



TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL TERRITORIO

Gis e Droni per l'analisi, la diagnosi e la pianificazione

Alessandro Marucci, Francesco Zullo, Fernando Di Fabrizio,
Serena Ciabò, Lorena Fiorini, Bernardino Romano



I DRONI NELLO STUDIO DEL TERRITORIO

Negli ultimi anni i sistemi UAV (Aeromobili a Pilotaggio Remoto) meglio conosciuti come droni hanno suscitato un notevole interesse non solo in ambito geomatico, ma anche e soprattutto per ciò che riguarda l'analisi, la diagnosi ed il monitoraggio territoriale. La continua evoluzione tecnologica che nel tempo ha portato ad una progressiva miniaturizzazione dei dispositivi montati a bordo degli APR insieme a sistemi di navigazione satellitare (GPS/GLONASS), sempre più accurati ed oltremodo economici, ha garantito una vasta diffusione di questi dispositivi e una loro applicazione nei settori più disparati delle scienze e dell'ingegneria del territorio, rappresentando oggi l'ultima frontiera per l'informazione geografica. Le nuove tecnologie a disposizione permettono una maggiore velocità e precisio-

ne nell'acquisizione dei dati e la possibilità di elaborare una grandissima quantità di informazioni sempre aggiornabili. Il UAV è una piattaforma fotogrammetrica che opera in maniera autonoma, semi-autonoma o attraverso un controllo di tipo remoto senza un equipaggio a bordo. Il suo volo è governato da diverse tipologie di *flight control system*, gestite in remoto da piloti a terra. E' possibile montare a bordo dei droni (capacità del payload) sensori differenti come camere digitali ad altissima definizione o sensori termici ed iperspettrali (RGB, IR e termico). In questi ultimi anni le potenzialità applicative dei droni hanno superato ogni aspettativa e sono tutt'ora in fase di sviluppo. Le applicazioni maggiormente richieste sono in: agricoltura (*precision farming*) (Zhang et al., 2012; Candòn et al., 2013; Honkavaara et al., 2013), archeologia e beni culturali (documentazione

e modellazione 3D) (Russo et al., 2011; Piani, 2013), geologia (rischio idrogeologico, etc.) (Jordan, 2014), controllo in ambienti urbani (dispersioni termiche, potenziale fotovoltaico, manifestazioni, sicurezza) (D'Alessandro, 2016), monitoraggio ambientale, telerilevamento e fotogrammetria. Possono essere utilizzati su zone urbane per produrre "3D city models" e per l'aggiornamento della cartografia esistente. A questi si aggiungono rilievi fotografici eseguiti per scopi documentativi (panorami, architettura, etc.) o attività di sorveglianza in zone di confine, coste e mari. Uno dei punti di forza dei UAV è quello di poter integrare diverse tipologie di sensori (fotocamere, termocamere, laser scanner) in grado di acquisire dati di diversa natura e ogni settore di interesse sta sviluppando sia nuove procedure, sia tecnologie innovative per i propri scopi attraverso apparati



sempre più sofisticati. Il vantaggio principale di questa strumentazione è insito sostanzialmente nel poter ottenere dati di estremo dettaglio (ortofoto e modelli digitali di elevazione con risoluzione geometriche dell'ordine dei cm/pixel) in tempi notevolmente ridotti rispetto alle tecniche di rilievo tradizionali. Le letture territoriali e ambientali possibili attraverso UAV sono estremamente dettagliate, ma, cosa ancora più importante, i dati sono acquisibili con una rapidità inconcepibile prima e a costi irrisori rispetto alle tecniche usuali (foto aeree o riprese da elicottero). Ciò consente di analizzare e studiare diversi fenomeni di matrice territoriale con frequenze prima impensabili, disponendo così di serie di dati con distribuzione temporale maggiore. Locuzioni quali *fast monitoring*, *real time sensing* o *real time control* (Ambrosia et al., 2003; Kingston e Beard, 2004; Kim et al, 2006;

Remondino et al., 2011; Zullo et al., 2016) stanno entrando di fatto nel linguaggio tecnico comune ed aprono una serie di nuovi ed interessanti scenari soprattutto nei campi della pianificazione, nelle valutazioni ambientali e nei processi che riguardano il monitoraggio ed il relativo controllo territoriale. La difficile applicazione di dispositivi di feedback atti a controllare e a modificare eventuali risultati inattesi rispetto a quelli prefissati, o ad arginare effetti imprevisti, pur presente teoricamente nelle metodologie di pianificazione fin dai primi anni '70, era di fatto impraticabile a causa della mancanza di una idonea strumentazione di supporto in grado di poter rilevare in maniera rapida ed in tempo reale tali modifiche. *Fast monitoring* e *real time control* diventano così i pilastri di tecniche di controllo adattativo mirate ed efficienti che proprio su tali tecnologie si basano e che non possono però

prescindere dall'uso dei Sistemi Informativi Territoriali (SIT). E' proprio l'uso combinato di GIS e sistemi UAV a fornire uno scenario impressionante di innovazione al punto che l'utilizzo dei droni in campo ambientale sta rivoluzionando l'acquisizione di conoscenze grazie alla loro versatilità ed alla capacità di elaborazione dei dati. I sistemi UAV diventano quindi un potente mezzo di acquisizione dati, processati attraverso software dedicati (es. Photoscan, Pix4D, etc.) e rielaborati attraverso software GIS (es. ArcMap, QGIS, etc.) a supporto di numerosi ambiti tematici. Anche il mondo dei SIT si adatta alle nuove tecnologie at-

Nella pagina accanto una veduta delle vette del Corno Grande (Parco Nazionale del Gran Sasso Monti della Laga); in alto operatore SAPR impegnato nelle fasi preliminari al rilievo.



traverso *tools* ed *utility* specifiche per l'elaborazione dei dati da UAV. Nel corso degli anni sono stati creati nuovi strumenti sia per software GIS proprietari (es. Drone2Map per ArcGIS) che *open source* (Drone Planner, Video UAV tracker per QGIS) che servono appunto ad integrare i due sistemi aumentando in tal modo l'efficienza e le capacità esplorative di tale connubio. Questo nuovo approccio integrato rende possibile l'allestimento di scenari di verifica, condurre simulazioni, eseguire confronti, calcolare indici molto complessi, che forniscono al tecnico prima, e al decisore politico-amministrativo poi,

In alto rilievo attraverso volo a vista in un'area del Parco Nazionale della Majella; in basso ed in alto nella pagina accanto mezzo SAPR in azione.

informazioni inedite ed affidabili (dipendenti dai dati grezzi a disposizione) circa le realtà territoriali studiate, rendendo molto più oggettivo sia il processo di analisi che quello di decisione. Come già sottolineato in precedenza, nel prossimo futuro sarà possibile implementare tecniche efficienti di "controllo adattativo in tempo reale" su molti dei processi decisionali che insistono sul territorio (es. pianificazione territoriale, valutazione ambientale strategica, valutazione di impatto ambientale, etc.) sia alla scala locale che a quella di progetto. Ciò comporta naturalmente un aumento della precisione e del rigore nelle operazioni di inserimento dati e nella elaborazione delle informazioni disponibili e, di conseguenza, anche un notevole impegno di risorse umane, tecniche e finanziarie che attraverso l'utilizzo delle nuove tecnologie UAV può essere sicuramente ottimizzato. L'uso sapiente e combinato di apparecchi

piccoli e *low cost* (peso intorno ai 2 kg e prezzi dell'ordine dei 1.500 €) e di software GIS *open source* (quindi completamente gratuite) aprono ai giovani professionisti grandi spazi di lavoro. Ma se per cogliere le opportunità produttive non c'è più bisogno di forti investimenti economici è però necessario un enorme bagaglio di conoscenze tecnico-scientifiche non facile da conseguire. Già la sola abilità di pilotaggio degli apparecchi, pur se al di sotto dei 2 kg, richiede tempi e licenze adeguate per poter operare in condizioni di sicurezza, ma anche la conoscenza di alcune caratteristiche tecniche non può essere trascurata. Affrontare situazioni rischiose, che possono presentarsi molto più frequentemente di quanto sia ottimisticamente prevedibile, richiede concentrazione e capacità sperimentate, soprattutto nelle aree critiche che per i tecnici della pianificazione rappresentano

un contesto possibile. La conoscenza della normativa, inoltre, con tutti gli aggiornamenti che si susseguono quasi a ritmo annuale, è inevitabile così come l'assolvimento di tutte le procedure burocratiche ENAC per l'iscrizione nei registri degli operatori. A tutto ciò vanno poi sommate le indispensabili conoscenze per la raccolta dati: software e metodi di missione e di elaborazione delle informazioni, a cui deve far seguito una approfondita conoscenza degli applicativi GIS, già di per sé non banale, soprattutto se si proietta poi nella direzione dell'analisi dei dati con strumentazioni statistiche e geospaziali. Come si può dedurre si tratta quindi di formare, anche nelle Università, ma non solo, operatori tecnico-scientifici dalla cultura molto sofisticata e interrelata, ma anche di impiantare filiere di formazione continua per l'aggiornamento delle novità che si accavallano a ritmi tumultuosi.



ACQUISIZIONE DEL DATO TERRITORIALE

I sistemi UAV rappresentano la naturale evoluzione dell'aerofotogrammetria, con una risposta qualitativa superiore alla topografia classica. Le tecniche di rilievo sono le stesse adottate nel rilievo da aereo, anche se le superfici catturabili in una singola missione sono minori e le quote più basse. Ogni "presa" va accuratamente progettata al fine di ottenere una GSD (Ground Sampling Distance) soddisfacente. I recenti progressi matematici sugli algoritmi di controllo non solo hanno superato il limite del rollio, del beccheggio e delle angolazioni durante il volo degli UAV, ma hanno anche permesso l'utilizzo di fotocamere non metriche in modo fotogrammetrico, fornendo come risultato finale, nuvole di punti confrontabili con quelle ottenute tramite *laser scanner*, ma a costi notevolmente inferiori.

