

Variabilità e standardizzazione delle forme ceramiche nel secondo e nella prima metà del primo millennio a.C. in Italia continentale.

Un progetto di *Data Science* e *Machine Learning* per lo studio quantitativo dei profili ceramici.

Dottorando: Lorenzo Cardarelli | Tutor: Marco Bettelli (CNR-ISPC)

Cotutores: Andrea Cardarelli (Sapienza Università di Roma); Paola Moscati (CNR-ISPC)

Stato dell'arte

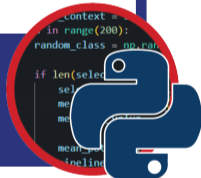


Lo studio della standardizzazione della produzione ceramica è ampiamente associato alla specializzazione del lavoro e allo sviluppo della complessità sociale (CHILDE 1951; RICE 1981; COSTIN 1991), in accordo con la cosiddetta *standardization hypothesis* (COSTIN 1991; ROUX 2003).

Lo studio di questa tematica si è concentrato principalmente su misure di tipo metrico, come l'altezza e larghezza del vaso, mentre recentemente vengono utilizzati metodi informatizzati che si concentrano sulla sua morfologia. Con un approccio completamente informatizzato, verrà analizzata la standardizzazione morfologica della produzione ceramica in un periodo che va dall'inizio dell'età del Bronzo (Bronzo Antico - circa 2300 a.C.) alla fine dell'Età Arcaica (580 a.C.) in tutto il territorio dell'Italia continentale.

In questo periodo le società dell'Italia antica subiscono un forte aumento della complessità sociale. Il fenomeno culmina con la nascita delle prime città e delle strutture statali che caratterizzano l'Italia preromana (PERONI 1994; CARDARELLI 2015, 2018).

Metodologie e obiettivi



Il primo obiettivo del progetto è stato la creazione del dataset: le informazioni raccolte dalle monografie, dagli articoli e dagli atti dei convegni sono state organizzate in un database che comprende il profilo del vaso e alcune informazioni archeologiche come cronologia e contesto di provenienza.

L'approccio metodologico principale è quello di "quantificare" la forma del vaso in modo da poter analizzare la sua morfologia utilizzando metodi oggettivi e riproducibili. A tal fine vengono proposti e confrontati numerosi metodi che spaziano dall'algebra lineare al *deep learning*, dall'utilizzo di algoritmi per la riduzione non lineare delle dimensioni ai modelli generativi. La procedura di analisi viene eseguita attraverso il linguaggio di programmazione **Python**, la lingua franca del Machine Learning e dell'analisi dei dati.

La ricerca ha tre obiettivi principali. In primo luogo, l'elaborazione e la pubblicazione di un grande dataset costituito da oltre 20.000 profili ceramici provenienti da oltre 650 contesti diversi su tutto il territorio dell'Italia continentale.

In secondo luogo, il progetto si propone di analizzare la standardizzazione della produzione ceramica nel periodo preso in esame, ovvero dall'inizio dell'Età del Bronzo (Bronzo Antico - 2300 a.C. circa) alla fine dell'Età Arcaica (580 a.C.). Tale analisi sarà diacronica e permetterà di individuare eventuali tendenze evolutive e cambiamenti nella produzione della ceramica.

In terzo luogo, la ricerca intende rendere disponibili e fruibili gli script e gli algoritmi formalizzati e utilizzati durante l'analisi sotto forma di una *libreria* Python. Ciò permetterà di utilizzare le principali caratteristiche metodologiche sviluppate durante la ricerca, rendendo possibile la loro applicazione anche su dataset diversi da quello analizzato.

Finalità e prospettive



Il progetto propone un nuovo metodo di studio della ceramica archeologica che si basa su criteri oggettivi e riproducibili, utilizzando unicamente software e algoritmi *open-source* utilizzabili liberamente. Inoltre, la ricerca mira a creare un ambiente di *open-analysis*, attraverso la condivisione dei dati e dei procedimenti analitici e statistici utilizzati. Ciò significa che tutti i dati e le informazioni raccolte durante lo studio saranno resi pubblici e accessibili, in modo da rendere le analisi riproducibili e convalidabili da altri ricercatori.

Questi tecnologie informatiche permettono di elaborare in poco tempo grandi quantità di dati, e possono essere applicate a materiale ceramico di qualsiasi epoca e provenienza geografica.

Inoltre, i risultati non si limitano solo allo studio della standardizzazione ceramica, ma possono essere applicati su una vasta pluralità di tematiche relative alla ceramica archeologica (ad esempio, CARDARELLI 2022)

Bibliografia

CARDARELLI, A. (2015). *Different forms of social inequality in Bronze Age Italy*. In: *Origini* 38, 2. pp. 151–200.

CARDARELLI, A. (2018). *Before the city. The last villages and proto-urban centres between the Po and Tiber rivers*. In: *Origini* 42.2, pp. 359–382.

CARDARELLI, L. (2022). *A deep variational convolutional Autoencoder for unsupervised features extraction of ceramic profiles. A case study from central Italy*. In: *Journal of Archaeological Science* 144.

