

تجزیه آماری داده‌های رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی نهشته‌های بادی استان خوزستان

جواد درویشی خاتونی؛

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی

دریافت ۹۶/۱۱/۱۴

پذیرش ۹۷/۰۴/۲۵

چکیده

دشت خوزستان در جنوب باختری ایران حدود ۳/۹ درصد از مساحت کشور را در بر گرفته است. این منطقه عمدتاً به وسیله رسوبات کواترنری با ضخامتی بیش از ۳۰۰ متر در برخی نواحی، پوشیده شده است. بررسی‌های رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی در رسوبات پهنه‌های ماسه‌ای، علاوه بر تعیین شاخص‌های ژئوشیمیایی برای تعیین منشأ احتمالی ذرات، بررسی خصوصیات زمین‌زیست‌محیطی عناصر موجود در این ذرات و نقش آن‌ها در آلودگی محیط زیست حائز اهمیت است. در این پژوهش، بر اساس روش‌های استاندارد نمونه برداری برای بررسی‌های رسوبات سطحی، ۳۵ نمونه رسوب سطحی، برای انجام تحقیقات ژئوشیمی رسوبی و رسوب‌شناسی از توده‌های ماسه‌ای ۵ منطقه در دشت خوزستان برداشت شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی کشور از نظر دانه‌بندی و عنصری تجزیه شدند. بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان‌دهنده این است که اندازه رسوبات در حد ماسه و ماسه گلی در برخی نقاط با کمی گراول است که با استفاده از پارامترهای آماری رسوب‌شناسی و بررسی‌های مورفوسکوپی غالباً نشان‌دهنده منشأ بادی است که تحت تأثیر فرآیندهای آبی نیز قرار گرفت‌ه‌اند. پژوهش‌های ژئوشیمی رسوبی بر اساس پردازش و تجزیه فاکتوری و خوشه‌های داده‌ها در نرم‌افزار SPSS انجام شد که دو منشأ اصلی برای عناصر موجود در رسوبات پهنه‌های ماسه‌ای می‌توان در نظر گرفت: عناصر Cu, Li, Nb, Ni, Th, V, Zn, La, Pr دارای منشأ طبیعی و عناصر Zr, Ba, U, Sr با منشأ بشرزاد که تحت تأثیر آلودگی‌های شیمیایی و تأسیسات نفتی (آنتروپوژنیک) است.

واژه‌های کلیدی: رسوب‌شناسی، ژئوشیمی رسوبی، نهشته‌های بادی، استان خوزستان

مقدمه

استان خوزستان با وسعت ۶۷۱۳۰ کیلومترمربع در جنوب‌غربی ایران واقع شده و یکی از کانون‌های جمعیتی مهم کشور است. این استان از شمال با استان لرستان، از شرق با استان‌های اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال بختیاری و بوشهر و از غرب با استان ایلام و کشور عراق هم مرز است و مرز جنوبی این استان را سواحل خلیج فارس تشکیل می‌دهد. رشته کوه‌های زاگرس و انشعابات غربی آن، از شمال تا نواحی شرقی این استان کشیده شده‌اند. حدود ۶۰ درصد از استان خوزستان را نواحی دشتی و کوهپایه‌ای تشکیل می‌دهند [۱۶] که کوهپایه‌ها و دامنه‌ها بر دشت‌های شمالی مشرف هستند. از این رو، روند جلگه خوزستان در جهت شمال به جنوب باشیب ملایم است. به طوری که حداکثر ارتفاعات در دشت‌های شمالی استان به ۱۵۰ متر و حداقل آن در کرانه خلیج فارس به صفر

می‌رسد. هر چند که حوضه زاگرس، در خلال پلیوسن بالایی با تأثیر فاز کوه‌زایی آلپین پسین چین‌خورده است ولی جلگه خوزستان، به دلیل ثابت بودن پی سنگ آن، چین‌خوردگی کمی پیدا کرده است و به صورت منطقه فروافتاده‌ای درآمده است. این جلگه شامل مواد حاصل از فرسایش و آبرفت‌های کواترنری حاصل از کوه‌ها و رودخانه‌هایی است که در شمال و شمال غرب استان گسترش دارند [۲۰]. بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی، بررسی‌های سطحی و زیرسطحی انجام شده در منطقه می‌توان با اطمینان گفت که منطقه مورد نظر روی رسوبات آبرفتی جوان عهد حاضر [۱۶] متشکل از رسوبات ریزدانه رسی و سیلتی و متوسط دانه ماس‌های قرار گرفته است [۳]. ضخامت این رسوبات از شمال به جنوب و به سمت سواحل خلیج فارس به تدریج زیاد می‌شود. بخش زیادی از دشت خوزستان در معرض فرسایش بادی قرار دارد [۲۳]. توفان ماسه و غبار هنگامی روی می‌دهد که باد سرعت نسبتاً بیش‌تری دارد و طول بادگیر و توپوگرافی سطحی زمین نیز برای رفت و روب بادی مساعد باشد. ذرات بادرفتی قطر کم‌تر از ۲ میلی‌متر دارند و به دلیل انفصال در سطح زمین با نیروی باد جابه‌جا می‌شوند. ذرات رسوبی در حد رس به صورت معلق و ذرات درشت‌تر در حد سیلت تا ماسه به صورت جهشی یا غلطان در سطح زمین جابه‌جا می‌شوند [۱۹].

در ایران و جهان در مورد ماسه‌های بادی پژوهش‌های زیادی از دیدگاه‌های متفاوت انجام شده است، از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های مریام (۱۹۶۹) در دلتای رودخانه وایت روی منشأ تپه‌های ماسه‌ای شمال غربی سونورا و جنوب شرقی کالیفرنیا با استفاده از مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی [۳۳]، گودی و همکاران (۱۹۸۷) در صحرای وهیبای عمان، برای شناسایی منشأ ماسه‌های بادی با کمک مشخصه‌هایی مانند بافت، گردش‌دگی، رنگ و درصد کربنات کلسیم رسوبات [۳۰]، هم‌چنین به پژوهش‌های مشابه پرینس و همکاران (۲۰۰۰) در حوزه خلیج فارس و سواحل مکران و بستر دریای عمان [۳۷]، نهرست گری و همکاران (۲۰۰۲) در مغولستان [۳۴]، گودی (۲۰۰۸) شمال افریقا (صحرا) [۲۹]، مارکس (۲۰۰۹) در استرالیا [۳۲] اشاره کرد. از پژوهش‌هایی که در ایران انجام شده است می‌توان به بررسی محمدرضا اختصاصی در سال ۱۳۷۵ تحت عنوان منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوضه دشت یزد و اردکان [۱]، هم‌چنین پژوهش‌های اختصاصی و دادفر (۱۳۹۲) در سواحل جنوبی ایران [۲]، یمانی در سال ۱۳۷۸ با هدف بررسی ارتباط ذرات ماسه و سرعت‌های استانه باد روی توده ماسه‌ای بند ریگ در کاشان [۲۲]، محمدی (۱۳۹۰) پژوهش‌های رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی دشت سیستان و هامون‌های صابری و هلمند به عنوان منشأ مهم رسوبات بادی در شرق ایران و رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی پلاهای جازموریان به عنوان منبع مهم تولید رسوبات بادی در جنوب شرق کشور [۱۸]، درویشی خاتونی در سال ۱۳۹۲، روی کانی‌شناسی و ژئوشیمی غبارهای وارده به استان خوزستان و رسوبات سطحی دشت خوزستان [۱۰] و پژوهش‌های تقی‌زاده (۱۳۸۸) در خصوص منشأیابی ماسه‌های ریگ بهرمان در استان کرمان [۶] و ذهاب در سال ۱۳۸۸ بر ارتباط ویژگی باد و جهات انتقال ماسه‌های کرمان و نیز منشأیابی ریگ مذکور [۱۲] در قالب پایان‌نامه تحقیقاتی اشاره کرد.

با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی با ارتفاع کم و توپوگرافی ملایم، نبود پوشش گیاهی در مناطق جنوبی دشت، اقلیمی خشک و بیابانی بودن بادهای قوی در منطقه و نیز ویژگی‌های رسوب‌شناسی (دانه‌ریز بودن ذرات، سست و منفصل بودن ذرات که فرسایش بادی را تسریع می‌کند)، حوضه خوزستان یکی از منشأهای رسوبات بادی و طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران است [۱۰]. این دشت از دیدگاه بیابان‌زایی و فرسایش بادی از حادثترین نقاط کشور است و فرسایش بادی و تولید غبار از فرسایش‌های غالب و فعال منطقه است. بررسی آمار غبارهای رخ داده بین

