

Sediments geochemistry of geological units of Sarakhs region: implications to the dust emission

Masoume Darmany¹, Alireza Rashki^{2*}, Hayedeh Ara³, Abradat Mafi⁴

1. PhD Candidate in Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran
2. *Corresponding Author*, Department of Faculty of Natural Resources and Environment Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Department of Arid and Desert, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran
4. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Mashhad, Iran

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 25 October 2020

Revised: 16 February 2022

Accepted: 09 March 2022

Keywords:

Dust,
Geochemistry Factory
Analyze,
Enrichment Factor,
Sarakhs.

ABSTRACT

One of the critical factors dust sources less consideration is the role of geology and geomorphology as a source of dust emission. Geological units are one of the factors involved in the release of dust particles and the production of sediment. Lithological components with high sensitivity to alteration, weathering, and erosion, play an influential role in the emission and distribution of dust particles. Based on research, Sarakhs County is one of the critical corridors of wind erosion and dust storms in Iran that is affected by 120-days winds of Sistan. The sensitivity of the geological units to wind and water erosion in this area categories from medium to very high. To identify the chemical elements of the geological units and their roles in dust emission, soil samples were collected from the surface, and sub-surface layers of the geological units and airborne dust were also collected from the atmosphere. Samples were analysed by induction spectroscopy to determine their chemical elements. To identify the origin of dust and its relationship with geological units and also their classification, factor and cluster analysis was performed. The results of factoring and clustering analysis showed the Sarakhs region with chemical elements sodium, zinc, lanthanum, arsenic, niobium, cadmium, nickel, lead, zinc, lithium, strontium, sulfur, sodium is in factor one with an evaporative and chemical origin, and with elements of aluminum, iron, cobalt, thorium, manganese, boron, and titanium is in factor two with a detrital and terrestrial origin. Also, the chemical elements of dust in rural areas of Bazangan, Shorlugh, Baghbghoo, Padeh, and Baghak are in the same group as the geological units of Abe-Daraz, Chehel-e-Kaman, Quaternary deposits, bitter water, and Khangiran and have a common origin. The chemical elements barium, arsenic, sulfur, thorium, nickel, and lithium were introduced based on enrichment factors of human origin (chemical-evaporative).

Cite this article: Darmany, M., Rashki, A., Ara, H., Mafi, A. (2022). Sediments geochemistry of geological units of Sarakhs region: implications for dust emission potential. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 11(32), 19-36. DOI: 10.22111/jneh.2022.36242.1718.



© Alireza Rashki. Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/jneh.2022.36242.1718

* Corresponding Author Email: a.rashki@um.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۲۲، تابستان ۱۴۰۱

ژئوشیمی واحدهای زمین‌شناسی شهرستان سرخس با نگرش بر پتانسیل ایجاد گرد و غبار

معصومه درمانی^۱، علیرضا راشکی^{۲*}، هایده آرا^۳، آبرادات مافی^۴

۱. دانشجوی دکتری بیابانزدایی، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه سمنان

۲. دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

۳. استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه سمنان

۴. مربی، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران

| اطلاعات مقاله | چکیده |
|--|--|
| نوع مقاله: مقاله پژوهشی | یکی از عوامل بحرانی منابع گردوغبار که کمتر به آن توجه می‌شود، نقش زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی به‌عنوان یک منبع تولیدکننده گردوغبار است. واحدهای زمین‌شناسی از عواملی هستند که در انتشار ذرات گردوغبار و تولید رسوب نقش دارند. ترکیبات سنگ-شناسی با حساسیت بالایی که به دگرسانی، هوازگی و فعالیت‌های فرسایشی نشان می‌دهند، در پراکنش و تولید ذرات گردوغبار نقش مؤثری دارند. بر مبنای پژوهش‌های بررسی‌شده شهرستان سرخس یکی از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و گردوغبار است که تحت تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستم قرار دارد. واحدهای زمین‌شناسی موجود در این منطقه از لحاظ حساسیت سنگ‌ها به هر دو نوع فرسایش آبی و بادی در رده‌های متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند. به‌منظور شناسایی عناصر شیمیایی موجود در واحدهای زمین‌شناسی و نقش آن‌ها در تولید گردوغبار به جمع‌آوری نمونه‌های رسوبات واحدهای زمین‌شناسی در لایه سطحی و زیرسطحی و همچنین نمونه‌برداری از گردوغبار اتمسفری پرداخته شده است. نمونه‌ها، جهت تعیین عناصر شیمیایی، مورد آزمایش طیف‌سنجی القایی انجام گرفت و سپس جهت شناسایی منشأ گردوغبار و ارتباط آن با واحدهای زمین‌شناسی، آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای نشان داد که منطقه سرخس با عناصر شیمیایی: سدیم، روی، لانتان، آرسنیک نیوبیوم، کادمیوم، نیکل، سرب، روی، لیتیم، استرانسیوم، گوگرد، سدیم در فاکتور یک با منشأ تبخیری یا شیمیایی و با عناصر: آلومینیوم، آهن، کبالت، توریم، منگنز، بور، تیتانیوم در فاکتور دو و با منشأ آواری یا زمینی قرار دارد. همچنین عناصر شیمیایی گردوغبار مناطق روستایی: بزنگان، شورلق، بغغو، پده و باغک با واحدهای زمین‌شناسی آب دراز، چهل کمان، نهشته‌های کواترنری، آب تلخ و خانگیران در یک گروه قرار دارند و دارای یک منشأ مشترک هستند. بر اساس فاکتور غنی‌شدگی عناصر شیمیایی بر، آرسنیک، گوگرد، توریم، نیکل و لیتیم با منشأ انسان زاد (شیمیایی-تبخیری) معرفی شده‌اند. |
| تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۴ | |
| تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷ | |
| تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ | |
| واژه‌های کلیدی: گرد و غبار، ژئوشیمی، آنالیز فاکتوری، فاکتور غنی سازی، سرخس. | |

استناد: درمانی، معصومه، راشکی، علیرضا، آرا، هایده، مافی، آبرادات. (۱۴۰۱). ژئوشیمی واحدهای زمین‌شناسی شهرستان سرخس با نگرش بر پتانسیل

ایجاد گرد و غبار. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۲)، ۱۹-۲۶. DOI: 10.22111/jneh.2022.36242.1718



© معصومه درمانی، علیرضا راشکی، هایده آرا، آبرادات مافی.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

امروزه گردوغبار ژئوژنیک^۱ یکی از مهمترین مخاطرات هواشناسی است. چرخه‌ی گردوغبار بخش جدایی‌ناپذیری از سیستم زمین است که هر ساله حدود ۲۰۰۰ تن گردوغبار تولید می‌کند که از این مقدار ۷۵ درصد در سطح زمین فرو می‌نشیند (شانو^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). خصوصیت‌های شیمیایی ذرات گردوغبار بسیار وابسته به فرآیندهایی می‌باشد که در طول انتشار از خاک، انتقال در اتمسفر و رسوب اتفاق می‌افتد (لارنس^۳، ۲۰۰۹). بنابراین، درک کاملی از خواص فیزیک و شیمیایی آن بسیار مهم است (میدلتون^۴، ۲۰۱۷؛ کریمیان طرقله و همکاران، ۲۰۱۸:۲۰۱۹). در این رابطه، دو پارامتر رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی به‌عنوان بررسی‌های زمین‌شناسی زیست‌محیطی طوفان‌های گردوغبار به موازات یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که یکی از آن‌ها می‌تواند کامل‌کننده‌ی دیگری و نشان‌دهنده ارتباط نزدیک اجزا و ترکیب شیمیایی گردوغبار باشد (زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۰). کروی^۵ و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی منابع گردوغبار بیابان صحرا به ارتباط کمی بین تعداد روزهای گردوغبار با نوع خاک و واحد ژئومورفیک منطقه پی برد. پاراجولی و ژندر^۶ (۲۰۱۷) به بررسی ارتباط واحدهای ژئومورفولوژی و انتشار گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی، به تولید نقشه رسوب در مقیاس جهانی پرداخت و در نهایت واحد پلایا و سبخاها را در تولید گردوغبار معرفی کرد و نشان داد که رسوب و ذرات گردوغبار به نوع سطح زمین مرتبط است. ضیائی و همکاران (۲۰۱۹) با تجزیه و تحلیل ژئوشیمیایی ۵۰۰ نمونه گردوغبار در شمال شرقی ایران به شناسایی منابع ژئوژنیک و انسانی گردوغبار پرداختند و نشان دادند که نیکل، کروم منگنز و آهن از منابع زمین‌شناسی بیشتر طبیعی به‌دست آمده است، در حالی که عناصر مس، سرب و روی در گردوغبار با منابع انسانی مرتبط است. طرقله و همکاران (۲۰۲۰) با ارزیابی و بررسی خصوصیت‌های ژئوشیمیایی ذرات گردوغبار جوی شهر شیراز نشان دادند که واحدهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی در تولید گردوغبار نقش بسزایی داشته‌اند. شهرستان سرخس به دلیل اقلیم خشک و قرارگیری در دالان بادهای شدید ۱۲۰ روزه سیستان و همچنین دارا بودن سازندهای حساس به فرسایش به یکی از کانون‌های تولید گردوغبار در کشور تبدیل شده است و به نظر می‌رسد که واحدهای زمین‌شناسی و سازندهای آن نیز نقش مهمی در تولید گردوغبار منطقه داشته باشند. بنابراین، باتوجه به پتانسیل بیابان‌زایی شدید، فرسایش بادی و تولید غبار بالا در منطقه سرخس، بررسی ژئوشیمیایی رسوبات بستر گامی مهم در شناسایی و کنترل آثار نامطلوب فرآیند-های آلاینده یادشده خواهد بود. در رسوبات سطحی منطقه در صورت ورود عناصر شیمیایی و سمی بخش قابل-توجهی از آن جذب رس‌ها شده و برای مدت زیادی در سطح باقیمانده و یا در اثر باد همراه رس به هوا خاسته و بر شدت آلودگی هوا نیز می‌افزاید. به‌ویژه اینکه نمونه‌برداری و بررسی ترکیب فیزیکی و تجزیه شیمیایی گردوغبارهای اخیر نشان می‌دهد که گردوغبار صرفاً متشکل از ذرات رسی، ماسه و ذرات نمک نیستند، بلکه ترکیب پیچیده‌ای از عناصر شیمیایی هستند که نقش مخربی بر سیستم تنفسی به‌ویژه جنین و نوزادان می‌گذارند (چرخایی، ۱۳۸۵ کریمی و همکاران، ۱۳۹۰، پدرا^۷، ۱۹۹۹).

