

بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی رخساره‌های واحد دشت سر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دشت یزد - اردکان)

• حمید غلامی

عضو هیات علمی گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران (نویسنده مسئول)

• سادات فیض‌نیا

دانشگاه تهران

• سید جواد احمدی

سازمان انرژی اتمی ایران

• حسن احمدی

عضو هیات علمی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

• علی اکبر نظری سامانی

عضو هیات علمی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

• احمد نوحه‌گر

عضو هیات علمی گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

Email: hgholami@hormozgan.ac.ir

چکیده

عناصر نادر خاکی (REE) در میان عناصر کمیاب کمترین انحلال دارند و بنابراین نسبت به دیگر عناصر طی فرایند هوازگی تحرک کمتری دارند و همچنین خصوصیات REE به طور عمده وابسته به منشأ می‌باشد. در این تحقیق ۷۳ نمونه سطحی در قالب رخساره‌های ژئومورفولوژی تیپ‌های واحد دشت سر به منظور مقایسه مقادیر REE و شاخص‌های REE و اندازه-گیری ترکیبات اصلی و محاسبه شاخص شیمیایی تغییر از رخساره‌های مختلف جمع‌آوری گردید. به منظور مقایسه رخساره‌های مختلف از آزمون دانکن و آنالیز تجزیه واریانس (anova) استفاده شد. نتایج نشان داد که بین رخساره‌های مختلف از نظر مقادیر عناصر یتربیوم (Yb)، اربیوم (Er)، هولمیوم (Ho)، یورپیوم (Eu)، پراسئودیومیوم (Pr)، سریوم (Ce) و لانتانیوم (La) و شاخص‌های $\sum REE$ ، Eu/Eu^* ، $(Gd/Yb)_n$ و $(La/Yb)_n$ در سطح ۱ درصد و از نظر مقادیر نئودیمیوم (Nd) و شاخص Nd/Yb در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار می‌باشد و از نظر مقادیر عناصر دیسپروسیوم (Dy)، لوتیتیوم (Lu)، تولیوم (Tm)، تربیوم (Tb)، ساماریوم (Sm) و گادولینیوم (Gd) و شاخص $(La/Sm)_n$ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. بیشترین و کمترین r همبستگی به ترتیب بین شاخص‌های Eu/Eu^* و $(La/Yb)_n$ و شاخص‌های $(Gd/Yb)_n$ و $(La/Sm)_n$ وجود دارد و هم‌چنین بیشترین و کمترین r همبستگی به ترتیب بین $Mg/Al_2O_3+Fe_2O_3$ و Nd و $CaO-Nd$ بدست آمد. مقدار CIA در اکثر نمونه‌ها کمتر از ۵۵ می‌باشد که نشان‌دهنده اینست که هوازگی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد.

کلمات کلیدی: عناصر نادر خاکی، شاخص‌های REE، رخساره‌های ژئومورفولوژی، واحد دشت سر، شاخص شیمیایی تغییر و دشت یزد - اردکان.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 112 pp: 57-66

Study of Geochemical characteristics in Facieses of Pediment unit (Case Study: Yazd – Ardekan plain)

By: H. Gholami: Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University (Corresponding Author). S. Feiznia: Professor, Faculty of Rehabilitation Dry and Mountain Areas, University of Tehran, Iran. S. J. Ahmadi: Atomic Energy Organization of Iran. H. Ahmadi: University of Tehran, Iran. A. A. Nazari Samani: Associate Professor, Faculty of Rehabilitation Dry and Mountain Areas, University of Tehran, Iran. A. Nohegar: Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University.

Rare earth elements (REE) are used for sedimentary provenance studies due to their immobility during weathering, transport, and sedimentation. In this research, in order to comparison REE and REE indices between different facieses, we collected 73 surface samples from there. For data analysis, we used Duncan and ANOVA method. Result showed that, there are significant difference in 99% level for La, Ce, Pr, Eu, Ho, Er, Yb and indices such as $\sum REE$, Eu/Eu^* , $(Gd/Yb)_n$, $(La/Yb)_n$ between different facieses and there are significant difference in 95% level for Nd element and Nd/Yb index. Also, there aren't significant differences for Sm, Gd, Tb, Tm, Lu, Dy and $(La/Sm)_n$ index between different facieses. Maximum and minimum correlation observed between $Eu/Eu^*:(La/Yb)_n$ and $(Gd/Yb)_n:(La/Sm)_n$ indices, respectively and also, Maximum and minimum correlation observed between $Fe_2O_3+Mg / Al_2O_3:Nd$ and $CaO:Nd$, respectively. CIA in all samples was less than 55, which indicat there aren't any weathering in case study.

Keywords: Rare Earth Elements, REE Indices, Geomorphology Facieses, Pediment Unit, CIA and Yazd–Ardekan Plain.

و ته‌نشینی مفید می‌باشند (McLennan, ۱۹۸۹). مطالعات زیادی برای تعیین REE در رخنمون سنگ‌های رسوبی، سواحل، تپه‌های ماسه‌ای و لس‌ها انجام شده است (Kasper-Zubillaga et al, ۲۰۰۸). عناصر نادر خاکی (REE) در کانی‌های اصلی تشکیل دهنده سنگ و در غلظت بالاتر در کانی‌های فرعی مثل زیرکن، آپاتیت، مونازیت و آلانیت ۶ به عنوان عناصر ردیاب استفاده می‌شوند. REE به دو دسته تقسیم می‌شوند: عناصر نادر خاکی سبک (LREE)؛ (La, Ce, Pr, Nd, Sm) و عناصر نادر خاکی سنگین (HREE)؛ (Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) کانی‌های اصلی تشکیل دهنده سنگ در یکی از این دو گروه قرار دارند، برای مثال فلدسپار و آپاتیت در LREE فراوانتر هستند در حالی که پیروکسن ۹ و گارنت در HREE بیشتر هستند (Baskaran, ۲۰۱۱). در خصوص مقایسه واحدهای مختلف ژئومورفولوژی از نظر مقادیر عناصر ژئوشیمیایی در ایران و سایر کشورها تا به حال تحقیقاتی گزارش نشده است و محققان عناصر را بیشتر به عنوان ردیاب برای مطالعه منشأ رسوبات بادی مورد بررسی قرار داده‌اند و به همین دلیل تعدادی از این مطالعات به عنوان مرور منابع بررسی شده‌اند. Kasper et al (۲۰۰۸) و Zubillaga (۲۰۰۷) به منظور تعیین میزان عناصر نادر خاکی (REE)، عناصر کمیاب و عناصر اصلی، ۲۱ نمونه ماسه سطحی از تپه‌های بیابانی و ساحلی بیابان Altar برداشت کردند. Zubillaga et al (۲۰۰۷) به منظور مطالعه منشأ تپه‌های ساحلی و بیابانی بیابان Altar، Sonora، مکزیک ۵۴ نمونه از تپه‌های بیابانی و ساحلی برداشت و خصوصیات ژئوشیمیایی، ترکیبی و رسوب‌شناسی آنها تعیین نمودند. Saye و Pye (۲۰۰۶) تغییرات ژئوشیمیایی و

