

تأثیر مورفولوژی دامنه‌ها در تحول سیرک‌های یخچالی اشترانکوه

ابراهیم مقیمی^{۱*}، علی محمد یاراحمدی^۲، محمدرضا ثروتی^۳،
پرویز کردوانی^۴

- ۱- استاد جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
- ۳- استاد جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۴- استاد جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پذیرش: ۹۱/۸/۱۶

دریافت: ۹۰/۱۱/۱۰

چکیده

وجود شکل‌های یخچالی در کوهستان‌ها گویای نقش فرایندهای یخچالی در تحول شکل‌های سطحی زمین است؛ از جمله این شکل‌ها سیرک‌ها هستند. شکل‌گیری سیرک‌ها در دامنه‌های اشترانکوه و تفاوت درجه تحول آن‌ها تحت تأثیر مورفولوژی دامنه‌ها، موضوع این تحقیق است. اطلاعات اولیه با استفاده از تصاویر +ETM، عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و بررسی میدانی فراهم شد. این اطلاعات در محیط نرم‌افزارهای GIS، Auto Cad و Google Earth پردازش شد و داده‌های لازم به دست آمد. روش تحقیق در این مقاله، همبستگی است و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS از طریق رابطه همبستگی و رگرسیون صورت گرفت. نتایج پژوهش نشان می‌دهد در دامنه جنوبی (۱۸ سیرک) بیشترین همبستگی با تحول سیرک‌ها مربوط به متغیرهای جهت است (آزیموت یال غربی سیرک‌ها ۰/۷۱-، آزیموت تالوگ ۰/۶۳-، ارتفاع قله اصلی ۰/۶۳+). درحالی که در دامنه شمالی (۲۴ سیرک) اغلب متغیرهای ارتفاع مؤثرند (ارتفاع میانگین محور غربی ۰/۷۴+، ارتفاع میانگین محور شرقی ۰/۶۵+، ارتفاع قله اصلی ۰/۶۴+). تحلیل رگرسیون نیز گویای این است که عامل تحول سیرک‌ها در دامنه شمالی اشترانکوه، ارتفاع متوسط یال غربی و در دامنه جنوبی آزیموت یال غربی است. این روابط به دلیل تأثیر مورفولوژی دامنه‌هاست.

واژه‌های کلیدی: اشترانکوه، ژئومورفولوژی، سیرک یخچالی، یخچال.



۱- مقدمه

شناخت شکل‌های ناشی از اثر اقلیم و هر فعالیتی که شکل زمین را تغییر دهد و موجب جابه‌جایی مواد و تغییر کمی و کیفی انرژی جنبشی آن‌ها شود، مورد توجه ژئومورفولوژیست‌ها است (مقیمی، ۱۳۸۷: ۱). شواهد یخچالی از مهم‌ترین آثاری هستند که تحولات اقلیمی گذشته و تغییرات آینده را می‌توان براساس آن‌ها پیش‌بینی کرد (Abramowski et al., 2006: 1080). بنابراین، مطالعه شکل‌های عصرهای یخبندان اطلاعات ارزشمندی از شرایط پالئوکلیما^۱ فراهم می‌آورد (Loso, 1998: 1). محمودی (۱۳۶۷: ۱۲) شواهد ژئومورفولوژی یخچالی را یکی از مشخص‌ترین میراث تحولات اقلیمی دوره کواترنر در ایران می‌داند.

یخچال‌ها با روش‌های مختلفی بررسی می‌شوند؛ مانند استفاده از داده‌های ماهواره^۲ لندست در تهیه نقشه یخچال‌های هیمالیا (Kulkarni, 1994: 322) و ترسیم عوارض یخچالی و ارائه نقشه یخچال‌های منطقه «گانگاتری»^۳ هندوستان با استفاده از داده‌های ماهواره لندست و ترکیب باندهای ۴، ۵ و ۷ TM (Philip & Ravindran, 1998: 29). ناپرالسکی^۴ (2007: 1) نیز از طریق تصاویر ماهواره‌ای و GIS به بررسی لندفرم‌ها و روند پیشروی و عقب‌نشینی یخچال‌ها پرداخته است. بنتلی^۵ (2007: 644) در بررسی ژئومورفولوژی یخچال‌های جنوب جورجیا ضمن تأکید بر اهمیت ترتیب زمانی رخدادها در تفسیر ژئومورفولوژی یخچالی، اظهار می‌دارد که به دلیل تغییرات تدریجی آب و هوا امکان گسترش یخچال‌ها محدود و مرزهای یخچالی جابه‌جا شده‌اند.

اولین اظهارنظر درباره آثار مورفولوژی یخبندان‌های کواترنر ایران را ژاک دومرگان^۵ (۱۸۹۰) بیان کرد. او از سیرک‌های قدیمی اشترانکوه (در ارتفاع ۳۸۰۰ متری) خبر می‌دهد. مطالعه جدی درباره آثار اقلیم کواترنر در ایران در سال ۱۹۳۳ م با پژوهش‌های هانس

1. paleoclimate

2. Gangotri

3. Naprialski

4. Bentley

5. Domorgan

بویک^۱ در ارتفاعات کردستان شروع شد (رامشت، ۱۳۸۳: ۱۲). بعضی از مطالعات جدید درباره یخچال‌های ایران به این شرح است:

طاهونی (۱۳۸۳: ۳۱) به کمک عکس‌های هوایی و نقشه‌ها به بررسی شواهد یخچالی پلیستوسن در تالش پرداخته و ارتفاع «برف‌مرز» را در ۲۳۶۰ متری تعیین کرده است. نعمت‌الهی و رامشت (۱۳۸۴: ۱) با استفاده از روش رایت و تحلیل رقومی داده‌ها به بازسازی دمایی و ردیابی آثار یخساری در دشت نمدان فارس پرداخته و شواهد مورفیک و رسوبی آن را بررسی کرده‌اند. یمانی (۱۳۸۶: ۱) در بررسی ژئومورفولوژی یخچالی زردکوه، با تعیین حدود و ارتفاع تشکیل سیرک‌ها (۳۴۰۰ متر) از وجود ۱۵ سیرک و زبانه یخچالی در مجاور قله‌ها خبر می‌دهد. رجبی و همکاران (۱۳۸۷: ۱۰۵) در مطالعه دره‌های یخچالی سهند به این نتیجه رسیده‌اند که شکل اولیه دره‌ها بر اثر سیستم‌های فرسایشی غیر یخچالی دچار تغییراتی مورفولوژیکی شده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۸۶: ۲۰۷) در مطالعه یخچال کرکس، با مبنا قرار دادن دمای صفر برای مراکز سیرک‌ها به بازسازی شرایط دمایی دوره یخچالی وورم پرداخته‌اند. رامشت (۱۳۸۷: ۱۲۹) در بررسی آثار یخچالی منطقه بم، با ارزیابی تغییرات اقلیمی و شناسایی آثار سیرکی و دره‌ها، بم را یکی از برف‌خانه‌های بزرگ ایران در کواترنر می‌داند. منصوریان (۱۳۸۷: ۷۴) با شناسایی شکل‌های ژئومورفولوژیکی مخروط دماوند، اقدام به ایجاد یک بانک اطلاعات ژئومورفیک از طریق تصاویر ماهواره‌ای و GIS کرده است. رضایی (۱۳۸۷: ۲) با بررسی یخچال علم‌چال به استخراج متغیرهای هندسی یخچالی (وضعیت توپوگرافی، کاسه یخ‌گیر، ارتفاع حد بالا و پایین کاسه یخ‌گیر و...) پرداخته است. یمانی (۱۳۸۸: ۳۱) در مطالعه حرکت یخچال‌های علم‌کوه، ضمن اندازه‌گیری زبانه‌های یخچالی، میزان جابه‌جایی زبانه علم‌چال را سالیانه ۲۳۰ متر برآورد کرده است. زمانی (۱۳۸۸: ۳) در مطالعه حوضه‌های جاجرود و کرج در دامنه جنوبی و نور و هراز در دامنه شمالی البرز، حد یخبندان کنونی را برای دامنه شمالی و جنوبی ۵۶۰۵ و ۴۹۳۸ متر و حد یخچالی و مجاور یخچالی را براساس مدل پلتیر در دامنه جنوبی به ترتیب ۴۳۹۰ و ۳۶۱۱ متر برآورد کرده است.

