پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
شماره ۲۲، دوره نهم، پاییز ۱۳۹۸
P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500

قوم‌باستان‌شناسی و تحلیل کوره‌های سفال‌پزی تپه‌ی دشت[۱]

ناهید مرادقلی[I]، مهدی مرتضوی[II]، مهدی شفیعی‌آفارانی[III]

شناسه‌ی دیجیتال (DOI): 10.22084/nbsh.2019.17210.1803
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۱
(از ص ۸۷ تا ۱۰۲)

چکیده

شهر سوخته در هزاره‌ی سوم قبل‌ازمیلاد دارای محوطه‌های اقماری برای تولید سفال بوده است؛ که از جمله‌ی این محوطه‌ها می‌توان به دو محوطه‌ی تولید سفال رودبیابان ۲ و تپه‌ی دشت اشاره نمود. تپه‌ی دشت در ۳ کیلومتری جنوب‌غربی شهرسوخته قرار گرفته و به‌عنوان یک کارگاه سفال‌پزی ایفای نقش می‌کرده است. باوجود انجام مطالعات فراوان در ارتباط با سفال شهرسوخته، اما درخصوص نوع سوخت و میزان دمای موجود در کوره‌های سفال‌پزی عصر مفرغ منطقه‌ی سیستان تحقیقات کمتری انجام شده؛ لذا کشف کوره در تپه‌ی دشت، موجب طرح دو پرسش شده است: ۱- سوخت کوره‌های سفالگری تپه‌ی دشت چه بوده؟ ۲- سوخت کوره‌ها چه میزان دما را فراهم می‌نموده؟ براین اساس فرضیه‌ها عبارتنداز: ۱- احتمالاً از چوب و کود حیوانی به‌صورت توأمان برای سوخت کوره‌های تپه‌ی دشت استفاده می‌شده است. ۲- به‌نظر می‌رسد چوب و کود حیوانی دمایی بین ۹۰۰ تا ۶۰۰ سانتی‌گراد را فراهم می‌نموده‌اند. پژوهش حاضر با هدف بررسی نوع سوخت و میزان دمای کوره‌های سفال‌پزی تپه‌ی دشت از سه طریق ۱- باستان‌شناسی تجربی: ساخت کوره‌هایی با ابعاد و اشکال مختلف، سنجش دمای کوره‌ها به‌وسیله‌ی ترموکوپل و تحلیل میزان دما و فشار موجود در این کوره‌ها توسط نرم‌افزار Solid Works. ۲- قوم‌باستان‌شناسی: مصاحبه با اهالی تعدادی از روستاهای سیستان در ارتباط با کاربردهای کود حیوانی و جمع‌آوری شواهد استفاده از کود حیوانی در روستاهای سیستان. ۳- مطالعات آزمایشگاهی: انجام آزمایش XRF برای نمونه‌های خاکستر کود امروزی حرارت دیده در آزمایشگاه با دمای ۹۰۰ سانتی‌گراد و خاکستر مکشوف از کاوش تپه‌ی دشت. کشف پیکرک‌های گاو کوهاندار، بقایای کود حیوانی و لایه‌های خاکستر از تپه‌ی دشت، نشانه‌ی استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوختی مناسب برای کوره‌های سفال‌پزی در این محوطه می‌باشد. مطابق آزمایش‌های تجربی، میزان دمای تولید شده توسط این نوع سوخت بین ۹۰۰ - ۶۰۰ سانتی‌گراد و حتی بالاتر نیز بوده که این خود گواه کیفیت سوختی مناسب کود حیوانی برای پخت سفال در کوره‌های سفال‌پزی تپه‌ی دشت می‌باشد.

کلیدواژگان: باستان‌شناسی تجربی، قوم‌باستان‌شناسی، جوامع‌سنتی، کود حیوانی، سیستان، تپه‌ی دشت.

I. دانش‌آموخته‌ی کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان.
II. دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان(نویسنده‌ی مسئول). Mehdi.Mortazavi@Lihu.Usb.ac.ir
III. دانشیار گروه مهندسی مواد دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد با عنوان: «مطالعات باستان‌شناسی تجربی روی کود حیوانی در دشت سیستان، مطالعه‌ی موردی تپه‌ی دشت»؛ ناهیدمرادقلی، به‌راهنمایی مهدی مرتضوی و مشاوره‌ی مهدی شفیعی‌آفارانی در گروه باستان‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان تهیه و تنظیم شده است.

مقدمه

محوطه‌های تپه‌ی دشت و رود بیابان ۲، از جمله مراکز تولید سفال برای شهرسوخته بوده‌اند (موگاورو، ۱۳۸۷: ۳). با توجه به وسعت حدود ۵/۵ هکتاری تپه‌ی دشت، این محوطه مهم‌ترین کارگاه سفال‌پزی شهرسوخته به‌شمار می‌آمده است؛ که امروزه نیز برخی از کوره‌های سفالگری آن در سطح محوطه قابل مشاهده هستند (Mortazavi, 2010: 11-12). عده‌ای از محققان براساس بقایای چوبی مکشوف از شهرسوخته، به‌وجود جنگلی انبوه اطراف این محوطه اشاره می‌کنند که تاکنون شواهدی از آن یافت نشده است؛ هرچند مقادیری از آثار و بقایای چوبی در شهرسوخته کشف شده است، اما اگر محیط طبیعی کنونی سیستان را مبنا قرار دهیم، متوجه می‌شویم که در صورت پرآبی در محیط دریاچه‌ای بخش عمده‌ی پوشش گیاهی منطقه از نی است و بوته‌های گز، تاغ و بید، گونه‌های رایج در محیط غیر دریاچه‌ای محسوب می‌شوند. پوشش گیاهی که در شرایط سوخت خیلی سریع مشتعل و به اتمام می‌رسد؛ درحالی‌که مطالعات آزمایشگاهی «مرضیه کردان» روی سفال‌های مکشوف از تپه‌ی دشت گویای وجود دمای حدود ۹۰۰ سانتی‌گراد در کوره‌های تپه‌ی دشت می‌باشد (کردان، ۱۳۹۰: ۱۱۱). بنابراین عدم قطعیت در ارتباط با سوخت کوره‌های تپه‌ی دشت، موجب شد تا نگارندگان برای درک نوع سوخت کوره‌های عصر مفرغ منطقه‌ی سیستان از طریق مطالعات باستان‌شناسی تجربی عمل نماید؛ لذا اهداف از پژوهش حاضر عبارتنداز: ۱- درک نوع سوخت کوره‌های سفالگری تپه‌ی دشت. ۲- بازسازی دمای کوره‌های سفالگری تپه‌ی دشت براساس مطالعات باستان‌شناسی تجربی.

پرسش‌ها و فرضیات پژوهش: کشف کوره در تپه‌ی دشت، زمینه‌ی طرح دو پرسش اساسی پیشِ‌رو را فراهم نمود: ۱- سوخت کوره‌های سفالگری تپه‌ی دشت چه بوده است؟ ۲- سوخت کوره‌های تپه‌ی دشت، چه میزان دما را ایجاد می‌کرده است؟

در ارتباط با پرسش‌های ذکر شده، دو فرضیه‌ی ذیل مطرح می‌شود که؛ ۱- احتمالاً از چوب و کود حیوانی به‌صورت توأمان برای سوخت کوره‌های تپه‌ی دشت استفاده می‌شده است. ۲- به‌نظر می‌رسد، هم چوب و هم کود، دمایی بین ۹۰۰ تا ۶۰۰ سانتی‌گراد را برای کوره‌های تپه‌ی دشت فراهم می‌نموده‌اند.

