Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۷، بهار ۱۳۸۸
صص ۵۲-۳۱

اندازه‌گیری حرکت سالیانهٔ یخچال‌های علم‌کوه

مجتبی یمانی* – دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
پذیرش مقاله:۱۳۸۶/۴/۲۴ تأیید نهایی:۱۳۸۶/۱۰/۲۶

چکیده

وجود آثار یخچالی یکی از مهم‌ترین مواریث اقلیمی کواترنری در پهنهٔ ایران‌زمین بـه شـمار مـی‌رود. از مهم‌ترین یخچال‌های کشور ایران می‌توان بـه یخچـال‌هـای علـم‌کـوه و تخـت سـلیمان اشـاره کـرد. پژوهشگران ایرانی و خارجی که در مورد یخچال‌های علم‌کوه تحقیق کرده‌اند، بر این موضـوع اتفـاق‌نظـر دارند که یخچال‌های دامنهٔ شمالی علم‌کوه جزء یخچال‌های فعال ایران به شمار می‌رود. هدف ایـن مقالـه بررسی نظریات قبلی در مورد حرکت و فعالیت‌های یخچال‌های علم‌کوه از طریق اندازه‌گیری دقیق و ارائـه نتیجه به‌صورت کمّی بوده است. برای دستیابی به این هدف، مقاطعی بر روی زبانه‌های یخچـالی تعیـین و علامت‌گذاری شده و سپس طی یک دورهٔ ۴ ساله و هر سال با دوربین تئودولیت مدل T16 میزان تغییرات اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد که یخچال‌های علم‌کوه به‌دلیل گرم شدن اقلیم در عصر حاضر به‌تدریج در حال ذوب شدن‌اند، هرچند شواهد گویای آن هستند که در دوره‌های یخچالی گذشته، فعالیـت به‌مراتب بیشتری داشته‌اند. با وجود این، در زمان حاضر در راستای طـولی و در جهـت شـیب دره ، ایـن یخچال‌ها در فعال‌ترین زبانهٔ خود (زبانهٔ علم‌چال) سـالیانه ۲/۳۰ متـر حرکـت دارنـد. وجـود اشـکال جریـانی یخرفتی، وجود هسته‌های یخی تا انتهای زبانهٔ یخچالی و یا تغییر ضـخامت یخرفـت سـطحی زبانـه‌هـا، وجـود شکاف ریمای در انتهای سیرک‌های یخچالی و نیز تخریب پناهگاه کوهنوردی احداث‌شده در روی زبانـهٔ سـیرک علم‌چال از مشخص‌ترین شواهد فعالیت و حرکت زبانه‌های یخچالی به شمار می‌روند.

کلیدواژه‌ها: یخچال کوهستانی، علم‌کوه، تخت سلیمان، فرسایش یخچالی، تغییرات اقلیمی.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی تحولات اقلیمی دوران چهارم در پهنهٔ ایران و در نقاط مرتفـع کوهـستانی، آثـار یخچال‌های کوهستانی است. هرچند پژوهشگران داخلی و خارجی در مورد وجود آنها متفق‌القـول هـستند، امـا مطالعـات چندانی در مورد آنها انجام نشده است. نظریات موجود عموماً در مورد حدود گسترش، وسعت و اشکال به‌دست آمده است و با استناد به مشاهدات غیرمستقیم یا تعمیم مشاهدات نمونه و پراکنده‌ای است که در سدهٔ اخیر – به‌ویژه از دهه ۳۰ بـه این طرف – انجام شده است. شاید همین موضـوع ضـرورت انجـام مطالعـات گـسترده‌ای را درخـصوص آثـار و شـواهد ژئومورفولوژیکی کواترنری – به‌ویژه شواهد یخچالی در ارتفاعات ایران – توجیه کند. نگارنـده خـود مطالعـاتی را از سـال

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۳۱۹۷۶۸۲
* E-mail: myani@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳۷۸ تا کنون بر روی یخچال‌های البرز (علم‌کوه و درهٔ شهرستانک)، زردکوه بختیاری و کوه‌های تالش آغاز کرده است. هدف این بررسی‌ها صرفاً مطالعهٔ اشکال مورفولوژی یخچالی و حدود گسترش آنها بوده است. نوشتار حاضر نیز حاصل طرحی پژوهشی است که به‌دنبال طرح پژوهشی دیگری انجام پذیرفته و مقالهٔ آن نیز در مجله «پژوهشهای جغرافیایی» به چاپ رسیده است[۱] و سعی دارد حرکت سالیانه زبانه‌های یخچالی علم‌کوه را اندازه‌گیری کند.

پیشینه تحقیق

سابقهٔ بررسی و ارائه نظریات قطعی در مورد یخچال‌های ایران، شاید به کمتر از ۸۰ سال اخیر برمی‌گردد و سوابق و نظریات چندانی پیش از آن در دسترس نیست. برای مثال، استهل[۲] زمین‌شناس فنلاندی که در سال ۱۹۱۲ نخستین مجموعهٔ زمین‌شناسی ایران را تهیه کرد، نسبت به یخبندان کواترنر در ایران اظهار بی‌اطلاعی می‌کند (پروی[۳] ۱۹۸۰، به نقل از ثروتی، ۱۳۶۹). همچنین نیدر مایر[۴] در سال ۱۹۳۳ می‌نویسد که آثار یخچالی یک یخبندان بزرگ کاملاً مطمئن در هیچجا مشاهده نشده، ولی نشانه‌های فعالیت یخچالی در مناطق کوهستانی ایران موجود است (همان، ۵۶).

اما اشخاص دیگری بوده‌اند که پیش از آن در مورد وجود سیرک‌های یخچالی اظهار نظر کرده‌اند. در این میان ژاک دو مرگان[۵] در توصیف وضع طبیعی لرستان از سیرک یخچال قدیمی اشتران‌کوه در ارتفاع ۳۸۰۰ متری و سیرک دیگری در قلیان‌کوه در ارتفاع ۲۴۴۰ متر نام برده است (به نقل از عیوضی، ۱۳۶۹). در سال ۱۹۳۳ دزیو[۶] که در سفری پژوهشی برای مطالعات ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی به منطقهٔ زردکوه سفر کرده بود، می‌نویسد که در رشته‌کوه‌های غرب ایران یخچال‌هایی را دیده که تا کنون کسی آنها را توصیف نکرده است (پروی، ۱۹۸۰، به نقل از ثروتی، ۱۳۶۹، ۵۷). او همچنین از وجود چند یخچال کوچک خبر می‌دهد و به‌ویژه به یخبندان‌های گستردهٔ زمان گذشته نیز اشاره می‌کند. از کسانی که در مورد یخچال‌های تخت سلیمان کار کرده‌اند. می‌توان از برادران برن مولر[۷] گیاه‌شناس و جغرافی‌دان آلمانی نام برد. آنها در سال ۱۹۳۲ از راه شمال شرقی وارد منطقه شدند و توانستند قلهٔ علم‌کوه را به‌عنوان بلندترین قلهٔ منطقهٔ تخت سلیمان شناسایی کنند. در سال ۱۹۳۳ در ادامهٔ کار برادران برن مولر، یک گروه انگلیسی به سرپرستی داگلاس بوسک[۸] از طریق جنوب منطقه و از مسیر درهٔ طالقان وارد ارتفاعات تخت سلیمان شدند و دو نفر از آنها توانستند به قلهٔ علم‌کوه صعود کنند (نقل از وزیری ۱۳۸۲، ۱۰۴). سپس در سال ۱۹۳۴ این گروه انگلیسی به سرپرستی داگلاس بوسک برای بار دوم به منطقهٔ علم‌کوه بازگشتند. این گروه را هانس بوبک[۹] زمین‌شناس اتریشی و استاد دانشگاه برلین همراهی

---

۱. مقاله با عنوان ژئومورفولوژی یخچال‌های علم‌کوه ، پژوهش‌های جغرافیایی ، سال ۳۴، شماره ۴۲.

2. Stahl
3. Christoph Preu
4. Nider Mayer
5. G. de, Morgan
6. Desio
7. Born Moller
8. Douglas Busk
9. Hans Bobek

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کرد. بوبک یخچال‌های علم‌کوه را کشف کرد و برای اولین بار ارتفاعات و یخچال‌های منطقه را نقشه‌برداری کرد. پس از آن نیز یک گروه از دانشگاه کمبریج در سال ۱۹۵۸ و گروه دیگری از فرانسه برای بررسی منطقهٔ تخت سلیمان ازجمله یخچال‌های طبیعی آن به این منطقه اعزام گردیدند (نقل از وزیری ۱۳۸۲، ۱۰۴).

