

## بررسی آثار برف‌مرز دائمی یخچال‌های کواترنری توده کوهستانی قره

غلام‌حسن جعفری\*؛ استادیار، گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران  
مینا آوجی؛ کارشناسی‌ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱

### چکیده

فرم زمین نتیجه نهایی ساختمان اولیه زمین و فرایندهای اثرگذار طی زمان است. برای بررسی اثر ساختمان اولیه بر پالئوایدروژئومورفولوژی، نواحی کوهستانی قره انتخاب شد. دلیل این انتخاب تسلط فرایند یخچال کواترنری با توجه به عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متری قله‌های این منطقه است. بر اساس روابط موجود، بازه زمانی روزهایی برآورد شد که احتمال وقوع یخبندان در طول سال بیش از ۱۷۰ روز است. این مسئله علاوه بر تأیید برودت کنونی هوا، دلیل دیگری بر تسلط فرایندهای یخچالی کواترنری است. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه ۳۴ لندفرم سیرک مانند شناسایی شد. روش رایج با توجه به ارتفاع مرتب‌شده آن به صورت نزولی، برف‌مرز دائمی کواترنری دو دامنه (شمالی، جنوبی) را در ارتفاع ۲۲۰۰ متر نشان می‌دهد. بر اساس این ارتفاع و نقشه هم‌دما و هم‌بارش کنونی، کاهش دمای کواترنری نسبت به امروز حدود ۸/۸ درجه سانتی‌گراد و بارش گذشته در حدود دو برابر شرایط کنونی برآورد شد. نقشه هم‌دما و هم‌بارش کنونی با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های موجود اطراف و داخل حوضه و داده‌های ارتفاعی منطقه تهیه شد. برخلاف تحقیقات قبلی، تفاوت چندانی بین ارتفاع برف‌مرز دامنه‌های مختلف ناحیه کوهستانی قره وجود نداشت. مورفولوژی و لیتولوژی غالب سیرک‌های قره در نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی حاکی از آن است که در دو طرف کوهستان قره فرم‌های اولیه کراتمانندی موجود است و چاله‌های مساعد با ارتفاع یکسان، برای تجمع برف و یخ به وجود آورده و همین امر در یکسان بودن ارتفاع برف‌مرز کواترنری دو دامنه اثر گذاشته است.

کلیدواژه‌ها: برف‌مرز، سیرک، قره، کواترنری، یخچال.

### مقدمه

فرم زمین نتیجه نهایی ساختمان اولیه زمین و فرایندهای اثرگذار طی زمان است. فرایندهای بیرونی طی کواترنری با تغییر اقلیم دستخوش تغییراتی شده است. شرایط یخچالی و بین یخچالی در دوره کواترنری به‌تناوب، وقوع پیوسته و شواهد ژئومورفولوژیکی انکارناپذیری برجای گذاشته است که از آن می‌توان در تعیین برف‌مرزها، حدود گسترش یخچال‌ها و مطالعه تغییرات اقلیمی آن دوره استفاده کرد. این امر بدان دلیل امکان‌پذیر است که فرایندهای بیرونی تغییردهنده شکل زمین، مانند هوازدگی، و حرکات دامنه‌ای و فرسایش آب‌های جاری نتوانسته است به‌طور کامل آثار باقی‌مانده از فرسایش یخچالی کواترنری را از بین ببرد (بیگلو و همکاران، ۱۳۹۳). شواهد یخچالی از مهم‌ترین آثاری است که تحولات اقلیمی گذشته و تغییرات آینده را می‌توان بر اساس آن پیش‌بینی کرد (آبراموسکی و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۰۸۰؛ سولومینا و همکاران، ۲۰۰۴: ۲۰۷). اگرچه شکل و فرم اولیه بعضی کوه‌ها ناشی از فرایندهای درونی و آتشفشانی است، فرسایش و فرایندهای بیرونی است که فرم نهایی امروزه را به‌وجود آورده است (رجبی و خطیبی، ۱۳۸۶). مهم‌ترین الگویی که در نتیجه فرسایش یخچالی ایجاد می‌شود سیرک یخچالی است. نقطه کانونی تغذیه یخچال، سیرک نامیده می‌شود. پس از

ناپدیدشدن و ذوب یخچال، سیرک به صورت آمفی تئاتری بزرگ یا کاسه‌ای عظیم ظاهر می‌شود (قنواتی و بهشتی، ۱۳۹۲: ۷۸). شکل سیرک‌ها انعکاسی از عوامل توپوگرافی و زمین‌شناسی، و نوع و مدت زمان اثر یخچال‌هاست. ساختمان سنگ و درزها و شکاف‌ها از عوامل مهم در شکل صخره‌ها و عمق حوضه سیرکی است (دریو، ۱۳۷۰: ۲۵۸). شکل‌ها و لندفرم‌های کلاسیک حاصل از فرسایش یخچالی، غالباً در ارتفاعاتی دیده می‌شود که قله آن حداقل ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر بالاتر از حدبرف‌های دائمی در دوره‌های یخچالی باشد. لذا، حضور سیرک‌های یخچالی قدیمی در مناطق کوهستانی ایران، یکی از شکل‌های کلاسیک است و در تشخیص نسبتاً درست ارتفاع برف‌مرزهای دائمی به کار گرفته می‌شود. با توجه به این معیار، در غرب کشور، از عرض جغرافیایی ۳۵ درجه به بالا، تمام نقاط ارتفاعی بیش از ۱۸۰۰ متر در قلمرو فرسایش یخچال‌های کوهستانی واقع شده و برف‌مرزهای دائمی پلیوستوسن ایران در این سطوح ارتفاعی قرار داشته است (زمردیان، ۱۳۹۱: ۲۹). ناحیه مورد مطالعه با توجه به عرض جغرافیایی بالاتر از ۳۵ درجه و داشتن قله بیش از ۳۰۰۰ متری به احتمال زیاد طی کواترنری تحت تأثیر فرایندهای یخچالی بوده است که آثار ناشی از آن در این مقاله مطالعه شده است.

تاکنون مطالعه دقیقی در ارتباط با یخچال قروه با توجه به ساختمان اولیه انجام نشده است. جداری عیوضی (۱۳۹۰)، زمردیان (۱۳۹۱)، و محمودی (۱۳۶۷) به صورت گذرا به یخچال قروه در کردستان اشاره‌ای داشته‌اند. زارعی و رامشت (۱۳۹۲) با بازسازی الگوی تغییرات برودتی و رطوبتی منطقه قروه در فاز اقل کواترنری، ارتفاع برف‌مرز دائمی را در جایی از مقاله ۲۵۰۰ و در جایی دیگر ۲۷۰۰ و ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ را ۱۹۰۰ متر برآورد کرده‌اند. برای بررسی دقیق ارتفاع برف‌مرز دائمی کواترنری و اینکه ساختمان اولیه زمین چه اثری بر برآوردهای اولیه از نقشه‌های توپوگرافی در ارتباط با برآورد ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ به روش رایت می‌گذارد، مطالعات میدانی انجام شد و دقت در شرایط محلی اثرگذار و وضعیت ارتفاع برف‌مرز و خط تعادل آب‌ویخ بازسازی شد.

