

تخمین برف‌مرز در آخرین دوره یخچالی در حوضه دالاخانی

منیژه قهرودی‌تالی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران*
کامظم نصرتی: استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
اسماعیل عبدلی: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۹/۱ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۲، صص ۲۴۶-۲۳۱

چکیده

گسترش بیشتر برف‌مرزهای دائمی در دوره‌های یخچالی نسبت به زمان حاضر آثار خود را به صورت سیرک‌ها، دره‌های عریض، خراشیدگی سنگ‌های سخت دره‌ها و مورن‌ها در ارتفاعات پائین به جای گذاشته است. چون تعیین قلمروهای اقلیمی در نواحی کوهستانی به صورت سطوحی ارتفاعی انجام می‌شود، لذا ارقام ارتفاعی بیانگر سیستم‌های شکل‌زایی و فرآیندهای غالب فرسایشی است. این پژوهش با هدف تعیین برف‌مرز در آخرین دوره سرد در حوضه دالاخانی در شمال شرقی استان کرمانشاه انجام شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، داده‌های ارتفاعی Aster، مشاهدات میدانی و بررسی‌های رسوب‌شناسی است. ابتدا با توجه به مشاهدات میدانی و نقشه‌های توپوگرافی، سیرک‌های موجود در منطقه شناسایی گردید و سپس بر اساس روش رایت خط برف‌مرز دائمی در آخرین دوره یخچالی تعیین گردید. نقشه هم‌دمای آخرین دوره سرد با استفاده از مدل رگرسیون میانگین دما و ارتفاع معادل ۶۰ درصد سیرک‌ها در منطقه تهیه شد. نمونه‌برداری از رسوبات منطقه به منظور دانه‌سنجی، محاسبه پارامترهای رسوب‌شناسی و میکروسکوپی انجام شد. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد که برف‌مرز دائمی در آخرین دوره یخچالی ۲۸۲۰ متر بوده است و میانگین دمای حوضه دالاخانی نسبت به زمان حاضر ۵/۳۸ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است. جور شدگی ضعیف نمونه‌های رسوب و درصد قابل ملاحظه ذرات زاویه دار آنها مشخص نمودند که رسوباتی که امروزه بخشهای پست‌تر حوضه دالاخانی را پوشانده، منشأ یخچالی دارند و توسط سیلاب‌های قلمرو مجاور یخچالی به ارتفاعات پایین‌تر منتقل شده است.

واژه‌های کلیدی: برف‌مرز، دوره یخچالی، حوضه دالاخانی، تغییرات اقلیمی

۱- مقدمه

پلئستوسن وسعت قابل توجهی از نواحی مرتفع کوهستانی ایران توسط یخچالهای کوهستانی دچار تغییر شکل شده‌اند. هر چند که این تغییر شکل به علت موقع جغرافیائی و شکل ناهمواری‌های ایران شبیه اروپا و آمریکای شمالی نبوده اما از نوسانات شدید اقلیمی آن نیز مصون نمانده است (رامشت،

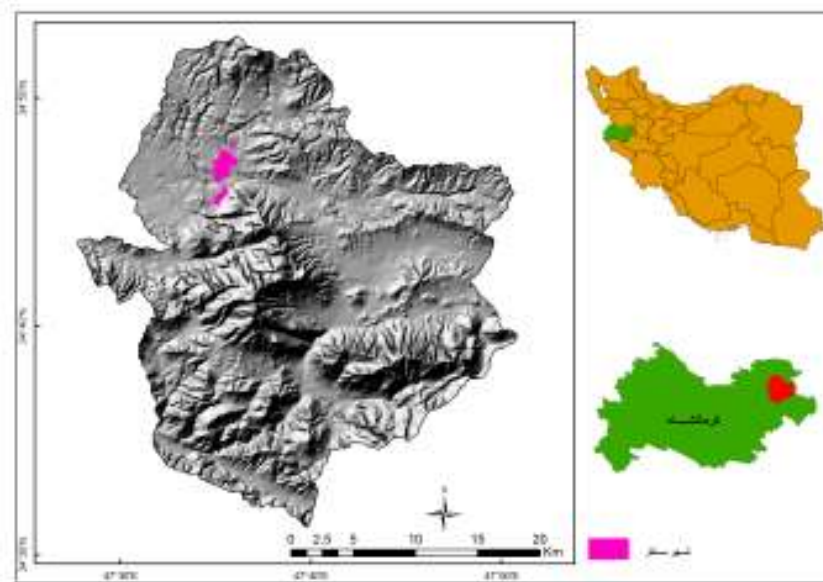
تحولات اقلیمی ایران در کواترنر نقش ویژه‌ای در شکل‌لندفرم‌های کنونی ایران دارد. تغییر قلمرو برف‌های دائمی در کواترنر از نتایج این تحولات به شمار می‌رود که به عنوان مرز تغییرات قلمروهای شکل‌زایی در ایران بوده است (Prokop, 2009). در طول

کارهای صورت گرفته در زمینه‌ی شناسایی و مطالعه‌ی فرسایش یخچالی و شواهد آن مربوط به مطالعات رایج می‌باشد. براساس نوشته‌های رایج منطقه‌ی هلگورد در کردستان عراق و در نزدیکی مرزهای ایران در عصر پلیستوسن تحت تأثیر فعالیت یخچال‌های کوهستانی بوده است. او ارتفاع برفمرزهای این منطقه در دوره کواترن را ۱۸۰۰ متر می‌داند، وی همچنین در جنوب غرب ازنا در اشتران کوه، سیرک یخچالی در جبهه شمالی را در ۳۰۰۰ متری و یخرفت‌ها را در دره‌های کوچک تا ارتفاع ۲۶۰۰ متری مشاهده کرده است (Wright, 1962). بر اساس نقشه‌ی پیدرامی خط برف دائمی در دوره‌ی وورم اخیر در محدوده‌ی از سردشت تا ارومیه، ۱۶۰۰ متر می‌باشد که این ارتفاع در امتداد قندیل تا هلگورد در کردستان عراق ادامه می‌یابد. ارتفاع برفمرز را برای حوضه دالاخانی در نقشه فوق، ۲۵۰۰ متر است (پیدرامی، ۱۹۸۲). براساس مطالعه قهرودی تالی و حسنی (۲۰۱۲) در کوهستان قندیل سه قله به نام‌های قندیل کوچک، قندیل بزرگ و قوچی کاران که حداکثر ارتفاع آنها ۳۴۰۰ متر می‌باشند، ارتفاع برفمرز در آخرین دوره یخچالی ۱۶۵۰ متر بوده است. رامشت (۱۳۸۱) نیز یافته‌های دانشمندانی چون هاگه درن و کوهله 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 شیرکوه مطالعه نموده و به پایین آمدن زبان‌های یخی تا زمین‌های پست تأکید کرده است. یمانی (۱۳۸۵، ۸) به بررسی اشکال ژئومورفیک یخچالها و حدود گسترش آنها در منطقه زرد کوه پرداخته است. قهرودی (۱۳۹۰، ۱۱) قلمرو برف‌های دائمی در آخرین دوره سرد در حوضه هراز

