

ALMA MATER STUDIORUM-UNIVERSITA' DI BOLOGNA
SCUOLA DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA
DICAM- Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE
CURRICULUM IDRAULICA E TERRITORIO

TESI DI LAUREA

in

Telerilevamento e GIS

**TECNICHE DI UTILIZZO E CLASSIFICAZIONE DI IMMAGINI
SATELLITARI MULTISPETTRALI IN UN'OTTICA DI
PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE EMERGENZE
UMANITARIE**

CANDIDATA:
Marta Luppi

RELATORE:
Chiar.mo Prof. Gabriele Bitelli
CORRELATORI:
Prof. Piero Boccardo
Dott. Ing. Emanuele Mandanici
Dott. Ing. Fabio Giulio Tonolo

Anno accademico 2013/2014
Sessione II

RIASSUNTO DEL LAVORO

Il focus del presente lavoro di tesi è rappresentato dalla realtà del campo di rifugiati come risposta ad un'emergenza di tipo umanitario. Sono emersi alcuni aspetti nell'ambito del telerilevamento in particolare la capacità di fornire strumenti oggettivi in remoto per il monitoraggio del fenomeno nel tempo che non sarebbe facilmente controllabile né da parte del singolo né con metodologie tradizionali con livello di dettaglio elevato. Un ruolo importante, inoltre, è assunto dall'opportunità di creare prodotti accurati ma allo stesso tempo, facilmente interpretabili da parte dell'utente attraverso tecniche diverse per stabilire quale sia la migliore per il caso di interesse. Le agenzie mondiali utilizzano il telerilevamento più frequentemente per disastri di tipo naturale come terremoti, alluvioni e maremoti: nel pre-disaster (studi di rischio e di mitigazione dei danni possibili) e nel post-disaster (gestione dell'emergenza e degli aiuti, determinazione di indicatori di cambiamento). È limitato l'impiego di tali tecniche per la gestione di emergenze umanitarie causate da disastri frutto di azioni umane (eventi bellici, terroristici e tecnologici). Proprio in questo contesto si colloca il presente caso di studio. Esso riguarda il campo di rifugiati di Za'atari inaugurato dall'UNHCR il 28 luglio 2012 a seguito del fallimento dei primi colloqui di pace per la Siria. In questo Paese infatti è in corso una guerra civile considerata manifestazione del più ampio scenario della Primavera araba che coinvolge i Paesi dell'Africa settentrionale, del Medio Oriente e del vicino Oriente.



