مطالعات محیطی و نقش آن در حفاظت از محوطه‌های باستانی: مطالعه موردی تخت‌سلیمان

حمید امان‌اللهی[۱*]، حسن کریمیان[۲]، فاطمه شیخ احمدی[۳]

۱. دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

amanollahi.hamid@ut.ac.ir* ، کد ارکید: ۰۰۰۹-۰۰۰۶-۴۵۱۶-۴۷۶۴

۲. استاد گروه باستان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

کد ارکید: ۰۰۰۹-۰۰۰۹-۸۳۵۲-۱۴۰۲

۳. دانش‌آموخته آب و هواشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰

تعداد صفحات: ۱۳

شناسه دیجیتال(doi): https://10.66224/kcr.8.3.64

فصلنامه علمی- پژوهشی دانش حفاظت و مرمت

شاپای الکترونیکی: ۶۲۱۷-۳۰۶۰

شاپای چاپی: ۶۰۹۳-۲۵۳۸

این نشریه از قوانین Cope پیروی می کند. دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می شود.

چکیده

تخت‌سلیمان، واقع در منطقه‌ای کوهستانی در شمال‌غرب ایران، یکی از مراکز تاریخی و تمدنی مهم کشور است که از جنبه‌های مختلف علمی موردبررسی قرارگرفته است. این پژوهش با هدف شناسایی ویژگی‌های زیست‌محیطی مؤثر بر سکونت انسان‌ها و بررسی اثرات شرایط اقلیمی و محیطی بر حفاظت از آثار تاریخی انجام‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که چشمه بزرگ تخت‌سلیمان و چشمه‌های کارستی متعدد، با تأمین آب حاوی املاح، نقش مهمی در شکل‌گیری سکونتگاه‌ها و ترکیب شیمیایی خاک داشته و به‌تبع آن، بر تنوع زیستی و پوشش گیاهی منطقه مؤثر بوده‌اند. بارندگی مناسب نیز موجب غنای پوشش گیاهی و ایجاد زیستگاه مطلوب برای گونه‌های جانوری شده است. اهداف اصلی تحقیق شامل شناسایی ظرفیت‌های زیست‌محیطی در شکل‌گیری سکونتگاه‌ها و ارائه راهکارهای سازگاری با شرایط اقلیمی برای حفاظت، مرمت و ساماندهی مجموعه است. با توجه به شرایط خاص اقلیمی تخت‌سلیمان، از جمله زمستان‌های طولانی و بارش سنگین برف، سؤال اصلی این است که چگونه می‌توان از آثار تاریخی منطقه حفاظت کرد. روش تحقیق به‌صورت تاریخی و توصیفی–تحلیلی، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی بوده است. تحلیل و مقایسه پارامترهای اقلیمی شامل دما، رطوبت، بارش و تابش خورشیدی با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که با مدیریت صحیح، برخی شاخص‌های اقلیمی می‌توانند در کاهش آسیب‌های فیزیکی آثار مؤثر باشند. بر این اساس، راهکارهای عملی مبتنی بر شاخص‌های کمی و کیفی برای کاهش اثرات مخرب عوامل محیطی ارائه‌شده است . مطالعه حاضر با تلفیق داده‌های تاریخی، معماری و محیطی، نقش مطالعات محیطی را در حفاظت محوطه‌های باستانی، به‌ویژه تخت‌سلیمان، برجسته ساخته و راهکارهایی علمی و کاربردی پیشنهاد می‌کند که می‌تواند حفاظت پایدار این میراث ارزشمند را تضمین کند.

واژگان کلیدی: تخت‌سلیمان، علوم میان‌رشته‌ای، جغرافیای طبیعی، باستان‌شناسی محیطی، حفاظت و مرمت.

۱. مقدمه

مطالعات محیطی به‌عنوان یک حوزه بین‌رشته‌ای، به بررسی تعاملات میان انسان و محیط طبیعی می‌پردازد و در زمینه حفاظت از محوطه‌های باستانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (ولی‌زاده قره‌آغاجی و ملکزاده، ۱۴۰۲: ۲۷). محوطه باستانی تخت‌سلیمان، واقع در یک منطقه کوهستانی و سردسیر، نمونه‌ای بارز از چالش‌های حفاظت از آثار تاریخی در برابر عوامل زیست‌محیطی به شمار می‌آید.

این محوطه در ارتفاع ۲۲۰۰ متری از سطح دریا بر روی صفه‌ای طبیعی به ارتفاع ۲۰ متر از دشت قرار دارد و دارای یک چشمه پرآب و همیشه جوشان است که تحت تأثیر شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی منطقه شکل‌گرفته است (هوف، ۱۳۶۸). با وجود ویژگی‌های منحصربه‌فرد، این منطقه به دلیل شرایط اقلیمی سخت، از جمله سرمای شدید و بارش‌های برف، با چالش‌های جدی در حفاظت و نگهداری آثار باستانی مواجه است.

با توجه به اینکه شرایط جوی منطقه اصلی‌ترین چالش حفاظتی محوطه تخت‌سلیمان می‌باشد،

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

داشتن اطلاعات اقلیمی برای حفاظت، مرمت و گردشگری محوطه‌های تاریخی بسیار ضروری و اساسی است تا بتوان این آثار را در برابر تهدیدات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی محافظت کرد و به حفظ و نگهداری آن‌ها برای نسل‌های آینده کمک نمود. یکی از دلایل اصلی ضرورت آگاهی از اطلاعات اقلیمی در حفاظت و مرمت بناهای تاریخی، تأثیر مستقیم تغییرات آب‌وهوایی بر پایداری آن‌هاست. عواملی مانند افزایش دما، نفوذ آب به داخل سازه، یخزدگی و ذوب مکرر، می‌توانند به ایجاد ترک‌ها، سست‌شدن مصالح و در نهایت تخریب یا فروپاشی بناهای تاریخی منجر شوند. علاوه بر آن، شناخت اقلیم منطقه و تغییرات آن می‌تواند به طراحی و انتخاب مصالح و روش‌های حفاظت و مرمت مناسب کمک کند تا بتوان براساس این اطلاعات مجموعه بناهای تخت‌سلیمان را در برابر این تهدیدات مقاوم‌تر کرد. همچنین دانش اقلیمی در طراحی و مرمت بناهای تاریخی به حفظ ارزش‌های مادی و معنوی این آثار و تداوم عمر آن‌ها کمک می‌کند؛ بنابراین هدف از بررسی آب‌وهوایی منطقه تخت‌سلیمان، تجزیه‌وتحلیل اطلاعات هواشناسی مربوط به منطقه به‌منظور استحصال پارامترهایی است که مجموعاً شرایط زیست‌محیطی آن را مشخص می‌سازد و افزون بر این، آنالیزهای پیشرفته‌ای برای برآورد مشخصه‌های هواشناسی که در بخش‌های حفاظت و مرمت و دیگر گروه‌های مطالعاتی مجموعه کاربرد دارد نیز صورت می‌گیرد (امان‌اللهی، ۱۳۸۵؛ ۱۳۹۱). این پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش است که چه ویژگی‌های زیست‌محیطی باعث شده این منطقه از دوران پارینه‌سنگی میانه تا امروز محل حضور انسان‌ها باشد و چگونه می‌توان از آثار تاریخی این منطقه که یکی از سردترین نقاط کشور با زمستان‌های طولانی و بارش زیاد برف می‌باشد، حفاظت کرد. ذوب برف در روز و یخ بستن دوباره آن در شب و تکرار این فرایند در طول دوره یخبندان (اوایل آبان تا اواخر فروردین) بر روی بقایای معماری علت اصلی آسیب‌های وارد بر این بقایا است. به‌تدریج که سطوح بیرونی مصالح در اثر این علت دچار آسیب می‌شود، آسیب‌های به‌وجود آمده در لایه‌های پایینی نفوذ کرده و خسارت جدی به بقایای معماری وارد می‌شود.

بنابراین، با شناسایی توان‌های زیست‌محیطی منطقه می‌توان به شکل‌گیری سکونتگاه‌ها و تعیین شرایط اقلیمی بهینه برای حفاظت، مرمت و ساماندهی مجموعه پی برد. روش تحقیق در این پژوهش به‌صورت تاریخی، توصیفی–تحلیلی و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی انجام‌شده است. اطلاعات گردآوری‌شده حاصل بیش از ۴ سال پژوهش‌های میدانی نویسنده اول و سوم مقاله در پایگاه میراث‌جهانی تخت‌سلیمان است. هدف اصلی این نوشتار، ارائه سیمای اقلیمی و زیست‌بوم منطقه تخت‌سلیمان و تعیین میزان نقش عوامل مختلف محیطی و اقلیمی در شکل‌گیری و ماندگاری این مجموعه در فهرست جهانی است. جمع‌آوری اطلاعات میدانی زمینه شناسایی شرایط بهینه در برنامه‌ریزی حفاظت و مرمت مجموعه را بسیار مؤثر می‌سازد.

۲. پیشینه پژوهش و مبانی نظری

منطقه تخت‌سلیمان، واقع در شمال غرب ایران، با قدمتی که به دوره ساسانی بازمی‌گردد، منظری فرهنگی و طبیعی با ارزش‌های برجسته است که در تاریخ ۲۹ آذرماه ۱۳۱۶ به شماره ۳۰۸ در فهرست آثار ملی ایران و در ۱۴ تیرماه ۱۳۸۲ (۵ جولای ۲۰۰۳) به شماره ۱۰۷۷ به‌عنوان چهارمین اثر ایران در فهرست میراث‌جهانی به ثبت رسیده است (حیدری، ۱۳۸۲: ۵). بررسی سازوکارهای حفاظتی این محوطه در بستر تاریخی و با توجه به ویژگی‌های اقلیمی آن، اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی حفاظت پایدار دارد. پیشینه تاریخی و رویکردهای حفاظتی سنتی براساس منابع اوستایی، از جمله «بندهشن» و «دادستان دینیگ»، سه آتش مقدس توسط اهورامزدا برای حفاظت از جهان آفریده شد. آتشکده آذرگشنسب، به‌عنوان آتش پادشاهان ساسانی و نماد فرّه ایزدی، جایگاه ممتاز در این میان داشته است. شواهد معماری تخت‌سلیمان نشان‌دهنده آگاهی سازندگان از شرایط محیطی و بهره‌گیری از مصالح بومی مانند تراورتن است. انتخاب مصالح مقاوم، رعایت جهت‌گیری بهینه سازه‌ها و کاربست شیوه‌های سازه‌ای سازگار با اقلیم، رویکردی بومی برای مقابله با تغییرات محیطی فراهم کرده است (Naumann, 1964; Amanollahi, 2024). افزون بر این، وجود سامانه‌های مدیریت آب و تنظیم رطوبت، نقش مهمی در پایداری بناها ایفا کرده است (Wilber, 1955).

با وجود تخریب محوطه در سال ۶۲۴ میلادی به‌دست سپاه هراکلیوس در دوره خسروپرویز، شواهد نشان‌دهنده استمرار حضور زردشتیان تا قرن چهاردهم هجری و فعالیت‌های معماری در دوره ایلخانی است که بیانگر تداوم حفاظت و استفاده از مجموعه می‌باشد (مینورسکی، ۱۳۷۸؛ ناومان، ۱۳۸۶).

این محوطه در ادوار مختلف تاریخی با نام‌های متعددی شناخته شده و در عصر حاضر با عنوان «تخت‌سلیمان» شهرت یافته است. این نام با روایت‌های اسطوره‌ای و دینی مرتبط با حضرت سلیمان (ع) پیوند دارد (نولدکه، ۱۳۷۸؛ پورداوود، ۱۹۲۷؛ امان‌اللهی، ۱۳۹۴) و نشان‌دهنده نقش مؤلفه‌های فرهنگی و اسطوره‌ای در هویت‌بخشی به مکان است.

۳. مطالعات محیطی و حفاظت میراث‌فرهنگی

در چند دهه اخیر، مطالعات محیطی به‌عنوان رکن اصلی برنامه‌ریزی حفاظت آثار فرهنگی–تاریخی اهمیت ویژه‌ای یافته‌اند. پژوهش‌های بین‌المللی نشان می‌دهد عوامل اقلیمی مانند تغییرات دما، چرخه‌های یخزدگی و ذوب، رطوبت نسبی، بارش، فرسایش و تابش خورشید، تهدیدهای اصلی پایداری آثار هستند (Brimblecombe & Thickett, 1997; Camuffo, 2014). شناسایی و پایش این عوامل، پایه طراحی راهکارهای حفاظتی کارآمد به‌ویژه در محوطه‌های جهانی است.در ایران نیز مطالعات متعددی پیرامون تأثیر اقلیم بر آثار خشتی، سنگی و ترکیبی انجام‌شده که به تدوین دستورالعمل‌های حفاظتی در اقلیم‌های گوناگون کشور منجر شده‌است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ فراهانی و همکاران، ۱۳۹۹). این پژوهش‌ها نشان می‌دهند شناخت دقیق پارامترهای محیطی نه‌تنها در حفظ اصالت آثار مؤثر است بلکه در برنامه‌ریزی گردشگری پایدار نیز نقش دارد. در خصوص تخت‌سلیمان، افزون بر مطالعات تاریخی و معماری، پژوهش‌های زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و زمین‌باستان‌شناسی داده‌های ارزشمندی درباره ترکیب شیمیایی آب چشمه‌ها، ساختار تراورتنی سکو و ویژگی‌های اقلیمی منحصربه‌فرد منطقه ارائه کرده‌اند که می‌تواند مبنای رویکردهای نوین حفاظت و مرمت باشد.

مطالعات موردی در محوطه‌هایی همچون پمپئی (ایتالیا)، پترا (اردن) و مناطق باستانی مصر، اهمیت توجه به مؤلفه‌های محیطی در حفاظت میراث‌جهانی را تأیید می‌کنند (Smith & Jones, 2010; Brown et al., 2015; Garcia & Lee, 2018).

۴. تاریخچه پژوهش‌های علمی تخت‌سلیمان

آغاز مطالعات علمی در تخت‌سلیمان به سال ۱۸۳۸ بازمی‌گردد که «سر هنری راولینسون» نخستین گزارش مستند از منطقه و فرضیه‌هایی درباره منشأ چشمه‌ها ارائه کرد (Rawlinson, 1841). در ادامه، پژوهشگرانی چون «آ. هتوم شیندلر» (۱۸۸۱)، «ا. وی. ویلیامز جکسن» (۱۹۰۳)، «آ.ف. اشتال» (۱۹۰۷) و «اریک. ف. اشمیت» (۱۹۳۷) تحقیقات میدانی انجام دادند.

اولین بررسی باستان‌شناسی سازمان‌یافته در سال ۱۹۳۷، توسط مؤسسه

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

آمریکایی باستان‌شناسی و هنر ایران انجام گرفت (Pope, 1937). از سال ۱۹۵۹، هیئت مشترک سوئدی-آلمانی به سرپرستی فون‌دراوستن، کاوش‌های منظم باستان‌شناسی را آغاز کرد که نتایج آن در سال ۱۹۶۱ منتشر شد (Vonder Osten & Naumann, 1961).

در دهه‌های بعد، کاوش‌ها و پژوهش‌های متعددی توسط محققانی همچون علی‌اکبر سرفراز، رودلف ناومان، الیزابت ناومان و همکاران آنان انجام شد (سرفراز، ۱۳۴۷؛ Naumann, 1964; Naumann, 1977). مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی نیز توسط باباخانی و امینی چهرق (۱۳۷۰) و امان‌اللهی (۲۰۲۴، ۱۳۸۵) گسترش یافت. فعالیت‌های باستان‌شناسی در دوره‌های دوم و سوم به ترتیب در سال‌های۱۳۷۴-۱۳۷۲ (سرپرستی ابراهیم حیدری) و ۱۳۸۴-۱۳۸۰ (مدیریت حیدری و سرپرستی یوسف مرادی) دنبال شد (حیدری، ۱۳۹۱؛ مرادی، ۱۳۸۳). جدیدترین مجموعه مقالات علمی مرتبط با ارزش‌های تخت‌سلیمان در سال ۱۳۹۱ در مجله «اثر» منتشرشده است (امان‌اللهی، ۱۳۹۴).

۵. بسترهای جغرافیایی

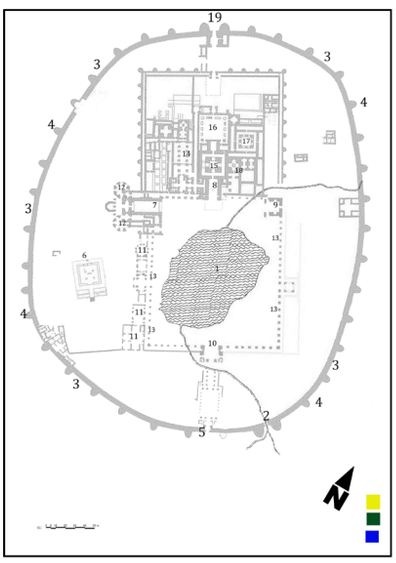
جغرافیای طبیعی: مجموعه موردمطالعه در ارتفاع تقریبی ۲۱۵۰ متر از سطح دریا، به طول «۳۶ °۳۶ ۱۷ و عرض «۴۷ °۱۴ ۰۴ جغرافیایی در ۳ کیلومتری شرق روستای نصرت‌آباد و ۴۳ کیلومتری شمال‌شرقی شهر تکاب در بین چهار استان مهم کشور از جمله کردستان، زنجان، آذربایجان غربی و شرقی، در منطقه‌ای کوهستانی و در محل بسیار مصفّا و خوش آب‌وهوایی قرارگرفته (قدری، ۱۷ :۱۳۸۸) و از نظر غنای آثار تاریخی در زمره مهم ترین و پرشمارترین مناطق باستانی کشور محسوب می‌شود (شکل ۱). در یک نگاه کلی و پس از بررسی‌های مختلف پیرامون مجموعه، نقاط متعددی با موضوعیت پدیده‌های طبیعی و آثار تاریخی را می‌توان برشمرد که هرکدام در بازخوانی تاریخ منطقه از حیث استقرارهای بشری و بعضاً تاریخ طبیعی و زمین‌شناختی دارای اهمیت و موضوعیت هستند. برخی از این میان موارد شامل:

۱- مجموعه آتشکده آذرگشنسب و تأسیسات ساسانی وابسته و آثار معماری دوره اسلامی دارای ۳۸ برج و بارو بیضی‌شکل با دو دروازهٔ بزرگ از دورهٔ ساسانی، چشمه بزرگ و پر آب در مرکز مجموعه، معبد آناهیتا، ایوان غربی، تالار ستون‌دار و نشانه‌هایی از شارستان ساسانی است (شکل ۲). ۲- زندان‌سلیمان و بقایای معبد مانایی ۳- دژ بلقیس ۴- تومولوس تپه مجید و احمدآباد (هزاره اول پ.م) ۵- کوه تریفه[1] ۶- معادن استخراج سنگ (Amanollahi, 2024) ۸- گورستان تاریخی ۹- معادن و مراکز شستشو و استخراج طلا (هخامنشی) ۱۰- پدیده طبیعی چشمه برنجه ۱۱- چشمه‌های آبگرم احمدآباد ۱۲- پدیده طبیعی چمن متحرک ۱۳- بقایای آسیاب‌ها (ساسانی) ۱۴- کوره‌های پخت سفال (ایلخانی) در یک محدوده ۷۵۰۰ هکتاری وجود دارد (امان‌اللهی ۱۳۹۴؛ حیدری ۱۳۸۱).

در زیست محیط تخت‌سلیمان، عوامل متعددی چون موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، چشمه‌های کارستی و منابع آبی، به همراه گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری، تنوع زیستی و اهمیت اکولوژیکی منطقه را افزایش داده‌اند. در ادامه به برخی از این ویژگی‌ها (پوشش گیاهی غنی و تنوع جانوری) اشاره می‌شود.

بارندگی مناسب و شرایط اقلیمی مساعد، پوشش گیاهی بسیار پررونقی در منطقه ایجاد کرده‌است . این پوشش گیاهی شامل مراتع سرسبز (شکل ۳) و باغ‌های میوه است که به تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم کمک می‌کند. شرایط زیستی مطلوب، وجود منابع آبی و پوشش گیاهی غنی، همچنین زیستگاه مناسبی برای انواع گونه‌های جانوری فراهم ساخته است. این تنوع زیستی بر اهمیت زیست‌محیطی منطقه می‌افزاید و آن را به یک اکوسیستم پویا تبدیل می‌کند. این ترکیب منحصربه‌فرد از عوامل طبیعی و زیستی، تخت‌سلیمان را به یک منطقه با ارزش اکولوژیکی بالا تبدیل کرده‌است که نیازمند حفاظت و مدیریت پایدار است (اینانلو، ۱۳۷۹).

شکل ۱. موقعیت تخت‌سلیمان در نقشه کشور (آرشیو پایگاه پژوهشی تخت‌سلیمان)
Fig 1. Location of Takht-e Soleyman on the map of Iran (Archive of Takht-e Soleyman Research Base)



۱.دریاچه
۲.دروازه جنوب شرقی- ساسانی
۳.بارو- ساسانی
۴.برجها- ساسانی
۵.دروازه دوره ایلخانی
۶.تالار شورا- دوره ایلخانی
۷.ایوان غربی (معروف به ایوان خسرو)
۸.ایوان شمالی (محل تاجگذاری)
۹.ایوان شرقی
۱۰.ایوان جنوبی
۱۱.آثار غرب دریاچه دوره ایلخانی
۱۲هشت ضلعی (دوره ایلخانی)
۱۳.رواق دوره ایلخانی
۱۴.تالار ستوندار- ساسانی
۱۵.آتشکده آذرگشنسب ساسانی
۱۶.حیاط شمالی آتشکده- ساسانی
۱۷.معبد آناهیتا- ساسانی
۱۸.محل آتش جاویدان- ساسانی
۱۹.دروازه شمالی- ساسانی
۲۰.دهلیزحفاظتی مجموعه مذهبی

شکل ۲. پلان مجموعه به همراه معرفی بخش های مختلف (آرشیو پایگاه پژوهشی تخت‌سلیمان)
Fig 2. Plan of the complex along with an introduction to its different sections (Archive of Takht-e Soleyman Research Base)

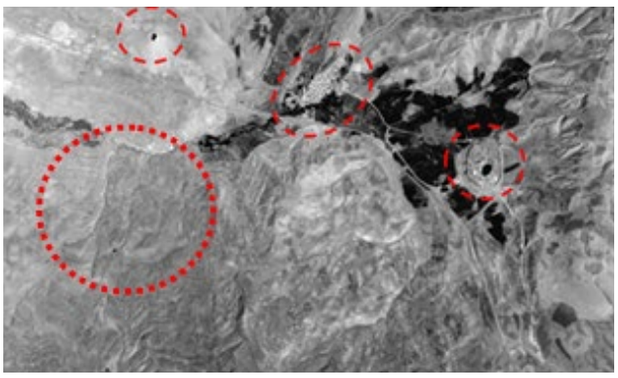
[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

شکل ۳. تصاویری از پوشش گیاهی و منظر طبیعی موجود در منطقه حاصل بارش فراوان نزولات جوی در فصول مختلف است (آرشیو پایگاه پژوهشی تخت‌سلیمان)
Fig 3. Images of the vegetation and natural landscape present in the region resulting from abundant rainfall during different seasons (Archive of Takht-e Soleyman Research Base).

