

شواهد مورفوسکوپی و دانه‌بندی رسوبات هولوسن بالایی در جنوب غرب جلگه خوزستان

فاضل ایرانمنش* - استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی - تهران - ایران.
مریم محول - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۱۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷

چکیده

عصر هولوسن علی‌رغم کوتاه بودن، شرایط پایداری را از نظر اقلیمی پشت سر نگذاشته است. وجود چنین شرایطی در حوزه عملکرد سامانه‌های شکل‌زای حوضه‌ها، جنس و عمق رسوبات به‌ویژه در نوار و جلگه‌های ساحلی مانند جلگه خوزستان تأثیر زیادی داشته است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تعیین شواهد رسوبی ناشی از تغییرات اقلیمی هولوسن در پایاب رودخانه کرخه انجام شده است. در این پژوهش با استفاده از یک دستگاه ماشینی حفاری دورانی، نمونه‌گیری‌ها به صورت مغزه‌گیری پیوسته تا عمق ۱۰ متری انجام شد. پس از آن، نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های دانه‌بندی، بافت، مورفوسکوپی و XRD به آزمایشگاه ارسال شدند. آزمایش‌های دانه‌بندی و بافت خاک با استفاده از روش الک خشک و الک تر، آزمایش‌های مورفوسکوپی، با تهیه مقاطع نازک و میکروسکوپ بینوکولر و پولاریزان انجام شد. نتایج نشان داد، علیرغم ثابت بودن نوع کانی‌ها در اعماق مختلف، روند تغییرات اندازه ذرات رسوبی در توالی عمودی از ریزدانه به درشت‌دانه می‌باشد و بافت خاک نیز از سیلتی لومی به لومی شنی تغییر می‌کند. این روند نشان از وجود دو محیط رسوبگذاری متفاوت است. علاوه بر تفاوت در اندازه ذرات، ویژگی‌های مورفوسکوپی در عمق ۶ تا ۱۰ متری مانند کرویت، گردش‌گی و میزان بالای زاویه‌دار بودن ذرات رسوبی به همراه افزایش تیرگی و جورشدگی بالای آن‌ها، شواهد یک محیط رسوبی بادی را در گذشته نشان دادند. بر اساس شواهد دانه‌بندی و مورفوسکوپی موجود می‌توان نتیجه گرفت، دو محیط رسوبی آبی و بادی به ترتیب در عمق یک تا ۶ متر و ۶ تا ۱۰ متری در محل پژوهش قابل تشخیص هستند.

واژگان کلیدی: جلگه خوزستان، کرویت، گردش‌گی، محیط رسوبی، مورفوسکوپی.

مقدمه

جنوب غرب جلگه استان خوزستان در پایاب حوزه آبریز رودخانه کرخه قرار دارد. از شاخص‌ترین ویژگی‌های این ناحیه از استان خوزستان می‌توان به محیط‌های رسوبگذاری متنوعی اشاره کرد که پهنه‌های وسیعی از غرب رودخانه کرخه حذفاصل شهرستان الباجی تا تالاب هورالعظیم (هویزه) را در بر گرفته است. معمولاً سؤالات زیادی در ارتباط با نوع و منشأ ذرات رسوبی این محیط‌ها در ادوار گذشته وجود دارد. یکی از روش‌ها برای پاسخگویی به این سؤالات تجزیه و تحلیل فرم، شکل و دانه‌سنجی ذرات رسوبی دیرینه و شناخت توالی رسوبی آن‌ها است. زیرا این روش ابزار اصلی برای طبقه‌بندی محیط‌های رسوبی به شمار می‌آید و اغلب خصوصیات اصلی ذرات رسوبی، مثل شرایط انتقال و رسوب‌گذاری را نشان می‌دهد، (بلوت و پای،^۱ ۲۰۰۱). نتایج حاصل از مورفوسکوپی نهشته‌های بادی شرق زابل حکایت از غالب بودن فرایندهای آبی و بادی در آن‌ها دارد و مؤید این مطلب است که، رسوبات بادی منطقه از گردشگری خوبی برخوردار هستند، (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸، ۱۷). مورفوسکوپی ذرات رسوبی در بالادست سد رودخانه لتیان نشان داد، این ذرات دستخوش تغییراتی شده است که به دلیل لیتولوژی متنوع رسوبات رودخانه، از روند خاصی تبعیت نمی‌کنند، (بوربوری، ۱۳۹۰، ۱۰۶). علیرغم تشابه فراوان در گرانولومتری ذرات رسوبی، امکان تفاوت‌های ساختاری زیادی در مورفوسکوپی دانه‌های مناطق داخلی و ساحلی ایران در منطقه ریگ مرنجاب و ساحل جاسک وجود دارد، (شهریار و همکاران، ۱۳۹۲، ۱۷). این تفاوت‌ها در مورفوسکوپی تپه‌های ماسه‌ای قدیم و جدید در منطقه ارگ دامغان نیز به خوبی قابل مشاهده است، مورفوسکوپی تپه‌های ماسه‌ای جدید به صورت هاله‌ای بوده و گردشگری کمی دارد که نشان از حمل رسوبات توسط باد است، در حالی که تپه‌های ماسه‌ای قدیمی رسوبات درخشان و زاویه‌دار بوده و نشان دهنده حمل رسوبات توسط آب است، (احمد پناه، ۱۳۹۳، ۷۱). از آنجایی که اندازه‌گیری شکل و انحناهای گوشه‌های دانه‌های ماسه‌ای کار نسبتاً مشکلی است، میزان کرویت و گردشگری آن‌ها را عمدتاً از طریق مقایسه با نمودارهای استاندارد تعیین می‌کنند. در این مقیاس، دانه‌ها از نظر گردشگری به شش رده (بسیار زاویه دار، زاویه دار، نیمه گرد شده، گرد شده و بسیار گرد شده) و از نظر کرویت بودن به دو گروه (کرویت زیاد و کم) و یا سه گروه (کرویت زیاد، میانه، کم) تقسیم می‌شوند، (صحرا رو و خدابخش، ۱۳۹۲). این روش به‌ویژه در مطالعه میکروسکوپی برش‌های نازک ماسه سنگ‌ها بسیار مفید و سریع است. معمولاً جورشدگی ذرات تپه‌های ماسه‌ای خوب و بهتر از رسوبات رودخانه‌ای و دارای انحراف استاندارد کمتر از ۰/۵ می‌باشند. این موضوع با بررسی‌های مورفوسکوپی و کانی‌شناسی نمونه‌ها در تپه‌های ماسه‌ای منطقه بلوچستان مطابقت دارد، (عباسی و همکاران، ۱۳۹۰، ۴۴۱). همچنین از بین چهار شاخص مورد استفاده برای بلوغ ذرات شنی یعنی: جورشدگی، اندازه دانه، گردشگری و ضریب سایشی، "شاخص مورفوسکوپی گردشگری" در ارزش اول و سپس "مرتب‌سازی" و در نهایت "شاخص اندازه متوسط ذرات" قرار دارند، (مشهدی و اختصاصی، ۲۰۰۹، ۱۹۷). از دانه‌بندی و مورفوسکوپی ذرات رسوبی برای منشاء‌یابی ذرات رسوبی نیز استفاده می‌شود. برای شناخت کافی از نوع رسوبات خشکی و یا دریایی بندر نادور^۲ در تونس که موجب محدودیت‌های کشتیرانی شده بود، تجزیه و تحلیل‌های دانه‌بندی و مورفوسکوپی ذرات رسوبی با استفاده از برداشت حداقل ۲۵ نمونه انجام شد. نتایج نشان داد، غالب رسوبات از نوع رسوبات خشکی که طی فرایندهای فرسایشی در حوزه آبخیز بالادست به بندر نادور منتقل می‌شوند، (آمارجوف^۳ و همکاران، ۲۰۱۴، ۱). باید در نظر داشت که نوع رخساره‌های فرسایشی، چینه‌شناسی و فرم و شکل رسوبات همگی به تغییرات اقلیمی و به دنبال آن تغییر در شرایط محیط‌های رسوبی بستگی دارد. سرد شدن اقلیم در عصر ویچسلین^۴ منجر به تجمع رسوبات و شرایط پرمافراست در شرق کشور لهستان شده و در مقابل، گرم شدن هوا منجر به

