

Tecnologie robotiche per i beni culturali

L'ENEA è uno degli otto fondatori del Centro di Eccellenza (CdE) del Distretto Tecnologico per i Beni Culturali del Lazio, nato quale punto di aggregazione e integrazione di competenze tecnologiche applicabili alla conservazione, valorizzazione e promozione del patrimonio storico-artistico e culturale. In tale ottica sono stati banditi dei progetti di ricerca su fondi FESR; tra i vincitori vi è "LAke Heritage Knowledge and Exploration" (LAHKE), coordinato da Enea e incentrato sull'applicazione di tecnologie avanzate ad un villaggio neolitico sepolto nel lago di Bracciano.

DOI 10.12910/EAI2022-026

di Ramiro dell'Erba, Giacomo Cupertino, Luciano Blasi, *Laboratorio di Robotica e Intelligenza Artificiale - ENEA*

Uno dei settori emergenti dell'economia italiana è la valorizzazione dell'immenso patrimonio culturale posseduto dal nostro Paese attraverso nuove modalità di fruizione, conservazione e ricerca. ENEA supporta con svariate attività lo sviluppo di tecnologie applicabili ai beni culturali, a volte riutilizzabili in altri campi. **Il laboratorio di Robotica e Intelligenza Artificiale dell'Agenzia è coordinatore della rete R4 dei laboratori del DTC "Internet-of-things, robotica, intelligenza artificiale applicata alla cura e valorizzazione dei Beni Culturali", ed è impegnato da molti anni in progetti di robotica per i beni culturali che hanno ricadute anche in altri settori tecnologici [1].**

Ne sono l'esempio il passato **progetto Harness** incentrato sulla robotica subacquea che può trovare applicazioni non soltanto nella ricerca e monitoraggio ambientale, ma anche nella security e nel ritrovamento di reperti archeologici sottomarini [2] e il **progetto LAHKE** che si propone di trasferire tecnologie avanzate

alla ricerca archeologica in acque interne e marine, per mezzo di strumenti di indagine basati su **sensori trasportati da mezzi robotizzati**. Ciò avverrà tramite l'addestramento di giovani (70% del budget di 200mila euro), la diffusione dei risultati e del metodo di ricerca (10% del budget) e con la partecipazione di ditte operanti nel settore affinché beneficino del trasferimento tecnologico da parte degli enti di ricerca.

Un sito archeologico di grande valore storico

Il progetto ha una durata di 18 mesi (ma è stata richiesta una proroga, a seguito dei ritardi causati dal Covid) e consentirà anche di sviluppare **documentazione di tipo multimediale** riguardante il sito archeologico della Marmotta sepolto nel lago di Bracciano, **di grande valore storico** ed estremamente ricco di reperti e conoscenze sulle popolazioni locali e solo parzialmente esplorato, grazie a progetti proposti e curati dal Museo delle Civiltà (partner del

progetto), negli ultimi diciotto anni. Durante questo periodo, con il supporto di sub, sono stati portati alla luce **manufatti e testimonianze di insediamenti neolitici di circa 8000 anni fa [3]** che hanno consentito di ricostruire una parte importante della storia di quel periodo, non limitata alla località, ma con evidenti indicazioni di connessioni con molte altre civiltà del periodo anche al di fuori della penisola; ha permesso inoltre di acquisire una dotazione di reperti che ha reso possibile al Museo di esporre i risultati ottenuti ai visitatori legati al turismo culturale ed ai giovani e giovanissimi studenti fornendo, anche con tecniche multimediali, elementi preziosissimi di storia.

L'attività svolta però è stata necessariamente molto limitata rispetto al potenziale del sito. Il costo delle operazioni sviluppate con tecniche tradizionali è altissimo ed i tempi necessari elevati. Il Museo ha pertanto chiesto supporto alla ricerca al fine di completare la conoscenza relativa alla estensione del sito,



Fig. 1 Una Piroga recuperata dal Museo delle Civiltà

alla sua localizzazione più precisa in modo che futuri scavi possano essere più mirati e più economici.

