

## Sistema integrato UAV - UTV per il monitoraggio geo-ambientale costiero

Cosimo Cagnazzo <sup>(a)</sup>, Ettore Potente <sup>(a)</sup>, Giuseppe Mastronuzzi <sup>(a)</sup>,  
Sabino Rosato <sup>(b)</sup>, Roberto Marangi <sup>(b)</sup>, Leonardo Aquaro <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Via Orabona 4, 70125 Bari, *e-mail*: cosimo.cagnazzo@uniba.it

<sup>(b)</sup> Serveco s.r.l., Viale delle Imprese 3, 74020 Montemesola, *e-mail*: s.rosato@serveco.it

### Abstract

Il lavoro rientra nell'ambito del progetto di ricerca industriale della Scuola di Dottorato in Geoscienze dal titolo "SIAT – Sistema Integrato UAV/UTV a controllo remoto per la valutazione della dispersione di inquinanti in ambiente costiero ai fini di bonifica" in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli studi di Bari, Serveco S.r.l e il LETG di Rennes e si propone di sviluppare nuove tecnologie di monitoraggio e di analisi dell'impatto antropico sui sistemi costieri e di mettere a punto un sistema multisensoriale impiegabile da portatori di interesse sulla fascia costiera.

### Introduzione

L'ambiente costiero, nelle sue componenti fisiche e biologiche, è il luogo in cui litosfera, atmosfera e idrosfera mostrano tra loro l'interazione massima e in cui il risultato geo-ambientale è rappresentato dall'equilibrio di tutto il sistema, governato da processi dinamici in continua evoluzione stagionale. La distribuzione in mare e lungo la costa di sostanze fluide e plastiche (Marine Litter) derivanti da una normale attività antropica oltre ad essere un problema riconosciuto a scala globale, può determinare la perdita del valore di aree costiere. Nel corso del tempo è diventato sempre più importante avere informazioni relative all'origine e alla distribuzione temporale e spaziale di potenziali presenze di sostanze inquinanti lungo le coste, e per questo si sono implementate attività innovative di monitoraggio e controllo.

Le tecniche di individuazione di sostanze inquinanti attraverso l'ausilio di molteplici sensori installati sia su sistemi a pilotaggio remoto aereo (UAV) che terrestre (UTV) costituiscono una nuova metodologia di indagine che può sostituire in molti casi il rilievo diretto da parte dell'uomo, azzerando così il rischio di perdite di vite umane in scenari pericolosi. Rispetto ai sistemi satellitari, essi hanno il vantaggio di avere una risoluzione maggiore e un impiego caratterizzato da elevata versatilità per i tempi di dispiegamento.

Per tutti i test e le prove sperimentali, e considerando l'importanza ecologica, sono state selezionate due aree appartenenti a due aree marine protette situate sulla costa adriatica pugliese (Parco Dune Costiere) e sulla costa ionica lucana (Oasi WWF Herakleia).

### **Inquadramento geografico-geologico delle aree test**

Il Parco delle Dune Costiere è un'area marina protetta situata lungo la costa adriatica della Puglia a nord di Brindisi, fra Torre Canne e Torre San Leonardo al piede dell'altopiano delle Murge. Il territorio ricadente nel Parco delle Dune Costiere è modellata sulla Calcarenite di Gravina, ed ha le spalle, nell'entroterra, una serie di superfici di abrasione la più alta delle quali è situata a ridosso della ripida pendice che collega l'altopiano delle Murge alla piana costiera. Sulla base di queste superfici si conservano sedimenti di spiaggia, depositi di duna e retroduna (Mastronuzzi G. et al., 2001). La duna forma un cordone allungato NO-SE parallelamente alla linea di costa, che raggiunge la quota di 17 m nella parte centrale dell'ampia Baia di Torre Canne e la massima ampiezza, una cinquantina di metri, in corrispondenza dell'estremità meridionale della stessa baia. In questo settore, si riscontra anche la massima profondità della spiaggia attuale e la massima dimensione della duna corrispondente. Alle spalle del cordone, si conservano sabbie continentali giallo-rossastre dello stagno retrodunare, spesse circa 4 m ricche di pisoliti e di noduli di manganese. Il cordone dunare è tagliato da solchi fluviali corrispondenti al prolungamento verso mare delle lame incise nelle calcareniti più a monte il cui talweg è riempito da depositi colluviali.

