محیط مجاور یخچالی[1] و مرز تحتانی آن در کوهستان سبلان

دکتر عبدالحمید رجائی
استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

دکتر علی دلال اوغلی
استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر

چکیده

محیط مجاور یخچالی سبلان با زمین‌های نقش‌دار و برفساب، اشکال حاصل از حرکت توده‌ای مانند یخچال سنگی[2] و سولیفلاکشن[3]، تشکیل تالوس و پرتگاه‌های سنگی بریده مشخص می‌شود. این منطقه تا داخل منطقه یخچالی نیز ادامه می‌یابد. بالاتر از مرز پایین پریگلاسیر نمای اساسی پوشش گیاهی عبارت از تیپ اروسیبری[4] است . روش‌های متعددی برای تعیین مرز پایین مجاور یخچالی وجود دارد و مقایسه نتایج حاصل از روش‌های مختلف نشان می‌دهد که تکنیک‌های مختلف برای کوه سبلان می‌توانند نتایج متفاوت داشته باشند . ارتفاع حاصل از روش‌های مختلف برای مرز پایین پریگلاسیر بین ۲۸۰۰ تا ۳٦٥٥ متر تغییر می‌کند، امّا در رابطه با میانگین دمای سالیانه هوا مرز پایین فعالیت مجاور یخچالی حدود ۳۰۰۰ متر است.

واژگان کلیدی: مجاور یخچالی سبلان، آب و هوای کوهستانی، زمین‌های نقش‌دار، برفساب، یخچال سنگی

1- Periglacier 2- Rockglacier 3- Solifluction 4- Uro siberian

مقدمه

اصطلاح پریگلاسیر برای نخستین بار در سال‌های ۱۹۰۹ و ۱۹۱۲ توسط لوزینسکی (نقل از فرنچ[1]، ۱۹۸۸) برای توصیف شرایط متلاشی شدن سنگ‌ها بر اثر یخبندان در اروپای مرکزی عنوان شد. با ارزیابی تعاریف جدید ارائه شده توسط محققان می‌توان پذیرفت که مجاور یخچالی در معنای وسیع کلمه به گروهی از فرایندها و پدیده‌ها اطلاق می‌شود که مشخصه مناطقی با آب و هوای سرد و بدون یخچالی می‌باشند و این فرایندها عبارت از عمل یخبندان شدید وبرف روی سنگ و سنگ‌های آواری سطحی که سنگ بستر را پوشانده‌اند (واشبورن، نقل از لوکوویکز[2]، ۱۹۸۸). پدیده‌های ژئومورفیک حاصله از این سیستم در سطح زمین عبارتند از: صخره‌های بریده بریده، مخروط‌های سنگریز ممتد، یخچال سنگی، سولیفلاکشن و زمین‌های نقش‌دار. در حال حاضر ارتفاعات بلند عرض‌های پایین (مناطق آلپی) و عرض‌های جغرافیایی بالا (قلمرو مجاور یخچالی قطبی) در معرض سیستم فرسایش مجاوریخچالی قرار دارند. در نواحی کوهستانی، اشکوب‌های مورفوژنز از بالا دست به پایین دست به صورت ارتفاعی قرار دارند. سبلان به صورت یک توده کوهستانی عمده‌ای است وباتوجه به آب و هوای حاکم بر این توده کوهستانی و همچنین با توجه به نوع پوشش گیاهی می‌توان پذیرفت که قسمت بیشتری از کوه سبلان در حال حاضر در معرض سیستم فرسایش مجاور یخچالی می‌باشد.

در نواحی کوهستانی مانند سبلان تلاش محققین برای دست‌یابی به ارقام ارتفاعی است که مبین اشکوب‌های مورفوژنز باشند.به دنبال معرفی اصطلاح مجاور یخچالی برای تعیین مرز تحتانی آن معیارها و روش‌های مختلفی ارائه گردیده است، در حالی‌که مرز بین مجاور یخچالی و منطقه یخچالی توسط خط تعادل یخچالی مشخص می‌شود، امّا در مورد مرز تحتانی مجاور یخچالی اختلاف نظر زیاد وجود دارد.

