

## مجله‌ی مطالعات ایرانی

دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

سال هشتم، شماره‌ی شانزدهم، پاییز ۱۳۸۸

# مطالعه و تحلیل ۳۰سکه‌ی نقره‌ای دوره‌ی ساسانی موزه‌ی همدان با استفاده از روش PIXE\*

مهدی حاج‌ولینی

گروه فیزیک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

دکتر یعقوب محمدی فر

گروه باستان‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

کی آرش قیاسی

آزمایشگاه واندوگراف، سازمان انرژی اتمی

محمد لامعی رشتی

پروین اولیایی

## چکیده

با آنالیز عنصری سکه‌های باستانی می‌توان موقعیت سیاسی، اقتصادی، و علم متالورژی زمان ضرب سکه‌ها را آشکار کرد. در این مطالعه، تعداد ۳۰ سکه‌ی نقره‌ای مربوط به دوره‌ی پادشاهی خسرو پرویز (خسرو دوم) را به روش PIXE، که یک روش سریع و غیرمخرب است، آنالیز کرده و درصد عناصر اصلی این سکه‌ها (Cl, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Ag, Au, Pb) را به دست آورده‌ایم. در استفاده از تکنیک PIXE از پرتوی پروتون با انرژی ۲ MeV استفاده شده است.

## واژگان کلیدی

سکه‌ی نقره‌ای، ساسانی، موزه‌ی همدان، روش PIXE.

\* تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۷ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۷/۱۵

نشانی پست الکترونیک نویسنده: Mohamadifar@Basu.ac.ir

## ۱- مقدمه

سکه‌های باستانی نمونه‌هایی هستند که با بررسی آنها می‌توان اطلاعات مفیدی در مورد موقعیت سیاسی، اقتصادی و علم متالورژی زمان ضرب سکه به دست آورد.<sup>(۱)</sup> همچنین، می‌توان به این نکته دست یافت که آیا اقتصاد دوره‌ی ضرب سکه پر رونق بوده، و یا اینکه در آن زمان حکومت در هرج و مرج به سر می‌برده است.<sup>(۲)</sup> در شکل شماره‌ی ۱، سه سکه به عنوان نمونه آورده شده است.

تکنیک‌های EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) ، PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) ، EPM ( Electron Probe Microanalysis) ، NAA (Neutron Activation Analysis) ، به طور گسترده‌ای در آزمایشگاه‌های مختلفی در سراسر جهان، به منظور آنالیز کمی عناصر مورد استفاده قرار می‌گیرند.<sup>(۳)</sup>

در این مقاله ما توجه خود را به آنالیز ۳۰ سکه‌ی نقره‌ای دوره‌ی خسرو پرویز، با استفاده از تکنیک PIXE معطوف می‌کنیم.

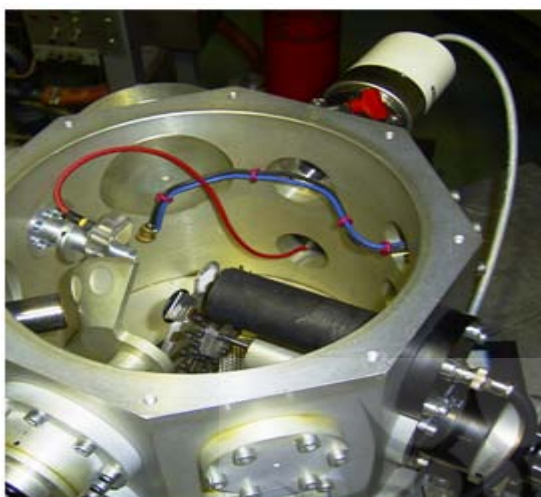


شکل ۱: پشت و روی سکه‌های شماره‌ی ۸، ۹ و ۵۷.

## ۲- راه اندازی آزمایش

هر بار آزمایش، تعداد ۱۰ سکه را داخل محفظه قرار داده و با استفاده از یک پمپ چرخشی و پمپ دیفیوژن خلاء محفظه را تا  $2 \times 10^{-5}$  torr تا مین می‌کنیم.

برای بمباران هر نمونه (سگه)، از پرتوی پروتون  $2\text{MeV}$ ، با شدت جریان  $2\text{--}3\text{nA}$  از شتاب دهنده‌ی AEOI Van de Graaff واقع در آزمایشگاه

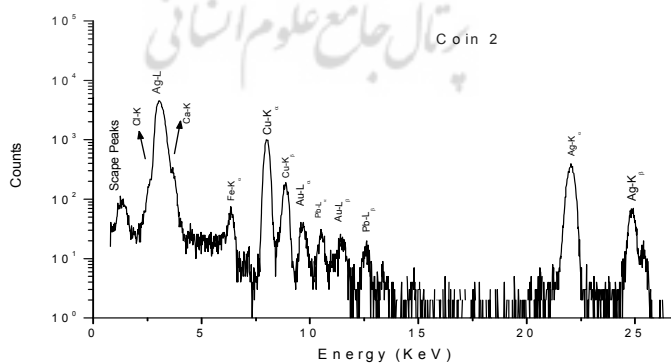


واندوگراف سازمان انرژی اتمی ایران استفاده کرده و اشعه‌ی X گسیل شده از نمونه‌ها (سگه‌ها) توسط آشکار ساز ORTEC  $\text{Si(Li)}$  با توان تفکیک  $170\text{eV}$  آشکار سازی می‌شود. پرتوی پروتون تحت زاویه‌ی  $90^\circ$  نسبت به سطح سگه‌ی، با آن برخورد کرده و اشعه‌ی X ساطع شده از هدف تحت زاویه‌ی  $45^\circ$  آشکار سازی

شکل ۲: محفظه‌ای که نمونه‌ها در آن قرار می‌گیرد

می‌شود. در شکل ۲، محفظه‌ای را که نمونه‌ها در آن قرار می‌دهیم، می‌توان مشاهده کرد.

هر نمونه به مدت  $120$  ثانیه در معرض پرتوی پروتون قرار داده می‌شود و به جز سگه‌های شماره‌ی  $15, 18, 21, 23, 26, 58, 60$ ، که پرتو از سمت روی سگه به آنها برخورد می‌کند، بقیه از سمت پشت سگه در معرض پرتوی پروتون قرار داده می‌شوند. نمونه‌ای از طیف به دست آمده را در شکل ۳ می‌توان ملاحظه کرد.



شکل ۳: طیف به دست آمده از سگه‌ی شماره‌ی ۲

### ۳- آنالیز داده‌ها

هنگامی که پرتوهای پروتون به سکه برخورد می‌کنند، باعث یونیزاسیون اتم‌ها در سکه و گسیل اشعه‌ی X مشخصه‌ی عنصر مورد نظر می‌شود. اشعه‌های X گسیل شده در آشکار ساز جمع‌آوری شده و سیگنال‌هایی با شدت‌های مختلف را نتیجه می‌دهد. آنالیز طیف را با استفاده از نرم افزار GUPIX انجام می‌دهیم که یک روش پارامتری برای آنالیز کمی به ما ارائه می‌دهد و در همه جا به طور متداول برای آنالیز طیف‌های PIXE استفاده می‌شود.<sup>(۳)</sup> در واقع، برنامه‌ی GUPIX<sup>(۴)</sup> با استفاده از پارامترهای فیزیکی معلوم مثل سطح مقطع یونیزاسیون اشعه‌ی X، جرم کاهش یافته‌ی موثر و بهره‌ی فلورسانسی طیف را آنالیز می‌کند.

برای آنالیز ابتدا باید Matrix هدف را مشخص کنیم، منظور از Matrix این است که بیشترین درصد مربوط به کدام عنصر است، مثلاً در مورد سکه‌های مورد آزمایش ما، بیشترین درصد مربوط به عنصر نقره می‌باشد. در مقدار درصدهای نهایی ۳-۵ درصد خطا، ناشی از پارامترهای اساسی کالیبراسیون، بهره و عدم تمیزی سطح سکه مورد انتظار است.

### ۴- نتایج آزمایش

با استفاده از تکنیک PIXE، عناصر اصلی (Mn, Fe, Cu, Ag, Au, Pb)، (Cl, Ca, Ti) مربوط به سکه‌های نقره‌ای دوره‌ی خسرو پرویز آشکارسازی شده‌اند، که در آنها عناصر Cu, Ag, Au, Pb از خانواده‌ی فلزات سنگین بوده و عناصر Ti, Fe, Mn، جزء خانواده‌ی فلزات سنگین به شمار نمی‌آیند و به عنوان سر باره و یا ترکیبات ناخالصی روی سطح سکه مشاهده شده‌اند.

جدول شماره‌ی ۱ مشخصات سکه‌ها اعم از وزن، ضخامت، قطر، محل ضربخانه، سال ضرب<sup>(۵)</sup> و جدول شماره‌ی ۲ در صد غلظت عناصر آنها را نشان می‌دهد.

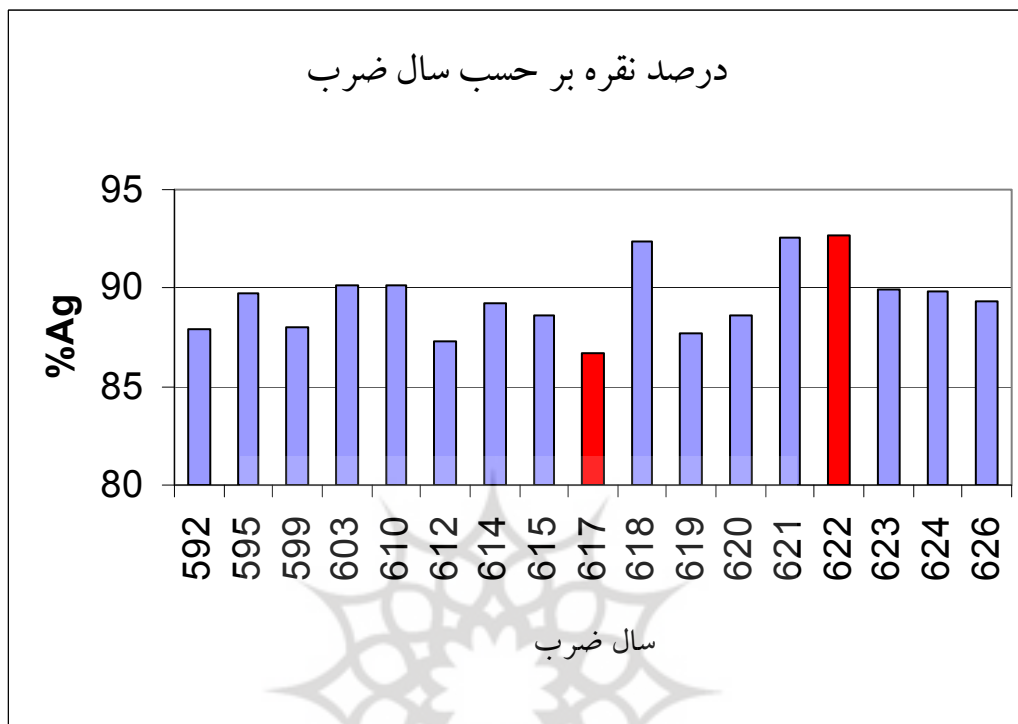
شماره‌ی سکه	ضربخانه	سال ضرب میلادی	ضخامت (mm)	قطر (mm)	وزن سکه (gr)
1	شوش	620	0.52	31.82	4.157
2	نھاوند	623	0.84	31.15	4.154
3	شوش	624	0.82	31.31	4.107

4	گندی شاپور	623	0.65	31.5	4.155
5	وه آمد قباد	624	0.69	33.37	4.159
6	سیستان	620	0.79	31.64	4.125
7	وه آمد قباد	624	0.6	32.05	4.165
8	یزد	624	0.78	31.55	4.119
9	سیرجان	621	0.46	31.78	4.157
10	هرمزاردشیر	612	0.71	31.92	4.172
11	نھاوند	622	0.76	32.27	4.202
12	هرمزاردشیر	615	0.65	32.05	4.134
13	بلخ	599	0.55	32.1	4.044
14	رامهرمز	603	0.73	31.07	4.138
15	بلخ	610	0.75	30.75	4.171
16	ری	595	0.65	30.85	4.214
17	وه اردشیر	619	0.65	30.95	4.125
18	وه آمد قباد	623	0.64	31.85	4.16
19	یزد	617	0.64	29.87	4.167
20	سیرجان	622	0.67	31.64	4.16
21	وه اردشیر	619	0.6	31.9	4.163
22	اردشیر خوره	599	0.76	31.42	4.026
23	سیرجان	618	0.5	31.75	4.181
24	مرو	620	0.66	31.1	4.157
25	میشان	592	0.73	31.9	4.081
56	کرمان	614	0.77	31.32	4.134
57	سیرجان	610	0.55	31.05	4.133
58	دارابگرد	620	0.64	33.3	4.167
59	همدان	626	0.72	30.6	4.304
60	نھاوند	619	0.71	31.65	4.188

جدول شماره‌ی ۱: ضرابخانه‌ها، سال ضرب، ضخامت، قطر و وزن سکه‌ها

شماره‌ی سکه	%Cl	%Ca	%Ti	%Mn	%Fe	%Cu	%Ag	%Au	%Pb
1	5.54	1.44	0.03	-	0.24	3.19	88.36	0.8	0.52
2	5.23	0.91	-	-	0.12	3.58	89.37	0.46	0.42
3	5.96	0.74	0.06	-	0.16	3.59	88.69	0.49	0.35
4	4.68	0.77	-	-	0.1	1.97	91.48	0.66	0.34
5	5.58	0.67	-	-	0.05	2.65	89.98	0.55	0.51
6	5.08	1.05	-	-	0.15	2.59	90.62	0.36	0.48
7	5.88	0.79	0.35	0.04	1.89	1.28	90.32	0.6	0.34
8	6.27	0.84	-	-	0.09	1.36	90.4	0.47	0.57
9	6.44	0.88	-	-	0.12	0.06	92.6	0.05	0.47
10	6.37	1.65	0.06	-	0.44	3.25	87.33	0.6	0.3
11	6.03	1.05	0.14	0.02	0.67	0.11	92.02	0.53	0.06
12	7.77	0.86	-	-	0.15	2.31	88.58	0.72	0.6
13	6.88	0.67	-	-	-	4.04	86.82	0.49	1.1
14	7.18	1.28	0.07	-	0.4	0.11	90.14	0.57	0.25
15	7.22	0.88	0.1	-	0.53	2.6	87.72	0.5	0.45
16	6.81	0.64	-	-	0.08	2.02	89.73	0.44	0.28
17	6.4	1.68	0.18	-	0.72	2.97	86.79	0.44	0.82
18	6.37	1.1	0.82	0.06	2.74	1.64	88.93	0.58	1.11
19	6.92	2.45	0.16	-	0.75	2.86	86.68	0.41	0.11
20	5.4	0.72	-	-	0.04	0.05	93.39	0.26	0.22
21	6.58	1.98	0.08	-	0.53	3.57	85.87	0.57	0.82
22	5.92	0.95	-	-	0.11	2.88	89.26	0.45	0.43
23	6.3	0.83	0.04	-	0.16	0.12	92.33	0.03	0.19
24	6.41	0.79	-	-	0.1	3.42	88.37	0.55	0.36
25	6.9	0.89	-	-	0.11	3.24	87.89	0.5	0.47
56	6.16	0.59	-	-	0.06	2.33	89.22	1.23	0.41
57	5.82	0.91	-	-	0.14	0.04	92.54	-	0.55
58	8.56	0.79	0.08	0.02	0.47	0.13	89.27	0.57	0.11
59	6.54	0.78	-	-	0.26	2.11	89.37	0.56	0.38
60	6.52	0.86	-	-	0.11	1.35	90.35	0.64	0.16

