه هم‌بارش منطقه در دوره حاکمیت یخچال‌ها تهیه شد(شکل ۶ ب).

نقشه هم‌بارش منطقه در کواترنر حاکی از آن است که حداقل بارش در آن زمان برابر با ۳۶۹ میلی‌متر در پست‌ترین نقطه و حداکثر مقدار بارش برابر با ۸۳۲ میلی‌متر در مرتفع‌ترین بخش بوده است. مقایسه نقشه‌های هم بارش حال و گذشته منطقه نشان می‌دهد که میزان رطوبت محیطی در دوره‌ای که دمای محیط به میزان ۸/۸ درجه سانتی‌گراد کمتر بوده با مقدار بارش‌های فعلی تفاوت چشمگیری داشته است. به‌طوری‌که میزان بارش در زمان حاکمیت یخچال‌ها در ارتفاعات پایین بیش از دو برابر و در ارتفاعات بالا کمابیش ۱/۵ برابر مشاهده شد. این مقدار تغییر در رطوبت و دمای محیطی، به همراه نوع سازند موجود(شیست و شیل) منطقه تغییر اساسی در سیستم شکل‌زایی منطقه به وجود آورده، به‌گونه‌ای که از سیستم شکل‌زایی یخچالی در حال حاضر نشانی در دست نیست.

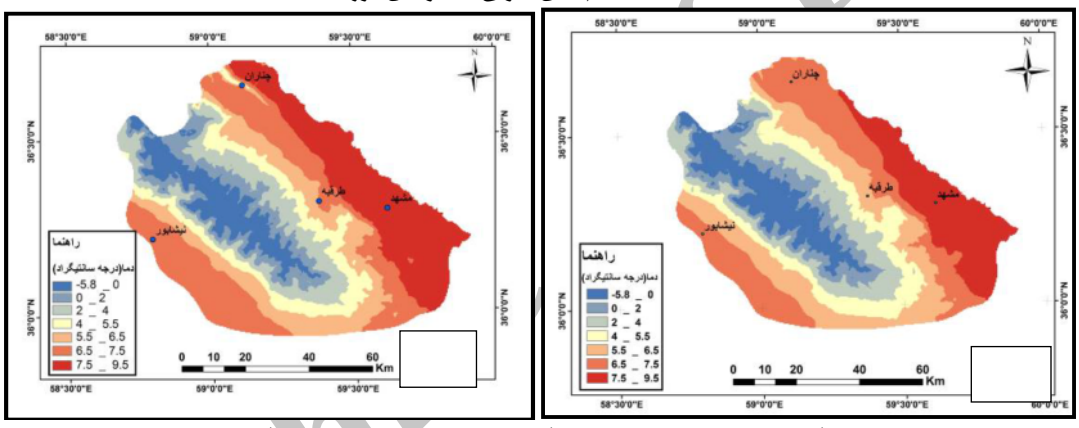
Archive of SID

www.SID.ir

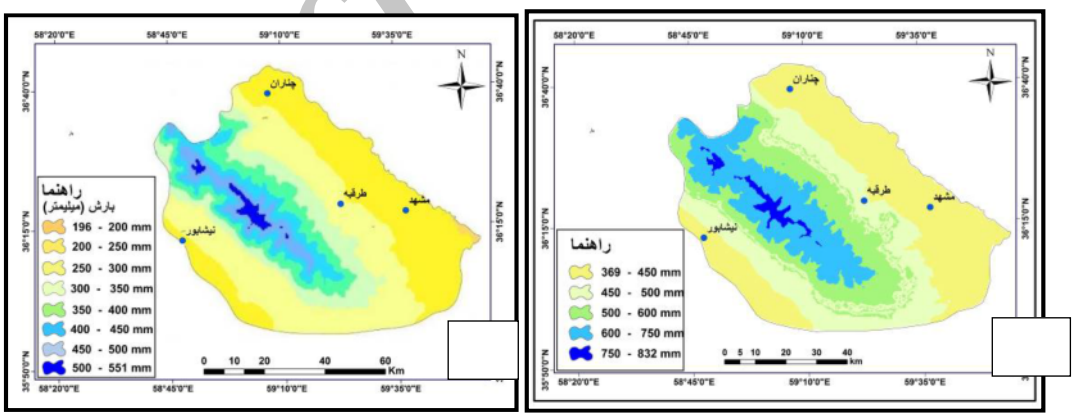
Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017



