

## نقش هوش مصنوعی در ارتقاء واقع‌نمایی جلوه‌های دیجیتال با محوریت اماکن تاریخی در گردشگری

### مجازی

سمیرا میرزایی

۱ کارشناسی ارشد پژوهش هنر، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه هنر، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران.

### چکیده

در دهه اخیر، پیشرفت‌های سریع در حوزه هوش مصنوعی، امکان بازنگری بنیادین در فرآیند بازآفرینی دیجیتال اماکن تاریخی و ارتقاء گردشگری مجازی را فراهم ساخته است. گردشگری مجازی به عنوان راهکاری نوین در پاسخ به محدودیت‌های مکانی، زمانی و حتی بحران‌هایی چون همه‌گیری جهانی، فرصتی بی‌بدیل برای تجربه و یادگیری درباره میراث تاریخی در سرتاسر جهان به‌شمار می‌رود. اما موفقیت این بسترها ارتباط مستقیم با میزان واقع‌نمایی جلوه‌های دیجیتال و کیفیت تعامل کاربر با محیط بازآفرینی شده دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی نقش و کارکردهای هوش مصنوعی در افزایش واقع‌نمایی جلوه‌های دیجیتال با تاکید ویژه بر اماکن و ابنیه تاریخی در بستر گردشگری مجازی است؛ به گونه‌ای که نه تنها ابعاد بصری و تعاملی ارتقا یابد، بلکه اصالت فرهنگی و تاریخی آثار نیز حفظ گردد. روش تحقیق این مقاله مروری، بر مبنای مرور نظام‌مند منابع علمی منتشرشده در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ طراحی شده است. بدین منظور، با جستجو در پایگاه‌های داده بین‌المللی و داخلی، مقالات، گزارش‌های پروژه‌های عملی، و مطالعات موردی مرتبط با "هوش مصنوعی"، "واقع‌نمایی دیجیتال" و "گردشگری مجازی" شناسایی شد. معیارهای ورود به تحلیل شامل اصالت رویکرد فناورانه، ارزیابی اثربخشی واقع‌نمایی و تعامل با کاربر و سنجش تجربی یا شبیه‌سازی شده بوده است. منابع غیرمرتبط، تکراری یا فاقد تحلیل‌های میدانی، از چرخه مرور حذف شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد الگوریتم‌های یادگیری عمیق، شبکه‌های عصبی مصنوعی و پردازش تصویر هوشمند نقش محوری در بازسازی جزئیات معماری، تکمیل بخش‌های مخدوش و تطابق با داده‌های تاریخی دارند. همچنین بهره‌گیری از دستیاران مجازی، Narratorهای مبتنی بر هوش مصنوعی و محیط‌های تعاملی چندحسی، احساس حضور واقعی کاربر را تقویت نموده است. در پروژه‌های نمونه، هوش مصنوعی امکان بازآفرینی دقیق‌تر نقوش، بافت‌ها و فضاها، و شخصی‌سازی تجربه گردشگری را فراهم آورده است. با این وجود، همچنان چالش‌هایی چون کمبود داده معتبر، هزینه‌های فنی و نگرانی‌های مربوط به اصالت آثار پابرجاست. در پایان، این پژوهش ضمن تبیین تحولات صورت‌گرفته، ضرورت رویکردهای میان‌رشته‌ای و سرمایه‌گذاری بر توسعه زیرساخت‌های فناورانه بومی را برای آینده این حوزه یادآور می‌شود.

**کلمات کلیدی:** هوش مصنوعی، واقع‌نمایی دیجیتال، بازآفرینی اماکن تاریخی، گردشگری مجازی، واقعیت افزوده و مجازی

## . مقدمه

## ۱-۱. بیان مسأله

دگرگونی شتابان تکنولوژی در دنیای معاصر، شیوه تعامل انسان با میراث فرهنگی و اماکن تاریخی را به گونه‌ای بنیادین متحول ساخته است. امروزه، ارائه تجربه‌های ناب از مکان‌ها و آثار تاریخی جهان، صرفاً به حضور فیزیکی افراد در محیط‌های واقعی وابسته نیست؛ بلکه فناوری‌های نوین از جمله «گردشگری مجازی»، این امکان را فراهم ساخته‌اند که مخاطب فارغ از موانع جغرافیایی، سیاسی، زمانی یا جسمانی، به سفری شگرف در دل تاریخ و هویت فرهنگی اقوام مختلف رهسپار شود. (Gajdošik & Marciš, ۲۰۱۹)

اما جذابیت، تاثیرگذاری و ارزش افزوده گردشگری مجازی، یک محدودیت بنیادین دارد: چقدر این تجربه "واقعی" است؟ کاربر تا چه حد حس می‌کند در متن رویداد، سازه یا محل مورد علاقه خود حضور دارد؟ تجربه‌ای که صرفاً به سطح گرافیک یا تصاویر پاناروما محدود شود، نه تنها فاقد قدرت انتقال معنا و احساس مکان است، بلکه نمی‌تواند جایگاه فناوری‌های نوپدید را از سطح ابزاری به جایگاه تجسم و روایت فرهنگی ارتقا دهد. (Chopieva, ۲۰۲۳)

هوش مصنوعی (AI) دقیقاً در همین نقطه به عرصه می‌آید: فناوری‌ای که با قدرت یادگیری، الگوسازی و تعامل فعال، می‌تواند فاصله میان واقعیت و بازنمایی دیجیتال را کم کند. به برکت یادگیری عمیق، بینایی رایانه‌ای، پردازش زبان طبیعی و شبیه‌سازی، امکان بازسازی و بازآفرینی جزئی‌ترین ویژگی‌های آثار تاریخی (از تزئینات استادانه و فرسوده تا اتصالات پنهان سازه‌ها)، اجرای رفتارهای جمعی و حتی بازآفرینی صدای محیط بر اساس داده‌های تاریخی فراهم می‌شود. (Carrasco-García, Polo-Peña & Frías, ۲۰۲۵)

