



FRANCESCA BUSCEMI

Laboratorio Archeologico Internazionale Congiunto
W.A.L.L.

Wall-facing Automatic images identification Laboratory. A quantitative analyses method for the study of ancient architecture.

Relazione scientifica finale

2^a anno gennaio-dicembre 2022 (prorogato fino a settembre 2023)

Il Laboratorio Archeologico Internazionale Congiunto W.A.L.L. (Wall-facing Automatic images identification Laboratory. A quantitative analysis method for the study of ancient Architecture) ha elaborato un modello metodologico di applicazione di metodi di analisi quantitativa e Intelligenza Artificiale all'architettura antica. Attraverso processi di Machine Learning è stata effettuata l'estrazione di features significative dal punto di vista archeologico e, in particolare, dei comportamenti costruttivi e della cronologia.

Se da una parte, le sfide scientifiche specifiche del progetto nei suoi aspetti più sperimentali (uso di modelli tridimensionali fotogrammetrici, assenza di training dataset già esistenti, analisi di volumi complessi e scarsamente predittivi come i modelli digitali dei materiali edilizi di architetture Preistoriche e Protostoriche) ha in parte ridimensionato gli obiettivi di riconoscimento automatico, dall'altra, il lungo lavoro sulla gestione dei dati digitali (processamento, classificazione, storing e interrogazione) ha consentito di andare oltre quanto inizialmente previsto e di elaborare un'infrastruttura dedicata, ispirata ai principi della Scienza Aperta. Particolare attenzione, infatti, è stata posta all'impiego di software e framework open source, per lo sviluppo di un modello collaborativo di gestione della conoscenza.

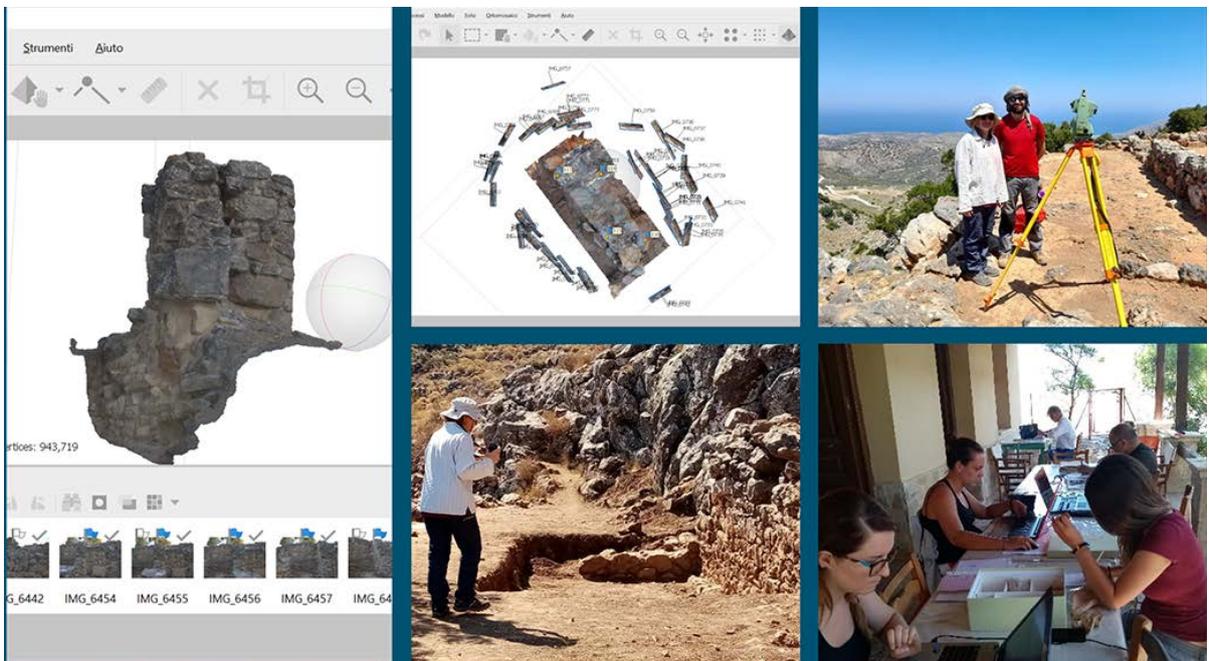
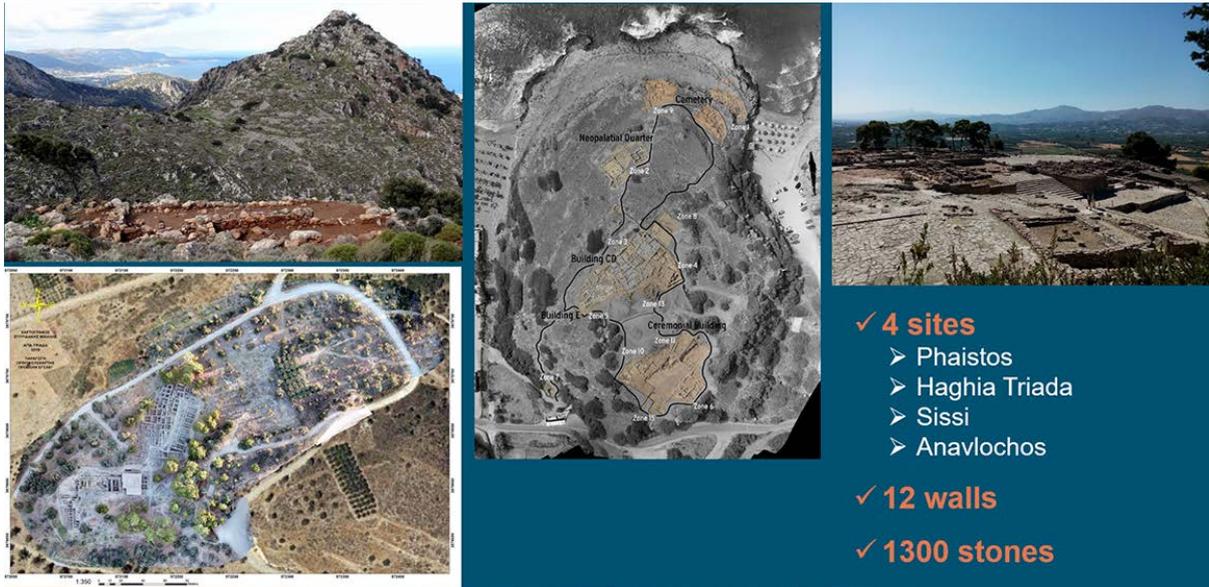
Attività sul campo:

A partire dai risultati inattesi delle campagne di scavo 2015-2018 nel settore Nord-Est e nell'Area Sud del Palazzo di Festòs, dove la scrivente è responsabile delle attività di rilievo e topografia, giusta Convenzione tra il CNR-ISPC e il Centro di Archeologia Cretese dell'Università di Catania, si è individuato un arco cronologico di particolare interesse per l'analisi architettonica prevista dal Progetto, e cioè la fine della cultura costruttiva micenea e l'età del Ferro. Fino ad anni recenti, infatti, soprattutto a Festòs, quest'ultima ha meritato poca attenzione, in favore delle sontuose fasi del II millennio a.C. e, in misura minore, del periodo ellenistico.

Durante le missioni svolte a Creta nel corso del Laboratorio, dunque, la scrivente ha effettuato il rilievo fotogrammetrico georiferito di 12 strutture murarie databili dal Tardo Minoico IIIC (1200-1050 a.C.) alla fine del periodo Geometrico (VIII secolo a.C.) presso quattro siti archeologici: Festòs, Haghia Triada, Sissi, Anavlochos. Scopo dell'analisi dei dati digitali 3D è stato quello di individuare su base statistica le pratiche edilizie (lavorazione e posa in opera delle pietre);

valutare fenomeni di continuità/cambiamento delle pratiche, dovuti a: habitus, tradizione, identità dei gruppi, cronologia; contribuire alla definizione di una cronologia relativa intra-sito delle murature; identificare pattern di restauro.

Grazie alle attività sul campo, è stato realizzato un training dataset di oggetti virtuali tridimensionali per il Machine Learning, finora esistente nel panorama dell'architettura preistorica e protostorica costituito dai modelli di oltre 1.300 pietre.



Il rilievo digitale

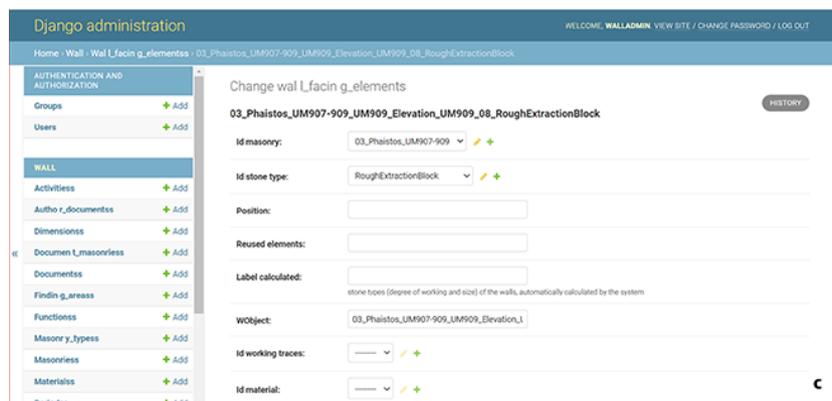
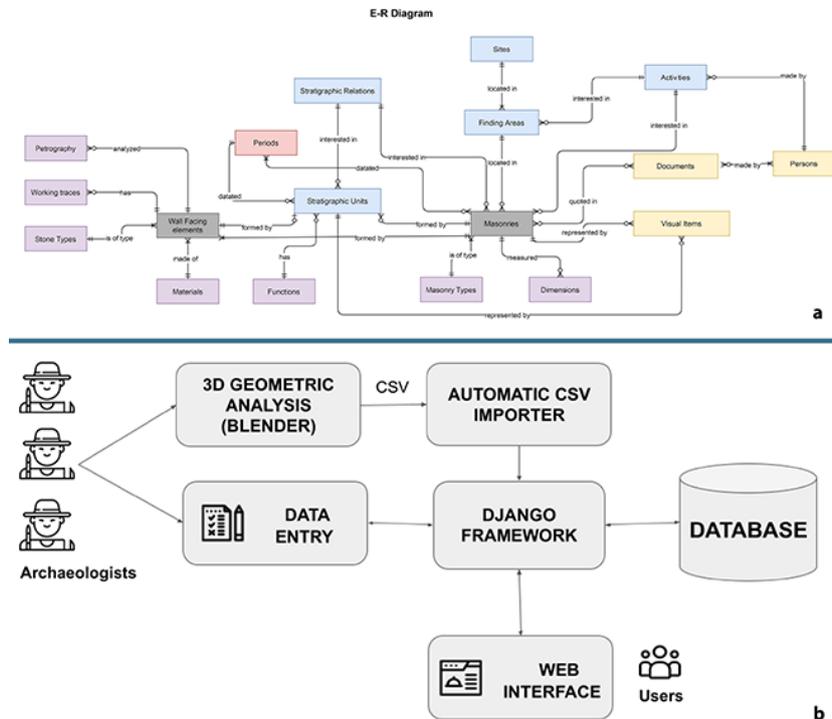
Partenariato e sviluppo di nuove collaborazioni e network di ricerca:

Tutte le attività del Progetto sono state svolte grazie ad una forte interazione e collaborazione con i Partner, in ogni segmento del workflow e hanno consentito anche l'avvio di nuove collaborazioni scientifiche con ulteriori soggetti e Istituzioni.

Il Coordinator Partner, Jan Driessen, ha fornito anche le autorizzazioni per le attività di rilievo e l'utilizzo di strutture murarie campione presso il sito archeologico di Sissi, dove dirige la Missione di scavo dell'**Université Catholique de Louvain**. Il gruppo di ricerca AEGIS da lui coordinato e dedicato alle ricerche sulla Preistoria egea ha costituito un fondamentale riferimento per la riflessione sull'architettura antica a Creta. Visite di scambio presso i siti di Mallia, Festòs, Haghia Triada e Sissi, come forma di consolidamento di un network di ricerca internazionale intorno ai temi del Progetto, hanno costituito un importante risultato delle attività. In particolare, il lavoro con Maud Devolder, membro del gruppo AEGIS, sui vocabolari architettonici ha gettato le basi per un prezioso strumento per tutti gli studi sull'architettura preistorica a Creta, confluendo poi in parte nel progetto ERC Consolidator Grant a lei finanziato "DAEDALOS, Conceptualising Process of Monumental Architectural Creation in the Eastern Mediterranean Bronze Age". Il suo incardinamento presso l'**University of Ghent** ha, così, aperto la collaborazione con una nuova Istituzione internazionale.

L'interesse suscitato dalle attività sul campo ha ulteriormente ampliato tale rete scientifica, attraverso il coinvolgimento dell'**École française d'Athènes**, sotto il cui patrocinio si svolge la missione archeologica ad Anavlochos. Il sito è stato, così, incluso tra i contesti che hanno fornito alcuni dei *training examples* di le strutture murarie.

La collaborazione con l'**Università di Catania** ha riguardato due Dipartimenti, quello di Scienze Umanistiche e quello di Matematica e Informatica. Con il primo è stato realizzato il Modello Logico del database utile all'interrogazione dei dati acquisiti. Un lungo lavoro sulle ontologie ha affrontato aspetti particolarmente sfidanti, dal momento che gli studi sull'architettura antica a Creta rappresentano un ambito solo parzialmente esplorato e sono caratterizzati da una grande frammentarietà. Solo recentissimamente alcuni grandi progetti internazionali, come TIMMA e Daedalos, dimostrano l'esigenza del superamento di questi limiti tramite uno approccio congiunto da parte della comunità scientifica. La costruzione del DB ha aperto nuove strade di collaborazione scientifica e di dialogo interno tra le competenze del **CNR**, attraverso il coinvolgimento dell'**Istituto di Informatica e Telematica di Pisa**, che ci ha affiancati nella semplificazione e nella messa a punto del ML e guidato nell'individuazione del tipo di database e del linguaggio più adatti alle finalità del Progetto, alla quantità e qualità dei dati, nonché alla complessità delle query. La scelta del framework open source Django come cuore di orchestrazione dei diversi moduli del progetto ha costituito un tassello metodologico importante, dando ulteriore impulso ad una dimensione aperta della gestione dei dati. Il framework utilizzato per la costruzione del DB è stato installato in una Virtual Machine appositamente creata per ospitare l'applicazione web del Progetto, grazie al lavoro dell'informatico del CNR-ISPC Nicolò Paraciani. Il database è stato ospitato in un dominio concesso dal CNR-ISPC per il progetto (<https://wall.ispc.cnr.it>).

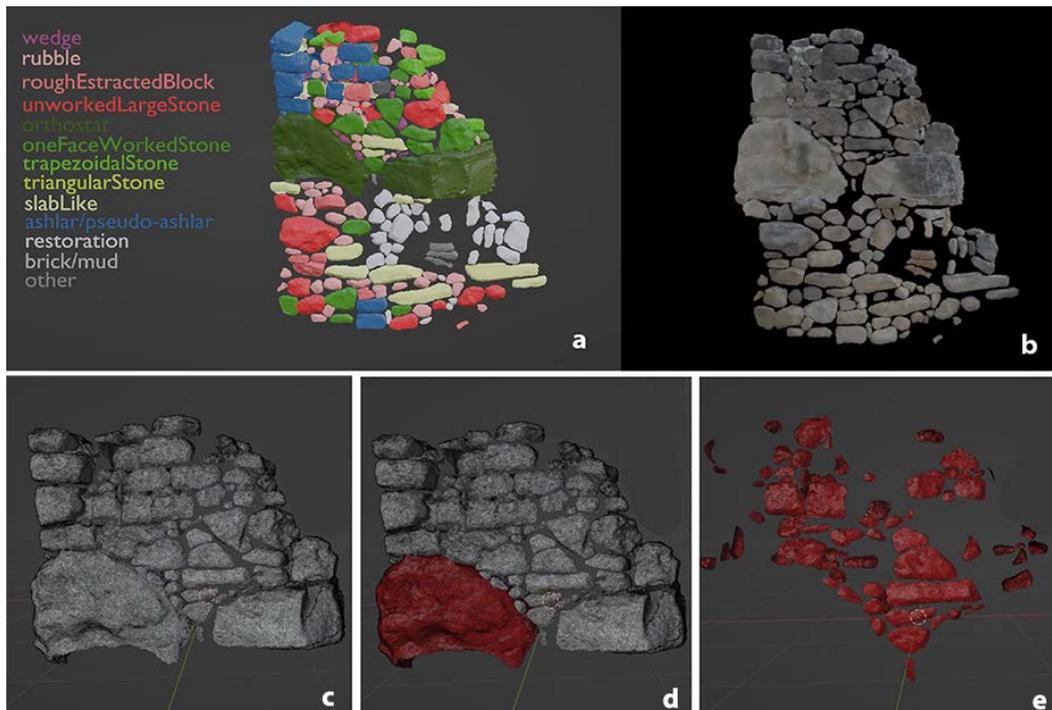


Il Diagramma Entità-Relazioni; il prototipo dell'architettura dell'applicazione web; il data entry model

Con il dip. di Matematica e Informatica dell'Università di Catania si è affrontato il complesso lavoro del post-processamento dei dati digitali 3D. Basato sull'uso del software Open Source Blender, esso è consistito nella segmentazione manuale dei modelli virtuali dei muri, nella creazione di un clustering gerarchico di oggetti funzionale all'apprendimento automatico (supervised approach), e nell'estrazione di numerose features numeriche e geometriche finalizzato agli algoritmi di Machine Learning. Risultati incoraggianti in termini di classificazione automatica dei materiali edilizi (pietre) sono stati raggiunti per le classi di materiali non lavorati o semi-lavorati. A seguito di comparazione di diverse tecniche (Decision tree, SVM, Random Forest, XGBoost, LightGBM, Logistic regression), i migliori risultati sono stati raggiunti con gli algoritmi

Random Forest, XGBoost, e LightGBM (accuratezza 81.00%).

Un apposito add-on di Blender è stato realizzato per estrapolare le suddette informazioni numeriche, esportabile in un formato .csv. A sua volta, il file è stato reimportato nel webDB, popolato dunque in forma sia automatica sia manuale, attraverso l'inserimento di ulteriori informazioni sui singoli oggetti. È in fase di studio un ulteriore passaggio di Information Retrieval (IR) inizialmente non previsto nel progetto, per la visualizzazione in forma dinamica dei risultati delle query direttamente sui modelli delle strutture murarie e all'interno del DB, tramite il visualizzatore 3D Aton, sviluppato dal CNR-ISPC.



Classificazione, segmentazione e interrogazione delle strutture murarie

Prodotti del Progetto:

- Training dataset di 1.300 oggetti digitali tridimensionali;
- Web database;
- Add-on di Blender;
- 1 tesi di Laurea Magistrale, dip. di Matematica e Informatica, UniCT (M. Ferro, *Sviluppo di add-on per Blender: applicazione nell'archeologia e nell'Ingegneria Edile*, a.a. 2019-2020);
- 1 tesi di Dottorato in Matematica e Informatica (Y.G. Atani, *Explainable Data Analysis and Causal Inference: applications in Public Health and Cultural Heritage*, a.a. 2023-2024);
- 1 Tirocinio ISPC-Dip. di Scienze Umanistiche UniCT;
- 4 "Altre attività formative" (CdL in Beni Culturali, UniCT);
- 2 Tirocini Istituto Tecnico Superiore Steve Jobs di Caltagirone.

Pubblicazioni:

- F. Buscemi, M. Figuera, G. Gallo, A. Lo Duca, A. Marchetti, *Sharing structured archaeological 3D data: open source tools for artificial intelligence applications and collaborative frameworks*, in *Archeologia e Calcolatori* 34.1, 2023, 145-156.
- Buscemi F.; Gallo G.; Figuera M.; Atani Y.G.; Lo Duca A. (2023) *Project "Wall facing Automatic Image Identification Laboratory" - W.A.L.(L)* in GCH 2023 - Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 4-6 September 2023 Salento, Lecce, 197-198;
- G. Gallo, Y. Gholizade Atani, R. Leotta, F. Stanco, F. Buscemi, M. Figuera, *Feature relevance in classification of 3D stones from ancient wall structures*, in *PatReCH 2023* (4th International Workshop on Pattern Recognition for Cultural Heritage), Udine, 11 settembre 2023.
- F. Buscemi, M. Figuera, *Machine Learning and architecture. Change and continuity in architectural tradition between the XIth and VIIIth Century b.C.: the W.A.L.(L) Project*, in *ICCS 13, Proceedings of the 13th International Congress of Cretan Studies, Agios Nikolaos 5-9 October 2022*, cds.
- Gallo G.; Buscemi F.; Ferro M.; Figuera M.; Riela P.M. (2021) *Abstracting Stone Walls for Visualization and Analysis* in A. Del Bimbo et al. (eds.), *ICPR 2021: International Conference on Pattern Recognition in Cultural Heritage, Milan 10-15 January 2021*, LNCS 12667, 1–8.

Terza Missione:

- Co-organizzatore della Mostra "Nell'isola di Dedalo" per il 25° anniversario del Centro di Archeologia Cretese, Palazzo Centrale, Università di Catania, 22-30 maggio 2023.

Un'intera sala multimediale è stata dedicata al Progetto W.A.L.(L) e al rilievo digitale a Creta, comprendente due poster, un video e attrezzatura (Oculus Quest2 e sensori di movimento) per visita immersiva.



QR code to a video
presentation of the
project

Catania 12/09/2023

