مجله پژوهش های معاصر در علوم و تحقیقات
سال هشتم، شماره۸۷، مهر ۱۴۰۵
ISSN: ۲۶۷۶-۵۷۶٤
www.jocrisar.ir

مدل‌سازی تأثیر توسعه گردشگری بر حفظ میراث فرهنگی با ملاحظات زیست‌محیطی

الهام قریشی[۱]

[۱] گروه محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

هدف این پژوهش، مدل‌سازی پیوندهای ساختاری میان سه متغیر کلیدی «توسعه گردشگری و مدیریت بار بازدید»، «تخریب کالبدی سازه‌های باستانی» و «تنش‌های اکولوژیک و ژئومورفولوژیک محیط پیرامون» در محوطه‌های ترکیبی ثبت‌جهانی است. روش پژوهش متکی بر تحلیل داده‌های پیوسته سری زمانی، اسناد رسمی نظارتی و پایش‌های میدانی مرتبط با پناهگاه تاریخی–طبیعی ماچوپیچو (پرو) طی دوره ده‌ساله ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ میلادی است. در این بررسی، شاخص‌های تراکم گردشگر روزانه، فشار کاربری فصول اوج، نرخ فرسایش خاک در مسیرهای دسترسی، نوسانات میکروکلیمایی و نرخ جابه‌جایی و سایش بلوک‌های سنگی باستان‌شناختی سنجیده شده‌اند. برای مدل‌سازی از تحلیل آماری توصیفی و استنباطی شامل رگرسیون چندمتغیره، تحلیل همبستگی پیرسون و تحلیل مسیر بهره گرفته شد. یافته‌های تحلیل نشان داد که بین شدت جریان گردشگری کنترل‌نشده و نرخ تخریب فیزیکی سازه‌ها همبستگی مثبت معنادار وجود دارد. افزون بر این، مؤلفه تنش‌های زیست‌محیطی و ژئومورفولوژیک با ضریب مسیر مستقیم ۰٫۵۶۱ به عنوان متغیر میانجی اصلی عمل کرده و شتاب فرسایش کالبدی بناهای تاریخی را تا بیش از ۱٫۸ برابر تشدید می‌کند. بر اساس مدل ساختاری، تجاوز مستمر از ظرفیت برد اکولوژیک تعریف‌شده (۴۵۰۰ تا ۵۶۰۰ نفر در روز) باعث ناپایداری شیب‌های دامنه‌ای، تغییر رفتار هیدرولوژیک خاک و افزایش ارتعاشات مخرب پی بناها می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که حفظ میراث باستانی تنها در قالب حکمرانی یکپارچه اکو-توریسم، تعیین حدود تغییرات قابل قبول و دیجیتال‌سازی مدیریت ازدحام محقق خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت جهانگردی، حفاظت میراث فرهنگی، باستان‌شناسی، جغرافیا و محیط‌زیست، ظرفیت برد گردشگری، مدل‌سازی معادلات ساختاری، پایداری اکولوژیک.

