

نگاهی متفاوت به فرسایش آثار باستانی – تحلیل دلایل فرسایش بر اساس نتایج مطالعات مکانیک سنگی مطالعه موردی محوطه باستانی نقش رستم، نقش رجب و تنگ چوگان

نگینه فرهنگ دوست

کارشناس ارشد مرمت آثار باستانی، دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

دکتر علیرضا بهرمان

استاد یار دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

دکتر سعید دهقان

استادیار گروه معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات، محلات، ایران

چکیده:

یکی از مهمترین دغدغه‌ها در خصوص آثار باستانی هر کشور عبارت از حفظ و نگهداری آنها در برابر فرسایش گسترده در گذر زمان است. به نظر می‌رسد با توجه به تغییرات شرایط اقلیمی کشور در دهه‌های اخیر، روند فرسایش این آثار شدت بیشتری پیدا کرده است. بر این اساس ضروری است تا مطالعات گسترده و دقیق‌تری در خصوص قابلیت و یا دلایل فرسایش توده سنگ‌های میزبان این آثار به عمل آید. در این رابطه دانش مکانیک سنگ و تحلیل نتایج حاصل از آن می‌تواند در ارزیابی دلایل و مقایسه قابلیت فرسایش آثار باستانی نقش موثری داشته باشد. در این مقاله با نگاهی متفاوت به مقوله فرسایش آثار باستانی، دلایل فرسایش بر اساس نتایج مطالعات مکانیک سنگ در سه سایت در استان فارس مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور نمونه‌هایی از توده سنگ‌های محوطه‌های باستانی نقش رستم، تنگ چوگان و نقش رجب تهیه و آزمایشات آزمایشگاهی متعددی بر روی آنها انجام شده است. آثار یاد شده جزو کهن‌ترین آثار باستانی ایران زمین اند که در استان شیراز قرار دارند. دلیل انتخاب این آثار به صورت متمرکز در یک استان، یکسان بودن شرایط آب و هوایی (دما، رطوبت، میزان بارندگی و عواملی نظیر آنها) در فرآیند مقایسه و پیش‌بینی بوده است. تحلیل‌های صورت گرفته بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌های مکانیک سنگ، به خوبی با میزان فرسایش آنها انطباق دارد و از این رو استفاده از این آزمایش‌ها برای پیش‌بینی احتمال فرسایش و تخریب سایر آثار توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: آثار باستانی، مکانیک سنگ، فرسایش، نقش رستم، تنگ چوگان، نقش رجب

مقدمه

آثار باستانی میراث کهن ایران زمین بوده و حفظ و حراست از آنها، وظیفه ای ملی می باشد. برای حفظ این میراث کهن، که گذشتگان با قبول رنج فراوان و با تفکر ماندگاری برای سایر نسلها، به ارث گذاشته اند، لازم است تا هر گونه تلاش و مجاهدتی در این زمینه انجام شود و این امانت به سلامت به آیندگان سپرده شود. (۱) بزرگترین مساله ای که آثار باستانی را تهدید می نماید، تاثیر عوامل محیطی بر روی آنها می باشند. به عبارت ساده تر، به دلیل تاثیر عواملی از قبیل رطوبت بارندگی یخ زدگی، گرمای هوا و ... توده سنگ میزبان آثار باستانی دچار فرسایش شده و به تدریج از بین می رود. این مساله باعث تخریب آثار باستانی و نهایتا از بین رفتن آن در گذر زمان خواهد شد. بر این اساس لازم است تا به مقوله فرسایش آثار باستانی نگاه علمی تر و جدیدتری مبذول گردد.

