



## The eye of the machine in the time of travel

Applicazione di algoritmi di machine learning ai dataset satellitari per il rilevamento di potenziali nuovi siti archeologici legati alla mobilità di gruppi preistorici e protostorici. Casi di studio tra Italia Meridionale e Sahara.

### OBIETTIVO 1

Arricchire il record archeologico dei casi studio, ampliando la prospettiva di indagine a livello locale, regionale e interregionale.

### STATO DELL'ARTE

**Il primo caso di studio** di questo progetto è localizzato nella regione delle oasi del Deserto Occidentale Egiziano durante l'Antico e Medio Olocene e si configura in una cornice ambientale ben definita, effetto dei grandi sconvolgimenti climatici posteriori all'ultimo periodo glaciale. In un territorio umido, molto simile alla moderna savana, numerosi gruppi di cacciatori-raccoglitori nomadi hanno progressivamente, ma anche repentinamente, cambiato le loro modalità di occupazione della regione. È stato infatti accertato che, tra il VII e il VI millennio a.C., l'area di Wadi el Obeiyid (Sheikh el Obeiyid e Hidden Valley, Oasi di Farafra), ha visto emergere una cultura locale caratterizzata dalla costruzione di villaggi semi-sedentari e lo sviluppo di una complessità sociale e tecnologica senza precedenti. Questi gruppi neolitici hanno cominciato a sfruttare le risorse presenti nella regione con strategie di sopravvivenza miste: caccia, raccolta e pratiche di pastorizia. Dal punto di vista della mobilità, è stata rilevata sia una frequentazione stagionale di aree selezionate su breve distanza, che una serie di spostamenti su lunghe distanze per il reperimento di specifiche risorse. Questo tipo di proto-villaggi è presente anche in altre aree del Deserto Occidentale, tra cui Dakhla (Masara C), Kharga (Midauwara), Great Sand Sea (Abu Ballas), Gilf Kebir, Karkur Talh e Jebel Uweinat.

**Il secondo caso di studio** comprende la regione del Mediterraneo centrale (Sicilia e isole minori del Tirreno meridionale e dello Stretto di Sicilia) durante il Tardo Olocene. I soggetti di questo studio sono i primi insediamenti neolitici presenti nell'area e l'evoluzione, poco studiata, del modello abitativo delle comunità locali dai ripari/caverne ai veri e propri villaggi durante il processo di neolitizzazione della regione. La possibilità di arricchire le attuali conoscenze sulle relazioni fra questi gruppi e le culture successive è di estremo rilievo per la comprensione del ruolo della Sicilia nel Mediterraneo Preistorico e Protostorico.

**Il terzo caso di studio** è localizzato nel Sahara Centrale e Occidentale durante il Tardo Olocene (IV-II millennio a.C.) e concerne la mobilità dei gruppi pastorali Pre Garamantici nel loro amplissimo territorio di occupazione. Queste culture nomadi sono fra loro interconnesse nel tempo e nello spazio, ma presentano anche specificità regionali che ne permettono una dettagliata distinzione. Dal punto di vista della caratterizzazione della loro mobilità è estremamente importante considerare le distinte strutture funerarie, i landmarks e l'arte rupestre con cui questi gruppi hanno popolato tutta la regione Sahariana. Di conseguenza, le loro traiettorie di movimento possono essere tracciate e caratterizzate attraverso l'individuazione di questi monumenti nelle regioni Sahariane di Algeria, Libia, Marocco, Mali, Mauritania e Niger.

### OBIETTIVO 2

Costruire le basi, valutare le esigenze e pianificare i protocolli delle future indagini sul campo nelle aree di interesse. Offrire soluzioni di ricerca proattive agli imprevedibili sconvolgimenti ambientali, politici, di salute pubblica che potrebbero ostacolare lo studio di questi contesti archeologici.

### MATERIALI



Riguardo agli elementi archeologici coinvolti nel progetto, sono stati individuati **tre gruppi di strutture** considerate cruciali sia per il processo di rilevamento di nuovi siti via Remote Sensing, che per lo studio della mobilità e dei processi insediativi delle comunità a cui sono riferiti.

**Il primo gruppo** è costituito da fondazioni di capanna circolari, composte da lastre disposte verticalmente sulla superficie di plateau e terrazze intermedie dei wadis del EWD. Queste, denominate Slab Structure, sono databili tra 6500-4600 a.C., hanno funzione principalmente domestica e si possono trovare isolate o aggregate in proto insediamenti.



**Il secondo gruppo** riguarda gli edifici e le trincee esterne dei primissimi insediamenti delle isole del Mediterraneo centrale (V millennio a.C.), caratterizzati dalla presenza di buche di paleo e trincee esterne.



**Il terzo gruppo** considera due tipi di tumuli in pietra a secco, rilevanti per lo studio della mobilità delle culture pastorali Pre Berbere, presenti nel Sahara Centrale ed Occidentale. Le tipologie di monumento oggetto dell'indagine sono: i tumuli "a Serratura" e i tumuli "ad Antenna" (o "a Croissant"). Queste strutture fungono da marcatori territoriali e sono datati tra il 4000 a.C. e il 1000 a.C. con una fase più densa tra il 3000 a.C. e il 2000 a.C..

Set di dati satellitari: Corona e Hexagon, Sentinel 1 e 2, COSMO-SkyMed, Pleiades.

Algoritmi di apprendimento automatico e workflows: Random Forest, metodo ALFEA, K-Mean e ISODATA, Segmentazione, Reti Neurali Convolutionali, ecc.

### OBIETTIVO 3

Migliorare la rete nazionale ed internazionale tra gli istituti di ricerca e le imprese coinvolte in questi settori..

### BIBLIOGRAFIA

Albawi S., Mohammed T.A., Al-Zawi S. - Understanding of a Convolutional Neural Network, in 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), 2017, DOI: 10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186

Barich A.E., Lucarini G., Hamdan M.A., Hassan F.A. - From Lake to sand. The Archaeology of Farafra Oasis Western Desert, Egypt, 2014, monograph

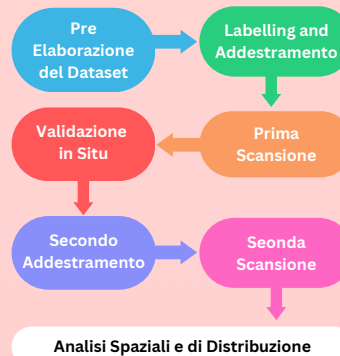
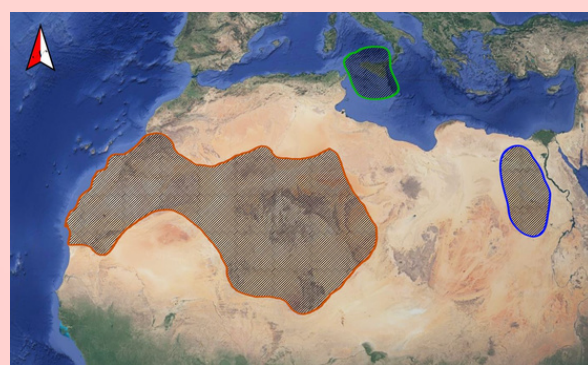
Gauthier Y., Gauthier C. - Monuments en trou de serrure, monuments à alignement, monuments en "V" et croissants: contribution à l'étude des populations sahariennes, in Cahiers de l'AARS, 12, 2008, pp.1-20

O'Shea K., Ryan N. - An Introduction to Convolutional Neural Networks, in ArXiv e-prints, 2015, DOI: arXiv:1511.08458 [cs.NE]

Orengo H.A., Conesa F.C., Garcia-Molsosa A., Lobo A., Green A.S., Madella M., Petrie C.A. - Automated detection of archaeological mounds using machine-learning classification of multisensor and multitemporal satellite data, in Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, PNAS 2020, 117, 31, 2020, pp. 18240-18250

Tusa S. - Il Neolitico in Sicilia, in Atti della XXXVII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, pp. 361-380

### METODI



**La prima fase** del progetto ha richiesto la raccolta, la calibrazione e l'integrazione di immagini VHR della superficie terrestre provenienti da diversi sensori satellitari e fasi temporali, nonché la raccolta di algoritmi di Machine Learning per la classificazione supervisionata e non supervisionata delle immagini, insieme alla raccolta e standardizzazione dei dati provenienti dal record archeologico e topografico.

**La seconda fase** ha richiesto il labelling delle immagini e l'addestramento degli algoritmi di Machine Learning. Grazie a plug-ins di sistemi GIS ed algoritmi esistenti, lo script è stato adattato per definire le soglie di ogni rilevamento. Il dataset di addestramento è stato etichettato al 50%, mentre il 25% e il 25% di ogni immagine sono stati utilizzati per la validazione ed il test dell'accuratezza del detector.

**La terza fase** consiste nella verifica sul campo dei primi risultati ottenuti, a cui seguirà un nuovo addestramento degli algoritmi e la verifica dell'accuratezza del detector.

