

Macroscopic and microscopic characteristics of Pictograph of Kuhdasht in Sarsarkhon mountains of Lorestan province

Sara Sadeghi¹, Ardeshir Javanmard zاده^{1*}, Manijeh Hadian Dehkordi², Reza Rezaaloo¹

1- Department of Archaeology, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, P. O. Box. 13131-56199, Ardabil, Iran.

2- Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, P. O. Box. 11369-13431, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 21- 01- 2023

Accepted: 27 -05 -2023

Available online: 13 -09- 2023

Print ISSN: 2251-7278

Online ISSN: 2383-2223

DOR: 20.1001.1.22517278.1402.13.2.6.0

Keywords:

Pictograph

Pigment

Kuhdasht

Petrography

FT-IR

ABSTRACT

Pictographs of Lorestan province in Kuhdasht city are one of central Zagros' most prominent and important cultural works. The paintings of this region have not been studied from an experimental point of view. Considering the use of colors and their importance in Iranian art, these colors were sampled in a tiny amount, considering the principle of no visual damage. To achieve the research goal, laboratory methods have been used to identify the color substrate and pigments. In this research, three pigments, red, black, and orange, have been investigated by petrographic and FT-IR methods. In the method of thin section petrography and device analysis with James Swift model polarizing microscope, aiming to determine the bed and type of rock, Fourier transform infrared spectrometer (FT-IR) was used to identify the type of pigment. The archeological investigations on the colored pieces show that the type of pigments used to make the motifs were completely mineral, and no organic pigments were found. Microscopic images of the sections of the paint layer show that these pigments were applied directly on the rock, and as a result, there was no substrate. Therefore, the pigments used to draw motifs are a mineral structure and a combination of iron; where the natural red pigment of the earth, depending on the iron oxide chromophores and the presence of other minerals, can create orange tones to red and black shades, which can be seen as increasing or decreasing the type of iron oxide. Finally, considering that the structure of the colors was in the form of mineral compounds, it can be acknowledged that this structure is one of the most important reasons for their durability.



ساختار ماکروسکوپی و میکروسکوپی رنگین‌نگاره‌های صخره‌ای کوهدشت در کوه‌های سرسرخن استان لرستان

سارا صادقی^۱، اردشیر جوانمردزاده^{۲*}، منیژه هادیان دهکردی^۳، رضارضالو^۴

۱- دانشجوی دکترا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، صندوق پستی: ۵۶۱۹۹-۱۳۱۳۱.

۲- دانشیار، گروه باستان‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، صندوق پستی: ۵۶۱۹۹-۱۳۱۳۱.

۳- استادیار، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۱۳۶۹-۱۳۴۳۱.

۴- استاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، صندوق پستی: ۵۶۱۹۹-۱۳۱۳۱

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۶

در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۲۷۸

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۲۲۲۳

DOR: 20.1001.1.22517278.1402.13.2.6.0

واژه‌های کلیدی:

رنگین‌نگاره

رنگ‌دانه

کوهدشت

پتروگرافی

FT-IR

رنگین‌نگاره‌های استان لرستان در شهرستان کوهدشت یکی از شاخص‌ترین و مهم‌ترین آثار فرهنگی، در زاگرس مرکزی است. نقاشی‌های این منطقه تاکنون از دید تجربی مورد بررسی فن‌شناسی قرار نگرفته‌اند. با توجه به کاربرد رنگ‌ها و اهمیت آن‌ها در هنر ایران، از این رنگ‌ها به میزان بسیار کم و با در نظر گرفتن اصل عدم آسیب دیداری، نمونه‌برداری شد. برای رسیدن به هدف پژوهش، از روش‌های آزمایشگاهی برای شناسایی بستر رنگ، رنگ‌دانه‌ها استفاده شده است. در این تحقیق سه رنگدانه قرمز، سیاه و نارنجی با روش‌های پتروگرافی و FT-IR مورد بررسی قرار گرفته است. در روش پتروگرافی مقطع نازک و آنالیزهای دستگاهی با میکروسکوپ پلاریزان مدل James Swift با هدف مشخص ساختن بستر و نوع سنگ و از دستگاه طیف‌سنج زیر قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) برای شناسایی نوع رنگ‌دانه استفاده شد. بررسی‌های باستان‌سنجی صورت‌گرفته بر روی تکه‌های رنگی، نشان می‌دهد که نوع رنگ‌دانه‌های مصرفی برای ساخت نقوش تماماً کانی بوده و هیچ نوع رنگدانه آلی یافت نشده است. تصاویر میکروسکوپی از مقاطع لایه رنگ نشان می‌دهد این رنگ‌دانه‌ها مستقیماً بر روی صخره به کار رفته و در نتیجه فاقد بسترسازی بوده است. بنابراین رنگدانه‌های به کار رفته جهت ترسیم نقوش، ساختاری معدنی و ترکیبی از آهن هستند؛ جایی که رنگدانه سرخ طبیعی زمین بسته به کروموفورهای اکسید آهن و حضور دیگر مواد معدنی می‌تواند تنالیته‌های رنگی نارنجی به سایه‌های قرمز و سیاه ایجاد کند که این پدیده را می‌توان در کم و زیاد کردن نوع اکسید آهن دانست. در نهایت با توجه به این که ساختار رنگ‌ها به صورت ترکیبات معدنی بوده است می‌توان اذعان داشت یکی از مهم‌ترین دلایل ماندگاری آن‌ها این ساختار است.



۱- مقدمه

تجزیه و تحلیل رنگ و رنگدانه‌ها یکی از جنبه‌های قابل توجه در مطالعات باستان‌شناسی و تاریخ هنر به شمار می‌رود که علاوه بر جنبه‌های پژوهشی آن به درک فرآیندهای تخریب و توسعه روش‌های حفاظت کمک می‌کند (۱). استفاده از رنگ همواره یکی از مواردی است که انسان‌ها در طول تاریخ در انواع آیین‌های سنتی، آثار هنری و زندگی روزمره خود استفاده می‌کرده‌اند. رنگ‌های استفاده شده در غار لاسکو در فرانسه، غار آلتامیرای اسپانیا، غار دست‌های آرژانتین و نیز غار لاس‌گال در سومالی و دیگر غارها را می‌توان از اولین کاربردهای رنگ توسط انسان‌های نخستین برشمرد. علاوه بر موارد نام‌برده شده، نمونه‌های شاخصی از این نوع هنر در ایران در غار دوشه، پناهگاه میرملاس، هومیان در لرستان یا در پناهگاه صخره‌ای تکه در خراسان شمالی در رنگ‌های قرمز و سیاه در انواع نقش‌مایه حیوانی، انسانی، نمادین، گیاهی و ابزارآلات نمود یافته است. این آثار در جهان با نام سنگ‌نگاره یا هنر صخره‌ای نام‌گذاری شده است. هنر صخره‌ای یکی از مهم‌ترین داده‌های فرهنگی است که، پژوهشگران برای روشن کردن محتوا، معنا و قدمت این آثار، آن‌ها را از جنبه‌های مختلف، نظیر باستان‌شناسی، مردم‌شناسی، هنر، نشانه‌شناسی، تاریخ، جامعه‌شناسی، نمادشناسی، اسطوره و تاریخ فرهنگ مورد پژوهش قرار می‌دهند. حضور رنگدانه‌ها در آثار تاریخی یکی از مواردی است که نمود خلاقانه در آثار دارد و حاوی اطلاعات ارزشمندی از فرآیند تکامل تاریخ و بشریت است (۲). در پژوهش حاضر، رنگین‌نگاره‌های (سنگ‌نگاره) کوه‌دشت در استان لرستان مطالعه و بررسی شده است. بررسی این داده‌های مهم فرهنگی در این منطقه، در بررسی و مطالعه روند تطور شیوه‌های هنری فن و مهارت نگارگری، به انگیزه‌ها و ایده‌های نگارگر از آفرینش نقوش و در نهایت دستیابی به تفاسیر نزدیک به واقعیت از دوران‌های قبل از تاریخ تا دوران معاصر پی برد. تزئینات رنگی در این آثار معمولاً با معانی نمادین همراه است زیرا انسان‌ها آن‌ها را به صورت هدفمند می‌سازند. بنابراین، رنگدانه‌ها و رنگ‌های مورد استفاده می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های تفکر انسان و انتخاب‌های فنی در نظر گرفته شوند. انتخاب مواد به‌کار رفته در تزئین آثار هنری عمدتاً به دلیل در دسترس بودن و قیمت مواد اولیه آن‌ها به‌کار می‌رفته است (۳). براین اساس شناخت ماهیت رنگ در آثار تاریخی همواره از موضوعات مورد توجه پژوهشگران مختلف بوده است. مطالعات مواد رنگی و رنگدانه در تمدن‌های مختلف باستانی و بررسی فرآیندهای دخیل در شکل‌گیری ماهیت رنگ از نکات مورد توجه است. هر رنگدانه با ترکیب خاصی، نسبت فازهای معدنی و ترکیب عناصر مختلف مشخص می‌شود. فازهای اصلی، اجزاء عناصر کمیاب و خاصیت دانه‌بندی خاص (ریخت ذرات) در بسیاری موارد اجازه می‌دهد یک شناسایی دقیق از منشأ جغرافیایی (منابع) و به

تولید رنگدانه‌های خاص و بر روی رنگدانه‌ها صورت پذیرد (۴). کانی‌شناسی به‌طور مستقیم با پیدایش و منشأ طبیعی آن‌ها در ارتباط است و به ما در مطالعه فنون ساخت و مواد مورد استفاده در نقاشی‌های تاریخی کمک می‌کند (۵). امروزه شاهد شیوه‌ها و بسترهای مناسبی برای مطالعه و تحقیق بر روی آثار تاریخی مختلف هستیم که می‌توانند در زمینه مطالعات باستان‌سنجی و باستان‌شناسی آثار خود را نمایان سازند. یکی از این شیوه‌های مناسب تحقیق در زمینه آثار تاریخی-فرهنگی با پایه مواد معدنی (سنگ، سفال، خشت حتی نهشته‌ها و رسوبات) علم پتروگرافی (سنگ‌نگاری) یا آرکئوپتروگرافی آن‌ها به کمک مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی به وسیله دستگاه‌های میکروسکوپ پلاریزان نوری-عبوری است. هنر صخره‌ای، از جمله مهم‌ترین آثاری هستند که می‌توان با مطالعه علمی آن‌ها در قالب‌های مختلف از جمله مطالعات پتروگرافی به پرسش‌های مختلفی از جمله نوع اقتصاد، معیشت و پیشرفت انسان‌های گذشته و غیره پاسخ داد. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و روش‌های پتروگرافی مقاطع نازک به اطلاعات کانی‌شناسی و بررسی رنگ‌های اصلی، آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوری (FT-IR) در رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت در استان لرستان پی برده شود. مطالعه پتروگرافی رنگین‌نگاره‌های کوه‌های سرسرخ در شهرستان کوه‌دشت در استان لرستان با وجود رواج و استقبال پژوهشگران باستان‌شناس در حوزه مباحث علوم انسانی و هنر خصوصاً در بحث معرفی و توصیف آن‌ها، از طرف باستان‌شناسان از دید علوم تجربی چنان مورد توجه قرار نگرفته است. به لحاظ قرارگیری محوطه‌های مورد پژوهش در دشت مهم کوه‌دشت با انجام کارهای تجربی و به ویژه پتروگرافی و آنالیز رنگ‌ها و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها می‌توان کمک شایانی به سایر داده‌های فرهنگی خصوصاً در بحث سفال‌ها (خمیره آن‌ها و نوع مواد رنگ‌ساز که برای ایجاد نقوش بر روی آن‌ها کشیده شده است) و از همه مهم‌تر با تشخیص کانی‌های آن‌ها به بومی بودن این مواد و تولید محلی بودن و داده‌های این چینی کمک کرد.

برای شناسایی سنگ بستر و رنگدانه‌های هنر صخره‌ای، ابزارها و دستگاه‌های مختلفی وجود دارند؛ روش‌هایی هم‌چون SEM-EDS، XRD، XRF، FT-IR، پتروگرافی به کار گرفته می‌شود، این دستگاه‌ها امکان بررسی ریخت‌شناسی سطوح و ترکیبات عنصری رنگدانه‌ها را در ابعاد بالای میکرون و زیر میکرون فراهم می‌آورد. شناسایی رنگدانه‌های مورد استفاده در آثار هنری از این جهت که به امر مرمت، حفاظت، تاریخ‌گذاری و زیبایی‌شناسی آنان کمک می‌نماید مهم است و منجر به دستیابی اطلاعات تاریخی، هنری، فنی و اقتصادی در خصوص آنان می‌شود (۶). تاکنون هیچ‌گونه پژوهش علمی مبتنی بر علوم پایه در خصوص بازشناخت رنگدانه‌های هنر

در اردیبهشت و خرداد ماه چند طایفه برای گله‌چرانی به این محل می‌آیند و در فصل تابستان مجدداً به کوه‌دشت مراجعه می‌کنند. در بررسی‌های میدانی ۱۱ محوطه مورد بررسی قرار گرفت که با فاصله تقریبی ۵۰۰ متر از هم واقع شده‌اند. تمام محوطه‌ها از نامی محلی لکی و از کوه‌ها گرفته شده است. بیشتر نقوش رو به شمار دارند. سبک نقوش رنگین‌نگارها تمام در یک سبک و به صورت ساده و خلاصه شده و استیلیزه ایجاد شده‌اند و دربرگیرنده نقش‌های انسانی، حیوانی، نمادین و ابزارآلات است. به علت طولانی شدن مطلب، در یک جدول به صورت کامل و جامع محوطه‌ها و تصاویر آن‌ها ذکر شده است. در برخی از نواحی مانند هومین و میرملاس، تعدادی از نقوش با رنگ، سبک و لایه‌های گوناگون از سطح صخره‌ها به دست آمده‌اند که احتمالاً دلیل آن را می‌توان به تداوم حرکت انسان‌ها در کنار دره‌های میان‌کوهی دانست که در چندین بازه زمانی رسم شده‌اند. محوطه‌های مورد بررسی میدانی شامل: (چهارتا = چارتا، به رنگ قرمز، چالگه شله: دومحوطه به رنگ قرمز، برداسپی = بردسی: دومحوطه به رنگ‌های قرمز و نارنجی، قلعه سرخه = قلاسوره: ۳ محوطه: محوطه ۱: دارای دو رنگ قرمز و نارنجی، محوطه ۲: دارای دو رنگ قرمز و سیاه، سنگ مهرداد: یک محوطه به رنگ قرمز و میرملاس: یک محوطه به دو رنگ قرمز و سیاه)، مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی در رنگین‌نگارهای کوه سرسرخن بیش از صدها نقش شناسایی شده است. در این بین نقش حیوانی بیش‌تر از سایر نقوش تکرار شده است که به صورت کلی به ۵ دسته به شرح ذیل تقسیم می‌شوند: نقش‌مایه‌های حیوانی، نقش‌مایه‌های انسانی، نقش‌مایه‌های ابزارآلات، نقش‌مایه‌های نمادین، نقش‌مایه‌های نامفهوم (شکل ۱).

عمده این نقوش به رنگ قرمز (اخراپی) کشیده شده‌اند و بیشترین نقوش به دست آمده از آن، تصویر بز می‌باشد که به صورت انتزاعی به تصویر کشیده شده است. نگاره‌ها احتمالاً از ابزاری مانند: قلم مو، علف نی یا شی نوک تیز که حالت قلم‌مو را داشته باشد. دلیل آن را می‌توان وجود برخی از نقوش بسیار ظریف دانست. در میان نقوش حیواناتی را می‌بینیم که تعدادی انسان سوار بر اسب به همراه شترهای در حال حرکت هستند، با تعدادی بز و سگ در کنار هم دیده می‌شوند که یادآور حرکت عشایری این منطقه تا همین چند دهه پیش می‌باشد.

۲- بخش تجربی

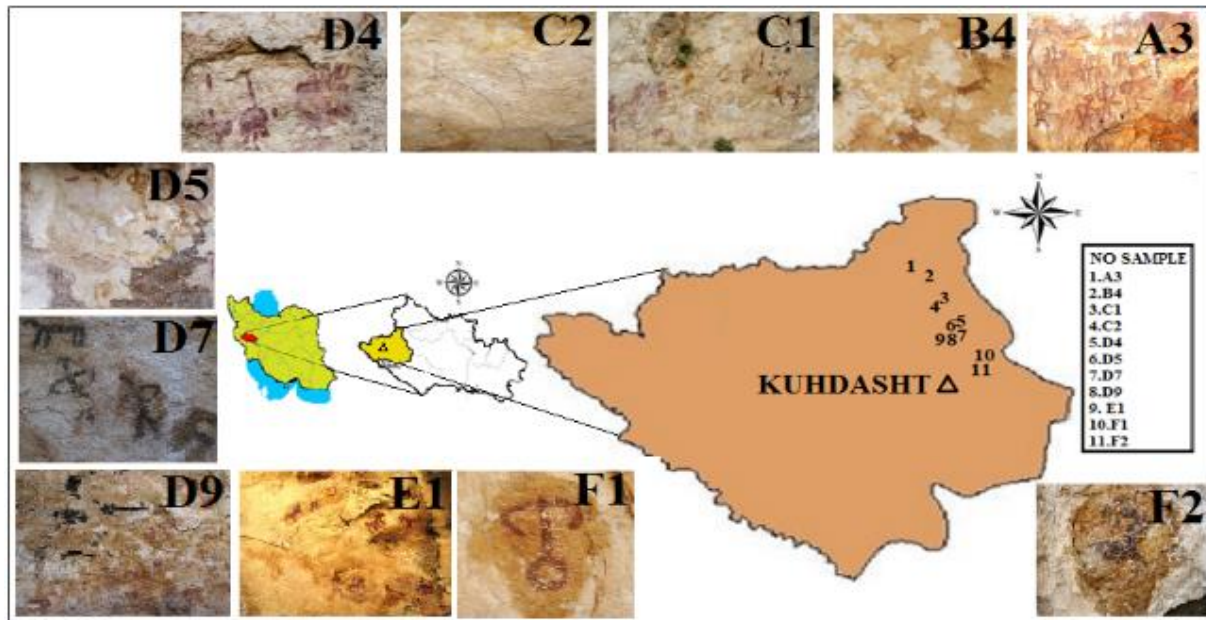
۲-۱- مواد

مطالعات آزمایشگاهی نمونه‌های مورد مطالعه با هدف ساختارشناسی آثار صخره‌ای کوه‌دشت در استان لرستان با تاکید بر رنگین‌نگارهای یافت‌شده در کوه‌های سرسرخن بوده است.

صخره‌ای در ایران صورت نگرفته و هم‌چنین گزارش خاصی در مجامع پژوهشی و دانشگاهی حوزه باستان‌شناسی ارائه نشده است. در حوزه پتروگرافی در ایران، اکثر پژوهش‌ها در زمینه سفال‌ها، دیوارنگارهای مکان‌های مهمی هم‌چون: مساجد، مقابر و مکان‌های باستانی صورت گرفته است. از جمله کارهای مهمی که در این زمینه توسط پژوهشگران صورت گرفته است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: "مطالعه سفال دوره مس سنگ میانه چهار محال بختیاری با استفاده از آنالیز پتروگرافی و ICP-OES" (۷)، "نتایج مقدماتی مطالعات پتروگرافی سفال‌های باکون الف در فارس" (۸)، "بررسی پتروگرافی سفال‌های اسلامی شهر بلقیس اسفراین، خراسان شمالی" (۹)، "آماده‌سازی مقاطع نازک از مواد متخلخل برای مطالعات با میکروسکوپ پلاریزان در باستان‌سنجی" (۱۰). در خصوص روش دوم یعنی FT-IR می‌توان به مقالات زیر اشاره کرد: "مطالعه فن‌شناسی پالت رنگ آثار نقاشی سه پایه‌ای جعفر چهره‌نگار در موزه مجلس شورای اسلامی" (۱۱)، "شناسایی رنگدانه‌های مورد استفاده در تزئین کتیبه کاغذی خانه انصارین تبریز" (۱۲)، "شناسایی مواد و رنگدانه‌های دیوارنگارهای اتاق‌های بروار خانه تاریخی درمیانی اصفهان" (۱۳)، در تمام این مقالات که به روش FT-IR انجام شده است رنگ‌ها دارای ماهیت معدنی هستند. بدین ترتیب، تاکنون هیچ پژوهش علمی در خصوص رنگین‌نگارهای کوه‌دشت در استان لرستان یا مطالعات پتروگرافی این منطقه منتشر نشده و وجود این خلا و عدم شناخت این گونه پژوهش‌ها، ضرورت انجام ارائه اطلاعات را برای پژوهشگران این حوزه بیش از پیش نشان می‌دهد.

لذا پژوهش حاضر به‌عنوان اولین گام در این راه، سعی شده است تا با استفاده از روش‌های کانی‌شناسی (پتروگرافی) و ترکیبات شناسایی شده در رنگدانه‌های رنگین‌نگاره به روش FT-IR، به اطلاعاتی در خصوص مواد تشکیل‌دهنده رنگدانه‌های دیواره‌های صخره‌ای کوه‌دشت پی برده شود. از این‌رو، در این پژوهش پرسش اصلی این است که: سنگ بستر و ترکیبات شناسایی شده رنگدانه‌های رنگین‌نگارهای کوه‌دشت در استان لرستان چیست؟ بر همین منظور تعداد ۱۱ نمونه از رنگین‌نگارهای کوه‌دشت استان لرستان که دربرگیرنده رنگ‌های قرمز، نارنجی و سیاه است که بر دیواره صخره‌ای کوه‌های سرسرخن انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۱).

رنگین‌نگارهای کوه‌دشت لرستان در دامنه رشته کوه سرسرخن ایجاد شده‌اند. این رشته کوه از شرق به غرب کشیده شده و جنس سنگ‌ها و صخره‌های آن آهکی و به رنگ کرم است. در ضلع جنوبی رشته کوه سرسرخن رنگین‌نگارهای میرملاس در دیواره پناهگاه صخره‌ای نقش شده‌اند. در ضلع شمالی این رشته‌کوه رنگین‌نگارهای هومین قرار دارد. دره هومین با مختصات ۳۳۳۹۱ عرضی ۴۷۲۵۲ طولی از نواحی حاصل‌خیز ایران به شمار می‌رود. در پایین نقوش هومین دره‌ای نسبتاً هموار و پوشیده از جنگل بلوط وجود دارد که



شکل ۱: موقعیت و تصاویر رنگین‌نگاره‌های همیان در نقشه کوه‌دشت در ایران.
Figure 1: The location of Homian pictograph on the map of Kuhdasht.

۲-۳- مطالعات آزمایشگاهی جهت شناسایی رنگ‌های مورد استفاده در رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت

در رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت در لرستان که ۱۱ نمونه با رنگ‌های گوناگون شامل: قرمز، نارنجی و سیاه به چشم می‌خورد که بر روی بستر سنگی جلوه دارند. این رنگ‌ها در پناهگاه‌های صخره‌ای و در قسمت‌های بالایی دیواره‌های کوه سرسرخن مورد استفاده از نقاط مناسب نمونه‌برداری شده (جدول ۱) و با روش پتروگرافی مطالعات بر روی نمونه‌ها صورت پذیرفت. در ابتدا برای مطالعه نمونه سنگ‌ها از روش تهیه مقطع نازک یا thin section و مطالعه آن‌ها با میکروسکوپ نوری پلاریزان (PLM)، استفاده شده است. مدل دستگاه مذکور استفاده شده میکروسکوپ دوچشمی پلاریزان مدل James Swift، ساخت کشور انگلستان است.

بزرگ‌نمایی به کار رفته در این مطالعه 4X است. هدف از انجام آزمایش پتروگرافی بر روی قطعات و نمونه دیوارنگاره‌ها شناسایی جز مهم در بافت قطعات، یعنی بافت زمینه و نوع رنگدانه‌ها صورت گرفته است. این آزمایش در بخش پتروگرافی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی باستان‌شناسی در تهران انجام شده است. فرایند ساخت مقاطع ۱۱ نمونه به صورت تک‌مرحله‌ای با انجام برش و سایش تا ضخامت استاندارد ۲۵ تا ۳۰ μm بر اساس استاندارد (ASTM, 2009) انجام شد. برای بررسی رنگ‌های اصلی و تکمیل آزمایشات قبلی از آنالیز طیف‌سنجی زیرقرمز تبدیل فوری (FT-IR) استفاده شد.


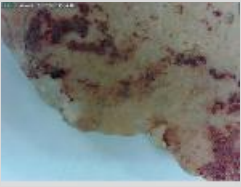

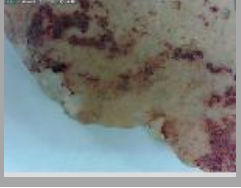





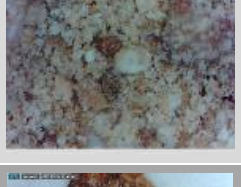






در همین راستا در ابتدا آماده‌سازی نمونه و سپس اقدام به مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها شد که شرح آن در ادامه آمده است.

۲-۲- نمونه‌برداری







مستندات و مدارک دست اول در این پژوهش تکه‌های رنگی و پودری است که طی یک بررسی یک ماهه در منطقه کوه‌دشت از ۱۱ محوطه در کوه‌های سرسرخن یافت شده است. نمونه‌برداری از لایه‌های سنگی در آثار تاریخی کاری بس‌مهم و قابل توجه است چرا که امکان برداشتن لایه‌های زیاد وجود ندارد. به همین علت برداشت دقیق از سطح اثر به همراه تمامی لایه‌های تشکیل‌دهنده مهم است. جهت نمونه‌برداری رنگین‌نگاره‌ها از لایه‌هایی که از سطح جدا شده بودند به میزان خیلی کم و با استفاده از پنس و بیستوری نمونه‌برداری شد. تمام مراحل نمونه‌برداری بدون تماس مستقیم دست و با دستکش انجام گرفت تا حتی‌الامکان از آلوده شدن نمونه و تشخیص تادرست، جلوگیری به عمل آمد. به‌طور کلی در انجام آزمایش‌ها تلاش شد از روش‌های غیرتخریبی و یا با حداقل تخریب استفاده شود. نمونه‌های پودری بیشتر از قسمت‌هایی انتهایی نگاره که آسیب دیده بودند انتخاب شدند. (جدول ۱).

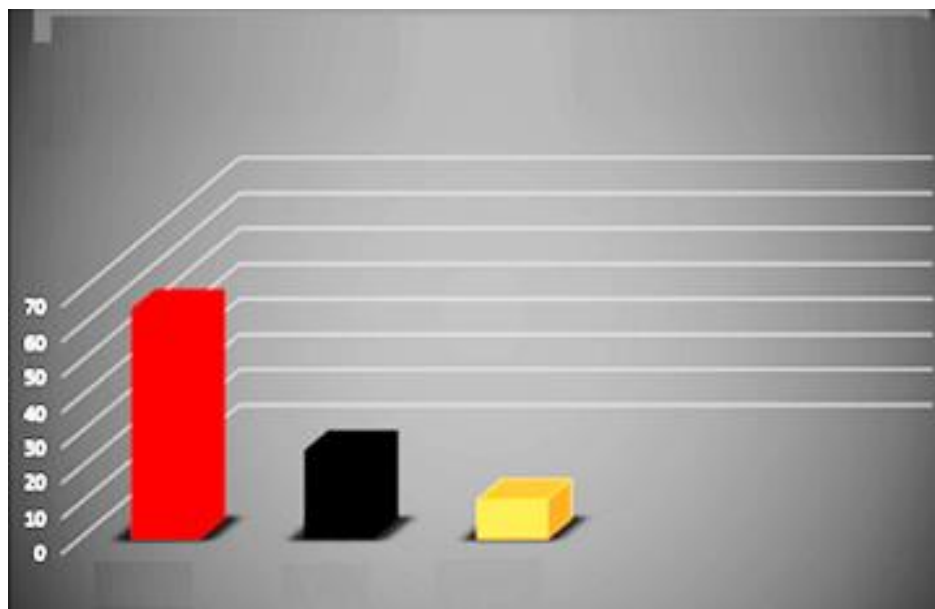
تمام نمونه‌ها در این پژوهش با حروف لاتین کدگذاری شدند. برای انجام آزمایش پتروگرافی قطعاتی از رنگ‌های قرمز، نارنجی و سیاه مربوط به ۱۱ نمونه رنگین‌نگاره‌ای مورد مطالعه برداشته شد. بیشترین رنگ یافت شده رنگ قرمز است و سپس رنگ سیاه و در انتهای رنگ نارنجی می‌باشد (شکل ۲).

جدول ۱: مشخصات نمونه‌های برداشت شده برای انجام پتروگرافی و تصاویر میکروسکوپی با لوپ دیجیتال.
 Table 2: Characteristics of samples taken for petrography and microscopic images with digital loupe.

Sampling Location	Microscopic picture	No. Sample
		A: 3
		B: 4
		C:1
		C:2
		D: 4
		D: 5
		D: 7
		D: 9

(ادامه جدول ۱)

Sampling Location	Microscopic picture	No. Sample
		E: 1-
		F: 1
		F: 2



شکل ۲: درصد عناصر رنگی یافت شده از نقوش رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت در استان لرستان.

Figure 2: The percentage of color elements found in the color motifs of Kuhdasht paintings in Lorestan province.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مطالعات میکروسکوپی پتروگرافی

۳-۱-۱- نمونه A 3

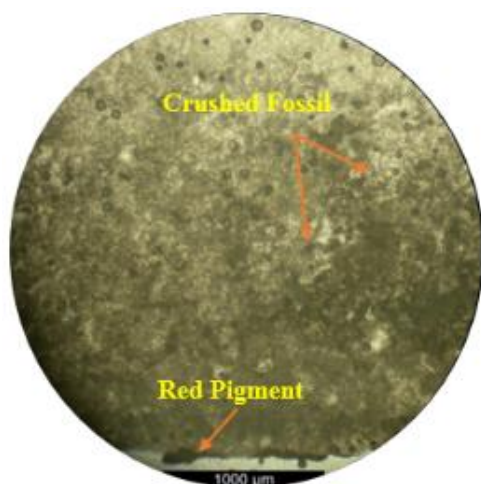
این نمونه یک سنگ آهک کرم‌رنگ می‌باشد و حاوی انواع مختلف فسفیل فرامینیفر و خرده فسفیل است. این قطعات در حدود ۵ درصد حجم نمونه را تشکیل می‌دهد. زمینه متشکل از کانی کلسیت میکرایتی ریز و به مقدار محدود میکرواسپارایت می‌باشد. فضای خالی

طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) نیز یک تکنیک آزمایشگاهی دستگاهی است که به روش کیفی به شناسایی ترکیبی نمونه‌ها می‌پردازد (۱۴). آزمایش طیف‌سنجی با دستگاه FT-IR و با امواج در محدوده MIR انجام پذیرفت این دستگاه مدل NICOLET 510P ساخت کشور آمریکا در پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی است.

ناچیز بقایای خرده فسیل همراه با ترکیبات آهن در زمینه نمونه دیده می‌شود (شکل ۵ و ۶). نام سنگ بر مبنای تقسیم‌بندی فولک ۱۹۶۲: سنگ آهک میکرایتی دارای خرده فسیل است.

۳-۱-۳- نمونه C-1

نمونه به یک قطعه سنگ آهک کرم‌رنگ می‌باشد. نمونه مورد مطالعه یک سنگ آهک می‌باشد که تماماً از کانی کلسیت درشت بلور یا اسپرایت تشکیل شده است.



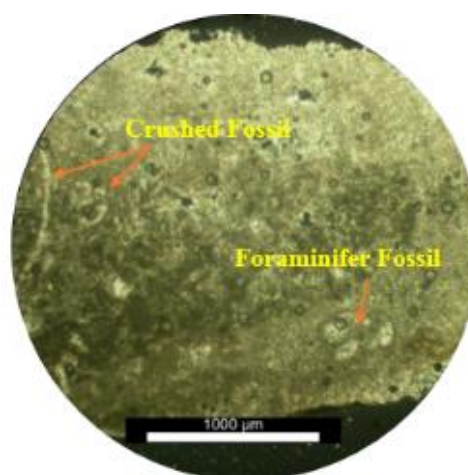
شکل ۴: تصویر میکروسکوپی نمونه A-3، نور PPL، بزرگنمایی 4X، نمایی دیگر از نمونه مورد مطالعه، خرده قطعات فسیل و لایه رنگی در حاشیه نمونه.

Figure 4: Microscopic image of sample A-3, PPL light, 4X magnification, another view of the studied sample, fossil fragments and color layer on the sample margin.

در این نمونه بسیار محدود است و نمونه بافت همگنی دارد. در حاشیه نمونه یک لایه رنگ متشکل از ترکیبات آهن دیده می‌شود (شکل ۳ و ۴). نام سنگ بر مبنای تقسیم‌بندی فولک ۱۹۶۲: سنگ آهک میکرایتی فسیل دار - میکرواسپرایت فسیل دار است.

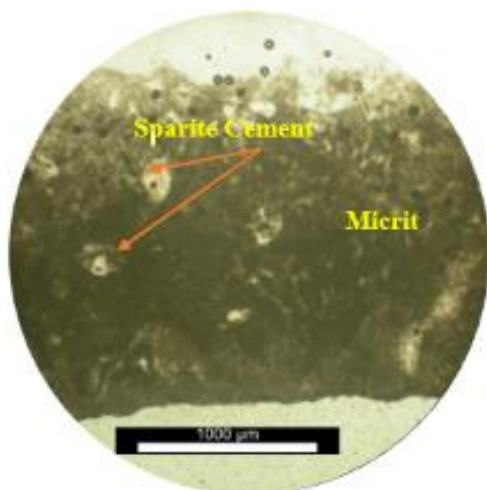
۳-۱-۲- نمونه B 4

این نمونه یک سنگ آهک کرم‌رنگ می‌باشد که تماماً از گل آهکی (میکرایت) تشکیل شده است. فضای خالی در این نمونه محدود و در قسمت‌هایی با سیمان اسپرایتی پر شده است. به میزان خیلی کم و



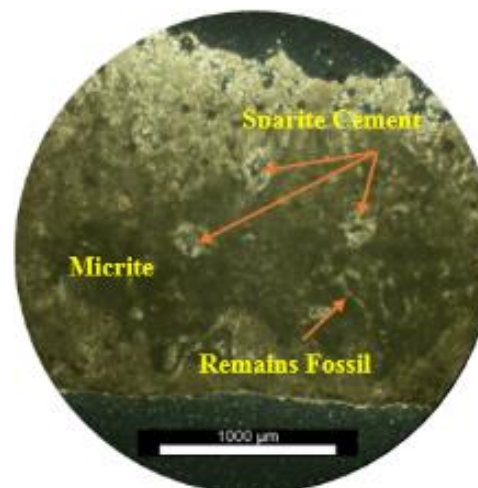
شکل ۳: تصویر میکروسکوپی نمونه A-3، نور XPL، بزرگنمایی 4X، فسیل فرامینیفر و بقایای فسیل در زمینه نمونه

Figure 3: Microscopic image of sample A-3, XPL light, 4X magnification, foraminiferal fossil and fossil remains in the sample field.



شکل ۶: تصویر میکروسکوپی نمونه B-4، نور PPL، بزرگنمایی 4X، تصویر شماره ۵ در نور پلاریزه.

Figure 6: Microscopic image of sample B-4, PPL light., 4X magnification, image 5 in polarized light.



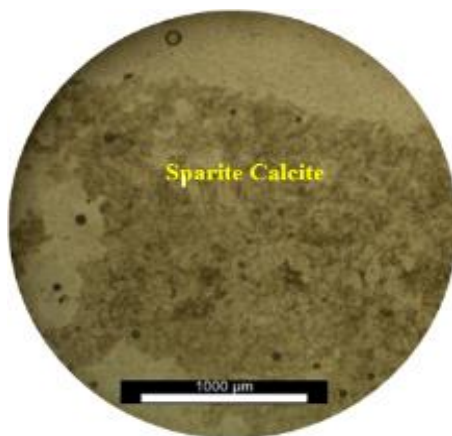
شکل ۵: تصویر میکروسکوپی نمونه B-4، نور XPL، بزرگنمایی 4X، نمونه متشکل از کلسیت میکرایتی است. بقایای از قطعات فسیل و کلسیت ثانویه (سیمان اسپرایتی) در تصویر دیده می‌شود.

Figure 5: Microscopic image of sample B-4, XPL light, 4X magnification, sample composed of micrite calcite. Remains of fossil fragments and secondary calcite (sparite cement) can be seen in the picture.

نمونه ناهمگن و قطعات مختلفی از سنگ آهک با ترکیب میکرایتی همراه با رنگدانه قرمز قهوه‌ای در نمونه مشاهده می‌شود. ابعاد قطعات موجود کمتر از ۱ میلی‌متر و به دلیل خردشده نمونه لبه قطعات شارپ و تیز می‌باشد. رنگدانه قرمز در حدود ۲۰-۳۰ درصد حجم نمونه را تشکیل می‌دهد (شکل ۹ و ۱۰).

۳-۱-۵- نمونه D-4

نمونه مورد مطالعه یک سنگ آهک کرم‌رنگ می‌باشد که مشابه با نمونه قبلی است. حاوی کانی کلسیت ریز دانه از نوع میکرایت و میکرواسپارایت می‌باشد.

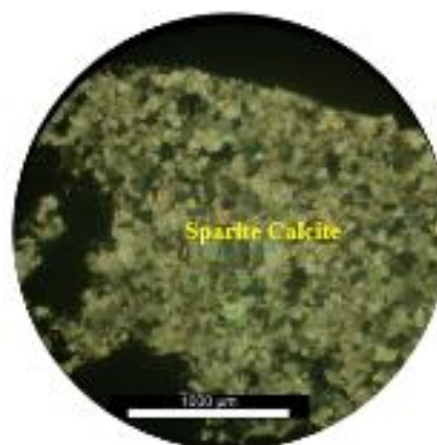


شکل ۸: تصویر میکروسکوپی نمونه C-1، نور PPL، بزرگنمایی 4X، تصویر شماره ۷ در نور پلاریزه. در این نور کلسیت اسپارایتی به رنگ روشن و شفاف دیده می‌شود.
Figure 8: Microscopic image of sample C-1, PPL light, 4X magnification, image 7 in polarized light. In this light, sparite calcite can be seen in a bright and transparent color.

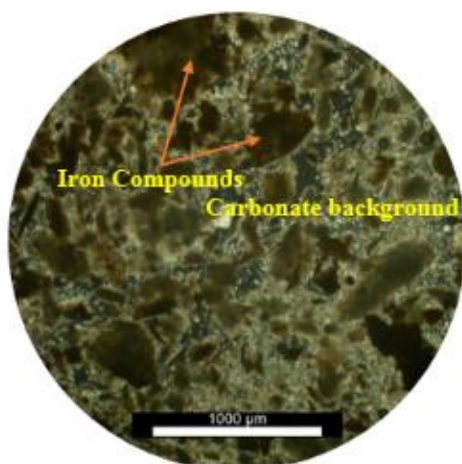
فضای خالی در این نمونه محدود و ترکیبات آهن‌دار نیز به میزان خیلی ناچیز در زمینه سنگ مشاهده می‌شود. این نمونه از نظر شرایط تشکیل با نمونه‌های مطالعه شده قبل تفاوت دارد (شکل ۷ و ۸).

۳-۱-۴- نمونه C-2

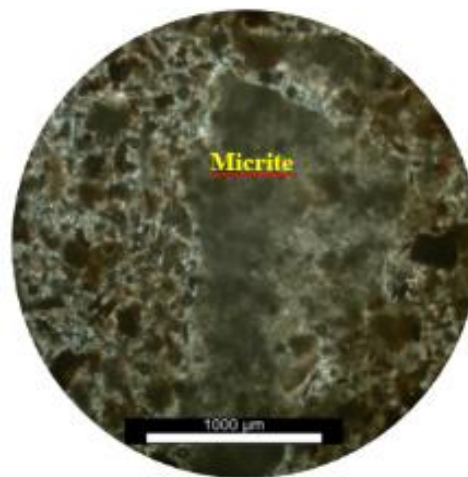
نمونه به صورت پودر بوده و قبل از مطالعه و تهیه مقطع نازک فرایند آماده‌سازی آن انجام شده است. بدین صورت که نمونه پودر در یک قالب مخصوص قرار داده شده و بعد از اضافه کردن رزین و قوام‌یافتن آن، از این نمونه مقطع نازک تهیه شده است. بافت نمونه ناهمگن و متشکل از کانی کلسیت است که سازنده اصلی نمونه است. بافت



شکل ۷: تصویر میکروسکوپی نمونه C-1، نور XPL، بزرگنمایی 4X، نمونه تماماً از کلسیت درشت بلور یا اسپارایت تشکیل شده است.
Figure 7: Microscopic image of sample C-1, XPL light, 4X magnification, the sample is entirely composed of coarse calcite or sparite.



شکل ۱۰: تصویر میکروسکوپی نمونه C-2، نور XPL، بزرگنمایی 4X، ترکیبات آهن دار موجود همراه با رنگدانه قرمز-قهوه‌ای.
Figure 10: Microscopic image of sample C-2, XPL light, 4X magnification, iron compounds present with red-brown pigment.

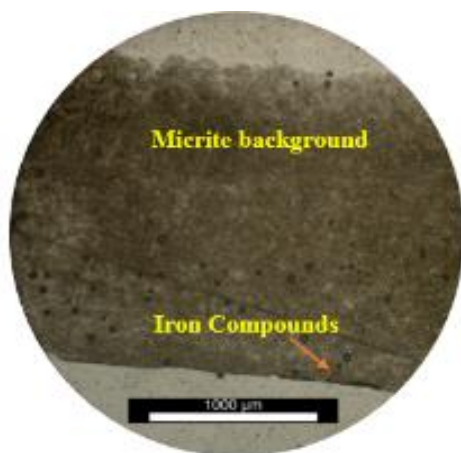


شکل ۹: تصویر میکروسکوپی نمونه C-2، نور XPL، بزرگنمایی 4X، قطعه درشت سنگ آهک میکرایتی در مرکز تصویر.
Figure 9: Microscopic image of sample C-2, XPL light, 4X magnification, large piece of micrite limestone in the center of the image.

میکرایتی ریز و به مقدار محدود میکرواسپارایت می‌باشد. ترکیبات آهن به تعداد محدود و پراکنده در متن سنگ دیده می‌شود. فضای خالی در این نمونه بسیار محدود است، بخشی از فضای خالی با سیمان اسپارایتی و ثانویه پر شده است و نمونه بافت همگنی دارد (شکل ۱۳ و ۱۴). نام سنگ بر مبنای تقسیم‌بندی فولک ۱۹۶۲: سنگ آهک میکرایتی دارای قطعات فسیل است.

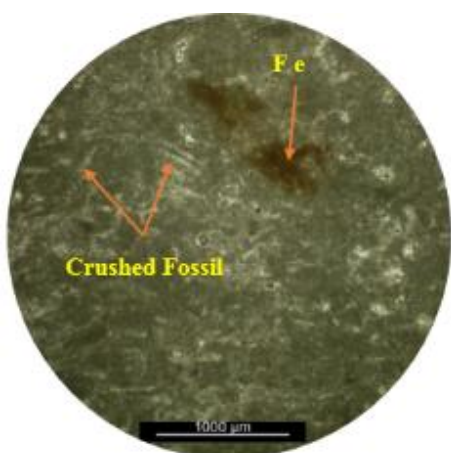
۳-۱-۷- نمونه D-7

نمونه مورد مطالعه یک سنگ آهک کرم رنگ می‌باشد که متشکل از کانی کلسیت میکرایتی تا میکرو اسپارایتی است.



شکل ۱۲: تصویر میکروسکوپی نمونه D-4، نور PPL، بزرگنمایی 4X، ترکیبات آهن دار موجود در حاشیه نمونه. در این نور فضای خالی به رنگ روشن دیده می‌شود.

Figure 12: Microscopic image of sample D-4, PPL light, 4X magnification, iron-bearing compounds present in the periphery of the sample. In this light, the empty space is seen in bright color.



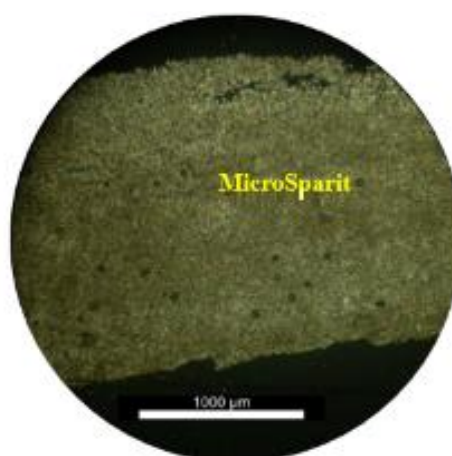
شکل ۱۴: تصویر میکروسکوپی نمونه D-5، نور XPL، بزرگنمایی 4X، نمای دیگر از نمونه مورد مطالعه، خرده قطعات فسیل و اکسید آهن.

Figure 14: Microscopic image of sample D-5, XPL light, 4X magnification, another view of the studied sample, fossil fragments and iron oxide.

کانی با ترکیب آهن در این نمونه بسیار محدود و کم دیده می‌شود، فضای خالی در این نمونه محدود و هیچ گونه آثار و شواهدی از فسیل و یا قطعات فسیل دیده نمی‌شود. در حاشیه نمونه لایه تیره رنگ از ترکیبات آهن دار (اخرا) دیده می‌شود که توسط انسان‌های اولیه برای ایجاد نقوش مختلف، بکار رفته است (شکل ۱۱ و ۱۲).

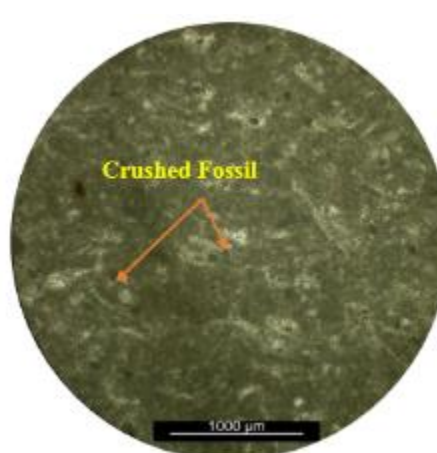
۳-۱-۶- نمونه D-5

نمونه مورد مطالعه یک سنگ آهک کرم رنگ می‌باشد. حاوی انواع مختلف قطعات فسیل خرد شده است. این قطعات در حدود ۱۰ درصد حجم نمونه را تشکیل می‌دهد. زمینه متشکل از کانی کلسیت



شکل ۱۱: تصویر میکروسکوپی نمونه D-4، نور XPL، بزرگنمایی 4X، زمینه یکدست از میکرایت (گل آهکی) تا میکرواسپارایت.

Figure 11: Microscopic image of sample D-4, XPL light, 4X magnification, uniform background from micrite (limestone) to microsparite.

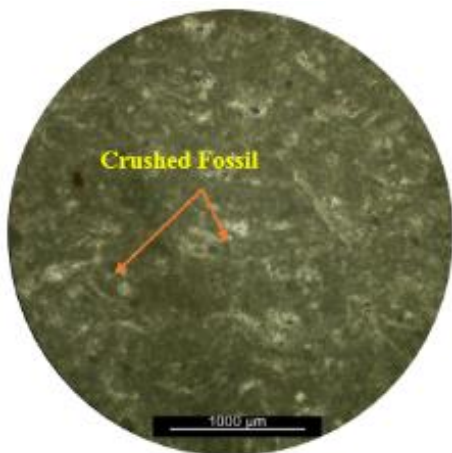


شکل ۱۳: تصویر میکروسکوپی نمونه D-5، نور XPL، بزرگنمایی 4X، بقایای فسیل فراوان در زمینه میکرایتی.

Figure 13: Microscopic image of sample D-5, XPL light, 4X magnification, abundant fossil remains in micrite field.

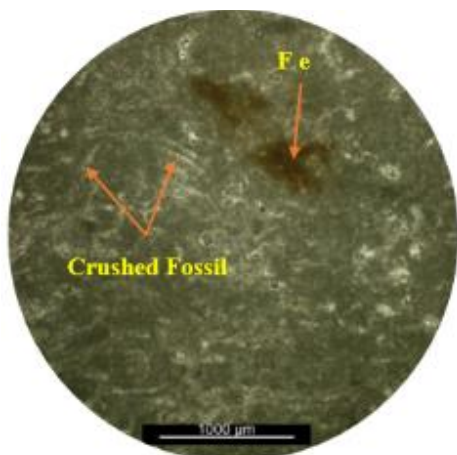
۳-۱-۹- نمونه E-1

نمونه مورد مطالعه به صورت پودری است که از سنگ آهک برداشته شده است. حاوی انواع مختلف قطعات فسیل خرد شده است. این قطعات در حدود ۱۰ درصد حجم نمونه را تشکیل می‌دهد. زمینه متشکل از کانی کلسیت میکرایتی ریز و به مقدار محدود میکرواسپارایت می‌باشد. ترکیبات آهن به تعداد محدود و پراکنده در متن سنگ دیده می‌شود. فضای خالی در این نمونه بسیار محدود است، بخشی از فضای خالی با سیمان اسپارایتی و ثانویه پر شده است و نمونه بافت همگنی دارد (شکل ۱۷ و ۱۸). نام سنگ بر مبنای تقسیم‌بندی فولک ۱۹۶۲: سنگ آهک میکرایتی دارای قطعات فسیل است.



شکل ۱۷: تصویر میکروسکوپی نمونه E-1، نور XPL، بزرگنمایی 4X، بقایای فسیل فراوان در زمینه میکرایتی.

Figure 17: Microscopic image of specimen E-1, XPL light, 4X magnification, abundant fossil remains in micrite field.



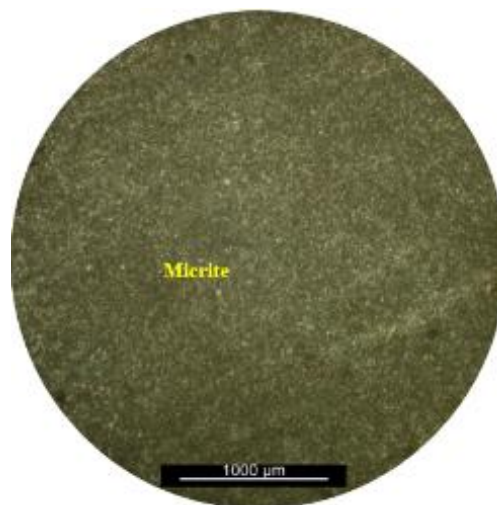
شکل ۱۸: تصویر میکروسکوپی نمونه E-1، نور XPL، بزرگنمایی 4X، نمای دیگر از نمونه مورد مطالعه، خرده قطعات فسیل و اکسید آهن.

Figure 18: Microscopic image of sample E-1, XPL light, 4X magnification, another view of the studied sample, fossil fragments and iron oxide.

بافت نمونه ریزدانه و کاملاً همگن. فاقد هر گونه ادخال، کانی و قطعات فسیل و غیره است (شکل ۱۵). نام سنگ بر مبنای تقسیم‌بندی فولک ۱۹۶۲: سنگ آهک میکرایتی است.

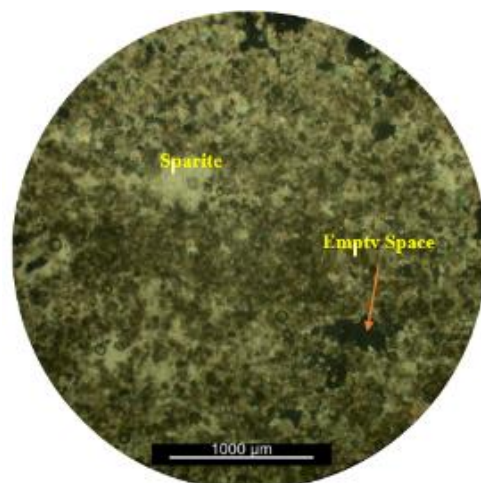
۳-۱-۸- نمونه D-9

نمونه مورد مطالعه سنگ آهک کرم‌رنگ می‌باشد. این نمونه تماماً از کانی کلسیت درشت بلور یا اسپارایت تشکیل شده است. فضای خالی در این نمونه محدود و ترکیبات آهن‌دار نیز به میزان خیلی ناچیز در زمینه سنگ مشاهده می‌شود. این نمونه از نظر شرایط تشکیل با دو نمونه با کد (D-5، D-7) تفاوت دارد و مشابه با نمونه C-1 می‌باشد (شکل ۱۶).



شکل ۱۵: تصویر میکروسکوپی نمونه D-7، نور XPL، بزرگنمایی 4X، کانی میکرایت، سازنده اصلی نمونه.

Figure 15: Microscopic image of specimen D-7, XPL light, 4X magnification, Connie Micright, original specimen maker.



شکل ۱۶: تصویر میکروسکوپی نمونه D-9، نور XPL، بزرگنمایی 4X، کلسیت اسپارایتی تشکیل‌دهنده اصلی نمونه.

Figure 16: Microscopic image of D-9 sample, XPL light, 4X magnification, sparite calcite is the main constituent of the sample.

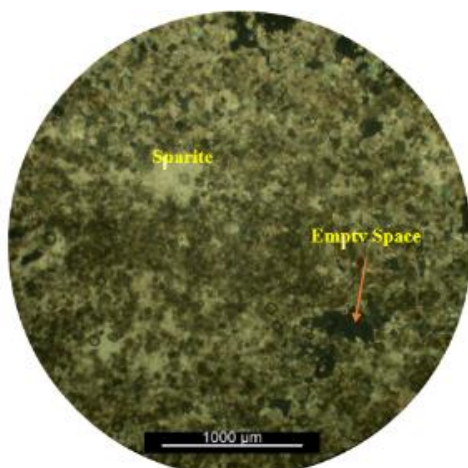
۳-۱-۱۱- نمونه F-2

نمونه مورد مطالعه سنگ آهک کرم رنگ می‌باشد، که متشکل از کانی کلسیت میکرایتی تا میکرو اسپارایتی است. بافت نمونه ریزدانه و کاملاً همگن. فاقد هر گونه ادخال، کانی و قطعات فسیل و ... است (شکل ۲۱). نام سنگ بر مبنای تقسیم‌بندی فولک ۱۹۶۲: سنگ آهک میکرایتی است.

۳-۲- بحث در یافته‌ها

در نهایت با انجام مطالعه ساختاری بر روی رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت در کوه‌های سرسرخ می‌توان این تحلیل را ارائه کرد که نمونه‌ها به دو صورت پودر و قطعات سنگ دارای آثار و شواهد رنگدانه قرمز تا نارنجی و سیاه به آزمایشگاه ارسال شده است: با توجه به شواهد میکروسکوپی تمام رنگدانه‌های موجود در نمونه‌ها، ترکیب اکسید آهن (هماتیت- اخرا) را دارند که کانی اصلی تشکیل‌دهنده نمونه‌های مورد مطالعه کربنات کلسیم (کلسیت) می‌باشد، نمونه‌های سنگی مورد مطالعه، دارای بافت ریز دانه تا گرانولار (دانه‌ای) هستند، ترکیب نمونه‌های سنگی از میکرایت (مادستون) تا نوع میکرو اسپارایت و سنگ آهک اسپارایتی و همچنین نمونه سنگ‌های میکرایتی فسیل دار و بایو میکرایت متغییر می‌باشد و نمونه‌های پودر نیز دارای ترکیب کربناته بوده و شواهد سنگ آهک میکرایتی در آنها مشهود می‌باشد (جدول ۲).

توالی رسوبی و چینه‌شناسی منطقه کوه‌دشت دربرگیرنده سازندهای مختلفی است. سازند گورپی، قدیمی‌ترین سازند منطقه است و از سایر توالی‌های رسوبی می‌توان به سازندهای امیران، تله‌زنگ، کشکان، آسماری-شهبازان، گچساران، امام حسن و رسوبات کواترنر اشاره کرد.

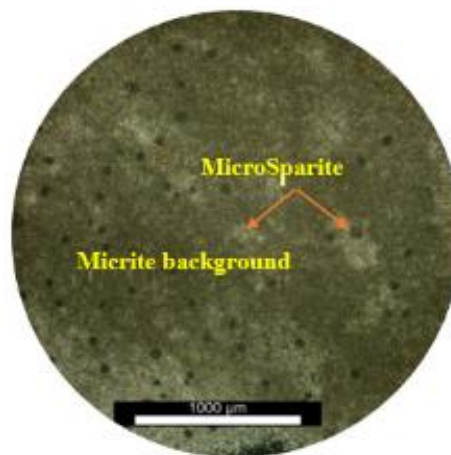


شکل ۲۱: تصویر میکروسکوپی نمونه F-2، نور XPL، بزرگنمایی 4X، کلسیت میکرایتی تا میکرو اسپارایتی همراه با میزان خیلی محدود اکسید آهن.

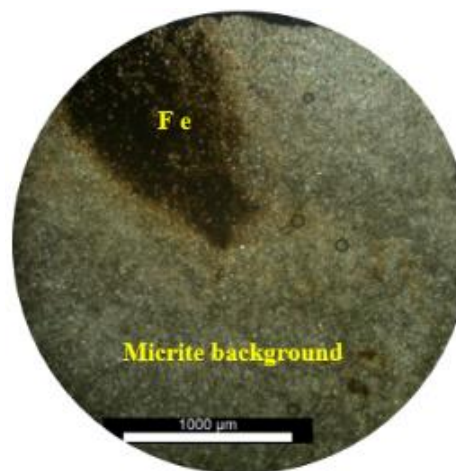
Figure 21: Microscopic image of sample F-2, XPL light, 4X magnification, micrite to microsparite calcite with very limited amount of iron oxide.

۳-۱-۱۰- نمونه F-1

این نمونه به صورت یک سنگ آهکی کرم‌رنگ و حاوی لکه‌های تیره‌رنگ و از جنس ترکیبات آهن می‌باشد. نمونه مورد مطالعه یک سنگ آهک می‌باشد که حاوی کانی کلسیت ریزدانه از نوع میکرایت و میکرو اسپارایت می‌باشد. در این نمونه آغشتگی زیاد به اکسید آهن دیده می‌شود که باعث رنگ قرمز تا تیره در قسمتی از نمونه شده است. فضای خالی در این نمونه محدود و هیچ‌گونه آثار و شواهدی از فسیل و یا قطعات فسیل دیده نمی‌شود (شکل ۱۹ و ۲۰).



شکل ۱۹: تصویر میکروسکوپی نمونه F-1، نور XPL، بزرگنمایی 4X، زمینه یکدست از میکرایت (گل آهکی) همراه با پچ‌هایی از میکرو اسپارایت. Figure 19: Microscopic image of sample F-1, XPL light, 4X magnification, uniform background of micrite (limestone) with patches of microsparite.



شکل ۲۰: تصویر میکروسکوپی نمونه F-1، نور XPL، بزرگنمایی 4X، اکسید آهن موجود در زمینه سنگ

Figure 20: Microscopic image of sample F-1, XPL light, 4X magnification, iron oxide in the rock background.

جدول ۲: نتایج آنالیز پتروگرافی رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت در کوه‌های سرسرخن در استان لرستان.

Table 2: The results of petrographic analysis of color pictures of the steppe in Sarsarkhan mountains in Lorestan province.

No. Sample	Main Mineral	Minor Mineral	Allochemical	Texture	Color Texture	Sample type
A 3	Micrite calcite-Microsparite	Iron Compounds	Different types of fossils and fossil fragments	Fine Grain=Fine	Red	Piece of Stone
B 4	Micrite Calcite	Iron Compounds	Fragments of Crushed Fossils	Fine Grain=Fine	Red	Piece of Stone
C 1	Sparite Calcite	Iron Compounds	-	Microgranular	Red	Piece of Stone
C 2	Calcite Mineral	Iron Compounds	-	Heterogeneous	Orange	Powder
D 4	Micrite - Micro Sprite	Iron Compounds and a Layer of Color Can be Seen in the Margin.	-	Fine Grain=Fine	Red	Piece of Stone
D 5	Micrite Calcite	Iron Compounds	Fragments of Crushed Fossils	Fine Grain=Fine	Orange	Piece of Stone
D 7	Micrite Calcite	Iron Compounds	-	Fine Grain=Fine	Black	Piece of Stone
D 9	Micrite Calcite	Iron Compounds	-	Microgranular	Red	piece of Stone
E 1	Micrite Calcite	Iron Compounds	Fragments of Crushed Fossils	Fine Grain=Fine	Red	Ppiece of Stone, Powder
F 1	Micrite - Micro Sprite	Iron Compounds	-	Fine Grain=Fine	Red	Powder
F 2	Micrite-Microsparite Calcite	Iron Compounds	-	Fine Grain=Fine	Black	Piece of Stone

می‌رسد (۱۷). بیشترین گسترش این سازند در منطقه لرستان است و دارای رخساره کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون است. این سازند بین دو سازند زمین‌شناسی آسماری-شهبازان در بالا و تله زنگ در پایین قرار دارد و در جایی که سازند تله زنگ وجود ندارد بر روی سازند امیران می‌نشیند (شکل ۲۲). در رخساره‌های ماسه‌سنگی این سازند؛ فراوانی اکسیدهای آهن، سیلیسیم، آلومینیم؛ کلسیم، منیزیم، عنصر اورانیوم و استرانسوم مشاهده می‌شود (۱۸).

۳-۳- طیف‌سنجی FT-IR

به منظور بررسی لایه‌های رنگ از طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه استفاده شد. از نمونه‌ها با استفاده از KBr، تحت فشار ۱۰ ton، قرص شفاف ساخته شد؛ سپس نمونه مورد نظر با دستگاه FT-IR مدل Nicolet 510P، در محدوده ۴۵۰ تا ۴۰۰۰ cm⁻¹، تعداد ۳۲ اسکن با رزولوشن ۴، طیف گرفته شد. نتایج حاصل به شرح زیر می‌باشند: از آن جایی که پیک‌های شاخص مربوط به اکسید آهن که حدوداً در نواحی ۵۲۰ و ۴۶۰ ظاهر می‌شوند، در نمونه‌های مربوط به رنگدانه سیاه نیز دیده می‌شود، و با توجه به آنالیز پتروگرافی که این مطلب را در برخی نمونه‌های رنگدانه سیاه تأیید می‌کند، و هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت که هماتیت (احتمالاً) در ساختار سنگ بستر نیز موجود است.

سازندهای مذکور غالباً از شیل‌های آهکی، ماسه‌سنگ و کنگلومریت‌های حاوی سنگ چرت تشکیل شده‌اند که به ادوار کرتاسه، پالیوسن و کوآترنری تعلق دارند (۱۵).

منطقه مورد مطالعه این مقاله در بخش زاگرس چین خورده قرار دارد. بخش زاگرس چین خورده مانند سایر بخش‌های زاگرس به صورت شمال‌غربی-جنوب شرقی کشیده شده و بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر پهنا دارد. بخش چین خورده به موازات زاگرس رورانده (زاگرس مرتفع) کشیده شده است. زاگرس رورانده به وسیله بخش دگردیسی نواری شکل سنندج-سیرجان از بخش ایران مرکزی جدا می‌شود (۱۶). بررسی این منطقه از دیدگاه زمین‌ریت‌شناسی اهمیت زیادی در پژوهش دارد چراکه انطباق داده‌های پتروگرافی با ساختار شیمیایی زمین در مواردی هم‌چون منشایابی ماده مصرفی برای تولید رنگ، در این اقلیم نیاز به داشتن اطلاعات کافی در این زمینه است.

زمین‌شناسان معتقد هستند، اغلب کانسارها معادنی که امروزه شناخته شده و فعال هستند؛ نوع مواد معدنی آن‌ها برای دنیای قدیم نیز شناخته شده و مورد استفاده بوده است. این موضوع به ویژه در مورد کشورهایی چون ایران صدق می‌کند. سازند کشکان به دوره پالئوسن تعلق دارد و نام آن را از رودخانه کشکان در استان لرستان گرفته شده و برش الگوی آن در شمال غرب پل‌دختر در کنار راه اندیمشک-خرم‌آباد قرار دارد و ضخامت آن در قسمت الگو به ۳۷۰ متر



شکل ۲۲: سازند کشکان (Ka) بین دو سازند آسماری (As) در بالا و تله زنگ (Tz) در پایین (۱۹).

Figure 1: Keshkan formation (Ka) between two Asmari formations (As) at the top and Tele Zang (Tz) at the bottom (19).

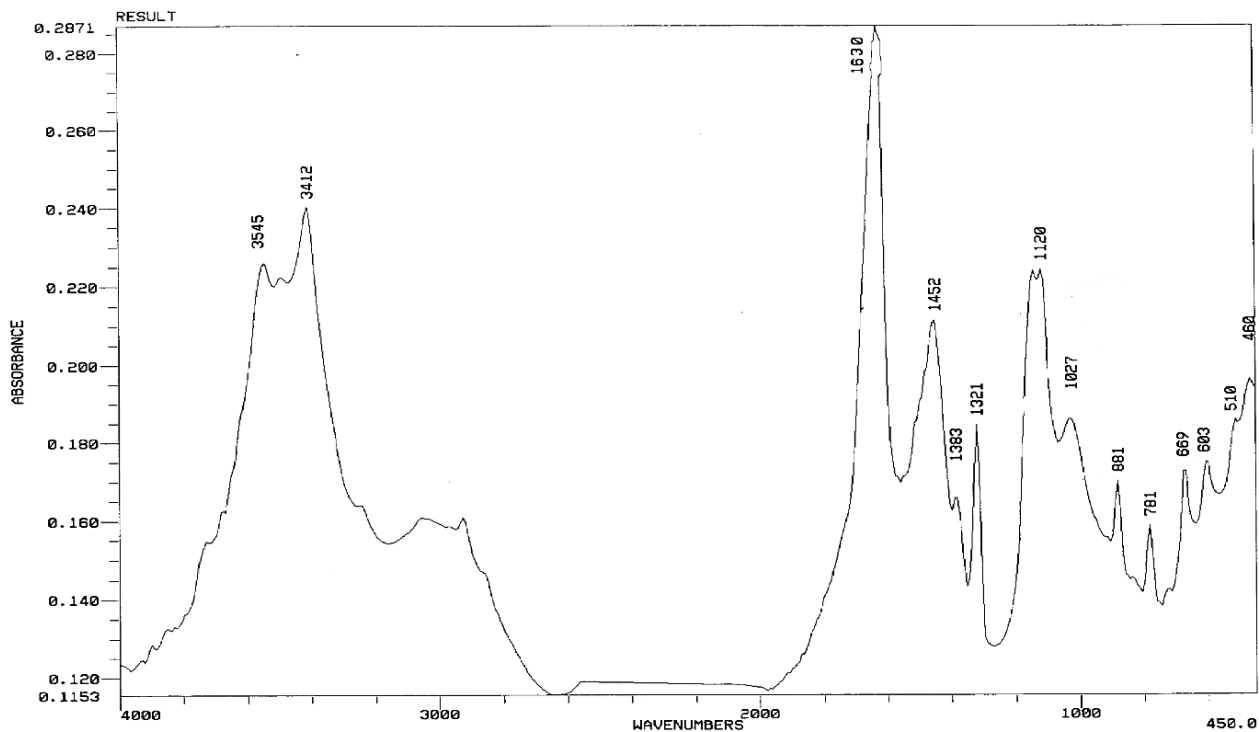
آمورف ظاهر شده است. این نوع ترکیب را در طیف آنالیز FT-IR در نمونه رنگ قرمز (D 9) می‌توانیم مشاهده کنیم (شکل ۲۳). نوارهای طیفی در نواحی ۱۶۱۸ و ۱۳۲۱ متعلق به ارتعاشات معمولی اگزالات‌های کلسیم هستند که به طور طبیعی در کبره سنگ‌های آهکی به دو فرم: وولیت^۱ و ودلیت^۲ وجود دارند. اگزالات‌ها که اغلب به عنوان هوازُدگی بیولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند، به اسید اگزالیک ترشح شده از گلسنگ‌ها یا قارچ‌ها بر روی بستر کربناتیک نسبت داده می‌شوند (۲۰). کربنات کلسیم به صورت اگزالات کلسیم رسوب می‌کند. این نوع رسوب را می‌توان در طیف نمونه سیاه رنگ با کد (F 2) مشاهده کنیم (شکل ۲۴). وهم‌چنین گزارش شده است که هیدروکربن‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی می‌نواند برای تولید اسید اگزالیک تبدیل شوند. شدت بسیار ضعیف طیف مربوط به این ماده در طیف مربوط به بستر سنگ بستر، می‌تواند این تشخیص را تأیید نماید (جداول ۳ و ۴ و ۵). در تعدادی از نمونه‌ها از جمله A3، C1، D4 و E1 پیک‌های ضعیفی از وجود مواد آلی در ناحیه ۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰ که احتمالاً به عنوان بست رنگی استفاده می‌شده، دیده می‌شود.

شاید بیشتر، کثرت عنصر آهن در نتایج آنالیز عنصری در سطح نمونه و شدت پیک‌های مربوط به ترکیب اکسید آهن در طیف‌های FT-IR، است که می‌تواند نشان از وجود این ترکیبات در رنگدانه باشد. ترکیبی با بنیان کربنات (CO_3) در تمامی نمونه‌ها دیده می‌شود، که علاوه بر تعلق قریب به یقین آن به کربنات کلسیم (CaCO_3)، با پیک‌های شاخص در نواحی ۷۱۲، ۸۷۶، ۱۴۲۲، ۱۸۰۰ و ۲۵۱۷ می‌توان احتمالات زیر را نیز در نظر گرفت: با توجه به گزارش نتایج پتروگرافی، که وجود عنصر منیزیم و ترکیب دومولیت ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) در نمونه‌ها سنگ‌های منطقه را تأیید می‌نماید، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پیک‌های مربوط به نواحی ۷۲۸، ۸۸۲ و ۱۴۳۸ می‌توانند مربوط به این ماده باشند. اما وجود کربنات منیزیم (MgCO_3) نیز احتمال دیگری است که با ظاهر شدن پیک‌های مربوط به این ماده، در نواحی ۷۱۴، ۷۴۴، ۸۰۰-۸۸۶، ۱۴۲۲-۱۴۸۴ و ۳۶۴۸ خود را نشان می‌دهد. با توجه به طیف FTIR، و عدم وجود پیک در ناحیه ۷۱۱، و هم‌چنین بررسی‌های پتروگرافی، می‌توان کربنات کلسیم موجود را از نوع غیر کریستالی، با منشأ زیستی دانست.

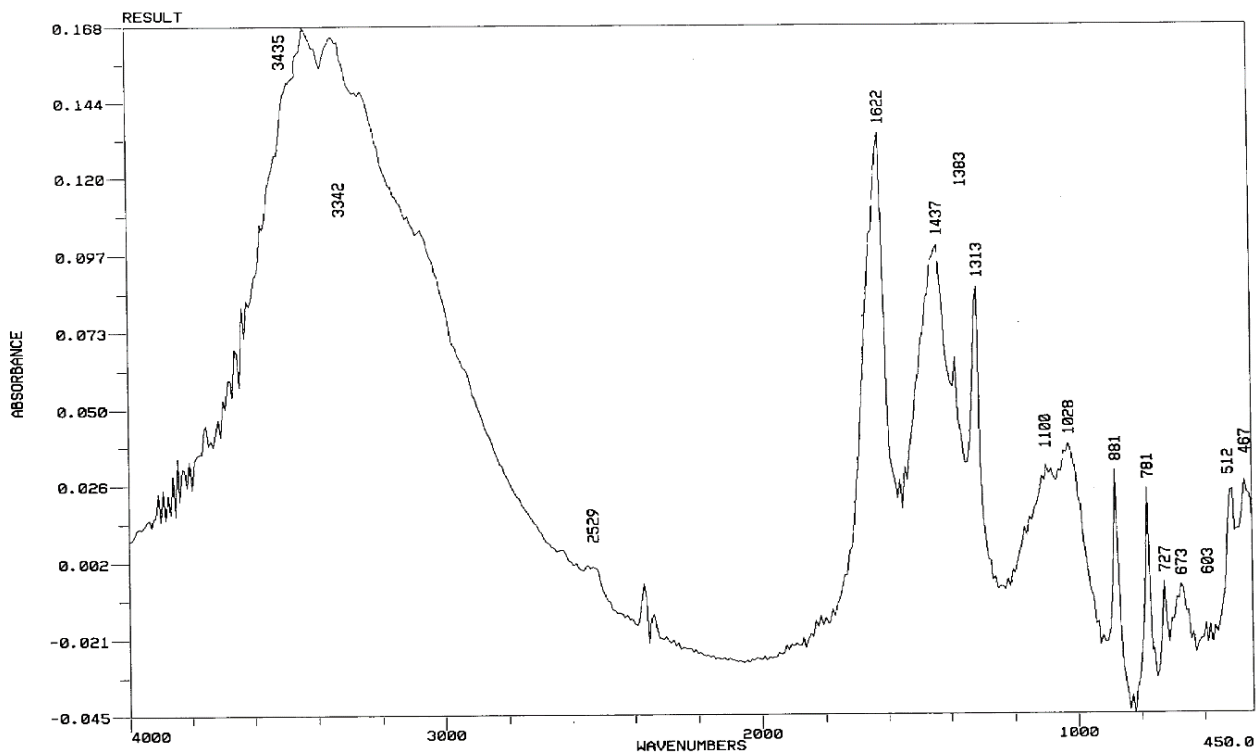
در خصوص ترکیبات سیلیکاتی وجود پیک در نواحی حدودی ۱۱۰۰ و ۷۹۰ می‌تواند دلیل بر وجود آن‌ها در ترکیب باشد. حال اگر پیک در ناحیه ۷۹۰ به صورت دوشاخه ظاهر شود ترکیب ما می‌تواند به شکل کریستالی و کوارتز باشد، در غیر این صورت بی‌شکل است. که به نظر می‌رسد در نمونه‌های مورد بررسی این ترکیب به شکل

¹ Whewellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

² Weddellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



شکل ۲۳: طیف FT-IR در نمونه D9 با رنگدانه قرمز.
 Figure 23: FTIR spectrum of D9 sample with red pigment.



شکل ۲۴: طیف FT-IR در نمونه F2 با رنگدانه سیاه.
 Figure 24: FTIR spectrum of F2 sample with black pigment.

جدول ۳: جدول عناصر شناسایی شده در رنگدانه‌های بدست‌آمده از نمونه رنگدانه قرمز رنگ در روش FT-IR.

Table 3: Table of elements identified in the pigments obtained from the red pigment sample in the FT-IR method.

No. Sample	Color Sample	Feature Absorption Band in FT-IR/(cm ⁻¹)	Identified Compounds
A 3	Red	1034, 565, 470	From Iron Oxide Pigments (Probably Ochre)
		2517, 1822, 1441, 881, 729	Carbonate Compounds
		3408, 1641, 1383, 1140	Sulfate Compounds (Probably Bansanite)
		1034, 781	Silica Compounds (Probaly Amorphous Silica)
		2926, 2856	The possibility of organic binder
		1321	Calcium Oxalate (infinitesimal)
B 4	Red	1012, 519, 467	From Iron Oxide Pigments (Probaly Ochre)
		2517, 1822, 1437, 881, 727	Carbonate Compounds
		3420, 1622, 1120, 665, 603	Sulfate Compounds (Probably Bansanite)
		1012, 781	Silica Compounds (Probaly Amorphous Silica)
		1321	Calcium Oxalate
C 1	Red	1035, 519, 465	From Iron Oxide Pigments (Probaly Ochre)
		2517, 1460, 881	Carbonate Compound
		3551, 3412, 1630, 1383, 1143	Sulfate Compounds (Probably Gypsum & Bansanite)
		1035, 781	Silica Compounds (Probaly Amorphous Silica)
		2926, 2856	The possibility of organic binder
		1321	Calcium Oxalate
D 4	Red	1037, 517, 466	From Iron Oxide Pigments (Probaly Ochre)
		2629, 2529, 1822, 1447, 881, 729	Carbonate Compounds
		3424, 1630, 1116, 1383, 671, 603	Sulfate Compounds (Probably Bansanite)
		1037, 781	Silica Compounds (Probaly Amorphous Silica)
		2926, 2856	The possibility of organic binder
		1318	Calcium Oxalate
D 9	Red	1027, 510, 460	Iron Oxide
		1452, 881, 727	Carbonate Compounds
		3545, 3412, 1630, 1383, 1120	Sulfate Compounds (Probably Gypsum & Bansanite)
		1027, 781	Silica Compounds (Probaly Amorphous Silica)
		1321	Calcium Oxalate
E 1	Red	1035, 500, 453	Iron Oxide
		1444, 881, 727	Carbonate Compounds (Low Content)
		3543, 3404, 1645, 1375, 1120	Sulfate Compounds (Probably Gypsum & Bansanite)
		1035, 781	Silica Compounds (Probaly Amorphous Silica)
		2926, 2856	The possibility of organic binder
		1329	Calcium Oxalate

(ادامه جدول ۳)

No. Sample	Color Sample	Feature Absorption Band in FT-IR/(cm ⁻¹)	Identified Compounds
F 1	Red	1012, 519, 467	Iron Oxide
		2517, 1437, 881	Carbonate Compounds
		3551, 3420, 1622, 1680, 1120	Sulfate Compounds (Probably Gypsum & Bansanite)
		1012, 781	Silica Compounds (Probably Amorphous Silica)
		1321	Calcium Oxalate (infinitesimal)

جدول ۴: جدول عناصر شناسایی شده در رنگدانه‌های بدست‌آمده از نمونه رنگدانه سیاه رنگ در روش FT-IR.

Table 4: The table of elements identified in the pigments obtained from the Black pigment sample in the FT-IR method.

No. Sample	Color Sample	Feature Absorption Band in FT-IR/(cm ⁻¹)	Identified Compounds
D 7	Black	1024, 519, 460	Iron Oxide
		2629, 2529, 1822, 1451, 881, 731	Carbonate Compounds (Dolomite & Calcite)
		3551, 3412, 1637, 1120, 669, 603	Sulfate Compounds (Probably Gypsum)
		1024, 781	Silica Compounds (Probably Amorphous Silica)
		1317	Calcium Oxalate (infinitesimal)
F 2	Black	1024, 506, 460	Iron Oxide
		2629, 2527, 1822, 1448, 879, 729	Carbonate Compounds (Dolomite & Calcite)
		3538, 3406, 1623, 1143, 1120, 669, 601	Sulfate Compounds (Probably Gypsum & Bansanite)
		1024, 781	Silica Compounds (Probably Amorphous Silica)
		1313	Calcium Oxalate (infinitesimal)

جدول ۵: جدول عناصر شناسایی شده در رنگدانه‌های بدست‌آمده از نمونه رنگدانه نارنجی رنگ در روش FT-IR.

Table 5: Table of elements identified in the pigments obtained from the orange pigment sample in the FT-IR method.

No. Sample	Color Sample	Feature Absorption Band in FT-IR/(cm ⁻¹)	Identified Compounds
C 2	Orange	1020, 519, 460	From Iron Oxide Pigments (Probably Ochre)
		2529, 1822, 1444, 881, 727	Carbonate Compounds
		3420, 1622, 1087, 665, 603	Sulfate Compounds (Probably Bansanite)
		1020, 781	Silica Compounds (Probably Amorphous Silica)
		1321	Calcium Oxalate
D 5	Orange	1022, 512, 460	From Iron Oxide Pigments (Probably Ochre)
		2629, 2527, 1822, 1442, 879, 729	Carbonate Compounds
		3414, 1630, 1022, 663, 600	Sulfate Compounds (Probably Bansanite)
		1022, 781	Silica Compounds (Probably Amorphous Silica)
		1316	Calcium Oxalate

نقطه نظر مطالعات تاریخی هنری و هم از نظر اقدامات حفاظتی اهمیت فراوانی دارد. هنر صخره‌ای در کوه‌دشت استان لرستان دربرگیرنده نقش‌مایه‌های انسانی، حیوانی، نمادین، هندسی، ابزارآلات

۴- نتیجه‌گیری

شناسایی رنگدانه‌ها و مواد به‌کار رفته در نقاشی‌های صخره‌ای هم از

مورد رنگ نارنجی می‌توان گفت که میزان عنصر آهن (Fe) هم در این نمونه کم می‌باشد. با توجه به سیاه بودن رنگدانه مورد استفاده و عدم شناسایی عنصر کربن، وجود عنصر آهن در لایه سطحی می‌تواند مربوط به اکسید آهن II یا مگنتیت باشد که دارای رنگ سیاه است. در نهایت با توجه به این که ساختار رنگ‌ها به صورت ترکیبات معدنی بوده است می‌توان ادعان داشت یکی از مهم‌ترین دلیل ماندگاری آن‌ها این ساختار است. چرا که رنگ‌ها با ساختارهای معدنی در برابر عوامل مخرب محیطی مقاومت بیشتری داشته و عوامل مخرب کمتر بر روی آن‌ها تاثیر دارند و تمام نمونه‌ها با توجه به مطالعات زمین‌شناسی منطقه از خاک همان منطقه برای تولید رنگ مورد نظر با توجه به اکسید آهن و ماده معدنی بومی و محلی بوده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری، تحت عنوان "باستان‌شناسی رنگین‌نگاره‌های ایران براساس مطالعه موردی استان لرستان"، در گروه باستان‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی با راهنمایی: جناب آقای دکتر اردشیر جوانمردزاده و مشاوره آقای دکتر رضا رضالو و خانم دکتر منیژه هادیان دهکردی نگارش و تدوین شده است. شایسته است در این‌جا از همه کسانی که ما را در انجام این طرح یاری نمودند خصوصا جناب آقای ایرج بهشتی مسئول بخش پتروگرافی و سرکار خانم سحر نوحی بخش FT-IR، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی جهت انجام آزمایشات لازم، تشکر و قدردانی گردد.

و نامفهوم قابل دسته‌بندی هستند. رنگ‌های به‌کارفته در این نقاشی‌های صخره‌ای عبارتند از: قرمز، سیاه و نارنجی، که با وجود گذشت زمان زیادی که از تولید این آثار می‌گذرد و از همه مهم‌تر، قرارگیری نقوش در برابر آب و هوای سرد، در فصول پاییز و زمستان، هنوز دارای رنگ‌های زنده و ماندگار هستند. آزمایش‌های انجام شده در دو روش پتروگرافی و FT-IR که در این پژوهش صورت گرفت نشانگر این است که با توجه به رنگ‌های قرمز، سیاه و نارنجی استفاده شده در رنگین‌نگاره‌های کوه‌دشت در استان لرستان، رنگدانه اصلی برای ساخت این آثار، رنگدانه‌های معدنی استفاده شده و از رنگ‌دانه‌های آلی برای تولید رنگ در این مجموعه عظیم استفاده نشده است.

در خصوص سنگ بستر در روش پتروگرافی و براساس زمین‌شناسی منطقه کوه‌دشت، این منطقه در مجموعه فوق ردیفی از سنگ آهک و سنگ آهک دولومیت ضخیم تا بسیار ضخیم لایه خاکستری تا قهوه‌ای رنگ با سیمای برجسته و خشن‌تر از بخش‌های زیرین جای دارد که میان لایه‌هایی از سنگ آهک رسی روشن نیز در آن دیده می‌شود.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در زمینه رنگدانه‌های مورد استفاده در ساخت رنگ‌ها، مشخص شد که این نقوش از نقطه‌نظر خاک‌شناسی و مواد همه دارای سبک کار یکسان و دارای منشا واحدی هستند و دارای ترکیبی از اکسید آهن (هماتیت-اخرا) می‌باشند و با توجه به شواهد میکروسکوپی تمام رنگدانه‌های موجود در نمونه‌ها، ترکیب اکسید آهن (هماتیت-اخرا) را دارند. لایه رنگی استفاده شده در این نمونه، ترکیب اکسید آهن (اخرا) دارند و به صورت یک لایه نازک در سطح نمونه‌ها استفاده شده‌اند. رنگدانه قرمز در سطح سنگ به این معنی که عنصر آهن هم مربوط به ترکیب رنگی قرمز است هم از ناخالصی‌های موجود در سنگ آهک باشد. در

۵- مراجع

1. Franquelo ML, Duran A, Herrera LK, Haro MCJ, Perez-Rodriguez JL. Comparison between micro-Raman and micro-FTIR spectroscopy techniques for the characterization of pigments from Southern Spain Cultural Heritage. *J Mol Struct*. 2009;924:404-12.
2. Mobasher Maksoud E, Kochzaei AR. A review of traditional pigments (second part): ultramarine blue and emerald green. *J Stud Color World*. 2022;12(4):385-369. <https://doi.org/10.1001.1.22517278.1401.12.4.5.6> [In Persian].
3. Reich I. Mineral pigments: the colourful palette of nature. In Artoli G, Oberti R. (eds.) *EMU Notes in Mineralogy*. Mineralogical Society of Great Britain & Ireland; 2019. 283-322.
4. Bersani D, Lottici PP. Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry. *J Raman Spectrosc*. 2016;47(5):499-530. <https://doi.org/10.1002/jrs.4914>
5. Hradil D, Grygar T, Hradilová J, Bezdička P. Clay and iron oxide pigments in the history of painting. *Appl Clay Sci*. 2003;22(5):223-236. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(03\)00076-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(03)00076-0).
6. Zeng QG, Zhang GXL, Leung CW, Zuo J. Studies of wall painting fragments from Kaiping Diaolou by SEM/EDX, micro Raman and FT-IR spectroscopy. *Microchem J*. 2010;96(2):330-336. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.05.013>.
7. Haji Norouzi F, Heydarian M, Khosrowzadeh A. The study of Middle Copper-Sang period pottery of Chahar Mahal Bakhtiari using petrographic analysis and ICP-OES.

- J Archaeol Sci. 2021;13(2):178-198. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.290969.142795> [In Persian].
8. Maani M, Saidi-Harsini MR, Chaichi A. Preliminary results of petrographic studies of Bakun A pottery in Fars. *Archaeol Stud.* 2018;11(1):217-232. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.71115> [In Persian]
 9. Abbas Abad Arabi M, Sedki Y, Beheshti SI, Abedi A. Petrographic study of Islamic pottery from Balqis Esfrain, North Khorasan. *Archaeol Stud.* 2018;10:155-167. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2018.215741.142330> [In Persian].
 10. Razani M, Martinzgunikhero F, Mansouri-Esfahani M, Afshari-Nejad H. Preparation of thin sections of porous materials for studies with polarizing microscope in archaeology. *Res Archaeol.* 2015;2(2):45-60. <https://doi.org/20.1001.1.24764647.1396.3.2.1.6> [In Persian].
 11. Sedghi Y, Razani M, Qaini Z, Sabohai Thani F. Investigation and review of the types of colors used in the decoration of pottery motifs obtained from the Bronze Age sites of Sistan and Baluchistan. *J Stud Color World.* 2019;10(2):61-72. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517278.1399.10.2.5.8> [In Persian].
 12. Kochzaei A, Nemati Babaei A, Daneshpour L. Identification of the pigments used in the decoration of the paper inscription of Ansarin House, Tabriz. *J Color Sci Technol.* 2014;9:297-306. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.17358779.1394.9.4.3.2> [In Persian].
 13. Firouznia A, Ashrafi A, Bahrul Uloomi F. Identification of the materials and pigments of the wall paintings of the walls of the historical center of Isfahan. *Archeol Res.* 2019;6(1):47-66. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8> [In Persian].
 14. Hadian-Dehkordi M. The use of laboratory research in the protection and restoration of historical buildings. Tehran University Press; 2007.
 15. Homke J, Vergés J, Van Der Beek P, Fernández M, Saura E, Barbero L, Badics B, Labrin E. Insights in the exhumation history of the NW Zagros from bedrock and detrital apatite fission-track analysis: evidence for a long-lived orogeny. *Basin Research.* 2010;22(5):659-680. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2009.00431.x>.
 16. Maghsoudi M. *Desert Landscapes and Landforms of Iran.* Switzerland: Springer Nature; 2020.
 17. Games GA, Wynd GG. Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. *AAPG Bulletin.* 1965;49 (12):2182-2245. <https://doi.org/10.1306/A663388A-16C0-11D7 86450001 02C1865D>.
 18. Zarei-Sahamieh R, Yousefi Yeganeh B, Zamaniyan H, Moazzami-Gudarzi F. Study of the sedimentary environment and geology of Kashkan formation sandstones. *J Advanced Appl Geology.* 2011;1(1):48-61 [In Persian].
 19. Ghobadizadeh H, Niknami KA, Alibeigi S. Ancient metallurgical sites in the cultural landscape of Kohdasht and presenting a prediction model for the Central Zagros region. *Archeol Res.* 2001;7(1):125-144. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764647.1400.7.1.10.1> [In Persian].
 20. Bikiaris D, Daniilia S, otiropoulou S, Katsimbiri O, Pavlidou E, Moutsatsou AP, et al. Ochre-differentiation through micro-Raman and micro-FTIR spectroscopies: application on wall paintings at Meteora and Mount Athos, Greece. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.* 2000;56(1):3-18. [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(99\)00134-1](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(99)00134-1).

How to cite this article:

Sadeghi S, Javanmard zadeh A, Hadian Dehkordi M, Rezaloo R. Macroscopic and microscopic characteristics of Pictograph of Kuhdasht in Sarsakhon mountains of Lorestan province. *J Stud color world.* 2023;13(2): 215-233.. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517278.1402.13.2.6.0> [In Persian].