دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۲
زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۲۲-۱۰۳

محمد شریفی پیچون[۱]

بررسی منشأ کوهریگ‌های حاشیه دغ ارنان–جنوب یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۲۵

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 موانع توپوگرافی محلی بر جای گذاشته می‌شوند. برخلاف تپه‌های ماسه‌ای بیابانی که تنها توسط فرآیند بادی به‌وجود می‌آیند، فرآیندهای آبی و دامنه‌ای نیز در شکل‌گیری و تحول کوهریگ‌ها نقش دارند. هدف این پژوهش بررسی منشأ کوهریگ‌های واقع در دامنه کوه‌های تنگ‌حوضکی و تنگ‌چنار 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 دانه‌سنجی، کانی‌شناسی و مورفوسکپی روی آن‌ها انجام شد. یافته‌ها نشان داد که دانه‌های رسوبات کوهریگ از ماسه‌های درشت‌دانه و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها منطبق بر مونزوگرانیت‌های دامنه‌های شرقی شیرکوه هستند. مورفوسکپی 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 پلئیستوسن به شدت هوازده و این مواد همراه زبانه‌های یخی و یا جریان آب رودخانه تنگ‌چنار 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 تنگ‌چنار 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.

۱- گروه ژئومورفولوژی، جغرافیا، دانشگاه یزد. E-mail:mscharifi@Yazd.ac.ir.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مقدمه

کوهریگ[۲] یکی از انواع تپه‌های ماسه‌ای است که بر روی دامنه برخی کوه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک قابل مشاهده است. در واقع، بادهای حاوی رسوبات ماسه پس از برخورد با کوه‌های نسبتا بلند این مناطق رسوبات خود را بر جای می‌گذارند (Bertram, 2003: 15; Bateman et al, 2012: 93). در صورت ارتفاع کم کوه‌ها و یا شدت بادها، رسوبات تا بالای کوه انتقال و بر روی دامنه بادپناه به شکل نزولی پایین می‌آیند (Thomas et al., 1997: 155; Sharifi Paichoon, 2020: 1). برخلاف تپه‌های ماسه‌ای بیابانی که تنها توسط فرآیند بادی به‌وجود می‌آیند، فرآیندهای آبی و دامنه‌ای نیز در شکل‌گیری و تحول کوهریگ‌ها نقش دارند. بر این اساس، در داخل لایه‌های رسوبی بادی، لایه‌های رسوبی آبرفتی و کوه ریختی نیز وجود دارد؛ بنابراین، این لندفرم‌ها از نظر ساختار، فرآیندهای به‌وجود آورنده، ژنز و برآیش بسیار پیچیده‌تر از تپه‌های ماسه‌ای بیابانی هستند. بعلاوه، به دلیل پراکندگی کم این تپه‌ها نسبت به سایر انواع تپه‌های ماسه‌ای بیابانی و ساحلی، مطالعات بسیار کم‌تری در سطح جهان در مورد آن‌ها انجام گرفته است و هنوز در مورد منشأ، شرایط و محیط شکل‌گیری آن‌ها اختلاف‌نظر وجود دارد. همچنین در برخی مناطق این عارضه‌ها زیر رسوبات آواری دامنه‌ها مدفون شده و قابل مشاهده نیستند (Barking and Schuet, 2011; Shaifi Paichoon & Tajbakhsh, 2018: 21). در کشور ایران این عارضه تنها به‌صورت محدود در نواحی ایران مرکزی و در استان‌های یزد و به‌صورت محدودتری کرمان شکل گرفته است (Mehrshahi, 2011: 159; Sharifi Paichoon & Dehghan, 2016: 2). کوهریگ، یکی از پیچیده‌ترین لند فرم‌های موجود بر سطح زمین از نظر شرایط تشکیل و برآیش است (Livingstone& Warren, 1996: Sharifi Paichoon et al., 2018: 118). که در دوره‌های گذشته زمین با شرایط محیطی و آب‌وهوایی متفاوت ایجاد شده‌اند. از این‌رو، اطلاعات بسیار غنی از شرایط زیست‌محیطی گذشته را در خود نهفته دارند. به‌ویژه آن‌که این عارضه‌ها امروز در مناطق خشک و نیمه خشکی قرار گرفته‌اند که از لحاظ زیست‌محیطی در زمره مناطق بسیار فقیر قرار دارند (Tchakerian & Pease, 2003: 20; Rowell et al., 2017: 150). در مورد ساختار، رسوبات، منشأ، فرآیندهای به‌وجود آورنده و شرایط و محیط شکل‌گیری کوهریگ‌ها مطالعات پراکنده‌ای در نقاط مختلف جهان انجام گرفته است. به‌نظر می‌رسد اصطلاح کوهریگ اولین بار توسط Tchakerian در سال ۱۹۸۹ برای یک سری عارضه بیابانی در بیابان موهاو[۳] در کالیفرنیا مورد استفاده قرار گرفت. با این وجود، به نظر می‌رسد اولین پژوهش منتشر شده در زمینه کوهریگ‌ها متعلق به Zimbelman, 1995 به سال ۱۹۹۵ باشد که در مورد کوهریگ‌های همان منطقه انجام شده است. نتایج آن‌ها نشان داد که کوهریگ در مناطقی شکل می‌گیرد که موانعی مانند دامنه تپه‌ها و کوه‌ها در مسیر حرکت ماسه‌های بادی قرار بگیرد. Livingstone & Warren (1996) در مطالعاتی که در این زمینه انجام دادند به این مهم دست یافتند که کوهریگ‌ها از جمله لند فرم‌های پیچیده‌ای بوده که ممکن است در اثر صعود یا نزول ماسه‌ها و دانه‌های رسوبی از دامنه کوه‌ها به‌وجود بیایند. از نظر آن‌ها نیز کوهریگ‌ها ترکیبی از ماسه‌های بادی، نهشته‌های تالوس، جریان‌های

