Shahid Beheshti University

Researches in Earth Sciences

Journal homepage: https://esrj.sbu.ac.ir

Research Article

Investigation of temperature, humidity changes and glacial evidence in the late Pleistocene (Case study: Kona Goorg valley, northwest of Piranshahr)

Rasoul Hasani Gharnaei[1], Manizheh Ghahroudi Tali[*1], Khadijeh Alinoori[1]

1-Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 18 Jan 2023 Accepted: 12 Aug 2023

Extended Abstract

Introduction: Investigating the geomorphology of glaciers and the changes in their past climatic conditions is one of the major topics of mountainous territories. This research has been done to investigate the evidence of glaciers in the past climate of Kona Goorg valley in the northwest of Piranshahr by using field observations and laboratory work and reconstruction of temperature and precipitation. Also, the identification of the sequence of new and old terraces in this area and their comparison and correspondence with the terraces of the Zevka river, the main branch of the Little Zab river, have also been investigated.

Materials and methods: The data used in this research included topographic maps, Landsat 8 images, climatic data, field observations and sampling. The studied area and elevation data were measured and extracted from 1:50000 topographic maps and during repeated visits with GPS. The stages study were include of field operations, sediment samples from the Kona Goorg valley and photographed, collection of rock samples, completion of field data and evidence of glacier activity in the Quaternary.

Results and discussion: The results obtained by Porter's method, the snow-boundary area of the region is 2563.6 meters, and with the method of the maximum height of lateral moraine, the height is 2571 meters. The temperature and precipitation anomalies are 6.45 degrees Celsius and 233.8 mm, respectively. XRD test showed that chlorite and illite minerals are the most abundant in the surface sample and kaolin mineral is more abundant in the deep sample. Glacial evidences include the side moraines are stretched up to a height of 2272 meters. The glaciers in the form of new terraces, which are probably related to the Wurm period, are located on both sides of the valley at a lower altitude, and the old terraces are located at a higher altitude (2606 meters) with a difference of 60 to 80 meters from the valley floor. The northern valley of the region extends to a height of 2720 meters and the southern valley to a height of 2686 meters and has preserved its U-shaped shape to some extent. One of the main property of Kona Goorg cirques is its elongated shape. Three alluvial terraces have been identified on the edge of the river.

Conclusion: In general, evidences and effects of glaciers related to paleoclimate in the study area show that the study area was affected by glacier activity in the late Pleistocene and even in the Holocene. The remains of terraces and glacial drifts at lower altitudes than the glacier cirques show three cross-sections of slope change, which in some slopes are cemented glacial deposites in the middle of piles of new moraine, it has an exterior. The granulation and XRD test of the glacial sediment samples together with the reconstruction of temperature and precipitation is indicative an increase in precipitation and a decrease in temperature in the past compared to the present.

Keywords: Late Pleistocene, Granulation, Porter's method, Kona Goorg.

Citation: Rasoul Hasani Gharnaei, Manizheh Ghahroudi Tali, Khadijeh Alinoori (2023). Investigation of temperature, humidity changes and glacial evidence in the late Pleistocene, *Res. Earth. Sci:* 14(3), (149-164) DOI: 10.48308/ESRJ.2023.103878

* Corresponding author E-mail address: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

پژوهشهای دانش زمین
Journal homepage: https://esrj.sbu.ac.ir

بررسی تغییرات دمایی، رطوبتی و شواهد یخچالی در پلئیستوسن پایانی (مطالعه موردی: دره کونه گورگ، شمال غربی پیرانشهر)

رسول حسنی قارنائی[۱]، منیژه قهرودی تالی[*۱]، خدیجه علی نوری[۱]

۱-گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۲۸ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱

چکیده گسترده

مقدمه: بررسی ژئومورفولوژی یخچال‌ها و تغییرات شرایط اقلیمی گذشته آنها از مباحث عمده قلمروهای کوهستانی می‌باشد. این پژوهش به بررسی شواهد یخچالی در اقلیم گذشته دره کونه گورگ در شمال غربی پیرانشهر با استفاده از مشاهدات میدانی و کارهای آزمایشگاهی و بازسازی دما و بارش انجام شده است. همچنین شناسایی توالی تراس‌های جدید و قدیم این منطقه و مقایسه و مطابقت آن‌ها با تراس‌های رودخانه زیوکه شاخه اصلی رودخانه زاب کوچک نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر لندست ۸، داده‌های اقلیمی مشاهدات میدانی و نمونه‌برداری بوده است. محدوده مورد مطالعه و داده‌های ارتفاعی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و طی بازدیدهای مکرر با GPS اندازه‌گیری و استخراج شده است. مراحل کار شامل بازدید میدانی، برداشت نمونه‌های رسوب از دره کونه گورگ و عکس‌برداری از آن‌ها، برداشت نمونه‌های سنگ، تکمیل اطلاعات میدانی و شواهد فعالیت یخچال‌ها در کواترنر بوده است.

بحث و نتایج: نتایج حاصله از روش پورتر، برف‌مرز منطقه ۲۵۶۳/۶ متر و با روش بیش‌ترین ارتفاع یخرفت جانبی ارتفاع ۲۵۷۱ متر می‌باشد. آنومالی دمایی و بارش به ترتیب ۶/۴۵ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۳/۸ میلی‌متر مشخص شده است. آزمایش XRD نشان داد که در نمونه سطحی بیشترین مقدار را کانی‌های کلریت و الیت و در نمونه عمقی کانی کائولن فراوانی بیشتری دارد. شواهد یخچالی شامل مورن‌های کناری تا ارتفاع ۲۲۷۲ متری کشیده شده‌اند. یخرفت‌ها به شکل پادگانه‌های جدید که احتمالا مربوط به دوره وورم هستند در هر دو طرف دره و در ارتفاع پایین‌تر و تراس‌های قدیمی در ارتفاع بالاتر (۲۶۰۶ متری) قرار دارند و با کف دره ۶۰ تا ۸۰ متر اختلاف ارتفاع دارند. دره شمالی منطقه تا ارتفاع ۲۷۲۰ متری و دره جنوبی تا ارتفاع ۲۶۸۶ متری امتداد داشته و حالت U شکل خود را تا حدودی حفظ کرده است. از ویژگی‌های اصلی سیرک‌های کونه گورگ، حالت وانی شکل و کشیده آن می‌باشد. سه پادگانه آبرفتی در حاشیه رودخانه شناسایی شده است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی شواهد و آثار یخچالی مربوط به اقلیم دیرینه در منطقه مطالعاتی نشان‌دهنده این است که منطقه مورد مطالعه در اواخر پلئیستوسن و حتی در هولوسن تحت‌تأثیر عملکرد یخچال بوده است. بقایای پادگانه‌ها و توده‌های یخرفتی در ارتفاعات پایین‌تر از سیرک‌های یخچالی سه مقطع برشی تغییر شیب را نشان می‌دهد که در برخی دامنه‌ها به صورت توده‌های یخرفتی سیمان شده در میان انبوهی از یخرفت‌های جدید، برونزد دارد. آزمایش دانه‌بندی و XRD از نمونه‌های رسوب یخچالی در کنار بازسازی دما و بارش گویای تغییرات افزایش بارش و کاهشی دما گذشته نسبت به زمان حال است.

واژگان کلیدی: پلئیستوسن پایانی، دانه‌بندی، روش پورتر، کونه گورگ.

استناد: رسول حسنی قارنائی، منیژه قهرودی تالی، خدیجه علی نوری (۱۴۰۲). بررسی تغییرات دمایی، رطوبتی و شواهد یخچالی در پلئیستوسن پایانی، پژوهشهای دانش زمین: ۱۴(۳)، (۱۶۴-۱۴۹)، DOI: 10.48308/ESRJ.2023.103878