Il piano di acquisizione delle immagini è strettamente dipendente dall'oggetto (o dall'area) da ricostruire. Possono essere individuati

tre casi generali:

Mappatura 2D: presa su aree estese (alcuni ettari) dove si predilige il rilievo territoriale per la produzione di foto aeree e Modelli di Elevazione Digitale (DEM) da utilizzare in ambiente GIS. La sovrapposizione longitudinale minima (*overlap*) rispetto alla direzione di volo è di almeno il 75% e quella laterale (*overside*) è almeno del 60%. La fotocamera deve essere mantenuta il più possibile a un'altezza costante sul terreno/oggetto per garantire il GSD desiderato.

Mappatura 3D: sono inclusi tutti i casi in cui elementi di verticalità (edifici, strutture, pareti, scogliere ed altro) non sono trascurabili rispetto all'area di rilievo. La ricostruzione tridimensionale richiede una doppia griglia per il piano di acquisizione immagini, in modo che tutte le verticalità siano visibili sulle foto. La sovrapposizione dovrebbe essere uguale a quella del caso generale. Il sensore fotografico ha una inclinazione di circa 70° e non più nadirale come per la mappatura 2D (90°). E' possibile

integrare il set di immagini con un rilievo in volo manuale per le zone meno visibili, o anche avvalendosi di riprese fotografiche da terra.

Modellazione 3D: in questo tipo di modellazione la tridimensionalità assume un ruolo centrale e dunque occorre effettuare un primo volo intorno all'oggetto (sia esso una struttura naturale o architettonica) con la fotocamera inclinata a 45°. E' necessario procedere successivamente una seconda e terza volta aumentando l'altezza di volo e diminuendo l'angolo della camera ad ogni turno. E' raccomandabile prendere una serie di immagini ogni 5-10 gradi per garantire sufficiente sovrapposizione, a seconda delle dimensioni dell'oggetto e la distanza rispetto ad esso. L'altezza di volo non deve essere aumentata più di due volte tra i voli.

Per ottenere un set di informazioni qualitativamente valido è necessario utilizzare sistemi di volo automatizzato utilizzando determinati software definiti genericamente *mission planner*. Attraverso tali software è possibile inviare piani

di volo sulle schede dei droni che effettuano così azioni prestabilite. Tali sistemi, disponibili per UAV "aperti", vengono oggi prodotti e distribuiti anche per droni *ready to fly*, macchine semi-professionali di ridotte dimensioni (peso e ingombri) versatilità e di facilità di utilizzo. Tecnicamente definiti *ground control station (GCS)*, sono sistemi GIS-based che, attraverso provider come Google, permettono di realizzare piani di volo e soprattutto generare prese fotogrammetriche. Una interessante soluzione è rappresentata dal software licenziato UgCS, sistema che ha una piattaforma di pianificazione per notebook che permette di gestire più UAV contemporaneamente. Negli ultimi anni si sono moltiplicati applicativi per iOS e Android che permettono l'acquisizione automatica dei dati. I più utilizzati sono Pix4d Capture Mapper, Deploy, InFlight Data Mapper, Litchi, Map Pilot. Le applicazioni sono state sviluppate per una serie di droni *ready to fly* delle maggiori case produttrici attualmente presenti sul mercato (DJI, Parrot, 3DR) e vengono costantemente aggiornate. Questa tecnologia trova un largo riscontro poiché, a differenza di quella utiliz-

zata dalle GCS, richiede un livello di capacità e conoscenze inferiore, dunque pronta all'uso, con un numero di "azioni" limitato come, ad esempio, le possibilità di settaggio dei sensori. Nonostante ciò tali sistemi *user friendly* riescono garantire risultati di buona qualità. Attraverso la tecnologia A-GPS presente su qualsiasi smartphone o tablet, la posizione del dispositivo viene visualizzata sullo schermo unitamente ad una circonferenza che indica il possibile errore di posizionamento e, contestualmente, viene definita anche la posizione del drone utilizzando una diversa simbologia. Questo permette con una certa facilità di individuare univocamente l'area da rilevare attraverso un poligono le cui dimensioni possono essere modificate. All'interno di questa griglia vengono visualizzate le strisciate che il drone effettuerà per coprire l'intera area di interesse oltre al punto di inizio e di fine della missione. Il numero di strisciate è influenzato sostanzialmente da due parametri: la quota di volo e la percentuale di sovrapposizione tra le stesse. E' inoltre possibile settare la velocità con la quale il drone effettuerà il rilievo e l'angolo di ripresa della camera.

E' molto importante controllare che il GPS del drone riceva il segnale di un numero elevato di satelliti per eseguire l'operazione di rilievo in tutta sicurezza. A tale scopo il drone è dotato di un sistema di segnalazione luminoso che indica all'operatore l'avvenuta acquisizione del segnale. L'applicazione monitora costantemente il numero dei satelliti con i quali è collegato l'UAV, la distanza orizzontale dal controller, la sua velocità di spostamento orizzontale (in m/s) e la quota rispetto al punto dal quale è stato effettuato il decollo. A seconda della dimensione dell'area da rilevare, della percentuale di sovrapposizione tra le strisciate e della velocità impostata, cambia il tempo impiegato dal drone per effettuare l'acquisizione dei fotogrammi. Il tempo è una variabile da tenere sempre in considerazione in quanto l'autonomia di volo di questi mezzi di solito si aggira solitamente sui quindici/venti minuti circa. Il tempo di missione e la dimensione dell'area da rilevare vengono riportate sullo schermo (Fig. 1). L'applicazione dispone di

Fig. 1: Pix4D Capture per Android.



sistemi di controllo che permettono di bloccare l'esecuzione del volo se l'area da rilevare è troppo ampia, se la quota di volo prescelta è troppo bassa o se il drone si trova a più di 150 metri dal punto di *takeoff*.

I costanti aggiornamenti delle *app* incrementano notevolmente le funzionalità di tali sistemi. In particolare è possibile salvare il piano di volo effettuato e di richiamarlo ogni qualvolta ce ne sia bisogno. Ciò facilita quindi il monitoraggio nel tempo di particolari aree utilizzando sempre gli stessi piani di volo e, di conseguenza, gli stessi parametri impostati. Inoltre, una volta terminato il volo dell'area da rilevare, l'applicazione elabora un nuovo piano avente le stesse dimensioni con gli stessi parametri adiacente al precedente (un lato in comune). Tale operazione facilita quindi il rilievo di aree più ampie evitando al contempo la duplicazione di fotogrammi relativi alle medesime porzioni territoriali. Essendo il volo una operazione di per sé abbastanza delicata, l'applicativo dispone di un sistema di controllo al fine di ridurre i possibili rischi ad esso collegati. Viene visualizzata prima dell'esecuzione automatica del volo, una "*drone takeoff check list*" che indica il funzionamento dei sistemi durante le diverse fasi di acquisizione. Questa lista di controllo viene analizzata automaticamente affinché tutti i parametri presenti siano stati considerati/impostati correttamente prima di eseguire la missione. La "spunta" di colore verde segnala la corretta impostazione dello stesso mentre al contrario una croce rossa indica che quel parametro presenta degli errori per cui l'esecuzione del volo non viene effettuata fintanto che non avviene la giusta correzione/modifica dello stes-

so. L'acquisizione delle immagini in volo avviene direttamente su una memoria di massa a bordo del drone (alcune applicazioni permettono l'archiviazione contemporanea anche sullo smartphone o tablet collegato al controller), mentre l'applicazione segnala lo stato di avanzamento della missione e la corretta esecuzione dello scatto. Il rilievo viene eseguito in maniera automatica con il pilota che svolge un ruolo di controllo attraverso il monitoraggio visivo del mezzo e della telemetria. In caso di problematiche riscontrate in volo il pilota può decidere se terminare la missione facendo tornare il drone nel punto da dove è partito o assumerne direttamente il controllo. Qualunque sia l'applicativo utilizzato un parametro fondamentale è comunque una buona connessione alla rete Internet. Infatti tutti questi sistemi come detto sono basati sulla visualizzazione di cartografie Google. E' dunque necessario riuscire a caricare la base cartografica per confermare la posizione del drone e del controller. La mancanza di tale condizione non impedisce la missione, ma potrebbe causare problemi dovuti al fatto che non è possibile valutare possibili aree a rischio collisione (rilievi su versanti a forte acclività). Il rilievo eseguito attraverso questi strumenti produce una serie di fotografie georeferenziate del territorio indagato. La fotografia, come noto, rappresenta uno strumento fondamentale per quanto riguarda la quasi totalità delle operazioni di rilievo ed accompagna tutte le fasi di acquisizione dati. In svariati casi la fotografia stessa costituisce un utile supporto per la derivazione di alcune informazioni fondamentali per determinare la metrica degli elementi. Attraverso l'immagine fotografi-



ca "metrica" è possibile avere informazioni sia quantitative (stereometria, morfologia, geometria) che qualitative (materia, cromatismi, degradi). La fotogrammetria rappresenta una di quelle scienze che più si è evoluta attraverso l'ausilio di nuove tecnologie sia di tipo *hardware* (come i droni appunto) sia di tipo *software* i quali hanno permesso un maggior grado di automazione del processo, e di nuovi strumenti utili a migliorare modalità e qualità del lavoro come le nuove camere digitali compatte e sistemi GPS più efficienti. I fotogrammi ottenuti attraverso il rilievo devono essere poi elaborati attraverso specifici *software* fotogrammetrici o *utility GIS* al fine di ottenere informazioni territoriali dettagliate.

