پتروگرافی و کاربرد آن در شناسایی مواد باستان شناختی (مطالعه موردی سنگ)

حمیدامان اللهی *

چکیده

باستان‌شناسی مانند هر رشته علمی دیگر، در معرض دگرگونی و تحول‌های بنیادی است؛ به نحوی که گاهی صورت تحول یافته آن، در نظر باستان‌شناسان نسل گذشته و آن عده‌ای که از پیشرفت‌های گسترده آن در دو دهه اخیر آگاه نیستند؛ نامأنوس می‌نماید. مهمترین گام در پیشبرد رشته باستان‌شناسی اقتباس روشهای علمی با تکیه بر اصول مطالعه مسائل مشخص فرهنگی، فرضیه‌پردازی و آزمون میدانی بود که امروزه در تمام علوم رایج است. بنابراین گسترش علم باستان‌شناسی در چند دهه اخیر و توجه روزافزون به تعامل و نقش منابع زیست محیطی در فعالیتهای بشری و خلق بناهای باستانی باعث گردیده تا باستان‌شناسان نیاز روزمره‌ای به علوم دیگر به خصوص علوم پایه و مهندسی پیدا کنند. قریب به پنجاه سال است که همکاری متخصصان علوم مختلف در باستان‌شناسی مانند باستان‌زمین‌شناسی، باستان‌گیاه‌شناسی، باستان‌جانورشناسی، باستان‌زیست‌شناسی و غیره در قالب یک گروه تحقیقاتی به این شاخه از علم بُعد دیگری داده است. بنابراین وجود یک گروه با تخصص‌های باستان‌شناسی و زمین‌شناسی در کنار یکدیگر سبب تحلیل هر چه بهتر موضوعات این رشته شده است. در این مقاله سعی شده است به اهمیت علوم میان رشته‌ای، روشهای شناخت سنگها و اهمیت شناسایی آن در مطالعات باستان‌شناختی پرداخته شود.

واژگان کلیدی: علوم میان رشته‌ای، زمین‌شناسی، سنگ‌نگاری، مواد معدنی، توصیف، تفسیر و شناسایی.[1]

* دانش آموخته کارشناسی ارشد باستان شناسی از دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، Email: hakhoshmagham@gmail.Com.

درآمد

گسترش علم باستان‌شناسی در چند دهه اخیر و توجه روزافزون به تعامل و نقش منابع زیست‌محیطی در فعالیت‌های بشری و خلق بناهای باستانی باعث گردیده تا باستان‌شناسان نیاز روزمره‌ای به علوم دیگر به خصوص علوم پایه و مهندسی پیدا کنند. قریب به پنجاه سال است که همکاری متخصصان علوم مختلف در باستان‌شناسی مانند زمین ـ باستان‌شناسی در قالب یک گروه تحقیقاتی به این شاخه از علم بُعد دیگری داده است. وجود یک گروه با تخصص‌های مختلف باستان‌شناسی و زمین‌شناسی در کنار یکدیگر سبب تحلیل هر چه بهتر موضوع‌های این رشته در باستان‌شناسی شده‌اند. این موضوع در کشور ما چندی است مورد توجه قرار گرفته و امید است با توجه نظر مسؤولان ذی‌ربط گروه‌هایی با محوریت باستان‌شناسان و با یاری گرفتن از محققان رشته زمین‌شناسی و دیگر علوم، تشکیل شده تا با هم به حل مسائل پیش‌روی این رشته بپردازند.

«باستان‌شناسی مانند هر رشته علمی دیگر، در معرض دگرگونی و تحول‌های بنیادی است، به‌نحوی که گاهی صورت تحول یافته آن، در نظر باستان‌شناسان نسل گذشته و آن عده‌ای که از پیشرفت‌های گسترده آن در دو دهه اخیر آگاه نیستند نامأنوس می‌نماید. مهم‌ترین گام در پیشبرد رشته باستان‌شناسی اقتباس روش‌های علمی با تکیه بر اصول مطالعه مسائل مشخص فرهنگی، فرضیه‌پردازی و آزمون میدانی بود که امروزه در تمام علوم رایج است» (علیزاده، ۱۳۷۵: ۲).

عبدی به نقل از دیوید کلارک[1] چنین نوشته است: «باید اصول متناسب و مرتبط را از علوم پیشرفته‌تر دیگر برگرفت و به حوزه‌ی باستان‌شناسی وارد کرد» (۱۳۷۸: ۱۹).

جنگ جهانی دوم سبب پیشرفت جهشی در بسیاری از شاخه‌های علم شد. پس از جنگ، در بیشتر کشورها تعداد دانشگاه‌ها، گروه‌های آموزشی، رشته‌های تحصیلی و واحدهای پژوهشی افزایش یافت و از این رهگذر شمار دانشجویان، استادان و پژوهشگران نیز افزایش چشمگیری یافت. پس از جنگ، دانشگاه‌های بیشتری در آمریکا و انگلستان باستان‌شناسی را در برنامه‌ی درسی خود گنجاندند. تعداد استادان، دانشجویان و پژوهشگران باستان‌شناسی افزایش یافت و پیشرفت‌های دیگر علوم در اختیار باستان‌شناسان قرار گرفت. این افزایش در کشورهای غربی، به‌ویژه در آمریکا، وسیع‌تر بود و بنا به برخی آمارها، تعداد دانشگاه‌ها و دانشجویان آمریکا از دهه‌ی ۱۹۳۰ تا ۱۹۵۰م به سه برابر افزایش یافت. این قشر وسیع دانشگاهی که به روش‌ها و وسایل جدید علمی مجهز شده بودند؛ در جو مناسب دهه‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰م پیشرفت‌های علمی و فنی را سرعت بخشیدند. بدین ترتیب، این دهه‌ها زمان خیزش مکاتب نوین در همه زمینه‌های علوم عقلی و کاربردی شد و باستان‌شناسی نیز از این تحول بی‌نصیب نماند (عبدی، ۱۳۷۸: ۱۹– ۱۸).

استفاده از نوآوری‌های علمی و فنی در باستان‌شناسی طی دو دهه‌ی پس از ۱۹۵۰م گسترش یافت. به گمان هول و هایزر[2] این دو دهه در تاریخچهٔ باستان‌شناسی به‌عنوان عصر نوآوری فنی در این علم ثبت خواهد شد (آذرنوش، ۱۳۸۱: ۷). در طی سه دهه بین ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰م شاهد تحولات و کشفیات شگرفی در باستان‌شناسی بوده‌ایم که در این میان، علوم طبیعی نقش قابل توجهی را در این تحولات داشته‌اند. در حال حاضر رشته‌های گوناگون علمی، باستان‌شناسی را در کشف محوطه‌های باستانی و کشف منشاء آثار فرهنگی و مادّی که از این مکان‌ها بدست می‌آید؛ کمک می‌کنند تا یافته‌های خود را به گونه‌ای مؤثر شناسایی و محافظت نماید و از همه مهمتر، آن‌ها را درست تاریخگذاری کند (آذرنوش، ۱۳۸۱: ۸).

از به هم آمیختن این علوم، علوم جدیدی چون زمین ـ باستان‌شناسی، گیاه‌باستان‌شناسی و غیره به وجود آمده است که علوم میان ـ رشته‌ای[3] نام گرفته‌اند. امروزه این علوم در باستان‌شناسی بسیار حائز اهمیت هستند. باستان‌شناس امروزی مدت‌هاست که هم از عکس‌های ماهواره‌ای سود می‌برد و هم از کامپیوتر، در واقع از ماهواره و کامپیوتر به مثابه ابزاری، دقیقاً مانند بیل و کلنگ بهره می‌گیرد (سیدسجادی، ۱۳۶۵: ۶–۵).

در یک گروه تحقیقات باستان‌شناسی، به جز باستان‌شناسان که رکن اصلی و اساسی گروه را تشکیل می‌دهند؛ حضور افراد

۱- David Clarke، باستان‌شناسی انگلیسی و یکی از نوآوران باستان‌شناسی نو.

2- Heizer

۳- Inter – disciplinary، ارتباط سیستماتیک بین دو یا چند رشته علمی.

دیگری نیز لازم است که کار آنان در وهله‌ی اول جمع‌آوری و طبقه‌بندی داده‌های گوناگونی است که در نهایت امر در درک بهتر و صحیح‌تر مسائل به باستان‌شناس کمک می‌کند.

مطالعات و تحقیقات باستان‌شناختی با استفاده از روش‌ها، اصول و مفاهیم علوم میان رشته‌ای یا آنچه به اصطلاح زمین ـ باستان‌شناسی خوانده می‌شود؛ در واقع بنیاد و اساس بازسازی محیطی به شمار می‌آید (Butzer, 1982: 29).