مقدمه

عناصر کمیاب ۱، عناصری هستند که با غلظت‌های کمی در سیستم‌های طبیعی وجود دارند. عناصر کمیاب عبارتند از عناصر شیمیایی که به وسیله موجودات زنده در مقادیر کم مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای فیزیولوژی آنها ضروری هستند و هم-چنین این عناصر بدون نقش فیزیولوژیکی شناخته شده هستند و در غلظت‌های بالا برای موجودات زنده سمی هستند (Bradford et al, ۱۹۹۶). عناصر کمیاب با کمتر از ۰/۱ درصد میانگین فراوانی در پوسته زمین موجود هستند (Mitchell, ۱۹۶۴; Adriano, ۲۰۰۱). بر طبق غلظت عناصر موجود در پوسته زمین، عناصر می‌توانند به اصلی (mg/kg) ۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰، بینابین ۲ (۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ mg/kg)، فرعی ۳ (۱۰۰-۱۰۰۰ mg/kg) و عناصر کمیاب (<۱۰۰ mg/kg). عناصر نادر خاکی ۴ جزء عناصر کمیاب محسوب می‌شوند. فاکتورهای تأثیر گذار بر مقدار و پراکنش عناصر کمیاب عبارتند از: ۱- اقلیم، ۲- مواد مادری ۳- خصوصیات و فرایندهای خاکی: بافت خاک، مقدار مواد آلی و رس مهمترین خصوصیات خاک هستند که بر مقدار کل عناصر کمیاب در خاک‌ها تأثیر می‌گذارند، ۴- فعالیت‌های صنعتی و مدیریت کشاورزی (Fengxiang, ۲۰۰۷) منبع اولیه عناصر کمیاب در خاک‌ها، مواد مادری هستند که خاک‌ها از آنها مشتق شده‌اند. این مواد مادری مخزن عناصر کمیاب تشکیل می‌دهند. غلظت عناصر کمیاب در خاک‌ها به طور مستقیم به فراوانی آنها در پوسته زمین وابسته هستند. به طور کلی غلظت اکثر عناصر کمیاب در خاک‌های دنیا از یک سوم تا ۳ برابر آنها در پوسته زمین می‌باشد. عناصر نادر خاکی (REE) برای مطالعات منشأ رسوب از طریق حرکت آنها در طی هوازدگی، انتقال

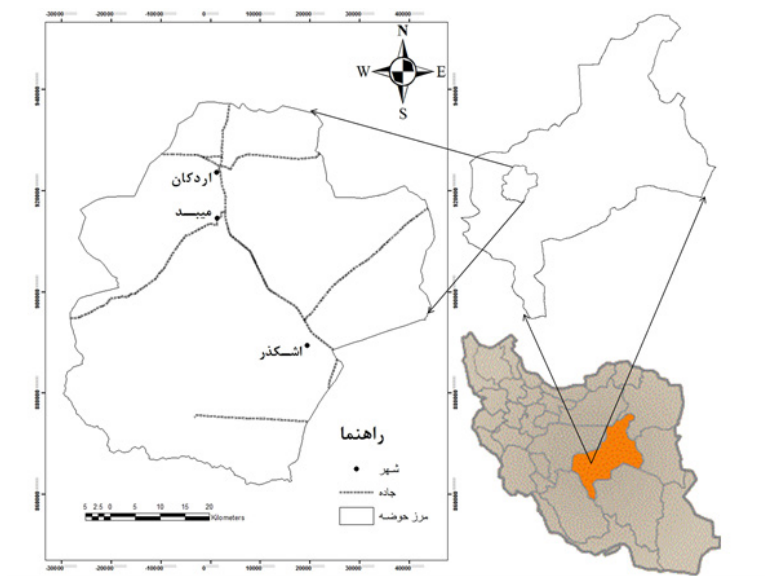
با توجه به اینکه هنوز گزارشی در مورد خصوصیات ژئوشیمیایی رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی در جهان و ایران به ویژه دشت یزد - اردکان ارائه نگردیده، اهداف این تحقیق بررسی و مقایسه رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی از نظر عناصر نادر خاکی (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)، محاسبه شاخص‌های مختلف REE مانند $Eu/Eu \cdot \sum REE$ ، $(Gd/Yb)_n$ ، $(La/Yb)_n$ و $(La/Sm)_n$ بررسی همبستگی بین شاخص‌های REE، بررسی رابطه بین ترکیبات عناصر اصلی و عنصر Nd و محاسبه شاخص شیمیایی تغییر (CIA) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخش وسیعی از حوزه دشت یزد - اردکان شامل می‌شود که در محدوده عرض شمالی $31^{\circ} 10'$ تا $32^{\circ} 43'$ و طول شرقی $53^{\circ} 68'$ تا $54^{\circ} 47'$ واقع شده است و مساحت آن ۳۶۶۸ کیلومترمربع است. بارش سالانه یزد طی ۵۰ سال گذشته از ۱۷ میلی‌متر تا ۱۲۶ میلی‌متر با ضریب تغییرات معادل ۰/۵۱ در نوسان می‌باشد، که حاکی از نامنظم بودن بارش و رژیم بارندگی در دشت یزد است. حداقل درجه حرارتی که در طی ۵۰ سال گذشته در ایستگاه یزد به ثبت رسیده ۱۶- درجه سانتیگراد و حداکثر آن ۴۵/۶ درجه بوده است. آمارهای به دست آمده از ایستگاه یزد به عنوان ایستگاه شاخص دشت یزد بیانگر جمع تبخیر سالانه معادل ۳۴۸۲/۹ میلی‌متر در سال می‌باشد که از ۷۰/۶ در دی ماه تا ۶۱۰ میلی‌متر در تیر ماه متغیر است (Ekhtesasi et al, ۲۰۰۴). بر طبق نقشه‌های تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور از قدیمی‌ترین تا جوانترین سازندهای زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شوند.