به عقیده هاریس[3] (۱۹۸۸) محیط مجاور یخچالی می‌تواند از دیدگاه ژئومورفولوژیکی یا اکولوژیکی تعریف شود و برای تشخیص مرز تحتانی آن در زمان حاضر می‌توان از فرایندها، اشکال و یا هر دو سود جست. فرنچ[4] (۱۹۸۸) نیز چنین اظهار نظر کرده که از فرایندها به‌وسیله تعیین شکل‌های مجاور یخچالی حاصل ویا از هر دو روش می‌توان برای شناسایی قلمرو مجاور یخچالی کمک گرفت. به همین دلیل این گزارش سه نکته اساسی را به شرح زیر مطرح می‌کند:

الف- تعیین مرز پایین مجاور یخچالی در کوهستان سبلان با استفاده از تعاریف مختلف

ب- معرفی اشکال فعال مجاور یخچالی

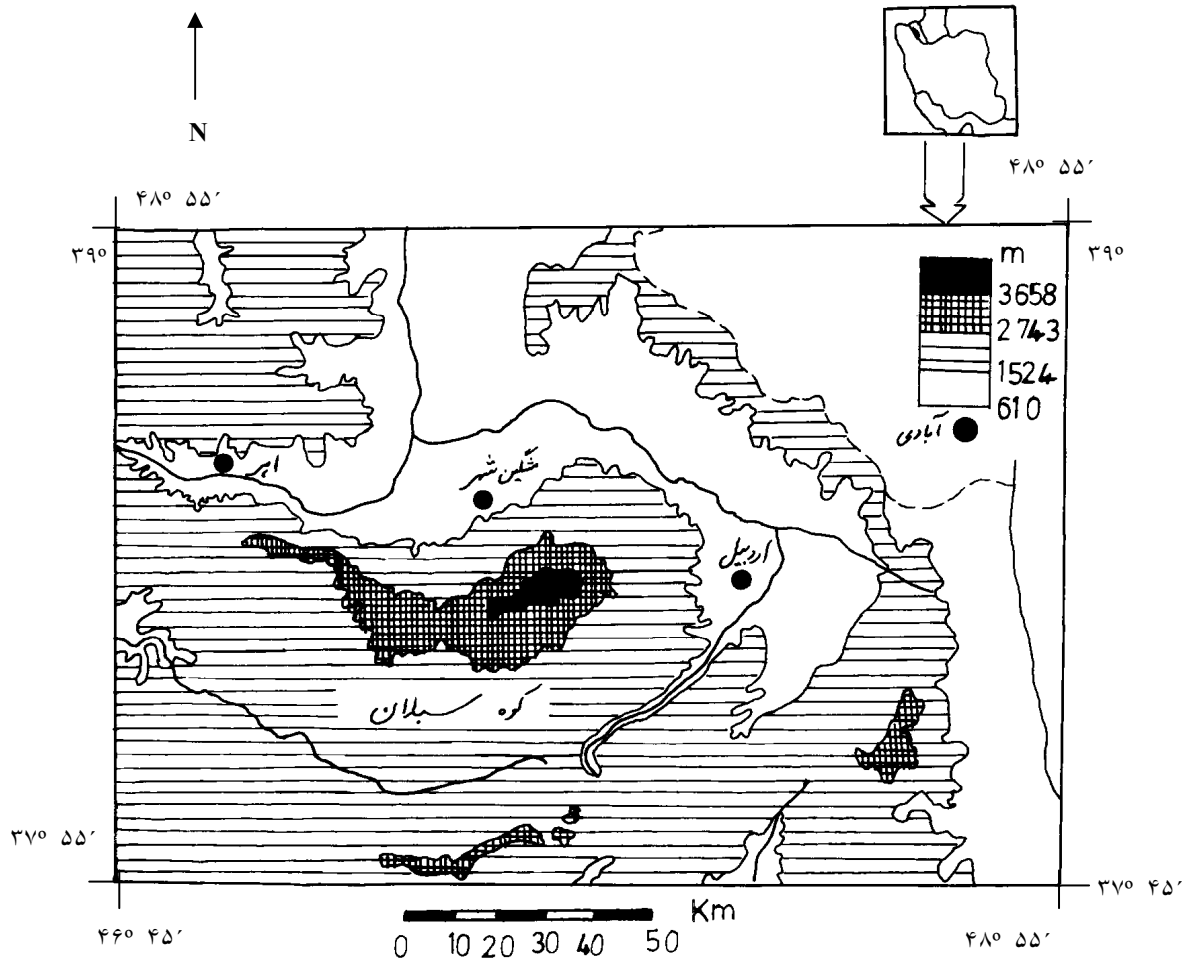
ج- برقراری همبستگی بین ویژگی‌های اقلیمی و محیط مجاور یخچالی با استفاده از روش متئورولوژیکی هه برلی[5](هوم لوم، ۱۹۹۸)