CHILDE, G. V. (1951). *Social evolution*. Watts & Co.

COSTIN, C. L. (1991). *Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting and Explaining the Organization of Production*. In: *Advances in Archaeological Method and Theory*, 3. pp. 1–56.

PERONI, R. (1994) *Introduzione alla protostoria italiana*. Laterza.

RICE, P. M. (1981). *Evolution of Specialized Pottery Production: A Trial Model*. In: *Current Anthropology*, 22.3, pp. 219–240.

ROUX, V. (2003). *Ceramic Standardization and Intensity of Production: Quantifying Degrees of Specialization*. In: *American Antiquity* 68.4., pp. 768–782.

Dottorato in collaborazione con:



Variability and standardization of ceramic shapes in the second half and first half of the first millennium BC in continental Italy.

A Data Science and Machine Learning project for the quantitative study of ceramic profiles.

PhD candidate: Lorenzo Cardarelli | Tutor: Marco Bettelli (CNR-ISPC)

Cotutores: Andrea Cardarelli (Sapienza Università di Roma); Paola Moscati (CNR-ISPC)

State of the art

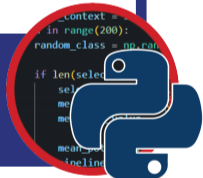


The study of the standardization of ceramic production is widely associated with craft specialization and the development of social complexity (CHILDE 1951; RICE 1981; COSTIN 1991), in accordance with the so-called *standardization hypothesis* (COSTIN 1991; ROUX 2003)

The study of this subject has mainly focused on metric measures, such as the height and width of the vessel, while recently computerized methods have been used that focus on its morphology. With a completely computerized approach, the morphological standardization of ceramic production will be analyzed over a period ranging from the beginning of the Bronze Age (Early Bronze Age - approx. 2300 BCE) to the end of the Archaic period (580 BCE) throughout the mainland of Italy.

During this period, societies of ancient Italy experience a significant increase in social complexity. The phenomenon reaches its peak with the birth of the first cities and state structures that characterize pre-Roman Italy (PERONI 1994; CARDARELLI 2015, 2018).

Methodologies and objectives



The first goal of the project was to create the dataset: the information collected from monographs, articles, and conference proceedings was organized into a database that includes the vessel's profile and some archaeological information such as chronology and provenance context.

The main methodological approach is to "quantify" the shape of the vessel in order to analyze its morphology using objective and reproducible methods. To this end, numerous methods ranging from linear algebra to deep learning, from the use of algorithms for non-linear dimensionality reduction to generative models are proposed and compared. The analysis procedure is performed using the **Python** programming language, the *lingua franca* of Machine Learning and data analysis.

The research has three main objectives. First, the processing and publication of a large dataset consisting of over 20,000 ceramic profiles from more than 650 different contexts throughout the mainland of Italy.

Secondly, the project aims to analyze the standardization of ceramic production during the period under examination, from the beginning of the Bronze Age (Early Bronze Age - circa 2300 BCE) to the end of the Archaic period (580 BCE). This analysis will be diachronic and will allow identifying any evolutionary trends and changes in the production of ceramics.

Thirdly, the research aims to make the formalized scripts and algorithms used during the analysis available and usable as a Python library. This will allow the main methodological features developed during the research to be used, making their application possible even on datasets different from the one analyzed.

Purpose and perspectives



The project proposes a new method for studying archaeological ceramics based on objective and reproducible criteria, using only freely available open-source software and algorithms. Moreover, the research aims to create an open-analysis environment through the sharing of data and analytical and statistical procedures used. This means that all data and information collected during the study will be made public and accessible, in order to make the analysis reproducible and validable by other researchers.

These computer technologies make it possible to process large amounts of data quickly and can be applied to ceramic material from any era and geographic provenance. Furthermore, the results are not limited to the study of ceramic standardization, but can be applied to a wide variety of topics related to archaeological ceramics (e.g. CARDARELLI 2022).

References

- CARDARELLI, A. (2015). *Different forms of social inequality in Bronze Age Italy*. In: *Origini* 38, 2. pp. 151–200.
- CARDARELLI, A. (2018). *Before the city. The last villages and proto-urban centres between the Po and Tiber rivers*. In: *Origini* 42.2, pp. 359–382.
- CARDARELLI, L. (2022). *A deep variational convolutional Autoencoder for unsupervised features extraction of ceramic profiles. A case study from central Italy*. In: *Journal of Archaeological Science* 144.
- CHILDE, G. V. (1951). *Social evolution*. Watts & Co.
- COSTIN, C. L. (1991). *Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting and Explaining the Organization of Production*. In: *Advances in Archaeological Method and Theory*, 3. pp. 1–56.
- PERONI, R. (1994) *Introduzione alla protostoria italiana*. Laterza.
- RICE, P. M. (1981). *Evolution of Specialized Pottery Production: A Trial Model*. In: *Current Anthropology*, 22.3, pp. 219–240.
- ROUX, V. (2003). *Ceramic Standardization and Intensity of Production: Quantifying Degrees of Specialization*. In: *American Antiquity* 68.4., pp. 768–782.

PhD in collaboration with:

