رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی رسوبات دشت خوزستان با نگرش بر پتانسیل ایجاد ریزگرد

جواد درویشی خاتونی

مرکز زمین‌شناسی و اکتشافی آبادان، سازمان زمین‌شناسی کشور

نویسنده مسئول: Javaddarvishi2007@yahoo.com*

دریافت: ۹۴/۷/۱۰ پذیرش: ۹۵/۲/۱۴

چکیده

دشت خوزستان در جنوب باختری ایران حدود ۳/۹ درصد از مساحت کشور را در برگرفته است. این منطقه عمدتا بوسیله رسوبات کواترنری با ضخامتی بیش از ۳۰۰ متر در برخی نواحی، پوشیده شده است. مطالعات رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی در رسوبات کانون‌های تولید کننده گردوغبار، علاوه بر تعیین شاخص‌های ژئوشیمیایی به منظور تعیین منشا احتمالی ذرات، بررسی خصوصیات زمین زیست‌محیطی عناصر موجود در این ذرات و نقش آن‌ها در آلودگی محیط زیست نیز حائز اهمیت است. در این مطالعه، بر اساس روش‌های استاندارد نمونه‌برداری برای مطالعات گردو غبار، ۷۱ نمونه رسوب سطحی از کانون‌های مستعد تولید کننده گرد و غبار در دشت خوزستان برداشت گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی کشور مورد آنالیزهای دانه‌بندی و عنصری قرار گرفت. بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان‌دهنده این است که اندازه رسوبات در حد گل، گل ماسه‌ای و ماسه گلی در برخی نقاط با کمی گراول می‌باشد که غالبا دارای منشا رودخانه‌ای می‌باشد که تحت تاثیر فرآیندهای بادی نیز قرار گرفته‌اند. با توجه به نقشه‌های پراکنش درصد سیلت و رس مناطق دارای پتانسیل ایجاد ریزگرد قابل شناسایی هستند. بر اساس مطالعات زمین‌شیمی، سه منشأ اصلی برای عناصر موجود در رسوبات دشت خوزستان می‌توان در نظر گرفت: عناصر As, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Er, Ga, Gd, Ge, Hf, La, Li, Mn, Nb, Nd, Ni, P, Pr, Rb, Sc, Sm, Sn, Ta, Th, Ti, Tm, U, V, Y, Yb, Zn, Zr با منشا آواری، عناصر Ag, B, S, Sr با با منشا شیمیایی و بیوشیمیایی (تبخیری) و برخی نقاط آلودگی‌های برجای مانده از جنگ تحمیلی و عناصر Ba, Pb, Dy, Tl, Mo تحت تاثیر آلودگی‌های شیمیایی و تاسیسات نفتی (آلی). نتایج آنالیز فاکتوری نیز تائیدی بر نتایج آنالیز خوشه‌ای می‌باشد. نتیجه تغییرات عناصر نادر و نسبت آن‌ها، خاستگاه رسوبی و نزدیک به سطح را، برای سنگ یا رسوبات مادر نمونه‌های دشت خوزستان تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: دشت خوزستان، رسوب‌شناسی، زمین‌شیمی رسوبات، خاستگاه رسوبی، کانون ریزگرد

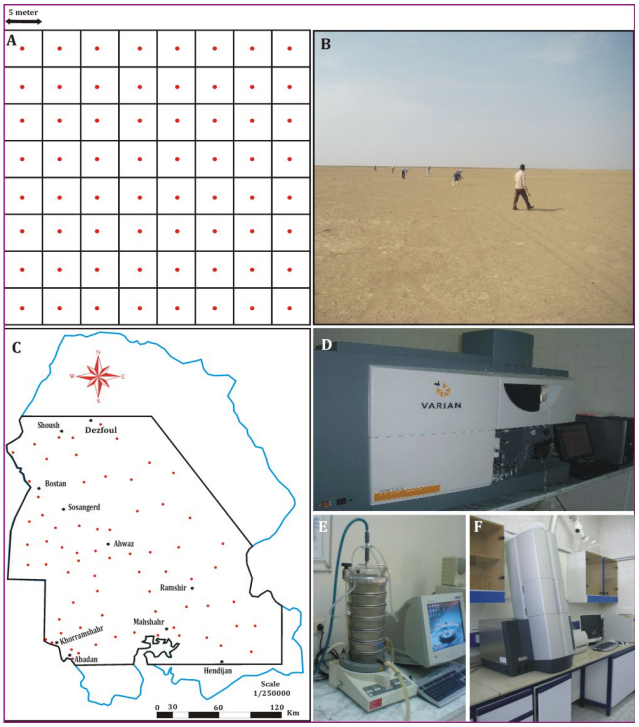
۱- مقدمه

استان خوزستان با وسعت ۶۷۱۳۰ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران واقع شده و به عنوان یکی از کانون‌های جمعیتی مهم کشور مطرح است. این استان از شمال با استان لرستان، از شرق با استان‌های اصفهان، کهکیلویه 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 خلیج‌فارس 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 [۱۴] که کوهپایه‌ها و دامنه‌ها بر دشت‌های شمالی مشرف هستند. از این رو، شیب عمومی جلگه‌ی خوزستان در جهت شمال به جنوب بوده و به دلیل هموار بودن اراضی، ملایم است. به طوری که حداکثر ارتفاعات در دشت‌های شمالی استان به ۱۵۰ متر و حداقل آن در کرانه‌ی خلیج فارس به صفر می‌رسد. هر چند که حوضهٔ زاگرس، در خلال پلیوسن بالایی با تأثیر فاز کوهزایی آلپین پسین چین‌خورده است ولی جلگه خوزستان، به دلیل ثابت بودن پی سنگ آن، چین خوردگی کمی پیدا کرده و به صورت منطقهٔ فروافتاده‌ای در آمده است. این جلگه میراث مواد حاصل از فرسایش و آبرفت‌های دوران کواترنری حاصل از کوه‌ها و رودخانه‌هایی است که در شمال و شمال‌غرب استان گسترش دارند [۱۸]. بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی، مطالعات سطحی و زیر سطحی انجام شده در منطقه می‌توان با اطمینان گفت که منطقه مورد نظر روی رسوبات آبرفتی جوان عهد حاضر [۱۴] متشکل از رسوبات ریزدانه رسی و سیلتی و متوسط دانه ماسه‌ای قرار گرفته است [۲]. ضخامت این رسوبات از شمال به جنوب و بسمت سواحل خلیج فارس بتدریج زیاد می‌شود.

دشت خوزستان یکی از کانون‌های اصلی ایجاد غبار در کشور می‌باشد [۸] که موجب بروز عوارض نامطلوب بهداشتی، زیست‌محیطی و اقتصادی گردیده است. این دشت از لحاظ بیابان‌زائی و فرسایش بادی از حادترین نقاط کشور است و فرسایش بادی و تولید غبار از فرسایش‌های غالب و فعال منطقه می‌باشد. تعدد شهرها و جمعیت زیاد، وجود بخش قابل‌توجهی از تاسیسات مهم و بخش‌های راهبردی کشور اعم مناطق عظیم نفتی و بندری در استان خوزستان، جهت جلوگیری از خسارات گسترده زیستی، اقتصادی، اجتماعی و قبل از انجام هرگونه اقدام اجرائی، لزوم بررسی‌های دقیق رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی در رسوبات منشا (دشت خوزستان) و کمی‌سازی این فرایند اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. از پژوهش‌های مشابهی که در این زمینه انجام شده است می‌توان به مطالعات پرینس و همکاران در حوزه خلیج‌فارس و سواحل مکران و بستر دریای عمان [۳۷]، نهرست گری و همکاران در مغولستان [۳۴]، گودی شمال افریقا (صحرا) [۲۸]، مارکس در استرالیا [۳۱]، اختصاصی و دادفر در سواحل جنوبی ایران [۱]، محمدی مطالعات رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی دشت سیستان و هامون‌های صابری و هلمند بعنوان منشاء مهم رسوبات بادی در شرق ایران و رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی پلایای جازموریان بعنوان منبع مهم تولید رسوبات بادی در جنوب شرق کشور [۱۷]، اشاره کرد.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های رسوب برداشت شده از 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 می دهد (شکل۱- A، B). بدین صورت 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 می‌نماید. پس از اتمام نمونه‌برداری تمام نمونه‌ها در داخل لگن ریخته می‌شود سپس ذرات درشت جدا شده و مخلوط می‌گردد، در نهایت نمونه‌های مخلوط شده به چهار بخش مساوی تقسیم می‌گردد و دو بخش از چهار قسمت مخلوط شده، به عنوان نمونه رسوبی آن نقطه برداشت می‌شود. در این مطالعه ۷۱ نمونه رسوب سطحی جهت مطالعات رسوب-شناسی و ژئوشیمی رسوبی برداشت گردید (شکل ۱- C).