1. Bobek



سرور (۱۳۸۹: ۶۹) شواهد یخچالی البرز غربی و فرایندهای فرسایشی آن را مطالعه کرده و وجود سیرک، یخرفت و... در ارتفاعات ۲۵۰۰-۴۱۷۶ متر را دلیل اقلیم سرد گذشته دانسته است. موسوی (۲۰۰۸: ۱۰۱۳) یخچال‌های ایران را از نظر ساختار زمین‌شناسی به دو دسته گرانیتی و کارستیک تقسیم کرده و اشترانکوه و زردکوه را جزء کارستی‌ها دانسته است. رایت^۱ (۱۹۶۳) از سیرک‌های یخچالی در ارتفاع ۳۰۰۰ متری دامنه شمالی اشترانکوه و آثار یخرفتی در ۲۶۰۰ متری گزارش داده است (رامشت، ۱۳۸۳: ۱۲). احمدی (۱۳۸۵: ۳۲۴ و ۳۳۶) سیرک‌ها را از شکل‌های مهم فرسایش یخچالی دانسته و به تعیین وسعت و ترسیم سیرک‌ها در دامنه شمالی اشترانکوه پرداخته است.

از بین عوارض یخچالی، «سیرک‌ها» به دلیل قابلیت تبدیل به داده‌های کمی اهمیت فراوانی دارند. اصطلاح سیرک یخچالی اولین بار به وسیله چرپنتیر^۲ (۱۸۲۳) و فعالیت سیرک‌ها در توسعه مورفولوژی به وسیله لویز^۳ (۱۹۳۸) کشف شد (Graf, 1976: 76). چورولی شکل سیرک‌ها را انعکاسی از عوامل توپوگرافی، زمین‌شناسی، نوع و مدت اثر یخچال‌ها می‌داند و اظهار می‌کند: هر اندازه شرایط برای یخچالی شدن مناسب‌تر باشد، جهت‌گیری سیرک و دامنه آن وسیع‌تر می‌شود (Chorley, 1984: 159). سیرک‌های بزرگ‌تر معرف دوره پیشرفته‌تری از تکامل یخچال هستند و با گذشت زمان عمیق‌تر و محدودتر می‌شوند (Gordon, 1977: 192). سیرک‌ها شکل‌های اصلی یخچالی است و شکل آن‌ها مهم‌ترین عامل در تعیین شرایط یخچالی به‌شمار می‌رود (Graf, 1976: 88). بنابراین، در این پژوهش سیرک‌های یخچالی در اشترانکوه به‌عنوان متغیر اصلی پژوهش انتخاب شدند.

جانک^۴ (۲۰۰۷: ۱۵۳) با بررسی رابطه زبان‌های یخچالی با متغیرهای ناحیه‌ای در کلرادو نتیجه می‌گیرد بیشترین هم‌بستگی (۰/۰۷۸) بین پهنای زبان یخچالی با عرض حوزه یخچال بوده و شتاب حداکثری زبان یخچالی بالاترین هم‌بستگی را (۰/۷۶) با میانگین سالیانه دما دارد.

1. Wright
2. Charpentier
3. Lewis
4. Janke

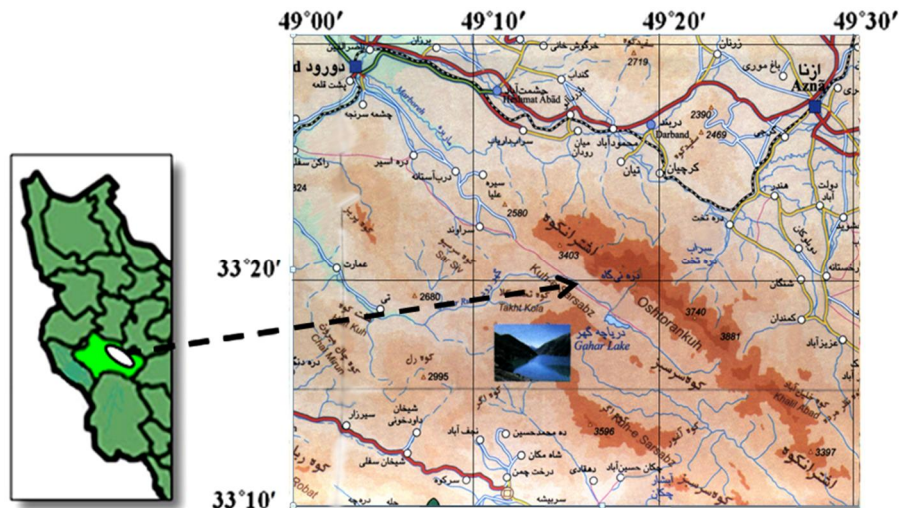
یمانی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله «تعیین حدود مناطق مورفودینامیکی و مورفوکلیماتیکی کواترنر در حوضه جاجرود» با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، بازدیدهای میدانی، نقشه‌ها و داده‌های اقلیمی حله پایین قلمرو یخچالی در حوضه جاجرود را تعیین کرده‌اند و این مرز را در حال حاضر در ارتفاع ۵۲۲۰ متری برآورد می‌کنند. همچنین، آن‌ها به وسیله روابط آماری به بررسی معنادار بودن رابطه شکل‌گیری و گسترش سیرک‌های یخچالی با جهت جغرافیایی و جهت ناهمواری‌ها پرداخته و بر نقش این متغیرها، ماندگاری یخ و برف و فراوانی سیرک‌ها تأکید کرده‌اند.

در تحقیق حاضر سعی شده است میزان ارتباط متغیرهای مرتبط با مورفولوژی دامنه‌ها با توسعه و تحول سیرک‌های یخچالی اشترانکوه از طریق تحلیل هم‌بستگی و روابط آماری بررسی شود.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعتی حدود ۳۷۷ کیلومتر مربع در شمال شرق استان لرستان قرار دارد. طول کوهستان حدود ۴۰ کیلومتر است و عرضی کمتر از ۱۰ کیلومتر دارد (شکل ۱). حداکثر ارتفاع در آن ۴۰۸۱ متر (قله سن‌بوران) و جهت آن به پیروی از امتداد عمومی زاگرس، شمال‌غربی - جنوب شرقی است. اشترانکوه در سال ۱۳۴۸ «منطقه حفاظت‌شده» اعلام شد (بیات، ۱۳۶۷: ۷).

اشترانکوه با استناد به روش آمبرژه، دارای اقلیم سرد کوهستانی است. حداکثر مطلق دما در مرداد ماه ۳۷ و حداقل آن در بهمن ماه ۳۰- درجه است. میانگین بارش سالیانه بین ۷۰۰ تا ۸۵۰ میلی‌متر است که ۷۲/۳ درصد آن در پاییز و زمستان جامد است. آب بارش و ذوب یخچال‌ها در دامنه جنوبی توسط دره و رود گهر و در دامنه شمالی توسط رود ماربره زه‌کشی می‌شود. شکل شبکه، درختی است و دو شریان اصلی با جهت شمال‌غربی به دره سزار (دز) می‌ریزند.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

از نظر لیتولوژی، سازنده‌های این کوهستان بیشتر کربناته و مهم‌ترین آن‌ها آهک و آهک شیلی سیاه (سازند ایلام و سروک) کرتاسه میانی است. بیشتر سیرک‌های یخچالی در هر دو دامنه در این لیتولوژی شکل گرفته‌اند.

