منشأیابی رسوبات بادی با استفاده از رویکرد انگشت‌نگاری رسوب در منطقهٔ ابوغویر دهلران، استان ایلام

فرزاد حیات‌نیا: *کارشناس ارشد بیابانزدایی، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.*

نورالدین رستمی*: *دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران*

حمید غلامی: *دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان، ایران.*

محمود رستمی‌نیا : *استادیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.*

نوع مقاله: پژوهشی

مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۳۰)

20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4

چکیده

با توجه به گسترش سریع مناطق بیابانی و مشکلات ناشی از حرکت تپه‌های ماسه‌ای در این مناطق، شناخت منشأ این تپه‌ها در طرح‌های کنترل فرسایش بادی اهمیت فراوانی دارد. محدودیت‌های روش‌های سنتی سبب شده‌است که محققان روش انگشت‌نگاری رسوب یا منشأیابی رسوبات را به‌عنوان روشی جایگزین و مناسب قابل‌توجه قرار دهند. بنابراین، در این مطالعه با بهره‌گیری از ترکیب مناسب عناصر ژئوشیمیایی و روش‌های آماری ـ که می‌تواند به جداسازی کاربری‌های مختلف اراضی منجر شود ـ و با استفاده از مدل ترکیبی، سهم هر یک از کاربری‌های منطقهٔ بیابانی ابوغویر در شهرستان دهلران از استان ایلام تعیین شد؛ بدین منظور، پانزده نمونه خاک سطحی از سه کاربری به‌عنوان منطقهٔ برداشت و پنج نمونه از تپه‌های ماسه‌ای جمع‌آوری شد. سپس بخش کمتر از ۶۲/۵ میکرون، به‌عنوان هدف مورد آزمایش قرار گرفت و عناصر آهن و مس توسط دستگاه جذب اتمی، عنصر سدیم توسط دستگاه فلیم فتومتر، عناصر کلر، کلسیم، منیزیم، کربنات و بی‌کربنات با روش تیترسنجی و سولفات با روش استون اندازه‌گیری و از آن به عنوان ردیاب استفاده شد. سپس با استفاده از روش‌های آماری مانند آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه، کروسکال والیس و تحلیل تشخیص، توانایی اولیهٔ ردیاب‌ها در تفکیک منابع رسوب بررسی شد. با بهره‌گیری از روش تحلیل تشخیص، دو ردیاب سدیم و مس به‌عنوان ترکیب بهینه از ردیاب‌ها یا ردیاب‌های نهایی انتخاب شد. نتایج این تحقیق با استفاده از مدل ترکیبی با خطای نسبی ۱٪ و ضریب کارایی مدل ۹۹٪ نشان داد که سهم کاربری‌های رسوبات رودخانه‌ای، مرتع و کشاورزی به ترتیب برابر با ۹۹/۲۴، ۰/۷۶ و ۰ درصد است. کاربری رودخانه نیز به‌عنوان منشأ اصلی رسوب در تپه‌های ماسه‌ای شناسایی شد؛ بنابراین، برای کنترل تپه‌های ماسه‌ای در این منطقه باید به تثبیت بستر رودخانه‌های منطقه پرداخت.

واژگان کلیدی: تحلیل تشخیص، سهم رسوب، مدل چند متغیره ترکیبی، منابع رسوب.

* *نویسنده مسئول: n.rostami@ilam.ac.ir*

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

۱ـ مقدمه

بیش از دو سوم مساحت ایران را اراضی خشک و نیمه‌خشک فراگرفته است. کمبود بارش در این مناطق از تنوع اکولوژیکی آن کاسته و پوشش گیاهی با تراکم کم بر روی آن استقرار یافته‌است. فقر پوشش گیاهی سبب می‌شود باد به راحتی سطح خاک را بکاود و سالانه مقادیر فراوانی از خاک سطحی را با خود از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر حمل و جابه‌جا کند (Ahmadi, 1999). بر همین اساس، منشأیابی رسوب از اصول اولیهٔ کنترل و مبارزه با فرسایش خاک 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 (Feng et al, 2011). لازمهٔ اجرای برنامه‌های حفاظت خاک، کنترل رسوب و تثبیت تپه‌های ماسه‌ای، کسب اطلاعات صحیح از مناطق برداشت و سهم آنها در تولید رسوب و در نتیجه، شناسایی مناطق بحرانی در داخل حوضه‌های آبخیز است (Wang et al, 2011)؛ بنابراین، محققان با توجه به اهمیت شناخت منشأ تپه‌های ماسه‌ای و مشکلات موجود در کاربرد روش‌های سنتی، روش انگشت‌نگاری یا ردیابی یا به عبارتی منشأیابی را به‌عنوان روشی جایگزین و مناسب قابل‌توجه قرار داده‌اند (Gholami et al, 2015).

تپه‌های ماسه‌ای دورهٔ کواترنر، مساحت زیادی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و بخش زیادی از بیابان‌های تحت استوایی و مناطق باران پناهی را در عرض‌های میانه اشغال می‌کنند (Wilson, 1973 & Horowitz, 2017 & Lorenz and Zimbelman, 2014). اگرچه مطالعات زیادی در زمینهٔ ماسه‌های بادی دورهٔ کواترنر وجود دارد، بیشتر آنها بر روی پیدایش اشکال تپه‌ها، ساختمان‌های رسوبی، کرونولوژی نهشته‌های تپه‌ها به‌عنوان یک شاخص اقلیم‌های گذشته کواترنر تمرکز کرده‌اند (Muhs, 2017)، اما در زمینهٔ شناخت منشأ رسوب بادی مطالعات کمتری انجام شده‌است و بیشتر مطالعات فرض کرده‌اند که یک سنگ یا رسوب اطراف، به‌عنوان منبع اولیه برای رسوب بادی عمل می‌کند. از طرفی، با استفاده از اطلاعات موجود در زمینهٔ منابع رسوب می‌توان به جزئیات بیشتری در مورد بیلان رسوب و تهیهٔ مدل‌های توزیعی رسوب، تفسیر رسوب‌دهی حوضه‌ها بر حسب الگوهای متفاوت مدیریت اراضی، تفسیر داده‌های تولید برحسب عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی، مقدار و توزیع مکانی فرسایش و آگاهی از روند تاریخی تغییر در سهم منابع اصلی در تولید رسوب دست یافت. از مطالعات انجام شده در این خصوص می‌توان به مطالعات منابع تپه‌های ماسه‌ای کواترنر در شمال غربی مکزیک و جنوب غربی آمریکا (Muhs et al, 2003 & Scheidt et al, 2011)، و در جنوب غربی دریای ماسه‌ای نامیب آفریقا (Garzanti et al, 2012) اشاره کرد. نامعمول بودن مطالعات منشأ تپه‌ها در ژئومورفولوژی بادی، مربوط به زمان‌بر بودن تکنیک‌های موردنیاز و احتمال بروز خطا از سوی متصدی در خصوص فلزات سنگین، هزینه‌بر بودن بعضی از تکنیک‌های ژئوشیمیایی و نیاز به دستگاه‌های پیچیده در بیشتر تکنیک‌های ایزوتوپی است (Muhs, 2017). با وجود چالش‌های موجود برای تعیین منشأ ماسه، شناسایی منشأ رسوب برای تپه‌های ماسه‌ای در مدیریت محیط و کنترل فرسایش بادی مهم و ضروری است. در دهه‌های اخیر از روش‌های مختلفی برای تعیین منشأ رسوبات استفاده شده‌است که در این بین، روش انگشت‌نگاری رسوب همراه با مدل ترکیبی ریاضی در زمینهٔ تعیین منشأ رسوب و سهم هر یک از منابع به صورت کمی قابلیت بالایی دارد که در طی این دو دهه، محققان متعددی در سراسر دنیا از آن استقبال کرده‌اند (Gholami et al, 2017). در اواخر دههٔ ۱۹۸۰ و اوایل دههٔ

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

۱۹۹۰، از تلفیق مدل‌های ترکیبی کمی در زمینهٔ ردیاب‌های مرکب به مطالعات ردیابی منبع استفاده شد و به دست آوردن تخمین‌های کمی از سهم نسبی منابع مختلف را ممکن ساخت (Walling, 2005). در این رابطه، روش انگشت‌نگاری رسوب برای اولین بار توسط (Collins et al, 1997) به منظور تعیین سهم منابع رسوب به صورت کمی در انگلستان معرفی شد. انگشت‌نگاری رسوب یا منشأیابی مرکب عبارت است از بررسی چندین منبع بالقوهٔ رسوب از طریق چندین گروه متفاوت از خصوصیات که برای افزایش تشخیص بین منابع و اجتناب از منبع رسوب غیر واقعی استفاده می‌شود و گروه وسیعی از خصوصیات مختلف شناختی را دربرمی‌گیرد (Collins et al, 2010).

