

آنالیز عنصری سکه‌های الیمایی موزه شخصی محمد صفار به روش پیکسی

بهزاد حسینی سربیشه

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس

حمزه قبادی زاده *

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تهران

علی اصغر سلحشور

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تهران

مهدی جاهد

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تهران

موسی سبزی

استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

چکیده

در این مقاله مجموعه‌ای از سکه‌های برنزی و نقره‌ای متعلق به دوران الیمایی با استفاده از دستگاه *PIXE* مطالعه شده است. تا از طریق تجزیه عنصری و مشخص کردن ترکیبات شیمیایی فلزات بتوان به نتایج سودمندی در مورد شناسایی غلظت عناصر موجود، تعداد معادن و تعداد ضربخانه‌ها دست یافت. برای رسیدن به اهداف یادشده ۳۵ سکه از الیماییان آنالیز گردید، این سکه‌ها بازه زمانی (۸۵ ق.م - ۲۲۴ م) را در برمی‌گیرند. نتایج مشاهدات نشان داد که نسبت درصد عناصر اصلی سکه‌ها همچون نقره و مس، در سه دوره الیمایی باهم متفاوت بوده و سکه‌های دوران اول نسبت به دو دوران دیگر از خلوص بیشتری برخوردار بوده‌اند؛ علاوه بر آن، سکه‌هایی که در این آنالیز مورد استفاده قرار گرفتند، در پنج ضربخانه ضرب شده و ماده خام اولیه آن‌ها از سه معدن متفاوت برداشت شده است. تحلیل‌های آماری در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: الیماییان، سکه‌های الیمایی، باستان‌سنجی، روش پیکسی، آنالیز *SPSS*

۱. مقدمه

الیمایی‌ها بازماندگان ایلامی‌ها هستند که در اواسط قرن دوم ق.م در جنوب غرب ایران به قدرت رسیدند. بر اساس متون باستانی می‌توان خاطرنشان کرد که در شمال شرق و جنوب خوزستان زندگی می‌کردند. نام بنیان‌گذار حکومت الیمایی کمنسکیرس اول است که براساس منابع موجود در بازه‌ی زمانی ۱۶۰ تا ۱۴۰ ق.م حکومت می‌کرد. حکومت الیمایی تا سال ۲۲۴ میلادی، یعنی همزمان با آغاز امپراطوری ساسانی حضور فعالی در اتفاقات منطقه‌ای داشته است (Alizadeh, 1985: 181-183). بر اساس منابع مکتوب و داده‌های باستان-شناختی حاصل از پژوهش‌های میدانی اخیر می‌توان الیمایی را از شمال به بخش‌هایی از خوزستان و چهارمحال و بختیاری، از شرق به کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب به خلیج فارس و از سمت غرب به جلگه‌ی خوزستان محدود کرد (مرادی، ۱۳۹۱؛ هژبری نوبری و دیگران، ۱۳۹۲: ۶۰ و ۶۱). این حکومت را می‌توان در سه دوره زمانی مورد بررسی قرارداد: دوران اول مربوط به خاندان کمنسکیرس، دوران دوم مربوط به حکومتی است که آن‌ها را متعلق به خاندان اشکانی (۱۵۰-۲۵ م) می‌دانند و دوران سوم نیز با عنوان حکومت شاهان پایانی الیمایی (۱۵۰-۲۲۱ م) شناخته می‌شود. داده‌های مورد استفاده باستان‌شناسان متفاوت هستند و طیف داده‌های حاصل از کاوش، منابع مکتوب و بهره‌مندی از علوم میان‌رشته‌ای را در برمی‌گیرند.

۲. باستان‌سنجی و روش پیکسی

در اواسط قرن بیستم تحولی در باستان‌شناسی به وجود آمد که قدم مثبتی در جهت مطالعات این رشته محسوب می‌شد. این اقدام با عنوان باستان‌شناسی نو از آمریکا شروع و بعدها به کشورهای اروپایی همچون انگلیس، فرانسه و آلمان نیز نفوذ کرد (Johnson, 1999: 12). با ظهور باستان‌شناسی نو، از متخصصان رشته‌های دیگر، در جهت مطالعه‌ی داده‌های باستانی استفاده گردید و در نتیجه قدم‌هایی در جهت باستان‌سنجی^۱ از این قرن برداشته می‌شود که از آن در جهت شناسایی و منشأیابی داده‌های باستانی، بازسازی و جستجوی تکنولوژی و تبادلات تجاری منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای، تاریخ‌گذاری اشیاء و محوطه‌ها و بررسی وضعیت سیاسی و اجتماعی جوامع گذشته، مطالعه *DNA* و تعیین رژیم غذایی مردمان گذشته استفاده شد (Grant *et al.*, 2002: 64-65). در نتیجه‌ی رواج مطالعات باستان‌سنجی، از روش‌های مختلفی مانند *XRF*، *XRD*، پیکسی، روش فعال‌سازی نوترونی و روش جذب اتمی در مطالعات داده‌های باستانی و ترکیبات عنصری آن‌ها استفاده شد.

در این پژوهش از میان تکنیک‌های آنالیز غیر مخرب مثل پیکسی، *XRF* و *EPMA*، از تکنیک پیکسی به دلیل سریع و حساس بودن آن برای مطالعه‌ی سکه‌ها استفاده شده است. امروزه دستگاه پیکسی با توجه به غیر مخرب بودن و دقت بالایی که دارد، در مطالعات باستان‌سنجی بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد (Tripathy *et al.*, 2010). تجزیه‌ی عنصری فلزات، اطلاعات باارزشی درباره‌ی ترکیبات آلیاژها و راه‌هایی برای شناسایی منشأ فلزات فراهم می‌سازد (Guerra, 2008). در سکه‌شناسی تعیین ترکیبات اصلی آلیاژ برای شناخت عیار

¹ Archaeometry

اصلی سکه‌ها دارای اهمیت است. تناسب نسبی عناصر اصلی، اطلاعات باارزشی درباره تغییرات سیستم پولی، شرایط اقتصادی، سیاسی و تکنولوژی ضرب سکه فراهم می‌آورد (Beck et al., 2004). در این نوشتار، سعی بر آن است که با بررسی ۳۵ سکه از شاهان مختلف الیمایی با روش پیکسی، به این موضوع پرداخته شود که چگونه عناصر موجود در سکه‌های دوره‌ی مورد مطالعه می‌توانند در تعیین تعدد معادن و ضرابخانه‌ها به کار رفته و برای تولید این سکه‌ها و تحلیل شرایط سیاسی - اقتصادی مورد استفاده قرار گیرند.