1 Geogenic

2 Shao

3 Lawrence

4 Middleton

5 crouvi

6 Parajuli, & Zender

7 Perera

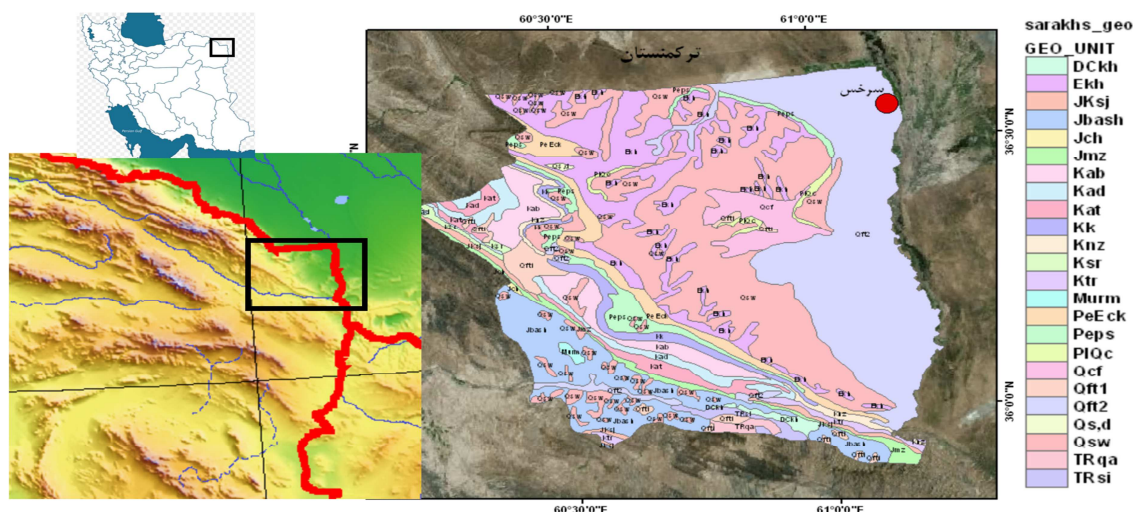
بنابراین، این مقاله به تجزیه و تحلیل خصوصیت‌های ژئوشیمیایی و تعیین ارتباط بین عناصر واحدهای زمین‌شناسی و گردوغبار و رسیدن به یک الگوی ژنتیکی مشخص برای تعیین خاستگاه عناصر گردوغبار می‌پردازد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

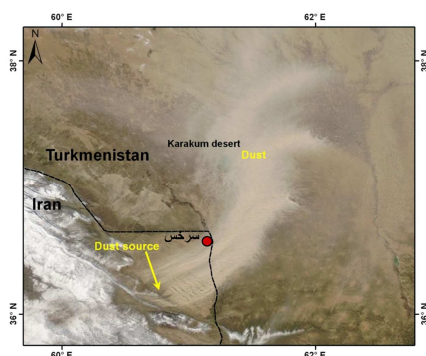
شهرستان سرخس، شرقی‌ترین بخش استان خراسان رضوی می‌باشد که با کشورهای ترکمنستان و افغانستان مرز مشترک دارد و به لحاظ جغرافیایی در مختصات ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۰۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است. به لحاظ ارتفاعی، قسمت عمده شهرستان را دشت نسبتاً مسطحی تشکیل می‌دهد که حداقل ارتفاع شهرستان ۲۵۵ متر و حداکثر ارتفاع ۱۷۳۲ متر از سطح دریا می‌باشد (گزارش زمین‌شناسی شهرستان سرخس: مجدآب شرق) شکل (۱).

این منطقه بخش کوچکی از حوضه بزرگ قره قوم است که در جنوب صحرای بزرگ قره قوم ترکمنستان قرار دارد و حد طبیعی شهرستان را در جنوب، رودخانه کشف رود، حد شرقی را رودخانه تچن (بعد از پیوستن رودخانه هریرود و کشف رود) و حدود طبیعی غربی و جنوب غربی را آخرین امتدادهای ارتفاعات کپه داغ مشخص می‌نماید (درمانی و همکاران، ۱۳۹۹). این منطقه شامل واحدهای زمین‌شناسی حساس به فرسایش در کلاس‌های متوسط تا زیاد می‌باشد که شامل: آب دراز (Kab): حاوی آهک متوسط لایه سفیدرنگ با میان لایه‌های شیلی، آیتامیر (ka) شامل: لایه متناوبی از شیل‌ها سرچشمه (ksr) حاوی شیل و مارن‌های خاکستری، کشف رود (jk) شامل: کنگلومرا، ماسه سنگ، گل سنگ، شیل، ماسه سنگ، سنگانه (ksn) از شیل‌های یکنواخت خاکستری رنگ حاوی کنکرسیون‌های آهنی، آب تلخ (kat) آهک شیلی خاکستری روشن تا آبی، آهک خاکستری روشن، پسته لیق (Pep) حاوی: شیل، ماسه سنگ، سیلت استون و رس سنگ ژیبس دار، چهل کمان (Pec) حاوی: سنگ آهک، آهک دولومیتی، ماسه سنگ آهکی و مارن و خانگیران (Ekh) حاوی: شیل آهکی و آهک ماسه‌ای، شیل و سیلت استون و رسوبات کواترنری (Qt1, Qt2) که شامل آبرفت‌های پادگانه‌ای قدیم و جدید و هسته‌های لسی می‌باشند. واحدهای زمین‌شناسی و طبقه‌بندی کلاس‌های فرسایش در جدول (۱) بیان شده است (سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مزدوران و شیر تپه). از دیدگاه ریخت‌شناسی، منطقه در سه بخش ریختاری است که دو بخش آن حساسیت به فرسایش بالایی دارند و شامل: ۱- بخش شمالی خاوری که به دلیل گسترش شیل‌های نرم سازند خانگیران، فرسایش-پذیری آن بالاست. ۲- بخش جنوب باختری که بخش‌های کم ارتفاع منطقه را شامل می‌شود و رودخانه کشف رود آبریزگاه همه آبراهه‌های کنده‌شده در آن است. بلندی‌های این بخش پیکرهایی تپه‌ماهوری پیدا کرده‌اند که بیشتر به-دلیل فرسایش‌پذیری سنگ‌های نرم سازند کشف رود بوده است (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی: شرح ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مزدوران و شیر تپه).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین‌شناسی شهرستان سرخس (منبع: سازمان زمین‌شناسی کشور)

شهرستان سرخس به دلیل دارا بودن اقلیم گرم و خشک، وقوع خشکسالی‌های پی در پی و به تبع آن از بین رفتن پوشش گیاهی، وجود بادهای شدید و فرساینده ۱۲۰ روزه سیستان به همراه خاک نرم و منفصل، مستعد وقوع طوفان‌های گردوغبار (شکل ۲) می‌باشد (مهندسیین مشاور مجدآب شرق، ۱۳۹۶). شرایط توپوگرافی منطقه به گونه‌ای است که در دشتی هموار با شیبی نزدیک به صفر درصد قرار دارد. این شیب کم سبب کاهش سرعت جریان آب و تجمع رسوبات آبی حاصل از فرسایش حوضه‌های بالادست گردیده که فرصت مناسبی را در اختیار بادهای شدید منطقه قرار می‌دهد تا نیروی لازم جهت حرکت رسوبات را فراهم آورد (مهندسیین مشاور مجدآب شرق، ۱۳۹۰). در این منطقه منابع آلاینده دیگری از جمله پالایشگاه خانگیران وجود دارد که به نظر می‌رسد با توجه به آلودگی‌های گوگردی که تولید می‌کند نقش مهمی نیز در آلاینده‌های اتمسفری منطقه داشته باشد.



شکل ۲: وقوع طوفان گردوغبار از منطقه سرخس (منبع: تصویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس، ۲۰ دی ۱۳۸۵)

روش انجام کار:

ابتدا واحدهای زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور در منطقه که شامل شیت مزدوران_شیر تپه می‌باشد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرح ورقه

۱:۱۰۰۰۰۰ مزدوران_شیرتپه، وزرات صنایع و معادن) سازندهای حساس به فرسایش منطقه در روش ام پسیاک^۱ و اریفر^۲ براساس لیتولوژی (عیسی زاده^۳ و همکاران ۲۰۱۱) مشخص شدند (جدول ۱ معیار انتخاب نقاط نمونه برداری با استفاده از جهت غالب باد و موقعیت منطقه می باشد. جمع آوری گردوغبار اتمسفری به مدت دو ماه از مرداد تا مهر ۱۳۹۸ به کمک نمونه بردار شیشه ای در پشت بام منازل مسکونی در ارتفاع حدود ۴ متر از سطح زمین انجام گرفت (شکل ۳- الف). نمونه برداری از واحدهای زمین شناسی در ۳۰ نقطه از عمق ۰-۵ سانتی متری (نمونه های سطحی) انجام گرفت (شکل ۳- ب). به منظور تعیین خصوصیت های سنگ مادری و کاهش خطا، علاوه بر نمونه برداری لایه سطحی، یک نمونه نیز از لایه های پایین تر با عمق حدود ۲۰-۵۰ سانتی متری (نمونه های عمقی) که نشان دهنده خصوصیت های سنگ مادر باشد، انجام گرفت (شکل ۳- ج). به منظور شناسایی عناصر شیمیایی، نمونه های برداشت شده در آزمایشگاه بر اساس روش های طیفسنجی القایی ICP (مونتینی^۴ و همکاران، ۲۰۱۸) به کمک دستگاه-ICP OES مورد پردازش قرار گرفت. خروجی ICP شامل غلظت عناصر تشکیل دهنده رسوبات بر حسب (PPM) است که در (شکل ۴) نشان داده شده است. در این روش به غیر از گازها، تمامی عناصر پایدار جدول تناوبی قابل شناسایی است. از جمله کاربرد آنالیز ICP آنالیز همزمان چند عنصر، تعیین ترکیبات عناصر و آنالیز مواد زمین شناسی و زیستی می باشد (جهان^۵، ۲۰۰۵).