رایت (۱۹۶۱) در کردستان برف‌مرز کنونی در بخش‌های در معرض سایه را ۳۳۰۰ متر می‌داند. بر اساس پژوهش پدرامی (۱۹۸۲)، منطقه بانه و اطراف آن از متنوع‌ترین و جالب‌ترین مواریث یخبندان وورم است؛ یخچال‌هایی مانند کوه آرابا، بروژکن (غرب بانه)، یخچال رشیدچال، و یخرفت‌هایی که در خروجی شهر بانه به سمت سردشت تا ارتفاع‌هایی حدود ۱۵۵۰ متر در دره‌ها پایین آمده است. لندفرم‌های ناشی از فرایندهای مختلف ژئومورفولوژیکی به شدت تحت تأثیر جهت شیب و لیتولوژی زمین قرار دارد.

پتراس (۲۰۱۱) دشت‌های یخ‌ساری<sup>۱</sup> را در حاشیه مناطق یخچالی ایلینوئیز بررسی کرد و معتقد است که این دشت‌ها بر اثر یخچال‌هایی به وجود آمده است که ۱۶,۰۰۰ الی ۲۰,۸۰۰ سال قبل به منطقه تسلط داشته است. این گونه دشت‌ها در طول فصول سرد سال با یخ‌پوشه‌های پیوسته پوشیده می‌شود یا بر اثر جریان قوی یخچال‌های خوب تغذیه شده شکل می‌گیرد.

چورلی و همکاران (۱۳۸۵) معتقدند که در عرض‌های میانه نیمکره شمالی (همانند ایران) مناسب‌ترین نقاط برای سیرک‌ها گودی‌های توپوگرافیکی رو به شمال شرقی است. رجبی و خطیبی (۱۳۸۶) در مطالعه دره‌های یخچالی آتشفشان سهند بیان کردند که شکل اولیه این کوهستان به دلیل اثر دستگاه‌های فرسایشی غیر یخچالی دچار تغییراتی در مورفولوژی شده است. طالبی (۱۳۸۱) در منطقه پیشکوه‌های داخلی زاگرس تفاوت ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ دامنه‌های نثار و برآفتاب را بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر گزارش داده است (نقل از رامشت و شوشتری، ۱۳۸۳: ۱۲۹).

شیب نثار به دامنه‌ای گفته می‌شود که جهت شیب در آن به سمت شمال، شمال شرقی و شمال غربی باشد. هر چه جهت شیب به سمت شمال تمایل بیشتری داشته باشد، زاویه ارتفاع خورشید مایل‌تر و انرژی کمتری نسبت به باقی جهات دریافت خواهد کرد.

شیب برآفتاب دامنه‌ای است که در نیمه جنوبی (جنوب شرقی و جنوب غربی) قراربگیرد. عمودی‌ترین حالت زاویه ارتفاع خورشیدی را دامنه‌ای دارد که شیب زمین در آن کاملاً به سمت جنوب باشد و بین شمال و جنوب، جهت غرب و شرق در حد میانه قرار خواهد گرفت.

جعفری (۱۳۸۸)، و معیری و همکاران (۲۰۱۱) با نگرشی جدید به اثرگذاری جهت بر ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ

معتقدند با توجه به سه فاکتور عرض جغرافیایی، مقدار شیب ناهمواری و جهت شیب می‌توان ارتفاع برف‌مرز را مشخص کرد. پیش‌فرض این روش در نظر گرفتن ۸/۸ درجه سانتی‌گراد کاهش دمای کواترنری نسبت به دمای کنونی است. بر اساس آن بیشترین تأثیر جهت شیب زمین بر تفاوت ارتفاعی خط تعادل آب‌ویخ در دامنه‌هایی دیده می‌شود که امتداد کوهستان آن غربی-شرقی باشد و امتداد شمالی-جنوبی ناهمواری‌ها، به‌تنهایی، اثر ناچیزی بر تفاوت ارتفاع برف‌مرز دائمی دارد. آن‌ها همچنین به این نکته اشاره دارند که اگر شیب سطوح ارضی به‌طور متوسط ۱۳ درجه باشد، دامنه‌ای که به سمت جنوب است بالاترین ارتفاع برف‌مرز را دارد و به‌ازای هر یک درجه تغییر جهت شیب به سمت شرق یا غرب حدود ۹/۸۸ متر ارتفاع برف‌مرز دائمی کاهش می‌یابد، به‌طوری که با ثابت فرض کردن سایر فاکتورهای اثرگذار بر یخچال، حدود ۱۶۰۸ متر برف‌مرز دامنه‌های شمالی با دامنه‌های جنوبی متفاوت می‌شود.

حد برف‌مرز آخرین دوره یخچالی در حوضه جاجرود، از دو روش رایج و پورتر را یمانی و همکاران (۱۳۹۰) برآورد کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده این است که خط برف دائمی منطقه با استفاده از روش رایج در ارتفاع ۳۰۹۵ متری و در روش پورتر در ارتفاع ۳۰۷۲ متری قرار دارد.

قهرودی‌تالی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی روی حوضه رود زاب کوچک، بیان داشتند که ارتفاعات غربی و شمالی این حوضه در دوره یخبندان، جزء قلمرو یخچالی است و آثار کاوشی این یخچال‌ها به‌صورت سیرک و دره‌های یخچالی به‌جامانده است. امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی آثار یخچالی کواترنری دشت آسپاس با تعیین خط برف دائمی در دوره یخچالی به روش رایج (ارتفاع ۲۶۰۰ متری)، نشان دادند که دمای متوسط سالانه صفر درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۲۶۰۰ متری منطقه بوده است و وجود بالغ بر ۲۵۵ سیرک بزرگ و کوچک نشان می‌دهد که در دوران سرد یخچالی سیرک‌ها یکی از منابع تغذیه‌کننده بسیار غنی برای تشکیل پوشش یخی در منطقه به‌شمار می‌رفته است.

جداری‌عیوضی (۱۳۹۰) معتقد است که هانس بوبک در بررسی آثار مستقیم یخبندان کواترنری در ارتفاعات کردستان، پایین‌آمدن ارتفاع خط برف در دوره‌های سرد را تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری گزارش کرده است و به‌صورت یخچال‌ها شواهدی در منطقه به‌وجود آورده است. منطقه مورفوکلیماتیکی جنب یخچالی در کردستان بسیار پایین‌تر از ۱۸۰۰ متر بوده است. آثار سولیفولوکسیون در همه جای کردستان مشاهده می‌شود.

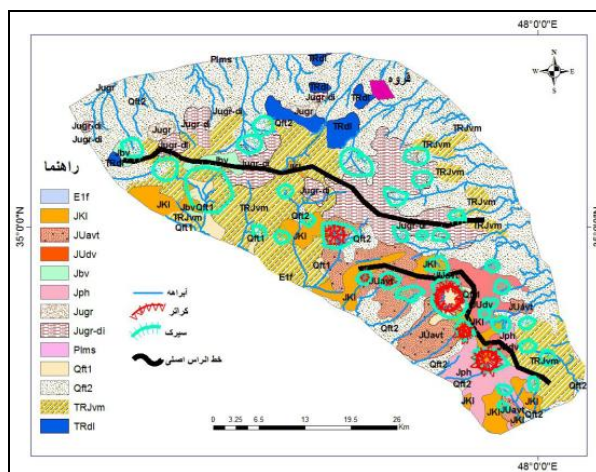
زمردیان (۱۳۹۱) معتقد است که بزرگ‌ترین یخ‌پهنه علم‌کوه در جهت شمال شرقی آن قرار دارد. ابطحی (۱۳۹۲) در حوضه جاجرود، ۴۴۰ سیرک را در ارتفاعات این حوضه شناسایی کرد. همچنین، وجود پادگانه‌های رودخانه‌ای و مخروط‌افکنه‌های گسترده در دامنه جنوبی البرز و وجود آثار دریاچه‌ها و چاله‌های به‌جامانده از گذشته را مؤید تغییرات اقلیمی دانسته است. یمانی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیکی هولوسن در بلندی‌های غرب استان کردستان تأثیرگذاری سیستم شکل‌زای یخچالی را در بالاتر از ۲۰۰۰ متری تأیید کرده‌اند.