شکل۴: نقشه هم‌دمای کنونی محدوده‌ی موردمطالعه



شکل۵: الف: نقشه هم‌دما به روش رایت. ب: نقشه هم‌دما به روش پورتر



شکل ۶: الف: نقشه طبقه‌بندی بارش در دوره‌های قدیمی‌تر کواترنر ب: نقشه بارندگی سالیانه کنونی

تخمین خط‌مرز برف دائمی رشته‌کوه بینالود

تخمین خط‌مرز برف دائمی رشته‌کوه بینالود در کواترنر به روش رایت

روش رایت که یکی از روش‌های تعیین برف‌مرز دائمی شناخته می‌شود. بر شمارش سیرک‌های کوچک و محاسبه ارتفاع مدخل خروجی آن‌ها استوار است(رامشت به نقل از پاریزی،۱۳۹۲:۱۱۷). بر اساس سیرک‌های شمارش‌شده به روش رایت, خط ۶۰ درصد سیرک‌های منطقه مشخص شد. این خط ارتفاعی مشخص می‌کند که ۶۰ درصد سیرک‌ها, بالاتر از این

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

خط ارتفاعی قرار دارند. با محاسبه این خط, مرز برف دائمی در منطقه موردمطالعه در زمان حاکمیت یخچال‌ها در ارتفاع ۲۳۴۵ متری برآورد شده است(شکل ۸ الف).

تخمین خط‌مرز برف دائمی رشته‌کوه بینالود در کواترنر به روش پورتر

روش کف سیرک یکی از پنج روشی است که پورتر در مطالعه کوهستان‌های یخچالی عرض‌های پایین برای بازسازی ارتفاع خط تعادل(ELA) ارائه داده است. از میان روش‌های پنج‌گانه‌ی پورتر، با توجه به بارز بودن شواهد سیرک‌های یخچالی، روش مطالعه کف سیرک برای منطقه موردمطالعه مناسب‌تر است(شکل ۸ ب). زیرا بر اساس نظر پورتر، هنگامی‌که یخچالی فقط سیرک را پر می‌کند ELA دائمی آن خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک(CF) نیست بنابراین روش ارتفاع کف سیرک برای تعیین ارتفاع(خط تعادل) به کار می‌رود(پورتر،۲۰۰۱: ۱۰۶۸، به نقل از یمانی،۱۳۸۶) برای استفاده از این روش به‌منظور پی‌بردن به برف‌مرز گذشته و خط تعادل آب و یخ در منطقه موردمطالعه بعد از آماده کردن جدول ۲، از رابطه ۲ برای محاسبه نما یا مد استفاده‌شده است.

$$m_o = L + \frac{d_{1\cdot}}{d_1 + d_{2\cdot}} \times h$$ (رابطه ۲)

L : حد پایین رده نمادار

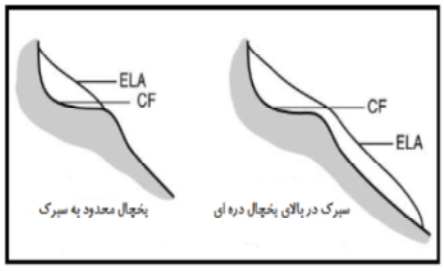
d_1 : تفاضل فراوانی رده ماقبل رده نمادار، از فراوانی رده نمادار

d_2 : تفاضل فراوانی رده مابعد رده نمادار، از فراوانی رده نمادار

h : فاصله رده ها

جدول ۲: توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در رشته‌کوه بینالود