(۱۳۸۱). گسترش بیشتر برفمرزهای دائمی در دوره‌های سرد نسبت به زمان حاضر آثار خود را به صورت سیرک‌ها، دره‌های عریض، خراشیدگی سنگ‌های سخت دره‌ها و مورن‌ها در ارتفاعات پائین به جای گذاشته است. از آنجا که تعیین محدوده‌های اقلیمی در نواحی کوهستانی به صورت سطوحی ارتفاعی مورد توجه است لذا ارقام ارتفاعی می‌تواند گویای مرز مشخص و تسلط عوامل متفاوت فرسایشی باشد. براین اساس برای مطالعه تحول پیکر شناسی نواحی کوهستانی، پژوهشگران سعی می‌کنند برفمرزهای دائمی را در دوره‌های یخچالی و بین یخچالی تعیین کنند، بدین منظور وجود سیرک‌های یخچالی قدیمی در حال حاضر می‌تواند ما را در شناسایی برفمرزهای دائمی کمک نماید (محمودی، ۱۳۶۸، ۱۲). وجود شواهد و آثار ژئومورفولوژیک یخچال‌ها در مناطق مختلف ایران، حاکی از عملکرد یخچال‌ها در این مناطق است از طرفی دیگر، دماوند، علم کوه، سبلان، اشترانکوه و زردکوه از مرتفع‌ترین قله کوهستانی ایران به شمار می‌آیند که دارای یخچال فعال می‌باشند (وزیری، ۱۳۸۲، ۳۸). بیشتر مطالعات یخچال‌های ایران مربوط به یک سده اخیر است (Rob, 1981). ژاک دومرگان (۱۸۹۰) سیرک‌های یخچالی قدیمی را در اشترانکوه (در ارتفاع معادل ۳۸۰۰ متر) و قلیان کوه (در ارتفاعی معادل ۲۴۴۰ متر) مطالعه نمود و نشان داد که در دوره کواترنری یخچال‌های کوهستانی و دریاچه‌ها در ایران وجود داشته‌اند. هانس بوبک (۱۹۳۳) در مورد یخچال‌های رشته کوه البرز و ارتفاعات کردستان مطالعه نموده و دزیو (۱۹۳۴) در مورد یخچالها زرد کوه بختیاری تحقیقاتی انجام داده است (جداری عیوضی، ۱۳۸۳، ۳۴). عمده‌ترین

سودمند باشد (رامشت، ۱۳۸۹). این پژوهش با هدف تعیین برفمرز در آخرین دوره سرد در حوضه دالاخانی در شمال شرقی استان کرمانشاه انجام شده است. شهر سنقر در این حوضه می باشد (شکل ۱). وسعت حوضه ۸۱۹ کیلومتر مربع می باشد. حداقل ارتفاع حوضه ۱۵۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۳۰۰ متر است.

را تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری می داند. به طور کلی شواهد ژئومورفولوژیک و لندفرم‌های موجود مانند سیرک‌های یخچالی، دره‌های یخچالی، مورن‌ها و تیل‌ها در مناطق مختلف ایران و در منطقه مورد مطالعه حاکی از عملکرد فرایندهای یخچالی است که شناسایی این اشکال علاوه بر اثبات تغییرات اقلیمی گذشته می تواند در کشف روند حاکم بر لندفرم‌ها و شناخت محدودیت‌ها و پتانسیل‌های محیطی در برنامه‌ریزی



شکل ۱: موقعیت حوضه دالاخانی در زاگرس

و رسوبات بدون چینه بندی و با قطعات زاویه دار شناسایی شد. شکل ۲ سیرکی را در ارتفاعات دالاخانی نشان می دهد. فراوانی سیرک‌های موجود با توجه به نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ داده‌های ارتفاعی Aster مورد بررسی قرار گرفت و تعداد ۱۴ سیرک در ارتفاع ۲۳۴۰ تا ۳۱۴۰ متری شناسایی گردید (Allen, 1998: 207-216). همانطور که جدول ۱ نشان می دهد، ۴۹/۹۹ درصد سیرک‌ها در ارتفاع ۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰ متری می‌باشند.

۲- داده و روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌ی زمین-شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، داده‌های ارتفاعی Aster، مشاهدات میدانی و بررسی های رسوب‌شناسی بوده است. این تحقیق طی مراحل زیر انجام شده است: ابتدا کوهستان دالاخانی و محدوده اطرافش مورد مشاهدات میدانی قرار گرفت و شواهد یخچالی از جمله آثار باقی مانده از سیرک‌ها، دره های عریض