در دنیایی که میراث فرهنگی، گاه در معرض نابودی (جنگ، بلایای طبیعی یا فرسایش تدریجی) قرار دارد، یا دسترس عموم به آن به دلایل متعددی قطع شده است، جذابیت و ضرورت جلب احساس حضور «واقعی» و «معنادار» در بستر دیجیتال، بیش از پیش برجسته خواهد شد. این مقاله به دنبال پاسخ به مسائل بنیادینی چون:

- چگونه الگوریتم‌های نوین هوش مصنوعی می‌توانند واقع‌نمایی محیط، تعامل انسانی و انتقال تجربه را در گردشگری مجازی ارتقا دهند؟
- چه فرصت‌ها و چالش‌هایی پیش روی تلفیق AI با بازآفرینی میراث تاریخی در سطح جهانی و ایرانی پدید آمده است؟
- و تحقق «واقع‌نمایی دیجیتال» تا چه میزان می‌تواند حافظ اصالت فرهنگی و روایت تاریخی باشد؟

## ۱-۲. اهمیت و ضرورت پژوهش

رخدادهای جهانی در دهه اخیر، به‌ویژه همه‌گیری کووید-۱۹، اثبات کرد که وابستگی صرف به گردشگری فیزیکی، آسیب‌پذیری جدی به میراث فرهنگی و فرایندهای آموزش و تعامل عمومی وارد می‌کند. در چنین شرایطی، «گردشگری مجازی» از یک گزینه جانبی، به ابزاری راهبردی برای توسعه فرهنگی، آموزشی و حتی اقتصاد دیجیتال بدل شد. مدرسه‌ها، دانشگاه‌ها، پژوهشگران و

علاقه‌مندان، همگی به دنبال راهی برای کسب تجربه‌ای جدید و موثر از مکان‌های تاریخی شدند که یا قابل بازدید حضوری نبودند یا دسترسی به آن‌ها محدود شده بود. (Singh et al., ۲۰۲۵)

اما تجربه «مجازی» تا زمانی مطلوب و جذاب است که واجد ویژگی‌های زیر باشد:

- بازآفرینی دقیق و همه‌جانبه فضا و جزئیات معماری
- شبیه‌سازی پویا و چندحسی (صدا، نور، حرکت و حتی رایحه‌پردازی فرضی!)
- تعامل دوسویه با مخاطب و روایت‌های شخصی‌سازی‌شده
- امکان پژوهش و آموزش دقیق مبتنی بر مستندات (Verma et al., ۲۰۲۲)

الگوریتم‌های هوش مصنوعی که پیش‌تر به صنایع مالی، دفاعی و سرگرمی محدود بود، امروز در خدمات فرهنگی - هنری و بازسازی میراث تاریخی، جایگاه مرکزیت یافته است. AI می‌تواند بسیاری از محدودیت‌هایی که روش‌های سنتی دیجیتال‌سازی را ناکارآمد ساخته (هزینه بازآفرینی، زمان بالا، خطاهای انسانی و کمبود داده) را رفع نماید و پیشرفت‌های خیره‌کننده‌ای در بازآفرینی ابنیه و فضاهای تاریخی رقم بزند. (Sharma & Verma, ۲۰۲۵)

شکل‌گیری رویکردهای نوین مبتنی بر یادگیری ماشین، نه تنها کیفیت تجربه گردشگری مجازی را دگرگون می‌کند، بلکه حفاظت دیجیتال از آثار آسیب‌پذیر، آموزش مفاهیم معماری و فرهنگی به نسل جوان، و حتی خلق زمینه‌هایی برای روایت‌های چندصدایی (از گفته راهنمای فیزیکی تا راوی مجازی) را ممکن ساخته است (Carrasco-García et al., ۲۰۲۵). این تحولات، ضرورت پژوهش حاضر را دوچندان می‌کند. شناسایی، تحلیل و مستندسازی این روندهای فناورانه، می‌تواند راهنمای سیاست‌گذاران فرهنگی، پژوهشگران آینده‌نگر و طراحان عرصه گردشگری دیجیتال باشد.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

### ۲-۱. مفاهیم پایه: هوش مصنوعی، گردشگری مجازی و واقع‌نمایی دیجیتال

الف) هوش مصنوعی

هوش مصنوعی، شاخه‌ای چندرشته‌ای از علم داده و فناوری است که هدف آن، شبیه‌سازی و پیاده‌سازی رفتارها و فرایندهای شناختی انسان مانند ادراک، یادگیری، منطق، استنتاج و تعامل است. AI از چهار ستون اصلی: یادگیری عمیق (Deep Learning)، بینایی ماشین (Computer Vision)، پردازش زبان طبیعی (NLP) و تعامل انسان-کامپیوتر (HCI) بهره می‌برد. کاربرد عمده آن در بازآفرینی آثار تاریخی، شامل بخش‌های زیر است:

- تشخیص و استخراج ویژگی‌های بصری (رنگ، بافت، الگو)

- بازسازی داده‌های مخدوش یا ازبین‌رفته بر اساس داده‌های مشابه یا الگویی
- تولید روایت تعاملی و پاسخ‌گو به سوالات کاربر در بسترهای دیجیتال (Kazak, Chetyrbok & Oleinikov, ۲۰۲۰)

#### ب) گردشگری مجازی

گردشگری مجازی به استفاده نظام‌مند از فناوری‌هایی مانند واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR)، مدل‌سازی سه‌بعدی، بازی‌سازی و پلتفرم‌های آنلاین برای بازدید و تجربه مکان‌های تاریخی و فرهنگی از راه دور گفته می‌شود (Ramendra et al., ۲۰۲۵). در این بستر، تجربه کاربر شامل امکان گشت‌وگذار آزاد، تعامل با عناصر محیط، شنیدن صداها یا روایت‌های محیطی و حتی مشاهده بازسازی رویدادهای گذشته است. مهم‌ترین دستاورد آن، دسترسی همگانی و حذف موانع مکانی - زمانی و گسترش عدالت فرهنگی است.