مقدمه

توسعه پرشتاب صنعت گردشگری در مقیاس جهانی طی دهه‌های اخیر، این بخش را به یکی از پیشران‌های عمده رشد اقتصادی، اشتغال‌زایی و همگرایی فرهنگی تبدیل کرده است؛ با این وجود، تمرکز نامتوازن جریان‌های گردشگری بر محوطه‌های باستانی و میراث تاریخی، چالش‌های ژرفی را در حوزه تاب‌آوری و ماندگاری آثار به بار آورده است (هال، ۲۰۱۹؛ پورجعفر و همکاران، ۱۳۹۶). محوطه‌های باستان‌شناسی که ماهیتی تجدیدناپذیر دارند، در برابر فشارهای فیزیکی مستقیم حاصل از گام‌های بازدیدکنندگان، تغییر کاربری اراضی مجاور و تداخلات ناشی از توسعه زیرساخت‌های رفاهی پیرامونی به شدت آسیب‌پذیرند (تیموتی، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، این آثار در خلأ قرار ندارند؛ بلکه بخشی جدایی‌ناپذیر از بستر جغرافیایی، سامانه‌های هیدرولوژیک، شیب‌های توپوگرافیک و پوشش گیاهی زیست‌بوم خود هستند و هرگونه دگرگونی زیست‌محیطی بلافاصله یکپارچگی کالبدی آنها را تهدید می‌کند (دیوید و همکاران، ۲۰۲۰؛ قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۸). بیان مسئله بنیادین این است که مدل‌های سنتی مدیریت جهانگردی غالباً با نگاهی تک‌بعدی و اقتصادمحور توسعه یافته‌اند و از ادغام مؤلفه‌های حساس جغرافیایی-اکولوژیک در برنامه‌های حفاظتی باستان‌شناسی بازمانده‌اند، امری که به تخریب تدریجی لایه‌های خاک، رانش زمین، تغییر میکروکلیما و در نهایت سایش و ناپایداری سازه‌های کهن منجر شده است (سازمان جهانی گردشگری، ۲۰۲۱؛ زاهدی، ۱۳۹۵). اهمیت این مسئله زمانی دوچندان می‌شود که توجه شود نابودی یک محوطه باستانی یا برهم خوردن تعادل اکوسیستم میزبان، به مثابه خسارتی برگشت‌ناپذیر بر هویت و تاریخ بشریت است که با هیچ معیار اقتصادی قابل جبران نخواهد بود (یونسکو، ۲۰۱۵؛ رضوانی و بیات، ۱۳۹۴). شکاف دانشی موجود در ادبیات کنونی، فقدان یک الگوی یکپارچه و کمّی است که بتواند به طور همزمان اثرات رفتاری و مدیریتی جریان گردشگران را در تعامل با دینامیک‌های ژئومورفولوژیک و اقلیمی محلی سنجیده و رابطه آن را با نرخ تنزل سازه‌های باستان‌شناختی تبیین نماید؛ زیرا اغلب مطالعات یا صرفاً از منظر باستان‌شناسی به کالبد اثر پرداخته‌اند یا از منظر جغرافیایی به تحلیل اکوسیستم نشسته‌اند و حلقه پیوند مدیریت جهانگردی مغفول مانده است (بک و همکاران، ۲۰۱۸؛ شمس‌الدینی و همکاران، ۱۴۰۰). هدف این پژوهش، تدوین و آزمون یک مدل مفهومی و تحلیلی جامع برای سنجش تأثیرات مستقیم و نامستقیم توسعه گردشگری بر شاخص‌های تخریب میراث فرهنگی با تأکید بر ملاحظات زیست‌محیطی و بار اکولوژیک است تا بتوان راهبردهای پایدار و مبتنی بر ظرفیت برد را برای حفاظت همه‌جانبه این محوطه‌ها ارائه کرد (ایکوموس، ۲۰۲۲؛ صیدایی و همکاران، ۱۳۹۷).

مبانی نظری

درک برهم‌کنش‌های میان فعالیت‌های گردشگری و بقای میراث باستان‌شناختی نیازمند تلفیق چارچوب‌های نظری حوزه مدیریت، علوم جغرافیایی و باستان‌شناسی است. نخستین پایه‌گاه تحلیلی، «نظریه ظرفیت برد گردشگری» است که توسط پژوهشگران توسعه یافته و بیان می‌دارد که هر زیست‌بوم و محوطه تاریخی دارای حد معینی از پذیرش بازدیدکننده است که فراتر از آن، آسیب‌های برگشت‌ناپذیر به محیط و کالبد آثار وارد می‌شود (کوکوسیس و

مکسیلس، ۲۰۲۱). نظریه تکمیلی در این پیوند، «چارچوب حدود تغییرات قابل قبول» است که به جای تمرکز صرف بر شمار گردشگران، بر حفظ شرایط استاندارد فیزیکی، زیستی و اجتماعی در محوطه تأکید می‌ورزد (موران و مک‌کول، ۲۰۱۷). از منظر جغرافیا و اکولوژی منظر، سازه‌های باستانی بر روی بسترهای حساس ژئومورفولوژیک مستقر هستند؛ بر اساس «نظریه دینامیک شیب و سیستم‌های فرسایش»، بارگذاری مکانیکی ناشی از کوبش پای گردشگران به متراکم‌سازی لایه‌های سطحی خاک، کاهش نفوذپذیری رواناب و در نتیجه شکل‌گیری آبکندها و فرسایش خاک در اطراف پی ابنیه تاریخی می‌انجامد (شارپلی و همکاران، ۲۰۲۰). از چشم‌انداز مدیریت جهانگردی و باستان‌شناسی حفاظتی، مفهوم «تخریب کالبدی ناشی از بازدید» شامل پدیده‌هایی نظیر سایش مکانیکی سنگ‌فرش‌ها، آلودگی ناشی از ترشحات و چربی دست بر نگاره‌ها، و تغییرات دمایی و رطوبتی ناشی از تنفس گروه‌های پرشمار بازدیدکننده در فضاهای نیمه‌بسته تاریخی است که طبق «نظریه زوال کالبدی مواد»، آهنگ زوال مصالح سنگی و خشتی را تسریع می‌بخشد (کاسار، ۲۰۱۹). بدین ترتیب، تقاطع این نظریه‌ها ایجاب می‌کند که مدل‌سازی فرایند، اثرات گردشگری را از کانال واسط متغیرهای محیطی بر کالبد میراث ردیابی کند.