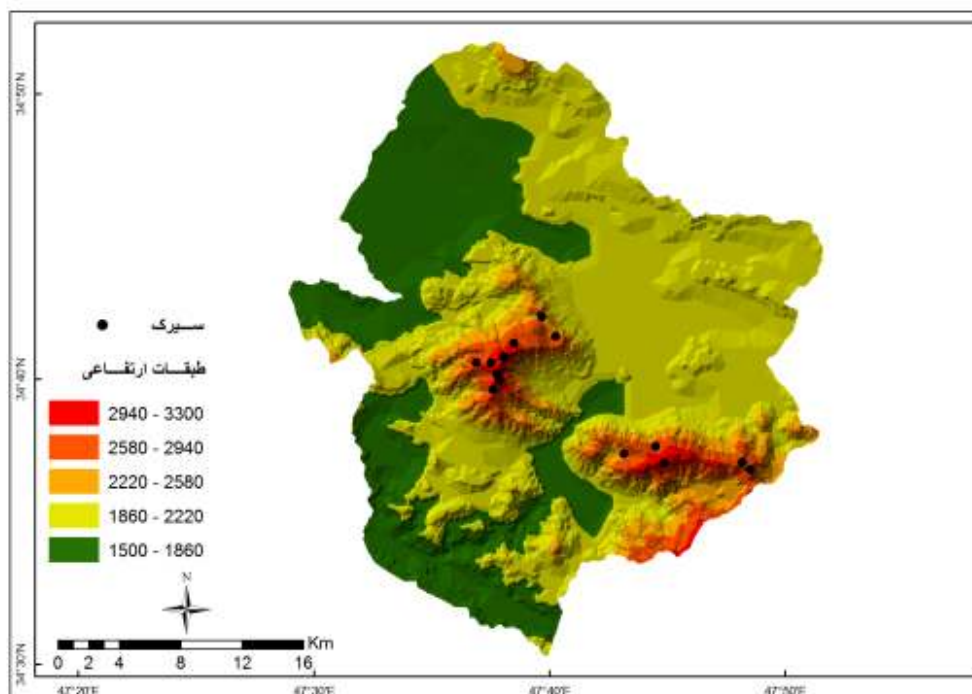
شکل ۳ نحوه توزیع سیرک‌های موجود در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۲: سیرک یخچالی در کوه دالاخانی

جدول ۱: توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های حوضه دالاخانی

طبقات ارتفاعی سیرک‌ها	تعداد سیرک‌ها	درصد سیرک‌ها	درصد تجمعی
۲۳۰۰-۲۴۰۰	۱	۷/۱۴	۷/۱۴
۲۴۰۰-۲۵۰۰	۰	۰	۷/۱۴
۲۵۰۰-۲۶۰۰	۱	۷/۱۴	۱۴/۲۸
۲۶۰۰-۲۷۰۰	۲	۱۴/۲۸	۲۸/۵۶
۲۷۰۰-۲۸۰۰	۵	۳۵/۷۱	۶۴/۲۷
۲۸۰۰-۲۹۰۰	۱	۷/۱۴	۷۱/۴۱
۲۹۰۰-۳۰۰۰	۱	۷/۱۴	۷۸/۵۵
۳۰۰۰-۳۱۰۰	۱	۷/۱۴	۸۵/۶۹
>۳۱۰۰	۲	۱۴/۲۸	۱۰۰



شکل ۳: موقعیت سیرک‌های یخچالی حوضه دالاخانی

شد و نقشه هم دمای حاضر تهیه شد. سپس براساس رگرسیون خطی بین ارتفاع و میانگین دمای سالهای ۲۰۰۷-۱۹۸۰ و مدل رقومی ارتفاع، نقشه هم دمای گذشته ترسیم شد (رابطه ۱ و جدول ۲). در نهایت اختلاف دمای حاضر و گذشته تهیه شد.

$$y = -0.006x + 22.299 \quad R^2 = 0.9484 \quad \text{رابطه ۱}$$

برای تعیین خط برفمرز دائمی در گذشته ابتدا بر اساس روش رایت خط ۶۰ درصد سیرک‌های منطقه مشخص شد. سپس با به دست آوردن اختلاف ارتفاع بین سیرک‌ها و با استفاده از خط ۶۰ درصد، برفمرز دائمی در آخرین دوره یخچالی در ارتفاع ۲۸۲۰ متری مشخص گردید (Porter, 2001, 1068). بدین معنی که در سردترین دوره‌ی حاکم بر منطقه از این ارتفاع به بالا برف به صورت دائمی در تمام طول سال وجود داشته است.

برای تعیین اختلاف دمای حاضر با آخرین دوره سرد از داده‌های اقلیمی ۱۲ ایستگاه هواشناسی و روش درون یابی توان دوم فاصله معکوس استفاده

جدول ۲: ارتفاع و میانگین دمای سالانه در منطقه مورد مطالعه (سالهای ۲۰۰۷-۱۹۸۰)

نام ایستگاه	ارتفاع	میانگین دما	نام ایستگاه	ارتفاع	میانگین دما
تبخیر سنج بلبان آباد	۲۰۱۵	۱۰/۷	سینوپتیک اسلام آباد غرب	۱۴۶۸/۸	۱۳/۶
اقلیم شناسی قاملو	۱۹۱۰	۱۰/۹	تبخیر سنج روانسر	۱۳۸۸	۱۳/۹
سینوپتیک قروه	۱۹۰۶	۱۱/۴	سینوپتیک کرمانشاه	۱۳۱۸/۶	۱۵
سینوپتیک سنقر	۱۷۰۰	۱۲/۲	تبخیر سنج دو آب مرگ	۱۳۱۰	۱۳/۴
اقلیم شناسی موچش	۱۶۴۰	۱۲/۸	تبخیر سنج پل چهر	۱۲۸۰	۱۴/۵
سینوپتیک کنگاور	۱۴۶۸	۱۳/۲	سینوپتیک سرپل	۵۴۵	۱۹/۸

برداری در مکانهای برش خورده طبیعی یا مصنوعی بوده است. نمونه های برداشت شده پس از خشک نمودن، مورد آنالیز گرانولومتری یا دانه سنجی قرار گرفت جدول ۴، قطر ذرات و درصد تجمعی رسوب های نمونه برداری شده را نشان می دهد.

