

مطالعات باستان‌شناسی، دوره ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹  
(از ص ۱۴۷ تا ص ۱۶۴)



[10.22059/jarcs.2020.272487.142666](https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.272487.142666)  
Print ISSN: 2676-4288- Online ISSN: 2251-9297  
<https://jarcs.ut.ac.ir>

## ***Chemical study of Bronze Age and Iron Age potteries of Sagzabad Tepe***

***Rozita Salehi Nezami***

*Department of History and Archaeology, Science and Research Branch of Islamic Azad University*

***Hassan Fazeli Nashli***

*Professor, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, Tehran University*

***Omid Oudbashi***

*Associate Professor, Department of Conservation of Cultural and Historical Properties, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan*

*Received: 09 January, 2019; Accepted: 21 September, 2020*

### ***Abstract***

*Pottery is one of the cultural evidences that its developments in different times are important archaeological indicators. Pottery can be viewed from different aspects. Appearance features such as form, shape, color, decoration and pottery production technology have changed over time. In this research, with the study of the technology of the pottery obtained from the excavation of the Sagzabad Tepe in Qazvin plain, which is one of the important areas of excavation in the central plateau of Iran, the period of the transition from the Bronze Age to the Iron Age has been investigated. In this study, with focus on the pottery in this region, new information on the production of pottery has been obtained. To determine the chemical composition of the potteries, a series of excavated objects consisting of a selection of potteries from each period were analyzed using the ICP-OES method and a statistical comparison of the data obtained from the measurement of 40 elements was performed consisting of the major, minor and trace ones. The correlation coefficient of the analyzed samples also was studied. Comparing the results obtained from the analysis of potteries according to the hypothesis suggests that all potteries are probably local productions and it is possible that they have been produced in the same region (clay sources) in different periods. is possible that they have been produced in the same region (clay sources) in different periods.*

***Keywords:*** *Pottery, Elemental Analysis, ICP-OES, Bronze Age, Iron Age, Sagzabad Tepe.*

## بررسی شیمیایی سفال‌های عصر مفرغ و آهن تپه سگزآباد

رزیتا صالحی نظامی

دانش‌آموخته دکتری باستان‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران

حسن فاضلی نشلی\*

استاد گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران

امید عودباشی

دانشیار گروه مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۱

### چکیده

سفال یکی از شواهد فرهنگی است که تحولات آن در اعصار مختلف از شاخص‌های مهم باستان‌شناختی به شمار می‌رود. سفال را می‌توان از منظرهای مختلفی مورد بررسی قرار داد ویژگی‌های ظاهری نظیر فرم، شکل، رنگ، تزئینات از یک سو و تکنولوژی تولید سفال از سوی دیگر با گذر زمان متحول شده است. در این پژوهش با مطالعه تکنولوژیکی سفال‌های به‌دست آمده از کاوش سال ۱۳۸۷ تپه سگزآباد دشت قزوین که یکی از محدود مناطق استقراری کاوش شده در فلات مرکزی ایران است، چگونگی دوره گذر از عصر مفرغ به عصر آهن مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی برای تعیین ترکیب شیمیایی سفال‌ها، تجزیه عنصری یک مجموعه سفال که شامل سفال‌های شاخص هر دوره است با استفاده از روش آنالیز عنصری ICP و مقایسه آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ۴۰ عنصر که شامل عناصر اصلی، عناصر جزئی و عناصر کمیاب است میزان همبستگی یا عدم همبستگی این سفال‌ها تعیین گردید. مقایسه نتایج به دست آمده از تحلیل سفال‌ها نشان می‌دهد که کلیه سفال‌ها تولید محلی بوده و از خاک همان منطقه در اعصار مختلف برای ساخت سفال استفاده شده است و به نظر می‌رسد که گذار از تولید سفال‌های عصر مفرغ و آهن ناشی از تغییرات تکنولوژیکی است تا تولید سفالی با ترکیبات خاک جدید و می‌توان ادعان داشت تکنولوژی سفال‌گری در این دو دوره از سازماندهی خاصی برخوردار بوده و از تولید خانگی فراتر رفته است.

واژه‌های کلیدی: سفال، تجزیه عنصری، ICP-OES، عصر مفرغ، عصر آهن، تپه سگزآباد.

با آنکه بیش از هفت دهه از کاوش‌های علمی و هدفمند بخش مرکزی فلات ایران می‌گذرد به دلیل تمرکز مطالعات در دوره‌های قدیمی‌تر پیش از تاریخ، اطلاعات محدودی از فرهنگ‌های هزاره اول و دوم منطقه در دست است. این کمبود اطلاعات باعث گردیده که هنوز ابهامات بسیار مهم و اساسی از جمله چگونگی و چرایی گذر فرهنگ‌ها از عصر مفرغ جدید به عصر آهن باقی بماند. هرچند برای پاسخگویی به این ابهامات تلاش‌هایی شده است، اما این تلاش‌ها بیشتر تکیه بر اطلاعات و داده‌های محوطه‌های شمال غرب ایران بر اساس کارهای دایسون (۱۹۶۵)، برنی (۱۹۷۳)، ماسکارلا (۱۹۸۸) و کارهای جدید دانتی (۲۰۱۳) دارد. اما در بررسی و مطالعه فرهنگ‌های استقراری عصر مفرغ و عصر آهن فلات مرکزی یک محدودیت وجود دارد و آن این است که اکثر محوطه‌های استقراری شناخته شده این دوره عموماً منسوب به عصر آهن II و III هستند و در کمتر محوطه‌ای توالی این دو دوره فرهنگی (مفرغ جدید و آهن I) مشهود است. از این رو تلاش‌های در جهت پیوند و اتصال فاصله زمانی این دو دوره، توسط یانگ و موسوی صورت گرفته است؛ یانگ معتقد است که دشت تهران این بازه زمانی را پر می‌کند (Young, 1967) و موسوی نیز این حلقه ارتباطی را در شاهرود یافته است (Mousavi, 2005: 94). خوشبختانه کاوش‌های چند ساله اخیر در محوطه‌های قلی‌درویش (سرلک و عقیلی، ۱۳۸۳) و سگزآباد (فاضلی نشلی، ۱۳۸۵) به علت دارا بودن مواد فرهنگی و توالی هر دو دوره، اطلاعات ما را بهبود بخشیده و می‌تواند تا حدودی خلاء کمبود آگاهی در مورد چگونگی این تغییر و تحولات، در مرحله گذر از عصر مفرغ به آهن را پوشش دهد. حال از این میان تپه سگزآباد با دارا بودن توالی استقراری بدون وقفه از مفرغ جدید تا دوره هخامنشی از مهمترین و کلیدی‌ترین محوطه‌های شناخته شده در مرکز فلات ایران است. سگزآباد یکی از سه تپه پیش از تاریخی است که توسط عزت‌الله نگهبان جهت کاوش‌های آموزشی دانشجویان گروه باستان‌شناسی دانشگاه تهران از سال ۱۳۴۹ انتخاب و تاکنون توسط گروه باستان‌شناسی دانشگاه تهران مورد کاوش قرار گرفته است (فاضلی نشلی و همکاران، ۱۳۹۰). اما متأسفانه با وجود کاوش‌های فراوان محوطه سگزآباد دشت قزوین قبل و بعد از انقلاب هنوز آگاهی‌های لایه‌نگاری و گاهنگاری منسجمی (چه نسبی و چه مطلق) وجود ندارد و دیگر اینکه به چگونگی تحول سفالینه‌ها از مفرغ جدید به عصر آهن I پرداخته نشده است. لذا در کاوش‌هایی سال ۱۳۸۷ تلاش شده تا این کاستی برطرف گردد (مهاجری نژاد، ۱۳۸۷). بدین منظور در مرحله اول به گاهنگاری مطلق و نسبی لایه‌های اواخر هزاره اول و دوم توجه شد و در مرحله بعدی سعی شد در مطالعات بر روی قطعات سفال، به همراه توجه به نقش و فرم به کارهای مطالعات آزمایشگاهی نیز توجه شود. بهره‌گیری از روش‌های نوین آزمایشگاهی نظیر روش‌های تجزیه عنصری و پتروگرافی که اطلاعات مهمی را در خصوص تکنیک سفال‌گری و مواد اولیه و مقایسه با عناصر سازنده خاک محوطه‌ها در دسترس قرار می‌دهد، می‌تواند نکات جدیدی را درباره تحولات فرهنگی منطقه روشن سازد.

بدیهی است نتایج حاصل از مطالعات فوق به تنهایی بیانگر تحولات این دوران نیست و این نتایج در کنار پژوهش‌ها و مطالعات معنادار و هدفمند دیگری است که می‌تواند چگونگی ورود از یک عصر به عصر دیگر را آشکار سازد.

## ۲. کاوش

همان‌طور که اشاره شد، تپه سگزآباد از جمله معدود محوطه‌های شمال مرکزی فلات ایران بوده که لایه‌های مفرغ به آهن اهمیت خاصی دارد. علیرغم پیشینه بالای کاوش‌های باستان‌شناسی تپه سگزآباد، تاکنون گاهنگاری نسبی آن با مشکل مواجه بوده است. این مسئله ناشی از وجود تمام گروه‌های اصلی سفالی در تمام لایه‌هاست و نسبت آنها در مقایسه با هم تغییر چندانی را نشان نداده، که البته این امر متأثر از وسعت کاوش نیز می‌تواند باشد (ملک شه‌میرزادی، ۱۳۷۴). این در حالی است که دکتر طلایی در دوره‌بندی‌های مختلف تپه سگزآباد به آمار سفال‌ها توجه خاصی نشان داده که البته آمارهای ارائه شده در دوره‌های گوناگون حاکی از تداوم تمام سنت‌های سفالی است حتی دکتر نقشینه که در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به مطالعه سفال‌های خاکستری تپه سگزآباد پرداخته، به این نتیجه می‌رسد که دوره‌بندی لایه‌های استقرار این محوطه بر اساس سفال ممکن نیست (نقشینه، ۱۳۷۵). لذا در این مقاله به طور کلی به تغییرات گونه‌های سفالی در ترانسه‌ها پرداخته شده و هدف اصلی گمانه زنی خود را در مرحله اول بر گاهنگاری مطلق و مرحله دوم آزمایش‌های میان رشته‌ای شامل تجزیه عنصری قرار داده‌ایم.