در دامنه جنوبی با تناوبی مشخص بعد از آهک کرتاسه، به طرف دره گهر به ترتیب آهک شیلی کرتاسه، آهک دولومیتی ژوراسیک، آهک و مارن تریاس، آهک و دولومیت پرمین، ماسه سنگ اردوسین و آهک و شیل کامبرین وجود دارد. در دامنه شمالی نیز بعد از آهک شیلی کرتاسه به ترتیب ماسه سنگ و آهک پالئوسن، شیل و مارن پالئوسن - میوسن، آهک (کرتاسه)، شیست، کوارتزیت و سنگ آهک تریاس وجود دارد. آبرفت‌های جوان کواترنر نیز - که حاصل فرایندهای فرسایشی شکل‌زا هستند - به صورت پراکنده در دره‌ها و مراکز سیرک‌ها وجود دارند.

۳- مواد و روش‌ها

هدف این پژوهش تعیین رابطه بین مراحل توسعه و تحول سیرک‌های یخچالی در اشترانکوه با متغیرهای مورفولوژیکی دامنه‌هاست تا براساس آن مشخص شود کدام یک از متغیرهای مرتبط با دامنه‌ها نظیر ارتفاع، آزیموت، جهت، مساحت و شکل، در روند توسعه و تحول

نیم‌رخ و نمای سیرک‌ها هم‌پستگی یا نقش بیشتری داشته‌اند. منظور از تحول سیرک‌ها از نظر نیم‌رخ، عمیق‌تر شدن کف سیرک به سمت ارتفاع پایین‌تر، و از نظر نما نیز مدور شدن محیط سیرک مطابق الگوی‌های «الف» و «ب» در شکل شماره دو است.

نمره نیم‌رخ و نمای سیرک‌ها، به عنوان متغیر اصلی، از طریق نقشه توپوگرافی (مجموع نمره نما و نیم‌رخ) به این شکل به دست آمد: مقطع طولی (برش تهیه شده در محیط AutoCAD) به عنوان نیم‌رخ و مقطع عرضی (منحنی میزان احاطه کننده تمام محوطه سیرک) به عنوان نما انتخاب و به صورت Shape File در محیط ArkGIS ترسیم شدند. براساس میانگین فواصل بین هریک از این منحنی‌ها با نزدیک‌ترین مقطع Shape File های شش گانه مدل پیشنهادی تحول سیرک‌ها (Gordon, 1977: 192)، دو نمره بین ۱۰ تا ۶۰ برای نما و نیم‌رخ هر سیرک مشخص شد و نمره هر سیرک از مجموع دو نمره نما و نیم‌رخ از حداکثر ۱۲۰ نمره تعیین شد (شکل ۲). نمره‌ها و نتایج در معادلات شیب خط مماس نیز مورد دقت و بازنگری قرار گرفت.

نمره	نما و نیم‌رخ یکی از سیرک‌ها (چال کبود)	الگوی رتبه‌بندی سیرک‌ها با اندکی تغییر (چورولی، ۱۳۷۹؛ Gordon, 1977)
۵۰	نمای سیرک در نقشه توپوگرافی	الف
۵۵	نیم‌رخ سیرک	ب
۱۰۵	نمره مجموع	

شکل ۲ نمونه ارزش‌گذاری و تعیین نمره برای سیرک‌ها



سایر متغیرهای مرتبط با سیرک‌ها شامل نمره نیم‌رخ و نمای سیرک‌ها، داده‌های ارتفاع (پنج مورد)، آزمون (چهار مورد)، مساحت و شکل به تفکیک دو دامنه و براساس ترتیب از شماره ۱ الی ۱۸ در دامنه جنوبی و ۱ تا ۲۴ در دامنه شمالی رتبه‌بندی و مرتب شدند (جدول ۱ و ۳). ابزارهای پژوهشی شامل کارهای میدانی، تصاویر + ETM+ سنجنده لندست (در هفت باند مربوط به اکتبر ۲۰۰۸ در سیستم مختصات WGS 84UTM- زون N39)، تصاویر نرم‌افزار Google Earth، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰، نقشه ژئومورفولوژی و عکس‌های هوایی هستند.

داده‌های مورد نیاز از طریق پژوهش میدانی، اندازه‌گیری ابعاد هندسی دامنه‌ها و سیرک‌ها، عملیات آماری و ریاضی (مثل: میانگین، سطح زیرمنحنی و شیب خط مماس)، تهیه نیم‌رخ توپوگرافی و نمای سیرک‌ها براساس نقشه‌های توپوگرافی رقومی و پردازش نهایی در محیط‌های نرم‌افزاری ARK GIS، AUTOCAD و GOOGLE EARTH به‌دست آمد. پردازش نهایی و تحلیل داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS از طریق توصیف آماری، تحلیل هم‌بستگی (بین نمره توسعه سیرک‌ها با متغیرهای ارتفاع، آزمون و...) و تحلیل رگرسیون صورت گرفت.

۴- بحث

در اشتراک‌کوه شرایط لیتولوژی و اقلیمی در هریک از دامنه‌های کوهستان تقریباً یکسان است؛ بنابراین انتظار می‌رود شکل‌های مورفولوژی یکسانی به‌وجود آید. اگر شکل‌های موجود دارای تفاوت بارزی هستند، این مسئله گویای شرایط و متغیرهای ناشناخته‌ای است که به‌صورت محلی مداخله کرده و موجب تفاوت در شکل‌ها و درجه تحول آن‌ها شده و درمورد سیرک‌های یخچالی حائز اهمیت است.

در این تحقیق متغیرهای ارتفاع شامل بلندترین قله مشرف به سیرک، ارتفاع میانگین قله‌های محور فوقانی، ارتفاع میانگین محور غربی، ارتفاع میانگین محور شرقی و ارتفاع مرکز سیرک هستند. متغیرهای جهت هم شامل آزمون‌های «محور قله‌های فوقانی، تالوگ، محور یال غربی و محور یال شرقی» سیرک‌ها هستند. همچنین، از مساحت سیرک و ضریب

گراویلیوس سیرک (رابطه بین شکل سیرک در مقایسه با دایره معادل آن) به عنوان متغیرهای تکمیلی مؤثر استفاده شد. متغیرها به ترتیب بالاترین درجه تکامل سیرک‌ها در جدول شماره یک و سه آمده است.