برای بررسی رسوبات از روش دانه سنجی و مورفوسکپی استفاده شد. این روشها برای مطالعات منشاء یابی رسوب شیوه مرسوم می باشد (رامشت، ۱۳۹۰). به این منظور نمونه برداری از رسوبات منطقه (۶ نقطه) انجام شد. جدول شماره ۳ موقعیت نقاط نمونه برداری را نشان می دهد. نقاط نمونه

جدول شماره ۳: موقعیت رسوب های نمونه برداری شده

موقعیت جغرافیایی	ارتفاع	موقعیت نمونه برداشت شده در منطقه
۴۷ ۳۷ ۲۳ N ۳۴ ۴۵ ۵۶ E	۱۷۳۲	پادگانه اول تراشه جاده در حال احداث
۴۷ ۳۵ ۵۱ N ۳۴ ۴۵ ۲۷ E	۱۷۱۲	فونداسیون ساختمان مسکن مهر
۴۷ ۳۷۳۴ N ۳۴ ۴۶۰۰ E	۱۷۱۸	پادگانه دوم
۴۷ ۳۶ ۳۱ N ۳۴ ۴۶۷ E	۱۶۹۲	پادگانه آبرفتی سوم
۴۷ ۳۶ ۲۶ N ۳۴ ۴۵ ۵۰ E	۱۷۳۱	امتداد دره (تراشه)
۴۷ ۳۵ ۳۷ N ۳۴ ۴۶ ۳۶ E	۱۶۸۸	عمق ۱۰ متری چاه (بستر سنقر)

جدول شماره ۴: قطر ذرات و درصد تجمعی رسوب های نمونه برداری شده

قطر ذرات	درصد تجمعی (نمونه اول)	درصد تجمعی (نمونه دوم)	درصد تجمعی (نمونه سوم)	درصد تجمعی (نمونه چهارم)	درصد تجمعی (نمونه پنجم)
<۰.۶۳	۰/۱	۰/۲۶	۰/۱۳	۰/۲۴۸	۰/۰۷
۰.۶۳	۰/۲۲	۰/۴۵	۰/۳	۰/۶۲۳	۰/۱۳
۰.۰۷۴	۱/۰۳	۱/۲۱	۰/۸۶	۱/۴۳۷	۰/۲۸
۰.۱۲۵	۳/۹۶	۴/۱۲	۳/۳۲	۴/۸۸۷	۱/۴
۰.۲۵	۴/۶	۴/۷۳	۳/۹۷	۵/۷۰۳	۱/۸۴
۰.۲۹۷	۷/۶	۷/۳۳	۶/۸۲	۸/۵۹۴	۳/۶۲
۰.۵	۱۵/۸۸	۱۴/۰۵	۱۵/۷۹	۱۷/۳۶۳	۸/۲۲
۱	۲۲/۶۲	۳۱/۸۶	۳۱/۵۱	۴۰/۰۲۶	۱۴/۴۱
۲	۳۰/۷۴	۴۴/۲۶	۴۰	۵۶/۶۵۳	۱۷/۵۷
۲.۸۳	۳۷/۱۵	۶۱/۵۸	۵۱/۶۳	۷۴/۷۵۹	۲۱/۸۴
۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

$$\bar{x} = \frac{\sum f.m}{n}$$

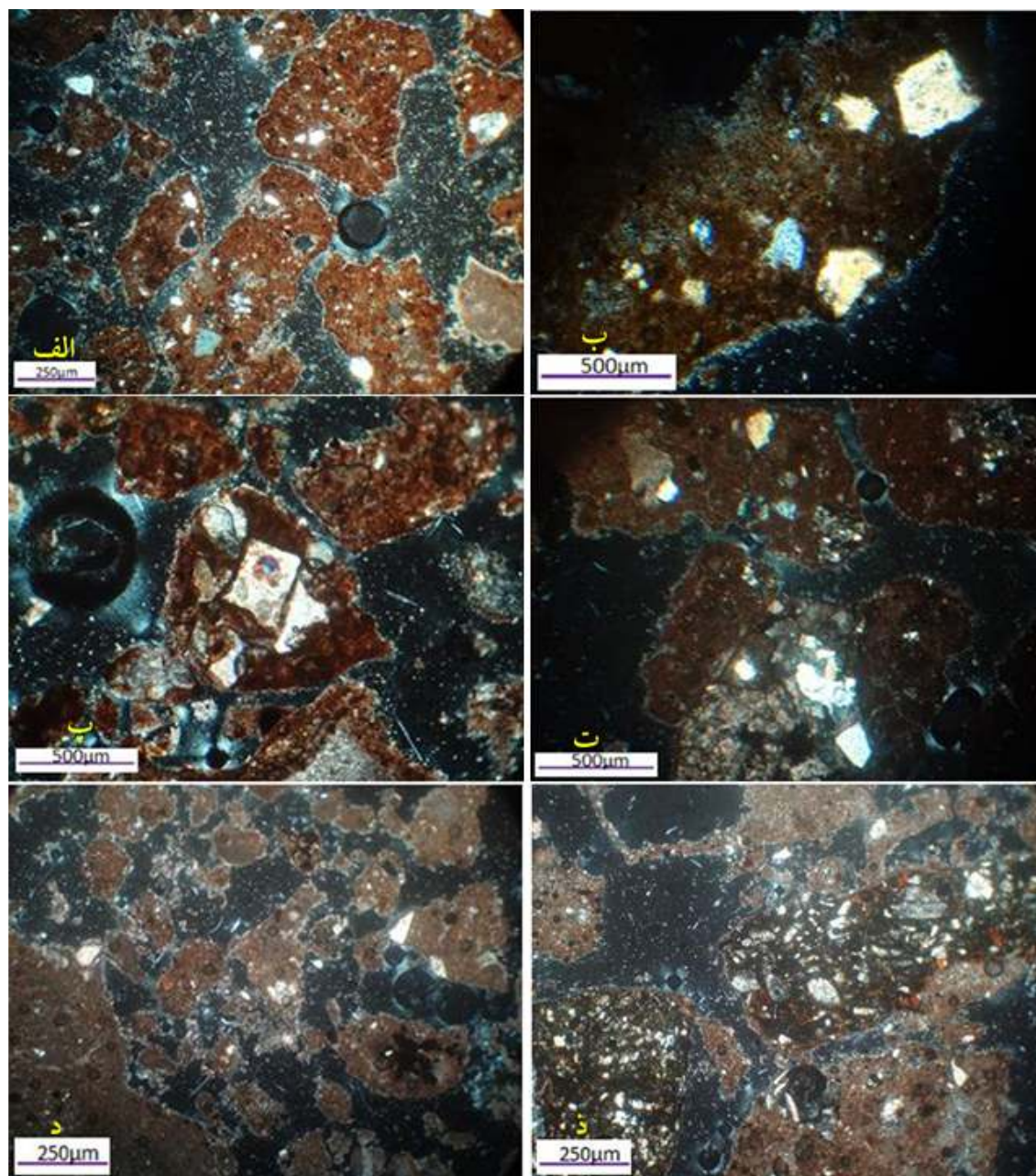
برای منشایابی رسوبات، بررسی های میکروسکوپی بر روی دانه های بسیار ریز انجام شد تا حاکمیت عملکرد آب، باد و یخچال را مشخص نماید (رامشت، ۱۳۸۱). بدین منظور از رسوبات امیلی متر تا ۰.۶۳ میکرون پس از فشرده سازی، مقطع نازک تهیه شد و توسط میکروسکوپ پلاریزان، گردش دانه ها مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۴ مقاطع نمونه ها را نشان می دهد.

