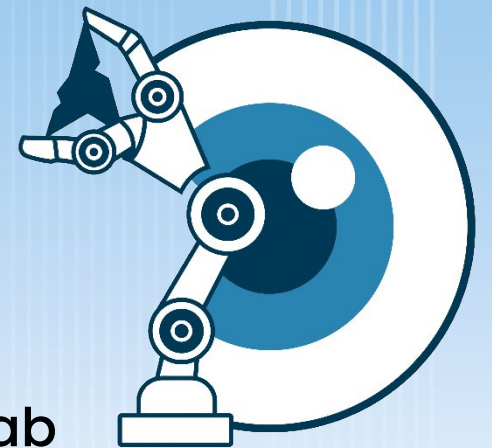


Beyond the Instruments: AI-Driven Multisensor Integration as Digital Infrastructure for Reproducible Archaeometry

Martina Naso, Nevio Dubbini, Gabriele Gattiglia,
Claudia Sciuto, Arthur Leck, Rémy Chapoulie

Università di Pisa, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, MappaLab
Université Bordeaux Montaigne, Archéosciences Laboratoire
Miningful srls



AUTOMATA



Funded by
the European Union



UK Research
and Innovation

Workflow multisensore + layer AI

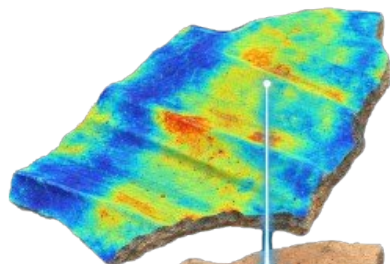
Quattro modalità di sensing per artefatto + un layer AI di quality assessment tra calibrazione e acquisizione

Screening spaziale

~ 30–60 sec

Imaging iperspettrale (HSI) per mappare le firme ottiche. Fa da «radar» spaziale.

2

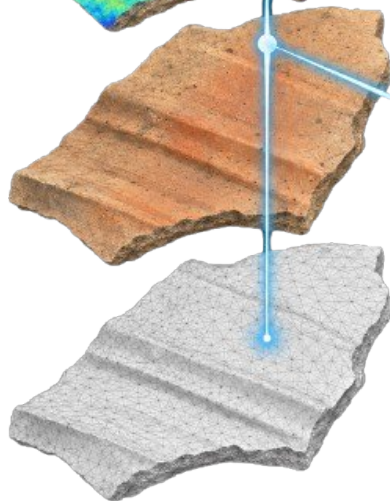


Geometria

~ 180 sec

Modellazione 3D (fotogrammetria) per superficie e topologia.

1

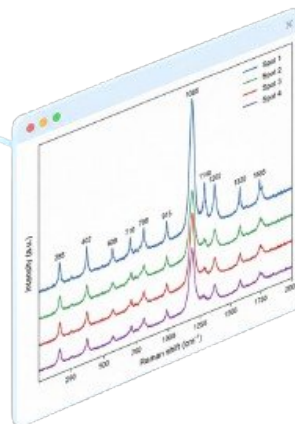


3

Composizione elementare

~ 60 sec

L'HSI indirizza l'analisi pXRF sui punti critici di matrici litiche e ceramiche.



4

Impronta molecolare

~ 60 sec

Spettroscopia Raman per identificare pigmenti, usura e rivestimenti invisibili.

Su ogni modalità: AI per quality assessment automatico, validazione spettrale, decisione su accettare / correggere / riacquisire

Tre domande di ricerca guidano AUTOMATA:

Gli strumenti archeometrici portatili (HSI, pXRF, Raman) si usano sempre di più, generando volumi crescenti di dati multisensore eterogenei per struttura, logiche di calibrazione e metadati.

Interoperabilità, riproducibilità e riuso a lungo termine diventano un problema infrastrutturale, non solo metodologico.

Q1 – Armonizzazione

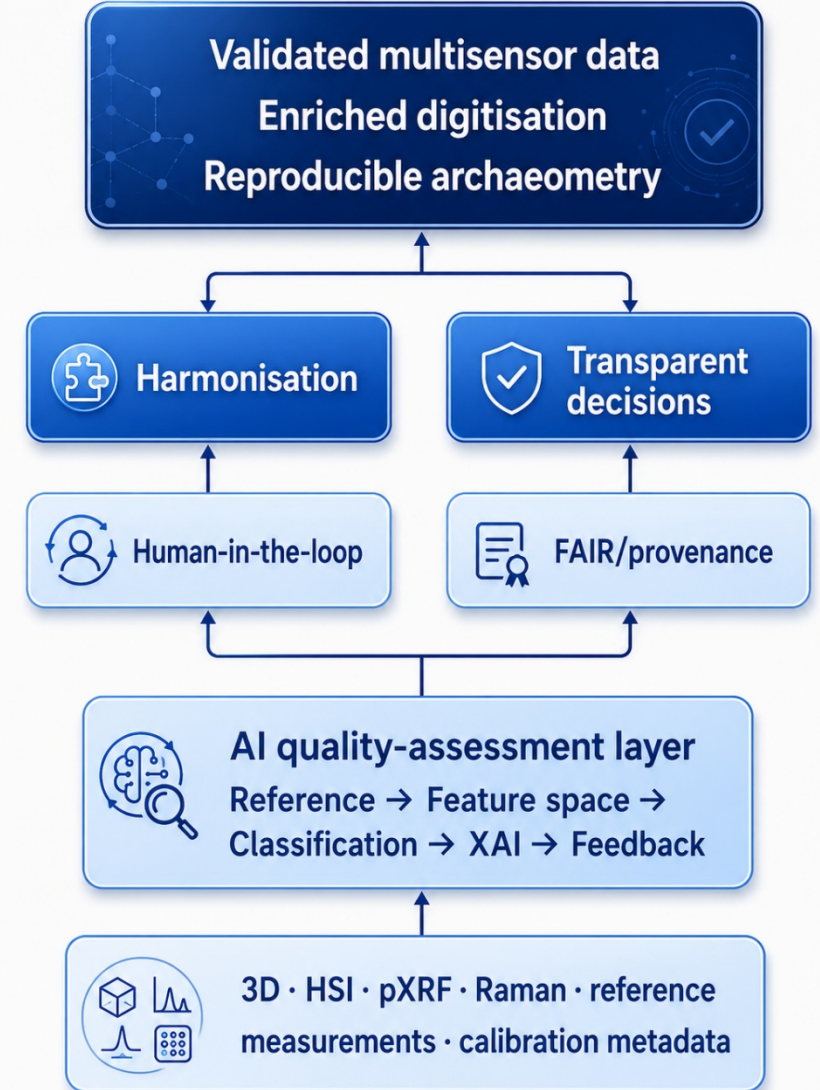
Come armonizzare dati multisensore (HSI, pXRF, Raman, 3D) entro infrastrutture digitali interoperabili?

Q2 – Governance AI

Fino a che punto l'AI può supportare quality assessment automatico e decisioni trasparenti sui dati?

Q3 – Ruolo umano

Come mantenere l'expertise interpretativa umana entro sistemi analitici sempre più autonomi?



La pipeline AI di **quality assessment**

Reference → Feature space → Exploratory → Classification → XAI → Feedback

Validazione

Reference + feature space + analisi esplorativa: confronto con distribuzioni di riferimento, rilevazione di drift.



Classificazione + XAI

Classificatori supervisionati addestrati su dataset etichettato da esperti discriminano spettri affidabili. SHAP mappa deviazioni → cause fisiche.



Severity score $S(x)$ e quattro decisioni operative

Un punteggio di severità combina tre segnali (quanto lo spettro si discosta dal riferimento, quanto è anomalo, quanto il modello è incerto) e mappa su quattro decisioni operative

acceptable → auto-correctable → reacquire → **human intervention**

SHAP collega ogni decisione a parametri di acquisizione controllabili (esposizione, illuminazione, geometria).

0.92 HSI

AUC su 513 acquisizioni Specim IQ.

0.93 XRF

AUC su 941 misure / 159 artefatti. Olympus Vanta. CatBoost.

0.83 Raman

AUC su 201 misure / 56 artefatti. i-Raman Plus 785S. XGBoost.

0.83 3D

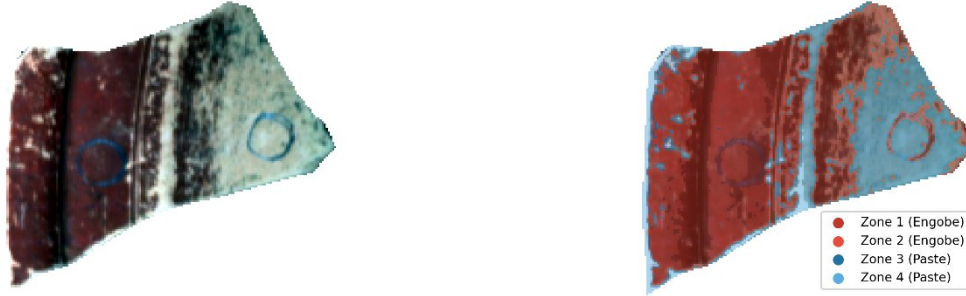
AUC su 44 modelli fotogrammetrici. Logistic Regression.

Un frammento, quattro modalità: lot2n105

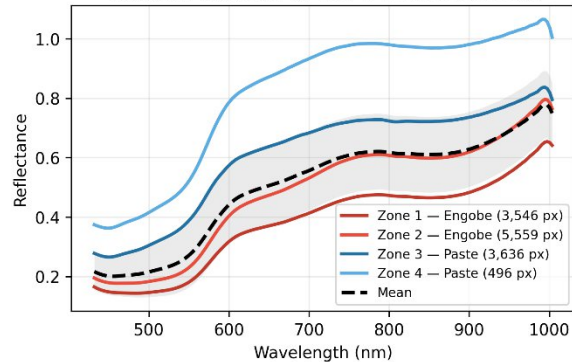


a) Pseudo-RGB image

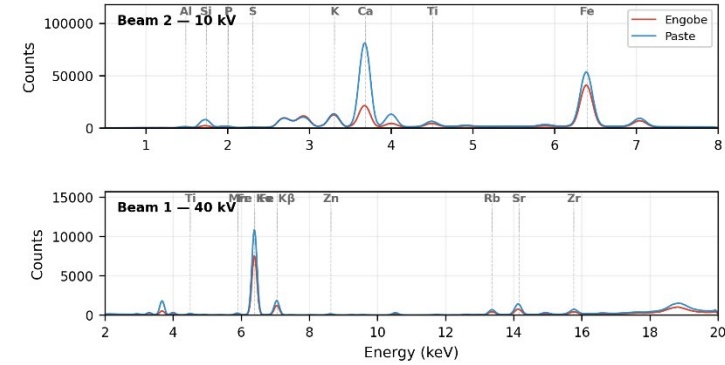
b) HSI k-means classes within manual ROI



