|| شماره ۱۱ || سال چهارم || بهار ۱۳۹۹ ||
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706

پژوهشی بر قدرت اقتصادی ایالت طبرستان در عصر ناصری به‌کمک تجزیهٔ عنصری سکه‌های آن دوره به‌روش پیکسی

حسین کوهستانی‌اندرزی[I]
حسن هاشمی‌زرج‌آباد[II]
عاطفه بزی[III]
محمدامین سعادت‌مهر[IV]
سپیده بختیاری[V]

(صص: ۲۰۳ - ۱۸۹)
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۷
شناسهٔ دیجیتال (DOI): 10.30699/PJAS.4.11.189

چکیده

ایالت طبرستان (مازندران) به‌دلیل موقعیت‌های اقتصادی و تجاری فراوان همیشه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، علاوه‌بر آن جایگاه سیاسی بالایی نیز برای حکمرانان قاجاری داشته است؛ به‌همین دلایل، از دیرباز ضرابخانهٔ فعالی تا سال ۱۲۸۸ هـ.ق. در این ایالت دایر بود که در دورهٔ ناصرالدین‌شاه قاجار (۱۳۱۳-۱۲۶۴ هـ.ق.) قِران‌های نقرهٔ فراوانی را بین سال‌های ۱۲۶۶-۱۲۶۴، ۱۲۷۴-۱۲۶۹، ۱۲۸۳-۱۲۸۰، ۱۲۸۸-۱۲۸۷ هـ.ق. به ضرب رسانده بود. نظام ضرب سکهٔ دورهٔ ناصری، هرچند به‌صورت اسمی پیرو نظام تهران بود، اما در عمل هر شهر، نظامی خودمختار داشت و سکه‌های بیشتر شهرها با مقادیر متفاوت خلوص نقره به‌ضرب می‌رسید. این مسائل دو پرسش را برای ضرابخانهٔ طبرستان طرح می‌سازد: مقدار خلوص نقرهٔ سکه‌های ضرب‌شده در طبرستان چگونه بوده و سیر تغییرات آن چگونه رقم خورده است؟ سکه‌های ایالت طبرستان در جایگاه ایالتی مهم، دربرابر شهرها و ایالات مهم دیگر ایران نظیرِ مشهد، تبریز، تهران، اصفهان، و شیراز چگونه بوده است؟ بنابراین برای پاسخ دادن به این پرسش‌ها، تجزیهٔ عنصری سکه‌های این دوره با استفاده از شیوهٔ پیکسی به‌دلیل غیرمخرب بودن، سرعت و دقت بالای آن، پایهٔ اصلی این پژوهش قرار گرفت تا تحلیلی از میزان تعهد ضرابخانهٔ طبرستان به نظام مرکزی ضرب سکه در تواریخ مختلف درمقایسه با سایر شهرها و ایالات اصلی ایران عصر قاجار ارائه گردد. در این پژوهش تعداد ۱۷ سکه در ۱۷ تاریخ متفاوت، مورد تجزیهٔ عنصری قرار گرفت که در نتیجه روند تغییرات میزان خلوص نقره به‌طور میانگین در دو بازهٔ زمانی بین سال‌های ۱۲۷۸-۱۲۶۴ هـ.ق. ۹۰٫۱۳٪، ۱۲۸۸-۱۲۸۰ هـ.ق. ۸۴٫۳۳٪، و در کل این دورهٔ ضرب ۸۸٫۰۸٪، تبیین شده و جایگاه آن ازنظر میزان خلوص نقره درمقابل ضرابخانه‌های مشهد (۸۴٪)، تبریز (۸۲٪)، تهران (۹۰٪)، اصفهان (۸۴٪)، و شیراز (۹۰٪) مشخص گردید. در آخر نیز اطلاعات ارزشمندی از نوع معادن نقرهٔ مورد استفاده، یعنی معادن سروزیت و نحوهٔ عیار زدن فلز سکه‌ها با فلزات مس و آهن به‌دست آمد.

کلیدواژگان: سکه‌شناسی، آزمایش پیکسی، طبرستان، اقتصاد، ناصرالدین‌شاه قاجار.

I. استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ هنر دانشگاه بیرجند، خراسان جنوبی، ایران.
II. دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ هنر و معماری دانشگاه مازندران، مازندران، ایران.
III. دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی دانشگاه سیستان‌وبلوچستان، سیستان‌وبلوچستان، ایران.
IV. دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ هنر و معماری دانشگاه مازندران، مازندران، ایران (نویسندهٔ مسئول). ma.saadatmehr@gmail.com
V. دکتری باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ هنر و معماری دانشگاه مازندران، مازندران، ایران.

مقدمه

ایالت طبرستان به‌دلیل موقعیت‌های اقتصادی و تجاری فراوان همیشه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، علاوه‌بر آن جایگاه سیاسی بالایی نیز برای حکمرانان قاجاری داشته است؛ از این‌رو از صدر اسلام سکه‌های فراوانی با نام این شهر تابع نظام پولی حکومتی به‌ضرب می‌رسید (عقیلی، ۱۳۷۷: ۲۵۷-۲۵۵). در گذشته حاکمیت‌ها درجهت تضمین ارزش پول براساس محتوای فلزی، قوانین وضع کرده و کارگزانی برای آن‌ها تعیین می‌کردند. نظام پولی در دورهٔ قاجار نیز بر پایهٔ قوانین عصر صفوی بنا شد، اما این نظام در دورهٔ ناصری بسیار برآشفته شد، تا آنجاکه سکه‌ها گونه‌ای محلی به‌حساب می‌آمدند. در هر شهر قران‌های نقره با عیارهای متفاوت به‌ضرب می‌رسید و نرخ تبدیل آنان با تومان‌های طلا بسیار متفاوت بود. درواقع پول‌های رایج در یک شهر با همان ارزش در شهرهای دیگر پذیرفته نمی‌شد و فقط درصورت کسر مبلغی با عنوان نرخ تسعیر، قابل‌پذیرش و تبدیل بود (مته و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۴ و ۲۸۲-۲۸۱). ایالت طبرستان نیز از این دایره خارج نبوده و قِران‌های نقرهٔ محلی فراوانی با نرخ‌های نامشخص به‌صورت پراکنده، بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۶۴ هـ.ق. به‌ضرب 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 همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۲)؛ از این‌رو تجزیهٔ عنصری سکه‌های این دوره، به‌ویژه با استفاده از تجزیهٔ عنصری پیکسی[۱] می‌تواند اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ شرایط سیاسی-اقتصادی در اختیار بگذارد تا تحلیل بهتری از شرایط دوران مورد پژوهش به‌دست آید (Beck et al., 2004: 153-162). سکه‌های مورد مطالعه در این پژوهش متعلق به مجموعهٔ شخصی «سیدحسن سادات‌رضوی» (حیدرآباد، هند) بوده که به‌رسم امانت در اختیار نگارندگان قرار گرفته است. سکه‌های ناصرالدین‌شاه ضرب طبرستان در تاریخ‌های ۱۲۶۶-۱۲۶۴، ۱۲۷۴-۱۲۶۹، ۱۲۸۳-۱۲۸۰، ۱۲۸۸-۱۲۸۷ هـ.ق. به‌ضرب رسیده‌اند که درمجموع ۱۷ سکهٔ متفاوت ازمنظر تاریخ ضرب را دربر می‌گیرد؛ از این‌رو از هر تاریخ ضرب، یک سکه برای آزمایش درنظر گرفته شد که درمجموع تعداد ۱۷ سکه در مؤسسهٔ فیزیک بوبانسور[۲] (ایالت اوریسا، هند) مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت.

اهداف و ضرورت پژوهش: در این نوشتار سعی بر آن بوده که علاوه‌بر تلفیق نگاشته‌های تاریخی و اطلاعات سکه‌شناسی، به تجزیهٔ عنصری پیکسی سکه‌های ناصرالدین‌شاه ضرب طبرستان در تمامی تاریخ‌های ضرب پرداخته شود تا تحلیلی از نحوهٔ عملکرد و تعهد این ضرابخانه به نظام مرکزی ضرب مسکوکات ارائه گردد و قدرت اقتصادی آن درقیاس با سایر ایالت‌ها و شهرهای پُراهمیت سنجیده شود.

