پیام باستان‌شناس
شاپا چاپی: ۴۲۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۹۸۸۶-۲۹۸۰
دورهٔ ۱۴، شماره ۲۶، بهار و تابستان ۱۴۰۱

پژوهش‌های سنجه‌پذیر در باستان‌شناسی محیطی دورهٔ پلیستوسن (تعاریف، کاربرد و ضرورت‌ها برای فلات ایران)*

نعمت حریری[۱]، رضا رضالو[۲]، اردشیر جوانمردزاده[۳]، سامان حیدری‌گوران[۴]

DOI: 10.30495/peb.2022.699733

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۴

چکیده

زمین به‌عنوان یک بستر، همواره در حال ذخیره کردن اطلاعات اقلیمی، انسانی و محیطی است و می‌تواند آینهٔ تمام‌نمای روابط زیا و گیاه با محیط‌زیست باشد. رژیم غذایی، پوشش گیاهی، وضعیت اقلیم، دلایل انقراض موجودات زنده، مهاجرت و الگوهای استقراری انسان از آن دسته اطلاعاتی است که می‌توان از بایگانیِ زمین برداشت کرد. بازیابی این اطلاعات همواره بخشی از دغدغه‌های پژوهشگران بوده است. اما آنچه مشخص است، این است که شرایط محیطی گذشته را نمی‌توان تنها با تکیه بر یافته‌های فرهنگی در بافت باستان‌شناسی بازسازی کرد، بلکه این امر مستلزم ادغام طیف گسترده‌ای از علوم است. نتیجهٔ این ادغام، سر برآوردن شاخه‌هایی از علوم میان‌رشته‌ای همانند باستان‌شناسی محیطی است که هدف اصلی آن درک فرایندهای تعاملی بین انسان و محیط است. باستان‌شناسی، با پیشرفت علم و تخصص‌گرایی همواره با رویکردی نو و چالش‌های نوینی مواجه است، ازاین‌رو بومی‌سازی تکنیک‌های باستان‌شناسی محیطی و بازنگری مبانی نظری و عملی باستان‌شناسی ایران، که به میزان زیادی در این زمینه با کاستی مواجه است امری الزامی به نظر می‌رسد. در این مقاله کوشیده‌ایم با روش کیفی و با رویکرد توصیفی به مرور، بخشی از آزمایش‌های میان‌رشته‌ای با ذکر مثال‌هایی مورد استفاده در باستان‌شناسی مبتنی بر رهیافت‌های باستان‌شناسی محیطی و به‌ویژه، یکی از زیرشاخه‌های آن یعنی باستان‌زمین‌شناسی، در اواخر دورهٔ پلیستوسن بپردازیم و به نیازها و ضرورت‌های این علوم میان‌رشته‌ای اشاره نمایم.

واژگان کلیدی: باستان‌زمین‌شناسی، باستان‌شناسی محیطی، روش‌های آزمایشگاهی، بازسازی شرایط محیطی، پلیستوسن.

*** استناد:** حریری، نعمت، رضالو، رضا، جوانمردزاده، اردشیر، حیدری گوران، سامان (۱۴۰۱). پژوهش‌های سنجه‌پذیر در باستان‌شناسی محیطی دورهٔ پلیستوسن (تعاریف، کاربرد و ضرورت‌ها برای فلات ایران). *پیام باستان‌شناس، ۱۴* (۲۶)، ۱۲۳-۱۵۶.

---

*این پژوهش برگرفته از رسالهٔ دکتری نعمت حریری و همچنین طرح شمارهٔ ۹۸۰۰۱۹۸۲ صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور با عنوان «بازسازی اقلیم و محیط در خلال MIS4 تا MIS2 در غرب زاگرس مرکزی بر اساس باستان‌زمین‌شناسی پناه‌گاه صخره‌ای باوه‌یوان» به راهنمایی دکتر رضا رضالو و دکتر سامان حیدری گوران و مشاورهٔ دکتر اردشیر جوانمردزاده در دانشگاه محقق اردبیلی است.

[۱] دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی؛ بنیاد پژوهش‌های پارینه‌سنگی دیار مهر کرمانشاه. نویسندهٔ مسئول: hariri.nemat@gmail.com

[۲] استاد گروه باستان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[۳] دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۴] پژوهشگر ارشد موزه نئاندرتال، متمن، آلمان؛ بنیاد پژوهش‌های پارینه‌سنگی دیار مهر کرمانشاه، ایران.

مقدمه

امروزه، مطالعات باستان‌شناسی بدون انجام مطالعات آزمایشگاهی یا به اصطلاح پژوهش‌های سنجه‌پذیر (Razani et al., 2021) امکان‌پذیر نمی‌باشد. محوطه‌های باستانی از بدو پیدایش در یک بستر زمین‌شناسی و تحت‌تأثیر عوامل محیطی شکل گرفته‌اند، بنابراین مطالعهٔ داده‌های باستانی باید توأم با عوامل محیطی باشد. در بین تمامی علومی که در باستان‌شناسی مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرند، زمین‌شناسی بیشترین رابطه را با باستان‌شناسی دارد و حاصل این ارتباط تنگاتنگ، رشته و یا اصطلاح باستان‌زمین‌شناسی (Geoarchaeology) است. تعامل زمین‌شناسی و باستان‌شناسی به اوایل قرن ۱۹ برمی‌گردد(Hill, 2017)، درست زمانی که استفاده از تکنیک‌های علوم زمین موجب توسعه و شکوفایی مطالعات باستان‌شناسی شد. بعد از گذشت تقریباً پنج دهه از شروع رسمی مطالعات باستان‌زمین‌شناسی، تاکنون برخی از پژوهشگران مستقل بودن این رشته را، همانند رشته‌های باستان‌شناسی محیطی (Environmental Archaeology) و باستان زیست‌شناسی (Bioarchaeology) نپذیرفته‌اند. عقاید متفاوتی دربارهٔ این که تجزیه و تحلیل‌های ژئوشیمی و ژئوفیزیک در لوای اصطلاح باستان‌زمین‌شناسی قرار نمی‌گیرد، وجود دارد. به‌عنوان مثال در مکاتب باستان‌شناسی امریکا، این آزمایش‌ها را تحت عنوان شاخهٔ باستان‌سنجی (Archaeometry) یا شیمی‌باستان‌شناسی (Archaeological Chemistry) به کار می‌برند (Pollard, 1999). از آنجایی که محدودهٔ کاری و مرزهای مطالعاتی باستان‌شناسی محیطی، باستان‌زمین‌شناسی و باستان‌سنجی در بسیاری از مکان‌ها هم‌پوشانی دارد، تفکیک آن‌ها سخت بوده و گاهی محققان را دچار تردید می‌کند. در نتیجه، لزوم تعیین خط مشی در این عرصه، ضروری به نظر می‌رسد.

محققین، باستان‌زمین‌شناسی را اعمال علوم زمین برای حل برخی از مسائل باستان‌شناسی تعریف می‌کنند، از سویی دیگر مطالعهٔ محیط زیست گذشته و روابط بین انسان و محیط زیست را باستان‌شناسی محیطی می‌دانند. هرچندکه تکنیک‌ها، مفاهیم و علومی که در باستان‌زمین‌شناسی و باستان‌شناسی محیطی به کار می‌روند در بیشتر مواقع، مشترک بوده، و شامل مجموعهٔ وسیعی از دانش‌های زمین ریخت‌شناسی (Geomorphology)، رسوب‌شناسی (Sedimentology)، خاک‌شناسی (Pedology)، میکرومورفولوژی (Micromorphology)، گاهنگاری، لایه‌نگاری، باستان گیاه‌شناسی (Archaeobotany)، باستان‌جانورشناسی (Zooarchaeology)، باستان‌سنجی، اقیانوس‌شناسی (Oceanography)، دیرین‌اقلیم‌شناسی (Paleoclimatology)، بوم‌شناسی (Ecology)، زمین‌سیما (Landscape)، انسان‌شناسی، زیست‌شناسی، شیمی، فیزیک، جغرافیا و علوم اجتماعی است (Pollard, 1999; Reitz & Shackley, 2012). روشن است باستان‌شناسی می‌تواند به عنوان یک رشتهٔ مادر، پذیرای همهٔ علوم باشد و یا این‌که رشته‌ای همانند باستان‌سنجی[1] می‌تواند تمامی امور آزمایشگاهی (سنجه‌پذیر) شامل سن‌یابی، منشأیابی و شناخت مواد از دورهٔ پارینه‌سنگی تا دوران معاصر را مورد پوشش قرار دهد (Emami, 2016; Razani et al., 2021). اما آنچه مهم جلوه می‌دهد این است که، نباید این قرض گرفتن تئوری و روش‌ها از علوم دیگر ما را به بی‌راهه بکشاند؛ برای مشخص کردن صحت و سقم این داد و ستد و تعامل علوم مختلف با باستان‌شناسی، شایسته است که به رهیافت باستان‌شناسی محیطی و زیرشاخه آن، باستان‌زمین‌شناسی توجه ویژه داشت. در باستان‌شناسی ایران، به‌دلیل عدم تفکیک شاخه‌ها و زیرشاخه‌های باستان‌شناسی و مفهوم عام و فراگیر این رشته همچنان با عدم پویایی در روش‌شناسی مواجه هستیم. ازآنجاکه در علم، رویکردها معمولاً از کلی‌گرایی به جزئی‌نگری

صورت می‌گیرد، تخصص‌گرایی مورد پذیرش اکثریت پژوهشگران قرارگرفته است، از این روی نیاز به شناخت ابعاد رشتهٔ باستان‌شناسی‌محیطی و زیرشاخهٔ آن باستان‌زمین‌شناسی در ایران با رویکرد نظری منسجم، بیش از پیش احساس می‌شود. در همین راستا، نگارندگان در این پژوهش، آن بخش از آزمایش‌هایی را که به‌ویژه در دورهٔ پارینه‌سنگی و باستان‌شناسی پیش از تاریخ مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحت عنوان دو اصطلاح باستان‌شناسی‌محیطی و باستان‌زمین‌شناسی به کار خواهند برد. با توجه به محدودیت این نوشتار، پرداختن به دیگر شاخه‌های باستان‌زمین‌شناسی (پتروگرافی، سنجش از راه دور، رادار زمین نفوذ (Ground-penetrating radar) و مانند آن‌ها) و سایر گرایش‌های باستان‌شناسی در این مجال نمی‌گنجد. هدف پژوهش حاضر را می‌توان یک مطالعهٔ مروری نسبتاً جامع از تمامی آزمایش‌های میان‌رشته‌ای به‌ویژه در دو مبحث یادشده برای بازسازی شرایط محیطی در اواخر دورهٔ پلیستوسن دانست. در ابتدا، لازم است که چارچوب، تعاریف و مفاهیم باستان‌شناسی‌محیطی را کاملاً بشناسیم و سپس با مفاهیم باستان‌زمین‌شناسی آشنا شویم و در نهایت، به روش‌های آزمایشگاهی مورداستفاده در این دو شاخه بپردازیم.

پیشینهٔ مطالعات باستان‌زمین‌شناسی و باستان‌شناسی محیطی در ایران

اگر تعریف پیش‌فرض ما از باستان‌زمین‌شناسی استفاده از علوم زمین برای حل مسائل باستان‌شناسی باشد، قطعاً برای پرداختن به پیشینهٔ مطالعاتی باستان‌زمین‌شناسی در ایران باید سراغ زمین‌شناسانی برویم که به پژوهش‌های باستان‌شناسی پرداخته‌اند و یا باستان‌شناسانی که در کارهای میدانی از تکنیک‌های علوم زمین استفاده کرده‌اند. در این میان، می‌توان به کاوش لوفتوس، زمین‌شناس انگلیسی در تپهٔ باستانی شوش در سال ۱۸۵۰ م. (Malek Shahmirzadi, 1987)؛ مطالعات زمین‌شناسی و باستان‌شناسی ژاک دمورگان فرانسوی در برخی از مناطق ایران (De Morgan, 1907) و مطالعات زمین‌شناسی ریبون در دشت تهران (Rieben, 1955) اشاره کرد. درنتیجه، این پژوهشگران را می‌توان از پیشگامان ادغام دو شاخهٔ زمین‌شناسی و باستان‌شناسی در ایران محسوب کرد. انسان‌شناس‌هایی همانند کارلتون کوون و هنری فیلد نیز در مطالعات میدانی خویش از علوم میان‌رشته‌ای مانند جانورشناسی و گیاه‌شناسی استفاده کرده‌اند (Coon, 1951; Field, 1951)، هرچند اغلب پژوهشگران، رابرت بریدوود را اولین پرچم‌دار استفاده از علوم میان‌رشته‌ای همانند زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، گیاه‌شناسی و جانورشناسی در باستان‌شناسی می‌دانند. بریدوود در سال ۱۹۶۰-۱۹۵۹ م. با هیئتی متشکل از متخصصین علوم طبیعی در پروژه‌ای تحت عنوان «پیش از تاریخ ایران» به بررسی و کاوش کوهپایه‌های زاگرس در اطراف کرمانشاه پرداخت و برخی از اعضای این گروه بعدها در قالب کاوش محوطه‌های باستانی در جنوب غرب ایران، مطالعات باستان‌شناسی محیطی را نیز مورد توجه قرار دادند (Braidwood et al., 1961; Hole et al., 1969). علاوه بر بریدوود، برخی دیگر نیز برای بازسازی پوشش گیاهی و شرایط دیرین‌محیط زاگرس، از مطالعات گرده‌شناسی با مغزه‌برداری رسوب دریاچه‌ها و همچنین ماکروفسیل‌های گیاهی در راستای اهداف دیرین انسان‌شناسی استفاده کرده‌اند (Van Zeist & Bottema, 1977; Van Zeist & Wright, 1963; Vita-Finzi, 1968; Wasylikowa, 1967). در این میان، پژوهش باستان‌زمین‌شناسی و باستان‌شناسی محیطی در محوطهٔ پارینه‌سنگی پناهگاه صخره‌ای هومیان توسط مک برنی در سال ۱۹۶۹ م. را می‌توان یک تعامل عمیق میان‌رشته‌ای محسوب کرد (Bewley et al., 1984; Leroi-Gourhan, 1981). رسوب‌شناسی، دیرین گرده‌شناسی گیاهان و سال‌یابی

اورانیوم توریوم ازجمله آزمایش‌هایی بود که در هومیان صورت گرفت.

پروژهٔ رابرت بریدوود سرآغاز دوره‌ای نوین در باستان‌شناسی ایران شد و خیلی زود چندین باستان‌شناس دیگر به قصد اجرای پروژه‌های مشابه، راهی کوهستان زاگرس شدند. در این میان، از وجود باستان‌زمین‌شناسان نیز بهرهٔ بیشتری گرفته شد. گسترده‌ترین نمونهٔ این پروژه‌ها را هیئت کانادایی از موزهٔ اُنتاریو در سال ۱۹۷۵ م. در دشت‌های کرمانشاه و ماهیدشت آغاز کرد (Abdi, 2002) و کار باستان‌زمین‌شناسی ارزشمند این هیئت در سال ۱۹۷۵ و ۱۹۷۹ م. توسط یان بروکس انجام گردید. وی به مطالعهٔ چندجانبه‌ایی اعم از جغرافیای طبیعی، زمین‌ریخت‌شناسی و تاریخ کواترنری حوضهٔ رودخانهٔ قره‌سو پرداخت (Brookes, 1989).

پس از انقلاب اسلامی ایران در سال ۱۳۵۷ مطالعات باستان‌شناسی و به تبع آن باستان‌زمین‌شناسی، دچار رکود گردید. ولی در سال ۱۳۷۶ عبدی و همکارانش در ادامهٔ پروژه‌های فوق در زاگرس غربی و در چارچوب هیئتی متشکل از متخصصین مختلف به مطالعهٔ زمینه‌های متنوع پژوهشی (زمین‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، خاک‌شناسی، آب‌شناسی، گیاه‌شناسی و جانورشناسی) در دشت اسلام‌آباد پرداختند (Abdi, 2002). در بخش مطالعات باستان‌شناسی محیطی این پروژه در دشت اسلام‌آباد مشخص شده است که ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی در پراکنش محوطه‌های باستانی پیش از تاریخ نقش اساسی ایفا کرده است (Heydari, 2001). در خصوص باستان‌شناسی محیطی به‌سختی می‌توان پژوهش مستقلی با این عنوان پیدا کرد و بیشتر پژوهشگران به صورت ضمنی، اشاراتی به برخی از مقولات محیطی در پژوهش‌های خویش داشته‌اند. می‌توان اولین تلاش‌ها در زیرشاخه‌های باستان‌شناسی محیطی، همانند باستان‌جانورشناسی در ایران را به متخصصین بومی همچون مرجان مشکور نسبت داد (Lecomte & Mashkour, 1997; Mashkour, 1995, 1997; Mashkour & Yaghmayi, 1998). اما در سال ۱۳۷۹ خ. اولین پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد به صورت اخص دربارهٔ باستان‌زمین‌شناسی در دوران کواترنر، توسط حیدری گوران به انجام رسیده است که به وضوح از روش‌های باستان‌زمین‌شناسی برای پاسخ به برخی پرسش‌های دوران پلیستوسن استفاده کرده است (Heydari [Guran], 1999; Heydari, 1999; Heydari-Guran & Hariri, 2019). از آن پس، حیدری گوران روش‌های باستان‌زمین‌شناسی را در مکان‌های مختلف باستانی ایران شامل جلالیه (Heydari [Guran], 2004)؛ کوهستان کرکس (Heydari, 2003)؛ غار کانی میکائیل و غار کمیشان (Heydari [Guran], 2003; Heydari, 2002) به کار گرفت. علاوه بر این، می‌توان به برخی از پژوهش‌های دیگر با مضمون باستان‌زمین‌شناسی همانند مطالعهٔ منابع مواد خام معدنی چرت و توف سیلیسی در سه استان کرمانشاه، مازندران و اصفهان و بررسی ارتباط بین این منابع با استقرارهای پیش از تاریخ ایران (Heydari, 2004)؛ بررسی نقش سازندهای زمین‌شناسی و تأثیر آن‌ها بر شکل‌گیری محوطه‌های پارینه سنگی (Heydari, 2007; Heydari & Ghasidian, 2004; Heydari-Guran, 2014; Heydari-Guran et al., 2009, 2014) و همچنین، ورود انسان به فلات ایران از دیدگاه بوم‌شناسی (Heydari-Guran, 2012) اشاره کرد. از جمله پژوهش‌های دیگر در زمینهٔ باستان‌زمین‌شناسی می‌توان به مطالعهٔ بِرِش انسان‌زاد (Palaeoanthropogenic Breccia) در مناطق کرمانشاه – روانسر (Taheri, 2007, 2009)؛ مطالعهٔ نقش دریاچه‌های دوران چهارم در تبلور و گسترش مدنیت در ایران (Ramesht, 2001)؛ مطالعهٔ رسوب‌شناسی و بقایای حیوانی و گیاهی توسط یزدی و همکاران (Yazdi et al., 2009)در منطقه گلپایگان استان اصفهان، مطالعهٔ کاربردهای باستان‌زمین‌شناسی در باستان‌شناسی

(Amini et al., 2011) و همچنین پژوهش اخیر در خصوص باستان‌زمین‌شناسی محوطهٔ پارینه‌سنگی میرک (Kharazian et al., 2019) اشاره کرد. از جمله کارهای اخیری که می‌توان آن را یک نمونهٔ تقریباً کامل دانست، پناه‌گاه صخره‌ای باوه یوان است که مطالعات باستان‌گیاه‌شناسی، باستان‌جانورشناسی، باستان‌زمین‌شناسی و ایزوتوپ‌های پایدار برای بازسازی شرایط محیطی روی آن انجام شده است (Heydari-Guran et al., 2021). در خصوص پیشینهٔ مطالعات باستان‌گیاه‌شناسی می‌توان به پژوهش‌های میلر در ایران اشاره کرد (Miller, 2006; Miller, 2003).