در روش انگشت‌نگاری خصوصیاتی وجود دارد که می‌توان به طور موفقیت‌آمیز از آنها در تشخیص منابع بالقوهٔ رسوب در یک حوضه آبخیز استفاده کرد. این خصوصیات عبارتند از: کانی‌شناسی و رنگ (Klages et al, 1975 & Grimshaw et al, 1980)، خصوصیات مغناطیسی کانی (Caitcheon, 1993 &Walden et al, 1997)، رادیو نوکلوئیدهای محیطی (Walling et al, 1995)، ترکیب ژئوشیمیایی (Foster et al,1994)، ایزوتوپ‌های پایدار (Douglas et al,1995)، عناصر نادر خاکی (Morton, 1991)، مواد آلی (Hasholt, 1988)، خصوصیات بیوژنیک (Brown, 1985) و اندازهٔ ذره (Stone & Saunderson, 1992). در مطالعات متعددی در زمینهٔ منشأیابی رسوبات آبی، از روش انگشت‌نگاری استفاده شده‌است (Collins et al, 1997 & Walling et al,1999 & LeGall et al, 2016 & Hughes et al, 2009 & Chen et al, 2016 & Stone et al, 2014 & Zhou et al, 2016 & Lamba et al, 2015 & Zhang et al, 2016 & Collins et al, 2020)، اما متأسفانه با وجود این مطالعات متعدد، مطالعات کمتری با استفاده از روش انگشت‌نگاری در کمی کردن سهم منابع آنها وجود دارد که می‌توان به تعیین سهم رخساره‌های ژئومورفولوژی در تولید رسوبات بادی در تپه‌های ماسه‌ای اشگذر (Gholami et al, 2014)، تعیین سهم کاربری‌های مختلف اراضی در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای در منطقهٔ نگار- بردسیر، استان کرمان (Gholami et al, 2015)، تهیهٔ نقشهٔ منابع گردوغبار اتمسفری در شهر اهواز (Gholami et al, 2020)، بررسی مدل‌های تشکیل تپه‌های خطی (Telfer et al, 2020) و منشأیابی رسوبات لس در آسیای مرکزی (Li et al, 2020) اشاره کرد. Gholami و همکاران (۲۰۱۷)، به ارائه مدل ترکیبی بیزین برای منشأیابی رسوبات بادی در دشت یزد ـ اردکان پرداختند و بیان کردند که مدل ارائه شده در منشأیابی رسوبات بادی قابلیت بالایی دارد و می‌توان از آنها در سایر مناطق بیابانی استفاده کرد.

به طور کلی، اهداف این تحقیق شامل تعیین سهم نسبی منابع تأمین‌کنندهٔ رسوب تپه‌های ماسه‌ای در کاربری‌های مختلف با استفاده از مدل ترکیبی، تعیین ردیاب‌های بهینه با استفاده از آزمون تحلیل تشخیص و اولویت‌بندی منابع رسوب تپه‌های ماسه‌ای در منطقهٔ ابوغویر در شهرستان دهلران از استان ایلام با استفاده از روش انگشت‌نگاری رسوب است. ضمن اینکه طبق بررسی‌های به عمل آمده، تاکنون تحقیق مشابهی در این منطقه انجام نشده‌است.

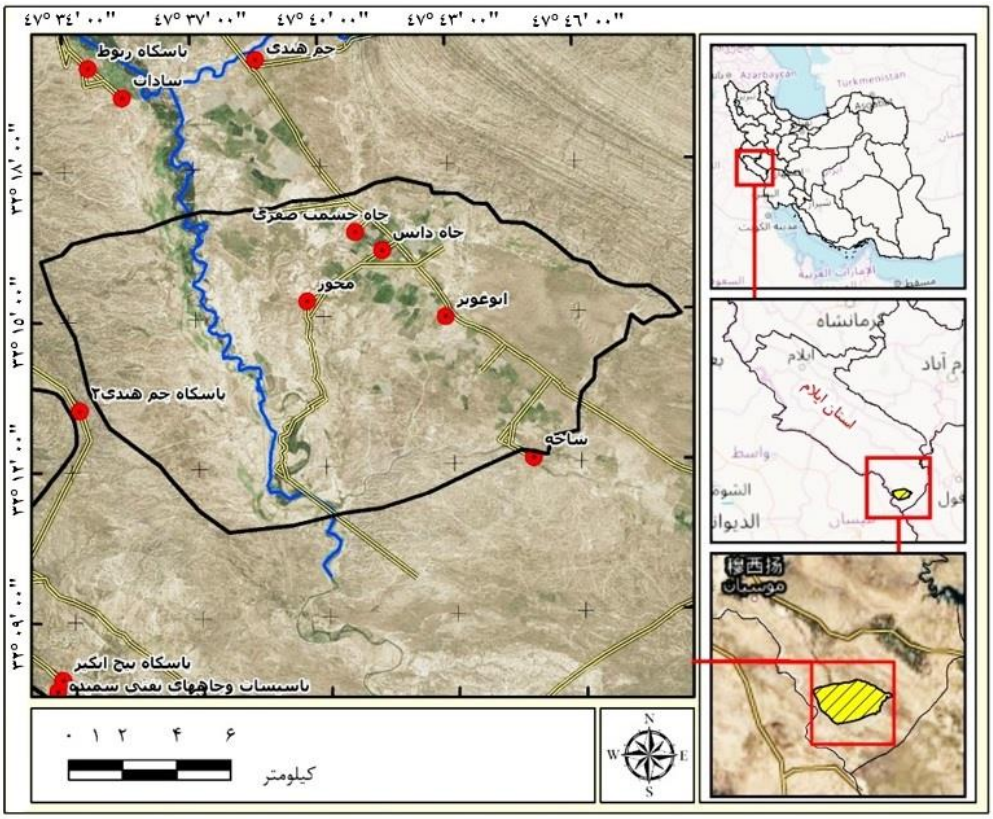
۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه در دشت ابوغویر با مساحت تقریبی ۱۹۶۵۰ هکتار، در جنوب شرقی استان ایلام و در حاشیهٔ رودخانهٔ دویرج و در حدفاصل طول شرقی ۴۷ درجه و ۳۱ دقیقه و ۲۹ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه و ۰۱ ثانیه و عرض شمالی ۳۲ درجه و ۱۰ دقیقه و ۰۶ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۹ ثانیه قرار دارد. تنها رودخانهٔ دائمی دشت ابوغویر، رودخانهٔ دویرج است که در غرب دشت واقع شده و ارتفاع متوسط منطقه، ۱۷۵ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

منطقه بر اساس آمار ایستگاه ابوغویر ۱۹۵ میلی‌متر است و حداکثر و حداقل دمای منطقه در ماه‌های مرداد و دی اتفاق می‌افتد و به ترتیب ۴۶/۷ و ۷/۴ درجهٔ سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، در طبقهٔ بیابانی گرم میانه و بر اساس روش دومارتن، در طبقهٔ خشک گرم قرار می‌گیرد. بر اساس داده‌های سینوپتیک دهلران، میزان تبخیر و تعرق توان این دشت، ۳۸۹۴ میلی‌متر در سال است (Heidarizadi et al, 2020).

دشت ابوغویر که جهت باد غالب آن غربی است، به صورت دشتی نسبتاً مسطح در جنوب شرقی شهرستان دهلران و به فاصلهٔ شصت کیلومتر از آن واقع شده‌است. کانون بحرانی ابوغویر قسمتی از این دشت است و مساحت کل منطقهٔ بیابانی ابوغویر حدود پنجاه هزار هکتار است که پنج هزار هکتار آن را تپه‌های ماسه‌ای فعال تشکیل می‌دهد (شکل ۱). بر اساس تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی ایران، دشت ابوغویر در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. از نظر چینه‌شناسی نهشته‌های کواترنری (عهد حاضر) منطقه شامل پادگانه‌های آبرفتی جوان است؛ بنابراین، واحدهای چینه‌شناسی منطقه بهدوران‌های سنوزوئیک و کواترنری یا دورهٔ حاضر بازمی‌گردد که سن آنها میوسن، پلیوسن و هولوسن تعیین شده‌است (Mirhasani et al, 2019).



شکل ۱: موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

۳ـ مواد و روش

داده‌های جمع‌آوری شده

با توجه به اینکه همواره فرسایش آبی و بادی تابعی از دو عامل فرسایندگی و فرسایش‌پذیری است، برای یک بررسی جامع می‌بایست این دو عامل بررسی شود. در اینجا عامل فرساینده، باد است که از طریق تهیهٔ داده‌های

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

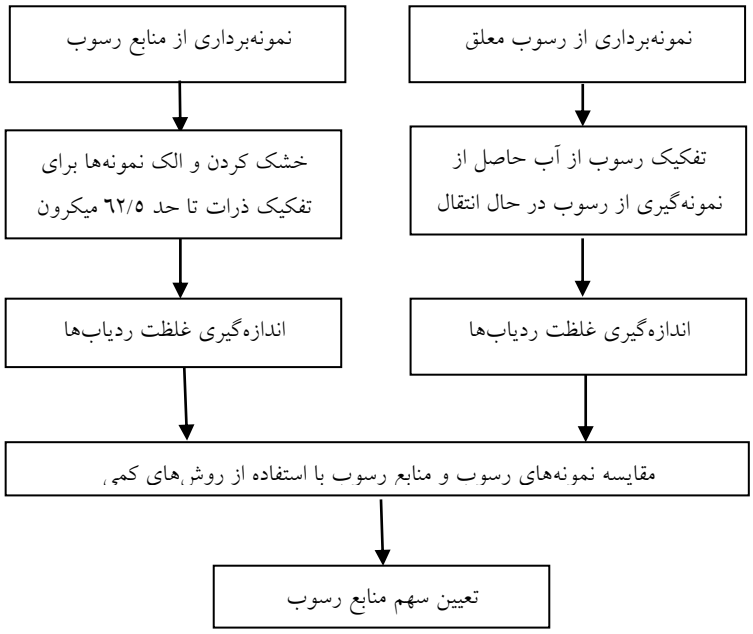
هواشناسی شامل جهت، سرعت باد و ترسیم گلباد منطقه صورت می‌گیرد. فرسایش‌پذیری نیز به خصوصیات خاک بازمی‌گردد که در ادامه به نحوهٔ بررسی این عوامل پرداخته می‌شود.