2- Sand ramp
3- Mojave

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تخریبی و نهشته‌های آبرفتی و کوهرفتی‌اند. Lancaster & Tchakerian (1996) با مطالعه کوهریگ‌های موهاو در کالیفرنیا اظهار داشتند که کوهریگ تجمعی از نهشته‌های بادرفتی، آبرفتی و تالوس‌ها است که در نتیجه بر همکنش فرآیند بادی و فرآیندهای دامنه‌ای در نواحی بیابانی در مجاورت ناهمواری‌ها شکل می‌گیرند. Tchakerian & Pease, 2003 در بررسی ژئوشیمیایی رسوبات کوهریگ‌های جنوب‌شرق همان منطقه بیان داشتند که توپوگرافی این عارضه-ها توسط باد، نهشته‌های تالوس و آبرفت‌ها ایجاد شده‌اند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که منابع ماسه برای هر کوهریگ در این منطقه در طول زمان تغییر پیدا کرده است. Bertram (2003) مشاهده نمود که کوهریگ‌ها 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 کوهریگ‌ها شکل‌گیری آن‌ها توسط رسوب‌گذاری بادها و آبشستگی دامنه‌هاست. Mahan et al (2007) نشان دادند تشکیل کوهریگ‌های 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 کوهریگ-ها در بیابان موهاو به این نتیجه رسیدند که کوهریگ‌ها 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 کوهریگ-های پارک ملی گلدن گیت[4] در افریقای جنوبی پرداختند و مشاهده نمودند که انباشت رسوب‌ها به شکل کوهریگ پس از آخرین دوره یخچالی و دوره حاکمیت جنب یخچالی در منطقه در بازه زمانی ۱۶ تا ۴۵ هزار سال پیش اتفاق افتاده است. Kumar et al (2016) در بررسی کوهریگ‌های منطقه لداخ[5] در هندوستان مشاهده نمودند که این لندفرم‌ها در اثر ترکیبی از فعالیت‌های بادی، فرسایش دامنه‌ها و فعالیت‌های رسوب‌های جریانی-دریاچه ای به‌وجود آمده است. Rowell et al (2017) در مطالعه خود بر روی شکل‌گیری کوهریگ‌های جنوب نامیبیا به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های بادرفتی و کوهرفتی به‌طور همزمان در شکل‌گیری کوهریگ‌ها مؤثر بوده‌اند. آن‌ها زمینه شکل‌گیری کوهریگ‌ها را در چهار دسته شامل وجود رسوب‌های کافی برای حمل‌ونقل بادی، وجود فضای مناسب برای نهشته‌گذاری، وجود بادهای غالب و مداوم با انرژی کافی برای انتقال ماسه و وجود آب‌وهوای خشک و نیمه-خشک با نوسانات فصلی یا فصول طولانی را برای شکل‌گیری کوهریگ‌های این منطقه مطرح نمودند. Ventra et al (2017) رسوب‌شناسی و پایداری رسوب‌ها بر روی مناطق پرشیب در سواحل آتاکاما 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 کوهریگ در طولانی‌مدت بستگی به اقلیم و توپوگرافی دارد. املا شکل‌گیری و توسعه اولیه آن‌ها احتمالا توسط عوامل ژئومورفولوژیکی محلی کنترل می‌شده‌اند. همچنین، Rowell et al (2018) کوهریگ‌های کلیپ‌کرال[6] واقع در افریقای جنوبی را مطالعه نمودند و بیان داشتند که

4- Golden Gate
5- Ladakh
6- Klip Kraal

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

این عارضه‌ها بین حدود ۱۰۰ هزار تا ١٤ 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 بیست‌ویکم بر روی کرونولوژی[۷] کوهریگ‌ها با استفاده از تکنیک لومینیسانس[۸] متمرکز بود از جمله Clarke et al (1996a) Clarke et al Rendell et al., (1994)، Clarke (1994) (1996a)، Clarke And Rendell (1998) انجام گرفت. همچنین در زمینه ژئومورفولوژی کوهریگ‌ها توسط Batemen et al (2012); Tchakerian & Lancaster (2002) ;Lancaster & Tchakerian (1996), مطالعات دیگری نیز انجام گرفته است. در ایران نیز مطالعه بر روی عارضه کوهریگ به Sharifi (Mehrshahi (2000, 2002, 2011) Paichoon & Dehghan (2017), Sharifi Paichoon et al (2018), 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 آب‌وهوایی سرد، خشک و احتمالا طوفانی‌تر 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 بغدادآباد (مهریز) و کوهریگ‌های شیرکوه پرداخت. Mehrshahi & Khosrowyani (2010) در مطالعه کوهریگ‌های دامنه باختری تپه‌های بغداد آباد مهریز، به دنبال منشایابی 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 چنار در جنوب مهریز در استان یزد پرداختند و اظهار داشتند که فرآیندهای دامنه‌ای، کوه‌ریختی، فلوویالی، 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 ابراهیم آباد حاصل فرآیند پایین آمدن دانه‌های ماسه پس از تخریب به شکل هوازدگی فیزیکی کنگلومرای 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 کوهریگ ها منتقل نموده و پس از برخورد با دامنه کوه رسوب پیدا کرده است. همچنین، Sharifi Paichoon & Tajbakhsh

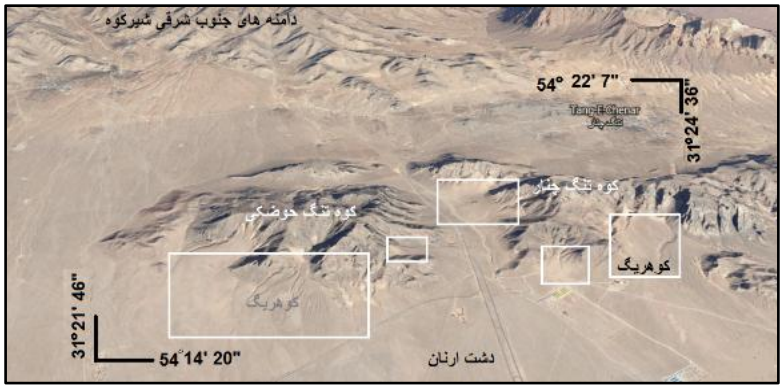
7- Choronology
8- Luminiscence

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

(2018) و Sharifi Paichoon (2020) کوه ریگ‌های واقع در دامنه‌های شرقی کوه شیرکوه در جنوب یزد را مطالعه نمودند. بر اساس تحقیقات آن‌ها شرایط اقلیمی جنب یخچالی و سنگ‌های گرانیتی مهم‌ترین عامل در شکل‌گیری این عارضه بوده است. هدف این پژوهش، بررسی منشأ ماسه‌های کوهریگ‌های واقع در حوالی دغ ارنان بر روی دامنه کوه‌های تنگ‌حوضکی و تنگ‌چنار است. جایی که بر روی دامنه این کوه‌ها 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 تنگ چنار 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. کوهریگ‌ها بر روی دامنه کوه‌های تنگ‌حوضکی و تنگ‌چنار در جهات مختلف قرار گرفته‌اند. ماسه‌ها بر روی دامنه کوه‌ها تا ارتفاع بیش از ۲٤۰۰ متر و شیب بیش از ۳۰ درصد بالا رفته‌اند (شکل ۱). بر روی تعدادی از کوه ریگ‌ها مواد دامنه‌ای درشت یا پوشش گیاهی نسبتا 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