1. Blott

2. Nador

3. Amarjounf

4. Weichselian

افزایش فرسایش در دره‌ها و ایجاد تراس‌های رودخانه‌ای شده است، (زیلینسکی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸، ۱). همچنین بررسی‌های دانه‌بندی و مورفوسکوپی در شرق کشور لهستان بر روی رسوبات مخروطه‌افکنه‌های هولوسن نشان داد، حداقل سه رخساره رسوبی قابل شناسایی هستند. رخساره تحتانی متشکل از رسوبات ماسه‌ای رودخانه‌های بریده بریده پرمافراست، رخساره میانی، بیش‌تر رسوبات بادی به همراه رسوبات رودخانه‌ای و در نهایت رسوبات فوقانی شامل تپه‌ها و رسوبات ماسه‌ای می‌باشند، (زیلینسکی و همکاران، ۲۰۱۶، ۱۰۵). در منطقه مورد مطالعه نیز تغییرات اقلیمی موجب تغییراتی در محیط‌های رسوبی منطقه شده است. بر اساس مطالعات پی‌لو (۱۹۹۱)، علاوه بر پلیستوسن، عصر هولوسن نیز، تغییرات اقلیمی را تجربه کرده است؛ وی این عصر را به سه دوره تحتانی، میانی و فوقانی تقسیم کرده است. دوره تحتانی از ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال قبل را شامل می‌شود که، تحت‌تأثیر اثرات پایانی از عقب‌نشینی یخچال‌ها قرار دارد. ذوب پهنه‌های یخچالی و افزایش حجم زیاد آب ناشی از ذوب، سطح اقیانوس‌ها را تا ۱۳۰ متر بالا آورده است؛ درحالی‌که در عرض‌های پایین‌تر، افزایش بارندگی و شرایطی مرطوب‌تر از زمان حاضر را شاهد هستیم. دوره میانی ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ سال پیش را در برمی‌گیرد. دوره میانی را گرم‌ترین دوره بین یخچالی نامیده‌اند؛ دوره فوقانی، که حدوداً ۴۰۰۰ سال پیش را شامل می‌شود، با تغییر آب‌وهوایی، سرد شدن و ایجاد یخچال‌های جدید مشخص می‌شود؛ آثار چنین پدیده‌ای، با پیش‌روی یک تا دو کیلومتری یخچال‌های کوهستانی در کوه‌های راکی قابل مشاهده است. اثرات این چنین تغییرات اقلیمی با بالا آمدگی خط ساحلی خلیج‌فارس بر اثر بالا آمدگی جهانی سطح دریا در ۶۰۰۰ سال قبل و قرار گرفتن آن تا نزدیکی شهر اهواز و تالاب هویزه است، (کنت و کنت^۲، ۲۰۰۶، ۷۴). بعد از این زمان و با شروع عقب‌نشینی خط ساحلی از ۵۵۰۰ سال پیش (اواسط هولوسن میانی)، دلتای کارون توسعه پیدا کرده و جابجایی و تغییر مسیرهایی نیز در بستر رودخانه کرخه پدیدار می‌شود، (هیوارت و بیت من^۳، ۲۰۰۷، ۱۶۷). توسعه دلتای رودخانه کرخه باعث تغییراتی در دانه‌بندی ذرات شده است و توالی رسوبی را در محیط‌های رودخانه‌ای و دریاچه‌ای تحت تأثیر قرار داده است، (ایران‌منش و همکاران، ۱۳۹۴، ۱۳۴). با این وجود هنوز شواهد متقن برای شرایط انتقال و منشأ این رسوبات وجود ندارد. این تحقیق به طور مشخص به دنبال پاسخگویی به شرایط دیرینه منشأ و انتقال رسوبات با استفاده از روش‌های مورفوسکوپی و دانه‌بندی ذرات رسوبی در جنوب‌غرب استان خوزستان است.

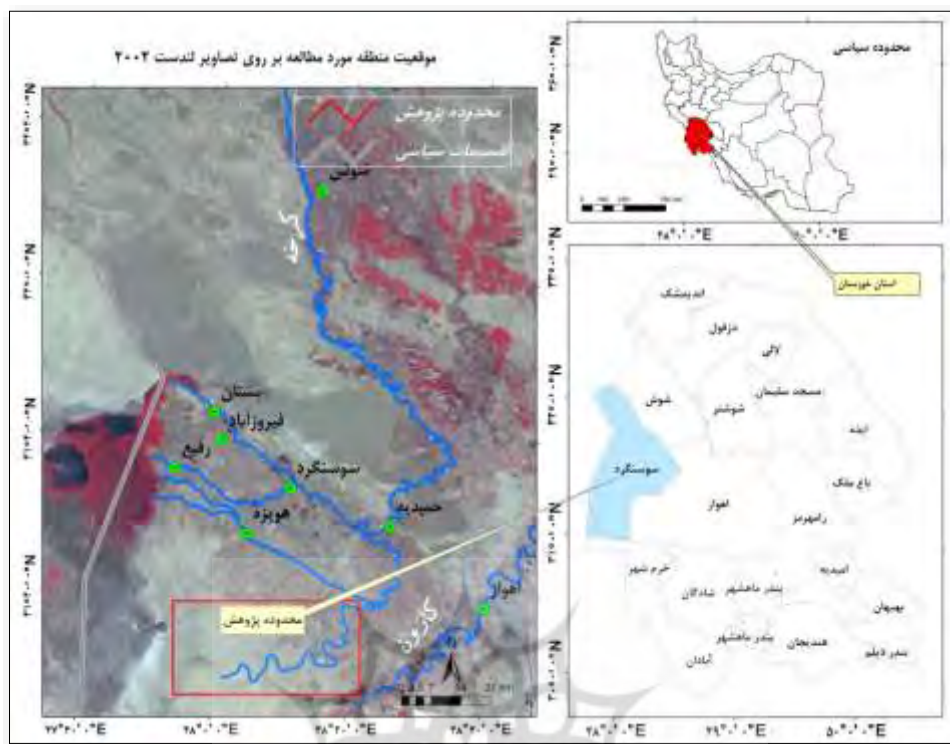
محدوده پژوهش

جنوب‌غرب استان خوزستان پایاب رودخانه‌های بزرگ و پرآب کرخه و کارون است. در طی هولوسن دلتای این رودخانه‌ها دچار تغییرات زیادی شده است. به همین منظور منطقه پژوهش در پایاب رودخانه کرخه و در جنوب شهر هویزه و در نزدیکی روستای جفیر واقع در کانال متروکه کرخه انتخاب شد، (شکل ۱). این محدوده از لحاظ تقسیمات استانی، جزو دشت آزادگان با مرکزیت سوسنگرد بوده و بستان و هویزه از شهرهای مهم آن هستند.

