



پیام باستان‌شناسی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۴۲۸۵

شاپا الکترونیکی: ۹۸۸۶-۲۹۸۰

دوره ۱۶، شماره ۳۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۳



کاربرد هوش مصنوعی در باستان‌شناسی

علی علی‌جماعت^۱

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

چکیده	اطلاعات مقاله:
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.	تاریخ‌ها: دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴ واژگان کلیدی: باستان‌شناسی هوش مصنوعی یادگیری ماشین یادگیری عمیق

* استناد: علی‌جماعت، علی (۱۴۰۳). کاربرد هوش مصنوعی در باستان‌شناسی. پیام باستان‌شناسی، ۳۱(۱۶)، ۲۱۷-۲۲۸.

<https://doi.org/10.71794/PEB.2025.1185944>

مقدمه

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; Trier et al., 2021: 20) شناسایی مصنوعات و طبقه‌بندی آن‌ها (Ebrel et al., 2023: 152; Coleo et al., 2022: 105) و پیش‌بینی برای مصنوعات باستانی (Nobeil et al., 2022: 7; Troiano et al., 2024: 270) است.

ماهیت متنوع مصنوعات باستان‌شناسی، شامل تغییرات گونه‌شناسی و فناوری، پتانسیل قابل توجهی را برای به‌کارگیری 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 پس‌از آن چالش‌ها بررسی می‌شوند و در پایان ضمن نتیجه‌گیری، راهکارهای پیشنهادی ارائه می‌گردد.

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

هوش مصنوعی

اصطلاح هوش مصنوعی^۱ 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.

به‌طور کلی یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی داده‌ها بر اساس مدل‌های ایجادشده و پیش‌بینی نتایج آینده بر اساس این مدل‌ها به کار 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

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.

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 بدین‌صورت 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 به کار 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).

فرایند مدل‌سازی پیش‌بینی کننده

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:

^۱ Artificial Intelligence

جدید، موقعیت مکان‌های کشف نشده، خوانش متون و مانند آن پیش‌بینی شود.

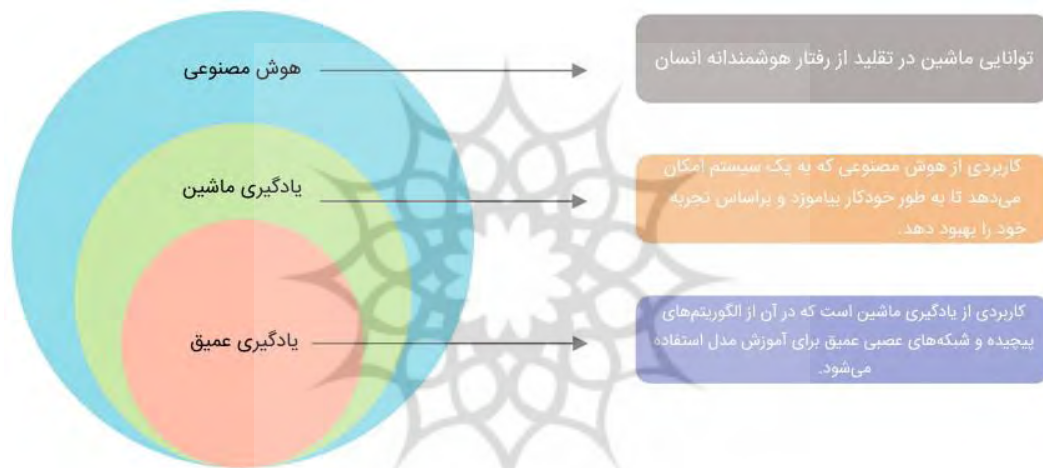
اگرچه یادگیری ماشین را می‌توان برای طیف وسیعی از داده‌های دیجیتال اعمال کرد ولی امروزه باستان‌شناسان به‌طور گسترده بر روی انواع زیر تمرکز نموده‌اند:

- داده‌های عددی
- داده‌های متنی
- تصاویر
- داده‌های جغرافیایی

- 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 برجسته‌گذاری 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 داده‌ها، الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شوند و خروجی این مرحله یک مدل می‌باشد.

