



Original Paper



Sourcing the Raw Material of Malehbozhan Stone Artifacts with Petrography and Geochemistry

Zahra Mokhtari ^{*1}, Hamed Vahdati Nasab ², Khalil Rezaei³

- ¹. M.A. in Archeology, Department of Archeology, Faculty of Literature and Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN
- ². Professor, Department of Archeology, Faculty of Literature and Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN
- ³. Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, IRAN

Received: 02/03/2022

Accepted: 07/08/2022

Abstract

The valleys of Zagros mountains occupy a particular place in Paleolithic studies of the Zagros. Recent archaeological work has revealed some of the open air Paleolithic sites in the Zagros mountains to lie close to chert radiolarian outcrops. One such site is Malehbozhan in the hills overlooking the Sarfiroozabad plain of Kermanshah province, with stone tools and scattered river chert nodules. Technological and typological analysis of the stone tools from the site, characterized by a flake-based assemblage and the Levallois technique, indicate that the site was used as an open air workshop for making stone tools in the Middle Paleolithic period. In studies of lithic tools, study of the geological context of the raw material used for the manufacture of stone artifacts is very important, because selection of locations and migration of manufacturers across the territory were partly conditioned by prehistoric man's choices in the matter of raw material use for manufacturing the tools. This paper presented the results of the petrographic (thin-section microscopy) and geochemical (x-ray fluorescence) analyses on a sample of lithic artifacts collected from Malehbozhan during the first season of survey of the Sarfiroozabad plain and a number of rocks sampled from the geological formations around the site with an eye to source the raw materials used for the production of the stone artifacts. The results indicated that the raw material was procured from local sources, and that Malehbozhan's flint knappers used local chert nodules (probably Kashkan formation, including lime, sandstone, red conglomerate) to produce their tools. This conclusion is based on the approximately similar values that were recorded for the elements in sedimentary particles of streams, the river chert nodules scattered over the site, and the Kashkan formation, i.e. the correspondence of their trace elements.

Keywords: Paleolithic, Malehbozhan, Petrography, Geochemical analysis, Chert nodules, Sourcing

of raw materials.

*Corresponding Author: zahra_mokhtari31@yahoo.com

Introduction

Nowadays, along with describing the appearance characteristics of the types of applied stones and investigating the distribution of rock outcrops around the place or places under study, it is essential to perform chemical analysis and prepare thin section and identify microfossils existing in the samples collected from natural outcrops and archaeological samples in order to identify the source or sources of the used raw material.

Therefore, in this study a number of lithic artifacts recovered from the site of Malehbozhan during the first season of the survey of the Sarfiroozabad plain and a number of rock samples obtained from the geological formations around the site were subjected to petrographic (thin-section preparing) and geochemical (x-ray fluorescence) analyses to source the raw materials used in the production of the considered stone artifacts. The study draws on fieldwork (sampling of geological formations around the site), library research (studying relevant sources) and laboratory tests (petrographic and geochemical analyses).

Literature review

During the past few decades, one of the favorite topics for Paleolithic archaeologists has been the sourcing of raw materials used by Paleolithic hunter-gatherers in order to acquire information about the methods these societies exploited their surrounding environment [1]. Concomitant with studies in other parts of the world that have shed light on the lifestyle of Paleolithic societies and other periods, such studies have been in progress in Iran, mostly concentrated on obsidian sources.

Notable among the recent studies on the sourcing of chert stone in Iran is the work by Yazdi and colleagues who looked for the origins of the Mousterian stone tools at the sites of Qaleh Bozi of Mobarakeh and Yekeh Chah of Golpayegan [2]. Furthermore, in the sourcing of the Paleolithic stone tools from the Cham Soran in the Ravand river basin in the central Zagros, the Cham Soran outcrop was suggested as the most plausible source on the basis of the conformity of their trace elements [3].

Materials and Methods

As part of petrographic analyses, 7 instances of stone tools and 5 samples from local geological outcrops were singled out and, thin sections were prepared. Carried out in the Petrography Laboratory of the Research Institute for Conservation and Restoration of Cultural Heritage Organization of Tehran, a film of 30 microns thick on a laboratory slide were prepared from the concerned samples before they were observed with a James Swift polarizing microscope. The main purpose was to identify the type of present minerals based on optical properties, texture and, other microscopic characteristics of the specimens.

After preparing thin sections and performing microscopic studies on samples, to test the results and ensure the origins or changes of the samples over time, X-ray fluorescence geochemical analysis (XRF) was performed to determine the exact amount of elements and chemical composition of the samples.

In this study, as a cost cutting measure, only 9 samples that were placed in the border and intermediate points of the dipole spectrum of Calcareous-Siliceous were selected for geochemical characterizations and sent to the Kansaran Binaloud Co. in Tehran. The analyses were carried out with a PHILIPS PW1480 XRF spectrometer.

Malehbozhan site

Identified during the surveys of a team from the University of Tehran led by Kamal-alain Niknami in 2009, the site of Malehbozhan with an elevation of 1667 m and dimensions of 300 x 500 m lies in the northern part of the Bozhan pass on the southern slopes of the Nesar mountain, on the highlands dominating the Sarfiroozabad plain of Kermanshah. With a south-north slope, the site consists of a surface scatter of chert nodules in varying sizes over a very rigid area with a limestone bed. Its center is cut by a small floodway that continues down the edge of the plain (Figure1) [4].



Fig.1: The site of Malehbozhan, view from north [4]

Geology of the study area

The Sarfiroozabad plain with a total area of 971 km² is 30 km south to southeast of Kermanshah. Sarfiroozabad is a natural extension of Mahidasht (Figure 2) located to the southeast, and together with Mahidasht and Kozran form a natural unit and the largest and most fertile intermountain plain of the central Zagros. Sarfiroozabad and Mahidasht are geologically parts of the Zagros fold-thrust belt of Kurdistan and are situated in the vicinity of the ophiolite-radiolarite overthrust unit of Kermanshah [5].

The geological map of Kermanshah includes a part of the Zagros orogenic belt. The southern half of this map (where the site is located; it is marked by a yellow triangle) includes a part of the folded-thrust Zagros belt. The northern and southern parts are separated by the “Sefid Mountain Thrust” (Figure 3) [6].



Fig. 2: Map showing the location of the Sarfiroozabad plain [5]

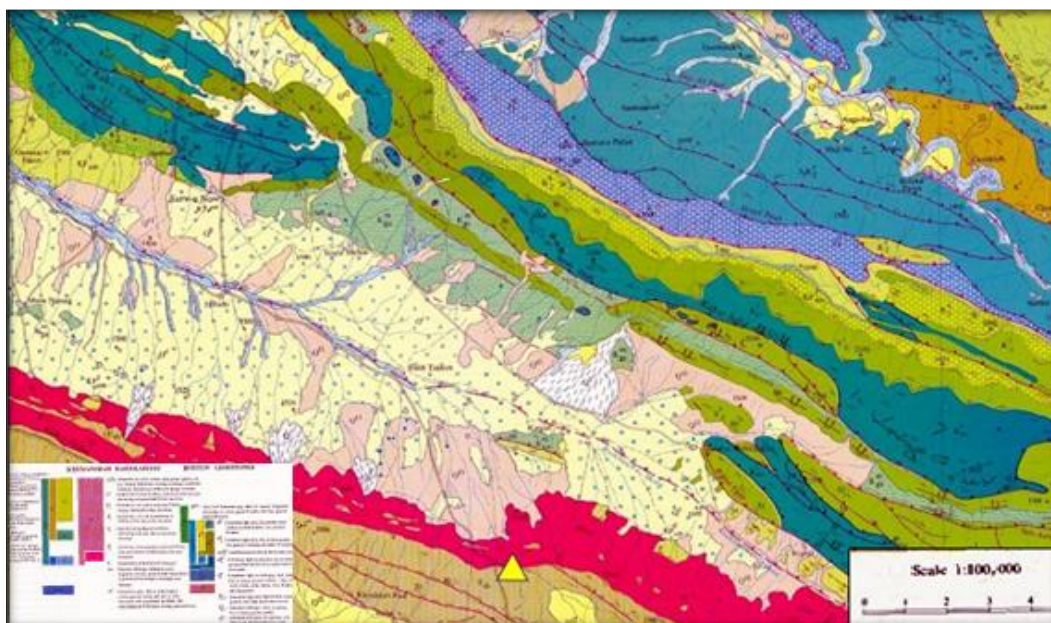


Fig. 3: Geological map 1:100,000 of southern Kermanshah [6]

Map legend: M_{4c} : brownish-gray limestones, plaster veins, red marls and siltstone from the Aghajari Formation. E_{sh} : Dolomite and dolomitic limestone with weathered white to brown color and a thick layer of the Shahbazan Formation. PE_{kar} : Silt, sandstone and conglomerate with radiolaritic cobblestone, especially abundant flints related to the Kashkan Formation.

K_{gu}^m : Marls and bluish gray shales and subsidiary which consist of thin layers of argillaceous limestone belonging to the Gurpi Formation.

Discussion

Petrographic studies

All the samples of stone tools that were selected for petrography have the composition of silica and belong to the chert family. The dominant texture in these samples is cryptocrystalline (microcrystal), in which there are remnants of iron oxide and calcite as impurities. Some samples have Breccia texture and some are red in color. These samples consists of about 90% of radiolarian fossil remains. The samples collected from the surrounding formations are mainly limestone or dolomite. Limestones are biomicrite, pelmicrite and pelmicrosparitic (Figure 4).

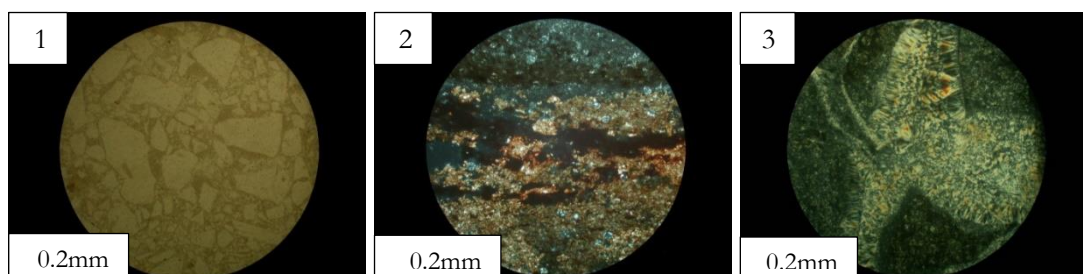


Fig.4: Micrographs of the thin-sections of the stone tools

1. Breccia texture; 2. Dark iron oxide mineral and light yellow calcite in the center of the image; 3. Quartz mineral in the form of chalcedony

Geochemical studies

As stated above, in this analysis, with a view to reducing costs, only 9 specimens that were placed in the border and intermediate points of the dipole spectrum of Calcareous-Siliceous were chosen for geochemical studies (Table 1). Samples 115 and 112 were totally calcareous and samples M1 and M8 were completely silicified (M = the initial letter of Malehbozhan). Samples 119, M10, M5, 113, 1132 were respectively located from the calcareous samples towards the silica pole (by increasing amount of silica). This was determined from microscopic studies and the substitution rate of silica instead of lime.

Table 1: Selected samples for geochemical studies

Selected specimens of stone tools	s1-M5	s2-M1	s3-M8	s4-M10
Selected specimens from geological formations	s5-115	s6-119	s7-112	S8-113
				S9-1132

The results of the geochemical analyses, given in Tables 2 and 3 and four graphs, confirm the identified trend revealed by the microscopic studies for the main elements. In particular, the specimens exhibited silicon values (representative of substituted siliceous cement in fossils and other limestone components) between 1 and 97%, calcium oxide values (representative of calcium carbonate and pure lime) between 0.2 and 50%, and organic matter (L.O.I) between 0.15 and 45%. Also, two specimens, 112 and 119, which in the microscopic section showed the substitution of dolomite (double carbonate of calcium and magnesium) instead of calcite (calcium carbonate), in the geochemical analysis was found to contain a higher percentage of MgO.

During the geochemical analysis, in addition to 10 main elements, 22 secondary elements were also measured. Of these, 10 elements showed very low and unreliable values (less than 0.01 ppm) and were hence excluded from the processes. The 12 remaining elements had different and severe changes, which were due to the different geochemical nature and behavior of each element, and the variable conditions of environment in terms of geochemical factors such as Ph and Eh. But by observing the trends of change, it can be concluded that the samples came from almost the same source and only the subsequent changes in the environment caused fluctuations in some elements, though the range of changes is not very wide (between 5 and 125 ppm). Therefore, the microscopic studies have produced correct results.

Moreover, for better comparison and conclusions, Samples 119, 113, 1132 (from geological formations) and Samples M10 and M5 (from stone tools) — which had similar lithological and chemical compositions (lime-silica combination) — were selected and their elements were checked (Figure 4). Samples M5 and 113 revealed a closer concordance with respect to the abundance of secondary elements.

