

ITHACA: UN PROGETTO INNOVATIVO PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE AMBIENTALI

Piero BOCCARDO (*), Sergio DEQUAL (*),
Fabio GIULIO TONOLO (*), Davide MARENCHINO (*)

(*) DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie
Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi, 24
10129 Torino

e-mail: piero.boccardo/sergio.dequal/fabio.giuliotonolo/davide.marenchino@polito.it

Riassunto

In questo articolo viene presentato il progetto ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*), sviluppato nell’ambito di un’associazione che vede come soci fondatori il Politecnico di Torino e il SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l’Innovazione) e che avrà lo scopo di condurre un’intensa attività operativa e di ricerca nel settore della geomatica per l’analisi, la valutazione e la mitigazione dei danni nei casi di catastrofi di origine naturale o antropica. Il progetto nasce da una collaborazione con il WFP (*World Food Programme*), la più grande agenzia operativa delle Nazioni Unite, e alcuni soggetti pubblici e privati. Vengono descritte le iniziative in corso nell’ambito del progetto, ossia la realizzazione di cartografie di base e derivate per la gestione delle emergenze e la realizzazione di un prototipo di aereo radiocomandato (UAV, *Unmanned Aerial Vehicle*) progettato per il rilievo di dati territoriali e ambientali. Nel primo caso, particolare attenzione viene posta alla messa a punto di procedure per la realizzazione di cartografia utile alla fase di *early impact* (impatto precoce) in aree colpite da un evento alluvionale, con un esempio relativo alla parte meridionale del Sudan, e una carta delle coperture nevose direttamente derivabile per ogni parte del globo, utilizzando dati gratuiti disponibili in rete (Terra/Modis). Infine viene descritto il progetto del prototipo UAV, sintetizzando lo stato dell’arte di tale tecnologia, mostrando le caratteristiche tecniche del velivolo, il *payload* montato a bordo, i primi esempi di acquisizione e le prospettive future di utilizzo.

Abstract

The ITHACA project (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action) has the main goal to conduct operational and research activities in the field of geomatics for analysis, evaluation and mitigation of natural and manmade hazards. The project has been developed within an association founded by Politecnico di Torino and SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l’Innovazione) in cooperation with WFP (World Food Programme), the largest UN operational Agency and some private and public organisms. Different initiatives are described both in the field of the realization of thematic and utility maps for emergency management and in the prototyping of a small UAV (Unmanned Aerial Vehicle) suitable for environmental applications. In the first topic, particular attention has been paid to produce maps for the early impact phase in an area of the south Sudan affected by a heavy flood and to the production of snow maps directly obtained using free-of-charge data (Terra/Modis), easily available for a worldwide extent. The project for the realization of a UAV prototype is later presented, introducing the state-of-the-art for UAV platforms, showing the prototype characteristics, the on-board payload, some first results in data acquisition and future perspectives in the practical applications.

INTRODUZIONE

Nel febbraio 2006 il Politecnico di Torino e il World Food Programme (WFP), la maggiore Agenzia operativa delle Nazioni Unite, hanno siglato un accordo di collaborazione formalizzato poi, attraverso un contratto attuativo, nel successivo mese di ottobre, per lo sviluppo di nuove tecnologie a supporto della risposta alle catastrofi naturali.

In questi ultimi anni, infatti, si assiste ad un generale cambiamento nel modo di affrontare il tema della preparazione e risposta alle emergenze da parte delle organizzazioni internazionali. Per anni chiuse in sé stesse, le organizzazioni del sistema Nazioni Unite sono oggi in una fase di profondo mutamento, alla ricerca di nuovi strumenti e opportunità. Nel caso del WFP, alla luce del suo mandato e della continua sfida costituita dal ricorrere di disastri naturali e crisi socio-politiche, l'*emergency preparedness* (preparazione alle emergenze) è stata individuata come area strategica di crescita nell'organizzazione. A questo fine il WFP ha investito risorse e capacità creando uffici e competenze specifiche che valgono all'organizzazione un ruolo di *leadership* nel settore.

In questo campo il WFP, attraverso il suo *Emergency Preparedness and Response Branch* (ODAP), è da tempo particolarmente attivo nella ricerca di nuove *partnerships* tecniche ed operative con settori di punta della ricerca tecnologica, del settore privato e della società civile.

D'altra parte il ruolo che il Politecnico di Torino gioca nel campo dell'IT, mirata a prevenire e mitigare l'effetto degli eventi catastrofici, ha consentito di creare utili sinergie nel proporre soluzioni tecnologiche idonee e sostenibili in risposta alle numerose emergenze che ogni anno si verificano nel mondo.

IL PROGETTO ITHACA

In base alle predette motivazioni, il Politecnico di Torino, il SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione) e il WFP hanno optato per la creazione di un polo di ricerca applicata e di erogazione di servizi tecnologici che sviluppi ricerca, progetti, programmi e procedure a favore delle differenti agenzie delle Nazioni Unite che sono chiamate a portare aiuto alle popolazioni colpite da disastri provocati da cause naturali e antropiche. E' quindi stato istituito **ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action)**, un Centro di Eccellenza che si propone di:

- sviluppare competenze locali in un campo che è in rapido sviluppo e che richiede conoscenze e tecnologie sempre più specifiche. Il Politecnico di Torino e il SiTI vengono chiamati a creare ambiti di studio e linee di ricerca che saranno testati e valutati in situazioni reali;
- creare *know how* italiano che può avere ricadute dirette sia nell'area tecnologica universitaria che nel settore privato, dando spunti alla creazione di *partnerships* di ricercatori con società e altri centri di ricerca ad alto valore tecnologico;
- facilitare un processo di internazionalizzazione del polo universitario creando ponti con le organizzazioni internazionali e utilizzando tecnologie e strumenti sviluppati in ambito internazionale. ITHACA può diventare un trampolino internazionale per gli studenti che opereranno al suo interno e per i docenti che si confronteranno con altri operatori nel settore;
- aiutare la crescita del settore di preparazione e risposta alle emergenze delle UN, sostenendo le attività connesse a ITHACA in modo che gli strumenti e le metodologie sviluppati diventino parte integrante del modo di operare prima e subito dopo un'emergenza umanitaria.

Attività

ITHACA si propone di sviluppare cinque ambiti di lavoro:

- monitoraggio, analisi e previsione dei disastri naturali ad impatto rapido, con speciale attenzione al bacino mediterraneo e ai paesi in via di sviluppo;
- sviluppo e applicazione di nuove tecnologie;
- creazione di un gruppo che fornisca servizi tempestivi al sistema delle Nazioni Unite;
- interscambi di ricercatori e personale tra i soggetti proponenti;
- sviluppo di cooperazioni con altri centri di ricerca e soggetti privati.

Parallelamente alla creazione del Centro di Eccellenza, il WFP dovrà aumentare la propria capacità interna per interagire proficuamente con ITHACA e per utilizzare quanto viene sviluppato dal centro all'interno della propria struttura e a livello inter-agenzia. Questa aumentata capacità è necessaria per creare il ponte tra il Centro e le Nazioni Unite e quindi promuovere il corretto uso delle nuove metodologie e degli strumenti sviluppati.