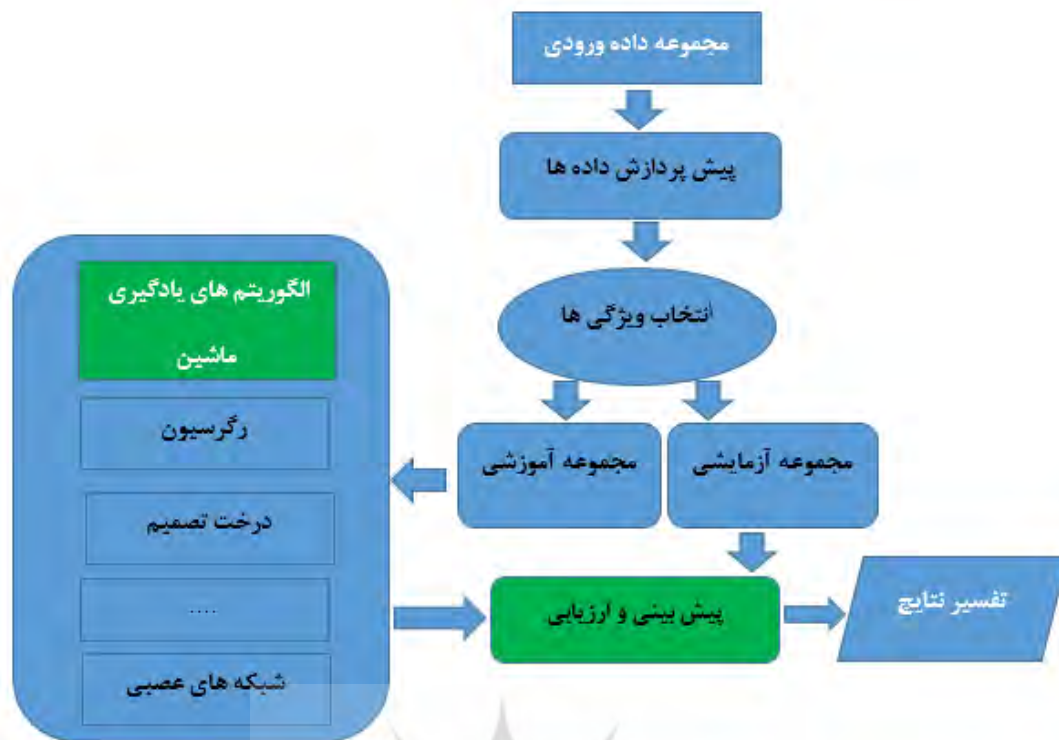
- پیش‌بینی: مدل ایجادشده در مرحله قبل برای پیش‌بینی بر روی داده‌های جدید بکار می‌رود تا مکان سایت