برای محاسبه پارامترهای آماری رسوبات از روش لحظه ای فولک استفاده شد (رابطه ۲). در این رابطه، f = فراوانی هر رده رسوبی یا درصد وزنی، m = نقطه وسط هر رده در مقیاس فی و \bar{x} = میانگین که براساس رابطه ۳ محاسبه می شود (اهری پور، ۱۳۸۵، ۶۸).

رابطه ۲

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(m - \bar{x})^2}{100}}$$

رابطه ۳



شکل ۴: مقاطع میکروسکوپی نمونه‌ها

۳- یافته‌های تحقیق

تعداد ۱۴ سیرک متعدد یخچالی در نقشه‌های توپوگرافی و مشاهدات میدانی شناسایی شد که ۵ تا از آنها در ارتفاع ۲۸۰۰-۲۷۰۰ متری قرار داشت. شکل ۵

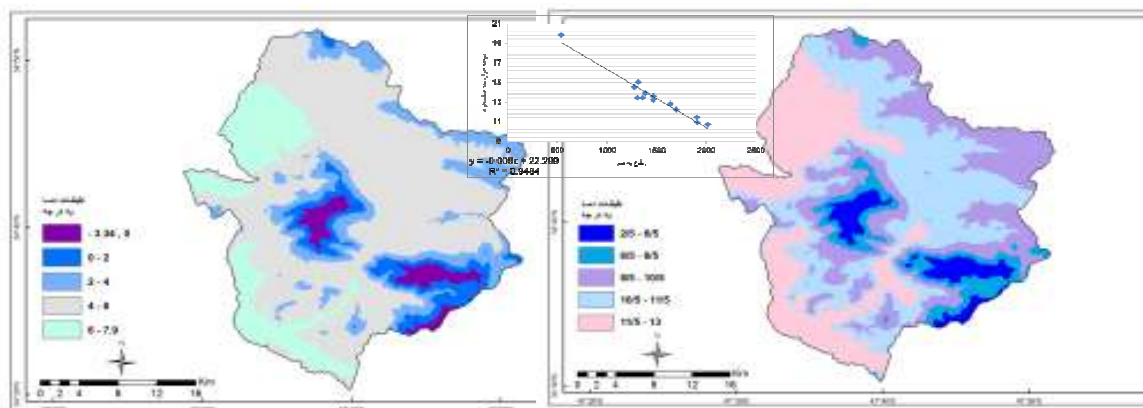
محدوده سیرک‌ها را در روی تصویر Google Earth نشان می‌دهد. همچنین براساس روش رایست ۶۰ درصد سیرکها در ارتفاع ۲۸۲۰ متری قرار داشت به عنوان برف‌مرز دائمی در گذشته تعیین گردید. دمای

منحنی تجمعی آن‌ها خمیدگی به سمت بالا را نشان دادند. شکل ۷ میانگین دانه‌سنجی نمونه‌ها را نشان می‌دهد و جدول ۵ نوع جورشدگی رسوبات نمونه برداری شده را ارائه کرده است. نتایج بررسی مقاطع میکروسکوپی از رسوبات با ابعاد ۱ میلی‌متر تا ۰/۶۳ میکرون، آنها را از لحاظ گردشدگی دانه‌ها در سه رده گردشده، نیمه زاویه‌دار و زاویه‌دار قرار داد (موسوی-حرمی، ۱۳۶۷). شکل ۸ درصد رسوبات هر سه رده را نشان می‌دهد. این بررسی‌ها که به منظور شناسایی منشأ دینامیکی یا به عبارتی برتری عملکرد آب، باد و یخچال انجام شد، درصد قابل توجهی از آنها را زاویه‌دار نشان داد (رامشت، ۱۳۸۱).

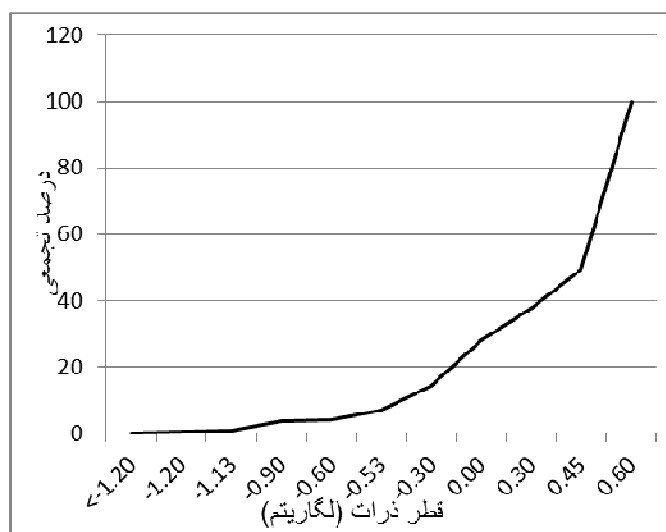
فعلی برفمرز براساس درون یابی میانگین دمای دراز مدت دمای، معادل ۵/۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به بیانی دیگر میانگین دمای هوا در آخرین دوره سرد ۵/۳۸ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است. توزیع دمای آخرین دوره سرد براساس معادله رگرسیون ارتفاع و میانگین دمای ماهانه، اختلاف ارتفاع بین حداقل و حداکثر ارتفاع سیرک‌ها، خط ۶۰ درصد سیرک‌ها و ارتفاع خط برفمرز دائمی محاسبه شد (شکل ۶). طبق معادله اخیر افت متوسط دمای ماهانه به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۶ درجه سانتی‌گراد و افت دمای فصلی بین ۴/۳ درجه سانتی‌گراد در شهریورماه و تا ۷/۷ درجه سانتی‌گراد در دی ماه تغییر می‌یابد. نتایج دانه‌سنجی از ۶ نمونه رسوب، مخلوطی از دانه‌های درشت و ریزرا نشان داد که بی‌نظمی زیادی و جورشدگی بد یا ضعیفی داشتند. همچنین