از آنجا که یخچال‌های کوهستانی البرز مورد توجه بسیاری از علاقه‌مندان قرار دارد و ویژگی‌های آنها از نزدیک مطالعه شده است، هانس بوبک مجدداً در سال ۱۹۵۴، پگی[1] در سال ۱۹۵۹، دروآ[2] و درش[3] در سال ۱۹۶۱ و مجدداً درش در سال ۱۹۸۲ یخچال‌های کنونی تخت سلیمان و دماوند را مطالعه و دربارهٔ آنها اظهار نظر کرده‌اند. این مطالعات درمجموع شامل بررسی سیرک‌های قدیمی و پراکندگی یخرفت‌ها و بالاخره ویژگی‌های یخچال‌های فعال کنونی است. نامبردگان نقل می‌کنند که در علم‌کوه، سیرک‌های فعال کنونی در ارتفاع حدود ۴۲۰۰ متری قرار دارند و زبانه‌های یخی آنها در ارتفاع ۳۶۰۰ متری به هم اتصال می‌یابند. قسمت زیادی از سطح زبانه‌ها پوشیده از قطعات متلاشی‌شدهٔ سنگ‌های فروریخته از دامنه‌های مسلط به آنهاست (یخچال سنگی یا یخرفت سطحی). گاهی نیز سطح زبانه‌های یخی بدون هیچ پوششی آشکار است. شیب‌های تند و عریان سنگی از ارتفاع ۳۴۰۰ متری به پایین، تحت تأثیر متلاشی شدن بر اثر یخبندان قرار دارند (نقل از محمودی، ۱۳۶۷).

پژوهشگران دیگری نیز گزارش‌هایی را از یخچال‌های البرز، به‌ویژه یخچال‌های علم‌کوه و تخت سلیمان ارائه داده‌اند. این گزارش‌ها اکثراً شرح عمومی یخچال‌ها بوده است. در این میان نیز تعدادی از گروه‌های کوهنوردی و کاشفان از کشورهای مختلف، ازجمله کشورهای انگلیس، فرانسه، آلمان، بلژیک و نظایر آن، برای فتح قلهٔ علم‌کوه به این منطقه مسافرت کردند و مطالب پراکنده‌ای در مورد یخچال‌های علم‌کوه و تخت سلیمان نوشته‌اند. جدیدترین کارهای انجام گرفته در مورد یخچال‌های ایران را محمودی، عیوضی، پدرامی، وزیری و رامشت انجام داده‌اند. هدف از انجام این تحقیق نیز تکمیل مطالعات پیشین و رفع ابهامات موجود در این زمینه بوده است.

محدودیت فصلی، صعب‌العبور بودن منطقه و نامساعد بودن شرایط اقلیمی همواره از مشکلاتی بوده‌اند که مراحل انجام تحقیق را با مشکلات فراوان یا تأخیر زمانی مواجه ساخته‌اند. با وجود این، تجهیزات به وسیله قاطر تا ۴۰۰۰ متری منتقل شدند و در سایر قسمت‌ها حین عبور از میان یخرفت‌هایی که قطر متوسط آنها به بیش از یک متر می‌رسد با پای پیاده طی شده است.

محدودهٔ مورد بررسی

علم‌کوه با ارتفاع ۴۸۵۰ متر، مرتفع‌ترین قلهٔ ایران بعد از دماوند محسوب می‌گردد. این قله در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است.

یخچال‌های علم‌کوه در رشته کوه البرز غربی و در نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ پوشش سراسری به شماره

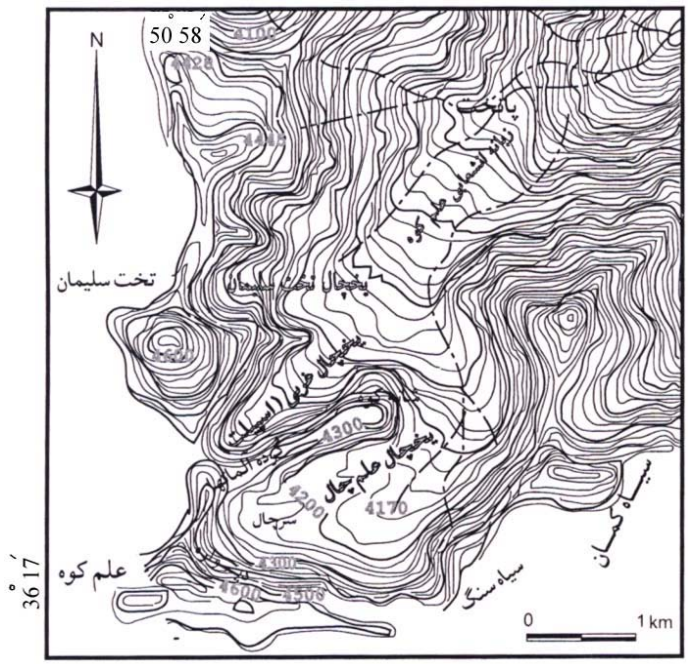
1. Ch. P. Peguy
2. M. Derruau
3. J. Dresch

www.SID.ir

Archive of SID

اندکس I – 6162 قرار گرفته‌اند (شکل ۱). رشته‌کوه البرز غربی، عموماً به‌سمت مغرب به‌وسیلهٔ دو رودخانهٔ اصلی الموت‌رود در شمال منطقه و رودخانهٔ طالقان‌رود در جنوب – که از طریق رودخانه شاهرود به سفیدرود می‌ریزند – زهکشی شده است. زهکش اصلی حاشیهٔ غربی علم‌کوه ، گرمارود است و درست از حاشیه جنوب غربی علم‌کوه و هفت‌خوان سرچشمه می‌گیرد و سرشاخهٔ دیگر آن، رودخانهٔ تخت سلیمان است که از حاشیهٔ شمالی این ارتفاعات سرچشمه گرفته است و پس از پیوستن به گرمارود به رودخانهٔ سه هزار می‌ریزد و پس از آن راهی دریای خزر می‌گردد. سرداب‌رود نیز از ضلع جنوبی علم‌کوه و درهٔ خرسان‌کوه سرچشمه گرفته است و پس از دریافت انشعابات حاشیهٔ شرقی ارتفاعات علم‌کوه وارد کلاردشت می‌شود و سرانجام به‌سمت دریای خزر جریان می‌یابد.

مهمترین قله‌های اطراف علم‌کوه، هفت‌خوان (۴۵۲۸ متر)، خرسان‌کوه (۴۶۵۹ متر)، سیاه‌کمان (۴۶۰۴ متر)، تخت سلیمان (۴۴۶۵ متر)، شانه‌کوه (۴۳۴۸ متر)، کوه حصارچال (۴۲۶۶ متر) و کوه لنگری (۴۳۶۹ متر) هستند. افزون بر اینها، ده‌ها قلهٔ دیگر با ارتفاع بالای ۴۰۰۰ متر در این محدوده وجود دارد که عموماً در امتداد خط‌الرأس بین حوضه‌های آبخیز اصلی منطقه قرار گرفته‌اند.



شکل ۱. توپوگرافی محدوده یخچال‌های علم‌کوه
منبع: نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی

محدودهٔ مورد بررسی، یک چهارگوش ۵ ×۵ دقیقه‌ای را شامل می‌گردد (شکل ۱). در این محدوده و پیرامون آن بیش از ۱۴ زبانهٔ یخچالی فعال و غیرفعال وجود دارد (شکل ۴). سطح تمامی این یخچال‌ها پوشیده از قطعات کوچک و بزرگ یخرفت است. بزرگ‌ترین آنها یخچال دامنهٔ شمالی علم‌کوه است که یک یخچال انشعابی با سه انشعاب است. طول انشعاب اصلی آن حدود ۵ کیلومتر است و در درهٔ پیت‌سرا به‌سمت شمال جریان دارد (شکل ۴). بعد از آن، یخچال‌های هفت‌خوان قرار دارد، که انشعاب اصلی آن از دامنه غربی علم‌کوه و تخت سلیمان سرچشمه می‌گیرد و بیش

www.SID.ir

Archive of SID

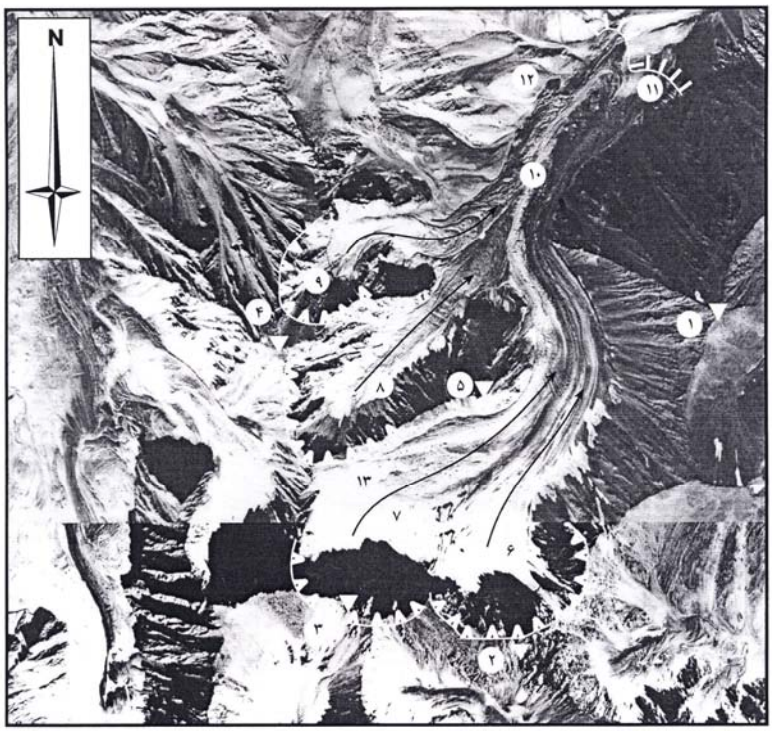
از ۵ زبانهٔ دیگر از سیرک‌های دامنهٔ شمالی هفت‌خوان به آن می‌پیوندد. علاوه بر این، تعداد زیادی سیرک یخچالی در ارتفاعات پیرامون، از جمله دامنهٔ شمالی کوه حصارچال و نزارکوه وجود دارد که کف آنها پوشیده از یخرفت است و به نظر می‌رسد که انشعابات اصلی، دارای هستهٔ یخی هستند.

