

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E 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**

CANDIDATO

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

Desidero ringraziare il Prof. Gabriele Bitelli per la possibilità di approfondire la tematica dell'emergenza umanitaria, per la costante disponibilità, l'entusiasmo e la fiducia dimostrati in questi mesi.

Grazie alla collaborazione di Ithaca in particolare modo al Prof. Piero Boccardo per avermi introdotto alla tematica e alla conoscenza di questa realtà lavorativa dinamica ed all'avanguardia e al Dott. Ing. Fabio Giulio Tonolo per avere messo a disposizione il materiale di partenza.

Ringrazio il Dott. Ing. Emanuele Mandanici per le indicazioni riguardanti i software da utilizzare nell'analisi e per il controllo in fase di stesura.

Ringrazio l'Ing. Francesca Franci per la disponibilità, i consigli e l'aiuto soprattutto nella fase iniziale del lavoro.

INDICE

CAPITOLO 1 – LE PREMESSE DI

TELERILEVAMENTO	pag. 4
1.1 La radiazione elettromagnetica.....	pag. 4
1.1.1 L'energia elettromagnetica.....	pag. 4
1.1.2 Lo spettro elettromagnetico.....	pag. 6
1.1.3 Le grandezze radiometriche.....	pag. 6
1.1.4 L'interazione con la materia.....	pag. 11
1.2 L'elaborazione di immagini raster.....	pag. 13
1.2.1 Le tipologie di immagini satellitari.....	pag. 13
1.2.2 La pre-elaborazione.....	pag. 13
1.2.3 L'elaborazione: focus sulla tematica della classificazione.....	pag. 20
1.3 Le missioni civili.....	pag. 35
1.3.1 Introduzione.....	pag. 35
1.3.2 I tipi di sensori.....	pag. 36
1.3.3 Le missioni ad alta risoluzione.....	pag. 38

CAPITOLO 2 – IL GIS E LA CHANGE DETECTION.....pag. 47

2.1 Il GIS.....	pag. 47
2.2 La Change Detection.....	pag. 48
2.2.1 Il metodo.....	pag. 48
2.2.2 L'accuratezza del processo di Change Detection.....	pag. 51

CAPITOLO 3 – LA GESTIONE DEI DISASTRI: LA

SITUAZIONE DI EMERGENZA	pag. 53
--------------------------------------	---------

CAPITOLO 4 – IL CASO DI STUDIO.....pag. 58

4.1 Il campo profughi di Za'atari.....	pag. 58
--	---------

4.1.1 I campi profughi e la loro gestione.....	pag. 58
4.1.2 L'UNHCR.....	pag. 59
4.1.3 La realtà siriana.....	pag. 64
4.1.4 Il campo profughi di Za'atari.....	pag. 65
4.2 Il materiale a disposizione.....	pag. 69
4.2.1 Ithaca.....	pag. 69
4.2.2 Le immagini telerilevate.....	pag. 69
4.3 I software utilizzati.....	pag. 77
4.3.1 PCI Geomatica 2014.....	pag. 77
4.3.2 Idrisi.....	pag. 78
4.4 Le operazioni preliminari sulle immagini telerilevate.....	pag. 78
4.4.1 Pan-sharpening Immagine 2.....	pag. 78
4.4.2 Ortorettifica.....	pag. 79
4.4.3 Co-registrazione.....	pag. 81
4.4.4 Finestra di lavoro.....	pag. 83
4.5 La classificazione pixel-based e l'analisi di Change Detection.....	pag. 83
4.5.1 La classificazione pixel-based.....	pag. 83
4.5.2 La validazione della classificazione.....	pag. 90
4.5.3 La Change Detection.....	pag. 111
4.6 La classificazione object-based.....	pag. 130
4.6.1 Le fasi della classificazione object-based.....	pag. 130
4.6.2 La validazione della classificazione.....	pag. 136
4.6.3 Il confronto con la classificazione pixel-based.....	pag. 142
4.7 La stima dei rifugiati nel campo.....	pag. 147
4.7.1 L'introduzione al problema.....	pag. 147
4.7.2 La stima nell'Immagine 1.....	pag. 148
4.7.3 La stima nell'Immagine 2.....	pag. 150
4.7.4 La stima nell'Immagine 3.....	pag. 153

4.7.5 Il grado di attendibilità.....pag. 155

CONCLUSIONI.....pag. 157

BIBLIOGRAFIA.....pag. 160

SITOGRAFIA.....pag. 162

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi si inserisce nel ramo di applicazioni del telerilevamento che riguarda la pianificazione e la gestione delle emergenze umanitarie. Esso è stato possibile attraverso la collaborazione di Ithaca (Information Technology for Human Assistance, Cooperation and Action), agenzia che ha fornito il materiale di partenza. Quest'ultimo consta di tre immagini multispettrali rilevate da satellite in date diverse tra il dicembre 2012 e il marzo 2013 dell'area di interesse legata alla tragedia umanitaria che coinvolge grandi masse di persone della Siria. L'attività svolta permette di portare l'attenzione su alcuni punti di forza del telerilevamento satellitare, e in particolare l'attualità e la capacità di fornire in remoto strumenti oggettivi per il monitoraggio nel tempo di un fenomeno con elevato livello di dettaglio. L'ambito nel quale ci si è mossi, infatti, riguarda realtà in continua evoluzione non facilmente controllabili da parte di singoli né con metodologie tradizionali. Nel caso in esame è stato studiato il campo di rifugiati di Za'atari. Quest'ultimo è sorto in territorio giordano per poter ospitare i civili siriani in fuga dalla crisi che negli ultimi anni affligge il loro Paese.

Si sono voluti mettere in risalto due aspetti fondamentali.

Il primo riguarda l'importanza di conoscere le potenzialità dei dati a disposizione per affrontare e studiare un'emergenza umanitaria. Data la tecnologia sempre più sofisticata e i mezzi di rilevamento in rapida evoluzione, è necessario capire con che tipo d'informazione si ha a che fare. Ciò ha portato ad un'analisi approfondita del materiale disponibile a livello commerciale. Il secondo aspetto riguarda l'esigenza della creazione di prodotti accurati ma allo stesso tempo facilmente consultabili a partire dalla vasta gamma di dati a disposizione. A tale scopo si sono messe a confronto due diverse tecniche per analizzarne le peculiarità e stabilire quale fosse la migliore per l'applicazione d'interesse. Il lavoro è sviluppato in quattro capitoli. Il primo introduce al campo del telerilevamento; vengono descritti il fenomeno della radiazione elettromagnetica, che poggia sui concetti di energia e spettro elettromagnetico,

le principali grandezze radiometriche in gioco ed infine il significato di firma spettrale, inerente all'interazione della radiazione elettromagnetica con la materia. Sono poi brevemente descritti i diversi tipi di immagini raster ed i processi di elaborazione che possono essere effettuati su di esse. In particolare ci si è focalizzati sull'operazione di classificazione poiché sviluppata a livello pratico nel caso di studio. Viene infine proposta una rapida carrellata delle principali missioni civili ad alta risoluzione. Questa parte introduttiva è necessaria per poter collocare e comprendere le informazioni contenute nel materiale fornito da Ithaca. Il secondo capitolo tratta la tipologia di software che sarà utilizzata per l'elaborazione nel caso di studio e il metodo della Change Detection. Quest'ultimo è molto importante poiché permette di quantificare i cambiamenti di copertura ed utilizzo del suolo nel corso del tempo dell'area di interesse. Il terzo capitolo introduce alla problematica della situazione di emergenza e alla terminologia che in letteratura è correlata ad essa. Il quarto capitolo sviluppa il caso di studio. A sua volta quest'ultimo è articolato in diverse parti. Si ha un'introduzione al tema dei campi di rifugiati e della maggiore organizzazione a livello mondiale che si occupa della loro gestione. Si passa poi ad un approfondimento di tipo descrittivo riguardo alla realtà siriana e al campo di Za'atari. Due sottocapitoli sono dedicati rispettivamente all'analisi del materiale fornito e dei software utilizzati per l'analisi. Inizia poi la fase operativa vera e propria articolata in quattro parti. La prima fa riferimento alle operazioni preliminari da effettuare sulle immagini in vista del loro utilizzo e confronto. La seconda tratta l'applicazione della tecnica di classificazione pixel-based alle tre immagini e la determinazione dell'accuratezza. A partire dai risultati ottenuti, si è proceduto all'analisi dei cambiamenti di copertura ed uso del suolo nell'intervallo temporale a disposizione, mediante l'analisi di Change Detection. La terza parte presenta un'altra tecnica di classificazione cioè la object-based. Verificato anche per essa il livello di accuratezza, si è passati al confronto con la prima esplicitando alcune osservazioni ritenute utili. Avendo a disposizione i due tipi di classificazione, nella quarta parte si è cercato di

effettuare una stima dei rifugiati presenti nel campo in corrispondenza delle date in cui sono state rilevate le immagini. Si possono così confrontare i risultati ottenuti e i dati effettivi forniti dalle autorità al fine di valutare per altri casi di studio analoghi l'attendibilità del processo seguito.

CAPITOLO 1 - LE PREMESSE DI TELERILEVAMENTO

1.1 La radiazione elettromagnetica

1.1.1 L'energia elettromagnetica

Il termine telerilevamento (remote sensing) indica l'acquisizione a distanza di informazioni qualitative e quantitative riguardanti l'ambiente e il territorio attraverso la registrazione dell'energia elettromagnetica riflessa dalla superficie. Dalla generazione di un segnale elettrico proporzionale alla quantità di energia elettromagnetica (e.m.) che è giunta al sensore, vengono prodotte immagini che sono inviate ai centri di archiviazione.

L'energia elettromagnetica sotto forma di radiazione perturba la materia con una modalità che può essere usata al fine di ottenere informazioni a questa inerenti. Essa può essere studiata in due diversi modi utilizzando una teoria ondulatoria o una corpuscolare (quantistica). In seguito si daranno alcuni brevi cenni al fine di introdurre le principali grandezze utili. La teoria ondulatoria considera la radiazione elettromagnetica come il frutto della combinazione di due vettori: quello rappresentante il campo elettrico (E) e quello rappresentante il campo magnetico (M). Essi vibrano perpendicolarmente tra loro e appartengono a un piano perpendicolare alla direzione di propagazione della radiazione. La componente elettrica è quella che interagisce con la materia e viene assorbita da essa.

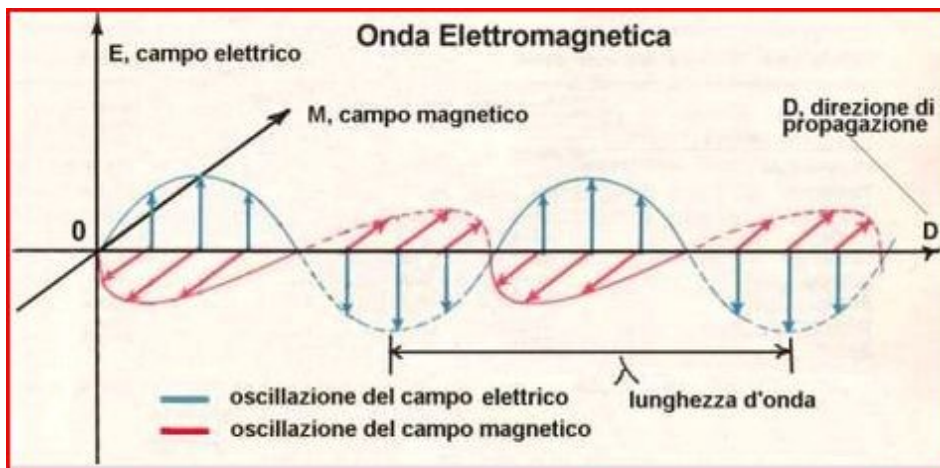


Figura 1.1 L'onda elettromagnetica nella spazio 3 D definito dagli assi E, M e D

Dal punto di vista ondulatorio le grandezze che descrivono la radiazione elettromagnetica, trattata come un'onda, sono:

- c velocità di propagazione dell'onda

Essa è assunta pari alla velocità della luce cioè $2,998 \cdot 10^8$ m/s.

- λ lunghezza d'onda

Essa rappresenta la distanza tra i due massimi successivi. Viene misurata in micrometri (μm) o in nanometri (nm).

- ν frequenza di oscillazione

Essa indica il numero di cicli completi dell'onda che passano in un punto in un secondo. Viene misurata in cicli al secondo cioè Hertz (Hz).

La lunghezza d'onda e la frequenza sono legate tra loro dalla seguente relazione:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

La teoria corpuscolare, invece, considera la radiazione elettromagnetica come costituita da un fascio di particelle (fotoni) che si propagano in modo rettilineo con moto sinusoidale di frequenza ν . Ciascun fotone è dotato di un'energia q (Kcal/mol=KJ/mol) che è legata alla frequenza attraverso l'equazione:

$$q = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

dove:

h =costante di Planck pari a $9,537 \cdot 10^{-14} \text{ Kcal} \cdot \text{sec} \cdot \text{mol}^{-1}$.

L'energia q è direttamente proporzionale alla sua frequenza ν ma inversamente alla sua lunghezza d'onda λ .

1.1.2 Lo spettro elettromagnetico

Lo spettro elettromagnetico è l'intervallo di tutte le possibili frequenze o alternativamente lunghezze d'onda che possono assumere le radiazioni elettromagnetiche. Esso può essere diviso in sette regioni o bande spettrali:

-Raggi gamma $\lambda < 1 \text{ pm}$

-Raggi X λ tra 10 nm e 1 pm

-Ultravioletto (UV) λ tra $0,1 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,38 \text{ }\mu\text{m}$

-Visibile (VIS) λ tra $0,38 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,75 \text{ }\mu\text{m}$

 violetto λ tra $0,38 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,43 \text{ }\mu\text{m}$

 blu λ tra $0,43 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,475 \text{ }\mu\text{m}$

 blu-verde λ tra $0,475 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,49 \text{ }\mu\text{m}$

 verde λ tra $0,49 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,55 \text{ }\mu\text{m}$

 giallo λ tra $0,55 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,58 \text{ }\mu\text{m}$

 arancione λ tra $0,58 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,62 \text{ }\mu\text{m}$

 rosso λ tra $0,62 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,75 \text{ }\mu\text{m}$

-Infrarosso (IR) λ tra $0,75 \text{ }\mu\text{m}$ e $20 \text{ }\mu\text{m}$

 IR vicino (NIR) λ tra $0,75 \text{ }\mu\text{m}$ e $0,9 \text{ }\mu\text{m}$

 IR onde corte (SWIR) λ tra $1,5 \text{ }\mu\text{m}$ e $2,5 \text{ }\mu\text{m}$

 IR onde medie (MWIR) λ tra $3,5 \text{ }\mu\text{m}$ e $5,2 \text{ }\mu\text{m}$

 IR termico (TIR) λ tra $7 \text{ }\mu\text{m}$ e $20 \text{ }\mu\text{m}$

-Microonde (MW) λ tra $0,1 \text{ cm}$ e 100 cm

-Onde radio $\lambda > 1 \text{ m}$.

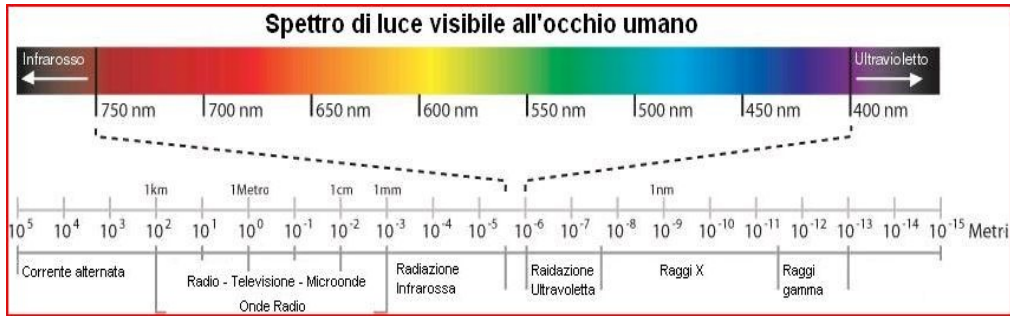


Figura 1.2 Lunghezze d'onda nello spettro elettromagnetico

La regione dello spettro elettromagnetico utile al telerilevamento è limitata alle bande del visibile, dell'infrarosso e delle microonde. Proprio queste ultime due permettono di estendere e migliorare le capacità percettive dell'occhio umano e di carpire maggiori informazioni.

Tra una superficie S qualunque e una radiazione elettromagnetica ad essa incidente, si possono definire le seguenti grandezze:

- Φ_i flusso radiante incidente la superficie
- Φ_r porzione di flusso riflessa dalla superficie
- Φ_a porzione di flusso assorbita dalla superficie
- Φ_t porzione di flusso trasmessa dalla superficie.

Il flusso incidente Φ_i verrà in parte riflesso, assorbito e trasmesso in funzione dei parametri:

- ρ coefficiente di riflessione o riflessività ($0 \leq \rho \leq 1$)

$$\rho = \frac{\phi_r}{\phi_i}$$

- τ coefficiente di trasmissione o trasmissività ($0 \leq \tau \leq 1$)

$$\tau = \frac{\phi_t}{\phi_i}$$

- α coefficiente di assorbimento o assorbività ($0 \leq \alpha \leq 1$)

$$\alpha = \frac{\phi_a}{\phi_i}$$

Le espressioni che legano le grandezze appena definite sono:

$$\begin{aligned}\phi_i &= \phi_r + \phi_t + \phi_a \\ \rho + \tau + \alpha &= 1\end{aligned}$$

I tre coefficienti dipendono strettamente dalla natura fisica della superficie e dal suo grado di lucidità o rugosità.

A livello concettuale lo spettro utile può essere diviso in due blocchi principali: quello ottico e quello radar. Il primo comprende le lunghezze d'onda tra 0,1 μm e 20 μm . L'energia studiata in questo caso è quella riflessa o emessa dalla superficie oggetto di studio in forma naturale. Si può attuare un'ulteriore distinzione constatando che:

- per le lunghezze d'onda da 0,38 μm a 3 μm le indagini più opportune sono svolte utilizzando l'energia solare riflessa. I coefficienti critici quindi saranno la riflettività spettrale ρ_λ e la trasmissività spettrale τ_λ ;
- per le lunghezze d'onda da 3 μm a 20 μm sono preponderanti gli effetti dell'energia emessa spontaneamente dalla superficie a temperatura ambiente (circa 300 K). Qui si ha il dominio del coefficiente di emissività spettrale ε_λ . Il coefficiente di emissività ε esprime la maggiore o minore attitudine con cui una data superficie emette energia elettromagnetica. Esso descrive quanto il comportamento di un corpo si allontani dal modello ideale di corpo nero. Qualsiasi superficie naturale avente una temperatura maggiore rispetto allo zero assoluto (0 K = -273 °C), infatti, emette radiazioni elettromagnetiche lungo tutto lo spettro che variano in funzione della temperatura e della natura del corpo stesso. Il coefficiente ε_λ ne è la manifestazione e sottolinea come l'emissività dipenda dalla particolare lunghezza d'onda considerata (λ). In particolare all'aumentare della temperatura di un corpo diminuisce la lunghezza d'onda in corrispondenza della quale l'emissione elettromagnetica è massima.

La finestra radar studia quell'energia che è attivata e quindi ricevuta a seguito di una sollecitazione artificiale (si parla in questo caso di sensori attivi e non passivi).

Da quanto detto si deduce, non solo che ogni regione dello spettro elettromagnetico ricopre un ruolo importante nella caratterizzazione delle proprietà delle superfici, ma anche che la metodologia adoperata dipende dal dominio della lunghezza d'onda della radiazione. Per l'ultravioletto, il visibile e l'infrarosso vicino si utilizza la riflettanza spettrale e quindi il sensore a bordo del satellite misurerà lo spettro di energia riflessa dalla scena in esame. Per l'infrarosso termico si considera l'energia emessa ed il sensore rileverà direttamente l'emissione naturale degli oggetti situati sulla superficie terrestre. Per le microonde si fa riferimento sia all'energia naturalmente emessa dalla superficie terrestre sia a quella riflessa ed in origine prodotta da uno strumento artificiale come ad esempio il radar. Quest'ultimo emette la radiazione elettromagnetica e quindi il sensore rileva la frazione di essa che viene riflessa dagli oggetti posti sulla superficie terrestre.

1.1.3. Le grandezze radiometriche

Con il termine grandezza radiometrica si indica quella grandezza fisica collegata alla radiazione elettromagnetica. Essa può dipendere essenzialmente da quattro fattori:

- Δt tempo di integrazione del sensore

- dA area osservata dal sensore

- $\Delta\omega$ angolo solido entro il quale il sensore raccoglie la radiazione elettromagnetica detto anche apertura del sensore

- $\Delta\lambda$ banda spettrale del sensore cioè intervallo spettrale indagato dal sensore stesso.

Tutte le grandezze radiometriche possono essere anche messe in relazione ad una particolare lunghezza d'onda, assumendo così un significato spettrale. In tal caso esse vengono contraddistinte dal pedice λ .

L'energia radiante Q (J) rappresenta l'energia elettromagnetica trasportata dall'onda. Essa è data dalla formula:

$$Q = \sum h \cdot \nu = \sum q$$

Il flusso radiante o potenza Φ (Watt) indica la quantità d'energia radiante trasferita nell'unità di tempo da una superficie all'altra. Esso è espresso come:

$$\phi = \frac{dQ}{dt}$$

L'irradianza E (Watt/m²) descrive il flusso di energia incidente uno specifico corpo che passa attraverso una certa area A . Si avrà che:

$$E = \frac{d\phi}{dA}$$

L'exitanza M (Watt/m²) rappresenta il flusso di energia che passa attraverso una certa area A che sta fuoriuscendo da una fonte energetica. Essa è data da:

$$M = \frac{d\phi}{dA}$$

L'intensità radiante I (Watt/sr) indica il flusso radiante uscente nell'unità di angolo solido intorno a una determinata direzione. Si esprime come:

$$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

In direzione non normale al flusso si avrà la grandezza radianza L (Watt*m⁻²*sr⁻¹). Essa fornisce il valore del flusso radiante emesso da una sorgente estesa per unità di angolo solido e di superficie secondo una certa direzione. La radianza è misurata su un piano normale alla direzione considerata. Rappresentando la grandezza fondamentale del telerilevamento, essa è utilizzata per stabilire la quantità di luce emessa o riflessa da una sorgente che viene

ricevuta da un sensore rivolto verso la sorgente stessa e caratterizzato da un certo diametro angolare. In questo caso l'angolo solido equivale all'apertura del sistema ottico. Tale concetto è quindi legato sia alla geometria dell'osservazione e sia alle caratteristiche strumentali e permette di descrivere come la radiazione si distribuisce nello spazio.

La radianza è matematicamente definita da:

$$L = \frac{d^2\phi}{dA * d\omega * \cos\theta}$$

dove:

θ = angolo compreso tra la normale alla superficie e la direzione specificata (sr).

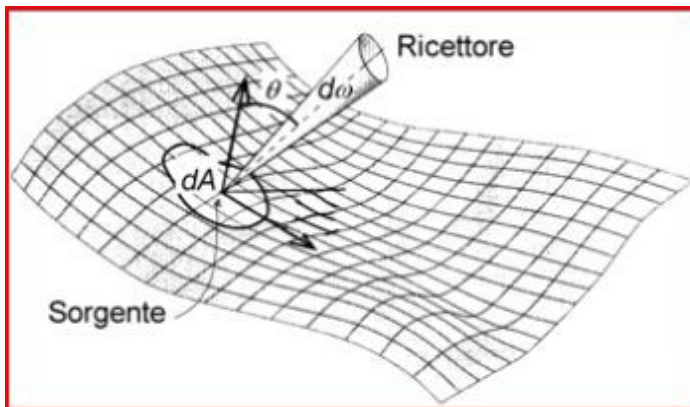


Figura 1.3 Grandezze che determinano la radianza

1.1.4 L'interazione con la materia

Il problema fondamentale nel telerilevamento è stabilire una corrispondenza tra la qualità e quantità dell'energia che viene riflessa e la natura della superficie dalla quale essa proviene. Questo è il compito dell'analisi spettrale e si può per tale motivo fare riferimento al significato di firma spettrale. Quando l'energia elettromagnetica proveniente dal Sole colpisce un corpo, essa viene in parte assorbita e in parte riflessa. Se la riflessione è speculare, ad esempio quando la radiazione colpisce un corpo idrico in quiete, non si ottiene alcun tipo di informazione riguardo alla natura della superficie riflettente. La riflessione da

superfici scabre o irregolari, invece, avviene uniformemente in tutte le direzioni e contiene informazioni spettrali sul loro colore e sulla loro natura. La percentuale di energia radiante incidente che viene riflessa (riflettanza) è determinata dalla struttura geometrica delle superfici, dalla natura e dalla composizione dei corpi e dalla presenza o meno di pigmenti (v. vegetazione) o acqua.

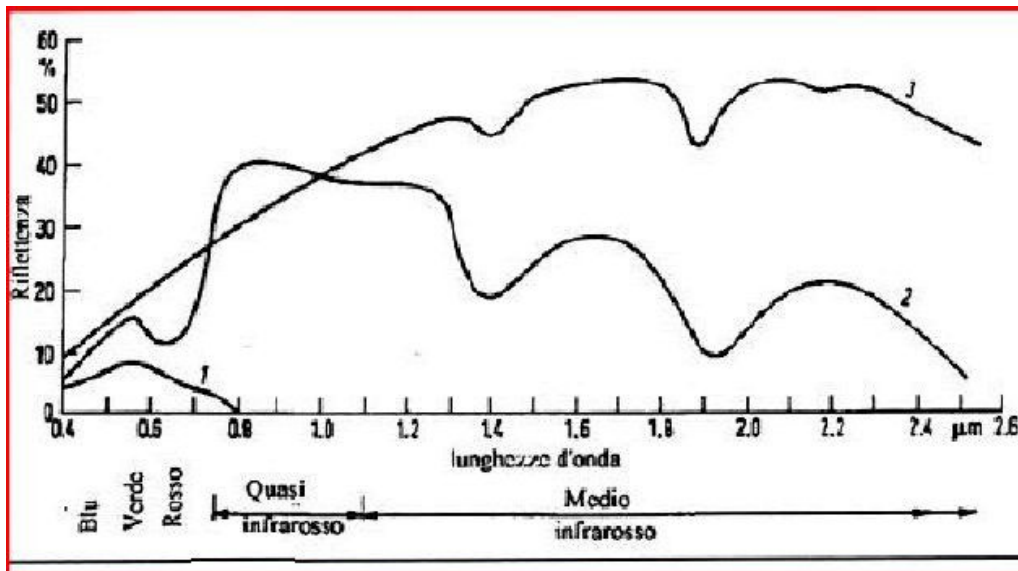


Figura 1.4 Firme spettrali di acqua (1), vegetazione (2) e suolo (3)

La riflettanza è registrata dai sensori per ogni banda a disposizione sotto forma di immagine digitale, cioè di insieme di elementi organizzati per righe e colonne formando una matrice bidimensionale. Secondo il modello raster ogni elemento della matrice (pixel) è descritto da un valore numerico o Digital Number (DN) che rappresenta la radianza media misurata su una porzione di territorio definita. Nel 1999 si arrivava in ambito civile alla definizione di un pixel di dimensioni 1 m x 1 m a terra. Ad oggi si considerano risoluzioni geometriche nella banda pancromatica superiori al metro ad esempio 60 cm x 60 cm o addirittura, molto di recente, 30 cm x 30 cm. Nel processo di acquisizione di un'immagine digitale sono fondamentali due processi: il campionamento e la quantizzazione. Il primo permette, dal punto di vista

geometrico, di procedere nella discretizzazione dell'immagine in elementi che sono i pixel. La quantizzazione, invece, esprime la gamma di valori che può assumere ciascuno di essi. Più è alta maggiore sarà la definizione dell'immagine, ma allo stesso tempo lo spazio occupato in memoria.

1.2 L'elaborazione di immagini raster

1.2.1 Le tipologie di immagini satellitari

Un'immagine raster può essere di tre diversi tipi: pancromatica, multispettrale o iperspettrale. Nel primo caso essa è registrata con una sola banda spettrale ampia corrispondente alla parte visibile dello spettro; è la banda che può intercettare il maggiore contributo energetico ed è dunque quella che è in genere caratterizzata dalla maggiore risoluzione a terra. Nel secondo caso (multispettrale) ci si riferisce ad una serie di immagini ottenute utilizzando un numero limitato di intervalli di lunghezze d'onda, che genera quindi un numero limitato di bande distinte, ampie e solitamente non contigue, ciascuna delle quali genera un'immagine, che si configura come una matrice numerica a più dimensioni. Con il termine iperspettrale si intende invece l'acquisizione di un numero molto elevato di bande (anche centinaia), corrispondenti in genere a intervalli di lunghezza d'onda stretti e vicini tra loro. Dal momento che i sensori rilevano determinati intervalli di lunghezze d'onda in base alla loro risoluzione spettrale, la firma spettrale che si può dedurre dalle immagini per un qualunque elemento della scena sarà di tipo discreto, composta cioè da pochi valori.

1.2.2 La pre-elaborazione

Nel processo di acquisizione dei dati satellitari intervengono diversi fattori sia naturali che artificiali che possono degradare l'informazione radiometrica (valore numerico del pixel) e introdurre distorsioni nell'informazione geometrica (posizione del pixel nell'immagine). Con il termine pre-elaborazione o pre-processing si indicano tutte le procedure correttive che permettono la

creazione di un'immagine il più vicina possibile, in senso geometrico e radiometrico, alle caratteristiche di radianza della scena originale. Le correzioni geometriche vengono utilizzate per georeferenziare l'immagine ed eliminare le deformazioni dovute al sistema di ripresa. Le correzioni radiometriche hanno invece lo scopo di eliminare gli errori dovuti al malfunzionamento dei sensori e ai fenomeni atmosferici.

Dopo questa fase le immagini sono pronte per elaborazioni vere e proprie, cioè per operazioni come la classificazione e l'estrazione di indici spettrali.

Correzioni geometriche

Le correzioni geometriche servono ad eliminare le deformazioni introdotte dal sistema di ripresa e consentire l'esatta collocazione geografica dei pixel. Quella parte di deformazioni dovute alla curvatura e alla rotazione della Terra durante la scansione o ad eventuali variazioni nella quota e nell'assetto del satellite è prevedibile e costante nel tempo. Si parla quindi di distorsioni sistematiche che vengono corrette dai laboratori delle stazioni di ricezione utilizzando modelli deterministici. Esistono però anche distorsioni non sistematiche causate da variazioni non previste dell'assetto del satellite come rollii, imbardate e beccheggi. Esse vengono corrette attraverso il confronto tra punti di coordinate note e punti analoghi sull'immagine. L'operazione che consente la trasformazione geometrica in modo tale da ricondurre quest'ultima al sistema di riferimento di una cartografia è definita rettificazione e comprende la georeferenziazione cioè l'assegnazione delle coordinate geografiche ad ogni punto. La rettifica dell'immagine prevede l'individuazione nella scena ripresa di un certo numero di punti di controllo per poter costruire delle relazioni matematiche tra i pixel dell'immagine distorta ed i corrispondenti in una nota proiezione e scala. Le coordinate immagine dei pixel sono trasformate in coordinate geografiche tramite:

- Modelli parametrici o rigorosi

Essi correggono in successione o in blocco tutte le diverse sorgenti di errore per via analitica. Viene richiesta la conoscenza delle informazioni legate al tipo di

satellite e al sensore. I modelli parametrici sfruttano le equazioni di collinearità per le quali il punto a terra, il centro dell'obiettivo e il punto principale dell'immagine sono allineati.

- Modelli non parametrici o empirici

Essi vengono utilizzati quando i parametri del sistema di acquisizione non sono disponibili. Si sfruttano le trasformazioni polinomiali di equazioni generalizzate. Le coordinate immagine dei pixel si convertono in coordinate geografiche tramite un modello di trasformazione geometrica di tipo polinomiale il cui grado determina il numero minimo di punti di controllo necessari. Le funzioni polinomiali sono limitate ad immagini non molto estese che presentano distorsioni modeste. Le funzioni polinomiali razionali (RPF) sono costituite da rapporti tra polinomi e rispetto alle prime hanno migliori proprietà di interpolazione e un comportamento meno oscillatorio. I coefficienti di queste funzioni sono gli RPC ed il loro numero dipende dal grado del polinomio. Essi possono essere forniti dalle agenzie che distribuiscono le immagini o determinati dall'utente con procedura ai minimi quadrati conoscendo un certo numero di punti di controllo.

Il processo di rettificazione prevede inoltre il ricampionamento, cioè il trasferimento dei valori di Digital Number dei pixel dell'immagine originale ai pixel di quella corretta. Questa operazione si rende necessaria in quanto essi si trovano in una posizione più accurata ma il loro valore di radianza non corrisponde più a quello della scena originale. Il ricampionamento dell'intensità luminosa può essere realizzato attraverso tre tecniche di interpolazione:

- Nearest-neighbour

Essa rappresenta l'interpolazione di ordine zero in cui ai pixel di output viene assegnato il valore di luminosità relativo al pixel di input più vicino alla localizzazione delle coordinate corrispondenti nell'immagine di input.

