



The Study of Middle Chalcolithic Pottery in Chaharmahal and Bakhtiari by Using Petrographic and ICP-OES Analysis

Fateme Hajinoroozi¹ & Mahmood Heydarian² & Alireza Khosrowzadeh³
(175-198)

Abstract

The work has tried to study the structural propinquity of Middle Chalcolithic potteries in Chaharmahal va Bakhtiari, which, in terms of appearance, are very similar to those of Khuzestan and Fars, by using laboratory studies. The pottery with well-firing was made in the color range of buff, cream, buff-green, light green and less frequently orange wares. Characteristic of these ceramics is the paste which tends to be buff or its different shades. Sand and fine white particles were used as temper. The painted type is seen in buff, creamy or greenish creamy. The designs generally include geometric motifs represented mainly by parallel bands and lines, undulating lines, hanging triangles, checkerboard patterns, ladders and dot motifs. For the provenance of these types of pottery, the use of laboratory methods seemed necessary to find out whether this pottery is native or has entered to area by the nomads. We can largely determine the interactions of the communities on the Iranian plateau during the Middle Chalcolithic. For this purpose, it employs a combination of field, library and laboratory methods. 32 pieces of pottery, collected from the surface of the Middle Chalcolithic sites of Chaharmahal va Bakhtiari, Khuzestan and Fars, were analyzed by performing petrographic and ICP-OES analysis. After the analysis and multiplicity comparing between Chaharmahal va Bakhtiari samples and similar structural samples, it was concluded that specimens of Khuzestan and Fars are naturally produced in the same regions as the origin of the Susa and Bakun pottery, respectively. But the samples of Chaharmahal va Bakhtiari have been produced in itself, the Chaharmahal va Bakhtiari areas, despite the apparent technical similarities with the neighboring regions. In fact, the production of pottery, is made by the influence of neighboring cultures, but, this effect was due to the transferring of potters to the area or the transferring of the technology of making pottery due to the nomad movements.

Keywords: Provenance, Middle Chalcolithic, Chaharmahal va Bakhtiari, Petrography, ICP-OES

doi
10.22059/jarcs.2020.289501.142795
Print ISSN: 2676-4288 - Online ISSN: 2251-9297
<https://jarcs.ut.ac.ir>

Received: 19, October, 2019; Accepted: 21, September, 2021

1 . Corresponding Author Email: hajinoroozif@gmail.com

Ph.D Candidate Archeology, Department of Archeology, Faculty of Literature and Human science, Tehran University, Tehran, Iran.

2 . Associate Professor, Department of Archeology, Faculty of Literature and Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

3. Associate Professor, Department of Archeology, Faculty of Literature and Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

1.Introduction

In recent years, a large number of sites related to the chalcolithic period have been found in Chaharmahal and Bakhtiari region (such as Farsan, Ardal and Miankuh, Fig.1) which many potteries have been obtained from them. Previous studies on the Middle Chalcolithic ceramics in the Chaharmahal-Bakhtiari region, Iran, have suggested that such materials might have been manufactured with exotic substances or imported into this area upon their production. The first attempt on this type of ceramics has revealed a very close relationship with those from Tall-i Bakün in the Fars region, Iran (periods, A and B), from Čoqā Mīš in the Khuzestan region, Iran, (Middle and Late Susiana), and to some extent from the central and western Iranian Plateau (Khosrowzadeh, 2012). The Chaharmahal-Bakhtiari region has been, until recently, one of the archaeologically unknown areas in Iran in terms of both chronology and settlement pattern information. Due to insufficient chronological data in this region, a comparative approach with Khuzestan and Fars as well as central and western Iranian Plateau was utilized, which could have diagnostic chronological traits. In all regions surveyed in this respect, sites belonging to the Middle Chalcolithic phase were found (Zagarell, 1982). Moreover, Zagarell (1982) had mentioned two phases (namely, Čellegāh and Afġān) for the Middle Chalcolithic in the Chaharmahal-Bakhtiari region. Moreover, local traditions varying from valley to valley had been introduced. The Middle Chalcolithic ceramics spectrum mainly consists of handmade tableware using a suitable firing process, wherein the applied paste color varies from light greenish or light orange-buff to dark greenish and a small number in orange. The plain assemblage includes buff, cream, buff-green, light green, and less frequently orange ware. The characteristics of the Middle Chalcolithic ceramics are the paste, which tends to be buff, mostly with different shades. Sand and fine white particles have been additionally employed as temper. Of note, the sherds are well fired with only a few low-fired examples. The decorations on the ceramics generally include geometric motifs represented mainly by parallel bands and lines, undulating lines, hanging triangles, checkerboard patterns, ladders, and dot motifs (viz. a typical decorative element reported from Middle and Late Susiana period in Khuzestan and Tall-i Bakün (periods, A and B) in the Fars region, Iran (Khosrowzadeh, 2015). Analysis of ceramics from archaeological sites, both on the surface and excavated from stratified deposits in these three regions (Chaharmahal-Bakhtiari, Khuzestan, and Fars), can thus help explore issues related to production, distribution, and movement of artifacts across the Middle Chalcolithic and the Chaharmahal-Bakhtiari region. These analyses can result in details on manufacturing technologies or go beyond general descriptions of fabric groups and their relationships towards geological formations in the study area to determine their provenance. Among the main objectives of the analysis of ceramics in Chaharmahal-Bakhtiari was to determine how pottery, found in all the regions surveyed in this extent, had been manufactured by native groups and perhaps transported either across the southwest through this period. A fundamental part of addressing these questions was conducting mineralogical and chemical analyses on sherds found at archaeological sites to examine whether there were any differences in their composition, spatially or temporally distinct. This study focused on the possible discrimination between ceramics-manufacturing tradition in the Chaharmahal-Bakhtiari, Fars, and Khuzestan regions, as not only a major path for transfer of technologies, cultures, and traditions but also for examination of technical features and provenance of locally produced or imported pottery. However, the influence of the Middle Chalcolithic ceramics tradition by

neighboring cultures was of high interest in the present study. In response to that, the production of the Middle Chalcolithic ceramics from the Chaharmahal-Bakhtiari, Khuzestan, and Fars sites was evaluated using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) and petrographic analysis. The materials examined in this study spanned over the time between the 5200 to 4000 B.C. before the well-known production of the Middle and Late Susiana period in Khuzestan and Tall-i Bakün in the Fars region, Iran (periods, A and B ca. 6th BC). The samples were accordingly collected from nine sites, both on the surface and excavated from stratified deposits in these three regions, spanning several geographical regions and sites of interest, as shown in Figure 1. Based on the region the given samples had been collected from, they were grouped into (1) Following the petrographic analysis of the samples, it was observed that all of them had received information on the evaluation of the manufacturing process based on mineralogy and chemistry. Comparing the samples under XPL (i.e., polarized and analyzed), it was detected that all the samples from Chaharmahal-Bakhtiari were structurally similar to each other. The occurrence of the voids could be directly related to the paste kneading by the potter as well as the firing process using the round-shaped bubbles within the matrix. In Khuzestan, in Čoqā Miš samples, the matrix contained a limited amount of voids. In these samples, the voids were more circular, oval, and sometimes elongated. The same thing could be seen in Tall-i Ğesser. A comparison between the Khuzestan and Fars regions revealed that half of the samples in Khuzestan, like those in Chaharmahal-Bakhtiari, had almost scattered voids and the spaces in the other half of the samples were relatively abundant. Considering the same proportion of the voids, the shape was circular, oval, and sometimes elongated. All the Fars samples had circular and oval-shaped pores. According to the available minerals, it was concluded that these samples also had a firing temperature of about 700-750°C. It seemed the pottery had been removed from the furnace in some cases before reaching a temperature of 800°C or above. For this reason, the pottery margin was carbonate-free with more heat in some cases, but the pottery center was not so, since it had been removed from the furnace. Chemical analysis with ICP-OES could give some clues with regard to the chemistry and the geochemical fingerprints of the samples investigated. In this respect, multivariate comparative diagrams of the samples in different regions allowed seeing different clusters of trace elements in these three areas. In addition to regional comparisons, inter-site comparisons were considered in this study; After microscopic studies, the data showed some similarities in appearance and motifs as well as in the technical features of locally produced ceramics between the Chaharmahal-Bakhtiari, Khuzestan, and Fars regions. There is no doubt that the in Chaharmahal-Bakhtiari was strongly influenced by neighboring cultures such as Bakün and Susiana. Upon comparing the multi-elements of the samples separately, it was revealed that most of the samples had been made with the influence of Susiana and Bakün cultures in the Chaharmahal-Bakhtiari region although some samples from Middle Chalcolithic Ceramics Chaharmahal-Bakhtiari were similar in appearance and even structure to those in Khuzestan and some were identical to the ones in the Fars region.

مطالعه سفال دوره مس سنگ میانه چهارمحال و بختیاری با استفاده از آنالیز پتروگرافی و ICP-OES

فاطمه حاجی‌نوروزی^۱

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، ایران.

محمود حیدریان

دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

علیرضا خسروزاده

دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰

چکیده

در پژوهش حاضر سعی شده تا با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی، اشتراکات ساختاری سفال‌های مس سنگ میانه منطقه چهارمحال و بختیاری که از نظر ویژگی‌های ظاهری شباهت زیادی با سفال مناطق خوزستان و فارس دارند، بررسی شود. سفال‌هایی با پخت مناسب و در طیف رنگی نخودی، کرم، سبز روشن، سبز نخودی و تعداد کمی نارنجی که به طور معمول با نقوش سیاه یا قهوه‌ای روی زمینه نخودی، کرم یا سبز نخودی ظاهر شده بودند و نقوش روی این سفال‌ها طرح‌هایی مانند نقوش هندسی، خطوط موازی، مثلث‌ها و نقوش نقطه‌ای را شامل می‌شد. استفاده از روش‌های آزمایشگاهی برای منشاء‌یابی این گونه‌های سفالی ضروری به نظر می‌رسید تا مشخص شود این سفال بومی بوده یا اینکه از طریق کوچ‌روها وارد منطقه می‌شده است چراکه پاسخ به این گونه سؤال‌ها می‌تواند تا حد زیادی برهمکنش‌های فرهنگی بین جوامع ساکن در فلات ایران در دوره مس سنگ میانی را نیز مشخص کند. به همین منظور، تلفیقی از روش‌های میدانی و آزمایشگاهی بکار بسته شد. ۳۲ قطعه سفالی جمع‌آوری شده از سطح محوطه‌های مس سنگ میانه مناطق چهارمحال و بختیاری (منطقه اصلی) و خوزستان و فارس (مناطق شاهد) با انجام آزمایش‌های پتروگرافی و طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES)، تجزیه و تحلیل شدند. بعد از انجام آزمایش‌ها و با مقایسه چند عنصری بین نمونه‌های چهارمحال و بختیاری و نمونه‌های مشابه از لحاظ ساختاری، این نتیجه حاصل شد که نمونه‌های خوزستان و فارس طبیعتاً در همان مناطق که به ترتیب خاستگاه سفال شوشان و باکون هستند، تولید می‌شده‌اند؛ اما نمونه‌های چهارمحال و بختیاری با وجود شباهت‌های بسیار از لحاظ ظاهری و فنی با مناطق همجوار، در خود چهار محال و بختیاری و در محدوده همان محوطه‌ها تولید شده‌اند. در واقع تولید سفال اگرچه با تأثیر از فرهنگ‌های همجوار ساخته شده اما این تأثیرپذیری به دلیل کوچ سفالگران به منطقه و یا انتقال فن‌آوری ساخت سفال در اثر همین حرکات کوچ‌روی بوده است.

واژه‌های کلیدی: منشاء‌یابی، مس سنگ میانه، چهارمحال و بختیاری، پتروگرافی، ICP-OES

۱. مقدمه

در دوره مس سنگ و همزمان با پیشرفت‌های بشر در زمینه‌های مختلف، فن سفالگری انسان هم رشد قابل ملاحظه‌ای داشت و هم میزان استفاده انسان از این ظروف افزایش چشمگیری یافت. ساخت سفال‌های باکیفیت و ایجاد نقوش متنوع روی ظروف در این دوره و به طور خاص در مس سنگ میانی در مناطق مختلف رواج پیدا کرد؛ به ویژه در مناطقی مانند خوزستان و فارس که از مناطق فرهنگی مهم ایران در پیش از تاریخ محسوب می‌شوند. در منطقه چهارمحال و بختیاری نیز در سال‌های اخیر در بررسی‌های مختلفی که در بخش‌هایی مانند فارس، اردل و میان‌کوه انجام شده شمار زیادی محوطه مربوط به دوره مس سنگ یافت شده و سفال‌های بسیاری هم از این محوطه‌ها به دست آمده است که بررسی‌های اولیه روی سفال‌های به دست آمده از دوره مس سنگ میانی نشان‌دهنده ارتباط و نزدیکی بسیار زیاد سفال منطقه با سفال‌های دوره مس سنگ در فارس (باکون الف و ب)، خوزستان (شوشان میانه و جدید) و تا حدودی مرکز فلات و غرب ایران است (خسروزاده، ۱۳۹۱: ۱۷۵)؛ اما منطقه چهارمحال و بختیاری با وجود اینکه در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس و بین

دو منطقه فرهنگی مهم ایران یعنی فارس و خوزستان قرار گرفته، از نظر باستان‌شناختی بسیار کم شناخته شده است. اطلاعات اولیه و اصلی در ارتباط با این ناحیه، از کارهای زاگارل در سال ۱۹۷۹، دانسته می‌شود (خسروزاده و بهرامی‌نیا، ۱۳۹۱: ۶۲). پس از انقلاب اسلامی به مدت ۱۰ سال باستان‌شناسی چهارمحال و بختیاری متوقف شد. پس از آن تا به امروز فعالیت‌های باستان‌شناسانه متعددی در این منطقه صورت گرفته است؛ اما با این وجود و اینکه بخش‌هایی از این استان به شکل فشرده در سال‌های اخیر بررسی، گمانه‌زنی و صدها محوطه ثبت شده است ولی هنوز آگاهی ما از کهن‌ترین جوامع یکجانشین این منطقه اندک و تقریباً محدود به همان بررسی‌ها و کاوش‌های آلن زاگارل در پیش از انقلاب است (Khosrowzadeh, 2016: 75). در طی این بررسی‌ها و کاوش‌ها چندین مورد مقایسه سفالی بین برخی محوطه‌های این منطقه با سفال مناطق همجوار صورت گرفته (Zagarell, 1982; Esmaeili Jelodar & Zolghadr, 2014; Khosrowzadeh, 2015; Shirazi & et al., 2015) اما تمام این موارد بدون استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و تنها با ویژگی‌های ظاهری سفال‌های به دست آمده، انجام گرفته است؛ در حالی که می‌توان با استفاده از روش‌های نوین آزمایشگاهی (با روش‌های علمی) علاوه بر صحنه گذاشتن بر مقایسه‌های قبلی، به بسیاری از اطلاعات مفید هم در جهت روشن ساختن برخی زوایای زندگی جوامع پیش از تاریخی این منطقه دست یافت.

به هر حال در این دوره سفال‌هایی با پخت مناسب و در طیف رنگی نخودی، کرم، سبز روشن، سبز نخودی و تعداد کمی نارنجی ساخته می‌شد که از ماسه و شن ریز برای ماده چسباننده در آنها استفاده شده است. این سفال‌ها معمولاً در بیشتر موارد پوشش کرمی یا نخودی دارند. حرارت برای پخت سفال کافی بوده و سطح کاملاً صاف و یکنواختی دارند (Khosrowzadeh, 2015: 38). نوع منقوش این سفال‌ها مرغوب‌تر بود و به طور معمول با نقوش سیاه یا قهوه‌ای روی زمینه نخودی، کرم یا سبز نخودی ظاهر شده بودند. نقوش روی این سفال‌ها طرح‌هایی مانند نقوش هندسی، خطوط موازی، مثلث‌ها و نقوش نقطه‌ای را شامل می‌شود که موارد مشابه آن را می‌توان در سوزیانی میانه و جدید و باکون A و B مشاهده کرد (Ibid). با توجه به عدم وجود گاهنگاری دقیق در منطقه چهارمحال و بختیاری و شباهت بسیار این سفال با دو منطقه مهم همجوار یعنی فارس و خوزستان، این نکته به ذهن می‌رسد که این‌گونه سفال، منشأ خوزستانی یا فارسی داشته و در نتیجه حرکات کوچ‌روی، به منطقه وارد شده است (حاجی‌نوروزی، ۱۳۹۷: ۲۴).

در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی فرضیه‌ها مورد سنجش قرار گیرند. به هر حال از چند دهه پیش تاکنون فلسفه باستان‌شناسی شروع به تغییر کرده است یعنی اگر قبلاً ادعا می‌شد که باستان‌شناسی تنها به بررسی نظری دوره‌های مختلف فرهنگ انسانی می‌پردازد، امروزه باستان‌شناس برای اثبات نظریه‌های خود (حداقل بخش اعظمی از این نظریه‌ها) از پشتیبانی علمی و فنی دیگر حوزه‌های علوم طبیعی برخوردار است (بحرالومی، ۱۳۹۲: ۱۷۶). در ایران هم چند سالی است که استفاده از علوم میان‌رشته‌ای و روش‌های آزمایشگاهی برای اثبات فرضیه‌های باستان‌شناسی رواج پیدا کرده که در میان آن می‌توان به مطالعه پتروگرافی عصر آهن غار هوتو در سال ۱۳۹۲ توسط صادق نقشینه و همکارانش (نقشینه و همکاران، ۱۳۹۲)، بررسی فن‌آوری سفالگری هزاره پنجم ق.م در شمال مرکزی ایران با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی XRD و XRF توسط حسن طلایی و همکاران (طلایی و همکاران، ۱۳۸۸) و چندین پژوهش مشابه دیگر اشاره کرد؛ اما در منطقه چهارمحال و بختیاری کار چندانی در حوزه مطالعات آزمایشگاهی صورت نگرفته به جز پژوهش

علیرضازاده نودهی مبنی بر مطالعه الگوی استقرار و برهم کنش فرهنگ مس سنگ چهارمحال و بختیاری با مناطق هم‌جوار که به بررسی آزمایشگاهی سفال دوره لپویی نیز پرداخته است (علیرضازاده‌نودهی و همکاران، ۱۳۹۹) و قدرت گروئی با عنوان مطالعه کانی‌نگاری سفال‌های لبه واریخته (اروک) آغاز ایلامی چهارمحال و بختیاری (گروئی و همکاران، ۱۳۹۸) که به تازگی صورت گرفته است؛ اما در این مورد خاص ابتدا به منظور بررسی میزان تأثیرپذیری سفال دوره مس سنگ چهارمحال و بختیاری از فرهنگ‌های هم‌زمان مناطق هم‌جوار، توسط روش پتروگرافی برخی ویژگی‌های فنی نمونه‌های مورد مطالعه، بررسی و مقایسه می‌شوند و سپس تعدادی از نمونه‌ها برای منشاء‌یابی (تعیین بومی یا وارداتی بودن) سفال مورد مطالعه، با روش ICP-OES آزمایش می‌شوند تا مشخص شود که این سفال‌ها توسط کوچروها به منطقه آورده می‌شده یا اینکه تنها دانش ساخت آنها تحت تأثیر حرکات کوچروی به منطقه زاگرس مرتفع منتقل شده است.

۲. موقعیت و ویژگی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه اصلی و هدف این پژوهش استان چهارمحال و بختیاری است که در بخش مرکزی ارتفاعات رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است (بنی‌طالبی، ۱۳۹۰: ۱۴). با توجه به شباهت‌های بسیار سفال این منطقه با مناطق هم‌جوار یعنی خوزستان (در جنوب غرب ایران)، فارس (جنوب زاگرس) و مشابیهت برخی نمونه‌های سفالی شمال منطقه با سفال هم‌زمان فلات مرکزی؛ خوزستان، فارس و اصفهان به عنوان مناطق شاهد پژوهش، در نظر گرفته شده‌اند. علیرغم پیگیری و به علت عدم دریافت مجوز برای نمونه‌برداری از محوطه‌های فلات، نمونه‌ای از فلات و اصفهان برای آزمایش در این پژوهش انتخاب نشده است. در منطقه هدف پژوهش یعنی چهارمحال و بختیاری تاکنون حدود ۸۰ تپه و محوطه این دوره شناسایی شده است (نوروزی، ۱۳۸۸: ۱۶۴) و در این پژوهش سعی شد از بین این محوطه‌ها نمونه‌های شاخص مانند گردی چله‌گاه و قلعه افغان که دو فاز دوره مس سنگ هم با اسامی این دو محوطه نام‌گذاری شده، انتخاب شوند. یا جمالو که در شمالی‌ترین نقطه استان و هم‌مرز با فلات مرکزی قرار دارد و همچنین تپه کیان که در منطقه‌ای قرار گرفته که در دوره مس سنگ استقرارهای بسیاری دیده می‌شود. از مناطق شاهد هم سعی شده محوطه‌های شاخص، کاوش شده و واقع در مسیر کوچروی انتخاب شوند. به عنوان مثال در فارس ۳ محوطه تل باکون، تل گپ و تل نخودی که هر سه در جلگه مرودشت قرار گرفته که خاستگاه سفال باکون بوده است؛ یا در خوزستان دو محوطه شاخص چغامیش و تل گسر که در مسیر کوچروی به زاگرس مرتفع قرار گرفته‌اند، انتخاب شد (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه و محوطه‌های مورد مطالعه در نقشه ایران، ۱: قلعه افغان، ۲: گردی چله‌گاه، ۳: تپه کیان و ۴: جمالو از چهارمحال، ۵: چغامیش و ۶: تل‌گسر از خوزستان، ۷: تل‌گپ، ۸: تل‌باکون و ۹: تل‌نخودی از فارس.

Fig 1. Location of the study areas and selected sites; Chaharmahal-Bakhtiari:1: Qal'e Afgan 2: Gerd-e Cellegah, 3: Kian and 4: Jamalu; Khuzestan: 5: Coqa Mis and 6:Tall-i Gesser; and Fars: 7: Tall-i Gap, 8:Tall-i Bakun, and 9:Tall-i Nokhodi.

۳. زمین‌شناسی منطقه چهارمحال و بختیاری

جایگاه ساختاری استان چهارمحال و بختیاری، شامل چند بلوک جداشده با زون‌های گسلی است که هر یک از آنها خاصه‌های لیتولوژیک و ساختاری ویژه‌ای دارند. بدین معنی که حاشیه شمال خاوری استان، بخشی کوچک از پهنه دگرگونه سنندج-سیرجان است. بخش باقی‌مانده استان، گستره‌های متعلق به کوه‌زایی زاگرس است که در همه جا ساختار لیتولوژی و همسان ندارد. در واقع می‌توان سه قلمروی زمین‌شناسی را در این منطقه شناسایی کرد. نخست شمال‌شرق استان که شباهت بسیار به زون سنندج-سیرجان دارد. البته برخلاف سایر نواحی زون سنندج-سیرجان، سنگ‌های دگرگونی پی‌سنگی (پالئوزوئیک-تریاس میانی) دارای رخنمون ناچیز هستند. واحدهای سنگ‌چینه‌ای عمده نیز به انباشته‌های شیلی و سنگ‌ماسه‌ای فیلیتی شده‌ی ژوراسیک پایین محدود هستند که به طور دگرشیب با فلس‌های آهکی کرتاسه پوشیده شده‌اند (آقابیاتی، ۱۳۸۹: ۱۱).