ردیف	ارتفاع	فراوانی سیرک‌ها	دامنه شمالی بینالود	دامنه جنوبی بینالود
۱	۲۱۰۰ – ۲۰۵۰	۱	۱	-----
۲	۲۱۵۰ – ۲۱۰۰	۲	------	۲
۳	۲۲۰۰ – ۲۱۵۰	۲	۱	۱
۴	۲۲۵۰ – ۲۲۰۰	۲	۱	۱
۵	۲۳۰۰ – ۲۲۵۰	۲	۲	------
۶	۲۳۵۰ – ۲۳۰۰	۵	۳	۲
۷	۲۴۰۰ – ۲۳۵۰	۹	۵	۴
۸	۲۴۵۰ – ۲۴۰۰	۶	۱	۵
۹	۲۵۰۰ – ۲۴۵۰	۶	۳	۳
۱۰	۲۵۵۰ – ۲۵۰۰	۲	۱	۱
۱۱	۲۶۰۰ – ۲۵۵۰	۲	۱	۱
-----	جمع کل	۳۹	۱۹	۲۰



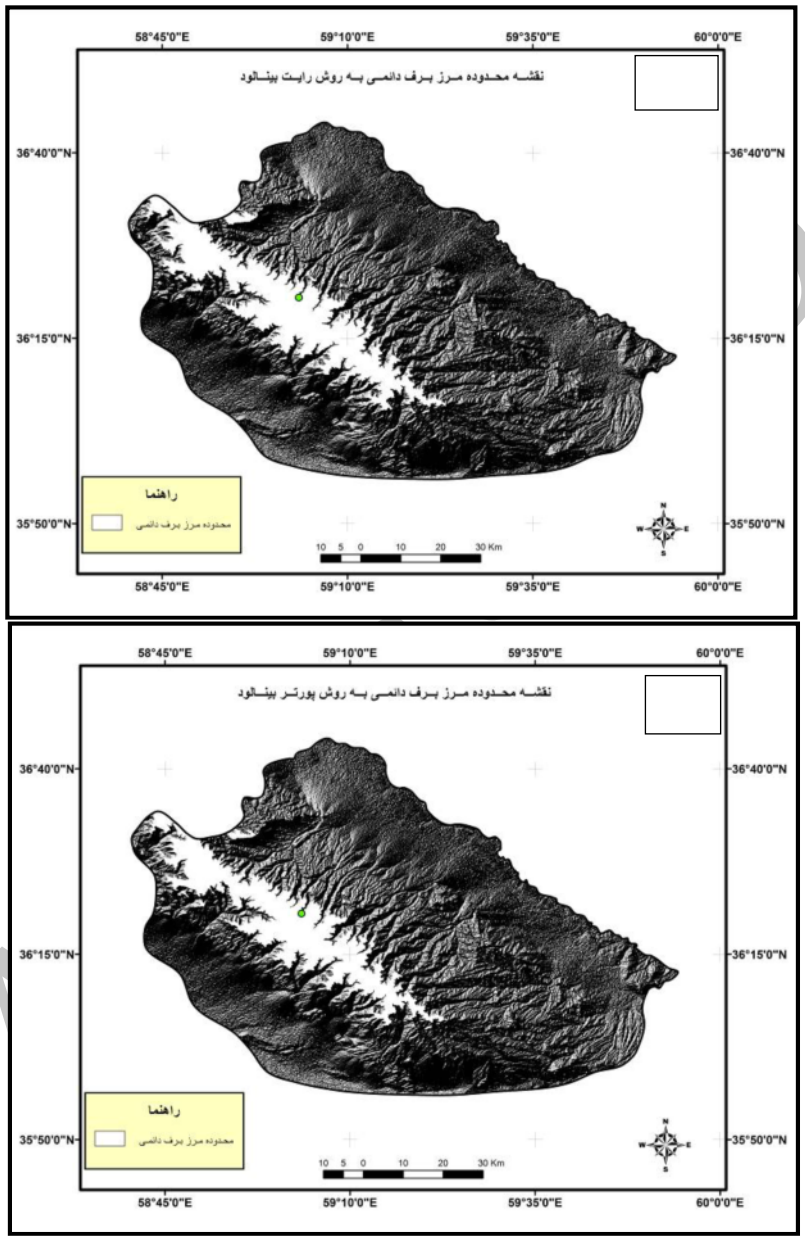
شکل ۷: روش ارتفاع کف سیرک(پورتر،۲۰۰۱: ۱۰۶۸ ،به نقل از یمانی،۱۳۸۶)

