

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

دریافت: ۹۰/۱۱/۱۰ پذیرش: ۹۱/۸/۱۶

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 $+۰/۶۳$). در حالی 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 پالئوکلیم^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 اظهار نظر درباره آثار مورفولوژی یخبندان‌های کواترنر ایران را ژاک دومرگان^۶ (۱۸۹۰) بیان کرد. او از سیرک‌های قدیمی اشترانکوه (در ارتفاع ۳۸۰۰ متری) خبر می‌دهد. مطالعه جدی درباره آثار اقلیم کواترنر در ایران در سال ۱۹۳۳م با پژوهش‌های هانس

1. paleoclimate
2. Gangotri
3. Naprialski
4. Bentley
5. Domorgan

بوبک^۱ در ارتفاعات کردستان شروع شد (رامشت، ۱۳۸۳: ۱۲). بعضی از مطالعات جدید دربارهٔ 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 زبانهٔ یخچالی در مجاور قله‌ها خبر می‌دهد. رجیبی و همکاران (۱۳۸۷: ۱۰۵) در مطالعهٔ دره‌های یخچالی سهند به این نتیجه رسیده‌اند که شکل اولیهٔ دره‌ها بر اثر سیستم‌های فرسایشی غیر یخچالی دچار تغییراتی مورفولوژیکی شده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۸۶: ۲۰۷) در مطالعهٔ یخچال کرکس، با مبنا قرار دادن دمای صفر برای مراکز سیرک‌ها به بازسازی شرایط دمایی دورهٔ یخچالی وورم پرداخته‌اند. رامشت (۱۳۸۷: ۱۲۹) در بررسی آثار یخچالی منطقهٔ بم، با ارزیابی تغییرات اقلیمی و شناسایی آثار سیرکی و دره‌ها، بم را یکی از برف‌خانه‌های بزرگ ایران در کوتاه‌تر 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، کاسهٔ یخ‌گیر، ارتفاع حدّ بالا و پایین کاسهٔ یخ‌گیر و...) پرداخته است. یمانی (۱۳۸۸: ۳۱) در مطالعهٔ حرکت یخچال‌های علم‌کوه، ضمن اندازه‌گیری زبانه‌های یخچالی، میزان جابه‌جایی زبانهٔ علم‌چال را سالیانه ۲۳۰ متر برآورد کرده است. زمانی (۱۳۸۸: ۳) در مطالعهٔ حوضه‌های جاجرود و کرج در دامنهٔ جنوبی و نور و هراز در دامنهٔ شمالی البرز، حد یخبندان کنونی را برای دامنهٔ شمالی و جنوبی ۵۶۰۵ و ۴۹۳۸ متر و حد یخچالی و مجاور یخچالی را براساس مدل پلتیر در دامنهٔ 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 (2008: 1013) یخچال‌های ایران را از نظر ساختار زمین‌شناسی به دو دسته گرانیتی و کارستیک تقسیم کرده و اشتراکوه و زردکوه را جزء کارستی‌ها دانسته است. رایت^۱ (۱۹۶۳) از سیرک‌های یخچالی در ارتفاع ۳۰۰۰ متری دامنه شمالی اشتراکوه 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 اشتراکوه 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 اشتراکوه به‌عنوان متغیر اصلی پژوهش انتخاب شدند.

جانک^۴ (2007: 153) با بررسی رابطه زبان‌های یخچالی با متغیرهای ناحیه‌ای در کلرادو نتیجه می‌گیرد بیشترین هم‌بستگی (۰/۰۷۸) بین پهناى زبانۀ یخچالی با عرض حوزه یخچال بوده و شتاب حداکثری زبانۀ یخچالی بالاترین هم‌بستگی را (۰/۷۶) با میانگین سالیانه دما دارد.