L'organizzazione del Centro di Eccellenza

Al fine di semplificare il dialogo tra istituzioni e di indirizzare le attività del Centro prima della sua reale costituzione giuridica, è stato istituito un "tavolo" comune di organizzazione e gestione che renda più efficiente ed efficace lo sviluppo del progetto. Tale entità è stata definita "Comitato Promotore" ed ha come finalità:

- promuovere ITHACA a livello locale, nazionale e internazionale;
- mobilitare i fondi necessari alla creazione e funzionamento del centro;
- monitorare le attività del centro per assicurare un corretto uso delle risorse e il raggiungimento degli obiettivi;
- creare un documento progetto per perseguire una sempre maggiore integrazione del centro nella struttura accademica e valutare possibili futuri sviluppi nel secondo anno di attività.

La forma giuridica con cui tale Centro di Eccellenza si costituirà, prevede la creazione di un Centro di Ricerca del Politecnico di Torino, partecipato direttamente dal Politecnico di Torino (attraverso il DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie) e SiTI, con propria amministrazione separata. Visto il riconoscimento da parte del WFP (agenzia dell'ONU), verranno attivate in seguito le procedure con il Ministero degli Affari Esteri per il riconoscimento dello status di extraterritorialità.

Le capacità di intervento

Il WFP, anche per conto delle altre agenzie umanitarie dell'ONU, partecipa direttamente a circa 120 interventi annui generati da catastrofi ambientali o da situazioni di crisi socio-politiche con una popolazione coinvolta e direttamente assistita stimata in più di 100 milioni di individui.

Questi numeri, mettono subito in risalto quali siano i mezzi e le risorse impegnate in questo settore a cui corrispondono centinaia di milioni di euro corrisposti dai differenti *donors*.

Come si evince dagli obiettivi del costituendo Centro, l'attività che deve essere svolta riguarda fondamentalmente 3 settori chiave:

- una intensa attività di ricerca applicata che consenta di mettere a punto metodologie e strumenti capaci di fornire risposte chiare e immediate sul numero e localizzazione delle popolazioni colpite da calamità naturale;
- la messa a punto di sistemi informativi che diano supporto alle decisioni per ottimizzare la distribuzione capillare ed efficiente degli aiuti da parte delle agenzie dell'ONU;
- la formazione di personale da inviare negli uffici ONU e sui luoghi colpiti dalle catastrofi e/o di professionalità in grado di fornire strumenti tecnologici per il supporto delle operazioni.

Queste attività, nel contempo, costituiscono anche uno stimolo e una risorsa nel contesto nazionale, sia nei confronti degli enti preposti alla tutela e salvaguardia del territorio che delle imprese private operanti nel settore o in settori affini. Particolare attenzione verrà quindi posta alla definizione di metodiche e strumenti capaci di rispondere alle esigenze specifiche dei soggetti citati.

Le attività di ricerca e sviluppo

Prima ancora della formalizzazione della struttura giuridica del centro, in questi ultimi mesi, il DITAG ha cominciato a sondare le proprie capacità nel perseguire gli obiettivi precedentemente descritti, utilizzando le risorse economiche e di personale disponibili nel progetto PRIN 2005 "Analisi, comparazione e integrazione di immagini digitali acquisite da piattaforma aerea e satellitare" cofinanziato dal MIUR. In particolare tali attività si sono concentrate sulla:

- implementazione di nuove metodiche utili alla realizzazione di cartografia tematica a piccola scala, che risulta fondamentale nella distribuzione di aiuti umanitari;

- definizione di un progetto relativo allo sviluppo di piattaforme aeree radiocomandate (UAV- *Unmanned Aerial Vehicle*) capaci di acquisire, mediante differenti sensori posti a bordo delle piattaforme stesse, immagini ad elevata risoluzione geometrica su aree di interesse.

Cartografia a piccola scala per impieghi relativi all'early impact

In caso di eventi catastrofici, il flusso degli interventi dovrebbe ricalcare quanto rappresentato nella Figura 1. Tale flusso si caratterizza in differenti fasi.

Prima dell'evento:

- allerta precoce, ossia capacità, in base a differenti fonti informative, di monitorare zone in cui esiste una elevata possibilità del verificarsi di un evento catastrofico;

e dopo l'evento:

- impatto precoce: capacità di fornire *output* informativi (compresa la cartografia) che permettano di definire, in prima approssimazione ma in tempi brevi, l'entità di persone e beni coinvolti;
- operazioni di ricerca e salvataggio;
- risposta all'emergenza mediante l'invio di aiuti umanitari in modo strutturato;
- monitoraggio dei successivi interventi.

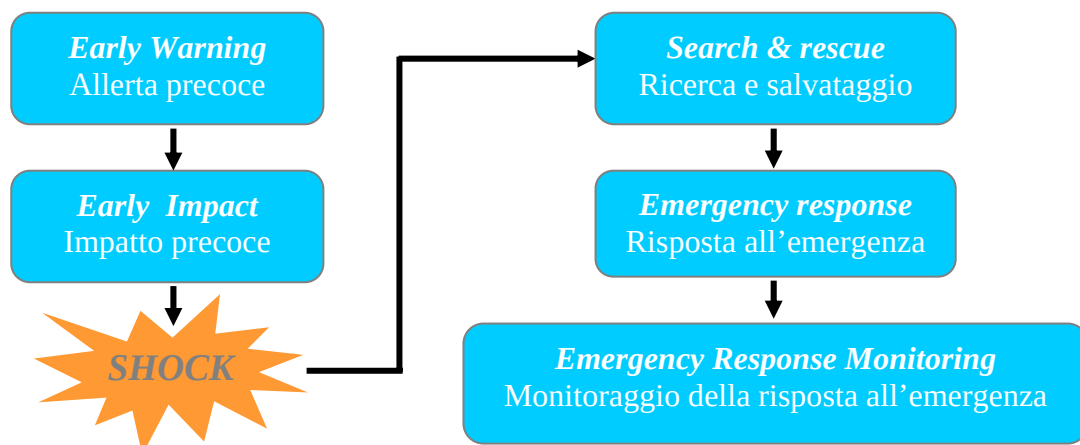


Figura 1 – Flusso degli interventi da attuare in caso di eventi catastrofici

E' opportuno precisare che, negli esempi riportati in seguito, è stata posta particolare attenzione alle esigenze prioritarie tipiche della fase in esame, ossia:

- realizzazione di un prodotto cartografico in tempi compresi tra 24 e 48 ore dall'insorgere dell'evento;
- integrazione di dati derivanti da differenti fonti, processabili con tecniche semplici e facilmente generalizzabili;
- capacità di proporre tecniche operanti a scala globale, ossia valide per ogni ambito della superficie terrestre (terre emerse e mari);
- capacità di fornire prodotti efficienti ed efficaci con riferimento alla loro finalità prioritaria: l'ottimizzazione della distribuzione di aiuti umanitari.

Primo esempio: cartografia di aree alluvionate

Il primo esempio presentato si riferisce alla fase di impatto precoce relativa a un'alluvione che ha colpito il Sudan meridionale nel mese di agosto 2006. Nello specifico, il 21 agosto 2006 il Nilo è straripato in numerose aree e il 24 agosto il governo Sudanese ha diramato notizie di 750.000 persone colpite. L'ufficio WFP di Khartoum ha richiesto assistenza alla sede di Roma, che il 25 agosto richiede alle agenzie spaziali governative di attivare la procedura di acquisizione prioritaria per alcuni sensori ottici e radar. Il 28 agosto vengono acquisite le prime immagini, che sono rese disponibili il giorno successivo dall'ente UNOSAT.

E' stato quindi richiesto al DITAG del Politecnico di produrre una cartografia a piccola scala nella quale fossero indicate le possibili aree interessate dall'alluvione.