امروزه دانش مکانیک سنگ، در تمامی عرصه ها پیشرفت چشمگیر و خارق العاده ای داشته است به طوریکه کمتر فعالیت عمرانی، معدنی و ... را می توان یافت که بی نیاز از این علم باشد. در بسیاری از کشورهای دنیا انجام آزمایشهای مکانیک سنگی بر روی نمونه های سنگهایی که به عنوان مصالح ساختمانی به کار برده می شوند، الزامی است. به عبارت ساده تر به کمک آزمایشهای مکانیک سنگی به راحتی می توان در یافت که در شرایط اقلیم های متفاوت از نظر آب و هوایی چه نوع سنگ /سنگهایی می توانند به عنوان مصالح ساختمانی به ویژه سنگ نما بکار برده شوند. با عنایت به موارد فوق الذکر، به راحتی می توان توده سنگهای دربرگیرنده آثار باستانی را مورد بررسی های زمین شناسی و آزمایشهای مکانیک سنگی قرارداد و بر اساس نتایج حاصل از آنها دلایل فرسایش آثار را تحلیل نمود و راهکارهای مقابله با ادامه فرسایش ارائه نمود و یا آثار باستانی را بر اساس نیاز به مرمت و بازسازی اولویت بندی کرد.

در راستای رسیدن به اهداف فوق الذکر، این تحقیق به تحلیل نتایج حاصل از بررسی های زمین شناسی و آزمایش های مکانیک سنگی صورت گرفته بر روی توده سنگهای آهکی در محوطه های باستانی نقش رستم و نقش رجب در شهرستان مرودشت و محوطه باستانی تنگ چوگان در شهرستان کازرون که تعداد زیادی از نقوش برجسته صخره ای را در خود جای داده اند، پرداخته است. با توجه به تاثیر پذیری فرسایش سنگها از تغییرات آب و هوایی و به منظور حذف آنها از فرآیند مقایسه، نقوش برجسته واقع در یک استان (استان فارس) مد نظر قرار گرفته

اند و نتایج صرفاً از دیدگاه مکانیک سنگی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است و عواملی چون آب و هوا، درجه حرارت و اقلیم شناسی در مقایسه لحاظ نشده است.

استان فارس از دیرباز محل اقامت اقوام بومی ایران و سپس زیست گاه پروتوق آریاییانی بود که به فلات ایران سرازیر گشته بودند. اندیشه به یادبود گذاردن یا تبلیغ کردن رویدادی ملی یا اقدامی شاهانه بوسیله کنده کاری نقشی بزرگ بر صخره های قائم کوهستانی سابقه ای دیرین دارد که دست کم در خطه فارس به متجاوز از دوهزار سال ق.م. می رسد. نقوش برجسته صخره ای اسناد مکتوب گذشته بوده و همراه با موضوعاتی مانند شرح پیروزی ها، اعلام قدرت و مرزهای امپراتوری، مشروعیت بخشیدن به مقام پادشاهی از جانب اهورامزدا، مراسم و آئین های دینی و گاهاً صحنه های خانوادگی و شکار، شامل اطلاعات با ارزشی از دوران کهن می باشند و به عبارتی تاریخ را از زبان سنگ روایت می کند. (۸)

معرفی آثار باستانی

شهرستان مرو دشت یکی از قدیمی ترین مناطق باستانی ایران با پیشینه ای کهن در طول تاریخ است. محوطه باستانی نقش رستم مشتمل بر آثار فراوانی از دوران هخامنشیان و ساسانیان است. همچنین محوطه باستانی نقش رجب در سه کیلومتری شمال تخت جمشید، شامل نقش برجسته هایی از سلاطین ساسانی است که در سینه کوه حجاری شده است. (۶)

کازرون از شهرهای قدیمی ایران است و شهر تاریخی بیشاپور، نقوش برجسته تنگ چوگان، مجسمه و غار شاپور از مراکز دیدنی شهرستان کازرون می باشند. در نزدیکی خرابه های شهر بیشاپور واقع در دره رودخانه شاپور (تنگ چوگان) بر روی کوهها، چند حجاری از دوره ساسانی وجود دارد. (۷)

تمامی نقش برجسته های فوق از نظر همزمانی ایجاد تقریباً متعلق به یک دوره تاریخی بوده و از این بابت تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. (۸)