۳. انتخاب نمونه‌ها

سکه‌های مطالعه شده در این پژوهش، از مجموعه‌ی شخصی «محمد صفار» انتخاب شده است. سکه‌های استفاده شده در این آنالیز به پادشاهانی که در بازه زمانی (۸۵ ق.م - ۲۲۴ م) حکومت می‌کرده‌اند، تعلق دارند. مجموعه‌ی انتخاب شده شامل ۲ سکه‌ی نقره و ۳۳ سکه‌ی مسی است که توسط نگارندگان به مدت ۲۴ ساعت در آستون قرار داده شده و سپس با آب مقطر پاکسازی شده است. مجموعه‌ی سکه‌ها، پس از خشک شدن در هوای آزاد، به آزمایشگاه «واندوگراف» سازمان انرژی اتمی ایران منتقل شد و با دستگاه پیکسی مورد تجزیه عنصری قرار گرفت. آنگاه به منظور مشخص شدن فناوری استحصال نقره از معادن مس و روی، و تفاوت‌های موجود در استحصال آن در دوره پادشاهی سلوکی و اشکانی، نتایج طیف‌سنجی انجام شده، با روش آماری SPSS مورد پردازش قرار گرفت.

۴. روش پژوهش

آنالیز با روش پیکسی یکی از دقیق‌ترین روش‌های آنالیزی برای یافتن عناصر کم‌مقدار است. این تکنیک آنالیز عنصری غیرمخرب قوی، برای باستان‌شناسان، زمین‌شناسان و کارشناسان آثار هنری کاربرد دارد. از جمله مزایای اصلی استفاده از روش پیکسی می‌توان به غیر مخرب بودن آن اشاره کرد که بعد از برداشتن لایه‌های اکسیدی سطح سکه انجام می‌گیرد (Linke et al., 2004: 173)، همچنین، توانایی یافتن عناصر با مقدار بسیار ناچیز از حد چند ppm تا ۱۰۰٪ (Khademi & Khazaie, 2011)، قابلیت اندازه‌گیری همزمان بسیاری از عناصر (حتی عناصر غیرمنتظره) و مناسب برای مطالعه سطح نمونه‌ها (Weber et al., 2000: 725)، از دیگر مزایای آن به حساب می‌آید. در این تحقیق از روش پیکسی برای تجزیه عنصری سکه‌های دوران الیمایی استفاده شده است. با مطالعه ترکیب و درصد فلزی مسکوکات می‌توان به توضیح و تحلیل وقایع تاریخی، مکان ضرب سکه‌ها و شناسایی معادن آن‌ها پرداخت؛ همچنین با رسیدن به روابط قابل تشخیص می‌توان ترکیب درصدی فلزی، امکان تشخیص سکه‌های جعلی، تقلیدی و یا سکه‌های مشکوک را فراهم آورد.

۵. پیشینه تحقیق

منابع شناخت دوران الیمایی محدود هستند، بیشتر اطلاعات ما از این دوران مربوط به منابع بابلی، یونانی یا لاتین می‌شود، در آثار این نویسندگان بیشتر به مسائل مهم، توجه و از ذکر جزئیات خودداری شده است (پاتس، ۱۳۸۵؛ Salaris, 2014)، بنابراین داده‌های باستان‌شناسی از مهم‌ترین منابع شناخت ما از این دوران هستند که می‌بایست به آن‌ها پرداخته شود. در میان منابع باستان‌شناختی، سکه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار هستند؛ چرا که سکه‌ها در برابر آسیب‌ها مقاومت نسبتاً بالایی از خود نشان می‌دهند، همچنین حجم کوچک

این داده باستان‌شناسی می‌تواند اطلاعات وسیعی از شرایط فرهنگی، اقتصادی، سیاسی هر دوره را به نمایش بگذارد. از طریق گونه‌شناسی سکه‌ها که روشی متداول در شناخت این داده فرهنگی است، می‌توان اطلاعاتی در مورد گاهنگاری نسبی، شناخت هنر و غیره به دست آورد. با بهره بردن از روش‌های آزمایشگاهی نظیر پیکسی می‌توان اطلاعات بیشتری را برای شناخت جامعه مدنظر فراهم نمود.

اولین محقق که به مطالعه‌ی سکه‌های ایرانی قبل از اسلام پرداخت، کلی شیمیدان بزرگ آمریکایی بود که به دوره‌ی حکومت ارد، پادشاه اشکانی، توجه نمود (Caley, 1950). کالیتراکاس کونتوس و همکاران به مطالعه‌ی سکه‌های چهاردرهمی اسکندر و عناصر موجود در این سکه‌ها پرداخته‌اند (Kallithrakas-kontos et al., 2000). هوگس و هال بر روی فلزات نقره‌ای ساسانی مطالعه نموده‌اند و آن‌ها را با آثار فلزی رومیان مقایسه کرده‌اند (Hughes & Hall, 1979). مطالعات گوترا بیانگر استخراج طلا به روش زغال‌گذاری از معادن طلا است که در این روش نقره و آهن از فلز طلا جدا شده و تنها عناصر نادری چون طلا و خانواده‌ی پلاتین در آن باقی می‌مانند که عناصر پلاتین نقش تعیین‌کننده‌ی در شناسایی معادن دارند (Guerra, 1998, 2005). میرز و همکاران در فعالیت‌های آزمایشگاهی به شناسایی معادن مورد استفاده بر اساس عناصر طلا و ایریدیوم پرداخته‌اند (Meyers et al., 1976). لینک و همکاران نیز از شیوه‌های XRF و پیکسی برای مطالعه‌ی ضرابخانه‌ی سکه‌های نقره‌ی اروپا در قرون وسطی استفاده کرده‌اند (Linke et al., 2004).

پژوهشگران ایرانی نیز با استفاده از روش پیکسی به مطالعه و بررسی سکه‌های ادوار مختلف ایران پرداخته‌اند که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: خادمی ندوشن (Khademi Nadooshan, 2005, 2006, 2011) و حاجی ولیئی (Hajivalaiei, 1999, 2008؛ حاجی ولیئی، ۱۳۸۸) که با استفاده از شیوه‌های XRF و پیکسی به مطالعه‌ی عناصر موجود در سکه‌ها و یا فلزات دوره‌های مختلف تاریخی پرداخته‌اند. حاجی ولیئی با روش پیکسی به مطالعه‌ی تعدادی از سکه‌های نقره‌ی خسرو دوم، پادشاه ساسانی، پرداخته است (Hajivalaiei, 2008). مطالعه بر روی سکه‌های مسی به نسبت کمتر از سکه‌های طلا و نقره انجام گرفته است. از جمله کسانی که بر روی سکه‌های مسی آنالیز انجام داده‌اند، می‌توان به ویجایان اشاره کرد که بر روی سکه‌های مسی کوشان مطالعه کرده (Vijayan et al., 2004:121-125)، همچنین، حاجی ولئی و همکاران بر روی سکه‌های هند باستان (Hajivalaiei et al., 1999: 645-650) و کالیتراکاس کونتوس و همکاران بر روی سکه‌های مسی یونان باستان، مطالعه کرده‌اند (Kallithrakas-kontos et al., 1996: 662-666). بر روی سکه‌های الیمایی تابه‌حال آنالیزی صورت نگرفته است و این پژوهش اولین فعالیت آزمایشگاهی بر روی سکه‌های دوره مدنظر است (۱). سکه‌های به‌دست‌آمده مربوط به این دوران، اکثراً مسی هستند، درصد سکه‌های نقره بسیار کمتر از مسی بوده و سکه‌های طلا نیز تابه‌حال به دست نیامده است. آنالیز طیف با استفاده از نرم‌افزار گوپیکس (۲) انجام گرفت که یک روش پارامتری برای آنالیز کمی ارائه می‌دهد و به طور متداول برای آنالیز طیف‌های پیکسی استفاده می‌شود. برای آنالیز ابتدا باید ماتریس هدف را مشخص کنیم؛ منظور از ماتریس، این است که بیشترین درصد مربوط به کدام عنصر است. در این مقاله، بیشترین عنصر نقره است. سکه‌های مور مطالعه در این پژوهش، توسط دستگاه پیکسی سازمان انرژی اتمی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که نتیجه‌ی آن در ادامه آورده شده است.

