

Utilizzo di immagini satellitari multispettrali ad alta risoluzione nella gestione di emergenze umanitarie

Gabriele Bitelli (*), Francesca Franci (*), Marta Luppi (*),
Emanuele Mandanici (*), Fabio Giulio Tonolo (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM)
Università di Bologna Viale Risorgimento, 2 40136 – Bologna
e-mail: gabriele.bitelli@unibo.it, francesca.franci2@unibo.it,
marta.luppi@studio.unibo.it, emanuele.mandanici@unibo.it

(**) ITHACA - Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action
Via Pier Carlo Boggio, 61 10138 – Torino, e-mail: fabio.giuliotonolo@ithaca.polito.it

Riassunto

Negli ultimi anni le agenzie umanitarie hanno ampliato il campo di utilizzo di immagini satellitari nella gestione delle emergenze - tipicamente impiegate a supporto della risposta a disastri naturali quali terremoti, alluvioni ed incendi - estendendolo alle crisi umanitarie. Il presente contributo è incentrato sull'analisi dell'evoluzione del campo di rifugiati siriani di Za'atari, istituito in territorio giordano nel luglio 2012 da parte della UN Refugee Agency (UNHCR). La metodologia di analisi multi-temporale è stata applicata su tre immagini satellitari ottiche ad alta risoluzione geometrica del campo profughi, elaborate mediante tecniche di classificazione assistita sia *pixel-based* sia *object-based*. L'elaborazione delle immagini è stata principalmente finalizzata all'analisi dell'evoluzione del campo ed alla stima della popolazione residente. Si è dimostrato come il telerilevamento satellitare possa fornire informazioni e dati dettagliati per la documentazione oggettiva a supporto della gestione di un'emergenza umanitaria.

Abstract

Humanitarian agencies generally exploit satellite remote sensing to support emergency management activities, typically in the response to natural disaster such as earthquakes, floods and fires. In recent years the use of satellite imagery is being piloted also in the humanitarian crisis fields. The paper is focused on the analysis of the evolution of the Za'atari refugee camp, built by the UN Refugee Agency (UNHCR) in Jordan in July 2012 to host Syrian refugees. A multi-temporal change-detection technique has been applied to 3 optical very high resolution satellite scenes covering the refugee camp, by means of both pixel-based and object-oriented supervised classification techniques. Image processing was mainly aimed to monitor the camp evolution as well as to estimate the number of refugees hosted in the camp. The paper will demonstrate how satellite remote sensing can provide detailed data and information to support humanitarian crisis management.

1. Introduzione

Le agenzie umanitarie utilizzano il telerilevamento satellitare prevalentemente nell'ambito dei disastri di tipo naturale come terremoti, alluvioni ed incendi (Cabrera-Alvarado et al. 2013; Van Westen 2013). Nella fase *pre-evento* è possibile mappare l'area di interesse ed effettuare studi di rischio e di mitigazione dei possibili danni. Nella fase *post-evento* il telerilevamento è utilizzato per supportare in modo efficace la gestione dell'emergenza e la distribuzione degli aiuti anche attraverso l'identificazione di opportuni indicatori di cambiamento (Altan et al. 2013; Dewan 2013).

Il presente lavoro non è incentrato sulla gestione di disastri ambientali ma su emergenze di tipo umanitario ed è finalizzato alla valutazione delle potenzialità del telerilevamento satellitare per il monitoraggio di un campo profughi. Il caso di studio scelto è il campo profughi di Za'atari in territorio giordano. La ricerca è stata resa possibile dalla collaborazione tra il DICAM dell'Università di Bologna ed ITHACA, associazione no-profit fondata nel 2006 dal Politecnico di Torino e dal SiTI.