- Bilinear interpolation

Essa rappresenta l'interpolazione di intensità luminosa di primo ordine e ridistribuisce i Digital Number dell'immagine di output attraverso tre

interpolazioni lineari applicate ai quattro pixel di input a contorno del punto individuato sull'immagine di input. Il nuovo valore di luminosità per ogni pixel di output rappresenta la media dei valori di questi quattro pixel in rapporto alla distanza dal punto.

- Cubic convolution

Essa rappresenta una tecnica simile alla precedente che però utilizza sedici pixel a contorno del punto individuato dall'interpolazione spaziale sull'immagine distorta. Questo procedimento avviene in due stadi successivi: il primo effettua un'interpolazione lungo le righe mentre il secondo agisce sulle colonne.

Correzioni radiometriche

Le correzioni radiometriche servono ad eliminare gli errori dovuti sia al cattivo funzionamento del convertitore analogico/digitale oppure dei sensori (errori radiometrici sistematici) che agli effetti dell'atmosfera sulla radiazione elettromagnetica riflessa (errori radiometrici non sistematici). Esse portano ad assegnare il corretto valore di radianza relativo ad ogni banda. La prima fase di correzione è chiamata calibrazione del sensore e consiste nel convertire la grandezza adimensionale Digital Number in una fisica. Quest'ultima è rappresentata dalla radianza spettrale L_λ . Sono necessari a tale scopo opportuni coefficienti che si differenziano tra loro a seconda del tipo di sensore e della variabilità temporale. Successivamente si può passare alla definizione delle correzioni radiometriche vere e proprie.

- Correzione solare

Essa tiene conto dell'altezza e della distanza del Sole dalla Terra che varia periodicamente al passare del tempo.

- Correzione atmosferica

Essa tiene in considerazione il fatto che la radianza subisce profonde modifiche nel suo percorso dalla sorgente all'oggetto e da quest'ultimo al sensore a causa della presenza dell'atmosfera. Si hanno principalmente tre fenomeni: diffusione (scattering), assorbimento e rifrazione. Ciò è conseguenza della presenza di particelle, solide e liquide, gas e aerosol che vanno a diminuire il valore di

radianza originario.

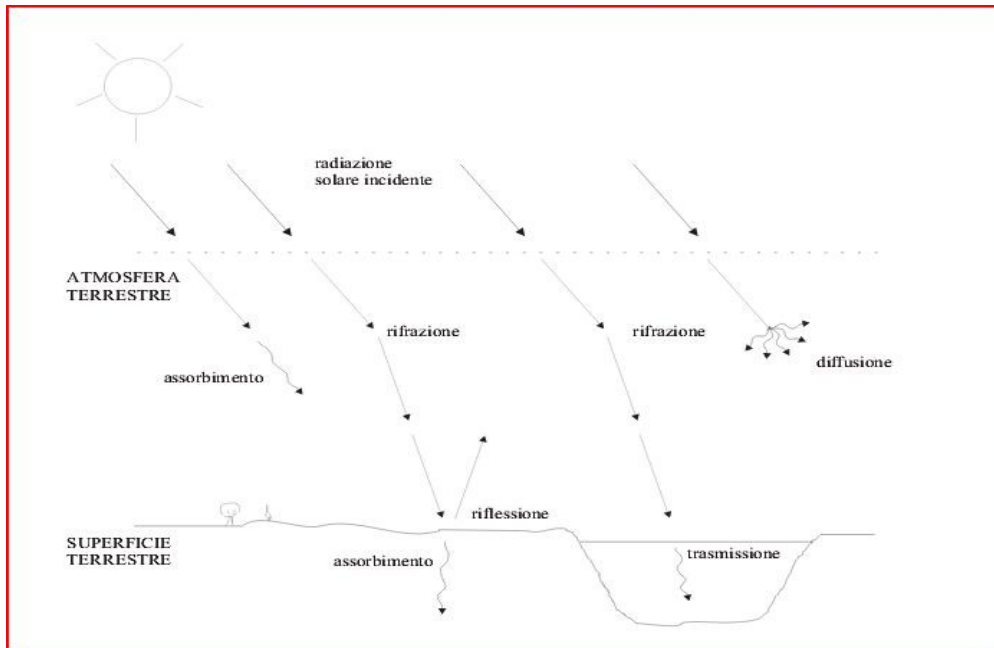


Figura 1.5 Fenomeni subiti dalla radiazione solare incidente a causa della presenza dell'atmosfera

(Fonte: <http://www.istitutoveneto.org>)

La diffusione si verifica a causa delle particelle fini o gassose dell'atmosfera e fa sì che la radiazione intercettata si distribuisca in tutte le direzioni. È fondamentale quindi conoscere il rapporto tra la dimensione della particella che causa il fenomeno e la lunghezza d'onda della radiazione in transito. Dopo avere definito il parametro:

$$\alpha = \frac{2 * \pi * r}{\lambda}$$

dove:

r=raggio della particella,

è possibile individuare i seguenti tipi di diffusione: diffusione trascurabile ($\alpha < 0,001$), diffusione di Rayleigh ($0,001 < \alpha < 0,1$), diffusione di Mie ($0,1 < \alpha < 50$) e diffusione non selettiva ($\alpha > 50$). La seconda porta a sovrastimare le lunghezze

d'onda più corte e quindi si assiste a una diminuzione del contrasto nelle immagini. La terza è principalmente dovuta alla presenza di aerosol ed influenza tutto lo spettro compreso tra l'ultravioletto e il vicino infrarosso con carattere fortemente anisotropo. La diffusione non selettiva si verifica quando le particelle nell'atmosfera hanno dimensioni notevolmente maggiori rispetto alle lunghezze d'onda con cui interagiscono.

Il fenomeno di rifrazione avviene quando la radiazione si trova ad attraversare due mezzi aventi un grado di trasmissione diverso tra loro. Ciò si verifica al passaggio di strati atmosferici caratterizzati da livello di umidità e temperatura diversi. Per la descrizione del fenomeno si fa riferimento alla legge di Snell la cui formulazione è nata nell'ambito dell'ottica:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

dove:

α_1, α_2 = angoli rispettivamente di incidenza e di rifrazione

n_1, n_2 = indici di rifrazione.

L'assorbimento atmosferico è dovuto alla presenza di gas quali: ozono, ossigeno, anidride carbonica e vapore acqueo. Per tale fenomeno l'energia contenuta nella radiazione luminosa è assorbita e riemessa con lunghezza d'onda superiore. Solo le regioni di lunghezze d'onda fuori dalle bande principali di assorbimento possono essere utilizzate allo scopo del telerilevamento. Esse sono chiamate finestre atmosferiche e sono caratterizzate da particolare trasparenza.

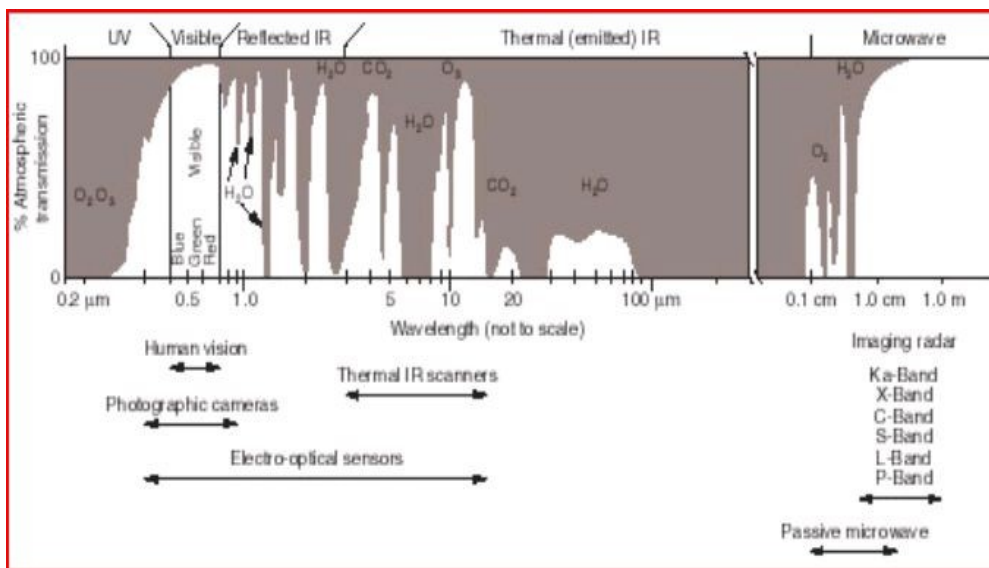


Figura 1.6 Finestre atmosferiche rappresentate in funzione delle lunghezze d'onda

(Fonte: <http://www.dii.unisi.it>)

- Correzioni assolute

Esse sono estremamente complesse e ricorrono alla modellazione dell'intera colonna atmosferica. I modelli utilizzati richiedono in input dati misurati o assunti riguardanti il profilo atmosferico come pressione, temperatura e quantità di vapore acqueo, tipo di aerosol, angolo di elevazione solare e angolo di vista del sensore.

- Correzioni empiriche

Esse sono più speditive e derivano le informazioni riguardanti le caratteristiche ottiche dell'atmosfera a partire dall'immagine stessa. Un esempio è il metodo DOS o del Dark pixel. In esso si ipotizza che, per un oggetto non riflettente, la radianza non nulla registrata al sensore sia da attribuirsi agli effetti atmosferici. Si assume cioè la trasmittanza dell'atmosfera uguale a uno e la sua radianza pari a quella del Dark pixel.

- Correzione topografica

Essa tiene conto che il terreno non è orizzontale. In questo caso infatti l'angolo

zenitale del Sole coincide con l'angolo tra quest'ultimo e la normale alla superficie.

1.2.3 L'elaborazione: focus sulla tematica della classificazione

La classificazione ha l'obiettivo di estrarre le informazioni implicitamente contenute in una data immagine telerilevata allo scopo di fornire una descrizione esplicita di facile consultazione ed utilizzo. Si effettua un processo che permette il passaggio da un'immagine composta da Digital Number ad un'immagine di classi e corrispondenti categorie.

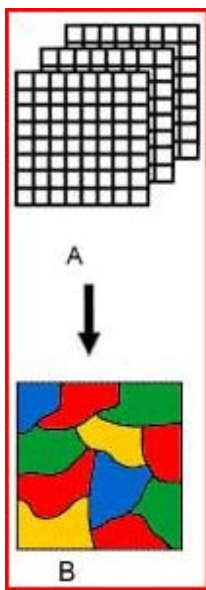


Figura 1.7 Schematizzazione del processo di classificazione

La classificazione avviene a partire da uno spazio multidimensionale chiamato spazio delle caratteristiche. Le sue k dimensioni coincidono con le bande spettrali che sono a disposizione per l'acquisizione. La classificazione sarà tanto più accurata quanto più è elevato il grado di separazione delle diverse classi in tale spazio. Esistono due diversi approcci per effettuare una classificazione: metodo convenzionale e metodo non convenzionale. Il primo ha come fondamento la logica booleana di vero o falso e per tale motivo ogni pixel appartiene solo ed esclusivamente ad una classe. Viene effettuata una

classificazione chiamata hard. Il metodo non convenzionale invece adotta una logica multivalore secondo la quale ogni pixel può appartenere a più classi. Si realizza una classificazione di tipo soft. Secondo tale metodo vengono introdotti insiemi sfumati (fuzzy) nei quali ogni elemento ha associata una funzione caratteristica che assume valori tra zero e uno e che rappresenta il proprio grado di appartenenza. Si ammette quindi la coesistenza di due o più classi in uno stesso pixel. Il risultato di una classificazione hard è rappresentato da un'unica mappa tematica costituita da N classi mentre quello di una classificazione soft è dato da N mappe tematiche, una per ogni classe, che quantificano per ogni pixel la probabilità di appartenenza a una specifica classe.

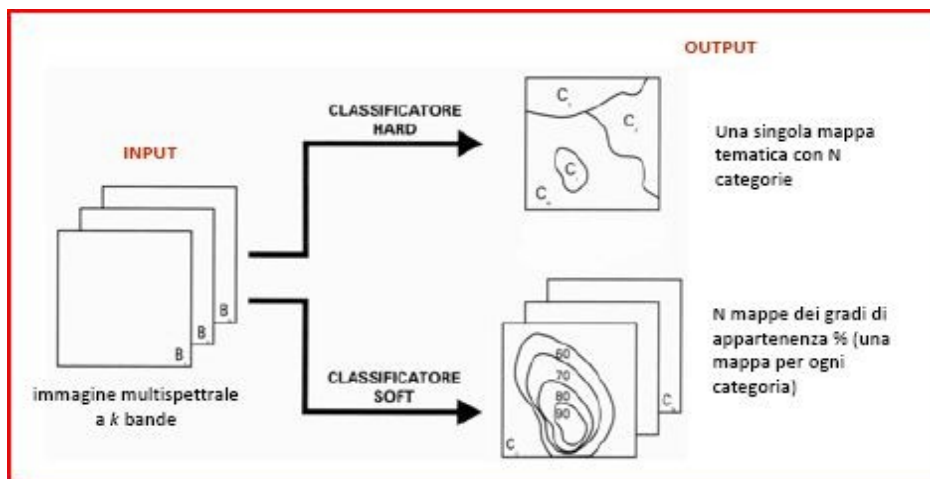


Figura 1.8 Tipi di classificatori: hard e soft

Nell'ambito dei metodi convenzionali si hanno due diverse tecniche: quella pixel-based che opera valutando esclusivamente le informazioni spettrali dei singoli pixel e quella object-based che considera 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 nell'immagine. La tecnica object-based invece oltre alla riflettanza spettrale utilizza anche un altro genere di informazione come ad esempio la tessitura, le relazioni geo-spaziali, il contesto e i rapporti dimensionali.

Procedura pixel-based

Le tecniche di classificazione pixel-based possono essere divise a loro volta in due famiglie:

- Metodi di classificazione semiautomatici o supervisionati (supervised classification)
- Metodi di classificazione automatici o non supervisionati (unsupervised classification).

I primi richiedono che siano definiti a priori il numero e la natura delle classi che si intendono rappresentare nella mappa tematica. I metodi supervisionati si basano sull'acquisizione di un certa quantità di pixel di training per ciascuna classe in modo da creare una firma spettrale caratteristica e distintiva. Le firme spettrali dei pixel da classificare verranno confrontate con quelle dei pixel di training: ai pixel incogniti viene attribuita la classe con la firma spettrale simile.

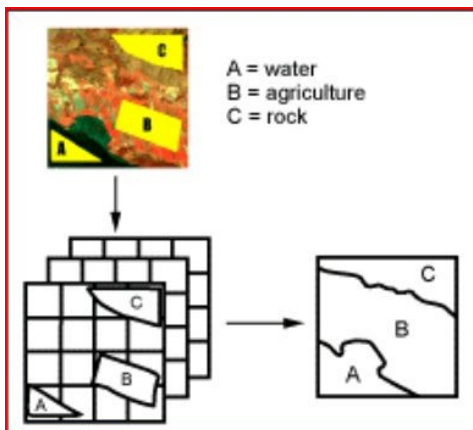


Figura 1.9 Processo di classificazione pixel-based supervisionato

I metodi non supervisionati al contrario non richiedono la fase preliminare di acquisizione dei pixel di training. Essi operano una divisione dello spazio delle caratteristiche in un certo numero di classi spettrali in base alla similarità della loro firma spettrale (cluster analysis). Tale operazione avviene attraverso iterazioni successive. L'analista deve identificare le classi tematiche da associare alle classi spettrali definendo così la legenda della classificazione.

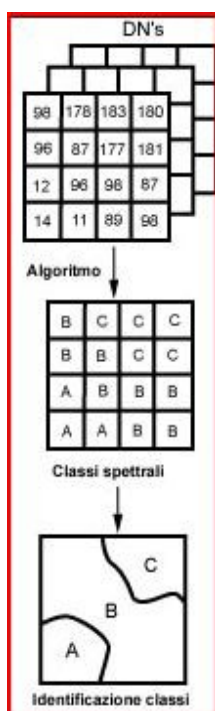


Figura 1.10 Processo di classificazione pixel-based non supervisionato

Approfondendo il processo di classificazione supervisionata, si può vedere come esso sia caratterizzato da quattro elementi fondamentali.

- Definizione della legenda

Devono essere decise le classi di informazione della futura mappa tematica.

- Scelta dei pixel di training

Si attua la selezione di un insieme di pixel rappresentativi per ogni classe di interesse. Esso è costituito da aree di addestramento (training site) caratterizzate da omogeneità, completezza e rappresentatività. Per ogni classe dovrebbero essere considerati da $10 \cdot k$ a $100 \cdot k$ pixel dove k indica il numero delle bande utilizzate per la classificazione.

- Assegnazione

Vengono utilizzate funzioni discriminanti chiamate classificatori attraverso le quali tutti i pixel sono assegnati ad una specifica classe tematica di interesse. I maggiormente utilizzati sono riportati di seguito.

Il metodo del parallelepipedo (box) costruisce un parallelepipedo di N dimensioni il cui lato è determinato sulla base dell'ingombro massimo della classe o in funzione della deviazione standard dalla media di ogni classe. Ogni pixel è assegnato a una certa classe se è incluso nel parallelepipedo definito dalla stessa.

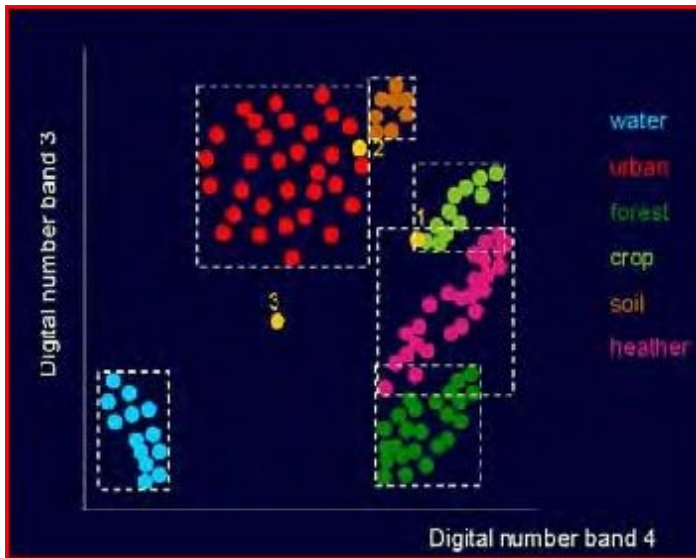


Figura 1.11 Classificatore hard: parallelepipedo

Il metodo del Nearest-neighbour prevede l'assegnazione del pixel alla categoria più vicina. Si deve adottare una parametrizzazione per poter definire la distanza massima oltre la quale esso non apparterrà più a una certa classe ma ad un'altra.

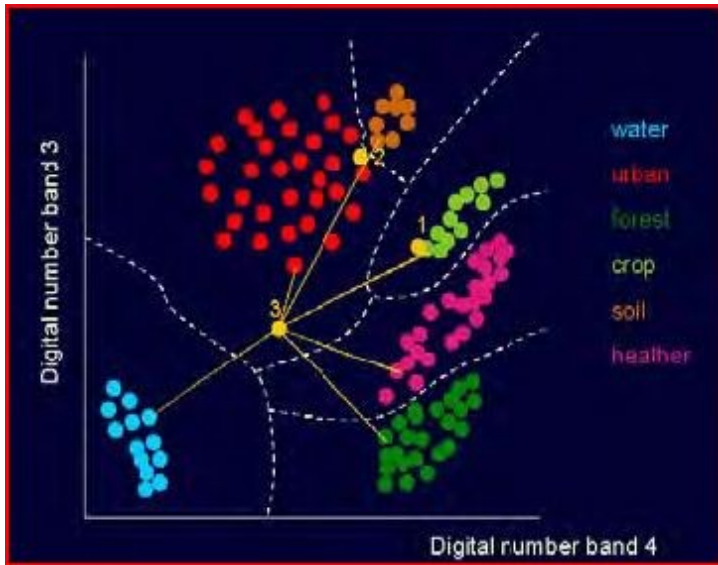


Figura 1.12 Classificatore hard: Nearest-neighbour

Il metodo della distanza dai centroidi considera la distanza del pixel da classificare dal centro di ogni cluster e di conseguenza adotta l'attribuzione alla classe.

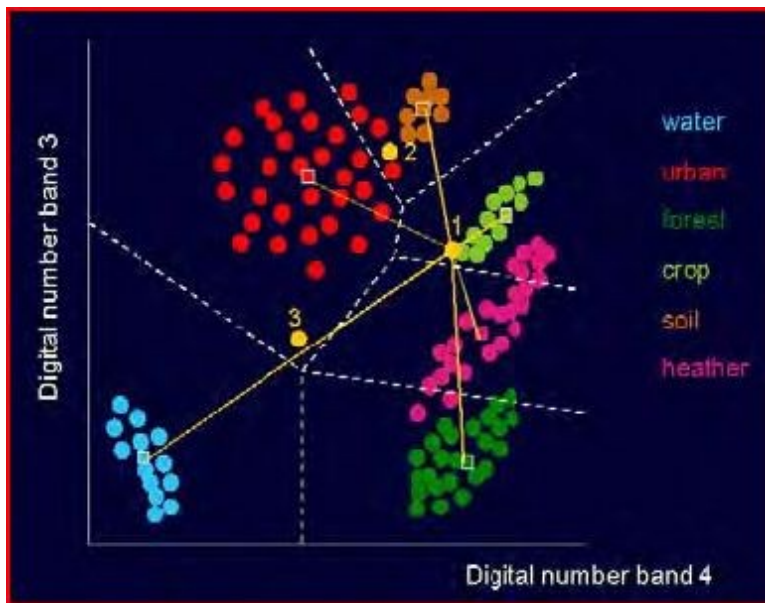


Figura 1.13 Classificatore hard: distanza dai centroidi

Il metodo della minima distanza euclidea dalla media considera solo il valore

medio dei pixel di training per ognuna delle classi individuate. Per classificare i pixel incogniti, viene calcolata la distanza euclidea dal vettore medio di ogni classe e la minima permette l'attribuzione a una certa classe.

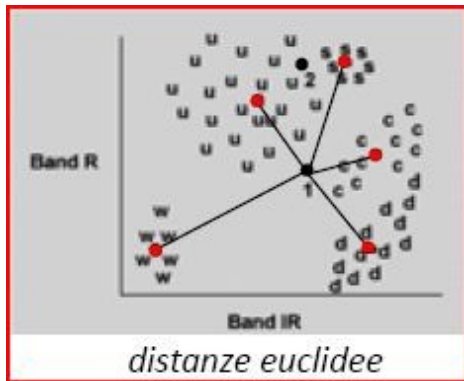


Figura 1.14 Classificatore hard: minima distanza euclidea dalla media

Il metodo della minima distanza normalizzata dalla media valuta sia il valore medio che la deviazione standard di ogni classe. Per l'assegnazione dei pixel incogniti viene utilizzata la distanza euclidea normalizzata rispetto alla deviazione standard prendendo così in considerazione il grado di dispersione delle diverse classi.

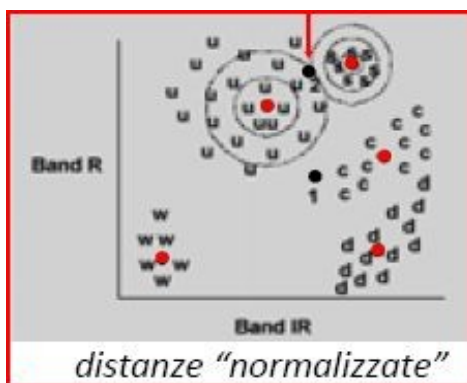


Figura 1.15 Classificatore hard: minima distanza normalizzata dalla media

Il metodo della massima verosimiglianza con modello gaussiano (Maximum likelihood) assume per ogni classe una distribuzione normale e definisce la posizione del pixel medio, la varianza e la covarianza. Questi parametri, nello

spazio delle caratteristiche, stabiliscono la forma e la posizione dei cluster associati ad ogni classe. Per ogni pixel incognito viene calcolata la probabilità massima di appartenenza ad una certa classe. Il metodo di massima verosimiglianza è quello più utilizzato e l'assegnazione può essere rappresentata attraverso un grafico 3D in funzione della densità di probabilità.

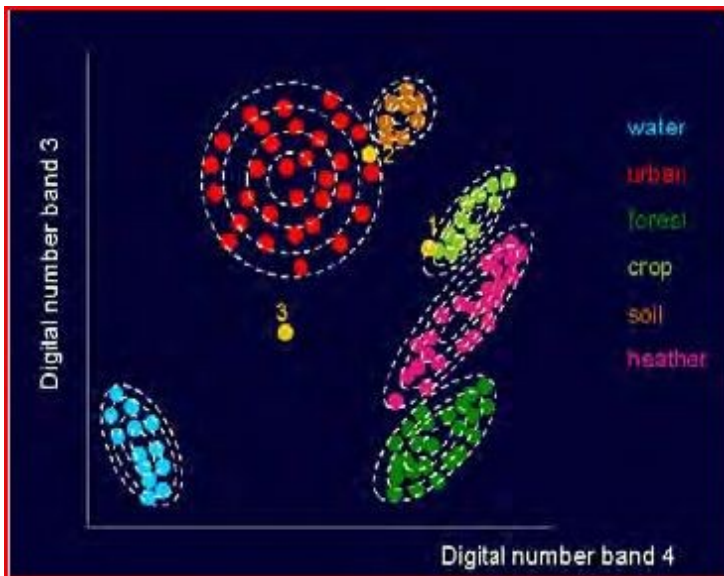


Figura 1.16 Classificatore hard: massima verosimiglianza con modello gaussiano

Il metodo della distanza angolare degli spettri (Spectral Angle Map SAM) è basato sull'analisi della similarità tra lo spettro di riferimento definito per ogni classe e gli spettri dei pixel incogniti trattandoli come vettori nello spazio delle caratteristiche. La similarità è valutata in base alla distanza angolare tra vettori. L'algoritmo attribuisce il pixel alla classe rispetto alla quale detta distanza è minima.

- Validazione

Viene valutato in tale fase il processo di classificazione attraverso l'analisi statistica degli errori della mappa tematica ottenuta. L'accuratezza di quest'ultima è definita come misura di fedeltà tra essa e un riferimento assunto come verità a terra. Il concetto di accuratezza non è legato alla precisione

indicante invece il livello di dettaglio. I tipi di errori possibili sono due: di commissione (o di inclusione) e di omissione. Nel primo caso si vanno ad includere nella stessa categoria pixel di diverse classi mentre nel secondo caso pixel appartenenti a una certa categoria risultano assenti. Per poter verificare l'accuratezza della classificazione si può utilizzare il metodo della matrice di confusione. Essa contiene tutte le informazioni desunte dal confronto tra l'immagine classificata e quella di riferimento. La matrice di confusione è quadrata e ha dimensione pari al numero delle classi. Lungo le colonne sono presenti i dati di riferimento mentre lungo le righe i risultati della classificazione. I termini situati lungo la diagonale principale rappresentano gli elementi correttamente classificati mentre quelli extra-diagonale indicano le fonti di errore. I dati di riferimento sono le verità a terra (check site). Essi non si devono sovrapporre all'insieme di addestramento in quanto le accuratze verrebbero falsate in senso ottimistico. Il numero di check site dipende dalla dimensione della zona e dal numero di classi. Indicativamente sono da considerare almeno cinquanta per classe.

		DATI DI RIFERIMENTO (colonne)				Totali della mappa
		classi	1	2	...	
DATI DI CLASSIFICAZIONE (righe)	1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1q}	p_{1+}
	2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2q}	p_{2+}
	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
	q	p_{q1}	p_{q2}	...	p_{qq}	p_{q+}
Totali del riferimento		p_{+1}	p_{+2}	...	p_{+q}	

Figura 1.17 Struttura matrice di confusione avendo a disposizione q-classi
(Fonte: <http://www.minambiente.it>)

E' stata riportata in figura una matrice di confusione in uno schema a q-classi. I termini p_{ii} rappresentano i pixel assegnati correttamente mentre i p_{ij} rappresentano quelli assegnati alla categoria i che in realtà appartenerebbero alla j.

L'User Accuracy misura l'errore di commissione, cioè definisce l'accuratezza del classificatore dal punto di vista del soggetto che andrà ad utilizzare la mappa tematica. La Producer Accuracy invece stima l'errore di omissione, quindi ha a che fare con l'accuratezza della classificazione dal punto di vista di chi l'ha prodotta. La lettura della matrice di confusione consente di ricavare parametri, espressi in termini di probabilità, che esprimono la qualità della classificazione. Di seguito si riportano i più importanti. L'accuratezza globale AG rappresenta la probabilità che un punto estratto a sorte sia correttamente classificato. Essa è data dalla formulazione:

$$AG = \frac{p_{kk}}{n}$$

dove:

p_{kk} =somma degli elementi sulla diagonale

n =numero totale di punti di test.

L'accuratezza utente AU indica la probabilità condizionale che ha un punto estratto a sorte appartenente alla classe i di essere stato correttamente classificato. Tale indicatore è utile all'utilizzatore e dato da:

$$AU = \frac{p_{ii}}{p_{i+}}$$

dove:

p_{ii} =somma dei pixel assegnati correttamente alla classe i

p_{i+} =numero totale di pixel assegnati alla classe i dal processo di classificazione.

L'accuratezza del produttore (AP) rappresenta la probabilità condizionale che un punto estratto a sorte appartenente alla classe j nell'immagine di riferimento sia stato correttamente classificato nella mappa tematica. Tale indicatore è utile al classificatore e l'espressione che lo definisce è:

$$AP = \frac{p_{jj}}{p_{+j}}$$

dove:

p_{jj} =somma dei pixel assegnati correttamente alla classe j

p_{+j} =numero totale di pixel della classe j nell'immagine di riferimento.

L'errore di commissione (CE) è associato all'accuratezza dell'utente e rappresenta la probabilità condizionale che possiede un pixel estratto a sorte appartenente alla classe i nella mappa classificata di non essere stato correttamente classificato. Viene espresso come:

$$CE = 1 - AU = \frac{\sum_{k=1}^q p_{ik}}{p_{i+}}$$

L'errore di omissione (OE) è associato all'accuratezza del produttore e rappresenta la probabilità condizionale che un pixel estratto a sorte appartenente alla classe j nel riferimento non sia stato correttamente individuato nella mappa classificata. Si ha la relazione:

$$OE = 1 - AP = \frac{\sum_{k=1}^q p_{kj}}{p_{+j}}$$

Si definisce infine il coefficiente kappa (k) che è indicazione dell'accuratezza della mappa tematica depurata dall'effetto legato alle possibili coincidenze casuali. Esso assume valori tra zero e uno. Quest'ultimo rappresenta il massimo accordo tra i dati di riferimento e quelli generati dalla classificazione. Valori prossimi a 0,4 indicano una classificazione scadente mentre intorno a 0,75 una buona. L'espressione del coefficiente kappa è:

$$k = \frac{N * \sum_{k=1}^q p_{kk} - \sum_{k=1}^q (p_{k+} * p_{+k})}{N^2 - \sum_{k=1}^q (p_{k+} * p_{+k})}$$

dove:

p_{kk} =elementi della diagonale della matrice

p_{k+} =somma degli elementi della riga k-esima

p_{+k} =somma degli elementi della colonna k-esima

N=numero totale di elementi della matrice.

