

## مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره دوازدهم، شماره چهل و ششم، زمستان ۱۴۰۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۹ / ۱۲ / ۲۷ تأیید نهایی: ۱۴۰۰ / ۰۸ / ۱۱

صص ۱۷-۳۰

### منشأیابی رسوبات بادی بر اساس ردیاب‌های ژئوشیمیایی

#### به روش انگشت‌نگاری رسوبی

شیرین محمدخان\*، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران  
صادق آبروش، دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
محمد رضا ثروتی، استاد گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
منیژه قهرودی تالی، دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

#### چکیده

اثرات مخرب فرسایش بادی بر محیط زیست و فعالیت‌های انسانی سبب شده است تا شناسایی و کمی نمودن منابع رسوبات بادی به‌عنوان موضوعی مهم برای برنامه‌ریزان باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به منشأیابی رسوبات بادی در ماسه‌زار جلالی پرداخته شده است. برای دستیابی بدین منظور بعد از ترسیم نقشه‌ی رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از بازدیدهای میدانی و تصاویر گوگل ارث در نرم‌افزار ArcMap، تعداد ۴۳ نمونه از رسوبات منطقه در رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی برداشت شد. سپس با استفاده از آزمایش‌های ژئوشیمیایی و XRF حجم عناصر موجود در هر نمونه رسوب مشخص شد. عملیات نرمال‌سازی و آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت و پس از مشخص شدن ردیاب‌های ژئوشیمیایی با استفاده از افزونه‌ی Solver در نرم‌افزار اکسل، معادله‌ی انگشت‌نگاری رسوبی بر روی عناصر ردیاب در منطقه‌ی مورد مطالعه به‌منظور تعیین سهم نسبی رخساره‌های ژئومورفولوژی در ایجاد رسوبات بادی اعمال گردید. بر اساس نتایج حاصل، بیش‌ترین سهم منابع رسوب مربوط به رخساره‌ی رسی لیمونی بوده است؛ به‌طوری‌که ۶۰ درصد از رسوبات مربوط به این رخساره بوده است که ۲/۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شوند. بعد از رخساره‌ی رسی لیمونی، بیش‌ترین سهم مربوط به رخساره‌های پف‌کرده بوده است. رخساره‌های پف‌کرده با ۳۶/۸ درصد از مساحت منطقه، ۳۶ درصد از منابع رسوب را شامل می‌شوند. با توجه به موارد مذکور، مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم بوده، کم‌ترین سهم را در تولید رسوبات بادی داشته است و رخساره‌ی رسی لیمونی که فاقد پوشش گیاهی و دارای عناصر ریزدانه بوده، بالاترین سهم تولید رسوب را دارا بوده است؛ بنابراین لازم است تا در مورد تثبیت آن‌ها اقدامات لازم صورت گیرد.

**واژگان کلیدی:** فرسایش بادی، رخساره‌های ژئومورفولوژی، انگشت‌نگاری رسوبی، ماسه‌زار جلالی.

Email: mohamadkh@ut.ac.ir

\* نویسنده‌ی مسئول:

این مقاله برگرفته از رساله‌ی دکتری صادق آبروش با عنوان «منشأیابی رسوبات بادی با استفاده از خصوصیات ژئوشیمیایی و مورفوسکوپی (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ماسه‌زار جلالی واقع در شرق استان قم)» می‌باشد.

## ۱-مقدمه

یکی از فرایندهای مهم طبیعی در مناطق خشک، فرسایش بادی ( Zobeck, T.M. & Van Pelt, 2005: 28 ) است. فرسایش بادی منجر به تخریب خاک شده و وقوع آن تحت تأثیر عوامل مختلف اقلیمی، شرایط زمین و مدیریت انسانی و همچنین سرعت باد است (Rajabi & Modarres, 2008: 22). فرسایش بادی و حرکت ماسه‌های روان علاوه بر اثرات منفی بر محیط زیست می‌تواند بسیاری از سازه‌های انسانی را نیز با خسارات مواجه نماید (Muhs, Daniel R, 2017: 7). به همین دلیل یکی از چالش‌های مهم برای پژوهشگران، شناسایی و کمی نمودن منابع رسوبات بادی است (غلامی، ۱۳۹۴: ۴۶). جهت تثبیت مناطق برداشت رسوبات بادی نیاز به شناخت محدوده‌های برداشت می‌باشد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱)؛ بنابراین شناخت منشأ تپه‌های ماسه‌ای در طرح‌های کنترل فرسایش بادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۴).

شناخت دقیق منشأ برداشت یا منشأیابی رسوبات بادی، مهم‌ترین و اصولی‌ترین گام در مبارزه با این نوع فرسایش است. به منظور منشأیابی رسوبات بادی، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها، استفاده از منشأیابی شیمیایی است. منشأیابی به روش ژئوشیمیایی بر انتقال عناصر سنگین و حاکی متکی است که همراه رسوب حمل می‌شوند. در این روش با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات، سنگ‌ها و منشأ تولید خاک‌های مختلف، سعی بر این است که منشأ برداشت رسوبات مشخص شود (Bottrill et al, 2000: 369). این روش فاقد بسیاری از مشکلات روش‌های سنتی می‌باشد. از مهم‌ترین این مزایا می‌توان به سرعت زیاد و اقتصادی بودن آن اشاره کرد (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۹۴). با توجه به موارد مذکور، در این پژوهش منشأیابی رسوبات بادی بر اساس ردیاب‌های ژئوشیمیایی به روش انگشت‌نگاری رسوبی در ماسه‌زار جلالی پرداخته شده است.

اهمیت بررسی رسوبات بادی و منشأیابی آن‌ها سبب شده است تا در این مورد تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گیرد. از جمله تحقیقات خارجی می‌توان به کالینز<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد که با استفاده از روش انگشت‌نگاری، مطالعه‌ای جهت کنترل رسوبات انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داده است که حدود ۴۵ تا ۷۳ درصد از رسوبات مربوط به اراضی زراعی بوده است. هو و یانگ<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) با استفاده از شواهد ژئومورفولوژی و نیز روش‌های ژئوشیمیایی، به منشأیابی ماسه‌ای بادی در بیابان باداین جاران<sup>۳</sup> در کشور چین پرداختند. دنیل<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به منشأیابی رسوبات کواترنر در دره‌ی می‌سی‌سی‌پی با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی XRD و XRF پرداختند. دو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از روش‌های منشأیابی ژئوشیمیایی، به بررسی رسوبات بادی فلات تبت پرداختند. فو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به منشأیابی رسوبات حوضه‌ی قایدام<sup>۷</sup> در شمال غربی کشور چین با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی XRD و XRF پرداختند. در ایران نیز صفدری و همکاران (۱۳۸۷) به منشأیابی رسوبات بادی منطقه‌ی دشت مختاران بیرجند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های باد پرداختند. عباسی و همکاران (۱۳۸۹) به منشأیابی رسوبات بادی نیاتک با استفاده از ردیابی عناصر ژئوشیمیایی پرداختند. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۱) به منشأیابی رسوبات بادی و ارزیابی بیابان‌زایی در ناحیه‌ی شرقی و شمال شرقی اهواز پرداختند. غلامی و همکاران (۱۳۹۴) به تعیین سهم کاربری‌های اراضی ارگ نگار بردسیر در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از روش انگشت‌نگاری پرداختند. نصرتی و امینی (۱۳۹۵) به مطالعه‌ی روش‌های