شکل ۵: سیرک‌های موجود در کوه دالاخانی (ماخذ: Google Earth)



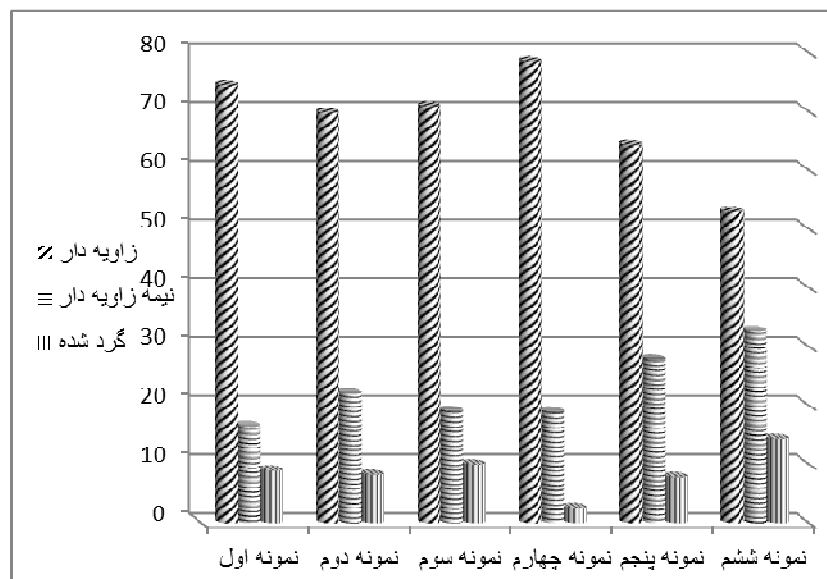
شکل ۶: رگرسیون دما و ارتفاع، نقشه هم‌دمای حال حاضر (راست) و نقشه هم‌دمای حوضه دالان‌خانی در آخرین دوره یخبچالی (چپ)



شکل ۷ نمودار حاصله از دانه سنجی رسوبات نمونه برداری شده

جدول ۵: نوع جورشدگی رسوبات نمونه برداری شده

نوع جورشدگی	مقدار جورشدگی	نمونه
جورشدگی بد یا ضعیف	۱/۴۴	اول
جورشدگی بد یا ضعیف	۱/۴۰	دوم
جورشدگی بد یا ضعیف	۱/۴۲	سوم
جورشدگی بد یا ضعیف	۱/۴۱	چهارم
جورشدگی بد یا ضعیف	۱/۱۲	پنجم



شکل ۸: گراف درصد گردشدگی و کرویت ذرات

۳- بحث

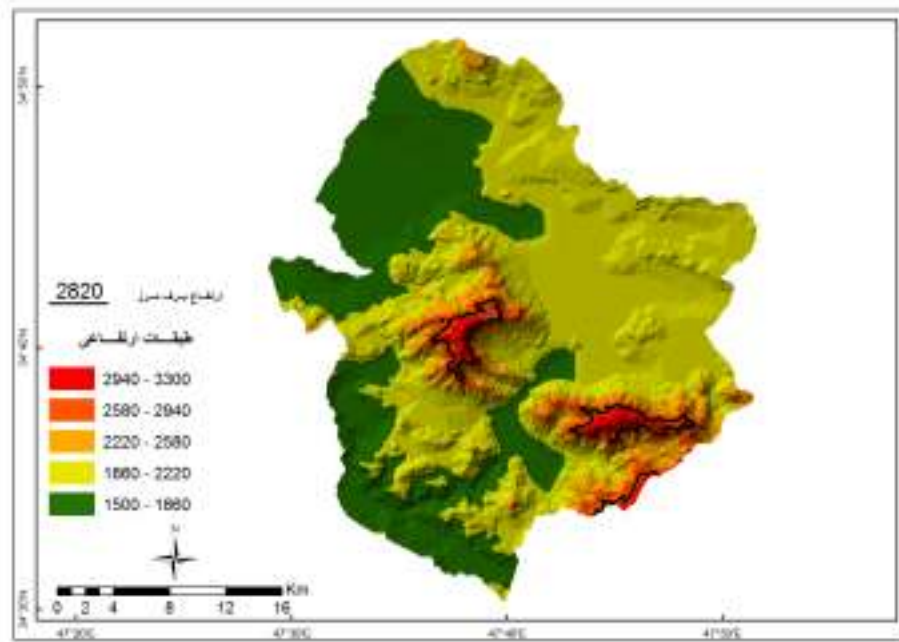
از رسوبات ریز و درشت با ترکیب نامنظم پوشیده شده بود که به نظر می‌رسید که رواناب ناشی ذوب برفها این مواد را به داخل این دره‌ها می‌کشاند. ضخامت زیاد رسوبات و وجود پوشش گیاهی پراکنده حاکی از استمرار فرآیند حمل می‌باشد. این فرآیند که امروزه در ارتفاعات بالا وجود دارد، احتمالاً در دوره‌های یخچالی در ارتفاعات پایین‌تر از برفمرز که بارش بیشتری داشته است با قدرت بیشتری عمل نموده است و رسوبات ریز دانه را تا پایین دامنه انتقال داده است. پادگان آبرفتی در ۶ کیلومتری سیرک‌ها مشاهده شده است (شکل ۱۲). ۷۰ درصد نمونه‌های برداشت شده (نمونه سوم و چهارم) از این پادگان شامل ذرات زاویه دار است که علیرغم انتقال آنها توسط آب به دلیل کمی فاصله و ریز بودن رسوبات زوایای آنها از بین نرفته است و بیانگر منشاء یخچالی است. همچنین جور شدگی ضعیف آن نمی‌تواند حاکی از فرآیند دیگری باشد. این پادگان در حال