روش پژوهش: درواقع در باستان‌شناسی جدید یا روندگرا، فرضیه‌هایی ارائه می‌شوند و بعد باستان‌شناسان سعی می‌کنند تا این فرضیه‌ها را به بوته‌ی آزمایش بگذارند. برخلاف باستان‌شناسی سنتی که نتایج برپایه‌ی صلاح‌دید افراد است، در باستان‌شناسی جدید نتایج نباید برپایه‌ی صلاح‌دید و نظریات شخصی باستان‌شناسان باشد؛ پس بنابراین، آزمایش یک فرضیه و مدل از اصول اساسی باستان‌شناسی روندگرا است. به‌عبارتی، در مطالعات باستان‌شناسی متکی بر مکتب روندگرا، شهرت و قدرت‌های فردی اشخاص در پذیرفتن یا رد نظرشان جایگاهی ندارد و مانند علوم تجربی تنها معیار برای اعتبار نظرها تطبیق آن با شواهد و مدارک می‌باشد؛ بنابراین، آزمایش‌پذیری یک فرضیه نیز از مهم‌ترین اصول روندگرایان می‌باشد، درحالی‌که باستان‌شناسان سنتی) تاریخ-فرهنگی (با

اتکا به نظریات شخصی خویش، سعی در بازسازی گذشته داشتند (موسی‌پورنگاری و مرتضوی، ۱۳۹۴: ۱۸).

در این مقاله سعی شده است تا از روش‌هایی بهره‌برداری شود که نقش محقق و نظریات شخصی وی را به حداقل برساند. روش تحقیق براساس نحوه‌ی کنترل از نوع آزمایشی (تجربی) و غیرآزمایشی (مورد پژوهشی) و براساس مکان گردآوری داده‌ها میدانی (شامل کاوش و قوم‌باستان‌شناسی از نوع مشاهده‌ی مشارکتی) و غیرمیدانی (شامل کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی) می‌باشد. نگارندگان در طی یک دوره‌ی طولانی‌مدت ضمن آزمایش (XRF) برروی خاکسترهای مکشوف از تپه‌ی دشت، اقدام به شبیه‌سازی کوره‌ها در طی چند مرحله نمودند که تحلیل دمایی در دو کوره‌ی شبیه‌سازی شده توسط نرم‌افزار Solid Works صورت پذیرفت. برخی از کوره‌ها در محل تپه‌ی دشت و برخی دیگر در روستای محمدشاهکرم از بخش مرکزی زهک شبیه‌سازی شدند. گزینش روستای محمدشاهکرم صرفاً به‌واسطه‌ی استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوخت در تنورهای سنتی نان‌پزی امروزی بوده است. ازطرفی با بهره‌گیری از آزمایشات XRF، مطالعات باستان‌شناسی تجربی و تحلیل دمایی کوره‌ها توسط نرم‌افزار فوق، سعی شد تا دخالت محققین در ارزیابی فرضیات به حداقل برسد؛ اما نکته‌ی مهم در این مقاله روش تحقیق براساس هدف است که از روش بنیادی (از نوع تجربی) و کاربردی (از نوع توسعه‌ای) بوده است. اما روش تحقیق براساس ماهیت و روش، مبتنی‌بر نوع پرسش‌ها از نوع روش موردی تاریخی-تحلیلی می‌باشد.

پیشینه‌ی پژوهش

گرچه مطالعاتی توسط برخی از باستان‌شناسان و محققان در زاگرس‌مرکزی (Whitlam et al., 2018) و مناطق شمالی (Parsamehr, 2013) کشور در زمینه‌ی استفاده از کود حیوانی انجام گرفته است؛ اما مطالعات باستان‌شناسی تجربی در منطقه‌ی سیستان، خصوصاً در عصر مفرغ بسیار اندک می‌باشند. از معدود مطالعات در این زمینه می‌توان تنها به پایان‌نامه‌ای تحت‌عنوان: «مشخصه‌یابی سفال‌های خاکستری محوطه‌های عصر مفرغ شهرسوخته و تپه‌ی بمپور به‌منظور درک بهتر الگوهای احتمالی تبادلات و فرآیندهای تکنیکی» (گرگی، ۱۳۹۴) اشاره نمود. با توجه به کمبود چنین مطالعاتی، پژوهش حاضر، نه‌تنها قادر است با تکیه‌بر شواهد موجود در تپه‌ی دشت، سیستم سوختی کوره‌های این محوطه‌ی مهم کارگاهی را بازسازی نماید؛ بلکه شرایط مناسبی جهت استانداردسازی درخصوص بهره‌گیری از کود حیوانی که سوخت حاصل از آن کمترین آلودگی را ایجاد می‌کند نیز، در جوامع امروزی فراهم آورد.

مبانی نظری پژوهش

باستان‌شناسان علاقه‌ی بسیاری به تجربه و آزمایش دارند تا در نتیجه‌ی آن بتوانند شرایط انسانی را مورد مطالعه قرار دهند، موضوعی که باید بحث و نتیجه‌گیری آن

در جهت اهداف اصلی باشد؛ زیرا در آینده، جهت ارائه‌ی راهکار بهتر برای انجام آزمایش مفید خواهد بود (Outrom, 2005: 109). به‌عبارت دیگر، «باستان‌شناسی نو» به‌دنبال راهکارهایی جدید برای بازسازی جوامع و رفتارهای گذشتگان می‌باشد و در این راه از علوم مختلف آزمایشگاهی بهره می‌برد؛ بنابراین، علم باستان‌شناسی مدیون باستان‌شناسی نو است (فلاح‌مهنه و اله‌پور، ۱۳۹۰: ۱۸). باستان‌شناسی تجربی دربرگیرنده‌ی مواردی از قبیل: ۱- تمام تکنولوژی‌های دست‌ساز و تجربیات عملی، ۲- بازسازی ساختارهای آشکار در سطح زمین و یا لایه‌های باستان‌شناختی که در خاک مدفون هستند، ۳- بررسی فرآیند نابودی اشیاء و ساختارها، ۴- گستره‌ی تجارب کشاورزی و مدیریت منابع، می‌باشد (رنفریو و بان، ۱۳۹۰: ۱۸۲). درواقع ویژگی‌های باستان‌شناسی تجربی عبارتنداز: ۱- انجام آزمایشی که خروجی آن تکرار سؤالات پژوهش نباشد. ۲- ثبات نتایج آزمایش: تغییر پذیری در نتایج آزمایش، درک هر نوع الگویی را غیرممکن می‌سازد. ۳- تولید زیاد و یا کم داده در تصمیم‌گیری محقق مؤثر می‌باشد؛ زیرا نتایج جزئی و احتمالاً تصادفی را به‌دنبال دارد و سبب ناتوانی فرد برای آنالیز داده می‌شود. یکی از نیازهای باستان‌شناسی تجربی «زمان‌بندی کار» است که به دوام آزمایش، آنالیز و تغییر نتایج داده می‌انجامد (Bell et al., 2009: 5-6). تئوری «حد وسط» (Middle Range Theories) از نظریات «ار. ک. مرتون» با هدف ایجاد تئوری‌های «سطح بالا» که توسط مردم در همه‌ی زمان‌ها استفاده می‌شود، اقتباس شد. این تئوری، ابتدا در علم انسان‌شناسی که به ارتباط بین مشاهده‌ی داده‌ها و رفتارهای گذشته‌ی بشر مربوط بود، گسترش یافت و به‌تدریج تئوری میانجی یا (حد وسط) در علم باستان‌شناسی نیز به‌کار گرفته شد (فلاح‌مهنه و اله‌پور، ۱۳۹۰: ۲۱).