مبانی نظری پژوهش

الف) باستان‌شناسی محیطی[۲]

در قرون ۱۸ و ۱۹ میلادی و حتی اوایل قرن ۲۰ م. پژوهشگران معمولاً نسبت به بقایای مواد غذایی نظیر استخوان‌های حیوانی و بقایای گیاهی بی‌توجه بودند، این روند تا زمانی ادامه یافت که دانیل برون (Daniel Bruun) باستان‌شناس دانمارکی برای نخستین‌بار در کاوش خود در گرینلند در سال ۱۸۹۶ م. و کار بعدی‌اش در ایسلند بقایای حیوانی را مورد توجه قرار داد و به صورت مستمر مشغول جمع‌آوری این بقایا در کاوش‌ها بود. برون معتقد است که می‌توان با مطالعهٔ بقایای حیوانی، اقتصاد معیشتی جوامع را مشخص کرد. در همین راستا، برون از مشاوره و مهارت‌های هرلوف وینگ (Herluf Winge) در موزهٔ سلطنتی جانورشناسی کپنهاگ بهرهٔ کافی برد. مطالعات میان‌رشته‌ای وینگ در جانورشناسی و باستان‌شناسی موجب تأثیرات بسیاری بر باستان‌شناسی محیطی در قرن بیستم شد (Tinsley, 2006). در قرن نوزدهم تلاش‌های باستان‌شناسی تا حدودی تحت تأثیر تئوری دگردشت قرار گرفت و تا اوایل قرن بیستم، گسترش وسیعی دراین رشته رخ نداد (Walshe, 2014). باستان‌شناسی محیطی به‌خودی خود از گسترش اصول مطالعاتی دوشاخهٔ باستان‌شناسی و مطالعات محیطی به وجود آمده است. اصطلاح باستان‌شناسی محیطی از دههٔ ۱۹۵۰ م. به طور رسمی تأیید شده است، و از آن زمان، استفاده از این اصطلاح به طور قابل توجهی افزایش‌یافته است (Walshe, 2014). باستان‌شناسی در اواسط قرن بیستم و با نوشته‌های باستان‌شناس انگلیسی، گراهام کلارک (Graham Clark) توانست به جنبه‌های اقتصادی و بوم‌شناسی نظام‌های فرهنگی گذشته توجه کند. انتشار مقالهٔ زنبورهای باستانی (Bees in Antiquity) کلارک در سال ۱۹۴۲ م. را می‌توان آغاز رسمی مطالعات باستان‌شناسی محیطی دانست (Tinsley, 2006). با کاوش کلارک در محوطهٔ فراپارینه‌سنگی استارکار (Starr Carr) در انگلستان که به قطعیت یکی از مهم‌ترین سایت‌های باستانی اواسط قرن بیستم بود و با توجه به شرایط خاص و حجم عظیمی از بقایای گیاهی، این محوطه توانست باستان‌شناسی محیطی را در مسیر خودش قرار دهد (Tinsley, 2006; Walshe, 2014). باستان‌شناسی محیطی از دههٔ ۱۹۵۰ م. به بعد به عنوان جزء جدایی‌ناپذیر از تحقیقات باستان‌شناسی شناخته شده است. انتصاب فردریک زینر (Frederich Zeuner) به عنوان استاد باستان‌شناسی محیطی در موسسهٔ باستان‌شناسی لندن در سال ۱۹۵۲ م. به رسمیت شناختن باستان‌شناسی محیطی به عنوان یک رشتهٔ زیربنایی و یکی از زیرشاخه‌های باستان‌شناسی، آغازگر تحول در این شاخه از باستان‌شناسی بود (Walshe, 2014). نسل بعدی باستان‌شناسان محیطی تحت آموزه‌های کلارک و نیز تحت تأثیر نظریه-های بوم‌شناختی جولیان استیوارد و لزلی وایت (Julian Steward and Leslie White) قرار گرفتند، که در این دوره، نظریهٔ بوم‌شناختی به اوج خود رسیده بود. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ م. دانشگاه‌ها تدریس روش‌های باستان‌شناسی-محیطی نظیر باستان‌جانورشناسی، دیرین‌قوم‌گیاه‌شناسی (Paleoethnobotany) و

باستان‌زمین‌شناسی را آغاز کردند. با گذشت زمان، رویکردهای بوم‌شناختی و دیدگاه‌های اقتصادی، بیشتر در مکتب باستان‌شناسی روندگرای لوئیس بینفورد (Lewis Binford) قرار گرفت. در طول دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ م. باستان‌شناسان روندگرا، از تخصص‌های جدیدتر مانند باستان‌جانورشناسی و دیرین‌گیاه‌شناسی برای مطالعهٔ محیط گذشته و مردمانی که در آن محیط زندگی می‌کردند، استفاده کردند. در طول این دوره، باستان‌شناسی محیطی بیشتر، مجموعه‌ای از تکنیک‌های مختلف نمونه‌برداری محسوب می‌شد تا این‌که یک رویکرد نظری منسجم باشد. باستان‌شناسان پساروندگرا با انتقادهای خود در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ م. خواستار بازنگری تئوری‌ها و تکنیک‌های موجود در باستان‌شناسی و انسان‌شناسی‌فرهنگی بودند. این انتقادها درنهایت، موجب بالندگی باستان‌شناسی محیطی شد و بیش از پیش بر نقش انسان در سیستم‌های محیطی و بوم‌شناختی تأکید داشت. پس از این دوره، اصطلاح بوم‌شناسی تاریخی پا به عرصه گذاشت که بیشتر اعتبار خود را مدیون کارول کرولی (Carole Crumley) است. وی زمین‌سیمای فیزیکی را به عنوان تقاطع بین سیستم‌های اجتماعی و بوم‌شناسی منصوب کرد (Tinsley, 2006). با استفاده از داده‌های باستان‌شناسی محیطی می‌توان به استنتاج‌های قابل‌اطمینان دربارهٔ بوم‌شناسی گذشته رسید، چراکه، این داده‌ها در زمین‌سیما ذخیره شده و به صورت مستقیم و غیر مستقیم می‌توان آن‌ها را در قالب روش‌های بازسازی شرایط محیطی بازیابی کرد (Stahl, 2014).

انسان‌ها به‌طور مداوم به محیط خود پاسخ می‌دهند و هرگونه تغییر در محیط اطراف آن‌ها، موجب تغییر در پاسخ آن‌ها نسبت به محیط می‌شود. این تغییرات در شواهد باستان‌شناسی را می‌توان از طریق تعدادی از زیرشاخه‌های علوم مختلف کشف کرد. به عنوان مثال، باستان‌گیاه‌شناسی، باستان‌جانورشناسی، زمین‌ریخت‌شناسی (مطالعهٔ شکل‌گیری زمین‌سیما)، گرده‌شناسی (مطالعهٔ رژیم‌های گرده‌های گیاهی گذشته)، ژئوفیزیک (مطالعهٔ پویایی زمین)، باستان‌شناسی زمین‌سیما (زمین‌سیمای فرهنگی سایت)، زیست‌شناسی انسان (بقایای انسان) و بوم‌شناسی انسان (زندگی در زمین‌سیما)، بعضی از این زیرشاخه‌ها جزء باستان‌شناسی محیطی محسوب می‌شوند. هر یک از این زیرشاخه‌ها، متشکل از روش‌شناسی تحلیلی خاصی برای بررسی محیط گذشته و داده‌های آن در طول زمان هستند. این تغییرات، کمیتی بوده و می‌تواند بزرگ مقیاس یا کوچک مقیاس باشد. به طورکلی، تغییرات کوچک مقیاس در داده‌های باستان‌شناسی قابل‌تشخیص هستند. استفاده از این زیرشاخه‌ها، میزان دقت و حساسیت را بالا می‌برد، درنتیجه، احتمال موفقیت در شناخت تغییرات کوچک و محلی را افزایش می‌دهد. شناسایی تغییر در هر سطح، امکان مقایسه و تجزیه و تحلیل مقدماتی درون مکانی و بین مکانی (inter- and intrasite) را فراهم می‌کند که هستهٔ بیشتر تحقیقات باستان‌شناسی است (Walshe, 2014). باستان‌شناسی محیطی به عنوان یکی از شاخه‌های اصلی باستان‌شناسی از بسیاری از رویکردهای علمی و رشته‌های مختلف دانشگاهی، از جمله جغرافیا، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی، فیزیک و شیمی استفاده می‌کند. بنابر این می‌توانیم باستان‌شناسی محیطی را به عنوان «مطالعهٔ محیط‌زیست و ارتباط آن با انسان در طی زمان» در باستان‌شناسی تعریف کنیم (Branch, 2014). در ابتدا، جایگاه علوم طبیعی در باستان‌شناسی تقریباً به طور انحصاری از طریق کاربرد لایه‌نگاری بود. ظهور لایه‌نگاری در علم زمین‌شناسی و به منظور ارائهٔ خطوط زمانی برای یافته‌های فسیلی به وجود آمد و از این طریق این امکان فراهم شد تا ابزار گاهنگاری، برای استقرارهای انسانی به کار رود. لایه‌نگاری، همچنین قادر به شناسایی حوادث فاجعه‌بار، مانند وقوع ناگهانی خشکی، سیل، یا جریان‌های آتشفشانی است. چنین رویدادهای محیطی منحصربه‌فردی در مقیاس وسیعی رخ می‌دهند و تأثیر

بعدی آن‌ها بر انسان می‌تواند به عنوان رویکردهای تحقیقاتی در باستان‌شناسی مورد بررسی قرار گیرد. تطبیق تغییرات لایه‌نگاری با فازهای گاهنگاری، تفسیرهای محیطی را به وجود آورده و همچنین موجب شناخت تغییرات در واکنش انسان شده است (Walshe, 2014). باستان‌شناسی محیطی، شرایط محیط مکان را در زمان فعالیت انسان، بررسی می‌کند و هدف اصلی آن، تعیین ارتباط بین تغییر الگوهای فعالیت انسان و تغییرات محیطی محلی، منطقه‌ای و یا حتی جهانی است. به این ترتیب، داده‌های زیستگاهی منجر به نتیجه‌گیری در مورد تغییرات در داده‌های باستان‌شناسی می‌شوند (Walshe, 2014). این شاخه به نوبهٔ خود منجر به توسعهٔ زیرشاخه‌های متمایز و فرعی به نام باستان‌زمین‌شناسی، باستان‌جانورشناسی و باستان‌گیاه‌شناسی می‌شود. باستان‌زمین‌شناسی با فرآیندهای شکل‌گیری و دگرگونی زمین‌سیما و لایه‌نگاری مرتبط است و به طور عمده با تکنیک‌های تحلیلی زمین‌شناسی، رسوب‌شناختی و علوم خاک شناخته می‌شود. هر دو بخش فرعی باستان‌جانورشناسی و باستان‌گیاه‌شناسی نه تنها بر اقتصاد و معیشت انسان (رژیم غذایی، سلامت و تغذیه)، بلکه بر روی حیوانات و گیاهان وحشی و اهلی (دیرین اقتصاد) و همچنین به طور گسترده‌ای بر بازسازی زیست‌محیطی (دیرین‌محیط) متمرکز هستند. در باستان‌شناسی محیطی (باستان‌جانورشناسی و باستان‌گیاه‌شناسی)، روش‌های بازیابی اطلاعات دیرین‌محیط از طریق آرشیوهای باستان‌شناسی و زمین‌شناسی (نیمه سنگواره‌ها) شامل: استخوان‌های حیوانی، حلزون‌های خشکی (Terrestrial Mollusca)، دانه‌های گیاهی سوخته (Charred Seeds) و قسمت‌های دیگر گیاهان، زغال چوب (Charcoal) و گیاه‌سنگ‌ها (Phytolith) و همچنین گرده گیاهی، هاگ قارچی (Fungal Spore) و دانه‌های غرق‌شده در باتلاق (Waterlogged Seeds) می‌باشد (Branch, 2014).

ب) باستان‌زمین‌شناسی[۳]

استفاده از دانش زمین‌شناسی برای حل مسائل باستان‌شناسی خیلی زود آغاز شد. تقریباً در قرن ۱۷ و ۱۸م. یکی از بنیادی‌ترین تحولات در جهت علمی‌شدن دانش باستان‌شناسی، اقتباس ایدهٔ بازسازی انباشت و رسوب لایه‌های طبیعی از علم زمین‌شناسی بود. ایدهٔ لایه و لایه‌نگاری را در سال ۱۷۸۵ م. برای نخستین بار جیمزهاتن (James Hutton) زمین‌شناس اسکاتلندی، در کتاب «نظریه دربارهٔ زمین» معرفی کرد (Alizadeh, 1996). اما در اواسط قرن نوزدهم، دانشمندان زمین‌شناس، به طور سیستماتیک و تجربی استفاده از روش‌های دانش زمین‌شناسی در تفسیر داده‌های باستان‌شناسی جهت مطالعه روابط بین انسان و محیط‌زیست را آغاز کردند (Hill, 2017). از کارهای بعدی که مفهوم جدیدی به باستان‌شناسی بخشید، کتابی تحت عنوان مطالعات زمین‌شناسی- باستان‌شناسی در سوئیس و دانمارک (Etude geologico-archeologiques en Denmark et Suisse) نوشتهٔ مورلات (Morlot) در سال ۱۸۶۰ م. است (Malek Shahmirzadi, 1987). از دههٔ ۱۹۷۰ م. برخی از پژوهش‌ها به صورت حرفه‌ای برای حل مسائل باستان‌شناسی، از تکنیک‌های علوم زمین استفاده می‌کردند (Hill, 2017). پس‌از آن، برای اولین‌بار، اصطلاح باستان‌زمین‌شناسی در سال ۱۹۷۶ م. توسط رنفرو (Renfrew) در مقدمهٔ اولین مجلدی که به اصطلاح باستان‌زمین‌شناسی پرداخت، مورد استفاده قرار گرفت (Davidson & Shackley, 1976). تاریخچهٔ باستان‌زمین‌شناسی نه تنها شامل کاربرد روش‌های علم زمین‌شناسی در باستان‌شناسی است، بلکه مطالعهٔ طولانی‌مدت الگوهای تعاملی بین انسان و سیستم‌های طبیعی حاکم در یک منطقه است (Hill & Rapp, 2014).

روش‌های علم زمین‌شناسی سبب شد که باستان‌زمین‌شناسی همراه باستان‌شناسی محیطی و زمین‌شناسی دوران چهارم در یک راستا قرار گیرند. همچنین بین این علوم و روش‌هایی که در جغرافیای طبیعی (Physical Geography) و زمین ریخت‌شناسی، بوم‌شناسی تاریخی (Historical Ecology)، باستان‌شناسی زمین‌سیما و باستان‌سنجی استفاده می‌شوند، ارتباط برقرار گردید. بنابر این، باستان‌زمین‌شناسی، اساساً دانش بوم‌شناسی است که روابط بین انسان و زمین را بررسی می‌کند. از زمانی که این روش‌ها برای اولین بار استفاده شدند، روش‌های دانش زمین‌شناسی به منظور بررسی داده‌های باستان‌شناسی در مقیاس‌های فضایی و زمانی به کار گرفته شدند. از این روش‌ها در مطالعهٔ مواد خام، مصنوعات، روند شکل‌گیری نهشته‌های باستانی (Site formation)، فرایندهای طبیعی پس از دفن رسوبات در مکان‌های باستانی (Post-burial changes at sites)، جزییات زمین‌ریخت و همچنین در تاریخ‌گذاری لایه‌های باستان‌شناسی استفاده گردیده است. علاوه بر استفاده از تکنیک‌های علوم زمین، موضوع اصلی در پیشینهٔ مطالعاتی باستان‌زمین‌شناسی، بررسی ارتباطات طولانی‌مدت بین جمعیت‌های انسانی و سایر اجزای خاک‌کره (Geosphere) و زیست‌کره (Biosphere) است. پرسش‌های مربوط به منشأ انسان، تکامل زیستی و رفتاری و کنش یا تأثیر انسان بر محیط، از جمله سؤالاتی است که در راستای این ارتباطات مطرح می‌گردد (Hill, 2017). برای بازسازی محیط‌زیست و زمین‌سیما از روش‌های علمی مورد استفاده در باستان‌زمین‌شناسی، باستان‌جانورشناسی و باستان‌گیاه‌شناسی استفاده می‌شود. روش‌های باستان‌زمین‌شناسی شامل طبقه‌بندی رسوب/خاک، ریز ریخت‌شناسی، اندازه‌گیری ذرات (Particle size analysis)، حساسیت مغناطیسی و عناصر چندمنظوره ژئوشیمی است. بایگانی‌های مربوطه برای مطالعات باستان‌زمین‌شناسی نه تنها شامل پدیدارهای باستان‌شناسی، مانند خندق‌ها و چاله‌ها و پارینه‌خاک‌ها (دیرین‌خاک‌ها؛ Paleosols) است، بلکه بایگانی‌های زمین‌شناسی مانند دشت‌های سیلابی (رسوبات آبرفتی)، شستشوی دامنه در دره‌های خشک (رسوبات با منشأ کوهستانی)، رسوبات بادی، آتشفشانی و رسوبات غار و رسوبات آلی و معدنی در باتلاق‌ها و دریاچه‌ها را نیز شامل می‌شود (Branch, 2014).

ج) بازسازی شرایط محیطی

بسیاری از شواهد مربوط به گذشتهٔ انسان از کاوش‌های محوطه‌های باستانی، مطالعهٔ مصنوعات انسانی و بقایای زیستی آن‌ها بازیابی می‌شوند. این شواهد، برخی اطلاعات قابل‌توجهی همچون ابعاد محیط زندگی انسان‌ها، منابع طبیعی در دسترس آن‌ها و تأثیراتی که انسان بر محیط خود گذاشته است، می‌باشند و آن‌ها را می‌توان از بایگانی‌ها یا ذخایر طبیعی که در استقرارگاه‌های انسانی انباشت شده‌اند، به دست آورد.