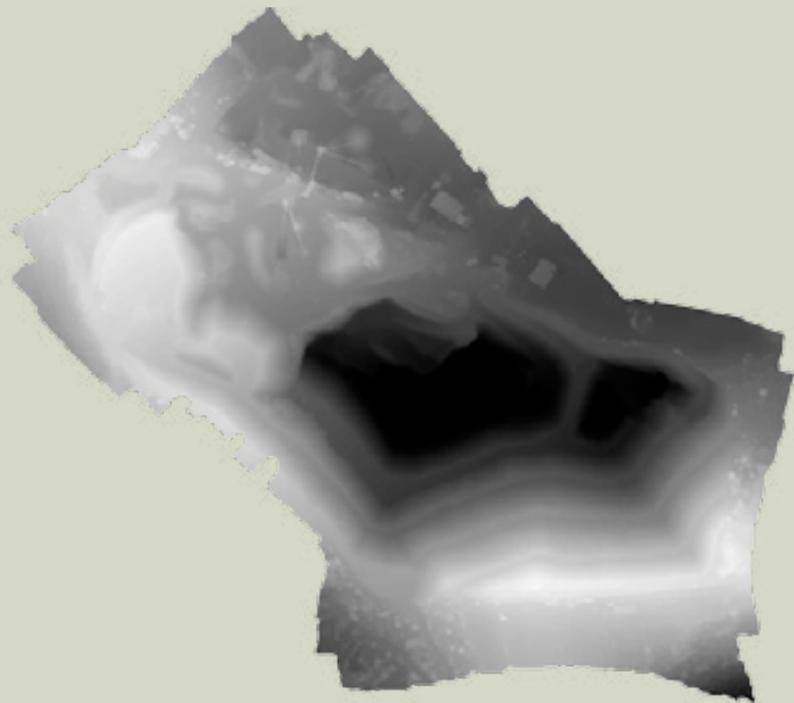
Elaborazione delle immagini

Le tecniche illustrate in precedenza riguardano rilievi di tipo indiretto. Questa tipologia di rilievi si basa su tecniche che utilizzano sia sensori attivi o *range-based* (laser scanner) che emettono un segnale elettromagnetico registrato dallo strumento al fine di derivarne una misura di distanza, sia sensori passivi o *image-based* che sfruttano la luce presente nell'ambiente per l'acquisizione delle immagini da elaborare. Tra le tecniche che utilizzano sensori passivi, il 3D da immagini (fotogrammetria digitale) è quella che ha conosciuto negli ultimi anni lo sviluppo tecnologico più importante con un rapporto costo/profitto particolarmente vantaggioso. La fotogrammetria

digitale permette di ottenere un rilievo tridimensionale partendo da un set di immagini bidimensionali ed avvalendosi di algoritmi SfM (Structure from Motion) completati da algoritmi di *stereo matching*. E' una soluzione che, sotto molti punti di vista, risulta estremamente efficace permettendo di realizzare rilievi tridimensionali in modo rapido con utilizzo di soluzioni *hardware* e *software low cost* od *Open Source* e senza tuttavia rinunciare ad accuratezza e qualità del risultato. Per SfM si intende una tecnica di calcolo che permette di ricostruire la forma di oggetti attraverso la collimazione automatica di punti da un insieme di foto. Basata su algoritmi di *computer vision*, la SfM estrae i punti notevoli dalle singole foto,

Fig. 2: Nuvola di punti densa elaborata attraverso procedure SfM.

desume i parametri fotografici e incrocia i punti riconoscibili su più foto, trovando le coordinate nello spazio dei punti stessi. Da rilievi eseguiti attraverso queste procedure è possibile elaborare ortofoto e *Digital Surface Model (DSM)* ad altissima risoluzione che si integrano facilmente in un qualsiasi software GIS. Il passaggio dal bidimensionale alla modellazione tridimensionale avviene mediante un *workflow* tecnico comune a tutti i *software* che operano nel campo. Ad una prima fase di allineamento (ogni fotogramma ha associato un file *exif* di meta-



dati che contiene le coordinate geografiche del punto al centro della foto) delle immagini eseguita attraverso l'elaborazione dei SIFT (Scale Invariant Feature Transform) e dei *matches* per il calcolo dei punti omologhi tra i fotogrammi acquisiti, segue la ricostruzione automatica della *sparse dense cloud*, ossia di una nuvola di punti "a bassa densità" ottenuta attraverso la ricostruzione nello spazio dei punti individuati dal sistema per l'orientamento interno ed esterno della fotocamera. Da questa poi, attraverso specifici algoritmi, la nuvola di punti sparsa viene "densificata" (Fig.2) per ottenere un modello tridimensionale costituito da milioni di punti, che permette la rappresentazione dell'area studiata nei minimi dettagli. Dalla *dense cloud* è poi possibile ottenere una serie di prodotti in uscita quali i modelli digitali delle superfici e le ortofoto. La scelta della qualità di ricostruzione della *dense cloud* è di per sé una operazione abbastanza delicata poiché è a partire da

questa che vengono poi generati tutti i prodotti finali, per cui maggiore sarà la qualità e maggiore sarà il livello di dettaglio con il quale verrà rappresentata la superficie indagata. Operazioni di questa natura dipendono anche dalle caratteristiche tecniche dell'*hardware* (RAM e processore) ed incidono sui tempi di realizzazione della stessa. Come indicato in precedenza, la possibilità di volare a quote decisamente inferiori rispetto a quelle dei classici sistemi aerofotogrammetrici permette, unitamente alle caratteristiche delle camere montate a bordo, di ottenere delle immagini ad altissima risoluzione geometrica quindi con un GSD (dimensione del pixel a terra) dell'ordine del centimetro.

Le analisi GIS derivate

Come già accaduto per i sistemi satellitari, anche i droni sono stati sviluppati inizialmente per scopi prettamente militari. Ispezioni, sorveglianza, ricognizione e mappatura delle aree ostili erano gli obiettivi principali.

Solo recentemente i sistemi UAV sono divenuti di comune utilizzo per l'acquisizione di dati metrici e si stanno diffondendo le applicazioni in ambito civile nei più disparati settori. L'integrazione quindi tra sistemi UAV e GIS rappresenta una risorsa dalle enormi potenzialità che possono essere utilizzate solo se si dispone delle necessarie conoscenze tecniche e scientifiche. Un sistema informativo territoriale consente di mettere in relazione tra loro elementi diversi sulla base del loro comune sistema di riferimento creando nuove informazioni partendo dai dati iniziali. Tutti i GIS possiedono una serie di funzioni e strumenti specifici utili alla comprensione dei fenomeni territoriali e alla elaborazione di scenari evolutivi-diagnostici attraverso trasformazioni, interpolazioni, elaborazioni e metodi che permettono di accedere contemporaneamente sia agli attributi spaziali sia a quelli alfanumerici ad essi collegati. Tali caratteristiche rendono il GIS un vero strumento di supporto alle decisioni, in quanto le sue funzioni consentono il confronto e la sintesi di enormi quantità di dati, con la possibilità di effettuare stime e scenari su andamenti futuri di uno o più fenomeni complessi. L'analisi spaziale è dunque la prerogativa fondamentale di ogni sistema informativo territoriale e ne rappresenta l'elemento principale e caratterizzante, ma al tempo stesso anche il più complesso da utilizzare in maniera corretta. L'analisi spaziale mette in evidenza quelle relazioni già presenti in maniera implicita negli elementi geografici di partenza, ma che sono difficili da comprendere a pieno solo con l'osservazione del dato stesso. Si tratta quindi di operatori, strumenti, algoritmi più o meno complessi in grado di mettere a sistema uno o più dati spaziali in *input* restituendo in *output* sia

dati spaziali sia informazioni di carattere alfanumerico. L'informazione territoriale di estremo dettaglio del rilievo UAV diventa il dato in *input* nel GIS che ne permette l'elaborazione ai fini dell'analisi spaziale e lo spettro delle analisi possibili in ambien-

te GIS con dati derivanti da rilievi UAV è abbastanza ampio. Va sottolineato che l'elevata risoluzione geometrica dei dati in *input* (cm/pixel) permette una conoscenza molto più dettagliata del territorio rispetto a quella elaborata partendo dalla attuale cartografia istituzionale, solitamente di iniziativa regionale, la cui risoluzione geometrica è dell'ordine dei dm/pixel o m/pixel. È come osservare il territorio con una lente di ingrandimento che permette di distinguere nettamente oggetti geografici altrimenti invisibili e di studiare in dettaglio i cambiamenti e le modifiche che questo subisce nel tempo in quanto è possibile effettuare rilievi continui con cadenza anche oraria. Le analisi GIS sono sintetizzate di nelle Fig. 3 e 4 e di seguito verranno illustrati in dettaglio alcune possibili applicazioni GIS-UAV su vari ambiti tematici.