مواد و روش تحقیق

نگارنده، مطالعات کتابخانه‌ای را در قالب طرح جداگانه‌ای در سال ۱۳۷۸ با عنوان ژئومورفولوژی یخچال‌های علم‌کوه انجام داده و از آنجا که موضوع و هدف این طرح اندازه‌گیری حرکت سالیانهٔ یخچال‌های علم‌کوه است، بنابراین روش کار عمدتاً بر انجام کار میدانی طی ۴ سال متوالی استوار بوده است. برای دستیابی به این هدف، کار تحقیق طی مراحل زیر انجام پذیرفته است.

کار بر روی عکس‌های هوایی و نقشه‌ها

از عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ به عنوان ابزار دید قائم و استرئوسکوپیک برای اهداف متفاوتی ازجمله انتخاب موقعیت مقاطع اندازه‌گیری استفاده شده است (شکل ۲). علاوه بر این، از نقشه‌های توپوگرافی بزرگ‌مقیاس برای انتقال اطلاعات مقاطع و ترسیم پروفیل‌ها بهره‌گیری شده است.



شکل ۲. موقعیت و مورفولوژی زبانه‌های یخچالی در روی عکس هوایی

۱- قلهٔ کوه سیاه‌کمان ۲- قلهٔ سیاه‌سنگ ۳- علم‌کوه ۴- قلهٔ تخت سلیمان ۵- قلهٔ شانه‌کوه ۶- سیرک سیاه‌سنگ ۷- سیرک علم‌چال ۸- یخچال تخت سلیمان ۹- سیرک شمالی تخت سلیمان ۱۰- زبانهٔ انشعابی اصلی ۱۱-پیشانی زبانهٔ یخچالی اصلی ۱۲-پناهگاه سرچال (پاتخت) ۱۳-پناهگاه تخریب شدهٔ علم‌چال

www.SID.ir

Archive of SID

روش انتخاب موقعیت مقاطع اندازه‌گیری و پروفیل‌ها

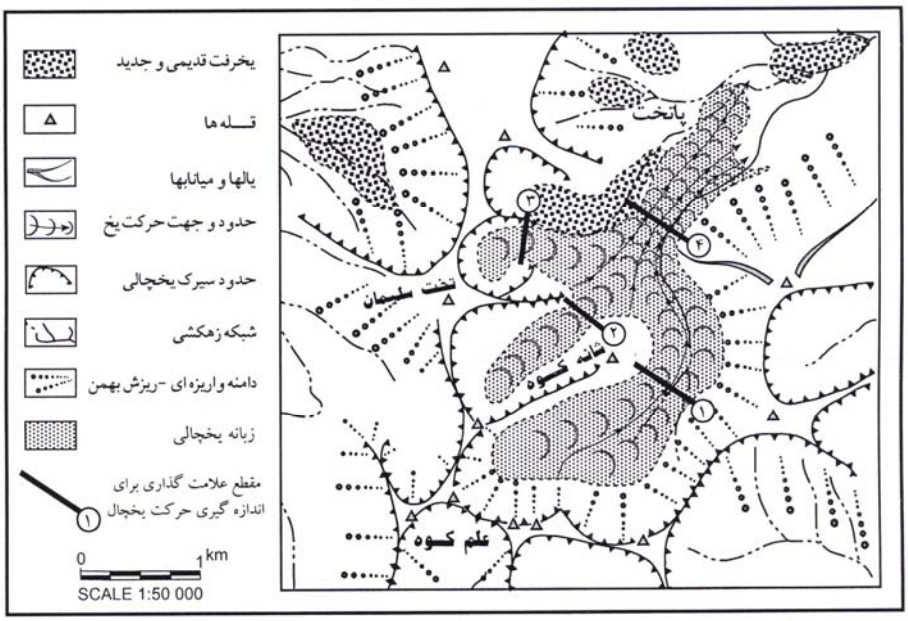
مقاطع انتخابی برای اندازه‌گیری حرکت زبانه‌های یخچالی طی دو مرحله انجام پذیرفته است. در مرحله اول با توجه به مورفولوژی زبانه‌ها و موقعیت انشعابی آنها و در نظر گرفتن متغیرهایی چون طول و عرض زبانه‌ها، توپوگرافی، موقعیت سیرک‌ها و محل انشعابات زبانه‌ها، ۴ مقطع برای اندازه‌گیری حرکت زبانه‌ها تعیین گردید. شکل ۴ موقعیت مقاطع انتخابی را نشان می‌دهد. در مرحله دوم، موقعیت مقاطع از پیش در روی نقشه تعیین گردید و سپس با استفاده از دستگاه GPS این مقاطع از طریق تعیین شاخص‌های ثابت در طرفین درهٔ یخچالی به روی زمین تطبیق و انتقال داده شد. از آنجا که در طول درهٔ یخچالی، دامنه‌ها دارای شیب بیش از ۱۰۰ درصدند و حالت واریزه‌ای و ناپایدار دارند، شاخص‌های ثابت در طرفین هر زبانه و در موقعیت هر مقطع بر روی رخنمون و برونزد ثابت سنگی در جدارهٔ دره علامت‌گذاری شدند. شکل ۳ موقعیت یکی از این شاخص‌ها را نشان می‌دهد. لازم به یادآوری است که به‌دلیل ناپایداری دامنه‌ها و صعب‌العبور بودن سطح زبانه‌های یخچالی و عدم امکان استقرار دوربین تئودولیت، استفاده از سایر روش‌ها از جمله ترازیابی خطی یا روش مثلث‌بندی، احتمال خطا را افزایش می‌داده است. بنابراین از روش مقایسه جابه‌جایی زبانهٔ یخچالی نسبت به دو شاخص ثابت در طرفین دره استفاده شده است. از طرفی، چون شاخص‌ها در بعضی نقاط بیش از ۲۰ متر از سطح زبانه‌ها ارتفاع داشته‌اند، بنابراین اشراف نقاط اندازه‌گیری در تمامی طول مقطع وجود داشته است.

شکل ۳. موقعیت شاخص ثابت در جدارهٔ دره علم‌چال و دامنهٔ سیاه‌کمان
موقعیت شاخص ثابت در داخل مربع بزرگ‌تر نشان داده شده است. این شاخص در پایین‌ترین رخنمون سنگی ثابت و در دامنه واریزه‌ای سیاه‌کمان علامت‌گذاری شده است. این شاخص در مشرق زبانهٔ یخچالی علم‌چال است که در روی عکس برای دید بهتر پررنگ ترسیم شده است.