کشفیات باستان‌شناسی و بقایای زیستی ممکن است اطلاعاتی دربارهٔ اقلیم، سطح تراز دریا، تغییرات کیفی خاک‌ها، پوشش گیاهی و جانوری در اختیار ما بگذارد که تمامی این موارد، شیوهٔ زندگی انسان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (Dark, 2008). با این حال به غیر از نهشته‌های فرهنگی، ذخایر طبیعی متنوعی وجود دارند تا ما بتوانیم شرایط محیطی گذشته را بازیابی کنیم که شامل موارد ذیل می‌باشند: ۱- یخچال‌های طبیعی (Lowe & Walker, 2014) (همانند مغزه‌برداری از یخ‌های گرینلند)؛ یخچال‌ها را می‌توان در یک مقیاس منطقه‌ای بزرگ برای بازسازی اقلیم گذشته از طریق مطالعهٔ تغییرات اندازهٔ آن‌ها درگذر زمان استفاده کرد. یخچال‌ها با افزایش میزان بارندگی و شرایط اقلیمی سرد، گسترش می‌یابند و در صورت کاهش بارندگی و شرایط اقلیمی گرم‌تر، در سطح

زمین عقب‌نشینی می‌کنند. ۲- رسوبات دریا و مصب رودخانه‌ها؛ معمولاً تغییرات در بافت و ترکیب رسوبات عمیق کف اقیانوس‌ها ممکن است نشان‌دهندهٔ تغییرات سالانهٔ شرایط اقلیمی باشد. اقلیم گذشته را می‌توان با مطالعهٔ رسوبات و از طرق مختلف، مانند شیمی رسوبی (ایزوتوپ‌های پایدار)؛ وجود شاخصه‌های زیستی مانند فرامینیفرها (Foraminifera)، استراکودها (Ostracods) و دیاتوم‌ها (Diatom) بازیابی کرد. این نوع ذخایر، اطلاعاتی دربارهٔ سطح دریا ارائه می‌دهند که به نوبهٔ خود از چگونگی شکل‌گیری سواحل گذشته حکایت دارد (Dark, 2008). ۳- غارسنگ‌ها (Speleothem) (Lowe & Walker, 2014)؛ غارسنگ‌ها (شکل ۱) ذخایر معدنی مانند استالاکتیت‌ها و روان‌سنگ‌ها (Flowstones) هستند که در غارها موجوداند و به‌تدریج در طی هزاران سال تشکیل شده‌اند. ترکیبات شیمیایی لایه‌های نازک رسوب کلسیت به آب و هوای بیرون غار بستگی دارد و می‌توان با استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل ایزوتوپ پایدار، مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد. غارسنگ ممکن است شامل لایه‌بندی سالانه باشد و یا می‌تواند با استفاده از سری اورانیوم تاریخ‌گذاری شود. ۴- رسوبات آلی و معدنی در باتلاق‌ها و دریاچه‌ها؛ رسوبات دریاچه‌ها و بقایای گیاهی مدفون در باتلاق‌ها و دریاچه‌ها سرشار از منابع اطلاعاتی در مورد محیط‌های گذشته‌اند، چراکه، دائماً رسوبات در حال نهشته شدن و حفظ شرایط در آب هستند، به طوری که، این منبع و طیف وسیعی از بقایای آلی را به‌ندرت در جای دیگر می‌توان یافت. رسوبات دریاچه‌ای همچون رسوبات دریایی ممکن است حاوی لایه‌های سالیانه (اصطلاحاً سال‌چینه (Varve) باشد، که امکان بازسازی تغییرات اقلیمی را با وضوح بالا فراهم می‌کند. رسوبات و بقایای ارگانیسم‌هایی که به دما حساس هستند، اغلب با تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. ۵-خاک‌ها؛ خاک طبیعی می‌تواند اطلاعات بیشتری نسبت به سایت‌های باستان‌شناسی در مورد کاربری زمین‌های گذشته ارائه دهد. با مطالعهٔ ویژگی‌های نهشته‌های خاک، می‌توان اطلاعاتی در مورد این‌که آیا یک منطقه قبلاً در زیر زمین‌های جنگلی بوده است، یا این‌که چه مقدار از آن دچار فرسایش شده به دست آورد. مطالعهٔ میکروسکوپی ساختار و ترکیب خاک (میکرومورفولوژی خاک) در تفسیر یا شناسایی اجزای خاک کمک می‌کند، که منجر به درک بیشتر منشأ و فرایندهای تشکیل خاک می‌شود. ۶- حلقهٔ درختان (Tree Rings)؛ حلقه‌های درختان نیز می‌توانند حاوی اطلاعاتی مربوط به تغییرات اقلیمی در گذشته باشند که ممکن است این تغییرات در حلقه‌های درخت منجر به تغییر در پهنای حلقه و تغییر نسبت‌های ایزوتوپ پایدار چوب شود. پهنای باریک حلقه‌های درخت ممکن است با اثرات کوتاه‌مدت فوران‌های آتشفشانی بزرگ بر اقلیم مرتبط باشد که نشان‌دهندهٔ کاهش دمای چند دهم درجه‌ای به مدت بیشتر از یک دهه است (Dark, 2008). روش‌های فوقف صرفاً روش‌هایی هستند که از نهشته‌های طبیعی برای بازسازی شرایط محیطی گذشته بهره می‌گیرند و مورداستفادهٔ شاخه‌های علوم پایه، علوم طبیعی و علوم زمین هستند. درنهایت، باستان‌شناسان با عاریت گرفتن این روش‌ها سعی در پاسخ‌گویی به مسائل خویش و بومی کردن آن‌ها دارند. در بخش زیر، انواع آزمایش‌های مورد استفاده در سایت‌های باستان‌شناسی و نهشته‌های فرهنگی، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. همچنین ما با مثال‌هایی کاربردی سعی بر نشان دادن کاربرد این روش‌ها در باستان‌شناسی کواترنری داریم.

روش‌های آزمایشگاهی

تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی رسوبات کواترنری و بقایای باستان‌شناختی دو بخش جدایی‌ناپذیر از تحقیقات دیرین محیط زیست هستند. به طوری که تنها با اتکا به هرکدام از

این دو بخش، نمی‌توان در حد مطلوب، شرایط محیطی گذشته را بازسازی کرد. با این‌حال، رسوبات مانند تراشه‌های کامپیوتری به صورت مداوم در حال ذخیره کردن اطلاعات اقلیمی، انسانی و محیطی هستند. دو خاصیت فیزیکی و شیمیایی رسوبات می‌توانند اطلاعات ارزشمندی در مورد ماهیت محیط‌های رسوبی گذشته ارائه دهند و اغلب شاخص‌های مفیدی برای شناسایی تغییرات اقلیمی و سایر تغییرات محیطی به شمار می‌آیند (Lowe & Walker, 2014). طیف وسیعی از روش‌های آزمایشگاهی در حال حاضر در مجامع علمی جهان موجود و مورد استفاده قرار می‌گیرد و این فراتر از محدوده و چارچوب پژوهش حاضر است. با این حال، در این مقاله سعی بر معرفی مختصر روش‌هایی که بیشتر در توصیف و تحلیل رسوبات کواترنری و بقایای باستان‌شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرند، خواهیم داشت.

۱- رسوب‌شناسی

رسوبات را می‌توان به سه نوع اصلی، آواری (Clastic)، شیمیایی و آلی تقسیم کرد، ۱- رسوبات آواری؛ فراوان‌ترین نوع رسوبات هستند. آن‌ها از قطعات سنگ، رسوبات دیگر یا از موادی تشکیل‌شده‌اند که تاریخچهٔ فرسایش، جابه‌جایی و نهشته‌گذاری را منعکس می‌کنند. اغلب رسوبات آواری، توسط عوامل خاک‌زایی (Terrigenous) مانند باد (تپه‌های ماسه‌ای)، آب در حال حرکت (جریان‌ها، سواحل) و گرانش (مانند زمین‌لغزش (Landslide)، رسوبات واریزه کوهی) نهشته‌گذاری می‌شوند. مثال‌های شاخص از رسوبات آواری، شن (Sand)، سیلت (Silt) و رس (Clay) هستند. در شواهد زمین‌شناختی، هنگامی‌که این گونه مواد در فرایند سنگ شدگی قرار می‌گیرند به ترتیب تبدیل به ماسه‌سنگ، سنگ سیلتی و سنگ‌رس (شِل) (Shale) می‌شوند. بقایا و رسوبات آتشفشانی (خاکستر، بمب‌ها و بلوک‌های آتشفشانی) را هم می‌توان جزء رسوبات آواری محسوب کرد. از سوی دیگر، ارگانیسم‌های دریایی، مانند حلزون‌ها و مرجان‌ها، پوسته‌های کربنات کلسیم را تولید می‌کنند. در مواردی که این پوسته‌های سخت، تحت تأثیر امواج قرار می‌گیرند و به قطعات کوچک میلی‌متری تقسیم می‌شوند، که در نتیجه موجب تشکیل سنگ آهک زیست‌آواری می‌شود. بقایای زیستی مانند فرامینیفرها، استراکودها و دیاتوم‌ها می‌توانند اغلب در سایر نهشته‌های معدنی حفظ شوند. ۲- رسوبات شیمیایی؛ رسوباتی که مستقیماً از ته‌نشینی مواد محلول در آب تولید می‌شوند. به عنوان مثال، دریاچه‌ها در ناحیه‌های نیمه‌خشک با تبخیر بالا، برخی از مواد معدنی ته‌نشین شده مانند کلرید سدیم طبیعی (Halite) (نمک طعام)، گچ (کلسیم سولفات) یا کلسیت یا آراگونیت (هر دو شکلی از کربنات کلسیم هستند) را نمایش می‌دهند. در محیط‌های غاری، رسوبات شیمیایی به طور چشم‌گیری وجود دارند و معمولاً از ورق‌های کربنات کلسیم تولید می‌شوند(Goldberg & Macphail, 2008). ۳- رسوبات آلی؛ مواد آلی و رسوبات ناشی از آن‌ها، به طورکلی در محیط‌های زیر آب (Subaqueous) یا سطح خاک (Subaerial) قرار دارند. در محیط‌های سطح خاک مانند افق‌های خاک، مادهٔ آلی به شکل‌های مختلف، بسته به درجه تجزیهٔ آن‌ها، رخ می‌دهد. در اثر پوسیدگی، مادهٔ آلی به گیاه خاک (Humus) تجزیه می‌شود و تجزیهٔ گیاه حاصل فعالیت‌های میکروبی است. در شرایط زیرآب فرایند تجزیه کمتر است، حضور آب و شرایط بی‌هوازی مانع از تجزیه مواد آلی توسط باکتری‌ها و اکسیداسیون می‌شود و انباشت‌های ضخیم مواد آلی می‌توانند به شکل زغال‌سنگ نارس رخ دهند. از آنجا که اسیدیته و شرایط بی‌هوازی باهم هستند، استخوان‌ها کمتر از بقایای گیاه (ازجمله گرده) یا بافت نرم حیوانی حفظ می‌شوند. به عنوان مثال: یک تکه چوب کارشده، با کاربری نیزه در سایت پارینه‌سنگی قدیم

شونینگن آلمان مربوط به ۴۰۰ هزار سال پیش به‌خوبی حفظ شده بود (Goldberg & Macphail, 2008).

رسوبات و نهشته‌های باستان‌شناسی؛ این نهشته‌ها – موضوع اصلی در تحقیقات باستان‌زمین‌شناسی است- ممکن است هر نوع رسوبی را که دارای یک ارتباط و نشانه‌ی فرهنگی باشد، به عنوان یک رسوب باستانی و فرهنگی تلقی کند (Goldberg & Macphail, 2008). رسوبات سایت‌های باستانی را می‌توان با روش‌های متنوعی مطالعه کرد، از جمله، مطالعهٔ میدانی، آزمایشگاهی و میکروسکوپی. مطالعهٔ دقیق رسوبات، قطعاً در حین فعالیت میدانی شروع می‌شود، جایی که زمین‌شناسی یا باستان‌شناسی می‌تواند لایه‌های مختلف و سایر اجزای آن‌ها را در ارتباط با دیگر لایه‌ها، محیط اطراف و جزئیات و بافت کامل محوطه مشاهده کند. در یک تقسیم‌بندی دیگر، رسوبات غارها و پناه‌گاه‌های صخره‌ای را می‌توان به سه نوع انسان‌زاد (Anthropogenic)، زیست‌زاد (Biogenic) و زمین‌زاد (Geogenic) تقسیم کرد. به طوری که در یک محوطه این احتمال وجود دارد که از صفر(۰) تا ۱۰۰ رسوبات از یک نوع فوق و یا ترکیبی از هر سه نوع باشند (Farrand, 2001b).

۱-۱- تحلیل بافت رسوب

توزیع اندازهٔ ذرات، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های تشخیص ساختار و بافت رسوبات است، زیرا تغییرات بسیار ظریف در متوسط اندازهٔ دانه‌ها ممکن است حاکی از تغییرات مهمی در محیط رسوبی باشد که می‌توان توسط آن‌ها اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ دیرین محیط گذشته کسب کرد (Hassan, 1978; Lowe & Walker, 2014). دانه‌های رسوبی بر اساس قطر به رس‌ها، سیلت‌ها، ماسه‌ها، دانه‌ریزها، ریگ‌ها، قلوه‌سنگ‌ها و تخته‌سنگ‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. روش‌های متنوعی برای تعیین دانه‌بندی به کار می‌رود که شامل اندازه‌گیری مستقیم، الک کردن رسوبات خشک و مرطوب، ته‌نشینی و اندازه‌گیری به‌وسیله گرانولومتر لیزری (Laser Garanulometer)، سدی گراف تابش ایکس (X-Ray sedigraph) و شمارشگر کولتر (Coulter counter) می‌باشند (Lowe & Walker, 2014; Sadeghifar & Azarmsa, 2015)، راه تشخیص ویژگی‌های اجزای رسوبات، اغلب اندازهٔ ذرات و توزیع اندازهٔ آن‌ها است. در صورتی‌که نمونهٔ دقیق برداشته شود، ویژگی‌های کلیدی رسوبات با گرانولومتری تعیین می‌شود (Maghsoudi et al., 2016). طبقه‌بندی رسوبات و استفاده از محاسبات آماری به طور معمول نیازمند صرف زمان زیاد و دشواری‌های خاص خود می‌باشد. اخیراً برای رفع این مانع برای دانه‌بندی و بافت خاک از نرم‌افزار گرید استات (Gradistat) (Blott & Pye, 2001) استفاده می‌شود.

در همین رابطه، یک مطالعهٔ بافت رسوبی به منظور بازسازی اقلیم در اواخر کواترنر در سال ۱۳۷۹ توسط حیدری گوران (Heydari, 1999) در دو برش زمین‌شناسی در اطراف کرمانشاه صورت گرفت. برش اول، به نام «سِرخه‌لیژه» در پای کوه می‌وله با فرازی بالغ بر ۱۳۵۰ متر از تراز دریا و دیگری به نام «کنشت» در نزدیکی تنگه کنشت و در دامنهٔ کوه ورواسی با فرازی بالغ بر ۱۳۶۵ متر از تراز دریا واقع شده است. مطالعات انجام شده بر روی رسوبات حوضه‌های رسوبی فوق، نشان‌دهندهٔ این بود که حدود ۸۰ درصد و یا حتی بیشتر رسوبات آواری در یک حوضه از کوهستان‌ها سرچشمه گرفته‌اند. به طورکلی، در بررسی رسوبات مقاطع سِرخه‌لیژه و کنشت می‌توان به ۴ لایهٔ رسوبی اشاره کرد: ۱. لایه‌هایی که رنگ آن‌ها تیره، قرمز تا قهوه‌ای بوده و بافت آن‌ها بسیار ریزدانه (Fine grain) است و در کل فاقد قطعات سنگ هستند. این لایه‌ها کمترین قطر و تعداد را در رخنمون‌ها دارند. ۲. لایه‌هایی که رنگ آن‌ها روشن، کرم و صورتی است و غالباً جورشدگی قطعات سنگ آن‌ها، نامناسب و بافت

آن‌ها، بسیار دانه‌درشت است. ۳. برخی از لایه‌های این گروه ویژگی‌های خاک‌زایی دارند و درون خاک‌ها نیز قطعات سنگ گرد و نیم‌گرد دیده می‌شود. ۴. برخی از لایه‌های این گروه به‌ویژه در بخش‌های زبرینِ رخنمون‌ها ویژگی‌های «اینتراکلسیت» (Intrecalsit) دارند؛ به عبارت دیگر این لایه‌ها فاقد خاک بوده و تمام آن‌ها از قطعات سنگ‌ریزه‌ی زاویه‌دار در حد ریگ و کوچک‌تر تشکیل‌شده‌اند. نتایج این پژوهش منجر به این گردید که بتوان بین نهشته‌های پای‌کوهی و تغییرات اقلیمی در سطح کرهٔ زمین که در اواخر دوران چهارم زمین‌شناسی روی داده است، پیوندهایی برقرار نمود (Heydari, 1999; Heydari-Guran & Hariri, 2019). برخی از دانشمندان مطالعهٔ بافت رسوبات را برای نهشته‌های غارهای باستانی مورد استفاده قرار داده‌اند (Farrand, 2001b) هرچندکه این روش برای غارها توسط افراد دیگری مورد انتقاد قرار گرفته شده است (گفتگوی شخصی یکی از نگارندگان با گلدبرگ ۱۳۸۷).

۱-۲- آزمایش‌های شیمی و فیزیک

جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی رسوب‌شناسی می‌تواند برخی از جزئیات مربوط به فعالیت‌های انسانی (در محیط‌های استقراری انسانی دوران چهارم شامل غارها، پناه‌گاه‌های صخره‌ای یا هر نوع سایت باستانی دیگر را مشخص سازند) و همچنین شواهدی دربارهٔ فعالیت‌های محیطی و تأثیر آن بر مکان‌های باستانی و حتی اطلاعاتی دربارهٔ خود ساختار غارها و پناهگاه‌ها در اختیار ما قرار بدهند (شکل ۱) (Farrand, 2001b) مراحل مختلف آزمایش‌های رسوب‌شناسی در آزمایشگاه‌های خاک به شرح زیر است: ۱- تعیین بافت خاک (هیدرومتری)؛ ۲- تعیین وزن مخصوص خاک؛ ۳- تعیین و اندازه‌گیری میزان آب؛ ۴- تعیین و تشخیص رنگ خاک؛ ۵- تهیهٔ عصارهٔ خاک؛ ۶- اندازه‌گیری pH (اسیدیته)؛ ۷- تعیین شوری EC؛ ۸- اندازه‌گیری کربن آلی OC؛ ۹- اندازه‌گیری درصد آهک خاک (کلسیمتری)؛ ۱۰- اندازه‌گیری عناصر کربنات، بی‌کربنات، ازت، فسفر، سولفات، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم (Bouyoucos, 1962; Klute, 1986; Munsell, 1992; Nelson & Sommers, 1983; Page, 1985). در این زمینه، تحقیقات متعددی در اروپا انجام‌شده است، به عنوان مثال در غار لاگولگا (آستوریاس، اسپانیا) از منظر مطالعات باستان‌زمین‌شناسی دورهٔ گذار از پارینه‌سنگی میانی به نوین مورد مطالعه قرارگرفته که در این راستا کارهای آزمایشگاهی شامل نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل رسوب‌شناسی (بافت و تجزیه و تحلیل کانی شناسیXRD)، تجزیه و تحلیل خصوصیات خاک (رنگ، pH، کربنات کلسیم، مواد آلی و کربن آلی) انجام شده است (Jordá Pardo et al., 2013). به علاوه، پژوهش‌های دیگری نظیر (Farrand, 2001a; Woodward & Goldberg, 2001) مطالعات رسوب‌شناسی، در غار و پناهگاه صخره‌ای (شکل ۲) پرداخته‌اند که در نتیجه، اطلاعات بیشتری در ارتباط با نحوهٔ تشکیل سایت و رسوبات استقرارهای انسانی و درنهایت، بازسازی تغییرات اقلیمی محلی و منطقه‌ای حاصل گردیده است. در ایران، همچنان بیشترین مطالعه‌ها مربوط به دوره‌های اخیر است (Niknami & Rezaee, 2014). اما برای دورهٔ پلیستوسن نیز می‌توان به مطالعهٔ رسوب‌شناسی (شیمی و فیزیک) و تحلیل اندازهٔ ذرات توسط حیدری گوران در غار کانی میکائیل کردستان اشاره کرد که منجر به شناسایی سه دورهٔ رسوب‌گذاری و ارتباط آن‌ها با حوادث اقلیمی اواخر پلیستوسن تا اواخر هولوسن شد (Heydari, 2002).

توضیحات مربوط به تصویر فوق: ۱- رسوبات واریزه کوهی دگرجازاد (به عنوان مثال شستشوی دامنه و خاک نوساخته) بقایای رسوبات بادرفتی زیست‌زاد (به عنوان مثال چوب، گیاه، انسان)؛ ۲- دوریزهای چوبی؛ ۳- نفوذ آب؛ ۴- ریشه درختان؛ ۵- پرشدگی با بقایای خاک رس؛ ۶-

نهشته‌های دگرجازاد، تودهٔ سنگ ریزه ورودی، آبرفتی، بادرفتی، زیست‌زاد، انسان‌زاد؛ ۷- بلوک سنگی شکسته شده برجا، شستشوی دامنه، مواد معدنی فسفات (به عنوان مثال فضله خفاش)، رسوبات شیمیایی (به عنوان مثال تراورتن‌ها)؛ ۸- فضلهٔ خفاش؛ ۹- غارسنگ‌های کلسیتی؛ ۱۰- محوطهٔ سکونتی؛ ۱۱- بلوک‌های در هم شکسته؛ ۱۲- تودهٔ ساکن آب؛ ۱۳- نهشته‌های رودخانه‌ای، ۱۴- مسیر رودخانه (Goldberg & Macphail, 2008).

