



تعیین سهم رخساره‌های ژئومرفولوژی در تولید رسوبات بادی با بهره‌گیری از روش ردیابی رسوبات (بررسی موردی: تپه‌های ماسه‌ای اشگذر)

حمید غلامی^{۱*}، سادات فیض‌نیا^۲، سیدجواد احمدی^۳، حسن احمدی^۴، علی‌اکبر نظری سامانی^۵ و احمد نوحه‌گر^۶

۱. استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
 ۲. استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
 ۳. دانشیار پژوهشکده چرخه سوخت، سازمان انرژی اتمی ایران
 ۴. استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
 ۵. دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
 ۶. استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
- * نویسنده مسئول: hgholami@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۳

چکیده

کاربرد روش منشأیابی با ردیاب‌ها به عنوان روشی نوین و کارا برای تعیین منابع رسوب به اثبات رسیده است. در این روش ویژگی‌های فیزیکی، ژئوشیمیایی و بیوژنیک رسوب برای تعیین منابع رسوب و اهمیت آنها استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش تعیین سهم رخساره‌های مختلف با بهره‌گیری از مدل‌های ترکیبی در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای ارگ اشگذر است. بدین منظور ۶۵ نمونه سطحی از ۶ رخساره منطقه برداشت و ۸ نمونه از تپه‌های ماسه‌ای برداشت شد و بخش کمتر از ۶۲/۵ میکرون به عنوان هدف آزمایش قرار گرفت. ردیاب‌های مورد استفاده عبارتند از عناصر ژئوشیمیایی (عناصر نادر خاکی (REE)، عناصر کمیاب و اصلی توسط دستگاه ICP-AES) که به روش اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های استرانسیوم (^{87}Sr و ^{86}Sr) و نئودیمیوم (^{143}Nd و ^{144}Nd) از دستگاه ICP-MS استفاده شد و سپس شاخص‌های عناصر نادر خاکی محاسبه شد. عناصر، شاخص‌های REE و ایزوتوپ‌ها به عنوان ردیاب مورد استفاده قرار گرفتند. سپس با استفاده از روش‌های آماری همچون آزمون تجزیه واریانس یک طرفه، کروسکال والیس و تحلیل تشخیص، انتخاب اولیه و ترکیب بهینه از ردیاب‌ها انجام شد و در پایانبه بهره‌گیری از مدل‌های ترکیبی سهم رخساره‌های مختلف در تولید رسوب تعیین شد. طبق نتایج، ترکیبی از عناصر روبیدیوم (Rb)، سربوم (Ce) و استرانسیوم (Sr) به عنوان ترکیب بهینه بدست آمد و این سه ردیاب به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از مدل‌های ترکیبی نشان داد که سهم رخساره‌های دشت ریگی ریزدانه + بستر خشک‌رود، مخروط افکنه + بستر خشک‌رود، کلوئک، اراضی کشاورزی، تپه‌های مارن نئوژن و شوره زارها به ترتیب برابر ۲۷، ۲۲/۷، ۲۴/۴، ۱۳/۲۶، ۶/۴ و ۶/۲۴ درصد می‌باشد. کارایی مدل برابر ۹۹/۹ بدست آمد که این نشان‌دهنده صحت و کارایی مناسب مدل می‌باشد.

کلمات کلیدی: منشأیابی؛ انگشت‌نگاری؛ مدل‌های ترکیبی؛ ردیاب؛ ارگ اشگذر.

■ مقدمه

منشایابی نقاط برداشت رسوبات ایجاد کننده تپه‌های ماسه‌ای از اصول اولیه کنترل و مبارزه با فرسایش بادی محسوب می‌شود؛ زیرا با شناسایی مناطق برداشت می‌توان به جای پرداختن به معلول‌ها، علت‌ها را شناسایی کرد و فعالیت‌های اجرایی مبارزه با فرسایش را در مناطق برداشت متمرکز کرد (اختصاصی و همکاران، ۱۳۷۵). به دلیل مشکلات مرتبط با روش‌های سنتی برای تعیین منابع اولیه رسوب داخل یک آبخیز، روش‌های منشایابی مختلفی به عنوان یک روش غیرمستقیم جمع‌آوری اطلاعات مورد توجه قرار گرفته است. مشکلات روش‌های قبلی منشاء یابی عبارتند از: (۱) معمولاً به بعضی فرضیه‌های مربوط به منابع احتمالی نیاز دارد و این در بعضی از محیط‌ها ممکن است که آشکار نباشد؛ (۲) استفاده از پیکه‌گذاری فرسایش و پلات‌های فرسایش برای فراهم نمودن اطلاعاتی در مورد اهمیت نسبی فرسایش مرتبط با منابع بالقوه مختلف به دلیل تغییرپذیری مکانی فرسایش و مشکلات مکانی نمونه‌برداری دشوار است؛ (۳) سومین مشکل این است که فقط اطلاعاتی در مورد حرکت رسوب فراهم می‌کند و قادر به محاسبه بازده تحویل رسوب نمی‌باشند (Walling, 2005). در سال‌های اخیر، روش‌های ژئوشیمیایی بررسی عناصر نادر خاکی (REE) و ایزوتوپی (Nd و Sr) به طور گسترده‌ای برای منشایابی ریزگردها افزایش یافته است (Liu et al, 1993 and 1994؛ Svensson et al, 2000؛ Petteke et al, 2000؛ Sun, 2002؛ Nakano et al, 2004 and 2005؛ Honda et al, 2004؛ Yokoo et al, 2004؛ Chen et al, 2007؛ Rao et al, 2008 و Lee et al, 2010). ولی مطالعه مربوط به بهره‌گیری از ردیاب‌ها در منشایابی تپه‌های ماسه‌ای در جهان در مقایسه با ریزگردها کمتر می‌باشد (Chang et al, 2000؛ Roy and Symkatz-Kloss, 2007؛ Yang et al, 2007). تلفیق مدل‌های ترکیبی کمی در ارتباط با ردیاب‌های مرکب در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ به مطالعات ردیابی منبع ورود کرد و امکان به دست آوردن تخمین‌های کمی سهم نسبی از منابع مختلف را فراهم

