

طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس نهشته‌های هولوسن دشت شوشتر: روشی برای شناسایی محوطه‌های پیش از تاریخ

فرهنگ خادمی ندوشن^{۱*}، عبدالحمید رضایی^۲، علیرضا هژبری نوبری^۳، منوچهر فرج‌زاده^۴

(تاریخ دریافت ۸۷/۱۲/۱۴، تاریخ پذیرش ۸۹/۱۲/۹)

چکیده

باستان‌شناسی با آمیختگی دیگر علوم و استفاده از آن‌ها به نقش زیست‌بوم در شکل‌گیری محوطه‌های باستانی به‌طور گسترده‌ای پرداخته است. هزینه‌های سنگین کاوش‌های باستان‌شناسی موجب شد روش‌های مختلفی برای شناسایی محوطه‌هایی که درون خاک مدفون هستند، ابداع و به‌کار گرفته شود. در این میان تجزیه چندعنصری خاک‌های پوشیده بر سطح محوطه‌های باستانی، که روش آزمایشگاهی بسیار مناسبی است، می‌تواند داده‌هایی را برای ما فراهم کند و این داده‌ها به شناسایی دقیق ساختار محوطه‌ها و حریم آنان بسیار کمک می‌کند. دشت شوشتر از مکان‌هایی است که در اواخر هولوسن قدیم در ۷ هزار سال پیش به‌دست کوچندگان فصلی اشغال شد. روند استقرار جمعیت طی دوره هولوسن، تابعی از تحولات اکولوژیکی گذشته دشت بوده و عوامل محیطی

*khatib_h@modares.ac.ir

۱. دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشجوی دکتری پیش از تاریخ گروه باستان‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس

۴. دانشیار گروه سنجش از دور دانشگاه تربیت مدرس

از جمله مورفولوژی تغییرات اقلیمی، فرسایش، تغییر مسیر رودخانه‌ها بر الگوهای استقراری پیش از تاریخی آن تأثیرگذار بوده است.

در این مقاله نتایج آزمایشگاهی نمونه‌هایی از خاک‌های باستانی و اکوسیستمی دشت شوشتر تحلیل شده است؛ این نمونه‌ها با روش آزمایش طیف‌سنجی تجزیه چندعنصری XRF و تعیین سال‌بابی مطلق به روش AMS آزمایش شده است. هدف این تحلیل، بازسازی محیط دیرین و تحولات زیست‌محیطی- فرهنگی دشت شوشتر طی دوره هولوسن و تعیین موقعیت مکان‌های باستانی در چشم‌اندازهای گذشته است.

واژه‌های کلیدی: طیف‌سنجی، رسوب، هولوسن، شوشتر، خوزستان، باستان‌شناسی.

مقدمه

محوطه‌های پیش‌اتاریخی که درون خاک مدفون شده‌اند، نسبت به دوره‌ای که انسان در عصر سفال و معماری می‌زیسته است محدودیت‌هایی دارند. تغییرات محیط زیست که ناشی از تغییرات آب و هوایی بوده و طی زمان طولانی رخ داده، باعث شده است داده‌های باستان‌شناسی بر علومی تکیه کند که بتواند برای شناخت این محوطه‌ها کمک شایانی کند. در این میان عوامل محیطی مانند برهم کنش عوامل و منابع کوانتوم‌های زیستی، تغییرات اقلیمی، فرسایش، کاهش پوشش گیاهی و جانوری، تغییر دامنه رودخانه‌ها، مورفولوژی، روند نهشته‌گذاری و نهشته‌برداری و افت سطحی آب‌های زیرزمینی طی دوره هولوسن، دشت شوشتر (شکل ۱) را به محیطی تبدیل کرده است که تفسیر داده‌های باستان‌شناختی آن بدون لحاظ کردن داده‌های اکولوژیکی به پاسخ‌هایی درخور نمی‌انجامد.

روش تجزیه چندعنصری برای مشخص کردن میزان عناصر نادر در خاک، چندین دهه است که در شناسایی محوطه‌های باستانی استفاده می‌شود. این روش که می‌تواند گونه‌ای از بررسی علمی میدانی و آزمایشگاهی باشد، به تعیین قرار گرفتن محوطه‌های باستانی درون خاک بسیار کمک می‌کند. همچنین می‌تواند فضای ساختمان، شواهد باقی‌مانده انسانی و گیاهی، فضولات جانوری، فلز و کارهای دستی مواد خاک را که به صورت عناصر نادر درون انباشت‌ها نهفته‌اند، در اختیار پژوهش‌گران قرار دهد.

طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس نهشته‌های ... _____ فرهنگ خادمی ندوشن و همکاران

نمونه‌برداری از محوطه‌های مورد مطالعه این امکان را فراهم می‌کند تا در کنار کاوش‌های باستانی صورت گرفته، داده‌های طیف‌سنجی به دست آمده از دستگاه تابش مجهول فلورسنس محیط دفن شده را بررسی و مطالعه کنیم. حتی مطالعات دقیق‌تر این عناصر می‌تواند معرف کاربرد زمین‌ها در پیش از تاریخ برای استفاده کشاورزی یا دامداری از سوی انسان‌های مستقر در این محوطه‌ها باشد.

کمیت عناصر در فضای زیستی مانند خانه، آغال، کارگاه‌ها، چراگاه، مزارع و ... با محیط‌های طبیعی متفاوت است. تراکم پتاسیم، فسفر، باریم، مس، روی، استرنسیوم، لانتانیم، سزیم و نئودیم در خاک ما را به فضاهای زیستگاهی گذشته هدایت می‌کند. همچنان‌که میزان فسفر و نئودیم در محیط‌ها و جایگاه‌های طبیعی و محوطه‌های استقرار متفاوت است.

هدف تحقیق

در پاسخ به ابهام‌ها و پیچیدگی‌های اکولوژیکی حوزه بررسی و دریافت روند تحولات فرهنگی دشت شوشتر، تفسیر داده‌های حاصل از بررسی میدانی به نتایج مطلوب منتهی نمی‌شد؛ بنابراین این می‌بایست علاوه بر داده‌های محیطی، نمونه‌هایی از خاک‌های نهشته‌های رسوبی و فرهنگی مورد آزمایش علمی قرار می‌گرفت. کسب نتایج آزمایش‌های XRF و AMS از اهداف بررسی در تحلیل داده‌ها برای دریافت پاسخ‌های درخور به ابهام‌ها بوده است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی دو گونه مواد به عنوان داده‌های محیطی و فرهنگی شناسایی، طبقه‌بندی و تفسیر شده است تا در نتیجه‌گیری به درکی منطقی از روند تحولات الگوهای استقرار و زیست‌بوم‌شناختی دشت شوشتر در دوره هولوسن برسد.

زمینه جغرافیایی

دشت خوزستان از نظر جغرافیایی ادامه دشت میانرودان است و بین دو سکوی عربستان و ایران قرار دارد. حرکات تکنونیک باعث بالا آمدن ارتفاعات زاگرس شده و دشت میانرودان و خوزستان را از فلات مرکزی ایران جدا کرده است (Lees and Falcon, 1952: 27). دشت‌ها حاصل روند

فرسایش تدریجی ارتفاعات زاگرس بوده است که بر اثر بالا آمدن موجب تغییر مسیر رودها شده و کم کم رسوبات دشت ضخامت یافته است (Johanson, 1973: 17).

دشت شوشتر با مساحتی حدود ۱۲۰۰ کیلومتر مربع با جهت شمال غربی جنوب شرقی بین ۰/۴ تا ۳۱/۳۲ درجه عرض و ۴۰/۴۸ تا ۲۰/۴۹ درجه طول جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). این دشت از شمال و شرق به ارتفاعات دامنه‌های جنوبی زاگرس محدود شده است و ارتفاع آن‌ها از ۶۰۰ تا ۴۰۰۰ متر به سمت ستیغ‌های بختیاری افزایش می‌یابد. رود کارون از سرزمین‌های بلند سرچشمه می‌گیرد و در نهایت غرب دشت شوشتر را محدود می‌کند (شکل ۲ و ۳). طغیان‌های شدید حاصل از باران‌های اوروگرافی علاوه بر تغییر دامنه رودها، روند نهشته‌گذاری و نهشته‌برداری را به گونه‌ای صورت داده که موجب جابه‌جایی یا ترک استقرارهای پیش از تاریخ دشت شوشتر طی دوره هولوسن شده است.