#### ج) واقع‌نمایی دیجیتال

مفهوم واقع‌نمایی در فضای دیجیتال، نزدیکی و شباهت تجربه مجازی با تجربه واقعی است؛ پارامتری که بر کیفیت نورپردازی، جزئیات بافت‌ها، صدا، سایه، حرکت و تعامل پویا با محیط تاثیر دارد (Goblik&Markovych, Yurovchik & Udvorheli, ۲۰۲۳). واقع‌نمایی نه تنها اعتماد و پویایی کاربر را افزایش می‌دهد، بلکه ابزاری برای روایت معتبر و آموزش اثربخش درباره آثار تاریخی فراهم می‌آورد.

### ۲-۲. فناوری‌های نوین در بازآفرینی اماکن تاریخی

اخیراً ابزارها و فناوری‌های متعددی در فرایند دیجیتال‌سازی و بازآفرینی تاریخی تحول ایجاد کرده‌اند. اسکن سه‌بعدی مبتنی بر لیزر و فتوگرامتری حجمی، امکان ثبت دقیق‌ترین دیتای محیطی را مهیا ساخته است. اما نقطه عطف در مسیر بازآفرینی، تلفیق این داده‌ها با الگوریتم‌های هوشمند AI است:

- شبکه‌های عصبی عمیق (GANs): قابلیت شبیه‌سازی و ترمیم تصاویر آسیب‌دیده، تکمیل بخش‌های گم‌شده، بازسازی بافت و رنگ اصیل را با کیفیتی فوق‌العاده رقم می‌زند. این بستر می‌تواند با ترکیب اطلاعات تاریخی (عکس، متن و نقشه) و داده‌های تازه، نمونه‌هایی شفاف و دقیق بسازد
- پویانمایی و داستان‌سرایی هوشمند: فناوری‌هایی مانند RNN و مدل‌های چندوجهی، قابلیت ایجاد روایت‌های تعاملی، بازپخش صوت‌های محیطی و حتی بازسازی شبیه‌سازی‌شده مراسم و رفتارهای تاریخی را فراهم ساخته‌اند.
- سامانه‌های راهبری مبتنی بر NLP و AI: این سامانه‌ها امکان ارائه راهنمای مجازی، برهم‌کنش زنده و پاسخ‌گویی مبتنی بر موقعیت و علایق کاربر را در پلتفرم‌های مجازی و حتی موزه‌های هوشمند رقم زده‌اند. (Basheer et al., ۲۰۲۴)

نمونه‌هایی همچون پروژه Digital Elgin Marbles (بازسازی معبد پارتنون یونان)، بازسازی تخت جمشید، و شبیه‌سازی چندرسانه‌ای آکروپلیس نقش‌آفرینی این فناوری‌ها را نمایان نموده است.

### ۳-۲. مطالعات و تحقیقات پیشین مرتبط با هوش مصنوعی و گردشگری مجازی

ادبیات پژوهش در این حوزه، یک مسیر تحول‌آفرین را از ابزار ساده مدل‌سازی سه‌بعدی تا سیستم‌های هوشمند چندلایه طی کرده است. اولین نسل پژوهش‌ها، تمرکز بر برداشت داده‌های بصری و طراحی مدل‌های حجمی ساده داشتند. نسل دوم، با به‌کارگیری بینایی ماشین، به تحلیل خودکار عکس‌ها و شناسه‌های معماری پرداخت. از دهه ۲۰۱۰ به این سو، تمرکز اصلی به شبیه‌سازی تعاملی و مدل‌های درک شناختی کاربر معطوف شده است، به گونه‌ای که کاربر بتواند در تجربه مجازی نقش فعال (نه صرفاً دریافت‌کننده) ایفا کند (Lim, ۲۰۲۰).

در سطح جهانی، پروژه‌هایی همچون Virtual Rome (تصویربرداری و شبیه‌سازی کلان‌شهری تاریخی با هوش مصنوعی)، British Museum Virtual Tour (دسترسی سه‌بعدی مبتنی بر روایت هوشمند) و Acropolis Reconstruction Project (بازآفرینی چندلایه داده‌های پراکنده آکروپلیس با یادگیری ماشین) غالباً الگوبرداری می‌شوند. در ایران، علی‌رغم محدودیت‌های زیرساخت و کمبود کلان‌داده‌های تاریخی، طرح‌هایی مانند بازآفرینی تخت جمشید و بازسازی مسجد جامع اصفهان به کمک داده‌کاوی، فتوگرامتری و هوش مصنوعی، گام‌های مهمی در این عرصه برداشته‌اند. هرچند توسعه کیفی و کمی آن‌ها، مستلزم اهتمام بین‌رشته‌ای و حمایت گسترده فناورانه است.

سیر تحول دیجیتال و الگوریتمیک در عرصه میراث فرهنگی، زمینه را برای «واقع‌نمایی هوشمند» و خلق تجربه‌های عمیق و چندبعدی باز کرده است. هوش مصنوعی، نه تنها سطح دقت و مقیاس بازآفرینی را افزایش داده، بلکه زمینه‌ساز تحول مفهومی گردشگری مجازی و حفاظت از هویت فرهنگی در عصر دیجیتال بوده است. تجمیع نظریه و تجربه، افق‌هایی نو برای پژوهشگران، سیاست‌گذاران و فعالان صنعت فرهنگ و گردشگری گشوده است.