جدول ۱: واحدهای زمین شناسی و درجه حساسیت آنها به فرسایش (بادی و آبی) (منبع: مطالعات اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی)

| کلاس فرسایش | | لیتولوژی |
|---------------|-----------|--|
| روش ام پسیاک | روش اریفر | |
| متوسط | | شامل آهک متوسط لایه سفیدرنگ با میان لایه های شیلی، شیل و سنگ آهک گچی متوسط لایه و مارن (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۹) |
| متوسط | | ماسه سنگ گلوکونیتی، سبز زیتونی، به طور فرعی شیل گلاکونیتی (رضایی، ۱۳۸۴) |
| متوسط | | شیل و مارن های خاکستری و شیل های مدادی با میان لایه هایی آهک اوربیتولین دار (محقق، ۱۳۹۰) |
| متوسط | | کنگلو، ماسه سنگ، گل سنگ، شیل، ماسه سنگ کوارتزیت، گچ و آهک ماسه ای (پورسلطانی و همکاران، ۱۳۸۵) |
| متوسط تا زیاد | | از شیل های یکنواخت خاکستری رنگ حاوی کنکرسبون های آهنی (هادوی و بدایعی، ۱۳۸۸) |
| زیاد | | آهک شیلی خاکستری روشن تا آبی، آهک خاکستری روشن (شفیعی اردستانی، ۲۰۲۱) |
| زیاد | | سنگ آهک، آهک دولومیتی، ماسه سنگ آهکی و مارن (ثیاب قدسی و همکاران، ۱۳۹۳) |
| زیاد | زیاد | شیل آهکی و آهک ماسه ای، شیل و سیلت استون (ثیاب قدسی و همکاران، ۱۳۹۳) |
| زیاد | زیاد | آبرفت های پادگانه ای قدیم (Q _{t2}) |
| خیلی زیاد | خیلی زیاد | آبرفت های پادگانه ای جدید (Q _{t1}) |
| خیلی زیاد | خیلی زیاد | نهشته های آسی (Q ₁) |

نهشته های کواترنری (سازمان زمین شناسی کشور، وزارت صنایع و معادن)

1 Mpsiak
 2 IRIFER
 3 Eisazadeh,
 4 Mounteney
 5 john
 6 Shafieeardestani

جدول ۲: مختصات نقاط نمونه برداری خاک سازندها در دو عمق سطحی و زیرسطحی (نقاط مشخص شده نمونه برداری به صورت سطحی و در سایر نقاط نمونه برداری به صورت زیرسطحی انجام شده است).

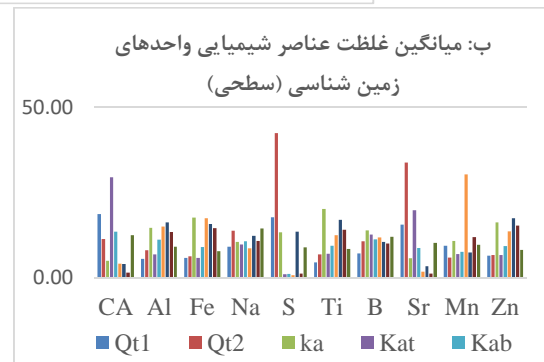
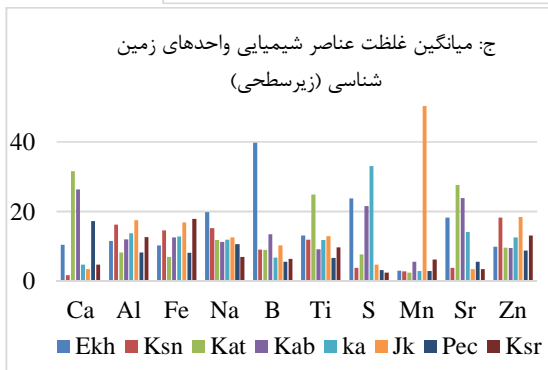
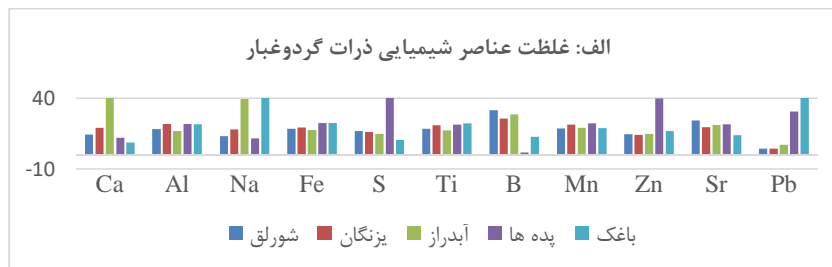
| واحد | نام روستا | طول | عرض | واحد | نام روستا | طول | عرض |
|---------|---------------|-------|-------|----------|----------------|-------|-------|
| E_k^h | شورلق (شرق) | ۶۰/۵۶ | ۳۶/۳۳ | K_a^t | آبدراز | ۶۰/۴۵ | ۳۶/۲۶ |
| | گنبدلی (شرق) | ۶۰/۸۹ | ۳۶/۳۸ | | باغک (جنوب) | ۶۰/۷۶ | ۳۶/۰۶ |
| JK | بغیغو | ۶۰/۵۹ | ۳۶/۰۵ | K_s^n | پده علی (شمال) | ۶۰/۷۱ | ۳۶/۰۸ |
| | مختوم قلی علی | ۶۰/۵ | ۳۶/۰۷ | | پده ها (شمال) | ۶۰/۷۱ | ۳۶/۰۸ |
| | مختوم قلی علی | ۶۰/۵ | ۳۶/۰۷ | K_s^f | باغک | ۶۰/۷۶ | ۳۶/۰۶ |
| K_a | باغک | ۶۰/۷۷ | ۳۶/۰۶ | P_e^c | شورلق | ۶۰/۵۸ | ۳۶/۲۹ |
| | پده ها | ۶۰/۷۲ | ۳۶/۰۹ | Q_1 | پده علی (شمال) | ۶۰/۸۵ | ۳۶/۰۷ |
| | پده ها (شمال) | ۶۰/۷۲ | ۳۶/۰۹ | Q_1 | گنبدلی | ۶۰/۹۵ | ۳۶/۴ |
| K_a^b | باغک (شمال) | ۶۰/۷۹ | ۳۶/۰۷ | Q_{t1} | شورلق (شرق) | ۶۰/۶۵ | ۳۶/۳۳ |
| | آبدراز | ۶۰/۴۵ | ۳۶/۲۷ | | گنبدلی | ۶۰/۹۵ | ۳۶/۴ |
| K_a^t | آبدراز (جنوب) | ۶۰/۸۲ | ۳۶/۰۹ | Q_{t2} | گنبدلی | ۶۰/۸۹ | ۳۶/۳۶ |
| | آبدراز (جنوب) | ۶۰/۸۲ | ۳۶/۰۹ | | شورلق (شرق) | ۶۰/۶۷ | ۳۶/۳۳ |

جدول ۳: مشخصات نقاط جمع آوری گردوغبار

| نقاط | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | روستای نمونه برداری |
|------|---------------|---------------|---------------------|
| ۱ | ۳۶/۳۲ | ۶۰/۶۳ | شورلق |
| ۲ | ۳۶/۳۱ | ۶۰/۴۸ | بزنگان |
| ۳ | ۳۶/۲۷ | ۶۰/۴۵ | آبدراز |
| ۴ | ۳۶/۰۹ | ۶۰/۷۱ | پده ها |
| ۵ | ۳۶/۰۶ | ۶۰/۶۷۶ | باغک |
| ۶ | ۳۶/۰۶ | ۶۰/۵۷ | بغیغو |



شکل ۳: (الف) نمونه بردار شیشه‌ای برای جمع‌آوری گردوغبار در روستا. (ب) نمونه‌برداری از واحدهای زمین‌شناسی. (ج) نمونه‌برداری از واحدهای زمین‌شناسی عمقی



شکل ۴: غلظت عناصر تشکیل‌دهنده رسوبات (الف) ذرات گردوغبار (ب) واحدهای زمین‌شناسی سطحی (ج) واحدهای زمین‌شناسی عمقی بر حسب (PPM)

عناصر شیمیایی واحدهای زمین‌شناسی و عناصر شیمیایی گردوغبار جمع‌آوری شده به کمک نرم‌افزار SPSS مورد پردازش دو متغیره (ضریب همبستگی) و چند متغیره (آنالیزهای فاکتوری و خوشه‌ای) قرار گرفت.

