

## آنالیز پتروگرافی و XRF سفال‌های دوره‌ی باکون تل مش کریم شهرستان سمیرم

علیرضا سرداری \*

استادیار پژوهشکده باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری  
a.sardari@richt.ir

محمدحسین طاهری

دانشجوی کارشناسی ارشد باستان‌شناسی دانشگاه تهران

سید ایرج بهشتی

کارشناس ارشد زمین‌شناسی پژوهشکده حفاظت و مرمت، پژوهشگاه میراث فرهنگی

شناسه‌ی دیجیتال (DOI): 10.22084/NBSH.2018.9909.1429

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۴

(از ص ۶۵ تا ۸۰)

### چکیده

مطالعات آزمایشگاهی برای تحلیل سفال‌های دوره‌ی پیش‌اتاریخی ایران، موجب فهم دقیق‌تر ما نسبت به فرایند تولید و توزیع آن خواهد شد. در این بین، سفال دوره‌ی باکون مربوط به هزاره‌ی پنجم پیش از میلاد در گستره‌ی جغرافیایی جنوب زاگرس و استان فارس، پدیده‌ای مهم در درک گسترش فرهنگ این دوره در دره‌ی رود گر در مرکز فارس و پراکنش آن تا سرحدات شمالی در شهرستان سمیرم است. این سفال‌ها که اغلب نخودی‌رنگ و منقوش هستند، به نظر می‌رسد که مهارت زیادی در ساخت آن‌ها به کار رفته است؛ لذا در این تحقیق، تلاش شده تا با انتخاب ۱۰ قطعه از این سفال‌ها از محوطه‌ی کاوش شده تل مش کریم در سمیرم جهت انجام این آزمایش‌ها، تبیینی دقیق‌تر از فناوری سفالگری داشته باشیم. پرسش‌های اصلی مورد تحقیق، شامل بررسی چگونگی ترکیب و ساختار سفال‌ها، تفاوت‌ها و تشابهات آن‌ها، میزان درجه‌ی پخت در کوره و نیز آگاهی از وضعیت بومی یا وارداتی آن‌ها است. این آزمایش‌ها که شامل آنالیز XRF و پتروگرافی می‌شود، هر دو در پژوهشکده‌ی حفاظت و مرمت پژوهشگاه میراث فرهنگی انجام گرفته که بر پایه‌ی آنالیز پتروگرافی و مطالعات زمین‌شناسی منطقه‌ی سمیرم، می‌توان نتیجه گرفت که سفال‌ها تولید داخلی و محلی بوده و مربوط به خود منطقه هستند. در این نمونه‌ها، بافت سیلنتی (ریزبلور) و بافت پورفیری دیده می‌شود و این نتایج نشان می‌دهد که در تمام نمونه‌ها، به جز دو مورد ۷ و ۸، دمای پخت کوره بیش از ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نبوده است. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد ارتفاعات و رسوبات منطقه از سنگ آهک تشکیل شده که در سفال‌های مورد بررسی، کانی کلسیت به وفور مشاهده گردید. آنالیز XRF نیز وجود کانی کلسیت را تأیید نمود. در این آنالیز، کمترین میزان اکسید کلسیم مربوط به نمونه‌های ۸ و ۹ است و بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌های ۱۰ و ۱۱ است که با نتایج آزمایش پتروگرافی کاملاً همسان است.

**کلیدواژگان:** دوره‌ی باکون، تل مش کریم، سفال، پتروگرافی، XRF.

## مقدمه

سفال دوره‌ی باکون یکی از شاخص‌ترین گونه‌ی مواد باستانی است که متعلق به هزاره‌ی پنجم قبل از میلاد در حوزه‌ی فرهنگی جنوب ایران (استان فارس و سرزمین‌های همجوار)، پدیده‌ای جالب‌توجه در مطالعات باستان‌شناسی و پیش‌اتاریخ محسوب می‌شود. فارغ از پژوهش‌هایی که از منظر باستان‌شناسی و تاریخ هنر در زمینه‌ی تحلیل و گونه‌شناسی این ظروف سفالین صورت‌گرفته، تاکنون مطالعات میان‌رشته‌ای و باستان‌سنجی اندکی (Marghussian et al., 2008) روی این مواد انجام شده است؛ بنابراین با توجه به پراکنش گسترده‌ی این گونه‌ی سفال، آگاهی ما از جنس، بافت، عناصر تشکیل‌دهنده، منشأ ساخت و فرایند تولید آن چندان کافی نیست.

از این منظر، مطالعات آزمایشگاهی پشتوانه‌ی مناسبی به منظور شناخت کانی‌ها و عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سفال محسوب می‌شوند. به‌طور کلی روش‌های آزمایشگاهی مختلفی برای مطالعه‌ی مواد باستان‌شناسی وجود دارد که در این بین، می‌توان به روش پتروگرافی، طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسانس (XRF)، طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس (XRD)، جذب اتمی (AAS)، فعال‌سازی نوترونی (NAA) و طیف‌سنجی جرمی (MS) اشاره کرد. البته تمامی این روش‌ها برای تجزیه‌ی کمی عنصری نمونه‌های باستانی به‌کار می‌روند. از روش‌های معمول و مفید در شناسایی ترکیبات قطعات سفال، آنالیزهای پتروگرافی و روش طیف‌سنجی تابش فلورسانس است که در این پژوهش بر روی ۱۰ نمونه سفال دوره‌ی باکون حاصل از کاوش‌های باستان‌شناسی تل‌مش‌کریم استفاده شده است. هر دو این آنالیزها، در آزمایشگاه پژوهش‌کده‌ی حفاظت و مرمت آثار فرهنگی-تاریخی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری انجام شده است.

سوالات اصلی انجام این تحقیق عبارتند از: ۱- ترکیب و ساختار سفال نخودی دوره‌ی باکون چگونه است؟ ۲- تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود بین سفال‌های مطالعاتی از نظر ترکیب و ساختار چیست؟ ۳- براساس ترکیب کانی‌شناسی، سفال‌های موردنظر در چه درجه‌ی حرارتی پخت می‌شده‌اند؟ ۴- مطابق با نتایج آنالیزهای صورت‌گرفته بر روی سفال‌های منتخب تل‌مش‌کریم، وضعیت بومی یا وارداتی بودن آن‌ها چگونه بوده است؟

## پیشینه‌ی تحقیق

ابتدا فسیل‌شناسان برای مطالعات خود از روش پتروگرافی استفاده نمودند (زارع، ۱۳۸۳: ۹۷)؛ سپس باستان‌شناسان نیز برای تعیین درجه‌ی پخت و تجزیه عنصری این روش و آنالیز XRF را مورد استفاده قرار دادند که پیشینه‌ی آن به مطالعات شیپرد برمی‌گردد (Shepard, 1956). در ایران نیز پژوهش‌هایی در این زمینه انجام گرفته است که می‌توان به مطالعات عصر آهن غارها تو (نقشینه و همکاران، ۱۳۹۲)، آنالیز سفال جلینگی دوره‌ی اشکانی (محمدی‌فر و عرب، ۱۳۹۲) و مطالعه‌ی سفال‌های تپه تپه گراتزیانی (سلمان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) و آنالیز آزمایشگاهی سفال‌های تپه

رحمت‌آباد (Marghussian et al., 2008) اشاره کرد.

### روش تحقیق

در مطالعه‌ی پتروگرافی سفال، در مرحله‌ی اول بعد از پاکسازی نمونه‌ها، شستشو و بررسی دقیق بافت باستان‌شناسی آن‌ها، سفال‌های مطالعاتی را جدا نموده و بعد از طراحی براساس سؤالات و اهداف طرح، تعدادی را به منظور آنالیز پتروگرافی انتخاب می‌شوند. به دلیل تخریبی بودن آنالیز پتروگرافی از نمونه‌سفال‌هایی استفاده می‌شود که فراوانی بیشتری داشته باشند. اساس کار مطالعه‌ی پتروگرافی مبتنی بر کانی‌شناسی است و با توجه به خواص کانی‌شناسی، اجزا موجود در سفال و مقایسه‌ی آن با جداول کانی‌شناسی که از قبل تهیه شده، نوع کانی موجود در سفال تشخیص داده می‌شود. برای آنالیز پتروگرافی از قسمت ضخامت سفال لایه نازکی تهیه و آن را بر روی لام می‌چسبانند. چنان‌که ضخامت استاندارد لایه‌ی نازک تهیه شده در حدود ۳۰ میکرون می‌باشد. اگر ضخامت لایه‌ی نازک بیشتر و یا کمتر از ۳۰ میکرون باشد، رنگ کانی در نور متقاطع تغییر کرده و در نتیجه در شناسایی نوع کانی دچار اشتباه می‌شویم. میکروسکوپ مورد استفاده از نوع دو چشمی پلاریزان مدل James Swift است. تهیه‌ی مقطع نازک از نمونه‌سفال‌های مطالعاتی و بررسی میکروسکوپی نمونه‌ها در آزمایشگاه پتروگرافی پژوهشکده‌ی حفاظت و مرمت آثار پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری انجام شده است.