نمونه‌برداری خاک منطقه

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۸، نقشهٔ کاربری اراضی به روش طبقه‌بندی نظارت شده تهیه شد و کاربری‌های موجود در محدودهٔ مطالعاتی شامل پهنه‌های ماسه‌ای، اراضی کشاورزی، رودخانهٔ دویرج و اراضی مرتعی است. پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه، نمونه‌های خاک با رعایت ملاحظات ژئومورفیک از هر یک از کاربری‌ها شامل مرتع، کشاورزی و اراضی حاشیهٔ رودخانه به‌عنوان منابع تولید رسوب و از تپه‌های ماسه‌ای به‌عنوان منطقهٔ رسوب‌گذاری از عمق ۵ – ۰ سانتی‌متری برداشت شد. تعداد نمونه‌های برداشت شده از هر یک از کاربری‌ها، پنج عدد و از رسوبات نهشته شده (تپه‌های ماسه‌ای) نیز پنج عدد است (Gholami et al, 2015).

مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های زیر بر آن انجام شد. کاتیون‌های محلول بازی شامل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون کمپلکسومتری، سدیم و پتاسیم محلول به روش نشر اتمی شعله (فلیم فتومتری) (Rhoades, 1982)، کلر محلول به روش تیتراسیون رسوب‌سنجی با استفاده از نیترات نقره و کربنات و بی‌کربنات محلول به روش تیتراسیون ساده اسید و باز محاسبه شد (Zare Abyaneh et al, 2014). عناصر آهن و مس نیز به‌وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی قرائت شد (Lindsay, 1979). شکل ۲، مراحل اجرای انگشت‌نگاری رسوب را به صورت نمادین نشان داده‌است.



شکل ۲: مراحل مختلف روش انگشت‌نگاری رسوب در تعیین منابع رسوب (اقتباس از Walling و همکاران، ۲۰۰۱)

تجزیه و تحلیل آماری

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

به منظور انتخاب ردیاب‌های اولیه، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف اسمیرنوف بررسی شد. در صورت نرمال بودن ویژگی‌های منشأیاب، کیفیت خصوصیات منشأیاب مورد استفاده در بررسی تفکیک منابع رسوبات در حوضهٔ مورد بررسی با استفاده از یک روش آماری دو مرحله‌ای (Collins et al, 2001) برای انتخاب ترکیب بهینهٔ ردیاب‌ها در تفکیک منابع رسوب به کار گرفته می‌شود. در مرحلهٔ اول به منظور انتخاب ردیاب‌های اولیه، از آزمون واریانس (آزمون F) و آزمون Kruskal-Wallis استفاده می‌شود (Foster et al, 2000)؛ به عبارت دیگر، چنانچه میانگین غلظت هر یک از ردیاب‌ها در منابع رسوب (کاربری اراضی) تفاوت معنی‌داری داشته باشد، مرحلهٔ دوم آغاز می‌شود. در این مرحله، از تحلیل تشخیص توابع چند متغیرهٔ گام به‌گام به منظور انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها از مجموعه ردیاب‌های انتخابی در مرحلهٔ اول استفاده می‌شود. هدف این تحلیل، حداکثر کردن تفکیک بین منابع رسوب با به حداقل رساندن مجموعه بهینهٔ ردیاب‌ها است (Nosrati et al, 2012). پس از انتخاب ترکیب بهینه، سهم هر یک از منابع در تولید رسوب با استفاده از مدل‌های ترکیبی برآورد می‌شود. روش مدل‌های ترکیبی چند متغیره بیش از سایر روش‌ها برای تعیین سهم منابع رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Collins et al, 1998 & Walden et al, 1997 & Walling, 2005). برای اجرای این تحقیق باید پارامترهایی به شرح رابطهٔ ۱ بررسی شود:

$$R = \sum_{j=1}^{n} \left\{ \frac{\left(C_j - \left(\sum_{s=1}^{m} P_s S_s O_s\right)\right)}{C_j} \right\}^2$$ رابطهٔ ۱

که در آن، R مجموع مربعات باقیمانده، C_j مقدار اندازه‌گیری شده ردیاب j ام در نمونه رسوب، P_s سهم نسبی منبع رسوب، S_s میانگین غلظت ردیاب (s)، O_s ضریب تصحیح ماده آلی منبع (s)، این مدل بر دو شرط (روابط ۲ و ۳) استوار می‌باشد که مجموع سهم نسبی منابع رسوب برابر یک است و مقادیر آن بین صفر و یک قرار دارد (روابط ۲ و ۳).

$$0 \le P_s \le 1$$ رابطهٔ ۲

$$\sum_{s=1}^{n} P_s = 1$$ رابطهٔ ۳

بدین نحو که مقادیر مختلف برای سهم منابع رسوب (b_j) انتخاب شده و مقدار تابع، با استفاده از نرم‌افزار Solver محاسبه می‌شود و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که مجموع مربعات باقیمانده (R) به کمترین مقدار خود برسد. در این حالت، مقادیر انتخابی برای سهم منابع رسوب (کاربری اراضی) به‌عنوان جواب‌های بهینه مورد قبول واقع می‌شود. این کار برای تمام نمونه‌های رسوب انجام و از مقادیر سهم هر یک از منابع رسوب برای به دست آوردن سهم متوسط میانگین گرفته می‌شود (Gholami et al, 2015).

ارزیابی نتایج حاصل از مدل

در طی مرحلهٔ قبل با حل معادلات یاد شده، ضرایب b_{ij} به‌عنوان نمایندهٔ سهم رسوب منابع i ام تعیین می‌شود. در این مرحله قبل از اینکه نتایج مدل ترکیبی ارزیابی شود، مجموع خطاهای نسبی از طریق رابطهٔ ۴ تعیین می‌شود:

$$E = \sum_{j=1}^{n} \left\{ \frac{\left(C_j - \left(\sum_{s=1}^{m} P_s S_{sj}\right)\right)}{C_j} \right\}$$ رابطهٔ ۴

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

سپس برای تعیین میزان دقت کارایی روش فوق می‌توان نتایج حاصل را با یافته‌های واقعی مقایسه کرد. با استفاده از روش ارائه شده توسط (Nash and Sutcliffe, 1970)، کارایی مدل (ME) به شرح رابطهٔ ۵ قابل محاسبه است:

رابطهٔ ۵

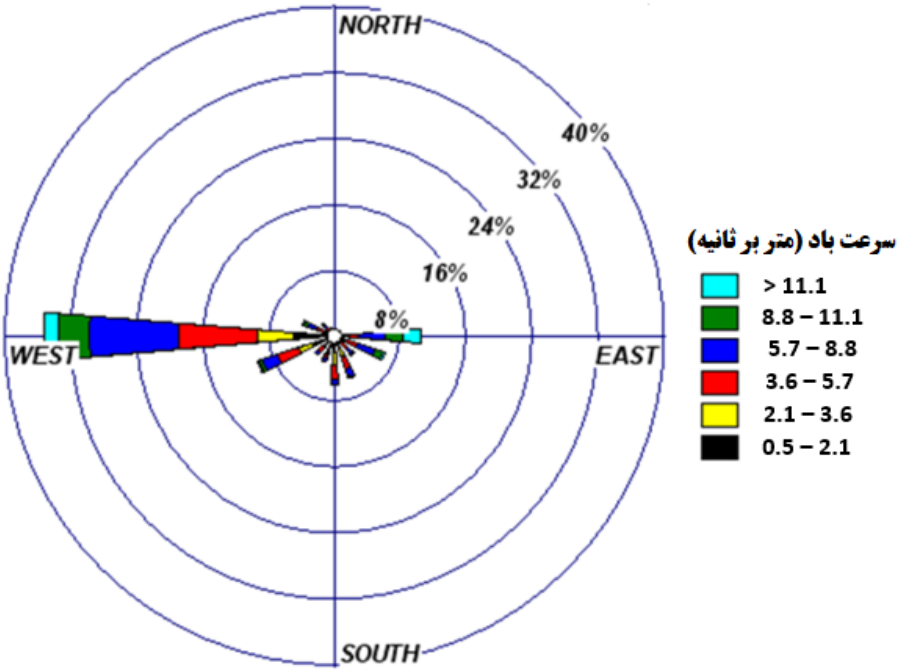
$$ME = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{j=1}^{n}(O_i - O_{mean})^2}$$

در این رابطه، n برابر تعداد ردیاب‌ها، O_{mean} میانگین مقادیر مشاهده شده، O_i مقادیر مشاهده شده و P_i مقدار برآوردی حاصل از مدل‌ها است. مقدار ME بین ∞- تا ۱ متغیر است و بیانگر درصدی از واریانس اولیهٔ بین داده‌هاست که مدل می‌تواند به پیش‌بینی آن بپردازد. هر چه مقدار ME به ۱ نزدیک‌تر باشد، مدل از کارایی بالاتری برخوردار است (Gholami et al, 2015).