همچنین بخش زون زاگرس مرتفع که پی‌سنگ پلاتفرمی پالئوزوئیک شامل آواری‌ها و کربنات‌های کامبرین است که به طور عموم با دگرشیبی فرسایشی با توالی‌های کربناته پرمین و تریاس پوشیده شده‌اند. در نهایت بخش زون زاگرس چین‌خورده است که سنگ‌های پالئوژن تا اوایل نئوژن این ناحیه بیشتر کربنات‌های لایه ضخیم هستند. همچنین سازند کنگلومرایی بختیاری نواحی پست، به ویژه هسته‌های ناودیس‌ها را پوشش داده است (همان: ۱۲). البته هر سه منطقه مورد نظر در زون زاگرس و پهنه ساختاری مشترک قرار گرفته و از نظر شرایط زمین‌شناسی شرایط مشابهی دارند (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی و پهنه‌های ساختاری کشور (سازمان زمین‌شناسی کشور)
 Fig 2. Location of the study area in the geological map and structural zones of the country

۴. سفال مس سنگ میانی چهارمحال و بختیاری

فاز مس سنگ میانی در منطقه چهارمحال و بختیاری با دو مرحله فرهنگی چله‌گاه و افغان معرفی شده است. مرحله اول یا همان چله‌گاه نمایانگر نیمه دوم مرحله چغامیش است. این مرحله به طور کلی همزمان با لایه‌های 3m-n جعفرآباد، لایه‌های ۲۲ تا ۱۱ بندبال، مرحله‌های مهمه و بیات در تپه سبز و باکون ب در فارس است (زاگارل، ۱۳۸۷: ۴۳) و مرحله فرهنگی افغان که مرتبط با دوره باکون A₁₋₄ که شاخص استان فارس است (همان: ۴۵). در دوره مس سنگ میانی در هر سه منطقه سفال نخودی منقوش تولید می‌شد که نقوش آنها را بیشتر طرح‌هایی مانند نقوش هندسی، خطوط موازی، مثلث‌ها و نقوش نقطه‌ای را شامل می‌شود (Khosrowzadeh, 2015: 38; Alizadeh, 2006: 72; عزیزاده، ۱۳۸۲: ۴۴). از طرفی با مقایسه دقیق‌تر نقوش درمی‌یابیم که در مرحله نخست یا همان مرحله چله‌گاه منطقه چهارمحال و بختیاری، سفال‌های بسیاری با نقش‌مایه‌های اواخر باکون ب مانند زیگزاگی و همچنین نقش‌مایه قرص خورشید که از جوی می‌شناسیم (زاگارل، ۱۳۸۷: ۴۳)، نقش‌مایه لوزی ترکیبی و مثلث و همچنین شطرنجی گردآوری شد. در واقع تمام سفال‌هایی که از این منطقه به دست آمده دست‌ساز هستند، پخت خوبی دارند و از ذرات کانی به عنوان ماده چسباننده آنها استفاده شده است. سفال‌هایی شبیه اینها از مرحله شوشان میانی چغامیش هم به دست آمده بود (همان: ۴۴)؛ اما در مرحله افغان که مرتبط با باکون A₁₋₄ بوده، کاسه با کف حلقوی و دارای نوار منقوش پیرامونی از جمله سفال‌های متداول است. در برخی تکه سفال‌های مربوط به این نوع کاسه، سطح درونی نیز دارای نقش است. سبوی گردن بلند با نقش سیاه ارغوانی نیز نسبتاً متداول است. همچنین در برخی موارد

نقوش حیوانی کوچکی نیز دیده می‌شود (همان: ۴۵). در محوطه ساکی‌آباد نیز سفال‌ها به طور ویژه با نقوش نقطه‌ای تزئین شده بودند که هم‌افق بودن با شوشان جدید، فاز فرخ و بیات در دشت دهلران را نشان می‌دهد. در فارس هم این‌گونه سفال‌ها در فارس میانی ۱ (باکون B2) گسترش می‌یابد و تا فارس جدید (باکون A) ادامه می‌یابد (Shirazi & et al., 2015: 348).

در حاجی جلیل ۲ یک گروه اصلی از سفال‌ها، گونه منقوش با اشکال هندسی و طرح‌های نقطه‌ای بود (Esmaeili Jelodar & Zolghadr, 2014: 56) که در منطقه فارس از مرحله باکون B2 آغاز شد و تا فازهای گپ و باکون A ادامه یافته بود. در دشت شوشان هم این‌گونه سفالی از اواخر سوزیانای میانه آغاز شد و تا LS1 (بندبال لایه‌های ۱۱-۱۶) هم استفاده می‌شده است. همچنین کاسه‌های منقوش با نواری که در این محوطه پیداشده، از فرخ‌آباد، فاز فرخ لایه‌های A:14-29 و B:37-45، بندبال II لایه‌های 11-19، قبرشیخان در سوزیانا و باکون A و تپه رحمت‌آباد در فارس هم گزارش شده است (Ibid: 57). یا گونه‌ای که طرح‌های چهارگوش و بیضی شکل پرشده با خطوط عمودی موازی هم با یافته‌های قبرشیخان، آثار سطحی بهبهان، ارتفاعات بختیاری و خوزستان مرتبط است (Ibid: 58)؛ و به همین ترتیب سایر گونه‌های این محوطه هم به نوعی مرتبط با فارس و خوزستان است.

۴. مواد و روش

در این پژوهش ۳۲ قطعه سفالی مناطق چهارمحال و بختیاری، خوزستان و فارس با انجام آزمایش‌های پتروگرافی و ICP-OES مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول ۱). در بخش نخست آزمایش‌ها که به بررسی ویژگی‌های فنی و کانی‌شناسی نمونه‌ها می‌پردازد، پتروگرافی به عنوان مناسب‌ترین روش موجود انتخاب شد. پس از تهیه مقاطع نازک، مطالعه میکروسکوپی سفال‌ها با میکروسکوپ دو چشمی پلاریزان مدل James Swift پژوهشگاه میراث فرهنگی انجام شد. بزرگنمایی بکار رفته در این مطالعه 4X (۴۰ برابر) است.

جدول ۱- مشخصات نمونه سفال‌های منتخب برای آزمایشگاه

Table 1. Specifications of selected pottery samples for the lab

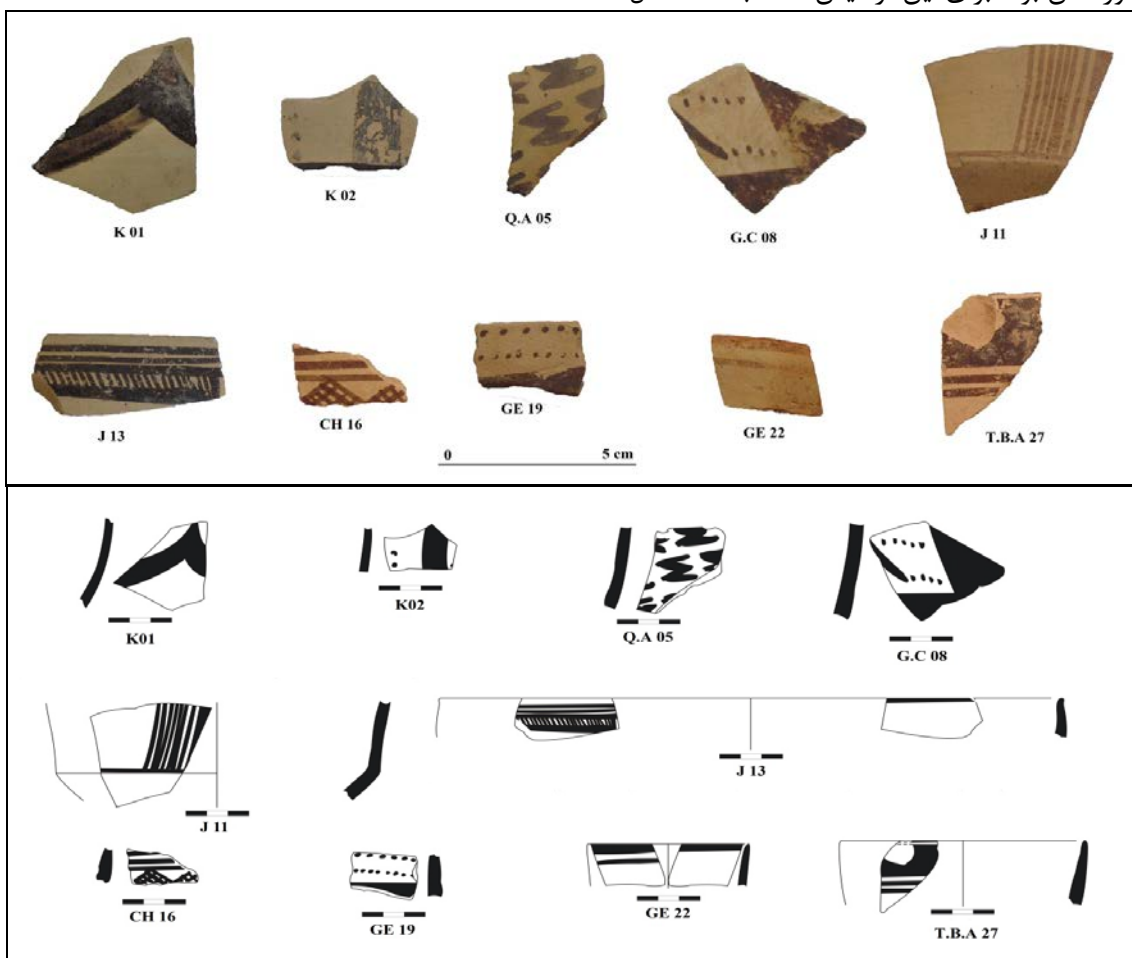
شماره قطعه	نام محوطه	نوع قطعه	نوع ساخت	آمیزه	توضیحات	مشابهت با مناطق همجوار
K01	تپه کیان	بدنه	دست‌ساز	نامشخص؟	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی، (ICP)	علیزاده، ۱۳۸۲: شکل S۶۲ Alizade 2006:29E
K02	تپه کیان	بدنه	دست‌ساز	نامشخص؟	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی (طرح نقطه‌ای)، (ICP)	علیزاده، ۱۳۸۲: شکل C۷۰ Langsdorff & McCown 1942: P62.7
K03	تپه کیان	لبه	دست‌ساز	نامشخص؟	نخودی، نقش قهوه‌ای روشن	علیزاده، ۱۳۸۲: شکل ۴۰ E؛ علیزاده، ۱۳۸۲: شکل ۳-۳۰
Q.A 04	قلعه افغان	لبه	دست‌ساز	مواد آلی	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی و لبه داخلی	Delougaz & Kantor 1996: P159L Alizadeh 2006: Fig 35E
Q.A 05	قلعه افغان	بدنه	دست‌ساز	نامشخص؟	نخودی سبزه (روشن)، نقش سیاه بر سطح خارجی، پرداخت‌شده، (ICP)	علیزاده، احمدزاده و امیدفر، ۱۳۹۴: شکل J ۴۹
Q.A 06	قلعه افغان	لبه	دست‌ساز	نامشخص؟	نخودی، نقش قهوه‌ای تیره بر سطح داخلی و خارجی، سطح داخلی پرداخت‌شده	Delougaz & Kantor 1996: P178 J
G.C	گردی	بدنه	دست‌ساز	نامشخص؟	نخودی، نقش قهوه‌ای بر سطح خارجی	Langsdorff &

۱۸۴ / مطالعه سفال دوره مس سنگ میانه چهارمحال و بختیاری با استفاده از آنالیز پتروگرافی و ICP-OES

McCown 1942: P33.5					چله‌گاه	07
علیزاده، احمدزاده و امیدفر، ۱۳۹۴: شکل ۴۹ G Alizadeh 2006: Fig 32A	نخودی، نقش قهوه‌ای تیره بر سطح خارجی، پرداخت‌شده با دست روش دست مرطوب، (ICP)	مواد آلی (مقداری سنگ‌ریزه هم دیده می‌شود)	دست‌ساز	بدنه	گردی چله‌گاه	G.C 08
Delougaz & Kantor 1996: P173 E	نخودی، نقش سیاه	شن ریز	دست‌ساز	کف	گردی چله‌گاه	G.C 09
علیزاده، ۱۳۸۲: شکل P ۲۵ Alizadeh 2006: Fig 23W	نخودی سبز، نقش سبز روی سطح خارجی، خمیره خوب ورز داده نشده، دارای خلل و فرج	نامشخص؟	دست‌ساز	بدنه	گردی چله‌گاه	G.C 10
گیرشمن، ۱۳۷۹: لوح ۶۷ شماره S.142	نخودی، نقش قهوه‌ای روشن بر سطح خارجی، (ICP)	ماسه	دست‌ساز	بدنه	جمالو	J11
گیرشمن، ۱۳۷۹: لوح ۶۴ شماره S.166	نخودی، نقش قهوه‌ای روشن بر سطح خارجی	ماسه	دست‌ساز	لبه	جمالو	J12
گیرشمن، ۱۳۷۹: لوح ۸۱ شماره A3	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی و لبه داخلی، (ICP)	ماسه	دست‌ساز	لبه	جمالو	J13
Zagarell 1982: Fig 22: 10	نخودی، نقش قهوه‌ای تیره بر سطح خارجی، پوشش ندارد	آلی	دست‌ساز	کف	چغامیش	CH14
	نخودی سبز، نقش سبز تیره بر سطح خارجی	ماسه	دست‌ساز	لبه	چغامیش	CH15
Zagarell 1982: Fig 19:4	نخودی، نقش قهوه‌ای بر سطح خارجی، (ICP)	ماسه	دست‌ساز	بدنه	چغامیش	CH16
Zagarell 1982: Fig 21: 12	نخودی، نقش قهوه‌ای تیره بر سطح خارجی	ماسه	دست‌ساز	بدنه	چغامیش	CH17
Zagarell 1982: Fig 22: 16	نخودی سبز، نقوش قهوه‌ای سبز بر سطح خارجی، خمیره یکنواخت نیست و تکه‌های سنگ داخل آن دیده می‌شود	ماسه	دست‌ساز	لبه‌های دو سوی یک ظرف	تل گسر	G.E 18
Zagarell 1982: Fig 22: 10	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی، (ICP)	ماسه	دست‌ساز	بدنه	تل گسر	G.E 19
Zagarell 1982: Fig 22: 6	نخودی، نقش قهوه‌ای تیره بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل گسر	G.E 20
Zagarell, 1982: Fig 19: 9	نخودی سبز (روشن)، نقش سیاه بر سطح خارجی و لبه داخلی	ماسه بادی	دست‌ساز	لبه	تل گسر	G.E 21
Zagarell 1982: Fig 17: 10	نارنجی با پوشش رقیق نخودی، نقش قهوه‌ای روشن بر سطح خارجی و لبه داخلی، (ICP)	آهک و مقدار بسیار کم گیاهی	دست‌ساز	لبه	تل گسر	G.E 22
Zagarell 1982: Fig 22: 15	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل گپ	T.G 23
Zagarell, 1982: Fig 19: 12	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی و لبه داخلی	آلی	دست‌ساز	لبه	تل گپ	T.G 24
Zagarell 1982: Fig 20: 16	نخودی، نقش قهوه‌ای تیره بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل گپ	T.G 25
	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل باکون	T.B.A 26
Zagarell 1982: Fig 19: 9	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی، (ICP)	ماسه بادی	دست‌ساز	لبه	تل باکون	T.B.A 27
Zagarell 1982: Fig 19: 6	نخودی، نقش قهوه‌ای روشن بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل باکون	T.B.A 28
Zagarell 1982: Fig 20: 4	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل باکون	T.B.B 29
Zagarell 1982: Fig 18: 1	نخودی سبز، نقش سیاه بر سطح خارجی، سطح سفال رسوب گرفته و خلل و فرج دارد	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل نخودی	T.N 30
Zagarell 1982: Fig 22: 6	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی	نامشخص؟	دست‌ساز	بدنه	تل نخودی	T.N 31
Zagarell 1982: Fig 20: 12	نخودی، نقش سیاه بر سطح خارجی	ماسه بادی	دست‌ساز	بدنه	تل نخودی	T.N 32

پس از انجام پتروگرافی و بررسی وجوه تشابه و تمایز سفال‌های مورد مطالعه، به منظور مطالعه عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی و مطالعه داده‌های کمی در بافت شیمیایی آنها، از روش ICP-OES (پلاسمای جفت‌شده القایی) استفاده شد؛ آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه ICP سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

انجام گرفت. ۱۰ نمونه منتخب از نظر ترکیب و اجزای سازنده شامل نمونه‌هایی با شباهت یا تفاوت بارز ساختاری زیاد با نمونه‌های مناطق شاهد بودند. سعی شد تا نمونه‌ها از تمامی محوطه‌های چهارمحال و بختیاری و با توزیع پراکندگی مناسب انتخاب شوند؛ به عنوان مثال نمونه شماره ۱ تپه کیان و ۵ از قلعه افغان به دلیل شباهت ساختاری با نمونه‌های خوزستان (۱۶ از چغامیش و ۱۹ از تل گسر) و مقایسه با نمونه‌های دشت شوشان انتخاب شدند. نمونه شماره ۲ از تپه کیان و ۸ از گردی چله‌گاه به دلیل شباهت ساختاری با سفال باکون در مقایسه با نمونه شماره ۲۷ تل باکون در فارس انتخاب شدند. نمونه‌های متفاوت جمالو (۱۱ و ۱۳) برای تعیین مکان ساخت آنها بررسی شده و همچنین نمونه شماره ۲۲ تل گسر که بسیار متفاوت از نمونه‌های خوزستان بود، برای این آزمایش انتخاب شد (شکل ۳).



شکل ۳- تصویر و طرح نمونه‌های سفالی برای آزمایش ICP (نگارندگان)

Fig 3. 10 sherds of Middle Chalcolithic Ceramics were selected for ICP-OES.

۵. نتایج آزمایشگاهی

۵-۱. پتروگرافی

روش پتروگرافی در مطالعه آثار فرهنگی مانند شناسایی کردن اشیای سالم، گروه‌بندی اشیای مشابه، مقایسه کردن گروه‌ها بر اساس مواد، شناسایی کردن منشأ ژئولوژیکی سفال و یا اجزای آنها و همچنین فن ساخت

کارایی بالایی دارد (Hall et al., 1999: 147). در این روش مقطع نازکی از سنگ یا شیء سفالین مورد نظر تهیه می‌شود. این مقطع به قدری نازک است که می‌تواند نور را از خود عبور دهد و با قرار دادن آن زیر میکروسکوپ زمین‌شناسی (پلاریزان) به بررسی و مطالعه کانی‌های موجود در آن می‌پردازند. از آنجایی که مواد معدنی تشکیل‌دهنده سنگ‌ها یا موجود در سفال‌ها در مقابل نور پلاریزه ویژگی‌ها و رنگ‌های متفاوتی دارند، متخصصان پتروگرافی می‌توانند آنها را از یکدیگر تشخیص دهند و به این ترتیب کانی‌ها و مواد معدنی تشکیل‌دهنده سنگ‌ها یا موجود در سفال‌ها را مشخص و شکل و اندازه آنها را معلوم سازند (Ellis, 2000: 458).

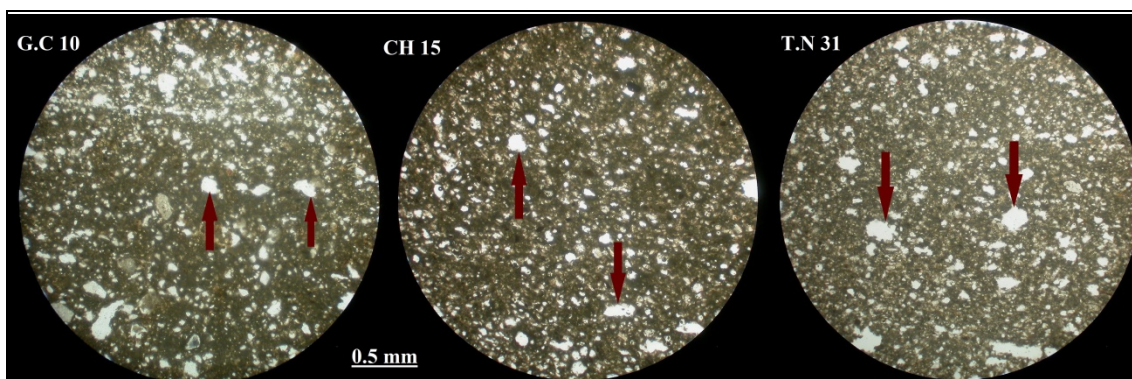
۱۳ قطعه سفال از ۴ محوطه (۳ نمونه از تپه‌کیان، ۳ نمونه از قلعه افغان، ۴ نمونه از گردی‌چله‌گاه و ۳ نمونه از تپه جمالو) استان چهارمحال، ۹ قطعه سفال از دو محوطه (۴ نمونه از تپه چغامیش و ۵ نمونه از تل گسر) استان خوزستان و ۱۰ قطعه سفال از سه محوطه (۳ نمونه از تل گپ، ۴ نمونه از تل باکون و ۳ نمونه از تل نخودی) استان فارس، انتخاب شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. همان‌طور که در جدول شماره ۲ دیده می‌شود، از نظر بافت، تمام نمونه‌های چهارمحال، خوزستان و فارس دارای بافت سیلتی یا ریزدانه هستند و قطعات موجود در خمیره سفال‌ها اندازه کمتر از ۰/۵ میلی‌متر دارند. همین‌طور از نظر ساختاری (بافت، دانه‌بندی و ترکیب کانی‌ها) شباهت‌های بسیاری بین نمونه‌های یک محوطه با یکدیگر و حتی با نمونه‌های سایر محوطه‌ها وجود دارد. در این سفال‌ها فراوان‌ترین جزء سازنده، کانی کوارتز است که به صورت قطعات ریز، تک‌بلور با حاشیه زاویه‌دار تا نیمه‌گردشده در خمیره دیده می‌شود. این کانی به مقدار محدود به صورت پلی‌کریستالین است. حاشیه زاویه‌دار تا نیمه‌گردشده کوارتز، نشان‌دهنده جابجایی کم آن از محل اولیه و یا اضافه کردن سیلیس به خاک منشأ توسط سفالگر (به عنوان ماده چسباننده) است. فراوانی این کانی در نمونه‌های مطالعاتی بین ۱-۱۰ درصد حجم سفال متغیر است. البته در تعدادی از نمونه‌ها سازنده غالب کلسیت است و کوارتز فراوانی کمتری دارد. در مجموع استفاده از سنگ آهک و کلسیت در ساختار سفال‌های استان چهارمحال بسیار رایج‌تر بوده است. با وجود شباهت‌های ترکیبی بین نمونه‌های محوطه‌های چهارمحال، سفال‌های محوطه جمالو در ناحیه شمالی با سایر محوطه‌ها تفاوتی جالب توجه دارند و آن هم وجود قطعات سنگ‌های آذرین و دگرگونی مانند سیلت‌استون و کانی پلاژیوکلاز است که منشأ و مکان ساخت متفاوت این نمونه‌ها را نشان می‌دهد. وجود این کانی‌ها شباهت ترکیبی این محوطه را با نمونه‌های فلات مرکزی به ویژه سیلک III نشان می‌دهد با این تفاوت که سفال سیلک چرخ‌ساز بوده و درجه حرارت کوره برای پخت سفال در آن منطقه فراتر از ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده است (نصرتی، ۱۳۹۰: ۱۰۲). استفاده از قطعات سنگ چرت همراه با کوارتز در ساختار سفال‌های خوزستان امری متداول است. با وجود اینکه سنگ چرت در خاک این منطقه وجود دارد اما با توجه به ابعاد و شکل قطعات چرت در این نمونه‌ها به نظر می‌رسد اغلب به صورت آگاهانه تغییر شکل داده شده‌اند و به عنوان ماده چسباننده مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ اما در این منطقه یک نمونه استثناء وجود دارد یعنی نمونه شماره ۲۲ (تل گسر) که حاوی کانی‌هایی مانند پیروکسن، آمفیبول و میکا است. این کانی‌ها تماماً اولیه بوده و شاخص سنگ‌های آذرین است. با توجه به نبود منابع اولیه سنگ آذرین در استان خوزستان، به طور قطع می‌توان بیان کرد که سفال شماره ۲۲ یک سفال وارداتی است. سفال‌های فارس نسبت به دو منطقه دیگر یکدست‌تر بوده و تمام نمونه‌ها از نظر ساختار و ترکیب بسیار شبیه هستند. در تمامی نمونه‌ها کوارتز و اکسید آهن و در بیشتر نمونه‌ها کلسیت وجود دارد.

جدول ۲- نتایج مطالعه پتروگرافی نمونه‌های مورد مطالعه در هر سه منطقه
Table 2. Petrographic results of the samples in all three regions

Sample	Quartz (Clean)	Quartz (Cloudy)	Plagioclase	Amphibole & Pyroxene	Fe-oxid	Mica	Calcite	Grog	Chert	Silt Stone	Texture
K-01	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
K-02	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
K-03	*	-	-	*	*	*	*	-	-	-	سیلتی
Q.A-04	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
Q.A-05	*	*	-	-	*	-	*	-	*	-	سیلتی
Q.A-06	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
G.C-07	*	*	-	tr	*	tr	*	-	-	-	سیلتی
G.C-08	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
G.C-09	*	*	tr	tr	*	tr	*	-	-	-	سیلتی
G.C-10	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
J-11	*	*	-	*	*	*	*	-	-	-	سیلتی
J-12	*	*	-	*	*	*	*	-	-	*	سیلتی
J-13	*	*	tr	-	*	-	*	-	-	*	سیلتی
CH.M-14	*	*	-	-	*	-	*	-	tr	-	سیلتی
CH.M-15	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
CH.M-16	*	*	-	-	*	-	*	-	tr	-	سیلتی
CH.M-17	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
GE-18	*	*	-	-	*	-	-	-	-	-	سیلتی
GE-19	*	*	-	-	*	-	-	-	*	-	سیلتی
GE-20	*	*	-	-	*	-	*	-	*	-	سیلتی
GE-21	*	*	-	-	*	-	-	-	*	-	سیلتی
GE-22	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	سیلتی
T.G-23	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
T.G-24	*	*	-	-	*	-	-	-	-	-	سیلتی و
T.G-25	*	*	tr	-	*	*	-	-	-	-	سیلتی
T.B.A-26	*	tr	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
T.B.A-27	*	tr	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
T.B.A-28	*	tr	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
T.B.B-29	*	tr	-	-	-	-	*	-	-	-	سیلتی
T.N-30	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی
T.N-31	*	tr	-	-	*	tr	*	-	-	-	سیلتی
T.N-32	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	سیلتی

پس از بررسی پتروگرافی نمونه‌ها و محوطه‌های مناطق مورد مطالعه (اصلی و شاهد) به صورت جداگانه، نمونه‌های هر سه منطقه از نظر فضاها، ساختار، کانی‌شناسی، ماده چسباننده و همچنین دمای پخت مورد بررسی قرار گرفتند.

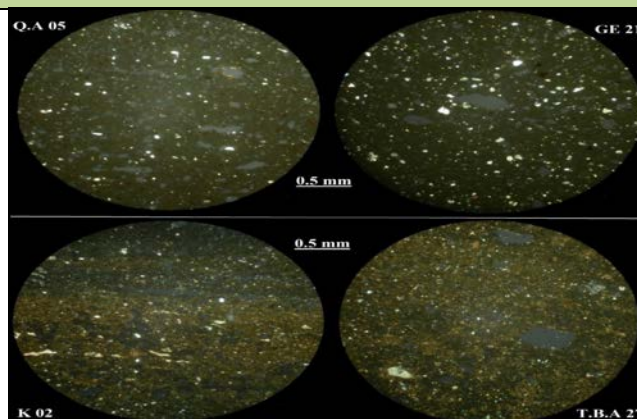
فضاهای خالی موجود: میزان فضای خالی موجود در نمونه‌ها ارتباط مستقیمی با ورز دادن خمیره توسط سفالگر و همچنین خروج حباب از آن دارد و در نتیجه آن سفال باکیفیت‌تری ساخته می‌شود. همان‌طور که تصاویر فضاهای خالی نمونه‌ها زیر نور PPL (نور پلاریزه ساده) نشان می‌دهند (شکل ۴) فضاهای خالی نمونه‌های چهارمحال بیشتر به صورت مدور و بیضی و گاهی کشیده‌اند. در برخی نمونه‌ها، تعداد فضاهای خالی محدود و در برخی نسبتاً فراوان است. در خوزستان، در نمونه‌های چغامیش هم خمیره با فضای خالی محدود و هم با فضای خالی نسبتاً فراوان دیده می‌شود. در این نمونه‌ها بیشتر فضاهای خالی به صورت مدور و بیضی و گاهی به شکل کشیده است اما آنچه بیشتر به چشم می‌آید ابعاد ریز فضاهای خالی است. همین موارد در تل گسر هم مشاهده می‌شود. البته نمونه ۲۲ تل گسر با سایر نمونه‌ها متفاوت است و فضای خالی بسیار و با ابعاد بزرگ‌تری دارد. در تمامی نمونه‌های فارس فضاهای خالی نسبتاً محدودی مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد سفالگران فرهنگ باکون در آماده کردن خمیره مطلوب برای ایجاد سفال باکیفیت مهارت و البته تلاش بیشتری داشته‌اند؛ اما شکل و ابعاد این فضاها در محوطه‌ها تا حدودی متفاوت است؛ به عنوان مثال در تل گپ فضای خالی کشیده هم وجود دارد اما بسیار پراکنده‌تر از دو محوطه دیگر است؛ اما در باکون و تل نخودی فضاهای خالی بیشتر به شکل مدور هستند، با این تفاوت که در باکون ابعاد آن ریزتر و در تل نخودی کمی بزرگ‌تر است. در مجموع می‌توان گفت در نمونه‌های منطقه چهارمحال و بختیاری فضاهای خالی در بیشتر نمونه‌ها به فرم مدور و بیضی وجود دارد و در چند نمونه محدود هم تعداد کمی فضای خالی به شکل کشیده وجود دارد. همچنین تقریباً نیمی از نمونه‌ها فضای خالی محدود و پراکنده‌ای دارند و فضای خالی در نیمی دیگر از نمونه‌ها نسبتاً فراوان است و در تمامی محوطه‌ها هردو مورد دیده می‌شود؛ بنابراین این فضاهای خالی از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کند اما در مجموع می‌توان گفت با توجه به میزان و شکل فضاهای خالی، خمیره بیشتر نمونه‌ها به خوبی ورز داده شده و از کیفیت نسبتاً مطلوبی برخوردارند. با مقایسه خوزستان و فارس نیز مشاهده شد که نیمی از نمونه‌های خوزستان هم مانند چهارمحال و بختیاری تقریباً فضای خالی محدود و پراکنده‌ای دارند و فضای خالی در نیمی دیگر از نمونه‌ها نسبتاً فراوان است و البته با همان نسبت فرم فضاهای خالی به شکل مدور و بیضی و گاه کشیده است با این تفاوت که ابعاد این فضاهای خالی کمی نسبت به نمونه‌های چهارمحال کوچک‌تر به نظر می‌رسد؛ اما در منطقه سوم یعنی فارس، تقریباً تمام نمونه‌ها فضای خالی محدود و فقط به شکل مدور و بیضی دارند و به نظر می‌رسد سفال نوع باکون بهتر ورز داده شده و از کیفیت مطلوب‌تری نسبت به دو منطقه دیگر برخوردار است.



شکل ۴- فتو میکروگراف، نمونه‌های G.C10 از چهارمحال و بختیاری، CH15 از خوزستان و T.N31 از فارس، بزرگنمایی X۴، نور PPL، طول میدان دید ۲٫۷ میلی‌متر. مقایسه فضاهای خالی نمونه‌هایی از هر سه منطقه مورد مطالعه. به برخی از فضاهای خالی با فلش قرمز رنگ به عنوان نمونه در شکل اشاره شده است.

Fig 4. micrographs of G.C10 from Chaharmahal-Bakhtiari, Ch15 from Khuzistan and T.N31 from Fars. X4, PPL lustre. Comparison of voids of samples from all three study areas.

ساختار نمونه‌ها: با مقایسه نمونه‌ها زیر نور XPL (نور پلاریزه و آنالیزور) و از زوایای دید گوناگون مشخص شد که نمونه‌های خوزستان از نظر ساختاری بسیار به هم شباهت دارند، اما در مقایسه نمونه‌های چهارمحال و بختیاری با این منطقه هم شباهت‌های جالب توجهی مشاهده می‌شود. نمونه شماره ۱ از تپه کیان و ۴ از قلعه افغان بسیار شبیه به نمونه‌های چغامیش به ویژه قطعه شماره ۱۴ این محوطه هستند. نمونه شماره ۵ قلعه افغان با نمونه‌های ۱۶ و ۱۷ چغامیش و بیشتر نمونه‌های تل گسر شباهت ساختاری دارد (شکل ۵، قسمت بالا). در تپه جمالو هم نمونه شماره ۱۳ شباهت ساختاری با نمونه‌های خوزستان به ویژه نمونه شماره ۱۵ چغامیش را نشان می‌دهد. با مشاهده تصاویر نمونه‌های فارس مشاهده شد که تمام نمونه‌های این منطقه (هر ۳ محوطه مورد مطالعه) از نظر ساختاری بسیار شبیه به هم هستند. همچنین در مقایسه نمونه‌های چهارمحال و بختیاری با این منطقه مشاهده می‌شود که به جز جمالو، نمونه‌های با ساختار مشابه با سفال باکون (به عنوان مثال نمونه شماره ۲ تپه کیان، ۶ قلعه افغان و ۱۰ گردی چله‌گاه با نمونه شماره ۲۷ فارس) وجود دارد به ویژه گردی چله‌گاه که تقریباً تمام نمونه‌های آن با نمونه‌های فارس شباهت ساختاری دارند (شکل ۵، قسمت پایین). در مجموع مشاهده می‌شود که برخی نمونه‌های چهارمحال و بختیاری با نمونه‌های خوزستان و برخی دیگر با نمونه‌های فارس شباهت ساختاری دارند به جز تپه جمالو که شباهت ساختاری با فرهنگ باکون ندارد و گردی چله‌گاه که شباهت چندانی با نمونه‌های خوزستان را نشان نداد و شباهت ساختاری آن با فارس بسیار بیشتر و قوی‌تر بود.



شکل ۵- فتو میکروگراف، بزرگنمایی X4، نور XPL، طول میدان دید ۲,۷ میلی‌متر، مقایسه ساختاری نمونه‌ها. تصویر بالا: مقایسه نمونه Q.A05 از چهارمحال و بختیاری با نمونه GE21 از خوزستان تصویر پایین: مقایسه نمونه K02 از چهارمحال و بختیاری با نمونه T.B.A27 از فارس.

Fig 5. Micrographs, X4, XPL lustre. Structural comparison of samples

کانی‌شناسی: در مقایسه نمونه‌های چهارمحال و بختیاری با سفال‌های خوزستان و فارس مشاهده می‌شود که در هر سه منطقه کوارتز، کلسیت و اکسید آهن تقریباً در تمام نمونه‌ها وجود دارد. تنها تفاوت آنها میزان وجود این عناصر در ترکیب سفال‌ها است که البته به نظر می‌رسد به دلیل همجواری این مناطق و شرایط مشابه زمین‌شناسی طبیعی آنهاست. تنها تفاوت بارز، نمونه‌های خوزستان هستند که مقادیری سنگ چرت در ترکیب خود دارند. همچنین در نمونه‌های جمالو قطعات سنگ‌های دگرگونی و آذرین دیده می‌شود که در سایر بخش‌ها وجود ندارد که با توجه به زمین‌شناسی منطقه‌ای که جمالو در آن قرار گرفته طبیعی به نظر می‌رسد.

آمیزه: در بیشتر نمونه‌های سفالی هر ۳ منطقه از کوارتز (عنصر اصلی تشکیلی دهنده ماسه) به عنوان آمیزه استفاده شده است. البته در خوزستان در بیشتر نمونه‌ها سنگ چرت وجود دارد که با توجه به شکل و ابعاد آن مشخص می‌شود که هرچند سنگ چرت در خاک بیشتر مناطق خوزستان وجود دارد اما وجود این عنصر اتفاقی نبوده و سفالگر عمدتاً و آگاهانه این عنصر را همراه با کوارتز به عنوان آمیزه (ماده چسباننده) به کار برده است. برخلاف آن، حجم و شکل ظاهری تک نمونه حاوی سنگ چرت چهارمحال (نمونه ۵ تل افغان) نشان می‌دهد که به احتمال زیاد سنگ چرت در خاک مورد استفاده برای ساخت سفال وجود داشته و اتفاقی بوده است؛ بنابراین در بیشتر نمونه‌های هر سه منطقه کوارتز به عنوان ماده چسباننده اصلی به کار رفته است اما در خوزستان گاهی از سنگ چرت هم به این منظور استفاده شده است.

دمای پخت: در هر ۳ منطقه دمای پخت بیشتر نمونه‌ها زیر ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد است اما این مقدار بدان معنا نیست که دمای حرارت خیلی پایین‌تر از این عدد بوده بلکه با توجه به کانی‌های موجود (کانی کلسیت و یا کانی‌های با بنیان کربناته در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در اثر حرارت از بین می‌روند و با توجه به زمین‌شناسی این مناطق که سازندها و رخنمون‌های کربناته به وفور وجود دارد، نبود کانی کلسیت در سفال‌های مطالعاتی، نشان از درجه حرارت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد برای این سفال‌ها است) این نتیجه حاصل می‌شود که این نمونه‌ها نیز دمای پخت حدود ۷۰۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده‌اند یا در برخی موارد قبل از رسیدن به درجه حرارت ۸۰۰ یا حدود این دما، سفال از داخل کوره خارج می‌شده است. به همین دلیل هم دیده می‌شود که به عنوان مثال در برخی نمونه‌ها حاشیه سفال فاقد کربنات بوده و حرارت بیشتری دیده اما به دلیل خارج کردن سفال از کوره، مرکز سفال این‌گونه نیست.

۲-۵. ICP

یک روش تحلیلی است که در علوم فیزیکی توسعه یافته و برای توصیف شیمیایی (عنصری) مواد باستان‌شناسی مانند سفال، خاک، فلزات، استخوان و سایر نمونه‌های قابل مقایسه استفاده می‌شود. این روش مخرب است، اما فقط مقادیر بسیار کمی از مواد مورد نیاز است و می‌توان یک تجزیه و تحلیل سریع و قابل اعتماد شیمیایی تهیه کرد. طیف گسترده‌ای از عناصر اندازه‌گیری می‌شوند، از جمله بسیاری از عناصر کمیاب تشخیصی و عمده‌ترین ترکیبات (Ellis 2000: 298). در این بخش به منظور منشاء‌یابی از این روش برای دستیابی به عناصر کم‌مقدار (trace) و کمیاب استفاده شده است. برای بررسی نتایج آزمایشگاهی ICP (جدول ۳)، نمودارهای (عناصر ناسازگار در سمت چپ و عناصر سازگار در سمت راست) چند عنصری ارائه شده است. سه نمونه ۱۶، ۱۹ و ۲۲ منطقه خوزستان، فراوانی و پیک مربوط به عناصر استرانسیوم و باریوم، تمرکز بالای این عناصر در کانی‌هایی مانند کوارتز و فلدسپات را نشان می‌دهد (شکل ۶: B). میزان فراوانی عنصر استرانسیوم در نمونه مربوط به فارس (۲۷) خیلی بیشتر از دیگر مناطق است (شکل ۶: C). همچنین تمرکز بالای فسفر به علت ناسازگار بودن این عنصر و فراوانی آن در رسوبات منطقه است. کانی تیتان هم به عنوان یک عنصر سازگار فراوانی بالایی در نمونه‌های منطقه دارد. در نگاه دیگر به این نتایج، روند و شباهت زیادی در بین توزیع و پراکندگی عناصر در سه منطقه دیده می‌شود اما نکته اصلی تراکم و فراوانی متفاوت هر یک از عناصر در مناطق مختلف است (شکل ۶: A, B & C).

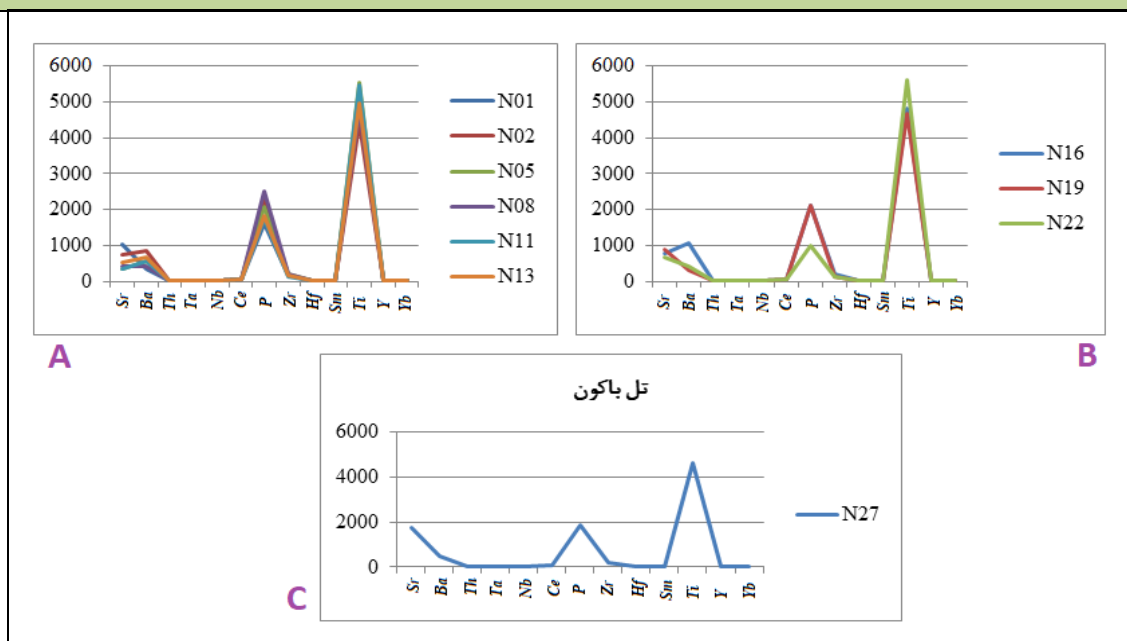
جدول ۳- نتایج آنالیز عناصر اصلی و جزئی نمونه‌های منتخب با روش ICP-OES (برحسب PPM)

Table 3. The main and minor elements results of ICP-OES analysis of samples (In PPM).

LAB.NUM	2445	2446	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2447
FIELD NUM.	N01	N02	N05	N08	N11	N13	N16	N19	N22	N27
AG	1	4.8	<1	1	<1	1	1	1.3	1	3.2
AS	4.3	5.7	6.1	8.1	7.1	6.2	3.4	3.3	6.7	12.7
BA	350	863	567	433	545	659	1057	323	428	488
BE	1.7	1.6	1.7	1.5	1.9	1.8	1.4	1.3	1.6	1.7
CD	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
CE	59.2	48	67.3	59.5	62.5	58.1	56.5	53.3	58.1	56.4

۱۹۲ / مطالعه سفال دوره مس سنگ میانه چهارمحال و بختیاری با استفاده از آنالیز پتروگرافی و ICP-OES

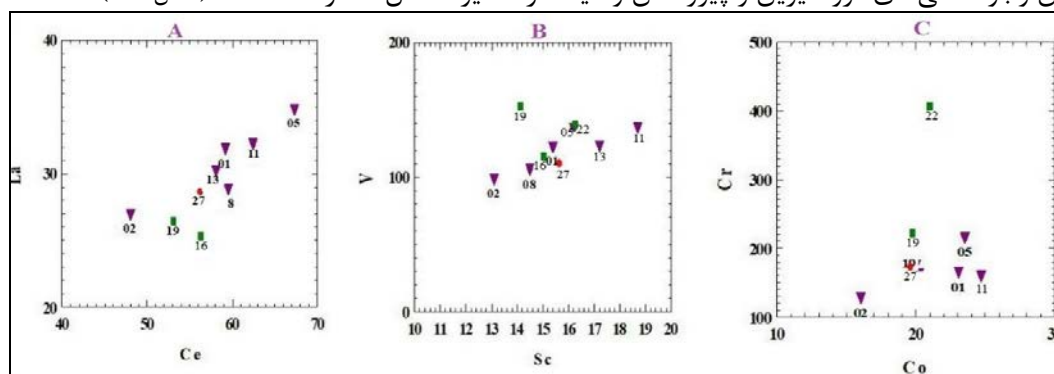
CO	23.1	16	23.5	20.2	24.7	20	19.5	19.9	21.1	19.7
CR	164.8	127.5	214.7	161.4	158.6	175.4	198.9	219.5	403.2	169.8
CU	32.4	31.5	116.6	59.8	40.5	43.9	29.9	30.8	31.8	27.9
DY	30	3.7	3.8	4.5	4	3.7	7.2	3.1	3.3	4
ER	2.5	2.4	2.9	2.9	2.3	2.8	2.3	2.7	2.5	2.2
EU	14.3	1.7	1.5	1.7	1.6	1.6	3.1	1.2	1.5	1.5
GA	22.2	19.2	23.7	18.3	24.1	19.6	19.4	17.2	18.9	21.2
GD	7.5	6.4	7	6.7	6.3	8	7.1	5.8	6.6	6.7
GE	1.2	1	1	1.2	1.5	1.4	1.2	1.2	1.6	1
HF	3	4	4.6	4.7	3.4	4	5.4	3.1	2	4.5
HO	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7	0.7	0.8
LA	31.8	26.9	34.8	28.8	32.2	30.2	25.2	26.3	29	28.5
LI	40.1	38.7	39.4	29.5	39.8	38.3	30.7	33.2	32.1	52.7
LU	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
MN	707	625	841	824	1015	951	640	435	498	789
MO	0.8	0.5	1.4	1.1	1	0.7	1.4	2.3	2.5	0.8
NB	22.5	18.5	28.2	21.2	25.7	23.1	21.9	27.9	25.2	22.1
ND	30.7	28.5	33.1	29.2	31.9	30.3	24.4	26	28.4	32.7
NI	91	51.8	122.2	102.5	101.2	84	104.9	93.9	111.6	81.5
P	1622	2300	2060	2499	1752	1815	2100	2116	989.1	1837
PB	12.7	10.9	15.2	3	12.2	3	5.6	<3	13.2	10.4
PR	6.7	6.3	9.1	7.3	8.5	7.5	7.5	6.2	7.5	9.1
S	329	886	614	162	445	550	692	>10000	1334	678
SC	15.4	13.1	16.2	14.5	18.7	17.2	15.1	14.2	16.3	15.7
SM	5.5	4.6	6.1	4.8	6.1	5.8	5	5	5	5.1
SN	2.5	2.1	2.9	2.4	3	2.8	2.5	2.2	2.7	2.5
SR	1014	729	337	433	334	536	776	897	656	1716
TA	1.6	1.9	2.1	3.1	3.1	2.4	2.6	2	2	2.4
TB	0.7	0.4	0.7	0.7	1	0.7	0.8	0.5	0.5	0.6
TE	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
TH	32.4	26.8	35.8	28.1	35.9	35.3	30.1	24.5	32.9	31.5
TL	1.1	1.3	0.8	0.1	1.4	0.7	0.5	0.9	0.7	0.8
TM	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4
TI	5089	4419	5516	4784	5479	4963	4816	4675	5612	4591
U	6.2	6.1	7.3	6.7	7.4	7.8	6.6	5.5	6.8	6.2
V	122.2	97.9	135.4	105.4	136.4	122.5	114.1	151.2	137.7	108.9
Y	23.6	19.8	25.9	23.5	23	22.6	20.5	21.3	20.6	22.2
YB	3	2.5	3.2	2.9	2.8	2.9	2.7	2.6	2.5	2.9
ZN	92.3	68.9	88.8	64.3	141	99.8	53.2	65.7	92.9	71
ZR	173.5	154.6	200.5	198.6	139.9	145.8	182	142.4	139.7	188.2



شکل ۶- نمودار چند عنصری نمونه‌های مناطق مورد مطالعه

Fig 6. Multidisciplinary charts of chemical bulk distributions of the rare earth elements in all three regions.

در بخش نمودارهای دوتایی دیده شد که نسبت لانتانیم به سریم در نمونه‌های چهار محال و بختیاری به غیر از نمونه ۸، بیش از ۰/۵۱ است که مشابه با یکدیگرند و در نمونه‌های خوزستان کمتر از ۰/۵ است که کاملاً شبیه به هم هستند. تراکم بالای عناصری مانند کبالت، سریم، مس، روی و تیتان در آنالیز نمونه‌ها، به علت وجود اکسید آهن، کانی‌های اپک و پیروکسن و آمفیبول و میکا در خمیره سفال‌ها است (شکل ۷: A&B). در بررسی کروم (Cr) در برابر کبالت (CO)، تنها نمونه ۲۲ یک فاز جداگانه و بالاتر از دیگر نمونه‌ها است که علت آن وجود کانی‌های فرومنیزین و پیروکسن و میکا در خمیره سفال شماره ۲۲ است (شکل ۷: C).

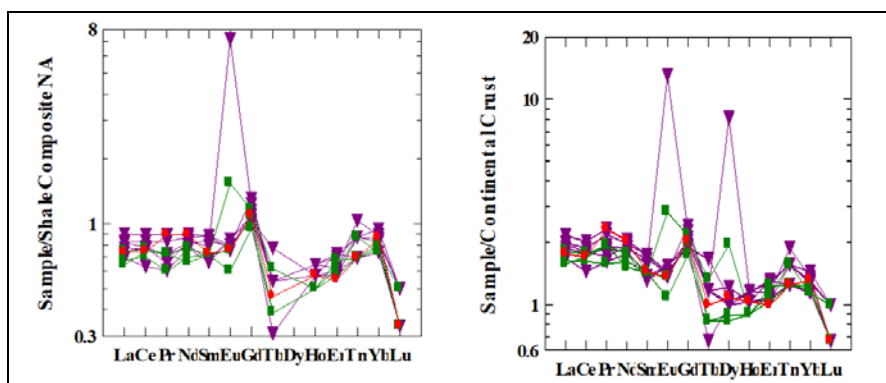


شکل ۷- نمودارهای دوتایی در هر سه منطقه - A: لانتانیم و سریم، B: اسکاندیم و وانادیم، C: کروم و کبالت

Fig 7. Dual charts in all three regions; a: Lanthanum and Cesium, b; Scandium and vanadium, c: Chrome and Cobalt. The triangles demonstrate different areas. Violet \blacktriangledown : Chaharmahal-Bakhtiari, Green \blacksquare : Khuzestan, Red \blacklozenge : Fars.

عناصر نادر خاکی جزء عناصر با کمترین قابلیت انحلال بوده و در طول فرایندهایی مثل هوازدگی، دگرگونی درجه پایین، دگرسانی هیدروترمال نسبتاً غیر متحرک هستند. از نرمالیز کردن عناصر نادر خاکی

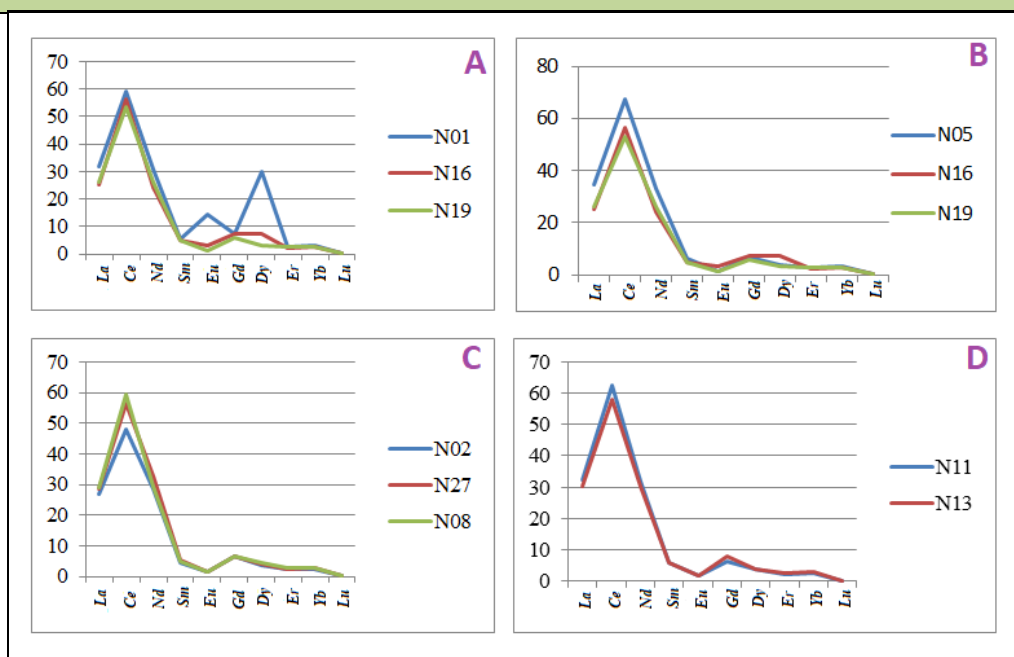
نمونه‌های سه منطقه نسبت به پوسته فوقانی نتایج زیر استنباط شد: در نمونه سفال‌های چهارمحال و بختیاری، شش نمونه مورد بررسی، روند مشابهی را نشان می‌دهند و تنها در نمونه ۱ غنی‌شدگی زیادی در عناصر ایزوپروم (Eu) و دیکيوم (Dy) نسبت به دیگر نمونه‌ها دیده می‌شود و عناصر تیبیوم و لوتتیوم تهی‌شدگی نشان می‌دهند. عنصر ایزوپروم اغلب به وسیله فلدسپات‌ها کنترل می‌شود، زیرا این عنصر در پلاژیوکلاز و فلدسپات پتاسیم سازگار است، در حالی که سایر REE سه ظرفیتی، ناسازگار هستند؛ بنابراین به دلیل نبود فلدسپات در این نمونه‌ها و عدم تمرکز این عنصر پیک زیادی را نشان می‌دهد. به علت فقدان و یا فراوانی خیلی محدود کانی‌هایی مانند خانواده فلدسپات‌ها، هورنبلند، اسفن، کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن و گارنت در نمونه سفال‌های مورد بررسی، غنی‌شدگی در تمام عناصر نادر خاکی دیده می‌شود و از نرمالیز کردن نسبت به شیل‌های آمریکای شمالی، عناصر نادر خاکی سبک محدوده بین ۰/۶ تا ۱ دارد و در عنصر ایزوپروم آنومالی دیده می‌شود و عنصر تیبیوم و لوتتیوم تهی‌شدگی نشان می‌دهد (شکل ۸: رنگ بنفش). نمونه‌های خوزستان (شکل ۸: رنگ سبز) و فارس (شکل ۸: رنگ قرمز) نیز روندی مشابه با نمونه‌های چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهند. در نمودار نرمالیز نسبت به پوسته فوقانی، نمونه‌های چهارمحال و بختیاری و فارس غنی‌شدگی دارند و نسبت به شیل‌های آمریکای شمالی، در عناصر نادر خاکی میانی تهی‌شدگی بیشتری نسبت به دیگر عناصر دیده می‌شود.



شکل ۸- نمودار نرمالیز عناصر نادر خاکی سه منطقه نسبت به پوسته فوقانی و شیل‌های آمریکای شمالی (رنگ بنفش: چهارمحال و بختیاری، سبز: خوزستان، قرمز: فارس)

Fig 8. Scatterplot diagram of rare earth elements in all three regions (Chaharmahal-Bakhtiari in purple; Khuzestan in green and Fars in red color).

پس از بررسی کلی نمونه‌های سه منطقه با یکدیگر، به منظور دستیابی به اهداف جزئی‌تر منشاء‌یابی، به مقایسه نتایج به تفکیک نمونه‌ها پرداخته شد: در ابتدا مقایسه نمونه‌های منتخب از چهارمحال و بختیاری با نمونه‌های خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه شماره ۱ از تپه کیان و نمونه ۵ از قلعه افغان با نمونه‌های خوزستان (۱۶ از چغامیش و ۱۹ از تل گسر) مورد مقایسه گرفت. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود نمونه کیان در عناصر نادر خاکی میانی با نمونه‌های خوزستان متفاوت است (شکل ۹: A). همچنین نمونه ۵ قلعه افغان با وجود شباهت بسیار با نمونه‌های خوزستان که احتمالاً از نزدیکی این منطقه با خوزستان نشأت می‌گیرد اما در عناصر نادر خاکی سبک با سفالینه‌های خوزستان تفاوت دارد (شکل ۹: B)؛ بنابراین می‌توان گفت مکان ساخت نمونه‌ها متفاوت از یکدیگر بوده و در خوزستان تولید نشده است.



شکل ۹- نمودارهای مقایسه‌ای چند عنصری نمونه‌های مناطق مختلف

Fig 9. Multivariate comparative graphs of samples in different regions.

در مرحله بعد نمونه شماره ۲ از تپه کیان و ۸ از گردی چله‌گاه با نمونه شماره ۲۷ از تل باکون فارس مورد مقایسه قرار گرفت. همان‌طور که در نمودار C شکل ۹ مشاهده می‌شود، نمونه انتخابی از تپه کیان در عناصر نادر خاکی سبک با نمونه فارس متفاوت است اما نمونه انتخابی گردی چله‌گاه کاملاً شبیه و منطبق با نمونه فارس است که منشأ و مکان ساخت مشابه این نمونه‌ها را نشان می‌دهد و با توجه به نزدیکی مکانی این دو محوطه، نتیجه حاصل‌شده دور از ذهن نبود. جدا از مقایسه منطقه‌ای، در این پژوهش مقایسه درون محوطه‌ای هم مدنظر قرار گرفت؛ به عنوان مثال موارد خاصی مانند قطعه سفال‌های جمالو که متفاوت از نمونه‌های سایر محوطه‌های چهارمحال و بختیاری دارای عناصری مانند سنگ‌های دگرگونی و آذرین بودند، به منظور اثبات مکان ساخت مشترک مورد مقایسه قرار گرفتند. طبق نمودار D شکل ۹، نمونه شماره ۱۳ جمالو که از نظر ساختاری شبیه به نمونه‌های چغامیش خوزستان بود، اما ترکیبی متفاوت داشت با نمونه شماره ۱۱ از همین محوطه مقایسه و مشاهده شد که نمودار چند عنصری این دو قطعه کاملاً منطبق بوده و نشان می‌دهد که هر دو نمونه در یک مکان و در همان محدوده محوطه جمالو ساخته شده‌اند.

۶. نتیجه

پس از انجام مطالعات میکروسکوپی بر روی نمونه سفال‌های هر سه منطقه و مقایسه نتایج این مطالعات، مشخص شد که سفال‌های دوره مس سنگ میانی چهارمحال و بختیاری نه تنها از لحاظ شکل ظاهری و نقوش بلکه از نظر ویژگی‌های فنی شبیه به نمونه‌های مناطق همجوار همچون فارس و خوزستان هستند. این سفال‌ها از لحاظ ورز دادگی و کیفیت خمیره وضعیت مشابهی داشتند. از لحاظ ساختاری نیز برخی نمونه‌های چهارمحال و بختیاری شبیه به نمونه‌های خوزستان و بعضی دیگر به نمونه‌های فارس شبیه بودند. در هر سه منطقه کوارتز، کلسیت و اکسید آهن اجزای اصلی سازنده‌های سفال را تشکیل می‌دادند و از کوارتز به عنوان

آمیزه استفاده شده است. همچنین در هر سه منطقه درجه حرارت کوره برای پخت سفال حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده و این دما برای پخت سفال‌های باکیفیت و مرغوب کافی است. در واقع در اینکه سفال چهارمحال و بختیاری در دوره مس‌وسنگ میانی کاملاً متأثر از فرهنگ‌های مجاور مانند باکون و شوشان بوده است، تردیدی وجود ندارد. البته در بین محوطه‌های چهارمحال و بختیاری، تپه جمالو که در شمالی‌ترین نقطه منطقه قرار گرفته، با سایر محوطه‌ها تفاوتی چشمگیر و شباهت بسیاری با سفال همزمان فلات مرکزی (به ویژه سیلک III_{۴-۵}) داشت. مطالعات ژئوشیمیایی این سه منطقه نشان داد که با توجه به زمین‌شناسی ایران و قرار گرفتن این سه منطقه در پهنه ساختاری و رسوبی مشابه، خاستگاه ژنتیکی تمام سفال‌ها مشابه است؛ اما با مقایسه چند عنصری نمونه‌ها به تفکیک مشخص شد که هرچند برخی نمونه‌های چهارمحال و بختیاری با خوزستان و تعدادی دیگر با فارس شباهت ظاهری و حتی ساختاری دارند، اما به نظر می‌رسد در بیشتر موارد سفال‌ها با تأثیرپذیری از فرهنگ‌های شوشان و باکون ولی در محدوده خود محوطه‌های چهارمحال و بختیاری ساخته شده‌اند؛ یعنی با وجود شباهت‌های بسیار، مکان و زمان ساخت متفاوتی دارند به جز گردی چله‌گاه که از نظر وجود عناصر نادر خاکی سبک و سنگین هم کاملاً شبیه نمونه فارس بود و احتمال می‌رود به دلیل نزدیکی این دو منطقه سفال ساخته شده از فارس به چله‌گاه وارد می‌شده است؛ البته این امکان هم وجود دارد که به دلیل همجواری دو منطقه این انطباق در عناصر کمیاب وجود دارد. درباره محوطه خاص جمالو نیز مشخص شد که سفال‌های این محوطه در همان منطقه (حاشیه زاینده‌رود) ساخته شده‌اند و علیرغم شباهت‌های ظاهری با فلات مرکزی، از آنجایی که برخلاف سفال چرخ‌ساز فلات مرکزی، نمونه‌های جمالو دست‌ساز بودند و همچنین اختلاف دمای پخت حدود ۹۰۰ درجه در نمونه‌های سیلک و زیر ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در جمالو دیده می‌شود، در این محوطه تنها در فن ساخت و نقش اندازی از فلات مرکزی الگو گرفته‌اند.

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس ایرج بهشتی بابت همکاری در مطالعات پتروگرافی سفال‌ها و همچنین آنالیز ژئوشیمیایی نمونه‌ها بی‌نهایت سپاسگزاریم.

منابع

- آقانباتی، سیدعلی، (۱۳۸۹)، «زمین‌شناسی و توان معدنی استان چهارمحال و بختیاری»، رشد آموزش زمین‌شناسی، دوره ۱۵، شماره ۳: ۱۰-۱۵.
- بحرالعلومی شاپورآبادی، فرانک، (۱۳۹۲)، *روش‌های سالیایی در باستان‌شناسی*، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت).
- بنی‌طالبی، احمد، (۱۳۹۰)، *مقدمه‌ای بر شناخت شهرکرد*، تهران: آزاد مهر.
- حاجی‌نوروزی، فاطمه، (۱۳۹۷)، «بررسی کانی‌نگاری سفال دوره مس‌وسنگ میانی منطقه چهارمحال و بختیاری به منظور شناخت منشأ آن»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: محمود حیدریان، رشته باستان‌شناسی گرایش پیش از تاریخ دانشگاه شهرکرد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- خسروزاده، علیرضا، (۱۳۹۱)، «الگوی استقرار دشت فارس از پیش از تاریخ تا دوران اسلامی»، *نامورنامه: مقاله‌هایی در پاسداشت مسعود آذرنوش*، تهران: نشر ایران‌نگار، ۱۶۹-۱۸۸.
- خسروزاده، علیرضا، بهرامی‌نیا، محسن، (۱۳۹۱)، «دوره نوسنگی در غرب چهارمحال و بختیاری؛ محوطه‌های نویافته بخش میان‌کوه، شهرستان اردل»، *نامه باستان‌شناسی*، دوره ۲، شماره ۳: ۶۱-۸۰.
- زاگارل، آلن، (۱۳۸۷)، *باستان‌شناسی پیش از تاریخ منطقه بختیاری؛ ظهور شیوه زندگی در ارتفاعات*، ترجمه کوروش روستایی، شهرکرد: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان چهارمحال و بختیاری.

- طلایی حسن، علی‌یاری، احمد و تقی‌ذوقی، یاسمن، (۱۳۸۸). «بررسی فن‌آوری هزاره پنجم ق.م با استفاده از روش‌های XRD و XRF در شمال مرکزی ایران»، *مطالعات باستان‌شناسی*، شماره ۱: ۸۴-۶۵.
- علیرضازاده نودهی، مهدی، حیدریان، محمود، خسروزاده، علیرضا، (۱۳۹۹). «مطالعه تطبیقی سفال لپویی چهارمحال و بختیاری با شمال فارس بر اساس روش پتروگرافی»، *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*، دوره ۱۰، شماره ۲۴: ۷-۲۶.
- علیزاده، عباس، (۱۳۸۲). *الگوهای استقرار و فرهنگ‌های پیش از تاریخی دشت شوشان؛ بر اساس تحلیل مجموعه حاصل از بررسی ف.ج.ل. گرملیزا*، ترجمه لیلا پاپلی یزدی و عمران گاراژیان، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور پژوهشکده باستان‌شناسی.
- علیزاده، عباس، (۱۳۸۳). *منشأ نهادهای حکومتی در پیش از تاریخ فارس؛ تل باکون، کوچ‌نشینی باستان و تشکیل حکومت‌های اولیه*، ترجمه کوروش روستایی، تهران: سازمان میراث فرهنگی و گردشگری، بنیاد پژوهشی پارسه- پاسارگاد.
- علیزاده، عباس، احمدزاده، لقمان و امیدفر، مهدی، (۱۳۹۴). *سیستم استقراری و فرهنگ باستانی دشت رامهرمز، جنوب‌غرب ایران (نتایج کاوش در تل گسر و بررسی منطقه‌ای رامهرمز)*، ترجمه ماندانا کرمی و رامین یشمی، تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری.
- گورویی، قدرت‌الله، حیدریان، محمود، خسروزاده، علیرضا، (۱۳۹۸). «مطالعه کانی‌نگاری سفال‌های لبه واریخته (اوروک) آغاز ایلامی چهارمحال و بختیاری». *نشریه جستارهای باستان‌شناسی ایران* پیش از اسلام، شماره ۱: ۱-۱۷.
- گیرشمن، رومن، (۱۳۷۹). *سیلک کاشان*، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- نصرتی، سمیه، (۱۳۹۰). «بررسی فن‌آوری سفالگری هزاره چهارم پ.م با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی XRD و XRF در شمال مرکزی ایران (بررسی موردی سفال‌های سیلک III، اریسمان I و قبرستان II)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: حسن طلائی، رشته باستان‌شناسی گرایش عمومی دانشگاه اصفهان. دانشکده مرمت، گروه باستان‌شناسی.
- نقشینه، امیرصادق، حاتمی، الناز و نیکروان متین، هومن، (۱۳۹۲). «مطالعه پتروگرافی عصر آهن غار هوتو»، *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*، دوره ۳، شماره ۵: ۷۸-۶۳.
- نوروزی، علی‌اصغر، (۱۳۸۸). «مطالعات باستان‌شناسی در حوضه آبخیز کارون شمالی- استان چهارمحال و بختیاری»، *مطالعات باستان‌شناسی*، دوره ۱ شماره ۲: ۱۷۶-۱۶۱.

- Aghanabati, S.A. 2010. "Geology and Mineral Power of Chaharmahal&Bakhtiari Province", *Growth in geology education*, Vol.15 No.3 10-15. [in Persian].
- Alirezazadeh Nodehi, M. Heydarian, M. Khosrowzadeh, A. 2019. "A Comparative Study of Chaharmahal & Bakhtiari Lapui Pottery with North Fars, Based on Petrographic Method", *Archaeological researches of Iran(nbsh)*, Vol.10 No.24: 7-26. [in Persian].
- Alizadeh, A. 2003. *prehistoric Settlement patterns and cultures in Susiana plain Southwestern Iran; the analysis of the F.J.L. Gremliza Survey Collection*, Tehran: Archrc. [in Persian].
- Alizadeh, A. 2006. *The Origin of State Organizations in Prehistoric Highland Fars, Southern Iran, Excavation at Tall-e Bakun*, Chicago, Oriental Institute Republications.
- Alizadeh, A. Ahmadzadeh, L. Omidfar, M. 2015. *Ancient Settlement systems and Cultures in Ram Hormuz Plain, Sowthwestern Iran: Excavations at Tall-e Geser and Regional Survey of Ram Hormuz Area*, translated by Mandana Karami and Ramin yashmi, Tehran: R.I.C.H.T [in Persian].
- Bahroloumi, F. 2014. *Dating Methods in Archaeology*, Tehran. [in Persian].
- Banitalebi, A. 2011. *An introduction to the knowledge of Shahr-e-kord*. Tehran, Azadmehr . [in Persian].
- Delougaz, P., Kantor, H.J. 1996. *Chogha Mish: Volume 1, The First Five Seasons of Excavation 1961-1971*. Chicago, The University of Chicago.
- Ellis, Linda. 2000. *Archaeological method and Theory*. New york & London, Garland publishing.

- Esmaili Jelodar, M.E., Zolghadr, S. 2014. "Central Zagros, Highland Fars and Lowland Susiana: a sphere of interaction in the 5th millennium BCE". *Archaeologische Mitteilungen aus Iran and Turan (AMIT)*. Vol 46: 51-70.
- Girshman, R. 2001. *Fouiless De Sialk*, translated by asghar karimi, tehran: Iranian cultural Heritage Organization. [in Persian].
- Goroei, GH. Heydarian, M. Khosrowzadeh, A. 2020. "Mineralogy study of Beveled Rimmed Bowl Ceramic (Uruk) Proto- Elamite of Chaharmahal and Bakhtiari", *Journal of Iran's Pre Islamic Archaeological Essays*, No.1:1-17. [in Persian].
- Hajinoroozi, F. 2019. "Mineralogical Analysis of the Middle Chalcolithic Pottery at Chaharmahal and Bakhtiari Region Aiming to Identify its Origin", M.Sc. thesis, Faculty of Letters and Humanities, Shahr-e-kord University(sku). [in Persian].
- Hall, M., Honeychurch, W., Wright, J., Batsaikhan, Z., Bilegt, L. 1999. "Chemical Analyses of Prehistoric Mongolian Pottery". *Arctic Anthropology* 36(1/2): 133-150.
- Khosrowzadeh, A. 2012. "Settlement Pattern of the Farsan Plain from the Prehistoric to the Islamic Period", *Namvarnameh; Papers in Honour of Massoud Azarnoush*, 169-188. [in Persian].
- Khosrowzadeh, A. 2015. "The Chalcolithic Period in the Bakhtiari Highlands; Newly Found Sites of Farsan, Chaharmahal va Bakhtiari, Iran". *International Journal of the Society of Iranian Archaeologist* Vol.2 No.2: 32-53.
- Khosrowzadeh, A. 2016. "Neolithic Period in the Farsan Area, Chahar mahal and Bakhtiari". *The Neolithic of the Iranian Plateau: Recent Research, Berlin, ex oriente*: 75-91.
- Khosrowzadeh, A. Bahraminia, M. 2013. "Neolithic Periods in Western Chaharmahal and Bakhtiari: Newfound Sites in Miankouh Region, Ardal County", *Journal of Faculty of Art and Architecture Department of Archaeology*, Vol. 2 No.3: 61-80. [in Persian].
- Langsdorff, A., McCown, D. 1942. *Tall-I-Bakun A, Season of 1932*, Chicago, The Univesrsity of Chicago.
- Naghshineh, A.S. Hatami, E. Nikravan Matin, H. 2013. " Petrographic Study of the Iron Age Pottery of Huto Cave", *Archaeological researches of Iran*, Vol.3 No.5: 63-78. [in Persian].
- Norouzi, A.A. 2009. "Archaeological studies in the North Karun Basin- Chaharmahal&Bakhtiari Province", *Journal of Archaeological Studies* (2): 161-176. [in Persian].
- Nosrati, S. 2011. "The study of the technology of pottery in 4th millennium BC by using laboratory methods of XRD and XRF in north center of Iran(case study of Sialk III and ArismanI and tepe GhabristanII pottery)". [unpublished dissertation]. Art University of Isfahan: Faculty of Restoration. [in Persian].
- Shirazi, R., Norouzi, A.A, Heidary, M., Ahmadi Khoei, Kh. 2015."New evidence of Chalcolithic nomadic campsites in the highland Zagros, Iran: Saki Abad". *Antiquity Project Gallery*, Issue 334, April 2015.
- Tala'i, H. Aliyari, A. Taghi Zoghi, Y. 2009. "The Technological Studies of the Fifth Millennium B.C. Pottery from North-Central Iran by Using X-Ray Defragmentation (XRD) and X-Ray Fluorescence (XRF) Laboratory Testing", *Journal of Archaeological studies*, vol.1 No1:65-84. [in Persian].
- Zagarell, A. 1982. *The Prehistory of The Northeast Bakhtiyari Mountains, Iran; The Rise of a Highland Way of Life*. Wiesbaden, Dr.Ludwing Reichert Verlag.