بافتی رسوبات تپه‌ها در امتداد ساحل غربی Jutland، دانمارک به منظور شناسایی منشأ احتمالی رسوب و مسیرهای انتقال آنها مورد مطالعه قرار دادند. Amini et al (۲۰۱۲) فاکتورهای رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی و ژئومورفولوژیکی در تپه‌های ماسه‌ای و اراضی نیکا سیستم ساحلی میانکاله مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور ۴۰ نمونه از ۵ منطقه تپه‌های ساحلی در میانکاله جمع‌آوری و از نظر ترکیبی ۱۰، بافتی ۱۱ و شیمیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و ۳۱ نمونه از اراضی نیکا به منظور تعبیر خصوصیات ژئومورفولوژیکی و بافتی آنالیز گردید. Kasper-Zubillaga و Zolezzi-Ruiz (۲۰۰۷) به منظور پیدا کردن منشأ تپه‌های ماسه‌ای ساحلی و داخلی در بیابان El Vizcaino، شمال غربی مکزیک از مطالعات ژئوشیمیایی، سنگ‌شناسی و رسوب‌شناسی ۱۲ استفاده نمودند. Faraji (۲۰۰۹) با استفاده از ردیابها (عناصر ژئوشیمیایی و عناصر رادیواکتیو) و کانیهای شاخص منشأ رسوبات تپه‌های ماسه‌ای منطقه ملاتانی - مارون استان خوزستان مورد مطالعه قرار داد. به منظور تعیین غلظت عناصر ژئوشیمیایی، عناصر رادیواکتیو و میزان کانیهای رسی، ۵۴ نمونه از واحدهای کاری منطقه برداشت و تجمع رسوبات بادی، برداشت گردید. در نهایت با استفاده از روش آماری تحلیل تشخیص، مناسب‌ترین ترکیب که بیشترین قدرت تفکیک دارا باشند، به دست آوردند. Chang et al (۲۰۰۰)، Pye و Saye (۲۰۰۵) ترکیبات عناصر اصلی تپه‌های ماسه‌ای مورد مطالعه قرار دادند و Amini et al (۲۰۱۲)، Kasper-Zubillaga et al (۲۰۰۷)، Wang et al (۲۰۰۷) و Zolezzi-Ruiz و Kasper-Zubillaga Motha (۲۰۱۲) مقدار شاخص شیمیایی تغییر محاسبه نمودند. et al (۲۰۰۳) اظهار داشتند که می‌توان CIA به این طریق (SOMP/Al₂O₃ × ۱۰۱,۶۷/۱۰۰) نوشت به طوریکه SOMP برابر است با نسبت‌های مولکولی K₂O و Na₂O، Cao، Al₂O₃.



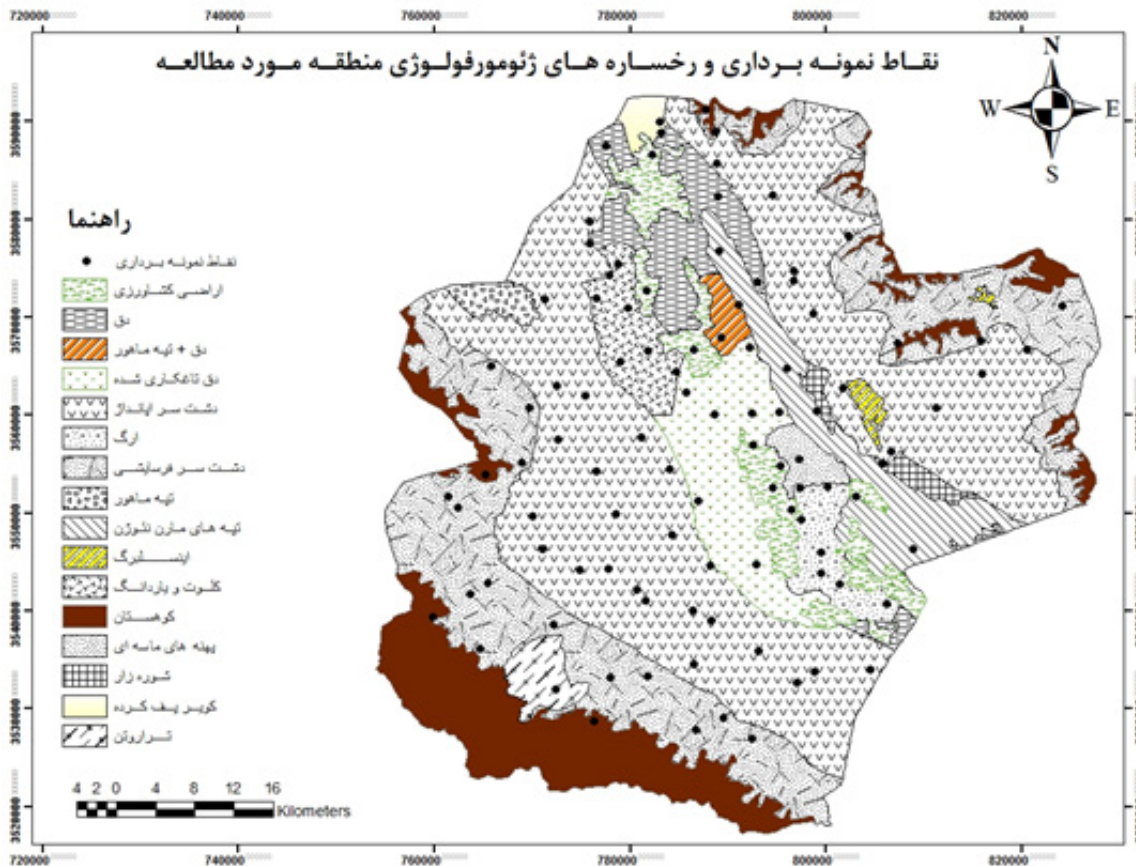
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

نمونه برداری

بعد از تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی (Ahmadi, 2008)، بازدید صحرایی از منطقه انجام گردید و نقشه با واقعیت میدانی تطبیق داده شده و تعداد ۷۳ نمونه سطحی خاک منشأ و رسوب از رخساره‌های مختلف (جدول (۱)) جمع‌آوری گردید و به آزمایشگاه

منتقل شد و به منظور آنالیز ژئوشیمیایی نمونه‌ها از الک $> 62/5$ میکرون عبور دادیم. مشخصات نقاط نمونه‌برداری در قالب شکل (۲) ارائه شده است. مساحت هر رخساره و واحد ژئومورفولوژی در قالب جدول (۱) ارائه گردیده است.



شکل (۲): نقاط نمونه برداری و رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

آماده سازی نمونه‌ها به منظور اندازه‌گیری عناصر ژئوشیمیایی مرحله (۱): ابتدا ۳ گرم از هر نمونه وزن شده و در محلول Aqua Regia (ترکیب اسید کلریدریک (HCl) و اسید نیتریک (HNO₃)) با نسبت ۱:۳ یعنی ۳ قسمت اسید کلریدریک و یک قسمت اسید نیتریک) هضم گردید. در این مطالعه از ۲۱ میلی‌لیتر اسید کلریدریک و ۷ میلی‌لیتر اسید نیتریک استفاده شد (Nosrati et al, 2011; Collins et al, 2010; Collins et al, 2012). مرحله (۲): سپس نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد بر روی حمام آبی قرار داده شد. مرحله (۳): در این مرحله ابتدا نمونه‌ها از کاغذ

صافی واتمن عبور داده و سپس به منظور اطمینان از شفافیت و عاری بودن نمونه‌ها از ذرات معلق دوباره از کاغذ صافی استات سلولز ۲/ میکرومتر عبور داده شد. مرحله (۴): غلظت عناصر نادر خاکی (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) بر حسب میکروگرم بر گرم به وسیله دستگاه ICP-AES perkin Elmer - مدل DV ۷۳۰۰ ساخت کشور آمریکا با مشخصات (w = ۱۵, Plasma flowrate = ۱۳۰۰ RF power) $\lambda = L/min$. Nebulizer flowrate = ۱ = Auxlary flowrate و نوع (Nebulizer, Cross flow) در سازمان انرژی اتمی ایران آنالیز گردید. به منظور اندازه‌گیری ترکیبات اصلی مانند سلیکا

سدیم (Na₂O)، اکسید پتاسیم (K₂O)، اکسید فسفر (P₂O₅)،
SO₃، Cr₂O₃ و ZrO₂ و BaO از دستگاه XRF استفاده شد.

(SiO₂)، تیتانیا (TiO₂)، اکسید آلومینیوم (Al₂O₃)، اکسید آهن
(Fe₂O₃)، اکسید منگنز (MnO)، اکسید کلسیم (CaO)، اکسید

جدول (۱): مشخصات و مساحت رخصاره‌های مختلف ژئومورفولوژی

واحد	تیپ	رخصاره	مساحت (کیلومتر مربع)
		دق + تاغکاری شده	۲۱۰
		تیه‌ماهورهای مارن نشوژن	۱۹۰
		دق	۱۶۱
		سیخا یا شوره زار	۳۳
		اربع	۷۳
		اراضی کشاورزی	۱۶۳
		کلوت و یاردانگ	۹۱
	دشت‌سر پوشیده	گویر یف کرده	۲۲
		رنیل مارک	۳۲
		دق + تیه‌ماهور	۲۴
		اینسلیرگ	۱۳
دشت‌سر	دشت‌سر ایانداژ	دشت ریچی ریزدانه و درشت دانه و قرسایش آیراهه‌ای	۱۵۱۳
		تیه‌ماهور	۲۹
		اینسلیرگ	۴
	دشت‌سر قرسایشی	مخروط افکنه + یستر خشک‌رود	۶۶۴
		تراورتن	۴۴

محاسبه شاخص‌ها

$$\text{رابطه ۳} \quad (\text{La/Yb})_n = \left(\frac{\text{La}_{\text{کندریت}} / \text{La}_{\text{نمونه}}}{\text{Yb}_{\text{کندریت}} / \text{Yb}_{\text{نمونه}}} \right)$$

$$\text{رابطه ۴} \quad (\text{La/Sm})_n = \left(\frac{\text{La}_{\text{کندریت}} / \text{La}_{\text{نمونه}}}{\text{Sm}_{\text{کندریت}} / \text{Sm}_{\text{نمونه}}} \right)$$

محققانی همچون Honda et al (۲۰۰۴)، Daga et al (۲۰۰۸)،
Dou et al (۲۰۱۰)، Lee et al (۲۰۱۰) و Rao et al (۲۰۱۱)
شاخص‌های REE محاسبه نمودند.

شاخص شیمیایی تغییر (CIA) در سال ۱۹۸۲ توسط Nesbitt &
Young تعریف شد و به عنوان یک شاخص برای توصیف ویژگی‌های
شیمیایی لس‌ها و ماسه‌های بیابانی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار
CIA نشان‌دهنده مقدار نسبی کانی رسی و بیانگر درجه تبدیل

به منظور ایجاد رابطه بین بعضی از عناصر نادر خاکی، شاخص‌های
 $\sum \text{REE}$ ، Eu/Eu^* ، Nd/Yb و $(\text{Gd/Yb})_n$ نسبت عناصر نادر
خاکی سبک به عناصر نادر خاکی میانی $(\text{La/Sm})_n$ ، $(\text{La/Yb})_n$ ،
محاسبه گردید (Rao et al, ۲۰۱۱). مقدار شاخص Eu/Eu^* از
طریق رابطه زیر به دست می‌آید (Lee et al, ۲۰۱۰).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{Eu/Eu}^* = \text{Eun} / [(\text{Smn})(\text{Gdn})^{1/2}]$$

نسبت‌های $(\text{La/Yb})_n$ ، $(\text{Gd/Yb})_n$ و $(\text{La/Sm})_n$ به صورت زیر
محاسبه گردید.

$$\text{رابطه ۲} \quad (\text{Gd/Yb})_n = \left(\frac{\text{Gd}_{\text{کندریت}} / \text{Gd}_{\text{نمونه}}}{\text{Yb}_{\text{کندریت}} / \text{Yb}_{\text{نمونه}}} \right)$$

روش‌های آماری

به منظور مقایسه رخساره‌های مختلف از آزمون دانکن و Anova استفاده گردید که در نرم افزار آماری SPSS17 انجام شد.

نتایج

به منظور گروه‌بندی و نشان دادن تفاوت از نظر مقادیر عناصر بین رخساره‌های مختلف از آزمون دانکن استفاده گردید که نتایج در جدول (۲) ارائه شده است و نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول (۳) نشان داده شده است.