شکل۱. A: شبکه نمونه‌برداری برای هر نمونه از رسوبات سطحی که شامل ۶۴ نقطه می‌باشد، B: نحوه نمونه‌برداری در هر نقطه، C: موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری در دشت خوزستان، D: دستگاه ICP-OES مدل JY70 PLUS جهت انجام آنالیز عنصری، E: الک شیکر مرطوب مدل Analysette 3 جهت انجام دانه‌بندی، F: دستگاه پارتیکل سایزر برای دانه‌بندی ذرات زیر ۶۳ میکرون

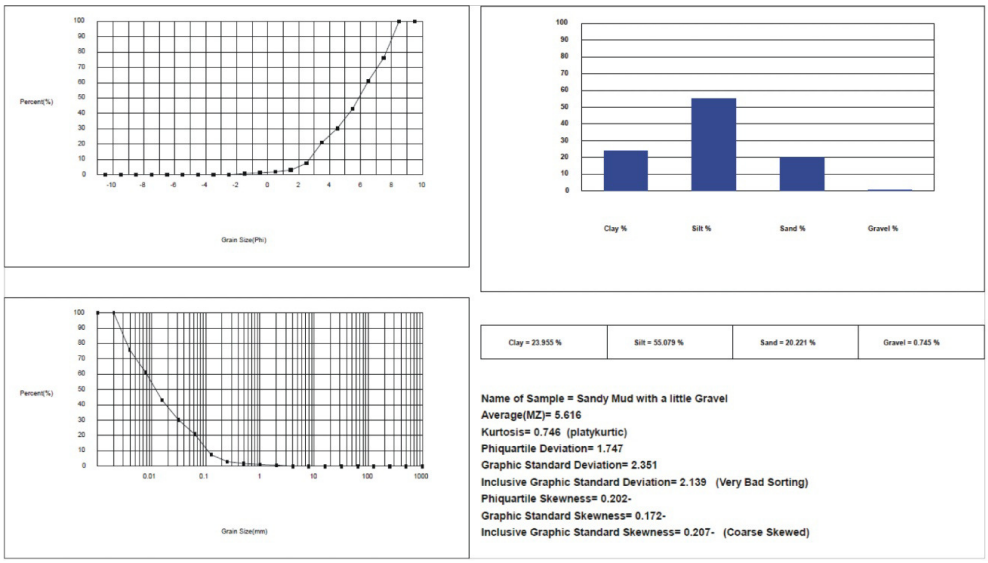
مهم‌ترین آزمایشات انجام گرفته بر روی رسوبات عبارتند از: دانه‌بندی و آنالیز عنصری جهت شناسایی عناصر اصلی و فرعی که در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفت (شکل۱- D، E، F).
به منظور تعیین اندازه ذرات رسوبی، نمونه‌ها در داخل الک شیکر مرطوب مدل Analysette 3 ساخت شرکت Fritsch آلمان (شکل۱- F) قرار گرفته و به روش تر و به مدت متوسط ۳۰ دقیقه اندازه‌های مختلف دانه‌ها از هم جدا گردیدند. این نمونه‌ها پس از خشک شدن، وزن شده [۴۲] و ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون توسط دستگاه دانه‌بندی لیزری[1] مورد آنالیز قرار گرفت [۱۷و۳۹]. جهت آنالیز عنصری از دستگاه ICP-OES مدل JY70 PLUS و ICP Optical Emission Spectrometer مدل Varian 735-ES استفاده شد (شکل۱- D) در این روش به غیر از گازها، تمامی عناصر پایدار جدول تناوبی قابل شناسایی است [۳۶]. حد تشخیص دستگاهی برای دستگاه ICP OES در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه میزان انحراف از شرایط معمول[2] ۵۰ عنصر در نمونه‌های رسوب، توسط دستگاه ICP و ۵ عنصر که توسط ICP قابل شناسایی نبود، توسط دستگاه AAS مورد شناسایی قرار گرفت. برای بررسی دقت آنالیزها ۱۰ نمونه تکراری (حدود۱۰ درصد کل نمونه‌ها) به صورت کاملا تصادفی مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به حد تشخیص دستگاهی، غالب عناصر دارای خطای آزمایشگاهی زیر ۱۰ درصد و عناصر Sb، Mo، U، Y، Bi، Sn و Be زیر ۱۵ درصد می‌باشد.

۳- رسوب‌شناسی

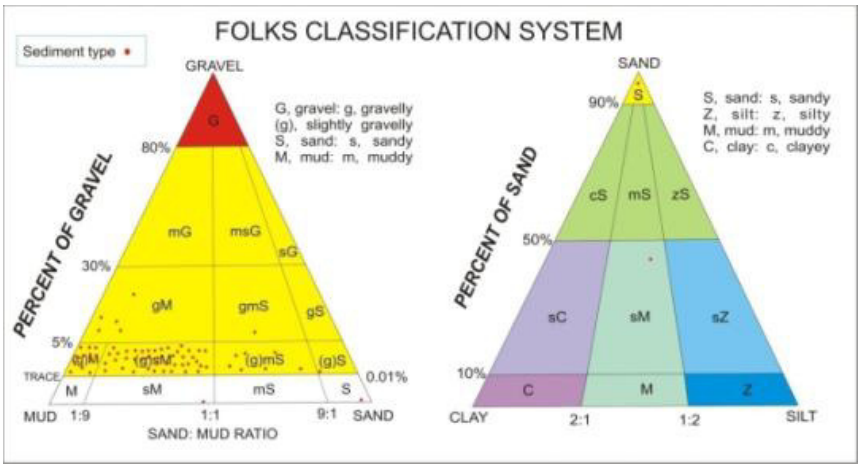
بر اساس نتایج آنالیز دانه‌بندی، نوع رسوبات بر مبنای مثلث‌های نام‌گذاری استاندارد فولک ۱۹۷۴ مشخص گردید [۲۵]. هم‌چنین پارامترهای آماری از قبیل میانگین (MZ)[3]، کشیدگی[4]، کودفی[5]، انحراف‌معیار ترسیمی جامع[6] و کج‌شدگی ترسیمی جامع[7] رسوبات با استفاده از نرم افزار Sediment Size محاسبه شد (شکل ۲).

بر این اساس برای رسوبات دشت خوزستان تیپ‌های رسوبی به ترتیب فراوانی، گل ماسه‌ای با کمی گراول (Slightly gravelly sandy mud)، گل با کمی گراول (Slightly gravelly mud)، ماسه گلی با کمی گراول (Slightly gravelly muddy sand)، گل گراولی (Gravelly sandy mud)، ماسه گلی گراولی (Gravelly muddy sand)، ماسه با کمی گراول (Slightly gravelly sand)، گل ماسه‌ای (Sandy mud) و ماسه (Sand) تعیین گردیدند (شکل ۳).
آنالیز اندازه دانه‌ها را می‌توان برای تشخیص رسوبات در محیط‌ها و رخساره‌های مختلف به کار برد که خود این اطلاعات در مورد فرایندهای رسوب‌گذاری، انرژی محیط رسوبی و نوع جریان در اختیار ما قرار خواهد داد [۲۵]. جورشدگی رسوبات به روش انحراف معیار ترسیمی جامع در محدوده بد تا بسیار بد قرار گرفته است که از سمت شمال به سمت جنوب دشت با توجه به جورشدگی هیدرولیک رسوبات در طول مسیر رودخانه‌ها و نیز عملکرد فرآیندهای بادی در حمل و خروج ذرات دانه ریزتر از رسوبات سطحی دشت خوزستان، جورشدگی افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۲ میانگین جورشدگی نمونه‌ها عدد ۲ (جورشدگی بد) را نشان می‌دهد. میانگین میزان کج‌شدگی در رسوبات دشت خوزستان ۰/۲۵- می‌باشد که دنباله منحنی کج‌شدگی به سمت چپ رسوبات دانه درشت بوده و کج‌شدگی درشت را دارا می‌باشد. با استفاده از فرمول Friedman [۲۶] و میانگین ذرات و انحراف استاندارد نمونه‌ها، محیط‌های رسوب‌گذاری تفکیک شدند که نشان‌دهنده محیط رودخانه‌ای در تشکیل رسوبات است و با توجه به اندازه، میانگین و سایر پارامترهای آماری نشان از یک محیط پرانرژی دارد. در ادامه فرایندهای بادی با فرسایش و انتقال رسوبات دانه‌ریزتر سبب افزایش ذرات دانه درشت در رسوبات شده و منجر به کج‌شدگی به سمت رسوبات درشت در نمودارها می‌گردند. میانگین کشیدگی برای ۷۱ نمونه برداشت شده از دشت ۱/۱ (کشیدگی متوسط) می‌باشد (جدول ۲).