2. Caso di studio: il campo di Za'atari

Un campo per rifugiati, o campo profughi, è il luogo dove le comunità colpite da guerre civili, discriminazioni etniche o disastri naturali vengono ospitate in attesa della soluzione del problema o del ripristino delle condizioni di sicurezza che consentano il ristabilirsi nel luogo di provenienza. In linea teorica, un campo profughi non è quindi una struttura permanente. Esso può essere situato all'interno o all'esterno del Paese di provenienza interessato dall'emergenza e la sua gestione coinvolge organizzazioni non governative e agenzie delle Nazioni Unite. Un campo generalmente si compone di abitazioni a tenda o baracche dotate di strutture che garantiscano un livello sufficiente di igiene personale e collettivo, apparati medici e di comunicazione, e la configurazione, nel suo insieme, deve consentire un'agevole distribuzione del sostentamento alimentare (United Nations High Commissioner for Refugees 2007). La più importante agenzia che opera in questo ambito è l'*Office of the United Nations High Commissioner for Refugees* (UNHCR), che a sua volta collabora con entità locali.

In Siria è attualmente 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 (Mo 2013). A seguito del fallimento dei primi colloqui di pace per la Siria denominati "Ginevra 1", è stato aperto, il 28 luglio del 2012, dall'UNHCR, il campo profughi di Za'atari con l'obiettivo di ospitare i profughi siriani (Giorgi 2014). Esso è situato nel Nord-Est della Giordania, a 10 km dalla città di Al Mafraq su un'estensione piatta e brulla di deserto pietroso (Figura 1).



Figura 1 - Localizzazione del campo di Za'atari (a destra) ed immagine satellitare del campo al 15/01/2014.

La popolazione del campo dal luglio 2012 ha subito un rapido aumento (Rodgers et al. 2013; Knell 2014), come evidente nel grafico di Figura 2 dove sono riportati i dati forniti dall'UNHCR (statistiche basate sulle registrazioni volontarie dei rifugiati nei database e pertanto di accuratezza incerta; l'incertezza di tali valori è anche legata alla mancata comunicazione da parte dei residenti del loro eventuale abbandono del campo). Nel marzo 2013 si è assistito ad un notevole aumento della popolazione nel campo in seguito ad alcune operazioni di messa in sicurezza su larga scala nelle regioni meridionali della Siria. Il picco di presenze è stato raggiunto a fine aprile 2013 con un valore di 202.993 individui.

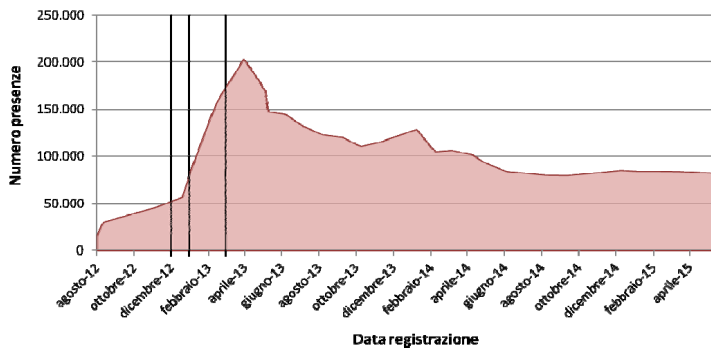


Figura 2 - Andamento delle presenze nel campo tra agosto 2012 e aprile 2015 (fonte: <http://data.unhcr.org>). Le linee in nero identificano le date di acquisizione delle immagini satellitari utilizzate nel presente lavoro.

3. Materiali

Per la presente sperimentazione si sono utilizzati due diversi tipi di informazioni. Le indicazioni per le diverse fasi di gestione delle operazioni di emergenza si sono reperite principalmente dall'Handbook (terza edizione nel 2007) del UNHCR. Le tre immagini satellitari ottiche multispettrali ad alta risoluzione disponibili sono state acquisite rispettivamente nel dicembre 2012, gennaio 2013 e marzo 2013 (Tabella 1).

Denominazione immagine	Data acquisizione	Sensore	Bande	Risoluzione spaziale (m)	Descrizione prodotto
Immagine 1	12/12/2012	World View-2	R, G, B	0,50	OrthoReady 2A Pan-sharpened
Immagine 2	14/01/2013	World View-2	R, G, B, Nir Pan	2 0,50	OrthoReady 2A
Immagine 3	21/03/2013	Pléiades 1°	R, G, B, Nir	0,50	Primary Pan-sharpened

Tabella 1 - Specifiche tecniche delle immagini satellitari utilizzate.