L' Oasi WWF Herakleia è situata sulla costa ionica della Basilicata nel comune di Policoro (MT) nelle immediate vicinanze della foce del fiume Sinni, in un Sito d'Importanza Comunitaria e in una Zona di Protezione Speciale (SIC-ZPS IT9220055) e si estende per circa 21 ettari all'interno della Riserva Naturale Regionale.

Essa racchiude uno degli ultimi boschi allagati costieri del nostro Paese ed è caratterizzata dalla presenza di depositi marini terrazzati, generalmente inclinati verso NE, di età compresa fra il Pliocene superiore e l'Olocene. I depositi marini terrazzati rappresentano geneticamente la sedimentazione di un sistema litorale aperto con facies di spiaggia da sottomarina ad emersa.

La fascia costiera dell'area, che si estende per una larghezza mediamente compresa fra poche decine di metri fino ad un massimo di circa 200 m, è caratterizzata dalla presenza di dune costiere e spiagge attuali costituite prevalentemente da sabbie di colore giallo-ocra, talora debolmente cementate, con inclusioni ghiaiose.



*Figura 1 – Aree test: Parco Dune Costiere (a sinistra), Oasi WWF Herakleia (a destra)*

## Metodologia

E' stato implementato un sistema integrato UAV-UTV con una prima serie di sensori per il monitoraggio ambientale dell'area di studio e capace di trasmettere una serie di informazioni ad una *ground station* ricevente. In particolare, sul mezzo aereo (UAV) è stata montata una fotocamera capace di acquisire fotogrammi con una risoluzione elevata (a parità di quota di volo) mentre sul mezzo terrestre (UTV) è stata installata una termocamera, la quale come output restituisce dei termogrammi che rappresentano la distribuzione della temperatura superficiale dei corpi presenti nell'area di indagine (Distefano, 2009) (Lega, 2009).

Il post-processing dei fotogrammi è stato svolto con il software open source MicMac sviluppato dall'Istituto Geografico Francese (IGN) in ambiente Linux utilizzando il sistema operativo Ubuntu 16.04 e seguendo la procedura fotogrammetrica di seguito riportata:

- ∞ individuazione dei punti omologhi tra i fotogrammi;
- ∞ orientazione interna e relativa dei fotogrammi che consente la creazione di una nuvola di punti sparsa;
- ∞ georeferenziazione delle foto attraverso la trasformazione delle coordinate immagine in coordinate oggetto;
- ∞ creazione di una nuvola di punti densa .ply e una mappa di profondità corrispondente al DEM;
- ∞ creazione di un'ortofoto georeferenzata;

Per la validazione dei risultati, ottenuti attraverso l'elaborazione effettuata con MicMac (Rupnik, 2017) sono stati utilizzati altri software open source quali QGIS, Cloud Compare e Meshlab.

Il post-processing dei termogrammi, invece, è stato svolto con il software FLIR Tools (Jaspers, 2017) che ha consentito le seguenti elaborazioni:

- ∞ inserimento dei valori dei fattori di correzione (valore di emissività, temperatura atmosferica, ecc);
- ∞ estrapolazione di informazioni radiometriche per ogni acquisizione;
- ∞ variazione della scala dei valori di temperatura;
- ∞ variazione della scala dei colori dell'immagine termica.

## Risultati e Discussione

Le elaborazioni fotogrammetriche hanno consentito l'inquadramento aggiornato dell'area di studio dal punto di vista cartografico e sono di seguito riportati i risultati ottenuti alla fine della fase di processamento.