[1] Laser particle Sizer Analysette 22
[2] Anomaly
[3] Average
[4] Kurtosis
[5] Phiquartile Deviation
[6] Inclusive Graphic Standard Deviation
[7] Inclusive Graphic Skewness



شکل ۲. نمونه‌ای از پارامترهای آماری ارائه شده توسط نرم‌افزار Sediment Size



شکل ۳. درصد پراکندگی انواع مختلف تیپ‌های رسوبی در رسوبات سطحی جلگه خوزستان در مثلث‌های نام‌گذاری رسوبات فولک [۲۵]

جدول ۱. حد تشخیص عناصر با روش ICP-OES (ppm)

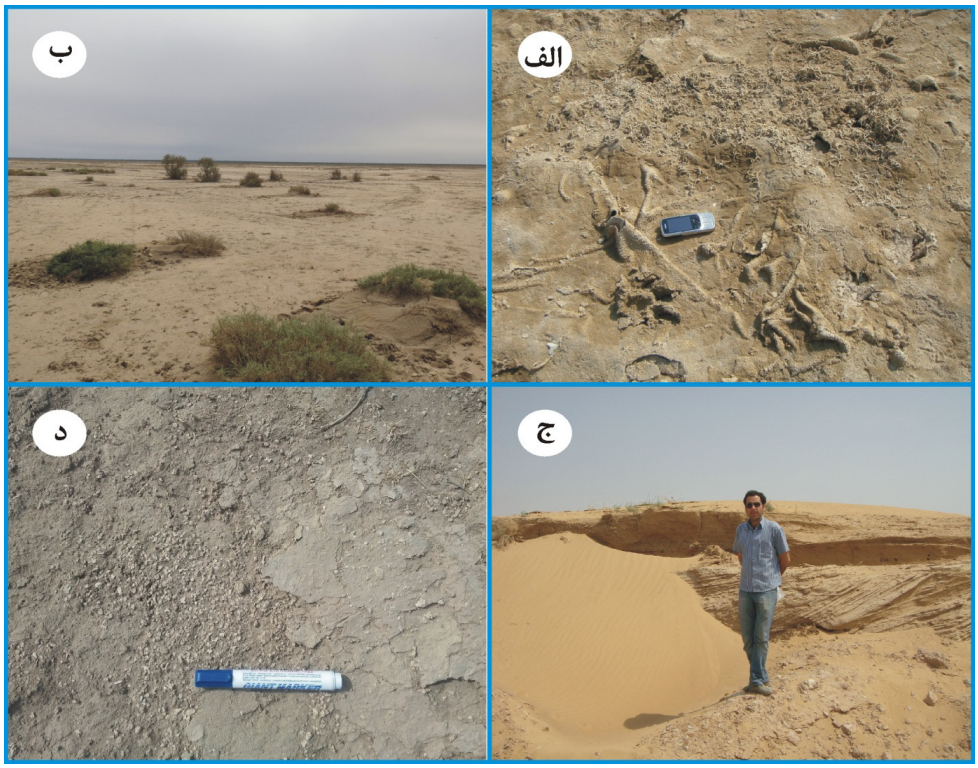
El	D. L	El	D. L	El	D. L
Na	10	Fe	100	Cr	2
Ti	10	Cs	0.5	Ba	0.2
p	10	Sc	0.1	Mg	10
Nb	1	La	10	As	1
Pb	0.5	Ni	1	Mn	5
Te	0.01	Mo	0.3	Co	0.5
Th	1	S	50	Zn	0.5
y	0.2	K	10	Rb	0.1
Tl	0.2	Cd	0.1	Be	0.1
U	1	Sn	1	Ag	0.1
W	1	Sr	0.1	Al	10
Eu	0.1	Ce	0.5	Cu	0.5
Ga	0.3	Yb	0.1	Ca	10
Sm	0.3	Er	0.1	Se	1
Ge	0.1	Nd	0.3	Dy	0.3
		Zr	1	Gd	0.3
		v	2	Li	0.2

جدول ۲. میانگین اندازه ذرات (بافت رسوبات) و پارامترهای آماری برای نمونه‌های دشت خوزستان

کج‌شدگی	جورشدگی	میانه	کشیدگی	میانگین	درصد گراول	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس
-۰/۲۵	۲	۵/۹۷	۱/۱۱	۵/۷۸	۲/۰۱	۲۲/۲۴	۴۳/۷۴	۳۱/۸۳

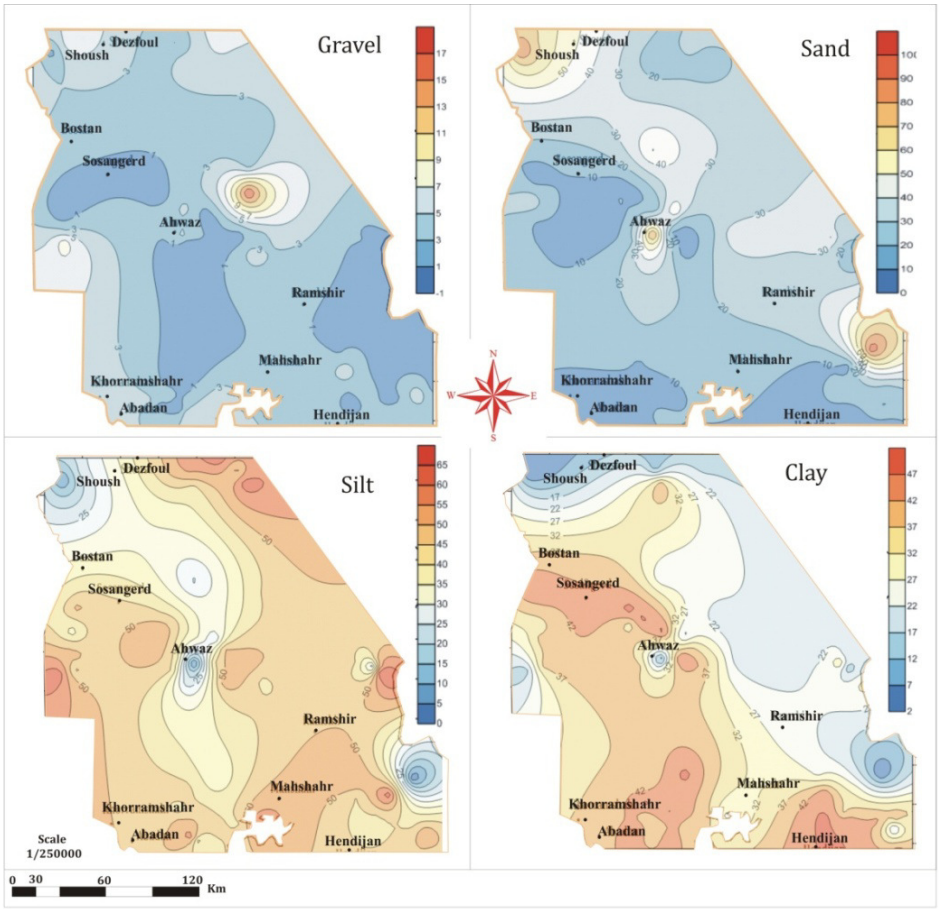
رسوبات با پارامترهای ذکر شده اقدام به توزیع اندازه دانه‌ها در رسوبات به اختصاصات سنگ منشا، فرایندهای هوازدگی، سایش و جورشدگی انتخابی (هیدرولیک) آن‌ها در هنگام حمل و نقل بستگی دارد. وجود رسوبات با جورشدگی بد تا بسیار بد (۳-۱) با کشیدگی میانگین متوسط (Mesokurtic) و کج‌شدگی غالب منفی و فراوانی ذرات دانه درشت در رسوبات شمال دشت نشان از تامین رسوبات از چندین منشا (رودخانه‌های متعدد با منشا مختلف، باد و جزر و مد) با انرژی بالا که مقادیر زیادی ذرات دانه درشت حمل می‌کنند، دارد [۲۲]. مکانیسم رسوب‌گذاری در جورشدگی رسوبات نیز موثر است، رسوباتی که به سرعت ته‌نشین می‌شوند و پس از آن بلافاصله با رسوبات دیگر پوشانده می‌شوند با مراتب دارای جورشدگی بدتر می‌باشند [۳]، این شرایط در دشت خوزستان با ورود جریانات شدید رودخانه‌های متعدد با حجم و انرژی بالا از ارتفاعات زاگرس به دشت و رسوب-گذاری سریع وجود دارد. با حرکت به قسمت‌های جنوبی دشت (آبادان و ماهشهر) با بهتر شدن جورشدگی و مثبت شدن میزان کج‌شدگی و افزایش ذرات دانه ریز همراه است. در بخش جنوبی جلگه نباید سهم رسوبات آواری دانه ریز وارد شده از طریق اروند رود را نادیده گرفت.

به واسطه وجود تالاب‌های متعدد خشک شده در جنوب دشت، ذرات ریز دانه (رس) درصد قابل‌توجهی از رسوبات را به خود اختصاص داده است. با خشکسالی‌های متوالی، ورودی کم آب شیرین و جزرو مد متوسط در خلیج فارس و گسترش محیط‌های سوپراتایدال (بالای جزرومدی) تا محدوده بسیار بزرگی در جنوب جلگه خوزستان ایجاد زمین‌های شور و سابخا مانندی می‌کند حاصل این فرایندها ایجاد ساخت‌های رسوبی Teepee (شبیه چادرهای سرخ‌پوستی) و زمین‌های پف کرده می‌باشد که در ایجاد کانون‌های غبار محلی بسیار موثر است (شکل ۴). بررسی آمار غبارهای رخ داده بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ در ایستگاه اهواز نشان می‌دهد که ۸۴/۲ درصد طوفان‌ها منشا خارجی، ۹/۵ درصد منشا داخلی و ۶/۳ درصد با منشا مشترک می‌باشند [۹].



شکل ۴. رسوبات دشت خوزستان: الف) زمین‌های پف کرده و شور (سوپراتایدال)، دارخوین، ب) پهنه‌های گلی اطراف تالاب شادگان، مراتع در حال تخریب و تجمع ماسه‌های بادی محلی در پناه بوته‌ها و تشکیل نبکا، ج)ماسه‌های بادی با ساخت‌های رسوبی چینه‌بندی 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

با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی (ارتفاع کم و توپوگرافی ملایم، نبود پوشش گیاهی در مناطق جنوبی دشت)، اقلیمی (خشک و بیابانی بودن منطقه و وجود سیستم بادهای قوی در منطقه) و نیز ویژگی‌های رسوب‌شناسی (دانه ریز بودن ذرات که عمدتاً در حد سیلت ریز تا رس، سست و منفصل بودن ذرات، وجود شبکه گسترده ترک‌های گلی در سطح رسوبات که فرسایش بادی را تسریع می‌کند)، حوضه خوزستان منشا رسوبات بادی و طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران می‌باشد [۸]. با بررسی اندازه ذرات در نمونه‌های سطحی برداشت شده از دشت خوزستان که اغلب سیلت و رس و مقدار بسیار کمی گراول می‌باشد (شکل ۳) و با توجه به اینکه ویژگی‌های رسوب‌شناسی از قبیل اندازه ذرات که عمدتاً در حد سیلت ریز تا رس، سست و منفصل بودن ذرات، وجود شبکه گسترده ترک‌های گلی در سطح رسوبات، فرسایش بادی را کنترل می‌کند [۹]، می‌توان محدوده‌های دارای پتانسیل فرسایش بادی و تولید غبار را بر اساس نقشه‌های توزیع اندازه رسوبات شناسایی کرد. این پدیده که در سال‌های اخیر استان خوزستان را به شدت تحت تاثیر قرار داده است، در مواردی با منشا داخلی می‌باشد [۹] که با غلظت قابل ملاحظه همراه بوده و گاهی دید افقی را به ۲۰-۳۰ متر تقلیل می‌دهد و عمدتا مشکلاتی را با خود به همراه داشته و تداوم این توفان‌ها سبب بروز اثرات نامطلوب تنفسی، زیستی و بروز خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی گردیده است [۸]. لذا بر اساس پراکندگی درصد ذرات سیلتی و رسی، تا حد بالایی، با در نظر گرفتن فاکتورهای موثر دیگر، مناطق با پتانسیل بالا را شناسایی کرد. در شکل ۵ نقشه‌های پهنه‌بندی دشت خوزستان بر اساس اندازه ذرات رسوبات (گراول، ماسه، سلت و رس) قابل مشاهده است.



شکل ۵. پهنه‌بندی توزیع رسوبات در دشت خوزستان بر اساس درصد فراوانی ذرات تشکیل دهنده رسوبات

۴- ژئوشیمی رسوبی

ذرات دانه‌ریز و بویژه رس‌ها با توجه به ساختار فیزیکی (شبکه فضایی) و نیز ترکیب شیمیایی خاص خود می‌توانند جذب کننده عناصر (به خصوص عناصر سنگین و سمی) موجود در آب دریاها و دریاچه‌ها بوده، یا بالعکس وارد کننده عناصر شیمیایی به محیط‌های آبی باشند. با توجه به افزایش روزافزون توفان‌های گرد و غبار در ایران و بخصوص خوزستان، رس‌ها می‌توانند منجر به انتقال عناصر سنگین و زیست محیطی از طریق تنفس به بدن انسان گردند. بنابراین مطالعات ژئوشیمی عناصر موجود در رسوبات از جنبه‌های زیست‌محیطی نیز دارای اهمیت می‌باشد. بطور میانگین رسوبات سطحی مورد مطالعه در دشت خوزستان محتوی حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد ذرات در اندازه رس می‌باشد، لذا دارای نفوذپذیری کم و خاصیت جذب بالایی بوده و می‌تواند منجر به انتقال عوامل بیماری‌زا، آلودگی‌های رادیواکتیو و فلزات سنگین که توسط بخش صنعتی یا فعالیت وسایل نقلیه و آلودگی هوا تولید می‌شود، به حالت معلق به پهنه‌های آبی گردند [۱۰و۲۱]. با توجه به پتانسیل بیابان‌زایی، فرسایش بادی و تولید غبار بالا در دشت خوزستان، بررسی ژئوشیمیایی رسوبات بستر گامی مهم در شناسایی و کنترل آثار نامطلوب فرایندهای آلاینده ذکر شده خواهد بود. در رسوبات سطحی دشت خوزستان در صورت ورود عناصر سنگین، سمی و رادیو اکتیو بخش قابل‌توجهی از آن جذب رس‌ها شده و برای مدت زیادی در سطح باقی‌مانده و یا در اثر باد همراه رس به هوا خاسته و بر شدت آلودگی هوا نیز می‌افزاید، بویژه اینکه نمونه‌برداری و بررسی ترکیب فیزیکی و تجزیه شیمیایی گرد و غبارهای اخیر نشان می‌دهد که ریزگردها صرفا متشکل از ذرات رسی، ماسه و ذرات نمک نیستند بلکه ترکیب پیچیده‌ای از عناصر شیمیایی نیز هستند که نقش مخربی بر سیستم تنفسی بوِیژه جنین و نوزادان می‌گذارند [۵، ۱۶ و ۳۵] (جدول ۳). در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل ژئوشیمیایی و آماری عناصر، تعیین ارتباط بین عناصر اصلی و فرعی و هم‌چنین رسیدن به یک الگوی ژنتیکی مشخص، تعیین آلودگی‌های عنصری منطقه و منشا آلودگی‌های به لحاظ داشتن پتانسیل ایجاد غبار، تعیین آنومالی عناصر سمی و سنگین و هم‌چنین تعیین خاستگاه عناصر در دشت اقدام به آنالیزهای آماری عناصر اصلی و فرعی و کمیاب شد.

جدول۳. مقایسه غلظت برخی عناصر در رسوبات سطحی دشت خوزستان و پوسته بالایی زمین [۳۸، ۴۰، ۴۱ و۴۳]

Element	Minimum	Maximum	Average	UCC[1]		
				a[2]	b[3]	c[4]
As	0.79	20.11	6.8	1.5	4.8	2
B	21	306	141	15	17	17
Ba	99	1841	231	550	628	668
Bi	0.5	0.55	0.52	0.13	0.16	0.123
Cd	0.23	0.91	0.57	0.098	0.09	0.102
Cs	2.3	6.48	4.36	3.7	4.9	5.8
Cu	8.92	35.21	20.11	25	28	14.3
La	12.39	29.13	19.68	30	31	32.3
Li	7.7	37.96	25.72	20	24	22
Mo	0.72	9.02	3.12	1.5	1.1	1.4
Nb	2.6	18.14	10.98	25	12	26
Ni	24	218	115	20	47	18.6
Pb	2.78	50.69	20.23	20	17	17
Pr	1.81	9.47	5.22	7.1	7.1	6.3
Rb	4.96	70.96	37.39	112	82	110
S	397	79664	14698	–	621	953
Sn	0.53	2.84	1.74	5.5	2.1	2.5
Sr	193	1164	577	350	320	316
Th	0.23	10.77	6.32	10.7	10.5	10.3
U	2.13	5.97	4.07	2.8	2.7	2.5

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

۴-۱-پردازش داده‌های ژئوشیمیایی

جهت پردازش داده‌های ژئوشیمیایی، ابتدا جدولی متشکل از نام نمونه، طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری و مقدار فراوانی عناصر شیمیایی در رسوبات تهیه گردید. پس از مرتب شدن جدول داده‌ها و نرمالیزه شدن داده‌ها، مراحل پردازشی ذیل صورت گرفت.

پردازش داده‌های تک متغیره

تعیین پارامترهای آماری، ترسیم نمودارهای هیستوگرام فراوانی عناصر، نمودارهای Q-Q Plot, P-P Plot و نمودارهای Box Plot به منظور تعیین مقادیر خارج از رده و در واقع در تایید آنچه که در نمودارهای Q-Q Plot به دست آمده است، در این سری از پردازش‌ها انجام گرفت.