روش‌های شناخت سنگ

سنگ به موادی گفته می‌شود که به‌طور طبیعی از اجتماع یک یا چند نوع کانی تشکیل شده باشند. به‌احتمال فراوان جزء اولین ابزارهایی بوده که انسان در دوران ما قبل تاریخ برای زندگی روزمره خود از آن سود جسته است. در واقع از سنگ به‌عنوان وسیله‌ی دفاعی و شکار استفاده می‌کردند و آنها را به اشکال مختلف می‌تراشیدند. از سنگ گاه برای در امان ماندن از باد و باران و رخدادهای طبیعی، گاهی برای ساخت مسکن و گاهی نیز برای زیبایی و خلق آثار با شکوه استفاده می‌کردند. همچنین می‌توان آن‌را از اساسی‌ترین مواد باستان‌شناختی و مطالعاتی پیش از تاریخ دانست[۴]. سنگها از جمله بادوام‌ترین موادی هستند که هم آسان به دست می‌آیند و هم به راحتی می‌توان آن‌را شکل داد؛ هر چند که باید خاطر نشان کرد که معمولاً انسانها در دوران پیش از تاریخ از انواع خاصی از سنگها استفاده می‌کرده‌اند. با توجه به مدارک موجود، حداقل از اوایل دوران کواترنری[۵] از سنگهای موجود در طبیعت با استفاده از تکنیک‌های مختلف و به اشکال گوناگون استفاده می‌شده است. باید در نظر داشت که انسان به هر سنگی با توجه به خصوصیات و میزان شکل‌پذیری آن ـ که رابطه مستقیم با کاربرد آن داشته ـ توجه نشان می‌داده است. یکی از آثار کهن معماری سنگی جهان، اهرام سه‌گانه مصر و مربوط به نیمه دوم هزاره سوم قبل از میلاد است. این اثر شگفت‌انگیز از سنگهای سخت طبیعی در ابعاد بزرگ و با بهره‌گیری از ملاتهای آهکی در طبقات زیرین و از ملات گچ در قشرهای روئین و رعایت اتصالات و پیوند کامل ساخته شده است. مسلماً نوع جنس و مقاومت مصالح سنگی و نیز نحوه شیب‌داری بنا، باعث ماندگاری و عمر این آثار شده است (Clarke, 1990: 121-130).

بناهای سنگی دیگر نظیر ستونهای کاخ رامسس دوم ـ از آثار حدود ۱۲۶۰ قبل از میلاد ـ و بسیاری از آثار سنگی در شکلهای گوناگون در کشور مصر، نشان دهنده بناهای سنگی و پیشینه معماری این سامان است (*Ibid*). آثار سنگی موجود در جنوب‌شرقی یونان، به نام دروازه شیران «میسن» به حدود ۱۲۵۰ قبل از میلاد تعلق دارند (Moret, 1941: 48). آثار سنگی دیگری نظیر بنای ستوندار «پارتنون» در آتن، یادگاری از سده‌ی چهارم و پنجم قبل از میلاد هستند (ناردو، ۱۳۸۶: ۸۱-۸۹). همچنین معبد «پوسیدون» در پستوم ایتالیا در شمار آثاری هستند که از حدود ۴۶۰ قبل از میلاد به یادگار مانده‌اند (دورانت، ۱۳۸۹: ۴۱۲). مجموعه بناهای تخت‌جمشید از آثار سده پنجم قبل از میلاد دارای حجاریها و پیکر تراشیهای عظیم سنگی است. کعبه زرتشت واقع در نقش‌رستم نیز در شمار آثار با ارزش سنگی است که به‌صورت مربع با اضلاعی به اندازه ۷/۳۰ متر و ارتفاع ۱۱/۶۰ متر ساخته شده است (شاپور شهبازی، ۱۳۵۷: ۲۳). در دوره اشکانیان بناهای طاقی از سنگ مرسوم شده و در دوران ساسانیان از وجود سنگ، خشت و آجر در ساختمان بناها استفاده می‌شد (لوکونین، ۱۳۵۰). همچنین پاره‌ای از بناها، نظیر آتشکده‌ها و معابد، فقط با مصالح سنگی ساخته شده است. در بناهای دوران اسلامی از سنگ برای پی سازی، ازاره‌سازی به‌صورت اتصالات منظم و ریشه‌ای تا ارتفاعی قابل توجه، استفاده شده و نیز فضای داخلی و خارجی بناها با سنگهای مقاوم مفروش شده و به‌طور کلی از سنگ به شکلهای مختلف در ادوار اسلامی در بناها بهره کافی برده شده است.

انواع سنگ

با وجود تنوع فراوان سنگها می‌توان آنها را به سه دسته اساسی

۴- چنان‌چه می‌دانیم تا قرن نوزدهم میلادی در تقسیم‌بندی دوره‌های باستان‌شناختی دوره‌ای با نام عصر سنگ داشتیم که از این تاریخ به بعد واژه پارینه‌سنگی به‌جای عصر سنگ مورد استفاده قرار گرفت.

۵- دوره زمین‌شناسی است که دو میلیون سال اخیر را شامل می‌شود و به این لحاظ اهمیت دارد که بخش اعظم تحول انسانی، از جمله پیدایش انسان هوشمند (Homo sapiens) و نیز تحول فرهنگها و جوامع جدید در آن رخ داده است.

تقسیم‌بندی نمود: سنگهای آذرین (Igneous Rocks)، سنگهای رسوبی (Sedimentary Rocks) و سنگهای دگرگونی (Metamorphic Rocks) یا بلور لایه.

سنگهای آذرین

سنگهای آذرین که از نظر ادبی مفهوم آن سنگهای حاصل از آتش می‌تواند باشد؛ ابتدا به‌صورت ماده‌ی مذاب با حرارت زیاد بوده‌اند که پس از رسیدن به سطح زمین مانند بازالت (Basalt، سیاه سنگ)، یا نزدیکی سطح زمین مانند گرانیت (Granite، سنگ خارا)، سرد و منجمد شده‌اند. این سنگها اولین دسته سنگهایی هستند که در پوسته جامد زمین تشکیل شده‌اند. به‌طور کلی جنس سنگهای آذرین و خانواده آنها سخت بوده و تراش در آنها به دشواری انجام می‌گیرد. از این‌رو مصرف آنها در ساختمان کم است. برخی از این سنگها در بناهای تاریخی و همچنین برای پُل و تونل‌سازی و پله‌های ساختمانهای عمومی یا به‌عنوان سنگ ازاره به‌صورت ریشه‌دار و موارد دیگر مصرف می‌گردد. جنس شیمیایی این سنگها اغلب سیلیسی بوده و مقاومت آنها در مقابل فشار از همه طرف یکسان است. به علت سختی نوع آنها، تراش و حجاری بر روی آنها به کُندی صورت می‌پذیرد. به خاطر همین ویژگی از این گونه سنگ در اماکنی استفاده می‌شود که در معرض سایش باشند به‌طور کلی تغییرپذیری آنها بسیار کم و عمر آنها بسیار زیاد است. از مهمترین سنگهای آذرین می‌توان ابسیدین (Obsidian)، گرانیت، ریولیت (Rhyolite)، دیوریت (Diorite)، آندزیت (Andesite)، گابرو (Gabbro)، بازالت، پریدوتیت (Peridotite) را نام برد[۶].

سنگهای رسوبی

مواد اولیه سنگهای رسوبی از خرده سنگهای دیگر تحت تأثیر عوامل متعدد طبیعی از قبیل باد، آب و غیره جدا و به حرکت در آمده و سرانجام رسوب کرده اند. این مواد که در خشکی یا دریا رسوب نموده‌اند به‌تدریج روی‌هم انباشته و فشرده شده و به وسیله سیمانی طبیعی به همدیگر جوش می‌خورند.

سنگهای رسوبی لایه‌هایی با ضخامت‌های متفاوت (از چند میلیمتر تا چندین متر) تشکیل می‌دهند و همین لایه‌ها قسمت مهمی از سطح زمین را می‌پوشانند. از مهمترین سنگهای رسوبی می‌توان شیل، ماسه سنگ (Sandstone)، کنگلومرا، بِرِش، سنگ آهک (Limestone)، دولومیت و چرت (Chert) را نام برد. در بعضی از لایه‌های سنگهای رسوبی بقایای گیاهان یافت می‌شوند و بعضی از این گیاهان مشخص نواحی مرطوب و باتلاقی اند. این گیاهان که در زیر پوششی از رسوبهای جدیدتر قرار گرفته‌اند؛ تحت تاثیر حرارت و فشار زیاد رسوبها به تدریج به ذغال‌سنگ تبدیل شده‌اند. جانوران نیز در تشکیل بعضی از سنگهای رسوبی و نفت‌ها دخالت داشته‌اند. مثلاً: سنگهای آهکی، کربنات کلسیم خود را از پوسته صدف‌های دریایی از قبیل گوش ماهی‌ها، *اوسترآ* و یا دیگر موجودات دریازی تأمین نموده‌اند. گیاهان و جانوران هر دو, در تشکیل *رسیف‌های* (Recif، Reef) مرجانی و یا جزایر مرجانی مؤثرند. بعضی دیگر از سنگهای رسوبی از تبخیر آب دریا حاصل می‌شوند. مواد محلول در آب دریا پس از تبخیر آب ته نشست‌هایی می‌دهند که به آن رسوبهای تبخیری نام نهاده‌اند. به‌عنوان مثال, رسوب نمک‌ها و املاح و محلول دیگر که در نتیجه تبخیر آب دریا حاصل می‌شوند در غالب مناطق جهان دیده شده‌اند و ضخامت آنها به‌صورت لایه ممکن است از چند سانتیمتر تا چندین ده متر هم برسد.

آثار و بقایای موجودات زنده در داخل سنگهای رسوبی فسیل نامیده می‌شوند. وجود فسیلها در رسوبها شرایط و تشکیل سنگهای رسوبی را معلوم می‌نماید، مثلاً بعضی فسیلها نشان می‌دهند که آیا رسوبها در خشکی گذاشته شده‌اند یا در کف اقیانوسها و یا در قسمتهای دیگر آب ته‌نشین شده‌اند. رسوبهای خشکی معمولاً محتوای فسیلهای موجوداتی هستند که در خشکی به سنگهای رسوبی می‌برند و رسوبهای دریایی دارای آثار پوسته جانوران دریایی هستند. فسیلها ضمناً اطلاعاتی از شرایط آب و هوایی زمان ته‌نشین شدن سنگها را نیز به ما می‌دهند. مثلاً اگر آثار و بقایای موجودات گیاهی یا جانوری مربوط به مناطق حاره در داخل سنگهای رسوبی یافت شوند؛

۶- برای اطلاعات بیشتر در این زمینه ر. ک . به (سرابی، ۱۳۷۳).

نشان می‌دهند که این سنگ باید در شرایط آب و هوای گرم ته‌نشین شده باشند[۷].

سنگهای دگرگونی

سومین دسته اصلی سنگها را سنگهای متامرفیک یا دگرگونی تشکیل می‌دهند. این سنگها از سنگهای رسوبی و آذرین هستند که در طول زمان تغییراتی را تحمل کرده اند و دگرگونی‌هایی در آن ایجاد شده است. در تشکیل این سنگها عوامل متعددی موثر واقع می‌شوند که از آن جمله باید فشار، حرارت، وجود آب و تغییرات شیمیایی را نام برد. در اثر تأثیر این عوامل عناصر سنگ اولیه (رسوبی یا آذرین) در موقعیت تازه‌ای قرار می گیرند و کانی‌های تازه‌ای ایجاد می‌نمایند. گاهی اوقات یک سنگ دگرگونی بعضی از آثار سنگ اولیه را که از آن مشتق شده حفظ می کند. گاهی هم در تمام جهات بدل به سنگ جدیدی می‌شود. بین سنگهای مهم این دسته می‌توان از سنگ لوح (Slate) که از شیل یا شیست (Schist) حاصل می‌شود؛ گنیس (Gneiss)، مرمر (Marble)، کوارتزیت (Quartzite) و هورنفلس (Hornfels) را نام برد[۸].

چگونگی تشکیل کانی‌ها

کانی‌ها مواد طبیعی، غیر آلی، متبلور و جامدی هستند که ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند. کانی‌ها از اجتماع اتمها به وجود می‌آیند. از تجمع کانی‌ها هم سنگ ساخته می‌شود؛ بنابراین هر سنگ از اجتماع یک یا چند کانی مختلف که در سطح وسیعی از زمین گسترش می‌یابد تشکیل می‌شود (معتمد، ۱۳۷۴: ۸۳). قطر کانی‌ها کمتر از یک میکرون و یا چندین سانتیمتر تغییر می کند. علمی که به مطالعه‌ی کانی‌ها می‌پردازد را کانی‌شناسی (Mineralogy) گویند[۹].

چگونگی شناسایی سنگها

برای مطالعه و شناسایی سنگها لازم است اجزای سازنده آنها یعنی کانی‌ها را بشناسیم. بنابراین سنگها را به دو روش عمده مورد مطالعه قرار می‌دهند:[۱۰] ۱- با چشم غیر مسلح (ماکروسکوپیک)، ۲- با چشم مسلح (میکروسکوپیک)

۱- مطالعه سنگها با چشم غیر مسلح

برای آنکه بتوان سنگها را به وسیله چشم غیر مسلح مورد مطالعه قرار داد باید به فاکتورهای ذیل توجه کرد (جدول۲):

شکل بلور

تقریباً همه کانی‌ها به‌صورت متبلور دیده می‌شوند. جسم متبلور، دارای نظم درونی سه بعدی است. یعنی در آن، اتمهای سازنده مطابق نظم معینی پهلوی هم قرار می گیرند. در نتیجه، بلور دارای سطوح صاف است و به یالها و سطوح خارجی محدود می‌شود. اگر ذرات شکر یا سنگ نمک را با ذره‌بین نگاه کنیم؛ می‌بینیم که دارای شکل هندسی منظم و سطوح صاف هستند. بلورها در اندازه‌های متفاوتی تشکیل می‌شوند. گاهی بلورها به حدی درشت هستند که با چشم قابل مشاهده‌اند. در این صورت به آن درشت بلور می گویند. در بعضی موارد بلورها فقط توسط میکروسکوپ قابل مشاهده هستند که به آنها ریز بلور گفته می‌شود و گاهی بلورها به حدی ریز هستند که فقط با پرتوهای X قابل تشخیص‌اند که در این صورت به آنها مخفی بلور گویند؛ مانند کانی‌های رسی که در تشکیل خاک شرکت دارند.

اندازه بلورها به شرایط تشکیل آنها بستگی دارد. هر چه برای تشکیل یک بلور زمان بیشتری صرف شده باشد؛ بلور درشت تر می‌شود. نکته بسیار مهم در مورد بلورها آن است که گرچه شکل و اندازه ظاهری آنها ممکن است متفاوت باشد. اما زوایای بین سطوح مشابه آن در تمام بلورهای یک کانی معین، یکسان و تغییر ناپذیر است. از این خصوصیت برای شناسایی کانی‌ها استفاده می‌شود.

درجه سختی

درجه سختی عبارت است از مقاومت کانی‌ها در مقابل خراش و ساییدگی. یک کانی نسبت به کانی دیگر وقتی سخت‌تر است که بتواند آن‌را خط بیندازد. این کار باید با نوک تیز کانی عملی

۷- برای اطلاعات بیشتر در این زمینه ر. ک . به: (سرابی، ۱۳۷۱).

۸- برای اطلاعات بیشتر در این زمینه ر. ک . به: (درویش‌زاده، ۱۳۶۵).

۹- برای اطلاعات بیشتر در این زمینه ر. ک . به: (لامر، ۱۳۶۵).

۱۰- برای اطلاعات بیشتر در این زمینه ر. ک . به: (قریب، ۱۳۷۲).

شود و برای اینکه اندازه‌گیری‌ها قابل مقایسه باشند؛ معمولاً از شاهد مشخصی مانند شیشه یا چاقو یا ناخن استفاده می‌نمایند.

پس از اثر کانی مورد مطالعه بررسی اجسام شاهد، سطح را پاک و اثر ساییدگی را بررسی می‌کنند. کانی سخت‌تر خطی روی کانی نرم‌تر یا شاهد باقی می‌گذارد. به این ترتیب مقایسی برای اندازه‌گیری سختی اجسام در نظر گرفته‌اند که مهمترین آنها مقیاس موس[11] است. این مقیاس دارای ده درجه است. برای مثال الماس (Diamond) با درجه سختی ده (۱۰)، سخت‌ترین ماده و تالک (Talc) با درجه سختی یک (۱)، نرم‌ترین ماده در طبیعت است که در میان دو انگشت پودر می‌شود (معتمد،۱۳۷۴: ۹۲) (جدول ۱).

جلا (درخشندگی)

توانایی کانی در منعکس ساختن، عبور یا جذب نور را جلا گویند. هر قدر انعکاس و انکسار نور از سطح کانی و یا سطح شکستگی آن زیادتر باشد؛ جلای آن مشخص‌تر است. جلای کانی‌ها را می‌توان به دو گروه فلزی و غیر فلزی تقسیم کرد: جلای فلزی ممکن است به‌صورت قطعات بزرگ یا ریز باشد، مانند سنگ طلا، سنگ مس و سنگ آهن. در جلای غیر فلزی سنگها دارای رنگی کبود و مات و در وضعیتی متفاوت هستند مانند گوگرد و اکسید آبدار آهن «لیمونیت Limonite» و انواع سنگهای سیاه.

سطح شکست (رَخ Cleavage)

گسستگی و ورقه‌ورقه شدن سطح سنگ را رخ گویند که خود یکی از روشهای شناسایی سنگها با چشم غیر مسلح است.

چگالی نسبی (وزن مخصوص)

عبارت است از نسبت وزن جسم به وزن آب هم حجم آن؛ وزن مخصوص کانی‌های متداول غالباً برابر ۱ تا ۲/۶ است ولی بعضی از کانی‌ها مانند جیوه و یا طلا خیلی سنگین و بعضی خیلی سبک‌ترند (معتمد،۱۳۷۴: ۹۱).

رنگ و رنگ خاکه

می‌توان کانی‌ها را از روی رنگ آنها نیز تشخیص داد ولی این قاعده، کلّی نیست. مثلاً کوارتز در اصل بی‌رنگ است؛ اما به رنگهای شیری، بنفش، زرد و دودی هم دیده می‌شود. این رنگها مربوط به ناخالصی‌های موجود در کانی است. اما کانی‌هایی هم وجود دارد که رنگ آنها ثابت است مانند فیروزه به رنگ آبی فیروزه‌ای، گرافیت همیشه سیاه و مالاکیت همیشه سبز دیده می‌شوند.

البته امروزه کانی‌شناسان با وسایل جدیدی مانند دستگاه اشعه ایکس، میکروسکوپ الکترونی و طیف سنجهای نوری، آسانتر می‌توانند کانی‌ها را تشخیص بدهند.

۲- مطالعه سنگها به وسیله میکروسکوپ

برای بررسی سنگها به وسیله میکروسکوپ باید از آنها مقاطع نازک تهیه کرد و آن‌گاه بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری (Petrography) که از فنون زمین‌شناسی است؛ مورد مطالعه قرار داد[12]. در واقع سنگ‌نگاری یا تصویر برداری از سنگ روشی جهت واضح دیدن سنگها، شناسائی، تفسیر قطعات سنگی و مواد معدنی آن است. زمانی‌که قطعات سنگی که از معادن ناشناخته جمع‌آوری می‌شوند؛ شناسایی هویت آنها هدف اصلی سنگ‌نگاری است. باستان‌شناسان علاقمندند بدانند ابزارهای سنگی (شامل کلیه مصنوعات نظیر سازه‌ها، مجسمه‌ها، ستون‌ها، ادوات سنگی و ...) از چه منابعی تهیه می‌شدند و چه خواص فیزیکی و شیمیایی دارند؛ این مطالعات به نوعی منجر به بازسازی ارتباطات فرهنگی گذشته می‌گردد. به عبارت دیگر با این مطالعات خواهیم فهمید که در گذشته انسانها با محیط زیست خود چگونه رابطه برقرار می‌کردند. همچنین زمین‌شناسان از سنگ‌نگاری (مطالعه سنگ) جهت توصیف، طبقه‌بندی و آگاهی یافتن از جنس سنگها و منابع آنها استفاده می کنند. اهداف این سنگ‌نگاری در مطالعه مواد فرهنگی، شناسایی درست مواد، طبقه‌بندی کردن مواد مشابه، مقایسه‌ی گروهی از مواد با گروه دیگر جهت شناختن اصل و ریشه آن و نیز مطالعه فن‌آوری تولید آن است. بنابراین چنین مطالعات و بررسی‌هایی در قالب یک تیم نقش چشمگیری در مسائل باستان‌شناسی داشته

۱۱- Mohs برگرفته از نام فردریخ موس کانی‌شناس آلمانی

۱۲- برای اطلاعات بیشتر در این زمینه ر. ک. به: Ervan, (2003).

است. از سوی دیگر برای حفظ و مرمت بهینه یافته‌ها و معماری سنگی، ابتدا باید با ویژگیهای مواد تشکیل دهنده سنگها آشنا شد.

اساس پتروگرافی بر این اصل استوار است که از سنگها مقاطع نازکی به ضخامتی در حدود دو یا سه صدم میلیمتر تهیه می‌شود. در این ضخامت و در زیر میکروسکوپ پلاریزان کانی‌های تشکیل دهنده سنگها خواص نوری ویژه‌ای از خود نشان می‌دهند. با تهیه تصاویر و بزرگنمایی از این مقاطع نازک بر روی اسلاید و تحلیل جهت‌های خاموش رنگ‌ها و دیگر ویژگیهای فیزیکی کانی‌ها به تشخیص هویت سنگ می‌پردازند (تصویر ۱ و تصویر رنگی ۲۵).

سفال نیز شامل تکه‌های سنگ و مواد معدنی می‌باشند، نوع سنگ و تنوع مواد معدنی به‌علاوه فرم و اندازه آن‌ها از شاخص-های مراکز ساخت سفال خواهد بود. بنابراین با انجام آزمایش پتروگرافی یا تحلیل برش نازک (Thin-section analysis) از مقطع سفال، ترکیب فیزیکی و شیمیایی آن با سفال‌های مشابه سنجیده می‌شود. از آن‌جایی‌که ترکیبات خاک در هر منطقه از دیگر مناطق متفاوت است وجود عنصرهای شاخص بسیار کوچک در سفال و آزمایش بر روی خاک منطقه می‌توان گفت که با مقایسه آن‌ها آیا این سفال ساخت محلی است یا وارداتی؟ این آزمایش مانند D.N.A در تشخیص وراثت و ژن انسان عمل می‌کند.

مقدمات میکروسکوپ پلاریزان

میکروسکوپ پلاریزان، میکروسکوپی است که برای مطالعه مقاطع نازک از سنگها بکار می‌رود. ساختمان کلی این میکروسکوپ شبیه به میکروسکوپهای پزشکی بوده و تنها تفاوت آنها در نوع نوری است که در میکروسکوپ پلاریزان بکار می‌رود. در میکروسکوپ پزشکی از نوری استفاده می‌شود که از نظر موجی، همگن است و ارتعاش فوتوشهای نور جهت خاص ندارد و در تمام جهات فضایی انجام می‌شود. منبع این نور یک لامپ الکتریکی است و یا با استفاده از یک آیینه مقعر نور محیط (خورشید، نور لامپ و ...) را به مقطع مورد نظر می‌تاباند.

در میکروسکوپ پلاریزان نور بکار رفته متفاوت است. منبع نور در این میکروسکوپ نیز می‌تواند لامپ الکتریکی و یا محیط باشد ولی قبل از اینکه نور از زیر مقطع نازک وارد آن شود؛ از فیلتر خاص می‌گذرد که این فیلتر را پلاریزور می‌نامند. این فیلتر به نوری که وارد آن می‌شود جهت خاص می‌بخشد و اصطلاحاً آن را پلاریزه می‌کند (شکل ۲).

نور پلاریزه بر خلاف نور معمولی که ارتعاشاتی در تمام جهات دارد؛ دارای ارتعاشاتی با جهت معین و ثابت است (شکل ۲). در نور معمولی قبل از وارد کردن آنالیزور می‌توان شکل، رخ، ضریب انکسار و چند رنگی (pleochroisme) ماده‌ی معدنی را تشخیص داد. در نور پلاریزه پس از این‌که آنالیزور وارد عمل شد می‌توان ایزوتوپی (Isotropie) ـ آلونژمان (Allongement) ـ یعنی انطباق محور اصلی با جهت طولی بلور و زاویه‌ی خاموشی، جهت تاریکی، اندازه زاویه‌ی خاموشی برای کانی‌های منوکلینیک و تری‌کلینیک و سرانجام برفرنژنس (Bireffringence) ـ یا ضریب انکسار را تعیین کرد. در نور متقارب (Lumiere convergente) می‌توان تک محوری یا دو محوری بودن بلور و علامت نوری را معلوم داشت (معتمد، ۱۳۷۴: ۹۴). البته این خصوصیات نوری در کانی‌های موجود در سنگهای آذرین و دگرگونی مشخص‌تر هستند ولی در سنگ‌های رسوبی خصوصیات گفته شده خیلی ضعیف‌تر مشاهده می‌شوند (شکل ۳).

علت استفاده از این نور خاص (نور پلاریزه) در این میکروسکوپ سنگ‌شناسی این است که کانی‌ها اجسامی هستند که از نظر فیزیکی در تمام جهاتشان خواص یکسان ندارند یعنی اینکه در جهت افقی و عمودی از نظر خصوصیات فیزیکی مانند انتقال گرما، میزان شکست نور در داخل کانی و ... خصوصیات یکسان ندارند و اصطلاحاً آنیزوتروپ هستند. البته کانی‌های ایزوتوپ بسیاری هم وجود دارند و شناسایی آنها هم توسط همین خصوصیت ایزوتوپ آنها انجام می‌شود.

اصول نمونه‌برداری و نمونه سازی از مقاطع سنگی

نمونه‌برداری از سنگ‌ها و تهیه مقطع نازک روشهای متفاوتی دارد که بستگی به نوع مطالعه مورد نظر دارد. بسته به اینکه چه قسمتی از سنگ نیازمند مطالعه است؛ نمونه سنگ از همان

قسمت تهیه می‌شود.

اصولاً یک سنگ در طبیعت دارای سطحی است که در اثر تماس با هوا، آب و تفاوت دما در طبیعت متفاوت با داخل آن بوده و اصطلاحاً هوازده شده است. این هوازدگی می‌تواند بر تمام خصوصیات سنگ اثر بگذارد. مثلاً در کانی‌ها تغییر ایجاد کند؛ در مقاومت سنگ تاثیر بگذارد؛ بافت سنگ را تغییر دهد و غیره.

گاهی لازم است که همین سطح هوازده مورد مطالعه قرار گیرد. در این صورت نمونه باید از قسمت سطحی سنگ تهیه شود و گاهی لازم است که سنگ مادر یعنی سنگی که تازه است و هوازده نشده مورد مطالعه قرار گیرد (که در بیشتر مطالعات زمین‌شناسی اینگونه است). در این حالت لازم است مقطع میکروسکوپی از قسمت غیر هوازده و قسمت داخلی سنگ تهیه گردد. در مطالعات عمومی سنگ‌شناسی در حالتی که نمونه‌های هوازده مورد نیاز نباشد باید:

۱- از توده سنگ نمونه‌برداری شود یعنی نباید از واریزه‌های دامنه نمونه برداشت و آن را معادل با لایه‌های سنگی قله کوه در نظر گرفت بلکه باید منحصراً از لایه‌های سنگی مورد نظر که مثلاً در ارتفاع قرار گرفته‌اند؛ نمونه‌برداری انجام شود و به نمونه‌های واریزه توجه نشود مگر زمانی‌که مطالعه روی واریزه‌ها لازم باشد.

۲- نمونه باید به شکل مناسب برداشته شود یعنی اگر لایه سنگی مورد نظر در سطح هوازده و یا دارای شکستگی است و به هر صورت مقاومت لازم را ندارد؛ باید سطح لایه به وسیله چکشی خرد شده و به داخل لایه یعنی مغز سنگ دست یافت.

۳- اندازه نمونه باید حدوداً یک کیلوگرم باشد تا در مراحل بعدی تهیه مقطع میکروسکوپی در صورتی که لازم باشد از جهات مختلف سنگ نمونه میکروسکوپی تهیه شود و یا اینکه در صورت لزوم در هنگامی که مقطع میکروسکوپی تهیه شده به علتی از بین رفت نمونه کافی برای تهیه مقطع دیگر در دسترس باشد و نیاز به نمونه‌برداری مجدد نباشد.

۴- بر روی نمونه در تمام جهات باید شماره نمونه با (ماژیک ضد آب) یادداشت شود و نمونه در داخل یک کیسه پارچه‌ای قرار گیرد و مشخصات نمونه روی کیسه نوشته شود و در دفتر فیلد نیز محل نمونه‌برداری، شماره نمونه، خصوصیات ظاهری نمونه، منظور از نمونه‌برداری یادداشت شود و هرگز نباید به حافظه اعتماد کرد.

مراحل تهیه مقطع نازک میکروسکوپی

أ- سنگ توسط اره سنگبری بریده و قطعه‌ای مناسب از سنگ جدا شود.

ب- این قطعه باید از داخل سنگ و به گونه‌ای تهیه شود که تفاوتهای محلی در سنگ روی آن موثر نباشد یعنی نمونه معرف سنگ به‌طور عمده باشد. اندازه این قطعه ۱×۲×۳ سانتیمتر به شکل مکعب مستطیل است.

ج- این قطعه سنگ توسط پودر ساینده[۱۳] با اندازه خاص ساییده شود به‌طوری که یک سطح آن به‌طور کلی صیقلی شود و مانند آیینه بتواند نور را منعکس کند. عمل ساییدن سطح نمونه سنگی توسط پودر در روی یک شیشه و به کمک آب انجام می‌شود. با حرکت سنگ روی مخلوط پودر و آب روی سطح شیشه شکل عدد **8** و نمونه بطور یکنواخت ساییده شده و این عمل معمولاً پنج دقیقه روی هر پودر (۲۲۰، ۳۲۰، ۵۰۰) انجام می‌شود. البته با توجه به نوع سنگ و میزان ناهمواریهای روی سطح آن این زمان می‌تواند بیشتر یا کمتر طول بکشد.

د- یک لام میکروسکوپی روی پودر ۳۲۰ ساییده می‌شود بطوری که حالت مات پیدا کند و اصطلاحاً سنباده‌ای شود.

ه- نمونه سنگ که یک طرف آن صیقل یافته با لام میکروسکوپی بر روی هیتر الکتریکی داغ می‌گردد.

و- بر روی سطح صیقلی نمونه و روی سطح مات شده لام هر دو چسب خامی به نام (کانادایالزام) مالیده شده و سنگ از طرف صیقلی روی لام چسبانده می‌شود و چند ساعت به حال خود باقی می‌ماند تا چسب کاملاً سخت شود.

ز- نمونه ضخیم چسبیده روی لام شیشه‌ای توسط یک تیغه سنگبری نازک به شکلی بریده می‌شود تا ۳ تا ۵ میلیمتر از رنگ روی لام شیشه‌ای باقی بماند.

۱۳- پودر ساینده ترکیبات کربن و سیلیس و . . . بوده و توسط اعداد خاصی که معرف اندازه دانه‌های آن است؛ شناخته می‌شود. پودر ۲۲۰ معمولاً درشت ترین پودر است و به‌طرف ریز شدن اندازه پودر اعداد ۳۲۰، ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰ قرار می‌گیرند که ۱۲۰۰ به‌طور معمول ریزترین پودر به شمار می رود.

ح- این مقطع توسط دستگاه ساب دهنده ساییده می‌شود تا ضخامت سنگ روی لام به کمتر از یک میلیمتر برسد (بسته به نوع سنگ و مقاومت آن می‌تواند این مقدار کمتر یا بیشتر شود).

ط- مقطع نازک شده توسط دستگاه ساب دهنده به وسیله سایش دستی روی پودرهای ساینده تا آنجایی نازک می‌شود که بتواند نور را از خود عبور دهند یعنی ۲۰ تا ۳۰ میکرون. در این حالت باز هم با توجه به نوع سنگ و کانی‌های موجود در آن ضخامت می‌تواند کمتر یا کمی بیشتر باشد.

ی- مقطع نازک شده آماده مطالعه میکروسکوپی است و از نظر کانی‌شناسی، بافت سنگ (طرز اتصال کانی‌ها به همدیگر در سنگ) نوع فسیلهای میکروسکوپی، نوع سیمان اتصال دهنده کانی‌ها، کانی‌های فلزی موجود در نمونه مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

برآیند

گسترش علم باستان‌شناسی در چند دهه اخیر و توجه روزافزون به تعامل و نقش منابع زیست محیطی در فعالیتهای بشری و خلق بناهای باستانی باعث گردیده تا باستان‌شناسان نیاز روزمره‌ای به علوم دیگر به خصوص علوم پایه و مهندسی پیدا کنند. وجود یک گروه با تخصص‌های باستان‌شناسی و علوم مرتبط در کنار یکدیگر سبب تحلیل هر چه بهتر موضوع‌های این رشته شده است. از جمله علوم مرتبط می‌توان زمین‌شناسی (تکنیک پتروگرافی) در باستان‌شناسی را نام برد. پتروگرافی یا تصویربرداری از سنگ روشی جهت واضح دیدن سنگها، شناسائی، تفسیر قطعات سنگی و مواد معدنی آن است. زمانی که قطعات سنگی که از معادن ناشناخته جمع‌آوری می‌شوند؛ شناسایی هویت آنها هدف اصلی سنگ‌نگاری است.

با توجه به اقدامات حفاظتی گسترده‌ای که امروزه در محوطه‌های تاریخی به‌ویژه بناهای سنگی انجام می‌شود؛ مطالعه همه جانبه‌ای در زمینه سنگ‌شناختی بناها ضروری به‌نظر می‌رسد تا بتوان ویژگی‌های مصالح حفاظتی را به خصوصیات مصالح به‌کار رفته در بناهای مزبور نزدیک کرد. از سویی به‌جهت بهره‌گیری مطلوب در زمینه حفاظت و مرمت اصولی بناهای تاریخی سنگی نتیجه آن‌را در اختیار مرمتگران قرار دهد. بنابراین ضروریست جهت انجام این مهم از تکنیک علوم زمین (پتروگرافی) کمک گرفت.

در باستان‌شناسی از این تکنیک برای شناخت مشخصات ظاهری (رنگ، بافت، خواص فیزیکی، استحکام، جلا و ...) سنگ بناهای باستانی و معادن سنگ پیرامون آن‌ها و شناخت مشخصه های پتروگرافیکی و مقاطع نازک (جنس سنگ، توصیف ماهیت شیمیایی و فیزیکی سنگ‌ها) سنگ بناهای باستانی و معادن سنگ پیرامون آن‌ها بهره می‌برند. چنین مطالعات و بررسی‌هایی در قالب یک تیم نقش چشمگیری در مسائل باستان‌شناسی داشته است. این مطالعات به نوعی منجر به بازسازی ارتباطات فرهنگی گذشته می‌گردد. به عبارت دیگر با این مطالعات خواهیم فهمید که در گذشته انسانها با زیست بوم خود چگونه رابطه برقرار می‌کردند.

منابع

الف) فارسی

آذرنوش، مسعود، ۱۳۸۱، نقش علوم پایه در باستان‌شناسی، *مجموعه مقالات نخستین همایش باستان‌سنجی در ایران*، تهران، پژوهشکده‌ی باستان‌شناسی.

امان‌اللهی، حمید، ۱۳۸۳، *مطالعه سنگ مجموعه بناهای تختگاه تخت-جمشید و کان‌های منطقه (بر اساس مطالعات باستان‌شناختی و نتایج سنگ شناختی)*، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته باستان‌شناسی به راهنمایی دکتر مسعود آذرنوش، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، منتشر نشده.

امان‌اللهی، حمید، ۱۳۸۴، مطالعهٔ تنوع سنگ‌های بکار رفته در تختگاه تخت‌جمشید (بر اساس مطالعات باستان‌شناختی و نتایج سنگ‌شناختی)، *مجلهٔ باستان‌شناسی* (دو فصلنامه تخصصی پژوهشهای باستان‌شناسی و مطالعات میان رشته‌ای/ نشریه مشترک جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران و موزه ملی ایران)، سال اول شماره۲، پاییز و زمستان، صص ۸۰-۶۶.

درویش‌زاده، علی، ۱۳۶۵، *زمین‌شناسی ایران*، تهران، نشر دانش امروز وابسته به موسسه امیر کبیر.

دورانت، ویلیام جیمز، ۱۳۸۹، *یونان باستان* (چ ۱۴)، مترجمان امیرحسین آریان‌پور، فتح‌الله مجتبایی و هوشنگ پیرنظر، تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.

سرابی، فریدون، ۱۳۷۱، *سنگ‌شناسی رسوبی*، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

————، ۱۳۷۳، *سنگ‌شناسی آذرین*، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

شاپور شهبازی، علیرضا، ۱۳۵۷، *شرح مصور نقش‌رستم*، شیراز، بنداد تحقیقات هخامنشی.

عبدی، کامیار، ۱۳۷۷، مروری بر تحول اندیشهٔ باستان‌شناسی در دهه‌های اخیر، *مجلهٔ باستان‌شناسی و تاریخ*، سال دوازدهم، شماره اول و دوم، پاییز و زمستان، شمارهٔ پیاپی ۲۴ – ۲۳: صص ۳۰ ـ ۱۴.

ب) غیر فارسی

Moret, Alexandre, 1941, *Histoire de l'Orient: prehistoire IVe ET III millenaires; Egypte, Elam, Sumer ET Akkad, Babylon*, Paris: Press universitaires de France.

Williams, H., Turner, F. J., & Cilbert, C. M., 1982, *Petrography: An Introduction to the Study of Rocks in Thin Sections*, W.H. Freeman, San Francisco.

علیزاده، عباس، ۱۳۷۵، روش کاوش در باستان‌شناسی: لایه‌نگاری، *مجله باستان‌شناسی و تاریخ*، سال دهم، شماره اول، پاییز و زمستان، شمارهٔ پیاپی ۱۹: صص ۱۷ ـ ۲.

قریب، عبدالکریم، ۱۳۷۲، *شناخت سنگها*، با نگاهی ویژه به سنگهای ایران، تهران، انتشارت علمی و فرهنگی.

لامر، ژان، ۱۳۶۵، *سنگها و کانی‌ها*، ترجمه علی درویش‌زاده، تهران، انتشارت جهاد دانشگاهی.

لوکونین، ولادیمیر گریگوریویچ، ۱۳۵۰، *تمدن ایران ساسانی: ایران در سده‌های سوم تا پنجم میلادی، شرحی درباره تاریخ تمدن ایران در روزگار ساسانیان*، ترجمه عنایت‌الله رضا، تهران، بنگاه ترجمه و نشر کتاب.

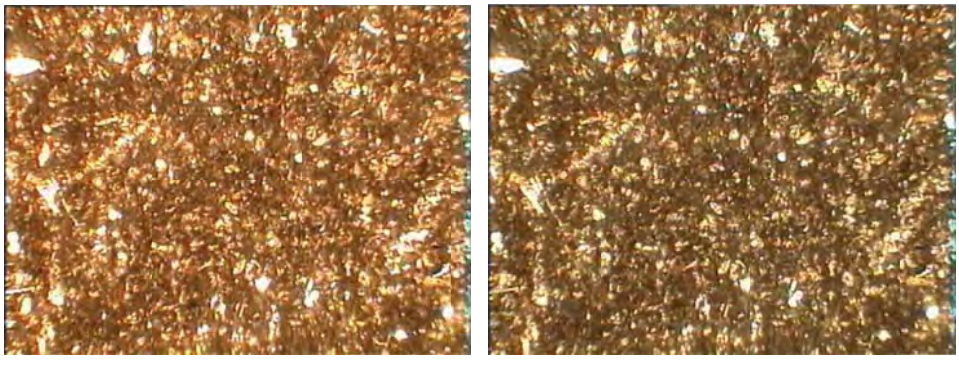
معتمد، احمد، ۱۳۷۴، *زمین‌شناسی عمومی*، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

Butzer, K. W., 1982, *Archaeology as Human Ecology*, Cambridge, Cambridge University Press.

Clarke, S., & Engelbach, R., 1990, *Ancient Egyptian construction and architecture*, New Yor, k Dover Publications.

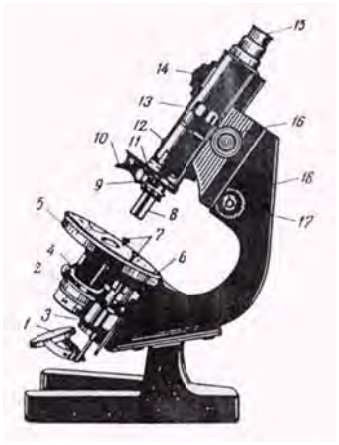
Ervan, G. G., 2003, *Technichues in Archaeological Geology*, Springer - Verlag Berlin New York.

تصاویر و جداول



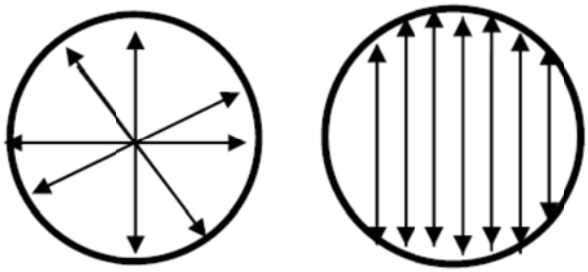
(الف) نور پلاریزه　　نور معمولی (طبیعی)

تصویر ۱: مقطع نازک از سنگ بنای کاخ صدستون در تخت‌جمشید (الف) نور پلاریزه و (ب) عادی، (امان‌اللهی، ۱۳۸۳: ۷۸ و ۱۳۸۴: ۷۸).



۱. آئینه ۲. چگالنده با منشور قطبنده ۳. میزان کننده چگالنده ۴. میزان کننده عدسی ۵. پلاتین دوار ۶. ورنیه ۷. گیره نگاهدارنده برش ۸. شئی ۹. پیچ مرکزی چپ ۱۰. گیره نگاهدارنده شئی ۱۱. شکاف برای جبران کننده ۱۲. تجزیه کننده ۱۳. عدسی برتراند ۱۴. پیچ تنظیم عدسی برتراند ۱۵. چشمی ۱۶. تمرکز کننده در کانون ۱۷. پیچ ویژه حرکتهای جزئی ۱۸. ورنیه برای اندازه‌گیری حرکتهای جزئی

تصویر ۲: میکروسکوپ پلاریزان.



الف) نور پلاریزه ب) نور معمولی (طبیعی)

تصویر ۳: وضع انتشار نور پلاریزه (الف) و عادی (ب)

جدول۱: مقیاس سختی کانی‌ها.

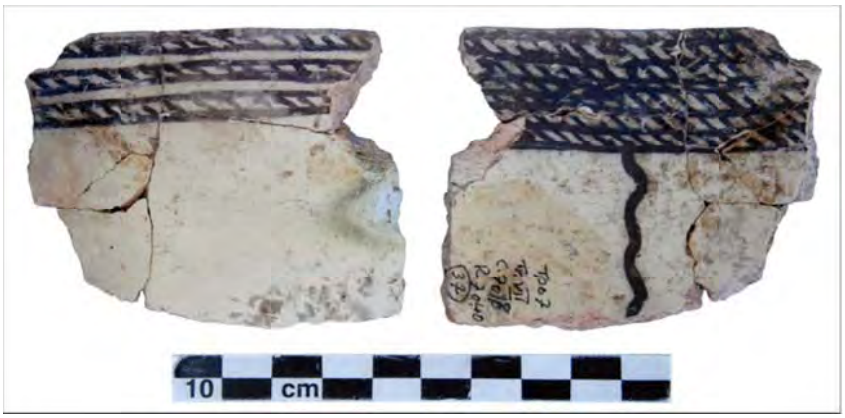
درجه سختی	نوع کانی
۱	تالک، گوگرد
۲	ژیپس، سنگ گچ
۳	کلسیت، سنگ آهک
٤	انواع تراورتنها
٥	سنگ زمرد
٦	فلدسپاتها
۷	کوارتز
۸	سنگ عقیق
۹	سنگ یاقوت
۱۰	الماس

گروه	سختی	ویژگی	رنگ	کانی‌ها
رنگ تیره با جلای غیر فلزی	نرم	شکستگی		۱. خاکی (رست) ۲. سبز تا آبی، خاکستری تیره، سختی = ۱ (کلریت) ۳. سبز، واکسی، سختی=٤ (سرپانتین) ٤. دانه‌های سبز، تیره و ماسه‌ای (گلو کوئی)
		رخ		۱. قهوه‌ای تالارهای سیاه، میکای الاستیک (بیوتیت) ۲. سبز تا آبی، خاکستری تیره، سختی = ۱ (کلریت) ۳. رومبوئدرهای قهوه‌ای (سیدریت)
	سخت	شکستگی		۱.سبز تیره (اپیدوت) ۲. قهوه‌ای، اورتورومبیک (استوتید) ۳. قرمز، متقارن، شیشه‌ای (گرونا) ٤. سیاه، منشورهای هگزاگونال نی مانند (تورمالین) ٥. به رنگ‌های مختلف، واکس (ژاسپ ـ کوارتز) ٦. سیاه تالارهای قرمز، کنگره‌ای (ابسیدین)
		دارای رخ	سبز	رخ ضعیف (اپیدوت)
			سیاه	رخ در حدود ٦۰ درجه (هورنبلند)
				رخ در حدود ۹۰ درجه (اوژیت)
رنگ روشن با جلای فلزی	زرد	خاکی، خاکه		
		فلزی خاکه		
	قرمز	خاکی (هماتیت)		
		فلزی (مس)		
	سیاه	رنگ خاکه زرد (لیمونیت)		
		رنگ خاکه قرمز		
		رنگ خاکه سیاه (سنگ)		
رنگ روشن با جلای غیر فلزی	نرم	شکستگی		۱. زرد، باشعله‌ای آبی می‌سوزد (گوگرد) ۲. خاکی (کائولینیت) ۳. منظره واکسی، سختی٤ (سرپانتین) ٤. لمس صابونی، سختی۱ (تالک)
		رخ		۱. مکعب، مزه شور (هالیت، نمک) ۲. رخ رمبوئدریک، سختی۳ (کلسیت و دولومیت) ۳. صفحات قابل انعطاف، سختی۲ (ژیپس) ٤. رخ مستطیلی، سختی۳/٥ (انیدریت) ٥. لمسی صابونی سختی۱(تالک) ٦. میکای الاستیک (مسکوویت) ۷. فیبری، شکننده (سختی ٤ـ۲) ۸. فیبری، قابل انعطاف (آس‌بست)
	سخت	فقط شکستگی		۱. بلورهای متقارن در سنگ‌های تیره (لوسیت) ۲. سبز، شیشه‌ای، دان‌دان (اولیوین) ۳. دانه‌های بسیار ظریف، سبز مایل به زرد (اپیدوت) ٤. شیشه‌ای، به رنگ‌های مختلف کوارتز (چرت ـ شرت)
		دارای رخ		۱. گوشتی رنگ کنده مانند (اورنور) ۲. خاکستری، سفید، شیارشیار، چوب مانند (پلاژیو کلاز) ۳. سبز منشوری (آکتینوت) ٤. خاکستری یا قرمز با جلای چرب (نفلین)

جدول ۲. تشخیص ماکروسکوپی کانی‌ها (معتمد، ۱۳۷۴: ۱۰۲ـ۱۰۳).

تصاویر رنگی

تصویر ۱: سفال ساده نوسنگی جدید (گروه اول).



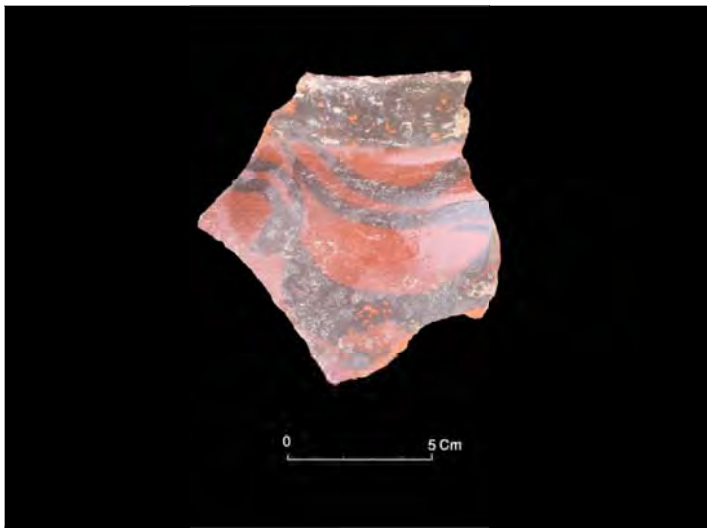
تصویر ۲: سفال منقوش نوسنگی جدید (گروه دوم).

تصویر ۳: سفال منقوش نوسنگی جدید (گروه سوم).

تصویر ۴: سفال های دوره مس سنگی میانی.

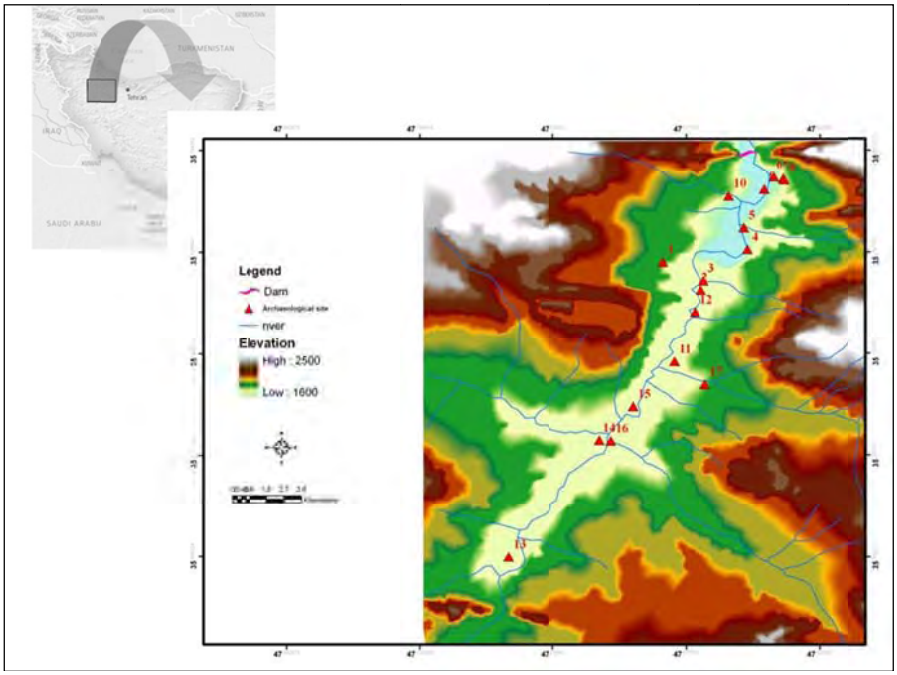
تصویر ۵: نمونه ای از ظروف منقوش دالمایی (موزهٔ باستان شناسی زنجان).

تصویر ۶: سفالهای منقوش دالمایی محوطهٔ کول یری(کاروانسرا).



تصویر ۷: نمونه هایی از سفال های دالمایی با نقوش مسبک ۲ بز با شاخ های بلند از محوطهٔ شهربانو.

تصویر ۸: نمونه هایی از سفال های دالمایی با نقوش هندسی از محوطهٔ آلگزیر چای.



نقشه ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش محوطه های یافت شده در حوضه آبگیر سد.

تصویر ۹- سفالهای جمع آوری شده محوطه ۱۱.

تصویر ۱۰- سفالهای جمع آوری شده محوطه ۱۲.

تصویر ۱۱- سفالهای جمع آوری شده از تپه صلوات آباد (محوطه ۱۴).

تصویر ۱۲- سفالهای جمع آوری شده محوطه جلوآسیاب (Tal 09).

تصویر ۱۳- سفالهای شاخص محوطه ۳.

تصویر ۱۴- سفالهای جمع آوری شده قبرستان تنگ سیه (شماره ۸).