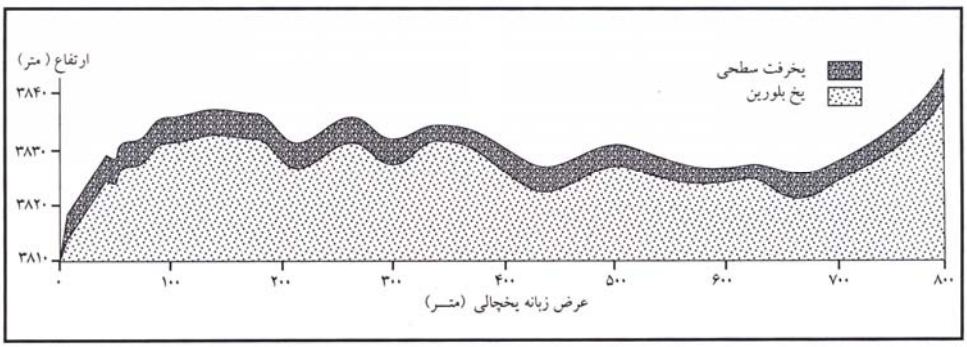
www.SID.ir

Archive of SID

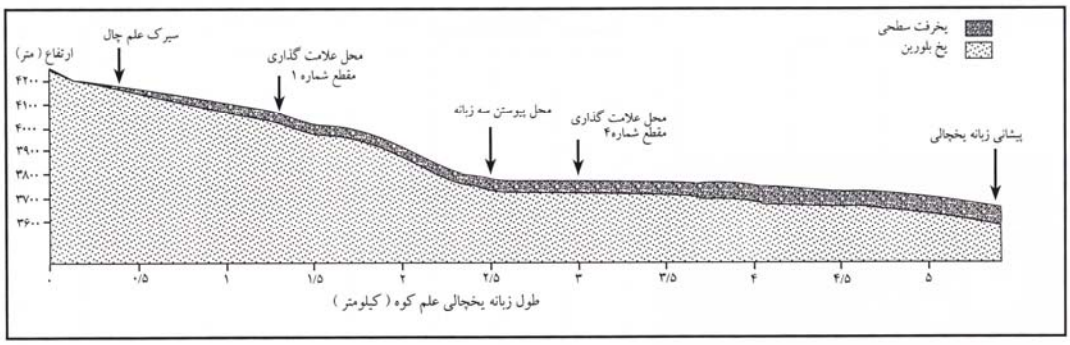
نکته مهم در خور توجه آن است که موقعیت مقاطع اصلی، درست در محل خروجی سیرک‌ها یا در شیب‌های کوژ زبانه انتخاب گردیده است؛ زیرا با توجه به شواهد موجود این مکان‌ها فعال‌ترند و باید جابه‌جایی بیشتری را در مقایسه با سایر نقاط زبانه‌ها نشان دهند.



شکل ۴. موقعیت مقاطع اندازه‌گیری در روی زبانه‌های یخچالی



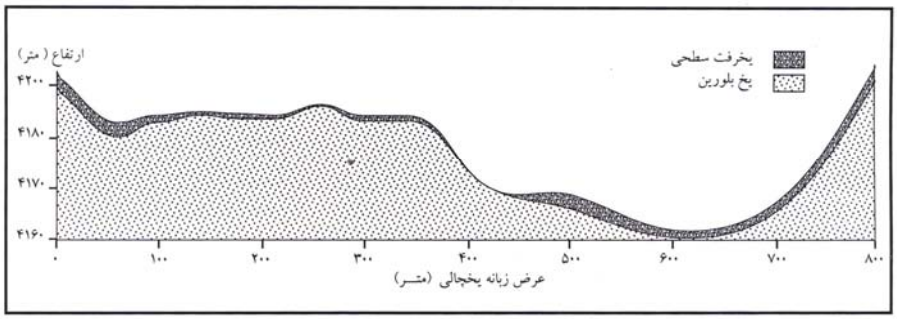
شکل ۵. نیمرخ عرضی و توپوگرافی مقطع شماره ۴



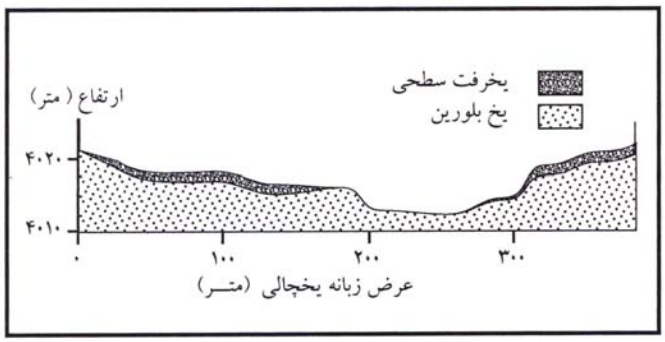
شکل۶. نیمرخ طولی و توپوگرافی یخچال علم‌کوه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نیمرخ عرضی و توپوگرافی مقطع شماره ۱



شکل ۸. نیمرخ عرضی و توپوگرافی مقطع شماره ۳

این مقاطع حین کارهای میدانی و با استفاده از دوربین تئودولیت برداشت شده اسـت. ضخامت یخرفت سطحی تخمینی است. پروفیل طولی یخچال علم‌کوه نیز با کنتـرل زمینی با دستگاه GPS برداشت شده است.

روش اندازه‌گیری

کار اندازه‌گیری در ۴ سال متوالی یعنی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ و در شهریورماه هر سال انجام پذیرفته است کـه طـی آن تجهیزات مورد نیاز ازجمله دوربین تئودولیت، سه‌پایه، ژالون و سایر تجهیزات وابسته به آن به‌وسیلهٔ قاطر تا ارتفـاع ۴۲۰۰ متری محل اندازه‌گیری انتقال داده شده است (شکل ۹).

شکل ۹. اندازه‌گیری در امتداد مقاطع با دوربین تئودولیت T-16

www.SID.ir

Archive of SID

در اولین نوبت یعنی شهریورماه سال ۱۳۷۹، ضمن تعیین شاخص‌های ثابت، روی زبانـه‌هـا علامـت‌گـذاری گردیـد. برای این منظور تعداد ۲۰ میله فلزی ۱۰ میلی‌متری (میلگرد عاجدار) بـه ارتفـاع ۱۵۰ سـانتی‌متـر تهیـه شـد و در بـالای هرکدام پرچم قرمز رنگی نصب گردید و به‌دلیل احتمال پوسیدگی پرچم‌ها، پلاک‌های فلـزی آلومینیـومی شـماره‌گـذاری شده و حکاکی‌شده با نام دانشگاه تهران (شکل ۴) بر روی میله‌ها نصب گردید. سپس با توجه به موقعیت اندازه‌گیری‌شده با تئودولیت، محل استقرار میله‌های فلزی تعیین شد و سپس به‌وسیلهٔ متهٔ دستی با قطر ۱۵ میلی‌متـر (متـه بـا طـول ۵۰ سانتی‌متر مخصوص سوراخ کردن چوب) سطح زبانهٔ یخی به عمق حداکثر ۵۰ سانتی‌متر حفر شد و میله‌ها مستقر شدند.

شکل ۱۰. نمونه‌ای از پلاک و پرچم علامت‌هـای نصب‌شده روی زبانه‌ها
عکس سمت چپ، سال ۱۳۷۹ در حـال نـصب میلـه شاخص روی مقطع شماره ۳ (خروجی سیرک تخـت سلیمان).
عکـس سـمت راسـت، سـال ۱۳۸۲ میلـه شـاخص نـصب‌شـده روی مقطـع شـماره ۱ (زبانـهٔ یخچـالی علم‌چال).

از آنجا که امکان ذوب سطحی یخ یا احتمال جابه‌جایی میله‌ها به‌وسیلهٔ رهگذران وجود داشت، علاوه بر میلـه‌هـای مذکور، به‌وسیلهٔ رنگ روغنی در روی قطعات یخرفت که در طول مسیر مقطع قرار داشته و ابعاد بیش از یـک مترمکعـب داشته‌اند، علامت‌گذاری گردید (شکل ۱۱).

شکل ۱۱. علامت‌گذاری روی یخرفت‌های بزرگ در طول مقطع انتخابی (زبانه علم‌چال، مقطع ۱)
عکس سمت راسـت، علامـت‌گـذاری سـال ۱۳۸۲ و عکس سمت چپ، علامت‌گذاری سال ۱۳۷۹ را نشان می دهد . در سال ۱۳۸۲ این دو علامـت ۹/۳۰ متـر جابه‌جایی را نشان می دهند.در دامنـهٔ مقابـل(دامنـه سیاه‌کمان) قسمتی از شاخص ثابت دیده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به یادآوری است که در سال دوم اندازه‌گیری (سال ۱۳۸۰) ۸ عدد از میله‌ها به‌دلیل ذوب یخ جابه‌جا و واژگون شده و ۴ عدد از آنها نیز مفقود شده بودند، بنابراین به علامت‌گذاری روی یخرفت‌ها اکتفا گردید. البته این نکته قابل ذکر است که در فرایند تحقیق معلوم گردید که به‌دلیل فراوانی وجود پوشش یخرفتی با قطعات درشت، نیازی به نصب علائم مصنوعی نیست و از طرفی به‌دلیل ذوب سطحی یخچال، میله‌ها کارایی لازم را ندارند. برای علامت‌گذاری روی یخرفت‌های امتداد مقطع، به‌منظور مقایسهٔ تغییرات سالانه در طی ۴ سال اندازه‌گیری از رنگ‌های نارنجی ، قرمز، آبی و سفید به ترتیب در سال‌های ۷۹، ۸۰، ۸۱ و ۸۲ استفاده گردید. در سال ۱۳۸۱ به‌دلیل مه‌گرفتگی طولانی به‌مدت ۳ روز در محل سیرک علم‌چال و عدم امکان دید کافی با تئودولیت در طی این مدت، اندازه‌گیری و مقایسهٔ علائم روی زبانه با شاخص ثابت برای مقاطع شماره ۱ و ۲ احتمال خطا وجود داشت. به همین دلیل انجام طرح که به مدت ۳ سال پیش‌بینی شده بود، به‌مدت یک‌سال دیگر تمدید گردید. محدودیت اقامت در ارتفاع ۴۲۰۰ متری و عدم پیش‌بینی امکانات بیش از ۵ روز و از طرفی احتمال طولانی شدن شرایط مه‌گرفتگی و مهم‌تر از آن احتمال زیاد خطای اندازه‌گیری، از دلایل اصلی به تعویق افتادن یک‌سالهٔ طرح به‌شمار می‌آیند.