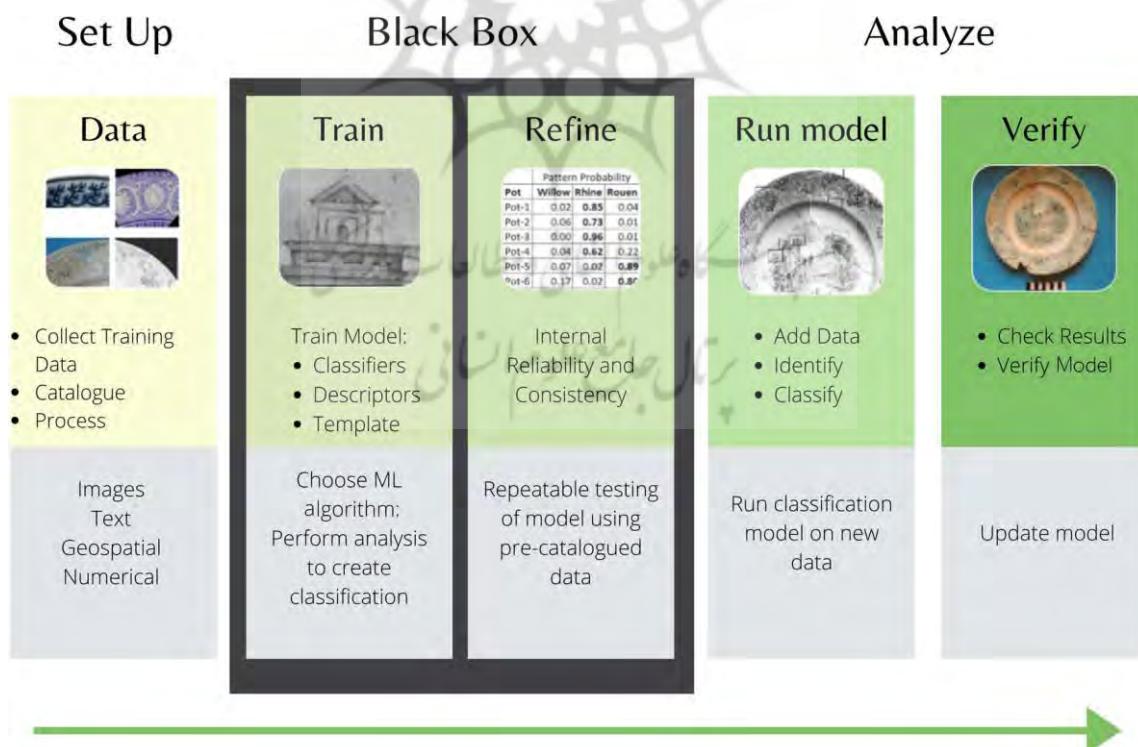
شکل ۱: هوش مصنوعی و زیرشاخه‌های آن



شکل ۲: انواع الگوریتم‌های یادگیری ماشین



شکل ۳: فرایند یادگیری ماشین در روش با ناظر



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

کاربردهای یادگیری ماشین در باستان‌شناسی

• تفسیر بقایای موجود در محوطه‌های 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 به کار رفته است (Bickler et al., 2018: 20; Chetouani et al., 2020: 405; Romanengo et al., 2020: 1).

• شناسایی موقعیت محوطه‌های 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 محوطه‌های ناشناخته را فراهم نموده است (Trier et al., 2021: 20; Davis et al., 2021: 54).

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; Davis et al., 2020: 293; Verschoof et al., 2020: 45).

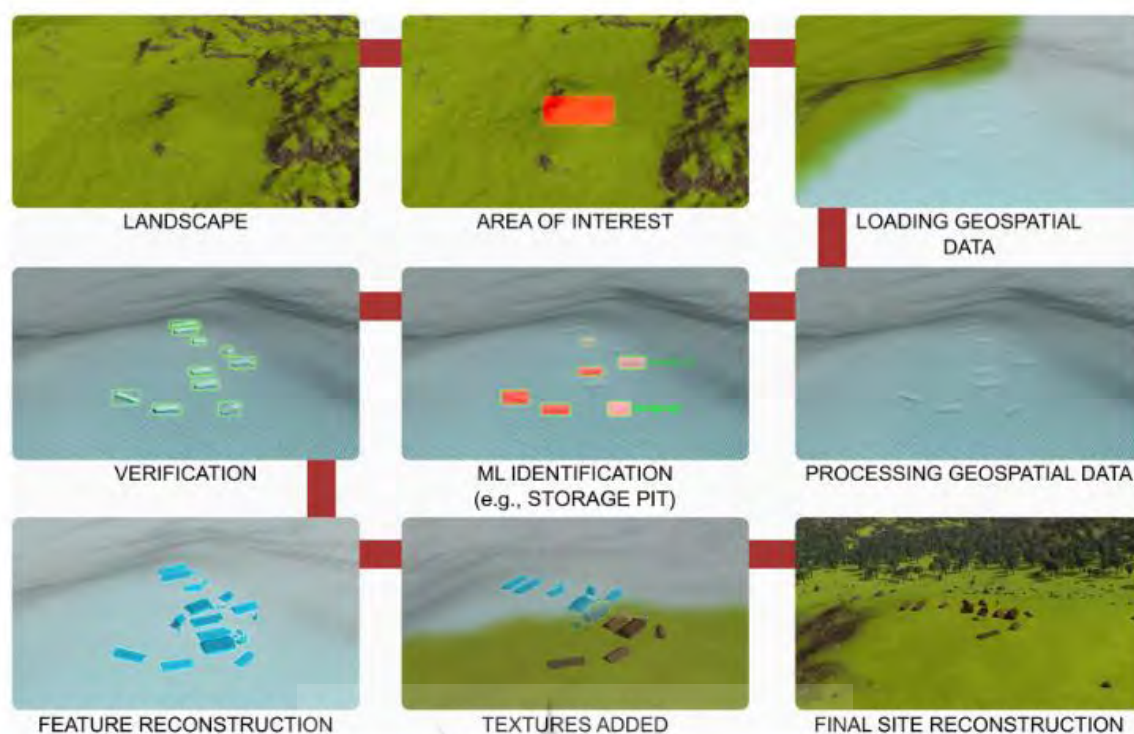
• بازسازی

از هوش مصنوعی برای بازسازی محیط‌ها و رویدادهای تاریخی استفاده می‌شود. در رویکرد باستان‌شناسی مدرن، با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از سایت‌های باستان‌شناسی، می‌توان مدل‌های سه‌بعدی واقع‌گرایانه 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 دست‌اول از زندگی در روزگار گذشته داشته باشند. به عنوان مثال در بازسازی ظروف بر اساس تطبیق الگوی اشکال و دکوراسیون یا به عنوان حل‌کننده پازل از هوش مصنوعی استفاده شده است (Ostertag et al., 2019: 336; Felicetti et al., 2021: 25; Cintas et al., 2020: 106).