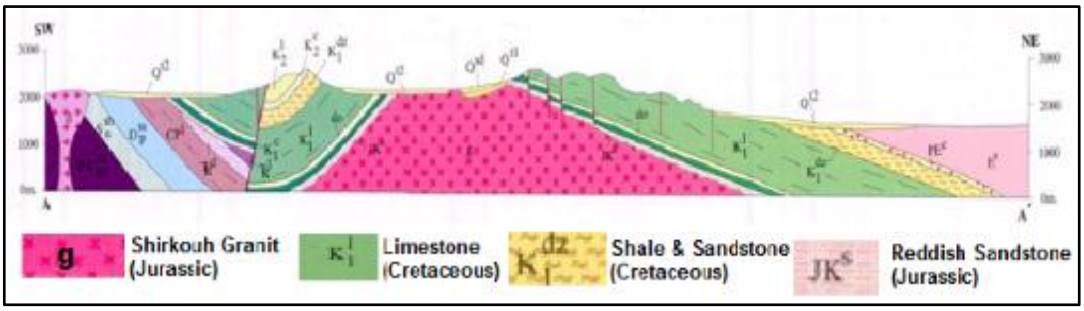
شکل ۲: نمایش دو تصویر از کوه ریگ‌های منطقه، تصویر سمت چپ تثبیت کوه ریگ توسط پوشش گیاهی و مواد دامنه‌ای را نشان می‌دهد

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

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

وضعیت سنگ‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های جنوب‌شرقی 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 نایبند نفوذ و سنگ‌های آهکی کرتاسه به همراه تشکیلات ماسه‌سنگ و کنگلومرای سنگستان به سن ژوراسیک بالایی-کرتاسه زیرین به‌صورت دگرشیب و ناپیوستگی آذرین بر روی آن قرار دارند؛ بنابراین سن نسبی آن احتمالا ژوراسیک بالایی است. نتایج سن‌یابی رادیومتری سن گرانیت را ۱۷۵ +_ ۱۰ 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 چین‌خوردگی پیدا کرده و توده شیرکوه را به‌وجود 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 به‌صورت کانی فرعی در برخی از بخش‌های گرانیت شیرکوه قابل مشاهده هستند (Amini & Kalantari, 1997).



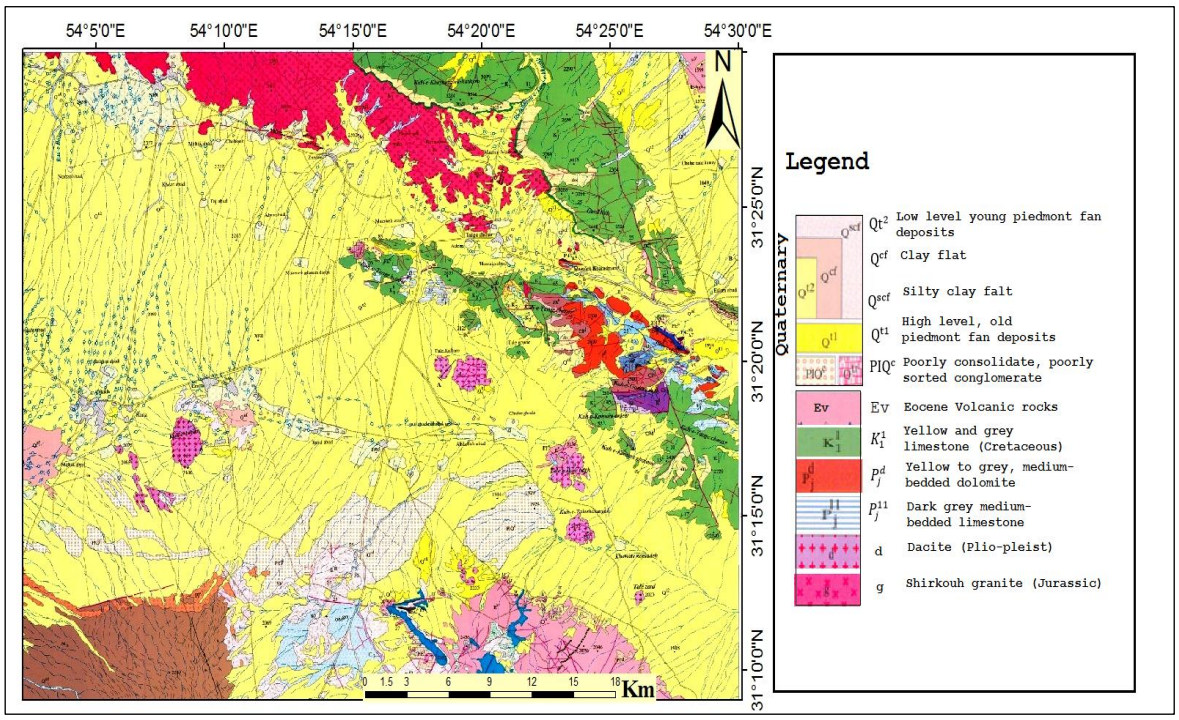
شکل ۳: نمایش نیمرخ زمین‌شناسی توده گرانیتوئیدی شیرکوه (اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نیر سازمان زمین‌شناسی)