بررسی‌ها نشان داد که محدوده ارتفاع ۲۸۲۰ متر به بالا قلمرو یخچالی در آخرین دوره سرد بوده است (شکل ۹). چون میانگین دمای فعلی این ارتفاع ۵/۳۸ درجه می‌باشد لذا میانگین دمای قلمرو یخچالی ۵/۳۸ - درجه سانتی‌گراد بوده است که احتمالاً این دما در زمستان کاهش بیشتری داشته است به طوری که حداقل دمای فعلی این محدوده ۲/۵۶ درجه است. این کاهش دما در دوره یخچالی سبب گردیده که حرکت یخ اشکال کاوشی متعددی را ایجاد نماید. بررسی نقشه ناهمواری^۱ این قلمرو (شکل ۱) نشان داد که دره‌های متعدد و پهن به سمت سیرک‌ها کشیده شده است که مسیر حرکت در مشاهدات میدانی از داخل این دره‌ها انجام شد. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نمونه‌هایی از دره‌های پهن را کوهستان دالاخانی نشان می‌دهد. به سمت ارتفاعات بالاتر عرض دره‌ها کمتر می‌شد و کف دره

¹ Hillshade

که اکنون بستر شهرهایی مانند سنقر است. بنابراین می‌توان به استناد نتایج حاصله از گرانولومتری که جورشدگی بد و ضعیف را نشان داده و همچنین نتایج میکروسکپی که درصد بالای رسوبات زاویه‌دار محاسبه نموده است، احتمال منشأ یخچالی بودن آنها را قوی دانست. این رسوبات توسط سیلابهای قلمرو مجاور یخچالی تا محدوده فعلی پایین آمده است. فاصله حمل کوتاه فرصت کافی برای از بین بردن زوایای آن را توسط جریانهای سیلابی فراهم ننموده است. لذا تحول اقلیمی و به تبع آن تحول سیستم شکل‌زایی در این منطقه وجود داشته است، به طوریکه در آخرین دوره سرد، یخچالها در این قلمرو گسترش داشته‌اند و آثار خود را به صورت سیرک‌ها و دره‌های یخچالی به جای گذاشته‌اند. ارتفاع ۲۸۲۰ متر مرز دو سیستم شکل‌زایی یخچالی و مجاور یخچالی بوده است. در سیستم شکل‌زایی یخچالی حرکت یخ در دره‌ها غالب بوده است و رسوبات را به سمت ارتفاعات پایین تر انتقال داده است و در ارتفاع پایین‌تر از این قلمرو، یخ‌بندان و ذوب نیز بر حجم رسوبات افزوده است. رسوبات ناشی از حرکت یخچالها و هوازدگی فیزیکی با سیلاب‌های ناشی از بارندگی و ذوب یخها حرکت نموده و بخش‌های پست‌تر را پوشانده است. دلیل وجود کریوکلاستی و رسوبات یخچالی را می‌توان در زاویه‌دار بودن آنها جستجو نمود و وجود سیلاب‌ها در دوره‌های یخچالی را می‌توان در جور شدگی ضعیف رسوبات که ترکیب ذرات ریز و درشت را نشان می‌دهد، یافت.

حاضر فعال نیست. نمودارهای تجمعی حاصله از دانه‌سنجی نمونه‌های اول و دوم برداشت شده از بستر شهر سنقر (موقعیت آن در شکل ۱ مشخص شده است) به سمت قطر ذرات درشت‌تر کشیده شده است و شاخص‌های جور شدگی حاصله از گرانولومتری نمونه‌ها بیشتر از ۱ است (جدول ۵) که حاکی از ترکیب ذرات درشت و ریز در رسوبات است. مطالعات میکروسکپی حدود ۷۰-۴۰ درصد ذرات این نمونه را زاویه‌دار نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که نمونه دوم از ترانشه کنار جاده با ضخامت بیش از ۱ متر برداشت شده است. نمونه پنجم از ترانشه کنار دره و نمونه ششم از عمق ۱۰ متری چاه در حال احداث برداشت گردیده است که با توجه به عمق بیشتر، نتایج نمونه‌های قبلی را تایید نمود. همچنین شکل ۹ تصویر مقاطع میکروسکپی نمونه‌ها را در مقیاس ۵۰۰ و ۲۵۰ میکرون و ۱ میلی‌متر نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود گرد شدگی در اکثر ذرات ضعیف است. با توجه به تجمع رسوبات در محل نمونه‌ها و موقعیت نمونه‌ها علت زاویه‌دار بودن آنها بادی بودن آنها را سبب نمی‌شود و همچنین فرض هوازدگی فیزیکی به دلیل در تماس نبودن با فرآیندهای تخریب مانند اختلاف دمای روزانه قابل پذیرش نمی‌باشد. موقعیت آنها در ارتفاع پایین‌تر از برف‌مرز بیان‌کننده این مطلب است که در دوره‌های یخچالی، ارتفاع پایین‌تر از برف‌مرز بارش بیشتری را دریافت نموده است و جریانهای سیلابی رسوبات را حرکت داده و در زمینهای با ارتفاع کمتر نهشته است



شکل ۹: ارتفاع برفمرز در آخرین دوره یخچالی بر اساس روش رایت



شکل ۱۰: دره باز منتهی به سیرک در حوضه دالاخانی



شکل ۱۱: دره یخچالی در حوضه دالاخانی



شکل ۱۲: پادگانه آبرفتی در حوضه دالاخانی

۴- نتیجه‌گیری

یخچالی را به صورت سیرک‌های کوچک و بزرگ و دره‌های پهن در خود ثبت نموده است. نتایج این پژوهش نشان داد که حداکثر این شواهد در دامنه

حوضه دالاخانی با مساحت ۸۱۹ کیلومتر مربع و بازه ارتفاعی بین ۱۵۰۰ تا ۳۳۰۰ متری شواهد دوره‌های

