



محمد شریفی پیچون^۱

بررسی منشاء کوه‌ریگ‌های حاشیه دغ ارنان-جنوب یزد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۶

چکیده

کوه‌ریگ یکی از انواع تپه‌های ماسه‌ای است که بر روی دامنه برخی کوه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک قابل مشاهده است. این رسوبات اغلب توسط باد حمل و پس از برخورد با موائع توپوگرافی محلی بر جای گذاشته می‌شوند. برخلاف تپه‌های ماسه‌ای بیابانی که تنها توسط فرآیند بادی به وجود می‌آیند، فرآیندهای آبی و دامنه‌ای نیز در شکل‌گیری و تحول کوه‌ریگ‌ها نقش دارند. هدف این پژوهش بررسی منشاء کوه‌ریگ‌های واقع در دامنه کوه‌های تنگ‌حوضکی و تنگ‌چnar در حاشیه دغ ارنان است. برای انجام این پژوهش از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، نقشه رقومی ارتفاعی و مشاهدات میدانی استفاده شده است. در بازدید میدانی چند نمونه رسوب برداشت و مطالعات دانه‌سنگی، کانی‌شناسی و مورفو‌سکوپی روی آنها انجام شد. یافته‌ها نشان داد که دانه‌های رسوبات کوه‌ریگ از ماسه‌های درشت‌دانه و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها منطبق بر مونзоگرانیت‌های دامنه‌های شرقی شیرکوه هستند. مورفو‌سکوپی آن‌ها نشان داد که دانه‌های رسوبی زاویه‌دار و گرد نشده بوده و خردگی و سائیدگی سطح آن‌ها بسیار ناچیز است. نتایج نشان داد که گرانیت‌های شیرکوه در شرایط جنب‌یخچالی پلیستوسن به شدت هوازده و این مواد همراه زبانه‌های یخی و یا جریان آب رودخانه تنگ‌چnar به سمت سطح اساس، دریاچه ارنان انتقال پیدا کرده و در ساحل رودخانه و دریاچه تهنشست پیدا کرده و توسط بادهای جنوب و جنوب‌غربی دوره گذشته بر روی کوه‌های تنگ‌حوضکی و تنگ‌چnar پاشیده شده و از دامنه کوه‌ها بالا رفته‌اند. در برخی موارد آن‌ها از قله عبور و در دامنه بادپناه پایین آمده‌اند.

کلید واژه‌ها: کوه‌ریگ، دغ ارنان، مناطق خشک، شیرکوه، فرآیند بادی.

مقدمه

کوهريگ^۱ يكى از انواع تپه‌های ماسه‌ای است که بر روی دامنه برخی کوههای مناطق خشک و نيمه‌خشک قابل مشاهده است. در واقع، بادهای حاوی رسوبات ماسه پس از برخورد با کوههای نسبتاً بلند اين مناطق رسوبات خود را بر جای می‌گذارند (Bertram, 2003: 15; Bateman et al, 2012: 93). در صورت ارتفاع کم کوهها و يا شدت بادها، رسوبات تا بالاي کوه انتقال و بر روی دامنه بادپناه به شکل نزولي پايان مي‌آيند (Thomas et al., 1997: 155; Sharifi Paichoon, 2020: 1). بخلاف تپه‌های ماسه‌ای بیابانی که تنها توسط فرآيند بادی به وجود مي‌آيند، فرآيندهای آبي و دامنه‌ای نيز در شکل‌گيری و تحول کوهريگ‌ها نقش دارند. بر اين اساس، در داخل لايدهای رسوبی بادی، لايدهای رسوبی آبرفتی و کوه ریختی نيز وجود دارد؛ بنابراین، اين لندرفormها از نظر ساختار، فرآيندهای به وجود آورنده، ژنز و برآيش بسيار پيچيده‌تر از تپه‌های ماسه‌ای بیابانی هستند. بعلاوه، به دليل پراكندگي کم اين تپه‌ها نسبت به ساير انواع تپه‌های ماسه‌ای بیابانی و ساحلی، مطالعات بسيار کمتری در سطح جهان در مورد آن‌ها انجام گرفته است و هنوز در مورد منشأ، شرایط و محیط شکل‌گيری آن‌ها اختلاف‌نظر وجود دارد. همچنین در برخی مناطق اين عارضه‌ها زير رسوبات آواری دامنه‌ها مدفون شده و قابل مشاهده نيسند (Barking and Schuet, 2011; Shaifi Paichoon & Tajbakhsh, 2018: 21) مرکزی و در استان‌های يزد و بهصورت محدودتری کرمان شکل گرفته است (Mehrshahi, 2011: 159; Sharifi Paichoon & Dehghan, 2016: 2). کوهريگ، يكى از پيچيده‌ترین لندرفormهای موجود بر سطح زمين از نظر شرایط تشکيل و برآيش است (Livingstone& Warren, 1996; Sharifi Paichoon et al., 2018: 118). که در دوره‌های گذشته زمين با شرایط محيطی و آب‌وهوايی متفاوت ايجاد شده‌اند. از اين‌رو، اطلاعات بسيار غني از شرایط زيستمحيطي گذشته را در خود نهفته دارند. بهويژه آن‌كه اين عارضه‌ها امروز در مناطق خشک و نيمه خشکي قرار گرفته‌اند که از لحاظ زيستمحيطي در زمرة مناطق بسيار فقير قرار دارند (Tchakerian & Pease, 2003: 20; Rowell et al., 2017: 150). در مورد ساختار، رسوبات، منشأ، فرآيندهای به وجود آورنده و شرایط و محیط شکل‌گيری کوهريگ‌ها مطالعات پراكندۀای در نقاط مختلف جهان انجام گرفته است. به‌نظر مى‌رسد اصطلاح کوهريگ اولين بار توسط Tchakerian در سال ۱۹۸۹ برای يك سري عارضه بیابانی در بیابان موهاو^۲ در كاليفرنیا مورد استفاده قرار گرفت. با اين وجود، به نظر مى‌رسد اولين پژوهش منتشر شده در زمينه کوهريگ‌ها متعلق به Zimbelman, 1995 به سال ۱۹۹۵ باشد که در مورد کوهريگ‌های همان منطقه انجام شده است. نتایج آن‌ها نشان داد که کوهريگ در مناطقی شکل می‌گيرد که موانيع مانند دامنه تپه‌ها و کوهها در مسیر حرکت ماسه‌های بادی قرار بگيرد. Livingstone & Warren (1996) در مطالعاتی که در اين زمينه انجام دادند به اين مهم دست یافتند که کوهريگ‌ها از جمله لندرفormهای پيچيده‌ای بوده که ممکن است در اثر صعود یا نزول ماسه‌ها و دانه‌های رسوبی از دامنه کوهها به وجود بیابند. از نظر آن‌ها نيز کوهريگ‌ها تركيبی از ماسه‌های بادی، نهشت‌های تالوس، جريان‌های

2- Sand ramp

3- Mojave

تخریبی و نهشته‌های آبرفتی و کوهرفتی‌اند. Lancaster & Tchakerian (1996) با مطالعه کوهريگ‌های موهاو در کالیفرنیا اظهار داشتند که کوهريگ تجمعی از نهشته‌های بادرفتی، آبرفتی و تالوس‌ها است که در نتیجه بر همکنش Tchakerian & Pease (2003) در بررسی ژئوشیمیایی رسوبات کوهريگ‌های جنوب شرق همان منطقه بیان داشتند که توپوگرافی این عارضه- فرآیند بادی و فرآیندهای دامنه‌ای در نواحی بیابانی در مجاورت ناهمواری‌ها شکل می‌گیرند. Bertram (2003) مشاهده نمود که کوهريگ‌ها در دو مقطع زمانی متفاوت ایجاد شده‌اند. در داخل رسوب‌های مقطع زمانی قدیمی‌تر بازالت‌ها به شکل فراوان وجود دارند که در نسل جدید آن‌ها این نوع کانی بسیار کمتر است. از نظر او، مشخص‌ترین ویژگی رسوبی کوهريگ‌ها شکل‌گیری آن‌ها توسط رسوب‌گذاری بادها و آبستنگی دامنه‌هاست. Mahan et al (2007) نشان دادند تشکیل کوهريگ‌های بیابان موهاو به دوره‌های سرد یخچالی برمی‌گردد؛ اما این عارضه‌ها در طول هولوسن هم بسته به جهت و میزان ماسه‌های بادآورده امکان تراکم پیدا کرده‌اند. Bateman et al (2012) در بررسی شکل‌گیری کوهريگ-ها در بیابان موهاو به این نتیجه رسیدند که کوهريگ‌ها با سرعت بالایی تشکیل می‌شوند؛ بهویژه جایی که منابع ماسه کافی در اختیار بوده و بستر مناسب برای رسوب‌گذاری وجود داشته باشد. Telfer et al (2012) به مطالعه کوهريگ-های پارک ملی گلدن گیت^۴ در افریقای جنوبی پرداختند و مشاهده نمودند که انباست رسوب‌ها به شکل کوهريگ پس از آخرین دوره یخچالی و دوره حاکمیت جنوب یخچالی در منطقه در بازه زمانی ۱۶ تا ۴۵ هزار سال پیش اتفاق افتاده است. Kumar et al (2016) در بررسی کوهريگ‌های منطقه لداخ^۵ در هندوستان مشاهده نمودند که این لندرفم‌ها در اثر ترکیبی از فعالیت‌های بادی، فرسایش دامنه‌ها و فعالیت‌های رسوب‌های جریانی-دریاچه‌ای به وجود آمده است. Rowell et al (2017) در مطالعه خود بر روی شکل‌گیری کوهريگ‌های جنوب نامیبیا به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های بادرفتی و کوهرفتی به طور همزمان در شکل‌گیری کوهريگ‌ها مؤثر بوده‌اند. آن‌ها زمینه شکل‌گیری کوهريگ‌ها را در چهار دسته شامل وجود رسوب‌های کافی برای حمل و نقل بادی، وجود فضای مناسب برای نهشته‌گذاری، وجود بادهای غالب و مداوم با انرژی کافی برای انتقال ماسه و وجود آب و هوای خشک و نیمه- خشک با نوسانات فصلی یا فصول طولانی را برای شکل‌گیری کوهريگ‌های این منطقه مطرح نمودند. Ventra et al (2017) رسوب‌شناسی و پایداری رسوب‌ها بر روی مناطق پرشیب در سواحل آتاباما در جنوب شیلی را بررسی نمودند و به این نتیجه دست پیدا کردند که مورفولوژی و فرآیندهای دامنه‌ای دو مولفه اصلی در توسعه یا کنترل فرسایش بادی در منطقه کوهستانی هستند. از نظر آن‌ها پایداری ساختار کوهريگ در طولانی‌مدت بستگی به اقلیم و توپوگرافی دارد. املا شکل‌گیری و توسعه اولیه آن‌ها احتمالاً توسط عوامل ژئومورفولوژیکی محلی کنترل می‌شده‌اند. همچنین، Rowell et al (2018) کوهريگ‌های کلیپ کرال^۶ واقع در افریقای جنوبی را مطالعه نمودند و بیان داشتند که

