

## **Morphometric Parameters of Glacial Cirques in the Highlands of Central Kerman Province**

Hojatollah Beiranvand<sup>1</sup>, Abdollah Seif<sup>2\*</sup>

1- Geomorphology, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

2- Associate Professor of Geomorphology, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

**Received: 05 September 2021**

**Accepted: 08 January 2022**

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Cirques have long been used as a direct indicator of the extent and nature of old glaciers, so they are an indicator of past climates. The heights of Kerman province with high altitude and snow cover as a cold-humidity center in Central Iran, has glacial landforms such as cirques, valleys and glacial sediments. Among these landforms, cirques play a very important role in supplying water to large parts of the region by storing snow and ice. Morphometric and geomorphic analysis of glacial cirques in the region can reveal environmental changes and climate fluctuations during the Late Quaternary period.

#### **Methodology**

The present study is descriptive-analytical in terms of method and applied in terms of purpose. A total of 884 glacial cirques were identified in the area and plotted on a graded map in two linear and polygonal formats. By fitting the power models to the longitudinal profile of the cirque works, the coefficients and statistical parameters of the cirques in the region were extracted. cirque classification operations were based on the methods of Wilburg and Rudberg, Evans and Cox. For the morphometry of these cirques, parameters such as (L), (W), (H), (L/W), (L / H), (W / H) and the size of the cirque are used and its morphometric characteristics.

#### **Results and Discussion**

To accurately identify the location of glacial cirques, the study area is divided into 81 sub-glacial basins. Of these, 19 sub-basins are located in Jupar heights, 12 sub-basins in Khyber heights, 16 sub-basins in Jabal Barez heights, 15 sub-basins in Plover heights and 19 sub-basins in Bidkhan, Hezar and Lalehzar heights. At altitudes above 3,000 meters below the glacial basins, 884 glacial cirques in the area were identified, classified, and drawn on a map in two linear and polygonal formats. There are 133 glaciers in Bidkhan heights, 231 in Lalehzar heights, 262 in Hezar heights, 91 in Jupar heights, 66 in Plover heights, 85 in Jabal Barez heights, and 16 glaciers in Khyber heights. In the developed cirques, the studied area has a greater ratio of length to width of these cirques, and according to the longitudinal axis, these cirques are stretched in the direction of the valley and have a longitudinal shape. At the heights of Bidkhan, Hezar, Jupar and Jabal Barez, the coefficient of change of the transverse axis of the evolved cirques is higher than the coefficient of change of their longitudinal axis. Accumulation of ice and snow in cirques of this category and the lack of movement of ice and snow due to its

---

\* . Corresponding Author (Email: a.seif@geo.ui.ac.ir)

small volume and melting, as well as the activity of running water causes the destruction of cirque walls and increase the coefficient of change in the transverse axis of cirques of this category. In the heights of Bidkhan, a thousand mountains have become visible. In Jupar heights, most of the roughnesses are composed of Kerman conglomerate formation, along with the lower limestones. Glacial erosion combined with erosion due to melting and freezing of ice has caused erosion of the side walls of the cirques and as a result has increased the coefficient of variation along the transverse axis of the cirques of Jupar Heights. The average coefficient  $b$  for the longitudinal axis of cirques N2, N1 N3, Bidkhan heights, Lalehzar, Hezar, Jupar and Jabal Barez is less than 1. In general, the coefficient  $b$  for the longitudinal axis of the cirques of these heights is equal to  $B < 1$ . As a result, allometric behavior is negative for cirques at these altitudes. Low coefficients  $b$  for cirques in this category indicate the low impact of glacial erosion on the evolution of these cirques. The average coefficient  $b$  for cirques N1, N2, N3 of Plover heights is equal to 1.0171. In these cirques it is  $1 < B$ . In these cirques, the allometric situation is somewhat established. The average coefficient  $a$  for the transverse axis of cirques N1, N2, N3 of Lalehzar heights is equal to 0.72, in Hezar heights is equal to 0.96, in Plover heights is equal to 0.95 and in Khyber heights is equal to 0. As a result, the isometric behavior is negative for the transverse axis of the cirques at these heights. This value is equal to 1 for Bidkhan heights, 1 for Jupar heights and 1.05 for Jabal Barez heights, which is somewhat isometric behavior for the transverse axis of the cirques of these heights.

### **Conclusion**

At the heights of Bidkhan, Hezar, Jupar and Jabal Barez, the coefficient of change of the transverse axis of the evolved cirques is higher than the coefficient of change of their longitudinal axis. Plover Heights has the largest cirques in the region with its cirques of 1194.5 meters. After that, the heights of Barez Jabal with cirques of 1176.7 meters are in the next rank in terms of the size of cirques in the region. In the study area, Jupar Heights with cirques of 994.9 meters has the smallest developed cirques in the region. The average coefficient  $b$  for the longitudinal axis of the cirques of category N2, N1 N3 of Bidkhan, Lalehzar, Hezar, Jupar and Jabal Barez heights is less than 1. In general, the coefficient  $b$  for the longitudinal axis of the cirques of these heights is equal to  $B < 1$ . As a result, allometric behavior is negative for cirques at these altitudes. The average coefficient  $b$  for cirques N1, N2, N3 of Plover heights is equal to 1.0171. In these cirques it is  $1 < B$ . In these cirques, the allometric situation is somewhat established. The average coefficient  $a$  for the transverse axis of cirques N1, N2, N3 of Lalehzar heights is equal to 0.72, in heights of one thousand equal to 0.96, in heights.

**Keywords:** Morphometry, Glacial cirques, Allometry, Kerman province, Late Quaternary.

## پارامترهای مورفومتری سیرک های یخچالی در ارتفاعات مرکزی استان کرمان

حجت اله بیراوند - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.  
عبداله سیف<sup>۱</sup> - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴

### چکیده

شناخت و تحلیل مورفومتری و آلموتریک سیرک های یخچالی، برای برنامه ریزی محیطی ضروری است. با تحلیل مورفومتری و آلموتری سیرک های یخچالی می توان به تغییرات محیطی و نوسانات آب و هوایی در طی دوره ی کواترنر پسین پی برد. هدف اصلی این پژوهش؛ شناسایی، طبقه بندی و تحلیل پارامترهای مورفومتری سیرک های یخچالی ارتفاعات مرکزی استان کرمان بر اساس تکنیک های ژئوماتیک و روش های جدید است. در ابتدا با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و با توجه به منحنی های میزان خط الرأس های اصلی، فرعی و خط القعرهای منطقه بر روی نقشه به دقت ترسیم شدند. همچنین در ارتفاعات بالای سه هزار متر این منطقه، تعداد ۸۸۴ سیرک یخچالی شناسایی و در روی نقشه شیب کلاس بندی شده به دو فرمت خطی و پلیگونی ترسیم شدند. با برازش مدل های توانی بر پروفیل طولی سیرک ها به استخراج ضرایب و پارامترهای آماری سیرک های منطقه اقدام گردید. عملیات رده بندی سیرک های یخچالی بر مبنای روش های ویلبورگ و رودبرگ، ایوانس و کوکس انجام گرفت. برای مورفومتری این سیرک ها از پارامترهایی چون (L)، (W)، (H)، (L/W)، (L/H)، (W/H) و اندازه سیرک استفاده شده است. بر اساس نتایج تحقیق تعداد ۱۸۵ سیرک رده N1, N2, N3 و تعداد ۶۹۹ سیرک رده N4 و N5 در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. میانگین ضریب b برای محور طولی سیرک های رده N1, N2, N3 ارتفاعات بیدخوان، لاله زار، هزار، جوپار و جبال بارز کمتر از ۱ است که  $B < 1$  است و رفتار آلموتری برای سیرک های این ارتفاعات منفی است. میانگین ضریب b برای سیرک های این رده در ارتفاعات پلوار برابر با ۱/۰۱۷۱ است که  $B > 1$  است و تا حدودی وضعیت آلموتری برای این سیرک ها برقرار است.

**واژگان کلیدی:** مورفومتری، سیرک های یخچالی، آلموتری، استان کرمان، کواترنر پسین.

## مقدمه

تغییرات اقلیمی کواترنر تأثیر مستقیمی بر سیستم یخچال‌های کوهستانی داشته است. یخچال‌های کوهستانی شاخص‌های تغییر اقلیم هستند و یخچال‌های سیرکی شاید بهترین مورد برای این منظور باشد، چرا که اندازه و حجم اندک آن و نیز سرعت زیاد در واکنش به تغییرات مثبت یا منفی، که معمولاً طی دو سال آشکار می‌شود، باعث شده تا از آن به مثابه شواهدی برای تغییر اقلیم استفاده کنند (Singh et al, 2011). مدت‌هاست که از سیرک‌های یخچالی به عنوان نشانگر مستقیم میزان و ماهیت یخبندان‌های قدیمی استفاده می‌شود، از این رو به عنوان شاخصی از وضعیت آب و هوای گذشته محسوب می‌شود (Evans, 1977; Evans & Cox, 1995; Federici & Spagnolo, 2004; Evans, 2006; Hughes et al, 2007). در ایران بخش بزرگی از مطالعات در زمینه تحول شرایط فرسایشی کوهستان، حاصل شناسایی میراث زمین شکل‌های بازمانده از دوره‌های یخچالی کواترنری است که در فلات ایران به اشکال گوناگون دیده می‌شود. در این میان، شناسایی اشکال فرسایش یخچالی چون سیرک‌های یخچالی، به عنوان کانون تجمع برف و به تبع آن یخ و تغذیه یخچالی کوهستانی اهمیت بسزایی دارد (Khosraftar et al, 2016). مهم‌ترین الگویی که در نتیجه فرسایش یخچالی ایجاد می‌شود، سیرک یخچالی است. در آثار فرسایش یخچالی کوهستانی، فرورفتگی‌هایی عمیق با دیواره‌های پرشیب، کف مسطح با شیب کم به شکل نیم کاسه (هلالی شکل)، در ارتفاعات و حاشیه قله کوهستانی ایجاد می‌شود (Jafari & Avaghi, 2017). نقطه کانونی تغذیه یخچال، سیرک نامیده می‌شود. پس از ناپدید شدن و ذوب یخچال، سیرک به صورت آمفی تتری بزرگ یا کاسه‌ای عظیم ظاهر می‌شود (Qhanavati & Beheshti, 2014: 78). سیرک‌ها به دلیل قابلیت تبدیل به داده‌های کمی اهمیت فراوانی دارند. سیرک، بازتابی از عوامل توپوگرافی، زمین شناسی، نوع و مدت اثر یخچال‌هاست (مقیمی<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۳۹۱). برای شناسایی دقیق سیرک‌های یخچالی بررسی دقیق اندازه و شکل این اشکال، استفاده از مدل سازی و روابط ریاضی و عدی (مورفومتری) برای ژئومورفولوژیست‌ها لازم و ضروری به نظر می‌رسد. بررسی مورفومتریک و آلومتریکی سیرک‌های یخچالی کمک به شناخت عمیق‌تر خصوصیات یخچال‌های دیرینه می‌نماید. این‌گونه بررسی‌ها امکان طبقه‌بندی و رده‌بندی گروه‌های مختلف سیرک‌های یخچالی را میسر ساخته و علاوه بر تعیین فرآیندهای مؤثر در شکل‌گیری لندفرم امکان بررسی‌های کمی آنها را در ارتباط با عوامل مختلف محیطی (زمین شناسی، توپوگرافی و اقلیم) امکان پذیر می‌سازد (Evans, 2011; Miñdrescu et al, 2010; Steffanova & Mentlik, 2007). شناسایی دقیق و آنالیزهای مورفومتریک و آلومتریکی سیرک‌ها باعث تفکیک و تمیز آن‌ها از دیگر عوارض شبه سیرک خواهد شد (سیف، ۱۳۹۴: ۱). ژئومورفومتری یک زیرمجموعه از ژئومورفولوژی می‌باشد که دارای رویکرد اندازه‌گیری کمی و کیفی عوارض سطح زمین می‌باشد (Pike & Dikau, 1995; Dehn, 2001; Pike et al, 2009). رشد نسبی دو متغیر تأثیر گذار بر یکدیگر در یک سیستم آلومتری نامیده می‌شود (Bull, 1975). بنابراین روابط آلومتری امکان پایش تغییرات (لندفرم‌ها) را در طول زمان برای ژئومورفو-لوژیست‌ها فراهم کرده است. بدین معنی که پایش نشان دهنده وجود یا عدم وجود تغییرات در طول زمان در یک مکان می‌باشد. در واقع پایش مبتنی بر نتایجی است که از بررسی‌ها، مشاهدات و اندازه‌گیری‌هایی که در طول زمان به دست می‌آید و بر روی موضوعات و اهداف خاصی توجه و دقت بیشتری دارد (Tomas Vivas, 1996). به طور کلی تحلیل آلومتریکی، رشد نسبی دو متغیر تأثیرگذار بر یکدیگر است که معمولاً به صورت تابع توانی  $Y = ax^b$  بیان می‌شود (المدرسی، ۱۳۹۰). آلومتری ابتدا توسط اولیفانت و سپس ایوانس در بررسی خصوصیات مورفومتریک سیرک‌ها به کار گرفته شد (Evans, 2006). اگر  $B=1$  باشد نسبت ثابت است و هیچ تغییری در مقادیر نسبی اتفاق نمی‌افتد در این حالت گفته می‌شود رابطه از نوع غیر آلومتریکی یا ایزومتریک است. اگر  $B < 1$  باشد مقدار  $X$  نسبت به  $Y$  فزونی یافته، آلومتری منفی را بر روی  $Y$  خواهیم داشت. اگر  $B > 1$  باشد مقدار  $Y$  نسبت به  $X$  افزایش یافته بر روی  $Y$  آلومتری مثبت روی می‌دهد (مختاری و همکاران، ۱۳۸۶).