نمودند (Walling, 2005). منشایابی مرکب عبارت است بررسی چندین منبع بالقوه رسوب از طریق چندین گروه متفاوت از ویژگی‌های که برای افزایش تشخیص بین منابع و اجتناب از منبع رسوب غیر واقعی است و شامل طیف وسیعی از ویژگی‌های مختلف شناختی می‌باشد (Collins et al, 2010). انگشت‌نگاری رسوب شامل دو فرض اصلی می‌باشد: (۱) منابع بالقوه رسوب می‌توانند بر پایه ویژگی‌های فیزیکی، ژئوشیمیایی و بیوژنیک آنها یا ردیاب‌ها جدا شوند، (۲) مقایسه نمونه‌های رسوب و منبع با استفاده از ویژگی‌های آنها یا ردیاب‌ها اجازه تعیین اهمیت منابع رسوب می‌دهد (Collins et al, 2012؛ Walling, 2005). پژوهش‌هایی در ارتباط با کاربرد ردیاب‌ها و مدل‌های ترکیبی در منشایابی رسوبات بادی گزارش نشده است و به طور تقریبی همه پژوهش‌ها در مورد رسوب‌های آبی می‌باشند. پژوهشگران زیادی برای شناسایی منشأ رسوبات بادی از ویژگی‌های ژئوشیمیایی و ایزوتوپی استفاده نمودند ولی از مدل‌های ترکیبی استفاده نکرده‌اند (Honda et al, 2004؛ Kasper-Zubillaga et al, 2007 and 2008؛ Amini et al, 2011؛ Rao et al, 2011؛ Feng et al, 2011؛ Lee et al, 2010؛ Yokoo et al, 2004؛ 2012). (Feng et al (2011 تغییر در غلظت عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی (REE)^۱ با اندازه ذرات در لس‌ها و کاربرد آنها برای ردیابی منشأ نهشته‌های بادی مورد مطالعه قرار دادند. (Wang et al (2012 ویژگی‌های مغناطیسی و ژئوشیمیایی رسوبات سطحی ریزدانه (ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرومتر) در مناطق بالقوه منبع ریزگردها برای ردیابی منشأ نهشته‌های بادی مورد بررسی قرار دادند. (Amini et al (2012 متغیرهای رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی و ژئومرفولوژیک 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 ترکیب^۲، بافت^۳ و شیمیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و ۳۱ نمونه از اراضی

¹ Rare Earth Element

² Compositionally

³ Texturally

۳۴۸۲/۹ میلی‌متر در سال می‌باشد که از ۷۰/۶ در دی ماه تا ۶۱۰ میلی‌متر در تیر ماه متغیر است (اختصاصی، ۱۳۸۳). گلبادهای رسم شده جهت باد غالب دشت یزد - اردکان را شمال غربی و غربی نشان می‌دهند. در حوضه مذکور آثار قدیمی‌ترین واحدهای زمین‌شناسی مربوط به پرکامبرین تا جدیدترین آن یعنی پادگانه‌های آبرفتی و نهشته‌های ماسه بادی به چشم می‌خورد.

نمونه‌برداری میدانی

قبل از انجام نمونه‌برداری میدانی، ابتدا نقشه‌های پایه و اطلاعات لازم از سازمان‌های مربوطه تهیه و با کمک تصاویر ماهواره‌ای و پایگاه Google earth، نقشه‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و رخساره‌های ژئومرفولوژی (شکل ۲) تهیه شدند و با رویهم گذاری آنها نقشه‌های کاری تهیه شد. سپس با حضور در عرصه و تطابق دادن نقشه‌ها به منظور اطمینان از صحت نقشه‌های تهیه شده به ویژه نقشه رخساره‌ها، عمل نمونه‌برداری انجام شد. تعداد ۷۳ نمونه سطحی از منابع رسوب و منطقه رسوب (رخساره‌های مختلف) طی ۷ روز بازدید میدانی در اسفندماه ۱۳۹۰ برداشت شد. لازم به ذکر است که ۸ نمونه مربوط به منطقه رسوب و ۶۵ نمونه مربوط به مناطق منبع رسوب می‌باشد. برای آماده‌سازی اولیه نمونه‌ها از الک کمتر از ۶۲/۵ میکرون استفاده شد.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر از روش هضم اسیدی تیزاب سلطانی^۳ استفاده گردید و سپس غلظت ۴۹ عنصر بر حسب ug/g توسط ICP-AES اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های استرانسیوم (⁸⁶Sr، ⁸⁷Sr) و نئودیمیوم (¹⁴³Nd و ¹⁴⁴Nd) بعد از اینکه نمونه‌ها با روش (Honda et al, 2004) و (Rao et al, 2011) آماده‌سازی ابتدایی شدند با دستگاه ICP-MS غلظت آنها بر حسب ppb اندازه‌گیری شد.

نیکا به منظور تعبیر ویژگی‌های ژئومرفولوژیک و بافتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. (Kasper-Zubillaga & Zolezzi-Ruiz (2007) به منظور پیدا کردن منشأ تپه‌های ماسه‌ای ساحلی و داخلی در بیابان El Vizcaino، شمال غربی مکزیک از مطالعات ژئوشیمیایی، سنگ‌شناسی و رسوب‌شناسی^۱ استفاده نمودند. (Lee et al (2010) با استفاده از ایزوتوپ‌های Sr و Nd و عناصر نادر خاکی (REE) منشأ ریزگردهای اتمسفری کشور کره در اوایل سال ۲۰۰۶ را مورد بررسی قرار دادند و شاخص ناهنجاری سریوم را ارائه کردند. (Rao et al (2011) ویژگی‌های ژئوشیمیایی و ایزوتوپی Sr و Nd در منشاء ماسه‌های ریزدانه بیابان‌های اردوس^۲، شمال - مرکزی چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده این بود که بخش ریزدانه برای ماسه‌های بیابان Ordos و ماسه‌های آبرفتی کوهستان‌های اطراف اندک می‌باشد، در حالی که مقدار آن برای ماسه‌های رودخانه‌ای، رودخانه زرد فراوان می‌باشند.

در این پژوهش چندین هدف مد نظر بوده است که عبارتند از: ۱- اندازه‌گیری غلظت ایزوتوپ‌های استرانسیوم (⁸⁶Sr و ⁸⁷Sr) و نئودیمیوم (¹⁴³Nd و ¹⁴⁴Nd)، عناصر نادر خاکی و سایر عناصر کمیاب و استفاده از آنها به عنوان ردیاب. ۲- تعیین و محاسبه شاخص‌های عناصر نادر خاکی و استفاده به عنوان ردیاب. ۳- تعیین ترکیب مناسبی از ردیاب‌ها در واحدهای مختلف منابع تولید رسوب، که بیشترین قدرت در تفکیک واحدهای مختلف داشته باشند. ۴- تعیین سهم مناطق مختلف برداشت (رخساره‌های مختلف).