پرسش‌های پژوهش: از آنجاکه نظام پولی دورهٔ ناصری از ساختار خاصی پیروی نمی‌کرد و سکه‌های هر محل با عیارهای متفاوت به‌ضرب می‌رسید، دو پرسش مطرح می‌شود: مقدار خلوص نقرهٔ سکه‌های ضرب‌شده در طبرستان چگونه بوده و سیر تغییرات آن چگونه رقم خورده است؟ سکه‌های ایالت طبرستان در جایگاه ایالتی مهم، دربرابر شهرها و ایالات مهم دیگر ایران نظیرِ مشهد، تبریز، تهران، اصفهان، و شیراز چگونه بوده است؟

روش پژوهش: در پژوهش داده‌های باستانی و ترکیبات عنصری آن‌ها روش‌های متفاوتی نظیر «پراش پرتو ایکس»[۳]، «فلورسانس پرتو ایکس»[۴]، «انتشار اشعهٔ ایکس ناشی از ذرات»[۵]، «طیف‌سنجی جذب اتمی»[۶]، «تجزیهٔ فعال‌سازی نوترونی»[۷] و غیره استفاده می‌شود (خادمی‌ندوشن و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۴). در این پژوهش، از میان سایر شیوه‌های تجزیهٔ عنصری، از شیوهٔ پیکسی به‌دلیل سرعت، دقت بالا و از همه مهم‌تر غیرمخرب بودن آن برای مطالعهٔ سکه‌ها استفاده شده است. این شیوه انواع گوناگونی نظیر «پیکسی متعارف»، «پیکسی با باریکهٔ خارجی»[۸]، «میکروپیکسی»[۹] و «فلورسانس

پرتوی ایکس ناشی از پروتون»[۱۰] را برای مطالعات باستان‌سنجی ارائه می‌دهد (لامعی‌رشتی، ۱۳۸۲: ۹۲-۷۵)؛ بنابراین پایهٔ این پژوهش بر پیکسی متعارف قرار گرفت و این شیوه، روشی معمول برای تجزیهٔ عنصری نمونه‌های همگن، مانند سکه‌ها محسوب می‌شود. در نمونه‌های همگن، اجزای آن به‌صورت یکنواخت پراکنده شده‌اند و درصورت غیرهمگن بودن نمونه‌ها می‌توان از روش‌های دیگر مانند میکروپیکسی و غیره استفاده نمود (اسماعیل‌زاده‌کیوی، ۱۳۹۲: ۲۸).

پیشینهٔ پژوهش

تجزیهٔ عنصری داده‌های باستانی به‌شیوه‌های اتمی و هسته‌ای برای اولین‌بار در سال ۱۹۵۳م. مورد استفاده قرار گرفت (Ambrosino & Pindrus, 1953: 136-138)، اما به‌طور کلی استفاده از روش‌های تجزیهٔ هسته‌ای در باستان‌شناسی از سال ۱۹۵۶م. موردتوجه دانشمندان قرار می‌گیرد؛ در این سال، جلسه‌ای با حضور «اپنهایمر»[۱۱] رئیس مطالعات علوم دانشگاه پرینستون، «دادسون»[۱۲] رئیس بخش شیمی آزمایشگاه ملی بروکیهون[۱۳]، و جمعی از شیمیدان‌ها و باستان‌شناسان تشکیل شد و در آن استفاده از روش‌های تجزیهٔ هسته‌ای برای بررسی آثار باستانی به‌بحث گذاشته شد (Harbottle, 1986: 10-15). روش پیکسی نیز در سال ۱۹۷۰م. ابداع گردید (Johansson et al., 1970: 141) و به‌سرعت در باستان‌شناسی کاربرد یافت (Gordon & Kraner, 1972: 141)، حتی موزهٔ لوور نیز با خرید شتاب‌دهنده‌ای مناسب، آزمایشگاه ویژه‌ای تأسیس نمود (لامعی‌رشتی و دهمکاران، ۱۳۸۱: ۴۳۱). در ایران نیز معرفی تجزیهٔ عنصری پیکسی در مطالعات باستان‌سنجی برای اولین‌بار به سال ۱۳۸۱ش. (۹-۸ آبان) در «همایش باستان‌سنجی در ایران: نقش علوم‌پایه در باستان‌شناسی» تحت‌عنوان مقالهٔ «نقش تحلیل عنصری در باستان‌سنجی: تجزیهٔ آزمایشگاه واندوگراف» توسط «محمد لامعی‌رشتی» (۱۳۸۲) صورت پذیرفت. اما درباب عیارسنجی سکه‌های نقرهٔ ناصرالدین‌شاه، برای اولین‌بار «پیکن» به درخواست «رابینو» در همان عصر نمونهٔ سکه‌هایی از ضرابخانه‌های محلی را به‌منظور تهیهٔ فهرست ارزش سکه‌های نقره نسبت به طلا، برای بانک شاهنشاهی ایران، به‌شیوه‌ای سنتی موردتجزیه قرار داد و رابینو نیز آن‌را در مقاله‌ای به‌نام «بانکداری در ایران»[۱۴] به سال ۱۸۹۲م. منتشر کرد (Rabino, 1892: 1-56).

پول رایج و ناکارآمدی نظام پولی

براساس تفکر جدید، نظام پولی میانه دورهٔ 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 ازنظر نرخ تبدیل تفاوت‌های فراوانی داشت، بسیار عجیب و غیرمنطقی به‌نظر می‌آید؛ تاجایی‌که راهکار ایرانیان برای سازگاری با این وضعیت، دائماً به محاسبه و تبدیل انواع نقود و اقلام با انواع نرخ‌های محلی و استاندارد می‌پرداختند (متـه و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۸۱).

«ابوت» مشاهده کرد که بسیاری از شهرها معیارهای پول رایج خود را دارند، گرچه خاطرنشان می‌کند که معیار معمول در تجارت، پول رایج رسمی بود؛ برای مثال، باتوجه به نوشتهٔ وی، یزد در سال‌های ۱۸۵۰-۱۸۴۹م. (۱۲۶۶-۱۲۶۵ هـ.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 (درحالی‌که هر ۱۰ قران باید یک تومان باشد). این پول رایج در معاملات کوچک موردقبول است، اما در تجارت، قرانِ ۲۰ شاهی ملاک است». به‌گفتهٔ او در کرمان «پول محل قران، ۲۸ شاهی و ۳٫۵ پنابادی است و ۲ شاهی کرمان یک سکه قران معیار است». یا درمورد پول رایج اصفهان «۲۳ شاهی در صاحب قران بود، اما در معاملات تجاری پول رایج متداول ایران موردقبول است» (Abbott, 1983: 82, 85, 104, 117).

دست‌کم تا زمان راه‌اندازی ضرابخانهٔ مدرن در سال ۱۲۹۴ هـ.ق. بخشی از دلیل این تغییرات آن بود که ضرابخانه‌های محلی به‌سادگی با معیارهای رسمی در زمینهٔ وزن و عیار کنار نمی‌آمدند. پیکن در همان عصر نمونه‌ای از سکه‌های ضرابخانه‌های محلی را بررسی نموده (جدول ۱) و رابینو خلاصهٔ این بررسی را این‌گونه آورده است: «این شکل‌ها نشان‌دهندهٔ نبود ترتیبی خاص در پول رایج ایرانی است. میان قران‌های همدان و تهران بیش از ۱۷٪ اختلاف ارزش وجود دارد؛ میان قران‌های دیگر شهرها و پایتخت ازنظر پولی تفاوت بسیار قابل‌توجهی است، گرچه کمتر از آن چیزی است که به‌طور افراطی نقل می‌شود» (Rabino, 1892: 37).

جدول ۱. نمونهٔ وزن و عیار قران‌های نقره در ضرابخانه‌های چند منطقه (Rabino, 1892: 37).