4- Golden Gate

5- Ladakh

6- Klip Kraal

این عارضه‌ها بین حدود ۱۰۰ هزار تا ۱۴ هزار سال پیش و در یک بازه زمانی کوتاه شکل گرفته و یکی از مهم‌ترین آرشیو برای مطالعات جغرافیا و محیط دیرینه در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. می‌توان گفت که بسیاری از مطالعات دهه ۹۰ و حتی در دهه اول قرن بیست و یکم بر روی کرونولوژی^۷ کوه‌ریگ‌ها با استفاده از تکنیک Luminiscence^۸ مرکز بود از جمله Clarke et al (1996a) Clarke et al Rendell et al., (1994)، Clarke (1994)، Clarke And Rendell (1998)، Clarke And Rendell (1996a) (1998)، Sharifi (Mehrshahi 2000, 2002, 2011)، Sharifi Paichoon & Dehghan (2017)، Sharifi Paichoon & Tajbakhsh (2018)، Sharifi Paichoon (2020) محدود می‌شود. مهرشاهی در اولین پژوهش خود در این زمینه به مطالعه تشکیل، تحول و تعیین سن کوه‌ریگ‌های اردکان پرداخت (Mehrshahi et al., 2000: 102). نتایج حاصل از بررسی‌های او نشان داد که شرایط در زمان حداکثر آخرین دوره یخچالی جهت حمل و تراکم ماسه بادی در این منطقه مناسب‌تر از حال حاضر بوده است. چرا که در حال حاضر ماسه زیادی برای تغذیه آن وجود ندارد. همچنین، آن‌ها در نتیجه مطالعه خود اظهار داشتند که جهت بادها در زمان شکل‌گیری این تپه‌ها با جهت بادهای کنونی متفاوت بوده است. از نظر آن‌ها، افت دما سبب افزایش هوازدگی فیزیکی شده و این امر واریزه‌ها را بیش‌تر نموده است. نوع رسوب‌ها نیز دال بر سلطه آب و هوایی سرد، خشک و احتمالاً طوفانی تر از امروز در محل است. همچنین، ایشان در سال (۱۳۷۹)، به مطالعه کوه‌ریگ‌شناسی در استان یزد در سه منطقه کوه‌ریگ‌های معدن حوض سفید (اردکان یزد)؛ کوه‌ریگ‌های بغداد آباد (مهریز) و کوه‌ریگ‌های شیرکوه پرداخت. Mehrshahi & Khosrowyani (2010) در مطالعه کوه‌ریگ‌های دامنه باختری تپه‌های بغداد آباد مهریز، به دنبال منشاء‌ای ماسه‌های کوه‌ریگ‌های منطقه مذکور بوده و برای دستیابی به این هدف از ترکیب داده‌ها و روش‌های ژئومورفولوژی، کانی‌شناسی، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده نموده‌اند. Sharifi Paichoon & Dehghan (2016) به بررسی فرآیندهای موثر بر شکل‌گیری و توسعه کوه‌ریگ‌های محدوده تنگ چnar در جنوب مهریز در استان یزد پرداختند و اظهار داشتند که فرآیندهای دامنه‌ای، کوه‌ریختی، فلورویالی، بادی و بادی-آبی مهم‌ترین فرآیندهای موثر در تشکیل و توسعه کوه‌ریگ‌ها در این منطقه بوده است. همچنین، Sharifi Paichoon et al., (2018) چگونگی تشکیل و توسعه کوه‌ریگ‌های دشت ابراهیم‌آباد در غرب شهر مهریز را مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که شاکله اصلی کوه‌ریگ‌های دشت ابراهیم‌آباد حاصل فرآیند پایین آمدن دانه‌های ماسه پس از تخریب به شکل هوازدگی فیزیکی کنگلومرات کرمان در دوره‌های سرد گذشته تحت تاثیر نیروی ثقل می‌باشد. پس از شکل‌گیری شاکله اصلی کوه‌ریگ بر روی دامنه، بادها نیز اثرگذار بوده و دانه‌های ریزتر را از بخش دشت و از داخل رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه‌ای به داخل کوه‌ریگ‌ها منتقل نموده و پس از برخورد با دامنه کوه رسوب پیدا کرده است. همچنین، Sharifi Paichoon & Tajbakhsh

7- Choronology

8- Luminiscence

Sharifi Paichoon (2018) و (2020) کوه ریگ‌های شرقی کوه شیرکوه در جنوب یزد را مطالعه نمودند. بر اساس تحقیقات آن‌ها شرایط اقلیمی جنوب یخچالی و سنگ‌های گرانیتی مهم‌ترین عامل در شکل‌گیری این عارضه بوده است. هدف این پژوهش، بررسی منشأ ماسه‌های کوههای حاشیه دغ ارنان بر روی دامنه کوههای تنگ‌حوضکی و تنگ‌چنار است. جایی که بر روی دامنه این کوههای تنگ‌چنار در جهات مختلف تپه‌های ماسه‌ای متعدد با حجم زیاد رسوب قرار گرفته است.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌شرق شهر یزد و جنوب شهر مهریزد در حاشیه جاده یزد-مهریز-دهشیر و بین دو روستای تنگ‌چنار و ارنان واقع شده است. این منطقه در دامنه‌های جنوب‌شرقی شیرکوه قرار گرفته و از نظر زمین ساختی و لیتو‌لوژی جزء شیرکوه محسوب می‌شود. جایی که گرانیت‌های شیرکوه بیشترین رخنمون پیدا کرده‌اند. کوههای تنگ‌چنار بر روی دامنه کوههای تنگ‌حوضکی و تنگ‌چنار در جهات مختلف قرار گرفته‌اند. ماسه‌ها بر روی دامنه کوههای تنگ‌چنار بارتفاع بیش از ۲۴۰۰ متر و شیب بیش از ۳۰ درصد بالا رفته‌اند (شکل ۱). بر روی تعدادی از کوه ریگ‌ها مواد دامنه‌ای درشت یا پوشش گیاهی نسبتاً متراکم قرار گرفته و آن‌ها را در حال حاضر به شکل ثابتی در آورده است (شکل ۲).



شکل ۱: موقعیت کوه ریگ‌ها در حاشیه دشت ارنان

Figure 1: Location of the sand ramps around Ernan plain

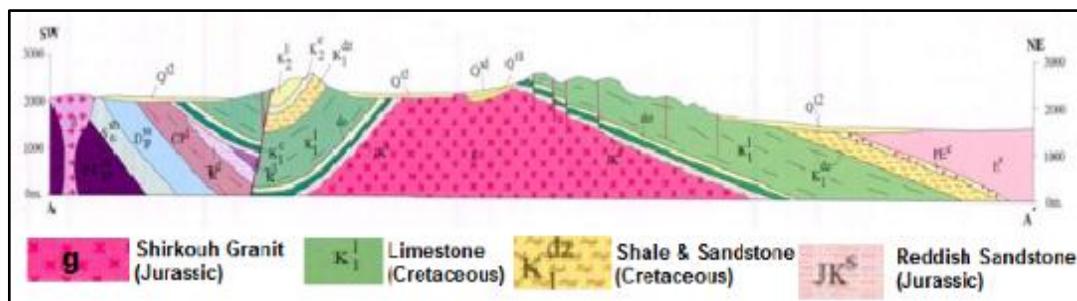


شکل ۲: نمایش دو تصویر از کوه ریگ‌های منطقه، تصویر سمت چپ تثبیت کوه ریگ توسط پوشش گیاهی و مواد دامنه‌ای را نشان می‌دهد

Figure 2: Presentation of two photos of the sand ramps in the studied area, the image on the left shows the stabilization of a sand ramp by vegetation and colluvial materials

وضعیت سنگ‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های جنوب شرقی کوه شیرکوه قرار گرفته است. شیرکوه یک توده باتولیتی با وسعتی بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع است (Amini & Kalantari, 1997). سنگ‌های آن گرانیت و گرانیتوئید بوده که بیش از ۳۰۰۰ متر از رسوب‌های آهکی و دولومیتی کرتاسه را بر سیمای خود دارد (شکل ۳). این توده به داخل سنگ‌های شیل و ماسه‌سنگ سازند ناییند نفوذ و سنگ‌های آهکی کرتاسه به همراه تشکیلات ماسه‌سنگ و کنگلومرای سنگستان به سن ژوراسیک بالایی-کرتاسه زیرین به صورت دگرشیب و ناپیوستگی آذرین بر روی آن قرار دارند؛ بنابراین سن نسبی آن احتمالاً ژوراسیک بالایی است. نتایج سن‌یابی رادیومتری سن گرانیت را 175 ± 10 میلیون سال نشان می‌دهد. بر این اساس، باتولیت شیرکوه ابتدا رسوب‌های ژوراسیک را بریده و سپس با پیشروی دریای کرتاسه، کنگلومرای قاعده کرتاسه و آهک این دوره به حالت دگرشیب روی آن گذاشته شده است. این رسوب‌ها نیز با کوهزایی لارامید چین خوردگی پیدا کرده و توده شیرکوه را به وجود آورده است (شکل ۳). کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپات پتاسیم‌دار کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده گرانیتوئیدها هستند (Amini & Kalantari, 1997; Sheibi et al., 2013) و کانی‌های بیوتیت، گرافیت، کردیریت، آندالوزیت، سیلیمانیت، زیرکن، آپاتیت و ایلمنیت نیز به صورت کانی فرعی در برخی از بخش‌های گرانیت شیرکوه قابل مشاهده هستند (Amini & Kalantari, 1997).