۴-۱- دامنه جنوبی

جدول ۱ مشخصات سیرک‌های دامنه جنوبی اشترانکوه

ردیف	نام سیرک		مشخصه سیرک	نمره نما و نبرخ (بر اساس شکل ۳)	آزیموت محور طولانی	آزیموت ناوی سیرک	سیرک	آزیموت محور شرقی	سیرک	آزیموت محور غربی	ارتفاع قلعه اصلی (متر)	ارتفاع محور طولانی (متر)	ارتفاع مرکز سیرک (متر)	ارتفاع محور غربی (متر)	ارتفاع محور شرقی (متر)	مساحت سیرک (km2)	ضریب گراویلیوس
۱	قیف	۹۹	۱-۳	۱۷۱	۱۶۸	۲۱۱	۴-۵۱	۲۹۱۱	۲۲۴۵	۲۵۶-	۲۶۴-	۱,۲۴	۱,۱				
۲	قیف ۲	۹۲	۲-۳	۹۱,۵	۱۷۲	۱۶۸	۴-۵۱	۲۸۸۵	۲۵۶-	۲۵۶-	۰,۵۴	۱,۱۴					
۳	تندار زقنو	۸۰	۱۱-۰	۱۸۱	۲۰۸	۲۲۵	۲۷۵۱	۲۷۱۷	۲۲۷۵	۲۲۱۶	۱,۹۸	۱,۱۲					
۴	هفت چشمه پیارو	۷۹	۱۴۸	۲۱۹	۲۰۶	۲۵۹	۲۸۷۲	۲۶۳۲	۲۹۲۰	۲۲۴۷	۲,۲۸	۱,۱۶					
۵	دره تاپله	۷۷	۱۳۲	۲۲۸	۲۲۲	۲۲۲	۲۶۲۸	۲۵۵۲	۲۸۷۴	۲۳-۴	۲۲۱۴	۴,۲۴	۱,۱۳				
۶	دره طیاره	۷۷	۹۵,۶	۱۷۳	۲۰۲	۲۰۶	۲۷۶۷	۲۶۷۹	۲۹۱۶	۲۳۵-	۲۳۶-	۲,۶۲	۱,۱۲				
۷	دره چارمیر	۷۲	۱۵۴	۲۳۱	۲۱۳	۲۲۹	۲۵۹۷	۲۳۲۱	۲۸۶۸	۲-۹۹	۲-۳۵	۱,۵۶	۱,۲۱				
۸	دره تبرد	۶۷	۱۲۱	۱۷۶	۱۹۷	۲۱۱	۴-۱۷	۲۹۲۶	۲۳۱۶	۲۵۶۴	۲-۹	۲,۰۹	۱,۱۵				
۹	ملکی غرده	۶۴	۱۴۵	۲۲۴	۲۰۶	۲۲۲	۲۸۱۸	۲۷۱۰	۲۸۵۰	۲۳۰۹	۲۱۱۹	۱,۲۵	۱,۲۱				
۱۰	تندار زقنو ۲	۶۳	۱۴۱	۲۴۹	۲۲۶	۲۲۸	۲۶۴۰	۲۶۴۸	۲۱۶۴	۲۳۷۸	۲۳۷۰	۰,۷۲	۱,۲۳				
۱۱	پشت پیارو	۶۲	۱۱۷	۲۲۴	۲۲۸	۲۰۶	۲۷۸۵	۲۷۰۸	۲۹۷۱	۲۴۴۳	۲۳۷-	۱,۲۶	۱,۲۷				
۱۲	دره شولی لا	۵۹	۱۱۰	۲۱۱	۲۱۵	۲۱۲	۴-۸۱	۲۶۲۳	۲۵۶۷	۲۲۵۹	۲۲۵۹	۴,۱۶	۱,۲۱				
۱۳	دره سیل ۲	۵۵	۱۳۲	۲۳۴	۲۰۵	۲۶۲	۲۷۴۳	۲۶۲۸	۲۶۲۶	۲۲۰-	۲۲۰-	۱,۹۸	۱,۱۷				
۱۴	پن برده ۲	۴۹	۱۲۸	۲۴۳	۲۲۹	۲۵۹	۲۷۱۸	۲۶۲۳	۲۶۶۳	۲۱۷۷	۲۱۵۹	۳,۵۳	۱,۱۶				
۱۵	دره سیل ۱	۴۸	۸۹,۳	۲-۲	۱۹۱	۲۱۱	۲۵۷۰	۲۵۲۵	۲۶۵۴	۲۱۲۸	۲۲۱۳	۱,۰۲	۱,۱۱				
۱۶	کول شاکول	۴۷	۱۶۸	۲۷۳	۲۲۹	۲۵۳	۲۴۷۰	۲۳۷۳	۲۶۵۷	۲-۳۵	۲۹۵۸	۲,۱۸	۱,۲۲				
۱۷	پن برده ۱	۲۵	۱۲۴	۲۱۸	۲۱۶	۲۳۰	۲۷۲۳	۲۶۸۰	۲۳۴۰	۲۴۹۵	۳۴۴۸	۰,۲۶	۱,۱				
۱۸	پن برده ۳	۲۵	۲-۹	۲۱۴	۲۶۳	۲۸۶	۲۲۱۵	۲۱۶۷	۲۱۲۰	۲-۵۸	۳-۳۴	۰,۶۳	۱,۱۳				
	میانگین دامنه	۶۳,۳	۱۲۸,۱	۲۲۲,۱۴	۲۱۰	۲۲۸,۸	۲۷۵۰	۲۶۴۲	۲۶۵۶	۲۳۰۴	۲۲۸۱	۱,۸۷	۱,۱۷				
	انحراف معیار	۲۰۰,۲	۳۱,۷	۳۵,۱۴	۲۴,۱	۲۶	۲۲۱,۳	۲۲۳	۲۷۰	۱۸۱	۱۹۱	۲,۲۸	۶,۳				

با استفاده از اطلاعات جدول شماره یک روابط هم‌بستگی بین متغیرهای مستقل و متغیر اصلی، یعنی «میزان یا نمره تحول سیرک‌ها» در دامنه جنوبی اشترانکوه محاسبه شد (ر.ک جدول ۲).



در جدول شماره دو، میانگین نمره درجه تحول سیرک‌های دامنه جنوبی ۶۳ با انحراف معیار ۲۰ است که در مقایسه با حداکثر در نظر گرفته شده برای یک سیرک بالغ (۱۲۰)، حدی متوسط است.

براساس اطلاعات جدول شماره دو مهم‌ترین روابط هم‌بستگی بین متغیرها به این شرح است:

هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزمون محور غربی $0/71 -$ معناداری ۹۹ درصد؛
هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزمون تالوگ $0/63 -$ معناداری ۹۹ درصد؛
هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع قله اصلی $0/63 +$ معناداری ۹۹ درصد؛
هم‌بستگی نیم‌رخ و نمای سیرک و آزمون محور شرقی $0/56 -$ معناداری ۹۵ درصد؛
هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزمون محور فوقانی $0/50 -$ معناداری ۹۹ درصد؛
هم‌بستگی نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع میانگین محور شرقی $0/48 +$ معناداری ۹۵ درصد؛
هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع میانگین محور غربی $0/47 +$ معناداری ۹۵ درصد؛
هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع میانگین محور فوقانی $0/45 +$ معناداری ۹۵ درصد.

۴-۱-۱- سایر هم‌بستگی‌ها

هم‌بستگی «آزمون محور فوقانی» با «تالوگ سیرک، آزمون محور غربی و شرقی سیرک‌ها» به میزان‌های ۸۶+ و ۷۸+ و ۸۲+ در سطح خطای ۰/۰۱، ناشی از افزایش آزمون محور فوقانی و متمایل شدن محور کوهستان به طرف جنوب است؛ بنابراین با افزایش آزمون محور کوهستان، آزمون تالوگ و محور یال‌های شرقی و غربی سیرک‌ها نیز افزایش یافته است. در اشترانکوه از شمال غرب به جنوب شرق میانگین ارتفاع کاهش و آزمون محور در مقایسه با شمال افزایش یافته است؛ بنابراین متغیرهای آزمون با یکدیگر هم‌بستگی مستقیم دارند (ستون‌های ۲- ۴ جدول ۲) و با متغیرهای ارتفاع، رابطه معکوس (ستون‌های ۵- ۹ جدول ۳).



