

بررسی عوامل و شرایط درونی تخریب کتیبه بیستون کرمانشاه با استفاده از دستگاه رادار

امجد ملکی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران *

وصول: ۱۳۹۰/۱/۳۱ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰، صص ۱۴۰-۱۲۹

چکیده

آثار حکاکی شده بر روی دیواره‌های سنگی، میراث فرهنگی این مرزوبوم و نشان از تمدن‌های غنی ایران زمین است که حفاظت و مرمت آنها وظیفه تیم‌های علمی با همکاری متخصصان مرتبط است. ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیک از جمله این علوم می‌باشند. در این راستا در تحقیق حاضر سعی شده شرایط ساختمانی و درزو شکاف و شکستگی‌های ریز در کتیبه بیستون بعنوان یک اثر بین‌المللی به کمک داده‌های حاصله از علم ژئوفیزیک شناسائی و با بهره‌گیری از داده‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی نوع تخریب و راهکارهای مرمت ارائه گردد. کتیبه بیستون بر روی دیواره بلند (گسل معروف) زاگرس شکسته در ناهمواری‌هایی به همین اسم واقع شده است. وجود شکستگی‌ها، درزو شکاف، ضخامت زیاد آهک و اقلیم گذشته (پالئوکلیما) شرایط بسیار مساعدی را جهت تخریب این اثر حکاکی شده در نتیجه فرایند انحلال و ایجاد حفره‌های کارستی در پشت اثر ایجاد نموده است. نتایج حاصله از عملیات میدانی گسترده توسط دستگاه رادار نفوذی و برداشت پنج پروفیل در نقاط و جهت‌های مختلف کتیبه، آزمایشات پتروگرافی و استفاده از نرم افزارهای تخصصی نشان می‌دهد که در قسمت سمت راست کتیبه در عمق سه متری آثاری از درز و شکاف‌های ریز، گسستگی، حفره‌های حاصل از انحلال و پدیده‌های کارست وجود دارد که محل نفوذ نزولات جوی از بالا دست و جریان در پشت کتیبه را تأیید می‌کند، بطوریکه در چند نقطه می‌توان محل خروج نزولات جوی نفوذ یافته به پشت کتیبه را مشاهده نمود. با همکاری متخصصین علوم در رشته‌های مختلف (ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیک) این تحقیق نشان می‌دهد که مهمترین عامل تخریب کتیبه وجود درز و شکاف‌های زیاد و نفوذ نزولات جوی و پدیده انحلال در پشت کتیبه است که باید در امر حفاظت و مرمت روش‌های مشخص متناسب با عوامل تخریبی فوق (توسط متخصصان ذیربط) در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: کتیبه بیستون، تخریب، ژئومورفولوژی، انحلال، رادار

۱- مقدمه

باز کرد. دانش علمی دکارت و مطالعه او روی چرخ،
سطح شیب دار و مفهوم تعادل در ارتباط با اصل
جابجایی مجازی پیشرفت کرد. ناویر، در مورد
خمیدگی ارتجاع تیرها و کولمب، درباره پخش تنش
وارد در پایه‌ها و نیروی وارد بر دیواره‌های باقیمانده
از اعصار گذشته همگی تئوری پژوهش‌های علمی در

طی قرن‌های متمادی دانشمندان زمان در خصوص
اهمیت علوم و نقش آن‌ها در زمینه‌های مختلف
زندگی انسان پژوهش‌هایی انجام داده‌اند. گالیله با
درک مستقیم و عمیق ذاتی خود و توانایی مشاهده
و پیش بینی مسائل، درهای جدیدی را به روی علوم

(۱۳۷۶) در آسیب شناسی عمده ترین نقش برجسته‌های کرمانشاه و پیشنهاد راه حل‌های حفاظتی آن، به معرفی آثار پرداخته و در یک تقسیم بندی کلی آسیب‌های نقوش را شامل: درزها، حفره‌ها، تورق، رشد گیاهان بیان نموده و به علل ایجاد تخریب و آسیب‌ها می پردازد. دو اثر فوق در دسته دوم قرار می گیرند. مطالعه و تجزیه و تحلیل بنای تاریخی می تواند از سه جنبه کلی تاریخی، هنری و ساختاری آن باشد. جنبه تاریخی بنامی تواند مسائلی از قبیل ویژگی‌های سیاسی، اجتماعی و اقتصادی دوره و محلی که بنا در آن احداث شده همچنین گاه نگاری وقایع اتفاق افتاده در بنا و غیره را در بر گیرد.

توجه به مسایل زیبایی شناسی، مفاهیم ساخت و تناسبات، کیفیت اشکال هنری و غیره مربوط به مطالعات هنری بنا هستند و سرانجام بررسی و تجزیه و تحلیل ساختار بنا، شامل نوع مواد و مصالح بکار رفته و آسیب‌ها و فرایندهای فرسودگی آن می شود. این پژوهش به موضوع اخیر یعنی مطالعه ساختار می پردازد. انجام هر گونه اقدامات حفاظت و مرمت در رابطه به آثار سنگی تاریخی مستلزم شناخت دقیق از اثر، عوامل تخریب و تأثیر گذار بر آن و نتایج حاصل از این تأثیرات است.

عواملی که می تواند یک بنای تاریخی (سنگ نبشته) را تحت تأثیر قرار دهند به دو گروه اصلی - ژئودینامیک درونی - عوامل ژئودینامیک بیرونی تقسیم بندی می شوند.

