

کاربرد هوش مصنوعی در باستان‌شناسی

علی جماعت^۱

۱ استادیار، گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر، ابهر، ایران. نویسنده مسئول: jamaat@kiau.ac.ir

چکیده:

دانش باستان‌شناسی برای درک، تجزیه و تحلیل تاریخ و فرهنگ‌های انسانی، اهمیت فراوانی دارد. این دانش کمک می‌کند تا گذشته انسان در زمینه‌های مختلف مانند معماری، هنر، اجتماعی، اقتصادی و مذهب به درستی مطالعه شود. باستان‌شناسی امکان فهم بهتری از ریشه‌ها، اصالت فرهنگ‌ها و نهادهای را فراهم می‌نماید. تحقیقات در باستان‌شناسی زمینه‌های گوناگونی دارد مانند شناسایی سایت، کاوش سایت‌ها، تحلیل شکل‌ها و خطوط، ترمیم و تجزیه و تحلیل بقایای فیزیکی و آثار که همه آن‌ها فرایندی زمان‌بر می‌باشد.

باستان‌شناسی به مطالعه گذشته می‌پردازد ولی جامعه باستان‌شناسان سعی کرده‌اند از فن‌آوری‌های روز مانند هوش مصنوعی در پژوهش‌های خود استفاده نمایند. هوش مصنوعی در سال‌های اخیر به دلیل دسترسی به سخت‌افزارهای توانمند و داده‌های زیاد رشد چشمگیری داشته و در زمینه‌های مختلف باستان‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته است. این فن‌آوری در حال ایجاد تحول در روش کشف باستان‌شناسی و تجزیه و تحلیل آثار می‌باشد. هوش مصنوعی می‌تواند در شناسایی سایت‌ها، تحلیل محتوا، ترجمه و تفسیر متن‌ها، ترمیم و زمینه‌های دیگر به عنوان ابزار کمی به متخصصین کمک نموده و امکان پردازش داده‌های بزرگ که طی دهه‌ها تحقیق گردآوری و ذخیره شده را فراهم نماید.

باوجود کاربردهای متعدد هوش مصنوعی در باستان‌شناسی که موجب افزایش سرعت و دقت در کارها شده است، این فناوری جایگزین محققان انسانی نمی‌شود، بلکه به عنوان ابزار توانایی‌های متخصصین را افزایش داده و آن‌ها را قادر می‌سازد پیشینه و تاریخ را عمیق‌تر کاوش کرده و درک بهتری به دست آورند. در این کار چالش‌ها و موانعی نیز وجود دارد که در این مقاله کاربردها و چالش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: باستان‌شناسی، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق.

مقدمه:

مطالعه باستان‌شناسی درک بهتری از تکامل انسان و تأثیرات مختلف فرهنگ‌ها را ارائه می‌دهد. این دانش ما را با میراث فرهنگی جهانی آشنا نموده و امکان مطالعه در مورد چگونگی رشد و تغییرات جوامع انسانی از گذشته تا حال را فراهم می‌کند.

اصطلاح هوش مصنوعی که زمانی به داستان‌های علمی تخیلی تعلق داشت، اکنون در تمام جنبه‌های زندگی گسترش یافته است. از گوشی‌های هوشمند تا وسایل نقلیه خودران و به بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره تبدیل شده است. این فناوری در بسیاری از رشته‌ها مانند مراقبت‌های بهداشتی، امور مالی، آب‌وهوا و اکتشاف فضا به کار گرفته شده و تحول بزرگی ایجاد کرده است. این دانش در پردازش حجم وسیعی از داده‌ها، شناسایی الگوها و پیش‌بینی، مرزهای جدیدی از دانش و نوآوری را گشوده است.

ظهور هوش مصنوعی در باستان‌شناسی بدون شک یک تحول بزرگ بوده و به‌عنوان ابزار، توانایی‌های محققین را در جهت افزایش دقت و سرعت فراهم می‌کند. این فناوری نوعی شبیه‌سازی هوش انسانی در رایانه بوده و منظور از هوش مصنوعی درواقع ماشینی است که به‌گونه‌ای برنامه‌نویسی شده که همانند انسان فکر کرده و توانایی تقلید از رفتار انسان را داشته باشد.

تحقیقات باستان‌شناسی به‌طور سنتی یک فرآیند بسیار وقت‌گیر برای باستان‌شناسان می‌باشد که مکان‌ها را با جزئیات کاوش کرده، بقایای فیزیکی و آثار را با دقت زیاد بررسی می‌کنند. با کمک هوش مصنوعی، محققان اکنون می‌توانند داده‌ها را با سرعت بالایی پردازش و تجزیه و تحلیل نمایند. الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند هزاران تصویر از اشیاء باستانی را تحلیل نموده و الگوها و ارتباطاتی را که برای انسان قابل تشخیص نیست را در آن‌ها شناسایی نماید. این امر نه تنها زمان مورد نیاز برای کشف، بلکه هزینه اکتشاف را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

هوش مصنوعی روند تحقیقات باستان‌شناسی را سرعت بخشیده و دقت اکتشافات را بهبود می‌دهد. الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند داده‌ها را با دقتی بسیار فراتر از توانایی‌های انسان تجزیه و تحلیل نموده و نیز الگوها و ناهنجاری‌هایی را که ممکن است توسط انسان‌ها مورد توجه قرار نگیرد، شناسایی نمایند و تفسیر دقیق‌تر از داده‌های باستان‌شناسی را فراهم سازند. این دقت بالا، دستیابی به درک عمیق‌تری از تاریخ را فراهم می‌کند و اطلاعات جدیدی در مورد اجداد و تمدن‌های مرتبط ارائه نموده و آسیب احتمالی به مصنوعات قابل کشف را کاهش می‌دهد.

باستان‌شناسی سایبری پلی بین علوم کامپیوتر و باستان‌شناسی می‌باشد. این فناوری تحولی در جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل، تجسم و انتشار دانش باستان‌شناسی ایجاد کرده است (Forte and Danelon, 2022:1).

در سال‌های اخیر، هوش مصنوعی، از جمله یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، کاربردهای مختلفی در باستان‌شناسی پیدا کرده است. نمونه‌هایی از این کاربردها شامل شناسایی مکان‌ها و گسترش سایت‌های باستان‌شناسی، نقشه‌برداری از پراکندگی آثار

باستانی (Guyot et al., 2021: 1؛ Davis et al., 2021: 54؛ et al. 2021: 20 Trier)، شناسایی مصنوعات و طبقه‌بندی آن‌ها (Coleo et al., 2022: 105؛ Ebreil et al., 2023: 152) و پیش‌بینی برای مصنوعات باستانی (Nobeil et al., 2022: 7) (Troiano et al., 2024: 270) است.