۶. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مقاله تعداد ۳۵ عدد سکه دوران الیمایی توسط دستگاه پیکسی آنالیز شد. به علت طولانی بودن بازه زمانی حکومت الیمایی‌ها، حضور شاهان مختلف، نبود تاریخ و ترتیب دقیق حکومت شاهان، پرداختن به سکه‌های دوران طولانی الیمایی در این مقاله نمی‌گنجد؛ اما سعی شده که از سکه‌های مربوط به بازه‌های زمانی مختلف این حکومت نمونه‌هایی آنالیز گردیده تا به نتایج موردنظر دست یابیم. تعداد ۲ سکه نقره و ۳۳ سکه مسی آنالیز گردید و مشخص شد از ۳۳ سکه مسی، ۷ عدد بیلون^۲ و ۲۶ سکه مسی هستند که تصاویر و جداول توصیف این سکه‌ها در پایان مقاله آورده شده است (شکل ۱، جدول ۳ و نمودار ۷). قدیمی‌ترین سکه‌ای که در این تحقیق آنالیز گردیده مربوط به کمنسکیرس چهارم و ملکه آنزازه است (۷۱-۷۲/ ۸۱/۸۲ ق.م) و جدیدترین سکه‌ی آنالیز شده نیز مربوط به هفتمین شاه ناشناخته (تقریباً اواخر قرن اول یا اوایل قرن دوم میلادی) از حکومت الیماییان است. وزن سکه‌های آنالیز شده الیمایی در نمودار (۱) آورده شده است. ۴ سکه از ۳۵ سکه آنالیز شده به اندازه چهاردرهمی‌ها وزن دارند؛ اما از جنس نقره نیستند (دو عدد از این سکه‌ها بیلون و دو عدد مسی هستند). وزن تقریبی این سکه‌ها بین ۱۶-۱۲ گرم است. وزن یک عدد از سکه‌های نقره و یک عدد از سکه‌های بیلون کمتر از ۲ گرم، ولی وزن بقیه‌ی سکه‌های نقره و بیلون بین ۲-۴ گرم است.

سکه‌های آنالیز شده قبل از آزمایش در دو دسته نقره و مسی طبقه‌بندی شدند، اما پس از انجام آنالیز، سکه‌هایی که در آن‌ها نقره از ۵۰ درصد بیشتر بود، سکه‌های نقره‌ای و مواردی که میزان نقره بین ۳ تا ۴۹/۹ درصد بود، سکه‌های بیلون و نمونه‌هایی که از ۳ درصد کمتر نقره داشتند، در گروه سکه‌های مسی طبقه‌بندی شدند (تقسیم‌بندی بر اساس مکاتبات شخصی با دکتر دکتر حاج ولئی). افزایش سرب بیش از ۲ درصد برای کاهش نقطه ذوب انجام گرفته است که بیشتر در سکه‌های مسی مشاهده می‌شود. وجود اکسید آهن و مس در سکه‌های نقره نشان‌دهنده تقلبی بودن است. وجود ترکیبات کلر و کلسیم یا نشان دهنده قرار داشتن سکه به مدت زیادی در زیرزمین بوده یا در فرایند ضرب سکه برای جلوگیری از چسبیدن مواد مذاب به قالب بر روی سکه نمک می‌ریخته‌اند (Khademi Nadooshan & Moosavil, 2006). در فرایند استحصال از معادن سرب و روی، کلسیم نمی‌تواند از معادن سرب و روی استحصال گردد و همیشه به‌عنوان عنصر همراه در فلز قرار دارد (۳) و وجود کلر به علت ترکیب حمل‌کننده نقره و یا سرب بوده است (سودایی، ۱۳۸۹: ۱۵۴).

مقدار قلع (Sn) و روی (Zn) موجود در سکه‌های نقره ممکن است به علت کمبود عنصر مس (Cu) در هنگام ذوب مجدد و برنز و برنج باشد. عنصر مس باعث سخت شدن سکه‌ها می‌شود. در هنگام استخراج نقره، مس کمتر از یک درصد باقی می‌ماند؛ مقدار مس بیشتر از یک درصد نشان‌دهنده ضرب در معادن مختلف است. درصد بالای عنصر آهن (Fe) نشان‌دهنده این موضوع است که مس اضافه شده به نقره خوب استحصال نشده و آهن به‌عنوان ناخالصی است. طلا (Au) به‌عنوان عنصر همراه در سکه‌های نقره موجود است، اما وجود نداشتن عنصر طلا در سکه‌های نقره نمی‌تواند نشان‌دهنده جعلی بودن سکه باشد؛ چراکه در دوران گذشته نیز از معادنی استفاده می‌کرده‌اند که در آن‌ها عنصر طلا وجود نداشته است. وجود مقدار کم عنصر سرب (Pb) در

² Bilon

سکه‌های نقره نشان‌دهنده تکنیک عالی استخراج در آن دوره است. عناصر طلا، نقره (Ag)، مس و سرب به‌عنوان عناصر سنگین یا اصلی و عناصر تیتانیوم (Ti)، آهن و منگنز (Mn) جزء عناصر سنگین به‌شمار نمی‌آیند و به‌عنوان سرباره یا ناخالصی روی سطح سکه مشاهده می‌شود (حاجی ولیئی، ۱۳۸۸: ۱۴۴). ترکیبات حاوی بیسموت (Bi) و مس می‌تواند در طبقه‌بندی سکه‌ها بر اساس محل ضرب و شناسایی معادن آن‌ها، به‌ویژه زمانی که در مشخصه‌های باستان‌شناختی ابهام وجود دارد، مورد استفاده قرار گیرد. براساس عناصر طلا و ایریدیوم (Ir) می‌توان معادن ضرب سکه‌ها را شناسایی کرد (Meyers et al., 1976). در جدول شماره ۲ مقدار عناصر موجود در این سکه‌ها بررسی و نتایج آن برحسب درصد درج گردیده است. همانطوری که نشان داده شده، عناصر مس و سرب به‌صورت کامل (۱۰۰٪) در هر ۳۵ سکه مورد آنالیز در این جدول مورد استفاده قرار گرفته و در مقابل، فلزاتی مانند نقره در ۱۳ سکه (۳۷٪)، استفاده شده است. نکته جالب توجه، میزان سرب و نقره موجود در سکه‌هاست. بدین صورت که از این دو فلز در ۱۰۰ درصد سکه‌های مورد آنالیز استفاده شده است.