نتایج هم‌بستگی نشان می‌دهد در شرایط یخچالی دامنه جنوبی اشترانکوه و تحول سیرک‌ها، نقش برتر با جهت ناهمواری و آزمون بوده؛ به‌طوری که بالاترین هم‌بستگی به‌دست آمده ابتدا با آزمون محور غربی سیرک‌ها و سپس با آزمون تالوگ است.

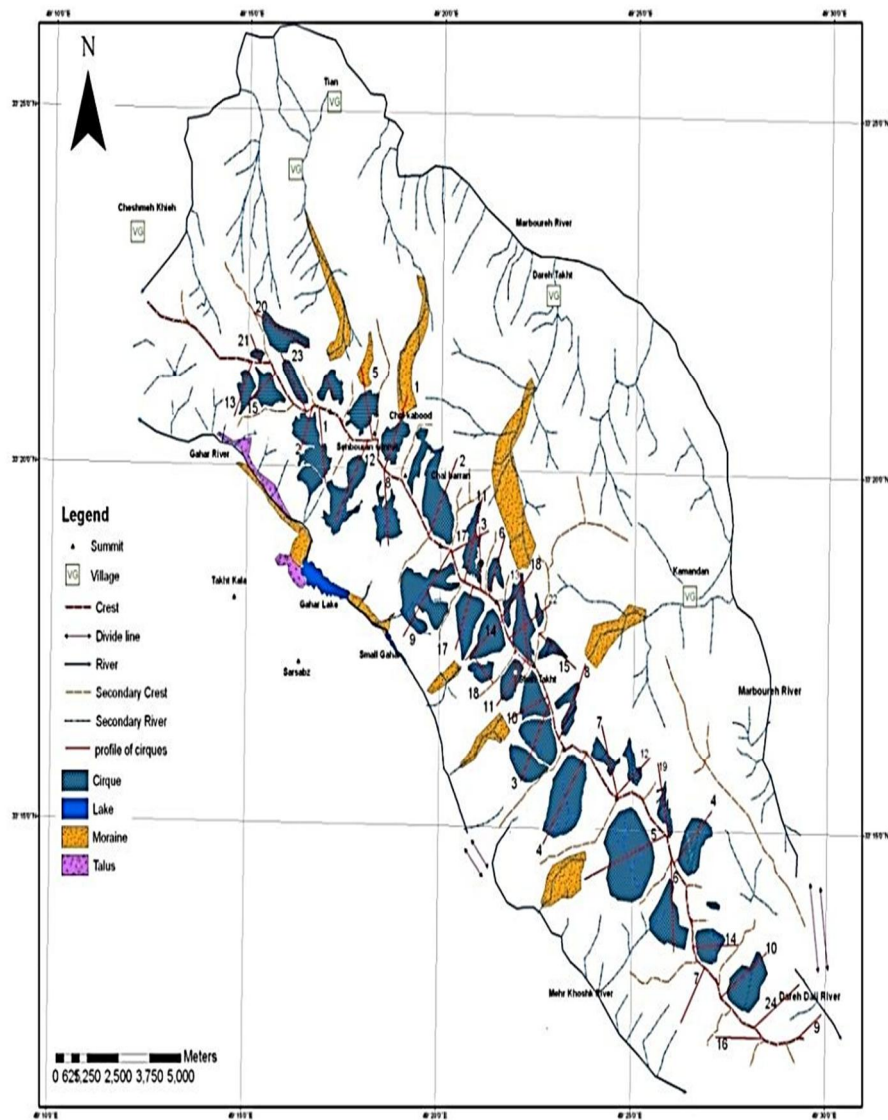
با توجه به اینکه در دامنه جنوبی اشترانکوه جهت عمومی دامنه و دره‌های یخچالی به‌طرف جنوب غربی است، هم‌بستگی‌های معکوس نشان می‌دهد هرچه آزمون یال غربی سیرک و «تالوگ دره» کمتر باشد، سیرک‌ها و یال‌های دو طرف به‌سمت جنوب متمایل شده و از تابش‌های بعدازظهر درامان مانده و باعث دوام یخ و برف و در نتیجه تحول و تکامل بیشتر آن‌ها شده است.

هم‌بستگی معکوس درجه تحول سیرک با آزمون محور فوقانی و یال شرقی نیز به همین دلیل است. در اشترانکوه معمولاً سیرک‌ها و دره‌های یخچالی عمود بر محور فوقانی شکل گرفته‌اند؛ از این‌رو هرچه محور کوهستان شرقی‌تر باشد، جهت دره‌ها و سیرک‌ها جنوبی‌تر و باعث درامان ماندن آن‌ها از تابش‌های صبح و بعدازظهر شده است.

هم‌بستگی نمره تحول سیرک‌ها با متغیرهای ارتفاع - به‌جز ارتفاع قله اصلی - درحد متوسط و ضعیف است. هم‌بستگی با قله اصلی نیز از یک‌سو مربوط به نقش ارتفاع در کاهش دما و تغذیه سیرک در ایجاد سایه و از سوی دیگر جلوگیری از تابش صبحگاهی است.

۴-۱-۲- تحلیل رگرسیون

با توجه به وجود چندین متغیر مستقل در تعیین قوی‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده، از روش «رگرسیون چندگانه گام‌به‌گام» استفاده شد. براساس این تحلیل آشکار شد تحلیل رگرسیون تنها تا یک گام پیش رفته و از بین متغیرهای دامنه جنوبی، متغیر «آزمون یال غربی سیرک» با میزان هم‌بستگی 0.712 ، ضریب تعیین تعدیل‌شده 0.47 و خطای 0.01 در سطح اطمینان ۹۹ درصد تعیین‌کننده متغیر وابسته مورد نظر است. میزان F نیز با سطح خطای یک‌صدم معنادار شده که حاکی از معنادار بودن رگرسیون است.



شکل ۳ نقشه ژئومورفولوژی منطقه اشترانکوه، موقعیت سیرک‌ها و برش‌ها و رسوب‌های یخچالی