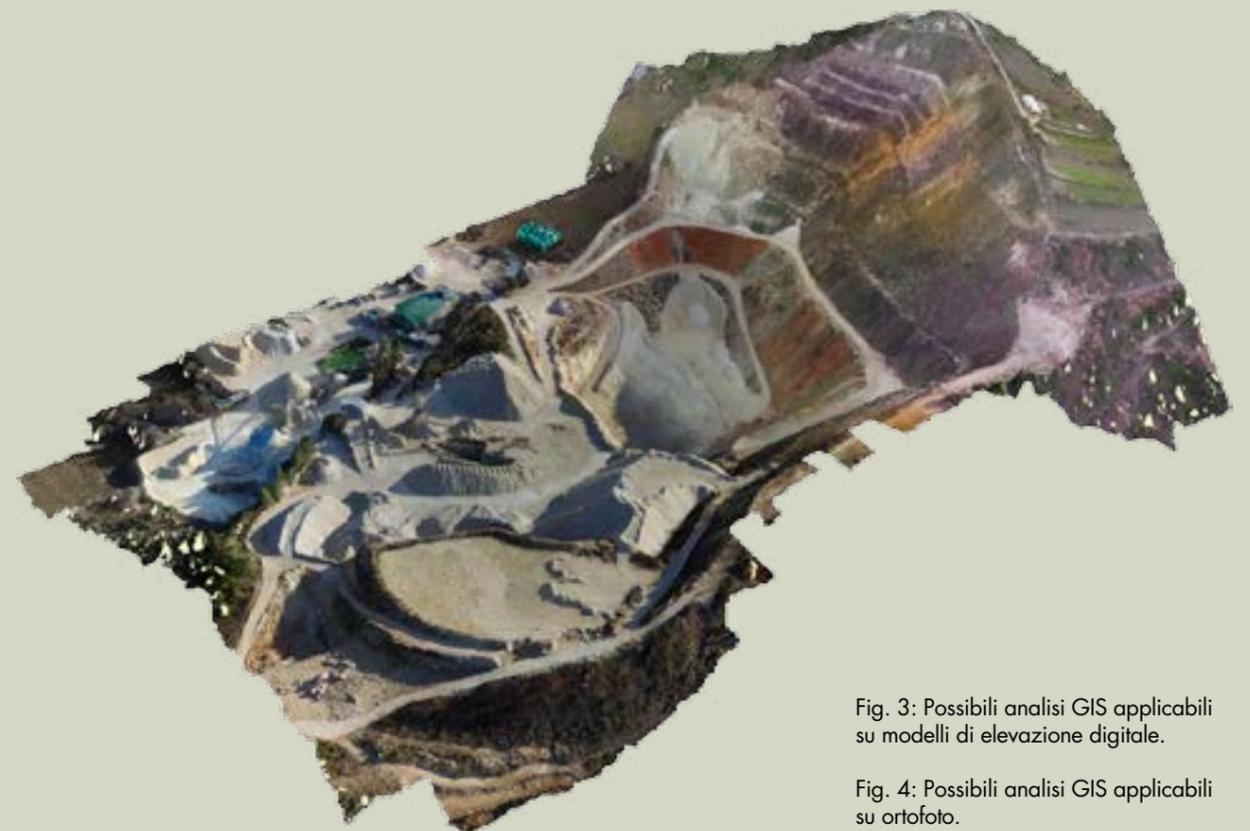


Fig. 3: Possibili analisi GIS applicabili su modelli di elevazione digitale.

Fig. 4: Possibili analisi GIS applicabili su ortofoto.

L'ACCERTAMENTO E LA VALUTAZIONE DEL DANNO ALL'AGRICOLTURA DA FAUNA SELVATICA: NUOVO PROTOCOLLO ATTRAVERSO TECNOLOGIE GIS-APR

I danni alle produzioni agricole da fauna selvatica rappresentano una problematica importante sul piano socio economico che da anni interessano il settore agricolo. La valutazione del danno nel contesto della gestione faunistica deve rappresentare il miglior compromesso tra il diritto dell'imprenditore agricolo a veder riconosciuto un equo risarcimento per il danno subito ed un procedimento di stima che sia affidabile verso la razionalizzazione dell'impegno di risorse pubbliche. Infatti la procedura di riconoscimento deve tener conto dei necessari livelli di celerità (rispetto dei tempi per lo svolgimento del procedimento amministrativo

ai sensi della Legge 241/1990) ed economicità. L'introduzione di sistemi tecnologicamente avanzati nelle fasi di verifica potrebbero produrre vantaggi notevoli sia nell'accuratezza della "stima" del danno, sia nella riduzione dei tempi per l'acquisizione dei dati di campo. La procedura di "accertamento e valutazione" nel suo complesso è articolata in *step* sequenziali, attraverso i quali si tende ad arrivare ad una definizione economica del danno subito. Possono essere individuati tre momenti principali del processo quali: l'accertamento, la stima e la perizia. L'accertamento è la fase necessaria all'inquadramento generale del danno che prevede l'acquisizione dei dati generali, la ricerca e identificazione di eventuali tracce che conducono al riconoscimento di una determinata specie e la valutazione generale della misurabilità del

danno (danno presente e misurabile, danno ipotizzato e/o difficilmente misurabile). La stima è la fase di valutazione della qualità e quantità del prodotto perso o danneggiato, la valutazione delle produttività medie ed il confronto con la situazione di riferimento (contesto produttivo locale) e la formulazione di una prima valutazione. È necessario raccogliere in questa fase gli elementi il più possibile oggettivi e misurabili. La perizia è il momento della formalizzazione dell'attribuzione di valore al bene stimato e i dati quali-quantitativi prima assunti generano una scala delle produttività a cui rapportare i prezzi di mercato, desunti da mercuriali o prezzari regionali. L'introduzione di sistemi tecnologicamente avanzati possono incrementare

Fig. 5: Fotogrammi dell'area indagata.



Dataset	Points/Faces	Resolution	Time
Point Cloud	79.634		24 minutes 36 seconds
Dense Point Cloud	56.640.897		59 minutes 21 seconds
Model	2.286.499		2 minutes 5 seconds
DEM		4,03 cm/pix	43 seconds
Orthomosaic		2,01 cm/pix	4 minutes 03 seconds

Tab. 1: Parametri tecnici e tempi di elaborazione dei dati ottenuti attraverso il software fotogrammetrico.

Fig. 6: Ortofoto e DSM (Digital Surface Model) dell'area di studio.

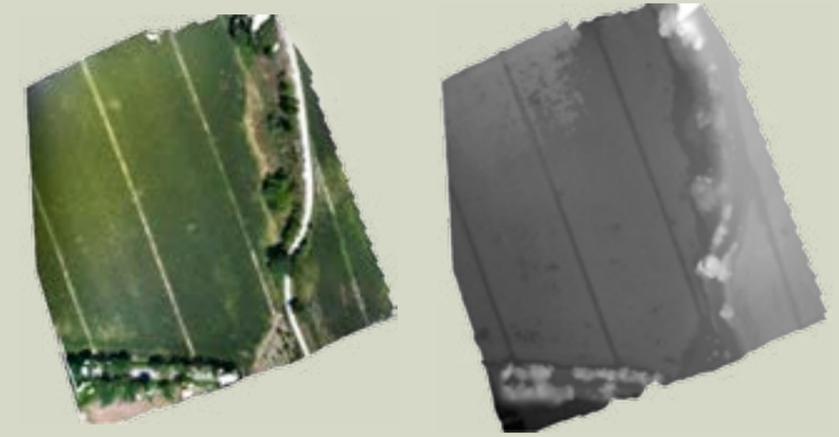


Fig. 7: Estrazione dell'area di interesse attraverso una procedura di ritaglio.



l'efficienza delle fasi di verifica e misurazione del danno attraverso il *fast monitoring*, una procedura anch'essa in via di sperimentazione che prevede operazioni di controllo e restituzione dati, realizzati e trasmessi in tempo reale, attraverso i quali è possibile avere una descrizione analitica del fenomeno indagato. Il processo di acquisizione dati è stato effettuato con un drone *ready to fly* e con una app di sistema di volo automatizzato (Pix4d). Per il rilievo in questione è stato effettuato un volo in modalità automatica ad una quota di 40 m dal suolo, alla massima velocità e con un *overlap* del 90%. Sono state acquisite 148 foto in formato jpeg della dimensione di 5MB ognuna. Il tempo di volo totale per l'operazione è stato di 7 minuti e 30 secondi. Si è scelto di effettuare un solo volo per determinare la massima area rilevabile attraverso i parametri sopracitati. Una volta acquisito il dato fotografico questo è stato elaborato attraverso uno specifico software fotogrammetrico per la modellazione tridimensionale e l'ottenimento dei prodotti cartografici per le successive analisi. In particolare l'ortofoto ed il modello digitale di elevazione (Fig.6)

vengono ottenute dalla nuvola di punti densa. Il processo di ricostruzione ha richiesto un tempo di elaborazione di circa 1h e 30 minuti per la generazione degli output. In particolare è stato prodotto un set di dati aventi le seguenti caratteristiche: La superficie totale rilevata attraverso l'UAV è stata di circa 40.000 m² (fig. 7), dalla quale è stata estratta una superficie utile di poco superiore ai 25.000 m² pari all'area interessata dalla coltivazione di mais.

Nella formulazione delle fasi della procedura di "accertamento e valutazione", la stima è sicuramente quella più coinvolta in una valutazione analitica del danno, attraverso la determinazione quantitativa delle superfici interessate e della tipologia e qualità del prodotto. L'utilizzo di basi di dati *raster* da fotogrammetria UAV permette l'individuazione delle aree colpite e, attraverso un'operazione di fotointerpretazione di dettaglio (risoluzione geometrica dell'ortofoto 2 cm/



Fig. 8: Rilevazione dei dati attraverso opportune tecniche GIS

Tab.2: Analisi dei dati ottenuti a seguito delle procedure adottate.

pixel), la loro vettorializzazione e, di conseguenza, la superficie interessata dal danno (Fig.8). L'analisi in ambiente GIS è fondamentale affinché sia possibile costruire un sistema capace di rilevare l'effettiva entità del danno non basata su una stima "a campione". Escludendo alcune zone interessate dalla presenza di tralicci, pozzi e viabilità per i mezzi agricoli, è stata realizzata una mappatura delle aree danneggiate.