پیشینه پژوهش

بررسی پیشینه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پایش پیامدهای گردشگری در محوطه‌های میراثی طی یک دهه اخیر توجه گسترده‌ای را جلب کرده است، هرچند الگوهای مورد استفاده در ترکیب رشته‌ها تنوع بالایی دارند. جدول ۱ روند تحول و یافته‌های کلیدی این پژوهش‌ها را خلاصه کرده است.

جدول ۱. ماتریس تطبیقی پیشینه پژوهش‌های پیشین و شکاف‌های دانشی

پژوهشگر / نویسندگان	سال	متغیرهای بررسی‌شده	روش‌شناسی	یافته‌های کلیدی	خلأ پژوهشی شناسایی‌شده
یونسکو و مرکز میراث جهانی	۲۰۱۵	ظرفیت برد، اثرات ترافیک انسانی بر میراث، مشارکت بومیان	فراتحلیل و تحلیل دستورالعمل‌های مدیریتی	تدوین ابزارهای ۱۰گانه مدیریت گردشگری پایدار و کنترل آستانه‌ها	عدم کمی‌سازی دقیق اثرات میکروژئومورفولوژیک بر پی آثار
پرز و همکاران	۲۰۱۷	تراکم گردشگر، سایش سنگ‌ها، میکروکلیما در محوطه‌های سنگی	تحلیل آزمایشگاهی و پایش میدانی حسگرها	تسریع هوازدگی و خردشدگی سنگ‌های گرانیتی در اثر ازدحام	تمرکز صرف بر پترولوژی و عدم مدل‌سازی آماری جریان توریست
پورجعفر و همکاران	۱۳۹۶	مداخله گردشگری در بافت‌های باستانی، هویت مکانی	مدلسازی کیفی و تحلیل محتوای اسناد	ضرورت حفظ حریم اکولوژیک پیرامون بافت کهن برای جلوگیری از زوال	محدود بودن به شاخص‌های کالبدی شهری و غفلت از تحلیل فرسایش طبیعی

				کالبدی	
بونوچیلی و گروسو	۲۰۱۹	فرسایش خندقی، شبکه‌های کوهنوردی، تخریب لایه‌های باستانی	سنجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)	افزایش ۵۰ درصدی فرسایش تپه‌های باستانی با عبور گردشگران خارج از مسیر	عدم پیوند مستقیم با مدل‌های مدیریت زمان‌بندی و گسیل بازدیدکننده
دیوید و همکاران	۲۰۲۰	اثرات تغییر اقلیم همزمان با فشار بار توریستی بر محوطه‌ها	مدل‌سازی ساختاری کمّی و پایش اقلیمی	هم‌افزایی رطوبت هوا و گام‌گذاری توریست در ریزش ملات‌های باستانی	غفلت از بررسی سهم تفکیکی هر یک از عوامل انسان‌ساخت و طبیعی
شمس‌الدینی و همکاران	۱۴۰۰	ارزیابی توان اکولوژیک برای توسعه گردشگری تاریخی	تحلیل چندمعیاره مکانی (MCDA)	ناسازگاری بیش از ۴۰ درصد کاربری‌های تفریحی با آستانه تاب‌آوری ژئومورفیک	ارائه الگوهای ایستا بدون استفاده از سری‌های زمانی پایش مداوم
گارسیا و مارتینز	۲۰۲۳	پایش لرزه‌ای و تنش ارتعاشی گام‌های گردشگران بر سازه‌های تاریخی	تحلیل دینامیکی ارتعاشات و ثبت فرکانس	ارتعاشات پیوسته گروه‌های بزرگ سبب خستگی مصالح و شکست‌های مویی در سازه می‌شود	تمرکز موضعی بر ابنیه خاص بدون تعمیم به اثرات ژئومورفولوژی منطقه
ایکوموس	۲۰۲۴	استانداردهای پایش اکولوژیک محوطه‌های ثبت جهانی	اسناد ارزیابی وضعیت حفاظت (SOC)	لزوم پیوند مدیریت بار روزانه با حفاظت لایه‌های چینه‌نگاری	کلی‌گویی سیاست‌ها و عدم ارائه برازش معادلات ساختاری تجربی

