Journal of Research on Archaeometry, 2022; 8 (1): 155-170

Journal of Research on Archaeometry

DOI: 10.52547/jra.8.1.155

URL: https://jra-tabriziau.ir/

Original Paper

A Structural Characterization of Khosrow Parviz's Silver Coins at the Bu Ali Sina Museum through X-Ray Fluorescence Spectroscopy

Sharareh Sadat Mirsafdari [1], Mahdi Hajivaliei [* 2]

[1]. PhD. in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, IRAN

[2]. Associate Professor, Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, IRAN

Received: 30/01/2021 **Accepted: 05/04/2022**

Abstract

X-ray fluorescence (XRF) is an analytical technique that uses the interaction of X-rays with a substance to determine the type of element in that compound. Cultural heritage is one of the branches that use this method in confirm the credibility of historical texts, and authenticity determination, and restoration. In the present analysis, 20 silver coins from the Bu Ali Sina Museum, Hamedan were tested using a portable XRF device manufactured by the Bruker Company. This research aimed at gaining an impression about minting techniques and confirming the historical information from Khosrow Parviz's reign. The detected trace elements showed that the coins were minted by cupellation and smelting methods and compliant with the mandated standards. In the beginning years of the war and the peak of Khosrow Parviz's rule, around 620 AD, the percentage of silver reached its highest level. Also, the low percentage of gold (less than 1) attested in the analysis of these coins bear witness to the extraction of the raw material from cerussite ($PbCO_3$) deposits.

Keywords: Sassanids, Sassanid coins, Archeology, X-ray fluorescence, Khosrow Parviz.

*Corresponding Author: mhaji@basu.ac.ir

Introduction

Sassanid coins play an important role in the study of the contemporary material culture due to trade exchanges as well as the complete portrayal of the kings on them. For this reason, application of methods that do not present any damage to these monuments is extremely important. X-ray fluorescence spectroscopy is a non-destructive analytical method widely used in various fields such as metallurgy, criminology, chemistry, archeology, geology, etc. [1]. Portable X-ray fluorescence spectroscopy has several advantages in the field of cultural heritage studies, because it is one of the surface analysis methods that requires only one surface layer with a depth of about a few micrometers to several tens of micrometers [2], thus making possible the analysis of artifacts without any adverse effects [3]. It is also easy to take a portable XRF device to different places, especially in museum studies where it is not possible to transfer the sample to the laboratory for security reasons [4]. The study of trace elements in ancient objects provides important information about technology, originality, and historical events [5]. Quantities of different elements can bring about information on economic conditions, minting technology, authenticity of objects, and credibility of historical narratives and reports. Here, the main research questions include: 1) What were the techniques and patterns that the mints used during Khosro Parviz's reign?, and 2) What information on the contemporary political and economic conditions does the elemental analysis of these coins by pXRF device provide?

Research background

Sassanid numismatic studies began in the 18th century AD. As a most prominent Sassanid numismatist, Gobl studied the morphology of the related coinage [6]. Hughes examined and compared Sassanid coins with Roman silver medals [7]. Meyers et al. also conducted laboratory studies on Sassanid coinage to identify the provenance of their raw materials on the basis of the amount of gold and iridium trace elements [8]. Studying 16 coins from different Sassanid kings, Hajivaliei classified the cerussite and galena mineral deposits from which the raw material was procured [9]. In a separate paper, he subjected Khosrow Parviz's coins to a PIXE analysis to investigate the economic conditions during his reign through the quantities of the recorded elements [10]. In another study, the possible sources and refining technology of Parthian and Sassanid silver coins were investigated [11]. Sabzali et al. studied the coins of Mithridates I and II of Parthia with the XRF to compare the amount of their silver content. They detected a period of economic decline during the wars in the reigns of these namesake kings [12]. In her dissertation, Bakhtiari studied the coins of Ghobad I and compared them with the coins of Khosrow Parviz, presenting scientific analyzes based on the presence or absence of some elements [13].

Materials and methods

First, the coinage from the reign of Khosrow Parviz was singled out through library research. The analyses of the coins were carried out by a S1 TITAN portable XRF device at the Bu Ali Museum.

Results

On the authority of museum's officials, the Sassanid coins considered here were recovered during systematic excavations at Uch Tappeh of Malayer inside a leather bag.

In all coins, an increase in copper content is associated with a drop in silver content, and the quantity of copper in Coin 19 is significantly different from the remaining instances.

In order to classify the coins and refine the results, the Cu/Ag ratio in Cu is plotted in Fig 1. The clustering of the results in three specific areas indicates that the raw material came from different resources.

Table 1: Percentage of the existing elements in the studied coins.

Bi	Pb	Cd	Ag	Se	As	Au	Cu	Fe	Mn	Cr	Ti	XRF No.	Coin No.
0.04	0.57	0.03	93.77	0.01	< LOD	< LOD	4.83	0.73	0.01	0.01	< LOD	111	1
0.11	2.28	< LOD	93.24	0.02	< LOD	< LOD	4.01	0.33	0.00	0.01	< LOD	113	2
0.13	2.34	< LOD	94.82	0.02	< LOD	< LOD	2.36	0.31	0.00	0.01	< LOD	115	3
0.03	1.43	< LOD	93.81	0.02	< LOD	< LOD	4.12	0.57	0.00	0.01	< LOD	117	4

0.10	0.67	< LOD	98.77	0.00	< LOD	< LOD	0.07	0.37	0.00	< LOD	< LOD	119	5
0.07	1.16	< LOD	95.60	0.04	< LOD	< LOD	2.51	0.61	0.01	0.01	< LOD	121	6
0.05	2.06	< LOD	94.82	0.03	< LOD	< LOD	2.73	0.31	0.00	0.01	< LOD	123	7
0.06	1.05	< LOD	95.77	0.04	< LOD	< LOD	2.49	0.58	0.01	0.01	< LOD	125	8
0.03	0.81	< LOD	94.98	0.03	< LOD	< LOD	3.80	0.33	0.00	0.01	< LOD	127	9
0.05	1.12	< LOD	93.45	0.03	< LOD	< LOD	4.22	1.10	0.01	0.01	0.02	129	10
< LOD	0.83	< LOD	94.61	0.03	< LOD	< LOD	4.18	0.31	0.00	0.01	< LOD	132	11
0.02	0.40	0.03	96.94	0.03	< LOD	< LOD	2.03	0.52	0.01	0.01	< LOD	133	12
0.04	2.61	0.03	94.83	0.03	< LOD	< LOD	2.20	0.25	0.00	0.01	< LOD	135	13
0.04	2.87	< LOD	94.18	0.02	< LOD	< LOD	1.11	1.74	0.01	0.01	0.03	137	14
< LOD	0.25	0.03	98.49	0.03	< LOD	< LOD	0.13	1.05	0.01	0.01	< LOD	140	15
< LOD	0.23	0.03	98.82	0.03	< LOD	< LOD	0.17	0.68	0.01	0.01	< LOD	142	16
0.11	1.28	< LOD	95.54	0.02	< LOD	< LOD	2.31	0.71	0.01	0.01	< LOD	144	17
< LOD	1.00	0.02	94.40	0.02	< LOD	< LOD	4.03	0.51	0.01	0.01	< LOD	146	18
0.03	1.32	< LOD	91.38	0.03	< LOD	< LOD	6.98	0.25	0.00	0.01	< LOD	149	19
< LOD	1.13	< LOD	94.88	0.01	< LOD	< LOD	2.96	1.01	< LOD	< LOD	< LOD	151	20

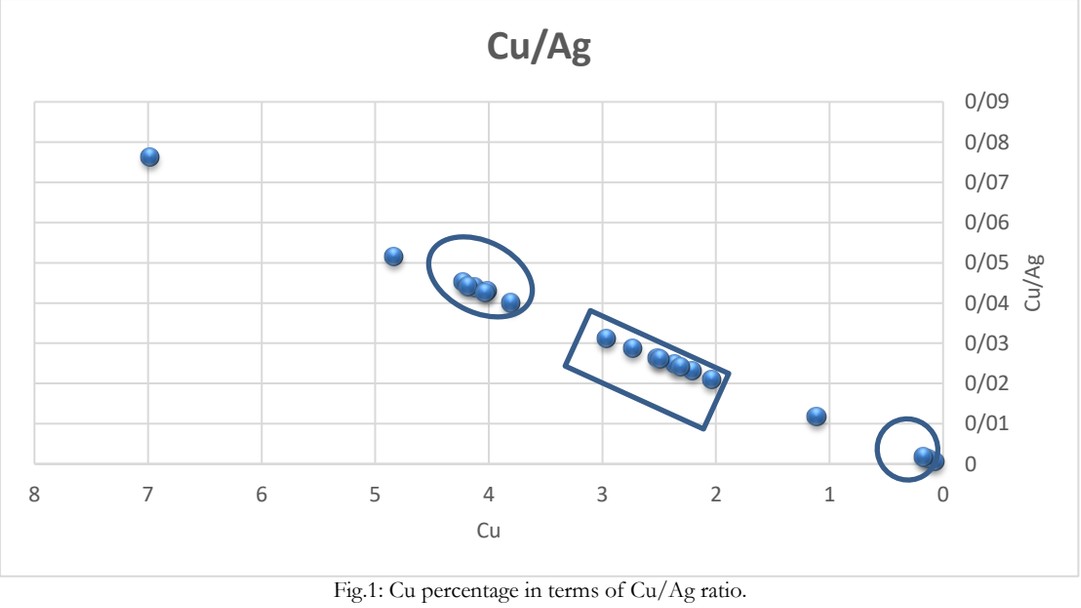


Fig.1: Cu percentage in terms of Cu/Ag ratio.

