

تجزیه عنصری سکه‌های نقره ناصرالدین شاه قاجار ضرب شده در یزد به روش پیکسی (PIXE)

حسین کوهستانی اندرزی*

زهرا نصراللهی**، مریم یاغی زهی***، محمد امین سعادت مهر****

چکیده

در دوره ناصرالدین شاه قاجار (۱۲۶۴-۱۳۱۳ ه.ق.) قران‌های نقره فراوانی بین سال‌های ۱۲۶۴-۱۲۹۴ ه.ق. در ضرابخانه یزد به ضرب رسیده بود. نظام ضرب سکه دوره ناصرالدین شاه قاجار، یعنی مشهد، تبریز، اصفهان، و شیراز قیاس کند. بنابراین تجزیه عنصری سکه‌های این دوره با استفاده از شیوه پیکسی پایه اصلی این پژوهش قرار گرفت و تعداد ۲۲ سکه در ۱۱ تاریخ متفاوت، مورد تجزیه عنصری قرار گرفت که در نتیجه روند تغییرات میزان خلوص نقره را به طور میانگین در کل این دوره ضرب ۹۰.۰۹ درصد، تبیین نمود و

* استادیار باستان‌شناسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، hkoohestani@birjand.ac.ir
** دانشجوی کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، z.nasrolahi93@gmail.com

*** دانشجوی کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، maryamyaghezahi1397@gmail.com

**** دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه مازندران، بابل‌سر، ایران (نویسنده مسئول)، ma.saadatmehr@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰

جایگاه بالای آن از نظر میزان خلوص نقره در مقایسه با ضربانخانه‌های مشهد (۸۴٪)، تبریز (۸۲٪)، تهران (۹۰٪)، اصفهان (۸۴٪)، و شیراز (۹۰٪)، مشخص گردید. در آخر نیز اطلاعات ارزشمندی از نوع معادن نقره مورد استفاده، یعنی معادن سروزیت (Cerussite) و نحوه عیار زدن فلز سکه‌ها با فلزات مس و آهن، به دست آمد.

کلیدواژه‌ها: سکه‌شناسی، یزد، ناصرالدین‌شاه قاجار، آزمایش پیکسی، باستان‌سنجی.

۱. مقدمه

شهر یزد از نظر تجاری و اقتصادی، یکی از معتبرترین شهرهای ایران در روزگار قاجار بوده است. این شهر با جمعیت نسبی فراوان، معیشتی مبتنی بر صنایع دستی (یا تولیدات خانگی)، جای گرفتن در مرکزی‌ترین قسمت ایران به مثابه چهارراهی ارتباطی و ... توانست جایگاه اقتصادی بالایی را برای خود فراهم آورد؛ پس بنابر ضرورت، در شهر یزد از دوره ساسانی ضربانخانه فعالی تابع نظام پولی حاکمیت دایر شد (Mochiri, 1977: 306-308)، تا نیازهای مالی افراد را تامین سازد.

در گذشته حاکمیت‌ها در جهت تضمین ارزش پول بر اساس محتوای فلزی، قوانین وضع کرده و کارگزارانی برای آنها تعیین می‌کردند؛ نظام پولی در دوره قاجار نیز بر پایه قوانین عصر صفوی بنا شد، اما این نظام در دوره ناصری بسیار برآشفته شد، تا آنجا که سکه‌ها گونه‌ای محلی به حساب می‌آمدند. در هر شهر قران‌های نقره با عیارهای متفاوت به ضرب می‌رسیدند و نرخ تبدیل آنان با تومان‌های طلا بسیار متفاوت بود؛ در واقع پول‌های رایج در یک شهر با همان نرخ در شهرهای احتمالاً دیگر راه نداشت و در صورت راه یافتن مبلغی به عنوان نرخ تسعیر از آن کم می‌شد (مته و دیگران، ۱۳۹۶: ۴۴ و ۲۸۱-۲۸۲). نیز از این دایره خارج نبوده و قران‌های نقره فراوانی به صورت پراکنده، بین سال‌های ۱۲۶۴-۱۲۹۴ ه.ق. به ضرب رسانده بود.

در اینجا سکه‌ها را می‌توان سندی ارزشمند و بهترین داده‌های باستان‌شناختی دانست، زیرا سکه‌ها متعلق به همان عصر بوده و مانند متون با هدف خوانش مجدد ایجاد نشده‌اند (کیان‌زادگان و دیگران، ۱۳۹۸: ۱۸۲)؛ از این رو تجزیه عنصری سکه‌های این دوره، با استفاده از شیوه‌های باستان‌سنجی^۱ (Archaeometry)، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره شرایط سیاسی-اقتصادی در اختیار گذارد، تا تحلیل بهتری از شرایط دوران مورد پژوهش به دست آید (Beck et al., 2004: 153-162). پس در این نوشتار سعی بر آن بوده که علاوه بر

تلفیق نگاهشته‌های تاریخی و اطلاعات سکه‌شناسی، به تجزیه عنصری پیکسی سکه‌های ناصرالدین شاه ضرب یزد در تمامی تاریخ‌های ضرب، پرداخته شود تا تحلیلی از نحوه عملکرد و تعهد این ضربخانه به نظام مرکزی ضرب مسکوکات ارایه گردد و قدرت اقتصادی آن در قیاس با سایر شهرهای پراهمیت سنجیده شود.

در مطالعات داده‌های باستانی و ترکیبات عنصری آنها روش‌های متفاوتی نظیر «پراش پرتو ایکس» (X-Ray Diffraction, XRD)، «فلورسانس پرتو ایکس» (X-Ray Fluorescence, XRF)، «انتشار اشعه ایکس ناشی از ذرات» (Particle-Induced X-ray Emission, PIXE)، «طیف‌سنجی جذب اتمی» (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)، «تجزیه فعال‌سازی نوترونی» (Neutron Activation Analysis, NAA)، و ... استفاده می‌شود (خادمی‌ندوشن و دیگران، ۱۳۹۴: ۵۴). در این پژوهش از میان سایر شیوه‌های تجزیه عنصری، از شیوه پیکسی به دلیل سرعت، دقت بالا، و از همه مهم‌تر غیرمخرب بودن آن (Linke et al., 2004: 173)، برای مطالعه سکه‌ها استفاده شده است.

این شیوه انواع گوناگونی نظیر «پیکسی متعارف»، «پیکسی با باریکه خارجی» (External PIXE)، «میکروپیکسی» (microPIXE)، و «فلورسانس پرتوی ایکس ناشی از پروتون» (Proton-Induced X-Ray Fluorescence, PIXRF) را برای مطالعات باستان‌سنجی ارایه می‌دهد (لامعی‌رشتی، ۱۳۸۲: ۷۵-۹۲). بنابراین پایه این پژوهش بر پیکسی متعارف قرار گرفت و این شیوه، روشی معمول برای تجزیه عنصری نمونه‌های همگن، مانند سکه‌ها محسوب می‌شود. در نمونه‌های همگن اجزای آن به صورت یکنواخت پراکنده شده‌اند و در صورت غیرهمگن بودن نمونه‌ها می‌توان از روش‌های دیگر مانند میکروپیکسی و غیره استفاده نمود (اسماعیل‌زاده‌کیوی، ۱۳۹۲: ۲۸).

سکه‌های مورد مطالعه در این پژوهش، متعلق به مجموعه شخصی سیدحسن سادات-رضوی (حیدرآباد، ایالت تلانگانا، هند) بوده که به رسم امانت در اختیار نگارندگان قرار گرفته است؛ این سکه‌ها در تاریخ‌های ۱۲۶۴-۱۲۶۶، ۱۲۷۰، ۱۲۷۴، ۱۲۷۸، ۱۲۸۰، ۱۲۸۸، ۱۲۹۲-۱۲۹۳ ه.ق. به ضرب رسیده‌اند که ۱۱ سکه رایج متفاوت را در بر می‌گیرد؛ از این رو از هر تاریخ ضرب، ۲ سکه برای آزمایش در نظر گرفته شد که در مجموع تعداد ۲۲ سکه در موسسه فیزیک بوبانسور (Institute of Physics, Bhubaneswar, IOPB) واقع در ایالت اوریسا، هند مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت.

۱.۱ پیشینه پژوهش

درباره پیشینه اینگونه از پژوهش‌ها باید گفت، برای اولین بار تجزیه عنصری داده‌های باستانی به شیوه‌های اتمی و هسته‌ای، در سال ۱۹۵۳م. مورد استفاده قرار گرفت (Ambrosino & Pindrus, 1953: 136-138)؛ اما به طور کلی استفاده از روش‌های تجزیه هسته‌ای در باستان‌شناسی از سال ۱۹۵۶م. مورد توجه دانشمندان قرار گرفت. در این سال جلسه‌ای با حضور اپنهایمر (J. R. Oppenheimer) رئیس مطالعات علوم دانشگاه پرینستون، دادسون (R. W. Dodson) رئیس بخش شیمی آزمایشگاه ملی بروکویهون (Brookhaven National Laboratory)، و جمعی از شیمی‌دان‌ها و باستان‌شناسان تشکیل شد و در آن استفاده از روش‌های تجزیه هسته‌ای برای بررسی آثار باستانی به بحث گذاشته شد (Harbottle, 1986: 10-15). روش پیکسی نیز در سال ۱۹۷۰م. ابداع گردید (Johansson et al., 1970: 141) و به تندی در باستان‌شناسی کاربرد یافت (Gordon & Kraner, 1972: 141)، حتی موزه لوور نیز با خرید شتاب‌دهنده‌ای مناسب، آزمایشگاه ویژه‌ای تاسیس نمود (لامعی‌رشتی و دیگران، ۱۳۸۱: ۴۳۱). اما در باب عیارسنجی سکه‌های نقره ناصرالدین‌شاه، برای اولین بار پیکن به درخواست رابینو در همان عصر نمونه سکه‌هایی از ضرابخانه‌های محلی را به منظور تهیه فهرست ارزش سکه‌های نقره نسبت به طلا برای بانک شاهنشاهی ایران، به شیوه‌ای سستی مورد تجزیه قرار داد و رابینو نیز آن را در مقاله‌ای به نام «بانکداری در ایران» (Banking in Persia) به سال ۱۸۹۲م. (۱۳۰۹ه.ق.) منتشر ساخت (Rabino, 1892: 1-56).

