Journal of Research on Archaeometry, 2021; 7 (1): 1-30

Journal of Research on Archaeometry

DOI: 10.29252/jra.7.1.1 URL: https://jra-tabriziau.ir/

Original Paper

Archaeometry in the Cultural Heritage Studies and Art (Definitions, Future Trends and Challenges)

Mehdi Razani*[1], Fateme Sehati[2], Masoud Bagherzadeh Kasiri[3]

[1]. Assistant Professor, Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

[2] .Lecturer, Faculty of Cultural Material Conservation, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

[3]. Associate Professor; Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

Received: 5/10/2020 **Accepted: 10/09/2020**

Abstract

Understanding and investigation of the principles, fundamentals, and the actions during the last century; following the emergence of the concept of "archaeometry" or "archaeological science", that have encompassed the areas of cultural heritage, has have become a must for understanding the nature of scientific trends in archaeometry. Therefore, it is important to clarify the main definitions as the most important fundamental principles in conceptualization to create a common language. The purpose of this study was to investigate the origins of archaeometry by studying the approaches, areas, and boundaries of the related studies, to achieve the principles and basis of this scientific discipline. In Europe, archaeometric activities have been developed over the last century, with a focus on the topics and issues raised in the form of various interdisciplinary research approaches, and today, much of the research in this field of cultural heritage science is being conducted in an interdisciplinary approach, due to the variety of topics. According to a historical study of this interdisciplinary area of science, it can be said that archaeometry in the West has an archaeological origin and is related to the natural sciences. But in Iran, archaeometry was officially initiated under the domain of restoration of historical objects at the universities, began with the establishment of laboratories dedicated for archaeometrical studies in museums and research centers, and continued recently as an independent university discipline. Today, the most important axis of this scientific discipline includes: Characterization, Dating, Provenance, Authentication, Identification the objects application, Reconstruction of the ancient technologies, Science of conservation and restoration, Prospection & Remote sensing methods in archaeometry, Bioarchaeology, Geoarchaeology & Paleoclimatology, and Cyber-archaeology. The results of the investigations and studies realized in this research showed that due to the interdisciplinary nature of archaeometry in a discourse and research approach, it could not have a theoretical foundation. Meanwhile, understanding and adhering to the principles and foundations of the methodology of this interdisciplinary research approach in relation to the other sciences must be admitted. As if some rules and principles, such as the ethics in archaeometry, as a basic concern, have shaped the limitations and developed the archaeological methodological approach.

Keywords: Archaeometry, Interdisciplinary, Principles, Cultural Heritage Sciences

*Corresponding Author: Email: m.razani@tabriziau.ac.ir

Copyright© 2021, the Authors | This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-.NonCommercial terms

Introduction

The development and deepening of the vast area of sciences related to cultural heritage in the form of recognition of different aspects of human life based on the cultural relics and works that remained from the distant past to the contemporary art require the cooperation of many experts in various scientific and technical fields and majors. In the recent century, mostly by using physical science and engineering, some studies have been conducted about the cultural heritage relics, museum artifacts, and archaeological discoveries, and since 1958, such interdisciplinary studies have been known as "Archaeometry" [1]. Archaeometry, as an integrated research approach, has dealt with the physical, chemical, and mathematical analysis of the archaeological finding and materials using the scientific method, and although initially it was limited to the research areas such as the dating, provenance, production methods, distribution, and the way to use the artifacts, todays, with the advancements and developments in various sciences and access to the modern technologies, it has been able to achieve a more significant position among other sciences, whose result is the growing scope of research in this research approach [2, 3]. Archaeometry has been established as a new trend since 2012 based on the needs of the scientific community, especially in the field of cultural heritage sciences. Since foundations of this imported discipline have not progressed in the right direction since its entry, it is needed to, besides paying attention to the preparation of the research infrastructure regarding technical and engineering sciences (equipment, tools, etc.), on the other side of this integrated approach, make the broad dimensions of archaeometry studies in the cultural heritage and art sciences better known to the researchers and professionals, to localize it [5]. Recognition of these areas and fields regarding the integrated nature of this approach would help more experts from physical science fields try their hand in responding to the questions related to archaeology and cultural heritage. Therefore, regarding the lesser-known nature of this integrated approach, the introduction of the most important research fields of archaeometry is the main objective of the current study.

Discussion

Some of the most dominant and debated topics in the field of archaeological studies, which have also formed the related literature of the current study, are the following (Figure 1):

Dating and Dating Methods

Dating is a temporal soring of the data and an essential prologue to understanding the sequence and stages of past events [19], which is among the main study topics in archaeometry. The main criterion of dating the measurable materials is the tangible and gradual changes due to environmental and natural phenomena. If all the factors effective on a change are measurable and their speed is known, absolute dating (chronometric dating) will be possible. Nevertheless, if only the reason for these changes is known, or all the factors effective on a change speed cannot be measured precisely, the time sequence and relative ancientness of an event can be determined only through contrastive and comparative studies.

The Morphology and Origin

The morphological studies can be considered the use of physicochemical methods and the methods of recognition and investigation of the morphology and structure and the physical and chemical characteristics of the materials. In terms of antiquities, the ratio of organic and mineral components, elements, and compounds can be studied. Nevertheless, morphology can be considered one of the main fields of study in archaeology [27, 28], which is highly efficient in material origin and raw sources with appropriate statistical descriptions [6].

The origin is another important area in archaeology, related to the two words "Provenance" (the beginning of something's existence; something's origin) and "Provenience" (the place of discovery and the place of origin, and the archaeological context). It should be considered that a wide range of human activities such as trade, transaction, distribution, immigration, and group migration can be the cause of the movement of the artifacts from their place of production to the place of discovery [32-33].

Authenticity

Authenticity can mean original, first-hand (as opposed to counterfeit), real, true, and original (as opposed to fictitious). On the contrary, we face unoriginal artifacts based on the intention behind their presentation; we can face various definitions such as fake, counterfeit, imitation, duplicate, copy, and moulage. In other words, it can be said that what is not original, whose creation is not original and does not have at least one of the originality criteria (such as the originality of the main material, form, originality in pattern and inscription, originality in style, historical originality, and originality in attribution) [42]. Also, authenticity is one of the most important determiners in terms of measures related to protecting the heritage.

Identification of the Use of the Objects and Reconstruction of the Ancient Technologies

Investigating the way of use of objects in the past and reconstructing their production technologies are among the most important areas of archaeometry [51]. It had been previously manifested in the form of two other trends: experimental archaeology and, somehow, protection and restoration of monuments. To better clarify each topic in these two fields, some concepts have to be noted.

In archaeometric studies, technology research pursues several topics. First, evaluation of the technology itself, second, how the products are produced, and third, the information about the materials used in an area, in addition to conditions and methods of production, processing, and evolution of the related technology.

Science of Protection of Cultural Relics

This science includes physiochemical studies about the demolition processes and the development of new medical methods related to the protection and restoration, which is discussed under the archaeometry discipline [6] [62, 64]. This field itself includes several main sub-disciplines, which generally include: Study on the mechanism of degradation and erosion of various materials over time; study of the pathology of natural and historical monuments, study of the functional characteristics and intrinsic properties of historical materials and their relationship with restoration materials and protection methods, study of modern methods of protection and restoration and materials used and finally, study of interactions between modern and ancient materials, and the results of analyses from archaeological experiments [63].

Prospecting and Remote Sensing

The methods of excavation and study by modern archaeologists have made significant advances over the traditional practice of the past. Today, with the support of prospecting methods from the archaeologists' measures in the field of excavation, the costs have economized on the one hand, and on the other hand, it has made the excavations more targeted and focused on the available remains. The most important functional methods in this field of archaeometry can be classified under two main axes: remote sensing and prospecting by using geophysical methods. Remote sensing includes a wide range of scientific methods to study ground and underground surfaces at close and far distances, which act with outcomes such as imaging in various ways and obtaining information from archaeological sites without practical archaeological excavations.

The geophysical prospecting discoveries are associated with aerial archeology and laser scanning methods, effective and non-destructive methods for restoration, and understanding and following up archaeological research [66]. This field of research is contrasting and properly implementing the experimental geophysical method in the archaeological sites, which deals with the interpretation and modeling of underground surface structures by analyzing the physical changes of some points on the ground. It has been developed to record the physical traits of the parts close to the ground surface in a way that by measuring some specific points on the ground, it would be possible to understand some of the characteristics and changes that have occurred in the physical conditions of the underground and the differences in different places. The measurement and determination of these differences (anomalies) in different points can be done by changing the measured values in one place compared to its surrounding environment. Then, by special processing of the data, and ultimately, preparation of the related maps, a mass with significant physical differences from its surroundings can be detected below the ground surface [67-68-69].

Bioarchaeology

Today, bioarchaeology is still used in England and other European countries to study non-human remains, including animal, plant and in general, all biological and organic materials obtained from ancient sites (archeology, stool analysis, etc.), however, in the United States, this term, which is considered as an all-American evolution, is only used for human remains [76, 80-81]. As an academic interdisciplinary research area, bioarchaeology acts as a connecting bridge between sciences such as biology, medicine, anthropology, and social sciences through studying the human bone remains. The cornerstone of bioarchaeology is the interaction between culture and biology. Today, these studies have stepped in the path of coherent and scientific research at the demographic level (genetic kinship, diet, disease, lifestyle of ancient peoples, biological and cultural evolution) [82].

Geoarchaeology and Paleontology

The term "Geoarchaeology" was first introduced in the early 1970s, and now it has a noticeable history, connected with other disciplines such as geology, geography, environment, archaeology. It refers to geological and archaeological approaches that provide information on past landscapes, ancient climates, plants, and animals. In addition, geoarchaeology is a fast-growing interdisciplinary major in which archaeologists and geomorphologists try to use both sciences to solve mutually-interested problems. It includes the use of the principles of morphology, sedimentation, isotope geochemistry, and petrology. Among the main usages of this field of study is the restoration of the ancient time on the local and regional scale and the ancient climate zones in different parts of the world. In paleoclimatology or the study of previous climates, the scientists use what is known as proxy data to restore past weather conditions. These proxy data are the physical characteristics of the environment. The paleo-climatologists gather the proxy data from the natural recorders of climate change such as tree rings, ice cores, fossil pollens, ocean sediments, corals, and historical data [6].

Cyber-archaeology

Cyber-archaeology is a combined and linked set complex of archaeology, computer science, engineering, and natural sciences, and provides 21-century solutions to protect the past and preserve it for the future. It includes measures in the form of digital reconstruction in the virtual environment [93]. In simple terms, it is possible to summarize the sub-categories of the field of cyber archeology in 1) development of statistical and information software related to archaeological sciences, 2) creation and construction of databases, 3) topics related to digital documentation of historical monuments and buildings in the form of various methods of photography and illustration [95].

Conclusion

As is known, archaeometry is an interdisciplinary research area concerning the questions and problems about cultural heritage, art, and archaeology. Different scientific and technical fields, which are in line with their development and growth, deal with the scientific research related to the unknown ancient subjects, all in an interconnected unity following the study of issues related to the life of ancient humans and before. Any of these related disciplines is developing independently. It seems among the important challenges in the development of archaeometry; the archaeologists must seriously follow these:

- Investment in cultural heritage studies for archaeological research
- Creation of discourse between archeology and archaeometry
- Archaeometry training courses
- Creation and completion of the archaeometry databases
- Promotion of the archaeometry publications

Scientific disciplines such as pollenology, archaeo-osteology, archaeo-zoology, archaeobotany, archaeo-metallurgy, and archaeo-astronomy can be easily subdivided into several archaeological studies; and are suggestions that the researchers can evaluate in the future. It seems like that in the continuance of this research approach, the development of archeological ethics can be the next step in its development way.

پژوهه باستان‌سنجی ۱۴۰۰؛ ۷(۱)؛ ۱-۳۰

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.29252/jra.7.1.1 URL: http://jra-tabriziau.ir/

مقاله پژوهشی

باستان‌سنجی در مطالعات میراث فرهنگی و هنر (تعاریف، گرایش‌ها و چالش‌های آینده)

مهدی رازانی[۱*]، فاطمه صحتی [۲]، مسعود باقرزاده کثیری[۳]

۱و۳. عضو هیئت‌علمی گروه مرمت و باستان‌سنجی، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باستان‌سنجی، حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۰

چکیده

توسعه و پیشرفتِ هر رشته، گرایش علمی یا رویکرد پژوهشی درگرو شناخت اهداف، گستره و حوزه‌های مطالعاتی آن است. بررسیِ اصول و مبانیِ اقداماتی ذیلِ مفهوم باستان‌سنجی؛ به‌عنوان یک رویکرد پژوهشی علمی و کمّیِ کارآمد درزمینهٔ تحقیقات علوم میراث فرهنگی در دهه‌های اخیر ایران، به دلیل میان‌رشته‌ای بودن و کثرت موضوعات، چندان موردمطالعهٔ دقیق قرار نگرفته است. به سبب آنکه دستیابی به این موضوع درگرو شناخت رویکردها و گرایش‌های باستان‌سنجی است، شناخت حدودوثغور و گسترهٔ این حوزهٔ مطالعاتی به الزامی برای این گرایش علمی تبدیل‌شده است. آن‌چنان‌که می‌دانیم خاستگاه باستان–سنجی در غرب، حاصل ارتباط باستان‌شناسان با دانشمندان علوم پایه، فنی مهندسی و حتی پزشکی بوده است و در ایران تلاش شده که از همان بدو شکل‌گیری، این رشتهٔ وارداتی، با سایر علوم میراث فرهنگی همچون مرمت، باستان‌شناسی و موزه‌داری تلفیق شود و با حل مشکلات آن‌ها اقدام به پژوهش کند، ازاین‌رو بررسی حوزه‌های مختلف آن به‌عنوان اصل بنیادین باهدف ایجاد زبان مشترک میان متخصصان و دانشجویان و کارورزان ضروری به نظر می‌رسد و در مفهوم‌سازی عملکرد این رویکرد چندجانبه بسیار حائز اهمیت است. بنا بر مطالعات صورت گرفته، مهم‌ترین محورهای قالب و موردبحث این نوع پژوهش سنجه‌پذیر شامل موارد اصلی: سال‌یابی، ساختارشناسی منشأیابی، اصالت‌سنجی، شناسایی کاربری اشیاء و بازسازی فناوری‌های باستانی، دانش حفاظت و مرمت، دورسنجی و پیش‌یابی، باستان‌زیست‌شناسی، باستان زمین‌شناسی و دیرین‌اقلیم‌شناسی، سایبر باستان‌شناسی هستند که پژوهشگران این عرصه با شناخت هر چه بیشتر این حوزه‌ها می‌توانند دامنهٔ فعالیت‌های پژوهشی خود را گسترش دهند. به‌علاوه مباحث جدی همانند: عدم تخصیص سرمایهٔ مکفی در مطالعات میراث فرهنگی برای پژوهش‌های باستان‌سنجی، عدم ایجاد گفتمان کارآمد میان باستان‌شناسی و باستان‌سنجی، برنامهٔ آموزشی باستان‌سنجی در دانشگاه‌های کشور و معضل ورود دانشجویان غیر مرتبط، عدم وجود بانک اطلاعات و داده‌های باستان‌سنجی و پراکنده بودن داده‌های علمی کشور، و درنهایت کیفیت انتشارات باستان سنجی، می‌توانند آیندهٔ باستان‌سنجی را در کشور با چالش مواجه کنند.

واژگان کلیدی: باستان‌سنجی، میان‌رشته‌ای، اصول، علوم میراث فرهنگی

* نویسنده مسئول مکاتبات: تبریز، خیابان آزادی، میدان حکیم نظامی گنجوی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی. کد پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱

پست الکترونیکی: m.razani@tabriziau.ac.ir

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را با دیگران به اشتراک بگذارد منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

۱. مقدمه

توسعه و عمق‌بخشی به حوزهٔ وسیع علوم مرتبط با میراث فرهنگی در قالب شناخت ابعاد مختلف زندگی بشر بر اساس آثار و بقایا و مواد فرهنگی به‌جای مانده از گذشتهٔ دور تا هنر معاصر، نیازمند همکاری بسیاری از متخصصان در رشته‌ها و گرایش‌های مختلف علمی و فنی است. در طی سدهٔ اخیر غالباً با بهره‌گیری از علوم پایه و مهندسی در رابطه با آثار و بقایای میراث فرهنگی، آثار موزه‌ای و کشفیات باستان‌شناسی مطالعاتی انجام‌شده است؛ که این قبیل مطالعات بین-رشته‌ای از سال ۱۹۵۸.م با عنوان باستان‌سنجی "Archaeometry" شناخته می‌شوند [1]. علم باستان‌سنجی به‌عنوان یک رویکرد پژوهشی تلفیقی، با به‌کارگیری روش‌های علمی ازجمله تجزیه‌وتحلیل‌های فیزیکی، شیمیایی، ریاضی به مطالعهٔ مصنوعات، مواد و یافته‌های باستانی می‌پردازد و علی‌رغم اینکه در ابتدا فعالیت آن محدود به حوزه-های پژوهشی نظیر سال‌یابی، منشأ یابی، روش‌های تولید، توزیع و چگونگی استفاده از مصنوعات بود، امروزه با پیشرفت و توسعهٔ علوم مختلف و دستیابی به فناوری‌های نوین توانسته به جایگاهی نامحدودتر از پیش، در میان علوم دیگر دست یابد که نتیجهٔ آن گسترش روزافزون حوزه‌های تحقیقاتی این رویکرد پژوهشی است [2,3]. چگونگی ورود باستان‌سنجی به ایران موضوع جالب‌توجهی است و پیشتر بدان پرداخته شده است [4] اما باستان‌سنجی به‌عنوان یک گرایش جدید از سال ۱۳۹۱ با توجه به نیازهای جامعهٔ علمی کشور خصوصاً حوزهٔ علوم میراث فرهنگی، تأسیس و راه‌اندازی شده است و از این حیث که بنیان‌های شکل‌گیری این رشتهٔ وارداتی به کشور از بدو ورود چندان در مسیر صحیحی پیش نرفته، نیاز است در جهت بومی‌سازی آن علاوه بر توجه به فراهم‌سازی زیرساخت‌های پژوهشی در حوزهٔ علوم فنی و مهندسی (تجهیزات و ابزار و غیره)، در سویهٔ دیگر این رویکرد تلفیقی، ابعاد گستردهٔ حوزهٔ مطالعات باستان‌سنجی در علوم میراث فرهنگی و هنر برای پژوهشگران و متخصصان شناخته شده‌تر شود [5]. شناخت این حوزه‌ها و عرصه‌ها با توجه به ماهیت تلفیقی این رویکرد، کمک خواهد کرد که متخصصان بیشتری از حوزه‌های مختلف علوم پایه، توانایی خود را در پاسخگویی به سئوالاتی با زمینهٔ علوم باستان‌شناسی و میراث فرهنگی محک بزنند؛ بنابراین با توجه به ماهیت کمتر شناخته‌شدهٔ این رویکرد تلفیقی، معرفی مهم‌ترین حوزه‌های تحقیقاتی رویکرد پژوهشی باستان‌سنجی موضوع اصلی این مقاله است. این مقاله در راستای تحقیقات و حوزه‌های باستان-سنجی به دنبال پاسخگویی به پرسش‌هایی است از قبیل این که تعاریف اصلی، مفاهیم، محدودیت‌ها و گسترهٔ باستان‌سنجی چیست؟ مهم‌ترین حوزه‌های پژوهشی فعال در زمینهٔ باستان‌سنجی کدام هستند؟ و همچنین سایر پرسش‌هایی که حول این موضوعات به رشتهٔ تحریر درآمده‌اند.