Procedura object-based

Il processo di classificazione object-based è nato in seguito allo sviluppo nell'ultimo decennio della risoluzione dei sensori utilizzati per il telerilevamento. Dato che la moltitudine di dati a disposizione non è sinonimo di buoni risultati ottenuti, si è reso necessario un nuovo approccio sia di trattazione che di classificazione. Il metodo che in seguito verrà descritto mira a fornire una più efficiente tecnica di estrazione delle informazioni dai dati a disposizione e di integrazione all'interno dei dataset. Il processo di classificazione tradizionale è basato su un approccio image-centred che ha lo scopo di produrre delle relazioni spaziali tra i fenomeni di interesse. Una sua evoluzione è rappresentata dall'approccio data-centred in cui si vogliono stimare parametri a partire dai valori dei dati per un fenomeno individuale. La loro confluenza porta all'approccio su cui si fonda la classificazione object-based, cioè l'information-centred. Esso prevede l'utilizzo di regole semantiche strutturate gerarchicamente che descrivono le relazioni attraverso i diversi livelli delle entità spaziali. In questo modo gli aspetti della geo-informazione non sono desunti dai singoli pixel ma sono compresi appieno solo attraverso l'esplorazione delle informazioni che li circondano e il contesto degli oggetti di interesse. Si passa quindi da un'analisi che per ogni pixel considera tre attributi (posizione, dimensione e valore) ad una in cui è introdotto un quarto aspetto. Esso è rappresentato dal termine inglese "fellowship" ed indica l'appartenenza del pixel in esame ad un gruppo piuttosto che ad un altro. In tale modo le informazioni riguardanti la forma e il contesto sono tenute in considerazione. La classificazione object-based si fonda sulla definizione degli image-object cioè raggruppamenti di pixel che presentano caratteristiche simili come luminosità, colore e tessitura e sono creati a seguito del processo chiamato segmentazione. Schneider e Steinwender (1999) definiscono gli image-object

come gruppi di pixel aventi un significato nel mondo reale. In generale si parla di object tutte le volte che un'aggregazione di pixel possiede proprietà geometriche, tematiche e topologiche. Le relazioni topologiche tra le celle che la vanno a costituire sono note una volta che vengono stabiliti gli obiettivi, lo schema di classificazione e la scala di analisi. Il processo di segmentazione dell'immagine è utile ed indicato per l'analisi di immagini che acquistano significato solo quando sono divise in aree omogenee. Con tale assemblamento si riduce il numero di elementi da processare nella fase successiva di classificazione. L'immagine totale viene divisa da un algoritmo di segmentazione in sottoaree chiamate patch o segmenti omogenei secondo uno o più criteri e successivamente associate alle classi. Le tecniche possono essere divise in supervisionate o non supervisionate. Le prime in genere non vengono utilizzate poiché non conducono a risultati ottimali. Le seconde a loro volta si distinguono in: point based, edge based e region based. Il metodo point based adotta una soglia nell'immagine e una segmentazione dello spazio delle caratteristiche. Viene prodotto un risultato che non necessariamente aderisce al requisito e alla definizione di segmentazione per cui l'output risultante richiede di essere raggruppato. In altre parole ciascuna unità spaziale continua deve essere assegnata ad un unico identificatore. Il metodo edge based mira a trovare i bordi tra le regioni contigue che rappresentano i segmenti. In quest'ottica i bordi sono da intendersi come confini tra oggetti e si collocano in punti contraddistinti da cambiamenti. Esistono diversi modi per delinearli. In generale il primo step è rappresentato dalla edge detection che consta di: filtraggio, miglioramento ed indagine. Il filtraggio è necessario per diminuire al minimo il disturbo presente nell'immagine. Il miglioramento mira a rilevare i cambiamenti locali nell'intensità luminosa. Una possibilità per implementare questo aspetto è l'utilizzo di un filtro passa-alto. L'indagine prevede l'analisi dei bordi così ottenuti. I punti che li vanno a costituire devono essere collegati per ottenere i confini delle regioni le quali sono poi etichettate. La tecnica region based risulta essere la più comune. Essa può essere divisa a sua volta nei

metodi: region growing, region merging e region splitting e nelle loro combinazioni. Molti algoritmi region growing permettono un'aggregazione dei pixel a partire da set di addestramento di partenza. I pixel vicini quindi sono riuniti in regioni iniziali e il processamento prosegue finché non è stata raggiunta una certa soglia. Quest'ultima è rappresentata da un criterio di omogeneità o da una combinazione di omogeneità e dimensione. Una regione cresce finché più nessun pixel deve essere attribuito. Gli algoritmi utilizzati dipendono da un set di partenza ma a volte possono andare in crisi per mancato controllo sul criterio di break-off della crescita della regione. Nelle tecniche di region merging e region splitting, l'immagine è divisa in subregioni le quali vengono poi aggregate o frammentate in base alle loro proprietà. Nel primo caso l'idea di base è di fondere i segmenti iniziali in regioni iniziali. Nel region splitting, l'input solitamente consiste, invece, in segmenti vasti che vengono poi divisi in piccole unità se non risultano omogenei al loro interno. Nel caso estremo si parte dall'immagine iniziale che viene sezionata in N sottoimmagini rettangolari. E' studiata l'omogeneità di queste ultime e ognuna è divisa in modo ricorsivo in regioni più piccole se il requisito di omogeneità non è rispettato. Per mantenere una dimensione/scala simile di tutti i segmenti nella scena, deve essere lasciata la possibilità di una loro crescita in modo simultaneo. In alcuni casi è possibile impostare i parametri dell'algoritmo per poter dare un peso diverso alle informazioni spettrali piuttosto che a quelle di tessitura, forma o dimensioni dell'object. Proprio queste ultime due sono molto influenti perché determinano il grado di dettaglio dell'analisi. Esse sono condensate nel coefficiente di scala. Un fattore di scala basso comporta poco dettaglio mentre uno alto comporta una frammentazione marcata. L'ideale è definire un valore che non comporti né una sovraframmentazione né una sottoframmentazione ma che riesca a identificare i bordi degli oggetti di interesse. Esso può essere espresso dalla seguente formula:

$$scale = W_{color} * h_{spectral} + (1 - W_{color}) * h_{shape}$$

dove:

W_{color} =peso relativo tra componente geometrica e la componente spettrale

h_{shape} =componente geometrica

$h_{spectral}$ =componente spettrale.

La componente spettrale a sua volta è ricavata dalla formula:

$$h_{spectral} = \sum w_b * \sigma_b$$

dove:

w_b =peso di ogni banda

σ_b =deviazione standard del valore dei pixel per ogni banda.

La segmentazione costituisce il primo e fondamentale passaggio per il metodo object-based. Ad essa seguono il riconoscimento degli oggetti e la classificazione dell'immagine nel suo complesso. Quest'ultima permette l'assegnazione alle diverse classi in base alla loro descrizione fornita dall'utente. Peculiarità del metodo object-based è il fatto che esso possa essere basato non solo su regole spettrali ma anche sulle caratteristiche di forma, dimensione, contesto e tessitura. Gli elementi di forza del tipo di classificazione appena descritto sono diversi. In primo luogo si nota l'eliminazione, nei prodotti finali, dell'effetto "salt and pepper" che caratterizza le classificazioni di tipo pixel-based. Successivamente si constata che i risultati ottenuti sono in genere migliori e più accurati grazie alla disposizione di descrittori robusti come la media dei valori spettrali e gli indici di texture. Da non considerare in secondo piano è il fatto che l'approccio object-based permette di assecondare il ragionamento per oggetti che è tipico della mente umana. I punti di debolezza risiedono nel processo delicato di segmentazione infatti i confini degli oggetti possono risultare irregolari o collocati non correttamente o un gruppo di pixel può comprendere diversi tipi di copertura a causa della sovrafrantumazione.

1.3 Le missioni civili

1.3.1 Introduzione

L'utilizzo del telerilevamento per scopi non militari ha origine negli anni '60-'70 a seguito nel lancio dei primi satelliti meteorologici come TIROS, NIBUS, ESSA e dei satelliti LANSAT da parte della NASA. Tali missioni hanno richiamato fin da subito un notevole interesse soprattutto per le grandi prospettive che avrebbero aperto. Parallelamente allo sviluppo del segmento spaziale la focalizzazione è stata nei confronti di due aspetti: evoluzione del segmento di terra con apparati di ricezione ed elaborazione dei dati trasmessi dai satelliti e disponibilità di software e competenze adeguate per l'interpretazione dei dati. Quest'ultimo punto permette di evidenziare come gli ambiti di applicazione del telerilevamento civile siano molto ampi. Di seguito si elencano i più importanti:

- campo geologico: composizione diversa delle rocce, movimenti tettonici, dissesti idrogeologici;
- campo agricolo: stato di salute della vegetazione, contenuto d'acqua, agricoltura di precisione, previsione dei raccolti sulla base dell'evoluzione della crescita, riconoscimento tipi diversi di coltivazione;
- campo della climatologia: desertificazione;
- campo idrologico: acque interne e costiere;
- campo della gestione del territorio: localizzazione delle aree urbane, consumo del suolo e valutazione impatto ambientale, copertura ed uso del suolo, crimini ambientali come incendi boschivi dolosi;
- campo archeologico;
- campo della dinamica degli inquinanti: concentrazione di sostanze inquinanti in atmosfera o in corpi idrici;
- campo atmosferico: profili meteorologici, nuvolosità, precipitazioni, vento, andamenti temperature;
- campo oceanografico;
- campo dello studio del manto nevoso e dei ghiacciai;

- campo dei disastri: alluvioni, tsunami, incendi, terremoti, gestione dell'emergenza.

1.3.2 I tipi di sensori

Un sensore è un trasduttore cioè un dispositivo di conversione da una forma all'altra di energia che è in grado di ricevere e rispondere ad una sollecitazione con un segnale elettrico. Nel telerilevamento esso cattura la radiazione elettromagnetica riflessa o emessa dall'elemento di interesse sulla superficie terrestre, la converte in segnale elettrico analogico o digitale permettendo di ricostruire, elaborare e memorizzare l'immagine inquadrata.

I tipi di risoluzione di un sensore sono quattro:

- spettrale

La risoluzione spettrale indica l'ampiezza e il numero delle bande di acquisizione del sensore. Con la prima si intende il minimo intervallo tra le lunghezze d'onda medie di due bande spettrali. Migliore è la risoluzione spettrale, più sottile sarà l'intervallo di lunghezze d'onda per una particolare banda.

- radiometrica

La risoluzione radiometrica indica la minima differenza che il sensore riesce a stabilire tra due valori di energia della radiazione elettromagnetica captata. Essa può essere definita anche come il numero di livelli in cui il segnale recepito viene scomposto. La risoluzione radiometrica dipende dal numero di bit usati per rappresentare l'energia. Ad esempio se il sensore possiede otto bit per registrare i dati, i valori disponibili saranno $2^8=256(0,1,\dots,255)$.

- temporale

La risoluzione temporale rappresenta il periodo che intercorre tra due riprese successive di una stessa area ed è chiamato anche tempo di rivisita.

- geometrica o spaziale

La risoluzione geometrica è definita come la minima distanza entro cui due oggetti appaiono distinti nell'immagine telerilevata e dipende a sua volta

dall'IFOV (Instantaneous Field Of View) cioè l'angolo solido di visibilità del sensore. Esso determina l'area della superficie terrestre osservabile ad una data altezza e in un particolare momento che viene chiamata cella di risoluzione. Le immagini prodotte per il telerilevamento sono digitali e per questo sono composte da pixel ognuno dei quali corrisponde ad una cella di data risoluzione. Affinché un oggetto sia individuabile, la sua dimensione deve essere maggiore o uguale a quella della cella; per riconoscerlo ed identificarlo è di norma necessario che corrisponda ad un numero di pixel maggiore.

I sensori possono essere distinti in attivi e passivi. Nel primo caso si indica sia ricevitori che trasmettitori poiché dotati di una sorgente propria. Tipici esempi per l'osservazione della Terra sono il radar e il lidar che inviano un fascio di radiazioni e poi registrano il segnale di ritorno dopo che questo ha interagito con la superficie oggetto di studio. Per sensori passivi si intendono ricevitori privi di sorgente propria che sfruttano la radiazione naturale o quella emessa da altre sorgenti.

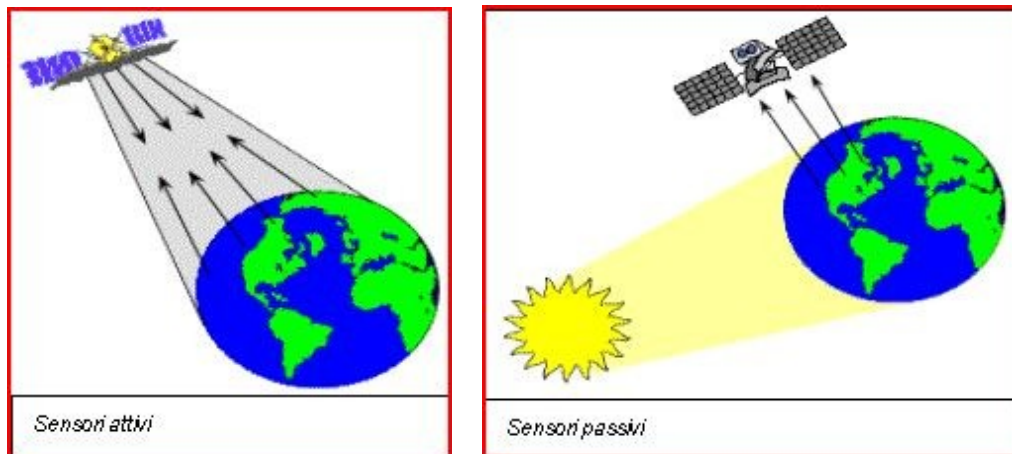


Figura 1.18 Tipi di sensore a bordo di satellite: attivi e passivi

(Fonte: <http://www.centrointerregionale-gis.it>)

1.3.3 Le missioni ad alta risoluzione

Risoluzione spettrale

Le immagini ad alta risoluzione spettrale sono prodotte da sensori iperspettrali o in generale da strumenti come gli spettrometri in grado di registrare un numero rilevante di bande per convenzione considerato maggiore di sedici. Le esperienze svolte finora relativamente a strumenti su piattaforme satellitari sono abbastanza limitate e di tipo sperimentale poiché la distanza della piattaforma dalla Terra non consente una discretizzazione tra elementi leggibile. Gli sforzi quindi si sono spostati verso strumentazioni a bordo di aerei. Alcuni sensori pur non essendo ascrivibili tra quelli iperspettrali hanno comunque un buon numero di bande e pertanto vengono impiegati a bordo di satelliti per applicazioni come la classificazione d'uso e copertura del suolo. Di seguito sono descritti esempi di satelliti con a bordo sensori ad alta risoluzione spettrale.

- TERRA-EOS-AM1

Il satellite TERRA è operativo dal 2000, la quota di orbita è di 705 km mentre il tempo di rivisitazione di 16 giorni. Esso è di competenza della NASA e fa parte del programma EOS (Earth Observing System). Quest'ultimo è un sistema integrato di satelliti in orbita polare per le osservazioni della superficie della Terra, della biosfera, dell'atmosfera e degli oceani. TERRA monta a bordo cinque sensori. I più importanti sono ASTER e MODIS. Il primo viene utilizzato per lo studio dei fenomeni locali e globali che interessano la superficie terrestre e l'atmosfera. Ha a disposizione 14 bande: due nel visibile, due nell'infrarosso vicino, sei nell'infrarosso medio e cinque nell'infrarosso termico. La risoluzione spaziale varia in funzione delle bande: va da 15 m per le bande del visibile e vicino infrarosso a 90 m per l'infrarosso termico. Lo spettroradiometro MODIS, che si trova a bordo anche del satellite AQUA, lavora invece a 36 bande e la sua risoluzione spaziale varia da 250 m per le bande 1 e 2 ai 500 m per le bande dalla 3 alla 7 ai 1000 m per quelle dalla 8 alla 36. I dati acquisiti da TERRA sono distribuiti, a seconda del tipo e dell'applicazione a cui sono destinati, da diversi enti e uffici della NASA. Ad

esempio il DAAC-NASA Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC) fornisce i dati MODIS. I dati ASTER sono utilizzati per la realizzazione di modelli digitali del terreno, analisi geologiche, monitoraggio dei ghiacciai, classificazione della copertura del suolo e analisi dello sviluppo urbano, classificazione delle nuvole, monitoraggio dell'umidità del suolo e individuazione delle zone umide, analisi del bilancio energetico, condizione di stress e sviluppo della vegetazione, monitoraggio di vulcani e incendi. I dati MODIS sono importanti per lo studio delle proprietà delle nubi e degli aerosol, delle superfici e della clorofilla negli oceani.

- EO-1

Il sistema EO-1 è stato lanciato dalla NASA nel 2000. Esso ha una quota d'orbita di 705 km, un tempo di rivisitazione di 16 giorni e swath di 7,7 km. Si trovano alloggiati tre strumenti: ALI (Advanced Land Imager), LEISA (Linear Etalon Imaging Spectrometer Array) e Hyperion. Quest'ultimo è uno spettrometro a 220 bande nell'intervallo di lunghezze d'onda 0,4-2,5 μm con risoluzione spaziale di 30 m. Le immagini acquisite sono archiviate e distribuite dall'USGS (United State Geological Survey) e da altri distributori locali come Geoserve. Il sensore Hyperion è utilizzato soprattutto per applicazioni che mirano alla classificazione della copertura del suolo, supporto e monitoraggio dell'agricoltura, della silvicoltura e dell'ambiente e studi geologici.

- LANDSAT

I dati LANDSAT sono stati i primi ad essere stati concepiti per un utilizzo non militare ma per lo studio dell'ambiente, delle risorse e dei cambiamenti naturali e artificiali sulla superficie terrestre. Il programma LANDSAT comprende una serie di missioni satellitari che sono state portate avanti dalla NASA e dall'USGS. L'orbita scelta è il miglior compromesso tra diverse esigenze: circolare, ripetitiva, eliosincrona e quasi polare. Il primo satellite LANDSAT è stato lanciato nel 1972. Sono seguiti altri sette lanci di cui uno fallito nel 1993 per il LANDSAT 6. L'ultimo è stato effettuato nel febbraio del 2013 per il LANDSAT 8. Ad oggi sono operativi il LANDSAT 7 ETM+ e il LANDSAT 8.

Il primo gestisce otto canali: nel campo del visibile (1, 2, 3), dell'infrarosso vicino e medio (4, 5, 7) e del termico (6) e uno pancromatico (canale 8). Per quanto riguarda le risoluzioni spaziali si hanno: 30 m per i canali da 1 a 5 e 7, 80 m per il canale termico e 15 m per quello pancromatico. Nel 2003 è stato rilevato un malfunzionamento che ha riguardato la Scan Line Correction (SLC). Il satellite continua ad acquisire ma in modalità SLC-off producendo alcune anomalie che sono maggiormente evidenti ai margini della scena.

Satellite	Sensor	Band#s	Spectral Range	Scene Size	Pixel Res
L 1-4	MSS multi-spectral	1,2,3,4	0.5 - 1.1 μm	185 X 185 km	60 meter
L 4-5	TM multi-spectral	1,2,3,4,5,7	0.45 - 2.35 μm		30 meter
L 4-5	TM thermal	6	10.40 - 12.50 μm		120 meter
L 7	ETM+ multi-spectral	1,2,3,4,5,7	0.450 - 2.35 μm		30 meter
L 7	ETM+ thermal	6.1, 6.2	10.40 - 12.50 μm		60 meter
Panchromatic	ETM+ thermal	8	0.52 - 0.90 μm		15 meter

Figura 1. 19 Missioni LANDSAT e caratterizzazione dei sensori a bordo

(Fonte: <http://glcf.umd.edu>)

Il LANDSAT 8 ha introdotto nuovi canali spettrali e ha reso possibile la disponibilità di acquisizioni costanti. Esso monta a bordo il sensore ottico OLI (Operational Land Imager) con capacità di risoluzione spaziale di 30 m e 15 m e il sensore termico TIRS (Thermal InfraRed Sensor). Quest'ultimo ha a disposizione due nuove bande nel termico che permettono l'utilizzo di algoritmi detti di Split-Window che riducono il disturbo indotto dall'atmosfera. La risoluzione a terra delle bande termiche è di 120 m con un'ampiezza di swath di 185 km ed una capacità di risoluzione radiometrica di 12 bit. La missione LANDSAT 8 dovrebbe essere garantita fino al 2018.

Dal 2009, l'intero archivio delle immagini LANDSAT è disponibile gratuitamente dal sito dell'USGS.

- WorldView-2

WorldView-2 è un satellite di proprietà della DigitalGlobe. Quest'ultima rappresenta uno dei principali fornitori commerciali americani di immagini spaziali e contenuti geospaziali. Il satellite in questione è stato lanciato l'8 ottobre 2009 e si trova su un'orbita eliosincrona ad un'altezza di 770 km. Esso

acquisisce immagini multispettrali a otto bande con risoluzione spaziale pari a 1,8 m e immagini pancromatiche a 0,46 m. WorldView-2 è il primo satellite di tipo commerciale ad alta risoluzione in grado di acquisire oltre alle quattro classiche bande: blu, verde, rosso e infrarosso altre quattro: coastal band (400-450 nm), yellow band (585-625 nm), red edge band (705-745 nm) e near infrared 2 band (860-1040 nm). La prima viene utilizzata per il monitoraggio delle zone costiere grazie alla sua caratteristica di penetrazione dell'acqua e per apportare miglioramenti nei processi di correzione atmosferica. La seconda è sfruttata per ottimizzare i processi di classificazione e per una resa migliore dei colori naturali. La banda red edge permette lo studio delle condizioni di salute della vegetazione mentre quella near infrared 2 rappresenta la seconda banda nell'infrarosso vicino utile come supporto per l'analisi della vegetazione e delle biomasse.

- SPOT 5

La costellazione di satelliti commerciali SPOT è stata progettata e realizzata dall'ESA (Agenzia Spaziale Europea). SPOT 5 è stato lanciato nel 2002 e continua la missione dei precedenti satelliti iniziata nel 1986. La sua orbita ha un'altezza di 832 km ed è di tipo polare eliosincrona. Attraverso un particolare processamento chiamato "supermode" si ottiene un miglioramento della risoluzione spaziale in modalità pancromatica da 5 m a 2,5 m. Esso è svolto in parte a bordo del satellite e in parte a terra.

- PHR

La costellazione Pléiades High Resolution è stata progettata nell'ambito del programma franco-italiano ORFEO (Optical & Radar Federation Earth Observation) ed è costituita da due satelliti: Pléiades 1A e Pléiades 1B lanciati rispettivamente nel 2011 e nel 2012. Essi viaggiano su un'orbita quasi circolare eliosincrona a quota di 694 km con periodo di rivisitazione di 26 giorni. Il programma spaziale è stato concepito per soddisfare sia esigenze civili che militari. L'agenzia spaziale francese (CNES) risulta essere il primo contraente del sistema generale mentre EADS Astrium del segmento spaziale. Si ha

un'acquisizione di tipo multispettrale in quattro bande: blu, verde, rosso e vicino infrarosso con risoluzione spaziale di 2 m e pancromatica con risoluzione spaziale di 0,50 m. Spot Image è il distributore ufficiale dei prodotti e servizi Pléiades.

- ENVISAT

ENVISAT è stato progettato e costruito dall'ESA (European Space Agency) e il suo lancio risale al 2002. Esso si trova in un'orbita polare eliosincrona che garantisce una ripetitività al suolo di 35 giorni. A bordo sono montati dieci strumenti sia attivi che passivi: MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer: spettrometro con 15 bande e 300 m di risoluzione al nadir), MIPAS (Michelson Interferometric Passive Atmospheric Sounder: spettrometro IR-infrarosso ad alta risoluzione), ASAR (Advanced Synthetic-Aperture Radar: radar SAR ad alta risoluzione), GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars), RA-2 (Radar Altimeter), MWR (Radiometer MW-microonde), LRR (Laser Retro-Reflector), SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography), AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer), DORIS (Doppler Orbitography and Ratio positionig Integrated by Satellite). ESA e Spot Image sono i distributori dei dati disponibili e dei prodotti realizzati su richiesta. Le stazioni riceventi a terra sono in grado di distribuire i dati in tempo reale per le applicazioni come il monitoraggio del clima e le previsioni meteo. Le applicazioni dei dati acquisiti dai sensori sono le più svariate:

MERIS->osservazione della superficie terrestre e i vari strati dell'atmosfera;

MIPAS->misurazione dei vari costituenti l'atmosfera su scala globale, focalizzazione sulle conseguenze dovute al buco dell'ozono e alle concentrazioni di gas prodotti dalla attività antropiche;

ASAR->monitoraggio delle onde marine, movimenti calotte polari e ghiacciai montani, studio dei movimenti tettonici, osservazione catastrofi naturali come inondazioni e terremoti;

GOMOS->studio della ozonosfera;

RA-2->studio dell'altitudine della superficie terrestre e della topografia marina;
MWR-> rilevazione dell'umidità atmosferica per poter correggere i dati provenienti da RA-2 che sono influenzati dal contenuto di vapore acqueo;
SCIAMACHY->monitoraggio delle tracce dei diversi gas che influenzano la chimica atmosferica come incendi, inquinamento industriale, tempeste di sabbia ed eruzioni vulcaniche;
AATSR->misurazione delle temperature superficiali degli oceani, studio delle biomasse, loro contenuto d'umidità e crescita;
DORIS-> studio del clima attraverso la misurazione delle variazioni spazio-temporali della topografia degli oceani e della copertura dei ghiacci.

Risoluzione temporale

Il parametro temporale dipende dalla quota ed orbita di volo e dalle caratteristiche della missione. I satelliti ad alta risoluzione temporale sono principalmente quelli geostazionari che per le caratteristiche dell'orbita e per gli scopi per i quali sono stati realizzati, monitorano la Terra costantemente. Un esempio è la missione METEOSAT. Con orbita quasi polare invece si ricorda la missione NOAA.

- METEOSAT

I satelliti europei METEOSAT sono riconducibili a tre diversi programmi. Il primo MOP (METEOSAT Operational Programme) del 1995 comprende i satelliti dal METEOSAT 1 al METEOSAT 7 (ultimo ed in disuso dal 2013). Venivano fornite immagini della Terra e dell'atmosfera con risoluzione temporale di 30 minuti. Erano utilizzate tre bande spettrali: visibile, infrarosso termico e banda di assorbimento del vapore acqueo nell'infrarosso. Il secondo programma è stato il METEOSAT Transition Programme (MTP) che ha assicurato continuità con la seconda generazione di satelliti. Il terzo è il METEOSAT Second Generation (MSG) che ha iniziato la sua missione nel 2004 con tecnologia migliorata. Si è introdotto uno scanner multispettrale a 12 bande caratteristiche dei diversi fenomeni atmosferici: due nel visibile e nove nell'infrarosso con risoluzione spaziale di 3 km e una pancromatica con

risoluzione di 1 km. Rispetto alla prima generazione i dati sono più frequenti. Ad oggi sono operativi i satelliti METEOSAT 8, 9 e 10 tutti appartenenti al terzo programma.

- NOAA

L'ente americano NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) che si occupa dei cambiamenti geofisici della Terra, all'inizio degli anni Settanta in unione con la NASA ha dato origine all'omonima missione spaziale. I satelliti si muovono su orbite polari, ad una quota di 850 km ed effettuano scansioni dell'intera superficie terrestre ogni 24 ore. Essi sono equipaggiati con lo scanner AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) che consente di creare mappe della vegetazione e della formazione di fronti nuvolosi oltre che di misurare la temperatura e l'umidità dell'atmosfera e sulla superficie terrestre.

Risoluzione spaziale

Le classi di risoluzione spaziale sono definite dalla seguente tabella.

Classi di risoluzione	Risoluzione (m)	Definizione di risoluzione	Semplificazione
1	0,1-0,5	Altissima	Alta
2	0,5-1	Molto alta	Alta
3	1-4	Alta	Alta
4	4-12	Media	Medio-alta
5	12-50	Medio-bassa	Media
6	50-250	Bassa	Bassa
7	250-1000	Molto bassa	Bassa
8	>1000	Bassissima	Bassissima

I sensori ad alta risoluzione spaziale enfatizzano il parametro in questione. Essi lavorano nel campo del visibile e del vicino infrarosso con limitata definizione spettrale sfruttando l'intera energia elettromagnetica per poter ottenere un'elevata risoluzione spaziale. La loro utilizzazione è soprattutto in ambito fotogrammetrico. Questi strumenti spesso operano anche in modo multispettrale

facendo ottenere immagini RGB utili per la fotointerpretazione e classificazione del suolo. Le immagini derivate possono essere integrate o fuse con altre provenienti da sensori multispettrali permettendo il miglioramento della risoluzione spaziale di queste ultime. Il processo così ottenuto è chiamato Pan-sharpening. Si può inoltre procedere alla sovrapposizione di due immagini della stessa scena ma con angoli di veduta diversi o alla realizzazione di stereocoppie di immagini che aggiungono l'informazione altimetrica e da cui è possibile creare modelli digitali del terreno.

- IKONOS

IKONOS, lanciato da Space Imaging, è operativo dal 2000 ed è stato il primo satellite commerciale ad alta risoluzione. Su di esso è montato un sensore che acquisisce sia in modalità pancromatica che multispettrale con quattro bande: tre nel visibile e una nell'infrarosso vicino. La risoluzione spaziale varia per le due diverse modalità da 0,82 m a 4 m. La risoluzione radiometrica è di 11 bit. Space Imaging fornisce direttamente dati e prodotti. E' possibile richiederli anche a distributori locali, ad esempio a Planetek Italia.

- QuickBird

QuickBird è un satellite commerciale di proprietà della DigitalGlobe lanciato nel 2001. Esso viaggia su un'orbita polare eliosincrona ad un'altezza di 600 km. Il sistema raccoglie dati pancromatici con risoluzione di 0,61 m e dati stereoscopici multispettrali di 2,5 m. Esso è stato progettato per coprire con elevata precisione ed efficienza aree ampie. I dati vengono utilizzati per il rilievo cartografico, per la pianificazione agricola e urbana, per la ricerca meteorologica e la sorveglianza militare.

- GeoEye-1

GeoEye-1 è stato lanciato nel 2008 dalla società di immagini satellitari americana GeoEye Inc. che nel 2013 è entrata a far parte della DigitalGlobe. Esso percorre un'orbita eliosincrona ad un'altezza di 681 km e monta un sensore ottico che permette l'acquisizione con risoluzione di 0,50 m in modalità pancromatica e 2 m nelle quattro bande multispettrali. GeoEye-1 consente di

acquisire aree piuttosto ampie anche in modalità stereoscopica. Ciò viene sfruttato per l'estrazione di modelli digitali del terreno. Le immagini acquisite sono utilizzate per il monitoraggio ambientale e delle risorse naturali, la difesa e sicurezza nazionale, trasporti aerei e marittimi e cartografia.

- EROS

EROS (Earth Resources Observation Satellite) rappresenta una missione progettata e realizzata dall'Israel Aircraft Industries la cui gestione e proprietà compete a ImageSat. Il primo satellite EROS-A1 è stato lanciato nel 2000 mentre il successivo funzionante, EROS-B1, nel 2006. Quest'ultimo fa parte del programma EROS B che comprende sei satelliti. Si ha un'orbita polare eliosincrona con un'altezza di 480 km. Mentre EROS-A1 monta un sensore pancromatico di risoluzione spaziale pari a 1,9 m, EROS-B1 ne monta uno di risoluzione pari a 0,70 m.

- OrbView-3

OrbView-3 è un satellite gestito dalla DigitalGlobe che è operativo dal 2003. Esso percorre un'orbita circolare ad una quota di 470 km e produce immagini pancromatiche ad 1 m di risoluzione spaziale e multispettrali a 4 m.

CAPITOLO 2 - IL GIS E LA CHANGE DETECTION

2.1 II GIS

Con GIS si intende un Sistema Informativo Geografico cioè “un insieme di strumenti per raccogliere, archiviare, recuperare a piacimento, trasformare e visualizzare dati spaziali” (Burrough, 1986) “e dati non spaziali” (Parker, 1988) “con avanzate capacità di modellazione dei dati geografici” (Koshkarirov, 1986). Nella pratica con tale termine si indica un software di gestione che consente l'incameramento di dati di tipologie molto diverse tra loro. I fenomeni del mondo reale possono essere considerati secondo tre aspetti: spaziale (posizione), temporale e tematico (attributi). Una rappresentazione completa è impossibile: in genere si fissa un aspetto, si vincola un altro ad assumere valori definiti e si lascia libero di variare il terzo.

L'organizzazione dei dati in ingresso ad un GIS può essere in formato raster o vettoriale. I vantaggi della prima forma sono: struttura semplice, agevole realizzazione di Overlay tra mappe, immediata integrazione dei dati telerilevati, efficiente descrizione dei dati ad alta variabilità spaziale ed effettuazione di operazioni di simulazione e modellistica, tecnologia in rapido sviluppo con costi decrescenti. Gli svantaggi sono: struttura non compatta che può produrre grandi volumi di dati, rappresentazione grafica meno piacevole e non adatta alla gestione delle relazioni topologiche. I vantaggi della forma vettoriale sono: struttura dati compatta, rappresentazione fedele dei fenomeni reali e delle loro dimensioni, efficiente codifica delle relazioni topologiche, rappresentazione grafica curata e adattamento per la creazione di cartografia numerica. Gli svantaggi sono: complessità della struttura dati e nel software di gestione, difficoltà nella realizzazione di operazioni di Overlay e di analisi anche per la presenza di entità con caratteristiche topologiche diverse. Con il termine metadati si indicano i “dati su dati”. Attraverso questi ultimi, l'utente può conoscere la natura, la qualità e la collocazione del dato e se esso può soddisfare le esigenze richieste. I metadati forniscono una documentazione

completa e corretta dei dati che è essenziale per garantire la loro qualità. Vengono definiti degli standard a livello internazionale per la loro costruzione per consentire all'utente di confrontare prodotti disponibili forniti da offerenti diversi.

Un GIS ha molto da offrire sia nella ricerca che nella fase operativa dell'individuazione dell'emergenza e della sua gestione. Questo ruolo ha origine dalle capacità di integrazione di diversi tipi di dati provenienti da varie risorse, di analizzare e di presentare i risultati in tempi ragionevoli e in un modo appropriato sia per ricercatori che per professionisti. Un GIS, inoltre, prevede in genere procedure al suo interno che sono in grado di simulare l'evoluzione naturale per consentire la previsione di rischi e impatti. La gestione dei disastri prevede anche la necessità di monitorare un territorio valutando i cambiamenti intercorsi nel tempo; si adottano per questo procedure di Change Detection che sono inserite all'interno degli applicativi GIS e/o di software specifici per il telerilevamento.