La metodologia utilizzata per la generazione di cartografia speditiva a piccola scala necessita non solo di dati acquisiti successivamente all'evento, ma anche di dati di archivio che sono utilizzati sia come dato di confronto che come base cartografica (Figura 2).

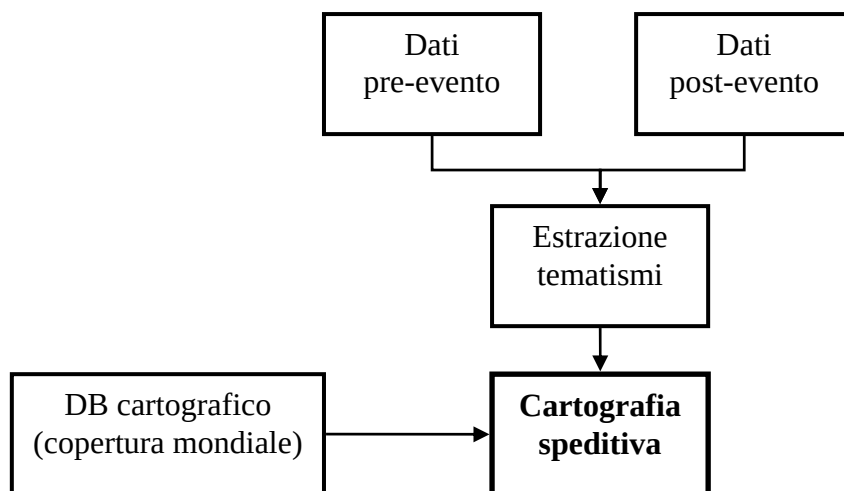


Figura 2 - Flusso di lavoro per la generazione di cartografia speditiva nella fase di Early Warning

I dati disponibili per il caso in esame, suddivisi per categoria in accordo con lo schema di Figura 2, sono elencati e descritti nella seguente tabella:

Dati post-evento		
Piattaforma	Data (gg.mm.aaaa)	Risoluzione geometrica (m)
Radarsat Standard S3	28.08.2006	27.6 x 27.0
Envisat	28.08.2006	150
Spot-5	28.08.2006	10.0
Dati pre-evento		
Piattaforma	Data (gg.mm.aaaa)	Risoluzione geometrica (m)
Radarsat Standard S7	13.06.2003	27.1 x 27.0
Landsat 7 ETM+	13.11.1999	30.0 (15.0 pan) ortoproiezione
DMC	29.11.2005	32.0
DB cartografico		
Descrizione	Formato	Fonte
Viabilità	Vettoriale	WFP
Toponomastica	ASCII	Geographic Names Data Base
Corsi d'acqua	Vettoriale	SWBD water

Tabella 1 – Dati disponibili per l'evento alluvionale dell'agosto 2006 in Sudan

Il tematismo oggetto della cartografia richiesta, ovvero le aree alluvionate, è stato generato mediante l'elaborazione di alcuni dei dati radar forniti. Nello specifico sono state utilizzate le immagini SAR acquisite dalla piattaforma Radarsat precedenti e successive all'evento. Sebbene entrambe le immagini fossero georeferenziate attraverso i dati di orientamento e posizione del sensore, è stata effettuata una ulteriore correzione geometrica (semplificata dall'andamento pianeggiante della superficie indagata, che rende ininfluenti, alla scala dell'applicazione in esame, i fenomeni di *layover* e *foreshortening*) del dato post-evento, utilizzando come riferimento cartografico l'immagine Landsat 7/ETM+ ortoproiettata. Successivamente, attraverso una semplice trasformazione polinomiale, è stata effettuata una georeferenziazione relativa dell'immagine SAR precedente l'alluvione rispetto a quella successiva.

Sono state quindi classificate le aree con presenza di acqua su entrambe le immagini, sfruttandone il comportamento riflessivo nei confronti della radiazione elettromagnetica emessa dal sensore radar, assimilabile, in prima approssimazione, a quello di una superficie speculare. L'acqua risulta quindi facilmente individuabile (Figura 3b), essendo caratterizzata da bassi toni radiometrici (Figura 3a).

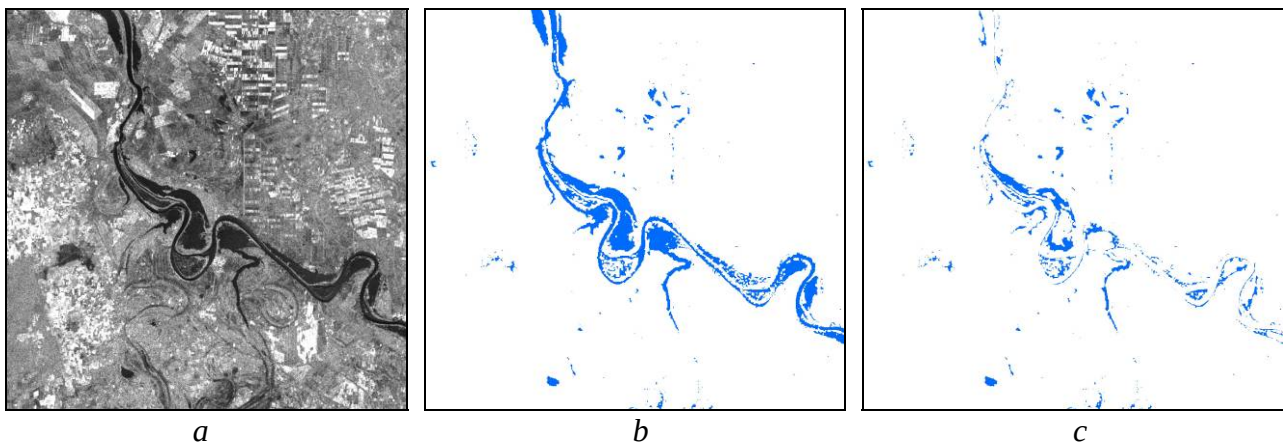


Figura 3 – Immagine SAR post-evento (a), estrazione delle aree ricoperte da acqua (b), individuazione delle aree alluvionate (c)

Utilizzando tecniche di *change detection* è stato quindi possibile isolare le sole superfici alluvionate, distinguendole dai corsi d'acqua, come evidenziato nell'immagine in Figura 3c. Il tematismo generato, le immagini ottiche pre e post evento (utili per eventuali ulteriori verifiche mediante foto interpretazione) e il *data base* cartografico con copertura mondiale sono stati integrati in ambiente GIS al fine di produrre la cartografia riportata in Figura 4.