آنالیز طیف‌سنجی فلورسانس پرتوایکس (XRF)، یکی از روش‌های تحلیل عنصری مواد است که امروزه از آن در صنعت و مراکز پژوهشی در زمینه‌ی اکتشافات معدن، پردازش جنس و مواد معدنی، استخراج و ذوب فلزات استفاده می‌شود (گلستانی فرد، ۱۳۸۳: ۹۳). تحلیل طیف‌سنجی، یکی از روش‌های فیزیکی در تحلیل ترکیبات شیمیایی عناصر به‌شمار می‌رود (Shepard, 1985: 143). طیف‌سنجی با اشعه‌ی X مجهول، یکی از روش‌های فیزیکی سنجش و اندازه‌گیری است که در آن یک پرتو تحریک شده، مانند اشعه‌های مجهول یا اشعه‌های گاما به نمونه‌ی مورد مطالعه به شکل جامد و یا مایع فرستاده شده و واکنش آن، طول موج نیرویی را پدید می‌آورد که مشخصه‌ی نوع ماده است. اگر پرتو محرک دارای نیروی لازم باشد، همچون اشعه‌های مجهول یا گاما ویژگی یونیزه شدن اتم‌های ماده رُخ خواهد داد که در برگشت، مشخصه‌ی ذرات ماده را به همراه دارد. بنابراین مبانی این روش براساس اتم‌های انفرادی است که وقتی بر اثر منابع انرژی خارجی تحریک می‌شوند، ذرات اشعه‌ی ایکس ساطع شده و به شکل‌های طول موج و نیرویی بازتاب می‌یابند و هر یک از اعداد نمایش داده شده، ماهیت آن عنصر را مشخص می‌کند. به عبارت دیگر، در این روش با پرتودهی اولیه‌ی اشعه‌ی ایکس بر روی نمونه‌ی مورد مطالعه، الکترون‌های مدارهای داخلی اتم‌های سازنده خارج می‌شوند. برآیند سطوح انرژی الکترون‌های تخلیه شده، فوراً به وسیله‌ی الکترون‌های مدارهای خارجی پُر شده و انرژی در این فرایند آزاد می‌شود (Tite, 1972: 267).

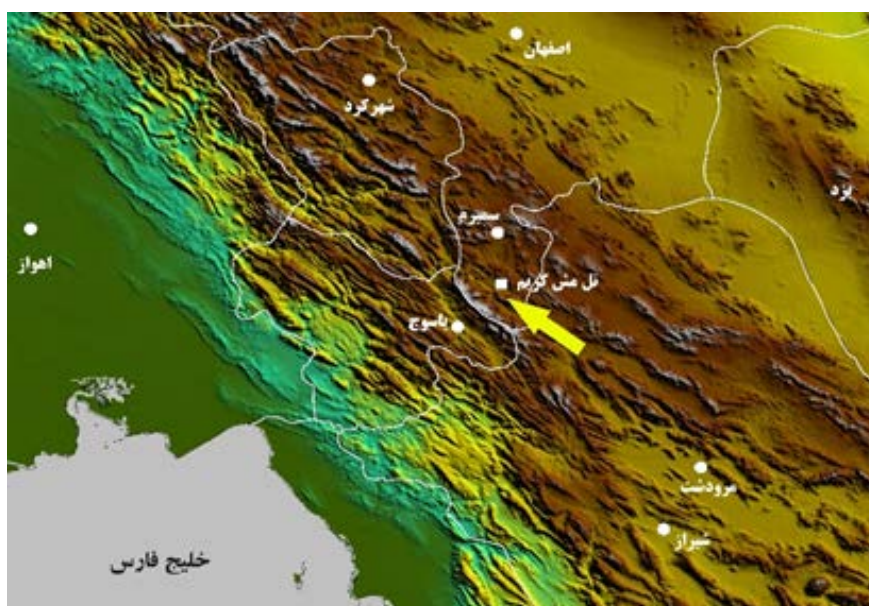
برای آزمایش طیف‌سنجی فلورسانس پرتوایکس نیز از همان ۱۰ قطعه‌ی

سفالی استفاده شده که در مطالعات پتروگرافی انتخاب شده بودند. این آزمایش با دستگاه طیف‌سنجی فلورسانس پرتوایکس مدل ۸۴۲۰ - کمپانی ARL آزمایشگاه پژوهش‌های حفاظت و مرمت پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری انجام گرفت که از نرم‌افزار UniQuant برای آنالیز نمونه‌های مجهول استفاده شد. نتایج آن به صورت نیمه‌کمی بوده که در جدول شماره‌ی ۲ ارائه شده است.

### تل مش کریم و کاوش‌های باستان‌شناسی

تل مش کریم تپه‌ای کوچک و کم‌ارتفاع در شهرستان سمیرم است که پیش از کاوش باستان‌شناسی سال ۱۳۹۳، در طی بررسی‌های سال ۱۳۸۶ شناسایی و ثبت شده بود (جاوری، ۱۳۸۷). این محوطه با وسعت کمتر از نیم هکتار با ابعاد ۳۵×۴۰ متر دارای ارتفاعی حدود دو متر بالاتر از زمین‌های اطراف است. اهمیت این محوطه را می‌توان در وجود قدیمی‌ترین آثار و لایه‌های فرهنگی دانست که تاکنون از شهرستان سمیرم در جنوب استان اصفهان به دست آمده است (شکل ۱ و ۲). این لایه‌ها که براساس کاوش‌های اخیر به دوره‌ی باکون مربوط به آغاز هزاره‌ی پنجم قبل از میلاد منسوب می‌شود، نشان‌دهنده‌ی ارتباط نزدیک این محل به فرهنگ‌های بومی جنوب ایران و منطقه‌ی فارس دارد (سرداری و طاهری، ۱۳۹۴).

دوره‌ی باکون در فارس شاخصه‌ی فرهنگ جنوب ایران در پیش‌ازتاریخ محسوب می‌شود که با پدیدار شدن سفال منقوش نخودی یکی از مهم‌ترین مراحل دوره‌ی مس‌وسنگ در ایران آغاز می‌شود (Herzfeld, 1929). بسیاری از باستان‌شناسان دوره‌ی باکون را مرحله‌ای مهم از تغییرات اقتصادی-اجتماعی در ایران محسوب می‌کنند (علیزاده ۱۳۸۳؛ Sumner, 1994). از طرف دیگر، گستره‌ی فرهنگی این دوره‌ی پیش‌ازتاریخ در ایران، سراسر فارس کنونی و چندین بخش از استان‌های هم‌جوار آن، از جمله اصفهان را شامل می‌شود (Sardari et al., 2011)؛ بنابراین



شکل ۱. موقعیت تل مش کریم در جنوب استان اصفهان (نگارندگان، ۱۳۹۵).



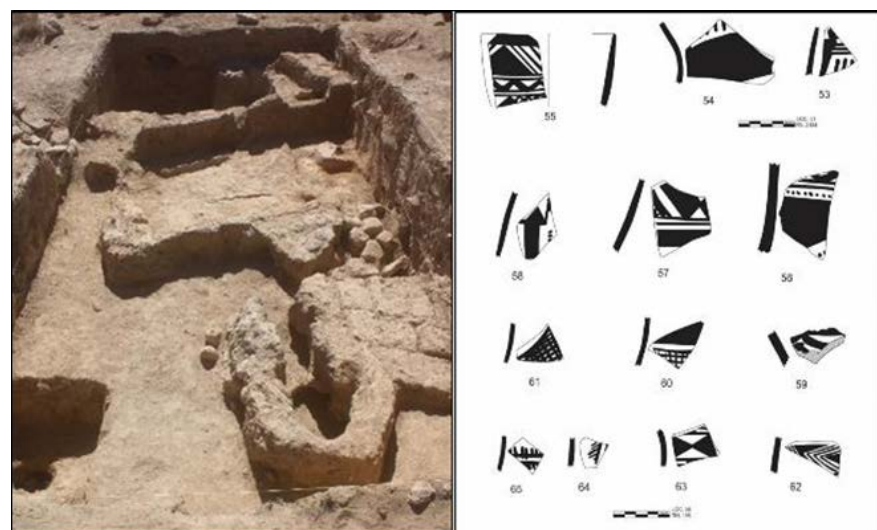
▲ شکل ۲. نمای شمالی تل مش کریم (نگارندگان، ۱۳۹۵).