Table 2: Geochemical results of the three main elements of Si, Ca, Mg oxides and the amount of organic matters in the samples

Sample	SiO ₂	CaO	MgO	L.O.I
s5-115	1.86	50.34	0.31	41.87
s7-112	2.58	42.15	29.87	35.67
s6-119	7.93	23.48	17.21	45.09
S8-113	81.2	2.1	0.03	1.67
S9-113 ₂	73.9	1.8	0.02	0.79
s4-M10	79.18	14.39	0.18	1.58
s1-M5	95.84	1.33	0.02	0.15
s3-M8	96.81	0.25	0.03	1.27
s2-M1	97.96	0.20	0.03	0.79

Table 3: Geochemical results of the amount of 12 minor elements in the samples

Sample	Cl	Ba	Sr	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	V	Ce	Zr	As
s1-M5	63	33	28	40	14	16	41	8	6	24	37	5
s2-M1	64	13	9	30	36	96	35	12	11	7	37	27
s3-M8	86	13	91	50	7	35	104	41	40	9	61	19
s4-M10	57	73	109	43	36	123	96	71	84	21	80	4
S8-113	62	42	16	38	30	50	55	45	32	15	44	16
S9-113 ₂	77	21	61	44	25	120	38	20	80	12	32	20
s5-115	61	9	81	4	12	9	31	9	4	33	121	2
s6-119	98	14	118	12	8	22	86	89	13	15	53	4
s7-112	124	11	59	5	4	11	41	11	12	29	33	2

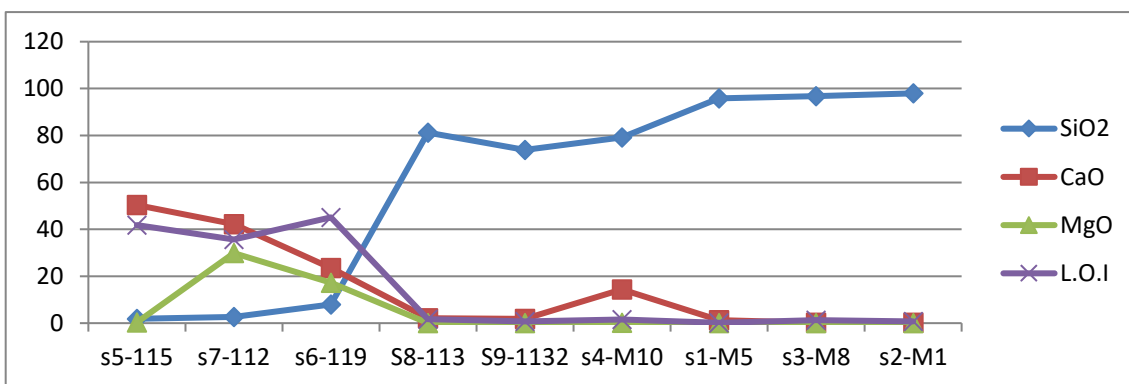


Fig 5: Variations of four main oxides in the studied samples

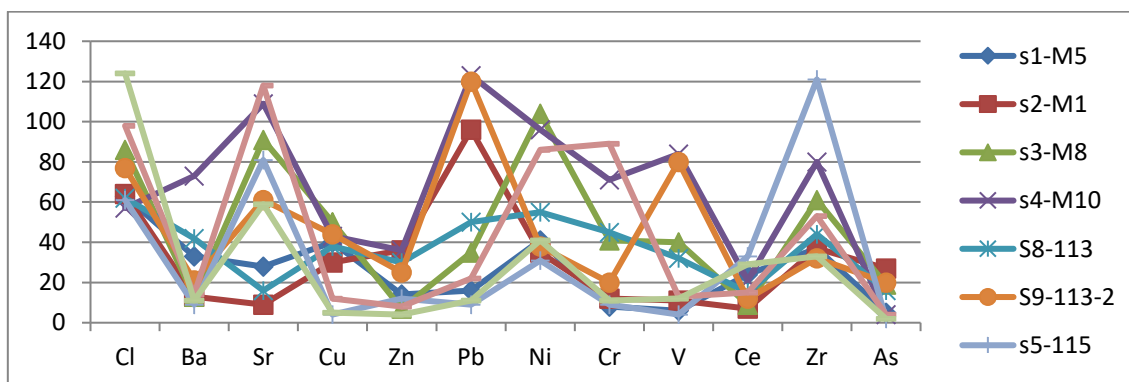


Fig 6: Variations of 12 minor elements in the studied samples

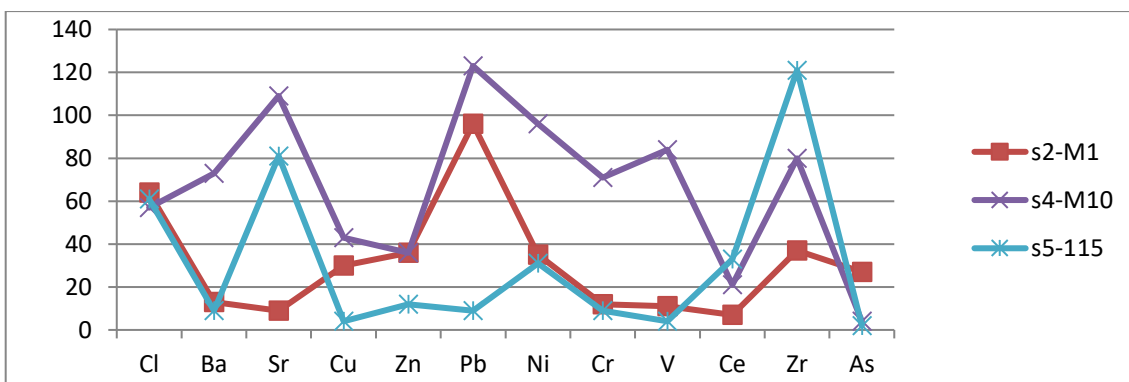


Fig 7: Variations of 12 minor elements in 3 specimens of completely siliceous (M1), completely calcareous (115) and intermediate (M10)

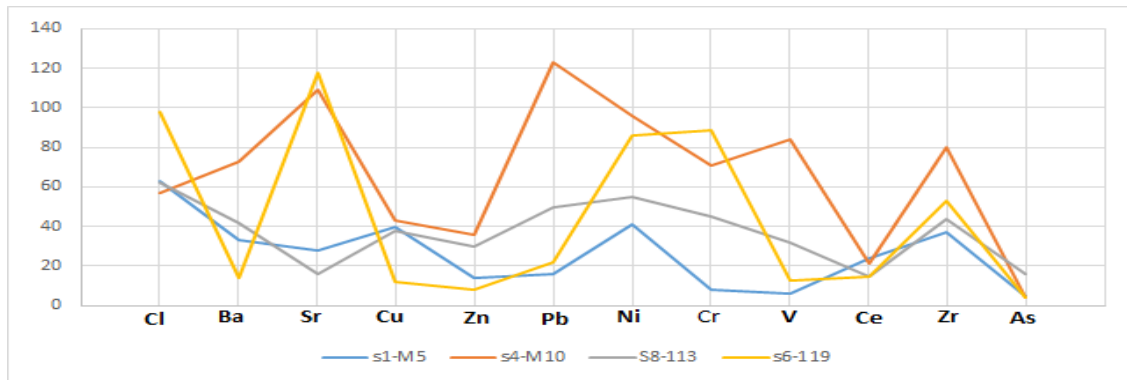


Fig.8: Variation of 12 minor elements in the specimens with same lithological compositions shows approximate agreement between the specimens

Conclusions

According to the pattern of streams, geological formations with outcrops and, the geographical location of the site (point 116, with an altitude of 1690 m) based on the regional geological map as well as the results of microscopic and geochemical studies conducted on a small sample of stone tools that were collected in the course of the first season of the survey of the site and a number of stone samples obtained from the geological formations around it, point 113, *viz.* the “Kashkan” formation (PE_{ka}, including limestone lithology, sandstone, red conglomerate with an altitude of 1795 m), can be described as the most likely origin for the studies sample of lithic tools (Figure 9).

The almost matching values recorded for the elements in the sedimentary particles of streams, the river chert nodules scattered over the site, and the Kashkan formation, i.e. the correspondence between the trace elements of these three categories, underpin this conclusion. As mentioned before, for better comparison and conclusions, Samples 119, 113, 113₂ (from local geological formations) and Samples M10 and M5 (from stone tools) — which exhibited similar compositions (lime-silica combination) in terms of lithology and chemical composition — were selected and their elements were checked. Samples M5 and 113 revealed a closer coordination in terms of abundance of secondary elements. This indicates that the radiolarite chert nodules scattered on the surface of Malehbozhan were procured from local sources and the indigenous knappers had not to travel to other places for raw material.

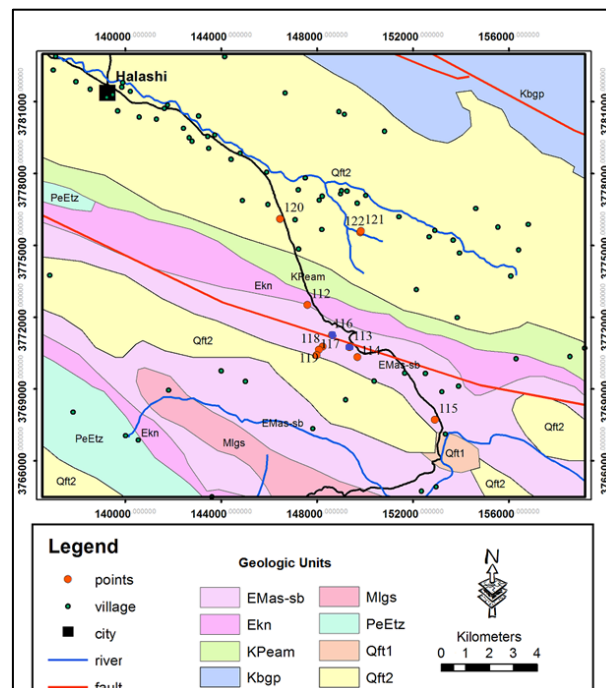


Fig 9: Map of the study area along with sampling points (point 116: Malehbozhan site, point 113: Kashkan formation (probable origin of chert nodules from Malehbozhan), interval between two points: 882 meters

Acknowledgment

This paper is an extraction from the first author's MA thesis in archeology, titled "A Techno-typological Study of Stone Artifacts Recovered from Malehbozhan Site in Kermanshah Province," which was done under the supervision of Dr. Hamed Vahdati Nasab at Tarbiat Modares University. We are extremely grateful to Mr. Dr. Kamal-al-din Niknami for providing the stone data obtained from the archaeological survey of Malehbozhan.

References

- [1] Kuhn SL. Mousterian lithic technology: An Ecological Perspective, Princeton University Press;1995.
- [2] Yazdi, M., Pakzad, H., Mashkour, M., Elhami, R., Javeri, M., Biglari, F. Sedimentology and Geoarchaeology of Paleolithic (Mousterian) Lithic Tools in Central Iran. *Journal of Geoscience*, 2009; 19(73): 177-186. [Original in Persian with English Abstract]. Doi: 10.22071/gsj.2010.57223
- [3] Adibzadeh M, Vahdati nasab H. Sourcing of the Paleolithic artifacts of Cham-e Souran, Ravand River basin, western part of the Central Zagros. *Quaternary Journal of Iran*. 2016; 2 (2): 109-120 .
- [4] Niknami K. A, Ali Beigi S, Nikzad M, Heidari M. Report of first season of the archaeological survey of the Sarfiroozabad in Kermanshah Province, Firoozabad village, archive of the Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization of the Country, unpublished, 2009.
- [5] Niknami K. A, Nikzad M, Yadollahi S. Investigation of Neolithic settlements in Sarfiroozabad plain, west of Central Zagros. *Payam-e bastanshenas*, 2011; 8 (16).
- [6] Karimi Bavandpour A. Geological report (Kermanshah 1: 100,000 geological map), Ministry of Industries and Mines, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran.



منشأیابی ماده خام دست‌افزارهای سنگی محوطه مله‌بوژان بر اساس مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی

زهرا مختاری^۱، حامد وحدتی‌نسب^{۲*}، خلیل رضایی^۳

۱. کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲. استاد گروه باستان‌شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱

چکیده

دره‌های میانکوهی زاگرس از جمله مناطق جغرافیایی مهم در پژوهش‌های پارینه‌سنگی این منطقه‌اند. پژوهش‌های باستان‌شناسی اخیر نشان داده‌اند که برخی محوطه‌های پارینه‌سنگی در زاگرس از نوع محوطه‌های باز هستند و در مجاورت برونزدهای رادیولاریتی سنگ چرت واقع شده‌اند. محوطه مله‌بوژان واقع در ناهمواری‌های مشرف به دشت سرفیروزآباد استان کرمانشاه به دلیل وجود دست‌افزارهای سنگی و گرهک‌های سنگ چرت رودخانه‌ای پراکنده در آن، یکی از این گونه محوطه‌هاست. مطالعه فناوری ساخت و گونه‌شناسی دست‌افزارهای سنگی به دست آمده از آن، که مبتنی بر تولید تراشه و فناوری لولواست، بیانگر این است که از محوطه به‌عنوان یک کارگاه روباز تولید دست‌افزار سنگی در دوره پارینه‌سنگی میانی استفاده می‌شده است. در مطالعه دست‌افزارهای سنگی یک محوطه، مطالعه بستر زمین‌شناختی و منشأیابی ماده خام مورد استفاده برای ساخت دست‌افزارها دارای اهمیت بسیار است، چراکه انتخاب محل زندگی و یا مهاجرت ابزارسازان پیش از تاریخ تحت تأثیر یافتن مواد خام مناسب برای ساخت دست‌افزارهای مورد نیاز بوده است؛ بر این اساس، در این مقاله نتایج دو آزمایش پتروگرافی (تهیه مقطع نازک) و ژئوشیمیایی (طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس یا XRF) روی تعدادی دست‌افزار سنگی انتخابی به دست آمده از اولین فصل بررسی محوطه مله‌بوژان دشت سرفیروزآباد استان کرمانشاه و تعدادی از نمونه‌های سنگی به دست آمده از سازندهای زمین‌شناسی اطراف این محوطه با هدف مشخص ساختن محلی یا وارداتی بودن گرهک‌های چرت پراکنده بر سطح آن و در نتیجه منشأیابی ماده خام استفاده‌شده در ابزارسازی ارائه شده است که در نهایت بر اساس نتایج آنالیزها و نیز بررسی نقشه زمین‌شناسی منطقه مشخص گردید منشأ سنگ‌های استفاده‌شده در ابزارسازی محلی و به احتمال بسیار سازند زمین‌شناسی کشکان (شامل لیتولوژی آهک، ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز رنگ) بوده است. مقادیر تقریباً مشابه بین عناصر موجود در ذرات رسوبی آبراهه‌ها، گرهک‌های سنگ چرت پراکنده در محوطه و سازند کشکان، یعنی همخوانی عناصر کمیاب با یکدیگر، ملاک این نتیجه‌گیری بوده است.