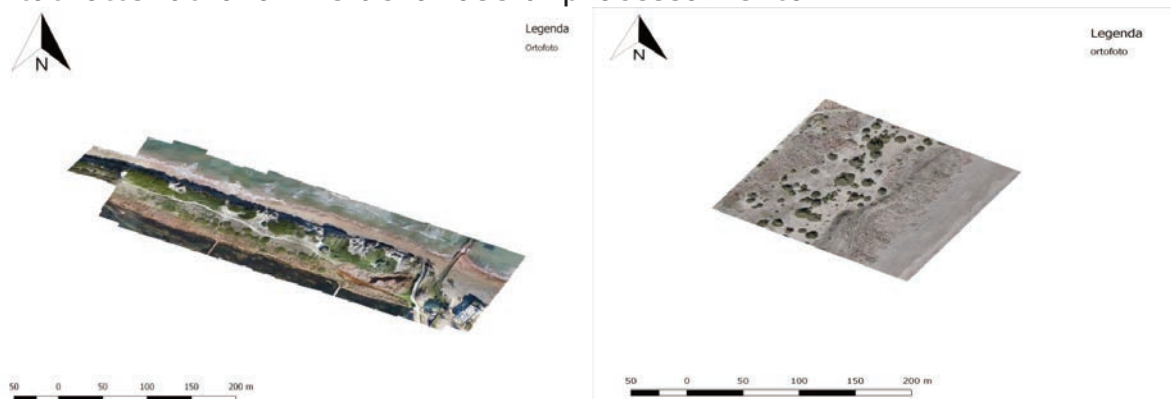


Figura 2 – Ortofoto: Parco Dune Costiere (a sinistra), Oasi WWF Herakleia (a destra)



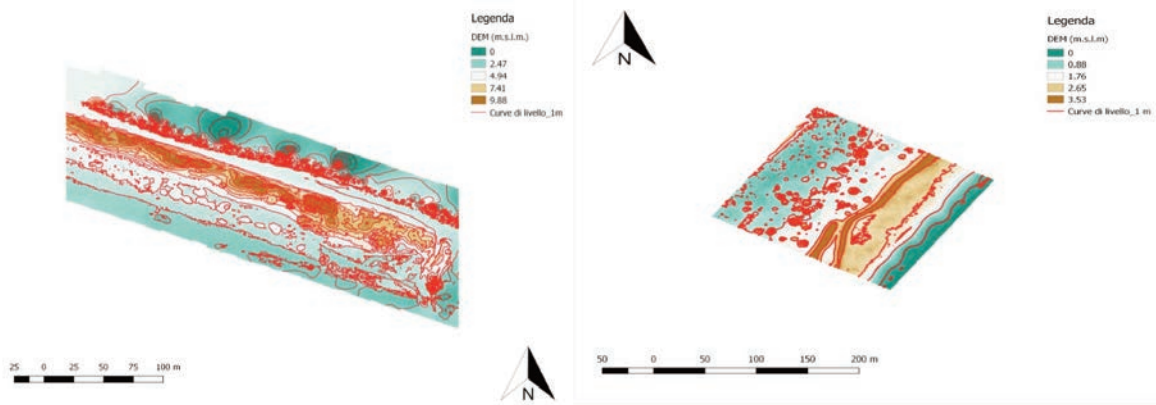


Figura 3 – DEM con isoipse: Parco Dune Costiere (a sinistra), Oasi WWF Herakleia (a destra)

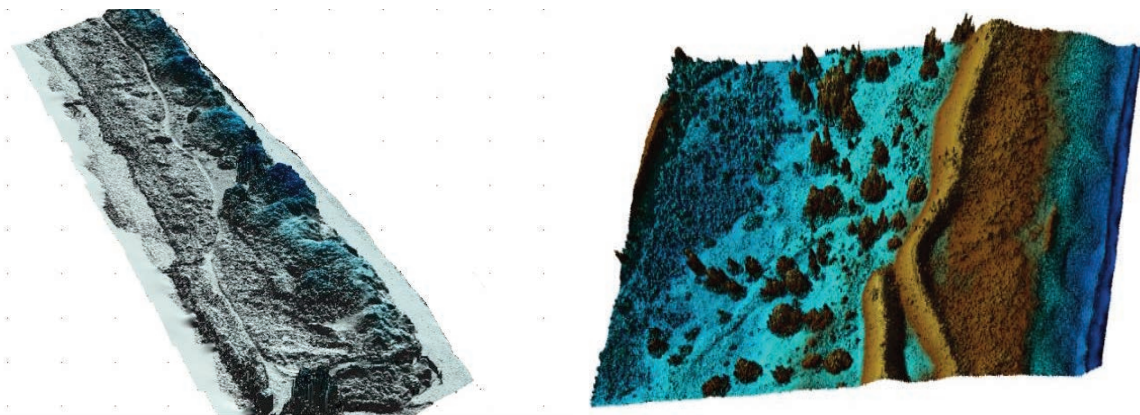
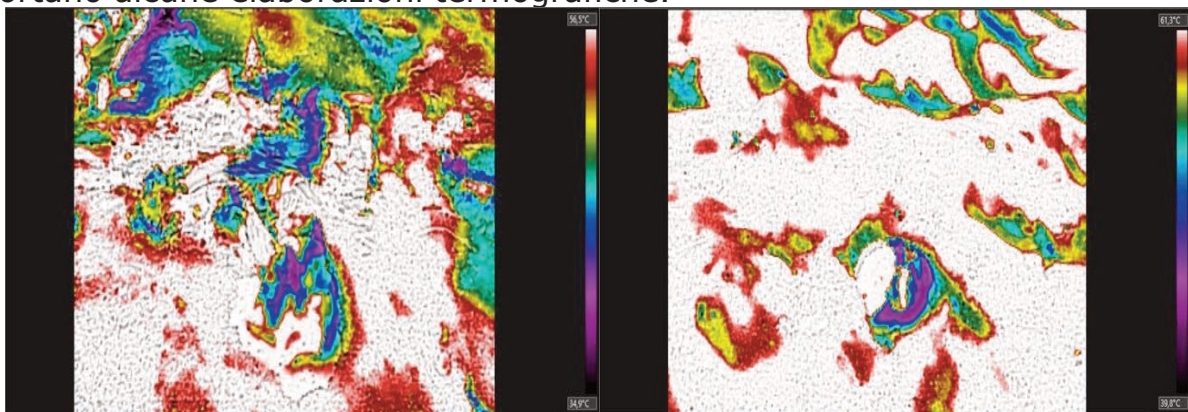


Figura 4 – Modello 3D: Parco Dune Costiere (a sinistra), Oasi WWF Herakleia (a destra)

Inoltre, la termocamera installata sul rover terrestre ha permesso una preliminare mappatura termica dell’ambiente costiero emerso indagato, dalla quale sono emerse alcune anomalie termiche imputabili a sostanze e/o materiali ritenuti potenzialmente inquinanti per l’ecosistema. Di seguito si riportano alcune elaborazioni termografiche.