ENEA, che aveva da tempo contatti con il Museo per studiare l'applicabilità di tecniche robotiche di superficie e subacquee, ha pertanto concepito, con l'aiuto del Museo, un progetto che punta ad utilizzare allo scopo tecnologie in proprio possesso, insieme a partner con i quali ha sviluppato nel tempo diverse attività di ricerca congiunta. Finalità ultima è l'analisi non invasiva a costi e tempi molto più contenuti di quelli tradizionali.

Un polo tecnologico laziale di archeologica subacquea

Per raggiungere questi obiettivi ci si è avvalsi di tre membri fondatori del DTC (ENEA, Università di Tor Vergata e CNR) in grado di fornire le tecnologie necessarie per le indagini e di due imprese che lavorano nel settore della tecnologia al servizio della valorizzazione dei beni culturali da oltre quindici anni.

Si è costruito quindi una squadra che sarà in grado non solamente di svi-

luppare la campagna di misura che è il cuore del progetto, ma anche di porre le basi per procedimenti analoghi in tutte le zone dei laghi del nord-nord ovest della Regione, dove vi sono forti indicazioni, quando non prove evidenti, di una civiltà ancora in larga misura sconosciuta. Si può prevedere anche la creazione di un eventuale polo tecnologico laziale di archeologica subacquea.

Il partenariato del Progetto è così costituito:

- Enea TERIN-SEN-RIA (Capofila)
- CNR Istituto di Acustica e Sensoristica "Orso Mario Corbino" (IDASC) Area della Ricerca CNR di Roma - Tor Vergata
- UniRoma 2 Tor Vergata Dipartimento di Ingegneria Elettronica
- Museo delle Civiltà L. Pigorini
- Ditta SUPERELECTRIC S.R.L.
- Ditta ES srl PROGETTI E SISTEMI

Il villaggio è sepolto da circa 10 metri di acqua e 2 di limo a circa 500 metri dalla costa; nel corso delle campagne di misura l'area sarà studiata, mediante strumenti ottici e acustici, generando una base di dati; a questi saranno poi affiancate le misure elettriche e successivamente generati documenti

multimediali per usi didattici e di ricerca. Infine sarà iniziato un tentativo di classificare e trattare i dati con strumenti di intelligenza artificiale al fine di individuare le caratteristiche delle zone più ricche per scavi futuri. Gli esperti del Museo Pigorini guideranno l'esecuzione delle campagne con la conoscenza pregressa del lavoro svolto in situ in questi ultimi venti anni. Il progetto LAHKE lavorerà in sinergia con il progetto RISES (Robotizzazione e Integrazione di Sistemi per la Esplorazione Subacquea) che insiste sulla stessa area di interesse ma con scopi leggermente diversi, maggiormente dedicati alla raccolta dei dati.

Il progetto prevede di utilizzare le seguenti tecnologie:

- Utilizzo di un sistema di un carrier robotizzato per la movimentazione della strumentazione di misura. I vantaggi, oltre alla precisione e ripetibilità delle misure, sono la elevata velocità con cui può essere esplorato e mappato un sito e il costo molto più ridotto rispetto a quello delle tecnologie tradizionali.
- Realizzazione di un modem acustico a larga banda per lo scambio di dati in acqua.
- Utilizzo di un sub bottom profiler ad alta definizione.
- Uso di un sistema di tomografia elettrica sul fondale (attualmente mediante l'uso di sub ma in prospettiva futura robotizzabile) di due tipi; uno semi tradizionale mediante cavo trascinato e un altro di tipo innovativo, di migliori prestazioni, con elettrodi piantati nel terreno e con un'emissione di energia molto più contenuta per una minore perturbazione del sistema lacustre.
- Integrazione di dati provenienti da sorgenti eterogenee per migliorare la risoluzione e per la caratterizzazione degli elementi significativi identificati (tipologia dei materiali, dislocazione dei materiali e dei manufatti).
- Fase iniziale dello sviluppo di tec-

nologie per la classificazione automatica e l'analisi intelligente dei dati al fine di disporre di capacità predittive sul «dove scavare»; tale sistema dovrebbe consentire, sulla base dei primi dati raccolti e/o di quelli già esistenti, di concentrare l'esplorazione ed il monitoraggio su aree con la massima probabilità di ritrovamento di manufatti e informazioni storiche.