1. Zieliński

2. Kennett & Kennett

3. Heyvaert and Baeteman



شکل ۱: موقعیت محدوده پژوهش

مواد و روش‌ها

بررسی‌های اولیه به منظور شناخت محدوده پژوهش و تعیین محل حفاری و نمونه‌برداری از رسوبات با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست^۱ سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۲ میلادی، لایه‌های اطلاعاتی شبکه رودخانه، جاده‌ها، شهرها، روستاها، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، شامل برگ ۴-۳۸ NH (بستان) و ۱-۳۹ NH (اهواز) سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی انجام شد. پس از تعیین محدوده پژوهش، عملیات میدانی به دو منظور، یکی تدقیق و تکمیل اطلاعات مورد نیاز پژوهش مانند تعیین نقاط کنترل زمینی با GPS، تهیه تصویر و عکس از محیط‌های رسوبی و دیگری مغزه‌گیری از رسوبات تا عمق ۱۰ متر به منظور آزمایش‌های دانه‌بندی و فیزیکی رسوبات، مورفوسکوپی و XRD صورت پذیرفت. به دلیل مشکلاتی، مانند بالا بودن سطح آب‌زیرزمینی در محل نمونه‌برداری (حدود ۴/۳ متر)، وجود رسوبات با بافت سنگین، صرف هزینه بالای حفر چاه و صرف زمان بیش‌تر، نمونه‌برداری با یک دستگاه ماشین حفاری دورانی مدل ای‌کر^۲، به صورت مغزه‌گیری پیوسته^۳، تا عمق ۱۰ متری انجام شد، (شکل ۲). در حین حفاری، ثبت تغییرات لایه‌های خاک و اخذ نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده صورت گرفت و پس از انتقال نمونه‌های زیرسطحی به سطح زمین، نمونه‌ها در جعبه‌های مخصوص، به ترتیب عمق قرار داده شدند، (شکل ۳).

۱. Acker

۲. Continuous Coring



شکل ۲: محل برداشت حفاری در نزدیکی روستای جفیر

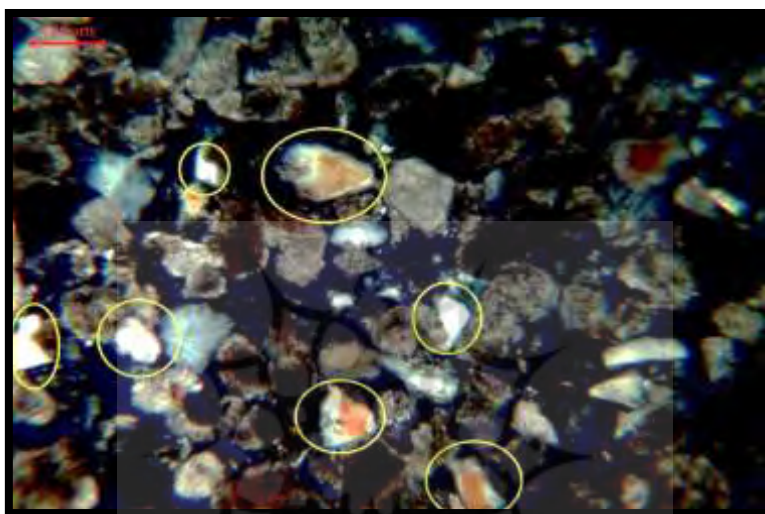


شکل ۳: تصویر جعبه نمونه‌های حفاری شده در منطقه جفیر

پس از آن، نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های فیزیکی شامل دانه‌بندی، بافت و وزن مخصوص و آزمایش مورفوسکوپی ارسال شد. آزمایش‌های دانه‌بندی و فیزیک خاک با استفاده از روش الک خشک و الک تر، دیسیکاتور و آزمایش‌های مورفوسکوپی، با تهیه مقاطع نازک و استفاده از میکروسکوپ بینوکولر^۱ و پولاریزان انجام شد، (شکل ۴). در این آزمایش از میکروسکوپ مدل ZEISS : 47 30 59-9910 استفاده شد. برای تهیه مقاطع نازک ابتدا نمونه‌ها از آلودگی‌هایی مانند خرده چوب‌ها، گیاهان خشک شده و غیره پاکسازی شدند و سپس با رزین (چسب اپوکسی) مخلوط و قالب‌گیری و پس از خشک شدن رزین‌ها و تبدیل آن‌ها به سنگ، توسط اهر برش و تبدیل به سطوح مکعب مستطیل شدند. در این مرحله، برای تجزیه و

^۱. Binocular Microscope

تحلیل اندازه دانه‌ها و بافت به ترتیب از نرم‌افزارهای گرادی استیت^۱ و محاسبه‌گر ویژگی‌های هیدرولیکی^۲ و برای تحلیل ویژگی‌های مورفوسکوپی مانند اندازه‌گیری اقطار، گردش‌دگی^۳، کرویت^۴ و فرم^۵ ذرات رسوبی از نرم‌افزار KEView استفاده شد. همچنین محاسبه ویژگی‌های مورفوسکوپی فوق بر اساس روابط زیر انجام شده است. همچنین به منظور تعیین نوع کانی از آزمایش تجزیه کانی‌شناسی با دستگاه ایکس آر دی^۶ استفاده شد. برای آماده‌سازی نمونه‌های مربوط به کانی‌شناسی رس، از روش ترکیبی (مهرا و جکسون^۷ ۱۹۶۰، کیتریک و هوپ^۸ ۱۹۶۳ و جکسون^۹، ۱۹۷۵) استفاده شد. نمونه‌ها با دستگاه تفرق اشعه ایکس (Seifert xrd 3003 pts) با توقف زمانی ۰/۱ ثانیه، در زوایای ۲-۳۰، ۲۲ درجه و با آند مسی با منبع اشعه $CuK\alpha$ در ولتاژ ۴۰ کیلوولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر مورد مطالعه قرار گرفتند.



شکل ۴: ذرات کوارتز با میکروسکوپ پلاریزان در مقطع ۱-۲ متر روستای جفیر

۱- کرویت:

طبق رابطه (۱) کرویت رایلی^{۱۰} از ریشه دوم نسبت کوچک‌ترین قطر دایره‌ای که دانه در خود جای می‌دهد به بزرگ‌ترین قطر دایره‌ای که دانه در آن جای می‌گیرد، بدست می‌آید، (رودریگز، ۲۰۱۳).

رابطه (۱)

$$\text{کرویت رایلی} = \sqrt{\frac{D_i^{11}}{D_c^{12}}}$$

1. Gradistat
2. American Hydraulic Properties Calculator
3. Roundness
4. Sphericity
5. Form
6. X-ray Diffraction (XRD)
7. Mehra and Jackson
8. Kittrick and Hope
9. Jackson
10. Riley Sphericity
11. Diameters of Inscribed
12. Diameters of circumscribed

۲- گردشگی:

پاورز^۱ (۱۹۵۳) نمودار مقایسه‌ای بصری مرجع را برای کرویت و گردشگی ارائه نمود. اما وقتی نمودارها برای طبقه‌بندی استفاده می‌شوند، خطر خطا برای کروی بودن ناچیز است، اما برای گردشگی زیاد است، (فولک^۲، ۱۹۵۵). بر همین اساس از رابطه (۲) که بیانگر نسبت شعاع تیزترین گوشه دانه به شعاع بزرگترین دایره محاط در دانه برای محاسبه گردشگی است، استفاده شد، (دابکینز و فولک^۳، ۱۹۷۰). برخی دیگر از محققین مانند (روسل و تیلر^۴، ۱۹۳۷، پتی جان^۵ ۱۹۵۷ و پاورز، ۱۹۵۳) طبقه بندی میزان گردشگی را به پنج و یا شش کلاس توسعه دادند، (هاوکینز^۶، ۱۹۹۳). اما روش اندازه‌گیری گردشگی توسط ودل^۷ (۱۹۳۲) توسعه یافت. این شاخص از ۰ تا یک متغیر است و یک نشانگر یک دایره عالی است، (جدول، ۱).
رابطه (۲)

$$p = \frac{r}{R}$$

p = گردشگی

r = شعاع تیزترین گوشه دانه

R = شعاع بزرگترین دایره محاط در دانه

جدول ۱: درجه گردشگی بر اساس نظر پاورز، ۱۹۵۳

درجه گردشگی	محدوده کلاس‌ها	میان کلاس‌ها
خیلی زاویه‌دار	۰/۰-۱۲/۱۷	۰/۱۴
زاویه‌دار	۰/۰-۱۷/۲۵	۰/۲۱
نیمه زاویه‌دار	۰/۰-۲۵/۳۵	۰/۳۰
نیمه گرد شده	۰/۰-۳۵/۴۹	۰/۴۱
گرد شده	۰/۰-۴۹/۷۰	۰/۵۹
خیلی گرد شده	۰/۱-۷۰/۱۰۰	۰/۸۴

۳- فرم:

احتمالاً اولین کسی که اقطار (قطر بزرگ (a)، متوسط (b) و کوچک (c)) ذرات رسوبی را اندازه‌گیری کرده، شخصی به نام ونت ورث^۸ در سال ۱۹۲۲ بوده است، (بلوت و پی^۹، ۲۰۰۸). رابطه بین سه بعد یا سه قطر یک دانه، بلند (L)، متوسط (I) و کوتاه (S) است. شکل و فرم ذرات با توجه به نسبت سه قطر به ذرات، مشخص می‌شود. چنانچه ابعاد دانه‌ها با هم برابر (L=I=S) باشند، دانه به شکل کره یا مکعب و اگر قطر بلند بزرگ‌تر از قطر کوچک و قطر کوچک برابر با قطر متوسط باشد (L>I=S) باشد دانه به شکل میله‌ای می‌باشد و چنانچه قطر بلند مساوی قطر متوسط و بزرگ‌تر از قطر

1. Powers

2. Folk

3. Dobkins and Folk

4. Russel & Taylor

5. Pettijohn

6. Hawkins

7. Wadell

8. Wentworth

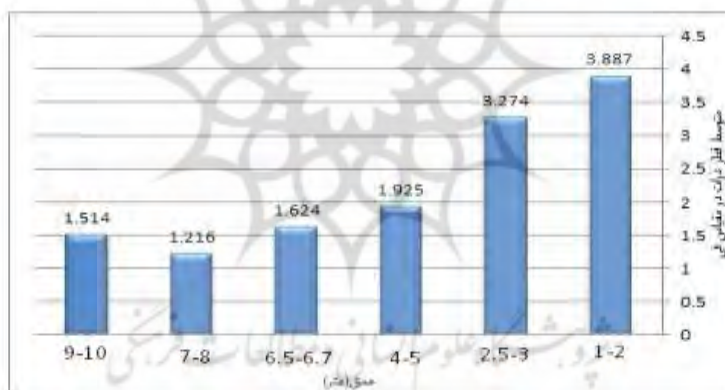
9. Blott and Pye

کوچک ($L=I \gg S$) باشد دانه به شکل دیسک یا صفحه‌ای یا شلغمی است و اگر قطر بلند بزرگ‌تر از متوسط و قطر متوسط بزرگ‌تر از قطر کوچک ($L > I > S$) باشد دانه به شکل تیغه‌ای است، (حرمی، ۱۳۷۷، ۷۸).

نتایج

نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی و فیزیکی

میانگین اندازه قطر ذرات، برای منطقه جفیر ۲/۱۳ در مقیاس فی است. به عبارت دیگر، میانگین اندازه ذرات در منطقه جفیر حدود ماسه است، (شکل ۵). اما از آنجایی که میانگین، فقط حد متوسط اندازه ذرات رسوب را نشان می‌دهد، معیار مناسبی برای بررسی توزیع اندازه ذرات و شناسایی فرایندهای رسوبگذاری در مغزه‌ها محسوب نمی‌شود. ادامه بررسی‌ها در مغزه رسوبی جفیر، نشان داد، بیش‌ترین میزان درصد ماسه در عمق ۱۰ متری با ۸۵ درصد و کمترین آن، در عمق یک تا دو متری مشاهده شد؛ درحالی‌که کمترین میزان رس، در عمق ۶/۷-۶/۵ متری و بیش‌ترین آن در عمق یک تا دو متری اندازه‌گیری شده است. معمولاً افزایش اندازه دانه‌ها در یک توالی عمودی مربوط به افزایش انرژی محیط و میزان ذرات درشت دانه حمل شده است، (موسوی حرمی، ۱۳۸۹). نتایج حاصل از بافت خاک در منطقه جفیر نیز نشان داد، با افزایش عمق، بافت خاک از سیلتی لومی به سمت لومی شنی میل پیدا می‌کند، (جدول ۲). با توجه به نتایج بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری نیز افزایش یافته و در عمق‌های پایین به حدود ۲/۰۶ می‌رسد. زیرا اصولاً وزن مخصوص ظاهری خاک، با میزان منافذ خاک، نسبت عکس دارد. یعنی هر قدر منافذ زیادتر باشد وزن مخصوص ظاهری کمتر خواهد بود، (جدول ۲).



شکل ۵: نمودار میله‌ای میانگین قطر ذرات در جفیر

جدول ۲: نتایج آزمایش بافت رسوبات در جفیر

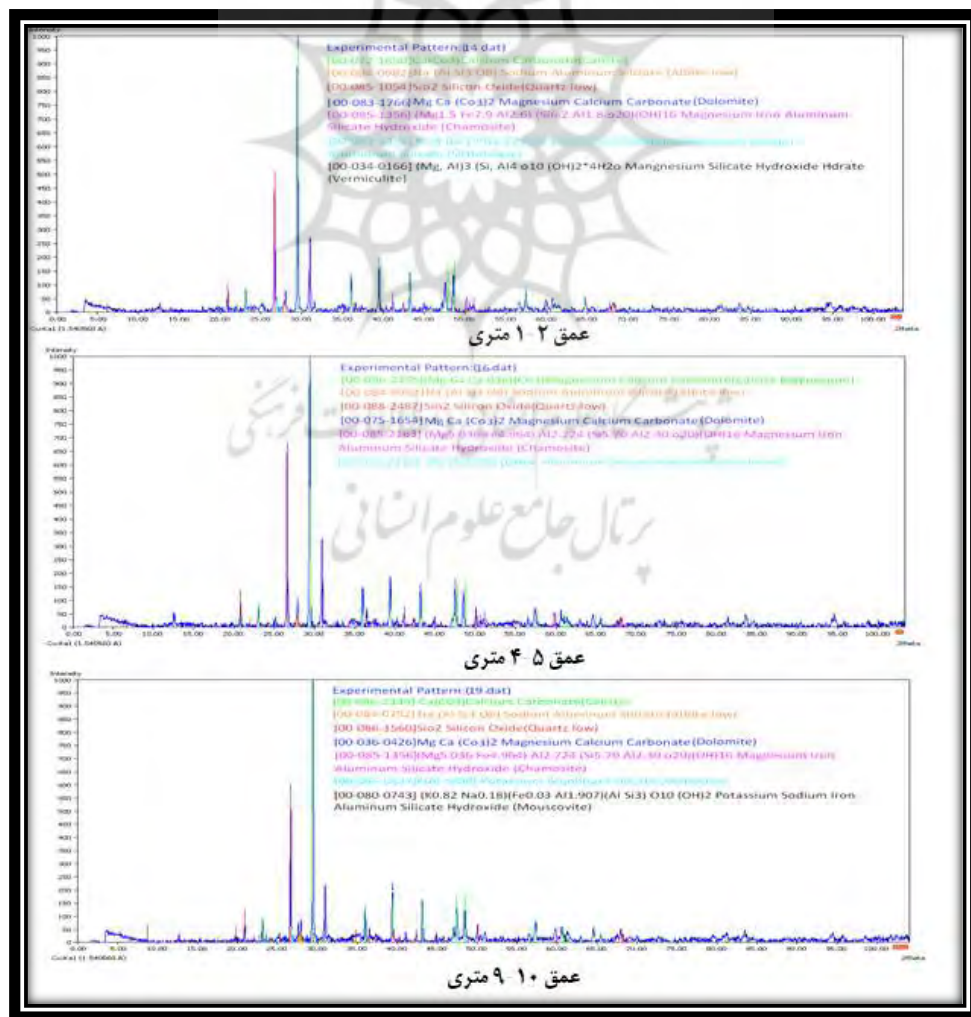
ردیف	عمق (متر)	وزن مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	بافت خاک
۱	۱-۲	۲/۷	۱/۸۹	سیلتی لومی
۲	۳-	۲/۸۹	۱/۹۴	سیلتی لومی
۳	۴-۵	۲/۷۲	۱/۸۷	لومی
۴	۶/۷-	۲/۷	۱/۸۹	لومی شنی
۵	۷-۸	۲/۷۱	۱/۹	لومی شنی
۶	۱۰-	۲/۷۲	۲/۰۶	لومی شنی