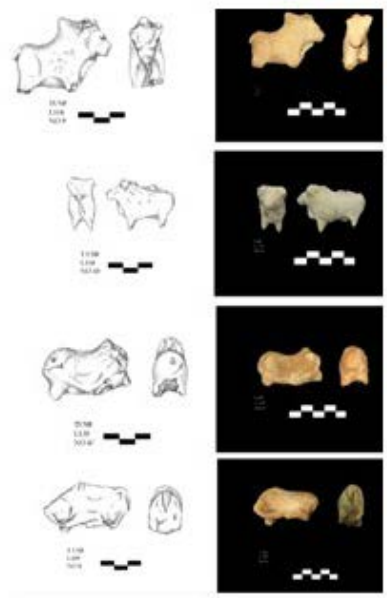
تئوری حد وسط، مهم‌ترین وجه مشخصه‌ی قوم‌باستان‌شناسی نوین (فرآیندی) به‌شمار می‌آید که «بینفورد» بنیان‌گذار قوم‌باستان‌شناسی نوین آن را مطرح ساخت. وی اعتقاد داشت که با مشاهده‌ی مستقیم سیستم‌های زنده، داده‌های باستان‌شناسی معنا پیدا می‌کند؛ به‌عبارت دیگر، تئوری حد وسط، پل میان داده‌های باستان‌شناسی و تئوری عمومی سیستم‌ها می‌باشد که با استفاده از فرضیه، آزمون‌پذیر هستند. در قوم‌باستان‌شناسی نوین، تئوری حد وسط برای داده‌های پویا و ایستا به‌کار می‌رود (پاپلی‌یزدی و گاراژیان، ۱۳۸۴: ۲۳). به‌عبارت دیگر، نظریه‌ی میانجی، ارتباطی آگاهانه میان اطلاعات غیرقابل مشاهده و اطلاعات قابل مشاهده‌ی جوامع امروزی است و برای کسب نتیجه‌ی صحیح باید در ایجاد آن، نهایت دقت را به‌عمل آورد. یکی از شرایط مهم در مطالعات قوم‌باستان‌شناسی همسانی محیط‌زیست می‌باشد؛ زیرا رفتار بشر در کنش و واکنش او مقابل محیط طبیعی شکل می‌گیرد (Kosso, 1993 :163). قوم‌باستان‌شناسان از روش‌های باستان‌شناسی و قوم‌شناسی آگاهی دارند و بدین‌ترتیب با درآمیختن روش‌های این دو علم قادر به بازسازی گذشته می‌باشند (مرتضوی، ۱۳۹۱: ۴۳). با توجه به روش‌های اصولی مطالعات قوم‌باستان‌شناسی و قابلیت تکرارپذیری باستان‌شناسی تجربی، و براساس ویژگی مشترک بین این دو روش که مطالعه‌ی

جوامع و محیط‌های سنتی امروزی برای درك محیط و جوامع گذشته می‌باشد؛ در نهایت هر دو این روش‌ها، برای کسب بهترین نتایج و ارائه‌ی ایده و فرضیه‌ی برتر در خدمت باستان‌شناس قرار دارند.

تپه‌ی دشت

تپه‌ی دشت از جمله محوطه‌های اقماری شهرسوخته است که قدمتش به حدود هزاره‌ی سوم قبل‌ازمیلاد می‌رسد. در سال ۱۳۸۷هـ.ش. مهدی مرتضوی سرپرست تیم کاوش طی دو فعالیت میدانی تحت‌عنوان «گمانه‌زنی به‌منظور تعیین عرصه و پیشنهادحریم تپه‌ب دشت و گمانه‌زنی به‌منظور لایه‌نگاری در تپه‌ی دشت، فصل جدیدی را در مطالعات این محوطه‌ی مهم صنعتی گشود (مرتضوی، ۱۳۸۸ الف؛ ۱۳۸۸ ب). تپه‌ی دشت با بیش از ۶ پشته‌ی به‌هم پیوسته در غرب و جنوب، محدود شده است. تپه از سطح دریا ۴۸۵ متر و از سطح زمین‌های اطراف ۱۰ تا ۱۱ متر بلندی دارد. بخش‌های پست از شمال، شرق و جنوب‌غربی تپه‌ی دشت، احتمالاً بستر یك دریاچه‌ی فصلی بوده است؛ سطح تپه توسط دو عامل: نخست، آب‌کَندهایی که در اثر عدم نفوذپذیری ذرات خاك ایجاد شده، و دیگری، بادهای ۱۲۰ روزه که از جهت شمال‌غربی می‌وزند، در جبهه‌های شمالی و شمال‌غربی دچار فرسایش شده است؛ همچنین عواملی چون تبخیر و عدم زهکشی -نفوذ ناپذیری خاك- باعث بالا بودن میزان نمك در خاك تپه‌ی دشت شده، احتمالاً این محوطه‌ی کارگاه فصلی برای تولید سفال بوده و شواهد این موضوع پراکندگی فراوان سرباره، جوش‌کوره، سفال‌های شیشه‌ای شده‌ی سبز رنگ، آثار سوختگی و حرارت روی سطح و آثار سازه‌های حرارتی بزرگ مقیاس (کوره) می‌باشد. شکل‌گیری محوطه‌ای همچون تپه‌ی دشت که وظیفه‌ی خطیر کارگاهی را بر عهده داشته، مثال بسیار مناسبی از رابطه‌ی متقابل انسان و محیط است (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۴ و ۱۲). براساس شواهد مکشوف از تپه‌ی دشت که شامل: کود حیوانی در نزدیکی کوره‌ها، وفور پیکرك‌های گاو کوهاندار سیستانی (تصویر ۱) مشابه گاو کوهاندار منطقه‌ی سیستان (تصویر ۲) می‌باشد؛ و نیز طی بررسی‌های انجام شده روی بخشی از استخوان‌های جانوران شهرسوخته، ۹۰ درصد از استخوان‌های مکشوف از کاوش به گاو، گوسفند، بز و غزال متعلق بوده که حدود ۲۱ درصد از آن‌ها را استخوان گاو تشکیل می‌دهد (سیدسجادی، ۱۳۸۷: ۴۰۶ و ۴۰۵). که مطابق شواهد تاریخی، یعنی نقش‌برجسته‌ی گاو کوهاندار در صف هدیه آورندگان زرنگیان، در پلکان شرقی آپادانای تخت‌جمشید (تصویر ۳) گواه اهمیت این حیوان در منطقه‌ی سیستان است (Mortazavi, 2010 :11-12)؛ بنابراین احتمال استفاده از کود این حیوان برای سوخت کوره‌های سفالگری تپه‌ی دشت مطرح می‌شود.

برخی از محققان معتقدند که در گذشته، منطقه‌ی سیستان از شرایط پوشش گیاهی مناسبی برخوردار بوده است؛ هرچند که امروزه سیستان به‌عنوان یکی از مناطق نسبتاً خشک ایران به‌شمار می‌آید، اما شواهد باستان‌شناسی و تاریخی گویای حاصلخیزی سیستان در گذشته می‌باشد (موسوی‌حاجی و مهرآفرین، ۱۳۸۸:



▲ تصویر ۱. شواهدی از پیکرک گاو کوهاندار مکشوف از تپه دشت (Mortazavi, 2010: 12).

▲ تصویر ۲. گاو کوهاندار معروف به «گاو سیستانی» (Mortazavi, 2010: 11).

▲ تصویر ۳. نقش‌برجسته‌ی گاو کوهاندار در صف هدیه‌آورندگان زرنگیان، در پلکان شرقی آپادانای تخت‌جمشید (Mortazavi, 2010: 12).

۴). براساس آثار و بقایای چوبی که از کاوش‌های شهر سوخته کشف شده است جدول ۱ طراحی شد.

جدول ۱. فراوانی گونه‌های گیاهی کشف‌شده در شهرسوخته (Costantini, 1979: 91). ◄

ردیف	گونه‌های گیاهی	میزان (درصد)
۱	سپیدار، صنوبر، تبریزی	۲۶/۷
۲	گزنه	۰/۳۴
۳	نارون قرمز	۰/۱۱
۴	جگ	۱/۷
۵	چوب قرمز با برگ طاووسی مانند	۰/۲۳
۶	پسته	۰/۴۶
۷	افرا	۰/۳۴
۸	انگور	۰/۲۳
۹	گز	۶۷/۶۲
۱۰	زبان گنجشک	۱/۹۳
۱۱	گیاهان برگ‌دار قلبی‌شکل	۰/۳۴

چوب دارای سه خاصیت: ۱- انبساط حرارتی، ۲- گرمای ویژه، ۳- قابلیت هدایت حرارتی است (غفرانی و نوری، ۱۳۹۳: ۶۵)؛ از آنجایی‌که اصل بالا رفتن تدریجی حرارت در طول مدت پخت در سفالگری سنتی ایران مهم می‌باشد، چوب با نقص بزرگی همچون سریع آتش گرفتن، بالابردن حرارت به‌صورت ناگهانی و نیز سریع خاموش‌شدن همراه است (طلایی، ۱۳۹۲: ۱۷)؛ بنابراین با توجه به این ویژگی که در چوب وجود دارد، هنوز شواهدی دال‌بر وجود منبع کافی چوب نیز برای محوطه‌های سفالگری در اطراف شهرسوخته کشف نشده است (Tosi, 1970: 189).