• 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 قابل‌دسترس‌تر می‌کند.



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

• تحلیل تصاویر

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 موردنظر کم‌رنگ تا حدی مسدود شده یا حتی در زیر خاک مدفون هستند، این نوع از هوش مصنوعی با موفقیت به کار گرفته شده است (Argyrou et al., 2022: 1; Davis et al., 2021: 105; Albrecht et al., 2019: 5630; Berganzo et al., 2021: 41). 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

پردازش تصاویر با استفاده از یادگیری ماشینی یکی از کاربردی‌ترین زمینه‌ها برای باستان‌شناسان بوده است. تصاویر از عکس گرفته تا طرح‌های تلطیف شده از اشیاء باستان‌شناسی متفاوت است. به‌طور معمول، یادگیری ماشینی 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 تپه‌نگارها 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

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.

نقش تپه‌نگاره جدید در صحرای نازکا واقع در جنوب پرو را فراهم نمود. قدمت برخی از این خطوط و اشکال پررمزوراز 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



شکل ۵: نمونه‌های از تپه‌نگارهای کشف‌شده در پرو

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 به‌سرعت 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 به‌خوبی 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 به‌سختی برای انسان قابل‌درک

• **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 ارائه شده است مانند ChatGPT که با این ابزارها امکان بررسی متون باستان‌شناسی برای پاسخ به سؤالات محققین در سطح بسیار وسیع فراهم شده 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). استفاده شده‌اند. 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).

می‌کند، اما همچنان ابزاری است که توسط انسان ایجاد و کنترل می‌شود، مشروط به تعصبات و محدودیت‌های سازندگان آن.

هنوز اکثر مدل‌های یادگیری ماشین داده‌های باستان‌شناسی احتمالاً نسبت به روش‌های سنتی متخصص کمتر قابل اعتماد هستند، زیرا هنوز قادر به مدیریت دامنه تنوع و ناسازگاری داده‌های باستان‌شناسی نیستند. مهم‌ترین مانع بر سر راه ساختن مدل‌های خوب یادگیری ماشین این است که وقتی بر روی پایگاه‌های اطلاعاتی بزرگ مانند هزاران تصویر فهرست بندی شده یا مطالب با منبع قابل اعتماد ساخته می‌شوند، بهترین عملکرد را دارند که دستیابی به آن‌ها دشوار است.

در این رشته، نگرانی‌های پیرامون حریم خصوصی، تعصب و ایجاد مدل برای تدوین سیاست‌ها و تصمیم‌گیری حیاتی هستند. برای مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل داده‌های باستان‌شناسی می‌توانند به طور ناخواسته منجر به تفسیرهای مغرضانه از رویدادهای تاریخی یا تقویت ساختارهای قدرت موجود در صورت استفاده از مدل‌ها 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

هستند، شناسایی کنند. برای مثال، هوش مصنوعی می‌تواند سفال‌ها یا پیکتوگرام‌های باستانی را در جستجوی عناصر سبکی تجزیه و تحلیل کند. در این مسیر هوش مصنوعی بسیار بهتر از انسان، شباهت‌ها و تفاوت‌های کوچک را شناسایی کرده و بینش‌هایی جدید در مورد مبادلات فرهنگی، مهاجرت انسانی و تغییرات اجتماعی ارائه می‌کند.

آینده هوش مصنوعی در باستان‌شناسی

استفاده از هوش مصنوعی در باستان‌شناسی هنوز در مراحل اولیه می‌باشد اما پتانسیل فراوانی وجود دارد که با استفاده از فناوری‌های جدید مانند شبکه‌های مولد، تصویربرداری‌های پیشرفته و الگوریتم‌های بهبودیافته، ارتباط‌های ناشناخته‌ای بین مصنوعات و آثار باستانی با دوره‌های زمانی مختلف و تمدن‌های متفاوت به دست آید.