* نویسنده مسئول: E-mail: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

بررسی ژئومورفولوژی یخچال‌ها و تغییرات شرایط اقلیمی گذشته آنها از مباحث عمده قلمروهای کوهستانی می‌باشد. مناطق مرزی ایران و عراق که در امتداد رشته‌کوه ماکو بانه قرار دارد، شواهد زیادی از آثار یخچالی را دارند؛ اما با توجه به موقعیت مرزی و امنیتی و دشواری رفت‌وآمد، از دید محققان دور بوده است. افرادی مانند رایت[۱] و بوبک[۲] که در آن‌سوی مرز در عراق و ترکیه مناطق یخچالی را تا نزدیک مرزهای ایران بررسی کرده‌اند، از سمت ایرانی این رشته‌کوه چیزی ننوشته‌اند. در گزارش پدرامی و محمودی نیز فقط اشاراتی کلی بیان شده است. در منطقه مورد مطالعه شواهد یخچالی گسترش زیادی دارند. در جنوب غربی پیرانشهر، ارتفاعات قندیل مطالعه شده و آثار شکل‌زایی یخچال به خوبی حفظ شده‌اند. یخرفت‌های پایانی تا پایین‌تر از ارتفاع ۱۸۰۰ متری جابه‌جا شده‌اند (Ghahrodi Tali et al, 2016). در این پژوهش تلاش شده است تا زوایای پنهان عملکرد یخچال در این مناطق بررسی شود. از حدود سال ۱۸۲۴ به بعد با مطالعات شارپانتیه[۳] و آگاسیس[۴] بر روی سنگ‌های سرگردان و یخرفت‌ها در دره‌های آلپ تا امروز که استفاده از امکانات آزمایشگاهی، تصاویر ماهواره‌ای و ... امکان مدل‌سازی رایانه‌ای میسر شده است، زوایای زیادی از عملکرد یخچال‌ها در قاره‌های مختلف روشن شده است. نقش فرسایشی آن‌ها در هیمالیا، آلپ، آلاسکا و ... پیش روی ماست. مطالعه یخچال مهم است؛ زیرا: الف) دید تاریخی ما را نسبت به عملکرد آن‌ها بهتر می‌کند. ب) یخچال‌ها با مخاطرات طبیعی مانند رانش، سیل و ... ارتباط دارند. ج) نهشته‌های تراکمی آن‌ها محل زندگی و فعالیت‌های اقتصادی بخش بزرگی از جمعیت جهان است؛ بنابراین شناخت و مطالعه تاریخچه عملکرد یخچال‌ها برای زندگی در این محیط‌ها اهمیت زیادی دارد. شوایتزر آثار یخچالی را در آذربایجان (سبلان) مطالعه کرده و در مطالعات خود چهار تراس در حاشیه دریاچه ارومیه شناسایی کرد و بر این اساس معتقد به شرایط آب و هوایی مرطوب‌تری در حوضه دریاچه ارومیه بود (شوایتزر، ۱۹۷۲). هاگه‌درن یخرفت‌های سیرکی را در دو ارتفاع ۱۸۰۰ و ۲۸۰۰ متری در شیرکوه یزد بررسی کرده و آثار گسترش یخچال را در دو دوره یخچالی نشان می‌دهد (Hagedorn et al, 1975). همچنین آثار دو دوره یخبندان در کوه جوپار توسط کوهله دیده شده که آن‌ها را به دوره ریس و وورم نسبت داده است (Kuhle, 1976). ابعاد و ویژگی‌های فیزیکی یخچال میاهوارا[۵]، یخچال الودوروک[۶]، در دامنه شمالی کوه‌های الودوروک (۴۱۳۵ متر) یا جیلو[۷] و یخچال گوروک[۸]، در دامنه شمالی کوه دالامپر[۹] (۳۷۹۴ متر) در ترکیه و در نزدیکی مرز با ایران توسط تصاویر ماهواره لندست ۵ (Mss) شناسایی شدند (Kurter, 1986). مقایسه عکس‌های گرفته‌شده از یخچال دامنه شمالی زردکوه توسط دزیو[۱۰] و مک‌گیلان[۱۱] در سال ۱۹۶۳ نشان داد که یخچال زردکوه ۲۰ متر از ارتفاع ۱۰۰ متری‌اش را از دست داده و عقب‌نشینی کرده است (Ferrigno, 1986). یان بروکس با توجه به مطالعات وسیع در غرب ایران معتقد است که در طی پلئیستوسن فوقانی و هولوسن زیرین بخش‌های کوهستانی شمال و غرب ایران تحت‌تأثیر رودخانه‌هایی بوده‌اند که بیشتر از زمان حاضر از آب‌های ناشی از ذوب برف‌های یخچالی تغذیه می‌شدند (بروکس، ۱۳۷۷). بررسی رسوبات دریاچه وسکی[۱۲] در کوه‌های آکلن[۱۳] در جنوب غربی آلاسکا در دوره هولوسن سردشدگی و گسترش یخچال را در حدود ۹۱۰۰، ۷۴۰۰، ۳۱۰۰ و حدود ۷۰۰ سال پیش، نشان داد؛ اما مهم‌ترین و جوان‌ترین گروه یخرفت‌ها بین ۶۵۰-۲۰۰ سال قبل یعنی در عصر کوچک یخچالی شکل گرفته است (Levy et al, 2004). براساس داده‌های زمانی در شمال تبت حداقل ۴ دوره برش منطقه‌ای تشخیص داده شد. مورفولوژی و سن‌سنجی یخچالی پلئیستوسن براساس لومینسانس نوری در آخرین سیکل یخچالی در کوه‌های کانتابرین در شمال اسپانیا نشان‌دهنده سه فاز گسترش یخچال در ۷۸-۶۵ هزار سال قبل از میلاد (مطابق با Miss4) که در ۴۵-۴۰ هزار سال قبل از ماسیف ناپدید شده است. پیشروی مجدد یخچال در دو مرحله، یکی در ۲۷ تا ۲۵ هزار سال و دیگری در ۲۱ تا ۱۸ هزار سال قبل رخ‌داده است و پس از آن یخچال از کوه‌های اسون[۱۴] ناپدید شده است (Frochoso et al, 2013). در غرب ایران از مدار ۳۵ درجه به بالا تمام ارتفاعات بالای ۱۸۰۰ متر در کردستان و آذربایجان غربی تا شمال اشنویه در قلمرو فرسایش یخچالی قرار داشته‌اند (محمودی، ۱۳۶۷). پدرامی به یخچال‌های کوچک آبخورده، کوپر و بیکوس اشاره‌کرده و معتقد است یخچال بیکوس یخرفت‌های دیرین را تا ارتفاع ۱۳۵۰ متری تخلیه کرده است (پدرامی، ۱۹۸۲). پورتر در مطالعه یخچال‌های

کوهستانی عرض‌های پایین، از پنج روش برای بازسازی ارتفاع خط تعادل استفاده کرده است. پورتر معتقد است از آنجا که این روش‌ها از نظر شیوه با یکدیگر تفاوت دارند؛ بنابراین نتایج حاصل از این روش‌ها با یکدیگر قابل‌مقایسه نیستند (Porter, 2001). پژوهشگران داخلی هم از این روش استفاده کرده‌اند (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ سیف و همکاران، ۱۳۹۴؛ شریفی و همکاران، ۱۳۹۴؛ جعفری و حضرتی، ۱۳۹۹). از جمله در تحقیق جدیدی از بازسازی اقلیمی براساس روش برف مرز پورتر (کف سیرک) استفاده شده است. نتایج بیانگر کاهش دما ۶/۸ درجه سانتیگراد و افزایش ۲۶ میلیمتری بارش نسبت به زمان حال می‌باشد (سید جباری دوشانلو، ۱۴۰۲). بازسازی سطوح دیرینه دریاچه ارومیه با مطالعه پادگانه‌های دریاچه‌ای نشان می-دهد، بالاترین سطح پیشروی دیرینه آب دریاچه در سواحل جنوبی آن و بیشترین مساحت دریاچه ۱۳۹۰۰ کیلومتر مربع بوده است که نسبت به سطح آبگیری در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع بیشتر است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین در منطقه دالامپر و بزسینا در جنوب غربی ارومیه سیرک‌های بزرگ و تیپک از عصرهای یخبندان در کواترنر پایانی وجود دارد و تمام دامنه‌ها تا نزدیکی دشت مرگور توسط یخرفت‌ها پوشیده شده است. بازتاب این فرسایش یخچالی در تراس‌های سه‌گانه رودخانه باراندوز و شاخه‌های آن حاکی از گستردگی مؤثر یخچال است (قهرودی و حسنی، ۱۳۹۴؛ قهرودی و حسنی، ۱۳۹۵). بررسی خط تعادل دما بارش در منطقه زاگرس نشان داد که ارتفاع این خط در زاگرس ۴۴۰۰ تا ۴۵۰۰ متر از سطح دریا و همچنین ارتفاع خط تعادل یخچالی دما – بارش - باد در محدوده ارتفاعات زردکوه و اشترانکوه حدود ۳۸۵۰ متر است. با توجه با ارتفاع خط تعادل یخچالی دما - بارش در حال حاضر شرایط تشکیل توده‌های یخچالی در منطقه مطالعاتی فراهم نبوده و یخچال‌های کوچک دامنه‌های شمالی زردکوه، دنا و اشترانکوه نتیجه فعالیت‌های بادرفتی و تراکم برف است (ابراهیمی و سیف، ۱۳۹۵). استفاده از روش‌های مختلف تعیین سن کمک زیادی به شناسایی فازهای تغییرات اقلیمی گذشته کرده است. بررسی تغییرات محیط دیرینه با استفاده از گوانو خفاش و رسوبات غار کوله تاریکه در دیواندره کردستان با استفاده از آزمایش‌های ژئوشیمی و تعیین سن توسط کربن ۱۴ نشان داد در ۳۰۸ تا ۱۹۱ سال قبل یعنی در عصر کوچک یخچالی هوا سرد شده است و تعداد خفاش‌ها کاهش‌یافته است (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۶). عزیزی و داودی (۱۳۹۸) تغییرات اقلیمی ایران را در هولوسن با بررسی مغزه‌ای از عمیق‌ترین بخش دریاچه پریشان تحلیل کرده و دریافتند در همه دوره‌های گرم شاخص رطوبتی تعداد گرده‌های درختی به غیر درختی نسبت به دوره‌های سرد بیشتر بوده است. به نظر می‌رسد در همه دوره‌های گرم نسبت به دوره‌های سرد مرطوب‌تر بوده است. جعفری و حضرتی (۱۳۹۸) مرز سیستم شکل‌زای یخچالی کواترنری را در حوضه‌های آبریز شمال غربی ایران بررسی کرده‌اند. در شمال غربی سیرک‌ها از ارتفاع ۱۸۰۰ متری امکان شکل‌گیری داشته‌اند. آن‌ها متوسط برف‌مرز منطقه شمال غرب را ۲۵۸۶ متر و متوسط برف‌مرز حوضه دریاچه ارومیه را ۲۶۲۱ متر برآورد کردند. در پژوهشی شرایط اقلیمی کواترنر و محدوده یخچال‌ها در شیرکوه یزد بررسی و بازسازی شد. خط برف‌مرز در شیرکوه ۲۴۹۱ متر محاسبه شده و حداکثر پیشروی مورن‌ها در دامنه غربی تا ارتفاع ۱۹۸۰ متری و در دامنه جنوبی ۲۲۱۸ متری ثبت شده است (گورابی و همکاران، ۱۳۹۸). سلطانیان و سیف (۱۴۰۰) از روش رگرسیونی برای تعیین ارتفاع خط تعادل دما- بارش اقلیمی کنونی در ارتفاعات مرزی ایران مرکزی استفاده کرده‌اند و ارتفاع خط تعادل را ۵۰۷۰ متر برآورد کرده‌اند. ارتفاع حساس به یخبندان هم به‌طور متوسط ۳۲۱۱ متر محاسبه شده است. در زردکوه یخچال‌های پیشین، همانند سایر یخچال‌های حاره‌ای فراتر از سیرک‌ها، برای یخچال‌های دره‌ای شکل با خط تعادلی[15] که پایین‌تر از ارتفاع کف سیرک قرار دارد، گسترش یافته‌اند (۵۵۰ متر در زرد کوه) (سیف، ۲۰۱۵). هدف این پژوهش بررسی شواهد یخچالی در اقلیم گذشته دره کونه گورگ در شمال غربی پیرانشهر با استفاده از مشاهدات میدانی و کارهای آزمایشگاهی و بازسازی دما و بارش است. همچنین شناسایی توالی تراس های جدید و قدیم این منطقه و مقایسه و مطابقت آن‌ها با تراس‌های رودخانه زیوکه شاخه اصلی رودخانه زاب کوچک نیز از اهداف این پژوهش است.