تجزیه و تحلیل جریان یخچالی

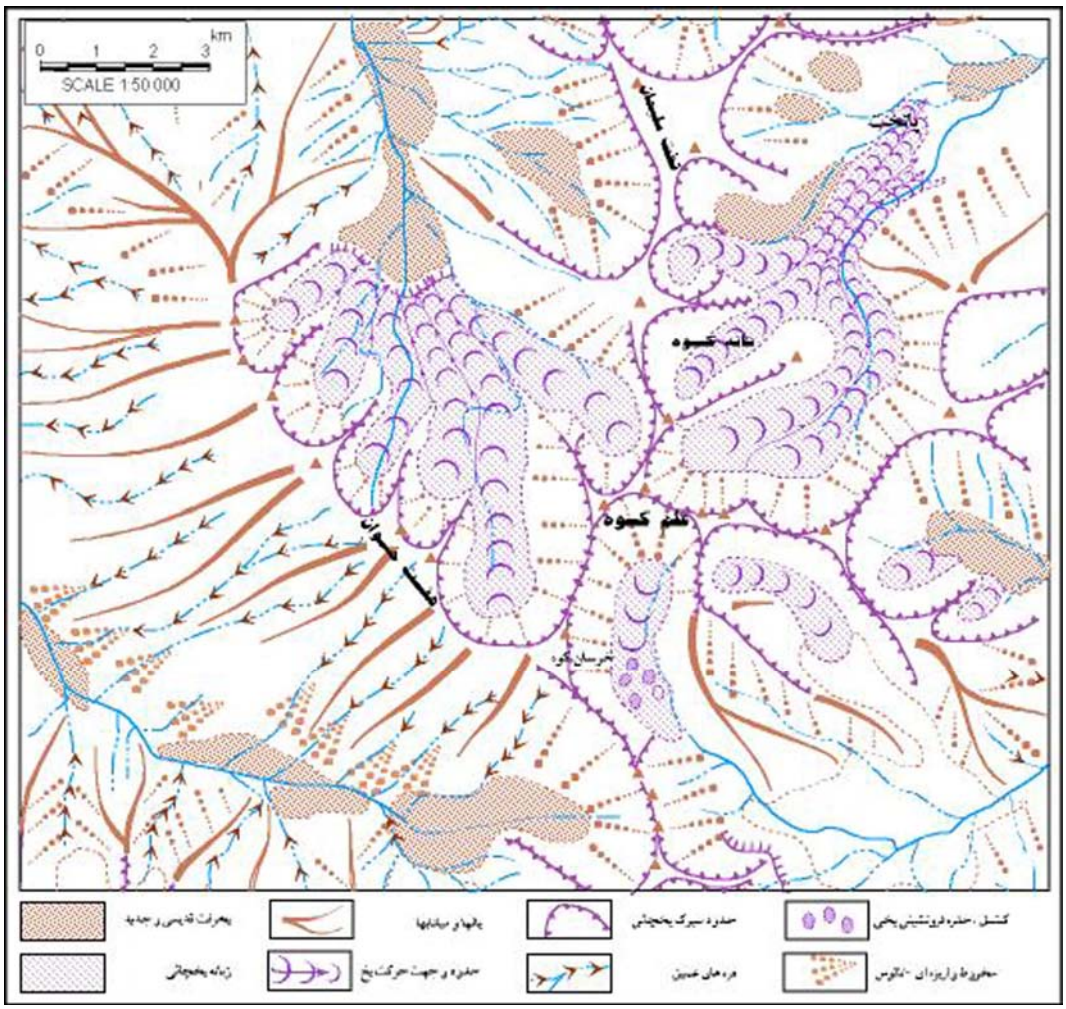
زبانه‌های یخچالی علم‌کوه

در محدوده‌ای به مساحت ۸۰ کیلومترمربع از محدودهٔ پیرامون علم‌کوه بیش از ۱۴ زبانهٔ یخچالی کوچک و بزرگ وجود دارد (شامل یخچال‌های هفت‌خوان، علم‌کوه و تخت سلیمان). طول مجموع این یخچال‌ها براساس اندازه‌گیری با دستگاه کورویمتر بیش از ۲۲ کیلومتر است. لازم به یادآوری است که تمامی زبانه‌های مذکور از نوع یخچال سنگی (سیاه) است که سطح آنها به‌طور کامل پوشیده از قطعات کوچک و بزرگ یخرفت است و تنها در محل سیرک‌ها، یا در نقاطی که در اثر جریان‌های ذوب سطحی یخرفت‌ها فرونشسته‌اند می‌توان رخنمون هسته یخی را مشاهده کرد.

یخچال‌های مورد مطالعهٔ طرح شامل ۳ زبانهٔ یخچالی می‌گردد که در دامنهٔ شمالی قلهٔ علم‌کوه و تخت سلیمان واقع شده‌اند (شکل ۱۲). بزرگ‌ترین زبانهٔ یخچالی، شامل یک زبانه به طول ۵ کیلومتر است که از دو سیرک مجاور هم – به‌ترتیب سیرک علم‌کوه در مغرب و سیرک سیاه‌سنگ در مشرق – تغذیه شده است و پس از طی مسیری در حدود ۲/۵ کیلومتر، دو زبانهٔ دیگر که یکی از تخت سلیمان و زبانهٔ سوم نیز از شمال آن قله تغذیه می‌گردد به‌صورت انشعابی به هم پیوسته و درست در امتداد شمال به‌صورت یک زبانهٔ یخچالی بسیار بزرگ با عرض حدود ۸۰۰ تا ۹۰۰ متر و تا ارتفاع ۳۷۰۰ متری در امتداد دره پیت‌سرا پایین می‌رود. کوهنوردان به این محل که حداکثر پیشروی زبانهٔ اصلی است، پاتخت می‌گویند. در این نقطه شیب سطح زبانه که به‌طور متوسط حدود ۵ تا ۸ درصد است، یکباره افزایش می‌یابد و به‌حالت پرتگاهی و واریزه‌ای و تقریباً به طول ۲۰۰ متر و با شیب بیش از ۱۰۰ درصد تا کف درهٔ پیت‌سرا ادامه می‌یابد. شکل ۱۳ پیشانی یخچالی را از سمت مغرب نشان می‌دهد. به‌دلیل شیب زیاد این بخش از پیشانی یخچالی، کوهنوردان این مسیر را لیزُ نَک نام گذاشته‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۲. زبانه‌های یخچالی مورد مطالعه در دامنه شمالی علم‌کوه

گاه – به‌ویژه در ماه‌های تابستان – به‌دلیل ذوب هستهٔ یخی در این بخش می‌توان شاهد ریزش قطعات یخرفت بود. نکتهٔ مهم‌تر آنکه قسمت میانی پیشانی زبانهٔ یخچالی نسبت به سایر قسمت‌ها رنگ روشن‌تری دارد و به‌کلی فاقد رویش گیاهی و دارای شیب بیشتر و فعال است. این عوامل همگی نشانگر حرکت زبانه در این بخش است. از زیر شیب این پیشانی یخچالی، دو جریان آب به‌صورت چشمه‌هایی با دبی زیاد خارج می‌گردد، که به احتمال قریب به یقین از جریان‌های سطحی ناشی از ذوب هستهٔ یخی تأمین می‌گردد. در فصل زمستان که ذوب یخ در سطح زبانه‌های یخچالی متوقف می‌شود ، چشمه‌های مذکور نیز کور می‌گردند. در اوایل بهار با شروع ذوب یخ، چشمه‌های مذکور فعال می‌شوند و حداکثر دبی آنها در مردادماه است. به‌دلیل افزایش دما در این ماه، ذوب یخ نیز با افزایش دما و افزایش دبی چشمه‌ها همبستگی نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۳. شیب پرتگاهی پیشانی زبانه اصلی یخچال علم‌کوه
دورنمای پیشانی زبانه اصلی یخچال علم‌کوه دیده می‌شود . ارتفاع این پیشانی ۳۷۰۰ متر از سطح دریاست. در این عکس، بخش فعال زبانه که رنگ روشن تری دارد از بخش غیرفعال آن که دارای پوشش گیاهی است، به‌خوبی تفکیک داده می‌شود.

سطح زبانه‌های یخچالی به‌طور کامل از قطعات کوچک و بزرگ یخرفت پوشیده است. تنها در محل سیرک‌ها و نیز در نقاطی که سطح زبانه به‌دلیل ذوب یخ در مسیر جریان‌های سطحی و در زیر پوشش یخرفتی فرونشسته، یخ زیرین رخنمون پیدا کرده است (شکل ۱۴). اگرچه ابعاد قطعات یخرفت سطحی از ده‌ها مترمکعب تا در حد شن و ماسه است، اما غلبه با قطعات بیش از نیم تا یک مترمکعب است؛ به همین دلیل عبور از میان این قطعات بسیار مشکل و مخاطره‌آمیز است.