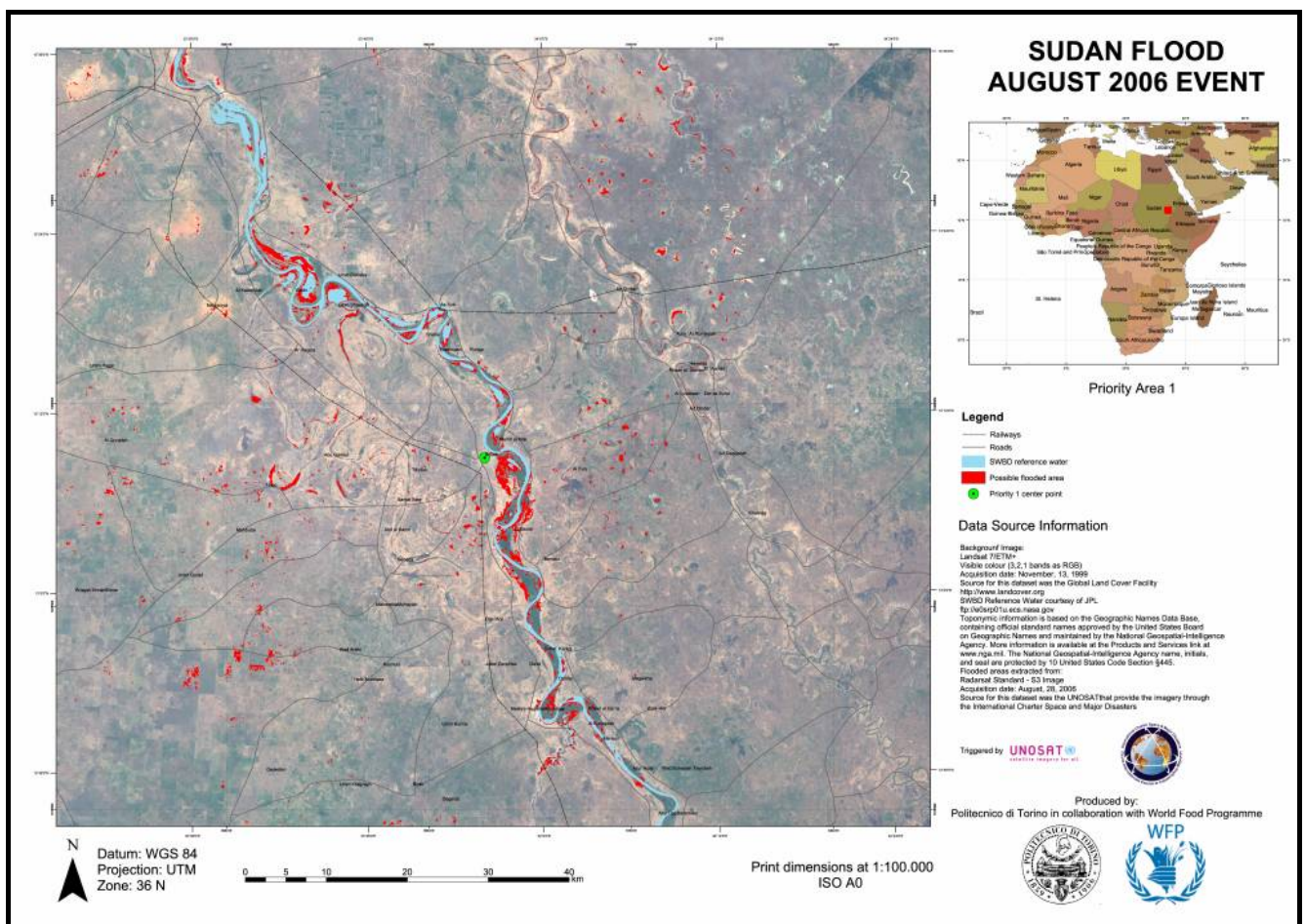


Figura 4 – Cartografia delle possibili aree alluvionate in Sudan Meridionale

Secondo esempio: la derivazione di carte della copertura nevosa

Un secondo esempio prodotto riguarda l'analisi e il monitoraggio in continuo delle condizioni ambientali che possono influire sulla distribuzione degli aiuti umanitari. In questo caso, in seguito al terremoto che colpì lo scorso anno l'area himalaiana, con particolare riferimento al Pakistan, si è presa in considerazione la copertura nevosa che può rappresentare un ostacolo insormontabile all'accessibilità viaria alle zone montane.

I requisiti richiesti dal WFP riguardavano:

- frequenza giornaliera del monitoraggio;
- bassa risoluzione geometrica (500 m) che consentisse una visione regionale del fenomeno;
- disponibilità del dato entro 48 ore;
- disponibilità del tematismo in formato vettoriale per consentire un semplice ed efficace trasferimento sulla rete.

La procedura automatica sviluppata impiega dati satellitari di base provenienti dal sensore MODIS che, oltre a possedere le predette caratteristiche, consente di disporre del dato senza oneri economici e per qualsiasi parte della superficie terrestre.

Lo svolgimento di opportune indagini sul contenuto dei prodotti messi a disposizione da questo sensore ha portato alla scelta del prodotto MOD10_L2, risultato il più cautelativo nell'individuazione del manto nevoso. Questo prodotto è distribuito dalla NASA agli utenti in un livello di processamento basso e richiede pertanto, prima di esser trattato, una preventiva correzione delle distorsioni presenti all'interno delle immagini, dovute alla particolare geometria di scansione del sistema. La descrizione più dettagliata della procedura viene presentata in un altro articolo a cura del gruppo di ricerca (Boccardo et al., 2006).

Prodotti MODIS Snow Cover

Per questo lavoro sono stati presi in considerazione i prodotti Terra/MODIS *Snow Cover* (MOD10) che contengono dati di copertura nevosa. La NASA (MODAPS - *MODIS Data Processing System*) produce sei diversi prodotti MOD10, che forniscono i dati di interesse con frequenza temporale variabile e differente grado di correzione geometrica. Tali prodotti sono il risultato di una procedura di classificazione dei dati primari di radianza/riflettanza (MOD02 - *MODIS Level 1B Calibrated, Geolocated Radiances*). Durante il processo vengono impiegate anche informazioni provenienti dai prodotti MOD03 (*MODIS Terra Geolocation Fields*) e MOD35 (*MODIS Cloud Mask Product*). Il prodotto MODIS MOD03 contiene le coordinate geografiche di ogni cella dell'immagine che costituisce il prodotto MOD02, una maschera terra/mare e alcune informazioni sul satellite. Il prodotto MOD35 contiene, invece, informazioni sulla presenza di nubi (maschera terra/nubi e dati vari) all'interno dell'immagine contenuta nel corrispondente prodotto MOD02.

Procedura automatica proposta

Stabilito quale prodotto MODIS utilizzare come dato di base e definita un'idonea metodologia per la correzione geometrica di tale dato, si è proceduto all'elaborazione di una più complessa procedura automatica, che consente l'estrazione di dati di copertura nevosa in formato vettoriale a partire dal prodotto MODIS MOD10_L2.

Le operazioni svolte dalla procedura proposta sono schematizzate in figura 5. A ciascuna di esse corrisponde una specifica *routine* scritta in IDL (presente all'interno del *software* ENVI), poi assemblata alle altre in modo tale da costituire un'unica procedura completamente automatica. Tale procedura fornisce i dati di output desiderati attraverso le seguenti operazioni:

- selezione dei prodotti MOD10_L2 relativi al giorno di interesse definito dall'utente ed estrazione dei dati di base da impiegare nelle successive operazioni;
- georeferenziazione dei dati mediante l'impiego della procedura di correzione geometrica implementata;
- mosaicatura dei dati;
- ritaglio dei dati sulla zona di interesse;
- mascheramento delle aree della scena non appartenenti alla zona di interesse;

- estrazione dei dati di copertura nevosa in formato vettoriale opportuno (*shapefile*);
- compilazione di un file di metadati.