مطالعات دقیق آثار و یافته‌های مکشوف از تل مش کریم می‌تواند چشم‌انداز روشن‌تری از جنبه‌های فرهنگی-اقتصادی و اجتماعی مردمان مناطق شمالی و پراکنش فرهنگ باکون در سرحدات را ارائه دهد.

کاوش در این محوطه با هدف شناخت شواهد فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی جوامع دوران اواخر پیش از تاریخ و مس و سنگ (هزاره‌ی پنجم قبل از میلاد) شهرستان سمیرم و همچنین شناسایی حوزه‌ی فرهنگی سنت سفال باکون و گسترش آن در مناطق شمال فارس و جنوب اصفهان آغاز گردید. کاوش شامل دو کارگاه ۵×۵ متر و یک گمانه‌ی ۱×۲ متر در بخش مرکزی تپه بود. ضخامت لایه‌های فرهنگی تا خاک بکر به دو متر می‌رسد که مدارک قابل توجه‌ای از شکل‌گیری چندین مرحله‌ی سکونت و همچنین بقایای معماری ساده را آشکار ساخته است. لایه‌هایی که عمدتاً بقایای خاکسترو پی‌های قلوه‌سنگی در چندین مرحله بوده و نشان‌دهنده‌ی استقرارهای فصلی و کوتاه‌مدت با توجه به وسعت اندک محوطه بوده است (شکل شماره‌ی ۳)؛ با این حال، وجود بقایای اتاقی چهارگوش با دیوارهای چینه‌ای اندود شده به سه‌رنگ و سکوی خشتی، می‌تواند بر اهمیت این بخش از محوطه بیفزاید. در بین انباشت‌ها و خاکسترهای مکشوف، شواهدی از اشیاء و ژتون‌های شمارشی به صورت پراکنده به دست آمده و علاوه بر این مواد سفالی مشتمل بر سفال‌های ساده و خشن قرمز رنگ و سفال‌های نخودی منقوش وجه غالب یافته‌ها بوده است (سرداری و طاهری، ۱۳۹۴).

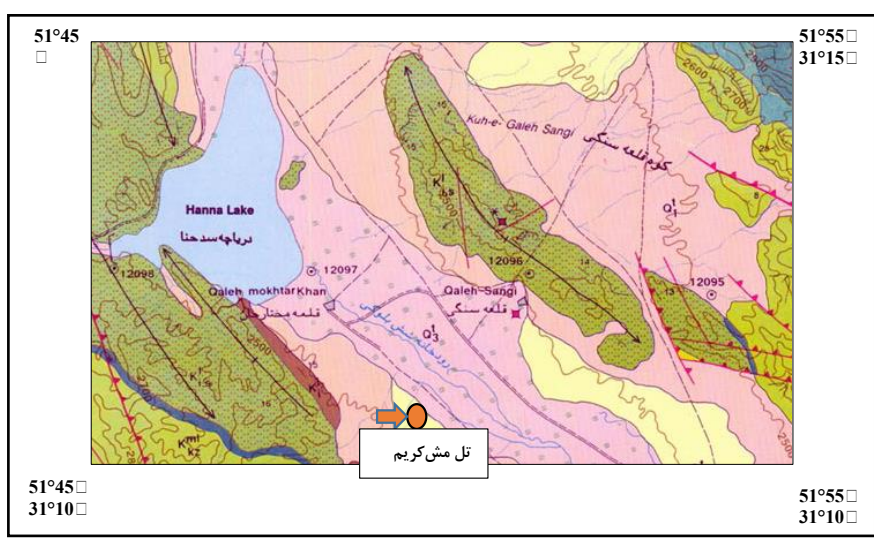
### زمین‌شناسی منطقه

چنان‌که در نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه دیده می‌شود (شکل ۳)، رخنمون ارتفاعات منطقه‌ی سمیرم متشکل از سنگ‌های آهکی ائوسن، سازند آهکی آسماری و کنگلومرای بختیاری است (نقشه ۱). منطقه‌ی سمیرم در حوزه‌ی رسوب‌گذاری زاگرس واقع شده و از نظر مورفولوژی دارای روند عمومی شمال غربی-جنوب شرقی است که تحت تأثیر تکتونیک زاگرس با همان روند قرار گرفته است. برجستگی‌های



► شکل ۳. کارگاه‌های A و B و طرح سفال‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۵).

مهم منطقه را اکثراً سنگ‌های آهکی کرتاسه، آسماری و گاهی نیز آهک‌های دوره‌ی انوسن تشکیل داده‌اند. دشت‌های منطقه بیشتر رسوبات رودخانه‌ای، رسوبات دوران چهارم به‌شمار می‌آیند. بعضی از دشت‌های بزرگ حوزه، مانند دشت مهرگرد (وردشت) در ساختمان ناودیس واقع شده که سنگ کف آن از طبقات مارنی و یا شیلی کرتاسه تشکیل شده است. در اطراف تل مش کریم، رخنمونی از انواع مختلف سنگ‌های آهکی، سنگ آهک نازک‌لایه تا ضخیم‌لایه، سنگ آهک فسیل‌دار، دولومیت، ماسه‌سنگ، چرت، شیل و مارن همراه با پادگانه‌های آبرفتی وجود دارد که در نهشته‌هایی (تجمع رسوبات) که به‌عنوان مواد اولیه‌ی تهیه سفال استفاده می‌شود، انتظار وجود قطعات ریزبلور تمام سنگ‌های ذکر شده را می‌توان داشت.



نقشه ۱. نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد بررسی، برگرفته از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ سمیرم (انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور). ◀

### سفال دوره‌ی باکون

دوره‌ی باکون به‌عنوان یکی از مراحل مهم فرهنگی در چارچوب گاهنگاری دوران پیش‌ازتاریخ جنوب ایران، جنوب زاگرس و حوزه‌ی فرهنگی فارس به‌شمار می‌آید که تقریباً هم‌زمان با هزاره‌ی پنجم قبل از میلاد را شامل می‌شود (Sumner, 1994). این دوره در واقع مرحله‌ی اساسی در افزایش پیچیدگی‌های اجتماعی-اقتصادی فرهنگ‌های پیش‌ازتاریخی منطقه بوده که شواهد آن را در افزایش استقرارها، الگوی فضایی زیستگاه‌ها، تولید تخصصی سفال و ابزارهای سنگی، کوره‌های سفال‌پزی پیشرفته، مدارک کنترل اداری مانند مهر و اثرمهر و فعالیت‌های گسترده‌ی تجاری و مبدلات محلی و منطقه‌ای بروز یافته است (Sumner, 1994; Alizadeh, 2006; Weeks et al., 2010; Sardari et al., 2011).