در جدول شماره ۳ به درستی در قسمت میانه ($Mean$) و میانگین ($Median$) درصد بالای استفاده از این عناصر دیده می‌شود و در قسمت انحراف معیار ($Std. Deviation$) که به بررسی نوسانات موجود در استفاده از این عناصر می‌پردازد، بیشترین نوسانات در استفاده از فلزات مس (20.10027)، روی (36.29327)، نقره (29.59663) و سرب (13.64781) دیده می‌شود. این امر خود حاکی از میزان اختلاف در استفاده از این عناصر در ادوار مختلف حکومت شاهان الیمایی است. اما در مورد عناصر موجود دیگر در این سکه‌ها که جزء عناصر اصلی نیستند، این نوسانات بسیار ناچیز است. نسبت مس به نقره (Cu/Ag) کاملاً با شرایط اقتصادی حکومت‌ها ارتباط عکس دارد؛ بدین معنی که هر اندازه وضعیت اقتصادی حکومت‌ها بهتر بوده، این نسبت در سکه‌ها کمتر بوده است. همان‌طور که در جدول شماره ۳ و نمودار شماره ۸ دیده می‌شود، نسبت میانگین و پراکندگی این دو عنصر در سکه‌های مورد آنالیز بسیار زیاد است و این نشان از ضعف اقتصادی در دوران مورد بررسی است. شاخص دیگری که در بررسی فناوری ضرب سکه و در نتیجه بررسی وضعیت اقتصادی مورد بررسی بسیار مهم است، در مورد نسبت نقره به سرب (Ag/Pb) هر چه مقدار این نسبت کمتر باشد، بیانگر استفاده از فناوری بهتر برای جداسازی سرب از معدن نقره است. همان‌طور که در جدول شماره ۳ و در قسمت انحراف معیار و همچنین در نمودار شماره ۹ دیده می‌شود، این پراکندگی بسیار زیاد و حاکی از ضعف فناوری استحصال سرب از معادن نقره است. این پراکندگی و عدم یکسانی نشان از نوسانات بسیار زیاد در دوران حکومت شاهان الیمایی بوده که در سکه‌های این دوره تأثیر بسیار شدیدی داشته است.

۷. نتیجه

سکه‌های آنالیز شده الیمایی در این پژوهش را می‌توان در سه بازه زمانی بررسی نمود. دوره اول مربوط به دودمان کمنسکی‌رس که سکه‌هایی از تاریخ ۸۰ ق.م تا ۲۵ م. را در برمی‌گیرد. از دوران‌های دوم و سوم حکومت الیمایی نیز از شاهان مختلف سکه‌هایی آنالیز گردید که تقریباً بیشتر بازه زمانی دو دوره را دربر می‌گیرد. سکه‌های الیمایی آنالیز شده از جنس نقره (۲ عدد)، مس (۲۶ عدد) و بیلون (۷ عدد) هستند. درصد عناصر موجود در سکه‌های آنالیز شده برای شناخت وضعیت اقتصادی، تعداد ضربخانه‌ها و معادن مورد استفاده قرار گرفتند.

درصد نقره موجود در سکه‌های شاهان دوران اول نسبتاً زیاد است، اما در دوران‌های دوم و سوم نقره در سکه‌ها به دست نیامده و اگر هم یافت شده درصد آن بسیار ناچیز بوده است (به جز سکه‌های نقره در سایر سکه‌های دوران اول نیز عنصر نقره وجود داشته که در جدول شماره ۴ آورده شده است) (نمودار ۲). این موضوع می‌تواند مؤید وضعیت بهتر اقتصادی شاهان الیمایی دوران اول (بر اساس نمونه‌هایی که آنالیز گردیدند) نسبت به دوران‌های دوم و سوم باشد. دو سکه از ۳۵ سکه آنالیز شده الیمایی نقره هستند (سکه‌های شماره ۲۰۱)، سکه متعلق به کمنسکی‌رس چهارم از درصد نقره بالایی برخوردار است. اگرچه یک سکه برای تجزیه و تحلیل دوران این شاه کم است، اما می‌توان گفت که افزایش درصد نقره و کم بودن ناخالصی‌ها در سکه می‌تواند بیان‌کننده وضعیت اقتصادی نسبتاً خوب این شاه برای ضرب سکه‌هایش باشد و کاهش میزان نقره و افزایش ناخالصی حاکی از به هم ریختن وضعیت اقتصادی دوران کمنسکی‌رس هشتم بوده باشد. در سکه‌های کمنسکی‌رس یازدهم و سیزدهم، علاوه بر مس، درصد نقره نیز زیاد است. سکه‌های بیلون یا از ارزش واقعی بیشتری نسبت به سایر سکه‌های مسی برخوردار بوده‌اند یا به علت تعجیل در ضرب سکه یا ضعف متالورژی دوران حکومت این شاهان ضرب شده‌اند. در دوران سایر شاهان دودمان کمنسکی‌رس نیز به مقدار کمتر، در سکه‌های مسی، نقره وجود داشته است. در مورد این موضوع که آیا این سبک ضرب سکه بیلون در دوران شاهان اول الیمایی رواج داشته یا خیر، نمی‌توان به قطعیت سخن گفت، اما در سکه‌های به ظاهر مسی آنالیز شده این موضوع به چشم می‌خورد. در دوران کمنسکی‌رس - ارد اول و دوم دوباره شاهد ضرب سکه مسی با درصد نقره هستیم. از آنجایی که درصد مس به سرب این سکه‌ها با هم متفاوت است، این موضوع می‌تواند مؤید ضرابخانه‌های متفاوت باشد. شاید بتوان عمومیت داشتن این سبک ضرب سکه (بیلون) را برای الیماییان مطرح نمود. پس از دوران نخست حکمرانی شاهان الیمایی، در تمام طول دوران جانشینان اشکانی، این سبک ضرب سکه (بیلون) به چشم نمی‌خورد. در دوران کمنسکی‌رس - ارد اول که شوش و الیمایی را کاملاً بار دیگر به هم پیوند داد، دوباره بیلون مشاهده می‌شود. شاید بتوان این نوع ضرب سکه را یک سبک بومی برای الیمایی‌ها یا به‌طور جزئی‌تر ساکنان مناطق کوهستانی و مرتفع الیمایی در نظر گرفت، به‌طوری‌که حضور الیمایی‌ها در دشت‌های پست خوزستان این سبک را در تمامی قلمرو الیمایی‌ها رواج می‌داده است. این دوگانگی قومی را در دوره‌های تاریخی پیشین این منطقه و حتی پیش از تاریخ نیز می‌توان مشاهده کرد. البته برای تأیید یا رد این فرض نیاز به آنالیز تعداد بیشتری از سکه‌های الیمایی است. موضوع تفاوت ظاهری میان این نوع سکه‌ها و سکه‌های مسی نیز پژوهش جداگانه‌ای را می‌طلبد.