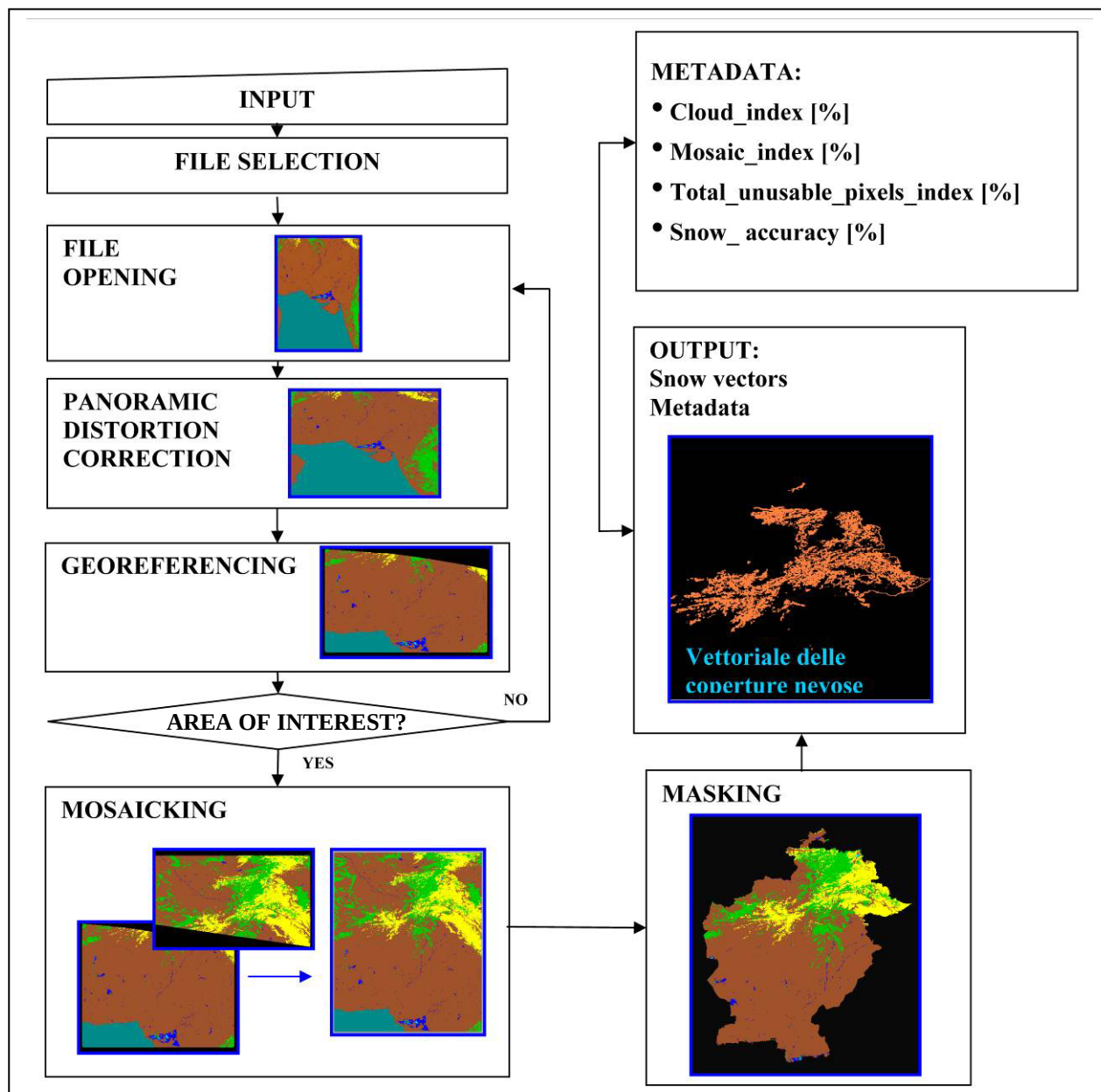


Figura 5 – Flow-chart della procedura automatica per l'estrazione delle coperture nevose

In particolare:

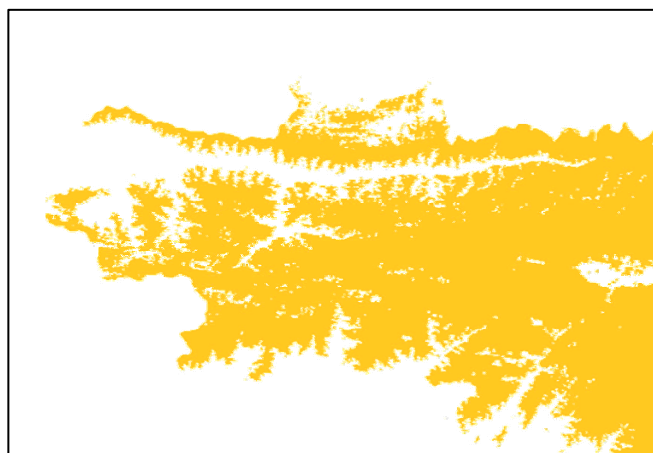
- la georeferenziazione e la correzione geometrica dei dati di base sono effettuate su entrambi i dati di *Snow Cover SC* ed di *Snow Cover Reduced Cloud SCRC*. I dati di SCRC corretti vengono utilizzati in seguito per l'estrazione delle informazioni di copertura nevosa; i dati di SC vengono invece utilizzati per la compilazione dei metadati;
- le operazioni di mosaicatura vengono condotte ricorrendo ad apposite *routine* di ENVI. Al termine di questa fase, per alcune aree della zona di interesse possono non esistere informazioni: alle celle corrispondenti viene imposto un *background value* arbitrario;
- le operazioni di ritaglio avvengono tramite l'utilizzo una *routine* di ENVI (*layer stacking*) che permette di riportare la maschera dell'area di interesse alla stessa risoluzione spaziale del dato di base e di ritagliare tale dato in modo tale da fargli assumere le stesse dimensioni della maschera fornita in *input*;

- la maschera viene applicata ad entrambi i dati di SC ed di SCRC con un'apposita *routine* di ENVI (immagine finale IM_{fin});
- i dati vettoriali di copertura nevosa vengono estratti tramite un'apposita *routine* di ENVI;
- infine, i metadati vengono organizzati in un *file* di testo. Essi contengono alcuni indici numerici che quantificano il grado di affidabilità delle coperture vettoriali prodotte.

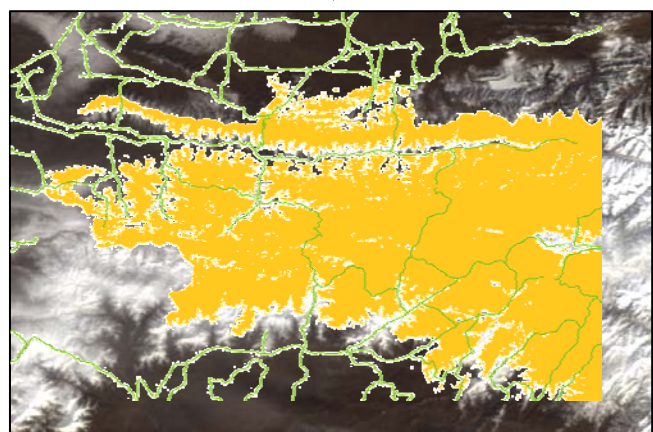
A titolo di esempio viene mostrata in Figura 6 la generazione del prodotto cartografico a partire dal dato originario MODIS, dalla definizione delle coperture nevose in formato vettoriale e alla successiva sovrapposizione del reticolo viario per valutarne l'accessibilità.