۲. مختصری از اوضاع اقتصادی یزد در دوره قاجار

جامعه ایران عصر قاجار مانند سایر جوامع غیرصنعتی، معیشت خود را از طریق کشاورزی و دامپروری می‌گذراندند (Floor, 1983: 199). شهرهای مرکزی ایران در آن عصر، نظیر اصفهان، کاشان، همدان، شیراز و یزد به دلیل تولید صنایع دستی از اهمیت اقتصادی فراوانی برخوردار بودند (Hambly, 1964: 72; Gilbar, 1986: 79; Gilbar, 1979: 197). همچنین بنادر جنوبی ایران، مانند بندرعباس و بوشهر، نقش بسیاری را در رونق بازرگانی و اقتصادی این شهرها ایفا نمودند (شمیم، ۱۳۸۷: ۳۶۷).

مستندات تاریخی، تایید کننده آن است که در روزگار قاجار، شهر یزد از نظر تجاری و اقتصادی، یکی از معتبرترین شهرهای ایران به شمار می‌آمد. در سفرنامه حاج سیاح آمده است:

... فردا از آنجا حرکت کرده، وارد یزد شدیم. یزد، شهری که محل تجارت معتبری است. بازار و دکاکین معتبر و کاروانسرا، خانه‌های خوب و کار نساجی زیاد دارد؛ با داخله و خارجه داد و ستد متاع می‌نماید و متاع تجارتی معتبرشان، تریاک است ... تجار با ثروت و پول‌دار زیاد دارد ... شهر و اطراف یزد، از زرتشتیان بسیار هستند که مردمانی کارکن با اخلاقی پاک، درست‌کردار، راستگو و بی‌آزار و نجیب هستند ... (حاج سیاح، ۱۳۵۹: ۱۷۸).

همچنین لرد کرزن می‌گوید:

... یزد بازار بزرگ تجارت [است]. در حدود پنجاه سال پیش زرتشتیان یزد، باب تجارت با هندوستان را باز کردند که از آن پس به میزان اهمیت آمیزی خیلی ترقی نموده و به شهرت تجارتی این شهر افزوده است، از این جهت یزد در ایران بی نظیر است. هیچگونه جنگ و جدال و یا حتی شایعات مربوط به جنگ و نزاع در محلی که تا این اندازه در داخله کشور قرار گرفته است، وجود ندارد و هیچ قسم تاخت‌وتاز مردم بادیه‌نشین به حدود و ثغور ایشان سرایت نمی‌کند که این خود، نگرهبان دائمی وضع و بساط آنهاست (کرزن، ۱۳۶۷: ۲/۲۹۴).

با توجه به این پیش‌زمینه‌ها که آورده شد، می‌توان عوامل شکوفایی شهر یزد را در دوران قاجار در محورهای زیر جستجو نمود:

- همجواری یزد با کویر، امکان کشاورزی در آن را محدود و پایه اقتصادی آن را بر تولید محصولت صنعتی، تجارت و بازار استوار ساخته بود (Masoudi Nejad, 1997: 199).

- امنیت و آرامش یزد و قرارگرفتن در مسیر شاخه اصلی راه تجاری ابریشم، صادرات تولیدات صنعتی آن را به شهرهای فرمانطقه‌ای میسر می‌ساخت (شمیم، ۱۳۸۷: ۳۶۷).

- اقامت زرتشتیان در این شهر و ارتباط آنان با پارسیان هند، زمینه تجارت بین این شهر و سرزمین‌های جنوب شرق آسیا را فراهم می‌ساخت و در نهایت، رونق

اقتصادی و بازرگانی شهر را در پی داشت (شهمردان، ۱۳۶۳: ۲۶۰؛ Murzban, 1917: 1/115).

در اوایل دوره قاجار شهر یزد نیز از نظر اقتصادی و جمعیتی، جزو شهرهای مهم ایران و همانند شهرهایی چون کاشان، تبریز، اصفهان و همدان قلمداد می‌شده، و حتی بر تهران نیز فضیلت داشت. (دهقان‌منشادی، ۱۳۸۸: ۴۳). در دوره فتحعلی‌شاه قاجار (۱۲۱۲-۱۲۵۰ه.ق.) یزد پس از اصفهان (۲۰۰/۰۰۰ نفر) و هرات (۱۰۰/۰۰۰ هزار نفر)، از بیشترین جمعیت برخوردار بوده است؛ به خصوص پس از فروپاشی صفویان، آسیب‌چندانی نسبت به سایر شهرها، به آن وارد نشده بود. (Hambly, 1964: 72). تقاضای سفیر انگلستان در ایران عهد فتحعلی‌شاه، مبنی بر تاسیس کنسولگری در پنج شهر ایران، من جمله یزد نیز حاکی از اهمیت این شهر در آن عصر می‌باشد (شمیم، ۱۳۸۷: ۱۹).

علاوه بر این، یزد در اوایل سلطنت محمدشاه قاجار (۱۲۵۰-۱۲۶۴ه.ق.)، حدود ۱۳۰۰ ماشین بافندگی نخ و ۳۰۰ تا ۳۵۰ ماشین ابریشم‌بافی وجود داشته است (Gilbar, 1979: 197). شایان توجه است که منسوجات شهرهای کاشان (پارچه‌های زربفت) اصفهان، و یزد (پارچه‌های ساتن) از دوره صفوی مطرح بوده (باربارو، ۱۳۴۹: ۸۲) و به اروپا، به ویژه اروپای شرقی که دارای صنعت عالی نساجی نبوده‌اند، صادر می‌شده است (اسکارچیا، ۱۳۶۷: ۳۰). بی تردید موقعیت ویژه این شهر در مسیر راه تجاری که از سوی شرق به هند و چین از راه خراسان (حاج‌سیاح، ۱۳۵۹: ۱۱)، و از جانب غرب به آسیای صغیر و اروپا راه می‌یافت، سبب می‌گشت تا مسیری بسیار طولانی به سوی بازرگانان یزد گشوده شود (عزیزی و کریمیان، ۱۳۹۴: ۲۳۸).

اهمیت اقتصادی و بازرگانی یزد تا نیمه نخست قرن بیستم نیز حفظ گردید و این شهر به عنوان قطب اقتصادی ایران مطرح بود. در این شهر بود که راه‌های اصفهان و کاشان از طریق نائین، با راهی که از شیراز از طریق ابرکوه می‌آمد، تلاقی پیدا می‌کرد. در واقع سه شهر عمده تولیدکننده صنایع دستی (اصفهان، کاشان، و یزد)، محور اصلی تجارت در شبکه بزرگ بازرگانی داخل و خارج ایران را شکل می‌دادند (Hambly, 1964: 75).

در این میان شهر یزد تا حدودی از موقعیت بهتری برخوردار بود؛ بدون شک این برتری را باید در امنیت و آرامش یزد در مقایسه با بسیاری از شهرهای دیگر جستجو نمود (حکیمیان، ۱۳۸۹: ۶۰۵). همچنین حضور زرتشتیان در یزد، عاملی بس مهم در رونق

اقتصادی و تجاری آن به شمار می‌رفت؛ چراکه قسمت عمده تجارت ایران با روسیه و هند، به ترتیب به وسیله هموطنان ارمنی و زرتشتی انجام می‌گرفت (Gilbar, 1979: 204). از بعد بازرگانی، ساکنان زرتشتی یزد به واسطه ارتباط با همکیشان صاحب نفوذ و ثروت خود در هند، و نیز حسن اعتماد مالی که بازرگانان زرتشتی در میان سایر بازرگانان به دست آورده بودند، صدور کالاهای تولیدی این ناحیه را به کلان‌شهرهایی چون اصفهان و تهران و حتی خارج از کشور، فراهم آورده بودند و تا حد بسیاری سبب شکوفایی اقتصادی یزد شدند (تشکری‌بافقی، ۱۳۷۷: ۱۷۹). این امر سبب گردیده بود تا بخشی از بازار یزد به هندی‌ها تعلق پیدا کند و به نام آنان خوانده شود؛ در سال ۱۲۹۵ ه.ق. به تیمچه هندوها اشاره شده که البته آن زمان به انبار بدل گشته بود (مهدوی و افشار، ۱۳۸۰: ۲۹۲). نباید فراموش کرد که تجارت ایران با روسیه، بعد از بستن قراردادهای گلستان و ترکمن‌چای در سال‌های ۱۸۱۳ و ۱۸۲۸ م. (۱۲۲۷ و ۱۲۴۳ ه.ق.) بسیار بیشتر شد (Issawi, 1983: 232). بعد از این قراردادها بود که روابط نابرابر سیاسی و بازرگانی اروپا مشهود می‌گردد و این برتری در میدان جنگ به وسیله فشارهای سیاسی، به نفع روسیه و اروپاییان به بهترین شکل ادامه پیدا می‌کند (Amanat, 1993: 36). در نیمه نخست سده نوزدهم میلادی، گروه بازرگانان به طور کلی، هنوز بخش عظیمی از سرمایه خود را در امور بازرگانی به کار می‌انداختند و با استامبول، مسکو، و بمبئی یا هر سه، معاملات وسیعی داشتند (تشکری-بافقی، ۱۳۷۷: ۱۶۵). در این میان بنابر آنچه گفته شد، یزدی‌ها تجارت وسیعی با هند انجام می‌دادند.