■ مواد و روش‌ها

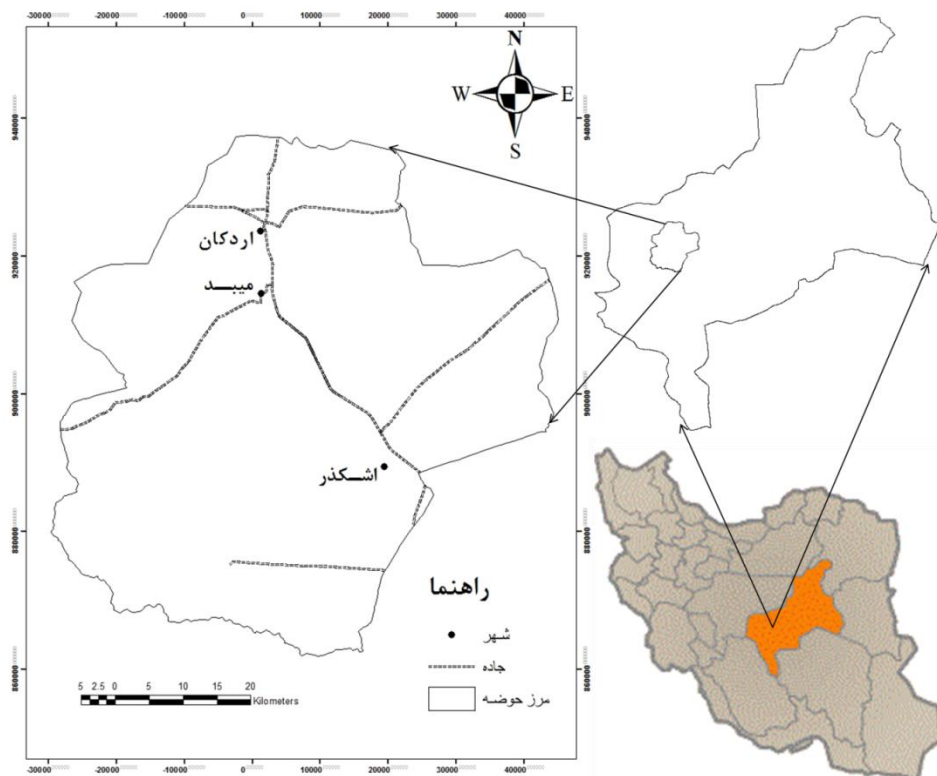
منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت یزد - اردکان می‌باشد که در محدوده عرض شمالی ۱۰° ۳۱' تا ۳۲° ۴۳' و طول شرقی ۶۸° ۵۳' تا ۴۷° ۵۴' واقع شده است و مساحت آن ۳۶۶۸ کیلومترمربع 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

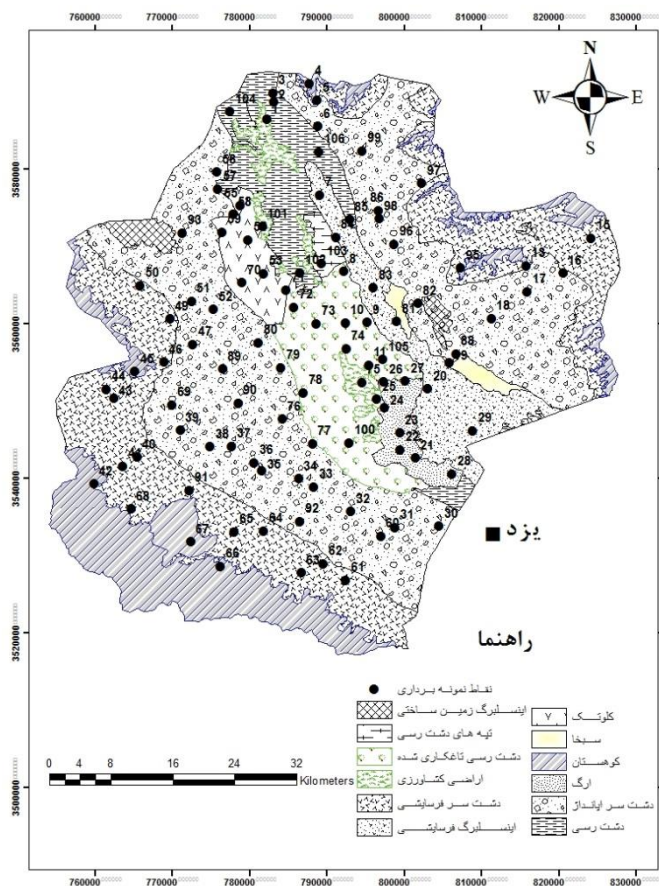
¹ Sedimentological

² Ordos

³ Aqua regia



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۲: نقشه رخساره های ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

نسبت‌های $(La/Sm)_n$ ، $(La/Yb)_n$ ، $(Gd/Yb)_n$ و $(La/Lu)_n$ به صورت زیر محاسبه می‌گردند.

$$(Gd/Yb)_n = (Gd_{\text{کندریت}}/Gd_{\text{نمونه}})/(Yb_{\text{کندریت}}/Yb_{\text{نمونه}}) \quad (۳)$$

$$(La/Yb)_n = (La_{\text{کندریت}}/La_{\text{نمونه}})/(Yb_{\text{کندریت}}/Yb_{\text{نمونه}}) \quad (۴)$$

$$(La/Sm)_n = (La_{\text{کندریت}}/La_{\text{نمونه}})/(Sm_{\text{کندریت}}/Sm_{\text{نمونه}}) \quad (۵)$$

$$(La/Lu)_n = (La_{\text{کندریت}}/La_{\text{نمونه}})/(Lu_{\text{کندریت}}/Lu_{\text{نمونه}}) \quad (۶)$$

زیرنویس n بدان معنی است که مقادیر عناصر نسبت به کندریت‌ها نرمال‌سازی^۱ شده است (Rao et al, 2011؛ Dou et al, 2010؛ Daga et al, 2008).

■ تجزیه و تحلیل‌های آماری

به منظور انتخاب ردیاب‌های اولیه، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نرمال بودن ویژگی‌های منشایاب از آزمون تجزیه واریانس (آزمون F) و در صورت عدم تبعیت از توزیع نرمال از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد (Collins et al, 1996, 1997a,b)، بهینه از ردیاب‌ها از تحلیل تشخیص استفاده شد (Foster and Lees, 2000) و سپس برای انتخاب ترکیب بهینه از ردیاب‌ها از تحلیل تشخیص استفاده شد (Foster and Lees, 2000).

تعیین سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب با استفاده از مدل‌های ترکیبی

پس از انتخاب ترکیب بهینه ویژگی‌های منشایاب با استفاده از تحلیل تشخیص، برای تعیین سهم و اهمیت نسبی هر یک از منابع رسوب از مدل‌های ترکیبی استفاده شد. مدل یا معادله ترکیبی برای هر یک از ویژگی‌های منشایاب بصورت زیر نوشته می‌شود (Foster and Lees, 2000؛ Collins et al, 1998):

$$\hat{X}_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} b_j Z_{sn}) \quad (۷)$$

عناصر ژئوشیمیایی عبارتند از: As (آرسنیک)، Ba (باریم)، Bi (بیس‌موت)، Cd (کادمیوم)، Co (کبالت)، Cr (کروم)، Cu (مس)، Dy (دیسپروسیوم)، Er (اریوم)، Eu (یورپیم)، Ga (گالیوم)، Gd (گادولینیوم)، Ge (ژرمنیوم)، Hf (هافنیوم)، Ho (هولمیوم)، In (ایندیوم)، La (لانتانوم)، Li (لیتیوم)، Lu (لوتیتیوم)، Mn (منگنز)، Mo (مولیبدن)، Nb (نئوبیم)، Nd (نئودیمیوم)، Ni (نیکل)، P (فسفر)، Pr (پرومتیوم)، Rb (روبییدیوم)، S (سولفور)، Sb (آنتیمونی)، Se (سلنیوم)، Si (سیلیکون)، Sm (ساماریوم)، Sn (قلع)، Sr (استرانسیوم)، Ta (تانتالیوم)، Tb (تربیوم)، Te (تلوریوم)، Th (توریوم)، Ti (تیتانیوم)، Tl (تالیوم)، Tm (تولیوم)، U (اورانیوم)، V (وانادیوم)، W (تنگستن)، Y (یتریوم)، Yb (یتریوم)، Zn (زینک)، Zr (زیرکن). ۴۹ عنصر همراه با شاخص‌های REE ($\sum REE$)، Nd/Yb ، Eu/Eu^* ، $(La/Lu)_n$ ، $(La/Yb)_n$ ، $(Gd/Yb)_n$ ، δCe و $(La/Sm)_n$ و ایزوتوپ‌های ^{144}Nd و ^{143}Nd ، ^{86}Sr ، ^{87}Sr به عنوان ردیاب مورد استفاده قرار گرفتند.

محاسبه شاخص‌های عناصر نادر خاکی

برای ایجاد رابطه بین عناصر نادر خاکی شاخص‌های $\sum REE$ ، Nd/Yb ، ناهنجاری یورپیم (Eu/Eu^*)، نسبت عناصر نادر خاکی سبک به عناصر نادر خاکی سنگین $(La/Lu)_n$ ، $(Gd/Yb)_n$ ، $(La/Yb)_n$ ، نسبت عناصر نادر خاکی سبک به عناصر نادر خاکی میانی $(La/Sm)_n$ و ناهنجاری سریوم (δCe) به صورت زیر محاسبه شدند و به عنوان ردیاب برای تفکیک منابع رسوب مورد استفاده قرار گرفتند. مقدار Eu/Eu^* از طریق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Eu/Eu^* = Eu_n / [(Sm_n)(Gd_n)^{1/2}] \quad (۱)$$

در این رابطه Eu_n ، Sm_n و Gd_n نسبت به مقادیر کندریتی نرمال‌سازی شده‌اند (Lee et al, 2010). Dou et al, 2010 ناهنجاری سریوم (δCe) به صورت زیر محاسبه کردند.

$$\delta Ce = (Ce_n) / \sqrt{[La_n] * [Pr_n]} \quad (۲)$$

۱. Normalization

$$0 \leq b_j \leq 1$$

(۲) مجموع ضرایب سهم هر یک از رخساره‌ها باید برابر با یک باشد.

$$\sum_{j=1}^n b_j = 1$$

در این حالت مقادیر انتخابی برای سهم منابع رسوب به عنوان جواب‌های بهینه مورد قبول واقع می‌شوند و این کار برای تمام نمونه‌های رسوب انجام شد و از مقادیر سهم هر یک از منابع رسوب برای بدست آوردن سهم متوسط میانگین‌گیری شد.

ارزیابی نتایج حاصل از مدل

طی مرحله قبل با حل معادله‌های مذکور، ضرایب b_{ij} که نماینده سهم رسوب منابع نام است تعیین می‌شود. در این مرحله قبل از اینکه نتایج مدل ترکیبی ارزیابی گردد مجموع خطاهای نسبی از طریق رابطه زیر تعیین می‌شوند.

$$E = \sum_{i=1}^m \left[\frac{X_i - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \right)}{X_i} \right] \quad (10)$$

سپس برای تعیین میزان دقت و کارایی روش فوق می‌توان نتایج حاصل را با یافته‌های واقعی مقایسه شوند. بر پایه روش ارائه شده توسط (Sutcliffe and Nash, 1970) کارایی مدل (ME) به شرح رابطه (۱۱) قابل محاسبه هستند:

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{mean})^2} \quad (11)$$

در رابطه (۱۱)، n برابر تعداد ردیاب‌ها، O_{mean} : میانگین مقادیر مشاهده شده، O_i : مقادیر مشاهده شده و P_i : مقدار برآوردی حاصل از مدل‌ها. مقدار ME بین $-\infty$ تا ۱ متغیر است و بیانگر درصدی از واریانس اولیه بین داده‌هاست که مدل قادر به پیش‌بینی آن است. هر چه مقدار ME به ۱ نزدیک‌تر باشد مدل از کارایی

در رابطه (۷) \hat{X}_i برابر با مقدار برآوردی خصوصیت نام (m و ... و ۲ و ۱) a_{ij} ، مقدار میانگین ویژگی نام در منبع رسوب نام (n و ... و ۲ و ۱) b_j ، سهم منبع رسوب نام، تعداد منابع رسوب و m ، تعداد ویژگی‌های منشأیاب، Zsn ، ضریب تصحیح اندازه ذرات است. ضریب تصحیح اندازه ذرات به صورت زیر محاسبه شد (Collins et al, 1997a, 1997b, 1998).

$$Zsn = \frac{Ss}{Sn} \quad (8)$$

در رابطه (۸)، Ss : سطح ویژه متوسط نمونه رسوب و Sn : سطح ویژه نمونه خاک منشأ نام. در اینجا سطح ویژه ذرات توسط سیستم BET^۱ اندازه‌گیری گردید.

برای هر یک از ویژگی‌های منشأیاب، معادله بالا تکرار می‌شود و بنابراین به تعداد ویژگی‌های، معادله وجود خواهد داشت و مدل چند متغیره ترکیبی با تعدادی معادله مشخص خواهد شد. با حل این معادله‌ها می‌توان سهم هر یک از منابع مختلف رسوب را بدست آورد. در این مطالعه از روش حداقل کردن مجموع مربعات باقیمانده برای بدست آوردن سهم بهینه منابع رسوب برآورد شده توسط مدل‌های چند متغیره ترکیبی استفاده شده است.

$$R = \sum_{i=1}^m \left[\frac{X_i - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j Zsn \right)}{X_i} \right]^2 \quad (9)$$

R: مجموع مربعات باقیمانده؛

X_i : مقدار اندازه‌گیری شده ردیاب نام در نمونه رسوب؛ به معادله (۹) تابع هدف گفته می‌شود. جواب‌های بهینه برای سهم منابع رسوب با حداقل کردن این معادله و با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا و با در نظر گرفتن دو شرط:

(۱) مقادیر ضریب سهم هر یک از رخساره‌ها باید بین یک و صفر باشد؛

¹ Brunauer Emmett Teller

بالاتری برخوردار است.

تپه ماسه‌ای (منطقه رسوب)، کلوتک، اراضی کشاورزی، تپه‌های مارن نئوژن و شوره زارمی باشد.

نتایج

منطقه مورد مطالعه شامل رخساره‌های دشت ریگی ریزدانه + بستر خشکرو، مخروط افکنه + بستر خشکرو،

یافته‌های حاصل از آزمون‌ها آماری تجزیه واریانس یک طرفه و کروسکال والیس برای انتخاب اولیه ردیاب‌ها در قالب جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. آزمون‌های آماری بررسی توان ردیاب‌ها در جداسازی رخساره‌های ژئومرفولوژی نشان می‌دهد.

