پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هشتم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۸
صص. ۱۰۴-۸۹

بازسازی شرایط اقلیمی کواترنر و بررسی محدوده یخچالی در شیرکوه یزد

ابوالقاسم گورابی*- استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.
افسانه اهدائی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.
عارفه شعبانی عراقی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۰۸ تائید نهایی: ۱۳۹۸/۰۳/۲۴

چکیده

تغییرات اقلیمی از بارزترین ویژگی‌های دوره کواترنر به شمار می‌رود. لندفرم های سطح زمین در این دوره دستخوش تحولات و تغییرات فراوانی شده است، با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک در ایران مرکزی و وجود آثار و لندفرم‌های یخچالی که نشان دهنده شرایط اقلیمی سرد و مرطوبتر گذشته است ما را برآن داشت تا با هدف بررسی شرایط اقلیمی گذشته با شرایط اقلیمی حال حاضر در این منطقه بپردازیم. روش این پژوهش روش مشاهده‌ای و تحلیل مبتنی بر عملیات میدانی و سنجش از دور است، بنابراین داده‌هایی از جمله نقشه‌های توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاع ۳۰ و ۱۰ متر، تصاویر Google Earth، داده های GPS عملیات میدانی و داده‌های آماری اقلیم منطقه استفاده شده است. روابط ریاضی، مدل‌های تجربی و نرم افزارهای آماری و نقشه کشی از عمده ترین ابزارهای مفهومی این پژوهش را تشکیل می‌دهند. نتایج حاکی از آن است که خط برف مرز گذشته که به روش رایت محاسبه شده در ارتفاع ۲۴۹۱ متر قرار داشته و حداکثر پیشروی مورن‌ها در دامنه‌های غربی_شمال غربی تا ارتفاع ۱۹۸۰ متری و در دامنه جنوبی تا ارتفاع ۲۲۱۸ متری ثبت گردیده است. در شرایط اقلیمی حال حاضر، خط هم‌دمای صفر درجه در ارتفاع ۵۴۴۰ متر و خط هم‌دمای ۵ درجه یعنی (خط تعادل آب و یخ) در ارتفاع ۴۷۸۰ متری است و هردو بالاتر از قله قرار میگیرد. ارتفاع خط برفمرز دوره گذشته نیز براساس معادله دمایی در حد دمای ۲۲ درجه امروز قرار دارد که نشان می‌دهد شرایط ایجاد فرآیندهای یخچالی و به تبع آن ایجاد لندفرم های یخچالی در منطقه شیرکوه یزد وجود ندارد.

واژگان کلیدی: فرآیندهای یخچالی، برفمرز، سیرک،کواترنر، شیرکوه یزد.

* نویسنده مسئول: E-mail: Goorabi@ut.ac.ir

مقدمه

با توجه به پدیده گرمایش جهانی[۱] که امروزه با آن روبرو هستیم، مطالعات مناطق یخچالی، مجاور یخچالی و آثار آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا با بررسی اقلیم گذشته، روند تغییرات اقلیمی در آینده بهتر تحلیل می‌شود. ذوب شدن یخچال ناشی از تغییر آب و هوا، یک پدیده جهانی است (لیو و همکاران، ۲۰۱۹،۲۰۵۹). یکی از مهم‌ترین مواریث اقلیمی دوران چهارم در ارتفاعات ایران، ژئومرفولوژی یخچالی و آثار یخچال‌های آن دوران به شمار می‌رود (یمانی،۱۳۸۱، ۱). تعیین قلمرو مرزهای اقلیمی مختلف فرآیندهای مختص به خود را ایجاد می کنند. این فرآیندها نیز فرم های متفاوتی را بوجود می آورند (شریفی و فرح بخش ۱۳۹۵، ۲۱). 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. (نصرتی، و همکاران، ۱۳۹۴، ۲۳۴). شواهد یخچالی از مهم‌ترین آثاری هستند که تحولات اقلیمی گذشته و تغییرات آینده را می‌توان براساس آنها پیش‌بینی کرد (آبراموسکی[۲] و همکاران، ۲۰۰۶، ۱۰۸۰). در طول کواترنری[۳]، آب‌وهوای زمین بارها دچار تغییر اساسی شده و در این میان ایران نیز تحت تاثیر قرار گرفته است. شروع دوره کواترنر به اتفاق نظر همه زمین‌شناسان و ژئومورفولوژیست‌ها و دیگر متخصصین علوم زمین، همراه با تغییرات اقلیمی و به عبارتی بهتر، گسترش یخچال‌ها در عرض‌های بالای جغرافیایی و نواحی مرتفع زمین بوده است (جعفری و اصغری ، ۱۳۹۳، ۱۷). اگرچه تغییرات آب و هوایی پدیده‌ای جهانی است، ولی روند و آثار این پدیده در مقیاس‌های محلی باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد (شارما[۴] و شاکیا ، ۳۱۷،۲۰۰۶). مطالعه آثار مورفولوژیکی یخچال‌ها اولین بار در اروپا شناخته و سپس شواهد مرتبط با این پدیده‌ها در سایر نقاط زمین موردبررسی قرار گرفت. تغییرات شرایط آب‌وهوایی در طول تاریخ زمین به شکل‌های متوالی و متناوب امری ثابت شده است. از نظر محققین در این دوره (کواترنر) یخبندان‌های شدید و طولانی‌مدت اتفاق افتاده و یخچال‌هایی را در سراسر کره زمین بویژه در ارتفاعات بالا به وجود آورده است (شریفی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۱۱). تنوع اقلیمی ایران به طور عمده نتیجه موقعیّت جغرافیایی و کوهستانی بودن آن است. وجود قلل مرتفع بالای ۴۰۰۰ متر در رشته کوه‌های این سرزمین موجب شده است که در دوره‌های سرد کواترنری بخش‌های مرتفع کوهستانی در قلمرو شرایط مورفوکلیماتیکی[۵] و تحت تاثیر آن در پهنه مورفودینامیکی[۶] یخچالی و نیواسیون[۷] قرار گیرد (عیوضی،۹۷، ۱۳۷۸). به منظور نمایش تغییرات و نوع رژیم‌های اقلیمی حاکم بر مناطق مختلف و آثار برجای مانده از دستگاههای اقلیمی گذشته، بررسی‌های زیادی انجام گرفته است. میراث‌های یخچالی دیرینه و کنونی ایران را می‌توان هم اکنون در نواحی مرتفع شمالی (البرز)، شمال غرب (سبلان و ...)، غرب (زاگرس و ...) و حتی مرکز ایران (چوپار کرمان و شیرکوه یزد) مشاهده کرد. بررسی آثار مورفولوژیکی یخبندان‌های کواترنر در ایران موضوع مورد علاقه بسیاری از محققان بوده که می توان شروع آن را به ژاک دومرگان [۸]در سال ۱۸۹۰ نسبت داد. مطالعات جدی درباره آثار مستقیم یخبندان کواترنر در کوه‌های ایران با کارهای هانس بوبک[۹] در البرز، ارتفاعات کردستان و دزیو در زردکوه در سال ۱۹۳۳