Tali immagini sono state sottoposte ad alcune operazioni di pre-processamento. Il software commerciale Geomatica 2014 (modulo OrthoEngine) è stato utilizzato per effettuare il *pan-sharpening* dei dati di gennaio 2013 e l'ortorettifica di tutte e tre le immagini. Questa seconda operazione è stata effettuata mediante un modello non parametrico RPC utilizzando il modello digitale di elevazione SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (Reuter et al. 2007).

Successivamente si è proceduto alla co-registrazione delle immagini per renderle perfettamente sovrapponibili tra loro. Per questo passaggio, come per tutti i successivi, si è utilizzato il software Idrisi Selva. Nello specifico, l'immagine di dicembre 2012 è stata presa arbitrariamente come riferimento e le altre due sono state co-registrate a questa attraverso una trasformazione polinomiale del primo ordine. Ai fini del presente studio l'accuratezza di posizionamento assoluta risulta infatti secondaria rispetto alla coregistrazione relativa di tutte e tre le scene disponibili. Lo scarto quadratico medio per i punti di controllo utilizzati nella coregistrazione relativa è dell'ordine di 0,50 m. Infine, si è definita un'area di interesse comune a tutte e tre le immagini, di dimensioni 5,7 km x 4,6 km (circa 26 km²), tale da includere l'intera estensione del campo ed una porzione dei terreni circostanti.

4. Classificazione *pixel-based* e dinamica di sviluppo del campo

4.1. Metodi

Le immagini ortorettificate e coregistrate sono state elaborate mediante classificazione assistita *pixel-based* al fine di produrre mappe tematiche multi-temporali della struttura del campo. Successivamente, per poter studiare i cambiamenti intercorsi nel tempo e dunque documentare in maniera oggettiva l'evoluzione del campo in termini areali, le mappe tematiche sono state sottoposte ad una procedura di *change detection*. In primo luogo, è stato necessario definire le classi più rappresentative dell'area di studio. In base agli elementi che devono essere presenti in un campo profughi secondo le specifiche dell'UNHCR, sono state identificate dieci classi (Tabella 2). Per l'Immagine 2 è stato necessario aggiungere un'ulteriore classe denominata “suolo allagato” per identificare gli allagamenti causati dalle condizioni meteo eccezionali che si sono verificate nel giorno in cui è avvenuta l'acquisizione (Unicef 2013). Mediante fotointerpretazione, per ciascuna classe sono stati individuati poligoni di addestramento costituiti da circa 200-300 pixel. Si è quindi proceduto selezionando tra gli *hard classifier* l'algoritmo delle massima verosimiglianza (Figura 3).

1	suolo spianato	strade all'interno del campo, percorsi tra i campi coltivati, cortili delle case nell'abitato in prossimità del campo
2	suolo asfaltato	strade principali, tetti di alcune case coperti di bitume
3	suolo nudo	suolo brullo del deserto pietroso che caratterizza la zona
4	suolo coltivato	suolo adibito alla coltivazione di frutta, verdura e agrumi
5	alberi	
6	acqua	superfici d'acqua
7	costruzioni miste	costruzioni non omogenee sia dal punto di vista strutturale sia dei materiali utilizzati, frutto di sovrapposizioni in base ad esigenze e periodi diversi
8	container	rifugi messi a disposizione dall'UNHCR
9	edifici permanenti	costruzioni degli insediamenti limitrofi il campo
10	tende	rifugi messi a disposizione dall'UNHCR
11	suolo allagato	suolo con presenza di acqua

Tabella 2 - Classi informative e loro descrizione.

A causa della mancanza di dati affidabili verificati a terra, non è stato possibile effettuare una valutazione rigorosa dell'accuratezza tematica delle mappe prodotte. Si è quindi proceduto identificando per ciascuna classe un numero minimo di 60 punti di controllo, disposti secondo una griglia regolare, a ciascuno dei quali è stata assegnata una classe tematica attraverso fotointerpretazione. Tali punti sono stati quindi utilizzati per generare le matrici di confusione, determinando i valori del coefficiente kappa complessivo per ciascuna mappa. Per la mappa ottenuta dalla classificazione dell'Immagine 3 si è raggiunto un livello di accuratezza pari a 0,81, maggiore rispetto alle altre due mappe per le quali si sono ottenuti valori pari a 0,76 (Immagine 1) e 0,78 (Immagine 2). La classe che ha creato maggiori problemi è stata “suolo allagato” dell'Immagine 2, in quanto si è riscontrato un numero significativo di errori di commistione, in particolare con le classi di suolo nudo e coltivato.