۲. تعارف و مفاهیم باستان‌سنجی

باستان‌سنجی از ترکیب دو واژهٔ یونانی archaeos– به معنای کهن و باستانی و –metron به معنای سنجه کردن و اندازه‌گیری، ساخته‌شده است. ازنظر ریشه‌شناختی این علم، موضوع میان‌رشته‌ای است که با استفاده از ابزارهای دقیق، اندازه‌گیری‌هایی بر روی مواد باستانی (مصنوعات و آثار، یادمان‌های تاریخی و بقایای محیط‌های گذشته) برای تعیین پارامتری که ارتباط جدایی‌ناپذیری با باستان‌شناسی، تاریخ و میراث فرهنگی دارد، انجام می‌دهد [6].

باستان‌سنجی نخستین بار در سال ۱۹۵۸ میلادی به مفهوم «کاربرد روش‌ها و فناوری‌های علمی برای مطالعات باستان‌شناسی» به‌کاررفته است (برای مطالعات بیشتر در رابطه با تاریخ باستان‌سنجی مراجعه شود به [6,7] و به نقل از سالیوان [8] به تعیین سن یافته‌های باستان‌شناسی و همچنین مکان-ها و شرایط منشأ آن‌ها با استفاده از روش‌های علمی می‌پردازد. باستان‌سنجی به‌مثابه به‌کارگیری روش‌های تجربی به‌ویژه آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و

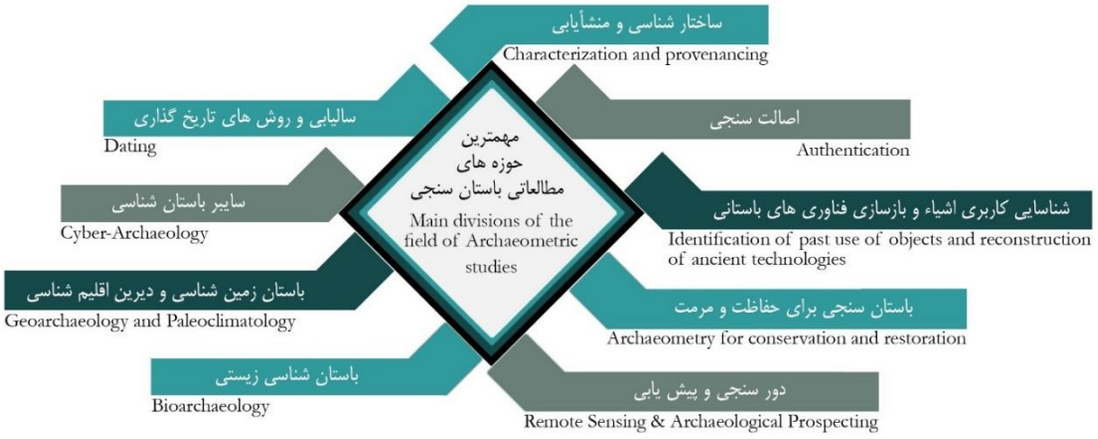
ریاضیات، برای تجزیه‌وتحلیل مواد باستان‌شناختی، تعیین قدمت و فناوری ساخت آن‌ها است ؛ اما شواهد و تحقیقاتی که در زمینه‌های مختلف باستان‌شناسی و دیگر حوزه‌های میراث فرهنگی صورت گرفته است، مؤید آن است که در چند دهۀ اخیر این واژه دارای مفاهیم گسترده‌تری شده است و با توجه به پیشرفت علم و فنّاوری، می‌تواند پهنۀ وسیع‌تری از پژوهش‌ها را در برگیرد. برخی مفاهیم باستان‌سنجی موجود در فرهنگ لغت‌ها و نیز دیدگاه پژوهشگران این حوزه، در جدول ۱ آمده است. این تعاریف نشان می‌دهند که گهگاه دیدگاه‌های متخصصان رشته‌های مختلف در رابطه با حوزۀ باستان‌سنجی به‌مرورزمان در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند.

جدول ۱: تعاریف و مفاهیم باستان‌سنجی
Table 1: Definitions and concepts of Archaeometry

مفهوم	منبع
کاربرد روش‌ها و فناوری‌های علمی برای مطالعات باستان‌شناسی.	Merriam Webster/1958[9]
کاربرد روش‌های فیزیکی، شیمیایی و ریاضی در مطالعۀ مصنوعات، مواد و داده‌های باستان‌شناسی، شامل روش‌های تاریخ‌گذاری رادیومتری، سنجش از راه دور، طیف‌سنجی و مدل‌سازی ریاضی است که علوم باستان‌شناختی هم نام دارد.	Ah-Dictionary[10]
– استفاده از علم و روش‌های مدرن در باستان‌شناسی، به‌منظور بررسی و تفسیر یافته‌های باستان‌شناسی. های باستان‌شناسی که با روش‌های خاص سروکار دارد. مثل تاریخ‌گذاری ای از باستان‌شناسی، با تاریخ‌گذاری نمونه– شاخه رادیو کربن و اسیدآمینه.	Collins–dictionary1968[11]
تعیین سن یافته‌های باستان‌شناسی و همچنین تعیین مکان و شرایط منشأ آن‌ها با استفاده از روش‌های علمی.	Sullivan 1981 [8]
جدایی‌ناپذیری باستان‌سنجی از باستان‌شناسی و تأکید بر وجود نواقصی در تعریف باستان‌سنجی از دیدگاه برخی باستان‌شناسان.	Ehrenreich 1995 [12]
تعیین سن یافته‌های باستان‌شناسی و همچنین مکان‌ها و موقعیت منشأ (منشأ یابی) آن‌ها با استفاده از روش‌های علمی. تأکید بر نقش باستان‌سنجی به‌عنوان یک میان‌رشته‌ای تحقیقاتی در حوزۀ میراث فرهنگی با طیف‌های گسترده‌ای از تحقیقات. هدف های باستان‌شناسی، میراث فرهنگی یا تاریخی مرتبط است.آن با حوزه	Stern 2001 [3]
باستان‌سنجی مجموعه همکاری‌های بین علوم طبیعی و باستان‌شناسی است که حوزه‌های اصلی آن شامل مطالعه قدمت، روش‌های تولید، توزیع و چگونگی استفاده از مصنوعات است.	Tite 2004 [2]
میان باستان‌سنجی و حوزۀ میراث فرهنگی ارتباط وجود دارد.	Martini & Piacentini 2004 [13]
علی‌رغم اشتراک وظیفه هر دو گروه دانشمندان و نظریه‌پردازان باستان‌شناسی در درک جوامع گذشته از طریق رسانه‌های مادی، جونز سعی بر نقد تناقض این دو دارد و به چرایی و چگونگی تفاوت دیدگاه‌های نظری معاصر و دانشمندان باستان‌شناسی می‌پردازد.	Jones 2004 [14]
این علم، اعمال فنون و روش‌های علوم دقیقه مانند فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و همچنین مهندسی برای پاسخ به پرسش‌ها و مسائل باستان‌شناسی، تعریف شده است.	Oxford Dictionary of Archaeology 2008 [15]
باستان‌سنجی کاربرد علوم مختلف در باستان‌شناسی به‌منظور تعیین سن، ترکیبات، منشأ، روش‌های تولید، منابع بهره‌برداری و محیط‌زیست است. باستان‌سنجی یک‌رشتۀ تخصصی در باستان‌شناسی است که در آن انواع روش‌های علمی ازجمله تجزیه شیمیایی و فیزیکی بر روی یافته‌های باستان‌شناسی اعمال می‌شود. باستان‌سنجی بر تحقیقاتی که هدف آن‌ها بررسی و آزمایش سئوالات باستان‌شناسی، دربارۀ مسائل تاریخی است یا بر پدیده‌های مرتبط با فعالیت‌های فرهنگی بشری، متمرکز است. این زمینۀ تحقیقاتی شامل رادیو کربن، لومینسانس و دیگر روش‌های تاریخ‌گذاری عددی، تجزیۀ زمین‌شیمی و کانی-شناسی، مطالعات متالورژی و شیمی ایزوتوپ پایدار است.	Encyclopedia of Global Archaeology [16]
باستان‌سنجی در میان دو گروه میراث فرهنگی که در جستجوی روش‌های مناسب تشخیص هستند و دانشمندانی که برای پیشرفت فنی خود به مواد مناسب و برنامه‌های کاربردی نیاز دارند، معلق است.	Artioli 2010 [17]
در علوم باستان‌شناختی (یا باستان‌سنجی) باستان‌شناس روش‌های تحقیق و استنتاج خود را از روی علوم طبیعی شکل می‌دهد و دیدگاهش با باستان‌شناسی علمی متفاوت است.	Martinón-Torres & Killick 2015 [18]

۳. گرایش‌های باستان‌سنجی

نویسندگان متعدد، تقسیم‌بندی‌های مختلفی از گرایش‌های باستان‌سنجی در طول هفتاد سال اخیر مطرح کرده‌اند، که پرداختن به‌تمامی این موارد از مجال این مقال خارج است، اما برخی از مهم‌ترین محورهای قالب و موردبحث در حوزهٔ مطالعاتی باستان‌سنجی که بخشی از ادبیات پژوهشی این‌گونهٔ مطالعاتی را شکل داده‌اند، شامل موارد اصلی ذیل هستند (شکل ۱). لازم به ذکر است در موارد بسیاری این گرایش‌ها مرزهای مشترک با یکدیگر دارند و تفکیک و استقلال‌دهی به این حوزه‌های وسیع و درهم‌تنیده دانش‌هایی که می‌توانند درزمینه میراث فرهنگی و هنری اقدام به مطالعات سنجه‌پذیر کنند، بسیار فراوان است.



شکل ۱: مهم‌ترین گرایش‌های حوزهٔ مطالعات باستان‌سنجی
Fig 1: Main divisions of the field of archaeometric studies

۳-۱. حوزهٔ مطالعاتی سال‌یابی و روش‌های تاریخ‌گذاری

سال‌یابی یا سن‌یابی (Dating [1])، مرتب‌سازی زمانی داده‌ها و پیش‌درآمدی ضروری برای درک توالی و مراحل وقایع گذشته است [19] که از موضوعات اصلی موردمطالعه در حوزهٔ باستان‌سنجی محسوب می‌شود. با توجه به روش و نوع مواد، محدوده‌های متفاوتی را می‌توان برای سن نمونه‌های موردمطالعه تعیین کرد. به بیان واضح‌تر، این حوزهٔ مطالعاتی در فرهنگ واژگان مصوب فرهنگستان به دو معنا تعبیر شده است. نخست، به تاریخ‌گذاری در حوزهٔ باستان‌شناسی که به تعیین سن مواد طبیعی یا تعیین تاریخ دقیق شکل‌گیری مواد بازمانده شامل اشیاء، نهشته‌ها، سازه‌ها و هر یافتهٔ باستان‌شناختی دیگر، بر پایهٔ میزان تغییری که در یک جزء قابل‌اندازه‌گیری با روند ثابت رخ می‌دهد، اطلاق می‌شود. دیگر این که سن‌یابی در حوزهٔ زمین‌شناسی به معنای تعیین سن مواد طبیعی یا مواد بازمانده به روش‌های مختلف، بر پایهٔ میزان تغییری که در یک جزء قابل‌اندازه‌گیری با روند ثابت رخ می‌دهد، تعریف‌شده است.[2] اما نخستین بار زمین‌شناسان روش تاریخ‌گذاری را، برای تعیین قدمت سنگ با استفاده از عناصر پرتوزا مورداستفاده قراردادند که در ادامه، در تحقیقات باستان‌شناسی موردتوجه قرار گرفت [20].

به‌منظور مطالعهٔ گذشته، تعیین دقیق اینکه یک بازهٔ زمانی یا یک واقعهٔ خاص چند وقت (سال) پیش رخداده است، ضروری نیست و تنها تعیین این نکتهٔ ساده که یک واقعه قبل و یا بعد از واقعهٔ دیگری رخداده است، به بسیاری از سئوالات طرح‌شده، پاسخ خواهد داد. مرتب‌سازی توالی یافته‌ها و داده‌ها، ذخایر،

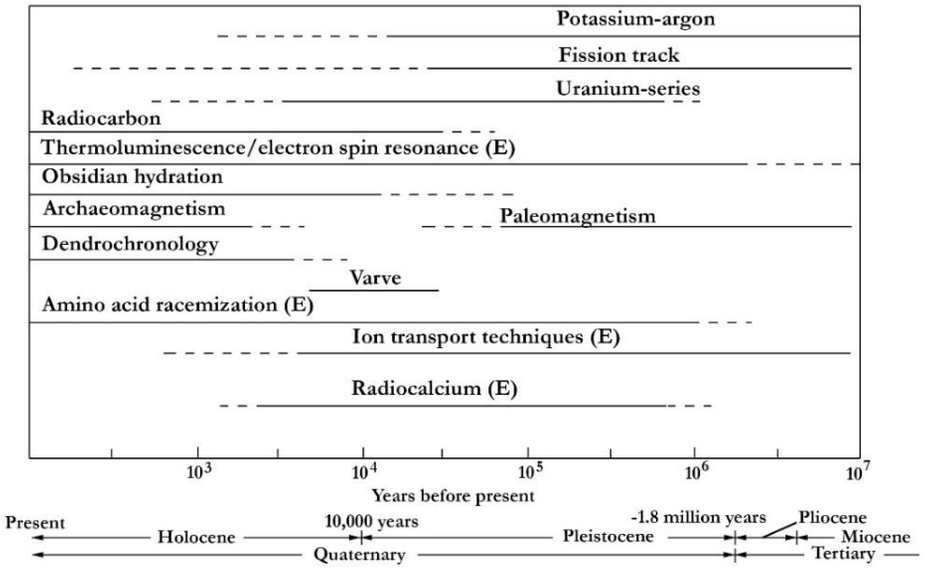
جوامع و وقایع سبب خواهد شد تا بازشناختی نسبت به گذشته، به دست آید، بدون دانستن این نکته که هر مرحله چند سال به طول انجامیده و یا چند سال پیش، چنین تغییراتی رخداده است. در باستان‌شناسی، این تفکر که لایه‌های باستان‌شناسی و یافته‌های آن نسبت به واقعهٔ دیگری قدیمی‌تر و یا جدیدتر است، اساس و پایهٔ تاریخ‌گذاری نسبی (Relative dating) است. بااین‌حال، نکتهٔ مهم در مطالعات مربوط به مواد باستانی، تعیین سن مطلق و یا کامل وقایع مختلف و یا قسمت‌هایی از یک توالی است که در این صورت نیاز به روش‌های تاریخ‌گذاری مطلق (Absolute dating) دارد. تنها از اوایل قرن گذشته روش‌های تاریخ‌گذاری مطلق توسط دانشمندان علوم طبیعی برای تعیین سن مواد ارائه‌شده‌اند و درزمینهٔ علوم مرتبط با میراث فرهنگی، باستان‌سنجی را متحول ساخته‌اند [21].

الف) سال‌یابی نسبی: کاربرد این روش به دلیل ارائهٔ نتایج نسبی، محدودیت‌هایی دارد اما به‌عنوان گام نخست در باستان‌شناسی برای تعیین سن نسبی لایه‌های باستانی، مصنوعات و رویدادهای تاریخی، مورداستفاده قرار می‌گیرد [19] گاهی سال‌یابی با استفاده از تغییرات شیمیایی (تأثیر عوامل محیطی نظیر درجه حرارت و رطوبت) و تغییرات غلظت، جزو دسته‌بندی نسبی هستند. در این زمینه، نمودارها و جداول شاهدی بر اساس تعیین سن نمونه‌ها با روش-های دیگر سال‌یابی تهیه می‌شود که تفسیر سال‌یابی نمونه، بر اساس تفسیر نتایج همه روش‌های مورداستفاده در تعیین قدمت موجود در این جداول صورت می‌گیرد و بدون این تفسیر، تنها می‌توان تقدم و تأخر زمانی نمونه‌های مشابه را ازنظر محدودهٔ مکانی مشخص کرد [21,22].

ب) سال‌یابی مطلق: سال‌یابی مطلق، روش تاریخ‌گذاری دقیق محسوب می‌شود که شامل اندازه-گیری زمان ساخت و یا وقوع یک حادثه است و می تواند قدمت مواد باستانی را مشخص می‌کند. از این روش تاریخ‌گذاری، گاهی با عنوان تاریخ‌گذاری تقویمی نیز یاد می‌شود. روش کار آن نیز بر اساس نسبت دادن یک محدودهٔ زمانی به یک پدیدهٔ طبیعی است. در این روش، اغلب نیازی به مطابقت و تفسیر سن به کمک دیگر روش‌ها نیست (به‌استثناء رادیو کربن ۱۴) [19, 22-24]. از جمله برخی از انواع روش‌های سال‌یابی نسبی می‌توان به: چینه شناسی، گونه شناسی، ترتیب سری بندی مصنوعات، تاریخ گذاری متقابل، تجزیه و تحلیل صیقل و جلا و زنگار و همچنین در روش‌های سالیابی مطلق می‌توان به برخی روش‌ها همانند: سالیابی ابسیدین هیدراته، سالیابی پتاسیم آرگون، سالیابی رادیوکربن، سالیابی ترمولومینسانس، سالیابی تشدید اسپین الکترونی، سالیابی رد شکافت هسته‌ای، روش‌های دیرین مغناطیس‌سنجی مطلق، روش‌های تاریخ گذاری ایزوتوپی، سالیابی درخت‌گاه‌شناسی و سالیابی سری اورانیم اشاره کرد [23-25-26]

معیار اصلی برای تعیین تاریخ‌گذاری در مواد مورداندازه‌گیری، تغییرات محسوس و تدریجی مواد در طی زمان، در اثر پدیده‌های زیست‌محیطی و طبیعی است. اگر همهٔ عوامل مؤثر بر یک تغییر، قابل‌اندازه‌گیری و سرعت آن معلوم باشد، امکان انجام دادن سال‌یابی مطلق (سال‌یابی کرونومتری) وجود دارد؛ اما اگر فقط دلیل این تغییرات شناخته‌شده باشد یا اگر همهٔ عوامل مؤثر بر سرعت یک تغییر را نتوان به‌طور دقیق اندازه‌گیری کرد، فقط می‌توان به‌وسیلهٔ بررسی‌های مقایسه‌ای و تطبیقی، توالی زمانی و درنتیجه، قدمت نسبی یک واقعه را تعیین کرد. با تکمیل اطلاعات دربارهٔ عواملی که این تغییرات را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توان سال‌یابی دقیق‌تری ارائه کرد. زمان آغاز تغییر در یک ماده به‌عنوان ساعت صفر در نظر گرفته می‌شود. این زمان برای هر روش سال‌یابی به پدیده‌ای که با اندازه‌گیری آن سال‌یابی انجام می‌گیرد، بستگی دارد. شناسایی ساعت‌های طبیعی در مواد با کشف اثر پرتوزایی (رادیواکتیویته) آغاز شد [19]. (شکل ۲) بازهٔ زمانی برای مهم‌ترین روش‌های سال‌یابی و نیز (جدول ۲)

نشان‌دهندهٔ برخی روش‌های سال‌یابی در ارتباط با مواد مختلف است. بررسی هفتاد سال، تحقیقات صورت گرفته در مجلهٔ باستان‌سنجی دانشگاه آکسفورد نشان می‌دهد که در عمدهٔ تحقیقات صورت گرفته در رابطه با سال‌یابی در پنج حوزهٔ توسعهٔ فنّاوری، به مبحث ساخت پایگاه داده‌های مرتبط، به‌کارگیری روش‌های مختلف سال‌یابی بر روی مواد باستانی و گاه‌نگاری محوطه‌های باستانی، و هم-سنجی (Calibration) سامانه‌ها و دستگاه‌ها و روش-ها پرداخته‌شده است.