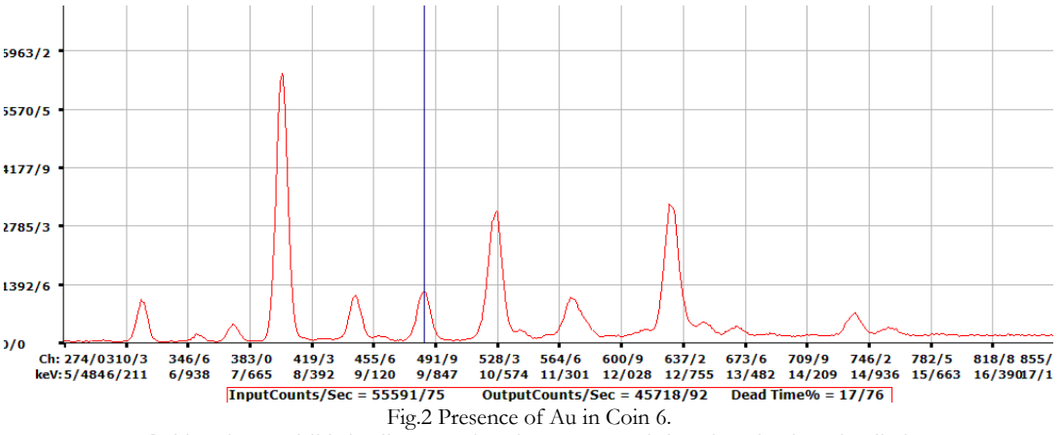


Fig.2 Presence of Au in Coin 6.
Gold peaks are visible in all spectra, but the percentage is less than the detection limit

Discussion

Ascending the throne in 590 AD, Khosrow Parviz had to face a revolt staged by a prominent commander of Hormoz IV, Bahram Chubin, who refused to recognize Khosrow as the legitimate king. In the ensuing war Khosrow Parviz was defeated and had to take refuge in the Eastern Rome Empire. There, the Byzantine emperor Maurice provided him with an army, and Khosrow married his daughter Miriam [14]. Shortly after, Khosrow left for Iran to reclaim the throne. Finally, in 591 AD, near the Lake Urmia, Khosrow defeated Bahram Chubin's army [15]. After Maurice's assassination in 602 AD, the wars between Iran and Rome resumed [17]. Khosrow was killed in 628 AD in a period of dissatisfaction of the public and his companions with him.

Conclusions

1) Answer to the first research question:

It is concluded that during the reign of Khosrow Parviz, there was a specific format and standard for minting coins; therefore, it is possible for the mints to issue rulings on how to standardize coinage. Another indicator that is important in the study of coinage technology is the low lead content in most samples. The low percentage of lead in Khosrow Parviz's coinage can hint at the use of the cupellation technique in silver mining. The limitation on the detection limit for the gold element in the studied samples shows that the raw material for silver coins was extracted from the cerrusite mines during the time of Khosrow Parviz.

2) Answer the second research question:

According to Table 1, the recorded silver content for the considered coins clearly shows that the quality and control of coinage is directly affected by the time of coinage and the political condition of the empire. In numismatic studies, a copper content exceeding 1% is indicative of its deliberate addition, either to increase the impact strength of the coin or in response to inauspicious economic state. This study showed a significant increase in copper content of the coins under study during the war years. The absence of bismuth in some coins and its presence other instances points at the procurement of the raw material from different ore deposits.

References

[1] Hojabri Nobari A, Salehi Garus M. An analysis of the Parthians economic and political conditions during the last battle with the Romans in light of based on the coins of Osroes II of Parthia using XRF method. Historical sociology. 2017 Jun 10; 9 (2): 1-27 [in Persian]

[2] Ghiyasi, Kiarash, A review of photoelectric methods and the interaction of charged particles in order to analyze the ancient coins of the Sassanid period using XRF and. PIXE methods. Master Thesis in Physics, Bu Ali Sina University, 2006 [in Persian].

[3] Fierascu, Claudiu Radu, Fierascu, Irina, Ortan, Alina, Constantin, Florin, Alexandru Mirea, Dragos, Statescu, Mihai, 2017, Complex archaeometallurgical investigation of silver coins from the XVIth-XVIIIth century, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 401 ,18–24.

[4] Eslami Moein. The Application of Portable XRF in Archaeometry and cultural –historical Materials. JRA. 2015; 1 (1) :87-101[in Persian].

[5] Rautray TR., Nayak SS, Tripathy BB, Das S, Das MR, Das SR, Chattopadhyay PK. Analysis of ancient Indian silver punch-marked coins by external PIXE. Applied Radiation and Isotopes. 2011 Oct 1;69(10):2011-9.

[6] Göbl R. Aufbau der Münzprägung. F. Altheim and R. Stiehl, Ein Asiatischer Staat. Feudalismus Unter den Sasaniden Und Ihren Nachbarn, Wiesbaden. 1954.

[7] Hughes LR. Coin Identification Training for the Mentally Retarded: A Programmed Instructional Approach to Teach Coin Name Recognition and Recall Skills (Doctoral dissertation, Southern Illinois University, Department of Rehabilitation)1975.

[8] Meyers P., 2003. Production of silver in Antiquity: ore Type identified based upon elemental compositions of ancient silver artifacts, Patterns and Process. A Festschrift in Honor of Dr. Edward V. Sayre, 271- 288.

[9] Hajivaliei, M., Sodaei, B., Application of X-ray fluorescence spectroscopy (WDXRF) in the study of Sassanid silver coins. Iranian Archaeological Research. 2016 Feb 20; 5 (9): 163-174[in Persian].

[10] Hajivaliei, M., Mohammadifar Yaghoub, Ghiyasi Ki Arash, Lamei Rashti Mohammad, Oliaei Parvin, Study and analysis of 30 silver coins of the Sassanid period of Hamadan Museum using PIXE method. Journal of Archaeological Studies. 2019 May 22;11(1):95-111[in Persian].

[11] Khademi nadooshan, F., Khazaei, M., 2011, Probable Sources and Refining Technology of Parthian and Sassanian Silver Coins, IANSA, V. II.

[12] Sabzali, M., Goodarzi, A., Khazaei, M., Khademi Nodooshan, F., 2010, Study of the economic situation of the Parthians during the period of Mehrdad I and Mehrdad II based on the testing of silver coins by XRF device. Journal of Archaeological Message, No. 7, 91- 101. [in Persian].

[13] Bakhtiari, Z., Analysis and comparison of the economic situation during the reign of Ghobad I and Khosrow II Sassanid based on laboratory analysis of coins, M.A. Thesis, Bu Ali Sina University, 1400[in Persian].

[14] Christine Sen, Arthur, 1995, The Reign of Ghobad and the Rise of Mazdak, translated by Ahmad Birshak, Tahoori Library[in Persian].

[15] Frye, R.N. 2005. The Sassanians, Ch.14, The Cambridge Ancient History XII, Cambridge University Press, Cambridge, 461-480[in Persian].

[16] Arthur Emanuel Christensen, 1944. L'Iran sous les Sassanides, Vol.1, Copenhagen [in Persian].

[17] Beate Dignas and Engelbert Winter, 2007. Rome and Persia in late antiquity, Cambridge University Press.

پژوهه باستان‌سنجی ۱۴۰۱؛ ۸(۱): ۱۵۵-۱۷۰

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.52547/jra.8.1.155

URL: http://jra-tabriziau.ir/

مقاله پژوهشی

مطالعهٔ ساختارشناسی سکه‌های نقرهٔ خسروپرویز موجود در موزهٔ آرامگاه بوعلی سینا به روش طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس

شراره‌السادات میرصفدری[۱]، مهدی حاج ولیئی[۲*]

۱. دکتری باستان‌شناسی، گروه باستان شناسی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانشیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۱/۱۶

چکیده

فلورسانس اشعهٔ ایکس (XRF) یک تکنیک تحلیلی است که از برهم‌کنش پرتوهای ایکس با یک ماده برای تعیین نوع عنصر موجود در آن ترکیب استفاده می‌شود. میراث فرهنگی یکی از شاخه‌هایی است که در تأیید اطلاعات روایی دوران تاریخی و اصالت‌سنجی و مرمت از این روش استفاده می‌کند و در سال‌های اخیر به کمک نتایج علمی حاصل از فلورسانس اشعهٔ ایکس تحلیل‌های دقیق در بررسی یافته‌های میراث فرهنگی به‌دست آمده است. در واکاوی حاضر که در راستای مطالعات پیشین در این زمینه صورت گرفت، بیست سکهٔ موجود در موزهٔ آرامگاه بوعلی‌سینا همدان با استفاده از دستگاه XRF پرتابل ساخت بروکر مورد آزمایش قرار گرفت. این پژوهش با هدف آشنایی با فنون ضرب سکه و تأیید اطلاعات تاریخی دوران خسرو پرویز اجرا گردید. مطالعهٔ عناصر شاخص و ردیاب آشکارسازی‌شده در نتایج آزمایش سکه‌های نقرهٔ موزهٔ آرامگاه بوعلی همدان نشان می‌دهد ۱: سکه‌ها با شیوهٔ ذوب و قال‌گذاری بر اساس الگوی حکومت مرکزی در ضرابخانه‌ها ضرب گردیده است. در سال‌های شروع جنگ و اوج حکومت خسروپرویز حدود سال‌های ۶۲۰ میلادی درصد نقره به بالاترین سطح خود می‌رسد و پس از آن با ادامهٔ جنگ و آغاز بحران اقتصادی درصد نقره و مس به ترتیب پایین و بالا می‌رود. همچنین با توجه به درصد پایین‌تر از یک برای طلا در آنالیز این سکه‌ها، استخراج آن‌ها از معادن سروسایت ($PbCO_3$) محرز است.

واژگان کلیدی: ساسانیان، سکه‌های ساسانی، باستان‌سنجی، فلورسانس اشعهٔ ایکس، خسرو پرویز.

* نویسنده مسئول مکاتبات: ایران، همدان، بلوار شهید احمدی روشن، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکدهٔ فیزیک، گروه فیزیک

پست الکترونیکی: mhaji@basu.ac.i

۱. مقدمه

روایت‌های تاریخی از دیرباز به‌سبب جهت‌گیری‌های سیاسی و خطاهای انسانی، نیازمند مطالعات تکمیلی و بازنگری است. سکه‌های ساسانی با توجه به تبادلات تجاری و همچنین نمایش کامل تصاویر شاهان، نقش مهمی در مطالعات میراث فرهنگی دارند. به همین دلیل استفاده از روش‌هایی که به نمونه‌های باستانی آسیب نرسانند، از اهمیت بالایی برخوردارند. روش طیف‌نگاری فلورسانس اشعهٔ ایکس یک روش تحلیلی غیرمخرب است که امروزه در زمینه‌های گوناگونی همچون متالوژی، جرم‌شناسی، شیمی، باستان‌شناسی، زمین‌شناسی و ... کاربرد گسترده‌ای دارد [1]. طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس پرتابل مزایای متعددی در زمینهٔ مطالعات میراث فرهنگی دارد، زیرا از جمله روش‌های آنالیز سطحی است که در به‌کارگیری این تکنیک، تنها یک لایهٔ سطحی یا عمقی حدود چند میکرومتر تا چند ده میکرومتر کافی است [2] و بدون هرگونه آسیبی، قابلیت مطالعهٔ اشیای باستانی را امکان‌پذیر می‌سازد [3]. همچنین حمل دستگاه XRF پرتابل راحت و قابل استفاده در مناطق مختلف است و به‌خصوص در مطالعات موزه‌ای که انتقال نمونه به دلایل امنیتی به آزمایشگاه امکان‌پذیر نیست [4]. مطالعهٔ عناصر شاخص و ردیاب در اشیای باستانی اطلاعات مهمی در خصوص تکنولوژی، اصالت و وقایع تاریخی فراهم می‌کند[5]. درصد عناصر مختلف می‌تواند شرایط مختلف اقتصادی و فنّاوری ضرب، تعیین اصالت اشیا و اعتبار اخبار و منابع تاریخی را نشان دهد. در این واکاوی به‌دنبال طرح پرسش‌های ۱) ضراب‌خانه‌های دورهٔ پادشاهی خسرو پرویز در ضرب سکه‌ها از چه فنون و الگویی پیروی کرده‌اند؟ و ۲) مطالعات آزمایشگاهی عناصر این سکه‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه pXRF چه اطلاعاتی در مورد شرایط سیاسی و اقتصادی حاکم بر آن زمان در اختیار ما قرار می‌دهند؟ به نتایج زیر دست یافته‌ایم. حضور عناصر شاخص مانند نقره و سرب و روی و عناصر ردیاب مانند آرسنیک و بیسموت و طلا در سکه‌های خسرو پرویز اطلاعات علمی دربارهٔ روش‌های ضرب سکه و بررسی وزن و قطر سکه‌ها، الگوهای ضرابخانه‌ها در این دورهٔ زمانی را مشخص می‌کند. همچنین تغییرات درصد نقره در سکه‌های خسرو پرویز نشان‌دهندهٔ تحولات اجتماعی و اقتصادی در دورهٔ این پادشاه است و تحلیل‌های علمی، گزارش تاریخی دربارهٔ وضعیت اقتصادی و اجتماعی این پادشاه تأیید می‌کند.

۲. پیشینهٔ پژوهش

سکه‌شناسی ساسانی از قرن هجدهم میلادی آغاز شد. گوبل یکی از برجسته‌ترین متخصصان سکه‌شناسی عصر ساسانی است که به مطالعهٔ ریخت‌شناسی این سکه‌ها پرداخته است [6]. هوگز در کتابش به مطالعه و مقایسهٔ سکه‌های ساسانی با فلزات نقره‌ای رومی می‌پردازد [7]. میرز و همکاران نیز با مطالعات آزمایشگاهی بر سکه‌های دورهٔ ساسانی به شناسایی معادن مورد استفاده براساس میزان عناصر کمیاب طلا و ایریدیوم پرداخته‌اند [8]. حاجی‌ولیئی در تحقیقی با عنوان به‌کارگیری روش طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس (WDXRF) در مطالعهٔ سکه‌های نقره‌ای ساسانیان، به‌وسیلهٔ مطالعهٔ شانزده سکهٔ ساسانی از پادشاهان مختلف بر اساس عناصر تشکیل‌دهنده به دسته‌بندی معادن سروسایت و گالنا در استخراج مواد اولیهٔ این سکه پرداخته است [9]. همچنین حاجی‌ولیئی در مقالهٔ دیگر به مطالعهٔ سکه‌های خسرو پرویز توسط روش PIXE پرداخته است و بر اساس درصد عناصر به‌دست‌آمده، وضعیت اقتصادی را در دورهٔ این پادشاه بررسی کرده است [10]. خادمی ندوشن در پژوهشی به بررسی منابع احتمالی و فناوری تصفیهٔ سکه‌های نقره اشکانی و ساسانی پرداخته است [11]. مهدی سبزعلی و همکاران با روش XRF به مطالعهٔ سکه‌های مهرداد اول و دوم اشکانی پرداخته‌اند و با مقایسه درصد نقره در این سکه‌ها به ضعف اقتصادی در دوران جنگ در زمان حکومت این دو پادشاه پی برده‌اند [12]. بختیاری در پایان‌نامه‌اش با عنوان «تحلیل و مقایسهٔ وضعیت اقتصادی دوران پادشاهی قباد اول و خسرو پرویز ساسانی براساس آنالیز آزمایشگاهی سکه‌ها»، به مطالعهٔ سکه‌های قباد اول و مقایسهٔ آن با سکه‌های خسرو پرویز پرداخته و تحلیل‌های علمی بر اساس حضور یا عدم حضور برخی عناصر ارائه می‌دهد [13].

۳. بخش مواد و روش‌ها

استفاده از روش XRF قابل‌حمل در سال‌های اخیر به دلیل غیرمخرب‌بودن و حمل آسان، گسترش فوق‌العاده‌ای داشته است. این پژوهش از نظر هدف، بنیادی و از نظر روش، توصیفی و پیمایشی است. ابتدا با مطالعهٔ کتابخانه‌ای و تکمیل اطلاعات پژوهش‌های پیشین سکه‌های دورهٔ خسرو پرویز انتخاب شد. به‌منظور آنالیز سکه‌های ساسانی دستگاه به موزهٔ آرامگاه بوعلی انتقال یافت. این دستگاه XRF پرتابل مدل S1TITAN، ساخت بروکر آمریکا متعلق به دانشگاه بوعلی سیناست. این دستگاه شامل نمایشگر لمسی رنگی، تیوپ پنجاه کیلوولتی اشعهٔ X و آشکارساز رانشی سیلیکون (SDD) است. این دستگاه می‌تواند برای تعیین عناصر موجود در آلیاژها، فلزات گران‌بها، خاک، معادن و همچنین اندازه‌گیری عناصر سبک مانند منیزیم، آلومینیوم و سیلیکون، بدون نیاز به خلأ یا فضای هلیوم استفاده شود. زمان تابش‌دهی به سکه‌ها شصت‌ثانیه در نظر گرفته شد.

در این بررسی ابتدا سکه‌ها با مواد مجاز پاکسازی گردیدند و سپس با استفاده از دستگاه کالیبره شدند، هریک از سکه‌ها به‌طور مجزا آنالیز و شمارهٔ آنالیزِ مربوط به هر سکه یادداشت گردید. اطلاعات مربوط به آنالیز سکه‌ها و درصد عناصر موجود در سکه‌ها با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری Bruker Toolbox به‌دست آمد.

٤. نتایج و یافته‌ها

سکه‌های ساسانی مورد مطالعه در این پژوهش، بر اساس گفته‌های مسئولان موزهٔ آرامگاه بوعلی سینا همدان در کاوش‌های باستان‌شناسی درون کیسهٔ چرمی از اوج علی تپه ملایر به‌دست آمدند[1]. تعدادی از این سکه‌ها در مطالعه‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفتند و به‌منظور تکمیل اطلاعات به‌دست‌آمده بیست عدد از سکه‌ها انتخاب و پس از آماده‌سازی مورد آزمایش قرار گرفتند. در جدول ۱ به معرفی این سکه‌ها پرداخته شده است.

جدول ۱: معرفی سکه‌های مورد مطالعه

Table 1: Introduces the studied coins

شماره	شماره موزه	تصاویر	شماره XRF	وزن سکه (گرم)	قطر سکه (سانتی متر)	محل ضرب سکه	تاریخ ضرب[2] سکه(سال)
Number	Museum number	Pictures	XRF number	Coin weight (g)	Coin diameter(cm)	Coin mint location	Date of coinage
۱	۱۲۶۲		۱۱۱- ۱۱۲	۳/۹	۳/۴	وه اردشیر	سی‌وهفتم از سلطنت خسرو پرویز
۲	۱۲۶۱		۱۱۳- ۱۱۴	۳/۶	۳/۳	ناخوانا	سی‌وسوم از سلطنت خسرو پرویز