باتوجه به گونه‌شناسی سبکی ظروف سفالین دوره‌ی باکون که مبتنی بر بافت، خمیره، شاموت، پوشش، پرداخت و تزیینات موجود بر روی آن‌ها است و همچنین با اتکا به الگوی توزیع آن در گستره‌ی جغرافیایی دره‌ی رود کر، دره‌ها و دشت‌های میانکوهی فارس و سرزمین‌های مجاور، این سفال‌ها با وجود گونه‌های بومی، دارای همگونی و یکپارچگی در فرم و ساختار هستند. با این حال این سفال‌ها از نظر

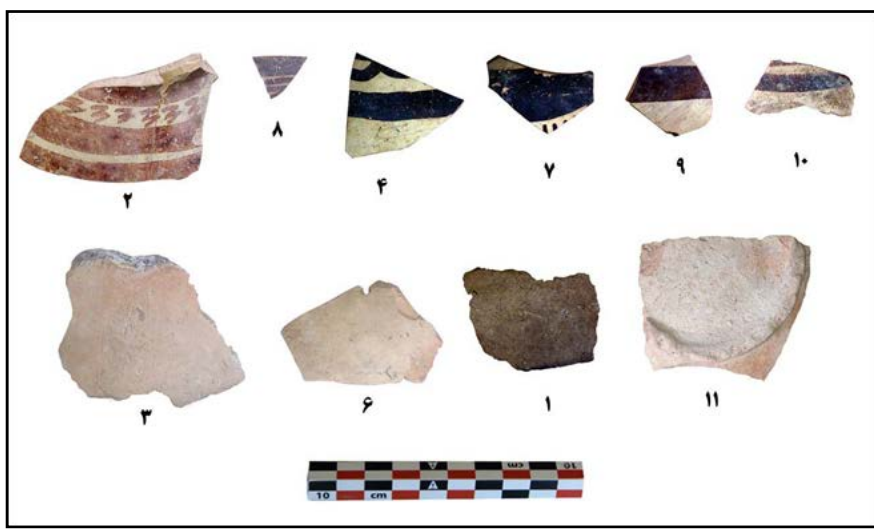
گرامر نقشی و جنبه‌های دیگر با نمونه‌های مشابه هم‌زمان در خوزستان (دوران شوشان میانی و جدید)، زاگرس مرکزی (مس‌وسنگ) و کرمان (دوره‌ی یحیی IV) قابل تفکیک هستند (ویت و دایسون، ۱۳۸۲).

خمیره‌ی سفال‌های باکون یکی از موارد دشوار در زمینه‌ی فهم دقیق این گونه مواد و انتساب آن‌ها به فازهای کوچک‌تر این دوره است که عمده‌ی دلیل آن به سخت و صاف بودن و همچنین شاموت اندک یا ناپیدای آن برمی‌گردد. نقوش روی سفال‌ها بسیار متنوع بوده که ناشی از شرایط متغیر پخت است. اگرچه این تفاوت‌ها، نقش چندانی در گاهنگاری دوره‌های باکون ندارد؛ با این حال مواردی از اختلافات در تکنیک پخت و میزان خشن یا ظریف بودن ظرف را می‌تواند در این طبقه‌بندی مؤثر باشد؛ برای مثال، در تحلیل مواد سفالی دوره‌ی باکون مجموعه‌ی اورل استین در موزه‌ی بریتانیا، به نظر می‌رسد که محوطه‌های قدیم‌تر، دارای ظروف خشن بیشتری بوده که با مهارت تکنیکی اندکی ساخته شده است (Taylor, 2007: 26).

### آنالیز پتروگرافی

پتروگرافی یا سنگ‌نگاری یکی از متداول‌ترین تکنیک‌های علمی در مطالعات زمین‌شناسی است. در این روش از نمونه‌ی سنگ مورد مطالعه لایه‌ی نازکی به ضخامت ۳۰ میکرون تهیه و آن را با میکروسکوپ پلاریزان مطالعه می‌کنند. اساس کار بر مبنای خصوصیات کانی‌شناسی، بافت و ترکیب اجزا سازنده‌ی نمونه است. از این تکنیک در مطالعه‌ی ساختار میکروسکوپی و شناسایی اجزای سازنده‌ی اشیاء و مواد فرهنگی نیز استفاده می‌شود. از جمله مواد فرهنگی که این روش در مطالعه‌ی آن کاربرد زیادی دارد، سفال است (امان‌الهی، ۱۳۸۸: ۱۲۷). سفال که شامل قطعات سنگ و مواد معدنی است، با انجام آزمایش پتروگرافی، ترکیب آن با دیگر سفال‌های مطالعاتی سنجیده می‌شود. سفال‌های مورد بحث را به صورت قطعاتی کوچک، به طوری که بتوان از ضخامت آن لایه‌ی نازکی تهیه نمود به آزمایشگاه پتروگرافی ارسال می‌شوند. نمونه‌ها فاقد هرگونه رسوب و یا مواد خارجی دیگری هستند. در این آزمایش ضمن مطالعه‌ی هر نمونه، آن را با دیگر نمونه‌ها مقایسه کرده و تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود ثبت می‌شوند.

برای این آزمایش تعداد ۱۰ نمونه سفال منقوش و ساده‌ی حاصل از کاوش لایه‌های فرهنگی تل مش‌کریم انتخاب شده است. این قطعات علاوه بر تفاوت‌های رنگی، تعدادی از نمونه‌های ضخیم نیز دربردارند که در مقطع عرضی دو رنگ هستند. قطعات مذکور دارای فضاهای خالی فراوانی هستند و در سطح بیرونی آن‌ها، آثار و شواهدی از استفاده مواد آلی به عنوان شاموت دیده می‌شود. دسته‌ی دیگر سفال‌ها ظریف بوده که از نظر تخلخل، میزان فضای خالی آن‌ها کمتر بوده و از لحاظ بافت دارای ساختاری ریز هستند (شکل ۴). هدف از انجام آزمایش پتروگرافی بر روی نمونه سفال‌های مطالعاتی، شناسایی اجزای سازنده، تفاوت نمونه‌ها از نظر ترکیب و تشکیل دهنده‌ها، تعیین درصد هر یک از اجزا، تعیین درجه‌ی حرارت پخت سفال



شکل ۴. سفال‌های ارائه شده برای آنالیز پتروگرافی قبل از برش (نگارندگان، ۱۳۹۵).

جدول ۱. نتایج مطالعه‌ی پتروگرافی سفال‌های تپه مش‌کریم سمیرم (نگارندگان، ۱۳۹۵).

شماره نمونه	Qz (Clean)	Qz (Cloudy)	Pig	Amph & Pyx	Fe-oxid	Mica	Cc(Mic)	Cc(Sp)	Chert	Grog	Sand & Silt Ston	بافت
۱	*	*	-	-	*	*	*	*	-	-	-	سیلتی ناهمگن
۲	*	*	-	*	*	*	*	-	tr	tr	-	سیلتی درشت بلور
۳	*	*	-	-	*	-	*	*	-	-	-	سیلتی
۴	*	*	tr	-	*	-	*	-	tr	-	-	سیلتی
۶	*	*	-	tr	*	*	*	-	-	-	-	سیلتی
۷	*	*	tr	-	*	-	*	-	-	-	-	سیلتی
۸	*	*	tr	-	*	*	-	-	-	-	-	سیلتی
۹	*	*	-	-	*	*	-	-	-	-	-	سیلتی
۱۰	*	*	-	-	*	-	*	*	-	*	-	پورفیری
۱۱	*	*	-	-	*	-	*	*	-	-	-	سیلتی درشت بلور

باتوجه به کانی‌های موجود و درنهایت بررسی منشأ مواد اولیه‌ی تشکیل دهنده‌ی آنها است.

از نظر اجزای سازنده، بعضی از این نمونه‌ها کاملاً ریزبلور بوده و برخی از آنها نیز درشت بلور است. از نظر پتروفابریک همان‌طور که در (جدول ۱) نشان داده شده، دو نوع فابریک سیلتی (اجزای سازنده در حد سیلت است و در زمینه‌ی ریزبلور قرار دارد) و پورفیری (وقتی اجزای درشت بلور در زمینه‌ی ریزبلور (رس) قرار می‌گیرد) دیده می‌شود.

در این سفال‌ها، نمونه‌های شماره‌ی ۹، ۲، ۴، ۸، ۱۱ و ۷ منقوش هستند (شکل ۴). دو نمونه‌ی شماره‌های ۱ و ۳ از نوع سفال‌های ضخیم بوده در سطح آنها آثاری از شاموت گیاهی دیده می‌شود. این نمونه‌ها در مقطع عرضی دو رنگ هستند که حاشیه‌ی آنها، رنگ روشن است؛ درحالی‌که قسمت داخلی، رنگ تیره دارند. نمونه‌های ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ از نوع سفال‌های نخودی رنگ و ظریف هستند. در این جدول (جدول ۱) زیر هر یک از اجزای موجود در سفال با علامت ستاره (\*) مشخص شده و در صورت عدم وجود آن، با علامت خط تیره (-) تفکیک شده است. قطعاتی که میزان آنها در سفال بسیار اندک است، با علامت (tr) مخفف کلمه‌ی trace به معنای جزئی مشخص شده است. براساس ساختار میکروسکوپی،



سفال‌های مورد آزمایش دارای بافت سیلنتی و پورفیری است. بافت سیلنتی همان بافت ریزبلور است که اجزای سازنده‌ی نمونه‌ی آن‌ها از ۵/۰ میلی‌متر فراتر نمی‌رود. بافت پورفیری (قطعات درشت بلور درزمینه‌ی ریزبلور) است. اندازه‌ی قطعات درشت بلور (پورفیر) بین یک تا دو میلی‌متر است. چنان‌که در جدول (جدول ۱) ملاحظه می‌شود، بافت غالب در این نمونه‌ها بافت سیلنتی است. این نمونه‌ها دارای فضای خالی کمتر نسبت به دیگر نمونه‌ها است.