فلدسپات به کانی‌های رسی است این شاخص بر اساس معادله زیر تعیین می‌شود (Honda et al, 2004).

$$CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$$

رابطه ۵

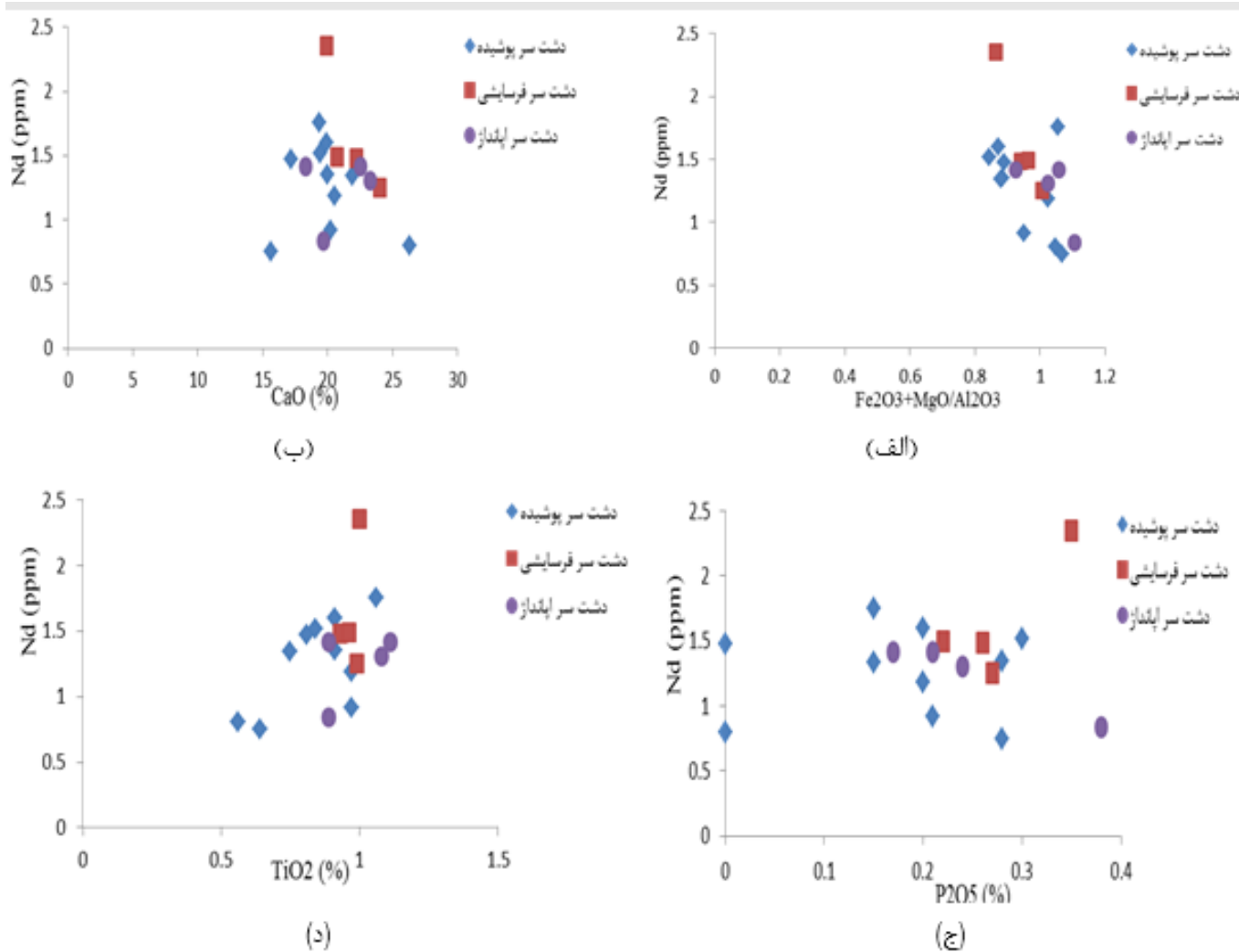
به منظور مشاهده همبستگی بین ترکیبات عناصر اصلی و غلظت Nd ماسه‌ها از دیاگرام‌های شیمیایی استفاده شد و دیاگرام‌های Fe_2O_3 TiO_2 و $Nd - Nd, CaO - Nd, P_2O_5 - MgO / Al_2O_3 + Nd$ ترسیم شد.