۳. نظام از هم گسیخته و ناکارآمد پول رایج

بر اساس تفکر جدید، نظام پولی میانه دوره قاجار، یعنی عصر ناصری در ایران با داشتن پول‌ها و واحدهای پولی که از مکانی به مکان دیگر و از زمانی به زمان دیگر راه نداشت و از نظر نرخ تبدیل تفاوت‌های فراوانی داشت، بسیار عجیب و غیرمنطقی می‌آید. تا جایی که راهکار ایرانیان برای سازگاری با این وضعیت، دائماً به محاسبه و تبدیل انواع نقود و اقلام با انواع نرخ‌های محلی و استاندارد می‌پرداختند (مته و دیگران، ۱۳۹۶: ۲۸۱). ابوت مشاهده کرد که بسیاری از شهرها معیارهای پول رایج خود را دارند، گرچه خاطر نشان می‌کند که معیار معمول در تجارت، پول رایج رسمی بود. برای مثال با توجه به نوشته وی، یزد در سال‌های ۱۸۴۹-۱۸۵۰ م. (۱۲۶۵-۱۲۶۶ ه.ق.) پول رایج خود را داشت که

از جاهای دیگر متفاوت بود، ۲۵ شاهی صاحب قران حساب می‌شد و ۱۲.۵ قران رایج در آنجا برابر با یک تومان است (درحالی که هر ۱۰ قران باید یک تومان باشد). این پول رایج معمولاً در معاملات کوچک مورد قبول است؛ در تجارت صاحب قران، ۲۰ شاهی ملاک است.

به گفته او در کرمان «پول محل قران، ۲۸ شاهی و ۳.۵ پنابادی است و ۲ شاهی کرمان یک سکه قران معیار است». یا در مورد پول رایج اصفهان «۲۳ شاهی در صاحب قران بود، اما معمولاً در معاملات تجاری پول رایج متداول ایران مورد قبول است» (Abbott, 1983: 82, 85, 104, 117).

دست کم تا زمان تاسیس ضربخانه در سال ۱۲۹۴ ه.ق. بخشی از دلیل این تغییرات آن بود که ضربخانه‌های محلی به سادگی با معیارهای رسمی در زمینه وزن و عیار کنار نمی‌آمدند. بیکن در همان عصر نمونه‌ای از سکه‌های ضربخانه‌های محلی را بررسی کرده (جدول ۱) و راینو خلاصه آن را اینگونه آورده است:

این شکل‌ها نشان‌دهنده نبود ترتیبی خاص در پول رایج ایرانی است. میان قران‌های همدان و تهران بیش از ۱۷ درصد اختلاف ارزش وجود دارد؛ میان قران‌های دیگر شهرها و پایتخت از نظر پولی تفاوت بسیار قابل توجهی است، گرچه کمتر از آن چیزی است که به طور افراطی نقل می‌شود (Rabino, 1892: 37).

جدول ۱- نمونه وزن و عیار قران‌های نقره در ضربخانه‌های چند منطقه

ضربخانه	تاریخ ضرب	وزن	عیار در هزار	ارزش به فرانک
همدان	۱۲۹۳ ه.ق. / ۱۸۷۷ م.	۴.۹۵ گرم	۷۶۰	۰.۸۳۶
تبریز	۱۲۹۰ ه.ق. / ۱۸۷۴ م.	۴.۹۰ گرم	۸۲۰	۰.۸۹۳
کاشان	۱۲۸۲ ه.ق. / ۱۸۶۶ م.	۵.۰۳ گرم	۸۲۰	۰.۹۱۷
اصفهان	۱۲۹۳ ه.ق. / ۱۸۷۷ م.	۵.۰۲ گرم	۸۴۰	۰.۹۳۷
کرمان	۱۲۹۳ ه.ق. / ۱۸۷۷ م.	۴.۹۰ گرم	۸۴۰	۰.۹۱۵
مازندران (طبرستان)	۱۲۹۲ ه.ق. / ۱۸۷۶ م.	۴.۹۷ گرم	۸۴۰	۰.۹۲۸
مشهد	۱۲۹۳ ه.ق. / ۱۸۷۷ م.	۴.۹۰ گرم	۸۴۰	۰.۹۱۰
کرمانشاه	۱۲۸۲ ه.ق. / ۱۸۶۶ م.	۴.۹۷ گرم	۸۸۰	۰.۹۷۲
رشت	۱۲۸۰ ه.ق. / ۱۸۶۴ م.	۴.۸۰ گرم	۸۹۰	۰.۹۴۹
تهران	۱۲۹۲ ه.ق. / ۱۸۷۶ م.	۵.۰۲ گرم	۹۰۰	۱.۰۰۴

۰.۹۸۰	۹۰۰	۴.۹۰ گرم	۱۲۹۱ ه.ق. / ۱۸۷۵ م.	شیراز
۰.۹۹۴	۹۰۰	۴.۹۷ گرم	۱۲۷۸ ه.ق. / ۱۸۶۲ م.	یزد
۰.۹۸۰	۹۰۰	۴.۹۰ گرم	۱۲۷۷ ه.ق. / ۱۸۶۱ م.	هرات

(Rabino, 1892: 37)

اما حتی زمانی که ضربخانه مدرن آغاز به ضرب سکه‌هایی با وزن و عیار یکسان کرد، نظام پولی منطقه‌ای به کار خود ادامه می‌داد. لندور که در سال ۱۹۰۱ م. (۱۳۱۹ ه.ق.) در ایران مسافرت می‌کرد، دریافت که «هرگز نمی‌دانم که ارزش یک قران دقیقاً چقدر است و تقریباً در هر ایالتی در مقابل قران‌هایم، شاهی‌های متفاوتی دریافت کردم» (Landor, 1902: 1/131). بردلی‌برت نیز در سال ۱۹۱۰ م. (۱۳۲۸ ه.ق.) گلایه داشت که:

ناپایداری نرخ بانکی ایران بی شک برای هرکسی به جز یک بانکدار همچون یک راز است. همه آنچه که می‌توانستم در این باره کشف کنم این بود که هرچه در ایران پیشتر می‌رفتم، به طور پیوسته پایین می‌آمد. درحالی که من در بوشهر برای هر ۱۵ روپیه یا سلطنتی انگلیسی ۵۱ قران دریافت کردم، وقتی به تهران رسیدم تنها ۴۷ قران گرفتم، درحالی که کمی پیشتر در آنجا به من گفته شد که نرخ روی مبلغ بالای ۶۰ قران ایستاده است (Bradley Birt, 1909: 52-53).

۴. کلیاتی درباره قران‌های ناصری ضرب یزد (۱۲۶۴-۱۲۹۴ ه.ق.)

همانطور که گفته شد، سکه‌ها در دوره قاجار به صورت دستی ضرب می‌گشتند؛ بنابراین بر طبق نیاز اقتصادی، هر شهر و ایالت ضربخانه‌ای دایر بود که بر حسب توان مالی، میزان تولید سکه‌ها رقم می‌خورد؛ به همین علت ضربخانه‌های عصر ناصری را می‌توان در سه گروه جای داد:

- فعال‌ترین ضربخانه‌ها: مشهد، تبریز، تهران، اصفهان، و شیراز
- ضربخانه‌های فعال: همدان، قزوین، استرآباد، طبرستان، کرمان، کاشان، رشت، هرات، یزد، کرمانشاهان، و خوی
- ضربخانه‌های تشریفاتی: سرخس، سیستان (Michael, 2015: 291-296; Album, 2011: 794-804)، شوشتر، و رکاب (نوبین فرح‌بخش، ۱۳۸۵: ۱۰۹)

این ضرباخانه‌ها بر اساس موقعیت سکه‌هایی از جنس طلا، نقره، و مس با واحدهای پولی و وزنی متفاوت به ضرب می‌رساندند، اما چون اساس این پژوهش قران‌های نقره بوده، در ادامه فقط به ذکر واحدهای پولی و وزنی سکه‌های نقره پرداخته می‌شود. در اوایل دوران سلطنت محمدشاه، یعنی در سال ۱۲۵۴ه.ق. اوزان سکه‌های نقره از تومانی (۱۰/۰۰۰ دینار) ۳۰۰ نخود (۵۷.۶گرم) به تومان ۲۸۰ نخودی (۵۳.۵۶گرم) کاهش یافت و این نظام وزنی تا سال ۱۲۷۴ه.ق. یعنی اوایل سلطنت ناصرالدین‌شاه نیز ادامه یافت. در سال ۱۲۷۱ه.ق. تصمیم بر آن شد تا دوباره از وزن سکه‌های نقره کاسته شود، بنابراین اوزان این سکه‌ها از تومانی ۲۸۰ نخود به تومان ۲۶۰ نخودی (۴۹.۹۲گرم) بدل گشت (Album, 2011: 291-296).

