

Cronache di Archeologia

Scavi e ricerche

5
2025

Rivista dell'Università di Catania

Cronache – Scavi e Ricerche

Direttore: Gian Michele Gerogiannis

Comitato di redazione: Giusy Belfiore, Mattia Catalano, Helena Catania, Claudia Devoto, Giulia Raimondi, Martina Anna Sapienza

Comitato scientifico: Lucia Arcifa, Luigi Maria Calì, Margherita Guglielmina Cassia, Enrico Felici, Marianna Figuera, Nicola Laneri, Daniele Malfitana, Pietro Militello, Orazio Palio, Eleonora Pappalardo, Dario Puglisi Cascino, Simona Todaro

eISBN: 978-88-5491-705-7

© Università di Catania

© Roma 2025 Edizioni Quasar di Severino Tognon s.r.l.

via Ajaccio 41-43, 00198 Roma (Italia)

www.edizioniquasar.it

Tutti i diritti riservati

Il contenuto risponde alle norme della legislazione italiana in materia di proprietà intellettuale ed è di proprietà esclusiva dell'Editore ed è soggetta a copyright.

Le opere che figurano nel sito possono essere consultate e riprodotte su supporto cartaceo o elettronico con la riserva che l'uso sia strettamente personale, sia scientifico che didattico, escludendo qualsiasi uso di tipo commerciale.

La riproduzione e la citazione dovranno obbligatoriamente menzionare l'editore, il nome della rivista, l'autore e il riferimento al documento. Qualsiasi altro tipo di riproduzione è vietato, salvo accordi preliminari con l'Editore.

Cronache di Archeologia
Scavi e ricerche 5

Edizioni Quasar

L'Intelligenza Artificiale e l'Archeologia

Ricostruzione sperimentale del cratere di bronzo di Ovidio

Sveva Vitale

Introduzione

L'Intelligenza Artificiale rappresenta una delle trasformazioni più profonde del nostro tempo con effetti pervasivi su ogni ambito della vita quotidiana e della produzione del sapere.

Essa, infatti, è entrata prepotentemente nel campo culturale non solo come apporto per la tutela, la valorizzazione e la fruizione del patrimonio della conoscenza, ma anche come strumento di creazione di opere, di cui non abbiamo più traccia se non attraverso le descrizioni di antichi autori. Le potenzialità applicative nei parchi archeologici o nelle realtà museali delle ultime e innovative tecnologie sono illimitate e portano a risultati straordinari per un lavoro più armonico e semplificato per i tecnici e la conservazione di tale patrimonio, oltre che per la sfida di ampliare e coinvolgere attivamente il pubblico, che beneficia del patrimonio artistico e dei reperti testimoni della nostra storia.

È lecito supporre che questo ramo dell'Informatica, ormai inarrestabile, penetrerà nelle indagini archeologiche, negli scavi, nella raccolta di materiali, nell'analisi dei dati e, persino, nella scrittura di documenti e sarà una risorsa preziosa per classificazioni automatiche di dati e riconoscimento di reperti¹. Sebbene essa non sostituirà mai completamente le operazioni manuali, assisterà e guiderà l'uomo nella formulazione di piani di indagine e di scavo, nella classificazione dei materiali, nell'assemblaggio di frammenti, nella mappatura e nel rilevamento del territorio, oltre che nell'identificazione ed analisi di

microfossili con possibilità di informazioni genetiche. Il grado di digitalizzazione nel campo archeologico diventerà sempre più esteso e ciò permetterà di avere a disposizione banche dati elettroniche enormi.

Ultime ricerche mostrano come l'Intelligenza Artificiale con gli algoritmi adatti e con le grandi quantità di dati che provengono dalla storia, dalla geografia, dalla geologia possa fornire un contributo sostanziale allo studio ed all'interpretazione dei contesti. Invece, l'archeologo, quando privo di questo background, è costretto al confronto con un professionista di diversa formazione e deve necessariamente scendere a compromessi, che possono riflettersi sul risultato. È vero che l'intelligenza artificiale si rinnova di settimana in settimana, tuttavia, se questo è un punto di inizio, non deve diventare una dipendenza, poiché più competenze si hanno meglio possono essere utilizzate dall'archeologo "esperto" e con un bagaglio di conoscenza informatica. Sicuramente un limite è la competenza, di conseguenza, oggi, per affiancare l'archeologia in modo valido contribuendo alla precisione analitica, alla profondità storica ed alla consapevolezza del contesto culturale occorre la condivisione interdisciplinare tra informatici, archeologi e filosofi della scienza al fine di sviluppare protocolli di ricerca condivisi².

Nel panorama contemporaneo della valorizzazione dei beni culturali, le tecnologie digitali hanno assunto un ruolo sempre più rilevante nei proces-

1 GATTIGLIA 2025, pp. 225-233.

2 CARLUCCI 2024.

si di fruizione del patrimonio archeologico. Tra gli strumenti più utilizzati rientrano le ricostruzioni tridimensionali, la realtà virtuale (VR)³ e la realtà aumentata (AR)⁴, che consentono di integrare i dati scientifici provenienti dalla ricerca archeologica con modalità di comunicazione più immediate e coinvolgenti⁵. In particolare, la realtà aumentata permette di sovrapporre contenuti digitali – immagini, modelli tridimensionali, informazioni testuali o multimediali – alla percezione diretta del contesto reale, favorendo una comprensione più immediata delle strutture e dei contesti archeologici.

Accanto alla AR, altri strumenti digitali contribuiscono ad ampliare le possibilità di fruizione, come i modelli 3D ottenuti tramite laser scanner o fotogrammetria digitale, che consentono una documentazione accurata dei reperti e degli ambienti archeologici, rendendo possibile anche l'esplorazione virtuale di spazi difficilmente accessibili. L'integrazione con sistemi GIS (Geographic Information System) permette inoltre di organizzare i dati spaziali dei siti archeologici, visualizzare mappe interattive e ricostruire le relazioni tra reperti, strutture e contesti ambientali, offrendo al visitatore strumenti per un'interpretazione più completa e contestualizzata.

Ulteriori sviluppi sono rappresentati da applicazioni immersive, come il *Bubble Viewer* o i sistemi di realtà virtuale, che permettono una navigazione tridimensionale degli ambienti ricostruiti, nonché da strumenti interattivi quali *serious games*⁶ ed esperienze di *emotional browsing*, progettati per favorire forme di apprendimento basate sull'interazione e sul coinvolgimento del visitatore. L'utilizzo di dispositivi mobili, quali smartphone e tablet, ha facilitato la diffusione di queste tecnologie, grazie all'integrazione di sistemi come QR Code, NFC o RFID, che consentono un accesso rapido a contenuti digitali e a percorsi di visita personalizzati. In questo modo, la fruizione del bene archeologico si configura sempre più come un'esperienza multimediale e interattiva⁷, capace di integrare il dato

scientifico con modalità comunicative in grado di rendere più comprensibili e accessibili anche contenuti complessi di natura archeologica, storica e stratigrafica.

Il presente contributo si basa sulla tesi di laurea magistrale discussa dalla scrivente, che cerca di dimostrare come l'intelligenza artificiale può essere molto importante nella resa digitale di reperti e, in particolare, come con l'ausilio dei moderni strumenti dell'i.a., partendo da un testo, è possibile arrivare ad una resa per immagini anche di artifici retorici molto elaborati come: l'*ekphrasis*.

La filologia classica e l'*ekphrasis*⁸

Secondo la filologia classica il concetto di *ekphrasis* consiste in una capacità da parte di un autore attraverso una descrizione verbale di un luogo, di un avvenimento o di una persona di suscitare in chi legge quasi la capacità di vedere la scena e di ricevere una forte trasmissione di emozioni. Si tratta, infatti, di una rappresentazione descrittiva particolare che ha lo scopo di proiettare visivamente le immagini di un contesto, provocando emozioni nel lettore ovvero quella che in greco è indicata come ἐνέργεια. Il termine deriva dal greco antico ἐκφρασις, derivato da ἐκφράζω, significa "descrivere con eleganza"⁹. L'*ekphrasis* nacque all'interno della cultura orale, nella quale l'aedo raccontava i suoi componimenti ad un uditorio che ascoltava e ripeteva rispondendo. Essa ricerca quel πάθος in grado di depositarsi nella memoria dell'ascoltatore al punto da rendere l'opera stessa immortale. Non mancava ai retori l'importanza che attribuivano al λόγος: cioè alla parola intesa come strumento potentissimo capace di costruire opinioni, di persuadere l'uditorio. Il λόγος diventa pennello in grado di porre sotto gli occhi dell'uditore l'oggetto con stupefacente efficacia. I poeti utilizzano rappresentazioni forti e vibranti che sembrano prendere vita gradualmente sotto i nostri occhi. Nell'antichità Omero era considerato un maestro di queste abilità il che risulta evidente nella sua celebre descrizione dello scudo di Achille

3 BONACINI 2013.

4 BONACINI 2014.

5 MOSCATI 2009.

6 EGGERT, HÜCKER, PAELKE 2014.

7 VOLPE, DE FELICE 2014.

8 Il presente contributo riprende alcuni temi sviluppati nella tesi di laurea magistrale di chi scrive, dedicata al rapporto tra intelligenza artificiale, resa digitale dei reperti e traduzione visiva dell'*ekphrasis*.

9 KENNEDY 2003, pp. 24-45.

nell'Iliade per arrivare secoli dopo alle sapienti rappresentazioni tramite parole degli arazzi di Minerva ed Aracne nelle Metamorfosi di Ovidio. L'*ekphrasis* indica un procedimento che espone i dettagli visivi di una realtà complessa; la visualizzazione consegue l'obiettivo ed il fine della descrizione. A. Barchiesi scrive che l'*ekphrasis* è "omaggio della letteratura al potere delle immagini"¹⁰. L'*ekphrasis* è il τόπος della comunione tra poesia e arte, che si propone come *modus dicendi* di stimolare un senso come la vista di modo che chi ascolta abbia l'illusione di vedere quanto descritto come se si assistesse ad uno spettacolo¹¹. A livello internazionale grande peso nello studio tra le arti e il narrativo hanno gli scritti di D. Fowler¹², J. Elsner¹³, P. Zanker¹⁴. Tipico dell'*ekphrasis* è anche la condizione periegetica, λόγος περιηγηματικός, che presuppone l'idea di un movimento spaziale intorno al referente¹⁵. Del modello esiste solo un riflesso delle immagini nelle parole. Dell'antico, che spesso si riduce a esili tracce testuali, il poeta in modo inaspettato e con riconversioni geniali restituisce nella sua opera l'originale perduto, custodendo e proteggendo in tal modo memoria di esso.

Le caratteristiche dell'*ekphrasis*, pur trovandosi in un atto linguistico, hanno a che fare con i meccanismi della rappresentazione: cioè le possibilità di smontaggio e rimontaggio dell'immagine, secondo moduli drammatici, pittorici, scultorei o misti; o le modalità attraverso cui il linguaggio mima il movimento dello sguardo su un oggetto, distribuendo il discorso *ekphrastico* nella temporalità della scrittura¹⁶; oppure le caratteristiche di una scrittura che descrive dettagli visivi estrapolandoli da un contesto narrativo più ampio e complesso. L'*ekphrasis* dinamizza un'immagine che fissa attraverso il linguaggio. Nell'*ekphrasis* la costruzione avviene per giustapposizione di immagini che scorrono fluidamente l'una nell'altra fino a rendere assolutamente presente un immaginario fregio pittorico o scultoreo in svolgimento. Il lettore cade dentro la scena

rivivendola attraverso i sensi così come il poeta ha voluto. Rendere il più possibile visibile un manufatto, un'opera d'arte che il lettore può soltanto immaginare era una maestria letteraria ampiamente ricercata nella letteratura antica sia greca che latina, in modo che fosse possibile conservare nel ricordo scene e momenti come se fossero avvenuti effettivamente sotto il suo sguardo. L'autore che più di tutti riesce in questo intento è certamente Ovidio, il quale utilizza l'*ekphrasis* in modo così originale da non realizzare la semplice descrizione di qualcosa di esistente e già visto, quanto, invece, attraverso il sapiente succedersi di immagini poetiche riesce a produrre la creazione di autentiche opere d'arte visive con i propri versi.

Ovidio e le Metamorfosi

L'*ekphrasis* oggetto di analisi appartiene alle Metamorfosi di Ovidio, poeta latino che nasce in piena pax augustea ed è, infatti, poeta della prima età imperiale in quanto vive tra il I sec. a.C. ed il I sec. d.C. Con i suoi quindici libri delle Metamorfosi riesce a comporre un *carmen continuum* che rimane fulcro fondamentale dell'opera, mentre attinge con maestria a miti e leggende precedenti permettendoci di assistere alla trasformazione di esseri umani in qualcos'altro¹⁷. La poesia di Ovidio si distingue per la sua eleganza, il suo ingegno e la sua capacità di trasformare i miti antichi in racconti vibranti di emozioni umane. Attraverso la sua opera, l'artista ha esercitato una profonda influenza sulla letteratura successiva, ispirando poeti, scrittori attraverso i secoli¹⁸. Privilegia come strumento retorico sul piano linguistico la metafora per illustrare le analogie con la metamorfosi. Gli elementi *ekphrastici*, così abbondantemente presenti in Ovidio trasportano il lettore all'interno di scenari, senza lasciare spazio a immaginazioni errate: ogni dettaglio è esattamente riportato e descritto come l'avesse davanti ed il rapporto tra l'arte visuale e quella verbale diventa centrale per la piena comprensione del mito. Tutto prende forma man mano che le figure si creano, si trasformano, prendono vita e poi la perdono; il quadro illustrato si arricchisce di personaggi e ambien-

10 BARCHIESI 2004.

11 PATILLON 1997.

12 FOWLER 2000, pp. 40-47.

13 ELSNER 2007.

14 ZANKER 1981.

15 RAVENNA 2004-2005.

16 FOWLER 1991, pp. 25-35.

17 COURTNEY 2016.

18 Ov. *Met.*, 13.

ti, mentre la narrazione continua nel movimento del canto poetico¹⁹.

Scriva Ovidio nel XIII libro delle Metamorfosi:

“...Cratera Aenea, quem quondam miserat illi hospes ab Aoniis Therses Ismenius oris. miserat hunc illi Therses, fabricaverat Alcoon Hyleus et longo caelaverat argumento. urbs erat, et septem posses ostendere portas: hae pro nomine erant et, quae foret illa, docebant; ante urbem exequiae tumulique ignesque rogiue effusaeque comas et apertae pectora matres significant luctum; nymphae quoque flere videntur siccatosque queri fontes; sine frondibus arbor nuda riget, rodunt arentia saxa capellae. ecce facit mediis natus Orione Thebis, hanc non femineum iugulo dare pectus aperto, illam demisso per fortia vulnera telo pro populo cecidisse suo pulchrisque per urbem funeribus ferri celebrique in parte cremari; tum de virginea geminos exire favilla, ne genus intereat, iuvenes, quos fama Coronas nominat, et cineri materno ducere pompam. hactenus antiquo signis fulgentibus aere, summus inaurato crater erat asper acantho...”

“... un cratere ad Enea, che un tempo un ospite della regione Aonia Terse Ismenio aveva mandato a lui. Terse inviò questo (vaso) a lui, Alcone di Ile lo aveva modellato e aveva cesellato una lunga narrazione. C’era una città, e (tu) potevi distinguere sette porte: queste erano (chiamate) al posto del nome e, indicavano quale fosse quella. Cortei funebri e tumuli e fuochi e pire erano davanti la città e le madri scompigliate le chiome e scoperti i petti preannunciavano il lutto; si vedevano piangere anche le ninfe e lamentarsi per le fonti seccate (prosciugate), l’albero nudo senza le fronde si ergeva, le caprette brucavano i duri sassi. Ecco in mezzo a Tebe rappresentò (fece) quelle nate da Orione, una (in modo) non femminile offriva il petto con la gola aperta, l’altra affondando l’arma con un colpo violento si era immolata per il suo popolo e venivano portate con bei cortei funebri attraverso la città e furono cremate in una zona popolosa, allora dalla cenere vergine uscirono due giovani, che la fama chiama Corone e con cenere materna guidavano il corteo funebre. Fino a questo punto con immagini fulgenti (cesellate) nell’antico bronzo, sull’orlo il cratere era

(decorato) in rilievo (ruvido) con acanto dorato” (trad. dell’A.).

L’*ekphrasis* della scena raffigurata sul cratere dato ad Enea, ha un andamento più narrativo che descrittivo.

Può accadere di visualizzare con grande chiarezza ogni singola immagine, ma altre volte questo è sostanzialmente impossibile. La storia delle figlie di Orione e della peste di Tebe si colloca in una posizione intermedia, se riusciamo a farci un’idea delle singole scene è nel loro sviluppo narrativo, perché il quadro d’insieme è svolto in una successione scenografica che si forma progressivamente nella mente del lettore²⁰. All’inizio dell’*ekphrasis* Ovidio in modo molto didascalico esplicita il nome della città, Tebe, dopo aver menzionato l’inequivocabile simbolo delle sette porte con un tono perfettamente illustrativo.

Evidenzia in modo preciso il lutto presente sulla scena tramite vari elementi simbolici, che sorprendentemente infrangono l’illusione visiva! Ovidio, infatti, insistentemente pone innanzi ai nostri occhi una scena di sofferenza, dolore, carestia, siccità e peste. Tuttavia, non dice in un secondo momento a quale specifica circostanza sia da riferire tale calamità. Questa volontà è accentuata dall’utilizzo retorico dell’*ekphrasis*²¹.

L’utilizzo dell’*ekphrasis* rende possibile proprio il coinvolgimento del lettore all’interno della realizzazione presente sul cratere facendogli vivere col susseguirsi delle scene i vari momenti della narrazione²².

Proprio questa capacità del linguaggio poetico di evocare immagini nella mente di chi legge rende particolarmente interessante il confronto con le tecnologie contemporanee di generazione visiva. Se nella tradizione letteraria l’*ekphrasis* consente al lettore di “vedere” attraverso le parole, gli strumenti di intelligenza artificiale offrono oggi la possibilità di trasformare tali descrizioni in immagini concrete, permettendo una nuova forma di dialogo tra testo antico e rappresentazione visiva.

20 Ov. Met., 6.

21 MATTIACCI 2011.

22 WEBB 2009.

19 GALASSO 2023.

Intelligenza Artificiale

Le neuroscienze costituiscono una disciplina fondamentale per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale, dal momento che quest'ultima ha cominciato a evolversi sempre meglio cercando di replicare le conoscenze acquisite sulla struttura-funzionamento del cervello umano. Per il funzionamento dell'intelligenza artificiale fondamentale è la scelta di quell'algoritmo, che sarà in grado di far funzionare i dati che vengono inseriti nel programma²³. La definizione del problema è il primo passo da compiere: bisogna individuare i dati in ingresso, la scelta degli obiettivi da raggiungere e la relazione esistente tra i dati e i risultati. È necessario a questo punto definire il tipo di approccio da utilizzare, che può essere orientato alla ricerca, all'apprendimento, alla pianificazione, al ragionamento matematico etc. In base all'approccio adottato bisogna scegliere il paradigma; ad esempio, l'*evolutionary algorithm*, che si basa su metodi euristici e di selezione naturale, o l'*expert system*, che cerca di riprodurre le prestazioni degli esperti, oppure il *fuzzy logic*, che è in sostanza una funzione logica, la quale permette l'attribuzione di un grado di verità, c'è anche il *machine learning* che rende possibile l'acquisizione in modo automatico di nuove conoscenze. Si inizia a questo punto a programmare il linguaggio per verificare la validità di ciò che si è fatto e gli errori emersi. L'agente utilizzato non solo è in grado di selezionare il dato migliore e privilegiarlo, ma si è giunti all'elaborazione dell'agente, che apprende in modo tale da migliorarsi in maniera automatica²⁴. Nell'intelligenza artificiale oltre agli agenti si possono avere i sistemi esperti, che cercano di emulare i comportamenti umani: essi cercano di imitare il comportamento del cervello umano in determinate situazioni tramite l'applicazione di regole precise. I sistemi esperti possono lavorare con una concatenazione in avanti, cioè, generando un determinato numero di regole, e, in tal modo, verranno innescati ulteriori eventi che attiveranno una serie di norme utili al fine di raggiungere una conclusione definitiva. Molti sistemi esperti prevedono la presenza di regole dipendenti l'una dall'altra, di conseguenza, soddisfatta una condizione si riesce ad

accedere alla regola successiva. Questo comporta maggiore precisione, ma anche una complessità più importante. Con tale metodo si cerca di scoprire il più possibile, partendo da una determinata base di dati. I sistemi esperti hanno un'elevata velocità di risposta ma sono solo un tipo di intelligenza artificiale²⁵. I sistemi *fuzzy* non danno per scontato, che una determinata condizione esista oppure no, ma contemplan la possibilità che una conclusione sia solo parzialmente vera in una certa percentuale. Si deve avere presente il rapporto esistente tra valore reale e valore *fuzzy*.

Per ottenere un sistema *fuzzy* ottimale bisogna procedere per tentativi ed errori, imparando da essi. Il *problem solving* è un paradigma dell'intelligenza artificiale, utilizzato per risolvere specifici problemi umani, per i quali sappiamo dove vogliamo arrivare e il punto da cui partiamo e desideriamo comprendere il procedimento, che deve essere seguito.

La rappresentazione dell'intelligenza artificiale è fondamentale: vengono utilizzati i frame per rappresentare una conoscenza-tipo, che è richiesta frequentemente riguardo a una determinata entità. Per potere utilizzare i frame l'intelligenza artificiale deve essere in grado di manipolare e interrogare la conoscenza acquisita: i metodi permettono una serie di comandi associati ad un'entità per scoprire qualcosa della stessa²⁶. Si utilizza il metodo *when changed*, quando la procedura è effettuata al variare del valore dell'entità, mentre si utilizza il metodo *when needed*, quando la procedura è effettuata alla scoperta del valore dell'entità. Il *machine learning* è un approccio che permette al computer di imparare dall'esperienza. Si inseriscono nel sistema alcune regole di base e, in seguito a ciò, il computer è in grado di generare nuove regole e di premiare quelle che hanno prodotto determinati output. Una quantità di dati sufficientemente ampia permette di realizzare modelli, connessioni e collegamenti significativi, che rendono la macchina capace di apprendere. Naturalmente è importante che la macchina impari solo dati utili alla realizzazione dell'output, perché altri tipi di dati andrebbero ad occupare memoria e a rallentare il processo. All'interno dell'applicazione del *machine learning* esiste il *deep learning*, che

23 KAPLAN 2017.

24 BARBERIS 2020.

25 WARWICK 2015.

26 CARDON 2018.

cerca di replicare il funzionamento del cervello biologico tramite sistemi artificiali, che sono in grado di apprendere in modo profondo. Questo approccio ha l'obiettivo di creare un'intermediazione tra la capacità degli algoritmi di prendere la decisione migliore dati determinati input richiesti dallo stesso e gli input a disposizione che non sarebbero comprensibili ad algoritmi della *machine learning*²⁷. Le reti neurali sono costituite da neuroni artificiali, che vengono organizzati in una struttura interconnessa, la quale permette il collegamento degli input e degli output dei vari neuroni. La rete neurale artificiale prevede che i neuroni siano disposti su più livelli. Una volta attivato, il neurone non si limita a trasmettere l'informazione, ma la modifica in modo tale da renderla più utile per i neuroni successivi. Le funzioni di attivazione permettono il filtraggio dei segnali e consentono la selezione di quelli rilevanti, garantendo la non linearità dell'output, dato che sono in grado di attenuare o accentuare, in maniera non proporzionale, i valori che predispongono. L'attivazione deve essere non lineare. Le Reti Neurali Convolutionali (CNN) sono un tipo di algoritmo molto utilizzato, al fine di insegnare per astrazione alle macchine. In queste reti neurali vengono ridimensionati i pixel dei dati di input.

Il livello neurale, dove si trova la convoluzione, riceve l'immagine in determinati frammenti e moltiplica il valore dei pixel per una matrice di numeri preselezionata. Quando i dati delle immagini sono filtrati da diverse convoluzioni, sono trasformati e assemblati in pattern sempre più complessi sino alla convoluzione di riferimento²⁸. L'approccio delle CNN è particolarmente utile nel caso della classificazione, del rilevamento e della segmentazione di immagini. Le reti neurali svolgono la funzione di filtraggio, di processazione e di trasformazione dei dati in modo automatico. Naturalmente sono più fragili e a rischio di errore rispetto ad altre soluzioni²⁹.

Nvidia e OpenAI

Le tecnologie di intelligenza artificiale non operano in modo isolato, ma si inseriscono all'interno di un

più ampio ecosistema tecnologico che comprende sistemi di calcolo avanzati, strumenti di visualizzazione e piattaforme di elaborazione grafica. Lo sviluppo di tali infrastrutture ha reso possibile la gestione di grandi quantità di dati visivi e la creazione di ambienti digitali complessi, utilizzati oggi anche nel campo della ricerca archeologica e della ricostruzione virtuale.

Nvidia è una delle principali aziende informatiche, nota soprattutto per avere creato l'unità di elaborazione grafica: GPU. Queste aiutano i computer a creare splendide immagini sugli schermi, rendendole fondamentali per videogiochi, progettazione grafica professionale e produzione cinematografica. I termini *virtual environments* (VE) e *virtual reality* (VR) sono utilizzati per indicare rispettivamente un ambiente o una esperienza di simulazione, in cui l'utente sperimenta una realtà fittizia che coinvolge uno o più sensi tra vista, udito, tatto, olfatto e gusto. Il *Cave Automatic Virtual Environment* (CAVE) può distinguersi dalle interfacce convenzionali per le spiccate capacità di *motion tracking*, fedeltà audio, e per i *field of view* (FOV), cioè la possibilità di riprodurre gli indizi di profondità contenuti all'interno di uno scenario reale o virtuale, che permettono una corretta ricostruzione della tridimensionalità dello spazio. Contemporaneamente allo sviluppo dei CAVE sono state portate avanti ricerche sui cosiddetti Wall interattivi, cioè grandi display di elevata risoluzione ottenuti tramite un mosaico di pannelli LED/LCD³⁰. La ricerca e l'innovazione nell'ambito dei Wall interattivi e delle configurazioni multi-display hanno portato ad una rivisitazione dell'idea convenzionale del CAVE. Il *NexCAVE* rappresenta una configurazione di *next generation CAVE*, costituito da dieci pannelli LCD JVC Xpol 46 disposti in configurazione semicircolare su tre righe e sette colonne. Utilizza la stereoscopia passiva basata su interlacciamento delle immagini *line-by-line*. Il CAVE2 ha settantadue pannelli LCD-3D disposti su struttura cilindrica, venti *speaker ambisonic* audio e dieci telecamere ottiche per il tracking degli utilizzatori. Utilizzando il computer per grafica real time si può verificare il problema che i tecnici indicano come *screen tearing*, cioè un artefatto

27 DEL MASTRO-NICITA 2019, pp. 18-26.

28 MAGRINI 2018, pp. 12-17.

29 MARIANO 2019.

30 NVIDIA 2012, pp. 24-27.

video, che può presentare immagini disgiunte e non coerenti. La soluzione adottata è la sincronizzazione verticale, che aiuta la decodifica, ad esempio, di un film. A causa di ciò l'immagine appare divisa in due o più parti dal Framelock (*Frame Locking*) e dal Genlock (*Generation Locking*), cioè da tecniche comunemente utilizzate nella grafica con i computer e che permettono di fornire un segnale di sincronizzazione comune alle schede grafiche³¹. Con l'architettura GPU Kepler, Nvidia ha introdotto un nuovo motore di visualizzazione in grado di gestire fino a quattro display simultaneamente. In questo modo è possibile avere configurazioni Nvidia Surround o Nvidia 3D Vision Surround con una sola scheda Nvidia. Queste tecniche complesse rendono possibile la visualizzazione di immagini panoramiche e filmati a elevato contenuto informativo. Il software in prova si è dimostrato perfettamente compatibile con la stereoscopia attiva tipo Nvidia 3D Vision Pro. Il livello qualitativo dell'immagine è eccellente anche in ambienti parzialmente o completamente oscuri.

Questo sistema è in grado di sfruttare al meglio quanto messo a disposizione dalla moderna informatica e computer grafica. I possibili utilizzi spaziano dalla simulazione, al design, all'architettura, all'archeologia, a software professionali e tanto altro. L'avvento dell'intelligenza artificiale ha avuto un forte impatto sul mondo del lavoro, introducendo nuove prospettive anche nell'automazione della comunicazione basata sul linguaggio naturale, campo dove al momento domina la chatbot di OpenAI, ovvero ChatGPT. La chatbot è un software in grado di comprendere e rispondere alle domande poste in modo contestuale. ChatGPT è una chatbot avanzata basata su un modello di linguaggio generativo di tipo *Transformer*, addestrato su dati in molteplici lingue, con una predominanza della lingua inglese. Il Generative Pre-Trained Transformer (GPT) è un modello di rete neurale, cioè un modello di intelligenza, che insegna al computer l'elaborazione di dati simili al cervello umano.

Questo tipo di rete neurale è conosciuto come Large Language Model (LLM), in quanto utilizza vasti dataset per il training, per poi generare modelli sta-

tistici tramite tecniche di elaborazione del linguaggio naturale, Natural Language Processing (NLP) e generazione di linguaggio naturale. In questi anni, OpenAI ha migliorato questo modello, utilizzando un apprendimento non supervisionato addestrandosi su grandi quantità di testi, divenendo così in grado di generare testi coerenti e vari, basati su prompts, cioè una richiesta o un input specifico. Ulteriori perfezionamenti hanno permesso al modello informatico l'esecuzione di compiti complessi, anche se ancora non del tutto perfezionati, come la traduzione di tesi, generazione di contenuti e risposte a domande. Sulla base della modellizzazione statistica della rete neurale, strumenti come ChatGPT sono in grado di interagire con testi immensi. Le possibili applicazioni di questa tecnologia sono molto evidenti nel mondo del lavoro, dove tanti settori professionali trattano dati, informazioni, conoscenze come risorse di grande valore all'interno delle loro organizzazioni: è uno strumento capace di potenziare l'efficienza e l'efficacia in questo contesto³². Comprendere il funzionamento e le implicazioni delle intelligenze artificiali nella creazione di immagini rappresenta il primo passo per accompagnare la loro evoluzione e utilizzarle in modo consapevole³³.

DALL-E 2 è uno dei modelli più avanzati, progettato da OpenAI, in grado di creare immagini così realistiche da ingannare il cervello umano. Ciò che contraddistingue DALL-E-2 dagli altri competitor esistenti al momento è la molteplicità di funzioni e il modo in cui possono essere utilizzate e fuse³⁴. L'algoritmo che utilizza non solo è in grado di trasformare un input testuale in una singola immagine, ma anche di creare variazioni, modificare fotografie scattate dall'utente, adoperare stili diversi o completare figure esistenti³⁵. Il concetto di collaborazione sembra rispondere meglio al tema dell'autorialità che include, oltre al ruolo di chi scrive il prompt testuale, il sistema, come una forma di collaborazione tra l'autore umano e il sistema algoritmico.

32 CARDON *et alii* 2023, pp. 8-21.

33 SINGH 2023, pp. 57-63.

34 SIGNORELLI 2021.

35 OPENAI 2022.

31 NVIDIA 2012.

Il caso studio

Procedura, dati, modalità e metodo

Il presente studio si propone di verificare se una descrizione letteraria antica possa essere tradotta in una rappresentazione visiva attraverso strumenti di intelligenza artificiale. A tal fine è stato preso in esame il passo del XIII libro delle *Metamorfosi* di Ovidio nel quale viene descritto un cratere di bronzo donato ad Enea e decorato con diverse scene figurative. Poiché il manufatto non è giunto fino a noi, la ricostruzione si basa esclusivamente sull'analisi del testo poetico

La piattaforma, che è stata scelta per lo sviluppo e la realizzazione di questo progetto sperimentale, è quella di *Midjourney*. *Midjourney* è un algoritmo di intelligenza artificiale text to image, ossia capace di generare splendide immagini in base alle istruzioni del testo. Inoltre, si distingue per la sua capacità di apprendimento continuo, che consente un'evoluzione costante delle sue funzionalità in risposta alle nuove sfide nell'ambito delle immagini. I prompts, che riescono a sfruttare al meglio le potenzialità di *Midjourney*, si basano su una scelta accurata delle parole. Parole specifiche e dettagliate possono guidare l'intelligenza artificiale verso creazioni di immagini più vicine alla visione dell'utente. La struttura grammaticale e la correttezza della frase è meno rilevante rispetto alla scelta delle parole chiave efficaci e descrittive³⁶. Bisogna creare immagini con colori complementari, dettagli nitidi, fare un utilizzo artistico di luci e ombre e un ottimo uso della simmetria e della prospettiva. Per creare un prompt di successo in *Midjourney*, è necessario usare parole chiave che dirigano l'intelligenza artificiale verso elementi specifici.

Evitare di menzionare elementi indesiderati è molto importante: ad esempio, piuttosto che dire "senza persone" è meglio concentrarsi su ciò che si desidera vedere, quindi, scriveremo "foresta lussureggiante e solitaria". Un esempio efficace di prompt è: giardino giapponese in primavera, con ciliegi in fiore e un piccolo ponte di legno. Il prompt deve essere ben strutturato e dettagliato, ma non con una struttura troppo rigida: se si danno troppi dettagli

l'output può diventare limitato e innaturale. Ben scritto in inglese e dettagliato migliora drasticamente la qualità dell'output. Esempio: Non si utilizzerebbe "un bellissimo tramonto con colori accesi e atmosfera da sogno", ma "A breathtaking sunset with vivid colors and a dreamlike atmosphere, cinematic lighting, ultradetailed clouds".

Per ogni prompt vengono generate quattro immagini, si seleziona la migliore ed è possibile scaricarla per vederla in dimensioni naturali. Valutate le difettualità e la non attendibilità si procede con la modifica della medesima³⁷.

Le *More Options* nel menu permettono di avere a disposizione tante modifiche diverse. *Midjourney*, oltre ad essere uno dei *tool* più avanzati, offre un'esperienza innovativa, dando rilievo a ruoli importanti come quello del prompt designer.

La metodologia ha compreso diverse fasi.

La prima fase, ovviamente, ha riguardato la traduzione letterale del testo di Ovidio, che, dopo, è stato suddiviso in quattro scene fondamentali per la rappresentazione con gli strumenti dell'intelligenza artificiale della narrazione mirabilmente descritta dal poeta. Nelle singole scene finali si è preferito riportare le frasi del testo latino, che meglio fanno immergere nell'*ekphrasis*, tuttavia, per rendere più semplice la comprensione si è ritenuto che la traduzione letterale si presti sempre meglio a ciò che gli antichi testi vogliono trasmettere. Operata questa prima cernita e selezione ordinata del lavoro da realizzare si è proceduto con la prima scena, cioè la città di Tebe beota con le sette porte, che, così, come scrive il poeta permettevano il riconoscimento della medesima (fig. 1). Ovidio usa il termine "... cratera..." dato in dono ad Enea e, qui, la scelta è stata quella di optare per un recipiente capiente che si prestasse alla contenzione di liquidi, spesso vino ed acqua. La sua realizzazione ha richiesto tempo e lo dimostrano i prompts che hanno prodotto vasi di diversa interpretazione, poiché l'algoritmo accede a una notevole quantità di dati, ma spesso interpreta in modo sbagliato e bisogna ricominciare daccapo. Della città Ovidio dice molto poco se non il dettaglio importante nell'antichità delle sette porte, per cui sono state usate come riferimento le descrizioni

36 PUNGITORE 2015.

37 HAMILTON 2023.



Fig. 1 - Realizzazione frontale del cratere (in primo piano la resa text to image delle mura della città).

delle città fortificate del periodo miceneo, poiché la Tebe di cui parla Ovidio è di quell'epoca. Per alcuni dettagli si è fatto riferimento anche agli scritti di Pausania, il quale scrive che possedeva delle mura ciclopiche, tipiche di quel periodo, ed erano presenti lungo le mura, allora probabilmente quelle della Cadmea, le famose porte, che con la loro presenza di grande fama rimandano al nome della città e torrioni di difesa (fig. 1). La realizzazione della seconda scena con la peste, i tumuli, le pire, i fuochi, le madri, che piangono ed esprimono il loro lutto sciogliendosi i capelli e denudando il petto, ha richiesto non poco impegno. Ovidio con i suoi virtuosismi poetici ci fa entrare in un mondo di sofferenza, perché inserisce nel paesaggio anche le ninfe con laghi prosciugati, le caprette che brucano sassi senza erba e gli alberi completamente spogli, al fine di trasmettere come il dolore domina sovrano nella città devastata dalla peste e, di conseguenza, solo desolazione anche nel

paesaggio fuori dalle mura si può cogliere e percepire perfettamente (fig. 1). La terza scena al centro di Tebe riguarda le figlie di Orione, questa realizzazione ha richiesto particolare attenzione per evitare che la rappresentazione risultasse eccessivamente artificiale; l'impiego integrato di differenti tecnologie di intelligenza artificiale può contribuire a rendere con maggiore efficacia la narrazione concepita dal poeta, ricreando con le parole la scena vivida nelle nostre menti (fig. 2). La quarta, dopo l'uccisione delle figlie di Orione, con la cremazione, la nascita dei Coroni per non porre fine al catesterismo e la loro conduzione del corteo funebre per onorare le madri ed essere simbolo di rinascita presenta una complessità figurativa non indifferente (fig. 3). L'immagine di Tebe ha aperto il percorso narrativo con la suggestione di un'immagine legata all'antica città e a ciò che ha rappresentato in passato. L'impatto visivo è positivo ed emozionante con le sue porte imponenti e poderose



Fig. 2 - Realizzazione della prima metà delle scene presenti sul cratere (resa text to image delle scene descritte nel testo *ekphrastico*).



Fig. 3 - Realizzazione della seconda metà delle scene descritte nel testo delle *Metamorfosi* (resa text to image).

per essere state così famose nell'antichità. La sequenza delle scene è in qualche modo toccante, anche se il risultato non è eccelso sotto il profilo dell'*ekphrasis*. Tuttavia, essendo un primo approccio di studio e progettazione: è risultato estremamente affascinante, perché alla competenza dei testi si deve associare la competenza informatica più all'avanguardia, a ciò bisogna associare la caparbia di provare tante volte la creazione di prompts adeguati al fine di approdare ad un risultato soddisfacente.

Conclusioni

L'archeologia, lo studio della storia antica attraverso lo scavo e l'analisi di manufatti, si trova spesso ad affrontare sfide come la vastità delle aree da esplorare e la fragilità dei manufatti. L'intelligenza artificiale può aiutare gli archeologi ad analizzare le immagini per individuare i manufatti e mappare con precisione i siti antichi. L'analisi delle immagini può aiutare a ricomporre manufatti rotti, per accelerare le scoperte e preservare anche i più piccoli dettagli della storia culturale.

Algoritmi di deep learning possono analizzare enormi quantità di immagini satellitari e rendere, così, possibile la mappatura di scenari a rischio di deterioramento e in tal modo programmare interventi conservativi con livelli di precisione prima inimmaginabili. Le reti convoluzionali si sono già rivelate preziose nella identificazione di pattern significativi nei reperti ceramici e ossei. La ricostruzione grafica consente di rappresentare una serie complessa di informazioni inerenti alla topografia di un luogo, all'urbanistica, all'architettura, gli spazi urbani in termini immediati e realistici grazie ai sistemi digitali³⁸.

Il risultato ottenuto con lo sviluppo di questo progetto sperimentale, che ha visto la fusione di competenze dirette di tipo filologico attraverso la consultazione e la traduzione dei testi di poeti e di storici, come Omero e Pausania, con la competenza archeologica di stili ceramici, la struttura delle città dell'epoca, la conoscenza dei riti funebri, del territorio, ed, infine, con le nuovissime acquisizioni informatiche dell'intelligenza artificiale, è certamente un ottimo inizio per una sperimentazione che si apre verso il futuro.

L'intelligenza artificiale rappresenta ormai una componente strutturale del presente e appare destinata a incidere in modo crescente su numerosi ambiti del sapere e dell'attività umana³⁹. La fase storica attuale viene spesso descritta come una quarta rivoluzione industriale, destinata a trasformare profondamente il mondo del lavoro e molti ambiti della vita quotidiana. Se si guarda alle precedenti rivoluzioni industriali, si nota come esse abbiano inizialmente favorito le classi sociali in possesso del *know-how* legato alle nuove tecnologie, come le macchine a vapore, le ferrovie, il telegrafo e le prime fabbriche, spesso a discapito dei gruppi sociali meno preparati ad affrontare tali cambiamenti.

Si registrò un notevole incremento della produttività, mentre i settori legati alle produzioni tradizionali furono progressivamente ridimensionati o destinati a scomparire. Nel giro di alcuni decenni, tuttavia, nacquero nuove professioni e l'innovazione contribuì gradualmente a diffondere il benessere anche tra i gruppi inizialmente meno coinvolti nei processi di trasformazione.

La situazione attuale appare in parte più complessa, soprattutto per la rapidità con cui si sviluppano le tecnologie legate all'intelligenza artificiale⁴⁰. In questo contesto diventa sempre più importante acquisire competenze specifiche e comprendere l'evoluzione degli algoritmi e il loro impatto sulle diverse attività professionali.

La realizzazione qui presentata intende restituire l'essenza del concetto di *ekphrasis*: attraverso la lettura del testo latino e l'immersione nel contesto descritto, il lettore viene guidato a muoversi idealmente all'interno della scena e a visualizzare le immagini evocate dal poeta.

In questa prospettiva, gli strumenti dell'intelligenza artificiale possono rappresentare una risorsa significativa anche per la ricerca archeologica. La loro conoscenza e il loro utilizzo possono entrare a far parte della formazione dell'archeologo, una figura che tradizionalmente integra competenze storiche, artistiche, filologiche e geografiche e che oggi può confrontarsi anche con le nuove possibilità offerte dalle tecnologie digitali.

38 SIGNORELLI 2021.

39 LEON 2022.

40 CALIGORE 2022.

Bibliografia

BARBERIS 2020 = F. BARBERIS, *Intelligenza artificiale & machine learning*, Kindle edition 2020.

BARCHIESI 2004 = A. BARCHIESI, *Quel che resta dell'ekphrasis*, in R. ASCARELLI (ed.), *Il classico violato. Per un museo letterario del Novecento*, Roma 2004.

CARDON 2018 = P.-W. CARDON, *Che cosa sognano gli algoritmi*, Milano 2018.

CARDON et alii 2023 = P.-W. CARDON, *Generative AI in the workplace: Employee perspective of ChatGPT benefits and organisational policies*, Los Angeles 2023.

CALIGORE 2022 = D. CALIGORE, *IA: Istruzioni per l'uso*, Bologna 2022.

CARLUCCI 2024 = V. CARLUCCI, *Tecnologie emergenti per la ricerca archeologica e lo studio dei beni culturali: alcuni casi studio*, in *Archeomatica* novembre 2024.

COURTNEY 2016 = R. COURTNEY, *Technical ekphrasis in Greek and Roman science and literature: the written machine between Alexandria and Rome*, Cambridge 2016.

DEL MASTRO, NICITA 2019 = M. DEL MASTRO, A. NICITA, *Big Data. Come stanno cambiando il nostro mondo*, Bologna 2019.

ELSNER 2007 = J. ELSNER, *Roman eyes: Visuality and subjectivity in art and text*, Princeton 2007.

FOWLER 2000 = D.-P. FOWLER, *Roman constructions. Readings in postmodern Latin*, Oxford 2000.

FOWLER 1991 = D.-P. FOWLER, *Narrate and describe. The problem of ekphrasis*, London 1991.

GALASSO 2023 = L. GALASSO, *Le risorse pittoriche dei versi ovidiani nelle Metamorfosi*, in *Paideia* 78, 2023, pp. 551-570.

GATTIGLIA 2025 = G. GATTIGLIA, *Managing artificial intelligence in archaeology: an overview*, in *Journal of Cultural Heritage* 71, 2025, pp. 225-233.

HAMILTON 2023 = A.-C. HAMILTON, *Mastering Midjourney. Tips and techniques for generating exceptional AI art*, New York 2023.

HENIN 2019 = S. HENIN, A.I.: *Intelligenza artificiale tra incubo e sogno*, Milano 2019.

KAPLAN 2017 = J. KAPLAN, *Intelligenza artificiale. Guida al futuro prossimo*, Roma 2017.

KENNEDY 2003 = G.-A. KENNEDY, *Progymnasmata. Greek textbooks of prose composition and rhetoric*, Atlanta 2003.

LEON 2022 = F. LEON, *Advances in Artificial Intelligence: Models, Optimization, and Machine Learning*, Basel 2022.

MAGRINI 2018 = M. MAGRINI, *Cervello. Manuale dell'utente*, Kindle edition 2018.

MARIANO 2019 = M. MARIANO, *Intelligenza artificiale*, Kindle edition 2019.

MATTIACCI 2011 = S. MATTIACCI, *Da Kairos a Occasio: un percorso tra letteratura e iconografia*, in L. CRISTANTE, S. RAVALICO (edd.), *Il calamo della memoria IV. Riuso di testi e mestiere letterario nella tarda antichità*, Trieste 2011, pp. 127-154.

NVIDIA 2012a = NVIDIA, *Quadro Sync, User's Guide*, Santa Clara 2012.

NVIDIA 2012b = NVIDIA, *Control Panel for Quadro Professional Drivers, User's Guide*, Santa Clara 2012.

NORVIG, STUART 2005 = P. NORVIG, R. STUART, *Intelligenza artificiale. Un approccio moderno*, 2, Milano 2005.

OPENAI 2022 = OPENAI, *Reducing bias and improving safety in DALL·E 2*, San Francisco 2022.

PATILLON 1997 = M. PATILLON, *L'art rhétorique*, Paris 1997.

PUNGITORE 2015 = F. PUNGITORE, *Midjourney. Riflessioni sulle nuove frontiere dell'arte*, Roma 2015.

RAVENNA 2004-2005 = G. RAVENNA, *Per l'identità dell'ekphrasis*, in *Incontri Triestini di Filologia Classica* 4, 2004-2005, pp. 21-30.

SIGNORELLI 2021a = A.-D. SIGNORELLI, *Technosapiens. Come l'essere umano si trasforma in macchina*, Roma 2021.

SIGNORELLI 2021b = A.-D. SIGNORELLI, *L'arte dell'intelligenza artificiale*, in *Il Tascabile* 2021.

SINGH 2023 = D. SINGH, *ChatGPT: a new approach to revolutionary organizations*, in *UGC Approved Research Journal in India* 10, 2023, pp. 57-63.

WARWICK 2015 = K. WARWICK, *Intelligenza artificiale. Le basi*, Palermo 2015.

WEBB 2009 = R. WEBB, *Ekphrasis, imagination and persuasion in ancient rhetorical theory and practice*, Farnham-Burlington 2009.

ZANKER 1981 = G. ZANKER, *Enargeia in ancient criticism of poetry*, in *RhM* 124, 1981, pp. 297-311.

RIASSUNTO - In questo articolo viene presentato un procedimento sperimentale, attraverso il quale, con l'utilizzo di prompts in una piattaforma text to image, Midjourney, è stato possibile realizzare un cratere che Ovidio descrive nel tredicesimo libro delle sue Metamorfosi. L'intreccio tra l'interpretazione filologica, l'applicazione di A.I. e la realizzazione di un vaso che non esiste più risulta emozionante e apre grandi applicazioni dell'Intelligenza Artificiale in campo archeologico.

SUMMARY - This article presents an experimental procedure through which, using prompts on a text-to-image platform, Midjourney, it was possible to recreate a crater described by Ovid in the thirteenth book of his Metamorphoses. The combination of philological interpretation, the application of A.I., and the reconstruction of a vase that no longer exists is exciting and highlights the potential of Artificial Intelligence in the field of archaeology.

Parole chiave: Intelligenza Artificiale, *Ekphrasis*, Archeologia digitale, Ovidio, Ricostruzione virtuale.

Keywords: Artificial Intelligence, Digital Archaeology, *Ekphrasis*, Ovid, Virtual Reconstruction.

