

ARCHEOROBOTICS. APPLICAZIONI ROBOTICHE APERTE E ARCHEOLOGIA ESTREMA

1. L'ARCHEOROBOTICA E L'ESPERIENZA DI ARC-TEAM

Il termine “archeorobotica” definisce una branca di ricerca orientata allo sviluppo di strumenti robotici per l'archeologia. Lo scopo del presente contributo è quello di illustrare i risultati di tale ricerca, fornendo una panoramica sull'impiego dei vari dispositivi prodotti in campo archeologico, specialmente in condizioni estreme.

L'archeorobotica fa parte di un progetto di studio che la ditta Arc-Team (<http://www.arc-team.com/>) ha avviato nel 2006, a seguito di un'esperienza maturata durante lo scavo del sito di *Aramus*, in Armenia. La missione di quell'anno, infatti, è stata caratterizzata da un progetto di archeologia aerea. Le operazioni di remote sensing sono state supportate da un elicottero fornito dal Ministero della Difesa armeno. Questa esperienza ha permesso ai membri di Arc-Team di analizzare le specifiche necessità di un tale progetto e, di conseguenza, ha orientato la ricerca alla risoluzione del problema dell'acquisizione dati via remote sensing senza un supporto logistico complesso e costoso.

Lo studio di soluzioni alternative è durato circa due anni, in cui sono stati vagliati alcuni progetti open hardware. La scelta finale è caduta sull'ottimizzazione di un prototipo di UAVP (Unmanned Aerial Vehicle), in seguito rinominato ArcheoDrone (BEZZI *et al.* 2009). Il dispositivo ha iniziato ad operare in missioni professionali a partire dal 2008, aprendo nuove prospettive su un ulteriore sviluppo di soluzioni archeorobotiche. I risultati successivi di questa branca di ricerca sono stati la costruzione di una stampante 3D (2013), lo sviluppo di un ROV e di un USV, oltre a dispositivi più piccoli (“ArcheoTools”).

2. I DISPOSITIVI ARCHEOROBOTICI

In senso ampio, qualsiasi macchina robotica disegnata specificatamente per un uso archeologico, o parzialmente ottimizzata per l'archeologia, può essere considerata un dispositivo archeorobotico. A questa tipologia si possono aggiungere anche quei progetti abbastanza maturi da garantire un utilizzo in campo archeologico senza la necessità di modifiche. Ovviamente anche i dispositivi derivati da singole componenti di droni o altre macchine possono rientrare nella categoria di archeorobotica, assieme a strumenti puramente meccanici (considerando la meccanica parte integrante della robotica). In base a questa definizione l'accessibilità al design dell'hardware (progetti, schemi, etc.) non rappresenta una precondizione assolutamente necessaria. Ciononostante le soluzioni commerciali non sono in genere sviluppate specificatamente per

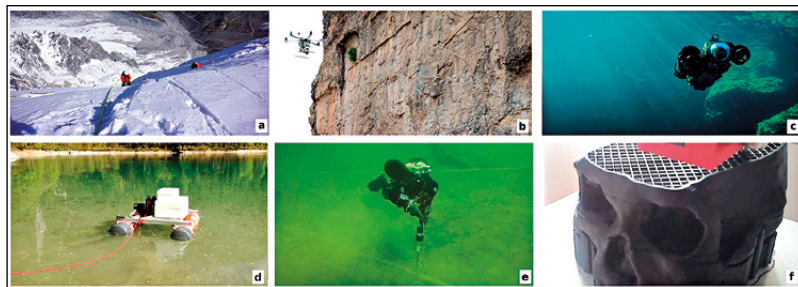


Fig. 1 – A) Missione di archeologia glaciale; B) Modello di ArcheoDrone 4.0 durante la documentazione di bassorilievi sassanidi in Iran; C) Modello di ArcheoROV 2.0; D) Prototipo di ArcheoBoat 0.1; E) Trapanazione subacquea mediante riduttore epicicloidale; F) Stampa di cranio di *homo georgicus* tramite stampante Fa)(a3D.

l'archeologia, mentre la maggior parte degli strumenti archeorobotici sono nati grazie alla comunità open source e sono rilasciati mediante licenze aperte, cosicché si possono considerare a tutti gli effetti open hardware.