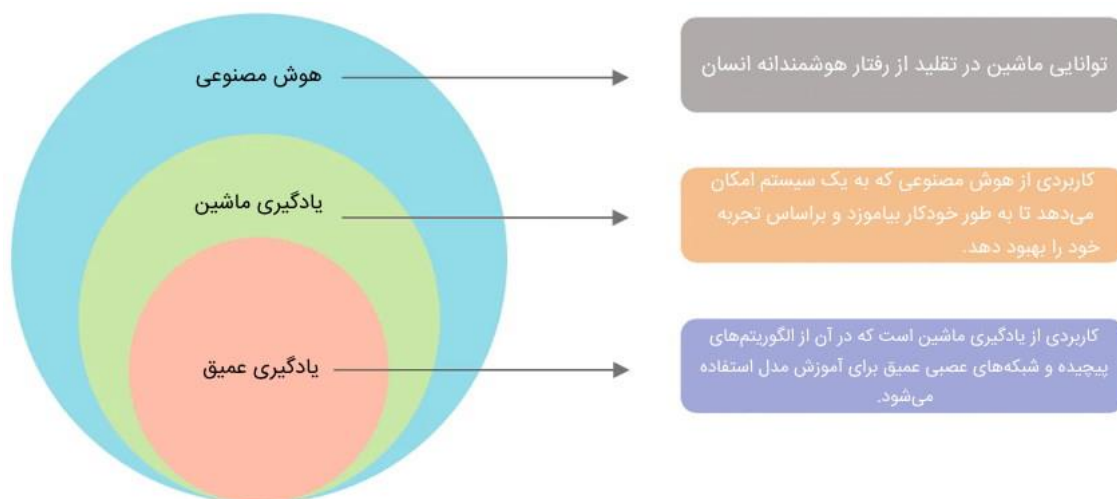
ماهیت متنوع مصنوعات باستان‌شناسی، شامل تغییرات گونه شناسی و فناوریانه، پتانسیل قابل توجهی را برای به کارگیری این روش‌ها ارائه می‌دهد. این پتانسیل توسط طیف گسترده‌ای از الگوریتم‌های موجود در هوش مصنوعی تقویت می‌شود و انعطاف‌پذیری را در پرداختن به انبوهی از پارامترها و متغیرهای ذاتی در مطالعات باستان‌شناسی ارائه می‌دهد (Troiano et al., 2024: 1).

در این مقاله ابتدا مفاهیم هوش مصنوعی بررسی می‌شود، سپس کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در باستان‌شناسی ارائه شده و پس از آن چالش‌ها بررسی می‌شوند و در پایان ضمن نتیجه‌گیری، راهکارهای پیشنهادی ارائه می‌گردد.

هوش مصنوعی:

اصطلاح هوش مصنوعی^۲ برای توصیف ماشینی به کار می‌رود که می‌تواند فعالیت‌های شناختی وابسته به ذهن انسان از جمله «یادگیری» و «حل مسئله» را انجام دهد. هوش مصنوعی به توانایی تفکر یا یادگیری کامپیوتر یا ماشین گفته می‌شود.

هوش مصنوعی دارای زیرشاخه‌های مختلفی مانند یادگیری ماشین و یادگیری عمیق است که در شکل ۱ آمده است. یادگیری ماشین بر اساس داده‌های موجود امکان استخراج مدل برای پیش‌بینی را فراهم می‌کند. برای یادگیری بهتر و ایجاد مدل دقیق، الگوریتم‌های یادگیری ماشین به مقادیر زیادی داده‌های آموزشی نیاز دارند.

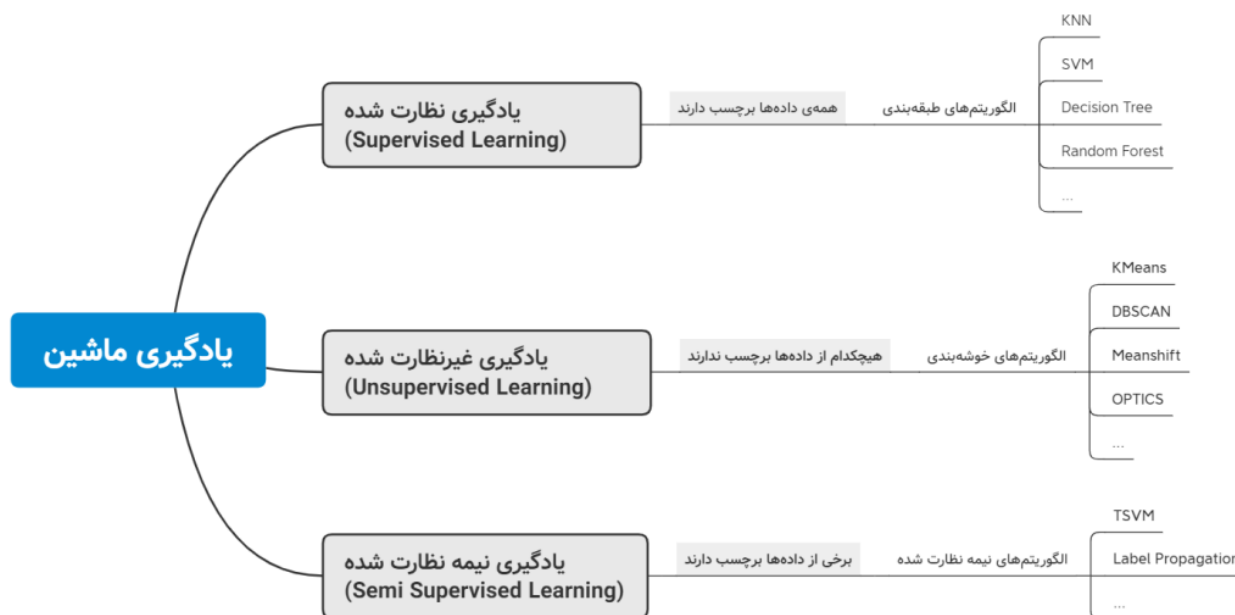


شکل ۱- هوش مصنوعی و زیرشاخه‌های آن

² Artificial Intelligence

به‌طور کلی یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی داده‌ها بر اساس مدل‌های ایجادشده و پیش‌بینی نتایج آینده بر اساس این مدل‌ها بکار می‌رود. رویکردهای یادگیری ماشین بر اساس ماهیت مسئله و داده‌ها یا مشاهدات موجود به سه گروه تقسیم می‌شوند:

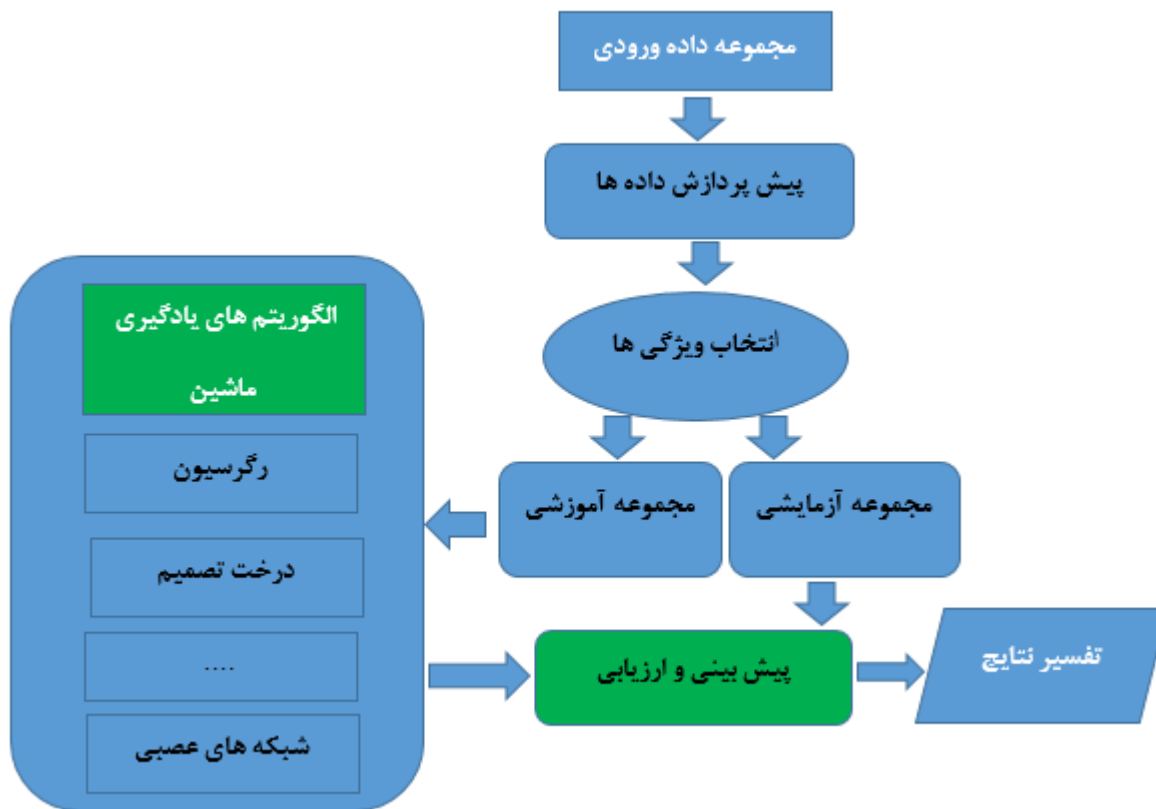
- یادگیری باناظر
- یادگیری بدون ناظر
- یادگیری تقویتی



شکل ۲- انواع الگوریتم‌های یادگیری ماشین

در روش باناظر داده‌های موجود دارای برچسب بوده و مدل بر اساس رابطه بین ویژگی‌ها داده‌ها ایجاد می‌شود. در روش بدون ناظر داده‌ها بدون برچسب بوده و مدل باید بین ویژگی‌ها، الگو و رابطه‌هایی استخراج نماید. در روش یادگیری تقویتی مدل بر اساس تعامل با محیط و بر اساس بازخورد از محیط و پاداش ایجاد می‌شود. در روش‌های مختلف یادگیری ماشین بر اساس ماهیت مسئله و نوع داده‌ها، الگوریتم‌های مختلفی بکار می‌رود که متداول‌ترین آن‌ها در شکل ۲ آمده است.

از روش‌های باناظر یادگیری ماشین به دلیل دقت بالا در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شود که مراحل مدل‌سازی آن در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳- فرایند یادگیری ماشین در روش با ناظر

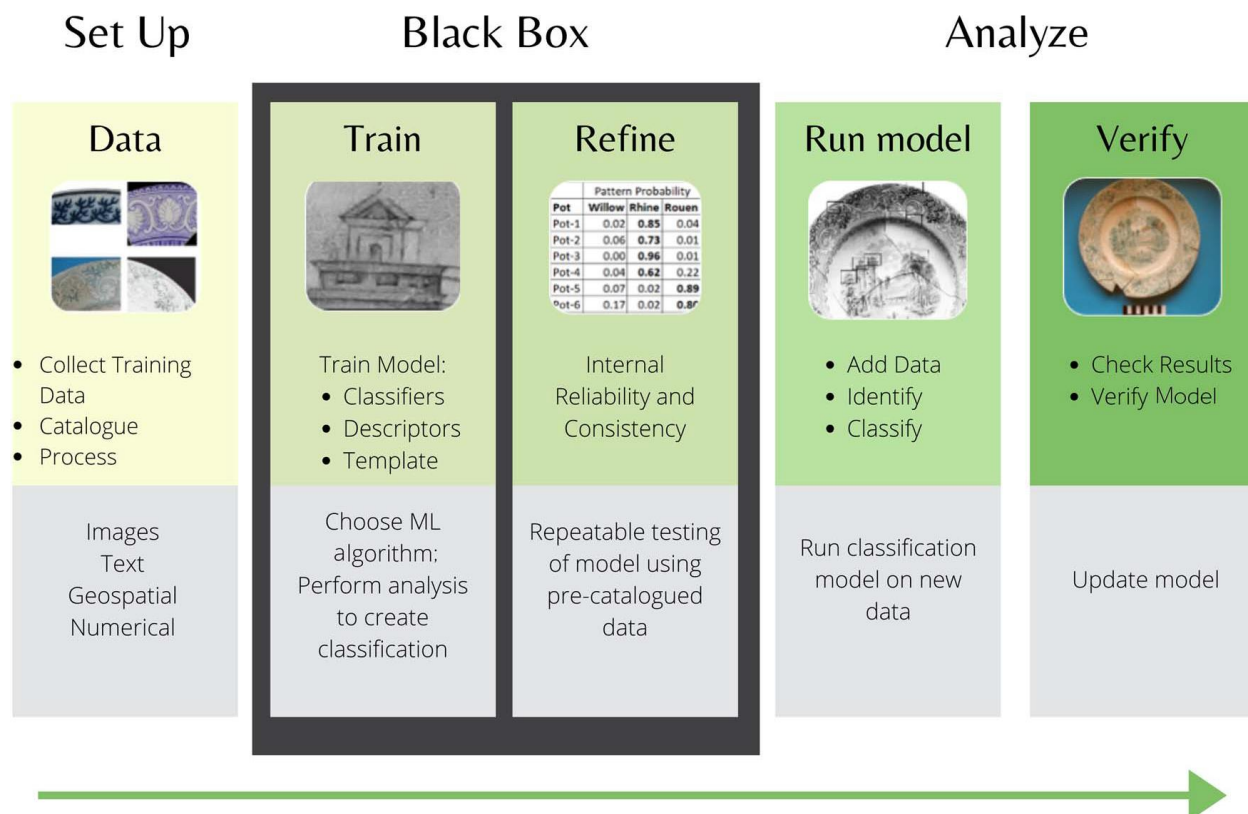
در فرایند یادگیری ماشین پس از گردآوری داده‌ها، بر روی آن‌ها پیش‌پردازش انجام می‌شود تا برای اعمال الگوریتم‌ها مناسب‌سازی شوند. در مرحله بعد با روش‌های مختلف انتخاب ویژگی انجام می‌گیرد بدین صورت که ویژگی‌های کم تأثیر حذف و ویژگی‌هایی مشابه حذف یا ادغام می‌شوند، این کار ابعاد مجموعه داده را کاهش داده و مدل‌سازی سریع‌تر انجام می‌شود سپس داده‌ها به دو گروه آموزشی و آزمایشی تقسیم می‌شوند که با استفاده از داده‌های آموزشی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مدل‌سازی انجام می‌گیرد. در پایان مدل ایجادشده بر اساس معیارهای مرتبط به مسئله و بر روی داده‌های آزمایشی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

یادگیری عمیق زیرمجموعه یادگیری ماشین می‌باشد که مبتنی بر شبکه‌های عصبی چندلایه (عمیق) بوده و برای طبقه‌بندی و پیش‌بینی داده‌های مختلف مانند تصویر بکار می‌رود.

یادگیری ماشین در باستان‌شناسی

یادگیری ماشینی توسط باستان‌شناسان برای تجزیه و تحلیل از داده‌های مکانی، متنی، طبیعی و هنری مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوریتم‌های متداول به‌ویژه برای شناسایی و طبقه‌بندی سریع ویژگی‌ها و اشیاء باستان‌شناسی مناسب می‌باشند.

یادگیری ماشینی این امکان را فراهم می‌کند که رایانه‌ها از داده‌ها یاد گرفته، سپس بر اساس داده‌های جدید پیش‌بینی کنند. به‌طور کلی، یادگیری ماشین از تکنیک‌های آماری برای تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی طبقه‌بندی شده استفاده می‌کند. (شکل ۴).



شکل ۴- نمای کلی و از فرآیند یادگیری ماشین اعمال شده بر داده‌های باستان‌شناسی، نشان‌دهنده نمونه‌ای از تطبیق الگوهای تزئینی روی سرامیک‌های تاریخی است (Bickler, 2021:186)

فرایند مدل‌سازی پیش‌بینی‌کننده

مهم‌ترین کاربرد امروزی یادگیری ماشین در باستان‌شناسی ایجاد مدل بر اساس داده‌های موجود برای پیش‌بینی می‌باشد؛ مانند پیش‌بینی مکان سایت باستانی، تجزیه و تحلیل بقایای فیزیکی، شناسایی بخش‌های آسیب‌دیده که مراحل کلی آن به‌صورت زیر است:

- جمع‌آوری داده: گردآوری داده از منابع مختلف مانند تصاویر، اسناد و متون مهم‌ترین بخش در یادگیری ماشین است. ۱. مدل‌سازی بر پایه داده‌های موجود انجام می‌شود، تعداد و کیفیت داده‌ها و برچسب‌گذاری درست آن‌ها می‌تواند دقت مدل را به میزان زیادی بهبود دهد.
- تشخیص الگو: بر اساس ماهیت مسئله و نوع داده‌ها برای شناسایی الگوها از میان ویژگی‌های داده‌های الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شوند و خروجی این مرحله یک مدل می‌باشد.

- پیش‌بینی: مدل ایجادشده در مرحله قبل برای پیش‌بینی بر روی داده‌های جدید بکار می‌رود تا مکان سایت جدید، موقعیت مکان‌های کشف نشده، خوانش متون و مانند آن پیش‌بینی شود.

اگرچه یادگیری ماشین را می‌توان برای طیف وسیعی از داده‌های دیجیتال اعمال کرد ولی امروزه باستان‌شناسان به‌طور گسترده بر روی انواع زیر تمرکز نموده‌اند:

- داده‌های عددی

- داده‌های متنی

- تصاویر

- داده‌های جغرافیایی

کاربردهای یادگیری ماشین در باستان‌شناسی:

- **تفسیر بقایای موجود در سایت‌های باستانی**

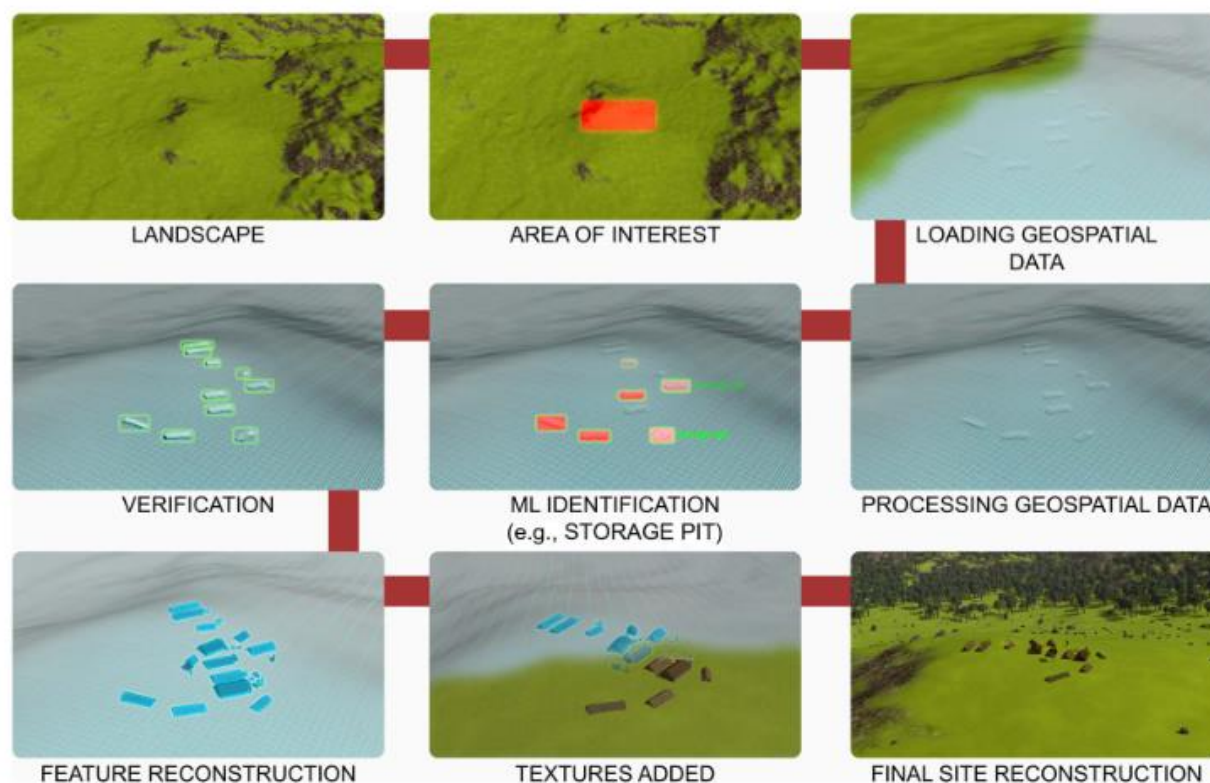
در حالت عادی تفسیر و مطالعه آثار کشف‌شده از یک حفاری می‌تواند سال‌ها به طول انجامد. به باور کارشناسان، ظهور هوش مصنوعی در باستان‌شناسی نه تنها روند کشف حقایق را تسریع می‌کند؛ بلکه متخصصین را قادر می‌سازد تا بینش جدیدی از تاریخ به دست آورند.

الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند داده‌های هزاران شیء مختلف را به‌طور هم‌زمان پردازش نموده، الگوها و ارتباطاتی را که انسان نمی‌تواند تشخیص دهد، به راحتی شناسایی نمایند. این کاربرد کاهش قابل توجهی در هزینه و زمان در مطالعات باستان‌شناسی خواهد داشت. هوش مصنوعی دقت اکتشافات را نیز بهبود می‌بخشد زیرا این فناوری می‌تواند الگوها و ناهنجاری‌هایی را که ممکن است توسط انسان‌ها مورد توجه قرار نگیرد، شناسایی کرده و تفسیر دقیق‌تری از داده‌های باستان‌شناسی را امکان‌پذیر سازد. به عنوان مثال، یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی الگوی سبک‌های سفال استفاده بکار رفته است (Romanengo et al., 2020: 405؛ Chetouani et al., 2020: 1؛ Bickler et al., 2018: 20).

- **شناسایی موقعیت سایت‌های باستان‌شناسی: نمونه موفق از بهره‌گیری هوش مصنوعی در دنیای باستان‌شناسی، روش**

نوین مدل‌سازی و پیش‌بینی است. این تکنیک از هوش مصنوعی پیش‌بینی موقعیت مکانی سایت‌های باستان‌شناسی بر اساس الگوهای موجود در داده‌های شناسایی‌شده را انجام می‌دهد. این کاربرد روش تاکنون امکان شناسایی بسیاری از سایت‌های ناشناخته را فراهم نموده است (Guyot et al., 2021: 54؛ Davis et al., 2021: 20؛ Trier et al., 2021: 1).

باستان‌شناسی، بیشترین استفاده از یادگیری ماشین مربوط به داده‌های مکانی باشد. دسترسی فزاینده به تصاویر برچسب دار، ماهواره‌ای و هوایی در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و ملی، باستان‌شناسی را به‌ویژه در جستجو و نقشه‌برداری از مکان‌های باستانی متحول نموده است (شکل ۴). الگوریتم‌های یادگیری ماشین را می‌توان برای پردازش داده‌های مکانی در جستجوی مکان‌ها در محیط‌های متنوع استفاده نمود (Bonhage et al., 2021: 15؛ Caspari et al., 2019: 25؛ Verschoof et al., 2020: 293؛ Davis et al., 2020: 45).



شکل ۴- مثالی از چگونگی به کارگیری یادگیری ماشینی برای شناسایی ویژگی در داده‌های مکانی و بازسازی یک سایت (Bickler, 2021:186).

- **بازسازی:** از هوش مصنوعی برای بازسازی محیط‌ها و رویدادهای تاریخی استفاده می‌شود. در رویکرد باستان‌شناسی مدرن، با استفاده از داده‌های به دست آمده از سایت‌های باستان‌شناسی، می‌توان مدل‌های سه بعدی واقع گرایانه از شهرهای باستانی ایجاد کرده و یا رویدادهای تاریخی را با دقت زیاد شبیه‌سازی نمود.

این بازسازی‌های مجازی نه تنها پنجره‌ای جذاب به تاریخ ارائه می‌کنند، بلکه به عنوان ابزار آموزشی ارزشمندی عمل کرده و محققان، دانشجویان و عموم مردم را قادر می‌سازد تا تجربه‌ای دست اول از زندگی در روزگار گذشته باشند. به عنوان مثال در بازسازی ظروف بر اساس تطبیق الگوی اشکال و دکوراسیون یا به عنوان حل کننده پازل از هوش مصنوعی استفاده شده است (Ostertag et al., 2019: 336؛ Felicetti et al., 2021:25؛ Cintas., 2020: 106 et al.).

- **نگهداری و نمایش آثار:** هوش مصنوعی در نحوه نگهداری و نمایش یافته‌های باستان‌شناسی تحول ایجاد کرده است و فناوری حفاظت دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند نماهای سه‌بعدی دقیقی از مصنوعات، ساختمان‌ها و حتی کل سایت‌های باستان‌شناسی ایجاد کند که این مدل‌ها را می‌توان به‌طور مجازی برای تجربه‌ای فراگیرتر و تعاملی‌تر مورد مطالعه و بررسی قرار داد. این موضوع نه تنها درک ما را از گذشته افزایش می‌دهد، بلکه باستان‌شناسی را برای عموم قابل دسترس‌تر می‌کند.

- **تحلیل تصاویر:** پردازش تصاویر با استفاده از یادگیری ماشین یکی از کاربردی‌ترین زمینه‌ها برای باستان‌شناسان بوده است. تصاویر از عکس گرفته تا طرح‌های تلطیف شده از اشیاء باستان‌شناسی متفاوت است. به‌طور معمول، یادگیری ماشین برای شناسایی اشیاء در تصاویر، توصیف عناصر ساختاری (Kogou et al., 2020:20; Tsigkas et al., 2020: 337) و تجزیه و تحلیل طرح‌ها و همچنین ابزار و ظرف استفاده می‌شود که شناسایی استخوان صدف یا حیوان (Huffer et al., 2020: 1) و مستندسازی ساییدگی و آسیب استفاده در ابزارها (Grove et al., 2020: 337) نمونه‌هایی از این کاربردها می‌باشد.

تشخیص ژئوگلیف نمونه دیگری از این نوع کاربرد است که در سال‌های اخیر کاربرد وسیعی در باستان‌شناسی داشته است. روش مطالعه سنتی که تا پیش از این برای شناسایی این تپه‌نگاره‌ها استفاده می‌شد و از طریق بررسی مستقیم تصاویری با وضوح و کیفیت بالا از منطقه صورت می‌گرفت، زمان‌بر و مستعد خطا بود. بسیاری از این طرح‌های باستانی ممکن بود در این روش نادیده گرفته شوند. (Sakai et al., 2024:105)

موفقیت یادگیری عمیق نه تنها مدل‌های زبانی (Achiam et al., 2023:1) بلکه بینایی کامپیوتری (Voulodimos et al., 2018:1; Khan et al., 2022:1) را نیز متحول نموده است و تشخیص خودکار اشیاء مختلف یا انواع پوشش زمین در تصاویر سنجش از راه دور را عملی کرده است. در زمینه باستان‌شناسی، جایی که اشیاء مورد نظر کم‌رنگ تا حدی مسدود شده یا حتی در زیر خاک مدفون هستند، این نوع از هوش مصنوعی با موفقیت به کار گرفته شده است (Davis, Argyrou et al., 2022:1). پژوهشگران، ۴ ژئوگلیف نازکا جدید را با استفاده از یک الگوریتم تشخیص شیء پیشرفته شناسایی کرده‌اند (Sakai et al., 2023:105).