قوم‌باستان‌شناسی و جمع‌آوری شواهد استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوخت در سیستان

مطابق مدارک باستان‌شناسی، منطقه‌ی سیستان به‌ویژه حوزه‌ی هامون هیرمند در دوران پیش‌ازتاریخ و دوره‌ی تاریخی حداقل تا دوره‌ی هخامنشیان، یکی از مراکز پرورش گاو بوده؛ اگرچه امروزه تنها سطح کمی از دام‌داری پُر رونق گذشته در

این ناحیه باقی‌مانده است. به‌هر حال پرورش گاو توسط گاوداران در بخش‌های باتلاقی دریاچه همچنان ادامه دارد. کشف بقایای بیش از ۲۰۰۰ قطعه‌ی شکسته و کامل پیکره‌ی گلین، سفالین و سنگی گاو در محدوده‌ی زمانی بین حدود ۲۰۰۰-۳۲۰۰ ق.م. به اهمیت وجود این حیوان در امور اقتصادی، تغذیه و پرورش آن در جوامع باستانی اشاره دارد (سیدسجادی، ۱۳۸۷: ۴۳۲). بنابراین با توجه به این‌که امروزه نیز پرورش گاو در منطقه‌ی سیستان انجام می‌شود، و برای کسب شواهد استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوخت، برخی از روستاهای سیستان که تقریباً شیوه‌ی زندگی اهالی آن‌ها در پرورش حیوانات با استفاده از روش‌های مرسوم در گذشته بوده؛ ازطریق روش قوم باستان‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفتند. چراکه قوم‌باستان‌شناسی به مطالعه‌ی اقوام امروزی که شیوه‌ی زندگی آن‌ها تا حدودی مشابه اقوام پیش‌ازتاریخ است، می‌پردازد؛ بدین‌ترتیب می‌توان در ارتباط با نوع زندگی و باورهای انسان‌های پیش‌ازتاریخ اطلاعاتی را کسب کرد (فلاح‌مهنه و اله‌پور، ۱۳۹۰: ۱۸).

انتخاب روستاها براساس نمونه‌گیری تصادفی بوده و مطابق مشاهداتی که در تعدادی از روستاهای سیستان همچون: ۱- حسنیان (حسن‌آباد)، (Hassaniyan)، ۲- پل اسبی (Pol Asbi)، ۳- سیاه پشته (Siyah Poshteh)، ۴- بدیل (Badil)، ۵- حسین مسافر (Hossein Mosafer)، ۶- قلعه‌نو (Ghaleh Noo)، ۷- کفتارگی (Kaftargi)، ۸- یادگار (Yadegar)، ۹- محمد شاهکرم (Mohammad Shahkaram)، ۱۰- دهنو (Dehnoo) و ۱۱- کهك (Kohak)، صورت‌گرفت؛ استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوخت در روستاهای سیستان رایج بوده، اما امروزه از میزان رونقی که در روزگار آبادانی دشت سیستان داشته، کاسته شده است. بنابراین با به‌کارگیری روش قوم‌باستان‌شناسی، از اهالی روستاهای نام‌برده درباره‌ی پرورش گاو و بهره‌برداری‌های آن‌ها از پرورش این حیوان سؤال شد.

یکی از این سؤالات در مورد استفاده‌ی کود گاو به‌عنوان سوخت بود. مصاحبه‌شوندگان به سال‌های قبل از دوره‌ی خشک‌سالی سیستان اشاره داشتند که از کود حیوانی به‌عنوان سوخت استفاده می‌کرده‌اند؛ بدین‌گونه که کود گاو را به‌صورت مدور شکل‌می‌دادند و روی دیوارها یا حاشیه‌ی سقف‌های گنبدی خانه‌ها می‌گذاشتند. دلیل گذاشتن کود روی دیوار و یا سقف خانه‌ها از روستاییان سؤال شد که عموماً خشک‌شدن آن در مقابل آفتاب و در دسترس نبودن برای طیور، (که موجب به‌هم‌ریختن شکل مدور کود می‌شدند) را علت این کار می‌دانستند؛ و هیچ اشاره‌ای به این موضوع که کود روی دیوارها و سقف‌ها، مانند عایق بوده و در زمستان به‌عنوان مانعی در مقابل ورود سرما به داخل فضای خانه عمل می‌کرده است، را نداشتند. روند استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوخت تا سال‌های اولیه‌ی خشک‌سالی در منطقه‌ی سیستان نیز ادامه داشته است.

مدت زمان خشك‌شدن کود به شرایط آب‌وهوایی منطقه بستگی دارد؛ یعنی هرچه هوا گرم‌تر، مثل فصل تابستان ۲ تا ۳ روز و در فصول سرد، مانند پاییز و زمستان کمی بیشتر از این زمان خشک‌شدن کود طول می‌کشد. میزان حرارت تولید

▲تصویر ۴. منتخبی از تصاویر جمع‌آوری شواهد قوم‌باستان‌شناسی استفاده از کود حیوانی به‌عنوان سوخت در روستاهای (به‌ترتیب از بالا به پایین: محمدشاهکرم، قلعه‌نو، سیاه‌پشته، پل‌اسبی، بدیل) سیستان (مرادقلی، ۱۳۹۵: ۳۴-۳۳).

▲ تصویر ۵. کوره‌ی شبیه‌سازی شده‌ی عصر مفرغ، شماره‌ی ۱ (مرتضوی، ۱۳۹۳: ۱۹).

▲ تصویر ۶. کوره‌ی شبیه‌سازی شده‌ی عصر مفرغ، شماره‌ی ۲ (مرتضوی، ۱۳۹۳: ۱۹).

▲ تصویر ۷. کوره‌ی شبیه‌سازی شده‌ی عصر مفرغ، شماره‌ی ۳ (گرگی، ۱۳۹۴: ۷۰).

شده توسط کود به نوع تغذیه‌ی حیوان نیز بستگی دارد. درواقع میزان حرارت ناشی از احتراق کود به‌قدری است که آهنگران از آن به‌عنوان سوخت برای کوره‌های آهنگری خود و شکل‌دهی به اجسام فلزی استفاده می‌کردند. در گذشته، سوخت عمده برای پختن غذا و گرمای خانه‌ها در فصل زمستان، کود حیوانی بوده است؛ بنابراین، استفاده‌های روستاییان از کود شامل: ۱- سوخت بخاری جهت گرم کردن خانه در فصل زمستان، ۲- سوخت اجاق برای پختن غذا، ۳- سوخت تنورهای سنتی نان‌پزی، ۴- غنابخشی به زمین‌های کشاورزی، ۵- فرآیند ایجاد دود (دوده‌کردن)، جهت فراری دادن حشرات، به‌ویژه پشه در ایام تابستان، ۶- سوخت کوره‌های فلزگری، می‌شود. مواد دفعی حیوانات گیاه‌خوار مانند (گاو، گوسفند و بز) از نظر کیفیت سوخت و پایداری حرارت مناسب هستند، علت این کیفیت هم -فشرده‌بودن مواد سوختی- است که هنگام سوخت -تمرکز حرارتی- ایجاد می‌کند (طلایی، ۱۳۹۲: ۲۰). در فرآیند سوختن کود، نکاتی از قبیل: ۱- مقدار رطوبت و یا درصد خشکی کود، ۲- اکسیژن، ۳- ترکیب کود، باید مورد توجه قرار گیرد (Mlekuz, 2009: 220).