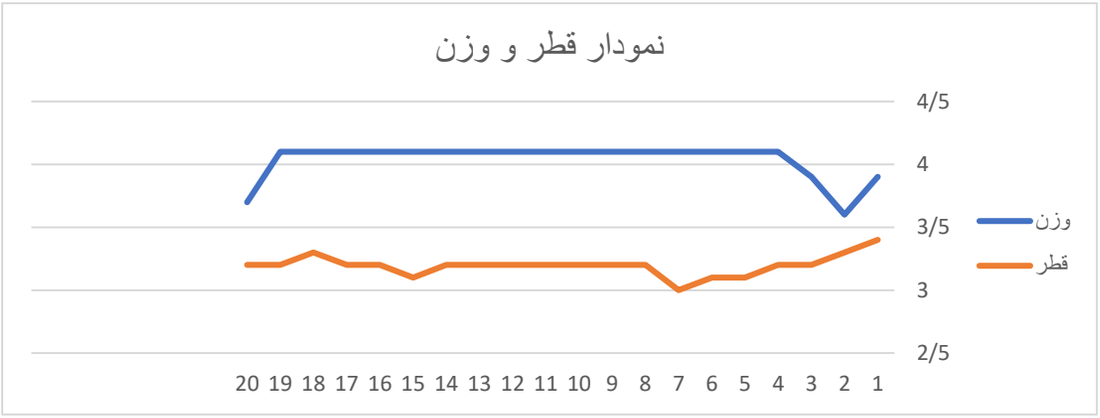
۳	۱۲۶۰		-۱۱۵ ۱۱۶	۳/۹	۳/۲	وه اردشیر	سی‌وهفتم از سلطنت خسرو پرویز
۴	۱۲۱۴		-۱۱۷ ۱۱۸	۴/۱	۳/۲	استخر	سی‌وچهارم از سلطنت خسرو پرویز
۵	۱۲۱۶		-۱۱۹ ۱۲۰	۴/۱	۳/۱	داراب گرد	سی‌ودوم از سلطنت خسرو پرویز
۶	۱۲۱۷		-۱۲۱ ۱۲۲	۴/۱	۳/۱	نهاوند	بیست‌وپنجم از سلطنت خسرو پرویز
۷	۱۲۱۸		-۱۲۳ ۱۲۴	۴/۱	۳	شیراز	سی‌وهفتم از سلطنت خسرو پرویز
۸	۱۲۱۹		-۱۲۵ ۱۲۶	۴/۱	۳/۲	یزد	بیست‌وششم از سلطنت خسرو پرویز
۹	۱۲۲۰		-۱۲۷ ۱۲۸	۴/۱	۳/۲	میشان	سی‌ودوم از سلطنت خسرو پرویز

۱۰	۱۲۲۲		-۱۲۹ ۱۳۰	۴/۱	۳/۲	ناخواناست	سی‌وهشتم از سلطنت خسرو پرویز
۱۱	۱۲۲۳		-۱۳۱ ۱۳۲	۴/۱	۳/۲	گرگان	بیست‌ونهم از سلطنت خسرو پرویز
۱۲	۱۲۲۵		-۱۳۳ ۱۳۴	۴/۱	۳/۲	یزد	سی‌ام از سلطنت خسرو پرویز
۱۳	۱۲۲۶		-۱۳۵ ۱۳۶	۴/۱	۳/۲	وه اردشیر	سی‌وچهارم از سلطنت خسرو پرویز
۱۴	۱۲۲۷		-۱۳۷ ۱۳۹	۴/۱	۳/۲	جی (اصفهان)	سوم از سلطنت خسرو پرویز
۱۵	۱۲۲۸		-۱۴۰ ۱۴۱	۴/۱	۳/۱	اردشیر خوره	سی‌ام از سلطنت خسرو پرویز
۱۶	۱۲۲۹		-۱۴۲ ۱۴۳	۴/۱	۳/۲	نهاوند	سی‌ویکم از سلطنت خسرو پرویز

۱۷	۱۲۳۰		−۱۴۴ ۱۴۵	۴/۱	۳/۲	وسپشاد خسرو	سی‌وسوم از سلطنت خسرو پرویز
۱۸	۱۲۳۱		−۱۴۶ ۱۴۷	۴/۱	۳/۳	میشان	دوم از سلطنت خسرو پرویز
۱۹	۱۲۳۴		−۱۴۸ ۱۴۹	۴/۱	۳/۲	جی (اصفهان)	سی‌وهشتم از سلطنت خسرو پرویز
۲۰	۱۲۳۵		−۱۵۲ ۱۵۳	۳ /۷	۳/۲	کرمان	سی‌وسوم از سلطنت خسرو پرویز

شکل ۱: نمایش ضرب خانه‌های سکه‌های مورد مطالعه

1: shows the mints of the studied coins Fig.



شکل ۲: نمودار وزن و قطر سکه‌های مورد مطالعه

Fig. 2: Graph of weight and diameter of the studied coins

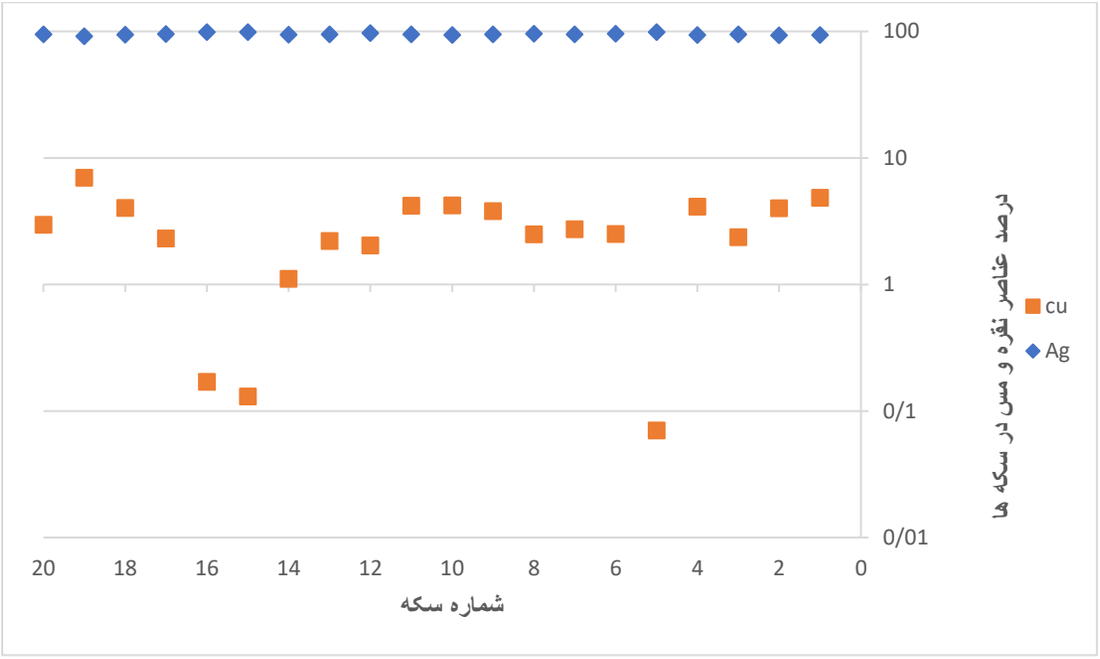
با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام‌شده روند همگن و یکنواخت قطر و وزن در ضرب سکه‌ها مشاهده گردید و همچنین بیشتر سکه‌های مورد مطالعه در یک محدودهٔ وزنی قرار دارند. مطالعهٔ طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس نشان داد عناصر تیتانیوم (Ti)، کروم (Cr)، منگنز (Mn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، آرسنیک (As)، سلنیوم (Se)، نقره (Ag)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و بیسموت (Bi) در این سکه‌ها شناسایی شد که نقره بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲: درصد عناصر تشکیل‌دهندهٔ سکه‌های مورد مطالعه[۳]

Table 2: Percentage of elements of the studied coins

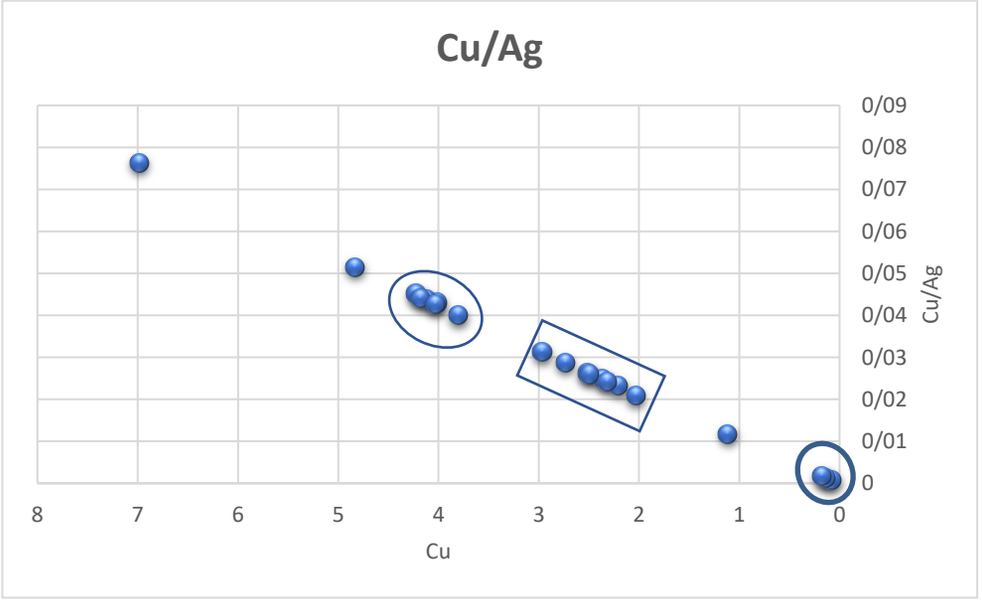
شمارهٔ سکه	شماره XRF	Ti	Cr	Mn	Fe	Cu	Au	Se	Ag	Cd	Pb	Bi
1	111	< LOD	0.01	0.01	0.73	4.83	< LOD	0.01	93.77	0.03	0.57	0.04
2	113	< LOD	0.01	0.00	0.33	4.01	< LOD	0.02	93.24	< LOD	2.28	0.11
3	115	< LOD	0.01	0.00	0.31	2.36	< LOD	0.02	94.82	< LOD	2.34	0.13
4	117	< LOD	0.01	0.00	0.57	4.12	< LOD	0.02	93.81	< LOD	1.43	0.03
5	119	< LOD	< LOD	0.00	0.37	0.07	< LOD	0.00	98.77	< LOD	0.67	0.10
6	121	< LOD	0.01	0.01	0.61	2.51	< LOD	0.04	95.60	< LOD	1.16	0.07
7	123	< LOD	0.01	0.00	0.31	2.73	< LOD	0.03	94.82	< LOD	2.06	0.05
8	125	< LOD	0.01	0.01	0.58	2.49	< LOD	0.04	95.77	< LOD	1.05	0.06
9	127	< LOD	0.01	0.00	0.33	3.80	< LOD	0.03	94.98	< LOD	0.81	0.03
10	129	0.02	0.01	0.01	1.10	4.22	< LOD	0.03	93.45	< LOD	1.12	0.05
11	132	< LOD	0.01	0.00	0.31	4.18	< LOD	0.03	94.61	< LOD	0.83	< LOD
12	133	< LOD	0.01	0.01	0.52	2.03	< LOD	0.03	96.94	0.03	0.40	0.02
13	135	< LOD	0.01	0.00	0.25	2.20	< LOD	0.03	94.83	0.03	2.61	0.04
14	137	0.03	0.01	0.01	1.74	1.11	< LOD	0.02	94.18	< LOD	2.87	0.04
15	140	< LOD	0.01	0.01	1.05	0.13	< LOD	0.03	98.49	0.03	0.25	< LOD
16	142	< LOD	0.01	0.01	0.68	0.17	< LOD	0.03	98.82	0.03	0.23	< LOD
17	144	< LOD	0.01	0.01	0.71	2.31	< LOD	0.02	95.54	< LOD	1.28	0.11
18	146	< LOD	0.01	0.01	0.51	4.03	< LOD	0.02	94.40	0.02	1.00	< LOD
19	149	< LOD	0.01	0.00	0.25	6.98	< LOD	0.03	91.38	< LOD	1.32	0.03
20	151	< LOD	< LOD	< LOD	1.01	2.96	< LOD	0.01	94.88	< LOD	1.13	< LOD