### ۳. روش پژوهش

#### ۳-۱. فرایند انتخاب و مرور منابع

روش پژوهش این مقاله مروری، بر مبنای مرور نظام‌مند (Systematic Review) است. ابتدا با جستجوی بانک‌های اطلاعاتی بین‌المللی (مانند Scopus, Web of Science, Google Scholar) و پایگاه‌های ایرانی (SID, Magiran) در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ کلیدواژه‌های "Artificial Intelligence", "Digital Realism", "Virtual Tourism", "Historical Sites", "AI-based Heritage", "Visualization" و معادل‌های فارسی آن‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

پس از غربال‌گری اولیه، منابعی انتخاب شدند که مستقیماً به تلفیق هوش مصنوعی با بازآفرینی اماکن تاریخی و ارتقاء گردشگری مجازی پرداخته بودند. در گام بعدی، با الهام از معیارهای PRISMA، مطالعات تکراری و غیرمرتبط حذف و تنها پژوهش‌های اصلی، نمونه‌های مطالعات موردی و پروژه‌های عملیاتی وارد چرخه تحلیل شدند.

## ۲-۳. معیارهای انتخاب مقاله‌ها و ارزیابی مطالعات

معیارهای ورود مقالات:

- انتشار در مجلات علمی معتبر یا کنفرانس‌های بین‌المللی
- بررسی پروژه‌های عملی فناوری محور، نه صرفاً مطالعات توصیفی
- ارائه سنجش عینی یا ذهنی از واقع‌نمایی و یا افزوده‌شدن ارزش تعاملی به گردشگری مجازی
- برخورداری از داده‌های پژوهشی، تحلیل‌های آماری یا گزارش کیفی از تجربیات توسعه سامانه‌های عملیاتی

معیارهای ارزیابی:

- اصالت رویکرد فناوری (استفاده از AI در یک بخش کلیدی)
- میزان تعامل‌پذیری و واقع‌نمایی خلق شده
- تحلیلی بودن یافته‌ها و ارائه شواهد عینی یا کاربرمحور

## ۳-۳. محدودیت‌های پژوهش

از مهم‌ترین محدودیت‌ها می‌توان به کمبود مطالعات میدانی مبتنی بر تجربه واقعی کاربران ایرانی، نبود دسترسی آزاد به تمام پروژه‌های موفق جهانی جهت تحلیل تکنیکی عمیق‌تر و پراکندگی پژوهش‌ها میان حوزه‌های میان‌رشته‌ای اشاره کرد. همچنین برخی مقالات فناورانه جزئیات فنی را منتشر نمی‌سازند که این امر، تحلیل تطبیقی را دشوار می‌کند.

## ۴. یافته‌ها و تحلیل‌ها

### ۴-۱. نقش هوش مصنوعی در بهبود واقع‌نمایی جلوه‌های دیجیتال

در فرآیندهای بازآفرینی دیجیتال اماکن تاریخی، هوش مصنوعی به سه کارکرد بنیادی دست یافته است:

۱. بازسازی واقع‌گرایانه جزئیات: با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی عمیق و مدل‌های مولد (مانند GAN ها و CNN ها)، الگوریتم‌ها قادر شده‌اند جزئیات تصویری، بافت، مواد، رنگ‌پردازی و نورپردازی آثار را به‌صورت خودکار استخراج و تکمیل

کنند. بسیاری از بخش‌های از بین رفته یا تخریب‌شده بناهای تاریخی، که صرفاً عکس یا اسناد محدودی از آن‌ها باقی مانده، توسط هوش مصنوعی بازسازی شده‌اند. به عنوان نمونه، بازسازی تزیینات هخامنشی کاخ‌ها و یا سنگ‌نگاره‌های یونانی، از طریق تحلیل مجموعه تصاویر باستان‌شناسی و داده‌های چندرسانه‌ای، دقتی مثال‌زدنی یافته است. (Dangwal et al., ۲۰۲۳)

۲. تعامل پویا و هوشمند با کاربر: استفاده از دستیارهای صوتی و متنی مبتنی بر NLP و داده‌کاوی رفتاری کاربر، عامل تعامل عمیق‌تر و شخصی‌سازی تجربه شده است. علاوه بر روایت‌های جدید، قابلیت پاسخ‌گویی بافت‌محور و شبیه‌سازی کردار راهنماهای انسانی در محیط‌های مجازی، باعث خلق تجربه‌ای زنده و منحصر به فرد برای بازدیدکنندگان می‌شود.

۳. افزایش کیفیت و سرعت تولید محتوا: فرایندهای مدل‌سازی، هم‌جوارسازی تصاویر و فتوگرامتری با کمک یادگیری ماشین و الگوریتم‌های هوشمند، به‌طور خودکار و با حداقل دخالت انسانی، سرعت کار را به‌شدت افزایش داده و بازآفرینی بخش‌های مختلف آثار با کیفیت بالا و هزینه پایین‌تر را امکان‌پذیر نموده است. این امر به ویژه در پروژه‌های بزرگ مقیاس بازآفرینی مانند "پروژه دیجیتال‌سازی تخت جمشید" مشهود است. (Tuo et al., ۲۰۲۵)

#### جدول ۱. مقایسه رویکرد سنتی و هوش مصنوعی در بازآفرینی اماکن تاریخی

ویژگی	رویکرد سنتی	رویکرد مبتنی بر هوش مصنوعی
دقت بازسازی	محدود و متکی به منابع و تخصص فردی	بالا؛ اتکا به داده‌های چندمنبع و الگوریتم‌های پیشرفته
سرعت اجرا	کند، نیازمند نیروی زیاد و زمان طولانی	بالا، پردازش خودکار و دسته‌ای
هزینه	بالا (نیروی انسانی، تجهیزات، منابع و سفر میدانی)	کاهش هزینه‌های عملیاتی بلندمدت، هزینه اولیه بالا
اصالت بصری	محدود به آنچه مستند شده یا تفسیر پژوهشگر	غنی؛ بازآفرینی الگوها با داده‌های تاریخی و هم‌زاد ساز
بازخورد و تعامل	فاقد تعامل پویا (یا بسیار محدود به بازدید فیزیکی)	تعامل کاملاً پویا، شخصی‌سازی، دستیار مجازی
نگهداری بلندمدت	آسیب‌پذیر به مرور زمان	داده‌های پایدار و حفظ در ذخیره‌سازهای دیجیتال

#### ۲-۴. کاربردهای هوش مصنوعی در مدل‌سازی اماکن تاریخی

الف) واقعیت افزوده و واقعیت مجازی (AR/VR)

مدل‌های هوش مصنوعی توانسته‌اند اجزای بصری و تعاملی را به صورت پویا در محیط‌های AR و VR ادغام کنند. این فناوری در پروژه‌هایی مانند Digital Elgin Marbles، تجربه مشاهده، راه رفتن و حتی لمس مجازی اجسام تاریخی را برای مخاطب خلق می‌کند.