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 رخنمون دارند. لوکوگرانیت‌ها در اصل از کوارتز، فلدسپار پتاسیم‌دار، پلاژیوکلاز سدیک و به مقدار کم‌تر بیوتیت تشکیل شده‌اند. پلاژیوکلازها (۲۰ تا ٤١ درصد) بیش‌ترین سهم کانیایی را به‌خود اختصاص داده‌اند. کوارتز (٣٤ تا ٤٧ درصد) به‌صورت درشت بلورهایی با مقادیر کم‌تر فلدسپار پتاسیم‌دار (۱۲ تا ١٤ 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 گسترده‌ترین بخش سنگ‌های باتولیت شیرکوه را تشکیل و بیش‌تر در بخش‌های میانی و شرقی شیرکوه قابل مشاهده‌اند (Sheibi & Esmaelly, 2009) و سنگ‌های بستر و رخنمون

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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 پلاژیوکلازها، فلدسپار قلیایی، کوارتز، بیوتیت، کردیریت، گارنت، مسکویت، تورمالین و کانی‌های فرعی زیرکن آپاتیت، مونازیت و کدر تشکیل شده‌اند (Sheibi & Esmaelly, 2009)؛ اما کانی‌های عمده این سنگ‌ها شامل کوارتز (۱٤ تا ۵۱ درصد)، پلاژیوکلاز (۱۵ تا ۷۰ درصد) و آلکالی فلدسپار (۵ تا ۲۰ درصد) می‌باشد. بیوتیت‌ها نیز به مقادیر متفاوتی بین (۵ تا ۲٤ درصد) در بین کانی‌های تشکیل‌دهنده گرانیت‌ها به دو صورت ورقه‌های مجزا و یا دانه‌های کوچک همراه با سایر بیوتیت‌ها یا بلورهای پلاژیوکلاز وجود دارد (Sheibi & Esmaelly, 2009).



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

Figure 3: Geological map of the studied area

مواد و روش‌ها

برای بررسی منشأ کوهریگ‌های حاشیه دغ ارنان، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی 1:100000 نیر 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 ۳٤ متر) واقع بر دامنه‌های جنوب‌غربی کوه تنگ‌چنار با موقعیت جغرافیایی ٥٤ درجه و ۱۷ دقیقه و ۵۵ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ٦ ثانیه عرض شمالی به‌عنوان نمونه مطالعه انتخاب گردید و سپس در امتداد نیمرخ عمودی آن ۱۲ نمونه رسوبی در طبقات ارتفاعی مختلف و در امتداد نیمرخ افقی ٦ نمونه در فواصل مختلف برداشت گردید (شکل ٤). همچنین، از یکی از کوه ریگ‌های در حال توسعه در ارتفاع حدود ۲٤۰۰-۲۵۰۰ متری با مختصات ٥٤ درجه و

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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 کانی‌سنجی شدند. همچنین، به منظور تحلیل‌های دقیق‌تر کانی‌ها، از برخی نمونه کانی‌ها و همچنین نمونه سنگ گرانیت، مقطع نازک[9] 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 گردشدگی و زاویه‌دار بودن، تعدادی از نمونه‌ها با استفاده از میکروسکپ الکترونی[10] روبشی STM[11]) 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 ٦٠ و ١٢٠ برابر بزرگ‌نمایی شدند و از زوایای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. بدین ترتیب، شکل دانه، میزان گردشدگی و زاویه‌دار بودن دانه‌های رسوبی مورد تحلیل‌های دقیق‌تری قرار گرفت.



شکل ٤: نمایش تصویر یکی از کوه ریگ مورد بررسی با مختصات جغرافیایی ٥٤ درجه و ١٧ دقیقه و ٥٥ ثانیه طول شرقی و ٣١ درجه و ٢٣ دقیقه و ٦ ثانیه عرض شمالی با ٣٤ 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 دانه‌سنجی شدند. نتایج دانه سنجی 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 گردشدگی و زاویه‌دار بودن آن‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است.

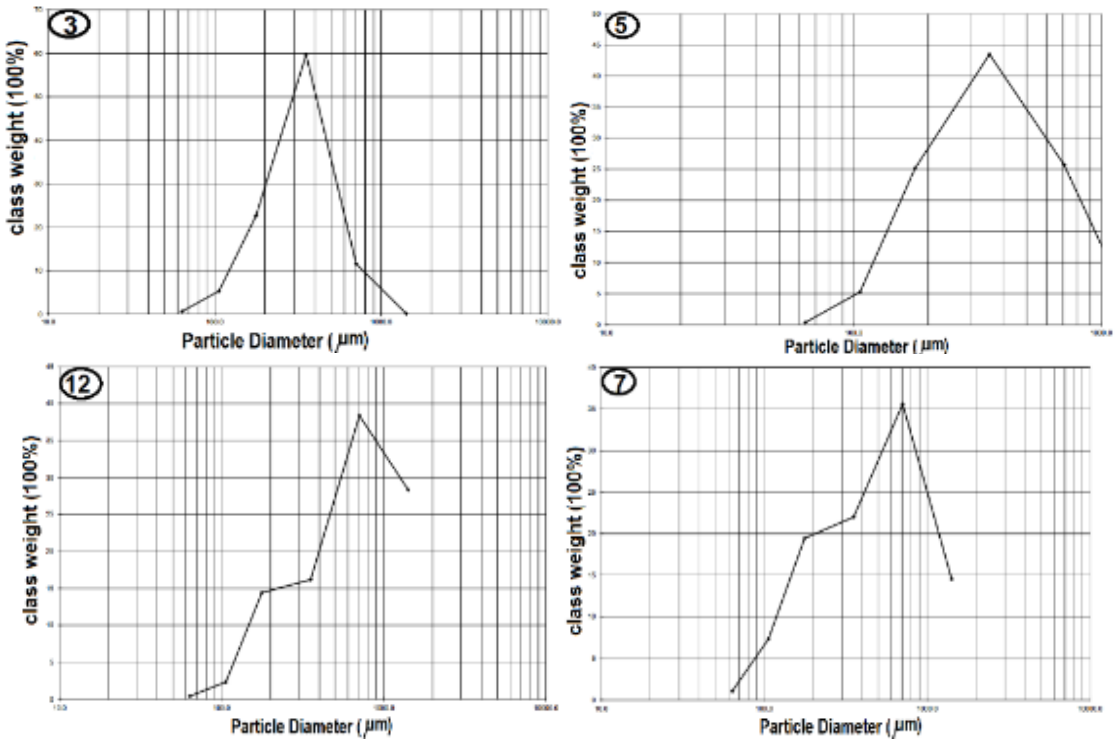
9- Thin Section
10- Electron Microscopy
11- Scanning Electron Microscope