به‌غیر از نمونه‌ی ۸ و ۹ در تمام نمونه‌ها کانی کلسیت دیده می‌شود. این کانی به دو صورت ریزبلور (CeMic) و درشت بلور (CcSp) دیده می‌شوند. در بعضی از نمونه‌ها، هر دو فرم کلسیت وجود دارد و در تعدادی دیگر، تنها یک نوع آن دیده می‌شود. کانی کوارتز (فنوکریست و پلی‌کریستالین) و اکسید آهن در تمام نمونه‌ها وجود دارد. کانی‌های فیلوسیلیکاته (Mica) در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شود و به‌طور محدود و پراکنده بقایای سفال‌های قبلی (grog) و قطعات سنگ چرت وجود دارد. نکته‌ی قابل ذکر در مورد سفال‌های حاوی کلسیت، تشکیل هیدروکسید کلسیم در این نمونه‌ها است که در اثر مجاورت کلسیت اولیه با رطوبت (آب یا بخار آب) تشکیل شده است.

در مطالعه‌ی میکروسکوپی نمونه‌ها، می‌توان آن‌ها را از چندین جهت مورد بررسی قرار داد و دسته‌بندی نمود: نمونه‌هایی که دارای کلسیت هستند و نمونه‌هایی که فاقد آن هستند.

در این بررسی منظور از کلسیت، همان کلسیت اولیه است که در خاک منشأ وجود داشته و یا به آن اضافه شده است که در اثر فرایندهای ثانویه، بعد از ساخت سفال تشکیل نشده است. مطابق جدول ۱، نمونه‌های دارای کلسیت، دمای پختی کمتر از ۸۰۰ درجه داشته و نمونه‌های فاقد آن، این دما بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. در سفال‌های منطقه مورد بررسی، کانی کلسیت بیشترین فراوانی را دارد و میزان آن‌ها از حدود ۵۰ تا ۱۰ درصد متغیر است. کانی کوارتز موجود در این نمونه‌ها از ۱۰ درصد فراتر نمی‌رود (شکل ۵).

**نمونه‌ی ۱:** ضخیم لایه، در مقطع عرضی دو رنگ، بافت سیلنتی ناهمگن و دارای خلل و فرج فراوان.

**کانی‌های سازنده:** کلسیت، کوارتز، کانی‌های فیلوسیلیکاته، اکسید آهن.

فراوان‌ترین سازنده‌ی نمونه کانی کلسیت است. این کانی به دو صورت ریزبلور و درشت بلور دیده می‌شود. این کانی به صورت پورفیری درزمینه‌ی ریزبلور دیده می‌شود. اندازه‌ی آن از ۵/۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند و دارای حاشیه‌ی گرد تا نیمه‌گرد شده است. این کانی در حدود ۱۵-۲۰ درصد حجم کل نمونه را تشکیل داده است. کانی فراوان دیگر، کوارتز است که به دو فرم فنوکریست (تک بلور) و پلی‌کریستالین (چندبلوری) دیده می‌شود. البته نوع فنوکریست آن فراوانی بیشتری دارد. این کانی دارای حاشیه‌ی زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده است و اندازه‌ی آن از ۲/۰ میلی‌متر فراتر نمی‌رود که در حدود ۵ درصد حجم نمونه را تشکیل داده است.

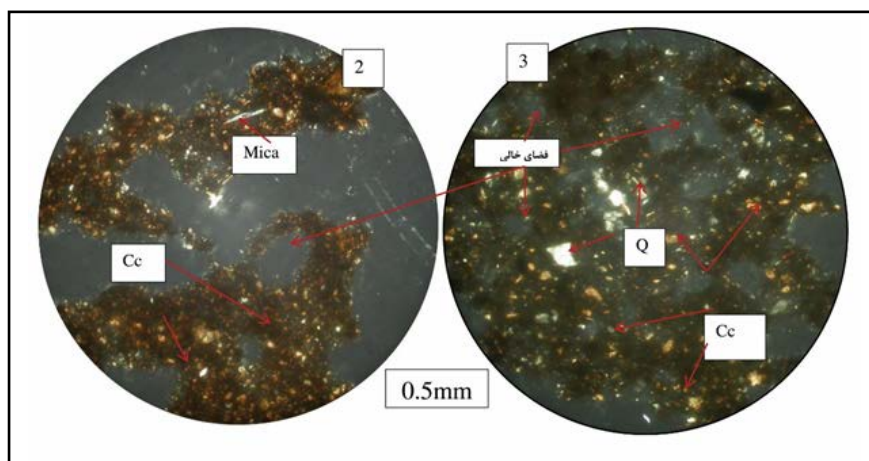
کانی اکسید آهن موجود در نمونه با رنگ قرمز تا تیره، همراه با کانی‌های

فیلولوسیلیکاته از دیگر سازنده‌های نمونه است که به مقدار محدودی در نمونه وجود دارد. فضای خالی موجود در نمونه، فراوان و به شکل کشیده و بزرگ دیده می‌شود. زمینه‌ی نمونه از کانی‌های رُسی تشکیل شده که کانی‌های ذکر شده‌ی فوق به صورت شناور در آن قرار دارد. دو رنگ بودن زمینه به علت شرایط پخت سفال است و ارتباطی با ترکیب آن ندارد.

**نمونه‌ی ۲:** نازک لایه، دارای نقش، بافت سیلنتی درشت بلور و دارای خلل و فرج فراوان.

**کانی‌های سازنده:** کلسیت، کوارتز، اکسید آهن و بیوتیت.

در این نمونه، کلسیت کانی فراوان است که به صورت درشت بلور تا ریزبلور در تمام نمونه پراکنده شده و در حدود ۱۵-۲۰ درصد حجم کل نمونه را تشکیل می‌دهد. کانی فراوان دیگر، کوارتز است که ریزبلور و بیشتر از نوع فنوکریست می‌باشد. این کانی دارای حاشیه‌ی زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده است که در حدود ۱۰ درصد حجم کل نمونه را تشکیل می‌دهد. اکسید آهن نیز در نمونه فراوان است. این کانی با رنگ قرمز تا تیره کاملاً مشخص است. در این نمونه، تعداد محدودی کانی میکا (بیوتیت) همراه با بقایای خرده‌سفال‌های قبلی (grog) در نمونه به مقدار جزئی دیده می‌شود. نکته‌ی قابل ذکر در مورد این نمونه، فرایند آبیگری کانی کلسیت است؛ بدین صورت که کلسیت موجود در اثر تماس با رطوبت، به کانی ثانویه هیدروکسیدکلسیم تبدیل شده است. تشکیل این کانی قابلیت جذب دی‌اکسیدکربن و تشکیل کلسیت ثانویه را سرعت می‌دهد (شکل ۵).