درصد مس موجود در سکه‌های مسی شاهان دوران اول الیمایی بیشتر از دوران دوم و سوم است و مقدار مس موجود در سکه‌های دوران دوم ثبات بیشتری نسبت به دوران سوم الیمایی دارد (نمودار ۳). درصد مس در سکه‌ی نقره کمنسکی‌رس هشتم افزایش یافته است. در سکه‌های بیلون کمنسکی‌رس یازدهم و سیزدهم و سایر شاهان نیز درصد مس افزایش داشته است. مقدار مس در سکه‌های مسی دوران اول بیشتر از ۸۰ درصد است و درصد ناخالصی و میزان سرب کم است. در دوران دوم الیمایی درصد مس موجود در سکه‌ها میان ۵۰ الی ۸۰ درصد بوده است. در دوران سوم الیمایی میزان مس بین ۳۵ الی ۸۰ درصد بوده است. درصد مس موجود در سکه‌ها یک روند رو به نزول را از دوران اول الیمایی تا پایان آن به ما نشان می‌دهد که این موضوع می‌تواند تغییرات وضعیت اقتصادی این سه دوره را بر ما آشکار کند (خلوص بیشتر مس در سکه مؤید اقتصاد قوی آن

دوره است). درصد سرب کم مؤید متالوژی خوب سکه‌هاست. دمای ذوب پایین و مقاومت در برابر خوردگی از جمله ویژگی‌های خوب این فلز برای ضرب سکه به حساب می‌آید. در سکه‌های نقره و بیلون دوران اول درصد سرب کم است؛ اگرچه در اواخر این دوران نیز درصد سرب افزایش می‌یابد. در دوران دوم الیمایی درصد سرب بین ۱۰ تا ۳۰ درصد بوده که در دوران سوم الیمایی بین ۱۰ تا ۵۰ درصد رسید. این افزایش سرب مؤید تغییرات در سه دوره است که این افزایش یا به دلیل کم شدن معادن مس در دسترس یا نیاز به ضرب سریع سکه یا ذوب مجدد بوده است (نمودار ۴). براساس آنالیز انجام شده بر روی سکه‌ها و با توجه به درصد مس به سرب موجود در سکه‌ها می‌توان بیان نمود که سکه‌های آنالیز شده در شش ضرابخانه متفاوت ضرب شده باشند. نسبت درصد عناصر یادشده با تُلرانس (*Tolerance*) یا دامنه تغییرات ۱ در نظر گرفته شده است. درصد مس به سرب (*Cu/Pb*) در سکه‌های شاهان دوران اول بیشتر از دوران دوم و سوم است. میزان مس به سرب سکه‌های شاهان دوران اول بین ۱۰ تا ۴۵ درصد، در دوران دوم بین ۱ تا ۱۰ درصد و در دوران سوم بین ۱ تا ۵ درصد بوده است. از روی سکه‌هایی که در این تحقیق آنالیز گردیده‌اند، نمی‌توان در مورد محل ضرب آن‌ها سخن گفت؛ زیرا علائم ضرابخانه در آن‌ها نامعلوم است. برخی از سکه‌های که ضرابخانه آن‌ها شبیه به هم دیگر است عبارت‌اند از: سکه ۸ و ۱۱ متعلق به سایر دودمان کمنسکی‌رس، سکه‌های ۱۳، ۱۵، ۱۶ مربوط به ارد دوم، سکه‌های ۲۴ و ۲۵ منسوب به ارد پنجم و اولفان، سکه‌های ۱۲، ۱۳، ۱۵ مربوط به ارد دوم، سکه‌های ۲۱ و ۲۳ مربوط به کمنسکی‌رس - ارد دوم، سکه‌های ۲۰، ۳۰، ۳۱ مربوط به سومین شاه ناشناخته و سکه‌های ۳۳، ۳۱، ۲۸ مربوط به همین شاه هستند که این موضوع احتمالاً ضرب سکه‌های این شاه را در دو ضرابخانه تأیید می‌کند (جدول ۱).

با توجه به درصد کلسیم موجود در سکه‌های شاهان دوران اول، می‌توان آن‌ها را در دو گروه، سکه‌های شاهان دوران دوم را در سه گروه و سکه‌های دوران سوم را نیز در سه گروه قرار داد (نمودار ۶). در کل می‌توان ۳۵ سکه آنالیز شده را در سه گروه جای داد: سکه‌هایی که درصد کلسیم آن‌ها بین صفر تا ۱، سکه‌هایی که درصد کلسیم آن‌ها بین ۱ تا ۲ و سکه‌هایی که درصد کلسیم آن‌ها ۲ تا ۳ است. بر اساس این موضوع می‌توان به استفاده از سه معدن مختلف جهت استخراج سنگ معدن برای تولید این سکه‌ها پی برد. متأسفانه در حال حاضر در مورد نام و جایگاه آن‌ها نمی‌توان اظهار نظر کرد. برای مشخص کردن معادن می‌بایست از معادن مختلف نمونه‌برداری شود و جداگانه آنالیز گردند تا بتوان با مقایسه تطبیقی معادن مورد استفاده را شناسایی نمود. بر اساس آنالیز عنصری این سکه‌ها نیز می‌توان بیان نمود که شاهان دوران اول الیمایی (کمنسکی‌رس و جانشینانش) به نسبت شاهان دوران دوم (دودمان اشکانی) و دوران سوم الیمایی (شاهان پایانی) به ضرب سکه‌ها اهمیت بیشتری می‌دادند و درصد عناصر موجود در سکه‌هایشان از ناخالصی کمتری برخوردار بوده است. این موضوع می‌تواند مؤید وضعیت بهتر اقتصادی و سیاسی شاهان دوران اول الیمایی نسبت به دوره‌های بعدی باشد. امید است که این پژوهش آغازی بر مطالعه عنصری بر روی داده‌های مختلف دوران الیمایی برای شناخت بهتر این دوران کمتر شناخته‌شده باشد.

تشکر و قدردانی

با سپاس ویژه از جناب آقای دکتر محمد لامعی رشتی و سرکار خانم پروین اولیایی، مسئولین محترم

آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی اتمی ایران که آنالیز سکه‌های مورد مطالعه در این نوشتار را با گشاده‌روی پذیرفتند؛ همچنین از آقای محمد صفر به جهت این‌که مجموعه سکه‌های خود را در اختیار این پژوهش قرار دادند، تشکر کرده و قدردان زحمات ایشان هستیم.