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتایج دانه‌سنجی رسوبات

نتایج دانه‌سنجی رسوبات کوهریگ در امتداد نیمرخ عمودی

همان‌طور که در بحث مواد و روش اشاره گردید در امتداد دیواره کوه ریگ مورد مطالعه به ارتفاع ۳٤ متر، ۱۲ نمونه رسوبی از پایین (نیم متری کف دره) تا بالا (ارتفاع ۳۲ متری از سطح زمین) برداشت و در آزمایشگاه دانه‌سنجی شدند. ترسیم منحنی‌های توزیع نرمال کوه ریگ مورد مطالعه در امتداد نیمرخ عمودی نشان می‌دهد که نمونه رسوبی ۳ در (شکل ۵) متقارن و نسبتا متقارن بوده و توزیع دانه‌های رسوبی در این نمونه‌ها تقریبا یکسان و یکنواخت است. نمونه‌های ۸، 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 کج‌شدگی منفی را نشان می‌دهند (شکل ۵).



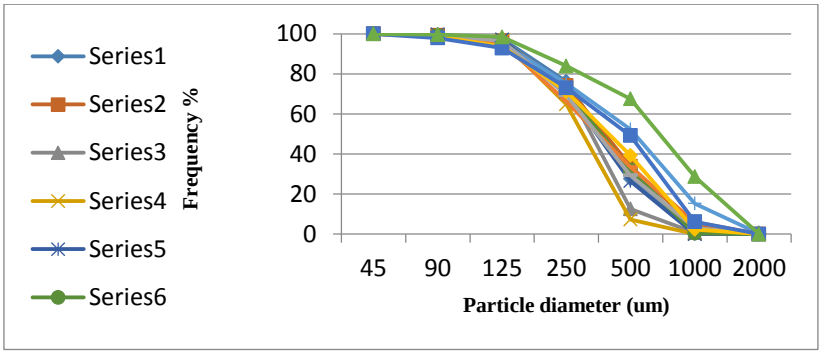
شکل ۵: نمایش ٤ نمونه از منحنی‌های توزیع نرمال کوهریگ در امتداد نیمرخ عمودی در ارتفاعات مختلف

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

بررسی منحنی‌های تجمعی اندازه قطر رسوبات نشان می‌دهد که نمونه ٤ 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 ٦). در واقع، بر خلاف تصور اولیه، اندازه قطر رسوبات کوهریگ در ارتفاع ۳۰ متری بسیار درشت‌تر از اندازه قطر آن‌ها در ارتفاعات سطح دامنه و نزدیک آن است. این امر بسیار متفاوت از تپه‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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.

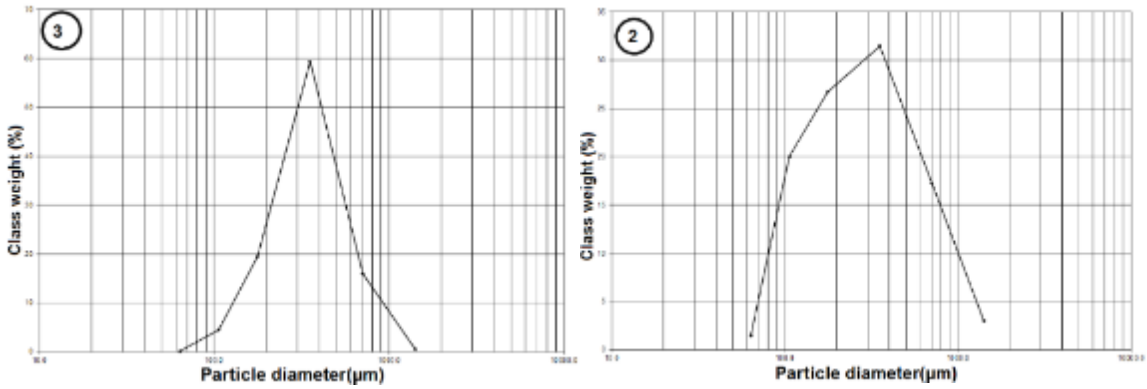


شکل ٦: نمایش منحنی‌های تجمعی ۱۲ نمونه رسوبی کوهریگ در امتداد نیمرخ عمودی

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

نتایج دانه‌سنجی رسوبات در امتداد نیمرخ افقی

در امتداد نیمرخ طولی کوهریگ در فاصله حدود ٦٠ متر از دره رودخانه اصلی ٦ نمونه رسوبی برداشت گردید. بررسی دانه‌سنجی 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 جورشدگی برخوردار است (شکل ۷).



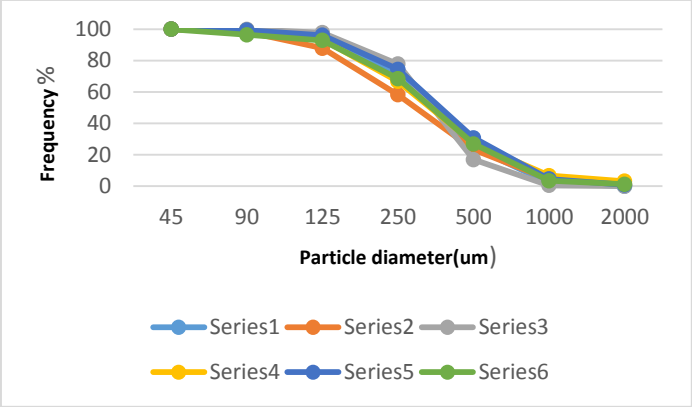
شکل ۷: نمایش منحنی توزیع پراکندگی رسوبات نمونه‌های ۲ و ۳ در امتداد نیمرخ طولی

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

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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