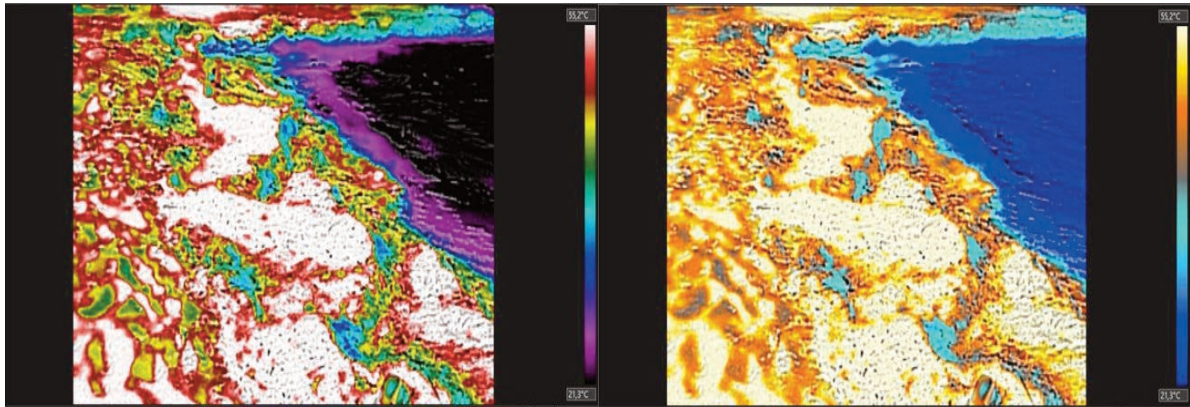


Figura 5 – Immagini termiche: Parco Dune Costiere

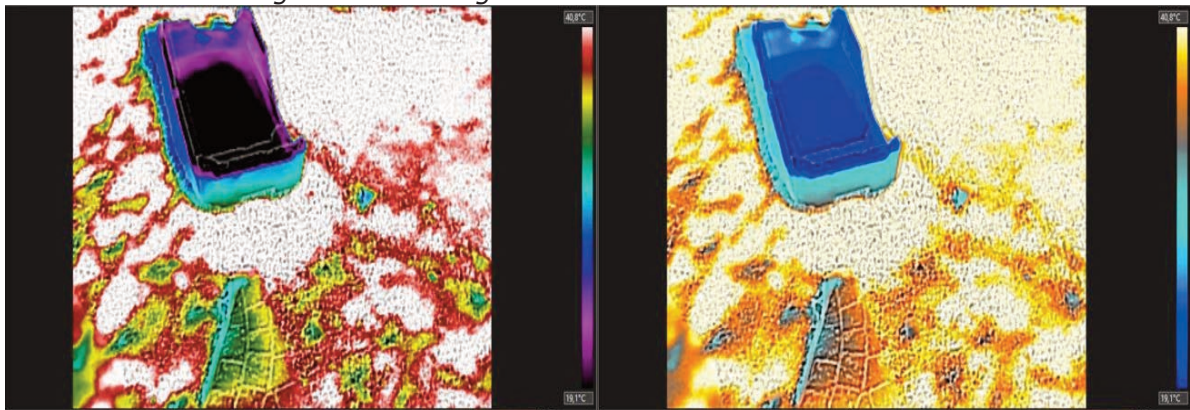


Figura 6 – Immagini termiche: Oasi WWF Herakleia

Dalle immagini termiche sopra riportate si evincono alcune anomalie termiche rispetto al *target* di riferimento (sabbia) caratterizzata da una distribuzione termica più omogenea (colore bianco).

Inoltre, su alcune immagini termiche la variazione di  $\Delta T$  indagato con la conseguente variazione cromatica hanno permesso di riconoscere ulteriori anomalie termiche rispetto al *background* sabbioso, in primo luogo non visibili (Figura 6).

Questo lavoro ha permesso di testare l'utilizzo di nuovi sistemi innovativi per il monitoraggio del territorio. Esso rappresenta la fase iniziale del progetto di ricerca, sopra descritto, che concentrerà la sua mission sul monitoraggio ambientale ed in particolar modo sull'identificazione di inquinanti lungo la fascia costiera anche attraverso l'ausilio di ulteriori payload da installare su mezzi UAV e UTV.

Tutto ciò potrebbe fornire alle autorità competenti un nuovo sistema di monitoraggio tecnologico ed innovativo volto alla tutela di aree naturalistiche protette e alla corretta gestione di eventuali aree a rischio antropico e geo-ambientale.

### Riferimenti bibliografici

Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P.,(2001), "Evoluzione morfologica della fascia costiera di Torre Canne (Puglia adriatica)", Studi Costieri, 4, 19-31.  
Distefano G., (2009), "The use of IR and visible station to monitor and prevent sea coast and sea water pollution in high risks sites", InfraMation proceedings.

Lega M., (2009), "Aerial infrared thermography in the surface waters contamination monitoring", Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology, A727-A734.

Rupnik E., Daakir M., Deseilligny M.P.,(2017), "MicMac - a free, open source solution for photogrammetry", Open Geospatial Data, Software and Standards 2.

Jaspers M.E.H, Carriere M.E., Meij de-Vries A., Klaessens J.H.G.M., Van Zuijlen P.P.M.,(2017), "The FLIR ONE thermal imager for the assessment of burn wounds: Reliability and validity study", Elsevier.