جدول ۲- واحدهای پولی و اوزان سکه‌های ضرب دستی نقره عصر ناصری

واحدهای پولی	گردش مالی	تومان ۲۸۰ نخودی	تومان ۲۶۰ نخودی	توضیحات
۲.۵ شاهی / ۱۲۵ دینار	رایج	۰.۶۷گرم	۰.۶۲گرم	ضرب مناسبی و برخی یک‌رو
۵ شاهی / ۲۵۰ دینار	رایج	۱.۳۴گرم	۱.۲۴گرم	
۱۰ شاهی / ۵۰۰ دینار	رایج	۲.۶۸گرم	۲.۴۹گرم	
۱ قران / ۱۰۰۰ دینار	رایج	۵.۳۷گرم	۴.۹۹گرم	
۲ قران / ۲۰۰۰ دینار	غیر رایج	---	۹.۹۸گرم	فقط تبریز، ۱۲۹۴ه.ق.
۵ قران / ۵۰۰۰ دینار	غیر رایج	۲۶.۸۸گرم	---	فقط تهران، ۱۲۶۷ه.ق.

(Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 794-804; Heritage Auctions, 6-7 Jan 2013: Lot 21933-21934)

سرانجام در سال ۱۲۹۴ه.ق. ضرب سکه به صورت ماشینی درآمد و ضرب سکه دستی متوقف گشت؛ اما بنابر اعتراضات ضرب دستی سکه با شرایطی در برخی از ضرباخانه‌ها ادامه یافت که نهایت در سال ۱۲۹۶ه.ق. به طور کامل برچیده شد (مته و دیگران، ۱۳۹۶: ۲۷۲-۲۷۳).

ضرباخانه یزد در عصر ناصری هیچگاه به صورت مستمر به ضرب سکه نپرداخته (جدول ۳) و حتی وقفه‌ای ۸ ساله (از آغاز سال ۱۲۸۱ تا پایان سال ۱۲۸۷ه.ق.) در ضرب مسکوکات دیده می‌شود (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 798). طرح قران‌های ناصرالدین‌شاه ضرب شده در یزد، به مانند سایر سکه‌های این عصر در شهرهای دیگر

تجزیه عنصری سکه‌های نقره ناصرالدین شاه قاجار ضرب شده در ... ۲۲۱

است؛ به طور کلی بر روی این سکه‌ها (شکل ۱) عبارت «السلطان ابن السلطان ناصرالدین شاه قاجار» نگاشته شده است، و نگاشته‌های پشت این سکه‌ها نیز عبارت «ضرب دارالعباده یزد» به همراه تاریخ ضرب سکه بر آنها نقر گردیده است (نوین فرح‌بخش، ۱۳۸۵: ۱۰۸-۱۰۹).

جدول ۳- فهرست قران‌های نقره ضرب یزد در عصر ناصری

ردیف	تاریخ ضرب	وزن قانونی سکه	ردیف	تاریخ ضرب	وزن قانونی سکه
۱	۱۲۶۴-۱۲۶۶ه.ق.	۵.۳۷ گرم	۲	۱۲۷۰ه.ق.	۵.۳۷ گرم
۳	۱۲۷۴ه.ق.	۴.۹۹ گرم	۴	۱۲۷۶ه.ق.	۴.۹۹ گرم
۵	۱۲۷۸ه.ق.	۴.۹۹ گرم	۶	۱۲۸۰ه.ق.	۴.۹۹ گرم
۷	۱۲۸۸ه.ق.	۴.۹۹ گرم	۸	۱۲۹۲- ۱۲۹۳ه.ق.	۴.۹۹ گرم
۹	۱۲۹۴ه.ق. (سکه خاص)	۴.۹۹ گرم	*	***	***

(Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 798)

ناصرالدین شاه سکه متفاوت دیگری نیز از شهر یزد دارد؛ این سکه دو ویژگی خاص بر خود دارد، اول آنکه عبارت روی سکه، یعنی عبارت «سکه ناصرالدین شه خسرو صاحبقران / ۱۲۹۴» منحصر به فرد بوده و نظیر آن در سکه‌های سایر ضربخانه‌ها دیده نشده است، و دیگر آن که دو تاریخ متفاوت بر رو و پشت سکه دیده می‌شود، تاریخ روی سکه سال ۱۲۹۴ه.ق. و تاریخ پشت سکه ۱۲۸۹ه.ق. را نشان می‌دهد (Michael, 2015: 798) که در اصطلاح به چنین سکه‌های «میول» (Mule) یا «پیوندی»^۲ می‌گویند؛ اما نکته جالب اینکه تاکنون سکه‌ای از تاریخ ۱۲۸۹ه.ق. از شهر یزد دیده نشده است.

۵. داده‌ها، آزمایش، نتایج و تحلیل

سکه‌های مورد مطالعه در این پژوهش از مجموعه شخصی سیدحسن سادات‌رضوی به امانت رفته و مورد آزمایش قرار گرفته است؛ اما این سوال پیش می‌آید که معیار انتخاب این سکه‌ها چه بوده است؟ قران‌های ناصرالدین شاه ضرب یزد در تاریخ‌های ۱۲۶۴-۱۲۶۶، ۱۲۷۰، ۱۲۷۴، ۱۲۷۸، ۱۲۸۰، ۱۲۸۸، ۱۲۹۲-۱۲۹۳ه.ق. (و سکه‌ای خاص به تاریخ

۱۲۹۴.ق). (Michael, 2015: 798) دیده شده است که در مجموع ۱۱ سکه رایج متفاوت (به غیر از سکه خاص) را در بر می‌گیرد؛ بنابراین از هر تاریخ ضرب، ۲ سکه برای آزمایش در نظر گرفته شد که در کل تعداد ۲۲ سکه مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت. مشخصات کامل سکه‌های انتخابی به ترتیب تاریخ‌های ضرب، در زیر (جدول ۴) آمده است.

جدول ۴- جامع مشخصات سکه‌های مورد آزمایش

شماره نمونه	تاریخ ضرب	وزن سکه	شماره نمونه	تاریخ ضرب	وزن سکه
۱	۱۲۶۴.ق.	۵.۳۹ گرم	۲	۱۲۶۴.ق.	۵.۳۵ گرم
۳	۱۲۶۵.ق.	۵.۳۰ گرم	۴	۱۲۶۵.ق.	۵.۳۷ گرم
۵	۱۲۶۶.ق.	۵.۳۴ گرم	۶	۱۲۶۶.ق.	۵.۲۸ گرم
۷	۱۲۷۰.ق.	۵.۲۵ گرم	۸	۱۲۷۰.ق.	۵.۳۲ گرم
۹	۱۲۷۴.ق.	۴.۹۷ گرم	۱۰	۱۲۷۴.ق.	۴.۹۹ گرم
۱۱	۱۲۷۶.ق.	۴.۹۳ گرم	۱۲	۱۲۷۶.ق.	۴.۸۹ گرم
۱۳	۱۲۷۸.ق.	۴.۹۱ گرم	۱۴	۱۲۷۸.ق.	۴.۹۵ گرم
۱۵	۱۲۸۰.ق.	۴.۹۳ گرم	۱۶	۱۲۸۰.ق.	۴.۹۸ گرم
۱۷	۱۲۸۸.ق.	۴.۹۷ گرم	۱۸	۱۲۸۸.ق.	۴.۹۸ گرم
۱۹	۱۲۹۲.ق.	۴.۹۴ گرم	۲۰	۱۲۹۲.ق.	۴.۹۹ گرم
۲۱	۱۲۹۳.ق.	۵.۰۰ گرم	۲۲	۱۲۹۳.ق.	۴.۹۶ گرم

(نگارندگان)

همانطور که گفته شد، در این پژوهش از شیوه متعارف پیکسی استفاده شده است؛ پس با این رویکرد سکه‌های مورد مطالعه به موسسه فیزیک بوبانسور منتقل شد و مورد تجزیه عنصری پیکسی قرار گرفت.



شکل ۱- نمونه سکه‌های آزمایش شده، نمونه‌های شماره ۱، ۴، ۹، و ۱۲ (نگارندگان)

عملکرد این آزمایش بدین گونه است که باریکه‌ای از پروتون‌ها (ذرات باردار) از داخل اتاقک واکنش عبور می‌کنند. گاهی اوقات شدت باریکه ورودی توسط یک ورق پخش‌کننده و موازی‌ساز در صورت نیاز یکنواخت می‌شود. نمونه‌ای که باید تجزیه شود، باید به صورت مستقیم یا آماده شده (به صورت قرص یا محلول‌های شیمیایی) در مقابل باریکه قرار بگیرد. باریکه پس از برخورد به هدف (در صورتی که نمونه نازک باشد) از آن عبور می‌کند و داخل فنجان فارادی متوقف می‌شود که به جمع‌کننده بار متصل است. پرتوی ایکس گسیلی از نمونه توسط آشکارساز Si(Li) آشکار می‌شود. پالس‌هایی که از آشکارساز خارج می‌شوند، پس از تقویت به یک تحلیل‌گر چند کاناله وارد می‌شوند و طیف اشعه ایکس مشخصه نمونه‌هایی که بمباران شده‌اند، نشان داده می‌شود (اولیایی و دیگران، ۱۳۹۴: ۲۱).