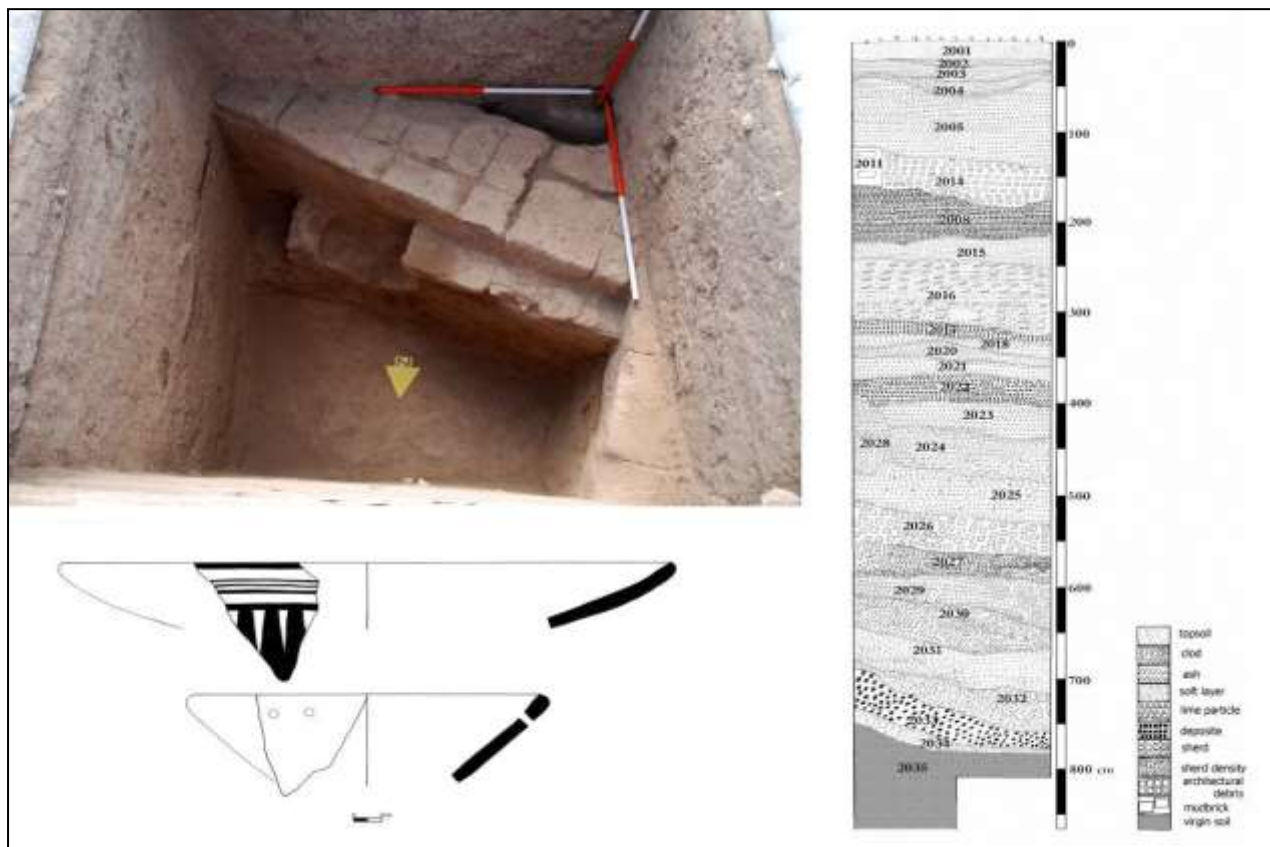
بدین منظور چهار ترانسه با ابعاد ۲×۲ متر در دامنه شمال غربی (ترانسه ۱)، شمال شرقی (ترانسه ۲)، شرق (ترانسه ۳) و جنوب (ترانسه ۴) تپه جهت لایه‌نگاری مشخص گردید. از ترانسه ۲ (در نیمه شمالی) و ترانسه ۴ (در نیمه جنوبی) تپه تعدادی نمونه انتخاب شد که ابتدا گاهنگاری مطلق و نسبی نمونه‌ها و در مرحله بعد نتایج حاصل از تجزیه عنصری ارائه خواهد شد.

## ۳. گاهنگاری مطلق و نسبی تپه سگزآباد

همان‌طور که در مقدمه نوشتار حاضر به آن اشاره شد یکی از اهداف اصلی کاوش تپه سگزآباد اصلاح گاهنگاری عصر مفرغ و آهن دشت قزوین بوده است. بر این اساس دو ترانسه II و IV به ترتیب در شمال شرق و جنوب محوطه جهت گاهنگاری مطلق انتخاب شدند و در این راستا ۹ نمونه زغال از ترانسه II و نیز ۸ نمونه از ترانسه IV به همراه یک نمونه از (کانتکست ۵۰۰۶) ترانسه V به دانشگاه آکسفورد فرستاده شد. متأسفانه در ۶ مورد نتیجه‌ای حاصل نشد و در بقیه نمونه‌ها (شامل ۷ نمونه از ترانسه II و ۵ نمونه از ترانسه IV) نتایج بسیار جالب توجهی به دست آمد (فاضلی نشلی و همکاران، ۱۳۹۰) که در زیر به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

### ۳-۱ ترانسه II

این ترانسه با ابعاد ۲×۲ متر در ضلع شمال شرقی محوطه قرار گرفته و ضخامت نهشته‌های فرهنگی آن ۷/۸۰ متر می‌باشد. لازم به ذکر است که این ترانسه در عمق ۲/۶۰ متری به ابعاد ۲×۱ متر و نیز در عمق ۸/۱۰ متر به ۱×۱ متر تقلیل یافت. به طور کلی در نتیجه کاوش تا خاک بکر در این ترانسه، ۳۵ کانتکست شناسایی و ثبت شده‌اند. در عمق ۱۳۰ سانتیمتری ترانسه یک دیوار خشتی (کانتکست ۲۰۱۰) با ابعاد ۶۰×۲۰۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر نمایان گشت که با جهت شمال غربی - جنوب شرقی قسمت جنوبی ترانسه در بر گرفته بود و یک تنور (کانتکست ۲۰۱۳) نیز در کنار آن تعبیه شده بود. خشت‌های دیوار با ابعاد ۴۰×۳۵×۱۰ و ۳۰×۱۵×۱۰ سانتی‌متر در دو ردیف و ۴ رج ساخته شده‌اند. این خشت‌ها در دو بافت متفاوت بوده، به نحوی که یک نوع از خاک رس و شن و دیگری با درصد بالای خاک رس ساخته شده است (تصویر شماره ۱).



تصویر شماره (1)؛ دیوار خشتی ترانشه II به همراه نمونه سفال‌های به دست آمده و طرح برش آن

همچنین قسمتی از یک دیوار خشتی دیگر (کانتکست ۲۰۱۱) با ابعاد ۲۸×۸۳ سانتی‌متر و ضخامت ۲۸ سانتی‌متر در گوشه شمال غربی ترانشه مشخص گردید که به دیوار کانتکست قبلی وصل شده بود و در ارتباط با آن بود. در این ترانشه نیز ترکیب سفالها متشکل نخودی، خاکستری، قرمز و دود زده بوده سفال‌های بدست آمده از ترانشه II در مجموع ۶۹۴ قطعه است که به ۴ گروه قرمز (۱۲۷ قطعه)، نخودی (۳۰۶ قطعه)، خاکستری تیره و روشن (۱۸۹ قطعه) و دود زده (۷۲ قطعه) تقسیم می‌شوند. گفتنی است که از (کانتکست ۲۰۲۳) بر تعداد سفال‌های خاکستری رنگ و از (کانتکست ۲۰۳۱) تا خاک بکر بر نسبت سفال‌های منقوش نخودی و قرمز رنگ افزوده شده است؛ این در حالی است که در لایه‌های فوقانی تراکم بالای سفال‌های نخودی ساده بیشتر حاکم بوده است. این تراکم سفالی معنادار را گاهنگاری مطلق تایید کرده و نشان از آن دارد که در کنار آمارهای سفالی (ویژگی‌های فرم شناسی و ظاهری) می‌توان از گاهنگاری مطلق به عنوان یک شاخص و راهنما استفاده کرد و هر دو در کنار هم می‌تواند بستر گاهنگاری مطمئنی را ارائه دهد. از ترانشه فوق، هفت نمونه کربن ۱۴ ارائه شده البته به جز دو نمونه از (کانتکست ۲۰۲۰) و (کانتکست ۲۰۰۶) به دلیل ضریب خطایی بالا قابل اطمینان نبوده ولی باقی نمونه‌ها از پایین به بالا توالی ۶۰۰ ساله را از مفرغ جدید تا عصر آهن II را نشان می‌دهد. همچنان که در آمار سفالی ذکر شد از (کانتکست ۲۰۱۳) بر تعداد سفال‌های خاکستری رنگ افزوده

شده است که بر اساس تاریخ گذاری کربن ۱۴، زمان ۱۳۲۳ - ۱۴۸۸ ق.م را نشان می‌دهد که همانا آستانه عصر آهن یک بر اساس تاریخ گذاری سنتی عصر آهن I، دایسون (Dayson, 1965) و افق سفالی خاکستری غربی قدیم یانگ (Young, 1964) است. از این کانتکست به پایین تار روی خاک بکر بر سفال‌های منقوش (با نقش مشکی بر روی زمی‌نه نخودی یا سرخ رنگ و سفال‌های پلی کرم) افزوده می‌شود و در لایه آخر بر روی خاک بکر نمونه قالب بوده و کربن ۱۴ تاریخی برابر ۱۵۲۸ - ۱۷۳۸ ق.م را نشان می‌دهد که شاخصه اصلی مفرغ جدید سگزآباد را همی‌ن سفال‌ها همچنان که گفته شده و در این کاوش هم بدست آمده می‌دانیم.