۴ـ نتایج

تعیین جهت باد غالب منطقه

برای تعیین وضعیت باد منطقه، ضمن مطالعهٔ گلباد ایستگاه سینوپتیک شهرستان دهلران (شکل ۳) در طول دوره آماری ۲۵ ساله (۱۳۹۷-۱۳۷۲)، جهت باد غالب در منطقهٔ مورد مطالعه مشخص و با استفاده از تصاویر دریافتی از گوگل ارث محدودهٔ مورد مطالعه تعیین شد.



شکل ۳: گلباد ایستگاه سینوپنیک شهرستان دهلران

ویژگی‌های شیمیایی خاک

در این تحقیق سعی شده با بهره‌گیری از ردیابی عناصر ژئوشیمیایی، به تعیین مناطق برداشت و سهم منابع رسوب در تولید رسوبات بادی در مهم‌ترین کانون فرسایش بادی در استان ایلام پرداخته شود و تغییرات غلظت عناصر کمیاب

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

خاک و کاربرد آنها برای ردیابی منشأ نهشته‌های بادی مورد مطالعه قرار گیرد. بنابراین، میزان عناصر مختلف و ویژگی‌های شیمیایی خاک در عمق یک تا پنج سانتیمتری نمونه‌های تهیه شده از کاربری‌های موجود در منطقه ــ که شامل زراعت دیم (۱۴۹/۶ هکتار)، شن‌های روان (۱۰۱۸/۶ هکتار)، مخلوط زراعت آبی و دیم (۱۸۲/۹ هکتار) و مرتع با پوشش گیاهی فقیر (۱۳۰۷ هکتار) است ــ تعیین شد که در جدول ۱ ارائه شده‌است.

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی خاک منطقه در کاربری‌های مختلف (واحد همگی meq/l است)

مناطق برداشت	منیزیم	کلسیم	کلر	سولفات	کربنات	بی‌کربنات	سدیم	آهن	مس
تپه‌های ماسه‌ای ۱	۰/۴	۲	۱/۲	۰	۰	۲	۸/۸۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵
تپه‌های ماسه‌ای ۲	۱/۲	۲/۴	۲/۸	۰	۰	۲/۴	۹/۵۱	۰/۰۶۹	۰/۰۲۸
تپه‌های ماسه‌ای ۳	۱/۶	۱/۶	۱/۲	۰	۰	۲/۸	۸/۸۳	۰/۰۴۸	۰/۰۳
تپه‌های ماسه‌ای ۴	۱/۲	۲	۱/۲	۰	۰	۱/۶	۷/۱۹	۰/۱	۰/۰۱۷
تپه‌های ماسه‌ای ۵	۱/۲	۱/۶	۱/۲	۰	۰	۱/۲	۶/۴۱	۰/۱۷۱	۰/۰۴۴
اراضی مرتعی ۱	۷/۶	۵/۶	۲/۴	۷/۶۸	۰	۲/۴	۷/۷۷	۰/۰۱۵	۱/۴۵۲
اراضی مرتعی ۲	۲۷/۲	۲۸/۸	۸	۲۳/۲۸	۰	۰/۴	۸/۳۵	۰/۰۲۳	۰/۵۷۲
اراضی مرتعی ۳	۲	۲۴/۴	۱/۶	۲۲/۳۲	۰	۲/۴	۸/۵۴	۰/۰۲۱	۰/۵۹۵
اراضی مرتعی ۴	۸/۴	۲	۱/۲	۰	۰	۲/۴	۸/۲۵	۰/۰۱۶	۰/۵۲۵
اراضی مرتعی ۵	۲۸/۴	۲۹/۶	۱/۲	۰	۰	۳/۲	۶/۷	۰/۰۱۷	۰/۷۲۷
رودخانه ۱	۳/۲	۴/۸	۱/۲	۰	۰	۳/۶	۱۳/۸۷	۰/۰۳۸	۰/۰۲۷
رودخانه ۲	۵/۶	۱۹/۲	۱/۲	۲۷/۸۲	۰	۲/۸	۲۲/۲۹	۰/۰۳۷	۰/۰۷۵
رودخانه ۳	۲۳/۶	۱۴	۲	۲۸/۶۷	۰	۳/۲	۲۳/۹۴	۰/۰۶۸	۰/۰۶۲
رودخانه ۴	۸	۲	۱/۲	۰	۰	۳/۲	۳۴/۸۸	۰/۰۹۷	۰/۰۳۱
رودخانه ۵	۱۹/۲	۱/۶	۲	۲۹/۵۲	۰	۲/۴	۱۶/۴۸	۰/۰۳	۰/۰۳
اراضی کشاورزی ۱	۶/۸	۱/۶	۱/۶	۰	۰	۴	۱۸/۵۲	۰/۰۱۳	۱/۴۹۳
اراضی کشاورزی ۲	۲۶/۸	۳/۲	۲/۸	۱/۵	۰	۲/۸	۵۷/۲۵	۰/۰۰۸	۲/۵۵۵
اراضی کشاورزی ۳	۱۷/۲	۲	۱/۶	۰	۰	۰/۸	۲۸/۴۹	۰/۰۱	۱/۰۰۷
اراضی کشاورزی ۴	۱/۶	۴/۴	۲/۴	۱/۳۳	۰	۱/۲	۷/۴۸	۰/۰۲۲	۰/۵۸۴
اراضی کشاورزی ۵	۰/۴	۲/۴	۲	۰	۰	۱/۶	۷/۹۶	۰/۰۷۴	۰/۱۵۶

آزمون نرمالیته برای بررسی توزیع متغیرها در سطح نمونه

بررسی مقادیر آزمون کلموگروف اسمیرنف-Z در سطح کاربری‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که فرض نرمال نبودن توزیع مقادیر مربوط به عناصر خاک در سطح این کاربری‌ها معنادار نشده‌است (جدول ۲)؛ به عبارتی، می‌توان گفت که توزیع متغیرهای مورد بررسی نرمال است. بنابراین، می‌توان از آمار پارامتری برای مقایسهٔ این عناصر در سطح کاربری‌های مختلف استفاده کرد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

جدول ۲: آزمون نرمالیته برای متغیرهای تحقیق در سطح کاربری‌ها

	منیزیم	کلسیم	کلر	سولفات	کربنات بی کربنات	سدیم	آهن	مس
N	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
میانگین	۱۲/۴	۹/۷	۲/۱۶	۹/۴۷	۰	۲/۴۳	۱۸/۰۵	۰/۰۳	۰/۶۶
انحراف معیار	۱۰/۲	۱۰/۵	۱/۷	۱۲/۶	۰	۱/۰۳	۱۳/۹۶	۰/۰۳	۰/۷۲
مقدار آمارهٔ Z	۰/۹۷	۱/۲۳	۱/۲	۱/۳		۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۹۳	۰/۷۸
سطح معنی‌داری	۰/۳	۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۷		۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۵۷

انتخاب ردیاب‌های بهینه از طریق آزمون تابع تشخیص گام به‌گام

برای بررسی توان ردیاب‌ها در جداسازی واحدهای کاری شامل مرتع، رودخانه و کشاورزی، به اجرای آزمون آماری کروسکال ـ والیس و تابع تشخیص گام به‌گام پرداخته شد (جدول ۳). آزمون آماری کروسکال - والیس نتیجه نداد، ولی ردیاب‌ها به آزمون تابع تشخیص گام‌به‌گام وارد شد تا بتوان از بین این ۹ ردیاب (Na, Cu, Fe,Mg Ca, Cl, Solfat, Carbonat, Bi carbonat) اندازه‌گیری شده (جداول ۴ و ۵)، ردیاب بهینه را برای تفکیک سه منبع تپه‌های ماسه‌ای شامل رودخانه، مرتع و اراضی کشاورزی انتخاب کرد. بر اساس نتایج، عناصر سدیم و مس به‌عنوان ردیاب‌های بهینه انتخاب شدند و به طور کلی، ۸۰٪ نمونه‌های منبع با دو ردیاب بهینه به درستی طبقه‌بندی شد (شکل ۴).

جدول ۳: انتخاب ردیاب‌های بهینه از طریق آزمون تابع تشخیص گام به‌گام

گام	متغیرهای وارد شده	لامبدای ویلکز				F دقیق			
		Statistic	df1	df2	df3	Statistic	df1	df2	سطح معنی‌داری
۱	مس	۰/۵۵۷	۱	۲	۱۲	۴/۷۸	۲	۱۲	۰/۰۳
۲	سدیم	۰/۱۹۸	۲	۲	۱۲	۶/۸۷۵	۴	۲۲	۰/۰۰۱

در هر مرحله، متغیری که لامبدای ویلکز را به حداقل می‌رساند، وارد می‌شود.

a. حداکثر تعداد مراحل، ۱۶ است.

b. مقدار نسبی حداقل F معادل ۳/۸۴ است.

c. مقدار نسبی حداکثر F معادل ۲/۷۱ است.

d. سطح F، تلورانس یا VIN برای محاسبات بیشتر ناکافی است.