مشکلاتی نظیر مسافرت، سختی راه و کمبود امکانات، از انتقال مواد اولیه ضرب سکه خودداری می‌کردند و مجبور بودند از نزدیک‌ترین معدن نقرهٔ موجود، نقرهٔ مورد نیاز خود را استخراج نموده و مورد استفاده قرار دهند. به همین دلیل درصد نقرهٔ به‌دست‌آمده در ضرابخانه‌های مختلف با هم متفاوت است.



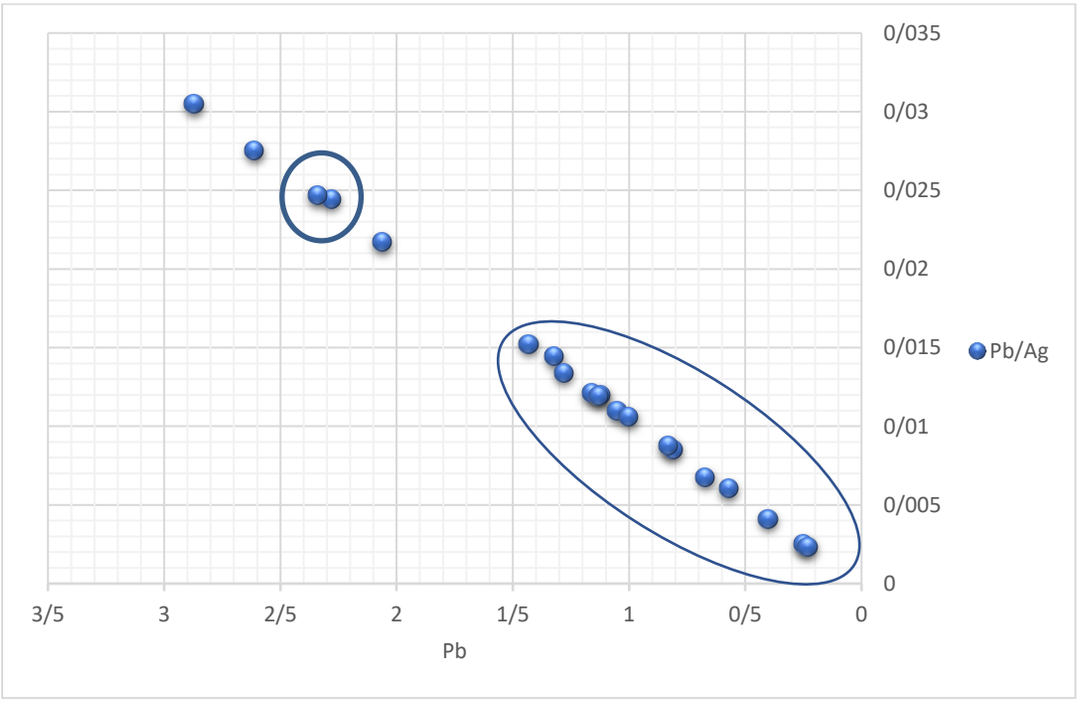
شکل ۳: درصد مس و نقره در سکه‌های مورد مطالعه
Fig. 3: Percentage of copper and silver in the studied coins

بر اساس شکل ۳: نسبت مس و نقره در تمام نمونه‌ها همگن است یعنی با افزایش مس، نقره پایین می‌آید و همچنین درصد مس در سکهٔ شمارهٔ ۱۹ اختلاف معناداری با بقیهٔ سکه‌ها دارد.



شکل ۴ : نسبت درصد Cu موجود برحسب Cu/Ag درسکه‌های خسرو پرویز
Fig. 4: Cu percentage ratio available in terms of Cu / Ag in Khosrow Parviz coins

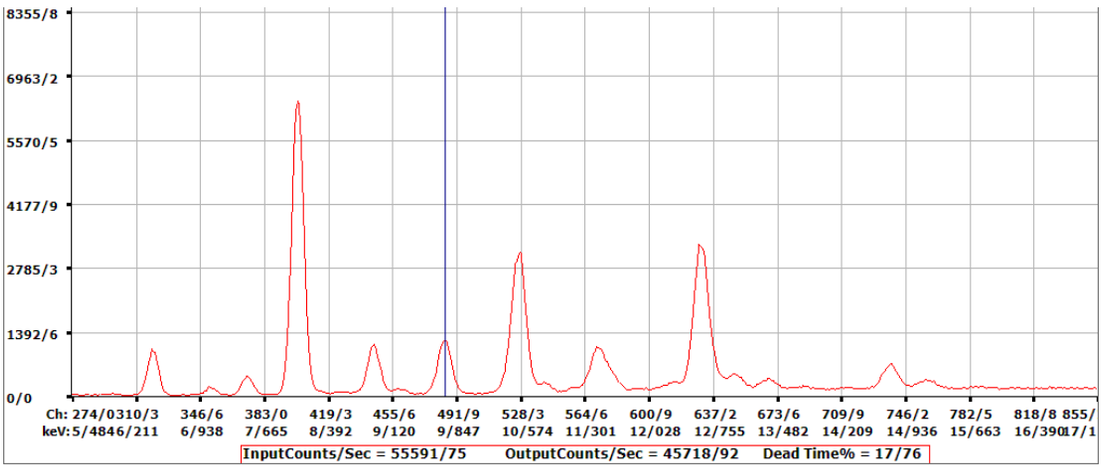
به‌منظور دسته‌بندی‌کردن سکه‌ها و پالایش نتایج به‌دست‌آمده نسبت Cu/Ag برحسب Cu در شکل۴ ترسیم شده است. قرارگیری نتایج در سه محدودهٔ مشخص در شکل نشان‌دهندهٔ استفاده از منابع و معادن مختلف در ضرب سکه‌هاست. در شکل برخی سکه‌ها با فاصله از دیگر نمونه‌ها قرار دارند که می‌تواند نشان‌دهندهٔ جعلی‌بودن یا ضرب سکه برای بار اول، از معدن مورد استفاده باشد. بر اساس مطالعات پیشین و نتایج به‌دست‌آمده، وجود اشتراکات زمانی و مکانی در ضرب دسته‌های مختلف سکه‌ها مشاهده می‌شود.



شکل ۵: نسبت درصد Pb موجود برحسب Pb/Ag در سکه‌های خسرو پرویز

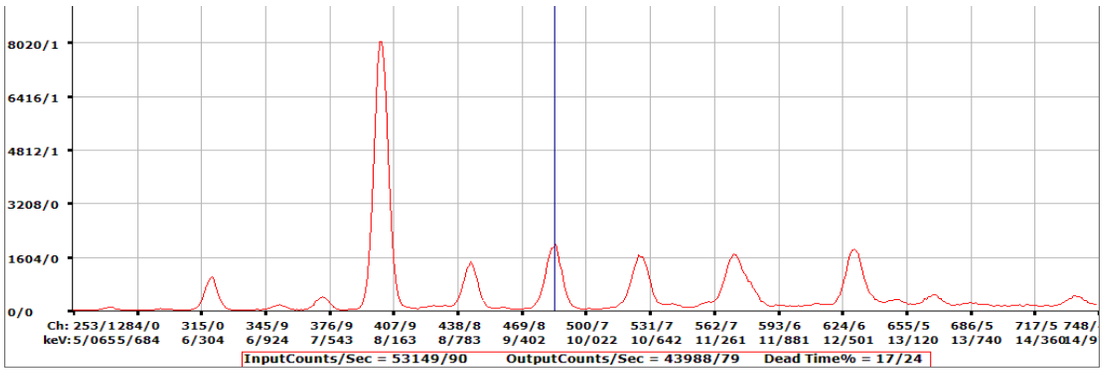
Fig. 5: The percentage of Pb percentage in terms of Pb / Ag in Khosrow Parviz coins

در این نمودار هم تفاوت‌هایی در عناصر به‌کاررفته در برخی سکه‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۶: طیف سکه شماره ۶

Figure 6: Spectrum Coin No. 6



شکل ۷: طیف سکه شماره ۱۳

Figure7: Coin Spectrum No. 13

در تمامی طیف‌ها پیک طلا دیده می‌شود اما درصد آن کمتر از حد آشکارسازی است.