1- Collins

2- Hu &amp; Yang

3- Badain Jaran

4- Daniel

5- Du

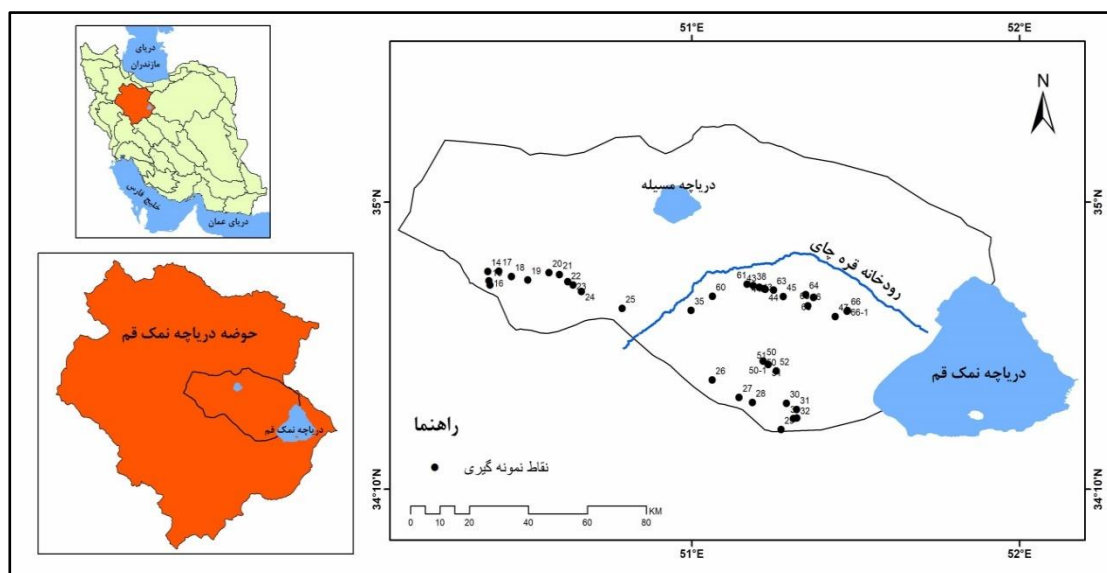
6- Fu

7- Qaidam

مختلف بررسی فرسایش خاک و منشأیابی رسوب پرداختند. علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی به منشأیابی رخساره‌های فرسایش بادی حوضه آبخیز میان‌دشت اسفراین پرداختند. غلامی و همکاران (۱۳۹۷) به منشأیابی رسوبات بادی با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو در سیرجان پرداختند. نگارش و همکاران (۱۳۹۷) به منشأیابی رسوبات کلوته‌های دلتای قدیمی رودخانه‌ی هیرمند با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی XRD و XRF پرداختند. با توجه به موارد مذکور، هدف از تحقیق حاضر منشأیابی رسوبات بادی ماسه‌زار جلالی بر اساس ردیاب‌های ژئوشیمیایی به روش انگشت‌نگاری رسوبی می‌باشد.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه، جزء حوضه‌ی آبریز فلات مرکزی بوده که در تقسیمات درجه دو، جزء حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی نمک است. این منطقه با وسعت ۱۰۱۵۴٫۲۱ کیلومتر مربع در شمال غرب قسمت مرکزی ایران قرار گرفته و استان‌هایی مانند استان تهران و قسمتی از استان‌های زنجان، همدان، مرکزی، قم، قزوین و اصفهان را دربرمی‌گیرد. بخش‌هایی از زیرحوضه‌های دریاچه‌ی نمک، مسیله، کاشان، قم-کهنک، شریف‌آباد، سلفچگان-نیزار و ساوه در محدوده‌ی مطالعاتی قرار دارد. در شکل (۱) نقشه‌ی موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی نمک و ایران

## ۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور منشأیابی رسوبات بادی، چند مرحله انجام شده که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

**مرحله‌ی اول:** ابتدا نمونه‌های لازم در رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه برداشت شده است. در ادامه با استفاده از آزمایش XRF، مقادیر توزیع عناصر دی‌اکسید سیلیسیم ( $\text{SiO}_2$ )، اکسید کلسیم ( $\text{CaO}$ )، اکسید گوگرد ( $\text{SO}_3$ )، اکسید آلومینیم ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )، اکسید آهن ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )، اکسید منیزیم ( $\text{MgO}$ )، اکسید سدیم ( $\text{Na}_2\text{O}$ )، اکسید پتاسیم ( $\text{K}_2\text{O}$ )، اکسید تیتانیوم ( $\text{TiO}_2$ )، اکسید فسفر ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )، اکسید منگنز ( $\text{MnO}$ )، اکسید استرانسیوم ( $\text{Sr}$ ) و کلر ( $\text{Cl}$ ) در رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه محاسبه شده است.

**مرحله دوم:** به روش آنالیز واریانس (ANOVA) <sup>۱</sup> نمونه‌های مختلفی که در رخساره‌های ژئومورفولوژی قرار داشتند، با یکدیگر مقایسه شد. در راستای این هدف، مقادیر عناصر موجود در هریک از نمونه‌ها، پس از نرمال‌سازی و تعیین بستر ژئومورفولوژی هر یک از نمونه‌ها به روش آنالیز واریانس یک‌راهه مورد آزمون قرار گرفته است. پس از بررسی نتایج آزمون تحلیل واریانس نمونه‌هایی که فرض صفر مبنی بر برابر بودن میانگین عناصر مختلف در رخساره‌های ژئومورفولوژی در آن‌ها تأیید شده بود، حذف شد؛ زیرا نشان می‌داد که هیچ تفاوتی بین میانگین‌های این عناصر در رخساره‌های ژئومورفولوژی وجود ندارد.

**مرحله سوم:** پس از انجام مراحل فوق، با استفاده از روش انگشت‌نگاری، به تعیین سهم نسبی هر یک از منابع رسوب پرداخته شده است.