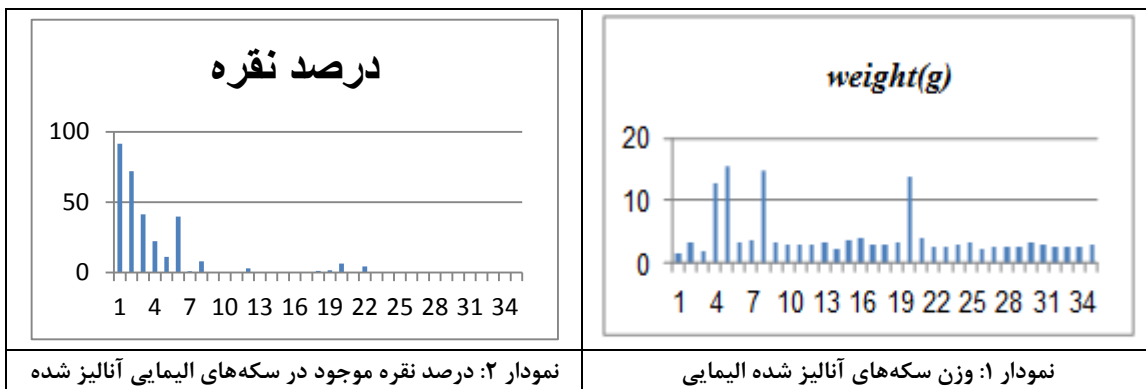
پی‌نوشت‌ها

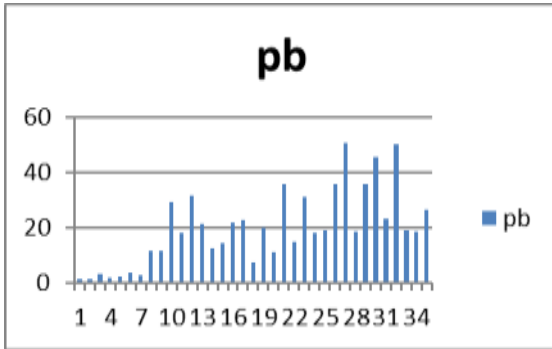
۱. در این مقاله از داده‌های پایان‌نامه نگارنده اول، آقای حسینی سربیشه با عنوان «تحلیل باستان‌شناختی سکه‌های دوره الیمایی در بازه زمانی (۱۶۰/۱۴۰ ق.م - ۲۲۴ م)، بارویکرد سیاسی و اقتصادی، بر اساس آنالیز عنصری سکه‌ها: طیف‌سنجی به روش پیکسی» استفاده شده است.
۲. *Gupix*، برنامه گوپیکس با استفاده از پارامترهای فیزیکی معلوم، مثل سطح مقطع یونیزاسیون اشعه‌ی ایکس، جرم کاهش‌یافته‌ی مؤثر و بهره‌ی فلورسانسی طیف را آنالیز می‌کند.
۳. در یکی از سکه‌های مسی آنالیز شده در این آنالیز، کلسیم به دست نیامده است.

پیوست‌ها

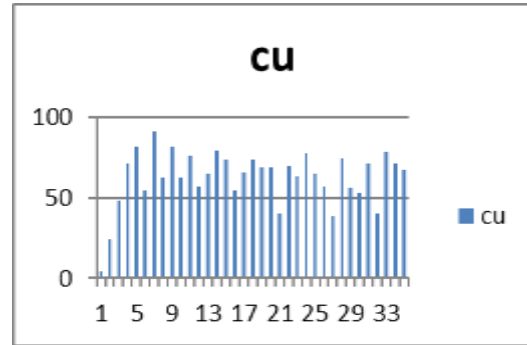
جدول ۱: محل فرضی ۳۵ سکه آنالیز شده که احتمالاً ضرب آن‌ها در یک ضربخانه صورت گرفته است

ضربخانه A	ضربخانه B	ضربخانه C	ضربخانه D	ضربخانه E	ضربخانه F
سکه‌های ۲،۳،۶،۷	سکه‌های ۲۸،۳۱،۳۳، ۱۹،۲۲،۲۴،۲۵ ۱،۸،۱۱،۱۳،۱۶	سکه‌های ۹،۱۴،۲۰	سکه‌های ۳۰،۳۳،۳۱، ۲۳،۲۵،۲۶،۲۹ ۱۵،۱۷،۱۹،۲۱ ۱۰،۱۲،۱۳	سکه‌های ۲۷،۲۹،۳۰،۳۲ ۲۱،۱۲،۲۶	سکه‌های ۴،۵

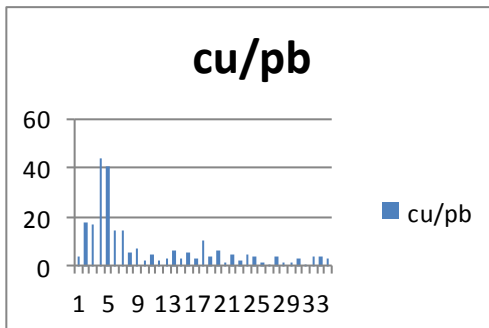




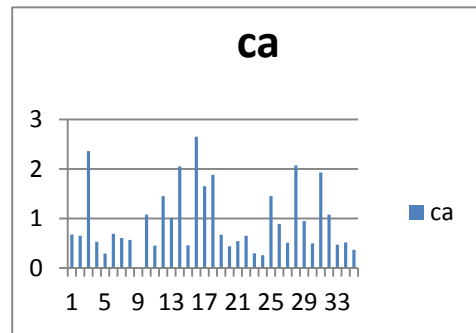
نمودار ۴: درصد سرب موجود در سکه‌های الیمایی آنالیز شده



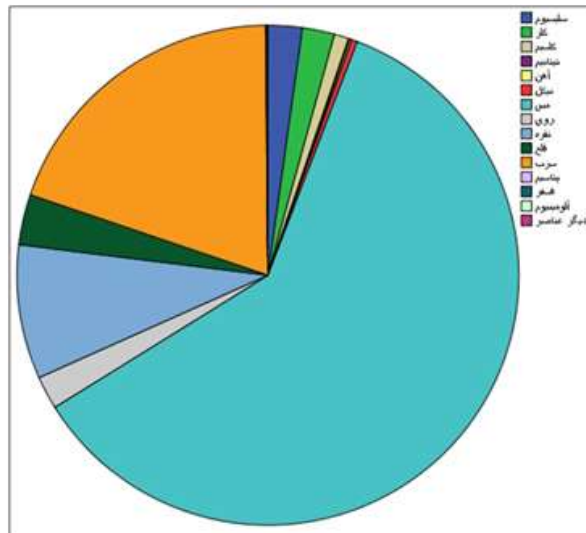
نمودار (۳) درصد مس موجود در سکه‌های الیمایی آنالیز شده



نمودار ۶: درصد کلسیم موجود در سکه‌های الیمایی آنالیز شده



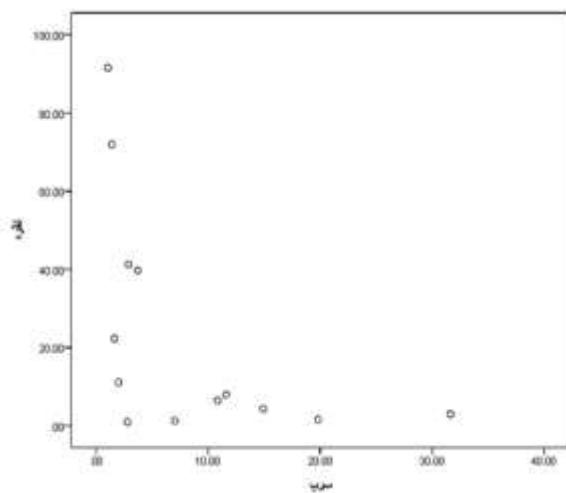
نمودار ۵: مقدار مس به سرب موجود در سکه‌های آنالیز شده