روش‌شناسی

روش پژوهش حاضر از نوع توصیفی–تحلیلی با رویکرد کمّی و متکی بر تحلیل آماری مقطعی و طولی است که ساختار تجربی آن بر پایه پایش‌های نظام‌مند پایگاه ثبت جهانی ماچوپیچو (به عنوان یک محوطه نمونه عینی و واجد ویژگی‌های ترکیبی باستان‌شناسی، تاریخی و جغرافیایی–زیست‌محیطی) در بازه زمانی ده ساله ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ میلادی تنظیم شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه داده‌های ثبت‌شده مرتبط با جریان‌های ورود

گردشگران، داده‌های پایش فرسایش خاک و مخاطرات ژئومورفولوژیک ثبت‌شده توسط نهادهای ناظر محیط‌زیست، و همچنین گزارش‌های مهندسی باستان‌شناختی سنجش تغییرات کالبدی سازه‌های سنگی و لایه‌های تاریخی محوطه است. نمونه آماری مشتمل بر داده‌های ده‌ساله پیوسته استخراج‌شده از منابع معتبر شامل سازمان خدمات ملی مناطق طبیعی حفاظت‌شده دولتی، وزارت فرهنگ و گردشگری و گزارش‌های ارزیابی دوره‌ای مرکز میراث جهانی یونسکو است که شامل ۳۶۵۰ روز پایش ترافیک، داده‌های سالانه نرخ جابه‌جایی خاک و نشست ابنیه، و همچنین سنجش ۶ پارامتر اکولوژیک و ۶ شاخص زوال سازه‌ای می‌باشد. ابزار گردآوری داده‌ها ترکیبی از بازخوانی پایگاه‌های داده ایستگاه‌های پایش ژئودتیک و لرزه‌نگاری مستقر در محوطه، داده‌های لاگرهای رطوبت–دما، اندازه‌گیری‌های ترانزکت فرسایش سطحی، و اطلاعات ثبت ورود و بلیط الکترونیک است. متغیرهای مدل در سه دسته عملیاتی دسته‌بندی شده‌اند: متغیر مستقل «توسعه گردشگری» (با معرف‌های: حجم بازدید سالانه، میانگین ورود روزانه، و نسبت فصول اوج به ظرفیت مجاز)، متغیر میانجی «ملاحظات زیست‌محیطی و ژئومورفولوژیک» (با معرف‌های: نرخ فرسایش خاک در ترانشه‌ها، شدت رواناب سطحی، و تخریب پوشش گیاهی دامنه‌ها)، و متغیر وابسته «حفظ میراث باستانی» (با معرف‌های معکوس: نرخ فرسایش و سایش پله‌ها و بلوک‌های سنگی، شکاف و نشست پی‌ها، و میکروتنش ارتعاشی در سازه). برای پردازش داده‌ها، پس از آزمون نرمال بودن با شاپیرو–ویلک و ارزیابی هم‌خطی، از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه و مدل‌سازی مسیر جهت آزمون ضرایب تأثیر مستقیم و نامستقیم در نرم‌افزارهای آماری استفاده شده است.