در کشور ایران و سایر نقاط جهان مطالعاتی در زمینه مورفومتری و آلودگی سیرک‌های یخچالی انجام گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌شود. ایوانس<sup>۱</sup> (۱۹۹۷، ۲۰۰۶، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱) به بررسی فرایندها و فرم‌های فرسایشی یخچالی نواحی کوهستانی پرداخته و خصوصیات آلودگی و مورفومتری این فرم‌ها را در ارتباط با عوامل محیطی چون زمین شناسی، برجستگی توپوگرافیک در ناحیه ولز انگلستان می‌داند. سیف و ابراهیمی<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) برای اولین بار در ایران بر اساس تکنیک‌های ژئوماتیک و روش‌های جدید به شناسایی، طبقه‌بندی و آنالیز پارامترهای مورفومتری و آلودگی سیرک‌های یخچالی زردکوه بختیاری پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که در ارتفاعات زردکوه ۱۹ سیرک تحت عنوان سیرک قطعی وجود دارد. بار و اسپاگنولو<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) سیرک‌ها را به عنوان شاخصی برای بررسی شرایط اقلیمی گذشته معرفی کردند و توزیع و ارتفاع سیرک‌ها، و مورفومتری آنها را ناشی از تعامل بین یخچال و جنس زمین و آب و هوا دانستند. آراوس<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی عوامل کنترل کننده یخچال‌های آپی در سیراباگولس رشته کوه پاتاگونیا جنوبی (۵۰ درجه جنوبی) پرداختند. از تجزیه و تحلیل مورفومتری سیرک‌های یخچالی نتیجه گرفتند که تکامل سیرک‌ها در رشته کوه سیرا باگولس یکنواخت نبوده است. در غرب این رشته کوه و نزدیک به میدان یخی پاتاگونیا جنوبی به طور طبیعی سیرک‌های یخچالی بیشتری توسعه و تکامل پیدا کرده‌اند. به همین دلیل این سیرک‌ها فرسایش بیشتری را نسبت به سیرک‌هایی که در شرق این رشته کوه قرار دارند تجربه کردند. تمووسکی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به بازسازی یخچال‌های اولیه با توجه به ژئومورفولوژی آنها در کوه جابلانیکا مقدنیه در شبه جزیره بالکان مرکزی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بزرگترین یخچال‌ها ۴/۶-۷ کیلومتر طول داشتند در حالی که آخرین سیرک‌های یخچالی فقط صد متر طول داشتند. لوپز<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی توزیع مکانی پارامترهای مورفومتری سیرک‌های یخچالی در رشته کوه پیرنه مرکزی (دره‌های آران و بو) پرداختند و نتیجه گرفتند که سیرک‌های دره آران بیشتر در جهت شمال شرقی هستند در حالی که توزیع، توسعه و تکامل سیرک‌های یخچالی دره بو تحت تأثیر جنس ناهمواری‌ها قرار دارد. ابراهیمی و سیف (۲۰۱۷) به آنالیز پارامترهای مورفومتری و آلودگی سیرک‌های یخچالی در سراسر زاگرس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که رفتار آلودگی ضریب طولی ۵۱ سیرک شبیه کوه‌های آلپ می‌باشد و ۱۳۶ سیرک دیگر شکلی متفاوت با سیرک‌های آلپ دارند. سیف (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان «سیرک‌های یخچالی پلیستوسن پسین در ارتفاعات گرین زاگرس» به رده‌بندی سیرک‌ها بر مبنای روش‌های ویلبرگ، گراف، ایوانس پرداخت و سپس با روش مورفومتری به تفسیر سیرک‌های مذکور پرداخت. بررسی‌های آلودگی سیرک‌ها بیانگر عدم تطابق رفتار آلودگی سیرک‌های گرین با سیرک‌های سایر نقاط دنیاست. بیرانوند و سیف (۱۳۹۸) در پژوهشی با استفاده از روش‌های ژئوماتیک به شناسایی، طبقه بندی و مورفومتری سیرک‌های یخچالی ارتفاعات پلوار در استان کرمان با استفاده از مدل سازی و روابط ریاضی پرداختند و به این نتیجه رسیدند، میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های رده  $N1$ ،  $N2$  و  $N3$  برابر با  $1/0.17$  است که در سیرک‌های این رده  $B > 1$  است و تا حدودی وضعیت آلودگی برقرار است. همچنین میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های رده  $N4$  و  $N5$  برابر با  $0.932$  و  $B < 1$  است. ضرایب پایین  $b$  برای محور طولی سیرک‌های این رده بیانگر رفتار منفی آلودگی، فرسایش اندک یخچالی، عدم تکامل و توسعه سیرک‌های این رده در این ارتفاعات است. بیرانوند و سیف (۱۳۹۹) با استفاده از روش‌های ژئوماتیک و جدید به شناسایی، طبقه بندی و مورفومتری سیرک‌های یخچالی در ارتفاعات یخچالی جوپار در استان کرمان پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند در ارتفاعات جوپار ۸ سیرک  $N2$ ، ۳۳ سیرک  $N3$  و ۵۰ شبه سیرک وجود دارد. در سیرک‌های رده  $N2$  و  $N3$  میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های رده  $N2$  و  $N3$  برابر با  $0.748$  یعنی  $B < 1$  است. همچنین میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های رده  $N4$  و  $N5$  برابر با  $1/0.06$  است و  $B > 1$  است. بیرانوند و سیف (۱۳۹۹) با استفاده از روش‌های ژئوماتیک به شناسایی، طبقه بندی و

1. Evans
2. Seif and Ebrahimi
3. Barr & Spagnolo
4. Araos
5. Temovski
6. Lopes

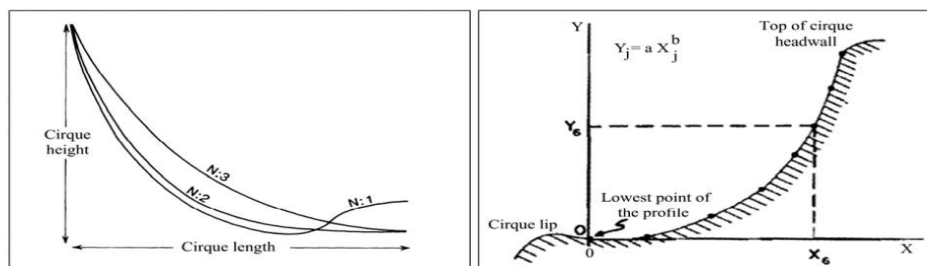
مورفومتری سیرک‌های یخچالی در ارتفاعات یخچالی جبال بارز در استان کرمان پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند در این ارتفاعات، ۶ سیرک N2، ۱۴ سیرک در رده N3 و ۶۵ سیرک در رده N4 و N5، موسوم به گروه شبه سیرک وجود دارد. ضریب b برای محور طولی سیرک‌های رده N2 و N3 و سیرک‌های رده N4 و N5 کمتر از ۱ است. در سیرک‌های هر دو رده  $B < 1$  است در نتیجه رفتار آلمتری برای سیرک‌های این ارتفاعات منفی است. تداوم کم یخچال‌های کواترنری و عملکرد ضعیف آنها باعث عدم توسعه و تکامل سیرک‌های یخچالی این محدوده شده است. ارتفاعات استان کرمان با ارتفاع زیاد و برفگیر بودن به عنوان یک کانون برودتی - رطوبتی در ایران مرکزی، دارای لندفرم‌های یخچالی مانند سیرک‌ها، دره ها و رسوبات یخچالی است. از میان این لندفرم‌ها سیرک‌ها با ذخیر کردن برف و یخ نقش بسیار مهمی در تامین آب قسمت‌های وسیعی از منطقه را دارند. شناخت و تحلیل مورفومتریک و آلمتریک این سیرک‌ها، برای برنامه ریزی محیطی ضروری است. همچنین با تحلیل مورفومتری و ژئوآلمتری سیرک‌های یخچالی منطقه می‌توان به تغییرات محیطی و نوسانات آب و هوایی در طی دوره‌ی کواترنر پسین پی برد.

هدف از این پژوهش آنالیز دقیق پارامترهای مورفومتریک سیرک‌های یخچالی رده N1، N2، N3 و پلیستوسن پسین ارتفاعات استان کرمان شامل؛ طول سیرک (L)، عرض سیرک (W)، ارتفاع بلندترین نقطه سیرک (H)، ارتفاع کف سیرک، ارتفاع نقطه خروجی سیرک و اندازه سیرک است. همچنین پارامترهای نسبت طول به عرض (L/W)، نسبت طول به ارتفاع (L/H) و نسبت عرض به ارتفاع کف سیرک (W/H) در واحد مورد مطالعه است. در این واحد ضمن رده بندی سیرک‌ها از نظر درجه تکامل، تأثیر عوامل مختلف (عوامل زمین شناسی، توپوگرافیک و اقلیمی) در توسعه آنها بررسی خواهد شد.