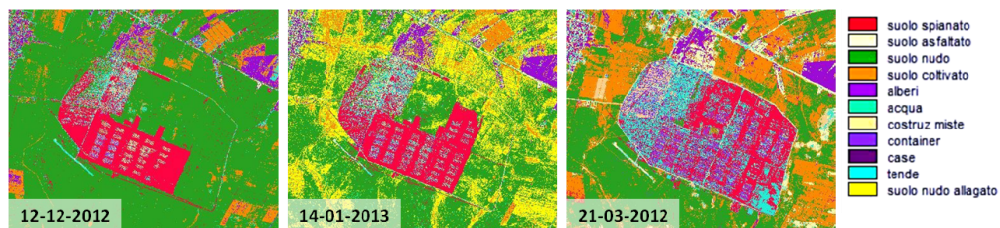


Figura 3 - Mappe tematiche multi-temporali del campo ottenute dalla classificazione *pixel-based*.

4.2. Risultati e considerazioni

Per poter svolgere l'analisi di *change detection* si è considerato un ulteriore subset delle tre mappe tematiche di circa 19 km² avente come centro il campo di rifugiati, poiché si vogliono studiare i cambiamenti nel tempo all'interno di esso e nelle sue vicinanze. Tra la condizione iniziale (Immagine 1) e la finale (Immagine 3) si è optato per valutare il cambiamento globale di tutte le classi in modo da ottenere un quadro complessivo. Ciò è stato possibile anche grazie all'omogeneità tra le legende delle due mappe. Nelle condizioni intermedie (Immagine 1-Immagine 2; Immagine 2-Immagine 3) si sono scelte invece solo le quattro classi maggiormente rappresentative delle dinamiche di evoluzione del campo: suolo spianato, costruzioni miste, container e tende (Figura 4).

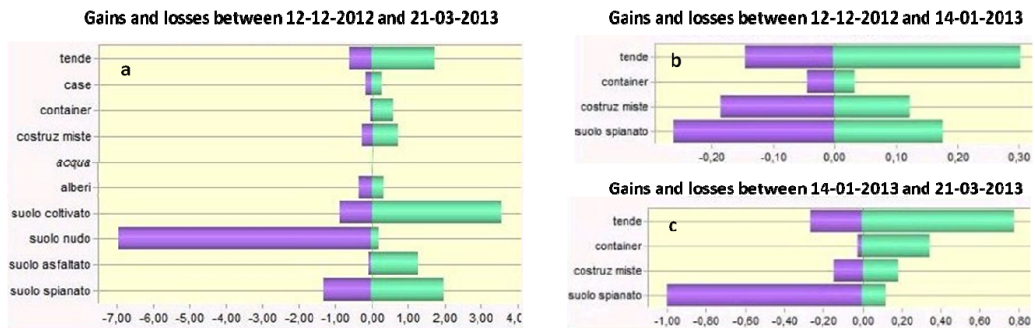


Figura 4 - Cambiamenti (diminuzione in viola, aumento in verde) in area (km²) di ciascuna classe tra: a) 12-12-2012 e 21-03-2013, b) 12-12-2012 e 14-01-2013, c) 14-01-2013 e 21-03-2013.

Nel periodo tra l'acquisizione dell'Immagine 1 (12-12-2012) e dell'Immagine 3 (21-03-2013) (Figura 4a), il cambiamento più significativo ha interessato il "suolo nudo" con una perdita complessiva di 6,92 km². Tale riduzione dipende principalmente dall'incremento del "suolo spianato" e del "suolo coltivato". Nel periodo considerato, circa 1,64 km² di "suolo nudo" sono stati convertiti in "suolo spianato"; infatti, nella parte Est del campo si è assistito ad un'operazione di spianamento per dare spazio al suo ampliamento per ospitare nuove strutture, in particolare container e tende. Circa 3,37 km² sono passati dalla classe "suolo nudo" a suolo coltivato; questo cambiamento è quello di maggiore entità e riguarda le zone circostanti il campo. Si possono ipotizzare due spiegazioni a seconda della distanza dal perimetro di quest'ultimo. Le aree prossime al campo sono state probabilmente convertite da suolo nudo a coltivato per poter provvedere al sostentamento dei rifugiati nel campo. In quest'ultimo sono presenti, infatti, alcuni spazi per orti ma la loro dimensione è ridotta. Le aree più distanti al campo, probabilmente di proprietà di privati giordani residenti negli insediamenti limitrofi, potrebbero essere divenute coltivate in seguito all'aumento della disponibilità di manodopera.