شکل ۱۴. رخنمون هستهٔ یخچالی در اثر فرونشینی یخرفت سطحی
جویبارهای سطحی ناشی از ذوب یخ سطحی در زیر پوشش یخرفتی جریان می‌یابند و موجب حفر شیاری در مسیر خود می‌شوند. با گذشت زمان، این شیار عمیق‌تر می‌شود و درنهایت وزن حجمی یخرفت سطحی موجب فرونشینی و رخنمون یخ زیرین می‌گردد.

شواهد مورفولوژیکی فعالیت یخچالی

در بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکیِ زبانه‌های یخچالی، شواهد زیادی را می‌توان یافت که حکایت از فعالیت آنها می‌کند. شاید همین شواهد موجب گردیده است که پژوهشگران قبلی نظریهٔ فعال بودن یخچال‌های مذکور را ارائه دهند. مهم‌ترین این شواهد در ادامه معرفی می‌گردند.

www.SID.ir

Archive of SID

وجود شکاف‌های ریمای در انتهای زبانه‌ها و در بالادست سیرک‌های یخچالی

در انتهای سیرک‌های یخچال مورد مطالعه، شکاف‌های ریمای وجود دارد که دارای تحدبی موازی با تحدب دیوارهٔ سیرک‌ها هستند. شکل ۱۵ شکاف‌های ریمای موجود در سیرک علم‌چال را نشان می‌دهد. عرض شکاف‌ها متفاوت است و در بعضی قسمت‌ها به بیش از چند متر می‌رسد. در بعضی از قسمت‌ها – ازجمله در مشرق سیرک سیاه‌سنگ – چندین شکاف ریمای وجود دارد، که به‌صورت موازی و با فاصلهٔ بین ۵ تا ۲۰ متر از یکدیگر قرار گرفته‌اند و به‌دلیل حرکت در جهت شیب، حالت پلکانی پیدا کرده‌اند. کلیهٔ این شکاف‌ها در محل اتصال توده یخی به جدارهٔ سیرک یا در فاصله اندکی از آن (حداکثر تا ۱۰۰ متر) و در داخل شیب ریزش بهمن در انتهای سیرک واقع شده‌اند. عکس‌های هوایی منطقه در انتهای تمامی سیرک‌ها، شکاف‌هایی را نشان می‌دهند که به‌صورت قوس تقریباً پیوسته‌ای قرار گرفته‌اند. وجود ریمای، یکی از علائم فعالیت و حرکت یخچالی است و همین عامل مهم‌ترین دلیل را برای ارائه فرضیهٔ حرکت یخچال در این طرح شکل داده است. تراکم مخروط‌های برفی در بالادست ریمای‌ها، نشانگر سقوط سالانهٔ بهمن از قله‌های مسلط به این سیرک‌هاست.

شکل ۱۵. قسمتی از ریمای‌های سیرک علم‌چال در زیر دیوارهٔ علم‌کوه
در سال ۱۳۸۲ شکل، وسعت و موقعیت ریمای‌ها با سال‌های قبلی متفاوت بود. شاید علت این امر افزایش حجم بارش طی زمستان سال ۱۳۸۱ نسبت به میانگین سالانه بوده است.

لازم به ذکر است که در طول دورهٔ سرد سال، بارش برف و سقوط بهمن از بالای قله‌ها موجب پر شدن و کور شدن شکاف‌های ریمای می‌گردد. وجود مخروط‌های ریزش بهمن در پایین پرتگاه‌های مسلط به سیرک‌ها گویای این مسئله است. شکل ۱۶ مخروط‌های سقوط بهمن را نشان می‌دهد. بنابراین، در اوایل بهار عملاً این شکاف‌ها دیده نمی‌شوند بلکه به‌تدریج با گذشت زمان شکاف‌های ریمای ظاهر می‌شوند، به‌طوری‌که در اواخر شهریور هم تعداد ریمای‌ها افزایش می‌یابد و هم عرض آنها نیز بیشتر می‌گردد. بر این اساس، فرایند باز شدن شکاف‌های ریمای در طول سال، یکی از شاخص‌ترین آثار فعالیت، حرکت و حیات یخچال به‌شمار می‌رود.

در دورهٔ گرم سال به‌دلیل تداوم حرکت یخ به‌سمت پایین‌دست، ریمای‌ها آشکارتر می‌گردند. بر اساس اظهارنظر کوهنوردان، عرض ریمه‌ها در اوایل بهار به‌مراتب کمتر از شهریورماه است و شاید اندازه‌گیری عرض ریمه‌ها در دو نوبت

www.SID.ir

Archive of SID

پایان دورهٔ بارش و شروع دورهٔ بارش بتواند میزان جابه‌جایی یخچال‌ها را تعیین کند. در سیرک یخچالی غربی که اسپیلت نامیده می‌شود (شکل ۱۷) در پایین‌دست ریمای بخشی از زبانهٔ یخچالی، شیب کوژ پیدا شده که شکاف‌هایی شبیه سراک – ناشی از تغییر سرعت جریان یخچالی – در آن به‌وجود آمده است. این شکاف‌ها را نیز می‌توان از دلایل دیگر حرکت یخچالی برشمرد.

شکل ۱۶. مخروط‌های سقوط بهمن

در انتهای سیرک سیاه‌سنگ سقوط بهمن، عامل تغذیه یخچال به شمار می‌آید. در این عکس، بهمن‌های قدیمی و جدید سیرک سیاه‌سنگ از هم قابل تفکیک‌اند. درنتیجهٔ حرکت یخچالی، بهمن‌های قدیمی‌تر در پایین‌دست بهمن‌های جدید قرار گرفته‌اند.

شکل ۱۷. یخچال غربی علم‌کوه در انتهای زبانه

شکاف ریمای و حتی شکاف‌های سراک در محل برآمدگی (ورو) مسیر یخچالی دیده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جریان‌ها و نوارهای یخرفتی

چنانچه از نقطهٔ مرتفع‌تر و مسلط به زبانه‌های یخچالی نگاه کنیم، نوارهای مشخصی از یخرفت دیده می‌شود که به موازات یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۱۸). این مورفولوژی خاص، بلافاصله جهت و راستای جریان یخچالی را تداعی می‌کند. رنگ نوارها و ردیف‌های یخرفتی سطحی یکسان نیستند و با توجه به منشأ زبانه به رنگ‌های تیره و روشن دیده می‌شوند. یخرفت‌هایی که از سیرک علم‌چال و از پای دیوارهٔ علم‌کوه منشأ گرفته‌اند، ردیف‌های روشن‌تری را نشان می‌دهند، زیرا قطعات فروریخته از دیوارهٔ علم‌کوه، از جنس گرانیت است که به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای روشن دیده می‌شوند. یخرفت‌هایی که از سیرک شرقی علم‌چال – یعنی سیرک سیاه‌سنگ – منشأ گرفته‌اند به رنگ‌های خاکستری تیره تا سیاه هستند (شکل ۱۸) زیرا جنس آنها از قطعات گدازه‌ای بازیک است.

جریان منشأ گرفته از سیرک‌های علم‌چال و سیاه‌سنگ مسیری در حدود ۲/۵ کیلومتر را طی می‌کنند و پس از عبور از رشتهٔ میان سه‌چال و شانه‌کوه در اثر به‌هم‌پیوستن سه زبانهٔ یخچالی دیگر، عرض دره و زبانهٔ یخچالی داخل آن به بیش از ۸۰۰ متر می‌رسد (شکل ۱۲). در این محل به‌طور مشخص ۴ رشته یخرفت سطحی دیده می‌شود که پهنای هر رشتهٔ یخرفتی با توجه به وسعت سیرک یخچالی هرکدام متفاوت است. از طرفی رنگ، جنس و توپوگرافی آنها نیز برحسب ویژگی‌های منشأ و دینامیک جریان‌های سطحی متفاوت بوده و قابل تفکیک است.

شکل ۱۸. منشأ یخرفت‌های سیرک علم‌چال و سیرک سیاه‌سنگ
این منشأ از روی رنگ یخرفت‌ها قابل تشخیص و تفکیک است.