---

[۱] Global Warming

[۲] Abramvoski et all

[۳] Quaternary

[۴] Sharma, R.H & N. Shakya.M

[۵] Morphoclimatic

[۶] Morphodinamic

[۷] Nivation

[۸] Jacques de Morgan

[۹] Hans Bobek

شروع شده است. بوبک شواهد یخچالی در البرز و زاگرس را متعلق به قبل از دوران وورم می‌داند و در سال ۱۹۵۵ اظهار می‌دارد که در طول دوران یخچالی در ایران اقلیمی سردتر و خشک‌تر حاکم بوده است. محققان بعدی نتایج متفاوتی ارائه می‌کنند از جمله شارلاو[۱]و به اقلیمی مرطوبتر و سردتر در ایران معتقد است. اهلرز[۲] در سال ۱۹۸۰ هر دو نظریه را برای دوران‌هایی در اقلیم گذشته ایران تایید می‌کند. محققان خارجی دیگر هم از جمله رایت[۳] در ارتفاعات زاگرس، هاگه درن[۴] در سال ۱۹۷۴ وکوهله[۵] در سال ۱۹۷۶ نیز در ایران مرکزی مطالعاتی داشته‌اند(جداری عیوضی، ۱۳۷۸، ۸۳). پدرامی ۱۳۶۰ ضمن توصیف آثار شناخته شده یخچالی در ایران بر اساس مطالعه یخرفت‌های وورم[۶] اخیر، مرزبرف‌های دایمی را در دوره مذکور را بازسازی و نقشه خط برف دائمی کوهستان های ایران را ارائه داد. بدیهی است این میراث‌ها برای بازسازی تغییرات کنونی و گذشته بسیار بااهمیت هستند.

از جمله مطالعات اخیر در این زمینه، می‌توان به بازیابی حدود برف مرز دره‌ی شهرستانک در آخرین دوره‌ی یخچالی (یمانی و زمانی، ۱۳۸۶)، بررسی تاثیر مورفولوژی دامنه‌ها در تحول سیرک‌های یخچالی اشترانکوه (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱)، بررسی شواهد ژئومورفولژیکی مرزهای یخچالی در دامنه‌های کرکس (یمانی و همکاران، ۱۳۸۶)، بازسازی برفمرزهای آخرین دوره‌ی یخچالی با شواهد دوره‌های یخچالی در زاگرس شمال غربی (شمسی پور و همکاران، ۱۳۹۴)، بررسی شواهد ژئومورفولژیکی یخچال‌های کوهستانی پلئوستوسن پایانی در کوه شاه البرز– البرز غربی (خوش‌رفتار و همکاران، ۱۳۹۵)، بازسازی سیرکهای یخچالی در کراترهای آتشفشانی کواترنری، مطالعه‌ی موردی، قروه کردستان (جعفری و آوجی، ۱۳۹۶)، بازسازی قلمروهای مورفودینامیکی بر اساس شواهد ژئومورفولوژی یخچالی و مجاور یخچالی، مطالعهٔ موردی، کوههای چهلچشمه و سارال در استان کردستان (ملکی و همکاران، ۱۳۹۶) و به بازسازی شرایط اقلیمی دوره‌های یخچالی پلیوستوسن الوند همدان بر اساس شواهد ژئومورفولوژی (جعفری و براتی، ۱۳۹۷) اشاره کرد.

مهم‌ترین آثار تغییرات اقلیمی دوره کواترنری ایران، شواهد یخچالی هستند. یخچال‌ها در ایجاد و تغییرشکل لندفرم‌ها در ارتفاعات و نواحی کوهستانی ایران نقش غیرقابل انکاری ایفا نموده‌اند(محمودی، ۱۳۶۷، ۸). در گسترش زبانه‌های یخچالی کواترنری شواهدی که بیش از همه، ذهن ژئومورفولوژیست را به خود معطوف می‌دارد، چگونگی گسترش سنگ‌های سرگردان در محیط است که علاوه بر ویژگی های یخچالی دوران گذشته، به شدت تحت تأثیر جنس سنگ‌های محیط یخچالی نیز قرار دارد. سنگ‌های سرگردان که قطعات بسیار بزرگ سنگ هستند شاهدی بر وجود یخچال در یک منطقه است زیرا هیچ یک از عوامل فرسایش‌دهنده دیگر مانند آب و باد قادر به جابجایی سنگ‌هایی با این ابعاد نیستند و فقط زبانه‌های یخی می‌توانند این کار را انجام دهند(رامشت و همکاران،۱۳۸۸، ۳). وجود آثار تیپیک سیرکی دامنه‌ی کوه‌های با ارتفاع بالا و همچنین حضور مورن های سرگردان اطراف آن در ابعادی بزرگ حاکی از تسلط فرآیندهای یخچالی در طی دوره های سرد کواترنری است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۴، ۱۳۱). در بعضی قسمت‌ها ابعاد این قطعات به اندازه‌ای بزرگ است که به نظر نمی‌رسد شبکه زهکشی موجود حتی در پرآب‌ترین شرایط بتواند آنها را حمل کند و این بهترین دلیل برای اثبات یخرفتی بودن آنها است. در شیرکوه یزد، شواهدی از توپوگرافی یخچالی قدیمی را مشخص است. یخرفت‌های مشخصی در منطقه شیرکوه، توسط هاگه درن در ارتفاع بین ۱۹۲۵ تا ۲۲۴۰ متر از سطح دریا تشخیص داده شد که حاکی از وجود فرآیندهای یخچالی در منطقه است (مهرشاهی و بقایی نیا، ۱۳۹۱،۶۶). رامشت ضمن تایید یافته‌های

---

[۱] Sharlav

[۲] Ekart Ehlers

[۳] H. E. Wright

[۴] Hagedorn

[۵] Kohle

[۶] Wurm

مذکور نسبت به انتشار تصاویر بی نظیری از سنگ های سرگردان یخچالی در ارتفاع ۱۶۰۰ متری منطقه شیرکوه یزد توسط هاگه درن اقدام کرده و به پایین آمدن زبانه های یخی تا این ارتفاع تاکید ورزیده است (نعمت الهی و رامشت ، ۱۳۸۳، ۱۴۷). باید بیان داشت، به رغم شواهد گسترده ای برای یخچال های طبیعی، فقدان اطلاعات ژئوکرونولوژی مانع درک کامل ما از یخبندان است (ایزولا و همکاران ، ۲۰۱۹، ۶۲).

با توجه به ماهیت یخچال های مناطق و ویژگی های فیزیو گرافیک متفاوت نواحی ، طیف متنوعی از آثار و شواهد یخچالی را می توان ردیابی کرد (استروان و همکاران ۲۰۱۳، ۵۱۱). شناسایی و ردیابی آثار ژئومورفولوژیکی یخچالی دوره کواترنر در یکی از مناطق شاخص ایران مرکزی (شیرکوه یزد) به دلیل قرارگیری آن در منطقه آب‌وهوایی گرم وخشک در حال حاضر، از اهمیت ژئومورفولوژیکی و اقلیمی خاصی برخوردار است. این پژوهش بر آن است که با بررسی و استفاده از شواهد و آثار یخچالی، قلمرو گستره‌ی یخچال‌ها در کواترنر پایانی را تعیین کرده و الگویی از شرایط ژئومورفیک و اقلیمی منطقه در این دوران ارائه داده و همچنین، تفاوت‌هایی اقلیمی حال و کواترنر را در این منطقه بررسی کند.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

ارتفاعات شیرکوه در ۴۰ کیلومتری جنوب–جنوب‌غربی شهر یزد قرار دارد. شیرکوه مهم‌ترین توده نفوذی ایران مرکزی به شمار می‌رود. مرتفع‌ترین نقطه آن (قله شیرکوه) در حدود ۴۰۷۵ متر ارتفاع دارد (شکل شماره ۱).