۲- میکرومورفولوژی (ریز ریخت‌شناسی)

میکرومورفولوژی با توصیف، اندازه‌گیری و تفسیر ترکیبات خاک و رسوب در سطح میکروسکوپی مرتبط است و نقش مهمی در فهم بافت و نحوهٔ شکل‌گیری رسوبات باستانی دارد (Goldberg & Macphail, 2003). مطالعات اخیر در زمینهٔ تحقیقات خاک‌شناسی نشان می‌دهد که ریزریخت‌شناسی روشی ضروری در توصیف و شرح پیدایش و تحلیل اطلاعات زیست‌محیطی و باستان‌شناسی نهشته‌ها است که در بررسی سنتی خاک، امکان‌پذیر نیست. این علم، همچنین یک ابزار مهم برای تشخیص و ارائهٔ توضیحات مفصل از ترکیبات غیر ارگانیک موجود در خاک مانند پوسته‌های خاکستر شده، توده‌های خاکستر و نیز عناصر و ترکیبات چندگانه و سطوح غیر پیوستهٔ هم‌مرز است، که نشان دادن آن با بررسی معمولی رسوبات دشوار است. بر اساس دانشنامهٔ علم زمین‌شناسی، میکرومورفولوژی به عنوان دانش مطالعهٔ نمونه‌های خاک و رگولیت ناشی شده با استفاده از فن‌های میکروسکوپیک و اولترامیکروسکوپی (Ultramicroscope) (میکروسکوپ فوق‌ریز نما) به‌منظور شناسایی اجزای مختلف و تعیین روابط متقابل زمانی و مکانی تا آنجا که امکان‌پذیر بوده، تعریف‌شده است (Srivastava et al., 2009). در طول ۳۰ سال گذشته کاربرد میکرومورفولوژی در باستان‌شناسی به‌طور مداوم افزایش یافته است. مطالعهٔ میکروسکوپی خاک‌ها و پارینه‌خاک‌ها در داخل و اطراف مکان‌های باستان‌شناسی اطلاعات مهمی را برای بازسازی شرایط محیط‌زیست و درک نقش انسان در شکل دادن به محیط‌زیست فراهم می‌کند. شکل‌گیری خاک و تغییرات آن در ارتباط با دخالت‌های انسانی در این رابطه اهمیت دارد و میکرومورفولوژی اطلاعات پایه‌ای در مورد نحوهٔ ساخت خاک و نحوهٔ گسترش آن‌ها را فراهم می‌کند. استفاده از میکرومورفولوژی برای مطالعهٔ نحوهٔ شکل‌گیری مکان‌ها (فرایندهای مکان‌ساز) ثابت کرده است که، یک ابزار بسیار قدرتمند در قرار دادن یافته‌های باستان‌شناسی در بافت مناسب خود است. به منظور حصول نتایج بهتر و تحلیل دقیق‌تر مکان‌های باستان‌شناسی که شامل مجموعه‌ای پیچیده از فرایندهای طبیعی و انسانی هستند، ترکیب روش‌های پتروگرافی و میکرومورفولوژی که شامل ایده‌ها و مفاهیم طبقه‌بندی شده از علوم مختلف می‌باشد، می‌تواند مفید واقع شود. کاربرد میکرومورفولوژی در مطالعهٔ نهشته‌های باستان‌شناختی نتایج قابل توجهی فراهم می‌کند، زیرا ساختار و اجزاء اصلی تشکیل‌دهندهٔ رسوبات نشان‌دهندهٔ عوامل و نیروهایی است که آن‌ها را نهشته‌گذاری کرده است (Karkanas & Goldberg, 2017).

کارهای پژوهشی انجام‌شده در زمینهٔ مطالعات میکرومورفولوژی در ایران بیشتر مربوط به دوره‌ی هولوسن است (Maghsoudi, Zamanzadeh, Navidfar, et al., 2015; Maghsoudi, Zamanzadeh, Yousefi Zoshk, et al., 2015). از جمله مطالعاتی که مربوط به دورهٔ پارینه‌سنگی نوین است می‌توان به غار بوف (Ghasidian, 2014) اشاره کرد. یکی از نگارندگان همراه با همکارانشان مطالعات میکرومورفولوژی این محوطه را انجام داده‌اند (شکل ۳). در ۱/۵ متر رسوبات کاوش شده در غار بوف چهار لایهٔ زمین‌شناسی یا افق خاک و چهار

لایهٔ باستان‌شناسی شناسایی شده که مجموعاً ۲۲ مقطع نازک از لایه‌های باستانی تهیه شد. یکی از نتایج مطالعات میکرومورفولوژی در این غار (این نتیجه برای کلیه مکان‌های باستانی امری کاملاً حیاتی است) حاکی از آن است که لایه‌های پایینی غار دچار به‌هم‌ریختگی و میکس نشده‌اند و به همین دلیل تحلیل‌های مبتنی بر تفسیر ابزارهای سنگی و تاریخ‌گذاری‌های انجام‌شده، قابلیت اتکاء بیشتری دارند. همچنین فراوانی بقایای گیاهی همراه با فیتولیت‌ها (Phytoliths) از یک طرف و از طرفی دیگر وجود اسفرولیت کلسیت (Calcite Spherulites) و فسفات نشان‌دهندهٔ استفادهٔ مداوم از این غار برای استقرار است (Schilt et al., 2010).

۳- کربن / ماده آلی (Carbon/ Organic Matter)

کربن به دو فرم آلی و غیر آلی در خاک وجود دارد که فرم آلی آن در گیاهان و حیوانات موجود است و به طورکلی تولیدات ناشی از تجزیهٔ گیاهان و حیوانات به عنوان مادهٔ آلی شناخته می‌شود. همچنین فرم غیر آلی آن می‌تواند توسط گیاهانی که دارای کریستال‌هایی از کلسیم اگزالات و سلیس اپالین (Opaline silica) هستند به خاک اضافه شوند. کربن بخشی از مواد آلی است که توسط فرایندهای طبیعی و انسانی به عنوان قسمتی از بافت گیاهی و حیوانی به خاک اضافه می‌شود. سهم کربن گیاهی بیشتر از حیوانی است. بقایای گیاهی شامل ۲۵٪ جامدات هستند که از کربن، اکسیژن، هیدروژن و خاکستر ساخته شده‌اند. خاکستر حاوی ماکرومغذی (Macronutrient) (فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد) و میکرومغذی (Micronutrient) (روی، آهن، مس، بورون، منگنز و مولیبدنوم (Molybdenum)) و همچنین عناصر کمیاب جزئی است، که مربوط به مطالعات شیمی خاک در مکان‌های باستانی است، چون این عناصر بخشی از حجم شیمیایی انسان و طبیعت در خاک و رسوبات هستند. جمعیت‌های انسانی، عمده‌ترین نقش را در چرخهٔ مواد آلی در طبیعت دارند. مواد آلی، بخشی از مطالعات مورد علاقهٔ باستان‌زمین‌شناسان است. زیرا جزئی از مواد اساسی (نظیر مواد غذایی، زباله، فرایند تولید مواد، گرما و مانند آن‌ها) استقرارهای انسانی و نهشته‌های باستانی هستند. مجموع کربن در خاک را می‌توان با استفاده از تکنیک احتراق خشک و مرطوب تعیین کرد. تکنیک احتراق تمام اشکال هر دو کربن آلی و غیر آلی در خاک را اندازه‌گیری می‌کند. اصل اساسی در این تکنیک این است که کربن دی‌اکسید را خارج کرده و ضبط نموده و سپس مقدار آن را به صورت وزنی (Gravimetrically) یا عیارگیری (Titrimetrically) اندازه‌گیری کرد. این پروسه، به طورکلی، با ابزارهای آزمایشگاهی خودکارِ طراحی‌شده برای تجزیه و تحلیل کربن انجام می‌شود. از دیگر تکنیک‌های اندازه‌گیری مواد آلی خاک، طیف‌سنجی بازتابی مادون‌قرمز نزدیک است. روشی دیگر در این زمینه، اندازه‌گیری با روش والکلی-بلک (Walkley-Black) است که خاک را با اسیدسولفوریک غلیظ و بی‌کرومات مجاور کرده بعد از اتمام واکنش اکسیداسیون، بی‌کرومات باقیمانده با فرو آمونیوم سولفات تیتر می‌گردد (Kolb, 2017). تعیین میزان کربن آلی چه در رسوبات آبی و چه در رسوبات خشکی، اهمیت زیادی در بازسازی شرایط محیطی گذشته دارد و شاخصی از میزان بهره‌وری زیستی در حوضه‌های آبی و خشکی است. علاوه بر این، مواد آلی در تاریخ‌گذاری‌های رادیو کربن نقش بسزایی دارند (Lowe & Walker, 2014). کاربرد اندازه‌گیری کربن آلی در سایت‌های پارینه‌سنگی به این صورت است که حضور یا عدم حضور مواد آلی در لایه‌ها، حاکی از بازتاب شرایط محیطی است. به این نحو که حضور مادهٔ آلی در لایهٔ مورد نظر، احتمالاً می‌تواند نشان‌دهندهٔ دورهٔ میان یخچالی و عدم حضور آن می‌تواند، نشان‌دهندهٔ دورهٔ یخچالی باشد.

۴- ایزوتوپ‌های پایدار

در دهه‌های اخیر، رویکردهای ژئوشیمی ایزوتوپ‌های پایدار (Stable Isotopes) به‌طور گسترده‌ای در مطالعات دیرین‌محیط‌شناسی مورداستفاده قرارگرفته است. داده‌های حاصل از این دستاوردها در بازسازی شرایط محیطی گذشته و مطالعهٔ دورهٔ زمانی تشکیل خاک‌ها بسیار ارزشمند هستند. در این راستا، روش‌های ژئوشیمی ایزوتوپ‌های پایدار ممکن است برای حل برخی از مسائل خاک‌شناسی و تحقیقات متعدد زمین‌ریخت‌شناسی با هدف توسعه و بازسازی زمینسیما مورد استفاده قرار گیرد. ترکیب ایزوتوپ‌های پایدار کربن ۱۳ و نیتروژن ۱۵ در مواد آلی خاک یک شاخص حساس برای تعیین تغییرات دیرین اقلیم است (Golubtsov & Ryzhov, 2017). به این صورت که حضور این ترکیبات در خاک، موجب تغییر در میزان بیوماس گیاهان C3 و C4 می‌شود. که این گیاهان به ترتیب نشان‌دهندهٔ دوره‌های یخچالی و میان یخچالی می‌باشند (Nordt et al., 2002). سهم نسبی گیاهان C3 و C4 در پوشش گیاهی یک منطقه ممکن است توسط ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳ ($\delta^{13}C$) موجود در مادهٔ آلی خاک تخمین زده شود (Wang et al., 2008). برای مثال، در ارتباط با ویژگی‌های فتوسنتز گیاهان (Golubtsov & Ryzhov, 2017)، ترکیب ایزوتوپ کربن مادهٔ آلی خاک به طور مستقیم به نوع پوشش گیاهی بستگی دارد. همچنین می‌توان با استخراج ایزوتوپ از مینای دندان حیوانات گیاه‌خوار (Enamel of herbivore) (Ecker et al., 2018) و انسان (Ecker et al., 2013) به اطلاعاتی در خصوص نوع گیاه مصرفی و درنهایت، اطلاعاتی دربارهٔ محیط‌زیست دست یافت.

۴-۱- خاک

به طور معمول، برای نمونه‌برداری ایزوتوپ پایدار از رسوبات دو نوع نهشته بیشتر مد نظر است: ۱- پارینه خاک‌ها ۲- کربنات پدوژنیک.

پارینه‌خاک‌ها یکی از بهترین آرشیوها برای بازسازی شرایط محیطی هستند. به اعتقاد برادلی، می‌توان با استفاده از توالی پارینه‌خاک‌ها، دما، بارش، رطوبت، ویژگی‌های پذیرفتاری مغناطیسی و اطلاعاتی در مورد الگوهای زیست‌توده (Biomass) و پوشش گیاهی را درگذشته به دست آورد (Bradley, 2015). به طورکلی، استفاده از ایزوتوپ‌های کربن (C)، هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، نیتروژن (N) و گوگرد (S) در تحقیقات بوم‌شناسی بسیار رایج است (Sulzman, 2007). سهم نسبی گیاهان C3 و C4 در پوشش گیاهی در یک منطقه می‌تواند با استفاده از ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳ مادهٔ آلی خاک محاسبه شود. این رویکرد دارای پتانسیل زیادی برای بازسازی دیرین بوم با استفاده از پارینه‌خاک‌ها است (Wang et al., 2008). از آنجا که در ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳، در بافت گیاه، کمی تغییر به وجود می‌آید و آن را تجزیه می‌کند و به بایگانی کربن آلی خاک اضافه می‌شود، داده‌های ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳، کربن آلی پارینه‌خاک تولید شده به وسیلهٔ گیاهان C3 و C4 را تشکیل می‌دهد که می‌تواند برای میلیون‌ها سال باقی بماند(Nordt et al., 2002). همچنین ترکیب ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن، در شناخت تغییرات اقلیمی گذشته و بازسازی دماهای دیرینه مورد توجه است. فتوسنتز، به‌شدت تحت تأثیر فرایند در دسترس بودن نیتروژن است؛ زیرا، میزان فتوسنتز گیاه بستگی به مقدار نیتروژن موجود در برگ‌ها دارد. به این دلیل، آگاهی از چرخه نیتروژن در اکوسیستم‌ها جهت تحقیق در مورد تغییرات گیاهی و چرخه کربن بسیار مهم است (Aranibar et al., 2004). غلظت کربن، نیتروژن و نسبت

C/N که از آن‌ها محاسبه می‌شود و میزان ایزوتوپ‌های پایدار کربن و نیتروژن در مادهٔ آلی می‌توانند جهت درک بهتر فرآیندهای بیولوژیکی در تفاسیر اقلیم گذشته به کار روند (Brodie et al., 2011).

نسبت $^{13}C/^{12}C$ در کربن آلی و کربنات پدوژنیک خاک ابزار مهمی برای مطالعهٔ بیوم‌های (اقلیم زیست) گذشته است. از اواسط دههٔ ۸۰ میلادی که ارتباط مسیرهای فتوسنتزی C3، C4 و CAM با نسبت $^{13}C/^{12}C$ در کربنات‌های پدوژنیک توسط سرلینگ در سال ۱۹۸۴ مشخص گردید، این تکنیک در مطالعات بازسازی زیست‌بوم گذشته و اقلیم گذشته کاربردهای فراوانی یافت (Khormali, 2016). گیاهان با مسیر فتوسنتزی C3 دارای مقادیر $\delta^{13}C$ ۲۰- الی ۳۵‰- بوده و گیاهان با مسیر فتوسنتزی C4 دارای مقادیر $\delta^{13}C$ ۱۰- الی ۱۴‰- هستند (Cerling, 1999). کربنات پدوژنیک در صورتی که در اکوسیستم با جامعهٔ خالص C3 تشکیل‌شده باشد، دارای مقادیر $\delta^{13}C$ ۹- الی ۱۲‰- بوده و در صورتی که در اکوسیستم با جامعهٔ خالص C4 تشکیل‌شده باشد، دارای مقادیر $\delta^{13}C$ ۱- الی ۳‰- است (Cerling, 1999).

۴-۲- *بقایای استخوانی حیوانات و انسان*

پژوهشگران برای به دست آوردن ایزوتوپ‌های پایدار از بقایای استخوانی، بیشتر بر روی دو روش تأکید می‌کنند ۱- استخوان حیوانات گیاه‌خوار و انسان باید دارای کلاژن (Collagen) باشد تا بتوان از آن ایزوتوپ پایدار برداشت کرد. ۲- مینای دندان حیوانات گیاه‌خوار و انسان، منبع خاصی برای برداشت ایزوتوپ هستند. معمولاً در این روش‌ها، تمام کربن یک ارگانیسم از رژیم غذایی آن در قالب پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها دریافت می‌شود و به همین خاطر است که از گیاهان، در پایهٔ هرم غذایی استفاده می‌شود. عامل اصلی کنترل تخلیهٔ کربن ۱۳ در گیاهان نسبت به منبع کربن غیرمعدنی، مسیر فتوسنتزی است. دو مسیر اصلی برای فتوسنتز C3 و C4 وجود دارد که تنها در گیاهانی که تحت شرایط گرم و خشک فصلی زندگی می‌کنند، دیده می‌شود. در نیم‌کرهٔ شمالی در عرض‌های میانی، مانند اروپای غربی، تمام گیاهان از مسیر فتوسنتزی C3 استفاده می‌کنند. مطالعات قبلی نشان داده است که گیاهانC3 معمولاً دارای مقادیر منفی کربن در زیستگاه‌های بسته و مسکونی هستند، درحالی‌که گیاهان C3در زیستگاه‌های باز و خشک‌تر دارای ارزش‌های مثبت ایزوتوپ هستند. مینای دندان با توجه به محتوای بالای مواد معدنی، سخت‌ترین و متراکم‌ترین ماده بدن پستانداران است و از این رو کمتر به تغییرات دیاژنز (درون‌زادی؛ Diagenetic) نسبت به سایر بافت‌های اسکلتی مانند استخوان و عاج دندان حساس است. در واقع، دندان‌ها و استخوان‌های حیوانات گیاهخوار، مقادیر کربن ۱۳ گیاهان مصرف‌شده را ثبت می‌کنند. با این روش ممکن است نوع گیاهانی که توسط حیوان مصرف شده شناسایی شود و در نهایت اطلاعاتی دربارهٔ نوع محیطی که حیوان در آن زندگی می‌کند به دست آید (Ecker et al., 2013).

مبحث ایزوتوپ‌های پایدار در باستان‌شناسی ایران محدود به چندین پژوهش، آن هم در دوره‌های اخیر می‌باشد (Sheikhshoaee & Niknami, 2016; Sheikhshoaee & Niknami, 2018). در هر حال، از جمله کاربردهای ایزوتوپ‌های پایدار می‌توان به تفاوت‌های معیشتی بین انسان هوشمند و نئاندرتال اشاره کرد. یک گروه از دانشمندان با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار به بررسی مواد باستانی به‌دست آمده از چند غار در منطقه‌ای از شمال غربی اروپا که در حال حاضر در کشور بلژیک واقع است، پرداخته‌اند. به صورت کلی، نتایج این تحقیق مشخص می‌کند که سلیقهٔ شکار در دو گروه انسان‌های مدرن و نئاندرتال‌ها در اواخر حضور نئاندرتال‌ها و اوایل حضور انسان‌های مدرن تفاوت آن‌چنانی ندارد، اما تفاوت اصلی این است که انسان مدرن شکارهای خود را از منطقه ای

به مراتب وسیع‌تر نسبت به نئاندرتال‌ها به دست می‌آورده‌اند. مهم‌ترین دست آورد این تحقیق این است که تأکیدی دارد بر درستی نظریهٔ تأثیر ورود انسان‌های مدرن (در حدود ۴۳ هزار سال پیش) بر تغییر پویایی جمعیت حیوانات پستاندار و به طورکلی، دگرگونی ساختار زیستی اروپا (Wißing et al., 2019). همچنین، در یک پژوهش دیگر مشخص‌شده است که میزان بالای ایزوتوپ نیتروژن در دندان نئاندرتال‌های متأخر حاکی از قرار داشتن آن‌ها در رأس هرم گوشت‌خواران بوده است. در این پژوهش با آزمایش دندان‌های دو نئاندرتال دریافته‌اند که در این دندان‌ها نیز میزان بالایی ایزوتوپ نیتروژن وجود دارد که طبیعتاً می‌بایست به این نتیجه رسید که آن‌ها نیز به خوردن ماهی‌های آب شیرین مشغول بوده‌اند. اما با مطالعهٔ ایزوتوپ نیتروژن در هر آمینواسید درون دندان‌ها مشخص‌شده است که نئاندرتال‌ها آن‌چنان هم به خوردن موجودات آبزی مشغول نبوده‌اند و بلکه به میزان فراوانی، غذای آن‌ها بر حیوانات گیاه‌خوار بزرگ جثه متمرکز بوده است. بر اساس اطلاعات به دست آمده از ایزوتوپ نیتروژن درون دندان نئاندرتال‌ها در طول زمان طولانی، حتی با فرارسیدن انسان مدرن به اروپا آن‌ها دارای یک رژیم غذایی باثبات بوده‌اند (Jaouen et al., 2019).