شکل ۲: محدودهٔ سنی برخی روش‌های سال‌یابی [21]

Fig 2: Temporal range for major Quaternary physical dating method. Solid line indicates routine capability

جدول ۲: مهم‌ترین روش‌های سال‌یابی مورد کاربرد در رابطه با مواد مختلف[16-17]

Table 3: the main methods of dating and the applications

روش‌های سال‌یابی dating Methods / مواد Materials	سال‌یابی درختی Den	رادیو کربن RC	پتاسیم- آرگون PR	سری- های اورانیوم US	رد شکافت هسته‌ای FAD	ترمو لومینسانس TL	تشدید اسپین الکترونی ERS	اسید آمینه AAD	هیدراته شدن HD
چوب، گیاه، دانه و غیره Wood, plants, seeds and etc.	■	■							
استخوان، شاخ، عاج Bone, horn, ivory		■		■			■	■	
دندان و مینای دندان Teeth and enamel		■		■			■	■	
صدف shell		■		■			■	■	
استالاکیت و کلسیت Stalactite and calcite		■		■		■	■		
سرامیک، گل پخته Ceramic, Cooked Mud		■				■	■		

سرباره slag									
سنگ و سنگ چخماق Stones and flint									
رسوب ناشناس Unknown sediment									
ابسیدین Obsidian									
شیشه glass									
بقایای آتش‌فشانی Volcanic remains									

Den: Dendrochronology/ DR: Radiocarbon Dating/ PAD: Potassium Argon Dating / TL: Thermoluminescence Dating / HD: Hydration Dating / US D: Uranium Series Dating/ FAD: Fission Track Dating/ AAD: Amino Acid Dating/ ERS: Electron Spin Resonance Dating

۳-۲. حوزۀ مطالعاتی ساختارشناسی و منشأیابی

مطالعات ساختارشناسی را می‌توان به‌منزلۀ استفاده از روش‌های فیزیکی- شیمیایی و روش‌های شناخت و بررسی ساختار و ساختمان و خواص شیمیایی، فیزیکی مواد در نظر گرفت. این مطالعه، در رابطه با آثار باستانی نسبتِ اجزای سازنده آلی و معدنی، عناصر و ترکیبات را بررسی می‌کند. با این اوصاف می‌توان ساختارشناسی را از اصلی‌ترین حوزه‌های مطالعاتی باستان‌سنجی در نظر گرفت [27,28] که در مبحث منشأیابی مواد و منابع خام با تشریح آماری مناسب کارایی بالایی دارد [6].

می‌توان گفت اغلب حوزه‌های مطالعاتی باستان-سنجی، نخستین گام را در ساختارشناسی مواد باستانی برمی‌دارند و بسیار به آن وابسته هستند. ساختارشناسی بااینکه می‌تواند راهگشای دیگر حوزه‌ها باشد، اما در موارد بسیاری مستقلاً اقدامی باستان‌شناسی قلمداد می‌شود. به‌طور مثال، تعیین دقیق ماهیت یک مادۀ فرهنگی و رفع تشویش در رابطه با آن و استنباط‌های متفاوتی که در منابع آمده، به‌تنهایی یکی از کارکردهای اصلی ساختارشناسی است. در این زمینه، به مطالعات صورت گرفته بر روی اشیاء سنگی تمدن جیرفت که تا مدت‌ها با اسامی سنگ صابون معرفی می‌شدند، ارجاع داده می‌شود که مطالعات در این زمینه، اثبات کرد که این اصطلاح توصیفی چندان صحیح نیست و باید از نام علمی آن-ها «سنگ کلریت» استفاده کرد [29].

همچنین ازجمله مثال‌های جالب‌توجه ساختارشناسی در حوزۀ باستان‌سنجی، مطالعات انجام‌شده در رابطه با کاربرد رنگ در تخت جمشید بر اساس بقایای کاوش‌های باستان‌شناسی هیئت هرتسفلد و اشمیت و نمونه‌هایی است که بقایا و ردهایی از رنگ به‌صورت محدود بر روی آن‌ها باقی‌مانده بود که محقق، در این زمینه موفق شد بر اساس ساختارشناسی شواهد اندک به‌صورت علمی، گونۀ رنگ‌های به‌کاررفته را اثبات کند [30]. در مثال دیگری از ساختارشناسی می‌توان به سایر مطالعاتی که بر روی اشیاء سنگی معروف به لاجورد در موزه ملی انجام شد، اشاره کرد که در آن اثبات شد کلیۀ آن‌ها آبی مصری هستند و هیچ‌کدام از سنگ لاجورد، ساخته نشده‌اند [31]. ازجمله بخش-های مهم مطالعات ساختارشناسی در باستان‌سنجی که امروزه در برخی منابع [34] خود به گرایش تبدیل‌شده‌اند و آن را یک حوزۀ علمی مستقل می-دانند، می‌توان به شناخت فعالیت انسانی (Human Activity) در محوطه‌های باستانی اشاره کرد. فعالیت‌های انسانی شامل آنالیز خاک و رسوبات و بقایای موجود در محوطه‌های باستانی است که می تواند اطلاعاتی را در رابطه با قلمرو استفاده و سکونت

انسان و حیوان‌های اهلی آن، نحوهٔ سکونت و استفاده از بخش‌های مختلف محوطه تاریخی به‌مثابه کارگاه، آشپزخانه، طویله و انبار ارائه دهد. یکی از اولین کاربردهای این نوع، تجزیه‌وتحلیل فسفات موجود در خاک‌ها در سال ۱۹۲۹ میلادی توسط اولاف آرنیوس (Olaf Arrhenius) سوئدی بود که به‌طور علمی مستند کرد که فعالیت انسان در خاک، اثراتی از افزایش میزان فسفات به‌جای می‌گذارد و از این اطلاعات برای یافتن محوطه‌های پیش‌ازتاریخی استفاده کرد. از آن زمان تاکنون باستان‌شناسان و دانشمندان خاک سعی کردند تا اطلاعات جدیدی با استفاده از آنالیز خاک در محوطه‌های باستانی بیابند [34].

منشأیابی، از دیگر حوزه‌های مهم باستان‌سنجی است و در ارتباط با دو واژهٔ Provenance [به معنای زادگاه/ محل تولید مصنوع یا منابع آن] و Provenience [به معنای محل کشف مصنوع، یافتگاه و زمینه (Context) باستان‌شناسی] است که گاهی به‌اشتباه به‌جای همدیگر به کار می‌روند. اما با توجه به مطالعاتی که در شمارگان مختلف مجلهٔ Archaeometry در حوزهٔ منشأیابی صورت گرفته، این نکته برمی‌آید که مهم‌ترین سئوال مطرح در حوزهٔ منشأیابی باستان‌سنجی «کجا ساخته‌شده؟» است و منشأ مصنوعات به محلی که مصنوع در آنجا تولید یا ساخته‌شده است، بازمی‌گردد؛ بنابراین درست‌ترین واژه، برای این تعریف Provenance است. باید در نظر داشت که طیف وسیعی از فعالیت‌های مختلف بشر نظیر تجارت، دادوستد، توزیع، مهاجرت و کوچ گروهی می‌تواند عامل جابه‌جایی اشیاء باستانی از محل تولید خود به محلی که در آن کشف‌شده‌اند، باشد [32-33]؛ بنابراین محل کشف مصنوع لزوماً نمی‌تواند محل تولید آن در نظر گرفته شود و در برخورد با مصنوعات تاریخی هم‌محل کشف و هم‌محل تولید موردتوجه است که حوزهٔ تحقیقات منشأیابی در اینجا بروز می‌یابد. به‌علاوه، لازم به ذکر است که بنیان مسئلهٔ منشأیابی در ساختارشناسی مواد موجود و منشأهای احتمالی آن‌ها استوار است.

مطالعات منشأیابی در ارتباط با تعاریف اولیهٔ باستان-سنجی، به‌گونه‌ای از مطالعات مرتبط با میراث فرهنگی و آثار تاریخی اطلاق می‌شود که مرزهای مشترکی با معدنکاری و شناخت معادن و منابع مواد اولیه دارد. درواقع، آنجا که بحث بر سر معادن است، باستان‌سنجان به‌غیراز جستجو برای یافتن شواهد علمی مبتنی بر ساختارشناسی و نیز مقایسه و تطبیق مواد فرهنگی و اجزا/ اشیاء تاریخی با معادن، به دنبال شواهد باستانی و اقدامات معدنکاری باستانی (مانند رد ابزار و بقایای نیمه‌کاره) و اقداماتی برای شناخت ماهیت موقت اسکان یا شواهد استقراری (موقت یا دائمی) هم‌جوار با معادن نیز هستند که این امر موجب مستندتر شدن اقدامات علمی آنان می‌شود. نظیر مطالعاتی که بر روی شواهد معدنکاری باستانی و استخراج سنگ در رابطه با کاخ‌های هخامنشی برازجان انجام‌گرفته است [34]، مطالعاتی که در رابطه با تخت جمشید و پاسارگاد در کوه‌های اطراف این ابنیه صورت پذیرفته است [35]. مطالعاتی که در رابطه با معدنکاری سنگ‌های کلریتی تپه یحیی در کوه‌های اطراف شهرستان بردسیر در دههٔ پنجاه شمسی [36] و متعاقب آن در دههٔ هشتاد شمسی بر روی آثار سنگ کلریتی و پیش‌ازتاریخی شهرستان جیرفت در معادن و منابع اطراف آن صورت گرفته است [29]. در بررسی ویژگی تمامی این موارد که ذیل معدنکاری تقسیم‌بندی می‌شوند، پیش‌فرض اولیهٔ محققان بر معدن بودن و ارائهٔ شواهد باستانی در معدنکاری و در ادامه، مطالعهٔ آن‌ها است (جدول ۳).

به‌طورکلی مطالعات منشأیابی با دو هدف مهم صورت می‌گیرند (شکل ۴). نخست، با هدف شناسایی و تطبیق مواد فرهنگی تاریخی به‌دست‌آمده از محوطه-های تاریخی با معادن، منابع و مناطق باستانی که مصنوع در آنجا تولیدشده، است. در این رابطه، سئوالات متعددی که در رابطه با بومی بودن و یا وارداتی بودن مصنوعات فرهنگی است، مطرح می-

شود. دیگر، با هدف مطالعه برای یـافتن منـابع مـواد خام جهت استفاده‌های در ارتباط بـا میـراث فرهنگـی مـثلاً: حفاظـت و مرمـت و بازسـازی محوطـه‌هـای باستانی، منشأیابی صورت می‌گیرد (مثلاً یافتن معادن و منابع مواد خام سنگ بـرای اسـتفاده در حفاظـت و مرمت و یا جایگزینی آثار فرسوده شده). بـه‌عـلاوه از مطالعات منشأیابی برای بازسازی روند تولید یـا درک روابط سیاسی و اقتصادی و اجتماعی جوامـع گذشـته نیز بهره‌برداری می‌شود.

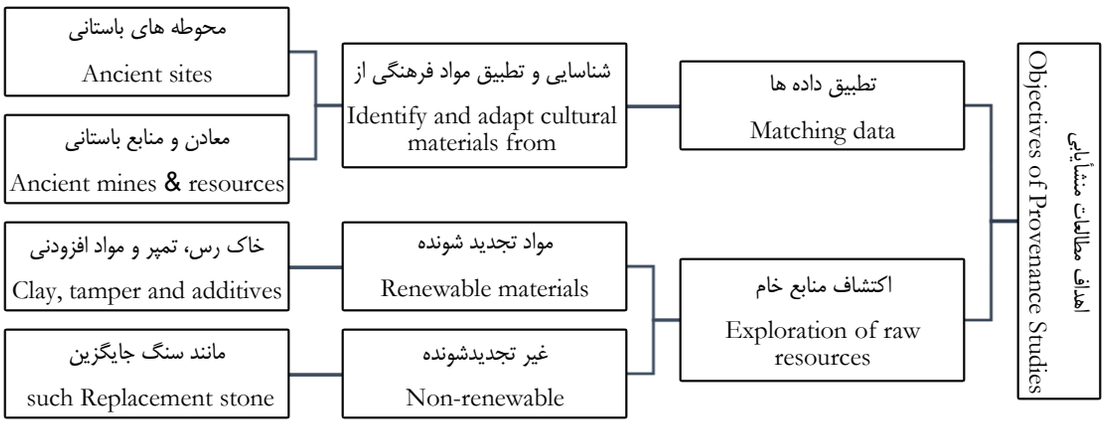
جدول ۳: وجه تشابه و مرزهای مشترک منشأیابی با معدنکاری
Table 4: The similarity and common boundaries of Provenance with the mining

	زیرشاخه‌ها Sub-branches	اهداف باستان‌سنجی Archaemetrical Objectives
منشأیابی Provenance	ساختارشناسی Characterization	شناسایی و تطبیق مواد فرهنگیِ محوطه‌های تاریخی با معادن، منابع و مناطق باستانی Identifying and matching the cultural materials of historical sites with mines, resources and ancient sites
	فناوری Technology	بازتولید منابع و به‌کارگیری در ترکیب با آثار تاریخی Reproduction of resources and use in combination with historical monuments
معدنکاری Mining	منابع مواد خام اولیه Sources of Raw Materials	استخراج منابع اولیه کانی از معادن Extraction of primary mineral resources from mines
		جستجوی شواهد علمی در راستای شناسایی مراکز فعالیت‌های صنعتی Searching for scientific evidence to identify centers of industrial activity
	معادن فلزات باستانی Ancient Metal Mines	مقایسه و تطبیق یافته‌های باستانی با معادن Comparison and matching of ancient findings with mines
	منابع سنگ‌ها Stones Sources	یافتن شواهد معدنکاری باستانی (مانند رد ابزار و بقایای نیمه‌کاره) Find ancient mining evidence (such as rejection of tools and semi-finished remains)
		اقدام برای شناخت ماهیت شواهد استقرارهای موقت هم‌جوار یا نزدیک معادن Take action to identify the nature of evidence of temporary settlements in the vicinity of or near mines

از طرفـی در ایـن مبحـث، واژۀ دیگـری بـا عنـوان «منابع» نیز مطرح می‌شود. منابع مواد خـام یـا مـواد اولیه، در دو دستۀ کلی می‌تواننـد تقسـیم‌بندی شـوند. دستۀ نخست، منابع تجدیدشونده ماننـد منـابع خـاک رس، آمیزه و مواد افزودنی هستند که بعضاً در دلتـای رودخانه‌ها به‌صورت فصلی رسوب می‌کننـد و امکـان استفاده از این منابع می‌توانسته در هزاران سال بـرای ساکنان حواشی این نواحی جهت ساخت سفال و آجـر و کاشی میسر بوده باشد و دسـتۀ دیگـر، منـابع غیـر تجدیدشونده یا همان معـادنی هسـتند کـه باسـتان-سنجان بـه‌واقـع اطلاعـات و شـواهدی در رابطـه بـا استقرار و یا معدنکاری در آن‌ها نیافته‌اند ولی می‌توانند تخمین بزنند که ایـن منـابع بـاوجود مسـتعد بـودن/ نبودن حتی در دورۀ باستان نیز شناخته‌نشده بودند یـا می‌توانسته‌اند بر اساس آنـالیز ترکیبـات مورداسـتفاده، شناخته‌شده باشند؛ اما شـواهد باستان‌شناسـی، انجـام فعالیت زیستی و معدن‌کاوی را در آن‌ها تأییـد نمـی-کند. ازاین‌رو، محققان، آن‌ها را به‌عنوان منـابع بـالقوه معرفی می‌کنند. در این زمینه، مطالعـاتی کـه در چنـد سال اخیر درباب تعیین معادن و منابع احتمالی بر روی ابسیدین‌های سهند انجام‌گرفته است، قابل‌ذکر هستند [37]. این‌گونه مطالعات، همچنین سبب شناخت بشـر از محیط پیرامون خویش شده کـه در مـواردی آن را نیز دچار پیشرفت کرده است. لازم به ذکر است که در تـداوم این‌گونـه مطالعـات، در زمینـه‌هـای دیگـری همچون مبحث حفاظت از میراث فرهنگی، مطالعـات

جالب‌توجهی درزمینهٔ نگهداری از معادن تاریخی به‌عنوان منابع مواد جایگزین و همچنین یافتِ شواهدی از تاریخ فناوری صنعتی، انجام‌گرفته است [38].

مثال جالب‌توجه دیگر در این موضوع، شرح می‌دهد که تعیین ایزوتوپ‌های اکسیژن (O)، استرانسیوم (Sr) و سرب (Pb) می‌تواند امکان ایجاد پیوند میان منابع زمین‌شناسیِ مواد خام شیشه‌های تولیدی را در محوطه‌هایی که شیشه در آن‌ها ذوب‌شده است، فراهم کند. آنالیزهای ایزوتوپی، نشان از وجود ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم (Sr) در میان مواد خام ساخت خاکستر گیاهی و شیشه‌های ناترونی (نمک قلیای طبیعی) ناحیهٔ الرقه سوریه، در قرن هشتم تا نهم دارد. مقایسهٔ داده‌های ایزوتوپی الرقه با نتایج منتشرشده از دیگر شیشه‌های خاورمیانه و آلمان نشان می‌دهد که ایزوتوپ‌های استرانسیوم به‌طور خاص، ابزار قابل‌اعتمادی برای تمایز بین منابع مواد خام شیشه خاکستر گیاهی هستند و این امر در مورد اثر ایزوتوپ‌های اکسیژن و سرب کمتر قابل‌توجه است [39]. در این زمینه، به مطالعات جالب‌توجهی در مجموعه مقالات باستان متالورژی در دیدگاه جهانی روش‌ها و سنتزها می‌توان اشاره کرد که در طی مقالات متعدد به جنبه‌های مختلف باستان متالورژی به‌مثابه یکی از شاخه‌های باستان‌سنجی پرداخته شده و مسئلهٔ منشأیابی و شناخت فناوری‌های فلزات باستانی در آن‌ها مطرح شده است [40-41].