ضرابخانه	تاریخ ضرب	وزن	عیار در هزار	ارزش به فرانک
همدان	۱۲۹۳هـ.ق./ ۱۸۷۷م.	۴٫۹۵ گرم	۷۶۰	۰٫۸۳۶
تبریز	۱۲۹۰هـ.ق./ ۱۸۷۴م.	۴٫۹۰گرم	۸۲۰	۰٫۸۹۳
کاشان	۱۲۸۲هـ.ق./ ۱۸۶۶م.	۵٫۰۳ گرم	۸۲۰	۰٫۹۱۷
اصفهان	۱۲۹۳هـ.ق./ ۱۸۷۷م.	۵٫۰۲ گرم	۸۴۰	۰٫۹۳۷
کرمان	۱۲۹۳هـ.ق./ ۱۸۷۷م.	۴٫۹۰ گرم	۸۴۰	۰٫۹۱۵
مازندران (طبرستان)	۱۲۹۲هـ.ق./ ۱۸۷۶م.[۱۵]	۴٫۹۷ گرم	۸۴۰	۰٫۹۲۸
مشهد	۱۲۹۳هـ.ق./ ۱۸۷۷م.	۴٫۹۰ گرم	۸۴۰	۰٫۹۱۰
کرمانشاه	۱۲۸۲هـ.ق./ ۱۸۶۶م.	۴٫۹۷ گرم	۸۸۰	۰٫۹۷۲
رشت	۱۲۸۰هـ.ق./ ۱۸۶۴م.	۴٫۸۰ گرم	۸۹۰	۰٫۹۴۹
تهران	۱۲۹۲هـ.ق./ ۱۸۷۶م.	۵٫۰۲ گرم	۹۰۰	۱٫۰۰۴
شیراز	۱۲۹۱هـ.ق./ ۱۸۷۵م.	۴٫۹۰ گرم	۹۰۰	۰٫۹۸۰
یزد	۱۲۷۸هـ.ق./ ۱۸۶۲م.	۴٫۹۷ گرم	۹۰۰	۰٫۹۹۴
هرات	۱۲۷۷هـ.ق./ ۱۸۶۱م.	۴٫۹۰ گرم	۹۰۰	۰٫۹۸۰

اما حتی زمانی‌که ضرابخانهٔ مدرن آغاز به ضرب سکه‌هایی با وزن و عیار یکسان کرد، نظام پولی منطقه‌ای به‌کار خود ادامه می‌داد. «لندور» که در سال ۱۹۰۱م. (۱۳۱۹ هـ.ق.) در ایران مسافرت می‌کرد، دریافت که «هرگز نمی‌دانم که ارزش یک قران دقیقاً چقدر است و در هر ایالتی درمقابل قران‌هایم، شاهی‌های متفاوتی دریافت کردم» (Landor, 1902: 1/131).

«بردلی-برت» نیز در سال ۱۹۱۰م. (۱۳۲۸ هـ.ق.) گلایه داشت که: «ناپایداری نرخ بانکی ایران بی‌شک برای هرکسی به‌جز یک بانکدار همچون یک راز است. همهٔ آنچه که می‌توانستم در این‌باره کشف کنم این بود که هرچه در ایران پیش‌تر می‌رفتم، به‌طور پیوسته پایین می‌آمد؛ درحالی‌که من در بوشهر برای هر[۱۵] روپیه یا سلطنتی انگلیسی، ۵۱ قران دریافت کردم و وقتی به تهران رسیدم تنها ۴۷ قران گرفتم؛ درحالی‌که کمی پیش‌تر در آنجا به من گفته شد که نرخ روی مبلغ بالای ۶۰ قران ایستاده است» (Bradley-Birt, 1909: 52-53).

کلیاتی دربارهٔ قران‌های ناصری ضرب طبرستان (۱۲۸۸-۱۲۶۴ هـ.ق.)

سکه‌ها در دورهٔ قاجار به‌صورت دستی ضرب می‌شدند؛ بنابراین برطبق نیاز اقتصادی، در هر شهر و ایالت ضرابخانه‌ای دایر بود که برحسب توان مالی، میزان تولید سکه‌ها رقم می‌خورد، به‌همین علت ضرابخانه‌های عصر ناصری را می‌توان در سه گروه جای داد:

۱. فعال‌ترین ضرابخانه‌ها: مشهد، تبریز، تهران، اصفهان و شیراز؛

۲. ضرابخانه‌های فعال: همدان، قزوین، استرآباد، طبرستان، کرمان، کاشان، رشت، هرات، یزد، کرمانشاهان و خوی؛

۳. ضرابخانه‌های تشریفاتی: سرخس، سیستان (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 794-804)، شوشتر و رکاب (نوین‌فرح‌بخش، ۱۳۸۵: ۱۰۹).

این ضرابخانه‌ها براساس موقعیت سکه‌هایی از جنس طلا، نقره، و مس با واحدهای پولی و وزنی متفاوت به‌ضرب می‌رساندند؛ اما چون اساس این پژوهش قران‌های نقره بوده، در ادامه فقط به ذکر واحدهای پولی و وزنی سکه‌های نقره پرداخته می‌شود.

در اوایل دورهٔ سلطنت محمدشاه (۱۲۶۴-۱۲۵۱ هـ.ق.)، یعنی در سال ۱۲۵۴ هـ.ق. اوزان قران‌های نقره از تومانی (ده‌هزار دینار) ۳۰۰ نخود (۵۷٫۶ گرم) به تومان ۲۸۰ نخودی (۵۳٫۵۶ گرم) کاهش یافت و این نظام وزنی تا سال ۱۲۷۴ هـ.ق.، یعنی اوایل سلطنت ناصرالدین‌شاه نیز ادامه یافت. در سال ۱۲۷۱ هـ.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 (۴۹٫۹۲ گرم) بدل گردید (Album, 2011: 291-296)، (جدول ۲).

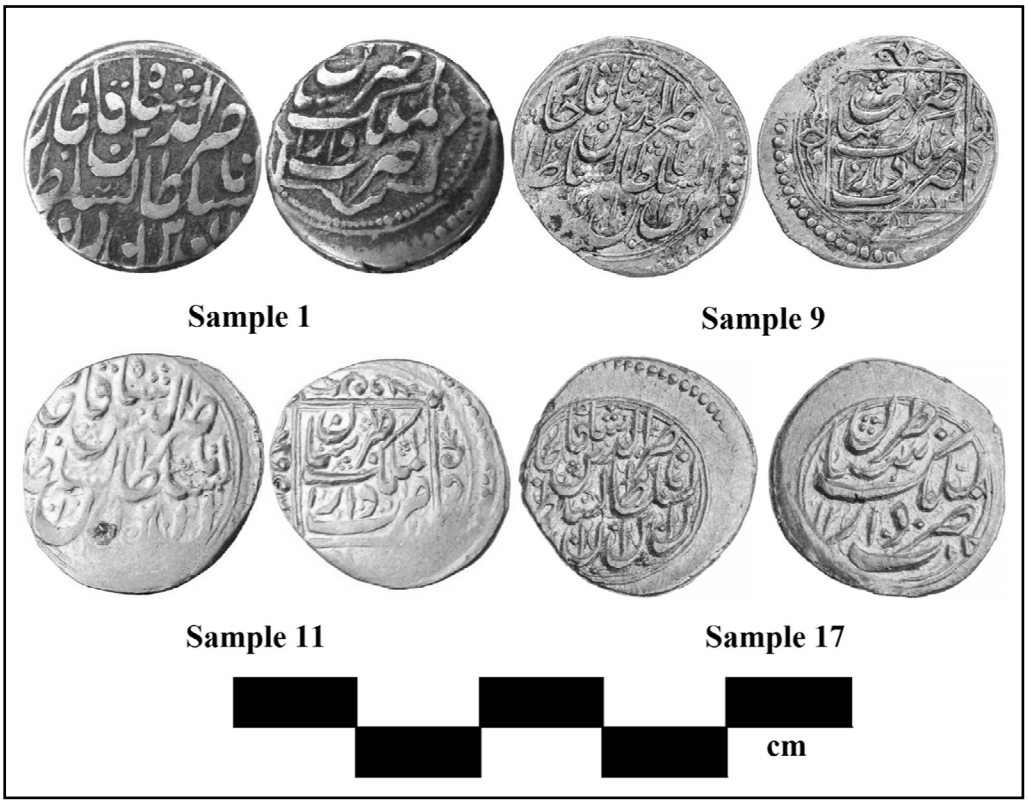
سرانجام در سال ۱۲۹۴ هـ.ق. ضرب سکه به‌صورت ماشینی درآمد و ضرب سکهٔ دستی متوقف شد؛ اما بنابر اعتراضات، ضرب دستی سکه با شرایطی در برخی از ضرابخانه‌ها ادامه یافت که درنهایت در سال ۱۲۹۶ هـ.ق. به‌طور کامل برچیده شد (متـه و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۷۳-۲۷۲).

