

## Utilizzo di droni per la documentazione e la valorizzazione dei beni paesaggistici: il progetto FoGLIE

Rossana Gini (\*), Daniele Passoni (\*\*), Livio Pinto (\*\*), Giovanna Sona (\*)

(\*) Politecnico di Milano, DIAR, Polo Territoriale di Como, Via Valleggio 11, 22100 Como  
031/332 7521, rossana.gini@mail.polimi.it, giovanna.sona@polimi.it

(\*\*) Politecnico di Milano, DIAR, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano  
02/2399 6525, daniele.passoni@polimi.it, livio.pinto@polimi.it

### Riassunto

L'uso di immagini aeree acquisite con velivoli senza pilota, i cosiddetti UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*), si sta sempre più diffondendo per scopi sia descrittivi sia geometrici.

Ne è previsto, ad esempio, l'impiego all'interno del progetto FoGLIE: *Fruition of Goods Landscape in Interactive Environment*, recentemente finanziato dalla Regione Lombardia. Esso nasce dalla necessità di valorizzare il patrimonio artistico e culturale presente sul territorio lombardo, allo scopo di produrre una maggiore fruibilità dei beni culturali, artistici e naturali tramite sistemi audiovisuali di ricostruzione tridimensionale su supporto mobile, da utilizzare lungo gli itinerari di visita. Allo stesso tempo, il progetto nasce anche dall'esigenza di migliorare e distribuire il monitoraggio, avvalendosi dei nuovi mezzi di comunicazione per integrare la modalità di fruizione con quella di documentazione e salvaguardia.

FoGLIE, che ha avuto inizio nell'Ottobre del 2010 e sarà concluso in due anni, vede coinvolte alcune realtà imprenditoriali lombarde e il DIAR del Politecnico di Milano, in qualità di componente scientifica e di consulenza tecnica in ambito fotogrammetrico; il progetto si concentrerà, su una singola area test, individuata nel Parco Adda Nord che racchiude al suo interno diverse categorie di beni.

I risultati attesi sono, oltre alle ormai diffuse visualizzazioni 3D, scene in *augmented reality* e visualizzazioni a volo d'uccello, ottenute da riprese effettuate con voli *outdoor* e *indoor* di UAVs che necessitano della realizzazione di rilievi fotogrammetrici. Grazie all'utilizzo dei droni, infatti, sarà possibile rilevare informazioni ad altissima risoluzione riguardanti il paesaggio boschivo, criticità ambientali e zone non accessibili o non adeguatamente valorizzate.

Allo stato attuale, si sta sviluppando lo studio e la realizzazione di una ripresa di una zona test con diversi sensori ottici, in grado di riprendere sia la componente visibile sia quella infrarossa (IR), per validare la geometria di ripresa e per studiare le possibilità di classificazione della vegetazione.

### Abstract

The use of aerial imagery, acquired by the so-called UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), is becoming increasingly popular for both geometric and descriptive purposes.

The employment of such type of images is, for instance, scheduled within the FoGLIE project (Fruition of Goods Landscape in Interactive Environment) that was recently funded by Regione Lombardia.

The project starts from the need to enhance the natural, artistic and cultural heritage, widespread on the Lombardy's territory, and to produce a better usability of it by employing, along predetermined routes, audiovisual movable systems of 3D reconstruction. At the same time, the project comes also from the need to improve monitoring procedures by making use of new media for integrating the fruition phase with the documentation and preservation ones.

FoGLIE, which began in October 2010 and will be completed in two years, involves some Lombardy firms and DIIAR of Politecnico di Milano for scientific and technical support in the photogrammetric field; the project will focus on a single test area, Parco Adda Nord, which encloses various goods' types.