شکل ۴: برخی از اهداف مطالعات منشأیابی در باستان‌سنجی
Fig 4: Objectives of Provenance Studies

۳-۳. حوزهٔ مطالعاتی اصالت‌سنجی

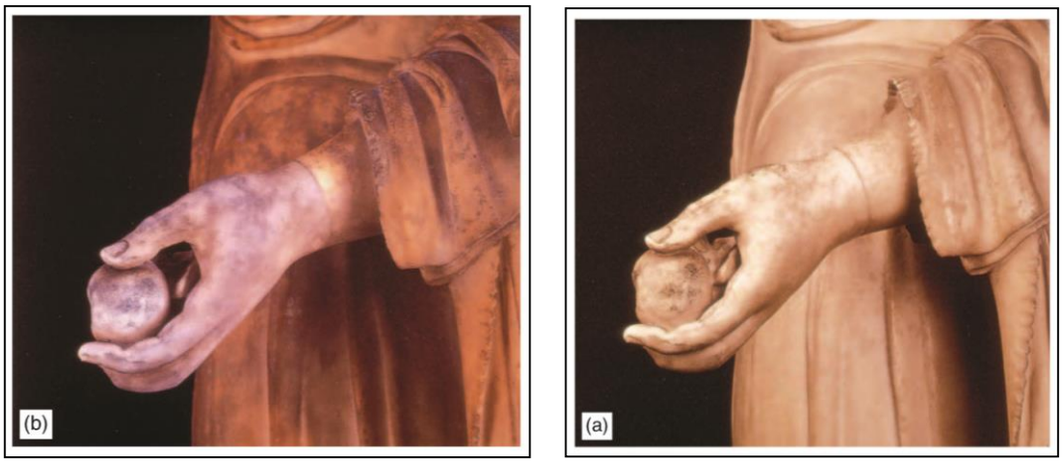
اصالت (Authenticity) را می‌توان اصلی، دست‌اول (برخلاف بدل) یا واقعی، حقیقی و اصیل (برخلاف ساختگی) معنا کرد. در مقابل آن، آثار غیر اصیل مطرح می‌شوند که بسته به نیت ارائهٔ آن‌ها تعابیر و تعاریف متعددی مانند: جعلی، تقلبی، بدلی، تقلیدی، تکراری، کپی و مولاژ به کار برده می‌شوند. به‌عبارتی‌دیگر می‌توان گفت آن چیزی اصیل نیست که ماهیت آن ازنظر آفرینش اصیل نباشد و حداقل یکی از معیارهای اصالت (همانند اصالت در مادهٔ اصلی، اصالت در فن ساخت، اصالت در آسیب، اصالت در پاتین، اصالت در شکل و فرم، اصالت در نقش و کتیبه، اصالت در سبک، اصالت تاریخی و اصالت در انتساب) را نداشته باشد [42]. همچنین اصالت‌سنجی، یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در رابطه با اقدامات مربوط به حفاظت از میراث است. امروزه، اصالت در ساده‌ترین وجه، به معنای وجود مواد اصلی است؛ اما این واژه، بیش از این‌ها می‌تواند معنا دهد. چنانکه در مرمت، قبل از اقدام به درمان‌های حفاظتی، ابتدا باید اصالت فیزیکی را با چهار ویژگی مهم، تشخیص داد و در نظر گرفت: اصالت در مواد، اصالت در طرز ساخت، اصالت در طراحی، اصالت در محیط

پیرامون. این چهار شرط تعیین اصالت، در مصوبهٔ اجرایی کنوانسیون میراث جهانی ۱۹۷۲.م به تصویب رسیده است و شاید بتوان برای هر اثری به کار گرفت و تعیین اصالت آن را بر این منطق تعیین کرد که دراین‌بین اصالت در مواد و مصالح مقدم بر اصالت در طرح و طرز ساخت و محیط و بستر فرهنگی است. باید توجه داشت که مطرح کردن اصالت، توجه به شکل و ساختار اصلی را محدود نمی‌کند، بلکه شامل همهٔ اصلاحات و الحاقات در طی زمان می‌شود که به‌خودی‌خود ارزش‌های هنری یا تاریخی دارند [43-46].

اصالت در حوزه‌های تشخیص مواد سازنده، شیوهٔ ساخت، شناسایی نقوش و اشکال و کتیبه‌ها به‌علاوه اطلاعات دقیق در رابطه با محل کشف، قابل‌بررسی است. به‌طورکلی در حوزهٔ باستان‌سنجی می‌توان موضوع تعیین اصالت و اصالت‌سنجی را این‌گونه تعریف کرد: تشخیص آثار اصیل از آثار مشکوک و غیر اصیل یا استفاده از بررسی‌های علمی آزمایشگاهی و کنکاش در ساختار و ساختمان آثار [47]. آن‌چنان‌که مشخص است، جعل آثار تاریخی و هنری در زمینه‌های مختلف معانی متفاوتی دارد، ازاین‌رو اصالت‌سنجی آثار، به‌خصوص در هنگام نمایش در موزه‌ها و در دعاوی موجود در محاکم قضایی، از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به اینکه در زمینهٔ جعل آثار تاریخی ابعاد مختلفی ازنظر میزان جعل دارد، باستان‌سنجان باید با تسلط کامل بر موارد مربوط به شناخت مواد سازنده و فرایندهای طی شده در تولید و تزئین اثر، به‌علاوه درک چگونگی آسیب‌های ایجادشده و شرایطی که منجر به درک چگونگی ایجاد گونه‌های آسیب و پاتین‌های موجود بر روی شیء می‌شوند، بتوانند اصالت اشیاء را تعیین و حدود آن را با توجه به گستردگی اقدامات و تعاریف و با استفاده از اطلاعات کیفی ناشی از مطالعات تطبیقی و مطالعات کمّی برآمده از آنالیزهای علمی، مشخص کنند. گستردگی موضوع مبانی جعل به‌غیراز مباحث کلامی و تعاریف، نمود ظاهری و عینی نیز دارد که در قالب آثار جعلی، آثار نیمه‌جعلی، آثار تقلبی، آثار تقلیدی، آثار بدلی و غیره بروز می‌کند و وظیفهٔ محققان باستان‌سنجی را در تشخیص آن‌ها دشوار می‌گرداند [42–48].

بررسی اصالت‌سنجی اشیاء تاریخی و باستانی، شامل چهار مرحله مطالعات سبک‌شناختی، مشاهدات ماکروسکپی و میکروسکپی و انجام آزمایش‌های تشخیصی ساده، آنالیز مواد سازنده و درنهایت سال‌یابی قطعات است که عمدتاً در مرحله سوم و چهارم، باستان‌سنجان درگیر مسئله می‌شوند و مرحلهٔ اول و دوم را می‌توان به‌وسیلهٔ اقدامات تشخیصی مرمتگران آثار فرهنگی و تاریخی و باستان‌شناسان به انجام رساند و البته استثناهایی نیز در این زمینه وجود دارد [47].

در تعریف اصالت باید توجه داشت که این واژه، در فرهنگ‌های مختلف دارای معانی متفاوتی است. همچنین اصالت و تغییرات آن «در دوره‌های تاریخی و دورهٔ مدرن» تفاوت دارند. میزان مداخله در اقدامات مربوط به حفاظت و مرمت در دوره‌های مختلف می‌تواند اصالت شیء را مخدوش کند [47,49]. شناسایی اشیاء جعلی و تقلبی به روش‌های متعددی صورت می‌گیرد که می‌توان با استفاده از آن‌ها به شناسایی اشیاء مشکوک پرداخت. به عنوان مثال، نور ماوراء-بنفش اولین روش بررسی علمی آثار جعلی است که هنوز به‌طور گسترده‌ای برای بررسی دقیق آثار تصویری، نقاشی‌ها و غیره حتی مرمرهای مشکوک (شکل۵) مورداستفاده قرار می‌گیرد [50-51].



شکل ۵: دست چپِ تندیس مرمری ونوس جنیتریکس در موزهٔ لوور تصویر (a) زیر نور طبیعی و تصویر (b) زیر نور UV. در نور UV مرمر قدیمی به‌صورت کهربایی و طلایی دیده می‌شود، درحالی‌که سطح تازه به رنگ ارغوانی دیده می‌شود. فلورسانس ارغوانی به‌روشنی نشان می‌دهد که این دست، الحاق شده به مجسمه است. سطح آهکی یا مرمری جدید (که مدت زیادی نیست سطح آن کارشده است)، فلورسانس ارغوانی–قرمز واضحی از خود نشان می‌دهد، درحالی‌که سطح باستانی فلورسانس سفید، زرد و یا نارنجی از خود نشان می‌دهد. این روش مدت‌ها است به‌صورت مفیدی برای مشخص کردن بخش‌های کارشده و یا اضافه‌شده به مجسمه به‌کاررفته است [۵۰].

Fig 5: UV light Life-size marble statue, Venus Genitrix, Louvre UV light reveals that the hand is not the original Douma, .M. curator. "Ultraviolet (UV) Light. In Pigments through the Ages

٤-۳. حوزهٔ مطالعاتی شناسایی کاربری اشیاء و بازسازی فناوری‌های باستانی

بررسی نحوهٔ کاربرد و استفاده از اشیاء تاریخی درگذشته و بازسازی فناوری‌های تولید آن‌ها ازجمله مهم‌ترین حوزه‌های باستان‌سنجی است [51]. پیش‌تر، این زمینه مطالعاتی در قالب دو گرایش دیگر یعنی باستان‌شناسی تجربی (experimental archaeology) و تا حدی حفاظت و مرمت آثار تاریخی بروز و ظهور کرده بود. برای تفهیم بهتر هر یک از موضوعات این دو حوزهٔ مطالعاتی ذکر برخی مفاهیم، لازم به نظر می‌رسد.

باستان‌شناسی تجربی بدین معنا است که نحوهٔ تولید و کارکرد اشیاء در موضوعات باستان‌شناختی با استناد به فرضیات، آزمودن نحوهٔ ساخت و کارکرد شیء قابل‌بررسی و تجربه است و می‌توان با دقت، مشاهده و اندازه‌گیری کرد. این‌چنین فعالیت‌هایی تقریباً به‌اندازه رشتهٔ باستان‌شناسی، قدیمی است و از همان ابتدا شاخه‌ای از آن محسوب می‌شد و نمونه‌های اولیه شامل بسیاری از فناوری‌های ماقبل تاریخ، مانند ساخت ابزارآلات سنگی و متالورژی بود [52-53].

رابرت اشچر (۱۹۶۱) اولین فردی بود که رسالهٔ نظری خود را در باب باستان‌شناسی تجربی، نوشت. وی، بین استفاده از آزمایش‌ها برای ارزیابی فناوری‌های مدرن (ازنظر هر دو روش حفاری و تجزیه‌وتحلیل مصنوعات) و به‌اصطلاح «بازآفرینی تجربی» (Imitative experiment) تفاوت قائل شد. از دیدگاه او در آزمایش تقلیدی شکل دادن و استفاده کردن، ماده، برای پاسخ به سئوالات خاص و ساخت استنتاج‌های جدید، با روش‌هایی مشابه به گذشته شبیه‌سازی می‌شود [54]؛ بنابراین باستان‌شناسی تجربی یا باستان‌شناسی از طریق تجربه [55]، کلیهٔ اقدامات و تجربیاتی است که در راستای شرح یک موضوع باستان‌شناختی گام برمی‌دارد [52].

پنج رده آزمایش‌های مهمی که در باستان‌شناسی تجربی موردتوجه قرار می‌گیرند شامل:

۱. ساخت‌وساز (Construct): آزمایش فرضی برای یک سازه (به‌عنوان‌مثال خانه) است که بر اساس شواهد باستان‌شناسی سازه‌هایی با مقیاس ۱: ۱ مورد آزمایش واقع می‌شوند، با این فرضیه که آیا دارای ایستایی است یا می‌افتد.

۲. آزمایش‌های فرایند و کاربرد (Processes and function experiments): تحقیقات در مورد چگونگی دستیابی به امور گذشته که شامل تحقیقات در مورد این است که چه ابزارهایی وجود داشته، نحوهٔ استفادهٔ آن‌ها چگونه بوده، و نیز دستیابی به سایر فرایندهای فناوری چگونه است (به‌عنوان‌مثال گودال ذخیره‌سازی (Pit storage)).

۳. شبیه‌سازی (Simulation): تحقیقات تجربی در مورد فرایندهای تشکیل مدارک باستان‌شناسی و تافونومی پس از رسوب است.

۴. آزمایش احتمالی (Eventuality trial): در این آزمایش‌ها اغلب، هر سه دستهٔ فوق را باهم ترکیب می‌کنند، این آزمایش‌ها در مقیاس بزرگ و نسبتاً طولانی‌مدت انجام می‌گیرند، آزمایش‌های احتمالی، می‌توانند نظام‌های پیچیده (مانند کشاورزی) را موردبررسی قرار دهند و تغییرات نمودار ناشی از وقایع غیرمنتظره یا نادر (مانند هوای شدید) را بررسی کنند.

۵. نوآوری فناورانه (Technological innovation): در این مورد خود روش‌های باستان‌شناسی در حالات واقع‌گرایانه آزمایش می‌شوند. یعنی تجهیزات ژئوفیزیکی مورداستفاده در تحقیقات باستان‌شناسی را در محوطه‌های باستان‌شناسی مدفون و شبیه‌سازی شده مورد آزمایش قرار می‌دهند [56].

درزمینهٔ ویژگی‌ها و جنبه‌های مهم باستان‌شناسی تجربی، *متیو*، به چهار جنبهٔ ذیل اشاره می‌کند:

- مهار پذیری و تکرارشوندگی تجربیات گذشته.
- تجربه‌ها باوجود تکرارشوندگی، بازآفرینی شده‌اند اما اشیاء و رفتار اصیل گذشته تکرار نمی‌شوند
- استفاده از تجربیات به‌منظور بازآفرینی و آزمون فرضیات مختلف درباره گذشته
- هدف نهایی این آزمون‌ها مقایسه (نسبی) جهت تفسیر و تحلیل نشانه‌های فرایندها و کنش‌های گذشته است [57].

ازاین‌رو اهداف اصلی باستان‌شناسی تجربی را می‌توان بر سه مورد کلی تقسیم کرد که شامل مورد زیر است:

۱. تقویت دانش در مورد متالورژی باستان؛

۲. به دست آوردن داده‌ها و ایده‌های جدید؛

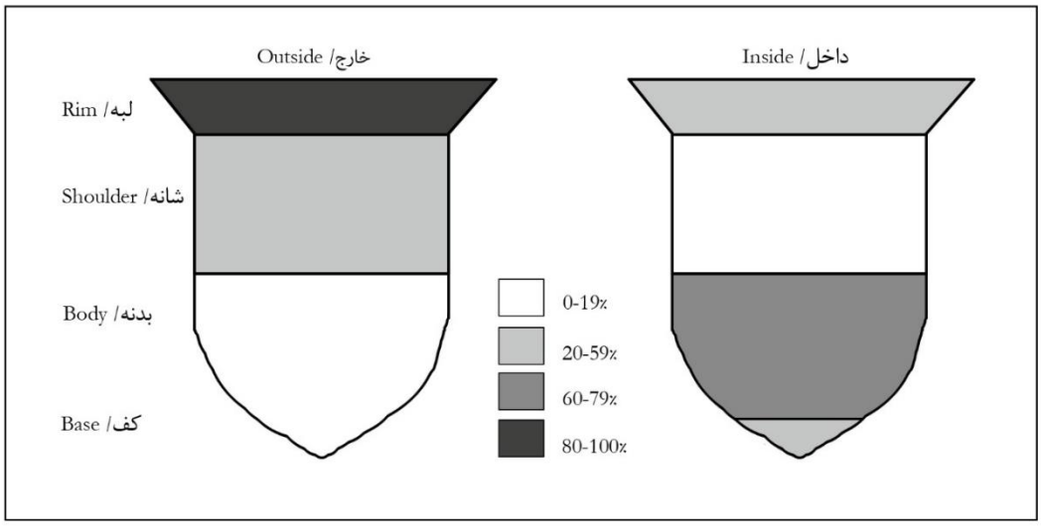
۳. تأیید یا جعل فرضیه [52].

نیز مطالعه فناوری نقش مهمی در انجام مداخلات مناسب مرمتی دارد که این امر در گرایش فوق با عنوان فن‌شناسی و شناخت فنون مورداستفاده در اجزاء سازنده و چگونگی ترکیب این اجزا متجلی می‌شود.

از طرفی بنا به نظر برخی پژوهشگران، اصطلاح فناوری برای باستان‌شناسان و مورّخان عموماً فرایند تولید را به ذهن متبادر می‌سازد، درحالی‌که مورّخان و فلاسفهٔ فناوری معمولاً آن را فرایند طراحی به شمار می‌آورند [58]. *فرانکلین*، فناوری را شیوهٔ انجام دادن چیزی یا آفرینش یک شیء نظیر سفال می‌داند [59]. بااین‌حال از دیدگاه برخی دیگر همچون میلر فناوری شامل: فرایندها، فعالیت‌های مرتبط با تولید و مصرف از طراحی تا دورریز است [60].

همچنین فناوری شامل تعامل انسان و محیط است و مجموعه اقداماتی محسوب می‌شود که انسان‌ها برای به دست آوردن منابع و اصلاح دنیای اطراف به آن متوسل شده‌اند و همچنین کاربرد اشیاء و آثار دراین‌بین به چگونگی استفاده از ابزارها، تجهیزات و امکانات انسان‌ها درگذشته اشاره دارد. مثال‌های زیادی را می‌توان در رابطه با شناخت فناوری باستانی و کاربرد اشیاء در دوره‌های قبل ذکر کرد. مثلاً در رابطه با استفاده از ظروف باستانی می‌توان به ظرف غذایی از دانمارک اشاره کرد که رسوبات مواد باقیمانده باستانی در آن می‌توانند در بخش‌های مختلفی از آن رسوب کنند و از این طریق می‌توان

متوجه شد که از این ظرف چـه اسـتفاده‌ای در دوران باستان شده است. مطالعات صورت گرفته نشان مـی-دهند که غلیظ‌ترین آثار و بقایای غذایی بر روی لب و گردن بیرونی ظرف وجـود دارد کـه احتمـالاً در طـی جوشیدن مواد غذایی به وجود آمده است. بخـش دوم این باقیمانده‌های مواد غذایی غلیظ در پایین ظـرف و قسمت داخلی آن یافت می‌شود [61] (شکل ۶).



شکل ۶: آثار پخت‌وپز و باقی‌مانده‌های آن در داخل و خارج از سفال‌های مزولیتیک (Mesolithic) از محوطه تایبرینـد ویگ، دانمارک. مناطق تیره‌تر تجمع قشری از غذا را در داخل و خارج نشان می‌دهد [61].

Fig 6: Cooking traces and residues on the inside and outside of Mesolithic pottery from the site of Tybrind Vig, Denmark. The shaded areas show the concentration of food crusts inside and out

در مطالعات باستان‌سـنجی، مطالعـهٔ فنـاوری چنـدین موضوع را دنبال می‌کند. نخست بررسی خود فناوری، دوم چگونگی ایجاد یـا تولیـد محصـولات و دیگـری اطلاعات مربوط به مواد مورداستفاده در یک منطقـه، به‌علاوهٔ شرایط و روش‌های تولید فـرآوری و تکامـل فناوری را در برمی‌گیرد.