2.2 La Change Detection

2.2.1 Il metodo

L'oggetto della Change Detection è la misura dei cambiamenti di variabili di interesse attraverso l'analisi di dati acquisiti in epoche successive. Nel telerilevamento si fa riferimento alle differenze riscontrate nei valori di riflettanza dei pixel, mantenendo per quanto possibile la distinzione da quei cambiamenti che sono causati da differenze nelle condizioni atmosferiche, illuminazione, angoli di visuale e livello di umidità del suolo. Lo svolgimento di una corretta analisi di Change Detection fornisce le seguenti informazioni: aree cambiate e grado di cambiamento, distribuzione spaziale del tipo di cambiamenti, traiettorie di cambiamento dei diversi tipi di land cover e accuratezza dei risultati. Quando si implementa un progetto di questo tipo sono richiesti tre importanti step:

- pre-processing dell'immagine includendo la rettificazione geometrica e la registrazione dell'immagine, correzioni radiometriche e atmosferiche, correzioni topografiche se l'area oggetto di studio è montana;
- selezione della tecnica più adatta per l'implementazione dell'analisi;
- valutazione dell'accuratezza del risultato.

Le tecniche con cui effettuare la Change Detection sono numerose. In tutti i casi deve essere garantita la possibilità di quantificare quattro diversi tipi di cambiamento:

- cambiamento dell'identificazione di una caratteristica
- cambiamento della localizzazione di una certa caratteristica
- cambiamento della forma di una certa caratteristica nel tempo
- cambiamento della grandezza di una certa caratteristica nel tempo.

Le procedure di base fornite dai GIS e di utilizzo nella Change Detection includono la registrazione di mappe, la ri-proiezione e le funzioni di scala. Tale software risulta essere un ambiente ideale per questo tipo di analisi poiché adotta metodi sviluppati per catalogare, organizzare e valutare i dati spaziali. Scott (2001) individua fondamentalmente tre modelli che integrano i dati temporali con database spaziali. Una loro breve descrizione è fornita di seguito.

Snapshot model

“Le informazioni di tempo sono sistemate separatamente ma temporalmente i dati spaziali sono omogenei” (Armstrong, 1988). Il modello Snapshot è il più semplice da applicare. La Change Detection è ottenuta dalla sovrapposizione di versioni temporalmente separate di uno stesso tema nello spazio bidimensionale. Il contributo tecnico importante fornito dal GIS sul modello Snapshot è di sviluppare l'isolamento delle aree rappresentative del cambiamento tra due momenti discreti. Una distinzione importante tra il metodo in questione e il Time-space composite riguarda la modalità con cui il tempo è memorizzato. Il modello Snapshot non integra direttamente nel database il tempo: gli Snapshot sono indipendenti da esso. Ciò significa che ognuno contiene la data della risorsa iniziale. Poiché gli Snapshot non hanno la

struttura di dati topologici necessaria ad archiviare informazioni temporali, essi non hanno modo di integrare lo stato di un oggetto tra quelli temporalmente adiacenti. Il modello Snapshot tratta gli elementi contenuti in ogni istantanea come uno stato omogeneo indipendente dagli altri.

Base map with overlay

In questo modello viene creato per ogni database un nuovo dato frutto di una sequenza di Overlay. Si ha un ambiente in cui tutto il set di dati può essere analizzato con continuità.

Time-space composite

Il modello Time-space composite è tale per cui “il tempo è integrato nella topologia degli oggetti spaziali” (Langran e Chrisman, 1988). Esso è configurato per gestire ed analizzare i dati spazio-temporali usando sia la configurazione dei database temporali che storici. Nei database temporali viene combinata la traslazione nel tempo e il tempo reale. L'utilità di immagazzinare le informazioni temporali con questo metodo è duplice: il primo aspetto fornisce i tempi come campionati mentre il secondo specifica quando l'evento è realmente accaduto. Il database storico preserva l'individualità degli eventi. Esso utilizza il tempo reale aggiungendo la specificità del collocamento degli eventi lungo la linea cronologica. Inserendo temporalmente i dati spaziali in un modello composito si può dimostrare se il tempo influenza la topologia dei dati spaziali. “Il tempo è un fenomeno che può essere percepito solo attraverso i suoi effetti” (Lougran, 1992). Ogni caratteristica mappata nei dati compositi è un insieme di ogni cosa la caratteristica è stata o diventerà. Concettualmente muovendosi in avanti in un composito i dati spaziali si decompongono in piccole parti. Muovendosi indietro viene richiesto che i dati spaziali frammentati siano riassembleati in un aggregato. La continuità indotta dall'aggregazione è resa possibile dalla presenza di attributi dipendenti dal tempo nel database. Essi riassembleano i frammenti formando aggregati o disassembleano aggregati in segmenti.

2.2.2 L'accuratezza del processo di Change Detection

L'accuratezza dei risultati della Change Detection dipende da diversi fattori tra cui: la precisa registrazione geometrica tra immagini multi-temporali, la calibrazione o normalizzazione tra immagini multi-temporali, la disponibilità di dati come verità a terra, la complessità del paesaggio e dell'area di studio, le tecniche e gli algoritmi utilizzati, la classificazione, l'abilità e l'esperienza degli analisti, la conoscenza e la familiarità con la zona di studio e le limitazioni dovute alle tempistiche e ai costi. Shao (2006) suddivide gli errori più pesanti che possono essere commessi durante il processo di Change Detection nei seguenti gruppi:

- errori nei dati: risoluzione, accuratezza nella localizzazione e qualità dell'immagine
- errori nel pre-processing: accuratezza delle correzioni geometriche e radiometriche
- errori nell'adozione del metodo di Change Detection e nei processi: classificazione ed estrazione dei dati
- errori nella verifica a terra: accuratezza dei riferimenti a terra
- errori nel post-processing.

Le tecniche per valutare l'accuratezza in Change Detection hanno origine da quelle adottate nella classificazione delle immagini telerilevate. Ciò che viene fatto per una singola è esteso a serie bi-temporali o multi-temporali. Tra le varie tecniche quella più efficiente e utilizzata è la matrice di confusione della classificazione. Una sua variante è stata proposta da Congalton e Macleod (1994). Essa ha le stesse caratteristiche di una matrice di confusione classica ma con la differenza di poter valutare gli errori nei cambiamenti tra due periodi differenti e non quelli della classificazione dell'immagine singola. Mentre ad esempio una matrice LC/LU (Land Cover/Land Use) di una singola immagine era di dimensioni 4x4, nel caso di questa nuova tipologia di verifica si avrà dimensione 16x16 cioè il numero delle classi della singola elevato al quadrato. In tale modo la nuova matrice valuta l'accuratezza del cambiamento misurato

per confronto tra due mappe alla volta e relative ad anni diversi.

Negli ultimi anni, sono stati utilizzati alcuni metodi alternativi nell'analizzare e valutare la Change Detection nell'ambito del LC/LU poiché è molto difficile avere a disposizione dataset multi-temporali attendibili dei riferimenti a terra. Per ottenere riferimenti a terra bi-temporali, gli approcci genericamente utilizzati sono tre: esame a terra con l'assistenza di dati GIS storici, immagini ad alta risoluzione simultanee o molto ravvicinate tra loro nel tempo e interpretazione visiva. Ciascun metodo ha i suoi vantaggi e svantaggi e l'adozione di uno piuttosto che dell'altro dipende dal tipo di applicazione. Per una Change Detection che copre un arco temporale lungo è molto più difficile avere dati di riferimento a terra. Liu e Zhou (2004) proposero un'analisi dell'accuratezza delle Times series attraverso una valutazione di ragionevolezza rule-based con comparazione in post classificazione. Al momento, la valutazione dell'accuratezza è soprattutto basata sul pixel e solo piccoli lavori sono stati fatti per stimare quella a livello di caratteristiche o di oggetti. D'altro canto molto sforzo è ancora richiesto per sequenze d'immagini lunghe nel tempo specialmente quando i dati a terra sono insufficienti o impossibili da ottenere. In questi casi la metodologia della valutazione dell'accuratezza deve essere fatta da un nuovo punto di vista.

CAPITOLO 3 - LA GESTIONE DEI DISASTRI: LA SITUAZIONE DI EMERGENZA

Esiste una vasta letteratura nel campo dell'individuazione e della gestione dell'emergenza poiché questa include un ampio range di discipline: geografia, sociologia, psicologia, economia ed ingegneria. Vengono di seguito descritti i tre termini fondamentali in questo ambito: hazard, risk e disaster. Con "hazard" si intende tutto ciò che l'uomo valuta come minaccia. Con "risk" si descrive la possibilità di un danno che provoca sofferenza a causa di una minaccia. Il concetto tecnico di rischio identifica la quantificazione di una probabilità di accadimento e l'entità delle conseguenze ad essa associata. Da ciò si ha la produzione di mappe con stime quantitative. Se esse devono rappresentare un rischio individuale di fronte ad una minaccia, quest'ultimo è inteso come "risk isopleths" (Moore, 1993). Se invece si ha a che fare con un rischio per una certa quantità di persone si utilizza per la visualizzazione, ad esempio in un GIS, il "risk contours". Il profilo spaziale del rischio quindi dipende dal problema in esame. Nel caso di pianificazione dell'emergenza, l'interesse è sulla mappatura del rischio di un gruppo di persone piuttosto che su quello individuale. Il concetto sociale di rischio invece è contestualizzato a seconda del paradigma della scienza sociale che sta effettuando lo studio (psicologia, antropologia ecc.). Con "disaster" si intende un evento improvviso o graduale che impatta in modo così grave da far sì che la comunità che ne è stata colpita vi faccia fronte con misure straordinarie. Il disastro quindi è la realizzazione della minaccia con danni alle persone e alle proprietà che impediscono un normale funzionamento. I disastri possono essere di tre tipi: eventi naturali, eventi tecnologici o terroristici o bellici ed eventi frutto della combinazione di fenomeni naturali ed azioni umane. La possibilità di gestire i diversi elementi funzionali di un disastro può essere descritta utilizzando una matrice a tre dimensioni. Le funzioni pre- e post-disastro occupano un asse, le metodologie un altro e la

descrizione delle strutture di gestione il terzo.

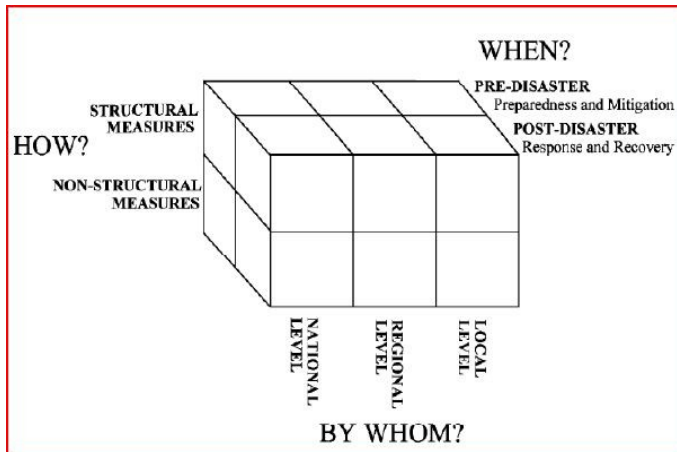


Figura 3.1 Matrice 3D rappresentante gli elementi concorrenti un disastro
(Fonte: Integrated remotely sensed datasets for disaster management)

Le agenzie mondiali utilizzano il remote sensing pre-disaster per mappare un'area di interesse o, in alcuni casi, per effettuare compiti più sofisticati come valutare il rischio e la mitigazione. L'esempio riportato di seguito mostra la situazione critica verificatesi dall'inizio del febbraio 2007 nel bacino del fiume Zambezi in Monzambico. Le autorità, a tutti i livelli, hanno dovuto in tali giorni far fronte ad un'allerta rossa nei confronti della popolazione della zona per l'aumento del livello delle acque. La mappa mostra la situazione del fiume in corrispondenza della capitale Caia. I layers semitrasparenti segnalano la condizione del fiume durante la normale stagione delle piogge (colore blu scuro, 26 marzo 2006) e durante l'alluvione (colore azzurro chiaro, 12 febbraio 2007).

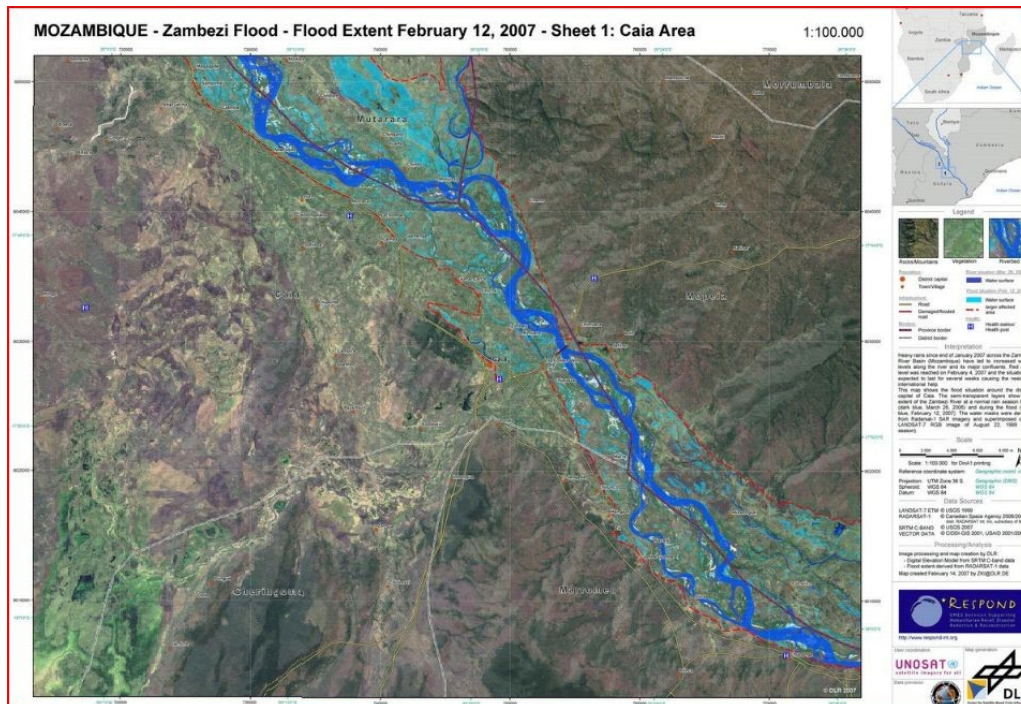


Figura 3.2 Mappa in modalità non rush delle condizioni del fiume Zambezi in prossimità di Caia in normale regime e durante l'alluvione (Fonte: <http://www.disasterscharter.org>)

Nel post-disaster, il remote sensing serve per aiutare le autorità a rispondere in modo efficace. I dataset a disposizione permettono di effettuare inoltre studi di Change Detection e di determinare indicatori del cambiamento provocato dal disastro stesso. Vengono illustrati in seguito due esempi. Il primo riguarda la mappatura dell'assetto stradale ed urbano effettuata visivamente della capitale Port-au-Prince dopo il terremoto del 12 gennaio 2010 che ha colpito Haiti. In questo caso si ha l'identificazione del tipo delle strade e del loro stato (chiuse, ristrette, aperte), dei ponti crollati, dei rifugi temporanei, degli aeroporti, dei punti di interesse come scuole, ospedali e stazioni di rifornimento. Tali informazioni sono essenziali per una fase di gestione dei soccorsi e dell'emergenza umanitaria. Si vede infatti come la mappa sia stata prodotta pochi giorni dopo il disastro (17 gennaio 2010); in quel caso vennero realizzate anche interessanti esperienze riguardo alla mappatura partecipata, con

meccanismi di crowdsourcing

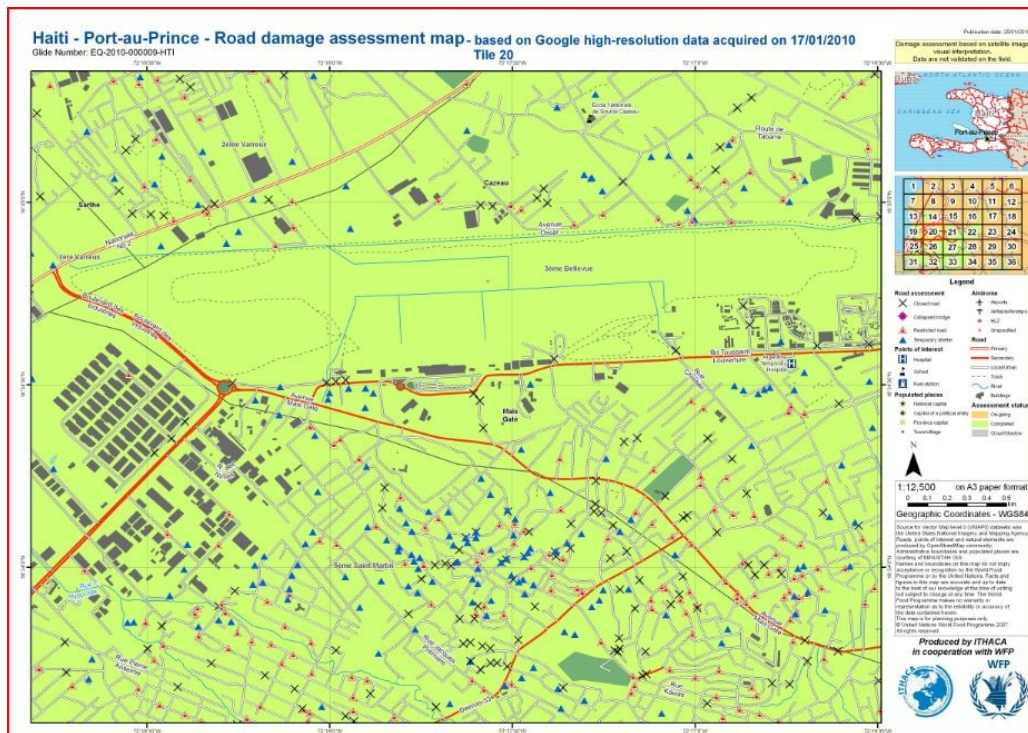


Figura 3.3 Mappa in modalità rush dell'assetto urbano e stradale di Port-au-Prince dopo il terremoto del 12 gennaio 2010

(Fonte: <http://www.ithacaweb.org>)

Il secondo esempio riguarda l'analisi di Change Detection effettuata nella regione del Sahel. Essa è una fascia di territorio dell'Africa sub-sahariana che si estende tra il deserto del Sahara a nord e la savana del Sudan a sud e tra l'Oceano Atlantico a ovest e il Mar Rosso ad est. E' stato investigato il numero di stagioni tra il 2006 e il 2010 caratterizzate da vegetazione non rigogliosa potendo individuare regioni in cui non si è riscontrato alcun fenomeno di questo tipo (colore grigio) a quelle in cui si hanno avuto fino a cinque stagioni così caratterizzate (colore blu).

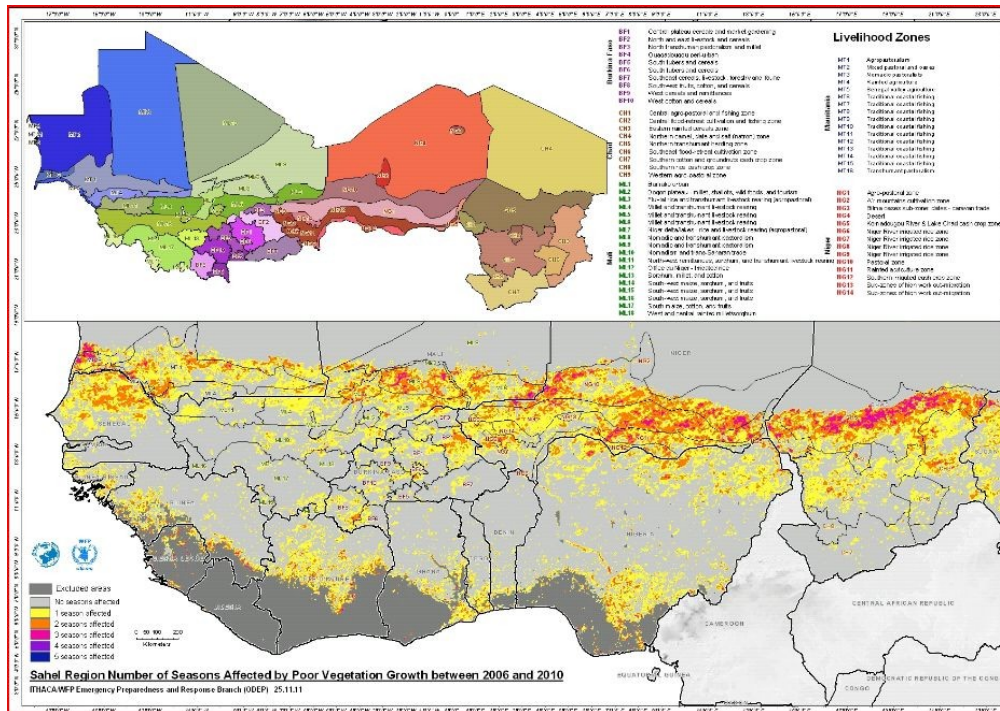


Figura 3.4 Mappa in modalità non rush dello stato della vegetazione nella regione del Sahel tra il 2006 e il 2010
(Fonte: <http://www.ithacaweb.org>)

I dati da aereo o da satellite possono avere gap nelle informazioni. Un modo per potere opportunamente colmare tali lacune è la messa a disposizione di dati spaziali ricavati da immagini di “non specialisti” a terra o in prossimità del disastro. Secondo uno studio condotto (Huyck e Adams, 2002), tale strategia risponde anche all'esigenza, diventata preponderante dopo l'attacco alle Torri Gemelle, di avere in modo repentino dati tematici e la garanzia che l'elaborazione di quelli spaziali sia ragionevolmente corretta.

CAPITOLO 4 - IL CASO DI STUDIO

4.1 Il campo profughi di Za'atari

4.1.1 I campi profughi e la loro gestione

Un campo per rifugiati o campo profughi è il luogo in cui queste persone vengono ospitate e può essere situato all'interno o all'esterno del Paese di provenienza. La sua gestione coinvolge organizzazioni non governative ed agenzie delle Nazioni Unite. L'obiettivo di un campo è circoscritto, in linea teorica, ad una durata di tempo limitata. Esso deve contenere le comunità colpite in attesa di una soluzione del problema o del ripristino delle condizioni di sicurezza che consentono il ristabilirsi nel luogo di provenienza. A volte l'eccezionalità delle cause porta i campi ad avere durate maggiori anche di decine d'anni come, ad esempio, quelli dei rifugiati palestinesi del 1948. Un campo è caratterizzato da una certa velocità di allestimento in quanto la tempestività nelle situazioni di emergenza rappresenta il discriminante tra la vita e la morte di numerosi individui. Vengono quindi utilizzate abitazioni a tenda o baracche dotate di strutture che garantiscano un livello di igiene sufficiente personale e collettivo. Devono essere disposti, inoltre, apparati medici e di comunicazione e la configurazione, nel suo insieme, deve consentire un'agevole distribuzione del sostentamento alimentare. La definizione di rifugiato internazionale si applica a colui che direttamente, attraverso provvedimento di espulsione o impedimento al rientro in patria, o indirettamente, per l'effettiva o ragionevolmente temuta negazione dell'esercizio di uno o più diritti o libertà fondamentali, è stato obbligato dal governo ad abbandonare la propria terra e a rifugiarsi in un altro Paese chiedendovi asilo. Tale condizione è sancita nell'art.1 della Convenzione di Ginevra. Le ragioni a seguito delle quali un individuo ha il diritto allo status di rifugiato sono:

- discriminazioni fondate sulla razza
- discriminazioni fondate sulla nazionalità come cittadinanza o gruppo etnico

- discriminazioni fondate sull'appartenenza ad un determinato gruppo sociale
- limitazioni al principio della libertà di culto
- persecuzioni per opinioni politiche.

La cessazione dello status avviene quando si presenta una delle seguenti situazioni: il rifugiato usufruisce di nuovo della protezione del Paese di cui ha la cittadinanza oppure ne ha riacquisito volontariamente la cittadinanza, il rifugiato è tornato a risiedere volontariamente nel proprio Paese, il rifugiato ha acquisito una nuova cittadinanza e gode della protezione del Paese che gliel'ha concessa, le condizioni in seguito alle quali la persona ha ottenuto il riconoscimento di rifugiato vengono meno.

La più importante e storica agenzia delle Nazioni Unite che opera in questo ambito è l'UNHCR che si serve di agenzie regionali che di volta in volta assumono nomi diversi. Negli ultimi anni sono nate anche organizzazioni non governative (ONG) che si pongono come alternativa o a supporto delle agenzie. Una tra le più importanti è Medici Senza Frontiere.

4.1.2 L'UNHCR

L'UNHCR ha avuto origine a seguito della seconda guerra mondiale come aiuto nei confronti dei cittadini europei che risultavano sfollati a causa del conflitto. L'Ufficio dell'Alto Commissario delle Nazioni Unite per i Rifugiati è stato fondato dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite nel 1950 con un mandato di tre anni al termine del quale si sarebbe dovuto sciogliere. L'anno successivo la Convenzione delle Nazioni Unite relativa allo status di rifugiato è stata adottata (Convenzione di Ginevra). Essa rappresenta il fondamento giuridico per l'aiuto ai rifugiati e lo statuto di base per il lavoro dell'UNHCR. Nel 1954 l'organizzazione ha vinto il Premio Nobel per la Pace per il suo lavoro in Europa. Il suo mandato è stato prorogato, tanto che nel 1981 l'UNHCR ha ricevuto il premio per quella che era diventata l'assistenza ai rifugiati di tutto il mondo. Organo ormai permanente, da soli 34 elementi di personale alle origini, ora conta 8600 membri nazionali e internazionali oltre a 972 nel quartier

generale a Ginevra.

UNHCR Handbook

L'UNHCR Handbook, alla sua terza edizione nel 2007, contiene le indicazioni per le diverse fasi di gestione delle operazioni di emergenza. Esso è diviso in quattro sezioni. Per il presente studio si è rivelato di fondamentale importanza il capitolo 12 della terza sezione, relativo ai requisiti e alle regole di allestimento di un campo profughi. 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 della classificazione. Di seguito vengono descritti alcuni aspetti del problema.

L'assetto del campo deve essere pensato come funzionale per lungo termine anche se la situazione è di tipo provvisorio. Ciò trova giustificazione nel fatto che la scelta del luogo e la struttura di base sono difficili da modificare in un tempo successivo. Nella pianificazione deve essere utilizzato un approccio bottom-up. Si parte dall'identificazione delle piccole unità sociali, cercando di conservare il più possibile quelle tradizionali, e successivamente si passa a un master plan cioè ad una visione del campo nel suo insieme che preveda strutture di carattere comune come punti di distribuzione dell'acqua, latrine, docce, punti di lavaggio degli indumenti e di raccolta dei rifiuti.

- Criteri per la scelta del luogo

Il prerequisito affinché in un certo luogo possa sorgere un campo è la disponibilità d'acqua. Non si può infatti considerare il rifornimento solo attraverso pozzi od autocisterne. Deve essere fatto un calcolo indicativo della superficie che occuperà il campo tenendo come criterio di massima un'area minima a persona di 45 m². Tale valore comprende uno spazio utile per svolgere attività di sostentamento come l'agricoltura o ricreative. Nei casi di estrema emergenza tale valore può essere ridotto fino a 30 m². La disposizione del campo deve consentirne una naturale crescita dovuta ai nuovi arrivi. Nella maggior parte dei casi la disponibilità di suolo per ospitare un campo è scarsa. Solitamente vengono concessi spazi di proprietà pubblica da parte del governo

interessato.

- Sicurezza e protezione

Per assicurare sicurezza e protezione ai rifugiati, il campo deve essere allestito in una zona ragionevolmente lontana da confini internazionali o da aree potenzialmente sensibili come quelle militari. Nel momento in cui la disponibilità d'acqua è constatata, un secondo criterio importante è il grado di drenaggio del suolo. Esso infatti, unito ad una pendenza dolce (2%), deve consentire un corretto smaltimento sia delle acque di scarico che di quelle piovane in caso di precipitazioni. Il campo sorgerà in prossimità di una rete stradale agibile in qualunque condizione meteo e a zone provviste delle risorse principali per il sostentamento come cibo, materiale per la costruzione dei rifugi e legna. A tale proposito i rifugiati devono essere incentivati a sviluppare nuove aree per il rifornimento. A livello sanitario, un importante aspetto è che il luogo scelto non sia soggetto a rischio infettivo di malattie quali malaria, l'oncocercosi, schistosomiasi o al volo della mosca tse-tse.

- Pianificazione del sito

Il layout fisico del sito riflette un approccio decentralizzato basato sull'entità della comunità che può essere rappresentata dalla famiglia o da altre forme sociali. Per assicurare una configurazione non chiusa delle singole unità viene utilizzata una forma ad H.

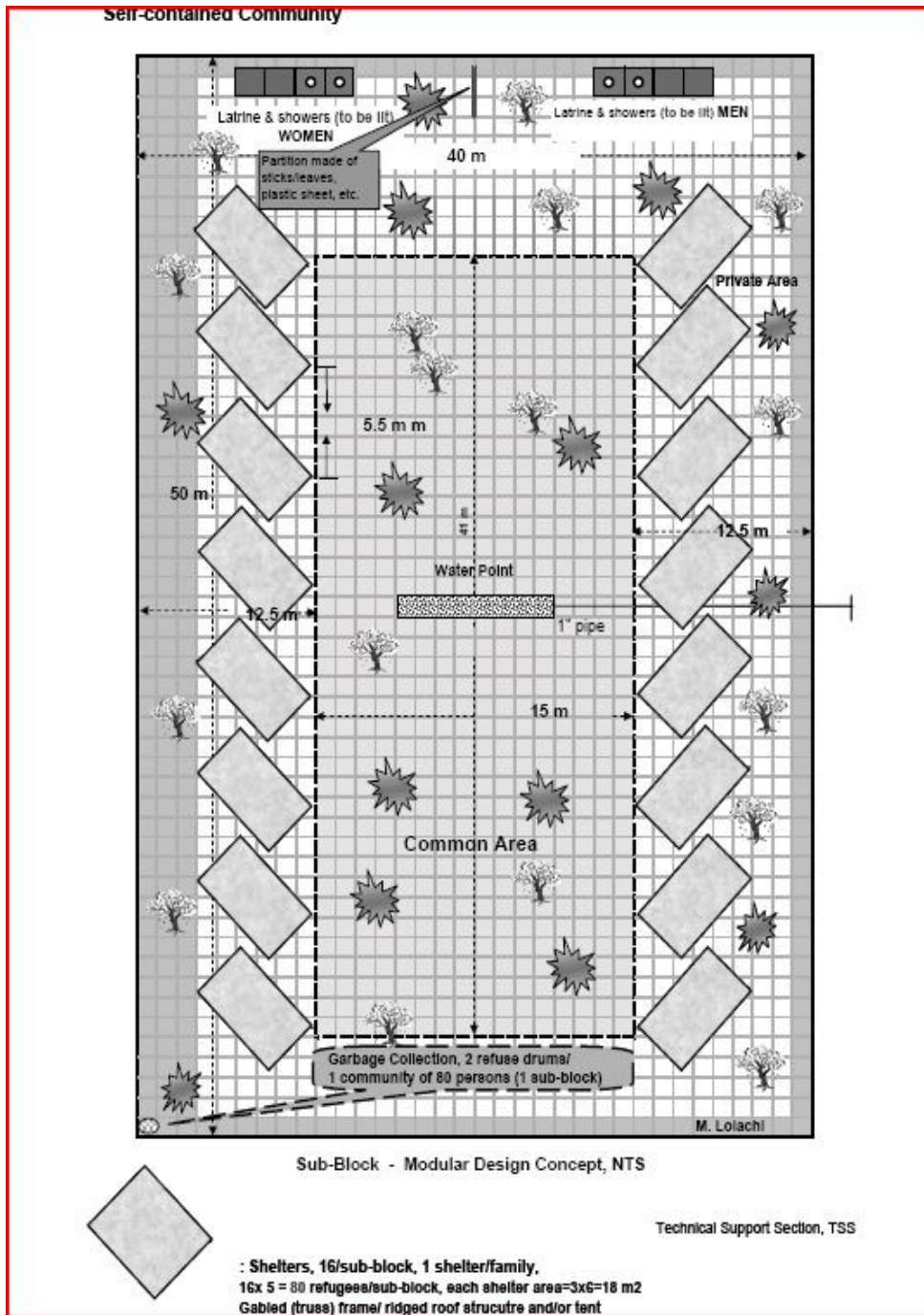


Figura 4.1 Configurazione ad H di una singola unità
(Fonte: UNHCR Handbook)

Il master plan deve contenere la configurazione completa del campo che comprende la delineazione dei suoi confini, le sue caratteristiche e l'assetto

degli elementi naturali e antropici nelle sue vicinanze. Gli standard da rispettare riguardo ai servizi comuni sono di seguito riportati.

1 water tap	per	1 community (80 – 100 persons)
1 latrine	per	1 family (6 – 10 persons)
1 health centre	per	1 site (20,000 persons)
1 referral hospital	per	10 sites (200,000 persons)
1 school block	per	1 sector (5,000 persons)
4 distribution points	per	1 site (20,000 persons)
1 market	per	1 site (20,000 persons)
1 feeding centre	per	1 site (20,000 persons)
2 refuse drums	per	1 community (80 – 100 persons)

Tabella 4.1 Quantificazione di persone afferenti ad un singolo servizio comune
(Fonte: UNHCR Handbook)

La pianificazione avviene a partire dalla più piccola entità modulare che si configura per la famiglia. La struttura a griglia di aree quadrate e rettangolari non deve essere considerata come un'imposizione rigida ma un design semplice e di veloce realizzazione che, se necessario, può essere opportunamente modificato.