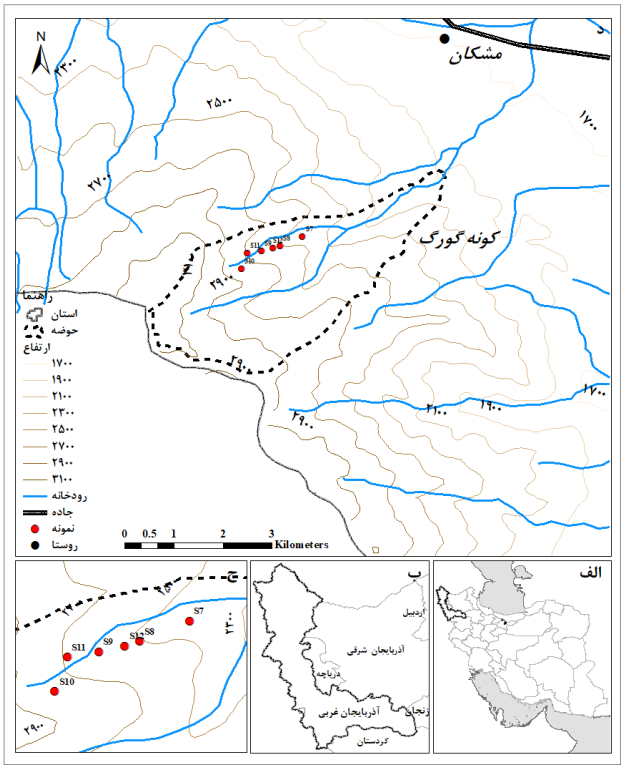
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی و در شمال غربی شهرستان پیرانشهر عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰

دقیقه و ۵ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه و طول جغرافیایی آن ۴۴ درجه و ۵۰ دقیقه و ۲۴ ثانیه تا ۴۵ درجه و ۸ دقیقه و ۱۱ ثانیه واقع شده است. از نظر تقسیمات کشوری منطقه مورد مطالعه در جنوب استان آذربایجان غربی و در شمال غربی شهرستان پیرانشهر و در مجاورت مرز عراق قرار می گیرد (شکل ۱).

مواد و روش‌ها

منابع داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل، نقشه های توپوگرافی، تصاویر لندست ۸، داده‌های اقلیمی مشاهدات میدانی و نمونه‌برداری بوده است. محدوده مورد مطالعه و داده‌های ارتفاعی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و طی بازدیدهای مکرر با GPS اندازه‌گیری و استخراج شده است. ۳ مرحله کلی عملیات میدانی صورت گرفت. مرحله اول بازدید میدانی شامل: شناسایی و ثبت موقعیت لندفرم‌ها، حدود گسترش یخرفت‌ها، شناسایی شواهد یخچالی مانند سیرک‌ها و دره‌های یخچالی، مورن‌ها و حدود گسترش آن‌ها و در حاشیه دره‌ها مشخص و عکس برداری شده است. مرحله دوم، برداشت نمونه‌های رسوب از دره کونه گورگ و عکس‌برداری از آن‌ها صورت گرفته است. مرحله سوم، برداشت نمونه‌های سنگ، تکمیل اطلاعات میدانی و شواهد فعالیت یخچال‌ها در کواترنر بوده است. جدول ۱ توضیحات مربوط به نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱: الف: کشور ایران، ب: استان آذربایجان غربی، ج: موقعیت نمونه‌ها، د: موقعیت منطقه مطالعاتی

جدول ۱: تاریخ‌های مشاهدات میدانی و نمونه‌برداری در منطقه مطالعاتی

ردیف	تاریخ نمونه‌برداری	هدف مشاهده
۱	۱۴۰۰/۴/۲ -۱۴۰۰/۴/۳	شناسایی لند فرم‌ها، حدود گسترش یخرفت‌ها، ثبت موقعیت‌ها در دره کونه گورگ
۲	۱۴۰۰/۵/۵ - ۱۴۰۰/۵/۶	برداشت نمونه‌های رسوب و بازدید از دره کونه گورگ
۳	۱۴۰۰/۷/۲۳	برداشت نمونه‌های سنگ، تکمیل کاستی‌های بازدیدهای قبلی
۴	۱۴۰۱/۵/۲	بررسی تراس‌ها و برش‌های یخچالی

مراحل کار به ترتیب زیر انجام شده است.

- نمونه‌های رسوب از ۶ نقطه در سیرک‌ها و دره یخچالی کونه گورگ، برداشت گردید. ۴ نمونه برای آزمایش دانه بندی و ۲ نمونه نیز برای آزمایش XRD مورد استفاده قرار گرفته است. برای دانه‌بندی از ۱۶ الک از ۲ و ۱/۲ اینچ (۶۳ میکرون) تا الک ۱۴۰۰ مش استفاده شده است. ۱۰ الک

برای دانه‌بندی به روش خشک و ۶ الک ریزتر به روش تر استفاده شد. تمامی مراحل در آزمایشگاه زمین ریزکاوان تهران به عمل آمد. ویژگی نمونه‌ها در جدول ۲ آمده است. موقعیت نمونه‌ها در شکل ۲ مشخص شده است.

- آزمایش XRD برای شناسایی نوع کانی‌های رسی بر روی ۲ نمونه از کونه گورگ انجام گرفته است. در این آزمایش از یک نمونه عمقی (۴۰ سانتی‌متر) و یک نمونه سطحی استفاده شده است. نمونه‌ها پس از برداشت، به آزمایشگاه منتقل شده‌اند و در حد کمتر از ۷۵ میکرون، ۲۰ گرم پودر شده است. پودر آماده شده به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی مرکز تبریز فرستاده شد. آماده‌سازی نمونه‌ها جهت آنالیز پراش اشعه ایکس از طریق چهار تیمار؛ اشباع با پتاسیم، اشباع پتاسیم پس از حرارت ۵۵۰ درجه، اشباع منیزیم و اشباع منیزیم پس از تیمار اتیلن گلیکول انجام گرفته است. موقعیت و ارتفاع نمونه‌ها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: موقعیت، ارتفاع و نوع آزمایش نمونه‌ها در منطقه کونه گورگ

ردیف	نمونه	نوع آزمایش	ارتفاع(m)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	S7	دانه سنجی	۲۴۰۱	۴۵° ۲' ۲۱/۹۱"	۳۶° ۴۵' ۵۸/۵۶"
۲	S8	دانه سنجی	۲۴۹۰	۴۵° ۲' ۷/۰۸"	۳۶° ۴۵' ۵۲/۴۶"
۳	S9	دانه سنجی	۲۵۶۸	۴۵° ۱' ۵۴/۷۵"	۳۶° ۴۵' ۴۹/۴۰"
۴	S10	دانه سنجی	۲۷۴۸	۴۵° ۱' ۴۱/۵۰"	۳۶° ۴۵' ۳۷/۴۳"
۵	S11	XRD	۲۶۶۰	۴۵° ۱' ۴۵/۳۷"	۳۶° ۴۵' ۴۷/۷۶"
۶	S12	XRD	۲۵۲۰	۴۵° ۲' ۲/۵۷"	۳۶° ۴۵' ۵۱/۰۷"

- برای تعیین برف مرز از روش پورتر استفاده شد (Porter, 2001). پس از شناسایی سیرک و ارتفاع آن‌ها و همچنین سایر داده‌ها، برف‌مرز گذشته منطقه مطالعاتی تعیین شد. در این روش، منطقه کوهستانی از کف پایین‌ترین سیرک تا کف مرتفع‌ترین سیرک به طبقات ارتفاعی مساوی تقسیم شده است. طبقه‌ای که بیشترین سیرک‌ها در آن واقع شده‌اند به‌عنوان طبقه نمادار مشخص شد و برای به دست آوردن برف‌مرز از رابطه ۱ استفاده شد.

رابطه ۱)

$$\mathrm{Mo} = L + \left(\frac{d1}{d1 + d2}\right) * h$$

که در آن:

L: حد پایین طبقه نمادار

d1: تفاضل فراوانی طبقه نمادار از طبقه ماقبل طبقه نمادار

d2: تفاضل فراوانی طبقه نمادار از طبقه مابعد طبقه نمادار

h: اختلاف ارتفاع طبقات ارتفاعی

- برای دقت بیشتر از روش بیش‌ترین ارتفاع یخرفت‌های جانبی هم برای تعیین برف‌مرز استفاده شده است. به صورت نظری یخرفت‌ها باید پایین‌تر از خط تعادل قرار بگیرند؛ زیرا در این ارتفاع نسبت برداشت بیش‌تر از نسبت انباشت است. این ویژگی روش مطمئنی برای محاسبه کمترین ارتفاع خط تعادل با ترکیب نمودن داده‌های ژئومتریک برای یخچال های گذشته را فراهم می‌کند (Porter, 2001). این روش زمانی کاربرد دارد که یخرفت‌های جانبی به خوبی حفظ شده باشند. با توجه به وضوح یخرفت‌های کناری، طی بازدیدهای میدانی در چهار مرحله از منطقه مطالعاتی محل بر جای گذاری یخرفت‌ها تعیین شد و برف‌مرز با این روش مشخص شده است. شکل ۲ موقعیت برفمرز را نشان می‌دهد.

- جهت تحلیل شرایط اقلیمی منطقه از آمار جمع‌آوری شده ۶ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استفاده شده است (جدول ۳). با استفاده از اطلاعات اقلیمی منطقه شرایط حرارتی و برودتی مشخص شد. با مطالعه سیرک‌های منطقه، به روش ارتفاع کف سیرک پورتر خط برف دائمی در کواترنر مشخص شد. براساس شرایط دمایی منطقه در حال حاضر با استفاده از رابطه ۲، شرایط دمایی گذشته منطقه با توجه به مرز برف دائمی که خط دمای صفر درجه سالانه درگذشته محسوب می‌شود و همچنین تغییر ارتفاع در منطقه هم‌دمای گذشته محاسبه شد. این کار با توجه به ۱۳۰۱۱۹ گره برداشت شده ارتفاعی و هم‌دمای حال منطقه ترسیم گردید.

رابطه ۲)

$$T = -0.0052H + 19.782$$

شرایط رطوبتی منطقه مطالعاتی با استفاده از آمار ایستگاه های هواشناسی و رابطه ۳ بررسی شده است. نقشه هم‌بارش

منطقه کونه گورگ حاصل انتقال این رابطه به مختصات ارتفاعی انجام شده است.