پردازش دو متغیره

تعیین ضرایب همبستگی: در مطالعات ژئوشیمیایی، عوامل مختلفی از قبیل عوامل ژنتیکی و غیره می‌تواند در ارتباط و وابستگی متغیرها به یکدیگر موثر باشد، مقدار این وابستگی را می‌توان با ضریب همبستگی نشان داد [۶]. در این روش با استفاده از رگرسیون و سایر پارامترهای آماری می‌توان عوامل و فرآیندهای کنترل کننده رسوب‌گذاری را شناسایی نموده و نقش عوامل طبیعی و آنتروپوژنیک (انسانزاد) در توزیع رسوبات را تعیین نمود [۲۰]. 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، مورد بررسی قرار گرفت. همبستگی مثبت هر یک از عناصر با عنصر شاخص منشا زمینی (برای مثال نیکل)، بیانگر آن است که منشا آن عنصر زمینی است و همبستگی مثبت با عناصر شاخص زیستی و درون حوضه‌ای، بیانگر منشا آنتروپوژنیک آن عنصر است [۷]. برای مثال تیتانیم با وانادیم دارای همبستگی مستقیم معنی داری است. همبستگی مستقیم وانادیم و تیتانیم، بیانگر طبیعی بودن منشأ این عناصر و حاصل فرسایش سنگ‌ها و رسوبات می‌باشد [۱۵].

داده‌ها بیانگر همبستگی زیاد بین فلزات سنگین مورد بررسی می‌باشد. دلیل این امر عدم تنوع منابع آلودگی در منطقه می‌باشد. نکته مهم همبستگی زیاد مس، نیکل، قلع، روی، منگنز، وانادیم، بور و گوگرد با میزان رس موجود در نمونه‌هاست. برای درک ارتباط اندازه ذرات رسوبات با میزان فراوانی عناصر شیمیایی، نقشه‌های توزیع برخی عناصر شیمیایی زیست‌محیطی از قبیل نیکل، قلع، وانادیم و بور ارائه شده است (شکل‌های ۶ و ۷). همبستگی بالای رس با منیزیم به دلیل حضور این عناصر در ساختمان کانی‌های رسی است. میزان کانی‌های رسی به عنوان ذراتی با کارایی بالا در جذب عناصر سمی بسیار مهم است [۳۰]. همبستگی بالای گوگرد با بور احتمالا مربوط به منشا تبخیری برای این عناصر می‌باشد که همبستگی بالایی نیز با میزان رس در رسوب نشان می‌دهد. همبستگی قوی سرب و روی با فسفر ناشی از تمایل زیاد این عناصر برای جذب در فسفات‌ها و تشکیل فسفات‌های نامحلول مانند پیرومورفیت می‌باشد، به طوری که در بسیاری از نقاط دنیا پاکسازی مناطق آلوده به سرب توسط فسفات‌ها رواج زیادی دارد [۲۹].

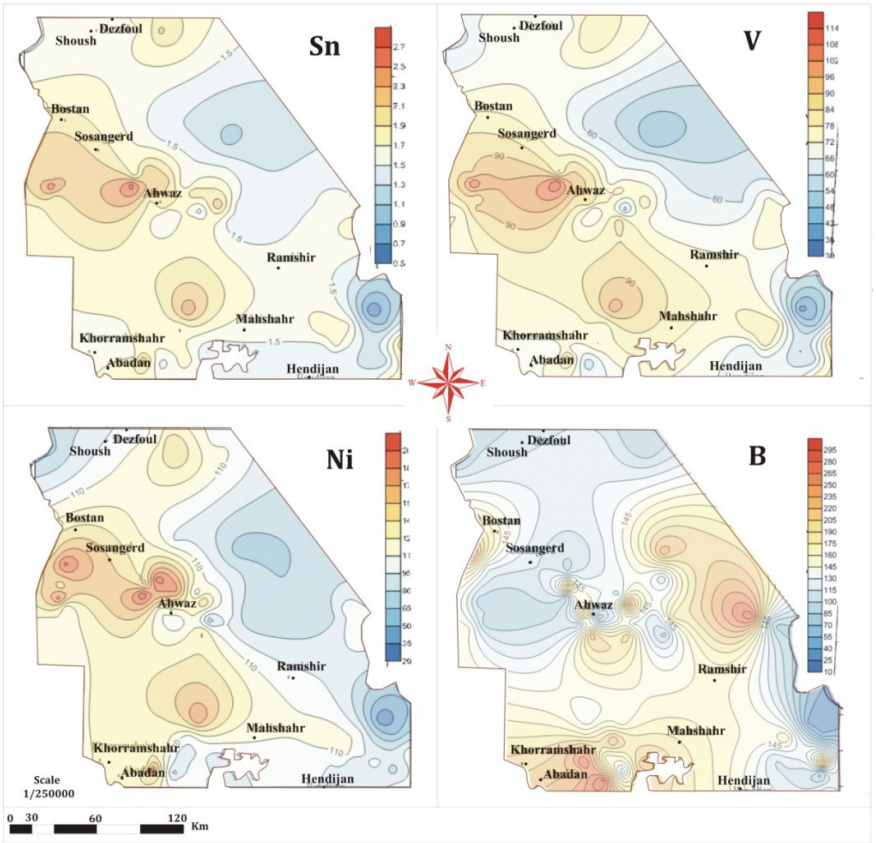
آنالیز خوشه‌ای: عناصر نسبت به برخی عوامل محیطی واکنش‌های کم و بیش مشابهی نشان می‌دهند بنابراین، شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل میان عناصر، به شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی کمک شایانی می‌نماید. در کل، شناخت همبستگی ژنتیکی میان عناصر، اطلاعات لازم را برای تفسیر هر چه صحیح‌تر داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار می‌گذارد. فرضیات روش آنالیز خوشه‌ای شامل واریانس همسانی و توزیع نرمال متغیرها می‌باشد [۲۳]. در تحلیل خوشه‌ای، هدف طبقه‌بندی متغیرها براساس تشابه هرچه بیش‌تر درون گروهی و اختلاف هرچه بیش‌تر بین گروهی است [۶]. به منظورتعیین پاراژنزها و نحوه ارتباط عناصر با یکدیگر کلاستر آنالیز انجام پذیرفت. روش بکار گرفته شده در این آنالیز میان گروهی[1] می‌باشد (شکل ۷).

پردازش چند متغیره

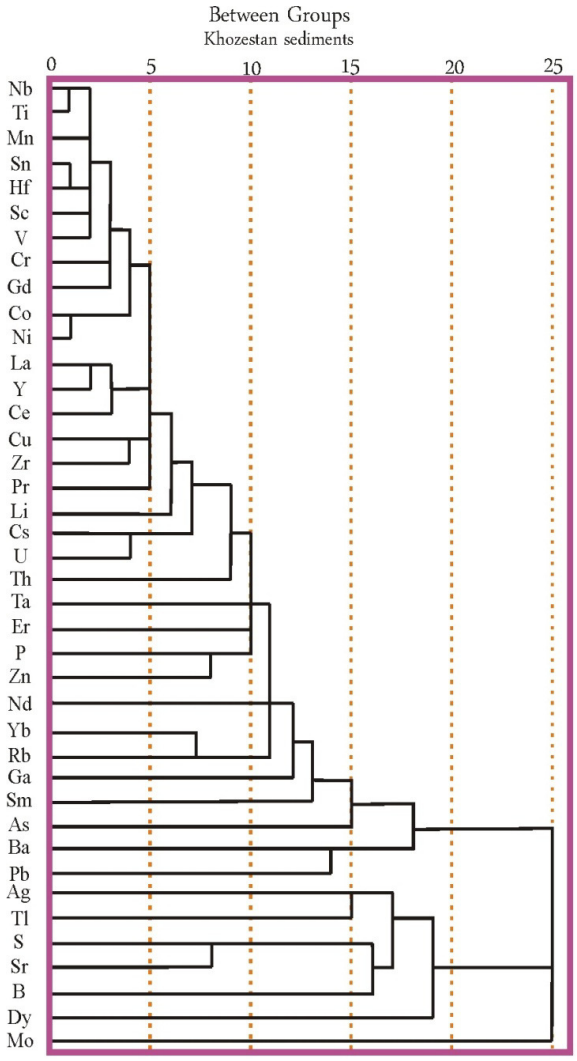
در این تحقیق به منظور بیان روابط بین گروهی در عناصر، در گروهی از متغیرها که به وسیله‌ی حداکثر تعداد متغیرهای اصلی کنترل‌کننده تغییرات که اصطلاحا فاکتور نامیده می‌شود [۱۳]، از تحلیل فاکتوری استفاده شده است. تحلیل فاکتوری، تفکیک مناسبی برای کاهش داده‌ها در مطالعات ژئوشیمیایی است، به طوری که با استفاده از امتیازات فاکتوری به جای متغیرهای اولیه می‌توان مشاهدات صحرائی و کل تمرکز آنومالی ها را