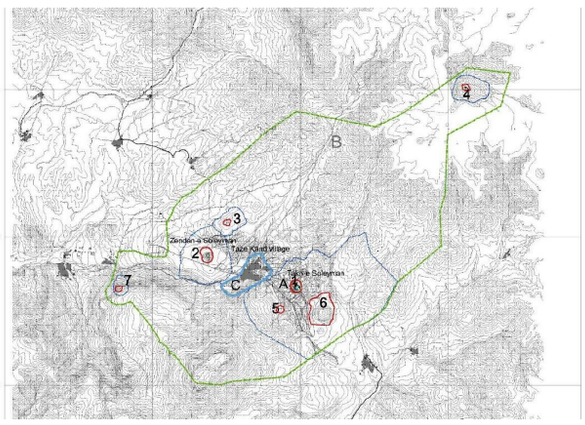
۶. توپوگرافی منطقه:

منطقهٔ تخت‌سلیمان سرزمین مرتفعی است که میانگین ارتفاع آن ۲۳۱۲ متر می‌باشد. از مقایسه میانگین ارتفاع این منطقه با میانگین ارتفاع ایران که ۱۲۵۰ متر است، نتیجه می‌گیریم که محدوده موردمطالعه منطقه‌ای با ناهمواری‌های خشن است که بلندترین نقطه آن قله کوشک در کوه بلقیس واقع در قسمت شمال‌شرق دارای ارتفاع ۳۳۲۷ متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطه آن بستر رودخانه چم قره‌قیه در جنوب‌غرب منطقه با ارتفاع ۱۷۳۰ متر از سطح دریا می‌باشد. از جمله کوه‌های منطقه می‌توان در شمال‌شرق کوه‌های بلقیس و تپه قوت در پایین بلقیس، در غرب و شمال‌غرب کوه‌های زندان‌سلیمان، کوه کیف رَش، کوه کیف سور (سمت روستای احمدآباد) و منی‌جار بالا و پایین، در جنوب‌شرق سرتکلی و جنوب تپه چال را نام برد (گفتگو، نوروزی و رحمانی: ۱۳۹۹).

محوطه تخت‌سلیمان بر روی سکوی رسوبی بیضی‌شکل به ارتفاع ۲۰ متر از زمین‌های اطراف با وسعتی معادل ۱۲۸/۰۰۰ مترمربع (طول ۴۰۰ متر از شمال به جنوب و عرض ۳۲۰ متر از غرب به شرق) می‌باشد (شکل ۴) (فون‌دراوستن و ناومان، ۲۴ :۱۳۸۲). تپه‌های مرتفع و کوه‌های سر به فلک کشیده تخت‌سلیمان را دایره‌وار احاطه نموده و موقعیتی که مجموعه داخل آن قرارگرفته را به شکل یک بشقاب درآورده است. در شمال و شرق این بشقاب طبیعی رشته‌کوه‌های بلقیس قرار دارد که بلندترین نقطه آن کوه بلقیس به ارتفاع ۳۳۳۲ متر در ۷/۵ کیلومتری شمال‌شرقی محوطهٔ تخت‌سلیمان واقع‌شده‌است. روند ارتفاعات این منطقه شرقی–غربی بوده و مختصات جغرافیایی قله آن به طول°۴۷′ ۱۴ و عرض°۳۶′ ۴۰ می‌باشد. در شمال‌غرب مجموعه روستای نصرت‌آباد (شهر تخت‌سلیمان) و کوه میان‌تهی موسوم به زندان‌سلیمان با ارتفاع ۲۳۰۹ متر در ۳ کیلومتری غرب تخت‌سلیمان واقع شده‌است . روند ارتفاعات این منطقه شمال‌شرقی–جنوب‌غربی بوده و مختصات جغرافیایی قله آن به طول °۴۷′ ۱۳ و عرض °۳۶′ ۳۸ می‌باشد. ارتفاع زندان‌سلیمان از زمین‌های اطراف ۱۰۰ متر و بر فراز آن گودی عمیق در حدود ۸۰ متر دیده می‌شود که قطر دهانه آن به‌طور تقریبی ۴۰ تا ۴۵ متر است (همان: ۲۳). کوه تریفه یا کریم‌خان در جنوب‌غربی و تقریباً در یک کیلومتری سکوی تخت‌سلیمان به ارتفاع ۳۵۳۲ متر مانند سدی در غرب این بشقاب واقع شده که رودخانه چم بزرگ (ساروق) در پای آن جاری است (همان: ۲۴). روند ارتفاعات آن شمال‌غربی ـ جنوب‌شرقی بوده و مختصات جغرافیایی قله آن به طول °۴۷′ ۱۰ و عرض °۳۶′ ۳۴ می‌باشد (شکل ۵). در قسمت جنوب سکوی تخت‌سلیمان کوه تپه چال به ارتفاع ۲۳۴۰ متر که جهت کوه، شمالی ـ جنوبی بوده و مختصات جغرافیایی قله آن به طول °۴۶′ ۰۵ و عرض °۳۶′ ۴۳ می‌باشد.



شکل ۴. محوطه تخت‌سلیمان، کوه تریفه، شهر تخت‌سلیمان و زندان‌سلیمان بر روی عکس هوایی (سازمان نقشه‌برداری کشور ۱۳۴۶ .N.C.C)
Fig 4. The Takht-e Soleyman site، Mount Tarifeh، the city of Takht-e Soleyman، and Zendan-e Soleyman on an aerial photograph (Source: National Cartographic Center، N.C.C. 1346).



شکل ۵. اعداد ۱ تا ۷ موقعیت محوطه‌های تاریخی داخل حریم تخت‌سلیمان و C موقعیت شهر تخت‌سلیمان (نصرت‌آباد/تازه‌آوا) را بر روی نقشه توپوگرافی منطقه (نقشه عملیات مشترک زمینی ۲۵۰/۰۰۰: ۱ شاهین‌دژ، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح) نشان می‌دهد.
Fig 5. Numbers 1 to 7 indicate the locations of historical sites within the Takht-e Soleyman boundary، and C indicates the location of the city of Takht-e Soleyman (Nosratabad/ Tazeh Ava) on the topographic map of the region (Joint Ground Operations Map 1:250/000 Shahin Dezh، Geographic Organization of Armed Forces).

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

۷. اقلیم و تأثیر آن بر شکل‌گیری، ماندگاری و تخریب محوطه تخت‌سلیمان

اقلیم به‌عنوان الگوی بلندمدت شرایط جوی یک منطقه تعریف می‌شود (IPCC, 2021; WMO, 2017) و از طریق مجموعه‌ای از عوامل اصلی شامل تابش خورشید، دما، رطوبت، باد و نزولات جوی و نیز عوامل فرعی مانند ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی، نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری، دوام و تخریب سکونتگاه‌ها و محوطه‌های باستانی ایفا می‌کند[۲].

مجموعه تاریخی تخت‌سلیمان، واقع در ارتفاع تقریبی ۲۱۵۰ متری در منطقه کوهستانی و سردسیر شمال‌غرب ایران، دارای زمستان‌های طولانی، سرد و پوشیده از برف و تابستان‌های کوتاه و معتدل است. این ویژگی‌های اقلیمی، در طول ادوارِ تاریخی، از یک‌سو با فراهم آوردن منابع آب دائمی و شرایط حرارتی نسبتاً خنک در فصول گرم، بستر مناسبی برای انتخاب این مکان جهت استقرار و ایجاد مجموعه‌های مذهبی–سیاسی فراهم آورده است.

دما و اثرات یخ‌بندان: تحلیل داده‌های میانگین دمایی ۳۳ ساله (۲۰۲۳–۱۹۹۰) نشان می‌دهد که کمینه دمای هوا در ژانویه (دی‌ماه) به حدود ۹.۰۳- درجه سانتی‌گراد و بیشینه دما در جولای (تیرماه) به ۳۱.۷۹ درجه سانتی‌گراد می رسد (شکل ۶). نمودار آمبروترمیک منطقه (نشان‌دهنده رابطه دما و بارش شکل ۷) بیانگر آن است که در بازه زمانی ماه می (اردیبهشت) تا نوامبر (آبان)، دما بر میزان بارندگی غلبه دارد که این دوره را می‌توان دوره خشک‌سال منطقه در نظر گرفت. سرمای شدید زمستان و چرخه‌های متناوب یخزدگی و ذوب، به‌ویژه بر روی سنگ‌های آهکی و ملاط‌های گچی دوره ساسانی، موجب ایجاد ترک‌خوردگی، پوسته‌شدن و نهایتاً ریزش بخش هایی از سازه‌ها می‌شود. با این حال، سرمای زمستانی می‌تواند از رشد عوامل بیولوژیکی مخرب (مانند خزه و گلسنگ) جلوگیری کرده و در نتیجه به حفظ ظاهری محوطه کمک کند. علاوه بر آن شدت تابش خورشید در ماه‌های خشک (می تا نوامبر)، موجب انبساط حرارتی در طول روز و انقباض در طول شب در مصالح سنگی می‌شود که به‌مرور زمان منجر به گسترش ترک‌های ریز و تسریع فرآیند فرسایش حرارتی و پودرشدگی سنگ‌ها می‌گردد. کاهش رطوبت نسبی در این دوره نیز این فرآیند فرسایش را تشدید می‌کند.

بارش و رطوبت: بارش‌های سالانه به‌همراه ذوب برف‌ها منبع اصلی تأمین آب چشمه‌های منطقه و چشمه بزرگ تخت‌سلیمان است که در شکل‌گیری و تداوم حیات مجموعه، به‌ویژه آتشکده آذرگشنسب، نقش محوری داشته‌اند. با این حال، نفوذ آب باران و ذوب برف به درزها و شکاف‌های سازه‌ها، در شرایطی که همراه با یخبندان باشد، مهم‌ترین عامل هوازدگی فیزیکی و تخریب تدریجی بناها محسوب می‌شود.

باد و تأثیر آن بر تخریب مصالح

بادها در منطقه تخت‌سلیمان تأثیر قابل‌توجهی بر اقلیم و پایداری سازه‌ها دارند و می‌توان آن ها را به دو دسته اصلی تقسیم کرد:

الف) بادهای محلی با مقیاس کوچک که در نواحی بین دشت و کوهستان یا دره و کوهستان شکل می‌گیرند و در طول روز جهت آن ها تغییر می‌کند. مهم‌ترین این بادها عبارت‌اند از:

بادهای جنوبی (شَمال Shamal یا باد مه): این بادها در تمام فصول سال از سمت جنوب و جنوب‌غربی (جهت مکه و مدینه) بخش هایی از منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ماهیت سرد و رطوبتی این بادها در فصول مختلف موجب بارش برف و باران یا افزایش رطوبت هوا می‌شود. از اثرات مهم این باد در فصل تابستان، تشکیل نقطه شبنم در نزدیکی سطح زمین است که در جمع‌آوری محصولات کشاورزی خشک‌شده نقش مهمی دارد و این پدیده در منطقه به نام "شیی" (Shai) شناخته می‌شود.

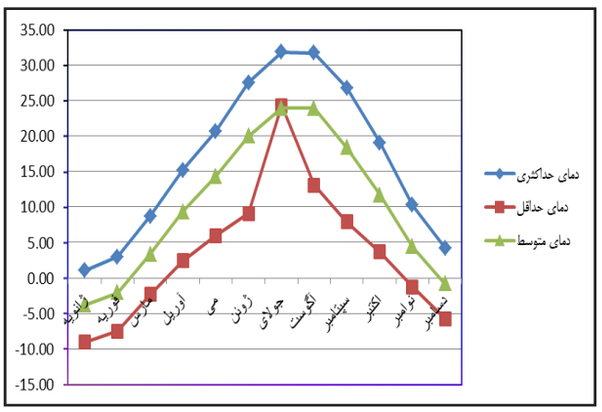
باد رَش‌با (Rasha Ba) یا بزن کوژ (Bezn Kozh): این باد تغییریافته توده‌های هوای مرطوب اقیانوس اطلس شمالی است که از طریق اروپای شرقی و بالکان، از مبدأ اسکاندیناوی، وارد منطقه شده و از سمت شمال‌شرق و شمال‌غرب می‌وزد. این باد در ابتدا مرطوب بوده و پس از ایجاد بارندگی در مسیر خود، با از دست دادن رطوبت، به جریانات خشک و گرم تبدیل می‌گردد.