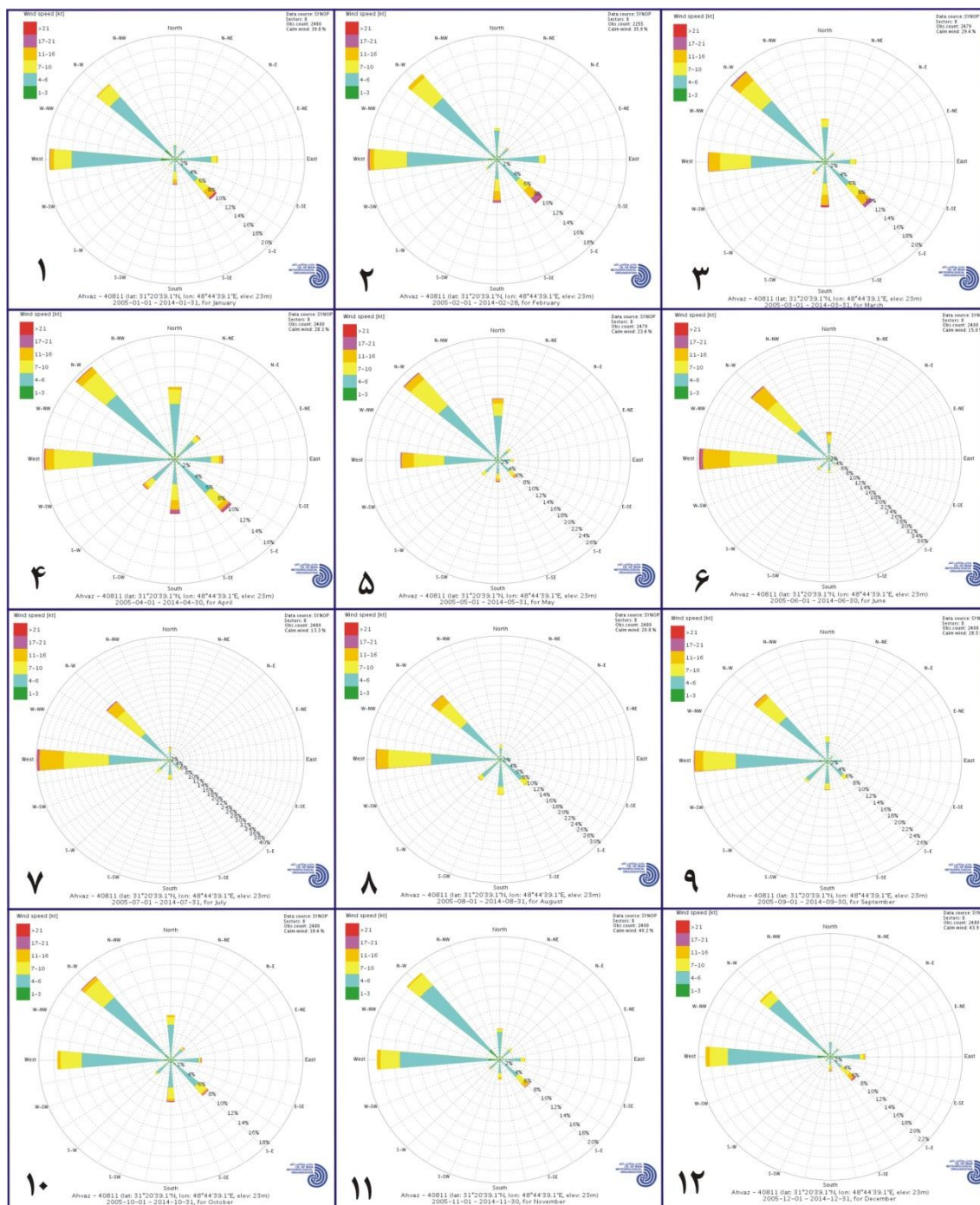
سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ در ایستگاه اهواز نشان می‌دهد که ۸۴/۲ درصد طوفان‌ها منشأ خارجی، ۹/۵ درصد منشأ داخلی و ۶/۳ درصد با منشأ مشترک هستند [۱۱]. با توجه به تعداد شهرها و جمعیت زیاد، وجود بخش قابل توجه تأسیسات مهم و بخش‌های راهبردی کشور اعم از مناطق عظیم نفتی و بندری در استان خوزستان، هم‌چنین برای جلوگیری از خسارات گسترده زیستی، اقتصادی، اجتماعی و قبل از انجام هرگونه اقدام اجرائی، بررسی‌های دقیق رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی در رسوبات منشأ (دشت خوزستان) و کمی‌سازی این فرایند اجتناب‌ناپذیر است.

محدوده بررسی شده

منطقه مورد بررسی بخشی از حوضه چین‌خوردگی‌های کم ارتفاع و فرورفتگی‌های حاصل از دگرگونی‌های تکتونیکی بین فلات ایران و عربستان است. این محدوده به استثنای چند برجستگی از دنباله ارتفاعات میشداغ در شمال غربی و الله اکبر در جنوب منطقه به‌وسیله رسوبات رودخانه‌ای ایجاد شده است که روی تشکیلات قدیمی میوه‌پلیوسن ته نشین شده‌اند. ضخامت این رسوبات در منطقه تا حدود صدمتر تخمین زده شده و سن آن‌ها کواترنری است [۴]. رسوبات جلگه خوزستان را رسوبات رودخانه‌ای تشکیل داده‌اند که غیرمحلّی بوده است و منشأ آن‌ها حوضه‌های آبخیز وسیعی است که در ارتفاعات زاگرس واقع شده‌اند. منشأ بخش دیگری از این رسوبات مواد آبرفتی است که به‌طور محلّی در نتیجه تخریب و فرسایش سازندها رخنمون یافته در سطح جلگه ساحلی خوزستان و از ناهمواری‌های مورد اشاره تأمین شده و در مجموع محیطی مساعد برای تولید و انباشت ماسه‌های بادی است. وزش بادهای غالب غربی و شمال‌غربی، رسوبات مخروط افکنه‌ای و رودخانه‌ای موجود در دامنه ارتفاعات غربی جلگه خوزستان و نیز بسترهای سیلابی رودخانه‌ها را به سطح این جلگه منتقل کرده و توده‌های بزرگی از ماسه‌های بادی وسعت‌های متفاوتی را تشکیل داده است که در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی و به‌موازات رشته کوه‌های زاگرس متمرکز شده‌اند (شکل ۱). چنان‌چه مورفولوژی کلی این توده‌های ماسه‌ای را بررسی کنیم امتداد خطی خاصی را نشان می‌دهند که نتیجه راستای وزش بادهای غالب منطقه است. مورفولوژی دره‌ها و ارتفاعات میشداغ نیز در حاشیه زاگرس و منطبق با ساختمان آن با جهت عمومی شمال‌غرب به جنوب‌شرق، بخش‌های شمال غربی منطقه را پوشش داده‌اند. توپوگرافی مذکور موجب تجزیه شدن باد شده و راستای بادهای غالب منطقه را شکل می‌دهند. به‌نظر می‌رسد گسترش و نفوذ بخشی از طوفان‌های گرد و غبار سال‌های اخیر نتیجه وزش همین بادهای باشد.

از کل وسعت حدود ۶۴۰۰۰۰۰ هکتار استان خوزستان، مجموع مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی استان ۶۹۶۷۲۱ هکتار است. و این مناطق تحت تأثیر، به دو منطقه برداشت (۴۶۷۳۲۵ هکتار) و منطقه رسوب (۲۲۹۳۹۶ هکتار) تقسیم می‌شود که در استان خوزستان مناطق حمل معمولاً در محدوده مناطق برداشت و رسوب است و به‌صورت مجزا دیده نمی‌شود. مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی استان خوزستان به پنج منطقه تقسیم می‌شود. از این پنج منطقه تحت تأثیر فرسایش بادی دو منطقه در محدوده شهرستان اهواز، ۱ منطقه در محدوده شهرستان شوش، یک منطقه در محدوده شهرستان دشت آزادگان و یک منطقه نیز در محدوده شهرستان امیدیه قرار دارد (جدول ۱) (شکل‌های ۲ و

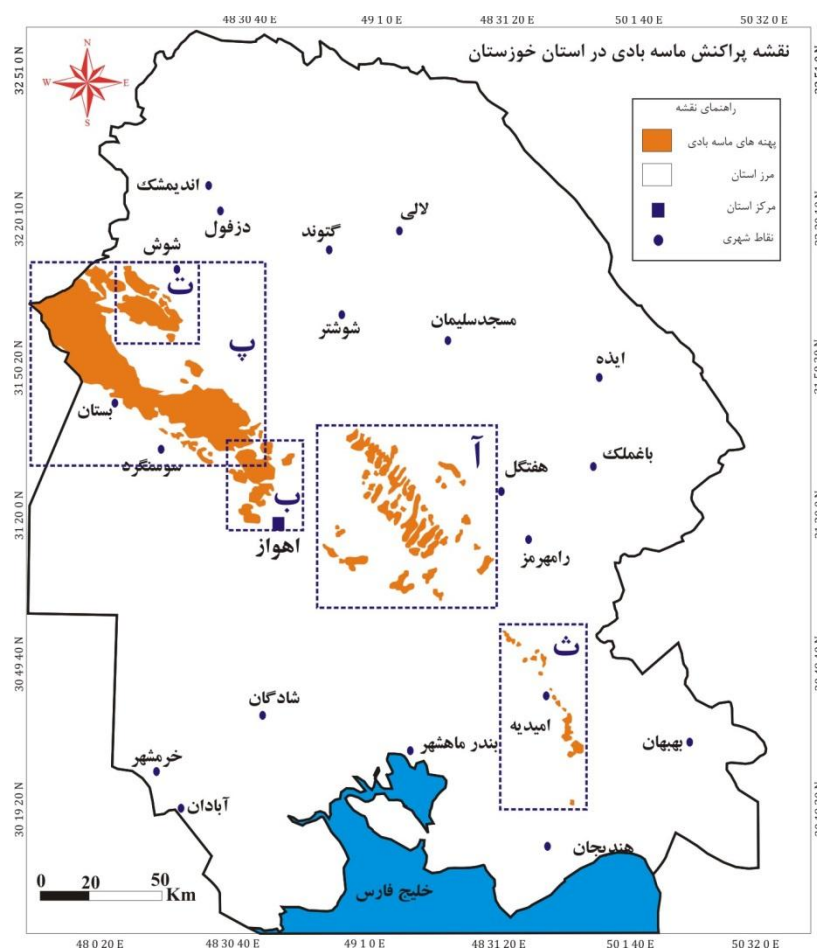
۳. تپه‌های ماسه‌ای بخش شوش و دشت آزادگان تشابه کاملی را از نظر شواهد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی با سازندهای زمین‌شناسی حاشیه غربی نشان می‌دهند [۲۳].



شکل ۱. آمار ده ساله گلبادهای ماهانه منطقه اهواز (سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴) (سازمان هواشناسی کشور)

جدول ۱. سطوح مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی استان خوزستان (هکتار) (منابع طبیعی استان خوزستان ۱۳۷۶)

| محدوده‌های ماسه بادی | سطوح مناطق رسوب (هکتار) | | | | سطوح مناطق برداشت (هکتار) | | | |
|----------------------|-------------------------|--------|---------|-------|---------------------------|--------|-------|--------|
| | جمع کل (هکتار) | جمع | غیرفعال | فعال | جمع | کم | متوسط | زیاد |
| غرب اهواز | ۲۷۹۸۴ | ۲۱۷۸۴ | ۱۳۲۳۸ | - | ۸۵۴۶ | ۶۲۰۰ | - | ۶۲۰۰ |
| شرق اهواز | ۳۲۹۳۵۹ | ۶۱۲۱۴ | ۱۷۱۵۲ | ۱۹۶۲۱ | ۲۱۵۹۱ | ۲۶۸۱۴۵ | ۲۱۰۰۰ | ۲۲۱۵۲۰ |
| دشت آزادگان | ۱۳۹۷۳۸ | ۹۴۵۳۸ | ۳۲۸۹۸ | - | ۷۱۶۴۰ | ۴۵۲۰۰ | - | ۴۵۲۰۰ |
| شوش | ۱۷۹۱۰۸ | ۴۹۱۰۸ | ۷۰۹ | - | ۴۸۳۹۹ | ۱۳۰۰۰۰ | - | ۱۳۰۰۰۰ |
| امیدیه | ۲۰۵۳۲ | ۲۷۵۲ | ۸۱۶ | - | ۱۹۳۶ | ۱۷۷۸۰ | - | ۱۷۷۸۰ |
| جمع کل | ۶۹۶۷۲۱ | ۲۲۹۳۹۶ | ۵۴۸۱۳ | ۱۹۶۲۱ | ۱۵۴۹۶۲ | ۴۶۷۳۲۵ | ۲۱۰۰۰ | ۴۲۰۷۰۰ |