۴-۲- دامنه شمالی

جدول ۳ مشخصات سیرک‌های دامنه شمالی اشترانکوه

ردیف	نام سیرک	مختصات سیرک	نمره نما و نیمرخ از سلسله نقاط	آزیموت محور فوقانی	آزیموت ناظر سیرک	آزیموت محور غربی سیرک	آزیموت محور شرقی سیرک	ارتفاع قله اصلی (متر)	ارتفاع محور فوقانی (متر)	ارتفاع دور سیرک (متر)	ارتفاع محور غربی به (متر)	ارتفاع محور شرقی به (متر)	مساحت سیرک km^2	تیربستگاری
۱	چال کیود	۱۰۵		۱۰۵.۸	۱۵.۰	۱۸	۸.۳	۴۰.۸۱	۴۰.۳۰	۳۶۴۰	۳۸۲۶	۳۸۴۱	۱.۷۴	۱.۲۲
۲	چال برکن	۱۰۳		۱۰۵.۱	۲۰.۷	۵۵	۲۲	۴۰.۸۱	۳۹۲۷	۳۵۸۸	۳۷۰۴	۳۷۸۰	۲.۱۶	۱.۱۴
۳	فیالسون شرقی	۸۸		۸۳.۸	۱۷۸	۴.۷	۱۲	۳۷۶۲	۳۵۸۹	۳۳۸۰	۳۵۰۰	۳۵۱۲	۰.۸۷	۱.۲۰
۴	کوله جنون E	۷۸		۱۱۴.۶	۱۱.۱	۴.۹	۱۷۴	۳۸۱۸	۳۷۶۸	۳۳۲۵	۳۵۵۹	۳۵۲۲	۰.۳	۱.۴۲
۵	چال میشان	۷۵		۱۰۸.۴	۱۷۳	۱۷۶	۷.۷	۴۰.۵۱	۳۹۰۸	۳۳۰۵	۳۶۷۶	۳۵۷۹	۲.۰۸	۱.۱۴
۶	شاخت	۷۲		۱۲۳.۱	۲۰.۹	۲۳	۲۰	۳۷۵۱	۳۶۶۷	۳۰۵۰	۳۳۶۲	۳۳۷۵	۳.۲۷	۱.۲۰
۷	پیاره شرقی	۶۳		۸۵.۸	۱۶۱	۳	۱۶۹	۳۸۰۷	۳۶۱۱	۳۰۷۰	۳۴۱۴	۳۳۶۹	۰.۸۸	۱.۱۴
۸	پیاره مرکز	۶۰		۱۲۱.۵	۳۴.۷	۷۷	۵۰	۳۷۲۸	۳۵۷۶	۳۸۰۹	۳۲۴۳	۳۳۶۴	۴.۳۸	۱.۲۲
۹	دره تخت هبید	۶۰		۱۲۹.۷	۵۳.۴	۱۰۶	۸	۳۷۴۴	۳۵۸۳	۳۳۸۰	۳۵۵۰	۳۳۹۰	۰.۸۹	۱.۱۹
۱۰	شاخت انتهایی	۶۰		۱۳۶.۷	۵۴.۰	۹۰	۴۷	۳۵۲۱	۳۴۴۴	۲۹۶۴	۳۲۰۱	۳۱۹۵	۲.۰۱	۱.۱۹
۱۱	فیالسون غرب	۵۹		۱۳۰.۲	۱۱.۵	۴۶	۴.۷	۳۷۵۴	۳۷۳۳	۳۳۵۶	۳۵۵۳	۳۵۰۰	۰.۸۹	۱.۲۲
۱۲	ازنادر غرب	۵۸		۱۲۵.۲	۶۱.۳	۴۵	۱۷۴	۳۸۰۷	۳۵۹۷	۲۸۳۹	۳۴۰۴	۳۳۸۱	۳.۹	۱.۲۱
۱۳	گراز راه (۲)	۵۶		۱۱۹.۱	۱۷۵	۳۳	۱۷۱	۳۸۷۲	۳۶۵۵	۳۲۸۰	۳۳۷۵	۳۴۸۶	۱.۱۷	۱.۱۹
۱۴	چال قبله	۵۵		۱۷۱.۱	۸۹.۷	۱۰۶	۹۰	۳۴۷۰	۳۴۵۱	۲۹۸۲	۳۲۱۱	۳۱۵۱	۰.۹۷	۱.۱۰
۱۵	پیاره غرب	۵۲		۱۲۴.۰	۱۱۳	۱۱۹	۸۸	۳۸۷۲	۳۷۳۸	۳۰۵۲	۳۳۴۹	۳۴۸۶	۱.۵۷	۱.۱۴
۱۶	کوله جنون	۵۲		۱۳۲.۰	۴۰.۰	۴۴	۴.۹	۳۸۱۸	۳۷۳۹	۳۳۷۱	۳۵۳۴	۳۵۵۹	۰.۸۲	۱.۲۸
۱۷	سراب میرزایی	۵۱		۱۴۰	۷۳.۵	۱۰۵	۷۱	۳۸۹۰	۳۸۵۳	۳۴۶۳	۳۲۵۲	۳۴۰۴	۱.۴۰	۱.۲۸
۱۸	چال همایون	۴۹		۹۸.۸	۳۳.۵	۲۶	۱۷۴	۳۷۵۱	۳۶۴۹	۳۱۶۴	۳۴۲۶	۳۴۱۶	۱.۳۶	۱.۱۳
۱۹	ازنادر شرق	۴۷		۱۳۲.۹	۱۷۰	۱۷۴	۱۷۰	۳۷۶۰	۳۶۱۴	۳۱۴۳	۳۳۸۱	۳۴۷۵	۰.۷۹	۱.۲۲
۲۰	غرس در	۴۲		۱۱۴.۲	۱۰۴	۱۴۷	۱۰۱	۳۸۵۸	۳۷۴۳	۳۱۵۵	۳۳۰۶	۳۵۷۲	۴.۳۶	۱.۳۰
۲۱	کول مسگران	۴۰		۹۶.۲	۱۴۴	۱۴۲	۱۴۲	۳۴۹۵	۳۵۶۱	۳۲۰۲	۳۲۶۰	۳۳۸۰	۱.۱۴	۱.۲۱
۲۲	گراز راه (۱)	۳۷		۱۵۴.۲	۴۸.۶	۸۴	۳۳	۳۷۳۲	۳۷۲۳	۳۱۸۵	۳۴۶۶	۳۴۲۵	۰.۷۷	۱.۱۹
۲۳	چشمه شیر	۳۵		۹۸.۲	۱۴۰	۱۵۴	۱۶۲	۳۷۰۴	۳۵۷۱	۳۱۲۵	۳۳۰۰	۳۳۸۰	۱.۲۲	۱.۲۵
۲۴	دره دایی	۲۷		۱۴۳.۰	۵۵.۳	۴۸	۵۳	۳۳۸۹	۳۳۰۱	۲۹۲۰	۳۱۴۵	۳۰۹۴	۱.۷۱	۱.۱۸
	میانگین داده	۵۹.۵		۱۲۰.۶	۸۲.۵	۷۴.۲	۷۹.۸	۳۷۷۲	۳۶۶۸	۳۱۹۸	۳۴۱۶	۳۴۲۹	۱.۶۹۴	۱.۲۱
	انحراف معیار	۲۰		۲۱	۵۹	۵۷	۶۹	۱۷۶	۱۶۳	۲۱۹	۱۷۲	۱۷۰	۲۰.۸۷	۶.۶۶

براساس اطلاعات جدول شماره چهار، مهم‌ترین روابط هم‌بستگی بین متغیرها به این شرح است:

هم‌بستگی نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع میانگین محور غربی 0.74 با سطح معناداری ۹۵ درصد؛

هم‌بستگی نمره سیرک‌ها و ارتفاع میانگین محور شرقی 0.65 با سطح معناداری ۹۹ درصد؛

- هم بستگی نمره سیرک ها و ارتفاع قلعه اصلی به میزان $0/64$ با سطح معناداری ۹۹ درصد؛
- هم بستگی نمره نیم رخ و نمای سیرک و ارتفاع میانگین محور فوقانی $0/60$ با معناداری ۹۹ درصد؛
- هم بستگی نمره نیم رخ و نمای سیرک و ارتفاع مرکز سیرک $0/56$ با سطح معناداری ۹۹ درصد؛
- هم بستگی نمره نیم رخ و نمای سیرک و آزیموت محور غربی $0/51$ - با سطح معناداری ۹۹ درصد؛
- هم بستگی نمره نیم رخ و نمای سیرک و آزیموت محور فوقانی $0/37$ - با سطح معناداری ۹۰ درصد.