۵. بحث در نتایج و یافته‌ها

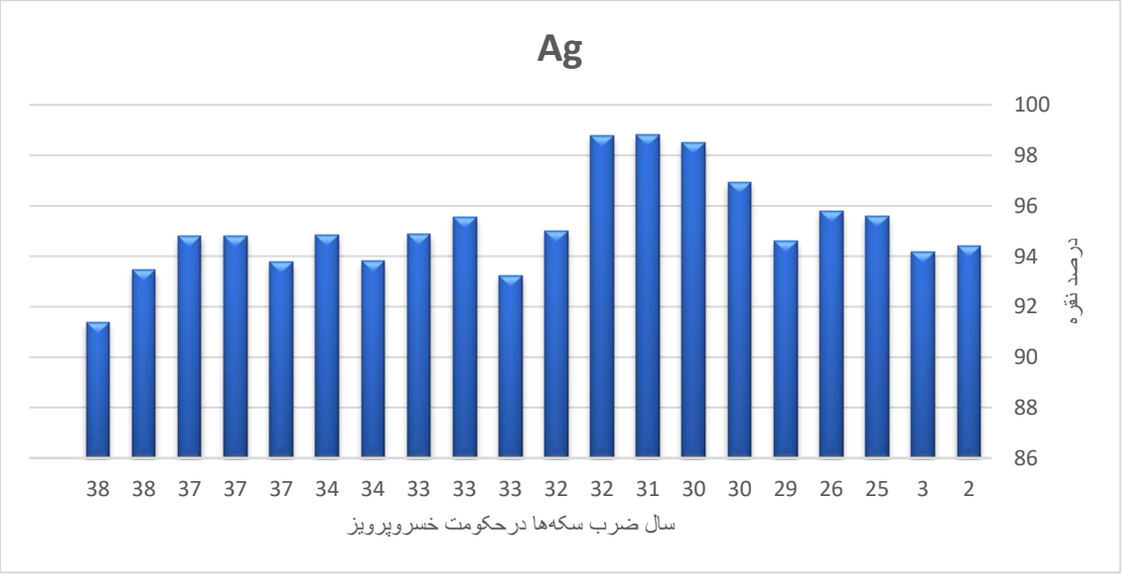
حوادث تاریخی در دوران پادشاهی خسرو پرویز:

پادشاهی خسرو پرویز در سال ۵۹۰ میلادی آغاز شد، لیکن یکی از سرداران معروف هرمز چهارم به نام بهرام چوبین پسر گشنسب که از بزرگ‌زادگان خاندان اشرافی مهران بود، سر به شورش گذاشت و حاضر به مصالحه و به‌رسمیت شناختن خسرو نشد و او مجبور شد به سرزمین‌های روم شرقی و امپراتور موریکیوس پناهنده شود. بهرام در نبود رقیب خود تیسفون را به تصرف درآورد و به‌عنوان بهرام ششم بر تخت سلطنت ساسانی نشست. موریکیوس سپاهی در اختیار خسرو نهاد و دختر خود، مریم، را نیز به ازدواج وی درآورد [14]. چندی بعد، خسرو برای بازپس گرفتن تاج و تخت به‌سوی ایران حرکت کرد. در میان راه، گروهی از سپاهیان ساسانی به او پیوستند. سرانجام، خسرو در ۵۹۱ میلادی در محلی نزدیک دریاچهٔ ارومیه، سپاه بهرام چوبین را درهم شکست. بهرام نزد ترکان گریخت، اما حدود یک‌سال بعد، ظاهراً به تحریک خسرو در آنجا کشته شد [15]. در حدود ۶۰۲ میلادی، به فرمان خسرو، نعمان‌بن مُنذِر، آخرین پادشاه لخمی حیره، دستگیر و کشته شد؛ بدین ترتیب، فرمانروایی لخمیان در حیره پایان یافت. از آن پس، برخی قبایل عرب که دیگر حکومت لخمیان را مانع خود نمی‌دیدند، گاه‌وبی‌گاه به سرزمین‌های مرزی ایران می تاختند [16]. پس از کشته‌شدن موریکیوس (در ۶۰۲ میلادی) جنگ‌های ایران و روم تجدید شد [17]. پس از آن، خسرو در عصر نارضایتی مردم و اطرافیانش در سال ۶۲۸م کشته شد. به‌طور خلاصه وقایع مهم پادشاهی خسرو پرویز در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: وقایع مهم در دورهٔ پادشاهی خسرو پرویز

Table 3: Important events in the reign of Khosrow Parviz

تاریخ/Date	وقایع/Events	
628 BC	Death of Khosrow Parvis	مرگ خسروپرویز
627 BC	The defeat of Rome and the weakening of the kingdom	شکست از روم و تضعیف پادشاهی
622 BC	The peak of power	اوج قدرت
603-610BC	Capture of Matran	تصرف مطران
603 BC	Consolidation of government	تثبیت حکومت
602 BC	Arresting and killing Nu'manah ibn Munther	دستگیر ی و کشتن نعمان بن مُنذِر
602 BC	Military campaign to Byzantium	لشکرکشی به بیزانس
591BC	Return from Rome and defeat Bahram	بازگشت از روم و شکست بهرام
590 BC	Reaching the government	رسیدن به حکومت



شکل ۸: درصد نقره در سکه‌های مورد مطالعه

Figure 8: Percentage of silver in the studied coins

عناصر به‌دست‌آمده در سکه‌های مورد مطالعه هرکدام بیانگر نکات علمی در مورد شیوهٔ ضرب سکه و وقایع تاریخی در آن زمان هستند. بر همین اساس عناصر به‌دست‌آمده در جدول ۴ به ترتیب درج گردیده است.

جدول ۴: عناصر موجود در سکه‌ها و توضیحات مربوط به آن‌ها

Table 4: The elements in coins and their descriptions

عناصر	توضیحات
Ag	نقرهٔ ستون فقرات سیستم پولی، اقتصاد و تاریخ ساسانیان (۲۲۴–۶۵۲ م.) بود [11]. بر همین اساس، تغییرات درصد نقره در سکه‌های ساسانی بیانگر اتفاقات و تغییر اجتماعی و سیاسی در دوران پادشاهی خسرو پرویز است. دوران شاهان ساسانی، از فراز و نشیب‌هایی نیز برخوردار بوده است که در خلال این فرازونشیب‌ها، شاهد تغییرات غلظت نقرهٔ موجود در سکه‌های آن‌ها هستیم [9]. میانگین نقره در سکه‌های خسرو پرویز حدود ۹۴درصد است و نشان‌دهندهٔ آن است که نسبت‌به پادشاه قبلی درصد بیشتری دارد. این میزان در سکه‌های قباد اول بین ۹۰/۴۸ تا ۹۷/۹۰ درصد به‌دست آمده است[13].
Cu	مس به‌دلیل خواص مطلوب مختلف ازجمله هدایت الکتریکی و حرارتی عالی، مقاومت بالا در برابر خوردگی و سهولت کار، ماده‌ای مفید با طیف گسترده‌ای از کاربرد است [10]. حضور عنصر مس، در حالت معمول می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای شناسایی معدن باشد، به هنگام ذوب نقره به شکل طبیعی درصدی از فلز مس (حدود ۱درصد) با نقره همراه است. در برخی موارد، شرایط بد اقتصادی سبب می‌شود تعمداً عنصر مس به سکه اضافه شود. افزایش مس بالاتر از ۱درصد در این سکه‌ها نشان می‌دهد که مس به‌عنوان عنصر شیمیایی اضافه شده و با هدف غش به‌کار رفته است و سبب سختی و استحکام در سکه‌هاست [18].
Pb	سرب عنصر تکنیکی در سکه‌های نقره است [19] و بهترین شاخص از فناوری استخراج سنگ معدن مورد استفاده است (مسجدی خاک، ۱۳۹۲: ۱۶۰). بر اساس شکل۵ اگر نسبت سرب موجود در سکه‌ها به میزان نقره (Pb/Ag) در تمامی سکه‌ها با اختلاف جزئی ثابت باشد، مشخص‌کنندهٔ آن است که سرب موجود در سکه‌ها به همراه نقره از معدن استخراج شده است و به‌صورت اختیاری به آن اضافه نشده است. تقریباً نیمی از فلزات نقرهٔ جهان از معادن سرب استخراج می‌شوند. در دوران باستان نیز از سنگ معدن سرب و یا سرب و روی به‌طور عمده برای تولید نقره استفاده می‌شد، محتوای کم سرب در سکه‌ها می‌تواند فرایند باکیفیت استحصال نقره را نشان دهد [20].