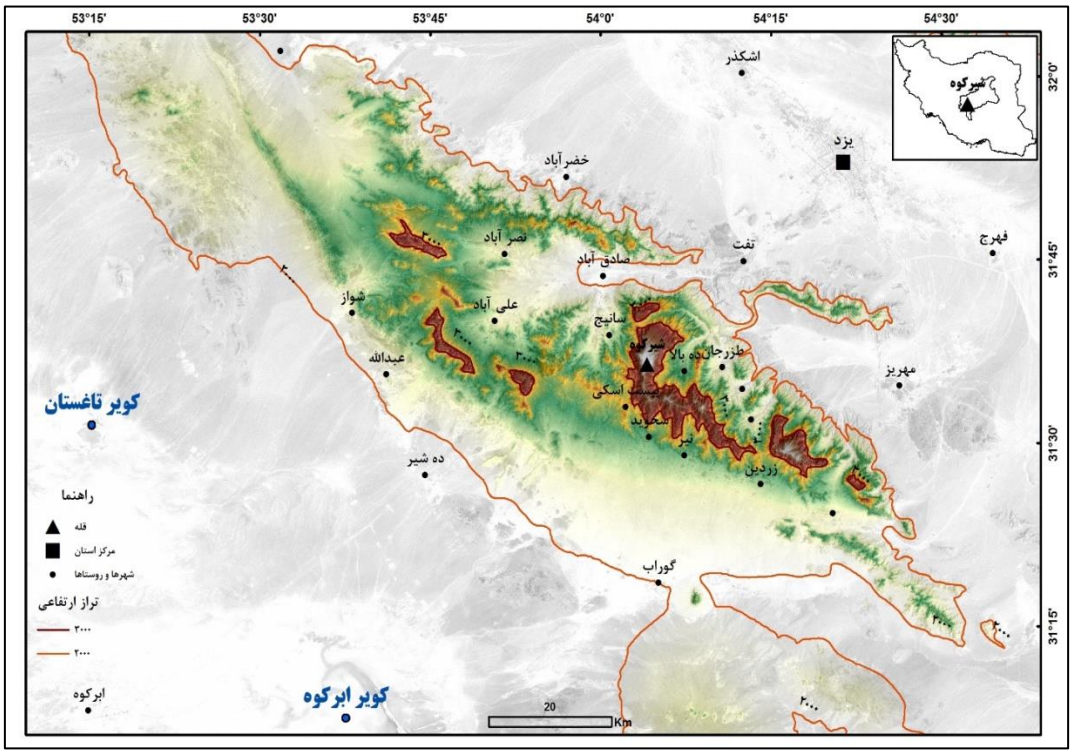
زمین‌شناسی شیرکوه: باتولیت شیرکوه با سن ژوراسیک میانی، به‌طور کلی از سه واحد اصلی گرانودیوریتی[۱]، مونزوگرانیتی[۲] و لوکوگرانیتی[۳] تشکیل شده است (شیبی و اسماعیلی،۱۳۶،۱۳۸۹).

اقلیم شیرکوه: از نظر اقلیمی توده کوهستانی شیرکوه دو دنیایی متفاوت اقلیمی را در فاصله‌ای کم در پیرامون خود بوجود آورده است. به طوری که براساس داده های ایستگاههای هواشناسی یزد (شکل ۱) تغییرات قابل توجهی در پارامترهای اقلیمی در منطقه مورد بررسی وجود دارد. به عنوان مثال میانگین بارش سالانه در ایستگاه یزد حدود ۶۲/۷ میلی‌متر است (شکل ۱)(اداره کل آب و هواشناسی ۱۳۹۶). علت اصلی این امر، وجود قرارگیری ارتفاعات شیرکوه در جهت شمال‌غرب–جنوب‌شرق، به مانند دیواری بلند در برابر توده‌های هوایی و عامل تعدیل کننده دمایی در منطقه است (امیدوار، ۱۳۸۶، ۸۲).

[۱] Granodiorite

[۲] Monzogranite

[۳] Leucogranite



شکل شماره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

روش تحقیق

در پژوهش حاضر ابتدا با شناسایی موقع لندفرم‌های (سیرک‌ها[۱]، مورن‌ها[۲]) یخچالی حدود و گستره آخرین دوره یخچالی اخیر در کوهستان شیرکوه مشخص و سپس با کشف رابطه مکانی- فضایی آنها با پارامترهای اقلیمی(دما و بارش) و مورفولوژیکی(ارتفاع و جهت و شیب) میزان افت دما در هنگام وجود یخچال‌ها و میزان ELA مشخص شده است. در گام نخست با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع[۳] (SRTM)۳۰ متر از سازمان زمین شناسی آمریکا و ۱۰ متر (سازمان نقشه برداری ایران) و تصاویر Google Earth، موقعیت سیرک‌ها تعیین و سپس با بررسی‌هایی میدانی، صحت آنها مشخص شد. در گام بعدی روابط و نوع همبستگی بین ویژگی‌های کمی لندفرم‌های یخچالی مذکور با پارامترهای مورفولوژیکی (ارتفاع، شیب، جهت مستخرج از مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر) و اقلیمی (دما و بارش – ۱۴ ایستگاه هواشناسی منطقه از ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۸ میلادی) تعیین و سپس میزان افت دمای لازم برای تشکیل یخچال در دوره یخچالی گذشته در منطقه کوهستانی مورد بررسی با تعیین و مقایسه ELA[۴] کنونی و گذشته تعیین شده است.

از آنجا که پایداری یخچال‌ها در هر زمان به شرایط اقلیمی و میانگین دمایی بستگی دارد، لذا، برای بررسی حدود گسترش یخچال‌ها به انجام کارهای میدانی و مشاهده مستقیم سیرکهای یخچالی استناد شده است. در این مرحله، با توجه به اقلیم کنونی محدوده تحت بررسی و شواهد ژئومورفولوژیکی موجود در ارتفاعات و سایر واحد های ژئومورفولوژیکی منطقه و همچنین با توجه به داده‌های آماری به دست آمده از تغییرشرایط کنونی به بازسازی دمای آخرین شرایط یخچالی کواترنر

---

[۱] Circus

[۲] Moraine

[۳] Digital Elevation Model (DEM)