جدول ۴ هم بستگی متغیرها در سیرک های شمالی اشترانکوه

متغیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
آزیموت محور فوقانی		آزیموت تالوگ	آزیموت محور غربی	آزیموت محور شرقی	ارتفاع قلعه اصلی	ارتفاع محور فوقانی	ارتفاع مرکز سیرک	ارتفاع محور غربی	ارتفاع محور شرقی	مساحت سیرک	شیب کرپلوس
نمره نیم رخ و نمای سیرک	-0/37	-0/21	-0/51	-0/36	-0/64	-0/60	-0/56	-0/74	-0/65	-0/4	-0/2
سطح خطا	0/07	0/32	0/12	0/08	0/01	0/02	0/04	0/0	0/01	0/86	0/92
آزیموت محور فوقانی	1	-0/23	0/23	-0/22	-0/28	-0/26	-0/27	-0/35	-0/46	-0/2	-0/05
سطح خطا	0	0/11	0/27	0/21	0/06	0/21	0/19	0/09	0/02	0/88	0/80
آزیموت تالوگ	1	0/44	0/38	-0/02	-0/17	-0/10	-0/20	-0/07	-0/19	-0/23	-0/23
سطح خطا	0	0/03	0/06	0/93	0/41	0/65	0/34	0/74	0/38	0/27	0/27
آزیموت محور غربی		1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/03	0/03
سطح خطا		0	0/70	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
آزیموت محور شرقی			1	-0/15	-0/24	-0/30	-0/32	-0/23	-0/14	0/14	0/14
سطح خطا			0	0/48	0/26	0/15	0/12	0/28	0/50	0/52	0/52
ارتفاع قلعه اصلی				1	0/92	0/62	0/77	0/87	0/13	0/12	0/12
سطح خطا				0	0/00	0/01	0/00	0/00	0/54	0/56	0/56
ارتفاع محور فوقانی سیرک					1	0/74	0/77	0/39	0/02	0/22	0/22
سطح خطا					0	0/00	0/00	0/00	0/92	0/30	0/30
ارتفاع مرکز سیرک						1	0/75	0/79	0/43	0/22	0/22
سطح خطا						0	0/00	0/00	0/04	0/30	0/30
ارتفاع محور غربی							1	0/83	-0/20	0/06	0/06
سطح خطا							0	0/00	0/24	0/78	0/78
ارتفاع محور شرقی								1	-0/03	0/22	0/22
سطح خطا								0	0/88	0/29	0/29
مساحت سیرک									1	0/00	0/00



۴-۲-۱- سایر هم‌بستگی‌ها

هم‌بستگی معکوس آزمون محور فوقانی با ارتفاع قله اصلی ($-0/38$)، ارتفاع متوسط یال غربی و شرقی دو طرف سیرک ($-0/35$ و $-0/46$) مربوط به شرایط عمومی اشتراکوه است که به طرف جنوب شرق کوهستان آزمون افزایش پیدا می‌کند و ارتفاع متوسط آن کاهش می‌یابد (جدول ۴).

هم‌بستگی مستقیم متغیرهای مختلف ارتفاعی به میزان‌های $0/92$ ، $0/62$ ، $0/77$ ، $0/87$ ، $0/74$ ، $0/77$ ، $0/89$ ، $0/75$ و $0/83$ در سطح معناداری ۹۹ درصد در ردیف‌های ۵-۸ بیانگر تطابق و پیروی به نسبت بالای این متغیرها از همدیگر است.

هم‌بستگی معکوس بین «ارتفاع مرکز سیرک» و «مساحت سیرک» به میزان $-0/43$ بیانگر این است که با کاهش ارتفاع مرکز سیرک‌ها (به سمت جنوب شرقی)، بر مساحت آن‌ها افزوده می‌شود.

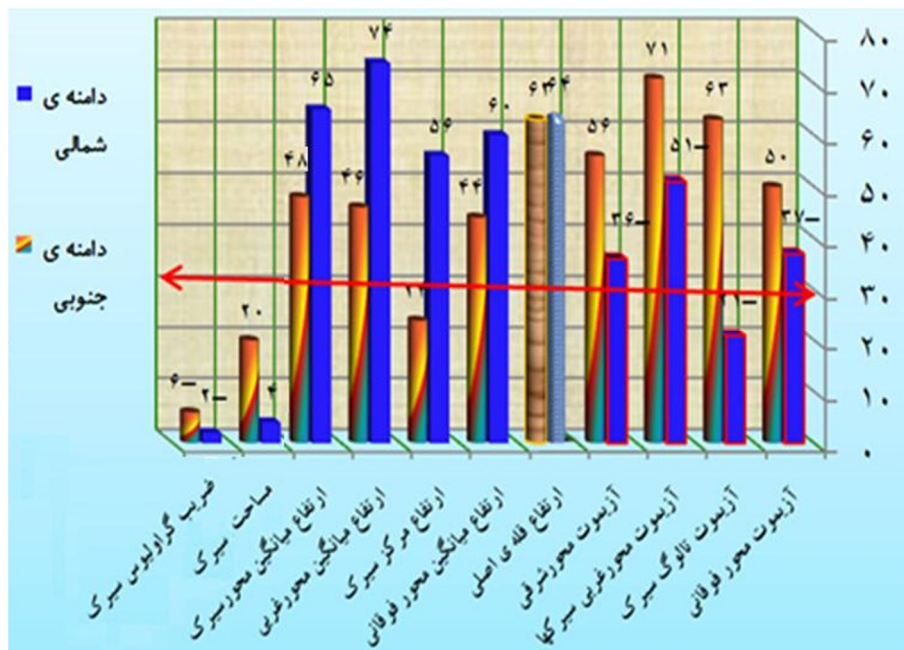
۴-۲-۲- تحلیل رگرسیون

در دامنه شمالی نیز برای تعیین قوی‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده از روش «رگرسیون چندگانه گام‌به‌گام» استفاده شد. براساس این تحلیل، معادله تحلیل رگرسیون تنها یک گام پیش رفته است و از بین متغیرهای دامنه شمالی فقط «ارتفاع متوسط یال غربی سیرک‌ها» با میزان هم‌بستگی $0/743$ ، ضریب تعیین تعدیل‌شده $0/53$ و خطای $0/01$ در سطح اطمینان ۹۹ درصد تعیین‌کننده متغیر وابسته یعنی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک است. میزان F نیز با سطح خطای یک‌صدم و سطح ۹۹ درصد معنادار شده که حاکی از معناداری رگرسیون است.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در تحول سیرک‌ها (از مرحله ۱۰ به ۶۰) یعنی عمیق‌تر شدن کف سیرک به سمت ارتفاع پایین‌تر (نیم‌رخ) و مدور شدن محیط سیرک (نما) در دامنه شمالی اشتراکوه، بیشترین نقش را ابتدا پنج متغیر ارتفاعی و سپس متغیرهای جهت یا آزمون داشته‌اند. در این میان، بیشترین هم‌بستگی مربوط به میانگین ارتفاعی

یال غربی سیرک‌هاست. این هم‌بستگی بالا به دلیل نقش یال‌های غربی در جلوگیری از تابش‌های بعدازظهر است. با توجه به شرایط ارتفاعی کوهستان، عرض جغرافیایی، ارتفاع خورشید و آنالمای تابش، اوج گرمای روزانه در ساعت‌های بعدازظهر است؛ بنابراین ارتفاع یال غربی و شرقی، ارتفاع قله اصلی و محور فوقانی و ارتفاع مرکز سیرک‌ها در تحول سیرک‌ها نقش بارزی دارند. بعد از تأثیر متغیرهای ارتفاع، آزیموت محور غربی با هم‌بستگی ۰/۵۱ نیز از عوامل دامنه‌ای مؤثر به‌شمار می‌آید. همچنین، روابط هم‌بستگی و شکل شماره سه نشان می‌دهند ارتفاع قله اصلی به‌عنوان یک عامل مورفولوژیکی در هر دو دامنه بر تحول سیرک‌ها (با هم‌بستگی ۰/۶۴ و ۰/۶۳) تأثیر نسبتاً برابری داشته است.