جدول شماره‌ی ۲: درصد عناصر موجود در سکه‌ها



نمودار شماره‌ی ۱: غلظت نقره‌ی موجود در سکه‌های خسرو پرویز بر حسب سال ضرب سکه

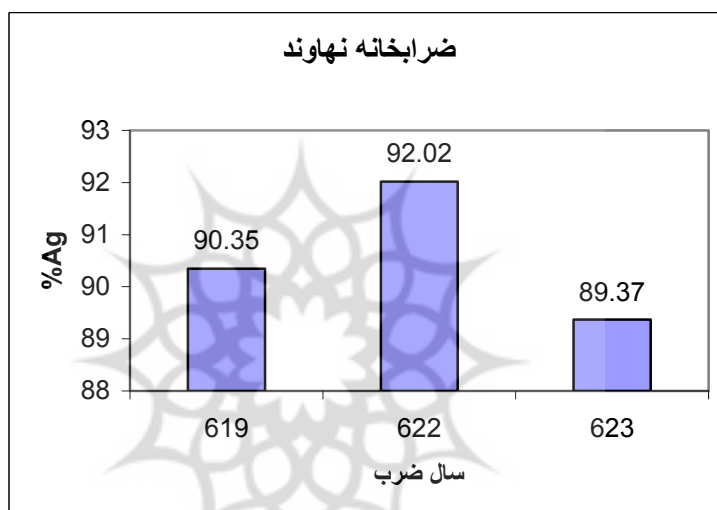
### ۵- نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که غلظت نقره در سکه‌های دوره‌ی خسرو پرویز، تحت تاثیر موقعیت سیاسی زمان ضرب و مکان جغرافیایی ضرب سکه می‌باشد. نمودار شماره‌ی ۱ به روشنی نشان می‌دهد که کیفیت و عیار سکه‌ها برای شروع جنگ‌های مهم به بالاترین حد خود می‌رسد و در سال‌های ۶۱۸ تا ۶۲۲ میلادی، حکومت در اوج قدرت خود بوده است.

خسرو پرویز پس از پدرش، هرمز، در سال ۵۹۰ میلادی به سلطنت رسید و تا سال ۶۰۳ میلادی سعی در تثبیت حکومت خود داشت. از سال ۶۰۳ تا ۶۱۰ میلادی با تصرف شهرهای مطران، آمد و ادس از روم، خود را برای تصرف دمشق، انطاکیه، بیت المقدس، مصر و تعدادی از شهرهای آسیای صغیر آماده کرد، که این جنگ‌ها تا سال ۶۱۷ میلادی به طول انجامید. پس از آن تا سال ۶۲۲ میلادی خسرو پرویز در اوج قدرت خود بوده است و مجدداً خود را برای جنگ با روم آماده کرد که پس از آن

چندین بار از رومی‌ها شکست خورد. سرانجام، در سال ۶۲۷ میلادی در جنگ با هراکلیوس، فرمانده روم، خسرو پرویز فرار کرد و سپاه ایران شکست خورد و یک سال بعد خسرو پرویز کشته شد.<sup>(۶)</sup>