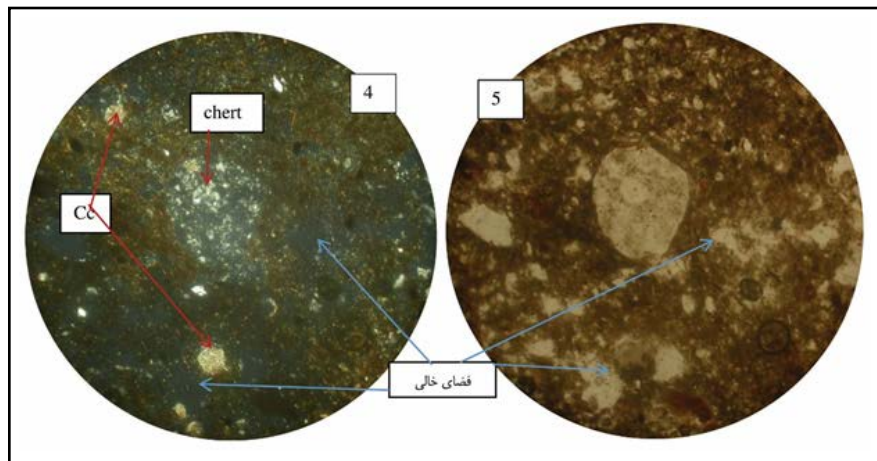


شکل ۵. تصویر مقطع سفال: سفال ۲ و ۳: فتومیکروگراف، نور متقاطع XPL، طول میدان دید ۲/۷ میلی‌متر، کانی کلسیت (Cc) با رنگ کرم در تمام تصویر به صورت درشت بلور تا ریزبلور وجود دارد، کانی کوارتز (Q) به فرم فنوکریست و با رنگ روشن همراه با کانی مسکویت (میکا) (Mica) در این دو تصویر دیده می‌شود (نگارندگان، ۱۳۹۵).

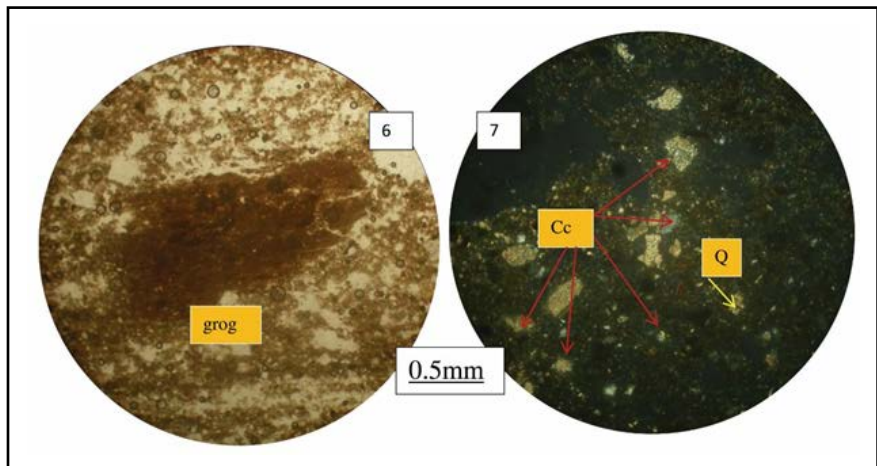
**نمونه‌ی ۳:** از نظر ترکیب تقریباً مشابه با نمونه‌ی شماره‌ی ۱ است. در این نمونه نیز کانی اصلی، کلسیت بوده که تحت تأثیر فرایند آبیگری (تشکیل هیدروکسیدکلسیم) قرار دارد و بعد از آن، کانی کوارتز بیشترین فراوانی را دارد (شکل ۵).

**نمونه‌های ۴ و ۷:** دارای بافت همگن و ریزبلور بوده و نسبت به نمونه‌های دیگر، میزان فضای خالی کمتری دارد. بافت غالب آن سیلنتی ریزبلور است و اندازه‌ی اجزای سازنده‌ی آن از ۰/۵ میلی‌متر فراتر نمی‌رود. کانی کوارتز و کلسیت، فراوان‌ترین

سازنده‌ی نمونه است و هرکدام به تنهایی در حدود ۱۰ درصد حجم نمونه را تشکیل داده‌اند. در زمینه‌ی این نمونه، فضاهای خالی دیده می‌شود که در اطراف آن‌ها له‌ی قرمز رنگ وجود دارد و به احتمال زیاد، بقایای کانی دولومیت هستند که در اثر حرارت از بین رفته و کانی پریکلز (MgO) با رنگ قرمز باقی مانده است (شکل ۶ و ۷).



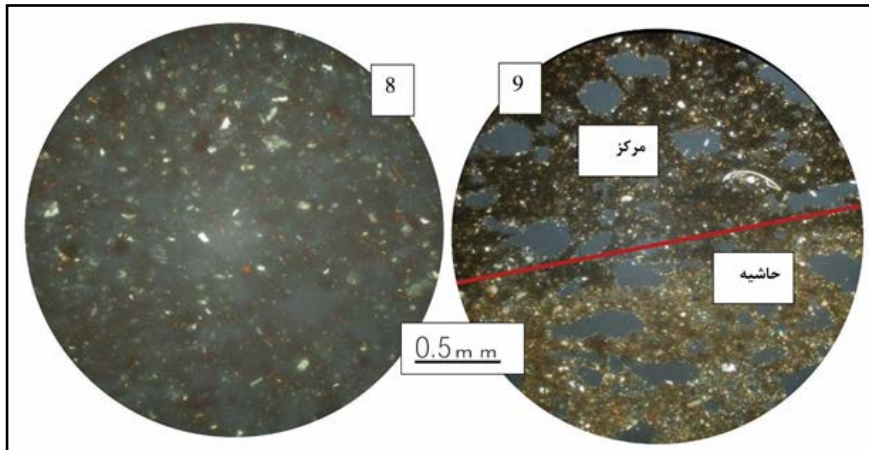
► شکل ۶. تصویر مقطع سفال: سفال ۴: فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید ۲/۷ میلی‌متر، بافت پورفیری، قطعه سنگ چرت در مرکز تصویر. دو قطعه کلسیت با رنگ روشن همراه با کوارتز نیز دیده می‌شود. فضای خالی در این تصویر تیره رنگ است. سفال ۵: فتومیکروگراف، نور PPL همان سفال ۴ در نور پلاریزه است. فضای خالی در این نور به رنگ روشن است (نگارندگان، ۱۳۹۵).



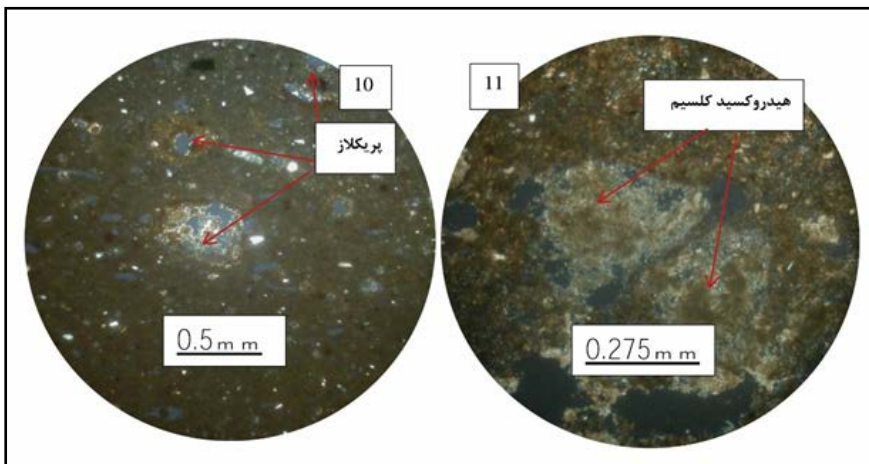
► شکل ۷. تصویر مقطع سفال: سفال ۶: فتومیکروگراف، نور PPL، طول میدان دید ۲/۷ میلی‌متر، بافت پورفیری، بقایایی از خرده سفال‌های قبلی (grog) در زمینه‌ی ریزبلور دیده می‌شود. سفال ۷: فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید ۲/۷ میلی‌متر، کانی کلسیت موجود در زمینه بر اثر فرایند آبگیری به هیدروکسید کلسیم تبدیل شده است (نگارندگان، ۱۳۹۵).

**نمونه‌های ۸ و ۹:** این دو نمونه، مانند نمونه‌های قبل دارای بافت سیلتی هستند و کانی‌هایی مانند کوارتز، اکسید آهن و کانی‌های فیلسیلیکاته در آن‌ها دیده می‌شود. در این دو نمونه برخلاف دیگر نمونه‌ها، کانی کلسیت وجود ندارد و به احتمال زیاد حرارت بالا در زمان پخت سفال، موجب از بین رفتن کلسیت شده است (شکل ۸).

**نمونه‌های ۱۰ و ۱۱:** در این نمونه‌ها، کانی کلسیت به صورت پورفیری در زمینه‌ی رُسی دیده می‌شود که بافت نمونه را به پورفیری تبدیل کرده است. فراوانی کلسیت در این نمونه‌ها، تا ۵۰ درصد حجم نمونه می‌رسد و میزان دیگر اجزای سازنده، از ۵ درصد فراتر نمی‌رود. در این نمونه‌ها نیز فرایند آبگیری کلسیت، تشکیل هیدروکسید کلسیم و کلسیت ثانویه دیده می‌شود (شکل ۹).