نتایج آزمایش کانی‌شناسی

کانی‌های موجود در مغزه جفیر، تفاوت چندانی با هم ندارند. اغلب کانی‌ها شامل کلسیت، کوارتز، دولومیت، کلرایت (شاموزیت)، ورمی‌کولیت، کائولونیت، فلدسپار (آلبیت و اورتوکلاز) است، (جدول ۳ و شکل ۶). در منطقه جفیر، کانی رسی کائولونیت فقط در عمق چهار تا پنج متری شناسایی شد. برخلاف کائولونیت، کانی رسی کلرایت (شاموزیت) در کلیه عمق‌های نمونه‌برداری وجود دارد. کلرایت در خاک‌های اسیدی مناطق معتدله، با شست‌وشوی متوسط تشکیل می‌شود؛ همچنین در خاک‌های نواحی خشک، هم در عرض‌های جغرافیایی پایین و هم بالا، که فرایندهای شیمیایی به حداقل میزان خود می‌رسند، کلرایت ایجاد می‌شود.

جدول ۳: کانی‌شناسی مغزه رسوبی جفیر

ردیف	عمق (متر)	کانی
۱	۱-۲	کلسیت، کوارتز، دولومیت، کلرایت (شاموزیت)، فلدسپار (آلبیت و اورتوکلاز)، ورمی‌کولیت
۲	۴-۵	کلسیت، کوارتز، دولومیت، کلرایت (شاموزیت)، فلدسپار (آلبیت)، میکا (موسکویت) و کائولونیت
۳	۹-۱۰	کلسیت، کوارتز، دولومیت، کلرایت (شاموزیت)، فلدسپار (آلبیت و اورتوکلاز) و میکا (موسکویت)



شکل ۶: نمودارهای پراش اشعه ایکس در مغزه جفیر در عمق‌های متفاوت

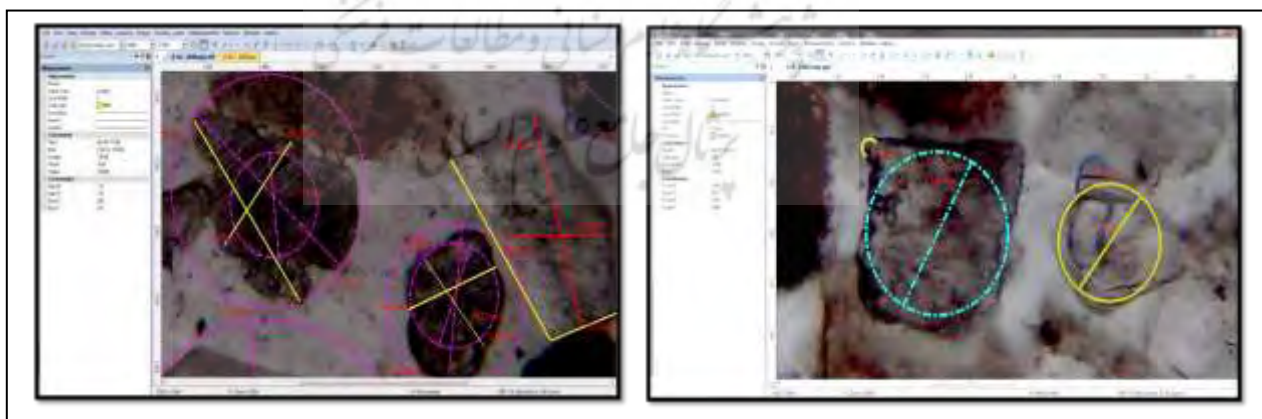
نتایج آزمایش‌های مورفوسکوپی

گردشده‌گی:

گردشده‌گی ذرات رسوبی در توالی رسوبی منطقه جفیر نشان داد. نسبت گردشده‌گی در توالی رسوبی نسبت به عمق افزایش دارند، بطوری که در عمق ۱-۲ متری حدود ۷۰ درصد ذرات نیمه‌زاویه‌دار و زاویه‌دار هستند، ولی در عمق ۹-۱۰ متری بیش از ۹۰ درصد ذرات خیلی زاویه‌دار هستند، (جدول ۴ و اشکال ۷ و ۸). در اعماق ۶/۷-۶/۵-۸-۷ متری نیز میزان گردشده‌گی در حد خیلی زاویه‌دار است.

جدول ۴: میزان گردشده‌گی ذرات در عمق ۱-۲ و ۹-۱۰ متری

نمونه عمق (متر)	شعاع	شعاع	گردشده‌گی	توضیحات
۱ (عمق ۱-۲)	۴/۴۸	۰/۶۷۵	۰/۱۵۰	خیلی زاویه‌دار
۲ (عمق ۱-۲)	۳/۳۷	۰/۸۵	۰/۲۵۲	زاویه‌دار
۳ (عمق ۱-۲)	۳/۲۱	۰/۶۳۵	۰/۱۹۷	زاویه‌دار
۴ (عمق ۱-۲)	۲/۸۴	۰/۴۱	۰/۱۴۴	خیلی زاویه‌دار
۵ (عمق ۱-۲)	۴/۹۵	۰/۹۸	۰/۱۹۷	زاویه‌دار
۶ (عمق ۱-۲)	۴/۵۱	۱/۲۷۵	۰/۲۸۲	نیمه زاویه‌دار
۷ (عمق ۱-۲)	۲/۷۱	۰/۷۵	۰/۲۷۶	نیمه زاویه‌دار
۸ (عمق ۱-۲)	۳/۲۱	۰/۸۱	۰/۲۵۲	نیمه زاویه‌دار
۹ (عمق ۱-۲)	۳/۲۹	۰/۷۸۵	۰/۲۳۸	زاویه‌دار
۱۰ (عمق ۱-۲)	۲/۳۰	۱/۲۵۶	۰/۵۵	گردشده
۱ (عمق ۹-۱۰)	۷۲/۵۴	۴/۵۲	۰/۰۶	خیلی زاویه‌دار
۲ (عمق ۹-۱۰)	۳۸/۸	۴/۵۲	۰/۱۱	خیلی زاویه‌دار
۳ (عمق ۹-۱۰)	۳۹/۰۷	۴/۱۸	۰/۱۰	خیلی زاویه‌دار
۴ (عمق ۹-۱۰)	۴۳/۲۳	۷/۴۵	۰/۳۴	نیمه زاویه‌دار
۵ (عمق ۹-۱۰)	۸۸/۳۹	۱۵/۲۹	۰/۱۷	زاویه‌دار
۶ (عمق ۹-۱۰)	۸۷/۲۶	۱۵/۴۴	۰/۱۷	زاویه‌دار
۷ (عمق ۹-۱۰)	۴۸/۰۳	۶/۳۴	۰/۱۳	خیلی زاویه‌دار