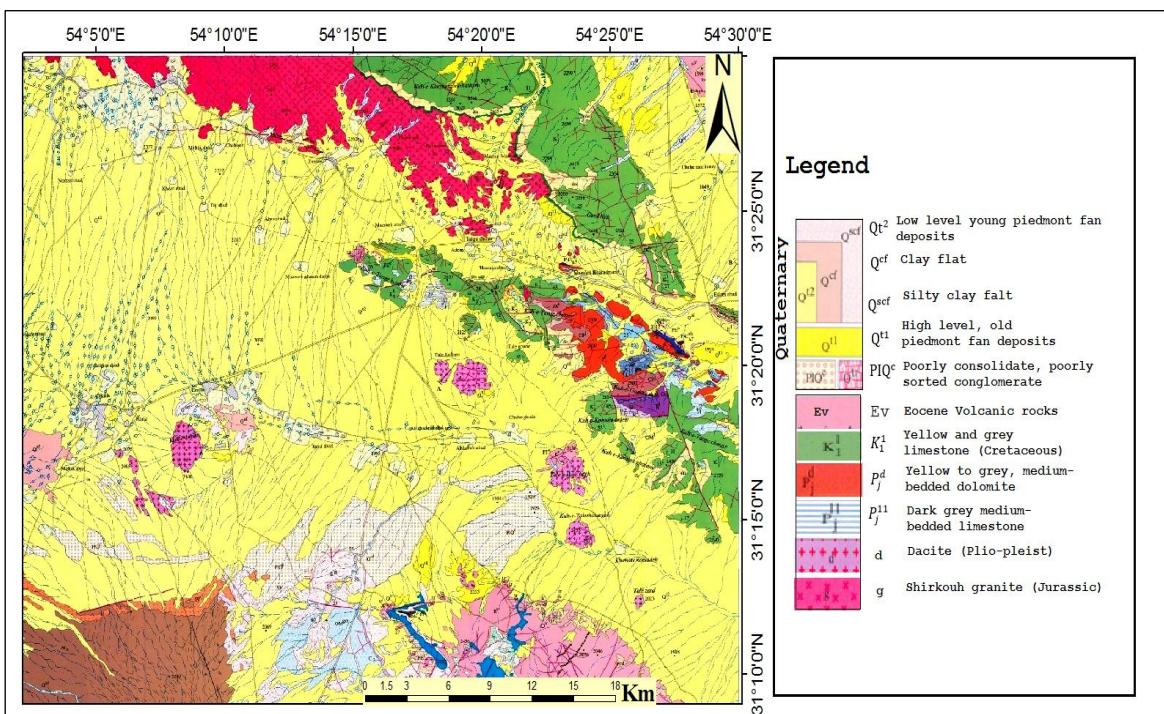


شکل ۳: نمایش نیمرخ زمین‌شناسی توده گرانیتوئیدی شیرکوه (اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر سازمان زمین‌شناسی)

Figure 3: Geological Profile Of Shirkuh Granitoid Massif (Adapted From The 1: 100000 Nir Map Of The Geological Survey

باتولیت گرانیتوئیدی شیرکوه از نظر پتروگرافی شامل سه واحد عمده گرانودیوریت، مونزوگرانیت و لوکوگرانیت است. در بخش‌های جنوبی شیرکوه، لوکوگرانیت‌ها رخمنون دارند. لوکوگرانیت‌ها در اصل از کوارتز، فلدسپار پتاسیم‌دار، پلاژیوکلاز سدیک و به مقدار کمتر بیوتیت تشکیل شده‌اند. پلاژیوکلازها (۲۰ تا ۴۱ درصد) بیشترین سهم کانیایی را به خود اختصاص داده‌اند. کوارتز (۳۶ تا ۴۷ درصد) به صورت درشت بلورهایی با مقادیر کمتر فلدسپار پتاسیم‌دار (۱۲ تا ۱۴ درصد) همراه شده است. بیوتیت هم با فراوانی ۱۰ تا ۲۵ درصد مهم‌ترین کانی مافیک تشکیل‌دهنده این واحد است که به دو صورت بیوتیت ورقه‌ای و درشت‌دانه و بیوتیت‌های ریزدانه قابل مشاهده است (Sheibi et al., 2013). واحد مونزوگرانیتی گستردۀ‌ترین بخش سنگ‌های باتولیت شیرکوه را تشکیل و بیشتر در بخش‌های میانی و شرقی شیرکوه قابل مشاهده‌اند (Sheibi & Esmaelly, 2009) و سنگ‌های بستر و رخمنون

یافته منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. از نظر پتروگرافی، اعضاء مافیک‌تر که بخش‌های شرقی‌تر را به‌خود اختصاص داده‌اند سنگ‌های گرانیتی متوسط تا درشت‌دانه غنی از بیوتیت و کردیریت هستند. این سنگ‌ها از مجموعه پلازیوکلارزها، فلدسپار قلیایی، کوارتز، بیوتیت، کردیریت، مسکویت، تورمالین و کانی‌های فرعی زیرکن آپاتیت، مونازیت و کدر تشکیل شده‌اند (Sheibi & Esmaelly, 2009)؛ اما کانی‌های عمدۀ این سنگ‌ها شامل کوارتز (۱۴ تا ۵۱ درصد)، پلازیوکلارز (۱۵ تا ۷۰ درصد) و آلکالی فلدسپار (۵ تا ۲۰ درصد) می‌باشد. بیوتیت‌ها نیز به مقادیر متفاوتی بین (۵ تا ۲۴ درصد) در بین کانی‌های تشکیل‌دهنده گرانیت‌ها به دو صورت ورقه‌های مجزا و یا دانه‌های کوچک همراه با سایر بیوتیت‌ها یا بلورهای پلازیوکلارز وجود دارد (Sheibi & Esmaelly, 2009).



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نیرو)

Figure 3: Geological map of the studied area

مواد و روش‌ها

برای بررسی منشأ کوههای حاشیه دغ ارنان، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نیرو سازمان زمین‌شناسی کشور، تصاویر گوگل ارث، نقشه‌های رقومی ارتفاعی و مشاهدات میدانی استفاده گردید. در بازدیدهای میدانی یکی از کوه ریگ‌های بزرگ منطقه (با ارتفاع ۳۴ متر) واقع بر دامنه‌های جنوب‌غربی کوه تنگ‌چنار با موقعیت جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه و ۵۵ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی به عنوان نمونه مطالعه انتخاب گردید و سپس در امتداد نیمرخ عمودی آن ۱۲ نمونه رسوبی در طبقات ارتفاعی مختلف و در امتداد نیمرخ افقی ۶ نمونه در فواصل مختلف برداشت گردید (شکل ۴). همچنین، از یکی از کوه ریگ‌های در حال توسعه در ارتفاع حدود ۲۴۰۰-۲۵۰۰ متری با مختصات ۵۴ درجه و

۱۹ دقیقه و ۵۲ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۲ ثانیه عرض شمالی، ۳ نمونه رسوبی برداشت گردید. بعلاوه، از سنگ گرانیت واقع در منطقه پیرامون رسوب‌های ماسه‌ای، یک نمونه سنگ برداشت گردید. در ادامه، نمونه‌های رسوبی برداشت شده مورد بررسی گرانولومتری قرار گرفتند. در واقع، قطر دانه‌های رسوبی در لایه‌های مختلف ارتفاعی و همچنین در امتداد نیمرخ طولی بهمنظور بررسی میزان جابجایی رسوبات و دخالت فرآیندهای مختلف بررسی گردید. سپس با استفاده از روش XRD، ۸ مورد از نمونه‌های رسوبی برداشت شده شامل ۵ نمونه در امتداد نیمرخ عمودی و ۳ نمونه در امتداد نیمرخ افقی کانی‌سنجدی شدند. همچنین، به منظور تحلیل‌های دقیق تر کانی‌ها، از برخی نمونه کانی‌ها و همچنین نمونه سنگ گرانیت، مقطع نازک^۹ تهیه گردید و این مقاطع به زیر میکروسکپ پلاریزان انتقال و از زوایای مختلف آن‌ها با استفاده از دوربین‌های واقع بر روی میکروسکپ، عکس گرفته شد. همچنین، برای مشاهده دقیق‌تر ویژگی‌های دانه‌های رسوبی از جمله گردشگی و زاویه‌دار بودن، تعدادی از نمونه‌ها با استفاده از میکروسکپ الکترونی^{۱۰} (روبسی STM) مورفوسکپی شدند. STM ساختار سطحی نمونه را بررسی می‌کند. بر این اساس، تصویری سه بعدی از سطح نمونه‌ها حاصل گردید. با استفاده از این دستگاه دانه‌های رسوبی به مقدار ۶۰ و ۱۲۰ برابر بزرگ‌نمایی شدند و از زوایای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. بدین ترتیب، شکل دانه، میزان گردشگی و زاویه‌دار بودن دانه‌های رسوبی مورد تحلیل‌های دقیق‌تری قرار گرفت.



شکل ۴: نمایش تصویر یکی از کوه ریگ مورد بررسی با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه و ۵۵ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی با ۳۴ متر ضخامت

Figuere 4: Presentation of a picture of the examined sand ramp with coordinate system 54°17' 55" E and 31°23'6" N

یافته‌ها و بحث

در این تحقیق ابتدا دانه‌های رسوبی برداشت شده از کوه ریگ‌های منطقه مورد مطالعه دانه‌سنجدی شدند. نتایج دانه‌سنجدی بر اساس نمودارهای توزیع نرم‌ال و نمودارهای تجمعی آورده شده است. سپس، کانی‌های تشکیل دهنده این رسوبات مشخص گردید و در ادامه شکل دانه‌های رسوبی و مقدار گردشگی و زاویه‌دار بودن آن‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است.