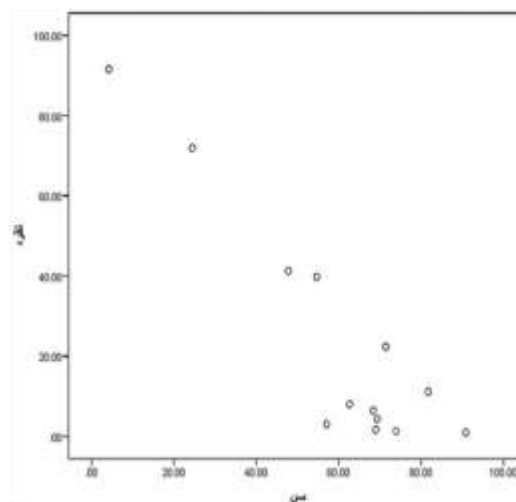
نمودار ۷: درصد عناصر استفاده شده در سکه‌های مورد آنالیز

جدول ۲: مقایسه عناصر استفاده شده در ضرب سکه‌ها بر اساس درصد

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
سلیسیوم	32	91.4%	3	8.6%	35	100.0%
کلر	35	100.0%	0	0.0%	35	100.0%
تیتانیوم	7	20.0%	28	80.0%	35	100.0%
آهن	20	57.1%	15	42.9%	35	100.0%
کلسیم	34	97.1%	1	2.9%	35	100.0%
نیکل	34	97.1%	1	2.9%	35	100.0%
مس	35	100.0%	0	0.0%	35	100.0%
روی	4	11.4%	31	88.6%	35	100.0%
نقره	13	37.1%	22	62.9%	35	100.0%
قلع	24	68.6%	11	31.4%	35	100.0%
سرب	35	100.0%	0	0.0%	35	100.0%
پتاسیم	7	20.0%	28	80.0%	35	100.0%
فسفر	2	5.7%	33	94.3%	35	100.0%
آلومینیوم	1	2.9%	34	97.1%	35	100.0%
عناصر دیگر	2	5.7%	33	94.3%	35	100.0%



نمودار (۹) مقدار نقره به سرب موجود در سکه‌های آنالیز شده



نمودار (۸) مقدار نقره به مس موجود در سکه‌های آنالیز شده

جدول ۴: درصد عناصر موجود در سکه‌های مورد بررسی (نگارندگان، ۱۳۹۴)

شماره سکه	نام پادشاه	دوره حکومت	جنس	Ag	Pb	Sn	As	Zn	Cu	Ni	Fe	Ti	Ca	Cl	Si
۲۲	کمنسکیرس- ارد دوم	حدود ۱۲۰-۱۱۰ م	نیلون	۱.۹	۱۴.۹	۵.۷۵	۴.۳۳		۶۹.۳	۰.۳۶	۰.۱۲		۰.۶۵	۰.۹۴	۳.۶۵
۲۳	کمنسکیرس- ارد دوم	حدود ۱۲۰-۱۱۰ م	مس	۱.۹	۳۰.۹	۲.۷۲			۶۳.۳	۰.۳۳	۰.۸۱		۰.۳	۱.۱۹	۰.۴۲
۲۴	ارد پنجم و اولفان	حدود سال ۱۵۰-۱۴۰ م	مس	۱.۷	۱۷.۷۹	۳.۵۸			۷۷.۲۷	۰.۳۹			۰.۲۶	۰.۴۷	۰.۲۴
۲۵	ارد پنجم و اولفان	حدود سال ۱۵۰-۱۴۰ م	مس	۲.۳	۱۸.۷۹	۱۰.۱۶			۶۴.۷۲	۰.۳۱	۰.۱۷		۱.۴۵	۱.۱۹	۳.۲۱
۲۶	ارد هفتم	حدود سال ۱۶۰-۱۵۵ م	مس	۱.۹	۳۵.۵۴	۵.۰۴			۵۶.۹۹	۰.۳۶	۰.۰۸		۰.۸۹	۰.۷۳	۰.۳۷
۲۷	ارد هفتم	حدود سال ۱۶۰-۱۵۵ م	مس	۱.۹	۵۰.۵۲	۱.۳			۳۸.۷۷	۰.۲۳	۰.۲۵		۰.۵۱	۰.۶۳۲	۲.۱
۲۸	سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم	نیمه دوم قرن اول میلادی	مس	۲	۱۸.۲۵	۲.۴۱			۷۴.۶۱	۰.۶۸	۰.۲۶	۰.۱	۲.۰۷	۰.۵۶	۱.۰۶
۲۹	سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم	نیمه دوم قرن اول میلادی	مس	۲	۳۵.۵۹				۵۵.۹۷	۰.۳۱	۰.۴۴	۰.۰۸	۰.۹۵	۱.۵۳	۴.۶۶
۳۰	سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم	نیمه دوم قرن اول میلادی	مس	۲.۱	۴۵.۲۳				۵۲.۹۹	۰.۳۵			۰.۵	۰.۴۵	۰.۴۸
۳۱	سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم	نیمه دوم قرن اول میلادی	مس	۱.۹	۲۳.۲		۱.۰۴		۷۱.۲	۰.۴۶	۰.۲۸		۱.۹۳	۰.۳۵	۱.۵۴
۳۲	پنجمین شاه شاه ناشناخته	نیمه دوم قرن اول میلادی	مس	۱.۷	۴۹.۸۴				۴۰.۱۹	۰.۳۲	۰.۱۵		۱.۰۸	۲.۶۱	۵.۵۳
۳۳	شاه ناشناخته	نیمه دوم قرن اول م / اوایل قرن سوم م	مس	۲	۱۸.۹۶				۷۷.۹	۰.۴۶			۰.۴۷	۱.۸۳	۰.۳۸
۳۴	شاه ناشناخته	نیمه دوم قرن اول م / اوایل قرن سوم م	مس	۱.۷	۱۸.۶	۷.۶۱	۰.۵		۷۰.۸۳	۰.۴۱	۰.۱۳		۰.۵۲	۰.۶۲	۰.۷۸
۳۵	هفتمین شاه ناشناخته	نیمه دوم قرن اول م / اوایل قرن سوم م	مس	۱.۹	۲۶.۴۳	۲.۷۷			۶۶.۸۶	۰.۳۳			۰.۳۷	۲.۷۶	۰.۲۵



 <p>سکه‌ی کمنسکی‌رس سیزدهم</p>	 <p>سکه‌ی کمنسکی‌رس سیزدهم</p>	 <p>سکه‌ی سایر شاهان دودمان کمنسکی‌رس</p>	 <p>سکه‌ی سایر شاهان دودمان کمنسکی‌رس</p>
 <p>سکه‌ی سایر شاهان دودمان کمنسکی‌رس</p>	 <p>سکه‌ی فرهاد اول</p>	 <p>سکه‌ی فرهاد اول</p>	 <p>سکه‌ی ارد دوم</p>
 <p>سکه‌ی ارد دوم</p>	 <p>سکه‌ی ارد دوم</p>	 <p>سکه‌ی ارد دوم</p>	 <p>سکه‌ی ارد دوم</p>
 <p>سکه فرهاد دوم</p>	 <p>سکه‌ی کمنسکی‌رس ارد اول</p>	 <p>سکه‌ی کمنسکی‌رس ارد اول</p>	 <p>سکه‌ی کمنسکی‌رس ارد اول</p>