- عوامل درونی: عواملی هستند که به ماهیت و موقعیت مکانی و ساختار زمین شناسی و جنس سنگ بنا بر می گردد. هر کدام از این عوامل می توانند

مورد بناها و بخصوص آثار سنگی را در یک دوره ۲۰۰ ساله پایه گذاری کردند. کامیلو بوتیور معمار و نویسنده ایتالیایی در تألیف خود، معماران امپراطوری رم (۱۸۳۶) با پایه گذاری مرمت مدرن، اهمیت علوم مختلف در مرمت را مطرح کرد. طبق نظر ایشان مرمت باید با علم و آگاهی صورت گیرد و بدون مطالعه و شناخت پیرامون اثر سنگی نباید دست به کاری زد. لویی پاستور (۱۸۶۳) در هنر باستان به تحقیقات انفرادی بعد تازه‌ای می‌بخشد. او در خصوص مشکلات و آسیب‌های سازه ای و نه فرسودگی و تخریب به مطالعه و بررسی پرداخته است. در تألیف والفرام به نام بناهای تاریخی (۱۹۹۸) نخستین برخورد علمی در حفاظت یک بنای تاریخی که آن را می توان به سنت پترز در نیمه قرن ۱۸ نسبت داد، صورت می گیرد. والفرام به بررسی پدیده مربوط و تشکیل ترک‌ها روی گنبد سنت پترز که در مدت کوتاهی پس از تکمیل آن‌ها ظاهر شده بود می‌پردازد. هادیان (۱۳۸۶) در کاربری پژوهش‌های آزمایشگاهی کلیه عواملی که بناهای تاریخی را تحت تأثیر قرار می‌دهند به دو گروه اصلی عوامل درونی و بیرونی تقسیم کرده و همچنین به بررسی ساختار بناها شامل نوع مواد و مصالح بکار رفته و آسیب‌ها و فرایندهای فرسودگی می‌پردازد. آمورسو و فاسینا در اثر خود فرسودگی سنگ و حفاظت از آن (۱۳۷۰) هوازدگی سنگ بر اثر آب، نمک‌های محلول، یخبندان و تأثیر دی اکسیدکربن را مورد بررسی قرار داده اند. والفرام کلایس و پترکلاپمر در تألیف خود بیستون کاوش‌ها سال‌های ۱۹۶۳ تا ۱۹۶۷ به بررسی موقعیت جغرافیایی کوه بیستون و همچنین تشریح بخش‌های مختلف کتیبه و میزان تخریب آن می‌پردازد. مهدی آبادی

مستقل یا توأم با هم و به شکل پیچیده ای وضعیت بنا را تحت تأثیر قرار دهند.

- عوامل بیرونی: این عوامل که منشأ خارجی یا محیطی داشته به همراه فعالیت‌های انسانی به طور مداوم و طولانی مدت، آثار را تحت تأثیر قرار داده و به تدریج آن‌ها را فرسوده و تخریب می‌کنند. (محمودی ۱۳۶۸)

در تحقیق حاضر به کمک نمونه برداری از سنگهایی از اطراف کتیبه و آزمایش پتروگرافی همچنین دستگاه رادار و عملیات میدانی اقدام به شناسائی ساختار و عوامل تخریب و موقعیت نقاط در معرض آسیب بویژه از نظر درزو شکاف و تحول کارست (حفره‌های انحلالی) دیواره بیستون می‌پردازیم. کرمانشاه منطقه ای است با پیشینه تاریخی بسیار طولانی، موقعیت جغرافیایی و استراتژیک، وجود سراب‌ها، نهرها و رودخانه‌های پر آب، منابع طبیعی فراوان، چشم اندازهای زیبا و در نهایت تقدس، شکوه و عظمت کوه بیستون سبب شد تا از روزگاران کهن، مجموعه تاریخی ارزشمندی در آن پدید آید. شواهد و مدارک باستان شناسی حاکی از آن است که این محدوده از ۴۰ هزار سال پیش تاکنون مأمن انسان‌های بی شماری بوده است. بیشترین شهرت این ناحیه به دوران ساسانیان برمی گردد، نام کنونی کرمانشاه هم به همین زمان برمی گردد. (مرادی، ۱۳۸۲) در نظر اجمالی می‌توان فهمید که برجسته ترین آثار تاریخی کرمانشاه، آثار سنگی است اهمیت تاریخی و تنوع عوامل تخریبی کتیبه بین‌المللی و جهانی داریوش همچنین عدم مطالعه و شناخت دقیق عوامل و موقعیت مکانی تخریب این اثر از منظر ژئومورفولوژی با استفاده از رادار سبب

انتخاب این نقش از میان دیگر آثار سنگی برای مطالعه و بررسی شده است.

- موقعیت منطقه مورد تحقیق (کتیبه بیستون به عنوان یک اثر بین‌المللی)

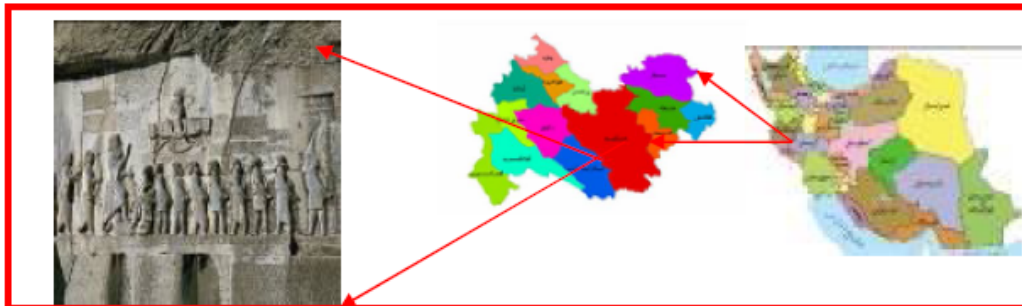
کتیبه بیستون و نقش برجسته داریوش اول یکی از با ارزش ترین یادگارهای ادبی و تاریخی ایران و در سی کیلومتری شمال شرقی شهر کرمانشاه و در شمال شهرستان هرسین بر روی صخره معروف به دیواره بیستون (زاگرس مرتفع و خرد شده) حجاری شده است، از این کوه در متون تاریخی بنام‌های بغستان به معنی جایگاه خدایان «بغ»، بهیستون، بهستون، بهستان و بیستون یاد شده است (مرادی، ۱۳۸۲).

