

سفال باستانی و باستان سنجی؛ شناخت تکنولوژی ساخت سفال‌های فرهنگ علی‌آباد در تپه دهنو شهداد، جنوب شرق ایران (۳۷۵۰-۳۲۵۰ پ.م)

نوع مقاله: علمی پژوهشی

سید محمدامین امامی^{۱*}، یاسین صدقی^۲، اکبر عابدی^۳، نصیر اسکندری^۴^۱ گروه مرمت و باستان‌سنجی دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران^۲ گروه باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران^۳ گروه باستان‌سنجی و باستان‌شناسی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران^۴ عضو هیأت علمی دانشگاه تهران، گروه باستان‌شناسی، تهران، ایران

* m.emami@auui.ac.ir

چکیده:

توزیع و پراکندگی سفالینه‌های فرهنگ علی‌آباد، که مربوط به هزاره‌ی چهارم قبیل از میلاد (دوره مس‌سنگی جدید) هستند را در مناطق مختلف جنوب شرق ایران از جمله کرمان، مکران و غرب بلوچستان پاکستان می‌توان مشاهده کرد. در جنوب شرق ایران محظوظی تپه دهنو شهداد واقع در استان کرمان از این امر مستثنی نبوده و در برگیرنده این سبک سفال‌ها نیز است. در پژوهش حاضر سعی شده است تا با بررسی و مقایسه ریز‌ساختارشناسی و مشخصات کائی شناسی سفال‌های فرهنگ فوق، به تکنولوژی ساخت و منشا آنها پی ببرد شود. در همین راستا به منظور بررسی تفاوت‌ها و شباهت‌های ساختاری، تکنیک ساخت و منشا سفال‌ها از روش‌های آنالیز پتروگرافی مقاطع نازک میکروسکوپی، XRD و FESEM-EDS و XRF نیز استفاده شده است. نتایج آنالیزهای صورت گرفته بر روی سفال‌ها بیان‌گر استفاده از منابع یکسان در ساخت سفال‌ها دارد که با مقایسه آنها با سازند زمین‌شناسی منطقه می‌توان پی برد که سفالگران پیش از تاریخی منطقه شهداد از معادن خاک‌های رس محلی مشابهی استفاده نموده‌اند. سفال‌های مورد بررسی را از لحاظ پتروفابریک می‌توان به دو بخش سفال‌هایی با زمینه رسی در زمینه قرمز رنگ و زمینه سبز رنگ تقسیم نمود که تمام آن‌ها دارای تمپرهای معدنی مشابه هستند و تنها تفاوت در سفال‌ها را می‌توان در نوع تکنیک ساخت و درجه حرارت‌های پختشان دانست، یعنی سفال‌ها در دو دسته، سفال‌هایی با درجه حرارت پخت کمتر از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و سفال‌هایی با درجه پخت ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند.

اطلاعات مقاله:

دراфт: ۲۲ مرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۱۳ خرداد ۱۳۹۹

کلید واژه:

سرامیک‌نگاری؛ ساختار‌شناسی؛
پترولوژی؛ منشاء‌یابی؛ آرکئومتری؛
فرهنگ علی‌آباد؛ جنوب شرق ایران.

۱- مقدمه

کشورهای اروپایی ادامه دارد. استفاده از روش‌های نوین علمی در جهت شناسایی ساختاری مواد باستانی از زمرة کاربردهای علوم پایه در مطالعات باستان‌شناسی است [۱].

مطالعات باستان‌سنجی در راستای شناسایی سفال باستانی و تکنولوژی ساخت آنان قریب به ۳ دهه است که در



اسکندری در سال ۱۳۹۰ دشت لوت را مورد بررسی‌های باستان‌شناسی قرار داد که منجر به شناخت الگوهای استقراری آن بهویژه دوره مس‌سنگی در این منطقه شد. استقرارهای هزاره‌ی پنجم و چهارم پ.م. یا دوره‌ی مس‌سنگی (مس‌سنگی قدیم، میانی و جدید) شناسایی شده در دشت لوت، از قدیمی‌ترین زیستگاه‌های انسانی یافت شده در این منطقه بهشمار می‌آیند [۶]. اطلاعات شایان ذکر از دوره‌ی مس‌سنگی جدید (هزاره‌ی چهارم پ.م.)، از کاوش‌های تپه‌ی علی‌آباد بردسیر [۷] مخطوط‌آباد جیرفت [۸] و [۹]، گورستان خواجه‌عسکر بم [۱۰]، تپه‌ی دهنو شهداد [۱۱] و محوطه ورامین جیرفت [۸] به‌دست آمده است. از نتایج این مطالعات آنچنان که برمی‌آید فرهنگ غالب دوره‌ی مس‌سنگی جدید یا هزاره‌ی چهارم پ.م. جنوب‌شرق ایران، فرهنگ علی‌آباد بوده است. این فرهنگ سرتاسر منطقه کرمان و بلوچستان را دربرمی‌گیرد، همچنین سفالهای مشابه آن از پاکستان در محوطه شاهی تمب به‌دست آمده است [۱۲]. فرهنگ علی‌آباد (ابلیس IV) برای اولین‌بار از لایه‌های فوقانی فرهنگ دشکر محوطه‌ی علی‌آباد در دشت بردسیر شناسایی شد [۱۳] دارای پنج گونه سفالی است [۷]. ویت و دایسون با توجه‌به یافتشدن سفالهای مشابه دوره‌ی باش قديم مانند کاسه‌های لبه‌واریخته، فرهنگ علی‌آباد را همزمان با باش قديم (۳۴۰۰-۳۲۵۰ پ.م.) دانسته‌اند [۱۴]. همچنین کمرون پتری دوره‌ی علی‌آباد را همزمان با دوره‌ی باش قديم و ميانی (۳۲۵۰-۲۹۵۰ پ.م.) دانسته است [۱۵]. اما کاوش‌های اخیر در محوطه‌ی مخطوط‌آباد جیرفت و تپه دهنو شهداد تاریخ مطلق ۳۷۵۰-۳۲۵۰ پ.م. را برای اين فرهنگ درنظر گرفته است [۶]. كالدول براساس ديدگاه‌های

شناسایی ساختارهای سفالین و نوع مواد خام و درجه حرارت زيتتر ايم مواد از زمرة مطالعاتي است که در حال حاضر توجه متخصصين علوم کاربردي و پايه را بخود جلب كرده است. اين مهم که سفال قدیمی‌ترین سنت بشر و جدیدترین علم بشر است را می‌توان در مطالعات سفال‌های باستانی مشاهده کرد. اين تحقیقات با استفاده از روش‌های مرسوم مطالعاتي نظير روش‌های ميكروسكوبي تا شناسایي فازی و شيميائي انجام گريديده است. در حال حاضر مطالعه بر روی خواص بين دانه‌هاي و تاثيرات ان در زيتتر کردن بافت سفال و خصوصيات سطحي آن موضوع مطالعات بسيار ريزيبنانيه تر و با روش‌های جديدتر نظير ميكروسكوب روبشي اتمي (AFM) و سينکروترون گشته است [۲]. در اين خصوص در فلات ايران بدليل سابقه ۱۰۰۰۰ ساله استفاده از سفال مطالعات علمي و دستگاهی بر روی سفال‌های تاریخي موضوعی زیبا و در خور توجه با موضوعات روز صنعت سراميك گشته است.

شهداد در جنوب‌شرق فلات ايران يكی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین مناطق باستان‌شناسی ايران، در ۷۰ کيلومetri شمال‌شرق کرمان در حاشیه‌ی باختری لوت مرکزی قرار گفته است و کويری‌ترین بخش استان کرمان بهشمار می‌رود. اين بخش بين طول جغرافیایي ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۲۱ دقیقه و عرض جغرافیایي ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۲۷ دقیقه واقع شده است [۳]. محوطه‌ی باستانی شهداد واقع در بخش ميانی دشت لوت را برای اولین‌بار على حاكمی به مدت هشت فصل کاوش کرد [۴]. پس از آن همین محوطه را ميرعبدین کابلي در چهار فصل ديگر کاوش و بررسی نمود [۵]. در نهايیت نصیر



سنگ، مهره، پارچه و نیز آثار سفالی منجمله سفال‌های فرهنگ علی‌آباد به دست آمد [۶]. از این‌رو در راستای مطالعات باستان‌شناسی انجام شده و در جهت تکمیل اطلاعات مربوط به سفال‌های علی‌آباد، سعی شد تا با بررسی‌های شیمیایی، مینرالوژیکی و ریزساختارشناسی به اطلاعات تکنولوژیکی ساخت و منشأ تولید سفال‌های فرهنگ مذکور که از تپه دهنو شهudad به دست آمداند، پرداخته شود.

۲- تپه دهنو شهudad

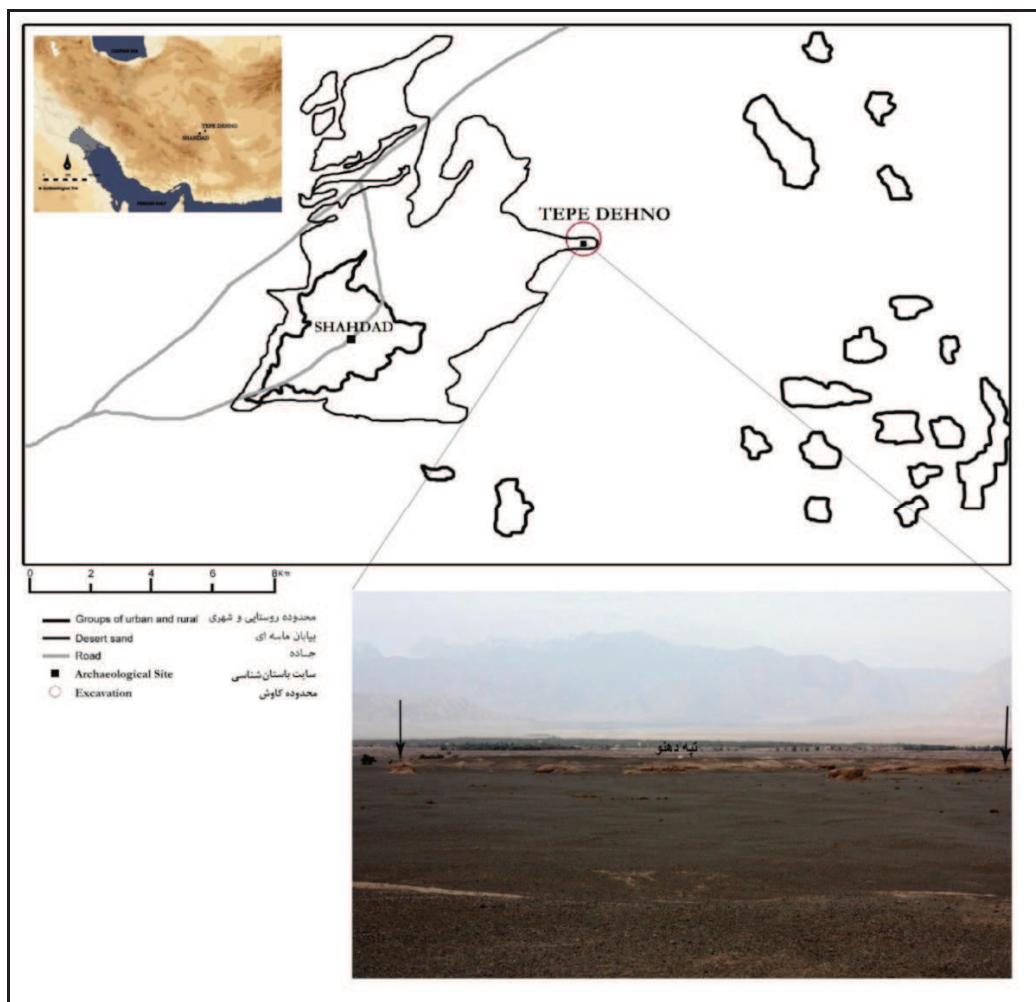
تپه دهنو در ۵ کیلومتری شرق شهر امروزی شهudad و در بخش انتهایی مخروط افکنه شهudad واقع شده است. نام تپه دهنو برگرفته از روستای دهنو است که در ۳ کیلومتری شرق آن قرار دارد. این تپه دارای ۷ متر بلندی نسبت به زمین‌های اطراف است و وسعت آن بیست و پنج هکتار است. تپه دهنو بر روی یک کلوت (تپه طبیعی که در اثر فرسایش بادی و آبی شکل گرفته است و از عارضه‌های منحصر به فرد شهudad است) شکل گرفته است که از یک کلوت بزرگ به ابعاد ۸۰۰ در ۴۰۰ متر و کلوت‌های کوچکتر که در کمتر از یک هکتار در اطراف کلوت مرکزی پراکنده شده‌اند. تپه‌ی مذکور در شرق شهر کاوش شده هزاره‌ی ۲ سومی پ.م. شهudad واقع شده است. تپه دهنو در فاصله ۲ کیلومتری شرق محله‌ی کشاورزان شهر شهudad کاوش شده توسط آقای کابلی، قرار گرفته است (شکل ۱). مواد فرهنگی با تراکم بسیار بالا در سطح محوطه پراکنده شده است. براساس سفال‌های سطحی، تپه دهنو دربردارنده فرهنگ‌های هزاره‌ی پنجم، چهارم و سوم پ.م. است. به‌نظر

باستان‌شناسانه و نقوش، سفال‌های علی‌آباد را به پنج دسته‌ی کلی تقسیم نمود که شامل: گروه علی‌آباد ساده، علی‌آباد منقوش (نقوش با رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای و سیاه)، علی‌آباد دو رنگ (برای نقاشی این نوع سفال‌ها از ترکیب دو رنگ قرمز و سیاه، قهوه‌ای و سبز و یا سیاه و سبز استفاده شده است)، علی‌آباد شسته و علی‌آباد دارای نوار بر جسته می‌شوند [۷]. همچنین در این مقاله عنوان شده است که این سفال‌ها نیز دست‌ساز و خمیره سفال‌ها دارای شاموت گیاهی و به رنگ قهوه‌ای متمایل به صورتی یا آجری است. بعضی نمونه‌ها نیز دارای شاموت شنی هستند. سطح سفال‌ها را با لعاب گلی غلیظی به رنگ نخودی پوشش داده‌اند. سفال‌های علی‌آباد ظرفی‌تر از سایر انواع دیگر هستند و ضخامت بدنی بین ۶ تا ۱۰ میلی‌متر است. ظروف به شکل کاسه‌های با دهانه باز که دارای زینه‌ای روی لبه و به صورت کاسه‌های با بدنه کروی و کاسه‌های دارای پایه‌های حلقوی ساخته می‌شوند. سفال‌های دارای نوار بر جسته در کف دارای علامت نخ بری هستند که احتمال داده می‌شود برای ساختن ظروف از نوعی چرخ ساده سفالگری استفاده شده است [۱۶ و ۱۷]. سفال‌های اولیه علی‌آباد نشان از تغییر تدریجی از ابليس III به ابليس VI دارند و تحت عنوان علی‌آباد قدیم نامیده شده‌اند و آزمایش کرbin ۱۴ ربع دوم هزاره چهارم پ.م. را برای آن‌ها نشان می‌دهد، تاریخ پیشنهادی کالدول برای دوره ابليس IV از ربع دوم تا اوخر هزاره چهارم پ.م. را دربر می‌گیرد [۷ و ۱۱]. در طی کاوش‌های باستان‌شناسی محوطه تپه دهنو شهudad که به جهت شناخت بیشتر فرهنگ‌های پیش از تاریخ این منطقه به سرپرستی نصیر اسکندری انجام شد، آثار قابل ملاحظه‌ای از جنس مفرغ،

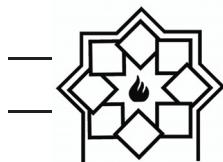


به غرب رشد کرده است. تپه دهنو، بزرگ‌ترین استقرار هزاره‌ی چهارم پ.م در دشت شهداد بوده است و در امتداد آن در هزاره سوم پ.م یک محوطه اقماری کوچک در ۲ کیلومتری شرق شهر هزاره‌ی سومی شهداد بوده است [۱۸].

می‌رسد که اوج وسعت محوطه مربوط به هزاره‌ی چهارم پ.م است که شامل فرهنگ علی‌آباد (ابليس IV) در منطقه شمال کرمان است (شکل ۲). این محوطه از لحاظ توپوگرافی دارای رشد افقی است و از قدیم به جدید از شرق



شکل ۱- منظر فرهنگی تپه دهنو شهداد و موقعیت آن بر روی نقشه جغرافیایی



شکل ۲- سفال‌ها و جام‌های پایه‌دار نوع علی‌آباد [۱۱]

طبقات آهکی زیاد بوده و در پاره‌ای از موارد حالت توده‌ای دارد. از لحاظ ژئومورفولوژیکی شهداد دشت عریضی است با شبیب کم، از چاله لوت تا ارتفاعات اطراف امتداد دارد که سطح آن را قلوه سنگ‌های بزرگ پوشانده و جریان‌های نامنظم سیلاب‌ها، آن را قطع نموده و سطح آن بر اثر جریان آب‌ها و آبراهه‌ها از ماسه، لیمون و رس نمک‌دار پوشیده شده است و غالباً خشک است [۳]. بخش گلباف در غرب کویر لوت از طرف شرق به کویر لوت، از غرب به رشته کوه‌های مرتفع کوه سکج که ارتفاع آن بالای ۳۰۰۰ متر است، محدود می‌گردد. بنابراین از نظر توپوگرافی این بخش دو واحد کوهستانی-دره‌ای و نواحی پست و هموار با شبیب خیلی ملائم تقسیم می‌شود [۳]. منطقه کرمان و بهویژه مناطق مورد مطالعه در سازندهای آتش‌فرشانی قرار دارند که

فعالیت‌های زمین‌ساخت و فعالیت‌های تکنونیکی منطقه شهداد متأثر از سازند لوت است. در غرب این بخش گسل معروف نهیندان به جهت شمالی جنوبی کشیده شده است که مرز شرقی سازند لوت را تشکیل می‌دهد. قسمت‌های مرکزی و شرق بخش شهداد مربوط به دوران کواترنری و متشکل از فورش سنگ و سنگ رسی سیلت‌دار است که در داخل پهنه‌های پوشیده از ماسه بادی و کلوت‌های حاصل از فرسایش آبی-بادی با جهت شمال‌غرب جنوب‌شرق واقع شده است. حواشی غربی این سازند را نهشته‌های آبرفتی جوان متشکل از پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های دوران کوارترنری پوشانده که شهر شهداد در این قسمت واقع شده است. در منطقه شهداد رسوبات آهکی کرتاسه زیرین شامل آهک و در برخی قسمت‌ها همراه با دولومیت است. ضخامت



محوطه‌آباد (دوره II) به دست آمده است و تاریخ نیمه اول هزاره‌ی چهارم پ.م. برای آنها پیشنهاد گردیده است [۸]. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که فرهنگ علی‌آباد در هزاره‌ی چهارم پ.م. در یک گستره وسیع جغرافیایی چند صد کیلومتری از شمال استان کرمان تا منطقه مکران گسترش داشته است [۱۱ و ۱۶].

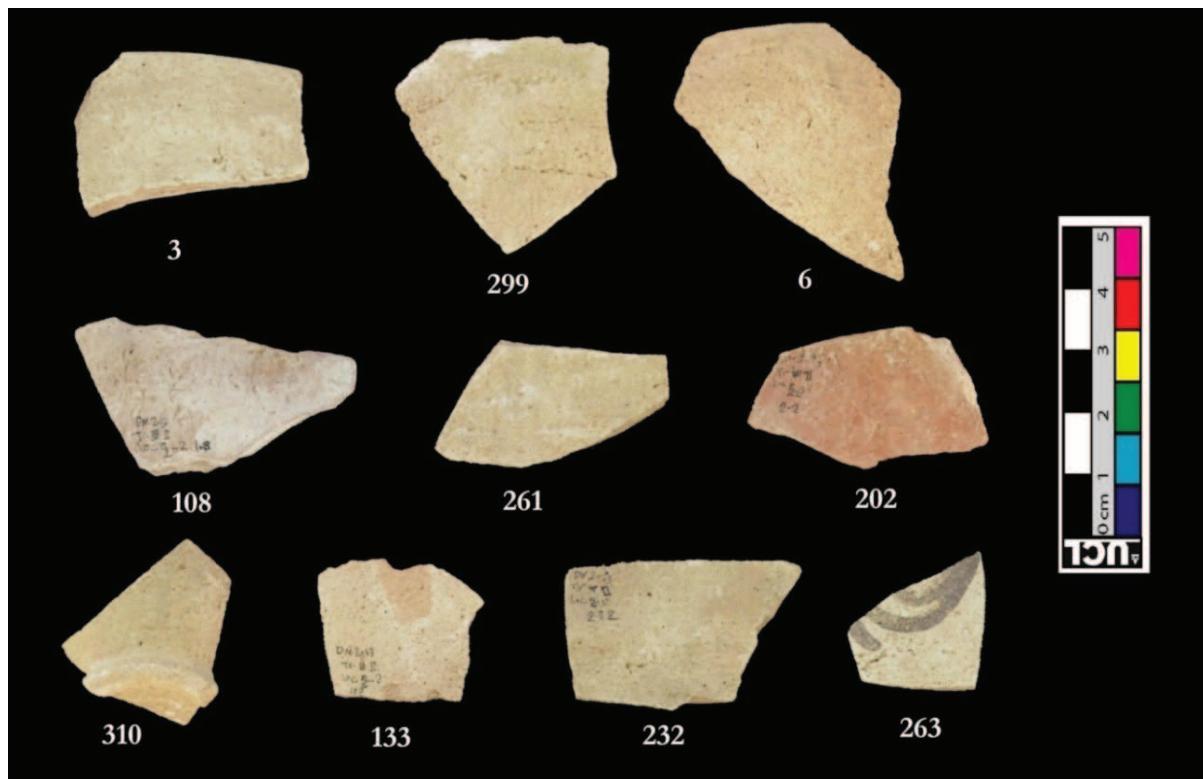
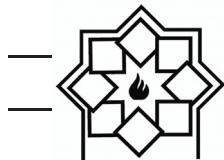
نمونه‌های مورد مطالعه شامل ۱۰ قطعه (۳ قطعه لبه، ۵ قطعه بدن ساده، ۱ قطعه بدن منقوش و ۱ قطعه کف) از سفالینه‌های هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد (دوره مس و سنگ) می‌باشد که از حفاری‌های روشنمند باستان‌شناسی محوطه‌ی دهنو شهداد در سال ۲۰۱۳ میلادی کشف و ضبط شده‌اند (شکل ۳). این سفال‌ها مربوط به فرهنگ علی‌آباد این محوطه بوده و خصامت‌های متفاوتی دارند. تمامی سفال‌ها دارای تنالیت‌های به رنگ نخودی- نارنجی و بافت تقریباً سست و متخلخلی را دارا هستند. سفال‌های صورتی رنگ دارای استحکام بیشتری نسبت به سفال‌های نخودی هستند. سفال‌ها تقریباً حالت متخلخل و سبکی را دارا هستند و حفرات موجود در آن را به راحتی می‌توان با چشم غیرمسلح دید. بیشتر سفال‌های علی‌آباد منقوش هستند اما قطعات انتخاب شده در این پژوهش بیشتران بدون نقش هستند البته نه اینکه ظروف کامل آنها بدون نقش بوده است بلکه تنها این بخش‌ها از قسمت‌های بدون نقش سفال‌ها انتخاب شده است (شکل ۳ و جدول ۱).

ترکیب و توالی کانی‌شناخت برخی از آن‌ها گرانیت، گرانودیوریت تا کوارتز می‌باشند. کانی‌های متامورفیک، پلازیوکلازها، کلینوپیروسن‌ها و میکاها و سنگ‌های آذرین و دگرگون در خانواده زمین‌شناسی این ناحیه قرار دارد.

۳- فعالیت‌های تجربی

۱-۳- نمونه‌های مورد مطالعه

سفال‌های فرهنگ علی‌آباد در یک گستره جغرافیایی وسیع از کرمان تا پاکستان به دست آمده‌اند. علاوه بر دره بردسیر که از آن سفال‌های ابليس IV به فراوانی یافت شده است [۷ و ۱۹]، این سفال‌ها در جنوب‌شرق ایران از دشت شهداد [۴ و ۸]، دره هلیل‌رود [۹] و بلوچستان ایران [۲۰] به دست آمده‌اند. در مکران نمونه‌های مشابه با سفال علی‌آباد از دوره IIIa شاهی تمب به دست آمده است؛ هرچند شباهت‌هایی بین دوره II شاهی تمب (سفال میری) و سفال علی‌آباد نیز دیده می‌شود [۱۲]. فرم جام‌های بلند مخروطی پایه‌دار قابل مقایسه با سفال علی‌آباد از شرق بلوچستان پاکستان و از دوره VI مهرگاه (۳۶۰۰-۳۴۰۰ پ.م.) به دست آمده است [۱۲]. سفال‌های علی‌آباد از تپه یحیی به دست نیامده است، کلوشگران تپه یحیی، دوره ابليس IV را هم‌زمان با وقفه‌ی فرهنگی بین پایان دوره یحیی VA و یحیی VIC یعنی اواسط تا اواخر هزاره‌ی چهارم پ.م. در تپه یحیی می‌دانند [۲۱]. مواد فرهنگی مربوط به ابليس VI در دره هلیل‌رود از لایه‌های زیرین تپه کنار‌صندر جنوبی [۹] و محوطه



شکل ۳- سفال‌های هزاره‌ی چهارم پ.م. (علی‌آباد) مربوط به دوره مس و سنگ

جدول ۱- مشخصات کلی نمونه‌های مطالعاتی

| Sample | Type of vessel | Made | Color Paste | Shred type | Firing | Decoration | Slip | Age |
|--------|----------------|----------|-------------|------------|----------|------------|--------|--------------|
| 3 | Aliabad | Handmade | Pink | Edge | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 6 | Aliabad | Handmade | Buff- Pink | Edge | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 310 | Aliabad | Handmade | Buff | Floor | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 108 | Aliabad | Handmade | Pink | Body | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 133 | Aliabad | Handmade | Buff- Pink | Body | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 202 | Aliabad | Handmade | Pink | Body | Suitable | Simple | Simple | Chalcolithic |
| 232 | Aliabad | Handmade | Buff | Body | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 261 | Aliabad | Handmade | Buff | Body | Suitable | Simple | Buff | Chalcolithic |
| 263 | Aliabad | Handmade | Buff | Body | Suitable | Painted | Buff | Chalcolithic |
| 299 | Aliabad | Handmade | Buff- Green | Edge | Suitable | Simple | Simple | Chalcolithic |



برای آنالیز pXRF از دستگاه Niton XL3t 8.0.0 دارای شرایط دتکتور SDD، آند Ag، با فاصله‌ی شعاع از پرتو ۵cm و بیشترین میزان ولتاژ ۵۰ kV و ابعاد اشعه‌ی ۳mm مورد استفاده قرار گرفته است.

۵- نتایج و بحث

۱-۵ نتایج پتروگرافی

مطالعات پتروگرافی درجهت شناسایی بافت زمینه سفالینه‌ها و شناسایی سه جزء مهم در بافت سفال یعنی بافت زمینه، مواد افزودنی و تخلخل صورت گرفته است (جدول ۲). بافت زمینه سفال‌های تپه دهنو شهداد یک بافت زمینه رسی با افروندنی‌های درشت بلور ناهمگن و درجه حرارت بالا است که خود را به رنگ‌های تقریباً سبز و قرمز نشان می‌دهد [۲۲]. عمدۀ کانی‌های مشاهده شده در بافت سفال‌ها دانه‌های کوارتزی هستند که به دو فرم تکبلور و چندبلوری است. کانی‌های کوارتز در تمام نمونه‌ها دارای لبه‌های تیز و گوشیدار بوده که حاصل خردکردن و آسیاب نمودن قطعات سنگی و متامorf است. پلازیوکالازها (آنورتیت و بیوتیت) از دیگر کانی‌هایی است که در تمام نمونه‌ها وجود دارند و ساختار خود را با ماکل پلی‌ستنتیک آلبیتی نشان می‌دهند. آنورتیت در دمای 1550°C و آلبیت در حرارت 1100°C در سنگ‌های آذرین متبلور می‌شوند و به همین دلیل در این سرامیک‌ها بدون تغییر دیده می‌شوند [۲۳]. در بیشتر نمونه‌های سفالی افروندنی‌هایی با منشا دگرگونی مشاهده می‌شوند که اجزای مهم تشکیل‌دهنده‌ی بسیاری از رسوبات خشکی‌زاد هستند [۲۴] و غالباً می‌توان دانه‌های کوارتز، فلدسپار و مسکویت را در آن‌ها مشاهده کرد. آپاتیت از گروه

۴- روش‌های آزمایش

در تجزیه و تحلیل نمونه‌های مورد تحقیق در روش پتروگرافی (مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی) با استفاده از میکروسکوپ نوری پلاریزان (OPM) و با استفاده از دستگاه پلاریزان مدل Olympusbx60، Camera Dp71 ساخت کشور ژاپن در آزمایشگاه دانشگاه هنر اصفهان استفاده شده است. همچنین آماده‌سازی و ساخت نمونه‌های مقاطع نازک میکروسکوپی در کارگاه پتروگرافی شرکت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی آماده‌سازی مقاطع و میزراوی اصفهان صورت گرفته است.

آنالیز XRD به وسیله‌ی دستگاه دیفراگتومتر مدل PW1730 ساخت کمپانی Philips و محصول کشور هلند انجام شده است. آزمایش مذکور با استفاده از لامپ تیوب تولید‌کننده‌ی پرتو ایکسی که از جنس مس (Cu) و انرژی ۴۰ کیلوولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر، پرتو ایکس مورد نیاز را تولید می‌کرد انجام شد. آزمایش XRD روی نمونه از زاویه ۱۰ تا ۵۵ درجه برای نمونه‌ها ($2\theta = 10-55$) انجام شده است. این آزمایش در آزمایشگاه بیم گستر تابان صورت پذیرفته است.

آنالیز FE-SEM-EDS (میکروسکوپ الکتروبی نشر میدانی مجهز به طیفبینی پاشنده انرژی پرتو ایکس) به وسیله دستگاه مدل MIRA3 ساخت شرکت Tescan (محصول آمریکا) با قدرت تفکیک در حد $1/5\text{mm}$ در ولتاژ 15KV و $4/5\text{nm}$ در ولتاژ 1kv با آشکارساز BSE صورت پذیرفت. آنالیز EDS به کار رفته در این دستگاه دارای قدرت تفکیک $126 \text{ ev} < \text{حد تفکیک بیشتر از } 500 \text{ ppm}$ است.

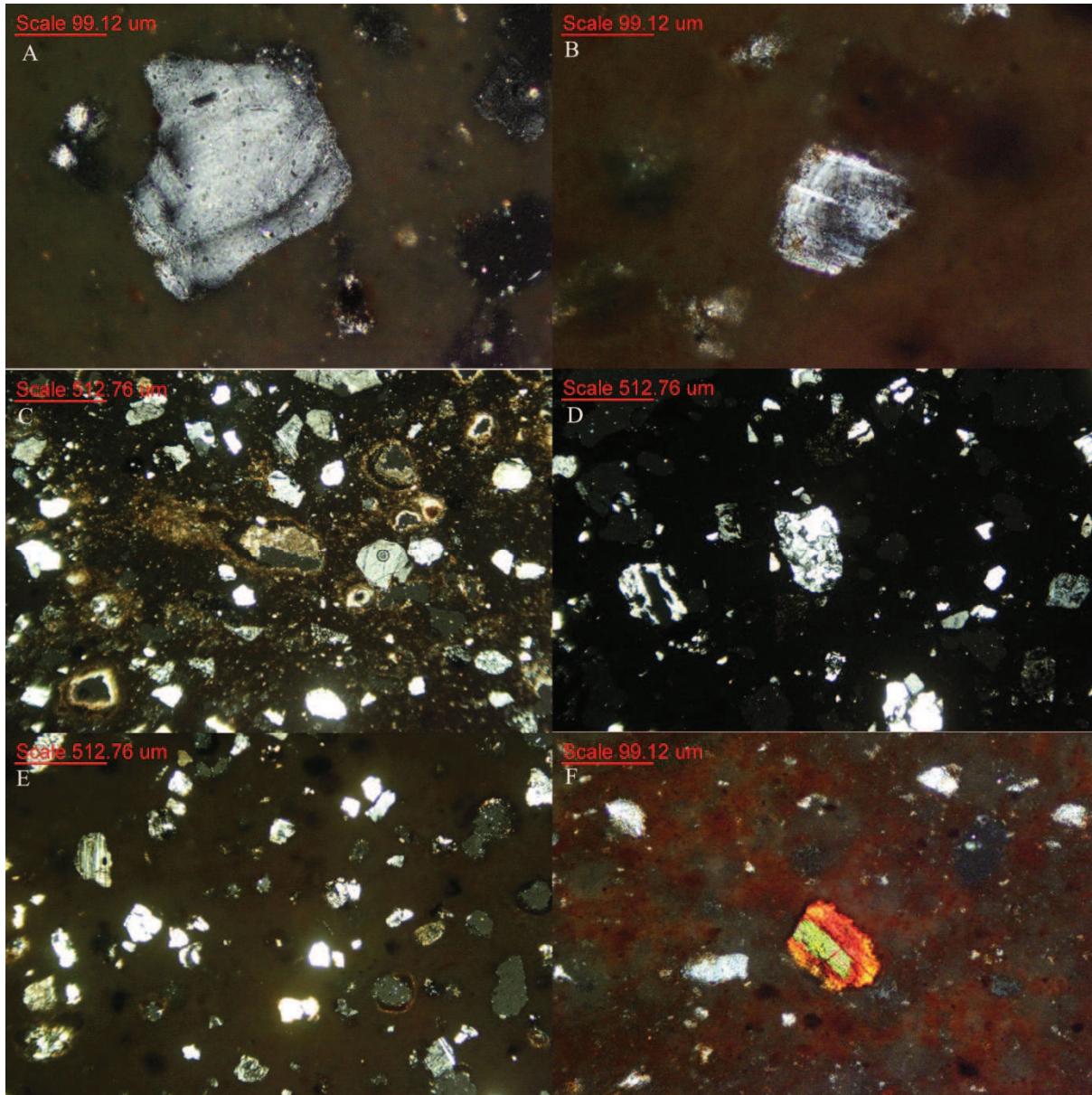
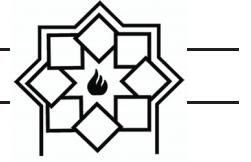


ساختار صفحه‌ای به رنگ نارنجی نشان می‌دهد. کانی‌های مسکویت موجود در بافت سفال‌های دهنو بسیار ریز و محدود بوده و دارای منشاً گرانیتی هستند. مسکویت از دسته کانی‌هایی است که با توجه به حضورشان در بافت سفال‌ها می‌توان آن‌ها را به عنوان یک فاز حرارتی و ترمومتر در نظر گرفت و تا حدودی دمای پخت را تخمین زد [۲۶]. مسکویت در دمایی بالاتر از 900°C خواص نوری خود را از دست داده و به رنگ زرد سوق پیدا می‌نماید. اغلب کانی‌های مسکویت موجود در سفال‌ها به رنگ نارنجی بوده و هیچ‌گونه تخریبی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود که نشان‌گر فراتر نرفتن دمای پخت از 900 درجه سانتی‌گراد است. اما در مواردی مسکویت را می‌توان با حاشیه‌هایی به رنگ زرد و بافت درونی نارنجی رنگ مشاهده نمود که بیانگر رسیدن دما به 1000°C بوده در حالی که دما از 1020°C فراتر نرفته است. از دیگر نکات شاخص موجود در این نمونه‌ها مشاهده پدیده زون‌افکت^۱ (باندازهای رنگی) یا میرمکیتی^۲ شدن فلدسپات‌ها است. این پدیده در اثر تأثیر مواد رادیواکتیو موجود در محل دفن سفال‌ها و به پیروی از آن باعث تشکیل ساختارهای لایه‌ای در فلدسپات‌ها می‌شود [۲۷ و ۲۸ و ۲۹ و ۳۰].

کانی‌های فسفاتی است که در نمونه شماره ۶ وجود داشته و می‌توان منشأ آن را به کانی‌های اولیه و دگرگرنی موجود در منطقه مربوط دانست. آهک در بافت بیشتر سفال‌ها مشاهده می‌شود که اغلب با جذب رطوبت به صورت ثانویه و قرارگیری در محیط دفن تبدیل به کانی پرتلنديت شده‌اند. دانه‌های کلسیتی موجود در برخی نمونه‌ها را می‌توان به عنوان شاخص حرارتی در نظر گرفت و تخمین مناسبی برای دمای پخت سفال‌ها داشت [۲۴ و ۲۵]. در نمونه ۲۰۲ بافت کلسیت سالم در مرکز دانه حضور دارد که اطراف آن را آهک فرا گرفته و در مرز بیرونی آن واکنش تشکیل پرتلنديت صورت گرفته است. این نکته نشان می‌دهد که قاعدهاً دمای پخت سفال به دلیل وجود کلسیت فراتر از 850°C نرفته از طرفی واکنش تبدیل کلسیت به آهک و فرآیند تشکیل پرتلنديت اتفاق افتاده است، که این امر احتمالاً می‌تواند گویای استفاده از یک کوره درجه حرارت بسیار بالا بوده یا می‌توان این نکته را مطرح نمود که صنعتگر پیش از تاریخی این سفال را در لحظه‌ی آخر با دمای بسیار بالا برای پخت در کوره قرار داده که سرعت حرارت‌دهی بالا بوده است.

مسکویت از دسته کانی‌های گروه میکا است و خود را با

¹ Zoning of Plagioclase
² Myrmekite Texture



شکل ۴- (A) پدیده میرمکیتی شدن فلدسپات‌ها (2Pol-X20). (B) فلدسپات با خاصیت پدیده زون افکت (2Pol-X40). (C) پراکندگی کانی‌ها در نور XPL (2Pol-X40). (D) کوارتز با منشا متامورف (2Pol-X10). (E) پراکندگی دانه‌های پرکننده کوارتز، کربنات‌ها و پلازیوکلازها در بافت زمینه، مربوط به نمونه ۲۳۲ (2Pol-X40). (F) کانی مسکوویت در حال از دست دادن خواص نوری در بافت زمینه رسی قرمز رنگ، مربوط به نمونه ۱۰۸ (2Pol-X20).



جدول ۲- فازهای کریستالین مشاهده شده در سفال‌ها و تنوع وجود آن‌ان

| Texture | Color Texture | Hornblende | clert | Gehlenite | Alkali-Feldspar | Apatite | Calcite | Fe-oxid | Muscovite | Pyroxene | Plagioclase | Quartz | No. Sample |
|----------|---------------|------------|-------|-----------|-----------------|---------|---------|---------|-----------|----------|-------------|--------|------------|
| Immature | Green | - | + | - | + | - | ++ | + | + | + | ++ | ++ | 3 |
| Immature | Green | - | - | - | - | tr | + | + | + | + | ++ | ++ | 6 |
| Immature | Red | - | ++ | - | - | - | - | ++ | + | tr | + | ++ | 108 |
| Immature | Red | - | + | - | + | - | + | + | + | + | ++ | ++ | 133 |
| Immature | Red | - | - | + | - | - | + | + | + | + | ++ | ++ | 202 |
| Immature | Green | tr | - | - | - | - | - | + | Tr | + | ++ | ++ | 232 |
| Immature | Green | - | + | - | - | - | ++ | + | + | + | ++ | ++ | 261 |
| Immature | Green | - | + | - | - | - | + | + | + | + | ++ | ++ | 263 |
| Immature | Green | - | + | - | - | - | + | ++ | + | + | ++ | ++ | 299 |
| Immature | Green | - | + | - | - | - | ++ | + | + | + | ++ | ++ | 310 |

سانتری گراد می‌توان دمای پخت سفال‌هایی که دارای کلسیت هستند پایین‌تر از ۸۵۰ درجه تخمین زد [۳۱ و ۳۲]. فازهای آهن‌دار همایت تنها در نمونه ۲۰۲ شناسایی شده است. این فاز از جمله فازهای مهم تأثیرگذار در شرایط اکسیداسیون می‌باشد و یا اینکه دلیل تشکیل آن با توجه به مطالعه پتروگرافی که بافت قرمز حرارت بالا را دارد، به وجود آمده است. تشکیل ترکیبات جدیدی همانند آنالسیم (زئولیت سدیم‌دار) نشان از تخریب آلبیت در شرایط مرطوب دارد. این فاز از نظر آسیب‌شناسی بسیار مهم است زیرا این ساختار با قابلیت جذب بالای مولکول‌های آب و تمایل به تبادل یونی خوب، سبب ناپایداری در بافت سفال‌ها می‌شود [۲۳ و ۲۴]. سانیدین و مشخصه سنگ‌های با منشاء آذرین می‌باشند که به عنوان فازهای کریستالی که در دسته اورتوکلازها قرار می‌گیرد، شناسایی گردیده‌اند (شکل ۵ و جدول ۳). با توجه به اینکه محل پیک‌های محاسبه شده بر

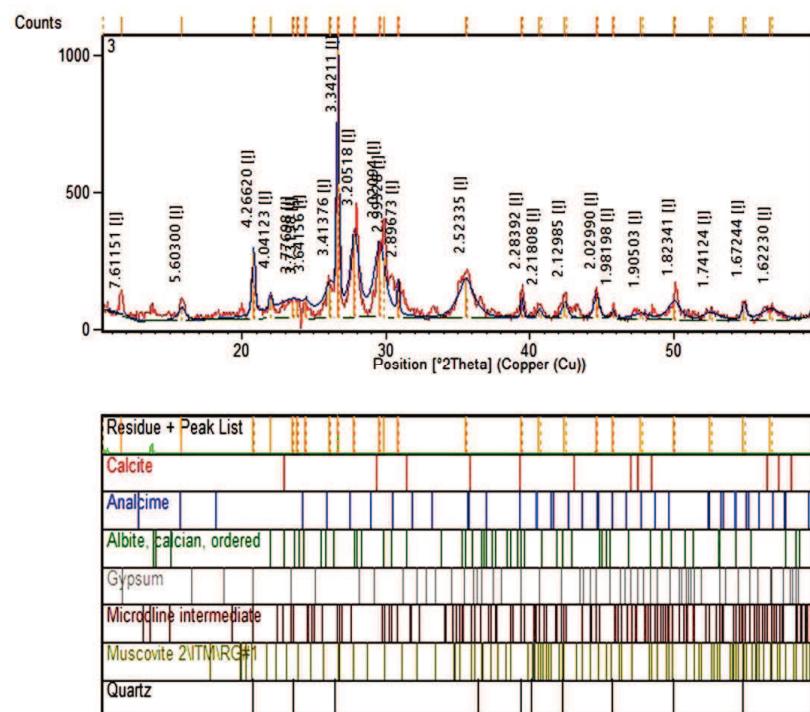
۶- نتایج آنالیز فازی (XRD)

به جهت مقایسه و شناخت فازهای بلوری و کریستالین موجود در سفال‌های موجود از تمامی نمونه‌های مورد نظر آنالیز XRD تهیه شد که فازهای شناسایی شده در جدول شماره ۳ بیان شده‌اند. کوارتز از بیشترین و شاخص‌ترین فازهای شناسایی شده در تمام سفال‌ها است که در واقع بافت غنی از سیلیس سفال‌ها را نشان می‌دهد. این فاز در بررسی‌های مقاطع نازک میکروسکوپی و شیمیایی مشاهده و شناسایی شده است. فلدسپات‌ها و پلازیوکلازها به مقدار زیاد در نمونه سفال‌ها مشاهده و شناسایی شد. این دسته از آلومینوسیلیکات‌ها از دسته فازهایی هستند که از خاک منطقه و یا مواد خرد شده‌ی پرکننده در بافت سفال‌ها می‌باشند. کلسیت از دسته فازهایی است که وجود آن‌ها در سفال‌ها به عنوان شاخص حرارتی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به تجزیه کلسیت در دمایی بالاتر از ۸۵۰ درجه



شده که خصلت وابسته با ثابت شبکه کریستالی بوده و
عنوان یک اثر انگشت برای شناسایی فازها استفاده می‌شود.

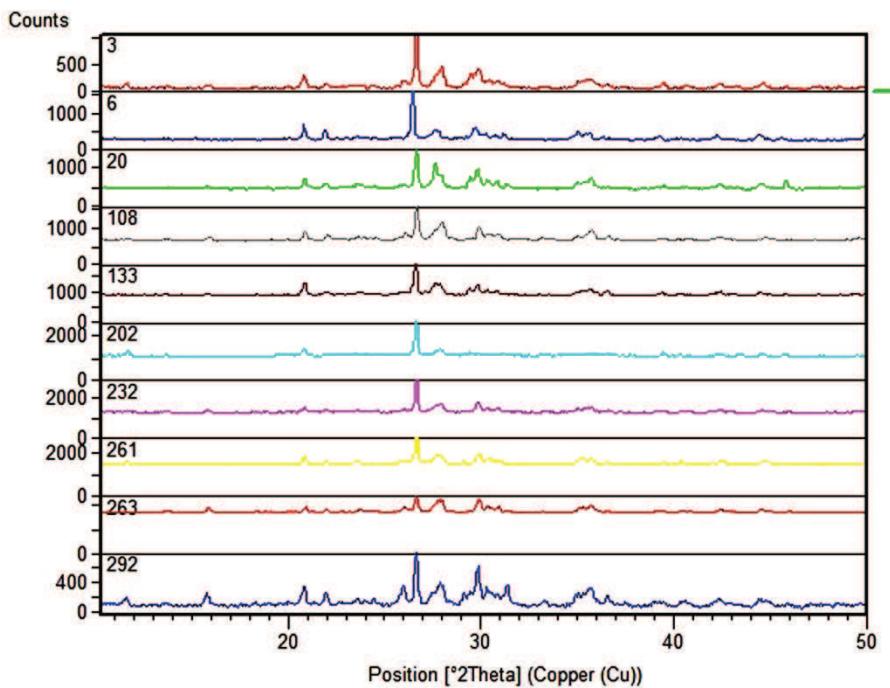
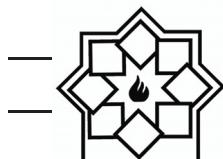
اساس ۲۰ وابسته به شدت اشعه ایکس تولید شده است،
تمتمی پیک‌ها بر اساس فاکتور d -spacing در نمودار آورده



شکل ۵- دیاگرام XRPD قطعه شماره ۳ و فازهای کریستالین شناخته شده

جدول ۳- حضور و عدم حضور فازهای کریستالین در سفال‌ها براساس نتایج کیفی ریتلد

| Sample | Quartz | Albite | Analcime | Anorthite | Calcite | Diopside | Enstatite | Gypsum | Hematite | Illite | Labradorite | Gehlenite | Muscovite | Microcline | Pyroxene | Sanidine |
|--------|--------|--------|----------|-----------|---------|----------|-----------|--------|----------|--------|-------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| 3 | + | + | + | - | + | - | - | + | - | + | + | - | + | + | - | - |
| 6 | + | + | + | + | + | + | + | - | - | + | + | - | + | - | + | + |
| 108 | + | + | + | - | + | - | - | + | - | + | + | - | + | + | - | - |
| 133 | + | + | + | + | - | - | + | + | - | + | + | - | - | - | + | + |
| 202 | + | + | + | - | + | + | - | + | + | - | - | - | - | - | + | - |
| 232 | + | + | - | - | - | + | + | + | - | - | + | - | - | - | + | - |
| 261 | + | + | - | + | - | + | + | + | - | - | - | - | + | - | - | + |
| 263 | + | + | + | + | - | + | + | + | - | - | + | - | - | - | - | + |
| 299 | + | + | + | + | - | + | - | + | - | + | + | + | - | - | - | - |
| 310 | + | + | + | + | + | - | - | + | - | - | - | - | - | + | + | - |



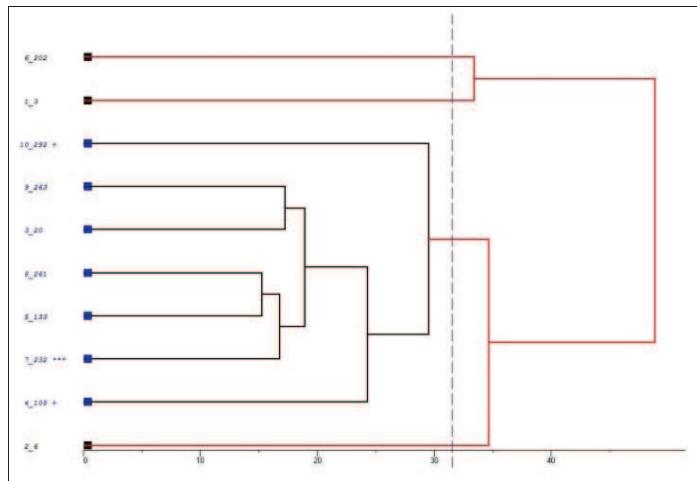
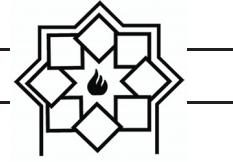
شکل ۶- دیاگرام مقایسه‌ای آنالیز پرتو ایکس پودری ۱۰ قطعه سفال مورد مطالعه

می‌توان نمودارهای شباهت (دندوگرام) نمونه‌های مطالعاتی را رسم و تشابهات و تفاوت‌ها را در قالب دیاگرام مشاهده کرد (امامی، ۱۳۹۱). براساس نمودارهای شکل ۱۱ و ۱۲ می‌توان سفال‌ها را براساس فازهای بلوری XRD به دو دسته تقسیم‌بندی نمود. این تفاوت در تقسیم‌بندی را باید به تکنیک‌های ساخت سفال‌های مذکور مرتبط دانست نه متفاوت بودن منشأ خاک آن‌ها، که سفال‌های ۳، ۶ و ۲۰۲ را باید دریک دسته و بقیه سفال‌ها را مربوط به یک دسته مرتبط دانست (شکل ۷).

در تحلیل داده‌های XRD از روش‌های آماری خوبه‌ای و PCA استفاده شده است. تحلیل خوبه‌ای^۱ (یا کلاستر) روشی برای گروه‌بندی داده‌های داشت که دربردارنده‌ی الگوریتم‌ها و روش‌هایی برای گروه‌بندی موردهای مشابه درون طبقات مختلف است. PCA^۲ از جمله روش‌های تحلیل چندمتغیری است که این امکان را فراهم می‌سازد تا به‌توان داده‌های زیادی را طبقه‌بندی، تحلیل و استنتاج کرد [۳۳]. بر پایه‌ی نتایج XRD و ایجاد شباهت‌های محاسبه شده براساس نوع مواد خام کاربردی و همچنین مقدار آن

¹ Cluster Analysis

² Principal Components Analysis



شکل ۷- دندوگرام‌های خوشای شباهت در سفال‌های تپه دهنو شهداد

آلی یا تعییرات فازی موجود در خمیره در حین حرارتدهی و پخت آنها دانست، چرا که در مطالعات پتروگرافی نیز آثاری از حفرات موجود در اثر سوختن مواد آلی به دست آمده است. همانطور که قبلاً ذکر گردید برای تهیه خمیره سفال‌ها از تمپرها و مواد افزاینده معدنی‌ای که حاصل خرد کردن و آسیاب سنگ‌های متامorfیک و آذرین بوده استفاده شده است، به‌همین‌جهت در تصاویر میکروسکوپی SEM دانه‌های کوارتز، موسکوویت و پلاژیوکالاز مشاهده می‌گردد که دارای لبه‌های تیز و خرد شده است (تصویر BA). دانه‌های کوارتز به‌دست آمده دارای ترکهای واضح و مشخصی هستند، این عمل یا می‌تواند در اثر خرد شدن و آسیاب کردن آنها در هنگام تهیه عملیات حرارتی برای افزودن به خاک رس یا در اثر فشارهای حرارتی به وجود آمده باشد. سفال‌هایی با بافت زمینه غنی از کوارتز ممکن است به‌علت انبساط کوارتز در دمای ۵۷۳ درجه سانتی‌گراد ترک بردارند (تصویر CL). این مورد را می‌توان یکی از آسیاب‌های حرارتی در حین پخت ظروف سفالی برشمرد [۲۷]. به‌همین جهت بایستی عنوان نمود که مرحله پختن سفال یکی از

۷- نتایج ریزساختاری FE-SEM-EDS

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نشر میدانی مجهر به طیفی‌بینی پاشنده انرژی پرتو ایکس، از سه نمونه ۱۰۸، ۱۳۳ و ۲۶۱ آنالیز انجام شده است. تصاویر میکروسکوپی سفال‌ها بافت نیمه‌شیشه‌ای شده نمونه‌ها و تخلخل موجود در آن را به‌خوبی نشان می‌دهد. همان‌طور که در بررسی‌های پتروگرافی مشخص شد سفال‌ها دارای تخلخل‌ها و حفرات بسیاری بودند که این تخلخل‌ها را در تصاویر میکروسکوپی SEM در قالب حفره‌های ریز و درشت می‌توان دید که بر اساس مطالعات صورت گرفته حاکی از بافت زمینه نیمه‌شیشه‌ای بافت زمینه است (تصویر A8). که از جمله مهم‌ترین علل آن در این سفال‌ها می‌توان به عدم ورز مناسب خمیره‌ی سفال‌ها توسط سفال‌گران در مرحله فرآوری و آماده‌سازی خمیره اشاره کرد و یا درجه حرارت پخت نه‌چندان زیاد که بافت سفال را در حالت نیمه‌شیشه‌ای و غلیظ نشان می‌دهد [۳۴]. همچنین برخی از حفرات که تقریباً بزرگ را می‌توان مربوط به سوختن مواد

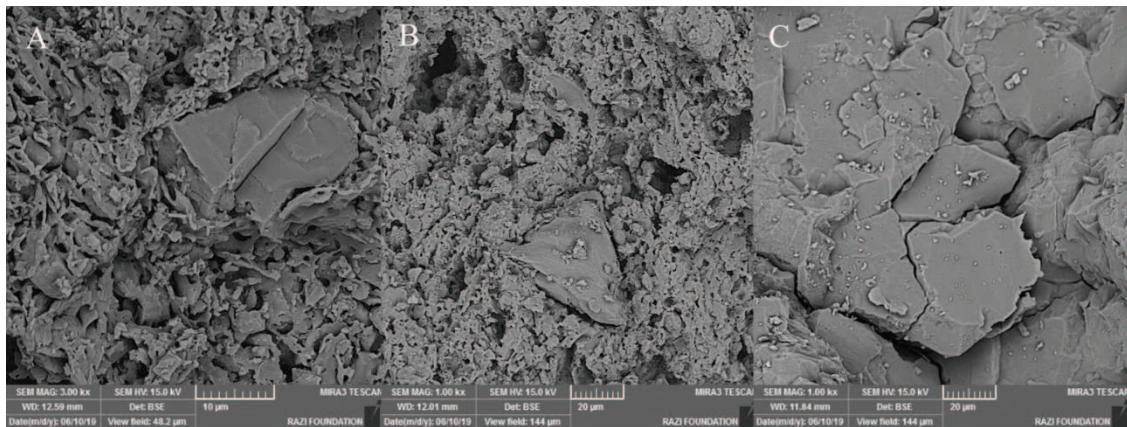


توان در بررسی‌های پتروگرافی و XRD هم مشاهده کرد. همان‌طور که در مطالعه مقطع نازک مشاهده شد در بافت تمام سفال‌ها کربنات کلسیم و کلسیت موجود می‌باشد که عنصر کلسیم شناسایی شده در اینجا می‌تواند به‌وضوح بیانگر این نکته باشد. وجود کلسیم در بافت سفال‌ها نشان می‌دهد که سفالگر هزاره چهارم در ساخت آنها از خاک‌های رسی با پایه آهکی (Calc rich clay) استفاده نموده است. همچنین وجود آهک فراوان در بافت سفال‌ها در بررسی‌های پتروگرافی مشخص گردید [۳۵]. سفال‌های علی‌آباد دارای رنگ‌های خودی – نارنجی هستند که می‌توان حضور آهن با درصد بالا را دلیلی بر این امر دانست. دلیل دیگر حضور درصد بالای آن را می‌توان به‌دلیل بافت زمینه قرمز رنگ حرارت بالای سفال‌ها ناشی از تشکیل اکسید آهن از جمله هماتیت در آن‌ها دانست. عناصر قلیایی و قلیایی خاکی را از جمله پتاسیم و منیزیم با درصد‌های تقریباً بالا در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. پتاسیم بیشتر بصورت غالب در فازهای آلکالی فلدوپار (آلیت و سانیدین) و منیزیم بصورت ترکیبات بجای مانده از دولومیت و یا دیوپسید در این چنین بافت زمینه‌ای مشاهده می‌شوند. که این عناصر می‌تواند بر ویژگی‌های خاک رس و در نهایت ساختار سفال تأثیرگذار باشند زیرا این عناصر می‌توانند نقش گذازآور را در بافت سفال‌ها ایفا کنند [۳۶ و ۳۷] و [۳۸]. مسئله مهم دیگری که به‌چشم می‌خورد درصد بالای کلر (Cl) است که این میزان نشان می‌دهد خاک محل دفن سفال‌ها دارای میزان قابل توجهی ترکیبات کلریدی بوده است و منطقه‌ای شورهزار را معرفی می‌نماید، که این مهم باتوجه به منطقه مورد نظر داشت شهادat صدق می‌کند (جدول ۴ و شکل ۹).

مهمترین مراحل ساخت سفال در دوران باستان بوده است. ساختار سفال‌ها وابسته به زمان موردنیاز برای پختن با توجه به نوع کوره، نوع رس و زمان سرد شدن تغییر می‌کند. بدلیل عدم کنترل کاملاً یکسان و نبود کانون حرارتی ثابت هنگام پخت در کوره‌ها مواد سفالین دچار شوک حرارتی شده و تخریب می‌شوند. این تخریبات بصورت سست شدن ترکیبات سفالین مشاهده می‌شود. از طرفی تغییرات فازی کوارتز (الفα) به بتا (β) در حین فرایند پخت سبب ایجاد ترک در داخل ذرات کوارتز شده که در بافت زمینه نمونه‌ها ادامه دارد [۲۷]. از طرف دیگر ترک‌های ایجاد شده در حین پخت سفال‌های باستانی پس از مدت زیاد فرایند دفن با ترکیبات ثانویه نظیر نمک‌ها تا حدی دوباره پر می‌شوند. به همین دلیل ایجاد تفاوت بین ترک ناشی از ساخت سفال با ترک ناشی از شوک حرارتی هنگام پخت سفال در سرایک باستانی امری مشگل است. لیکن ترک ایجاد شده بر روی وارترز در میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده است.

۸- نتایج آنالیز شیمیایی (pXRF)

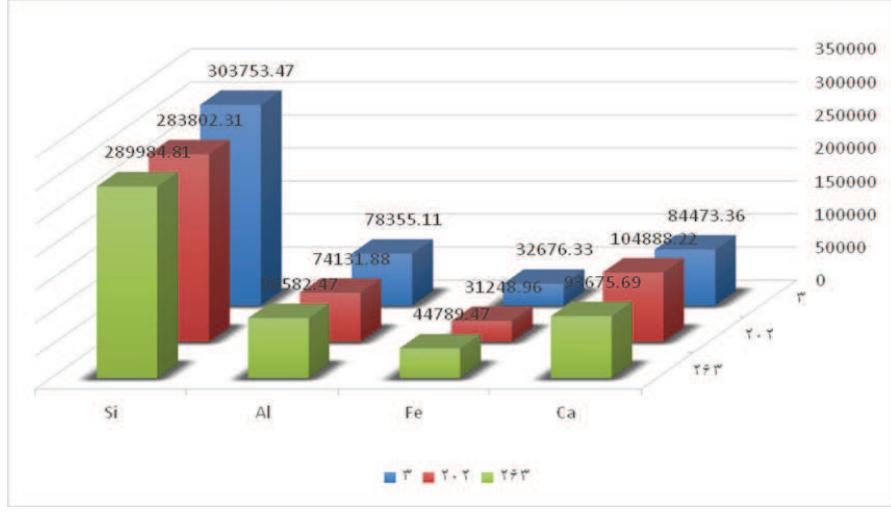
به‌منظور مقایسه ترکیب شیمیایی سفال‌های دهن، تعداد سه قطعه از سفال‌ها (نمونه‌های ۳، ۲۰۲ و ۲۶۳) مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج آنالیز XRF پرتابل نمونه‌ها در جدول ۵ عنوان شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز عنصری پرتابل می‌توان تقریباً تشابه یکسان و مشابهی برای مواد خام مورد استفاده در سفال‌های مشاهده کرد. چهار عنصر سیلیس، آلومینیوم، کلسیم و آهن بیشترین درصد ترکیبات در نمونه سفال‌ها را شامل می‌شوند. مقدار بالای سیلیس نشان از وجود بافت غنی سیلیسی سفال‌ها دارد که این موضوع را می-



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی مربوط به نمونه ۸ (A)، ۱۳۳ (B) و ۲۶۱ (C)

جدول ۴- آنالیز pXRF نمونه سفالهای تپه دهنو (بر حسب ppm)

| Sample | Si | Ti | Al | Fe | Mn | Mg | Ca | K | P | S | Cl | Sc | V | Cr | Ni | Cu | Zn | As | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Pd | Ag | Cd | Sn | Sb | Te | Cs | Ba | W | Au |
|-----------|-----------|-----|----|-----------|----|----|----|---|---|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 263 | 202 | 202 | 3 | 303753.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 289984.81 | 283802.31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2340.8 | 2386.65 | | | 2698.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90582.47 | 74131.88 | | | 78355.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44789.47 | 31248.96 | | | 32676.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 879.77 | 703.63 | | | 681.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26171.68 | 29550.05 | | | 39666.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 93675.69 | 104888.22 | | | 84473.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11391.03 | 14425.55 | | | 12183.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 377.57 | 360.34 | | | 804.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1799.77 | 3987.36 | | | 3835.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 667.61 | 1644.4 | | | 2307.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 266.57 | 291.02 | | | 268.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80.07 | 67.1 | | | 74.32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36.27 | 32.53 | | | 22.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.32 | 29.28 | | | 26.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.2 | 30.83 | | | 19.87 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 97.46 | 71.95 | | | 85.85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.58 | 5.62 | | | 11.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35.18 | 49.98 | | | 32.06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1163.92 | 708.94 | | | 1405.83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23.75 | 18.63 | | | 18.84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155.52 | 125.28 | | | 121.08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.03 | 9.84 | | | 8.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | | | 0.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.52 | 6.95 | | | 6.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.3 | 15.73 | | | 1.97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.17 | 27.92 | | | 5.76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.49 | 79.31 | | | 11.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.15 | 29.09 | | | 12.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 341.79 | 626.79 | | | 454.85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33.52 | 35.84 | | | 11.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.59 | 1.53 | | | 1.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



شکل ۹- نمودار مقایسه میزان عناصر سیلیس، آلومینیوم، آهن و کلسیم در سفالهای مورد نظر

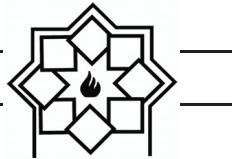


می باشد که با توجه به رخمنون های زمین شناسی منطقه می توان مربوط به کانی شناسی منطقه دانست و منشأ یکسان و محلی بودن را تا حدودی برای آنها در نظر گرفت. با توجه به مطالعه بر روی پترو فابریک سفال ها که دارای زمینه رسی قرمز و سبز هستند می توان این را ادعا کرد که سفال ها حرارت تقریباً بالای را متحمل شده اند، که نشان می دهد سفال گران هزاره‌ی چهارم توائنسه‌اند دمای کوره پخت را تا حد نسبتاً زیادی بالا ببرند؛ اما باید این نکته را هم مذکور شد که صنعتگران آن دوره هنوز به آن چنان درجه‌ای از پیشرفت نرسیده بودند تا بتوانند دما و شرایط کنترل پخت کوره را تنظیم نمایند. میزان تخلخل سفال ها تقریباً بالاست که می توان آن ها را ناشی از دمای پخت بالا و تجزیه مواد موجود (آلی) و یا تعییرات پلی مورفیکی دانست. در برخی سفال ها و فازهای حرارت بالا مشاهده می شوند که با توجه به فازهای شناسایی شده می توان دمای تقریبی متحمل شده سفال ها را حدس زد. اما در نهایت میانگین دمایی که می توان پیشنهاد داد محدوده دمایی مابین ۱۰۰۰-۸۵۰ درجه‌ی سانتی گراد می باشد. سفال هایی با فازهای حرارت بالا در محدوده ۹۰۰-۱۰۰۰ درجه که دمای آن ها فراتر از ۱۰۰۰ درجه نرفته، و سفال هایی با فازهای اولیه حرارت پایین نظیر کلسیت در محدوده ۸۵۰ درجه‌ی سانتی گراد در نظر گرفته شده است. در نهایت باید گفت خاک مورد استفاده در ساخت خمیره سفال ها از یک منبع یکسان برداشت شده است و تفاوت در سفال ها تنها در تکنیک ساخت شان است که دندو گرام های شباهت و PCA نیز این مهم را به اثبات می رسانند.

۹- نتیجه گیری

کالدول در گزارشات خود از محوطه‌ای در محدوده منطقه‌ی علی آباد که تقریباً در حدود ۲ کیلومتری شرق رود لاله زار کنونی و ۴ کیلومتری شمال تل ابلیس بود گزارش می دهد که نام علی آباد را برای این محوطه انتخاب می کند. مجموعه‌ای که ایشان از این محوطه گردآروی کردند شامل ۵۰ قطعه سفال و یک تکه از ظرفی از جنس مرمر سفید بود. به کمک اطلاعاتی که بعدها از محوطه تل ابلیس به دست آمد متوجه تمایز این سفال ها با دیگر سفالینه‌های به دست آمده شدند که آنها را سفالینه‌های علی آباد نامید. سبک کار این سفالینه‌ها مشابه سبک دوره چهارم تل ابلیس است. با توجه به شناخت کم و محدودی که در زمینه سفال های علی آباد جنوب شرق فلات ایران وجود داشت، سعی در پاسخ‌گویی به برخی از پرسش‌های موجود از جمله تکنولوژی ساخت و منشأ آنها در این زمینه شده است. به همین جهت آزمایشاتی نظری آنالیز مقطع نازک پتروگرافی، PXRF و FE-SEM-EDS، XRD اطلاعات فنی (تکنیک ساخت، مواد افزودنی، شرایط پخت و کوره)، شناخت منشأ (محلي یا وارداتي بودن و یکسان بودن یا چندگانگی منشأ) و غیره صورت گرفته است.

در آنالیز میکروسکوپی پتروگرافی قطعات کوارتز مشاهده شده دارای لبه‌های گوشه‌دار و تیز هستند که این مسئله دلیلی بر منشأ معدن کاوی و آسیاب نمودن مواد افزودنی به خمیره سفال است. بیشتر کوارتزها دارای منشأ متامورف یا گرانیتی است. از دیگر کانی‌های مشاهده شده پلازیو کلازها، فلدسپات‌ها، مسکویت، بیوتیت و خردسنجها



مراجع

- [۶] اسکندری، نصیر، حکمت الله، ملاصالحی، حسن، فاضلی. استقرارهای پیش از تاریخ دشت لوت، جنوب شرق ایران، مجله مطالعات باستان شناسی ایران. ۱۳۹۵، ۸، ۱۵-۱.
- [۷] R. J. Caldwell, (ed.), "Investigations at Tal-i-Iblis", Illinois State Museum Preliminary Reports 9). Springfield: Illinois State Museum Society, 1967.
- [۸] M. Vidale, F. Desset, "Mahtoutabad (KSS, Jiroft). Preliminary Evidence of Occupation of a Halil Rud Site in the early 4th Millennium BC", In C. Petrie (ed) Ancient Iran and Its Neighbours: Local Developments and Long-range Interactions in the 4th Millennium BC. The British Institute of Persian Studies, Archaeological Monographs Series III, pp. 233-252, 2013.
- [۹] Y. Madjidzade, Excavations at Konar Sandal in the region of the Jiroft in Halil Basin: First preliminary report (2002-2008), IRAN, Vol. 46, pp. 69-103, 2008.
- [۱۰] N. Soleimani, M. Shafie, N. Eskandari, H. Molasalehi, "Khaje Askar: A fourth millennium BC cemetery in Bam, southeastern Iran", Journal of Iranica Antiqua, Vol. LI, pp. 57-84, 2016.
- [۱] M. Emami, R. Trettin, "Mineralogical and chemical investigations on the ceramic technology in Coga Zanbil, (Iran, 1250 B.C.)", Periodico di Mineralogia, Vol 81(3), pp. 359-377, 2012.
- [۲] M. Emami, Y. Sakali, C. Pritzel, R. Trettin, "Deep inside the ceramic texture: A microscopic-chemical approach to the phase transition via partial-sintering processes in ancient ceramic matrices. Journal of Microscopy and Ultrastructure", Vol 4, pp. 11-19, 2016.
- [۳] سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح جغرافیایی آبادی‌های استان کرمان شهرستان جیرفت. انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پستیبانی نیروهای مسلح، جلد پنجم، چاپ اول. ۱۳۸۲.
- [۴] Hakemi, "Shahdad: Archaeological Excavations of a Bronze Age Center in Iran", Instituto Italiano per il Medio ed Estremo Oriente, Centro scavi e recherche archeologiche, Reports and Memoirs 27. Rome: Oxford & IBH, 1977.
- [۵] کابلی، میرعبدین. روابط فرهنگی و بازرگانی شهudad و منطقه ترکستان در هزاره‌ی سوم ق.م. منتشر شده در مجموعه مقالات کرمان‌شناسی، به کوشش محمدعلی گلابزاده، انتشارات مرکز کرمان‌شناسی. ۱۳۶۹.



- [15] C. A. Petrie, "The Chalcolithic of south Iran", in: Potts, D.T. (ed.), Oxford Handbook of Iranian Archaeology, OUP, Oxford, pp. 120–158, 2012.
- [16] ملک‌شهمیرزادی، صادق. ایران در پیش از تاریخ، باستان‌شناسی ایران از آغاز تا سپیده‌دم شهرنشینی. چاپ دوم، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور. ۱۳۸۲
- [17] ملک‌شهمیرزادی، صادق. اطلس باستان‌شناسی ایران (از آغاز تا پایان دوره یکجانشینی و استقرار در روستاهای). چاپ اول، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). ۱۳۸۷
- [18] N. Eskandari, "Excavations at the prehistoric site of Tepe Dehno and East Dehno, Shahdad, Southeastern Iran", Iranian Journal of Archaeological Studies 7, pp. 1-17, 2017.
- [19] S. K. S. Sajjadi, "Prehistoric Settlements in the Bardsir Plain, South-Eastern Iran", East and West, Vol. 37: pp. 11-129, 1987.
- [20] M. A. Stien, "Archaeological Reconnaissances in North-Western India and South-Eastern Iran", London: Macmillan, 1937.
- [21] T. Beale, C. C. Lamberg-Karlovsky, "Excavations at Tepe Yahya, Iran 1967-
- [11] ملاصالحی، حکمت‌الله. شفیعی، مژگان. فیروزمندی شیره‌چینی، بهمن. علیدادی سلیمانی، نادر و نصیر اسکندری. خواجه‌عسکر: گورستانی از هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد در جنوب‌شرق ایران از داده‌های مشهود تا بوده‌های مفقود. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۱۳۹۴. شماره ۶ (۴) ص ۲۰-۳۵
- [12] B. Mutin, "Ceramic traditions and interactions on the south-eastern Iranian Plateau during the fourth millennium BC", In C. Petrie (ed) Ancient Iran and Its Neighbours: Local Developments and Long-range Interactions in the 4th Millennium BC. The British Institute of Persian Studies, Archaeological Monographs Series III, pp. 253-276, 2013.
- [13] D. W. Chase, G. Fehervari, J. R. Caldwell, "Reconnaissance in the Bard Sir Valley", In J. R. Caldwell (ed.), Investigations at Tal-i Iblis. Illinois State Museum Preliminary Reports 9 (Springfield), pp. 73-107, 1967.
- [14] Voigt, M., and R. H. Dyson. 1992. The Chronology of Iran, ca. 8000-2000 B.C. in: R. W. Ehrich (ed.), Chronologies in old world archaeology (3rd ed). Chicago: University of Chicago Press, Pp. 122-178.



آجرهای کشف شده از تل آجری تخت جمشید. مجله علمی پژوهشی مطالعات باستان‌شناسی. ۶، ۱۳۹۳، (۲). ص ۱۹-۱.

- [26] M. Emami, J. Volkmar, R. Trettin, “Characterization of Ancient Ceramic Matrices with High Resolution Microscopy Methods”, Laser Scanning, Theory and Applications, Prof. Chau-Chang Wang (Ed.), ISBN: 978-953-307-205-0, InTech, 2011.
- [27] M. Emami, J. Volkmar, R. Trettin, “Quantitative characterisation of damage mechanisms in ancient ceramics by quantitative X-ray powder diffraction, polarization microscopy, confocal laser scanning microscopy and non-contact mode atomic force microscopy”, Surface Engineering, Vol. 24 (2), pp. 129-137. DOI 10.1179/174329408X298157, 2008.
- [28] C. Ginibre, A. Kronz, G. Wörner, “High-Resolution quantitative imaging of plagioclase composition using accumulated backscattered electron images: new constraints on oscillatory zoning”, Contrib Mineral Petrol., Vol. 142, pp. 436-448, 2002.

1975. The Early Periods, American School of Prehistoric Research Bulletin”, Vol. 38, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Cambridge, 1986.

[22] M. Daghmehchi, C. Rathossi, H. Omrani, M. Emami, M. Rahbar, “Mineralogical and thermal analyses of the Hellenistic ceramics from Laodicea Temple, Iran”, Applied Clay Science, Vol. 162, pp. 146-154, 2018.

[23] M. Emami, R. Trettin, “Phase Generating Processes in Ancient Ceramic Matrices Through Microstructure Investigation with High Resolution Microscopy Methods”, Journal of Advanced Microscopy Research, Vol. 5, pp. 181-189, 2010.

[۲۴] امامی، سیدمحمدامین. آرکئومتری و مینرالوژی فن سفالگری از ۱۶۰۰ تا ۷۰۰ پیش از میلاد در چغازنبیل و هفت تپه. مجموعه مقالات ۸۰ سال باستان‌شناسی ایران (جلد دوم)، به کوشش یوسف حسن‌زاده و سیما میری، تهران: نشر پازینه، ۱۳۹۱. ص ۳۲۸-۳۱۳.

[۲۵] امامی، سیدمحمدامین. آریانسب، سیمین. احمدی، حسین. عسگری چاوردی، علیرضا و پیر فرانجسکو کالیری. روش باستان‌سنجی به منظور ساختارشناسی



- [۳۳] نیکنامی، کمال الدین. روش‌های پیشرفته آماری در تحلیل داده‌های باستان‌شناسی. تهران: سمت. ۱۳۹۰.
- [۳۴] Y. Maniatis, M.S. Tite, "Technological examination of Neolithic-Bronze Age pottery from central and southeast Europe and from the Near East", *Journal of Archaeological Science*, Vol. 8, pp. 59-76, 1981.
- [۳۵] بلت، هاروی. تریسی، رابرت. اونز، برنت. پترولولژی سنگ‌های رسوی. ترجمه محمد لنگرانی، حبیب‌الله قاسمی، سید مسعود همام. مشهد: دانشگاه صنعتی شهرود. ۱۳۸۹.
- [۳۶] R. B. Heimann, M. Maggetti, "Ancient and Historical Ceramics: Materials, Technology, Art, and Culinary Traditions", Germany, stuttgart: E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele u. Obermiller), 2014.
- [۳۷] P.S. Quinn, „Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeologocal Pottery & Related Artefacts in Thin Section”, Oxford: Aeclaeopress, 2013.
- [۳۸] B. K. Shahraki, B. Mehrabi, K. Gholizadeh, M. Mohammadiinasab, "Thermal behavior of calcite as an expansive agent", *Journal of Mining and Metallurgy*, Vol. 47(1), pp. 89-97, 2011.
- [29] J. Riederer, "Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics", Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, 2004.
- [30] M. Gorres, C. Evangelakakis, H. Kroll, V. Kohl, "The application of mineralogical techniques to the characterization of archaeological ceramic finds", *Applied Mineralogy*, Vol. 2, pp. 985-987; 2000.
- [31] M. A. Cau Ontiveros, M.D. Peter, G. Montana, "Secondary Calcite in Archaeological Ceramics: Evaluation of Alteretion and Contamination Processes by Thin Section Study", In Kilikoglou Vassilis; Anno Hein & Yannis Maniatis (eds). *Modern Trends in Scientific Studies on Ancient Ceramics*: 9-18. Oxford: Archaeopress, 2002.
- [32] C. Rathossi, Y. Pontikes, P. Tsolis-Katagas, "Mineralogical Difference Between Ancient Sherds and Experimental Ceramics: Indices for Firing Conditions and Post-Burial Alteration", *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 12th International Congress Patras*, 2010.