در دوره پلیستوسن، رودخانه‌هایی نبوده‌اند که از خود آثاری به جا بگذارند. شواهدی از این آثار در لایه‌های رسوبی منظم دشت خوزستان دیده نمی‌شود (Veenenbos, 1958: 28). نهشته‌های دشت شوشتر اغلب به دروه هولوسن مربوط است. ضخامت رسوبات با نظر به توپوگرافی اولیه دشت در همه نقاط یکسان نیست و از ۶ تا ۱۰۰ متر متفاوت است. میزان بارش حوزه بررسی ۳۰۰-۳۵۰ میلی‌متر است و تحت شرایط آب و هوایی منطقه نیمه‌خشک قرار دارد. در بررسی میدانی دشت شوشتر ۴۴ محوطه و تپه باستانی متعلق به نهشته‌های دوره هولوسن شناسایی شد که توالی فرهنگی آن‌ها از ۷ هزار تا ۱ هزار سال پیش را دربرمی‌گیرد. بیشترین میزان تراکم استقرارهای فرهنگی دشت در فاز هولوسن متأخر LH و کمترین استقرارها در نیمه هولوسن میانه MH مقارن با دوره فرهنگی شوش III بوده است (شکل‌های ۳-۶).

توالی فرهنگی یک محوطه باستانی از سازوکارهای بوم‌شناختی و روش‌های باستان‌شناسی پیروی می‌کند (Botzer, 1982; Schiffer 1983)؛ زیرا هر دو به‌طور مشترک تمرکز می‌یابند و مکمل همدیگرند (Ferring, 1992: 9). شیب کم دشت (۰ تا ۱۰ درجه) باعث می‌شود در فصل‌های بارانی تالاب‌هایی در سطح آن ایجاد شود. در هزاره‌های گذشته، وسعت این تالاب‌ها و مرداب‌ها زمین‌های بیشتری را دربرمی‌گرفته است که با خشک شدن تدریجی بخش‌هایی از آن‌ها بر اثر تغییرات اقلیمی، فضاهایی را جهت استقرارهای دوره عیلامی در دوره هولوسن متأخر فراهم کرده است. اغلب زمین‌های جنوب حوزه بررسی را زمین‌های شور زاری دربرگرفته است که قبلاً تالاب‌های نسبتاً گسترده‌ای را تشکیل می‌داده است. سازند نمکی

طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس نهشته‌های ... _____ فرهنگ خادمی ندوشن و همکاران
گچساران و ناهمواری‌های شرق حوزه بررسی از عوامل اصلی نمکی شدن این تالاب‌ها و
شوره‌زارها بوده است.

محوطه‌های باستانی عصر مورد مطالعه در دشت خوزستان

دوره نوسنگی بدون سفال دشت‌های آبرفتی جنوب‌غربی ایران، در تپه چغابنوت (دزفول) (Kantor, 1978: 191) و تپه علی‌کش (دهلران) فاز بز مرده (Hole, 1987: 34) شناسایی شده است. دوره شکل‌گیری سفال در محوطه‌های چغابنوت و بنه فضیلی و سپس فازهای دوره عتیق در حوزه شوشان شرقی در تپه‌های چغامیش و بنه فضیلی، و در شوشان غربی در تپه‌های تولایی، جعفرآباد، خزینه، جوی و بندبال شناسایی شده است. دوره شوشان عتیق در هر دو سوی دشت گسترش داشته است. دوره شوشان قدیم در چغامیش تا شوشان میانه ادامه داشته و با بروز رخدادی در شوشان متأخر متروک شده است (Delougaz and Kantor, 1996). دوره انتقالی چغامیش در تپه و محوطه‌های بخش غربی از جمله شوش تداوم یافته است. بررسی‌های اخیر دشت شوشتر (Moghadam, and Miri, 2003) حاکی از دوره انتقالی چغامیش در دشت شوشتر از فاز شوشان میانه ۳ است. روند توالی فرهنگی حوزه بررسی از فاز ترمینال شوش A، اوروک، پیش از آغاز نگارش تا عیلام جدید نظیر مکان‌های دشت شوش، هفت‌تپه، دزفول، رامهرمز و بهبهان تابع تحولات اکوسیستمی و فرهنگی گذشته بوده است.