جدول (۲): نتایج حاصل از مقایسه میانگین به وسیله آزمون دانکن

تیپ	رخساره	La	Ce	Pr	Nd	Sm
تیپ	رخساره	La	Ce	Pr	Nd	Sm
دقیق	دقیق	186 b ± 299	307 b ± 47	475 ab ± 37	98 ab ± 137	61 abc ± 27
تیله‌های مارین نتونین	تیله‌های مارین نتونین	229 bcd ± 3299	229 bc ± 765	79 ab ± 162	126 b ± 142	54 bc ± 955
دشت‌سار پوشیده	تیله ماسه‌ای	119 bcd ± 242	228 bc ± 97	71 bc ± 123	98 ab ± 199	32 ab ± 163
	کلونک	67 bc ± 313	115 bcd ± 96	24 bcd ± 185	59 b ± 1385	37 abc ± 96
	اراضی کشاورزی	34 bc ± 321	42 bcd ± 189	14 bcd ± 158	168 b ± 1521	116 abc ± 198
	شوره‌زار	37 a ± 2128	46 a ± 289	16 a ± 135	172 a ± 199	32 a ± 142
دشت‌سار اپانداز	دشت ریگی ریزدانه + پستر خشک‌گرد	123 bcd ± 3153	197 bcd ± 507	64 bcd ± 199	87 ab ± 1272	28 abc ± 1895
	دشت ریگی درشت دانه + پستر خشک‌گرد	81 cd ± 371	41 bcd ± 511	191 bcd ± 197	111 b ± 1609	17 c ± 1075
دشت‌سار فرسایشی	مغروط افکنه + پستر خشک‌گرد	157 cd ± 377	219 cd ± 568	49 cd ± 106	69 b ± 1985	35 abc ± 197
	مغروط افکنه	2 d ± 39	282 d ± 592	74 d ± 108	145 b ± 1669	57 bc ± 1006
تیپ	رخساره	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
دقیق	دقیق	06 bc ± 1059	02 a ± 139	08 abc ± 288	024 a ± 287	121 abc ± 2502
تیله‌های مارین نتونین	تیله‌های مارین نتونین	05 bc ± 1062	022 a ± 142	09 c ± 1308	038 a ± 222	39 abc ± 2041
دشت‌سار پوشیده	تیله ماسه‌ای	05 b ± 1053	039 a ± 142	04 bc ± 198	01 a ± 197	34 bc ± 2152
	کلونک	03 bcd ± 1068	027 a ± 154	07 abc ± 28	031 a ± 284	06 abc ± 2146
	اراضی کشاورزی	09 bcd ± 1074	051 a ± 166	08 ab ± 261	04 a ± 191	29 ab ± 2146
	شوره‌زار	09 a ± 1028	028 b ± 158	09 a ± 252	04 a ± 2	37 a ± 21072
دشت‌سار اپانداز	دشت ریگی ریزدانه + پستر خشک‌گرد	05 bcd ± 1069	023 a ± 124	08 bc ± 1302	017 a ± 235	321 c ± 2396
	دشت ریگی درشت دانه + پستر خشک‌گرد	14 bcd ± 1076	024 a ± 156	021 c ± 1319	044 a ± 252	29 abc ± 2298
دشت‌سار فرسایشی	مغروط افکنه + پستر خشک‌گرد	05 cd ± 1085	051 a ± 143	03 bc ± 13	034 a ± 244	24 bc ± 2152
	مغروط افکنه	05 d ± 1092	029 a ± 172	011 bc ± 1301	01 a ± 186	128 bc ± 2158
تیپ	رخساره	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE
دقیق	دقیق	16 bc ± 1351	05 a ± 1245	12 b ± 275	09 abc ± 215	36 b ± 16761
تیله‌های مارین نتونین	تیله‌های مارین نتونین	28 bcde ± 1393	02 a ± 1028	14 b ± 311	15 bc ± 147	79 bcd ± 16081
دشت‌سار پوشیده	تیله ماسه‌ای	08 cde ± 1421	01 a ± 1014	04 b ± 1303	02 bc ± 246	59 bcd ± 16295
	کلونک	03 bcd ± 1361	01 a ± 1087	08 ab ± 269	07 abc ± 209	391 bc ± 1554
	اراضی کشاورزی	46 ab ± 2326	04 a ± 1067	22 ab ± 266	28 ab ± 205	778 bc ± 156
	شوره‌زار	42 a ± 275	09 a ± 1087	04 a ± 228	09 a ± 186	284 a ± 10878
دشت‌سار اپانداز	دشت ریگی ریزدانه	17 cde ± 1421	02 a ± 1068	08 b ± 1304	01 bc ± 24	575 bcd ± 17284
	دشت ریگی درشت دانه	15 cde ± 1414	09 a ± 1068	15 b ± 1309	032 c ± 241	695 bcd ± 17559
دشت‌سار فرسایشی	مغروط افکنه + پستر خشک‌گرد	19 de ± 1422	05 a ± 1014	1 b ± 1298	06 abc ± 219	717 cd ± 18374
	مغروط افکنه	1 e ± 1466	06 a ± 1067	11 b ± 1308	07 abc ± 222	954 d ± 19042
تیپ	رخساره	Eu/Eu*	Nd/Yb	(Gd/Yb) _n	(La/Yb) _n	(La/Sm) _n
دقیق	دقیق	03 bc ± 1306	227 ab ± 6824	056 a ± 1207	212 bc ± 7003	067 ab ± 1866
تیله‌های مارین نتونین	تیله‌های مارین نتونین	027 bc ± 1308	68 ab ± 6855	09 a ± 1129	257 b ± 6882	159 ab ± 2006
دشت‌سار پوشیده	تیله ماسه‌ای	014 b ± 1279	262 a ± 2927	092 a ± 1133	159 bcd ± 7305	099 ab ± 2284
	کلونک	021 bcd ± 1367	1 ab ± 5122	087 a ± 118	128 bcd ± 7552	053 ab ± 1933
	اراضی کشاورزی	47 bcd ± 1378	071 b ± 5728	26 a ± 1331	24 cd ± 7819	024 ab ± 1986
	شوره‌زار	43 a ± 1331	837 a ± 6037	059 b ± 2114	177 a ± 6022	101 a ± 1669
دشت‌سار اپانداز	دشت ریگی ریزدانه + پستر خشک‌گرد	033 bcd ± 135	837 a ± 6722	074 a ± 1199	175 bcd ± 751	2 b ± 2374
	دشت ریگی درشت دانه + پستر خشک‌گرد	076 bcd ± 1376	584 ab ± 5297	074 a ± 199	245 cd ± 7836	071 ab ± 1985
دشت‌سار فرسایشی	مغروط افکنه + پستر خشک‌گرد	26 cd ± 1428	227 ab ± 6999	181 a ± 119	174 d ± 8116	098 ab ± 235
	مغروط افکنه	017 d ± 1467	3 ab ± 5314	099 a ± 103	129 a ± 8181	065 ab ± 2245

جدول (۳): نتایج حاصل از تجزیه واریانس (anova)

منابع تغییرات	df	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
رخسارها	۹	**/۹۴۱	**/۳۵۹	**/۱۷۸	*/۲	ns/۰.۳۱	**/۰.۰۱	ns/۰.۱۲	ns/۰.۰۱	ns/۰.۰۹	**/۱۹۸۲
خطا	۵۸	/۱۹۸	/۵۷۲	/۰۵۲	/۰۹	/۰۱۸	.	/۰۰۸	/۰۰۱	/۰۰۵	/۶۵۲
خطا کل	۶۷										
	Er	Tm	Yb	Lu	∑REE	Eu/Eu*	Nd/Yb	(Gd/Yb) _n	(La/Yb) _n	(La/Sm) _n	
	*/۰.۱۱	. ns	**/۰.۰۳	ns/۰.۰۲	**/۱۹/۷۰.۴	**/۰.۳۵	*/۱/۹۲	**/۲۵۸	**/۱/۷۲۷	ns/۳۴۲	
	/۰.۰۳	.	/۰.۰۱	/۰.۰۱	۴/۱۶۸	/۰.۱	/۸۹۷	/۰.۷۷	/۳۵	/۲۲۱	



شکل (۳): دیاگرام‌های الف (Nd - MgO / Al₂O₃ + Fe₂O₃; ب) CaO - Nd؛ ج) Nd - P₂O₅؛ و د) Nd - TiO₂ برای نمونه‌های مختلف

