# L'elaborazione di immagini iperspettrali e da sensore termico per l'analisi e la caratterizzazione dell'ambiente costiero.

Delia Evelina Bruno (*), Nicola Dongiovanni (**), Vito Felice Uricchio (*)

(*) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque, V.le F. De Blasio n°5, 70123 Bari, tel. 0805820506 - 0805820511, fax 0805313365, e-mail delia.bruno@ba.irsa.cnr.it, vito.uricchio@ba.irsa.cnr.it;
(**) Sistemi Informativi Territoriali, srl, Via Giovanni XXIII, 4 70015 Noci, tel. 080 4976098, fax 0804970758 , e-mail: n.dongiovanni@sit-puglia.it

**Riassunto:**
La lettura integrata delle informazioni acquisite da diversi sensori montati su piattaforma aerea, ha consentito l'analisi e la caratterizzazione di un particolare ambiente costiero. La sperimentazione è stata condotta su una fascia litoranea della costa ionica pugliese integrando le differenti informazioni spettrali. I dati sono stati rilevati con diverse tipologie di sensore digitale: iperspettrale (CASI 1) e termico (TABI 320). La fase di osservazione è avvenuta individuando gli elementi di caratterizzazione territoriale ed ambientale e verificando le relazioni di mutuo riscontro tra i differenti dati. Ciò ha consentito una più completa interpretazione dei dati rendendo l'analisi e la caratterizzazione del territorio precisa, affidabile e rapida. Ulteriore valore aggiunto di tale procedura è rappresentato dalla riduzione delle verifiche in loco, valutando l'efficacia dell'articolata metodologia nel contesto operativo testato. Alla luce di questi primi risultati, il presente contributo si pone alla base di un'attività di ricerca volta alla valutazione della possibilità di utilizzo ed integrazione di differenti dati da piattaforma aerea e satellitare in relazione a possibili scenari applicativi ed operativi.

***Abstract:***
*Reading of integrated informations acquired by different sensors on aerial platform, has enabled analysis and characterization of a particular coastal zone. The experiment was conducted on a ionian sector of apulian coast, integrating different spectral informations. The data were collected by different types of digital sensors: hyperspectral (CASI 1) and thermal (TABI 320). Observation was made identifying the territorial and environmental elements and monitoring the relationship of mutual feedback between different data. This allowed a more data interpretation making analysis and characterization of territory accurate, reliable and fast. Added value of this procedure is the reduction of controls, evaluating the effectiveness of articulate methodology tested in the operational context. In light of these first results, this contribution can be considered a basis of a research aimed to assess the usability and integration of different data by aerial and satellite platform in relation to possible applicative and operational scenarios.*

L'obiettivo di questa prima fase della ricerca è consistito nell'acquisizione immagini iperspettrali (nel *range* di lunghezze d'onda [1]Vis-NIR) e termiche ([2]TIR) con sensori di tipo *pushbroom* finalizzate all'analisi dell'ambiente costiero relativamente ad un tratto della fascia ionica pugliese.
Per l'elaborazione dei dati iperspettrali, sono stati impiegati i sensori prodotti da ITRES, quali il CASI-1500 ed il TABI-320.

[1] Visibile
[2] Thermal InfraRed

La fase di acquisizione e di successiva pre-elaborazione dati si è articolata nelle seguenti fasi: individuazione dell'area da rilevare; definizione dei canali e relativi *ranges* spettrali con cui acquisire le immagini sull'area selezionata; pianificazione ed esecuzione della campagna aerea; pre-elaborazione delle immagini CASI e TABI acquisite; produzione del *set* di immagini per l'interpretazione.

**Aree di ripresa**

L'area su cui è stata eseguita la campagna aerea è stata localizzata nell'area salentina della regione Puglia, esattamente lungo la fascia del litorale costiera del Comune di Manduria (TA), per una lunghezza di circa 4.5 km (Fig. 1).