وضعیت آب و هوایی شهرستان های مرودشت و کازرون در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تشریح وضعیت آب و هوایی شهرستان های مرودشت و کازرون (۳)

| ردیف | شرح ردیف | واحد | مقدار در شهر | |
|------|--------------------------------|------------|--------------|--------|
| | | | مرودشت | کازرون |
| ۱ | میانگین دما در سردترین ماه سال | سانتی گراد | ۵/۶ | ۸/۶ |
| ۲ | میانگین دما در گرمترین ماه سال | سانتی گراد | ۲۸/۶ | ۲۵/۳ |
| ۳ | بالاترین دمای ثبت شده | سانتی گراد | ۴۵ | ۴۷ |
| ۴ | بالاترین دمای ثبت شده | سانتی گراد | -۱۴ | -۷ |
| ۵ | میانگین روزهای یخبندان | سانتی گراد | ۵۴ | ۱۴ |
| ۶ | میانگین دمای سالانه | سانتی گراد | ۲۳ | ۱۷ |

با توجه به آمار و ارقام فوق الذکر می توان اینگونه بیان نمود که تمامی نقوش برجسته مورد بررسی در این تحقیق در شرایط آب و هوایی کم و بیش یکسانی قرار گرفته اند.

چارچوب کلی مطالعه

مطالعات انجام شده در این تحقیق در دو دسته قابل تقسیم بندی می باشند:

- مطالعات صحرایی و بررسی های زمین شناسی
 - مطالعات مکانیک سنگی
- مهمترین پارامترهایی که در مطالعات صحرایی و بررسی های زمین شناسی مد نظر قرار داشتند عبارتند از :

- نوع و جنس سنگ
- کانی های اصلی تشکیل دهنده
- سن زمین شناسی تشکیل سنگ

- بافت سنگ
- همچنین مهمترین پارامترهایی که در مطالعات آزمایشگاهی مدنظر قرار گرفتند عبارتند از :
 - تخلخل
 - مقاومت تراکمی تک محوره
 - وزن حجمی
 - اندیس دوام سنگها
 - افت وزنی در برابر نمک
 - درصد جذب آب
 - افت وزنی در اثر ذوب و انجماد
 - چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی
- با توجه به مفاهیم مکانیک سنگی، تاثیر هر یک از پارامترهای فوق الذکر بر روی درجه فرسایش سنگها را میتوان به شرح زیر بیان نمود:
 - جنس سنگ و کانی های تشکیل دهنده آن، نقش اساسی را در بررسی فرسایش سنگها ایفا می نمایند.
 - هرچه تخلخل سنگها افزایش پیدا کند، به دلیل تاثیر مستقیم آن بر کلیه پارامترهای فیزیکی و مکانیکی سنگها، امکان فرسایش سنگها افزایش پیدا می کند.
 - هرچه اندیس دوام سنگها کاهش پیدا کند، سنگها در برابر عوامل فرسایش مقاومت کمتری از خود نشان خواهند داد.
 - هر چه چسبندگی سنگها کاهش پیدا کند، عوامل محیطی تاثیرات بیشتری بر روی سنگها خواهند داشت.
 - هرچه درصد جذب آب سنگها افزایش پیدا کند، سنگها زودتر فرسایش پیدا می کنند
 - هرچه افت وزنی سنگها در اثر انجماد و ذوب متوالی بیشتر باشد، امکان تاثیر پذیری سنگ در طی دوران یخبندان و فرسایش بیشتر می شود.
 - هرچه پارامترهای مقاومتی سنگها(مقاومت تراکمی تک محوره و مدول یانگ) افزایش پیدا کند، احتمال فرسایش سنگ ها کاهش پیدا می کند.

نتایج حاصل از مطالعات

به منظور انجام مراحل فوق الذکر، با هماهنگی سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان فارس، بازدید هایی از محوطه های مورد نظر انجام شد و نمونه هایی نیز جهت انجام آزمایشها برداشت شد.

زمین شناسی نقش برجسته ها

با بررسی نقشه های زمین شناسی موجود و انجام بازدید های صحرائی، وضعیت زمین شناسی مناطق مورد نظر مشخص شد که خلاصه آنها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- اطلاعات زمین شناسی نقوش برجسته استان فارس (۴) و (۵)

| نام اثر | نقش رجب | نقش رستم | تنگ چوگان |
|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| محل قرارگیری | کوه رحمت | کوه حسین | کوه شاپور |
| نام سازند | آهکی داریان | آهکی سروک | آهکی جهرم - آسماری |
| دوران | مزوزوئیک | مزوزوئیک | سنوزوئیک |
| دوره | کرتاسه پایین - میانی | کرتاسه میانی | ترشیاری |
| دوره کوهزایی | آپتین - آلبین | آلبین - تورونین | ائوسن |
| سن | ۱۴۰ میلیون سال قبل | ۱۰۰ میلیون سال قبل | ۴۰ میلیون سال قبل |
| جنس سنگ | آهکی | آهکی | آهکی |

برای پی بردن به جنس سنگها، نمونه هایی برای انجام آزمایش XRD به آزمایشگاه ارسال شد. همچنین با تهیه مقاطع نازک، مطالعات سنگ شناسی از نقطه نظر میکروسکوپی نیز انجام شد که خلاصه نتایج در جدول های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمایش XRD (۱)

| نمونه | نقش رستم | نقش رجب | تنگ چوگان |
|------------------|----------------|---------|----------------|
| ترکیبات اصلی سنگ | کلسیت و کوارتز | کلسیت | کلسیت و کوارتز |

جدول ۴- خلاصه نتایج مطالعه نمونه های میکروسکوپی (۱)

| | | | |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|
| نمونه | نقش رستم | نقش رجب | تنگ چوگان |
| نوع سنگ | رسوبی-کربناته | رسوبی-کربناته | رسوبی-کربناته |
| کانی اصلی | کلسیت | کلسیت | کلسیت |
| کانیهای فرعی | ---- | ----- | ---- |
| بافت | دانه ای با جور شدگی خوب | نسبتا دانه ای با جورشدگی متوسط | دانه ای با جور شدگی بد |
| نام سنگ بر اساس رده بندی فولک | پل اسپارایت | بایواسپارایت | بایومیکرایت |
| نام سنگ بر اساس رده بندی دانهام | گرینستون | پکستون | پکستون |

نتایج مطالعات آزمایشگاهی

گام اول در انجام مطالعات آزمایشگاهی، تهیه نمونه از محل می باشد. از آنجائیکه آثار مورد مطالعه، نقوش برجسته صخره ای بودند و امکان نمونه برداری مستقیم از آنها وجود نداشت، لذا نمونه برداری از مکانی هایی انجام شد که علاوه بر مجاز بودن، کلیه خواص و ویژگیهای نقش برجسته را نیز دارا باشد. همچنین نمونه برداری مطابق استانداردهای انجمن بین المللی مکانیک سنگ انجام شد.

بعد از برداشت نمونه، آزمایشهای مکانیک سنگی، با هدف پی بردن به خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها که در تحلیل عوامل فرسایش سنگها موثر می باشند، طرح ریزی و انجام شد که خلاصه نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- خلاصه نتایج آزمایشات آزمایشگاهی (۱)

| مقدار در | | | واحد | پارامتر |
|---------------|---------|----------|----------------------|------------------------------------|
| تنگ چوگان | نقش رجب | نقش رستم | | |
| ۳ | ۳ | ۳ | - | سختی طبق جدول موس |
| ۳/۳۰۶ | ۲/۰۳۴ | ۰/۵۸۴ | % | تخلخل |
| ۲/۶۹ | ۲/۷۲ | ۲/۷۲ | gr / Cm ³ | چگالی |
| ۱/۲۷۱ | ۰/۷۶۵ | ۰/۲۱۶ | % | جذب آب (%) |
| ۹۹/۱۷ | ۹۹/۳۴ | ۹۹/۳۹ | % | شاخص دوام وارفنگی دومین مرحله (%) |
| ۲۳/۷۵ | ۳۱/۲۵ | ۹ | % | افت وزنی در برابر نمک (%) |
| ۰ | ۲/۵ | ۰ | % | افت وزنی در برابر ذوب و انجماد (%) |
| ۴۶ | ۱۰۷ | ۱۴۰ | MPa | مقاومت فشاری تک محوری |
| ۱۲ | ۳۲ | ۵۵ | GPa | مدول یانگ |
| ۷ | - | ۲۳ | MPa | چسبندگی |
| ۲۵ | - | ۴۴ | درجه | زاویه اصطکاک داخلی |

جمع بندی نتایج مطالعات

بر اساس یافته های مطالعات زمین شناسی و مکانیک سنگی می توان نتایج زیر را جمع بندی نمود:

*به نظر می رسد که پیشینیان ایران زمین، چندان با علم مکانیک سنگ غریبه نبوده و این علم در ایران دارای قدمت بسیار زیادی بوده است. ایجاد نقوش برجسته در سنگهای با مقاومت متوسط به بالا، همچنین سنگهای مقاوم در برابر عوامل هوازدگی و ... موید این مسئله می باشد.