[1] Between Groups

تغییر داد [۱۹]. این روش، سبک مطلوبی برای تعیین منشا رسوبات و تفکیک عناصر مختلف بر اساس ژنز بوده 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، عناصری که با هم از یک ضریب همبستگی بالایی برخوردارند در یک منشا قرار گرفته‌اند (شکل ۷). هم‌چنین با توجه به تعداد زیاد متغیرها (عناصر)، از آنالیز تحلیل مولفه‌های اصلی (Principle Component Analysis (PCA)) نیز جهت تقلیل ابعاد و محدود نمودن متغیرهای همبسته استفاده شده است. بر اساس تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی عناصر As, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Er, Ga, Gd, Ge, Hf, La, Li, Mn, Nb, Nd, Ni, P, Pr, Rb, Sc, Sm, Sn, Ta, Th, Ti, Tm, U, V, Y, Yb, Zn, Zr در فاکتور یک قرار می‌گیرند. فاکتور یک نشان‌دهنده منشا آواری برای عناصر موجود در رسوبات است که از فرسایش سازندهای مختلف و از طریق رودخانه‌ها وارد دشت شده است [۱۷]، وجود رودخانه‌های مختلف بخصوص کارون و اروندرود منشاء تامین کننده عناصر مذکور می‌باشد. عناصر Ag, B, S, Sr در عامل دو قرار گرفته‌اند، میزان بالای استرانسیم، گوگرد و بور نشان‌دهنده میزان بالای شوری می‌باشد. کانی‌های تبخیری بخصوص در بخش جنوبی دشت که تحت تاثیر محیط‌های سوپراتایدال بوده و آب دریا در این منطقه بدلیل خاصیت موبینه‌گی تبخیر شده و عناصر مذکور را در رسوبات سطحی بر جای می‌گذارد. عناصر Ba, Mo, Pb, Dy, Tl در گروه سوم و چهارم حضور دارند که احتمال منشا انسانزاد برای این عناصر را تقویت می‌کند. با توجه به ایجاد شاخه مجزا در نمودار آنالیز خوشه‌ای برای منشا مولیبدن و هم‌چنین میزان بالای این فلز در منطقه فکه می‌توان منشا آنتروپوژنیک (انسانزاد) برای این عنصر در نظر گرفت. عنصر مولیبدن و گاها وانادیوم در ترکیب برخی از مشتقات نفتی با فراوانی بالا دیده می‌شوند. نتایج آنالیز فاکتوری نیز تائیدی بر نتایج آنالیز خوشه‌ای می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۶. نقشه‌های توزیع و پراکنش عناصر قلع، وانادیم، نیکل و بور در رسوبات سطحی دشت خوزستان (مقادیر بر حسب ppm)



	Component			
	1	2	3	4
Ag	-.152	.412	.094	.046
As	.384	.061	-.158	.230
B	-.127	.667	-.242	-.278
Ba	.062	-.240	.495	-.462
Ce	.829	-.285	-.001	.025
Co	.874	.236	-.085	.062
Cr	.915	-.022	.039	.092
Cs	.816	-.067	-.007	-.104
Cu	.875	.039	-.005	.017
Dy	-.241	.156	.253	.585
Er	.659	.035	-.046	-.149
Ga	.575	.123	.193	.077
Gd	.890	.078	-.022	.007
Ge	.799	.249	.082	.170
Hf	.964	.126	.009	.042
La	.869	-.305	.094	.055
Li	.780	.291	.027	.130
Mn	.954	-.102	-.042	-.098
Mo	-.262	-.506	.241	.323
Nb	.958	-.086	-.057	.050
Nd	.604	-.112	-.090	-.083
Ni	.880	.222	-.085	.019
P	.736	.173	.056	-.220
Pb	.305	.141	.675	-.387
Pr	.843	.035	.052	.063
Rb	.574	-.144	-.046	.028
S	-.339	.729	.012	.079
Sc	.954	.103	-.072	.000
Sm	.478	-.228	.218	.027
Sn	.954	.154	-.017	.102
Sr	-.380	.488	-.009	.145
Ta	.637	.179	-.052	-.104
Th	.650	.023	.230	.221
Ti	.959	-.085	-.050	.054
Tl	-.097	.281	.439	.033
U	.804	.124	-.040	-.069
V	.936	.106	-.078	.091
Y	.941	-.193	-.017	-.018
Yb	.747	-.352	-.054	.058
Zn	.537	.278	.338	-.204
Zr	.854	-.017	-.127	.005

شکل ۷. سمت راست: آنالیز فاکتوری و تعداد فاکتورهای موثر در توزیع عناصر موجود در رسوبات سطحی خوزستان، سمت چپ: نمودار خوشه‌ای ارتباط عناصر با یکدیگر

۵- خاستگاه رسوبات در دشت خوزستان

برای تعیین خاستگاه رسوبات، از خصوصیات مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی، خواص مغناطیسی و عناصر شیمیایی موجود در آن‌ها استفاده می‌شود [۲۴]. ترکیب سنگ‌های رسوبی آواری متاثر از فرآیندهای رسوبی، درجه هوازدگی و ویژگی‌های سنگ منشا می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که در پلیستوسن، به دلیل تغییرات گستردهٔ اقلیمی و هم‌چنین پیشروی و پسروی آب دریاها در اثنای فازهای یخچالی و تغییرات سطح اساس رودخانه‌ها، نرخ فرسایش بیش از امروز بوده و تکاپوهای تکتونیکی بسیار 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 به شمار می‌رفته است. در مقابل، در دوره‌های بین‌یخچالی، سطح آب‌های آزاد بالا رفته و برای اینکه 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 [۴]. نهشته‌های کواترنر در دشت خوزستان از جنس رسوبات رسی- سیلتی، ماسه و گاهی گراولی و رسوبات تبخیری دریایی می‌باشد. بخش غالب نهشته‌های کواترنر دشت خوزستان دارای منشا خشکی می‌باشد. بخشی از این نهشته‌ها حاصل فعالیت‌های بادهای غالب منطقه بوده که منجر به تشکیل رسوبات بادرفتی با شکل تپه‌های ماسه

بادی می‌گردد و بخش عمده‌تر دیگر حاصل فعالیت‌های رودخانه‌های جاری در دشت و متاثر از فرایندهای رسوب‌گذاری ناشی از جریانات آبی هستند. این نهشته‌ها در قسمت‌های شمالی دشت بیش‌تر دانه درشت و به سوی جنوب و محدوده‌های ساحلی خلیج‌فارس رسوبات دانه ریزتر شده و به اندازه رس و سیلت تبدیل می‌گردد [۱۸]. گنبدهای نمکی، رخساره‌های گچی (سازندهایی مثل میشان و گچساران)، رخساره‌های مارنی و رخساره ماسه‌سنگی و کنگلومرایی از جمله رخساره‌های موجود در حوضه آبریز رودخانه‌های مهم وارده به دشت می‌باشند که منشا رسوبات آبرفتی دشت را تشکیل می‌دهند. از آنجائی که ترکیب ماسه‌سنگ‌ها طی دوره‌های دیاژنز و دگرگونی دچار تغییر می‌گردند [۳۳]، مطالعات ژئوشیمی می‌تواند مکمل مناسبی برای مطالعات منشا ذرات آواری باشد [۴۴]. در این راستا مطالعات ژئوشیمی رسوبی عناصر سنگین و عناصر کمیاب برای تعیین خاستگاه رسوبات آواری و میزان آلودگی عامل مهم می‌باشند [۱۲]. تیلور و مک لنن نشان دادند که بخش سیلتی رسوبات نشان‌دهنده خاستگاه رسوبات است. اندازه ذرات رسوبات منطقه از جمله عوامل اصلی تاثیر گذار بر روی ترکیب گرد و غبارها می‌باشد [۴۱]. ذرات ماسه نسبت به رس‌ها دارای مقادیر کمتری از عناصر نادر خاکی هستند که تا حدودی به دلیل وجود کانی‌های فاقد عناصر کمیاب مانند کوارتز و فلدسپار در ماسه‌سنگ‌ها می‌باشد. آلتراسیون فلدسپارها (پلاژیوکلازها) به اپیدوت منجر به جذب و تمرکز و آنومالی مثبت عنصر یوروپیوم (Eu) می‌شود [۴۰]. عدم وجود کانی‌های فلدسپار و اپیدوت در ناحیه سنگ منشأ باعث تهی‌شدگی در عنصر Eu و وجود این دو کانی باعث غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی می‌شود که این نسبت در برخی نمونه‌ها قابل مشاهده است. دلیل این امر نیز غالب بودن کربنات‌ها و سنگ‌های آهکی نسبت به سنگ‌های سیلیسی کلاستیک در زاگرس است. باید توجه داشت با اینکه گل‌سنگ‌ها به عنوان سنگ‌های سیلیسی کلاستیک طبقه‌بندی می‌شوند ولی در این سنگ‌ها به دلیل دگرسانی و تبدیل فلدسپات‌ها به کانی‌های رسی، تهی‌شدگی از Eu می‌تواند امری رایج باشد. چنانچه می‌توان روند تغییرات این عنصر در رسوبات سطحی دشت خوزستان را با توجه به تنوع سازندهای تولید کننده رسوبات آواری در دشت خوزستان دانست. منشا احتمالی برای ذرات ماسه‌ای دشت خوزستان نهشته‌های نئوژن پسین (سازند آغاجاری و بختیاری) با میزان فرسایش و درجه‌ی رسوب‌زایی زیاد که غالبا از نوع ماسه‌سنگ و کنگلومرا هستند و در حوضه آبریز کارون با وسعت قابل‌ملاحظه گسترش دارند. البته سهم سازند کنگلومرای بختیاری در رسوبات فرسایش آبی که به رودخانه‌ها وارد و حمل می‌شوند اندک است. فراوانی رس‌ها به عنوان محصول احتمالی هوازدگی آن‌ها عامل اصلی کنترل‌کننده عناصر نادر خاکی فلدسپارها می‌باشد. به علاوه غنی‌شدگی بیش‌تر در عناصر کمیاب سبک نیز نشان‌دهنده افزایش میزان درصد رس نسبت به درصد ماسه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد؛ زیرا کانی‌های رسی توانایی بالا در جذب عناصر سمی دارند [۳۰]. منشا احتمالی برای رس‌های دشت خوزستان که در گروه سنگ‌های با میزان فرسایش و درجه‌ی رسوب‌زایی زیاد قرار می‌گیرد، غالبا از نوع مارن، آهک‌های مارنی و مانند آن و در حوضه آبریز کارون با وسعت قابل‌ملاحظه گسترش دارند. سنگ‌های مذکور بیش‌تر لایه‌های مارنی متعدد موجود در سازندهای گچساران، میشان را شامل می‌شوند.