Besides the widely used 3D visualization, the expected results are augmented reality scenes and bird's eye views, which will be obtained by images taken with outdoor and indoor UAVs flights. Thus, thanks to them, it will be possible to detect very high resolution information regarding forest landscape, critical environmental situations and not accessible areas or not properly enhanced areas. Currently, it's under development the study and the implementation of a flight on a test area, with different optical sensors which provide both the visible and the infrared (IR) component, in order to validate the image block geometry and to study the feasibility of different tree species classification.

### 1. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

Come già successo per varie tecnologie originariamente nate per scopi militari, anche i cosiddetti UAVs (droni in italiano), stanno sempre più dimostrando le loro potenzialità in ambito civile, con una crescente diffusione delle immagini acquisite tramite essi anche per scopi di documentazione e modellizzazione 3D.

Sebbene numerose definizioni siano disponibili in letteratura, si può sinteticamente dire che un UAV sia "un veicolo aereo che non necessita di un operatore umano fisicamente a bordo": in particolare, esso può essere pilotato da terra o può volare in modalità autonoma/semi-autonoma o, ancora, sfruttare una combinazione di queste funzionalità (Eisenbeiss, 2009). A seconda della loro dimensione e del peso trasportabile, i droni possono essere equipaggiati con diversi sensori, incluse camere compatte amatoriali, o camere che rilevano la componente termica o infrarossa (IR) dello spettro elettromagnetico.

Va però sottolineato come proprio il limite di peso e dimensioni del *payload* possa influenzare la scelta di alcuni elementi:

- **SENSORI:** le camere amatoriali di medio o piccolo formato rappresentano senz'altro la soluzione più leggera ma, essendo solitamente meno stabili di quelle professionali, causano spesso una riduzione della qualità dell'immagine.
- **UNITÀ DI NAVIGAZIONE:** l'uso di sistemi a basso costo e leggeri spesso si traduce in una minore accuratezza nella realizzazione del volo.
- **MOTORI E ALIMENTAZIONE:** anche in questo caso, i costi e l'obiettivo di ridurre il peso comportano la scelta di motori meno potenti con limitazioni, per esempio, nell'altitudine raggiungibile, e nella durata del volo.



Figura 1 – Microdrones MD4-200 con camera compatta amatoriale.

D'altra parte, i vantaggi di queste nuove tecnologie rispetto ai voli tradizionali sono numerosi: i bassi costi, la manovrabilità, la possibilità di essere programmati per compiere missioni in modo autonomo e di non richiedere piloti qualificati a bordo sono caratteristiche che li rendono strumenti ideali per situazioni pericolose per la vita umana, o per località non accessibili con mezzi aerei. Si pensi, ad esempio, ai disastri naturali e non: dalle aree vulcaniche o terremotate a quelle alluvionate o, ancora, alle scene dei grandi incidenti. Allo stesso tempo, la ripetibilità dei voli, la veloce acquisizione dei dati e la loro trasmissione in tempo reale con le stazioni al suolo consentono maggiore controllo del territorio e frequenti azioni di monitoraggio (Gini, 2010).

Per questi motivi quindi l'utilizzo di riprese di immagini da UAV si sta velocemente diffondendo in un numero sempre maggiore di settori, che vanno dalla documentazione e generazione di modelli 3D di siti archeologici e beni culturali, alle applicazioni civili come rilievi a scopi catastali,

controllo delle condizioni stradali (Zhang, 2008), ispezione di gasdotti e dighe, *precision farming* (Herwitz et al., 2002) o monitoraggio atmosferico e forestale tramite la determinazione della copertura vegetativa, per citare solo alcuni esempi.

## 2. Il progetto FoGLIE

L'Italia è ricca di località di grande valore culturale e paesaggistico, e non da meno è la Lombardia con i suoi numerosi musei, percorsi visitabili, aree culturali e tecnologiche, di solito caratterizzate da percorsi guidati o postazioni descrittive con cui il visitatore si interfaccia in maniera passiva (ascoltando o leggendo). La gestione di un bene eterogeneo e distribuito sul territorio, invece, risulta essere più complessa e articolata: senza dubbio gli itinerari consigliati all'utente garantiscono una certa libertà di visita, ma l'altra faccia della medaglia è anche una maggiore dispersività.