پاریزی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی شواهد یخچال‌های کواترنری پایانی در حوضه تنگویی سیرجان، سیرک‌های یخچالی، دره‌های یخچالی و یخرفت‌ها را مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها در حوضه مورد مطالعه معرفی کردند. جعفری و اصغری سراسکانرود (۱۳۹۳)، در بررسی آثار یخچالی کواترنری زنجان رود به این نتیجه دست یافتند که خط تعادل آب‌ویخ در ارتفاعی بالاتر از ارتفاع خط هم‌دمای پنج درجه و منطبق با خط هم‌دمای ۲/۱۶ درجه سانتی‌گرادی گذشته در ارتفاع ۱۵۵۰ متری بوده است.

جعفریگلو و همکاران (۱۳۹۳) خط برف‌مرز وورم را در کوهستان بیدخوان (استان کرمان) با روش میانگین ارتفاع کف سیرک در ارتفاع ۳۱۶۶ متری و از طریق روش رایج در طبقه ارتفاعی ۳۱۰۰ تا ۳۲۰۰ متری و خط برف‌مرز کنونی را در ارتفاع ۵۵۰۰ متری مشخص کردند. در حوضه خضراآباد یزد، شریفی و فرح‌بخش (۱۳۹۴) خط برف‌مرز دائمی را با روش‌های رایج و پورتر، در ارتفاع ۲۱۰۰ تا ۲۲۰۰ متر برآورد کردند.

راهدان و همکاران (۱۳۹۴) در محدوده سایت ریگ، برف‌مرز را از روش پورتر در ارتفاع ۲۸۱۲ و در روش رایج در ارتفاع ۲۸۳۶ متری برآورد کردند. خسروی و همکاران (۱۳۹۵)، در بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی کواترنری در ارتفاعات بینالود، حداقل دمای متوسط سالانه بینالود را در زمان حاکمیت یخچال‌ها برابر ۵/۸- درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۳۳۰۸ متری و دمای متوسط سالانه را برابر با ۹/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاع ۸۷۰ متری برآورد کردند. قهرودی‌تالی و

همکاران (۱۳۹۴) در بررسی چالش‌های توسعه کالبدی شهر سنقر در اثر انباشت نهشته‌های یخچالی و ناپایداری دامنه‌ای، ارتفاع برف‌مرز دائمی منطقه را ۲۸۲۰ متر برآورد کردند. بیشتر گستره استان کردستان از دیدگاه زمین‌شناسی در زون ایران مرکزی و سنندج-سیرجان واقع شده است و تنها بخش کوچکی از گستره جنوب استان در زون رورانده زاگرس قرار دارد (ملکی، ۱۳۸۶: ۱۱۵). تمام منطقه قروه در زون سنندج سیرجان قرار گرفته است. از نظر پیکرشناسی زمین ناهمواری‌های بین قروه، بیجار، دیواندره و سنندج را کردستان شرقی می‌گویند. در واقع، کوه‌های قروه بخشی از ناهمواری‌های بخش شرقی استان کردستان محسوب می‌شود که متشکل از سنگ‌های دگرگونی، آذرین و رسوبی است که بر دشت‌های مرتفع و نسبتاً هموار تسلط دارد. هر چند بیشتر سنگ‌های منطقه از نوع دگرگونی است، در توده مورد نظر سنگ‌های آذرین نفوذی و آتشفشانی به چشم می‌خورد. مهم‌ترین این کوه‌ها بدر، پریشان، پنجه‌علی و به‌گر است. وجود سیرک‌های بسیار بزرگ و تیبیک در منطقه قروه و در دو طرف جبهه کوهستان وجود لیتولوژی مرکب از آتشفشان، نفوذی و دگرگونی همراه با اشکال کراتر و کالديرا مانند همراه با تفاوت جهت ناهمواری‌ها انگیزه اصلی بررسی این منطقه از نظر فرایندهای شکل‌زای ژئومورفولوژیکی است (شکل ۱).

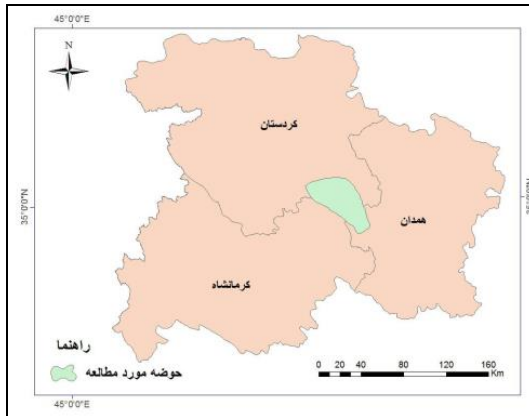


شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی توده کوهستانی قروه به همراه آثار سیرکی و کراتری

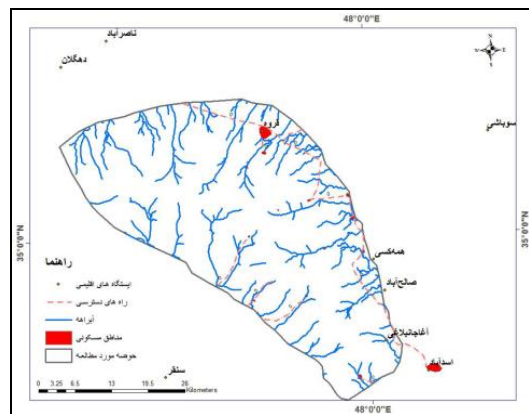
منطقه مورد مطالعه در حوزه سیاسی سه استان کردستان، همدان و کرمانشاه و بین عرض‌های جغرافیایی ۳۴/۷۵۲ تا ۳۵/۲۲۳ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۷/۴۱۱ تا ۴۷/۴۱۶ درجه شرقی قرار دارد. قله‌های بدر (۳۲۲۵ متر)، پریشان (۳۰۴۰ متر)، به‌گر (۳۱۰۶)، ویس سیاه (۲۹۴۰ متر)، پنجه‌علی (۲۸۰۰ متر) و قله تق تق با ارتفاع ۲۹۰۵ متر از سطح دریا مهم‌ترین قله‌های توده کوهستانی قروه است (شکل ۲).