۵- پذیرفتاری مغناطیسی

از آنجایی که پذیرفتاری مغناطیسی (Magnetic Susceptibility) رسوبات در دههٔ ۱۹۷۰ به‌شدت موردتوجه قرار گرفت، این رهیافت برای بازسازی تطور زیست‌محیطی با استفاده از رسوبات دریاچه‌ای و قاره‌ای، توالی دیرین رسوبات بادرفتی و رسوبات دریایی مورد موافقت اعم پژوهشگران قرار گرفت (Zhang et al., 2012). تکنیک‌های مغناطیسی محیط سریع، کم‌هزینه و حساس به ویژگی‌های رسوبات هستند و می‌توانند در طیف وسیعی از محیط‌ها مورد استفاده قرار گیرند. مخصوصاً خواص مغناطیسی می‌تواند برای بازسازی شرایط دیرین‌محیط‌زیست و دیرین اقلیم در مکان‌هایی همانند غار و پناه‌گاه صخره‌ای با موفقیت مورد استفاده قرار گیرد (Aidona et al., 2017). حساسیت مغناطیسی خاک و رسوبات و تغییرات آن، نتیجهٔ غلظت و رفتار مواد معدنی مغناطیسی و دیامغناطیسی است. غارها و پناه‌گاه‌های صخره‌ای، تالاب‌ها و دریاچه‌های که در مجاورت بافت کارستی کوهستان قرار دارند، مقدار قابل‌توجهی کربنات‌کلسیم دارند. به طور کلی، افزایش میزان کربنات کلسیم و ترکیبات آلی در عامل رسوب، باعث کاهش خواص مغناطیسی می‌شود (Ellwood et al., 2006). روش پذیرفتاری مغناطیسی برای محوطه‌های باستانی که درصد کلسیم کربنات آن‌ها بالا است به علت بروز خطا مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (گفتگوی شخصی یکی از نگارندگان با پروفسور جوزسپ پارِس Josep M. Pares ۹۷/۵/۱۵) مقادیر بالای پذیرفتاری مغناطیسی به طور مستقیم با فعالیت انسانی داخل غار و پناه‌گاه صخره‌ای ارتباط دارد. در حالی که مقادیر پایین‌تر می‌تواند نشان‌دهندهٔ این باشد که رسوبات تحت نفوذ و فرآیندها و جریان آب قرارگرفته‌اند (Aidona et al., 2017).

از جمله محوطه‌های باستانی ایران که از روش پذیرفتاری مغناطیسی برای بازسازی شرایط محیطی استفاده کرده‌اند، می‌توان به میرک اشاره کرد (Kharazian et al., 2019). اغلب، این روش، توسط پژوهشگران رشتهٔ دیرین اقلیم برای مطالعهٔ رسوبات طبیعی دریاچه‌ها و رخنمون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال: فیضی و همکارانش (۱۳۹۵) برای مطالعهٔ تغییرات کواترنری پسین در لس‌های شمال‌شرق ایران از روش پذیرفتاری مغناطیسی استفاده کرده‌اند به طوری که در بازهٔ ۱۵۰ هزار سال پیش در برش رسوبی «نوده» (شکل ۴) حدوداً هشت دورهٔ اقلیمی گرم و مرطوب (لایه‌های پارینه‌خاک و شبه پارینه‌خاک با میزان پذیرفتاری مغناطیسی بالا) در بین دوره‌های سرد و خشک

(لایه‌های لس با میزان پذیرفتاری مغناطیسی پایین) را شناسایی کرده‌اند (Feizi et al., 2016). از این قبیل پژوهش‌ها، مطالعهٔ برش رسوبی نکا است که با روش پذیرفتاری مغناطیسی بر روی رسوبات لسی و پارینه‌خاک توانسته‌اند دوره‌های اقلیمی ۵۰ هزار سال پیش را بازسازی کنند (Alimohammadian et al., 2013).

۶- میکروبیولوژی

میکروبیولوژی (Microbiology) علم مطالعهٔ انواع موجودات میکروسکوپی است. تمام ارگانسیم‌های زندهٔ موجود در زمین در دو گروه سلولی قرار می‌گیرند. یکی از این گروه‌ها یوکاریوت‌ها (Eukaryotes) می‌باشند که هسته‌ای محصور در غشاء داشته و شامل جلبک‌ها، قارچ‌ها، تک یاخته‌ها، گیاهان و جانوران می‌باشند و براساس فرایند میتوز تقسیم می‌شوند. گروه دیگر فاقد هستهٔ محصور در غشاء بوده و به عنوان سلول‌های پروکاریوت شناخته می‌شوند. پروکاریوت‌ها شامل یوباکتری‌ها (باکتری‌های حقیقی) و آرکئاباکتری (باکتری‌های قدیمی) است (Mohammad Zadeh, 2011). باکتری‌ها بر اساس محیط‌زیست به دو دستهٔ اصلی هوازی و غیر هوازی تقسیم شده، و هر دسته نیز بر حسب pH محیط فعالیت آن‌ها به دو گروه اسیدی و قلیایی تقسیم می‌شوند. این تقسیم بندی، منحصراً توانایی باکتری برای زندگی در مجاورت هوا و غیاب آن را نشان می‌دهد (Mohammad Zadeh, 2011). میکروارگانیسم‌ها در همه جا حضور دارند و می‌توانند سهم غیر قابل انکاری را در زمینهٔ دیرین اقلیم، تاریخ‌گذاری و سایر پژوهش‌های باستان‌شناسی ارائه دهند و به طور کلی می‌توانند در بازسازی فرایندهای زیست‌محیطی و فرهنگی مورداستفاده قرار گیرند (Grund et al., 2014). تغییر ویژگی‌های جوامع میکروبی در لایه‌های زمین‌شناسی می‌تواند ناشی از فعالیت‌های متنوع انسانی و همچنین دوره‌های اقلیمی باشد (Siles et al., 2018). علاوه بر کاربردهای فوق، یکی از کاربردهای میکروبیولوژی می‌تواند، تعیین مسیرهای پیشنهادی پراکندگی انسان بر مبنای تنوع ژنتیکی از باکتری‌های انگلی باشد (Moodley et al., 2009). معمولاً میکروبیولوژی در باستان‌شناسی به دو صورت مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ۱- بررسی تجمع باکتری‌ها در لایه‌های مختلف باستان‌شناسی (تعداد، نوع و سایر ویژگی‌ها) جهت تحلیل و تفسیر میزان فعالیت انسانی در آن لایه و مقایسه با سایر داده‌های اقلیمی برای شناسایی فازهای اقلیمی و سکونت انسان در مکان‌های پارینه‌سنگی. ۲- بررسی و مطالعهٔ جوامع باکتری و تأثیر آن‌ها بر تخریب آثار باستانی در دوره‌های متأخر (نظیر تخریب نقاشی غار، مجسمه‌ها و نقش‌برجسته‌ها). اما در ایران تاکنون کاربرد میکروارگانیسم‌های زنده برای تاریخ‌گذاری و بازسازی دیرین‌اقلیم در مطالعات باستان‌شناسی، مورد توجه و بررسی قرار نگرفته استهٔ در حالی که در سطح جهانی مطالعات متعددی صورت گرفته است. به عنوان مثال می‌توان به مطالعهٔ میکروبیولوژی نقاشی‌های پارینه‌سنگی نوین غار لاسکوی فرانسه اشاره کرد که موجب شناسایی عامل تخریب (باکتری‌های بیماری‌زای انسان و حشره‌های قارچ‌خوار) برخی از نقاشی‌ها شد (Bastian et al., 2010).

۷- گردهٔ گیاهی

متداول‌ترین روش برای بازسازی دیرین‌اقلیم و شرایط محیطی به‌ویژه در دورهٔ کواترنری تحلیل گردهٔ گیاهی (Pollen) است. با توجه به این‌که هر گیاهی در هر محیطی رشد نمی‌کند و در نتیجه، هر نوع گیاه و زیا برای بقا و رشد در یک محیط نیازمند شرایط خاص خود در آن محیط هستند. گرده‌های گیاهی به دلیل ویژگی‌های ساختاری توانایی ماندگاری در بسترهای خاص برای مدت‌های طولانی را دارند، رسوبات موجود در محوطه‌های باستانی، دریاچه‌ها و تالاب‌ها، حوضه‌های رسوبی همانند آرشیوی

از گرده‌های گیاهی فسیل شده برای بازسازی پوشش گیاهی و آب و هوای سازندهٔ آن‌ها عمل می‌کنند (Safaierad et al., 2014) مطالعات گردهٔ گیاهی معمولاً به سه طریق انجام می‌شود: ۱- هسته‌برداری از دریاچه‌ها و تالاب‌ها؛ ۲- غرقاب کردن رسوبات محوطه‌های باستانی برای به‌دست آوردن دانه‌های گیاهی؛ ۳- آنالیز گردهٔ گیاهی بقایای سنگواره فضولات حیوانی یا کاپرولیت‌ها (Coprolite). کوهستان زاگرس با توجه به دارا بودن تالاب‌ها، دریاچه‌های کوچک و محوطه‌های باستانی دارای پتانسیل بی‌نظیری برای انجام پژوهش‌های دیرین‌بوم‌شناسی به منظور بازسازی پوشش گیاهی و اقلیم خاورمیانه به خصوص در دوره‌های پلیستوسن پسین و هولوسن است (Djamali et al., 2009). اما میزان غلظت کم گرده‌های گیاهی در سایت‌های پناه‌گاهی پارینه‌سنگی باعث شده است که نتایج و آنالیز گرده‌شناسی غار و پناه‌گاه صخره‌ای در مقایسه با دریاچه‌ها کمتر قابل‌اطمینان گرده شناسان باشد (Woodward & Goldberg, 2001). با این حال می‌توان به پژوهش باستان‌گیاه‌شناسی دورهٔ پارینه‌سنگی نوین در غار بوف اشاره کرد که از گیاهان به احتمال در سبد معیشتی این دوره استفاده شده است (Baines et al., 2015). آنالیز گردهٔ گیاهی کاپرولیت به طور فزاینده‌ای توسط گرده شناسان مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشکی که دریاچه و باتلاق کم است برای بازسازی پوشش گیاهی دیرینه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Djamali et al., 2011).

۸- بقایای جانوری

مطالعات بقایای جانوری را می‌توان در بحث پیش از تاریخ و به‌ویژه در دوران پلیستوسن به دو بخش عمده تقسیم نمود. اول این‌که این مطالعات در چارچوب اقتصاد معیشتی انسان‌ریخت‌ها و انسان‌ها قرار می‌گیرد. اما بخش دوم این مطالعات رابطهٔ مستقیمی با شرایط زیست محیطی منطقهٔ مطالعاتی دارد؛ به این شکل که با به دست آوردن یک تصویر از پوشش جانوری یک منطقه در یک دورهٔ خاص می‌توان به شرایط محیطی و اقلیمی حاکم بر آن منطقه که آن نوع حیوانات را جذب نموده است، پی برد. رکوردهای دیرین جانورشناسی همانند دیرین‌شناسی یا باستان‌جانورشناسی طی سه دههٔ گذشته به طور فزاینده‌ای جمع‌آوری شده‌اند تا پاسخی برای تغییرات زیست‌محیطی باشند (Lyman, 2017). چرا که، جانوران به شرایط زیست محیطی اطراف واکنش نسبتاً سریعی نشان می‌دهند. در این بین، پستانداران کوچک‌مقیاس از حساسیت بالایی برخوردار هستند، حضور و عدم حضور برخی از دسته‌های جانوری می‌تواند حاکی از شرایط متفاوت محیطی باشد. در طول ده‌های اخیر، مطالعات ریزپستاندارن (نظیر موش و سایر جوندگان) در مکان‌های پارینه‌سنگی برای بازسازی اقلیم حائزاهمیت شده است. رسوبات، عموماً دارای مقادیر فراوانی از بقایای استخوانی کوچک و بزرگ بوده که به روش‌های مختلفی انباشت شده‌اند. این بقایای جانوری مدارکی برای مطالعهٔ جمعیت‌های گذشته می‌باشند که می‌توانند از لحاظ تاکسونومیکی، تافونومیکی، مورفولوژیکی، مورفومتریکی و جغرافیای زیستی گذشته مورد مطالعه قرار گیرند و راهی برای پی بردن به شرایط زیست‌محیطی و درک بهتر شرایط اقلیمی ادوار گذشته و همچنین چینه‌نگاری قاره‌ای باشند، به طوری که با پی بردن به رژیم غذایی جانوران گیاه‌خوار می‌توان پوشش گیاهی را بازسازی کرد (Hashemi, 2016). برای نمونه در مطالعات ایوان و همکاران در غار کلدر منطقهٔ لرستان (Rey-Rodríguez et al., 2018) با مطالعهٔ بقایای ریزپستاندارن (همستر، موش زمستان خواب و موش مانداب) از لایهٔ ۴ این غار که متعلق به دورهٔ پارینه‌سنگی نوین بود، مشخص گردید، شرایط زیست محیطی در اطراف غار کلدر، یک محیط عاری از درخت، اما دارای

پوشش گیاهی بوده که درنتیجه، می‌بایست گرم و خشک بوده باشد.

۹- سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی

با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS: Geographic Information System) می‌توان اطلاعات فضایی و سایر داده‌ها را در محیط نرم‌افزاری مدیریت و تجزیه و تحلیل کرد. به عبارت دیگر، انبوهی از داده‌های اجتماعی، زیست محیطی، کاربری زمین و سایر داده‌ها ممکن است در نقطه‌ای از زمین با یکدیگر مقایسه و نتایج به صورت اطلاعات نقشه‌ای، جدولی و مدل‌های جغرافیایی نمایش داده شود (Gharakhlu & Amirian, 2003; Heydarian et al., 2017). یک مثال کاربردی از این سیستم در باستان‌شناسی تحلیل پیچیدگی الگوی‌های استقراری در ادوار مختلف و برآورد شکل‌گیری این استقرارها نسبت به عواملی همچون ناهمواری‌ها، اقلیم، توپوگرافی، شیب، ارتفاع از سطح دریا، پوشش گیاهی و فاصله از منابع آب است. در چند دههٔ اخیر، گزارش‌هایی مبنی بر استفاده از برآوردهای مکانی برای تحلیل‌های پراکندگی و مکانی سایت‌های باستان‌شناسی در زمین‌سیمای متنوع و متفاوت منتشر شده است. در مطالعات باستان‌شناسی، علاوه بر داده‌های انسانی، عناصر مختلف دیگری نظیر زمین‌شناسی، هیدورولوژی، ژئومورفولوژی، منابع مواد خام و غیره نیز برای تفسیر الگوهای استقراری به خصوص در دوران پارینه‌سنگی دخیل هستند، درنتیجه، نیاز به روشی که بتواند بخشی یا تمامی این اطلاعات را با هم ترکیب کرده و تأثیرات متقابل را فهم و تحلیل نماید به وجودآمده است. برنامهٔ رایانه‌ای (GIS) با قدرت پردازش‌گری خود امکان این کار را فراهم می‌نماید. در صورتی که اطلاعات محیطی ذکر شده به همراه داده‌های باستانی همانند پراکندگی استقرارهای انسانی را به سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی وارد نمود، می‌توان رابطه‌ای منطقی بین این پراکندگی با زمین‌سیمای طبیعی برقرار نمود و اولویت‌های طبیعی استفاده کنندگان از منطقه را ارزیابی نمود (Heydari-Guran et al., 2008). علاوه بر این روش‌های کاربردی، جی ای اس در پیش‌بینی احتمال وجود مکان‌های باستانی، در مناطق مطالعه نشده، نقش مهمی دارد. برای نمونه، در مطالعهٔ جی ای اس در منطقهٔ دشت رستم در جنوب زاگرس (شکل ۵) که توسط مارکر و حیدری گوران (Märker & Heydari-Guran, 2009) صورت گرفته، محققان با تحلیل جی ای اس در این منطقه، رابطه‌ای بین شیب صخره‌ای در مناطق کوهستانی این منطقه و شکل‌گیری غارهای مسکونی با آن یافته و این نتیجه را برای کل دشت رستم تعمیم داده‌اند.

نتیجه‌گیری

علی‌رغم وجود ابهامات متعددی که در باستان‌شناسی ایران در مورد رشتهٔ باستان‌شناسی محیطی و زیرشاخهٔ آن، یعنی رشتهٔ باستان‌زمین‌شناسی وجود دارد؛ این رشته‌ها به صورت خیلی آرام در حال تثبیت جایگاه خود در باستان‌شناسی ایران هستند. اما این گرایش‌ها، نه به عنوان رشته‌های دارای رویکرد نظری و عملی منسجم، بلکه صرفاً همانند دههٔ ۱۹۷۰ م. در مجامع علمی آمریکا و اروپا، عموماً در مرحلهٔ تکنیک‌های نمونه‌برداری به سر می‌برند. به طوری که، اغلب کاوش‌های مربوط به دورهٔ پلیستوسن و حتی هولوسن همراه با نمونه‌برداری رسوبات برای آزمایش‌هایی از قبیل رسوب‌شناسی (فیزیکی، شیمیایی و تحلیل اندازه ذرات) و میکرومورفولوژی است. اغلب به منظور تعیین منشأ رسوبات، حجم رسوب‌گذاری، تعیین به هم‌ریختگی‌های طبیعی و حیوانی و درنهایت شناسایی بازه‌های اقلیمی؛ این نمونه‌برداری‌ها انجام و توسط متخصصین بومی قابل تفسیر است. در راستای مطالعات کلی باستان‌شناسی محیطی در زیرشاخه‌هایی نظیر باستان‌جانورشناسی و باستان‌گیاه‌شناسی، معدود مطالعاتی

به مدد برخی از پژوهشگران انجام می‌شود. اما به اعتقاد نگارندگان، عامل اصلی کاستی‌ها در زمینهٔ این نوع مطالعات، فقدان متخصص در رشته‌های مذکور و عدم وجود جایگاه آکادمیک برای این متخصصین در ایران است و درنتیجه، منجر به انجام کارهای پژوهشی سطحی و فاقد اعتبار در سطح مجامع علمی بین‌المللی از جانب دانشجویان تحصیلات تکمیلی و بعضاً اساتید نیز می‌شود. عامل دیگری را که موجب عدم شکوفایی رشته‌های مذکور می‌شود، می‌توان، ناشی از عدم تعامل باستان‌شناسان با دست‌آوردهای پژوهشگران علوم دیگر به‌ویژه ژئوشیمی دانست. در زمینهٔ بازسازی شرایط محیطی گذشته، اغلب رشته‌هایی همانند مطالعات دیرین اقلیم، منابع طبیعی، خاک‌شناسی و مانند آن‌ها، در ایران بسیار فعال هستند. باستان‌شناسان برای بازسازی شرایط محیطی اغلب با در دست داشتن چندین نمونهٔ تاریخ‌گذاری، سعی در مقایسهٔ داده‌های خود با مدل‌های اقلیمی پیشنهادی سایر علوم و حتی مقایسه با مدل‌های اقلیمی مطرح در اروپا و آمریکا دارند. به‌عنوان مثال، پژوهشی که در دریاچهٔ زریوار در مریوان (Van Zeist & Wright, 1963) صورت گرفت، منجر شد که قریب به اتفاق انتشارات باستان‌شناسی ایران، به مدت تقریباً ۶۰ سال تا به امروز به این پژوهش ارجاع داده شود. هرچند در یک دههٔ اخیر پژوهشگران دیرین‌اقلیم‌شناس ایرانی به نتایج درخور توجه‌ای دست پیدا کردند (Djamali et al., 2010; Mehterian et al., 2017; Safaierad et al., 2020; Sharifi et al., 2015; Vaezi et al., 2019). اما دست‌یابی باستان‌شناسان به نتایجی مشابه آنچه که پژوهشگران خارجی و ایرانی از مطالعهٔ رسوبات دریاچه‌ها به دست می‌آورند دور از ذهن و دسترس نیست. بی‌شک نمی‌توان منکر رسوبات غنی دریاچه‌ها و نقش اساسی آن‌ها در بازسازی شرایط محیطی گذشته شد؛ بلکه در کنار شواهد دریاچه‌ای می‌توان انتظار داشت باستان‌شناس با توجه به داده‌های مختلف باستانی و انواع روش‌های آزمایشگاهی موجود در این زمینه، به ارائهٔ طرح اقلیمی بپردازد. البته رسوب‌گذاری در بستر دریاچه‌ها در مقایسه با محیط‌های خشک، به‌آرامی و بی‌وقفه شکل می‌گیرد و قطعاً تفاوت‌هایی در بازتاب شرایط محیطی مابین رسوبات غارها و پناهگاه‌های صخره‌ای با دریاچه‌ها وجود دارد (Heydari-Guran & Hariri, 2019). همین بحث کاستی‌ها در جامعهٔ باستان‌شناسی ایران را می‌توان در بخش‌های دیگری نظیر مطالعات اقلیمی بر اساس مطالعات جانورشناسی و ایزوتوپ، بر روی نهشته‌ها و چکنده‌های غاری نیز مطرح کرد. بنابراین تقویت مبانی عملی و نظری باستان‌شناسان، تشویق و ترویج آن‌ها در استفاده از روش‌های علوم مختلف در باستان‌شناسی و همچنین تربیت متخصصین در این زمینه، بیش از پیش ضروری می‌نماید.