In quest'ottica, il progetto FoGLIE: *Fruition of Goods Landscape in Interactive Environment* (fruizione dei beni del paesaggio in un ambiente interattivo) nasce dalla necessità di sviluppare un sistema in grado di valorizzare adeguatamente il patrimonio artistico e ambientale: lo scopo è quello di integrare tecnologie avanzate per consentire una fruizione attiva ed esperienziale di siti ricchi di punti d'interesse che, in certi casi, possono risultare inaccessibili: si pensi ad esempio a cascate o corsi d'acqua di difficile accesso, ad aree di elevato pregio artistico che hanno subito modifiche sostanziali e di cui esiste documentazione o ad archeologia industriale ancora operativa.

Allo stesso tempo, la necessità di migliorare e distribuire il monitoraggio ha costituito un terreno fertile per l'avvio dell'iniziativa che, quindi, fonde le due diverse esigenze per il raggiungimento di un obiettivo innovativo e altrettanto ambizioso: l'impiego di tecnologia all'avanguardia e dei nuovi mezzi di comunicazione per l'integrazione dei processi tipici del monitoraggio con quelli di godimento del territorio, trasformando così la semplice fruizione da parte dell'utente in collaborazione nell'opera di salvaguardia e documentazione del patrimonio.

Nel progetto si intende quindi sviluppare un sistema audiovisuale di guida multimediale, in grado di fornire al visitatore (occasionale o abituale) contenuti, immagini, video fotorealistici ricostruiti con *rendering* 3D, riprese in alta definizione sia *indoor* sia *outdoor* e riproduzioni virtuali di luoghi considerati patrimonio paesaggistico/artistico/culturale. La realizzazione di un prototipo (prodotto principale della ricerca) si baserà su supporti mobili con funzionalità avanzate di connessione e posizionamento: l'utente si troverà così nella condizione di poter segnalare eventuali zone dismesse, discariche abusive o situazioni anomale di corsi d'acqua, terreni e vegetazione; in aggiunta,

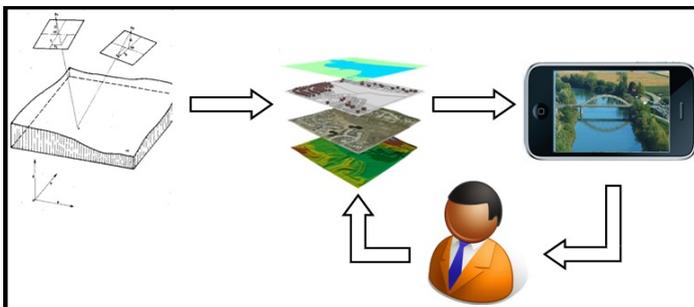


Figura 2 – Integrazione dei concetti di monitoraggio e fruizione.

associando al rilievo fotografico alcune informazioni essenziali, quali data, ora, posizione GPS ed orientamento del punto di presa, si minimizzeranno i falsi positivi e le ridondanze di segnalazioni coerenti. Tali caratteristiche faranno sì che il sistema sviluppato possa trasformarsi, all'occorrenza, in una vera e propria interfaccia di *feedback* per gli operatori, che potranno monitorare in maniera più efficiente e qualificata non solo i beni ma anche il territorio stesso. Questo aspetto non è per nulla minoritario: si pensi infatti al problema più gravoso del monitoraggio, ossia la ripetibilità e la frequenza delle operazioni di acquisizione delle osservazioni, tanto costose quanto indispensabili per avere un controllo costante e continuo del territorio. L'utente, coinvolto nella valorizzazione e salvaguardia del patrimonio collettivo, diventa attore consapevole e, non meno importante, egli stesso destinatario dei benefici del circolo positivo instaurato, potendo appunto fruire dei beni nelle loro condizioni migliori.