همبستگی بین $Mg/Al_2O_3+Fe_2O_3$ و Nd مشاهده گردید، در حالی که Kasper-Zubillaga et al (۲۰۰۸) و Honda et al (۲۰۰۴) بیشترین همبستگی بین TiO_2 و Nd گزارش دادند. همچنین کمترین همبستگی مربوط به $CaO - Nd$ است که با نتایج Kasper-Zubillaga et al (۲۰۰۸) همخوانی دارد. نامبرده و همکاران اظهار داشتند که همبستگی ضعیف بین $MgO + Fe_2O_3$ و $Al_2O_3 - P_2O_5$ ، $CaO - Nd$ ، $Nd - Nd$ ، $Nd - TiO_2$ در تپه‌های ماسه‌ای بیابان Altar به دلیل وجود مقادیر کم کانی‌های مافیک مانند هورنبلاند و بیوتیت و همچنین مقادیر بالای P_2O_5 و کربنات است. مقادیر ترکیبات عناصر اصلی نمونه‌های تیپ‌های مختلف ژئومورفولوژی شامل دشت سر پوشیده، پانداژ و فرسایشی در برابر UCC نرمال‌سازی گردید و نتایج حاکی از این بود که بیشترین تغییرات در مقادیر CaO بین رخساره‌های مختلف مشاهده شد و این تغییرات در مقادیر CaO منعکس‌کننده مقادیر متغیر کلسیت در نمونه‌های مختلف است. Honda و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که بیشترین تغییرات در میان ترکیبات عناصر اصلی ماسه‌ها و لس‌ها مربوط به CaO است. بر طبق نتایج حاصل از این تحقیق، مقدار CIA در اکثر نمونه‌ها کمتر از ۵۵ می‌باشد که نشان‌دهنده اینست که هوازگی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. مقدار این شاخص در رخساره کلوتک بیشتر از سایر رخساره‌ها به دست آمد زیرا رخساره کلوت در دشت رسی واقع شده است. این شاخص بیانگر هوازگی و فراوانی نسبی کانی‌های رسی می‌باشد. بنابراین هر چه فراوانی رس بیشتر باشد، مقدار این شاخص بیشتر می‌شود. Motha et al (۲۰۰۳) اظهار داشتند اگر مقدار CIA برابر ۱۰۰ باشد نشان‌دهنده هوازگی کامل است

پاورقی‌ها

۱. Trace Element
۲. intermediate
۳. minor
۴. Rare Earth Elements
۵. zircon
۶. allanite
۷. light rare earth elements
۸. heavy rare earth elements
۹. pyroxenes
۱۰. compositionally
۱۱. texturally
۱۲. sedimentological

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, H., 2008. Applied Geomorphology, Desert - Wind Erosion. University of Tehran press. Vol . 2. Pages: 706.
2. Adriano D.C.1986 AND 2001. Trace Elements in the

نتایج نشان داد که حداقل و حداکثر مقادیر $MgO / + Fe_2O_3$ به ترتیب ۱/۱ و ۸۴/۱ درصد، و کمترین و بیشترین مقدار Al_2O_3 و Nd ۲/۳۵۲ ppm و ۷۵/۱ و متغیر می‌باشد و حداقل و حداکثر مقادیر CaO ، P_2O_5 و TiO_2 به ترتیب ۱۵/۶۱ و ۲۶/۳، ۰ و ۳۸/۵۶ و ۱/۱ درصد متغیر است.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات زیادی خصوصیات ژئوشیمیایی رسوبات بادی را بررسی نمودند که همه آنها از عناصر نادر خاکی و کمیاب جهت منشأیابی رسوبات مورد استفاده قرار داده‌اند و مطالعات مربوط به استفاده از عناصر به منظور مقایسه واحدهای مختلف ژئومورفولوژی کمیاب می‌باشد و به همین دلیل امکان مقایسه با سایر تحقیقات جهت نشان دادن مطابقت و عدم مطابقت نتایج این تحقیق وجود ندارد. نتایج نشان داد که از نظر مقادیر عناصر $La, Ce, Pr, Eu, Ho, Er, Yb$ و همچنین شاخص‌های $\sum REE$ ، Eu/Eu^* ، Gd/Yb و La/Yb بین رخساره‌های مختلف (دق، تپه‌های مارن نئوژن، تپه ماسه‌ای، کلوتک، اراضی کشاورزی، سیخا (شوره زار)، دشت ریگی ریزدانه + بستر خشک‌رود، دشت ریگی درشت دانه + بستر خشک‌رود، مخروط افکنه + بستر خشک‌رود و مخروط افکنه) اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد و همچنین مقادیر عنصر Nd و شاخص نسبت Nd/Yb بین رخساره‌های مختلف در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار می‌باشد و مقادیر Sm, Gd, Tb, Tm, Lu, Dy و شاخص La/Sm بین رخساره‌های اختلاف معنی‌دار نشان ندادند.

نتایج حاصل از بررسی رابطه بین شاخص‌های مختلف نشان داد که همبستگی بین پارامترهای $\sum REE$ و $(La/Yb)_n$ ، Eu/Eu^* و $(Gd/Yb)_n$ ، Eu/Eu^* بین رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی به ترتیب ۶/۷۸ و ۲۶/۱ می‌باشد که بیشترین همبستگی بین شاخص‌های REE بین Eu/Eu^* و $(La/Yb)_n$ و کمترین همبستگی بین $(La/Yb)_n$ و Gd/Yb مشاهده گردید. پلاژیوکلاز و فلدسپات قلیایی نسبت به کانی‌های سنگین و رسی، که حامل (حمل‌کننده) اصلی REE هستند و به وسیله $Eu/Eu^* > 1$ مشخص می‌شوند، دارای غلظت بیشتر Eu و مقدار کمتر REE می‌باشند (Taylor, ۱۹۸۵، McLennan؛ Condie، ۱۹۹۱؛ Tripathi and Rajaman، ۱۹۹۹، Rao, et al، ۲۰۱۱).

بررسی همبستگی بین ترکیبات عناصر اصلی و غلظت Nd نشان داد که همبستگی برای دیاگرام‌های $MgO / Al_2O_3 + Fe_2O_3$ - $Nd - TiO_2$ ، $Nd - Nd$ ، $CaO - Nd$ ، P_2O_5 برابر ۵۶۸/۱، ۱۰۴/۱، ۱۳۷/۱ و ۴۹۵/۱ می‌باشد. در حالی که Kasper-Zubillaga et al (۲۰۰۸) مقادیر همبستگی برای دیاگرام‌های $Nd - Nd$ ، $CaO - Nd$ ، $P_2O_5 - MgO / Al_2O_3 + Fe_2O_3$ و $Nd - TiO_2$ به ترتیب برابر ۲۱/۰۷، ۰۹/۰۹ و ۴۶/۰۹ به دست آوردند و Honda et al (۲۰۰۴) مقادیر همبستگی برای تپه‌های ماسه‌ای بیابان تاکلامکان برای دیاگرام‌های $MgO / + Fe_2O_3$ - $Nd - Nd$ ، $P_2O_5 - Al_2O_3$ و $Nd - TiO_2$ به ترتیب ۴/۶۳ و ۸۴/۰۶ به دست آوردند. بر طبق نتایج این تحقیق، بیشترین