این اثر شامل دو بخش، نقوش برجسته و کتیبه‌ها است:

نقوش برجسته در سطحی به طول ۶ متر و عرض ۳ متر و عمق ۲۰ سانتی متر حجاری شده اند که شامل تصویر داریوش، کماندار و نیزه دارشاهی و ۱۰ تن شورش است، یکی از شورشیان در زیر پای داریوش و ۹ تن دیگر در مقابل او قرار دارند و سرهای همه بجز نفر اول با طنابی بهم وصل شده است. بالای سر هر کدام کتیبه ایست که نام شورش و محل شورش را مشخص می‌کند. اندازه هشت تن از اینان ۱۲۶ سانتی متر و نفر آخر ۱۳۸ سانتی متر می‌باشد. شاه چهره اصلی را دارد و به اندازه طبیعی ۱۸۱ سانتی متر حجاری شده است. در بالای سر شورشیان و در مقابل داریوش نقش فروهر یا نماد اهرامزدا قرار گرفته که دست راستش را به تأیید کارهای داریوش بالا برده است. کتیبه‌ها به خط میخی و به سه زبان: زبان فارسی باستان: (دره ستون به طول ۹ متر و ۲۰ سانتی متر و عرض ۳ متر و ۶۳ سانتی متر) با ۴۱۴ سطر در زیر نقوش، زبان ایلامی:

لحاظ تاریخی این است که بزرگترین کتیبه فارسی باستان است که براساس آن، وسعت جغرافیایی ایران زمان داریوش، نام قدیمی مکان‌های جغرافیایی کنونی، اشخاص واقوام همسایه ایران را در آن زمان می‌توانیم بشناسیم، ضمناً نشان می‌دهد که هخامنشیان تاریخ گذاری خاص خود را داشته‌اند و زبان فارسی باستانی یک زبان محلی است که فقط در آن دوره تکلم می‌شده است. (کلایس و همکاران، ۱۳۸۵) این کتیبه از مشهورترین کتیبه‌های میخی جهان است چرا که بیشترین کمک را به رمزگشایی فارسی باستان و خط میخی کرده است کخ (۱۳۷۶). این اثر ارزشمند توسط سازمان یونسکو در تیرماه ۱۳۸۵ با شماره ۱۲۲۲ به ثبت جهانی و بین‌المللی رسید (شکل ۱).

در ۵۹۳ سطر در ۸ ستون که به دو بخش تقسیم می‌شود یکی در سمت راست کنار نقوش برجسته (به طول ۵ متر و ۶۰ سانتی متر و عرض ۳ متر و ۷۰ سانتی متر) و دیگری در سمت چپ در امتداد خطوط فارسی باستان (به طول ۵ متر و ۶۷ سانتی متر و عرض ۳ متر و ۶۳ سانتی متر)، زبان اکدی یا بابلی: در قسمت بالای کتیبه ی سمت چپ ایلامی به شکل ذوزنقه (به طول ۴ متر و عرض در قسمت بالای ۲ متر و ۳۱ سانتی متر) در ۱۱۲ سطر حجاری شده‌اند (مهدی آبادی، ۱۳۷۶) کتیبه بیستون مهمترین سند تاریخی زمان داریوش است، چراکه وقایع را از زبان خود بازگو می‌کند و بدون هیچ تحریفی به دست ما رسیده است. کتیبه بیستون در ۵۲۰ پیش از میلاد حجاری شده است، یکی از نکات مهم این اثر از



شکل ۱ - موقعیت کتیبه بیستون در استان کرمانشاه

شدگی کانال‌های زیرزمینی توسعه زیادی در این بخش از زاگرس ایجاد نموده است. از آنجا که تحقیق حاضر بر پایه اثرات تخریب کارست بر کتیبه بیستون به کمک پتروگرافی و رادار در ناهمواریهای بیستون - پراو (دیواره مرتفع بیستون) صورت گرفته و این بخش از زاگرس هم از نظر لیتولوژی (وجود سنگ‌های انحلال پذیر مثل آهک)

چشمه کارستی (وکلوزین) بیستون در پای دیواره بیستون بخشی از آبخوان کارستی ارتفاعات آهکی بیستون را تخلیه می‌نماید جایی که آثار حکاکی شده بر روی آن واقع شده است. با توجه به شرایط تکتونیکی و اقلیمی منطقه و همچنین خصوصیات لیتولوژیکی سازند مذکور، پدیده‌های انحلال از قبیل توسعه سیستم درزها و شکاف‌ها و پدیده انحلال و باز

۴- آزمایش پتروگرافی

در این آزمایش از نمونه‌های سنگ برش‌های نازک تهیه می‌گردد و پس از رنگ آمیزی با محلول آلزارین و استفاده از میکروسکوپ پلاریزان اقدام به عکس برداری و سپس شناسایی و تحلیل تخلخل و جنس در نمونه سنگ مورد نظر پرداخته می‌شود. در این پژوهش جهت شناسایی تخلخل و ترکیبات کتیبه از روش فوق استفاده شده است.

۵- رادار (GPR)

رادار یک سیستم رادیویی است که کشور انگلستان در جنگ جهانی دوم از آن برای تشخیص اهداف دشمن استفاده می‌کرد. از آن زمان تا کنون رادارهای مختلفی ساخته شده‌اند که از آن جمله می‌توان رادارهای پالسی و رادارهای هموگرافیک را نام برد. در کارهای ژئوفیزیک منظور از رادار، رادارهای پالسی می‌باشد، در کارهای الکترومغناطیسی از آن استفاده می‌شود، در کارهای اکتشافی زمینی رادارهای پالسی متفاوتی وجود دارد که همه آن‌ها در گروهی به نام GPR جمع‌آوری می‌شوند. داده برداری با رادار مشابه استفاده از ردیاب صوتی و روش لرزه‌ای انعکاس است با این تفاوت که رادار بر اساس امواج الکترومغناطیس کار می‌کند. یک علامت کوتاه از انرژی الکترومغناطیس با فرکانس بالا (۱۰ تا ۱۰۰۰ مگاهرتز) به سمت زمین فرستاده می‌شود و یک موج به سمت پایین در داخل زمین ایجاد می‌کند. به علت تغییرات در خواص الکتریکی سنگ‌های مختلف امواج فرستاده شده پس از برخورد به سطح جداکننده این سنگ‌ها به سطح زمین باز می‌گردد. در روی سطح یک دریافت کننده انرژی انعکاس داده شده را بر حسب زمان رسید نشان می‌دهد. زمان تأخیر موج فرستاده

هم از نظر زمین ساختی (وجود درز و شکاف و گسل) شرایط لازم جهت تخریب و ایجاد اشکال کارستی مثل حفره‌های زیر زمینی را دارا است ابتدا به شرح مختصری از شرایط ایجاد و تحول ژئومورفولوژی کارست، آزمایش پتروگرافی و ارزش رادار در شناسایی عوامل تخریب این آثار می‌پردازیم.