واژگان کلیدی: پارینه‌سنگی، مله‌بوژان، پتروگرافی، ژئوشیمیایی، سنگ چرت، منشأیابی ماده خام.

* نویسنده مسئول مکاتبات: تهران، جلال آل احمد، پل نصر، صندوق پستی: ۱۱۱-۱۴۱۱۵

پست الکترونیکی: zahra_mokhtari31@yahoo.com

۱. مقدمه

اکثریت مطالعات سنگ چرت در باستان‌شناسی در سراسر دنیا بر پایه مطالعات ویژگی‌های قابل‌مشاهده یا ماکروسکوپی است که براساس ویژگی‌های بصری که می‌توانند بدون استفاده از میکروسکوپ دیده شوند، شرح داده می‌شوند. البته این روش‌ها معمولاً با خطا همراهاند، چراکه علاوه بر احتمال خطای دید، بافت و ظاهر سنگ‌ها به‌رغم تمایز ممکن است دارای مشابهت باشند و به‌عکس [1]. مزایای مطالعات میکروسکوپی در تمایز بین دو نوع چرت به لحاظ بصری مشابه است و اجازه می‌دهد تا تجزیه و تحلیل دقیق‌تری از نمونه‌ها صورت گیرد و ویژگی‌های شرح داده‌شده به‌آسانی به لحاظ عینی و اندازه‌گیری‌های قابل‌سنجش توصیف شوند [2,1]. همچنین تکنیک‌های ژئوشیمیایی آنالیز سنگ برای مشخص کردن ترکیب عناصر دست‌افزارهای سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نسبت عناصر مختلف یافت‌شده در نمونه‌ها را مورد مطالعه قرار می‌دهد. با مقایسه ترکیب عناصر دست‌افزارها با مواد خام به‌دست‌آمده از نواحی مختلف، منشأ مواد خام مورد استفاده برای ساخت دست‌افزارها می‌تواند مشخص شود. چندین تکنیک متفاوت از آنالیزهای ژئوشیمیایی وجود دارد که هرکدام از آن‌ها انواع مختلفی از اطلاعات را فراهم می‌کنند [2] و اغلب برای مشخص کردن اسیدین و به میزان کمتری چرت به‌کار می‌روند [3]. یکی از مهم‌ترین این تکنیک‌ها XRF (طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس) است که به میزان گسترده‌ای برای منشأیابی دست‌افزارهای سنگی استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که سنگ از کانی‌هایی تشکیل شده است که به یکی از سه گروه تقسیم می‌شوند. عناصر اصلی (آن‌هایی که 2% یا میزان بیشتری از نمونه را تشکیل می‌دهند)، عناصر فرعی (از 2% تا 0/1% نمونه) و عناصر کمیاب (آن‌هایی که در غلظت‌های کمتر از 0/1% هستند) [2]. تکنیک‌های ژئوشیمیایی به فراوانی روی عناصر کمیاب (Trace Elements) برای مشخص کردن منشأ ماده خام تمرکز کرده است [2] که شامل مطالعه فراوانی عناصری است که مقدار آن‌ها در

مواد زمین‌شناختی (سنگ، خاک، رسوب و ...) بسیار پائین است. از آنجا که ترکیب عناصر نادر هر ماده توسط شرایط زمین‌شناختی ویژه‌ای که آن ماده در آنجا تشکیل شده است، تعیین می‌شود، ترکیب عناصر نادر سنگ‌ها و مواد زمین‌شناختی مشابه مربوط به دو محل مختلف، منحصربه‌فرد و متمایز از یکدیگر است و به‌این ترتیب از این خصوصیات شیمیایی منحصربه‌فرد سنگ‌ها و مواد معدنی برای منشأیابی یافته‌های باستانی و بررسی شیوه‌های دسترسی به منابع معدنی استفاده می‌کنند [5]. پتروگرافی (Petrography) نیز از روش‌های مطالعاتی مشترک بین زمین‌شناسی و باستان‌شناسی است که در باستان‌شناسی برای مطالعه سنگ‌ها و سفال به‌کار می‌رود. اساس پتروگرافی بر این اصل استوار است که از سنگ‌ها مقاطع نازکی به ضخامت دو یا سه صد میلی‌متر تهیه می‌شود. از آنجا که مواد معدنی و کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌ها در مقابل نور پلاریزه ویژگی‌ها و رنگ‌های متفاوتی دارند، خواص نوری ویژه‌ای از خود نشان می‌دهند و خصوصیات، شکل و اندازه آن‌ها مشخص می‌گردد. با تهیه تصاویر و بزرگنمایی از این مقاطع نازک و تحلیل انواع ویژگی‌های کانی‌ها به تشخیص هویت و منشأ سنگ پرداخته می‌شود [6]. براساس آنچه گفته شد، در کنار توصیف ویژگی‌های ظاهری انواع سنگ استفاده‌شده و بررسی نحوه پراکنش رخنمون‌های سنگ در اطراف مکان یا مکان‌های مورد مطالعه، انجام تجزیه و تحلیل شیمیایی و تهیه برش نازک و شناسایی ریزفسیل‌های موجود در نمونه‌های تهیه‌شده از برون‌زدهای طبیعی و نمونه‌های باستان‌شناختی برای شناسایی منبع یا منابع ماده خام مورد استفاده ضروری است. از این‌رو، هدف مقاله پیش رو ارائه نتایج دو آزمایش پتروگرافی و ژئوشیمیایی روی تعدادی دست‌افزار سنگی انتخابی به‌دست آمده از اولین فصل بررسی محوطه مله‌بوژان دشت سرفیروزآباد استان کرمانشاه و تعدادی از نمونه‌های به‌دست‌آمده از سازندهای زمین‌شناسی اطراف محوطه موردنظر با هدف شناسایی منبع خام برای ساخت دست‌افزارهاست. روش پژوهش به‌صورت میدانی (نمونه‌برداری از سازندهای زمین‌شناسی اطراف محوطه برای تعیین منشأ سنگ خام)، کتابخانه‌ای

(مطالعه منابع مرتبط) و آزمایشگاهی (انجام آزمایشات پتروگرافی و ژئوشیمیایی) انجام گرفته است

۲. پیشینه پژوهش

طی چند دهه گذشته، یکی از موضوعات مورد توجه باستان‌شناسان پارینه‌سنگی بررسی منابع مواد خام استفاده‌شده توسط جوامع شکارگر-گردآورنده پارینه‌سنگی بوده تا از طریق آن اطلاعاتی از شیوه‌های بهره‌برداری جوامع مذکور از محیط اطرافشان کسب کنند [7,8]. در عین حال که این‌گونه مطالعات در سایر نقاط جهان باعث کسب آگاهی از شیوه‌های زندگی جوامع پارینه‌سنگی و ادوار دیگر گردیده، در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه انجام شده که بیشتر شامل بررسی منابع سنگ اَبسیدین بوده است. از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات منشأیابی بلکمن در محوطه‌هایی در ارتفاعات زاگرس [9]، خادمی‌ندوشن و همکاران در سایت چغابن لرستان [10]، غرابی و همکاران در سایت‌هایی در شمال غرب ایران (محوطه‌های گورستان خداآفرین، قوشاتپه و دمی سلیمان) [11]، نیکنامی و همکاران در سواحل شرقی دریاچه ارومیه [12]، عابدی و همکاران در محوطه کول‌تپه جلفا [13]، و مسجدی خاک و همکاران در تپه علی‌کش دهلران [14] اشاره کرد.

در ارتباط با سنگ چرت، هنری رایت نخستین باستان‌شناسی بود که به شیوه‌های استفاده از این سنگ در محوطه‌های اواخر پیش از تاریخ لرستان پرداخت. وی براساس مطالعه مجموعه‌های هزاره چهارم ق.م از تپه فرخ‌آباد، سه‌گونه متفاوت سنگ چرت را بر اساس کیفیت و رنگ شناسایی کرد [15]. علاوه بر این، طی سال‌های اخیر نیز برخی از پژوهشگران به شیوه‌های استفاده و جابه‌جایی منابع سنگ در منطقه زاگرس طی دوره‌های مختلف پیش از تاریخ پرداخته‌اند. در مطالعه بیگلری از منابع سنگ چرت در بخشی از دشت کرمانشاه، و شیوه‌های بهره‌برداری از سنگ خام طی دوره پارینه‌سنگی میانی در غار دواشکفت، که نقطه آغازی بر این‌گونه مطالعات در باستان‌شناسی دوره پارینه‌سنگی میانی ایران است، گونه‌های مختلف سنگ خام با توجه به ویژگی‌های

قابل مشاهده چون بافت سطحی و درونی، رنگ، ناخالصی و نوع پوسته شناسایی شد [15]. همچنین حیدری رگه‌های چرت در بهشهر و کرمانشاه و نیز توف‌های سیلیکاتی در حاشیه جنوبی کویر لوت را در ارتباط با محوطه‌های پیش از تاریخ معرفی و ویژگی‌های ظاهری این سنگ‌ها را توصیف کرده است [16]. از مطالعات اخیر در رابطه با منشأیابی سنگ چرت در ایران، می‌توان به مطالعه یزدی و همکاران برای منشأیابی ابزارهای سنگی موستری در محوطه‌های قلعه‌بزی مبارکه و یکه‌چاه گلپایگان اشاره کرد. در قلعه‌بزی ابزارهای سنگی ساخته‌شده با منشأ قلوه‌سنگ‌های اوپالی است که منشأ این قلوه‌سنگ‌ها نیز آهک‌های نومولیت‌دار است که به سیلیکا (اوپال) تبدیل شده و از منطقه باباحیدر (زاگرس) توسط زاینده‌رود تا گاوخونی حمل شده‌اند. ابزارهای سنگی یکه‌چاه نیز بیشتر کوارتزیت و شیل ماسه هستند [17]. همچنین در منشأیابی مجموعه دست‌افزارهای پارینه‌سنگی محوطه چم‌سوران در حوضه رودخانه راوند در زاگرس مرکزی نیز برون‌زد چم‌سوران با توالی‌های سنگی افیولیتی با ترکیب مافیک-الترامافیک، به‌عنوان منشأ ماده خام دست‌افزارها به لحاظ همخوانی عناصر کمیاب با یکدیگر معرفی شد [18].

۳. مواد و روش‌ها

در راستای انجام مطالعات پتروگرافی، تعداد هفت نمونه از دست‌افزارهای سنگی و پنج نمونه که از رخنمون‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به‌دست آمده بود، انتخاب و از آن‌ها مقطع نازک تهیه شد. برای این مطالعات که در آزمایشگاه پتروگرافی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی تهران صورت گرفت، از نمونه مورد نظر یک لایه به ضخامت سی میکرون روی لام آزمایشگاهی تهیه و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان (مدل James Swift) مطالعه شدند. مبنای این مطالعه تشخیص نوع کانی‌های موجود براساس خواص نوری، بافت و دیگر خصوصیات میکروسکوپی نمونه است. پس از تهیه مقاطع نازک و انجام مطالعات میکروسکوپی روی نمونه‌های سنگی، برای تست نتایج و حصول

روستای چشمه ماکان قرار دارد، از طریق جاده آسفالتی هلسی به بوژان امکان‌پذیر است. به‌علت قرارگیری محوطه در محدوده گردنه بوژان از این محل با نام مله (گردنه) بوژان یاد می‌شود. محوطه با شیبی جنوبی-شمالی، دارای سطحی با ناهمواری‌های طبیعی فراوان، پوشش گیاهی متراکم شامل گیاهان بوته‌ای و درختچه‌های پراکنده بلوط بسیار کوتاه و بستی سنگلاخی از سنگ‌های آهک و گرهک‌های سنگ چرت در اندازه‌های کوچک و بزرگ است و در مرکز آن یک مسیر سیلابی کوچک قرار دارد که تا حاشیه دشت ادامه می‌یابد و به‌غیر از صدماتی که بواسطه عبور جاده آسفالت به آن وارد شده، از گزند آسیب‌های دیگر در امان مانده است. (شکل ۱) [19].