بادهای گژولکه (Gezholka) یا گرپیچ (Gerpich): این نوع بادها که به‌صورت گردباد ظاهر می‌شوند، در برخی مواقع سال در نقاط مختلف منطقه می‌وزند (گفتگو، نوروزی و رحمانی: ۱۳۹۹).

ب) بادهای فراقاره‌ای یا منطقه‌ای: این گروه از بادها که با نام‌های مختلف در منطقه شناخته می‌شوند، به دو شیوه اصلی موجب فرسایش مصالح تخت‌سلیمان می‌گردند:

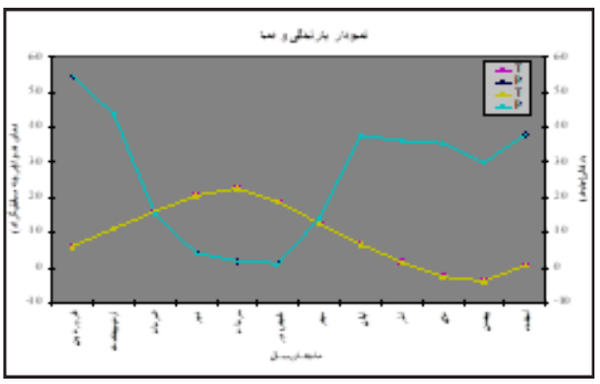
فرسایش فیزیکی: باد، با حمل ذرات شن و ماسه ریز، آن ها را به سطح سنگ‌ها می‌کوبد و با سایش مداوم، شرایط را برای نفوذ رطوبت فراهم می‌کند.

تشدید هوازدگی یخبندان: باد یکی از مهم‌ترین عوامل تشدید یخبندان و هوازدگی سنگ‌ها است؛ زیرا هم سرعت تبخیر را افزایش داده و منجر به رشد نمک‌های محلول و بروز پدیده "نهان‌شکفتگی" (Cryoflora) می‌شود و هم با تشدید یخبندان، سبب هوازدگی و پوسته‌شدگی سنگ‌ها می‌گردد.



شکل ۶. نمودار نوسانات متوسط، حداقل و حداکثر دمای ماهانه دوره آماری ۳۳ ساله ۱۹۹۰–۲۰۲۳ (برحسب درجه سانتی‌گراد)

Fig 6. Diagram of the average، minimum، and maximum monthly temperature fluctuations for the 33-year statistical period from 1990 to 2023 (in degrees Celsius).



شکل ۷. منحنی آمبروترمیک ایستگاه هواشناسی تکاب

Fig7. The ambrothermic curve of the Takab meteorological station.

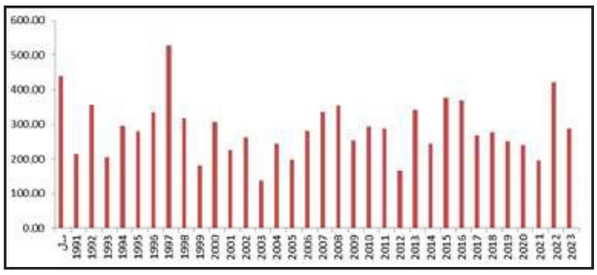
[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

۸. تحلیل آماری داده‌های اقلیمی

بررسی داده‌های ۳۳ ساله بارش ایستگاه تکاب نشان می‌دهد که بیشترین میانگین بارش ماهانه مربوط به اردیبهشت با ۵۳/۲۵ میلی‌متر و کم ترین آن مربوط به مرداد و شهریور با ۱/۷۰ و ۱/۹۷ میلی‌متر است. همچنین بیشترین میانگین بارش سالانه در سال ۱۹۹۳ با۵۲۷/۵۲ میلی‌متر و کم ترین آن در سال ۱۹۹۹ با ۱۳۶/۷۵ میلی‌متر گزارش‌شده است (شکل ۸).

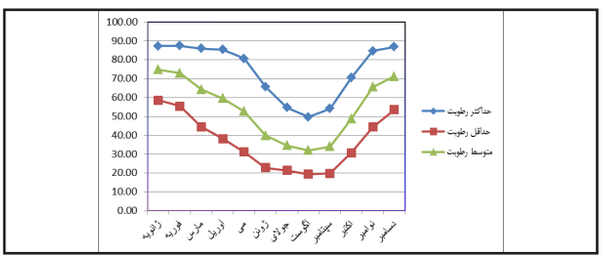
از نظر توزیع فصلی، بهار پرباران‌ترین فصل و تابستان خشک‌ترین فصل منطقه است. بارش‌های فروردین و اردیبهشت بیشتر بوده و در تیر، مرداد و شهریور به حداقل می‌رسد. فصول پاییز و زمستان نیز بارش‌های قابل‌توجهی دارند که عمدتاً به‌صورت برف در ارتفاعات است و منابع اصلی تغذیه رودخانه‌ها و چشمه‌های دائمی منطقه به شمار می‌روند.



شکل ۸. نمودار میانگین بارش سالانه ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ برحسب (میلی‌متر)

Fig 8. Diagram of the average annual precipitation from 1990 to 2023 (in millimeters)

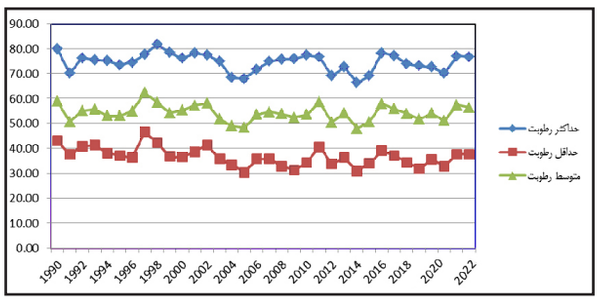
شکل شماره ۹ بیانگر میانگین حداکثر، متوسط و حداقل رطوبت ماهانه ایستگاه تکاب برای دوره آماری ۳۳ ساله (۱۹۹۰–۲۰۲۳) می‌باشد. بیشترین میانگین حداکثر ماهانه رطوبت نسبی مربوط به ماه فوریه/بهمن با ((۵۰/۸۷ و ماه ژانویه/دی به ترتیب برای میانگین حداقل (۵۷/۵۸) و متوسط (۸۷/۷۴) درصدی رطوبت نسبی می‌باشند؛ و کم ترین درصد رطوبت نسبی را ماه آگوست/مرداد برای متوسط، حداکثر و حداقلی به ترتیب با (۴۴/۱۹، ۰۸/۳۲ و ۷۳/۴۹) دارد.



شکل ۹. نمودار میانگین حداکثر، حداقل و متوسط رطوبت نسبی ماهانه دوره آماری (۱۹۹۰–۲۰۲۳) برحسب درصد.

Fig 9. Diagram of the average maximum، minimum، and relative humidity for the monthly period of 2023-1990 (in percentage).

شکل(۱۰) نیز میانگین حداکثر، حداقل و متوسط رطوبت نسبی سالانه دوره آماری ۳۳ ساله (۱۹۹۰–۲۰۲۳) برحسب درصد را نشان می‌دهد و بیانگر بیشترین میانگین سالانه برای حداکثر رطوبت نسبی با ۶۸/۸۱ درصد در سال ۱۹۹۴ و سال ۱۹۹۳ برای حداقل و متوسط رطوبت نسبی به ترتیب با ۵۰/۴۶ و ۲۸/۶۲ درصد است. سال ۲۰۱۰ برای میانگین سالانه حداکثر و متوسط رطوبت نسبی با ۶۶/۳۳ و ۸۷/۴۷ درصد و سال ۲۰۰۱ با ۳۷/۳۰ درصدی میانگین حداقل سالانه کم ترین رطوبت نسبی می‌باشند.



شکل۱۰ . نمودار میانگین حداکثر، حداقل و متوسط رطوبت نسبی سالانه دوره آماری (۱۹۹۰–۲۰۲۳) برحسب درصد

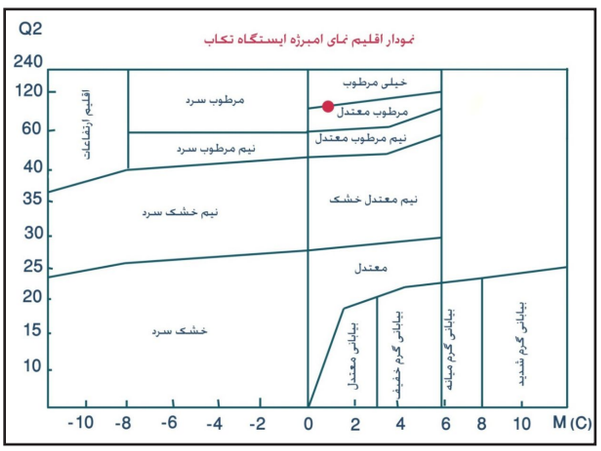
Fig 10. Diagram of the average maximum، minimum، and annual relative humidity for the 33-year statistical period of 1990-2023 (in percentage).

۹. توده‌های هوایی و تأثیر آن ها

منطقه تخت‌سلیمان از اوایل آذر تا اوایل اسفندماه تحت تأثیر توده‌هوایی غربی قرار می‌گیرد که موجب بارش برف و باران و کاهش دما می‌شود. همچنین، توده‌هوای قطبی اقیانوسی که از سمت شمال و شمال‌غرب وارد می‌شود، در زمستان بارندگی‌های قابل‌توجه و در بهار و پاییز رگبارهای متناوب ایجاد می‌کند. این بارش‌ها در کنار ذوب برف‌ها، موجب پرآبی رودخانه‌ها و چشمه‌ها در فصل بهار می‌شوند، در حالی که در تابستان کاهش جریان آب و بارش پراکنده رگباری مشاهده می‌شود (زارعی‌نژاد، ۱۳۷۸).

براساس شاخص‌های اقلیمی دمارتن و نمای آمبرژه، اقلیم منطقه مدیترانه‌ای و بین مرطوب معتدل تا خیلی مرطوب طبقه‌بندی‌شده‌است و تحت تأثیر بادهای غربی و پرفشار جنوب استوایی قرار دارد (شکل ۱۱).

در مجموع، اقلیم منطقه تخت‌سلیمان در طول تاریخ نقشی دوگانه ایفا کرده‌است. در دوره‌های گذشته، با فراهم آوردن منابع آب پایدار، اعتدال دمای تابستان و موقعیت استراتژیک کوهستانی، به شکل‌گیری و پایداری مجموعه کمک شایانی نموده است. با این حال، درگذر زمان، چرخه‌های مکرر یخبندان و ذوب، بادهای فرساینده و نوسانات شدید دمایی به‌عنوان عوامل تخریبی عمل کرده‌اند. شناخت دقیق این مکانیسم‌های اقلیمی–ژئومورفولوژیکی، مبنای ضروری برای طراحی و اجرای راهکارهای حفاظتی پایدار و سازگار با ویژگی‌های اقلیمی منطقه تخت‌سلیمان است.