۵-۳. حوزهٔ مطالعاتی دانش حفاظت آثار فرهنگی

این حوزه، شـامل مطالعـات شـیمیایی- فیزیکـی در رابطـه بـا فراینـدهای تخریـب و توسـعه روش‌هـای درمانی جدید در حفاظت و مرمت از اثر است که ذیل مطالعات باستان‌سنجی بدان پرداخته می‌شود [6].

در اکثر تعاریف و نوشته‌هایی که در رابطه با باسـتان-سنجی وجود دارد، دانش‌هـای مـرتبط بـا حفاظـت و مرمت از میراث فرهنگی بـه‌عنـوان بخـش مهمـی از حوزه‌های مـرتبط بـا باسـتان‌سـنجی ذکرشـده اسـت [62,64]. این بخش خود شامل چند زیر محور اصـلی است که به‌صورت کلی عبارت هستند از:

– مطالعـه در مکانیسـم تخریـب و فرسـایش مـواد مختلف در طی زمان؛

– مطالعه در روش‌های نوین حفاظت و مرمت و مـواد مورداستفاده و مطالعهٔ برهم‌کنش‌های میـان مـواد بـا مـواد باسـتانی و نتـایج تحلیـل‌هـای برآمـده از آزمایش‌های باستان‌سنجی [63].

– مطالعهٔ‌آسیب‌شناسـی آثـار/ یادمـان‌هـای طبیعـی و تاریخی در اقلیم‌هـای بیرونـی و/ یـا شـرایط مـدفون خاکی/ آبی؛ این‌گونه مطالعات خود در تحلیل مطالعات منشأیابی و ساختارشناسی برای مواد تاریخی که دچار تزلزل و تخریب‌هایی در ساختار شیمیایی خود شده‌اند، ضروری است [51].

– مطالعهٔ ویژگی‌های عملکردی و خواص ذاتی مواد تاریخی و ارتباط آن‌ها با مواد مرمتی و روش‌های حفاظتی [63].
– تئوری‌هایی که وابسته به شناخت‌های حاصل از پژوهش‌های باستان‌سنجی هستند می‌توانند در اقدامات حفاظتی تأثیرگذار باشند.

خوشبختانه در این زمینه، مثال‌های فراوانی در طی چندین سال آموزش دانشگاهی در زمینه حفاظت و مرمت انجام‌شده است، زیرا ارتباط میان باستان‌سنجی و حفاظت و مرمت آثار تاریخی در ایران بسیار متفاوت‌تر از کشورهای دیگر است. به‌نحوی‌که تا به امروز حجم عمدهٔ مطالعات باستان‌سنجی بر روی میراث فرهنگی و اشیاء تاریخی ایران را دانش‌آموختگان رشتهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی انجام داده‌اند و اخیراً گرایش‌های دیگر علمی در حال ورود به عرصهٔ باستان‌سنجی هستند.

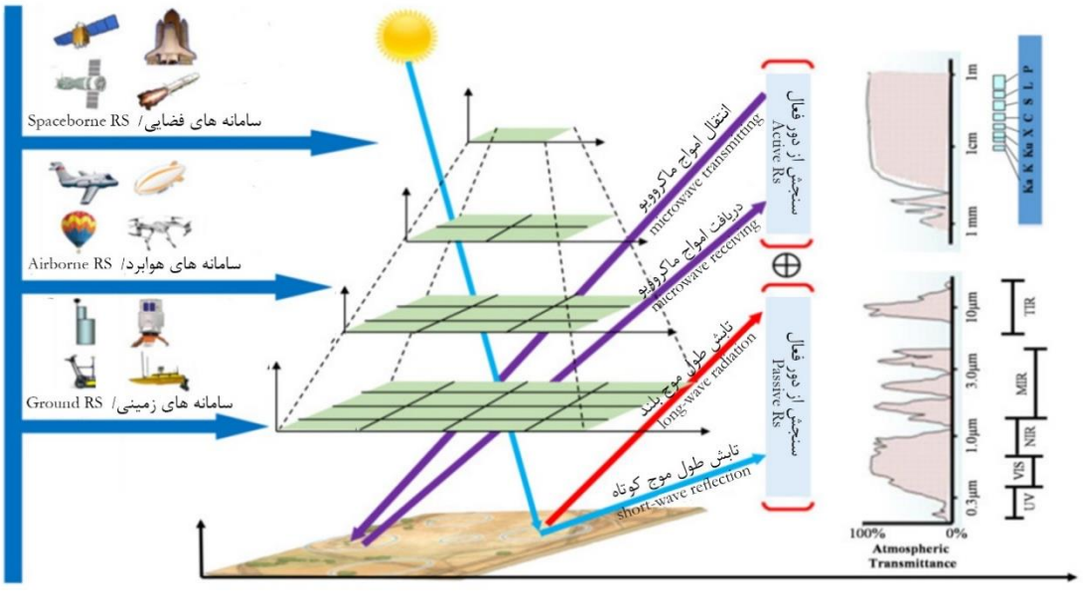
۶-۳. حوزهٔ مطالعاتی پیش‌یابی و دورسنجی

روش‌های کاوش و مطالعات باستان‌شناسان امروزی نسبت به عملکرد سنتی درگذشته پیشرفت‌های شایان توجهی کرده است. به‌طوری‌که گمانه‌زنی و ایجاد ترانشه‌های بی‌هدف بر اساس پیمایش سطوح فرسایش یافته و مورد دخل و تصرف قرارگرفته در محوطهٔ شناخته‌شده قبلی دیگر کارایی چندانی ندارد و باستان‌شناسان با استفاده از مزیت‌های توسعهٔ روش‌های دورسنجی و پیش‌یابی که در زمینه‌های نفت، آب و چینه‌شناسی یا فرایندهای نظامی، در ابتدا کاربرد داشتند و تطبیق‌دهی آن‌ها، کاوش‌های خود را با هدفمندی بیشتری دنبال می‌کنند [6]. امروزه با حمایت روش‌های پیش‌یابی از اقدامات باستان‌شناسان در حوزهٔ کاوش از یک‌سو هزینه‌ها بسیار مقرون‌به‌صرفه شده و از سوی دیگر منجر به هدفمندتر شدن کاوش‌ها و تمرکز بر بقایای قابل‌ارائه شده‌اند. به عبارتی می‌توان گفت کاوش‌ها بهتر و بیشتر در خدمت پژوهش‌های باستان‌شناسی قرارگرفته‌اند و زمینه برای طرح مسائل مهم‌تر در برنامه‌های پژوهشی و پرسش‌های علمی فراهم‌شده است. مهم‌ترین روش‌های کاربردی این حوزه از مطالعات باستان‌سنجی را می‌توان ذیل دو محور اصلی سنجش از راه دور و پیش‌یابی با استفاده از روش‌های ژئوفیزیک دانست. حوزهٔ دورسنجی شامل طیف وسیعی از روش‌های علمی برای مطالعهٔ سطوح زمین و زیرزمین از فواصل دور و نزدیک است که با بروندادهایی همانند تصویربرداری به شیوه‌های گوناگون و اخذ اطلاعات از محوطه‌های باستان‌شناسی بدون استفاده از کاوش‌های باستان‌شناسی عملی، همراه است. عکس‌های هوایی حدوداً از صد سال گذشته به خدمت بررسی‌های نظامی و شناسایی‌های هوایی درآمده‌اند. در ایران نیز نخستین عکس‌برداری‌های هوایی با کاربری در باستان‌شناسی به همت *اریک اشمیت* در دههٔ ۱۳۱۵–۱۳۱۶ شمسی انجام شد. اقدام پیشگامانهٔ وی تا به امروز، همچنان بزرگ‌ترین پروژهٔ پژوهشی این حوزه در ایران است و عکس‌های هوایی او کماکان تصاویر ارزشمندی در حیطهٔ مطالعات باستان‌شناسی و حفاظت از آثار ایران برجای گذاشته است [65-5]. ازاین‌رو باستان‌شناسان از این قبیل اطلاعات به‌طور ویژه برای شناسایی و مستندسازی و پایش محوطه‌های باستانی بهره می‌برند. ازجمله روش‌های سنجش از راه دور می‌توان انواع تصویربرداری‌های فضایی، هوابرد و سامانه‌های زمینی را برشمرد (شکل۷).

امروزه اکتشافات پیش‌یابی ژئوفیزیکی (Geophysical prospecting)، همراه با باستان‌شناسی هوایی و روش‌های اسکن لیزری، و لیدار[3] روش‌های مؤثر و غیر مخرب برای بازیابی، درک و پیگیری تحقیقات باستان‌شناسی هستند [66]. بررسی‌ها و روش‌های ژئوفیزیکی در باستان‌شناسی رشد چشم‌گیری داشته، به‌طوری‌که منجر به پیدایش رشته‌ای تخصصی با عنوان باستان آرکئوژئوفیزیک (Archaeo-Geophysics) شده است. این شاخهٔ تحقیقاتی عبارت است از تطبیق و اجرای مناسب

روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی در محوطه‌های باستانی که با استفاده از ارزیابی تغییرات فیزیکی نقاطی در سطح زمین به مدل‌سازی و تفسیر ساختارهای سطوح زیرزمین می‌پردازد. به‌عبارت‌دیگر، بررسی‌های ژئوفیزیکی (Geoghysics) مجموعه روش‌هایی هستند که در راستای ثبت ویژگی‌های فیزیکی بخش‌های نزدیک به سطح زمین، گسترش‌یافته‌اند. به‌طوری‌که با اندازه‌گیری نقاطی خاص در روی زمین، می‌توان به بخشی از ویژگی‌ها و تغییرات رخداده در شرایط فیزیکی زیرین زمین و تفاوت‌های موجود در نقاط مختلف پی برد. اندازه-گیری و تعیین این تفاوت‌ها (بی‌هنجاری، Anomaly) در بخش‌های مختلف، به سبب تغییر در مقادیر موردانداز‌ه‌گیری در یک محل به نسبت محیط اطراف آن به دست می‌آید و سپس با انجام پردازش-های ویژه بر روی‌داده‌ها و درنهایت، تهیهٔ نقشه‌های مربوطه می‌توان یک توده را که نسبت به اطرافش دارای تفاوت‌های فیزیکی محسوسی است، در زیر سطح زمین آشکار کرد [67-68-69].

لنفورد، روش‌های مورداستفاده در پیش‌یابی ژئوفیزیکی را شامل روش‌های الکتریکی (تصاویر ۲ بعدی و ۳ بعدی در توموگرافی یا تصویربرداری مقاومت ویژه الکتریکی (ERT Electrical resistivity tomography)) روش‌های مغناطیسی (با مغناطیس‌سنج‌های دوگانه، مغناطیس‌سنج پروتونی و گرادیومتر) زمین رادارها (رادار نفوذکننده زمینی GPR) و عکاسی‌های هوایی و ماهواره‌ای می‌داند [70]. درمجموع، کاربرد زمینهٔ تحقیقاتی ژئوفیزیک-باستان در علوم میراث فرهنگی شامل استفاده از ابزار فنی برای مکان‌یابی، نقشه‌برداری و تولید تصاویری از مواد فرهنگی دفن شده در زمین است. همان‌طور که گفته شد از کاربردهای وسیع علم ژئوفیزیک در اکتشافات باستان‌شناسی است و هرکدام از روش‌های آن قابلیت بسیار در اکتشافات مواد و ساختارهای باستانی دارند، اما انتخاب روش مناسب دارای اصول و اهمیت ویژه‌ای است [71].



شکل۷: شکل ترسیمی سامانه‌های سنجش‌ازدور برای کاربردهای باستان‌شناسی و میراث فرهنگی [75]

Fig.7: The schematic diagram of remote sensing for archaeological and cultural heritage applications

به‌علاوه، جامعه باستان‌شناسان در دهۀ هفتاد میلادی در مکان‌یابی و نقشه‌برداری از ویژگی‌های باستان‌شناسی محوطه‌های مدفون و رسوبات و لایه‌های خاک، متوجه پتانسیل استفاده از روش رادار نفوذکنندۀ زمینی شدند که یکی از روش‌های پیش‌یابی محسوب می‌شود. ازاین‌رو می‌توان به یکی از نخستین کاربردهای آن در سال ۱۹۷۵ میلادی برای تصویربرداری از دیوارهای مدفون در عمق یک متر، اشاره کرد [72].

باستان‌شناسان به کمک این روش‌ها، می‌توانند قبل از شروع به کاوش محل، پراکندگی آثار مدفون را تعیین و با استفاده از آنومالی‌های ژئوفیزیکی، یک و یا چند نوع نقشه از محوطۀ موردنظر تهیه و سپس با دیدِ بازتری کاوش را آغاز کنند. این روش‌ها، به‌خصوص در مناطقی که وجود آثار قابل پیش‌بینی است ولی به علت قرار گرفتن در زیر آبرفت‌ها و رسوبات جوان در ظاهر، هیچ‌گونه اثری از آن‌ها دیده نمی‌شود، کاربرد پیدا می‌کند. این روش نیز سبب کاهش هزینه‌های عملیات حفاری می‌شود که با محدود شدن مرزهای کاری و صرف زمان کمتر و انجام سریع‌تر حفاری می‌توان به آن دست‌یافت و جستجوی باستان‌شناسان را با سرعت و بدون تخریب امکان‌پذیر می‌سازد [73]. بنا بر هدف مدنظر، معمولاً از یک یا چند روش ژئوفیزیکی که مکمل یکدیگر هستند، می‌توان استفاده کرد که منجر به افزایش اعتبار و اطمینان نسبت به نتایج تفسیرهای به‌دست‌آمده خواهد شد. در باستان‌شناسی روش‌های ژئوفیزیکی را می‌توان در شناسایی و بازسازی ساختار معماری مدفون در خاک، تعیین محل، اندازه و عمق آثار باستانی (تشخیص پلان مدفون، بقایای پی‌ها و دیوارها و تعیین جنس مواد سازنده آن‌ها [خشت، آجر و سنگ]، تعیین راهروها، سنگ‌فرش‌ها و آجرفرش‌ها) تعیین محل آرامگاه‌ها، پل‌ها و خندق‌ها، حفره‌ها و چاله‌های باستانی مربوط به ذخیرۀ غذا یا دفع مواد زائد، تعیین محل و ابعاد معادن باستانی و تعیین محل اجاق‌ها و کوره‌های مدفون در مناطق مسکونی برای پخت سفال و ذوب فلز، تعیین محل و ضخامت خاک‌های سوخته لایه‌های خاکستر و خاک‌های دست‌خورده توسط بشر، به‌کار رود [73-71, 74].

توجه به این نکته حائز اهمیت است که اجرای صحیح روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی و نیز رسیدن به نتایج معتبر، مستلزم شرایط محیطی خاصی برای اندازه‌گیری است و در هر جا و هر شرایطی این روش‌ها قابل‌اجرا نیستند. عوامل تأثیرگذار در روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی عبارت هستند از: نامساعدی موقعیت ساختاری زمین برای برداشت ژئوفیزیکی، سنگلاخ بودن، وجود عدسی‌های رسی در لایه‌های زیرین، نزدیکی به سازه‌های فلزی و ساختمان‌ها، نزدیکی به خطوط انتقال نفت و گاز، سیم‌های توری و جاده‌های پر رفت‌و آمد، اوضاع جوی و توفان‌های مغناطیسی و خورشیدی. همچنین محدودیت‌های روش‌های ژئوفیزیک، شامل آلودگی‌های آهنی در خاک، کابل‌های برق و فنس‌کشی‌های موجود در منطقه، توسعه اراضی کشاورزی، مواد صنعتی، رشد زندگی شهرنشینی و ارتباطات است که سبب ایجاد نوفه‌هایی (Noise) در داده‌های (Data) تولیدی در برخی از روش‌های ژئوفیزیکی می‌شوند [73-71] موارد فوق نشان‌دهندۀ تخصص در تفسیر داده‌های این گونه مطالعات است.

۷-۳. حوزۀ مطالعاتی باستان‌زیست‌شناسی

باستان‌زیست‌شناسی (Bioarchaeology) واژه‌ای است که نخستین بار توسط گراهام کلارک (Grahame Clark) باستان‌شناس بریتانیایی، در سال ۱۹۷۲ م. به‌منظور توصیف تحلیل‌های بقایای استخوان‌های جانوری متعلق به یک محوطۀ پیش‌ازتاریخ به‌کار گرفته شد [77-76]. اما این اصطلاح در اواخر دهۀ هفتاد (۱۹۷۷ م.) به‌طور مستقل و خاص توسط *جین بویکسترا* (Jane E. Buikstra) انسان‌شناس و زیست‌شناس آمریکایی، برای مطالعۀ بقایای اسکلت‌های انسانی اختراع و بازتعریف می‌شود. وی تحت تأثیر باستان‌شناسی نو

قرار می‌گیرد و طی مقاله‌ای به تعریفِ نوینی از زیست باستان‌شناسی و کاربرد روش‌های آن در بررسی مشکلات باستان‌شناسی دست می‌یابد [78]؛ بنابراین اگرچه باستان‌زیست‌شناسی اولین بار برای طیف گسترده‌ای از داده‌های بیولوژیکی در مکان‌های باستان‌شناسی که می‌توانست از آن‌ها برای بازسازی محیط‌های باستانی استفاده کند، به‌کار برده شد [76] به‌زودی در آمریکای شمالی برای مطالعات جمعیتی بقایای انسانی مورداستفاده قرار گرفت [78-79]. به‌طوری‌که امروزه باستان‌زیست‌شناسی در انگلستان و کشورهای اروپایی، همچنان به‌منظور مطالعهٔ بقایای غیرانسانی شامل: جانوری، گیاهی و به‌طورکلی تمام مواد زیستی و ارگانیک به‌دست‌آمده از محوطه‌های باستانی (باستان انگل‌شناسی، مطالعه مدفوع و غیره) کاربرد دارد اما این اصطلاح در ایالت متحده که به‌عنوان یک تحول کاملاً آمریکایی محسوب می‌شود، به مفهوم مطالعهٔ بقایای انسانی است [76, 80-81]. باستان‌زیست‌شناسی به‌عنوان یک میان‌رشته‌ای دانشگاهی با مطالعهٔ علمی بقایای اسکلت‌های انسانی به‌دست‌آمده از محوطه‌های باستان‌شناسی، پل ارتباطی بین علوم زیست‌شناسی، پزشکی، انسان‌شناسی و علوم اجتماعی برقرار می‌کند. سنگ بنای باستان‌زیست‌شناسی، تعامل متقابل بین فرهنگ و بیولوژی است. امروزه این تحقیقات به سمت مطالعات منسجم و علمی و در سطح جمعیتی (برای مثال: خویشاوندی ژنتیکی، رژیم غذایی، بیماری، سبک زندگی مردمان باستانی، تکامل بیولوژیکی و فرهنگی) قدم برداشته است [82].