## 2.1 Obiettivi tecnologici e impatto

Un aspetto peculiare del progetto è l'impiego di mezzi di comunicazione nuovi, rispetto a sistemi convenzionali quali volantini o audio guide, e di tecnologia all'avanguardia, innovativa per lo specifico campo di applicazione, per le modalità di interazione previste e per il grado di impatto sull'efficienza di salvaguardia. Si tratta di un aspetto cardine per l'integrazione dei processi di monitoraggio e fruizione, consentendo infatti un notevole salto qualitativo del secondo ed una ripartizione degli oneri del primo su attività in grado di generare opportunità di business dirette.

In particolare, si pensa di adoperare supporti multimediali come l'iPad di ultima generazione, che alloggia diversi sistemi di:

- connessione (bluetooth, wi-fi);
- posizionamento (GPS, accelerometri, bussola elettronica);
- interazione multimediale (fotocamera, schermi ad alta risoluzione, gestione mp3 e di dati georeferenziati).

La combinazione di essi consentirà l'erogazione di numerosi servizi di fruizione attiva: dalla possibilità di scaricare e caricare dati ad una vera e propria guida geografica, da materiale fotografico d'epoca, anche teatralizzato, a filmati didattici di ricostruzione in *rendering* 3D, fino alla realtà aumentata che consentirà di sovrapporre, in modo automatico, informazioni interattive.



Figura 3 – Esempio di realtà aumentata.

In aggiunta, alcuni contenuti saranno sviluppati con una nuova procedura stereoscopica: l'effetto della parallasse ottica, tipica della naturale visione binoculare umana, verrà reso tramite un *monitor* standard e una particolare lente prismatica, evitando perciò l'uso tanto di schermi costosi e ingombranti quanto di tradizionali invasive periferiche (lenti bi-colori, a polarizzazione cartesiana o sincrona con lo schermo).

A tali supporti multimediali saranno affiancati, come già detto, elicotteri e droni a volo automatico, rispettivamente per riprese interne ed esterne. I contenuti prodotti saranno utilizzabili sia per la gestione del territorio, grazie alla creazione di ortofotocarte georeferenziate ad alta definizione, sia per la pianificazione di itinerari e la fruizione di aree ad oggi inaccessibili e/o con punti di vista privilegiati (panoramiche, volo d'uccello), non altrimenti disponibili all'utenza.



Figura 4 – Microdrones MD4-200 ed elicottero per le riprese indoor.

I vantaggi derivanti dall'implementazione di un tale sistema appaiono molteplici:

- l'integrazione dei concetti di monitoraggio e fruizione, già nella fase di generazione di buona parte dei contenuti multimediali: grazie infatti all'impiego dei droni, sarà possibile rilevare informazioni ad altissima risoluzione sul paesaggio boschivo e sull'eventuale presenza di criticità ambientali. Un altro risultato, inoltre, è il rafforzamento delle due procedure, fino ad ora disgiunte ma comunque accomunate dalla coerenza di intenti nel gestire e rendere godibile un bene al meglio;
- una più semplice, immediata e coinvolgente fruibilità, da parte dell'utente, delle opere artistiche, culturali e/o paesaggistiche, nonché di zone oggi inaccessibili;
- l'uso di un'interfaccia portatile dotata di una serie di impostazioni integrate, in grado di soddisfare diverse esigenze;
- la mancanza di strutture ingombranti ed invasive come cartelli o postazioni informative, che hanno un impatto negativo sull'ambiente architettonico e naturale;
- le conseguenze occupazionali determinate dall'implementazione del prototipo, nel settore del turismo, della produzione di contenuti e dello sviluppo di *hardware* e *software* dedicati;
- lo sviluppo di metodi e tecnologie per la conservazione, manutenzione e valorizzazione dei beni, ottimizzando al tempo stesso i processi di verifica delle criticità esistenti. Le fasi di digitalizzazione e archiviazione permetteranno, inoltre, la messa in rete delle risorse e la conseguente fruizione delle opere a distanza, seppur con le evidenti limitazioni relative all'interattività;
- la salvaguardia del territorio e del patrimonio culturale, intesa come una maggior consapevolezza e valorizzazione di ciò che ci circonda.