باستان‌شناسی تجربی در تپه‌ی دشت

چهار عامل مهم در عملکرد صنعتی تپه‌ی دشت مؤثر بوده است که این عوامل عبارتنداز: ۱- خاک رس: مرغوبیت خاک‌رس منطقه به حدی است که هنوز هم از آن برای پخت آجر استفاده می‌شود. ۲- آب: با توجه به شواهدی که از دریاچه‌ی خشک شده در اطراف محوطه کشف‌شده، منبع آب لازم برای صنعت سفالگری فراهم‌بوده است، خاک‌رس و آب مواد اساسی برای تولید سرامیک و تولید پیکرک در هزاره‌ی سوم قبل‌ازمیلاد در منطقه به‌شمار می‌آیند. ۳- سوخت: از نیزارهای وسیع و کود حیوانی برای روشن نگه‌داشتن کوره‌ها استفاده می‌شد. ۴- باد: وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان در اشتعال کوره‌ها مؤثر بوده است (Mortazavi, 11 :2010). ازآنجایی‌که نمی‌توان نقش مهم باد را در شدت و ضعف حرارت کوره‌های سفالگری هزاره‌ی سوم قبل‌ازمیلاد انکار کرد؛ فرآیند ایجاد آتش طی چندین مرحله در کوره‌هایی با ابعاد و اشکال مختلف با سوخت کود حیوانی و چوب انجام شد که در این میان دمای کوره‌ها با ترموکوپل تیپ K ثبت می‌شد.

کوره‌ی شماره‌ی ۱، به‌شکل آسباد قلعه‌مچی سیستان و کوره‌ی شماره‌ی ۲، به‌صورت گودالی با سقف گنبدی روی تپه‌ی مصنوعی مجاور محوطه‌ی تپه‌ی دشت ساخته شدند. کوره‌های شماره‌ی ۴ و۳ توسط «مرتضی گرگی» با هدف ایجاد محیط اکسیدی و محیط احیایی (گرگی، ۱۳۹۴: ۱۱۸- ۱۱۷)، کوره‌های شماره‌ی ۶ و ۵، به‌ترتیب با ساختمان آجری، خشتی و مخزنی در عمق زمین در یکی از روستاهای بخش مرکزی سیستان و درنهایت کوره‌ی شماره‌ی۷ نیز روی تپه‌ی مصنوعی مجاور محوطه‌ی تپه‌ی دشت، به‌صورت دو قسمتی ساخته شدند. درون هرکدام از کوره‌های شماره‌ی۶ و ۵، چوب (گونه‌ی گیاهی رایج در منطقه‌ی سیستان، یعنی درختان گز و تاغ) و کود حیوانی به‌صورت مجزا و در مرحله‌ی پایانی چوب و کود

حیوانی به‌صورت توأمان گذاشته شد؛ بدین‌ترتیب که فرآیند ایجاد آتش در کوره‌ی شماره‌ی ۵ در مرحله‌ی اول با مقدار ۷ کیلوگرم کود حیوانی، و در مرحله‌ی دوم با مقدار ۱۵ کیلوگرم چوب و در مرحله‌ی سوم به‌صورت توأمان با مقدار ۱۰ کیلوگرم کود و ۳ کیلوگرم چوب انجام شد. کوره‌ی شماره‌ی ۶ نیز در مرحله‌ی اول با مقدار ۷ کیلوگرم کود حیوانی، در مرحله‌ی دوم با مقدار ۱۰ کیلوگرم چوب و در مرحله‌ی سوم به‌صورت توأمان با ۱۳ کیلوگرم کود و ۱۰ کیلوگرم چوب سوخت‌گذاری شد. براساس نتایج سنجش دمایی که از این دو کوره کسب شد، کود و چوب، چه به‌صورت مجزا و چه به‌صورت توأمان، قابلیت ایجاد دمای مناسب را برای پخت سفال دارند. آزمایش در این دو کوره با هدف ثبت میزان دمای سوخت چوب، کود و سوخت توأمان (کود و چوب) و درک این که سوخت کوره‌های سفالگری فقط چوب بوده یا کود، و یا ترکیبی از این دو نوع سوخت، و همچنین این سوخت‌ها در کدام نوع ساختمان کوره (خشت یا آجر) بالاترین دما و یا حتی دمای لازم برای پخت سفال را ایجاد کرده است، انجام شد. علت تفاوت در میزان دمای سوخت حیوانی با مقدار یکسان در کوره‌های ۶ و ۵ را می‌توان در نوع تغذیه‌ی حیوان جست‌وجو کرد. نتایج سنجش دمای کوره‌ها در جدول ۲ آمده است.

▲ تصویر ۸. کوره‌ی شماره‌ی ۴ (عکس از: ناهید مرادقلی، ۱۳۹۴).

▲ تصویر ۹. کوره‌ی شبیه‌سازی شده‌ی عصر مفرغ، شماره‌ی ۵ (مرادقلی، ۱۳۹۵: ۵۷).

تحلیل کوره‌های تک قسمتی شماره‌ی ۶، ۵ و کوره‌ی دو قسمتی شماره‌ی ۷ توسط نرم‌افزار Solid Works

براساس مشاهدات میدانی، با تغییر محل قرارگیری ترموکوپل در کوره‌ی مورد آزمایش، دمای نشان‌داده شده توسط نمایشگر با دمای قبل از تغییر محل ترموکوپل متفاوت بود؛ بنابراین کوره‌های شماره‌ی ۷ و ۶، ۵ از نظر دما و فشار از طریق نرم‌افزار Solid Works مورد تحلیل قرار گرفتند.

کوره‌های شماره‌ی ۶ و ۵ با ابعاد یکسان و به‌صورت تک قسمتی ساخته شدند. حفره‌های هواکش و در ورودی کوره‌های تک قسمتی در طول انجام مراحل ایجاد

◄ جدول ۲. بالاترین دمای ثبت شده در هر کوره‌ی آزمایشی (ناهید مرادقلی، ۱۳۹۴).

ردیف	عنوان کوره	زمان کل (دقیقه / ساعت) فرآیند آتش در کوره	دقیقه‌ی ثبت بالاترین دما	بالاترین دمای ثبت شده
۱	کوره‌ی شماره‌ی ۱	۷۵′	۳۰	۲۳۰
۲	کوره‌ی شماره‌ی ۲	۳۵′	۱۰	۱۰۵
۳	کوره‌ی شماره‌ی ۳	۲۵′	۱۷	۱۲۳۷
۴	کوره‌ی شماره‌ی ۴	۱۶′	۱۱	۷۶۰
۵	کوره‌ی شماره‌ی ۵ (کود حیوانی)	۳۷′	۲۳	۷۳۹
۶	کوره‌ی شماره‌ی ۵ (چوب)	۱:۲۹′	۷۵	۸۶۲
۷	کوره‌ی شماره‌ی ۵ (کود حیوانی و چوب)	۱:۲۷′	۷۳	۸۳۰
۸	کوره‌ی شماره‌ی ۶ (کود حیوانی)	۴۵′	۲۴	۸۵۰
۹	کوره‌ی شماره‌ی ۶ (چوب)	۴۳′	۲۳	۹۲۲
۱۰	کوره‌ی شماره‌ی ۶ (کود حیوانی و چوب)	۱:۱۰′	۵۰	۱۳۱۴
۱۱	کوره‌ی شماره‌ی ۷ (دو قسمتی) مرحله‌ی اول	۲:۴۰′	۸۴	۳۲۴
۱۲	کوره‌ی شماره‌ی ۷ (دو قسمتی) مرحله‌ی دوم	۴:۴۹′	۱۳۸	۵۳۰

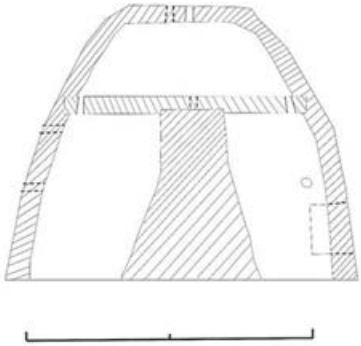
▲ تصویر ۱۰. کوره‌ی شبیه‌سازی شده‌ی عصر مفرغ، شماره‌ی ۶ (مرادقلی، ۱۳۹۵: ۵۲).