(ب) فتوگرامتری و بازسازی سه‌بعدی هوشمند

استفاده از یادگیری عمیق در ترکیب اطلاعات تصاویری قدیمی و جدید، تصویربرداری پهنای دید و داده‌های متناظر دیگر، موجب بازسازی حجمی و سه‌بعدی آثار مخدوش یا نابودشده شده است. نمونه بارز آن، بازسازی پله‌ها و ستون‌های تخریب‌شده تحت جمشید با تحلیل لایه‌به‌لایه صدها تصویر تاریخی است. (Basouli & Sheikhooni, ۲۰۲۵)

(ج) الگوریتم‌های شبیه‌سازی حرکت و تجمع

هوش مصنوعی می‌تواند با مدل‌سازی رفتار جمعیت، جریان بازدیدکنندگان یا مراسم‌های تاریخی را در محیط‌های مجازی بازآفرینی کند. این انعکاس واقع‌گرایانه نه تنها حس حضور را تقویت، بلکه رویدادها و سبک زندگی دوره‌های گذشته را با جزئیات دقیق بازنموده است. (Solakis et al., ۲۰۲۴)

(د) تعاملات چندحسی و شناختی

AI داده‌های رفتاری و شناختی را تحلیل و بر اساس ترجیحات کاربر، تجربه شخصی‌سازی شده ارائه می‌دهد: تغییر نور، انتخاب روایت، دگردیسی محیط و ... همه با هدف افزایش جذابیت و ارتقاء یادگیری. (Samara et al., ۲۰۲۰)

جدول ۲. نمونه پروژه‌های موفق واقع‌نما در بازآفرینی دیجیتال اماکن تاریخی

پروژه	کشور / سازمان	فناوری شاخص	دست‌آورد/نوآوری
Virtual Rome	ایتالیا (دانشگاه رم)	هوش مصنوعی، AR/VR	بازسازی واقع‌نمای فضای شهری و برگزاری تورهای تعاملی
British Museum Virtual Tour	انگلیس (British Museum)	AI، دستیار مجازی	روایت زنده با راهنمای هوشمند زبان‌محور
Acropolis Reconstruction Project	یونان	واقعیت افزوده، AI	شبیه‌سازی سه‌بعدی دقیق با تکمیل داده‌های بصری



دیجیتال سازی تخت جمشید	ایران (مرکز میراث فرهنگی)	AI، فتوگرامتری	بازسازی بخش‌های تخریب‌شده و گردش تعاملی مجازی
بازآفرینی مسجد جامع اصفهان	ایران	داده‌کاوی، هوش مصنوعی	بازیابی نقوش و معماری با تعامل چندرسانه‌ای

### ۳-۴. مزایا و چالش‌های استفاده از هوش مصنوعی در گردشگری مجازی

مزایا:

- دقت و جامعیت بازآفرینی: الگوریتم‌ها جزئیاتی فراتر از داده‌های اولیه استخراج و تکمیل می‌کنند.
- تعامل و یادگیری عمیق: کاربران با محیط به صورت چندحسی و تعاملی دخل و تصرف دارند.
- حفاظت دیجیتال: آثار میراثی را بدون آسیب فیزیکی و در هر شرایطی قابل بررسی و مطالعه می‌سازد.
- دسترسی گسترده و آموزش: بستر آموزش میراث فرهنگی را برای جامعه‌ای وسیع فراهم می‌کند.
- پایداری داده: امکان ذخیره‌سازی طولانی مدت اطلاعات تاریخی و کاهش فرسودگی آثار واقعی.

چالش‌ها:

- کمیابی داده اصیل و تاریخی: حتی پیشرفته‌ترین مدل‌ها به داده صحیح و متنوع نیاز دارند.
- هزینه‌های بالای توسعه و تخصص مورد نیاز: راه‌اندازی اولیه و آموزش مدل‌ها پرهزینه است.
- ابهام در اصالت و تفسیرپذیری: خروجی‌های AI ممکن است با واقعیت‌های تاریخی دقیقاً منطبق نباشد.
- نگرانی‌های حقوقی و اخلاقی: حفاظت و مالکیت داده‌های فرهنگی، و امکان جعل دیجیتال.
- چالش‌های زیرساختی: دسترسی به سخت‌افزار مناسب و زیرساخت انتقال داده بویژه در کشورهای در حال توسعه.

### جدول ۳. مزایا و چالش‌های هوش مصنوعی در بازآفرینی واقع‌گرایانه اماکن تاریخی

مزایا	چالش‌ها
بازآفرینی دقیق و علمی	کمبود داده‌های اصیل و تصویری معتبر
تعامل و شبیه‌سازی چندحسی	هزینه‌های بالای توسعه اولیه

نگرانی در اصالت و تفسیرپذیری شبیه‌سازی	حفاظت دیجیتال و کاهش آسیب فیزیکی
حفاظت داده‌های فرهنگی و چالش جعل دیجیتال	تسهیل آموزش و پژوهش برای جامعه گسترده
مقررات حقوقی و مالکیت داده فرهنگی	پایداری داده و حفظ برای نسل‌های آتی

#### ۴-۴. مثال‌ها و نمونه‌های عملی از پروژه‌ها و پلتفرم‌های موفق جهانی و ایرانی

۱. Virtual Rome: این پروژه به بازآفرینی کلان‌شهری رم باستان اختصاص دارد و با ترکیب AI، داده‌های باستان‌شناسی و واقعیت افزوده، فضایی کاملاً تعاملی برای گردشگران مجازی خلق کرده است. کاربر نه تنها معماری و جغرافیا را مشاهده می‌کند، بلکه می‌تواند رویدادهای تاریخی و روزمره مردم رم را شبیه‌سازی کند.

۲. The British Museum Virtual Tour: این تور با محوریت فناوری‌های AI و دستیاران مجازی زبان‌محور، به بازدیدکنندگان امکان می‌دهد در فضای سه‌بعدی آثار را کاوش کرده و با سوال و پاسخ و روایت‌های تعاملی، مفهوم و زمینه فرهنگی اشیاء را بهتر درک کنند.

۳. Acropolis Reconstruction Project: این پروژه یکپارچگی داده‌های تصویری پراکنده، تحلیل‌های تاریخی و واقعیت افزوده را به لطف هوش مصنوعی در شبیه‌سازی جامع آکروپلیس آتن به کار گرفته است. بازسازی بخش‌هایی حتی با داده‌های بسیار ناقص محقق شده است.

۴. پروژه دیجیتال‌سازی تخت جمشید: در این پروژه، تلفیق تصویرسازی سه‌بعدی، فتوگرامتری حجمی و هوش مصنوعی، بازسازی بخش‌های تخریب‌شده تخت جمشید و امکان گردش واقع‌نما و روایت‌محور را برای علاقه‌مندان فراهم آورده است. این کار نه تنها ارزش علمی بلکه ارزش آموزشی و حفاظتی زیادی دارد.

۵. بازآفرینی مسجد جامع اصفهان: یکی از پروژه‌های مهم داخلی، بازنمایی تعاملی بخش‌های مختلف مسجد با تحلیل متون تاریخی و تصاویر ساختاری است. سامانه مبتنی بر هوش مصنوعی با تطبیق تصاویر تاریخی و پایگاه داده متونی، روایت‌های متفاوت از دوره‌های معماری و نمادهای هنری را به مخاطب عرضه می‌کند.

کاربرد هوش مصنوعی در بازآفرینی واقع‌نمایانه اماکن تاریخی، یک تحول عمیق در گردشگری مجازی ایجاد کرده و امکان تجربه‌ای پویا، شخصی و عمیق را فراتر از محدودیت‌های سنتی به ارمغان آورده است. البته این فناوری بدون حمایت داده‌ای، تخصصی، حقوقی و اخلاقی، رشد بهینه خود را نخواهد یافت. ارائه جداول مقایسه‌ای و نمونه‌محور، تحلیل همه‌جانبه این مزایا و چالش‌ها را برای پژوهشگران و سیاست‌گذاران تسهیل می‌کند. (Talukder, ۲۰۲۴)

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

### ۵-۱. جمع‌بندی یافته‌ها

یافته‌های این مقاله به روشنی نشان داد که نقش هوش مصنوعی در تقویت واقع‌نمایی جلوه‌های دیجیتال اماکن تاریخی، یک تحول بنیادین و رو به رشد در حوزه گردشگری مجازی و میراث فرهنگی محسوب می‌شود. تحلیل مطالعات موردی، مقایسه فناوری‌های سنتی و نوین و مرور تحقیقات، گویای آن است که تلفیق هوش مصنوعی با ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی، فتوگرامتری، واقعیت مجازی و افزوده نه تنها کیفیت بازآفرینی، بلکه عمق و اصالت تجربه کاربر را به سطحی بی‌سابقه ارتقا داده است.

در پروژه‌های پرآوازه جهانی چون Virtual Rome یا طرح بازسازی دیجیتال آکروپولیس آتن، هوش مصنوعی امکان بازسازی دقیق جزئیاتی همچون ساختارهای معماری مخدوش، بازتولید بافت‌ها و رنگ‌های تاریخی و روایت هوشمند (interactive storytelling) را فراهم آورده است. این دستاوردها، دستیابی به تجربه‌هایی نزدیک به واقعیت و مبتنی بر داده‌های معتبر تاریخی را تسهیل می‌کند؛ تجربه‌ای که نه تنها بر ابعاد بصری و گرافیکی متمرکز است، بلکه تعامل چندحسی و مشارکت فعال کاربر را نیز در بر می‌گیرد.

در زمینه آموزش و ترویج میراث فرهنگی، پیاده‌سازی سیستم‌های پیشرفته AI موجب شده است تا یادگیری غیرحضوری و فرامرزی، برای طیف گسترده‌ای از گروه‌های سنی، با سهولت و اثربخشی بیشتری میسر شود. همچنین نشان داده شد که بهره‌گیری از قابلیت‌های تحلیلی AI، امکان مستندسازی و حفاظت پایدار داده‌های میراث را تا حد زیادی تقویت و خطر آسیب یا نابودی اطلاعات را کاهش داده است. (Rane et al., ۲۰۲۳)

در عین حال، نتایج مقاله تأکید می‌کند که موفقیت این روند مستلزم فائق آمدن بر چالش‌هایی چون تأمین اصالت و اعتمادپذیری داده‌ها، آموزش و جذب نیروی متخصص مسلط به فناوری‌های جدید، تضمین دسترسی آزاد به داده‌ها و مقابله با برخی چالش‌های زیرساختی (هزینه، محدودیت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، و پراکندگی داده‌ها) است. نقش دولت‌ها و سیاست‌گذاران فرهنگی در حمایت از پروژه‌های میان‌رشته‌ای، تدوین استانداردهای بین‌المللی و تأمین منابع مالی و داده‌ای بسیار حیاتی ارزیابی می‌شود.

### ۵-۲. پیشنهادها برای آینده پژوهش و توسعه کاربردی

با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهادهای ذیل می‌تواند بستر تحول در حوزه بازآفرینی دیجیتال اماکن تاریخی و گردشگری مجازی را فراهم نماید:

۱. سرمایه‌گذاری مستمر و هدفمند در تهیه، پردازش و استانداردسازی داده‌های تصویری و تاریخی: ایجاد بانک‌های اطلاعاتی باز و مبتنی بر استانداردهای بین‌المللی که پژوهشگران و توسعه‌دهندگان بتوانند به داده‌های باکیفیت و اصیل دسترسی داشته باشند. تدوین قوانین داده‌باز برای استفاده پژوهشگران داخلی و خارجی بسیار کلیدی است.

۲. تشویق و حمایت از پروژه‌های پژوهشی و تیم‌های میان‌رشته‌ای: ایجاد مراکز تخصصی مشترک بین حوزه‌های فناوری اطلاعات، معماری، مرمت آثار فرهنگی، تاریخ، گردشگری و روان‌شناسی برای توسعه مدل‌های هوشمند بومی و انجام ارزیابی‌های تجربی در زمینه طراحی تعاملی و تجربه‌نگاری کاربران ایرانی و بین‌المللی.

۳. ایجاد و تدوین چارچوب‌های حقوقی و اخلاقی برای حفظ و حراست از اصالت محتوای دیجیتال‌شده: تدوین قوانین ملی و استانداردهای اخلاقی برای حفاظت از حقوق مالکیت معنوی، شفافیت منبع داده‌ها، حفظ هویت فرهنگی و جلوگیری از تحریفات در بازآفرینی دیجیتال.
۴. گسترش دوره‌های آموزشی تخصصی و تربیت نیروی انسانی ماهر با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی در فرهنگ، هنر و میراث: تعریف و ارائه دوره‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و دانشگاهی (آموزش عالی، فنی و حرفه‌ای) در زمینه هوش مصنوعی با گرایش میراث فرهنگی، واقعیت مجازی و بازآفرینی دیجیتال.
۵. اجرای پروژه‌های پایلوت تعاملی و ارزیابی میدانی: راه‌اندازی آزمایشگاه‌های تجربی یا پروژه‌های آزمایشی (pilot)، مخصوصاً در اماکن تاریخی پرپتانسیل ایران، با همکاری بخش‌های خصوصی و عمومی و جمع‌آوری بازخوردهای هدفمند از گروه‌های سنی، تحصیلی و فرهنگی مختلف. این کار می‌تواند داده‌ها و تجربه‌های ارزشمند برای اصلاح و توسعه مدل‌های هوشمند بومی فراهم کند.
۶. گسترش همکاری و دیپلماسی فناورانه با پروژه‌ها و مراکز جهانی: عضویت یا همکاری فعال ایران در شبکه‌های جهانی پژوهش هوش مصنوعی و میراث فرهنگی، تبادل داده، تجربیات و فناوری و تربیت پژوهشگران دو تابعیتی (Cross-discipline exchange).

### ۳-۵. محدودیت‌ها و مسیرهای آتی تحقیقاتی

- با وجود پیشرفت‌های چشمگیر، چالش‌ها و موانع برجسته‌ای همچنان باقی است که پژوهش و توسعه آینده باید به آن‌ها بپردازد:
- محدودیت اساسی در منابع و داده‌های باکیفیت: بسیاری از اماکن تاریخی فاقد مستندسازی دقیق، تصاویر با وضوح مناسب یا داده‌های معماری کامل هستند؛ مسأله‌ای که کیفیت بازآفرینی و واقع‌نمایی را به شدت متاثر می‌کند. توسعه برنامه‌های ملی اسکن سه‌بعدی، مستندسازی و آرشیو حرفه‌ای داده ضرورت دارد.
  - دسترسی محدود به الگوریتم‌ها و زیرساخت‌های فناورانه پیشرفته: تحریم‌ها و محدودیت‌های مالکیت فکری سبب شده بخشی از الگوریتم‌های به‌روز و ابزارهای سخت‌افزاری یا فضای ابری برای پژوهشگران داخلی به آسانی در دسترس نباشد. برنامه‌ریزی برای توسعه مدل‌ها و ابزارهای بومی و همکاری فناورانه با کشورهای دوست، راهگشا خواهد بود.
  - پراکندگی داده‌ها در نهادهای مختلف: نبود راهکارهای شفاف برای جمع‌آوری، مدیریت و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های میراث فرهنگی، یک مانع ساختاری است. ایجاد سامانه‌های ملی مدیریت داده‌های میراث و تعریف پروتکل‌های استاندارد تبادل داده، از اولویت‌های راهبردی است.
  - لزوم تمرکز بر مطالعه تجربی کاربر و ارزیابی میدانی: اکثر پروژه‌ها و مطالعات به توصیف فناوری‌ها و پیاده‌سازی‌های اولیه محدود بوده‌اند و پژوهش‌های کمتری بر تحلیل تجربی ادراک کاربران، بررسی سطح غوطه‌وری، انتقال معنا و میزان یادگیری صورت گرفته است. توسعه رویکردهای people-driven و user-centered با آزمون‌های میدانی می‌تواند اعتبار و اثربخشی فناوری‌های جدید را دقیق‌تر ارزیابی کند.

- نیاز به همکاری‌های بین‌المللی و توسعه مدل‌های بومی: توسعه مدل‌های بومی‌شده متناسب با داده‌ها و فرهنگ ایرانی و شرکت فعال در پروژه‌های بین‌المللی، هم‌افزایی و اشتراک تجربیات را سرعت می‌بخشد. همچنین یادگیری از پروژه‌های موفق جهانی، زمینه اصلاح، بهبود و رشد بومی را فراهم می‌کند.