دستگاه طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس

در این روش، دستگاه طیف گسترده‌ای از عناصر موجود در نمونه‌ها را می‌تواند نشان دهد و از نظر اقتصادی در میان دیگر دستگاه‌های آشکارکننده به‌صرفه‌تر است. دستگاه طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس طول موجی مورد استفاده (آزمایشگاه طیف‌سنجی دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس) ساخت شرکت فلیپس هلند است. این دستگاه دارای لامپ تابش ۱۲ واتی کبالت است که بر سطح نمونه‌های آماده‌شده تابش پرتاب، و در بازگشت این تابش‌ها را به صورت طیف ثبت می‌کند. هر کدام از این طیف‌های ایجادشده معرف فلز خاصی است که بر اثر انعکاس تابش اشعه X ثبت می‌شود.

نمونه‌های طیف‌سنجی به آزمایشگاه علوم پایه منتقل شد و بعد از آنکه به اندازه ۲۰۰ ماشه به پودر تبدیل شد، در کپسولی قرار داده شد تا بتوان آن‌ها را برای طیف‌سنجی آماده کرد. با

آنکه دستگاه غیرمخرب موجود می‌تواند نمونه‌ها را بدون آنکه به پودر تبدیل کند مورد طیف‌سنجی قرار دهد، پودرسازی آن باعث همگن شدن نمونه‌ها و بالا بردن دقت لازم می‌شود. قبل از اینکه دستگاه طیف‌سنج موجود در این دانشکده به طیف‌سنجی نمونه‌ها بپردازد، دستگاه را با نمونه‌های استاندارد موجود مدرج کرده، سپس نمونه‌ها را بررسی کرده‌ایم.

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری براساس روش نمونه‌برداری از لایه‌های باستانی انجام گرفته است. در این روش براساس لایه‌های مختلف نهشت‌های رسوبی، نمونه‌ها انتخاب شده است. از هر لایه نمونه‌هایی انتخاب شده و سپس بدون آنکه در مقابل هوای مجاور قرار گیرد، درون ظروف پلی‌اتیلینی نگهداری شده و بعد از نصب اتیکت و بسته‌بندی ضد رطوبت به آزمایشگاه انتقال یافته است. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، مورد سال‌یابی و یا آزمایش‌های طیف‌سنجی قرار گرفته است.

توصیف نمونه‌های رسوبی برداشته شده

رسوبات برداشته شده برای تعیین سن مطلق، از محیط باستانی و اغلب نهشته‌های موتلینگ بوده‌اند. ریشه‌های گیاهی موجود در آن‌ها جداسازی شدند تا باعث ایجاد اختلال در آزمایش و گاهنگاری نشوند. این رسوبات بر اثر فروکش کردن آب‌های سطحی منطقه حاصل از تغییرات محیطی، به رنگ‌های صورتی همراه با میسیلیوم‌های آهکی تغییر یافته‌اند. خاک‌ها دارای PH قلیایی بودند و میزان فراوانی عناصر شیمیایی موجود در آن‌ها معرف‌های مناسبی در تخمین زیستگاه‌های پیش‌ازتاریخی هستند.

تاریخ‌نگاری

سال‌یابی صورت گرفته روی نمونه‌رسوبات انتخاب شده از لایه‌های باستانی، در مرکز آزمایشگاهی ویکاتو کشور زلاند نو تاریخ‌گذاری شده و نتایجی که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود، برای این رسوبات ثبت شده است. بنا به پیشنهاد این مرکز، در این روش آزمایشگاهی میزان PH خاک و تعیین موقعیت جهانی نمونه‌ها در سیستم UTM مشخص شده است. بعد از نمونه‌برداری به روش علمی، نمونه درون ظروف آزمایشگاهی پلی‌اتیلینی قرار داده و در آن‌ها

طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس نهشته‌های ... _____ فرهنگ خادمی ندوشن و همکاران

کاملاً بسته شده است تا با محیط مرطوب بیرون تماسی ایجاد نکند. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی ضد‌رطوبت، با پست به آن آزمایشگاه ارسال شده است.

نتایج

از نتایج بررسی‌های باستان‌شناختی و زیست‌بوم‌شناسی دشت شوشتر، و همچنین نتایج به‌دست‌آمده از نمونه خاک‌های مورد آزمایش، می‌توان به این موارد اشاره کرد:

۱. سال‌یابی بستر زیستی دشت شوشتر به روش AMS

نمونه ارسالی (رسوبات به‌دست‌آمده از نهشته‌های محوطه‌های باستانی) برای سال‌یابی به علت کمبود کربن آن به روش شتاب‌دهنده طیف‌سنج حجمی AMS سال‌یابی شده است. در این روش به علت نیاز بسیار کم به کربن تا وزن چندین میلی‌گرم، برای سال‌یابی این‌گونه رسوبات مناسب است.