آتش و سنجش دما باز بودند؛ بدین‌ترتیب انتقال، جابه‌جایی حرارت و تغییرات دمایی در قسمت مخزن کوره بیشتر می‌باشد. دیواره‌ی کوره براساس رنگ سبز، دارای دمای بیشتری نسبت به کل فضای کوره (جز مخزن) است. دلیل این امر را وجود تشعشع حرارتی و جریان هوا به‌علت باز بودن در کوره، توجیه می‌کند. هنگامی که کوره‌های تک قسمتی از لحاظ میزان فشار توسط نرم‌افزار تحلیل شدند. نتیجه‌ی تحلیل، تغییرات ناچیزی را نشان داد. همان‌گونه که در تصویر مشخص است، میزان فشار در نزدیکی مخزن بیشتر از قسمت میانی و فوقانی کوره می‌باشد؛ بنابراین دما و فشار در کوره‌های تک قسمتی شماره‌ی۶ و۵ در بخش مخزن بیشتر از سایر نقاط است، که دلیل این موضوع وجود جریان هوای آزاد در کوره می‌باشد.

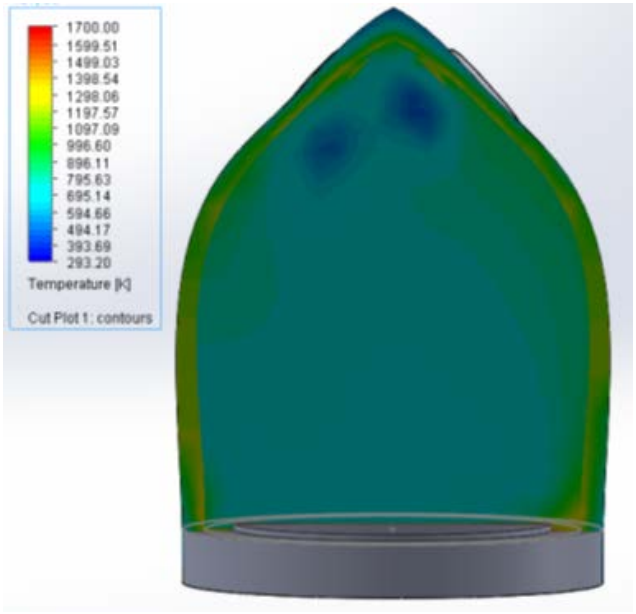
هنگامی که کوره‌ی دو قسمتی شماره‌ی ۷ از نظر دمایی مورد تحلیل قرار گرفت، به‌دلیل این‌که هندسه‌ی کوره متشکل از دو قسمت بود، تغییرات دمایی محسوسی مشاهده شد. میزان حرارت و دما در مخزن بیشتر از محل پخت سفال‌ها بود. به‌گونه‌ایی که در آزمایش سنجش دما نیز این موضوع نیز تأیید گردید. علت این امر، جنس سطح جایگاه پخت سفال‌هاست، که از خاک می‌باشد. خاک رسانای گرمایی مناسبی نیست. حرارت و دمای قسمت مخزن از طریق حفره‌هایی که روی جایگاه سفال‌ها ایجاد شده بود، انتقال می‌یافت. بحث تشعشع، جایگاه خاصی در تحلیل کوره دارد. در این کوره تمام سطوح داخلی سیاه فرض شده است؛ چون به مرور زمان سطوح داخلی کوره به‌دلیل دودهای ناشی از فرآیند احتراق سیاه می‌شود و این سیاه‌شدن سطوح در هدایت دما و تشعشع به محفظه‌ی پخت سفال مؤثر است. به‌عبارت دیگر، علت دمای کم محل پخت، سفال‌ها را به چهار صورت: ۱- میزان ضخامت و جنس سطح محفظه‌ی پخت سفال، ۲- خروج بخشی از حرارت ازطریق حفره‌های موجود بر دیواره‌ی کوره که این حفره‌ها قبل از سطح محفظه‌ی پخت سفال وجود داشت، ۳- ارتفاع بین مخزن سوخت و محل پخت سفال، ۴- تعداد کم حفره روی سطح محفظه‌ی پخت سفال برای انتقال حرارت، می‌توان توضیح داد. تحلیل کوره‌ی دو قسمتی شماره‌ی ۷ از نظر فشار، تغییرات محسوسی را نشان نداد؛ زیرا میزان فشار ۷ پاسکال، یعنی یک‌صد هزارم بود و این میزان فشار توسط نرم‌افزار مورد تحلیل قرار نگرفته است و به‌دلیل بسته بودن ورودی محفظه‌ی مخزن، تغییرات عددی در نمودار تحلیل فشار کوره‌ی شماره‌ی ۷ ثبت نشده است.

نتایج آزمایشگاهی

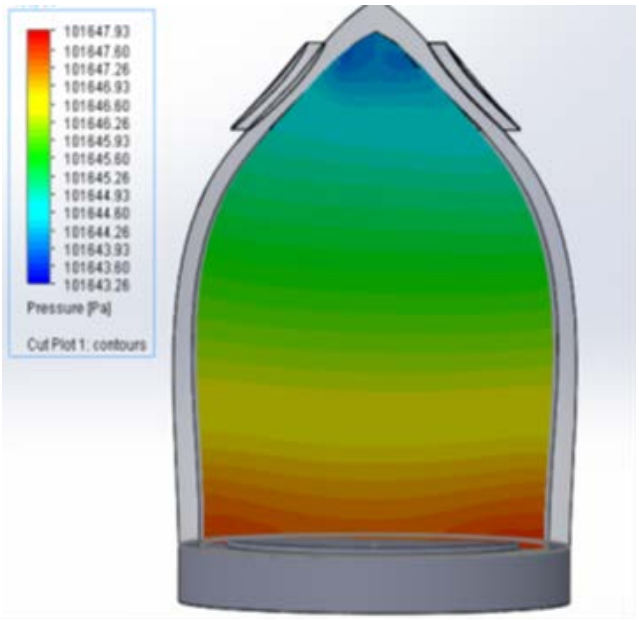
آزمایش XRF، جهت آنالیز عناصر موجود در نمونه‌ی خاکستر باستانی و نمونه‌ی خاکستر کود حیوانی امروزی صورت گرفت؛ برای انجام آزمایش XRF مقداری خاکستر باستانی که از فصل دوم کاوش محوطه‌ی تپه‌ی دشت کشف شده بود، به‌همراه نمونه‌ی خاکستر کود حیوانی امروزی که در آزمایشگاه به‌مدت ۲ ساعت با دمای ۹۰۰ سانتی‌گراد تحت حرارت قرار گرفت، به آزمایشگاه شرکت دی‌پترونیک



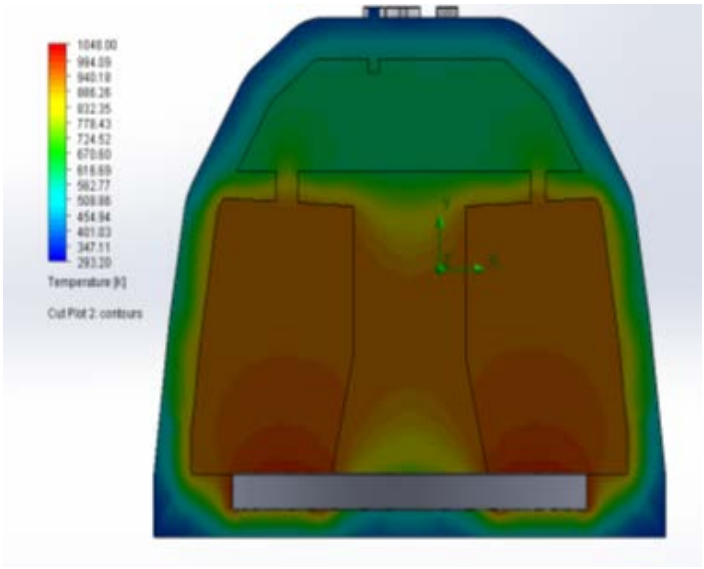
◄تصویر ۱۱. کوره‌ی شبیه‌سازی شده‌ی عصر مفرغ، شماره‌ی ۷ (مرتضوی، ۱۳۹۳: ۲۰) به‌همراه طرح برش کوره‌ی مذکور (طرح از: گرگی، ۱۳۹۴).