پردازش دو متغیره (تعیین ضرایب همبستگی): در مطالعات ژئوشیمیایی، عوامل مختلفی از قبیل عوامل ژنتیکی و غیره می‌تواند در ارتباط و وابستگی متغیرها به یکدیگر مؤثر باشد، مقدار این وابستگی را می‌توان با ضریب همبستگی نشان داد (حسینی پاک و همکاران، ۱۳۸۰). در این روش با استفاده از رگرسیون و سایر پارامترهای آماری می‌توان عوامل و فرآیندهای کنترل‌کننده رسوب‌گذاری را شناسایی نموده و نقش عوامل طبیعی و آنتروپوژنیک (انسان زاد) در توزیع رسوبات را تعیین نمود (الاگارسمی^۱، ۲۰۱۰). با توجه به پراکندگی غیرنرمال عناصر در نمونه رسوبات، ضرایب همبستگی این عناصر با روش مرتبه‌ای اسپیرمن که مستقل از نوع تابع توزیع متغیر است، مورد بررسی قرار گرفت. به‌عنوان مثال همبستگی مثبت هر یک از عناصر با عنصر شاخص منشأ زمینی (به‌عنوان مثال: نیکل)، بیانگر آن است که منشأ آن عنصر زمینی است و همبستگی مثبت با عناصر شاخص زیستی و درون حوضه‌ای، بیانگر منشأ آنتروپوژنیک آن عنصر است (داوودی و لک، ۱۳۹۰). همچنین همبستگی مستقیم هر عنصر با آلومینیوم بیانگر طبیعی بودن منشأ این عناصر و حاصل فرسایش سنگ‌ها و رسوبات می‌باشد (غضبان و همکاران، ۱۳۹۰). همبستگی بالای گوگرد با بور را به منشأ تبخیری نسبت می‌دهند (هستر^۲، ۱۹۹۷).

پردازش چند متغیره

آنالیز خوشه‌ای: عناصر نسبت به برخی عوامل محیطی واکنش‌های کم و بیش مشابهی نشان می‌دهند؛ بنابراین، شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل میان عناصر، به شناخت دقیق‌تر تغییرهای موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی کمک شایانی می‌نماید. در کل، شناخت همبستگی ژنتیکی میان عناصر، اطلاعات لازم را برای تفسیر هر چه صحیح‌تر داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار می‌گذارد. فرضیات روش آنالیز خوشه‌ای شامل: واریانس همسانی و توزیع نرمال متغیرها می‌باشد (آلتر^۳، ۲۰۱۰). در تحلیل خوشه‌ای، هدف طبقه‌بندی متغیرها براساس تشابه هرچه بیشتر درون گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین گروهی است (حسینی پاک و همکاران، ۱۳۸۰). به‌منظور تعیین پاراژنرها و نحوه ارتباط عناصر با یکدیگر، آنالیز فاکتوری خوشه‌ای انجام پذیرفت. روش به‌کار گرفته‌شده در این آنالیز، میان‌گروهی می‌باشد. عناصری که در یک کلاستر یا یک خوشه قرار می‌گیرند، دارای یک منبع مشترک می‌باشند (درویشی خاتونی، ۱۳۹۲).

آنالیز فاکتوری

به‌منظور بیان روابط بین‌گروهی در عناصر، در گروهی از متغیرها که به‌وسیله‌ی حداکثر تعداد متغیرهای اصلی کنترل‌کننده تغییرهایی که اصطلاحاً فاکتور نامیده می‌شود (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴)، از تحلیل فاکتوری استفاده شده است. تحلیل فاکتوری، تفکیک مناسبی برای کاهش داده‌ها در مطالعات ژئوشیمیایی است، به‌طوری‌که با استفاده از امتیازات فاکتوری به جای متغیرهای اولیه می‌توان مشاهدات صحرائی و کل تمرکز

¹ Alagarsamy

² Hester

³ Alther

آنومالی‌ها را تغییر داد (کارلتون^۱، میسون^۲ و همکاران، ۱۳۹۰). این روش، سبک مطلوبی برای تعیین منشأ رسوبات و تفکیک عناصر مختلف بر اساس ژنز بوده و قسمت مؤلفه‌های اصلی^۳ و روش چرخش وارمیکس^۴ و تعداد کلاس‌های مختلف با سطح اعتماد ۸۵ درصد مد نظر قرار گرفته است. در این تحلیل، عناصری که با هم از یک ضریب همبستگی بالایی برخوردارند، در یک منشأ قرار گرفته‌اند. همچنین باتوجه به تعداد زیاد متغیرها (عناصر)، از آنالیز تحلیل مؤلفه-های اصلی (PCA) نیز جهت تقلیل ابعاد و محدود نمودن متغیرهای همبسته استفاده شده است (درویشی خاتونی، ۱۳۹۵).

فاکتور غنی‌شدگی

به منظور شناسایی منشأ طبیعی یا انسان‌زاد عناصر شیمیایی، از فاکتور غنی‌شدگی (EF^۵) استفاده شد. فاکتور غنی-شدگی جهت بررسی پراکنش، میزان و منشأ آلاینده‌های عناصر در نمونه‌های گردوغبار می‌باشد که بر اساس روش کونگ و همکاران در سال ۲۰۰۷، فاکتور غنی‌شدگی در ذرات گردوغبار مرتبط با ترکیب پوسته فوقانی (UCC) به-صورت زیر تعریف می‌شود (کانگت^۶ و همکاران، ۲۰۰۷) معادله (۱).

$$EF = \frac{(C_x/C_R)_{aerosol}}{(C_x/C_R)_{crust}} \quad (1)$$

فاکتور غنی‌شدگی عنصر X، Cx: غلظت عنصر x و CR: غلظت عنصر مرجع می‌باشد که بر اساس تیلور و مک‌کلنن^۷ در پوسته فوقانی محاسبه شده‌اند.

EF کمتر از ۳ نشان‌دهنده عوامل طبیعی و فرآیندهای هوازدگی و EF بیشتر از ۳ نشان‌دهنده سهم غیر پوسته‌ای و یا غیرطبیعی (انسان‌زاد) در غنی‌شدگی فلزات سنگین است. مقادیر فاکتور غنی‌شدگی به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱ < EF < ۳، غنی‌شدگی وجود ندارد، EF < ۳، غنی‌شدگی کم، EF: ۵-۳

غنی‌شدگی متوسط، EF: ۱۰-۵، غنی‌شدگی متوسط تا شدید، EF: ۲۵-۱۰، غنی‌شدگی شدید، EF: ۵۰-۲۵، غنی-شدگی شدگی خیلی شدید، EF > ۵۰، غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید (باقری و همکاران، ۱۳۹۱). در این پژوهش عنصر آلومینیوم (AL) به‌عنوان عنصر مرجع در نظر گرفته شد، این عنصر در پوسته می‌باشد و به مقدار کمتر در آلودگی‌های زیست‌محیطی انسان‌زادی وجود دارد، بنابراین به‌عنوان عنصر مرجع انتخاب شده، در نتیجه EFY برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیت‌های شیمیایی گردوغبار جمع‌آوری شده

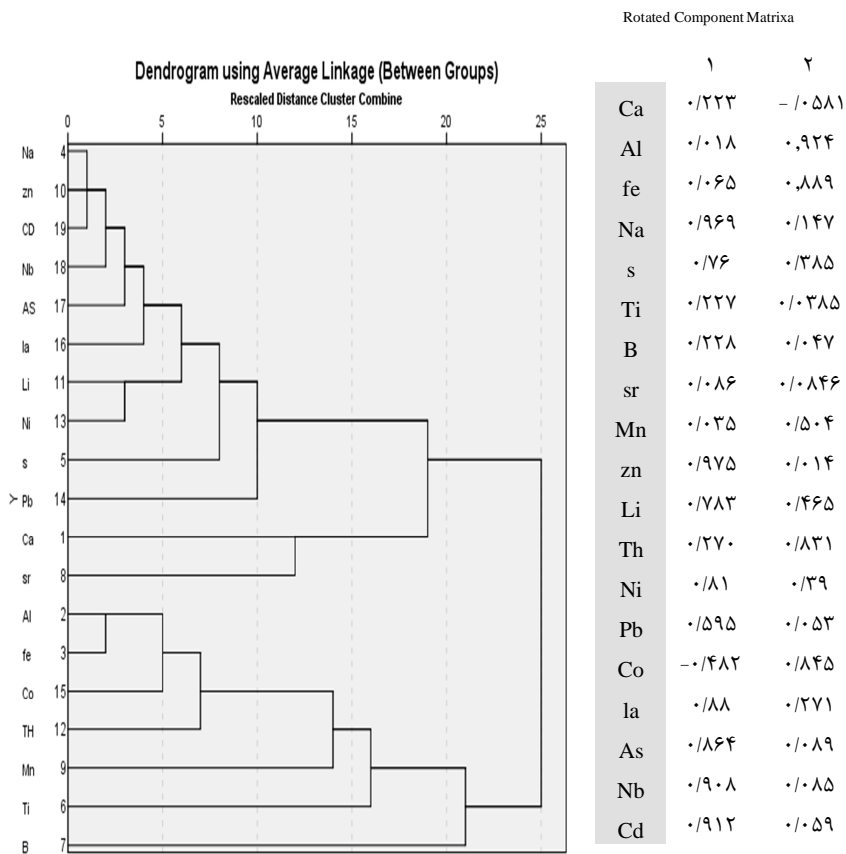
1 karlton
2 Mason
3 Principal Component
4 Varimax
5 Enrichment Factor
6 Conget
7 Taylor and McLennan

غلظت عناصر تشکیل دهنده ذرات گردوغبار روستاهای منطقه سرخس (پده، بغغو، باغک و آبدراز، شورلق) نشان داده است: کلسیم، آلومینیوم، سدیم، آهن و گوگرد، تیتانیوم بیشترین درصد عناصر را در روستاهای یادشده به خود اختصاص داده است (شکل ۴-الف). از عناصر شیمیایی نامبرده عناصر کلسیم، سدیم و گوگرد بیشتر با منشأ تبخیری و شیمیایی همراه هستند که نشان دهنده آلودگی منابع انسانی هستند، همچنین عناصر آهن و آلومینیوم نیز بیشتر با منشأ زمینی همراه هستند و احتمالاً منشأ این عناصر می تواند از واحدهای زمین شناسی باشد.