 <p>سکه‌ی کمسکیرس ارد دوم</p>	 <p>سکه‌ی کمسکیرس ارد دوم</p>	 <p>سکه‌ی کمسکیرس ارد دوم</p>	 <p>سکه‌ی ارد پنجم و اولفان</p>
 <p>سکه‌ی ارد پنجم و اولفان</p>	 <p>سکه‌ی ارد هفتم</p>	 <p>سکه‌ی ارد هفتم</p>	 <p>سکه‌ی سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم</p>
 <p>سکه‌ی سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم</p>	 <p>سکه‌ی سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم</p>	 <p>سکه‌ی سومین شاه ناشناخته / ارد هشتم</p>	 <p>سکه‌ی پنجمین شاه ناشناخته</p>
 <p>سکه‌ی ششمین شاه ناشناخته</p>	 <p>سکه‌ی ششمین شاه ناشناخته</p>	 <p>سکه‌ی هفتمین شاه ناشناخته</p>	

شکل ۱: تصویر پشت و روی سکه‌های مورد مطالعه (نگارندگان ۱۳۹۴)

منابع

- پاتس، دنیل، ۱۳۸۵، *باستان‌شناسی ایلام*، ترجمه زهرا باستی، سمت، تهران.
- حاجی ولئی، مهدی، ۱۳۸۸، مطالعه و تحلیل ۳۰ سکه نقره‌ای دوره‌ای ساسانی موزه همدان با استفاده از روش PIXE مجله *مطالعات ایرانی دانشکده شهید باهنر کرمان*، سال هشتم، شماره ۱۶.
- مرادی، نورالله، ۱۳۹۱، *تحلیل باستان‌شناختی هنر الیماییان*، رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- هژبری نوبری، علیرضا، مرادی، نورالله، خادمی ندوشن، فرهنگ و موسوی کوهپیر، مهدی، ۱۳۹۲، نگارکند الیمایی خنگ اژدر ۲ و مقایسه‌ی آن با دیگر نگارکندهای الیمایی، *مجله باغ‌نظر*، سال دهم، شماره ۲۵: ۶۸-۵۹.
- Alizadeh, A., 1985. *Elymaean occupation of lower Khuzestan during the Seleucid and Parthian periods, a proposal, Iranica Antiqua*, 20: 175-187.
- Beck, L., Bosonnet, S., Reveillon, S., Eliot, S. & Pilon, F., 2004. *Silver surface enrichment of silver-copper alloys: a limitation for the analysis of ancient silver coins by surface techniques, Nucl. Instrum. Methods B*, 226: 153-162.
- Caley, E.R., 1950. *Notes on the chemical composition of Parthian coins with special reference to the drachms of Orodes I, Ohio Journal of Science* 50: 107-120.
- Grant, J., Gorin, S., Fleming, N., 2002. *The archaeology course book: an introduction to study skills, topics and methods, London, Routledge*.
- Guerra, M. F., 1998. *Analysis of archaeological metals: the place of the XRF and PIXE in the determination of technology and provenance, X-Ray Spectrometry* 27: 73-80.
- Guerra, M. F., & Calligaro, T., 2004. *Gold traces to trace gold, Journal of Archaeological science*, 31:1199-1208.
- Guerra, M.F., 2005. *Fingerprinting ancient gold by measuring Pt with spatially resolved high energy Sy-XRF, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 240: 505-511.
- Guerra, M. F., 2008. *Analysis of trace elements in gold alloys by SR-XRF at high energy at the BAM Line, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 266: 2334-2338.
- Hajivaliei, M., Garg, M. L., Handa, D. K., Govil, K.L., Kakavand, T., Vijayan, V. & Singh, K. P., 1999. *PIXE analysis of ancient Indian coins, Nuclear Instruments and Methods, physics research B*, 150, 645±650.
- Hajivaliei, M., 2008. *Application of PIXE to study ancient Iranian silver coins: 1578-1582.*
- Kallithrakas-Kontos, N., Katsanos, A. A., Potiriadis, C., Oeconomidou, M. & Touratsoglou, J., 1996. *PIXE analysis of ancient Greek copper coins minted in Epirus Illyria Macedonia and Thessaly, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 109/110: 662-666.
- Hughes, M. J., & Hall, J. A., 1979. *X-ray fluorescence analysis of late Roman and Sassanian silver plate, Journal of Archaeological Sciences*, 6 (4): 321- 344.
- Kallithrakas-Kontos, N., Katsanos, A. A. & Touratsoglou, J., 2000. *Trace element analysis of Alexander the Great: silver tetra Drachms minted in Macedonia, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 171 342-349.
- Khademi Nadooshan, F., Moosavi, S., Jafarzadehpour, F., 2005. *The politics of Parthian coinage in Media, Near Eastern Archaeology Journal* 168: 123-127.
- Khademi Nadooshan & F., Moosavi. S., 2006. *Spectroscopic study of Phraates IV silver coins to identify Parthian coins issuance standard, Bulletin of Parthian and Mixed Oriental Studies*:18-26.
- Khademi Nadooshan, F. & Khazaie, M., 2011. *Probable Sources and refining technology of Parthian and Sasanian silver coins, Interdisciplinaria Archaeological Natural Sciences in Archaeology*, 2: 101-107.
- Linke, R., Schreiner, D. & Demortier, D., 2004. *The application of photo, electron and proton induced X-Ray analysis for the identification and characterization of medieval silver coins, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 226: 172-178.
- Meyers, P., van Zelst, L. & Sayre, E. V., 1976. *Interpretation of neutron activation analysis data*

of ancient silver, Broohaven national Lab, Upton N. Y. (USA).

Tripathy, B., Tapash, B., Rautray, R., Rautray, A. C. & Vijayan, V., 2010. Elemental analysis of silver coins by PIXE Technique, Applied Radiation and Isotopes, 68 (3): 454-458.

Salaris, M., 2014. Space and rice in Elymais: considerations on Elymaean religious architecture and rock reliefs during the Arasid period, M.A thesis, faculty of social sciences, University of Sydney.

Vijayan, V., Rautray, T. R., B. Mallick, Jayanti Rath, Choudhury, R. K. & Patel, C. B., 2004. Analysis of metallic compositions of Kushana copper coins of Orissa State Museum, Orissa Historical Research Journal, 47: 121- 125.

Weber, G., Guillaume, J., Strivay, D., Garnir, H. P., Marchal, A. L. & Martinot, L., 2000. Is the external beam PIXE method suitable for determining ancient silver artifact fineness?, Journal of Nuclear Instrument and Methods in Physics Research section B: Beam interactions with materials and atoms, 161-163:724-729.