جدول ۴: توابع کانونی مورد استفاده در آزمون تابع تشخیص گام به‌گام مقادیر خاص

تابع	همبستگی استاندارد	تراکم ٪	واریانس ٪	مقدار مشخص
۱	۰/۸۶۵	۹۱/۷	۹۱/۷	۲/۹۸۴[a]
۲	۰/۴۶۲	۱۰۰	۸/۳	۰/۲۷۱[a]

a. از اولین توابع تمایزی استاندارد در این بررسی استفاده شده‌است.

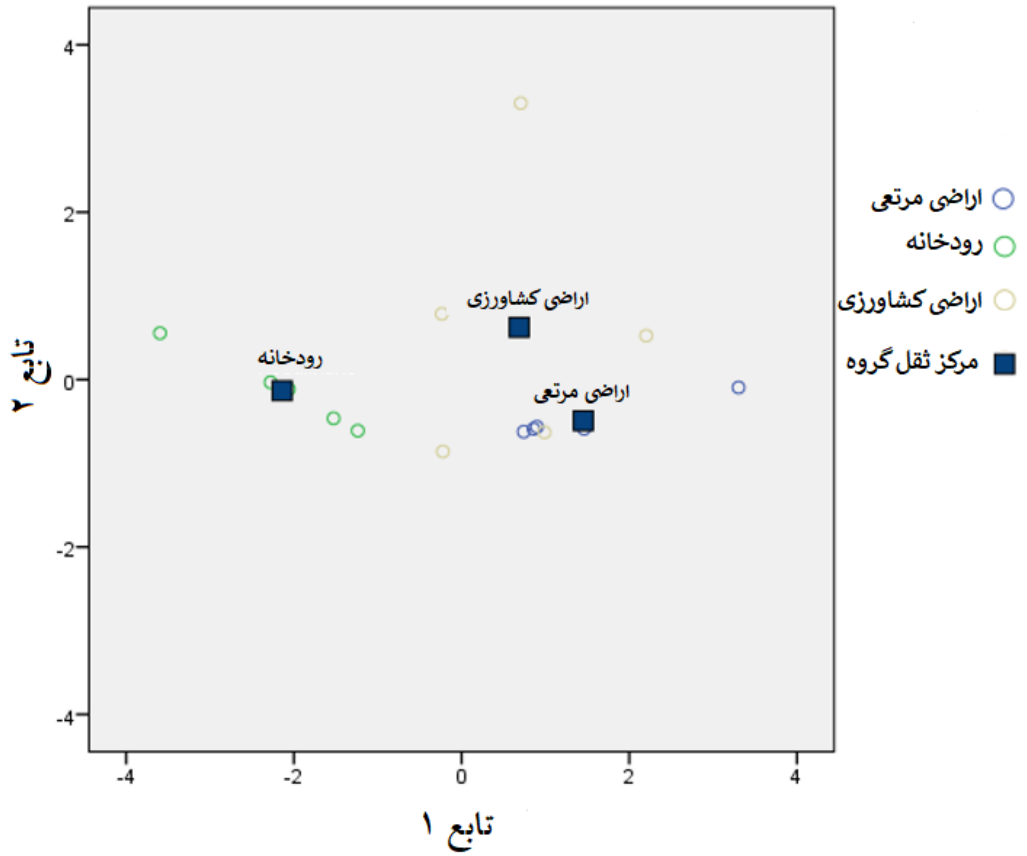
[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

جدول ۵: ماتریس ساختاری مورد استفاده در آزمون تابع تشخیص گام به‌گام

عناصر	تابع ۲	تابع ۱
آهن a	-۰/۲۶	-۰/۵۵۸*
بیکربنات a	۰/۲۹۴	۰/۴۴۲*
کلسیم a	-۰/۰۵۱	-۰/۱۸۴*
کلر a	۰/۰۵۹	-۰/۸۵*
سدیم	۰/۹۷۶*	-۰/۲۱۶
مس	۰/۸۹۸*	۰/۴۴
منیزیم a	۰/۵۱۹*	-۰/۱۰۵
سولفات a	-۰/۳۶*	۰/۰۳۶

a. این متغیر در این آنالیز مورد استفاده قرار نگرفته است.

برای ارزیابی الگوهای مختلف تغییر مکانی سه منبع رسوب، نمودار پراکنش توابع اول و دوم محاسبه شده توسط روش پس‌روندهٔ تحلیل، تشخیص و بر اساس ترکیب بهینه، دو ردیاب ژئوشیمیایی ترسیم شد (شکل ۴). این شکل نشان می‌دهد که هر سه منبع رسوب یعنی اراضی مرتعی، کشاورزی و رودخانه با استفاده از این ردیاب‌ها به خوبی تفکیک شده‌اند. سپس سهم هر کدام از کاربری‌ها در تولید رسوب و مساحت تحت پوشش آن مشخص شد که نتایج آن در جدول ۶ آمده‌است.



شکل ۴: تفکیک منابع از طریق توابع اول و دوم مورد استفاده در آزمون تابع تشخیص

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

جدول ۶: سهم هر کاربری برای هر نمونه تپه

سهم هر کاربری برای هر نمونه تپه (٪)			
کشاورزی	رودخانه	مرتع	کاربری
۰	۰/۹۸۱	۰/۰۱۹	T1
۰	۱	۰	T2
۰	۱	۰	T3
۰	۱	۰	T4
۰	۰/۹۸۱	۰/۰۱۹	T5
۰	۰/۹۹۳	۰/۰۰۷	میانگین
۰	۹۹/۲۳۹	۰/۷۶۱	سهم کلی هر کاربری

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، پهنه‌های وسیع و گسترده‌ای از تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد که بر روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به خوبی مشخص است. مساحت این پهنه‌ها روزبه‌روز در حال افزایش است. در بسیاری از مناطق، جهت گسترش آنها به سمت شهرها، روستاها و تأسیسات است. علاوه بر این، طوفان‌های ماسه‌ای در این مناطق خود معضلی انکارناپذیر به شمار می‌رود که سالانه خسارت‌های جبران‌ناپذیری را برای کشاورزی، صنعت و حتی سلامت ساکنان محل به همراه دارد. مشکلات ناشی از فرسایش تشدیدی خاک و رسوب ناشی از آن، تنها به مشکلات درون منطقه‌ای در تخریب منابع طبیعی پایه مانند کاهش عمق و میزان مواد آلی خاک، تخلیهٔ مواد موردنیاز و در دسترس گیاه ختم نمی‌شود، بلکه مشکلات برون منطقه‌ای مانند رسوب‌گذاری در مزارع، دشت‌های سیلابی و مجموعه‌های آبی، افزایش گل آلودگی آبراهه‌ها، کاهش کیفیت آب، خسارت به آبزیان و اختلال در فرایند ژئومورفولوژیکی سیستم‌های رودخانه‌ای را نیز در بر می‌گیرد (Collins et al, 1997 & Russell et al, 2001 & Collins et al, 2001 & Zapata, 2003 & Owens and Collins, 2006 & Juracek and Ziegler, 2009)؛ به طوری که طبق برآوردهای صورت گرفته، سالانه بیش از ۲۳ میلیارد تن خاک حاصلخیز زمین‌های زراعی از دسترس خارج می‌شود که این به معنی تخریب خاک موجود در جهان با نسبت هفت درصد در هر دهه است. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که بیش از یک ربع از خاک‌های جهان طی ۴۵ سال آینده حاصلخیزی خود را از دست دهند (Zapata, 2003).

با توجه به مسائل فوق و از نظر کاهش منابع آبی و محدودیت منابع زمینی در تأمین مواد غذایی جمعیت در حال رشد جهان، پیگیری مشکلات ناشی از تخریب خاک به‌ویژه فرسایش خاک و تولید رسوب ضروری است (Zapata، 2003). بر همین اساس، در سال‌های اخیر در مورد اطلاعات مربوط به منابع بار رسوبی خارج شده از حوضه‌های آبخیز و داده‌های کمی مربوط به گستره و میزان فرسایش خاک، نیاز جدی احساس شده‌است تا ارزیابی جامعی از مشکلات فرسایش به دست آید و در پی آن در زمینهٔ تدابیر حفاظت خاک، درمان رسوب‌زایی تشدیدی و تأثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی، تصمیم‌گیری درستی صورت گیرد. همچنین به دلیل سهم مهم رسوبات معلق و ریزدانه در رسوبات تولیدی و نقش آن در حمل مواد غذایی و آلودگی‌ها، این بخش از رسوبات بیش از سایر انواع آن قابل‌توجه بوده‌است

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

(Peart and Walling, 1988 & Walling and Woodward, 1995 & Walling, 2005). بـر همـین اسـاس مقابلـه بـا مشکلات فوق، توسعه و ارائه برنامه‌های مدیریتی به منظور حفاظت خاک و کنترل رسوب و درک ملموس‌تر از سیستم رسوب‌دهی، مستلزم اطلاع از ماهیت و اهمیت نسبی و منشأ منابع اصـلی رسـوب در داخـل حوضـه‌های آبخیـز اسـت (Collins et al, 1997 & Collins et al, 1998 & Collins et al, 2001 & Walling, 2005 & Smith and Dragovich, 2008). از طرفی، از طریق اطلاعات موجود در مورد منابع رسوب می‌توان جزئیات بیشتری را در مورد بیلان رسـوب و تهیه و توسعهٔ مدل‌های رسوب‌دهی تـوزیعی (Campbell et al, 1988 & Collins et al, 1997 & Collins et al, 1998)، تفسیر رسوب‌دهی حوضه‌ها برحسب سیستم‌های متفاوت مـدیریت اراضـی (Collins et al, 1998) و تفسـیر داده‌هـای رسوب برحسب عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی و مقدار توزیع مکانی فرسایش (Peart and Walling, 1988) بررسی کرد.