شکل ۷: گردشده‌گی ذرات ماسه در عمق ۱-۲ متر

شکل ۸: گردشده‌گی ذرات ماسه در عمق ۹-۱۰ متر

کرویت:

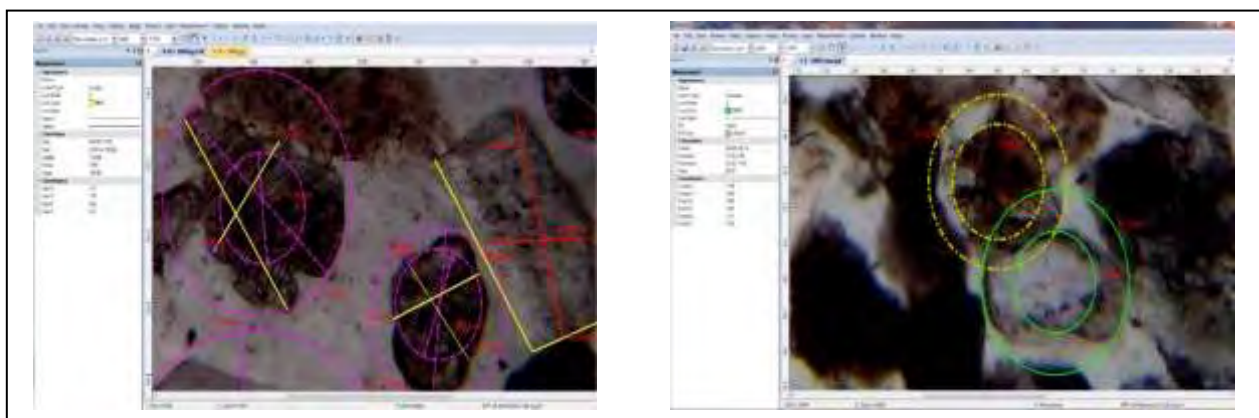
بطور کلی کرویت موروثی است و توسط اختصاصات فیزیکی دانه‌های سنگ یا کانی کنترل می‌شود. نتایج نشان داد، ۷۷ درصد از ذرات در عمق ۱ تا ۲ متری دارای کرویت زیاد می‌باشد. نسبت کرویت در توالی رسوبی نسبت به عمق کاهش داشته و در عمق ۹ تا ۱۰ متری درصد کرویت به حدود ۳۰ درصد می‌رسد، (جدول ۵ و اشکال ۹ و ۱۰).

فرم:

با توجه به روابط به دست آمده از اقطار ذرات رسوبی (جدول ۶)، در عمق ۲-۱ متری غالب ذرات مقطع صفحه‌ای یا شلغمی داشته، (شکل ۱۱) و درصد کمی از ذرات به صورت تیغه‌ای و کشیده هستند، (شکل ۱۲). همچنین نتایج توالی فرم ذرات در سایر اعماق نیز نشان داد، فرم ذرات در بیش از ۹۰ درصد به حالت تیغه‌ای است.

جدول ۵: میزان کرویت ذرات در عمق ۲-۱ و ۱۰-۹ متری

توضیحات	کرویت (میکرومتر)	شماره نمونه
کرویت زیاد	۰/۹۰	۱ (عمق ۲-۱)
کرویت زیاد	۰/۹	۲ (عمق ۲-۱)
تا حدودی کروی	۰/۸۸	۳ (عمق ۲-۱)
تا حدودی کروی	۰/۸۶	۴ (عمق ۲-۱)
کرویت زیاد	۰/۹۱	۵ (عمق ۲-۱)
کرویت زیاد	۰/۹	۶ (عمق ۲-۱)
تا حدودی کروی	۰/۸۷	۷ (عمق ۲-۱)
کرویت زیاد	۰/۹	۸ (عمق ۲-۱)
تا حدودی کروی	۰/۸۷	۹ (عمق ۲-۱)
تا حدودی کروی	۰/۸۷	۱۰ (عمق ۲-۱)
کرویت کم	۰/۶۳	۱ (عمق ۱۰-۹)
تا حدودی کروی	۰/۸۱	۲ (عمق ۱۰-۹)
تا حدودی کروی	۰/۸۸	۳ (عمق ۱۰-۹)
کرویت زیاد	۰/۹۳	۴ (عمق ۱۰-۹)
کرویت زیاد	۰/۹۲	۵ (عمق ۱۰-۹)
کرویت کم	۰/۸۵	۶ (عمق ۱۰-۹)
تا حدودی کروی	۰/۸۱	۷ (عمق ۱۰-۹)