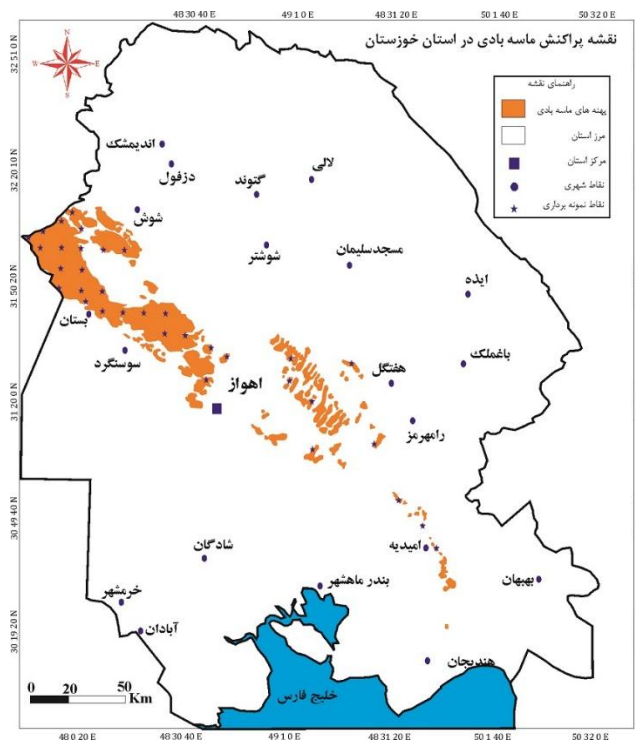


شکل ۲. مناطق تحت تأثیر فرسایش و رسوب‌گذاری در استان خوزستان، (آ) شرق اهواز (گمبوعه، البراویه و الباجی)، (ب) غرب اهواز، (پ) دشت آزادگان، (ت) شوش، (ث) امیدیه

مواد و روش‌ها

نمونه‌های برداشت شده از رسوبات بادی دشت خوزستان مخلوطی از رسوبات در یک شبکه منظم ۴۰ در ۴۰ متر است. در حقیقت هر نمونه مخلوط ۶۴ نمونه رسوب سطحی است که ۱۶۰۰ متر مربع را پوشش می‌دهد (شکل ۴ آ، ب). بدین‌صورت که ۸ نفر به فواصل ۵ متری از هم با یک بیلچه نمونه‌برداری، سطح زمین به ضخامت یک سانتی‌متر را

کنار زده و از زیر آن نمونه برداشت می‌کنند. هر فرد ۸ نمونه رسوبی برداشت شده را در داخل بشر ریخته مخلوط می‌کند. پس از اتمام نمونه‌برداری تمام نمونه‌ها در داخل لگن ریخته می‌شود. سپس ذرات درشت جدا شده و مخلوط می‌شود، در نهایت نمونه‌های مخلوط شده به چهار بخش مساوی تقسیم می‌شود و دو بخش از چهار قسمت مخلوط شده، به‌عنوان نمونه رسوبی آن نقطه برداشت می‌شود. در این پژوهش ۳۵ نمونه رسوب سطحی از توده‌های ماسه‌ای برای



شکل ۳. مناطق تحت تأثیر فرسایش و رسوب‌گذاری در استان خوزستان و موقعیت نقاط برداشت نمونه

بررسی رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی برداشت شد (شکل ۴ پ). مهم‌ترین آزمایش‌های انجام شده روی رسوبات عبارتند از: دانه‌بندی و تجزیه شیمیایی برای شناسایی عناصر اصلی و فرعی که در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شد (شکل ۴ پ، ت، ث).

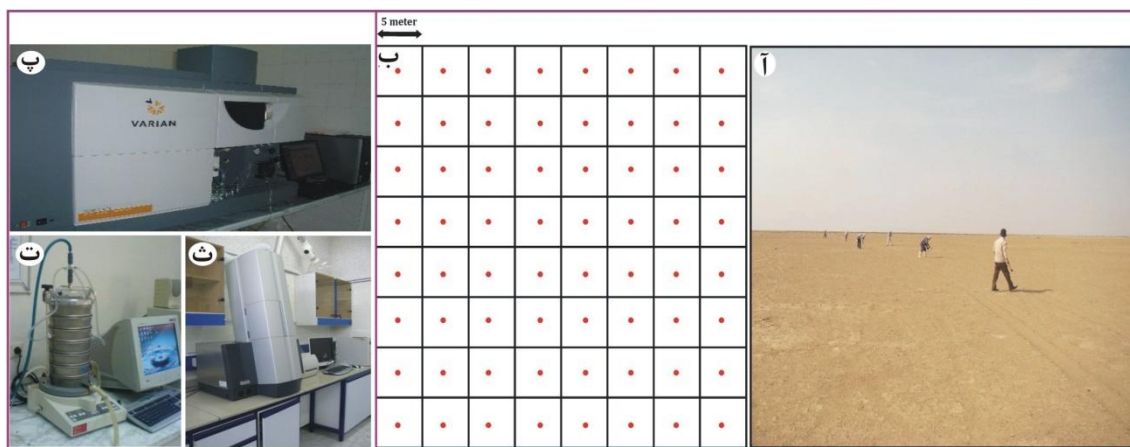
به‌منظور تعیین توزیع اندازه ذرات رسوبی، نمونه‌ها در داخل الک شیکر مرطوب مدل 3 Analysette ساخت شرکت Fritsch آلمان (شکل ۴ ت) قرار گرفته و به‌روش تر و به‌مدت متوسط ۳۰ دقیقه تجزیه سرندی شدند. این نمونه‌ها پس از خشک شدن، وزن شده [۴۲] و ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون با دستگاه دانه‌بندی لیزری^۱ تجزیه شد [۱۸]، [۳۹]. برای تجزیه عنصری از دستگاه ICP-OES مدل JY70 PLUS و ICP-OES مدل Varian 735-ES استفاده شد (شکل ۴ پ). در این روش به‌غیر از گازها، تمامی عناصر پایدار جدول تناوبی قابل شناسایی است [۳۶]. حد تشخیص دستگاهی برای دستگاه ICP-OES در جدول ۲ ارائه شده است. در این پژوهش میزان انحراف از شرایط معمول^۲ ۵۰ عنصر در نمونه‌های رسوب، با دستگاه ICP-OES و ۵ عنصر که به‌وسیله ICP-OES قابل شناسایی نبود، با دستگاه AAS تجزیه شدند. برای بررسی دقت تجزیه‌ها ۱۰ نمونه تکراری (حدود ۱۰ درصد کل نمونه‌ها)

1. Laser particle Sizer Analysette 22
2. Anomaly

به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد که با توجه به حد تشخیص دستگاهی، غالب عناصر دارای خطای آزمایشگاهی زیر ۱۰ درصد و عناصر W, U, Zr زیر ۱۵ درصد هستند، برخی عناصر مانند Sb زیر حد تشخیص دستگاهی بودند.

جدول ۲. حد تشخیص عناصر با روش ICP-OES (ppm)

| El | D. L | El | D. L | El | D. L |
|----|------|----|------|----|------|
| Na | ۱۰ | Fe | ۱۰۰ | Cr | ۲ |
| Ti | ۱۰ | Cs | ۰/۵ | Ba | ۰/۲ |
| p | ۱۰ | Sc | ۰/۱ | Mg | ۱۰ |
| Nb | ۱ | La | ۱۰ | As | ۱ |
| Pb | ۰/۵ | Ni | ۱ | Mn | ۵ |
| Te | ۰/۰۱ | Mo | ۰/۳ | Co | ۰/۵ |
| Th | ۱ | S | ۵۰ | Zn | ۰/۵ |
| y | ۰/۲ | K | ۱۰ | Rb | ۰/۱ |
| Tl | ۰/۲ | Cd | ۰/۱ | Be | ۰/۱ |
| U | ۱ | Sn | ۱ | Ag | ۰/۱ |
| W | ۱ | Sr | ۰/۱ | Al | ۱۰ |
| Eu | ۰/۱ | Ce | ۰/۵ | Cu | ۰/۵ |
| Ga | ۰/۳ | Yb | ۰/۱ | Ca | ۱۰ |
| Sm | ۰/۳ | Er | ۰/۱ | Se | ۱ |
| Ge | ۰/۱ | Nd | ۰/۳ | Dy | ۰/۳ |
| | | Zr | ۱ | Gd | ۰/۳ |
| | | v | ۲ | Li | ۰/۲ |

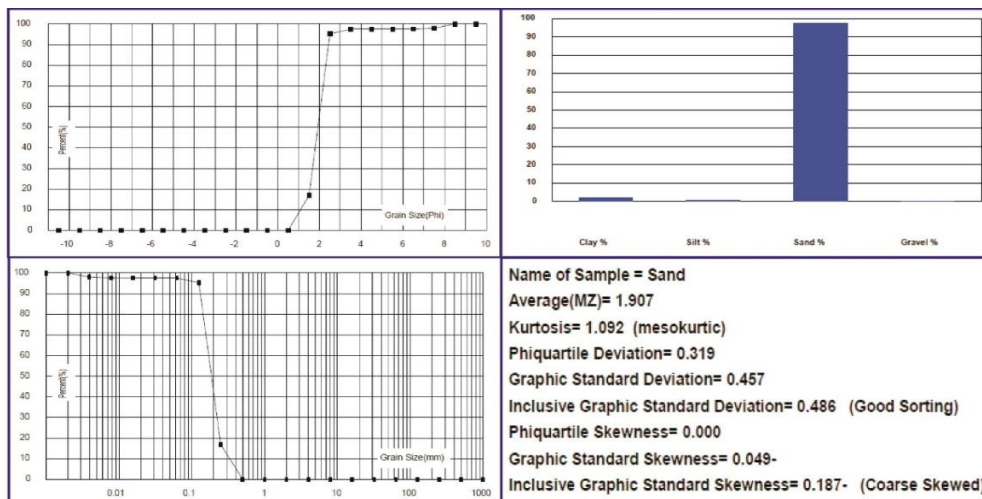


شکل ۴. (آ) نحوه نمونه برداری در هر نقطه، (ب) شبکه نمونه برداری برای هر نمونه از رسوبات سطحی که شامل ۶۴ نقطه است، (پ) دستگاه ICP-OES مدل JY70 PLUS مورد استفاده در نمونه ۶ انجام تجزیه شیمیایی، (ت) الک شیکر مرطوب مدل Analysette 3 مورد استفاده برای تجزیه [سرندی، ث] دستگاه اندازه‌گیری لیزری ابعاد ذرات برای دانه‌بندی ذرات زیر ۶۳ میکرون

برای پردازش و بررسی آماری داده‌های ژئوشیمیایی، مراحل پردازشی تک متغیره (تعیین پارامترهای آماری، ترسیم نمودارهای هیستوگرام فراوانی عناصر، نمودارهای P-P Plot, Q-Q Plot و نمودارهای Box Plot)، دو متغیره (تعیین ضرایب هم‌بستگی) و چندمتغیره (تجزیه خوشه‌ای و فاکتوری) در نرم افزار SPSS انجام شد.