یک مطالعه علمی توسط محققان ژاپنی که با استفاده از هوش مصنوعی صورت گرفته، زمینه کشف حدود ۳۰۳ نقش تپه‌نگاره جدید در صحرای نازکا واقع در جنوب پرو را فراهم نمود. قدمت برخی از این خطوط و اشکال پرمرزوراز به بیش از ۲۰۰۰ سال پیش بازمی‌گردد. نتایج تحقیق نشان‌دهنده افزایش ۱۶ برابری نرخ کشف اشکال جدید به کمک هوش مصنوعی بوده و بیانگر آن است که این فناوری تا چه اندازه می‌تواند به کشفیات سرعت ببخشد چراکه که کشف ۴۳۰ تپه‌نگاره قبلی در نازکا تقریباً یک قرن زمان برده بود (Sakai et al., 2024:1) و نمونه این نقوش در شکل ۵ آمده است.



شکل ۵- نمونه‌های از تپه‌نگارهای کشف‌شده در پرو

- پردازش متن: استفاده از فناوری هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل متن چالش‌برانگیزتر است. زبان پیچیده با ابهامات و معنای پنهان فراتر از ساختار متن خالص است.

آخرین فناوری مطرح در هوش مصنوعی مدل‌سازی زبان‌های بزرگ (LLM) می‌باشد که نمونه‌های متعددی از آن برای استفاده به‌عنوان دستیار ارائه‌شده است مانند ChatGPT که با این ابزارها امکان بررسی متون باستان‌شناسی برای پاسخ به سؤالات محققین در سطح بسیار وسیع فراهم‌شده است. یادگیری عمیق برای این کار مورد استفاده قرار گرفته است برای مثال استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنال برای ترجمه الواح خط میخی زبان‌های سومری و اکدی قدیمی (Guthertz et al., 2023: 1). استفاده‌شده‌اند. هوش مصنوعی مولد به بازآفرینی مناظر گذشته برای تحقیقات فراگیرتر در این زمینه کمک می‌کند. نمونه دیگر، ترجمه زبان‌های باستانی مانند هیروگلیف مصری می‌باشد (Sanders et al., 2018: 1).

باستان‌شناسان با کمک هوش مصنوعی لوح‌های خط میخی را ترجمه کرده‌اند. همکاری باستان‌شناسان و دانشمندان کامپیوتر، منجر به برنامه‌ای با کمک هوش مصنوعی شده است که به سرعت می‌تواند لوح‌های باستانی را ترجمه کند.

این فناوری جدید می‌تواند در زمینه‌های مختلف از جمله باستان‌شناسی، تاریخ و زبان‌شناسی کاربرد داشته باشد. به‌عنوان مثال، می‌توان از آن برای خواندن متون و اسناد خط میخی که به خوبی حفظ نشده‌اند استفاده کرد. همچنین می‌توان از آن برای مقایسه متن کتیبه‌های مختلف استفاده کرد و اطلاعات جدیدی در مورد تاریخ و فرهنگ تمدن‌های باستانی به دست آورد. رمزگشایی از متون نیز یکی از زمینه‌های استفاده از هوش مصنوعی در باستان‌شناسی است.

علاوه بر مدل‌سازی پیش‌بینی‌کننده، هوش مصنوعی شیوه تحلیل و تفسیر یافته‌های باستان‌شناسی را تغییر داده و الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند الگوها و ارتباطاتی را در داده‌هایی که به سختی برای انسان قابل درک هستند، شناسایی کنند. برای

مثال، هوش مصنوعی می تواند سفال ها یا پیکتو گرام های باستانی را در جستجوی عناصر سبکی تجزیه و تحلیل کند. در این مسیر هوش مصنوعی بسیار بهتر از انسان، شباهت ها و تفاوت های کوچک را شناسایی کرده و بینش هایی جدید در مورد مبادلات فرهنگی، مهاجرت انسانی و تغییرات اجتماعی ارائه می کند.

آینده هوش مصنوعی در باستان شناسی:

استفاده از هوش مصنوعی در باستان شناسی هنوز در مراحل اولیه می باشد اما پتانسیل فراوانی وجود دارد که با استفاده از فناوری های جدید مانند شبکه های مولد، تصویربرداری های پیشرفته و الگوریتم های بهبود یافته، ارتباط های ناشناخته ای بین مصنوعات و آثار باستانی با دوره های زمانی مختلف و تمدن های متفاوت به دست آید.

چالش ها:

بحث بسیار مهم در این زمینه، مسئله اخلاق و جلوگیری از سوء استفاده از اطلاعات به دست آمده است. از آنجایی که پیش بینی می شود طی سال های آینده استفاده از هوش مصنوعی به طور فزاینده ای در باستان شناسی فراگیر شود، اطمینان از اینکه از اطلاعات فوق به طور مسئولانه استفاده می شود، بسیار مهم خواهد بود.

ادغام هوش مصنوعی در باستان شناسی بدون ملاحظات اخلاقی میسر نیست. اعتماد به اطلاعات تولید شده توسط هوش مصنوعی با نگرانی در مورد سوء گیری الگوریتمی و نفوذ سیاسی توسعه دهندگان همچنان یک موضوع پیچیده است. دیدگاه ها در مورد نتایج قابلیت اطمینان نتایج هوش مصنوعی یک بحث مهم است که نیاز به هوشیاری و چارچوب های اخلاقی را برجسته می کند.

علیرغم تأثیر انقلابی هوش مصنوعی بر باستان شناسی، محدودیت های انسانی همچنان پابرجاست. اثربخشی مصنوعی سیستم های اطلاعاتی منوط به دانش و تعهد توسعه دهندگانی است که این ابزارها را توسعه داده و اصلاح می کنند. درحالی که هوش مصنوعی فرآیندها را تسریع می کند، اما همچنان ابزاری است که توسط انسان ایجاد و کنترل می شود، مشروط به تعصبات و محدودیت های سازندگان آن.

هنوز اکثر مدل های یادگیری ماشین داده های باستان شناسی احتمالاً نسبت به روش های سنتی متخصص کمتر قابل اعتماد هستند، زیرا هنوز قادر به مدیریت دامنه تنوع و ناسازگاری داده های باستان شناسی نیستند. مهم ترین مانع بر سر راه ساختن مدل های خوب یادگیری ماشین این است که وقتی بر روی پایگاه های اطلاعاتی بزرگ مانند هزاران تصویر فهرست بندی شده یا مطالب با منبع قابل اعتماد ساخته می شوند، بهترین عملکرد را دارند که دستیابی به آن ها دشوار است.

در این رشته، نگرانی های پیرامون حریم خصوصی، تعصب و ایجاد مدل برای تدوین سیاست ها و تصمیم گیری حیاتی هستند. برای مثال، الگوریتم های هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل داده های باستان شناسی می توانند به طور ناخواسته منجر به تفسیرهای مغرضانه از رویدادهای تاریخی یا تقویت ساختارهای قدرت موجود در صورت استفاده از مدل ها شوند.