La *change detection* effettuata nel periodo che va dal 12-12-2012 e il 14-01-2013 (Figura 4b) mostra che:

- circa 0,08 km² e 0,09 km² rispettivamente di "costruzioni miste" e "tende" sono passati alla classe "suolo spianato"; tali cambiamenti hanno riguardato la parte più recente del campo dove (zona più a Est entro il perimetro del campo) strutture identificate come miste o tende, nei corridoi e a ridosso dei container nell'Immagine 1, che probabilmente erano di tipo provvisorio dato che nell'Immagine 2 non sono più presenti;
- circa 0,06 km² e 0,19 km² di "suolo spianato" sono stati convertiti rispettivamente in "costruzioni miste" e "tende"; in particolare, si è registrato un aumento considerevole del numero di tende sia nella parte meridionale della zona più vecchia (zona più a Ovest entro il perimetro del campo), che nella zona più recente;

- 0,05 km² sono stati convertiti da “tende” a “costruzioni miste” e 0,09 km² da “costruzioni miste” a tende; questi risultati testimoniano la tendenza alla conversione delle costruzioni miste in tende nuove nella parte orientale della zona più vecchia.

L'analisi dei cambiamenti nel periodo tra il 14-01-2013 e il 21-03-2013 (Figura 4c), date di acquisizione delle Immagini 2 e 3, mostra come l'entità dei cambiamenti sia maggiore rispetto a quella registrata nel periodo precedente (Immagini 1 e 2). In particolare, circa 0,09 km², 0,19 km² e 0,72 km² di “suolo spianato” sono stati convertiti rispettivamente in “costruzioni miste”, “container” e “tende” ovvero strutture che dovranno accogliere i nuovi rifugiati. Se si considera questo aspetto e lo si mette in relazione con i risultati della *change detection* del periodo tra il 12-12-2012 e il 21-03-2013, è possibile notare che il suolo nudo si trasforma in suolo spianato e quest'ultimo a sua volta viene adibito alle costruzioni. Se si sommano in termini di area i contributi nelle due *change detection* intermedie (tra le immagini 1-2 e 2-3) e li si confronta con i risultati ottenuti per il suolo nudo nella *change detection* complessiva (immagini 1-3), si deduce che il passaggio da suolo nudo a costruzioni miste è maggiore in entità rispetto a quello da suolo spianato. Questo dato può essere giustificato dal fatto che le costruzioni miste sorgono per volontà e necessità dei rifugiati per cui non seguono una pianificazione razionale e non sono regolate da particolari operazioni di preparazione del terreno. I passaggi da suolo nudo a container, e quello da suolo spianato, coinvolgono circa la stessa entità areale mentre l'evoluzione del suolo nudo in tende è minore rispetto a quella dal suolo spianato. Questi aspetti risultano corretti a livello logico e coerenti con quanto riportato dalle specifiche dell'UNHCR poiché sia i container sia le tende vengono posizionati solo dopo azioni preparatorie del suolo.

5. Classificazione *object-based* e stima della popolazione

5.1. Metodi

Per poter sfruttare appieno le potenzialità dei dati telerilevati nel contesto delle emergenze umanitarie, si è tentato di stimare il numero di rifugiati residenti nel campo in corrispondenza delle date in cui sono state acquisite le immagini. Questa operazione è stata svolta a partire da mappe ottenute mediante classificazione *object-based*. La scelta di questa tecnica di classificazione è legata al fatto che tale approccio consente di descrivere con maggiore dettaglio geometrico le strutture del campo, in particolare modo quelle che appartengono alle classi delle costruzioni miste e delle tende. La classificazione (Figura 5) si basa su tre passaggi principali: i) il processo di segmentazione basato sulla similarità spettrale dei pixel adiacenti, ii) la fase di addestramento, che ha portato alla selezione di entità rappresentative per le classi degli edifici permanenti e dell'acqua, e iii) la classificazione di tipo *object-oriented*, basata in questo caso sull'algoritmo di massima verosimiglianza.