9- Thin Section

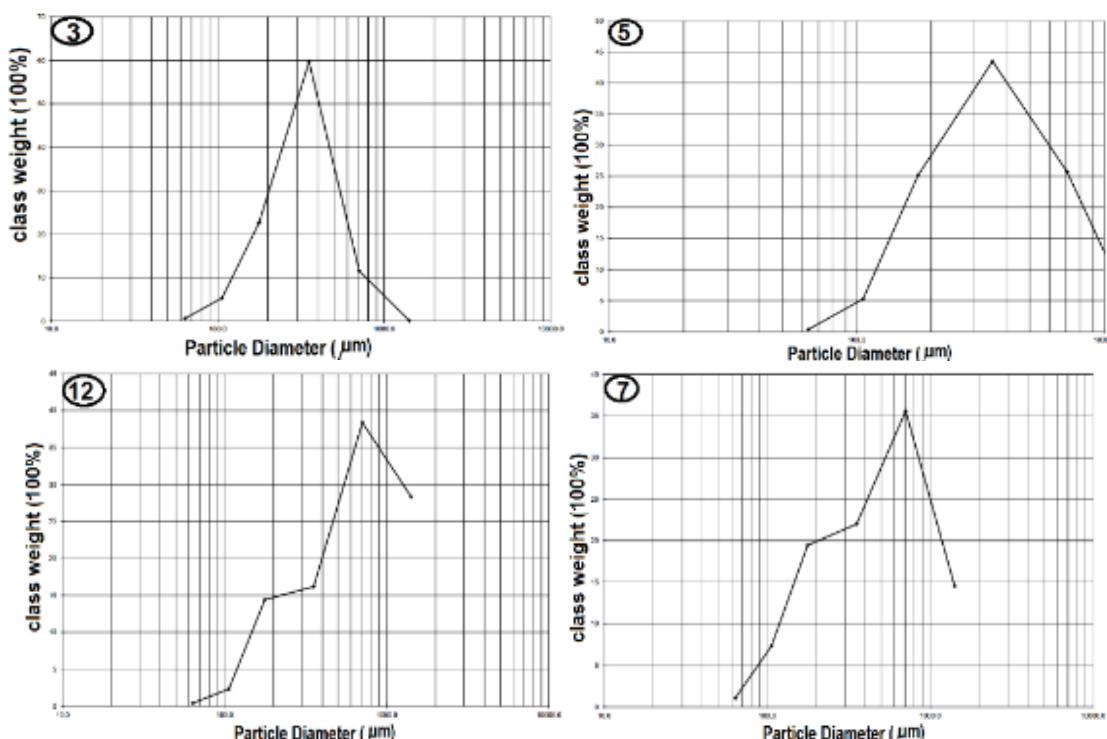
10- Electron Microscopy

11- Scanning Electron Microscope

نتایج دانه‌سنجدی رسوبات

نتایج دانه‌سنجدی رسوبات کوهريگ در امتداد نیمرخ عمودی

همان‌طور که در بحث مواد و روش اشاره گردید در امتداد دیواره کوه ریگ مورد مطالعه به ارتفاع ۳۴ متر، ۱۲ نمونه رسوبی از پایین (نیم متری کف دره) تا بالا (ارتفاع ۳۲ متری از سطح زمین) برداشت و در آزمایشگاه دانه‌سنجدی شدند. ترسیم منحنی‌های توزیع نرمال کوه ریگ مورد مطالعه در امتداد نیمرخ عمودی نشان می‌دهد که نمونه رسوبی ۳ در (شکل ۵) متقارن و نسبتاً متقارن بوده و توزیع دانه‌های رسوبی در این نمونه‌ها تقریباً یکسان و یکنواخت است. نمونه‌های ۹ و ۱۰ نیز از این حیث از شرایط مناسبی برخوردار هستند؛ اما نمونه‌های ۷ و ۱۲ (شکل ۵) بسیار نامتقارن بوده و انحراف معیار بالایی را نشان می‌دهند. محور نمودارهای این نمونه‌ها به سمت راست، یعنی دانه‌های درشت متمایل شده و بدین ترتیب کچ شدگی منفی را نشان می‌دهند (شکل ۵).

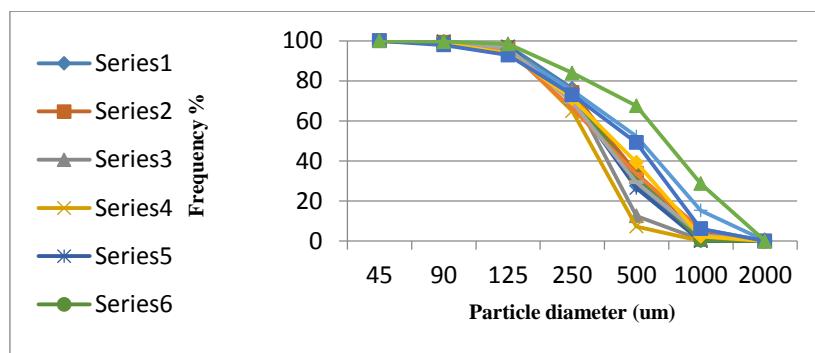


شکل ۵: نمایش ۴ نمونه از منحنی‌های توزیع نرمال کوهريگ در امتداد نیمرخ عمودی در ارتفاعات مختلف

Figure 5: Presentation of 4 samples of normal distribution curves of the sand ramp along vertical profile at different height

بررسی منحنی‌های تجمعی اندازه قطر رسوبات نشان می‌دهد که نمونه ۴ دارای کمترین انحراف معیار و بیشترین جورشدگی است و نمونه‌های ۱۱ و ۱۲ از انحراف معیار بالا و جورشدگی کمتری برخوردار هستند. در نمونه ۷ نیز، دانه‌های رسوبی از قطرهای مختلف و متفاوتی برخوردار هستند. به همین دلیل چندین شکستگی در امتداد نیمرخ آن‌ها قابل مشاهده است (شکل ۶). در واقع، بر خلاف تصور اولیه، اندازه قطر رسوبات کوهريگ در ارتفاع ۳۰ متری بسیار درشت‌تر از اندازه قطر آن‌ها در ارتفاعات سطح دامنه و نزدیک آن است. این امر بسیار متفاوت از تپه‌های

ماسه‌ای بادی در مناطق بیابان‌ها و سواحل است. این مساله به دلیل تفاوت زمان شکل‌گیری آن‌ها و تغییر در شدت بادهای حاکم بر این منطقه بوده است.

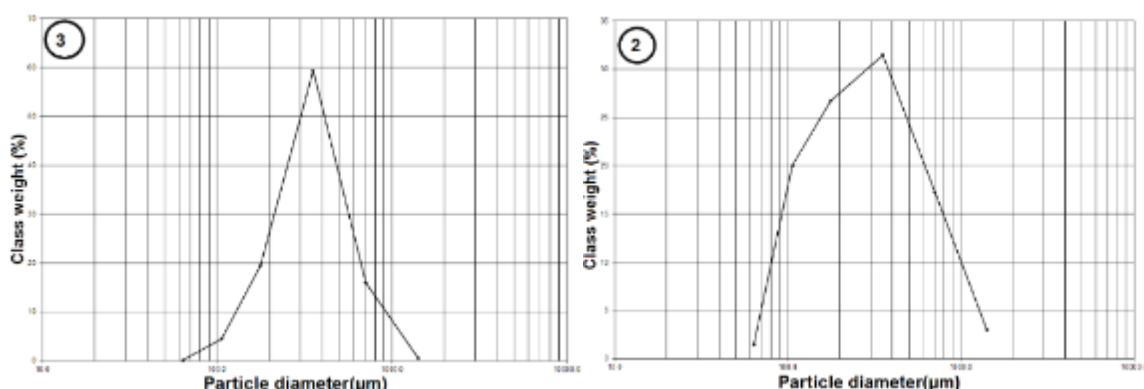


شکل ۶: نمایش منحنی‌های تجمعی ۱۲ نمونه رسوبی کوه‌ریگ در امتداد نیمرخ عمودی

Figure 6: Cumulative curves of 12 samples of sand ramp sediments along the vertical profile

نتایج دانه‌سنجدی رسوبات در امتداد نیمرخ افقی

در امتداد نیمرخ طولی کوه‌ریگ در فاصله حدود ۶۰ متر از دره رودخانه اصلی ۶ نمونه رسوبی برداشت گردید. بررسی دانه‌سنجدی رسوبات این نمونه‌ها نشان داد که منحنی توزیع نرمال همه نمونه‌ها نزدیک هم بوده به‌گونه‌ای که همه آن‌ها کج شدگی منفی داشته و منحنی آن‌ها به سمت راست چولگی پیدا کرده است؛ اما نمونه ۲ (شکل ۷) چولگی بیشتری به نسبت نمونه‌های دیگر داشته است؛ بنابراین، این نمونه از بیشترین انحراف معیار و کمترین جور شدگی برخوردار است (شکل ۷).