شکل ۴ مقایسه میزان هم‌بستگی متغیرهای پژوهشی اشترانکوه در دامنه‌های شمالی و جنوبی



روابط متغیرها در دامنه جنوبی نشان می‌دهد با توجه به شرایط آفتاب‌گیری و تابش در این دامنه، نقش مهم‌تر در تحول سیرک‌ها مربوط به متغیرهای آزیموت یا جهت است؛ چون هر سیرک یا دره یخچالی علاوه بر محور فوقانی از دو طرف نیز توسط دو یال محدود می‌شود و در اشترانکوه با توجه به جهت کوهستان، این یال‌ها دارای جهت شمالی و جنوبی و یا برعکس جنوبی- شمالی هستند و نسبت به چاله‌های سیرک غربی یا شرقی. بررسی‌ها نشان می‌دهد یال‌های غربی عاملی مشترک در تحول سیرک‌ها در دو دامنه کوهستان است که در دامنه جنوبی آزیموت آن و در دامنه شمالی ارتفاع آن تأثیرگذارتر بوده است. به این ترتیب، در شکل‌گیری و تحول سیرک‌های یخچالی اشترانکوه، مورفولوژی دامنه‌ها به دلیل تأثیر بر میزان آفتاب‌گیری و تابش، مهم هستند؛ به همین دلیل تأثیر یال غربی سیرک‌ها مورد تأکید است. این مسئله گویای نقش مهم ساختار مورفولوژیکی اشترانکوه در شکل‌گیری شرایط یخچالی است.

۶- قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری مورد حمایت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات و همچنین طرح پژوهش گرنت شماره ۴/۱۰۷۰۲۲/۱۰۷۰۴ معاونت پژوهشی دانشگاه تهران است که بدین وسیله از ایشان قدردانی و تشکر می‌کنیم.

۷- منابع

- احمدی، حسن و سادات فیض‌نیا، سازندهای دوره کواترنر، مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.
- بیات، حمیدرضا و هنریک مجنونیان، منطقه حفاظت‌شده اشترانکوه، سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر آموزش زیست‌محیطی، ۱۳۶۷.
- چورولی، ریچارد جی، استانی ای شوم و دیوید ای سودن، ژئومورفولوژی، ج ۴، ترجمه احمد معتمد، تهران: سمت، ۱۳۷۹.

- رامشت، محمدحسین، «آثار یخچال‌های دوران چهارم در حومه اصفهان»، رشد آموزش جغرافیا، ش ۶۷، صص ۱۰-۲۱، ۱۳۸۳.
- رامشت، محمدحسین و داودپور دهقان، «یخ در آتش؛ آثار یخچالی در منطقه بم»، تحقیقات جغرافیایی، ش ۸۹، صص ۱۲۹-۱۴۴، ۱۳۸۷.
- رضایی، یوسف، محمدجواد ولدان زوج و فریبرز وزیری، «بررسی یخچال علم‌چال با تصاویر ماهواره‌ای»، علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی، ش ۷۰، صص ۲-۱۳، ۱۳۸۷.
- رجبی، معصومه و مریم بیاتی خطیبی، «بررسی لندفرم دره‌های یخچالی، مطالعه موردی دره‌های یخچالی کوهستان سهند»، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۶۴، صص ۱۰۵-۱۲۱، ۱۳۸۷.
- زمانی، حمزه، شواهد و حدود گسترش یخچال‌های کواترنری در البرز مرکزی، رساله دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- سرور جلیل‌الدین و نیما فرید مجتهدی، «شواهد ریخت‌شناسی یخچالی کواترنری در البرز غربی»، جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ش ۱۸، صص ۶۹-۹۲، ۱۳۸۹.
- طاهونی، پوران، «بررسی شواهد ژئومورفولوژیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات تالش»، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۴۷، صص ۳۱-۵۵، ۱۳۸۳.
- محمودی، فرج‌الله، «تحول ناهم‌واری‌های ایران در کواترنر»، پژوهش‌های جغرافیایی، س ۲۰، ش ۲۳، صص ۷-۴۷، ۱۳۶۷.
- مقیمی، ابراهیم، ژئومورفولوژی اقلیمی قلمرو سرد یخچالی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.
- منصوریان، علی، مژگان زارعی‌نژاد و ابراهیم مقیمی، «ایجاد بانک اطلاعات ژئومورفولوژیک دماوند تحت Web GIS»، علوم زمین، ش ۶۹، صص ۷۴-۸۵، ۱۳۸۷.
- نعمت‌الهی، فاطمه و محمدحسین رامشت، «آثار یخساری در ایران»، مدرس علوم انسانی، ش ۴، صص ۱-۱۹، ۱۳۸۴.



- یمانی، مجتبی، علی‌اکبر شمسی‌پور، مریم جعفری اقدم و سجاد باقری سیدشکری، «تعیین حدود مناطق مورفودینامیکی و مورفوکلیماتیکی کوآترنر در حوضه جاجرود»، *مدرس علوم انسانی*، ۱۵۵، ش ۳، صص ۸۳-۱۱۰، ۱۳۹۰.
- یمانی، مجتبی، «ژئومورفولوژی یخچال‌های زردکوه ...»، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۵۹، صص ۱۲۵-۱۳۹، ۱۳۸۶.
- «اندازه‌گیری حرکت سالیانه یخچال‌های علم‌کوه»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ش ۶۷، صص ۳۱-۵۲، ۱۳۸۸.
- یمانی، مجتبی، جمشید جداری عبوسی و ابوالقاسم گورابی، «شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در کرکس»، *مدرس علوم انسانی*، ش ۱۱، صص ۲۰۷-۲۲۸، ۱۳۸۶.
- 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.
- Bentley, M. J. et al., "Glacial Geomorphology and Chronology of Deglaciation, South Georgia", *Quaternary Science*, No. 26, Pp. 644-677, 2007.
- Gordon, J. E., "Morphometry of Cirques in the Kintail- Affric- Cannich Area of Northwest Scotland", *Geografiska Annaler*, Vol. 59A, Pp. 94-177, 1977.
- Graf, W. L., "Cirques as Glacier Locations", *Arctic and Alpine Research*, Vol. 8, No. 1, Pp. 79-90, 1976.
- Janke, J. & R. Frauenfelder, "The Relation between Rock Glacier and Contributing Area Parameters in the front Range of Colorado", *Journal of Quaternary science*, DOL: 10.1002, Pp. 153-163, 2008.

- Kulkarni, A. V., "A Conceptual Model to Assess Effect of Climatic Variations on Distribution of Himalayan Glaciers", *Scientific Report (Unpublished)*-ISRO-IGBP SR 42-94, Pp. 321-326, 1994.
- Loso, M. G., H. K. Schwartz, S. F. Wright & P. R. Bierman, "Composition, Morphology, and Genesis of a Moraine-like Feature in the Miller Brook Valley", Vermont Northeastern, *Geology Sciences*, No. 20(1), Pp. 1-10, 1998.
- Moussavi, M. S., M. J. ValadanZoej, M. R. Sahebi & Y. Rezaei, "Change Detection of Mountain Glacier Surface...: A Case Study in Iran, Alamchal Glacier...", *Remote Sensing Sciences*. Vol. XXXVII. Part B7, Pp. 1013-1016, 2008.
- Napiealski, J., J. Harbor & Li. Yingkui, "Glacial Geomorphic and Geographic Information Systems", *Earth- Science Reviews*, No. 85, Pp. 1-22, 2007.
- Philip, G. & K. V. Ravindran, "Glacial Mapping using Landsat Thematic Mapper Data: A Case study in Parts of Gangotri Glacier, NW Himalaya", *Indian Remote Sensing*, No. 26(1, 2), Pp. 29-34, 1998.
- Wright, H. E, *Preliminary Polln Studies at Lake Zeribar, Zagros Mountains, Southwest Iran*. Science, 1963.