شکل ۱۱. نمودار اقلیم نمای آمبرژه ایستگاه تکاب (قدری، ۶۲ :۱۳۸۸)

Fig 11. The ambrothermic climate diagram of the Takab meteorological station (Ghadri, 2009: 62)

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

۱۰. قلیم و چالش‌های حفاظتی محوطه[۳]

حفاظت، آن‌گونه که در «منشور بورا» آمده است، به معنای «کلیه فرآیندهای توجه به یک مکان برای حفظ اهمیت فرهنگی آن» است. به بیان دیگر، جلوگیری از وارد آمدن هرگونه آسیب به اعتبار اثر یا محوطه تاریخی، هدف فعالیت‌های حفاظتی است (یوکیلهتو، ۳۱۵ :۱۳۹۴). براساس داده‌های هواشناسی حداقل هوای منطقه تاکنون ۳۷- درجه ثبت‌شده است که به دلیل ارتفاع بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا محل قرارگیری محوطه، این مکان یکی از سردترین نقاط کشور می‌باشد. دارای زمستان‌های طولانی و بارش زیاد برف است (شکل ۱۲). از اوایل آبان ماه تا اواخر فروردین دوره یخ‌بندان در این منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۱۳). ذوب برف در روز و یخ بستن دوباره آن در شب و به‌تبع آن تکرار این فرایند در طول دوره یخ‌بندان بر روی بقایای معماری علت اصلی آسیب‌های وارد بر این بقایا است. به‌تدریج که سطوح بیرونی مصالح در اثر این علت دچار آسیب می‌شود، آسیب‌های به‌وجود آمده در لایه‌های پایینی نفوذ کرده و خسارت جدی به سازه‌های معماری وارد می‌شود. برای حل این معضل پوشش فضاهای شاخص پیشنهاد می‌گردد[۴]. هرچند برای کاهش اثر دوره یخ‌بندان، اقدامات پوشش سطوح با مصالحی نظیر ملاط کاه‌گل و گچ صورت می‌گیرد ولی اثر تخریبی دوره یخ‌بندان بیش از آن چیزی است که بتوان با این مصالح به‌کلی برطرف کرد. به این دلیل که پوشش سطوح تنها بخش های فوقانی را در برمی‌گیرد درحالی‌که محدوده اثر عامل تخریب شامل بخش های تحتانی، خصوصاً نقاط تلاقی بقایای معماری با کف‌ها را نیز شامل می‌شود. همچنین براساس تعریف حفاظت، آگاهی از اینکه چه اقدامی برای حفاظت از آثار موجود در محوطه تخت‌سلیمان لازم است، تنها در صورتی ممکن است که کیفیت‌هایی که اثر بدان سبب دارای اعتبار فرهنگی دانسته می‌شود و عواملی که به این کیفیت‌ها و در نتیجه، به اعتبار فرهنگی اثر آسیب می‌زنند، شناخته شوند. چنین هدفی به‌طور مشخص مستلزم دو اقدام اساسی است. یکی حذف عوامل تهدیدکننده اثر و دیگری بهره‌گیری شایسته از ارزش‌ها و ظرفیت‌های اثر است؛ بنابراین آثار موجود در این مجموعه به سبب ارزش‌های تاریخی، فرهنگی، کاربردی و خاص بودنشان، نیازمند حفاظت و مراقبت هستند. شایسته است مدیریت مجموعه میراث‌جهانی تخت‌سلیمان با توجه به ارزش‌های ماهوی و کالبدی فراوان این اثر، از برترین استانداردهای حفاظتی بهره‌گیری نمایند (Amanollahi and Shikhahmadi, 2024). به‌طور خلاصه مهم‌ترین عوامل آسیب‌رسان به ارزش‌های تاریخی موجود در تخت‌سلیمان عامل فرساینده طبیعی است که به‌صورت عوامل طبیعی بیرونی، شامل تابش آفتاب، اثر آب، یخ‌زدگی، اثر باد و عامل‌های بیولوژیکی مانند رشد گیاهان خودرو و جلبک‌ها و عامل‌های طبیعی درونی، شامل میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌های شیمیایی درونی مواد می‌باشند. این عوامل به‌طور عمده سبب دگرگونی مصالح (آسیب‌دیدگی بافت اثر) و شواهد فنون و مهارت‌های به کار رفته در اثر (به‌طور خاص تزیینات اثر، عناصر تکمیلی و الحاقی یا پوشش خارجی آن) می‌شوند. تخریب فراوان سطوح بقایای معماری محوطه تخت‌سلیمان عمده‌ترین آسیبی است که نتیجه شرایط اقلیمی است. با مشاهده اولیه بقایا در اوایل بهار این آسیب‌ها به‌روشنی نمایان است. در برخی قسمت‌ها اندودهای در معرض عوامل جوی به‌طور سطحی یا کلی تخریب شده‌اند. در بعضی از قسمت‌ها مصالح بدنه از قبیل آجر یا سنگ به‌صورت موضعی شکسته یا ترک برداشته و یا به‌کلی از محل قرارگیری منهدم شده‌است . علاوه بر این در بخش هایی نیز ساختار جرز یا دیوار به‌کلی از عامل تخریب متأثر شده‌است و به‌صورت ترک‌های عمقی و یا تخریب قسمتی از آن به‌وضوح دیده می‌شود؛ بنابراین عوامل متعددی در خصوص میزان اثرگذاری نزولات بر روی بقایای معماری می‌توان برشمرد. روند تخریب بدین‌صورت است که باران و یا برف ذوب‌شده در منافذ ریز مصالح آجر، سنگ و اندود رسوخ کرده بعد از انجماد و یخ زدن آن در طول شب و روزهای انجماد، موجب تخریب سطح مصالح می‌شود. همچنین اثرگذاری سیکل ذوب و انجماد در ساختار جرزها و دیوار نیز روند مشابهی دارد بدین‌صورت که حجم انبوهی از آب در محل ترک‌ها و منافذ آن ها نفوذ کرد و بعد از یخ زدن تخریب بخش‌ها را سبب می‌شود. میزان آسیب‌های اولیه، سمت قرارگیری جغرافیایی و میزان برخورداری از تابش آفتاب، موقعیت موضع نسبت به بادهای زمستانی، میزان خلل و فرج موجود در مصالح و کیفیت مصالح از جمله عوامل مهم بر تأثیرگذاری عوامل جوی در میزان آسیب‌ها است. در بین عوامل مخل طبیعی آسیب‌رسان رطوبت همیشه نقش اول را داشته و شامل رطوبت نزولی ناشی از آب باران، رطوبت هوا و نیز رطوبت صعودی ناشی از آب‌ها و رطوبت زمین است (شکل ۱۴).

شکل ۱۲. از بالا به پایین تصاویری از وضعیت منطقه در فصل زمستان (عکس ها از آرشیوپایگاه تخت سلیمان)

Fig 12. Images of the region during the winter season

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

شکل ۱۳. از بالا به پایین تصاویری از یخبندان و هوازدگی سنگ‌ها ناشی از نزولات جوی بر روی دیوارها (عوارض این مشکلات شامل تورم و پوسته‌شدن سنگ‌ها)، (عکس ها از آرشیو پایگاه تخت سلیمان)

Fig 13. Images of frost and weathering of rocks caused by precipitation on the walls (the effects of these issues include swelling and flaking of the rocks).

شکل ۱۴. از بالا به پایین تصاویری از رطوبت صعودی و نزولی ناشی از نزولات جوی بر روی دیوارها و کف بناها باعث سست شدن مصالح و ملاط‌ها و همچنین شرایط را برای رشد گیاهان و حضور جانوران فراهم می‌نماید. (عکس ها از آرشیو پایگاه تخت سلیمان)

Fig 14. Images of the upward and downward moisture resulting from precipitation on the walls and floors of the buildings weakens the materials and mortars، while also creating conditions for the growth of plants and the presence of animals.

۱۱. بحث و تحلیل

بررسی داده‌های اقلیمی منطقه تخت‌سلیمان و انطباق آن‌ها با شواهد میدانی نشان می‌دهد که الگوهای آب‌وهوایی، نه‌تنها یک عامل پس‌زمینه، بلکه محرک اصلی فرایندهای تخریب در این محوطه باستانی محسوب می‌شوند. اقلیم سرد کوهستانی منطقه، با زمستان‌های طولانی و بارش‌های سنگین برف، شرایطی را پدید می‌آورد که چرخه‌های یخزدگی و ذوب روزانه برای ماه‌های متوالی تکرار می‌شوند. این فرایند سبب انبساط و انقباض متوالی مصالح و در نتیجه ایجاد ترک‌های سطحی می‌شود که با گذر زمان به لایه‌های درونی سازه نفوذ کرده و ساختار را تضعیف می‌کنند. در این میان، مصالح بومی مانند سنگ‌های تراورتن، آجر و ملاط‌های گچی، به دلیل تخلخل و ظرفیت بالای جذب رطوبت، آسیب‌پذیری بیشتری دارند.

بارش‌های فصلی و روان آب‌های ناشی از ذوب برف، عامل مهم دیگری در تخریب هستند. تجمع آب در پای دیوارها و نفوذ آن به زیر سازه‌ها، فرسایش موضعی و نشست را به دنبال دارد. همچنین، کمبود سیستم‌های مؤثر هدایت آب باعث شده است که آب‌های سطحی در تماس مستقیم با بسترهای رسوبی باقی بمانند. این شرایط، علاوه بر خسارات فیزیکی، محیط مناسبی برای رشد گیاهان مهاجم فراهم می‌آورد که ریشه‌های آن‌ها با نفوذ به شکاف‌ها، روند تخریب را تسریع می‌کند.

عامل دیگر، نوسانات دمای روزانه و تغییرات ناگهانی فشار هواست که به‌ویژه در فصول گذار (بهار و پاییز) شدت بیشتری دارد. این تغییرات، باعث ایجاد تنش‌های مکانیکی بر اجزای شکننده سازه‌ها می‌شوند و در درازمدت به واگرایی اتصالات و شل‌شدن اجزای سنگی یا آجری می‌انجامند.

تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که هر یک از این عوامل اقلیمی، مکانیسم‌های تخریبی مشخصی را فعال می‌کنند که برای مهار آن‌ها باید اقدامات حفاظتی متناسب اتخاذ شود. برای مثال، چرخه‌های یخبندان مستلزم استفاده از پوشش‌های یکپارچه و نفوذناپذیر با ضریب انبساط حرارتی سازگار با مصالح بومی هستند؛ روان آب‌های سطحی نیازمند اصلاح و توسعه سیستم‌های زهکشی‌اند؛ و کنترل رشد پوشش گیاهی مهاجم باید بخشی از برنامه پایش

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

منظم باشد.
چنین تحلیل علّی میان «راهکار حفاظتی← مکانیسم آسیب ← ویژگی اقلیمی» امکان می‌دهد که مداخلات مرمتی نه براساس الگوهای کلی، بلکه متناسب با واقعیت‌های محیطی طراحی شوند (شکل ۱۵). این رویکرد، پایه‌ای علمی برای مدیریت حفاظتی محوطه‌های باستانی در شرایط مشابه ایجاد می‌کند و ریسک خطا یا ناکارآمدی مداخلات را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

۱۲. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به‌روشنی نشان می‌دهد که حفاظت مؤثر و پایدار از محوطه‌های باستانی، به‌ویژه در مناطق با اقلیم خاص مانند تخت‌سلیمان، مستلزم درک عمیق و یکپارچه‌سازی داده‌های محیطی و اقلیمی با فرآیندهای مرمتی و مدیریتی است. پیوند سیستماتیک میان ویژگی‌های اقلیمی و مکانیسم‌های تخریب، پایه علمی مستحکمی را برای تصمیم‌گیری‌های حفاظتی فراهم می‌آورد.