### مواد و روش‌ها

روش تحقیق بر این مبناست که شرایط هیدروژئومورفولوژی کواترنری از طریق موریت مورفولوژیکی منطقه کوهستانی قروه بازسازی شود؛ مکانی که با توجه به شرایط دما و بارش کنونی، جزء مناطق سرد و نیمه‌خشک کشور محسوب می‌شود و به احتمال قوی شرایط گذار از فاز سرد و یخبندان به فاز گرم را طی کواترنری تجربه کرده است. بر این اساس، در درجه نخست، از روش‌های اسنادی کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. برای تجزیه و تحلیل دما و بارش کنونی از داده‌های آماری هفت ایستگاه باران‌سنجی و دو ایستگاه کلیماتولوژی داخل و اطراف منطقه با نوسان سن آماری ۱۰-۲۵ سال، پس از ارزیابی و کنترل نهایی، استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۲. موقعیت سیاسی توده کوهستانی قروه

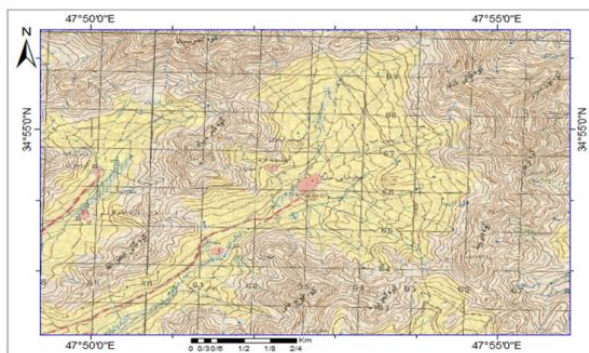


شکل ۳. موقعیت ایستگاه‌های اقلیمی در توده کوهستانی قروه

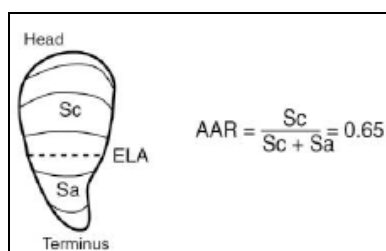
در مناطق کوهستانی لندفرم‌هایی به صورت نیم‌دایره وجود دارد که در زمستان و فصول بارشی، مملو از برف می‌شود. گاه این برف تا چند سال باقی می‌ماند و یخچال‌های کوچکی را تشکیل می‌دهد. این نیم‌دایره‌وارها دال بر فرسایش یخچالی در ارتفاعات است. در واقع، نقش کاسه را در ذخیره یخ دارد (سپهری، ۲۰۰۸: ۱۵). این چال‌برف‌ها بعد از پایان دوره یخچالی به صورت حفره‌های یک‌سوی باز باقی می‌ماند که در نقشه‌های توپوگرافی به خوبی ردیابی می‌شود. این نکته را باید به یاد داشت آنچه در نقشه‌های توپوگرافی شناسایی می‌شود، آثار برجای‌مانده سیرک‌های یخچالی است و نه خود سیرک‌ها (رامشت، ۱۳۹۲: ۶۸؛ شکل ۴).

علاوه بر نقشه‌های توپوگرافی برای تأیید مکان‌های منتخب، از پلیگون سیرک نیز استفاده شد؛ به این صورت که در کف سیرک با توجه به وضعیت تراکم خطوط منحنی میزان، پلیگونی در Arc GIS ترسیم شد. در امتداد پلی‌گون حاصل نیم‌رخ در Global mapper ترسیم شد که با آن می‌توان کاسه‌ای یا مقعر بودن سیرک را بررسی کرد. این پلیگون که در روش نسبت مساحت تجمع (AAR) برای برآورد ارتفاع خط تعادل یخچالی استفاده می‌شود، بر اساس دو مؤلفه مساحت بالاتر از خط تعادل یخچالی (محل انباشت یا تجمع) (Sc) و مساحت پایین‌تر از خط تعادل یخچالی (محل ذوب یا تخلیه) (Sa) در رابطه مربوط ضریبی به دست می‌آید که ضریب نسبت مساحت تجمع نام دارد (شکل ۵). مقدار این ضریب برای سیرک‌های پایدار تا نسبتاً پایدار بین ۰/۵ تا ۰/۸ است (پورتو، ۲۰۰۱). آن دسته از سیرک‌های

شناسایی شده‌ای که بر اساس نیمرخ مقعر نبود یا ضریبی بالاتر یا پایین‌تر از حد ارائه شده داشت حذف شد. بر این اساس از مستندات همچون نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین موقعیت دقیق ارتفاع آثار سیرک‌های یخچالی به منظور تعیین خط برف‌مرز دائمی و هم‌دمای صفر درجه با استناد به روش رایت و ترسیم نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش منطقه در زمان حداکثر گسترش یخچال‌های کواترنری استفاده شده است.



شکل ۴. نمونه‌ای از سیرک‌های کراتری دامنه جنوبی (هزارخانی)



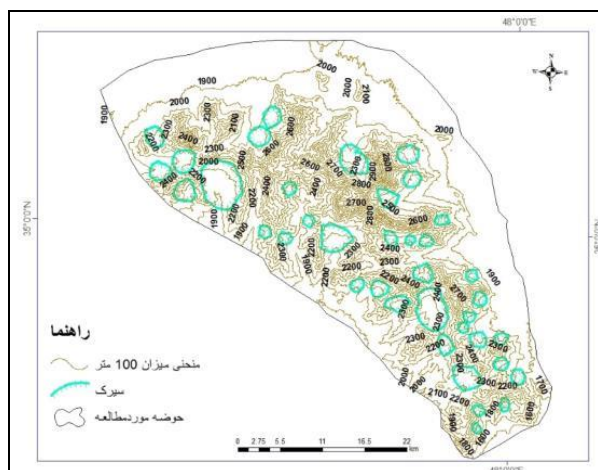
شکل ۵. پارامترهای مورد نیاز در روش نسبت مساحت تجمع (Porter, 2001)

برای بررسی اثر فرایندهای یخچالی کواترنری ایران، نواحی کوهستانی قروه کردستان انتخاب شد که به احتمال قوی، با توجه به عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متری بلندترین قله‌ها، در دوره کواترنری فرایندهای یخچالی در این منطقه تسلط داشته است. انعکاس اشکال تیبیک سیرک مانند منعکس شده در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ نیز این موضوع را تأیید می‌کند. هدف اصلی، بررسی ارتفاع برف‌مرز دائمی کواترنری توده کوهستانی قروه است. داده‌های مورد نیاز با مشاهده مستقیم و کارهای میدانی و استفاده از جی‌پی‌اس اندازه‌گیری و موقعیت آن ثبت شد. مهم‌ترین بخش کار، ارتباط نتایج حاصل از بررسی‌ها و فرایند تشکیل لندفرم‌های کواترنری، سپس تلفیق نتایج ژئومورفولوژیکی، توپوگرافیکی و زمین‌شناسی بود. تکنیک کار بر پایه مقایسه ارتفاع سیرک‌ها و تعیین حدود گسترش زبانه‌های یخچالی در دو دامنه شمال شرقی و جنوب غربی استوار است. برای استفاده از روش رایت، نخست دامنه شمال شرقی و جنوب غربی منطقه کوهستانی قروه تفکیک شد. پس از مشخص کردن و شمارش سیرک‌های منطقه و مرتب‌کردن آن به صورت نزولی، ارتفاعی که ۶۰٪ سیرک‌ها بالاتر از آن بود ارتفاع برف‌مرز دائمی گذشته در نظر گرفته شد. به‌دفعات متعدد موقعیت، ارتفاع و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و حدود سیرک‌های یخچالی موجود در پیرامون قله محدود مورد مطالعه به کمک نقشه‌های توپوگرافی و بررسی‌های میدانی شناسایی و بررسی شد (شکل ۴).