پس از آنکه نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه تحویل داده شد، تحت مراحل آزمایشگاهی قرار گرفت. برای آنکه کربن‌های موجود در نمونه‌ها در یک محیط خلأ به کربن خالص تبدیل شوند، توسط یون‌های مثبت سزیوم بمباران می‌شوند. این عمل باعث آزاد شدن یون‌های منفی کربن می‌شود که در سال‌یابی - به این دلیل که ثبات کمتری دارد - نیازی به آن‌ها نیست. در نتیجه یون‌های مولکولی که شتاب داده شده‌اند، با این عمل سرعت می‌گیرند. پس از آنکه یون‌های سرعت‌گرفته‌شده از حفره‌ای گذرانده می‌شوند، باعث می‌شوند یون‌های مناسب از دهانه آن عبور کنند و بعد از آنکه از حفره دیگری عبور داده می‌شوند، باعث می‌شوند یون‌هایی که دارای وزن اصلی هستند به‌صورت آزاد از آن عبور کنند. پس از آنکه الکترودهایی با ولتاژ بالا این یون‌ها را سرعت می‌بخشند، این یون‌ها توسط آشکارکننده‌هایی جذب می‌شوند که از اطلاعات آن‌ها می‌توان با نسبت کربن دوازده به کربن سیزده سال‌یابی کرد.

این سن براساس نیمه عمر لیبی^۱ که از سال ۱۹۵۰م در باستان‌شناسی رواج یافته است، برای کربن ۱۴ است. برای تبدیل این سن به سن براساس نیمه عمر جدید کربن ۱۴ یعنی ۵۷۳۰ سال، می‌بایست داده‌های سنی با نیمه عمر لیبی در عدد ۱/۰۳ ضرب شود. سن گزارش‌شده

1. Willard F. Libby

سن کربن ۱۴ توسط آزمایشگاه ویکاتو نیوزیلند، به صورت BP یعنی قبل از ۱۹۵۰م و با $\pm 1\sigma$ یک انحراف (سیگما) معیار خطا گزارش شده است.

تفکیک ایزوتوپی کربن $\delta^{13}C$ براساس صدف گونه نرم تن پی دی بلمنیت^۱ و واحد در هزار (۰/۰۰۰۱) است. برای تبدیل سن کربن ۱۴ به سن تقویمی^۲ از منحنی‌های کالیبراسیون استفاده شده است (شکل‌های ۵ و ۶)؛ این منحنی‌ها معمولاً با استفاده از سن به دست آمده از حلقه‌های رشد درختان و روش دندروکرونولوژی ترسیم می‌شود.

تعیین سن مکرر نمونه‌ها به صورت منحنی توزیع نرمال سمت چپ دیاگرام رسم شده است. قلّه منحنی به عنوان سن میانگین C۱۴ نمونه گزارش شده است. برای تبدیل این سن به سن تقویمی باید سن میانگین کربن ۱۴ و انحراف معیار $\pm 1d$ و $\pm 2d$ از آن را از محور عمودی سمت چپ دیاگرام امتداد دهیم تا منحنی کالیبراسیون را قطع کنند. با امتداد دادن نقطه‌های قطع شده به سمت پایین، سن تقویمی روی محور افقی (Cal BP) به دست می‌آید که گزارش آن براساس منحنی توزیع، احتمال سمت چپ (احتمال ۶۸/۲ درصد برای $\pm 1d$ خطا) برای دسته اول و احتمال (۹۵/۴ درصد برای $\pm 2d$ خطا) برای دسته دوم در گوشه بالا سمت راست جدول گزارش شده است. با توجه به نحوه گزارش سن تقویمی می‌توان از سن تقویمی با خطای $\pm 1d$ (احتمال ۶۸/۲ درصد) و خطای $\pm 2d$ (یعنی ۹۵/۴ درصد) استفاده کرد (ر.ک Walker, 2005; Gurther, 1995).

بر اساس این، سن نیمه عمر لیبی اعلام شده (Result 9747 \pm 63BP) نمونه مورد آزمایش معادل BP ۱۱۱۲۰ با خطای $\pm 1d$ و BP ۱۱۰۶۰-۱۱۲۷۰ با خطای $\pm 2d$ سال، سن تقویمی نمونه مورد آزمایش از رسوبات بستر زیستی دشت شوشتر از محوطه فرهنگی ابوچیزان واقع در جنوب شرقی دشت است.

تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از نمونه‌های آزمایشگاهی و مقایسه نتایج تحلیل تمام عناصر نمونه‌ها با محیط آبرفتی محوطه‌های بررسی شده دشت شوشتر - که طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۵ مورد بررسی میدانی قرار گرفته‌اند - به طور کلی حاصل فرسایش سنگ‌های رسوبی کنگلومرای

1. PDB
2. Clender Year

طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس نهشته‌های ... _____ فرهنگ خادمی ندوشن و همکاران

بختیاری، سیلیستون و ماسه‌سنگ‌های سازنده آغاچاری و تبخیری‌های سازند گچساران است. بالا بودن کمیت عناصر نشانه، مانند نیکل و کرم در این نمونه‌های آزمایشگاهی می‌تواند به احتمال زیاد به دلیل آلودگی نمونه‌ها هنگام آماده‌سازی آزمایشگاهی باشد. بنابراین، می‌توان بیشتر روی عناصر اصلی تأکید داشت؛ زیرا نتایج آن‌ها قابل اعتمادتر است و کمتر تحت تأثیر آلودگی‌های حاصل از آماده‌سازی قرار گرفته است. بالا بودن میزان منیزیم (۴-۵ درصد) در برش‌های مختلف یکسان نیست. متوسط فراوانی (C/07) در خاک می‌تواند به دلیل غلبه مونتموری لونیت در کانی‌های رسی باشد؛ زیرا به دلیل سکونتگاه‌های انسانی نمی‌تواند ایجاد شده باشد.

بالا بودن غیرعادی فلئوئور در نمونه ۳-۵۶۸ خاک‌های عمیق‌تر از ۹ متر محوطه ابوچیزان، به دلیل اینکه فراوانی نسبی سدیم در این نمونه نیز بالاست، می‌تواند به علت تمرکز محلی نمک‌ها در خاک باشد. این فراوانی در میزان کلسیم و گوگرد به دلیل تمرکز محلی نمک‌ها در خاک است. این فراوانی در میزان کلسیم و گوگرد به دلیل کانی‌های تبخیری مانند تناردیت Na_2SO_4 نیز دیده می‌شود. این توصیه را نمی‌توان به راحتی برای فراوانی فلئوئور در نمونه ۰۱-۵۶۸ خاک‌های سطحی دامنه پدیمانی تپه ابوچیزان به کار برد؛ زیرا سدیم آن زیاد نیست. به هر حال، فراوانی فلئوئور با فرایندهای زیستی و استقرارهای انسانی چندان ارتباط ندارد. فراوانی بالای گوگرد در نمونه ۲-۵۶۸ (لایه سطحی ابوچیزان) همراه با فراوانی نسبی کلسیم به دلیل تمرکز محل ($\text{Ca SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) در افق‌های سطحی خاک است.

فراوانی به نسبت بالای کلسیم در مقابل فراوانی به نسبت پایین سولفور در نمونه ۰۱-۵۶۸ و ۱-۵۶۸ خاک عمق ۵ متر از سطح ابوچیزان، یعنی خاک بکر زیر اولین لایه استقرار آن‌ها، می‌تواند به دلیل افق‌های کلسیتی شده یا تراکم نرم‌تنان با پوسته کلسیتی یا آراگونیتی باشد که در بررسی دشت نمونه‌هایی از آن‌ها در سطوح مقاطع رسوب‌شناسی شناسایی شده است.

با توجه به اینکه فراوانی فسفر در خاک به عنوان یک شاخص سکونتگاهی و زیستی در نظر گرفته می‌شود، افزایش فسفر آلی می‌تواند به دلیل افزایش شدت سکونتگاهی باشد. فراوانی بالای آن در لایه‌های باستانی نمونه ۱-۷۰۰ لایه بکر تپه ایشان فرج، نمونه ۴-۷۰۰ لایه ۷ مقطع تپه ریغوه یک، نمونه‌های ۵-۷۰۰، ۶-۷۰۰ و ۷-۷۰۰ لایه‌های ۱، ۲، ۳ زیستگاهی تپه چغاچمبر، به میزان فسفر $\text{PP m} 1900 - 1820$ نسبت به خاک‌های نمونه‌های ۳-۵۶۸ و ۲-۵۶۸ و ۰۱ تپه ابوچیزان که به میزان فسفر $\text{PPM} 1150 - 880$ است، می‌تواند به دلیل وجود

سکونتگاه‌های فصلی چوپانی و نیمه‌دائمی بودن استقرارهای پیش از تاریخ منطقه ایجاد شده باشد.