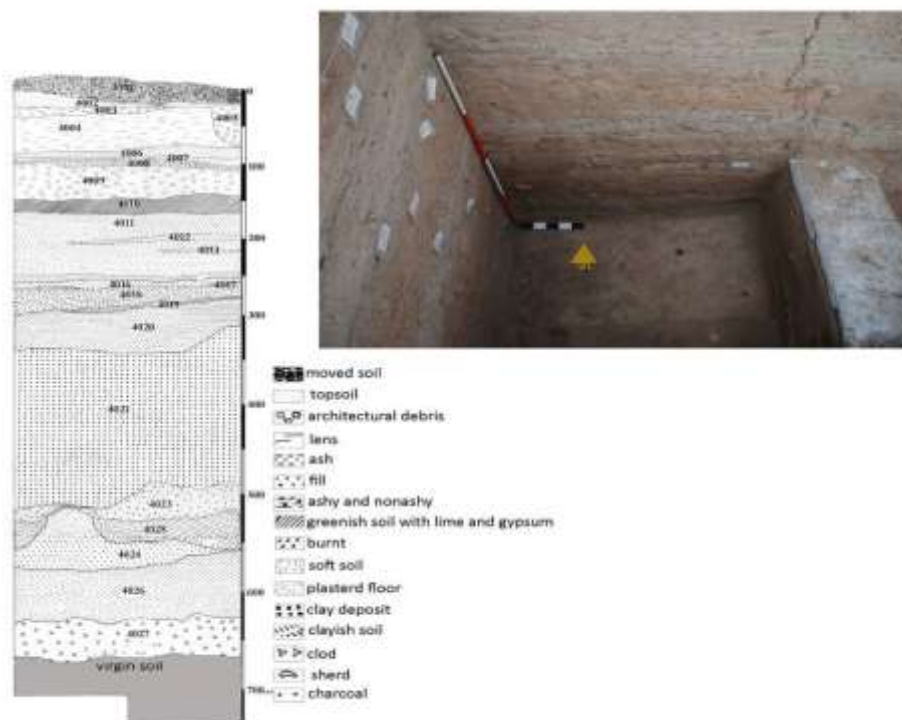


تصویر شماره (۲)؛ نمونه سفال‌های به دست آمده از لایه تحتانی ترانشه II (مفرغ جدید)

### ۳-۲. ترانشه IV

تا سال ۱۳۸۷ بخش جنوبی تپه سگزآباد مورد کاوش باستان‌شناسی قرار نگرفته بود و کاوش‌های صورت گرفته بیشتر در نیمه شمالی محوطه متمرکز شده بود. از طرف دیگر وسعت بالای تپه سگزآباد خود این فرض را پیش می‌آورد که ممکن است بخش‌های مختلف آن متفاوت از هم باشند. این عوامل باعث گردید که در بخش جنوبی تپه، ترانشه ای با ابعاد ۲×۲ متر و در محل برش ناشی از خاک برداری‌های قبلی ایجاد شود. عمق نهایی ترانشه پس از اتمام کاوش، ۷/۵ متر بود که البته در عمق ۲/۷۰ متری ابعاد آن به ۱×۲ و در عمق ۷/۲۳ متری به ۱×۱ کاهش یافت. لازم به ذکر است که به طور کلی ۲۷ کانتکست در این ترانشه شناسایی و ثبت شده است. لایه فوقانی ترانشه را خاک‌های انباشت شده گودالی که در نتیجه حفاری غیرمجاز در نزدیکی آن به وجود آمده بود، تشکیل داده است. از مهمترین شاخصه‌های ترانشه IV نمایان شدن یک کف گچ اندود (کانتکست ۴۰۱۵) به ابعاد ۱۷۰×۱۷۰ سانتی‌متر و ضخامت ۵ سانتی‌متر (به طور میانگین) بود. بر روی این کف آثاری از جای دو (سوراخ) یا تیرک به شکل تقریباً گرد با انتهای مخروطی شکل و عمق ۲۰ سانتی‌متر به دست آمده که با فاصله ۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر در ضلع شرقی ترانشه واقع شده بودند. همچنین یک کف گل اندود (کانتکست ۴۰۱۹) با ابعاد ۲×۱ متر و ضخامت ۵ سانتی‌متر نیز به دست آمد. لازم به ذکر است که هیچ بقایای معماری مانند دیوار در ارتباط با این کف‌ها مشاهده نشد. به طور کلی ۱۳۶۳ قطعه سفال از این ترانشه به دست آمده است که در چهار گروه عمده خاکستری روشن و تیره (۵۸۰ قطعه)، نخودی (۵۲۴)، قرمز (۱۶۷ قطعه) و دود زده (۹۲ قطعه)

قرار می‌گیرند. از لایه فوقانی تا عمق ۲ متری (کانتکست ۴۰۱۲) بیشترین درصد سفال مربوط به گروه خاکستری بوده در حالی که از این عمق به بعد نسبت سفال‌های نخودی در مقایسه با دیگر گروه‌ها بیشتر است اما شاید مهمترین دستاورد کاوش تپه سگزآباد را کشف سفال‌های نخودی منقوش و ساده ظریف در دو کانتکست تحتانی (۴۰۲۶ و ۴۰۲۷) دانست. این سفال‌های منقوش به رنگ مشکی بر زمینه نخودی قابل مقایسه با سفال‌های لایه‌های فوقانی سیلک ۳ و مطلق به مس و سنگ جدید است که پیش از این شناسایی نشده بود. بدین ترتیب باید گفت که تحتانی‌ترین لایه سگزآباد متعلق به مس و سنگ جدید است و بعد از آن تا دوران مفرغ جدید محوطه متروک بوده است. این درصد سفالی فوق در لایه‌ها با گاهنگاری مطلق تطابق داشته و در کنار هم معنادار است. همانطور که گفته شد لایه‌های فوقانی تا عمق ۲ متری (کانتکست ۴۰۱۲) بیشترین درصد سفالی مربوط به گروه خاکستری است که تاریخ‌گذاری مطلق برای آنها وجود دارد ۱۳۸۲-۱۲۰۱ ق.م است که همزمان با عصر آهن I است و از (کانتکست ۴۰۱۳) به بعد بیشتر درصد سفالی را سفال‌های نخودی ساده و منقوش دست‌ساز تشکیل می‌دهد که با تاریخ‌گذاری مطلق برای آنها است ۱۴۳۸-۱۶۰۷ ق.م است که همزمان با مفرغ جدید در منطقه است (فاضلی و همکاران، ۱۳۹۰). لازم به ذکر است تاریخ‌گذاری‌های مطلق انجام شده بر روی مفرغ جدید منطقه و عصر آهن یک در محوطه‌های دیگر از قبیل شیزر و پردیس نیز این تاریخ‌گذاری را تایید می‌کند و آستانه عصر آهن را می‌تواند از ۱۵۰۰ قبل از میلاد دانست و پیش از آن را مفرغ جدید با شاخص سفال‌های نخودی و سرخ رنگ منقوش و کرم دانست.



تصویر شماره (۳)؛ ترانشه IV و طرح برش آن



تصویر شماره (۴): نمونه سفال‌های به دست آمده از کانتکست ۴۰۰۴ (عصر آهن I)



تصویر شماره (۵)؛ سفال‌های به دست آمده از کانتکست ۴۰۲۴ ترانشه IV (مفرغ جدید)

#### ۴. روش پژوهش

به منظور مطالعات آزمایشگاهی و شناسایی ترکیب شیمیایی سفال‌های مکشوفه از محوطه سگرآباد، تعداد ۵۱ نمونه سفال از دوره‌های مختلف انتخاب شد. نمونه‌ها از دو ترانشه ۲ و ۴ تپه سگرآباد که در بالا به طور مختصر در مورد بستر گاهنگاری آنها اشاره شد، انتخاب گردید. شیوه‌ی گزینش بدین صورت بود که از هر کانتکست نمونه‌هایی که از نظر بافت و ظاهر متفاوت بودند انتخاب شدند، از ۱۳ کانتکست ترانشه ۲ تعداد ۲۵ نمونه که ۱۰ نمونه متعلق به عصر آهن و ۱۵ نمونه متعلق به عصر مفرغ بود گزینش شد و از ۹ کانتکست ترانشه ۴ تعداد ۲۶ نمونه که ۱۲ نمونه از عصر آهن و ۹ نمونه از عصر مفرغ و ۵ نمونه از عصر مس و سنگ انتخاب گردید. در مجموع نمونه‌ها شامل ۵ نمونه از دوره مس و سنگ، ۲۴ نمونه از عصر مفرغ و ۲۲ نمونه متعلق به عصر آهن بود.