Prodotto originario MODIS



Vettoriale delle
coperture nevose



Prodotto di sintesi con la
sovrapposizione del reticolo viario

Figura 6 – Rappresentazione dei tematismi generati

Ricognizione per il pronto intervento

Nei casi in cui non siano tempestivamente disponibili immagini satellitari idonee a documentare l'evento calamitoso, si prevede di effettuare missioni sul posto, finalizzate all'acquisizione dei dati necessari a pianificare gli interventi di emergenza e di soccorso alimentare.

A tale scopo il progetto ITHACA prevede di sviluppare una flotta di mini aerei radiocomandati (UAV o "droni"). Ciascun drone deve essere facilmente trasportabile sui normali aerei di linea e adoperabile sul campo, in autonomia, da un paio di addetti. Esso è dotato di sensori fotografici idonei a riprese fotogrammetriche digitali di qualità geometrica e radiometrica soddisfacenti.

E' allo studio l'utilizzo di altri tipi di sensori (IR, radar, ...), i cui pesi e dimensioni siano sufficientemente miniaturizzati da risultare compatibili con le caratteristiche del velivolo sopra descritto.

UAV: definizioni e classificazioni

UAV è l'acronimo di *Unmanned Aerial Vehicle* e designa una classe di velivoli aerei in grado di volare senza la presenza di un pilota a bordo. La guida può essere affidata ad apparati elettronici presenti sul velivolo e in una stazione di base (*GCS - Ground Control Station*), oppure effettuata da terra. In quest'ultimo caso è consuetudine associare al sistema il termine RPV (*Remotely piloted vehicle*), in quanto il mezzo è pilotato e controllato da una posizione remota tramite dispositivi radiocomandati. In letteratura sono utilizzati altri termini per indicare tale categoria di velivoli, tra i quali: Drone, ROA (*Remote Controlled Aircraft*), UVS (*Unmanned Vehicle Systems*).

Lo sviluppo degli UAV iniziò a partire dagli anni '50 in ambito militare, con l'obiettivo di realizzare velivoli in grado di compiere azioni di ricognizione, sorveglianza e penetrazione in terreni ostili, senza l'impiego di un pilota a bordo.

Allo stato attuale il mercato degli UAV in ambito militare è in forte crescita. L'assiduo incremento dei programmi per la ricerca e l'evolversi delle tecnologie hanno permesso di realizzare dei sistemi in grado di soddisfare pienamente i requisiti richiesti. Infatti nei recenti conflitti in Bosnia, Iraq e Libano, sono stati impiegati UAV per operazioni di ricognizione e pattugliamento.

Il successo riscontrato in ambito militare offre un valido stimolo per lo sviluppo di tali sistemi per applicazioni civili, in particolare nel campo del monitoraggio ambientale, dell'agricoltura e della pubblica sicurezza. L'utilizzo di velivoli senza pilota a bordo garantirebbe la possibilità di compiere missioni di lunga durata, senza il rischio di perdite umane e con la possibilità di svolgere operazioni di monitoraggio a grande scala.

Categorie di UAV	Acronimo	Portata (km)	Quota di volo (m)	Autonomia (ore)	Peso massimo al decollo (kg)	Già operativi
Tattici						
Micro	μ (Micro)	< 10	250	1	<5	sì
Mini	Mini	< 10	150 to 300	< 2	150	sì
Close Range	CR	10 a 30	3000	2 a 4	150	sì
Short Range	SR	30 a 70	3000	3 a 6	200	sì
Medium Range	MR	70 a 200	5000	6 a 10	1250	sì
Medium Range Endurance	MRE	> 500	8000	10 a 18	1250	sì
Low Altitude Deep Penetration	LAPD	> 250	50 to 9000	0.5 a 1	350	sì
Low Altitude Long Endurance	LALE	> 500	3000	>24	< 30	sì
Medium Altitude Long Endurance	MALE	> 500	14000	24 a 48	1500	
Strategici						
High Altitude long Endurance	HALE	> 2000	20000	24 to 48	12000	sì
Per scopi speciali						
Unmanned Combat Aerial Vehicle	UCAV	circa 1500	10000	circa 2	10000	sì
Lethal	LETH	300	4000	3 a 4	250	sì
Decoy	DEC	0 a 500	5000	< 4	250	sì
Stratosheric	STRATO	> 2000	>20000 e <30000	> 48	non definita	no
Exo-stratospheric	EXO	non definita	> 30000	non definita	non definita	no
Space	SPACE	non definita	non definita	non definita	non definita	no

Tabella 1 - Categorie di UAV

Gli UAV sono classificati (*UAV association 2006*) in tre grandi categorie, in funzione degli scenari di utilizzo (v. *Tabella 1*).

Ogni tipologia di velivolo è inoltre suddivisa in sottocategorie, in relazione alle caratteristiche e prestazioni. In particolare si fa riferimento alla portata di controllo del mezzo, alla quota massima di volo, all'autonomia e al peso. Si può notare quanto ampia sia la potenzialità di tali sistemi: con l'utilizzo dei "micro" e "mini" UAV è possibile eseguire operazioni di ricognizione a grande scala e in zone limitate, con quote di volo inferiori a 200 m, mentre con i "MALE" UAV si compiono missioni di monitoraggio su aree molto ampie di territorio, da quote fino a 14.000 m.

UAV a uso civile

I recenti sviluppi tecnologici nel campo dell'elettronica e della meccanica, con la conseguente riduzione dei costi di progettazione e produzione, hanno permesso lo sviluppo di sistemi UAV anche in campo civile. Le possibili funzioni che essi possono compiere coprono i seguenti settori:

Monitoraggio del territorio e Telerilevamento:

- meteorologia e controllo dell'inquinamento atmosferico;
- controllo idro-geologico e geofisico;
- monitoraggio zone colpite da disastri naturali o contaminate;
- osservazioni archeologiche.

Agricoltura:

- irrorazione e trattamento con prodotti chimici;
- monitoraggio risorse agricole e delle fasi di coltura.

Pubblica sicurezza:

- sorveglianza dei confini e del traffico (stradale e ferroviario);
- supporto alle operazioni di recupero/soccorso.

Il crescente interesse per questi sistemi è dovuto anche ai vantaggi che essi presentano rispetto ai velivoli tradizionali:

- le prestazioni di volo: gli UAV possono operare in un ampio *range* di quota operativa (da 100 a oltre 30.000 m) e possedere un'elevata gamma di autonomie orarie (1-48 ore). Ne consegue la possibilità di predisporre operazioni di monitoraggio a piccola, media e grande scala;
- l'adattabilità alle differenti tipologie di missioni: questi sistemi possono essere utilizzati per missioni di monitoraggio in zone remote, anche in condizioni di alto rischio per la vita umana;
- l'economicità: la possibilità di progettare velivoli di dimensioni variabili e di peso relativamente contenuto, unitamente alla mancanza di equipaggio a bordo, permette di compiere operazioni di volo con costi minori rispetto a quelli richiesti da un velivolo tradizionale.

Allo stato dell'arte sono ancora pochi i sistemi realizzati per uso prettamente civile. I più importanti velivoli sono stati progettati dalla NASA. Il modello più significativo è l'"Aerosonde" HALE UAV: il velivolo è attrezzato con un sistema IR per la misura della temperatura dell'acqua dei mari, e altri strumenti per la misura delle concentrazioni di gas nell'atmosfera.