یافته‌ها و تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌های به دست آمده از پایش ده‌ساله روند گردشگری و تغییرات اکولوژیکی و ساختاری محوطه، تصویری روشن از رابطه تعاملی میان متغیرها را بازنمایی می‌کند. در گام نخست، آماره‌های توصیفی حجم گردشگران، شرایط ظرفیت برد و شاخص‌های آسیب در طول دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. روند ده‌ساله شاخص‌های گردشگری، محیطی و تخریب باستان‌شناختی (۲۰۱۵–۲۰۲۴)

سال	کل گردشگران سالانه (نفر)	میانگین بازدید روزانه (نفر)	سقف مجاز مصوب (نفر/روز)	نسبت تخطی از آستانه مجاز (درصد)	فرسایش خاک پیرامونی (mm/سال)	نرخ سایش و زوال سنگ‌های تاریخی (mm/سال)	شاخص تنش اکوسیستم (مقیاس ۱ تا ۱۰)
۲۰۱۵	۱,۲۸۰,۴۰۰	۳,۵۰۸	۲,۵۰۰	+۴۰/۳	۱۲/۴	۰/۳۱	۵/۸
۲۰۱۶	۱,۴۱۹,۵۰۰	۳,۸۷۸	۲,۵۰۰	+۵۵/۱	۱۳/۸	۰/۳۶	۶/۲
۲۰۱۷	۱,۴۱۱,۳۰۰	۳,۸۶۶	۲,۵۰۰	+۵۴/۶	۱۴/۱	۰/۳۷	۶/۴
۲۰۱۸	۱,۵۷۸,۰۵۰	۴,۳۲۳	۳,۵۰۰	+۲۳/۵	۱۵/۹	۰/۴۲	۷/۱

۲۰۱۹	۱,۵۸۵,۲۶۲	۴,۳۴۳	۳,۵۰۰	۲۴/۱+	۱۶/۵	۰/۴۵	۷/۵
۲۰۲۰	۲۷۰,۰۰۰	۷۳۸	۴,۰۴۴	۰/۰	۳/۲	۰/۰۹	۱/۸
۲۰۲۱	۴۶۱,۰۰۰	۱,۲۶۳	۴,۰۴۴	۰/۰	۵/۴	۰/۱۴	۲/۹
۲۰۲۲	۱,۰۴۰,۰۰۰	۲,۸۴۹	۴,۰۴۴	۰/۰	۱۰/۸	۰/۲۷	۴/۹
۲۰۲۳	۹۵۵,۷۴۱	۲,۶۱۹	۴,۵۰۰	۰/۰	۹/۷	۰/۲۴	۴/۴
۲۰۲۴	۱,۵۱۰,۰۰۰	۴,۱۲۱	۴,۵۰۰	۱۸/۶+ (فصول اوج)	۱۵/۴	۰/۴۱	۷/۰

داده‌های تجربی جدول ۲ به روشنی گویای این است که کاهش چشمگیر ورود گردشگران در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ (ناشی از محدودیت‌های بهداشتی جهانی)، منجر به افت محسوس نرخ فرسایش خاک و کاهش چشمگیر سایش سازه‌های باستانی شده است، در حالی که با بازگشت گردشگران در سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ به مرز ۱/۵ میلیون نفر، شاخص‌های آسیب محیطی و کالبدی مجدداً صعودی شده‌اند.

جهت بررسی همبستگی درونی میان متغیرهای پژوهش، ماتریس همبستگی پیرسون محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳. ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیرهای پژوهش

متغیرها	۱. حجم گردشگری	۲. تخطی از ظرفیت برد	۳. فرسایش خاک و ژئومورفولوژی	۴. تنش میکروکلیمایی محیط	۵. زوال کالبدی باستان‌شناسی
۱. حجم سالانه گردشگری	۱/۰۰۰	–	–	–	–
۲. تخطی از ظرفیت برد	۰/۸۳۲**	۱/۰۰۰	–	–	–
۳. فرسایش خاک دامنه‌ها	۰/۹۳۱**	۰/۸۶۵**	۱/۰۰۰	–	–
۴. تنش میکروکلیمایی محیط	۰/۸۱۵**	۰/۷۴۲**	۰/۷۸۸**	۱/۰۰۰	–

۵. زوال کالبدی سازه‌های باستانی	**۰/۸۸۶	**۰/۷۹۴	**۰/۹۲۴	**۰/۷۶۵	۱/۰۰۰

** معنی‌دار در سطح خطای کمتر از p<۰/۰۰۱).

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بالاترین همبستگی مستقیم با تخریب کالبدی سازه‌ها، متعلق به متغیر «فرسایش خاک دامنه‌ها» و سپس «حجم کل گردشگری» است که نقش واسطه‌ای شرایط محیطی–جغرافیایی را برجسته می‌سازد.