### 3. Descrizione analitica di FoGLIE

Il progetto prevede la realizzazione di un prototipo, sviluppato su un'area campione, su cui testare e validare il sistema: nello specifico, è stato scelto il Parco Adda Nord a causa del grande numero di attrattive paesaggistiche, naturali, culturali e tecnologiche presenti al suo interno. Basti pensare a luoghi d'interesse storico e con elevata documentazione come il Porto di Leonardo, a siti/edifici di patrimonio industriale ancora attivi (la centrale idroelettrica di Cornate e il Ponte di Paderno) o non più produttivi (il villaggio operaio di Crespi d'Adda).

Attualmente alcune aree risultano precluse al visitatore poichè inaccessibili fisicamente e visivamente: ne sono esempi la Fora d'Adda o il Canyon, entrambi di notevole interesse paesaggistico ma non visualizzabili dai percorsi pedonali lungo le rive del fiume. La varietà di problematiche di fruizione da un lato e di salvaguardia dall'altro (discariche abusive, taglio dei boschi, invasività di specie vegetali non autoctone) coincide perciò con quelle affrontate in molti



Figura 5 – Ponte di Paderno.

altre aree di interesse artistico e culturale.

Obiettivo del progetto è quindi il loro superamento, tramite la realizzazione di un sistema prototipale con potenzialità d'impatto estendibili ad altri territori affini: una volta ottimizzato, il modello potrà infatti esser replicato grazie alla fase di validazione.

La possibilità di applicarlo su larga scala, in contesti cioè distribuiti ma simili per condizioni, garantirà l'auto-sostenibilità futura dell'intero progetto.

FoGLIE si articola in 23 *Work Packages* (WP), opportunamente suddivisi in attività di ricerca industriale e di sviluppo

sperimentale, per un totale di 24 mesi (Ottobre 2010-2012). Esso vede quindi coinvolte alcune realtà imprenditoriali lombarde e il DIIAR del Politecnico di Milano in qualità di componente scientifica e di consulenza tecnica in ambito fotogrammetrico. La fattibilità dell'applicazione è assicurata dalle competenze specifiche dei sei diversi *partner* di seguito elencati:

- **MAGNETIC MEDIA NETWORK** : possiede esperienze di implementazione *hardware* e *software* e di supporti mobili. Oltre alla parte di *management* del progetto, ha il compito di individuare le tecnologie innovative e quindi di implementarle, di progettare e sviluppare software nonché di gestire i sistemi informatici;
- **COCLEA** : promuove e gestisce progetti di sviluppo locale legati al turismo sostenibile, servizi turistici e didattici e produce strumenti per l'interpretazione del patrimonio ambientale e culturale. Si occupa di studiare il modello d'uso e di fruizione delle opere, gli itinerari georeferenziati di visita così come i contenuti interattivi e 3D;
- **VOLOVISIONE** : ha competenze specifiche di riprese con droni e quadricelica, di produzioni video, di fotografie aeree e, infine, di post-produzione professionale (spot pubblicitari, *fly advertising*, ecc.). Ha quindi il ruolo di produrre foto con sistemi di volo innovativi per la realizzazione di rilevamenti aerofotogrammetrici, monitoraggio e controllo ambientale, oltre alla valorizzazione del patrimonio artistico con la creazione di contenuti audio/video ad alto coinvolgimento emozionale e forte connotazione tecnologica;
- **START** : è una società di produzione e post-produzione video-cinematografica con specifico *know-how* di ricostruzione *rendering* e applicazioni video avanzate. Sua è la parte di sperimentazione di tecnologia 3D stereoscopica per riprese sia reali sia virtuali: è prevista la realizzazione di filmati in animazione che saranno utilizzati come contenuto didattico nella guida multimediale. Questi saranno inoltre sottoposti ad un apposito post-processamento così da essere visualizzabili senza l'uso di occhiali, grazie ad una lente addizionale applicata all'audioguida;