Module	Consisting of	Aprox. No. of persons
Family	1 family	4 - 6 persons
1 community	16 families	80 persons
1 block	16 communities	1,250 persons
1 sector	4 blocks	5,000 persons
1 camp module	4 sectors	20,000 persons

Tabella 4.2 Quantificazione di persone costituenti un singolo modulo
(Fonte: UNHCR Handbook)

- Rifugi

I rifugi devono provvedere alla protezione degli individui, circoscrivere uno spazio dove vivere e garantire sicurezza e privacy. E' richiesto un appropriato tipo sia a livello sociale che culturale, capace inoltre di far fronte alle variazioni

climatiche stagionali. I tipi di rifugi sono fondamentalmente tre. Innanzitutto si hanno i teli fissati a supporti di legno o di altro tipo recuperati dagli stessi profughi. Questi ultimi provvedono alla costruzione della propria dimora avendo a disposizione il materiale necessario. Un secondo tipo di rifugio sono le tende che risultano l'unica soluzione quando le risorse sono scarse o quando i rifugiati hanno origini nomadi. Esse di solito vengono utilizzate per periodi di transizione e poi sostituite da ripari più appropriati. L'UNHCR ha sviluppato il tipo di tende lightweight cioè aventi un peso molto modesto che consente il risparmio nel trasporto e un'agevole installazione. Il terzo tipo di rifugio è costituito dai prefabbricati. Essi pongono alcuni problemi nella immediata emergenza in quanto hanno un costo elevato e un tempo di trasporto e di assemblaggio lunghi. Bisogna inoltre non sottovalutare che essi hanno problemi di integrità alle alte temperature.

4.1.3 La realtà siriana

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, del vicino Oriente. Nel 2011 sono iniziate le prime dimostrazioni pubbliche aventi come obiettivo le dimissioni del presidente in carica Bashar al-Assad. L'anno successivo, a causa della posizione strategica del Paese e dei suoi legami internazionali, la situazione è degenerata in guerra civile. A coloro che si opponevano al regime e alla sua struttura monopartitica, si sono aggiunti estremisti di stampo salafita. Ad oggi essi sono in numero notevolmente maggiore rispetto ai primi. Questo intervento ha cambiato la natura dell'opposizione che è passata da laica a religiosa. Gli estremisti sono sostenuti da alcune nazioni sunnite del Golfo Persico come Arabia Saudita e Qatar e dalla Turchia. Essi mirano a contrastare il partito Ba'ath in quanto, come Bashar al-Assad, di religione alawita. Quest'ultima rappresenta una minoranza nel Paese e si classifica come corrente dello sciismo. Gli estremisti vogliono instaurare la Sharia che in arabo significa “legge di

Dio". A fianco dell'esercito regolare sono schierati Iran e Iraq che hanno l'interesse a mantenere in Siria un governo amico per poter creare una macro regione che arrivi fino al Libano. Oltre ad essi si hanno le comunità sciite, le minoranze religiose che hanno sempre goduto della protezione del governo e quella parte di sunniti che ancora lo sostengono tra cui la stessa moglie del presidente. In ambito ONU Stati Uniti, Francia e Regno Unito si sono schierati con gli oppositori mentre Cina e Russia con l'esercito regolare. Secondo le Nazioni Unite il numero delle vittime è maggiore di 125000, di cui circa la metà civili. Vi sono inoltre circa quattro milioni di siriani sfollati all'interno del Paese e due milioni e mezzo fuggiti in Turchia, Giordania, Libano e Kurdistan iracheno. Le organizzazioni internazionali hanno accusato le forze governative di usare i civili come scudi umani, di puntare intenzionalmente le armi su di loro e di adottare la tattica della terra bruciata. I ribelli sono stati incriminati invece per abusi dei diritti umani tra cui torture, sequestri, detenzioni illecite ed esecuzioni di soldati e civili.

4.1.4 Il campo profughi di Za'atari

Il campo profughi di Za'atari è stato aperto il 28 luglio del 2012 a seguito del fallimento dei primi colloqui di pace per la Siria denominati "Ginevra 1". Esso è situato nel nord-est della Giordania a 10 km della città di Al Mafraq e sorge su estensione piatta e brulla di deserto pietroso. Il campo è collegato all'autostrada 10 OSM da una breve strada.



Figura 4.2 Vista del campo in relazione alla città Al Mafraq e al confine con la Siria (linea gialla) attraverso Google Earth



Figura 4.3 Posizionamento del campo rispetto all'autostrada 10 OSM

Si è assistito ad una sua rapida espansione e a febbraio 2014, quando anche il secondo tentativo per colloqui di pace “Ginevra 2” è fallito, la prospettiva di smantellarlo è definitivamente tramontata. Za'atari ha subito nel corso di questi

due anni una metamorfosi: da campo profughi si è progressivamente trasformato in città. Esso è delimitato al 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. Ciò però non accade e un flusso continuo di persone si riversa nel territorio circostante pronto a lavorare in nero o comunque per uno stipendio inferiore rispetto a quello richiesto dai locali. Le due vie principali del campo sono Les Champs Élysées e la sua perpendicolare.



Figura 4.4 Localizzazione all'interno del campo delle due vie principali

Esse ricordano i suk mediorientali dove non solo vi sono negozi di articoli di prima necessità ma di ogni tipo: dal gommista alla gioielleria. Segno che il campo sta diventando una vera e propria città è anche l'apertura di due supermercati in stile occidentale. Il campo ha visto un numero crescente di segnalazioni di reati tra cui lo spaccio di droga e la prostituzione. Sono frequenti sanguinose rivolte provocate soprattutto dal divieto di allontanamento e dalla richiesta di migliori sistemazioni.

La popolazione nel campo dal luglio 2012 ha subito un rapido aumento. Di seguito si forniscono alcune cifre utili stimate dall'UNHCR (<http://data.unhcr.org>) tenendo conto che il presente caso di studio si è

focalizzato sul periodo che va da dicembre 2012 a marzo 2013. Da tale mese ad oggi viene fornito un grafico rappresentante l'andamento.

- Il 27 agosto 2012 il numero di individui nel campo ha raggiunto i 15000 (circa il 10% della totalità dei rifugiati siriani in Giordania);
- il 6 settembre il numero è duplicato arrivando a 30000 (circa il 30% della totalità dei rifugiati siriani in Giordania);
- il 29 novembre 2012 il numero di rifugiati è di 45000 (circa il 20% della totalità dei rifugiati siriani in Giordania);
- il 10 gennaio 2013 il numero di individui ha raggiunto i 56660 (circa il 22% della totalità dei rifugiati siriani in Giordania);
- il 5 febbraio 2013 il numero di rifugiati è arrivato a 97935 mentre il numero totale di rifugiati siriani in Giordania era più di 345000;
- nel marzo 2013 si è assistito a un notevole aumento della popolazione nel campo in seguito ad alcune operazioni di messa in sicurezza su larga scala nelle regioni meridionali della Siria.

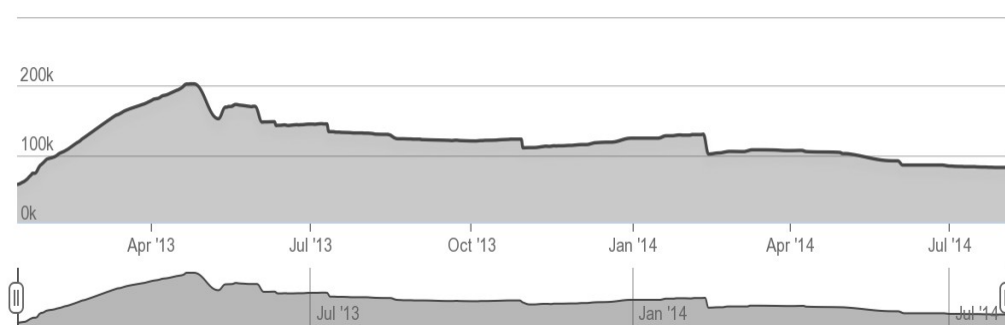


Figura 3.5 Andamento delle presenze nel campo da gennaio 2013 ad agosto 2014

(Fonte: <http://data.unhcr.org>)

Si può vedere come il picco di popolazione all'interno del campo si sia raggiunto nei giorni 24-25-26 aprile 2013 con un valore di 202993 individui.

4.2 Il materiale a disposizione

Il materiale usato nell'ambito della tesi è stato fornito prevalentemente da Ithaca: nel seguito si presenterà brevemente questa associazione.

4.2.1 Ithaca

Ithaca è l'acronimo di Information Technology for Human Assistance, Cooperation and Action; è un'associazione fondata nel 2006 dal Politecnico di Torino e dall'Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione (SiTI). Ithaca si pone diversi obiettivi, con una particolare attenzione alla compenetrazione di due aspetti: la ricerca nel campo della geomatica con lo sviluppo di progetti pilota di interesse sia a livello accademico che privato e l'intervento in campo per l'analisi, la valutazione e la mitigazione dei danni causati da catastrofi naturali o dall'uomo. Riguardo a quest'ultimo aspetto, Ithaca sostiene il WFP (World Food Programme) cioè il braccio di aiuti alimentari delle Nazioni Unite. Tra i progetti portati avanti, Copernicus rappresenta quello per la gestione dell'emergenza. Ithaca ha a disposizione in questo contesto immagini satellitari che possono riguardare sia catastrofi naturali che di origine umana. I tipi di servizi che essa fornisce agli utenti autorizzati attivi nel settore e alle agenzie esecutive sono due:

- mapping in modalità rush che garantisce, entro 24 ore dalla ricezione delle immagini satellitari riguardanti l'area di interesse, la disponibilità di informazioni tempestive e accurate per la gestione dell'emergenza;
- mapping in modalità non rush che, prodotto on-demand, viene utilizzato per le fasi di gestione dell'emergenza cioè prevenzione, preparazione e ricostruzione.

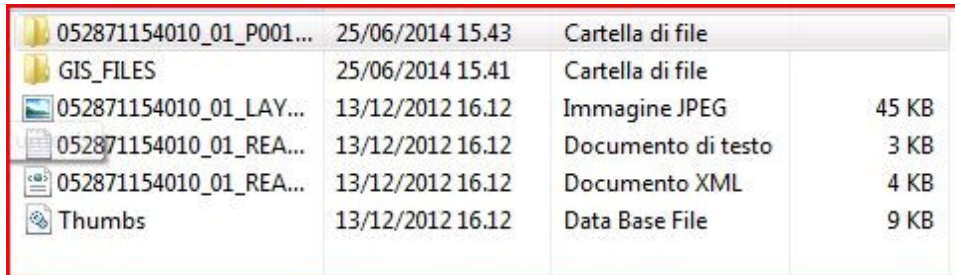
4.2.2 Le immagini telerilevate

Per il presente lavoro di tesi sono state utilizzate tre immagini del campo di rifugiati di Za'atari rilevate da satellite il 12 dicembre 2012, il 14 gennaio 2013 e il 21 marzo 2013. Esse sono state fornite da Ithaca; le prime due sono state distribuite dall'americana DigitalGlobe e la terza dalla francese Astrium. In

seguito si descrivono le caratteristiche di questi prodotti.

Immagine 1 e Immagine 2

I prodotti della DigitalGlobe contengono il file MAN (Manifest file) all'interno del quale si trovano una serie di cartelle disponibili all'utente.



Nome	Data	Descrizione	Dimensione
052871154010_01_P001...	25/06/2014 15.43	Cartella di file	
GIS_FILES	25/06/2014 15.41	Cartella di file	
052871154010_01_LAY...	13/12/2012 16.12	Immagine JPEG	45 KB
052871154010_01_REA...	13/12/2012 16.12	Documento di testo	3 KB
052871154010_01_REA...	13/12/2012 16.12	Documento XML	4 KB
Thumbs	13/12/2012 16.12	Data Base File	9 KB

Figura 4.6 Contenuto file MAN

Nella prima cartella sono compresi i seguenti tipi di file:

- File IMD->GIS Image Metadata file

Esso è un file GIS che contiene le informazioni per la georeferenziazione e quindi per una produzione dell'immagine ad esempio in formato raster Geotiff.

- File RPB->RPCOOF File

Esso è il file, fornito dalla DigitalGlobe, contenente i coefficienti RPC per l'ortorettifica dell'immagine. Attraverso questo file le distorsioni sono geometricamente rimosse creando un'immagine con una scala consistente in tutti i punti.

- Image TIFF

- File TIL->Tile Map File

Questo file viene fornito quando l'immagine ha un'estensione tale da dover essere divisa in tessere (tile) per una migliore gestione.

- Documento XML->Top Level Index (XML) File

Esso contiene le stesse informazioni del Top Level Index (READ ME) file di estensione .txt ma in formato XLM. Si ha la lista dei nomi dei file prodotti e l'ISD (Image Support Data) file.

Nella cartella GIS file sono presenti gli Shapefile. Questi ultimi sono in un

formato vettoriale non topologico che è stato sviluppato e codificato da ESRI per aumentare la capacità di comunicazione tra i sistemi ESRI e sistemi esterni. Gli Shapefile descrivono spazialmente punti, polilinee e poligoni. I file obbligatori che devono essere contenuti sono:

- .shp->file che conserva le geometrie,
- .shx->file che conserva l'indice delle geometrie,
- .dbf->database degli attributi.

Qui è presente anche il file opzionale di estensione .prj che permette di conservare l'informazione sul sistema di coordinate.

I livelli di prodotto forniti dalla DigitalGlobe sono di diverso tipo:

- Basic (1B) Imagery

Esso è corretto rispetto alle distorsioni radiometriche, alla geometria interna del sensore, alle distorsioni ottiche e alle distorsioni del sensore. Tale prodotto non è né georeferenziato né ortorettificato.

- Standard (2A) Imagery

Esso è corretto radiometricamente e dal punto di vista delle distorsioni del sensore. Il prodotto è ottenuto usando la mappa di proiezione e il datum scelto dal consumatore. Non è stato applicato alcun processo di ortorettifica.

- OrthoReady (2A) Imagery

Esso contiene tutte le caratteristiche del precedente ma non ha applicato alcun DEM. La proiezione è stata effettuata ad una elevazione base calcolata e il prodotto è pronto per l'ortorettifica.

- Basic (2B) Stereo Imagery

Esso contiene tutte le caratteristiche del prodotto Basic (1B) ma sono presenti due immagini sovrapponibili al 100% relative all'area di interesse (AOI). Le coppie stereoscopiche sono acquisite sulla stessa orbita satellitare e con una specifica angolazione appropriata per la vista stereoscopica.

- OrthoReady (2B) Stereo Imagery

Esso ha la stessa struttura fisica dell'OrthoReady (2A) Imagery e offre una copertura stereoscopica completa della zona di interesse.

Entrambe le immagini fornite per il presente caso di studio sono del tipo OrthoReady (2A) Imagery. Il file IMD dell'Immagine 1 fornisce le seguenti informazioni:

```
version = "23.11";
generationTime = 2012-12-12T12:51:46.000000Z;
productOrderId = "052871154010_01_P001";
productCatalogId = "20300100D890EB00";
imageDescriptor = "ORStandard2A";
bandId = "RGB";
panSharpenAlgorithm = "UNB";
numRows = 9316;
numColumns = 11328;
productLevel = "LV2A";
productType = "Standard";
numberOfLooks = 1;
radiometricLevel = "Corrected";
radiometricEnhancement = "Off";
bitsPerPixel = 16;
compressionType = "None";
```

Figura 4.7 Contenuto file IMD

L'Immagine 1 è stata acquisita il 12 dicembre 2012 alle ore 12:51. Essa è un prodotto ottenuto adottando la tecnica del Pan-sharpening ed è stata registrata su tre bande: R, G, B.

```
outputFormat = "GeoTIFF";
BEGIN_GROUP = IMAGE_1
    satId = "WV02";
    mode = "FullSwath";
    scanDirection = "Forward";
```

Figura 4.8 Contenuto file IMD

L'immagine è in formato Geotiff ed è stata acquisita dal satellite WorldView-2.

```

BEGIN_GROUP = MAP_PROJECTED_PRODUCT
  earliestAcqTime = 2012-12-10T08:37:28.616889Z;
  latestAcqTime = 2012-12-10T08:37:28.616889Z;
  datumName = "WE";
  semiMajorAxis = 6378137.0000;
  inverseFlattening = 298.257223563;
  datumOffset = (
    0.000,
    0.000,
    0.000 );
  mapProjName = "UTM";
  mapProjCode = 1;
  mapZone = 37;
  mapHemi = "N";

```

Figura 4.9 Contenuto file IMD

Per la proiezione dell'immagine UTM è stato utilizzato il datum denominato “WE” cioè il WGS84. La zona della mappa è la 37 nell'emisfero Nord.

```

productUnits = "M";
originX = 245422.24985767;
originY = 3578594.24999823;
orientationAngle = 0.0;
colSpacing = 0.50;
rowSpacing = 0.50;
productGSD = 0.50;

```

Figura 4.10 Contenuto file IMD

Le coordinate dei pixel hanno come unità di misura i metri e la risoluzione spaziale (GSD Ground Sample Distance) è di 0,50 m. Ogni pixel quindi rappresenta un'area a terra di 0,50 m x 0,50 m.

```

DEMCorrection = "Base Elevation";
terrainHae = 677.06;
numGCP = 0;

```

Figura 4.11 Contenuto file IMD

Da questa finestra si ricava che non è stato applicato alcun DEM e che la proiezione è avvenuta ad un'elevazione base costante coincidente con la quota del terreno media pari a 677,06 m. I punti di controllo a terra (GCP) sono pari a

zero.

Il prodotto fornito relativamente all'Immagine 2 contiene due cartelle denominate: MUL e PAN. Esse fanno riferimento rispettivamente ad un'acquisizione multispettrale e pancromatica della zona di interesse. Si deduce che potrà essere effettuata un'operazione di Pan-sharpening. Le informazioni relative all'immagine sono contenute in due file IMD. 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). Per essa si hanno caratteristiche analoghe all'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.

Immagine 3

I prodotti derivanti da acquisizioni del sistema Pléiades sono rilasciati nel formato DIMAP V2. Essi comprendono:

- l'immagine che può essere in diversi formati raster: GeoTIFF o JPEG2000
- i coefficienti RPC per i processi di ortorettifica
- un file di estensione KMZ per una facile e rapida visualizzazione dei principali metadati nello spazio di Google Earth
- le maschere per una migliore qualità dell'immagine.

I prodotti che vengono forniti da Astrium possono essere di due tipi: Primary e Ortho. In entrambi i casi vengono applicate correzioni radiometriche e delle distorsioni provocate dai sensori. Le coordinate sono espresse nel sistema WGS84. I prodotti Primary sono di livello più prossimo alla semplice acquisizione da parte del sensore che avviene lungo un singolo push-broom array. Essi consentono libertà nel metodo di ortorettifica e nella modellazione 3D. Sono in dotazione il set dei coefficienti RPC e un modello del sensore. I prodotti Ortho sono georeferenziati e corretti da un'acquisizione off-nadir e dagli effetti del terreno. Essi vengono utilizzati quando è richiesto un semplice e diretto uso delle immagini in software GIS. Su tali prodotti è applicato un modello standard 3D per le correzioni a terra. In dotazione è fornito anche un

modello più preciso e un set di GCP.

Aprendo la cartella dell'Immagine 3 si presenta la struttura riportata di seguito.

IMG_PHR1A_PMS_001	25/06/2014 15.43	Cartella di file
LIBRARY	25/06/2014 15.43	Cartella di file
DELIVERY	21/03/2013 13.22	Adobe Acrobat D...
INDEX	21/03/2013 13.22	Firefox HTML Doc...
VOL_PHR	21/03/2013 13.22	Documento XML

Figura 4.12 Contenuto cartella Immagine 3

Andando ad analizzare il contenuto della prima cartella si trovano diversi file.

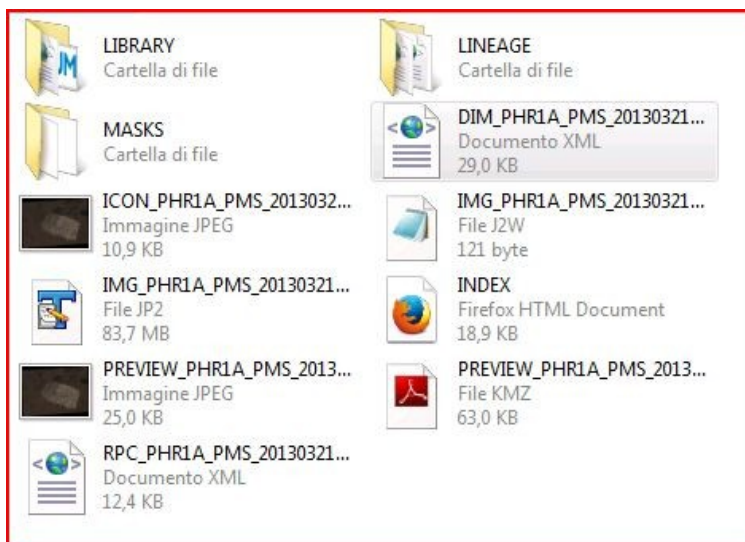


Figura 4.13 Contenuto cartella IMG_PHR1A_PMS_001

- File DIM_...XML->Image File/Main Metadata File

Esso contiene tutti i metadati del prodotto necessari al processamento dell'immagine. Le informazioni più importanti come la descrizione dello stesso, una visualizzazione rapida, il sistema di coordinate ecc.

- File RPC_...XML->RPC File

Esso contiene i coefficienti RPC necessari all'ortorettifica dell'immagine.

- File IMG_...J2W->File JPEG2000

Esso permette al software di georeferenziare le immagini.

Nel file Delivery sono contenute le informazioni tecniche generiche sul prodotto come gli angoli di acquisizione, le informazioni riguardo alle bande utilizzate, il sistema di coordinate e istogrammi. Nel collegamento INDEX vengono visualizzate le informazioni più importanti sul prodotto. Nel caso dell'Immagine 3 si ottiene la seguente scheda.

The screenshot displays a web interface with a red border. At the top, there are five navigation tabs: 'Description' (highlighted in orange), 'Lineage', 'Coordinate System', 'Quicklook', and 'Printable information' (highlighted in orange). Below the tabs, the following technical details are listed:

- TYPE:** SYSTEM_SENSOR
- LAYER:** DS_PHR1A_201303210820148_FR1_PX_E036N32_0408_00330
- FORMAT:** DIMAP
- RASTER:** image/jp2

To the right of these details is the ASTI logo, which includes the text 'ASTI' and 'AN RANK PPMISAN' below it. Below the technical details, there is a section titled 'General Information' with a blue underline. Under this section, the following information is provided:

- Map Name:** DS_PHR1A_201303210820148_FR1_PX_E036N32_0408_00330
- Geometric Processing Level:** SYSTEM_SENSOR
- Radiometric Processing Level:** BASIC

Figura 4.14 Contenuto collegamento INDEX

Si vede che l'immagine è di tipo Primary, acquisita dal satellite Pléiades 1A (PHR1A) ed è un prodotto Pan-sharpened (PMS). Ciò implica che l'immagine ha una risoluzione spaziale di 0,50 m ed è stata ottenuta fondendo il pancromatico con le quattro bande multispettrali: R, G, B e vicino infrarosso. Vengono definiti i numeri di righe e di colonne e la collocazione in latitudine e longitudine dei quattro vertici che costituiscono la finestra dell'immagine.

Image dimensions			
Number of columns		9063	
Number of rows		6791	
Number of spectral bands		4	

Dataset framing			
Vertice	Longitude (DEG)	Latitude (DEG)	Row Col
#1	36.29540634478266	32.31810290776718	1 1
#2	36.35163828669369	32.31562532396281	1 9063
#3	36.35163526266138	32.27363101313823	6791 9063
#4	36.29546631621641	32.27622287597058	6791 1

Figura 4.15 Contenuto collegamento INDEX

L'immagine 3 è stata acquisita il 21 marzo 2013 alle ore 11:09.

Production	
Production Date	2013-03-21T11:09:13.370
Job identification	610718101-001
Dataset Producer Identification	SISA
Producer link	http://www.spotimage.fr

Figura 4.16 Contenuto collegamento INDEX

4.3 I software utilizzati

4.3.1 PCI Geomatica 2014

Geomatica 2014 è un pacchetto di software sviluppato dall'azienda PCI che fonde le funzionalità di strumenti del remote sensing e fotogrammetria con alcune funzionalità di un GIS. Esso è in grado di supportare immagini provenienti da una vasta gamma di satelliti. I due moduli che sono stati utilizzati nel presente lavoro di tesi sono Focus ed OrthoEngine. Il primo ha permesso di visualizzare le immagini frutto di elaborazione e di esportarle in formato .tiff. Sono inoltre messi a disposizione dell'utente Tools per

l'elaborazione e le analisi spettrali. Il modulo OrthoEngine è stato utilizzato per effettuare le operazioni di ortorettifica e quella di Pan-sharpening dell'Immagine 2. Si può vedere come esso, in fase di creazione di un nuovo progetto, dia la possibilità di selezionare il modello matematico più opportuno per le successive fasi a seconda del satellite da cui provengono le immagini.

4.3.2 Idrisi

Idrisi è un GIS integrato e un software di processamento delle immagini. Esso è stato proposto nel 1987 dal Prof. J. Ronald Eastman alla Clark University presso il Dipartimento di Geografia. Ad oggi è sviluppato dalla Clark Labs. Proprio da quest'ultima, nel 2012, è stata lanciata la diciassettesima versione denominata Idrisi Selva (Selva=foresta tropicale densa). Essa supporta sia dati raster che vettoriali e comprende i seguenti moduli:

- piattaforma GIS per analisi spaziali base ed avanzate compresi Tools per una caratterizzazione della superficie e di tipo statistico e possibilità di trattamento di serie di cambiamenti
- sistema completo di Image Processing con i classificatori hard e soft più comuni
- modelli integrati tra cui “Earth Trends Modeler” che consente di sviluppare trend di cambiamento su serie temporali di immagini e “Land Change Modeler” che è focalizzato sulle modifiche del suolo e su possibili previsioni a riguardo.

4.4 Le operazioni preliminari sulle immagini telerilevate

4.4.1 Pan-sharpening Immagine 2

L'operazione di Pan-sharpening consiste nella fusione del dato pancromatico con quello multispettrale mantenendo la risoluzione geometrica del primo e quella spettrale del secondo. Nel caso dell'Immagine 2, il dato pancromatico ha una risoluzione spaziale di 0,50 m mentre il multispettrale, acquisito su quattro bande, di 2,0 m. Al termine di quest'operazione si otterrà un'immagine sulle

quattro bande di risoluzione spaziale di 0,50 m. E' stato utilizzato il modulo OrthoEngine. Alla voce Utilities si è selezionata la modalità Merge/Pansharp Multispectral Image.

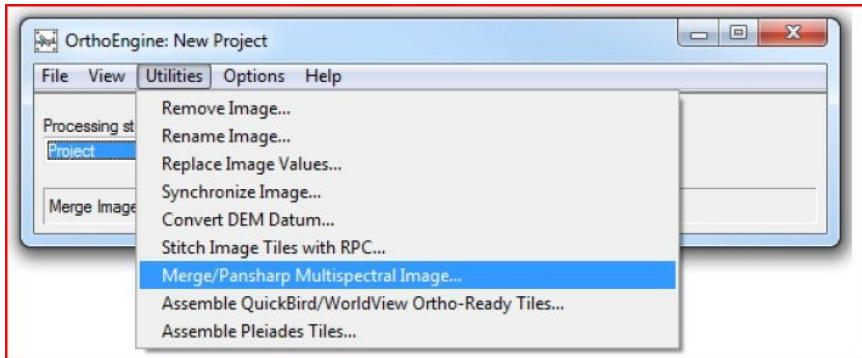


Figura 4.17 Operazione di Pan-sharpening in OrthoEngine

4.4.2 Ortorettifica

L'operazione di ortorettifica è stata svolta per tutte e tre le immagini. In particolare per l'Immagine 2 ha seguito quella di Pan-sharpening. Si è utilizzato il modulo OrthoEngine e si sono settati i parametri base cioè il datum WGS84, l'emisfero Nord e la collocazione nella mappa UTM 37. Successivamente come metodo di modellazione matematica si è selezionato Optical Satellite Modeling e l'opzione Rational Function in quanto per tutte e tre le immagini l'ortorettifica è possibile utilizzando i coefficienti dei polinomi razionali RPC.

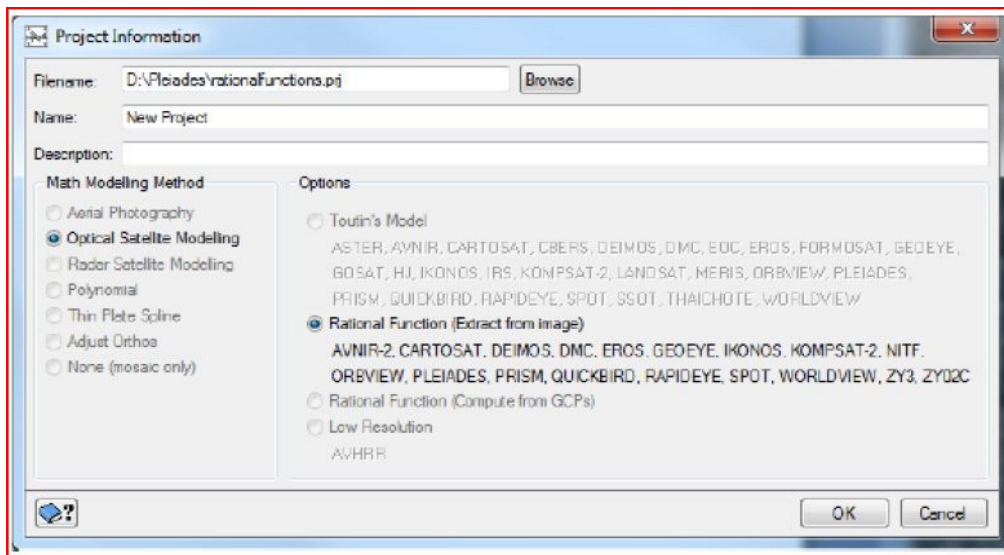


Figura 4.18 Selezione della modalità di ortorettifica con RPC in OrthoEngine

A questo punto per poter eseguire l'operazione richiesta deve essere inserito un modello digitale del terreno (DEM). Esso è stato scaricato in formato .tiff dal sito <http://csi.cgiar.org> prendendo come riferimenti di latitudine e longitudine quelli che comparivano nella scheda riassuntiva dell'Immagine 3.

The CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)

Applying GeoSpatial Science for a Sustainable Future...

CGIAR ict-km

<< BACK TO SEARCH | CSI HOME | SRTM MAIN | HELP

1 items have been found:

Description	Location	Image
<p>Product : SRTM 90m DEM version 4</p> <p>Data File Name : srtm_44_06.zip</p> <p>Mask File Name : srtm_mk_44_06.zip</p> <p>Latitude min: 30 N max: 35 N</p> <p>Longitude min: 35 E max: 40 E</p> <p>Center point : Latitude 32.50 N Longitude 37.50 E</p>		

CSI Server : Data Download (FTP) Data Download (HTTP) Data Mask Download (FTP) Data Mask Download (HTTP) [*TOP*](#)

Figura 4.19 Operazione di ricerca del DEM della zona di interesse

Nell'operazione di ortorettifica non vengono utilizzati punti di verità a terra (GCP) perché non disponibili e perché non compresi nei prodotti forniti sia dalla DigitalGlobe che da Astrium.

Le immagini ortorettificate vengono esportate in formato .tiff da Geomatica 2014 attraverso il modulo Focus per poter essere utilizzate nel software Idrisi per le operazioni successive.

4.4.3 Co-registrazione

La co-registrazione tra le immagini a disposizione è un'operazione fondamentale per poterle rendere perfettamente sovrapponibili. Si considera l'Immagine 1 come riferimento. Tale operazione viene effettuata con Idrisi nell'ambito dell'Image processing alla voce RESAMPLE.

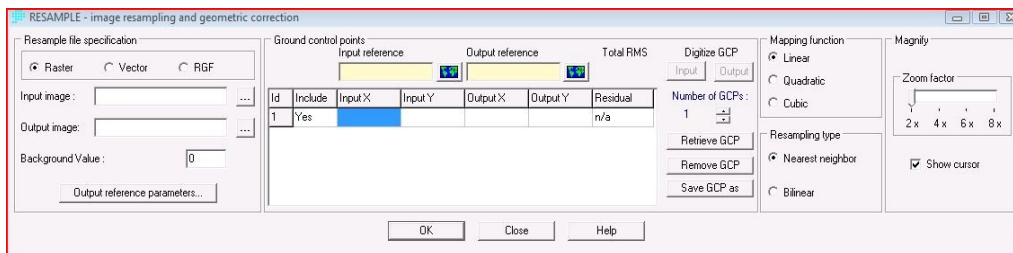


Figura 4.20 Operazione di co-registrazione in Idrisi

Come immagine di input deve essere selezionata quella da co-registrare mentre come immagine di output l'Immagine 1. Viene richiesto un set di punti di controllo a terra (GCP). Il loro numero dipende dal grado del polinomio utilizzato per il modello di regressione.