۳- کارست

واژه کارست karst از نام جغرافیایی ناحیه شمال غربی یوگسلاوی که نزدیک مرز ایتالیا گسترش دارد گرفته شده است. فرایند کارستی شدن نتیجه نفوذ آب به داخل توده‌های قابل حل می‌باشد (افراسیایان ۱۳۷۲) علاوه بر انحلال پذیری، قابلیت تراوایی نیز یک عامل مهم به شمار می‌آید. عامل اصلی قابلیت تراوایی سنگ‌های کربناته، درز و شکاف دار بودن این سنگ‌ها است. سنگ‌های آهکی مخصوصاً اگر به صورت لایه‌های ضخیم و توده ای باشند (لایه‌های توده ای و ضخیم آهک بیستون)، بسیار شکننده هستند. فرایندهای تکتونیکی شدید باعث بوجود آمدن سیستم‌های درز و شکاف بسیاری می‌شوند که آب می‌تواند از این طریق به قسمت‌های عمیق توده سنگ ضخیم انتقال یابد. قطعه قطعه شدن توده سنگ‌ها در اثر فرایندهای تکتونیکی عامل مهمی در کارستی شدن بوده که به طور افقی و عمودی عمل می‌نماید (ملکی، ۱۳۸۰) در لایه‌های توده ای آهک بیستون که فرایند تکتونیک سبب ایجاد درز و شکاف بسیار در آن شده است، نفوذ آب ناشی از ریزش باران و ذوب برف از طریق درز و شکاف‌ها انحلال سنگ آهک و ایجاد شکستگی و در نتیجه تخریب کتیبه‌ها را به دنبال دارد.

نقشه‌های توپوگرافی جهت شناسایی موقعیت
ناهمواری‌های محل کتیبه از نظر شیب، جهت و ...

تصاویر ماهواره‌ای

نقشه لیتو لوژی جنس پی سنگ کتیبه و اطراف آن
برای شناسایی جنس و میزان ترکیبات مختلف

کمپاس به منظور تعیین موقعیت و جهت
درزوشکاف‌های سطحی منطقه

ابزار آزمایشگاهی برای بررسی‌های پتروگرافی

دستگاه رادار GPR جهت شناسایی نوع و میزان

تخریب در عمق کتیبه

Liberty, L.M., Hemphill- Haley, M.A., Madin,
I.P

Eyuboglu, H. And Mahdi, H. Al-Shukri, H
Slater, L., Niemi, T.M

Rossetti, D.F

- روش تحقیق

در این بخش از پژوهش جهت دستیابی به یک
نتیجه قابل اعتماد و علمی به دو روش کتیبه و ارتفاعات
اطراف مشرف به آن بررسی گردید.

- نمونه برداری و آزمایشات پتروگرافی

برای نمونه برداری بازدیدهای متعدد و عملیات
صحرایی دقیق انجام گرفت چرا که باید نمونه‌ها از
جاهائی انتخاب می‌شد که به کتیبه آسیب نرسد و در
عین حال به نتایج واقعی هم منجر می‌گردید. در
مجموع چهار نمونه از اطراف و ارتفاعات بالای کتیبه
انتخاب گردید، سپس در آزمایشگاه از نمونه‌های
برداشت شده، برش‌های نارک به ضخامت ۰.۳/
میلیمتر تهیه و سپس با محلول آلزارین
(Alizarin, Red, s) رنگ آمیزی و با میکروسکوپ
پلاریزان مجهز به دوربین عکس برداری مورد مطالعه
قرار گرفتند. در نهایت، با تحلیل نتایج به دست آمده

شده و موج دریافتی تابعی از سرعت لایه و عمق باز
تابنده است. رادار نمودار فاصله افقی برحسب زمان را
رسم می‌کند (لایبرتی و همکاران ۲۰۰۳) ^۱. از رادار در
بررسی‌های گوناگونی مانند اکتشافات باستانی، جاده
وراهسازی، پیدا کردن عمق پی سنگ، بررسی‌های
رسوبی، آشکارسازی نشتی آب و غیره استفاده می
شود. (ایبوگلو و همکاران ۲۰۰۴) ^۲. به همین دلیل در
تحقیق حاضر سعی شده از تغییر سرعت امواج در
اعماق مختلف و تحلیل آن توسط نرم افزار به
تغییر جنس سنگ، وجود درز و شکاف و فضاهاى خالی
حاصل از انحلال پی برد.

روش برداشت داده‌های بازتابی رادار شامل ۴
روش است، که عبارتند از (اسلاتر ۲۰۰۳) ^۳. الف -
روش دور افت مشترک ب - روش نقطه عمقی
مشترک ج - روش چشمه مشترک د - روش گیرنده
مشترک بیشترین مطالعات رسوب شناسی با استفاده از
روش دورافت مشترک صورت می‌گیرد و از
پروفیل‌های بازتابی دو بعدی رادار برای تشخیص
دادن ناپیوستگی زیرسطحی استفاده می‌شود (روستی
۲۰۰۳) ^۲. می‌توان به کمک رادار بر روی کتیبه بیستون
به بررسی وضعیت درز و شکاف‌ها فضاهاى خالی
(کارستی) احتمالی موجود در عمق (پشت دیواره) پی
برد.