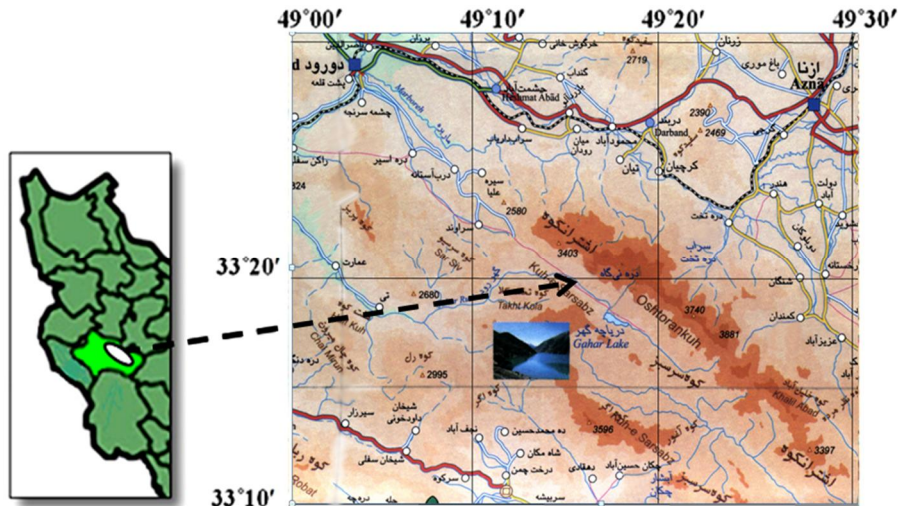
1. Wright
2. Charpentier
3. Lewis
4. Janke

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 حده 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 درّه و رود گهر و در دامنه شمالی توسط رود ماربره زه‌کشی می‌شود. شکل شبکه، درختی است و دو شریان اصلی با جهت شمال‌غربی به درّه 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، آزمون، جهت، مساحت و شکل، در روند توسعه و تحول

نیم‌رخ و نمای سیرک‌ها هم‌بستگی 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، به‌عنوان متغیر اصلی، از طریق نقشه توپوگرافی (مجموع نمره نما و نیم‌رخ) به این شکل به‌دست آمد: مقطع طولی (برش تهیه‌شده در محیط AutoCAD) به‌عنوان نیم‌رخ و مقطع عرضی (منحنی میزان احاطه‌کننده تمام محوطه سیرک) به‌عنوان نما انتخاب و به‌صورت Shape File در محیط ArkGIS ترسیم شدند. براساس میانگین فواصل بین هریک از این منحنی‌ها با نزدیک‌ترین مقطع Shape File‌های شش‌گانه 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 به دست 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 اشرانکوه شرایط لیتولوژی و اقلیمی در هر یک از دامنه‌های کوهستان تقریباً یکسان است؛ بنابراین انتظار می‌رود شکل‌های مورفولوژی یکسانی به وجود آید. اگر شکل‌های موجود دارای تفاوت بارزی هستند، این مسئله گویای شرایط و متغیرهای ناشناخته‌ای است که به صورت محلی مداخله کرده و موجب تفاوت در شکل‌ها و درجه تحول آن‌ها شده و در مورد 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) به‌عنوان متغیرهای تکمیلی مؤثر استفاده شد. متغیرها به‌ترتیب بالاترین درجه تکامل سیرک‌ها در جدول شماره یک و سه آمده است.