تحلیل یافته‌های جانوری مانند استخوان، دندان، شاخ حیوانات و پوستهٔ حلزون، صدف و غیره که غالباً در کاوش‌های باستان‌شناسی به دست می‌آیند و از مهم‌ترین مراحل بررسی‌های دیرین جانورشناسی [امروزه تحلیل علمی این بقایا ذیل اقدامات باستان‌سنجی بوده] محسوب می‌شود، تشخیص و طبقه‌بندی استخوان‌ها بر اساس نوع حیوان است که عمدتاً روش مقایسه‌ای با مجموعه‌ها است. برای نمونه می‌توان به پستانداران اشاره کرد و این‌که بر اساس مواردی همچون وضعیت دندان‌ها می‌توان سن حیوان را تشخیص داد و بررسی میکروسکوپی دندان‌ها گاه حتی محل ذبح حیوان را مشخص می‌کنند. جمجمه و بدنهٔ شاخ و استخوان لگن جنسیت حیوان را مشخص می‌کنند و در مورد اندازه و فرم بدن حیوان می‌توان بر اساس میزان تراکم استخوان نتیجه‌گیری کرد. در تحلیل استخوان‌ها گاه تغییراتی در سلامت و نوع بیماری حیوان و آزمایش‌های ایزوتوپ پایدار و عناصر کمیاب برجای‌مانده از مواد ژنتیکی در DNA انجام می‌گیرد، یا از روی DNA و ایزوتوپ‌ها به نتایج مهمی درزمینهٔ شناسایی پیشینه‌های انسانی، قبیله و تیره و نژاد و غیره انسانی و مهاجرت و عادات غذایی اقوام کهن می‌توان پی برد [83]. از طرفی اقلیم و محیط زندگی انسان‌های باستانی در منابع غذایی و به‌تبع آن، رژیم غذایی آن‌ها نقش مهمی داشته است. این رابطه هم ازنظر نوع خاص گیاهان و حیواناتی که در دسترس بوده‌اند بر شرایط تغییر آب‌وهوا به‌مرورزمان و به دنبال آن، بر جمعیت انسان تأثیر می‌گذارد [84]. مطالعات اقلیمی در حوزهٔ باستان‌سنجی می‌تواند شامل انواع مطالعات مربوط به تغییرات اقلیمی باشد که در رشد و انقراض گونه‌های گیاهی، جانوری و نیز مهاجرت و استقرار انسانی نقش دارد و نیز درحوزهٔ تغییرات خُرد اقلیم انجام شود که امروزه می‌تواند در رابطه با حفاظت از میراث فرهنگی مؤثر باشد.

لیریتزیس و دیگران [6] توسعهٔ این دانش‌ها را در زمینهٔ علوم میراث فرهنگی در دوشاخهٔ اصلی دیرین ژنومیک در باستان‌شناسی و ایزوتوپی تقسیم‌بندی می کند و در دستهٔ نخست که مربوط به مطالعات زیست موکولی است، از محورهایی همانند بررسی خاستگاه‌های انسانی، اهلی کردن جانوران و گیاهان، خاستگاه بیماری‌ها، و عامل بیماری‌زا، مهاجرت و تغییرات جمعیتی و مطالعات DNA باستانی و مطالعات ایزوتوپی استخوان‌ها و بقایای مولکولی در اشیا

باستانی و محتوای مواد غذایی استفاده‌شده است [85].

مطالعات ایزوتوپی به دلیل گسترهٔ وسیعی از موضوعاتی که در برمی‌گیرد، زمینهٔ تحقیقاتی در حال رشد جهانی را تشکیل می‌دهد. رویکرد ایزوتوپی به گذشتهٔ انسان توسط باستان‌شناسان از دههٔ ۱۹۷۰ تا ۸۰ میلادی مورداستفاده قرارگرفته است و در ابتدا برای بازسازی دیرینه غذایی استفاده می‌شد و بعدها هدف ردیابی مسیرهای مهاجرت‌های باستانی قرار گرفت. تحلیل ایزوتوپ پایدار به دلیل اهمیت و دامنه علمی گسترده‌ای که پوشش می‌دهد، امروزه به یک‌رشتهٔ فرعی برای خود تبدیل‌شده است [6].

سازگاری مردم با محیط‌های در حال تغییر و گذار در جوامع ماقبل تاریخ از شکار و گردآوری گرفته تا امرارمعاش در بستر کشاورزی از موضوعات مهم در حیطه باستان‌شناسی است. این تغییرات را می‌توان از طریق اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های پایدار کربن ۱۳ و نیتروژن ۱۵ به‌دست‌آمده از مواد اسکلتی و گیاهان و حیوانات خوراکی بهتر درک کرد [87-86]. ترکیبات ایزوتوپی، در استخوان حیوانات که عمدتاً از گیاهان خاصی تغذیه می‌کنند، استخوان‌هایی با ترکیب مشابه خواهند داشت. به‌عنوان‌مثال، مطالعات مربوط به دیرینه تغذیه مردم ساکن در جنوب انتاریو، کانادا [88] و ساحلی نیوانگلند، ایالات‌متحده [89] نشان داده است که تغذیه افراد در طول دورهٔ وود لند (Woodland) متأخر به‌جای ذرت یا حبوبات، متکی به پروتئین‌های حیوانی بوده است.

توجه به نحوهٔ شکل‌گیری ساختار استخوان و دندان و حضور عنصر استرانسیوم در ساختار این دو بافت و همچنین مقاوم بودن آن در برابر فرایندهای دیاژنز و تخریب، این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان نسبت ایزوتوپی استرانسیوم را به‌عنوان شیوه‌ای مناسب جهت بررسی مهاجرت در باستان‌شناسی معرفی کرد. در مطالعاتی که در رابطه با رخداد مهاجرت جوامع باستانی غرب ایران با نمونه موردی محوطه باستانی تپه سیلوه انجام گرفت، نتایج مقایسهٔ نسبت ایزوتوپ-های استرانسیوم نشان داد، اهالی ساکن/ مدفون در تپه سیلوه غیربومی بوده‌اند، زیرا نسبت‌های متفاوتی از استرانسیوم در نمونه‌های آنالیز شده، حاصل شد [90].

۸-۳. حوزهٔ مطالعاتی باستان‌زمین‌شناسی و دیرین‌اقلیم‌شناسی

اصطلاح باستان‌زمین‌شناسی برای اولین بار در اوایل دههٔ هفتاد میلادی معرفی شد و در حال حاضر گذشته قابل‌توجهی دارد و با رشته‌های دیگری مانند زمین‌شناسی، جغرافیا، محیط‌زیست، باستان‌شناسی در ارتباط است و به مجموع رویکردهای زمین‌شناسانه و در ارتباط با باستان‌شناسی اطلاق می‌شود که اطلاعاتی در مورد مناظر گذشته، اقلیم دیرینه، گیاهان و جانوران ارائه می‌دهد. به‌علاوه باستان‌زمین‌شناسی یک حوزهٔ میان‌رشته‌ای به‌سرعت در حال رشد است که در آن باستان‌شناسان و زمین ریخت‌شناس‌ها تلاش می‌کنند تا از اصول هر دو علم برای حل مسائل موردعلاقهٔ متقابل استفاده کنند که این موارد شامل استفاده از اصول ریخت‌شناسی، رسوب‌گذاری، زمین‌شیمی ایزوتوپ و سنگ‌شناسی است. در تعبیری دیگر باستان‌زمین‌شناسی علم شناخت و تفسیر عوامل و خصوصیات زمین‌شناختی مؤثر در پایداری و ناپایداری [میراث باستانی همانند] بناهای باستانی و عوامل مؤثر در تغییرات ساختاری اثر باستانی است. به‌عبارت‌دیگر ساخت رژیم زمین‌ریخت‌شناسی حاکم بر منطقه نظیر تأثیر رودخانه، باد، سفرهٔ آب زیرزمینی و قنات و حیوانات و به‌طورکلی اثرات فرسایش بر سازه و بررسی رژیم تکتونیکی و زمین‌ساخت منطقه به قصد شناخت محیط دربرگیرندهٔ سازنده و تحلیل آن و شناسایی تخریب و جلوگیری احتمالی از آن و یا تقویت سازه با توجه به نوع سامانه‌های مخرب (فیزیکی- شیمیایی – زیستی) است که در درازمدت در مقیاس‌های متفاوت ظهور می‌کند [91].

از عمده‌ترین کارکردهای این حوزهٔ مطالعاتی بازسازی دوران کهن در مقیاس محلی و منطقه‌ای، و مناطق دیرینه اقلیمی در مناطق مختلف جهان است.

در دیرینه اقلیم‌شناسی یا مطالعهٔ اقلیم‌های گذشته، دانشمندان ازآنچه به‌عنوان داده‌های پروکسی شناخته می‌شود، برای بازسازی شرایط آب و هوایی گذشته استفاده می‌کنند. این داده‌های پروکسی، ویژگی‌های فیزیکی محیط‌زیست هستند. دیرینه اقلیم‌شناسان داده‌های پراکسی را از ثبت‌کننده‌های طبیعی تغییرات آب و هوایی مانند حلقه‌های درختان، هسته‌های یخ، گرده‌های فسیلی، رسوبات اقیانوس‌ها، مرجان‌ها و داده‌های تاریخی جمع‌آوری می‌کنند [6].

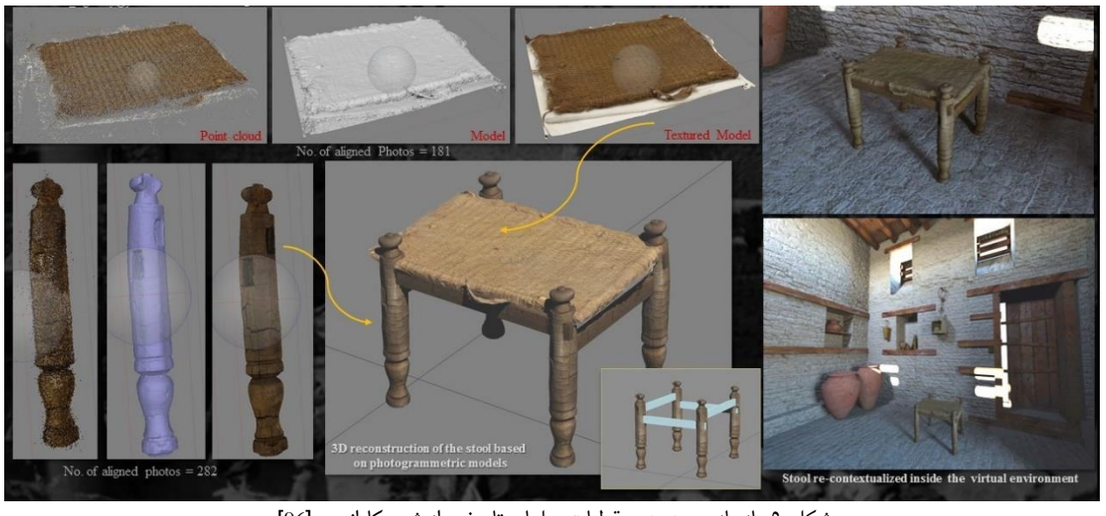
به‌عنوان‌مثال، پژوهشگران دیرین‌اقلیم‌شناسی بر اساس مطالعات خود معتقد هستند در طول عصر مفرغ در برخی محوطه‌های شمال ایران، یک افول فرهنگی پدید آمد که علت آن، تحلیل شرایط اقلیمی رو به خشکی در اواخر هزارهٔ پنجم ق.م در ایران و کشورهای هم‌جوار بیان شده است. مطالعات دیرین‌اقلیم‌شناسی انجام‌شده در محوطه‌های مافین‌آباد اسلامشهر و میمنت‌آباد رباط کریم در استان تهران و قره‌تپه قمرود در استان قم، بر اساس نتایج مطالعات رسوب‌شناسی محیطی نشان می‌دهد که هر سه محوطه در اواسط و اواخر هزارهٔ چهارم ق.م در اثر طغیان رودخانه‌های هم‌جوارشان، به زیر رسوبات سیل رفته‌اند. زمان وقوع این سیل‌ها کاملاً با دوره‌های خشک‌سالی شدید هزارهٔ چهارم ق.م مطابقت دارند. زیرا سیل‌های سهمگین ناشی از بارش‌های متمرکز و سیل‌آسا، اصولاً یکی از مشخصه‌های اصلی دوره‌های تغییر اقلیم و خشک‌سالی هستند که با شدت گرفتن شرایط اقلیمی خشک، به‌ویژه از اواسط هزاره چهارم ق.م، جمعیت انسانی در منطقهٔ فرهنگی شمال ایران مرکزی رو به کاهش گذاشته، به‌طوری‌که منجر به یک افول فرهنگی در عصر مفرغ شده است [92]. امروزه باستان‌زمین‌شناسی در چارچوب سایبر باستان‌شناسی توسعه‌یافته است و تلفیق این دو باهم، در کنار آنالیزهایی شیمیایی- فیزیکی و لایه‌شناسی‌ها به‌صورت جدی در تحلیل اطلاعات مربوط به زمین سیمای گذشته و تأثیر آن در زندگی جوامع باستانی و علل مختلف تغییرات زندگی این جوامع، مفید واقع شده است.

۹-۳. حوزهٔ مطالعاتی سایبرباستان‌شناسی

در ابتدا باید گفت این واژه بسیار بزرگ و تا حدی ناملموس است و نیاز است تا جایگزین مناسبی هم در معادل‌سازی و هم در زمینهٔ علمی برای آن انتخاب شود اما آنچه در سایبر باستان‌شناسی (Cyber-Archaeology) بیان می‌شود درواقع یک مجموعه ترکیبی و پیوندی میان باستان‌شناسی، علوم رایانه، مهندسی و علوم طبیعی است و در آن راه‌حل‌های قرن ۲۱ برای محافظت از گذشته برای نسل‌های آینده ارائه می‌شود و شامل اقداماتی در قالب شبیه سازی مانند بازسازی‌های دیجیتالی در محیط مجازی است [93]. امروزه با پیشرفت علوم و فنون، سایبر باستان‌شناسی شاخه‌ای از پژوهش‌های علوم باستان‌شناسی محسوب می‌شود و به شبیه‌سازی دیجیتالی اعصار گذشته می‌پردازد. دیدگاه این رشته، به تعاملات گذشته، در قالب سناریوها و شبیه‌سازی-های متعدد و ایجاد تجسم‌های دیجیتالی مختلف است. اصطلاح سایبر باستان‌شناسی همچنین رویکرد سایبرنتیک اکولوژیکی را به یاد می‌آورد که اطلاعات آن مبتنی بر مدل‌سازی روابط بین ارگانیسم‌ها (موجودات زنده) و محیط است. در این راستا فرایند شناختی- تفسیری با دنبال کردن مسیر شناختی غیرخطی به‌واسطهٔ یک حلقه بازخوردهای تعاملی (میان موجودات زنده و محیط) در بستر یک محیط واقعیت مجازی حاصل می‌شود [94]. شاید به زبان ساده بتوان کلیت زیر بخش‌های حوزهٔ سایبرباستان‌شناسی را در ۱) توسعه نرم‌افزارهای آماری و اطلاعاتی مرتبط با علوم باستان‌شناختی، ۲) ایجاد و ساخت پایگاه‌های اطلاعاتی، ۳) مباحث مربوط به مستندسازی و مستندنگاری دیجیتال آثار و ابنیه تاریخی، در قالب انواع روش‌های عکاسی و تصویرسازی بیان کرد [95].

به‌کارگیری فرایند فناوری اطلاعات دیجیتال جهت شبیه‌سازی، بازسازی و مدیریت فرایندهای باستان-سنجی در رابطه بافرهنگ مادی در حوزهٔ علوم طبیعی است که موضوعاتش به طرق مختلف (سال‌یابی، پیش‌یابی، تجزیه، فنّاوری، منشأ یابی و غیره) با ارائهٔ تصاویر یا جستجوهای پژوهشی هدفمند موردبررسی قرارگرفته است [94]. از رویکردهای جالب‌توجه این رویکرد تلفیقی، استفاده از علوم رایانه‌ای در انطباق با اطلاعات و یافته‌های باستانی و بازسازی نزدیک به واقعیتی از اشیاء، مناظر و ابنیه در زندگی پیشینیان است [96] (شکل ۸).

در این زمینه می‌توان به مطالعاتی در کشور اشاره کرد که عمر آن‌ها کمتر از دَه سال است. از این قبیل می-توان به استفاده از روش‌های مختلف تصویربرداری ازجمله تصویربرداری واریختگی بازتابشی (RTI) (Reflectance Transformation Imaging) [97]، استفاده از فناوری‌های مرتبط با سه‌بعدی سازی برای بازسازی اشیاء فرهنگی و تاریخی به‌صورت مجازی و در ادامه حفاظت و مرمت آن‌ها به‌صورت واقعی (شیشه و سفال) اشاره کرد [98-99]. افق‌های پیش روی این گرایش با توجه به ورود آن در سرفصل‌های درسی دانشگاهی بسیار نویدبخش است.



شکل ۹: بازسازی سه‌بعدی قطعات مبلمان تاریخی از شهر کارانیس [96]

Fig. 8: 3D Reconstruction of Furniture Fragments from the Ancient Town of Karanis

٤. چالش‌های آینده برای توسعهٔ باستان‌سنجی

همچنان که می‌دانیم باستان‌سنجی یک حوزهٔ پژوهشی، میان‌رشته‌ای و بین‌المللی در رابطه با سئوالات و مسائل مربوط به میراث فرهنگی، هنر و باستان‌شناسی است. حوزه‌های مختلف علمی و فنی هستند که همگام با رشد و توسعهٔ خود، همگی در یک وحدت به هم پیوسته‌ای ذیل بررسی مسائل مرتبط با زندگی انسان دیرین و پیش از آن به پژوهش‌های علمی در رابطه با موضوعات ناشناخته گذشته می‌پردازند. اگر بخواهیم به زبان ساده حیطهٔ مطالعات باستان‌سنجی و باستان‌سنجان را مشخص کنیم باید گفت تمامی افرادی که در زمینه‌های علمی و سنجه‌پذیر در راستای پاسخ به سئوالات جذاب و مبهوت‌کننده دنیای باستان‌شناسی و علوم میراث فرهنگی و هنر مشغول هستند به نحوی، از انحاء باستان‌سنجی تلقی می‌شوند و اقدام ایشان می‌تواند ذیل مفهوم باستان‌سنجی قرار گیرد.