سپس از هر قطعه سفال تکه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر جدا شده و با استفاده از سایش حدود ۳-۴ گرم نمونه پودر شده به دست آمد. از آنجایی که اکثر قطعات سفال دارای پوشش با لعاب گلی یا نقش بودند از ساختار داخلی سفال نمونه‌برداری شد تا ترکیبی یکنواخت و یکسان به دست آید. سپس از هر نمونه ۰/۵ گرم جهت انجام آنالیز تجزیه عنصری استفاده شد. برای آنالیز نمونه‌ها از روش پلاسمای جفت شده القایی همراه با طیف‌سنجی نشری<sup>۱</sup> (Price et al, 2012) (ICP-OES) کد آزمایشگاه ۳۸۵-۸۹ (در مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی استفاده شد).

در تحلیل آماری داده‌های این پژوهش از نرم افزار آماری *Mini Tab* استفاده شده است که هدف اصلی تحلیل آماری تعیین سطح معناداری تفاوت میان میزان عناصر مختلف در نمونه‌های مربوط به دو دوره مفرغ و آهن است. برای این کار بهترین روش آماری آزمون فرض میانگین برای جوامع آماری شامل نمونه‌های مربوط به دوره مفرغ و آهن است که به صورت دو به دو و با یکدیگر انجام می‌گیرد.

## ۵. نتایج و بحث

نتایج آنالیز نمونه‌های سفال در دو جدول (۱) و (۲) ارائه شده است. جدول (۱) نشان‌دهنده عناصر اصلی<sup>۲</sup> و فرعی<sup>۳</sup> بر حسب درصد وزنی و جدول (۲) بیانگر مقادیر اندازه‌گیری شده عناصر کمیاب<sup>۴</sup> بر حسب ppm است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از ترکیب نمونه‌ها را عنصر سیلیسیوم در بر گرفته است و عناصر آلومینیوم، کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم و سدیم دیگر عناصر اصلی شناسایی شده در ترکیب نمونه‌ها هستند. تیتانیوم، فسفر و منگنز نیز به عنوان عناصر فرعی در ترکیب اندازه‌گیری شده‌اند. بر اساس نتایج جدول (۱)، می‌توان دریافت که تفاوت آشکار تنها در چند نمونه و در میزان *Al* و *Ca* قابل مشاهده است و در حقیقت مقدار این عناصر در نمونه‌های مختلف متغیر است. در تعداد کمی از نمونه‌ها نیز میزان *Si* تاحدی با دیگر نمونه‌ها متفاوت بوده و حدود ۸۰ درصد وزنی شناسایی شده است. مقدار دیگر عناصر نسبتاً در نمونه‌های مختلف مشابه است.

<sup>1</sup> inductively coupled plasma optical emission spectrometry

<sup>2</sup> Major

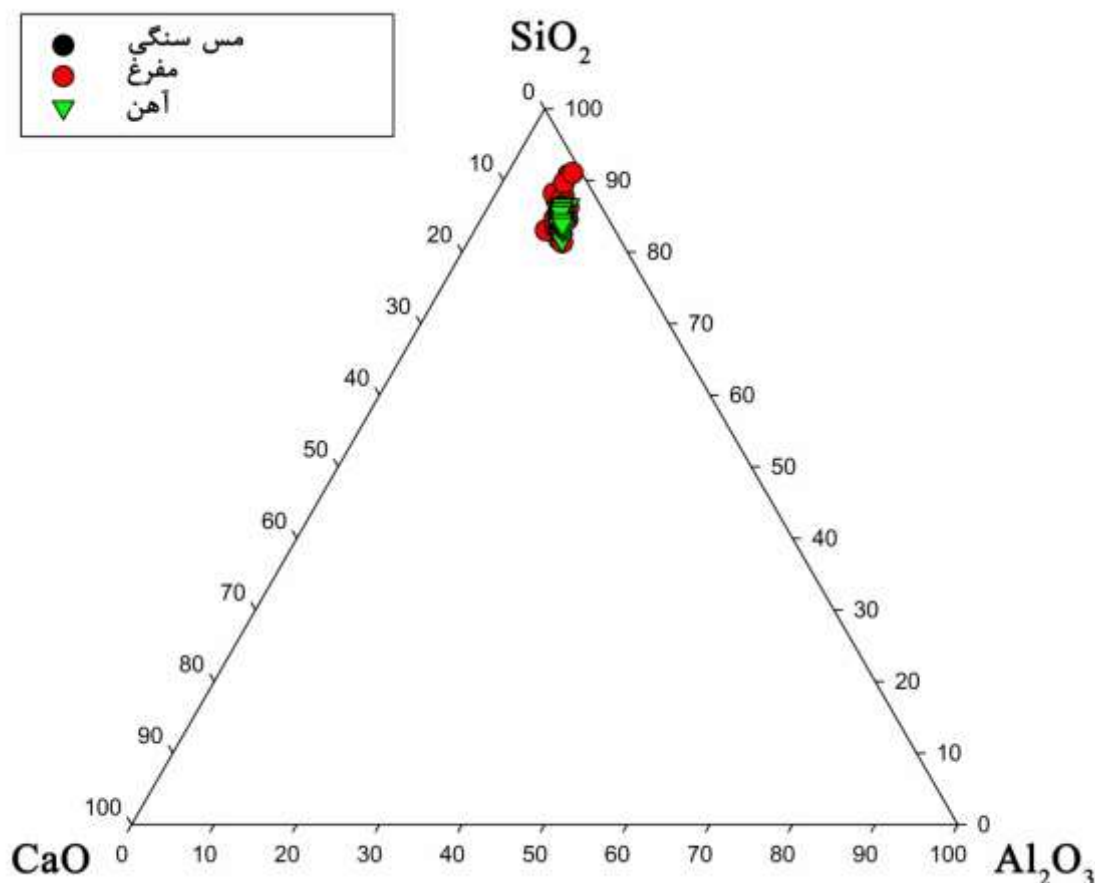
<sup>3</sup> Minor

<sup>4</sup> Trace

جدول (۱)؛ نتایج آنالیز نمونه‌های سفال بر اساس عناصر اصلی و فرعی بر حسب درصد وزنی

Age	Context	Number	Si	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti	P	Mn
Chalcolithic	4026	1241	69.57	10.33	8.60	4.88	3.02	1.51	1.26	0.38	0.13	0.12
Chalcolithic	4026	1251	71.98	9.79	7.05	4.55	3.10	1.48	1.28	0.37	0.11	0.10
Chalcolithic	4026	1271	72.87	9.36	6.02	4.85	2.85	1.85	1.36	0.39	0.16	0.12
Chalcolithic	4027	1362	72.47	9.14	7.65	4.37	2.95	1.38	1.23	0.36	0.19	0.10
Chalcolithic	4027	1361	72.01	9.37	7.78	4.34	3.10	1.37	1.27	0.35	0.14	0.10
Bronze	2023	555	75.73	8.29	5.05	4.26	3.44	1.19	1.15	0.36	0.27	0.09
Bronze	2023	466	68.70	10.36	9.47	4.91	3.06	1.51	1.09	0.39	0.20	0.11
Bronze	2023	551	73.59	9.43	5.22	4.92	3.08	1.91	1.13	0.38	0.11	0.06
Bronze	2023	566	70.17	9.71	7.10	5.36	3.25	2.11	1.50	0.40	0.12	0.09
Bronze	2024	527/582	76.22	6.89	6.34	3.78	2.26	1.93	1.94	0.31	0.11	0.07
Bronze	2025	553	80.11	7.49	2.33	4.06	2.43	1.33	1.53	0.38	0.18	0.04
Bronze	2025	564	75.05	8.12	5.74	4.50	2.75	1.57	1.56	0.38	0.11	0.08
Bronze	2027	637	78.16	7.42	3.75	4.17	2.93	1.44	1.42	0.36	0.12	0.07
Bronze	2027	633	73.72	8.48	6.95	4.46	2.81	1.64	1.15	0.37	0.15	0.09
Bronze	2027	636	80.71	7.88	1.53	4.64	2.09	1.13	1.35	0.47	0.06	0.02
Bronze	2027	606	71.77	10.09	6.44	4.86	3.19	1.60	1.20	0.41	0.15	0.11
Bronze	2031	665	70.14	8.28	10.77	4.30	2.36	1.80	1.46	0.37	0.21	0.09
Bronze	2031	664	74.63	8.56	6.37	4.22	3.00	1.23	1.29	0.34	0.09	0.09
Bronze	2032	676	71.42	9.41	7.46	4.68	3.49	1.54	1.23	0.37	0.11	0.11
Bronze	2033	688	70.81	9.20	9.08	4.59	2.80	1.47	1.27	0.36	0.14	0.11
Bronze	4021	1050	72.04	8.55	8.45	4.08	3.03	1.55	1.49	0.33	0.22	0.07
Bronze	4021	1013	70.58	9.84	8.72	4.62	2.51	1.57	1.35	0.37	0.15	0.10
Bronze	4021	994	72.36	9.71	6.95	4.51	3.16	1.29	1.27	0.33	0.18	0.09
Bronze	4021	499	68.51	10.94	9.26	5.13	2.05	1.63	1.67	0.40	0.10	0.11
Bronze	4022	1077	72.52	9.17	7.11	4.46	3.22	1.41	1.32	0.37	0.15	0.10
Bronze	4022	1078	73.42	8.79	6.87	4.40	2.87	1.58	1.37	0.35	0.10	0.08
Bronze	4024	1151	70.63	10.04	8.47	4.67	2.16	1.55	1.71	0.37	0.12	0.10
Bronze	4024	1225	73.38	8.84	6.00	4.72	3.02	1.63	1.49	0.40	0.23	0.09
Bronze	4024	1237	72.54	9.30	6.80	4.61	3.19	1.54	1.21	0.38	0.16	0.10
Iron	2005	98	73.95	8.26	7.24	4.28	2.84	1.41	1.21	0.37	0.17	0.07
Iron	2005	93	71.14	9.70	7.47	4.73	2.96	1.85	1.28	0.38	0.17	0.11
Iron	2007	128	73.99	8.52	6.73	4.28	3.30	1.30	1.09	0.35	0.17	0.09
Iron	2008	156	73.75	9.27	4.96	5.38	2.77	1.57	1.45	0.41	0.18	0.09
Iron	2008	127	71.64	9.24	8.19	4.47	3.09	1.34	1.26	0.35	0.14	0.09
Iron	2008	192	73.38	8.94	7.08	4.41	3.01	1.28	1.15	0.35	0.12	0.10
Iron	2008	201	71.02	9.44	8.50	4.44	3.22	1.24	1.21	0.35	0.29	0.09
Iron	2011	399	72.44	9.06	7.72	4.34	3.21	1.30	1.15	0.35	0.17	0.09
Iron	2016	302	68.83	10.73	9.12	4.92	2.15	1.70	1.76	0.40	0.09	0.11
Iron	2016	262	73.18	8.99	6.41	4.56	3.15	1.38	1.52	0.41	0.13	0.09
Iron	4004	269	71.69	9.46	7.79	4.47	3.12	1.39	1.32	0.36	0.12	0.10
Iron	4004	315	74.09	8.62	6.73	4.17	2.96	1.29	1.42	0.34	0.12	0.09
Iron	4009	475	70.73	9.44	8.31	4.71	3.14	1.48	1.29	0.38	0.24	0.09
Iron	4009	467	73.71	8.61	5.98	4.50	2.83	1.84	1.76	0.37	0.13	0.07
Iron	4009	464	73.38	8.81	6.38	4.53	3.30	1.48	1.29	0.37	0.21	0.09
Iron	4009	488	72.23	9.15	7.41	4.33	3.07	1.60	1.36	0.35	0.23	0.10
Iron	4010	507	73.03	8.85	6.90	4.65	2.94	1.40	1.35	0.37	0.23	0.10
Iron	4010	511	70.12	10.16	8.02	4.60	3.34	1.66	1.27	0.39	0.15	0.10
Iron	4011	811	71.78	9.47	7.40	4.50	3.37	1.47	1.19	0.37	0.17	0.11
Iron	4011	664	70.52	10.40	7.40	4.85	3.02	1.56	1.43	0.39	0.13	0.11
Iron	4011	658	70.38	10.01	7.49	4.81	3.00	1.91	1.54	0.40	0.13	0.12
Iron	4011	807	71.14	9.76	7.66	4.61	2.41	1.60	1.94	0.36	0.23	0.10