شکل ۸. تصویر مقطع سفال ۸ و ۹: سفال ۸: فتومیکروگراف، نور XPL، بافت سیلتی ریزیلور، کانی‌های کوارتز با رنگ روشن و اکسید آهن با رنگ قرمز در زمینه‌ی رسی ریزیلور رسی دیده می‌شود. سفال ۹: فتومیکروگراف، نور XPL، بافت سیلتی ریزیلور، سفال دو رنگ، در حاشیه‌ی سفال نسبت به قسمت مرکز روشن‌تر است. میزان فضای خالی در این نوع سفال‌ها فراوان و گسترده است (نگارندگان، ۱۳۹۵). ◀



شکل ۹. تصویر مقطع سفال ۱۰ و ۱۱: سفال ۱۰: فتومیکروگراف، نور XPL، بافت سیلتی ریزیلور، بقایای دولومیت سوخته شده با حاشیه‌ی قرمز رنگ (پریکلز)، کلسیت موجود بر اثر حرارت از بین رفته و فضای خالی باقی‌مانده است. سفال ۱۱: فتومیکروگراف، نور XPL، بافت پورفیری، پدیده آبیگری کلسیت در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شود. در این فرایند کانی کلسیت به هیدروکسید کلسیم تبدیل شده است (نگارندگان، ۱۳۹۵). ◀

### آنالیز طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس (XRF) سفال‌ها

آنالیز کمی بر روی نمونه سفال‌ها در جدول ۲ آمده است. نتایج حاکی از عناصر عمده‌ی  $CaO$  و  $SiO_2$  در سفال‌هاست. عنصر آلومینیوم و اکسید آهن نیز درصد قابل توجه‌ای در نمونه‌ها دیده می‌شود. این عناصر در نمونه‌های ۸ و ۹ از درصد بالاتری نسبت به بقیه نمونه‌ها دارا هستند. رنگ قرمز در مغز سفال‌ها می‌تواند به دلیل حضور اکسید آهن در نمونه‌ها باشد. کربنات کلسیم پس از کلسیت شدن در دمای حدود ۷۰۰ تا ۸۵۰ درجه‌ی سانتیگراد به  $CaO$  و  $CO_2$  تجزیه می‌شود (امامی و همکاران، ۱۳۹۳). اکسید کلسیم ( $CaO$ ) در نمونه‌های ۸ و ۹ درصد کمتری نسبت به بقیه‌ی نمونه‌ها برخوردار است که با نتایج حاصل از مبنی بر وجود ناچیز کلسیت مطابقت دارد.

در نمودار دوتایی (نمودار ۱) که براساس نسبت فراوانی  $CaO$  در برابر  $SiO_2$  رسم شده است، کمترین میزان اکسید کلسیم مربوط به نمونه‌های ۸ و ۹ است، و بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌های ۱۰ و ۱۱ است که با نتایج پتروگرافی کاملاً یکسان است. در نمودار مثلثی (نمودار ۲)  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  نمونه‌ها به سمت محور سیلیس و اکسید کلسیم تمایل دارند و همچنین در این نمودار نیز نمونه‌های ۱۰ و ۱۱ به سمت اکسید کلسیم گرایش دارند. با توجه به فنوکریست‌های کلسیت در

جدول ۲. آنالیز XRF نمونه سفال‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۵).

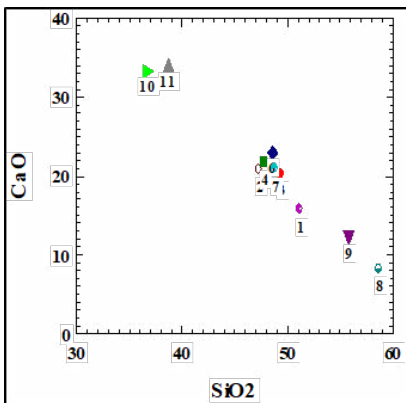
نمونه	% ترکیبات شیمیایی								
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO
01	۳/۱	۱۴/۵	۵۱/۳	۳/۰	۲/۰	۱۵/۶	۰/۶۶	۹/۱	-
02	۳/۹	۱۲/۰	۴۷/۴	۴/۳	۱/۸	۲۰/۶	۰/۶۱	۸/۸	-/۱۲
03	۳/۱	۱۳/۸	۴۹/۵	۱/۷	۱/۹	۲۰/۱	۰/۶۶	۸/۶	-
04	۳/۰	۱۴/۶	۴۷/۹	۲/۴	۱/۵	۲۱/۵	۰/۵۸	۸/۳	-
06	۲/۴	۱۱/۳	۴۸/۶	۵/۱	۱/۷	۲۲/۹	۰/۵۸	۷/۱	-
07	۴/۹	۱۲/۳	۴۸/۹	۱/۹	۱/۱	۲۰/۸	۰/۵۵	۹/۱	-
08	۳/۱	۱۶/۱	۵۸/۸	۲/۵	۱/۶	۸/۰	۰/۶۹	۸/۸	-/۱۲
09	۳/۵	۱۷/۳	۵۵/۸	۰/۲۸	۱/۶	۱۲/۲	۰/۶۶	۸/۴	-
10	۱/۴	۱۴/۶	۳۶/۸	۱/۳	۱/۷	۳۳/۳	۰/۵۸	۹/۸	-/۱۰
11	۲/۴	۱۱/۰	۳۸/۷	۳/۴	۱/۳	۳۳/۹	۰/۵۳	۸/۲	-/۱۸

این دو نمونه این گرایش کاملاً صحیح است.

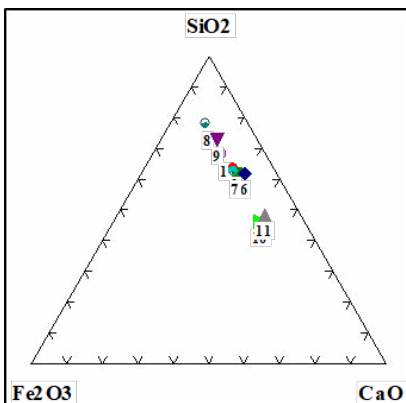
### بحث و تحلیل

نتایج به دست آمده از آزمایش پتروگرافی و داده‌های حاصل از آنالیز XRF بر روی همان نمونه‌ها نشان می‌دهد که در نمونه‌های دارای کلسیت بالا مانند نمونه‌ی ۱۰ و ۱۱ میزان اکسید سیلیس پایین بوده و در نمونه‌های دارای کلسیت پایین میزان اکسید سیلیس بالا است که این حالت در نمودارهای مثلثی و دوتایی ارائه شده کاملاً مشهود می‌باشد. از دیگر مناطقی که سفال‌های آن با آنالیز XRF، مورد بررسی قرار گرفته می‌توان به سفال دوره‌ی باکون میانی تپه‌ی رحمت‌آباد در منطقه‌ی پاسارگاد اشاره کرد که شامل آنالیزهای XRF، SEM/EDX و XRD بر روی ۲۶ قطعه سفال این محوطه می‌شد (Marghussian et al., 2008). چنان‌که این آزمایش‌ها نشان می‌دهد، این سفال‌ها با استفاده از یک منبع مواد خام گِل رُس ساخته شده و دمای پخت آن‌ها در کوره به ۹۵۰ تا ۱۰۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسیده است (Mar-gaussian et al., 2008: 12).

درواقع با مقایسه‌ی نتایج دمای پخت سفال‌های دوره‌ی باکون این دو محوطه، می‌توان اذعان کرد که دمای پخت نمونه‌های تل مش‌کریم کمتر از تپه‌ی رحمت‌آباد بوده است. با این حال باید در نظر داشت که بیشتر کانی‌های آهن‌دار در حرارت ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد اکسید می‌شوند و گِل آهن‌دار با اکسید شدن، روشن‌ترین رنگ را به خود می‌گیرد (Shepard, 1985: 152). با نگاهی به بافت و رنگ اکثریت نمونه‌های انتخاب شده از تل مش‌کریم، به نظر می‌سد که رنگ آن‌ها چندان به نخودی روشن تمایل ندارد و تقریباً یک همگونی در رنگ آن‌ها دیده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که تولید سفال‌های باکون را می‌بایست در چشم‌انداز متنوعی از کوره‌های ساده و پیچیده در بافتی محلی و منطقه‌ای در نظر گرفت که مسلماً استقرارهایی کوچک، مانند تل مش‌کریم چندان با تولید حرفه‌ای آن‌ها مانند آنچه که در مناطق مرکزی حوزه‌ی رود کر در فارس تولید می‌شده انطباق ندارد.