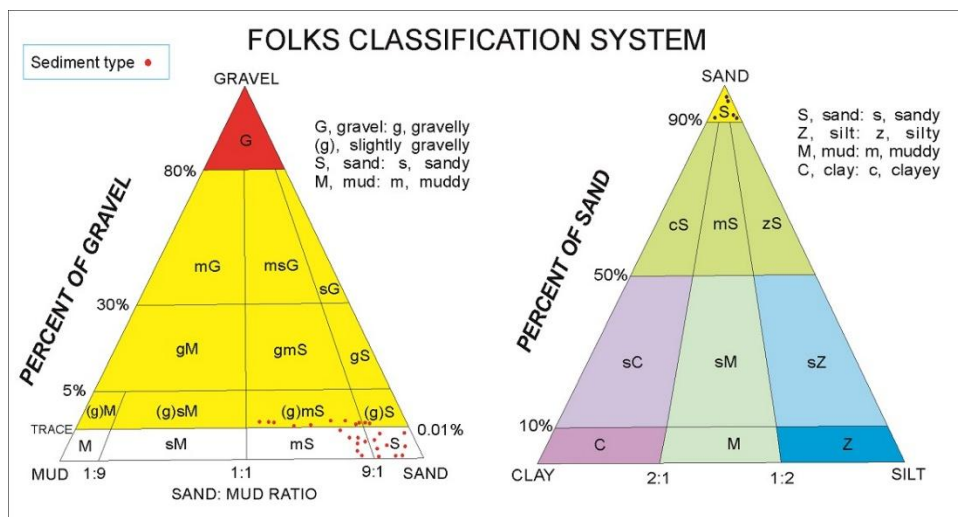
یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج دانه‌بندی، نوع رسوبات بر مبنای مثلث‌های نام‌گذاری استاندارد فولک ۱۹۷۴ مشخص شدند [۲۷]. همچنین پارامترهای آماری از قبیل میانگین (MZ)، کشیدگی^۱، کودفی^۲، انحراف معیار ترسیمی جامع^۳ و کج‌شدگی ترسیمی جامع^۴ رسوبات با استفاده از نرم‌افزار سدیمنت سائز^۵ محاسبه شد (شکل ۵).



شکل ۵. نمونه‌ای از پارامترهای آماری ارائه شده به وسیله نرم‌افزار سدیمنت سائز

بر این اساس رسوبات تپه‌های ماسه‌ای دشت خوزستان دارای تیپ‌های رسوبی به ترتیب فراوانی، ماسه گلی با کمی گراول^۶، ماسه^۷، ماسه با کمی گراول^۸ و ماسه گلی^۹ تعیین هستند (شکل ۶).



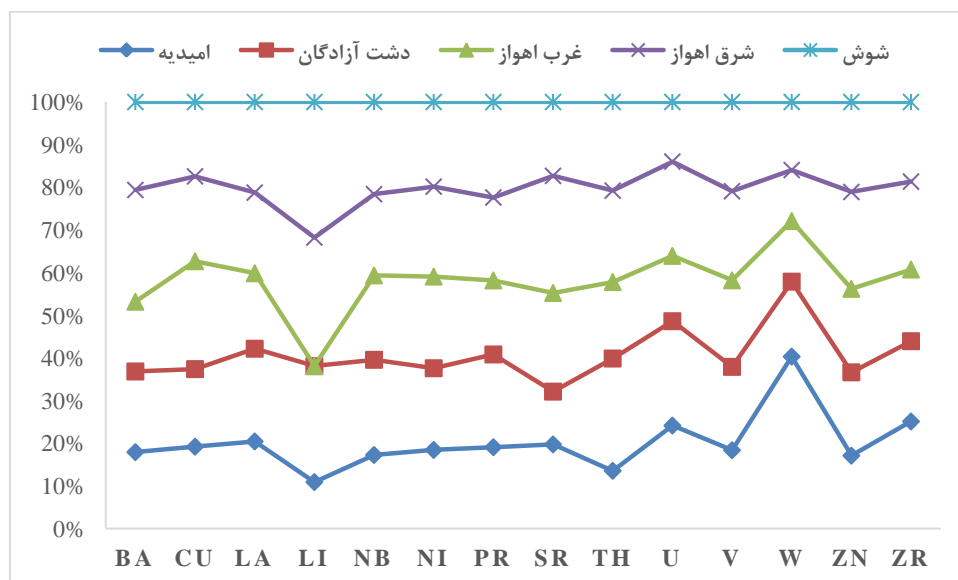
شکل ۶. درصد پراکندگی انواع مختلف تیپ‌های رسوبی در ماسه‌های بادی دشت خوزستان در مثلث‌های نام‌گذاری رسوبات فولک (۱۹۷۴) [۲۷] با کمی تغییرات

1. Kurtosis
2. Phi quartile Deviation
3. Inclusive Graphic Standard Deviation
4. Inclusive Graphic Skewness
5. Sediment Size
6. Slightly gravelly muddy sand
7. Sand
8. Slightly gravelly sand
9. Muddy sand

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل ژئوشیمیایی و آماری عناصر، تعیین ارتباط بین عناصر اصلی، فرعی و هم‌چنین ارتباط وراثتی بین توده‌های ماسه‌ای در قسمت‌های مختلف دشت و هم‌چنین رسیدن به یک الگوی ژنتیکی مشخص اقدام به تجزیه‌های آماری عناصر شد. در جدول ۳ غلظت برخی عناصر و مقایسه‌ای با میزان غلظت متوسط پوسته‌ای انجام شده است. در جدول ۴ و شکل ۷ غلظت عناصر در محدوده‌های ماسه‌ای دشت خوزستان به صورت تفکیک شده و تجمعی ارائه شده است.

جدول ۳. مقایسه غلظت (ppm) برخی عناصر در رسوبات سطحی دشت خوزستان و پوسته بالایی زمین [۳۸]، [۴۰]، [۴۱].

| عنصر | کمینه | بیشینه | میانگین | UCC ^۱ | | |
|------|--------|---------|---------|------------------|----------------|----------------|
| | | | | a ^۲ | b ^۲ | c ^۳ |
| Ba | ۱۴۴/۶۱ | ۶۴۶/۴۶ | ۲۴۲/۹۲ | ۵۵۰ | ۶۲۸ | ۶۶۸ |
| Cu | ۶/۲۰ | ۲۷/۸۴ | ۱۴/۳۱ | ۲۵ | ۲۸ | ۱۴/۳ |
| La | ۷/۳۲ | ۲۱/۶۰ | ۱۴/۶۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۲۲/۳ |
| Li | ۷/۷۰ | ۳۸/۶۲ | ۲۴/۴۰ | ۲۰ | ۲۴ | ۲۲ |
| Nb | ۲/۶۰ | ۱۲/۱۴ | ۶/۸۰ | ۲۵ | ۱۲ | ۲۶ |
| Ni | ۲۳/۷۰ | ۱۶۵/۸۴ | ۸۲/۸۳ | ۲۰ | ۴۷ | ۱۸/۶ |
| Pr | ۱/۸۱ | ۴/۷۶ | ۳/۴۹ | ۷/۱ | ۷/۱ | ۶/۳ |
| Sr | ۱۹۳/۴۶ | ۱۳۲۶/۳۴ | ۵۴۴ | ۳۵۰ | ۳۲۰ | ۳۱۶ |
| Th | ۰/۲۳ | ۹/۹۹ | ۳/۷۶ | ۱۰/۷ | ۱۰/۵ | ۱۰/۳ |
| U | ۰/۲۸ | ۵/۵۴ | ۱/۸۶ | ۲/۸ | ۲/۷ | ۲/۵ |
| V | ۳۳/۳۳ | ۱۰۵/۹۴ | ۶۵/۶۷ | ۱۰۷ | ۹۷ | ۵۳ |
| W | ۰/۲۶ | ۲/۳۲ | ۰/۶۲ | ۲ | ۱/۹ | ۱/۴ |
| Zn | ۱۱/۴۳ | ۷۷/۳۹ | ۴۳/۲۵ | ۷۱ | ۶۷ | ۵۲ |
| Zr | ۵۶/۴۳ | ۲۱۵/۲۹ | ۱۴۴/۰۷ | ۱۹۰ | ۱۹۳ | ۲۳۷ |



شکل ۷. نمودار مجموع غلظت عناصر در محدوده‌های تپه ماسه‌ای به تفکیک موقعیت (درصد)

1. Upper Continental Crust composition
2. Taylor and McLennan (1985, 1995)
3. Rudnick and Gao (2003)
4. Wedepohl (1995)

جدول ۴. غلظت برخی عناصر در محدوده‌های ماسه بادی استان خوزستان به تفکیک موقعیت

| عنصر | امیدیه | دشت آزادگان | غرب اهواز | شرق اهواز | شوش |
|------|--------|-------------|-----------|-----------|------|
| Ba | ۲۲۱ | ۲۳۳ | ۲۰۱ | ۳۲۳ | ۲۵۴ |
| Cu | ۱۴/۶ | ۱۳/۸ | ۱۹/۲ | ۱۵/۱ | ۱۳/۲ |
| La | ۱۴/۳ | ۱۵/۳ | ۱۲/۴۳ | ۱۳/۳ | ۱۴/۹ |
| Li | ۱۰/۴ | ۲۵/۹ | ۲۴/۳ | ۲۸/۷ | ۳۰/۳ |
| Nb | ۵/۵۵ | ۷/۱۸ | ۶/۳۷ | ۶/۱۲ | ۶/۹۵ |
| Ni | ۷۸ | ۸۱/۱ | ۹۰/۹ | ۸۹/۳ | ۸۴ |
| Pr | ۳/۱۷ | ۳/۶۲ | ۲/۸۸ | ۳/۳۳ | ۳/۷۲ |
| Sr | ۶۵۶ | ۴۱۲ | ۷۶۹ | ۹۱۲ | ۵۷۶ |
| Th | ۲/۲۰ | ۴/۲۷ | ۲/۹۱ | ۳/۴۸ | ۳/۳۷ |
| U | ۲/۰۲ | ۲/۰۵ | ۱/۲۸ | ۱/۸۵ | ۱/۱۷ |
| V | ۶۱ | ۶۴/۷ | ۶۷/۲ | ۶۹/۲ | ۶۹/۳ |
| W | ۱/۳۵ | ۰/۵۹ | ۰/۴۷ | ۰/۴۰ | ۰/۵۳ |
| Zn | ۳۷/۱ | ۴۲/۴ | ۴۲/۵ | ۴۹/۳ | ۴۵/۸ |
| Zr | ۱۴۷ | ۱۱۰ | ۹۸/۲ | ۱۲۰/۵ | ۱۰۹ |