نقش محوری اقلیم در آسیب‌شناسی سازه‌های تاریخی: مطالعات اقلیمی منطقه تخت‌سلیمان که براساس روش‌های دمارتن و آمبرژه، اقلیمی مدیترانه‌ای با ویژگی‌های بین مرطوب معتدل و بسیار مرطوب را نشان می‌دهد، حاکی از تأثیرات قابل‌توجه پارامترهای آب‌وهوایی بر سازه‌های تاریخی است. حداقل دمای ثبت‌شده ۳۷- درجه سانتی‌گراد و زمستان‌های طولانی با بارش برف سنگین، منجر به تکرار چرخه‌های شدید یخزدگی- ذوب از اوایل آبان تا اواخر فروردین می‌شود. این پدیده، به‌عنوان عامل اصلی تخریب، باعث ایجاد تنش مکانیکی در منافذ مصالح، تولید ریزترک‌ها، پوسته‌شدن، جداشدگی لایه‌های سطحی و در نهایت فروپاشی عمقی سازه‌ها می‌گردد. فشار وزن برف و نفوذ آب حاصل از ذوب نیز خطر ریزش و فرسایش ملاط را در طاق‌ها و دیوارها افزایش می‌دهد. رطوبت صعودی از خاک و منابع آب سطحی نیز به شسته‌شدن ملاط‌ها، کاهش چسبندگی و رشد گیاهان مهاجم دامن می‌زند. همچنین، بادهای تند و تغییرات دمای روزانه، تنش‌های حرارتی و مکانیکی را تشدید کرده و ناپایداری بخش های فرسوده را افزایش می‌دهند.

۱۳. راهکارهای حفاظتی مبتنی بر داده‌های محیطی:

براساس تحلیل‌های انجام‌شده، رویکردهای حفاظتی موفق، زمانی به بهترین نحو تحقق می‌یابند که داده‌های اقلیمی نه به‌عنوان اطلاعات پس‌زمینه، بلکه به‌عنوان مبنای اصلی طراحی و اجرای مداخلات مرمتی در نظر گرفته شوند.

در این راستا، راهکارهای مناسب مبتنی بر اقلیم، مانند:

- بهبود مصالح و روش‌های حفاظتی: استفاده از ملاط‌های اصلاح‌شده با مواد هیدروفوبیک (مانند نانو سیلیس) برای کاهش نفوذ آب و مقاومت در برابر چرخه‌های یخزدگی-ذوب. همچنین، اجرای پوشش‌های حفاظتی جامع و یکپارچه (مانند سایبان‌های سبک) به‌جای پوشش‌های موضعی، به‌منظور محافظت کامل‌تر از سازه‌ها.
- مدیریت آب‌های سطحی و رطوبت: طراحی سیستم‌های زهکشی هوشمند پیرامون بقایای معماری برای جلوگیری از تجمع آب، تغییر مسیر احتمالی آب چشمه و اجرای آجرفرش با فواصل مناسب برای هدایت بهینه روان آب.
- کنترل پوشش گیاهی: حذف و مدیریت پوشش‌های گیاهی مضر و مهاجم برای تثبیت خاک و کنترل فرسایش.
- استحکام‌بخشی سازه‌ها: مهار بقایای معماری با استفاده از داربست و شمع‌بندی و اجرای کلاف برای تقویت اجزای باربر در برابر تنش‌های مکانیکی.

۱۴. تنوع زیستی به‌مثابه فرصت توسعه پایدار:

منطقه تخت‌سلیمان نه‌تنها به دلیل ویژگی‌های اقلیمی، بلکه به‌واسطه تنوع زیستی غنی خود نیز اهمیت دارد. گونه‌های گیاهی منحصربه‌فرد با کاربردهای علمی، دارویی و غذایی و جانوران سازگار با محیط کوهستانی، پتانسیل قابل‌توجهی برای توسعه گردشگری طبیعی و پایدار فراهم می‌آورند. با این حال، مدیریت صحیح این تنوع زیستی، از جمله تعیین ظرفیت برد گردشگری براساس مطالعات زیست‌محیطی، برای جلوگیری از تعارض میان فعالیت‌های انسانی و حفاظت از اکوسیستم ضروری است.

۱۵. الگوی پژوهشی برای محوطه‌های مشابه:

الگوی پژوهشی ارائه‌شده در این مطالعه که بر ادغام داده‌های محیطی در برنامه‌ریزی حفاظتی تأکید دارد، می‌تواند به‌عنوان مدلی موفق برای مطالعه و مدیریت سایر محوطه‌های باستانی مشابه در مناطق سردسیر و با چالش‌های اقلیمی و زیست‌محیطی مشابه تخت‌سلیمان یا زندان‌سلیمان مورداستفاده قرار گیرد. این رویکرد جامع، به حفظ ارزش‌های مادی و معنوی آثار تاریخی و افزایش عمر آن ها کمک شایانی خواهد کرد.
این پژوهش به‌طور کلی نشان می‌دهد که رویکردهای حفاظتی باید پویا، مبتنی بر شواهد علمی و هماهنگ با شرایط محیطی خاص هر محوطه باشند تا بتوانند به‌طور مؤثر از میراث‌فرهنگی در برابر تهدیدات فزاینده محافظت نمایند.

شکل ۱۵. فلوچارت تحلیل علّی و راهکارهای حفاظتی محوطه تخت‌سلیمان
Fig 15. Causal analysis flowchart and conservation strategies for the Takht-e Soleyman site.

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

سپاسگزاری
نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای دکتر محمدرضا قدری که با سوابق ارزشمند خود در رشته ژئومورفولوژی و نگارش رساله‌های فوق‌لیسانس و دکتری مرتبط با تخت‌سلیمان، در بازخوانی و ارتقاء کیفی این مقاله همکاری داشتند، کمال تشکر و قدردانی را ابراز نمایند.

مشارکت نویسندگان:
نویسنده اول مسئولیت اصلی مفهوم‌پردازی پژوهش، تبیین ارتباط میان مطالعات محیطی و حفاظت از محوطه‌های باستانی و ارائه راهکارهای حفاظتی را برعهده داشته است. نویسنده دوم در طراحی و اجرای بخش روش‌شناسی تحقیق، تحلیل مستندات تاریخی مرتبط با محوطه تخت‌سلیمان و ارائه رهنمودهای مؤثر در مبانی نظری و چهارچوب فکری پژوهش مشارکت فعال داشته است. همچنین، نویسنده سوم جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌های اقلیمی را مدیریت کرده و نتایج آن را در تدوین مقاله به کار گرفته است.

تضاد منافع: ندارد
حامیان مادی و معنوی: این پژوهش بدون حمایت مالی یا معنوی از سوی نهاد یا سازمانی خاص انجام‌شده است .
دسترسی به داده‌ها: داده‌های این پژوهش در اختیار نویسندگان است و با مکاتبات قابل دسترسی است.

پی نوشت
[۱] امروزه در برخی نوشته‌ها به اشتباه از این کوه با نام "تویله" یاد می‌شود. در حالی که نام صحیح آن "تریفه" است. "تریفه Trifa" یک واژه محلی به معنای تابش ماه (تیشکی مانگ) می‌باشد (شرفکندی، ۱۳۷۶: ۱۴۸). در شب‌های مهتابی، نور ماه که از روی این کوه می‌تابد، مناظر زیبا و شاعرانه‌ای را خلق می‌کند. به همین دلیل، مردم محلی این کوه را "تریفه" نامیده‌اند تا این ویژگی چشم‌نواز را در نام آن منعکس کنند.

[۲] به دلیل نبود ایستگاه هواشناسی در نزدیکی این مجموعه، ارائه آمار دقیق از میزان بارش و دمای دوره‌ای امکان‌پذیر نیست. استفاده از اطلاعات اقلیمی شهر تکاب که نزدیک‌ترین نقطه دارای ایستگاه سینوپتیک است، نیز چندان دقیق نخواهد بود؛ زیرا تفاوت قابل توجه آب‌وهوایی، به‌ویژه در میزان بارش برف و حداقل دما که ناشی از اختلاف ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متری بین این دو نقطه است، استفاده از این اطلاعات را برای رسیدن به نتیجه‌ای دقیق با مشکل مواجه می‌کند.

[۳] محوطه باستانی تخت‌سلیمان، به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص خود در منطقه کوهستانی شمال‌غرب ایران، با مجموعه‌ای از چالش‌های جدی حفاظتی مواجه است. زمستان‌های طولانی و سرد، یخبندان‌های مکرر، بارش سنگین برف، تغییرات شدید دمای شبانه‌روزی، وزش بادهای تند و در مواردی باران‌های اسیدی، از مهم‌ترین عوامل اقلیمی تهدیدکننده این محوطه محسوب می‌شوند. این شرایط، همراه با چرخه‌های مکرر یخزدگی و ذوب، موجب ترک‌خوردگی و جداشدگی اجزای مصالح، فرسایش سطوح، شسته‌شدن ملاط‌ها و فراهم شدن بستر رشد گیاهان مهاجم و نفوذ ریشه آن ها در سازه‌های تاریخی می‌گردند.
در پاسخ به این فشارهای اقلیمی و با هدف کاهش روند تخریب، مجموعه‌ای از اقدامات حفاظتی و مرمتی طی سال های اخیر در محوطه اجرا شده است. این اقدامات، براساس گزارش‌ها و مشاهدات میدانی، استخراج و مطابق با چارچوب استراتژی‌های حفاظتی فیلدن طبقه‌بندی شده‌اند. این استراتژی‌ها شامل پیشگیری از فرسایش، حفظ وضع موجود، تثبیت و استحکام‌بخشی، مرمت و احیاء بوده و هر یک از اقدامات انجام‌شده به شرح زیر با آن ها هم‌راستا شده‌اند:
پیشگیری از فرسایش (در پاسخ به فرسایش آبی و اقلیمی): این استراتژی بر جلوگیری از آغاز یا پیشرفت آسیب‌های ناشی از عوامل اقلیمی تمرکز دارد. اقداماتی نظیر تغییر مسیر آب چشمه برای کنترل رطوبت اضافی و جلوگیری از اشباع شدن پی‌ها و مصالح، بازنگری ضوابط عرصه و حریم محوطه به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر نفوذ رطوبت و عوامل جوی و مستندنگاری دقیق و مستمر برای پایش تغییرات و تخریب‌های ناشی از اقلیم، در این دسته قرار می‌گیرند.
حفظ وضع موجود (مقابله با آسیب‌های اقلیمی و طبیعی): این اقدامات با هدف جلوگیری از پیشرفت آسیب‌های موجود و حفظ پایداری سازه‌ها در برابر عوامل اقلیمی انجام شده‌اند. برف‌روبی منظم از روی دیوارها و سطوح برای کاهش فشار ناشی از وزن برف و جلوگیری از نفوذ رطوبت حاصل از ذوب برف به سازه‌ها و حذف عوامل مخل گیاهی که ریشه‌هایشان می‌توانند باعث تخریب ساختارها شوند، از جمله اقدامات کلیدی در این راستا هستند. همچنین مهار بقایای معماری با داربست و شمع‌بندی و دیوارچینی حفاظتی، برای محافظت سازه‌ها در برابر نیروهای طبیعی مانند بادهای شدید، لرزش‌های ناشی از سیکل‌های حرارتی و فرسایش تدریجی.
تثبیت و استحکام‌بخشی (ترمیم آسیب‌های ناشی از عوامل اقلیمی): این استراتژی شامل مداخلاتی است که به‌منظور افزایش مقاومت سازه در برابر فشارهای محیطی و اقلیمی انجام می‌شود. اقداماتی چون تزریق ملاط به ترک‌ها و منافذ برای مقابله با آسیب‌های ناشی از سیکل‌های ذوب و انجماد و نفوذ رطوبت و اجرای کلاف و نعل درگاه برای تقویت نقاط ضعف سازه در برابر فشارهای وارده از تغییرات دمایی یا نشست زمین، نمونه‌هایی از این دست هستند.
مرمت (بازسازی و احیاء بخش های آسیب‌دیده): این مرحله شامل بازسازی و تعمیر بخش هایی است که به دلیل فرسایش طولانی‌مدت ناشی از عوامل اقلیمی و گذر زمان آسیب جدی دیده‌اند. تعمیرات برج‌ها و باروها، بازسازی بخش هایی از جرزها و تکمیل طاق‌های فروریخته که ممکن است در اثر نفوذ رطوبت و یخزدگی دچار آسیب شده باشند، از جمله فعالیت‌های این حوزه هستند. اجرای آجرفرش با حفظ فاصله از مصالح قدیمی نیز به‌منظور مدیریت بهتر رطوبت سطحی و جلوگیری از فرسایش بیشتر صورت گرفته است.
احیاء: این استراتژی شامل بازگرداندن کاربری مناسب به بخش هایی از محوطه است.
این طبقه‌بندی کمک می‌کند تا اقدامات حفاظتی انجام‌شده در محوطه به شکلی نظام‌مند و مطابق با اصول علمی مرمت درک و ارزیابی شوند و ارتباط آن ها با چالش‌های اقلیمی موجود در محوطه تخت‌سلیمان روشن گردد.