۶- ابزار و روش تحقیق

برای رسیدن به اهداف پژوهش حاضر به کمک
آزمایش پتروگرافی و رادار مراحل ذیل انجام شده
است

ابزار مورد استفاده: GPS (سیستم موقعیت جهانی)
برای تعیین موقعیت ریاضی کتیبه گسل‌ها و
شکاف‌های عمده منطقه و محل برداشت پروفیل‌ها

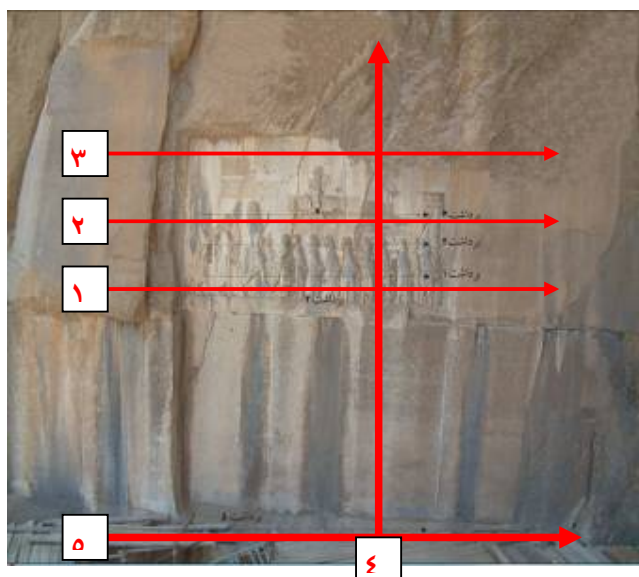
تخلخل و ترکیبات نمونه‌های برداشت شده از اطراف کتیبه که از همان جنس دیواره بودند به دست آمد.

- استفاده از رادار

از آنجاکه از روی مشاهده تغییرات سرعت و روند امواج راداری ثبت شده ارسالی به اعماق متفاوت زمین می‌توان به تغییرات جنس سنگ‌ها همچنین وجود درز و شکاف و محدوده‌های خلا پی برد، جهت شناسائی درز و شکاف و محیط‌های انحلالی در پشت دیواره کتیبه اقدام به بررسی میدانی و برداشت پروفیل‌هایی بر روی کتیبه گردید. در این مرحله نیز بمنظور دستیابی به داده‌های دقیق و علمی در یک شرایط جوی مناسب (خشکی زمین جهت نفوذ امواج به درون زمین) در تابستان ۸۷ در سه نوبت اقدام به

شناسائی موقعیت منطقه و تعیین مسیر پروفیل‌ها گردید. مسیر پروفیل‌ها به گونه‌ای انتخاب گردید که بتوان سطح بیشتری از کتیبه را با امواج پوشش داد. به همین منظور پنج مسیر انتخاب گردید سپس در نوبت‌های بعدی با هدایت دستگاه رادار ۵۰۰ مگاهرتز به ارتفاع بالا با توجه به شرایط و طول و عرض کتیبه اقدام به عملیات میدانی و برداشت داده‌ها (پنج پروفیل) گردید.

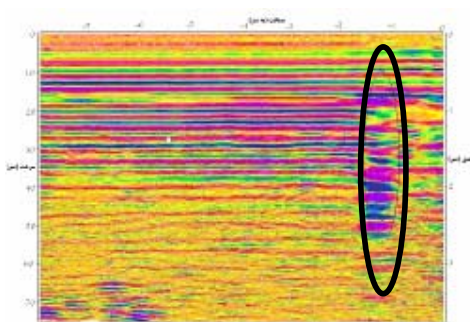
از پنج پروفیل فوق سه پروفیل در جهت افقی (موازی با جهت طولی کتیبه) یک پروفیل در جهت عمود بر کتیبه و یک پروفیل بر روی تراس (تاقچه) پای کتیبه برداشت شد (شکل ۲).



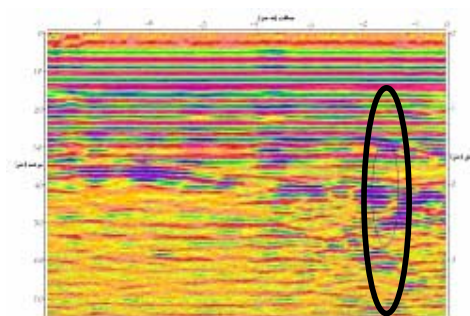
شکل ۲- موقعیت برداشت پروفیل‌های برداشت شده روی کتیبه با استفاده از رادار

جهت مشخص نمودن جنس، وجود درز و شکاف، گسل و محل‌های انحلال حاصل از پدیده کارست و نفوذ آب اطلاعاتی را به دست آورد (شکل‌های ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷).

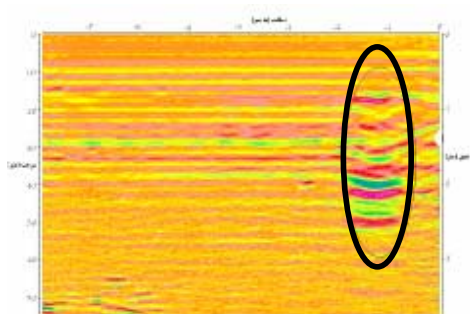
داده‌های برداشت شده در عملیات میدانی بر روی کتیبه توسط رادار در پنج مسیر مستقل توسط نرم افزار reflex2w مورد تجزیه و تحلیل دقیق قرار گرفت تا از امواج ارسال شده از سطح کتیبه تا عمق سه متری



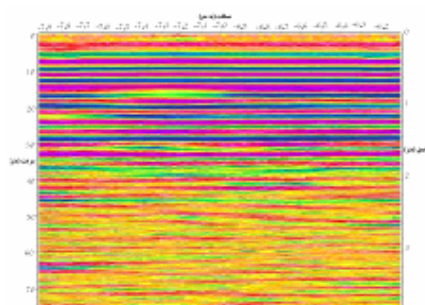
شکل ۳- برداشت اول در مسیر افقی روی کتیبه



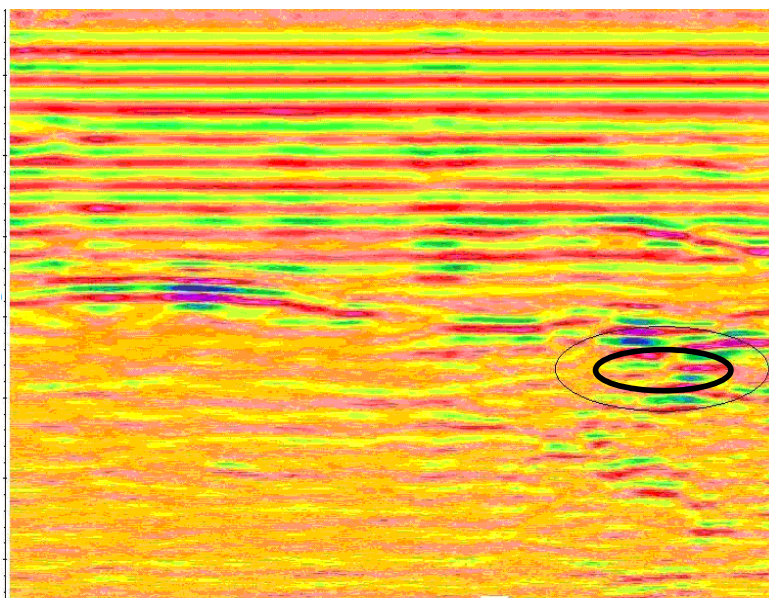
شکل ۴- برداشت دوم در مسیر افقی روی کتیبه



شکل ۵- برداشت سوم در مسیر افقی روی کتیبه



شکل ۶- برداشت عمودی (چهارم) در عمود بر مسیر طولی روی کتیبه



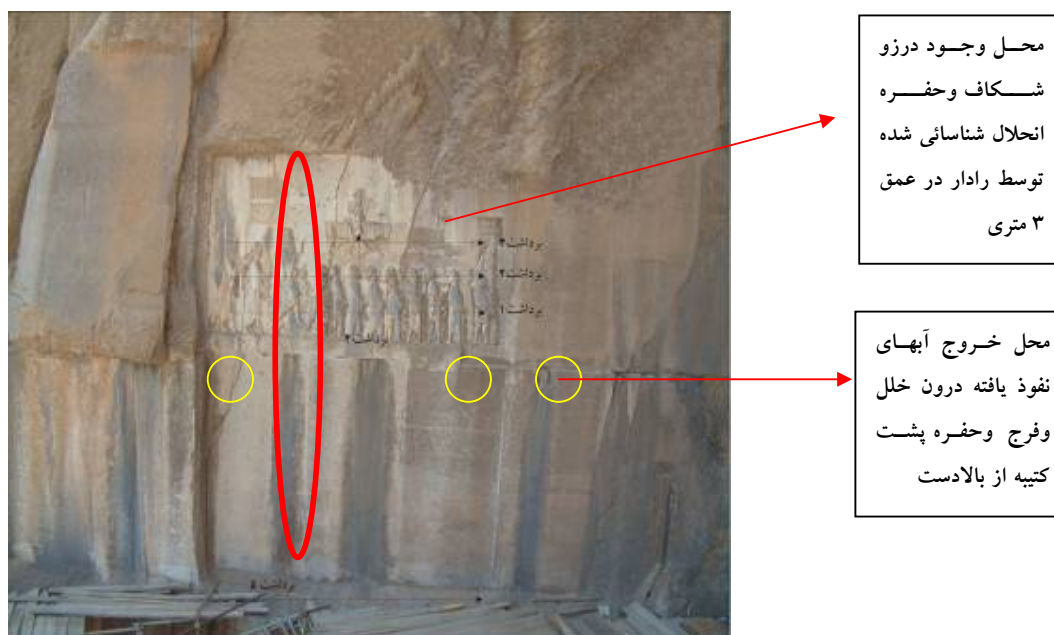
شکل ۷- برداشت پنجم در مسیر افقی روی طاقچه (پای) کتیبه

۷- یافته‌های پژوهش

با توجه به اینکه از یک طرف کتیبه بر روی ناهمواریهای بیستون (زاگرس شکسته) واقع شده که دارای ساختمان و زمین ساخت بسیار پیچیده و خرد شده ای است و از طرف دیگر پی سنگ کتیبه از جنس آهک تشکیل شده، شرایط اقلیمی (پالئوکلیم)، شرایط مساعدی را جهت توسعه پدیده‌های کارستی در منطقه و در ارتفاعات محل کتیبه به وجود آورده است.

وجود درزو شکاف در سطح ناهمواری‌های منطقه وجود نزولات جوی (به صورت برف) زیاد در ارتفاعات منطقه سبب نفوذ بخش عظیمی از نزولات جوی به درون زمین شده است بطوریکه نتایج حاصل از آزمایشات پتروگرافی نشان می دهد که با توجه به وجود انواع تخلخل در سنگ‌هایی که کتیبه روی آنها حکاکی شده همچنین پر شدن این تخلخل‌ها با سیمان کلسیت که بافت متفاوتی با متن ریز بلور میکرولیتی

زمینه سنگ دارد، توسعه تخلخل ناشی از انحلال کلسیت اجتناب ناپذیر است، علاوه بر این استفاده از امواج رادار بر روی کتیبه و مشاهده تغییرات روند ثبت امواج علی رغم یک جنس بودن سنگ ولی متفاوت بودن روند رنگ امواج برگشتی همچنین تحلیل آنها با نرم افزارهای مربوطه *reflex2w*، حصول نتایج در نمودارهای ۳ الی ۷ نشان می دهد که در نتیجه شرایط موجود یک حفره عمود بر جهت طولی در عمق سه متری ایجاد شده که محل مناسبی جهت نفوذ آب و توسعه کانال را در پشت کتیبه ایجاد کرده است. تخلیه نزولات جوی نفوذ یافته به داخل کانال فوق در محل لایه بندی (قطع شدگی) بخش میانی در سمت راست کتیبه، دلیل آشکاری بر نفوذ آب در حفره‌های انحلالی پشت کتیبه و تائید نتایج حاصل از پژوهش حاضر است (شکل ۸).