As	برای ساخت سکه از دو تکنیک ضرب سکه به روش چکشی و ذوب استفاده می‌شود. در تکنیک ذوب که در بیشتر موارد برای استفادهٔ مجدد از سکه‌های پادشاه پیشین استفاده می‌شد، آلیاژ موردنظر را ذوب کرده و در قالب‌های مخصوص سکه‌ها می‌ریزند که پس از سرد و منجمدشدن، طرح قالب دقیقاً روی سکه منعکس می‌گردد. ازآنجاکه نقطهٔ جوش عنصر آرسنیک خیلی پایین‌تر از عناصر نقره و طلاست، با ذوب‌کردن آلیاژ مربوطه، عنصر آرسنیک تبخیر شده و در آلیاژ باقی نمی‌ماند. به همین دلیل، در تمام سکه‌های نقره‌ای و طلایی که به حالت ذوب ساخته می‌شود، عنصر آرسنیک دیده نمی‌شود [9] عدم حضور عنصر آرسنیک در بیشتر سکه‌ها نشان‌دهندهٔ این است که ابتدا ورقه‌های مورد استفاده در ضرب سکه‌ها به طریق ذوبی تهیه کرده‌اند و سپس سکه‌ها را ضرب کرده‌اند.
Fe	وجود آهن در بعضی از سکه‌ها به منشأ آلودگی سطحی مربوط می‌شود، در شرایطی که بیشتر سکه‌های مورد مطالعه از کاوش‌های عملی باستان‌شناسی به‌دست آمده باشند و قرارگیری اشیای فلزی مانند سکه در خاک سبب به‌وجودآمدن درصدی از آهن می‌شود که با آماده‌سازی ابتدایی برای مطالعات XRF از بین نخواهد رفت [21]. ازطرفی، درصد آهن کمتر از ۱درصد در مطالعات نشان می‌دهد وجود عنصر آهن به دلیل خوردگی نیست و درصورتی‌که این میزان بیش از ۱درصد باشد، می‌توان حضور آهن را ناشی از خوردگی دانست [22].
Bi	بیسموت یکی از مهم‌ترین عناصر مربوط به نوع اصلی سنگ معدن آن است، به‌ویژه هنگامی که با مس و محتوای نقره ارتباط داشته باشد و محتوای بالای بیسموت ممکن است نشان‌دهندهٔ سنگ معدن غنی از بیسموت باشد [23] مقادیر کمی از بیسموت در نقره ممکن است نوع سنگ معدن استفاده‌شده در تولید سکه را نشان دهد [25]. وجود بیسموت ممکن است به‌عنوان یک شاخص (عنصر ردیاب) برای تعیین محل معدن نقره در مورد سکه‌های نقره‌ای باشد. معادن بزرگ نقره در شمال شرق امپراتوری ساسانیان علاوه‌بر نقرهٔ حاوی طلا و مس اندک و بیسموت فراوانی است [24].
Zn	عدم حضور عنصر روی در تمامی سکه‌های قباد اول می‌تواند نشانگر فن قال‌گذاری در استخراج نقره باشد [26]. روش قال‌گذاری در فناوری استحصال نقره از هزارهٔ چهارم پیش از میلاد تا به امروز به‌کار گرفته شده است [27].
Au	بر اساس مطالعات انجام‌شده در صورتی که نقرهٔ استفاده‌شده در سکه‌ها از معدن سروسایت استخراج شده باشد، مقدار طلای موجود در آن باید به‌طور تقریبی بین ۰/۲ تا ۱/۵ درصد تغییر یابد، درغیر این صورت، نقرهٔ مورد استفاده در ضرب سکه‌ها از معادن گالنا استخراج شده است که درصد طلای موجود در این معادن، کمتر از ۰/۲ درصد است[9]. در این سکه‌ها وجود طلا کمتر از یک درصد محرز گردیده است و تأییدی بر استفاده از معادن سروسایت برای تولید سکه‌هاست.
Ca و Cl	عدم حضور عناصر Ca و Cl در آنالیز سکه‌ها نشان می‌دهد سکه‌های مورد بررسی در زیر خاک مدفون نبوده‌اند.
Ti	وجود تیتانیوم در بعضی از نمونه‌ها احتمالاً نشان‌دهندهٔ استخراج از مناطق آتشفشانی بوده است.

٦. نتیجه‌گیری

۱) پاسخ پرسش اول پژوهش:

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، روند همگن و یکنواخت قطر و وزن در ضرب سکه‌ها مشاهده گردید و همچنین بیشتر سکه‌های مورد مطالعه در یک محدودهٔ وزنی قرار دارند، این نتیجه حاصل می‌گردد که در دورهٔ حکومت خسرو پرویز، قالب و معیار مشخصی برای ضرب سکه‌ها وجود داشته است؛ بنابراین احتمال صدور احکام برای ضراب‌خانه‌ها در مورد نحوهٔ یکسان‌سازی در ضرب سکه وجود دارد. همچنین نبود عنصر آرسنیک در بیشتر سکه‌ها نشان‌دهندهٔ ضرب سکه‌ها به‌وسیلهٔ قالب ضرب است و همگنی در وزن سکه‌ها می‌تواند نشان‌دهندهٔ همین موضوع باشد. همچنین شاخص دیگر که در بررسی فناوری ضرب سکه‌ها مهم است، درصد پایین غلظت سرب در بیشتر نمونه‌ها، خلوص نسبی آن‌ها و متالوژی نسبتاً پیشرفتهٔ ساسانی را نشان می‌دهد. بنابر مطالعات صورت‌گرفته هرچقدر نسبت سرب به نقره (Pb/Ag) کمتر باشد، می‌توان به این نتیجه رسید که فناوری بهتری برای جداسازی سرب از کانی مورد استفاده به‌کار می‌رفته است. تعداد بالایی از سکه‌هایی که در این پژوهش بررسی شده‌اند، دارای میزان ناچیزی سرب هستند که شرایط مطلوب و کنترل بالا در روند تولید را نشان می‌دهد. پایین بودن درصد عنصر سرب در سکه‌های خسرو پرویز می تواند نشان‌دهندهٔ فن قال‌گذاری[5] در استخراج نقره باشد. محدودیت در حد آشکارسازی برای عنصر طلا در نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مواد خام سکه‌های حاضر از معادن سروسایت در زمان خسرو پرویز استخراج شده است.

۲) پاسخ پرسش دوم پژوهش:

بر اساس جدول ۲، در صد نقرهٔ نمایش داده‌شده در مطالعات آنالیزی سکه‌ها به‌روشنی نشان می‌دهند که کیفیت و مهار ضرب سکه، مستقیماً متأثر از زمان ضرب سکه و موقعیت سیاسی حکومت است. مقایسهٔ جدول ۳ و شکل ۸ درصد بالای نقره را در سال‌های اوج قدرت حکومت خسرو پرویز نشان می‌دهد که خود تأییدی بر نوشته‌های تاریخی در مورد این پادشاه است. بر همین اساس، در زمان شروع جنگ‌های مهم خسرو پرویز درصد نقره به بالاترین سطح می‌رسد و سکه‌ها با کیفیت بسیار خوبی ضرب می‌شوند و در حین جنگ‌ها سکه‌ها به تدریج کیفیت اولیه‌شان را از دست می‌دهند.

در این مطالعه ذکر شده است که مسائلی مانند مسافت، سختی راه و کمبود امکانات سبب می‌شود که نقرهٔ مورد نیاز، از نزدیک‌ترین معدن نقره استخراج گردد. وجود بیش از یک درصد عنصر مس بیانگر افزودن عمدی آن یا به منظور افزایش قدرت ضربه‌پذیری سکه‌ها و یا کنترل اوضاع نابسامان اقتصادی بوده است که در این مطالعه افزایش مس در سال‌های جنگ قابل ملاحظه است.

نبود عنصر بیسموت در برخی از سکه‌ها و حضور آن در تعدادی دیگر از سکه‌ها، در واقع نشانه‌ای از منابع متفاوت کانسنگ مورد استفاده است. درصد مس پایین در سکه‌های شماره ۵،۱۵،۱۶ اصالت این سکه‌ها را زیر سؤال می‌بَرد، لیکن مطالعهٔ نقوش و نوشته‌های این مسئله را تأیید نمی‌نماید.

۷. سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله مراتب سپاس‌گزاری خود را از جناب آقای سیّدی (امین اموال اداره کل میراث فرهنگی استان همدان) ابراز می‌کنند.

پی نوشت ها

۱. با توجه به محدودیت‌های مطالعات اشیای موزه، تنها مجال برای مطالعهٔ XRF سکه‌ها فراهم بوده و امکان مطالعات فیزیکی مجدد سکه‌ها توسط نویسندگان امکان‌پذیر نبود و اطلاعات قطر، ضخامت و وزن سکه‌ها از پایگاه دادهٔ موزه گرفته شده است.

۲. با توجه به خوانش تاریخ ضرب سکه از روی سکه‌های مورد مطالعه، نویسندگان مقاله تاریخ را بر این اساس ذکر کرده‌اند، هرکدام از این تاریخ‌ها با ۵۹۱ میلادی جمع گردد تاریخ ضرب سکه‌ها به میلادی به‌دست می‌آید. برای مثال ۵۹۱+۳۷=۶۲۸میلادی

۳. نتایج آنالیز سکه‌ها به‌صورت میانگین ذکر شده است.

۴. سال‌ها بر اساس آنچه در جدول اشاره شده بر اساس حکومت خسرو پرویز ذکر شده که با جمع آن‌ها با عدد ۵۹۰ میلادی سال وقایع بر اساس میلادی به‌دست می‌آید، برای مثال ۳۲ سال بعد از حکومت خسروپرویز ۵۹۰+۳۲=۶۲۲میلادی

۵. قال‌گذاری . [گ ُ] (حامص مرکب) (اصطلاح فیزیکی) عمل ذوب طلا و نقره در بوته و تصفیهٔ آن‌ها از مواد زاید.

References

[1] Hojabri Nobari A, Salehi Gruss M. Analysis of Parthian economic-political situation in the last Baromian battle based on the study of silver coins of Khosrow II Parthian using XRF method. Historical sociology. 2017 Jun 10; 9 (2): 1-27 . [in Persian].

[هژبری نوبری علیرضا، صالحی گروس مهناز. تحلیل اوضاع اقتصادی–سیاسی اشکانیان در آخرین نبرد خسرو دوم اشکانی با استفاده از روش بارومیان براساس مطالعهٔ مسکوکات نقره. جامعه‌شناسی تاریخی. ۱۳۹۶؛ ۹(۲)۱–۲۷]

[2] Ghiyasi Kiarash, A review of photoelectric methods and the interaction of charged particles in order to analyze the ancient coins of the Sassanid period using XRF and. PIXE methods. Master Thesis in Physics, Bu Ali Sina University, 2006 .[in Persian]

[قیاسی کی‌آرش، مروری بر روش‌های فتوالکتریک و

برهمکنش ذرات باردار به‌منظور آنالیز سکه‌های باستانی دورهٔ ساسانی به روش‌های PIXE و XRF، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیک، دانشگاه بوعلی سینا ۱۳۸۶.]

[3] Fierascu RC, Fierascu I. Ortan A. Constantin F. Mirea DA. Statescu M. Complex archaeometallurgical investigation of silver coins from the XVIth-XVIIIth century. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms؛ 2017. 15;401:18-24.

[4] Eslami Moein. The Application of Portable XRF in Archaeometry and cultural –historical Materials. JRA. 2015; 1 (1) :87-101.[in Persian].
[اسلامی معین، کاربرد دستگاه XRF پرتابل در مطالعات باستان‌سنجی مواد فرهنگی تاریخی. پژوههٔ باستان‌سنجی. ۱۳۹۴؛ شمارهٔ ۱، ۸۷–۱۰۱]

[5] Rautray TR., Nayak SS, Tripathy BB. Das S. Das MR. Das SR. Chattopadhyay PK. Analysis of ancient Indian silver punch-marked coins by external PIXE. Applied Radiation and Isotopes. 2011؛ 69(10):2011-9.