Sono state rilevate nell'area campione circa 27 *patches* di dimensioni variabili per una superficie complessiva di circa 236 m², pari allo 0,97% dell'area coltivata. Data la natura della coltivazione (altezza media delle piante 2,5 m circa), è evidente quanto possa essere difficoltosa e onerosa una

stima effettuata da terra dato che presupporrebbe l'attraversamento dell'intero appezzamento ed una misurazione "manuale" delle *patches* con un notevole dispendio di tempo e di risorse. Inoltre una determinazione basata su metodi "a campione" risulta essere poco attendibile rispetto al dato reale.

Sulla base dei risultati ottenuti è possibile fare alcune considerazioni. Analizzando la distribuzione delle *patches* è evidente come le aree danneggiate si addensano nel margine destro e inferiore dell'appezzamento (Fig. 8). Gli ungulati selvatici (in questo caso cinghiali), per l'assenza totale di visibilità data dall'altezza delle colture, potrebbero prediligere zone nelle vicinanze delle fasce boscate in quanto queste rappresentano sia un ricovero sicuro sia una via di fuga/movimentazione preferenziale. La dimensione media delle aree danneggiate, circa 6 m², potrebbe confermare un comportamento cautelativo ri-

spetto ad un ambiente dove non è possibile scorgere nessun orizzonte libero se non nella fascia perimetrale. Sicuramente un effetto in questo senso lo ha l'utilizzo di dissuasori che vengono impiegati nell'azienda agricola dove è stato effettuato lo studio. Durante il periodo del sopralluogo erano attivi sistemi sonori per l'allontanamento della fauna basati su dispositivi ad aria compressa che, ad intervalli regolari (10 - 15 minuti), riproducono colpi d'arma da fuoco (sistema a salve).

MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DELLE AREE SOMMITALI CON TECNICHE GIS-UAV

Una interessante applicazione sviluppata attraverso tecniche UAV è la modellazione 3D delle aree sommitali con l'obiettivo principale di rilevare i parametri morfologici, vegetazionali ai fini della prevenzione dei rischi e del monitoraggio ambientale. Si tratta di modelli ad altissima risoluzione

(HRM - High Resolution Model) in grado di restituire importanti informazioni che possono poi essere utilizzate in vari settori di interesse, da quello turistico a quello ambientale, fornendo in tal modo le basi informative necessarie per la conoscenza dei luoghi e delle condizioni morfologiche e vegetazionali in cui si trovano. L'elaborazione dei dati acquisiti tramite UAV restituiscono infatti con precisione le reali condizioni della vetta rilevata (Fig.9).

Tutta la procedura di acquisizione dei dati è stata condotta utilizzando droni *ready to fly low cost* (nel caso specifico un multirobotore di 1,3 kg) anche per verificare la risposta di questi sistemi in ambiente di alta quota. Le tecniche di rilievo hanno visto sia l'adozione di procedure automatiche attraverso un *mission planner* ma anche di procedure di volo manuale. Il rilievo in modalità automatica viene sempre eseguito dalla vetta dell'area sommitale da rilevare mentre le attività di volo manuale vengono eseguite da altre aree in funzione della morfologia dei luoghi. Il solo volo su di un piano parallelo al suolo in aree molto articolate da un punto di vista morfologico non è sufficiente a restituire una modellazione completa della realtà di questi luoghi. È fondamentale quindi acquisire attraverso dei voli manuali una serie di fotogrammi che integrano i precedenti e che coinvolgono punti di presa posti lateralmente all'area da rilevare. Naturalmente diversa è anche l'inclinazione della camera da ripresa. Ciò non costituisce un problema in quanto, nel momento dell'elaborazione fotogrammetrica, il software è in grado di posizionare correttamente la foto nello spazio grazie alle coordinate del centro e l'orientamento di questa. Le problematiche da affrontare in queste aree impervie sono diverse e presentano varie criticità. Le mutevoli condizioni di pressione influiscono sulla portanza del drone ed hanno un peso anche sulla



Fig. 9: Fotografia (in alto) e HRM della stessa area tramite acquisizione UAV e processamento fotogrammetrico dei dati.

durata della batteria che diminuisce sensibilmente. Non solo, anche il vento può avere influenze dirette sulla batteria in quanto i motori devono compensare continuamente gli squilibri generati da queste forze. Per tale ragione la durata dei voli per l'acquisizione dei dati non supera in genere i 10 minuti in modo da avere una maggiore sicurezza di rientro del mezzo nel caso in cui si manifestino avarie o condizioni avverse. Inoltre le procedure di *take-off* e *landing* richiedono una notevole destrezza di pilotaggio manuale vista l'accidentalità dei luoghi altomontani. I dati così acquisiti possono essere poi utilizzati in molteplici campi di applicazione. In tal senso di sicuro interesse è

lo studio dei fenomeni gravitativi dovuti al dissesto idrogeologico. È possibile infatti monitorare con frequenze di rilievo molto alte (anche più volte al giorno) gli spostamenti degli ammassi rocciosi e il volume movimentato a seguito di eventi franosi o smottamenti. Possibili applicazioni possono esserci anche nel settore climatico e nivologico. In particolare è possibile rilevare il volume del manto nevoso presente su una determinata area (avendo rilevato precedentemente la stessa area in condizioni normali) e stabilire poi possibili

Tipologia	Area (m ²)	%
Coltivazione	24100	95,7
Viabilità	1063	4,2
Infrastrutture/pertinenze	18	>0,1
Tot	25181	

rischi legati alle valanghe anche grazie a sensori per la scansione termica della superficie: il tutto in condizioni di massima sicurezza per gli operatori. Attraverso sensori fotografici è infatti possibile determinare modelli DSM (modelli digitali della superficie) del suolo nudo e la successione stratigrafica della neve, mentre con specifici sensori termici è possibile determinare il metamorfismo della neve dovuto al gradiente termico tra la superficie del manto e l'interfaccia neve/soilo. Una ulteriore applicazione deriva dalla possibilità di monitorare lo stato di conservazione degli habitat della rete Natura 2000 presenti in queste aree sommitali. Il livello di dettaglio della cartografia istituzionale e l'estensione ridotta di questi ambienti, rende difficile cartografarli e di conseguenza arduo, se non impossibile, risulta essere il loro monitoraggio.

Fig. 10: Modello ad alta risoluzione della cima di Corno Grande (Parco Nazionale del Gran Sasso Monti della Laga).



TECNICHE DI ANALISI E DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE NELLE AREE DI CAVA

Le attività estrattive rappresentano una delle attività antropiche più impattanti sul sistema ambientale. I droni possono fornire un contributo assolutamente innovativo nell'analisi e nella valutazione preventiva dell'impatto ambientale, ma anche nel calcolo di precisione dei volumi estratti nelle fasi di coltivazione ai fini della determinazione economica dei diritti di concessione. Le tecniche classiche di rilievo (stazione totale, distanziometrica elettronica e GPS di precisione) sono state utilizzate sino ad oggi sia per la fase di progetto, sia anche per le valutazioni successive. Si tratta sostanzialmente di un rilievo di precisione di punti quotati all'interno dell'area di cava utilizzati poi per elaborare curve di livello e modelli tridimensionali da utilizzare per le successive fasi di analisi. È ovvio che una procedura del genere comporta un dispendio notevole in termini di tempo, di risorse umane ed eco-

nomiche. La procedura di acquisizione dati tramite drone risulta essere molto più rapida e con livelli di dettaglio di ordine di grandezza differenti. Di seguito si vogliono quindi evidenziare i vantaggi nell'utilizzo delle tecniche GIS-UAV in questi contesti e dei risultati conseguibili ai fini delle analisi, delle valutazioni e del monitoraggio ambientale. La Fig. 11 evidenzia le differenze di diverse risoluzioni di rilievo su una stessa area di cava attraverso un modello di elevazione digitale (DEM). In particolare la figura 10a è relativa ad un DEM a risoluzione geometrica 10 metri, la 10b invece riguarda un DEM 2,3 m/pixel mentre la 10c è relativa alla stessa porzione di territorio delle due precedenti solo che ha una risoluzione geometrica pari a 13 cm/pixel. Va precisato che il concetto di risoluzione geometrica è legato appunto alla sezione di territorio discretizzata dal pixel e con essa la superficie alla quale si riferisce quel dato valore di quota. In altri termini un DEM a risoluzione geometrica 10 m indica che ogni pixel copre una