- COMO NEXT : ex "Centro Volta", questa associazione senza scopo di lucro ha come obiettivo la promozione della cultura scientifica, al servizio della società civile e del territorio. I suoi compiti sono molteplici: dall'inquadramento dell'area di sperimentazione e dello stato dell'arte (relativo ai sistemi e alle tecnologie integrabili con il progetto), alla definizione dei punti di interesse; dalla progettazione del sistema complessivo di fruizione e monitoraggio alla definizione del target utenza e delle specifiche della guida, fino al supporto per la protezione della proprietà intellettuale e all'individuazione del modello di *business* più adatto per le future fasi di sviluppo della fruizione attiva dei beni da parte dei cittadini;
- DIAR - POLITECNICO DI MILANO: porta l'esperienza relativa alla pianificazione di riprese aeree, alla restituzione fotogrammetrica ed alla interpretazione di dati multispettrali, infine coordina le fasi a più stretto contenuto scientifico.

Politecnico di Milano risulta capofila di cinque diversi WP, di seguito elencati con i relativi risultati attesi:

- a) WP 5 - SCELTA DI UN CASO CAMPIONE PER LO STUDIO, RACCOLTA ED ACQUISIZIONE DEI DATI TERRITORIALI (ESISTENTI E NECESSARI): progettazione della base di dati cartografica consistente in un'ortofotocarta multiscala e digitale dell'area campione;
- b) WP 8 - STUDIO DI UN SISTEMA DI RILEVAMENTO CON FUNZIONI AVANZATE E IN BANDA MULTISPETTRALE: definizione delle specifiche di volo necessarie per il drone, valutazione e selezione del sistema di ripresa più compatibile con i velivoli e più idoneo alle riprese sia nel visibile sia nell'infrarosso, selezione infine del sistema ottimale per l'orientamento delle immagini;
- c) WP 11 - REALIZZAZIONE DEL SISTEMA ORTOFOTOGRAFICO GEOREFERENZIATO: definizione dei parametri di orientamento esterno delle immagini digitali acquisite con camera fotogrammetrica, di un modello digitale del terreno ed ortofotocarta digitale georeferenziata di tutto il Parco Adda Nord, con pixel al suolo pari a 20 cm;
- d) WP 16 - RESTITUZIONE FOTOGAMMETRICA HD AVANZATA ED INCAPSULAMENTO IN ORTOFOTOCARTA AVANZATA: definizione dei parametri di orientamento esterno delle immagini ad alta risoluzione, DSM, modello 3D digitale delle emergenze culturali del parco geograficamente congruenti con l'ortofotocarta di base, co-registrazione delle restituzioni ad alta definizione in essa, realizzazione di pubblicazioni scientifiche e di un manuale operativo;
- e) WP 17 - REALIZZAZIONE SPERIMENTALE DEL MODELLO QUANTITATIVO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE AVANZATO IN BANDA MULTISPETTRALE: realizzazione di un *software* di calcolo di volumi dall'analisi dei DSM georeferenziati ed acquisiti in differenti epoche (terreno e aree boscate per il calcolo del volume di legno tagliato), del volume della biomassa e monitoraggio delle variazioni; *software* di analisi delle immagini IR per l'analisi di significatività sulla variazione di risposta multispettrale di aree boscate e riconoscimento, anche quantitativo, delle diverse specie vegetali non autoctone.