در نهایت، حرکت پایدار در این مسیر مستلزم رویکرد کل‌نگر، بهره‌گیری از ظرفیت‌های میان‌رشته‌ای، تربیت نیروی متخصص، حمایت سیاسی و اقتصادی و جلب مشارکت جامعه علمی و فرهنگی است. تنها با این رویکرد می‌توان به آرمان توسعه پایدار گردشگری مجازی و حفاظت دیجیتال از میراث تاریخی برای نسل‌های آینده دست یافت.

## ۶. منابع

- Carrasco-García, P. M., Frías-Jamilena, D. M., & Polo-Peña, A. I. (۲۰۲۵). Virtual tours: the effect of artificial intelligence and intelligent virtual environments on behavioral intention toward the tour and the tourist destination. *Current Issues in Tourism*, ۱-۲۶.
- Verma, S., Warriar, L., Bolia, B., & Mehta, S. (۲۰۲۲). Past, present, and future of virtual tourism-a literature review. *International Journal of Information Management Data Insights*, ۲(۲), ۱۰۰۰۸۵.
- Carrasco-García, P. M., Polo-Peña, A. I., & Frías-Jamilena, D. M. (۲۰۲۵). Can artificial intelligence-supported virtual tourist experiences improve tourist wellbeing?. *Tourism Recreation Research*, ۱-۱۹.
- Rane, N., Choudhary, S., & Rane, J. (۲۰۲۳). Sustainable tourism development using leading-edge artificial intelligence (AI), blockchain, internet of things (IoT), augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies. *Blockchain, Internet of Things (IoT), Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies* (October ۳۱, ۲۰۲۳).
- Talukder, M. B. (۲۰۲۴). Implementing artificial intelligence and virtual experiences in hospitality. In *Innovative technologies for increasing service productivity* (pp. ۱۴۵-۱۶۰). IGI Global.
- Samara, D., Magnisalis, I., & Peristeras, V. (۲۰۲۰). Artificial intelligence and big data in tourism: a systematic literature review. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, ۱۱(۲), ۳۴۳-۳۶۷.
- Solakis, K., Katsoni, V., Mahmoud, A. B., & Grigoriou, N. (۲۰۲۴). Factors affecting value co-creation through artificial intelligence in tourism: a general literature review. *Journal of Tourism Futures*, ۱۰(۱), ۱۱۶-۱۳۰.
- Basouli, M., & Sheikhooni, S. (۲۰۲۵, April). Application of Generative Artificial Intelligence in Simulating Virtual Tourism Experiences: Examining the Impact on Post-COVID Tourist Behavior. In *۲۰۲۵ ۱۱th International Conference on Web Research (ICWR)* (pp. ۵۹۳-۵۹۶). IEEE.
- Tuo, Y., Wu, J., Zhao, J., & Si, X. (۲۰۲۵). Artificial intelligence in tourism: insights and future research agenda. *Tourism Review*, ۸۰(۴), ۷۹۳-۸۱۲.
- Dangwal, A., Kukreti, M., Angurala, M., Sarangal, R., Mehta, M., & Chauhan, P. (۲۰۲۳, March). A Review on the role of artificial intelligence in tourism. In *۲۰۲۳ ۱۰th international conference on computing for sustainable global development (INDIACom)* (pp. ۱۶۴-۱۶۸). IEEE.
- Basheer, S., Walia, S., Mehraj, D., Farooq, S., & Reshi, M. A. (۲۰۲۴). Exploring the Intersection of Tourism, Artificial Intelligence and Travel: The Rise of the Metaverse and Its Implications. In *The Role of Artificial Intelligence in Regenerative Tourism and Green Destinations* (pp. ۷۱-۸۳). Emerald Publishing Limited.
- Goblyk&Markovych, N., Yurovchik, V., & Udvorheli, L. (۲۰۲۳). The virtual reality and artifical intelligence use in restaurant and tourism service.

- Ramendra, D. P., Juniarta, P. A. K., Parma, I. P. G., Jayanta, I. N. L., Tantri, A. A. S., & Dewantara, K. A. K. (۲۰۲۰). Artificial Intelligence-Based Virtual Tour for Vocational High Schools in Tourism Sector in Developing English Language Competence for Guides. *International Journal of Language Education*, ۹(۱), ۸۱-۱۰۰.
- Kazak, A. N., Chetyrbok, P. V., & Oleinikov, N. N. (۲۰۲۰). Artificial intelligence in the tourism sphere. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. ۴۲۱, No. ۴, p. ۰۴۲۰۲۰). IOP Publishing.
- Sharma, A. K., Sharma, R., & Verma, R. (۲۰۲۰). Exploring the Metaverse: Transformative Applications of AI in Virtual Tourism Experiences. In *The AI Metaverse Revolution: Transforming Multi-business Scenarios* (Volume ۱) (pp. ۷۷-۹۳). Emerald Publishing Limited.
- Singh, B., Jain, A., Kumar, S., & Chandra, S. (۲۰۲۰). Strengthening AI-Driven Solutions for Virtual Tourism: Matching Visitor Experience and Ecosystem Conservation. In *Open Innovation and Technology in Tourism and Hospitality* (pp. ۹۳-۱۱۰). IGI Global Scientific Publishing.
- Chopieva, I. (۲۰۲۳). The Role of Artificial Intelligence and Virtual Reality in Tourism. Available at SSRN ۴۹۳۵۸۱۲.
- Gajdošík, T., & Marciš, M. (۲۰۱۹). Artificial intelligence tools for smart tourism development. In *Artificial Intelligence Methods in Intelligent Algorithms: Proceedings of ۱۴th Computer Science On-line Conference ۲۰۱۹*, Vol. ۲۸ (pp. ۳۹۲-۴۰۲). Springer International Publishing.