۴-۱- دامنه جنوبی

جدول ۱ مشخصات سیرک‌های دامنه جنوبی اشترانکوه

ردیف	مشخصه سیرک (بر اساس شکل ۲)	نمره نما و نبرخ (بر اساس شکل ۲)	آزبوت محور طولانی	آزبوت ناوی سیرک	سیرک	آزبوت محور غربی سیرک	سیرک	آزبوت محور شرقی سیرک	ارتفاع فلبی 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	۱-۲	۱۷۱	۱۶۸	۲۱۱	۴-۵۱	۲۹۱۱	۲۲۴۵	۲۵۶-	۲۶۶-	۲۶۶-	۲۶۶-	۱.۲۴	۱.۱
۲	قیف ۲	۹۲	۲-۲	۹۱.۵	۱۷۲	۱۶۸	۴-۵۱	۲۸۰۹	۲۲۸۵	۲۵۶-	۲۵۶-	۲۵۶-	۲۵۶-	۰.۵۴	۱.۱۴
۳	تعداد رتقو	۸۰	۱۱-	۸۰	۲۰۸	۱۸۱	۲۲۵	۲۷۵۱	۲۲۷۰	۲۲۷۵	۲۲۷۵	۲۲۷۵	۲۲۷۵	۱.۹۸	۱.۱۲
۴	هفت چشمه پیارو	۷۹	۱۴۸	۲۱۹	۲۰۶	۲۵۹	۲۸۷۲	۲۶۲۲	۲۹۲۰	۲۲۲۰	۲۲۲۰	۲۲۲۰	۲۲۲۰	۲.۲۸	۱.۱۶
۵	دره سایه	۷۷	۱۳۲	۲۲۸	۲۲۲	۲۲۲	۲۲۲۸	۲۶۲۸	۲۵۵۲	۲۸۷۴	۲۳-۴	۲۲۱۴	۲۲۱۴	۴.۲۴	۱.۱۳
۶	دره طیاره	۷۷	۹۵.۶	۱۷۳	۲۰۲	۲۰۲	۲۷۶۷	۲۶۷۹	۲۹۱۶	۲۲۶۴	۲۲۵-	۲۲۵-	۲۲۵-	۲.۶۲	۱.۱۲
۷	دره چارمیر	۷۲	۱۵۴	۲۳۱	۲۱۳	۲۲۹	۲۵۹۷	۲۳۲۱	۲۸۶۸	۲۰۹۹	۲۰۳۵	۲۰۳۵	۲۰۳۵	۱.۵۶	۱.۲۱
۸	دره تزد	۶۷	۱۲۱	۱۷۶	۱۹۷	۲۱۱	۴-۱۷	۲۹۲۶	۲۳۱۶	۲۶۵۹	۲۵۶۴	۲۵۶۴	۲۵۶۴	۲.۰۹	۱.۱۵
۹	علگی غرده	۶۴	۱۴۵	۲۲۴	۲۰۶	۲۲۲	۲۸۱۸	۲۷۱۰	۲۸۵۰	۲۳۰۹	۲۱۹۹	۲۱۹۹	۲۱۹۹	۱.۲۵	۱.۲۱
۱۰	تعداد رتقو ۲	۶۳	۱۴۱	۲۴۹	۲۲۶	۲۲۸	۲۶۴۰	۲۶۴۸	۲۱۶۴	۲۲۷۸	۲۲۷۰	۲۲۷۰	۲۲۷۰	۰.۷۲	۱.۲۳
۱۱	پشت پیاره	۶۲	۱۱۷	۲۲۴	۲۲۸	۲۰۶	۲۷۸۵	۲۷۰۸	۲۹۷۱	۲۲۷۰	۲۲۷۰	۲۲۷۰	۲۲۷۰	۱.۲۶	۱.۲۷
۱۲	دره شولی لا	۵۹	۱۱۰	۲۱۱	۲۱۵	۲۱۲	۴-۸۱	۲۶۲۶	۲۵۶۷	۴-۲۶	۲۵۶۷	۲۲۵۹	۲۲۵۹	۴.۱۶	۱.۲۱
۱۳	دره سیل ۲	۵۵	۱۳۲	۲۳۴	۲۰۵	۲۶۲	۲۷۴۲	۲۶۲۸	۲۶۲۶	۲۱۶۳	۲۱۶۳	۲۱۶۳	۲۱۶۳	۱.۹۸	۱.۱۷
۱۴	پن برده ۲	۴۹	۱۲۸	۲۴۳	۲۲۹	۲۵۹	۲۷۱۸	۲۶۲۳	۲۶۶۳	۲۱۷۷	۲۱۷۷	۲۱۷۷	۲۱۷۷	۳.۵۳	۱.۱۶
۱۵	دره سیل ۱	۴۸	۸۹.۳	۲۰۳	۱۹۱	۲۱۱	۲۵۷۰	۲۵۲۵	۲۶۵۴	۲۱۲۸	۲۱۲۸	۲۱۲۸	۲۱۲۸	۱.۰۲	۱.۱۱
۱۶	کول شاکول	۴۷	۱۶۸	۲۷۳	۲۲۹	۲۵۳	۲۴۷۰	۲۲۷۳	۲۶۵۷	۲۰۳۵	۲۰۳۵	۲۰۳۵	۲۰۳۵	۲.۱۸	۱.۲۲
۱۷	پن برده ۱	۲۵	۱۲۴	۲۱۸	۲۱۶	۲۳۰	۲۷۲۳	۲۶۱۸	۲۳۴۰	۲۴۹۵	۲۴۴۰	۲۴۴۰	۲۴۴۰	۰.۲۶	۱.۱
۱۸	پن برده ۳	۲۵	۲۰۹	۲۱۴	۲۶۳	۲۸۶	۲۲۱۵	۲۱۶۷	۲۱۲۰	۲۰۵۸	۲۰۳۴	۲۰۳۴	۲۰۳۴	۰.۶۳	۱.۱۳
	میانگین دامنه	۶۳.۳	۱۲۸.۹	۲۲۲.۹۴	۲۱۰	۲۲۸.۸	۲۷۵۰	۲۶۴۲	۲۶۵۶	۲۳۰۲	۲۲۸۹	۲۲۸۹	۲۲۸۹	۱.۸۷	۱.۱۷
	انحراف معیار	۲۰.۰۲	۳۱.۷	۳۵.۱۴	۲۴.۱	۲۶	۲۲۱.۳	۲۲۳	۲۷۰	۱۸۱	۱۹۱	۱۹۱	۱۹۱	۲.۲۸	۰.۳

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.

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

- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزیموت محور غربی $0/71-$ معناداری ۹۹ درصد؛
- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزیموت 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 آزیموت محور شرقی $0/56-$ معناداری ۹۵ درصد؛
- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزیموت 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 «آزیموت محور فوقانی» با «تالوگ سیرک، آزیموت محور غربی و شرقی سیرک‌ها» به میزان‌های ۸۶+ و ۷۸+ و ۸۲+ در سطح خطای ۰/۰۱، ناشی از افزایش آزیموت محور فوقانی و متمایل شدن محور کوهستان به طرف جنوب است؛ بنابراین با افزایش آزیموت محور کوهستان، آزیموت تالوگ و محور یال‌های شرقی و غربی سیرک‌ها نیز افزایش یافته است. در اشترانکوه از شمال غرب به جنوب شرق میانگین ارتفاع کاهش و آزیموت محور در مقایسه با شمال افزایش یافته است؛ بنابراین متغیرهای آزیموت با یکدیگر هم‌بستگی مستقیم دارند (ستون‌های ۲- ۴ جدول ۲) و با متغیرهای ارتفاع، رابطه معکوس (ستون‌های ۵- ۹ جدول ۳).

هم‌بستگی ارتفاع مرکز سیرک با یال‌های غربی و شرقی به میزان ۰/۷۷ و ۰/۷۲ نشان‌دهنده رابطه معنادار و تبعیت نسبتاً بالای این متغیرها در سطح معناداری ۹۹ درصد است. هم‌بستگی مستقیم بین متغیرهای ارتفاعی به‌ویژه هم‌بستگی (۰/۹۲) بین ارتفاع قله اصلی، محور فوقانی و محورهای غربی و شرقی مسئله‌ای طبیعی و گویای دقت اندازه‌گیری‌هاست. با توجه به هم‌بستگی معکوس به میزان ۰/۵۶- در سطح معناداری ۹۵ درصد بین «ارتفاع مرکز سیرک و مساحت سیرک» نتیجه می‌گیریم که در دامنه جنوبی اشترانکوه با افزایش ارتفاع مراکز سیرک‌ها از وسعت آن‌ها کاسته شده است. این مسئله در مورد سیرک‌های کوچکی مثل قیف‌های ۱ و ۲ با ارتفاع بلندتر، بارز است.

جدول ۲ هم‌بستگی متغیرها در سیرک‌های جنوبی اشترانکوه

متغیرها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
فوقانی	آزیموت محور	آزیموت تالوگ	آزیموت محور غربی	آزیموت محور شرقی	ارتفاع قله اصلی	ارتفاع محور فوقانی	ارتفاع مرکز سیرک	ارتفاع محور غربی	ارتفاع محور شرقی	مساحت سیرک	گردابوس
نفره‌ی نیمرخ و نمای	۱/۵۰	۱/۶۳	۱/۷۱	۰/۵۶	۱/۶۳	۰/۴۴	۰/۲۴	۱/۴۶	۱/۴۸	۰/۲۰	-۰/۰۶
سطح خطا	۱/۰۳۶	۱/۰۰۵	۱/۰۰۱	۱/۰۱۵	۱/۰۰۵	۰/۰۶۴	۰/۲۴	۱/۰۵۲	۱/۰۴	۰/۴۴	۰/۸۲
آزیموت محور فوقانی	۱	-۱/۸۶	-۱/۷۸	-۱/۸۲	-۱/۶۹	-۱/۷۱	-۱/۰۹	-۱/۴۸	-۱/۶۷	-۱/۱۵	-۱/۲۶
سطح خطا	۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۲	۱/۰۰۱	۰/۷۲	۱/۰۴۴	۱/۰۰۲	۱/۵۶	-۱/۲۱
آزیموت تالوگ	۱		-۱/۸۵	-۱/۷۳	-۱/۸۰	-۱/۷۴	-۱/۲۶	-۱/۶۴	-۱/۷۳	-۱/۱۴	-۱/۲۲
سطح خطا	۰	۰/۰۰	۱/۰۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۰	۱/۰۰۴	۱/۰۰۱	۰/۵۸	۰/۲۰	۰/۲۰
آزیموت محور غربی	۱		-۱/۶۶	-۱/۷۲	-۱/۵۹	-۱/۲۷	-۱/۵۴	-۱/۶۳	-۱/۰۸	-۱/۴۴	-۱/۴۴
سطح خطا	۰	۰/۰۰	۱/۰۰۳	۱/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۲۷	۰/۰۲	۱/۰۰۵	۰/۷۶	۰/۰۶	۰/۰۶
آزیموت محور شرقی	۱		-۱/۶۵	-۱/۶۲	-۱/۳۶	-۱/۶۲	-۱/۷۱	-۱/۰۳	-۱/۰۵	-۱/۰۵	-۱/۰۵
سطح خطا	۰	۰/۰۰	۱/۰۰۴	۱/۰۰۶	۱/۱۴	۱/۰۰۸	۱/۰۰۱	۱/۰۹۱	۱/۰۸۳	۱/۰۸۳	۱/۰۸۳
ارتفاع قله اصلی	۱										
سطح خطا	۰										
ارتفاع محور فوقانی	۱										
سطح خطا	۰										
ارتفاع مرکز سیرک	۱										
سطح خطا	۰										
ارتفاع محور غربی	۱										
سطح خطا	۰										
ارتفاع محور شرقی	۱										
سطح خطا	۰										
مساحت سیرک	۱										



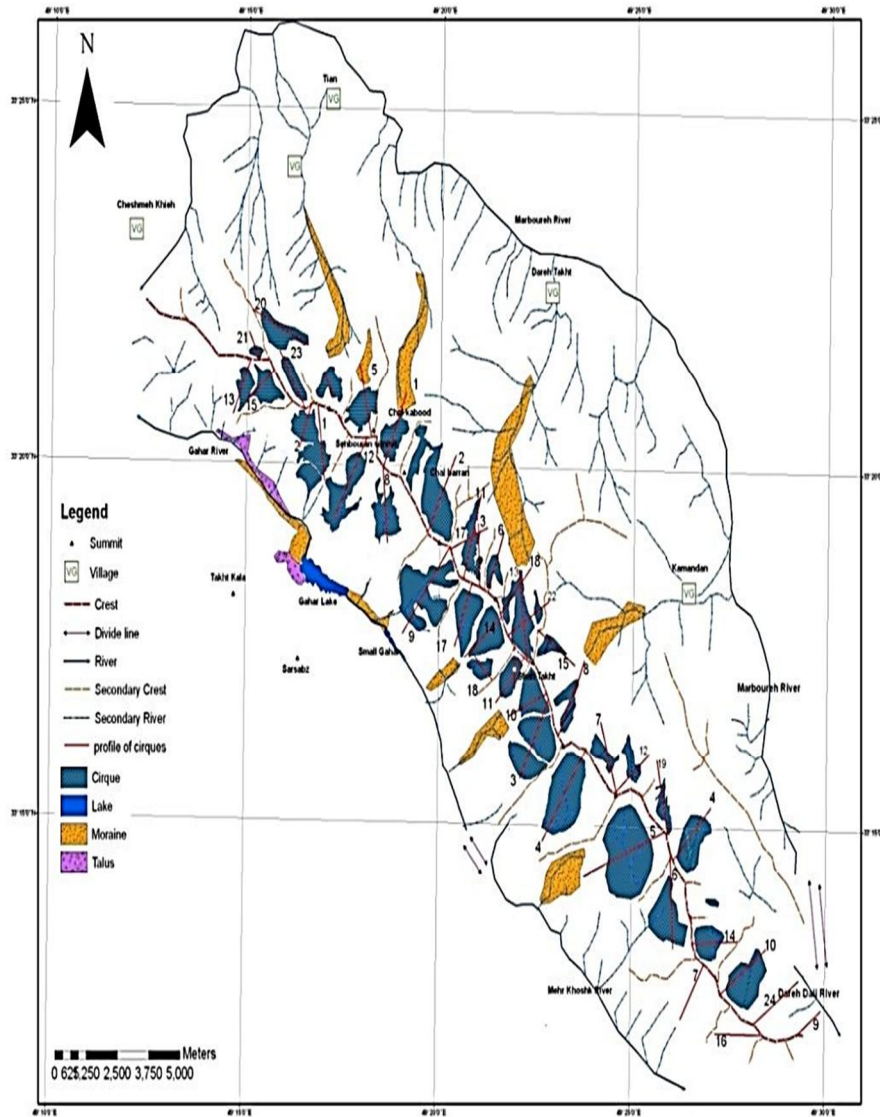
نتایج هم‌بستگی نشان می‌دهد در شرایط یخچالی دامنه جنوبی اشترانکوه و تحول سیرک‌ها، نقش برتر با جهت ناهمواری و آزیموت بوده؛ به طوری که بالاترین هم‌بستگی به دست آمده ابتدا با آزیموت محور غربی سیرک‌ها و سپس با آزیموت تالوگ است. با توجه به اینکه در دامنه جنوبی اشترانکوه جهت عمومی دامنه و دره‌های یخچالی به طرف جنوب غربی است، هم‌بستگی‌های معکوس نشان می‌دهد هرچه آزیموت یال غربی سیرک و «تالوگ دره» کمتر باشد، سیرک‌ها و یال‌های دو طرف به سمت 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 آزیموت محور فوقانی و یال شرقی نیز به همین دلیل است. در اشترانکوه معمولاً سیرک‌ها و دره‌های یخچالی عمود بر محور فوقانی شکل گرفته‌اند؛ از این رو 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- به جز ارتفاع قله اصلی- در حد متوسط و ضعیف است. هم‌بستگی با قله اصلی نیز از یک سو 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 «آزیموت یال غربی سیرک» با میزان هم‌بستگی $0/712$ ، ضریب تعیین تعدیل شده $0/47$ 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 اشرانکوه

ردیف	نام سیرک	مشخصات سیرک	نمره نما و نیمرخ از اسن تکوا ۳	ارتفاع محور فوقانی	آزبوت تالوگ سیرک	آزبوت محور غربی سیرک	آزبوت محور شرقی سیرک	ارتفاع قله‌ی اصلی (متر)	ارتفاع قله‌ی فوقانی (متر)	ارتفاع محور فوقانی (متر)	ارتفاع مرکز سیرک (متر)	ارتفاع محور غربی به (متر)	ارتفاع محور شرقی به (متر)	مساحت سیرک km^2	تیربندگر اولیوس
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	۵.۵	۲۲	۴۰.۸۱	۳۹.۲۷	۳۵۸۸	۳۷۰۴	۳۷۸۰	۲.۱۶	۱.۱۴	
۳	فیالسون شرقی		۸۸	۸۳.۸	۱۷۸	۴.۷	۱۲	۳۷.۶۲	۳۵.۸۹	۳۳۰	۳۵۰	۳۵۱۲	۰.۸۷	۱.۲۰	
۴	کوله جنون E		۷۸	۱۱۴.۶	۱۱.۱	۴.۹	۱۷.۴	۳۸.۱۸	۳۷.۶۸	۳۳۲۵	۳۵۵۹	۳۵۲۲	۰.۳	۱.۴۲	
۵	چال میشان		۷۵	۱۰۸.۴	۱۷۳	۱۷.۶	۷.۷	۴۰.۵۱	۳۹.۰۸	۳۳۰.۵	۳۶۷۶	۳۵۷۹	۲.۰۸	۱.۱۴	
۶	شاخت		۷۲	۱۲۳.۱	۲۰.۹	۲۳	۲۰	۳۷.۵۱	۳۶.۶۷	۳۰.۵۰	۳۳۶۲	۳۳۷۵	۳.۲۷	۱.۲۰	
۷	پیاره شرقی		۶۳	۸۵.۸	۱۶۱	۳	۱۶۹	۳۸.۰۷	۳۶.۱۱	۳۰.۷۰	۳۴۱۴	۳۳۶۹	۰.۸۸	۱.۱۴	
۸	پیاره مرکز		۶۰	۱۲۱.۵	۳۴.۷	۷.۷	۵۰	۳۷.۲۸	۳۵.۷۶	۲۸.۰۹	۳۲۴۳	۳۳۶۴	۴.۳۸	۱.۲۲	
۹	دره تخت هیبد		۶۰	۱۲۹.۷	۵۳.۴	۱۰.۶	۸	۳۷.۴۴	۳۵.۸۳	۳۳۰	۳۵۵۰	۳۳۰	۰.۸۹	۱.۱۹	
۱۰	شاخت انتهایی		۶۰	۱۳۶.۷	۵۴.۰	۹.۰	۴۷	۳۵.۲۱	۳۴.۴۴	۲۹.۶۴	۳۲۰.۱	۳۱۹.۵	۲.۰۱	۱.۱۹	
۱۱	فیالسون غرب		۵۹	۱۳۰.۲	۱۱.۵	۴.۶	۴۶	۳۷.۵۴	۳۷.۳۳	۳۳.۶	۳۵۵۳	۳۵۰	۰.۸۹	۱.۲۲	
۱۲	ازنادر غرب		۵۸	۱۲۵.۲	۶۱.۳	۴.۵	۱۷.۴	۳۸.۰۷	۳۵.۹۷	۲۸.۳۹	۳۴۰.۴	۳۳۸.۱	۳.۹	۱.۲۱	
۱۳	گراز راه (۲)		۵۶	۱۱۹.۱	۱۷.۵	۳۳	۱۷.۱	۳۸.۷۲	۳۶.۵۵	۳۲.۸۰	۳۳۷.۵	۳۴۸.۶	۱.۱۷	۱.۱۹	
۱۴	چال قبله		۵۵	۱۷۱.۱	۸۹.۷	۱۰.۶	۹.۰	۳۴.۷۰	۳۴.۵۱	۲۹.۸۲	۳۲۱.۱	۳۱۵.۱	۰.۹۷	۱.۱۰	
۱۵	پیاره غرب		۵۲	۱۲۴.۰	۱۱۳	۱۱.۹	۸۸	۳۸.۷۲	۳۷.۳۸	۳۰.۵۲	۳۳۴.۹	۳۴۸.۶	۱.۵۷	۱.۱۴	
۱۶	کوله جنون		۵۲	۱۳۲.۰	۴۰.۰	۴.۴	۴.۹	۳۸.۱۸	۳۷.۳۹	۳۳.۷۱	۳۵۳.۴	۳۵۵.۹	۰.۸۲	۱.۲۸	
۱۷	سراب میرزایی		۵۱	۱۴۰	۷۳.۵	۱۰.۵	۷.۱	۳۸.۹۰	۳۸.۵۳	۳۴.۶۳	۳۳۵.۲	۳۴۰.۴	۱.۴۰	۱.۲۸	
۱۸	چال همایون		۴۹	۹۸.۸	۳۳.۵	۲.۶	۱۷.۴	۳۷.۵۱	۳۶.۴۹	۳۱.۶۴	۳۴۲.۶	۳۴۱.۶	۱.۳۶	۱.۱۳	
۱۹	ازنادر شرق		۴۷	۱۳۲.۹	۱۷.۰	۱۷.۴	۱۷.۰	۳۷.۶۰	۳۶.۱۴	۳۱.۴۳	۳۳۸.۱	۳۴۷.۵	۰.۷۹	۱.۲۲	
۲۰	غرس در		۴۲	۱۱۴.۲	۱۰.۴	۱۴.۷	۱۰.۱	۳۸.۵۸	۳۷.۴۳	۳۳.۰۶	۳۵۷.۲	۳۳۶.۴	۴.۳۶	۱.۲۰	
۲۱	کول مسگران		۴۰	۹۶.۲	۱۴.۴	۱۴.۲	۱۴.۲	۳۴.۹۵	۳۵.۶۱	۳۲.۰۲	۳۳۰	۳۳۸.۰	۱.۱۴	۱.۲۱	
۲۲	گراز راه (۱)		۳۷	۱۵۴.۲	۴۸.۶	۸.۴	۳۳	۳۷.۳۲	۳۷.۲۳	۳۱.۸۵	۳۴۶.۶	۳۴۲.۵	۰.۷۷	۱.۱۹	
۲۳	چشمه شیر		۳۵	۹۸.۲	۱۴.۰	۱۵.۴	۱۶.۲	۳۷.۰۴	۳۵.۷۱	۳۱.۲۵	۳۳۰	۳۳۸.۰	۱.۲۲	۱.۲۵	
۲۴	دره دایی		۲۷	۱۴۳.۰	۵۵.۳	۴.۸	۵۳	۳۳.۸۹	۳۳.۰۱	۲۹.۲۰	۳۱۴.۵	۳۰۹.۴	۱.۷۱	۱.۱۸	
	میانگین داده		۵۹.۵	۱۲۰.۶	۸۲.۵	۷۴.۲	۷۹.۸	۳۷.۷۲	۳۶.۶۸	۳۱.۸	۳۳۱.۶	۳۳۱.۶	۱.۶۹۴	۱.۲۱	
	انحراف معیار		۲۰	۲۱	۵۹	۵۷	۶۹	۱۷.۶	۱۶.۳	۲۱.۹	۱۷.۲	۱۷.۰	۲.۰۸۷	۰.۶۶	