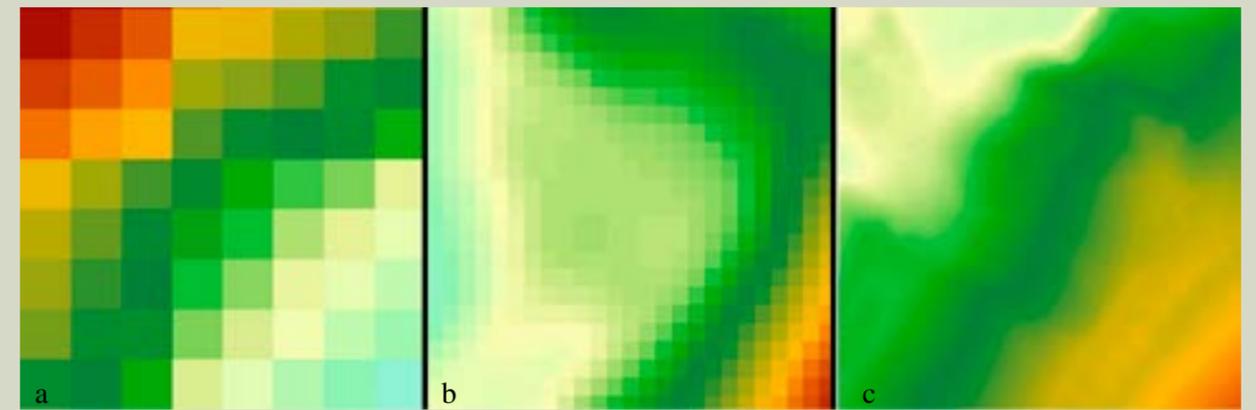


Fig. 11: a) DEM a 10 m; b) DEM a 2,30 m; c) DEM a 0,13 m

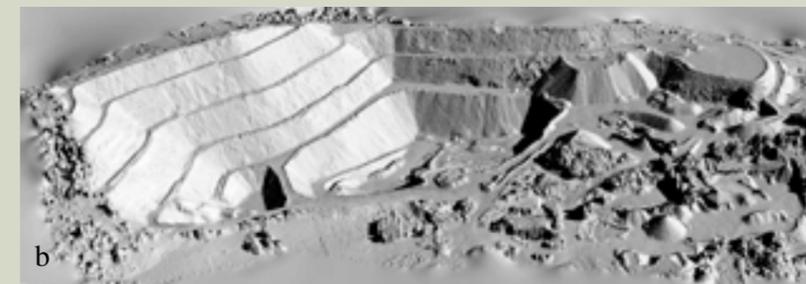
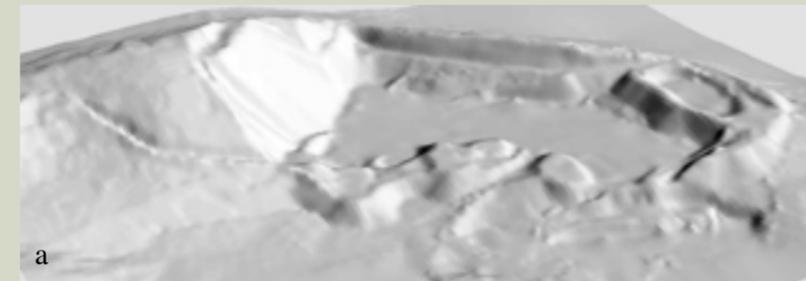


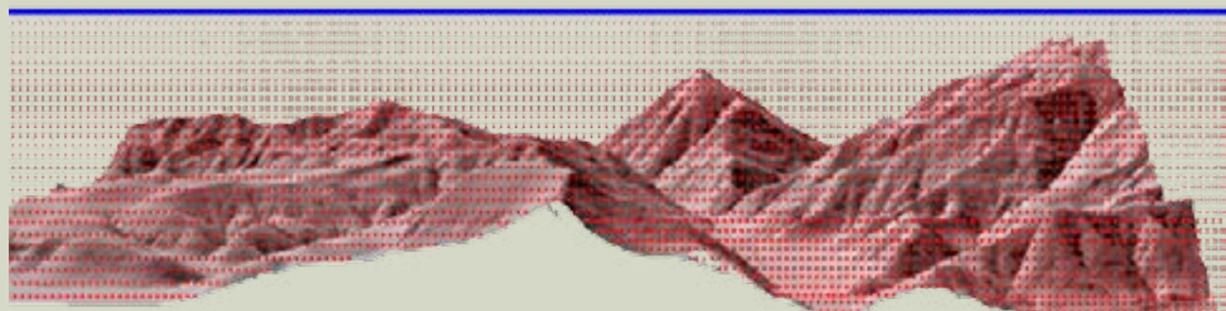
Fig. 12: Confronto tra hillshade a diversa risoluzione geometrica relativi alla stessa area geografica: a) Hillshade 2 m/pixel; c) Hillshade 0,1 m/pixel

parte di territorio pari a 100 m² ed ha associato un solo valore di quota. Più aumenta la risoluzione geometrica del raster, più diminuisce il settore di territorio discretizzato e maggiore è l'accuratezza nel rappresentare, in questo caso, la morfologia di una data superficie.

La stessa risoluzione geometrica del dato di partenza incide poi sul livello di dettaglio con il quale vengono condotte le successive analisi. Sono infatti molteplici le informazioni territoriali che possono essere elaborate a partire da un modello di elevazione digitale in ambiente GIS; tra queste ad esempio ci sono le curve di livello fondamentali nella fase di progettazione dell'opera stessa. Il rilievo da UAV

permette di ottenere isoipse con equidistanza dell'ordine delle decine di cm a differenza di quelle solitamente disponibili sui geoportali regionali o derivanti da rilievi con tecniche tradizionali che solitamente hanno equidistanze dell'ordine dei metri. Un DEM permette inoltre di derivare tutta una serie di dati ed informazioni spaziali fondamentali per le analisi in un contesto di cava. L'analisi della visibilità, delle linee di deflusso delle acque superficiali, dell'esposizione dei versanti, delle pendenze o dell'irraggiamento delle aree (Fig. 12) rappresentano solo alcune delle possibili analisi che un software GIS è in grado di elaborare a partire da questi dati.

Una interessante applicazione in questi contesti è sicuramente il calcolo dei volumi estratti/movimentati all'interno dell'area di cava. Il calcolo volumetrico di un sito di cava è essenziale per la stima del materiale da estrarre, del suo valore economico, delle royalties da conferire all'ente concessionario, nonché per il controllo delle superfici da ripristinare nelle fasi successive all'estrazione. L'elevata risoluzione dei dati di partenza permette di disporre di una maggiore accuratezza nella fase di calcolo volumetrico e quindi, attraverso rilievi continui nel tempo, monitorare la movimentazione del materiale estratto. L'elaborazione avviene in ambiente GIS e può seguire sostanzialmente due distinti metodi: uno relativo al calcolo diretto del volume, l'altro attraverso il metodo degli sterri e dei riporti (*Cut&Fill method*). Il calcolo diretto del volume consiste nello stabilire la quota di un ipotetico piano al di sopra (*above*) o al di sotto (*below*) del quale verrà calcolato il volume relativo all'area di interesse rappresentata



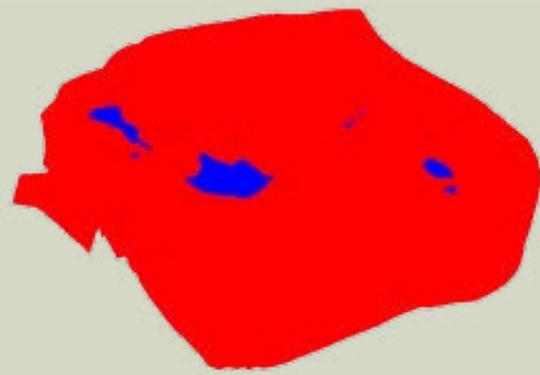
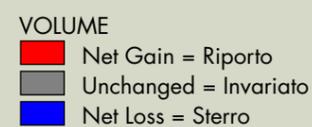
da un DEM. La quota del piano di riferimento deve naturalmente essere funzione del metodo scelto e della quota più alta (nel metodo below) e della quota più bassa (nel metodo above) del modello di elevazione digitale. Il metodo degli sterri e dei riporti consente di calcolare le variazioni di volume sia in positivo (riporti o fill) sia in negativo (sterri o cut) avvenuti all'interno di una data area geografica rilevata in due distinte sezioni temporali. Questo metodo oltre a fornire una indicazione numerica di questi due volumi, unitamente alla differenza dei due, è in grado di mostrare attraverso una opportuna classificazione anche le aree geografiche dove queste variazioni sono effettivamente avvenute (Fig.13). Naturalmente il metodo è in grado di rilevare le minime variazioni morfologiche e quindi di volume, per cui per avere un

risultato più aderente alla realtà dei cambiamenti avvenuti è opportuno applicare un filtro escludendo le variazioni (sia positive sia negative) al di sotto di un dato valore volumetrico. La corretta applicazione di un metodo di questa natura necessita di una maggiore accuratezza posizionale dei modelli digitali di elevazione rispetto a quella derivata dal sistema di navigazione GNSS montato a bordo del drone. In questo caso è necessario utilizzare dei *Ground Control Point* (GCP) per migliorare la georeferenziazione dei prodotti in *output* del rilievo attraverso l'utilizzo di strumentazione GPS di precisione. La possibilità di disporre di questi GCP nel tempo garantisce la stessa accuratezza posizionale dei modelli digitali rilevati nel tempo e migliora l'attendibilità del confronto. Tali GCP andrebbero disposti in maniera

Fig. 13: Calcolo del volume attraverso il metodo "Below".

Fig. 14: Area interessata dallo scavo (a sx) e risultato dell'applicazione del metodo "Cut&Fill" della stessa area.

omogenea lungo le aree della cava naturalmente non soggette ad attività di scavo. E' un metodo questo che ben si presta al monitoraggio delle attività estrattive in quanto permette di evidenziare dove avvengono i cambiamenti all'interno dell'area di scavo determinando inoltre la loro entità.



Conclusioni

Il monitoraggio del territorio per scopi di controllo o pianificazione, necessita di costante innovazione in termini di processi e tecnologie di rilevamento dei parametri ambientali. Il telerilevamento, e con esso i sistemi GIS, sono in rapida evoluzione sia nelle tecnologie che nelle metodologie di analisi, soprattutto per quanto riguarda la ripresa e lo studio del territorio: sensori sempre più specializzati e geometricamente più performanti lo rendono un settore di ricerca sempre in rinnovamento. Le nuove tecniche legate al real time sensing aprono quindi nuovi orizzonti circa le possibilità applicative ed il loro utilizzo nei processi di diagnosi ambientale e di pianificazione territoriale. La possibilità di ottenere dati territoriali di maggior dettaglio attraverso il rilievo UAV e di elaborare in ambiente GIS informazioni con una maggiore precisione ed in tempi abbastanza brevi, facilita la comprensione delle dinamiche dei fenomeni che agiscono su un determinato ambiente. Ciò consente di monitorare e controllare diverse realtà territoriali in

condizioni di massima sicurezza anche per quelle aree colpite da calamità naturali quali frane, terremoti, alluvioni o anche aree in cui si siano verificate condizioni di fuoriuscita e dispersione di sostanze tossiche (Aprville, 2014; Maza et alii, 2011; Chou et alii, 2010; Suzuki et alii, 2008). Da un lato quindi aumenta il dettaglio di elaborazione e di restituzione degli output tecnici (informazioni e analisi) dall'altro aumenta la consapevolezza del decisore circa le azioni di politica e di gestione territoriale. Le tecnologie di rilievo UAV presentano però alcune limitazioni: in primo luogo il payload, cioè la difficoltà di poter usufruire di più camere e sensori contemporaneamente. In secondo luogo c'è il problema della qualità dei sistemi GPS per la navigazione aerea, per il controllo dell'orientamento dei sensori e per la georeferenziazione del dato acquisito. Inoltre le esigue dimensioni del velivolo determinano un maggiore rischio di interferenze esterne (es. vibrazioni causate da vento ed intemperie). Queste problematiche sono legate al tipo di UAV utilizzato e

quindi di conseguenza al loro costo. Tra gli UAV infatti esistono delle differenze che li rendono più o meno idonei a svolgere una determinata attività. Alla luce di quanto appena detto è chiaro che la tipologia di UAV (multicottero o ala fissa), il tipo di configurazione di sistema e di strumentazione a bordo deve essere funzione del tipo di rilievo da effettuare. I droni ad ala fissa consentono di coprire aree più estese (fino a 10 km² con un unico volo) ed hanno una maggiore autonomia di volo rispetto ai multicotteri, grazie ad una migliore resa aerodinamica. Inoltre consentono di operare anche in presenza di vento sostenuto garantendo sia la stabilità del volo che il mantenimento del corretto assetto azimutale, con conseguente controllo della qualità delle immagini nonché della correttezza ortografica. Di contro un multicottero, disponendo di più motori, consente di aumentare il payload al decollo ha una migliore manovrabilità e controllo il che si rivela essenziale nel momento in cui è necessario effettuare rilievi o riprese di dettaglio in aree impervie o morfologicamente ac-

cidentate. Un vantaggio è rappresentato anche dalla capacità di mantenersi in volo in caso di avaria ad uno dei motori o di perdita di eliche (valido per elicotteri o per droni con un numero maggiore di motori). Gli UAV presentano quindi enormi potenzialità sia operative che di precisione in vari settori consentendo in di abbattere i costi del rilievo rispetto ai mezzi convenzionali (aerei ed elicotteri) e di volare a quote più basse rispetto ad essi. Ciò comporta l'acquisizione di un numero maggiore di fotogrammi, in quanto l'area coperta da ciascuno di essi è molto ridotta. Questo incide indirettamente anche sulle caratteristiche dei computer utilizzati per le fasi di elaborazione dati che devono quindi essere sempre più performanti per gestire notevoli quantità di informazioni. La soluzione di problematiche di carattere opera-

tivo risulta essere quindi una parte sostanziale dei rilievi. Anche l'autonomia di volo di questi sistemi rappresenta spesso un forte limite, in quanto le operazioni di pianificazione delle missioni e di acquisizione dati devono, per ragioni di sicurezza, durare solo pochi minuti. Pur con queste problematiche tecniche la possibilità odierna di allestire database geografici sempre più dettagliati e aggiornabili con maggiore frequenza non può prescindere dall'integrazione di questi con i sistemi UAV. Le scienze e l'ingegneria del territorio dispongono oggi di un nuovo strumento nato da questo connubio le cui potenzialità sono in continua evoluzione, grazie al quale il monitoraggio territoriale e ambientale, e le successive fasi di decisione e pianificazione, diventano molto più veloci, attendibili ed efficienti. Si ringraziano per il supporto e la

collaborazione nella conduzione delle attività del Laboratorio Interdipartimentale GIS-APR la Prof.ssa Paola Inverardi, il Prof. Angelo Luongo e il Prof. Massimo Fragiocomo dell'Università dell'Aquila, il Prof. Domenico Nicoletti e l'Ing. Alfonso Calzolaio del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, il Dott. Carlo Console e l'Ass. C. Luca Festuccia del Corpo Forestale dello Stato - CTA Assergi, il Dott. Mauro Fabrizio della Riserva Naturale Regionale "Monte Genzana-Alto Gizio", il Dott. Adriano De Ascentiis della Riserva Regionale dei Calanchi di Atri. Si ringraziano inoltre la Prof.ssa Annarita Frattaroli del Dipartimento MESVA dell'Università dell'Aquila, il Dott. Walter De Simone, la Dott.ssa Giorgia Ferella, il Dott. Matteo De Albentiis, la Dott.ssa Maura Gambacorta e la Dott.ssa Consuelas Giuliani.



L'UTILIZZO DEI SAPR NELLA RISERVA NATURALE LAGO DI PENNE

Dal lontano 1980 la Cooperativa COGECSTRE di Penne ha avviato un lunghissimo percorso di ricerca ambientale sulle montagne più alte dell'Abruzzo, la Regione dei Parchi. La Cooperativa di Penne ha sempre avuto una particolare attenzione alla conservazione e alla tutela della natura in tutti i suoi aspetti con le numerose possibilità di sviluppo responsabile e sostenibile riferiti oggi alla cosiddetta Green Economy. Una componente sempre presente nelle numerose attività intraprese è stata e lo è ancora oggi la fotografia naturalistica in tutti i suoi aspetti. La Riserva Naturale Regionale Lago di Penne è nata grazie alla ricerca fotografica che aveva documentato la prima colonia di nitticora in Abruzzo. La Rivista De Rerum Natura ha pubblicato in tutti questi anni migliaia di pagine e fotografie inedite dedicate al mondo della scoperta e della conoscenza dei luoghi meglio conservati. Per questo motivo l'applicazione della fotogra-

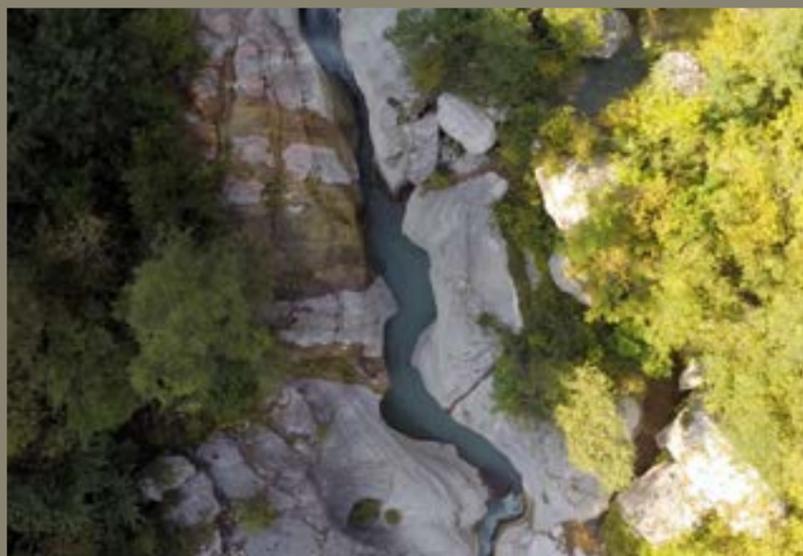
fia aerea e delle riprese video ai nuovi ed importanti mezzi a pilotaggio remoto (SAPR) ha consentito alle strutture operative della Riserva, da Cogecstre Edizioni a De Rerum Natura alla cooperativa specializzata alla cura dell'immagine L'Arca di arricchire il già nutrito archivio fotografico e video con nuove e importanti riprese video e fotografiche da un nuovo punto di vista. Con la scuola di volo SAPR in collaborazione con Vollandia nell'area di volo di Collalto sud autorizzato dall'Enac sono stati centinaia i piloti che hanno superato l'esame ed hanno ottenuto la necessaria autorizzazione Enac per le zone non critiche. In questa ottica era del tutto naturale che la Riserva di Penne collaborava con il nuovo Laboratorio Gis e Sapri organizzato dall'università dell'Aquila. L'area protetta vestina fin dall'inizio aveva intuito la potenzialità offerta dai droni per il monitoraggio ambientale a 360 gradi. Infatti la prima sperimentazione con una camera termica della Flir, la tau due applicata ad un elicottero Tarot, serviva a verificare la popola-

zione dei cinghiali presenti nella riserva. Successivamente con il più leggero Phantom 3 si sta verificando, come abbiamo preso atto nei precedenti articoli, la velocità e l'esattezza dei danni da fauna selvatica alle coltivazioni come il mais e il frumento. Le cooperative che operano all'interno della Riserva di Penne hanno dato vita ad una rete d'impresa RICA che ha ottenuto un'importante finanziamento per l'innovazione tecnologica. Grazie a questo contributo laboratorio editoriale con numerose attrezzature digitali che offrono ad un vasto pubblico servizi professionali, tra cui l'utilizzo di speciali droni con riprese 4K ras per la produzione di documentari naturalistici. Una cooperativa del gruppo bestino, L'Arca, si sta specializzando nella gestione di un laboratorio sperimentale per l'utilizzo dei mezzi a controllo remoto. La Soc. Cooperativa nasce a Penne nel febbraio 2005. Si è costituita sulla base della legge regionale n.136 Legge Regionale 136/96, interventi finalizzati allo sviluppo di iniziative imprenditoriali giovanili ecocompatibili nei territori dei Parchi Nazionali, Regionale e delle Riserve Naturali istituite con legge regionale. La cooperativa è convenzionata con la Riserva Naturale Regionale Lago di Penne ed ha una sede operativa Centro Visite della Riserva stessa. Specializzata nelle riprese naturalistiche digitali ad alta definizione (HD) e nella produzione di documentari, nel 2007 ha vinto come produzione il primo premio al Film Festival di Sondrio con il documentario "La pietra che vive" di Marco Andreini, miglior lavoro in un'area protetta, il premio giovani registi al Festival Internazionale del Cinema Naturalistico e Ambientale di Teramo con il documentario "Il custode dei boschi" di Alessandro Di Federico. Il documentario "La biodiversità del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga"