شکل ۸- موقعیت و محل وجود درز و شکاف و حفره انحلالی در عمق تقریباً ۳ متری از سطح کتیبه شناسائی شده توسط دستگاه رادار

۸- نتیجه‌گیری

ژئوفیزیکی به کمک عملیات میدانی با استفاده از رادار (ژئوفیزیک) می‌توان در شناسائی نوع و میزان و موقعیت تخریب یک اثر ملی و بین‌المللی مانند آثار حکاکی شده بر روی دیوارهای سنگی (سنگ نبشته حکاکی شده بر روی دیواره بیستون) و ارائه راهکارهای مناسب به متخصصین باستان‌شناس در امر حفاظت و مرمت یاری رساند، بگونه‌ای که این امر به تنهایی برای هریک از تخصصهای فوق در ارتباط با نتایج حاصله میسر نمی‌باشد. همانطور که توضیح داده شد به کمک داده‌های ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی مشخص گردید که پشت دیواره بیستون در محل سنگ نبشته‌ها تراکم شکستگی و یک حفره کارستی در سنگ‌های آهکی انحلال پذیر وجود دارد که در ظاهر هم دیده نمی‌شد ولی با توجه به تشخیص جنس و تخلخل سنگ (زمین‌شناسی)

استفاده از تکنیک‌های جدید، کارهای میدانی و داده‌های علوم مختلف جهت نیل به یک نتیجه علمی و دقیق می‌تواند در ارائه راهکارهای مناسبتر و کاربردی نمودن نتایج تحقیقات از جمله جغرافیا بسیار راه‌گشا باشد.

این تحقیق نشان می‌دهد که بکارگیری داده‌های علوم مختلف و استفاده از آنها بصورت ترکیبی و تکمیلی در بسیاری از موارد می‌تواند در شناسائی مشکلات و ارائه راهکارهای مناسب متناسب با نوع و عامل مشکل بکارگرفته شود (علم جغرافیا). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به کمک داده‌های ژئومورفولوژی (مشاهده و شناسائی اشکال و شرایط تحول کارست)، داده‌های زمین‌شناسی حاصل از کارهای آزمایشگاهی (پتروگرافی) و داده‌های

کلایس، کلایمر، والفرام و پتر، (۱۳۸۵)، بیستون کاوش‌ها و تحقیقات ۱۹۶۳-۱۹۶۷، ترجمه فرامرز نجد سمیعی، تهران، انتشارات سازمان میراث فرهنگی.

کریستین سن، آرتور، (۱۳۷۵)، ایران در زمان ساسانیان، ترجمه رشید یاسمنی، تهران، انتشارات دنیای کتاب.

مرادی، یوسف، (۱۳۸۲)، سیمای فرهنگی کرمانشاه، تهران، انتشارات سازمان میراث فرهنگی، مهدی آبادی، ملیحه، (۱۳۷۶)، مرمت آثار تاریخی، بررسی آسیب‌های کتیبه داریوش در بیستون، پایان نامه کارشناسی، دانشکده پردیس دانشگاه هنر اصفهان.

هادیان دهکردی، منیژه، (۱۳۸۶)، کاربری پژوهش‌های آزمایشگاهی در حفاظت و مرمت بناهای تاریخی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران. نقشه‌های توپوگرافی شیت ۵۴۵۸۴ سازمان نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران نقشه‌های زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

Eyuboglu, H. And Mahdi, H. Al-Shukri, H., 2004, detection of water leaks using Ground Penetrating Radar: Department of Applied Science University of Arkansas at Little Rock Little Rock, AR, 72204, USA.

Liberty, L.M., Hemphill- Haley, M.A., Madin, I.P., 2003. The Portland Hills Fault: uncovering a hidden fault in Portland. Oregon using high-resolution geophysical methods. Tectonophysics 368, 89-103

Van Dam, R.L., 2001. Causes of ground-penetrating radar reflections in sediment. Unpubl. PhD Thesis, Univ. Amsterdam.

Rossetti, D.F., 2003. Delineating shallow Neogene deformation structures in

واحد امکان وجود کانال‌های انحلالی در پشت دیواره بر اساس ویژگی‌های اشکال شکل گرفته در سطح منطقه (ژئومورفولوژی) همچنین استفاده از دستگاه رادار نفوذی جهت شناسایی درزو شکاف‌ها و فضاهای خالی بوجود آمده در عمق و پشت دیواره که کتیبه روی آن حک شده، تشخیص نوع تخریب غالب میسر گردید. این امر امکان انجام این مطالعه در سایر مناطق کشور که آثار سنگی وجود (به ویژه مناطق آهکی) دارد را نوید می دهد.

منابع

آغاسی، عبدالوحیدو احمد افراسیابیان، (۱۳۷۸)، هیدرولوژی کارست، چاپ اول، تهران، مرکز تحقیقات کارست کشور
افراسیابیان، احمد، (۱۳۷۲)، مطالعات هیدرولوژی کارست حوضه آهکی مهارلو، دومین سینمارعلمی مطالعات منابع آب، مجموعه مقالات
آمورسو، ج ج، فاسینا (۱۳۷۰) فرسودگی سنگ و حفاظت از آن، ترجمه رسول وطن دوست، تهران، انتشارات سازمان میراث فرهنگی.
شوهانی، داود، (۱۳۸۵)، پهنه بندی تحول کارست در کرمانشاه، (پایان نامه کارشناسی ارشد) گروه جغرافیا دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه رازی کرمانشاه.
کخ، هایدماری، (۱۳۷۶)، از زبان داریوش، ترجمه پرویز، رجبی، تهران انتشارات سمت
کک، روزه، ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک، ترجمه فرج ا... محمودی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.

faults along the Dead Sea Transform and implications for seismic hazards within the city of Aqaba, Jordan. *Tectonophysics* 368, 33-50.

northeastern Para State using ground penetrating radar. *An. Acad. Bras. Cienc.* 75,235-248.