بررسی خصوصیت های شیمیایی واحدهای زمین شناسی منطقه سرخس

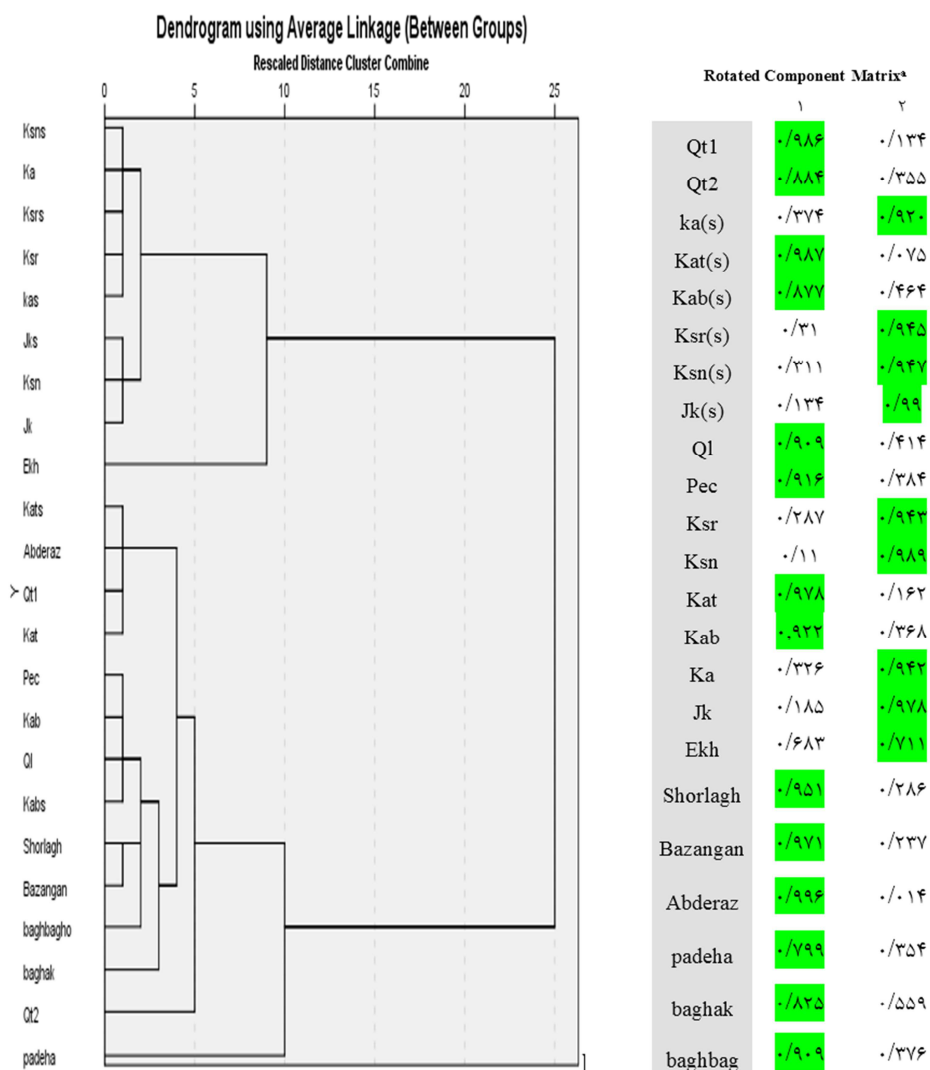
غلظت عناصر تشکیل دهنده رسوبات واحدهای زمین شناسی منطقه سرخس (سطحی-زیرسطحی) نشان داده است که: آلومینیوم، کلسیم، آهن، سدیم، گوگرد و بر بیشترین درصد عناصر را به خود اختصاص داده است (شکل ۴-ب و ج). در خصوص منشأ عناصر یادشده نیز احتمال بر این است که کلسیم، سدیم، گوگرد و بر با منشأ تبخیری و شیمیایی از آلودگی های صنعتی باشد و عناصر آهن و آلومینیوم ناشی از فرآیندهای فرسایش و هوازدگی واحدهای زمین شناسی باشد. به منظور شناسایی دقیق منشأ عناصر شیمیایی واحدهای زمین شناسی و رسوبات گردوغبار به کمک نرم افزار SPSS غلظت عناصر شیمیایی مورد آنالیز فاکتوری و خوشه ای قرار گرفت (شکل ۵).

بر اساس تحلیل داده های ژئوشیمیایی، آنالیز فاکتوری در دو فاکتور ۱ و ۲ برای عناصر شناسایی شد. عناصر تشکیل دهنده در یک فاکتور نشان دهنده این هست که دارای منشأ مشترک هستند، سدیم، روی، لانتان، آرسنیک نیوبیوم، کادمیوم، نیکل، سرب، روی، لیتیم، استرانسیوم، گوگرد، سدیم در فاکتور یک با منشأ تبخیری - شیمیایی و عناصر: آلومینیوم، آهن، کبالت، توریم، منگنز، بور، تیتانیوم در فاکتور دو با منشأ آواری و زمینی قرار دارد. فاکتور دو نشان دهنده منشأ آواری برای عناصر موجود در رسوبات است که از فرسایش سازندهای مختلف و از طریق رودخانه ها وارد دشت شده است. البته عناصر شیمیایی روی، سرب، استرانسیوم، گوگرد نیز می تواند منشأ احتمالی پالایشگاه خانگیان موجود منطقه نیز باشد. عناصر تبخیری به خصوص در بخش جنوبی منطقه که تحت تأثیر محیط های سوپراتایدال ۱ بوده و آب دریاچه بزنگان در این منطقه به دلیل خاصیت موینگی تبخیر شده و عناصر یادشده را در رسوبات سطحی بر جای می گذارد، نیز بیشتر است. نتایج آنالیز فاکتوری منطبق بر آنالیز خوشه ای می باشد. در آنالیز خوشه ای نیز دو خوشه اصلی برای عناصر شناسایی شد و عناصر شیمیایی در هر خوشه دارای یک منشأ می باشند.



شکل ۵: سمت راست آنالیز فاکتوری و سمت چپ: نمودار خوشه‌ای عناصر شیمیایی رسوبات واحدهای زمین‌شناسی با گردوغبار

به منظور شناسایی منشأ گردوغبار مناطق روستایی، عناصر شیمیایی (رسوب لایه سطحی و زیرسطحی) واحدهای زمین‌شناسی با رسوبات گردوغبار مناطق روستایی مورد آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای قرار گرفت. مناطق روستایی و واحدهای زمین‌شناسی که در یک گروه قرار گرفته‌اند، نشان‌دهنده این است که رسوبات منطقه روستایی با واحدهای زمین‌شناسی که در یک گروه قرار گرفته‌اند شباهت بیشتری دارند و نقش بیشتری در تولید گردوغبار آن روستا داشته‌اند و دارای یک منشأ هستند (شکل ۶).



شکل ۶: سمت راست: آنالیز فاکتوری و سمت چپ: نمودار خوشه‌ای ارتباط واحدهای زمین‌شناسی گردوغبار روستاها

واحدهای زمین‌شناسی که نقش مهمی در تولید گردوغبار منطقه سرخس داشته‌اند با گردوغبار در یک گروه قرار گرفته‌اند و دارای یک منشأ هستند. واحدهای زمین‌شناسی شامل آبدراز (Kab)، آب تلخ (Kat)، نهشته‌های کواترنری قدیم و جدید (Qt1, Qt2) نهشته‌های لسی (Q1)، خانگیران (Ekh)، چهل کمان (Pec) با گردوغبار روستاهای آبدراز، بزنگان، شورلق، بغغو و پدها در یک گروه قرار دارند و نشان می‌دهد که تا حدود ۸۵ درصد از گردوغبار روستاهای نامبرده منشأ زمینی دارند و از واحدهای زمین‌شناسی یادشده سرچشمه گرفته‌اند. همچنین واحدهای زمین‌شناسی، سنگانه، سرچشمه کشف رود، اتامیر در دو عمق سطحی و زیرسطحی در یک گروه قرار دارند و دارای یک منشأ مشترک هستند که بیشتر از ۸۵ درصد با یکدیگر همبستگی دارند.