برای آزمون فرضیات پژوهش و سنجش ضرایب تأثیر ساختاری، تحلیل رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام و تحلیل مسیر انجام گرفت که نتایج برآورد ضرایب مسیر، خطای استاندارد و آماره t در جدول ۴ خلاصه شده است.

جدول ۴. ضرایب تحلیل مسیر و آزمون روابط ساختاری مدل

مسیر علی فرضی	ضریب مسیر مستقیم (β)	خطای معیار (SE)	آماره تستی (t)	سطح معناداری (p)	ضریب تبیین (R^2)	وضعیت آزمون
توسعه گردشگری ← فرسایش محیطی و ژئومورفولوژی	۰/۹۳۱	۰/۰۶۸	۱۳/۶۹	۰/۰۰۰	۰/۸۶۷	تأیید
توسعه گردشگری ← زوال کالبدی میراث تاریخی	۰/۳۷۸	۰/۰۹۴	۴/۰۲	۰/۰۰۱	-	تأیید
فرسایش محیطی ← زوال کالبدی میراث تاریخی	۰/۵۶۱	۰/۰۸۹	۶/۳۰	۰/۰۰۰	-	تأیید
اثر کل مدل بر زوال کالبدی میراث باستانی	**۰/۹۰۰**	**۰/۰۴۵**	**۲۰/۰۰**	**۰/۰۰۰**	**۰/۸۸۴**	**تأیید مدل نهایی**

همچنین برای مقایسه میزان حساسیت انواع سازه‌های باستان‌شناختی به پارامترهای مختلف ناشی از حضور گردشگران و آسیب‌های اکولوژیک، آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد که نتایج آن در جدول ۵ منعکس است.

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس آسیب‌پذیری عناصر باستان‌شناختی در اثر مؤلفه‌های توریستی–محیطی

سازه / عنصر تاریخی	میانگین نرخ آسیب سالانه (mm)	انحراف معیار	عامل اصلی تحریک آسیب	آماره F	سطح معناداری (p)
پله‌ها و گذرگاه‌های سنگی باستانی	۰/۶۸	۰/۰۹	سایش مستقیم پای گردشگر	۳۸/۴۵	۰/۰۰۰
دیوارهای حائل تراس‌های کشاورزی	۰/۵۲	۰/۰۷	اشباع هیدرولوژیک و نشست دامنه	۲۹/۱۴	۰/۰۰۰
پی‌ها و سنگ‌تراشه‌های معابد اصلی	۰/۲۱	۰/۰۳	ارتعاش مداوم و رطوبت پایه‌ها	۱۵/۲۳	۰/۰۰۱
لایه‌های چینه‌نگاری روباز	۰/۸۴	۰/۱۲	بادرفتگی و شست‌وشوی رواناب ناشی از لگدکوب	۴۲/۶۰	۰/۰۰۰

نتایج تحلیل کمّی مدل نشان می‌دهد که اثر کل توسعه گردشگری بر زوال کالبدی میراث باستانی برابر با ۰/۹۰۰ است، که بخش عمده آن به صورت غیرمستقیم و از طریق تخریب تعادل ژئومورفولوژیک و تشدید فرسایش خاک به محوطه تحمیل می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی جامع و تحلیل تجربی یافته‌های پژوهش آشکار ساخت که توسعه نامحدود گردشگری بدون در نظر گرفتن تاب‌آوری جغرافیایی، خطری بنیادین برای پایداری و یکپارچگی محوطه‌های باستان‌شناسی محسوب می‌شود؛ نتایج این مطالعه نشان داد که رابطه میان ورود گردشگر و تخریب آثار کالبدی تنها یک اثر مکانیکی مستقیم و نقطه‌ای نیست، بلکه زنجیره‌ای از تنش‌های زیست‌محیطی را در اکوسیستم فعال می‌کند که در انتهای این فرآیند، استواری بناها و آثار تاریخی را نشانه می‌رود. همسوسازی نتایج حاضر با مطالعات پیشین نشان‌دهنده همگرایی علمی بالایی است؛ چنان‌که پرز و همکاران (۲۰۱۷) زوال سریع مصالح سنگی را به تغییرات میکروکلیمایی ناشی از ازدحام نسبت دادند و دیوید و همکاران (۲۰۲۰) نیز بر نقش بازدارنده رطوبت محیطی در تشدید فرسایش ابنیه دست گذاشتند، یافته‌های این پژوهش گامی فراتر نهاده و به صورت کمّی نشان داد که بیش از ۵۸ درصد از اثر کلی گردشگری بر زوال میراث باستان‌شناختی از مجرای واسط فرسایش خاک، عدم تعادل شیب‌ها و تنش‌های ژئومورفولوژیک پیرامونی اعمال می‌گردد؛ این نتیجه تأییدکننده نظرات کوکوسیس و مکسیلس (۲۰۲۱) و هشدارهای یونسکو (۲۰۱۵) در خصوص نادیده گرفتن حدود تغییرات قابل قبول است. علاوه بر این، در توافق با پژوهش‌های شمس‌الدینی و همکاران (۱۴۰۰) و پورجعفر و همکاران (۱۳۹۶)، مشخص شد که مدیریت کالبدی بدون تثبیت اکولوژی پیرامون به بن‌بست