**L'ultima fase** del processo consiste nelle analisi spaziali e di distribuzione delle strutture rilevate per la elaborazione di ipotesi sulla mobilità delle culture coinvolte.

**Tutor** Giulio Lucarini

CNR ISPC

**Co-Tutor** Nicola Masini

CNR ISPC

**Co-Tutor** Giuseppe Scardozzi

CNR ISPC

**Tutor Ist.** Estera Arnau Garcia-Molsosa

GIAP ICAC

**Tutor Aziendale** Nicolò Taggio

PLANETEK

Istituto di Scienze del patrimonio Culturale, Consiglio Nazionale delle Ricerche

European Research Infrastructure for Heritage Science, Nodo Italiano

Landscape Archaeology Group, Catalan Institute of Classical Archaeology

Farafra Oasis Prehistoric Project, Associazione Internazionale di Studi sul Mediterraneo e L'Oriente

Aswan - Kom Ombo Archaeological Project, UNIBO

Middle Draa Project, New Castle University

Planetek Italia s.r.l.



## The eye of the machine in the time of travel

Application of machine learning algorithms to satellite datasets for the detection of potential new archaeological sites related to the mobility of prehistoric and protohistoric groups. Case studies between Southern Italy and the Sahara

### OBJECTIVE 1

Enrich the datasets of the case studies, widening the perspective of investigation on local, regional, and interregional scales.

### STATE OF THE ART

**The first case study** and area of interest of this project is in the region of the Egyptian Western Desert Oases during the Early and Mid-Holocene. This archaeological context has a very specific prehistoric environmental frame, in which the effects of rapid climate changes after the last glacial period in the Sahara led groups of mobile hunters-gatherers dwelling in the region to change their inhabiting patterns. It has been ascertained that, between the 7th and 6th millennium BC, the area of Wadi el Obeiyid (Sheikh el Obeiyid and Hidden Valley - Farafra), witnessed the emergence of a local culture characterized by semi-sedentary settlements, social complexity, and technologies with high manufacturing standards. These Neolithic groups exploited the surrounding landscapes with a mixed strategy of hunting, collecting, and herding practices and also moved across great distances for specific material needs and cultural drives. These kinds of settlements have been studied also at Dakhla (Masara C), Kharga (Midauwara), Great Sand Sea (Abu Ballas), Gilf Kebir, Karkur Talh, and Jebel Uweinat.

**The second case study** comprises the Central Mediterranean region (Sicily and the minor islands of the Southern Tyrrhenian Sea and the Sicilian Strait) during the Late Holocene. The subjects of this case study are the first Neolithic settlements of the area and the understudied shift in the inhabiting pattern of these groups from shelter/cave settlements to proper shafts villages during the Neolithization process of the region. The possibility to enrich the current datasets and eventually fill the gaps about the connections of these groups with previous surrounding contemporary and later cultures is paramount. Moreover, the geographical and actual climatic proximity of this area to the Sahara, due to the aridification process of Sicily will grant a great environmental comparison with the other case studies to test this methodology in similar environmental contexts.

**The third case study** and area encompass the Central and Western Sahara during the Late Holocene. This archaeological context is less investigated, but also highly relevant to study the impact of the aridification of the Sahara on the seasonal mobility and practices of nomadic groups before the historical period. These Late Holocene pastoral groups are culturally interrelated along time and space, but also very defined by regional variations in practices, building technology, mobility, and rock art. These features are key evidence for the definition of the different territorial identities of these nomadic groups. Consequently, their movement trajectories can be easily detected through satellite detection of specific land-marks (tumuli built between the 4th and the 2nd millennia BC) spread out in Algeria, Libya, Morocco, Mali, Mauritania and Niger.

### OBJECTIVE 2

Build the basis, assess the needs, and plan the protocols of future fieldwork surveys in the areas of interest. Offer proactive research solutions to the unpredictable shake-ups (environmental, political, public health) that could obstruct the study of these archaeological contexts

### MATERIALS

### OBJECTIVE 3

Improve the national and international network between research institutions and enterprise involved in these sectors.



Regarding the archaeological features involved in the project, **three groups of archaeological structures** are identified as crucial for the satellite-automated detection process and the study of these cultures.

**The first group** consists of circular hut foundations composed of slabs vertically stuck in the soil of plateaux and intermediate terraces of EWD wadis. These features, called Slab Structure, are dated between 6500-4600 B.C. and have mainly domestic functions. They can be found isolated or aggregated in proto-settlements.



**The second group** concerns the buildings and outer trenches of the very first settlements of the Central Mediterranean Islands around the 5th millennium BC.

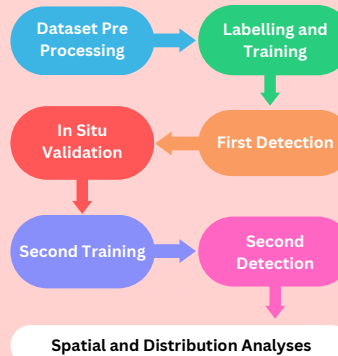
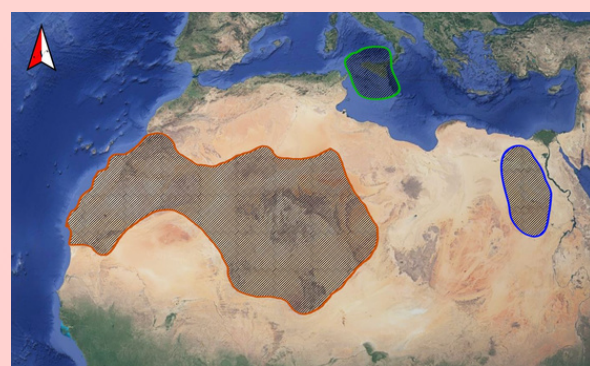


**The third group** includes two types of stone dry-built tumuli relevant to study the mobility of the Pre-Berber pastoral cultures in the Central and Western Sahara: Key-Hole Tumuli and Antenna Tumulus dated between 4000 BC and 1000 BC with a denser phase between 3000 BC and 2000 BC.

Satellite datasets: Corona and Hexagon, Sentinel 1 and 2, COSMO-SkyMed, Pleiades.

Machine Learning Algorithms and Workflows: Random Forest Classifier, ALFEA method, K-Mean and Isodata Classification, Segmentation, Convolutional Neural Networks, etc.

### METHODS



**The first step** of this project has been the collection, calibration, and integration of VHR images of the Earth's surface from different satellite sensors and temporal phases, as well as the collection of Machine Learning algorithms for supervised and unsupervised image classification and all published archaeological and topographic data related to the case studies. These datasets have been standardized, graphically and statistically processed in order to enhance the presence of such structures.

**The second step** concerns image labeling and algorithms training. Based on GIS plug-ins and existing algorithms, the script is being adapted to define the thresholds of each detection. The training dataset is composed by images labeled at 50%, while 25% and 25% of each image are used for the validation and testing of the detector's accuracy.

**The third step** is currently the fieldwork verification of the results, which will be followed by new training of the algorithms and more accurate results.

**The last step** of the process consists of spatial and distribution analyses of these structures to study the mobility of the related cultures of interest.

### PARTNERS

Institute of Heritage Science, National Research Council of Italy

European Research Infrastructure for Heritage Science, Italian Node

Landscape Archaeology Group, Catalan Institute of Classical Archaeology

Farafra Oasis Prehistoric Project, International Association for Mediterranean and Oriental Studies

Aswan - Kom Ombo Archaeological Project, UNIBO

Middle Draa Project, New Castle University

Planetek Italia s.r.l.

### REFERENCES

Albawi S., Mohammed T.A., Al-Zawi S. - Understanding of a Convolutional Neural Network, in 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), 2017, DOI: 10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186

Barich A.E., Lucarini G., Hamdan M.A., Hassan F.A. - From Lake to sand. The Archaeology of Farafra Oasis Western Desert, Egypt, 2014, monograph

Gauthier Y., Gauthier C. - Monuments en trou de serrure, monuments à alignement, monuments en "V" et croissants: contribution à l'étude des populations sahariennes, in Cahiers de l'AARS, 12, 2008, pp.1-20

O'Shea K., Ryan N. - An Introduction to Convolutional Neural Networks, in ArXiv e-prints, 2015, DOI: arXiv:1511.08458 [cs.NE]

Orengo H.A., Conesa F.C., Garcia-Molsosa A., Lobo A., Green A.S., Madella M., Petrie C.A. - Automated detection of archaeological mounds using machine-learning classification of multisensor and multitemporal satellite data, in Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, PNAS 2020, 117, 31, 2020, pp. 18240-18250

Tusa S. - Il Neolitico in Sicilia, in Atti della XXXVII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, pp. 361-380

**Tutor** Giulio Lucarini  
CNR ISPC

**Co-Tutor** Nicola Masini  
CNR ISPC

**Co-Tutor** Giuseppe Scardozzi  
CNR ISPC

**Foreign Ist. Tutor** Arnau Garcia-Molsosa  
GIAP ICAC

**Company Tutor** Nicolò Taggio  
PLANETEK