Localizzazione del campo di Za'atari



Veduta del campo di Za'atari

Il campo sorge nel Nord-Est della Giordania, a pochi chilometri dalla città di Al Mafraq su un'estensione desertica piatta e brulla. Si è assistito ad una sua rapida espansione e a febbraio 2014, quando anche il secondo tentativo per colloqui di pace è fallito, la prospettiva di smantellarlo è definitivamente tramontata. Za'atari ha subito una metamorfosi: da campo profughi si è progressivamente trasformato in città. Esso è delimitato sul perimetro da un argine di terra alto due metri su cui, a intervalli regolari, sono posizionate delle postazioni militari. Queste ultime dovrebbero dissuadere i rifugiati dall'allontanarsi dal campo. Nell'arco di tempo preso in considerazione, dal dicembre 2012 al marzo 2013, la popolazione è rapidamente aumentata passando da 45000 individui a 171515. La tematica "campo di rifugiati" è stata sviluppata soprattutto grazie alle informazioni reperite dall'UNHCR, in particolare dall'Handbook alla sua terza edizione nel 2007. Si è utilizzato il capitolo 12 della terza sezione, relativo ai requisiti e alle regole di allestimento di un campo. Basandosi su di esso, infatti, è stato possibile fare una scelta delle classi che potevano essere maggiormente utili e più rappresentative nel processo di elaborazione. Il materiale di partenza è costituito da tre immagini satellitari del campo di Za'atari di tipo multispettrale. Queste sono state fornite da ITHACA (Information Technology for Human Assistance, Cooperation and Action), associazione fondata nel 2006 dal Politecnico di Torino e dal SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione). L'Immagine 1 è stata acquisita il 12 dicembre 2012 alle ore 12:51 dal satellite WorldView-2. Essa è un prodotto ottenuto adottando la tecnica del Pan-sharpening ed è stata registrata su tre bande: R, G, B. Le coordinate dei pixel hanno come unità di misura i metri e la risoluzione spaziale (GSD Ground Sample Distance) è di 0,50 m. L'Immagine 2 è stata acquisita il 14 gennaio 2013 alle ore 17:14 su cinque bande: quattro multispettrali (R, G, B e N cioè vicino infrarosso) e una pancromatica (P) dal satellite WorldView-2. Le caratteristiche sono analoghe a quelle dell'Immagine 1 con la differenza nel valore del GSD che è pari a 2 m per la multispettrale e 0,50 m per la pancromatica. L'Immagine 3 è stata acquisita dal satellite Pléiades 1A (PHR1A) il 21 marzo 2013 alle ore 11:09. Essa è un prodotto Pan-sharpened (PMS) a risoluzione spaziale di 0,50 m ottenuto fondendo il pancromatico con le quattro bande multispettrali: R, G, B e N. Si sono svolte alcune operazioni preliminari sulle immagini per renderle pronte alla fase di elaborazione. Tra esse si ricordano: il pan-sharpening sull'Immagine 2, l'ortorettifica con i coefficienti dei polinomi razionali RPC, la co-registrazione e la definizione di una finestra comune di lavoro su tutte e tre le immagini. Per gli ultimi due passaggi così come per tutti i seguenti si fa riferimento al software Idrisi Selva. Quest'ultimo comprende: una piattaforma GIS per analisi spaziali base ed avanzate, un sistema completo di Image processing con i classificatori hard e soft più comuni e modelli integrati tra cui "Land Change Modeler" che è focalizzato sulle modifiche del suolo e sulle possibili previsioni a riguardo. Le immagini da cui partire per la fase di elaborazione vera e propria hanno risoluzione spaziale di 0,50 m e coprono un'area di circa 26 km².



Immagine 1 (12 dicembre 2012)



Immagine 2 (14 gennaio 2013)



Immagine 3 (21 marzo 2013)

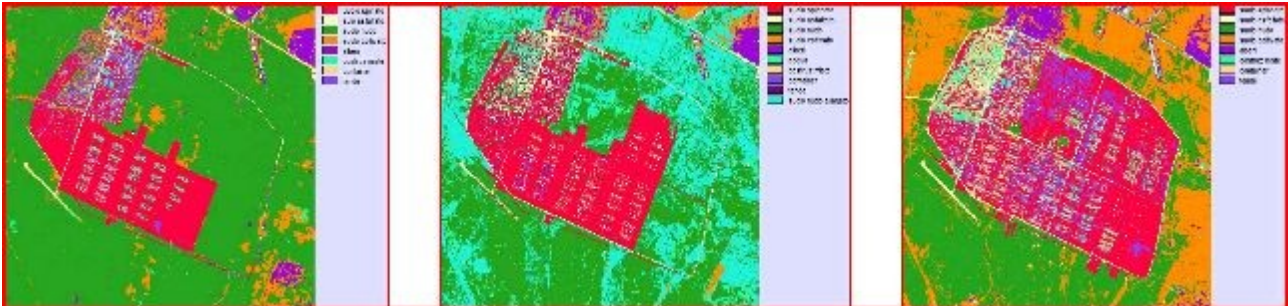
Il processo di classificazione è utilizzato per estrarre informazioni implicitamente contenute nelle immagini al fine di ottenere prodotti di facile impiego e consultazione. Le due tecniche adottate sono: pixel-based ed object-based. La prima opera valutando esclusivamente le informazioni spettrali mentre la seconda considerando le interrelazioni tra pixel contigui. Le tradizionali