ارتفاعی بالاتر از ۲۸۲۰ متری قرار دارد. ارتفاع اخیر برفمرز دائمی در آخرین دوره یخچالی است که اکنون میانگین دمای ۵/۳۸ درجه سانتی گراد را دارد. به بیان دیگر میانگین دما در آخرین دوره سرد نسبت به زمان حاضر در حوضه دالاخانی ۵/۳۸ رجه سانتی گراد کاهش نموده است. کوهستانی بودن ایران، جهت گیری دامنه ها در مقابل خورشید و جریانهای مرطوب سبب گردیده تا اختلافاتی در ارتفاع برفمرز دوره یخچالی مشاهده شود. ژاک دومرگان (۱۸۹۰) سیرک-های یخچالی قدیمی در قلیان کوه را در ارتفاعی معادل ۲۴۴۰ متر می داند. همچنین رایت ارتفاع برفمرزهای منطقه‌ی هلگورد در کردستان عراق و در نزدیکی مرزهای ایران را در دوره کوتاه‌تر ۱۸۰۰ متری اعلام کرده است، که از نظر شرایط محیطی، میزان ارتفاع و جهت ناهمواری اختلاف قابل توجهی با حوضه دالاخانی ندارد. براساس مطالعه قهرودی تالی و حسنی (۲۰۱۲) در کوهستان قندیل در مرز ایران و عراق ارتفاع برفمرز در آخرین دوره یخچالی ۱۶۵۰ متر بوده است که ۱۵۰ متر از تخمین رایت کمتر است. پایین تر بودن ارتفاع مرزبرف در کوهستان قندیل نسبت به کوه دالاخانی به دلیل دورتر بودن کوه اخیر نسبت به منابع رطوبت است. بر اساس نقشه‌ی پدramی خط برف دائمی در دوره‌ی وورم اخیر که از امتداد قندیل تا هلگورد در کردستان عراق عبور می کند ۱۶۰۰ متر ارتفاع دارد. این ارتفاع به سمت شرق افزایش می یابد و در حوضه دالاخانی به ۲۵۰۰ متر می رسد که ۳۲۰ متر با نتایج این پژوهش اختلاف دارد. این اختلاف بیشتر به نحوه محاسبه برفمرز مرتبط است. زیرا نقشه اخیر دارای مقیاس کوچک است و در حالت کلی تر تهیه شده است. براساس

مطالعه رامشت (۱۳۸۱) در قلمرو ایران مرکزی پایین آمدن زبان‌های یخی تا ارتفاع ۱۶۰۰ متری مشاهده شده است که اختلاف در ارتفاع برفمرز به دلیل وجود چند کوه با ارتفاع بیشتر از ۳۰۰۰ متر و قرار گیری در مسیر جریانهای مرطوب غربی که احتمالاً در دوره های یخچالی از عرض جغرافیایی پایین تری عبور نموده است، قابل توجیه است.

منابع

- اهری پور، رضا، (۱۳۸۵)، مبانی رسوب شناسی، انتشارات دانشگاه دامغان، ص ۶۸.
- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۳)، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۳۴.
- رامشت، محمدحسین (۱۳۸۱)، آثار یخچالی زفره، طرح پژوهشی دانشگاه اصفهان، ص ۸۷.
- رامشت، محمدحسین (۱۳۸۹)، ردیابی آثار یخچالهای طبیعی مطالعه موردی: یخچالهای طبیعی حوضه تیگرانی ماهان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۴۲، صص ۷۸-۵۹.
- رامشت، محمدحسین (۱۳۹۰)، بررسی آثار یخچالی کوتاه‌تر و تأثیر آن بر عدم شکل‌گیری مدنیت و سکونتگاه مهم شهری مطالعه موردی دشت آسپاس، شماره ۱۰، صص ۸۰-۶۱.
- قهرودی تالی، منیژه، (۱۳۹۰)، تخمین و مقایسه قلمرو برفهای دائمی در عصر یخچالی و بین یخچالی، مطالعه موردی: حوضه رود هراز، مجله جغرافیا و توسعه، علمی-پژوهشی، شماره ۲۵، صص ۱۱۰-۹۷.

- Pedrami, M. (1982). Pleistocene glaciation and Paleoclimate of Iran. GEO1, Survey of Iran. Tehran. Summary presented at INQUA Congress, 1982.
- pedrami, M. (1977). How to Determine Pleistocene Snowlines in Iran. GEO1 1, Survey of Iran. Tehran, (Internal Report).
- Pedrami, M. (1981) Pasadeniyan orogenesis and geology of the Iran during in 700 thousands past, Geological survey of Iran. p 127.
- Porter, S.C. (2001). Snowline Depression in the Tropics during the Last Glaciations, Quaternary Science Reviews, No. 20, p:1068
- Rob. h., Ir. Dott (1981). Pleistocene Glaciations and the Rise of Man, Third Edition. Evolution OF the Earth.
- Wright, H.E. (1962). Pleistocene glaciation in Kurdistan: Eiszeit-alter und Gegenwart, v. 12, p. 131-164.
- Prokop, p. (2009). Land degradation in Meghalaya (India)-possible scenario of climate change effects in monsoonal Asia. 7th international Conference on Geomorphology. 6-11 July 2009. Melbourne. Australia.
- Wright, H.E., 1983, Late-Pleistocene Glaciation and Climate around the Junin Plain, Central Peruvian Highlands, Geografiska Annaler 65A, pp. 35-43.
- محمودی، فرح‌الله، (۱۳۶۸)، تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، شماره ۲۳، صص ۴۳-۵۰.
- موسوی حرمی، رضا، (۱۳۶۷)، مبانی رسوب شناسی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۸۲
- یمانی، مجتبی، (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی یخچال‌های زرد کوه (بررسی اشکال ژئومورفیک و حدود گسترش آنها)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، صص ۱۳۹-۱۲۵.
- وزیری، فریبرز، ۱۳۸۲، هیدرولوژی کاربردی در ایران، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
- Allen, T. R. (1998). Topographic context of glaciers and perennial snowfields, Glacier National Park, Montana. *Geomorphology*, 21: 207-216.
- Bobek, H. (1959). Features and formation of the great Kawir and Masileh, Tehran. University of Tehran.
- Bobek, H. (1963). Nature and implications of Quaternary Climatic changes in Iran, in Changes of climate, Proceedings of Symposium on Changes of Climate with Special Reference to And Zones: Rome, 1961, UNESCO, pp. 403-413.
- Hambrey, M.J., W.B. Harland (editors) 1981. Earth's pre-Pleistocene glacial record. Cambridge University Press, United Kingdom, 1004
- Ghahroudi Tali, M., Hasani, R.G., (2012). Evolution of glacial landforms in Iraq and Iran borders, Geological Conference of Kurdistan November 14-16, 2012, Sulaimani, Kurdistan Region, Iraq