تصویر ۱۵-سفالهای جمع آوری شده از تپه روستای گوجه کند (محوطه ۱۳).

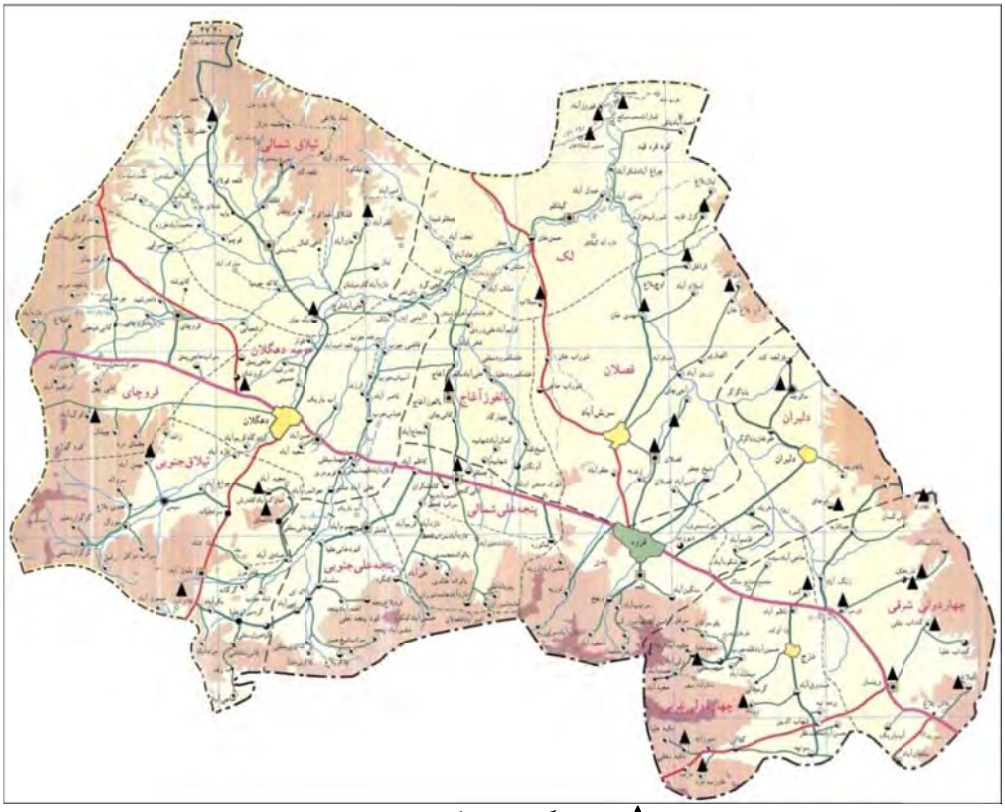
تصویر ۱۶- سفالهای جمع آوری شده از محوطه ۱۵.

تصویر ۱۷: نقاشی شماره ۲ کاخ شاوور در وضعیت کنونی.

تصویر ۱۸: نقاشی شماره ۳ کاخ شاوور در وضعیت کنونی.

تصویر ۱۹: نقش درخت سرو در نقاشی شماره ۳ کاخ شاوور.

تصویر ۲۰: تطبیق نقش کلاه باشلق در نقاشی شاوور با نفر اول هفتمین گروه نمایندگان در نقش تخت جمشید.

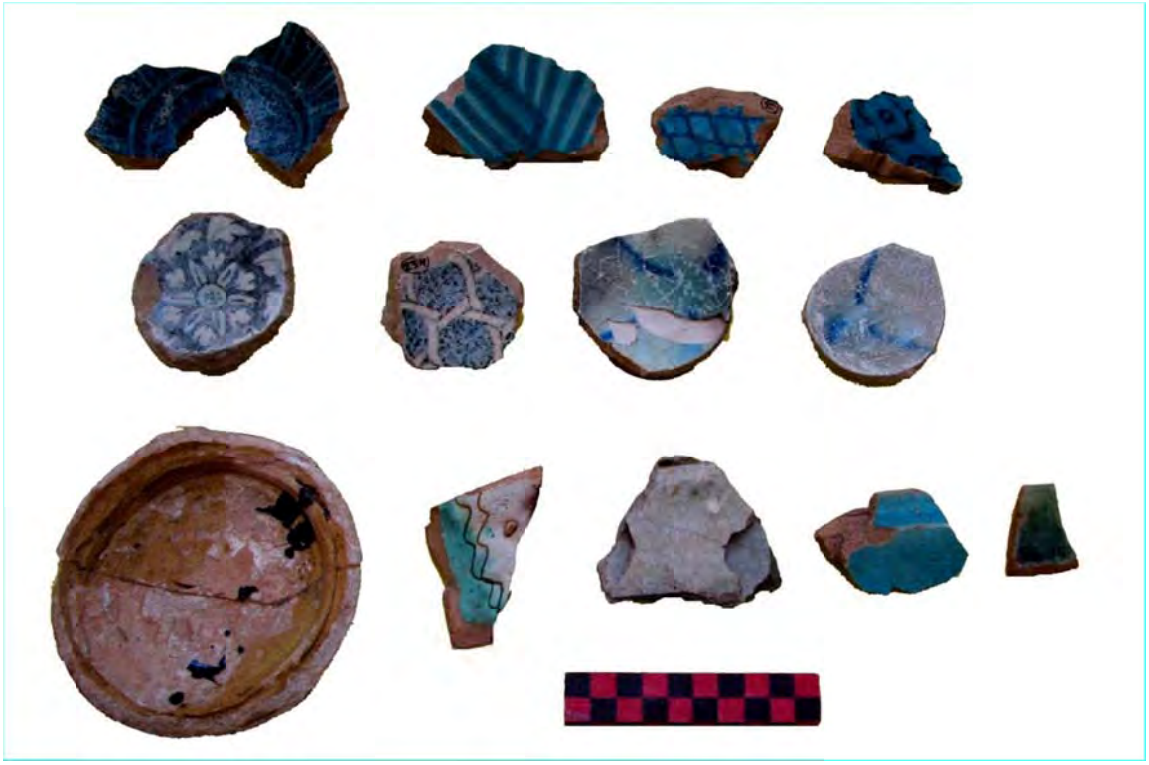


نقشه ۲: ▲ استقرارگاههای اشکانی شهرستان قروه.

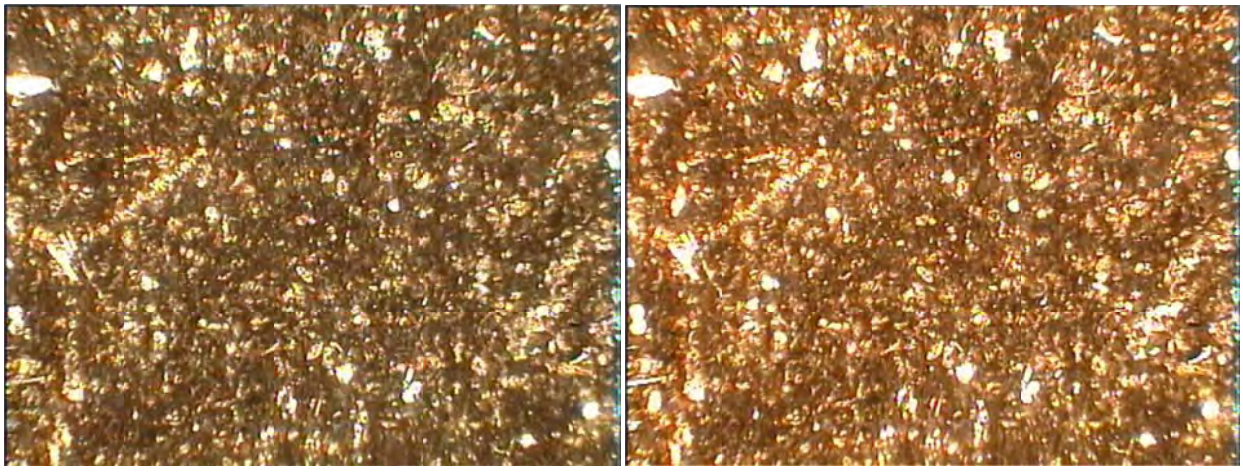
تصویر ۲۱: انواع سفال‌های بدون لعاب مشکین تپه (الف).

تصویر ۲۲: انواع سفال‌های بدون لعاب مشکین‌تپه (ب).

تصویر ۲۳: انواع سفال‌های لعاب‌دار تک‌رنگ و چند رنگ مشکین‌تپه (الف).



تصویر ۲۴: انواع سفال‌های لعاب‌دار تک‌رنگ و چند رنگ مشکین‌تپه (ب).



(الف) نور پلاریزه نور معمولی (طبیعی)

تصویر ۲۵: مقطع نازک از سنگ بنای کاخ صدستون در تخت‌جمشید (الف) نور پلاریزه و (ب) عادی.