بحث

۱. رسوب‌شناسی

تجزیه سرنده‌ها را می‌توان برای تشخیص رسوبات در محیط‌ها و رخساره‌های مختلف به‌کار برد که اطلاعاتی در مورد فرایندهای رسوب‌گذاری، انرژی محیط رسوبی و نوع جریان در اختیار قرار می‌دهد [۲۷]. جورشده‌گی رسوبات بر اساس انحراف معیار ترسیمی جامع در محدوده خوب تا بد قرار گرفته است که این تغییرات به دلیل ترکیب فرایندهای مختلف آبی و بادی در برخی قسمت‌های محدوده‌های ماسه است و وجود گل در برخی نمونه‌ها است. با توجه به جدول ۳ میانگین جورشده‌گی نمونه‌ها عدد ۱ (جورشده‌گی متوسط) و جورشده‌گی بین ۰/۵ تا ۲ متغیر است. میانگین میزان کج‌شده‌گی در رسوبات دشت خوزستان ۰/۵۳ است که کج‌شده‌گی زیاد به سمت ذرات ریز را دارد میانگین کشیدگی برای نمونه برداشت شده از محدوده‌های ماسه بادی ۱/۰۶ (کشیدگی متوسط) است (شکل ۸). رسوبات با پارامترهای ذکر شده به ماهیت سنگ منشأ، فرایندهای هوازدگی، سایش و جورشده‌گی انتخابی آن‌ها در هنگام حمل و نقل بستگی دارد. وجود رسوبات با جورشده‌گی خوب تا بد، با کشیدگی میانگین متوسط^۱ و کج‌شده‌گی بسمت ذرات ریزدانه، نشان از تأمین رسوبات غالباً با منشأ بادی و در برخی موارد با منشأ رودخانه‌ای دارد [۲۵] (جدول ۵).

جدول ۵. میانگین اندازه ذرات (بافت رسوبات) و پارامترهای آماری برای نمونه‌های دشت خوزستان

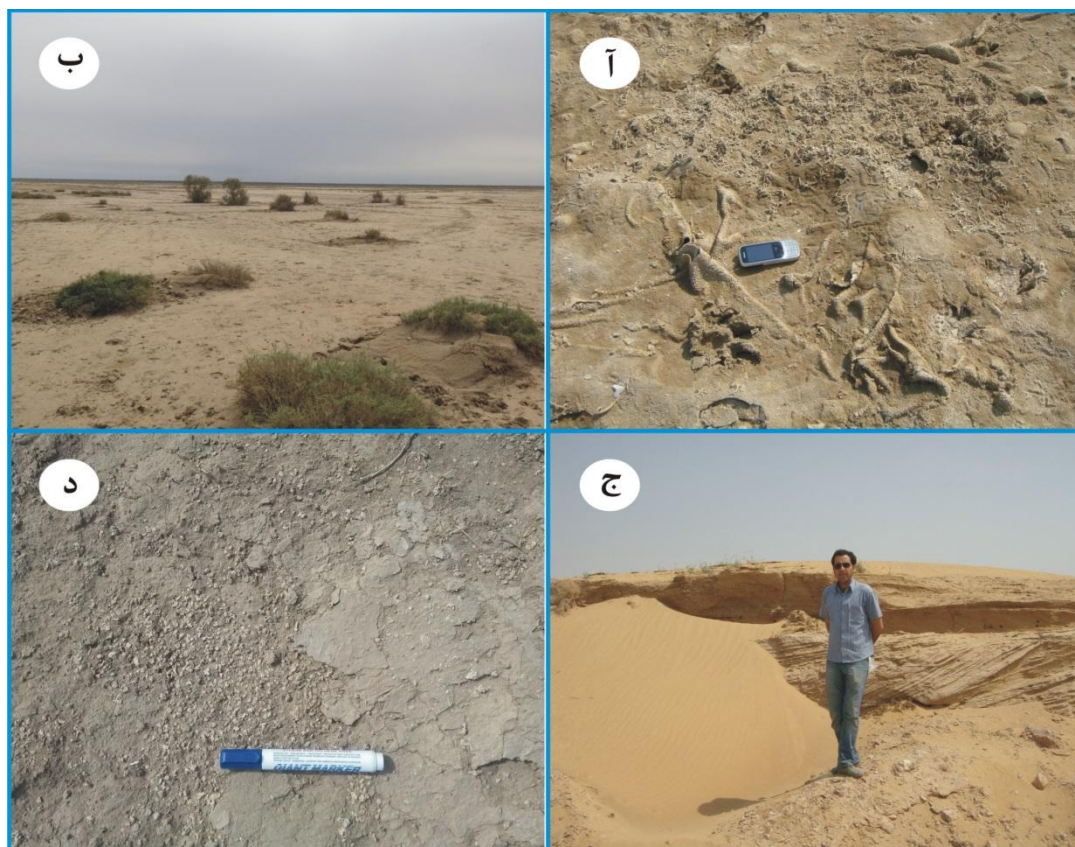
| کج‌شده‌گی | جورشده‌گی | کشیدگی | میانگین | درصد گراول | درصد ماسه | درصد سیلت | درصد رس |
|-----------|-----------|--------|---------|------------|-----------|-----------|---------|
| ۰/۵۳ | ۱ | ۱/۰۶ | ۳/۸۱ | ۰/۱ | ۸۷/۱۳ | ۹/۲۳ | ۳/۵۴ |

۲. ژئوشیمی رسوبی

با توجه به پتانسیل بیایان‌زایی، فرسایش بادی و تولید غبار زیاد در دشت خوزستان، بررسی ژئوشیمیایی رسوبات بستر گامی مهم در شناسایی و کنترل آثار نامطلوب فرایندهای آلاینده و هم‌چنین شناسایی هم‌منشأ بودن ذرات است. در دشت خوزستان در صورت ورود عناصر سنگین، سمی و رادیو اکتیو، بخش چشم‌گیری از آن جذب رسوبات شده و

1. Mesokurtic

برای مدت زیادی در سطح باقی می‌ماند و یا در اثر باد به هوا خاسته و بر شدت آلودگی هوا می‌افزاید. نمونه‌برداری و بررسی ترکیب فیزیکی و تجزیه شیمیایی گرد و غبارهای اخیر نشان می‌دهد که ریزگردها صرفاً متشکل از ذرات رسی، ماسه و ذرات نمک نیستند بلکه ترکیب پیچیده‌ای از عناصر شیمیایی در آن‌ها دیده می‌شود که نقش مخربی بر سیستم تنفسی به‌ویژه جنین و نوزادان دارند [۱۷]، [۱۷]، [۳۵] (جدول‌های ۳ و ۴).



شکل ۸. رسوبات بادی دشت خوزستان: (آ) تپه‌های ماسه‌ای برخان در هویزه، (ب) پهنه‌های ماسه‌ای، مراتع در حال تخریب و تجمع ماسه‌های بادی محلی در پناه بوته‌ها و تشکیل نیکا در غرب اهواز، (ج) ماسه‌های بادی با ساخت‌های رسوبی چینه بندی مورب بزرگ مخصوص محیط‌های بادی، تلماسه و برخان، امیدیه، (د) تجمع رسوبات دانه درشت بعد از فرسایش بادی ذرات دانه ریز، آب‌گیر انت‌های رودخانه کوپال در شرق اهواز

برای پردازش داده‌های ژئوشیمیایی، ابتدا جدولی متشکل از نام نمونه، طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری و مقدار فراوانی عناصر شیمیایی در رسوبات تهیه شد. پس از مرتب شدن جدول داده‌ها و نرمال کردن داده‌ها، مراحل پردازشی ذیل انجام شد.

پردازش داده‌های تک متغیره: تعیین پارامترهای آماری، به‌منظور تعیین مقادیر خارج از ردیف در این سری از پردازش‌ها انجام گرفت.

پردازش دو متغیره: تعیین ضرایب هم‌بستگی عوامل مختلفی از قبیل عوامل ژنتیکی و غیره در ارتباط و وابستگی متغیرها به یک‌دیگر مؤثرند و مقدار این وابستگی را می‌توان با ضریب هم‌بستگی نشان داد [۸]. در این روش با استفاده

از رگرسیون و سایر پارامترهای آماری می‌توان عوامل و فرآیندهای کنترل‌کننده رسوب‌گذاری را شناسایی کرده و نقش عوامل طبیعی و انسان‌زاد در توزیع رسوبات را تعیین کرد [۲۴]. با توجه به پراکندگی غیرنرمال عناصر در نمونه رسوبات، ضرایب هم‌بستگی این عناصر با روش مرتبه‌ای اسپیرمن که مستقل از نوع تابع توزیع متغیر است، بررسی شد. هم‌بستگی مثبت هر یک از عناصر با عنصر شاخص منشأ زمین‌زاد (برای مثال نیکل)، بیان‌گر آن است که منشأ آن عنصر زمین‌زاد است و هم‌بستگی مثبت با عناصر شاخص زیستی و درون حوضه‌ای، بیان‌گر منشأ انسان‌زاد آن عنصر است [۹]. داده‌ها بیان‌گر هم‌بستگی زیاد بین فلزات سنگین بررسی شده است دلیل عدم تنوع منابع آلودگی در منطقه است. نکته مهم، هم‌بستگی زیاد مس، نیکل، روی، استرانسیم و وانادیم با میزان ذرات ریز موجود در نمونه‌هاست زیرا ذرات ریز نسبت به ذرات درشت‌تر کارایی بیشتری در جذب عناصر سمی دارند [۳۱]. هم‌بستگی زیاد زیرکونیم، تنگستن و اروانیوم احتمالاً ناشی از آلودگی‌های انسان‌زاد در منطقه منشأ، حمل یا رسوب است (جدول ۶).