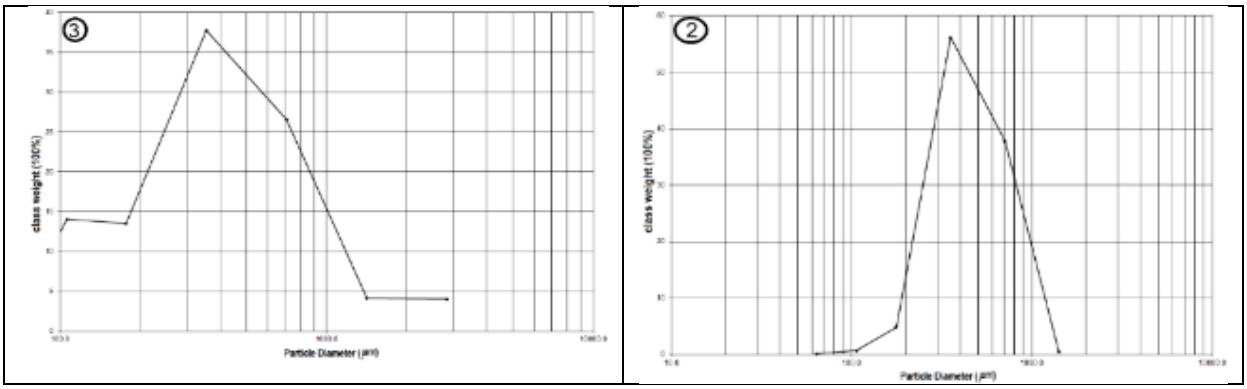


شکل ۸: نمایش منحنی‌های تجمعی رسوبات کوه ریگ در فواصل مختلف نیمرخ طولی

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 ریگ‌های 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 تثبیت-شده پای 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.

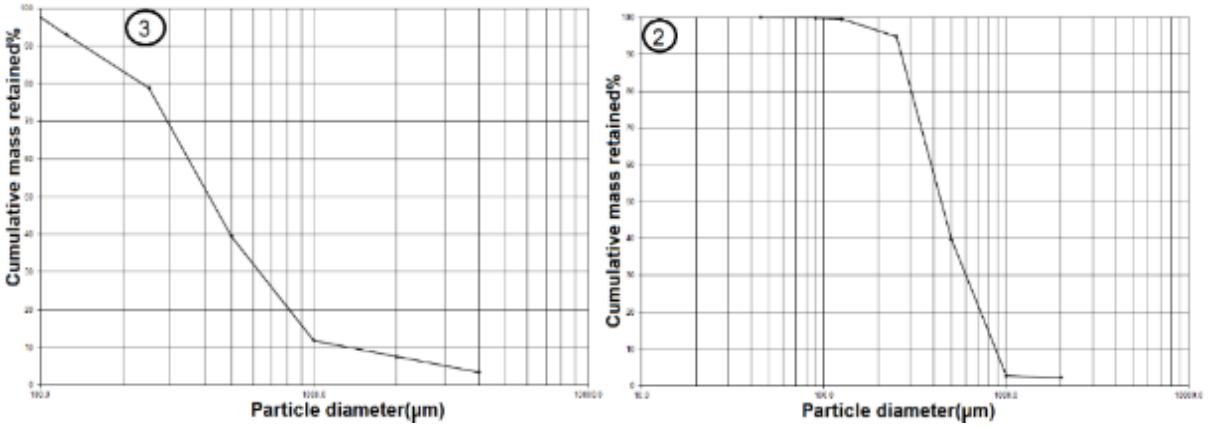


شکل ۹: نمایش منحنی‌های توزیع نرمال از کوه ریگ‌های در حال توسعه

Figure 9: Normal distribution curves of the developing sand ramps

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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 عمده 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 تثبیت 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 برمی‌گیرند و حداکثر حجم آن‌ها به ٤٠ 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 نسبتا 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، تصاویر ۳ و ٤). در برخی از رسوبات بیوتیت‌ها خود شکل‌اند (شکل ۱۱، تصویر ۳) و به نظر یا برجا هستند یا از مسافت‌های بسیار کوتاهی آورده شده‌اند. در بخش‌های میانی کوه ریگ و در ارتفاع ۱۵-۲۰ متری نیمرخ عمودی، رسوبات بیش-

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تر شبیه گرانیت‌های تخریب شده به شکل فیزیکی همان منطقه هستند. وجود کانی‌های بیوتیت، اپیدیت، کلریت، آمفیبول و خرده‌سنگ‌های 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 میکروفسیل و یا چرت دار هستند و در بیش‌تر موارد، برعکس کانی‌های دیگر به‌شدت گرد شده هستند (شکل ۱۱، تصویر ۱)؛ بنابراین منشأ آهک‌ها بسیار متفاوت از منشأ سایر رسوبات و کانی‌های دیگر است. خرده‌سنگ‌های نسبتا سالم هم در بیش‌تر نمونه‌های رسوبی قابل مشاهده است که این خرده‌سنگ‌ها ویژگی گرانیتوئیدهای منطقه را به‌خوبی نشان می‌دهند.

نتایج کانی‌شناسی رسوبات کوه ریگ در امتداد نیمرخ افقی

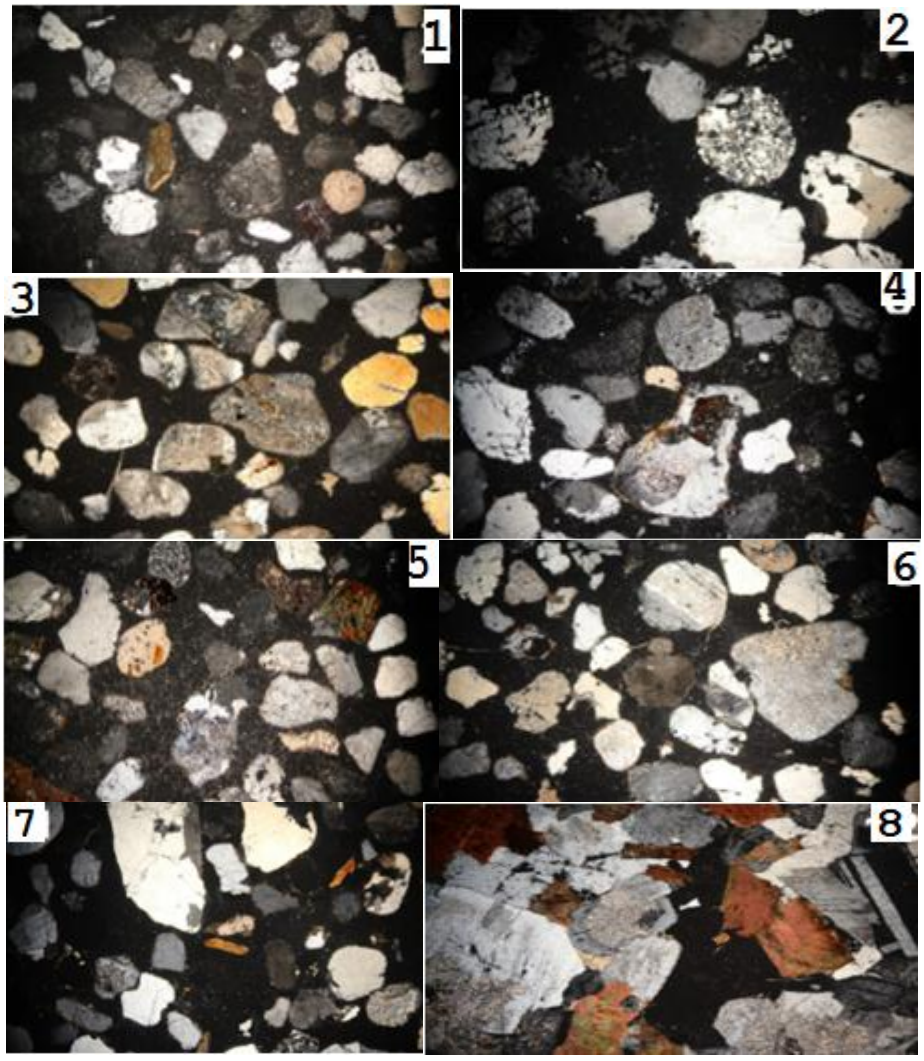
بررسی کانی‌شناسی نمونه‌های نیمرخ طولی نشان داد که حجم عمده رسوبات از فلدسپارها و فلدسپارهای پلاژیوکلاز سالم و تخریب نشده تشکیل شده است. بعضا بلور پلاژیوکلاز وجود دارد. وجود بلور پلاژیوکلاز و کانی‌های مسکویت و سالم بودن آن‌ها (شکل ۱۱، تصاویر ٤ و ٥) حاکی از آن است که این رسوبات یا بر جا هستند یا مسافت بسیار کمی را طی کرده‌اند. پلاژیوکلازها در این نیمرخ نیز زیاد هستند (شکل ۱۱، تصاویر ٤ و ٥) 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 ٤ و ٥). کوارتزها هم بین ۲۰ تا ٤۰ درصد حجم رسوبات را به‌خود اختصاص داده‌اند. اغلب کوارتزها زاویه‌دار هستند (تصویر ٤)؛ اما تعدادی کمی از آن‌ها نیز نسبتا گرد شدگی را نشان می‌دهند (شکل ۱۱، تصویر ٥). این امر نشان‌دهنده دو منشأ بودن این رسوبات است. حجم نسبتا بالایی از رسوبات خرده‌سنگ‌های گرانیتی سالم هستند (شکل ۱۱، تصاویر ۳، ٤ و ٥). کانی پرتیت نیز به‌صورت موردی در رسوبات قابل مشاهده است.

نتایج کانی‌شناسی رسوبات کوه ریگ در حال توسعه

در تراز ارتفاعی بین ۲٤۰۰ و ۲٥۰۰ متری منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های شرقی شیرکوه، یکی از کوه ریگ‌ها در حال تشکیل و توسعه است. جایی که گرانیت‌ها برون‌زدگی 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 ۲٥۰۰ متری (توتک بالا) به شکل خرده گرانیت‌ها دیده می‌شود و اغلب از فلدسپار و کوارتز و تا حدودی بیوتیت تشکیل شده است (شکل ۱۱، تصویر ٦). فلدسپارها بیش از ٦۰ 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 ٦). نمونه رسوبی پای دامنه در ارتفاع ۲٤۰۰ متری (توتک پایین) که از یک

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تپه حدود ۵ متری اخذ شده، به‌طور کامل خرده گرانیت را نشان می‌دهد. در این نمونه ساخت و بافت گرانیت‌های منطقه شیرکوه به‌طور 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 کانی‌سنجی 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

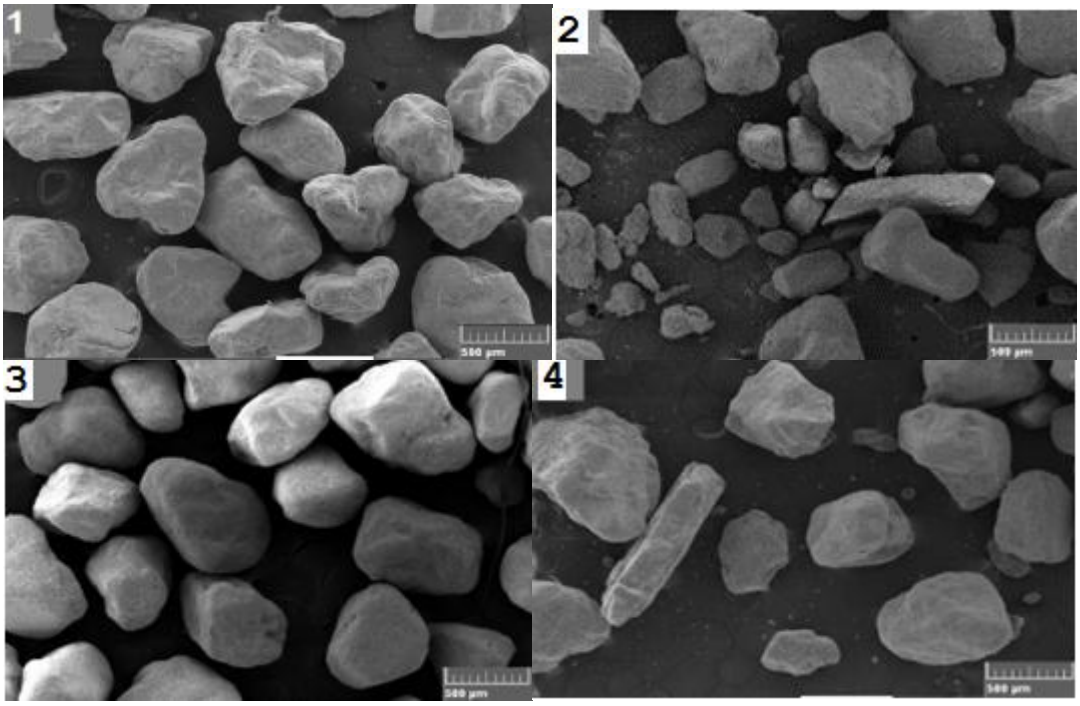
Figure 11: Images of minerals constitutive the studied sedimentary samples