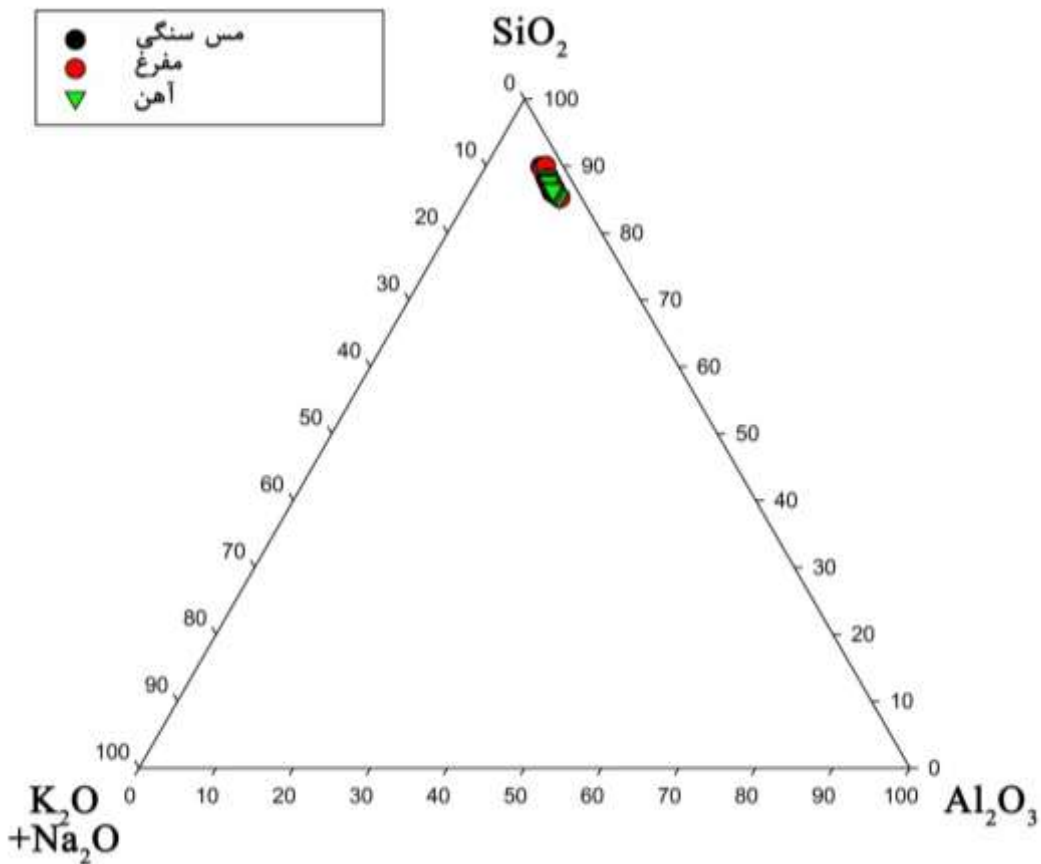
تصویر شماره ۶ نمودار سه وجهی ترکیب نمونه‌ها در سیستم  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  (CAS) را بر اساس میزان اکسیدی عناصر اندازه‌گیری شده در سفال‌های هر سه دوره نمایش می‌دهد (Pollard et al, 1996). بر اساس تصویر شماره ۶ می‌توان مشاهده نمود که ترکیب سفال‌های هر سه دوره مس و سنگ، مفرغ و آهن از نظر ترکیب با یکدیگر مشابه هستند و تفاوت آشکاری در مواد عناصر اصلی تشکیل‌دهنده نمونه‌ها وجود ندارد. البته تنوع نمونه‌های عصر مفرغ نسبت به دو دوره دیگر تا حدی بیشتر است اما نمی‌توان آنها را بعنوان سفال‌هایی با ترکیب متفاوت مورد نظر قرار داد. از سوی دیگر، بر اساس نمودار سه وجهی CAS می‌توان بیان نمود که همگی نمونه‌های مورد مطالعه از نوع سفال‌های غنی از کلسیم هستند و میزان Ca بطور کلی در همه سفال‌های آزمایش شده چشمگیر است (تصویر شماره ۶ و ۷). در حقیقت می‌توان بیان نمود که مقدار زیاد سیلیسیوم و آلومینیوم می‌تواند مرتبط با ترکیبات رس و کوارتز موجود در خاک اولیه باشد در حالیکه میزان کلسیم بستگی به ترکیبات کربناتی موجود در خاک یا ترکیباتی دارد که ممکن است به خاک مورد استفاده جهت سفالگری اضافه شده باشند (Eramo et al, 2004).



تصویر شماره ۶: نمودار سه‌وجهی بر اساس سیستم  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  بر اساس نتایج آنالیز نمونه‌های سفال سه دوره در سگزآباد

تصویر شماره ۷ نیز نمودار سه‌وجهی سیستم  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  را نمایش می‌دهد. (Pollard et al, 1996). نکته جالب توجه این است که ترکیب نمونه‌های هر سه دوره در این سیستم کاملاً با یکدیگر مشابهت دارد و هیچگونه تفاوت بارزی در ترکیب نمونه‌ها دیده نمی‌شود.

بر اساس نمودارهای سه‌وجهی ارائه شده در تصاویر شماره ۶ و ۷ می‌توان بیان نمود که نمونه‌های مورد مطالعه در حقیقت دارای ترکیب اصلی مشابه هستند و نمی‌توان این نمونه‌ها را بر اساس دوره‌ای که متعلق به آن هستند، متفاوت در نظر گرفت. ترکیب اصلی نمونه‌ها بیانگر میزان بسیار بالای ترکیبات حاوی سیلیسیوم است. مقدار ترکیبات کربناتی افزوده شده به خاک در نمونه‌های عصر مفرغ نسبت به دیگر نمونه‌ها چشمگیر است که می‌تواند به دلیل افزودن این تفاوت باشد.