تجزیه خوشه‌ای: عناصر نسبت به برخی عوامل محیطی واکنش‌های کم و بیش مشابهی نشان می‌دهند بنابراین، شناخت ارتباط و هم‌بستگی ژنتیکی متقابل میان عناصر، به شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی کمک شایانی می‌کند. در کل، شناخت هم‌بستگی ژنتیکی میان عناصر، اطلاعات لازم را برای تفسیر هر چه صحیح‌تر داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار می‌گذارد. فرضیات روش تجزیه خوشه‌ای شامل واریانس هم‌سانی و توزیع نرمال متغیرها است [۲۶]. در تحلیل خوشه‌ای، هدف طبقه‌بندی متغیرها براساس تشابه هرچه بیشتر درون‌گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین‌گروهی است [۸]. به‌منظور تعیین پاراژنرها و نحوه ارتباط عناصر با یک‌دیگر کلاستر تجزیه انجام شد. روش به‌کار گرفته شده در این تجزیه میان‌گروهی^۱ است. در شکل ۹ سمت چپ، هم‌بستگی عناصر مختلف با یک‌دیگر و همچنین منشأ آن‌ها قابل مشاهده است که تا حدود زیادی نتایج تجزیه فاکتوری را تأیید می‌کند. در شکل سمت راست با توجه به آنومالی عناصر مختلف در نمونه‌های برداشت شده از توده‌های ماسه‌ای، ارتباط وراثتی توده‌های ماسه‌ای را روشن می‌سازد. طبق تجزیه خوشه‌ای انجام گرفته برای مناطق ماسه‌ای مختلف، پهنه‌های ماسه‌ای دشت آزادگان و شوش دارای ژنز یک‌سان یا منشأ ماسه‌ها در دو پهنه یک‌سان است. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که پهنه‌های ماسه‌ای غرب و شرق اهواز و امیدیه ارتباط عنصری بسیار نزدیکی با یک‌دیگر دارند.

پردازش چندمتغیره: در این تحقیق به منظور بیان روابط بین‌گروهی در عناصر، در گروهی از متغیرها که به وسیله حداکثر تعداد متغیرهای اصلی کنترل‌کننده تغییرات است و که اصطلاحاً فاکتور نامیده می‌شود [۱۵]، از تحلیل فاکتوری استفاده شده است. تحلیل فاکتوری، تفکیک مناسبی برای کاهش داده‌ها در پژوهش‌های ژئوشیمیایی است، به‌طوری‌که با استفاده از امتیازات فاکتوری به‌جای متغیرهای اولیه می‌توان مشاهدات صحرائی و کل تمرکز آنومالی‌ها را تغییر داد [۱۹]. این روش، سبک مطلوبی برای تعیین منشأ رسوبات و تفکیک عناصر مختلف بر اساس ژنز است و قسمت Principal Component و روش چرخش Varimax و تعداد کلاس‌های مختلف با سطح اعتماد ۸۵ درصد مد نظر قرار گرفته است. در این تحلیل، عنصری که با هم ضریب هم‌بستگی زیادی دارند در یک منشأ قرار گرفته‌اند (شکل ۹). همچنین با توجه به تعداد زیاد متغیرها (عناصر)، از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۲ (PCA) نیز برای تقلیل ابعاد و محدود کردن متغیرهای هم‌بسته استفاده شده است. بر اساس تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی عناصر Cu, Li, Nb, Ni, Th, V, Zn در فاکتور یک قرار می‌گیرند. فاکتور یک نشان‌دهنده منشأ آواری برای عناصر موجود در

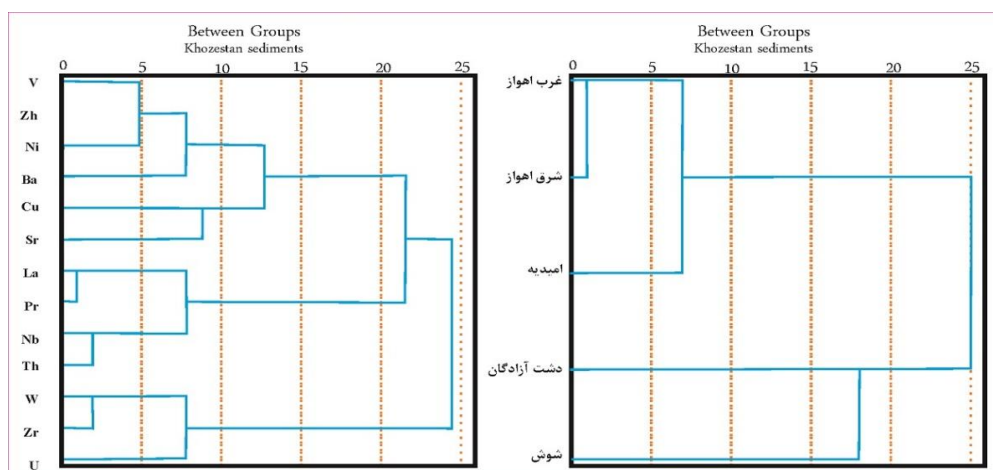
1. Between Groups

2. Principle Component Analysis

رسوبات است که از فرسایش سازندهای مختلف یا رسوبات رودخانه‌ای تأمین و به وسیله باد حمل شده‌اند [۱۸]، وجود رودخانه‌های مختلف در مسیر حمل و منشأ می‌تواند منشأ تأمین‌کننده عناصر مذکور باشد. وجود کانی‌های فلدسپار و اپیدوت در ناحیه سنگ منشأ باعث تهی‌شدگی عنصر Eu و غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی می‌شود. دلیل این امر نیز غالب بودن کربنات‌ها و سنگ‌های آهکی نسبت به سنگ‌های سیلیسی کلاستیک در زاگرس است. هم‌بستگی زیاد عناصر La, Pr در گروه دوم ناشی از این عامل است عناصر Zr, Ba, U, Sr در عامل سه قرار گرفته‌اند، میزان زیاد این عناصر و هم‌بستگی شان احتمالاً تحت تأثیر رسوبات تبخیری و میزان زیاد شوری در منطقه تحت تأثیر تبخیر زیاد و خاصیت مویینه‌گی است. هم‌چنین با توجه به ایجاد شاخه مجزا در نمودار تجزیه خوشه‌ای برای Zr, W, U احتمال وجود برخی آلودگی‌های نفتی نیز وجود دارد (جدول ۷).

جدول ۶. ضریب هم‌بستگی میان عناصر موجود در رسوبات ماسه بادی دشت خوزستان

| Case | Ba | Cu | La | Nb | Ni | Pr | Sr | Th | U | V | W | Zn | Zr |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Ba | ۱/۰۰۰ | -۰/۳۸۰ | -۰/۰۱۶ | -۰/۰۳۲ | ۰/۲۸۰ | ۰/۲۵۱ | ۰/۴۸۳ | -۰/۳۲۷ | ۰/۱۷۰ | ۰/۵۵۰ | -۰/۴۰۴ | ۰/۸۱۰ | ۰/۱۱۱ |
| Cu | -۰/۳۸۰ | ۱/۰۰۰ | -۰/۰۹۰ | -۰/۲۸۳ | ۰/۶۸۷ | -۰/۸۸۳ | ۰/۵۱۸ | -۰/۳۳۲ | -۰/۳۳۹ | ۰/۰۹۵ | ۱/۰/۲۱۸ | -۰/۰۸۴ | -۰/۳۹۶ |
| La | -۰/۰۱۶ | -۰/۰۹۰ | ۱/۰۰۰ | ۰/۴۶۷ | -۰/۸۰۸ | ۰/۸۹۲ | -۰/۸۳۶ | ۰/۳۹۱ | ۰/۳۱۴ | -۰/۲۸۲ | ۰/۲۸۰ | -۰/۱۹۴ | ۰/۲۴۵ |
| Nb | -۰/۰۳۲ | -۰/۲۸۳ | ۰/۴۶۷ | ۱/۰۰۰ | ۰/۰۷۱ | ۰/۶۸۷ | -۰/۶۲۵ | ۰/۸۵۶ | -۰/۲۹۱ | ۰/۴۵۵ | -۰/۶۳۱ | ۰/۳۶۱ | -۰/۷۳۶ |
| Ni | ۰/۲۸۰ | ۰/۶۸۷ | -۰/۸۰۸ | ۰/۰۷۱ | ۱/۰۰۰ | -۰/۴۷۰ | ۰/۶۸۵ | ۰/۱۳۱ | -۰/۵۴۱ | ۰/۷۶۵ | -۰/۷۸۵ | ۰/۶۶۴ | -۰/۶۷۰ |
| Pr | ۰/۲۵۱ | ۰/۸۸۳ | ۰/۸۹۲ | ۰/۶۸۷ | -۰/۴۷۰ | ۱/۰۰۰ | -۰/۶۷۷ | ۰/۶۰۹ | ۰/۰۲۴ | ۰/۱۸۱ | -۰/۱۳۵ | ۰/۲۳۹ | -۰/۰۶۸ |
| Sr | ۰/۴۸۳ | ۰/۵۱۸ | -۰/۸۳۶ | -۰/۶۲۵ | ۰/۶۸۵ | -۰/۶۷۷ | ۱/۰۰۰ | -۰/۴۳۱ | -۰/۱۵۸ | ۰/۳۷۲ | -۰/۲۰۵ | ۰/۴۲۷ | ۰/۰۷۹ |
| Th | ۰/۳۲۷ | -۰/۳۳۲ | ۰/۳۹۱ | ۰/۸۵۶ | ۰/۱۳۱ | ۰/۶۰۹ | -۰/۴۱۳ | ۱/۰۰۰ | ۰/۱۰۱ | ۰/۴۴۴ | -۰/۱۶۸۶ | ۰/۵۴۴ | -۰/۵۷۱ |
| U | ۰/۱۷۰ | -۰/۳۳۹ | ۰/۳۱۴ | -۰/۲۹۱ | -۰/۵۴۱ | ۰/۰۲۴ | -۰/۱۵۸ | ۰/۱۰۱ | ۱/۰۰۰ | -۰/۶۴۵ | ۰/۴۶۸ | -۰/۳۰۹ | ۰/۶۳۹ |
| V | ۰/۵۵۰ | ۰/۰۹۵ | -۰/۲۸۲ | ۰/۴۵۵ | ۰/۷۶۵ | ۰/۱۸۱ | ۰/۳۷۲ | ۰/۴۴۴ | -۰/۶۴۵ | ۱/۰۰۰ | -۰/۰۹۰ | ۰/۹۲۲ | -۰/۶۹۴ |
| W | -۰/۴۰۴ | -۰/۲۱۸ | ۰/۲۸۰ | -۰/۶۳۱ | -۰/۷۸۵ | -۰/۱۳۵ | -۰/۲۰۵ | -۰/۶۸۶۸ | ۰/۴۶۸ | -۰/۹۰۱ | ۱/۰۰۰ | -۰/۸۴۷ | ۰/۸۶۱ |
| Zn | ۰/۸۱۰ | -۰/۰۸۴ | -۰/۱۹۴ | ۰/۳۶۱ | ۰/۶۶۴ | ۰/۲۳۹ | ۰/۴۲۷ | ۰/۵۴۴ | -۰/۳۰۹ | ۰/۹۲۲ | -۰/۸۴۷ | ۱/۰۰۰ | -۰/۴۸۱ |
| Zr | ۰/۱۱۱ | -۰/۳۹۶ | ۰/۲۴۵ | -۰/۷۳۶ | -۰/۶۷۰ | -۰/۰۶۸ | ۰/۰۷۹ | -۰/۵۷۱ | ۰/۶۳۹ | -۰/۶۹۴ | ۰/۸۶۱ | -۰/۴۸۱ | ۱/۰۰۰ |