با عنایت به این مطلب، برای کنترل تپه‌های ماسه‌ای و سایر رخساره‌های فرسایش بادی باید به منشأیابی آنها پرداخـت تـا در وقت، هزینه و نیروی انسانی صرفه‌جویی شود و اقدامات انجام گرفته همیشگی باشد.

منطقهٔ مورد مطالعه، در دشت ابوغویر با مساحت تقریبی ۵۸۳ کیلومترمربع واقع شده‌اسـت. تنهـا رودخانـهٔ دائمـی دشـت ابوغویر، رودخانهٔ دویرج است که در غرب دشت واقع شده‌استقرار دارد. بیش از هشت ماه از سـال در منطقـه، دورهٔ خشـکی وجود دارد که مرداد خشک‌ترین ماه است. ضمن مطالعهٔ گلبادهای شهرستان دهلران و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، جهـت بادهای منطقه از غرب به شرق شناسایی شد. شیب منطقه نیز نشان داد که ۸۵ درصد از مساحت دشت، شـیب کمتـر از یـک درصد و ۱۵ درصد مساحت به شیب‌های بالاتر از یک درصد تعلق دارد. بر همین اساس، در این پژوهش ضمن نمونه‌گیری از خاک چهار کاربری عمده در منطقهٔ مورد تحقیق، به آزمایش ده عنصر از این نمونه‌ها پرداخته شد که در نهایت، دو عنصر Cu و Na از طریق آزمون آماری و به روش گام به‌گام بـه‌عنوان عناصـر ردیـاب، شناسـایی و پـس از تعیـین سهم‌بندی این عناصر در هر کاربری به ترتیب شامل کاربری رودخانه (۹۹/۲۴ درصد)، کاربری مرتـع (۰/۷۶ درصـد) و کاربری کشاورزی (۰ درصد) مشخص شد. بدین ترتیب، مشخص شد که ردیاب‌های محافظه‌کار می‌تواند بـه تفکیـک منابع تپه‌های ماسه‌ای بپردازد. با توجه به اینکه بستر خشک‌رود و حاشیهٔ رودخانه در بیشتر ایـام سـال فاقـد رطوبـت و پوشش گیاهی است و عمده ذرات تشکیل‌دهندهٔ خاک این اراضی، شنی با بافت سبک است و چسبندگی لازم را ندارد، در نتیجه سرعت‌های مختلف باد به برداشت بی‌رویه از این کاربری و رسوب آن در تپه‌های ماسه‌ای دشت ابوغویر منجر می‌شود. بنابراین، اثبات می‌شود که بستر خشک‌رودها برای تأمین رسوب در منطقهٔ مورد مطالعه توان بیشتری دارد کـه این امر با نتایج تحقیقات Davlat Kordestani و همکاران (۲۰۱۸) و Abbasi و همکاران (۲۰۱۰) همخـوانی دارد. بـا مقایسهٔ نتایج حاصل از این تحقیق در مورد منشأ تپه‌های ماسه‌ای دشت ابوغویر و مطالعات فوق، سهم بستر خشک‌رودها در مقایسه با کاربری‌های دیگر، درصد سهمی بیش از منابع تولید رسوبات بادی دارد که با نتایج Gholami و همکاران (۲۰۱۴)، در ردیابی رسوبات در منطقهٔ اشگذر واقع در بخشی از دشـت یـزد -اردکـان بـا اسـتفاده از ویژگی‌هـای فیزیکـی، ژئوشیمیایی و بیوژنیک رسوب برای تعیین منابع رسوب و اهمیت آنها مطابقت دارد.

کشیدگی ارتفاعات در جهت شمال غرب -جنوب شرق و مضرس بودن آنها، مانعی در برابر رسوبات بادی اسـت کـه در فصول گرم سال، بادهای صحرایی عربستان و آفریقا و جریان‌های هوایی دشت‌های مرکزی فلات ایران با توجـه بـه وجـود منطقهٔ پرفشار در روی منطقه‌ای که از شرایط خشک برخوردار شده‌است، از بستر عریض و خشک رودخانهٔ دویرج بـه دلیـل

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

دارا بودن ذرات ریز و سست بودن و فقدان پیوستگی، این رسوبات به راحتی توسط باد برداشت و با توجه به شیب پایین منطقه در مسیر دشت جابه‌جا می‌شود و در محل تپه‌های ماسه‌ای در شرق دشت رسوب می‌کند.

نتایج دانه‌بندی و بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که بین رسوبات اراضی منطقهٔ برداشت و نهشته‌های بادی، ارتباط ژنتیکی بسیار نزدیکی وجود دارد که این امر حاکی از محلی بودن ذرات برداشت شده و جابه‌جایی آنها در سطح عرصه است که با نتایج Reheis و همکاران (۲۰۰۹) و Abbasi و همکاران (۲۰۱۰) هم‌راستا می‌باشد. آزمون‌های آماری نشان داد که ردیاب‌های Cu و Na می‌تواند به تفکیک کاربری‌های مختلف بپردازد؛ بنابراین، این عناصر بهترین خصوصیات منشأیاب برای منطقه است. ترکیب بهینه‌ای که با تحلیل تشخیص به دست آمد، شامل دو ردیاب Cu و Na است. عناصر موجود در این ترکیب، جزء عناصر ژئوشیمیایی است، در نتیجه برای مطالعات منشأیابی و تعیین سهم کاربری‌ها می‌توان تنها از این عناصر استفاده کرد و به سایر عناصر مورد استفاده در این تحقیق نیازی وجود ندارد. در نهایت با استفاده از این ترکیب و مدل‌های ترکیبی، سهم هر کاربری در تولید رسوب تعیین شد. نتایج حاصل از مدل‌های ترکیبی نشان داد که سهم رخساره‌ای رودخانه، مرتع و کشاورزی به ترتیب برابر با ۹۹/۲۴، ۰/۷۶ و ۰ درصد است. خطای نسبی مدل ترکیبی برای برآورد سهم کاربری‌های مختلف برای نمونه‌های رسوب به دست آمد که برابر یک درصد است و ضریب کارایی مدل نیز برابر با ۹۹ درصد محاسبه شد. با توجه به اینکه خطای نسبی محاسبه شده کم است و ضرایب کارایی به یک نزدیک می‌باشد، این موضوع بیانگر صحت مدل و کارایی مناسب آن است. بر اساس نتایج به دست آمده، کاربری‌های رودخانه، مرتع و کشاورزی به ترتیب بیشترین و کمترین سهم را در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای در منطقهٔ ابوغویر دارد. در کل، با روش منشأیابی رسوبات بادی می‌توان به تعیین و تفکیک مناسب سهم کاربری‌ها در منطقهٔ ابوغویر پرداخت و نشان داد که این روش در این زمینه کارایی بالایی دارد؛ بنابراین، برای اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب باید از تولید رسوب در منطقهٔ اصلی ــ که از طریق رودخانهٔ دویرج به منطقه آورده می‌شود ــ کاست. در پایان پیشنهاد می‌شود با توجه به سیر تکاملی رسوبات، ردیاب‌های جدید با رویکردهای نوین به منظور تعیین سهم منابع رسوب در تولید آن قابل‌توجه قرار گیرد و از آن استفاده شود. بعضی از این روش‌ها یا رویکردها هرچند در گذشته شناخته شده و قابل استفاده بودند، اما به‌کارگیری خلاقانهٔ آنها در انگشت‌نگاری رسوب کمک شایانی به این مقوله می‌کند؛ از جمله می‌توان به استفاده از آنزیم‌های خاکی، خاک دانه‌های رنگی، نسبت غنی‌شدگی و نوع هوموس و دانه‌بندی رسوبات اشاره کرد.

منابع

1. Abbasi, M.; Feiznia, S.; Ahmadi, H.; & Y. Kazmei, 2010. Study of sand dunes origin by geochemical trades of eolian sediment in Niatak, *Journal of Arid Biome*, 1(1), 34-44. (in Persian).
2. Ahmadi, H., 1999. Applied Geomorphology. 2nd Edition. University of Tehran Press. (in Persian).
3. Brown, A. G., 1985. The potential use of pollen in the identification of suspended sediments sources, *Earth Surface Processes and Landforms*, 10, 27-32.
4. Caitcheon, G. G., 1993. Sediment source tracing using environmental magnetism: a new approach with examples from Australia, *Hydrology Processes*, 7, 349-358.
5. Campbell, B. L.; Loughran, R L.; & G. L. Elliott, 1988. A method for determining sediment budget using caesium – 137, *Sediment Budgets, LAHS Pub l*, 174, 171-179.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

6. Chen, F.; Fang, N.; & Z. Shi, 2016. Using biomarkers as fingerprint properties to identify sediment sources in a small catchment, *Science of the Total Environment*, 557-558, 123–133, doi:10.1016/j.scitotenv, 2016.03.028.
7. Collins, A. L.; Blackwell, M.; Boeckx, P.; Chivers, C. A.; Emelko, M.; Evrard, O.;... & Y. Zhang, 2020. Sediment source fingerprinting: benchmarking recent outputs, remaining challenges and emerging themes, *Journal of soils and sediments*, 20(12), 4160-4193.
8. Collins, A. L.; Walling, D. E.; & G. J. L. Leeks, 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.
9. Collins, A. L.; Walling, D. E.; & H. M. Sichingabula, 2001. Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications, *Applied Geography*, 21, 387-412.
10. Collins, A. L.; Walling, D. E.; & G. J. L. Leeks, 1997. Fingerprinting the origin of fluvial suspended sediment in larger river basins: combining assessment of spatial provenance and source type, *Geografiska Annaler*, 79, 239-254.
11. Collins, A. L.; Walling, D. E.; Stroud, R. W.; Robson, M.; & L. M. Peet, 2010. Assessing damaged road verges as a suspended sediment source in the Hampshire Avon catchment, southern United Kingdom, *Hydrological Processes*, 24, 1106-1122. doi: 10.1002/ hyp.7573.
12. Davlat Kordestani, M.; Gholami, H.; Ahmadi, S. J.; Desmond, W.; & H. Fathabadi, 2018. Apportionment sources of sand dune sediment using two mixing models used to sediment fingerprinting (Case study: Jazmurian region, south of Kerman province), *Quantitative Geomorphological Research*, 6(3), 1-14. (in Persian).
13. Douglas, G. B.; Gray, C. M.; Hart, B. T.; & R. Beckett, 1995. A Strontium isotopic investigation of the origin of suspended particulate matter (SPM) in the Murray-Darling river system, Australia, *Chemical Geology*, 59, 3799-3815.
14. Feng, J.; Hu, Z. G.; Ju, J. T.; & L. P. Zhu, 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.
15. Foster, I. D. L., & J. A. Lees., (2000). Tracers in geomorphology. Wiley, Chichester: 3-20.
16. Foster, I. D. L., & D. E. Walling., (1994). Using reservoir deposits to reconstruct changing sediment yields and sources in catchments of Old Mill Reservoir, South Devon, UK, over the past 50 years. *Hydrological Sciences Journal*. 39, 347-368.
17. Garzanti, E.; Ando, S.; Vezzoli, G.; Lustrino, M.; Boni, M.; & P. Vermeesch, 2012. Petrology of the Namib sand sea: Long-distance transport and compositional variability in the wind-displaced Orange Delta, *Earth Sci, Rev*, 112, 173-189.
18. Gholami, H.; Feiznia, S.; Ahmadi, S.; Ahmadi, H.; Nazari Samani, A.; & A. Nohegar, 2014. The Contribution of Different Geomorphologic Facies in Sand Dunes Sediments Supply Using Sediments Tracing (Case Study: Ashkzar Sand Dunes), *Desert Management*, 2(4), 31-42. (in Persian).
19. Gholami, H.; Rahimi, S.; Fathabadi, A.; Habibi, S.; & A. L. Collins, 2020. Mapping the spatial sources of atmospheric dust using GLUE and Monte Carlo simulation. Science of the Total Environment. 723, 138090. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138090
20. Gholami, H.; Taheri moghadam, E.; Najafi, M.; & R. Mahdavi, 2015. Determining contribution of different landuse of sand dunes sediments using fingerpriting, *Environmental Erosion Research*, 5(2), 46-54. (in Persian).
21. Gholami, H.; Telfer, M. W.; Blake, W. H.; & A. Fathabadi, 2017. Aeolian sediment fingerprinting using a Bayesian mixing model. Earth Surf. Process, *Landforms*, 42, 2365–2376.
22. Grimshaw, D. L., & J. Lewin., (1980). Source identification for suspended sediment. *Journal of Hydrology*. 47, 151-162.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

23. Hasholt, B., 1988. On identification of sources of sediment transport in small basins with special reference to particulate phosphorus, In: Boards, M.P. and Walling, D.E., (Eds), Sediment budgets, IAHS Publ, No, 174, IAHS Press, Wallingford, 241-250.
24. Heidarizadi, Z.; karimi, H.; Arami, S.; & F. Azadnia, 2020. Assessment and Providing Map of the Desertification Risk in Abu-Ghoveyr Plain, Dehloran, Ilam Province, *Human & Environment*, 18(3), 51-63.
25. Horowitz, A. J., 2017. A question of uncertainty. Hydrological Processes. 1-2. doi. 10, 1002/hyp.111 42.
26. Hughes, A. O.; Olley, J. M.; Croke, J. C.; & L. A. McKergow, 2009. Sediment source changes over the last 250 years in a dry-tropical catchment, central Queensland, Australia. *Geomorphology*, *104, 262-275*, doi.org/10.1016/ j.geomorph.2008.09.003.
27. Juracek, K. E., & A. C. Ziegler., (2009). Estimation of sediment source using selected chemical tracers in the Perry lake basin, Kansas, USA. *International Journal of Sediment Research*. 24, 108-125.
28. Klages, M. G., & Y. P. Hsieh., (1975). Suspended solids transported by the Gallatin River of southern Montana: IIusing mineralogy for inferring sources. *Journal of Environmental Quality*. 4, 68-73.
29. Lamba, J.; Karthikeyan, K. G.; & A. M. Thompson, 2015. Apportionment of suspended sediment sources in an agricultural watershed using sediment fingerprinting, *Geoderma*, 239–240: 25-33. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.024.
30. LeGall, M.; Evrard, O.; Foucher, A.; Laceby, J. P.; Salvador-Blanes, S.; Thill, O.; Dapoigny, A.; Lefèvre, I.; Cerdan, O.; & S. Ayrault, 2016. Quantifying sediment sources in a lowland agricultural catchment pond using 137 Cs activities and radiogenic 87Sr/86Sr ratios, *Science of the Total Environment*, 566-567, 968-980, doi: j.scitotenv, 2016.05.093.
31. Li, Y.; Gholami, H.; Song, Y.; Fathabadi, A.; Malakooti, H.; & A. L. Collins, 2020. Source fingerprinting loess deposits in Central Asia using elemental geochemistry with Bayesian and GLUE models, *Catena*, 194, 104808.
32. Lindsay, W. L., 1979. Chemical equilibria in soils, In: Principles and applications of geochemistry: a comprehensive textbook, *John Wiley & Sons*, 373-383.
33. Lorenz, R. D., & J. R. Zimbelman., (2014). Dune Worlds: How Windblown Sand Shapes Planetary Landscapes, Springer, 308 p.
34. Mirhasani, M.; Rostami, N.; Bazgir, M.; & M. Tavakoli, 2019. Threshold friction velocity and soil loss across different land uses in arid regions: Iran. Arab J Geosci. 12, 91 (2019). https://doi.org/10.1007/s12517-019-4252-0
35. Morton, A. C., 1991. Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to provenance research, *Geological Society Special Publication*, 57, 31-45.
36. Muhs, D. R., 2017. Evaluation of simple geochemical indicators of Aeolian sand provenance: Late Quaternary dune fields of North America revisited, *Quaternary Science Reviews*, 171, 260-296. doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.07.007.
37. Muhs, D. R.; Reynolds, R.; Been, J.; & G. Skipp, 2003. Eolian sand transport pathways in the southwestern United States: importance of the Colorado River and local sources, Quat, Int, 104 p.
38. Nash, J. E., & J. E. Sutcliffe., (1970). River flow forecasting through conceptual models. Part 1: A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. 10, 282-290.
39. Nosrati, K.; Ahmadi, H.; & F. Sharifi, 2012. Sediment Sources Fingerprinting: Relation between Enzyme Activities in Soil and Sediment, *JWSS*, 16(60), 227-237.
40. Owens, P. N., & A. L. Collins., (2006). Soil Erosion and sediment Redistribution in River Catchments, CAB International, 317 P.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

41. Peart, M. R., & D. E. walling., (1988). Techniques for establishing suspended sources in two drainage basins in Devon, UK: a comparative assessment, Sediment Budgets. *IAHS Publ*. 174, 269-279.
42. Reheis, M.; Budahn, J.; Lamothe, P.; & R. Reynolds, 2009. Compositions of modern dust and surface sediments in the Desert Southwest, United States. J. *Geophys. Res*. 114. 10.1029/2008JF001009.
43. Rhoades, J. D., 1982. Cation exchangeable capacity. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis: Part2, *Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph*, vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 149–157.
44. Russell, M. A.; Walling, D. E.; & R. A. Hodgkinson, 2001. Suspended sediment sources in two small lowland agricultural catchments in the UK, *Journal of Hydrology*, 252, 1-24.
45. Scheidt, S.; Lancaster, N.; & M. Ramsey, 2011. Eolian dynamics and sediment mixing in the Gran Desierto, Mexico, determined from thermal infrared spectroscopy and remote-sensing data, *Geological Society of America Bulletin*, 123, 1628-1644.
46. Smith, H. G., & D. Dragovich., (2008). Improving precision in sediment source and erosion process distinction in an upland catchment, south-eastern Australia. *Catena*. 72, 191-203.
47. Stone, M., & H. Saunderson., (1992). Particle size characteristics of suspended sediments in southern Ontario rivers tributary to the Great Lakes. *Geological Society Special Publication*. 57, 31-45.
48. Stone, M.; Collins, A. L.; Silins, U.; Emelko, M. B.; & Y. S. Zhang, 2014. The use of composite fingerprints to quantify sediment sources in a wildfire impacted landscape, Alberta, Canada, *Science of the Total Environment*, 473-474, 642–650. doi:10.1016/ j, scitotenv.2013.12.052.
49. Telfer, M. W.; Gholami, H.; Hesse, P. P.; Fisher, A.; & R. Hartley, 2020. Testing models of linear dune formation by provenance analysis with composite sediment fingerprints, *Geomorphology*, 364, 107208. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107208
50. Walden, J.; Slattery, M. C.; & T. P. Burt, 1997. Use of mineral magnetic measurements to fingerprint suspended sediment source: approaches and techniques for data analysis, *Journal of Hydrology*, 202, 353-372.
51. Walling, D. E., 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems, *Science of the Total Environment*, 344, 159-184. doi:10.1016/ j.scitotenv.2005.02.011.
52. Walling, D. E.; Collins, A. L.; Sichingabula, H. M.; & G. J. L. Leeks, 2001. Integrated assessment of Catchment Suspended Sediment Budgets: A Zambian Example, *Land Degradation & Development*, 12, 387-415.
53. Walling, D. E., & J. C. Woodward., (1995). Tracing of suspended sediment in River Basin: A case study of the River Clum, Devon, UK. *Marine and Freshwater Research*. 46, 327-336.
54. Walling, D. E.; Owens, P. N.; & G. J. L. Leeks, 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK, *Hydrological Processes*, 13, 955-975.
55. Wang, Y.; Stein, A. F.; Draxler, R. R.; de la Rosa, J. D.; & X. Zhang, 2011. Global sand and dust storms in 2008: Observation and HYSPLIT model verification, *Atmospheric Environment*, 45(35), 6368-6381. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.08.035.
56. Wilson, I. G., 1973. Ergs, *Sediment Geology*, 10, 77-106.
57. Zapata, F., 2003. The use of environmental radionuclide as tracers in soil erosion and sedimentation investigation: recent advances and future developments, *Soil and Tillage Research*, 63, 3-13.
58. Zare Abyaneh, H.; Jovzi, M.; Afruzi, A.; & A. Gharibzadeh, 2014. Determination of electrical conductivity of the saturation extract (ECe) relationships with a few soil salinity parameters in comparison with the new method of calculating ECe, *Irrigation and Water Engineering*, 4(4), 81-93.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

59. Zhang, X. C., & B. L. Liu., (2016). Using multiple composite fingerprints to quantify fine sediment source contributions: A new direction. *Geoderma*. 268, 108-118. doi.org/10.1016/j.geoderma. 2016. 01.03
60. Zhou, H.; Chang, W.; & L. Zhang, 2016. Sediment sources in a small agricultural catchment: A composite fingerprinting approach based on the selection of potential sources, *Geomorphology*, 266, 11-19. dx.doi,org/10.1016/j.geomorph.2016.05.007.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

Origin of Aeolian Sediments Using Fingerprinting Approach in Abu Ghovir Dehloran, Ilam Province

Farzad Hayatnia: *M.Sc. in combating desertification, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran*
Noredin Rostami[1]: *Associate professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran*
Hamid Gholami: *Associate professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Hormozgan, Iran*
Mahmoud Rostaminia: *Assistant professor, Department of water and soil engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran*

Article History (Received: 2021/08/31 **Accepted:** 2021/11/21**)**

Extended abstract

1- Introduction

More than two thirds of Iran's area is covered by arid and semi-arid lands. Lack of rainfall in these areas has reduced its ecological diversity and low-density vegetation has been established on it. Lack of vegetation allows the wind to easily erode the soil surface and annually carry large amounts of topsoil from one point to another (Ahmadi, 1999). Finding the source of sediment is one of the basic principles of controlling and combating soil erosion, because by identifying these areas, instead of addressing the problems, the causes can be identified and control erosion activities can be concentrated in source areas (Feng et al., 2011). Knowing the origin of sand dunes is one of the most important examples of soil management in order to optimize exploitation, reduce degradation and conduct wind erosion control plans. Due to the problems of traditional methods, the fingerprinting method as an alternative and appropriate method has been considered by various researchers. Therefore, the main purpose of this study, considering the importance of land uses in erosion and sedimentation process, is investigating the role and importance of dominant land uses in Abu Ghovir region, in Dehloran city of Ilam province, in producing sediment of sand dunes by using fingerprinting method.

2- Methodology

The study area is located in Abu Ghovir plain with an approximate area of 19650 hectares in the southeast of Ilam province and on the banks of Doviraj River, at 47° 31' 29" to 47° 55' 01" east longitude and 32° 10' 06" to 32° 24' 19" north latitude. First, by studying the wind rose of the Dehloran synoptic station during the 25-year statistical period (1992-2017) for the prevailing wind in the study area and using the images received from Google Earth, the study area was determined.

Then, by using Landsat 8 satellite imagery and land use map, the existing land uses in the study area including sandy dunes, agricultural lands, Doviraj River and rangelands were determined. After that, 5 soil samples from each land use including rangeland, agriculture and riverside lands as sources of sediment and from sand dunes as sedimentation area from a depth of 0-5 cm were collected.

After drying in the open air, the soil samples were passed through a 2 mm sieve and physical and chemical tests of the soil were performed by the following methods. Soluble cations including Ca and Mg by complexometric titration, Na and K soluble by atomic flame emission method (flame photometry) (Rhoades, 1982), soluble chlorine by sedimentation titration using silver nitrate and also carbonate and bicarbonate by simple titration of acid and base were calculated. The elements Fe and Cu were also read by the atomic absorption apparatus (Lindsay, 1979).

In order to select the initial detectors, the normality of the data is first checked by the Smirnov Kolmogorov test. If the source characteristics are normal, the quality of the source characteristics of sediment source in the study area is applied by using a two-stage statistical method (Collins et al., 2001) to select the optimal combination of traces in sediment source.

3- Results

Examination of Kolmogorov-Smirnov test values in the studied land uses shows that the distribution of the studied variables is normal, so parametric statistics can be used to compare these elements in different land uses.

[1] Corresponding Author: n.rostami@ilam.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]

To evaluate the ability of detectors in separating work units including rangeland, river and agriculture, Kruskal-Wallis statistical test and stepwise detection function test were performed. The results of Kruskal-Wallis statistical test was not suitable, but the stepwise detection function test was introduced to measure the optimal detector for separating the three sources from the 9 detectors (Na, Cu, Fe, Mg, Ca, Cl, Sulfate, Carbonate, Bi carbonate) in order to select the source of sand dunes including rivers, pastures and agricultural lands. Based on the results, Na and Cu elements were selected as optimal tracers and, in general, 80% of the source samples were correctly classified by these two optimal tracers.

To evaluate the different patterns of spatial displacement of the three sediment sources, the distribution diagrams of the first and second functions calculated by the regression method of detection analysis based on the optimal combination of two geochemical tracers were used. The results showed that all three sediment sources were well separated based on these detectors.

4- Discussion & Conclusions

The results of granulation and studies conducted showed that there was a very close genetic relationship between sediments in the source area and wind deposits, which indicated the localization of the particles origin and their displacement in the field. Statistical tests showed that Cu and Na detectors have the ability to distinguish different land uses; therefore, these elements are the best source characteristics for the region. The elements in this composition are geochemical elements, so only these elements can be used for source origin studies and determining the share of land uses, and there is no need for other elements used in this research. Finally, by using this combination and hybrid models, the contribution of each land use in the sediment producing process was determined. The results of hybrid models showed that the share of river, rangeland and agricultural land uses was 99.24, 0.76 and 0%, respectively. The relative error of the hybrid model was calculated to estimate the share of different land uses for sediment samples, which was equal to 1%, and the efficiency coefficient of the model was 99%. Due to the fact that the calculated relative error was low and the efficiency coefficients were close to 1, the accuracy and efficiency of the model was confirmed. According to the results, river, rangeland and agricultural land uses had the highest and lowest share in the sedimentation of sand dunes in Abu Ghovir region, respectively. In general, the method of wind sediments origin was able to determine and properly separate the share of land uses in the study area.

Key Words: Differential Analysis, Share of sediment, Composite Multivariate Method, Sediment Sources.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.9.4]