۴-۱. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

دشت سرفیروزآباد با وسعتی معادل ۹۷۱ کیلومتر مربع در سی کیلومتری جنوب تا جنوب‌شرق کرمانشاه واقع شده است. سرفیروزآباد امتداد طبیعی ماهیدشت است (شکل ۲) که در جنوب‌شرق آن واقع شده و به همراه ماهیدشت و کوزران یک واحد طبیعی و بزرگ‌ترین و حاصل‌خیزترین دشت میانکوهی زاگرس مرکزی را تشکیل می‌دهند. از مهم‌ترین عوارض طبیعی سرفیروزآباد، رودخانه مرگ، سرچشمه رودخانه کرخه است که با جهت شرقی‌غربی در میانه دشت جریان دارد. دو نوار کوهستانی جنوب‌غربی و شمال‌شرقی، دشت فیروزآباد را احاطه نموده‌اند. نوار شمال‌شرق شامل خوره‌تاو و کوه سفید و کوه‌های نوار جنوب‌غربی که دارای ارتفاع کمتر و پیوستگی بیشتری هستند، شامل کوه‌های نثار، کله‌مل و لعل‌آباد است. در واقع، سرفیروزآباد یک ناودیس بزرگ مرکب است که اطراف آن را ارتفاعات طاقدیسی محصور نموده، شیب کوه‌های آن به مرکز دشت ختم می‌شود. سرفیروزآباد و به‌طور کلی ماهیدشت از نظر زمین‌شناسی جزو زاگرس چین‌خورده کردستان و در مجاورت واحد رورانده افیولیت-رادایولایت کرمانشاه واقع شده است [21]. دشت کرمانشاه تحت تأثیر اقلیم مساعد در دوره پلیستوسن به‌طور موضعی به‌صورت حوضه‌های تراکمی ناشی از

اطمینان از منشأ و یا تغییرات صورت‌گرفته طی زمان روی نمونه‌ها، آنالیز ژئوشیمیایی فلورسانس اشعه X (XRF) برای تعیین میزان دقیق عناصر و ترکیب شیمیایی نمونه‌ها انجام شد. در این آزمایش برای کاهش هزینه‌ها، نه نمونه که در نقاط مرزی و بینایی طیف دوقطبی آهکی-سیلیسی قرار می‌گرفتند، برای مطالعات ژئوشیمیایی انتخاب و به شرکت کانساران بینالود تهران فرستاده شدند. دستگاه XRF استفاده‌شده برای انجام این آزمایش در آزمایشگاه ساخت کمپانی PHILIPS مدل PW1480 است. آنالیز ژئوشیمیایی فلورسانس اشعه X به این صورت است که زمانی که پرتو ایکس با انرژی بالا به ماده مورد نظر تابیده می‌شود، در صورتی که پرتو ایکس انرژی بالاتری نسبت به پرتوی ثانویه ایجادشونده در عنصر مورد نظر داشته باشد، الکترون‌ها برانگیخته شده و با خروج الکترون‌ها از لایه داخلی فضای خالی به‌وجود می‌آید. در مرحله بعد اتم ناپایدارشده و فضای خالی به‌سرعت توسط الکترون‌های لایه بالاتر پر می‌گردد. این انتقال الکترون از لایه‌ای با تراز انرژی پایین‌تر به لایه‌ای با تراز انرژی بالاتر منجر به آزادسازی پرتو ثانویه‌ای می‌شود که میزان آن برای هر عنصر مقداری مشخص است. از آنجاکه این پرتو برای هر عنصر، همواره میزانی ثابت است از آن با عنوان پرتو شاخص یاد می‌شود [4]. فلورسانس طیف‌سنجی XRF در ابتدا سطح نمونه را ارزیابی و به میزان زیادی به نمونه سنگ نفوذ نمی‌کند (در حدود mm 200)، در غیر این صورت، گاهی نمونه‌ها برای به‌دست‌آوردن اطلاعات عنصری از بیش از یک سطح پودر می‌شوند که در نتیجه روشی مخرب است [2,3].

۴. محوطه مله‌بوژان

محوطه مله‌بوژان (Malehbozhan) که در بررسی باستان‌شناسی سال ۱۳۸۸ دانشگاه تهران به سرپرستی کمال‌الدین نیکنامی شناسایی شد، با ارتفاع ۱۶۶۷ متر از سطح دریا و با ابعاد 500×300 متر، در قسمت شمالی گردنه بوژان در دامنه جنوبی کوه نثار، روی ناهمواری‌های مشرف به دشت سرفیروزآباد کرمانشاه واقع شده است. دسترسی به این محوطه که در $3/2$ کیلومتری غرب

کرمانشاه شامل بخش دگرگون‌نشده از زون سندج-سیرجان است. این بخش خود به دو جزء تقسیم شده است: سنگ‌های آهکی بیستون، و رادیولاریت‌های کرمانشاه. نیمه جنوبی این نقشه (جایی که محوطه در آن واقع شده) (محوطه با علامت مثلث زرد مشخص شده)، شامل بخشی از کمر بند زاگرس چین‌خورده - رانده شده است (شکل ۳). نیمه‌های شمالی و جنوبی توسط "راندگی کوه سفید" از یکدیگر متمایز می‌شوند [23].

آبرفت‌های نواحی کوهستانی مجاور یا رس‌های آهک‌زدایی‌شده درآمده و سرزمین حاصلخیزی شده است، [22]، [20]. براساس نقشه‌های موجود، به‌طور کلی تشکیلات زمین‌شناسی ماهیدشت شامل سفره‌های رورانده رادیولاریتی (ژوراسیک فوقانی و کرتاسه‌ی زیرین) زاگرس چین‌خورده و متشکل از رسوبات دوران کرتاسه و سنوزوئیک است.

نقشه زمین‌شناسی کرمانشاه بخشی از کمر بند زاگرس را شامل می‌شود. نیمه شمالی از محدوده نقشه



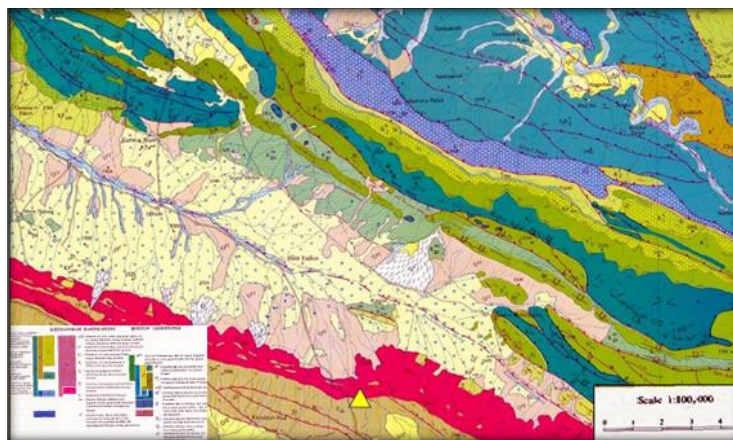
شکل ۲: موقعیت جغرافیایی سرفیروزآباد [19]

Fig. 2: Geographical location of the Sarfiroozabad [19]



شکل ۱: محوطه مله‌بوژان، دید از شمال [19]

Fig. 1: Malehbozhan Site, View from the north [19]



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جنوب کرمانشاه [23]

راهنمای نقشه: Ma ماسه‌سنگ‌های آهک‌دار قهوه‌ای-خاکستری، رگه‌های گچ، مارن‌های قرمز و سیلتستون مربوط به سازند آغاجاری. Esh: دولومیت و آهک‌های دولومیتی با رنگ هوازده سفید تا قهوه‌ای با سیمای ضخیم لایه مربوط به سازند شهبازان. PEKa: سیلت، ماسه‌سنگ و کنگلومرا با قلوه‌های رادیولاریت به‌ویژه چرت فراوان مربوط به سازند کشکان.

مارن و شیل‌های خاکستری مایل به آبی و به‌صورت فرعی شامل لایه‌های نازک آهک رسی مربوط به سازند گوری.

Fig. 3: Geological map 1:100,000 of southern Kermanshah [23]

Map guide: Ma: brownish-gray limestones, Plaster veins, red marls and siltstone from Aghajari Formation. Esh: Dolomite and dolomitic limestones with weathered white to brown color with a thick layer of Shahbazan Formation. PEKa: Silt, sandstone and conglomerate with radiolaritic cobblestone, especially abundant Flints related to Kashkan Formation.

K_{su}^m : Marls and bluish gray shales and Subsidiary which consist of thin layers of argillaceous limestone belonging to the

Gurpi Formation.

رودخانه به شکل قلوۀ مدور حمل می‌شود (در محوطه مله‌بوژان نیز قلوه‌سنگ‌های چرت به فراوانی در دامنه کوه دیده می‌شوند) (شکل ۴). در نتیجه، این وضعیت شرایط مطلوبی را برای انسان فراهم کرده که دسترسی آسانی به مواد خام ابزارسازی داشته باشد. جوامع دوره پارینه‌سنگی از هر دو نوع منابع اولیه و ثانویه سنگ چرت استفاده می‌کردند [25]. مهم‌ترین و وسیع‌ترین رخنمون‌های مواد خام مورد استفاده در جوامع پارینه‌سنگی دشت کرمانشاه، رخنمون‌های سنگ چرت، مثل منابع چرت رادیولاریتی هرسین-کرمانشاه است که بخشی از کمربند رادیولاریت کرمانشاه (اواخر ژوراسیک-اوایل کرتاسه) محسوب می‌شود. توالی رادیولاریتی کرمانشاه به‌طور کلی، شامل لایه‌های مطابق چرت رادیولاریتی، سنگ آهک اوولیتی، شیل و غیره است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی کرمانشاه، واحدهای مارنی، شیلی و آهکی این ناحیه حاوی چرت‌های رادیولاردار قرمز، سبز، زرد و بنفش است [15]. چرت، یک واژه بسیار کلی برای رسوبات سیلیسی دانه‌ریز، با منشأ شیمیایی، بیوشیمیایی یا بیوژنیکی است. یک سنگ متراکم سیلیسی است که وقتی ضربه بخورد، با شکستگی صدفی خرد می‌شود [26]. بسته به زمینه و چگونگی شکل‌گیری (context of genesis)، مقدار عناصر و نیز ناخالصی‌ها، چرت در طیفی از رنگ‌ها و بافت‌ها و با اجزای مختلف نمود خواهد کرد [2].

۵. بحث

۵-۱. تعیین منشأ ماده خام ابزارسازی در محوطه

در مطالعه دست‌ساخته‌های سنگی، مطالعه بستر زمین‌شناختی که سنگ خام مورد استفاده برای ساخت دست‌افزارهای سنگی از آنجا به دست آمده، دارای اهمیت بسیار است. بی‌شک، انتخاب محل زندگی و یا مهاجرت ابزارسازان پیش از تاریخ به میزان زیادی تحت تأثیر یافتن مواد خام مناسب برای ساخت دست‌افزارهای مورد نیاز بوده است. اگرچه ظاهراً انسان برای انجام این کار از انواع گوناگون و نامتجانس سنگ خام استفاده کرده، با این حال انتخاب نوع ماده خام مورد نیاز بر اساس ویژگی‌های مکانیکی آن (بافت همگن و خواص فیزیکی مشابه و ...) صورت گرفته است [24]. بررسی جنس سنگ‌های استفاده‌شده در ابزارسازی، یکی از راه‌های کسب اطلاع از نحوه استفاده انسان‌های پارینه‌سنگی از محیط اطرافشان است. سنگ چرت از انواع سنگ‌های مرغوبی است که در این دوره به کرات استفاده می‌شد. این نوع سنگ سیلیسی اغلب یا به شکل میان لایه‌های نه‌چندان ضخیم یا به شکل گرهک در سنگ آهک یافت می‌شود. فرسایش صخره‌ها در درازمدت باعث پراکنش قطعات سنگ چرت در دامنه‌ها می‌شود که در نهایت به بستر مسیل‌ها و رودخانه‌ها می‌رسند که گاهی تا صدها کیلومتر و از یک منطقه به منطقه دیگر توسط



شکل ۴: گرهک‌های سنگ چرت رودخانه‌ای و سنگ آهک پراکنده در محوطه

Fig. 4: scattered river chert nodules and limestones on the site

بر اساس نظریات یک گروه، سیلیس هم‌زمان با رسوب‌گذاری تشکیل شده است و بر اساس نظریات گروهی دیگر، پس از رسوب سنگ میزبان (سنگ آهک) جانشین آن شده است. در هر حال، منشأ سیلیس که به صورت نودول‌های پراکنده چرت در یک طبقه سنگ‌آهک تجمع یافته، از آب دریا تأمین شده است. بدین معنی که هم‌زمان با تشکیل لایه‌های کربنات، سیلیس آب و یا توسط ارگانسیم‌هایی نظیر رادیولار، دیاتومه‌ها و اسفنج‌های سیلیسی جذب و رسوب کرده است [30].