جدول ۲. واحدهای پولی و اوزان سکه‌های ضرب دستی نقرهٔ عصر ناصری (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 794-804; Heritage Auctions, 6-7 Jan 2013: Lot 21933-21934).

واحدهای پولی	گردش مالی	تومان ۲۸۰ نخودی	تومان ۲۶۰ نخودی	توضیحات
۲٫۵ شاهی/ ۱۲۵ دینار	رایج	۰٫۶۷گرم	۰٫۶۲گرم	ضرب مناسبتی 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، ۱۲۹۴هـ.ق.
۵ قران/ ۵۰۰۰ دینار	غیر رایج	۲۶٫۸۸گرم	---	فقط تهران، ۱۲۶۷هـ.ق.

طرح قران‌های ناصرالدین‌شاه ضرب‌شده در طبرستان (تصاویر ۱ و ۲) مانند سایر سکه‌های این عصر در ضرابخانه‌های دیگر است؛ به‌طور کلی برروی این سکه‌ها عبارت «السلطان ابن السلطان ناصرالدین شاه قاجار» نگاشته شده است و بر پشت این سکه‌ها نیز عبارت «ضرب دارالملک طبرستان» به‌همراه تاریخ ضرب سکه بر آن‌ها ضرب گردیده است (نوین‌فرح‌بخش، ۱۳۸۵: ۱۰۹-۱۰۸).

تصویر ۱. نمونه‌ای از سکه‌های ناصرالدین‌شاه قاجار ضرب‌شده در طبرستان به سال ۱۲۷۳ هـ‌ق. (Heritage Auctions, 6-7 Jan 2013: Lot 21961).



تصویر ۲. برخی از سکه‌های آزمایش‌شده، نمونه‌های ۱، ۹، ۱۱ و ۱۷ (نگارندگان، ۱۳۹۸).

بحث و تحلیل

همان‌طورکه بیان شد، سکه‌های موردمطالعه در این پژوهش از مجموعهٔ شخصی «سیدحسن سادات‌رضوی» به امانت گرفته و مورد آزمایش قرار گرفته است؛ اما این پرسش پیش می‌آید که معیار انتخاب این سکه‌ها چه بوده است؟ سکه‌های ناصرالدین‌شاه در طبرستان در میان تاریخ‌های ۱۲۶۶-۱۲۶۴، ۱۲۷۴-۱۲۶۹، ۱۲۸۳-۱۲۸۰، ۱۲۸۸-۱۲۸۷ هـ.ق. دیده شده است (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 797)، (جدول ۳) که ۱۷ سکه متفاوت ازنظر تاریخ ضرب را دربر می‌گیرد؛ بنابراین از هر تاریخ ضرب، یک سکه برای آزمایش درنظر گرفته شد و در کل تعداد ۱۷ سکه مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت. مشخصات کامل سکه‌های انتخابی به‌ترتیب تاریخ‌های ضرب، در جدول ۴ آمده است.

جدول ۳. فهرست سکه‌های ضرب‌شده در طبرستان بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۶۴ هـ.ق. (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 797).

ردیف	تاریخ ضرب	وزن قانونی	ردیف	تاریخ ضرب	وزن قانونی
۱	۱۲۶۶-۱۲۶۴هـ.ق.	۵,۳۷گرم	۲	۱۲۷۴-۱۲۶۹هـ.ق.	۵,۳۷ و ۴,۹۹گرم
۳	۱۲۷۸-۱۲۷۷هـ.ق.	۴,۹۹گرم	۴	۱۲۸۳-۱۲۸۰هـ.ق.	۴,۹۹گرم
۵	۱۲۸۸-۱۲۸۷هـ.ق.	۴,۹۹گرم	***	***	***

جدول ۴. مشخصات سکه‌های مورد آزمایش (نگارندگان، ۱۳۹۸).

شمارهٔ نمونه	تاریخ ضرب	وزن سکه	شمارهٔ نمونه	تاریخ ضرب	وزن سکه
۱	۱۲۶۴هـ.ق.	۵,۳۳گرم	۲	۱۲۶۵هـ.ق.	۵,۲۶گرم
۳	۱۲۶۶هـ.ق.	۵,۱۹گرم	۴	۱۲۶۹هـ.ق.	۵,۳۱گرم
۵	۱۲۷۰هـ.ق.	۵,۲۴گرم	۶	۱۲۷۱هـ.ق.	۵,۲۵گرم
۷	۱۲۷۲هـ.ق.	۴,۸۹گرم	۸	۱۲۷۳هـ.ق.	۴,۸۱گرم
۹	۱۲۷۴هـ.ق.	۴,۹۱گرم	۱۰	۱۲۷۷هـ.ق.	۴,۸۵گرم
۱۱	۱۲۷۸هـ.ق.	۴,۹۷گرم	۱۲	۱۲۸۰هـ.ق.	۴,۹۹گرم
۱۳	۱۲۸۱هـ.ق.	۴,۸۴گرم	۱۴	۱۲۸۲هـ.ق.	۴,۸۸گرم
۱۵	۱۲۸۳هـ.ق.	۴,۹۴گرم	۱۶	۱۲۸۷هـ.ق.	۴,۹۳گرم
۱۷	۱۲۸۸هـ.ق.	۴,۹۷گرم	***	***	***

همان‌طورکه گفته شد، در این پژوهش از شیوهٔ متعارف پیکسی استفاده شده است، پس با این رویکرد سکه‌های موردمطالعه به مؤسسهٔ فیزیک بوبانسور منتقل شد و با شتاب‌دهندهٔ متناوب پلترون[۱۶]، مورد تجزیهٔ عنصری پیکسی قرار گرفت. عملکرد این آزمایش بدین‌گونه است که باریکه‌ای از پروتون‌ها (ذرات باردار) از داخل اتاقک واکنش عبور می‌کنند. گاهی اوقات شدت باریکهٔ ورودی توسط یک ورق پخش‌کننده و موازی‌ساز درصورت نیاز یکنواخت می‌شود. نمونه‌ای که باید تجزیه شود، باید به‌صورت مستقیم یا آماده شده (به‌صورت قرص یا محلول‌های شیمیایی) درمقابل باریکه قرار بگیرد. باریکه پس از برخورد به هدف (درصورتی‌که نمونه نازک باشد) از آن عبور می‌کند و داخل فنجان فارادی متوقف می‌شود که به جمع‌کنندهٔ بار متصل است. پرتوی ایکس گسیلی از نمونهٔ توسط آشکارساز Si (Li) آشکار می‌شود. پالس‌هایی که از آشکارساز خارج می‌شوند، پس از تقویت به یک تحلیل‌گر چندکاناله وارد می‌شوند و طیف پرتوی ایکس مشخصهٔ نمونه‌هایی که بمباران شده‌اند، نشان داده می‌شود (اولیایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۱).

آماده‌کردن نمونه‌ها یکی از مشکلات اساسی در آزمایش پیکسی است. برای تجزیهٔ عنصری بهتر و دقیق‌تر نمونه‌ها، در بسیاری از موارد ترجیح داده می‌شود از نمونه‌های نازک که بعضاً از نمونه‌های ضخیم به‌دست می‌آید، استفاده شود. اگر زمانی به‌دست آوردن یک نمونهٔ نازک از نمونهٔ ضخیم مشکل و در عمل غیرممکن باشد، نمونهٔ ضخیم خود، مستقیم تحت تابش پروتون قرار می‌گیرد (Johansson & Johansson, 1976: 473-516). خوشبختانه سکه‌ها، نمونه‌های نازک درنظر گرفته می‌شوند.