Va osservato che il concetto di GCP non si riferisce qui a punti di coordinate misurate con altro sistema ma a coordinate dedotte da una delle due immagini; non interessa infatti in questa fase la perfetta georeferenziazione assoluta ma piuttosto che le due immagini siano perfettamente allineate su uno stesso sistema di riferimento.

Nel caso in esame, essendo il polinomio adottato di primo ordine, dovranno

essere considerati minimo tre GCP. Per maggiore sicurezza e per una questione di ridondanza si sono presi sei GCP.

Per ogni GCP si settano le posizioni nell'immagine di input e quelle che dovrebbero assumere nel sistema di riferimento di output. Il criterio di ricampionamento utilizzato è il Nearest-neighbour. La ridondanza permette ad Idrisi di calcolare l'errore durante tale processo attraverso lo scarto quadratico medio RMS. Affinché la co-registrazione sia sufficientemente precisa per gli scopi del presente lavoro, esso deve essere minore di una volta e mezzo la risoluzione spaziale e cioè nel caso in esame di 0,75 m. Per l'individuazione manuale dei sei GCP si è lavorato sulla banda 3.

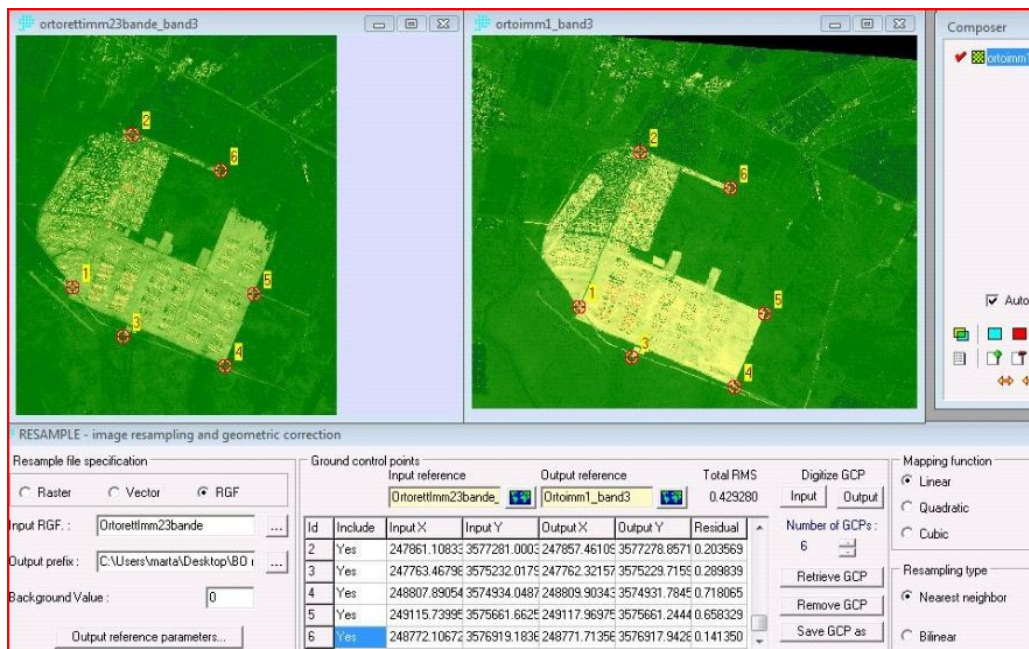


Figura 4.21 Co-registrazione dell'Immagine 2 con l'Immagine 1



Figura 4.22 Co-registrazione dell'Immagine 3 con l'Immagine 1

Si nota come nel primo caso l'errore (0,429280 m) sia minore rispetto al secondo caso (0,516283 m). Ciò può trovare giustificazione nel fatto che le Immagini 1 e 2 sono state acquisite dallo stesso satellite.

4.4.4 Finestra di lavoro

Utilizzando alla voce Reformat il comando WINDOW, si definisce una finestra di lavoro comune per tutte e tre le immagini avente 11338 colonne e 9343 righe. L'area coperta dall'indagine è dunque di 5,669 km x 4,572 km cioè 25,919 km².

4.5 La classificazione pixel-based e l'analisi di Change Detection

4.5.1 La classificazione pixel-based

La classificazione che è stata eseguita per tutte e tre le immagini è di tipo pixel-based supervisionata. Per prima cosa è stato necessario definire le classi maggiormente rappresentative dell'area di studio. Ciò ha tenuto conto degli elementi fondamentali che devono essere presenti in un campo di rifugiati

specificati nell'Handbook dell'UNHCR. Per le Immagini 1 e 3 sono state stabilite le seguenti classi:

1- suolo spianato (strade all'interno del campo, percorsi tra i campi coltivati, cortili delle case nell'abitato in prossimità del campo)



Figura 4.23 Suolo spianato delle strade all'interno del campo

(Fonte: <http://www.ilfarosulmondo.it>)

2- suolo asfaltato (strade principali, tetti di alcune case coperti di bitume)

3- suolo nudo (suolo brullo del deserto pietroso che caratterizza la zona)



Figura 4.24 Consistenza del suolo nudo che circonda il campo e su cui esso è sorto

(Fonte: <http://www.dagospia.com>)

4- suolo coltivato (suolo adibito alla coltivazione di frutta, verdura e agrumi)



Figura 4.25 Campi coltivati a ridosso del campo

(Fonte: <http://www.worldwebnews.it>)

5- alberi

6- corso d'acqua

7- costruzioni miste (costruzioni 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)



Figura 4.26 Costruzione in autonomia di ripari con il materiale a disposizione da parte dei rifugiati

(Fonte: <http://www.terrasanta.net>)

8- container (container messi a disposizione dall'UNHCR)



Figura 4.27 Strutture container messe a disposizione dall'UNHCR
(Fonte: <http://www.terrasanta.net>)

9- case (costruzioni degli insediamenti limitrofi il campo)

10- tende (tende messe a disposizione dall'UNHCR).



Figura 4.28 Tende fornite dall'UNHCR
(Fonte: <http://www.tsdtv.it>)

Per l'Immagine 2 è stata considerata un'undicesima classe oltre a quelle

precedentemente elencate. Si è constatato che nei giorni in cui è avvenuta l'acquisizione, una forte ed eccezionale condizione di maltempo si è abbattuta in tutta la Giordania settentrionale. Vi sono state forti piogge, neve e temperature inferiori allo zero. Ciò ha portato l'allagamento delle tende e di alcune zone depresse del territorio circostante e la distruzione del sistema di drenaggio del campo.



Figura 4.29 Situazione di allagamento in corrispondenza del viale d'ingresso al campo

(Fonte: <http://www.Unicef.it>)

La classe aggiunta è stata denominata suolo nudo allagato e ha tenuto conto di questa condizione meteo eccezionale.

Dopo aver definito le classi di interesse, si sono individuati per ognuna i training site. Questi ultimi sono stati definiti attraverso la funzione di digitalizzazione a poligono in zone diverse di ciascuna immagine in modo tale che i pixel rappresentativi fossero compresi tra $10*k$ e $100*k$ dove k è il numero di bande. Indicativamente si sono considerati valori di 200-300 pixel complessivi per classe. I file contenenti i training site sono stati poi salvati sia in formato raster che vettoriale. Per poter creare la firma spettrale delle classi

per ogni immagine in Image Processing si è selezionato il comando MAKESIGN e inseriti il file contenente i training site e le bande da processare.

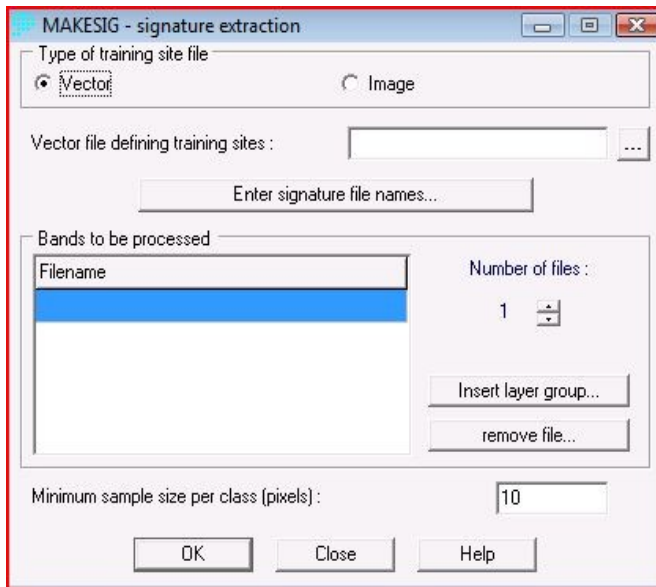


Figura 4.30 Operazione di costruzione delle firme spettrali per ogni classe in Idrisi

Come classificatore si è scelto tra gli hard classifier, l'algoritmo a massima verosimiglianza (MAXLIKE). In seguito sono riportati i risultati ottenuti dalla classificazione delle tre immagini.

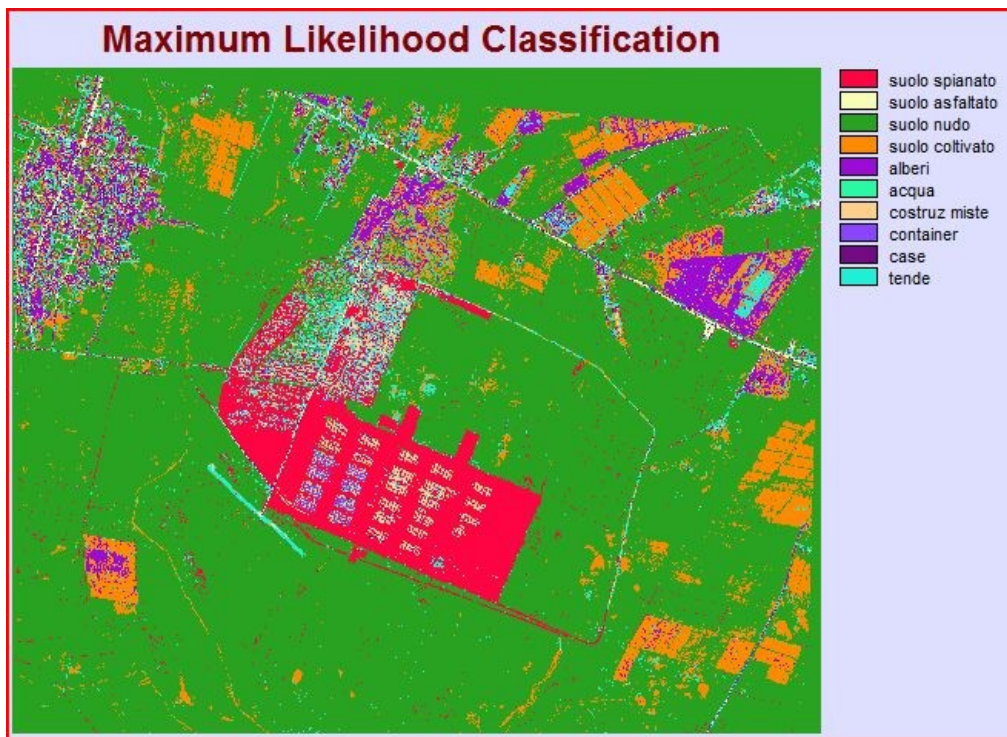


Figura 4.31 Classificazione pixel-based Immagine 1 (12 dicembre 2012)

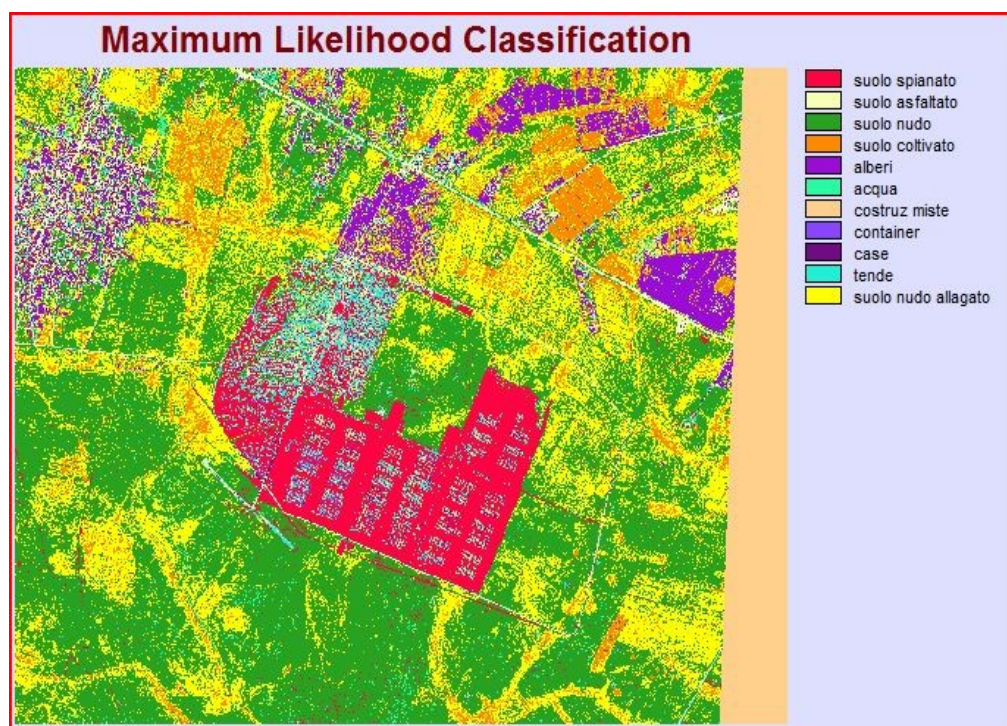


Figura 4.32 Classificazione pixel-based Immagine 2 (14 gennaio 2013)

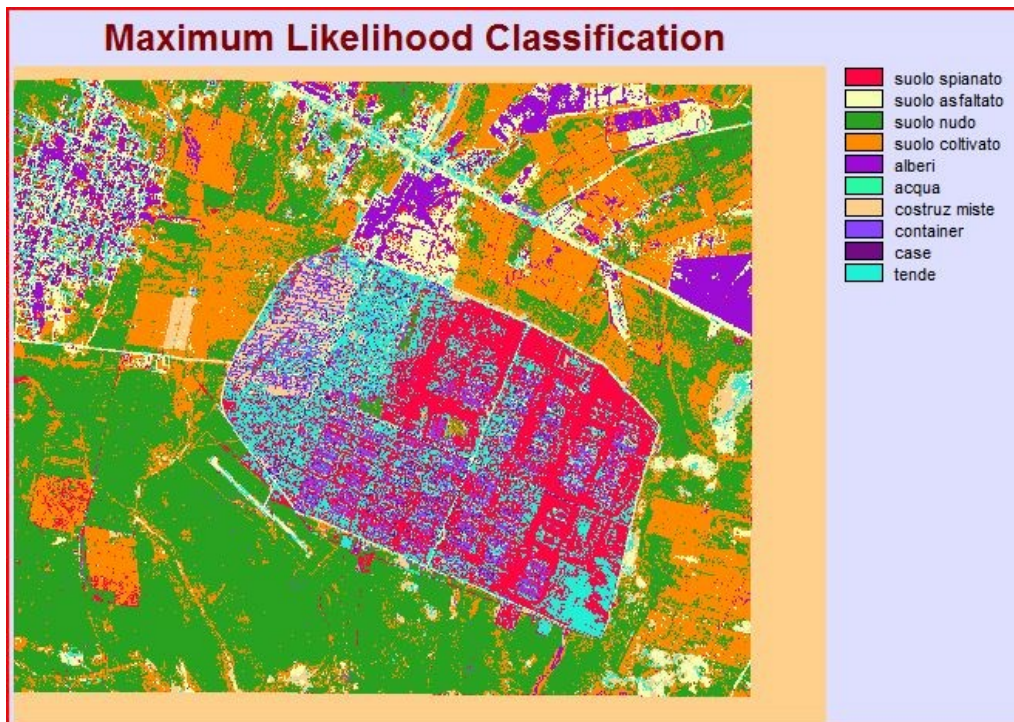


Figura 4.33 Classificazione pixel-based Immagine 3 (21 marzo 2013)

4.5.2 La validazione della classificazione

Per poter valutare se la classificazione delle immagini fosse attendibile si è proceduto alla fase di validazione attraverso l'utilizzo della matrice di confusione. L'accuratezza può essere definita solo se si hanno a disposizione dei punti di verità a terra. Non essendo disponibili dati affidabili verificati a terra si è fatto ricorso alla fotointerpretazione. Alla voce Accuracy Assessment selezionando SAMPLE si ha la possibilità di creare un grigliato regolare di punti con l'opzione Systematic.

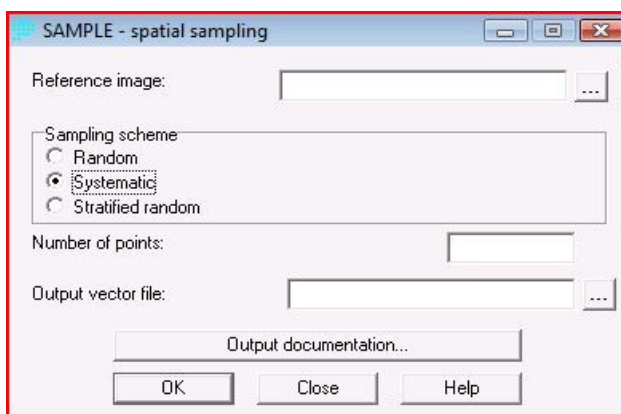


Figura 4.34 Operazione di campionamento per i punti di verità a terra in Idrisi

Tenendo il grigliato così prodotto come base, si sono andati a produrre tre file vettoriali, uno per ogni immagine, contenenti i punti di verità. Si è ritenuto opportuno che questi ultimi fossero come minimo 60 per ogni classe. Si è proceduto quindi a creare per le Immagini 1 e 3 un grigliato di 600 punti distanti mediamente tra loro 209 m mentre per l'Immagine 2 si è trattato di 660 punti con interdistanza media 195 m. Successivamente ciascun punto è stato manualmente assegnato ad una classe attraverso un controllo visivo sulle immagini in RGB. Quando per una classe non era raggiunto il valore minimo di punti di verità a terra, si è attuata una loro selezione manuale facendo attenzione che non si trovassero in corrispondenza dei training site utilizzati per la classificazione. I file vettoriali così ottenuti sono stati successivamente convertiti in formato raster attraverso il comando RASTERVECTOR. Alla voce Accuracy Assesment infine si è selezionato ERRMAT che permette la creazione della matrice di confusione.

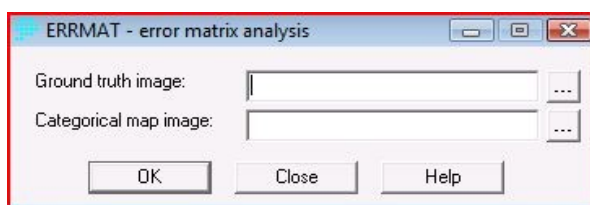


Figura 4.35 Operazione di lancio del calcolo della matrice di confusione in Idrisi

Per poter correttamente interpretare i risultati ottenuti dalle tre matrici di confusione si deve chiarire che:

- le colonne della matrice rappresentano i dati di verità a terra
- le righe della matrice rappresentano i dati della mappa classificata
- le celle della matrice contano il numero di osservazioni per ciascuna combinazione terra-mappa
- gli elementi diagonali rappresentano l'accordo tra terra e mappa
- gli errori di omissione (ErrO) rappresentano il rapporto tra l'errore in colonna e l'errore complessivo sulla stessa
- gli errori di commissione (ErrC) rappresentano il rapporto tra l'errore in riga e l'errore complessivo sulla stessa
- l'accuratezza complessiva della mappa rappresenta il rapporto tra il totale degli elementi sulla diagonale e quello dei dati a terra
- l'indice kappa deve essere maggiore di 0,75 perché la classificazione possa ritenersi buona.

Error Matrix Analysis of VERITÀTERRA600IMM1 (columns : truth) against IMM1CLASS28 (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	
1	53	0	3	0	0	0.1719
2	0	38	0	0	0	0.0952
3	1	0	286	8	0	0.0338
4	0	2	7	93	16	0.3060
5	0	2	0	22	91	0.2479
6	0	0	0	0	0	0.0000
7	2	1	0	0	0	0.2566
8	0	0	0	0	0	0.1897
9	0	6	0	0	0	0.1250
10	2	11	3	2	2	0.4444
Total	58	60	299	125	109	
ErrorO	0.0862	0.3667	0.0435	0.2560	0.1651	

	6	7	8	9	10	
1	0	0	0	2	6	0.1719
2	0	1	0	3	0	0.0952
3	1	0	0	0	0	0.0338
4	15	0	0	1	0	0.3060
5	3	0	0	3	0	0.2479
6	41	0	0	0	0	0.0000
7	0	84	14	3	9	0.2566
8	0	2	47	1	8	0.1897
9	0	0	0	42	0	0.1250
10	0	23	0	5	60	0.4444
Total	60	110	61	60	83	
ErrorO	0.3167	0.2364	0.2295	0.3000	0.2771	

	Total	ErrorC
1	64	0.1719
2	42	0.0952
3	296	0.0338
4	134	0.3060
5	121	0.2479
6	41	0.0000
7	113	0.2566
8	58	0.1897
9	48	0.1250
10	108	0.4444
Total	1025	
ErrorO		0.1854

Figura 4.36 Matrice di confusione Immagine 1

```

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)
-----
Using IMM1CLASS28 as the reference image ...

  Category      KIA
-----
  1             0.8178
  2             0.8988
  3             0.9523
  4             0.6515
  5             0.7226
  6             1.0000
  7             0.7125
  8             0.7983
  9             0.8672
 10            0.5164

VERITÀTERRA600IMM1

  Category      KIA
-----
  1             0.9081
  2             0.6177
  3             0.9389
  4             0.7055
  5             0.8128
  6             0.6701
  7             0.7344
  8             0.7567
  9             0.6853
 10            0.6903

Overall Kappa =          0.7826

```

Figura 4.37 Coefficienti kappa relativi ad ogni classe e coefficiente kappa complessivo della classificazione pixel-based Immagine 1

Error Matrix Analysis of VERITÀTERRA660IMM2 (columns : truth) against IMM2CLASS27 (rows : mapped)						
	1	2	3	4	5	
1	55	1	3	0	0	0.2029
2	0	44	0	0	2	0.3016
3	1	1	220	4	0	0.1406
4	0	0	1	43	1	0.3175
5	1	2	0	3	56	0.1250
6	0	0	1	0	0	0.0667
7	1	0	0	0	0	0.3407
8	0	0	0	0	0	0.1176
9	2	8	0	0	0	0.3016
10	4	3	1	0	1	0.3077
11	1	0	14	8	0	0.1842
Total	65	59	240	58	60	
ErrorO	0.1538	0.2542	0.0833	0.2586	0.0667	
	6	7	8	9	10	
1	0	4	0	1	4	0.2029
2	0	4	0	11	2	0.3016
3	14	0	0	0	1	0.1406
4	0	0	0	0	0	0.3175
5	1	0	0	0	0	0.1250
6	42	0	0	0	0	0.0667
7	0	60	7	9	13	0.3407
8	0	1	45	1	4	0.1176
9	0	2	1	44	6	0.3016
10	0	22	6	3	90	0.3077
11	5	0	0	0	0	0.1842
Total	62	93	59	69	120	
ErrorO	0.3226	0.3548	0.2373	0.3623	0.2500	
	11	Total	ErrorC			
1	1	69	0.2029			
2	0	63	0.3016			
3	15	256	0.1406			
4	18	63	0.3175			
5	1	64	0.1250			
6	2	45	0.0667			
7	1	91	0.3407			
8	0	51	0.1176			
9	0	63	0.3016			
10	0	130	0.3077			
11	124	152	0.1842			
Total	162	1047				
ErrorO	0.2346		0.2139			

Figura 4.38 Matrice di confusione Immagine 2

```

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)
-----
Using IMM2CLASS27 as the reference image ...

  Category      KIA
-----
      1      0.7837
      2      0.6804
      3      0.8176
      4      0.6639
      5      0.8674
      6      0.9291
      7      0.6261
      8      0.8753
      9      0.6771
     10      0.6525
     11      0.7821

VERITÀTERRA660IMM2

  Category      KIA
-----
      1      0.8353
      2      0.7295
      3      0.8897
      4      0.7248
      5      0.9290
      6      0.6629
      7      0.6114
      8      0.7506
      9      0.6145
     10      0.7146
     11      0.7256

Overall Kappa =      0.7558

```

Figura 4.39 Coefficienti kappa relativi ad ogni classe e coefficiente kappa complessivo della classificazione pixel-based Immagine 2

Error Matrix Analysis of VERITÀTERRA600IMM3 (columns : truth) against IMM3CLASS26 (rows : mapped)						
	1	2	3	4	5	
1	53	1	1	3	0	0.2206
2	0	73	4	6	5	0.3113
3	0	0	157	10	0	0.0599
4	0	0	11	102	0	0.0973
5	0	1	0	1	55	0.0351
6	0	0	0	1	0	0.0351
7	1	0	4	6	0	0.2429
8	2	0	0	0	0	0.1270
9	0	5	0	0	0	0.2742
10	16	7	2	2	0	0.3265
Total	72	87	179	131	60	
ErrorO	0.2639	0.1609	0.1229	0.2214	0.0833	
	6	7	8	9	10	
1	0	0	3	0	7	0.2206
2	6	0	0	7	5	0.3113
3	0	0	0	0	0	0.0599
4	0	0	0	0	0	0.0973
5	0	0	0	0	0	0.0351
6	55	1	0	0	0	0.0351
7	0	53	2	2	2	0.2429
8	0	2	55	3	1	0.1270
9	0	2	1	45	9	0.2742
10	1	1	0	3	66	0.3265
Total	62	59	61	60	90	
ErrorO	0.1129	0.1017	0.0984	0.2500	0.2667	
	Total	ErrorC				
1	68	0.2206				
2	106	0.3113				
3	167	0.0599				
4	113	0.0973				
5	57	0.0351				
6	57	0.0351				
7	70	0.2429				
8	63	0.1270				
9	62	0.2742				
10	98	0.3265				
Total	861					
ErrorO		0.1707				

Figura 4.40 Matrice di confusione Immagine 3

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using IMM3CLASS26 as the reference image ...

Category	KIA
1	0.7593
2	0.6537
3	0.9244
4	0.8852
5	0.9623
6	0.9622
7	0.7393
8	0.8633
9	0.7053
10	0.6354

VERITÀTERRA600IMM3

Category	KIA
1	0.7135
2	0.8165
3	0.8475
4	0.7452
5	0.9108
6	0.8791
7	0.8893
8	0.8939
9	0.7306
10	0.6991

Overall Kappa = 0.8068

Figura 4.41 Coefficienti kappa relativi ad ogni classe e coefficiente kappa complessivo della classificazione pixel-based Immagine 3

E' opportuno a questo punto effettuare alcune considerazioni riguardo ai risultati ottenuti, sia in termini assoluti che nei riguardi delle attribuzioni alle singole classi. 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. L'Immagine 2 presenta un risultato accettabile anche se non allo stesso livello delle altre due. La classe che ha creato maggiori problemi è stata l'undicesima in quanto si ha avuto un significativo numero di punti classificati come suolo nudo o coltivato quando nella realtà essi avrebbero dovuto fare parte delle zone di suolo allagato. Confrontando le classificazioni delle immagini WordView-2 si può vedere come per entrambe si abbiano gli errori maggiori per due categorie di elementi: i tipi di suolo e di costruzioni nel campo. Considerando l'Immagine 1 si possono analizzare a questo proposito la classe del suolo coltivato (4) e quella delle costruzioni miste (7). Dal grafico

che segue si presenta la situazione della prima.

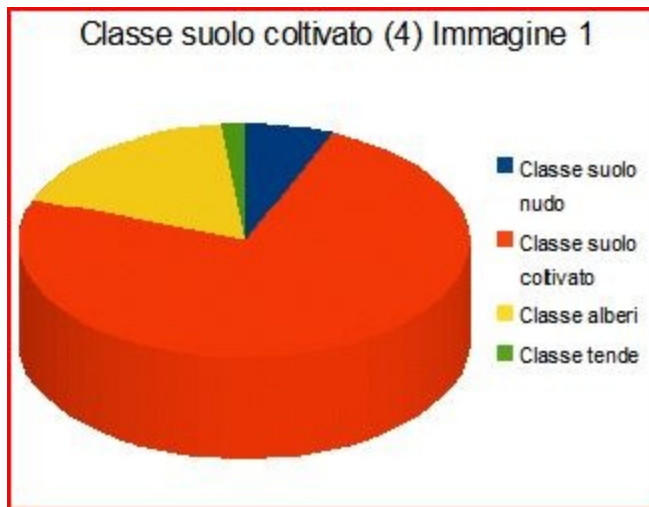


Grafico 4.1 Diagramma a torta rappresentante le percentuali di punti classificati come suolo coltivato nell'Immagine 1

Si può verificare come il 68% dei punti che non sono correttamente classificati come suolo coltivato (4) vengono identificati come alberi (5). Ciò può essere giustificato andando a valutare il seguente grafico dove sono riportate le firme spettrali medie nelle bande del visibile delle due classi e i valori massimi e minimi. Si nota come benché le prime siano distinte tra loro, i range di valori possibili per le due classi si intersecano.

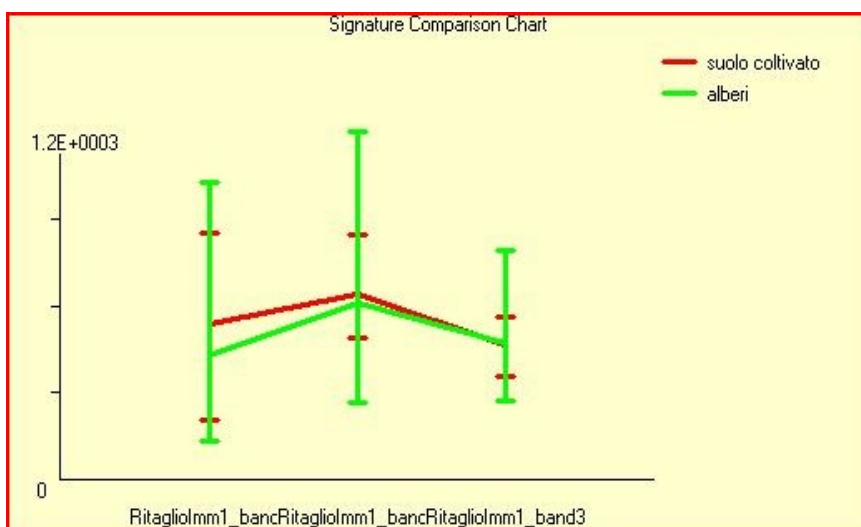


Grafico 4.2 Firme spettrali medie, valori massimi e minimi delle classi suolo coltivato, alberi nell'Immagine 1

Si analizza, a titolo d'esempio, la situazione in un punto che pone questo problema denominato Punto1Imm1.



Figura 4.42 Localizzazione Punto1Imm1 sull'Immagine 1 in RGB

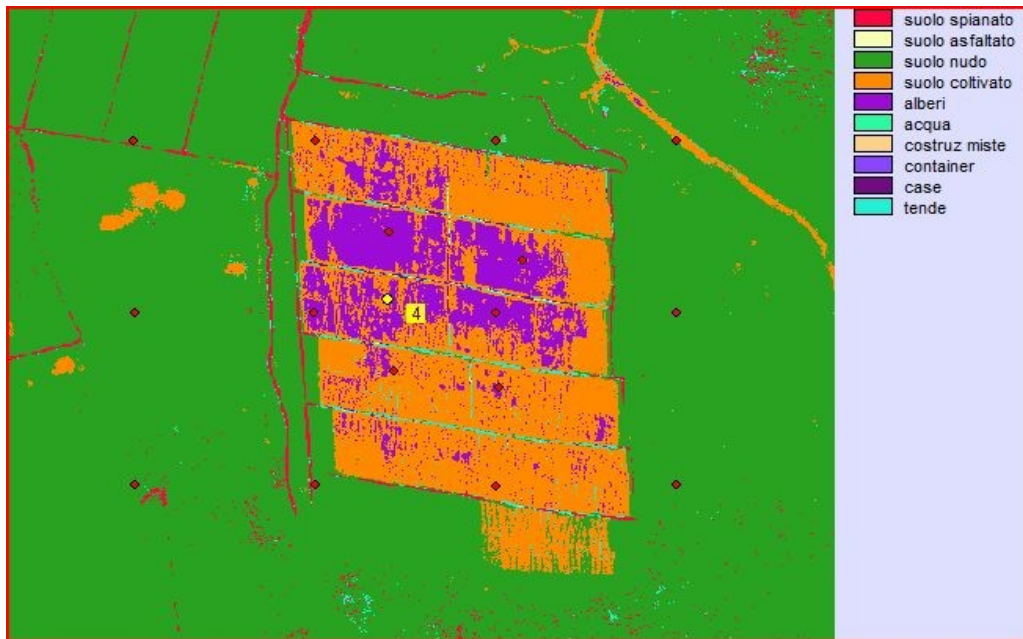


Figura 4.43 Localizzazione Punto1Imm1 sull'Immagine 1 classificata

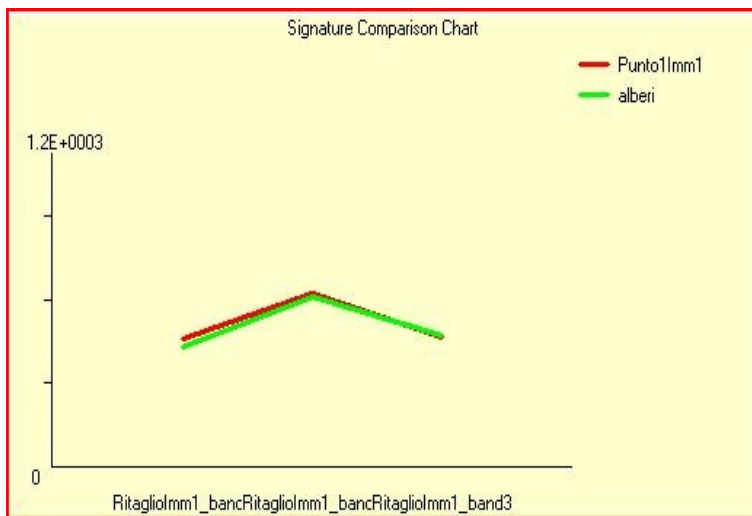


Grafico 4.3 Firme spettrali della classe alberi e nel Punto1Imm1

Si vede come la sovrapposizione tra la firma spettrale nel punto in questione, che dovrebbe essere classificato come suolo coltivato, e quella media degli alberi sia quasi completa.