La validazione della classificazione è stata effettuata seguendo la procedura descritta in precedenza (paragrafo 4.1) e generando matrici di confusione per ciascuna mappa tematica prodotta. I valori del coefficiente kappa complessivo risultano molto buoni, pari a 0,85 per la mappa ottenuta dalla classificazione dell'Immagine 1 e 0,79 per le classificazioni dell'Immagine 2 e dell'Immagine 3. Il miglioramento più significativo apportato dalla tecnica *object-based* rispetto alla classificazione *pixel-based* riguarda la classe delle tende.

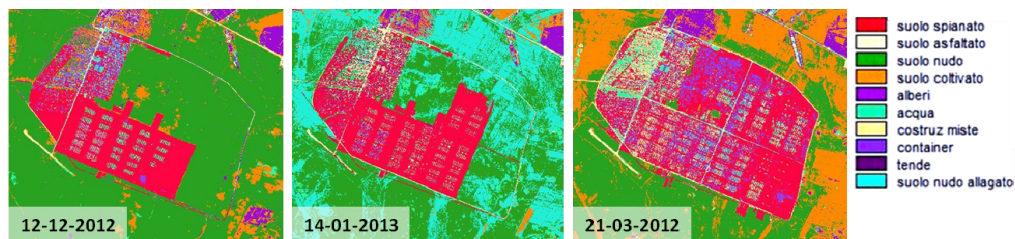


Figura 5 - Mappe tematiche multi-temporali del campo ottenute dalla classificazione *object-based*.

5.2. Risultati e considerazioni

Per valutare le presenze all'interno del campo nel periodo in esame, sono state considerate le categorie che rappresentano le strutture che ospitano i profughi ovvero: costruzioni miste, tende e container. Si è ragionato sulle aree complessive delle classi piuttosto che sul conteggio degli oggetti poiché, nella parte più vecchia del campo, le sovrapposizioni e le commistioni dei diversi elementi strutturali (costruzioni miste e tende soprattutto) non hanno consentito un conteggio preciso. Il dato relativo all'area occupata dalle tre classi considerate è stato poi integrato alle informazioni disponibili relative alla densità abitativa.

Nel caso delle costruzioni miste e tende, si è utilizzato il dato di densità abitativa documentato aggiornato alla data più vicina a quella dell'immagine di riferimento. Nel caso delle immagini 2 e 3 si è fatto riferimento a campagne svolte dall'associazione REACH, un'iniziativa congiunta delle organizzazioni internazionali non governative ACTED ed IMPACT e da UNITAR/UNOSAT (*United Nations Operational Satellite Applications Programme*). A partire dalla densità abitativa documentata si è calcolato lo spazio disponibile effettivo a persona. Dividendo l'area complessiva delle due classi per quest'ultimo valore, si è ottenuto il numero di individui residenti in costruzioni miste e tende. Nel caso dell'Immagine 1, invece, non si è avuto modo di reperire alcuna informazione sulla densità abitativa effettiva a quella data, per cui si è utilizzata l'indicazione dell'UNHCR secondo cui ad ogni individuo deve essere garantito uno spazio minimo di 30 m² (United Nations High Commissioner for Refugees 2007). Nel caso della classe container, invece, per tutte e tre le immagini l'area complessiva è stata divisa per quella delle singole entità specificata dall'UNHCR di 18 m². Sapendo che ognuna di queste ospita dalle quattro alle sei persone, si è quindi ottenuta la quantificazione dei rifugiati residenti nei container. Sommando a tale contributo quello delle costruzioni miste e delle tende, si è ricavato il numero complessivo dei rifugiati nel campo.

I risultati ottenuti (Tabella 3) sono da considerare come punto di partenza per sviluppi futuri. Questi ultimi dovranno basarsi sia su un affinamento della tecnica di classificazione, svolta con software alternativi, sia su possibili altri dati di riferimento sulla densità abitativa.