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

ارتفاع برف‌مرز آخرین دوره یخچالی برابر با مقدار نما در ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی است(یمانی به نقل از پاریزی۱۳۹۲: ۱۱۹). همان‌طور که در جدول ۲دیده می‌شود. مقدار مد یا نما در محدوده موردمطالعه ۲۳۶۰ متری قرار داشته است که در مقایسه با رایت ۲۵ متر اختلاف دارد.



شکل۸: الف: نقشه محدوده برف‌مرز به روش رایت ب: نقشه محدوده برف‌مرز به روش پورتر

نتیجه‌گیری

کشور ایران ازجمله مناطقی بوده است که در دوران کواترنر تحت تأثیر تناوب دوران یخبندان و بین‌یخبندان قرارگرفته است اما ابعاد و دامنه این تغییرات در تمام عرض‌های آن به یک صورت نبوده است. بنابراین اثبات این ادعا که ارتفاعات بینالود در شمال‌شرق ایران تحت تأثیر یخبندان‌های کواترنر قرار داشته در نگاه اول با شک و تردید همراه است اما نتایج این پژوهش پس از بررسی شواهد ژئومورفولوژی موجود و بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد که ارتفاعات بینالود در دوران کواترنر تحت تأثیر اقلیم سرد و یخچالی قرار داشته است به‌طوری‌که حداقل دمای متوسط سالانه بینالود در زمان

www.SID.ir

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

حاکمیت یخچال‌ها برابر۵/۸- درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۳۳۰۸ متری و حداکثر دمای متوسط سالانه منطقه برابر با ۹/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۸۷۰ متری بوده است. مقایسه نقشه هم‌دمای فعلی و گذشته منطقه حاکی از آن است که رشته‌کوه بینالود در کواترنر حدود ۸/۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمان فعلی سردتر بوده است. البته این میزان تفاوت برای همه نقاط منطقه یکسان نبوده و تحت تأثیر ارتفاع افزایش می¬یافته است، به‌طوری‌که بیشترین تفاوت حرارتی مربوط به مرتفع‌ترین قسمت و کمترین تفاوت مربوط به پست‌ترین نقطه منطقه بوده است. حداقل بارش در آن زمان برابر با ۳۶۹ میلی‌متر در پست-ترین نقطه و حداکثر مقدار بارش برابر با ۸۳۲ 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 ۸/۸ درجه سانتی‌گراد کمتر بوده با مقدار بارش‌های فعلی تفاوت چشمگیری داشته است. به‌طوری‌که میزان بارش در زمان حاکمیت یخچال‌ها در ارتفاعات پایین بیش از دو برابر و در ارتفاعات بالا کمابیش ۱/۵ برابر مشاهده شد. بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته حدود ۳۹ سیرک یخچالی در منطقه شناسایی‌شده است که حداقل ارتفاع شناسایی‌شده برای سیرک‌های منطقه ارتفاع ۲۱۰۰ متر می‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده خط‌مرز برف دائمی در منطقه در ارتفاع ۲۳۶۰ متری قرار دارد.

این پژوهش به‌عنوان گامی نو در جهت مطالعه‌ی آثار یخبندان‌های کواترنر در شمال‌شرق ایران بوده است. امید است این‌گونه مطالعات بنیادی، ضمن شناخت سرگذشت طبیعی ایران، زمینه مناسبی جهت پژوهش در این منطقه از ایران، توسط سایر پژوهشگران و علاقمندان فراهم سازد.