Al termine dei lavori è previsto un WP dedicato alla disseminazione dei risultati, in cui alle attività di raccolta sistematica di informazioni tecnico-scientifiche, prodotte in corso d'opera, seguono quelle di diffusione e valorizzazione delle suddette e delle metodologie proposte. Si è deciso inoltre di basare quest'ultima fase su diversi strumenti, nel tentativo di raggiungere un numero maggiore di potenziali interlocutori ed utenti: non solo pubblicazioni tecniche e scientifiche su riviste specializzate e di settore, ma anche articoli divulgativi e comunicati stampa per fornire indicazioni sulle diverse applicazioni della stessa, a cui si aggiungeranno: partecipazione a convegni, *workshop* ed eventi Apple, organizzazione di *fam-trip* ed *educational* per diversi soggetti (Pubblica Amministrazione, giornalisti, docenti, operatori del settore turistico).

Tra i consulenti vi è anche la Fondazione Politecnico di Milano che, nata per favorire il rapporto tra università e aziende, ha l'incarico di supportare trasversalmente i *partner* nelle attività di ricerca industriale e di divulgazione dei risultati.

#### 4. Stato di avanzamento del progetto



Figura 6 – Area test di Medolago.

In questo periodo di svolgimento della ricerca sta rivestendo particolare interesse lo studio e la realizzazione di una ripresa di una zona test con diversi vettori e differenti camere. L'area test, nel comune di Trezzo, comprende differenti tipologie di territorio: antropizzato, con culture arboree autoctone/alloctone ed erbacee.

La progettazione delle riprese, effettuata secondo criteri il più possibile simili a tradizionali piani di volo per blocchi fotogrammetrici, deve però tener conto delle forti differenze di velivoli e sensori.

Tenuto conto di quote di volo e autonomia limitate, si è progettato il rilievo di un'area di circa 120 x 100 m<sup>2</sup>. Il basso payload dei droni impedisce di effettuare le riprese con più camere simultaneamente. Le differenti dimensioni dei sensori, inoltre, producono differenti ingombri a terra,

anche in termini di GSD. Infine, la minore accuratezza nel controllo della posizione del drone al momento dello scatto, si ripercuote nella difficoltà di seguire con l'usuale precisione la disposizione dei centri di presa e degli angoli di assetto previsti.

Per questi motivi, le prese sono state progettate con forti sovrapposizioni longitudinali e trasversali, ed a differenti quote per i diversi sensori, per massimizzare la sovrapponibilità delle singole immagini. Si prevede, in ogni caso, di sviluppare un procedimento di coregistrazione per l'utilizzo delle informazioni multispettrali.

Sono stati utilizzati due velivoli (elicottero Helicam e Microdrone-MD4-200) che hanno differenti caratteristiche di controllo del volo. Il primo (su cui è stata montata una Canon EOS 5D) non prevede sistemi di navigazione e viene teleguidato da operatore a terra che effettua anche il controllo delle prese, mentre il secondo ha un sistema di navigazione che consente di seguire un piano di volo preimpostato, con programmazione dello scatto raggiunta la posizione prevista.

Con il drone MD4-200 sono state effettuate più riprese, con camera amatoriale Pentax Optio AD40, con camera SIGMA DP1 modificata per acquisire solo la componente NIR dello spettro, e con Tetracam ADClite, sensibile alle radiazioni Rossa, Verde e IR vicino (immagini CIR).

Le riprese sono state realizzate a una quota di circa 60 m con forti ricoprimenti longitudinali (90%) e trasversali (40%). Un elevato numero di punti di appoggio e controllo presegnalizzati, le cui coordinate sono state determinate con GPS, consentirà di condurre analisi di precisione dell'orientamento del blocco delle immagini. Per ogni camera sono state anche effettuate le riprese di pannello test per la calibrazione.

Attualmente è in corso la fase di analisi e triangolazione del blocco di 36 immagini, suddivise in tre strisciate, sia per validare la geometria di ripresa, finalizzata alla ricostruzione 3D del territorio, sia per validare la qualità della ripresa effettuata con camera ADClite della Tetracam in grado di fornire, in un'unica immagine, sia le componenti visibili sia la componente infrarossa dello spettro elettromagnetico.