میزان LOI مواد فرار نیز اگر در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و مدت دو ساعت اندازه‌گیری شده باشد، می‌تواند به‌عنوان شاخص سکونتگاهی تلقی شود. افزایش مواد آلی می‌تواند سبب افزایش آب و کربن دی‌اکسید در LOI شود. در تجزیه و تحلیل نمونه‌های مورد آزمایش تحت ۱۱۵۰ درجه سانتی‌گراد نمی‌تواند برای بازسازی محیط دیرین دشت شاخص مناسبی باشد. در مجموع، میزان کمی عناصر در آنالیز عادی بوده است؛ ولی هر چه به لایه‌های عمیق‌تر نزدیک‌تر می‌شویم، به میزان املاح کلسیم افزوده می‌شود. این افزایش به دلیل شرایط اقلیم نیمه‌خشک، سازند تبخیری گچساران و خاصیت موئینه‌گی و نمک‌سازی توسط آب‌های زیرزمینی صورت پذیرفته است.

نتیجه‌گیری

بر اساس فرضیه کربکی - که پژوهش‌هایی را درباره شناخت کلی چگونگی تشکیل برجستگی‌های زمین در دشت خوزستان انجام داده است - از پایان هزاره نهم تا هزاره دوم ق. م (۴-۱۱ هزار سال پیش) نهرها و مسیرهای اصلی آب منطقه در جلگه‌های مربوط به خود جاری بوده است.

تاریخ مطلق به‌دست‌آمده از خاک بکر تل ابوچیزان نشان می‌دهد که دو سه سده قبل از زمانی که کربکی تخمین زده است، شرایط زیستی بستر طبیعی پدیمان‌های پس‌کرانه‌های شرقی دشت شوشتر فراهم بوده است. داده‌های گیاهی و جانوری هم‌افق با نمونه آزمایشگاهی بر جاری بودن رودخانه‌های فصلی و رویش درختان اقلیم نیمه‌خشک و مرداب‌های کانالی تأکید دارند. با پس‌روی تالاب‌ها و مرداب‌ها به تدریج اراضی مرتعی و استپی قابل دسترس شده و به احتمال ۴ هزار سال بعد با تخلیه چغامیش دشت شوشتر پذیرای جوامع سوزیانای میانه متأخر شده است.

نتایج آزمایشگاهی XRF,AMS و بررسی میکروفسیل‌های محوطه‌های ابوچیزان و چغاچمبر، داده‌های جانوری و گیاهی و زیست‌بوم‌شناختی به‌دست‌آمده از بررسی دشت شوشتر را تأکید می‌کند. می‌توان نتیجه گرفت بعد از پلایستوسن، محیط دیرین دشت تالاب‌ها و مرداب‌های کانالی لب شور وسیعی پوشش می‌داده‌اند. با خشک شدن تدریجی تالاب‌ها در

طیف‌سنجی تابش مجهول فلورسنس نهشته‌های ... _____ فرهنگ خادمی ندوشن و همکاران

اواخر هولوسن قدیم EH اولین استقرارهای فرهنگی با ورود کوچندگان فصلی در فاز شوشان میانه ۳ بر تراس‌های بالایی جنوب‌شرقی دشت شوشتر ایجاد شده است. در هولوسن میانه هم‌زمان با شوشان متأخر ۱ و ۲، تمرکزهایی در بخش‌های شمالی، جنوبی و شرقی دشت ایجاد شده است، سپس دگر باره با افزایش وسعت تالاب‌ها بر اثر تغییرات اقلیمی در دوره اوروک، جمعیت کمی در دشت حضور یافته‌اند.

در پایان دوره اوروک، حرکات تکتونیکی و تغییرات اقلیمی به تغییر دامنه اغلب رودخانه‌های فصلی شرق دشت و کارون در نیمه غربی منجر شده است. بعد از این رخداد در فاز شوش III، دشت حداقل مراکز جمعیتی را (دومحوطه) داراست که در وسعت کم و به‌طور موقت بوده‌اند.