[۴] گرچه فضاهای معماری شاخص در محوطه فراوان هستند و احتمال مخدوش شدن منظر محوطه وجود دارد، اما برای محافظت از آثار در برابر نزولات جوی، ایجاد نوعی پوشش حفاظتی ضروری به نظر می‌رسد. این پوشش باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شود که ضمن حفاظت مؤثر از آثار، کم‌ترین تأثیر منفی را بر منظر کلی محوطه داشته باشد.

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

منابع / References

Abudolaf, M. ibn al-Mohalhel. (1963). *Safarnameh Abudolaf dar Iran* [Abudolaf's Travelogue in Iran] (S. A. Tabatabaei, Trans). Zavar, (In Persian).

[ابودلف، مسعر بن المهلهل (۱۳۴۲)، سفرنامه ابودلف در ایران، ترجمه سید ابوالفضل طباطبایی، تهران: زوار].

Amanollahi, H. (2006). *Barrasi zamin bastanshenakhti mantagheye Takht-e Soleyman* [Archaeological Site Survey of Takht-e Soleyman Region]. Takht-e Soleyman Cultural Heritage Base Archive. (Unpublished manuscript), (In Persian).

[امان‌اللهی، حمید (۱۳۸۵)، بررسی زمین باستان‌شناختی منطقهٔ تخت‌سلیمان، بایگانی پایگاه میراث‌فرهنگی تخت‌سلیمان، (منتشر نشده)].

Amanollahi, H. (2012). Review and identification of stone mines used in the Takht-e Soleyman building complex based on archaeological studies and petrographic results. *Athar,* 56, 29-50, (In Persian).

[امان‌اللهی، حمید (۱۳۹۱)، «بررسی و شناسایی معادن سنگ به کار رفته در مجموعه بناهای تخت‌سلیمان براساس مطالعات باستان‌شناسی و نتایج سنگ‌شناختی»، فصلنامه اثر، ۵۰–۲۹، ۵۶].

Amanollahi, H. (2015). A review of the historical, cultural, and research background of the Takht-e Soleyman historical site. *Athar*, 69, 3-20, (In Persian).

[امان‌اللهی، حمید (۱۳۹۴)، «مروری بر پیشینه تاریخی، فرهنگی و پژوهشی محوطه تاریخی تخت‌سلیمان»، فصلنامه اثر، ۶۹، ۳–۲۰].

Amanollahi, H. (2024). The Stone Sources of Takht-e-Soleymān Complex: A Reconnaissance. Sustainable Earth Trends, 4(2), 39-54.

Amanollahi, H., & Sheikhahmadi, F. (2024). Climate and ecosystem of the Takht-e Soleyman region: Examining the impacts and significance in cultural heritage conservation and restoration. Presented at the Central Asian Studies III, International Hybrid Symposium on the History of Architecture and Conservation in Caucasia. (Forthcoming).

American Meteorological Society. (2022). Glossary of meteorology (2nd ed). https://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page

Bikzadeh, M. (2013). Parthian sites and settlements. Iranian Archaeological Research Journal, 5, 79–100, (In Persian).

[بیک‌زاده، محمد (۱۳۹۲)، «محوطه‌ها و استقرارهای اشکانی»، دو فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۵، ۷۹– ۱۰۰].

Boyce, M.,& Grenet, F. (1991). A history of Zoroastrianism, Zoroastrianism under Macedonian and Roman Rule (R. Beck, Ed). Brill.

Ghodrat-Dizaji, M. (2011). Disintegration of Sasanian Hegemony over Northern Iran. Iranica Antiqua, 46, 153–302. https://doi.org/10.2143/IA.46.0.2084424

Ghadri, M. R. (2009). *The role of morphotectonics in the formation and development of karst phenomena in the Takht-e Soleyman region* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Tabriz, Iran, (In Persian).

[قدری، محمدرضا (۱۳۸۸)، نقش مورفوتراویتونیک در پیدایش و توسعه پدیده‌های کارستی «مطالعه موردی: منطقهٔ تخت‌سلیمان»، پایان‌نامهٔ دکترا در رشتهٔ جغرافیای طبیعی با گرایش ژئومورفولوژی به راهنمایی دکتر محمدحسین رضایی مقدم، دانشگاه تبریز، (منتشر نشده).]

Heydari, E. (2002). *Parvandeye sabte jahani majmoeye Takht-e Soleyman* [The world registration file of Takht-e Soleyman Complex]. Archive of Takht-e Soleyman Cultural Heritage Base. (Unpublished manuscript), (In Persian).

[حیدری، ابراهیم (۱۳۸۱)، پرونده ثبت جهانی مجموعه تخت‌سلیمان. آرشیو پایگاه میراث‌فرهنگی تخت‌سلیمان، (منتشر نشده)].

Heydari, E. (2003). Registration of Takht-e Soleiman ancient site in the World Heritage List. *Nameh Pazhouheshgah-e Miras-e Farhangi, 3,* 5-6, (In Persian).

[حیدری، ابراهیم (۱۳۸۲)، «ثبت محوطه باستانی تخت‌سلیمان در فهرست میراث‌جهانی» نامه پژوهشگاه میراث‌فرهنگی، ۳، ۵–۶].

Heydari, E. (2012). Summary report of 15 years of conservation, research, restoration and introduction activities of Takht-e Soleyman World Heritage Complex. *Majaleh Athar, 56,* 77-110, (In Persian).

[حیدری، ابراهیم (۱۳۹۱)، «خلاصه گزارش فعالیت‌های ۱۵ ساله حفاظت، پژوهش، مرمت و معرفی مجموعه میراث‌جهانی تخت‌سلیمان»، مجله اثر، ۵۶، ۷۷–۱۱۰].

Heydari, S., & Ghasidian, E. (2004). Preliminary report of archaeo-geological surveys in the travertine parts of Takht-e Soleyman region. *Majmoueh Maghalat Hamayesh Bein-ol-Melali Bastan-shenasi Iran: Houzeh Shomal-e Gharb*, 141-150, (In Persian).

[حیدری، سامان و الهام قصیدیان. (۱۳۸۳)، «گزارش مقدماتی بررسی‌های باستان زمین‌شناختی در قسمت‌های تراورتنی منطقه تخت‌سلیمان براساس شواهد باستان‌شناختی در اواخر پلیستوسن»، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسی ایران: حوزه شمال‌غرب، به کوشش دکتر مسعود آذرنوش، (تهران: سازمان میراث‌فرهنگی و گردشگری (پژوهشگاه) پژوهشکده باستان‌شناسی، صص ۱۴۱–۱۵۰.]

Huff, D. (1989). Takht-e Soleiman. *Shahrhaye Iran* (Vol. 3), 1-33, (In Persian).

[هوف، دیتریش (۱۳۶۸)، «تخت‌سلیمان»، شهرهای ایران (ج ۳)، ۱–۳۳].

Huff, D. (1989). Takht-i Suleiman. In J. Kiani (Hrsg.), Iranian cities III (pp. 1-33). Tehran.

Huff, D. (1994). Iranische Steinbruchtechniken. In R. B. Wartke (Hrsg.), Handwerk und Technologie im Alten Orient (pp. 31-36). Mainz.

Huff, D. (2004). Takht-i Suleiman. Sasanian Fire Sanctuary and Mongolian Palace. In Stollner et al. (Eds.), Persiens Antike Pracht. Bergbau, Handwerk, Archäologie. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum vom 28.11.2004 – 29.5.2005 (pp. 462-471).

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

5.

Pourdavoud, E. (1927). *Gatha-ha, Soroude haye Zartosht* [Gathas, Songs of Zoroaster]. Zoroastrian Association Publications.

Rahbar, M. (2008). Sasanian Sites in Northwest Iran. Journal of Persian Archaeology, 4, 112-130.

Rawlinson, G. (1841). Notes on Journey.to the Ruins of Takht-i-Soleiman. Journal Royal Geographic Society, 10.

Sarafraz, A. A., & Kiani, M. Y. (1968). *Takht-e Soleyman*. Mu'asseseh Tarikh va Farhang Iran, (In Persian).

[سرفراز، علی‌اکبر با همکاری محمد یوسف کیانی (۱۳۴۷)، تخت‌سلیمان، تبریز: موسسه تاریخ و فرهنگ ایران].

Schindler, A. H. (1881). Neue angaben über den mineralreichtum persinens und notizen uber die gegend westlich von zendijan. In Jb. K. k. geol. Reichsanstalt, 31.

Schmidt, E. (1997). *Parvaz bar faraz shahrhaye bastani Iran* [Flight Over Ancient Cities of Iran] (A. Shishegar, Trans). Iranian Cultural Heritage Organization, (In Persian).

[اشمیت، اریک (۱۳۷۶)، پرواز بر فراز شهرهای باستانی ایران. ترجمهٔ آرمان شیشه‌گر، تهران: سازمان میراث‌فرهنگی کشور].

Sharafkandi, A. (Hazhar). (1997). *Farhang Loghat KordiFarsi* [Kurdish-Persian Dictionary]. Soroush, (In Persian).

[شرفکندی، عبدالرحمن (هژار) (۱۳۷۶)، فرهنگ لغت کُردی ـ فارسی، تهران: سروش، (چاپ دوم).]

Shaypman, K. (2004). *Tarikh Shahanshahi Sasani* [History of the Sasanian Empire] (F. Najd-Samiei, Trans). Iranian Cultural Heritage Organization, (In Persian).

Shtahl, A. F. (1907). Reisen in Nord-und Westpersien. Peternann, s Geographische Mitt.

Uokilehto, J. (2015). *Tarikh hefazat memari* [A History of Architectural Conservation] (M. H. Talebian & Kh. Bahari, Trans). Rozaneh (In Persian)

[یوکیلهتو، یوکا (۱۳۹۴)، تاریخ حفاظت معماری، ترجمه محمدحسن طالبیان و خشایار بهاری، تهران: روزنه].

Vahdati, A. (2014). Iron Age Tumuli in Northeast Iran. Ancient Civilizations, 20 (1), 45-60.

Valizadeh Ghareaghaji, Z., & Malekzadeh, M. (2023). Studying the role of environmental and geographical factors in the distribution of the Median period sites. *Iranian Journal of Archaeological Studies*. Available from: https://doi.org/10.22084/nb.2023.26437.2588, (In Persian).

[ولی‌زاده قره‌آغاجی، زینب و ملکزاده، مهرداد (۱۴۰۲)، مطالعه نقش عوامل محیطی و جغرافیایی در پراکندگی محوطه‌های دوره ماد، پژوهش‌های باستانشناسی ایران، ۱۵ (۴۴)، ۹۹-۱۳۶ . https://doi.org/10.22084/nb.2023.26437.2588].

Vonder Osten, H. H., & Naumann, R. (1961). Takht-i Suleiman. Vorläufiger Bericht über die Ausgrabungen 1959. Teheraner Forschungen, 1. Berlin.

Wiegartz, H. (1965). Archaologischer Anzeigr, 788, Tumulus Tepe Madjid.

Huff, D. (2012). Takht-e Solaymān. Encyclopædia Iranica, online edition. Retrieved from http://www.iranicaonline.org/articles/takt-e-solayman

Huff, D. (2013). The Ilkhanid Palace at Takht-i Sulayman: Excavation Results. In L. Komaroff (Ed.), Beyond the Legacy of Genghis Khan (pp. 94–110). Leiden.