استخراج رطوبت گذشته براساس دمای گذشته منطقه مطالعاتی انجام گرفت. با درون یابی گره‌های برداشت شده و مرتب ساختن آن‌ها آنومالی‌های حرارتی و برودتی منطقه نیز تحلیل گردیده است.

رابطه ۳)

$$P = 0.2143H-205.62$$

جدول ۳: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مطالعاتی

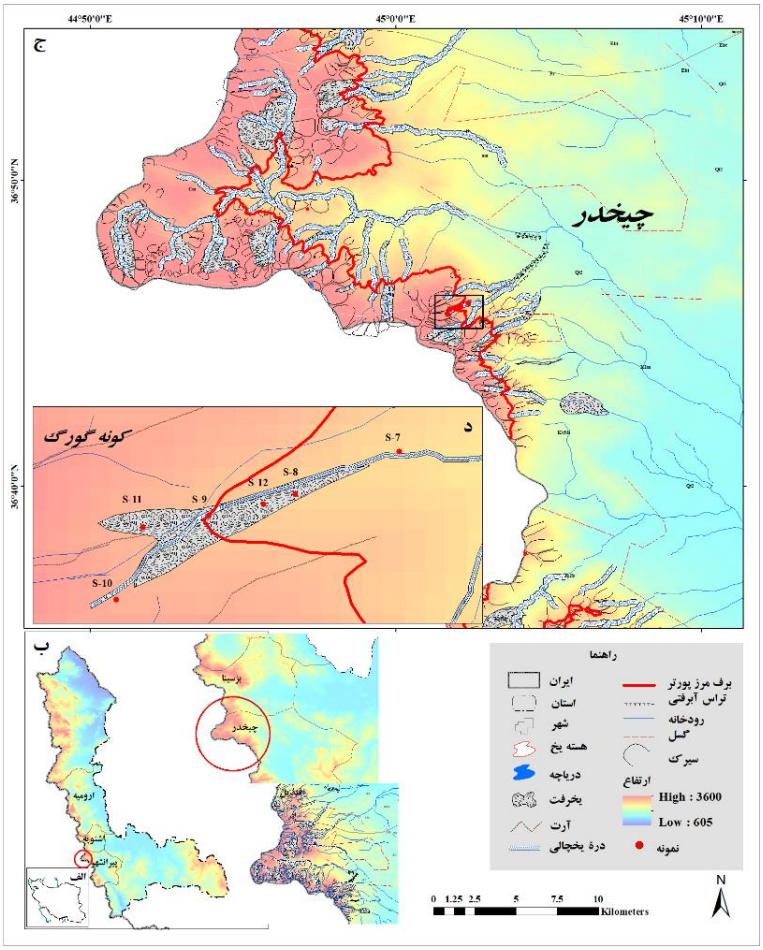
ردیف	ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع (m)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین دما(C°)	میانگین بارش (mm)
۱	اشنویه	سینوپتیک	۱۴۱۴	۴۵ ° ۰۷'	۳۷ ° ۰۳'	۱۲/۳	۵۰۵
۲	دربکه	تبخیرسنجی	۱۴۳۰	۴۵ ° ۱۰'	۳۶ ° ۴۴'	۱۲/۲	۵۲۶
۳	زنگ آباد	تبخیرسنجی	۱۴۰۰	۴۵ ° ۰۷'	۳۶ ° ۴۵'	۱۲/۶	۵۰۲
۴	سیلوه	تبخیرسنجی	۱۵۳۸	۴۵ ° ۰۷'	۳۶ ° ۴۷'	۱۲	۵۳۲
۵	گلاز	تبخیرسنجی	۱۴۸۰	۴۵ ° ۰۲'	۳۷ ° ۰۷'	۱۲/۱	۵۱۵
۶	هاشم‌آباد بیبکران	تبخیرسنجی	۱۵۷۰	۴۴ ° ۵۴'	۳۷ ° ۱۷'	۱۱/۴	۵۴۶

- برای تعیین برف مرز به روش کف سیرک پورتر، تعداد ۱۷۰ سیرک در قلمرو یخچال‌ها شناسایی شد که مشخصات آن در جدول ۴ آمده است. در مورد تعداد سیرک‌های منطقه مطالعاتی، این تعداد سیرک مربوط به منطقه کوهستانی چیخدر می‌باشد که در محدوده شهرستان پیرانشهر و در مرز ایران و عراق و در جنوب غربی استان آذربایجان غربی واقع شده است. همان‌طور که در نقشه منطقه مطالعاتی هم دیده می‌شود منطقه نسبتا وسیعی می‌باشد. سیرک‌ها روی نقشه ژئومورفولوژیکی منطقه (شکل ۲) مشخص شده‌اند. با توجه به سیرک‌های منطقه و روش‌های مختلف برای تعیین افت محیطی دما و برف مرز، روش پورتر انتخاب شد. روش کف سیرک پورتر برای تعیین ELA مناسب‌تر است؛ زیرا هنگامی‌که یخچال سیرک را پر می‌کند، ELA دائمی آن معمولاً خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک نیست؛ بنابراین در چنین مواقعی، محاسبه ارتفاع کف سیرک روش مناسبی برای تعیین خط تعادل‌های گذشته است. با پایان یافتن دوره سرد پلئیستوسن، برف‌مرز از سطح سیرک بالاتر می‌رود و در نتیجه، یخچال‌های سیرکی نیز از بین می‌روند. براساس این روش برف مرز منطقه مورد مطالعه ۲۵۶۳/۶ متر برآورد شد (شکل ۲).

جدول ۴: ارتفاع، تعداد و درصد فراوانی سیرک‌های در منطقه کونه گورگ

ردیف	طبقات ارتفاعی (m)	تعداد سیرک	درصد فراوانی
۱	۲۰۰۰ - ۲۱۰۰	۲	۱/۱
۲	۲۱۰۰ - ۲۲۰۰	۵	۲/۹
۳	۲۲۰۰ - ۲۳۰۰	۶	۳/۵
۴	۲۳۰۰ - ۲۴۰۰	۶	۳/۵
۵	۲۴۰۰ - ۲۵۰۰	۹	۵/۳
۶	۲۵۰۰ - ۲۶۰۰	۳۰	۱۷/۶
۷	۲۶۰۰ - ۲۷۰۰	۱۷	۱۰
۸	۲۷۰۰ - ۲۸۰۰	۱۹	۱۱/۱
۹	۲۸۰۰ - ۲۹۰۰	۲۵	۱۴/۷
۱۰	۲۹۰۰ - ۳۰۰۰	۱۸	۱۰/۵
۱۱	۳۰۰۰ - ۳۱۰۰	۱۵	۸/۸
۱۲	۳۱۰۰ - ۳۲۰۰	۹	۵/۳
۱۳	۳۲۰۰ - ۳۳۰۰	۸	۴/۷
۱۴	۳۳۰۰ - ۳۴۰۰	۱	۰/۵
		۱۷۰	۱۰۰

برای تعیین برف‌مرز به روش روش یخرفت‌های جانبی، با توجه به وضوح یخرفت‌های کناری، طی بازدیدهای مکرر از منطقه مطالعاتی محل بر جای گذاری اولین یخرفت‌ها در بالادست دره کونه گورگ، ارتفاع ۲۵۷۱ متری تعیین گردید که با روش ارتفاع کف سیرک پورتر (۲۵۶۳/۶ متر) اختلاف چندانی ندارد. استفاده از این روش مستلزم بازدیدهای میدانی و مشاهده مستقیم است. در منطقه مورد مطالعه یخرفت‌های جانبی در دره یخچالی کونه گورگ به خوبی حفظ شده‌اند که امکان شناسایی و تعیین برف مرز وجود داشت.



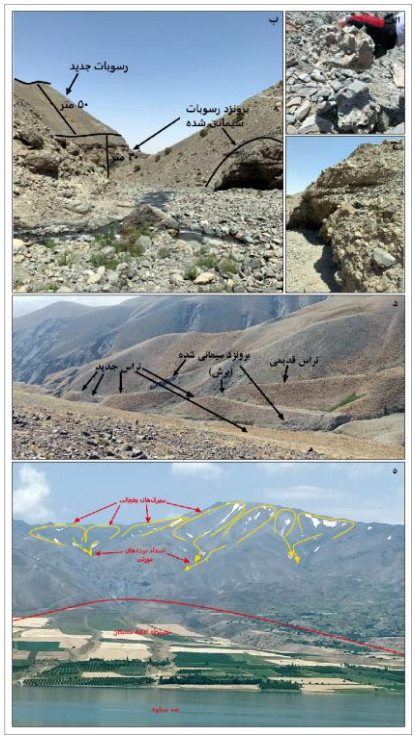
شکل ۲: نقشه ژئومورفولوژی یخچال‌های چیخدر و منطقه مورد مطالعه

بحث و نتایج

شواهد میدانی از آثار یخچالی نشان داد که در منطقه مطالعاتی لایه‌ها و برون‌زدهایی از سنگ برش(سنگی رسوبی متشکل از به هم چسبیدن ذرات درشت و زاویه‌دار بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) در حواشی دره‌های یخچالی به صورت تراس وجود دارد که معمولاً توسط رسوبات یخرفتی جدید (فاقد سیمان‌شدگی یا سیمان شدگی ضعیف) پوشانده شده است (Panizza and Goudie, 2003). حمل توسط یخچال از سیرک و حواشی دره در اثر فرایند یخبندان سبب حفظ زوایای ذرات شده و با نیروی عظیم یخ در حواشی دره پایدار شده است. با نفوذ ذرات ریز مانند سیلیس، کلسیت و رس در فضای بین ذرات بسته شده و تبدیل به یک لایه سنگی شده است. نه‌تنها در منطقه مطالعاتی بلکه در بیشتر دره-های یخچالی مناطق اطراف مانند قندیل، حاجی ابراهیم و بوزسینا مشاهده شده است که این لایه‌های برشی نشانه‌ای از یخرفت‌های قدیمی هستند (شکل ۳ الف). همچنین یخرفت‌های کناری تا ارتفاع ۲۲۷۲ متر کشیده شده‌اند. سطح یخرفت‌های کناری با کف دره اختلاف ارتفاعی حدود ۱۲ متر دارد. یخرفت‌ها به شکل تراس‌های جدید که مربوط به دوره وورم هستند در هر دو طرف دره و در ارتفاع پایین تر و تراس‌های قدیمی در ارتفاع بالاتر (۲۶۰۶ متر) قرار دارند و با کف دره ۶۰ تا ۸۰ متر اختلاف ارتفاع دارند.