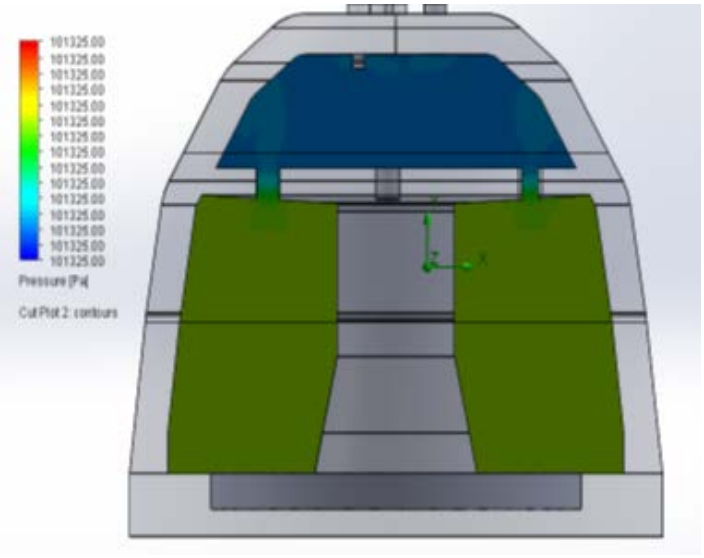
◄تصویر ۱۲. تحلیل دمایی کوره‌های شماره‌ی ۶ و ۵ که کوره‌ی آن‌ها در تصاویر ۱۰ و ۹ نمایان است (ترسیم از: رزمی، ۱۳۹۴).



◄تصویر ۱۳. تحلیل فشار کوره‌های شماره‌ی ۶ و ۵ که کوره‌ی آن‌ها در تصاویر ۱۰و ۹ نمایان است (ترسیم از: رزمی، ۱۳۹۴).



تصویر ۱۴. تحلیل دمایی کوره‌ی شماره‌ی ۷ که کوره‌ی آن در تصویر شماره‌ی ۱۱ نمایان است (ترسیم از: رزمی، ۱۳۹۴). ◄



تصویر ۱۵. تحلیل فشار کوره‌ی شماره‌ی ۷ که کوره‌ی آن در تصویر شماره‌ی ۱۱ نمایان است (ترسیم از: رزمی، ۱۳۹۴). ◄

(DP) تهران در محدوده‌ی الزامات استاندارد ISO / IEC 17025: 2005 با روش نیمه‌کمی فرستاده شدند؛ که نتایج این آنالیز در جدول ۳ آمده است.

نتیجه‌ی آزمایش نمونه‌ی خاکسترها نشان‌دهنده‌ی وجود مقدار قابل‌توجه ترکیبات آهکی یا کلسیم‌دار و قلیایی در نمونه‌ی خاکستر باستانی در مقایسه با خاکستر کود امروزی است (در جدول ۳ به مقدار CaO و K2O توجه شود)؛ علاوه‌بر این، تفاوت فاحش مقدار سیلیس در نمونه‌ها و مقدار تقریباً یکسان آلومینا دلالت‌بر وجود سیلیس آزاد بیشتر در نمونه‌ی خاکستر امروزی دارد. سیلیس آزاد به‌گونه‌های گیاهی موجود در تغذیه‌ی حیوان و درنهایت کود حیوانی مربوط می‌شود. این تفاوت شاید به‌دلیل گذشت مدت زمان طولانی از نمونه‌ی خاکسترهای باستانی و ترکیب آن‌ها با مواد آهکی موجود در خاک باشد و یا می‌توان علت را در تفاوت محیط‌زیست آن زمان (هزاره‌ی سوم قبل‌ازمیلاد) و محیط‌زیست کنونی سیستان جست‌وجو کرد.

◄ جدول ۳. نتایج آزمایش XRF نمونه‌های خاکستر باستانی و خاکستر امروزی (آزمایشگاه دی‌پترونیک، ۱۳۹۴).

ردیف	نام ترکیب شیمیایی	نمونه‌ی خاکستر امروزی حرارت دیده در بوته‌ی آزمایشگاهی	نمونه‌ی خاکستر باستانی مکشوف از تپه‌ی دشت
۱	SiO_2	۵۹.۷۳	۳۶.۷۱
۲	AL_2O_3	۵.۱۹	۶.۱۲
۳	CaO	۱۸.۳۴	۳۰.۲۹
۴	Fe_2O_3	۳.۳۹	۵.۸۶
۵	MgO	۳,۱۰	۶.۲۸
۶	SO_3	–	–
۷	Cl	۱.۱۲	۴.۸۲
۸	K_2O	۳.۲	۱۴.۵۵
۹	MnO	۰.۱۴	۰.۲۱
۱۰	TiO_2	۰.۳۳	۰.۹۱
۱۱	P_2O_5	۷.۶۴	–
۱۲	Se_2O_3	۰.۱۱	۰.۱۴
۱۳	SrO	۰.۳	۰.۲۲
۱۴	BaO	–	–

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد، در راستای ارزیابی فرضیه‌های تحقیق، علاوه‌بر بهره‌گیری از داده‌های باستان‌شناختی از روش قوم‌باستان‌شناسی نیز بهره‌برداری شد و مطالعات آزمایشگاهی XRF برروی خاکستر و بهره‌گیری از نرم‌افزار Solid Works به ما کمک نمود تا به درک درستی از فرضیه‌های تحقیق دست‌یابیم؛ دو فرضیه بدین‌شرح مطرح شدند: ۱- احتمالاً از چوب و کود حیوانی به‌صورت توأمان برای سوخت کوره‌های تپه‌ی دشت استفاده شده است. ۲- هم چوب و هم کود، دمایی بین ۶۰۰ تا ۹۰۰ سانتی‌گراد را برای کوره‌های تپه‌ی دشت فراهم می‌نموده‌اند؛ بدین‌ترتیب، مقداری خاکستر از این محوطه به آزمایشگاه جهت آنالیز فرستاده شد که نتایج آزمایش بدین‌شرح می‌باشد: نمونه‌ی خاکستر مکشوف از محوطه‌ی باستانی تپه‌ی دشت، به‌لحاظ آنالیز عناصر از نمونه‌ی خاکستر کود حیوانی امروزی که در آزمایشگاه حرارت‌دیده است، برتری دارد. سه عنصر ترکیب سیلیس، آلومینیا و اکسید کلسیم در نمونه‌ی خاکستر کود امروزی، دارای مقادیر متفاوت و درجه‌ی اختلاف قابل مشاهده‌ای با نمونه‌ی خاکستر باستانی می‌باشد؛ به‌عبارت دیگر، وجود ترکیبات آهکی و یا کلسیم‌دار، در نمونه‌ی خاکستر باستانی سه احتمال را در ذهن متبادر می‌سازد:

۱- گذشت زمان و قرارگیری لایه‌های خاک به‌وسیله‌ی باد بر سطح تپه‌ی دشت، موجب ترکیب خاک با بقایای خاکستر موجود در کنار کوره‌ها شده است.

۲- وجود مواد سوختی دیگر همراه با کود حیوانی: یعنی سوخت کوره‌های سفالگری تنها کود حیوانی نبوده است و سفالگران تپه‌ی دشت از چوب نیز به‌همراه کود حیوانی برای سوخت کوره‌ها استفاده می‌کردند؛ درحالی‌که نمونه‌ی خاکستر کود امروزی بدون هیچ مواد افزودنی حرارت‌دیده است، بنابراین استفاده‌ی توأمان از کود حیوانی و چوب به‌عنوان سوخت کوره‌ها تأیید می‌شود.

۳- تفاوت محیط‌زیست: با توجه به‌نظر برخی از محققان مبنی‌بر آبادانی سیستان در هزاره‌ی سوم قبل‌ازمیلاد، همچنین تأثیر محیط‌زیست بر تغذیه‌ی گاو، مواد دفعی این حیوان به‌دلیل تغذیه‌ی مناسب، دارای انرژی حرارتی بیشتری است؛ در حالی‌که امروزه با وقوع خشک‌سالی‌های پی‌درپی، محیط‌زیست سیستان به‌لحاظ پوشش گیاهی در وضعیت نامناسبی قرار دارد و دامدار از کاه و سبوس برای تغذیه‌ی دام خود استفاده می‌کند. بنابراین با توجه به شرایط کنونی محیط‌زیست سیستان، کود این حیوان در مقایسه با نمونه‌ی باستانی، دارای انرژی حرارتی کمتری می‌باشد.