### یافته‌های پژوهش

بر اساس استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر گوگل‌ارث، ۳۴ اثر سیرکی در منطقه شناسایی شد (شکل ۶). از این

تعداد، از بیست سیرک برای برآورد ارتفاع برف‌مرز دائمی در دامنه‌های شمال و شمال شرقی و از چهارده سیرک برای برآورد ارتفاع برف‌مرز دائمی دامنه‌های جنوب و جنوب غربی استفاده شد. ارتفاع برف‌مرز دائمی آن زمان با توجه به پراکندگی سیرک‌ها به روش راییت برآورد شد. علاوه بر آن، ارتفاع برف‌مرز دائمی با سورت نزولی ارتفاع خط تعادل یخچالی سیرک‌های باقی‌مانده در روش نسبت مساحت تجمع و اعمال روش راییت نیز برآورد شده است.



شکل ۶. توزیع سیرک در توده کوهستانی قروه (فاصله خطوط هم‌ارتفاع ۱۰۰ متر)

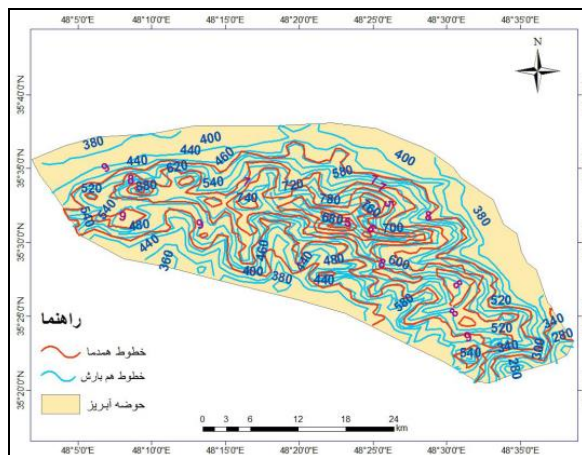
ارتفاع خط برف‌مرز از روش راییت در کل منطقه ۲۲۰۰ و به کمک داده‌های روش ارتفاع نسبی ۲۲۳۳ متر برآورد شد. این ارتفاع در دامنه شمالی و جنوبی چندان تفاوتی باهم نداشت. در دوره حاکمیت سردترین اقلیم کواترنری بر منطقه، از ارتفاع ۲۲۰۰ متری به بالا امکان ماندگاری برف برای سال‌های متمادی وجود داشته و میانگین دما در این ارتفاع، برابر صفر درجه سانتی‌گراد بوده است. برای بررسی وضعیت دمای منطقه، داده‌های آماری ایستگاه‌های اقلیمی منطقه انتخاب و با برازش معادلات رگرسیونی بین ارتفاع (X) با دما (Y) (رابطه ۱) و اعمال آن در بیش از ۴۵۰ هزار پیکسل ارتفاعی، نقشه‌های هم‌دمای کنونی در نرم‌افزار سورفر ترسیم شد.

$$Y = -0.0053X + 20.462 \quad R^2 = 0.83 \quad (1)$$

تبعیت دما از وضعیت توپوگرافیکی منطقه حاکی از آن است که دمای متوسط سالانه برابر ۸/۷، حداکثر دمای محاسبه شده برابر ۱۲/۱ در مناطق پست و حداقل آن در ارتفاعات، ۳/۳۹ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۷). با اعمال رابطه (۲) که بر اساس مطالعات محمدی و محمودی (۱۳۸۴)، با بررسی یخبندان و لغزندگی بر سطح جاده سنندج-همدان با استفاده از سه پارامتر بارش، دما و رطوبت نسبی سه ایستگاه اقلیمی همدان، قروه و کرمانشاه به دست آمده است، می‌توان روز آغاز یخبندان را بر اساس روز مبنای ۲۲ آگوست (۱ شهریور) در منطقه مورد مطالعه مشخص کرد. همچنین، با استفاده از رابطه (۳) روز پایان یخبندان نیز بر همان مبنا مشخص می‌شود. از کم‌کردن روز پایان یخبندان از روز آغاز می‌توان تعداد روزهای یخبندان منطقه مورد مطالعه را برآورد کرد (محمدی و محمودی، ۱۳۸۴: ۹).

$$Y = 278 - (4/248 \times \text{عرض جغرافیایی}) - (0/0435 \times \text{ارتفاع}) \quad (2)$$

$$Y = -16/8 + (4/44 \times \text{عرض جغرافیایی}) + (0/0294 \times \text{ارتفاع}) \quad (3)$$



شکل ۷. خطوط هم‌دما و هم‌بارش توده کوهستانی قروه

ارقام استخراج شده نشان می‌دهد که این منطقه در ماه‌های دی و بهمن یخبندان کامل و در ماه‌های اسفند و آبان و آذر نیز شاهد روزهای یخبندان است. به‌طور کلی، در این حوضه تعداد روزهای همراه با یخبندان به‌طور میانگین ۱۷۷/۹۸ روز، حداکثر ۲۵۱/۲۶ روز و حداقل ۱۳۹/۲۵ روز در سال است (شکل ۷). در مجموع می‌توان گفت این حوضه در پنج ماه از سال دمای زیر ۵ درجه سانتی‌گراد دارد. بنابراین، با وجود شرایط اخیر همان‌گونه که امروزه حوضه مورد مطالعه طبق شواهد در سلول برودتی قرار می‌گیرد (نعمت‌الهی و رامشت، ۱۳۸۵)، در دوره کواترنری نیز همانند امروز، جزء سلول برودتی بوده است. این در حالی است که در آخرین دوره یخبندان کواترنری دمای میانگین حداقل ۸/۸ درجه سانتی‌گراد کمتر از حال بوده است و به‌طور قطع، برودت‌های بسیار شدیدتری را تحمل کرده است. در نتیجه، با وجود دوره‌های سرد طولانی، استعداد کافی برای انباشتگی یخ و برف و ایجاد اشکال مورفولوژی یخچالی در محیط اقلیم دیرینه منطقه وجود داشته است.

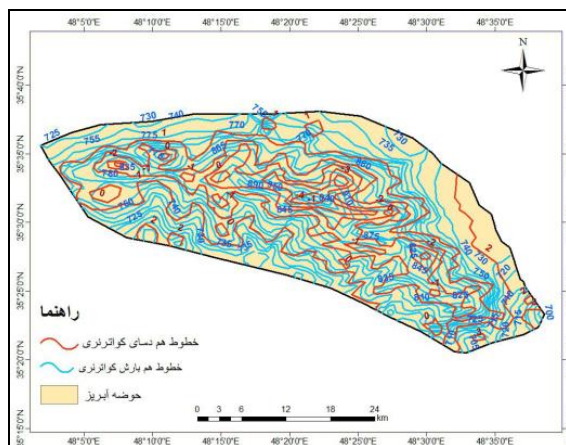
برای ترسیم خطوط هم‌بارش، نخست رابطه‌سنجی بین ارتفاع و بارش هفت ایستگاه مورد بررسی انجام شد. نقشه هم‌بارش حوضه مورد مطالعه از اعمال رابطه (۴) به مختصات ارتفاعی بیش از ۴۵۰ هزار گره ترسیم شد که از انتقال لایه منحنی میزان از گلوبال مپ به سورفر استخراج شده بود (شکل ۷).

$$Y = 0.241X - 116.41 \quad R^2 = 0.61 \quad (4)$$

تجزیه و تحلیل منحنی میزان‌ها بیانگر این نکته است که قلّه اصلی بارشی با دریافت ۶۵۶/۳۹ میلی‌متر در سال بر فراز ارتفاعات منطقه (۳۲۲۰ متر) قرار دارد و تحت تأثیر سیستم برودتی موجود بیشترین حجم بارش جامد را در این قسمت از منطقه فرومی‌ریزد که نقش عمده‌ای در تأمین منابع آب منطقه بر عهده دارد. متوسط بارندگی حال حاضر حوضه ۴۱۶/۱۷ میلی‌متر است که حداقل آن در کرانه شرق و جنوب‌شرقی با ۳۶۳/۷۹ میلی‌متر در سال است.