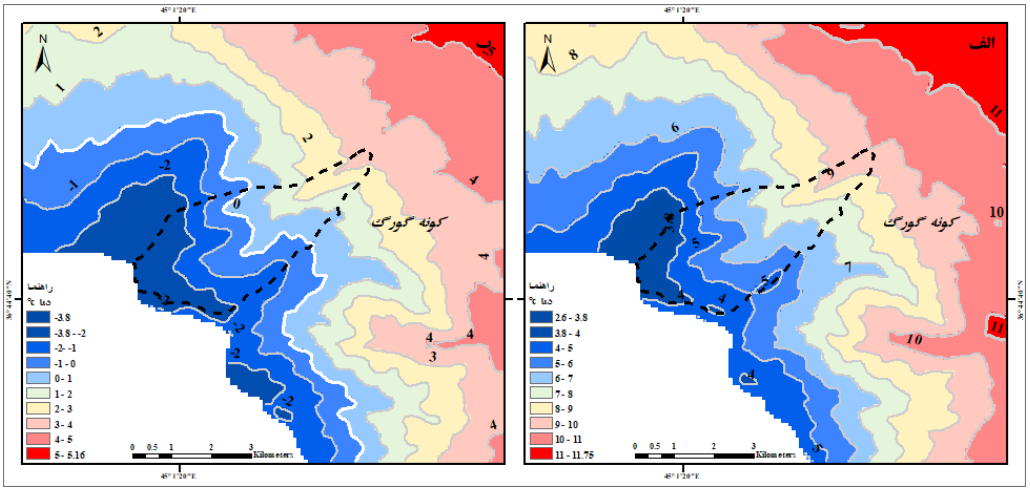
یخرفت پادگانه‌های[۱۶] (پادگانه یا تراس عارضه ژئومورفولوژیکی تخت و مسطحی است که توسط عواملی مانند رود، دریا، یخچال طبیعی و ... ایجاد می‌شود. پادگانه‌ها بسته به عامل تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها به انواع مختلفی مانند پادگانه رودخانه‌ای، پادگانه دریایی، پادگانه یخچالی(کام)، پادگانه تراورتنی و ... تقسیم می‌شوند (معیری، ۱۳۹۰)) قدیمی سیمانی شده‌اند و در چندین جا برون‌زد پیدا کرده‌اند. پرشدگی دره در دوره وورم روی یخرفت‌های قدیمی را پوشانده است؛ اما بعدها در اثر فرسایش در برخی نقاط برون‌زد پیدا کرده‌اند. یک پادگانه میانی قدیمی با طول بیش از ۵۰۰ متر در بالادست دره و بین دو دره یخچالی در دره جنوبی مشاهده شد (شکل ۳ ب). انتقال و برجای گذاری یخرفت‌ها تا ارتفاع ۲۲۷۲ متر دیده شد. تقریباً کل دره به‌ویژه دره جنوبی تا ارتفاع ۲۴۸۸ متر پر شده است و امتداد بریده بریده آن تا ارتفاع ۲۲۷۲ متر کشیده شده است. در باریک‌ترین قسمت دره ضخامت یخرفت‌ها حدود ۶ متر و در قسمت‌های میانی به ده‌ها متر رسیده است. یخرفت‌های تخلیه شده از سیرک در ابعادی با عرض ۲۵۰ متر و طول ۱۵۰۰ متر دره یخچالی را پر کرده است که عمدتاً جوان هستند و هنوز سخت نشده‌اند. یک توده یخرفتی سیمانی شده در قسمت چپ دره یخچالی با طول ۵۷۰ متر و عرض ۱۸۰ متر دیده شد که احتمالا مربوط به عصرهای یخبندان قدیمی‌تر است. رسوبات کاملاً سخت شده و به شکل یک توده برشی بزرگ است. در دره شمالی نیز یخرفت‌های کناری به صورت بریده بریده در حاشیه دره یخچالی مشاهده شد. برون‌زد یخرفت‌های قدیمی در نتیجه زیر شویی، فرسایش آب‌های روان، بهمن و برف‌ساب و گاهی در دیواره ترموسیرک‌ها مشاهده شد (شکل ۳ ج). یک دره یخچالی در دامنه شرقی ارتفاعات کومه بران وجود دارد که از ارتفاع ۲۲۲۱ متر به بالا به دو دره منشعب شده است. یخرفت‌ها به وضوح تا این ارتفاع پیشروی داشته‌اند. از این ارتفاع به پایین جریان‌های ذوب یخ بعد از عصر یخبندان رسوبات را شستشو داده و به سمت مخروط افکنه ماشکان تخلیه کرده‌اند. از ارتفاع ۲۲۲۱ متری به بالا، دره به دو شاخه تقسیم شده است. دره شمالی تا ارتفاع ۲۷۲۰ متر و دره جنوبی تا ارتفاع ۲۶۸۶ متر امتداد داشته و حالت U شکل خود را تا اندازه‌ای حفظ کرده است. در حاشیه دره بقایای یخرفت‌های کناری به شکل پادگانه دیده شد. در دره یخچالی کونه گورگ که موازی با دره یخچالی کومه بران کشیده شده است، این پادگانه‌ها با وضوح بیشتر و در ابعاد وسیع‌تر مشاهده شد. بخشی از این پادگانه‌ها در اثر فرسایش تخریب شده و حالت غار مانند پیدا کرده است. این پادگانه‌ها در برخی موارد تا ۱۰۰ با سطح فعلی رودخانه اختلاف ارتفاع دارد. رسوبات دارای جورشدگی بسیار ضعیف هستند و زاویه دارند؛ بنابراین آبرفت محسوب نمی‌شوند. در محدوده بالادستی دره، ارتفاع کف دره ۲۵۴۲ متر است. ارتفاع پادگانه جدید و جوان وورم ۲۵۵۴ متر است که به این ترتیب با کف دره اختلاف ارتفاعی در حدود ۱۲ متر دارد. در حالی که پادگانه قدیمی در ارتفاع ۲۶۰۶ متر قرار دارد. از طرف دیگر غیر از یخرفت‌های کناری در یخرفت-های میانی و در ارتفاع بالای ۲۷۰۰ متر از سطح دریا هم لایه برشی مشاهده شد. رسوبات سیمانی شده این پادگانه-های قدیمی در امتداد دره قرار دارند و نحوه قرارگیری دانه-ها در نمونه‌های کشیده، جهت آن‌ها را در امتداد دره نشان می‌دهد؛ بنابراین نمی‌تواند مربوط به رانش‌های احتمالی زمین باشد. به نظر می‌رسد در اوج گسترش یخچال، دره با یخرفت‌ها پر شده است؛ سپس با پایان عصر یخبندان آب ذوب یخ مسیر خود را باز کرده است. با وقوع عصر یخبندان بعدی دوباره دره دچار پرشدگی شده و یخرفت‌های قدیمی و سیمانی شده مدفون شده‌اند. با ادامه روند فرسایش توسط آب جاری، بعد از عصر یخبندان دوباره دره عمیق شده و بخشی از یخرفت‌های سیمانی شده عصر یخبندان قبلی در حاشیه دره برون‌زد پیدا کرده‌اند (شکل ۳ د). در بالادست دره اصلی کونه گورگ دو سیرک اصلی و چندین سیرک کوچک وجود دارد. از ویژگی‌های اصلی سیرک‌های کونه گورگ، برخلاف سیرک‌های نواحی اطراف، حالت وانی شکل و کشیده آن‌هاست. در دره شمالی از ارتفاع ۲۷۲۰ متر تا ارتفاع ۲۹۰۰ متر به طول ۶۰۰ تا ۷۰۰ متر امتداد دارند؛ سپس به یک دیواره سنگی (با لایه‌ای از یخرفت‌های بسیار درشت‌دانه بر روی دیواره) به ارتفاع ۸۰ تا ۱۰۰ متر قرار دارد. در بالای این دیواره‌ها چند سیرک کوچک دیگر در ارتفاع ۳۰۰۰ متری مشاهده شد. وجود این سیرک های کوچک در بالادست سیرک‌های اصلی از ویژگی‌های منطقه مطالعاتی است. در دره جنوبی کونه گورگ، دره یخچالی تا ارتفاع ۲۶۸۶ متر کشیده شده است. از این ارتفاع به بالا سه سیرک اصلی وجود دارد و اینجا هم مانند دره شمالی، هر

سه سیرک با یک پله ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر از برون‌زدهای سنگی و یخرفت به یک سیرک کوچک در بالادست (ارتفاع ۳۰۰۰ متر) سیرک اصلی منتهی شده است. در سایه این دیواره‌های پشت سیرک، برف تا اواخر شهریور دوام می‌آورد (شکل ۳ ه). در منطقه مورد مطالعه در محدوده یکی از شعبات اصلی رودخانه زاب کوچک قرار دارد که مربوط به حوضه آبریز خلیج فارس است. با توجه به میانگین نسبتاً بالای بارش در منطقه (۷۰۰ میلی‌متر) رودخانه‌های آن دائمی هستند. تقریباً در همه رودخانه‌ها سه پادگانه آبرفتی به راحتی قابل‌شناسایی است. هر یک از این پادگانه‌ها که پادگانه‌های اقلیمی هستند نشانگر یک دوره تغییرات آب و هوایی هستند. در مواردی پادگانه‌های تخریبی یا تغییرات در فرم ناهمواری‌ها وجود دارد که ممکن است مربوط به نوسانات قدیمی‌تر باشد که بیشتر شواهد آن‌ها دچار تغییرات فرسایشی شده است و در مواردی هم نوسانات جزئی بوده و شواهد کافی بر جای نمانده است. با وجود این در منطقه مورد مطالعه سه پادگانه آبرفتی در حاشیه رودخانه زیوکه، که شاخه اصلی رودخانه زاب کوچک است. در نزدیکی روستای ماشکان قابل شناسایی است. کم ارتفاع‌ترین پادگانه ۲ تا ۴ متر و در مواردی تا ۶ متر از سطح رودخانه قرار دارد که به نظر می‌رسد احتمالا مربوط به دوره وورم باشد. پادگانه دوم ۶۰ تا ۸۰ متر ارتفاع دارد و احتمالاً مربوط به دوره یخبندان ریس است. پادگانه سوم در ارتفاع ۱۲۰ تا ۱۳۰ متر از سطح رودخانه قرار دارد و مربوط به دوره یخبندان میندل است. آثار دیگری از پیشروی مجدد یخچال در هولوسن وجود دارد که در محدوده سیرک‌ها به‌ویژه برخی سیرک‌ها که موقعیت مناسب دارند، مشاهده شد. در داخل سیرک‌های بالادست دره جنوبی و در انتهای سیرک اصلی، یک پله رسوب یخرفتی وجود دارد که به یک سیرک دیگر در بالادست ختم شده است. به نظر می‌رسد که این سیرک جدید مربوط به هولوسن باشد و احتمالاً در عصر کوچک یخچالی شکل گرفته است. سیرک اصلی در ارتفاع ۲۷۵۷ متر و سیرک جدیدتر در ارتفاع ۲۸۶۱ متر واقع شده است. بقایای مورن‌های کناری با تراس‌های رودخانه در پایین‌دست دره‌های یخچالی مطابقت دارد و پیامد تغییرات اقلیمی و ژئومورفولوژیکی در بالادست منجر به تغییرات شکلی در پایین‌دست نیز شده است و آثار و نشانه‌های آن در قالب پادگانه های آبرفتی قابل بررسی و مطالعه است.