*نقش برجسته های مورد بررسی جملگی در توده سنگ های آهکی ایجاد شده اند. از نظر زمین شناسی سنگهای آهکی در رده نسبتاً مقاوم قرار می گیرند.

*توده سنگ های آثار نقش رستم و نقش رجب، نسبت به سنگ نقش برجسته تنگ چوگان دارای سن زمین شناسی بالاتری می باشند.

*از نظر بافت داخلی توده سنگها نیز، توده سنگ نقش برجسته تنگ چوگان وضعیت نامناسب تری را دارا می باشد.

*در میان توده سنگهای آهکی، آهکهای سازند آسماری دارای تخلخل بیشتری می باشند که این مساله در نتایج آزمایشهای مکانیک سنگ نیز نمود عینی دارد.

*افزایش در تخلخل باعث کاهش مقاومت سنگها، کاهش چگالی، کاهش شاخص دوام سنگها می شود و جمیع مسائل باعث افزایش احتمال فرسایش می شوند.

در جدول ۶، رده بندی فرسایش پذیری سنگهای هر یک از نقوش برجسته با استفاده از نتایج آزمایشهای مکانیک سنگی به تفکیک ارائه شده است.

جدول ۶- رده بندی فرسایش سنگها با توجه به داده های نتایج آزمایشات آزمایشگاهی (۱)
(۴ بسیار ضعیف، ۳: ضعیف، ۲: متوسط و ۱ خوب)

| مقدار در | | | واحد | پارامتر |
|---------------|---------|----------|--------------------|---------------------------------------|
| تنگ چوگان | نقش رجب | نقش رستم | | |
| ۲ | ۲ | ۲ | - | سختی طبق جدول موس |
| ۴ | ۳ | ۱ | % | تخلخل |
| ۳ | ۲ | ۲ | gr/Cm ³ | چگالی |
| ۴ | ۳ | ۱ | % | جذب آب (%) |
| ۳ | ۱ | ۱ | % | شاخص دوام و ارتگی دومین مرحله (%) |
| ۳ | ۴ | ۱ | % | افت وزنی در برابر نمک (%) |
| ۱ | ۳ | ۱ | % | افت وزنی در برابر ذوب و انجماد (%) |
| ۴ | ۱ | ۱ | MPa | مقاومت فشاری تک محوری |
| ۴ | ۲ | ۱ | GPa | مدول یانگ |
| ۴ | - | ۱ | MPa | چسبندگی |
| ۴ | - | ۱ | درجه | زاویه اصطکاک داخلی |

با عنایت به اعداد مندرج در جداول ۵ و ۶، می توان اینگونه نتیجه گیری نمود که توده سنگ آهکی که نقش برجسته تنگ چوگان در آن ایجاد شده است، از نظر پارامترهای مقاومتی نظیر چسبندگی، مقاومت مکانیکی و ... نسبت به نمونه های اخذ شده از سایر آثار، ضعیف تر بوده و در درجه بالاتری از احتمال فرسایش قرار میگیرد و بر عکس توده سنگ نقش رستم در وضعیت بهتری نسبت به سایر نمونه ها قرار دارد. بر این اساس و مطابق با این نتایج، باید بیشترین میزان فرسایش را در بین این آثار، در محوطه باستانی تنگ چوگان مشاهده نمود. بررسی های میدانی حاصل از پیمایش این محوطه های باستانی، کاملاً موید این نتایج می باشد. به نحوی که در بین