واحدهای زمین شناسی که نقش اساسی در گردوغبار منطقه داشته اند عبارتند از:

آبدراز (Kab): این سازند از شیل های خاکستری روشن مایل به آبی و سنگ آهک های چاکی به رنگ سفید مایل به زرد حاوی اینوسراموس فراوان و در شش بخش تشکیل شده که سه بخش آن سنگ آهکی و سه بخش آن شیلی است. بخش های آهکی در میان سنگ های بخش های زیرین و زیرین گسترش دارد. بخش میانی آن را شیل های خاکستری روشن مایل به آبی تشکیل می دهد سطح همبری آن با واحد زیرین هم شیب و فرسایشی و با واحد زیرین به صورت پیوسته و هم شیب است. بیشترین گسترش آن در منطقه پدها و کمترین گسترش در منطقه مزدوران قرار دارد. سازند چهل کمان (Pec): سنگ آهک بیومیکریتی سفید تا کرم رنگ، سنگ آهک ماسه ای و سنگ آهک دولومیتی، ماسه سنگ آهکی و کمی مارن و گچ پدید آمده است، ضخامت آن در نقاط مختلف گسترش محدوده متغیر است. واحد آب تلخ (Kat): شیل های آهکی به رنگ خاکستری مایل به آبی همراه با لایه هایی از مارن های خاکستری تا آبی رنگ پدید آمده است. در قسمت های عمیق تر این سازند لایه های ماسه سنگی نیز نمایان می شوند که به تدریج به ماسه سنگ های سازند نیزار تبدیل می شود. همبری این سازند با سازند آبدراز پیوسته و هم شیب و با سازند نیزار تدریجی و هم شیب است. ضخامت آن در نقاط مختلف گسترش محدوده متغیر است. کواترنر شامل: مخروط افکنه های آبرفتی قدیمی Qt1، نهشته های لسی Q1 و پادگانه های آبرفتی و مخروط افکنه های جدید Qt2 است. بیشتر انباشته های مربوط به پادگانه ها و مخروط افکنه های قدیمی Qt1 و لس ها Q1 برجای گذاشته شده اند که شامل قله سنگ های آهکی سخت نشده هستند. این پادگانه ها و لس ها که به صورت دگرشیب واحدهای کهن تر را پوشانده اند، گسترشی وسیع در منطقه دارند و بیشتر بر فراز واحدهای کهن تر جای گرفته اند. گسترش لس ها بیشتر در شمال و شمال خاوری محدوده است. ضخامت لس ها در بعضی مناطق به چندین متر می رسد. پس از آبرفت های Qt1 و لس ها Q1، آبرفت های Qt2 مهمترین نهشته های آواری این محدوده را پدید می آورند که شامل انباشته ها و پادگانه ها آبرفتی مسطح و افقی است و بیشتر در حاشیه میانی دشت شمال شرق منطقه و حاشیه رودخانه کشف رود گسترش یافته اند. ژئوشیمی رسوب: ذرات دانه ریز به ویژه رس ها با ترکیب شیمیایی خاص خود می تواند جذب کننده عناصر (به خصوص عناصر سنگین و سمی) موجود در آب دریاها و دریاچه ها بوده، یا بلعکس وارد کننده عناصر شیمیایی به محیط های آبی باشند. باتوجه به افزایش روزافزون طوفان های گردوغبار در ایران و به خصوص شهرستان سرخس، رس ها می توانند منجر به انتقال عناصر سنگین و زیست محیطی از طریق تنفس به بدن انسان گردند.

مطالعات ژئوشیمی عناصر علاوه بر تعیین شاخص های ژئوشیمیایی ذرات گردوغبار، به منظور تعیین منشأ احتمالی ذرات، بررسی خصوصیت های زمین زیست محیطی عناصر موجود در این ذرات و نقش آنها در آلودگی محیط زیست نیز حائز اهمیت است (گانجین ۱، ۲۰۰۸). در این پژوهش با بررسی نتایج آنالیز عنصری در تاریخ های برداشت نمونه و باتوجه به منطقه منشأ هر نمونه، به تحلیل ژئوشیمی رسوبی و فاکتور غنی شدگی عناصر در ذرات گردوغبار پرداخته شد (جدول ۴). عناصر شیمیایی Fe, Th, Ti, Na, Sr, S, Fe, Mn, Li, Ni, Co, As, B, زیرا که درجه غنی- شدگی این مقادیر بالاتر از ۱ می باشند نشان از این است که عوامل دیگری بر روی غلظت این عناصر اثرات زیادی را گذاشته اند. همچنین، غنی شدگی از Sr, و Mn مبین تشکیل و خاستگاه رسوبی و نزدیک به سطح سنگ های مادر

ذرات گردوغبار و به عبارتی هم منشأ بودن تمام ذرات با ابعاد مختلف است (زرآسوندی ۱ و همکاران، ۲۰۱۱). از طرفی دیگر، عناصر (B, As, S, Li, Ni, Th) دارای فاکتور غنی‌شدگی بالای ۳ در هر دو نوع رسوبات گردوغبار و واحدهای زمین‌شناسی می‌باشند که نشان‌دهنده منشأ غیرطبیعی و یا به عبارتی انسان‌زادی برای آن‌ها است.

جدول ۴: فاکتور و میزان غنی‌شدگی عناصر مختلف در گردوغبارها و واحدهای زمین‌شناسی غلظت متوسط پوسته‌ای (Taylor and McLennan, 1985; 1995) (Wedepohl, 1995)

| غلظت متوسط پوسته قاره‌ای (PPM) | رسوبات گردو- EF (غبار) | درجه غنی‌شدگی | (واحد زمین شناسی) EF | درجه غنی‌شدگی | EL |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|----|
| ۸۰۴۰۰ | عنصر مرجع | | | | AL |
| ۱۵ | ۲۱۷/۳۸ | بینهایت شدید | ۳۷۳/۷۷ | بینهایت شدید | B |
| ۱.۵ | ۳۰/۸۴ | خیلی شدید | ۱۰/۷۸ | متوسط تا شدید | AS |
| ۱۷ | ۱/۷ | کم | ۱/۲۳ | کم | Co |
| ۲۰ | ۷/۰۵ | متوسط تا شدید | ۳/۰۴ | متوسط | Ni |
| ۲۰ | ۱۳/۱ | شدید | ۱/۳ | کم | Pb |
| ۳۰ | ۱/۴۴ | کم | ۰/۶۲ | کم | La |
| ۲۰ | ۸/۶۳ | متوسط تا شدید | ۴/۰۹ | متوسط | Li |
| ۶۰۰ | ۱/۶۸ | کم | ۲/۰۷ | کم | Mn |
| ۹۵۳ | ۳۶/۴۲ | خیلی شدید | ۱۰/۰۸ | متوسط تا شدید | S |
| ۳۵۰ | ۲/۴ | کم | ۱/۷۶ | کم | Sr |
| ۱۱ | ۶/۳۱ | متوسط تا شدید | ۵/۹۵ | متوسط تا شدید | Th |
| ۳۰۰۰ | ۱/۰۹ | کم | ۱/۷۸ | کم | Ti |
| ۷۱ | ۱۲/۱۵ | متوسط تا شدید | ۲/۰۶ | کم | Zn |
| ۶۰۰ | ۱/۶۸ | کم | ۲/۰۷ | کم | Mn |
| ۲۸۹۰۰ | ۲/۲۱ | کم | ۰/۵۲ | کم | Na |
| ۳۵۰۰۰ | ۱/۴۴ | کم | ۱/۶۳ | کم | Fe |
| ۲۵ | ۴/۴۴ | متوسط | ۰/۵۶ | کم | Nb |

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، باتوجه به نتایج حاصل از پژوهش، منابع آلودکننده را می‌توان در دو طبقه الف: منابع زمینی (واحدهای زمین‌شناسی) و ب: منابع انسانی (تبخیری و شیمیایی) دسته‌بندی نمود.

الف_منابع زمینی:

نتایج حاکی از آنست که گسترش رخنمون‌های سازندهای فرسایش‌پذیر قابل‌توجه می‌باشد و رسوب‌زایی در منطقه بسیار زیاد است. از جمله این سازندها: سازند خانگیران، پسته لبق و نیز نهشته‌های لسی و آبرفتی دوران چهارم می‌باشند. لیتولوژی اصلی و غالب واحدهای سنگی بالا بیشتر ریزدانه‌ی شیلی و سیلت استونی می‌باشد که در اثر فرسایش

و هوازدگی تولید رسوبات ریزدانه می‌نمایند. واحدهای آبرفتی قدیم و لسی نیز به دلیل عدم سخت‌شدگی و وجود قشر لسی تولید بار معلق می‌نمایند. علاوه بر واحدهای یادشده برخی از تشکیلات زمین‌شناسی حوزه تحت تأثیر عوامل فرسایش، رخنمون‌های آن‌ها تخریب شده و مواد حاصل از تخریب به صورت واریزه در پای دامنه‌ها تجمع می‌یابند، اغلب این مواد بار بستر را تشکیل می‌دهند، به خصوص سازند آهکی چهل کمان به شکل بارزتری در این فرآیند نقش ایفا می‌نماید؛ زیرا از یک طرف دارای رخنمون‌های وسیع‌تری از لایه‌های سنگ آهک بوده و از طرف دیگر شدت چین خوردگی منجر به ایجاد و توسعه سیستم‌های درز و شکاف فراوان در آن گردیده است. در عملیات میدانی نیز قطعات خردشده آهکی با منشأ سازند چهل کمان در بستر آبراهه‌ها و مسیل‌های حوزه به خوبی قابل-مشاهده بود.

ب: منابع انسانی:

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای، سهم عناصر شیمیایی و تبخیری علاوه بر منشأ زمینی مشهود است. به‌نظر می‌رسد عناصر شیمیایی مانند روی، آرسنیک، سرب، گوگرد، توریوم و منشأ آلاینده آن از پالایشگاه خانگیران موجود در منطقه باشد. پالایشگاه خانگیران منشأ غنی تولید گاز هیدروژن سولفور ناشی از تولید گاز ترش می‌باشد. همچنین عنصر توریوم در کانی‌های زیادی وجود دارد که رایج‌ترین آنها ماده معدنی فسفات تریتم خاکی و کمیاب موناریت هست که حاوی کم و بیش ۱۲ درصد فسفات توریوم می‌باشد. علاوه بر آن، احداث جاده خط انتقال لوله گاز پالایشگاه خانگیران است که مسیر آن از داخل منطقه مورد مطالعه می‌گذرد، موجب تخریب واحدهای زمین‌شناسی و افزایش فرسایش‌پذیری آن‌ها گردیده است. همچنین آلودگی ناشی از نیکل را به فرآورده‌های نفتی و صنعتی همچون گازوئیل و نفت سفید در این پالایشگاه می‌توان نسبت داد.