[6] Göbl R، Aufbau der Münzprägung. F. Altheim and R. Stiehl, Ein Asiatischer Staat. Feudalismus Unter den Sasaniden Und Ihren Nachbarn, Wiesbaden. 1954.

[7] Hughes LR. Coin Identification Training for the Mentally Retarded: A Programmed Instructional Approach to Teach Coin Name Recognition and Recall Skills (Doctoral dissertation, Southern Illinois University, Department of Rehabilitation) 1975.

[8] Meyers P., 2003. Production of silver in Antiquity: ore Type identified based upon elemental compositions of ancient silver artifacts, Patterns and Process. A Festschrift in Honor of Dr. Edward V. Sayre, 271- 288.

[9] Hajivaliei, M., Sodaei, B., Application of X-ray fluorescence spectroscopy (WDXRF) in the study of Sassanid silver coins. Iranian Archaeological Research. 2016 Feb 20; 5 (9): 163-174.[in Persian].
[حاجی ولیئی مهدی، سودایی بیتا. به‌کارگیری روش طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس (WDXRF) در مطالعهٔ سکه‌های نقره‌ای ساسانیان. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۱۳۹۵؛ ۵(۹)، ۱۶۳–۱۷۴.]

[10] Hajivaliei M., Mohammadifar Yaghoub. Ghiyasi Ki Arash. Lamei Rashti Mohammad. Oliaei Parvin. Study and analysis of 30 silver coins of the Sassanid period of Hamadan Museum using PIXE method. Journal of Archaeological Studies. 2019؛ 11(1):95-111.[in Persian].
[حاجی ولیئی مهدی، محمدی‌فر یعقوب، قیاسی کی آرش، لامعی رشتی محمد، مطالعه و تحلیل ۳۰سکهٔ نقره‌ای دورهٔ ساسانی موزهٔ همدان با استفاده از روش PIXE، مطالعات ایرانی سال هشتم، پاییز ۱۳۸۸؛ ۱۶(۲)، ۹۵–۱۱۱.]

[11] Khademi Nadooshan F, Khazaie M. Probable sources and refining technology of Parthian and Sasanian silver Coins. Interdisciplinaria archaeological. 2011;2(2):101-7.

[12] Sabzali M , Goodarzi A.. Khazaei M.. Khademi Nodooshan F., Study of the economic situation of the Parthians during the period of Mehrdad I and Mehrdad II based on the testing of silver coins by XRF device. Journal of Archaeological Message, 2010؛ p 91- 101. [in Persian]
[سبزعلی مهدی، علیرضا گودرزی. مصطفی خزایی. فرهنگ خادمی ندوشن. مطالعهٔ وضعیت اقتصادی اشکانیان در دوران مهرداد اول و مهرداد دوم براساس آزمایش سکه‌های نقره به‌وسیلهٔ دستگاه XRF مجلهٔ پیام باستان‌شناسی. ۱۳۸۹؛ (۷)، ۹۱– ۱۰۱]

[13] Bakhtiari Z, Analysis and comparison of the economic situation during the reign of Ghobad I and Khosrow II Sassanid Based on laboratory analysis of coins. Bu Ali Sina University: Supervisor Yaghoub Mohammadifar, Consultant Professor Sharareh Sadat Mirsafdari, 2021.[in Persian].
[زهرا بختیاری، تحلیل و مقایسهٔ وضعیت اقتصادی دوران پادشاهی قباد اول و خسرو دوم ساسانی براساس آنالیز آزمایشگاهی سکه‌ها. دانشگاه بوعلی سینا: استاد راهنما: یعقوب محمدی‌فر. استاد مشاور: شراره‌سادات میرصفدری، ۱۴۰۰]

PIXE Spectrometry in determination of chemical composition in Ilkhanid silver coins. IANSA .2013؛ (1): 105- 109.[in Persian].
[سودایی بیتا، کاشانی پ. کاربرد طیف‌سنجی PIXE در تعیین ترکیب شیمیایی در سکه‌های نقرهٔ ایلخانی، IANSA، ۱۳۹۲؛ ۱۰۵-۱۰۹.]

[21] Kantarelou A, X-ray Fluorescence analytical criteria to assess the fineness of ancient silver coins. Application on Ptolemaic coinageSpectrochimica Acta. Part B. 2011؛Vol. 66, 681 – 690.

[22] Flament C، and Marchetti P. Analysis of ancient silver coins, Nucl. Inst.and Meth B؛2004 226, 179-184.

[23] Kallithrakas-Kontos A, Katsanos A.A. Touratsoglou J. Nucl Inst and Meth in Phys Res:2004؛ B 171, 342-349.

[24] Touraj Daryaee, Sassanids and the Persian Gulf (our sea). Translation: Haidar Amiri.Quarterly Journal of Foreign Relations History: 2019(80): 123-144.
[دریایی تورج، ساسانیان و خلیج فارس (دریای ما). ترجمهٔ حیدر امیری. فصلنامهٔ تاریخ روابط خارجی. ۱۳۹۸؛ (۸۰) ۱۴۴-۱۲۳]

[25] Khademi Nadooshan F, Mohaghegh M.. Hojabri A. Masjedi Khak P. A Study of the Political-Economic Situation of the Parthian Government in the years 2-57 BC. (During the reigns of Ard II and Farhad IV) Based on the study of the chemical composition of silver coins by laboratory method. PIXE Archaeological Research of Iran 2015؛ (8)5: 53-66.[in Persian].
[خادمی‌ندوشن فرهنگ، محقق مریم. هژبری علیرضا. مسجدی خاک پرستو. بررسی اوضاع سیاسی ـ اقتصادی حکومت اشکانیان در سال‌های ۵۷-۲ ق.م. (دوران پادشاهی ارد دوم و فرهاد چهارم) براساس مطالعهٔ ترکیبات شیمیایی سکه‌های نقره با روش آزمایشگاهی PIXE.پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران: ۱۳۹۴؛ (۸) ۵: ۵۳- ۶۶]

[26] Salehi Garuss Mahnaz, Archaeological analysis of Parthian historical-economic developments in the second century AD

[14] Christine Sen Arthur, The Reign of Ghobad and the Rise of Mazdak. translated by Ahmad Birshak. Tahoori Librar;1995 [in Persian]
[کریستین سن آرتور، سلطنت قباد و ظهور مزدک. ترجمه: احمد بیرشک. کتابخانه طهوری؛ ۱۳۷۳]

[15] Frye R.N، The Sassanians The Cambridge Ancient History XII. Cambridge University Press: Cambridge؛ 2005؛ p 461-480. [in Persian].
[فرای ف، ساسانیان. تاریخ باستان کمبریج دوازدهم. انتشارات دانشگاه کمبریج: کمبریج۱۹۴۴؛ ۴۶۱-۴۸۰.]

[16] Arthur Emanuel Christensen,. L'Iran sous les Sassanides, Copenhagen1944 Vol.1, p.452. [in Persian]
[آرتور امانوئل کریستنسن، ایران در زمان ساسانیان: کپنهاگ؛ ۱۹۴۴.]

[17] Beate Dignas and Engelbert Winter, 2007, Rome and Persia in late antiquity, Cambridge .

[18] Kianzadegan S, Rajaei S.J. Masjidi Khak P. Saadat Mehr M.A.., Elemental Analysis of Victorious Sassanid Coins by PIXE Method, Case Study: Victory Treasure Coins Discovered from the Village of Tis, Iran Iranian Arch. Research: 2019؛ Vol.9, No. 22, 181-196. [in Persian].
[کیان‌زادگان سوسن، رجایی سید جلال. مسجدی خاک پرستو. سعادت مهرمحمد امین. تجزیهٔ عنصری سکه‌های پیروز ساسانی به‌روش پیکسی(PIXE). مطالعهٔ موردی: سکه‌های گنجینهٔ پیروز کشف‌شده از روستای تیسِ چابهار. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۱۳۹۸؛ (۲۲) ۹: ۱۸۱-۱۹۶.]

[19] Hojabri A., Salehi Gross M.. analysis of the economic-political situation of the Parthians in the last battle with the Romans based on the study of silver coins of Khosrow II Parthian using the .XRF method of the Historical Archaeological Society. 2017؛9(2):1-27.[in Persian].
[هژبری علیرضا، صالحی گروس مهناز. تحلیل اوضاع اقتصادی- سیاسی اشکانیان در آخرین نبرد با رومیان براساس مطالعهٔ مسکوکات نقرهٔ خسرو دوم اشکانی با استفاده از روش XRF. جامعهٔ باستان‌شناسی تاریخی، ۱۳۹۶؛ ۹(۲):۱-۲۷.]

[20] Sodaei B, Kashani P. Application of

[27] Salehi, Amir Hossein, Elemental analysis of patriarchal coins to understand the economic and political situation of the time under study by PIXE method Ph.D. thesis in archeology. Tarbiat Modares University؛2014.[in Persian].

[صالحی امیرحسین، تجزیهٔ عنصری سکه‌های ایلخانی جهت پی‌بردن به وضعیت اقتصادی و سیاسی زمان مورد مطالعه با روش PIXE. دکتری رشتهٔ باستان‌شناسی. دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۹۳.]

based on chemical analysis of coins minted in the Mad (Hegmataneh) mint, PhD thesis. Tarbiat Modares University, Faculty of Humanities؛2014. [in Persian].

[مهناز صالحی گروس، تحلیل باستان‌شناختی تحولات تاریخی- اقتصادی اشکانیان در قرن دوم میلادی براساس آنالیز شیمیایی مسکوکات ضرب‌شده در ضرابخانهٔ ماد (هگمتانه). پایان‌نامهٔ دکتری: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ علوم انسانی؛ ۱۳۹۳.]