تکیه بر فناوری هوش مصنوعی در باستان‌شناسی مضرات خاصی را نیز به همراه دارد. یکی از نگرانی‌ها خطر اتکای بیش از حد به الگوریتم‌های هوش مصنوعی است که می‌تواند منجر به کاهش تصمیم‌گیری انسانی و تفکر انتقادی در فرآیند تحقیق شود. علاوه بر این، هزینه‌های اولیه اجرای سیستم‌های هوش مصنوعی و نیاز به آموزش تخصصی باستان‌شناسان برای استفاده مؤثر از ابزارهای هوش مصنوعی، موانع بالقوه‌ای برای پذیرش گسترده است.

نتیجه آنکه ادغام فناوری هوش مصنوعی در باستان‌شناسی نشان‌دهنده یک تغییر رویکرد در روش کاوش و درک گذشته است. با پرداختن به چالش‌های کلیدی، مانند ملاحظات اخلاقی و سوگیری‌های بالقوه و به حداکثر رساندن مزایای هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل داده‌ها و شناسایی سایت، محققان می‌توانند ابعاد جدیدی از دانش تاریخی را باز کنند. درحالی‌که موانعی برای غلبه بر وجود دارد با این وجود همکاری بین هوش مصنوعی و باستان‌شناسی نوید کشف و حفظ میراث مشترک ما را به روش‌های نوآورانه و تأثیرگذار می‌دهد.

نتیجه‌گیری:

هوش مصنوعی برای تعمیق درک متخصصین از تاریخ بشر و غنی‌سازی میراث فرهنگی قابل استفاده است. آینده اکتشافات باستان‌شناسی نه تنها در دل لایه‌های زمین، بلکه در حوزه دیجیتال نیز نهفته است، جایی که هوش مصنوعی نقش مهمی را ایفا خواهد کرد. یادگیری ماشین می‌تواند به طور قابل توجهی به شناسایی نمونه‌های باستان‌شناسی با استفاده از مجموعه‌ای از داده‌ها کمک کند.

استقرار هوش مصنوعی در این رشته باید در کنار توسعه استراتژی‌ها و دستورالعمل‌های مناسب برای محافظت از استفاده مسئولانه، منصفانه و پایدار از این فناوری جدید بکار رود. البته این مسئله را نیز باید مدنظر قرارداد که برخلاف بسیاری از حوزه‌ها، هوش مصنوعی هیچ‌گاه قادر به جایگزینی باستان‌شناسان نمی‌شود زیرا در نهایت عملیات حفاری، تفسیر نهایی و نتیجه‌گیری تنها از عهده باستان‌شناس برآمده و هوش مصنوعی می‌تواند انسان را در تفسیر این یافته‌ها کمک کند. با توجه به گسترش استفاده از هوش مصنوعی، پیشنهاد می‌شود در سرفصل‌های درسی رشته‌های باستان‌شناسی و مرمت، فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و کاربردهای آن در نظر گرفته شود.

Forte, M. and N. Danelon 2019. “Cyber-Archaeology”. In Oxford Bibliographies in Anthropology, Ed. M. Forte. New York: Oxford University Press.

Guyot, A.; Lennon, M.; Lorho, T.; Hubert-Moy, L. Combined Detection and Segmentation of Archeological Structures from LiDAR Data Using a Deep Learning Approach. *J. Comput. Appl. Archaeol.* 2021, 4, 1.

Davis, D.S.; Caspari, G.; Lipo, C.P.; Sanger, M.C. Deep Learning Reveals Extent of Archaic Native American Shell-Ring Building Practices. *J. Archaeol. Sci.* 2021, 132, 105433.

Trier, D.; Reksten, J.H.; Løseth, K. Automated mapping of cultural heritage in Norway from airborne lidar data using faster R-CNN. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2021, 95, 102241.

Cole, K.E.; Yaworsky, P.M.; Hart, I.A. Evaluating statistical models for establishing morphometric taxonomic identifications and a new approach using Random Forest. *J. Archaeol. Sci.* 2022, 143, 105610.

Eberl, M.; Bell, C.S.; Spencer-Smith, J.; Raj, M.; Sarubbi, A.; Johnson, P.S.; Rieth, A.E.; Chaudhry, U.; Aguila, R.E.; McBride, M. Machine Learning–Based Identification of Lithic Microdebitage. *Adv. Archaeol. Pract.* 2023, 11, 152–163. *Electronics* 2024, 13, 2752 22 of 23

Troiano, M.; Nobile, E.; Mangini, F.; Mastrogiuseppe, M.; Conati Barbaro, C.; Frezza, F. A Comparative Analysis of the Bayesian Regularization and Levenberg–Marquardt Training Algorithms in Neural Networks for Small Datasets: A Metrics Prediction of Neolithic Laminar Artefacts. *Information* 2024, 15, 270.

Nobile, E.; Conati, C.B. The Standardisation of the PPNB Lithic Industry from Er-Rahib. *Orig. Rev. Prehistory Protohistory Anc. Civiliz.* 2022, 46, 7–28.

Troiano, Maurizio & Nobile, Eugenio & Grignaffini, Flavia & Mangini, Fabio & Mastrogiuseppe, Marco & Barbaro, Cecilia & Frezza, Fabrizio. (2024). A Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Identifying Cultural and Technological Groups in Archaeological Datasets through Clustering Analysis of Homogeneous Data. *Electronics. Computer Science & Engineering.* 1-23.

Bickler SH. Machine Learning Arrives in Archaeology. *Advances in Archaeological Practice.* 2021;9(2):186-191. doi:10.1017/aap.2021.6

Bickler, Simon H. a Machine Learning Identification and Classification of Historic Ceramics. *Archaeology in New Zealand.* 2018;61(1):20–32.

Chetouani, Aladine, Sylvie Treuillet, Matthieu Exbrayat, and Sébastien Jesset 2020 Classification of Engraved Pottery Sherds Mixing Deep-Learning Features by Compact Bilinear Pooling. *Pattern Recognition Letters* 131:1–7.

Romanengo, Chiara, Silvia Biasotti, and Bianca S. Falcidieno, 2020 Recognising Decorations in Archaeological Finds through the Analysis of Characteristic Curves on 3D Models. *Pattern Recognition Letters* 131:405–412.

Bonhage, Alexander, Mahmoud Eltaher, Thomas Raab, Michael Breuß, Alexandra Raab, and Anna Schneider, 2021 A Modified Mask Region-Based Convolutional Neural Network Approach for the

Automated Detection of Archaeological Sites on High-Resolution Light Detection and Ranging-Derived Digital Elevation Models in the North German Lowland. Archaeological Prospection. DOI: [10.1002/arp.1806](https://doi.org/10.1002/arp.1806).

Caspari, Gino, and Pablo Crespo 2019 Convolutional Neural Networks for Archaeological Site Detection—Finding “Princely” Tombs. *Journal of Archaeological Science* 10:104998. DOI: [10.1016/j.jas.2019.104998](https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.104998).