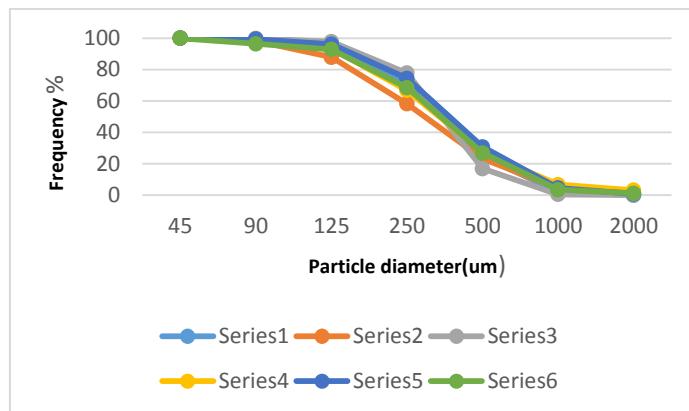


شکل ۷: نمایش منحنی توزیع پراکندگی رسوبات نمونه‌های ۲ و ۳ در امتداد نیمرخ طولی

Figure 7: Normal distribution curves of samples 2 & 3 of sand ramp sediments along the longitudinal profile

ترسیم و تحلیل منحنی‌های تجمعی نمونه‌های رسوبی نیمرخ طولی کوه ریگ نشان داد که منحنی نمونه‌های ۲ و ۳ (شکل ۸) متفاوت از بقیه بوده و بیشترین شکست و تغییرات را نشان می‌دهند. در واقع، این نمونه‌ها از انحراف

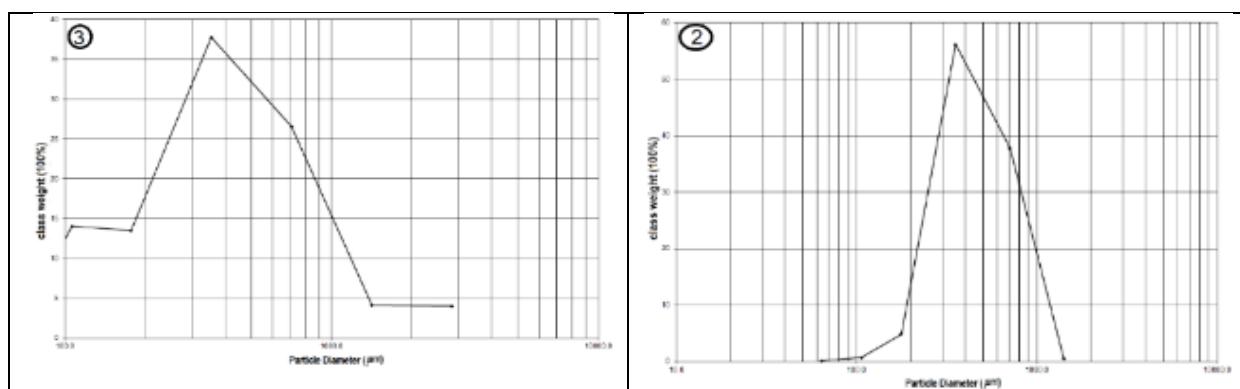
معیار بالاتر و جورشدگی کمتری برخوردار هستند. با این وجود، شباهت منحنی‌ها بیشتر از مقدار اختلاف آن‌هاست (شکل ۸).



شکل ۸: نمایش منحنی‌های تجمعی رسوبات کوه ریگ در فواصل مختلف نیم‌رخ طولی

Figure 8: Cumulative curves of the sand ramp sediments at different distances of the longitudinal profile

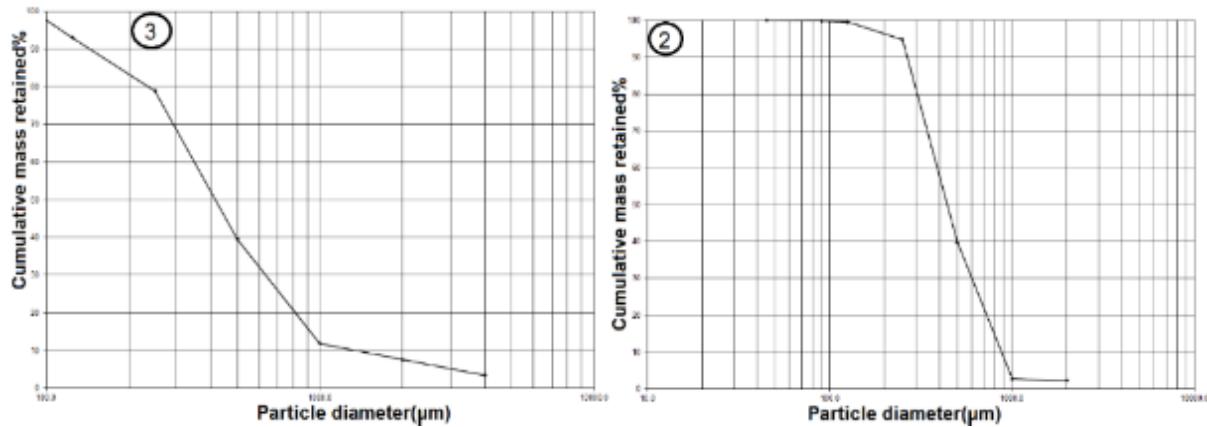
نتایج دانه‌سنجی رسوبات کوه ریگ در حال توسعه برای ارزیابی دقیق‌تر شکل‌گیری کوه ریگ‌ها، یکی از کوه ریگ‌ها در حال شکل‌گیری و توسعه را در گستره ارتفاعی بین ۱۴۰۰ تا ۱۵۵۰ متر مورد بررسی دانه‌سنجی قرار گرفت. برای این منظور ۳ نمونه رسوبی از آن برداشت و مورد تحلیل قرار گرفت. بدین روی، منحنی‌های توزیع نرمال و تجمعی این رسوبات ترسیم گردید. بر این اساس، در کوه ریگ در حال توسعه، رسوبات مانند کوه ریگ مورد بررسی از جورشدگی و پراکندگی ذرات رسوبی متوسطی برخوردار بودند. در واقع منحنی توزیع نرمال آن‌ها به سمت راست کج شده است؛ اما در کوه ریگ ثابت‌شده پایی دامنه در ارتفاع حدود ۱۴۰۰ متری این منطقه پراکندگی رسوبات بسیار ناهمسان و غیریکنواخت بوده و کمترین جورشدگی را نشان می‌دهد (شکل ۹). از این نظر، می‌توان بیان داشت که فرآیندهای مختلفی در شکل‌گیری آن‌ها دخالت کرده‌اند از جمله نیروی ثقل، آب‌های جاری و باد.



شکل ۹: نمایش منحنی‌های توزیع نرمال از کوه ریگ‌های در حال توسعه

Figure 9: Normal distribution curves of the developing sand ramps

بررسی منحنی‌های تجمعی کوه ریگ‌های در حال توسعه نیز تفاوت‌های چشمگیری را با رسوبات کوه ریگ اصلی نشان داد به‌گونه‌ای که این کوه ریگ‌ها در دوره اخیر در شرایط نوسانات زیاد اقلیمی شکل گرفته‌اند. بدین ترتیب، رسوبات آن‌ها از انحراف معیار بالاتری برخوردار بوده و در بین لایه‌های رسوبی ماسه، مواد دامنه‌ای حاصل از نیروی ثقل نیز قابل مشاهده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: نمایش منحنی‌های تجمعی کوه ریگ در حال توسعه

Figure 10: Cumulative curves of the developing sand ramps

نتایج کانی‌شناسی

نتایج کانی‌شناسی رسوبات در امتداد نیمرخ عمودی

در نیمرخ عمودی کوه ریگ مورد مطالعه، در بخش‌های پایین مقدار آهک بسیار بیشتر است و آهک‌ها هم گرد شده هستند. حجم عمدۀ رسوبات را فلدسپار و به‌ویژه فلدسپارهای پلاژیوکلاز تشکیل می‌دهد (شکل ۱۱، تصویر ۱). فلدسپارها در امتداد نیمرخ عمودی اغلب سالم هستند (شکل ۱۱، تصاویر ۱ و ۳) و تنها برخی از آن‌ها در حال سیلیسته شدن هستند. این امر عدم وجود آب چه به هنگام تخریب گرانیت‌ها و حتی دوره‌های شکل‌گیری کوه ریگ‌ها و زمان ثبیت آن‌ها برای تجزیه شیمیایی گرانیت بوده است و نشان می‌دهد که تخریب گرانیت‌ها بیشتر فیزیکی بوده است و فرآیند جریانی آن‌ها را زیاد جابجا نکرده است. کوارتزها مقدار کمتری از رسوبات را در بر می‌گیرند و حداقل حجم آن‌ها به ۴۰ درصد نمی‌رسد. نمونه کانی‌شناسی سنگ گرانیت نیز نشان می‌دهد که کانی‌های تشکیل دهنده گرانیت‌ها در این محدوده بیشتر فلدسپارها بوده‌اند و گرانیت‌ها ویژگی گرانیتوئیدی با حجم کوارتز کمتری دارند. کوارتزها هم در نمونه‌های رسوبی مورد مطالعه یکنواخت و همسان نیستند. برخی از آن‌ها یک کریستالی و برخی چند کریستالی‌اند (شکل ۱۱، تصویر ۲). برخی از کوارتزها گرد شده هستند (شکل ۱۱، تصویر ۲) و برخی نسبتاً گرد شده و برخی زاویه‌دار هستند. این امر حاکی از تفاوت مسافت حمل و البته منشأ آن‌هاست. در بیش‌تر نمونه‌های رسوبی بیوتیت‌ها، یکی از کانی‌های اصلی گرانیتوئیدهای منطقه، وجود دارند (شکل ۱۱، تصویر ۳ و ۴). در برخی از رسوبات بیوتیت‌ها خود شکل‌اند (شکل ۱۱، تصویر ۳) و به نظر یا بر جا هستند یا از مسافت‌های بسیار کوتاهی آورده شده‌اند. در بخش‌های میانی کوه ریگ و در ارتفاع ۲۰–۱۵ متری نیمرخ عمودی، رسوبات بیش-

تر شبیه گرانیت‌های تخریب شده به شکل فیزیکی همان منطقه هستند. وجود کانی‌های بیوتیت، کلریت، آمفیبیول و خردسنج‌های فراوان، بلورهای فلدسپات سالم و عدم وجود دانه‌های آهک حاکی از جابجایی کم یا عدم جابجایی رسوبات در این منطقه هستند (شکل ۱۱، تصویر ۳). دانه‌های رسوبی آهک هم به مقدار کمی در داخل نمونه‌های رسوبی نیمرخ، بهویژه نزدیک کف دره قابل مشاهده است. آهک‌ها اغلب حاوی میکروفیل و یا چرت دار هستند و در بیشتر موارد، بر عکس کانی‌های دیگر به شدت گرد شده هستند (شکل ۱۱، تصویر ۱)، بنابراین منشأ آهک‌ها بسیار متفاوت از منشأ سایر رسوبات و کانی‌های دیگر است. خردسنج‌های نسبتاً سالم هم در بیشتر نمونه‌های رسوبی قابل مشاهده است که این خردسنج‌ها ویژگی گرانیتوئیدهای منطقه را به خوبی نشان می‌دهند.