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؛

- هم‌بستگی نمره سیرک‌ها و ارتفاع قلّه اصلی به میزان $0/64$ با سطح معناداری ۹۹ درصد؛
- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع میانگین محور فوقانی $0/60$ با معناداری ۹۹ درصد؛
- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و ارتفاع مرکز سیرک $0/56$ با سطح معناداری ۹۹ درصد؛
- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزیموت محور غربی $0/51$ با سطح معناداری ۹۹ درصد؛
- هم‌بستگی نمره نیم‌رخ و نمای سیرک و آزیموت محور فوقانی $0/37$ با سطح معناداری ۹۰ درصد.

جدول ۴ هم‌بستگی متغیرها در سیرک‌های 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 قلّه اصلی	ارتفاع محور فوقانی	ارتفاع مرکز سیرک	ارتفاع محور غربی	ارتفاع محور شرقی	مساحت سیرک	شیب گراوینوس
نمره نیم‌رخ و نمای سیرک	-0/37	-0/21	-0/51	-0/36	0/64	0/60	-0/56	-0/74	0/64	0/04	-0/02
سطح خطا	0/07	0/32	0/12	0/08	0/01	0/02	0/04	0/00	0/01	0/86	0/92
آزیموت محور فوقانی	1	-0/22	0/22	-0/22	-0/28	-0/26	-0/27	-0/35	-0/46	-0/02	-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	1	-0/44	0/28	-0/02	-0/17	-0/10	-0/20	-0/07	-0/19	-0/22
سطح خطا	0	0/02	0/02	0/06	0/92	0/41	0/65	0/24	0/74	0/28	0/27
آزیموت محور غربی	1	1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/08	0/02
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
آزیموت محور شرقی	1	1	-0/15	-0/24	-0/20	-0/24	-0/32	-0/22	-0/22	-0/14	-0/14
سطح خطا	0	0	0/15	0/48	0/26	0/15	0/12	0/28	0/50	0/52	0/52
ارتفاع قلّه اصلی	1	1	0/28	0/48	0/26	0/15	0/12	0/28	0/50	0/52	0/52
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
ارتفاع محور فوقانی سیرک	1	1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/08	0/02
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
ارتفاع مرکز سیرک	1	1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/08	0/02
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
ارتفاع محور غربی	1	1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/08	0/02
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
ارتفاع محور شرقی	1	1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/08	0/02
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88
مساحت سیرک	1	1	0/08	-0/15	-0/10	-0/20	-0/32	-0/16	-0/08	0/08	0/02
سطح خطا	0	0	0/08	0/47	0/65	0/35	0/12	0/45	0/70	0/88	0/88



۴-۲-۱- سایر هم‌بستگی‌ها

هم‌بستگی معکوس آزیموت محور فوقانی با ارتفاع قلّه اصلی (۰/۳۸-)، ارتفاع متوسط یال غربی و شرقی دو طرف سیرک (۰/۳۵- و ۰/۴۶-) مربوط به شرایط عمومی اشترانکوه است که به طرف جنوب شرق کوهستان آزیموت افزایش پیدا می‌کند و ارتفاع متوسط آن کاهش می‌یابد (جدول ۴).

هم‌بستگی مستقیم متغیرهای مختلف ارتفاعی به میزان‌های ۰/۹۲، ۰/۶۲، ۰/۷۷، ۰/۸۷، ۰/۷۴، ۰/۷۷، ۰/۸۹، ۰/۷۵، ۰/۷۹ و ۰/۸۳ 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 ۰/۴۳- 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 ۰/۷۴۳، ضریب تعیین تعدیل‌شده ۰/۵۳ و خطای ۰/۰۱ 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 اشترانکوه، بیشترین نقش را ابتدا پنج متغیر ارتفاعی و سپس متغیرهای جهت یا آزیموت داشته‌اند. در این میان، بیشترین هم‌بستگی مربوط به میانگین ارتفاعی



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 ۴/۱۰۷۰۲۲/۱۰۴ 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، فرح‌الله، «تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر»، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۲۰، ص 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 کواترنر در حوضه جاجروود»، *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 جغرافیایی طبیعی، ش ۶۷، صص ۳۱-۵۲، ۱۳۸۸.
- یمانی، مجتبی، جمشید جداری عیوضی و ابوالقاسم گورابی، «شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در کرکس»، *مدرس علوم انسانی*، ش ۱۱، صص ۲۰۷-۲۲۸، ۱۳۸۶.
- Abramowska, 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.