Davis, Dylan S., Katherine E. Seeber, and Matthew C. Sanger 2020 Addressing the Problem of Disappearing Cultural Landscapes in Archaeological Research Using Multi-Scalar Survey. *Journal of Island and Coastal Archaeology*, in press. DOI: [10.1080/15564894.2020.1803457](https://doi.org/10.1080/15564894.2020.1803457)

Davis, Dylan S., Katherine E. Seeber, and Matthew C. Sanger 2020 Addressing the Problem of Disappearing Cultural Landscapes in Archaeological Research Using Multi-Scalar Survey. *Journal of Island and Coastal Archaeology*, in press. DOI: [10.1080/15564894.2020.1803457](https://doi.org/10.1080/15564894.2020.1803457)

Verschoof-van der Vaart, Wouter B., and Karsten Lambers 2019 Learning to Look at LiDAR: The Use of R-CNN in the Automated Detection of Archaeological Objects in LiDAR Data from the Netherlands. *Journal of Computer Applications in Archaeology* 2:31–40.

Verschoof-van der Vaart, Wouter B., Karsten Lambers, Wojtek Kowalczyk, and Quentin P. Bourgeois 2020 Combining Deep Learning and Location-Based Ranking for Large-Scale Archaeological Prospection of LiDAR Data from The Netherlands. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9(5):293.

Cintas, Celia, Manuel Lucena, José Manuel Fuertes, Claudio Delrieux, Pablo Navarro, Rolando González-José, and Manuel Molinos 2020 Automatic Feature Extraction and Classification of Iberian Ceramics Based on Deep Convolutional Networks. *Journal of Cultural Heritage* 41:106–112.

Felicetti, Andrea, Marina Paolanti, Primo Zingaretti, Roberto Pierdicca, and Eva Savina Malinverni 2021 Mo.Se.: Mosaic Image Segmentation Based on Deep Cascading Learning. *Virtual Archaeology Review* 12(24):25–38.

Ostertag, Cécilia, and Marie Beurton-Aimar 2020 Matching Ostraca Fragments Using a Siamese Neural Network. *Pattern Recognition Letters* 131:336–340.

Nash, Brendan S., and Elton R. Prewitt 2016 The Use of Artificial Neural Networks in Projectile Point Typology. *Lithic Technology* 41:194–211.

Grove, Matt, and James Blinkhorn 2020 Neural Networks Differentiate between Middle and Later Stone Age Lithic Assemblages in Eastern.

M. Sakai, Y. Lai, J. O. Canales, M. Hayashi, K. Nomura, Accelerating the discovery of new Nasca geoglyphs using deep learning. *J. Archaeol. Sci.* **155**, 105777 (2023), <https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.105777>.

J. Achiam et al., Gpt-4 technical report. arXiv [Preprint] (2023). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774>

A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis, E. Protopapadakis, Deep learning for computer vision: A brief review. *Comput. Intel. Neurosci.* **2018**, 7068349 (2018), <https://doi.org/10.1155/2018/7068349>.

S Khan, M Naseer, M Hayat, S. Waqas Zamir, F.Khan, and Mubarak Shah. 2022. Transformers in Vision: A Survey. *ACM Comput. Surv.* 54, 10s, Article 200 (January 2022), 41 pages. <https://doi.org/10.1145/3505244>

Berganzo-Besga I, Orengo HA, Lumbreras F, Carrero-Pazos M, Fonte J, Vilas-Estévez B. Hybrid MSRM-Based Deep Learning and Multitemporal Sentinel 2-Based Machine Learning Algorithm Detects Near 10k Archaeological Tumuli in North-Western Iberia. *Remote Sensing*. 2021; 13(20):4181. <https://doi.org/10.3390/rs13204181>

C. M. Albrecht et al., “Learning and recognizing archeological features from LiDAR data” in *IEEE International Conference on Big Data* (2019), pp. 5630–5636, <https://doi.org/10.1109/BigData47090.2019.9005548>.

D. S. Davis, G. Caspari, C. P. Lipo, M. C. Sanger, Deep learning reveals extent of Archaic Native American shell-ring building practices. *J. Archaeol. Sci.* **132**, 105433 (2021).
Argyrou, A. Agapiou, A review of artificial intelligence and remote sensing for archaeological research. *Remote Sens.* **14**, 6000 (2022), <https://doi.org/10.3390/rs14236000>.

Sakai M, Sakurai A, Lu S, Olano J, Albrecht CM, Hamann HF, Freitag M. AI-accelerated Nazca survey nearly doubles the number of known figurative geoglyphs and sheds light on their purpose. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2024 Oct;121(40):e2407652121. doi: 10.1073/pnas.2407652121. Epub 2024 Sep 23.

Tsigkas, Giorgos, Giorgos Sfikas, Anastasios Pasialis, Andreas Vlachopoulos, and Christophoros Nikou 2020 Markerless Detection of Ancient Rock Carvings in the Wild. *Pattern Recognition Letters* 135:337–345.

Kogou, Sotiria, Golnaz Shahtahmassebi, Andrei Lucian, Haida Liang, Biwen Shui, Wenyuan Zhang, Bomin Su, and Sam van Schaik 2020 From Remote Sensing and Machine Learning to the History of the Silk Road: Large Scale Material Identification on Wall Paintings. *Scientific Reports* 10:19312. DOI:[10.1038/s41598-020-76457-9](https://doi.org/10.1038/s41598-020-76457-9).

Graham, Shawn & Huffer, Damien. (2020). Reproducibility, Replicability, and Revisiting the Insta-Dead and the Human Remains Trade. *Internet Archaeology*. 10.11141/ia.55.11.

Guthertz, Gai & Gordin, Shai & Sáenz, Luis & Levy, Omer & Berant, Jonathan. (2023). Translating Akkadian to English with neural machine translation. *PNAS Nexus*.

Sanders, Donald H. 2018 Neural Networks, AI, Phone-Based VR, Machine Learning, Computer Vision and the CUNAT Automated Translation App—Not Your Father’s Archaeological Toolkit. In 2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018), pp. 1–5. DOI:[10.1109/DigitalHeritage.2018.8810002](https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2018.8810002).

Application of artificial intelligence in archaeology

Abstract:

Archaeological knowledge is essential for understanding, analyzing, and analyzing human history and cultures. This knowledge helps to properly study the human past in various fields such as architecture, art, society, economics, and religion. Archeology provides a better understanding of the roots and authenticity of cultures and institutions. Research in archeology has various fields such as site identification, site exploration, analysis of shapes and lines, restoration, and analysis of physical remains and works, all of which are a time-consuming process.

Archeology studies the past, but the community of archaeologists has tried to use modern technologies such as artificial intelligence in their research. Artificial intelligence has grown significantly in recent years due to access to powerful hardware and large data and has been used in various fields of archeology. This technology is creating a transformation in the method of archaeological discovery and analysis of works. Artificial intelligence can help experts in the identification of sites, content analysis, translation and interpretation of texts, restoration, and other fields as a quantitative tool and provide the possibility of processing large data collected and stored over decades of research.

Despite the many applications of artificial intelligence in archeology that have increased the speed and accuracy of work, this technology does not replace human researchers. Still, as a tool, it increases the abilities of experts and enables them to explore the background and history more deeply and gain a better understanding. In this work, challenges and obstacles are examined.

Keywords: Archaeology, Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning.