



SCHEDA TECNICA Requisiti della fornitura

1. Fabbisogno

L'obiettivo del progetto SHINE è rafforzare il sistema italiano di infrastruttura per il patrimonio culturale attraverso metodologie e tecnologie d'avanguardia per la conoscenza, gestione, fruizione e conservazione del patrimonio culturale tangibile. Il potenziamento distribuito su scala territoriale e nazionale dei principali poli di eccellenza prevede la messa in opera di laboratori e la loro integrazione nell'infrastruttura nazionale ed europea E-RIHS. Nel caso specifico della piattaforma MOLAB, ovvero l'insieme di strumentazioni mobili e non invasive per lo studio di opere di interesse storico artistico ed archeologico non trasportabili e non campionabili, il potenziamento si focalizzerà sulle nuove tecnologie portatili di *hyperspectral imaging*.

Quest'ultime in modo innovativo permettono lo studio, dalla macro alla micro scala, di materiali storico artistici caratterizzati da elevata complessità ed eterogeneità compositiva in situ senza la necessità di trasportare l'oggetto in laboratorio. L'avanzamento tecnologico nel corso degli ultimi 15 anni ha permesso il passaggio dall'*imaging* fotografico all'*imaging* multi banda (ovvero alla registrazione di una serie di immagini a valori discreti di energie nella zona del visibile e vicino infrarosso) aumentando l'informazione compositiva contenuta nelle immagini ottenibili. Negli ultimi anni l'evoluzione successiva è stata il passaggio alle tecniche iperspettrali, ovvero capaci di associare alle immagini uno specifico *pattern* identificativo spettrale/compositiva diventando la nuova frontiera delle metodologie analitiche non invasive nelle scienze dei beni culturali.

La piattaforma MOLAB ha già in dotazione un sistema di *imaging* che copre la finestra spettrale del visibile (400-1200 nm). Per potenziare la piattaforma saranno acquistate due ulteriori camere per coprire l'ampio intervallo spettrale comprendente il vicino infrarosso-NIR, il così detto *short wave infrared-SWIR* (900-2500 nm) e il medio infrarosso-IR (3000-12000 nm circa). La copertura di tutto l'intervallo spettrale VIS-NIR- SWIR-IR consente l'acquisizione, in maniera non invasiva e su tutta la superficie di un manufatto, di informazioni analitiche specifiche per tutti i materiali che costituiscono, ad esempio, un oggetto policromo fornendo delle immagini ad elevata informazione chimica.

Nello specifico caso della regione SWIR, lo studio delle proprietà ottiche dei materiali in riflettanza e in luminescenza in questo *range* spettrale fornisce informazioni molecolari sia sui pigmenti (ad esempio bande di assorbimento elettroniche a bassa energia come quelle dei pigmenti a base di cobalto, luminescenze di tutta la famiglia dei pigmenti a base di cadmio, bande vibrazionali armoniche e di combinazione di svariati pigmenti inorganici) sia sui leganti (bande vibrazionali armoniche e di combinazione dei materiali organici naturali e sintetici).

2. Requisiti tecnici

I requisiti indispensabili richiesti al sistema di *imaging* iperspettrale SWIR per soddisfare tutte le esigenze per l'uso nell'ambito della piattaforma MOLAB consistono in:

- Intervallo spettrale di indagine: da 1000 a 2500 nm. L'intervallo spettrale deve necessariamente raggiungere 2500 nm. Infatti molte camere iperspettrali disponibili in



commercio si fermano a circa 1900-2100 nm escludendo una regione con potere identificativo elevato poiché include le bande vibrazionali dei materiali organici ed inorganici.;

- Risoluzione spettrale, in termini di numero di bande raccolte nell'intervallo spettrale investigato e elemento disperdente, migliore di 5 nm. Tale risoluzione spettrale è necessaria per la distinzione di bande vibrazionali armoniche e di combinazione di materiali con assorbimenti simili, consentendone l'identificazione
- Massima portabilità in termini di peso e dimensioni per un utilizzo agevole in situ.

Le suddette caratteristiche sono indispensabili per tutta la strumentazione della piattaforma MOLAB che fonda la sua missione sulla possibilità di studiare opere uniche, fragili e preziose non solo in maniera non invasiva ma anche in situ, ove esse sono conservate evitando quindi rischi connessi al trasporto (e relativi costi associati). Di conseguenza, la portabilità e versatilità di utilizzo della strumentazione diventa una specifica tecnica importante per facilitare in piena sicurezza tutte le procedure di analisi.

A questo specifico proposito si collega la prossima caratteristica cioè

- La modalità di acquisizione deve essere di tipo "Imaging" e non di tipo "Pushbroom" (a scansione). La modalità "Pushbroom" richiede infatti l'utilizzo di un supporto motorizzato per la camera che viene movimentata in modo da scansionare l'area d'indagine con conseguente allungamento dei tempi di misura rispetto alla modalità in imaging. Il supporto motorizzato è, inoltre, un accessorio, pesante ed ingombrante, ma assolutamente necessario per l'acquisizione delle immagini iperspettrali in modalità "Pushbroom". Con sistemi di acquisizione in modalità di *imaging*, non essendo necessario un supporto motorizzato, lo strumento è più semplice da trasportare e più versatile nella sua applicazione per gli scopi desiderati.
- *Frame rate* superiore a 300 frames per second (fps). Un'elevata velocità di acquisizione permette di ottimizzare i tempi di lavoro in campagne di misura in situ.
- La distanza di lavoro della camera deve essere variabile al fine di avere massima versatilità in termini di dimensione e risoluzione dell'immagine acquisita.

3. Strumenti individuati e costi attesi

Un'accurata ed estesa indagine, effettuata utilizzando i principali motori di ricerca, le riviste specializzate e la documentazione disponibile on-line presso i produttori/distributori di camere iperspettrali, ha permesso di identificare sul mercato internazionale le seguenti soluzioni:

- a. S-EOS 2.5 - Hyperspectral Camera della Photon Etc (rivenditore italiano Criesel Instruments), range 1000-2500 nm, risoluzione spettrale migliore di 5 nm, acquisizione in modalità *imaging*, frame rate 340 fps. (<http://www.photonetc.com/en/hyperspectral-camera-s-eos.html>)
- b. Surface Optics Corporation SOC760-S, range 1000-2500 nm, risoluzione spettrale ~ 5 nm, numero di bande 400, acquisizione in "Whiskbroom". (<https://surfaceoptics.com/products/hyperspectral-imaging/soc760-vis-nir-swir/>)
- c. SPECIM SWIR SpeCam, range 1000-2500 nm, risoluzione spettrale 12 nm, numero di bande



288, acquisizione in "Pushbroom", (<https://www.specim.fi/products/swir/>)

- d. HySpex Mjolnir S-620, range 970-2500 nm, risoluzione spettrale 5.1 nm, numero di bande 300, acquisizione in "Pushbroom" (<https://www.hyspex.no/products/mjolnirS620.php>).
- e. Headwall Photonics Micro-Hyperspec (Configuration 640), range 900-2500 nm, risoluzione spettrale ~8 nm, numero di bande 267, acquisizione in "Pushbroom", (<https://cdn2.hubspot.net/hubfs/145999/June%202018%20Collateral/MicroHyperspec0418.pdf>).

Le cinque camere riportate coprono più o meno la finestra spettrale richiesta ed hanno una risoluzione spettrale che solo in due casi soddisfa i requisiti (punti a. e b.).

Tre delle cinque camere (punti c., d. ed e.) lavorano in modalità "Pushbroom" ovvero richiedono un sistema motorizzato per la movimentazione esterna della camera per eseguire la scansione della superficie indagata.

La camera SOC760-S della Surface Optics (punto b.) lavora in modalità "Whiskbroom". La scansione della superficie in esame viene infatti eseguita grazie ad uno specchio mobile interno alla camera senza che quest'ultima debba fisicamente muoversi ma solamente la camera S-EOS 2.5 della Photon Etc rivenduta dalla Criesel Instruments (punto a.) acquisisce in modalità imaging. Essa infatti è dotata di un innovativo sistema di dispersione basato su reticoli di tipo volume Bragg (volume Bragg grating-VGB, brevettati dalla stessa Photon Etc) attraverso i quali si ottiene la dispersione della radiazione in lunghezze d'onda in trasmissione acquisendo in sequenza immagini monocromatiche della superficie degli oggetti di analisi in tempi estremamente veloci. La camera infatti risulta avere un frame di circa 3 volte superiore rispetto all'opzione offerta dalla Surface Optics .

In conclusione solo la camera S-EOS 2.5 della Photon Etc rivenduta dalla Criesel Instruments (n°1) soddisfa tutti i requisiti minimi richiesti.

La Criesel Instruments propone inoltre in dotazione:

- PC portatile ad alte prestazioni per gestire l'acquisizione di dati iperspettrali;
- Software di gestione dello strumento ed analisi preliminare dei dati iperspettrali con licenza non esclusiva per essere installata su altri PC;
- Scatola dedicata per il trasporto.

Il costo atteso per l'acquisizione della fornitura, incluso trasporto ed installazione, è di circa € **221.311,48** (duecentoventunomilatrecentoundici/48), oltre IVA.

Il Responsabile Unico del Procedimento