#### ۴- بحث و نتایج

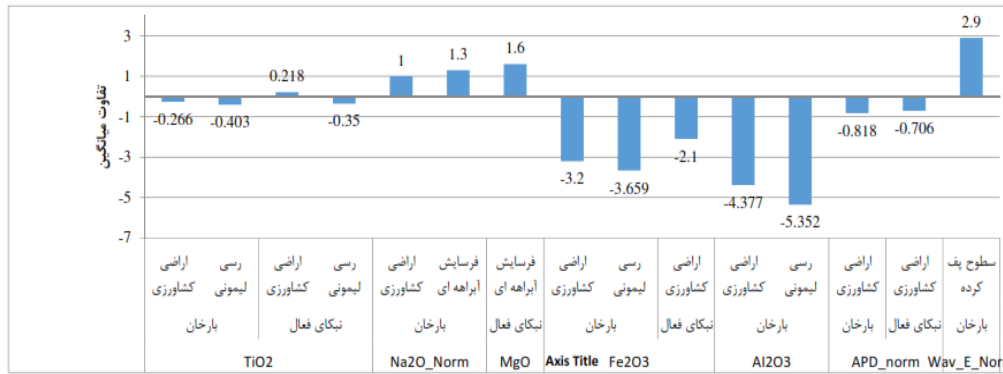
**-مقادیر توزیع عناصر موثر در فرسایش رخساره‌ها:** با توجه به آزمایش‌های ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشت‌شده از قسمت‌های مختلف منطقه‌ی مورد مطالعه، عناصر در نمونه‌ها تحت آزمایش XRF قرار گرفته است. در جدول (۱) مقادیر توزیع عناصر موثر در فرسایش رخساره‌ها نشان داده شده است.

جدول ۱: مقادیر توزیع عناصر موثر در فرسایش رخساره‌ها

واحد	تیپ	رخساره	مساحت	Tio2	Mgo	Fe2o3	Al2o3	APD	Na2o
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۱۱۰۶۸		فرسایش				فرسایش
	فرسایشی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۳۴۷۳۸		فرسایش				فرسایش
	انتهایی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
کوهستان	تپه	فرسایش	۲۵۴۸۷		فرسایش				فرسایش
		آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
کوهستان	تپه	فرسایش	۱۷۸۸۷		فرسایش				فرسایش
		آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۱۸۹۱۹		فرسایش				فرسایش
	انتهایی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۱۱۴۶۰		فرسایش				فرسایش
	فرسایشی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۵۹۹۷		فرسایش				فرسایش
	فرسایشی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۷۲۶۸		فرسایش				فرسایش
	فرسایشی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	فرسایش	۷۵۳۲		فرسایش				فرسایش
	انتهایی	آبراهه‌ای			آبراهه‌ای				آبراهه‌ای
دشت‌سر	دشت‌سر	اراضی	۳۹۱۰۶	اراضی	کشاورزی	اراضی	اراضی	اراضی	اراضی
	پوشیده	کشاورزی		کشاورزی		کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	
دشت‌سر	دشت‌سر	اراضی	۷۱۷۲	اراضی		اراضی	اراضی	اراضی	اراضی

واحد	تیپ	رخساره	مساحت	TiO <sub>2</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	APD	Na <sub>2</sub> O
کشاورزی	پوشیده	کشاورزی		کشاورزی		کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی
دشت سر	دشت سر پوشیده	اراضی کشاورزی	۱۶۶۸۱۳	اراضی کشاورزی		اراضی کشاورزی	اراضی کشاورزی	اراضی کشاورزی	اراضی کشاورزی
پلایا	ناهمواری‌های ماسه‌ای	بارخان	۱۰۲۴۱	بارخان		بارخان	بارخان	بارخان	بارخان
دشت سر	دشت سر انتهایی	رسی لیمونی	۹۲۸۰	رسی لیمونی		رسی لیمونی	رسی لیمونی		
پلایا	جلگه‌ی رسی	دامنه‌ی منظم	۳۹۲۰	دامنه‌ی منظم		دامنه‌ی منظم	دامنه‌ی منظم		
دشت سر	دشت سر انتهایی	دامنه‌ی منظم	۶۲۲۹	دامنه‌ی منظم		دامنه‌ی منظم	دامنه‌ی منظم		
پلایا	نیکا	نیکای فعال	۵۳۰۶	نیکای فعال	نیکای فعال	نیکای فعال		نیکای فعال	نیکای فعال
پلایا	نیکا	نیکای فعال	۵۷۳۷	نیکای فعال	نیکای فعال	نیکای فعال		نیکای فعال	نیکای فعال

-ارتباط رخساره‌های ژئومورفولوژی با مقادیر و توزیع مکانی عناصر: با توجه به نتایج آزمایشات ژئوشیمی انجام شده، میزان TiO<sub>2</sub> در رخساره‌های مختلف به ترتیب شامل اراضی کشاورزی، رسی لیمونی، نیکای فعال و بارخان می‌باشد. با توجه به اینکه نیکاهای فعال عموماً در حاشیه‌ی تپه‌های ماسه‌ای قرار دارند، پس می‌توان نتیجه گرفت که هرچه ماسه‌ها مسافت بیشتری را طی کنند، از میزان عنصر TiO<sub>2</sub> کم‌تر شده است. مقدار عنصر Na<sub>2</sub>O به طور قابل توجهی در برخان و نیکاهای فعال بیش از رخساره‌های اراضی کشاورزی و فرسایش آبراهه‌ای است. میانگین مقدار این عنصر در برخان‌ها با سایر رخساره‌ها اختلاف معنی‌داری ندارد و تنها در اراضی کشاورزی و مناطق فرسایش آبراهه‌ای اختلاف این عنصر با برخان‌ها و تپه‌های ماسه‌ای معنی‌دار بوده و نشان‌دهنده‌ی زیاد بودن آن در تپه‌های ماسه‌ای و نیکای فعال است. با توجه به کمبود این عنصر در مناطق فرسایش آبراهه‌ای و زمین کشاورزی احتمالاً این یک عنصر با قابلیت انحلال در آب (نمک، آهک و گچ) باشد. عنصر MgO نیز به همین صورت است. مقدار این عنصر در نیکای فعال بیش از مناطق فرسایش آبراهه‌ای است. این اختلاف تنها بین فرسایش آبراهه‌ای و نیکای فعال بوده و احتمال دارد به خاطر مواد آلی مربوط به یک نوع گیاه خاص (وجود نیکا با پوشش گز) در منطقه باشد. میزان عنصر Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> به میزان قابل توجهی در برخان‌ها و نیکاهای فعال کم‌تر از اراضی کشاورزی و رخساره‌ی رسی لیمونی است. اختلاف میانگین بین برخان، رخساره‌های اراضی کشاورزی و رخساره‌ی رسی لیمونی، مقدار عنصر Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در برخان بسیار کم‌تر است. این اختلاف بیش‌ترین میزان اختلاف را در بین عناصر، در مقایسه‌ی رخساره‌های ماسه‌ای با رخساره‌های دیگر نشان می‌دهد. این اختلاف در رخساره‌ی رسی لیمونی و برخان بیش از مقدار آن در اراضی کشاورزی با برخان است. مقدار APD در برخان و نیکای فعال کم‌تر از اراضی کشاورزی است (شکل ۲).