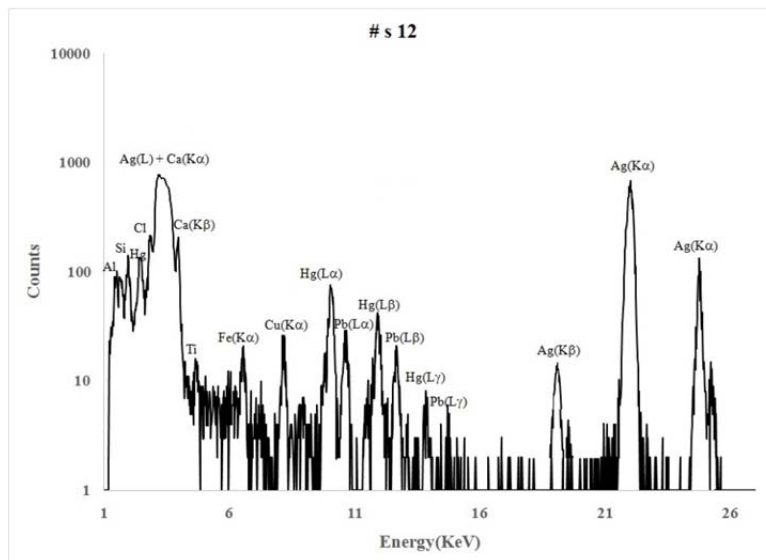
آماده کردن نمونه‌ها یکی از مشکلات اساسی در آزمایش پیکسی است. برای تجزیه عنصری بهتر و دقیق‌تر نمونه‌ها، در بسیاری از موارد ترجیح دارد از نمونه‌های نازک که از نمونه‌های ضخیم به دست می‌آید، استفاده شود. اگر زمانی به دست آوردن یک نمونه نازک از نمونه ضخیم مشکل و در عمل غیرممکن باشد، نمونه ضخیم خود، مستقیم تحت تابش

پروتون قرار می‌گیرد (Johansson & Johansson, 1976: 473-516). خوشبختانه سکه‌ها، نمونه‌های نازک در نظر گرفته می‌شوند.

وقتی تجزیه عنصری روی مقادیر مطلق عناصر انجام می‌گیرد، روشن است که باید به آلودگی نمونه‌ها توجه شود. با توجه به اینکه مقادیر برخی از عناصر بسیار ناچیز هستند، اگر توجه زیادی در گذاشت و برداشت نمونه اعمال نشود، آلودگی‌هایی در همان حد ممکن است به سادگی به هدف برسند. بنابراین باید در انتقال نمونه‌ها دقت داشت و آن را به حداقل رساند و حتی می‌توان نمونه‌ها را قبل از قراردادن در محفظه، در صورت امکان با مواد تمیزکننده، از قبیل الکل و ... تمیز کرد (کیان‌زادگان، ۱۳۹۷: ۵).

نمونه‌های این آزمایش تا حد امکان تمیز شده و عاری از هرگونه آلودگی به مرحله آزمایش گذاشته شدند، اما باید گفت که چون سکه‌ها داده‌ای باستانی حساب شده و ممکن است مدتی زیر خاک مدفون بوده‌اند، مقادیری کم از آلودگی به آنها چسبیده و جداسازی آن نیاز به یک پروژه مرمتی دارد؛ اما چون سکه‌های مورد مطالعه از قدمت بالایی برخوردار نیستند، آلودگی چندانی نداشته و به راحتی قابل رفع بوده است و از آنجا که نتیجه این مقاله نیز بر مقدار فلز نقره استوار است، وجود آلودگی‌ها تاثیری چندانی بر آن ندارند.

بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها، برای جلوگیری از افت انرژی پروتون و تضعیف پرتوی ایکس گسیلی از نمونه‌ها، هوای اتاقک آزمایش را با استفاده از پمپ چرخشی و پمپ دیفیوژن تا فشار 2×10^{-5} Torr تخلیه می‌کنند. برای اندازه‌گیری غلظت عنصری نمونه‌ها از باریکه پروتون با انرژی ۲ MeV (Mega Electron Volt) و جریان حدود ۲-۳ nA (nano Ampere) استفاده می‌شود. باریکه پروتون مورد نیاز توسط آشکارساز Si(Li) اندازه‌گیری می‌شوند که در زاویه ۱۳۵ درجه نسبت به باریکه فرودی قرار گرفته و سیستم چند کانالی، طیف به دست آمده را نمایش می‌دهد. قدرت تفکیک آشکارساز Si(Li)، ۱۷۰ eV (Electron Volt) برای Fe(Ka) باید باشد (Gaschen et al., 2008: 535-552). در اینجا نیز هنگامی که پرتوی پروتون به سکه می‌خورد، باعث یونیزاسیون اتم‌ها در سکه و گسیل اشعه ایکس مشخصه عنصر مورد نظر می‌شود. اشعه‌های ایکس گسیل شده در آشکارساز جمع‌آوری شده و سیگنال‌هایی با شدت‌های مختلف را اثر می‌دهند که نتیجه آن طیف‌های به دست آمده است (شکل ۲).



شکل ۲- نمونه طیف‌های آزمایشگاهی؛ نمونه شماره ۱۳ (نگارندگان)

تحلیل طیف با استفاده از نرم‌افزار گوپیکس (GUPIX) انجام می‌شود که یک روش پارامتری برای تحلیل کمی به ما ارایه می‌دهد و در همه جا به طور متداول برای تحلیل طیف‌های پیکسی استفاده می‌شود. برای تحلیل ابتدا باید ماتریس هدف را مشخص شود؛ منظور از ماتریس این است که بیشترین درصد مربوط به کدام عنصر بوده (Hajivaliei et al., 1999: 645-650) و در این پژوهش بیشترین عنصر نقره است. در مقدار درصد نهایی ممکن است مقدار کمی خطا راه یابد، این خطا ناشی از پارامترهای اساسی کالیبراسیون و آلودگی سطح سکه است. نتیجه آزمایش به شرح زیر (جدول ۵) آمده است:

جدول ۵- نتایج تجزیه عنصری سکه‌های مورد مطالعه به روش پیکسی

شماره	تاریخ	Al	Si	S	Cl	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Ag	Au	Hg	Pb
۱	۱۲۶۴			۰.۱۹	۰.۲۸	۰.۳۰	۰.۰۸		۰.۵۱	۰.۱۴	۷.۲۱			۹۰.۰۵	۰.۴۳		۰.۸۱
۲	۱۲۶۴			۰.۱۸			۰.۰۷	۰.۱۲	۰.۵۳		۷.۳۳	۰.۱۲		۹۰.۱۱	۰.۴۹	۰.۱۸	۰.۸۷
۳	۱۲۶۵	۰.۰۹	۰.۲۱		۰.۱۲	۰.۲۴			۰.۴۸	۰.۱۷	۷.۱۹		۰.۳۲	۹۰.۰۸	۰.۳۷		۰.۷۳
۴	۱۲۶۵	۰.۱۰			۰.۱۵	۰.۲۲			۰.۵۵		۷.۱۷			۹۰.۲۰	۰.۴۱	۰.۲۶	۰.۹۴
۵	۱۲۶۶			۰.۲۱			۰.۱۰		۰.۵۱	۰.۱۲	۷.۳۱		۰.۳۰	۹۰.۱۲	۰.۴۵		۰.۸۸
۶	۱۲۶۶		۰.۱۵		۰.۱۹	۰.۲۶		۰.۱۲	۰.۴۹		۷.۲۵	۰.۲۲		۹۰.۰۳	۰.۴۹		۰.۸۰
۷	۱۲۷۰	۰.۱۶		۰.۲۴					۰.۴۷		۷.۲۸	۰.۱۵	۰.۲۶	۹۰.۰۵	۰.۳۸	۰.۱۷	۰.۸۴
۸	۱۲۷۰			۰.۲۰			۰.۱۴	۰.۱۷	۰.۵۱	۰.۱۹	۷.۳۲	۰.۱۹		۹۰.۱۰	۰.۴۱		۰.۷۷
۹	۱۲۷۴	۰.۱۱			۰.۱۳	۰.۲۵	۰.۰۹		۰.۵۳		۷.۰۵		۰.۲۹	۹۰.۰۸	۰.۴۳	۰.۱۹	۰.۸۵
۱۰	۱۲۷۴		۰.۲۶		۰.۱۱	۰.۲۳	۰.۰۸		۰.۵۰	۰.۲۴	۷.۰۹	۰.۱۷		۹۰.۱۳	۰.۳۶		۰.۸۳
۱۱	۱۲۷۶			۰.۱۷	۰.۲۸	۰.۳۹		۰.۱۸	۰.۵۴		۶.۹۲			۹۰.۰۶	۰.۴۸	۰.۲۰	۰.۷۸
۱۲	۱۲۷۶	۰.۱۱	۰.۱۳					۰.۱۸	۰.۴۶	۰.۱۷	۷.۱۱		۰.۳۷	۹۰.۱۸	۰.۴۰	۰.۱۲	۰.۷۷