نتایج مورفوسکپی دانه‌های رسوبی

برای بررسی مورفوسکپی دانه‌های رسوبی میزان گردشدگی، میزان تخریب فیزیکی وشیمیایی آن‌ها و همچنین کدر شدگی، سایش و خوردگی ذرات مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. برای این منظور از میکروسکوپ الکترونی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

روبشی با قابلیت عکس‌برداری از سطوح با بزرگنمایی ۱۰ تا ۷۰۰ هزار برابر استفاده شد. در این راستا ٤ 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 به‌ندرت عمل حفر و سائیدگی بر روی آن‌ها قابل مشاهده است. آن‌ها برخلاف رسوبات ماسه‌ای بادی کدر و مات نیستند. برخی از آن‌ها به شکل خرده‌سنگ جلوه می‌کنند و به نظر برجای هستند یا دست‌کم 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 گردشدگی را نشان می‌دهند (شکل ۱۲، تصویر ٤). 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 ٦۰ و ۱۲۰ برابر با استفاده از میکروسکپ الکترونی روبشی

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

نتیجه‌گیری

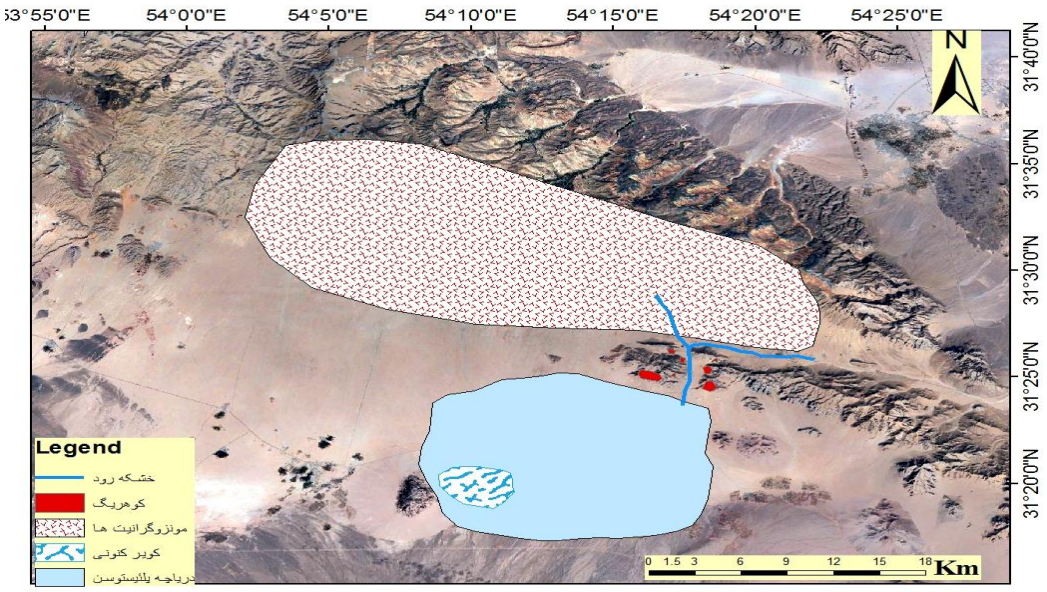
کوه ریگ‌ها از نظر موقعیت جغرافیای، مکان استقرار، مورفولوژی، شیب، شرایط و محیط شکل‌گیری بسیار متفاوت از سایر تپه‌های ماسه‌ای بیابانی هستند. اگر چه این تپه‌ها نیز در مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار گرفته‌اند،

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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 نسبتا متراکم پوشیده شده هستند. مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که تعداد زیادی از کوه ریگ‌های این منطقه زیر مواد کوه ریختی دامنه‌ای مدفون هستند. بررسی دانه‌سنجی 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 تقریبا 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 آن اعم 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 ٤٠ 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 قرارگرفته‌اند. برخی از نمونه‌ها بیش‌تر شبیه خرده‌سنگ‌های گرانیتی هستند و همان ترکیبات گرانیت‌های منطقه مورد مطالعه در آن‌ها وجود دارد. دانه‌های رسوبی آهکی به شکل موردی و بسیار محدود در برخی نمونه‌های رسوبی قابل مشاهده است. نکته قابل توجه آن است که دانه‌های رسوبی آهکی در همه نمونه‌های رسوبی کاملا گرد شده بودند. بدین‌ترتیب، بر اساس ویژگی‌های دانه سنجی، کانی‌شناسی و مورفوسکپی رسوبات می‌توان بیان داشت که رسوبات خاستگاه گرانیتی دارند. برای اطمینان بیش‌تر، یک نمونه از گرانیت‌های منطقه مورد مطالعه مورد 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 دانه‌سنجی، ماسه‌ها درشت‌دانه بوده و از کانون اولیه خود خیلی دور نشده‌اند. بر حسب ویژگی کانی‌های رسوبات از قبیل سالم ماندن بیوتیت‌ها، آمفیبوال‌ها 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 نسبتا 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 زاویه‌دار 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 نسبتا مرطوب جنب یخچالی پلئیستوسن به شدت هوازده شده

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

(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 (احتمالا با شدت 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 گردشدگی و زاویه‌دار بودن کوارتز تفاوت‌های ناچیزی را نشان می‌دهد. آن‌هایی که از ساحل دریاچه با مسافت ۵۰۰ متر یا بیش‌تر آورده شده گردشدگی 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 بازنشسته 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.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

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.
- Durgin, 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 Baghdadabad 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.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- 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.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- 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), "Orogin 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.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]