3. LE APPLICAZIONI

Tra le applicazioni dei dispositivi archeorobotici di Arc-Team ci sono ovviamente i normali utilizzi durante lo scavo e la ricognizione, in cui particolarmente utili risultano i droni della categoria UAV sviluppati dal primo prototipo di ArcheoDrone. Questi strumenti garantiscono l'analisi di grandi territori durante i survey e un volo stazionario (hovering) per la documentazione archeologica. Chiaramente questi droni possono essere utilizzati in modo specifico per l'archeologia aerea (BEZZI *et al.* 2013; PISU *et al.* 2016). Meno scontato è il loro utilizzo durante missioni di archeologia estrema, soprattutto in contesti glaciali e di alta montagna, come nel caso di molti progetti di Modern Conflict Archaeology (BEZZI *et al.* 2018a).

Anche i droni del genere ROV e USV, sviluppati da una collaborazione tra Arc-Team e WitLab a partire dal 2016 (con i progetti ArcheoROV e ArcheoBoat: BEZZI *et al.* c.s.b), si sono rivelati di grande utilità nel supporto di operazioni estreme, ovvero in contesti subacquei particolari (BEZZI *et al.* 2019), come possono essere le missioni di "Archeologia delle acque interne" e lo studio di ambienti sommersi (BEZZI *et al.* c.s.a).

Un fondamentale contributo alle attività sul campo deriva anche dall'adozione di strumenti più semplici (ArcheoTools), tra cui il dispositivo di rilievo 3D in real-time dell'ArcheoROV, composto da un supporto digitale equipaggiato con ROS (Robot Operating System) e nodi SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) collegati a diversa sensoristica. Tale strumento, adattato ad un utilizzo in superficie, è stato fondamentale nella documentazione di

ambienti ipogei (BEZZI *et al.* 2018c) e nella penetrazione in bosco fitto per la mappatura 3D. Persino il semplice “gimbal” dell’ArcheoDrone si è rivelato utile in contesti di documentazione architettonica per potenziare una normale asta telescopica. Infine lo sviluppo meccanico di un riduttore epicicloidale ha consentito di adattare un succhiello di Pressler ad un trapano subacqueo, permettendo di effettuare campionamenti dendrocronologici in ambienti sommersi anche a profondità notevoli.

L’utilizzo di dispositivi archeorobotici, però, non si è limitato alle operazioni sul campo, bensì ha contribuito sensibilmente anche alle attività di laboratorio, dove macchine come le stampanti 3D permettono specifiche analisi morfometriche, basate su repliche tangibili dei reperti. Il laboratorio rappresenta inoltre un supporto indispensabile alle operazioni condotte sul campo con strumentazione archeorobotica, fornendo assistenza tramite web-coworking (BEZZI *et al.* 2018).

4. CONCLUSIONI

Sin dal 2006 l’archeorobotica ha avuto un forte impatto sull’attività di Arc-Team. L’intento iniziale di mantenere un indirizzo orientato all’open research ha portato allo sviluppo di soluzioni aperte, mantenendo performance equivalenti ai prodotti commerciali ad un costo sensibilmente inferiore. L’open hardware ha inoltre rivelato gli stessi vantaggi del software open source, garantendo la possibilità di riutilizzare singole componenti in dispositivi diversi (anche per semplici riparazioni di emergenza durante missioni all’estero) e di creare progetti derivati (ad esempio l’ArcheoBoat è stato sviluppato a partire dalla boa Wi-Fi di supporto all’ArcheoROV).

Ovviamente un tale approccio ha facilitato anche lo scambio di informazioni all’interno della comunità scientifica, come nel caso dell’utilizzo di algoritmi SLAM a supporto di droni subacquei (BLOCK-BERLITZ *et al.* c.s.). Considerando anche la possibilità di approntare semplici modifiche per ottimizzare gli strumenti alle peculiari situazioni operative di singoli progetti archeologici, si può affermare che l’archeorobotica open hardware è probabilmente la miglior soluzione per la ricerca archeologica in contesti estremi, nonostante molti dispositivi commerciali siano ormai ampiamente accessibili sotto il profilo economico.

LUCA BEZZI, ALESSANDRO BEZZI, RUPERT GIETL,
GIUSEPPE NAPONIELLO, KATHRIN FEISTMANTL

Arc-Team

luca.bezzi@arc-team.com, alessandro.bezzi@arc-team.com,
ruppi@arc-team.com, beppenapo@arc-team.com, kathi.feistmantl@arc-team.com

BIBLIOGRAFIA

BEZZI L., BEZZI A., BOSCARO C., FEISTMANTL K., GIETL R., NAPONIELLO G., OTTATI F., DE GUZMAN M. 2018, *Commercial archaeology and 3D web technologies*, in F. GALEAZZI,