پرسش دوم پژوهش حاضر، مبنی‌بر میزان دمای موجود در کوره‌های تپه‌ی دشت چه مقدار بوده است؟ فرضیه‌ی مطرح‌شده برای این پرسش، یعنی به‌نظر می‌رسد هم کود و هم چوب، دمایی بین ۹۰۰-۶۰۰ سانتی‌گراد را برای کوره‌های تپه‌ی دشت فراهم می‌کرده است، تأیید می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش سنجش دمایی صورت‌گرفته هم تمرکز و پایداری حرارتی کود حیوانی مشخص شد و هم دمای تولید شده توسط کود و چوب به میزان ۱۳۱۴ و ۱۲۳۷ سانتی‌گراد رسید؛ به‌عبارت دیگر، این دو سوخت قابلیت تولید دمای بالاتر را نیز داشتند.

سپاسگزاری

در این بخش از زحمات و راهنمایی‌های آقای دکتر مهدی مرتضوی جهت فعالیت‌های میدانی و نگارشی این مقاله (استاد راهنما)، و آقای دکتر مهدی شفیعی آفارانی در بخش تحلیل آزمایشگاهی مقاله (استاد مشاور) قدردانی می‌کنم. همچنین از آقای مهندس جواد رزمی (تحلیل نرم‌افزاری کوره‌ها با بهره‌مندی از نرم‌افزار Solid Works) و از آقای مرتضی گرگی (در بخش کوره‌ها و سنجش دمای آن‌ها در محوطه‌ی تپه‌ی دشت) و نیز از اهالی محترم روستاهای سیستان که در مصاحبه با نگارنده‌ی اول همکاری خالصانه داشته‌اند، سپاسگزاری می‌کنم.

کتابنامه

- پاپلی‌یزدی، لیلا؛ و گاراژیان، عمران، ۱۳۸۴، «نقش قوم‌باستان‌شناسی در تحول باستان‌شناسی فرآیندی به فرافرآیندی». مجله‌ی باستان‌پژوهی، سال اول، شماره‌ی اول، صص: ۲۹-۲۲.

- رنفریو، کالین؛ و بان، پل، ۱۳۹۰، مفاهیم بنیادی در باستان‌شناسی. مترجمان: اکبر پورفرج و سمیه عدیلی، چاپ اول، تهران: سمیرا.
- سیدسجادی، سید منصور، ۱۳۸۷، نخستین شهرهای فلات ایران. چاپ دوم، تهران: سمت.
- طلایی، حسن، ۱۳۹۲، هشت‌هزار سال سفال ایران. چاپ دوم، تهران: سمت.
- غفرانی، محمد؛ و نوری، حبیب، ۱۳۹۳. خواص فیزیکی و مکانیکی چوب. چاپ دوم، تهران: کتاب‌های درسی ایران.
- فلاح‌مهنه، مهدی؛ و اله‌پور، عزیز الله، ۱۳۹۰، «قوم‌باستان‌شناسی (تئوری میانجی)». ایران‌باستان گاهنامه‌ی انجمن علمی گروه باستان‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، سال دوم، شماره‌ی دوم، صص: ۲۴-۱۸.
- کردان، مرضیه، ۱۳۹۰، «آنالیز شیمیایی سفال‌های تپه‌ی دشت». پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، به‌راهنمایی: مهدی مرتضوی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده ادبیات (منتشرنشده).
- گرگی، مرتضی، ۱۳۹۴، «مشخصه‌یابی سفال‌های خاکستری محوطه‌های عصر مفرغ شهرسوخته و تپه‌ی بمپور به‌منظور درک بهتر الگوهای احتمالی تبادلات و فرآیندهای تکنیکی». پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، به‌راهنمایی: مهدی مرتضوی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده ادبیات (منتشرنشده).
- مرادقلی، ناهید، ۱۳۹۵، «مطالعات باستان‌شناسی تجربی روی کود حیوانی در دشت سیستان، مطالعه‌ی موردی: تپه دشت». پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد، به‌راهنمایی: مهدی مرتضوی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه باستان‌شناسی دانشکده ادبیات و علوم انسانی (منتشر نشده).
- مرتضوی، مهدی، ۱۳۸۸ الف، «گزارش گمانه‌زنی به‌منظور تعیین عرصه و پیشنهاد حریم تپه‌ی دشت». زاهدان: اداره کل میراث‌فرهنگی،صنایع‌دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان (منتشر نشده).
- مرتضوی، مهدی، ۱۳۸۸ ب، «گزارش گمانه‌زنی به‌منظور لایه‌نگاری تپه‌ی دشت». زاهدان: اداره کل میراث‌فرهنگی،صنایع‌دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان (منتشر نشده).
-مرتضوی، مهدی، ۱۳۹۱، «بومی‌سازی باستان‌شناسی و هنرهای سنتی: مطالعه‌ی موردی استان سیستان و بلوچستان». مجله‌ی پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، دوره‌ی ۲، شماره‌ی ۲، صص: ۴۶-۳۷.
مرتضوی، مهدی، ۱۳۹۳، «حفاری تپه‌ی دشت در منطقه‌ی سیستان (فصل ۲)». زاهدان، اداره کل میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان.
- موسوی‌حاجی، سید رسول؛ و مهرآفرین، رضا، ۱۳۸۸، جستاری در جغرافیای تاریخی سیستان (از آغاز تا سده‌ی نهم هـ.ق.). چاپ اول، اداره کل میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان.

-موسی پورنگاری، فریبا؛ و مرتضوی، مهدی، ۱۳۹۴، «گفته‌ها و ناگفته‌هایی درباره‌ی باستان‌شناسی روندگرا». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، دوره‌ی ۵،شماره‌ی ۹، صص: ۲۶-۷.

- موگاورو، لوردانا، ۱۳۸۷، ظروف رنگارنگ شهرسوخته. مترجم: سید منصور سیدسجادی، چاپ اول، تهران: پیشین پروژه.

- Bell, M.; Hosfield, R.; Matthews, W.; Nortcliff, S.; Brown, A. & Banerja , R., 2009, "Experimental Archaeology Dissertations Guide to Best Practice". *Developing Experimental Approaches in Archaeology Project,* University of Reading, 2007–9.

- Costantini, L. 1979, "Wood remains from Shahr-i-Sokhta: A source of information for the ancient Environmental and technology in protohistoric Sistan". In: M. Taddei (ed.) *South Asian Archaeology,* 1977: Pp. 87-121

- Kosso, P., 1993, "Middle – Range Theory in Historical Archaeology". *Studies in History and Philosophy of Science* 24: Pp. 163- 184.

- Mortazavi, M., 2010, "FigurineS of bronze Age Iran: Tepe Dasht". N*ews Letter of the Coroplastic Studies Interest Group*, No. 4, Pp. 11-12.

- Outram, A. K., 2005, "Publishing Archaeological Experiments: a quick guide for the uninitiated. Department of archacology". university of exter, *uk eurorea* 2/2005, Pp 107-109.

-Parsamehr, M., 2013, "Heat generation by cow dung incineration in the north of Iran". Environmental Engineering Department Mid sweden University Master Thesis. (30 credits) Pp. 1-57.

- Tosi, M., 1970, "Tepe Rud-i-Biyaaban". *Iran,* No 8, Pp. 189.

- Whitlam, J.; Bogaard, A.; Matthews, R.; Matthews, W.; Mohammadifar, Y.; Ilkhani, H. & Charles, M., 2018, "Pre- agricultural plant management in the uplands of the central Zagros: the archaeobotanical evidence from Sheikh- e Abad". *Vegetation History and Archaeobotany.* Vol. 27(6), Pp. 817-831.