داغ حاشیهٔ یخچالی

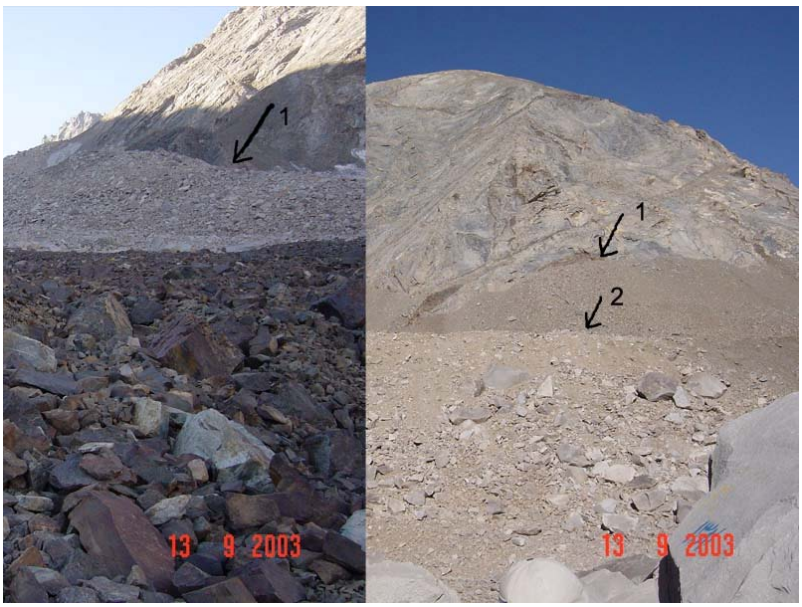
در مسیر درهٔ علم‌چال و زبانهٔ اصلی یخچال علم‌کوه و در حاشیهٔ آن، آثار حرکت یخچالی کاملاً مشهود است (شکل ۱۹). این آثار درواقع بقایای یخرفت‌هایی هستند که زبانهٔ یخچالی در حین عبور بر جا گذاشته است.

هرچند وجود این داغ یخرفتی، حکایت از حرکت یخچال دارد ولی نکتهٔ جالب توجه آن است که این اثر یخچالی در زمان حاضر حدود ۱۰ تا ۲۰ متر بالاتر از سطح کنونی یخچال قرار گرفته است و قطعاً علت این امر کاهش میزان تغذیهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

یخچال در دورهٔ اخیر بوده و مهم‌تر از آن ذوب و افت ارتفاعی سطح یخچال به‌دلیل گرم شدن اقلیم و پسروی یخچال‌ها در زمان حاضر است. جالب آنکه جنس و رنگ قطعات باقی‌مانده از حرکت زبانهٔ یخچالی در جدارهٔ دره با رنگ و جنس سازنده‌های تشکیل‌دهندهٔ دامنهٔ دره کاملاً متفاوت و قابل تفکیک است و از طرفی حالت جریانی آن کاملاً به چشم می‌آید.



شکل ۱۹. داغ یخچالی در دامنهٔ شانه‌کوه

عکس سمت چپ، داغ جریان یخچالی علم‌چال را در دامنهٔ شانه‌کوه نشان می‌دهد. یخرفت‌های با رنگ روشن‌تر، یخرفت‌های گرانیتی سیرک علم‌کوه بوده و یخرفت‌های سیاه‌رنگ از سیرک سیاه‌سنگ در شرق سیرک علم‌کوه منشأ گرفته‌اند. عکس سمت راست، همان محل را از فاصلهٔ دورتر نشان می‌دهد. داغ شمارهٔ ۱ قدیمی‌تر و شماره ۲ جدیدتر است.

مورفولوژی مخروط‌ها و دامنه‌های واریزه‌ای مسلط به یخچال

تقریباً تمام دامنه‌های مسلط به زبانهٔ یخچالی، مورفولوژی واریزه‌ای دارند. علت این امر شیب زیاد دامنه درنتیجهٔ کاوش زبانهٔ یخچالی از جدارهٔ دره و نیز حاکمیت تخریب مکانیکی در این محیط است. اما نکته مهم آن است که دامنه‌های واریزه‌ای، مخروط‌های تکامل‌یافته‌ای تشکیل نداده‌اند. این امر حاکی از تخلیهٔ مواد واریزه‌ای به‌وسیلهٔ جریان یخچالی است، زیرا درنتیجهٔ این فرایند، قاعدهٔ واریزها در پای دامنه درست در روی سطح حاشیهٔ زبانهٔ یخچالی قرار گرفته است و در نتیجهٔ حرکت یخچال، مواد واریزه‌ای به‌تدریج تخلیه می‌گردد.

وجود هسته یخی در تمامی زبانه‌ها

در تمامی طول ۵ کیلومتری زبانه‌های یخچالی علم‌کوه، هستهٔ یخی وجود دارد (شکل ۱۴). حتی در پیشانی یخچال اصلی در ارتفاع ۳۷۰۰ متر، رخنمون‌های یخی در زیر تراکمی از یخرفت‌های سطحی دیده می‌شود. نکته جالب توجه آنکه در پناهگاه پاتخت (شکل ۱) که در ۳۸۰۰ متری و تقریباً مجاور بخش پایانی زبانهٔ یخچالی احداث شده است، در اواخر

www.SID.ir

Archive of SID

شهریور که چشمه‌ها و جریان‌های سطحی خشک می‌گردد، کوهنوردان از چاله‌های آبی که در سطح زبانه و داخل هستهٔ یخی درنتیجهٔ ذوب یخ ایجاد شده است، استفاده می‌کنند.

شواهد ژئومورفولوژیکی ذوب سطحی یخچال علم‌کوه

مشاهدات میدانی و بررسی‌های ۴ سال گذشته نشان می‌دهد که میزان ذوب سطحی زبانه‌ها و سیرک‌های یخچالی علم‌کوه بیش از میزان تغذیهٔ آنهاست. مهم‌ترین دلایل و شواهد موجود در ادامه ذکر می‌گردد.

حفره‌های فرونشینی سطح زبانه‌ها

در طول دورهٔ گرم سال درنتیجهٔ ذوب سطحی یخچال، جریانی در زیر یخرفت‌های سطحی و در روی هستهٔ یخی ایجاد می‌شود به‌طوری‌که هنگام عبور از سطح زبانه، صدای جریان آب در فواصل معینی به‌خوبی شنیده می‌شود. همچنین جریان آب موجب ناهمواری سطح زبانهٔ یخچالی شده است، به‌گونه‌ای‌که در مقطع عرضی یخچال اصلی در پاره‌ای موارد شیارهایی ایجاد شده که عمق آن بیش از ۱۰ متر است (شکل ۶). این شیارها که به‌صورت دره‌های کوچکی در سطح زبانه دیده می‌شوند، نتیجهٔ ذوب یخ زیرین‌اند. عبور جریان آب سطحی در روی هستهٔ یخی با دمای بالاتر، موجب حفر درهٔ یخی و ایجاد حفره‌های طولی در زیر یخرفت سطحی گردیده است. وجود همین حفره‌ها سبب فرونشست یخرفت‌های سطحی شده و چاله‌هایی شبیه به «کتل»[1] را به‌وجود آورده است، تا جایی که دریاچه‌ای کوچک در مسیر جریان سطحی تشکیل شده و هستهٔ یخی در این نقاط رخنمون پیدا کرده است (شکل ۲۰).

شکل ۲۰. حفره‌های فرونشینی که با جریان آبِ حاصل از نتیجه ذوب سطحی زبانه ایجاد شده است

ضخامت یخرفت سطحی به‌خوبی دیده می‌شود. برای درک اندازهٔ حفره یخچالی، ابعاد آن را با فرد ایستاده در لبهٔ آن مقایسه کنید.

1. Kettle

www.SID.ir

Archive of SID

اشکال قارچی‌شکل یخی

در داخل سیرک‌های یخچالی که از تراکم یخرفت‌ها کاسته می‌گردد و یخ بلورین یخچال در زیر سیرک‌ها ظاهر می‌گردد، به‌دلیل تبخیر مستقیم از سطح یخچال در اثر تابش مستقیم خورشید و نیز ذوب سطحی ، اشکال قارچی‌شکل یخی با ابعادی متفاوت و به‌وفور تشکیل شده است. این اشکال از زیباترین اشکال ژئومورفولوژی یخچالی علم‌کوه به‌شمار می‌آیند (شکل ۲۱). همان‌گونه که ذکر گردید، علت تشکیل این اشکال قارچی‌شکل، محفوظ ماندن سطح یخچال در مقابل تابش نور مستقیم آفتاب است. چون دمای محیط یخچال معمولاً در تمامی طول سال زیر صفر یا نزدیک به آن است، شرایط ذوب سطحی یا تبخیر سطحی درنتیجهٔ تابش مستقیم آفتاب فراهم می‌گردد. ارتفاع بعضی از این ستون‌های یخی به بیش از ۲ متر می‌رسد. بدیهی است وجود این اشکال می‌تواند تخلیهٔ حجم عظیمی از یخ را در نتیجهٔ ذوب سطحی یخچال توجیه کند. علاوه بر این، طی کارهای میدانی در مدت ۴ سال متوالیِ انجام طرح، مشاهده گردید که ذوب یخ در تمامی سطح یخچال و حتی در تمامی سطوح سیرک‌ها با دبی زیاد وجود دارد. این جریان‌ها با خروج از سیرک به‌دلیل وجود یخرفت‌های سطحی در روی زبانه‌ها، به‌تدریج در زیر یخرفت‌های سطحی به سمت پایین‌دست زبانهٔ اصلی ناپدید می‌گردند. هنگام عبور از مقطع عرضی زبانه، صدای جریان آب در زیر پوشش یخرفتی در فواصل کوتاه به‌وضوح شنیده می‌شود.