Attività di divulgazione e ruolo dei soggetti coinvolti

È prevista un'attività di divulgazione della conoscenza acquisita che vedono la collaborazione non solamente del team proponente ma anche delle autorità locali, che hanno la responsabilità di gestione del territorio e che sono disposte ad investire per valorizzarlo ulteriormente. Pertanto si prevede di sviluppare documentazione di tipo multimediale mediante l'uso di tecniche di story telling, per presentare non solamente i risultati della ricerca, ma la ricerca stessa in-

tesa come sfida per l'acquisizione di nuove conoscenze predisponendo materiale che potrebbe essere utilizzato in tempi successivi anche per la realizzazione di documentari a diffusione televisiva e/o sulla Rete.

Le mansioni dei partner possono essere così ripartite. **Il museo Pigorini è il punto di riferimento culturale del progetto.** Ha funzione di consulenza e di sostegno della validità della ricerca e cura gli aspetti di diffusione (Animazioni e altro) mantenendo i contatti con il territorio (comune di Anguillara, Ente Parco, etc...). ENEA cura l'allestimento, l'esercizio ed eventuali sviluppi specifici della strumentazione robotica avvalendosi sia di sistemi commerciali che di strumenti sviluppati nei propri laboratori. Uni-Roma2 si occupa prevalentemente del **modem acustico ad alta capacità**, il cui sviluppo è iniziato in passato congiuntamente con ENEA e che sarà utile per guidare gli archeologi in operazioni da remoto. Il CNR cura gli aspetti teorici e pratici della tomografia elettrica sia tradizionale che inno-

vativa, mediante elettrodi piantati sul fondo del lago. **SuperElectric** adatterà al carrier usato per l'acquisizione dati previsto dal progetto il proprio sistema di pianificazione di missione per droni. Es Sistemi curerà l'integrazione dei dati raccolti e di quelli esistenti (materiale acquisito da campagne precedenti), per una classificazione intelligente e predittiva e supporterà con la sua esperienza sul campo di scavo la campagna sul lago.

Data la rilevanza del sito archeologico, sono già operativi progetti di collaborazione per lo studio dei reperti già disponibili tra il museo Pigorini e importanti università straniere (CSIC Spagna, Dipartimento Archeologia) già attivi sul sito e interessati a contribuire al progetto. Questi soggetti saranno coinvolti nell'analisi dei risultati garantendo un elevato livello di internazionalizzazione e la possibilità di creare un network capace di proporre progetti anche nei programmi di finanziamento europei.

Per info: ramiro.dellerba@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. R. Dell'Erba, C. Moriconi, and A. Trocciola, 'CAN ROBOTIC TECHNOLOGY SAVE CULTURAL ASSETS SUBMERGED?', ARCHEOMATICA-TECNOLOGIE PER I BENI CULTURALI, vol. 9, no. 3, pp. 22-26, 2018.
2. C. Moriconi and R. dell'Erba, 'The Localization Problem for Harness: A Multipurpose Robotic Swarm', in SENSORCOMM 2012, The Sixth International Conference on Sensor Technologies and Applications, 2012, pp. 327-333 [Online]. Available: http://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=sensorcomm_2012_14_20_10138. [Accessed: Apr. 04, 2014]
3. M. A. Delpino and M. Mineo, "La piroga neolitica del lago di Bracciano ("La Marmotta 1"); con M.Mineo, in B.P.I., 86', pp. 197-266, Jan. 1995.