چالش‌ها

بحث بسیار مهم در این زمینه، مسئله اخلاق و جلوگیری از سوءاستفاده از اطلاعات به دست آمده است. از آنجایی که پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های آینده استفاده از هوش مصنوعی به طور فزاینده‌ای در باستان‌شناسی فراگیر شود، اطمینان از اینکه از اطلاعات فوق به طور مسئولانه استفاده می‌شود، بسیار مهم خواهد بود.

ادغام هوش مصنوعی در باستان‌شناسی بدون ملاحظات اخلاقی میسر نیست. اعتماد به اطلاعات تولیدشده توسط هوش مصنوعی با نگرانی در مورد سوءگیری الگوریتمی و نفوذ سیاسی توسعه‌دهندگان همچنان یک موضوع پیچیده است. دیدگاه‌ها در مورد نتایج قابلیت اطمینان نتایج هوش مصنوعی یک بحث مهم است که نیاز به هوشیاری و چارچوب‌های اخلاقی را برجسته می‌کند.

علیرغم تأثیر انقلابی هوش مصنوعی بر باستان‌شناسی، محدودیت‌های انسانی همچنان پابرجاست. اثربخشی مصنوعی سیستم‌های اطلاعاتی منوط به دانش و تعهد توسعه‌دهندگانی است که این ابزارها را توسعه داده و اصلاح می‌کنند. درحالی‌که هوش مصنوعی فرآیندها را تسریع

(*Big Data*) (pp. 5630-5636). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/BigData47090.2019.9005548>

Argyrou, A., & Agapiou, A. (2022). A review of artificial intelligence and remote sensing for archaeological research. *Remote Sensing*, 14(23), 6000. <https://doi.org/10.3390/rs14236000>

Berganzo-Besga, I., Orenge, H. A., Lumberras, F., Carrero-Pazos, M., Fonte, J., & Vilas-Estévez, B. (2021). Hybrid MSRM-based deep learning and multitemporal Sentinel-2-based machine learning algorithm detects near 10k archaeological tumuli in north-western Iberia. *Remote Sensing*, 13(20), 4181. <https://doi.org/10.3390/rs13204181>

Bickler, S. H. (2018). A machine learning identification and classification of historic ceramics. *Archaeology in New Zealand*, 61(1), 20-32.

Bickler, S. H. (2021). Machine learning arrives in archaeology. *Advances in Archaeological Practice*, 9(2), 186-191. <https://doi.org/10.1017/aap.2021.6>

Bonhage, A., Eltaher, M., Raab, T., Breuß, M., Raab, A., & Schneider, A. (2021). A modified mask region-based convolutional neural network approach for the automated detection of archaeological sites. *Archaeological Prospection*. <https://doi.org/10.1002/arp.1806>

Caspari, G., & Crespo, P. (2019). Convolutional neural networks for archaeological site detection: Finding "princely" tombs. *Journal of Archaeological Science*, 10, 104998. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.104998>

Chetouani, A., Treuillet, S., Exbrayat, M., & Jesset, S. (2020). Classification of engraved pottery sherds mixing deep-learning features. *Pattern Recognition Letters*, 131, 1-7.

Cintas, C., Lucena, M., Fuertes, J. M., Delrieux, C., Navarro, P., González-José, R., & Molinos, M. (2020). Automatic feature extraction and

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 قابل‌استفاده 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 به‌طور قابل‌توجهی 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.

منابع

Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L., Akkaya, I., Aleman, F. L., Almeida, D., Altmenschmidt, J., Altman, S., Anadkat, S., & Avila, R. (2023). GPT-4 technical report. *arXiv preprint*, arXiv:2303.08774. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774>

Albrecht, C. M., Sakai, M., Sakurai, A., Olano, J., Hamann, H. F., & Freitag, M. (2019). Learning and recognizing archeological features from LiDAR data. In *2019 IEEE International Conference on Big Data*