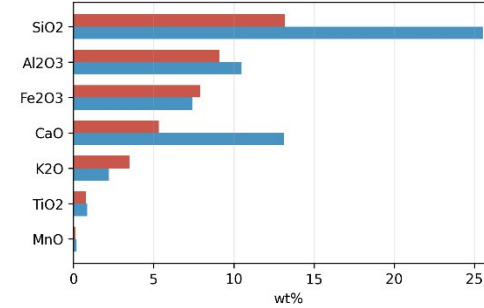
c) Mean spectra of HSI k-means classes



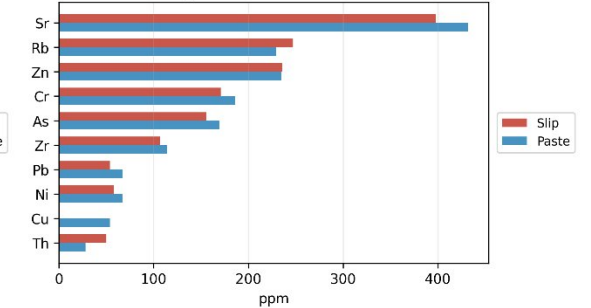
d) pXRF beam spectra



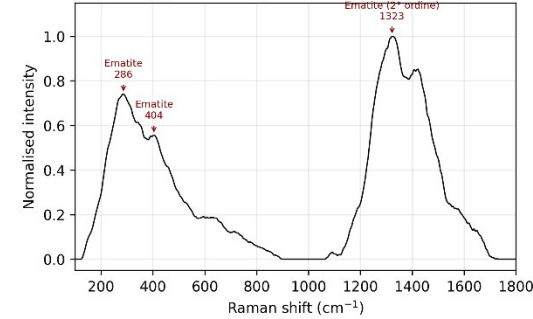
e) pXRF major oxides



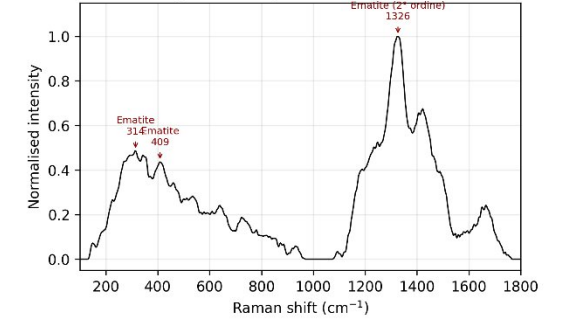
f) pXRF trace elements



g) Raman spectrum - engobe



h) Raman spectrum - paste



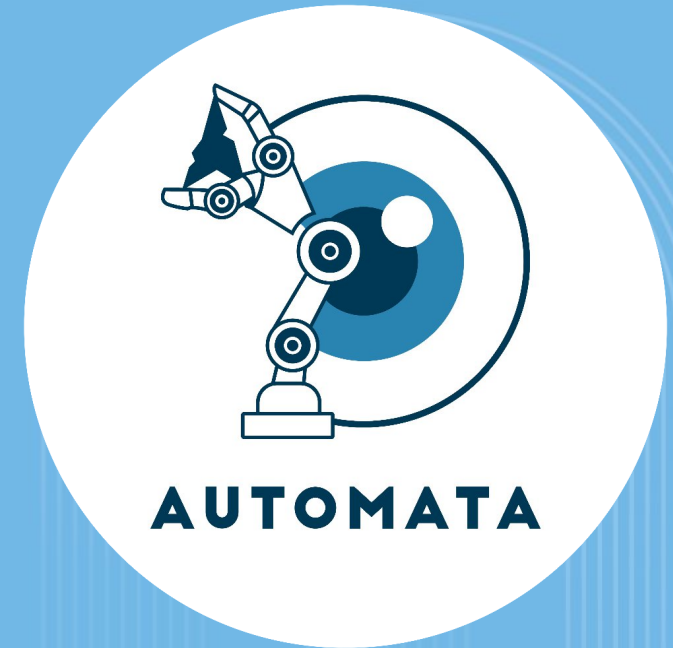
Verso un'AI responsabile: etica, sostenibilità, infrastrutture condivise

- Preprocessing e validazione hanno peso epistemologico: definiscono cosa diventa visibile.
- Human-in-the-loop: in caso di incertezza l'automazione si sospende. Responsabilità distribuita, non delegata.
- AI dentro architetture FAIR e provenance-aware: verso standard condivisi e servizi federati.
- Quality-driven retention: meno storage, meno energia, stessa informazione utile.

Grazie. Domande?

Conferenza GARR 2026

La forma del cambiamento



martina.naso@uniroma1.it

neviod@miningfulstudio.eu

gabriele.gattiglia@unipi.it