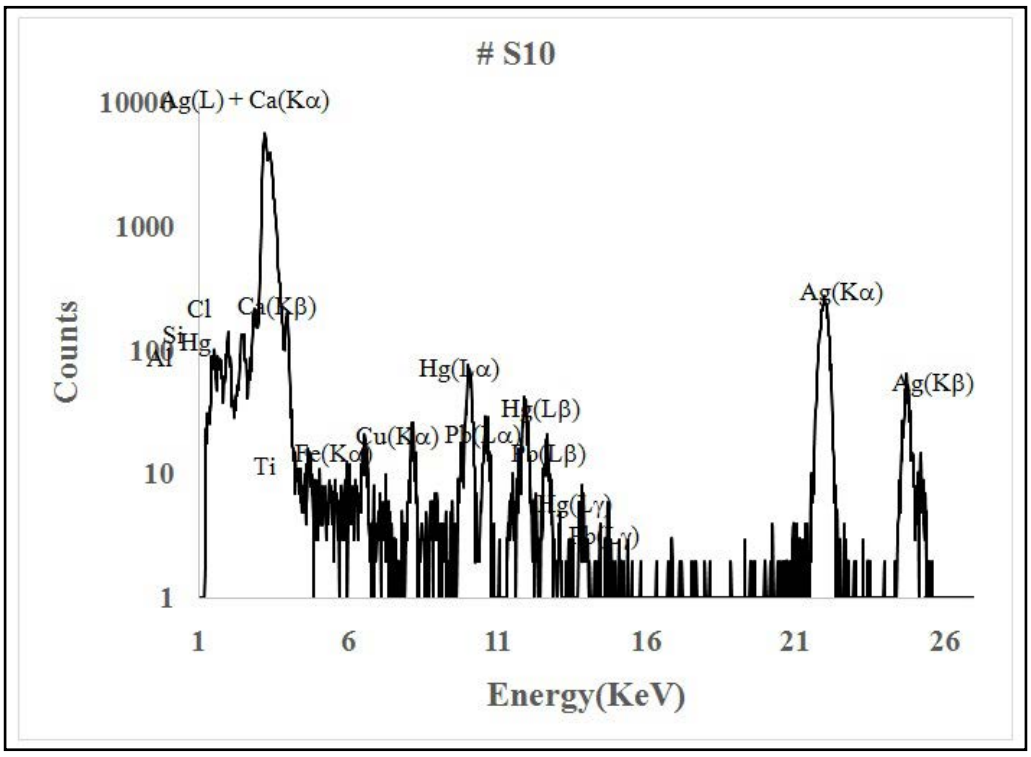
وقتی تجزیهٔ عنصری روی مقادیر مطلق عناصر انجام می‌گیرد، روشن است که باید به آلودگی نمونه‌ها توجه شود. با توجه به این‌که مقادیر برخی از عناصر بسیار ناچیز هستند، اگر توجه زیادی در گذاشت و برداشت نمونه اعمال نشود، آلودگی‌هایی در همان حد ممکن است به‌سادگی به هدف برسند؛ بنابراین باید در انتقال نمونه‌ها دقت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

نمونه‌های این آزمایش تا حدامکان تمیز شده و عاری از هرگونه آلودگی به مرحلهٔ آزمایش گذاشته شدند، اما باید گفت که چون سکه‌ها دادهٔ باستانی محسوب شده و ممکن است مدتی زیر خاک مدفون بوده‌اند، مقادیری کم از آلودگی به آن‌ها چسبیده و جداسازی آن نیاز به یک پروژهٔ مرمتی بوده، اما سکه‌های مورد مطالعه از قدمت بالایی برخوردار نیستند، آلودگی چندانی نداشته و به‌راحتی قابل‌رفع بوده است و از آنجاکه نتیجهٔ این مقاله نیز بر مقدار فلز نقره استوار است، وجود آلودگی‌ها تأثیری 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 ۵-۱۰×۲ Torr[۱۷] تخلیه می‌کنند. برای اندازه‌گیری غلظت عنصری نمونه‌ها از باریکهٔ پروتون با انرژی 2 MeV[۱۸] و جریان حدود 2-3 nA[۱۹] استفاده می‌شود. باریکهٔ پروتون موردنیاز توسط آشکارساز Si (Li) اندازه‌گیری می‌شوند که در زاویهٔ ۱۳۵ درجه نسبت به باریکه فرودی قرار گرفته و سامانهٔ چند کانالی، طیف به‌دست‌آمده را نمایش می‌دهد. قدرت تفکیک آشکارساز Si (Li)، 170 eV[۲۰] برای Fe (Ka) باید باشد (Gaschen et al., 2008: 535-552). در اینجا نیز هنگامی‌که پرتوی پروتون به سکه می‌خورد، باعث یونیزاسیون اتم‌ها در سکه و گسیل پرتوی ایکس مشخصهٔ عنصر موردنظر می‌شود. پرتوهای ایکس گسیل‌شده در آشکارساز جمع‌آوری شده و سیگنال‌هایی با شدت‌های مختلف را اثر می‌دهند که نتیجهٔ آن طیف‌های به‌دست‌آمده است (تصویر ۳).

تحلیل طیف با استفاده از نرم‌افزار «گوپیکس»[۲۱] انجام می‌شود که یک روش پارامتری برای تحلیل کمی به ما ارائه می‌دهد و در همه‌جا به‌طور متداول برای تحلیل طیف‌های پیکسی استفاده می‌شود. برای تحلیل ابتدا باید ماتریس هدف 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. نتیجهٔ آزمایش به شرح جدول ۵، آمده است.

همان‌طورکه در جدول مذکور (جدول ۵) مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار عنصری را پس از نقره (Ag)، عناصر مس (Cu)، آهن (Fe)، سرب (Pb)، و طلا (Au) دارند و جزئی از تمامی سکه‌ها بوده‌اند؛ بنابراین این عناصر پرتکرار را عناصر اصلی تشکیل‌دهندهٔ فلز سکه‌ها باید دانست. اما هرکدام از این عناصر چگونه تحلیل می‌شوند؟ ابتدا برای پاسخ به این پرسش باید پایین‌ترین و بالاترین حد مقدار هر عنصر مشخص گردد (جدول ۶).



تصویر ۳. نمونهٔ طیف‌های آزمایشگاهی، نمونهٔ شمارهٔ ۱۰ (نگارندگان، ۱۳۹۸).

جدول ۵. نتایج تجزیهٔ عنصری سکه‌های موردمطالعه به‌روش پیکسی (نگارندگان، ۱۳۹۸).