Figura 7 – L'HALE UAV "Aerosonde"

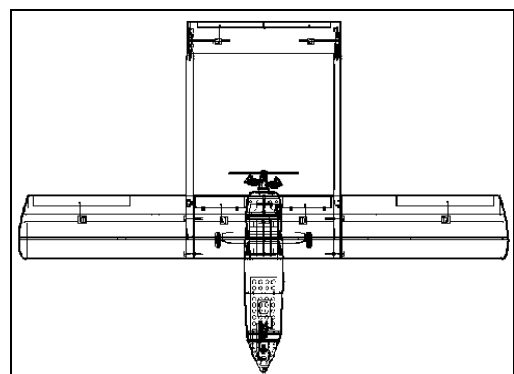


Figura 8 – L' MR UAV dell' Univ. di Bologna

La potenzialità dei sistemi MR e Mini-UAV sta suscitando un forte interesse anche in ambito fotogrammetrico. Nel panorama italiano non ci sono ancora sistemi in commercio, ma sono in fase di sviluppo avanzato diversi UAV ad ala fissa. Un esempio è dato dal MR-UAV, progettato dall'Università di Bologna, che ha un'apertura alare di 3,53 m e un carico utile massimo di 5 Kg, comprendente sensori EO/IR e un sistema di telemetria per il controllo dell'assetto di volo. Esistono quindi le premesse per uno sviluppo di applicazioni fotogrammetriche per la produzione di cartografia a media e grande scala in tempo reale.

Il prototipo ITHACA 01 del Politecnico di Torino

Il velivolo

Nel Dipartimento di Ingegneria Spaziale (DIASP) del Politecnico di Torino, un gruppo di ricerca guidato dai Proff. F. Quagliotti e G. Guglieri è impegnato da tempo nella progettazione e realizzazione di mini-UAV per applicazioni civili di ricognizione e monitoraggio.

In particolare nel 2004 è stato presentato il modello MicroHawk 600, un aereo di soli 600 mm di apertura alare, trasportabile in uno zaino e reso operativo in pochi minuti da un singolo operatore.

Fin da allora si erano previste versioni più grandi (MH 1000 e MH 2000, con riferimento all'apertura alare in millimetri); la nostra attenzione si è rivolta al modello maggiore, in considerazione del carico utile (*payload*) che le esigenze del progetto ITHACA impongono, dell'ordine di 1,5-2 Kg. E' stata commissionata, quindi, la realizzazione del prototipo ITHACA 01 (v. Figura 9), che nell'ottobre del 2006 ha effettuato i primi voli di collaudo del velivolo e di alcune apparecchiature di bordo, con esiti molto soddisfacenti.



Figura 9 – Il prototipo dell'UAV ITHACA 01

La piattaforma MH2000 è caratterizzata da una configurazione di tipo convenzionale: ala fissa, tutt'ala con fusoliera integrata, sistema propulsivo ad elica traente e motore elettrico. La configurazione ad ala fissa conferisce al velivolo maggiori capacità di sopportare condizioni meteorologiche avverse, quali raffiche e permette, inoltre, maggiore capacità di carico ed un miglioramento delle prestazioni di volo (autonomia oraria e chilometrica). Le principali dimensioni geometriche e caratteristiche peculiari di tale piattaforma sono sintetizzate in tabella 2.

Apertura alare	2000 mm
Superficie alare	2.1 m ²
Lunghezza fusoliera	1750 mm
Diametro fusoliera	150 mm
Carico alare a pieno carico	6,7 kg/m ²
Peso (sola struttura)	10 kg
Peso max al decollo	14 kg
Carico utile	2,5 kg (25%)
Batterie (ioni di litio)	1,0 kg (10%)
Motore	0,5 kg (5%)
Modello motore	Hacker C50-21 XL
Potenza in uscita	2 hp @ 6600 rpm
Elica	APC 16"x 8"
Velocità min	8 m/s (29 km/h)
Velocità max	20 m/s (72 km/h)

Tabella 2: Dimensioni geometriche e caratteristiche del velivolo

I sistemi di navigazione

Per l'esecuzione delle prese fotografiche (da ricognizione o fotogrammetriche), l'aereo verrà dotato di un sistema di pilota automatico, del tipo UNAV 3400 (v. Figura 10 a).

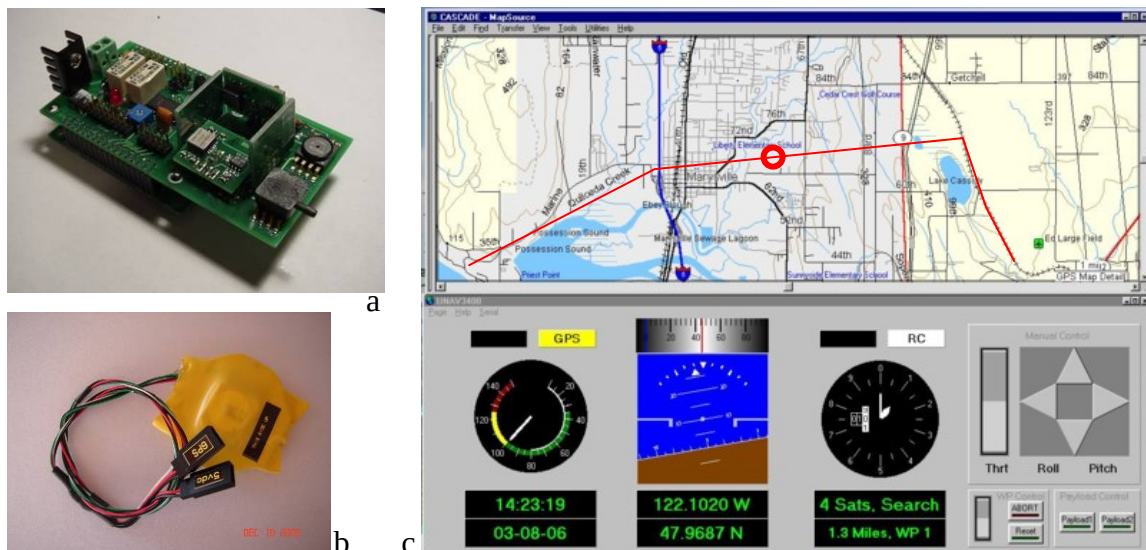


Figura 10 – Componenti dell'autopilota: a) UNAV 3400 b) ricevitore e antenna GPS c) stazione di controllo a terra

E' una sofisticata scheda elettronica, del peso di soli 80 g e delle dimensioni 100x50x40 mm³, in grado di assumere il comando dei controlli dell'aereo (motore e alettoni) e di guidarlo secondo un tracciato pre-programmato con un massimo di 64 waypoints. Comprende un sistema IMU che controlla in permanenza l'assetto dell'aereo, ed è collegato a un ricevitore GPS (Figura 10 b). Trasmette alla stazione di controllo a terra (GCS), con un radio-modem, la sua posizione sovrapponibile a una mappa pre-caricata (Figura 10 c). La GCS, oltre a monitorare in continuo la

rotta, può assumere in ogni istante il controllo manuale dell'aereo, procedura che è necessario attivare nelle fasi di decollo e di atterraggio, in cui la precisione in quota del GPS risulta insufficiente.

Il ricevitore GPS a 12 canali, completo di antenna, è miniaturizzato: ha un peso di soli 32 g e le dimensioni di un dischetto di 56 mm di diametro e 14 di spessore.

La presenza dell'autopilota e del GPS, oltre a consentire di effettuare voli fotogrammetrici con piano di volo perfettamente rispettato, permette di eseguire missioni ai limiti della metà della autonomia chilometrica (in un raggio di circa 25 km), anche fuori della portata visiva della GCS.