شکل ۹. تجزیه خوشه‌ای، راست: ارتباط مناطق مختلف توده‌های ماسه‌ای، چپ: ارتباط عناصر با یکدیگر

جدول ۷. تجزیه فاکتوری و تعداد فاکتورهای مؤثر در توزیع عناصر موجود در رسوبات سطحی خوزستان

| | Component Matrix ^a | | |
|-----------|-------------------------------|--------|--------|
| | Component | | |
| | ۱ | ۲ | ۳ |
| Ba | ۰/۵۰۴ | ۰/۰۶۰ | ۰/۸۶۱ |
| Cu | ۰/۰۳۵ | -۰/۸۸۶ | -۰/۴۱۰ |
| La | -۰/۱۴۴ | ۰/۹۸۹ | ۰/۰۰۳ |
| Li | ۰/۹۰۳ | ۰/۳۷۸ | ۰/۱۹۵ |
| Nb | ۰/۶۵۸ | ۰/۵۸۳ | -۰/۴۶۷ |
| Ni | ۰/۶۹۸ | -۰/۷۱۰ | -۰/۰۳۸ |
| Pr | ۰/۲۹۹ | ۰/۹۲۶ | ۰/۰۶۳ |
| Sr | ۰/۱۶۷ | -۰/۸۳۴ | ۰/۵۲۳ |
| Th | ۰/۶۹۰ | ۰/۵۵۱ | -۰/۰۸۳ |
| U | -۰/۵۰۴ | ۰/۳۲۰ | ۰/۴۴۱ |
| V | ۰/۹۵۱ | -۰/۱۷۴ | ۰/۱۰۴ |
| W | -۰/۹۷۴ | ۰/۱۲۴ | ۰/۰۹۹ |
| Zn | ۰/۹۰۶ | -۰/۰۶۷ | ۰/۴۱۶ |
| Zr | -۰/۷۹۴ | ۰/۱۲۱ | ۰/۵۸۹ |

Principal Component Analysis
a. 2 components extracted

پژوهش‌های ژئوشیمی مکمل مناسبی برای بررسی‌های منشأ ذرات آواری است [۴۴]. در این راستا بررسی‌های ژئوشیمی رسوبی عناصر سنگین و عناصر نادر خاکی به دلیل نامحلول بودن و قابلیت شناسایی در غلظت‌های بسیار کم در رسوبات حمل شده و آب دریا و رودخانه، برای تعیین خاستگاه رسوبات آواری و میزان آلودگی مهم هستند [۱۴] و مشخصات شیمیایی خاستگاه را نشان می‌دهند [۳۳]. نسبت‌های La/Lu و Eu/Sm ، Th/Co ، Th/Sc ، La/Sc نیز شاخص‌های بسیار خوبی برای تعیین خاستگاه رسوبات هستند. عناصر نادر خاکی و Th در فرایندهای سطحی دارای رفتار مشابهی هستند و همچنین مقدار میانگین نسبت La/Th در رسوبات دانه‌ریز برآوردی از ترکیب پوسته قاره‌ای بالای (UCC) است [۲۸]. میانگین نسبت La/Th برای نمونه‌های برداشت شده از دشت خوزستان ۲/۵۲ است مقدار بیشینه ۴/۸۶ و کمینه ۲/۱۶ است که به مقدار UCC نزدیک و نشان‌دهنده خاستگاه رسوبی در ناحیه منشأ است [۱۳]. از تغییرات U/Pb در مقابل Th/Pb به‌طور گسترده‌ای برای ردیابی منشأ رسوبات استفاده می‌شود. U دارای رفتار ژئوشیمیایی متفاوتی در سطح زمین است. Th به‌شدت غیرقابل حل است، در حالی که در شرایط احیایی سیالیت U دال بر محیط هوازدگی است، که منجر به شستشو و تفریق U از زون‌های دگرسانی و افزایش نسبت Th/U در مواد باقی‌مانده می‌شود. میانگین این نسبت در نمونه‌ها ۰/۱ است. الگوی یک‌سان عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی به‌همراه تهی‌شدگی عناصر Th ، V ، Nb و همچنین غنی‌شدگی از Rb ، Sr و Mn مبین تشکیل و خاستگاه رسوبی و نزدیک به سطح سنگ‌های مادر رسوبات و به‌عبارتی هم‌منشأ بودن تمام ذرات با ابعاد مختلف است [۱۴] (شکل ۹).

خاستگاه رسوبات بادی

ترکیب سنگ‌های رسوبی آواری متأثر از فرآیندهای رسوبی، درجه هوازدگی و ویژگی‌های سنگ منشأ است به‌نظر می‌رسد که در پلیستوسن، به‌دلیل تغییرات گسترده اقلیمی و همچنین پیش‌روی و پس‌روی آب دریاها در اثنای فازهای یخچالی و تغییرات سطح اساس رودخانه‌ها، نرخ فرسایش بیش از امروز بوده است و تکاپوهای تکتونیکی بسیار

1. Upper Continental Crust Composition

فعال بوده‌اند. پایین رفتن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها در دوره‌های یخچالی، رژیم آبی رودخانه‌ها را تغییر داده و در بخش انتهایی رودخانه‌ها، فرسایش بستر، فرایند غالب بوده است. در مقابل، در دوره‌های بین یخچالی، سطح آب‌های آزاد افزایش یافته و برای این که رودخانه بستر خود را هم‌سان با سطح آب‌های آزاد نگه دارد، مجبور به رسوب‌گذاری شده است. اما برخلاف تصور عمومی، عصر هولوسن با وجود کوتاه بودن (حدود ۱۰۰۰۰ سال) شرایط ثابت و پایداری را از نظر اقلیمی پشت سر نگذاشته است [۵]. نهشته‌های کواترنری در دشت خوزستان از جنس رسوبات رسی-سیلته‌ای، ماسه و گاهی گراولی و رسوبات تبخیری دریایی است. بخش غالب نهشته‌های کواترنر دشت خوزستان دارای منشأ خشکی و بخشی حاصل فعالیت بادهای غالب در منطقه بوده است که منجر به تشکیل رسوبات بادرفتی به شکل تپه‌های ماسه بادی می‌شود. بخش عمده‌تر دیگر حاصل فعالیت‌های رودخانه‌های جاری، تالاب‌ها و دریاچه‌های فصلی در دشت خوزستان، دشت‌های غربی و شمال‌غربی این استان، متأثر از فرایندهای رسوب‌گذاری ناشی از جریان‌های آبی هستند. این نهشته‌ها در قسمت‌های شمالی دشت بیش‌تر دانه‌درشت و به‌سوی جنوب و محدوده‌های ساحلی خلیج فارس دانه‌ریزتر است که به اندازه رس و سیلت تبدیل می‌شود [۲۰]. ارتفاعاتی که تأثیرگذار در جهت باد غالب در منطقه از سازند آغاچاری همراه با رخنمون‌هایی از سازندهای بختیاری و گچساران تشکیل شده‌اند که بسیار فرسایش‌پذیر هستند و میزان تخریب در آن‌ها نسبتاً زیاد است. این سازندها که در حوضه آبریز رودخانه‌های مهم و پرآبی چون کارون و زهره با وسعت چشم‌گیر گسترش دارند. از طرفی سست بودن تیپ غالب سنگ‌های تشکیل دهنده این واحدها مواد ریزدانه‌تری را ایجاد می‌کند. مواد مذکور با توجه به راستای باد غالب منطقه، به‌سوی جنوب شرق حمل شده و منشأ اصلی توده‌های ماسه‌ای بررسی شده را تشکیل می‌دهند. جابه‌جایی این توده‌های ماسه‌ای در تغییر مسیر و تکامل آبراهه‌های اصلی رودخانه‌ها به‌ویژه رود کرخه تأثیرگذار بوده است. زیرا بسترهای قدیمی رودخانه کرخه در حد فاصل توده‌های ماسه‌ای و راستای جابه‌جایی بستر رود کرخه درست در جهت جابه‌جایی توده‌های ماسه‌ای است. محصور بودن بخشی از ماسه‌ها در حلقه‌های مئاندری شاهدهی بر این مسئله‌اند. بخش عمده توده‌های ماسه‌ای استقرار یافته در حد فاصل دو انشعاب رود کرخه از ماسه‌های با منشأ رودخانه‌ای هستند و یا نتیجه تغییر مسیرهای رود کرخه در گذشته است.

نتیجه‌گیری

پهنه‌های ماسه‌ای در استان خوزستان به‌موازات کوه‌های زاگرس به‌صورت شمال غرب- جنوب شرق گسترده شده‌اند. این امتداد خطی نتیجه وزش بادهای غالب در منطقه است که تحت تأثیر مورفولوژی دره‌ها و ارتفاعات حاشیه زاگرس به‌صورت تجزیه شده عمل کرده و بادهای غالب منطقه را ایجاد می‌کند. مسیر بادهای غالب منطقه در آمار ماهانه دوره ده ساله این نتیجه را تأیید می‌کند. برای پنج محدوده ماسه بادی موجود در دشت خوزستان، نتایج رسوب‌شناسی نشان‌دهنده غالب بودن میزان ماسه در نمونه‌های برداشت شده است که دارای میانگین جورشدگی متوسط، کج شدگی به‌سمت ذرات ریز و کشیدگی متوسط که نشان از تأمین رسوبات از طریق فرآیند بادی است. فرایندهای آبی نیز در حمل رسوبات از ارتفاعات به‌سمت دشت، تأثیر عمده داشته‌اند. بر اساس تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی عناصر Cu, Li, Nb, Ni, Th, V, Zn با منشأ آواری است که از فرسایش سازندهای مختلف یا رسوبات رودخانه‌ای تأمین و به‌وسیله باد حمل شده‌اند. به‌دلیل غالب بودن کربنات‌ها و سنگ‌های آهکی نسبت به سنگ‌های سیلیسی کلاستیک در زاگرس کانی‌های فلدسپار و اپیدوت در ناحیه منشأ باعث غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی شده است. عناصر Zr, Ba, U, Sr با هم‌بستگی زیاد تحت تأثیر رسوبات تبخیری و میزان زیاد شوری و هم‌چنین با توجه

به ایجاد شاخه مجزا در نمودار تجزیه خوشه‌ای برای Zr, W, U احتمال وجود برخی آلودگی‌های نفتی نشان می‌دهند. طبق تجزیه خوشه‌ای انجام گرفته برای مناطق ماسه‌ای مختلف، پهنه‌های ماسه‌ای دشت آزادگان و شوش دارای ژنر یا منشأ یکسان است هم‌چنین این نمودار نشان می‌دهد که پهنه‌های ماسه‌ای غرب و شرق اهواز و امیدیه ارتباط عنصری بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند که وجود منشأ یکسان را برای این پهنه‌ها تقویت می‌کند. از جمله سازندهای تأمین‌کننده رسوبات ماسه‌ای دشت خوزستان، سازندهای آجاجاری و بختیاری با رخساره‌های غالب ماسه سنگی و کنگلومرای هستند. این سازندها در حوضه آبریز رودخانه‌ی کارون، جراحی و زهره رخنمون گسترده‌ای دارند.