شماره	تاریخ	Al	Si	S	Cl	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Ag	Au	Hg	Pb
۱	۱۲۶۴		۰,۱۷				۰,۰۹		۲,۳۶		۶,۰۲			۹۰,۱۴	۰,۳۰		۰,۹۲
۲	۱۲۶۵						۰,۰۸	۰,۱۷	۲,۵۳	۰,۱۳	۵,۹۸			۹۰,۱۱	۰,۲۲		۰,۷۸
۳	۱۲۶۶			۰,۱۴					۱,۶۰		۶,۱۳		۰,۳۷	۹۰,۱۸	۰,۳۹	۰,۲۲	۰,۹۷
۴	۱۲۶۹	۰,۱۸			۰,۱۸	۰,۲۲			۱,۳۰	۰,۲۲	۶,۲۱			۹۰,۳۳	۰,۴۱		۰,۹۵
۵	۱۲۷۰				۰,۱۶	۰,۱۹	۰,۰۹	۰,۱۹	۱,۴۸		۶,۱۷		۰,۳۳	۹۰,۲۰	۰,۲۸		۰,۹۱
۶	۱۲۷۱			۰,۱۶	۰,۱۴	۰,۲۶	۰,۱۰	۰,۱۴	۲,۳۴		۵,۸۳			۹۰,۰۵	۰,۲۳		۰,۸۳
۷	۱۲۷۲	۰,۰۷			۰,۱۸	۰,۲۱			۱,۹۸		۶,۰۶	۰,۱۹		۹۰,۱۷	۰,۲۵		۰,۸۹
۸	۱۲۷۳								۲,۲۵		۶,۱۵	۰,۲۱		۹۰,۱۳	۰,۴۳		۰,۸۳
۹	۱۲۷۴								۲,۴۵		۶,۰۵			۹۰,۱۲	۰,۲۷	۰,۱۶	۰,۹۵
۱۰	۱۲۷۷	۰,۱۶	۰,۲۲	۰,۱۷	۰,۱۵	۰,۲۰	۰,۱۰	۰,۱۳	۱,۲۳	۰,۱۹	۵,۹۲	۰,۱۴	۰,۲۹	۹۰,۰۴	۰,۳۲		۰,۷۴
۱۱	۱۲۷۸								۲,۴۱		۶,۲۵	۰,۱۲		۹۰,۰۳	۰,۳۱		۰,۸۸
۱۲	۱۲۸۰				۰,۱۳	۰,۲۱			۴,۳۶		۹,۷۸			۸۴,۳۵	۰,۲۶		۰,۹۱
۱۳	۱۲۸۱			۰,۰۹				۰,۲۳	۴,۴۲		۹,۵۳		۰,۲۱	۸۴,۲۳	۰,۳۳	۰,۱۹	۰,۷۷
۱۴	۱۲۸۲	۰,۱۳	۰,۲۱						۴,۱۹	۰,۲۱	۹,۶۲	۰,۱۹		۸۴,۴۱	۰,۲۱		۰,۸۳
۱۵	۱۲۸۳								۴,۷۴		۹,۴۸	۰,۱۰		۸۴,۳۸	۰,۳۱		۰,۹۹
۱۶	۱۲۸۷	۰,۱۶						۰,۱۸	۴,۶۴		۹,۳۲			۸۴,۳۶	۰,۴۱	۰,۱۸	۰,۷۵
۱۷	۱۲۸۸		۰۱۴				۰,۰۸		۴,۳۷		۹,۵۶		۰,۳۴	۸۴,۲۹	۰,۳۸		۰,۸۴

مقدار خلوص نقرهٔ این سکه‌ها بین ۸۴,۲۳ تا ۹۰,۳۳٪ بوده که اختلاف مقدار ۶,۱۰٪ بین بالاترین و پایین‌ترین حد خلوص نقره مشاهده می‌شود، اما این اختلاف مقدار چگونه پدید آمده است؟ باتوجه به جدول ۵ و ستون درصد خلوص نقره، می‌توان تغییرات خلوص نقره را در طی کل دوران ضرب این سکه‌ها مشاهده نمود؛ بین سال‌های ۱۲۷۸-۱۲۶۴ هـ.ق. میانگین ۹۰,۱۳٪

جدول ۶. میزان حد پایین‌ترین و بالاترین مقدار عناصر اصلی فلز سکه‌های موردمطالعه (نگارندگان، ۱۳۹۸).

*	نقره	مس	آهن	سرب	طلا
پایین‌ترین	۸۴,۲۳	۵,۸۳	۱,۲۳	۰,۷۴	۰,۲۱
بالاترین	۹۰,۳۳	۹,۷۸	۴,۷۴	۰,۹۹	۰,۴۳

خلوص نقره بوده، اما در بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۸۰ هـ.ق. با میانگین ۸۴,۳۳٪ خلوص نقره، افول کیفیت و افت ارزش قران‌های ضرب طبرستان محسوس می‌گردد.

فلز مس به‌صورت طبیعی با مقادیری کمتر از ۲٪ در فلز سکه‌ها وجود دارد، اما اگر این مقدار بیشتر از این باشد، نمی‌توان آن‌را طبیعی قلمداد کرد و حتماً آمیختگی اختیاری صورت پذیرفته است (Hughes & Hall, 1979: 321-344). سکه‌های این پژوهش دارای مقدار ۵,۸۳ تا ۹,۷۸٪ مس است که اختلاف مقدار ۳,۹۵٪ بین بالاترین و پایین‌ترین حد خلوص مس مشاهده می‌شود؛ باتوجه به جدول ۵ و ستون درصد خلوص مس، می‌توان تغییرات خلوص مس را در بین سال‌های ۱۲۷۸-۱۲۶۴ هـ.ق. با میانگین ۶,۰۷٪ و در بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۸۰ هـ.ق. با میانگین ۹,۵۴٪، شاهد بود که این می‌تواند نشان‌دهندهٔ آمیختگی اختیاری این فلز جهت پایین آوردن مقدار خلوص نقره باشد.

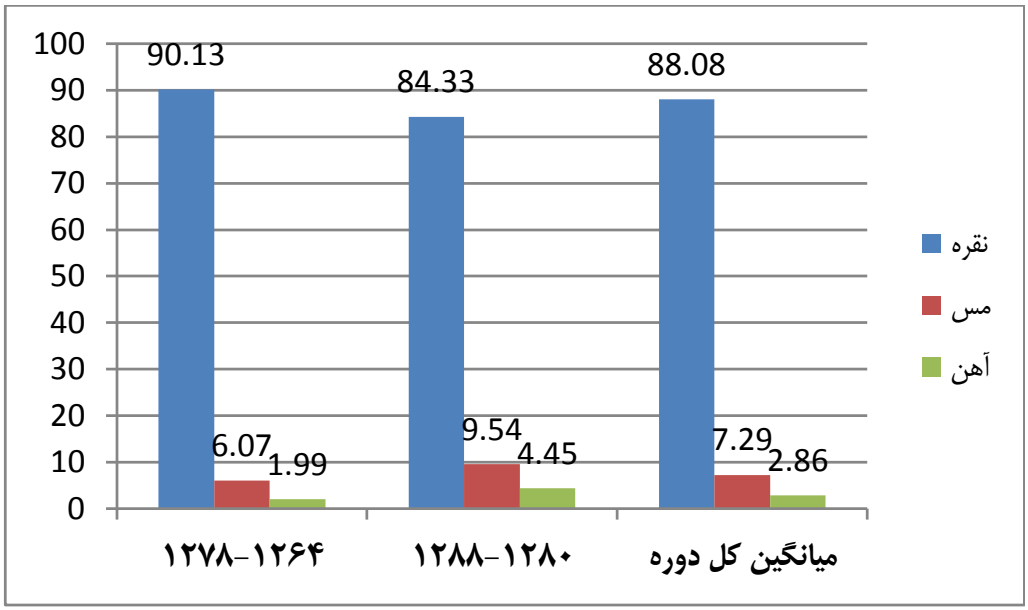
همچنین وجود عنصر آهن به‌گونهٔ معمول، به‌واسطهٔ آلودگی سطح که ناشی از محیط دفن‌شدن سکه‌ها بوده (Flament & Marchetti, 2004: 179-184)، اما سکه‌های این پژوهش مقداری ناچیزی از آهن را در خود جای نداده و سکه‌های پیداشده از دل خاک نبوده‌اند، بلکه از مقداری بین ۱,۲۳ تا ۴,۷۴٪ آهن برخوردارند که اختلاف مقدار ۳,۵۱٪ بین بالاترین و پایین‌ترین حد خلوص آهن مشاهده می‌شود؛ باتوجه به جدول ۵ و ستون درصد خلوص آهن، می‌توان تغییرات خلوص آهن را در بین سال‌های ۱۲۷۸-۱۲۶۴ هـ.ق. با میانگین ۱,۹۹٪ و بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۸۰ هـ.ق. با میانگین ۴,۴۵٪ درنظر گرفت که این نشانه‌ای از آلیاژ کردن آن برای تنظیم عیار فلز سکه‌ها بوده است.

در حال‌حاضر حدود نصف نقرهٔ موجود در جهان از معادن سرب استخراج می‌شود (Hughes & Hall, 1979: 321-344)، بنابراین اگر سرب نیز با مقادیر کمی (۱٪ و کمتر از آن) در سکه‌های نقره مشاهده شود، جای شگفتی نیست؛ اما این مقدار سرب در فرآیند استحصال نقره جدا می‌شود و اگر چنین نباشد، می‌تواند نشان‌دهندهٔ تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال فلز نقره باشد (Flament & Marchetti, 2004: 179-184). سکه‌های موردپژوهش نیز مقدار میانگین ۰,۸۶٪ سرب را در خود جای داده که استفاده از معادن سرب، و تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال نقره را نشان می‌دهد.