تجزیه عنصری سکه‌های نقره ناصرالدین شاه قاجار ضرب‌شده در ... ۲۲۷

۰.۸۶		۰.۴۷	۹۰.۰۲	۰.۲۴	۰.۱۸	۷.۱۷		۰.۴۹			۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۲۲			۱۲۷۸	۱۳
۰.۸۷		۰.۴۴	۹۰.۱۲			۷.۱۹		۰.۵۳			۰.۲۲	۰.۱۷	۰.۲۸	۰.۱۸		۱۲۷۸	۱۴
۰.۹۲		۰.۳۸	۹۰.۱۷	۰.۲۹		۶.۹۷	۰.۱۹	۰.۵۲	۰.۱۹		۰.۲۰	۰.۱۷				۱۲۸۰	۱۵
۰.۹۰	۰.۱۱	۰.۴۵	۹۰.۰۹			۷.۲۱	۰.۳۰	۰.۴۸		۰.۰۵	۰.۲۲	۰.۱۹				۱۲۸۰	۱۶
۰.۸۹	۰.۱۷	۰.۴۷	۹۰.۱۱		۰.۲۸	۷.۲۲		۰.۵۴					۰.۲۳	۰.۰۹		۱۲۸۸	۱۷
۰.۸۱		۰.۴۹	۹۰.۰۸		۰.۲۴	۷.۱۸		۰.۵۰			۰.۳۱	۰.۲۸			۰.۱۱	۱۲۸۸	۱۸
۰.۹۴	۰.۱۹	۰.۴۲	۹۰.۱۴	۰.۲۸	۰.۲۰	۷.۱۳		۰.۴۸	۰.۲۲							۱۲۹۲	۱۹
۰.۸۲		۰.۳۶	۹۰.۰۷	۰.۳۰		۷.۱۹		۰.۵۱		۰.۰۸	۰.۲۳	۰.۲۰	۰.۲۴			۱۲۹۲	۲۰
۰.۷۹	۰.۲۰	۰.۴۰	۹۰.۰۵		۰.۲۷	۷.۱۱	۰.۲۴	۰.۵۲	۰.۲۳						۰.۱۹	۱۲۹۳	۲۱
۰.۸۶		۰.۴۳	۹۰.۰۹			۷.۱۴		۰.۵۵	۰.۱۵		۰.۳۸	۰.۲۴			۰.۱۶	۱۲۹۳	۲۲

(نگارندگان)

همانطور که در جدول بالا (جدول ۵) مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار عنصری را پس از نقره (Ag)، عناصر مس (Cu)، آهن (Fe)، سرب (Pb)، و طلا (Au) دارند و جزیی از تمامی سکه‌ها بوده‌اند؛ بنابراین این عناصر پرتکرار را عناصر اصلی تشکیل دهنده فلز سکه‌ها باید دانست. اما هرکدام از این عناصر چگونه تحلیل می‌شود؟ ابتدا برای پاسخ به این سوال باید حد پایین و بالا مقدار هر عنصر مشخص گردد (جدول ۶).

جدول ۶- میزان پایین‌ترین و بالاترین حد مقدار عناصر اصلی فلز سکه‌های مورد مطالعه

نقره	مس	آهن	سرب	طلا	*
۹۰.۰۲٪	۶.۹۲٪	۰.۴۶٪	۰.۷۳٪	۰.۳۶٪	پایین‌ترین
۹۰.۲۰٪	۷.۳۳٪	۰.۵۵٪	۰.۹۴٪	۰.۴۹٪	بالاترین

(نگارندگان)

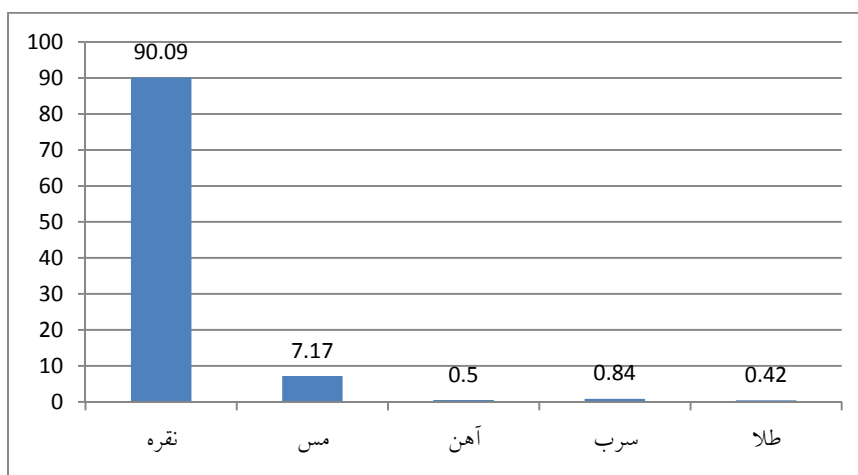
مهمترین بخش تحلیلی این پژوهش بر مقدار خلوص نقره این سکه‌ها استوار است؛ نتایج تجزیه عنصری (جدول ۵) میزان خلوص نقره را در این سکه‌ها بین ۹۰.۰۲-۹۰.۲۰ درصد، نشان می‌دهد که از میانگین خلوص ۹۰.۰۹ درصدی برخوردار است. این مقدار از خلوص بسیار بالا بوده و می‌تواند بیانگر تابعیت ضرابخانه یزد از نظام اصلی ضرب سکه، یعنی نظام تهران باشد؛ و نیز نمودی از نیاز به سکه‌ای معتبر در تجارت خوب این شهر است.

معمولاً فلز مس به صورت طبیعی با مقادیری کمتر از ۲ درصد در فلز سکه‌ها وجود دارد، اما اگر این مقدار از بیشتر از این باشد، نمی‌توان آن را طبیعی قلمداد کرد و حتماً آمیختگی اختیاری صورت پذیرفته است (Hughes & Hall, 1979: 321-344). سکه‌های این پژوهش دارای مقدار میانگین ۷.۱۷ درصد مس می‌باشد که آمیختگی جهت عیار زدن فلز سکه را نشان می‌دهد.

همچنین وجود عنصر آهن به گونه معمول، به واسطه آلودگی سطح که ناشی از محیط دفن شدن سکه‌ها می‌باشد، دیده شده است (Flament & Marchetti, 2004: 179-184). سکه‌های این پژوهش نیز مقداری ناچیزی، با میانگین ۰.۵۰ درصد از آهن را در خود جای داده‌اند؛ با اینکه این سکه‌ها پیدا شده از دل خاک نبوده‌اند، اما باز هم می‌توان مقدار آهن را ناشی از آلودگی‌های محیطی دانست و آمیختگی اختیاری در جهت عیار زدن فلز سکه‌ها نبوده است.

در حال حاضر حدود نصف نقره موجود در جهان از معادن سرب استخراج می‌شود (Hughes & Hall, 1979: 321-344)، بنابراین اگر سرب نیز با مقادیر کمی (۱ درصد و کمتر از آن) در سکه‌های نقره مشاهده شود، جای شگفتی نیست؛ اما این مقدار سرب، معمولاً در فرآیند استحصال نقره جدا می‌شود و اگر چنین نباشد، می‌تواند نشان‌دهنده تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال فلز نقره باشد (Flament & Marchetti, 2004: 179-184). سکه‌های مورد پژوهش نیز مقدار میانگین ۰.۸۴ درصد سرب را در خود جای داده که استفاده از معادن سرب، و تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال نقره را نشان دهد.

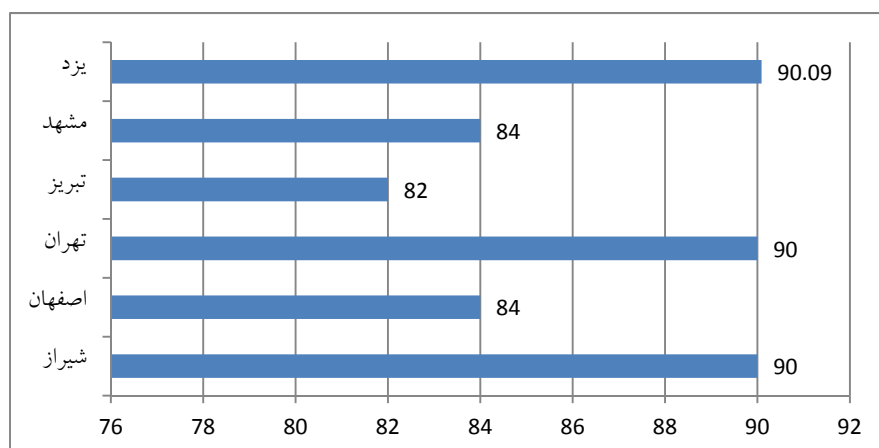
معادن سربی که از آنها نقره نیز استخراج می‌شود در دو گروه سروزیت و گالنا (Galena) قرار می‌گیرند. بنابراین اگر نقره استفاده شده در سکه‌ها از معادن سروزیت به دست آمده باشد، مقدار طلای موجود در آن باید به طور تقریبی بین ۰.۲ تا ۱.۵ درصد متغیر است و اما اگر از معادن گالنا استخراج شده باشد، مقدار طلای موجود در آن کمتر از ۰.۲ درصد است (Meyers, 2003: 271). پس سکه‌های مورد پژوهش مقدار میانگین ۰.۴۲ درصد طلا در ساختار آنها دیده می‌شود که می‌تواند نشان‌دهنده استفاده از معادن سروزیت باشد.