A tal proposito, vengono utilizzati differenti software di orientamento: LPS (Leica Photogrammetry Suite), Gcarto e Photomodeler per mettere in evidenza punti di forza e

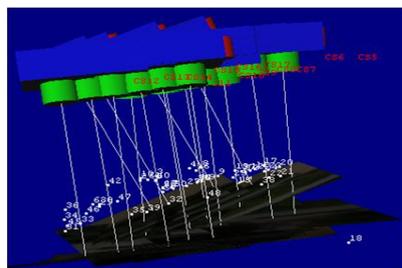


Figura 7 – Photomodeler: geometria di presa dei fotogrammi.

lacune di ciascun prodotto nella gestione di immagini aeree non convenzionali. I *software* fotogrammetrici commerciali ad oggi disponibili, infatti, non supportano ancora direttamente il processamento di immagini da droni, che possono essere affette da cambiamenti di illuminazione, orientamento e scala più marcati delle tradizionali immagini aeree, aspetto che introduce talvolta qualche difficoltà in più già in fase di orientamento dei fotogrammi

### **Conclusioni**

Il progetto di ricerca sta entrando nella sua fase più operativa: è infatti giunto alla produzione del WP11 (Realizzazione del sistema ortofotografico georeferenziato) nel quale il Politecnico di Milano è capofila, dei 23 previsti. Tutti i WP precedenti sono stati completati con successo e sono state realizzate anche importanti attività di supporto alle realizzazioni dei prossimi WP: ne sono testimonianza le attività svolte sull'area test di Medolago; dall'elaborazione delle immagini riprese con differenti sensori, alloggiati su due differenti droni, si spera di poter estrarre importanti informazioni utili per l'avvio del secondo anno di ricerca, quello che dovrà condurre alla produzione del prototipo finale. Già da subito è da sottolineare l'importanza, nella realizzazione delle riprese, di un sistema di navigazione basato su tecnologia GPS/INS unitamente ad un *software* di ripresa automatica delle immagini, in grado di eseguire autonomamente le strisciate e gli scatti precedentemente progettati in ambiente GIS.

È anche importante rimarcare il buon grado di compartecipazione dei vari partner del progetto alla realizzazione dei WP fino ad ora realizzati, partner che non avevano mai tra loro collaborato a causa delle differenti competenze professionali e scientifiche di base.

### **Riconoscimenti e ringraziamenti**

È doveroso ringraziare per il coordinamento dell'intero progetto l'ing. Matteo Baracani di Como Next; per il contributo alla stesura del progetto e la realizzazione dei primi WP i referenti delle aziende coinvolte: A. Biffi per Coclea, ing. D. Airoidi per Magnetic Media Network, R. Annoni per Start, S. Pulejo per Volovisione.

### **Bibliografia**

- Barazzetti L., Remondino F., Scaioni M., Brumana R. (2002), "Fully automatic UAV image based sensor orientation", International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), vol. XXXVIII;
- Eisenbeiss H (2009), "UAV Photogrammetry", Ph.D. thesis, Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zürich. Zurich, Switzerland;
- Gini R. (2010), "Processing of high resolution and multispectral aerial images for forest DSM production and tree classification", Master thesis, Master of Science in Environmental and Land Planning Engineering, Politecnico di Milano, Italy;
- Herwitz S.R., Johnson L.F., Higgins R.G., Leung J.G., Dunagan S.E. (2002), "Precision agriculture as a commercial application for solar – powered Unmanned Aerial Vehicles", AIAA Technical Conference and Workshop on Unmanned Aerospace Vehicles, Systems, Technologies and Operations. Portsmouth, Great Britain;
- Zhang C. (2008), "An UAV-based photogrammetric mapping system for road condition assessment", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXVII, part B5. Beijing, China.