Slater, L., Niemi, T.M., 2003. Ground-penetrating radar investigation of active

Effect of destruction factors Bistoon inscription (Kermanshah –province)

A. Maleki

Received: April 20, 2011/ Accepted: March 11, 2012, 31-33 P

Extended abstract

1- Introduction

The engraved remains on stony parapets of cultural heritage of this country show rich civilization of Iran that protection and reparation of them is a duty of scientific teams with cooperation of related specialist. Geomorphology, geology and geophysics are including of this science.

Bistoon inscription is located on long wall (famous broken part) of broken zagros on rough part which is called same name. Broken part, fissure, and thick lime of previous region (Paleoclimate) pave way for destruction of engrave figure, which leads to solving process and to make solving holes. This study has been done with the following tools: GPS, topography maps and satellite images. In order to

obtain a good quality data and radar images as well as maximum penetration of radar waves, GPR has been used three times on summer 1387 (dry season) with 500 MHz shielded antenna on five profiles from which three of them are parallel to the longitudinal part of the inscription while two of them are perpendicular to the first ones. The Ramac GPR system of a Swedish company, Mala has been used for data acquisition. GPR is a geophysics method which uses electromagnetic high frequency waves (at MHz range) to get a precise image from underground anomalies which are situated at shallow depths. The principles of data processing and data acquisition are very similar to reflection seismic. The propagation velocity of radar waves depends on electric conductivity and magnetic permeability of the medium while reflection and refraction of radar waves depend on the contrast between dielectric constants of the mediums at

Author(s)

A. Maleki (✉)
Associate Professor of Geomorphology, Razi University,
Kermanshah, Iran
e-mail: amjad_maleki@yahoo.com

both sides of the contact between them. As conductivity increases, the depth of investigation decreases which is an obstacle for radar application for high depth investigation. Therefore a good environmental condition from point view of conductivity and a proper central frequency must be provided for radar work. The dry season for the former one and 500 MHZ for the latter one were the best for the field work. The common offset method has been used for radar data acquisition. The radar grams are processed with REFLEX 2W software. The radar images after filtering such noise reduction, diffraction removal and gain show a hole at 3 m depth that is a path for rain water passage and karstification of the surrounding area. This defect is on those profiles which intersects the anomaly and is on the right side of the profiles (north end). The GPR results confirm the other findings which are based on other methods than geophysics such as geomorphology, geology field observations and archeology prospect ion. This study shows that there are effects of fissure, broken parts, solved hole and karset process at the right side of the inscription in three meters depth. Regarding to destructive agents, it is better to save, and to repair the inscription by appropriate ways.

Key words: Biston inscription, destruction, Geomorphology, soluble limestone, GPR method, archeology

References

Afrasyabian, A, (1993), studies of Karst hydrology of limestone basin

of Maharlu, second scientific conference of water resources, collection of articles.

Agassi, A, Afrasyabian A, (1998), karst hydrology, first Printing, Tehran, the researches capital of karst.

Amursou, jj, F ,(1991), erosion of stone and protect it, translated by Rasoul Vatan doost, Tehran, Organization of Cultural Heritage Publications.

Christian sen, A, (1996), Iran in time of Sasanian, translated by Rashid Yasmine, Tehran, Donyaye ketab Publications.

Coke, R, (1989), Structural and dynamics geomorphology, translation of Farajollah Mahmoudi, Tehran, Tehran University Publications,.

Eyuboglu, H. And Mahdi, H. Al-Shukri, H., 2004, detection of water leaks using Ground Penetrating Radar: Department of Applied Science University of Arkansas at Little Rock Little Rock, AR, 72204, USA.

Geological map of 1:100000 scale Geological organization.

Hadian Dehkordi, M, (2007), Laboratory research Use in protected and reconstruction historical building, Tehran, Tehran University Publications.

Klays, K, Valfram and Peter, (2006), Bisotoon, Researches and Excavations (1963-1967), translated by Faramarz Najd samii, Tehran, Organization of Cultural Heritage Publications.

- Koch, H, (1997), of Dariush, translated by Parviz Rajabi, Tehran , samt Publications
- Liberty, L.M., Hemphill- Haley, M.A., Madin, I.P., (2003). The Portland Hills Fault: uncovering a hidden fault in Portland. Oregon using high-resolution geophysical methods. *Tectonophysics* pp: 368, 89-103.
- Mehdiabadi, M, (1997), reconstruction of historical signs, reviwed of Dariush Katibe harms in Bistoon, thesis ,Faculty of Pardis Esfahan art University .
- Moradi, Y , 1382 Kermanshah Cultural face, Tehran, Cultural Heritage Publications.
- Rossetti, D.F., (2003). Delineating shallow Neogene deformation structures in northeastern Para State using ground penetrating radar. *An. Acad. Bras. Cienc.* 75,235-248.
- Satellite Images ETM, (rgb) IRS (bw). Sheet 54 584 topographic maps of the armed forces of the Islamic Republic of Iran
- Shohani, D, (2006) ,Zonation of karst elevation in Kermanshah, (MS Thesis) Department of Geography Faculty of literature and humanities, Razi University, Kermanshah .
- Slater, L., Niemi, T.M., (2003). Ground- penetrating radar investigation of active faults along the Dead Sea Transform and implications for seismic hazards within the city of Aqaba, Jordan. *Tectonophysics* 368, 33-50.
- van Dam, R.L., (2001). Causes of ground-penetrating radar reflections in sediment. Unpubl. PhD Thesis, Univ. Amsterdam.