معرفی منطقه مورد مطالعه

کوه سبلان در استان اردبیل جنوب مشگین شهر بین عرض‌های جغرافیایی ′۷ °۳۸ تا ′۳۶ °۳۸ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۳۶ °۴۷ تا ′۵۸ °۴۷ شرقی قرار دارد (شکل ۱). کوه سبلان از سه قله معروف سبلان بزرگ (۴۸۱۱ متر)، قله حرم (۴۶۱۲) و آغام داغ یا کسری (۴۵۷۳ متر) تشکیل گردیده است. سنگ‌های کوه سبلان ترکیب آندزیتی، ریولیتی و داسیتی دارند (باباخان و همکاران، ۱۳۶۹). این سنگ‌ها با لیتولوژی تقریباً یکنواخت دارای درزها و ترک‌های فراوان هستند.

1- French 2- Lekowicz 3- Haris 4- French 5- Haeberli

در دامنه شمالی سبلان از دیدگاه ژئومورفولوژی دو منطقه مرفودینامیک یخچالی و مجاور یخچالی قابل تشخیص است. در شرایط حاضر از ارتفاع ۴۳۷۰ متری به بالا دامنه شمالی سبلان تحت تأثیر فعالیت یخچال‌های بسیار کوچک و توده‌های یخبرف تحول می‌یابند. پوشش گیاهی محیط مجاور یخچالی گونه ایرانوتورانی[1] (۳۲۰۰ـ ۲۳۰۰ متر)، چمنزار و گونه اروسیبری (۴۰۰۰ـ ۳۲۰۰ متر) می‌باشد (مبین،۱۳۶۰؛ جوانشیر، ۱۳۶۷). در دامنه‌های سبلان هیچ‌گونه پوشش جنگلی وجود ندارد. اگر با تبعیت از تقسیم‌بندی کوپن ایزوترم ۱۰ درجه سانتی گراد گرمترین ماه را به عنوان مرز E یا آب و هوای قطبی در نظر بگیریم در این‌صورت با در نظر گرفتن کاهش دمای ۰/۶۲ درجه سانتی گراد به ازای هر ۱۰۰متر ارتفاع در گرمترین ماه سال و با مبدأ مشگین شهر ۳۴۵۵ متری مرز تحتانی اقلیم E یا اقلیم سرد را مشخص خواهد کرد.

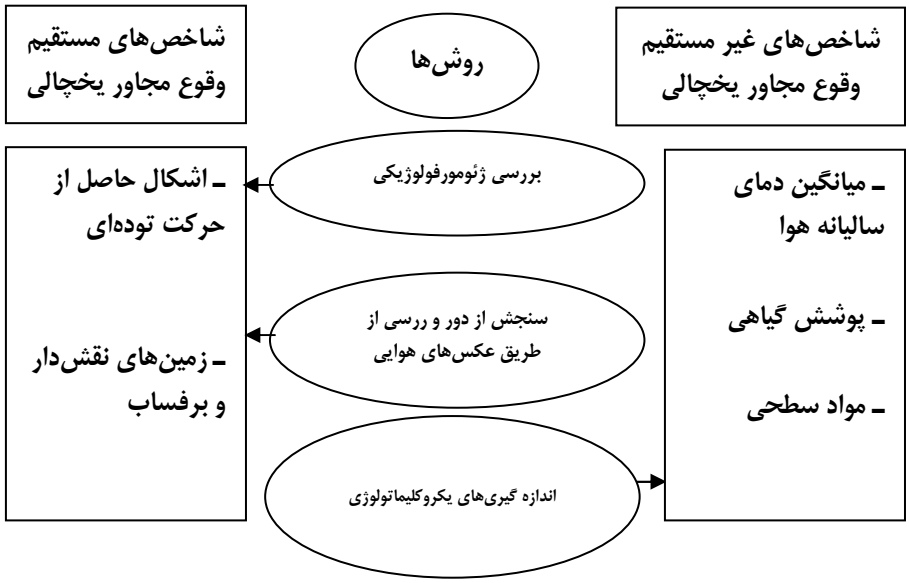


شکل ۱ ـ نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

1- Irano - Turanian

روش تحقیق

با توجه به این‌که در این پژوهش شناسایی مرز پایین مجاور یخچالی در سبلان مبنای کار در نظر گرفته شده، این تحقیق به روش توصیفی و تحلیلی انجام گرفته است. در ابتدا تمام تعاریف موجود در مورد مجاور یخچالی ارزیابی گردید. سپس به منظور اطمینان از تطابق نتایج حاصل از تعاریف مختلف با واقعیت دو روش مستقیم و غیر مستقیم مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۲). اشکال و پدیده های موجود فعال در سطح زمین که شاخص مجاور یخچالی می‌باشند به روش مستقیم یعنی از طریق بررسی‌های ژئومورفولوژیکی مشخص شدند. علاوه بر روش مستقیم از متدهای غیر مستقیم نیز استفاده گردید، با وجود این‌که روش‌های غیر مستقیم نشانه‌های مجاور یخچالی را به طور مستقیم و واضح نشان نمی‌دهند، ولی داده‌های حاصل از آن‌ها شاخص‌هایی برای وقوع مجاور یخچالی می‌باشند. بنابراین از روش‌های غیر مستقیم برای تشخیص تغییرات چند گرادیان محیط طبیعی کوهستانی استفاده شد. با استفاده از تکنیک سنجش از دور و عکس‌های هوایی اشکال بزرگ مانند یخچال‌های سنگی و پوشش گیاهی وابسته به پرگلاسیر شناسایی گردید .



شکل ۲ ـ روش‌های مستقیم و غیرمستقیم جهت شناسایی محیط مجاور یخچالی و مرز پایین آن

اساس برخی تعاریف و مدل‌های وابسته به مجاور یخچالی را متوسط دمای سالیانه هوا و بارندگی سالیانه تشکیل می‌دهند. نخست با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی واقع در دامنه شمالی سبلان میانگین دمای سالیانه هوا، کل بارندگی سالیانه و تغییرات آن‌ها به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع محاسبه شد و سپس با استفاده از این ارقام قلمرو مجاور یخچالی تعیین حدود گردید (شکل ۳).

محاسبه مرز پایین مجاور یخچالی

کارته (نقل از فرنچ، ۱۹۸۸) اشکال کوچک پریگلاسیر، پدیدهٔ ژلیفلاکسیون و اندازه آستانه اقلیمی آن‌ها را برای شناسایی وسعت منطقه مجاور یخچالی بسیار مهم می‌داند. ویلیامز (۱۹۶۱) وجود زمین‌های نقش‌دار را برای تعیین محیط مجاور یخچالی پیشنهاد کرده است، در حالی‌که تریکار (نقل از هوم لوم و کریستینسن، ۱۹۹۸) اظهار می‌دارد محیطی که فرایندهای یخ بستن در آن حاکمیت دارد به عبارت دقیق تکرار یخزدگی و ذوب مجدد یخ، مهمترین مشخصه مجاور یخچالی می‌باشد و محاسبه نوسان‌های تکرار یخزدگی و ذوب یخ به اندازه‌گیری‌های گسترده و طولانی مدت نیاز دارد، ولی زمین‌های نقش‌دار مانند جزایر سنگی و عمل برفساب از مشخصه محیط حاضر سبلان می‌باشند. این شواهد نشان دهنده وجود سیستم فرسایش مجاور یخچالی در دامنه این کوه هستند .

هاریس (۱۹۸۸) و پوه (۱۹۶۹) بهترین شاخص محیط مجاور یخچالی را وجود زمین‌های یخزده[1] یا اشکال حاصل از این سیستم دانسته‌اند. وجود یخچال‌های سنگی فعال در بالاتر از ارتفاع ۳۵۲۰ متر حاکی از وقوع زمین یخزده در زمان حاضر می‌باشد. با توجه به این تعریف در منطقه مورد مطالعه یک نوار باریک با پهنای ۵۸۰ متر از ارتفاع ۳۵۲۰ متر (مرز پایین یخچال‌های سنگی فعال) تا ۴۳۷۰ متر ارتفاع خط تعادل یخچالی (دلال اوغلی، ۱۳۸۱) در قلمرو مجاور یخچالی قرار می‌گیرد.

برخی محققان برای تعیین مرز پایین زمین یخزده مدل‌های ریاضی پیشنهاد کرده‌اند. چنگ (۱۹۸۴) برای نیمکره شمالی مدل زیر را معروف به مدل ارتفاع ارائه کرده است:

$$H = ۳۶۵۰e\times p\ [-۰/۰۰۳\ (L-۲۵/۳۷\ )?]+۱۴۲۸$$

در مدل بالا H (متر) و L به ترتیب شاخص مرز پایین زمین یخزده و عرض جغرافیایی می‌باشند. نتیجه حاصل از این مدل در سبلان ارتفاع ۳۶۵۵ متر را نشان می‌دهد.

به عقیده بالانتین و هاریس (نقل از هوم لوم و کریستینسن، ۱۹۹۸) مهمترین مرز اکولوژیکی برای تحدید مرز زیرین محیط مجاور یخچالی خط رویش درختان می‌باشد. سلبای (۱۹۸۵) عقیده دارد که در مناطق کوهستانی تمام دامنه‌های واقع بین خط رویش درختان و خط برف دائمی را می‌توان به عنوان منطقه مجاور یخچالی در نظر گرفت. به عقیده هوم لوم و کریستینسن (۱۹۹۸) در مناطق بسیار مرتفع مانند سبلان این مرز کم و بیش با خط همدمای متوسط ۱۰ درجه سانتیگراد گرمترین ماه سال مطابقت می‌نماید . در منطقه مورد مطالعه با قبول گرادیان ۰/۶۲ درجه سانتیگراد به ازای هر صد متر ارتفاع (جدول ۱) خط همدمای ۱۰ درجه سانتی گراد گرمترین ماه سال تقریباً منحنی میزان ۳۳۷۵ متر راتعقیب می‌کند. از این دیدگاه می‌توان گفت دامنه‌های شمالی سبلان از ارتفاع ۳۳۷۵ متر تا خط تعادل یخچالی در معرض سیستم فرسایش مجاور یخچالی قرار دارند. به عقیده فرنچ (۱۹۸۸) تمام محیط‌هایی که متوسط دمای سالیانه آن‌ها کمتر از ۳ درجه سانتی‌گراد باشد، به عنوان محیط مجاور یخچالی پذیرفته می‌شود. با قبول این تعریف در سبلان تقریباً از ارتفاع ۳۰۰۰ متر به بالا سیستم مجاور یخچالی ظاهر می‌شود، که با پوشش گیاهی چمنزار و گونه‌های اروسیبری (طبقه آلپی و شبه آلپی) مرز بندی تقریباً مشابهی دارد.

آب و هوای کوهستانی سبلان و اشکال مجاور یخچالی فعال در دامنه های آن

اثرات آب هوایی همواره در کوهستان‌ها نسبت به ارتفاع افزایش می‌یابد در نتیجه موجب شدت تأثیر

1- Permafrost

سیستم مورفوژنیک می‌گردد (خیام، ۱۳۷۰) . تعیین وضعیت اقلیم کوه سبلان به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی به‌طور قطع بسیار مشکل است. در منطقه مورد مطالعه فقط به اختلاف دما بین ایستگاه‌های مشیران و مشگین‌شهر که در دامنه شمالی قرار گرفته‌اند اکتفا گردیده و پس از مقایسه دما در بین ایستگاه‌های موجود گرادیان دما ۰/۴۸ درجه سانتی گراد به ازای هر صد متر اختلاف ارتفاع محاسبه شده است (جدول ۱).

جدول ۱ ـ تغییرات دما در بین ایستگاه‌های دامنه شمالی سبلان به ازای هر ۱۰۰ متر اختلاف ارتفاع

نام ایستگاه‌ها	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	میانگین سال
مشیران و مشگین‌شهر	۰/۳۹	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۳۴	۰/۴۸

با توجه به جدول ۱ در شرایط کنونی در دامنه‌های سبلان با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در ارتفاع ۳۵۶۸ و ۴۸۰۰ متر میزان متوسط دمای سالیانه هوا به ترتیب صفر و ۷/۵- درجه سانتی گراد محاسبه می‌شود.

با مقایسه ارتفاع مکانی ایستگاه‌های موجود در دامنه شمالی یعنی در مشیران (۶۵۳ متر)، مشگین‌شهر (۱۵۶۸ متر) و موئیل (۲۳۰۰) میزان متوسط بارندگی به ترتیب ۲۱۳، ۳۷۷ و۴۱۰ میلی متر می‌باشد. این ارقام نشان می‌دهند که در ارتفاعات به دلیل کاهش دما و در نتیجه رسیدن هوا به نقطه اشباع میزان بارندگی افزایش می‌یابد. افزایش نزولات آسمانی به ازای افزایش هر ۱۰۰ متر ارتفاع ۱۳ میلی متر محاسبه شده است. در سبلان افزایش بارندگی متناسب با ارتفاع تا حدی ادامه می‌یابد که ارتفاع عطف یا سطح نهایی بارندگی نامیده شده از این نقطه به بعد بارندگی کاهش می‌یابد. در کوه‌های آلپ سطح نهایی بارندگی معمولاً در حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر پایین‌تر از مرتفع‌ترین قله‌ها جای می‌گیرد. در سبلان سطح نهایی بارندگی در ارتفاع ۴۳۰۰ [۱] متر در نظر گرفته شده است، بدین ترتیب افزایش باران متناسب با افزایش ارتفاع در خط همباران ۶۷۰ میلی متر قطع می‌شود. بررسی آماری بارش ایستگاه موئیل نشان می‌دهد که ضریب برفی ۰/۴۳ است در صورتی‌که رژیم فصلی سرما از آبان تا فروردین ماه ضریب برفی ۱۰۰٪ را نشان می‌دهد. در دامنه‌های شمالی سبلان از ارتفاع ۲۸۰۰ متر به بالا برف‌ها به مدت ۵ تا ۹ ماه از سال در روی زمین حضور دارند (خطیبی، ۱۳۷۹). و به علت استقرار برف‌های فصلی عمل مجاور یخچالی در بخشی از سال فعال است.

وجود مکان‌های باد پناهی و ناهمواری‌های بزرگ و کوچک و جهت‌گیری دامنه‌ها نیز از جمله عواملی هستند که موجبات فعالیت سیستم مورفوژنز مجاور یخچالی را در دامنه‌های سبلان فراهم می‌سازند. پوشش گیاهی آلپی که بالاتر از ارتفاع ۳۲۰۰ متر گسترش دارد به‌طور مؤثر عملکرد فرایندهای مجاور یخچالی را محدود می‌سازد.

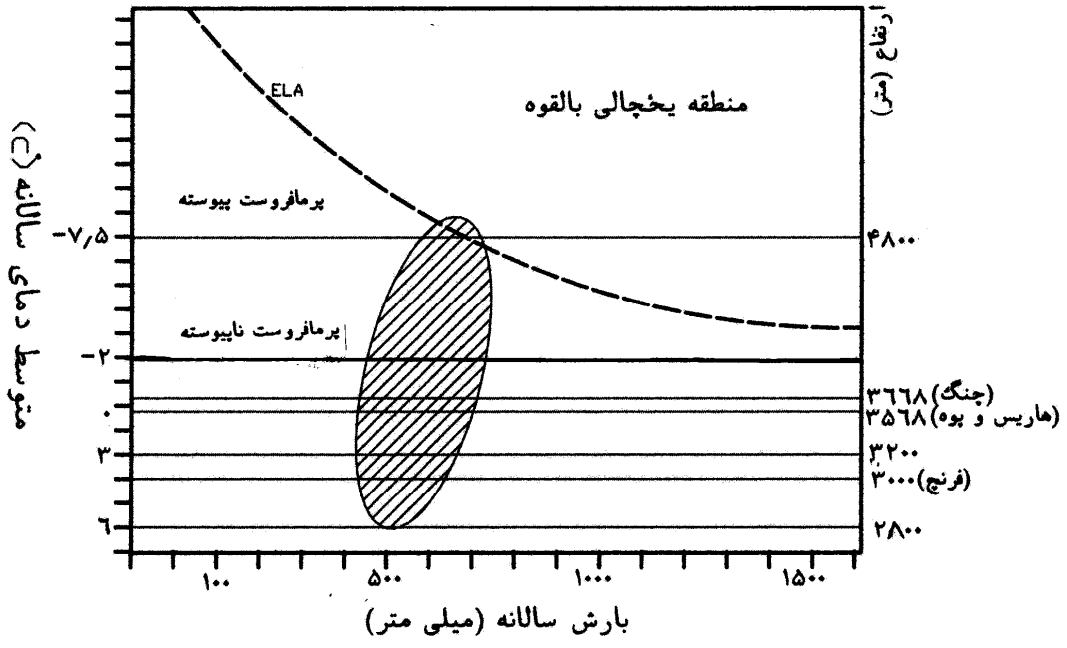
اشکال و پدیده‌های فعال مجاور یخچالی دامنه‌های سبلان از طریق بررسی‌های ژئومورفولوژیکی شناسایی گردید. برای جلوگیری از اطاله کلام فهرست اشکال حاصل از فعالیت فرسایش قلمرو مجاور یخچالی سبلان در جدول ۲ نشان داده شده است. اشکال فعال مجاور یخچالی شامل زمینهای نقش‌دار و برفساب (چاله‌های برفی، جریانات واریزه‌ای، دره‌های نامتقارن)، اشکال حاصل از حرکت توده‌ای (یخچال سنگی و زمین لغزه)، تشکیل مخلوط‌های سنگریز ممتد وخط الرأس‌های مضرس و پرتگاه‌های متلاشی شده است که حیطه عملکرد مجاور یخچالی را مخصوصاً در دامنه شمالی سبلان مشخص می‌سازند. با در نظر گرفتن اشکال

۱ – در محاسبه افزایش بارندگی متناسب با ارتفاع، احتیاط و محافظه کاری به‌طور کامل رعایت شده است.

جدول ۲ ـ توزیع ارتفاعی پدیده‌های فعال مجاور یخچالی در کوهستان سبلان

اشکال ناهمواری	ارتفاع اشکال فعال از سطح دریا(متر)	منبع
برونزدهای آزاد سنگی	۴۸۰۰ ـ ۳۵۰۰	
روانه‌های سنگی	۴۸۰۰ ـ ۳۴۵۰	
مخروط‌های سنگریز ممتد (تالوس)	۳۸۲۰ ـ ۳۵۰۰	
مخروط‌های واریزه‌ای	۳۸۲۰ ـ ۳۶۰۰	
یخچال‌های سنگی	۴۰۲۵ ـ ۳۵۲۰	
زمین لغزه‌ها	۲۵۰۰	خیام(۱۳۷۲)
توفور	۳۳۰۰	
جزایر سنگی	۴۸۰۰ ـ ۳۶۰۰	
برفساب	+۲۸۰۰	خطیبی(۱۳۷۹)

(منبع دلال اوغلی، ۱۳۸۱)



شکل ۳ ـ دیاگرام دما ـ بارش موقعیت تقریبی متئورولوژیکی خط تعادل یخچالی زمان حاضر و پایین‌ترین حد زمین یخزده (۲- درجه سانتی‌گراد) را نشان می‌دهد(اقتباس از هوم لوم، ۱۹۸۸). تشکیل اشکال وابسته به سیستم یخزده فقط در سمت چپ دیاگرام با آب و هوای نیمه مرطوب امکان‌پذیر است که به وسیله منحنی خط تعادل یخچالی و خط همدمای ۲- درجه سانتی‌گراد محدود گردیده است. موقعیت فعلی سبلان با استفاده از داده‌های موجود هواشناسی مشخص شده است. مناطق بالاتر از مرز مجاور یخچالی نشانگر آب و هوای سرد و محیط نیمه مرطوب کوهستانی است.

برفساب مرز پایین مجاور یخچالی حتی تا ارتفاع ۲۸۰۰ متر کاهش می‌یابد.

بین توزیع اشکال مجاور یخچالی و آب هوای کوهستانی ارتباط قوی وجود دارد و برای نشان دادن این ارتباط از روش متئورولوژیکی هه برلی (شکل ۳) استفاده شده است. در این شکل خط منقطع و پررنگ به عنوان خط تعادل یخچالی زمان حاضر در نظر گرفته شده است که دیاگرام را به دومنطقه تقسیم می‌کند. بالاتر از خط تعادل، منطقه یخچالی بالقوه و پایین‌تر از آن تا خط همدمای ۲- درجه سانتی گراد منطقه زمین‌های یخزده محسوب می‌شود. با توجه به نمودار بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه در منطقه زمین‌های یخزده قرار دارد که معرف آب و هوای نیمه خشک یا نیمه مرطوب با بارش سالانه ۵۵۰ تا ۷۰۰ میلی متر می‌باشد.

نتیجه

اندک اطلاعات موجود درباره آب و هوای کوهستان سبلان نشان می‌دهد که بیشتر مساحت دامنه‌های سبلان تحت حاکمیت فرسایش مجاور یخچالی قرار دارد. متوسط دمای سالانه هوا (اثر ارتفاع در مقیاس ناحیه‌ای)، جهت تشعشعات خورشید (اثر ناهمواری در مقیاس محلی) و ویژگی‌های پوشش برف (ناهمواری سطحی در مقیاس‌های متوسط و بزرگ) سه عامل عمده در محیط مجاور یخچالی سبلان می‌باشند. اشکال فعال مجاور یخچالی سبلان شامل زمین‌های نقش‌دار، یخچال‌های سنگی و پدیده‌های حاصل از برفساب هستند. بالاتر از ارتفاع ۴۰۰۰ – ۳۹۰۰ متر که پوشش گیاهی از بین می‌رود. پدیده متلاشی شدن بر اثر یخبندان نقش عمده‌ای در تغییر چهره ناهمواری‌ها اعمال می‌نماید، به‌طوری‌که در منطقه یخچالی نیز آثار فعالیت سیستم فرسایش مجاور یخچالی دیده می‌شود. نتیجه حاصل از روش‌های مختلف در مورد مرز پایین مجاور یخچالی در منطقه مورد مطالعه ارقام متفاوتی است. پس در این صورت ارائه یک تعریف ساده متئورولوژیکی برای اصطلاح مجاور یخچالی برای منطقه کوهستانی سبلان بسیار مشکل است. شاید بهترین تعریف مورد ژئومورفولوژیکی باشد که توسط ویلیامز و کارته ارائه شده است.

منابع:

۱ – باباخانی، ع . ر؛ لسکویه، ج .ل؛ ریو، ر. ۱۳۶۹. شرح نقشه زمین شناسی چهار گوش اهر، مقیاس ۰۱: ۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور.

۲- جوانشیر، عزیز. ۱۳۶۷. طرح مطالعاتی سبلان، مطالعات هواشناسی و اکولوژی. دانشگاه تبریز.

۳- خطیبی، مریم. ۱۳۷۹. نقش برفساب در تغییر دامنه‌های شمالی سبلان و قوشه‌داغ. رشد آموزش جغرافیا. شماره ۵۵. صص ۴۵ – ۳۸.

۴- خیام، مقصود . ۱۳۷۰. اشکوبهای مورفوژنز و تحلیلی از محیط‌های طبیعی کوهستان سهند. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۲۷ .صص ۲۳-۷ .

۵- خیام، مقصود. ۱۳۷۲. کوششی بر طرح وضع ساختمانی و مورفولوژی آتشفشانی فلات آذربایجان با تأکید بر توده ولکانیکی سبلان. نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تبریز. شماره ۱۴۷-۱۴۶. صص ۵۰ – ۳۲.

۶- دلال اوغلی، علی. ۱۳۸۱. پژوهش در سیستم‌های مورفوژنز مؤثر در دامنه شمالی سبلان و شکل‌گیری دشت انباشتی مشگین‌شهر. پایان‌نامه دکترای تخصصی. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۷- مبین، صادق. ۱۳۶۰. جغرافیای گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.

8– Cheng, G. 1984. Problems on zonation of high altitude permafrost. Acta geographica sinica. , 39 (2) : 185 – 193 .
9- French, H. M. 1988. A periglacial overview. In: M. J. clark (ed.) Advances in periglacial geomorphology. wiley – London, PP . 463 – 474.
10- Harris, S. A. 1988. The Alpine periglacial zone. In: M. J. clark (ed) Advancec in periglacial geomorphology. wiley – London, pp . 369 – 414
11- Humlum, O. 1998. The climatic significance of rock glaciers. Permafrost and periglacial processes. , 9:375 –393.
12- Humlum, O. christiansen, H. H.1998. Mountain climate and periglacial phenomena in the Faeroe Islands. Pemafrost and periclacial processes. , 9: 189 –211.
13- Lewkowicz, A. G. 1988. Slope processes. In: M. J. clark (ed.) Advances in periglacial geomorphology. Wiley-Lonodon, pp . 325-360. - Pewe, T. L. 1969. The periglacial environment. In: T. L. pewe (ed.) The periglacial environment . Mcgill queen's university , Montreal , pp . 1-9.
14- Selby, M. J. 1985. Earth's changing surfaces, An introduction geomorphology. Clarendon press .
15-Williams, P. J. 1967. climatic factors controlling the distribution of certain frozen ground phenomena. Geografiska annaler., 43a: 339 – 360.