- H. RICHARDS-RISSETTO (eds.), *Web-based Infrastructure as a Collaborative Framework Across Archaeological Fieldwork, Lab Work, and Analysis*, «Journal of Field Archaeology», 43, Suppl. 1, London, Taylor & Francis, 45-59.
- BEZZI A., BEZZI L., CAMAGNA T. 2019, *Documentation and sampling strategies in underwater archaeology. General criteria and specific solutions*, in K. FISCHER-AUSSERER (ed.), CHNT 2017. *Proceedings of the 22nd Conference on Cultural Heritage and New Technologies* (Wien, 2017), Wien, Magistrat d. Stadt Wien MA 7, Stadtarchäologie, 1-15.
- BEZZI L., BEZZI A., CAMAGNA T., BERNABEI M., FORTI A. c.s.a, *Red Lake Project. Un approccio open source alla ricerca in archeologia subacquea*, in A. CORDA, A. MARRAS (eds.), *ArcheoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti dell'XI Workshop* (Cagliari 2016), Cagliari, in corso di stampa.
- BEZZI A., BEZZI L., GIETL R. 2009, *Archeologia e open source, il prossimo passo: costruire e sviluppare progetti hardware*, in P. CIGNONI, A. PALOMBINI, S. PESCARIN (eds.), *ArcheoFOSS Free and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop* (Roma 2009), «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 2, 183-193.
- BEZZI A., BEZZI L., GIETL R., PISU N. 2013, *ArcheOS and UAVP, a Free and Open Source platform for Remote Sensing: The case study of Monte S. Martino ai Campi of Riva del Garda (Italy)*, in G. EARL et al. (eds.), *Archaeology in the Digital Era. CAA 2012. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Proceedings of the 40th Conference* (Southampton 2012), Amsterdam, Amsterdam University Press, 792-799.
- BEZZI L., BEZZI A., GIETL R., FEISTMANTL K., NAPONIELLO G. 2018b, *Archeologia del Conflitto. Dai principi generali della disciplina al contesto particolare della Valle di Non*, in N. SIMONCELLI, L. BARISON, M. NEBL (eds.), *Val di Non. Sguardi sulla Grande Guerra. Arte, storia, cinematografia, archeologia, propaganda e testimonianze a cento anni dalla fine della Prima guerra mondiale*, Cles, Comunità della Val di Non, 14-37.
- BEZZI L., BEZZI A., NASCIVERA S., PAISSAN F., PERGHEM D., REYES A., ROCCO E., SAIANI A. c.s.b, *ArcheoROV. Un ROV open hardware sviluppato specificatamente per scopi archeologici*, in A. CORDA, A. MARRAS (eds.), *ArcheoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti dell'XI Workshop* (Cagliari 2016), Cagliari, in corso di stampa.
- BEZZI L., GIETL R., BONFANTI F., BEZZI A., NAPONIELLO G., FEISTMANTL K. 2018c, *La Grande Guerra sul Garda orientale. Un progetto di archeologia del conflitto*, in F. BONFANTI, R. FERRARI (eds.), *La Grande Guerra sul Garda Orientale. Operazioni belliche e vicende militari sul Lago e l'entroterra montano*, Vicenza, Edibus, 173-207.
- BLOCK-BERLITZ M., WITTCHEN D., GEHMLICH B., ZEISBERG S. c.s., *Archaeonomous. Towards semi-autonomous underwater documentations at "See am Mondsee"*, in K. FISCHER-AUSSERER (ed.), CHNT 2017. *Proceedings of the 22nd Conference on Cultural Heritage and New Technologies* (Wien 2017), Wien, Magistrat d. Stadt Wien MA 7, Stadtarchäologie, in corso di stampa.
- PISU N., BEZZI A., BEZZI L., MORAES C. 2016, *Torre dei Sicconi: progetto di ricostruzione e valorizzazione di un antico sito castellare trentino*, in P. BASSO, A. CARAVALE, P. GROSSI (eds.), *ArcheoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IX Workshop* (Verona 2014), «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 8, 263-270.

ABSTRACT

This paper presents an overview on the development and use of open hardware devices in archaeology and their operation in extreme conditions. State-of-the-art technologies are analysed, based on the working experience of the Arc-Team company, which, in 2006, started up a new branch of research, informally called Archeorobotics. The research was initially focused on open hardware radio-controlled UAVs (Unmanned Aerial Vehicle); over time different devices were developed, like ROV (Remotely Operated underwater Vehicle), USV (Unmanned Surface Vehicle), CNC (Computer Numerical Control) machine and other electronic and mechanical tools.