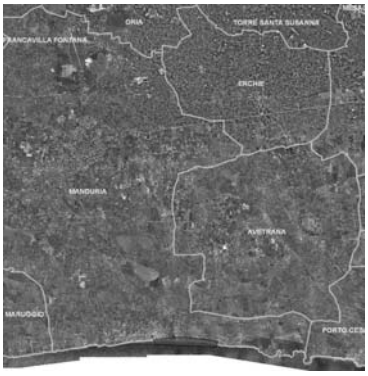


*Fig. 1: Inquadramento generale dell'area in esame*

**Definizione della configurazione di acquisizione**

In questa fase del lavoro sono state affrontate l'allocazione e la definizione del numero dei canali con cui eseguire l'acquisizione. Il sensore CASI-1500 ha offerto 2 modalità operative per l'acquisizione delle immagini: spaziale e spettrale. La configurazione spaziale ha permesso di definire numero, allocazione ed ampiezza di ciascuna delle bande di acquisizione compatibilmente con le condizioni imposte dalla risoluzione geometrica del *pixel* al suolo desiderato e dei tempi di integrazione richiesti per la rilevazione dell'energia radiante riflessa dal suolo. La modalità spettrale è rivolta a massimizzare il numero di canali spettrali acquisibili compatibilmente con le condizioni di cui si è già detto sopra: in questo caso l'allocazione delle bande è distribuita uniformemente su tutto il *range* spettrale disponibile e la larghezza di banda è identica per tutti i canali.
La configurazione del CASI-1500 prescelta è stata quindi la seguente (Fig. 2):

| N° canali | Ampiezza banda [nm] | Vel. Aereo [kt] | Dim. Pixel [m] | Ampiezza immagine [m] |
|---|---|---|---|---|
| 48 | 14 | 100 | 1.0 | 1500 |

*Fig. 2: Configurazione sensore CASI-1500*

Per quanto riguarda il sensore termico TABI, questo dispone di una sola banda di acquisizione allocata tra 8 e 12 micrometri (μm). La configurazione di acquisizione è stata volta a massimizzare sia la risoluzione radiometrica che quella spaziale dei *pixel* acquisiti. Dopo una preventiva valutazione delle condizioni ambientali delle aree *test* si è scelto di operare con il TABI in mode 0, ovvero nella modalità che permette di conseguire la massima risoluzione termica pari a circa 0,01°C. Il volo di acquisizione è stato inoltre pianificato ad una quota pari a 360 m s.l.t. ed a circa 115 Kt per ottenere una risoluzione del *pixel* al suolo pari a circa 1m.

**Strumentazione**
I sensori impiegati per l'acquisizione delle immagini e dei dati ausiliari di posizionamento ed orientamento sono stati: il CASI-1500 (*Compact Airborne Spectrographic Imager*) caratterizzato da un CCD di 1500 elementi (*pixel*) per la parte del *range* spettrale VIS-NIR; il TABI-320 per la componente termica; il POS/AV (Positioning and Orientation System), utile per la determinazione della posizione e dell'assetto del velivolo, integra una unità inerziale con dati GPS (differenziali con l'utilizzo di una stazione GPS base di riferimento) e fornisce dati compensati di posizione e orientamento. Il POS calcola in tempo reale la posizione (latitudine, longitudine e quota) e l'orientamento esterno (*roll, pitch e heading*) utilizzando un algoritmo di navigazione inerziale basato su filtri di *Kalman*.

**Campagna aerea di acquisizione**
Le principali attività svolte per l'effettuazione della campagna aerea di acquisizione delle immagini CASI e TABI sono state: la realizzazione del piano di volo, la calibrazione geometrica della strumentazione, la ripresa aerea e la geocodifica dei dati.
Il telerilevamento da aereo è complesso, ma offre molta flessibilità: una migliore risoluzione geometrica, una maggiore precisione nella definizione della rotta, la possibilità di definire giorno e ora di volo (Arman, Eccel, 2007).
Per "Piano di volo" s'intende la definizione delle strisciate da volare, la quota di volo e la velocità dell'aeromobile durante la ripresa. I requisiti soddisfatti per l'allocazione di tali strisciate sono stati: la completa copertura dell'area d'interesse tenendo conto anche di eventuali errori di navigazione dovuti a dati GPS; la Risoluzione a terra corrispondente ad una dimensione del *pixel* pari a quella definita in fase di configurazione.
Nelle figure 3 e 4 è riportato il piano di volo pianificato.