**ارزیابی شرایط اقلیمی گذشته.** با استفاده از روش رایج برای بازسازی شرایط اقلیمی گذشته، متوسط دمای ارتفاع خط برف‌مرز دائمی در دوره یخبندان برابر صفر و در مرزهای بالاتر از آن زیر صفر مفروض شد. با توجه به دمای ۸/۸ درجه سانتی‌گرادی کنونی ارتفاع ۲۲۰۰ متری، دمای گذشته پیکسل‌های موجود در نقشه هم‌دمای کنونی برآورد و نقشه شرایط دمایی گذشته بازسازی و تجزیه و تحلیل شد (شکل ۸). به‌عبارت دیگر، در سطح بالاتر از این ارتفاع، یخبندان دائم وجود داشته است. کاهش و انتقال این رقم به مختصات رقمی گره‌های دمایی حاصل از نقشه هم‌دمای یخ‌زدگی کنونی استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی نشان می‌دهد که از مساحت ۵۵۰۷۵۱ کیلومترمربعی منطقه مورد مطالعه ۱۴۹۵۵۰ کیلومترمربع آن در سردترین دوره یخبندان کواترنری تحت استیلای یخ دائم بوده است (۲۷ درصد از مساحت کل).





شکل ۸. خطوط هم‌دما و هم بارش توده کوهستانی قروه در دوره سرد

نتایج حاصل از ارزیابی رقمی نقشه دمای متوسط سالانه عصر یخبندان و مقایسه آن با دمای فعلی نیز نشان می‌دهد که در این دوره متوسط دما  $۸/۷$  درجه سانتی‌گراد است. میانگین دمای دوره سرد  $۰/۱۲-$  درجه سانتی‌گراد یا  $۸/۸$  درجه کمتر از عهد حاضر با متوسط دمای  $۸/۷$  درجه سانتی‌گراد بوده است. به‌منظور محاسبه بارش عصر سرد نیز نخست نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش فعلی تهیه شد. سپس، با توجه به انطباق مختصات جغرافیایی این دو نقشه از نظر طول و عرض و دما به رابطه‌سنجی تعیین دما و بارش در بیش از  $۴۵۰$  هزار نقطه اقدام شد و با اعمال رابطه برآوردی که از همبستگی کامل و معکوس برخوردار بود در مختصات ارتفاعی منطقه (با در نظر گرفتن ثابت بودن رابطه دما و بارش در حال حاضر و گذشته) نقشه بارش گذشته تهیه شد (شکل ۸). نتایج حاصل از ارزیابی رقمی نقشه بارش متوسط سالانه عصر یخبندان و مقایسه آن با بارش فعلی نیز نشان می‌دهد که در این دوره متوسط بارش  $۴۱۷$  میلی‌متر و در دوره سرد  $۸۱۷$  میلی‌متر بوده است. به‌عبارت دیگر، بارش کنونی حدود نصف بارش عصر یخبندان است. تجزیه و تحلیل نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دما نشان می‌دهد که این منطقه در عصر یخبندان، شرایط اقلیمی به‌مراتب سردتر و مرطوب‌تری از عهد حاضر را تحمل کرده است.

ترکیبی از فعالیت آتشفشانی، نفوذی، کراتر و کالدیرا باعث شکل‌گیری اشکال سیرک‌مانندی شده است که عرض و پهنایی بسیار بیشتر از حد معمول ناشی از فرایندهای بیرونی دارد (محدوده مشخص شده در شکل ۹). در چنین شرایطی نمی‌توان فقط برای برف‌مرزها از ارتفاع کف سیرک استفاده کرد؛ چه بسا کف یخچال شرایط شکل‌گیری در ارتفاع بالاتر از کف کالدیرا گذشته را داشته باشد، ولی شیب تند دیواره کراتر یا کالدیرای آتشفشان گذشته اجازه تجمع برف و شکل‌گیری سیرک یخچالی را نداده باشد. در چنین شرایطی با توجه به وسعت بسیار زیاد شکل کالدیرا مانند گذشته، سیرک‌های وسیع و کم‌ضخامت شکل گرفته است که برای ایجاد یخ‌رود یا یخچال دره‌ای شرایط کافی را نداشته است. از این‌رو، نمی‌توان در چنین مناطقی برای تعیین خط تعادل آب‌ویخ فقط به دما اکتفا کرد (شکل ۱۰).

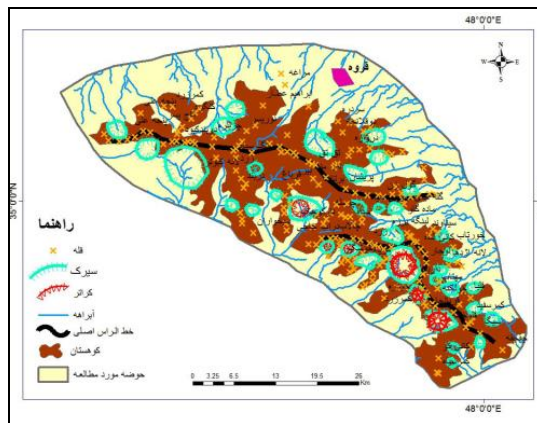
### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نقشه خطوط هم‌دما و هم‌بارش کنونی که از طریق میان‌یابی صورت گرفت، نشان می‌دهد که متوسط دمای کنونی منطقه  $۸/۷$  درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش سالانه  $۴۱۷$  میلی‌متر است. این دما و بارش تسلط اقلیمی سرد و مرطوب را برای منطقه تداعی می‌کند. از طرفی، بر اساس روابطی که محمدی و محمودی (۱۳۸۴) در ارتباط با روز آغاز و پایان یخبندان منطقه ارائه داده‌اند، حداکثر طول این مدت به  $۲۵۱$  روز می‌رسد. در چنین اقلیمی فرایند ژئومورفولوژیکی غالب (مجاور یخچالی) تخریب و خردشدگی، برآمدگی و تورم، ژلی فلوکسیون ناشی از یخبندان و به‌تبع آن شیارهای ناشی از بهممن و جریان گل و مخروط‌های واریزهای ممتد روی دامنه‌ها را فراهم می‌کند که در اطراف این منطقه

کوهستانی به وفور دیده می‌شود. علاوه بر شرایط فوق، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و داشتن قله بالاتر از ۳۰۰۰ متر در توده کوهستانی قروه، تسلط فرایند یخچالی کواترنری توجیه‌پذیر است. بر این اساس، ارتفاع برف مرز دائمی آن زمان با توجه به پراکندگی سیرک‌ها به‌روش رایت ۲۲۰۰ متر برآورد شد که با نتایج یافته‌های یمانی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیکی هولوسن در بلندی‌های غرب استان کردستان و تأثیرگذاری سیستم شکل‌زای یخچالی در بالاتر از ۲۰۰۰ متری همخوانی دارد. تجزیه و تحلیل نقشه هم‌بارش کنونی، میانگین دمای سالانه این ارتفاع را ۸/۸ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد؛ یعنی، این ارتفاع در دوره کواترنری از دمای متوسط کنونی منطقه نیز دمای کمتری داشته و متوسط دمای کواترنری ۰/۱۲- بوده است (جدول ۱). اما، در این منطقه در دو دامنه شمال شرقی و جنوب غربی تفاوت بارزی در برف‌مرز دائمی کواترنری دیده نمی‌شود؛ یعنی، شرایط محیطی باعث شده که دامنه‌های شمال شرقی و جنوب غربی تفاوت چندانی در ارتفاع برف‌مرز نداشته باشند هر چند با توجه به یافته‌های چورلی و همکاران (۱۳۸۵)، معیری و همکاران (۲۰۱۱)، رامشت و شوشتی (۱۳۸۳)، و طالبی (۱۳۸۱) برف‌مرز این‌گونه دامنه‌ها باید تفاوت ارتفاعی داشته باشد.