- classification of Iberian ceramics. *Journal of Cultural Heritage*, 41, 106-112.
- Cole, K. E., Yaworsky, P. M., & Hart, I. A. (2022). Evaluating statistical models for establishing morphometric taxonomic identifications. *Journal of Archaeological Science*, 143, 105610. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105610>
- Davis, D. S., Caspari, G., Lipo, C. P., & Sanger, M. C. (2021). Deep learning reveals extent of Archaic Native American shell-ring building practices. *Journal of Archaeological Science*, 132, 105433. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105433>
- Davis, D. S., Seeber, K. E., & Sanger, M. C. (2020). Addressing the problem of disappearing cultural landscapes. *Journal of Island and Coastal Archaeology*. <https://doi.org/10.1080/15564894.2020.1803457>
- 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. (2023). Machine learning-based identification of lithic microdebitage. *Advances in Archaeological Practice*, 11, 152-163.
- Felicetti, A., Paolanti, M., Zingaretti, P., Pierdicca, R., & Malinverni, E. S. (2021). Mo.Se.: Mosaic image segmentation. *Virtual Archaeology Review*, 12(24), 25-38.
- Forte, M., & Danelon, N. (2019). Cyber-archaeology. In M. Forte (Ed.), *Oxford Bibliographies in Anthropology*. Oxford University Press.
- Graham, S., & Huffer, D. (2020). Reproducibility, replicability, and revisiting the Insta-dead. *Internet Archaeology*, 55. <https://doi.org/10.11141/ia.55.11>
- Grove, M., & Blinkhorn, J. (2020). Neural networks differentiate between Middle and Later Stone Age lithic assemblages. *[Journal name missing]*
- Gutherz, G., Gordin, S., Sáenz, L., Levy, O., & Berant, J. (2023). Translating Akkadian to English with neural machine translation. *PNAS Nexus*, 2(5), pgad096.
- Guyot, A., Lennon, M., Lorho, T., & Hubert-Moy, L. (2021). Combined detection and segmentation of archeological structures. *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 4(1).
- Khan, S., Naseer, M., Hayat, M., Zamir, S. W., Khan, F., & Shah, M. (2022). Transformers in vision: A survey. *ACM Computing Surveys*, 54(10s), Article 200. <https://doi.org/10.1145/3505244>
- Kogou, S., Shahtahmassebi, G., Lucian, A., Liang, H., Shui, B., Zhang, W., Su, B., & van Schaik, S. (2020). From remote sensing and machine learning to the history of the Silk Road. *Scientific Reports*, 10, 19312. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76457-9>
- Nash, B. S., & Prewitt, E. R. (2016). The use of artificial neural networks in projectile point typology. *Lithic Technology*, 41, 194-211.
- Nobile, E., & Conati, C. B. (2022). The standardisation of the PPNB lithic industry from Er-Rahib. *Origini*, 46, 7-28.
- Ostertag, C., & Beurton-Aimar, M. (2020). Matching ostraca fragments using a Siamese neural network. *Pattern Recognition Letters*, 131, 336-340.
- Romanengo, C., Biasotti, S., & Falcidieno, B. S. (2020). Recognising decorations in archaeological finds. *Pattern Recognition Letters*, 131, 405-412.
- Sakai, M., Lai, Y., Canales, J. O., Hayashi, M., & Nomura, K. (2023). Accelerating the discovery of new Nasca geoglyphs. *Journal of Archaeological Science*, 155, 105777. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.105777>
- Sakai, M., Sakurai, A., Lu, S., Olano, J., Albrecht, C. M., Hamann, H. F., & Freitag, M. (2024). AI-accelerated Nazca survey nearly doubles geoglyphs. *PNAS*, 121(40), e2407652121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2407652121>
- Sanders, D. H. (2018). Neural networks, AI, phone-based VR, and the CUNAT app. In *2018 3rd Digital Heritage International Congress*. IEEE.

<https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2018.8810002>

Trier, D., Reksten, J. H., & Løseth, K. (2021). Automated mapping of cultural heritage in Norway. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 95, 102241. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102241>

Troiano, M., Nobile, E., Grignaffini, F., Mangini, F., Mastrogiuseppe, M., Barbaro, C., & Frezza, F. (2024). A comparative analysis of ML algorithms. *Electronics: Computer Science & Engineering*, 1-23.

Troiano, M., Nobile, E., Mangini, F., Mastrogiuseppe, M., Conati Barbaro, C., & Frezza, F. (2024). Comparative analysis of training algorithms. *Information*, 15, 270.

Tsigkas, G., Sfikas, G., Pasialis, A., Vlachopoulos, A., & Nikou, C. (2020). Markerless detection of ancient

rock carvings. *Pattern Recognition Letters*, 135, 337-345.

Verschoof-van der Vaart, W. B., & Lambers, K. (2019). Learning to look at LiDAR. *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 2, 31-40.

Verschoof-van der Vaart, W. B., Lambers, K., Kowalczyk, W., & Bourgeois, Q. P. (2020). Combining deep learning and location-based ranking. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(5), 293. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050293>

Voulodimos, A., Doulamis, N., Doulamis, A., & Protopapadakis, E. (2018). Deep learning for computer vision: A brief review. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2018, 7068349. <https://doi.org/10.1155/2018/7068349>