پی‌نوشت

۱- (باستان‌سنجی: به علمی میان‌رشته‌ای گفته می‌شود که با بهره‌گیری از علوم طبیعی و مهندسی سعی در پاسخ‌گویی به سؤالات باستان‌شناسی دارد. که شامل سه حوضهٔ مکان‌یابی، سال‌یابی و شناخت مواد است. که طیف وسیعی از علوم آزمایشگاهی را مورد پوشش قرار می‌دهد (Bahrololumi Shapoor Abadi, 2014)).

۲- در مقالهٔ مفصلی توسط کامیار عبدی این شاخه از باستان‌شناسی مفصلاً مورد بحث قرارگرفته است. شایان ذکر است ایشان از اصطلاح «باستان زیست‌بوم‌شناسی» استفاده کرده است (Abdi, 2001).

۳- اغلب پژوهشگران از دو اصطلاح Geoarchaeology (باستان‌زمین‌شناسی: استفاده از مدارک زمین‌شناسی برای حل مسائل باستان‌شناسی) و Archaeological geology (زمین‌باستان‌شناسی: استفاده از مدارک باستان‌شناسی برای حل مسائل زمین‌شناسی) استفاده می‌کنند. نگارندگان

اصطلاح باستان‌زمین‌شناسی را به‌دلیل محتوای مناسب در این پژوهش انتخاب کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان، بر خود لازم می‌دانند از صندوق ملی حمایت از پژوهشگران و فناوران ایران (Iran National Science Foundation (INSF) و دانشگاه محقق اردبیلی برای حمایت مالی از این رساله، تشکر و قدردانی کنند. همچنین از خانم دکتر الهام قصیدیان برای بازبینی چکیدهٔ انگلیسی مقاله و آقای دکتر عبیداله سرخابی و خانم الهام فتوحی برای بازبینی متن مقاله، سپاسگزاریم.

منابع

اخوان‌خرازیان م.، ژامه گ.، پوئو س.، حیدری م.، گرن گ.، هاشمی م.، وحدتی‌نسب ح.، بریون ژ. (۱۳۹۷). مطالعه زمین ـ باستان‌شناسی محوطهٔ میرک (سمنان، ایران) با استفاده از آنالیزهای رسوب‌شناسی و فیزیکو ـ شیمیایی. *فصل نامهٔ کواترنری ایران*، ۴(۳)، ۲۷۳-۲۹۰.

امامی، س.م. (۱۳۹۴). باستان‌سنجی، پلی میان علوم طبیعی و مهندسی با باستان‌شناسی (اهداف و دورنما). *پژوهه باستان‌سنجی*، ۱(۲)، ۷۵-۸۲.

امینی ص.، ساعد ا.، صالح‌وند ن. (۱۳۹۳). باستان‌زمین‌شناسی: تعاریف، روش‌ها و کاربردهای آن در باستان‌شناسی ایران، *باستان‌شناسی ایران، ۱۳۹۰*، ۲، ۸۹-۱۰۹.

بحرالعلومی، ف. (۱۳۹۳). باستان‌سنجی، راه ارتباطی علوم طبیعی و باستان‌شناسی، *فیزیک روز*، ۵، ۳۲-۳۷.

حیدری س. (۱۳۷۸ب). *باستان‌زمین‌شناسی (ژئوآرکیالجی) محوطه‌های پارینه‌سنگی حاشیهٔ جنوب غربی کوهستان پراو و نگاهی به تغییرات اقلیمی در اواخر کواترنر (منطقه کرمانشاه)*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشته ژئومورفولوژی- ژئوهیدرولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، اصفهان.

حیدری س (۱۳۷۸ الف)، باستان‌زمین‌شناسی؛ کاربرد علوم زمین در باستان‌شناسی. مطالعات کواترنر. شمارهٔ ۱: ۵ -۲۱.

حیدری س. (۱۳۸۲ الف). بررسی باستان‌زمین‌شناسی در دامنه‌های کوهستان کرکس، منطقهٔ کاشان، در *نقره‌کاران سیلک*، به کوشش دکتر صادق ملک‌شهمیرزادی، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۲۹-۱۴۹.

حیدری س. (۱۳۸۱). رسوب‌شناسی غار کانی میکائیل؛ در پیوست ۱ روستایی و رضوانی ۱۳۸۱، گزارش مقدماتی گمانه‌زنی در غار کانی میکائیل کردستان، شهریور و مهر ۱۳۸۰، *باستان‌شناسی و تاریخ*، ۳۲، ۶۹-۷۲.

حیدری س (۱۳۸۲ ب)، زمین‌ریخت‌شناسی و فرآیند شکل‌گیری غار کمیشان، در پیوست ۲ ماهفروزی، علی، ۱۳۸۲، گزارش بررسی‌ها و کاوش‌های باستان‌شناختی در شرق مازندران، *گزارش‌های باستان‌شناسی (۲)*، صص. ۲۸۵-۲۹۰.

حیدری س. (۱۳۸۰). زمین‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی دشت اسلام‌آباد؛ مشاهدات آغازین، *باستان‌شناسی و تاریخ، ۲۶ و ۲۷*، ۶۱-۶۵.

حیدری س.، قصیدیان ا. (۱۳۸۳). گزارش مقدماتی بررسی‌های باستان‌شناختی در قسمت‌های تراورتنی منطقهٔ تخت سلیمان بر اساس شواهد باستان‌شناختی در اواخر پلیستوسن، *مجموعهٔ مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسی ایران: حوزهٔ شمال غرب*، تهران: پژوهشکده باستان‌شناسی، ۲۷-۴۳.

حیدریان م.، قربانی ح.، عرب ح.، پارسه ش. (۱۳۹۶). سیستم اطلاعات جغرافیایی در پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران؛ پیشینه، روند و مشکلات، *مطالعات میان‌رشته‌ای در علوم انسانی*، ۹ (۳)، ۴۳-۶۵.

حیدری‌گوران س.، حریری ن. (۱۳۹۸). بازسازی محیطی و اقلیمیِ هم‌زمان با استقرارهای انسانی در اواخرِ دورانِ چهارمِ زمین‌شناسی در غربِ‌زاگرسِ‌مرکزی، منطقهٔ کرمانشاه، آفرین‌نامه، *مقاله‌های باستان‌شناسی در*

نکوداشت استاد مهدی رهبر، به کوشش یوسف مرادی، چاپ اول، تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری.
حیدری‌گوران، س. (۱۳۹۱ ب). دالان ایران؛ ورود انسان نخستین به سرزمین ایران از دیدگاه بوم‌شناسی، در *نامورنامه مقاله‌هایی در پاسداشت یاد مسعود آذرنوش*، به کوشش حمید فهیمی و کریم علیزاده، انتشارات ایران نگار، چاپ نخست، ۳۹-۵۸.
خرمالی ف. (۱۳۹۵). کاربرد ایزوتوپ پایدار کربن خاک در بازسازی اقلیم گذشته، *دومین همایش ملی کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار*، دانشگاه فردوسی مشهد.
رازانی م.، صحتی ف.، باقرزاده کثیری م. (۱۴۰۰). باستان‌سنجی در مطالعات میراث فرهنگی و هنر (تعاریف، گرایش‌ها و چالش‌های آینده). *پژوههٔ باستان‌سنجی*، *۷*(۱)، ۱-۳۰.
رامشت م .ح. (۱۳۸۰). دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران، *تحقیقات جغرافیایی*، *۱۶*(۱)، ۱۱۱-۹۰.
شیخ شعاعی ف.، نیکنامی ک. (۱۳۹۷). آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم و تعیین افراد بومی یا غیربومی در گورستان‌های باستانی، مطالعه موردی: گورستان عصرآهن محوطه باستانی گوهر تپه، *مطالعات باستان‌شناسی*، *۱۰*(۲)، ۱۵۹-۱۷۰.
شیخ شعاعی ف.، نیکنامی ک. (۱۳۹۵). چرایی و چگونگی تعیین تفاوت‌های جنسیتی در رژیم‌های غذایی باستانی با استفاده از آنالیزهای ایزوتوپی. *مطالعات باستان‌شناسی*، *۸*(۱)، ۷۷-۸۹.
صادقی‌فر ط.، آزرم‌سا س.ع. (۱۳۹۴). تحلیل دانه‌بندی و بافت رسوب در حاشیه جنوبی دریای خزر (مطالعهٔ موردی: خط ساحلی نور)»، *فصل نامهٔ علوم و فناوری دریا*، *۷۳*، ۲۳-۳۵.
صفایی‌راد ر.، عزیزی ق.، محمدی ح.، علیزاده لاهیجانی ح. (۱۳۹۳). بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن و پلیستوسن پسین منطقهٔ زاگرس میانی با استفاده از شواهد گرده‌شناسی تالاب هشیلان، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۳ (۳)، ۲۰-۱.
طاهری ک. (۱۳۸۶). بِرش آنتروپوژنیک، فوناژیک یا ساروج؟ یک سوءتفاهم زمین‌باستان‌شناسی، *مجموعهٔ مقالات یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی*، شهریور ۱۳۸۷، دانشگاه فردوسی مشهد، در همایش ملی امکان‌ها و امکانات تحول آموزش در باستان‌شناسی ایران، آبان ماه ۱۳۸۸، گروه باستان‌شناسی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
طاهری ک. (۱۳۸۶). *تاریخچهٔ بررسی‌های زمین‌باستان‌شناسی در ایران، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین*. تهران: وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
عبدی ک. (۱۳۸۰ الف). پژوهش‌های باستان‌شناختی در دشت اسلام‌آبادغرب، گزارش مقدماتی فصل یکم، ۱۳۷۷ و فصل دوم ۱۳۷۸، *باستان‌شناسی و تاریخ*، *۲۶ و ۲۷* (۱۳۷۸)، ۶۰-۴۷.
عبدی ک. (۱۳۸۰ ب). زیست‌بوم‌شناسی انسانی و اهمیت آن در پژوهش‌های باستان‌شناختی، *باستان‌شناسی و تاریخ*، *۳۱*، ۲۵-۱۴.
علیزاده ع. (۱۳۷۵). روش کاوش در باستان‌شناسی: لایه‌نگاری، *باستان‌شناسی و تاریخ*، *۱۰*(۱)، ۲-۱۷.
علیمحمدیان ح.، مهدی‌پورحسکوئی ف.، صبوری ج. (۱۳۹۲). بازسازی آب‌وهوای کواترنر پسین در بخشی از شمال ایران (لُس‌های نکا) با استفاده از داده‌های مغناطیسی و ژئوشیمیایی، *علوم زمین*، ۳۲ (۸۹)، ۹۷-۱۰۸.
فیضی و.، علیمحمدیان ح.، عزیزی ق.، محمدی ح.، شمسی‌پور ع.ا. (۱۳۹۵). ثبت تغییرات اقلیم کواترنر پسین در پذیرفتاری مغناطیسی لس‌های آزادشهر»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، *۴۸*(۲)، ۱۷۵-۱۹۱.

قرخلو م.، امیریان س. (۱۳۸۲). سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در باستان‌شناسی، *انسان‌شناسی (نامه انسان‌شناسی)*، ۲ (۳)، ۱۶۷-۱۷۸.

لوکُنت اُ، مشکور م. (۱۳۷۶). یافته‌های باستان‌شناختی در هیرکانی و دهستان از عصر آهن تا دورهٔ تیموری، *باستان‌شناسی و تاریخ*، ۱۰ (۲)، ۹-۲۱.

محمدزاده، آ. (۱۳۹۰). *مطالعات ژئومیکروبیولوژی در مناطق دگرسانی کانسار مس سرچشمه با استفاده از تکنیک‌های GIS*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، رشتهٔ زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه پیام نور تهران.

مشکور م. (۱۳۷۴). استان‌جانورشناسی و اهمیت آن در باستان‌شناسی، *میراث فرهنگی*، ۱۳، ۴۲-۴۷.

مشکور م. (۱۳۷۶). نگاهی به اقتصادزیستی تپه حصار در دورهٔ ۳ ب: نتایج مطالعات جانورباستان‌شناسی، *گزارش‌های باستان‌شناسی شماره ۱*، ۱۲۵-۱۳۲.

مقصودی م.، زمان‌زاده س.م.، اهدائی ا.، یوسفی زشک، یمانی مجتبی ر. (۱۳۹۴ الف). بررسی زمین باستان شناسی محوطهٔ پیش از تاریخ چالتاسیان در مخروط افکنهٔ جاجرود با استفاده از تکنیک میکرومورفولوژی، *کواترنری ایران*، ۱ (۲)، ۱۱۳-۱۲۳.

مقصودی م.، زمان‌زاده س.م.، نویدفر ا.، محمدی ا.، یوسفی‌زشک ر. (۱۳۹۵). مطالعه شرایط محیطی حاکم بر محوطه‌های باستانی با تأکید بر آنالیز اندازه رسوبات رودخانه (مطالعهٔ موردی: تپهٔ باستانی میمنت آباد و مافین آباد)، *کواترنری ایران*، ۲ (۱)، ۴۱-۵۱.

مقصودی م.، زمان‌زاده س.م.، نویدفر ا.، یوسفی‌زشک ر.، احمدپور ح. (۱۳۹۴ ب). زمین‌باستان‌شناسی سکونتگاه‌های پیش از تاریخ با استفاده از روش میکرومورفولوژی (مطالعهٔ موردی: تپهٔ میمنت آباد)، *مطالعات باستان‌شناسی*، ۷ (۲)، ۱۴۹-۱۶۴.

ملک‌شهمیرزادی ص. (۱۳۶۶). مروری بر تاریخچهٔ مطالعات باستان‌شناسی در ایران، *باستان‌شناسی و تاریخ*، ۱ (۲)، ۷۳-۵۷.

نیکنامی ک.، رضایی ا. (۱۳۹۲). تجزیهٔ عنصری خاک باستانی دورهٔ مس ـ سنگی تپه زاغه برای شناسایی مکان‌های فعالیت‌های ویژه، *مطالعات باستان‌شناسی*، ۵ (۲)، ۱۸۲-۱۶۳.

هاشمی ن. (۱۳۹۵). *بازسازی تنوع زیستی و اقلیم دیرینه اواخر کواترنر شرق ایران (فیض‌آباد- سرایان) براساس داده‌های دیرینه جانورشناسی*، رساله دکتری زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

یزدی م.، پاکزاد ح.، مشکور م.، الهامی ر.، جاوری م.، بیگلری ف. (۱۳۸۸). رسوب‌شناسی و زمین‌باستان‌شناسی ابزارهای سنگی (موستریـن) در ایران مرکزی، *علوم زمین*، ۱۹ (۷۳)، ۱۸۶-۱۷۷.

Abdi, K. (2001). Human ecology and its importance in archaeological research. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *31*, 14-25.

Abdi, K. (2002). Archaeological Research in the Islamabad-Gharb Plain, Preliminary Report season one, 1998 and season two 1999. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *consecutive 32*, 69–72.

Aidona, E., Pechlivanidou, S., & Pennos, Ch. (2017). Environmental magnetism: Application to cave sediments. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, *47*(2), 892. https://doi.org/10.12681/bgsg.11128

Alimohammadian, H., Mahdipour Haskouei, F., & Sabouri, J. (2013). The Reconstruction of Late Quaternary Climatical Conditions in Part of North Iran (Neka Loesses) Using Magnetic Parameters and Geochemistry. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, *23*(89), 97–108. https://doi.org/10.22071/gsj.2013.53584

Alizadeh, A. (1996). Excavation Method of archaeology: Stratigraphy. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *10*(1), 2–17.

Amini, S., Saed, A., & Salehvand, N. (2011). Geoarchaeology: Definitions, methods, and application in Iranian Archaeology. *Iranian Archaeology*, *2*.

Brodie, C. R., Heaton, T. H. E., Leng, M. J., Kendrick, C. P., Casford, J. S. L., & Lloyd, J. M. (2011). Evidence for bias in measured δ15N values of terrestrial and aquatic organic materials due to pre-analysis acid treatment methods: Bias in δ15N values of terrestrial and aquatic organic materials. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, *25*(8), 1089–1099. https://doi.org/10.1002/rcm.4970

Brookes, I. A. (1989). *The physical geography, geomorphology, and Late Quaternary history of the Mahidasht project area, Qara Su Basin, central west Iran*. Royal Ontario Museum.

Cerling, T. E. (1999). Paleorecords of C4 Plants and Ecosystems. In *C4 Plant Biology* (pp. 445–469). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-012614440-6/50014-8

Coon, C. S. (1951). *Cave explorations in Iran, 1949*. University Museum, University of Pennsylvania.

Dark, P. (2008). PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION, METHODS. In *Encyclopedia of Archaeology* (pp. 1787–1790). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-012373962-9.00226-0

Davidson, D. A., & Shackley, M. L. (1976). *Geoarchaeology: Earth Science and the Past : [papers]*. Westview Press.

De Morgan, J. (1907). *Le Plateau iranien pendant l'époque pléistocène*. Félix Alcan.

Djamali, M., Biglari, F., Abdi, K., Andrieu-Ponel, V., de Beaulieu, J.-L., Mashkour, M., & Ponel, P. (2011). Pollen analysis of coprolites from a late Pleistocene–Holocene cave deposit (Wezmeh Cave, west Iran): Insights into the late Pleistocene and late Holocene vegetation and flora of the central Zagros Mountains. *Journal of Archaeological Science*, *38*(12), 3394–3401.

Djamali, M., De Beaulieu, J.-L., Miller, N. F., Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Lak, R., Sadeddin, N., Akhani, H., & Fazeli, H. (2009). Vegetation history of the SE section of the Zagros Mountains during the last five millennia; a pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran. *Vegetation History and Archaeobotany*, *18*(2), 123–136.

Djamali, M., Ponel, P., Delille, T., Thiéry, A., Asem, A., Andrieu-Ponel, V., de Beaulieu, J.-L., Lahijani, H., Shah-Hosseini, M., & Amini, A. (2010). A 200,000-year record of the brine shrimp Artemia (Crustacea: Anostraca) remains in Lake

Aranibar, J. N., Otter, L., Macko, S. A., Feral, C. J. W., Epstein, H. E., Dowty, P. R., Eckardt, F., Shugart, H. H., & Swap, R. J. (2004). Nitrogen cycling in the soil-plant system along a precipitation gradient in the Kalahari sands: NITROGEN CYCLING IN THE KALAHARI. *Global Change Biology*, *10*(3), 359–373. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2003.00698.x

Bahrololumi Shapoor Abadi, F. (2014). Archeometry, a way for communication between the natural sciences and archeology. *Physics Day*, *5*, 32–37.