به تدریج در دوره شوش IV مراکز در شمال، جنوب‌شرق و حاشیه شرقی رود کارون ایجاد شده است. با خشک شدن تالاب‌ها و تغییر دامنه کارون به سمت غرب، در فاز هولوسن متأخر ساکنان عیلامی با آگاهی از دانش هیدرولیکی، به ساخت کانال‌ها و توسعه کشاورزی پرداخته‌اند. منحنی رشد مراکز استقراری در عیلام میانه در دشت به حداکثر خود (۲۲ محوطه) رسیده است. با کاهش توان اراضی زراعی حاصل از برداشت‌های متوالی محصولات، در اواخر هولوسن جدید هم‌زمان با فاز عیلام جدید، بار دیگر دشت شوشتر با کاهش جمعیت روبه‌رو شده است.

سرانجام با حمله آشور بانیپال در ۶۴۶ ق. م به امپراتوری عیلام، دشت شوشان و شوشتر تخلیه شد و ساکنان آن به دشت‌های میان کوهی فارس و بختیاری تغییر مکان دادند. بعد از به قدرت رسیدن امپراتوری هخامنشی، جلگه خوزستان دیگر بار شکوفای فرهنگی خود را بازیافت.

منابع

- Butzer, W. (1975). "Patterns of Environmental Change in the Nearast during the Late Pleistocene and Early Holocene Time" in *Problemes in Prehistory: North Africa and The Levant*. Ed. Fred wendort and A. E. Marks. Dallas: Southern Methodist University Press.

- Delougaz, Pinhas and Helene Kantor. (1996). *Chogha Mish: The First Five Seasons of Excavation 1961-1971*. Ed. Abbas Alizadeh. Oriental Institute Publication. Vol. 1. University of Chicago.
- Ferring, C. Raid. (1992). *Alluvial Pedology and Geographical in Soil Archaeology by Vance T Holliday*. PP. 1-39. Printed by Smithsonian Institution USA.
- Gladfelter, G. Bruce. (1992). *Soil Properties of Sediments in Soil in Archaeology Landscape Evolution & Human Occupation*. Ed. Vincent Holliday. PP. 145-168.
- Hole, Frank. (1987). *The Archaeology of Western IRAN: Smithsonian Institution Press*. Washington, D. C. London.
- Johnson, G. A. (1973). *Local Exchange and Early State Development in South Western Iran*. Ann Arbor University of Michigan, Museum of Natural History, Bulletin Number 51.
- Larsen, E. Curtis. (2007). "The Mesopotamian Data Region: Areconsideration of Lees and Falcon". *Journal of American Oriental Society is Currently*. Published by American Oriental Society.
- Lees and Falcon. (1952). "The Geographical History of the Mesopotamian plain". *The Geographical journal*. 68. PP. 24-39.
- Levine, LouisD. (1973) "Geographical Studies in the Neo-Assyrian Zagros". *Iran*. 11: PP. 1-27.
- Mandel, D. Rolf. (1992). *Soil and Holocene Landscape Evolution in Center and South Western Kansas: Implications for Archaeological Research. Soil in archaeology Landscape Evolution and Human Occupation*. Ed. Vance T. Holliday. PP. 41-101. Smithsonian institute.

- Moghadam, Abbas and N. Miri. (2003). "Archaeological Research in The Mianab Plain of Lowland Susiana. South Western Iran" in *IRAN*. 41: PP. 99-137.
- Pierzynski, Gary M. J, Thomas Sims and George. F, Vance. (2005). *Soil and Environmental quality*. Third Edition Published by CRC Press, Taylor & Francis Group's.
- Sander, Jonathan A. (1992). *Long Term Effects of prehistoric Agriculture on soil Archaeology*. By Vincent Holliday. PP. 217-248. Printed by Smithsonian Institutions.
- Veenenbos. J. S. (1958). *Unified Report of The Soil and Land Classification of Dezful project Khuzestan Iran*, Food and Agriculture Organization of The USA.
- Wasner, Gunther A. (1995). *Age Determination of Youn Rocks and Artifacts*; Institute of Archaeometry. Translated Dr. Solveig Schieg 1998. Institute of Archaeometry, From German, Springer.
- Walker, M. (2005). *Quaternary Dating Methods*, John wiley & Sons, LTD.