منابع

۱. اختصاصی م. ر.، "منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه دشت یزد- اردکان"، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، چاپ اول، تهران، شماره ۱۴۵ (۱۳۷۵).
۲. اختصاصی م. ر.، دادفر ص.، "بررسی رابطه تذبادهای سواحل جنوبی ایران با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای". پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴، سال چهل و پنجم (۱۳۹۲) ۶۱-۷۲.
۳. اسمعیلی ب.، الماسیان م.، آقابراهیمی سامانی ب.، امیری سامانی ع.، "سن یابی لرزه‌خیزی گسل اهواز و جاب هجایی مسیر رودخانه کارون با استفاده از ترمولومینسانس و مطالعات ژئوتکنیک و شناسایی گسل‌های نوشناخته در پروژه قطار شهری اهواز". مجله علوم زمین، شماره ۹۴، سال بیست و چهارم (۱۳۹۳) ۶۹-۷۸.
۴. انصاری م. ح.، روشندل م. ر.، رشنو ح.، "طرح تثبیت ماسه و بیابان‌زدایی منطقه غرب کرخه"، سازمان جنگل‌ها و مراتع استان خوزستان (۱۳۷۴).
۵. تقی‌زاده ع.، "بررسی ژئومورفولوژی سواحل شمالی خلیج فارس در کواترنر (اروند تا بوشهر)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان (۱۳۸۸) ۱۳۲.
۶. تقی‌زاده زانوقی م.، "ژئومورفولوژی و منشأ ماسه‌های بادی در شمال غرب بهرمان (استان کرمان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران (۱۳۸۸).
۷. چرخایی ا. ح.، تن‌ها م.، لامعی م.، "ارزیابی توزیع مکانی جیوه کل در دشت رسوبی خوزستان با استفاده از زمین‌آمار در محیط GIS. همایش خاک"، محیط زیست و توسعه پایدار، کرج، ایران (۱۳۸۵).
۸. حسنی پاک ع. ا.، شرف‌الدین م.، "تحلیل داده‌های اکتشافی"، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۸۰) ۹۹۱.
۹. داوودی ا.، لک ر.، "شناسایی منبع اقتصادی تیتانیوم و تعیین منشأ آن در رسوبات ساحلی منطقه لاریم و فرح آباد (استان مازندران)"، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، سال هشتم (۱۳۹۱) ۲۲۵-۲۳۲.
۱۰. درویشی‌خاتونی ج.، "منشأ و ترکیب ریزگردهای استان خوزستان با استفاده از ژئوشیمی رسوبی و تصاویر ماهواره‌ای"، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۹۲) ۱۱۵.
۱۱. درویشی‌خاتونی ج.، لک ر.، معینی م.، محمدی ع.، اژدری ع.، "رسوب‌شناسی رسوبات بادی و پتانسیل ایجاد و مهار گرد و غبار در استان خوزستان"، همایش تخصصی ریزگرد، پیش، اثرات و راهکارهای مقابله با آن، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران (۱۳۹۲).
۱۲. ذهاب س.، "بررسی نقل و انتقال ماسه بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های باد در ایستگاه کرمان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران (۱۳۸۸).
۱۳. زراسوندی ع.، مر ف.، نظریور ا.، "ترکیب کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده پدیده گرد و غبار در استان خوزستان با تکیه بر آنالیزهای و تصاویر XRD"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۳، سال نوزدهم (۱۳۹۰) ۵۱۸-۵۱۱.

۱۴. زراسوندی ع.، "ترکیب و منشأ زمین شیمیائی طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان با استفاده از زمین شیمی عناصر نادر خاکی (REE): تاکید بر شاخص‌های زمین زیست محیطی"، همایش تخصصی ریزگرد، پایش، اثرات و راهکارهای مقابله با آن. سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران (۱۳۹۲).
۱۵. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، "گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ تلخاب (۱)"، (۱۳۸۴) ۳۹.
۱۶. علائی طالقانی م.، "ژئومورفولوژی ایران"، نشر قومس (۱۳۸۴) ۳۵۱.
۱۷. کریمی خ.، طاهری شهرئینی ح.، حبیبی نوخندان م.، حافظی مقدس ن.، "شناسایی خاستگاه تولید توفان‌های گرد و غبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور"، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره هفتم و هشتم، سال دوم (۱۳۹۰) ۷۲-۵۷.
۱۸. محمدی ع.، "رسوب‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های پلائیای جازموریان"، فصل‌نامه خشکیوم، شماره ۱، سال اول (۱۳۸۹) ۱-۱۲.
۱۹. محمودی ف.، "پراکندگی جغرافیایی ریگزارهای مهم ایران"، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع (۱۳۸۱) ۱۸۷.
۲۰. مرادی هرسینی ک.، "بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی نهشته‌های محیط‌های رسوبی عهد حاضر در جنوب دشت خوزستان"، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۸۵) ۳۶۲.
۲۱. میسون ب.، مر. ک. ب "اصول ژئوشیمی"، ترجمه: مر. ف.، شرفی، ع. ا.، انتشارات دانشگاه شیراز (۱۳۸۳) ۱۹۷.
۲۲. یمانی م.، "گزارش طرح پژوهشی ارتباط قطر ذرات ماسه و سرعت آستانه باد"، دانشگاه تهران، مؤسسه جغرافیا (۱۳۷۸).
۲۳. یمانی م.، کرمی ف.، "فرایندهای غالب در تشکیل و تحول مورفولوژی توده‌های ماسه‌ای جلگه خوزستان (مطالعه موردی: ریگ شمال اهواز)"، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره دوم (۱۳۸۹) ۲۵-۴۲.
24. Alagarsamy R., Zhang J. "Geochemical characterization of major and trace elements in the coastal sediments of India, Environmental Monitoring Assessment", Vol. 161(2010)161-176.
25. Al Ghadban A. N., El Sammak A., "Sources, distribution and composition of the suspended sediments, Kuwait Bay", Northern Arabian Gulf. Journal of Arid Environments, 60 (2005) 647-661.
26. Alther G. A., "A simplified statistical sequence applied to routine water quality analysis", a case history, Journal of Ground Water, Vol. 17 (6) (1979) 556-561.
27. Folk R. L., "Petrology of Sedimentary Rocks", Hemphill Publ, Co, Austin, TX (1974) 182.
28. Gallet S., Jahn B., Lano B., Van V., Dia A., Rossello E., "Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust", Earth Planet Science. 156 (1998) 157-172.
29. Goudie A. S., "The history and nature of wind erosion in deserts", Annu. Rev. Earth Planet, Journal of Science, 36 (2008) 97-119.
30. Goudie A., Warren A., Jones D. K. C., Cook R., "The character and possible origins of the Aeolian sediment of the Wahiba sand sea", Oman, Geographical Journal, Vol.153 (1987) 231-56.
31. Ibhaddon A. O., Wright P., Daniels R., "Trace metal speciation and contamination in an intertidal estuary", Environmental Monitoring, 6 (2004) 679-683.

32. Marx S. K., Kamber B. S., MCGowan H. A., Denholm J., "Detailed history of Holocene climate variability in Australia from dust records in peat cores", Goldschmidt conference abstracts (2009).
33. McLennan S. M., "Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes", In *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*, 21(1989) 169-200.
34. Merriam R., "Source of sand dunes of Southern California & North Western Sonora", Mexico. *Geological society of America bulletin*, Vol. 80 (1969) 531-3.
35. Natsagdori L. D., Judjer Y., Schang S., "Analysis of dust storm observed", Mongolia during 1937-1999 (2002) 12.
36. Perera F. P., Jedrychowski W., Rauh V., Whyatt R. M., "Molecular epidemiologic research on the effect of environmental pollutants on the fetus", *Journal of Environmental Health Perspective*, 107 (1999) 451-460.
37. Potts P. J., "A Handbook of Silicate rock analysis", Blackie and Son Ltd (1987) 549.
38. Prins M. A., Postma G., Weltje G. J., "Controls on terrigenous sediment supply to the Arabian Sea during the late Quaternary: the Makran continental slope", *Journal of Marine Geology*, 169 (2000) 351-371.
39. Rudnick R. L., Gao, S., "Composition of the continental crust", In *The Crust*, vol. 3 (ed. R. L. Rudnick), Elsevier (2003) 1-64.
40. Siiro P., Rasanen M., Gingras M., Harris C., Irion G., Pemberton G., Ranzi A., "Application of Laser diffraction grain-size analysis to reveal depositional processes in tidally influenced systems", *Fluvial Sedimentology VII*, Special Publication Number 35 of the International Association of Sedimentologists, Vol. (2005) 159-180.
41. Taylor S. R., McLennan S. M., "The Continental Crust: Its Composition and Evolution", Blackwell, Oxford (1985) 312.
42. Taylor S. R., McLennan S. M., "The geochemical evolution of the continental crust", *Journal of Geophysics*, 33 (1995) 241-265.
43. Toker M. E., "Techniques in sedimentology", Blackwells, Oxford (1988) 394.
44. Wedepohl K. H., "The composition of the continental crust", *Geochim Cosmochim Acta* 59 (1995) 1217-1232.
45. Zhu B., William S. F., Rowley David B., Currie, Brian S., Shafique N., "Age of initiation of the Indiana-Asia collision in the east-central Himalaya", *Journal of Geology*, 113 (2005) 265-285.