Per quanto riguarda la situazione delle costruzioni all'interno del campo si

hanno le maggiori criticità nella classe delle costruzioni miste. Come si nota dal grafico, l'88% dei casi in cui non si ha la corretta classificazione è dovuto all'attribuzione dei punti alla classe tende (10).

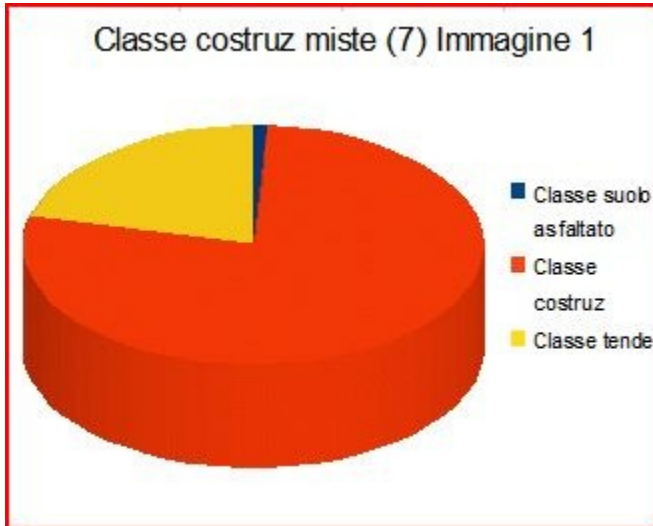


Grafico 4.4 Diagramma a torta rappresentante le percentuali di punti classificati come costruzioni miste nell'Immagine 1

Si riporta a titolo d'esempio il caso di un punto denominato Punto2Imm1 che presenta questo problema: nella realtà appartiene alle costruzioni miste ma è stato classificato come tende.



Figura 4.44 Localizzazione Punto2Imm1 sull'Immagine 1 in RGB

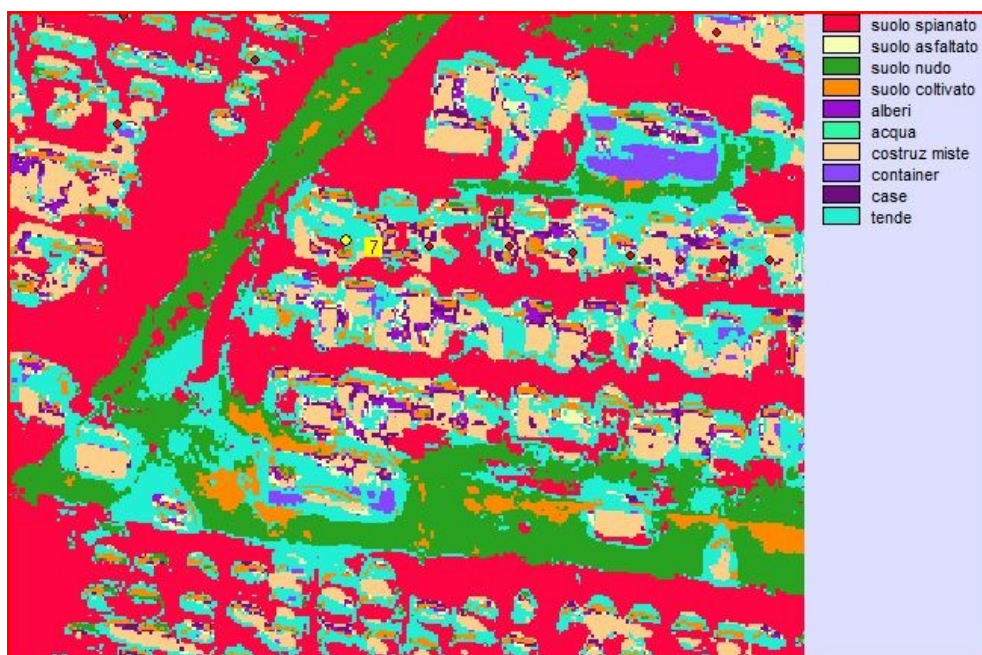


Figura 4.45 Localizzazione Punto2Imm1 sull'Immagine 1 classificata

Si vede come nel punto in esame vi sia una completa sovrapposizione tra la firma spettrale locale e quella media della classe tende, e non quella della classe

costruzioni miste.

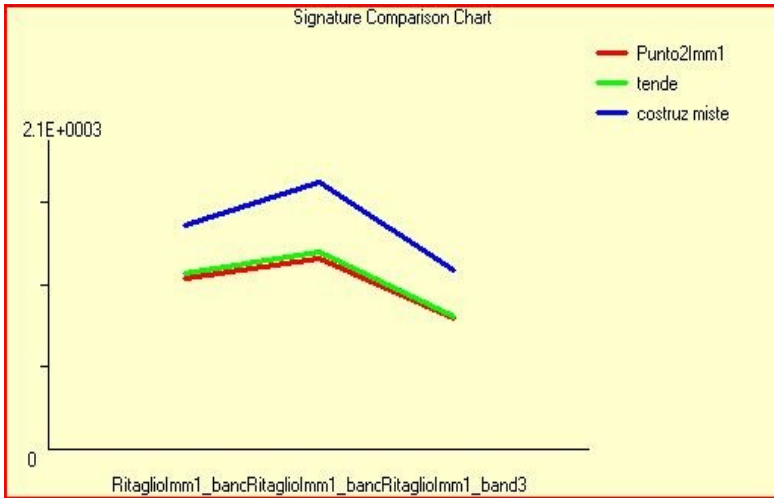


Grafico 4.5 Firme spettrali delle classi tende e costruzioni miste e nel Punto2Imm1

Analizzando l'Immagine 2 si considerano la classe del suolo nudo allagato (11) e quella delle costruzioni miste (7). Per quanto riguarda la prima si può notare come il 39% dei punti non correttamente classificati sia attribuito alla classe suolo nudo (3) e il 47% alla classe suolo coltivato (4).

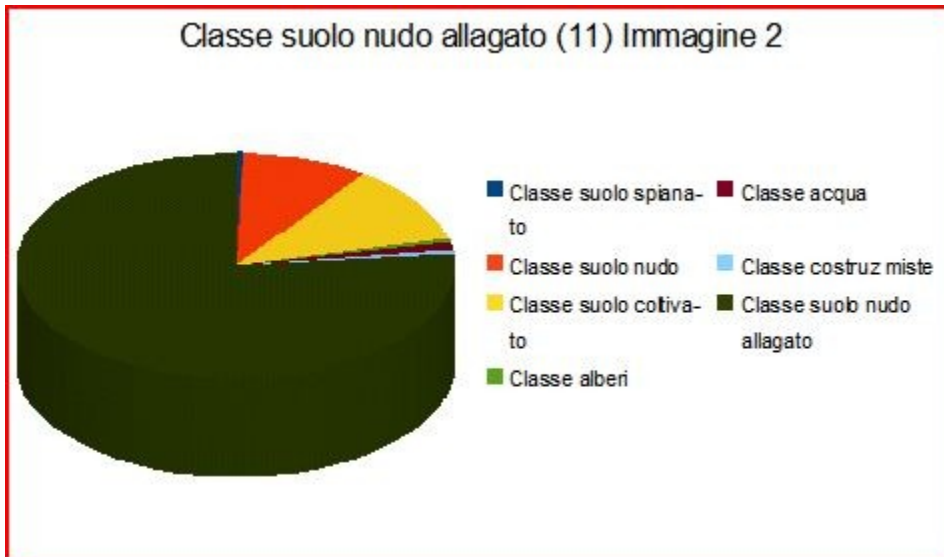


Grafico 4.5 Diagramma a torta rappresentante le percentuali di punti classificati come suolo nudo allagato nell'Immagine 2

Analogamente a quanto visto precedentemente si constata come le firme spettrali medie di queste tre classi siano distinte ma i range di valori si intersechino tra loro.

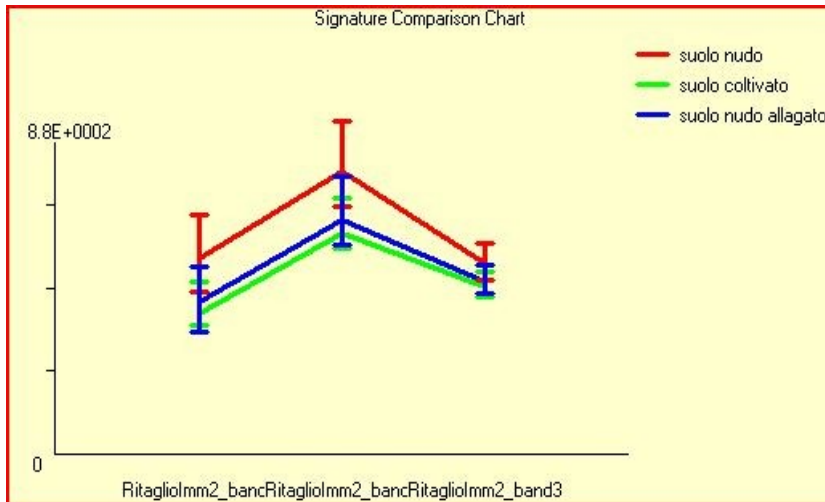


Grafico 4.6 Firme spettrali medie, valori massimi e minimi delle classi suolo nudo, suolo coltivato, suolo nudo allagato nell'Immagine 2

L'altra classe che ha presentato criticità è stata quella delle costruzioni miste dove il 66% dei punti non correttamente classificati è identificato come tende.

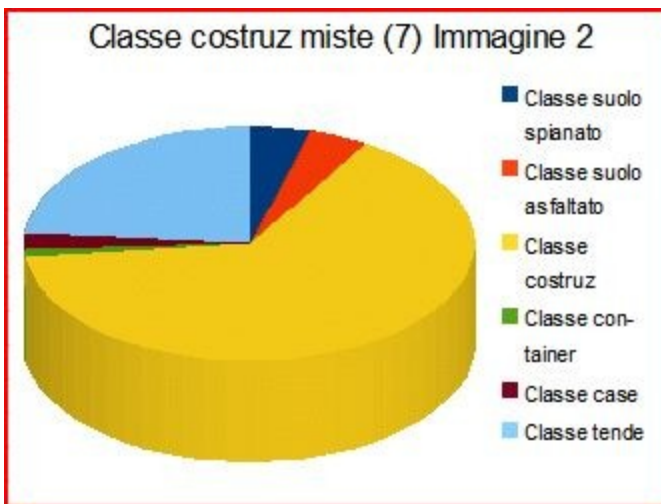


Grafico 4.7 Diagramma a torta rappresentante le percentuali di punti classificati come costruzioni miste nell'Immagine 2

Ora si considera la situazione del punto denominato Punto3Imm2 che nella realtà dovrebbe appartenere alle costruzioni miste ma è stato classificato come tende.



Figura 4.46 Localizzazione Punto3Imm2 sull'Immagine 2 in RGB

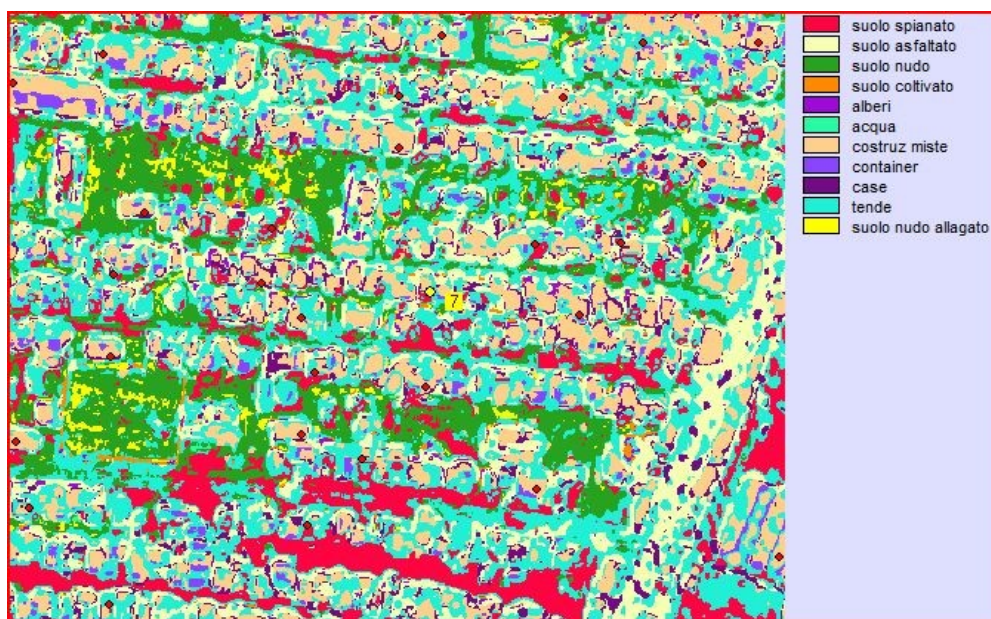


Figura 4.47 Localizzazione Punto3Imm2 sull'Immagine 2 classificata

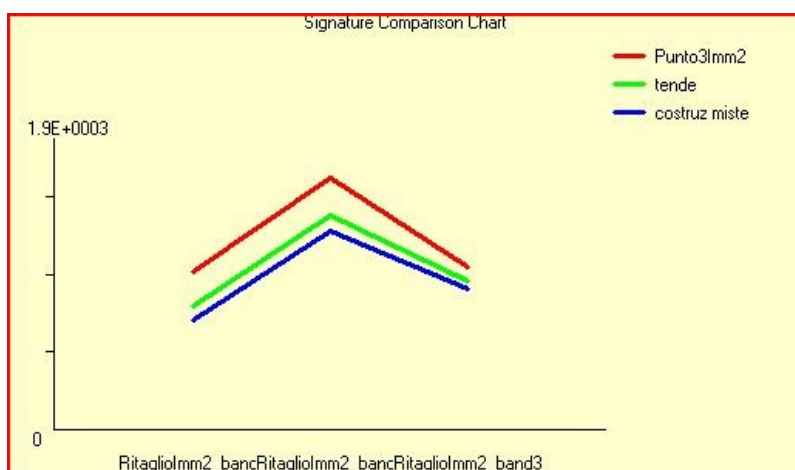


Grafico 4.8 Firme spettrali delle classi tende e costruzioni miste e nel Punto3Imm2

E' interessante confrontare il grafico soprastante con quello riportato per l'Immagine 1. In questo secondo caso le firme spettrali medie delle due classi in questione, costruzioni miste e tende, sono molto più ravvicinate tra loro rispetto al primo basti guardare l'ordine di grandezza dell'asse delle ordinate. Il punto Punto3Imm2 ha una firma spettrale molto distante rispetto a quella media della classe a cui è stato attribuito. Ciò non è un caso sporadico in quanto è stata fatta una verifica anche negli altri punti fonte di errore. Una possibile spiegazione di questo comportamento risiede nel fatto nell'Immagine 2 la classe costruzioni miste è maggiormente eterogenea rispetto a quella definita nella Immagine 1. Ciò è dovuto al fatto che in corrispondenza della data di acquisizione si è rilevata un'ondata di maltempo con piogge, neve e temperature sotto zero. I rifugiati si sono dovuti attrezzare quindi con quanto avevano a disposizione e fornito dall'UNHCR per poter sopperire il più possibile a queste condizioni avverse. Gli elementi utilizzati come teloni di plastica, tranci di lamiera, tappeti ecc creano una firma spettrale che si differenzia parecchio a livello locale rispetto alla media della classe di costruzioni miste come si può vedere dal grafico riportato in seguito.

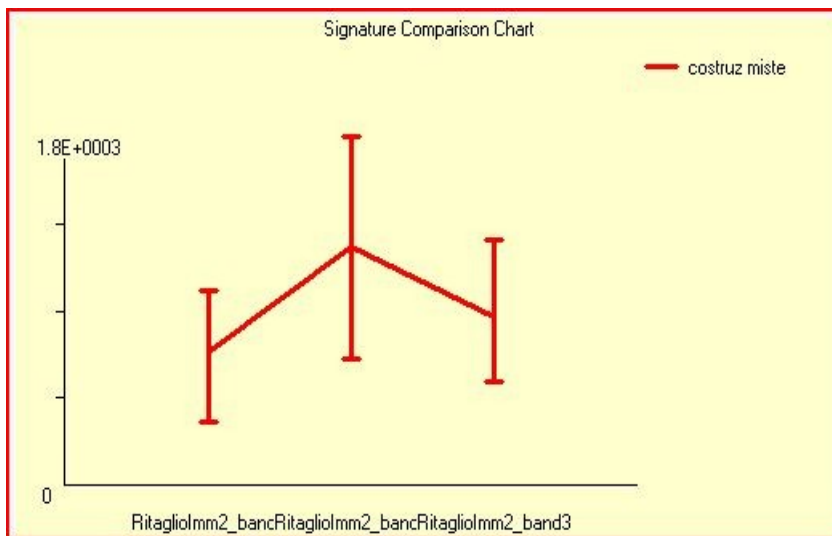


Grafico 4.9 Firma spettrale media, valori massimi e minimi della classe costruzioni miste nell'Immagine 2

Nel caso dell'Immagine 3, invece la classe che hanno creato maggiori problemi, anche se di entità minore rispetto a quelli delle due immagini precedenti, è stata quella del suolo spianato (1). In particolare l'84% dell'errore è dovuto alla classificazione di punti che nella realtà sono di suolo spianato in tende (10).

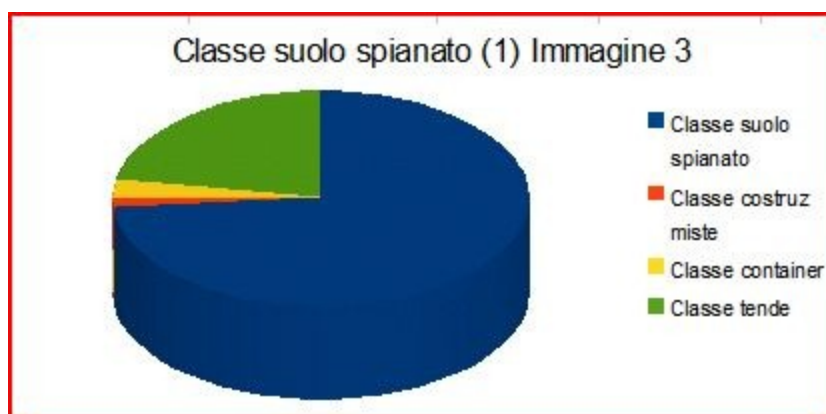


Grafico 4.10 Diagramma a torta rappresentante le percentuali di punti classificati come suolo spianato nell'Immagine 3

Si riporta in seguito l'andamento delle firma spettrale media delle due classi e i range osservando che essi si intersecano.

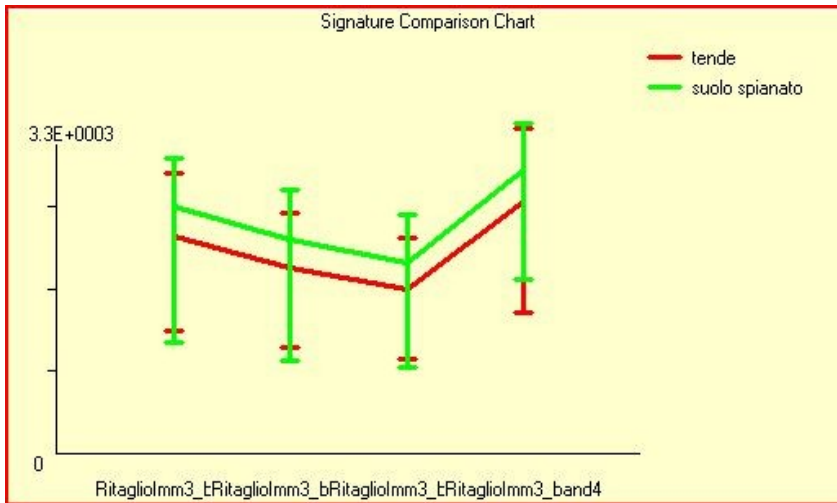


Grafico 4.11 Firme spettrali medie, valori massimi e minimi delle classi tende e suolo spianato nell'Immagine 3

Il punto denominato Punto1Imm3 è stato classificato come tende ma nella realtà appartiene al suolo spianato.



Figura 4.48 Localizzazione Punto1Imm3 sull'Immagine 3 in RGB

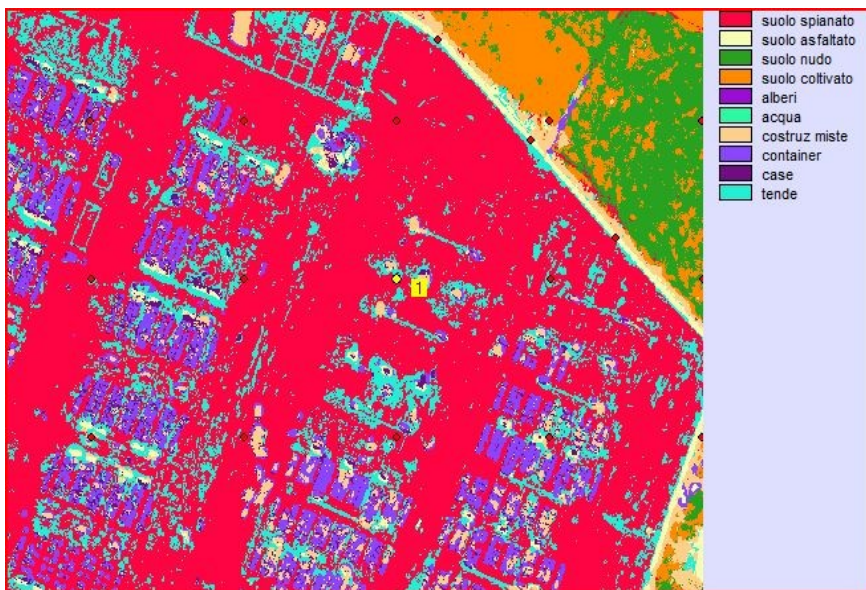


Figura 4.49 Localizzazione Punto1Imm3 sull'Immagine 3 classificata

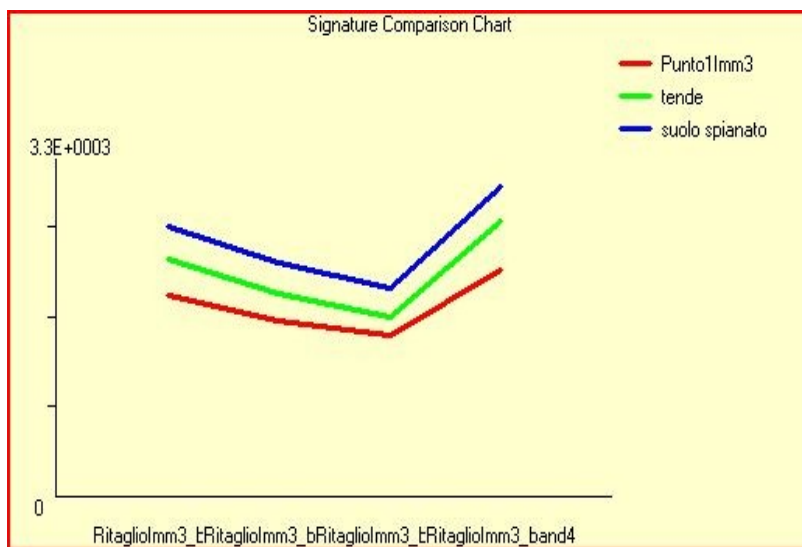


Grafico 4.12 Firme spettrali delle classi tende e suolo spianato e nel Punto1Imm3

Si può constatare, andando ad osservare anche la collocazione degli altri punti fonte di errore, che essi si trovano sì sul suolo spianato ma in prossimità dei container. Si deduce che in questo particolare punto la firma spettrale locale sia

maggiormente simile a quella media della classe tende piuttosto che a quella del suolo spianato.

L'analisi effettuata con classificazione pixel-based ha riportato risultati nel complesso buoni, tuttavia i maggiori errori si sono riscontrati proprio nell'identificazione delle strutture all'interno del campo. Da questa considerazione è nata l'idea di effettuare anche una classificazione object-based (v. paragrafo 4.6) per valutare se tenendo conto di altri aspetti come geometria, tessitura, relazioni geo-spaziali si ottengano risultati migliori. Tale analisi è stata circoscritta all'area occupata dal campo.

4.5.3 La Change Detection

Per verificare quali sono stati i cambiamenti intervenuti nel tempo, e dunque cercare di documentare in maniera oggettiva l'espansione del campo sia in termini geometrici che di persone coinvolte, si è effettuata un'analisi di Change Detection a partire dai risultati sopra esposti, e cioè delle mappe tematiche ottenute dalla classificazione. Si deve specificare, per prima cosa, che lo studio è stato svolto considerando un subset delle tre mappe tematiche. Si è infatti ricavata una finestra comune di 10160 colonne per 7600 righe avente come centro il campo di rifugiati poiché si vogliono studiare i cambiamenti nel tempo all'interno di esso e nelle sue vicinanze.



Figura 4.50 Immagine 1 ritagliata in RGB



Figura 4.51 Immagine 2 ritagliata in RGB



Figura 4.52 Immagine 3 ritagliata in RGB

Il passo successivo è stato selezionare le classi interessanti per uno studio di Change Detection. Tra la condizione iniziale (Immagine 1) e la finale (Immagine 3) si è optato per valutare il cambiamento globale di tutte le classi. Nelle condizioni intermedie (Immagine 1-Immagine 2 ed Immagine 2-Immagine 3) si sono scelte invece solo quattro classi da studiare: suolo spianato, costruzioni miste, container e tende. L'analisi di Change Detection in Idrisi è possibile selezionando l'opzione Land Change Modeler: ES dal comando Environmental/Simulation Models.

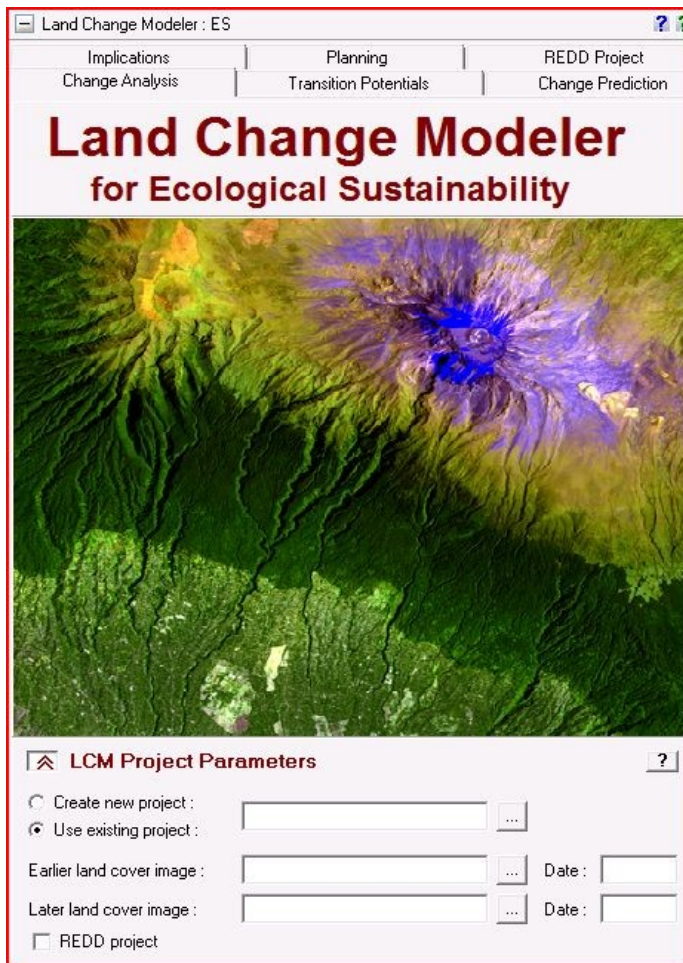


Figura 4.53 Schermata iniziale del modulo Land Change Modeler in Idrisi

Dopo aver indicato il nome del progetto e le due mappe tematiche da confrontare, le opzioni per poterle studiare sono tra: Change Analysis, Change Maps e Spatial trend of change. Di queste verranno utilizzate, nel presente lavoro, solo le prime due. La Change Analysis produce tre grafici riguardo ai cambiamenti di copertura del suolo tra le mappe selezionate. Il primo di essi (Gains and losses by category) mostra un assetto a livello qualitativo attraverso la rappresentazione delle acquisizioni e delle perdite in ciascuna classe. Deve essere esplicitata l'unità di misura che nel caso in esame è chilometri quadrati. Il secondo grafico (Net change by category) mostra i risultati sempre qualitativi del sottrarre le perdite o aggiungere le acquisizioni alle classi della prima

immagine che è considerata come base. Il terzo grafico (Contributors to net change experienced by) esamina il contributo ai diversi cambiamenti di una categoria singola esplicitata dall'utente. Di questa sezione si è utilizzato il grafico Gains and losses by category poiché interessante per avere un inquadramento generale del cambiamento che si è verificato. La Change Maps invece offre la possibilità di creare una vasta gamma di mappe tra cui quelle di persistenza, acquisizione e perdita, di transizione e di cambiamento. In questo contesto è stata utilizzata l'opzione denominata Map changes.

Change Detection Immagine 1 ritagliata-Immagine 3 ritagliata

Si è effettuata un'analisi riguardante tutte e dieci le classi a disposizione. Prima di presentare i risultati ottenuti dal modulo di Change Detection, si riportano le aree (km²) competenti a ciascuna classe nelle due mappe.

Category	Square kilometers	Legend
1	2.0858950	suolo spianato
2	0.1709063	suolo asfaltato
3	13.3576448	suolo nudo
4	1.5214610	suolo coltivato
5	0.7094768	alberi
6	0.0003050	acqua
7	0.3238515	costruz miste
8	0.0749658	container
9	0.1901485	case
10	0.8693455	tende

Figura 4.54 Aree (km²) di ogni classe nell'Immagine 1 ritagliata classificata

Category	Square kilometers	Legend
1	2.7670663	suolo spianato
2	1.3696250	suolo asfaltato
3	6.6230453	suolo nudo
4	4.2207525	suolo coltivato
5	0.6767288	alberi
6	0.0021160	acqua
7	0.7287488	costruz miste
8	0.6165285	container
9	0.3221580	case
10	1.9772310	tende

Figura 4.55 Aree (km²) di ogni classe nell'Immagine 3 ritagliata classificata

Il grafico qualitativo ottenuto da Gains and losses by category è di seguito

riportato.



Grafico 4.13 Gains and losses by category nella Change Detection Immagine 1 ritagliata- Immagine 3 ritagliata

Selezionando l'opzione Map changes viene prodotta la mappa dei cambiamenti tra le diverse classi. Per poter avere una quantificazione di questi ultimi è stata applicato il comando AREA del Database Query nell'ambito delle routine GIS Analysis.

Dalla moltitudine di dati a disposizione si estrapolano quelli che sono stati ritenuti maggiormente significativi. Essi riguardano la trasformazione subita dal suolo nudo tra le date in cui sono state rilevate le due immagini. Di seguito si è data una rappresentazione con diagramma a torta per meglio comprendere l'entità dei cambiamenti della classe suddetta in altre tra il 12 dicembre 2012 (data acquisizione Immagine 1) e il 21 marzo 2013 (data acquisizione Immagine 3).