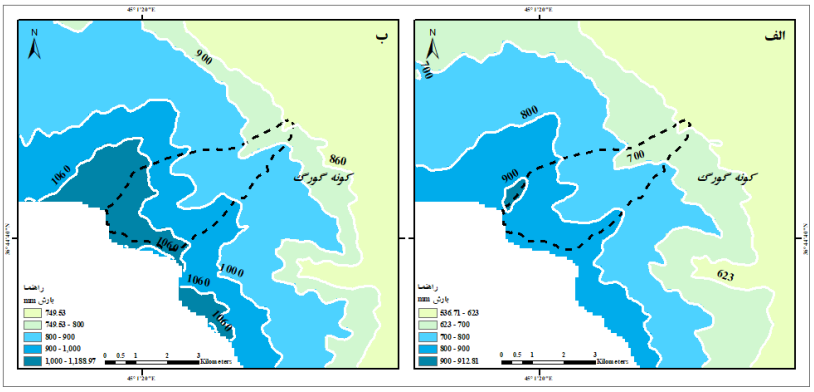
شکل ۳: لند فرم‌های یخچالی منطقه کونه گورگ، الف: برش یخچالی، ب: پادگانه یخچالی، ج: یخرفت یخچالی، د: دره یخچالی، ه: سیرک یخچالی

بررسی میانگین دمای سالانه و ارتفاع ایستگاه‌ها نشان داد که دما با ارتفاع رابطه معکوس دارد. محاسبه انجام شده براساس رابطه ۲ نشان داد که در محدوده مورد مطالعه، به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع، دما ۰/۵۲ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که میانگین دمای سالانه برابر با ۷/۷ درجه سلسیوس است. حداکثر دمای میانگین سالانه در شرق منطقه برابر ۱۱/۷ و حداقل دما در ارتفاعات غربی معادل ۳/۸ درجه سلسیوس است. شکل ۴ الف نقشه هم-دمای زمان حال منطقه را نشان می‌دهد. ارزیابی رقومی نقشه هم‌دمای متوسط سالانه در اواخر پلئیستوسن نشان داد که، در این دوره میانگین دمای سالانه منطقه برابر ۰/۶۵ درجه سلسیوس است که نسبت به زمان حال حدود ۷/۱ درجه کمتر است. کم‌ترین دمای گذشته برابر ۳/۸- و بیش-ترین دما ۵/۱ سلسیوس بوده است (شکل ۴ ب). آنومالی دمایی در منطقه کونه گورگ به‌طور میانگین ۶/۴۵ درجه سلسیوس مشخص شد، که کم‌ترین تفاوت مربوط به نواحی کم ارتفاع دشت لاجان است. به سمت ارتفاعات غربی میزان آنومالی کمی افزایش یافته است.



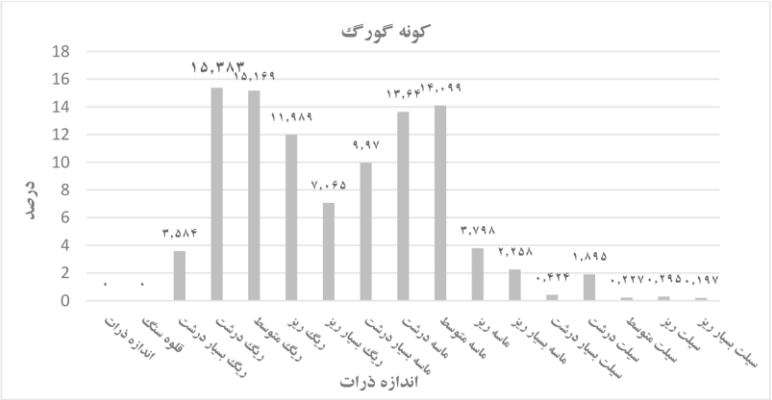
شکل ۴: الف: هم‌دمای متوسط سالانه کونه گورگ در زمان حال، ب: هم‌دمای متوسط سالانه کونه گورگ در پلئیستوسن پایانی

وضعیت رطوبتی زمان حال و پلئیستوسن پایانی براساس رابطه بین ارتفاع و بارش سالانه در محدوده مطالعاتی تهیه شده است. معادله خط رگرسیونی با ضریب همبستگی معنی‌دار به دست آمده است (رابطه ۳). بر این اساس بارش در منطقه تابع تغییرات ارتفاعی بوده و با آن رابطه مستقیم دارد. به ازای ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، بارش حدود ۲۱/۴ میلی‌متر افزایش می‌یابد. نقشه هم‌بارش منطقه مطالعاتی نشان‌دهنده این است که بیشترین بارش مربوط به قله بارزین است و سالانه ۹۱۲/۸ میلی‌متر بارش (عمدتاً برف) دریافت می‌کند. ارتفاعات کومه بران، سپی‌ریز، قوچی قلان و کانی خدا در غرب منطقه نیز، بارش قابل‌توجهی دریافت می‌کنند. از ارتفاعات غربی به سمت دشت لاجان در شرق، از مقدار بارش کاسته می‌شود؛ به‌طوری که در دشت لاجان میزان بارش سالانه حدود ۵۳۶/۷ میلی‌متر است. میانگین بارش در زمان حال در منطقه حدود ۷۲۴/۷ میلی‌متر محاسبه شد (شکل ۵ الف). ارزیابی‌های رقومی از طریق میان‌یابی نقشه هم بارش گذشته (پلئیستوسن پایانی) بیانگر آن است که منطقه مورد مطالعه به‌طور متوسط ۹۶۹/۲ میلی‌متر بارش دریافت می‌کرده است. بیش‌ترین بارش با ۱۱۸۸/۹ در ارتفاعات غربی و کم‌ترین مقدار آن با ۷۴۹/۵ میلی‌متر مربوط به بخش شرقی بوده است. شکل ۵ ب نشان می‌دهد که در اواخر پلئیستوسن و هم‌زمان با عصرهای یخبندان، مانند زمان حال بارش در غرب بیشتر بوده است و به سمت شرق کاهش پیدا می‌کرده است. مقدار بارش در خط هم‌دمای صفر درجه سانتی‌گراد (خط برف مرز دائمی) حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر برآورد شد. آنومالی رطوبتی از ارتفاعات غربی به سمت مناطق هموار شرقی (دشت لاجان) مقداری افزایش نشان داد. آنومالی رطوبتی در ارتفاعات غربی (بارزین- ۳۴۸۳ متر) که قله اصلی بارش در زمان حال و گذشته است، حدود ۲۲۱/۴ میلی‌متر و در منطقه شرقی(حوالی رود زاب کوچک) که کمترین بارش را دارد، حدود ۲۴۶/۲ میلی‌متر مشاهده شد.



شکل ۵: الف: هم‌بارش متوسط سالانه کونه گورگ در زمان حال، ب: هم‌بارش متوسط سالانه کونه گورگ در پلئیستوسن پایانی

نتایج آزمایش دانه‌بندی چهار نمونه رسوب برداشت شده از منطقه مطالعاتی، نشان داد که بیشتر دانه‌ها را مواد درشت‌دانه (گراول) تشکیل می‌دهد (شکل ۶). گراول درشت ۱۵/۳۸ و گراول متوسط ۱۵/۱۶ درصد دانه‌ها را تشکیل می‌دهند و همچنین جورشدگی دانه‌ها بسیار ضعیف است (۲/ ۷ ϕ).