*Fig. 3 - Piano di volo CASI*

*Fig. 4 - Piano di volo TABI*

Tenendo conto delle configurazioni definite, delle caratteristiche di ripresa dei sensori (CASI-1500 [3]FOV=40,2°; TABI-320 FOV=47°) e della morfologia e altimetria delle aree i voli sono stati pianificati come segue (Figure 5 e 6):

| Area | Velocità [kt] | Quota s.l.t. [m] |
|---|---|---|
| Litorale costiero | 100 | 2100 |

*Fig. 5 - Caratteristiche del volo acquisizione CASI 1500*

| Area test | Velocità [kt] | Quota s.l.t. [m] |
|---|---|---|
| Litorale costiero | 115 | 720 |

*Fig.6 - Caratteristiche del volo acquisizione TABI-320*

[3] Fiel Of View

**Calibrazione geometrica della strumentazione**
Il sistema integrato CASI/TABI-POS necessita di una attività di calibrazione geometrica allo scopo di calcolare esattamente l'orientamento delle camere rispetto al sistema di riferimento dell'unità inerziale utilizzata per acquisire le informazioni di assetto del velivolo durante l'acquisizione delle immagini. La calibrazione è stata realizzata effettuando una ripresa su un'area dove sono presenti dei punti di appoggio di coordinate note. Tale calibrazione è stata fatta su un'area nelle vicinanze dell'aeroporto di Napoli.

**Ripresa aerea e geocodifica**
L'intera ripresa è stata realizzata nel corso di una campagna aerea che si è svolta nel Marzo del 2009. Le condizioni meteorologiche particolarmente instabili che hanno caratterizzato il periodo invernale non hanno consentito l'effettuazione delle riprese prima di tale data.
In particolare, le immagini sono state acquisite in un arco temporale compreso tra le ore 12:00 e le 13:30 con condizioni meteo caratterizzate da parziale copertura nuvolosa e da consistente umidità che ha ridotto la visibilità ad una distanza stimata di circa 20 km. L'acquisizione delle immagini è stata effettuata a bordo di un Partenavia P68 della Nuova Avioriprese.
Le immagini acquisite hanno subito un processo di pre-elaborazione volto a correggere gli errori di natura radiometrica e geometrica effettuando successivamente la georeferenziazione delle stesse. Le principali attività svolte sono state: correzione differenziale dei dati GPS, processamento dei dati inerziali, calibrazione radiometrica delle immagini acquisite (che hanno permesso di ottenere delle immagini calibrate in radianza) ortorettificazione.

**Presentazione dei dati e discussione**
Le immagini digitali prodotte sono state analizzate ed opportunamente classificate, evidenziando altresì elementi riferiti alla morfologia della costa al di sotto della quota del livello del mare (Fig. 7), alla trasparenza/torbidità delle acque ed alla presenza di clorofilla (Fig. 8, 9), di rilevare la diversa concentrazione dei sedimenti in sospensione (Figg. 10, 11).
Per quanto riguarda le bande utilizzate, le carte della clorofilla e dei sedimenti sono state ottenute utilizzando rispettivamente il seguente rapporto di bande:
B1=672±7.2nm e B2=686.9±7.1nm
B1=672±7.2nm (B2=686.9±7.1nm, B3=701.2±7.1nm, B4=729.7±7.1nm)
Le tre immagini ricavate con il Casi, se confrontate, mettono in evidenza la presenza di una duna sommersa.