دومین منبع آلودگی ناشی از عناصر شیمیایی: گوگرد، بر، لیتیم را می‌توان به معدن گچ منطقه نسبت داد. سنگ گچ یک ماده معدنی بسیار نرم است که از فشرده‌شدن کلسیم سولفات دو هیدرات درست می‌شود.

سومین منبع آلودگی ناشی از گوگرد و آرسنیک و توریوم را می‌توان به معدن زغال‌سنگ آق دربند نسبت داد، این معدن زغال‌سنگ آق دربند در فاصله ۱۴۱ کیلومتری مشهد قرار گرفته است که دارای میزان خاکستر متوسط ۳۰ درصد و مقدار گوگرد ۱ درصد می‌باشد، همچنین دارای تجهیزات و ماشین‌آلات آلوده‌کننده‌ای مانند: تراکتور، وانت، کمپرسور موتور برق می‌باشد.

چهارمین منبع آلودکننده را به خطوط راه آهن می‌توان نسبت داد که بیشتر آن شامل حرکت قطار در محدوده مشهد-سرخس است. از جمله آلودگی ناشی از خطوط راه آهن شامل: دود حاصل از سوخت مازوت، سایش چرخ با ریل و ترمزها و فرسایش گراول‌های زیر ریل می‌باشد.

گفتن این نکته ضروری است که ممکن است بخشی از این آلاینده‌ها که در منطقه رسوب نموده است، ناشی از آورد گردوغبار باشد که منشأ فرا منطقه‌ای دارد که در این پژوهش بررسی نشده است.

به‌طور خلاصه بیان می‌شود:

بررسی‌های ژئوشیمیایی عناصر و غلظت نامتعارف برخی عناصر شیمیایی (As, Li, Th, Ni) و عناصر تبخیری ناشی از (B S Sr) در منطقه انسان‌زاد می‌باشد که به احتمال زیاد مربوط به آلودگی پالایشگاه خانگیران و معدن گچ، برخی مواد شیمیایی و غیرشیمیایی فاضلاب‌های صنعتی در منطقه (روغن‌سازی و پالایشگاه‌ها و آلودگی‌های نفتی) یا سموم کشاورزی باشد. همچنین در مورد نقش واحدهای زمین‌شناسی به‌عنوان منبع زمینی واحدهای زمین‌شناسی مانند: سنگ آهک، دولومیت، شیل، ماسه سنگ، مارن که باعث فرسایش نابرابر و در نتیجه پیدایش توپوگرافی ناهمسان شده است، آن‌چنانکه سنگ آهک‌ها و دولومیت‌ها به دلیل پایداری بیشتر برجستگی‌ها و شیل‌ها و مارن‌ها به‌علت فرسایش-پذیری بیشتر و ریزدانه‌بودن، نقاط پست‌تر منطقه را پدید آورده‌اند. در نهایت واحدهای شوربجه، سرچشمه و آیتامیر نقش متوسطی در آلودگی دارند، درحالی‌که واحد، آبدراز، آب تلخ و چهل کمان و رسوبات کواترنری مناطق پست و فرسایش یافته‌تر منطقه را پدید آورده‌اند و نقش بالاتری در تولید گردوغبار منطقه دارند.

تقدیر و تشکر

از جناب آقای جواد درویشی خاتونی کارشناس سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی تهران بابت همکاری در تجزیه و تحلیل داده‌های این پژوهش کمال تشکر را داریم.

منابع

- افشارحرب عباس. (۱۳۷۳). سازمان زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی ایران - کپه داغ، طرح تدوین کتاب، شماره ۱۱، ص ۲۷۵.
- الگوی مشارکت جوامع محلی و دستگاه‌های اجرایی در احیای منابع طبیعی، زمین‌شناسی شهرستان سرخس (۱۳۸۳). مهندسین مشاور مجدد شرق.
- باقری حسین، شامد ترانه، درویش بسطامی کاظم، باقری زهرا. (۱۳۹۱). ارزیابی پراکنش فلزات سنگین در خلیج گرگان، مجله اقیانوس-شناسی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، دوره ۳، شماره ۱۱، ص ۶۵-۷۲.
- برایان‌هرولد میسن، کارلتن مور. (۱۳۹۰). اصول ژئوشیمی، ناشر دانشگاه شیراز، مترجمان: علی‌اصغر شرفی، فرید مر، ویراستار: ناهید پور، محمدقنوتی زبان فارسی. ۱۳۹۰، نوبت چاپ ۹ تیراژ، ۲۰۰۰ نسخه، ص: ۵۸۶.
- پورسلطانی مهدی رضا، موسوی حرمی رضا، لاسمی یعقوب. (۱۳۸۵). تفسیر محیط رسوبی سازند کشف رود (بازوسین بالایی-باتونین زیرین) بر مبنای ایکنوفسیل‌ها در شمال خاور ایران، علوم زمین، سال هفدهم، شماره ۶۵، ص ۱۷۰-۱۸۵.
- ثیاب قدسی علی اصغر، صلاحی میر امیر، ریوندی بتول. (۱۳۹۳). ریز رخساره‌های رسوبی و جغرافیای زیستی دیرینه اگذر سازند چهل کمان به سازند خانگیران (پالئوژن)، شرق حوضه رسوبی کپه داغ، سی‌ونهمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین‌المللی علوم زمین. دوره ۸، شماره ۱۵، ص ۲۰-۳۱.
- چرخابی امیرحسین، تنها مجید، لامعی مهناز. (۱۳۸۵). ارزیابی توزیع مکانی جیوه کل در دشت رسوبی خوزستان با استفاده از زمین آمار در محیط GIS. همایش خاک، محیط‌زیست و توسعه پایدار، کرج، ایران.
- داوودی اعظم، لک راضیه. (۱۳۹۱). شناسایی منبع اقتصادی تیتانیم و تعیین منشأ آن در رسوبات ساحلی منطقه لاریم و فرح آباد (استان مازندران). فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، سال هشتم، ص ۲۳۲-۲۲۵.
- درمانی معصومه، آرا هاید، راشکی علیرضا، مافی آبرادات. (۱۳۹۹). منشأیابی و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات گردوغبار در شهرستان سرخس، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۹، شماره ۳، ص ۲۱-۳۷.

- رضایی سید حمیدرضا و علیجانی نرجس. (۱۳۸۴). فسفات در جنوب خاور هزار مسجد - کپه داغ، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، تهران.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. (۱۳۸۴). گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ تلخاب (۱)، ص ۳۹.
- شفیعی اردستانی، میثم و وحیدی نیا، محمد. (۱۳۹۹). تأثیر عمق محیط زیست بر تکامل فرامینفرهای پلانکتونیک، سازند آبدراز، حوضه رسوبی کپه داغ، سی و نهمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین المللی علوم زمین.
- غضبان فریدون، زارع خوش اقبال مریم. (۱۳۹۰). بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). مجله محیط-شناسی، شماره ۵۷، سال سی و هفت، ۴۵-۵۶.
- کریمیان بهناز، لندی احمد، حجتی سعید، احدیان جواد. (۱۳۹۵). بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی گردوغبار شهر اهواز، مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۴۷ شماره ۱، ص ۱۵۹-۱۷۳.
- محق محمد انور، هادوی فاطمه و رحیمی بهنام. (۱۳۹۰). نانو استراتیگرافی مرز سازندهای تیرگان - سرچشمه در برش قلعه زو (غرب کپه داغ). نشریه علمی پژوهشی رخساره های رسوبی، دوره ۴، شماره ۱، ص ۱۰۹-۱۲۵.
- محمدی علی. (۱۳۸۹). رسوب شناسی و ژئوشیمی نهشته های پلایای جازموریان، فصلنامه خشکبوم، شماره ۱، سال اول، ص ۱۲-۱.
- مرادی هرسینی کاظم. (۱۳۸۵). بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی نهشته های محیط های رسوبی عهد حاضر در جنوب دشت خوزستان. پایان نامه دکتري، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۳۶۲.
- هادوی فاطمه، بدایق، فرشته. (۱۳۸۸). نانو استراتیگرافی سازند سنگانه در برش مزدوران (کپه داغ)، رخساره های رسوبی، دوره ۲، شماره ۱، ص ۱۱۵-۱۲۸.