- morph dynamic of wind erosion facieses in Yazd-Ardekan plain and determination its indices for application in desertification evolution models, PhD thesis, Faculty Natural Resources, University of Tehran.
13. Ekhtesasi, M. Ahmadi, H. Baghestani, N. Khalili, A. and Feiznia, S. (1996). Provenance sand dunes in Yazd – Ardekan Plain, Range and Forest research institute press. Vol. 1, pages: 260.
 14. Faraji, M. (2009). Using of tracers and Index minerals in sand dune sediments provenance (Case study: Mollasani – Marron region, Khozestan Province). PhD thesis, Facultu Natural Resources, University of Tehran.
 15. Fengxiang X. H.2000. Biogeochemistry of trace Elements in Arid Environments. Springer.
 16. Honda, M., Yabuki, S. and Shimizu. H., 2004. Geochemical and isotopic studies of aeolian sediments in China. *Sedimentology*, 230-211 :51.
 17. Kasper-Zubillaga, J.J., Acevedo –Vargas, B., Morton Bermea, O and Ortiz Zamora, G., 2008. Rare earth elements of the Altar Desert dune and coastal sands, Northwestern Mexico. *Chemie der Erde*. 59-45 ,68.
 18. Kasper-Zubillaga, J. J., Zolezzi-Ruiz, H., Carranza-Edwards, A., Girón-García, P., Ortiz-Zamora, G. and Palma, M., 2007. Sedimentological, modal analysis and geochemical studies of desert and coastal dunes, Altar Desert, NW Mexico. *Earth Surface Processes and Landforms*, 508-489 :32.
 19. Kasper-Zubillaga, J.J. and Zolezzi-Ruiz, H, 2007. Grain size, mineralogical and geochemical studies of coastal and inland dune sands from El Vizcaíno Desert, Baja California Peninsula, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 24, núm. 3, p. 438-423.
 20. Lee, M.K., Lee, Y.I., and Yi, H.I., 2010. Provenance of atmospheric dust over korea from Sr-Nd isotopes and rare earth elements in early 2006. *Atmospheric Environment* 44, pages 2414-2401.
 21. Mitchell R.L.1964. In *Chemsitry of the Soil*, Bear F.E., ed. New York: Reinhold.
 22. McLennan, S.M., 1989. Rare Earth Elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. *Rev. Miner.* 200–169 ,21.
 23. Motha, J. A., Wallbrink, P. J., Hairsine, P. B. and Grayson, R. B., 2003. Determining the sources of suspended sediment in a forested catchment in Terrestrial Environment. New York: Springer.
 3. Amini, A., Moussavi-Harami, R., Lahijani, H. and Mahboudi, A., 2012. Sedimentological, geochemical and geomorphological factors in formation of coastal dunes and nebkha fields in Miankaleh coastal barrier system (Southeast of Caspian Sea, North Iran). *Geosciences Journal* , Vol. 16, No. 2, p. 152 -139.
 4. Baskaran, M., 2011. *Handbook of Environmental isotope geochemistry*. Springer.
 5. Bradford G.R., Chang A.C., Page A.L., Bakhtar D. Frampton JA, Wright H. 1996. Background Concentrations of Trace and Major Elements in California Soils. Kearney Foundation of Soil Science Special Report. University of California.
 6. Chang, Q., Mishima, T. Yabuki, S., Takahashi, Y, and Shimizu, H., 2000. Sr and Nd isotope ratios and REE abundances of moraines in the mountain areas surrounding the Taklimakan Desert, NW China. *Geochemical Journal*, 427-407 :34.
 7. Collins, A.L., Zhang, Y., McChesney, D., Walling, D.E., Haley, S.M, and Smith,P., 2012. Sediment source tracing in a lowland agricultural catchment in southern England using a modified procedure combining statistical analysis and numerical modeling. *Science of the Total Environment* 317–301 , 414.
 8. Collins, A.L., Zhang, Y., Walling, D.E., Grenfell, S.E., and Smith,P., 2010. Tracing sediment loss from eroding farm tracks using a geochemical fingerprinting procedure combining local and genetic algorithm optimization. *Science of the Total Environment* , 408 5471–5461.
 9. Condie, K.C, 1991. Another look at rare earth elements in shales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2531–2527 :55.
 10. Daga, R., Guevara, S. R., Sanchez, M. L. and Arribere, M., 2008. Source identification of volcanic ashes by geochemical analysis of well preserved lacustrine tephra in Nahuel Huapi National Park. *Applied Radiation and Isotopes*, 1336 –1325 :66.
 11. Dou, Y., Yang, S., Liu, Z., Clift, P. D., Shi, X., Yu, H. and Berne, S., 2010. Provenance discrimination of siliciclastic sediments in the middle Okinawa Trough since 30 ka: Constraints from rare earth element compositions. *Marine Geology*, 220-212 :275.
 12. Ekhtesasi, M. (2004). Study morph metric and

the west coast of Jutland, Denmark. *Sedimentary Geology*, Volume 183, Issues 15, 4-3 January Pages 242-217.

28. Taylor, S., and McLennan, S., 1985. *The continental Crust: Its composition and evolution*. Blackwell Scientific Publications, (Oxford).

29. Tripathi, J.K., and Rajamani, V., 1999. Geochemistry of the loessic sediments on Delhi ridge, eastern Thar desert, Rajasthan: implication for exogenic processes. *Chemical Geology*, 278-265, 155.

30. Wang, X., Xia, D., Zhang, C., Lang, L., Hua, T. and Zhao, S., 2012. Geochemical and magnetic characteristics of fine-grained surface sediments in potential dust source areas: Implications for tracing the provenance of aeolian deposits and associated palaeoclimatic change in East Asia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 132-123 :325-323

southeastern Australia. *Water Resour Res*, 39.

24. Nesbitt, H.W., and Young, G. M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutite. *Nature*, -715 :299 717.

25. Nosrati, K., Govers, G., Ahmadi, H., Sharifi, F., Amoozegar, M.A., Merckx, R., and Vanmaercke, M., 2011. An exploratory study on the use of enzyme activities as sediment tracers: biochemical fingerprints? *International Journal of Sediment Research*. 26, pages 151-136.

26. Rao, W., Ten, H., Jiang, S., and Chen, J., 2011. Trace element and REE geochemistry of fine- and Coarse- grained sands in the Ordos deserts and links with sediments in surrounding areas. *Chemie der Erde Geochemistry*, 25170, pages 16.

27. Saye, S.E., and Pye, K., 2006. Variations in chemical composition and particle size of dune sediments along