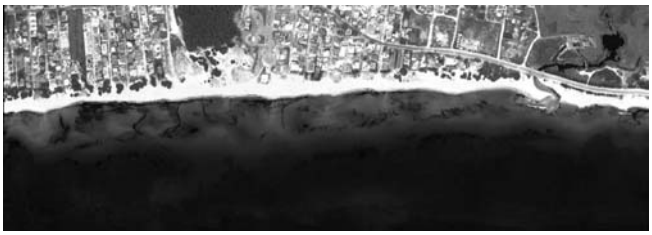

*Fig. 7 – Sea-bottom (CASI)*

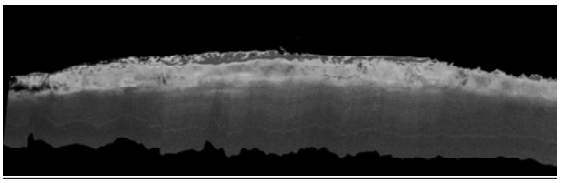

*Fig. 8 – Concentrazione di clorofilla (CASI)*

*Fig. 9 – Codifica dei colori utilizzati per la carta della clorofilla (la concentrazione aumenta spostandosi verso destra).*

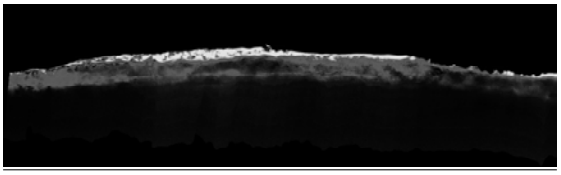

*Fig. 10 – Concentrazione dei sedimenti in sospensione (CASI)*

*Fig. 11 – Codifica dei colori utilizzati per la carta dei sedimenti in sospensione (la concentrazione aumenta spostandosi verso destra)*

Il Tabi, invece, ha permesso di osservare anomalie termiche (Fig. 12) lungo tutto il tratto di costa esaminato. Tale andamento fa supporre che, a partire da ovest, ci sia una fuoriuscita diffusa di scarichi a riva, lo sbocco a mare di un canale e un'altra sorgente puntuale, che coincide probabilmente con uno scarico isolato.

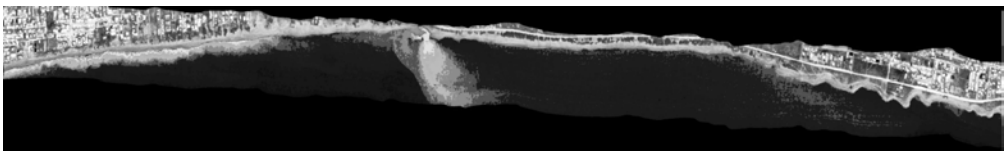

*Fig. 12 – Immagine all'infrarosso termico (TABI)*

**Conclusioni**

Le immagini iperspettrali georiferite ricavate mediante l'utilizzo di sensori CASI e TABI rappresentano la base dati su cui iniziare le diverse analisi per la produzione di carte tematiche a valor aggiunto. La natura digitale della sensoristica impiegata, unitamente alle elevate *performance* S/N dei sensori, pur in presenza di condizioni meteorologiche non ottimali, hanno comunque permesso di effettuare l'acquisizione dimostrando l'operatività dei sistemi impiegati.

I diversi contenuti informativi, confrontati, hanno consentito di ricavare informazioni sulla morfologia della costa emersa e soprattutto sommersa, per poi integrarle con dati relativi alla concentrazione dei sedimenti e del quantitativo di clorofilla.

Sarebbe interessante come passo successivo a questo primo *step*, ricavare informazioni sulla salinità da confrontare con i risultati ottenuti dall'interpretazione delle immagini termiche. Ciò potrebbe consentire un ulteriore riscontro fornendo validi spunti per ulteriori indagini da effettuare mediante sensori.

**Riferimenti bibliografici**

Arman G., Eccel E. (2007), "*Il telerilevamento all'infrarosso per la mappatura delle temperature minime ad elevato dettaglio territoriale*", Progetto "GEPRI"- WP3: Miglioramento della previsione delle temperature minime, Giornata di studio "Gepri" – San Michele, 15 Gennaio 2007.