شکل ۲: نمودار نتایج آزمون تعقیبی شفه بر روی رخساره‌های ژئومورفولوژی

**نرمال‌سازی داده‌ها:** به منظور دقت و اطمینان بیش‌تر در طبقه بندی نقاط نمونه‌گیری با استفاده از آزمون‌های آماری، ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها بر روی متغیرهای مورد نظر انجام شد و متغیرهایی که نرمال نبودند، با استفاده از روش‌های مختلف نرمال‌سازی شدند. آزمون نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از دو روش کلموگروف اسمیرونف<sup>۹</sup> و روش شاپیرو ویلک<sup>۱۰</sup> انجام شد. برای نرمال‌سازی داده‌ها از روش‌های لگاریتم طبیعی، حذف ۲۰ درصد از داده‌ها و روش جانسون<sup>۱۱</sup> استفاده شد. در مرحله‌ی بعد به منظور طبقه‌بندی داده‌ها با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس<sup>۱۲</sup> و تحلیل عملکرد تفکیک<sup>۱۳</sup> متغیرهای موجود طبقه بندی شدند (جدول ۲).

جدول ۲: نرمال‌سازی داده‌ها

روش نرمال‌سازی	شاپیرو ویلکس			کلموگروف-اسمیرنف <sup>a</sup>			نام ردیاب
	سطح معنی‌داری	df	Statistic	سطح معنی‌داری	df	Statistic	
LN	۰/۹۵۳	۷	۰/۹۷۹	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۶۷	کلر
	۰/۳۲۳	۷	۰/۸۹۹	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۷۹	اکسید استرانسیوم
تبدیل جانسون	۰/۲۱۱	۷	۰/۸۷۷	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۱۲	اکسید منگنز
تبدیل جانسون	۰/۷۴۷	۷	۰/۹۵۲	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۹۱	اکسید فسفر
	۰/۷۵۴	۷	۰/۹۵۳	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۶	اکسید تیتانیم
	۰/۶۱۹	۷	۰/۹۳۸	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۰۷	اکسید پتاسیم
تبدیل جانسون	۰/۱۲۵	۷	۰/۸۵۱	۰/۱۱۲	۷	۰/۲۷۷	اکسید سدیم
	۰/۱۰۵	۷	۰/۸۴۳	۰/۱۸۳	۷	۰/۲۵۶	اکسید منیزیم
	۰/۴۹	۷	۰/۹۲۳	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۰۳	اکسید آهن

9- Kolmogorov-Smirnov

10- Shapiro-Wilk

11- Johnson

12- ANOVA

13- DISCRIMINANT FUNCTION ANALYSIS

روش نرمال سازی	شاپیروویلیکس			کلوموگرف-اسمیرنف <sup>a</sup>			نام ردیاب
	سطح معنی داری	df	Statistic	سطح معنی داری	df	Statistic	
	۰/۶۱۳	۷	۰/۹۳۷	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۸۹	اکسید آلومینیوم
حذف ۲۰٪	۰/۱۹۹	۷	۰/۸۷۳	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۴	اکسید گوگرد
	۰/۹۳۴	۷	۰/۹۷۵	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۹۳	اکسید کلسیم
تبدیل جانسون	۰/۱۳۸	۷	۰/۸۵۵	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۴۷	اکسید سیلیسیم
تبدیل جانسون	۰/۶۵۶	۷	۰/۹۴۲	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۰۶	Ioi_Norm
	۰/۵۱۶	۷	۰/۹۲۶	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۶۳	MAP
LN	۰/۲۲	۷	۰/۸۷۹	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۵۱	APD_norm
	۰/۷۶۵	۷	۰/۹۵۴	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۸۲	Aoe_E
LN	۰/۳۸۳	۷	۰/۹۰۸	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۰۷	Alu_E_Norm
تبدیل جانسون	۰/۳۳۵	۷	۰/۹۰۱	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۲۵	Wav_E_Norm
	۰/۹۷۵	۷	۰/۹۸۳	* ۰/۲۰۰	۷	۰/۱۴۷	Ph_E
* حد پایینی معنی داری واقعی							
a با تصحیح لیلی فرس							

-آنالیز واریانس (ANOVA): در این آزمون متغیر مستقل، ژئومورفولوژی و متغیرهای وابسته، مقادیر اندازه گیری شده در نمونه برداری هاست. با توجه به اینکه این آزمون به دنبال رد فرضیه صفر است، بر این اساس در صورتی که فرضیه صفر درست باشد، سطح معنی داری (sig) بیش تر از مقدار خطای تعیین شده (۰/۰۵) می باشد؛ و این به معنای آن است که متغیر مستقل از متغیر وابسته متأثر نیست؛ زیرا میانگین تمام گروهها برابر است. از طرف دیگر در صورت تأیید فرض یک (sig>0.05) می توان نتیجه گرفت که مقادیر متغیر وابسته تحت تأثیر ژئومورفولوژی به عنوان متغیر مستقل تغییر می کند (جدول ۳).

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس

۱&۰	سطح معنی داری	F	متوسط مربع	df	مجموع مربعات		
H۰	۰/۰۵۵	۲/۸۷۴	۲/۶۱۷	۵	۱۳/۰۸۳	بین گروهها	کلر
			۰/۹۱	۱۴	۱۲/۷۴۶	درون گروهها	
				۱۹	۲۵/۸۲۹	جمع	
H۰	۰/۲۶۳	۱/۳۸	۰/۰۰۱	۶	۰/۰۰۵	بین گروهها	اکسید استرانسیوم
			۰/۰۰۱	۲۴	۰/۰۱۳	درون گروهها	
				۳۰	۰/۰۱۸	جمع	
H۰	۰/۰۹۵	۲/۱۸۴	۱/۶۲۴	۵	۸/۱۱۸	بین گروهها	اکسید منگنز

۱&۰	سطح معنی‌داری	F	متوسط مربع	df	مجموع مربعات	
			۰/۷۴۳	۲۱	۱۵/۶۰۹	درون گروه‌ها
				۲۶	۲۳/۷۲۷	جمع
H۱	۰/۰۰۱	۵/۲۸	۲/۷۱۵	۶	۱۶/۲۸۹	بین گروه‌ها
			۰/۵۱۴	۲۸	۱۴/۳۹۸	درون گروه‌ها
				۳۴	۳۰/۶۸۷	جمع
H۱	۰	۹/۸۴۳	۰/۱۰۱	۶	۰/۶۰۷	بین گروه‌ها
			۰/۰۱	۳۶	۰/۳۷	درون گروه‌ها
				۴۲	۰/۹۷۶	جمع
H۱	۰/۰۰۲	۴/۲۹	۰/۴۴۸	۶	۲/۶۸۹	بین گروه‌ها
			۰/۱۰۴	۳۶	۳/۷۶۱	درون گروه‌ها
				۴۲	۶/۴۴۹	جمع
H۱	۰	۵/۷۸۶	۱/۱۰۴	۶	۶/۶۲۲	بین گروه‌ها
			۰/۱۹۱	۳۶	۶/۸۶۷	درون گروه‌ها
				۴۲	۱۳/۴۸۹	جمع
H۱	۰/۰۱۳	۳/۱۸۷	۱/۷۲۸	۶	۱۰/۳۶۶	بین گروه‌ها
			۰/۵۴۲	۳۶	۱۹/۵۱۷	درون گروه‌ها
				۴۲	۲۹/۸۸۳	جمع
H۱	۰	۱۰/۱۳۴	۱۰/۵۴۲	۶	۶۳/۲۵۱	بین گروه‌ها
			۱/۰۴	۳۶	۳۷/۴۴۷	درون گروه‌ها
				۴۲	۱۰۰/۶۹۸	جمع
H۱	۰	۷/۴۳۴	۲۶/۴۲۳	۶	۱۵۸/۵۳۵	بین گروه‌ها
			۳/۵۵۴	۳۶	۱۲۷/۹۵۳	درون گروه‌ها
				۴۲	۲۸۶/۴۸۹	جمع
H۰	۰/۲۹۵	۱/۳۰۴	۶۲/۳۸۵	۶	۳۷۴/۳۱	بین گروه‌ها
			۴۷/۸۲۹	۲۳	۱۱۰۰/۰۶	درون گروه‌ها
				۲۹	۱۴۷۴/۳۷	جمع
H۱	۰/۰۰۵	۳,۷۸	۵۲/۹۱۵	۶	۳۱۷/۴۸۷	بین گروه‌ها
			۱۴	۳۶	۵۰۳/۹۸۶	درون گروه‌ها
				۴۲	۸۲۱/۴۷۴	جمع
H۱	۰	۶/۲۱۲	۳/۴۹۸	۶	۲۰/۹۸۷	بین گروه‌ها
			۰/۵۶۳	۳۶	۲۰/۲۷	درون گروه‌ها
				۴۲	۴۱/۲۵۷	جمع

-تحلیل واریانس رخساره‌های ژئومورفولوژی: نتایج جدول تحلیل واریانس کلی نشان می‌دهد میانگین متغیرهایی که در آن‌ها فرضیه‌ی یک صحیح است (ستون ۱&۰)، در رخساره‌های ژئومورفولوژی برابر نیست. به عبارت



دیگر، میانگین این متغیرها در رخساره‌های مختلف متفاوت است. پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که چنین متغیرهایی وابسته به تغییرات ژئومورفولوژی است.

جدول ۴: عناصر دارای اختلاف میانگین در رخساره‌های ژئومورفولوژی با استفاده از آزمون آنالیز واریانس

عناصر	مجموع مربعات	df	متوسط مربع	F	سطح معنی‌داری
اکسید فسفر	بین گروه‌ها	۶	۲/۷۱۵	۵/۲۸	۰
	درون گروه‌ها	۲۸	۰/۵۱۴		
	جمع	۳۴			
اکسید پتاسیم	بین گروه‌ها	۶	۰/۴۴۸	۴/۲۹	۰
	درون گروه‌ها	۳۶	۰/۱۰۴		
	جمع	۴۲			
اکسید سدیم	بین گروه‌ها	۶	۱/۱۰۴	۵/۷۸۶	۰
	درون گروه‌ها	۳۶	۰/۱۹۱		
	جمع	۴۲			
اکسید منیزیم	بین گروه‌ها	۶	۱/۷۲۸	۳/۱۸۷	۰/۰۱
	درون گروه‌ها	۳۶	۰/۵۴۲		
	جمع	۴۲			
اکسید آهن	بین گروه‌ها	۶	۱۰/۵۴۲	۱۰/۱۳	۰
	درون گروه‌ها	۳۶	۱/۰۴		
	جمع	۴۲			
اکسید آلومینیوم	بین گروه‌ها	۶	۲۶/۴۲۳	۷,۴۳۴	۰
	درون گروه‌ها	۳۶	۳/۵۵۴		
	جمع	۴۲			
اکسید کلسیم	بین گروه‌ها	۶	۵۲/۹۱۵	۳,۷۸	۰/۰۱
	درون گروه‌ها	۳۶	۱۴		
	جمع	۴۲			
دی اکسید سیلیسیوم	بین گروه‌ها	۶	۳/۴۹۸	۶/۲۱۲	۰
	درون گروه‌ها	۳۶	۰/۵۶۳		
	جمع	۴۲			

-آزمون تعقیبی شفه: با توجه به اینکه جدول کلی تحلیل واریانس به ما نشان نمی‌دهد کدام زوج میانگین‌ها با یکدیگر متفاوت است، به همین دلیل باید از آزمون‌های تعقیبی استفاده کنیم. تعداد آزمون‌های تعقیبی زیاد و متنوع است و هر کدام برای شرایطی مناسب است. با توجه به داده‌ها و میزان دقت در کار ما از آزمون شفه، استفاده می‌شود. این آزمون به پژوهشگر امکان می‌دهد تا تمام حالت‌های مختلف مقایسه، یک به یک میانگین‌ها و نیز تمام ترکیب‌های چندتایی مقایسه‌ی میانگین‌ها را انجام دهد. آزمون شفه برای مقایسه‌ی میانگین گروه‌های با حجم نابرابر، مناسب‌ترین آزمون است. به علاوه این روش، محتاطانه یا محافظه‌کارانه است؛ بدین معنی که چون آزمون شفه تمامی ترکیب‌های

خطی احتمالی میانگین گروه‌ها را آزمون می‌کند، بنابراین در این آزمون، صرفاً ترکیب‌های جفتی آزمون نمی‌شوند. در نتیجه آزمون شفه نسبت به سایر آزمون‌ها محافظه‌کارانه‌تر است. به همین خاطر، برای اینکه تفاوت بین میانگین‌ها معنی‌دار باشد، نیازمند میزان بالایی از این تفاوت هستیم.

در جدول (۵) نتایج آزمون تعقیبی شفه متغیرهایی که فرض صفر در مورد آن‌ها رد شده، نشان داده شده است. فرض صفر در مورد متغیر P2O5-Norm صحیح نیست؛ به دلیل آنکه مقدار متغیر برای یکی از رخساره‌ها کم‌تر از دو مورد است. در جدول (۵) فقط میانگین گروه‌های با یکدیگر تفاوت دارند، آورده شده است. کدهای گروه‌ها برای رخساره‌های ژئومورفولوژی عبارتند از: ۱- اراضی کشاورزی، ۲- بارخان، ۳- سطوح پف‌کرده، ۴- چربه، ۵- دامنه‌ی منظم، ۶- فرسایش آبراه‌ای، ۷- نیکای فعال. مقایسه‌ی میانگین‌ها در جدول زیر در مورد متغیر TiO2 اراضی کشاورزی (کد ۱) با بارخان (کد ۲) و نیکای فعال (کد ۷) اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد، اما میانگین مقدار TiO2 در زمین‌های کشاورزی و سایر رخساره‌ها تفاوت چندانی ندارد.

جدول ۵: نتایج آزمون تعقیبی شفه برای اختلاف میان عناصر در رخساره‌های رسوبات بادی

متغیر وابسته	کد (I) رخساره	کد رخساره (J)	تفاوت میانگین (I-J)		انحراف معیار	سطح معنی داری	
			حداکثر	حدادقل		سطح اطمینان ۹۵٪	حداکثر
اکسید تیتانیم	بارخان	اراضی کشاورزی	-۲۶۶۸۷۶۷۸۶۰۰۰۰۰۰*	۰/۰۵۷۴۵۸۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۵۰۴۹۱۴	-۰/۰۴۸۲۲۶۲۲
		رسی لیمونی	-۴۰۳۰۴۰۰۰۰۰۰۰۰*	۰/۰۷۱۶۶۲۹	۰/۰۰۱	-۰/۱۳۳۱۵۹۹	-۰/۰۶۷۲۹۲۰۱
	نیکای فعال	اراضی کشاورزی	-۲۱۸۰۷۹۲۸۶۰۰۰۰۰۰*	۰/۰۵۲۸۰۰۴	۰/۰۲۳	-۰/۰۱۹۲۳۴۸	-۰/۰۴۱۶۹۲۳۸
		رسی لیمونی	-۳۵۴۴۲۵۰۰۰۰۰۰۰*	۰/۰۶۷۹۸۵۴	۰/۰۰۲	-۰/۰۹۸۲۱۱۸	-۰/۰۶۱۰۲۷۳۲
اکسید سدیم	بارخان	اراضی کشاورزی	۱/۰۰۷۰۶۲۸۲۱۰۰۰۰۰۰*	۰/۲۴۷۶۰۸۴	۰/۰۲۶	۱/۹۳۹۵۴۷۸	۰/۰۷۴۵۷۷۸
		فرسایش آبراه‌ای	۱/۳۰۱۴۴۸۵۰۰۰۰۰۰۰*	۰/۲۶۷۴۴۷۶	۰/۰۰۴	۲/۳۰۸۶۴۷۴	۰/۲۹۴۲۴۹۶
اکسید منیزیم	نیکای فعال	فرسایش آبراه‌ای	۱/۶۱۶۱۱۵۰۰۰۰۰۰۰*	۰/۴۱۹۷۵۷۹	۰/۰۴۲	۳/۱۹۶۹۰۹۴	۰/۰۳۵۳۲۰۶
اکسید آهن	بارخان	اراضی کشاورزی	-۳/۲۱۴۸۸۹۲۸۶۰۰۰۰۰۰*	۰/۵۷۸۲۳۱	۰/۰۰۱	-۱/۰۳۷۲۹۰۷	-۵/۳۹۲۴۸۷۹
		رسی لیمونی	-۳/۶۵۹۹۵۰۰۰۰۰۰۰۰*	۰/۷۲۱۱۸۰۷	۰/۰۰۲	-۰/۹۴۴۰۰۷۴	-۶/۳۷۵۸۹۲۶
	نیکای فعال	اراضی کشاورزی	-۲/۱۰۹۳۴۴۲۸۶۰۰۰۰۰۰*	۰/۵۳۱۳۵۷۶	۰/۰۳۲	-۰/۱۰۸۲۴۹۳	-۴/۱۱۰۳۹۹۳
اکسید آلومینوم	بارخان	اراضی کشاورزی	-۴/۳۷۱۷۱۴۲۹۰۰۰۰۰۰*	۱/۰۶۸۸۵۰۶	۰/۰۲۵	-۰/۳۵۱۹۱۵۴	-۸/۴۰۲۴۲۷۴
		رسی لیمونی	-۵/۳۵۲۵۰۰۰۰۰۰۰۰*	۱/۳۳۳۰۹۱	۰/۰۲۹	-۰/۳۳۲۱۳۳۷	-۱۰/۳۷۲۸۷۶
APD_norm	بارخان	اراضی کشاورزی	-۸۰۸۱۴۲۵۰۰۰۰۰۰*	۰/۱۹۰۲۰۳۹	۰/۰۱۷	-۰/۰۹۱۴۶۶۷	-۱/۵۲۴۸۱۵۸
	نیکای فعال	اراضی کشاورزی	-۷۰۷۶۱۱۹۰۰۰۰۰۰*	۰/۱۷۴۸۷۶۳	۰/۰۲۷	-۰/۰۴۹۰۳۳۵	-۱/۳۶۶۱۹۰۳
Wav_E_Norm	بارخان	سطوح پف کرده	۲/۹۳۴۱۰۹۲۵۰۰۰۰۰۰*	۰/۷۴۹۳۲۸۷	۰/۰۳۶	۵/۷۵۵۶۷۹۸	۰/۱۱۲۵۳۸۷

\* اختلاف میانگین در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.

- تعیین سهم نسبی هر یک از منابع رسوب: در این پژوهش، پس از انجام محاسبات لازم، با استفاده از رابطه‌ی ۱ (والینگ و کولینز<sup>۱۴</sup>، ۲۰۰۰)، سهم نسبی هر یک از منابع رسوب مشخص گردیده است.

$$f(X_j) = \sum_{i=1}^n ((C_i - \sum_{j=1}^m S_j \cdot A_{j,i}) / C_i)^2 \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

در این رابطه R: مجموع مربعات باقیمانده، C<sub>j</sub>: مقدار اندازه‌گیری‌شده ردیاب زام در نمونه رسوب، S<sub>s</sub>: میانگین غلظت ردیاب (s)، P<sub>s</sub>: سهم نسبی منبع رسوب و O<sub>s</sub>: ضریب تصحیح ماده‌ی آلی منبع (s) می‌باشد. این مدل بر اساس دو شرط استوار است که مجموع سهم نسبی منابع رسوب برابر یک است و نیز مقادیر آن بین صفر و یک قرار دارد (رابطه‌ی ۲ و ۳).

$$0 \leq P_s \leq 1$$

رابطه‌ی ۲

$$\sum_{s=1}^n P_s = 1$$

رابطه‌ی ۳

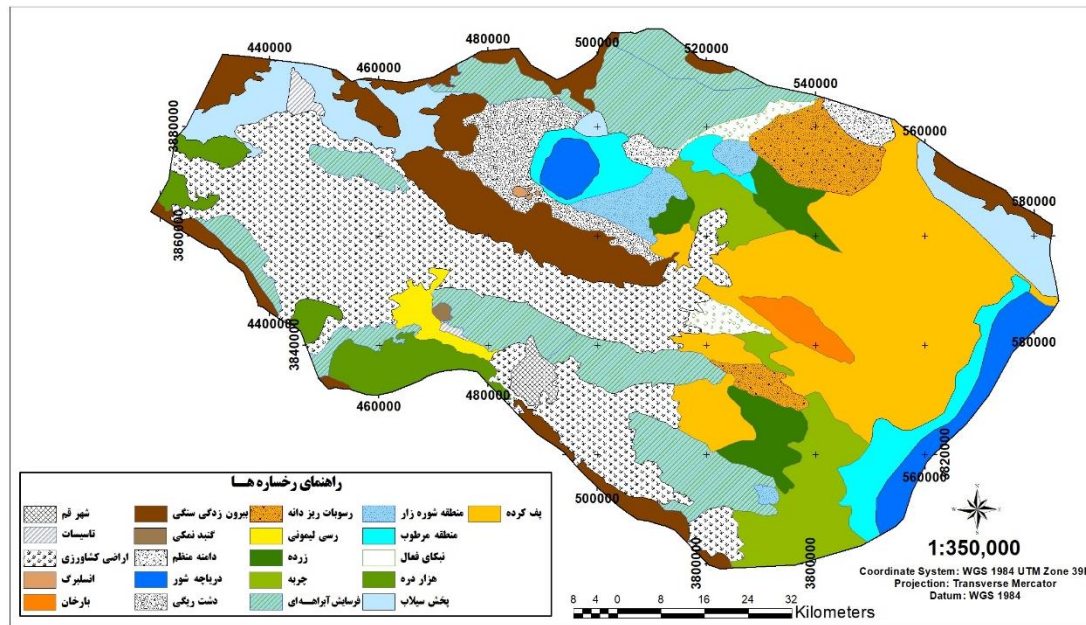
به این صورت مقادیر مختلف برای سهم منابع رسوب (bj) انتخاب شده و مقدار تابع با استفاده از نرم‌افزار Solver محاسبه می‌شود و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که R به کم‌ترین مقدار خود برسد. در این حالت، مقادیر انتخابی برای سهم منابع رسوب (کاربری اراضی) به عنوان جواب‌های بهینه مورد قبول واقع می‌شوند و این کار برای تمام نمونه‌های رسوب انجام گردید و از مقادیر سهم هر یک از منابع رسوب برای به دست آوردن سهم متوسط میانگین‌گیری شده است. در مرحله‌ی قبل با حل معادلات یادشده ضرایب  $b_i$  که نماینده‌ی سهم رسوب منابع نام است، تعیین گردید. در این مرحله قبل از اینکه نتایج مدل ترکیبی ارزیابی گردد، مجموع خطاهای نسبی از طریق رابطه‌ی (۴) تعیین می‌کنیم (والینگ و کولینز، ۲۰۰۰).

$$E = \sum_{j=1}^n \left\{ \left( C_j - \left( \sum_{s=1}^m P_s S_{sj} \right) \right) / C_j \right\} \quad \text{رابطه‌ی ۴}$$

در این رابطه  $n$ : برابر تعداد ردیاب‌ها،  $O_{\text{mean}}$ : میانگین مقادیر مشاهده شده،  $O_i$ : مقادیر مشاهده شده و  $P_i$ : مقدار برآوردی حاصل از مدل هاست. مقدار ME بین  $-\infty$  تا ۱ متغیر است و بیانگر درصدی از واریانس اولیه بین داده‌هاست که مدل قادر به پیش‌بینی آن است. هرچه مقدار ME به ۱ نزدیک‌تر باشد، مدل از کارایی بالاتری برخوردار است. به توجه به روابط مذکور، سهم نسبی منابع رسوب در رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین شده است (جدول ۶).

جدول ۶: سهم نسبی منابع رسوب در رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه

رخساره	سهم منبع رسوب به درصد	مساحت به متر مربع	درصد مساحت	اهمیت
اراضی کشاورزی	۰/۰۰۵	۱۶۶۸۱۳/۱	۳۹/۲	۰/۰۰
پف‌کرده	۳۶	۱۵۶۶۷۵/۲	۳۶/۸	۰/۹۸
چربه	۰/۰۰۹۴	۴۲۹۶۶/۷۲	۱۰/۱	۰/۰۰
رسی لیمونی	۶۰	۹۲۸۰/۳۶۸	۲/۲	۲۷/۵۱
فرسایش آبراه‌های	۰/۰۰۳۷	۴۴۴۰۵/۷	۱۰/۴	۱/۰۰
نبکای فعال	۴	۵۳۰۵/۷۱۱	۱/۲	۳/۲۱
مجموع	۱۰۰	۴۲۵۴۴۶/۸	۱۰۰	-



شکل ۲: نقشه‌ی ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد پژوهش

### ۵- نتیجه‌گیری

اهمیت بررسی رسوبات بادی و شناسایی منشأ آن‌ها سبب شد تا در این پژوهش به بررسی منشأ این رسوبات با استفاده از روش انگشت‌نگاری پرداخته شود. در این پژوهش پس از انجام آنالیزهای مختلف، در نهایت با استفاده از روش انگشت‌نگاری، سهم رخساره‌های ژئومورفولوژی در منابع رسوب منطقه مشخص شد. بر اساس نتایج حاصل، بیش‌ترین سهم منابع رسوب مربوط به رخساره‌ی رسی لیمونی است؛ به طوری که ۶۰ درصد از رسوبات مربوط به این رخساره بوده است که ۲/۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شوند. بعد از رخساره‌ی رسی لیمونی، بیش‌ترین سهم مربوط به رخساره‌های پف‌کرده بوده است. رخساره‌های پف‌کرده با ۳۶/۸ درصد از مساحت منطقه، ۳۶ درصد از منابع رسوب را شامل می‌شوند. همچنین در بین رخساره‌های منطقه، کم‌ترین سهم منابع رسوب به ترتیب با ۰/۰۳۷ و ۰/۰۰۵ مربوط به آبراهه‌ای و اراضی کشاورزی بوده است که آبراهه‌ای ۱۰/۴ درصد و اراضی کشاورزی نیز ۳۹/۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شوند. با توجه به موارد مذکور، مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم بوده است، کم‌ترین سهم را در تولید رسوبات بادی داشته است و رسی لیمونی که دارای ذرات لیمون بسیار حساس به فرسایش می‌باشد، دارای بالاترین سهم بوده است، هرچند در این رخساره به صورت مصنوعی کشت نهال صورت گرفته است؛ با این حال این تراکم از گیاهان با توجه به اندازه‌ی ذرات و سرعت باد نتوانسته است سبب کاهش میزان رسوبات بادی محموله از این منطقه گردد. این مسئله نشان می‌دهد این روش کارایی لازم در محدود کردن فرسایش را نداشته و باید در خصوص روش‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرند.

## ۶- منابع

- ۱- سلیمانی، بهمن، رنگزن، کاظم، سرسنگی، علیرضا (۱۳۹۱). کانی‌شناسی، منشأ رسوبات بادی-ماسه‌ای و ارزیابی بیابان‌زایی در ناحیه شرقی و شمال شرقی اهواز، مجله پژوهش‌های دانش زمین، سال ۳، شماره ۱۱، صص ۸۴-۷۱.
- ۲- صفدری، علی‌اکبر، محمودی، زهرا، معماریان خلیل‌آباد، هادی (۱۳۸۷). منشأیابی رسوبات بادی منطقه دشت مختاران بیرجند، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۳۱۹-۳۰۴.
- ۳- عباسی مرضیه، فیض‌نیا، سادات، احمدی، حسن، کاظمی، یونس (۱۳۸۹). منشأیابی رسوبات بادی نیاتک با استفاده از ردیابی عناصر ژئوشیمیایی، مجله خشک بوم، دوره ۱، شماره ۱، صص ۴۴-۳۴.
- ۴- علی‌پور، حمید، هاشمی‌نسب، سیده‌نگار، دستورانی، جعفر، شهواز، جعفر (۱۳۹۶). منشأیابی رخساره‌های فرسایش بادی حوضه آبخیز میاندشت اسفراین، مجله علوم جغرافیایی، دوره ۱۳، شماره ۱، صص ۱۲۶-۹۹.
- ۵- غلامی، حمید (۱۳۹۴). انگشت‌نگاری، رویکردی نوین در منشأیابی ریزگردها، کنگره بین‌المللی تخصصی علوم و زمین، دوره ۳۴.
- ۶- غلامی، حمید، طاهری‌مقدم، الهام، نجفی قیری، مهدی، مهدوی نجی‌آبادی، رسول (۱۳۹۴). تعیین سهم کاربری‌های اراضی در تولید رسوب تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از انگشت‌نگاری (منطقه مورد مطالعه: ارگ نگار بردسیر، استان کرمان)، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۵، شماره ۲، صص ۵۴-۴۶.
- ۷- غلامی، حمید، مهرداد، محمدرضا، نجفی قیری، مهدی، بی‌نیاز، مهدی (۱۳۹۷). منشأیابی رسوبات بادی با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو، مجله مرتع و آبخیزداری، دوره ۷۱، شماره ۴، صص ۱۵۴-۱۴۳.
- ۸- فیض‌نیا، سادات، پورطیب، فرانک، احمدی، حسن، شیرانی، کورش (۱۳۹۴). منشأیابی رسوبات بادی حاشیه پلایای گاوخونی با استفاده از روش ژئوشیمی، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۲۲، شماره ۴، صص ۷۱۰-۶۹۴.
- ۹- مقصودی، مهران، یمانی، مجتبی، مشهدی، ناصر، تقی‌زاده، مهدی، ذهاب ناظوری سمیه (۱۳۹۰). شناسایی منابع ماسه‌های بادی ارگ نوق با استفاده از تحلیل باد و مورفومتری ذرات ماسه، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۳، صص ۱۶-۱.
- ۱۰- نصرتی، کاظم، امینی، مصطفی (۱۳۹۵). مروری بر مطالعات فرسایش خاک و منشأیابی رسوب، مجله اکوسیستم‌های طبیعی ایران، دوره ۷، شماره ۴، صص ۱۲۴-۹۹.
- ۱۱- نگارش، حسین، فتوحی، صمد، خمر، الهام (۱۳۹۷). منشأیابی رسوبات کلوته‌های دلتای قدیمی رودخانه هیرمند، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۹، شماره ۳۳، صص ۱۰۱-۸۳.
- 12- Bottrill, L. J., Walling, D. E., & Leeks, G. J. L. (2000). using recent over bank deposits to investigate contemporary sediment sources in large river basins. pp 369-387.
- 13- Collins, A. L. (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. Volume 414, pp 301-317.
- 14- Muhs, Daniel R, Bettis, E Arthur, Skipp Gray. (2018). Geochemistry and mineralogy of late Quaternary loess in the upper Mississippi River valley, USA: Provenance and correlation with Laurentide Ice Sheet history, Quaternary Science Reviews, Volume 187, pp 235-269.
- 15- Du, Shisong, Yongqiu, Wu, Lihua, Tan (2018). Geochemical evidence for the provenance of aeolian deposits in the Qaidam Basin, Tibetan Plateau, Aeolian Research, Volume 32, pp 60-70.
- 16- FuYuan, An, ZhongPing, Lai, XiangJun, Liu, QiShun, Fan, HaiCheng, Wei. (2018). Abnormal Rb/Sr ratio in lacustrine sediments of Qaidam Basin, NE Qinghai Tibetan Plateau: A significant role of aeolian dust input, Quaternary International, Volume 469, pp 44-57.
- 17- Fangen, Hu, Xiaoping, Yang (2016). Geochemical and geomorphological evidence for the provenance of Aeolian deposits in the Badain Jaran Desert, northwestern China, Quaternary Science Reviews, Volume 131, pp 179-192.

- 18- Muhs, Daniel 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, pp 07-007.
- 19- Rajabi, M, R, Modarres, R. (2008). Extreme value frequency analysis of wind data from, *Volume*, 31, pp 22-27.
- 20- Walling, D. E., Collins, A. L. (2000). Integrated assessment of catchment sediment budgets: A Technical manual. University of Exeter ,Volume 168.
- 21- Zobeck, T.M. & Van Pelt, R.S. (2005). EROSION WIND -Induced. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Volume 702. pp 28-32.