۵-۲. مطالعات پتروگرافی

هفت نمونه انتخاب شده از دست‌افزارهای سنگی، دارای رنگ‌های متنوعی از روشن، کرم تا خاکستری، قرمز و زرد بوده و در تمام آن‌ها لایه‌هایی با رگه‌هایی از اکسید آهن وجود دارد. به لحاظ ماکروسکوپی، علاوه بر رنگ که تفاوت اصلی آن‌هاست، بعضی از نمونه‌ها از نظر اندازه اجزای سازنده متفاوت‌تر از بقیه نمونه‌ها هستند و بزرگی اجزای سازنده آن‌ها تا ۲mm نیز می‌رسد. این نمونه‌ها که تماماً سخت و خشن و بسیار ریزبلورند، در ظاهر از خانواده چرت و یا سنگ‌های سیلیسی‌اند (شکل ۵). از نظر ترکیب، تمام هفت نمونه از سیلیس ریزبلور (کریپتوکریستالین) تشکیل شده که زمینه اصلی سنگ را تشکیل داده است. در بعضی از نمونه‌ها میزان تخلخل بسیار کمی در حدود ۱ درصد دیده می‌شود. همچنین قطعات کوارتز ریزبلوری مشاهده می‌شود که به طور پراکنده وجود دارند. رگه‌های موجود در تمام موارد کوارتز ریزبلور است که به صورت سیمان عمل کرده است. قطعات مدور شکلی نیز وجود دارد که در بعضی از نمونه‌ها این قطعات به عنوان اجزای سازنده اصلی سنگ هستند. این قطعات، به احتمال، بقایای فسیل‌های رادیولار و دیاتومه موجود در حوضه رسوبی است که باقی مانده است. از دیگر اجزای سازنده این نمونه‌ها کلسدون است که به صورت رشته‌ای و کشیده تا مدور در تمام نمونه‌ها یافت می‌شود. در بعضی از نمونه‌ها بقایایی از

چرت در واقع نوع ناخالصی از کالسدونی و عموماً با رنگ‌های روشن است [27]. این ویژگی‌ها چرت را ماده خام ایده‌آلی برای تولید دست‌افزارهای سنگی در دوره پارینه‌سنگی قرار داد [16]. اهمیت این سنگ برای انسان در طول تاریخ در درجه اول بر اساس ویژگی‌های شکست آن است. انواع سنگ‌هایی که مناسب برای تراشه‌برداری‌اند، آن‌هایی هستند که به شیوه‌ای قابل اطمینان و قابل پیش‌بینی شکسته می‌شوند. چنین سنگ‌هایی شکننده و همگن‌اند و خصوصیات وابسته به جهت ندارند. مهم‌ترین نوع این سنگ‌ها که دارای خصوصیات لازم ذکر شده‌اند، سیلیکات‌های کریپتوکریستالین (cryptocrystalline silicates)‌اند که انواع مختلف سنگ چرت را نیز شامل می‌شود [2]. چرت یکی از انواع معدود سنگ‌هایی است که می‌تواند در روشی کنترل شده به شکل یک لبه تیز و البته بادوام شکسته شود. این فرایند شکسته شدن که تراشه‌برداری نامیده می‌شود، روش مهمی است که در آن سنگ چرت به عناصر مطلوب (ابزارهای سنگی مورد نیاز) تبدیل می‌شود [28, 29].

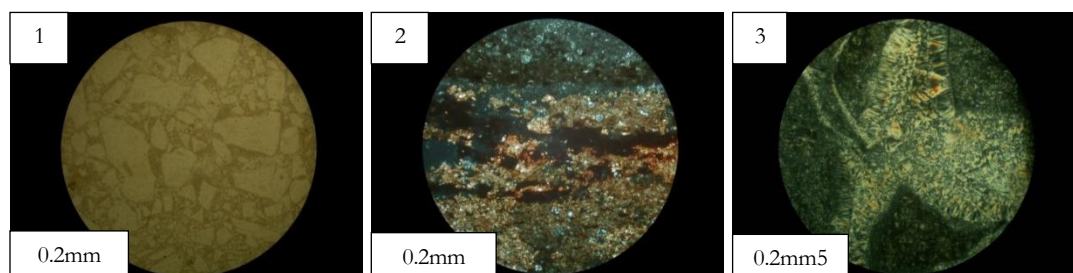
همان‌گونه که گفته شد، در آدوار زمین‌شناسی چرت‌ها معمولاً به انواع لایه‌لایه و ندولی تقسیم می‌شوند. چرت‌های لایه‌لایه اغلب با سنگ‌های ولکانیکی همراه‌اند و مسئله چرت در مورد منشأ ولکانیکی یا منشأ بیوژنیکی سیلیس است. چرت‌های ندولی عمدتاً در سنگ‌های آهکی و تاحدودی در گل‌سنگ‌ها و تبخیری‌ها گسترش دارند. بیشتر چرت‌های لایه‌لایه انباشته‌های اولیه هستند، از طرف دیگر، بیشتر چرت‌های ندولی دیاژنتیکی و از طریق جانیشینی تشکیل شده‌اند، هرچند آن‌ها معمولاً هنوز منعکس کننده رسوب‌گذاری رسوبات غنی از سیلیس هستند. چرت‌های لایه‌لایه و ندولی از سه نوع سیلیس اصلی تشکیل شده‌اند: میکروکوارتز، مگا کوارتز و کوارتز کلسدونی. چرت‌ها تقریباً سیلیس خالص هستند با کمتر از پنج درصد مواد معدنی دیگر (بیشتر کلسیت، دولومیت، کانی‌های رسی، هماتیت و مواد آلی) [26]. درباره منشأ چرت نیز نظریات مختلفی ارائه شده است.

کانی‌های کربناته عمدتاً کلسیت، آراگونیت و دولومیت است. در بررسی میکروسکوپی نمونه‌های ارسالی دو دسته سنگ تشخیص داده شد. یک دسته که کاملاً متبلور و تماماً از کانی دولومیت و به مقدار جزئی اکسید آهن تشکیل شده است، اندازه اجزای سازنده آن از ۰/۱ میلی‌متر فراتر نمی‌رود. دسته دیگر سنگ‌های آهنی هستند که خود به چندین نوع تقسیم می‌شوند. تعدادی از نمونه‌ها تماماً از کلسیت متبلور (اسپارایت- میکرواسپارایت) تشکیل شده‌اند. اندازه بلورها یکسان و سیستم تبلور کامل دارند و ابعاد این بلورها از ۰/۱mm تجاوز نمی‌کند. در این نمونه‌ها رگه‌های اکسید آهن به صورت استیلولیت، لایه‌ای در امتداد درزه و شکاف‌ها دیده می‌شود (شکل ۶).

گروهی از سنگ‌های آهنی مورد مطالعه، در زمینه میکرایتی یا اسپارایتی‌شان اجزاء و قطعات سازنده دیگری مثل پلیت که از اجزای آواری (گل آهنی) و غیراسکلتی است (به صورت مدور تا بیضی شکل با رنگ تیره و در حدود پنجاه درصد حجم کل نمونه‌ها)، کانی کوارتز (به صورت فنوکریست و تعداد کمی فسیل) که ۱ درصد حجم کل نمونه را تشکیل می‌دهد و به احتمال زیاد به صورت تخریبی و ثانویه در نمونه‌ها تمرکز یافته است، و اکسید آهن دیده می‌شود. بعضی از نمونه‌های ارائه شده دارای زمینه میکرایتی (گل آهنی) هستند که این نشان از محیط آرام برای رسوب‌گذاری و تشکیل این گونه از سنگ‌هاست. در این زمینه، بقایایی از فسیل‌های مختلف از جمله فرامینیفر و ... دیده می‌شود.

سنگ آهنک به صورت ناخالص همراه با اکسید آهن دیده می‌شود و به احتمال زیاد سنگ میزبان سنگ چرت (منشأ دست‌افزارهای سنگی محوطه) را یادآور می‌سازد. اکسید آهن نیز در تمام نمونه‌ها یافت می‌شود و فراوانی آن در نمونه‌های با رنگ روشن از ۵ درصد تجاوز نمی‌کند. بعضی از نمونه‌ها هم دارای بافت برشی هستند، بدین صورت که قطعات سیلیس تشکیل شده در محل اولیه مجدداً تخریب و از مکان اولیه خود جابه‌جا شده و طی رسوب‌گذاری مجدد دوباره ته‌نشین و با سیمان سیلیس سفت شده‌اند. بافت غالب در این نمونه‌ها بافت تخریبی برشی است. نمونه‌هایی نیز دارای رنگ قرمز تا قرمز-زرد هستند که سرشار از اکسید آهن‌اند. در زمینه این نمونه‌ها قطعات مدور (بقایای فسیل) دیاتومه و رادیولاریت مشاهده می‌شود که در حدود ۹۰ درصد حجم کل نمونه‌ها را به خود اختصاص داده است. در این نمونه‌ها علاوه بر رادیولار و دیاتومه، کوارتز به صورت کریپتوکریستالین و کلسدونی نیز دیده می‌شود.

برای بررسی زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی سازنده‌های منطقه و منشأیابی دست‌افزارها و نمونه‌های برداشت شده از محوطه مورد مطالعه، تعداد پنج نمونه سنگ نیز از رخنمون‌های اطراف منطقه برداشت گردید. نتایج مطالعات میکروسکوپی نشان داد که این نمونه‌ها اغلب از جنس سنگ آهنک‌اند. سنگ‌های کربناته سنگ‌هایی هستند که در ترکیب شیمیایی آن‌ها بیش از پنجاه درصد کانی‌های کربناته مشارکت دارند.



شکل ۵: نمونه‌ای از مطالعات پتروگرافی از دست‌افزارهای سنگی

۱- بافت برشی. حد فاصل قطعات از کوارتز ریزبلور پر شده است. ۲- کانی اکسید آهن با رنگ تیره و کلسیت با رنگ زرد روشن در مرکز تصویر. این کانی‌ها به صورت ناخالصی در نمونه‌ها وجود دارند. ۳- کانی کوارتز به فرم کلسدونی (رشته‌ای)

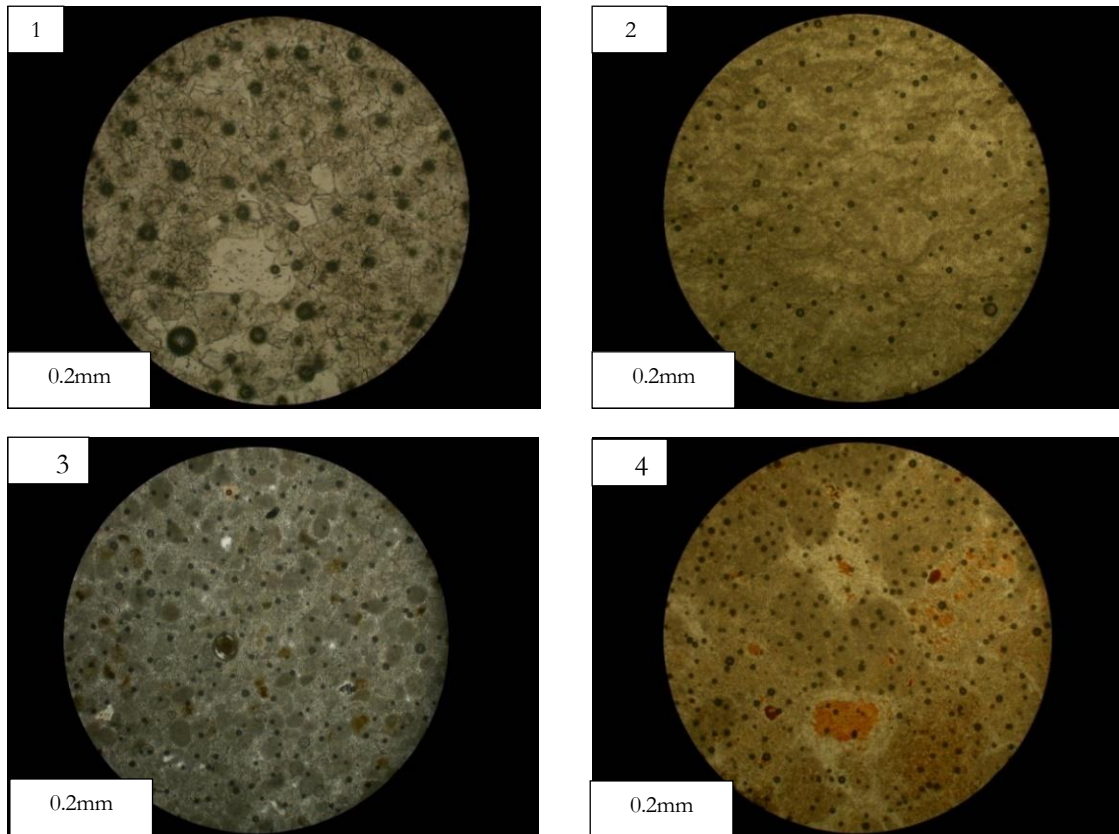
Fig.5: Examples of petrographic studies of stone tools

1- Breccia texture. 2- Dark iron oxide mineral and Light yellow calcite in the center of the image. 3- Quartz mineral in the form of chalcedony

۳-۵. مطالعات ژئوشیمیایی

همان‌گونه که قبلاً گفته شد، در این آزمایش برای کاهش هزینه‌ها نه نمونه که در نقاط مرزی و بینایی طیف دوقطبی آهکی-سیلیسی قرار می‌گرفتند، برای مطالعات ژئوشیمیایی انتخاب شدند (جدول ۱). نمونه‌های 115 و 112 کاملاً آهکی و نمونه‌های M1, M8 کاملاً سیلیسی

شده بودند (M: حرف اول محوطه مله‌بوژان). نمونه‌های 119, M10, M5, 113, 1132 به ترتیب از سوی نمونه‌های آهکی به سمت قطب سیلیسی (با افزایش میزان سیلیس) قرار داشتند. این امر از روی مطالعات میکروسکوپی و میزان جانشینی سیلیس به جای آهک تعیین شده بود.