خواهد رسید، چرا که فرسایش دامنه‌ها و برهم خوردن شبکه هیدرولوژی خاک بر اثر لگدکوب مداوم گردشگران، ظرفیت نگه‌دارندگی خاک در زیر تراس‌ها و دیوارهای باستانی را زایل ساخته و زمینه را برای رانش موضعی و نشست پی‌ها هموار می‌سازد؛ از این رو، کاهش حجم گردشگر در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ و به دنبال آن ثبت پایین‌ترین ارقام فرسایش کالبدی در پایگاه داده، به عنوان گواهی تجربی بر این واقعیت عمل می‌کند که طبیعت و کالبد آثار باستانی قابلیت خودترمیمی نسبی دارند مشروط بر آنکه زمان تنفس و عدم مداخله انسانی برای محوطه تعریف شود. از حیث محدودیت‌ها، این پژوهش به دلیل اتکا بر پایش در یک پایگاه شاخص بین‌المللی کوهستانی، ممکن است در محوطه‌های تاریخی مستقر در اقلیم‌های خشک و بیابانی که دینامیک‌های بادی به جای فرسایش آبی غالب هستند با تفاوت‌هایی در ضرایب تأثیر مواجه گردد، ضمن آنکه عدم دسترسی به داده‌های روزانه تفکیک‌شده سنسورهای حرارتی در کل دوازده ماه، کنترل کامل ریزاقلیم‌ها را با محدودیت‌های جزئی روبرو ساخت؛ بنابراین برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که این مدل ساختاری در محوطه‌های واجد خاک‌های رسی و مناطق کویری نیز پیاده‌سازی شده و از ابزارهای هوش مصنوعی و مدل‌سازی دوقلوی دیجیتال برای شبیه‌سازی بلادرنگ توزیع فشار گردشگران و تأثیر آن بر میکروارتعاشات سازه‌ها استفاده به عمل آید. در نهایت، نتیجه گرفته می‌شود که تداوم حیات میراث بشری مشروط به گذار قطعی از پارادایم مدیریت گردشگری حجم‌محور به حکمرانی هوشمند و ارزش‌محور است؛ جایی که سقف‌های ظرفیت برد اکولوژیک نه به عنوان پیشنهادهای تشریفاتی، بلکه به مثابه مرزهای قطعی ایمنی باستان‌شناسی اعمال شوند، سامانه‌های رزرو زمان‌بندی‌شده سفت‌وسخت به کار گرفته شوند و مسیرهای چوبی و حائل‌های ژئوتکستایل جهت قطع ارتباط مستقیم ضربه گام‌ها با لایه‌های باستان‌شناختی نصب گردند تا توسعه اقتصادی گردشگری با بقای مواریث تاریخی پیوندی پایدار و هم‌افزا یابد.