شکل ۹. نمایی از شرایط محیطی توده کوهستانی قروه



شکل ۱۰. نقشه ژئومورفولوژی توده کوهستانی قروه

جدول ۱. متوسط پارامترهای اقلیمی منطقه در دوره‌های مختلف

پارامتر	حد اکثر	حداقل	میانگین
دما (°C)	گذشته ۳/۵	-۵/۴	-۰/۱۲
بارش (mm)	گذشته ۱۰۵۶/۷۸	۶۶۳/۱۸	۸۱۷/۳۰

اثرگذاری جهت جغرافیایی شیب سطوح ارضی بر ماندگاری برف و تغذیه بیشتر یخچال در مناطق کوهستانی نواحی معتدله کره زمین انکارناپذیر است، اما این اثرگذاری به‌طور قطع فقط با ارتفاع برف‌مرز توجیه نمی‌شود. تفاوت ارتفاعی کینیک کوهستان، وضعیت شیب مناطق پایین‌تر از کینیک کوهستان، وسعت و ابعاد سیرک‌ها و نحوه ارتباط سیرک با سطوح کم‌ارتفاع اطراف دو دامنه از جمله عواملی است که باید در این اثرگذاری به آن توجه داشت. مورفولوژی و لیتولوژی غالب سیرک‌های قروه در نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی حاکی از آن است که در دو طرف کوهستان قروه فرم اولیه کراتمانندی بوده که چاله مساعدی در ارتفاع یکسان برای تجمع برف و یخ به وجود آورده است. همین امر تمرکز یخچال در چاله‌های از پیش شکل‌گرفته‌ای را فراهم کرد که فرایند یخچالی در شکل‌گیری آن کمترین اثر را داشته است. در واقع، شرایط توپوگرافیکی اولیه که از فرم زمین‌ساخت تبعیت کرده، باعث شکل‌گیری بیش از ۶۰ درصد از سیرک‌ها در ارتفاعی شده است که امروزه، ارتفاع برف‌مرز دائمی آن زمان شناخته می‌شود (۲۲۰۰ متر).

## منابع

- ابطحی، س.م. (۱۳۹۲). بررسی پالتوکلیمای حوضه آبخیز جاجرود به کمک شواهد یخچالی. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، (۱۱): ۱۸۵-۲۰۱.
- امیر احمدی، ا.، مقصودی، ا. و احمدی، ط. (۱۳۹۰). بررسی آثار یخچالی کواترنری و تأثیر آن بر عدم شکل‌گیری مدنیت و سکونتگاه مهم شهری در دشت آسیاب. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای (۱۰): ۶۱-۸۰.
- بیگلر، م.، یمانی، م.، عباس‌نژاد، ا.، زمان‌زاده، م. و ذهاب‌ناظوری، س. (۱۳۹۳). بازسازی برف‌مرزهای یخچالی کواترنری در کوهستان بیدخوان (استان کرمان). فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران، (۴۰): ۹۳-۱۰۷.
- پاریزی، ا.، رامشت، م.ح. و تقیان، ع. (۱۳۹۲). شواهد یخچال‌های کواترنری پایانی در حوضه تنگ‌تپه سیرجان. پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی، (۳): ۱۱۱-۱۲۸.
- جداری عیوضی، ج. (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی ایران. انتشارات پیام نور.
- جعفری غ.ج. و اصغری سراسکانرود، ص. (۱۳۹۳). بررسی آثار یخچالی کواترنری زنجان رود. پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی، (۳): ۱۶-۳۰.
- جعفری، غ.ج. (۱۳۸۸). تأثیر جهت ناهمواری‌ها در ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ کواترنری ایران. رساله دکتری، استاد راهنما محمدحسین رامشت، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان.
- چورلی، ر.جی.، شوم، اس.ای. و سون، د.ای. (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی. ترجمه احمد معتمد، جلد چهارم، انتشارات سمت.
- خسروی، ع.، قربانی‌شورستانی، ع. و نورمحمدی، ع.م. (۱۳۹۵). بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی کواترنری در ارتفاعات شمال شرق ایران (مطالعه موردی: رشته‌کوه بینالود). پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی، (۱): ۱-۱۳.
- دریو، م. (۱۳۷۰). ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک خارجی. ترجمه مقصود خیام، انتشارات نیا.
- رامشت، م.ح. (۱۳۹۲). نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها). چاپ ششم، انتشارات سمت.
- رامشت، م.ح. و شوشتری، ن. (۱۳۸۳). آثار یخساز و یخچالی در سلفچگان قم. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، (۷۳): ۱۱۹-۱۳۳.
- راهدان مفرد، م.، ثروتی، م.ر. و سیف، ع. (۱۳۹۴). بازسازی برف‌مرزهای کواترنری پایانی در محدوده سایت ریگ. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، (۱): ۱۹۳-۲۰۸.
- رجبی، م. و بیاتی‌خطیبی، م. (۱۳۸۶). بررسی لندفرم دره‌های یخچالی، مطالعه موردی دره‌های یخچالی کوهستان سهند. پژوهش‌های جغرافیایی، (۶۴): ۱۰۵-۱۲۱.
- زارعی، پ. و رامشت، م.ح. (۱۳۹۲). بازسازی الگوی تغییرات بردتی و رطوبتی منطقه قروه در فاز اقل کواترنری. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، (۲۰): ۱-۲۰.
- زمردیان، م.ج. (۱۳۹۱). ژئومورفولوژی ایران. جلد دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- شریفی، م. و فرح‌بخش، ز. (۱۳۹۴). بررسی آنومالی حرارتی و رطوبتی بین زمان حال و پلیستوسن و بازسازی شرایط اقلیمی با استفاده از شواهد ژئومورفیکی (مطالعه موردی: حوضه خضراباد-یزد). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، (۴): ۴۷-۵۸۳.
- طالبی، ح. (۱۳۸۱). بررسی آثار یخچالی در زفره اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما محمدحسین رامشت، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی.
- قنوتی، ع. و بهشتی‌جاوید، ا. (۱۳۹۲). روش‌ها و تکنیک‌های جدید ترسیم نقشه‌های ژئومورفولوژی. انتشارات تهران، واحد خوارزمی.
- قهرودی‌تالی، م.، نصرتی، ک. و عبدلی، ا. (۱۳۹۴). چالش‌های توسعه کالبدی شهر سنقر در اثر انباشت نهشته‌های یخچالی و ناپایداری دامنه‌ای. دوفصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، (۲): ۹-۱۶.
- محمدی، ح. و محمودی، پ. (۱۳۸۴). بررسی یخبندان و لغزندگی در سطح جاده سندر-همدان با استفاده از ماتریس وضعیت‌های اقلیمی. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، (۸): ۱-۱۷.