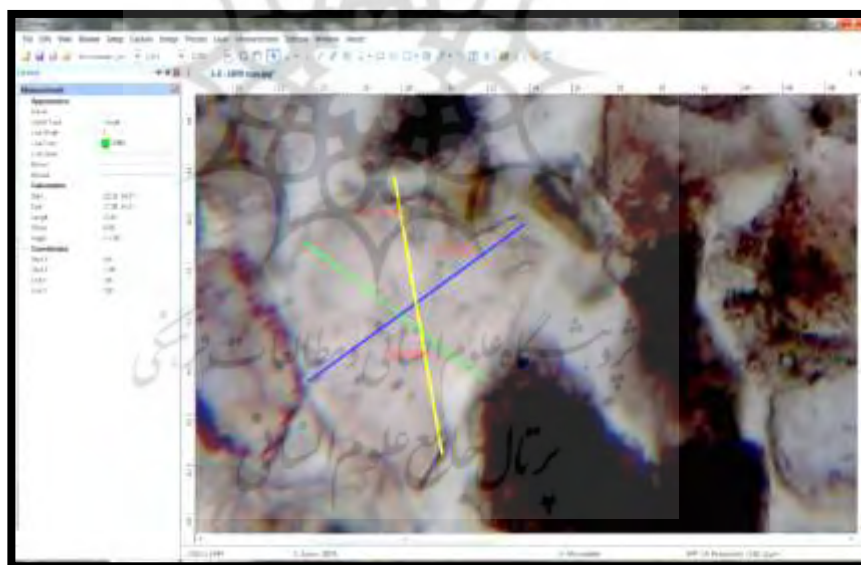


شکل ۱۰: قطر بزرگ و کوچک ذرات در عمق ۱۰-۹ متر

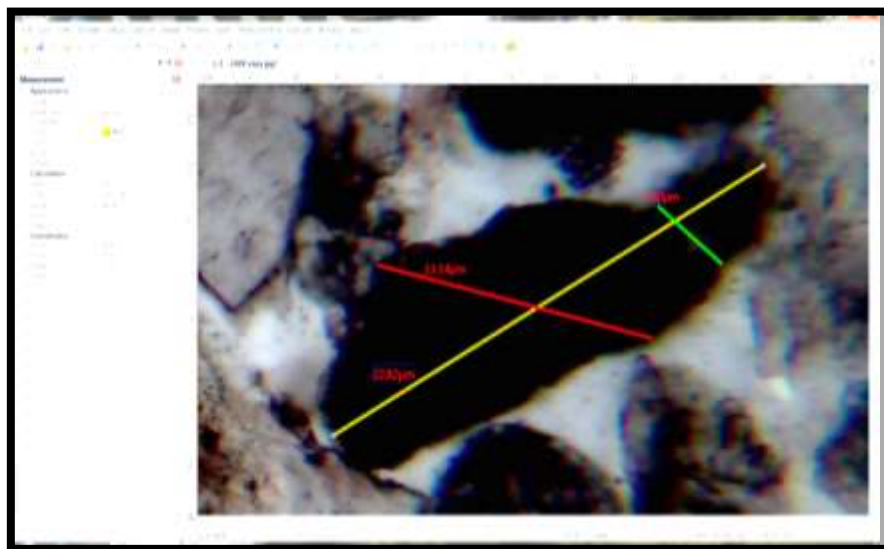
شکل ۹: قطر بزرگ و کوچک ذرات در نمونه ۸ و ۴ عمق ۲-۱ متر

جدول ۶: اندازه‌گیری اقطار ذرات رسوبی در عمق ۱-۲ متری در جفیر

ردیف	قطر بلند (میکرومتر)	قطر متوسط (میکرومتر)	قطر کوتاه (میکرومتر)	روابط
۱	۲۲/۵۵	۱۶/۲۸	۷/۱۴	L>>I>S
۲	۱۱/۰۱	۱۰/۶۵	۸/۶۲	L=I>S
۳	۱۸/۵۰	۱۱/۰۵	۶/۱۲	L>I>S
۴	۸/۶۳	۷/۴۲	۶/۱۶	L=I>S
۵	۷/۰۵	۷/۸۱	۶/۵۹	L=I<S
۶	۱۵/۹۷	۱۱/۲۸	۵/۵۹	L>I>S
۷	۹/۶۵	۸/۳۰	۵/۳۳	L=I>S
۸	۱۲/۳۵	۱۱/۷	۱۰/۵۹	L=I>S
۹	۱۲/۵۵	۱۱/۱۷	۷/۶۹	L=I>S
۱۰	۱۲/۰۶	۷/۲۵	۴/۴۵	L>>I>S
۱۱	۸/۹۲	۶/۸۰	۳/۱۵	L>I>S
۱۲	۹/۰۸	۸/۶۵	۶/۰۵	L=I>S
۱۳	۱۰/۹۶	۸/۳۵	۶/۳۸	L>I>S
۱۴	۱۰/۷۹	۸/۱۱	۳/۸۱	L>I>S
۱۵	۶/۹۳	۵/۷۵	۴/۲۱	L>I>S



شکل ۱۱: نمونه ذره‌ی نسبتاً صفحه‌ای در عمق ۱-۲ متر روستای جفیر



شکل ۱۲: نمونه ذره نسبتاً تیغه‌ای در عمق ۱-۲ متر روستای جفیر

بحث و نتیجه‌گیری

پایاب رودخانه کرخه در بخش غربی شهرستان اهواز، حامل مواد بدست آمده از آبرفت و بادرفت دوران کواترنری است. با توجه به پژوهش‌های انجام شده توسط (کنت و کنت، ۲۰۰۶، ۷۱) مشخص شد، شرایط محیطی مانند اقلیم و سطح اساس خلیج فارس ثابت نبوده است. بدیهی است که تغییر در شرایط محیطی تأثیر مستقیمی بر نوع رسوبات و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی و مورفوسکوپی دارد. بنابراین پژوهش پیش رو به بررسی ویژگی دانه‌بندی و مورفوسکوپی ذرات رسوبی نهشته شده در دشت سیلابی کرخه در منطقه جفیر پرداخته است. توالی عمودی بافت ذرات رسوبی از عمق یک متری به ۱۰ متر از ریزدانه به درشت‌دانه یعنی از سیلتی لومی به لومی شنی تغییر می‌کند. بررسی تغییرات اندازه ذرات و عوامل مؤثر در تغییر بافت در مغزه کانال متروکه جفیر نشان از پیوستگی رسوبی در یک توالی عمودی به سمت پایین دست دارد. این پیوستگی نشان می‌دهد، عواملی مانند شاخه‌های فرعی، ساختارهای زمین‌شناسی و فعالیت‌های تکتونیکی همچون وجود تاق‌دیس و گسل اهواز-حمیدیه در مسیر رودخانه نتوانسته‌اند نقش مهمی در ایجاد ناپیوستگی در این رودخانه ایفا کنند. شاید مهم‌ترین نقشی که گسل اهواز-حمیدیه در منطقه دارد، کنترل مورفولوژی و استقرار تپه‌های ماسه‌ای غرب رودخانه کرخه است و باعث به تله افتادن رسوبات بادی و محدود شدن حرکت ماسه‌ها در این بازه شده است. اما تغییر در شرایط محیطی و فرایند جورشدگی انتخابی که به اندازه ذرات بستگی دارد، باعث افزایش جورشدگی در اعماق چهار تا ۱۰ متری در مغزه رسوبی جفیر شده است. از عمق صفر تا چهار متری جورشدگی ضعیف و از عمق چهار تا ۱۰ متری میزان جورشدگی بهبود می‌یابد، (ایران‌منش، ۱۳۹۲، ۱۳۳). اما این تغییر شدید در جورشدگی، علاوه بر تفاوت در اندازه ذرات شامل سایر ویژگی‌های منحصر به فرد دیگری نیز می‌باشند. میزان بالای زاویه‌دار بودن ذرات رسوبی در عمق ۶ تا ۱۰ متری نسبت به عمق صفر تا ۶ متری به همراه افزایش تیرگی و جورشدگی بالای ذرات در همین عمق شرایط محیط رسوبی بادی را در گذشته تداعی می‌کند. شاخص‌هایی مانند رنگ قرمز در اثر اکسیداسیون، کمبود ذرات سیلت و رس و سطوح کدر نشانه‌هایی از محیط رسوبی بادی است، (حرمی، ۱۳۸۹، ۲۹۶). بر همین اساس مشخص شد، به دلیل سیر افزایشی شاخص Mg/Ca ، منیزیم، درصد شوری و همچنین کاهش درصد ذرات رسی، روند تغییرات محیط‌های رسوبی از عمق ۵ تا ۱۰ متری به سمت شرایط خشک بوده است، (ایران‌منش، ۱۳۹۴، ۱۲۵). در مقابل در عمق صفر تا شش متری

وجود سطوح روشن، وجود زوایای کمتر در ذرات و کرویت نسبتاً بالای آن‌ها وجود حاکمیت محیط رسوبی رودخانه‌ای در منطقه را نشان می‌دهد. بنابراین ملاحظه می‌شود، جلگه خوزستان مانند سایر مناطق دنیا تحت تأثیر پدیده‌های مانند خشکسالی، دوره‌های گرم و خشک در دوران چهارم، به‌خصوص در عصر هولوسن بوده است. بدیهی است کلیه تحولات اقلیمی، بر روی سایر عناصر طبیعی، مانند خاک، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و غیره تأثیر مستقیم دارد. بنابراین استفاده از روش‌هایی مانند رسوب‌شناسی و مورفوسکوپی می‌تواند کمک شایانی به تحلیل وقایح محیطی داشته باشد. علاوه بر این، وجود چندین محیط رسوبی بادی، رودخانه‌ای و دریاچه‌ای در منطقه پژوهش جمله معروف زمان حال کلیدی برای گذشته است را یادآور می‌شود.