Nella pagina accanto ripresa di una arrampicata sportiva a Villa Celiera; in alto piloti della Scuola di volo del CEA A. Bellini.



ha ricevuto il premio del pubblico al festival del cinema naturalistico di Teramo. Ha prodotto importanti documentari in collaborazione con il Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, per conto del Corpo Forestale dello Stato (*La riserva del Lago di Campotosto, La regina dei fiumi è tornata in Abruzzo*), del WWF Italia (*La terra della primavera perenne*) e realizzato, per la Riserva Naturale Regionale Punta Aderci, il documentario *L'ultima spiaggia*. Anche in ambito internazionale, L'Arca ha realizzato lavori di notevole con argomenti di assoluta rilevanza *Il gorilla di montagna* in Congo, *Il fiore delle stelle* in Perù e *Gallocanta* in Spagna. Inoltre, grazie al rapporto con esperti e qualificati fotografi naturalisti, la cooperativa ha realizzato un archivio fotografico incentrato sul territorio appenninico, con particolare riferimento alle aree naturali protette abruzzesi. L'Arca offre un approccio professionale ed appassionato all'immagine naturalistica, con attrezzature tecniche di alto livello (telecamera 3D e HD, droni per riprese aeree, apparecchiature fotografiche professionali e corredi ottici di qualità) senza tralasciare una approfondita conoscenza del territorio e delle specie, finalizzando le attività alla divulgazione, alla tutela e alla conservazione degli habitat e della cultura regionale. La cooperativa organizza workshop e corsi approfonditi di fotografia, video, illustrazione e grafica condotti da un team appassionato e professionale, con decenni di esperienza nei settori dell'imaging, della comunicazione, dell'educazione e della conservazione della natura; lezioni individuali o di gruppo per Enti pubblici, Istituti universitari (con l'attribuzione di Crediti formativi), per Scuole ed appassionati, di tutti i livelli di preparazione; corsi settimanali, weekend o escursioni giornaliere nella meravigliosa natura abruzzese, sulle tracce degli animali più elusivi o alla ricerca di borghi intatti e paesaggi insoliti. Infine,



L'Arca, in qualità di partner della Riserva Naturale regionale Lago di Penne, può avvalersi della struttura ricettiva del Centro di Educazione Ambientale "A. Bellini", situata nell'armoniosa cornice naturale della Riserva, ai piedi delle imponenti pareti del massiccio del Gran Sasso ed ad un passo dal mare. Il CEA è stato realizzato recuperando un vecchio casolare di campagna di circa 700 metri quadrati ed è in grado di ospitare varie attività turistiche, didattiche e di studio, produttive, di animazione, di ristoro e residenziali con un totale di 60 posti letto in camere multiple con servizi. La sala principale, da 100 posti, è in grado di passare in pochi minuti da sala conviviale a sala convegnistico-seminariale con una vera e propria regia dedicata con impianti audio video di qualità. La scuola di volo con i mezzi a controllo remoto vuole contribuire allo sviluppo del **Turismo responsabile e della fotografia naturalistica**. La fotografia, a partire dai primi

anni del 2000, ha conosciuto una grande popolarità ed è diventata oggi un'attività comune per molte persone, gran parte delle quali la praticano in maniera continuativa come principale o unico hobby. Questo incremento si può sicuramente collegare all'arrivo sul mercato, non solo professionistico, delle reflex digitali che hanno semplificato le cose sotto molti punti di vista facilitando, in pratica, la ripresa. Di fatto, si è passati dalla fotografia per pochi, con la produzione di un numero "ridotto" di immagini, alla fotografia per tutti, con un diluvio di scatti di ogni genere e realizzate in ogni situazione. Una realtà positiva, senza dubbio, se valutata in termini di condivisione, informazione e comunicazione. La tecnologia digitale e l'aumentata capacità delle componenti elettroniche (sensori capaci di ottenere immagini più grandi, la possibilità di scattare anche con poca luce e con l'azzeramento dei costi di gestione) ha fatto sì che molti generi fotografici hanno nuovo

impulso e, in particolare la fotografia naturalistica, è stata tra quelli quella che ne ha tratto i maggiori vantaggi. Non di meno, è anche uno dei più affascinanti, perché molto spesso coniuga la passione per la fotografia con quella per la natura e per i suoi esseri viventi. In definitiva, la tecnica di base è la stessa, semplice e rapida da apprendere ma con il vantaggio, non da poco, di poter "verificare" immediatamente il risultato ed apportare o meno i correttivi necessari. Di certo, la fotografia naturalistica rimane, seppur con tutti gli aiuti delle nuove tecnologie, un esercizio laborioso e affascinante che vede il professionista o il semplice fotoamatore, disposto ad affrontare situazioni impegnative dal punto di vista fisico, logistico ed economico.

Nella pagina accanto ambienti naturali ripresi dal drone; in basso una frana documentata con il Phantom 3 e GoPro Hero 4.



Bibliografia

- Ambrosia V.G., Wegener S.S., Sullivan D.V., Buechel S.W., Dugan S.E., Brass J.A., Stoneburner J., Schoenung S.M., 2003. *Demonstrating UAV-Acquired Real-Time Thermal Data over Fires*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Number 4 / April 2003, pp. 391-402(12). Publisher: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Apvrille L., Tanzi T., Dugelay J.L., 2014. Autonomous drones for assisting rescue services within the context of natural disasters. General Assembly and Scientific Symposium (URSIGASS), 2014 XXXIth URSI. Pp: 1 – 4, DOI: 10.1109/URSIGASS.2014.6929384.
- Candón D. G., De Castro A.I., López-Granado F., 2013. *Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat*. Precision Agriculture February 2014, Volume 15, Issue 1, pp 44-56.
- Chou T.Y., Yeh M.L., Chen Y.C., Chen Y.H., 2010. Disaster monitoring and management by the unmanned aerial vehicle technology. In: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7B
- Honkavaara E., Heikki S., Kaino J., Pölonen I., Hakala T., Litkey P., Mäkynen J., Pesonen L., 2013. *Processing and Assessment of Spectrometric, Stereoscopic Imagery Collected Using a Lightweight UAV Spectral Camera for Precision Agriculture*. Remote Sensing 2013, 5(10), 5006-5039; doi:10.3390/rs5105006.
- Kingston D.B., Beard R.W., 2004. *Real-Time Attitude and Position Estimation for Small UAVs Using Low-Cost Sensors*. AIAA 3rd "Unmanned Unlimited" Technical Conference, Workshop and Exhibit Chicago, Illinois. 20 - 23 September 2004, Chicago, Illinois.
- Kim J.H., Sukkarieh S., Wishart S., 2006. *Real-Time Navigation, Guidance, and Control of a UAV Using Low-Cost Sensors*. Part 7 - Helicopters and Air Vehicles Field and Service Robotics. Volume 24 of the series Springer Tracts in Advanced Robotics pp 299-309.
- Maza I., Caballero F., Capitan J., Martínez-de-Dios J.R., Ollero A., 2011. Experimental Results in Multi-UAV Coordination for Disaster Management and Civil Security Applications. Intell Robot Syst (2011) 61: 563. doi:10.1007/s10846-010-9497-5
- Remondino F., Barazzetti L., Nex F., Scaioni M., Sarazzi D., 2011. *Uav photogrammetry for mapping and 3d modeling – current status and future perspectives* – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-1/C22, 2011 ISPRS Zurich 2011 Workshop, 14-16 September 2011, Zurich, Switzerland.
- Suzuki T., Miyoshi D., Meguro J. I., Amano Y., Hashizume T., Sato K., Takiguchi J.I., 2008. Real-time hazard map generation using small unmanned aerial vehicle. SICE Annual Conference, 2008. Pp 443 – 446, ISBN: 978-4-907764-29-6. DOI: 10.1109/SICE.2008.4654695.
- Zhang C., Kovacs J., M., 2012. *The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review*. Precision Agriculture December 2012, Volume 13, Issue 6, pp 693-712.
- Zullo F., Marucci A., Fiorini L., Ciabò S., Romano B., 2016. *New techniques for land surveying, monitoring and environmental diagnosis: a comparative analysis*. Proceedings XIV International Forum World Heritage and Degradation, Napoli, 16-18 June 2016
- Jordan, B. R., 2014. The use of micro drones in geologic field work. 2014 GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia.
- D'Alessandro F., 2016. I droni in edilizia. p. 180, Grafill ed.