- Alagarsamy, R., Zhang, J (2010) Geochemical characterization of major and trace elements in the coastal sediments of India, Environmental Monitoring Assessment, Vol. 161: 161-176 DOI: [10.1007/s10661-008-0735-2](https://doi.org/10.1007/s10661-008-0735-2)
- Alther, G. A (1979) A simplified statistical sequence applied to routine water quality analysis, a case history, Journal of Ground Water, Vol. 17 (6): 556-561.
- Crouvi, O. Schepanski, K., Amit, A., Gillespie, R., Enzel, Y. (2012). Multiple dust sources in the Sahara Desert: The importance of dunes July 2012 Geophysical Research Letters 39(13): L13401 DOI: 10.1029/2012GL052145
- Eisazadeh, L., Sokouti, R., Homaeae, M., Pazira, E. (2012). Comparison of empirical models to estimate soil erosion and sediment yield in micro catchments. Eurasian journal Soil Science Societies. (1):28-33.
- Guangjin, W. (2008). Geochemistry of dust aerosol over the Eastern Pamirs, Journal of Arid Environment, pp: 1129-1143.
- Hester, R., E., Harrison, R. M (1997) Contaminated Land and its Reclamation, issues in environmental science and technology,
- Karimian Torghabeh, A., Afzali, S. F., Jahandari, A., Mahmudy Gharai, M. H., & Al-Khashman, O. A. 2020. Evaluation of trace Environmental Monitoring, 6: 679-683 10.1007/s10661-012-2668-z
- John R. Dean (2005). Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy, ASM Metal Handbook, Materials Characterization Induction coupled plasma spectroscopy and its application, Volume 10, Steve J. Hill, second edition.
- Lawrence, C. R., & Neff, J. C. (2009). The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition. Chemical Geology, 267(1-2), 46-63 DOI: 10.1016/j.chemgeo.2009.02.005
- Mason, B., Mer, K. B (2006) Principles of Geochemistry, Translation: Mar, F., Sharafi, A., A., Shiraz University Press, 197 p.
- Mounteney, I., Burton, A. K., Farrant, A. R., Watts, M. J., Kemp, S. J., & Cook, J. M. (2018). Heavy mineral analysis by ICP-AES is a tool to aid sediment provenancing. Journal of Geochemical Exploration, 184, 1-10
doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.10.007
- Parajuli, S. P., & Zender, C. S. (2017). Connecting geomorphology to dust emission through high-resolution mapping of global land cover and sediment supply. Aeolian Research, 27, 47-65 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2017.06.0>
- Middleton, N. J. (2017). Desert dust hazards: A global review. Aeolian Research, 24, 53-63. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.12.001>
- Karimian Torghabeh, A., Jahandari, A., Jamasb, R. (2019). Concentration, contamination level, and source identification of selective trace elements in Shiraz atmospheric dust sediments (Fars Province, SW Iran). Environ. Sci. Pollut. Res. Int. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-04100-2>.
- Karimian Torghabeh, A., Pimentel, N., Jahandari, A., Wang, G., (2018). Mineralogy, composition, and heavy metals' concentration, distribution, and source identification of surface sediments from the saline Maharlou Lake (Fars Province, Iran). Environ. Earth Sci. 77 (19), 700. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7877-5>.

- Ziyae, A., Hirmas, D.R., Karimi, A., Kehl, M., Macpherson, G.L., Lakzian, A. and Roshanizarmehri, M., 2019. Geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic elements in airborne dust in northeastern Iran. *Aeolian Research*, 41, p.100540. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2019.100540>
- Cong, Z., Kang, S., Liu, X., and Wang, G. (2007). Elemental composition of aerosol in the Nam Co region, Tibetan Plateau, during summer monsoon season. *Atmos Environment*, 41:1180–1187.
- Taylor, S. R., and McLennan, S. M. (1985). *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell Scientific Publication, Carlton, 312 p.
- Taylor, S. R., and McLennan S. M. (1995). The geochemical evolution of the continental crust, *Review Geophysics*, 33, 241–265.
- Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochim Cosmochim Acta* 59:1217–1232.
- Zarasvandi, A., Farid Mor, Nazarpour, A. (2011) Composition of the mineralogy of particles forming the dust phenomenon in Khuzestan province based on XRD and SEM analysis, *Journal of Crystallography and Mineralogy*. 19 (3): 511-518.

References

References (in Persian)

- Afshar Harb, A. (1996). *Geology of Kopeh Dagh - Iranian Geological Textbook*, No. 11, Geological Survey of Iran. [In Persian]
- Bagheri, H; Sharmad, s; Darvish Bastami, K; Bagheri, Zahra (2011). Evaluation of Heavy Metals Distribution in Gorgan Bay, *Journal of Oceanography*, National Institute of Oceanography and Atmospheric Sciences, Volume 3, Number 11, 65-72 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-242-en.html>. [In Persian]
- Charkhabi, A. H., Tanha, M., Lamei, M. (2006) Evaluation of spatial distribution of total mercury in Khuzestan sedimentary plain using geostatistics in GIS environment. *Soil Conference, Environment and Sustainable Development*, Karaj, Iran. [In Persian].
- Davoodi, A. and Lak, R. (2012). identifying the economical source of titanium and determining its origin in coastal sediments of Larym and Farahabad zone (Mazandaran province), *journal of geotechnical geology (applied geology)*, Volume 8, Number 3; Page(s) 225-232. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=300376>. [In Persian].
- Geological Survey of Iran (2005) *Geochemical exploration report in the range of 1: 100000 Talkhab (1)*, 39 p. [In Persian].
- Ghazban, F., Zare Khosh Iqbal, M) 1390) Investigation of the source of heavy metal pollution in the sediments of Anzali wetland (northern Iran). *Journal of Environmental Studies*, No. 57, Year 37, 56-45. [In Persian].
- Hassan Pak, A.A., and Sharafuddin, M. (2001) *Exploratory data analysis*, University of Tehran Press, p. 991 [In Persian].
- Karimi, K., Taheri Shahr Aini, H., Habibi Nokhandan, M., Hafezi Moqaddas, N. (2011). Identifying the origin of dust storms in the Middle East using remote sensing, climatological research, Seventh and Eighth Issues, Second Year, 72-57 [In Persian].
- Mohammadi, A. (2010) *Sedimentology and geochemistry of Jazmourian Playa deposits*. *Khoshkboom Quarterly*, No. 1, First Year, 12-1. [In Persian].
- Mer, K. B, Mason, B., (2006) *Principles of Geochemistry*, Translation: Mar, F., Sharafi, A., A., Shiraz University Press, 586 p. [In Persian].
- Moradi Hersini, K (2006) *Investigation of engineering geological features of sedimentary media deposits in the south of Khuzestan plain*. Doctoral dissertation, Tarbiat Modares University, 362. [In Persian].
- The pattern of participation of local communities and executive bodies in natural resources restoration, the geology of Sarakhs city, Majdab Shargh consulting engineers [In Persian].

References (in English)

- Alagarsamy, R., Zhang, J (2010) *Geochemical characterization of major and trace elements in the coastal sediments of India*, *Environmental Monitoring Assessment*, Vol. 161: 161-176 DOI: [10.1007/s10661-008-0735-2](https://doi.org/10.1007/s10661-008-0735-2)
- Alther, G. A (1979) *A simplified statistical sequence applied to routine water quality analysis, a case history*, *Journal of Ground Water*, Vol. 17 (6): 556-561.
- Crouvi, O. Schepanski, K., Amit, A., Gillespie, R., Enzel, Y. (2012). Multiple dust sources in the Sahara Desert: The importance of dunes July 2012 *Geophysical Research Letters* 39(13): L13401 DOI: 10.1029/2012GL052145
- Eisazadeh, L., Sokouti, R., Homae, M., Pazira, E.(2012). Comparison of empirical models to estimate soil erosion and sediment yield in micro catchments. *Eurasian journal Soil Science Societies*. (1):28-33.
- Guangjin, W. (2008). *Geochemistry of dust aerosol over the Eastern Pamirs*, *Journal of Arid Environment*, pp: 1129-1143.
- Hester, R., E., Harrison, R. M (1997) *Contaminated Land and its Reclamation, issues in environmental science and technology*,
- Karimian Torghabeh, A., Afzali, S. F., Jahandari, A., Mahmudy Gharai, M. H., & Al-Khashman, O. A. 2020. Evaluation of trace Environmental Monitoring, 6: 679-683 [10.1007/s10661-012-2668-z](https://doi.org/10.1007/s10661-012-2668-z)
- John R. Dean (2005). *Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy*, ASM Metal Handbook, Materials Characterization Induction coupled plasma spectroscopy and its application, Volume 10, Steve J.Hill, second edition.
- Lawrence, C. R., & Neff, J. C. (2009). The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition. *Chemical Geology*, 267(1-2), 46–63 DOI: 10.1016/j.chemgeo.2009.02.005
- Mason, B., Mer, K. B (2006) *Principles of Geochemistry*, Translation: Mar, F., Sharafi, A., A., Shiraz University Press, 197 p.
- Mounteney, I., Burton, A. K., Farrant, A. R., Watts, M. J., Kemp, S. J., & Cook, J. M. (2018). Heavy mineral analysis by ICP-AES is a tool to aid sediment provenancing. *Journal of Geochemical Exploration*, 184, 1–10 doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.10.007
- Parajuli, S. P., & Zender, C. S. (2017). Connecting geomorphology to dust emission through high-resolution mapping of global land cover and sediment supply. *Aeolian Research*, 27, 47–65 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2017.06.0>
- Middleton, N. J. (2017). Desert dust hazards: A global review. *Aeolian Research*, 24, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.12.001>

- Karimian Torghabeh, A., Jahandari, A., Jamasb, R.(2019). Concentration, contamination level, and source identification of selective trace elements in Shiraz atmospheric dust sediments (Fars Province, SW Iran). *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* <https://doi.org/10.1007/s11356-018-04100-2>.
- Karimian Torghabeh, A., Pimentel, N., Jahandari, A., Wang, G., (2018). Mineralogy, composition, and heavy metals' concentration, distribution, and source identification of surface sediments from the saline Maharlou Lake (Fars Province, Iran). *Environ. Earth Sci.* 77 (19), 700. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7877-5>.
- Ziyadeh, A., Hirmas, D.R., Karimi, A., Kehl, M., Macpherson, G.L., Lakzian, A. and Roshanizarmehri, M., 2019. Geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic elements in airborne dust in northeastern Iran. *Aeolian Research*, 41, p.100540. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2019.100540>
- Cong, Z., Kang, S., Liu, X., and Wang, G. (2007). Elemental composition of aerosol in the Nam Co region, Tibetan Plateau, during summer monsoon season. *Atmos Environment*, 41:1180–1187.
- Taylor, S. R., and McLennan, S. M. (1985). *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell Scientific Publication, Carlton, 312 p.
- Taylor, S. R., and McLennan S. M. (1995). The geochemical evolution of the continental crust, *Review Geophysic*, 33, 241–265.
- Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochim Cosmochim Acta* 59:1217–1232.
- Zarasvandi, A., Farid Mor, Nazarpour, A. (2011) Composition of the mineralogy of particles forming the dust phenomenon in Khuzestan province based on XRD and SEM analysis, *Journal of Crystallography and Mineralogy*. 19 (3): 511-518.