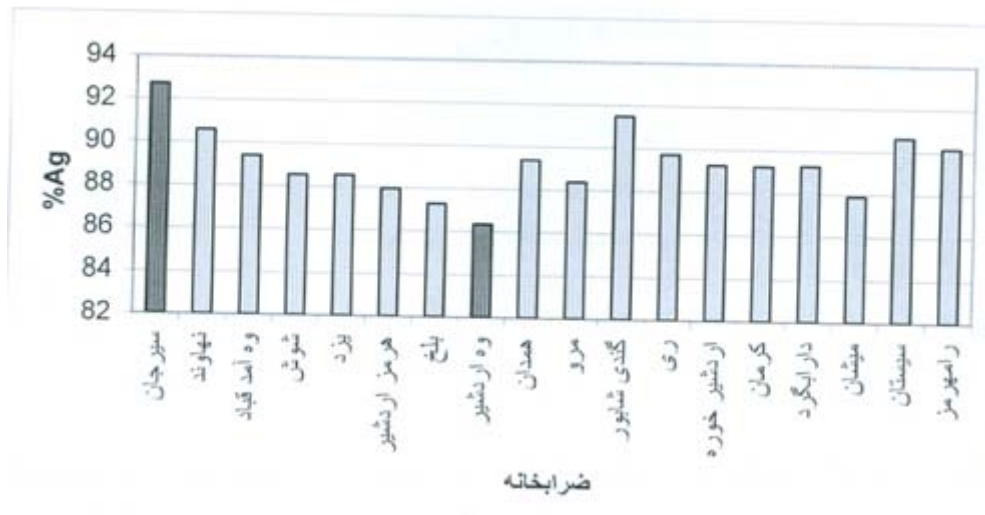
برای مقایسه‌ی بهتر، درصد نقره ضرابخانه‌ی نهانند را طی سال‌های ۶۱۹ تا ۶۲۳ میلادی، که سال‌های اوج قدرت حکومت خسرو پرویز را نشان می‌دهد، در نمودار شماره‌ی ۲ می‌توان مشاهده کرد.



نمودار شماره‌ی ۲: غلظت نقره‌ی موجود در سکه‌های خسرو پرویز در ضرابخانه‌ی نهانند

در نمودار شماره‌ی ۳ می‌توان درصد نقره در ضرابخانه‌های مختلف را با هم مقایسه کرد، که در آن دیده می‌شود که ضرابخانه‌ی سیرجان، سکه‌هایی با بیشترین درصد نقره و ضرابخانه‌ی وهاردشیر با کمترین درصد نقره ضرب می‌کرده است. می‌توان چنین استنباط کرد که در حوالی ضرابخانه‌ی سیرجان معدنی با درصد خلوص بالای نقره وجود داشته است که امکان ضرب چنین سکه‌هایی با نقره‌ی بالا را فراهم می‌کرده است؛ و بر خلاف آن در حوالی ضرابخانه‌ی وهاردشیر معدنی که وجود داشته است، از درصد نقره‌ی کمتری برخوردار بوده است.





نمودار شماره‌ی ۳: غلظت نقره‌ی موجود در سکه‌های خسرو پرویز بر حسب ضرابخانه

### سپاسگزاری

از رئیس و کارکنان محترم سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان همدان به خاطر در اختیار گذاشتن سکه‌های باستانی تقدیر و تشکر می‌شود؛ همچنین از آقایان سید محمد نقی سیدی تبار و فرهاد امینی به خاطر همکاری و امکان بحث و تبادل نظر تشکر و قدردانی می‌شود.

### کتابنامه

1. M. Hajivaliei et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 150 (1999) 645-650.
2. P. Oliayi et al., International Journal of PIXE, Vol. 9 Nos. 3&4 (1999) 495-500.
3. S. Santra et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 229 (2005) 465-470.
4. J. A. Maxwell et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 95 (1995) 404.

۵. سرفراز، ع. آورزمانی، ف. سکه‌های ایران از آغاز تا دوران زنده. انتشارات سمت.

۶. کریستین سن. ایران در زمان ساسانیان. انتشارات دنیای کتاب.