با توجه به نامحلول بودن عناصر کمیاب، این عناصر در غلظت‌های بسیار پایینی در آب دریا و رودخانه ظاهر می‌شوند. بنابراین عناصر نادر خاکی موجود در رسوبات حمل شده، مشخصات شیمیایی خاستگاه را نشان می‌دهند [۳۲]. فلدسپات‌ها و کانی اسفن غلظت‌های عناصر Rb, Cs, Ba, Na و کانی‌های فرو منیزین نیز غلظت‌های SC, Cr, Ta, Fe, Co را در رسوبات کنترل می‌کنند. Hf به وسیله زیرکن و Th نیز به وسیله زیرکن و اسفن کنترل می‌شوند. نسبت‌های Th/SC، La/Sc، Eu/Sm،Th/Co و La/Lu نیز شاخص‌های بسیار خوبی برای خاستگاه رسوبات هستند. هم‌چنین نسبت‌های بین عناصر کمیاب برای تعریف ویژگی‌های گرد و غبارها و برای ردیابی آن‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲۷]. عناصر نادر خاکی و Th در فرایندهای سطحی دارای رفتار مشابهی می‌باشند و هم‌چنین مقدار میانگین نسبت La/Th در رسوبات دانه ریز برآوردی از ترکیب پوسته قاره‌ای بالایی (Upper Continental Crust (UCC) Composition) می‌باشد [۲۷]. نسبت La/Th برای

نمونه‌های برداشت شده از دشت خوزستان دارای مقادیری بین ۲ تا ۵ می‌باشند که مقدار این پارامتر نزدیک به مقدار UCC بوده که نشان‌دهنده خاستگاه رسوبی در ناحیه منشأ می‌باشند [۱۱]. تغییرات U/Pb در مقابل Th/Pb به طور گسترده‌ای برای ردیابی منشاء رسوبات مورد استفاده قرار می‌گیرد. U دارای رفتار ژئوشیمیایی متفاوتی در سطح زمین می‌باشد. Th به شدت غیر قابل حل بوده، در حالی که در شرایط احیایی سیالیت U دال بر محیط هوازدگی می‌باشد، که منجر به شستشو و تفریق U از پروفیل‌های آلتراسیون و افزایش نسبت Th/U در مواد باقی‌مانده شود. مقدار این نسبت در نمونه‌ها بین ۰/۱ تا ۳/۱ متغییر می‌باشد و میانگین آن ۱/۵ می باشد. الگوی یکسان عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی به همراه 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 به عبارتی هم منشا بودن تمام ذرات با ابعاد مختلف است [۱۲] (شکل ۷). این سنگ‌ها با میزان فرسایش و درجه‌ی رسوب‌زایی متوسط به احتمال فراوان شامل ماسه‌سنگ، شیل و انیدریت و ژیپس‌ها می‌شوند که با وسعت بیش‌تری در زون زاگرس (حوضه آبریز دشت خوزستان) گسترش دارند. این گروه شامل لایه‌هایی از واحدهای پرمین-پلیوستوسن هستند که در حوضه آبریز رودخانه‌ی کارون، جراحی و زهره دارای رخنمون نسبتا زیاد است. میزان نهشته‌های فرسایشی ناشی از این دسته از سنگ‌ها در رودخانه‌ی کارون و زهره بیش‌تر است.

۶- نتیجه‌گیری

نهشته‌های کواترنری در دشت خوزستان از جنس رسوبات رسی- سیلتی، ماسه و گاهی گراول و رسوبات تبخیری می‌باشد. با توجه به پارامترهای آماری و ویژگی‌های خاص رسوبی، رسوبات دشت خوزستان از طریق حامل‌های مختلف که مهم‌ترین آن‌ها رودخانه‌ها، باد و جزرو مد می‌باشد، تامین شده است. بخش غالب نهشته‌های کواترنری دشت خوزستان دارای منشا رودخانه‌ای می‌باشد که از طریق فرسایش سازندهای مختلف زمین‌شناسی تامین شده است و در زیر محیط‌های رسوبی مختلف (مهم‌ترین آن دشت ساحلی رودخانه‌هاست) به لحاظ شرایط موفولوژی خاص دشت با وسعت زیاد رسوب کرده‌اند. بافت رسوبات سطحی دشت خوزستان از شمال به جنوب با کاهش اندازه ذرات و افزایش جورشدگی همراه است که نشان‌دهنده جورشدگی هیدرولیک در طول مسیر رودخانه‌ها از شمال به جنوب می‌باشد. گستردگی مناطق پوشیده شده از رسوبات دانه ریز رسی و سیلتی مانند پهنه وسیع سوپراتایدال خلیج‌فارس، تالاب شادگان و تالاب‌های خشک شده مانند بوستان و ... در جنوب و جنوب غربی استان خوزستان، پتانسیل ایجاد کانون‌های تولیدکننده ریزگرد در جنوب استان خوزستان بیش‌تر می‌نماید.

بررسی‌های ژئوشیمیایی عناصر در رسوبات سطحی دشت خوزستان نشان از همبستگی بالای فلزات سنگین دارد که دلیل این امر عدم تنوع منابع آلودگی در منطقه می‌باشد. غلظت نامتعارف برخی عناصر سنگین و سمی (Mo, Ba, Pb, Dy, Tl) در منطقه انسانزاد می‌باشد که به احتمال زیاد مربوط به آلودگی دوران جنگ تحمیلی، برخی مواد شیمیایی و غیر شیمیایی فاضلاب‌های صنعتی در منطقه (الکل‌سازی و روغن‌سازی و پالایشگاه‌ها و آلودگی‌های نفتی) یا سموم کشاورزی (شرکت‌های نیشکر و ...) باشد. الگوی یکسان توزیع عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی به همراه تهی‌شدگی عناصر V, Nb, Th و هم‌چنین غنی‌شدگی از Rb, Sr و Mn مبین تشکیل و خاستگاه رسوبی و نزدیک به سنگ‌های مادر رسوبات و به عبارتی هم منشا بودن تمام ذرات با ابعاد مختلف است.

گنبدهای نمکی، رخساره‌های گچی و مارنی (سازندهایی مثل میشان و گچساران) و رخساره ماسه‌سنگی و کنگلومرایی (سازند آغاجاری و بختیاری) از جمله سازندهای تامین‌کننده رسوبات دشت خوزستان می‌باشند. این سازندها در حوضه آبریز رودخانه‌ی کارون، جراحی و زهره دارای رخنمون گسترده هستند. رودخانه اروند هم حجم عظیمی از رسوبات دانه ریز را به مناطق جنوبی استان خوزستان وارد می‌نماید. با توجه به مستعد بودن استان خوزستان برای تولید ریزگرد و نیز مجاورت با کشور عراق که یکی از کانون‌های بزرگ تولید ریزگرد در جهان است مطالعه دقیق رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبات سطحی دشت خوزستان برای شناسایی و تفکیک طوفان‌های ریزگرد با منشاء داخلی و خارجی بسیار موثر است که می‌تواند در شناسایی و تثبیت کانون‌های داخلی ریزگرد کاربرد داشته باشد.

منابع

[۱] اختصاصی، م.، دادفر، ص (۱۳۹۲) بررسی رابطهٔ تندبادهای سواحل جنوبی ایران با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴، سال چهل و پنجم، ۷۲-۶۱.

[۲] اسمعیلی، ب.، الماسیان، م.، آقا ابراهیمی سامانی، ب.، امیری سامانی، ع (۱۳۹۳) سن‌یابی 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، ۷۸-۶۹.

[۳] پروین، ح (۱۳۸۷) رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۰۸ ص.

[۴] تقی‌زاده، ع (۱۳۸۸) بررسی ژئومورفولوژی سواحل شمالی خلیج‌فارس در کواترنر (اروند تا بوشهر). پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۳۲ ص.

[۵] چرخابی، ا. ح.، تنها، م.، لامعی، م (۱۳۸۵) ارزیابی توزیع مکانی جیوه کل در دشت رسوبی خوزستان با استفاده از زمین آمار در محیط GIS. همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، کرج، ایران.

[۶] حسنی‌پاک ، ع. ا.، شرف‌الدین، م (۱۳۸۰) تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۹۱ ص.

[۷] داوودی، ا.، لک، ر (۱۳۹۱) شناسایی منبع اقتصادی تیتانیم و تعیین منشا آن در رسوبات ساحلی منطقه لاریم و فرح‌آباد (استان مازندران). فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، سال هشتم، ۲۳۲-۲۲۵.

[۸] درویشی خاتونی، ج (۱۳۹۲) منشا و ترکیب ریزگردهای استان خوزستان با استفاده از ژئوشیمی رسوبی و تصاویر ماهواره‌ای، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۱۵ ص.

[۹] درویشی خاتونی، ج.، لک، ر.، معینی، م.، محمدی، ع.، اژدری، ع (۱۳۹۲) رسوب‌شناسی رسوبات بادی و پتانسیل ایجاد و مهار گرد و غبار در استان خوزستان. همایش تخصصی ریزگرد، پایش، اثرات و راهکارهای مقابله با آن، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران.

[۱۰] رشنو، ع. ر (۱۳۸۸) پدیده‌ی گرد و غبار در استان خوزستان، فصلنامه‌ی بارش، اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۲۳-۱۶.

[۱۱] زراسوندی، ع.، مر، ف.، نظرپور، ا (۱۳۹۰) ترکیب کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل دهنده‌ی پدپده‌ی گرد و غبار در استان خوزستان با تکیه بر آنالیزها و تصاویر XRD. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۳، سال نوزدهم، ۵۱۸-۵۱۱.

[۱۲] زراسوندی، ع (۱۳۹۲) ترکیب و منشاء زمین شیمیائی طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان با استفاده از زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی (REE): تاکیدی بر شاخص‌های زمین زیست محیطی. همایش تخصصی ریزگرد، پایش، اثرات و راهکارهای مقابله با آن. سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران.

[۱۳] سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۴) گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ تلخاب (۱)، ۳۹ ص.

[۱۴] علائی طالقانی، م (۱۳۸۴) ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، ۳۵۱ ص.

[۱۵] غضبان، ف.، زارع خوش اقبال، م (۱۳۹۰) بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۷، سال سی و هفت، ۵۶-۴۵.

[۱۶] کریمی، خ.، طاهری شهر آئینی، ح.، حبیبی نوخندان، م.، حافظی مقدس، ن (۱۳۹۰) شناسایی خاستگاه تولید توفان‌های گرد و غبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره هفتم و هشتم، سال دوم، ۷۲-۵۷.

[۱۷] محمدی، ع (۱۳۸۹) رسوب‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های پلایای جازموریان. فصلنامه خشکبوم، شماره ۱، سال اول، ۱۲-۱.

[۱۸] مرادی هرسینی، ک (۱۳۸۵) بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی نهشته‌های محیط‌های رسوبی عهد حاضر در جنوب دشت خوزستان. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۶۲ ص.

[۱۹] میسون، ب.، مر، ک. ب (۱۳۸۳) اصول ژئوشیمی، ترجمه: مر، ف.، شرفی، ع، ا.، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۹۷ ص.

[20] Alagarsamy, R., Zhang, J (2010) Geochemical characterization of major and trace elements in the coastal sediments of India, Environmental Monitoring Assessment, Vol. 161: 161-176.

[21] Al Dabbas, M. A., Ayad Abbas, M., Al-Khafaji R. M (2010) Dust storms loads analyses Iraq. Arab Journal Geoscience 5(1):121-131.

[22] Al Ghadban, A.N., El Sammak, A (2005) Sources, distribution and composition of the suspended sediments, Kuwait Bay, Northern Arabian Gulf. Journal of Arid Environments. 60: 647-661.

[23] Alther, G. A (1979) A simplified statistical sequence applied to routine water quality analysis, a case history, Journal of Ground Water, Vol. 17 (6): 556-561.

[24] Ehrmann, W., Setti, M., Marinoni, L (2005) Clay minerals in Cenozoic sediments off Cape Roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal palaeoclimatic history. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 229: 187- 211.

[25] Folk , R. L (1974) Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publ, Co, Austin, TX, 182 p.

[26] Friedman G. M (1979) Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. Sedimentology 26: 3–32.

[27] Gallet, S., Jahn, B., Lano, B., Van, V., Dia A., Rossello E (1998) Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust. Earth Planet Science. 156:157-172.

[28] Goudie, A.S (2008) The history and nature of wind erosion in deserts. Annu. Rev. Earth Planet, Journal of Science, 36: 97-119.

[29] Hester, R. E., Harrison, R. M (1997) Contaminated Land and its Reclamation, issues in environmental science and technology, The Royal society of chemistry, 145p.

[30] Ibhadon, A. O., Wright, P., Daniels, R (2004) Trace metal speciation and contamination in an intertidal estuary. Environmental Monitoring, 6: 679-683.

[31] Marx, S. K., Kamber, B. S., Mcgowan, H. A., Denholm, J (2009) Detailed history of Holocene climate variability in Australia from dust records in peat cores. Goldschmidt conference abstracts.

[32] McLennan, S. M (1989) Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements, 21: 169–200.

[33] Morton, A. C (1991) Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to the provenance studies. Journal of Geology Science, 57:31-45.

[34] Natsagdori, L.D., Judjer. Y., Schang, S (2002) Analysis of dust storm observed.Mongolia during 1937-1999 , 12 p.

[35] Perera, F. P., Jedrychowski, W., Rauh, V., Whyatt, R. M (1999) Molecular epidemiologic research on the effect of environmental pollutants on the fetus. Journal of Environmental Health Perspective, 107:451-460.

[36] Potts, P. J (1987) A Handbook of Silicate rock analysis. Blackie and Son Ltd, 549 p.

[37] Prins, M.A., Postma, G., Weltje, G.J (2000) Controls on terrigenous sediment supply to the Arabian Sea during the late Quaternary: the Makran continental slope. Journal of Marine Geology, 169: 351-371.

[38] Rudnick R. L., Gao, S (2003) Composition of the continental crust. In *The Crust*, vol. 3 (ed. R. L. Rudnick), Elsevier, 1-64 p.

[39] Siiro, P., Rasanen, M., Gingras, M., Harris, C., Irion, G., Pemberton, G., Ranzi. A (2005) 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. 159-180.

[40] Taylor S. R., McLennan S. M (1985) The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 312 p.

[41] Taylor S. R., McLennan S. M (1995) The geochemical evolution of the continental crust. Journal of Geophysics. 33: 241-265.

[42] Tuker, M. E (1988) Techniques in sedimentology. Blackwells, Oxford, 394 p.

[43] Wedepohl, K. H (1995) The composition of the continental crust. Geochim Cosmochim Acta 59:1217–1232.

[44] Zhu, B., William S. F., Rowley, David B., Currie, Brian S., Shafique, N (2005) Age of initiation of the Indiana-Asia collision in the east-central Himalaya, Journal of Geology, 113: 265-285.

Sedimentologyand geochemistry of Khuzestan plain Quaternary sediments: implications on the dust storm production

J. Darvishi Khatooni

Center of Geology and Mineral Exploration Abadan, Geological survey of Iran, Iran

* Javaddarvishi2007@yahoo.com

Recieved: 2015/10/1 Accepted: 2016/5/3

Abstract

The Khuzestan plain is located in south western of Iranand is coveredabout 3.9 percent of the country area. Khuzestan plain is mostly covered by the quaternary deposits. The thickness of these deposits exceeds 300m in some areas. Sedimentology and geochemistry studies of potential dust storm producing centers are important not only to determine sedimentology and Geochemical features of the possible origin of the particles, but also important to determine the characteristics of the environmental elements in these particles and their role in environment and air pollution. In this study, based on standard methods of sampling for dust study, 71 surface sediment samples were taken from potential dust producing centers in the Khuzestan plain. The samples were investigated by grain size and chemical analyses in Laboratories of geological survey of Iran. The results indicate that the size of the deposits are classified in mud, sandy mud, muddy sand and minor amount of gravel. Sediments shows a prominent river source which has been influenced by wind processes. According to the grain size dispersion maps, percentage of grains in clay and silt size are identifiable as a potential areas of dust production. Regarding to the geochemistry of sedimentary studies, the three main sources of elements in the Khuzestan plain quaternary sediments are: detrital (As, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Er, Ga, Gd, Ge, Hf , La, Li, Mn, Nb, Nd, Ni, P, Pr, Rb, Sc, Sm, Sn, Ta, Th, Ti, Tm, U, V, Y, Yb, Zn, Zr); Chemical and biochemical (evaporation) (Ag, B, Mo, S, Sr) and anthropogenic pollutions in the region(Ba, Pb, Dy, Tl, W) effected by petroleum (organic) pollution. The results of the Factor analysis was confirmed by results of the cluster analysis. The result of changes in trace elements and their ratio confirms sedimentary origin for sediments provenance in the Khuzestan plain.

Keywords: Khuzestan plain, Sedimentology, Sedimentary geochemistry, Sedimentary origin, Dust source.