[۴] Equilibrium Line Altitude

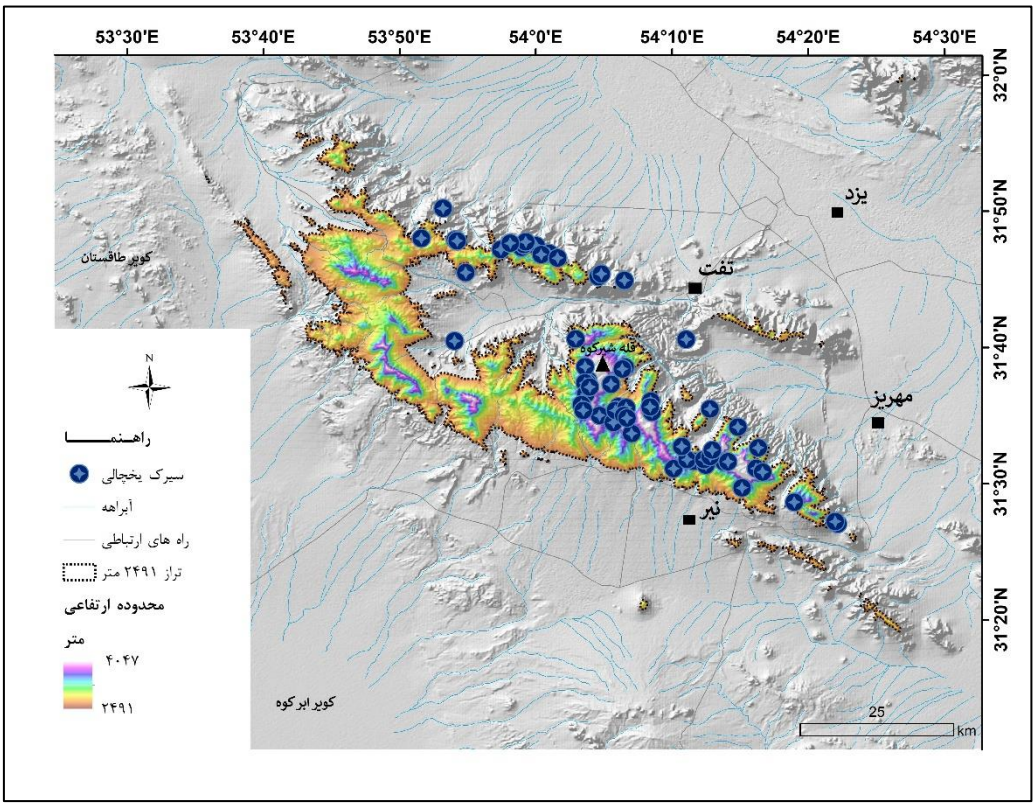
پرداخته شده است. برای تعیین خط تعادل روش‌های متعددی وجود دارند که متناسب با موقع جغرافیایی و داده‌های موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مهمترین روش‌های مورد استفاده جهت تعیین خط تعادل و برفمرز عبارتند از: روش ارتفاع کف سیرک‌ها (روش رایت[۱])، در روش رایت با تعیین مکان سیرک‌های و گذراندن خط ۶۰ درصد از آنها، برف مرز دائمی تعیین می‌شود(رایت، ۱۹۶۱: ۵۰). به عبارتی در سردترین دوره حاکم، در خط برفمرز دائمی، برف همیشگی در این ارتفاع وجود داشته و یا به مفهومی دیگر میانگین دما بر روی این خط برابر صفر درجه سانتی‌گراد است (رامشت و همکاران،۱۳۸۳: ۱۲۵). سپس خط تعادل آب و یخ که بیانگرحداکثر گسترش زبانه‌های یخچالی کواترنری، یعنی جایی که به خاطر درجه حرارت یخچال دیگر قادر به پیشروی به ارتفاعات پایین دست نبوده است (رامشت و شاهزیدی، ۱۳۹۰)، برای شرایط اقلیمی امروز با توجه به داده های اقلیمی تعیین شده است. همچنین با توجه به داده‌های اقلیمی زمان حال شرایط برف‌مرز گذشته تعیین شده است. نکته حائز اهمیت این است که ارتفاع خط تعادل آب و یخ پایین‌تر از ارتفاع برف مرز دائمی است به عبارتی یخچال های کوهستانی که به خوبی تغذیه شده، توانسته‌اند صدها متر پایین تر از محل تشکیل، جریان یابند و بالاخره در ارتفاع خاصی بواسطه افزایش نسبی دما و ذوب یخ دیگر قادر به پیشروی نبوده و از آن به بعد آب ذوبان در گسترش زبانه‌های یخچالی جانشین یخچال شده است (محمودی، ۱۳۷۸، ۲۳۵). در نهایت قلمرو یخچالی گذشته و شرایط فعلی در منطقه کوهستانی شیرکوه تعیین و مشخص شده است.

بحث و نتایج

ردیابی آثار یخچالی منطقه شیرکوه: براساس آثار سیرکی منعکس شده در نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بررسی‌های میدانی در کوهستان شیرکوه، تعداد ۶۲ سیرک یخچالی شناسایی شد (شکل شماره ۲ و ۳، جدول شماره ۱). برفمرز کواترنر به روش رایت با گذراندن خط ۶۰ درصد مکان سیرک‌های یخچالی در منطقه شیرکوه ، در ارتفاع ۲۴۹۱ متر (شکل شماره۲ و ۴) قرار دارد. این خط بیان کننده ارتفاع همدمای صفر درجه در دوره یخچالی گذشته است که بوسیله آن می‌توان شرایط دمایی گذشته را بازسازی کرد. همچنین این خط به این معنی است که در سردترین دوره حاکم بر منطقه، از این ارتفاع به بالا برف به صورت دائمی در تمام طول سال وجود داشته است و به عبارتی دیگر متوسط دما بر روی این خط معادل صفر درجه سانتیگراد بوده و ارتفاعات بالاتر دمایی پایین تر از صفر درجه داشته اند.