Baines, J. A., Riehl, S., Conard, N., & Zeidi-Kulehparcheh, M. (2015). Upper Palaeolithic archaeobotany of Ghar-e Boof cave, Iran: A case study in site disturbance and methodology. *Archaeological and Anthropological Sciences*, *7*(2), 245–256.

Bastian, F., Jurado, V., Nováková, A., Alabouvette, C., & Saiz-Jimenez, C. (2010). The microbiology of Lascaux Cave. *Microbiology*, *156*(3), 644–652. https://doi.org/10.1099/mic.0.036160-0

Bewley, R. H., Levine, M., Leroi-Gourhan, A., & Green, C. (1984). The Cambridge University Archaeological Expedition to Iran 1969. *Iran*, *22*(1), 1–38. https://doi.org/10.1080/05786967.1984.11834296

Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, *26*(11), 1237–1248. https://doi.org/10.1002/esp.261

Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils [1]. *Agronomy Journal*, *54*(5), 464–465. https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x

Bradley, R. S. (2015). *Paleoclimatology: Reconstructing climates of the quaternary*.

Braidwood, R. J., Howe, B., & Reed, C. A. (1961). The Iranian Prehistoric Project. *Science*, *133*(3469), 2008–2010. JSTOR.

Branch, N. (2014). Agrarian Landscapes: Environmental Archaeological Studies. In C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 84–90). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_2263

application in Archaeology. *Iranian Journal of Anthropology*, *1*(3), 167–178.

Ghasidian, E. (2014). *The Early Upper Paleolithic Occupation at Ghār-e Boof Cave: A Reconstruction of Cultural Tradition in the Southern Zagros Mountains of Iran*. Kerns Verlag.

Goldberg, P., & Macphail, R. (2008). *Practical and theoretical geoarchaeology*. Blackwell publishing Oxford.

Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2003). Short contribution: Strategies and techniques in collecting micromorphology samples. *Geoarchaeology: An International Journal*, *18*(5), 571–578.

Golubtsov, V. A., & Ryzhov, Y. V. (2017). Reconstruction of Late Glacial and Holocene landscape-climatic changes in the central Selenga Middle Mountains based on the isotopic composition of organic matter. *Eurasian Soil Science*, *50*(2), 176–184.

Grund, B. S., Williams, S. E., & Surovell, T. A. (2014). Viable paleosol microorganisms, paleoclimatic reconstruction, and relative dating in archaeology: A test case from Hell Gap, Wyoming, USA. *Journal of Archaeological Science*, *46*, 217–228.

Hashemi, N. (2016). *Reconstruction of paleobiodiversity and paleoenviroment of Late Quaternary Eastern of Iran (Fayzabad-Sarayan) Based on Paleozoology Data*. Ferdowsi University.

Hassan, F. A. (1978). Sediments in archaeology: Methods and implications for palaeoenvironmental and cultural analysis. *Journal of Field Archaeology*, *5*(2), 197–213.

Heydari [Guran], S. (1999). Geoarchaeology; Application of Earth Sciences in Archaeology. *Quaternary Studies*, *1*, 5–21.

Heydari [Guran], S. (2003). Geomorphology and the Site formation process in Komishan Cave. *In the Appendix 2 Mahfarozi, Ali, 2003, Archaeological Surveys in East Mazandaran, Archaeological Reports (2)*, 285–290.

Heydari [Guran], S. (2004). Preliminary study of archaeological and natural sediments at Tappe Jalaliye, Preliminary report of the Iran-Japan joint Archaeological Expedition to Gilan, Fourth Season 2004. *In: O. Tadahiko, J. Nokandeh and Y. Kazuya Eds. Iranian Cultural Heritage and* Urmia, NW Iran. *International Journal of Aquatic Science*, *1*(1), 14–18.

Ecker, M., Bocherens, H., Julien, M.-A., Rivals, F., Raynal, J.-P., & Moncel, M.-H. (2013). Middle Pleistocene ecology and Neanderthal subsistence: Insights from stable isotope analyses in Payre (Ardeche, southeastern France). *Journal of Human Evolution*, *65*(4), 363–373.

Ecker, M., Brink, J. S., Rossouw, L., Chazan, M., Horwitz, L. K., & Lee-Thorp, J. A. (2018). The palaeoecological context of the Oldowan–Acheulean in southern Africa. *Nature Ecology & Evolution*, *2*(7), 1080–1086.

Ellwood, B. B., García-Alcalde, J. L., El Hassani, A., Hladil, J., Soto, F. M., Truyóls-Massoni, M., Weddige, K., & Koptikova, L. (2006). Stratigraphy of the Middle Devonian boundary: Formal definition of the susceptibility magnetostratotype in Germany with comparisons to sections in the Czech Republic, Morocco and Spain. *Tectonophysics*, *418*(1–2), 31–49.

Emami, S. M. A. (2016). Archaeometry, a Discipline for Linking Archaeology to Natural Sciences (Aims and Scopes). *JRA*, *1*(2), 75–82. https://doi.org/10.29252/jra.1.2.75

F Miller, N. (2006). Some Archaeobotanical Evidence for Environment, Plant Use, Agriculture, and Interregional Contact in Iran. *The International Journal of Humanities*, *13*(3), 115–124.

Farrand, W. R. (2001a). Archaeological sediments in rockshelters and caves. *Sediments in Archaeological Context*, 29–66.

Farrand, W. R. (2001b). Sediments and stratigraphy in rockshelters and caves: A personal perspective on principles and pragmatics. *Geoarchaeology: An International Journal*, *16*(5), 537–557.

Feizi, V., Alimohammadian, H., Azizi, G., Mohammadi, H., & Shamsipour, A. A. (2016). Records of late quaternary climate changes in magnetic susceptibility of Azadshahr Loess. *Physical Geography Research Quarterly*, *48*(2), 175–191.
https://doi.org/10.22059/jphgr.2016.59354

Field, H. (1951). Reconnaissance in southwestern Asia. *Southwestern Journal of Anthropology*, *7*(1), 86–102.

Gharakhlu, M., & AMIRIAN, S. (2003). Geographic information system (Gis) and its

Azarnoush (Fahimi, H. and Alizadeh, K., pp. 39–58). Nashr-e Iran Negar.

Heydari-Guran, S. (2014). *Paleolithic landscapes of Iran*. Archaeopress.

Heydari-Guran, S., Benazzi, S., Talamo, S., Ghasidian, E., Hariri, N., Oxilia, G., Asiabani, S., Azizi, F., Naderi, R., Safaierad, R., Hublin, J.-J., Foley, R. A., & Lahr, M. M. (2021). The discovery of an in situ Neanderthal remain in the Bawa Yawan Rockshelter, West-Central Zagros Mountains, Kermanshah. *PLOS ONE*, *16*(8), e0253708. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253708

Heydari-Guran, S., Ghasidian, E., & Conard, N. (2009). Iranian Paleolithic sites on travertine and tufa formations. *Iran Palaeolithic*, 109–124.

Heydari-Guran, S., Ghasidian, E., Maerker, M., & Conard, N. (2008). Development of a Geospatial database with webgis functions for the Paleolithic of the Iranian plateau. In *The Lower and Middle Palaeolithic in the Middle East and Neighbouring Regions* (J.-M. Le Tensorer, R. Jagher&M. Otte (eds.), pp. 143–150). ERAUL 126.

Heydari-Guran, S., & Hariri, N. (2019). The environmental changes and it's implication on early human occupations in the Kermanshah region during the late Quaternary. In *Afarin Nameh* (Moradi Yousf). Iranian Cultural Heritage Organization (ICHO).

Heydari-Guran, S., marker, M., & Conard, N. J. (2014). Tectonic and Paleolithic occupational records in the Zagros Mountains. *In: Movements in and Out for Africa: Assemblage Variability and Population Dynamics in Northeast Africa and Southwest Asia during the MSA and Middle Paleolithic.*, *XVII World UISPP Congress*, Burgos, 1-7 September.

Hill, C. L. (2017). Geoarchaeology, History. *In: Gilbert, A. S., Goldberg, P., Holliday, V. T., Mandel, R. D., & Sternberg, R. S. (Eds.), Encyclopedia of Geoarchaeology. Springer Netherlands*.

Hill, Christopher. L., & Rapp, G. (2014). Geoarchaeology. *In: Claire Smith, Encyclopedia of Global Archaeology, Springer New York*, 3008–3017.

Hole, F., Flannery, K. V., & Neely, J. A. (1969). Prehistory and Human Ecology on the Deh Luran Plain: Memoirs of the Museum of Anthropology. *Ann Arbor*.

Tourism Organization, Tehran and Middle Eastern Culture Center in Japan, Tokyo., 57–60.

Heydari, S. (1999). *Late Quaternary climatic changes of the Kermanshah Region on the basis of sedimentological evidence from the geological sections of the Sorkheh lizeh and Tang-e Kenesht.* [MSc]. Physical Geography (hydro-geomorphology), Department of Geography, Azad University.

Heydari, S. (2001). Geology and geomorphology of the Islamabad survey area: Some preliminary observations. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *26–27*, 61–65.

Heydari, S. (2002). Sedimentology of Kani Mikaeil Cave in Appendix 1 Roustaei and Rezvani 2002, Preliminary Speculation Report in Kani Mikael Cave of Kurdistan. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *consecutive 32*, 69–72.

Heydari, S. (2003). Geoarchaeological researches at Karkas Mountain, Kashan Region. In *The Silvermiths of Sialk* (S. Malek Shahmirzadi, pp. 129–149). ICHO.

Heydari, S. (2004). Stone raw material sources in Iran: Some case studies. *Persiens Antike Pracht, Bergbau–Handwerk–Archäologie: Katalog. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum*, 124–129.

Heydari, S. (2007). The impact of geology and geomorphology on cave and rockshelter archaeological site formation, preservation, and distribution in the Zagros mountains of Iran. *Geoarchaeology: An International Journal*, *22*(6), 653–669.

Heydari, S., & Ghasidian, E. (2004). Preliminary report of late Pleistocene geoarchaeological research in the Takht- Soleiman travertine region. In *Proceeding of the International Symposium on Iranian Archaeology: Northwestern Region* (M. Azarnoush, pp. 27–43). ICAR.

Heydarian, M., Ghorbani, H. R., Arab, H., & Parse, S. (2017). Geographical Information System in Iran's Archaeological Researches; History, Trends and Problems. *Interdisciplinary Studies in the Humanities*, *9*(3), 43–65. https://doi.org/10.22631/isih.2017.1616.2248

Heydari-Guran, S. (2012). The corridor of Iran; early Modern Human dispersal into the Iranian Plateau: A geographical perspective. In *Namvarnameh; Papers in honour of Massoud*

Maghsoudi, M., Zamanzadeh, S. M., Navidfar, A., Mohammadi, A., & Yosefi Zoshk, R. (2016). Environmental conditions' study governing on ancient sites with an emphasis on grain size sediment river analysis (Case study: Ancient sites of Meymanatabad and Mafinabad). *Irquajrn*, *2*(1), 41–51.

Maghsoudi, M., Zamanzadeh, S. M., Navidfar, A., Yosefi Zoshk, R., & Ahmadpour, H. (2015). Geoarchaeology of Prehistoric Settlements Using Micromorphology Methods (The case study: Meimanatabad Cluster). *Journal of Archaeological Studies*, *7*(2), 149–164. https://doi.org/10.22059/jarcs.2015.57753

Maghsoudi, M., Zamanzadeh, S. M., Yousefi Zoshk, R., & Yamani, M. (2015). Geoarchaeological survey of the Chaltasian prehistoric enclosure in Jajrour Fan, using micromorphological techniques. *Irquajrn*, *1*(2), 113–123.

Malek Shahmirzadi, S. (1987). A Review of the History of Archaeological Studies in Iran. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *1*(2), 61–65.

Märker, M., & Heydari-Guran, S. (2009). Application of datamining technologies to predict Paleolithic site locations in the Zagros Mountains of Iran. *Crawford J and Koller D. Making History Interactive. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (Proceedings of CAA). Oxford: Archaeopress*, 1–7.

Mashkour, M. (1995). Archaeozoology and its Importance in Archaeology. *Cultural Heritage (ICHO)*, *13*, 42–47.

Mashkour, M. (1997). A Look at the Bioeconomics of Tappeh Hessar in period 3b: Results of Archaeological Animal Studies. *ICHO, Archaeological Reports (2)*, 125–132.

Mashkour, M., & Yaghmayi, E. (1998). Faunal remains from Tappeh Hessar (Iran); results of the 1995 excavation. *Proceedings of XIII IUSPP Congress (Sept. 1996, Forli/Italie)*, *1*, 543–551.

Mehterian, S., Pourmand, A., Sharifi, A., Lahijani, H. A., Naderi, M., & Swart, P. K. (2017). Speleothem records of glacial/interglacial climate from Iran forewarn of future Water Availability in the interior of the Middle East. *Quaternary Science Reviews*, *164*, 187–198.

Miller, N. (2003). Archaeobotany in Iran, past and future. *Yeki Bud, Yeki Nabud. Essays on the Archaeology of Iran, in Honour of William M.* Jaouen, K., Richards, M. P., Le Cabec, A., Welker, F., Rendu, W., Hublin, J.-J., Soressi, M., & Talamo, S. (2019). Exceptionally high δ15N values in collagen single amino acids confirm Neandertals as high-trophic level carnivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(11), 4928–4933.

Jordá Pardo, J. F., Menéndez Fernández, M., Carral González, P., Quesada López, J. M., & Wood, R. (2013). *Geoarchaeology and Chronostratigraphy of the Middle-Upper Palaeolithic transition at the cave of La Güelga (Cangas de Onis, Asturias, Spain).*

Karkanas, P., & Goldberg, P. (2017). Soil Micromorphology. *In: Gilbert, A. S., Goldberg, P., Holliday, V. T., Mandel, R. D., & Sternberg, R. S. (Eds.), Encyclopedia of Geoarchaeology. Springer Netherlands*.

Kharazian, M., Jamet, G., Puaud, S., Hashemi, M., Nasab, H. V., & Berillon, G. (2019). Geological− archeological study of the Mirak area (Semnan, Iran) using sedimentological and physico− chemical analyzes. *Quaternary Journal of Iran (Iranqua)*, *4*(3), 273− 290.

Khormali, F. (2016). *Application of Stable Soil Carbon Isotopes in the Reconstruction of the Past*. the second National Conference on Application of Stable isotopes.

Klute, A. (Ed.). (1986). *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed

Kolb, M. F. (2017). Analysis of carbon, nitrogen, pH, phosphorus, and carbonates as tools in geoarchaeological research. *Encyclopedia of Geoarchaeology*, 15–24.

Lecomte, O., & Mashkour, M. (1997). Archaeological finds in Hyrcania and Dehistan from the Iron Age to the Timurid period. *Iranian Journal of Archaeology and History*, *10*(2), 9–21.

Leroi-Gourhan, A. (1981). La végétation et la datation de l'abri moustérien de Houmian (Iran). *Paléorient*, 75–79.

Lowe, J. J., & Walker, M. (2014). *Reconstructing quaternary environments*. Routledge.

Lyman, R. L. (2017). Paleoenvironmental reconstruction from faunal remains: Ecological basics and analytical assumptions. *Journal of Archaeological Research*, *25*(4), 315–371.

the Late Pleistocene human occurrence in the Near East: Through the rodent assemblages from Kaldar Cave (Khorramabad valley, Iran). *Abstract Book of XVIII UISPP World Congress*, 4–9.

Rieben, H. (1955). The geology of the Teheran plain. *American Journal of Science*, *253*(11), 617–639.

Sadeghifar, T., & Azarmsa, S. A. (2015). Analysis of Sediment Grain Size Distribution and Texture in the South Part of the Caspian Sea (A Case Study; Noor Coastal Zone). *Iranian Journal of Marine Science and Technology*, *19*(73), 23–36.

Safaierad, R., Azizi, G., Mahammadi, H., & Alizadeh Lahijani, H. (2014). Reconstructing the Holocene and Late-Pleistocene Climate Changes of the Central Zagros Using Palynological Evidences of the Hashilan Wetland. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *3*(3), 1–20.

Safaierad, R., Mohtadi, M., Zolitschka, B., Yokoyama, Y., Vogt, C., & Schefuß, E. (2020). Elevated dust depositions in West Asia linked to ocean–atmosphere shifts during North Atlantic cold events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*(31), 18272–18277.

Schilt, F. C., Heydari Guran, S., Ghasidian, E., Miller, C. E., & Conard, N. J. (2010). Micromorphological Analysis of Early Upper Palaeolithic Cave Site of Ghare-e Boof, Iran. *52th Annual Meeting of Hugo Obermaier Gesellschaft, Leipzig*.

Sharifi, A., Pourmand, A., Canuel, E. A., Ferer-Tyler, E., Peterson, L. C., Aichner, B., Feakins, S. J., Daryaee, T., Djamali, M., & Beni, A. N. (2015). Abrupt climate variability since the last deglaciation based on a high-resolution, multi-proxy peat record from NW Iran: The hand that rocked the Cradle of Civilization? *Quaternary Science Reviews*, *123*, 215–230.

Sheikhshoaee, fahime, & Niknami, kamal-aldin. (2016). Stable Isotope Analysis to Determining Gender Differences in Ancient Dietary Systems. *Journal of Archaeological Studies*, *8*(1), 77–89.

Sheikhshoaee, F., & Niknami, K. (2018). Strontium Isotope Ratio (87Sr/86Sr) To Determine Human Skeletons Origins from The Ancient Cemeteries, Case study: An Iron Age Cemetery of Gohar Tepe. *Journal of Archaeological Studies*, *10*(2), 159–170.

Sumner. The Cotsen Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, 9–15.

Mohammad Zadeh, A. (2011). *Geomicrobiological studies in altered regions of Sarcheshme Cu deposit using GIS techniques.* [MSc in Economic Geology]. Payame Noor University Faculty of Science Tehran.

Moodley, Y., Linz, B., Yamaoka, Y., Windsor, H. M., Breurec, S., Wu, J.-Y., Maady, A., Bernhöft, S., Thiberge, J.-M., & Phuanukoonnon, S. (2009). The peopling of the Pacific from a bacterial perspective. *Science*, *323*(5913), 527–530.

Munsell, A. H. (1992). *A color notation: An illustrated system defining all colors and their relations by measured scales of hue, value, and chroma* (17th edition). Munsell Color.

Nelson, D. W., & Sommers, L. (1983). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, *9*, 539–579.

Niknami, K. A. *, & Rezaee, I. (2014). Chemical Analysis of Tepe Zaghe Anthropogenic Soils to Identify Particular Activity Areas. *Journal of Archaeological Studies*, *5*(2), 163–182. https://doi.org/10.22059/jarcs.2014.50404

Nordt, L. C., Boutton, T. W., Jacob, J. S., & Mandel, R. D. (2002). C4 plant productivity and climate-CO2 variations in south-central Texas during the late Quaternary. *Quaternary Research*, *58*(2), 182–188.

Page, A. L. (1985). Methods of soil analysis: Chemical and microbiological methods. *Agron. Monog*, *9*.

Pollard, A. M. (1999). *Geoarchaeology: Exploration, environments, resources*.

Ramesht, M. H. (2001). Quaternary Lakebeds: Landmarks in Iranian Civilization. *Geographical Research*, *16*(60), 90–111.

Razani, M., Sehati, F., & Kasiri, B. K. (2021). Archaeometry in Cultural Heritage and Art Studies (Definitions, Trends and Future Challenges. *JRA*.

Reitz, E., & Shackley, M. (2012). *Environmental archaeology*. Springer Science & Business Media.