## روش پژوهش

با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک محدوده مورد مطالعه، ارتفاعاتی که بالای سه هزار متر ارتفاع داشتند برای شناسایی و طبقه‌بندی سیرک‌های یخچالی این ارتفاعات مورد استفاده قرار گرفتند و تحلیل پارامترهای مورفومتریک و آلمتریک بر روی این سیرک‌ها بر اساس تکنیک‌های ژئوماتیک و جدید انجام گرفت. ابتدا در محیط نرم افزاری محدوده مورد مطالعه از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت ۱۰ متر برش داده شد. سپس نقشه سایه روشن، نقشه شیب، نقشه جهت شیب و منحنی‌های میزان ساخته شدند. برای تعیین حدود دقیق زیر حوضه‌های یخچالی نقشه هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه بر اساس طبقه بندی استالر از نقشه DEM ساخته شد. نقشه ترکیبی تولید شده با نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت منطبق شد. سپس خط الرأس - های اصلی، فرعی و خط القعرهای منطقه به دقت ترسیم شدند، همچنین ستیغ‌های اصلی و فرعی در روی نقشه ترکیبی با توجه به منحنی‌های میزان مشخص شدند. نقشه شیب منطقه در ۹ کلاس طبقه بندی و محل دقیق آثار سیرک‌های یخچالی بر روی آن تعیین گردید. برای دقت بیشتر و بالا بردن صحت کار پروفیل طولی و عرضی سیرک‌ها ترسیم و لندفرم‌هایی که سیرک واقعی بودند تشخیص داده شد. همچنین سیرک‌ها در دو فرمت خطی و پلیگونی در روی نقشه ترسیم شدند. برای آنالیز و مورفومتری آثار سیرک‌ها از پارامترهای مورفومتریک شامل: طول سیرک (L)، عرض سیرک (W)، ارتفاع بلندترین نقطه سیرک (H)، ارتفاع کف سیرک، ارتفاع نقطه خروجی سیرک، مساحت، محیط و اندازه سیرک استفاده شده است. این پارامترها از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استخراج شدند. همچنین پارامترهایی مانند نسبت طول به عرض (L/W)، نسبت طول به ارتفاع (L/H) و نسبت عرض به ارتفاع کف سیرک (W/H) اندازه گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۳). بعد از مورفومتری با استفاده از روش ویلبورگ و رودبرگ، ایوانس و کوکس به طبقه بندی و رده بندی آثار سیرک‌های یخچالی پرداخته شده است. در روش ویلبورگ و رودبرگ، سیرک‌ها به پنج رده N-1، N-2، N-3، N-4، N-5 رده بندی گردید (جدول ۱). در این رده بندی گروه N-1: سیرک‌های این گروه بخوبی توسعه یافته‌اند. گروه N-2: سیرک‌های این گروه بخوبی توسعه یافته‌اند اما توسعه آنها کمتر از گروه N1 است. گروه N-3: سیرک‌های

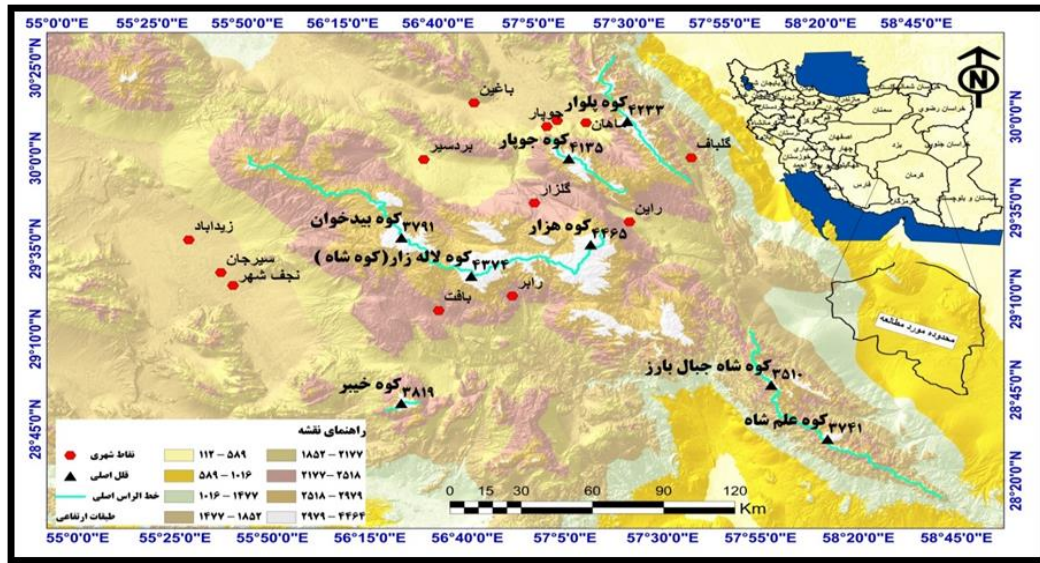
این گروه بخوبی توسعه نیافته‌اند اما آثار کندو کاو یخچالی در آنها دیده می‌شود. گروه N-4: اشکالی با ظاهر سیرک‌های تخریب شده که منشاء آنها با سوال و تردید همراه است. گروه N-5: شیب کف این گروه از سیرک‌ها تند با اندکی تقعر است. بر اساس رده بندی ایوانس و کوکس سیرک‌ها به پنج گروه، کلاسیک، خوب و توسعه یافته، قطعی، ضعیف و مرزی تقسیم شده‌اند (سیف، ۱۳۹۴ به نقل از ویلبورگ، ۱۹۸۴). یکی از مهمترین مولفه های سیرک‌ها، شکل دیواره‌ها بخصوص دیواره بالایی سیرک است. پروفیل طولی سیرک‌های یخچالی فرم سهمی دارند. توابع ریاضی یک متغیره زیادی برای شبیه سازی و بیان مورفولوژیک نیمرخ طولی سیرک‌ها ارائه شده است. مثالی از روابط ریاضی جهت آنالیز دیواره سیرک‌ها توسط گراف در کوه‌های راکی ارائه شده است. وی نشان داد که مقطع طولی یک سیرک یخچالی را می‌توان توسط یک مدل توانی به فرم ( $y = ax^b$ ) شبیه سازی کرد (گراف، ۱۹۷۶).



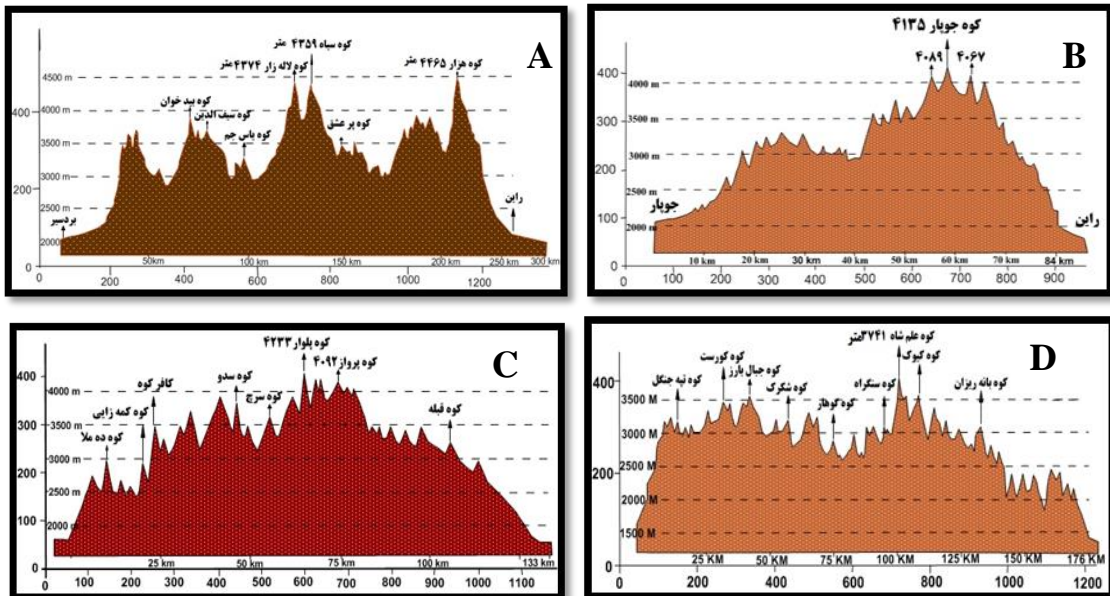
شکل شماره ۳. تغییر پروفیل سیرک با کمک معادله توانی که پایین ترین نقطه سیرک را از لبه پایینی سیرک تا بالاترین نقطه بالایی دیواره سیرک نشان می‌دهد (سمت راست) (گراف، ۱۹۷۶). نیمرخ فرضی رده های مختلف سیرک های یخچالی در امتداد طولی (سمت چپ) (ویلبورگ، ۱۹۸۴).

### محدوده مورد مطالعه

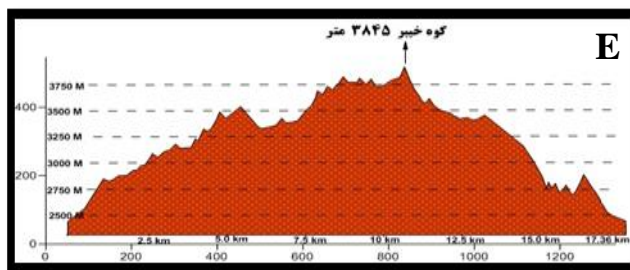
محدوده مورد مطالعه بین ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی در قسمت مرکزی و جنوبی و جنوب شرقی استان کرمان واقع شده است. این محدوده دارای مساحتی در حدود ۱۸۳۵۷۹ کیلومتر مربع است. ارتفاعات هزار در بردسیر با ارتفاع ۴۴۶۵ متر بلندترین و دشت شهداد با ارتفاع ۱۱۷ متر کمترین و پست‌ترین نقطه محدوده مورد مطالعه را دارد. منطقه مورد مطالعه در این استان شامل ارتفاعات هزار با ارتفاع ۴۴۶۵ متر، لاله زار با ارتفاع ۴۳۷۴ متر، بیدخوان با ارتفاع ۳۷۹۱ متر، چوپار با ارتفاع ۴۱۳۵ متر، پلوار با ارتفاع ۴۲۳۳ متر، کوه شاه جبال ۳۵۱۰ متر، کوه علم شاه ۳۷۴۱ متر و خیبر با ارتفاع ۳۸۴۵ متر است (شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایران و شکل ۲ پروفیل طولی واحدهای کوهستانی مورد مطالعه) (مطالعات نگارندگان).



شکل شماره ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه







شکل شماره ۲. A: پروفیل طولی ارتفاعات بیدخوان، لاله زار و هزار از بردسیر تا راین B: پروفیل طولی ارتفاعات جوپار از جوپار تا راین C: پروفیل طولی ارتفاعات پلوار D: پروفیل طولی ارتفاعات جبال بارز E: پروفیل طولی ارتفاعات خیبر

## بحث و یافته‌ها

### تعداد و رده بندی سیرک‌های ارتفاعات محدوده مورد مطالعه

برای شناسایی دقیق مکان سیرک‌های یخچالی منطقه مورد مطالعه به ۸۱ زیر حوضه یخچالی تقسیم شده است. از این تعداد ۱۹ زیر حوضه یخچالی در ارتفاعات جوپار، ۱۲ زیر حوضه در ارتفاعات خیبر، ۱۶ زیر حوضه در ارتفاعات جبال بارز، ۱۵ زیر حوضه در ارتفاعات پلوار و ۱۹ زیر حوضه در ارتفاعات بیدخوان، هزار و لاله زار قرار دارد. در ارتفاعات بالای سه هزار متر زیر حوضه‌های یخچالی، تعداد ۸۸۴ سیرک یخچالی موجود در منطقه شناسایی، طبقه بندی و به دو فرمت خطی و پلیگونی در روی نقشه ترسیم شدند (جدول ۲).

جدول شماره ۲. جدول تعداد و رده بندی سیرک های محدوده مورد مطالعه

روش رده بندی سیرک						
	N5	N4	N3	N2	N1	ویلبورگ و رودبرگ
تعداد	مرزی	ضعیف	قطعی	خوب و توسعه یافته	کلاسیک	ایوانس و کوکس
۱۳۳	۸۲	۴۵	۶	-	-	بیدخوان
۲۳۱	۹۵	۱۰۳	۲۸	۴	۱	لاله زار
۲۶۲	۱۱۷	۸۰	۶۳	۲	-	هزار
۹۱	۳۵	۱۵	۳۳	۸	-	جوپار
۶۶	۳۲	۱۶	۱۳	۴	۱	پلوار
۸۵	۲۰	۴۵	۱۴	۶	-	جبال بارز
۱۶	۸	۶	۲	-	-	خیبر
<b>۸۸۴</b>	<b>۳۸۹</b>	<b>۳۱۰</b>	<b>۱۵۹</b>	<b>۲۴</b>	<b>۲</b>	<b>تعداد سیرک</b>

با توجه به اطلاعات جدول شماره ۲ ارتفاعات هزار با تعداد ۶۵ سیرک رده N2 و N3، ارتفاعات جوپار با تعداد ۴۱ سیرک رده N2 و N3، ارتفاعات لاله‌زار با تعداد ۳۳ سیرک رده N1، N2 و N3، ارتفاعات جبال بارز با تعداد ۲۰ سیرک رده N2 و N3، ارتفاعات پلوار با تعداد ۱۸ سیرک رده N1، N2 و N3، ارتفاعات بیدخوان با تعداد ۶ سیرک رده N3، ارتفاعات خیبر با تعداد ۲ سیرک رده N3 بترتیب دارای بیشترین سیرک‌های یخچالی توسعه یافته در محدوده مورد مطالعه هستند. همچنین ارتفاعات لاله زار با تعداد ۱۹۸ سیرک، ارتفاعات هزار با تعداد ۱۹۷ سیرک، ارتفاعات بیدخوان با تعداد ۱۲۷ سیرک، ارتفاعات جبال بارز با تعداد ۶۵ سیرک، ارتفاعات جوپار با تعداد ۵۰ سیرک، ارتفاعات پلوار با تعداد ۴۸ سیرک و ارتفاعات خیبر با تعداد ۱۴ سیرک رده N4 و N5 دارای بیشترین سیرک‌های موسوم به گروه شبه سیرک در محدوده

مورد مطالعه هستند. به طور کلی تعداد ۱۸۵ سیرک توسعه یافته (N1, N2 و N3) و تعداد ۶۹۹ شبه سیرک (N4) و (N5) در این منطقه وجود دارد (جدول ۲).

### توزیع فضایی سیرک‌های یخچالی ارتفاعات مورد مطالعه

ساختمان آتشفشان بیدخوان به صورت تناوبی از مواد آذرآواری و گدازه است که با توجه به شکل عمومی مواد فورانی، به نظر می‌آید آتشفشان بیدخوان حاصل فوران‌های مکرر است، به همین جهت می‌توان از آن به عنوان یک استراتو ولکان نام برد (خلیلی و همکاران، ۲۰۰۸). از تعداد ۱۳۳ سیرک یخچالی در این ارتفاعات، ۱۳/۳۴ درصد از کل سیرک‌ها در جهت شمال، ۳۸/۸۵ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۱۳/۹۳ درصد در جهت جنوب، ۳۵/۴۱ درصد در غرب، شمال غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند. ارتفاعات لاله زار از سازندهای مربوط به دوران سوم زمین شناسی تشکیل شده است. دامنه‌های جنوبی این ارتفاعات از توف و گدازه‌های آندزیتی، کوارتز- دیوریت‌های بزرگ همراه با پدیده‌های طبیعی دیگر مانند ماسه سنگ همراه با فسیل جانداران، سنگ آهک تشکیل شده است و دامنه‌های شمالی از برش آتشفشانی سنگ‌های پرتابی همراه با آگلومریت و توفیت‌ها با دانه‌های رنگی تشکیل شده است. این عامل روی توزیع فضایی سیرک‌های محدوده مورد مطالعه تأثیر گذاشته است به طوری که از ۲۳۱ سیرکی که در این ارتفاعات وجود دارد ۸/۶۱ درصد از کل سیرک‌ها در دامنه‌های شمالی، ۳۸/۴۲ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۱۳/۹۳ درصد در جهت جنوب، ۳۹/۰۲ درصد در غرب، شمال غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند.

ارتفاعات هزار به طور کلی از جریان گدازه‌های بازالتی، توف‌های ریولیتی همراه با سنگ آهک، داسیت، آگلومریت و توف همراه با برش ریولیت‌های ترکیبی، کوارتز و دیوریت‌های بزرگ - دیوریت همراه با پدیده‌های طبیعی دیگر آندزیت همراه با توف و گدازه تشکیل یافته است. با توجه به جنس ناهمواری‌ها توزیع فضایی سیرک‌های یخچالی در این ارتفاعات تقریباً متوازن است به طوری که از ۲۶۲ سیرکی که در این ارتفاعات وجود دارد ۱۲/۴۸ درصد از کل سیرک‌ها در جهت شمالی، ۳۷/۱۷ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۱۳/۷۷ درصد در جهت جنوب، ۳۵/۵۸ درصد در غرب، شمال غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند. در ارتفاعات جوپار جنس ناهمواری‌ها در دامنه‌های شرقی (از شمال شرق تا جنوب شرق) از بازالت، سنگ‌های آذرین مانند سنگ‌های اسیدی (ریولیت) و حد واسط تشکیل شده است. به همین دلیل تعداد سیرک‌ها در این دامنه‌ها کمتر از دامنه‌های غربی (از شمال غرب تا جنوب غرب) است. در دامنه‌های غربی کوه جوپار با توجه به ساختار زمین شناسی (آهک ضخیم لایه، ماسه سنگ توفی و مارن همراه با کنگلومرای کرمان) تعداد سیرک‌های یخچالی بیشتری دیده می‌شود. به طور کلی از تعداد ۹۱ سیرک یخچالی که در ارتفاعات جوپار تشخیص داده شده است، ۱۲/۳ درصد از کل سیرک‌ها در جهت شمال، ۳۶/۰۲ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۱۰/۳۷ درصد در جهت جنوب، ۴۱/۲۸ درصد در غرب، شمال غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند. دامنه‌های شرقی ارتفاعات پلوار (از شمال شرق تا جنوب شرق) از جنس سنگ آهک، کنگلومرا با جورشدگی متوسط، ماسه سنگ و شیل قرمز تشکیل شده است به همین علت سیرک‌های یخچالی بیشتری در این دامنه‌ها به وجود آمده است. دامنه‌های غربی (از شمال غرب تا جهت جنوب غربی) از جنس گنبد ریولیتی، توف‌های شیشه‌ای، ماسه سنگ سفید کوارتزی و سنگ آهک ضخیم لایه‌ای تشکیل شده است در نتیجه سیرک‌های کمتری نسبت به دامنه شرقی دارند. به طور کلی از ۶۶ سیرک یخچالی در ارتفاعات پلوار، ۱۲/۲۹ درصد از کل سیرک‌ها در جهت شمال، ۴۱/۴۲ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۹/۷۱ درصد در جهت جنوب، ۳۶/۵۴ درصد در غرب، شمال غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند (جدول ۱). دامنه‌های شرقی ارتفاعات جبال بارز (از شمال شرق تا جنوب شرق) از سنگ‌های آتشفشانی مانند: آندزیت و آندزی بازالت، ریوداسیت، ریولیت پورفیری و پیروکلاستیک‌های تشکیل شده است. دامنه‌های غربی این ارتفاعات (از شمال غرب تا جنوب غرب) از کوارتزدیوریت و گرانودیوریت تشکیل شده است. در این ارتفاعات از تعداد ۸۵ آثار سیرک یخچالی موجود در منطقه، ۱۱/۶۸ درصد از کل سیرک‌ها در جهت شمال، ۴۲/۶۳ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۱۱/۴۷ درصد در جهت جنوب، ۳۴/۴۶ درصد در غرب، شمال

غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند. ارتفاعات خیبر از کالک شیست، میکاشیست، گرونادار، شیست سبز و گدازه بازالتی دگرگون شده و مرمهای سفید توده‌ای، مرمهای دولومیتی تفکیک نشده تشکیل شده‌اند. محدوده سیرک‌ها بیشتر از مرمهای سفید توده‌ای و مرمهای دولومیتی تفکیک نشده تشکیل شده است. این عامل بر توزیع فضایی سیرک‌ها تأثیر گذاشته است به طوری که ۱۰/۳۵ درصد از کل سیرک‌ها در جهت شمال، ۳۹/۸ درصد در جهت شرق، شمال شرق و جنوب شرقی، ۱۶/۱۶ درصد در جهت جنوب، ۳۹/۶۹ درصد در غرب، شمال غرب و جهت جنوب غربی قرار دارند (جدول ۳). به طور کلی در تمام این ناهمواری‌ها یخچال‌زایی، جهت ناهمواری‌ها، دامنه‌های رو به آفتاب و پشت به آفتاب تأثیر چندانی در شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی منطقه نداشته است. سیرک‌های این ناحیه همزمان با تشکیل ناهمواری‌ها شکل گرفته‌اند و در مراحل بعد یخچال‌زایی، ذوب و انجماد حاصل از آن به علت ارتفاع زیاد باعث توسعه و تکامل سیرک‌های این محدوده در طی زمان شده است.

جدول شماره ۳. جدول توزیع فضایی سیرک های محدوده مورد مطالعه

جهت سیرک ارتفاعات	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب	ساختار زمین شناسی	جنوب غربی	جنوب	غرب	شمال غرب	ساختار زمین شناسی
بیدخوان	۱۳/۳۴	۱۳/۵۲	۱۳/۰۴	۲۹/۱۲	مواد آذرآواری و گدازه	۱۱	۱۱/۲۲	۱۱/۹۹	۱۲/۲۰	مواد آذرآواری و گدازه
لاله زار	۸/۶۱	۱۱/۰۱	۱۳/۹۴	۴۷/۱۳	برش آتشفشانی سنگ‌های پرتابی همراه با آگلومریت و توفیت‌ها با دانه‌های رنگی	۱۳	۱۴/۳۲	۱۴/۱۳	۱۰/۵۷	توف و گدازه‌های آندزیتی، کوارتز- دیوریت‌های بزرگ
هزار	۱۲/۴۸	۱۳/۸۵	۱۱/۳۶	۹۶/۱۱	جریان گدازه های بازالتی، توف‌های ریولیتی همراه با سنگ آهک	۱۳	۱۳/۶۱	۱۰/۵۶	۱۱/۴۱	جریان گدازه‌های بازالتی، توف- های ریولیتی همراه با سنگ آهک
جوپار	۱۲/۳	۱۴/۴۵	۱۲/۴۴	۱۱۲/۱	بازالت، سنگهای آذرین مانند سنگهای اسیدی (ریولیت) و حد واسط	۹	۱۴/۵۵	۱۴/۴۵	۱۲/۲۸	آهک ضخیم لایه، ماسه سنگ توفی و مارن همراه با کنگلومرای کرمان
پلوار	۱۲/۲۹	۱۶/۷۷	۱۳/۸۵	۸۰/۱	سنگ آهک، کنگلومرا با جورشدگی متوسط، ماسه سنگ و شیل قرمز	۱۰	۱۲/۹۳	۱۲/۱۶	۱۱/۴۵	جنس گنبد ریولیتی، توف های شیشه‌ای، ماسه سنگ
جبال بارز	۱۱/۶۸	۱۴/۸۸	۱۵/۱۷	۳۱/۱۲	آندزیت و آندزی بازالت، ریوداسیت	۱۱	۱۲/۰۴	۱۱/۷۰	۱۰/۷۲	کوارتز دیوریت و گرانو دیوریت
خیبر	۱۰/۳۵	۱۲/۴۸	۱۳/۲۱	۱۱/۱۴	مرمهای سفید توده ای، مرمهای دولومیتی تفکیک نشده و شیل ماسه سنگ و کنگلومرا	۱۶	۱۳/۴۹	۱۰/۷۳	۹/۴۷	کالک شیست، میکاشیست، گرونادار، شیست سبز و گدازه بازالتی دگرگون شده و مرمهای سفید توده ای

### تحلیل پارامترهای مورفومتری سیرک‌های رده N3 و N2, N1

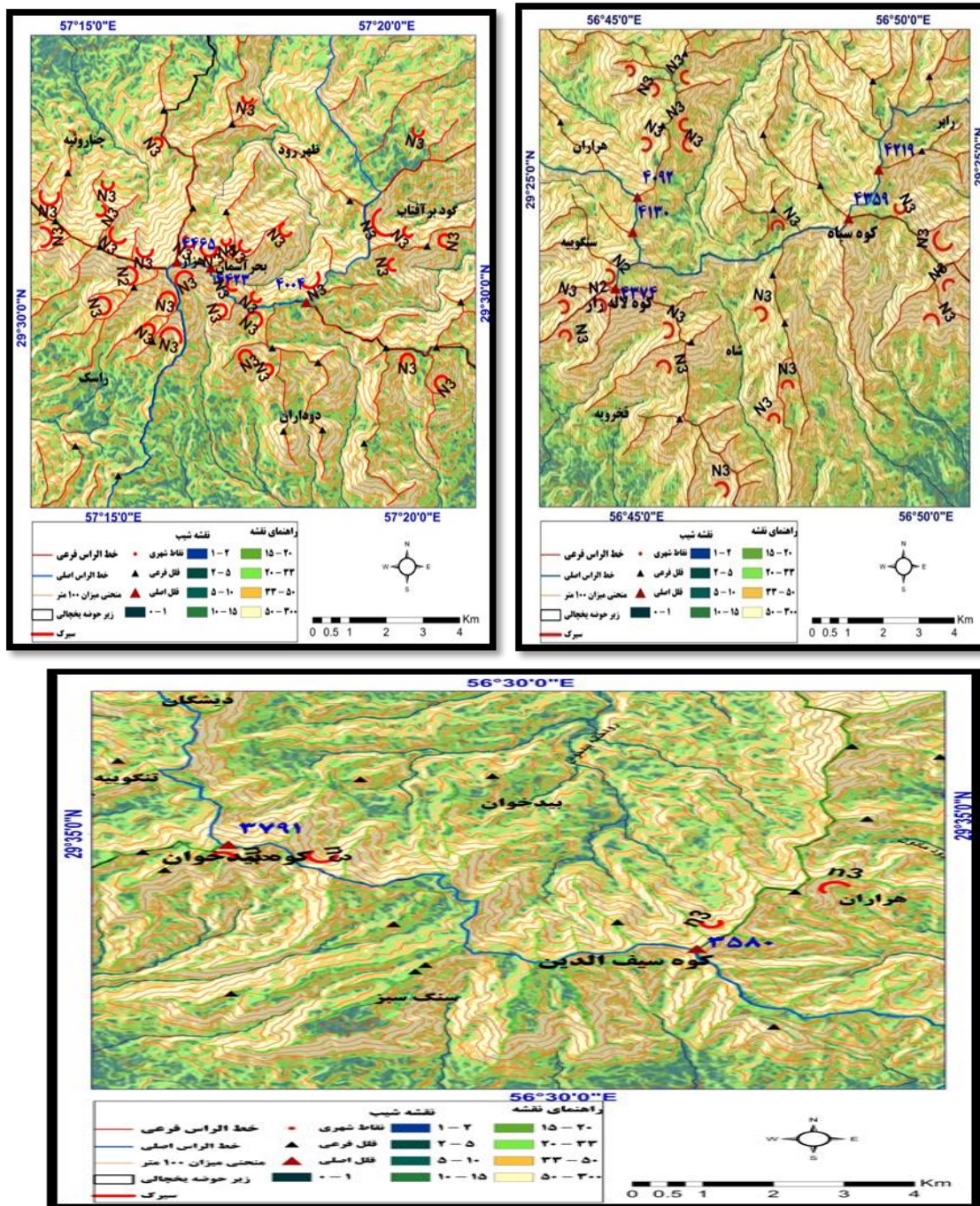
با توجه به نتایج تحلیل پارامترهای مورفومتری سیرک‌های رده N3 و N2, N1 ارتفاعات محدوده مورد مطالعه، محور طولی این سیرک‌ها دارای گسترش طولی در امتداد دره‌های اصلی هستند و با توجه به اینکه نسبت طول به عرض سیرک‌های این رده بیشتر است، این سیرک‌ها در جهت دره‌های اصلی ارتفاعات کشیده شده‌اند و دارای شکلی طولی هستند. همچنین میانگین نسبت طول به عمق و میانگین نسبت عرض به عمق سیرک‌های این رده بیشتر است. در نتیجه تغییرات محور طولی و عرضی سیرک‌های این رده نسبت به تغییرات عمق آنها بیشتر است. با توجه به جنس ناهمواری‌های منطقه که بیشتر از مواد آتشفشانی تشکیل شده‌اند و در برابر فرسایش مقاوم هستند فرسایش یخچالی و آبی تأثیر زیادی روی عمق سیرک‌ها نداشته‌اند. همچنین به علت ماندگاری کم برف و یخ در این سیرک‌ها، این مقدار یخ و برف نمی‌تواند باعث عمیق شدن کف سیرک‌های این رده در ارتفاعات محدوده مورد مطالعه شود. در نتیجه یخچال‌ها تأثیر زیادی روی عمق سیرک‌ها نداشته‌اند شاید دلیلش تداوم کم یخچال‌های کواترنری در این ارتفاعات بوده است. در ارتفاعات بیدخوان، هزار، جوپار و جبال بارز ضریب تغییرات محور عرضی سیرک‌های تکامل یافته بیشتر از ضریب تغییرات محور طولی آنها است. در ارتفاعات لاله‌زار ضریب تغییرات محور طولی و عرضی سیرک‌ها تقریباً شبیه به هم است و فرسایش در جهت طولی و عرضی به یک نسبت عمل کرده و باعث گسترش سیرک‌ها در جهت عمودی و افقی

شده است. در ارتفاعات هزار ضریب تغییرات محور طولی و عرضی سیرک‌های این رده برخلاف سیرک‌های ارتفاعات لاله‌زار شبیه به هم نیست. ضریب تغییرات محور عرضی سیرک‌های این رده از ضریب تغییرات محور طولی آنها بیشتر است. اندازه سیرک‌های ارتفاعات هزار تقریباً با سیرک‌های ارتفاعات لاله‌زار برابر است. اندازه سیرک‌های این رده ۱۰۲۱/۰۷ متر است. انباشته شدن یخ و برف در سیرک‌های این رده و حرکت نکردن توده یخ و برف به علت حجم کم و ذوب آن همچنین فعالیت آب‌های جاری باعث تخریب دیواره سیرک‌ها و بالا بردن ضریب تغییرات در محور عرضی سیرک‌های این رده در ارتفاعات بیدخوان، هزار و جبال بارز شده است. در ارتفاعات جوپار اکثر ناهمواری‌ها از تشکیلات کنگلومرای کرمان، همراه با سنگ‌های آهکی زیرین تشکیل شده‌اند. فرسایش یخچالی همراه با فرسایش ناشی از ذوب و انجماد یخ باعث فرسایش دیواره‌های کناری سیرک‌ها و در نتیجه باعث بالا رفتن ضریب تغییرات در امتداد محور عرضی سیرک‌های ارتفاعات جوپار شده است. ارتفاعات پلوار با دارا بودن سیرک‌هایی به اندازه ۱۱۹۴/۵ متر بزرگترین سیرک‌های منطقه را دارند. ارتفاعات جبال بارز با داشتن سیرک‌هایی به اندازه ۱۱۷۶/۷ متر در رتبه بعدی از نظر بزرگی سیرک‌ها در منطقه هستند. در محدوده مورد مطالعه ارتفاعات جوپار با داشتن سیرک‌هایی به اندازه ۹۹۴/۹ متر کوچکترین سیرک‌های توسعه یافته را در منطقه دارند. سیرک‌های یخچالی ارتفاعات هزار با میانگین ارتفاع کف سیرک ۳۵۸۸/۸ متر دارای بیشترین ارتفاع در بین سیرک‌های ارتفاعات منطقه هستند. با توجه به ارتفاع زیاد ارتفاعات هزار و برف‌گیری نسبتاً خوب این ارتفاعات شرایط مطلوب‌تری برای یخچال‌زایی در این ارتفاعات وجود دارد (جدول ۴).

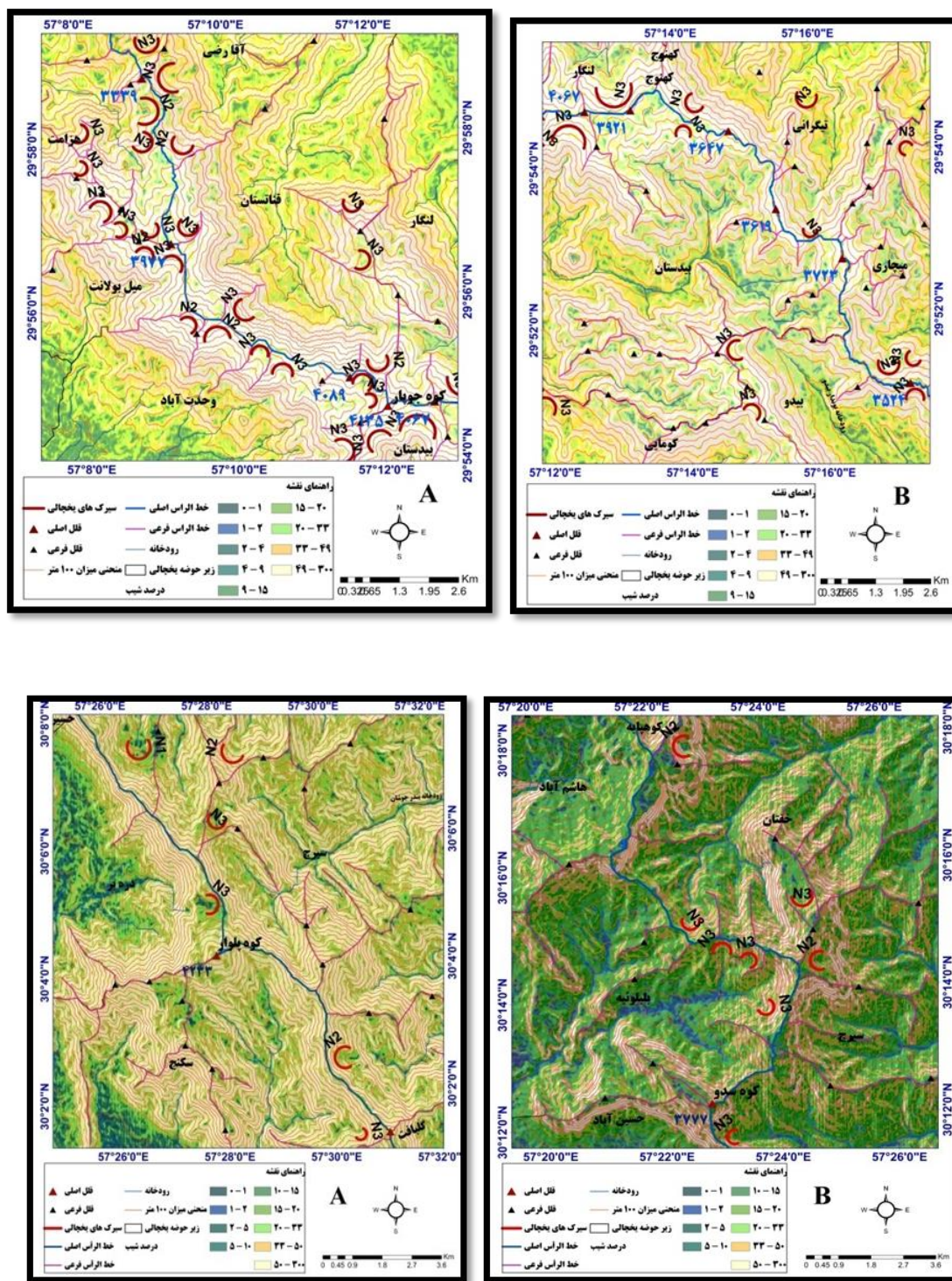
جدول شماره ۴. جدول تحلیل پارامترهای مورفومتری سبک های رده N1, N2, N3

پارامترهای آماری	منطقه مطالعه	تعداد سبک	ضریب تغییرات	انحراف استاندارد	کمترین	بیشترین	میانگین	میانگین دامنه تغییرات با سطح اطمینان ۹۵ درصد
محور عرضی (متر)	بیدخوان	۶	۲۴/۳۷	۱۲۶/۲۶	۳۸۲	۷۲۵	۵۱۸/۳	۳۴۳±۱۰۱/۴۲
	لاله زار	۳۲	۱۶/۳۴	۷۷/۲	۳۳۶	۶۸۲	۴۷۲/۶	۳۴۶±۱۳/۴۵
	هزار	۶۵	۲۵/۵۲	۱۱۹	۷۲۶	۸۸۰	۴۶۹/۴	۶۰۴±۲۹/۲۸
	جوپار	۴۱	۲۵/۷۶	۱۴۶/۹	۳۷۸	۱۰۷۲	۵۷۰/۲	۶۹۴±۴۴/۹۹
	پلوار	۱۸	۲۲/۱۸	۱۴۹/۸	۵۵۴/۶	۱۱۶۸/۹	۶۷۵/۴	۶۱۴/۳±۶۹/۲۵
	جبال بارز	۲۰	۲۰/۶۰	۱۴۲	۵۲۲/۶	۹۸۷/۲	۶۸۹/۲	۴۶۴/۶±۶۲/۲۶
محور طولی (متر)	بیدخوان	۶	۱۳/۴۴	۹۵/۲	۵۴۵	۸۳۹	۷۰۸/۲	۲۹۴±۷۴/۰۶
	لاله زار	۳۲	۱۶/۵۵	۱۱۱/۹	۴۷۶	۸۹۰	۶۷۶/۲	۴۱۴±۳۸/۲۱
	هزار	۶۵	۱۸/۳۲	۱۱۸/۲	۳۸۱	۱۰۰۸	۶۴۷/۵	۶۲۷±۳۰/۰۳
	جوپار	۴۱	۱۹/۴۲	۱۲۵/۲	۴۲۱	۱۰۵۵	۶۴۵	۶۳۴±۳۸/۳۴
	پلوار	۱۸	۲۲/۹۸	۱۸۵/۱	۶۵۸/۹	۱۴۶۲/۷	۸۰۵/۶	۸۰۳/۸±۷۳/۰۸
	جبال بارز	۲۰	۱۷/۶۷	۱۴۱/۸	۶۲۰/۳	۱۱۰۵	۸۰۲/۵	۴۸۴±۶۲/۱۸
اندازه (متر)	بیدخوان	۶	۱۰/۷۳	۱۱۴/۲	۸۹۶/۴	۱۲۰۰/۳	۱۰۶۴/۲	۳۰۳/۹±۹۱/۷۳
	لاله زار	۳۲	۹/۳۳	۹۶/۹	۷۹۴/۹	۱۳۰۸/۱	۱۰۳۹	۵۱۳/۱±۳۳/۰۹
	هزار	۶۵	۱۳/۶۸	۱۳۸/۹	۷۵۳/۳	۱۳۳۴/۷	۱۰۲۱/۰۷	۵۱۸/۴±۳۴/۸۵
	جوپار	۴۱	۱۵/۶۹	۱۵۶/۱	۷۰۶	۱۵۲۷	۹۹۴/۹	۸۲۱/۱±۴۷/۸۱
	پلوار	۱۸	۱۲/۹۲	۱۵۴/۴	۱۰۷۴/۲	۱۶۹۸/۳	۱۱۹۴/۵	۶۲۴/۱±۷۱/۳۷
	جبال بارز	۲۰	۱۳/۱۹	۱۵۵/۲	۹۷۷/۵	۱۵۳۶	۱۱۷۶/۷	۵۵۸/۴±۶۸/۰۵
نسبت طول به عرض (متر)	بیدخوان	۶	۱۹/۱۶	۰/۲۷۰	۱/۰۲۶	۱/۰۴۲۴	۱/۴۱۰	۰/۸۰۹±۰/۲۱۷
	لاله زار	۳۲	۱۷/۱۴	۰/۲۴۸۴	۱/۰۴۲۴	۲/۰۰۴۷	۱/۴۵	۰/۹۶۲۳±۰/۰۸۵
	هزار	۶۵	۱۶/۶۴	۱۶/۹۸	۰/۸۷۲۷	۲/۱۱۲۷	۰/۲۴۲۴	۴/۱۲۹±۱/۲۴۰۰
	جوپار	۴۱	۸/۸۴	۰/۱۰۲	۰/۹۷۵	۱/۴۰۲	۱/۱۵	۰/۴۷۲±۰/۰۳۱۲
	پلوار	۱۸	۸/۲۵	۰/۰۹۹	۰/۰۳۱	۱/۴۴۱۲	۱/۲۰	۰/۱۱۱±۰/۰۴۶
	جبال بارز	۲۰	۷/۹۱	۰/۰۹۳	۰/۰۹۶۹	۱/۳۹۱	۱/۱۷۴	۰/۴۲۱±۰/۰۴۱
نسبت طول سبک به ارتفاع کف (متر)	بیدخوان	۶	۱۵/۴۶	۰/۰۳۲۸	۰/۱۶۴۱	۰/۲۶۱۷	۰/۲۱۲۴	۰/۰۹۷۶±۰/۰۲۶۳۴
	لاله زار	۳۲	۱۸/۸۰	۰/۰۳۵۹۶	۰/۱۲۴۱۰	۰/۲۶۹۳۳	۰/۱۹۱۳۲	۰/۱۴۵۲۳±۰/۰۱۲۳
	هزار	۶۵	۲۰/۳۳	۰/۰۳۶۹۵	۰/۰۹۲۷۰	۰/۲۷۱۷۷	۰/۱۸۱۷۲	۰/۱۷۹۰۷±۰/۰۸۹۹
	جوپار	۴۱	۲۲/۳۹	۰/۰۴۲۱	۰/۱۲۴۸۱	۰/۳۰۹۰۲	۰/۱۹۲	۰/۱۸۴۲۱±۰/۰۱۲۹
	پلوار	۱۸	۲۸/۱۰	۰/۰۷۱۶	۰/۱۶۵۱	۰/۵۱۰۵	۰/۲۵۴۹	۰/۳۱۵۴±۰/۰۳۳
	جبال بارز	۲۰	۱۷/۱۹	۰/۰۴۶	۰/۲۱۱	۰/۳۶۲	۰/۲۷۰	۰/۱۵۱±۰/۰۲۰۲
ارتفاع کف سبک (متر)	بیدخوان	۶	۴/۹۰	۱۶۳/۷	۳۲۰۶	۳۶۵۲	۳۳۴۳/۷	۴۴۶±۱۳۱/۴۹
	لاله زار	۳۲	۸/۹۸	۳۲۰/۸	۳۰۸۹	۴۲۵۸	۳۵۷۰/۵	۱۱۶۹±۱۰۹/۵۴
	هزار	۶۵	۸/۰۷	۲۸۹/۶	۲۹۹۰	۴۱۴۹	۳۵۸۸/۸	۱۱۵۹±۷۰/۴۲
	جوپار	۴۱	۷/۷۲	۲۶۱/۹	۲۸۱۴	۳۸۸۸	۳۳۹۲/۴	۱۰۷۴±۸۰/۲۱
	پلوار	۱۸	۷/۶۸	۲۴۵/۳	۲۸۲۷	۳۶۰۳	۳۱۹۴/۹	۷۷۶±۱۱۳/۳۹
	جبال بارز	۲۰	۷/۵۱	۲۲۳/۸	۲۷۳۹	۳۵۰۰	۲۹۸۲/۴	۷۶۱±۱۰۰/۳۲
نسبت عرض به عمق	بیدخوان	۶	۲۶/۹۹	۰/۴۲۱	۰/۱۱۴۹	۰/۲۲۶۱	۰/۱۵۵۹	۰/۱۱۱۲±۰/۳۳۸
	لاله زار	۳۲	۲۰/۶۹	۰/۰۲۷۷۵	۰/۰۹۶۹۶	۰/۱۹۸۴۵	۰/۱۳۴۱۰	۰/۱۰۱۴۸±۰/۰۰۹۵

۰/۱۸۸۱±۰/۰۰۸۴	۰/۱۳۱۵۰	۰/۲۶۲۵۳	۰/۰۷۳۷۲	۰/۰۳۴۶۴	۲۶/۳۴	۶۵	هزار	(ارتفاع کف)
۰/۲۰۸۰±۰/۰۱۵	۰/۱۷۰	۰/۳۰۵	۰/۰۹۷	۰/۰۴۸۵	۲۸/۵۱	۴۱	جوپار	(متر)
۰/۲۴۷۲±۰/۰۲۷	۰/۲۱۴۰	۰/۴۰۸۰	۰/۱۶۰۸	۰/۰۵۹۲	۲۷/۶۵	۱۸	پلوار	
۰/۱۷۵±۰/۰۲۱۴	۰/۲۳۲	۰/۳۳۳	۰/۱۵۸	۰/۰۴۸۷	۲۱/۰۲	۲۰	جبال بارز	
۰/۰۳۸۰±۰/۰۳۸	۰/۱۸۰۳	۰/۱۹۹۳	۰/۱۶۱۳	۰/۰۳۷	۱۴/۹۱	۲	خیبر	
۳۶۹±۱۰۵/۹۵	۳۵۴۲/۲	۳۷۸۲	۳۴۱۳	۱۳۱/۹	۳/۷۲	۶	بیدخوان	ارتفاع بلندترین
۱۱۹۹±۱۱۳/۱۹	۳۷۷۳/۲	۴۳۶۳	۳۱۶۴	۳۳۱/۵	۸/۷۹	۳۲	لاله زار	نقطه مشرف بر
۱۳۲±۷۵/۵۵	۳۸۱۰/۲	۴۴۶۹	۳۱۴۹	۳۱۰/۷	۸/۱۵	۶۵	هزار	سیرک (متر)
۱۰۳۷±۸۰/۱۸	۳۶۴۸/۵	۴۰۲۳	۲۹۸۶	۲۶۱/۸	۷/۱۸	۴۱	جوپار	
۸۷۱±۱۰۷/۶۶	۳۵۳۱/۹	۳۹۱۴	۳۰۴۳	۲۳۲/۹	۶/۵۹	۱۳۴	پلوار	
۸۶۱±۱۰۶/۵۱	۳۱۳۶/۲	۳۷۱۲	۲۵۵۱	۲۴۲/۹	۷/۷۴	۲۰	جبال بارز	
۲۲±۲۳/۶۶	۳۶۸۱/۵	۳۶۹۳	۳۶۷۰	۱۶/۳	۰/۴۴	۲	خیبر	

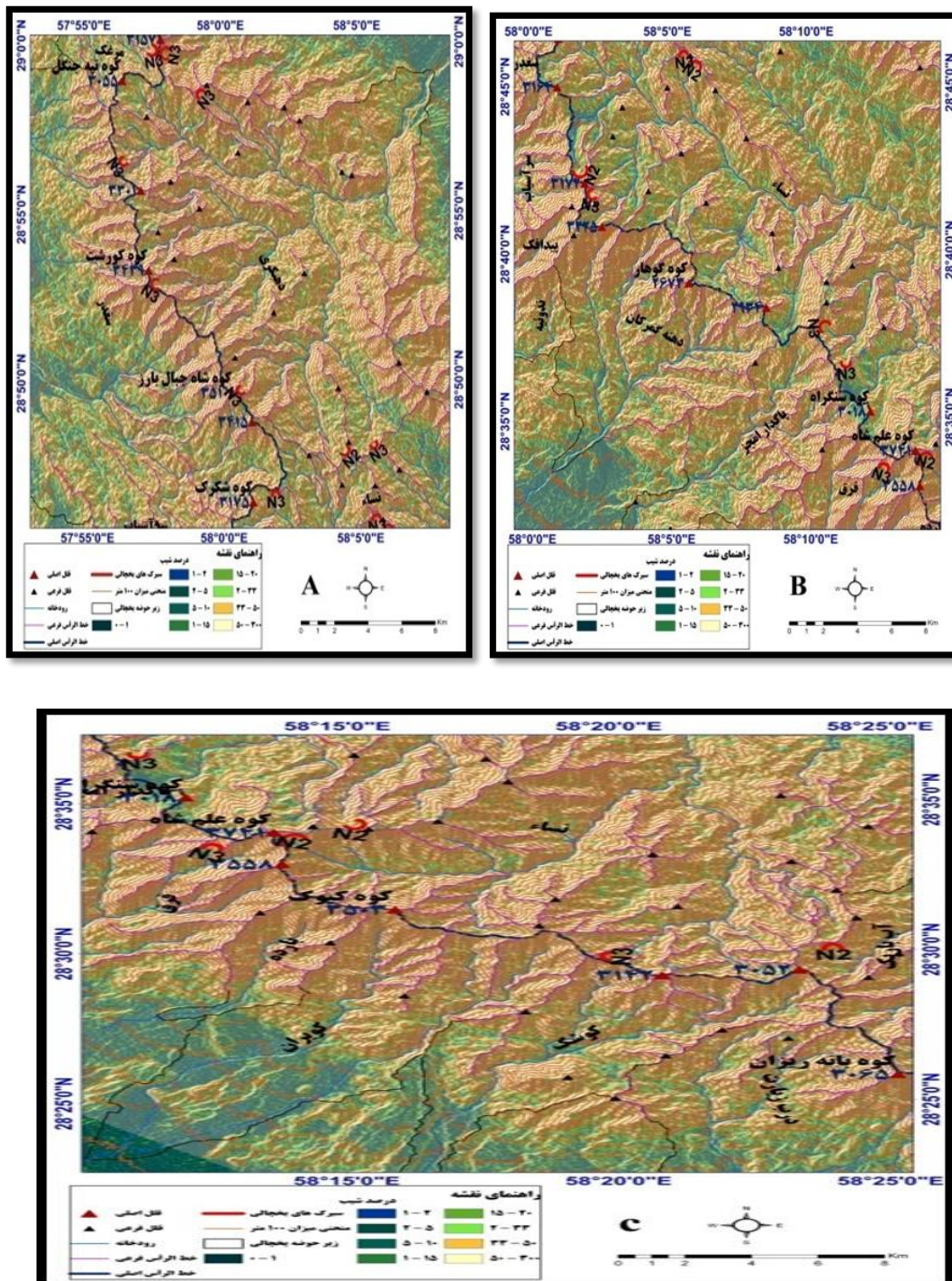


شکل شماره ۴. نقشه سیرک‌های رده N1, N2, N3، ارتفاعات بیدخوان، لاله زار و هزار بر اساس رده بندی ویلبرگ، پیاده شده بر روی نقشه شیب و سایه روشن

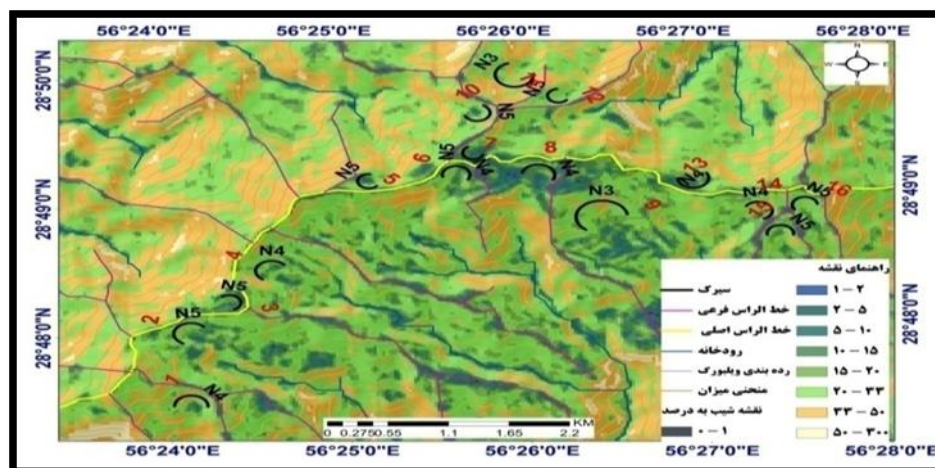


شکل شماره ۶. نقشه‌های A و B سیرک های رده N1، N2 و N3 ارتفاعات پلوار پیاده شده بر روی نقشه شیب و سایه روشن





شکل شماره ۷. نقشه A، B و C سیرک‌های رده N1، N2 و N3 ارتفاعات جبال بارز، پیاده شده بر روی نقشه شیب و سایه روشن



شکل شماره ۸. نقشه سیرک‌های رده N1, N2, N3 ارتفاعات خیبر، پیاده شده بر روی نقشه شیب و نقشه سایه روشن منطقه

### تحلیل آلومتری و ایزومتری سیرک‌های رده N1, N2, N3 محدوده مورد مطالعه

با توجه به نتایج تحلیل آلومتری و ایزومتری سیرک‌های یخچالی N1, N2, N3، در ارتفاعات لاله زار و هزار فرسایش یخچالی، ذوب و انجماد متعدد ناشی از یخ باعث تغییرات زیادی در جهت محور طولی سیرک‌های این رده شده است. محور طولی سیرک‌های یخچالی این رده در ارتفاعات پلوار و خیبر دارای کمترین ضریب تغییرات در جهت طولی هستند. این ضریب برای سیرک‌های ارتفاعات پلوار ۱/۱۲ متر و برای ارتفاعات خیبر ۰ است. در این ارتفاعات میزان حرکت یخچال و فرسایش ناشی از آن به علت تداوم کم یخچال‌های کوتاه‌تری کم بوده است و سیرک‌های این رده در جهت محور طولی گسترش زیادی ندارند و بیشتر دارای شکلی گرد و دایره‌ای هستند.

در ارتفاعات چوپار ضریب همبستگی برای محور طولی این سیرک‌ها ۰/۹۶ است. این مقدار برای سیرک‌های ارتفاعات جبال بارز ۰/۹۳ و برای سیرک‌های ارتفاعات پلوار ۰/۸۷ است. به طور کلی در این ارتفاعات بین اجزای مختلف سیرک‌های یخچالی این رده شامل؛ طول، عرض و دیواره‌های سیرک ضریب همبستگی بالایی وجود دارد. فرسایش یخچالی و آبی باعث رشد متناسب اجزای سیرک‌های این ارتفاعات شده است. به طور کلی در این ارتفاعات سیرک‌های یخچالی این رده بیشتر شبیه به سیرک واقعی هستند. سیرک‌های یخچالی این رده، ارتفاعات بیدخوان و هزار و لاله زار دارای کمترین ضریب همبستگی هستند. با وجود اینکه این سیرک‌ها خوب، توسعه یافته و قطعی هستند ولی بین اجزای خود مخصوصاً در جهت محور طولی ضریب همبستگی کمی دارند. جنس این ارتفاعات بیشتر از مواد آتشفشانی و ماگمایی تشکیل شده است. این مواد به علت مقاومت در برابر عوامل فرسایش تغییرات کمی دارند (جدول ۵).

میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های رده N1, N2, N3، ارتفاعات بیدخوان، لاله‌زار، هزار، چوپار و جبال بارز کمتر از ۱ است. در نتیجه ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های این رده در این ارتفاعات برابر با  $B < 1$  است. در نتیجه رفتار آلومتری برای سیرک‌های این ارتفاعات منفی است. ضرایب پایین  $b$  برای سیرک‌های این رده بیانگر تأثیر کم فرسایش یخچالی در تکامل این سیرک‌ها است. میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های این رده در ارتفاعات پلوار برابر با ۱/۰۱۷۱ است. در این سیرک‌ها  $B > 1$  است. در این سیرک‌ها تا حدودی وضعیت آلومتری برقرار است. مهمترین ستیغ‌های برجسته این ارتفاعات را رسوبات آهکی کرتاسه تشکیل می‌دهد. تفاوت فرسایش پذیری بین ستیغ‌های کربناتی کرتاسه، ماسه سنگ‌ها، شیل‌ها و رسوبات تبخیری ژوراسیک موجب پیدایش دندان‌هایی در پستی و بلندی این بخش گشته است. فرسایش پذیری این رسوبات باعث بالا رفتن میانگین ضریب  $b$  و برقراری رفتار آلومتری مثبت برای سیرک‌های این رده در این ارتفاعات شده است.



## نتیجه گیری

بر اساس نتایج تحقیق تعداد ۱۸۵ سیرک توسعه یافته (N1, N2 و N3) و تعداد ۶۹۹ شبه سیرک (N4 و N5) در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. در ارتفاعات بیدخوان، هزار، جوپار و جبال بارز ضریب تغییرات محور عرضی سیرک‌های تکامل یافته بیشتر از ضریب تغییرات محور طولی آنها است. انباشته شدن یخ و برف در سیرک‌های این رده و حرکت نکردن توده یخ و برف به علت حجم کم و ذوب آن همچنین فعالیت آب‌های جاری باعث تخریب دیواره سیرک‌ها و بالا بردن ضریب تغییرات در محور عرضی سیرک‌های این رده در ارتفاعات بیدخوان، هزار و جبال بارز شده است. در ارتفاعات جوپار اکثر ناهمواری‌ها از تشکیلات کنگلومرای کرمان، همراه با سنگ‌های آهکی زیرین تشکیل شده‌اند. فرسایش یخچالی همراه با فرسایش ناشی از ذوب و انجماد یخ باعث فرسایش دیواره‌های کناری سیرک‌ها و در نتیجه باعث بالا رفتن ضریب تغییرات در امتداد محور عرضی سیرک‌های ارتفاعات جوپار شده است. ارتفاعات پلوار با دارا بودن سیرک‌هایی به اندازه ۱۱۹۴/۵ متر بزرگترین سیرک‌های منطقه را دارد. بعد از آن ارتفاعات جبال بارز با داشتن سیرک‌هایی به اندازه ۱۱۷۶/۷ متر در رتبه بعدی از نظر بزرگی سیرک‌ها در منطقه قرار دارد. در محدوده مورد مطالعه ارتفاعات جوپار با داشتن سیرک‌هایی به اندازه ۹۹۴/۹ متر کوچکترین سیرک‌های توسعه یافته را در منطقه دارد. سیرک‌های ارتفاعات هزار با میانگین ارتفاع کف سیرک ۳۵۸۸/۸ متر دارای بیشترین ارتفاع در منطقه هستند و با توجه به این ارتفاع برف‌گیری نسبتاً خوب و شرایط بهتری برای یخچال‌زایی در منطقه دارند. ضریب همبستگی برای محور طولی سیرک‌های رده N1, N2 و N3 ارتفاعات جوپار ۰/۹۶، برای سیرک‌های ارتفاعات جبال بارز ۰/۹۳ و برای سیرک‌های ارتفاعات پلوار ۰/۸۷ است. بین اجزای مختلف سیرک‌های این رده شامل طول و عرض و دیواره‌های سیرک در این ارتفاعات ضریب همبستگی بالایی وجود دارد. فرسایش یخچالی و آبی باعث رشد متناسب اجزای سیرک‌های این ارتفاعات شده است. سیرک‌های یخچالی این ارتفاعات بیشتر شبیه به سیرک واقعی هستند. سیرک‌های رده N1, N2 و N3 ارتفاعات بیدخوان و هزار و لاله زار دارای کمترین ضریب همبستگی هستند.

با وجود اینکه این سیرک‌ها خوب، توسعه یافته و قطعی هستند ولی بین اجزای خود مخصوصاً در جهت محور طولی ضریب همبستگی کمی دارند. جنس این ارتفاعات بیشتر از مواد آتشفشانی و ماگمایی تشکیل شده است. این مواد به علت مقاومت در برابر عوامل فرسایش تغییرات کمی دارند. میانگین ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های رده N1, N2 و N3 ارتفاعات بیدخوان، لاله زار، هزار، جوپار و جبال بارز کمتر از ۱ است. این ضریب برای سیرک‌های این رده در ارتفاعات بیدخوان برابر با ۰/۹۸، برای سیرک‌های ارتفاعات لاله زار ۰/۷۰، برای سیرک‌های ارتفاعات هزار ۰/۷۱، برای سیرک‌های ارتفاعات جوپار ۰/۸۶، برای سیرک‌های ارتفاعات جبال بارز ۰/۸۹ و برای سیرک‌های ارتفاعات خیبر برابر با ۰ است. به طور کلی ضریب  $b$  برای محور طولی سیرک‌های این ارتفاعات برابر با  $B < 1$  است. در نتیجه رفتار آلومتری برای سیرک‌های این ارتفاعات منفی است. ضرایب پایین  $b$  برای سیرک‌های این رده بیانگر تأثیر کم فرسایش یخچالی در تکامل این سیرک‌ها است. میانگین ضریب  $b$  برای سیرک‌های رده N1, N2 و N3 ارتفاعات پلوار برابر با ۱/۰۱۷۱ است. در این سیرک‌ها  $B > 1$  است. در این سیرک‌ها تا حدودی وضعیت آلومتری برقرار است. مهم‌ترین ستیغ‌های برجسته این ارتفاعات را رسوبات آهکی کرتاسه تشکیل می‌دهد. تفاوت فرسایش پذیری بین ستیغ‌های کربناتی کرتاسه، ماسه سنگ‌ها، شیل‌ها و رسوبات تبخیری ژوراسیک موجب پیدایش دندان‌هایی در پستی و بلندی این بخش گشته است. فرسایش پذیری این رسوبات باعث بالا رفتن میانگین ضریب  $b$  و برقراری رفتار آلومتری مثبت برای سیرک‌های این رده در این ارتفاعات شده است. میانگین ضریب  $a$  برای محور عرضی سیرک‌های رده N1, N2 و N3 ارتفاعات لاله زار برابر با ۰/۷۲، در ارتفاعات هزار برابر با ۰/۹۶، در ارتفاعات پلوار برابر با ۰/۹۵ و در ارتفاعات خیبر برابر با ۰ است. در نتیجه برای محور عرضی سیرک‌های این ارتفاعات رفتار ایزومتری منفی است.

این مقدار برای ارتفاعات بیدخوان برابر با ۱، برای ارتفاعات جوپار برابر با ۱ و برای ارتفاعات جبال بارز برابر با ۱/۰۵ است که برای محور عرضی سیرک‌های این ارتفاعات تا حدودی رفتار ایزومتری برقرار است. نتایج مطالعاتی که در ارتباط با مورفومتری و آلومتری سیرک‌های یخچالی در ارتفاعات زاگرس، زردکوه و گرین انجام گرفت نشان می‌دهد

که در ارتفاعات زاگرس و زردکوه یخچال زایی و عمل فرسایش ناشی از ذوب و انجماد یخ خوب عمل کرده و سیرک-هایی که در این ارتفاعات وجود دارند متکامل تر و توسعه یافته تر از سیرک های ارتفاعات محدوده مورد مطالعه می باشند.

### **تقدیر و تشکر**

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

## منابع

- ۱) المدرسی، سیدعلی؛ رامشت، محمدحسین؛ تورن، کالین؛ گرجی، لایلا و ایزدی، زهرا (۱۳۹۰) رفتار ارگودیک چشم اندازهای ژئومورفیک، فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی اهر، دوره ۱۱، شماره ۳۴، صص. ۲۵۸-۲۳۲.
- ۲) بیرانوند، حجت اله و سیف، عبدالله (۱۳۹۸) طبقه بندی و مورفومتری سیرک‌های یخچالی ارتفاعات پلوار کرمان در دوره پلیستوسن پسین، فصلنامه فضای جغرافیایی اهر، شماره ۷۰، صص. ۱۸۹-۲۰۹.
- ۳) بیرانوند، حجت اله و سیف، عبدالله (۱۳۹۹) تحلیل پارامترهای مورفومتری آثار سیرک‌های یخچالی ارتفاعات جبال بارز در وورم، جغرافیا و توسعه، شماره ۶۰، صص ۲۳۸-۲۱۹.
- ۴) بیرانوند، حجت اله و سیف، عبدالله (۱۳۹۹) شناسایی، طبقه بندی و مورفومتری سیرک‌های یخچالی ارتفاعات جوپار کرمان، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۴، صص. ۸۰-۶۳.
- ۵) سیف، عبدالله (۱۳۹۴) سیرک‌های یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات گرین زاگرس، اولین همایش ملی کاربرد و علوم کواترنری در شناخت فرآیندهای محیطی و دومین همایش ملی انجمن کواترنری ایران، ۲۰ دی ماه، دانشگاه اصفهان، صص. ۶-۱.
- ۶) مختاری، داود؛ کرمی، فریبا؛ بیاتی و خطیبی، مریم (۱۳۸۶) اشکال مختلف مخروط افکنه‌ای در اطراف توده کوهستانی میشوداغ (شمال غرب ایران) با تأکید بر نقش فعالیت‌های تکتونیکی کواترنر در ایجاد آنها، فصلنامه مدرس علوم انسانی دوره ۱۱، شماره ۵۳، صص. ۲۹۲-۲۵۷.
- ۷) مقیمی، ابراهیم؛ یاراحمدی، علی محمد؛ ثروتی، محمدرضا و کردوانی، پرویز (۱۳۹۱) تأثیر مورفولوژی دامنه‌ها در تحول سیرک‌های یخچالی اشترانکوه، دانشگاه تربیت مدرس، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۶، شماره ۳، صص. ۱۱۹-۱۳۹.
- 8) Araos, J. & Le Roux<sup>1</sup>, J. & Kaplan, M. & Spagnolo, M. (2018) Factors controlling alpine glaciations in the Sierra Baguales Mountain Range of southern Patagonia (50° S), inferred from the morphometric analysis of glacial cirques, *Andean Geology*, Vol.45, No. 3, PP. 357-378.
- 9) Barr, I., D. & Spagnolo, M. (2015) Glacial cirques as palaeoenvironmental indicators: Their potential and limitations, *Earth-Science Reviews*, Vol. 151, No. 1, pp. 48-78.
- 10) Bull, W. (1975) Allometric change of landforms, *Geological Society Of America*:2 v,86 no,11p.
- 11) Dehn, M. & Dikau, R. (2001) Principles of semantic modeling of landform structures, *Comput. Geosci*, Vol. 27, No. 8, pp.1005- 1010.
- 12) Ebrahimi, B. & Seif, A. (2017) Morphometric Properties of Glacial Cirques in Zagros - Mountain, Iran, *Geopersia*, Vol. 7, No. 1, PP. 131-151.
- 13) Evans, I.S. (1997) Process and form in the erosion of glaciated mountains. In: Stoddart, D.R. (Ed.), *Process and Form in Geomorphology*, Routledge, London, 145-174 pp.
- 14) Evans, I. S. (2006) Allometric development of glacial cirque form: geological, Relief and regional effects on the cirques of Wales. *Geomorphology*, Vol. 80, No. 3-4, pp. 245-266.
- 15) Evans, I.S. (2009) Allometric development of glacial cirques: an application of specific geomorphometry, proceeding of *Geomorphology*, Zurich, Switzerland, 31 August, 2 September.
- 16) Evans, I. S. (2011) Geomorphometry and landform mapping: what is a landform?. *Geomorphology*, (03), p.541.
- 17) Evans, I.S. & Cox, N.J. (1995) The form of glacial cirques in the English Lake District, Cumbria, Z, *Geomorph*, N. F, Vol. 39, No. 2, pp. 175-202.
- 18) Federici, P. R. & Spagnolo, M. (2004) Morphometric Analysis on the Size, Shape and Areal Distribution of Glacial Cirques in the Maritime Alps (Western French-Italian Alps), Article in *Geografiska Annaler*, Series A, Physical Geography, Vol. 86, No. 3, pp. 235 - 248 .
- 19) Graf, W.L. (1976) Cirques as glacier location. *Arctic and Alpine Research* 8, 79e90.
- 20) Hughes, P. D. & Gibbard, P. L. & Woodward, J. C. (2007) Geological controls on Pleistocene glaciation and cirque form in Greece, *Geomorphology*, 88 (3-4).

- 21) Jafari, G. H. & Avaghi, M. (2017) Reconstruction of glacial cirques in the cavernier volcanic crater (Case study of Qurveh of Kurdistan), Environmental erosion researches, - Geol, Surv, Iran, Tehran. (2) (15-1) [In Persian].
- 22) Khalili, Sh. & Viccaro, M. & Cristofolini, R. & Ahmadipour, H. (2008) Differentiation of high-K calcalkaline magmas at Mount Bidkhan volcano (Central Iranian Volcanic Belt), *Geochemica and cosmochemica Acta*, Special supplement, A 467.
- 23) Khosraftar, R. & Mojtahedi, N. & Assadi Oskouei, F. & Nowruzpour shahr Bijeri, K. (2016) Geomorphologic Evidences of the Upper Pliocentos Mountain Glaciers in the Shah Alborz Mountains; *Western Quarantine Quarterly Quarterly Journal of Iran*, pp. 155-165 [In Persian].
- 24) Lopes, L. & Oliva, M. & Fernandes, M. & Pereira, P. & Palma, P. & Ruiz-Fernandez, J. (2018) Spatial distribution of morphometric parameters of glacial cirques in the Central Pyrenees (Aran and Boí valleys), *J. Mt. Vol.* 15, NO. 10, pp. 2103-2119.
- 25) Mińdrescu, M. & Evans, I. S. & Cox, N. J. (2010) Climatic implications of cirque distribution in the Romanian Carpathians: palaeowind directions during glacial periods. *J. Quaternary Sci*, ISSN, 0267-8179.
- 26) Pike, R. J. & Dikau, R. (1995) *Advances in geomorphometry. Z. Geomorphol.*, N.F. Suppl. Bd. 101, 238.
- 27) Pike, R. J. & Evans, I. S. & Hengl, T. (2009) *Geomorphometry: A Brief Guide*, Developments in Soil Science, Elsevier: Volume 33, chapture 1.
- 28) Qhanavati, E. & Beheshti, J. A. (2014) *New methods and techniques drawn maps geomorphology*, publisher: Tehran University, 306 p (in persian).
- 29) Seif, A. & Ebrahimi, B. (2014) Combined use of GIS and experimental functions for the morphometric study of glacial cirques, Zardkuh Mountain, Iran. *Quaternary International*, 353, 236e249.
- 30) Singh, P.V. & Singh, P. & Haritashya, U.K. (2011) *Encyclopedia of snow, ice and glaciers*. Springer Publication, the Netherlands: 1300 pp.
- 31) Steffanova, P. & Mentlik, P. (2007) Comparison of morphometric characteristics of cirques in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta*, Vol. 13, NO.3, PP. 191-204.
- 32) Temovski, M. & Madarász, B. & Kern, Z. & Milevski, II. & Ruzkiczay-Rüdiger, Z. (2018) Glacial Geomorphology and Preliminary Glacier Reconstruction in the Jablanica Mountain, Macedonia, Central Balkan Peninsula, *geosciences*, Vol. 8, NO. 270, PP.1-21.
- 33) Tomas Vivas, P. (ed). (1996) *Monitoring Mediterranean Wetlands: A Methodological Guide*. MedWet Publication, Wetlands International, Slimbridge, Uk and Icn, Lisbon, 150 pp.
- 34) Vilborg, L. (1984) The cirque forms of Central Sweden, *Geo- grafiska Annaler*, Vol. 66, NO. (1-2), PP. 41-77.
- 35) Vilborg, L. (1977) The Cirque Forms of Swedish Lapland. *Geografiska Annaler*, Series A, Physical Geography, Vol. 59, No. 3/4, pp. 89-150.