شکل ۳- میانگین مقدار عناصر اصلی در سکه‌های مورد آزمایش (نگارندگان)

از آنجا که نظام ضرب سکه دوره ناصری هرچند به صورت اسمی پیرو نظام تهران بود، اما در عمل هر شهر نظامی خودمختار داشت؛ به همین خاطر رابینو مقدار خلوص نقره سکه‌های ضربخانه‌های ایرانی را به دست آورده، و میزان خلوص نقره سکه‌های شهرهای

اصلی، یعنی مشهد ۸۴ درصد، تبریز ۸۲ درصد، تهران ۹۰ درصد، اصفهان ۸۴ درصد، و شیراز را ۹۰ درصد آورده است (Rabino, 1892: 37). حال این پژوهش با به آزمایش‌گذاردن سکه‌های ناصری یزد در تمامی تاریخ‌های ضرب (جدول ۴ و شکل ۳)، مقدار میانگین خلوص نقره را ۹۰.۰۹ درصد محاسبه نموده که در برابر میزان خلوص نقره ضربخانه‌های اصلی بسیار بالا بوده است (شکل ۴).



شکل ۴- میزان خلوص نقره ضربخانه‌های اصلی در مقایسه با ضربخانه یزد

۶. نتیجه‌گیری

شهر یزد در دوران قاجار از نظر تجاری و اقتصادی، یکی از معتبرترین شهرهای ایران به شمار می‌آمد، به واسطه نیاز اقتصادی شهر یزد، از دیرباز ضربخانه‌ای در این شهر دایر بود؛ اما در عصر ناصری، نظام پولی بسیار از هم گسیخته است تا آنجا که سکه‌ها، پول محلی به حساب می‌آمدند و در هر شهر سکه‌های با عیارهای متفاوت به ضرب می‌رسیدند و نرخ تبدیل آنان با سکه‌های تومان (طلا) بسیار متفاوت بود. حال یزد شهری در مسیرهای تجاری است و علاوه بر آن از مهمترین کانون‌های تولیدی و بازرگانی ایران محسوب می‌شود، پس مطالعات باستان‌سنجی کمک خوبی برای شناخت بهتر در این راستا است.

برای تجزیه عنصری سکه‌های این دوره با استفاده از روش پیکسی به دلیل سرعت، دقت بالا و غیرمخرب بودن آن، استفاده گردید. سکه‌های ناصرالدین‌شاه ضرب یزد در تاریخ‌های

۱۲۶۴-۱۲۶۶، ۱۲۷۰، ۱۲۷۴، ۱۲۷۸، ۱۲۸۰، ۱۲۸۸، ۱۲۹۲-۱۲۹۳ ه.ق. (و سکه‌ای خاص به تاریخ ۱۲۹۴ ه.ق.) دیده شده است که در مجموع ۱۱ سکه رایج متفاوت (به غیر از سکه خاص) را در بر می‌گیرد؛ بنابراین از هر تاریخ ضرب، ۲ سکه برای آزمایش در نظر گرفته شد که در کل تعداد ۲۲ سکه مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت. بنابراین تجزیه عنصری که عیارسنجی بخشی از آن است، توانست تحلیلی از تعهد به نظام مرکزی ضرب مسکوکات و قدرت اقتصادی یزد در جایگاه شهری تولیدی و تجاری ارایه کند.

در پاسخ به مساله اصلی این پژوهش، یعنی چگونگی تعهد به نظام مرکزی ضرب مسکوکات و قدرت اقتصادی شهر یزد، باید گفت، مقدار عیار نقره همیشه بالا بوده و مقدار میانگین خلوص نقره ۹۰.۰۹ درصدی داشته است؛ این مقدار خلوص در مقایسه با ضرابخانه‌های اصلی، یعنی مشهد (۸۴٪)، تبریز (۸۲٪)، طهران (۹۰٪)، اصفهان (۸۴٪)، و شیراز (۹۰٪)، بسیار بالا بوده است و این مسئله می‌تواند بیانگر تابعیت ضرابخانه یزد از نظام اصلی ضرب سکه، یعنی نظام تهران باشد؛ و نیز نمودی از نیاز به سکه‌ای معتبر در تجارت خوب این شهر است.

معمولا فلز مس به صورت طبیعی با مقادیری کمتر از ۲ درصد در فلز سکه‌ها وجود، اما اگر این مقدار از بیشتر از این باشد، نمی‌توان آن را طبیعی قلمداد کرد و حتما آمیختگی اختیاری صورت پذیرفته است؛ سکه‌های این پژوهش دارای مقدار میانگین ۷.۱۷ درصد مس می‌باشد که آمیختگی جهت عیارکردن فلز سکه را نشان می‌دهد. وجود عنصر آهن نیز معمولا، به واسطه آلودگی سطح که ناشی از محیط دفن شدن سکه‌ها می‌باشد؛ سکه‌های این پژوهش نیز مقداری ناچیزی، با میانگین ۰.۵ درصد از آهن را در خود جای داده‌اند؛ با اینکه این سکه‌ها پیدا شده از دل خاک نبوده‌اند، اما می‌توان گفت آهن آن ناشی از آلودگی‌های محیطی بوده و نشانه‌ای از آلیاژکردن آن برای تنظیم عیار فلز نقره نبوده است.

علاوه بر آن به دلیل وجود عنصر سرب با مقدار میانگین ۰.۸۴ درصد نشانگر استفاده از معادن سرب برای فلز نقره، و تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال آن بوده است. همچنین معادن سرب به دو گونه سروزیت و گالنا تقسیم می‌شوند که معادن سروزیت بین ۰.۲-۱.۵ درصد و معادن گالنا کمتر از ۰.۲ درصد عنصر طلا را در خود جای داده‌اند، پس در این سکه‌ها مقدار میانگین ۰.۴۲ درصد طلا در ساختار آنها وجود دارد که این نیز می‌تواند نشان دهنده استفاده از معادن سروزیت باشد.

پی‌نوشت‌ها

۱. باستان‌سنجی شاخه‌ای نسبتاً جدید از علم باستان‌شناسی است که در آن داده‌های باستانی توسط شیوه‌های مختلف آزمایشگاهی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در جهت شناسایی و منشاء‌یابی داده‌های باستانی، بازسازی تکنولوژی گذشتگان، شناخت تبادلات تجاری منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای، تاریخ‌گذاری اشیاء و محوطه‌ها، بررسی وضعیت سیاسی و اجتماعی جوامع گذشته، مطالعه ژنتیک و تعیین رژیم غذایی مردمان باستان و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد (Grant et al., 2002: 64-65).

۲. میول در معنای اصلی به معنی «قاطر» است، اما در فارسی و سکه‌شناسی می‌توان آن را «پیوندی» نام نهاد. منظور از میول در اینجا، سکه‌هایی است که با دو سرسکه مختلف از دوران‌های متفاوت به ضرب رسیده‌اند؛ به عبارت دیگر این سکه‌ها محصول دو سرسکه از سال‌های متفاوت حکومت یک پادشاه، دو سرسکه از دو پادشاه، و یا حتی دو سرسکه از دو دودمان متفاوت باشد (امینی، ۱۳۸۷: ۲۰).

۳. تور یکی از یکاهای غیر SI برای اندازه‌گیری فشار است و ۱ اتمسفر استاندارد برابر ۷۶۰ تور است. این یکا به گونه‌ای گزینش شده است که با تقریب خوبی برابر فشار حاصل از یک میلی‌متر جیوه باشد؛ بنابراین فشار ۱ تور تقریباً برابر با فشار حاصل از یک میلی‌متر جیوه است. این یکا به یاد اوانجلیستا توریچلی (Evangelista Torricelli)، فیزیک‌دان و ریاضی‌دان ایتالیایی که اصول عملکرد فشارسنج را در ۱۶۴۴م. کشف کرد، نام‌گذاری شده است.

کتاب‌نامه

- اسکارچیا، جیان روبرتو. (۱۳۶۷). هنر صفوی، زند، قاجار. ترجمه یعقوب آژند. تهران: مولی.
- اسماعیل‌زاده‌کیوی، سینا. (۱۳۹۲). «مطالعه اشیاء مکشوفه از بافت تاریخی اردبیل و محوطه تاریخی مجموعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی با روش گسیل پرتو ایکس با تابش پروتون (PIXE)». پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته فیزیک. دانشگاه محقق‌اردبیلی، دانشکده علوم.
- امینی، امین. (۱۳۸۷). تاریخ و سکه در پایان امپراتوری ساسانی. یزد: امینی.
- اولیایی، پروین؛ آفریده حسین؛ و آقاعلی‌گل، داوود. (۱۳۹۴). «مطالعه آماری سکه‌های نقره هخامنشی، اشکانی و ساسانی با استفاده از آنالیز عنصری به روش پیکسی». در مطالعات باستان‌شناسی. دوره (۱)۷: صص. ۱۷-۲۸.
- باربارو، جوزافا. (۱۳۴۹). سفرنامه‌های ونیزیان در ایران. ترجمه منوچهر امینی. تهران: خوارزمی.
- تشکری‌بافقی، علی‌اکبر. (۱۳۷۷). مشروطیت در یزد. یزد: مرکز یزدشناسی.