- محمودی، ف. (۱۳۶۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۱: ۸-۱.
- ملکی، ا. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مسکن در استان کردستان. پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۹: ۱۱۵-۱۲۴.
- نعمت‌الهی، ف. و رامشت، م.ح. (۱۳۸۵). آثار یخساری در ایران. نشریه دانشکده علوم انسانی تبریز، ۳: ۱۳۰-۱۴۹.
- یمانی، م.، مقیمی، ا.، عزیزی، ق. و باخویشی، ک. (۱۳۹۲). تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیک هولوسن در بلندی‌های غرب استان کردستان. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، دانشگاه تهران، ۴۵(۴): ۱-۱۴.
- یمانی، م.، شمسی‌پور، ع.ا. و جعفری‌اقدام، م. (۱۳۹۰). بازسازی برف‌مرزهای پلیوستوسن در حوضه جاجروود. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۷۶: ۳۵-۵۰.
- Abramowski, U., Bergau, A., Seebach, D., Zeccl, R., Glaser, B., Sosin, P., Kubik, P.W. and Zech, W. (2006). Pleistocene glaciations of central Asia: result from 1 Obe surface exposure age of erratic boulders from the pamir (Tajikistan), and the Alay- Turkestan range (kyrgystan). *Quat. Sci.Rev.*, 25: 1080-1096.
- Abtahi, S.M. (2013). Study of paleoclimae of Jajrood Basin with Glacial evidence. *Geographical Exploration of Desert Areas*, 1(1): 185-201. [in Persian]
- Amir Ahmadi, A., Maghsoudi, A. and Ahmadi, T. (2011). Study of the effects of Quaternary glacier and its effect on the lack of formation of civilization and important settlement in the Aspas plain. *Urban and Regional Studies and Research*, 3(10): 61-80. [in Persian]
- Chorly, R., Schumm Stanley, A. and Sudgden David, E. (2006). *Geomorphology*. 4nd Vole, SAMT, Tehran. [in Persian]
- Derruau, M. (1990). Les forms du relief terrestrial. *Notions Geomorphology*, Nima. [in Persian]
- Ghohrodi tali, M., Nosrati, K. and Abdoli, A. (2015). Challenges of the development of the city of Sonqor due to the accumulation of glacial deposits and the instability of the domain. *Quarterly Journal of Urban Ecology Research*, 6: 29-16. [in Persian]
- Jafarbeglu, M., Yamani, M., Abbasnegad, A., Zamnzadeh, M. and Zahab Nazoury, S. (2014). Reconstruction of quaternary snow line in Bid Khan Mountain (Kerman province). *Quarterly Geography*, Spring, 40(12): 93-107. [in Persian]
- Jafari, Gh.H. (2009). The effect of the roughness's on the quaternary ELA. Ramesht, M.H., Esfahan University, Geography Department. [in Persian]
- Jafari, GH.H. and Asghari Sercansrudī, S. (2014). Analysis the effects Quaternary glacial Zanjanrood. *Quantitative Geomorphological Researches*, 3(2): 16-30. [in Persian]
- Jedari Eivazi, J. (2011). *Iran Geomorphology*. Paiammur Press. [in Persian]
- Khosravi, A., Ghorbani Shorstani, A. and Nor Mohammadi, 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): 1-13. [in Persian]
- Mahmoudi, F. (1988). The evolution of Iranian roughness in Quaternary. *Geographic Researches*, 1: 1-8. [in Persian]
- Maleky, A. (2007). Seismic hazard zonation and prioritization of housing improvement in Kurdistan province. *Geographic Researches*, 59: 115-124. [in Persian]
- Mohammadi, H. and Mahmodi, P. (2005). Glacial and slip survey on the Sanandaj- Hamadan Road Level using the Climate Status Matrix. *Geographic Quarterly Territory*, 2(8): 1-17. [in Persian]
- Moayeri, M., Ramesht, M.H., Saif, A., Yamani, M. and Jafari, Gh.H. (2011). The impact of mountainous skirts direction of Iran on differences in altitude of wither and ice equilibrium line of quaternary. *Geography and Environmental Planning Journal*, 40(4): 1-12.
- Nematualahi, F. and Ramesht, M.H. (2006). The effects of ice wear in Iran. *Journal of the Faculty of Humanities of Tabriz*, 3: 30-149. [in Persian]
- Parizi, A., Ramesht, M.H. and Taghyan, A. (2013). Evidence of the final quaternary glaciers in the sirjan Tengue Basin. *Quantitative Geomorphologic Research*, 2(3): 111-128. [in Persian]
- Pedrami, M. (1982). Pleistocene and paleo climate in Iran. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Petras, H. (2011). Genesis and sedimentation of an ice-walled lake plain in northeastern Illinois. Unpublished MS thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 171 p.
- Porter, S.C. (2001). Snowline depression in the tropics during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 20: 1067-1091
- Qhanavati, E. and Beheshti Javid, A. (2014). New methods and techniques drawn maps geomorphology. Tehran University Press. [in Persian]
- Rahedan Mofrad, M. and Srivati, M.R. (2015). Snow restoration of the final Quaternary boundaries within the rig site. *Quarterly Journal of Geographic Research*, 30(1): 193-208. [in Persian]
- Rajabi, M. and Bayati Khatibi, M. (2008). Study of Glacial Valley Landform (Case study: Sahand glacial Valleys). *Geographical Research, Quarterly, Summer*, 40(64): 105-121. [in Persian]
- Ramesht, M.H. and Shoshtari, N. (2004). Evidence of ice caps and glaciers in Salafchegan. *Geographical Research*, 19(73): 119-132. [in Persian]
- Ramesht, M.H. (2012). *Geomorphological maps*. Edition6- publisher: SAMT. [in Persian]
- Sepehri, S. (2008). *Glaciers (Landforms)*, Glaciers (Landforms), Rourke Publishing (FL), Vero Beach, Florida 32964.
- Sharifi, M. and 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*, 4: 583-605. [in Persian]
- Solomina, O., Barry, R. and Bodnya, M. (2004). The retract of Tien Shan glaciers (Kyrgyzstan) since the little ice age estimated from acrial photographs, Lichenometric and historical data. *Geografiska Annaler*, 86A: 205-215.
- Talebi, H. (2001). Glacial effects in Zefre of Isfahan. M.A. Thesis, Graduated Faculty, Najaf Abad Unit, Islamic Azad University. [in Persian]
- Wright, H.E Jr. (1961). Pleistocene glaciations in Kurdistan. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 12: 31-164.

- Yamani, M., Moghimi, A., Azizi, Gh. and Bakhishi, K. (2013). Determination of the morocco-temporal domains of the Holocene in the highlands of the western province of Kurdistan. *Natural Geography Research*, 45(4): 1-14. [in Persian]
- Yamani, M., Shamsi Pour, A.A. and Jafari Aghdam, M. (2011). Renovation of the Ploshtozen Peninsula in the Jajrood Basin. *Natural Geographic Research*, 76: 35-50. [in Persian]
- Zaraii, P. and Ramesht, M.H. (2014). Reconstruction pattern of the cooling and moisture changes of Ghorveh region at least phase of the quaternary. *Journal of Geography and Regional Development*, 11(20): 1-20. [in Persian]
- Zomorodiyani, M.J. (2013). *Geomorphology of Iran*. 2nd Vol, Ferdosi University of Mashhad. [in Persian]