Le radiocomunicazioni sono critiche. Utilizzano antenne direzionali (v. Fig. 11), richiedono potenze elevate, in contrasto con molte normative nazionali e internazionali sulle telecomunicazioni, e costituiranno materia di ricerca e sviluppo nell'ambito di una collaborazione con il Dipartimento di Elettronica (DELEN) del Politecnico di Torino e dell'Istituto di Ricerca sull'Ingegneria delle Telecomunicazioni e dell'Informazione (IRITI) del CNR, anch'esso presente all'interno del Politecnico.



Fig.11 – Antenna direzionale

I sensori

Allo stato attuale si presume di dotare l'UAV di soli sensori fotografici digitali, poiché le acquisizioni di altro tipo (IR, multispettrali, radar,) richiedono apparecchiature il cui peso, ingombro ed esigenze di alimentazione esulano dalle capacità di carico del drone realizzato.

In particolare, sono state individuate due camere digitali, disponibili sul mercato, le cui caratteristiche sembrano particolarmente idonee allo scopo: la RICOH GR Digital e la CANON EOS 5D.



Figura 12 – Le tre viste della camera RICOH GR Digital

La prima (v. Figura 12) è una piccola camera digitale le cui caratteristiche tecniche sono particolarmente interessanti:

- dimensioni: 107 x 58 x 54 mm³
- focale 5.9 mm (pari a 28 mm nel formato 24x36)
- batteria ricaricabile o 2 batterie alcaline AA o alimentazione esterna 3,8V
- memoria SD fino a 2 Gb (oltre 1000 foto alla massima risoluzione)
- sensore CCD da 8 Mpixel (2448 x 3264), filmati 320 x 240 pixel
- no zoom ottico
- display 2,5" 210 Kpixel
- peso (completo di batteria e SD) 200g

Viene montata in un apposito contenitore (*pod*) sul ventre dell'aereo e, con quota di volo di 200 m e velocità dell'aereo di 15 m/s è in grado di eseguire strisciate con *pixel size* a terra di 75 mm, abbracciamento trasversale di 257 m e intervallo di scatto di 4,5 s per un ricoprimento longitudinale del 60%.

In Figura 13 è riportato un fotogramma ottenuto con le caratteristiche sopra elencate. Si distinguono chiaramente (nell'originale!) auto e persone, e sono riconoscibili i segnali di forma quadrata con i quali è stato materializzato un poligono di calibrazione nell'intorno della pista di volo.

Il volo è stato eseguito con radiocomando manuale da terra (l'autopilota non è ancora disponibile), con i conseguenti inconvenienti quali la scarsa stabilità della piattaforma (alcuni fotogrammi risultano mossi per effetto del rollio), la quota di volo approssimativa, la difficoltà di seguire il piano di volo e le prese previste.



Figura 13 – Fotogramma ripreso dalla camera RICOH. Quota relativa di volo circa 200 m.

Per una migliore qualità geometrica e radiometrica delle immagini, si è previsto di dotare il drone, in alternativa, di una camera di caratteristiche più professionali: la camera reflex CANON EOS 5D, con sensore CCD del formato 1:1 ($24 \times 36 \text{ mm}^2$) e ottiche intercambiabili (v. Figura 14).

Le sue caratteristiche principali sono:

- dimensioni: $152 \times 113 \times 105 \text{ mm}^3$
- ottiche intercambiabili: si è scelto l'obiettivo $f=24 \text{ mm}$ (no zoom)
- batteria ricaricabile o alimentazione esterna
- memoria CF fino a 4 Gb (oltre 1600 foto alla massima risoluzione)
- sensore CCD da 12,8 Mpixel (2912×4368)
- display 2,5" 210 Kpixel
- peso (completo di batteria, obiettivo 24 mm e CF) 1050g.

A causa del suo ingombro, questa camera è montata con il lato lungo del formato parallelo all'asse dell'aereo. L'abbracciamento trasversale risulta quindi, alla quota 200 m, di 200 m, mentre l'intervallo di scatto è di 8 s (per $V = 15 \text{ m/s}$ e ricoprimento longitudinale 60%). Il *pixel-size* a terra è di 69 mm.

Al di sopra dei *display* di entrambe le camere viene montata una piccola telecamera che ne trasmette a terra l'immagine, corrispondente all'esatta inquadratura, e registra l'istante dello scatto, in cui il *display* si oscura.



Fig. 14 – Camera CANON Mod. EOS 5D

Le elaborazioni

I fotogrammi acquisiti, in copertura semplice o stereoscopica, consentono di aggiornare rapidamente l'eventuale cartografia esistente, con produzione di carte tematiche che evidenziano i danni agli edifici, le aree esondate, le interruzioni della viabilità.

Uno degli obiettivi della ricerca consiste nel mettere a punto tecniche di riconoscimento e restituzione automatica della viabilità e dell'edificato. Inoltre, allo scopo di ridurre al minimo o eliminare del tutto l'esigenza di acquisire punti d'appoggio a terra, verrà analizzata la possibilità di eseguire fotogrammetria diretta, utilizzando le rozze informazioni (posizione, assetto) dei sistemi di navigazione prima citati, con l'ausilio di una stazione GPS a terra per correzioni differenziali. Si tratta, ovviamente, di produrre carte speditive le cui caratteristiche di risoluzione e precisione, non paragonabili a quelle della cartografia canonica, siano sufficienti allo scopo specifico dell'intervento di emergenza.

RINGRAZIAMENTI

In attesa della formalizzazione di ITHACA e dell'acquisizione dei relativi finanziamenti, le attività di ricerca descritte sono state effettuate nell'ambito del Progetto di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN 2005, coordinatore S. Dequal) dal titolo "Analisi, comparazione e integrazione di immagini digitali acquisite da piattaforma aerea e satellitare".

Nelle fasi di avviamento e messa a punto del progetto hanno avuto un ruolo determinante l'Agenzia delle Nazioni Unite *World Food Programme* (WFP), attraverso l'opera appassionata del Dott. Giorgio Sartori, e l'Istituto Superiore SiTI (presidente Prof. R. Roscelli).

Allo sviluppo del drone ITHACA 01 partecipano attivamente i Dipartimenti DIASP e DELEN del Politecnico di Torino.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Piero Boccoardo, Enrico Borgogno Mondino, Franca Di Sabato, Fabio Giulio Tonolo, Francesca Perez, Giorgio Sartori, *Utilizzo di dati MODIS per la gestione di emergenze*, Conferenza ASITA 2006, Bolzano

Henri Eisenbeiss. *A Mini Unmanned Aerial Vehicle (Uav): System Overview And Image Acquisition* International Workshop On "Processing And Visualization Using High-Resolution Imagery". 18-20 November 2004, Pitsanulok, Thailand.

Fabio Giulio Tonolo, *Telerilevamento e gestione delle emergenze ambientali. Il caso dell'alluvione del 13-16 ottobre 2000 in Piemonte*, Tesi di laurea 2001, Politecnico di Torino

International UAV Community. *Referenced UAV systems*. UAV SYSTEMS: Global Perspective 2006, 171. www.uvs-info.com.

International UAV Community. *Sensor Technology Moves Towards Multi-Tasking*. UAV SYSTEMS: Global Perspective 2005, 171. www.uvs-info.com.

www.ingfo.unibo.it/UAV.htm

Timothy H. Cox, Christopher J. Nagy, Mark A. Skoog, Ivan A. Somers. NASA. *Civil UAV Capability Assessment*. December 2004