شکل ۶: اندازه و درصد نمونه‌های دانه‌بندی شده در دره کونه گورگ

نتایج آزمایش XRD نشان داد که در نمونه سطحی بیشترین مقدار را کانی‌های کلریت و الیت دارند؛ اما در نمونه عمقی کانی کائولن فراوانی بیشتری دارد. فراوانی بیشتر کانی‌های کلریت و الیت در نمونه سطحی کونه گورگ و مقدار بسیارکم آن در نمونه رسوب قدیمی و عمقی از همین محل بیانگر این است که این کانی‌ها حاصل متلاشی شدن فیزیکی سنگ‌های آذرین فوق بازی و سرپانتین موجود در منطقه مطالعاتی است؛ زیرا کلریت و الیت نمی‌تواند در پی فرایندهای هوازدگی شیمیایی دما پایین و در سطح زمین تشکیل شود، بلکه حاصل فرایندهای گرمابی یا زمین‌شناختی دمای بالا در درون زمین است؛ بنابراین فراوانی کم کانی‌های کلریت و الیت در نمونه عمقی و سطحی و فراوانی بیشتر کانی کائولینیت در عمق نشان داد که این کانی به احتمال زیاد متأثر از رژیم آب و هوایی دیرینه در منطقه و در اثر فرایندهای شیمیایی در اثر تجزیه کانی‌های اولیه تشکیل شده است. کانی کلریت و الیت به تدریج در نتیجه تعادل با شرایط دیرینه محیطی و همچنین فرایندهای دیاژنتیکی ضمن دفن رسوب تجزیه شده‌اند و به همین دلیل برخلاف نمونه سطحی، فراوانی آن‌ها در نمونه رسوب عمقی و قدیمی‌تر بسیار کم است. همچنین، وجود کائولینیت در نمونه سطحی و عمقی می‌تواند نتیجه تجزیه سایر کانی‌های رسی قدیمی‌تر باشد (آدابی، ۱۳۹۰).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی تغییرات دمایی، رطوبتی و شواهد یخچالی در پلئیستوسن پایانی در دره کونه گورگ پرداخته شده است. نتایج مطالعات نشان داد بیشتر سیرک‌های منطقه در جهت شمال و شمال شرقی قرار گرفته‌اند. از نظر ارتفاع نیز، بالاترین سیرک یخچالی شناسایی شده در جهت شمال شرقی با ارتفاع ۳۴۰۰ متر و پایین‌ترین سیرک در

جهت شرق با ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا قرارگرفته است. بررسی شواهد ژئومورفولوژی یخچالی و مورفوسکپی یخرفت‌ها در دره کونه گورگ نشان داد که حداقل سه دوره پیشروی یخچالی در منطقه اتفاق افتاده است. در دره کونه گورگ در شمال غربی پیرانشهر تراس‌هایی از مورن‌های کناری یخچال برجای مانده که به روشنی آثار قدیمی‌تر یخرفت‌های یخچالی را که احتمالاً در دوره یخبندان ریس گسترش داشته‌اند، پوشانده است؛ اما با گذشت زمان و فرسایش کناره‌های دره رودخانه آثار تراس‌های قدیمی متشکل از یخرفت های سیمانی شده به صورت برش ظاهر شده است. درواقع نوعی پرشدگی دره درگذشته رخداده اما با جریان‌های شدید ذوب یخ بعد از عصر یخبندان رودخانه مسیر را باز کرده و کناره‌ها را شستشو داده است. با وقوع یخبندان وورم دوباره دره پرشده و یخرفت‌ها توسط رسوبات جدید مدفون شده‌اند؛ اما طی هولوسن فرسایش کناری باعث برون‌زد بخشی از یخرفت‌های قدیمی شده است. تراس در یک رنج ارتفاعی با ۱۰ تا ۱۲ متر نسبت به سطح رودخانه برون‌زد پیدا کرده است. یخرفت‌های تخلیه شده از سیرک در ابعادی با عرض ۲۵۰ متر و طول ۱۵۰۰ متر دره یخچالی را پر کرده است که عمدتاً جوان هستند و هنوز سخت نشده‌اند. یک توده مورنی سیمانی شده در قسمت چپ دره یخچالی با طول ۵۷۰ متر و عرض ۱۸۰ متر دیده شد که مربوط به عصرهای یخبندان قدیمی‌تر است. از ویژگی‌های اصلی سیرک‌های کونه گورگ، برخلاف سیرک‌های نواحی اطراف، حالت وانی شکل و کشیده آن‌هاست. برون‌زد یخرفت‌های سیمانی شده در زیر یخرفت های جدید و سست بیانگر این است که فعالیت یخچال طی چند مرحله در این دره انجام‌گرفته است. دره یخچالی شکلی مواج و پله مانند دارد که توسط جریان‌های بعد یخچالی دستکاری شده است. کونه گورگ دارای سه پادگانه مشخص است که هرکدام از آن‌ها به یک مرحله از مراحل پیشروی یخچال در کواترنر پایانی مربوط است، حتی آثاری از گسترش محدود در دوره‌ی هولوسن هم مشاهده شد. در انتهای سیرک‌های اصلی، یک دیواره سنگی با ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر وجود دارد که بر روی آن توده‌ای از یخرفت‌های درشت‌دانه مشاهده شد. در پشت این یخرفت‌ها سیرک‌های کوچکی وجود دارند که در بالادست بیشتر دره‌های یخچالی در ارتفاع ۲۹۰۰ تا ۳۰۰۰ متر قابل مشاهده است. نتایج آزمایش دانه‌بندی نشان می‌دهد که بیشتر نمونه‌ها گراول(ریگ) در اندازه‌های مختلف می‌باشد. مواد درشت دانه سهم بالایی از حجم کل نمونه را تشکیل می‌دهند که با توجه به موقعیت مکان برداشت، نشان دهنده تأثیر هوازدگی فیزیکی و متلاشی شده در اثر یخبندان می‌باشد. نمونه‌ها دارای جورشدگی بسیار بد هستند (< ۳) که نشان دهنده جابه‌جایی کم و عدم تفکیک دانه‌ها است. این شرایط با محیط یخچالی تناسب دارد. آزمایش XRD روی نمونه-های سطحی و عمقی نیز به عمل آمد. رسها از کانی‌های بسیار با ارزش برای تحلیل دیرینه اقلیم در منطقه هستند. در نمونه‌های برداشت شده کانی کلریت و الیت در سطح، فراوانی بیشتری را نشان می‌دهند؛ اما در نمونه عمقی مقدار آنها بسیار کم است. کلریت و الیت در شرایط دمای بالا و یا حاصل فرایندهای گرمایی و زمین شناختی دمای بالا تشکیل می‌شوند. فراوانی آنها در نمونه سطحی نشان دهنده هوازدگی شدید فیزیکی در منطقه می‌باشد، چون شرایط عصرهای یخبندان در کواترنری پایانی و حتی شرایط فعلی منطقه با شرایط شکل‌گیری آنها مطابقت ندارد. داده‌های میدانی ما از یخرفت‌های کناری در حواشی دره کومه بران حاکی از انباشت عظیم یخرفت‌های سیمانی شده است که توسط حجم بزرگی از یخرفت‌های سیمانی نشده و سست پوشانده شده اند. این تصویر نشان‌دهنده مطابقت داده‌های آزمایشگاهی و شواهد میدانی می‌باشد. به طور کلی شواهد و آثار یخچالی مربوط به اقلیم دیرینه در منطقه مطالعاتی نشان‌دهنده این است که منطقه مورد مطالعه در اواخر پلئیستوسن و حتی در هولوسن تحت‌تأثیر عملکرد یخچال بوده است. دامنه‌های کوهستانی و به‌ویژه حواشی دره‌ها با حجم عظیمی از یخرفت‌ها پوشیده شده است. بازدیدهای متعدد میدانی وجود توالی دوره‌های یخچالی را به وضوح آشکار کرد. بقایای پادگانه‌ها و توده‌های یخرفتی در ارتفاعات پایین‌تر از سیرک های یخچالی سه مقطع برشی تغییر شیب را نشان می‌دهد که در برخی دامنه‌ها به صورت توده‌های یخرفتی سیمان شده در میان انبوهی از یخرفت-های جدید، برونزد دارد. این شرایط با پادگانه‌های آبرفتی(آب ذوب یخچالی) شاخه اصلی رودخانه زاب کوچک در نزدیکی روستای ماشکان مطابقت دارد. این پادگانه‌ها با یافته‌های پژوهش جداری عیوضی در مورد رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه که همگی دارای ۳ تا ۴ پادگانه آبرفتی

هستند انطباق دارد (عیوضی، ۱۳۷۴). آزمایش دانه‌بندی و XRD از نمونه‌های رسوب یخچالی جورشدگی ضعیف، زاویه‌دار بودن و حجم برتر اندازه‌های گراولی، که گویای هوازدگی فیزیکی شدید است را تأیید کرد. قراردادن این داده‌ها در کنار بازسازی دما و بارش گویای تغییرات افزایش بارش و کاهشی دما گذشته نسبت به زمان حال است. نتایج یافته‌های این پژوهش با مطالعات بنیادی پدرامی (پدرامی، ۱۹۸۲) در مورد سیرک‌های یخچالی و خط برف در اطراف منطقه مطالعاتی و همچنین بررسی‌های رایت در مورد سیرک‌های کوچک یخچالی و ارتفاع پادگانه‌های دره برکیم در منطقه هلگورد درکردستان عراق مطابقت دارد (قهرودی و حسنی، ۱۳۹۵). همچنین خط برف محاسبه شده در این تحقیق با یافته‌های پژوهش قهرودی و حسنی (۱۳۹۵) در منطقه دالامپر و بوزسینا اختلاف اندکی دارد. پایین بودن خط برف نسبت به کوه‌های مرتفع‌تر با عرض بالاتر مانند سبلان (۳۷۴۹,۵ متر) احتمالاً به دلیل بارش بیشتر برف می‌باشد. یافته های تحقیق سید جباری دوشانلو (۱۴۰۲) نشان می‌دهد میزان بارش در دامنه شمالی سبلان در آخرین دوره یخچالی ۲۶ میلیمتر بیشتر از امروز بوده است. در این پژوهش نیز از روش برف مرز پورتر(ارتفاع کف سیرک) برای بازسازی اقلیمی استفاده شده است. بررسی دقیق‌تر تغییرات اقلیمی عصرهای یخبندان و حتی نوسانات هولوسن نیاز به سن‌سنجی یخرفت‌ها دارد. همان‌طور که یان بروکس (۱۹۸۲) اشاره کرده است، پژوهش‌های کمی در مورد پسروی و پیشروی یخچالی بعد از وورم ۳ در ایران صورت گرفته است. یان بروکس به نقل از بوبک به چندین مرحله پیشروی و پسروی یخچال پس از وورم ۳ در تخت سلیمان اشاره می کند که حداکثر کاهش حد برفی ۸۰۰ متر مربوط به وورم ۳ و کاهش ۱۰۰ و ۵۰ متر مربوط به عصر کوچک یخچالی بوده است. به نظر بروکس اگر شیب سطوح مربوط به حد برفی گذشته و حال مشخص شوند، می‌توان دریافت که میزان ریزش برف در گذشته بیشتر بوده یا زمان کنونی (بروکس، ۱۹۸۲). آنالیز دانه‌بندی با آثار به جا مانده از عملکرد یخچال همخوانی داشته و آن را تأیید می کند مواد درشت‌دانه، درهم، زاویه‌دار و با جورشدگی ضعیف از ویژگی‌های رسوب یخچالی است. در آنالیز XRD داده‌ها غلبه کانی کلریت و الیت در نمونه سطحی و فقدان آن در نمونه عمقی نشان‌دهنده تخریب فیزیکی سنگ‌های آذرین فوق بازی و سرپانتین منطقه است؛ زیرا کلریت و الیت نمی‌توانند در پی فرایندهای هوازدگی شیمیایی دماپایین و در سطح زمین تشکیل شود، بلکه حاصل فرایندهای گرمابی یا زمین‌شناختی دمابالا در درون زمین است. تجزیه تحلیل دما نشان داد اختلاف دمای متوسط سالانه نقاط در کواترنر و زمان حال ۷/۱ درجه بوده است. این اختلاف دمای متوسط سالیانه بین ارتفاعات و دشت‌های اطراف منطقه تفاوت‌های گسترده‌ای را از لحاظ تنوع آب و هوایی و هم به جهت لندفرم‌های یخچالی در پلئیستوسن پایانی و هم فعالیت‌های فلوویال در زمان حال به وجود آورده است. در عصر یخبندان متوسط دما در بلندترین قله-های منطقه به ۳/۸- درجه سانتی گراد می‌رسیده است که براساس ماندگاری یخ، می توانسته بسیاری از مظاهر مورفیک ساینده‌گی یخ و از جمله سیرک‌های یخچالی را ایجاد کند. همچنین ارزیابی‌های رقومی نقشه‌ی هم‌بارش گذشته نشان داد که همانند زمان فعلی بیشترین مقدار بارش مربوط به ارتفاعات غربی بوده و به سمت شرق، از میزان بارش کاسته شده است. با این تفاوت که بارش در پلئیستوسن تقریباً ۲۴۴/۵ میلی‌متر بیشتر از بارش کنونی بوده است. مقدار بارش گذشته در خط هم‌دمای صفر درجه سانتی‌گراد (خط برف دائمی) ۱۰۰۰ میلی‌متر محاسبه شد. میانگین دمای گذشته ۰/۶۵ درجه سانتی‌گراد و بارش ۹۳۷/۷ میلی‌متر بوده است. این شرایط دمایی و بارش برای شکل‌گیری یخچال‌ها مناسب بوده است. برف مرز گذشته در ارتفاع ۲۵۶۳/۶ متر نشان داد که بالاتر از این ارتفاع با توجه به بارش و از طرفی پایین بودن تبخیر امکان انباشت برف در منطقه انباشت (بالاتر از خط تعادل) و تبدیل آن به یخچال فراهم بوده است. در حال حاضر سیستم شکل‌زایی یخچالی در منطقه کونه گورگ وجود ندارد و بلندترین قله-های منطقه پایین‌تر از ارتفاع برف‌مرز قرار دارند؛ اما سیستم مجاور یخچالی در ارتفاعات تا خروج از کوهستان در همه‌جا حاکم است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