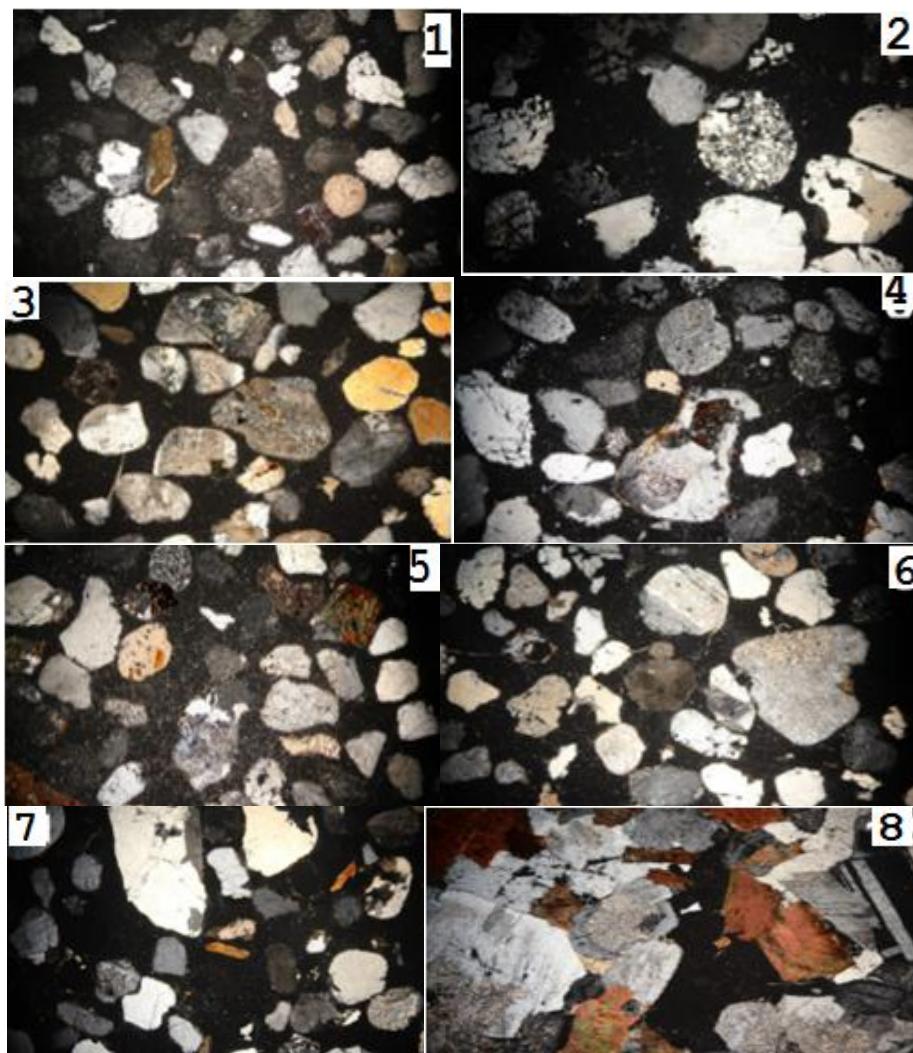
نتایج کانی‌شناسی رسوبات کوه ریگ در امتداد نیمرخ افقی

بررسی کانی‌شناسی نمونه‌های نیمرخ طولی نشان داد که حجم عمدۀ رسوبات از فلدسپارها و فلدسپارهای پلازیوکلاز سالم و تخریب نشده تشکیل شده است. بعضاً بلور پلازیوکلاز وجود دارد. وجود بلور پلازیوکلاز و کانی‌های مسکویت و سالم بودن آن‌ها (شکل ۱۱، تصاویر ۴ و ۵) حاکی از آن است که این رسوبات یا بر جا هستند یا مسافت بسیار کمی را طی کرده‌اند. پلازیوکلازها در این نیمرخ نیز زیاد هستند (شکل ۱۱، تصاویر ۴ و ۵) و بیش‌تر آن‌ها سالم باقی مانده‌اند و حتی بلور فلدسپات نیز در بین رسوب‌ها قابل مشاهده است. هر چند که در برخی نمونه‌ها فلدسپارها در حال تجزیه و سیلیستی شدن هستند (تصاویر ۴ و ۵). کوارتزها هم بین ۲۰ تا ۴۰ درصد حجم رسوبات را به خود اختصاص داده‌اند. اغلب کوارتزها زاویه‌دار هستند (تصویر ۴)، اما تعدادی کمی از آن‌ها نیز نسبتاً گرد شدگی را نشان می‌دهند (شکل ۱۱، تصویر ۵). این امر نشان‌دهنده دو منشأ بودن این رسوبات است. حجم نسبتاً بالایی از رسوبات خردسنج‌های گرانیتی سالم هستند (شکل ۱۱، تصاویر ۳، ۴ و ۵). کانی پرتیت نیز به صورت موردي در رسوبات قابل مشاهده است.

نتایج کانی‌شناسی رسوبات کوه ریگ در حال توسعه

در تراز ارتفاعی بین ۲۴۰۰ و ۲۵۰۰ متری منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های شرقی شیرکوه، یکی از کوه ریگ‌ها در حال تشکیل و توسعه است. جایی که گرانیت‌ها بروزنزدگی داشته و در حال حاضر تحت تاثیر هوازدگی فیزیکی در حال تخریب و دانه‌ای شدن هستند و تحت تأثیر نیروی ثقل به پایین در پای دامنه کشیده می‌شوند. نمونه رسوبی روی دامنه در ارتفاع ۲۵۰۰ متری (توتک بالا) به شکل خرد گرانیت‌ها دیده می‌شود و اغلب از فلدسپار و کوارتز و تا حدودی بیوتیت تشکیل شده است (شکل ۱۱، تصویر ۶). فلدسپارها بیش از ۶۰ درصد حجم رسوبات را در بر می‌گیرند. اغلب این کانی‌ها سالم مانده و آثار حمل را نشان نمی‌دهند. کوارتزهای موجود در رسوبات بیش‌تر پلی-کریستالین و زاویه‌دار بوده و آن‌ها نیز آثار حمل را نشان نمی‌دهند. یک دانه رسوبی آهکی هم در بین رسوبات این منطقه دیده می‌شود (شکل ۱۱، تصویر ۶). نمونه رسوبی پای دامنه در ارتفاع ۲۴۰۰ متری (توتک پایین) که از یک

په حدود ۵ متری اخذ شده، به طور کامل خرد گرانیت را نشان می‌دهد. در این نمونه ساخت و بافت گرانیت‌های منطقه شیرکوه به طور کامل قابل مشاهده است. فلدسپار پلاژیوکلازدار و بیوتیت سالم در نمونه‌های رسوبی حاکی از عدم جابجایی و یا انتقال بسیار کم و کوتاه آن‌هاست (شکل ۱۱، تصویر ۷). همچنین، از سنگ گرانیت منطقه در پیرامون کوه ریگ‌های در حال توسعه نمونه‌ای برداشت شد و مورد کانی‌سنگی قرار گرفت که کانی‌های تشکیل-دهنده آن عبارتند از: پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، کوارتز، بیوتیت، مقدار کمی مسکویت و آپاتیت (شکل ۱۱، تصویر ۸).



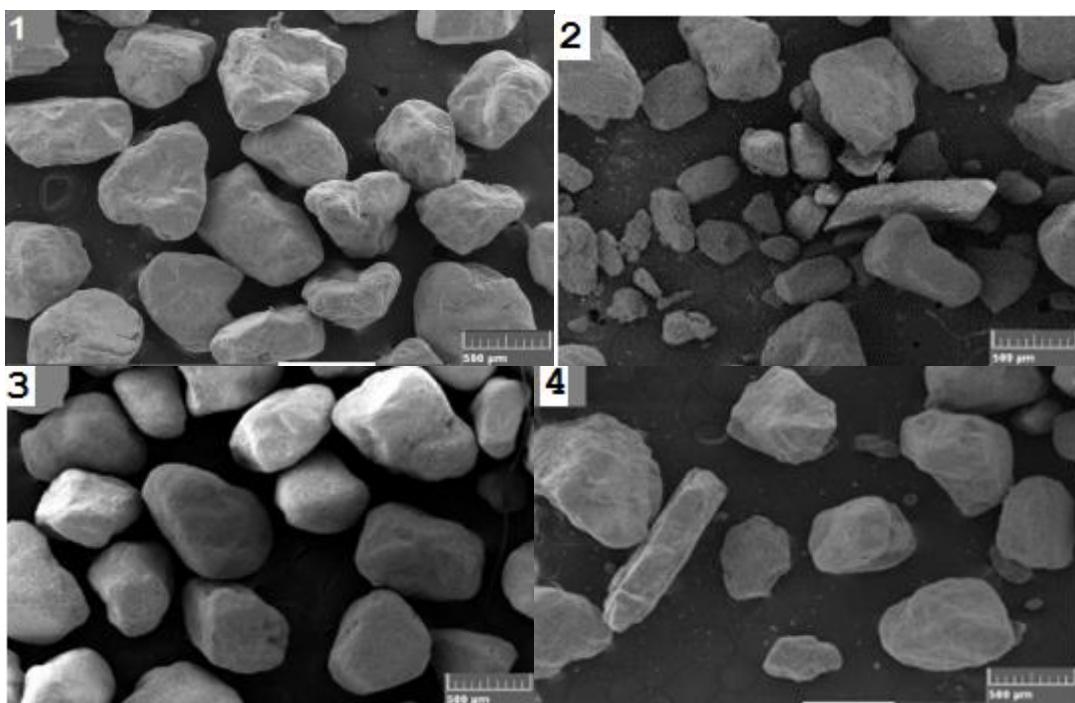
شکل ۱۱: تصاویر کانی‌های تشکیل‌دهنده نمونه‌های رسوبی مورد مطالعه

Figure 11: Images of minerals constitutive the studied sedimentary samples

نتایج مورفوسکپی دانه‌های رسوبی

برای بررسی مورفوسکپی دانه‌های رسوبی میزان گردش‌گی، میزان تخریب فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و همچنین کدرش‌گی، سایش و خوردگی ذرات مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. برای این منظور از میکروسکوپ الکترونی

رویشی با قابلیت عکس‌برداری از سطوح با بزرگنمایی ۱۰ تا ۷۰۰ هزار برابر استفاده شد. در این راستا ۴ نمونه از رسوبات اخذ شده شامل دو نمونه در نیمرخ عمودی (نمونه‌های ۳ و ۱۱)، ۲ نمونه در نیمرخ طولی (شکل ۱۲، تصاویر ۱ و ۵) زیر میکروسکپ قرار داده شده و از زوایای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. در نمونه‌های رسوبی اخذ شده می‌توان مشاهده نمود که اغلب آن‌ها زاویه‌دار بوده و به ندرت عمل حفر و سائیدگی بر روی آن‌ها قابل مشاهده است. آن‌ها برخلاف رسوبات ماسه‌ای بادی کدر و مات نیستند. برخی از آن‌ها به شکل خردسنج جلوه می‌کنند و به نظر برجای هستند یا دست کم مسافت بسیار کمی را طی کرده‌اند (شکل ۱۲، تصویر ۲). سطوح دانه‌ها در هیچ‌کدام از نمونه‌ها کدر نبوده و شکستگی‌های صدفی ناشی از برخوردهای مکانیکی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود (تصاویر ۱، ۲ و ۳). با این وجود، بیشتر نمونه‌های رسوبی زاویه‌دار و گرد ناشده هستند (شکل ۱۲، تصویر ۱) و تعداد کمی از دانه‌های رسوبی بزرگنمایی شده مقدار کمی گردشده‌گی را نشان می‌دهند (شکل ۱۲، تصویر ۴). این امر حاکی از آن است که منشا و خاستگاه ماسه‌ها یکسان نیست، دست کم از نظر فاصله‌ای که طی کرده‌اند؛ اما به‌طور کلی رسوبات آثار حمل و جابجایی زیاد را نشان نمی‌دهند.



شکل ۱۲: نمایش تصاویری از مورفوسکپی کانی‌های رسوبات کوه ریگ با بزرگنمایی ۶۰ و ۱۲۰ برابر با استفاده از میکروسکپ الکترونی رویشی

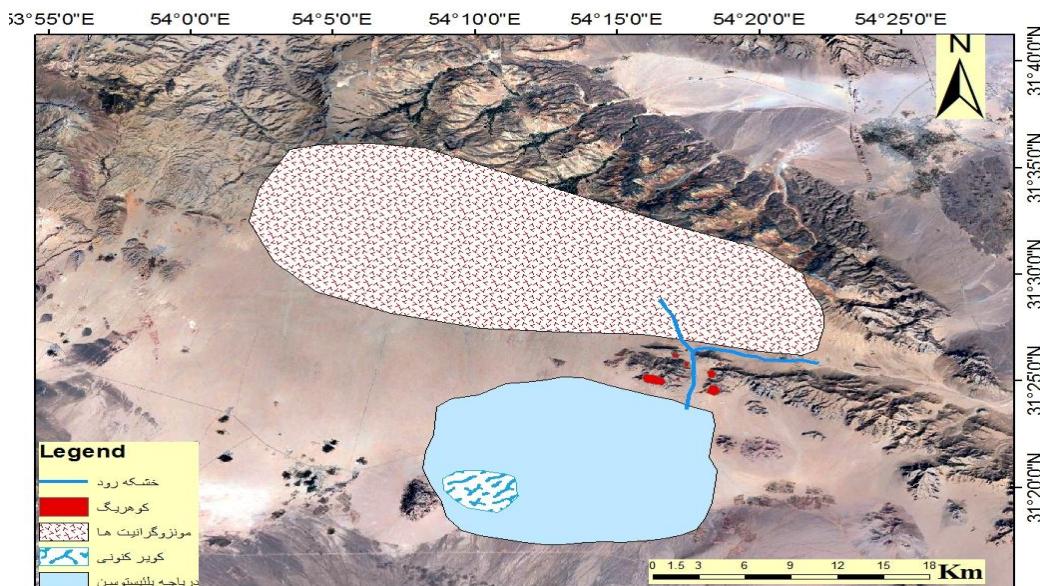
Figure 12: Morphoscopic images of minerals of sand ramps sediments with 60 and 120x magnification using scanning electron microscopy

نتیجه‌گیری

کوه ریگ‌ها از نظر موقعیت جغرافیایی، مکان استقرار، مورفولوژی، شب، شرایط و محیط شکل‌گیری بسیار متفاوت از سایر تپه‌های ماسه‌ای بیابانی هستند. اگر چه این تپه‌ها نیز در مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار گرفته‌اند،

اما بیش‌تر آن‌ها در زمان گذشته زمین‌شناسی شکل گرفته‌اند. بررسی کوه ریگ‌های حاشیه دغ ارنان نیز چنین ویژگی را نشان می‌دهد. در واقع، بیش‌تر آن‌ها در حال حاضر تثبیت شده هستند و توسط مواد واریزهای دامنه‌ها یا در بیش‌تر موارد پوشش گیاهی نسبتاً متراکم پوشیده شده هستند. مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که تعداد زیادی از کوه ریگ‌های این منطقه زیر مواد کوه ریختی دامنه‌ای مدفون هستند. بررسی دانه‌سنگی رسوبات کوه ریگ نشان داد که اندازه قطر دانه‌ها به نسبت تپه‌های ماسه‌ای بسیار بزرگ‌تر بوده و بیش‌تر از ماسه متوسط و درشت‌دانه تشکیل شده است؛ بنابراین، بادها می‌توانسته‌اند این ذرات را از مناطق خیلی دوردست انتقال داده باشند. هر چند که قطر نمونه‌ها در ارتفاعات مختلف کوه ریگ مورد مطالعه نیز یکسان نبوده و بزرگ‌ترین قطرها در بالاترین ارتفاعات قرار گرفته‌اند. مطالعات کانی‌شناسی رسوبات نیز نشان داد که کانی‌های تشکیل‌دهنده کوه ریگ تقریباً همان کانی‌های تشکیل‌دهنده مونزوگرانیت‌های دامنه‌های شرقی شیرکوه هستند. بررسی کانی‌شناسی نشان داد که فلدسپارها و پلاژیوکلازها هم از نظر حجم و هم از نظر فراوانی بیش‌ترین کانی‌های تشکیل‌دهنده نمونه‌های رسوبی در همه انواع آن‌اum از رسوبات نیمرخ طولی، نیمرخ عمودی و یا کوه ریگ در حال توسعه است. مقدار آن در همه نمونه‌ها به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد. فلدسپارها اغلب پلاژیوکلازردار بوده و بسیاری از آن‌ها هنوز به شکل سالم و دست نخورده باقی‌مانده‌اند. پس از آن کانی کوارتز با فراوانی ۲۰ تا ۴۰ درصد بیش‌ترین کانی تشکیل‌دهنده رسوبات است. بیوتیت‌ها نیز حجم بالایی از ترکیب کانی‌شناسی دانه‌های رسوبی را به‌خود اختصاص می‌دهند. این کانی‌ها سالم مانده و کم‌تر در معرض تخریب و هوازدگی به‌ویژه هوازدگی شیمیایی قرار گرفته‌اند. برخی از نمونه‌ها بیش‌تر شبیه خردسنج‌های گرانیتی هستند و همان ترکیبات گرانیت‌های منطقه مورد مطالعه در آن‌ها وجود دارد. دانه‌های رسوبی آهکی به شکل موردنی و بسیار محدود در برخی نمونه‌های رسوبی قابل مشاهده است. نکته قابل توجه آن است که دانه‌های رسوبی آهکی در همه نمونه‌های رسوبی کاملاً گرد شده بودند. بدین ترتیب، بر اساس ویژگی‌های دانه سنگی، کانی‌شناسی و مورفوسکپی رسوبات می‌توان بیان داشت که رسوبات خاستگاه گرانیتی دارند. برای اطمینان بیش‌تر، یک نمونه از گرانیت‌های منطقه مورد مطالعه موردنی بررسی کانی‌شناسی قرار گرفت. نتایج آن نشان داد که گرانیت‌های این منطقه گرانیت‌وئیدی بوده و مقدار فلدسپات آن بسیار بیش‌تر از مقدار کوارتز بوده و همچنین کانی بیوتیت در ترکیب این سنگ از فراوانی زیادی برخوردار است؛ بنابراین، بر اساس مطالعات دانه‌سنگی، ماسه‌ها درشت‌دانه بوده و از کانون اولیه خود خیلی دور نشده‌اند. بر حسب ویژگی کانی‌های رسوبات از قبیل سالم ماندن بیوتیت‌ها، آمفیبولها و مسکویت‌ها و همچنین عدم هوازدگی فلدسپارها و پلاژیوکلازها رسوبات کوه ریگ خاستگاه محلی داشته و مسافت زیادی را طی نکرده‌اند. بعلاوه، کانی‌های رسوبات کوه ریگ با کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌های مونزوگرانیت شیرکوه انطباق نسبتاً کاملی را نشان می‌دهند. نتایج مورفولوژی رسوبات نیز نشان داد که به جز دانه‌های آهکی که کم‌تر از ۱ درصد رسوبات کوه ریگ‌ها را به‌خود اختصاص داده‌اند، سایر رسوبات زاویدار و کشیده بوده و اثرات حمل بر روی آن‌ها بسیار ناچیز است. بدین ترتیب، می‌توان اظهار داشت که مونزوگرانیت‌های دامنه‌های شرقی شیرکوه در دوره آب و هوایی سرد و نسبتاً مرطوب جنب یخچالی پلیستوسن به شدت هوازده شده

(Sharifi Paichoon, 2020) و همراه زبانه‌های یخی و یا جریان آب رودخانه تنگ‌چنار به سمت سطح اساس، دریاچه ارنان انتقال پیدا کرده است. این دریاچه در حال حاضر خشک شده و به شکل یک دغ (کویر رسوبی) سطح محدودی را می‌پوشاند؛ اما در گذشته سطح آب بالاتر بوده و بخش‌های بزرگ‌تری را در بر می‌گرفته است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: نمایش محل قرارگیری کوه ریگ‌ها در مجاورت دریاچه دوران چهارم ارنان

Figure 13: The location of the sand ramps near the Quaternary Ernan Lake

بدین سخن، رسوبات تخریبی گرانیت‌های بالادست در ساحل رودخانه و دریاچه ته‌نشست پیدا کرده و توسط بادهای جنوب و جنوب‌غربی دوره گذشته (احتمالاً باشدت و قدرت بیشتر از حال حاضر)، بر روی کوه‌ها پاشیده شده و از دامنه کوه‌ها بالا رفته‌اند. در برخی موارد آن‌ها از قله عبور و در دامنه بادپناه نیز پایین آمده‌اند؛ که در این صورت حجم آن‌ها بسیار کم‌تر و رسوبات آن‌ها بسیار ریزدانه‌تر است. بر این اساس، مقدار گردش‌گی و زاویه‌دار بودن کوارتز تفاوت‌های ناچیزی را نشان می‌دهد. آن‌هایی که از ساحل دریاچه با مسافت ۵۰۰ متر یا بیش‌تر آورده شده گردش‌گی بیش‌تری به نسبت آن‌هایی دارند که از ساحل رودخانه بر روی دامنه‌ها پاشیده شده‌اند. همچنین، در کوه ریگ‌های پای رخنمون‌های گرانیتی، واریزه‌های آرنی در توسعه و فرگشت کوه ریگ‌ها نقش داشته‌اند.