[۱] Wright

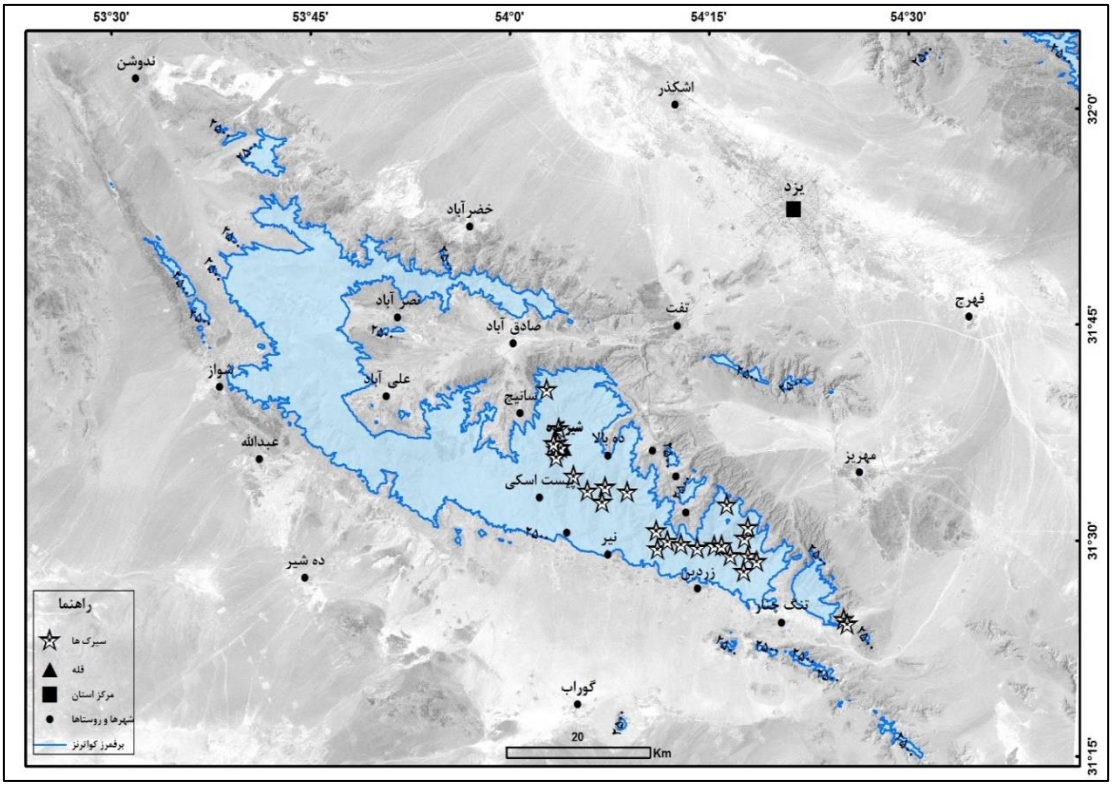


شکل شماره ۲: سیرک‌های یخچالی و برف مرز کواترنر در کوهستان شیرکوه

شکل شماره ۳: سیرک یخچالی در دامنه غربی شیرکوه

جدول شماره ۱:فراوانی سیرک ها در جهات جغرافیایی و حدود ارتفاعی آنها

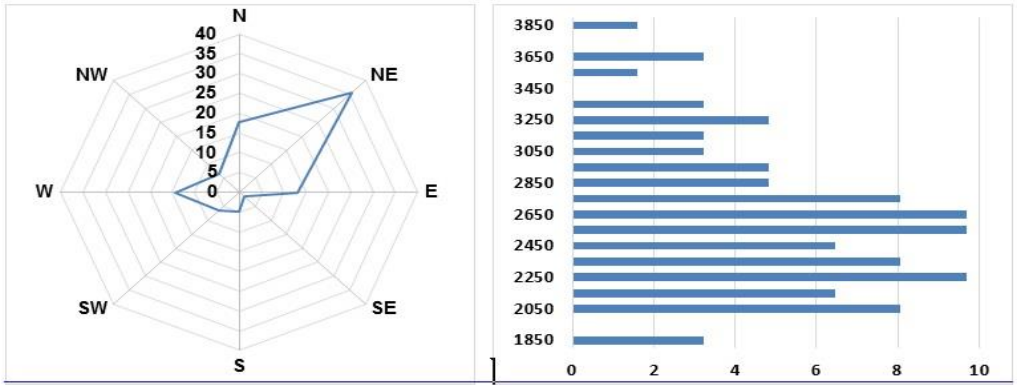
درصد فراوانی سیرک ها	فراوانی سیرک ها	حدود ارتفاعی	شمال	شمال شرقی	شرق	جنوب شرقی	جنوب	جنوب غربی	غرب	شمال غربی
3.23	2	1800_1900		1					1	
0.00	0	1900_2000								
8.06	5	2000_2100		4						1
6.45	4	2100_2200	1	2						1
9.68	6	2200_2300	1	3	2					
8.06	5	2300_2400	1	2	1		1			
6.45	4	2400_2500	1	1	1					
9.68	6	2500_2600		2	1			1	1	1
9.68	6	2600_2700	1	2	1		1		1	
8.06	5	2700_2800	1	1	2			1		
4.84	3	2800_2900	1	1						1
4.84	3	2900_3000	1			1			1	
3.23	2	3000_3100	1	1					1	
3.23	2	3100_3200		1					1	
4.84	3	3200_3300	1	1					1	
3.23	2	3300_3400	1				1			
0.00	0	3400_3500								
1.61	1	3500_3600							1	
3.23	2	3600_3700						2		
0.00	0	3700_3800								
1.61	1	3800_3900							1	
0.00	0	3900_4000								
0.00	0	4000_4100								
100	62	مجموع	11	22	8	1	3	4	9	4



شکل شماره ۴: قلمرو منطقه یخچالی در کواترنر

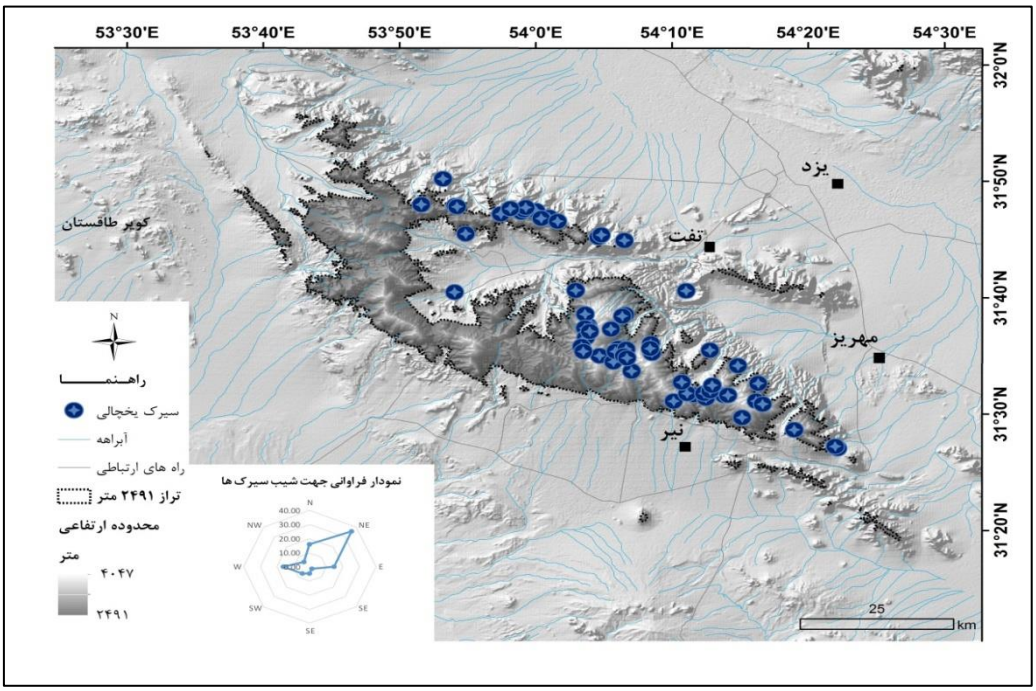
رابطه سیرک ها با جهت ناهمواری‌ها و ارتفاع در کوهستان شیرکوه

در این پژوهش از ۶۲ سیرک[۱] شناسایی شده در منطقه شیرکوه، بیشترین سیرک‌ها ۲۲ عدد در دامنه شمال شرقی و کمترین آن در دامنه جنوب شرقی ۱ عدد و مابقی آنها در جهات دیگر (جدول شماره ۱) واقع شده است. پست‌ترین سیرک‌ها در محدوده ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متری و مرتفع‌ترین آنها در محدوده ارتفاعی ۳۸۰۰ تا ۳۹۰۰ واقع شده‌اند (شکل شماره ۵ و ۶).



شکل شماره۵: نمودار توزیع سیرک های یخچالی در جهات جغرافیایی و ارتفاع

[۱] Circus



شکل شماره۶:نقشه پراکندگی سیرک های یخچالی و جهت آنها و خط برفمرز گذشته

بازسازی شرایط دمایی (تعیین برفمرز کنونی)

یکی از فاکتورهایی که در فرآیندهای ژئومورفولوژیکی یخچالی منطقه مورد مطالعه اثر زیادی دارد شرایط دمایی منطقه است. با افزایش ارتفاع، دما کاهش می‌یابد ولی مقدار آن بستگی به عوامل محیطی محلی دارد. بررسی آماری رابطه همبستگی دما–ارتفاع ۱۴ ایستگاه هواشناسی(شکل شماره۶) منطقه بیانگر آهنگ افت دما برااساس رابطه‌ی زیر می‌باشد:

رابطه شماره ۱- $Y= -۵۴۳۸,۴x + ۱۳۳,۲۱$

خط صفر درجه با توجه با شرایط اقلیمی حال حاضر در ارتفاع ۵۴۴۰ متر قرار دارد که با توجه به ارتفاع قله شیرکوه که در ارتفاع ۴۰۷۵ متر بالاتر از سطح آبهای آزاد قرار دارد، خط برف مرز کنونی حدود ۱۳۶۳ متر از قله شیرکوه بالاتر است. این اطلاعات نشان می‌دهد در حال حاضر شرایط ایجاد یخچال در ارتفاعات شیرکوه وجود ندارد.

خط تعادل آب و یخ

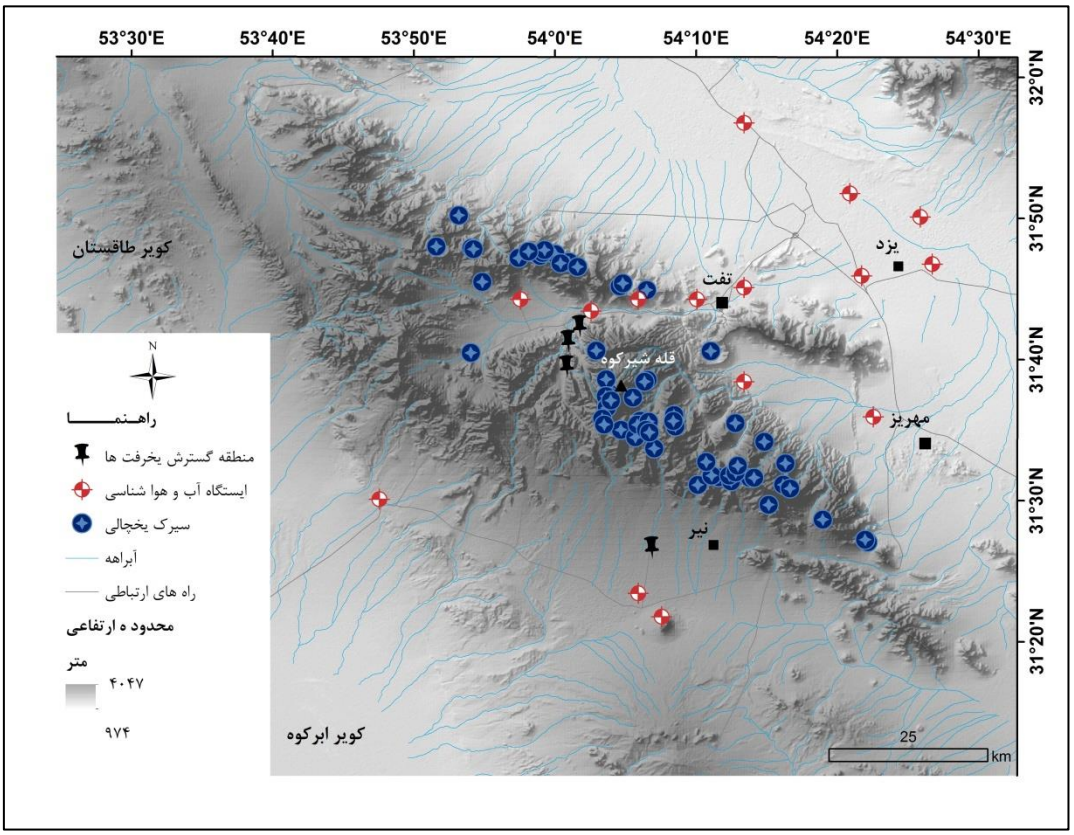
برای مشخص شدن ارتفاع خط تعادل آب و یخ در منطقه شیرکوه با استفاده از رابطه دما با ارتفاع، محاسبه خط هم‌دمای ۵ درجه گرمترین ماه سال در منطقه برآورد گردید و در این شرایط و خط تعادل در ارتفاع ۴۷۸۰ متری قرار می‌گیرد، و این ارتفاع امروزه حدود ۷۰۰ متر بالاتر از قله شیرکوه قرار گرفته است.

آثار ژئومورفیک یخساری

علاوه بر سیرک‌ها، یخرفت‌ها و مورن‌های یخچالی و دره‌های یخچالی مهم‌ترین لندفرم‌های یخچالی و شواهد تغییرات اقلیمی موجود در منطقه مورد مطالعه به شمار می‌روند. با بررسی‌های میدانی در منطقه شیرکوه، یخرفت‌ها و مورن[۱]های یخچالی(شکل های شماره ۸، ۹ و ۱۰) در دامنه‌های غربی و شمال غربی، در ارتفاع ۲۲۴۴، ۲۱۹۲ و ۱۹۸۲ مشاهده شده است و در دامنه جنوبی نیز در ارتفاع ۲۲۱۸ هم آثار یخچالی یافت شده است (شکل ۷).

[۱] Moraine

در مناطق کوهستانی، جذب انرژی تابشی خورشید در مناطق مختلف، متفاوت است. دامنه‌های شرقی در ساعات قبل از ظهر تا ظهر و دامنه‌های غربی در ساعات بعد از ظهر تا چند ساعت مانده به غروب، بیشترین میزان انرژی را دریافت می‌کنند. اما از آنجایی که دریافت انرژی تابشی در دامنه‌های شرقی، از زمان طلوع خورشید تا ظهر و پس از شب صورت می‌گیرد و همچنین در طول شب، سطح زمین انرژی خود را از دست داده و سرد است، به همین دلیل، جذب انرژی خورشید در دامنه‌های شرقی، کمتر از دامنه‌های غربی می‌باشد. زیرا در زمان دریافت حداکثر انرژی تابشی در دامنه‌های غربی، سطح زمین از پیش، گرم بوده است و در نتیجه، درجه حرارت، بالاتر می‌رود. در نتیجه، ماندگاری برف در دامنه‌های شرقی، بیشتر از دامنه‌های غربی می‌باشد و شرایط در جهت تشکیل سیرک یخچالی، مناسب‌تر است. البته، قرارگیری دامنه‌های غربی در برابر بادهای غربی و فرود بلند مدیترانه و سایر سیستم‌های جوی باران زا که از سمت غرب، وارد کشور می‌شوند، تا حدودی این شرایط را تعدیل کرده است، زیرا دامنه‌های غربی نسبت به دامنه‌های شرقی، بارش بیشتری را دریافت می‌کنند و در نتیجه در گذشته، تغذیه سیرک‌ها در این دامنه‌ها نسبتا بیشتر بوده است (شکل شماره ۸).



شکل شماره۷:موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و مورن‌های یخچالی

شکل شماره۸: مورن‌های دامنه غربی شیرکوه

در مورد دامنه‌های شمالی و جنوبی نیز، همین تفاوت صدق می‌کند. دامنه‌های جنوبی (شکل شماره ۱۰) در بیشتر مواقع روز، از انرژی زیادی برخوردار بوده که در مورد دامنه‌های شمالی، چنین حالتی در کمینه خود قرار دارد. و همچنین میزان بارش در دامنه‌های شمالی بیشتر از دامنه‌های جنوبی می‌باشد. مجموع این عوامل سبب شده است که بیشترین تعداد سیرک‌های یخچالی شیرکوه (۲۲ مورد) دارای جهت شیب شمال شرقی باشند. همچنین تفاوت موجود در حداکثر پیشروی مورن[۱]های یخچالی در منطقه مورد مطالعه، خود تاییدی بر استدلال‌های ذکر شده می‌باشد.

شکل شماره ۹ مورن‌های دامنه شمالغربی شیرکوه

[۱] Moraine

شکل شماره۱۰: مورن‌های دامنه جنوبی شیرکوه

نتیجه گیری

براساس بررسی داده‌های هواشناسی و شرایط اقلیمی حال حاضر، خط دمای صفر درجه در ارتفاع ۵۴۳۸ متر یعنی بالاتر از قله قرار میگیرد و خط برفمرز دوره گذشته نیز براساس معادله دمایی، در حد دمای ۲۲ درجه امروز قرار دارد که نشان می‌دهد امکان شرایط یخچالی در حال حاضر در این محدوده وجود ندارد.

مشاهدات میدانی در منطقه شیرکوه، وجود شرایط و اشکال یخچالی از جمله: سیرک ها[۱]، دره‌های یخچالی و مورن‌ها[۲] را تایید می‌کنند. براساس آثار سیرکی منعکس شده در نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بررسی‌های میدانی در کوهستان شیرکوه، تعداد ۶۲ سیرک یخچالی شناسایی شد. برفمرز کواترنر به روش رایت با گذراندن خط ۶۰ درصد مکان سیرک‌های یخچالی در منطقه شیرکوه ، در ارتفاع ۲۴۹۱ متر قرار دارد. پراکندگی سیرک‌ها در ارتفاعات شیرکوه متفاوت است، بیشترین تعداد سیرک‌ها به ترتیب دارای جهت شیب شمال شرقی، شمال، غربی، شرقی و کمترین تعداد آنها به ترتیب دارای جهت شیب جنوب شرقی و جنوبی می‌باشند. پست‌ترین سیرک‌ها در محدوده ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متری و مرتفع‌ترین آنها در محدوده ارتفاعی ۳۸۰۰ تا ۳۹۰۰ واقع شده‌اند.

با مطالعات آثار پیشینیان از جمله هاگه‌درن[۳] فرآیندهای یخچالی در این منطقه در ارتفاع ۱۹۲۵ تا ۲۲۴۰ متر در کواترنر مشخص شده است و سنگ‌های سرگردان تا ارتفاع ۱۶۰۰ متری هم دیده شده است. اما در این پژوهش براساس خط برف مرز گذشته که در ارتفاع ۲۴۹۱ متری قرار داشته است. حداکثر پیشروی مورن‌ها در دامنه‌های غربی_شمال غربی تا ارتفاع ۱۹۸۰ متری و در دامنه جنوبی تا ارتفاع ۲۲۱۸ متری ثبت گردیده است، که پیشروی بیشتر مورن‌ها در دامنه‌های شمالی و شمال غربی، نقش مهم عوامل بارش و دما در حجم و تغذیه سیرک‌های یخچالی را بازگو می‌کند. با توجه به اینکه در دهه‌های اخیر با روند افزایش دما در جهان (گرمایش جهانی[۴]) روبرو هستیم، در ایران نیز شاهد آنیم که میزان بارش برف سالانه و عدم تغذیه یخچال‌ها، موازنه تبادل برف و یخ در قلل ایران را به زیان یخچال‌ها منفی نموده است و ما در محدوده ایران مرکزی، امروزه برخلاف دوره کواترنر، شاهد فرآیندهای یخچالی نیستیم.

---

[۱] Circus

[۲] Moraine

[۳] Hagedorn

[۴] Global Warming

منابع

- اهلرز،دکارت؛ ترجمه م. رهنمائی، مبانی کشورشناسی ایران، ۱۳۶۵ مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی سحاب
- امیدوار، کمال. مطالعه و تحلیل بادها و جریان‌های هوا در ترازهای مختلف جو در ماه‌ها و روزهای بارشی در منطقه شیرکوه یزد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴، شماره مقاله ۶۲۲
- امیدوار، کمال، ۱۳۸۶، بررسی و تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، صص۸۱-۹۸
- پدرامی، منوچهر، ۱۳۶۰، کوهزایی پاسادنین و زمین شناسی ۷۰۰هزار سال گذشته ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور
- جداری عیوضی، جمشید ، ۱۳۷۸ ، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- جعفری، غلامح سن، ا صغری سرا سکانرودی، صیاد، برر سی آثار یخچالی کواترنری زنجان‌رود، ۱۳۹۳، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم شماره ۲، ص ۱۶-۳۰
- جعفری، غلام‌حسن. آوجی، مینا. ۱۳۹۶، بازسازی سیرکهای یخچالی در کراترهای آتشفشانی کواترنری (مطالعه‌ی موردی قروه کردستان)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، تابستان ۱۳۹۶، صص ۱ -۱۵
- جعفری، غلام‌حسن. براتی، زینب ۱۳۹۷، بازسازی شرایط اقلیمی دوره های یخچالی پلیوستوسن الوند همدان بر اساس شواهد ژئومورفولوژی، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال یازدهم، شماره ۴۰ ،تابستان ۱۳۹۷، صص ۱۲۱ - ۱۳۹
- جعفربیگلو، منصور، یمانی، مجتبی، عباس‌نژاد،احمد، زمانزاده، سیدمحمد، ذهاب ناظوری، سمیه، ۱۳۹۳، بازسازی برف‌مرزهای یخچالی کواترنر در کوهستان بیدخوان (استان کرمان)، مجله جغرافیا(دوره جدید)، سال دوازدهم،شماره ۴۰، صص۹۲ -۱۰۷
- جعفری، غلام حسن؛ فیض اله پور، مهدی؛ براتی، زینب؛ باز سازی ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری الوند همدان (با سه روش رایت، شیب _ جهت و ضریب خمیدگی)، تحقیقات جغرافیایی » زمستان ۱۳۹۴ - شماره ۱۱۹ ، صص۱۳۱ - ۱۴۹
- خوش‌رفتار، ر ضا. فرید مجتهدی، نیما. ا سعدی ا سکونی، ابراهیم. نوروزپور شهر بیجاری، کامبیز، ۱۳۹۵، برر سی شواهد ژئومورفولژیکی یخچال‌های کوهستانی پلئوستوسن پایانی در کوه شاه البرز- البرز غربی، فصلنامه کواترنری ایران، دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صص ۱۵۵ -۱۶۵
- رامشت، محمد حسین، شاه زیدی، سمیه سادات، ۱۳۹۰، کاربرد ژئو مورفولوژی دربرنامه ریزی ملی، منطق‌های، اقتصادی، توریسم، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ دوم.
- رامشت، محمد حسین، نا سخیان، حوریه، اوانی، نازی، *1388*، آثار فعالیت‌های یخچالی در منطقه قمصر و نقش آن در ایجاد کانون‌های ییلاقی و تفریحی، ششمین همایش و نماشگاه اطلاعات مکانی
- سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان چهار محال و بخ تیاری، *http://www.chaharmahalmet.ir*
- شیبی، مریم، اسماعیلی، داریوش، شواهد سنگشناختی و ژئوشیمیایی رستیت در گرانیت آناتکسی شیرکوه، جنوب غرب یزد، بهار، ۱۳۸۹، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ایران، سال هجدهم، شماره ۱، ص ۱۳۵ - ۱۴۶
- شریفی، محمد، طاهری نژاد، کاظم، زارع، فاطمه،۱۳۹۵، ارزیابی تغییرات اقلیمی بین زمان حال و پلئیستوسن و بازسازی شرایط اقلیم گذشته با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک(نمونه موردی:حوضه دشت ابراهیم آباد یزد)، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ۱، صص ۱۱۰-۱۲۸
- شریفی پیچون، محمد؛ فرح بخش، زهرا؛ بررسی مواریث ژئوفرم‌های یخچالی کواترنر و تغییرات سیستم‌های مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک در حوضه خضرآباد ـ یزد مجله: جغرافیا و برنامه ریزی محیطی » زمستان ۱۳۹۵ - شماره ۶۴ ، صص۱۹ - ۴۰