پانوشت

1-Wright, H.E.,
2-Bobek, H.,
3-Jean De Charpentier
4-Jean Louis Rodolph Agassiz
5-Miahavara
6-Uludoruk
7-Cilo
8-Geverok
9-Dolampar
10-Desio
11-Mcgealan
12-Waskey Lake
13-Ahklun
14-Ason
15-ELA
16-Terrace

منابع (References)

-Adabi, M.H., 1390. Sedimentary Geochemistry: Arian Zemin Publications (in Persian).

-Ahmadi, M., Lashkari, H., Azadi, M. and Qasim, K., 2014. Revealing climate changes using extreme precipitation indices in Greater Khorasan: Earth Sciences Research, v. 6 (3(23)), p. 34-52 (in Persian).

-Ala'i Taleghani, M., 2008. Geomorphology of Iran: Qoms Publishing (in Persian).

-Broks, I., 1377. Climate Geomorphology of Iran, translated by. Khurshid Dost, A.M: Development of Geography Education, v. 47 (in Persian).

-Esfandiari-Darabad, F., Maqsoodi, M. and Rahimi, O., 2016. reconstruction of paleoenvironmental changes using guanokhafash and Kole Tarikeh cave sediments, Divan-Dare, Kurdistan, from mid to late Holocene, Iran Quaternary Quarterly, v. 3(2), p. 131-153 (in Persian).

-Ebrahimi, B. and Saif, A., 2015. Equilibrium Line Height (TP-ELA and TPW-ELA) in Zagros Highlands: Earth Sciences Research, v. 7(28), p. 96-118 (in Persian).

-Ferrigno, J.G., 1986. Glaciers of the Middle East and Africa-glaciers of Turkey, U.S. Geological Survey Professional Part 1386-G-2.

-Frochoso, M., Raquel, G.P. and Fernando, A., 2013. Pleistocene glacial morphology and timing of last glacial cycle in cantabrian mountains (Northern Spain): New chronological data the Ason area, Central European: Journal of Geosciences, v. 5, p. 12-27.

-Ghahrodi Tali, M. and Hassani Gharanaie, R., 2015. Glacial Evidences in Northwest of Iran and the Pleistocene Period in Kurdistan: Shahid Beheshti University Jahad-e- daneshgahi, 65 p (in Persian).

-Ghahrudi-Tali, M. and Hassani-Gharnai, R., 2014. Glacial Evidences in the Mountainous Areas of the Border of Iran, Turkey and Iraq (Buz-e-sina and Dalamper Mountains): Iran Quaternary Quarterly, v. 1(4), p. 237-223 (in Persian).

-Ghahrodi Tali, M., Naeimi, A. and Hassani Gharnaie, R., 2016. Glacial landform in border mountainous areas between Iran and Iraq: Asian Journal of Earth Sciences, Issn 1819-1886. Doi:10.3923/ajes.2016.16.26.

-Gourabi, A., Ehdaie, A. and Shabani-Araqi, A., 2018. Reconstructing the Quaternary climatic conditions and investigating the glacial range in Shirkuh, Yazd: Quantitative Geomorphology Research, v. 18(1), p. 89-104 (in Persian).

-Hagedorn, H., Haars, W., Busche, D. and Forster, H., 1975. INQUA Congress, 1982 Iran. GEO1, Survay of Iran, Tehran, Summary Presented atKuh-i Jupar, Gottinger Geogr, Arb., Gottingen, 67 p.

-Jedari Aiwazi, J., 1374. Geomorphology of Iran: Payam Noor Publications (in Persian).

-Jafari, G.H. and Hazrati, N., 2018. Quaternary glacial morphogenic system boundary in northwest Iran watersheds: Hydrogeomorphology, v. 5(18), p. 79-96 (in Persian).

-Jafari, G.H. and Hazrati, N., 2019. Analysis of snow estimation methods of the permanent border of Quaternary glaciers in Iran: Geography and Environmental Hazards, v. 9(1), p. 239-262 (in Persian).

-Kurter, A., 1986. Glaciers of the Middle East and Africa-glaciers of Turkey, U.S. Geological Survey Professional Part 1386-G-1.

-Kuhle, M., 1976. Beitrage zur Quartarmorphologie SE-ira-nischer Hochgebirge, Die quartare Vergletscherung Kuh-i Jupar, Gottinger Geogr, Arb., Gottingen, 67 p.

-Levy, L.B., Kaufman, D. and Werner, A., 2004. Holocene glacier fluctuation, Waskey Lake, northeasthern Ahklun Mountains, southwestern Alaska: The Holocene, p. 185-

193.
-Mahmoudi, F., 1367. The evolution of Iran's ruggedness in the Quaternary: Geographical Researches, v. 23 (in Persian).
-Moayeri, M., 2011. Dictionary of Geomorphology, Isfahan University Publications (in Persian).
-Panizza, M. and Goudie, A., 2003. Encyclopedia of Geomorphology, Routledge, London.
-Pedrami, M., 1982. Plistocene glaciation and Paleoclimate of Iran:
GEO1, survey of Iran, Thehran, summary of presented at INQUA congress.
-Porter, S.C., 2001. Snowline depression in the tropics during the last glaciation: Quaternary Science Review, v. 20.
-Saif, A., Sarvati, M.R. and Rahdan Monfared, M., 2014. Snow reconstruction of the end Quaternary boundaries in the Rig site: Geographical Research Quarterly, v. 30(1(116)) (in Persian).
-Schweizer, G., 1972. Klimatich bedigte geomorphologi sche und glaziologische zugeder Hoch region Vorferasiatischer Gebirge (Iran und Ostanatolien): Wiesbaden, v. 4, p. 221-236.
-Seif, A., 2015. Equilibrum-line altitudes of late quaternary glaciers in the Oshtorankuh mountain, Iran: Quaternary International, v. 374, p. 126-143.
-Soltanian, M. and Saif, A., 1400. Estimation of the height of the equilibrium line of the current ice using Lee's method and regression in the highlands of central Iran: Quantitative Geomorphology Researches, v. 10(2), p. 197-214 (in Persian).
-Sharifi, M. and Farahbakhsh, Z., 2014. Investigating thermal and humidity anomalies between the present and the Pleistocene and reconstructing climatic conditions using geomorphic evidence (case study: Khizrabad Basin, Yazd): Natural Geography Research, v. 47(4), p. 605-583 (in Persian).
-Shamsipour, A.A., Bagheri Seyed Shokri, S., Jafari Aghdam, M. and Salimi Manesh, J., 2014. Snow reconstruction of the boundaries of the last glacial period with the evidence of glacial periods in northwestern Zagros, case study: Kalajah anticline: Geography and Development, v. 39 (in Persian).
-Seif, A., 2015. Equilibrum-line altitudes of late quaternary glaciers in the Oshtorankuh mountain, Iran: Quaternary International, v. 374, p. 126-143 (in Persian).
-Seyyed Jabbari Dushanlu, S., Madadi, A. and Asghari Saraskanroud, S., 1402. Renovation of the snowline of the last Quaternary period based on geomorphological and climatic evidence (case study: the northern slope of Sablan): Quantitative Geomorphology Research, v. 11(4), p. 1-19 (in Persian).
-Yamani, M., Moghimi, E., Lak, R., Jafar Baghlou, M. and Salehipour Milani, A., 2014. reconstruction of ancient levels of Lake Urmia in the Quaternary with the study of lake fortifications: Natural Geography Research, v. 47(1), p. 1-19 (in Persian).
-Yamani, M., Shamsipour, A.A. and Jafari Aghdam, M., 2018. Pleistocene snow reconstruction in Jajrud Basin: Natural Geography Research, v. 43(76), p. 35-50 (in Persian).