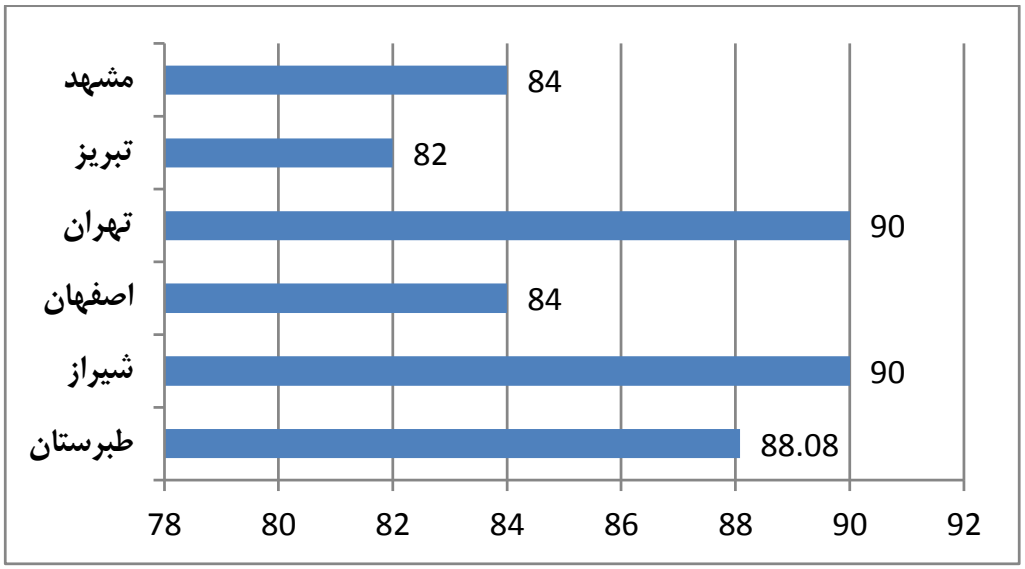
معادن سربی که از آن‌ها نقره نیز استخراج می‌شود در دو گروه «سروزیت»[۲۲] و «گالنا»[۲۳] قرار می‌گیرند، بنابراین اگر نقرهٔ استفاده‌شده در سکه‌ها از معادن سروزیت به‌دست آمده باشد، مقدار طلای موجود در آن باید به‌طور تقریب بین ۰,۲ تا ۱,۵٪ متغیر باشد؛ اما اگر از معادن گالنا استخراج شده باشد، مقدار طلای موجود در آن کمتر از ۰,۲٪ است (Meyers, 2003: 271). پس، سکه‌های موردپژوهش، مقدار میانگین ۰,۳۱٪ طلا در ساختار آن‌ها دیده می‌شود که می‌تواند نشان‌دهندهٔ استفاده از معادن سروزیت باشد.

باتوجه به جدول ۱، رابینو مقدار خلوص نقرهٔ سکه‌های ضرابخانه‌های اصلی، یعنی مشهد ۸۴٪، تبریز ۸۲٪، تهران ۹۰٪، اصفهان ۸۴٪، و شیراز را ۹۰٪ به‌دست آورده است (Rabino, 1892:

37)؛ حال، این پژوهش با به آزمایش‌گذاردن قران‌های طبرستان در تمامی تاریخ‌های ضرب، روند تغییرات میزان خلوص نقره را در دو بازهٔ زمانی بین تاریخ‌های ۱۲۷۸-۱۲۶۴ هـ.ق. با میانگین ۹۰٫۱۳٪، و بین تاریخ‌های ۱۲۸۸-۱۲۸۰ هـ.ق. با میانگین ۸۴٫۳۳٪، تبیین ساخته و میانگین خلوص نقره سکه‌های ضرب‌شده در این دوره را ۸۸٫۰۸٪ محاسبه نموده است (نمودارهای ۱ و ۲).



نمودار ۱. نمودار تغییرات مقدار خلوص نقره، مس، و آهن در بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۶۴ هـ.ق. (نگارندگان، ۱۳۹۸).



نمودار ۲. میزان خلوص نقره سکه‌های ضرابخانه‌های اصلی درمقابل ضرابخانهٔ طبرستان (نگارندگان، ۱۳۹۸).

نتیجه‌گیری

ایالت طبرستان به‌دلیل موقعیت‌های اقتصادی و تجاری فراوان همیشه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، علاوه‌بر آن جایگاه سیاسی بالایی برای حکمرانان قاجاری نیز داشته است؛ بنابر این ضرورت،

از دیرهنگام ضرابخانهٔ فعالی تا سال ۱۲۸۸ هـ.ق. در این شهر دایر بود. با تشکیل حاکمیت صفوی، ضرب سکه نظام‌مند و به‌تبعیت از قوانین سخت‌گیرانهٔ پایتخت و برخی از شهرهای مرکزی درآمد. دورهٔ قاجار نیز تا به سلطنت رسیدن ناصرالدین‌شاه از دایرهٔ این قوانین نظام‌مند خارج نبود.

در عصر ناصری، نظام پولی از هم گسیخته و در هر شهر قران‌های نقره با عیار متفاوت به‌ضرب می‌رسید که ازنظر نرخ تبدیل با تومان‌های طلای پایتخت برابر نبود. در این‌میان، ضرابخانهٔ طبرستان، قران‌های نقره فراوانی با عیارهای متفاوت، بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۶۴ هـ.ق. به‌ضرب رسانده بود؛ بنابراین باتوجه به این مسأله دو پرسش مطرح گردید: مقدار خلوص نقرهٔ سکه‌های ضرب‌شده در طبرستان چگونه بوده و سیر تغییرات آن چگونه رقم خورده است؟ سکه‌های ایالت طبرستان، در جایگاه ایالتی مهم، دربرابر شهرها و ایالات مهم دیگر ایران، نظیرِ مشهد، تبریز، تهران، اصفهان، و شیراز چگونه بوده است؟

مطالعات باستان‌سنجی به‌ویژه تجزیهٔ عنصری، کمک خوبی برای سنجیدن عیار مسکوکات (و در اینجا سنجش میزان خلوص نقره) است. پس برای پاسخ دادن به این پرسش‌ها، تعداد ۱۷ سکهٔ متفاوت ازنظر تاریخ که در بین سال‌های ۱۲۸۸-۱۲۶۴ هـ.ق. در طبرستان به‌ضرب رسیده بودند، برای تجزیهٔ عنصری به‌روش پیکسی به مؤسسهٔ فیزیک بوبانسور منتقل گردید.

باتوجه به نتایج آزمایش پیکسی، عنصر نقره به‌همراه عناصر مس و آهن، فلزات اصلی برای تحلیل قدرت اقتصادی ایالت طبرستان در عصر ناصری قرار گرفت که مقادیر خلوص آن‌ها در سه دوره، تغییرات عمده‌ای داشته است، به شرح ذیل:

۱- ۱۲۷۸-۱۲۶۴ هـ.ق.: نقره (۹۰٫۱۳٪)، مس (۶٫۰۷٪) و آهن (۱٫۹۹٪)؛

۲- ۱۲۸۸-۱۲۸۰ هـ.ق.: نقره (۸۴٫۳۳٪)، مس (۹٫۵۴٪) و آهن (۴٫۴۵٪)؛

۳- میانگین کل دوران: نقره (۸۸٫۰۸٪)، مس (۷٫۲۹٪) و آهن (۲٫۸۶٪).

هرچندکه مقدار خلوص نقرهٔ سکه‌های ضرب طبرستان در دو دوره کاهش‌یافته و دستخوش تغییرات شده، اما عیار نقره با میانگین ۸۸٫۰۸٪ در دوران ضرب درمقابل ضرابخانه‌های اصلی، یعنی مشهد با میانگین ۸۴٪، تبریز با میانگین ۸۲٪، تهران با میانگین ۹۰٪، اصفهان با میانگین ۸۴٪، و شیراز با میانگین ۹۰٪ بسیار بالا بوده، و این به‌صورت عمومی نشان‌دهندهٔ رونق و قدرت اقتصادی ایالت طبرستان در عصر ناصری است.