- شمسی پور، علی اکبر. باقری سید شکری، سجاد. جعفری اقدم، مریم. سلیمی منش، جبار. ۱۳۹۴، بازسازی برفمرزهای آخرین دوره‌ی یخچالی با شواهد دوره‌های یخچالی در زاگرس شمال غربی، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۹ ، تابستان ۱۳۹۴، صص ۶۱ – ۷۴
- محمودی، فرج الله، ۱۳۷۸، ژئومورفولوژی اقلیمی، انتشارات دانشگاه تهران
- محمودی ،فرج الله،۱۳۶۷، تحول ناهمواری های ایران در کواترنر، پژوهش های جغرافیایی، شماره‌ی ۲۰(۲۳)، صص ۵_۴۳
- مقیمی، ابراهیم. یار احمدی، علی محمد. ثروتی، محمدرضا. کردوانی، پرویز،۱۳۹۱، بررسی تاثیر مورفولوژی دامنه‌ها در تحول سیرک‌های یخچالی اشترانکوه، مدرس علوم انسانیف برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره شانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، صص ۱۱۹ – ۱۳۹
- ملکی، امجد. جباری، ایرج. حسینی، هاشم . ۱۳۹۶، بازسازی قلمروهای مورفودینامیکی بر اساس شواهد ژئومورفولوژی یخچالی و مجاور یخچالی، مطالعهٔ موردی، کوه های چهل چشمه و سارال در استان کردستان، فصلنامه کواترنری ایران، دوره ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صص ۱۱۷ – ۱۳۰
- مهرشاهی، داریوش، بقایی‌نیا، علیرضا،بررسی تغییرات احتمالی دما و بارش کواترنر پایانی در دامنه‌های شمالی شیرکوه با استفاده از شواهد یخچالی:حضه آبریز فخر آباد(مهریزو یزد) ۱۳۹۱، مجله جغرافیا ، دوره جدید، سال دهم، شماره ۳۴ ، صص ۶۵ – ۸۴
- نعمت الهی، فاطمه، رامشت، محمد حسین، آثار یخساری در ایران ، ۱۳۸۳، فصلنامه مدرس علوم انسانی دورهٔ ۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۸۴
- نصرتی، کاظم، قهرودی تالی، منیژه، عبدلی، اسماعیل، تخمین برفمرز در آخرین دوره یخچالی در حوضه دالاخانی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی۱۵، دوره ۲۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، صص ۲۳۱-۲۴۶
- یمانی، مجتبی، ژئومرفولوژی یخچال‌های علم کوه، ۱۳۸۱، پژوهش‌های جغرافیایی- شماره ۴۲
- یمانی، مجتبی. زمانی، حمزه. بازیابی حدود برف مرز دره‌ی شـــهرســـتانک در آخرین دوره‌ی یخچالی، جغرافیا (نشـــریه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران) دوره جدید، سال پنجم، شماره ۱۲ و ۱۳ بهار و تابستان ۱۳۸۶، صص ۹۹ – ۱۱۶
- یمانی، مجتبی،عیوضـــی، جمشـــید، گورابی، ابوالقاســـم، شـــواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در دامنه‌های کرکس، ۱۳۸۶، مجله مدرس علوم انسانی، صص ۲۰۷ – ۲۲۸
- *Abramowskia, U. A. et al., "Pleistocene Glaciations of Central Asia: Results from 10Be Surface Exposure Ages of Erratic Boulders from the Pamir Tajikistan), and the Alay (Kyrgyzstan)", Quaternary Science Reviews, No. 25, Pp. 1080-1096, 2006*
- *Boobek, H; Klima and landschaft Iran; Wien, 1955.*
- *Stroevena, A.P., ttestranda, C, Ha. , Jakob Heymana, b., Johan Klemana., Bjorn M. 4, pp.505–512*
- *Wright, H.E. Jr., 1961, Pleistocene Glaciation in Kurdistan, Eiszeitalter und Gegenwart, 12: 31–164*
- *Sharma, R.H., N. Shakya.M., 2006, Hydrological changes and its impact on water resources of Bagmati watershed, Nepal, Journal of Hydrology. Vol 327, Issues 3-4315-322*
- *Hagedorn, H., Haars, W, Busche, D. andGrunert, j., (1978), some geomorphologicalobservations from the Shir-kuh, mountains area. Geography: Journal of the Association of Iranin Geographers, 1:10-15.*

- *Isola, I.a.Email Author,Ribolini, A.b, Zanchetta, G.a,b, Bini, M.a,b, Regattieri, E.b,c, Drysdale, R.N.d,e, Hellstrom, J.C.f, Bajo, P.f, Montagna, P.g, Pons-Branchu, E.h,2019, Speleothem U/Th age constraints for the Last Glacial conditions in the Apuan Alps, northwestern Italy, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoeco,Volume 518, Pages 62-71*
- *Liu, K.a,b, Liu, Y.a,b,c, Han, B.-P.d, Xu, B.a,b,c, Zhu, L.a,b,c, Ju, J.a,b, Jiao, N.e, Xiong, J.f,g, Bacterial community changes in a glacial-fed Tibetan lake are correlated with glacial melting, Science of the Total Environment, Volume 651, 15 February 2019, Pages 2059-2067*