شکل ۶: نمونه‌ای از مطالعات پتروگرافی از سازندهای اطراف محوطه

۱- نام نمونه: دولومیت. بافت درشت‌بلور و دانه‌ای. تمام زمینه از کانی دولومیت تشکیل شده است. ۲- نام نمونه: میکرو اسپارایت. تمام زمینه از کلسیت ریزبلور (میکرو اسپارایت) همراه با رگه‌های اکسید آهن. ۳- نام نمونه: پل میکرو اسپارایت. قطعات درشت‌بلور پلتی در زمینه میکرو اسپارایتی. ۴- نام نمونه: پل میکرایت. قطعات مدور پلتی در زمینه میکرایتی.

Fig. 6: Examples of petrographic studies of formations around the site

1- Dolomite with large crystals and granular texture. The whole field is composed of dolomite mineral. 2- Microsparite, With iron oxide streaks. 3- pel- Microsparite: Coarse crystal pieces of pellets in the field of microparite. 4- Pelmicrite: Circular pieces of pellets in micrite background

جدول ۱: نمونه‌های انتخابی برای مطالعات ژئوشیمیایی

Table 1: Selected samples for geochemical studies

Selected examples of stone tools	s1-M5	s2-M1	s3-M8	s4-M10
Selected samples from geological formations	s5-115	s6-119	s7-112	S8-113
				S9-1132

بررسی شد (شکل ۴) که نمونه‌های M5 و 113 نشان‌دهنده هم‌هنگی نزدیک‌تری از نظر فراوانی عناصر فرعی بودند.

براساس آنچه گفته شد، سنگ‌های منطقه مورد مطالعه همگی رسوبی (آهک و چرت) هستند. سنگ‌ها از یک‌سری کانی‌های مشخص تشکیل شده‌اند که مبنای نام‌گذاری و طبقه‌بندی آن‌ها نیز محسوب می‌گردند. بنابراین، با توجه به منشأ و نحوه تشکیل هر کانی و هر سنگ می‌توان انتظار داشت که یک‌سری عناصر و ترکیباتی در آن‌ها یافت شوند. برای مثال، آهک‌ها در محیط‌های دریایی گرم و کم‌عمق تا عمیق (حداکثر تا CCD = عمق موازنه کربنات = 2000m) امکان تشکیل دارند. عناصر نایب بیشتر در ماگماها و سنگ‌های آذرین و در درجه دوم در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شوند. بنابراین، توجه به این عناصر و میزان آن‌ها در کلیه مباحث مربوط به اکتشاف، ردیابی، طبقه‌بندی و اظهارنظر در سنگ‌های رسوبی نمی‌تواند مبنا و پایه علمی خوب و مشخصی داشته باشد. توجه به رفتار ژئوشیمیایی هر عنصر در Ph، Eh، دما و فشار معین، می‌تواند این موضوع را در مورد سنگ‌هایی با منشأ متفاوت به اثبات برساند. از این رو، لازم نیست برای مطالعه و طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی (آهکی) توجهی به میزان عناصر نایب آن‌ها نمود بلکه کانی‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده اصلی و فرعی کلیه سنگ‌های آهکی نظیر فسفیل‌ها، پلت‌ها (Pellet)، آئیدها (ooide)، و اینتراکلیست‌ها (Intraclast)، مبنای نام‌گذاری، طبقه‌بندی و منشأیابی سنگ‌های رسوبی آهکی قرار گرفته است. همین‌طور در شناسایی کانی‌ها لازم است عناصر اصلی (O، Si، Mg، Ca) مدنظر قرار گیرند، چراکه کانی‌های تشکیل‌دهنده اصلی سنگ‌های آهکی کلسیت ($\text{CaCO}_3 = \text{Calcite}$) و دولومیت ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 = \text{Dolomite}$) بوده که بر اثر دیاژنز و سنگی‌شدن با سیمان و یا جانشینی سیلیس (SiO_2) همراه می‌شوند. سایر عناصر به‌صورت بسیار جزئی در این سنگ‌ها وجود دارند که گاهی حتی ناشی از ناخالصی‌ها یا آلودگی‌های دستگاهی در حین آنالیز شیمیایی‌اند و نمی‌توانند ملاک عمل قرار گیرند.

در ابتدای پردازش نتایج می‌بایست با انجام مطالعه آماری ساده، داده‌های مورد تردید و اشتباه شناسایی و در صورت عدم امکان اصلاح، حذف گردند. سپس با شناسایی روندهای تغییر، مقادیر حداقل و حداکثر، متوسط و میانه و میانگین، نتایج لازم استخراج گردد. نتایج مهم مطالعات ژئوشیمیایی که در قالب دو جدول ۲ و ۳ و چهار نمودار ارائه شده است، نشان می‌دهد که در مورد عناصر اصلی روند شناسایی شده در مطالعات میکروسکوپی مورد تأیید قرار می‌گیرد، چراکه نمونه‌ها مقادیر سیلیسی (معرف سیمان سیلیسی جانشین‌شده در فسفیل‌ها و سایر اجزای سنگ آهک) را بین ۱ تا ۹۷ درصد، مقادیر اکسید کلسیم (معرف کربنات کلسیم و آهک خالص) را بین ۰/۲ تا ۵۰ درصد به همراه ماده آلی (L.O.I) بین ۰/۱۵ تا ۴۵ درصد را نشان دادند. همچنین دو نمونه ۱۱۲ و ۱۱۹ که در مقطع میکروسکوپی نشان از جانشینی دولومیت (کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم) به جای کلسیت (کربنات کلسیم) داشتند، در آنالیزها نیز درصد بالاتری از MgO را نشان دادند.

طی آنالیز ژئوشیمیایی علاوه بر ۱۰ عنصر اصلی، ۲۲ عنصر فرعی نیز اندازه‌گیری شدند. از این تعداد ۱۰ عنصر مقادیر بسیار پایین و غیرقابل اعتماد (کمتر از ۰/۰۱ ppm) را نشان دادند و از این رو، از پردازش‌ها حذف گردیدند. ۱۲ عنصر باقیمانده دارای تغییرات متفاوت و شدیدی بودند که دلیل این امر ماهیت و رفتار ژئوشیمیایی متفاوت هر عنصر از یکسو و شرایط متغیر محیط از نظر فاکتورهای ژئوشیمیایی نظیر Ph، Eh بوده است. اما می‌توان با نگاهی به روندهای تغییر این نکته را دریافت که نمونه‌ها از منشأ تقریباً یکسانی آمده‌اند و تنها تغییرات بعدی محیط برخی عناصر را دچار نوسان نموده، ولی دامنه تغییرات زیاد گسترده نیست (بین ۵ ppm تا ۱۲۵). بنابراین، مطالعات میکروسکوپی نتایج درستی را ارائه نمودند. همچنین برای مقایسه و نتیجه‌گیری بهتر، نمونه‌های 113، 113₂، 119، (از سازندهای زمین‌شناسی) و نمونه‌های M5 و M10 (از دست‌افزارها) - که از نظر سنگ‌شناسی و ترکیبات شیمیایی دارای ترکیبات مشابه (ترکیب آهک-سیلیس) بودند- انتخاب و عناصر آن‌ها

جدول ۲: نتایج ژئوشیمیایی سه اکسید عنصر اصلی Si, Ca, Mg و میزان مواد آلی در نمونه‌ها

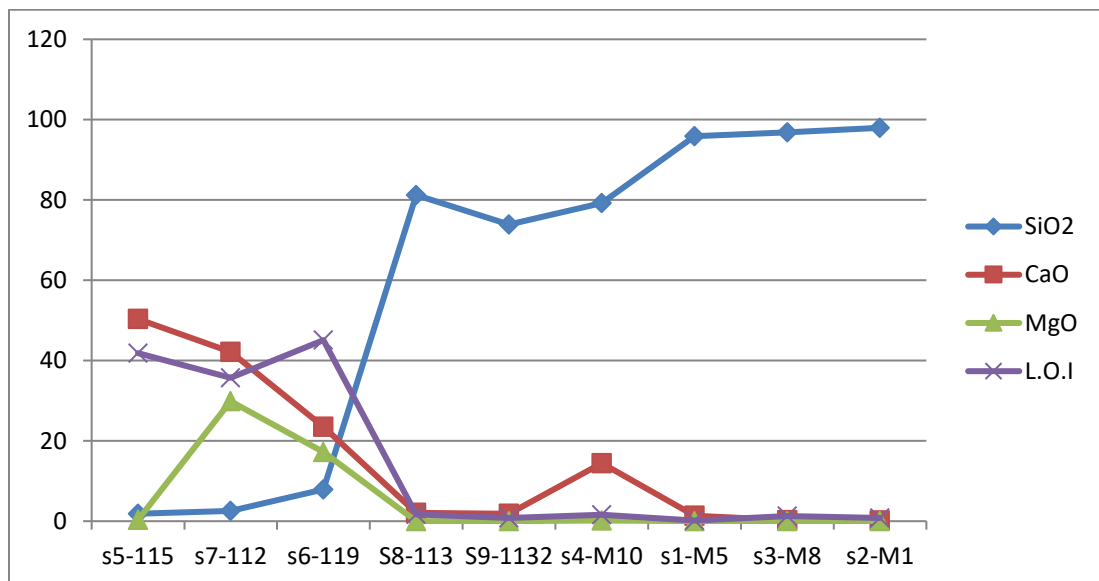
Table 2: Geochemical results of the three main elements oxides of Si, Ca, Mg and the amount of organic matters in the samples

Sample	SiO ₂	CaO	MgO	L.O.I
s5-115	1.86	50.34	0.31	41.87
s7-112	2.58	42.15	29.87	35.67
s6-119	7.93	23.48	17.21	45.09
S8-113	81.2	2.1	0.03	1.67
S9-1132	73.9	1.8	0.02	0.79
s4-M10	79.18	14.39	0.18	1.58
s1-M5	95.84	1.33	0.02	0.15
s3-M8	96.81	0.25	0.03	1.27
s2-M1	97.96	0.20	0.03	0.79

جدول ۳: نتایج ژئوشیمیایی میزان ۱۲ عنصر فرعی در نمونه‌ها

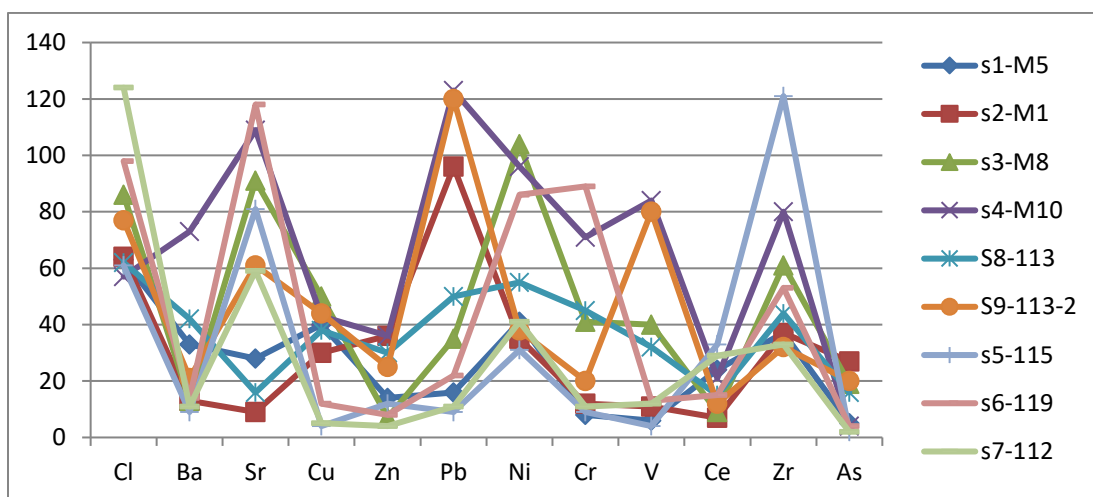
Table 3: Geochemical results of the amount of 12 minor element in the samples

Sample	Cl	Ba	Sr	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	V	Ce	Zr	As
s1-M5	63	33	28	40	14	16	41	8	6	24	37	5
s2-M1	64	13	9	30	36	96	35	12	11	7	37	27
s3-M8	86	13	91	50	7	35	104	41	40	9	61	19
s4-M10	57	73	109	43	36	123	96	71	84	21	80	4
S8-113	62	42	16	38	30	50	55	45	32	15	44	16
S9-113 ₂	77	21	61	44	25	120	38	20	80	12	32	20
s5-115	61	9	81	4	12	9	31	9	4	33	121	2
s6-119	98	14	118	12	8	22	86	89	13	15	53	4
s7-112	124	11	59	5	4	11	41	11	12	29	33	2