منابع

- ایران‌منش، ف.، مقصودی، م.، مقیمی، ا.، یمانی، م و چرخایی، ا. ح.، ۱۳۹۲. شواهد رسوبی تغییرات اقلیمی هولوسن رودخانه کرخه در محدوده دشت آزادگان، نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۲، شماره ۱، شماره پیاپی ۵، صص ۱۸-۱.
- ایران‌منش، ف.، مقصودی، م.، مقیمی، ا.، یمانی، م و چرخایی، ا. ح.، ۱۳۹۴. تغییرات محیطی دلتای رودخانه کرخه براساس ژئوشیمی رسوبات، نشریه علوم دانشگاه خوارزمی. جلد یک، شماره ۲، صص ۱۳۵-۱۲۵.
- احمد پناه، م.، هایده آرا، حسین، مشهدی، ن.، کیانیان گل افشان، م.، ک و قربانیان، د.، ۱۳۹۳. مقایسه خصوصیات دانه‌بندی و مورفوسکوپی نهشته‌های بادی جدید و قدیم ازگ دامغان به منظور شناسایی منابع ماسه، فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۴، شماره ۳(۱۵)، صص ۷۱-۵۸.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی، انتشارات امیرکبیر ایران. تهران.
- بوربوری، ف.، فیاضی، ف و متکان، ع. ا.، ۱۳۹۰. بررسی رسوب شناسی، مورفوسکوپی و کانی‌های سنگین رسوبات رودخانه جاجرود، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۳، صص ۱۲۷-۱۰۶.
- موسوی‌حرمی، ر.، ۱۳۸۹. رسوب‌شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ ۱۲، مشهد.
- شهریار، ع.، لرستانی، ق و مقصودی، م.، ۱۳۹۲. بررسی شکل و دانه‌سنجی ذرات ماسه در مناطق داخلی و ساحلی ایران (مطالعه موردی: ریگ مرنجاب- ساحل جاسک)، نشریه کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، سال اول، شماره ۲، صص ۳۵-۱۷.
- عباسی، م.، فیض‌نیا، س.، عباسی، ح.، کاظمی، و قرنچیک، ا.، ۱۳۹۰. بررسی‌های دانه‌بندی و کانی‌شناسی رسوبات در منشایابی تپه‌های ماسه‌ای بلوچستان، تحقیقات مرتع و بیابان ایران: دوره ۱۸، شماره ۳ (پیاپی ۴۴)، صص ۴۵۱-۴۴۱.
- کتاب فارسی: صحرا، ن و خدابخش، س.، ۱۳۹۲. آزمایش‌های رسوب شناسی، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا. همدان.
- نگارش، ح و لطیفی، ۱۳۸۸. منشایابی نهشته‌های بادی شرق زابل از طریق مورفوسکوپی و آنالیز فیزیکی و شیمیایی ذرات، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره پیاپی(۳۳)، شماره ۱. صص ۲۲-۱.
- Amarjoug, N., Hammadi, A., Oujdi M. and Rezqi, H. 2014. Sedimentological, geochemical and morphoscopic characterization of sediments from Nador Harbor (Morocco). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, 2014, n° 36, 00-00.
- Arens, S. M., Van boxel, J. H. and Abuodha, J. O. Z. 2002. Changes in grain size of sand in transport over a foredune. *Earth Surf. Process. Landforms* 27, pp.1163 – 1175.
- Blott, S. J. and Pye, K., 2001. "GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments". *Earth Surface Processes and Landforms* 26, pp. 1237-1248.
- Blott, S. J. and Pye, K. (2008). Particle shape: a review and new methods of characterization and classification. *Sedimentology*. Vol. 55, pp. 31-63.
- Folk, R. L. 1955. Student operator error in determining of roundness, sphericity and grain size. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol. 25, pp. 297-301.

- Hawkins, A. E. 1993. *The Shape of Powder-Particle Outlines*. Wiley, New York.
- Heyvaert, V. M.A. and Baeteman, C. 2007. *Holocene sedimentary evolution and Palaeocoastlines of the Lower Khuzestan plain (southwest Iran, Persian Gulf)*, *Marine Geology*, 242(1), pp. 83-108.
- Jackson, M. L. 1975. *Soil chemical analysis. Advanced course*. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soils, Madison, Wisconsin, USA.
- Kennett, D. J. and James P. Kennett. 2006. *Early State Formation in Southern Mesopotamia: Sea Levels, Shorelines, and Climate Change*. *Journal of Island & Coastal Archaeology*, (1), pp.67-99.
- Kalińska, E., Hang, T., Jöeleht, A., Olo, S., Nartišs, M. and Adamiec, G. 2019. *Macro- and micro-scale study and chronology of Late Weichselian aeolian sediments in Estonia, north-eastern European Sand Belt*. Volume 108, Issue 6, pp. 2021-2035.
- Kittrick, J. A. and E. W. Hope. 1963. *A procedure for particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis*. *Soil Science*. 96: pp.312-325.
- Mashhadi, N. and Ekhtesasi, M.R. 2009. *Studying the Morphologic Maturation of Aeolian Sand Grains during Transportation Process of Wind Erosion (Case study: Khartouran Erg. DESERT)*. Online at <http://jd.14>. pp.197-207.
- Mehra, O.P. and Jackson, M.L. 1960. *Iron Oxide Removal from Soils and Clays by a Dithionate Citrate System with Sodium Bicarbonate*. *Clay Miner*. 7: pp.317-327.
- Pandey, S.K. Singh, A.K. 2002. *Grain-size distribution, morphoscopy and elemental chemistry of suspended sediments of Pindari Glacier, Kumaon Himalaya, India*. *Hydrologicae Sciences-Joitmal-des Sciences Hydrologiques*, 47(2). pp. 213-226.
- Pettijohn, F.J. 1957. *Sedimentary Rock*. Harper and Brothers. New York. Second Edition, xvi + 718 pp.
- Pielou, E. C. 1991. *After the Ice Age: The Return of Life to Glaciated North America*. University of Chicago Press, paperback ed. P: 366.
- Powers, M.C., 1953, *a new roundness scale for sedimentary particles*: *Journal of Sedimentary Petrology*, 23: pp.117-119.
- Rodriguez, J.M. and Edeskär, T. 2013. *Particle Shape Quantities and Measurement Techniques—A Review*. *EJGE*. Vol. 18, Bund. A
- Wadell, H., 1932, *Volume, shape, and roundness of rock particles*. *Journal of Geology*, 40: pp.443-51.
- Wentworth, W. C. 1922a. *The shape of beach pebbles*. Washington, U.S. Geological Survey Bulletin. Vol. 131C, pp. 75-83.
- Wentworth, W. C. 1922b. *A method of measuring and plotting the shape of pebbles*. Washington, U.S. Geological Survey Bulletin. Vol. 730C, pp. 91-114.
- Wentworth, W. C. 1933. *The shape of rock particle: A discussion*. *Journal of Geology*. Vol. 41, pp. 306-309.
- Zieliński, P., Sokolowski, R. J., Jankowski, M. and Standzikowski, K. 2018. *The climatic control of sedimentary environment changes during the Weichselian – An example from the Middle Vistula Region (eastern Poland)*. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint>. pp. 4-36.
- Zieliński, P., Sokolowski, R. J., Jankowski, M., Fedorowicz, S. and Woronko, B. 2016. *Depositional conditions on an alluvial fan at the turn of the Weichselian to the Holocene – a case study in the Żmigród Basin, southwest Poland*. *Geologos* 22, 2 (2016): pp.105-120.