تصویر شماره ۷: نمودار سه‌وجهی بر اساس سیستم  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  بر اساس نتایج آنالیز نمونه‌های سفال سه دوره در سگزآباد

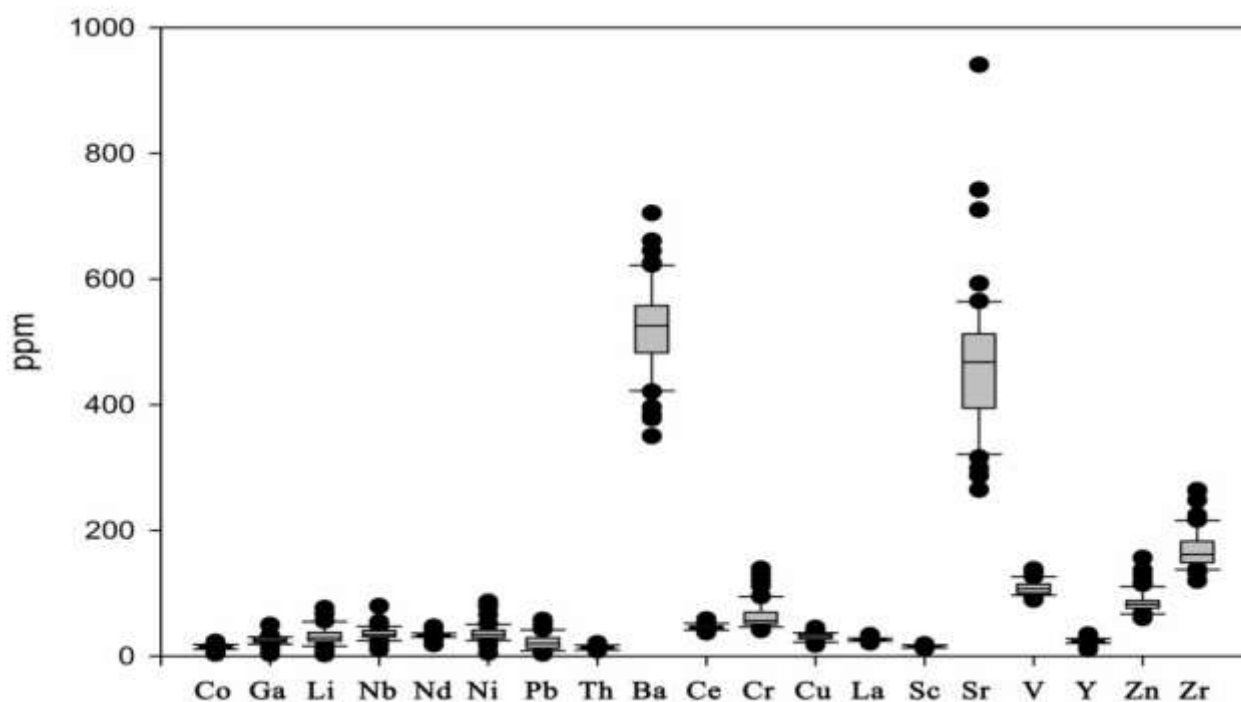
جدول (۲) : نتایج آنالیز نمونه‌های سفال بر اساس عناصر کمیاب بر حسب ppm

Age	Context	Number	Co	Ga	Li	Nb	Nd	Ni	Pb	Th	Ba	Ce	Cr	Cu	La	Sc	Sr	V	Y	Zn	Zr
Chalcolithic	4026	1241	18.3	32.1	37.9	38.5	35.9	41.2	33.5	13.2	58.9	46.8	64.5	36.9	26.5	16.5	51.2	10.7	25.2	86.7	17.7
Chalcolithic	4026	1251	14.3	24.1	24.2	30.8	33.3	30.5	12.0	12.1	56.6	49.6	54.8	35.9	26.0	15.6	40.6	10.5	24.7	82.7	16.0
Chalcolithic	4026	1271	17.0	23.6	45.1	45.7	32.1	66.1	21.0	15.2	45.6	53.6	13.9	30.2	29.8	15.5	40.8	13.1	26.1	84.1	18.3
Chalcolithic	4027	1362	17.0	29.0	32.5	40.7	35.3	36.5	38.5	14.3	53.2	44.1	54.9	24.8	25.1	14.8	47.4	10.7	24.8	76.7	18.2
Chalcolithic	4027	1361	17.8	26.7	30.5	40.4	37.0	36.2	57.5	13.7	52.4	44.4	56.1	26.2	25.6	14.8	47.7	10.7	23.7	77.7	15.8
Bronze	2023	555	12.0	23.1	15.9	26.3	32.4	27.8	16.3	8.7	9.3	51.8	41.8	56.6	24.0	13.7	43.2	9.2	20.6	68.6	13.7
Bronze	2023	466	18.3	29.8	33.2	44.8	35.8	34.5	32.9	17.5	55.8	48.4	59.7	34.0	26.6	16.8	56.5	13.4	25.7	11.5	17.8
Bronze	2023	551	10.9	21.3	23.0	26.8	32.9	32.9	13.7	10.3	51.5	47.1	86.8	41.2	26.2	19.6	31.5	11.7	22.7	11.8	12.0
Bronze	2023	566	22.5	32.5	67.5	54.1	37.5	86.5	49.9	14.3	39.6	52.6	12.1	25.5	29.2	17.7	35.9	12.0	26.0	94.2	18.6
Bronze	2024	527/582	15.8	22.6	56.4	43.8	30.9	47.9	19.4	11.7	38.5	37.5	52.9	22.6	21.5	12.2	51.3	89.2	20.5	73.5	13.3
Bronze	2025	553	8.9	11.4	6.3	21.0	24.3	25.7	10.6	13.3	42.1	51.2	11.2	17.9	25.3	12.0	28.9	11.2	14.7	75.7	14.6
Bronze	2025	564	13.2	19.2	26.9	28.4	31.7	43.0	8.8	12.8	46.9	46.3	84.2	35.1	28.6	14.6	28.7	10.2	25.5	80.9	13.4
Bronze	2027	637	9.0	13.8	11.2	18.6	25.5	21.4	7.9	10.0	62.6	44.1	48.6	35.8	24.8	13.1	29.9	10.0	20.8	19.8	14.0
Bronze	2027	633	15.2	22.5	44.2	34.9	32.8	41.0	17.5	11.8	46.8	45.3	69.7	27.9	25.5	14.2	52.8	10.4	22.9	82.2	16.2
Bronze	2027	636	4.0	3.4	2.8	10.6	18.7	4.9	3.9	11.9	37.8	53.4	13.0	18.0	26.5	13.0	26.5	12.7	10.8	60.6	14.9
Bronze	2027	606	15.1	28.3	27.8	34.8	33.8	39.0	19.1	14.3	55.3	49.0	57.2	34.6	26.5	16.5	47.2	10.9	24.1	66.9	17.6
Bronze	2031	665	18.5	49.6	32.7	79.7	46.6	78.6	24.6	18.2	42.0	44.0	94.2	29.8	25.3	13.9	94.1	10.8	25.2	62.5	18.5
Bronze	2031	664	14.8	21.8	17.6	30.6	33.4	32.4	44.1	10.7	50.0	40.9	45.2	34.8	23.2	14.0	37.9	99.0	22.2	81.8	15.8
Bronze	2032	676	16.8	26.8	33.0	35.8	34.0	38.9	29.3	11.5	51.0	45.0	63.6	18.6	25.5	15.5	53.9	11.4	24.1	82.5	16.8
Bronze	2033	688	15.1	26.2	56.6	31.8	34.3	31.2	22.0	13.0	52.6	45.7	48.1	32.1	26.0	15.1	53.4	98.0	25.6	95.6	17.8
Bronze	4021	1050	19.3	24.4	41.4	34.3	32.0	42.1	20.9	9.9	48.3	40.1	72.9	19.5	23.6	12.6	52.0	91.8	21.5	78.2	17.2
Bronze	4021	1013	12.5	24.2	26.4	30.9	31.8	28.1	12.3	13.5	54.7	45.4	54.6	34.2	25.8	15.9	47.5	10.9	28.1	84.6	19.9
Bronze	4021	994	14.0	22.7	19.5	31.4	30.2	27.5	11.5	11.9	50.3	42.3	53.7	36.9	24.0	14.7	43.5	10.3	21.1	86.8	15.4
Bronze	4021	499	13.2	25.9	28.0	29.7	33.3	23.3	4.0	19.3	55.5	50.5	65.7	27.4	27.8	17.8	47.6	13.0	29.0	89.2	22.4
Bronze	4022	1077	13.8	22.3	24.6	30.6	31.3	28.8	26.2	11.4	55.5	42.2	57.8	31.7	24.6	15.0	38.7	10.4	21.4	77.2	13.8
Bronze	4022	1078	14.0	22.0	27.1	30.3	31.8	43.2	14.7	12.1	53.1	44.3	74.3	31.5	25.7	14.3	43.4	90.5	23.1	72.9	15.0
Bronze	4024	1151	11.4	20.0	23.6	21.7	30.3	26.7	4.5	12.5	55.1	46.8	47.1	26.8	26.2	16.1	43.4	11.7	28.0	63.1	21.3
Bronze	4024	1225	17.9	26.3	50.6	43.7	33.8	40.3	12.0	20.1	45.6	49.0	80.9	22.9	27.9	14.7	74.2	11.3	22.7	65.2	15.4
Bronze	4024	1237	16.7	30.0	35.6	37.6	33.5	42.8	26.9	10.9	53.2	43.3	56.7	35.9	24.7	16.3	39.9	11.0	22.0	72.8	14.5

جدول (۲) : نتایج آنالیز نمونه‌های سفال بر اساس عناصر کمیاب بر حسب ppm

Age	Content	Number	Co	Ga	Li	Nb	Nd	Ni	Pb	Th	Ba	Ce	Cr	Cu	La	Sc	Sr	V	Y	Zn	Zr
Iron	2005	98	12.8	18.8	29.5	32.3	34.7	36.7	24.5	9.9	57.3	46.2	62.8	30.8	26.8	13.8	59.3	116	23.2	83.4	14.4
Iron	2005	93	15.5	30.5	34.9	45.2	35.0	38.7	16.0	12.3	62.3	46.2	53.3	35.5	25.4	15.7	53.5	111	25.2	93.1	17.7
Iron	2007	128	15.0	26.9	25.6	32.3	34.6	34.7	19.9	12.8	50.9	41.4	44.8	31.3	23.7	14.3	39.4	93.2	20.8	69.4	14.2
Iron	2008	156	19.8	26.1	15.9	48.3	31.7	16.8	17.5	17.9	35.9	43.9	41.9	34.8	23.9	18.4	37.2	137	32.1	84.0	24.8
Iron	2008	127	16.2	27.7	33.5	36.0	35.3	32.5	27.1	10.3	53.9	42.7	49.3	31.0	24.6	14.7	48.2	106	25.0	90.7	19.0
Iron	2008	192	14.3	23.0	23.7	27.7	31.6	29.6	18.6	10.4	55.8	45.0	76.9	36.0	26.5	14.6	44.2	98.0	23.4	127.9	15.3
Iron	2008	201	15.3	29.2	29.1	41.9	35.6	28.8	48.8	13.6	51.9	44.1	57.8	27.9	25.8	14.9	56.1	124	23.9	84.3	17.9
Iron	2011	399	14.1	24.3	23.1	31.3	33.5	30.7	22.7	9.0	53.7	41.9	60.5	44.9	24.3	14.3	45.1	100	22.7	78.0	16.2
Iron	2016	302	10.6	23.9	27.7	24.2	30.2	27.0	5.7	10.0	58.7	49.1	56.5	34.9	26.5	16.9	47.5	118	28.0	88.5	21.7
Iron	2016	262	14.4	22.7	26.0	30.7	36.2	30.4	10.1	13.7	70.5	58.5	46.1	28.6	33.0	14.5	41.4	100	24.3	80.5	15.6
Iron	4004	269	17.2	29.4	32.1	40.1	35.1	41.8	43.5	12.0	55.3	42.8	46.3	35.8	24.6	15.2	46.2	107	22.9	76.7	15.7
Iron	4004	315	14.5	21.5	21.9	31.0	34.8	30.0	38.2	9.7	48.2	41.9	51.5	22.7	24.0	13.7	38.0	98.5	21.9	88.1	14.9
Iron	4009	475	14.6	25.1	26.7	39.7	34.2	31.9	22.6	11.0	55.6	44.0	56.3	33.5	25.3	14.9	49.8	114	24.0	87.5	18.8
Iron	4009	467	17.5	25.0	67.5	44.1	34.6	52.2	31.0	10.3	45.6	43.9	58.1	27.5	25.8	14.7	71.0	107	24.3	90.7	18.3
Iron	4009	464	13.1	21.8	43.8	35.8	33.2	25.0	13.9	15.3	50.7	42.7	49.4	31.6	24.4	15.5	34.3	112	21.8	81.5	13.9
Iron	4009	488	13.7	23.7	44.3	39.3	32.3	27.2	15.2	15.0	50.3	42.4	51.9	30.7	24.1	15.5	46.5	103	24.2	89.1	16.2
Iron	4010	507	18.2	29.0	34.4	49.7	34.7	40.7	33.3	16.8	66.1	44.4	49.8	33.1	25.5	14.7	46.8	106	23.2	83.4	14.5
Iron	4010	511	19.1	27.7	76.0	52.9	33.3	51.3	23.2	15.2	48.9	46.9	70.2	29.4	26.6	16.6	55.0	119	25.3	88.2	18.7
Iron	4011	811	18.0	28.3	35.9	38.1	36.8	46.0	36.0	11.0	50.8	45.2	55.1	39.3	25.4	15.2	48.5	112	23.8	86.5	17.4
Iron	4011	664	15.1	29.1	26.4	32.9	36.4	39.4	24.8	11.7	61.9	48.2	61.9	38.6	26.7	17.1	49.4	98.3	26.6	78.1	26.4
Iron	4011	658	14.1	21.2	17.1	31.4	32.2	34.2	16.4	16.5	64.5	52.8	95.3	27.6	29.4	17.6	39.5	115	33.9	156	26.3
Iron	4011	807	16.6	31.2	39.8	39.4	35.7	37.0	9.7	14.4	51.5	44.1	46.7	29.7	25.3	16.3	47.3	106	25.1	137	16.6

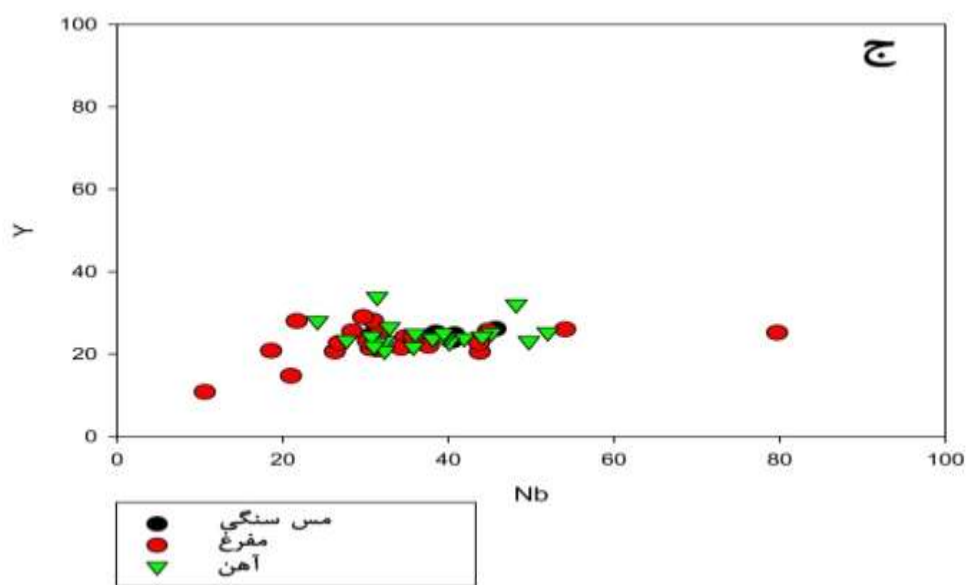
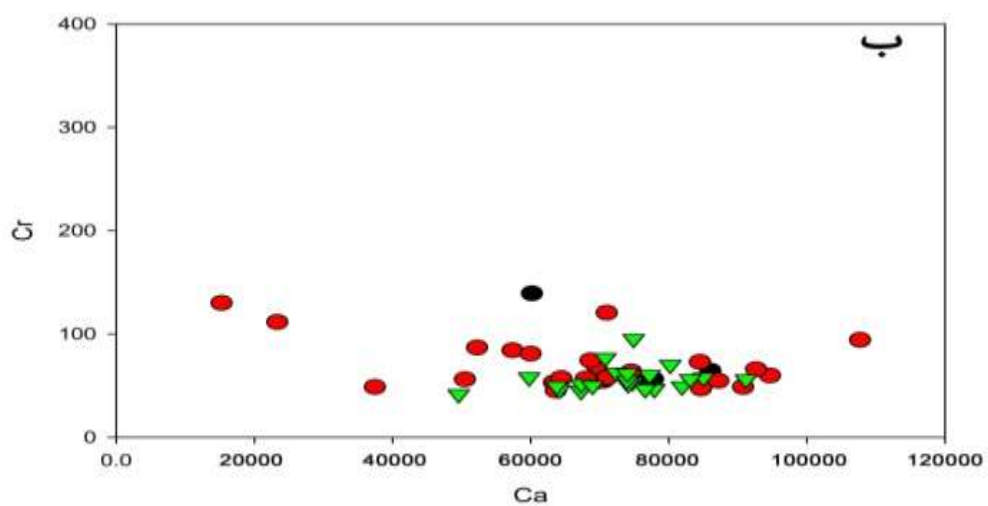
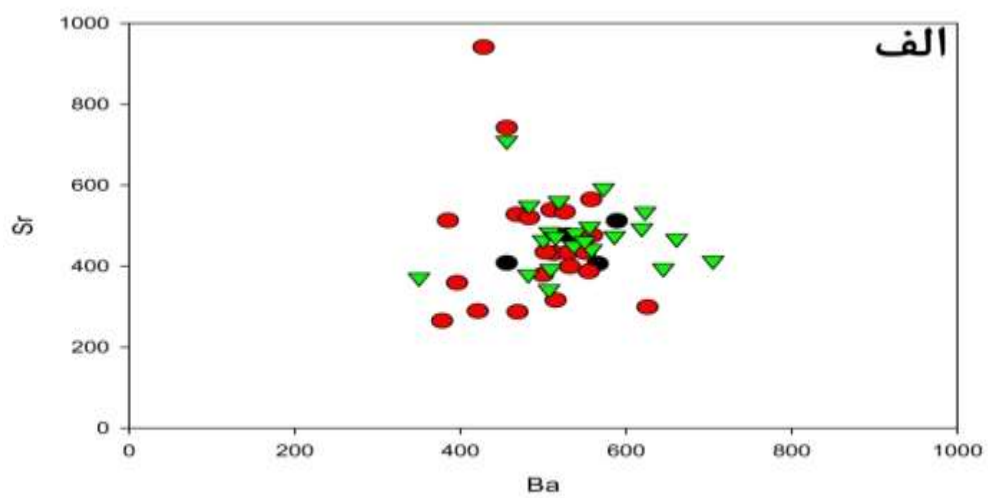
عناصر کمیاب شناسایی شده در ترکیب نمونه‌ها نیز تا حد زیادی مشابهت ترکیب نمونه‌ها را به نمایش می‌گذارند. تصویر شماره (۸)، نمودار جعبه‌ای نتایج آنالیز عناصر کمیاب در نمونه‌ها سفال را نمایش می‌دهد. بر اساس نمودار می‌توان بیان نمود که بیشتر عناصر در ترکیب نمونه‌ها به مقدار مشابه اندازه‌گیری شده‌اند و تنها در دو مورد اختلاف آشکاری در میزان عناصر در نمونه‌ها دیده می‌شود که شامل عناصر *Ba* و *Sr* است. البته میزان روی و کروم نیز تاحدی در ترکیب نمونه‌ها متغیر است. نکته جالب توجه میزان کم اندازه‌گیری شده دیگر عناصر در ترکیب است که در اکثر موارد کمتر از  $200 \text{ ppm}$  شناسایی شده است.



تصویر شماره ۸؛ نمودار جعبه ای بر اساس میزان عناصر کمیاب اندازه‌گیری شده در کلیه نمونه‌های سفال سه دوره در سگزآباد.

به منظور مقایسه ترکیب نمونه‌ها بر اساس میزان عناصر کمیاب، مقایسه بین ترکیب نمونه‌های دوره‌های مختلف بر اساس میزان برخی عناصر و مقایسه آنها با یکدیگر انجام شد. این مقایسه بر اساس میزان دو عنصر کمیاب متغیر موجود در نمونه‌ها شامل *Ba* و *Sr* بر اساس نمودارهای ارائه شده در تصویر شماره ۹، میزان نسبت به *Ca* (Stoner, 2016) و همچنین نسبت میزان *Nb* به *Y* (McCormick et al, 2014) انجام شد. نتایج در تصویر شماره ۹ ارائه شده است.

تصویر شماره ۹؛ نمودار پراکندگی میزان عناصر کمیاب در نمونه‌های هر سه دوره بر حسب  $\text{ppm}$  الف- مقایسه میزان *Ba* به *Sr*، ب- مقایسه میزان *Ca* به *Cr* و ج- مقایسه میزان *Nb* به *Y*. در هر سه مورد پراکندگی نقاط در نمونه‌های عصر مفرغ به نمونه‌های دو دوره دیگر گسترده‌تر است.





تصویر (۹-الف) نشان‌دهنده مقایسه میزان  $Ba$  به  $Sr$  در نمونه‌های هر سه دوره است. بر اساس منحنی می‌توان دریافت که رابطه مشخصی بین این عناصر در ترکیب نمونه‌ها وجود ندارد و با تغییر میزان یک عنصر تغییر مشخصی در عنصر دیگر بوجود نمی‌آید. البته باید خاطر نشان نمود که در اکثر نمونه‌ها میزان این عناصر نسبتاً مشابه است و تنها در برخی نمونه‌ها این نسبت و میزان بطرز چشمگیری متفاوت است. این تفاوت به خصوص در نمونه‌های عصر مفرغ به خوبی قابل مشاهده است.

تصویر (۹-ب) نمودار پراکندگی بر اساس میزان کلسیم و کرم را در نمونه‌ها نمایش می‌دهد. بر اساس نمودار می‌توان مشاهده نمود که با تغییر میزان کلسیم، مقدار کرم تغییر خاصی ندارد و در حقیقت رابطه ای میان این دو عنصر قابل مشاهده نیست. این را می‌توان به دلیل افزایش تعدی ترکیبات کربناتی یا به علت وجود میزان بالای کربنات در خاک به عنوان ترکیبی اصلی دانست. در حقیقت، مقدار بالای کلسیم و تغییرات آن را نمی‌توان به عنوان یک عامل اصلی در شناسایی منشاء نمونه‌ها مورد نظر قرار داد. نکته جالب توجه در این نمودار نیز تفاوت شاخص در میزان کلسیم در نمونه‌های عصر مفرغ است که می‌تواند به دلیل تفاوت در منبع خاک استفاده شده یا افزودن تعدی ترکیب کربنات کلسیم به خاک باشد.

تصویر (۹-ج) نشان می‌دهد که با افزایش میزان  $Nb$  در ترکیب، میزان  $Y$  نیز تاحدی افزایش می‌یابد. تراکب نقاط تقریباً بیانگر مشابهت ترکیب نمونه‌ها بر اساس دو عنصر مقایسه شده است. با این حال، در برخی از نمونه‌های متعلق به عصر مفرغ تفاوت چشمگیری قابل مشاهده است.

## ۶. نتیجه گیری

مطالعات آزمایشگاهی بر روی شناسایی ترکیب شیمیایی ۵۱ نمونه از سفال‌های به دست آمده از محوطه پیش از تاریخ سگزآباد متعلق به دوره کالکولیتیک، عصر مفرغ و عصر آهن با استفاده از آنالیز عنصری  $ICP-OES$  نشان داد که عناصر اصلی موجود در ترکیب کلیه نمونه‌ها به ترتیب شامل عناصر سیلیسیوم، آلومینیوم و کلسیم است. عناصر دیگر مانند پتاسیم، سدیم، آهن و منیزیم نیز در همه نمونه‌ها به عنوان عناصر اصلی و البته به میزان کمتر از عناصر ذکر شده شناسایی شده‌اند. ترکیب اصلی نمونه‌ها به خوبی نشان می‌دهد که تنها میزان کلسیم موجود در نمونه‌های هر سه دوره متغیر است و بر اساس دیگر عناصر، ترکیب نمونه‌ها تا حد زیادی مشابه است. این امر به خصوص در نمونه‌های عصر مفرغ به خوبی آشکار است. میزان عناصر کمیاب نیز در نمونه‌های عصر مفرغ نسبت به نمونه‌های دو دوره دیگر تا حدی متغیر است. در حقیقت، ترکیب نمونه‌ها در کل با یکدیگر مشابه است و تنها در نمونه‌های عصر مفرغ میزان عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در برخی نمونه‌ها تفاوت نسبتاً آشکاری را به نمایش می‌گذارد. با توجه به اینکه این تفاوت هم در عناصر اصلی (کلسیم) و هم در عناصر کمیاب و فرعی قابل مشاهده است، می‌توان بیان نمود که احتمالاً منبع خاک استفاده شده در عصر مفرغ متفاوت بوده و یا از مواد افزودنی به عنوان گدازآور جهت تغییر در کیفیت خاک، استفاده شده است. با توجه به اینکه تفاوت موجود در ترکیب اصلی نمونه‌ها تنها در میزان کلسیم قابل توجه است، به نظر نمی‌رسد که سفال‌های عصر مفرغ اشیاء وارداتی از نقطه‌ای دیگر باشند، هر چند احتمال اینکه برخی نمونه‌ها را بتوان به عنوان نمونه‌های وارداتی مورد توجه قرار داد، امکان پذیر است. شناخت کامل ماهیت سفالگری در محوطه

سگزآباد در دوره‌های مختلف، نیازمند تلفیق روش‌های آزمایشگاهی مختلف مانند روش‌های میکروسکوپی و شناسایی فازی است که می‌تواند به عنوان قدم بعدی در این پژوهش مورد توجه قرار گیرد. مقایسه کلیه نمودارها نشان می‌دهد که طبق فرضیه در نظر گرفته شده کلیه سفال‌ها تولید محلی بوده و از خاک همان منطقه در اعصار مختلف برای ساخت سفال استفاده شده است. بنابراین اگر تفاوت‌ها در دوره مس و سنگ نسبت به دوره مفرغ و آهن معنادار است این تفاوت‌ها در فن سفالگری هزاره‌های دوم و اول سگزآباد مشاهده نمی‌شود. به نظر می‌رسد که گذار از تولید سفال‌های عصر مفرغ و آهن ناشی از تغییرات تکنولوژیکی است تا تولید سفالی با ترکیبات خاک جدید و می‌توان ادعان داشت تکنولوژی سفال‌گری در این دو دوره از سازماندهی خاصی برخوردار بوده و از تولید خانگی فراتر رفته است. فرآیند انتقال از عصر مفرغ به عصر آهن را می‌توان این گونه تفسیر نمود که یک تغییر ملایم و کند ناشی از تحولات تکنولوژیکی ناشی از تخصصی شدن تولید به وقوع پیوسته و تغییرات فرهنگی یا آمدن قومی جدید و تغییر تکنولوژی تولید توسط آنان وجود نداشته است.

### منابع

- سرلک، سیامک و عقیلی، شیرین، ۱۳۸۳، «گزارش لایه نگاری محوطه قلی درویش جمکران - قم»، گزارش‌های باستان‌شناسی ۳: ۹۶-۵۹.
- فاضلی نشلی، حسن، ۱۳۸۵، باستان‌شناسی دشت قزوین، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- فاضلی نشلی، حسن و نقشینه، امیرصادق، «قبرهای عصر آهن تپه قبرستان»، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۲۱-۱۴۸.
- فاضلی نشلی، حسن و همکاران، ۱۳۹۰، «گاهنگاری مطلق و نسبی تپه سگزآباد، دشت قزوین»، مجله مطالعات باستان‌شناسی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، شماره ۳.
- ملک شهیمی‌رزادی، صادق، ۱۳۵۶، «گزارش مقدماتی فصل اول و دوم حفاری سگزآباد (سال‌های ۱۳۴۹ و ۱۳۵۰)» مارلیک، شماره ۲، صفحه ۸۱-۹۸.
- نقشینه، امیر صادق، ۱۳۷۵، مطالعه سفال‌های خاکستری در تپه سگزآباد دشت قزوین و رابطه آن با مهاجرت اقوام آریایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس
- Dyson, Jr. R. H., 1965, "Problems of Protohistoric Iran as Seen from Hasanlu", Journal of Near Eastern Studies, 24: 193-217.*
- Eramo, G., Laviano, R., Muntoni, I. M., Volpe, G., 2004, Late Roman cooking pottery from the Tavoliere area (Southern Italy): raw materials and technological aspects, Journal of Cultural Heritage, 5, pp: 157-165.*
- Mousavi, A., 2005, Commnt on the Early Iron age in Iran. Iranica Antiqua vol xl, pp:87-99.*
- Muscarella, O. W., 1988, Bronze and Iron, New York: MMA.*
- Talai, H., 1984, "Note on Bronze Artifacts at Sagzabad in Qazvin Plain, Iran, Circa 1400 B.C., Iranica Antiqua, Vol. 19, pp. 31-4.*
- Young, T.C. Jr, 1965 "A Comparative Ceramic Chronology for Western Iron 500-1500 B.C.", Iran, No.3:53-83*