منابع

- المدرسی، سیدعلی و محمدحسین رامشت، ۱۳۸۶، آثار یخساری و یخچالی شیرکوه یزد در منطقه سخوید، فضای جغرافیایی، سال هفتم، شماره ۹، صص۳۱-۱.
- افشاری آزاد، محمدرضا و آیدا پورصبا، ۱۳۸۸، بررسی اشکال یخچالی و حدود گسترش آن در دامنه شمالی کوه سیالان، جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره ۱۳، صص ۳۰۰-۲۸۳.
- پاریزی، اسماعیل و همکاران(۱۳۹۲)، شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی در حوضه تنگوئیه سیرجان، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۳، ۱۲۸-۱۱۱.
- جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۸۳،. ژئومورفولوژی ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مشهد.
- رامشت، محمدحسین و محمدحسین کاظمی، ۱۳۸۱، آثار یخچالی در حوضه‌ی اقلید فارس، رشدآموزش جغرافیا، دوره‌ی بیست ویکم شماره ۳، صص ۱۱-۲.
- رامشت، محمدحسین و داوود پوردهقان، ۱۳۸۷، یخ در آتش: آثار یخچالی در منطقه‌ی بم، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۹، صص ۱۴۴-۱۳۰.
- رامشت، محمدحسین و همکاران، ۱۳۸۹، ردیابی آثار یخچال‌های طبیعی(مطالعه موردی: یخچال طبیعی حوضه تیگرانی ماهان)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲ شماره پیاپی۴۲، شماره ۲، صص۷۸،۵۹.
- رجبی،معصومه و مریم بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷، بررسی لندفرم‌های دره‌های یخچالی کوهستان سهند، پژوهش-های جغرافیای طبیعی، دوره۸، شماره ۶۴، صص ۱۲۱-۱۰۵.
- طاحونی، پوران، ۱۳۸۳، شواهد ژئومورفیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات طالش، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۷، صص ۵۵-۳۱.
- علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۸، ژئومورفولوژی ایران، چاپ اول، نشرقومس.

Archive of SID

www.SID.ir

- گرسول، ر، کی،آر، ۱۳۹۰، ژئومورفولوژی یخچالی، ترجمه حمزه زمانی، تهران، انتشارات پژوهشی نوآوران شریف.
- نعمت اللهی، فاطمه ومحمدحسین رامشت، ۱۳۸۴، آثار یخساری در ایران، فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی، دوره۹، شماره ۴، صص ۱۶۲-۱۴۳.
- یمانی، مجتبی، ۱۳۸۱، ژئومورفولوژی یخچال‌های علم‌کوه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۲، صص ۱۸-۱.
- یمانی، مجتبی، ۱۳۸۶، ژئومورفولوژی یخچال‌های زردکوه(بررسی اشکال ژئومورفیک و حدود گسترش آن‌ها)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، صص۱۳۹-۱۲۵.
- یمانی، مجتبی و حمزه زمانی، ۱۳۸۶، بازیابی حدود برف مرز دره شهرستانک در آخرین دوره یخچالی، جغرافیا، سال پنجم، شماره ۱۲ و ۱۳، صص ۱۱۶-۹۹.
- *Brooks, I.A., 1982. Geomorphological evidence for climatic change in Iran during the last 20000 Years. PPH communities in the eastern Mediterranian region in later prehistory.* British Archeological Reports, International Series, 133*, pp.191-230.*
- *Kurter, A., 1991. Glaciers of Middle East and Africa-Glaciers of Turkey. In* Satellite image atlas of the world *(Vol. 1386, pp. 1-30). USGS Professional Paper.*
- *Pedrami, M. (1982).Pleistocene and Paleo Climate in Iran.Geo, l, Surv, Tehran.*
- Thouret, J.C., 1999. Volcanic geomorphology—an overview. *Earth-science reviews*, *47*(1), pp.95-131.

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 14:08 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

Archive of SID

www.SID.ir