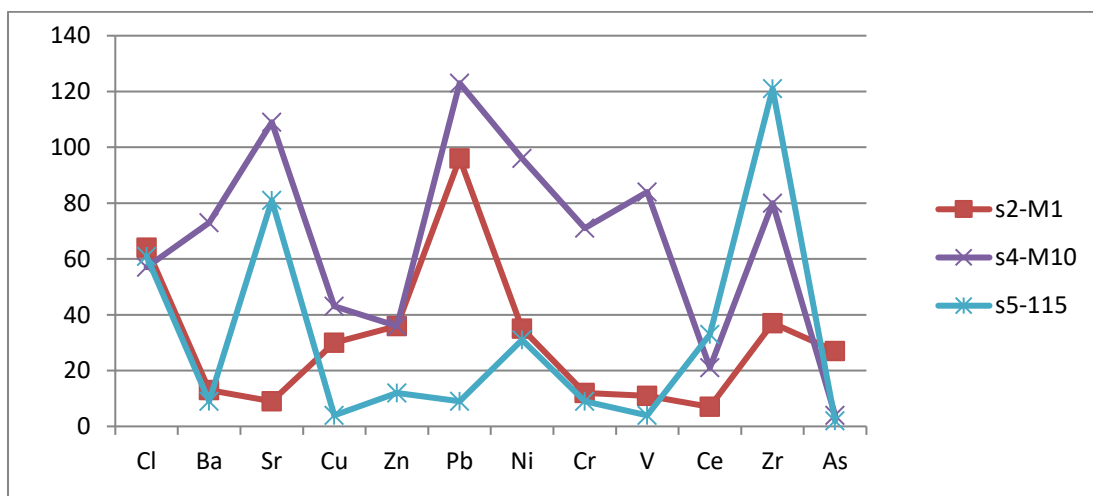


شکل ۷: نمودار تغییرات چهار اکسید اصلی در نمونه‌های مورد مطالعه

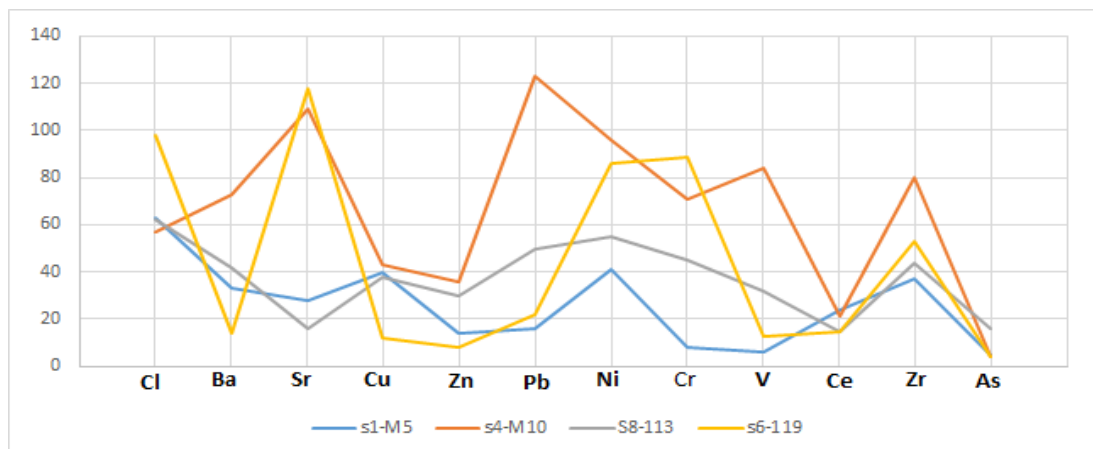
Fig 7: Chart of variations of four main oxides in the studied samples



شکل ۸: نمودار تغییرات ۱۲ عنصر فرعی در نمونه‌های مورد مطالعه
Fig 8: Chart of variations of 12 minor elements in the studied samples



شکل ۹: نمودار تغییرات ۱۲ عنصر فرعی در سه نمونه کاملاً سیلیسی (M1)، کاملاً آهکی (115) و حد واسط (M10)
Fig 9: Chart of variations of 12 minor elements in 3 samples of completely siliceous (M1), completely calcareous (115) and intermediate (M10)

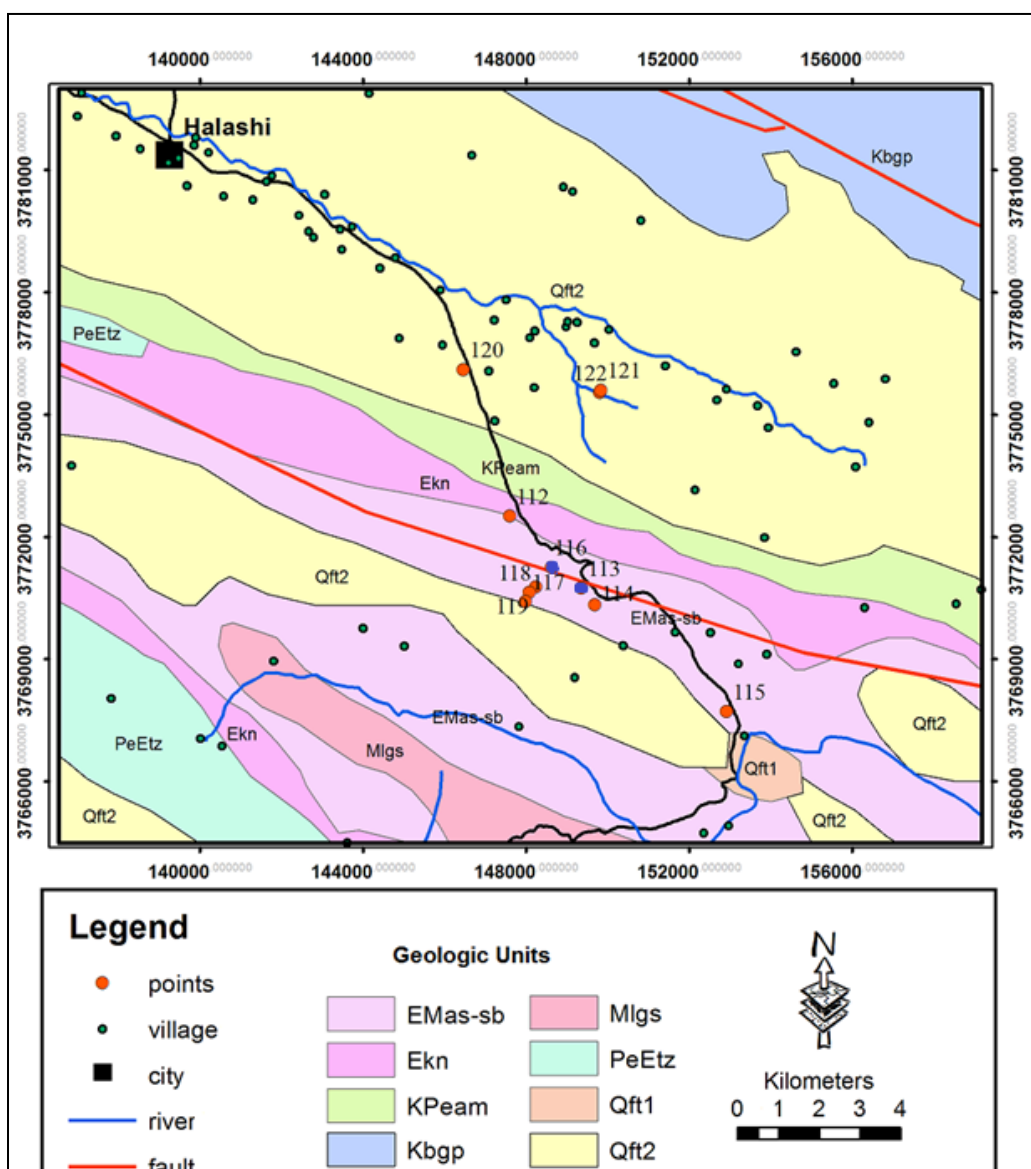


شکل ۱۰: نمودار تغییرات ۱۲ عنصر فرعی در نمونه‌هایی با ترکیب سنگ‌شناسی یکسان که نشان از هماهنگی تقریبی بین نمونه‌ها از نظر عناصر دارند.
Fig.10: Chart of Variations of 12 minor elements in samples with same lithological composition shows approximate coordination between samples

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به الگوی آبراهه‌ها، سازندهای زمین‌شناسی دارای رخنمون و موقعیت جغرافیایی محوطه (نقطه‌ی ۱۱۶، با رقم ارتفاعی ۱۶۹۰ متر) براساس بررسی نقشه زمین‌شناسی منطقه، و نیز نتایج مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمیایی انجام‌گرفته روی تعدادی از دست‌افزارهای سنگی انتخابی به‌دست‌آمده از اولین فصل بررسی محوطه و تعدادی از نمونه‌های سنگی به‌دست‌آمده از سازندهای زمین‌شناسی اطراف آن، می‌توان نقطه ۱۱۳ یا سازند "کشکان" (PEka، شامل لیتولوژی آهک، ماسه‌سنگ، کنگلومرای قرمزرنگ با رقم ارتفاعی ۱۷۹۵ متر) را به‌عنوان منشأ احتمالی نمونه‌ها شناسایی و معرفی نمود (تصویر ۱۱). مقادیر تقریباً مشابه بین عناصر موجود در ذرات رسوبی آبراهه‌ها، گرهک‌های سنگ چرت پراکنده در محوطه و سازند کشکان، یعنی هم‌خوانی عناصر کمیاب با یکدیگر، ملاک این نتیجه‌گیری بوده است. همان‌گونه که گفته شد، نمونه‌های 113، 119، 132، 113 (از سازندهای زمین‌شناسی) و نمونه‌های M5 و M10 (از دست‌افزارها) - که از نظر سنگ‌شناسی و ترکیبات شیمیایی دارای ترکیبات مشابه (ترکیب آهک-سیلیس) بودند- انتخاب و عناصر آن‌ها بررسی شد که نمونه‌های M5 و 113 (سازند کشکان) نشان‌دهنده هم‌مانگی نزدیک‌تری از نظر فراوانی عناصر فرعی بودند. این امر بدین معنی است که گرهک‌های رادیولاریتی چرت پراکنده بر سطح محوطه مله‌بوژان (گرهک‌های چرت لایه‌ای، ژاسپ و فلینت) به‌عنوان ماده خام برای ساخت دست‌افزارهای سنگی، محلی بوده و برای به‌دست آوردن آن به نقاط دیگری مراجعه نشده و همچنین هیچ دست‌افزاری نیز از ماده خام خارجی ساخته نشده است. قابل ذکر است که بیشترین و کمترین سطح گسترش سازند کشکان به ترتیب در حوضه آبخیز کوند و حوضه آبخیز مرگ مشاهده شده است [31]. این واحد سنگی که به داشتن رنگ سرخ و رخساره آواری شاخص است، به‌طورمعمول شامل

سیلت، ماسه‌سنگ و کنگلومرا با قلوه‌های رادیولاریت به‌ویژه چرت فراوان است که به سمت بالا درشت‌دانه می‌شود. مرز پایینی سازند کشکان با سنگ‌آهک‌های بیوهرمی سازند تله‌زنگ ناگهانی و هم‌شیب است [32]. چرت که عمده‌ترین ذرات قطعات و قلوه‌سنگ‌های آن را تشکیل می‌دهد، از تخریب سنگ‌های رادیولاریت و افیولیت حاصل شده‌اند [31]. مطالعات موادخام ابزارسازی به‌عنوان راهی برای درک نحوه استفاده از محیط پیرامون به‌وسیله شکارچیان پیش از تاریخ، تمرکز ویژه مطالعات پژوهشگران در طول دهه‌های اخیر بوده است. درک وقایع زمین‌شناسی به‌ویژه زمین‌شناسی کواترنر (پلیستوسن و هولوسن) در باستان‌شناسی جایگاه ویژه‌ای دارد. اگرچه هنوز ارائه نقشه جامعی از منابع داخلی چرت ایران مستلزم پژوهش و تلاش‌های بسیاری است، اما در سال‌های اخیر مطالعات قابل‌توجهی در این خصوص انجام پذیرفت که طبق آخرین نتایج منتشرشده وجود این منابع در نواحی غرب ایران به اثبات رسیده است. مسلماً تحلیل آماری و آنالیز نمونه‌ها به‌تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی تمامی سؤالات مطرح در حیطه این مطالعات باشد؛ به‌عبارتی این مطالعات نتایج خامی است که توجه به سایر فاکتورهای مطالعاتی مربوطه می‌تواند مکمل آن گردد. در اینجاست که بیش‌ازپیش اهمیت ارتباط علوم آزمایشگاهی و باستان‌شناسی آشکار می‌شود. لذا پس از این مرحله، مطالعه عوامل مؤثر در انتخاب معادن موردنظر از سوی ساکنین هر محوطه و توجه به یک یا چندمنبع بودن و عوامل جابه‌جایی مواد خام از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار خواهد بود که توجه به آنها از سوی باستان‌شناسان الزامی است. در انتخاب منبعی در جهت تأمین نیاز ساکنین یک محوطه عوامل مختلفی از جمله عوامل جغرافیایی، کمیت و کیفیت منابع، شرایط آب‌وهوایی، دوره فرهنگی، وجود منابع ثانویه و ... می‌تواند نقش داشته باشد که توجه به آن‌ها ضروری است.