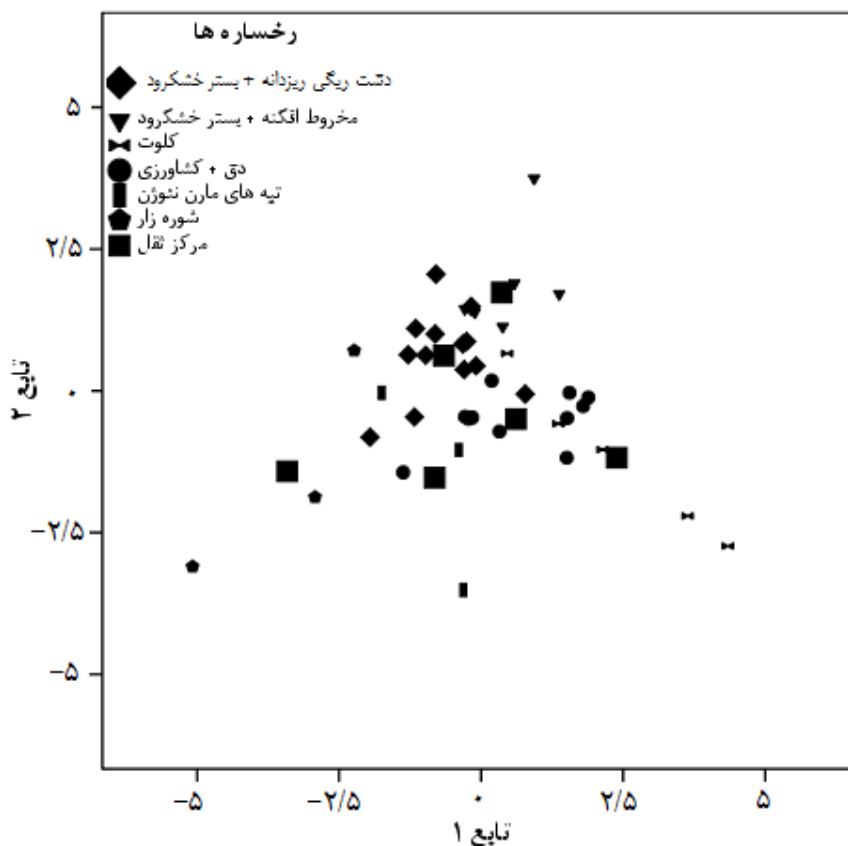
کروسکال والیس		تجزیه واریانس یک طرفه		آزمون	عنصر	کروسکال والیس		تجزیه واریانس یک طرفه		آزمون	ردیاب
سطح معنی‌داری	آماره H	سطح معنی‌داری	آماره F			سطح معنی‌داری	آماره H	سطح معنی‌داری	آماره F		
۰/۰۰۶	۲۱/۴۲	۰/۰۰۰	۴/۳۸۱	Y	۰/۰۰۲	۲۴/۰۲	۰/۰۰۰	۴/۶۸۸	La		
۰/۰۰۱	۲۵/۰۹	۰/۰۱۱	۲/۸۵۴	Zr	۰/۰۱۳	۱۹/۴۲	۰/۰۰۱	۴/۱۸۷	Ce		
۰/۴۸۴	۷/۴۹۴	۰/۷۱۳	۱/۶۷۲	Nb	۰/۰۰۱	۲۵/۷۵	۰/۰۰۳	۳/۵۳	Pr		
۰/۰۰۱	۲۵/۲۱	۰/۰۰۱	۳/۸۵۷	Hf	۰/۱۳	۱۲/۵	۰/۰۵۳	۲/۰۹۵	Nd		
۰/۰۸۸	۱۳/۷۶	۰/۰۵۵	۲/۰۸۲	Ta	۰/۰۷۲	۱۴/۴۰	۰/۱۵۷	۱/۵۷	Sm		
۰/۰۰۲	۲۳/۹۴	۰/۱۲۶	۱/۶۸	Th	۰/۰۰۴	۲۲/۴۵	۰/۰۰۵	۳/۱۹	Eu		
۰/۱۸۴	۱۱/۳۲	۰/۰۸۹	۱/۸۴۹	U	۰/۲۵۷	۱۰/۱۱	۰/۱۱	۱/۷۴۶	Gd		
۰/۰۲۸	۱۷/۱۸	۰/۳۳۹	۱/۱۶۴	As	۰/۲۰۲	۱۰/۹۹	۰/۱۶۲	۱/۵۵۷	Tb		
۰/۸	۴/۵۹	۰/۸۴۲	۱/۵۱۲	Bi	۰/۱۱۴	۱۲/۹۵	۰/۱۶۴	۱/۵۵	Dy		
۰/۴۲۹	۸/۰۴۲	۰/۶۶۶	۱/۷۲۸	Cd	۰/۰۰۱	۲۶/۶۸	۰/۰۱۵	۲/۶۸۳	Ho		
۰/۰۵۷	۱۵/۱۲	۰/۰۳۹	۲/۲۴۶	Ga	۰/۰۰۱	۲۱/۱۸	۰/۰۰۰	۴/۴۵	Er		
۰/۶۲۷	۶/۱۷۷	۰/۵۶۷	۱/۸۴۷	Ge	۰/۴۳۷	۷/۹۶۱	۰/۸۰۶	۱/۵۵۹	Tm		
۰/۵۲۱	۷/۱۴۷	۰/۷۰۵	۱/۶۸۲	In	۰/۰۳۷	۱۶/۴۳	۰/۰۱۶	۲/۶۶۱	Yb		
۰/۱۰۶	۱۳/۱۶	۰/۵۷۷	۱/۸۳۴	Li	۰/۰۹۳	۱۳/۶	۰/۱۵۱	۱/۵۹۲	Lu		
۰/۲۷۲	۹/۸۹۸	۰/۷۰۵	۱/۶۸۲	Mo	۰/۰۰۵	۲۲/۲	۰/۰۰۰	۴/۷۱۱	∑REE		
۰/۰۰۰	۳۱/۸۵	۰/۰۰۰	۶/۸۸۵	P	۰/۰۰۲	۲۴/۱۹	۰/۰۰۴	۳/۷۲۵	Eu/Eu*		
۰/۰۰۰	۳۰/۴۶	۰/۰۰۰	۵/۸۰۵	S	۰/۰۸۵	۱۳/۸۸	۰/۱۳۸	۱/۶۳۵	(Nd/Yb)		
۰/۰۰۹	۲۰/۳۴	۰/۰۱۲	۲/۷۹۷	Sb	۰/۲۵	۱۰/۲۱	۰/۰۰۲	۳/۶۶۷	(Gd/Yb) _n		
۰/۲۰۹	۱۰/۸۷	۰/۲۷۸	۱/۲۷۴	Se	۰/۰۰۱	۲۶/۶۴	۰/۰۰۰	۲/۸۸۴	(La/Yb) _n		
۰/۱۱۵	۱۲/۹	۰/۱۵۷	۱/۵۷۲	Sn	۰/۰۰۷	۲۱/۰۳	۰/۲۳۷	۱/۳۶	(La/Sm) _n		
۰/۱۷۷	۱۱/۴۵	۰/۳۷۶	۱/۱۰۵	Te	۰/۰۰۱	۲۶/۸۹	۰/۰۰۲	۳/۷۲۴	(La/Lu) _n		
۰/۰۰۱	۲۵/۴۴	۰/۰۱۷	۲/۶۳۸	Ti	۰/۰۰۴	۲۲/۷۹	۰/۵۷۱	۱/۸۴۱	δCe		
۰/۰۰۰	۲۹/۱۲	۰/۰۰۶	۳/۰۸۷	Tl	۰/۰۰۱	۲۶/۶۷	۰/۰۰۰	۷/۸۶۷	Rb		
۰/۰۵۶	۱۵/۱۴	۰/۴۱۳	۱/۰۴۹	W	۰/۰۰۶	۲۱/۳۵	۰/۰۰۵	۳/۱۶۵	Sr		
۰/۴۶۴	۷/۶۹۷	۰/۱۹۱	۱/۴۷	Mn	۰/۰۰۸	۲۰/۸	۰/۰۰۰	۴/۴۹۳	Ba		
۰/۲	۱۱/۰۳	۰/۷۲۷	۱/۶۵۵	Si	۰/۰۵۶	۱۵/۱۴	۰/۳۱۲	۱/۲۱	V		
۰/۰۳۵	۱۶/۵۸	۰/۰۰۳	۳/۳۹۳	¹⁴³ Nd	۰/۰۲۴	۱۷/۶۱	۰/۰۹۶	۱/۸۱۴	Cr		
۰/۰۹۹	۱۳/۴	۰/۰۵۶	۲/۰۷۲	¹⁴⁴ Nd	۰/۳۱۱	۹/۳۷۸	۰/۱۵۳	۱/۵۸۵	Co		
۰/۰۰۵	۲۲/۱	۰/۰۰۳	۳/۵۲۷	⁸⁶ Sr	۰/۰۸۶	۱۳/۸۲	۰/۰۳۲	۲/۳۳۳	Ni		
۰/۰۰۱	۲۵/۴۷	۰/۰۰۰	۵/۳۹۲	⁸⁷ Sr	۰/۲۸۱	۹/۷۸۲	۰/۳۲۷	۱/۱۸۵	Cu		
					۰/۵۸۳	۶/۵۷	۰/۸۴	۱/۵۱۵	Zn		

و هر سه ردیاب ورودی با هر دو آزمون H و تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین رخساره‌های مختلف نشان دادند. در گام اول تحلیل تشخیص ردیاب Rb و در گام‌های دوم و سوم، ردیاب‌های Ce و Sr بترتیب وارد مدل گردیدند و به عنوان ورودی مدل ترکیبی جهت سهم‌بندی منابع مختلف در نظر گرفته شدند. جداسازی رخساره‌های مختلف توسط تحلیل تشخیص در قالب شکل (۳) نشان داده شده است.

بر طبق جدول (۱) ردیاب‌های $(La/Yb)_n$, $(La/Lu)_n$, Rb, Sr, Ba, ^{87}Sr , ^{86}Sr , ^{143}Nd , Tl, Ti, Sb, S, P, Ga, Zr و Eu, Ho, Er, Yb, $\sum REE$, Eu/Eu^* La, Ce, Pr, Hf با هر دو آزمون تجزیه واریانس و کروسکال والیس معنی‌دار شدند و ردیاب‌های Ni و $(Gd/Yb)_n$ و فقط با آزمون تجزیه واریانس و ردیاب‌های $(La/Sm)_n$, δCe , Th و As فقط با آزمون کروسکال والیس معنی‌داری نشان دادند. نتایج حاصل از تحلیل تشخیص در جدول (۲) ارائه شده است. طبق جدول (۲)، سه ردیاب روبیدیوم (Rb)، سریوم (Ce) و استرانسیوم (Sr) به ترتیب وارد مدل شدند

جدول ۲. گام‌های مختلف ورود ردیاب‌ها به مدل و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص برای رخساره‌های مختلف نشان می‌دهد.

گام	اضافه شدن ردیاب	Wilks Lambda	سطح معنی‌داری
۱	Rb	۰/۴۱۹	۰/۰۰۰
۲	Ce	۰/۱۸۹	۰/۰۰۰
۳	Sr	۰/۱۰۹	۰/۰۰۰



شکل ۳. جداسازی رخساره‌های مختلف توسط توابع یک و دو نشان می‌دهد.

است. لازم به ذکر است که مقادیر ضریب تصحیح اندازه ذرات برای رخساره‌های دشت ریگی ریزدانه + بستر خشکرو، مخروط افکنه + بستر خشکرو، کلو تک، اراضی کشاورزی، تپه‌های مارن نئوژن و سبخا به ترتیب عبارتند از ۱/۲۳، ۱، ۰/۶۲، ۰/۶۲، ۰/۶۲ و ۱/۲.

طبق شکل (۳) تفکیک نمونه‌های هر رخساره به خوبی توسط تحلیل تشخیص انجام شده و در بعضی موارد هم‌پوشانی اندکی بین نمونه‌های هر رخساره وجود دارد. نتایج حاصل از مدل‌های ترکیبی به منظور تعیین سهم منابع رسوب در قالب جدول (۳) نشان داده شده

جدول ۳. سهم رخساره‌های مختلف در تولید رسوب نشان می‌دهد.

رخساره‌های ژئومورفولوژی	درصد مساحت تحت پوشش	سهم کل بر حسب درصد
دشت ریگی ریزدانه + بستر خشکرو	۴۸/۷۶	۲۷
مخروط افکنه + بستر خشکرو	۲۱/۴	۲۲/۷
کلو تک	۲/۳	۲۴/۴
اراضی کشاورزی	۱۹/۷	۱۳/۲۶
تپه‌های مارن نئوژن	۶/۸۴	۶/۴
شوره‌زار	۱	۶/۲۴

■ بحث و نتیجه‌گیری

منبع واقعی رسوب ریزدانه در هر بیابان فقط زمانی به طور قطعی قابل شناسایی است که فقط یک منبع منفرد وجود داشته باشد، ولی اگر چند منبع وجود داشته باشد بامقایسه ژئوشیمیایی و ایزوتوپی رسوبات با منابع احتمالی آنها می‌توان منابع اصلی و فرعی از هم جدا کرد. چون مناطق منبع در موقعیت‌های زمین شناسی مختلف دارای ترکیبات ژئوشیمیایی و ایزوتوپی متفاوتی می‌باشند (Rao و همکاران، ۲۰۱۱). ردیاب‌های La, Pr, Eu, Er, Rb, Sr, Ba, Y, Hf, P, S, Tl, REE, Σ, Eu/Eu*، (La/Lu)n، (La/Yb)n و 87Sr و 86Sr در سطح ۱ درصد و ردیاب Yb در سطح ۵ درصد به صورت مشترک با هر دو آزمون H و تجزیه واریانس معنی‌دار شدند و همچنین ردیاب‌های Ce, Ho, Zr, Sb, Ti و 143Nd با هر دو آزمون H و تجزیه واریانس به ترتیب در سطح ۵، ۱، ۱ و ۵، ۱ و ۵، ۱ و ۵، ۱ درصد معنی‌دار شدند. ردیاب‌های Ga و Ni در سطح ۵ درصد و ردیاب (Gd/Yb)n در سطح ۱ درصد فقط با آزمون تجزیه واریانس معنی‌دار می‌باشند و ردیاب‌های As و Cr در سطح ۵ درصد و ردیاب‌های Th, δCe، (La/Sm)n در سطح ۱ درصد با آزمون H معنی‌دار هستند. این موضوع بیانگر این است که همه ردیاب‌ها دارای توانایی تفکیک رخساره‌های مختلف می‌باشند. ترکیب بهینه‌ای که با

تحلیل تشخیص بدست آمد شامل سه ردیاب Ce, Rb و Sr می‌باشد. در پایان با بهره‌گیری از این ترکیب و مدل‌های ترکیبی سهم هر رخساره در تولید رسوب تعیین شد. سهم دشت‌سر اپانداز شامل رخساره دشت ریگی ریزدانه + بستر خشکرو، دشت‌سر فرسایشی شامل رخساره مخروط افکنه + بستر خشکرو، دشت‌سر پوشیده شامل رخساره‌های کلو تک، اراضی کشاورزی، تپه‌های مارن نئوژن و سبخا به ترتیب برابر ۲۷، ۲۲/۷، ۲۴/۴، ۱۳/۲۶، ۶/۴ و ۶/۲۴ درصد می‌باشد. خطای نسبی مدل ترکیبی برای برآورد سهم رخساره‌های مختلف برای هر یک از نمونه‌های رسوب بدست آمد که از ۲ تا ۴۵٪ متغیر می‌باشند و ضریب کارایی مدل ۹۹٪ محاسبه شد. با توجه به اینکه خطای نسبی محاسبه شده کم می‌باشد و ضرایب کارایی مدل به یک نزدیک می‌باشد این موضوع نشان‌دهنده صحت و کارایی مناسب مدل می‌باشد. حکیم‌خانی (۲۰۰۶) ضرایب کارایی مدل برای واحدهای زمین‌شناسی، کاربری‌ها و واحدهای کاری برابر ۹۹٪ به دست آورد. بر اساس نتایج به دست آمده رخساره‌های دشت ریگی ریزدانه + بستر خشکرو (دشت‌سر اپانداز)، کلو تک، مخروط افکنه + بستر خشکرو (دشت‌سر فرسایشی)، اراضی کشاورزی، تپه‌های مارن نئوژن و سبخا به ترتیب در اولویت‌های یکم تا ششم قرار می‌گیرند. رخساره دشت ریگی ریزدانه + بستر خشکرو و سبخا به

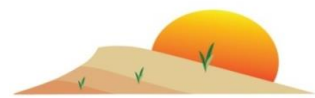
همکاران (۱۳۷۵) کلوته‌ها منشأ اصلی معرفی نمودند که در این پژوهش کلوته‌ها از نظر سهم تولید رسوب در درجه دوم قرار دارند و نامبرده در سال ۱۳۸۳ منشأ اصلی برای تپه‌های ماسه‌ای ارگ اشکذر را دشت سر اpanداژ شامل دشت ریگی ریزدانه معرفی کردند.

ترتیب بیشترین و کمترین سهم در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای ارگ اشکذر دارا می‌باشند. رخساره دشت ریگی ریزدانه + بستر خشک‌رود به دلیل دارا بودن ذرات ریز و مستعد و هم‌چنین قرار داشتن در مسیر باد بیشترین سهم را در تولید رسوب دارا می‌باشند. اختصاصی و

■ منابع

۱. اختصاصی، م، احمدی، ح، باغستانی، ن، خلیلی، ع. و فیض‌نیا، س. (۱۳۷۵). "منشایی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه دشت یزد - اردکان." انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، چاپ اول: تعداد صفحات، ۲۶۰.
۲. اختصاصی، م. (۱۳۸۳). "بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد - اردکان و تعیین شاخص‌های این فرآیند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابانزایی." رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳. حکیم‌خانی، ش. (۱۳۸۵). "بررسی استفاده از ردیاب‌ها در منشأیابی رسوبات آبی ریزدانه (مطالعه موردی: حوضه پخش سیلاب پلدشت، شهرستان ماکو)." رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
4. Amini, A., Moussavi-Harami, R., Lahijani, H. & Mahboubi. 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*, 16, 139-152.
5. Chang, Q., Mishima, T., Yabuki, S., Takahashi, Y. & 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*, 34, 407-427.
6. Chen, J., Li, G., Yang, J., Rao, W., Lu, H., Balsam, W., Sun, Y. & Ji. J. (2007). Nd and Sr isotopic characteristics of Chinese deserts: Implications for the provenances of Asian dust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3904-3914.
7. Collins, A. L., Walling, D. E. & Leeks, G. J. L. (1997a). Fingerprinting the origin of fluvial suspended sediment in larger river basins: combining assessment of spatial provenance and source type. *Geografiska Annaler*, 79, 239 - 54.
8. Collins, A. L., Walling, D. E. & Leeks. G. J. L. (1997b). Sediment sources in the Upper Severn catchment: a fingerprinting approach. *Hydrol Earth Syst Sci*, 1, 509 - 21.
9. Collins, A.L., Walling, D.E., Webb, L. & King. P. (2010). Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information. *Geoderma*, 155, 249- 261.
10. Collins, A. L., Zhang, Y., McChesney, D., Walling, D. E., Haley, S.M. & Smith. P. (2012). Sediment source tracing in a lowland agricultural catchment in southern England using a modified procedure combining statistical analysis and numerical modelling. *Science of the Total Environment*, 414, 301-317.
11. Collins, A. L., Walling, D. E. & Leeks. G. J. L. (1998). Use composite fingerprints to determine the spatial provenance of the contemporary suspended sediment load transported by rivers. *Earth Surface processes and landforms*, 23, 31-52.
12. Collins, A. L., Walling, D. E. & Leeks. G. J. L. (1996). Composite fingerprinting of the spatial source of fluvial suspended sediment: a case study of the Exe and Severn river basins, United Kingdom. *Geomorphol Relief Process Environ*, 2, 41- 54.
13. Daga, R., Guevara, S. R., Sanchez, M. L. & Arribere. M. (2008). Source identification of volcanic ashes by geochemical analysis of well preserved lacustrine tephras in Nahuel Huapi National Park. *Applied Radiation and Isotopes*, 66, 1325- 1336.