Humbach, H. (1967). Atur Gušnasp. In Festschrift für Wilhelm Eilers (pp. 90-189). Wiesbaden.

Inanloo Daelilou, S. (2000). *Samandehi va tarahi manzar site haye tarikhi: Nemouneye moredi Takht-e Soleyman - Taka*b [Organization and landscape design of historical sites: A case study of Takht-e Soleyman - Takab]. (Unpublished master's thesis). University of Tehran, (In Persian).

[اینانلو داعلی‌لو، شبنم (۱۳۷۹)، ساماندهی و طراحی منظر سایت‌های تاریخی: نمونهٔ موردی تخت‌سلیمان ـ تکاب، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد رشتهٔ مهندسی طراحی محیط زیست، به راهنمایی دکتر هما ایرانی بهبهانی، دانشگاه تهران، (منتشر نشده)].

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [V. Masson-Delmotte et al. (Eds.)]. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

Kleiss, W. (1996). Mannean Sites in Iran. Iranica Antiqua, 31, 12-25.

Minorsky, V. (1999). *Nam haye Joghrafiai va Rishehaye Tarikhi an dar Atropaten (Mad)* [Geographical Names and Their Historical Roots in Atropatene (Media)] (R. Behzadi, Trans). Pazhuhandeh, (In Persian).

Moradi, Y. (2004). Preliminary report of the first season of the third round of Takht-e Soleyman excavations. *Nameh Pazhouheshgah-e Miras-e Farhangi, 2,* 91-106, (In Persian).

[مرادی، یوسف. (۱۳۸۳)، «گزارش مقدماتی نخستین فصل از دور سوم کاوش‌های تخت‌سلیمان»، نام پژوهشگاه میراث‌فرهنگی، شماره ۲، تهران: سازمان میراث‌فرهنگی کشور، صص ۹۱-۱۰۶.]

Naumann, E. (1964). Geographiche and geologische Einordnung in Teher Forsch.

Naumann, R. (1977). Die runinen Von Takht-e Sulaiman und Zendan-e Sulaiman und umebung.

Naumann, R. (2007). *Virane haye Takht-e Soleyman va Zendan-e Soleyman* [The Ruins of Takht-e Soleiman and Zendan-e Soleiman] (F. Najd-Samiei, Trans). Iranian Cultural Heritage Organization, (In Persian).

[ناومان، رودلف (۱۳۸۶)، ویرانه‌های تخت‌سلیمان و زندان‌سلیمان، ترجمه فرامرز نجد سمیعی، چاپ سوم (تهران: سازمان میراث‌فرهنگی کشور)].

Nöldeke, T. (1999). *Tarikh Iranian va Arab ha dar zamane Sasaniyan* [History of Iranians and Arabs during the Sasanian period] (A. Zaryab Khoei, Trans). Elme Ensani va Motale'ate Farhangi, (In Persian).

Pope, A. U. (1937). Preliminary Report on Takht-i-Solayman. Bull. A. Inst. Iranian Art and Archeology,

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

Wilber, D. (1955). The Architecture of Islamic Iran. Princeton University Press.

World Meteorological Organization (WMO). (2017). WMO guidelines on the calculation of climate normals (WMO-No. 1203). https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166

Yamamoto, Y. (1981). The Zoroastrian Temple Cult of Fire in Archaeology and Literature (II). Tokyo University, 17, 67–104.

Zarei-Nejad, M. (1999). *Motale'e vizhegi haye geomorphologi mantaghe Takht-e Soleyman* [Study of Geomorphological Characteristics of Takht-e Soleyman Region]. (Unpublished master's thesis). Islamic Azad University, Tehran Markaz Branch (In Persian).

[زارعی‌نژاد، مژگان (۱۳۷۸)، مطالعه ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی منطقه تخت‌سلیمان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ایی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته جغرافیایی طبیعی (ژئومورفولوژی ـ هیدرولوژی) به راهنمایی دکتر محمود لاجوردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، منتشر نشده.]

گفتگو

رحمانی، محمد (۱۳۹۹)، کارمند تخت‌سلیمان، ۵۴ ساله، شهر تخت‌سلیمان.

عاشقی، حمیده (۱۳۹۹)، خانه‌دار، ۵۶ ساله، شهر تخت‌سلیمان.

نوروزی، محمد (۱۳۹۹)، کشاورز و بازنشسته تخت‌سلیمان، ۶۵ ساله، شهر تخت‌سلیمان.

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

cold-region archaeological sites. Ultimately, conservation strategies must be dynamic, evidence-based, and tailored to the site's specific environmental conditions to safeguard both its material integrity and cultural value against escalating threats.

Acknowledgments: The authors sincerely thank Dr. Mohammad Reza Ghodri for his valuable expertise in geomorphology and his contributions to enhancing this article through his research on Takht-e Soleyman in MA/PhD theses.

Authors' Contributions: The first author led conceptualization, linking environmental studies to heritage conservation, and proposed protective measures. The second author designed the methodology, analyzed historical documents on Takht-e Soleyman, and contributed to theoretical frameworks. The third author managed climate data collection, analysis, and integration into the study.

Conflict of Interest: None declared.
Funding: This research received no financial or institutional support.
Data Availability: Research data is held by the authors and available upon request.

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

a crucial role in the preservation of archaeological sites. The Takht-e Soleyman archaeological site, situated in a mountainous and cold region, exemplifies the challenges faced in protecting historical artifacts from environmental factors. Located at an altitude of 2,200 meters above sea level on a natural terrace that rises 20 meters above the surrounding plain, it features a constantly flowing spring shaped by the climatic and geological conditions of the area.

The harsh climatic conditions, including severe cold and heavy snowfall, present significant challenges to the preservation of Takht-e Soleyman. These conditions necessitate a thorough examination of environmental characteristics and their impacts on historical remains. The primary objective of this research is to identify the environmental capacities of the region and determine optimal climatic conditions for protecting and restoring historical artifacts.

Given ongoing climate change and its effects on ancient structures, this study aims to contribute to the preservation and maintenance of these artifacts for future generations. The central research question is: What environmental features have led to human habitation in this area, and how can we protect its historical artifacts? The hypothesis posits that water resources and suitable climatic conditions have played a vital role in establishing and sustaining settlements.

Additionally, secondary hypotheses include the negative impacts of climate change on architectural remains and the necessity of selecting appropriate materials for restoration efforts. The importance of this research lies in its potential to enhance preservation methods, safeguarding both material and spiritual values of historical artifacts. Furthermore, this information can aid in planning for sustainable tourism development in the area.

The research methodology will be historical and descriptive-analytical, utilizing library studies and field visits to facilitate the identification and analysis of climatic and environmental data. Ultimately, a comprehensive understanding of Takht-e Soleyman's climate and environment can improve preservation planning and serve as a model for other archaeological sites in Iran.

Climate and Its Impact on the Formation, Longevity, and Preservation Challenges of Takht-e Soleyman

The protection of archaeological sites is fundamentally about preserving their cultural significance, and Takht-e Soleyman exemplifies this challenge. Located at an elevation of over 2,200 meters above sea level, it is recognized as one of the coldest regions in Iran, characterized by long winters and heavy snowfall. The recorded minimum temperature has reached -37 degrees Celsius. From early November to late April, the region experiences a prolonged freezing period, during which the daily melting of snow followed by nighttime refreezing causes serious damage to architectural remains.

This freeze-thaw cycle leads to deterioration that penetrates the outer surfaces of materials, ultimately harming the underlying structures. To mitigate these effects, protective measures such as covering surfaces with clay and gypsum are implemented; however, these coverings only shield the upper sections and do not fully counteract frost damage. Therefore, understanding the necessary actions for protecting existing artifacts at Takht-e Soleyman requires recognizing both the cultural qualities of the site and the factors threatening these qualities.

Damaging factors include sunlight, moisture from rain and melting snow, frost, wind, and biological agents like wild plants and algae. Internal factors such as microorganisms and chemical reactions also contribute to material deterioration. The significant deterioration of architectural remains is primarily due to harsh climatic conditions that allow moisture to infiltrate materials. As moisture freezes, it causes further surface damage.

Thus, the challenging climatic conditions at Takht-e Soleyman present major obstacles for preserving its archaeological heritage. Consequently, effective management of this UNESCO World Heritage site must adopt the highest standards of protection to safeguard these invaluable artifacts for future generations.

Conclusion

This study demonstrates that sustainable preservation of archaeological sites particularly in climatically challenging areas such as Takht-e Soleyman requires the integration of environmental and climatic data into restoration and management processes. Climatic conditions, including extremely low temperatures (down to −37 °C), long snowy winters, and repeated freeze–thaw cycles, are the primary drivers of structural deterioration. These cycles cause mechanical stress, microcracks, surface flaking, mortar erosion, and eventual deep structural collapse, exacerbated by snow load, water infiltration, wind, and vegetation growth.

Effective conservation must treat climatic data as a core design parameter rather than background information. Recommended measures include: hydrophobic-modified mortars (e.g., nano-silica) to resist moisture penetration; comprehensive protective coverings; smart surface-water drainage and possible spring rerouting; controlled removal of invasive plants; and structural stabilization through scaffolding, shoring, and tie reinforcement.

Beyond preservation, the site's rich biodiversity offers opportunities for sustainable ecotourism, provided that carrying capacity is managed to avoid ecosystem degradation.

The research framework emphasizing environmental data in preservation planning can serve as a model for similar

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]

Environmental Studies and Their Role in the Conservation of Archaeological Sites: A Case Study of Takht-e Soleyman

Hamid Amanollahi[1*], Hassan Karimian[2], Fatemeh Sheikh Ahmadi[3]

1.PhD student of Archaeology, University of Tehran, Iran

amanollahi.hamid@ut.ac.ir*

2.Professor, Department of Archeology, University of Tehran, Tehran, Iran

3.climatology (Synoptic), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2025.05.17

Accepted: 2026.01.20

doi: https://10.66224/kcr.8.3.64

Knowledge of Conservation and Restoration

pISSN: 2538-6093 eISSN: 3060-6217

This journal adheres to COPE guidelines. Access to this article is free for all. Any non-commercial use of it is permitted, provided appropriate attribution is given.

Takht-e Soleyman, located in a mountainous area of northwestern Iran, is one of the country's most important historical and cultural centers and has been studied from various scientific perspectives. This research aims to identify the environmental characteristics influencing human settlement and to examine the impacts of climatic and environmental conditions on the preservation of historical monuments. Findings indicate that the large spring of Takht-e Soleyman and several karst springs, by providing mineral-rich water, have played a significant role in the formation of settlements and the chemical composition of the soil, thereby affecting the region's biodiversity and vegetation cover. Adequate precipitation has further enriched the vegetation and created favorable habitats for various animal species. The main objectives of this study include identifying the environmental potentials that contributed to settlement formation and proposing adaptive strategies to local climatic conditions for the conservation, restoration, and management of the complex. Given Takht-e Soleyman's specific climate characterized by long winters and heavy snowfall the key question is how to ensure effective preservation of its historical assets. The research methodology is historical and descriptive-analytical, combining library studies with field observations. Comparative analysis of climatic parameters such as temperature, humidity, precipitation, and solar radiation against international standards revealed that, if properly managed, certain climatic indices can help mitigate physical deterioration of the monuments. Accordingly, practical strategies based on quantitative and qualitative indicators have been proposed to reduce adverse environmental impacts. By integrating historical, architectural, and environmental data, this study highlights the critical role of environmental studies in safeguarding archaeological sites particularly Takht-e Soleyman and offers scientific and practical solutions to ensure the sustainable preservation of this valuable heritage.

Keywords: Takht-e Soleyman, Interdisciplinary Sciences, Physical Geography, Environmental Archaeology, Conservation and Restoration.

Introduction & Method

Environmental studies, as an interdisciplinary field, focus on the interactions between humans and the natural environment, playing

[Downloaded from kcr.richt.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.66224/kcr.8.3.64]