شکل ۱۱: نقشه منطقه مطالعاتی به انضمام نقاط نمونه‌برداری (نقطه ۱۱۶: محوطه مله‌بوژان، نقطه ۱۱۳: سازند کشکان (منشأ احتمالی گرهک‌های چرت محوطه مله‌بوژان)، فاصله دو نقطه ۱۱۶ و ۱۱۳: ۸۸۲ متر

Fig 11: Map of the study area along with sampling points (point 116: Malehbozhan site, point 113: Kashkan formation (probable origin of chert nodules in Malehbozhan site), distance between two points: 882 meters

راهنمای نقشه: EMas-sb: دولوستون متبلور زرد رنگ متوسط - ضخیم لایه (سازند شه‌بازان). Ekn: رس سنگ، ماسه سنگ و کنگلومرا (سازند کشکان). KPeam: فلیش: مارل، سیلت‌ستون، ماسه سنگ، کنگلومرا و آهک رسی (سازند امیران). Kbgp: مارل با میان لایه‌های آهک رسی، سنگ آهک پلاژیک خاکستری تیره تا سفید (سازند گورپی). Mlgs: مارل‌های خاکستری به صورت محلی ژیبس دار با میان لایه‌های آهکی حاوی گاستروپود و پلیسپودا (سازند میشان). PeEtz: پادگانه‌های آبرفتی و رسوبات مخروط افکنه‌ای قدیمی کواترنری. Qft2: پادگانه‌های آبرفتی و رسوبات مخروط افکنه‌ای جدید کواترنری

سپاسگزاری

است که به راهنمایی دکتر حامد وحدتی نسب در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد در پایان، از جناب آقای دکتر کمال الدین نیکنامی که داده‌های سنگی به دست آمده از بررسی محوطه مله‌بوژان را در اختیار نهادند، نهایت تشکر را داریم.

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته باستان‌شناسی نگارنده با عنوان تحلیل گونه- فناوری دست‌افزارهای سنگی محوطه مله‌بوژان در استان کرمانشاه

References

- [1] Crandell O. Macroscopic and microscopic analysis of chert; A proposal for standardisation of methodology and terminology. *Buletinul Cercurilor Ştiinţifice Studenteşti*. 2006;12:7-30.
- [2] Andrefsky W. J. *Lithics: Macroscopic Approaches to Analysis*. New York: Cambridge University Press, Second Edition; 2005: 44, 43, 54, 24.
- [3] Wadley L, Kempson H. A review of rock studies for archaeologists, and an analysis of dolerite and hornfels from the Sibudu area, KwaZulu-Natal. *Southern African Humanities*. 2011 Jan 1;23(1):91.
- [4] Eslami M. The Application of Portable XRF in Archaeometry and cultural – historical Materials. *JRA*. 2015; 1 (1) :87-101. [Original in Persian with English Abstract]. URL: <http://jra-tabriziau.ir/article-۳۱-۱-fa.html>
- [5] Amini S, Mochashi A S, Salehvand N. *Geoarchaeology: Definitions, Techniques and Applications in Archeology of Iran*. *Archeology of Iran*, 2013, No. 2: 94- 110
- [6] Amanollahi H. Petrography and its application in the identification of archaeological materials (case study of stone). *Payam-e bastanshenas*, 2009; 6 (12): 121-140. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=216694>
- [7] Kuhn SL. *Mousterian lithic technology: An Ecological Perspective*, Princeton University Press;1995
- [8] Dibble HL. Local raw material exploitation and its effects on Lower and Middle Paleolithic assemblage variability. *Raw material economies among prehistoric hunter-gatherers*. 1991;19
- [9] Blackman MJ. *Provenance Studies of Middle Eastern Obsidian from Sites in Highland Iran*. *Archaeological Chemistry III (ACS Advances in Chemistry Series No. 205)*. 1984. DOI: 10.1021/ba-1984-0205.ch002
- [10] Nadooshan FK, Ayvatwand M, Deghanifar H, Glascock MD, Colby Phillips S. Report on the Chogabon site, a new source of obsidian artifacts in west-central Iran. *IAOS Bulletin*. 2010 Feb;42:9-12.
- [11] Ghorabi S, Khademi Nadooshan F, Glascock MD, Hejabri Noubari A, Ghorbani M. Provenance of obsidian tools from northwestern Iran using X-ray fluorescence analysis and neutron activation analysis. *IAOS Bulletin*. 2010;43: 14-20.
- [12] Niknami KA, Chaychi Amirkhiz A, Glascock MD. Provenance studies of Chalcolithic obsidian artefacts from near Lake Urmia, northwestern Iran using WDXRF analysis. *Archaeometry*. 2010 Feb;52 (1): 19-30. DOI:10.1111/j.1475-4754.2009.00474.x .
- [13] Abedi A, Dibazar Mohammadi V, Ashtinger D. sourcing of the obsidian tools of Kultepe Jolfa; Syunik mine and Lake Sevan basin- Probable Summer pasture of Kol Tappeh people . *Iranian Archaeological Research*, 2018; 8 (16): 123-144 [Doi: 10.22084/nbsh.2017.14891.1656].
- [14] Masjedi khak P, Rezaei M H, Glascock M, Malek H, Khazae M, Shanbehzadeh

- A. Review and Source Identification of the Obsidian Tools of Ali Kosh Tepe, Dehloran Plain. JRA. 2019; 5 (2): 1-13 [Original in Persian with English Abstract]. Doi: 10.29252/jra.5.2.1
- [مسجدی خاک پرستو، رضایی محمدحسین، گلاسکو مایکل، ملک حمیده، خزایی کوهپر مصطفی، شنبه‌زاده عبدالملک. بازنگری و منشأیابی ابزارهای ابسیدینی تپه‌علی کش، دشت دهلران. پژوهش باستان‌سنجی. ۱۳۹۸، ۵ (۲): ۱-۱۳.]
- [15] Biglari F. Do-Ashkaft Cave and patterns of Raw Material Procurement and Usage during the Middle Paleolithic period in Kermanshah plain. Special Proceedings of the International Conference on Archeology of Iran: Western Basin, Kermanshah, Tehran, Archaeological Reports (8), Archaeological Research Institute, 2012: 11-30
- [بیگلری فریدون. غار دواشکفت و الگوهای تأمین و استفاده از منابع سنگی طی دوره پارینه‌سنگی میانی در دشت میانکوهی کرمانشاه. ویژه مجموعه مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسی ایران: حوزه غرب، کرمانشاه، تهران، گزارش‌های باستان‌شناسی (۸)، پژوهشکده باستان‌شناسی، ۱۳۹۱: ۳۰-۱۱.]
- [16] Heydari S. Stone raw material sources in Iran: some case studies. *Persiens Antike Pracht: Bergbau-Handwerk-Archäologie: Katalog*. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum. Nov. 2004: 124-129.
- [17] Yazdi, M., Pakzad, H., Mashkour, M., Elhami, R., Javeri, M., Biglari, F. Sedimentology and Geoarchaeology of Paleolithic (Mousterian) Lithic Tools in Central Iran. *Journal of Geoscience*, 2009; 19(73): 177-186. [Original in Persian with English Abstract]. Doi: 10.22071/gsj.2010.57223
- [یزدی، مهدی، پاکزاد، حمیدرضا، مشکورف مرجان، الهامی، رحمت‌الهی جاورى، محسن، بیگلری، فریدون. رسوب‌شناسی و زمین‌باستان‌شناسی ابزارهای سنگی (موسترین) در ایران مرکزی. فصلنامه علمی علوم زمین ۱۳۸۸: ۱۹(۷۳): ۱۷۷-۱۸۶.]
- [18] Adibzadeh M, Vahdati Nasab H. Sourcing of the Paleolithic artifacts of Cham-e Souran, Ravand River basin, western part of the Central Zagros. *Quaternary Journal of Iran*. 2016; 2 (2): 109-120 .
- [ادیب‌زاده مرتضی، وحدتی‌نسب حامد. منشأیابی مجموعه دست‌افزارهای پارینه‌سنگی محوطه چم‌سوران در حوضه رودخانه راوند، بخش غربی زاگرس مرکزی. فصلنامه کواترنری ایران. ۱۳۹۵: ۲ (۲): ۱۰۹-۱۲۰.]
- [19] Niknami K. A, Ali Beigi S, Nikzad M, Heidari M. Report of first season of the archaeological survey of the Sarfiroozabad in Kermanshah Province, Firoozabad village, archive of the Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization of the Country, unpublished, 2009.
- [نیکنامی کمال‌الدین، علی‌بیگی سجاد، نیکزاد میثم، حیدری محسن. گزارش نخستین فصل بررسی باستان‌شناختی بخش سرفیروزآباد شهرستان کرمانشاه، دهستان فیروزآباد، آرشیو سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری کشور، منتشر نشده، ۱۳۸۸]
- [20] Niknami K. A, Nikzad M, Yadollahi S. Investigation of Neolithic settlements in Sarfiroozabad plain, west of Central Zagros. *Payam-e bastanshenas*, 2011; 8 (16).
- [نیکنامی کمال‌الدین، نیکزاد میثم، یداللهی سیما. بررسی استقرارهای دوره نوسنگی دشت سرفیروزآباد، غرب زاگرس مرکزی. فصلنامه پیام باستان‌شناسی، ۱۳۹۰: ۸ (۱۶)]
- [21] Nikzad M. Investigation of Neolithic settlement patterns in Sarfiroozabad plain of Kermanshah [unpublished]. master's thesis in Archeology, University of Tehran: Faculty of Humanities, 2011: 76
- [نیکزاد میثم. بررسی الگوهای استقراری دوره نوسنگی دشت سرفیروزآباد کرمانشاه [منتشر نشده]. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

- باستان‌شناسی، دانشگاه تهران: دانشکده علوم انسانی، ۱۳۹۰: ۷۶.]
- [22] Mahmoodi F. The evolution of Iran's roughness in the Quaternary. *Geographical Research*, Volume 23. 1988: 24
- [محمودی، فرج‌الله. تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنری. پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۲۳. ۱۳۶۷: ۲۴.]
- [23] Karimi Bavandpour A. Geological report (Kermanshah 1: 100,000 geological map), Ministry of Industries and Mines, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran.
- [کریمی‌باوندپور علیرضا. گزارش زمین‌شناسی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه، وزارت معادن و فلزات، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور]
- [24] Inizan. M. L, Reduron -Ballinger. M, Roche. H, Tixier. J. *Technology and Terminology of Knapped Stone*. Published by CREP (Cercle de Recherches et d'Etudes Prehistoriques, Nanterre; 1999: 19
- [25] Heydari Goran S. *Dalan Iran; The arrival of the first man to the Iran from an ecological point of view*. Namvarnameh; Articles in tribute of Massoud Azarnoosh/ by Hamid Fahimi and Karim Alizadeh, Tehran, Irannegar Publishing; 2012: 49
- [حیدری‌گوران سامان. دالان ایران؛ ورود انسان نخستین به سرزمین ایران از دیدگاه بوم‌شناسی. نامورنامه: مقاله‌هایی در پاسداشت یاد مسعود آذرنوش / به کوشش حمید فهیمی و کریم علیزاده، تهران، نشر ایران‌نگار؛ ۱۳۹۱: ۴۹.]
- [26] E. Tucker M. *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*, Translated by Seyed Reza Mousavi Harami and Assadollah Mahboubi. Mashhad: Jihad-e Daneshgahi Publications, first edition; 1994: 427.
- [ای‌تاکر موریس. سنگ‌شناسی رسوبی (مقدمه‌ای بر منشأ سنگ‌های رسوبی)، ترجمه سیدرضا موسوی حرمی و اسدالله محبوبی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی، چاپ اول؛ ۱۳۷۳: ۴۲۷.]
- [27] Crabtree DE. An introduction to flintworking. *Occasional Papers of the Museum, Idaho State University*. 1972;28: 51
- [28] Andrefsky W. The analysis of stone tool procurement, production, and maintenance. *Journal of archaeological research*. 2009 Mar;17(1):75. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10814-008-9026-2>
- [29] Luedtke BE. An Archaeologist's Guide to Chert and Flint. *Archaeological Research Tools* 7. Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles 1992: 79. <https://escholarship.org/uc/item/5pf8v9p>.
- [30] Sukhtankar RK. *Applied sedimentology*, translated by Ali Hossein Jalilian, Khalil Rezaei. Ketab-e Azad Institute Publications, first edition; 2006: 277- 285.
- [سوختانکار آر. ک. رسوب‌شناسی کاربردی، ترجمه علی‌حسین جلیلیان، خلیل رضایی. انتشارات مؤسسه کتاب آزاد، چاپ اول؛ ۱۳۸۵: ۲۷۷-۲۸۵.]
- [31] Motiei H. *Geology of Iran, Stratigraphy of zagros*. Publications of the Geological Survey of Iran, first edition; 1993
- [مطیعی همایون. زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ اول؛ ۱۳۷۲.]
- [32] Aghanabati A. *Geology of Iran*. Tehran: Publications of the Geological Survey and Mineral exploration of Iran, Second Edition; 2006
- [آقانیاتی علی. زمین‌شناسی ایران. تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم؛ ۱۳۸۵.]