Data di acquisizione	Stima rifugiati
12/12/2012	30.433
14/01/2013	38.144
21/03/2013	234.754

Tabella 3 - Stima dei rifugiati ottenuta considerando i dati ottenuti dalla classificazione object-based in corrispondenza delle tre date di acquisizione delle immagini.

6. Conclusioni

Il presente lavoro ha inteso esplorare il contributo del Telerilevamento satellitare per la gestione post-evento di emergenze umanitarie. Attraverso tecniche di *change detection* applicate ad immagini satellitari ottiche multispettrali ad alta risoluzione, è stata testata una procedura di monitoraggio dell'espansione tra il 2012 ed il 2013 di un campo profughi giordano (campo Za'atari) per rifugiati della guerra civile in Siria.

La metodologia individuata ha permesso una valutazione quantitativa dell'evoluzione del campo nell'arco temporale relativo al periodo di acquisizione delle immagini. L'interpretazione dei risultati consente di evidenziare come strutture di tipo misto siano sorte in gran parte direttamente sul suolo nudo, poiché frutto dell'iniziativa dei rifugiati, mentre le tende sono sorte su suolo spianato appositamente predisposto, poiché parte di interventi pianificati. Integrando informazioni disponibili sulla densità abitativa, è stato inoltre possibile, mediante una procedura automatizzata, stimare il numero di rifugiati residente nel campo.

Considerando l'elevata complessità delle dinamiche insediative dei campi profughi che ha fortemente influenzato l'accuratezza tematica dei prodotti generati, la ricerca ha dimostrato come l'uso di tecniche geomatiche basate su dati telerilevati possa fornire nuovi elementi di supporto alla gestione delle emergenze umanitarie, sia per una documentazione oggettiva dello stato di fatto sia per supportare la scelta delle migliori strategie da adottare durante e dopo i periodi di crisi.

Bibliografia

- Altan O, Backhaus R, Boccardo P, et al (2013) The Value of Geoinformation for Disaster and Risk Management (VALID) Benefit Analysis and Stakeholder Assessment. Joint Board of Geospatial Information Societies, Copenhagen, Denmark
- Cabrera-Alvarado S, Langston S, Antoniou N, Urquijo E (2013) The progressive use of satellite technology for disaster management relief: challenges to a legal and policy framework. In: 64th International Astronautical Congress, 2013. pp 1–7
- Dewan A (2013) Hazards, Risk and Vulnerability. In: Floods in a Megacity: Geospatial Techniques in Assessing Hazards, Risk and Vulnerability. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 35–74
- Giorgi C (2014) Zaatari, metamorfosi di un campo profughi. In: Terrasanta.net. http://terrasanta.net/tsx/articolo.jsp?wi_number=6303&wi_codseq=SI001 &language=it. Accessed 19 Aug 2015
- Knell Y (2014) Camp for Syrian refugees starts to look more like home. In: bbc. <http://www.bbc.com/news/world-middle-east-26565060>. Accessed 20 Aug 2015
- Mo E (2013) Siriani in fuga. Ultima fermata Zaatari. In: Corriere della Sera.it. http://www.corriere.it/sette/13_luglio_29/2013-31-mo-siriani-fuga_0716dbac-f855-11e2-a59e-96a502746665.shtml. Accessed 20 Aug 2015
- Reuter HI, Nelson A, Jarvis A (2007) An evaluation of void-filling interpolation methods for SRTM data. *Int J Geogr Inf Sci* 21:983–1008. doi: 10.1080/13658810601169899
- Rodgers L, Fletcher G, Sears H, Ashton C., Yuan T., Atherton S. (2013) Zaatari refugee camp: Rebuilding lives in the desert. In: BBC. <http://www.bbc.com/news/world-middle-east-23801200>. Accessed 19 Aug 2015
- Unicef (2013) I profughi siriani in Giordania tra gelo e inondazioni. <http://www.unicef.it/doc/4507/profughi-siriani-in-giordania-tra-gelo-e-inondazioni.htm>.
- United Nations High Commissioner for Refugees (2007) Handbook for Emergencies.
- Van Westen CJ (2013) Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management. In: Shroder J, Bishop MP (eds) *Treatise on Geomorphology*. Elsevier, pp 259–298