

## A NEW OPEN SOURCE TOOL FOR FLOOD EXTENT DETECTION FROM SATELLITE SAR IMAGERY

(candidata Magdalena Stefanova Vassileva, matricola 1198095, Relatore prof. Mattia Giovanni Crespi, Correlatore Andrea Nascetti)

Questa tesi è stata elaborata nell'ambito di una collaborazione tra **ITHACA** (Information Technology for Humanitarian Assistance, cooperazione e azione), un'associazione non-profit fondata nel novembre 2006 dal Politecnico di Torino e SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'innovazione), e l'Area di Geodesia e Geomatica del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Roma "La Sapienza".

Da Aprile 2012 ITHACA, in consorzio con con le società e-Geos (italiana), GAF (tedesca) e SIRS (francese), ha stipulato un contratto con la Commissione Europea per l'attuazione del servizio di **Copernicus Emergency Mapping Service** (GIO-EMS), che ha la funzione di fornire informazioni geospaziali sotto forma di prodotti cartografici utili nella fase di gestione dell'emergenza. La principale fonte di dati deriva dall'utilizzo delle tecniche di telerilevamento satellitare, che permettono di acquisire informazioni relative alla superficie terrestre in tempi rapidi e su ampie zone. Il servizio è disponibile nella modalità *Rush*, attivabile da utenti autorizzati in tutto il mondo, quali protezioni civili e amministrazioni locali, a seguito di disastri calamitosi o crisi umanitarie, al fine della gestione immediata dell'emergenza. Il servizio prevede la produzione di tre tipologie di mappe di emergenza:

- *Reference Maps* entro 6 ore dall'attivazione, basato su immagini di archivio di pre-evento in cui si riportano le informazioni toponomastiche di interesse;
- *Grading Maps* entro 24 ore dall'acquisizione e ricezione dell'immagine satellitare di post-evento, in cui si delimita l'area colpita;
- *Delineation Maps* entro 24 ore dall'acquisizione e ricezione dell'immagine in cui si effettua un'analisi dei danni subiti da strutture e infrastrutture.

In particolare il 50% delle attivazioni in Rush mode sono per eventi alluvionali. Nella maggior parte dei casi, le cattive condizioni atmosferiche che caratterizzano l'area colpita dall'evento alluvionale, non consentono l'acquisizione di immagini ottiche ed è per questo che si ricorre ad acquisizioni con sensori SAR (*Synthetic Aperture Radar*) che emettono un segnale nella banda delle microonde in grado di penetrare i corpi nuvolosi. L'individuazione dell'estensione dell'area inondata è basata sull'utilizzo di Classificatori non supervisionati, che generano in modo automatico e veloce un'immagine nella quale l'operatore riesce ad individuare la classe corrispondente alle zone alluvionate. A causa dei principi di funzionamento dei sensori SAR, corpi idrici e zone inondate (*flood*) si confondono facilmente con le ombre radar (*shadow*) in quanto tutti presentano bassi valori radiometrici (pixel neri). Le risposte radiometriche nei due casi sono legate a due aspetti differenti della superficie terrestre: la risposta dei corpi idrici e delle aree alluvionate è prodotta dal comportamento speculare di tali superfici che riflettono il segnale in direzione opposta a quella del sensore; nel caso delle ombre radar la presenza di elementi topografici non permettono al segnale di arrivare in tali zone con conseguente assenza di radiazione retrodiffusa. Questa ambiguità nella risposta non permette al classificatore automatico di discriminare i corpi idrici e le aree alluvionate dalle zone in ombra. Attualmente l'accuratezza della classificazione delle aree inondate viene migliorata attraverso un'analisi visiva effettuata dagli operatori, la quale, in molte situazioni, richiede un tempo non trascurabile che va a discapito della tempestività richiesta dalla cartografia di emergenza.

La ricerca è stata condotta con l'obiettivo di trovare un metodo semplice e veloce, che permetta di individuare le aree in ombra radar ed eliminarle dalla classificazione automatica delle aree inondate. Questo metodo di filtraggio, permetterà di velocizzare e facilitare le procedure di interpretazione dei dati per la realizzazione delle mappe di emergenza.

A partire sia dal file di metadati dell'immagine originale, in cui sono riportati tutti i parametri di acquisizione, sia da un modello digitale del terreno (DEM), che descrive le caratteristiche topografiche della superficie, si genera un'immagine SAR simulata ipotizzando una copertura del suolo omogenea. Per questa applicazione è stato implementato il **SAR Simulator Plug-In**, un'estensione open source scritta in linguaggio di programmazione C++ per il software libero e open source Opticks. Dall'immagine simulata è possibile estrarre le zone in ombra radar con l'applicazione di un classificatore automatico, generando in questo modo un filtro per le ombre.

Le prove sperimentali sono state condotte su un'immagine RADARSAT-2 che ricopre la zona situata a Nord di Budapest (Ungheria) acquisita a seguito delle alluvioni avvenute nel Giugno 2013. Come primo passo l'immagine è stata ortorettificata, in modo da ottenere un'immagine georiferita e geometricamente corretta. Si è deciso di produrre tre immagini processate con modalità diverse: due immagini georiferite con SARscape tool di ENVI con e senza l'applicazione di una calibrazione e normalizzazione radiometrica; una terza immagine georiferita con Range-Doppler Terrain Correction di NEST senza calibrazione e normalizzazione radiometrica. La classificazione delle aree inondate è stata condotta utilizzando il classificatore utilizzato da ITHACA. Una volta effettuata la classificazione sulle tre immagini processate ed individuata la classe o le classi a cui corrispondono le aree alluvionate, due tipi di filtri sono stati applicati: **filtro Slope/Cluster** disponibile all'interno del software privato, che elimina i pixel classificati su zone di pendenza maggiore del 20% e per gruppi di pixel minori di 20; **filtro Shadow** basato sulla generazione della maschera delle ombre radar implementato in questo studio. L'analisi dell'accuratezza delle quattro classificazioni per ciascuna delle tre immagini processate è stata effettuata attraverso il calcolo delle matrici di confusione, utilizzando come dato di *ground truth* il vettore delle aree inondate generato durante l'attivazione del servizio GIO EMS.

Nel caso dell'immagine calibrata e normalizzata l'applicazione dei filtri non ha portato a un significativo miglioramento dell'accuratezza. Nelle due immagini non calibrate e non normalizzate, il filtraggio delle ombre radar ha fornito un significativo aumento dell'accuratezza, e un aumento ancora maggiore si è verificato con l'applicazione di entrambi i filtri passando da circa 70% a circa 80%.

L'obiettivo futuro è quello di implementare il SAR Simulator Plug-In per tutti i satelliti SAR attualmente disponibili: Cosmo-SkyMed, TerraSAR-X e Sentinel-1. Un'altro obiettivo è quello di implementare tutte le fasi di classificazione all'interno del software libero e open source Opticks. Nel frattempo ulteriori test saranno condotti su altre acquisizioni RADARSAT-2, e un'ulteriore ricerca sarà condotta per l'individuazione di un pre-processamento più adatto ai fini del **Flood Detection**.