عنصر مس به‌صورت طبیعی با مقادیری کمتر از ۲٪ در فلز سکه‌ها وجود، اما اگر این مقدار از بیشتر از این باشد، نمی‌توان آن‌را طبیعی قلمداد کرد و حتماً آمیختگی اختیاری صورت پذیرفته است. سکه‌های این پژوهش دارای مقدار میانگین ۷٫۲۹٪ مس بوده که آمیختگی عمدی جهت عیارکردن فلز سکه را نشان می‌دهد. وجود عنصر آهن نیز به‌واسطهٔ آلودگی سطح که ناشی از محیط دفن‌شدن سکه‌ها است، اما سکه‌های این پژوهش، سکه‌های پیداشده از دل خاک نبوده و مقدار بیشتری از آهن را در خود جای داده‌اند. این سکه‌ها از مقدار میانگین ۲٫۸۶٪ آهن برخوردارند که نیز نشانه‌ای از عیار زدن آن برای تنظیم عیار فلز سکه‌ها بوده است.

علاوه‌بر آن به‌دلیل وجود عنصر سرب با مقدار میانگین ۰٫۸۶٪ نشانگر استفاده از معادن سرب برای فلز نقره، و تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال آن بوده است؛ همچنین معادن سرب به دو گونهٔ سروزیت و گالنا تقسیم می‌شوند که معادن سروزیت بین ۰٫۲ تا ۱٫۵٪ و معادن گالنا کمتر از ۰٫۲٪ عنصر طلا را در خود جای داده‌اند. پس در ساختار این سکه‌ها مقدار میانگین ۰٫۳۱٪ طلا وجود دارد که این نیز می‌تواند نشان‌دهندهٔ استفاده از معادن سروزیت باشد.

پی‌نوشت

1. PIXE
2. Institute of Physics, Bhubaneswar (IOPB)
3. X-Ray Diffraction (XRD)
4. X-Ray Fluorescence (XRF)
5. Particle-Induced X-Ray Emission (PIXE)
6. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)
7. Neutron Activation Analysis (NAA)
8. External PIXE
9. MicroPIXE
10. Proton-Induced X-Ray Fluorescence (PIXRF)
11. J. R. Oppenheimer
12. R. W. Dodson
13. Brookhaven National Laboratory
14. Banking in Persia

۱۵. نگارندگان تاکنون سکه‌ای از ناصرالدین‌شاه قاجار، ضرب طبرستان به تاریخ ۱۲۹۲ هـ.ق. در هیچ منبعی یافت نکرده‌اند؛ لذا احتمال بر این می‌رود که رابینو در مقاله خود، به اشتباه تاریخ ضرب این سکه را آورده است.

16. Tandem Pelletron Accelerator

۱۷. «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.

18. Mega Electron Volt
19. Nano Ampere
20. Electron Volt
21. GUPIX
22. Cerussite
23. Galena

سپاسگزاری

در پایان نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای سیدحسن سادات‌رضوی (مجموعه‌دار سکه‌های دورهٔ قاجار)، سرکار خانم اکرم حسینی (عضو هیأت‌علمی گروه زبان و ادبیات انگلیسی دانشگاه امام‌رضا علیه‌السلام)، جناب آقای محمدحسین رضایی (استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه نیشابور)، سرکار خانم زهره جوزی (استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان) و جناب آقای سیدعلی سیدموسوی (دانشجوی کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی دانشگاه نیشابور)، به‌جهت کمک‌های فراوانشان سپاسگزاری نمایند.

کتابنامه

- اسماعیل‌زاده‌کیوی، سینا (۱۳۹۲). «مطالعهٔ اشیاء مکشوفه از بافت تاریخی اردبیل و محوطهٔ تاریخی مجموعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی با روش گسیل پرتو ایکس با تابش پروتون (PIXE)». پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد دانشگاه محقق‌اردبیلی (منتشرنشده).

- اولیایی، پروین؛ آفریده، حسین؛ و آقاعلی‌گل، داوود (۱۳۹۴). «مطالعهٔ آماری سکه‌های نقرهٔ هخامنشی، اشکانی و ساسانی با استفاده از آنالیز عنصری به‌روش پیکسی». مطالعات باستان‌شناسی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱، صص: ۲۸-۱۷.

- خادمی‌ندوشن، فرهنگ؛ محقق، مریم؛ هژبری‌نوبری، علیرضا؛ و مسجدی‌خاک، پرستو (۱۳۹۴). «بررسی اوضاع سیاسی-اقتصادی حکومت اشکانیان در سال‌های ۲-۵۷ ق.م. (دوران پادشاهی ارد دوم و فرهاد چهارم) براساس ترکیبات شیمیایی سکه‌های نقره با روش آزمایشگاهی PIXE». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، شمارهٔ ۸، صص: ۶۶-۵۳.

- عقیلی، عبدالله (۱۳۷۷). دارالضرب‌های ایران در دورهٔ اسلامی. تهران: بنیاد موقوفات دکتر محمود افشاریزدی.
- کیان‌زادگان، سوسن (۱۳۹۷). «تحلیل قدرت اقتصادی در دورهٔ پیروز ساسانی به‌کمک آزمایش PIXE: مطالعهٔ موردی سکه‌های مکشوفه از پیروزگت (چابهار، بلوچستان ایران)». پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد تاریخ دانشگاه فردوسی مشهد (منتشرنشده).
- کیان‌زادگان، سوسن؛ رجائی، سیدجلال؛ مسجدی‌خاک، پرستو؛ و سعادت‌مهر، محمدامین (۱۳۹۸). «تجزیه عنصری سکه‌های پیروز ساسانی به روش پیکسی (PIXE)، مطالعهٔ موردی: سکه‌های گنجینه پیروزگت کشف‌شده از روستای تیس چابهار». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، شمارهٔ ۲۲، صص: ۱۹۶-۱۸۱.
- لامعی‌رشتی، محمد (۱۳۸۲). «نقش تحلیل عنصری در باستان‌سنجی: تجزیه آزمایشگاه واندوگراف». مجموعه مقالات نخستین همایش باستان‌سنجی در ایران: نقش علوم‌پایه در باستان‌شناسی، به‌کوشش: مسعود آذرنوش، تهران: سازمان میراث‌فرهنگی کشور (پژوهشکدهٔ باستان‌شناسی)، صص: ۹۲-۷۵.
- لامعی‌رشتی، محمد؛ شکوهی، فرح؛ و اولیایی، پروین (۱۳۸۱). «معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی». نامهٔ بهارستان، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۶، صص: ۴۳۶-۴۳۱.
- مته، رودی؛ فلور، ویلم؛ و کلاوسون، پاتریک (۱۳۹۶). تاریخ پولی ایران از صفویه تا قاجاریه. ترجمهٔ جواد عباسی، تهران: نامک.
- نوین‌فرح‌بخش، هوشنگ (۱۳۸۵). راهنمای سکه‌های ضربی (چکشی) ایران. چاپ سوم، 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.
- Ambrosino, G. & Pindrus, P., (1953). "Analyse non Destructive d'Objets Métalliques Anciens". *La Revue de Métallurgie Available,* Vol. 50, NO. 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, NO. 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, NO. 1-2, Pp: 179-184.
- 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". *Journal of Archaeological Science,* Vol. 35, No. 3, Pp: 535-552.

- 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". *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry,* Vol. 12, No. 2, Pp: 181-188.

- 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, No. 1-4, Pp: 645-650.

- 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, No. 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". *Journal of Archaeological Science,* Vol. 6, No. 4, Pp: 321-344.

- 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, No. 3, Pp: 473-516.

- Johansson, T.; Akselsson, R.; & Johansson, S., (1970). "X-Ray Analysis: Elemental Trace Analysis at the 10-12g Level". In: *Nuclear Instruments and Methods,* Vol. 84, No. 1, Pp: 141-143.

- Landor, A. H. S., (1902). *Across Coveted Lands*. Vol. 1, London: Charles Scribners Son.

- Meyers, P., (2003). "Production, Distribution, and Control of Silver: Information Provided by Elemental Composition of Ancient Silver Objects". *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.

- Rabino, J., (1892). "Banking in Persia". *Journal of the Institute of Bankers,* No. 13, Pp: 1-56.