procedure di classificazione rientrano nel primo tipo: gli algoritmi operano su elementi individuali analizzando l'informazione radiometrica ossia il valore di Digital Number di ogni singolo pixel presente. La tecnica object-based invece utilizza anche un altro genere di informazione in cui rientrano: la tessitura, le relazioni geo-spaziali, il contesto e i rapporti dimensionali. Le classi scelte hanno tenuto conto delle direttive dell'UNHCR e per l'Immagine 1 e 3 sono risultate essere dieci mentre per l'Immagine 2 undici in quanto ne si è aggiunta una denominata suolo nudo allagato che considerasse le conseguenze dovute alle circostanze meteo eccezionali verificatesi. Le classi si possono dividere in tre gruppi: uno fa riferimento all'uso del suolo (spianato, asfaltato, nudo, coltivato), uno alla presenza di elementi naturali (alberi, corsi d'acqua e laghetti) ed uno alle strutture abitative (costruzioni miste, container, tende, case). Svoltata la classificazione pixel-based di tipo supervisionato per tutte e tre le immagini, l'attendibilità dei risultati è stata valutata con il processo di validazione attraverso la matrice di confusione. L'accuratezza può essere definita solo se si hanno a disposizione dei punti di verità a terra. Non essendo presenti dati affidabili verificati a terra si è fatto ricorso alla fotointerpretazione. In particolare si è considerato un numero minimo di 60 punti di verità a terra per ogni classe. L'accuratezza del processo è valutata attraverso i valori assunti dal coefficiente kappa. I risultati sono stati reputati soddisfacenti. Si può vedere come per l'Immagine 3 si abbia un livello di accuratezza maggiore rispetto alle altre due in quanto il valore del coefficiente kappa è maggiore ed è pari a 0,8068. L'Immagine 2 presenta un risultato accettabile (0,7558) anche se non allo stesso livello delle altre due. In questo caso la classe che ha creato maggiori problemi è stata l'undicesima. Per verificare i cambiamenti nel tempo e documentare l'espansione del campo in termini geometrici e di individui coinvolti, si è fatto uso dell'analisi di Change Detection a partire da un subset delle mappe di classificazione pixel-based avente come centro il campo di rifugiati. In Idrisi si è sfruttato il tool "Land Change Modeler". Tra la condizione iniziale (Immagine 1) e quella finale (Immagine 3) si ha la valutazione del cambiamento globale di tutte le classi mentre nelle condizioni intermedie (Immagine1-Immagine 2; Immagine 2-Immagine 3) solo quello delle quattro classi specifiche del campo: suolo spianato, costruzioni miste, container e tende. Dopo aver estrapolato i risultati più significativi, si sommano i contributi delle due Change Detection intermedie per il suolo spianato e li si confronta con i risultati ottenuti per il suolo nudo della prima Change Detection. Si ottengono alcuni risultati interessanti riassunti nella seguente tabella.

	Costruzioni miste	Container	Tende
Conversione suolo spianato (km ²)	0,150	0,209	0,906
Conversione suolo nudo (km ²)	0,414	0,221	0,762

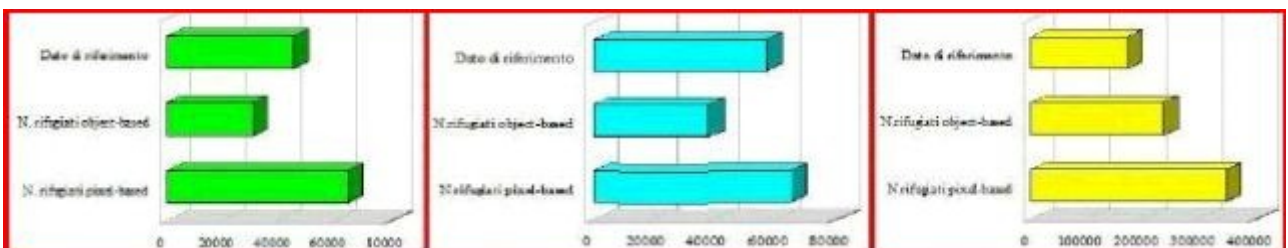
Si deduce che il passaggio da suolo nudo a costruzioni miste è maggiore in entità rispetto a quello da suolo spianato. Ciò è corretto a livello logico in quanto le costruzioni miste sorgono per volontà e necessità dei rifugiati per cui non sono regolate da particolari operazioni di predisposizione del suolo coordinate. Il passaggio a container da suolo nudo e quello da suolo spianato, hanno circa la stessa entità mentre l'evoluzione del suolo nudo in tende è minore rispetto a quella dal suolo spianato. Anche questi aspetti sono consistenti in quanto sia i container che le tende sono messi a disposizione dall'UNHCR e pertanto sono preceduti da azioni preparatorie del suolo su cui andranno posizionati. Con l'utilizzo della classificazione object-based si cerca di descrivere in modo migliore la complessità spettrale dei materiali che costituiscono gli elementi del campo in particolare le costruzioni miste e le tende. Si ritiene necessaria l'adozione di algoritmi che non

tengano conto solo delle caratteristiche del singolo pixel ma anche del contesto in cui esso si trova. La classificazione object-based in Idrisi ha la peculiarità di fondarsi su un processo di segmentazione che avviene attraverso un criterio di similarità spettrale. Ciò porta a definirla come una classificazione “ibrida” tra quella pixel-based e quella object-based vera e propria che tiene conto di tessitura, forma e dimensione. Essa è adatta per applicazioni che utilizzano immagini a media ed alta risoluzione. La tecnica è applicata a un subset più ristretto con focus sul campo.



Mappe di classificazione object-based rispettivamente dell'Immagine 1, Immagine 2, Immagine 3

Ottenute le mappe, si è svolta la validazione per determinare il livello di accuratezza. Quest'ultimo è risultato buono. Si è passati successivamente al confronto tra i due metodi di classificazione sotto aspetti diversi: visivo e di accuratezza. Per quanto riguarda il primo, la classificazione object-based elimina l'effetto “salt and pepper” e fa sì che i poligoni individuati siano di minor quantità e maggiore compattezza. Ciò permette una migliore individuazione delle strutture nel campo. Manca tuttavia la capacità di descrivere alcuni elementi lineari come i percorsi che costeggiano i campi coltivati. Uniformando le finestre di lavoro, la classificazione object-based risulta, in termini di coefficiente kappa globale, più consona di quella pixel-based. Il generale andamento positivo dei risultati risiede nell'identificazione più netta degli elementi del campo in particolare delle costruzioni miste che non sono omogenee né dal punto di vista strutturale né dei materiali utilizzati poiché frutto di sovrapposizioni in base ad esigenze e periodi diversi. Disponendo di entrambi i tipi di classificazione si è attuata una quantificazione dei rifugiati residenti in corrispondenza delle date di acquisizione delle immagini. I risultati sono confrontati con le stime fornite dall'UNHCR per verificare il grado di attendibilità dell'utilizzo delle mappe per questo fine. Le tre classi considerate per il calcolo sono: costruzioni miste, tende e container. Si è ragionato partendo dalle loro aree complessive. Ciò è stato necessario per le costruzioni miste e le tende poiché nell'ala più vecchia del campo le sovrapposizioni e le commistioni dei diversi elementi strutturali non permettevano, nemmeno facendo riferimento alla classificazione object-based, un conteggio preciso. Per i container si è considerata l'area complessiva della classe per una questione di praticità. Ciò che risulta maggiormente significativo è il fatto che la classificazione object-based si dimostri più stabile di quella pixel-based per questo tipo di applicazione. Tale affermazione deriva dall'osservazione degli scostamenti tra i valori trovati e quelli stimati dall'UNHCR. Nella classificazione object-based essi si attestano intorno al 30% per tutte e tre le mappe. Ciò non accade per quella pixel-based in cui le differenze risultano molto diverse tra loro. Per questo tipo di analisi quindi si è ritenuta più affidabile la classificazione object-based.



Confronto tra i dati di riferimento e le stime ottenute dalle classificazioni pixel-based ed object-based rispettivamente per l'Immagine 1, Immagine 2 ed Immagine 3

Le tecniche di analisi tipiche della geomatica sfruttate sono tre: i principi di telerilevamento, il GIS e la Change Detection. La prima ha permesso la contestualizzazione e comprensione delle immagini multispettrali a disposizione, la seconda la loro analisi attraverso una valutazione integrata multitemporale dei diversi dati e la terza l'identificazione dei cambiamenti intercorsi tra dicembre 2012 e marzo 2013 nella zona di studio. L'intero lavoro dimostra come l'utilizzo di questi strumenti possa essere un nuovo ed essenziale elemento di supporto alla gestione delle emergenze umanitarie sia fornendo una documentazione oggettiva dello stato di fatto, che in molti casi altrimenti non risulterebbe possibile, sia consentendo la scelta delle migliori strategie da adottarsi durante e dopo i periodi di crisi.