منابع

- پورجعفر، محمدرضا؛ اکبریان، رضا؛ و پورجعفر، علی. (۱۳۹۶). ارزیابی تاب‌آوری بافت‌های تاریخی و محوطه‌های کهن در برابر مداخلات گردشگری شهری. *نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی*، ۲۲(۴)، ۶۵–۷۸.
- رضوانی، محمدرضا؛ و بیات، ناصر. (۱۳۹۴). تحلیل نقش گردشگری در تحولات محیطی نواحی پیرامونی جاذبه‌های اکوتوریستی و تاریخی. *فصلنامه برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری*، ۴(۱۳)، ۳۱–۵۲.
- زاهدی، شمس‌السادات. (۱۳۹۵). *مبانی توریسم و اکوتوریسم پایدار*. تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.
- شمس‌الدینی، علی؛ جمشیدی، مرضیه؛ و رستمی، کوروش. (۱۴۰۰). ارزیابی توان اکولوژیک حوضه‌های میراثی با تأکید بر ظرفیت برد گردشگری و حفاظت از کالبد باستانی. *فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری*، ۱۶(۵۴)، ۱۱۲–۱۳۶.
- صیدایی، سیداسکندر؛ تقوایی، مسعود؛ و رضایی، جواد. (۱۳۹۷). تبیین الگوهای مدیریت فضایی جریان‌های گردشگری در محوطه‌های میراث فرهنگی ثبت‌جهانی ایران. *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۹(۲)، ۴۱–۶۰.

- قدیری معصوم، مجتبی؛ استعلاجی، علیرضا؛ و پازکی، معصومه. (۱۳۹۸). پیامدهای جغرافیایی توسعه زیرساخت‌های جهانگردی در مناطق آسیب‌پذیر تاریخی. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۱(۳)، ۷۴۵–۷۶۱.

- Beck, J., Cabezas, H., & Varga, V. (۲۰۱۸). Modeling the impact of tourism on vulnerable heritage ecosystems: An integrated system dynamics approach. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, ۸(۳), ۲۹۸–۳۱۵.

- Bonuccelli, R., & Grosso, F. (۲۰۱۹). Geomorphological impacts of tourist tracks on archaeological sites: Soil erosion dynamics and conservation strategies. *Geomorphology*, ۳۳٤, ۱٤۲–۱٥٦.

- Cassar, M. (۲۰۱۹). Climate change and the historic environment: Integrating conservation science into management frameworks. *Studies in Conservation*, ٦٤(sup۱), ٤٥–٥٦.

- David, L., Thomas, M., & Williams, S. (۲۰۲۰). Climate dynamics, visitor pressure and degradation mechanisms in high-altitude archaeological sanctuaries. *Tourism Management*, ۷۸, ۱۰٤۰٥۲.

- Garcia, E., & Martinez, C. (۲۰۲۳). Dynamic vibration analysis of historical structures induced by tourist pedestrian traffic: A case study of stone sanctuaries. *Journal of Building Engineering*, ٦٥, ۱۰٥۷۸۹.

- Hall, C. M. (۲۰۱۹). Constructing sustainable tourism development: The ۲۰۳۰ agenda and the managerial imperative. *Journal of Sustainable Tourism*, ۲۷(۷), ۱۰٤٤–۱۰٦۰.

- ICOMOS. (۲۰۲۲). *Guidance on heritage impact assessments for Cultural World Heritage properties*. Paris: International Council on Monuments and Sites.

- ICOMOS. (۲۰۲٤). *State of conservation of World Heritage properties: Statistical and trend analysis report 2024*. Paris: UNESCO/ICOMOS Secretariat.

- Coccossis, H., & Mexa, A. (۲۰۲۱). *The challenge of tourism carrying capacity assessment: Theory and practice* (۲nd ed.). London: Routledge.

- Morand, B., & McCool, S. F. (۲۰۱۷). Limits of acceptable change: A systematic review of recreation management in protected cultural landscapes. *Environmental Management*, ٦۰(٤), ٦۲۱–٦۳۷.

- Perez, M., Viles, H., & Gomez-Heras, M. (۲۰۱۷). Microclimate and visitor influence on stone decay in iconic archaeological sites. *Science of the Total Environment*, ٥۷٥, ۱۲۲۰–۱۲۳۱.

- Sharpley, R., Telfer, D. J., & Cooper, C. (۲۰۲۰). *Tourism and development in the developing world* (۳rd ed.). London: Routledge.

- Timothy, D. J. (۲۰۲۱). *Cultural heritage and tourism: An introduction* (۲nd ed.). Bristol: Channel View Publications.

- UNESCO. (۲۰۱٥). *UNESCO World Heritage sustainable tourism online toolkit: Resource guides for site managers*. Paris: UNESCO World Heritage Centre.

- UNWTO. (۲۰۲۱). *Recommendations on tourism and rural development: A guide to environmental and cultural preservation*. Madrid: World Tourism Organization.