Rey-Rodríguez, I., López-García, J. M., Blain, H.-A., Fernández-García, M., Tumung, L., Ollé, A., & Bazgir, B. (2018). Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction in relation with

Vita-Finzi, C. (1968). Late Quaternary alluvial chronology of Iran. *Geologische Rundschau*, *58*(2), 951–973.

Walshe, K. (2014). Archaeology and the Emergence of Fields: Environmental. In C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 401–408). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1008

Wang, G., Feng, X., Han, J., Zhou, L., Tan, W., & Su, F. (2008). Paleovegetation reconstruction using δ 13 C of soil organic matter. *Biogeosciences*, *5*(5), 1325–1337.

Wasylikowa, K. (1967). Late quaternary plant macrofossils from Lake Zeribar, western Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *2*(1–4), 313–318.

Wißing, C., Rougier, H., Baumann, C., Comeyne, A., Crevecoeur, I., Drucker, D. G., Gaudzinski-Windheuser, S., Germonpré, M., Gómez-Olivencia, A., & Krause, J. (2019). Stable isotopes reveal patterns of diet and mobility in the last Neandertals and first modern humans in Europe. *Scientific Reports*, *9*(1), 1–12.

Woodward, J. C., & Goldberg, P. (2001). The sedimentary records in Mediterranean rockshelters and caves: Archives of environmental change. *Geoarchaeology: An International Journal*, *16*(4), 327–354.

Yazdi, M., Pakzad, H. R., Mashkour, M., Elhami, R., Javeri, M., & Biglari, F. (2009). Sedimentology and Geoarchaeology of Paleolithic (Mousterian) Lithic Tools in Central Iran. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, *19*(73), 177–186. https://doi.org/10.22071/gsj.2010.57223

Zhang, W., Appel, E., Fang, X., Yan, M., Song, C., & Cao, L. (2012). Paleoclimatic implications of magnetic susceptibility in Late Pliocene–Quaternary sediments from deep drilling core SG-1 in the western Qaidam Basin (NE Tibetan Plateau). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *117*(B6).

Siles, J. A., Öhlinger, B., Cajthaml, T., Kistler, E., & Margesin, R. (2018). Characterization of soil bacterial, archaeal and fungal communities inhabiting archaeological human-impacted layers at Monte Iato settlement (Sicily, Italy). *Scientific Reports*, *8*(1), 1–14.

Srivastava, P., Pal, D. K., & Kalbande, A. R. (2009). Soil micromorphology and its usefulness in soil surveys. *Bhattacharyya T., Sarkar., D., Pal, DK (Eds.) Soil Survey Manual. NBSSLUP Publication*, *146*, 149–156.

Stahl, P. W. (2014). Historical ecology and environmental archaeology. *In: Claire Smith, Encyclopedia of Global Archaeology, Springer New York*, 3396–3403.

Sulzman, E. W. (2007). Stable isotope chemistry and measurement: A primer. *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*, *2*, 1–21.

Taheri, K. (2007). *History of Geoarchaeological Surveys in Iran*. 26th Earth Sciences Conference.

Taheri, K. (2009). *Palaeoanthropogenic Breccia, Funagic or Mortar? A Geological Misunderstanding of Archaeology*.

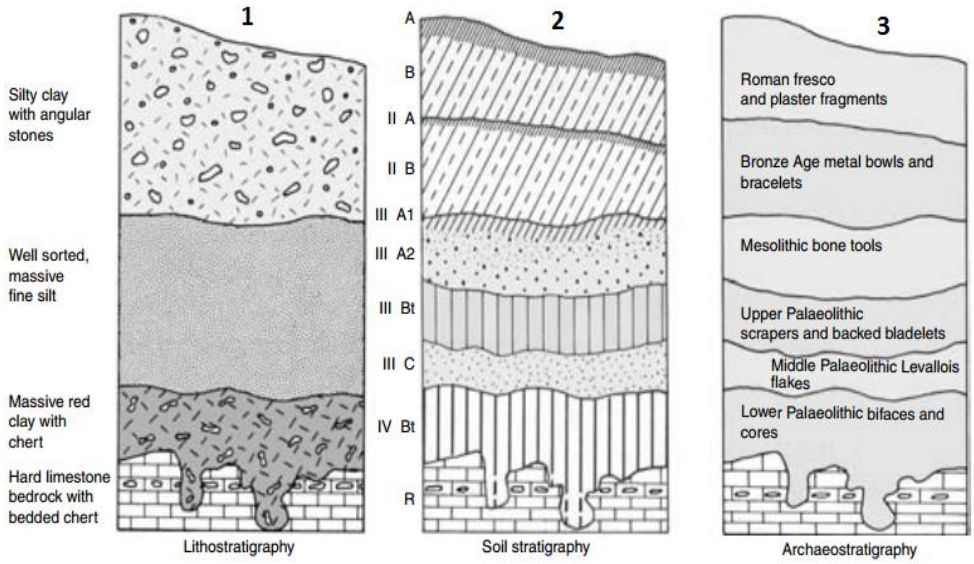
Tinsley, C. M. (2006). Archaeology Environmental. *In Encyclopedia of Anthropology 1, H. James Birx, Editor, Sage Publications Ltd.*

Vaezi, A., Ghazban, F., Tavakoli, V., Routh, J., Beni, A. N., Bianchi, T. S., Curtis, J. H., & Kylin, H. (2019). A Late Pleistocene-Holocene multi-proxy record of climate variability in the Jazmurian playa, southeastern Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *514*, 754–767. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.09.026

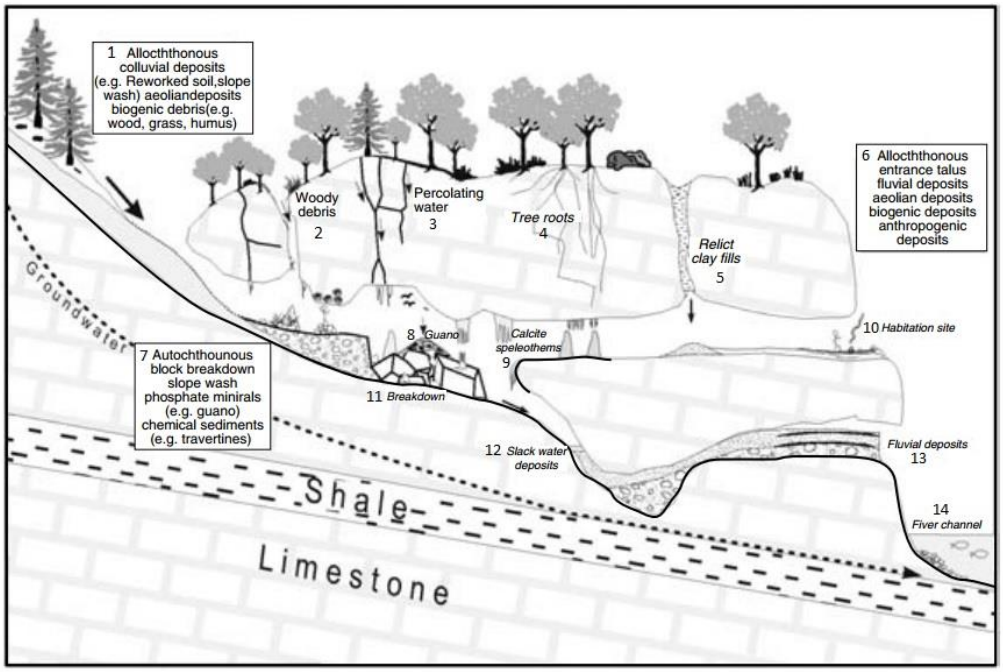
Van Zeist, W., & Bottema, S. (1977). Palynological investigations in western Iran. *Palaeohistoria*, 19–85.

Van Zeist, W., & Wright, H. E. (1963). Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, Zagros mountains, southwestern Iran. *Science*, *140*(3562), 65–67.

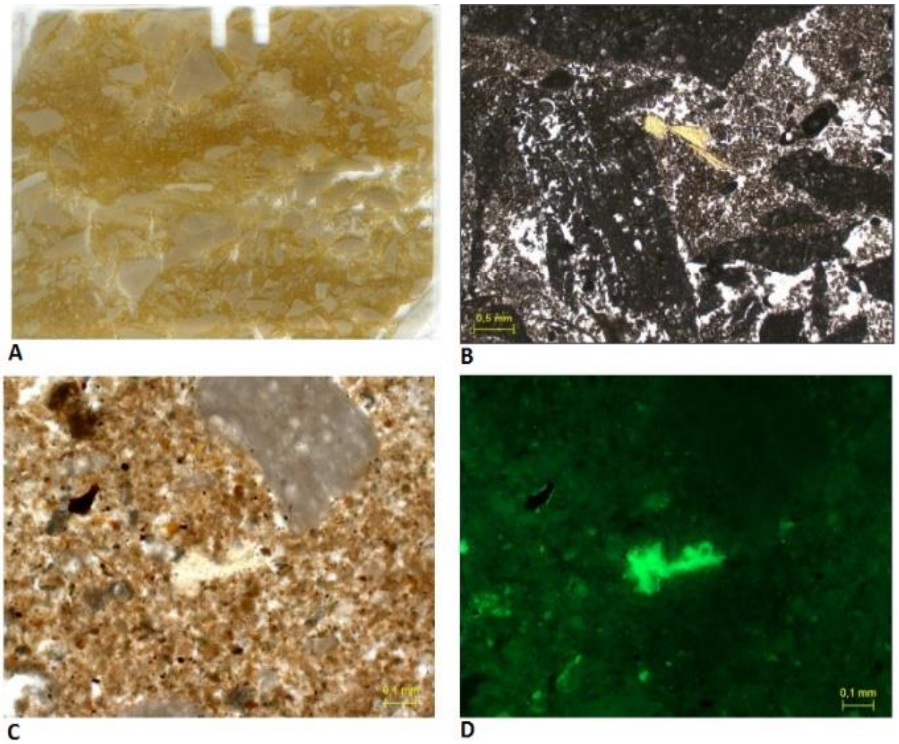
ضمایم



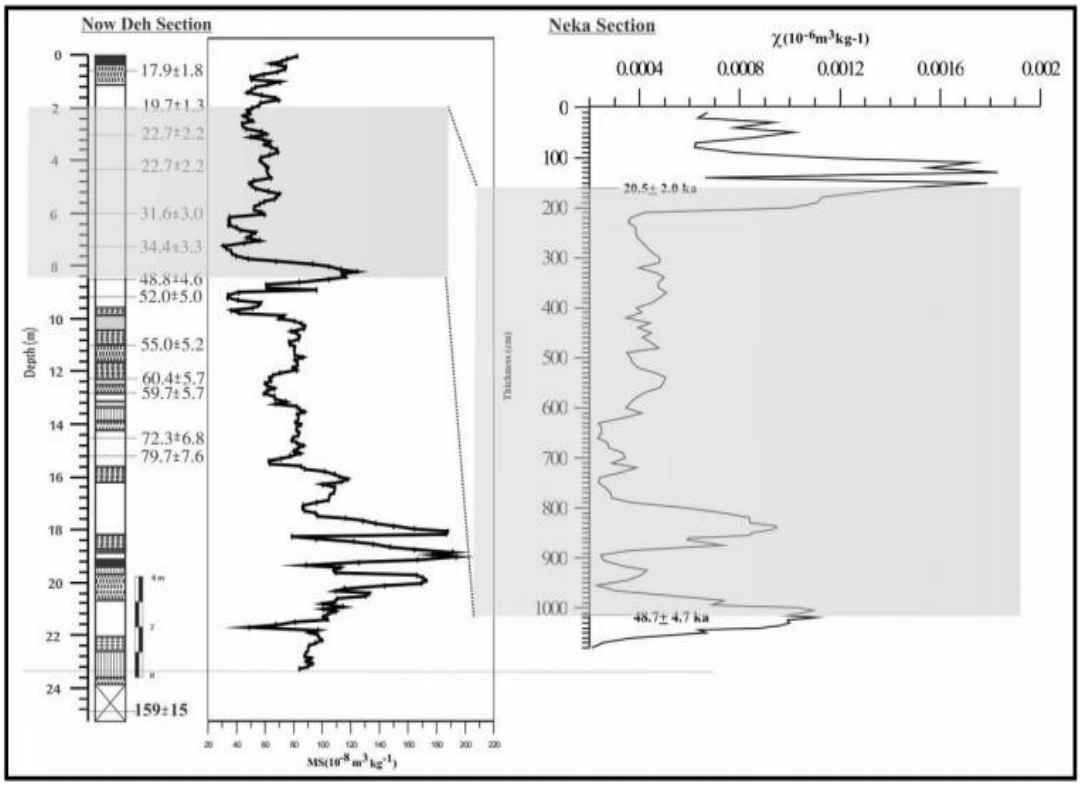
شکل ۱: سه دیدگاه مکمل لایه‌نگاری شامل ۱- زمین‌شناسی؛ ۲- خاک‌شناسی؛ ۳- باستان‌شناسی از یک مقطع نهشته‌گذاری (Goldberg & Macphail, 2008).



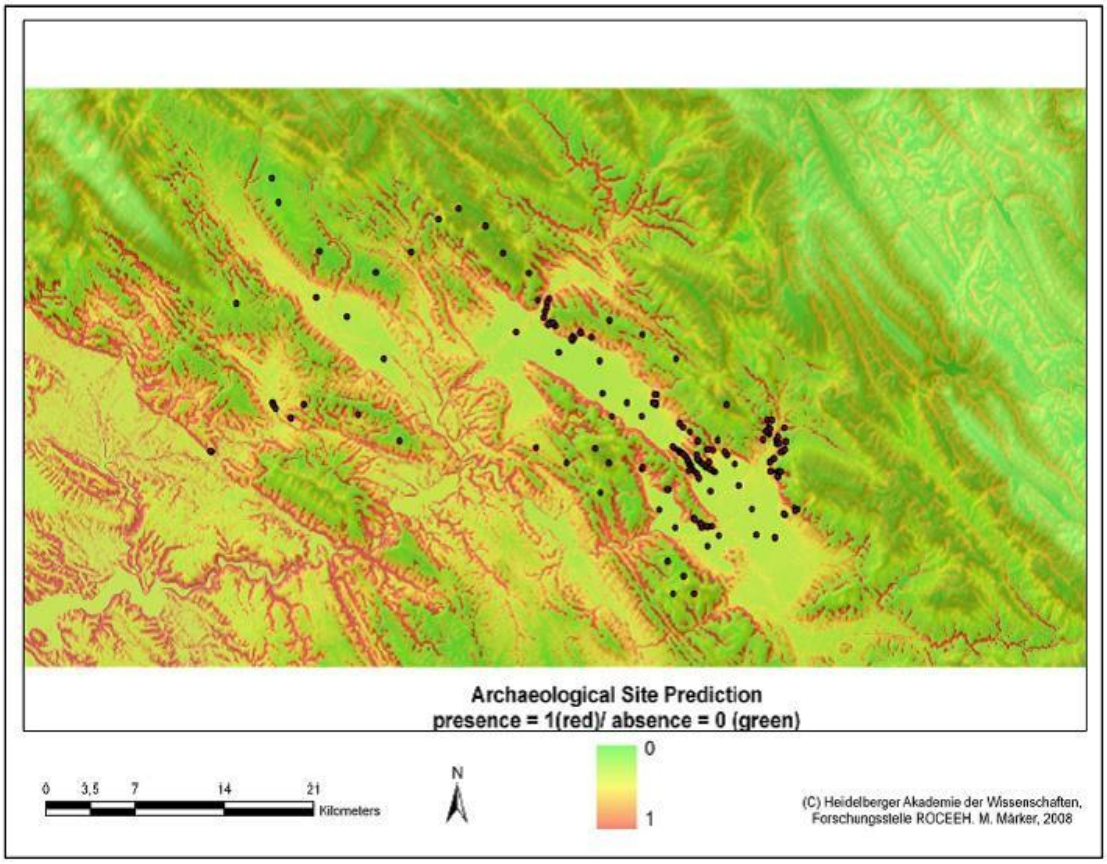
شکل ۲: نمای شماتیک از انواع فرایندهای موجود غار در محیط کارستی؛ دو نوع فرایند نهشته‌گذاری در غار وجود دارد: نهشته‌های که منشأ بیرونی دارند (۱-۶) و نهشته‌های که منشأ داخلی دارند (۷-۱۴) (Goldberg & Macphail, 2008).



شکل ۳: برخی از مقاطع نازک غار بوف. A: اسکن مقطع نازک، نشان‌دهندهٔ قطعات نامنظم آهک در یک ماتریس ریز، اندازهٔ ۵۰×۷۵ میلی‌متر؛ B: فوتومیکروگراف یک قطعه استخوان؛ C: فوتومیکروگراف نشان‌دهندهٔ فسفات؛ D: فوتومیکروگراف فسفات، تصویر گرفته شده فلورسانس (Schilt et al., 2010).



شکل ۴: مقایسهٔ نمودار پذیرفتاری مغناطیسی برش رسوبی نوده و نکا (Feizi et al., 2016).



شکل ۵: نقشهٔ مدل پیش‌بینی مکان‌های پارینه‌سنگی دشت رستم و باشت در استان فارس و کهگیلویه و بویر احمد با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). در این مدل با استفاده از متغیرهای طبیعی قابل پیش‌بینی (Predictor variables) شامل ارتفاع، ارتفاع از شبکه هیدورگرافی، شیب، شاخص رطوبتی خاک و مانند آن‌ها، احتمال وجود مکان‌های پارینه‌سنگی با کمک رنگ از سبز (صفر درصد) تا قرمز (بالاترین درصد) به نمایش در آمده است (Märker & Heydari-Guran, 2009). نقاط سیاه رنگ، مکان‌های پارینه‌سنگی کشف شده در منطقه هستند.

Payām-e Bāstānshenās
Islamic Azad University, Abhar Branch
Print ISSN: 2008-4285
Online ISSN: 2980-9886
Vol. 14, No. 26, Spring & Summer 2022

Measurable Research in Pleistocene Environmental Archaeology (Definitions, Applications and Necessities for The Iranian Plateau)

Nemat Hariri [1], Reza Rezaloo [2], Ardeshir Javanmard Zadeh [3], Saman Heydari-Guran [4]

DOI: 10.30495/peb.2022.699733

Abstract

A large part of our information concerning the Paleo-environment and Paleoclimate, past human activities, are coming from archived data in the sedimentological layers. Diets regime, vegetation, climatic situation and the causes of extinction of species, migration, and settlement systems are that information which can be extracted from the Earth archive. Meanwhile, it is clear that not only is it possible to obtain all this information by studying cultural materials. As a result, the relatively new approaches of environmental archaeology and Geo-archaeology have been adapted from the geological sciences to help archaeological problems. The task of these approaches is collecting and analyzing information that helps better human behaviors and tries to understand the processes between humans and their environment. Like other parts of the archaeological research in Iran developing rapidly, however, still using Advanced Techniques are not comparable with Western countries. This paper provides an overview of some of the most important Geo-archaeological approaches associated with examples more specifically during the Late Pleistocene. We have been trying to give a general picture of the research that has been taken out in recent years on Iranian Geo-archaeological and environmental archaeology.

Keywords: Geo-archaeology, Environmental Archaeology, Laboratories Methods, Environmental Reconstructions, Pleistocene.

Citation: Hariri, N., Rezaloo, R., Javanmard Zadeh, A., & Heydari-Guran, S. (2022). Measurable Research in Pleistocene Environmental Archaeology (Definitions, Applications, and Necessities for the Iranian Plateau). *Payām-e Bāstānshenās*, *14*(26), 123-156. (In Persian)

[1] Ph.D. in Archaeology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran; Diyarmehr Institute for Palaeolithic Research, Kermanshah, Iran. Corresponding author: hariri.nemat@gmail.com

[2] Prof., Department of Archaeology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

[3] Associate Prof., Department of Archaeology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

[4] Stiftung Neanderthal Museum, Mettmann, Germany; Diyarmehr Institute for Palaeolithic Research, Kermanshah, Iran.