▲ نمودار ۱. نسبت فراوانی CaO در برابر SiO2 (نگارندگان، ۱۳۹۵).



▲ نمودار ۲. نسبت فراوانی CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> (نگارندگان، ۱۳۹۵).

### نتیجه‌گیری

باتوجه به سؤالات مطرح شده که در ابتدای مقاله آمده است و مطالعه‌ی زمین‌شناسی منطقه که شرح آن در قسمت زمین‌شناسی ارائه شده و آنالیز پتروگرافی سفال‌های حاصل از کاوش تل مش‌کریم، می‌توان استنباط کرد که تمام نمونه‌ها، منشأ داخلی داشته و تولید آن‌ها مربوط به خود منطقه هستند. در این نمونه‌ها، بافت سیلتی (ریزبلور) و بافت پورفیری دیده می‌شود. باتوجه به این نکته که کانی کلسیت در محدوده دمایی ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد از بین می‌رود؛ لذا می‌توان نتیجه گرفت که دمایی پخت در تمام نمونه‌ها - به‌غیر از نمونه‌های ۸ و ۹ که فاقد کانی کلسیت هستند - از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد فراتر نرفته است. همان‌طور که در زمین‌شناسی منطقه بحث شد، بیشتر ارتفاعات و رسوبات منطقه‌ی مورد مطالعه از کانی کلسیت تشکیل شده و در صورت نبود کلسیت در نمونه‌ها، باید به درجه حرارت پخت سفال توجه نمود؛ لذا به نظر می‌رسد که دمایی پخت دو نمونه‌ی ۸ و ۹ بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. در نمونه‌های ۴ و ۷، کلسیت موجود در ترکیب از نوع دولومیت است. کانی دولومیت در اثر حرارت از بین رفته و تنها بقایای آن (تشکیل پریکلاز قرمز رنگ) دیده می‌شود. پدیده‌ی غالب در این نمونه‌ها، آبگیری کانی کلسیت و تشکیل کانی هیدروکسیدکلسیم و کانی کلسیت ثانویه است.

### سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از اعضای تیم کاوش باستان‌شناختی تل مش‌کریم، آقایان: حبیب عمادی، مرتضی خانی‌پور، حامد طهماسبی‌زاده، بابر نره‌ای و خانم‌ها: سمیرا عطاری‌پور، نغمه رفیعی، زینب قاسمی و همچنین از موسسه‌ی مالی و اعتباری ثامن الحجج ع.ا.ف.ا. جهت حمایت مالی پروژه، قدردانی نمایند.

### کتابنامه

- آقانباتی، سیدعلی، ۱۳۸۳، *زمین‌شناسی ایران*، تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امامی، سید محمدامین، آریانسب، سیمین، احمدی، حسین، عسکری‌چاوردی، علیرضا، و کالیری، پیرفرانچسکو، ۱۳۹۳، «روش‌های باستان‌سنجی به‌منظور ساختارشناسی آجرهای کشف شده از تل آجری تخت‌جمشید»، *مطالعات باستان‌شناسی*، دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۲، صص: ۱-۱۹.
- امان‌الهی، حمید، ۱۳۸۸، «پتروگرافی و کاربرد آن در شناسایی مواد باستانی (مطالعه‌ی موردی سنگ)»، *مجله‌ی پیام باستان‌شناسی*، دانشگاه آزاد ابهر، سال ششم، شماره‌ی ۱۲، صص: ۱۲۱-۱۴۰.
- زارع، اعظم، ۱۳۸۳، «مطالعه پتروگرافی تخت‌جمشید»، *کارنامه بنیاد پژوهشی پارسه- پاسارگاد*، شیراز، سال اول، شماره‌ی اول، صص: ۹۷-۱۰۷.
- سحابی، فریدون، ۱۳۸۸، *سنگ‌شناسی رسوبی*، چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

- سرداری زارچی، علیرضا، و طاهری، محمدحسین، ۱۳۹۴، «گزارش کاوش باستان‌شناسی تل مش کریم شهرستان سمیرم»، تهران: پژوهشکده‌ی باستان‌شناسی (منتشر نشده).

- سرداری زارچی، علیرضا، و طاهری، محمدحسین، ۱۳۹۴، «کاوش باستان‌شناسی تل مش کریم، شهرستان سمیرم»، چهاردهمین گردهمایی سالیانه باستان‌شناسی ایران، تهران: انتشارات پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، صص: ۲۴۲-۲۴۵.

- سلمان زاده، حسین، کاوش، حسینعلی، فاضلی نشلی، حسن، و بهشتی، سید ایرج، ۱۳۹۲، «نتایج آزمایشات پتروگرافی نمونه‌های سفالی تپه گراتزیانی»، *مطالعات باستان‌شناسی*، دوره‌ی ششم، شماره‌ی ۱، صص: ۵۵-۶۶.

- گلستانی فرد، فرهاد، ۱۳۸۳، *روش‌های شناسایی و آنالیز مواد*، تهران: دانشگاه علم و صنعت.

- محمدی فر، یعقوب، و عرب، احمدعلی، ۱۳۹۲، «مطالعه ترکیب سفال کلینکی دوره‌ی اشکانی منطقه‌ی همدان با استفاده از سه روش: XRF، PIXE و XRD با هدف تعیین میزان تشابه و تمایز»، *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*، سال سوم، شماره‌ی ۴، صص: ۵۷-۷۶.

- نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بروجن، انتشارات شرکت ملی نفت.  
- نقشینه، امیرصادق، حاتمی، الناز، و نیکروان متین، هومن، ۱۳۹۳، «مطالعه پتروگرافی سفال عصر آهن غارها تو»، *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*، سال سوم، شماره‌ی ۵، صص: ۶۳-۷۸.

- ویت، مری، و رابرت دایسون، ۱۳۸۲، *گاهنگاری ایران از هشت هزار تا دوهزار قبل از میلاد*، ترجمه‌ی احمد چاپچی امیرخیز و اکبر پورفرج، تهران: انتشارات سمیرا (میراث مکتوب).

- Alizadeh, A., 2006, *The Origins of State Organizations in Prehistoric Highland Fars, Southern Iran: Excavations at Tall-e Bakun*, Oriental Institute Publications, Vol.128. The Oriental institute of the University of Chicago: Chicago.

- Marghussian, A. K., Fazeli Nashli, H. & Sarpoolaki, H., 2008, "Chemical-Mineralogical Analyses and microstructural studies of Prehistoric pottery from Rahmatabad, South-west Iran", *Archaeometry*, 50: 1-15.

- Sardari, A., Fazeli Nashli, H., Hejebri Nobari, A., Khatib Shahidi, H. & Rezaei, A., 2011, "Northern Fars during the Bakun Period: Archaeological Evidence from the Eghlid District", *Journal of Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan (AMIT)*, Vol. 43.

- Shepard, A. O., 1956, *Ceramics for the Archaeologist* (No. 609, p. 1971). Washington, DC: Carnegie Institution of Washington.

- Sumner, W. M., 1994, "The Evolution of Tribal Society in the Southern Zagros Mountains, Iran", In Stein, G. & Rothman, M.S. (eds), *Chiefdoms and Early States in the Near East: The Organizational Dynamics of Complexity*. Pp. 47-65. Prehistory Press: Madison.

- Taylor, H., 2007, *The Stein Collection: Periodisation of Bakun period*

*survey material collected by Sir Marc Aurel Stein in Highland Fars, Iran*, Unpublished MA dissertation, Institute of Archaeology, UCL.

- Tite, M. S., 1972, *Methods in physical examination in archaeology*, Seminar Press.

- Weeks, L., Petrie, C.A. & Potts, D. T., 2010, "Ubaid- Related- Related? The "Black-On-Buff" Ceramic Traditions of Highland Southwest Iran", In: Robert A. Carter & Graham Philip, (eds) *Beyond the Ubaid, Studies in Ancient Oriental Civilization*, No. 63, Oriental Institute of University of Chicago, Chicago.