شکل ۲۱. مقایسهٔ تغییرات یک ستون قارچی‌شکل یخی در سیرک علم‌چال
عکس سمت راست در سال ۱۳۷۹ و عکس سمت چپ در سال ۱۳۸۱ گرفته شده است. این عکس‌ها هر دو متعلق به یک یخرفت است، لیکن به‌دلیل تداوم ذوب سطحی یخچال، ارتفاع ستون یخی افزایش یافته و ضخامت آن در طی ۳ سال مورد مشاهده کاهش یافته است؛ به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۲ یخرفت بالای ستون یخی واژگون شده و ستون یخی از بین رفته بود . مقایسه این دو عکس نشان می دهد که طی ۳ سال، سطح یخچال حدود یک متر ذوب شده و تحلیل رفته است. یخرفت سطحی این ستون‌های یخی از جنس گرانیت علم‌کوه است. ابعاد این یخرفت‌ها در بعضی نمونه‌ها به بیش از ۳۰۰ مترمکعب می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲۲. نمونه دیگری از یک ستون یخی با یخرفت سطحی غول‌پیکر در سیرک علم‌چال
این عکس یک یخرفت بسیار بزرگ را با حجم بیش از ۱۸۰ مترمکعب در سیرک علم‌چال نشان می‌دهد. ابعاد یخرفت و ستون یخی زیر آن با شخصی که در کنار آن ایستاده است قابل مقایسه است. قطر و ارتفاع ستون یخی به‌ترتیب ۷ متر و ۴ متر است.

تخریب پناهگاه علم‌چال

در مسیر کوهنوردی علم‌کوه، از سوی فدراسیون کوهنوردی چندین پناهگاه احداث شده است. پناهگاه اول در ارتفاع ۳۸۰۰ متری است که در روی یک یال ساختمانی و مشرف به پیشانی زبانهٔ اصلی در یخچال علم‌کوه احداث شده است. پناهگاه دوم در دههٔ ۵۰ در روی زبانهٔ اصلی علم‌چال و در ارتفاع ۴۲۰۰ متری و درست در زیردست قلهٔ علم‌کوه احداث شده است (شکل ۲۳). پناهگاه اخیر در روی یخرفت‌های سطحی یخچال ساخته شده و از آنجا که فدراسیون کوهنوردی از وجود حرکت در یخچال آگاهی نداشته است، پس از احداث پناهگاه مذکور و پس از گذشت چند سال در اثر ذوب سطحی یخچال و با حرکت زبانهٔ یخچالی، پناهگاه به‌تدریج تخریب گردیده است. تداوم تخریب پناهگاه مذکور از طریق مقایسهٔ شکل‌های ۲۳ و ۲۴ که با فاصله زمانی ۴ساله (۱۳۷۹ و ۱۳۸۲) گرفته‌شده، به‌خوبی امکان‌پذیر است. تخریب پناهگاه علم‌چال یکی دیگر از شواهد حرکت کند و تدریجی زبانهٔ یخچالی است. البته شکل تخریب ساختمان و بازشدگی دیوارهای آن نشان از ذوب سطحی نیز دارد.

مقایسهٔ شکل ۲۳ که عکس آن در سال ۱۳۷۹ گرفته شده با شکل ۲۴ که عکس آن در سال ۱۳۸۲ گرفته شده است، نشان می‌دهد که به‌دلیل تداوم ذوب سطحی و حرکت زبانهٔ یخچالی علم‌چال، میزان تخریب پناهگاه طی این دورهٔ چهارساله تداوم داشته است، به‌طوری‌که ضلع جنوب‌شرقی و نیز ضلع شمالی به‌طور کامل واژگون شده است. بررسی دقیق‌تر شکل تخریب این ساختمان حین انجام کار میدانی طی ۴ سال مذکور، راستای حرکت زبانه را تا حدود مشخصی نشان می‌داد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲۳. تخریب پناهگاه علم‌چال به‌دلیل حرکت یخچال و ذوب سطحی یخ
این عکس در سال ۱۳۷۹ گرفته شده است.

شکل ۲۴. تخریب مجدد ضلع جنوبی پناهگاه علم‌چال در اثر تداوم حرکت یخچالی
این عکس در سال ۱۳۸۲ گرفته شده است.

نتایج اندازه‌گیری‌ها

اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در امتداد مقاطع علامت‌گذاری‌شده در سطوح زبانه‌های اصلی و یک زبانهٔ انشعابی با دستگاه دوربین تئودولیت T-16 نشان می‌دهد که این یخچال‌ها دارای حرکت افقی در راستای شیب عمومی درهٔ یخچال‌اند. جدول ۱ میزان حرکت سالیانهٔ زبانه‌های یخچالی مورد اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که میزان حرکت سالیانهٔ هر ۳ زبانهٔ در امتداد مقاطع ۴گانهٔ تعیین‌شده (شکل ۴) یکسان نیست. بدیهی است اختلاف میزان حرکت، بیش از هر چیز – وابسته به ویژگی‌های جریان یخچالی اعم از حجم یخچال، شیب دره، وسعت سیرک، میزان تغذیهٔ سالیانه و

www.SID.ir

Archive of SID

ارتفاع قله‌های برفگیر آنهاست. نتایج به‌دست آمده از حرکت یخچالی با ویژگی‌های مذکور انطباق کامل دارد. درپایان، ذکر این نکته ضروری است که ارقام به‌دست آمده دارای مقدار خطایی حداکثر ۱۰ سانتی‌متر کمتر و یا بیشتر از رقم ذکر شده است؛ زیرا عواملی ازجمله ذوب سطحی یخچال‌ها، ضخامت شاخص‌ها و علائم رنگ‌شده روی یخرفت‌ها، برودت و جریان شدید باد در زمان اندازه‌گیری و پهنای جریان یخچالی و نظایر آن، دقت اندازه‌گیری‌ها را تحت‌الشعاع قرار داده‌اند.

جدول ۱. میزان حرکت سالیانهٔ زبانه‌های یخچالی علم‌کوه

شماره مقطع	محل مقطع اندازه گیری شده	میزان حرکت سالیانه زبانه
مقطع شماره ۱	زبانهٔ علم‌چال و سیاه‌سنگ	۲۳۰ سانتی‌متر
مقطع شماره ۲	زبانهٔ یخچال غربی (اسپیلت)	۱۱۵ سانتی‌متر
مقطع شماره ۳	زبانهٔ سیرک شمالی تخت سلیمان	۷۵ سانتی‌متر
مقطع شماره ۴	زبانهٔ انشعابی اصلی	۸۰ سانتی‌متر

سپاس‌گزاری

این مقاله حاصل یک طرح پژوهشی با همین نام است، که با اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تهران به انجام رسیده است. بدین‌وسیله از ایشان قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

اهلرز، اکارت، ۱۳۶۵، **مبانی یک کشورشناسی جغرافیایی**، ترجمه محمدتقی رهنمایی، جلد اول جغرافیای طبیعی.

پروی، کریستف، **یخبندان کواترنر در قسمت‌های داخلی کوهستان زردکوه در رشته زاگرس**، ترجمه محمدرضا ثروتی، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، سال ۲۲، شماره ۲۶.

جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۷۴، **ژئومورفولوژی ایران**، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

درش، ژان و پکی، **بررسی جغرافیای طبیعی شمال ایران(۳) فصل دوم: تودهٔ علم‌کوه**، ترجمه سیروس سهامی، نشریه دانشکده ادبیات مشهد، سال سوم، شماره ۴.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۳۴، **عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ پوشش سراسری عملیات مشترک.**

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۶۲، **نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقه سلجمیان به شماره ۱ـ۶۱۶۲ و رودبارک به شماره ۴ـ ۶۲۶۲.**

سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۴۸، **شرح نقشه زمین‌شناسی زنجان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.**

سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۸، **گزارش زمین‌شناسی نقشه شکران.**

سازمان زمین‌شناسی کشور، **نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوش شکران.**

سازمان سنجش از دور ایران، ۱۳۷۵، **تصویرهای ماهواره‌ای TM در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.**

www.SID.ir

Archive of SID

علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۰، **ژئومورفولوژی ایران**، انتشارات قومس، تهران.

کک، روژه، ۱۳۶۸، **ژئومورفولوژی، جلد اول ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی**، ترجمه فرج اله محمودی، دانشگاه تهران.

محمودی، فرج اله، ۱۳۶۷، **تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر**، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۲۳.

مقیم، علی ،۱۳۸۰ ، **کوهنوردی در ایران**، انتشارات روزنه، تهران.

وزیری، فریبرز، ۱۳۸۲، **هیدرولوژی کاربردی در ایران، کتاب دوم، شناسایی مقدماتی یخچال‌های طبیعی ایران**، سازمان مـدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.

Cooke, R.U, and ET all, 1993, **Desert Geomorphology**, UCL press

Pedrami, M,1982, **Plistocene Glaciation and Paleoclimate in Iran**, 1982, GEO 1, Surv. Iran. Tehran.

www.SID.ir