سپاسگزاری

نویسنده لازم می‌داند از دکتر داریوش مهرشاهی، استاد بازنیشته ژئومورفولوژی دانشگاه یزد که نویسنده را با پدیده کوه ریگ آشنا نمودند و راهنمایی‌های ارزنده‌ای در موضوع کوه ریگ‌های استان یزد به او داشته‌اند، تشکر و قدردانی نماید.

References

- Amini, S., Kalantari, M. R., (1997), "Study of petrology and geochemistry of granitoid's batolith of Shirkouh-Yazd", *the first annual scientific conference of the Iran Geological Society*, Geological survey & Mineral exploration of Iran, Tehran, 26 August: 61-64. [In Persian].
- Bertram, S., (2003), "*Late Quaternary sand ramps insouth -western Namibia: nature, originand palaeoclimatological significance*", Unpublished doctoral thesis, Würzburg University. [on line]: <http://www.opus-bayern.de/uni-wuerzburg/volltexte/617/2003/pdf/>.
- Bateman, M. D., Bryant, R., G., Foster, I., Livingstone, I., And Parsons, A., J., (2012), "On the formation of sand ramps: A case study from the Mojave Desert", *Geomorphology*, 161-162: 93-109.
- Braga, M. A. S., Paquet, H., Begonha, A., (2002), "Weathering of granites in a temperate climate (NW Portugal): granitic saprolites and arenization", *Catena*, 49: 41-56.
- Clarke, M. L., Richardson, C. A., Rendell, H. M., (1996a.), "Luminescence dating of the Mojave desert sands", *Quaternary Science Reviews*, 14: 783-789.
- Clarke, M. L., Wintle, A. G., Lancaster, N., (1996b), "Infra-red stimulated luminescence dating of sands from the Cronese Basins, Mojave Desert", *Geomorphology*, 17: 199-206.
- Durnin, P. B., (1977), "Landslides and the weathering of granitic rocks", *Reviews in Engineering Geology*, 3: 127-131.
- Goudie, A. S., (1989), "Weathering processes, In: Thomas, D. S. G. (Ed.)", *Arid Zone Geomorphology*: Halsted Press, New York: 11-24.
- Hill, S. M., (1996), "The differential weathering of granitic rocks in Victoria, Australia", *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, 16 (3): 271-276.
- Kanamaru, T., Suganuma, Y., Oiwane, H., Miura, H., Miura, M., Okuno, J., Hayakawa, H., (2018), The weathering of granitic rocks in a hyper-arid and hypothermal environment: A case study from the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica, *Geomorphology*, 317: 62-74.
- Lancaster, N., Tchakerian, V., P., (1996), "Geomorphology and sediments of sand ramps in the Mojave Desert", *Geomorphology*, 17 (1): 151-165
- Kumar, A., Srivastava, P., Meena, N. K., (2016), "Late Pleistocene Aeolian in the cold desert of Ladakh: A record from sand ramps", *Quaternary international*, Volume 443 (B): 13-28.
- Livingstone, I., Warren, A., (1996), "*Aeolian Geomorphology*", Longman, London.
- Mahan, S. A., Miller, D. M., MEnges, C. M., Yount, J. C., (2007), "late quaternary stratigraphy and luminescence geochronology of the northeastern Mjave Desert", *Quaternary International*, 166: 66-78.
- Matthess, G., (1964), "Zur Vergrussung der Magmatischen Tiefengesteine des Odenwaldes", *Notizbl. Hess. LA f. Bodenfor-schung*, 92: 160-178. [In Germany].
- Mehrshahi, D., Khosrowyani, F., (2010), "Determination of the origin of the sand ramp using geomorphology, mineralogy, remote sensing and geographic information systems data, in the Bagdadabad of Mehriz", *2nd national erosion conference, Yazd, 26 February*. [In Persian].
- Mehrshahi, D., Thomas, D., Bitman, M., Ohara, S., (1998), "The formation, Changing and dating of Ardakan Kuhrig", *Geographical Researches*, 51: 102-120.
- Migon, P., (2006), "*Granite landscapes of the world*", Oxford university press, 417 pages.
- Rendell, H. M., Sheffer, N. L., (1996), "Luminescence dating of sand ramps in the Eastern Mojave Desert", *Geomorphology*, 17: 187-197.

- Rahnamarad, J., Sahebzadeh, B., Mirhajizadeh, A. A., (2008), "Weathering and weakness of Zahedan granitoids: a rock engineering point of view", *applied geology*, 4: 247-257. [In Persian].
- Rowell, A., Thomas, D., Bailey, R., Stone, A., Garzanti, E., Padonan, M., (2017), "Controls on sand ramp formation in southern Namibia", *Earth surface processes and landforms*, [Online]: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002>.
- Rowell, L. K., Thomas, D. S. G., Bailey, R. M., Holmes, P. J., (2018), "Sand ramps as palaeoenvironmental archives: Integrating general principles and regional contexts through reanalysis of the Klipkraal Sands, South Africa", *Geomorphology*, 311: 103-113.
- Sharifi Paichoon, M., (2018), "Cryopediments and Cryoplanations as heritages of periglacial periods (Case Study: Eastern slopes of Shirkuh)", *Physical Geography Research*, 50 (2): 221-239. [In Persian].
- Sharifi Paichoon, M., Dehghan. F., (2017), "Evaluation of effective processes on the creation and development of sand ramps (Case study: Tang-e-Chenar basin)", *Quantitative Geomorphological Researches*, 5: 1-19. [In Persian].
- Sharifi Paichoon, M., Farahbakhsh, Z., (2016a), "Studying temperature and humidity anomalies between Pleistocene and present times; and reconstruction of climate condition using geomorphic evidences (Case study: KhezrAbad-yazd)", *Physical Geography research Quaterly*, 47: 583-605. [In Persian].
- Sharifi Paichoon, M., Farahbakhsh, Z., (2016b), "Study of Quaternary landform traces of the glacier and changes in morphoclimatic and morphodynamic systems in Khezrabad basin-Yzad", *Geography and Environmental planning*, 27: 19-39. [In Persian].
- Sharifi Paichoon, M., Zare, F., Taherinejad, K., (2018), "Geomorphological Study of formation and developments of Sand Ramps (Case study: Ebrahimabad Plain-Mehriz)", *Geography and Development*, 52: 117-140. [In Persian].
- Sharifi Paichoon, M., Tajbakhsh, G. R., (2018), "The Effects of Climate and Lithology on the Formation of Sand Ramps around Ernan Plain (South of Yazd)", *Journal of Arid Regions Geographics Studies*, 9 (33): 20-36. [In Persian].
- Sharifi Paichoon M., (2020), "Analysis of the origin, formation and development of sand ramps on the Eastern slopes of Shirkouh, Yazd, Central Iran", *Geomorphology*, 51 (16): 35-50.
- Sheibi, M., Esmaelly, D., (2009), "Geological and residual evidence of restoration in anataksi shirkouh granite, southeast of Yazd", *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 18: 135-146. [In Persian].
- Sheibi, M., Esmaelly, D., Bouchez, J. L., (2013), "Emplacement Mechanism of ShirKouh Granitoid Batholith with Using AMS Method", *Geoscience Quarterly*, 22: 113-122.
- Tchakerian, V. P., Lancaster, N., (2002), "Late Quaternary arid/humid cycles in the Mojave desert and -western Great Basin of North America", *Quaternary Science Reviews*, 21: 799-810.
- Tchakerian, V. P., Pease, P., (2003), "Geochemistry of sediments from quaternary sand ramps in the southeastern Mojave Desert, California", *Quaternary International*, 104 (1): 19-29.
- Telfer, M. W., Thomas, Z. A., Breman, B., (2012), "Sand ramps in the Golden Gate Highlands National Park, South Africa: evidence of periglacial Aeolian activity during the Last glacial", *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 313-4: 59-69.

- Thomas, D. S. G., Bateman, M. D., Mehrshahi, D., OHara, S. L., (1997), "Development and environmental significance of an Aeolian sand ramp of last-glacial age", central Iran, *Quaternary Research*, 48: 155-161.
- Twidale, C. R., Bourne, J. A., (2003), "Orogen and inversion of fluting in granitic rocks", *Australian J. Earth Sci.*, 50: 543-552.
- Vázquez, M., Ramírez, S., Morata, D., Reich, M., Braun, J. J., Carretier, S., (2016), "Regolith production and chemical weathering of granitic rocks in central Chile", *Chemical Geology*, 446: 87-98.
- Ventra, D., Rodríguez-López, J. P., Boer, P. L., (2017), "Sedimentology and preservation of aeolian sediments on steep terrains: Incipient sand ramps on the Atacama coast (northern Chile)", *Geomorphology*, 285: 162-185.
- Warcke, P. A., Smith, B. J., (1994), "*Short-term rock temperature fluctuations under simulated hot desert conditions: some preliminary results*", In: Robinson, D. A., Williams, R., B. G., (Eds), "*Rock weathering and landform evolution*", John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK: 57-70.
- Zimbelman, J. R., Williams, S. H., Tchakerian, V. P., (1995), "Sand transport paths in the Mojave Desert, sout hwestern, United States", *In Desert aeolian processes*, 101-129.