باستان‌سنجی ازنظر فنی و مهندسی و حتی پزشکی برای ارتقاء علمی و فرهنگی جامعه مهم است. به‌عنوان‌مثال، یک زیست‌شناس که در پیِ یافتن بیماری‌های انسانی یا حیوانی در دوران گذشته با استفاده از استخوان‌ها و دندان‌های باستانی است، یک

اقدام سراسر باستان‌سنجانه انجام می‌دهد، زیرا بر اساس این مطالعات می‌توان به تغییرات جسمی و جمعیت‌های انسانی یا حیوانی آن عصر و تأثیر آن در توسعهٔ فرهنگ جامع با دقت بیشتری نگریست و دلایل تجمع و یا تفرق جمعیتی دوران باستان را بیشتر درک کرد. از طرفی، مطمئناً علم باستان‌سنجی با توجه به سئوالات پیچیده و کلانی که در مسائل مربوط به زندگی گذشته انسان با آن مواجه است، از ابتدا به‌عنوان یک گرایش علمی بین‌رشته‌ای ضرورت انجام و توسعهٔ بیشتر مطالعات میان‌رشته‌ای را در خود نهادینه کرده است. زیرا این مطالعات بین‌رشته‌ای هم می‌توانند به سئوالات عمیق‌تری پاسخ دهند و هم موجب توسعه و پیشرفت هر یک از گرایش‌های به‌هم‌پیوسته به‌صورت مستقل شوند. به نظر می‌رسد ازجمله چالش‌های مهم در مبحث توسعهٔ باستان-سنجی که باید پژوهشگران این حوزه به‌صورت جدی آن‌ها را پیگیری کنند عبارت هستند از:

-تخصیص سرمایه در مطالعات میراث فرهنگی برای پژوهش‌های باستان‌سنجی: یکی از مهم‌ترین مسائل مطالعات باستان‌سنجی جذب سرمایه‌های ملی برای انجام تحقیقات است، اما ازآنجاکه مطالعات باستان‌سنجی در فضایی میان رشتگی بین حوزه‌های تاریخی و فرهنگی با اقدامات علمی و پایه‌ای اتفاق می‌افتند، کمتر ارگان و سازمان و صاحبان سرمایه‌ای را می‌توان برای تأمین بودجه‌ای برای این تحقیقات توجیه کرد. هم‌اکنون در ایران و اقصا نقاط جهان، علاقه به مطالعات باستان‌سنجی در میان باستان‌شناسان بسیار فراوان شده است، اما تقریباً در اکثر موارد به‌خصوص در کشورهای چندان توسعه‌نیافته، هیئت‌های باستان‌شناسی حاضر به تخصیص بودجه‌ای از کاوش‌ها برای مطالعات باستان‌سنجی نیستند. این معضل، نشان می‌دهد که باستان‌سنجان کماکان نتوانسته‌اند خود را در قالب گروه‌های متخصص وارد مطالعات حوزهٔ میراث فرهنگی و باستان‌شناسی کنند. ازاین‌رو ایجاد ارتباط با صنعت و رونق اقتصادی در این عرصه اولین و شاید مهم‌ترین چالش توسعهٔ این رشتهٔ علمی است.

-ایجاد گفتمان میان باستان‌شناسی و باستان‌سنجی: هنگامی‌که یک باستان‌سنج نتایج خود را که مبتنی بر آزمایش‌های محاسباتی و آماری هستند، برای متخصصان باستان‌شناسی توضیح می-دهد، احتمالاً با این مشکل مواجه می‌شود که همکاران باستان‌شناسی وی درک چندانی از جوانب مختلف مطالب ارائه‌شده ندارند و این شخص متوجه می‌شود که همکاران باستان‌شناسی او تنها علاقه‌مند به شنیدن نتایج هستند و شاید این موارد را تا حدی طفره رفتن از گفتن اصل ماجرا بپندارند. به احتمال زیاد، این مسئله به‌صورت برعکس نیز وجود دارد، به‌نحوی‌که باستان‌سنجان علاقه‌مند به ارتقاء روش‌ها و مطالعات خود هستند اما آن‌ها را از منظر سئوالات برآمده از هنر و علوم انسانی نمی‌بینند، که در این صورت اتفاق افتادن یک تبادل میان‌رشته‌ای غیرممکن خواهد بود. ازاین‌رو بهترین راهکار، گذراندن واحدهای درسی در رشتهٔ باستان‌سنجی برای باستان‌شناسان و در باستان‌شناسی برای باستان-سنجان و آنانی که در علوم پایه تحصیل‌کرده و به باستان‌سنجی واردشده‌اند، است. تنها راهکار واقعی، ایجاد گفتگو میان این دو قشر است تا بتوان به نقطه‌ای رسید که باستان‌شناسان سئوالات دقیق از باستان‌سنجان بپرسند، سئوال‌هایی که بر اساس نمونه‌ها و آزمایش‌ها و از طریق اطلاعات حاصل از آنالیزهای علمی بتوان به آن‌ها پاسخ مقتضی داد.

- برنامهٔ آموزشی باستان‌سنجی: در ایران همانند کشورهای اروپایی نیز باستان‌سنجی در مقاطع تحصیلات تکمیلی در برنامهٔ آموزشی دانشگاه‌ها قرارگرفته است. در این زمینه، بسیاری از متخصصان باستان‌سنجی معتقد هستند که آموزش باستان‌سنجی باید متمرکز بر روی افرادی شود که در علوم پایه تحصیل کرده‌اند و نمی‌توان به دانشجویانی که پایهٔ علوم انسانی و هنر دارند، مسائل آماری و زمین-شناسی و شناخت مواد را در طی مدت کوتاه

تحصیلات تکمیلی آموزش داد، به‌طوری‌که در آینده بتوانند در این زمینه فعالیت کنند. حال، سئوال اینجا است که آیا برای باستان‌سنجی با روش‌های این‌چنینی مانند پذیرش دانشجو و ضعف در منابع آموزشی و تجهیزات آزمایشگاهی و عدم متخصصان کارآمد، آینده‌ای قائل هستیم؟ در ایران وضعیت در زمینهٔ جذب و آموزش دانشجویان به نحو اسف‌باری، وخیم است. زیرا رشتهٔ باستان‌سنجی در میان دانشجویان و متخصصان علوم پایه و فنی ناشناخته است و از طرفی با جذب دانشجویان از طریق کنکور سراسری با خیلی از دانشجویان غیر مرتبط با علوم پایه و فنی در دانشگاه‌های کشور مواجه هستیم که به‌سادگی نمی‌توان در طی دو سال مقطع کارشناسی ارشد چندان امیدوار بود که فارغ‌التحصیلان این حوزه آن‌قدر کارآمد شوند تا بتوانند در میان گروه‌های باستان‌شناسی جایی را به‌عنوان باستان‌سنج برای خود باز کنند. به‌علاوه، در کشور با کمبود مراکز آزمایشگاهی تحقیقاتی مواجه هستیم که این امر موجب شده بسیاری از مطالعات با دقت لازم انجام نشوند و دیگر اینکه سیل نمونه‌ها برای انجام مطالعات به آزمایشگاه‌های معتبر خارجی روانه شوند.

-عدم وجود بانک اطلاعات و داده‌های باستان‌سنجی: عدم وجود بانک اطلاعات و داده‌های باستان‌سنجی یک مشکل بین‌المللی است و بسیاری از کشورهای مشترک‌المنافع به فکر ایجاد آن هستند، اما هنوز هیچ مرکز مطالعاتی اقدام به تمرکز بخشی و گردآوری بانک اطلاعات مربوط به انتشارات و پژوهش‌های باستان‌سنجی کشور نکرده است و دوباره‌کاری در بسیاری موارد در آینده گریبان‌گیر مطالعات این حوزه خواهد شد، به‌خصوص اینکه به دست آوردن نمونه به علت عدم ثبت و نگهداری نمونه‌های آماده‌سازی شده مطالعاتی، خود از مشکلات جدی این حوزه است. به‌نحوی‌که مثلاً در بنایی مانند پاسارگاد چندین‌بار سنگ‌ها از طرف متخصصان مختلف شناسایی‌شده اما بار دیگر اگر کسی بخواهد بر روی آن نمونه‌ها کار کند، حتی در پایگاه پژوهشی پاسارگاد نمونه‌های مطالعات قبلی نگهداری نمی‌شوند.

-ارتقاء کیفیت انتشارات باستان‌سنجی: تا چند سال قبل و هم‌اکنون در بسیاری از مجلات باستان‌شناسی مقالات حوزهٔ باستان‌سنجی نیز نشر می‌شوند که در هنگام مقایسه با سایر گرایش‌های علمی از بسیاری استانداردهای مرسوم دور هستند. علت این امر هم انتشار مطالب باستان‌سنجی در مجلات و انتشارات حوزه باستان‌شناسی است. متأسفانه داوری چندان علمی و حرفه‌ای بر آن‌ها استوار نیست و عمدتاً تنها بخش‌های باستان‌شناسی از دید باستان‌شناسان موردانتقاد اندکی قرار می‌گیرد و مقاله عمدتاً به‌واسطهٔ گراف‌ها و نمودارها و کارهای مبتنی بر آنالیزهای علمی که انجام داده است، موردپذیرش و انتشار قرار می‌گیرد. این آسیب به‌صورت جدی می‌تواند در آینده نه چندان دور به بی‌ارزش و غیرعلمی شدن محتویات باستان‌سنجی مجلات باستان‌شناسی در نزد متخصصان بینجامد.

۵. نتیجه‌گیری

بر اساس آنچه از محتوای مقاله برمی‌آید، باستان-سنجان در رابطه با سئوالات دنیای باستان، نتایج متفاوتی را از اقدامات علمی خود در ذیل رویکرد باستان‌سنجی به جامعه ارائه می‌دهند. مطالعات ایشان گاه در خدمت اهداف سیاسی قرار می‌گیرد و گاه اهداف اقتصادی حمایت‌کننده از این قبیل مطالعات متمرکز بر ایجاد ارزش‌افزوده‌ای هستند که این نوع مطالعات به آثار باستانی می‌افزایند. مطالعات باستان-سنجی گاه در خدمت ساخت بخش‌هایی از هویت تاریخی- فرهنگی و قوم‌شناسی و نژادهای بشری قرار می‌گیرد، گاه در زمینهٔ پایش و سنجش بلایای مخرب و ارزیابی فرایندهای درمانی برای آثار و ابنیهٔ تاریخی ظهور می‌کند و گاه در بازسازی و شناخت مصالح و مواد تشکیل‌دهنده، کاربری و منشأ اشیا باستانی کاربردی می‌شود، به‌علاوه باستان‌سنجی گاهی به تفاهمات و تعارضات در منافع مادی و ملی

جوامع یا افراد با پاسخ علمی در تاریخ‌گذاری و اصالت‌سنجی اشیاء توجه ویژه می‌کند و درنهایت گاهی پیش‌بینی می‌کند و گاهی با دید به گذشته آن را تحلیل و کنکاش می‌کند. گاهی در اعماق غارهای ماقبل تاریخ و لایه‌های دیرین زمین‌شناسی کنکاش می‌کند و گاهی به آسمان می‌نگرد، جهت‌های جغرافیایی ابنیه را تطبیق می‌دهد و تقویم سال نو و سال کهنه را تفکیک می‌کند. حرف آخر اینکه باستان‌سنجی تماماً سخن تازه و نفس تازه برای شناخت باستان و گذشته ما است. پرداختن به گرایش‌های علمی مانند گرده‌شناسی، باستان استخوان‌شناسی، باستان‌حیوان شناسی، باستان گیاه-شناسی، باستان متالورژی، اختر باستان‌شناسی، که هرکدام می‌توانند به‌سادگی زیر بخش‌هایی جدی از چندگانهٔ مطالعات باستان‌سنجی باشند پیشنهاداتی است که می‌توانند در آینده مورد بررسی پژوهشگران قرار گیرند. به نظر می‌رسد در ادامهٔ حرکت این گرایش پژوهشی، تدوین اخلاق باستان‌سنجی از گام-های بعدی توسعهٔ آن باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه هنر اسلامی تبریز که با در اختیار نهادن امکانات مادی و معنوی موجب انجام این تحقیق شد، سپاسگزاری می‌شود.

پی نوشت ها

۱. «تاریخ‌گذاری» هم‌ارزِ «Dating ۱»؛ منبع: گروه واژه‌گزینی باستان‌شناسی و زیر نظر غلامعلی حداد عادل، دفتر ششم، فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان، تهران: انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی،شابک ۹۷۸-۶-۸۵-۷۵۳۱-۹۶۴.

۲. «سن‌یابی» هم‌ارزِ «Dating 2»؛ منبع: گروه واژه‌گزینی باستان‌شناسی و زیر نظر غلامعلی حداد عادل، دفتر ششم، فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان، تهران: انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی،شابک ۹۷۸-۶-۸۵-۷۵۳۱-۹۶۴.

۳. لیدار (LIDAR) یک فنّاوری سنجش از راه دور است که باهدف قرار دادن نقاط مختلف با لیزر و تجزیه‌وتحلیل نور منعکس، فواصل را اندازه‌گیری می‌کند. لیدار به‌عنوان یک فنّاوری محبوب برای ایجاد نقشه-های باکیفیت بالا، در نقشه‌برداری، باستان‌شناسی، جغرافیا، زمین‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، زلزله‌شناسی، جنگل‌داری، فیزیک جو و غیره مورداستفاده قرار می‌گیرد. در باستان‌شناختی برای پژوهش‌های بررسی و الگوهای استقراری از این روش اخیراً در کشورهای اروپایی به‌طور گسترده برای تفسیر منظر تاریخی استفاده می‌شود [۷۸].

References

[1] Pollard AM, Batt CM, Stern B, Young SM, Young SM. Analytical chemistry in archaeology. Cambridge University Press; 2007.

[2] Tite MS. Archaeometry-an overview. Inproceedings-International School of Physics Enrico Fermi 2004;154: p. 347-356. IOS Press; Ohmsha; 1999.

[3] Stern WB. Archaeometry–Analyzing the Cultural Heritage. CHIMIA International Journal for Chemistry. 2001 Nov 1;55(11): p.915-22.

[4] Bahrololoumi, F., Bahadori R., Archaeometry in archaeological research in Iran, Eighty Years of Iranian Archaeology, Vol. 2, Editors: Yousef Hassanzadehy; Sima Miri: Pazineh Press Center & National Museum of Iran. 2012.pp329-344
[بحرالعلومی، فرانک، بهادری. رویا. نقش باستان سنجی در باستان شناسی ایران، مجموعه مقالات ۸۰ باستان شناسی ایران، جلد دوم، به کوشش، یوسف حسن زاده، سیما میری، تهران: موزه ملی و نشر پازینه ،۱۳۹۱. ص۳۲۹-۳۴۴]

[5] Razani M, Ajourlou B (edited). Introduction to the book Application of Scientific Analysis in Archeology and Restoration of Cultural Heritage,

Selected Articles of the First and Second National Conferences. editors: Razani M, Ajourlou B. Tabriz: Islamic Art University of Tabriz (1391-1392) 1393. [in Persian]

[رازانی مهدی، آجورلو بهرام (به ویرایش). مقدمه کتاب کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی، برگزیده مقالات اولین و دومین همایش ملی. به کوشش: رازانی مهدی، آجورلو بهرام. تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز (۱۳۹۲-۱۳۹۱) ۱۳۹۳.]

[6] Liritzis I, Laskaris N, Vafiadou A, Karapanagiotis I, Volonakis P, Papageorgopoulou C, Bratitsi M. Archaeometry: an overview. Scientific Culture. 2020 Jan 1;6(1):49-99.

[7] Pollard AM. Archaeometry 50th anniversary issue editorial. Archaeometry. 2008 Apr;50(2):191-3.

[8] Archaeometry. (1981). Walter Sullivan, New York Times, from https://www.merriam-webster.com/ dictionary/ archaeometry.

[9] Archaeometry. (1958), from https://www.merriam-webster.com/dictionary/ archaeometry.

[10] Archaeometry. (n.d). Retrieved November 9, 2018, from https://ahdictionary.com/word/search.html?q=archaeometry

[11] Archaeometry.. (n.d). Retrieved November 9, 2018, from, https://www.collinsdictionary.com/ dictionary/english/archaeometry

[12] Ehrenreich RM. Archaeometry into archaeology. Journal of Archaeological Method and Theory. 1995 Mar 1: p.1-6.

[13] Martini M, Piacentini M, editors. Physics methods in archaeometry. IOS press; 2004 Jun 9.

[14] Jones A. Archaeometry and materiality: materials based analysis in theory and practice. Archaeometry. 2004 Aug;46(3): p. 327-38.

[15] Darvill, T. (2008). archaeometry. In The Concise Oxford Dictionary of Archaeology: Oxford University Press. Retrieved 31 Jul. 2019, from https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199534043.001.0001/acref 9780199534043-e-36.

[16] Glascock MD. Archaeometry. Encyclopedia of Global Archaeology, ed. by Deborah M. Pearsall. Academic Press, New York. 2008

[17] Artioli G, Angelini I. Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science. Oxford University Press; 2010 Jul 8.

[18] Martinón-Torres M, Killick D. Archaeological theories and archaeological sciences. InThe Oxford Handbook of Archaeological Theory 2015.

[19] Bahrololumi Shapoor Abadi, F. Dating methods in archeology. Tehran: 1388. [in Persian]

[بحر العلومی شاپورآبادی فرانک. روش‌های سال‌یابی در باستان‌شناسی. تهران: سمت ۱۳۸۸.]

[20] Holmes A. The association of lead with uranium in rock-minerals, and its application to the measurement of geological time. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character. 1911 Jun 9;85(578): p.248-56.

[21] Taylor RE, Aitken MJ, editors. Chronometric dating in archaeology. Springer Science & Business Media; 1997 Nov 30.

[22] Adams WY, Adams EW, Adams EW, Adams EW, Mathematician P. Archaeological typology and practical reality: a dialectical approach to artifact classification and sorting. Cambridge: Cambridge University Press; 1991.

[23] Baillie MG. Tree-ring dating and archaeology. Routledge; 2014 Oct 24.

[24] Aitken MJ. Science-based Dating in Archaeology, Longman. London. Allen, JRL Coal dust in the Severn Estuary, southwestern UK. Marine Pollution Bulletin. 1990;18: p.169-74.