14. Dou, Y., Yang, S., Liu, Z., Clift, P. D., Shi, X., Yu, H. & Berne, S. (2010). Provenance discrimination of siliciclastic sediments in the middle Okinawa Trough since 30 ka: Constraints from rare earth element compositions. *Marine Geology*, 275, 212-220.
15. Feng, J., Hu, Z. G., Ju, J. T. & Zhu, L. P. (2011). Variations in trace element (including rare earth element) concentrations with grain sizes in loess and their implications for tracing the provenance of eolian deposits. *Quaternary International*, 236, 116-126.
16. Foster, I. D. L. & Lees, J. A. (2000). Tracers in geomorphology. Wiley, Chichester: 3-20.
17. Honda, M., Yabuki, S. & Shimizu, H. (2004). Geochemical and isotopic studies of aeolian sediments in China. *Sedimentology*, 51, 211-230.
18. Kasper-Zubillaga, J. J., Acevedo-Vargas, B., Morton Bermea, O. & Zamora, G. O. (2008). Rare earth elements of the Altar Desert dune and coastal sands, Northwestern Mexico. *Chemie der Erde*, 68, 45059.
19. Kasper-Zubillaga, J. J., Zolezzi-Ruíz, H., Carranza-Edwards, A., Girón-García, P., Ortiz-Zamora, G. & Palma, M. (2007). Sedimentological, modal analysis and geochemical studies of desert and coastal dunes, Altar Desert, NW Mexico. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 489-508.
20. Lee, M. L., Lee, Y. I. & Yi, H. I. (2010). Provenance of atmospheric dust over Korea from Sr-Nd isotopes and rare earth elements in early 2006. *Atmospheric Environment*, 44, 2401-2414.
21. Liu, C. Q., Masuda, A., Okada, A., Yabuki, S. & Fan, Z. L. (1994). Isotope geochemistry of quaternary deposits from the arid lands in northern China. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 127, 25-38.
22. Liu, C.Q., Masuda, A., Okada, A., Yabuki, S., Zhang, J. & Fan, Z. L. (1993). A geochemical study of loess and desert sand in northern China: Implications for continental crust weathering and composition. *Chemical Geology*, 106, 359-374.
23. Nakano, T., Yokoo, Y., Nishikawa, M. & Koyanagi, H. (2004). Regional Sr-Ndisotopic ratios of soil minerals in northern China as Asian dust fingerprints. *Atmospheric Environment*, 38, 3061-3067.
24. Nakano, T., Nishikawa, M., Mori, I., Shin, K., Hosono, T. & Yokoo, Y. (2005). Source and evolution of the perfect Asian dust storm in early April 2001: implications of the Sr-Nd isotope ratios. *Atmospheric Environment*, 33, 5568-5575.
25. Nash, J. E. & Sutcliffe, J. E. (1970). River flow forecasting through conceptual models. part1: A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282 - 290.
26. Pettke, T., Halliday, A. N., Hall, C. M. & Rea, D.K. (2000). Dust production and deposition in Asia and the North Pacific Ocean over the past 12 Myr. *Earth and Planetary Science Letters*, 178, 397-413.
27. Rao, W., Tan, H., Jiang, S. & 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*, 16.
28. Rao, W., Yang, J., Ji, J., Li, G. & Tan, H. (2008). Sr-Nd isotopic characteristics of eolian deposits in the Erdos Desert and Chinese Loess Plateau: Implications for their provenances. *Geochemical Journal*, 42, 273-282.
29. Roy, P.D. & Smykatz-Kloss, W. (2007). REE geochemistry of the recent playa sediments from the Thar Desert, India: An implication to playa sediment provenance. *Chemie der Erde*, 67, 55-68.
30. Sun, J.M. (2002). Source regions and formation of the loess sediments on the high mountain regions of northwestern China. *Quaternary Research*, 58, 341-351.
31. Svensson, A., Biscaye, P. E. & Grousset, F. E. (2000). Characterization of late glacial continental dust in the Greenland IceCore Project ice core. *J. Geophys. Res.*, 105, 4637-4656.
32. Walling, D. E. (2005). Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Science of the Total Environment*, 344, 159 - 184.
33. Yang, X., Liu, Y., Li, C., Song, Y., Zhu, H. & Jin, X. (2007). Rare earth elements of aeolian deposits in Northern China and their implications for determining the provenance of dust storms in Beijing. *Geomorphology*, 87, 365-377.
34. Yokoo, Y., Nakano, T., Nishikawa, M. & Quan, H. (2004). Mineralogical variation of Sr-Nd isotopic and elemental compositions in loess and desert sand from the central Loess Plateau in China as a provenance tracer of wet and dry deposition in the northwestern Pacific. *Chemical Geology*, 204, 45-62.



The Contribution of Different Geomorphologic Facies in Sand Dunes Sediments Supply Using Sediments Tracing (Case Study: Ashkzar Sand Dunes)

H. Gholami^{1*}, S. Feiznia², S.J. Ahmadi³, H. Ahmadi⁴, A.A. Nazari Samani⁵ and A. Nohegar²

¹ Assistant Professor, Hormozgan University, Iran

² Professor, University of Tehran, Iran

³ Associate Professor, Iran Atomic Energy Agency

⁴ Professor, Islamic Azad University- Science and Research Branch of Tehran, Iran

⁵ Associate Professor, University of Tehran, Iran

* Corresponding author, E-mail: hgholami@hormozgan.ac.ir

Received: 07/07/2015

Accepted: 07/07/2015

Abstract

Application of provenance method by tracers or fingerprinting has been demonstrated as a successful and effective way to determine the sediment sources. According to this method, physical, geochemical and biogenic features of sediment are used to determine the sediment sources and their importance. The main aim of this research is determining the contribution of different facies using the hybrid model in sediment supply for sand dunes of Ashkzar erg. For this aim, 65 surface samples from the sources region facies and 8 samples from the sand dunes were collected and the particles less than 62.5 micron, as the target, were tested. In order to measure the geochemical elements including rare earth elements (REE) and trace element, the ICP-AES was used. Then, ICP-MS was used to measure Strontium (⁸⁷Sr & ⁸⁶Sr) and Neodymium (¹⁴³Nd & ¹⁴⁴Nd) isotopes. The indices of rare earth elements were calculated and the elements, REE indices and isotopes were used as tracer. Then, initial choice and optimal combination of tracers were done by the statistical methods including one-way ANOVA, Kruskal-Wallis and discrimination analysis. Finally, contribution of the various facies on sediments supply was determined using hybrid models. The results showed that Rubidium (Rb), Cerium (Ce) and Strontium (Sr) were determined as the optimal combination. Moreover, the results of hybrid models showed that the distribution facies of fine sandy plains & dry river bed, fans & dry river bed, Kelot, farmlands, Neogene marl hills and Sebkha were 27, 22.7, 24.4, 13.26, 6.4 and 6.24 % respectively. Performance of the model was 0.999 indicating it's accurate and appropriate results.

Keywords: Provenance, Fingerprinting, Hybrid Models, Tracer, Ashkzar Erg.