محوطه های باستانی مورد بررسی نقش برحسته تنگ چوگان بیشترین فرسایش و نقش برجسته نقش رستم کمترین فرسایش را دارا می باشند. نکته حائز اهمیت در این بررسی این است که هر سه نقش برجسته مورد بررسی از دیدگاه تاریخی تقریباً در یک دوره تاریخی ایجاد شده اند ولی توده سنگ محوطه تنگ چوگان از نظر زمین شناسی نسبت به سایرین جوان تر بوده و قاعدتاً باید کمتر تحت تاثیر عوامل فرسایشی قرار می گرفت ولی به دلیل پایین بودن پارامترهای مکانیک سنگی و ضعیف بودن سنگ مورد نظر بیشترین فرسایش در این توده سنگ اتفاق افتاده است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این مقاله خلاصه نتایج حاصل از یک مطالعه تحقیقی بر روی فرسایش نقوش برجسته استان فارس (نقش رستم، نقش رجب و تنگ چوگان) ارائه شده است. نقوش برجسته فوق در زمره کهن ترین آثار باستانی ایران به شمار می روند که دارای قدمت چند هزار ساله می باشند. نتایج مطالعات آزمایشگاهی و اندازه گیری خواص مکانیکی سنگهای هر یک از نقوش برجسته نشان داد که سنگ تنگ چوگان از کیفیت پائین تری نسبت به سایر نقوش برخوردار است و پیش بینی شد که این اثر بیشتر از سایر آثار، فرسایش یافته و احتیاج به مرمت و بازسازی بیشتری دارد. نتایج مطالعات صحرایی و برداشتهای انجام شده از محل نشان داد که علی رغم یکسان بودن شرایط آب و هوایی و نیز سن ایجاد نقوش برجسته و نیز جوان تر بودن (از نظر سن زمین شناسی) سنگ تنگ چوگان نسبت به سایر نقوش، این اثر باستانی بیشتر از سایر نقوش برجسته دچار فرسایش شده است و صحت نتایج و پیش بینیهای آزمایشگاهی تأیید شد.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

۱- در راستای حفظ و صیانت از آثار باستانی ایران و مشخص نمودن آثاری که امکان فرسایش بیشتری نسبت به بقیه دارند، طرح جامع مطالعات مکانیک سنگی آثار باستانی تهیه و تدوین شود و با همکاری سازمان گردشگری و میراث فرهنگی، اولویت مرمت و بازسازی آثار مشخص گردد.

۲- در مرمت و بازسازی آثار باستانی، ارائه یک نسخه برای تمامی آثار صحیح نمی باشد. لازم است تا بر اساس داده های مکانیک سنگی و بر اساس نقاط ضعف هر یک از توده سنگها برنامه جامع مرمت و بازسازی هر اثر باستانی به صورت مجزا تدوین شود.

۳- یک مطالعه جامع بر روی میزان اطلاع مردمان قدیم ایران از دانش مکانیک سنگ انجام شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند از زحمات و راهنمایی های استاد گرانقدر جناب آقای دکتر عبدالهادی قزوینیان، مدیر محترم گروه مکانیک سنگ دانشگاه تربیت مدرس و نیز آقای مهندس فرهاد احمدی شیخانی، کارشناس محترم آزمایشگاه مکانیک سنگ این دانشگاه، تقدیر و تشکر نمایند.

مراجع

- (۱) کامبخش فرد، س.، آثار تاریخی ایران، مؤسسه انتشارات تعاون سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۸۰.
- (۲) فرهنگ دوست، نگین؛ سنگ شناسی فنی و آزمایشگاهی قش برجسته های پیش از اسلام در استان فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، دانشکده هنر و معماری، ۱۳۸۴.
- (۳) فهیمی فر، احمد؛ سروش، حامد؛ آزمایشهای مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها (جلد اول-آزمونهای آزمایشگاهی"، انتشارات وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۱.
- (۴) سازمان هواشناسی؛ "گزارشات میزان بارندگی در استان شیراز ۲۰۰۰-۱۹۷۵"، مرکز آموزش سازمان هواشناسی.
- (۵) درویش زاده، ع.، زمین شناسی ایران، انتشارات امیر کبیر، چاپ اول، ۱۳۸۳.
- (۶) خسرو تهرانی، خ.، زمین شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۷۷.
- (۷) میراث فرهنگی استان فارس، سیمای میراث فرهنگی فارس، اداره کل آموزش، انتشارات و تولیدات فرهنگی، ۱۳۸۱.
- (۸) سعیدی، ف.، راهنمای تخت جمشید، نقش رستم و پاسارگاد، سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۷۶.