[25] Rixhon G, Briant RM, Cordier S, Duval M, Jones A, Scholz D.

in the National Museum of Iran. Journal of Research on Archaeometry. 2017 Mar 10; 2(2): p.35-48. [Original in Persian with English Abstract]
[داداش زاده مارال، عبدالله خان گرجی مهنـاز، وحیـد زاده رضا. «خمیر لاجـورد یـا آبـی مصـری؟ بررسـی ساختاری و هویت‌بخشی مجموعه‌ای از اشیاء منسوب به خمیر لاجـورد در مـوزه ملـی ایـران.» دوفصـلنامه پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۵؛ ۲ (۲): ص. ۴۸-۳۵.]
[32] Price TD, Burton JH. Provenience and Provenance. InAn Introduction to Archaeological Chemistry.Springer, New York, NY.2011: p. 213-42.
[33] Quinn PS. Ceramic petrography. The interpretation of archaeological pottery and related artefacts in thin section: Oxford, Archaeopress. 2013.
[34] Kasiri MB, Shahrsabzi S, Emami M, Razani M. Provenance of the stones used in plinths of the Achaemenid palaces of Borazjan, South-Western of Iran. Journal of Archaeological Science: Reports. 2020 Feb 1; 29:102064.
[35] Emami M, Eslami M, Fadaei H, Karami HR, Ahmadi K. Mineralogical–geochemical characterization and provenance of the stones used at the Pasargadae Complex in Iran: A new perspective. Archaeometry. 2018 Dec;60(6): p.1184-201.
[36] Kohl PL, Harbottle G, Sayre EV. Physical and chemical analysis of soft stone vessels from southwest Asia. Archaeometry. 1979 Jan 1;21(2): p.131-59.
[37] Abedi A, Vosough B, Razani M, Kasiri MB, Steiniger D, Ebrahimi G. Obsidian Deposits From North-Western Iran and First Analytical Results: Implications for Prehistoric Production and Trade. Mediterranean Archaeology & Archaeometry. 2018 Apr 1;18(2).
[38] Price CA, Doehne E. Stone conservation: an overview of current research. Getty publications; 2011 Feb 15.
[39] Henderson J, Evans JA, Sloane HJ, Leng MJ, Doherty C. The use of oxygen, strontium and lead isotopes to Revealing the pace of river landscape evolution during the Quaternary: recent developments in numerical dating methods. Quaternary Science Reviews. 2017 Jun 15; 166: p.91-113.
[26] Walker M. Quaternary dating methods. John Wiley and Sons; 2005 Jun 17.
[27] Tite MS. Archaeological Science-Past Achievements and Future Prospects. Archaeometry. 1991 Aug;33(2): p.139-51.
[28] Bahrololumi Shapoor Abadi, F. Archeometry, a way for communication between the natural sciences and archeology. Physics day. 2014; 5: p.32-37. [in Persian]
[بحر العلومی شاپورآبادی فرانک. باسـتان‌سـنجی، راه ارتباطی علوم طبیعی و باسـتان‌شناسـی. فیزیـک روز ۱۳۹۳؛ ۵: ص. ۳۲-۳۷.]
[29] Emami M, Razani M, Soleimani NA, Madjidzadeh Y. New insights into the characterization and provenance of chlorite objects from the Jiroft civilization in Iran. Journal of Archaeological Science: Reports. 2017 Dec 1;16: p.194-204.
[30] Nagel A. "Persepolis in Color" in In Tehran 50: ein halbes Jahrhundert deutsche Archäologen in Iran; eine Ausstellung des Deutschen Archäologischen Instituts in Zusammenarbeit mit dem Museum für Islamische Kunst, by: Eurasien-Abteilung Deutsches Archäologisches Institut. Staatliche Museen Berlin;2. 12. 2011-4. 3. 2012, Translated in Persianby B, Rahimipour P. Translated by Fahimi. H. Translated by Fahimi H. Tehran: National Museum of Iran 2016. p.229-231. [in Persian]
[ناگل الکساندر. «تخت جمشید رنگی» در تهران ۵۰؛ تاریخچه نیم‌قرن حضـور باسـتان‌شناسـان آلمـانی در ایـران. بـه کوشـش: املوینـگ باربـارا، رحیمـی پـور پاتریسیا. ترجمه فهیمی حمید. ناشر: موزه ملی ایـران. ۱۳۹۵؛ ص. ۲۲۹-۲۳۱.]
[31] Dadashzadeh M, Gorji M, Vahidzadeh R. "Egyptian Blue" or "Lapis Lazuli Paste"? Structural Study and Identification of the Collection of the Objects Nominate Lapis Lazuli Paste

provenance ancient glasses in the Middle East. Journal of Archaeological Science. 2005 May 1;32(5):665-73.

[40] Roberts BW, Thornton CP, editors. Archaeometallurgy in global perspective: methods and syntheses. Springer Science & Business Media; 2014 Jan 7.

[41] Pernicka E. Provenance determination of archaeological metal objects. In Archaeometallurgy in global perspective Roberts BW, Thornton CP, editors 2014 (pp. 239-268). . Science & Business Media Springer, New York, NY.

[42] Razani M, Nasirzadeh B. Fake and Forgery in Antiquities and Visual Arts: Terminology, Typology, Legal Fate and Evaluation Methods " Proceedings of the 1st & 2nd Iranian National Symposium on the Application of Scientific Analyses in Archaeometry and the Conservation of Cultural Heritage 2012 & 2013Editors: Mehdi Razani & Bahram, T IAU, Vol 1-2 (2012-2013) 2014; p. 32–107. [in Persian]

[رازانی مهدی، نصیر زاده بهناز. جعل و تقلب در آثار تاریخی و هنرهای تجسمی«مفاهیم، گونه شناسی، سرنوشت قانونی و روش‌های بررسی» در کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی، برگزیده مقالات اولین و دومین همایش ملی. به کوشش: رازانی مهدی، آجورلو بهرام. تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز (۱۳۹۱-۱۳۹۲) ۱۳۹۳؛ ص. ۳۲-۱۰۷.]

[43] Feilden BM, Jokilehto J. Management guidelines for world cultural heritage sites. 1998.

[44] Holtorf C, Schadla-Hall T. Age as artefact: on archaeological authenticity. European journal of archaeology. 1999;2(2): p.229-47

[45] Labadi S. World Heritage, authenticity and post-authenticity: international and national perspectives. InHeritage and globalization. Routledge. 2010 Jun 17; p. 80-98.

[46] Petzet M. International principles of preservation. Monuments and Sites. 2009;20.

[47] Scott DA. Art: Authenticity, Restoration, Forgery. ISD LLC; 2016 Dec 31.

[48] Korff G, Roth M, editors. Das Historische Museum. Campus Verlag; 1990.

[49] Seidenspinner W. Authentizität. Kulturanthropologisch-erinnerungskundliche Annäherungen an ein zentrales Wissenschaftskonzeptim Blick auf das Weltkulturerbe. 2007.

[50] Craddock P. Scientific Investigation of Copies. Fakes and Forgeries (Ljubljana: Elsevier Ltd., 2009). 2009: p.141-60.

[51] Tite MS. Archaeological Science-Past Achievements and Future Prospects. Archaeometry. 1991 Aug;33(2): p.139-51.

[52] Heeb J, Ottaway BS. Experimental archaeometallurgy. InArchaeometallurgy in global perspective. Springer, New York, NY. 2014; p. 161-92.

[53] Renfrew C, Bahn P, editors. Archaeology: the key concepts (pp. 15-23). Routledge; 2013 Sep 5.

[54] Ascher R. Experimental archeology. American Anthropologist. 1961 Aug 1:793-816.

[55] Coles J. Archaeology by experiment. Routledge; 2014 Oct 24.

[56] Reynolds PJ. The nature of experiment in archaeology. Experiment and design: Archaeological studies in honour of John Coles. 1999 Oct: p.156-62.

[57] Mathieu JR. Experimental archaeology. BAR International Series. 2002;1035.

[58] Kingery WD. Technological systems and some implications with regard to continuity and change. History from things: Essays on material culture. 1993 Apr 17: p.215-30.

[59] Franklin U. The real world of technology. CBC Massey Lecture Series.1992.

[60] Miller HM. Chapter 2: Methodology: Archaeological Approaches to the Study of Technology. Archaeological

geophysics. Cambridge university press; 1990 Oct 26.

[68] Conyers LB, Goodman D. Ground-penetrating radar. An Introduction for Archaeologist: AltaMira Press; 1997 Mar; p. 149-194

[69] Daniels DJ. Ground Penetrating Radar, the institution of electrical engineers. London, UK. 2004.

[70] Linford N. The application of geophysical methods to archaeological prospection. Reports on progress in physics. 2006 Jun 26;69(7):2205.

[71] Sarlak B, Aghajani H. Archaeological investigations at Tepe Hissar-Damghan using Gravity and Magnetics methods. Journal of Research on Archaeometry. 2017 Mar 10;2(2): p.19-34. [Original in Persian with English Abstract

[سرلک بهزاد، آقاجانی حمید. بررسی باستان‌سنجی در تپه حصار دامغان با استفاده از روش‌های گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی. دو فصلنامهٔ پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۵؛ ۲(۲): ۱۹-۳۴]

[72] Goodman D, Piro S. GPR remote sensing in archaeology. New York: Springer; 2013 Mar 19; 9: p. 233

[73] Aminpour B. Application of exploratory geophysical methods in archeology and an example of the application of magnetometric method around Choghaznabil temple.Bastan Pajhohi Journal, 1380; 4. (8) p. 4-9 .[in Persian]

[امین‌پور بابک. کاربرد روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی در باستان‌شناسی و نمونه‌ای از اجرای روش مغناطیس‌سنجی در اطراف معبد چغازنبیل. باستان پژوهی ۱۳۸۰؛ ۴. (۸) ص. ۴-۹.]

[74] AliTajer S, Afshari Azad S. Investigating the Role of Geomatics Engineering in the Applications of Cultural Heritage, Archeology and Architecture. Journal of Archaeological Researches in Iran. 2013;5: p.169-9 .[Original in Persian with English Abstract]

[علیتاجر سعید، افشاری آزاد سمیه. بررسی جایگاه مهندسی ژئوماتیک در کاربردهای میراث فرهنگی و

Approaches to Technology. 2007; p.13-39.

[61] Price TD, Burton JH. Technology, Function, and Human Activity. InAn Introduction to Archaeological Chemistry 2011 (pp. 155-186). Springer, New York, NY.

[62] Emami SM. Archaeometry, a Discipline for Linking Archaeology to Natural Sciences (Aims and Scopes). Journal of Research on Archaeometry. 2016 Mar 10;1(2): p.75-82. [Original in Persian with English Abstract]

[امامی سید محمدامین. «باستان‌سنجی؛ پلی میان علوم طبیعی و مهندسی با باستان‌شناسی (اهداف و دورنما).» دو فصلنامهٔ پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۴؛ ۱(۲): ص. ۷۵-۸۲.]

[63] Muñoz-Viñas S, Viñas SM. Contemporary theory of conservation. Routledge; 2005.

[64] Brandi C. Teoria del restauro. Ed. di storia e letteratura; 1963.

[65] Sung B.G. Identification flight over southern Iran. In Tehran 50: ein halbes Jahrhundert deutsche Archäologen in Iran; eine Ausstellung des Deutschen Archäologischen Instituts in Zusammenarbeit mit dem Museum für Islamische Kunst, by: Eurasien-Abteilung Deutsches Archäologisches Institut. Staatliche Museen Berlin;2. 12. 2011-4. 3. 2012, Translated in Persianby B, Rahimipour P. Translated by Fahimi. H. Translated by Fahimi H. Tehran: National Museum of Iran 2016. [In Persian]

[سونگ با گوان. پرواز شناسایی بر فراز جنوب ایران- در تهران ۵۰؛ تاریخچه نیم‌قرن حضور باستان‌شناسان آلمانی در ایران به کوشش: املوینگ باربارا، رحیمی پور پاتریسیا. ترجمه فهیمی حمید. تهران: موزه ملی ایران ۱۳۹۵.]

[66] Fassbinder JW. Geophysical prospection of the frontiers of the Roman Empire in southern Germany, UNESCO World Heritage Site. Archaeological Prospection. 2010 Jul;17(3): p.129-39.

[67] Telford WM, Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE, Sheriff RE. Applied

4. 3. 2012 im Pergamonmuseum, Museumsinsel Berlin, aus Anlass des fünfzigjährigen Bestehens der Außenstelle Teheran des Deutschen Archäologischen Instituts. von Zabern; 2011. [in Persian]

[پنکه نوربرت. تحلیل علمی یافته‌های جانوری- در تهران ۵۰؛ تاریخچه نیم‌قرن حضور باستان‌شناسان آلمانی در ایران. به کوشش: املوینگ باربارا، رحیمی پور پاتریسیا. ترجمه فهیمی حمید. ناشر: موزه ملی ایران ۱۳۹۵.]

[84] Price TD, Burton JH. An introduction to archaeological chemistry. Springer Science & Business Media; 2010 Oct 17.

[85] Brown TA, Brown K. Biomolecular archaeology: an introduction. John Wiley & Sons; 2011 Feb 8.

[86] DeNiro MJ, Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochimica et cosmochimica acta. 1978 May 1;42(5):495-506.

[87] DeNiro MJ, Epstein S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. Geochimica et cosmochimica acta. 1981 Mar 1;45(3):341-51.

[88] Katzenberg MA, Schwarcz HP, Knyf M, Melbye FJ. Stable isotope evidence for maize horticulture and paleodiet in southern Ontario, Canada. American Antiquity. 1995 Apr;60(2):335-50.

[89] Little EA, Schoeninger MJ. The Late Woodland diet on Nantucket Island and the problem of maize in coastal New England. American Antiquity. 1995 Apr;60(2):351-68.

[90] B. Kasiri M, Abedi A. Application of Strontium Isotope Analysis of Bone and Tooth in the Study of Ancient Immigrations. JRA. 2020; 6 (1) :17-31: DOI:10.29252/jra.6.1.17

[باقرزاده کثیری مسعود، عابدی اکبر. کاربرد آنالیز ایزوتوپ های استرانسیوم استخوان و دندان در مطالعه پدیده مهاجرت‌های باستانی. پژوهه باستان سنجی. ۱۳۹۹; ۶ (۱) :۱۷-۳۱]

[91] Emami M. The study of mineralogy and archaeometry of ceramic artifacts during 1600-700 B.C. in Haft Tappeh, باستان‌شناسی و معماری. دوفصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. گروه باستان-شناسی دانشکده هنر و معماری بوعلی سینا. ۱۳۹۲؛ ۵(۳): ص. ۱۶۹-۱۹۵.]

[75] Luo L, Wang X, Guo H, Lasaponara R, Zong X, Masini N, Wang G, Shi P, Khatteli H, Chen F, Tariq S. Airborne and spaceborne remote sensing for archaeological and cultural heritage applications: A review of the century (1907–2017). Remote sensing of environment. 2019 Oct 1; 232:111280.

[76] Clark JG. Star Carr: a case study in bioarchaeology.1972.

[77] Clark JG. Bioarchaeology: Some extracts on the theme. Current Anthropology. 1973 Oct 1;14(4): p.464-70

[78] Buikstra JE. Biocultural dimensions of archaeological study: A regional perspective. Biocultural adaptation in prehistoric America. 1977: p.67-84

[79] Wright LE, Yoder CJ. Recent progress in bioarchaeology: approaches to the osteological paradox. Journal of Archaeological Research. 2003 Mar 1;11(1): p.43-70.

[80] Killgrove K. Bioarchaeology in the Roman world (Doctoral dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill).2005

[81] Roberts CA. Human remains in archaeology. A handbook. Number 18 Volume 10 Issue. 2009 Jul;29.

[82] Afshar Z. Bioarchaeology: Scientific Studies of Archaeological Human Skeletal Remains. JRA. 2018; 4 (2): p.81-92. [Original in Persian with English Abstract]

[افشار زهرا. زیست‌باستان‌شناسی: مطالعه علمی بقایای اسکلت‌های انسانی به‌دست‌آمده از کاوش‌های باستان‌شناسی. دو فصلنامه‌ی پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۷؛ ۴ (۲) : ص.۹۲-۸۱]

[83] Eurasien-Abteilung Deutsches Archäologisches Institut. Tehran 50: ein halbes Jahrhundert deutsche Archäologen in Iran; eine Ausstellung des Deutschen Archäologischen Instituts in Zusammenarbeit mit dem Museum für Islamische Kunst, Staatliche Museen Berlin; 2. 12. 2011-

Choghazanbil, Eighty Years of Iranian Archaeology, Vol. 2, Editors: Yousef Hassanzadehy; Sima Miri: Pazineh Press Center & National Museum of Iran. 2012.pp314-328

[امامی، سید محمد امین، آرکئومتری و مینرالوژی فن سفالگری از ۱۶۰۰ تا ۷۰۰ پ.م در چغازنبیل و هفت تپه، مجموعه مقالات ۸۰ باستان شناسی ایران، جلد دوم، به کوشش، یوسف حسن زاده، سیما میری، تهران: موزه ملی و نشر پازینه، ۱۳۹۱.ص۳۱۴-۳۲۸]

[92] Chaychi Amirkhiz A, Shaikk Baikloo Islam B. Climatic Hazards of Fourth Millennium BC and Cultural p Responses of Human Societies Case Study: Tehran Plain and Qomroud-Gharachay Basin. JRA. 2020; 6 (1) :67-80 DOI: 10.29252/jra.6.1.67

[چایچی امیرخیز احمد، شیخ بیگلو اسلام بابک. مخاطرات اقلیمی هزاره چهارم ق.م و پاسخ‌های فرهنگی جوامع انسانی مطالعه موردی: دشت تهران و حوضه قمرود-قره‌چای. پژوهه باستان‌سنجی. ۱۳۹۹، ۶ (۱) :۸۰-۶۷]

[93] Levy, T.E and Liss, B (2020) Cyber-archaeology C. Smith (ed.), Encyclopedia of Global Archaeology, Springer Nature Switzerland AG 2020 https://doi.org/10.1007/978-3-319-51726-1_3203-1

[94] Forte M, editor. Cyber-archaeology. Oxford: Archaeopress; 2019.

[95] Liritzis I, Al-Otaibi FM, Volonakis P, Drivaliari A. Digital technologies and trends in cultural heritage. Mediterranean Archaeology & Archaeometry. 2015 Jan 1; 15(3):313-32.

[96] Mirsafdari S, Mohammadifar Y. Recreating Information in Digital Archeology. Parseh J Archaeol Stud. 2020; 4 (13) :181-192

[میرصفدری ش، محمدی‌فر. ی. بازآفرینی اطلاعات در دیجیتال باستان‌شناسی. مطالعات باستان شناسی پارسه. ۱۳۹۹، ۴ (۱۳):۱۸۱-۱۹۲]

[97] Elgewely E. 3D Reconstruction of Furniture Fragments from the Ancient Town of Karanis. Studies in Digital Heritage. 2017 Dec 14;1(2):409-27.

[98] Jelodarian, B, Razani. M. Using Reflectance Transformation Imaging (RTI) to Examine Surface Morphology of Chlorite Handbags of the Halil-Roud Culture Basin, Jiroft belongs to Azerbaijan Museum. 2nd International Conference on the Archaeology of Southeastern Iran at: Jiroft, IRAN. December 2017

[بهروز جلوداریان بیدگلی، مهدی رازانی، بررسی ریخت‌شناسی سطح در آثار سنگ وزنه‌های کلریتی جیرفت موجود در موزه آذربایجان توسط روش تصویربرداری واریختگی بازتابشی (RTI). دومین همایش بین‌المللی باستان‌شناسی جنوب‌شرق دانشگاه جیرفت، کرمان. ۱۳۹۶]

[99] Razani M, Haddadian MA. The Use of New Prototyping Technology to Reconstruct Missing Parts of the Archaeological Pottery. Pazhoheshha-ye Bastan shenasi Iran. 2018 Nov 22;8(18):193-212. doi: 10.22084/nbsh.2018.15134.1670

[رازانی مهدی، حدادیان محمد علی، پور عباس صفر. استفاده از فناوری‌های نوین نمونه‌سازی در بازسازی بخش‌های مفقود سفالینه‌های باستان-شناسی. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۱۳۹۷؛ ۸ (۱۸): ۲۱۲-۱۹۳]

[100] Razani M, Haddadian M A, porabbas S. The Use of Rapid Prototyping Technology to Reconstruct the Missing Parts of Glass Works with the Approach of Applying in Historical Glasses. mmi. 2016; 6 (12) :85-102

[رازانی مهدی، حدادیان محمد علی، پورعباس صفر. استفاده از فنّاوری‌های نمونه‌سازی سریع در بازسازی بخش‌های مفقود آثار شیشه‌ای با رویکرد استفاده در شیشه‌های تاریخی. نشریه علمی مرمت و معماری ایران. ۱۳۹۵، ۶ (۱۲) : ۸۵-۱۰۲]