تجزیه عصری سکه‌های نقره ناصرالدین شاه قاجار ضرب شده در ... ۲۳۳

حاج سیاح، محمدعلی. (۱۳۵۹). خاطرات حاج سیاح. به کوشش حمید سیاح و به تصحیح سیف‌الله گلکار. چاپ سوم. تهران: امیرکبیر.

حکیمیان، هادی. (۱۳۸۹). «یزد در عصر زندیه». در پیام بهارستان. شماره ۷: صص. ۶۰۸-۵۸۱.
خادمی‌ندوشن، فرهنگ؛ محقق، مریم؛ هژبری‌نوبری، علیرضا؛ و مسجدی‌خاک، پرستو. (۱۳۹۴). «بررسی اوضاع سیاسی-اقتصادی حکومت اشکانیان در سال‌های ۵۷-۲ ق.م. (دوران پادشاهی ارد دوم و فرهاد چهارم) بر اساس ترکیبات شیمیایی سکه‌های نقره با روش آزمایشگاهی PIXE». در پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. شماره ۸: صص. ۶۶-۵۳.

دهقان‌منشادی، مهدی. (۱۳۸۸). یک قرن دگرگونی. یزد: نیکو روش.
شمیم، علی‌اصغر. (۱۳۸۷). ایران در دوره سلطنت قاجار. تهران: بهزاد.
شهمردان، رشید. (۱۳۶۳). تاریخ زرتشتیان: فرزندان زرتشتی. تهران: فروهر.
عزیزی، حمید، و حسن کریمیان. (۱۳۹۴). «نقش بازرگانان در بافت تاریخی شهر یزد در عصر قاجار» در تاریخ اسلام. دوره ۱۶(۱): صص. ۲۶۱-۲۳۱.
کرزن، جرج. (۱۳۶۷). ایران و قضیه ایران. ترجمه غلامعلی وحیدمازندرانی. جلد دوم. تهران: علمی و فرهنگی.

کیان‌زادگان، سوسن. (۱۳۹۷). «تحلیل قدرت اقتصادی در دوره پیروز ساسانی به کمک آزمایش PIXE: مطالعه موردی سکه‌های مکشوفه از پیروزگت (چابهار، بلوچستان ایران)». پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته تاریخ. دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
کیان‌زادگان، سوسن؛ رجائی، سیدجلال؛ مسجدی‌خاک، پرستو؛ و سعادت‌مهر، محمدمین. (۱۳۹۸). «تجزیه عصری سکه‌های پیروز ساسانی به روش پیکسی (PIXE)، مطالعه موردی: سکه‌های گنچینه پیروزگت کشف شده از روستای تیس چابهار». در پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. شماره ۲۲: صص. ۱۹۶-۱۸۱.

لامعی‌رشتی، محمد. (۱۳۸۲). «نقش تحلیل عصری در باستان‌سنجی: تجزیه آزمایشگاه واندوگراف». در مجموعه مقالات نخستین همایش باستان‌سنجی در ایران: نقش علوم پایه در باستان‌شناسی. به کوشش مسعود آذرنوش. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشکده باستان‌شناسی). صص. ۹۲-۷۵.

لامعی‌رشتی، محمد؛ شکوهی، فرح؛ و اولیایی، پروین. (۱۳۸۱). «معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی». در نامه بهارستان. دوره ۲(۶): صص. ۴۳۶-۴۳۱.
مته، رودی؛ فلور، ویلم؛ و کلاوسون، پاتریک. (۱۳۹۶). تاریخ پولی ایران از صفویه تا قاجاریه. ترجمه جواد عباسی. تهران: نامک.

مهدوی، اصغر، و ایرج افشار. (۱۳۸۰). یزد در اسناد امین‌الضرب. تهران: فرهنگ ایران زمین.
نوبین‌فرح‌بخش، هوشنگ. (۱۳۸۵). راهنمای سکه‌های ضربی (چکشی) ایران. تهران: فرح‌بخش.

- Abbott, K. E. (1983). *Cities & Trade: Consul Abbott on the Economy and Society of Iran 1847-1866*. Edited by A. Amanat. London: Ithaca.
- Album, S. (2011). *Checklist of Islamic Coins*. 3th Edition. Santa Rosa: Stephen Album Rare Coins.
- Amanat, A. (1993). "Russian Intrusion into the Guarded Domain: Reflections of a Qajar Statesman on European Expansion". in *Journal of the American Oriental Society*. vol. 113(1): pp. 35-56.
- Ambrosino, G. & Pindrus, P. (1953). "Analyse non Destructive d'Objets Métalliques Anciens". in *La Revue de Métallurgie Available*. vol. 50(2): pp. 136-138.
- Beck, L.; Bosonnet, S.; Reveillon, S.; Eliot, D.; & Pilon, F. (2004). "Silver Surface Enrichment of Silver-Copper Alloys: A Limitation for the Analysis of Ancient Silver Coins by Surface Techniques". in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. vol. 226(1-2): pp. 153-162.
- Bradley Birt, E. B. (1909). *Persia – Through Persia from the Gulf to the Caspian*. New York: E. P. Dutton and Co.
- Flament. C. & Marchetti, P. (2004). "Analysis of ancient silver coins". in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. vol. 226(1-2): pp. 179-184.
- Floor, W. M. (1983). "The creation of the food administration in Iran". in *Iranian Studies*. vol. 16(3-4): pp. 199-227.
- Gaschen, A. A-M.; Döbeli, M.; Markwitz, A.; Barry, B.; Ulrich-Bochsler, S.; & Krähenbühl, U. (2008). "Restrictions on Fluorine Depth Profiling for Exposure Age Dating in Archaeological Bones". in *Journal of Archaeological Science*. vol. 35(3): pp. 535-552.
- Gilbar, G. G. (1979). "The Persian Economy in the Mid-19th Century". in *Die Welt des Islams*. vol. 19(1/4): pp. 177-211.
- Gilbar, G. G. (1986). "The Opening Up of Qājār Iran: Some Economic and Social Aspects". in *Bulletin of the School of Oriental and African Studies, University of London*. vol. 49(1): pp. 76-89.
- Gordon, B. M. & Kraner, H. W. (1972). "On the Development of a System for Trace Element Analysis in the Environment by Charged Particle X-Ray Fluorescence". in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. vol. 12(2): pp. 181-188.
- Grant, J.; Gorin, S.; & Fleming, N. (2002). *The Archaeology Coursebook: An Introduction to Study Skills, Topics and Methods*. Abingdon: Routledge.
- Hajivaliei, M.; Garg, M. L.; Handa, D. K.; Govil, K. L.; Kakavand, T.; Vijayan, V.; Singh, K. P.; & Govil, I. M. (1999). "PIXE Analysis of Ancient Indian Coins". in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. vol. 150(1-4): pp. 645-650.
- Hambly, G. (1964). "An Introduction to the Economic Organization of Early Qājār Iran". in *Iran*. vol. 2: pp. 69-81.

- Harbottle, G. (1986). "Twenty-five years of research in the analysis of archaeological artifacts and works of art". in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms*. vol. 14(1): pp. 10-15.
- Heritage Auctions. (6-7 Jan 2013). *Ancient & World Coins Signature Action*. Dallas: Heritage Auctions.
- Hughes, M. J. & Hall, J. A. (1979). "X-Ray Fluorescence Analysis of Late Roman and Sassanian Silver Plate". in *Journal of Archaeological Science*. vol. 6(4): pp. 321-344.
- Issawi, C. (1983). "Iranian Trade, 1800-1914" in *Iranian Studies*. vol. 16(3-4): pp. 229-241.
- Johansson, S. A. E.; & Johansson, T. B. (1976). "Analytical Application of Particle Induced X-Ray Emission". in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. vol. 137(3): pp. 473-516.
- Johansson, T.; Akselsson, R.; & Johansson, S. (1970). "X-Ray Analysis: Elemental Trace Analysis at the 10^{-12} g Level". in *Nuclear Instruments and Methods*. vol. 84(1): pp. 141-143.
- Landor, A. H. S. (1902). *Across Coveted Lands*. vol 1. London: Charles Scribners Son.
- Linke, R.; Schreiner, M.; & Demortier, G. (2004). "The Application of Photo, Electron and Proton Induced X-Ray Analysis for the Identification and Characterization of Medieval Silver Coins". in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. vol. 226(1): pp. 172-178.
- Masoudi Nejad, R. (1997). "Social bazaar and commercial bazaar: comparative study of spatial role of Iranian bazaar in the historical cities in different socio-economic context". University College London, UK. pp. 187-200.
- Meyers, P. (2003). "Production, Distribution, and Control of Silver: Information Provided by Elemental Composition of Ancient Silver Objects". in *Patterns and Process: a Festschrift in Honor of Dr. Edward V. Sayre*. Suitland: Smithsonian Center for Materials Research and Education. pp. 271-288.
- Michael, T. (2015). *Standard Catalog of World Coins 1801-1900*. 8th Edition. Iola: Krause Publications.
- Mochiri, M. I. (1977). *Etudes de numismatique iranienne sous les Sassanides et Arabes-Sassanides*. Tehran: Bank Melli.
- Murzbab, M. M. (1917). *The Persis in India*. vol. 1. Bombay: [L.et.n.].
- Rabino, J. (1892). "Banking in Persia". in *Journal of the Institute of Bankers*. no.13: pp. 1-56.