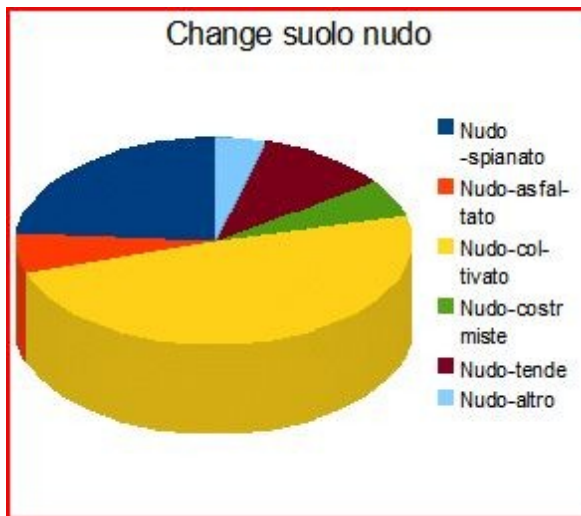


Grafico 4.14 Diagramma a torta rappresentante l'entità dei cambiamenti subiti dalla classe suolo nudo

Si è visto come la perdita complessiva di suolo nudo sia di 6,922 km². Di questi:

- 1,645 km² cambiamento da suolo nudo a suolo spianato

Questo dato è del tutto verosimile in quanto nella parte ad Est del campo si è assistito ad un'operazione di spianamento per dare spazio al suo ampliamento e quindi a nuove strutture, in particolare container e tende, che potessero ospitare i nuovi arrivati. Dando semplicemente uno sguardo alle due immagini RGB ritagliate 1 e 3 ci si può rendere conto a livello macroscopico di questo fenomeno.

- 3,375 km² cambiamento da 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 maggiormente prossime 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. Ciò trova conferma nelle descrizioni dell'Handbook. Le aree più distanti al campo, probabilmente di

proprietà di privati giordani residenti negli insediamenti limitrofi, sono divenute coltivate in seguito all'aumento della disponibilità di manodopera. Quest'ultima risiede nei profughi siriani che giornalmente escono dal campo per poter lavorare ad un salario notevolmente inferiore rispetto a quello richiesto dai locali. Tali zone non sono subito in prossimità del perimetro del campo per questioni di sicurezza.

- 0,414 km² cambiamento da suolo nudo a costruzioni miste

Il valore numerico di questo cambiamento è frutto della somma di due contributi. Il primo risiede nella conversione di alcune zone del campo della parte vecchia, soprattutto in prossimità della linea di perimetro, che risultavano libere nell'Immagine 1 in costruzioni miste. Il secondo è dovuto ad un errore di classificazione nell'Immagine 3. Si nota che un appezzamento di terreno invece di essere stato classificato come suolo coltivato è rientrato nella classe costruzioni miste dando origine ad un processo non corretto di Change Detection. Si ritiene che il primo contributo comunque sia predominante rispetto al secondo.

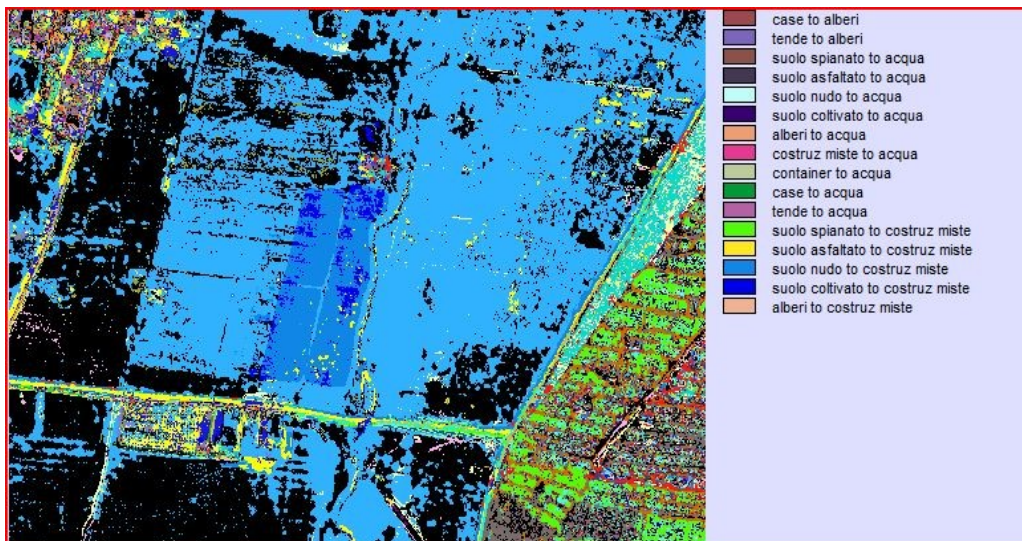


Figura 4.56 Localizzazione dell'appezzamento di terreno mal classificato nella mappa di Change Detection Immagine 1 ritagliata-Immagine 3 ritagliata

- 0,762 km² cambiamento da suolo nudo a tende

Questo cambiamento risiede prettamente nella parte di nuovo allestimento del campo. Le tende si sono impiantate soprattutto nelle zone limitrofe i container in prossimità delle vie asfaltate del campo. Ne è un esempio l'immagine riportata di seguito.



Figura 4.57 Situazione nell'Immagine 3 ritagliata in RGB

- 0,283 km² cambiamento da suolo nudo ad altro

In questo valore di cambiamento il contributo maggiore pari a 0,221 km² è dato dalla conversione del suolo nudo in container. Ciò è riscontrabile nella parte di ampliamento del campo ad Est dove sono state allestite nuove strutture per accogliere i rifugiati.

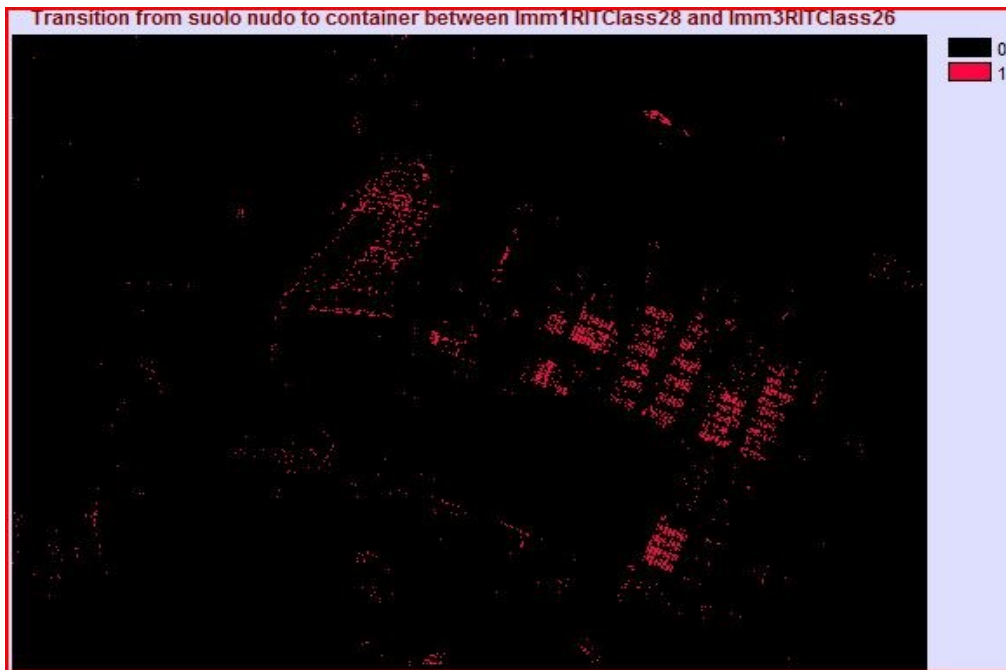


Figura 4.58 Change Detection Immagine 1 ritagliata- Immagine 3 ritagliata: passaggio dalla classe suolo nudo a quella container

Change Detection Immagine 1 ritagliata-Immagine 2 ritagliata

Per questa analisi di Change Detection vengono utilizzate solo le quattro classi: suolo spianato (1), costruzioni miste (2), container (3) e tende (4). Si riportano di seguito le due mappe da cui ha avuto origine lo studio.



Figura 4.59 Immagine 1 ritagliata in cui compaiono solo quattro classi

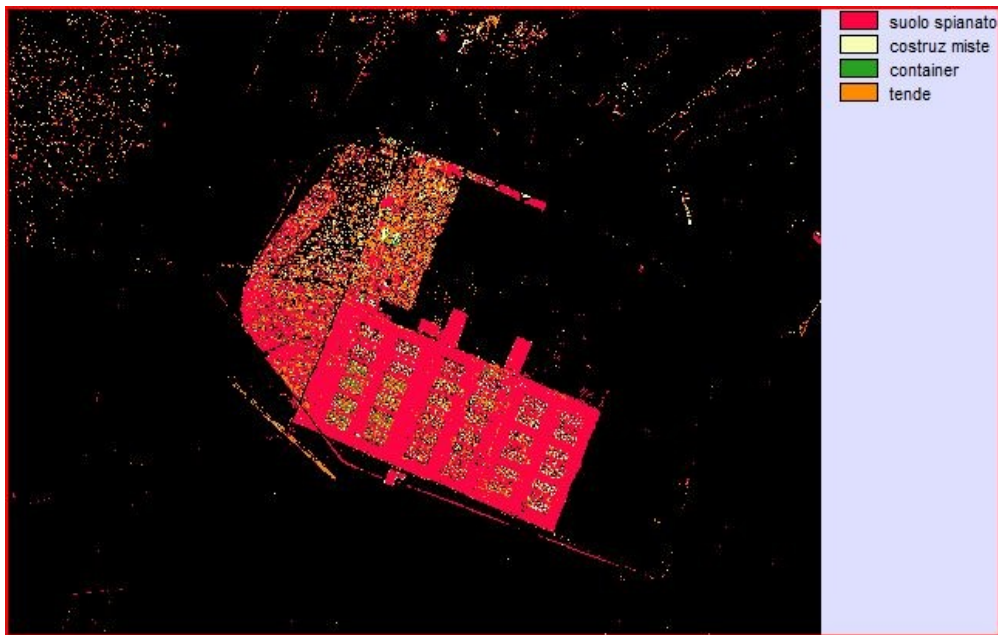


Figura 4.60 Immagine 2 ritagliata in cui compaiono solo quattro classi

Sono riportati i valori delle aree in km² competenti a ciascuna classe nelle due mappe.

Immagine 1 ritagliata	
2,0409995	Suolo spianato
0,3217143	Costruz miste
0,0741810	Container
0,8018575	Tende

Figura 4.61 Aree (km²) di ogni classe nell'Immagine 1 ritagliata classificata

Immagine 2 ritagliata	
2,1914428	Suolo spianato
0,2810128	Costruz miste
0,0565338	Container
0,6932090	Tende

Figura 4.62 Aree (km²) di ogni classe nell'Immagine 2 ritagliata classificata

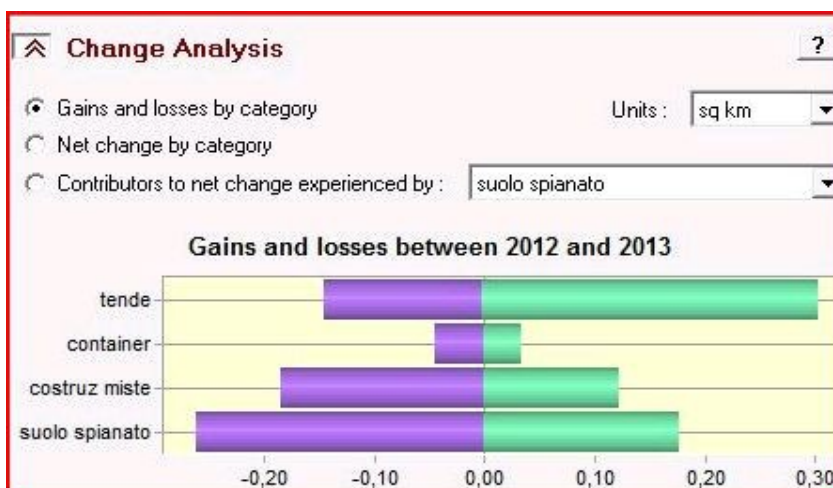


Grafico 4.15 Gains and losses by category nella Change Detection Immagine 1 ritagliata- Immagine 2 ritagliata

Selezionando l'opzione Map changes viene prodotta la mappa dei cambiamenti tra le diverse classi. Per poter avere una loro quantificazione è stato applicato il comando AREA.

Category	square Kilometers	Legend
0	18.6659870	
1	0.0765818	costruz miste to suolo spianato
2	0.0053740	container to suolo spianato
3	0.0945475	tende to suolo spianato
4	0.0580325	suolo spianato to costruz miste
5	0.0165093	container to costruz miste
6	0.0476648	tende to costruz miste
7	0.0148633	suolo spianato to container
8	0.0152580	costruz miste to container
9	0.0037313	tende to container
10	0.1895728	suolo spianato to tende
11	0.0924438	costruz miste to tende
12	0.0234343	container to tende

Figura 4.63 Aree (km²) della Change Detection Immagine 1 ritagliata- Immagine 2 ritagliata

Si può notare come i più importanti cambiamenti siano:

- 0,076 km² cambiamento da costruzioni miste a suolo spianato
- 0,094 km² cambiamento da tende a suolo spianato

Si è visto come questi due cambiamenti abbiano riguardato la parte più recente del campo. In particolare strutture identificate come miste o come tende nei corridoi e a ridosso dei container nell'Immagine 1 probabilmente erano di tipo provvisorio dato che nell'Immagine 2 non sono più presenti. Un esempio di ciò è fornito di seguito.



Figura 4.64 Situazione nell'Immagine 1 ritagliata in RGB



Figura 4.65 Situazione nell'Immagine 2 ritagliata in RGB

- 0,058 km² cambiamento da suolo spianato a costruzioni miste
- 0,189 km² cambiamento da suolo spianato a tende

Il secondo cambiamento tra i due appena citati è quello che assume un valore maggiormente significativo. La differenza sostanziale tra l'Immagine 1 e 2 risiede in un aumento considerevole del numero di tende a discapito del suolo spianato sia nella parte meridionale dell'ala vecchia e sia nella zona più recente. Ciò viene mostrato nella mappa seguente.

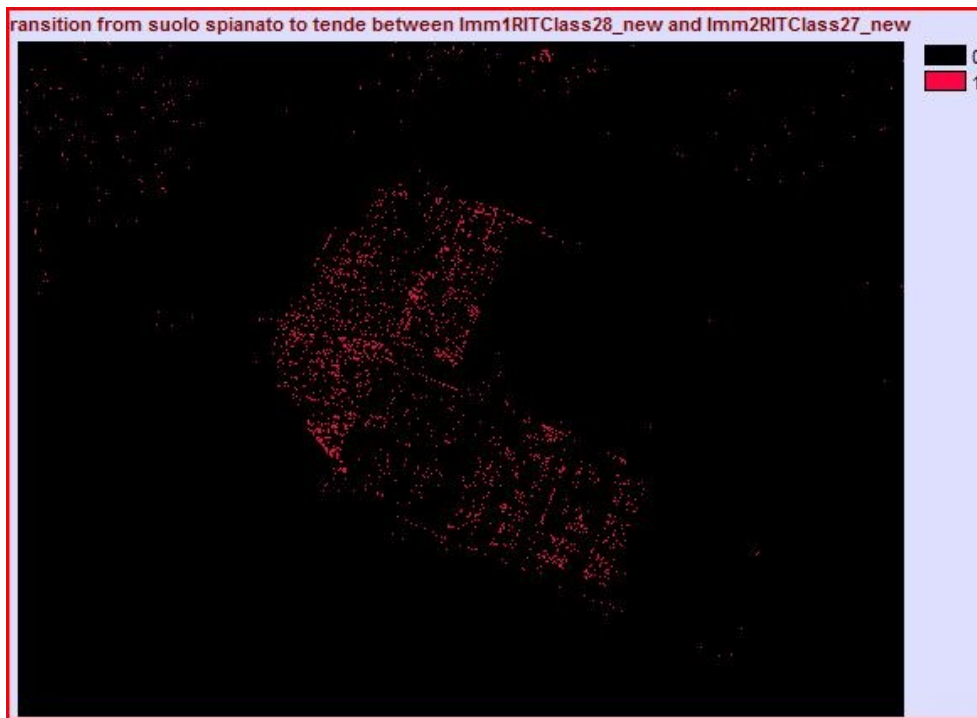


Figura 4.66 Change Detection Immagine 1 ritagliata- Immagine 2 ritagliata: passaggio dalla classe suolo spianato a quella tende

- 0,048 km² cambiamento da tende a costruzioni miste
- 0,092 km² cambiamento da costruzioni miste a tende

Tra le due date di acquisizione si è verificata un'evoluzione del campo e in particolare una tendenza alla conversione, nell'ala Est della parte vecchia, delle costruzioni miste in tende nuove. Si può dar prova di ciò con le seguenti due immagini. Nella prima alle tende sono ammassate costruzioni miste improvvisate evidentemente dai rifugiati. Nella seconda si ha un maggiore ordine con l'impianto di nuove tende.



Figura 4.67 Situazione nell'Immagine 1 ritagliata in RGB



Figura 4.68 Situazione nell'Immagine 2 ritagliata in RGB

Change Detection Immagine 2 ritagliata-Immagine 3 ritagliata

Anche per questa analisi di Change Detection vengono utilizzate le quattro classi: suolo spianato (1), costruzioni miste (2), container (3) e tende (4). Si riportano di seguito le due mappe di partenza.



Figura 4.69 Immagine 2 ritagliata in cui compaiono solo quattro classi

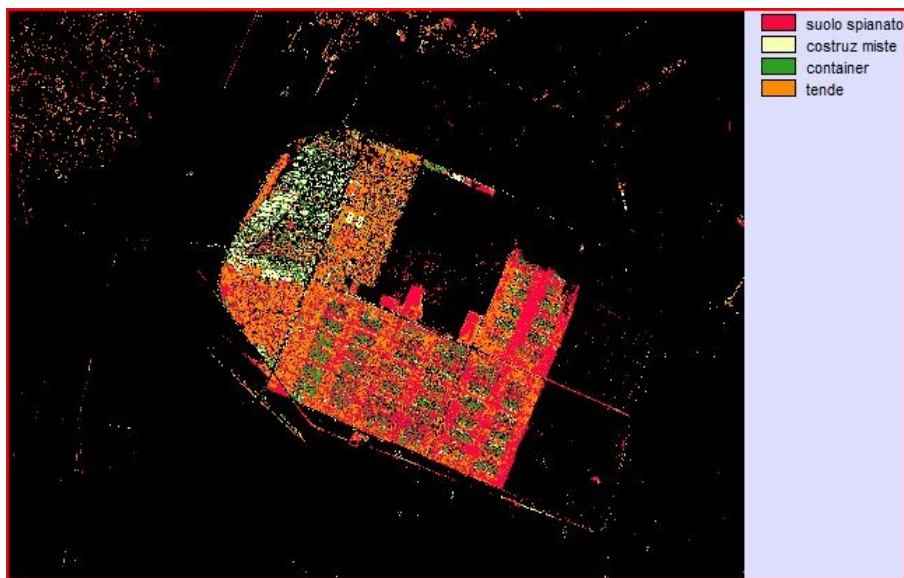


Figura 4.70 Immagine 3 ritagliata in cui compaiono solo quattro classi

In seguito si riportano le aree (km²) competenti a ciascuna classe nelle due mappe.

Immagine 2 ritagliata	
2,1914428	Suolo spianato
0,2810128	Costruz miste
0,0565338	Container
0,6932090	Tende

Figura 4.71 Aree (km²) di ogni classe dell'Immagine 2 ritagliata

Immagine 3 ritagliata	
2,2482118	Suolo spianato
0,6168483	Costruz miste
0,5647580	Container
1,7680580	Tende

Figura 4.72 Aree (km²) di ogni classe dell'Immagine 3 ritagliata

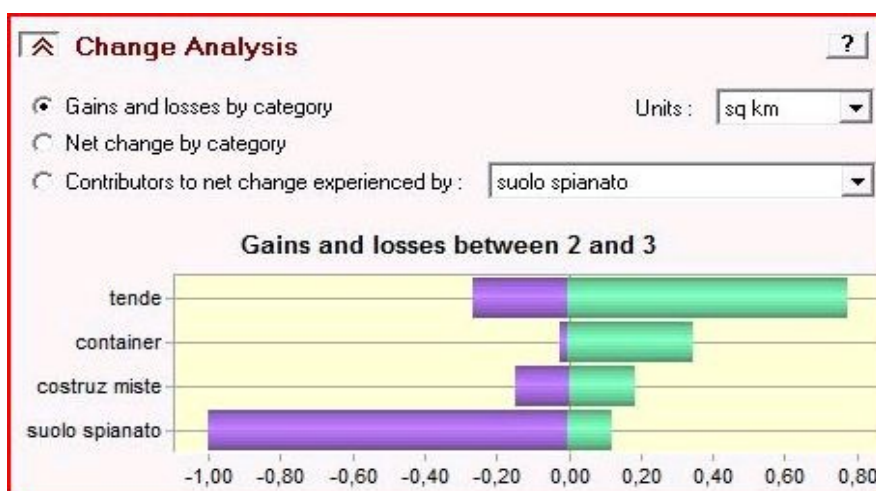


Grafico 4.16 Gains and losses by category nella Change Detection Immagine 2 ritagliata-Immagine 3 ritagliata

Selezionando l'opzione Map changes viene prodotta la mappa dei cambiamenti tra le diverse classi. Per poter avere una quantificazione dei questi ultimi è stata applicato il comando AREA.

Category	Square kilometers	Legend
0	17.8615715	
1	0.0301335	costruz miste to suolo spianato
2	0.0073010	container to suolo spianato
3	0.0898888	tende to suolo spianato
4	0.0921358	suolo spianato to costruz miste
5	0.0088473	container to costruz miste
6	0.0812965	tende to costruz miste
7	0.1940585	suolo spianato to container
8	0.0620998	costruz miste to container
9	0.0946853	tende to container
10	0.7164300	suolo spianato to tende
11	0.0549885	costruz miste to tende
12	0.0105638	container to tende

Figura 4.73 Aree (km²) della Change Detection Immagine 2 ritagliata-Immagine 3 ritagliata

Si può notare come rispetto al caso precedente di Change Detection tra Immagine 1 e 2, l'entità dei cambiamenti in chilometri quadrati sia maggiore.

- 0,092 km² cambiamento da suolo spianato a costruzioni miste
- 0,194 km² cambiamento da suolo spianato a container
- 0,716 km² cambiamento da suolo spianato a tende.

Ruolo fondamentale ha la conversione del suolo spianato in tende, costruzioni miste e container cioè nelle strutture che dovranno accogliere i nuovi rifugiati. Se si considera questo aspetto e lo si mette in relazione con i risultati della Change Detection Immagine 1 e 3, si può capire come il suolo nudo si trasformi in suolo spianato ma che quest'ultimo a sua volta venga poi adibito alle costruzioni.

Se si vanno a sommare i contributi delle ultime due Change Detection per il suolo spianato e li si confronta con i risultati ottenuti per il suolo nudo nella prima Change Detection, si ottiene la seguente tabella.

Suolo spianato->costruz miste	Suolo spianato->container	Suolo spianato->tende
0,150	0,209	0,906
Suolo nudo->costruz miste	Suolo nudo->container	Suolo nudo->tende
0,414	0,221	0,762

Figura 4.74 Confronto delle Change Detection di suolo spianato e suolo nudo

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 hanno una logica o non sono regolate da particolari operazioni di predisposizione del suolo coordinate. Il passaggio da suolo nudo a container 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 dell'UNHCR e pertanto sono preceduti da azioni preparatorie del suolo su cui andranno posizionati.

4.6 La classificazione object-based

4.6.1 Le fasi della classificazione object-based

La classificazione object-based viene utilizzata in questo caso per cercare di descrivere meglio la complessità spettrale dei materiali che costituiscono gli elementi del campo, in particolare modo le classi delle costruzioni miste e delle 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. Ciò implica lo sviluppo del metodo di segmentazione object oriented che incorpora sia l'informazione spettrale che quella spaziale. Gli oggetti omogenei creati in questo modo sono poi analizzati utilizzando gli algoritmi tradizionali di classificazione (ad esempio minima distanza o massima verosimiglianza) o approcci basati sulla conoscenza da parte dell'utilizzatore o la logica di classificazione fuzzy. In questo modo viene garantita flessibilità ma al tempo stesso robustezza. La classificazione object-based con 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 classificazione object-based è

sviluppata da Idrisi attraverso tre step.

- Segmentazione (SEGMENTATION)

Viene effettuato il processo di segmentazione basato sulla similarità spettrale dei pixel adiacenti.

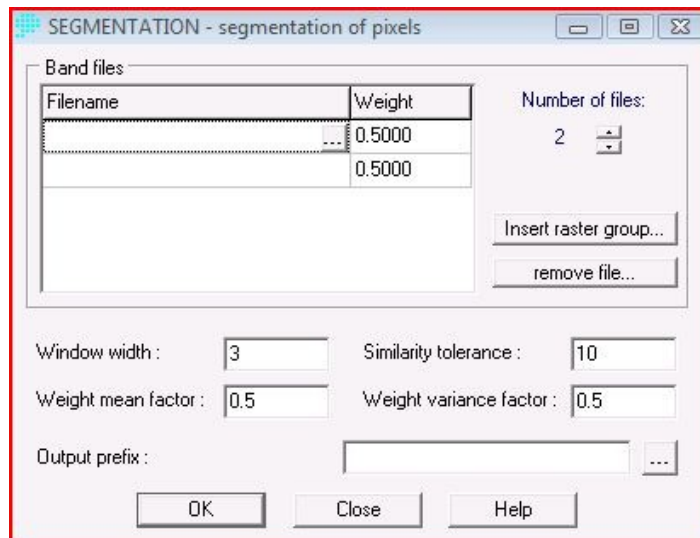


Figura 4.75 Processo di segmentazione in Idrisi

Oltre alle bande da processare, devono essere definiti la larghezza della finestra, il peso dei fattori media e varianza e la tolleranza di similarità. Le prime tre vengono lasciate con i valori di default che compaiono nella schermata sovrastante mentre l'ultima è stata diversificata a seconda dell'immagine con cui si aveva a che fare. In particolare per le Immagini 1 e 2, essa è stata presa pari a 10 mentre per l'Immagine 3 pari a 30. Ciò è stato necessario sia a livello computazionale sia per potere effettuare una corretta interpretazione avendo una frammentazione delle immagini accettabile.

- Addestramento (SEGTRAIN)

Tale processo permette all'utente di selezionare per ogni classe i segmenti di addestramento.

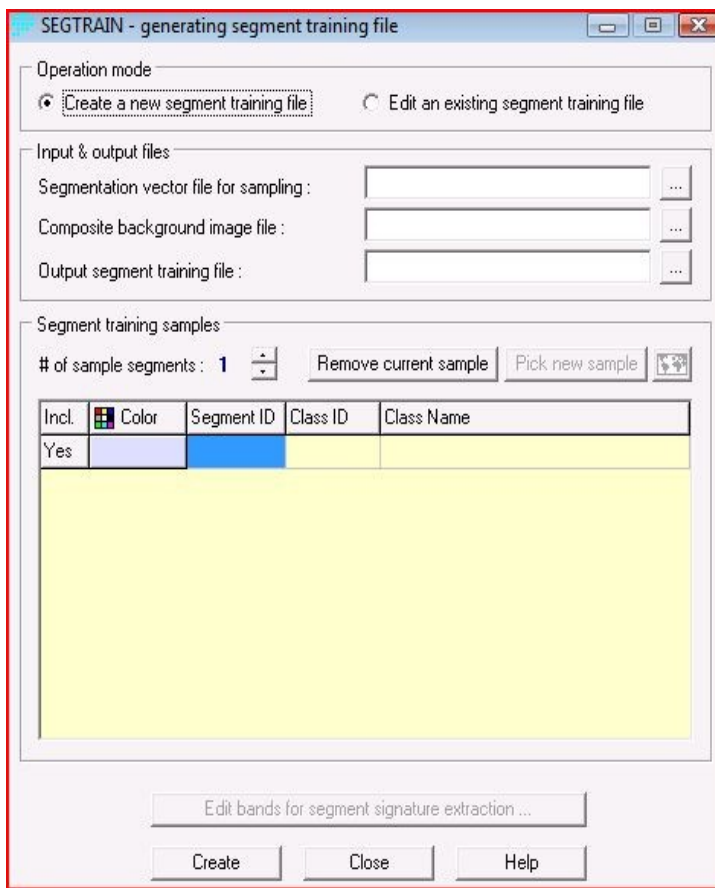


Figura 4.76 Processo di addestramento dei segmenti in Idrisi

In input sono necessari il file di segmentazione e l'immagine RGB che gli farà da sfondo. Quest'ultima è fondamentale per capire i segmenti a cosa corrispondono nella realtà.

- Classificazione (SEGCLASS)

Questo processo è di tipo object-oriented segment-based.

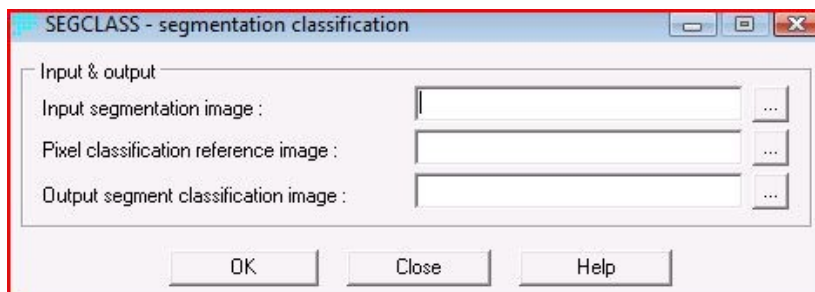


Figura 4.77 Processo di segmentazione in Idrisi

Esso richiede in ingresso due tipi di informazione. Devono essere presenti il file creato dal processo di segmentazione e quello di una classificazione. Quest'ultima è a sua volta ottenuta dall'utilizzo di un classificatore hard di tipo pixel-based e di un set di addestramento dei segmenti. Di seguito si sono riportati i risultati ottenuti per le tre immagini su una finestra ristretta di 7480 colonne e 6500 righe con focus sul campo.

Immagine 1

La classificazione object-based ha avuto inizio dalla creazione del file di segmentazione. Successivamente si è passati all'addestramento. Le classi utilizzate sono state otto anziché le dieci della classificazione pixel-based. Risultano escluse acqua e case in quanto nella finestra ristretta non si è riscontrata la loro presenza e pertanto non si dispone di alcuna area di addestramento. E' stato creato così il file di segmenti di training. Quest'ultimo è necessario per effettuare il processo che vede come classificatore di tipo hard quello di massima verosimiglianza. Il tool SEGCLASS permette di ottenere, a partire dai file di output dei precedenti passaggi, la classificazione object-based vera e propria.

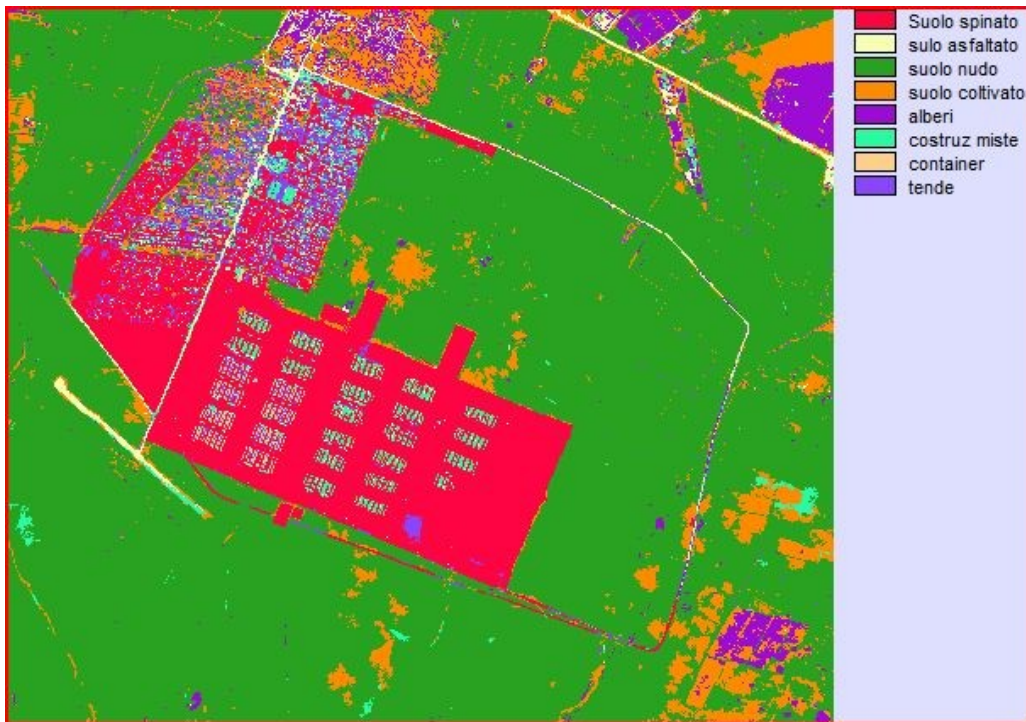


Figura 4.78 Classificazione object-based Immagine 1 (12 dicembre 2012)

Immagine 2

Si è effettuata la classificazione object-based dove le classi sono dieci (suolo spianato (1), suolo asfaltato (2), suolo nudo (3), suolo coltivato (4), alberi (5), acqua (6), costruzioni miste (7), container (8), tende (9), suolo nudo allagato (10)) anziché undici in quanto si è esclusa quella delle case non disponendo di alcuna area di addestramento. Di seguito si riporta il risultato ottenuto.

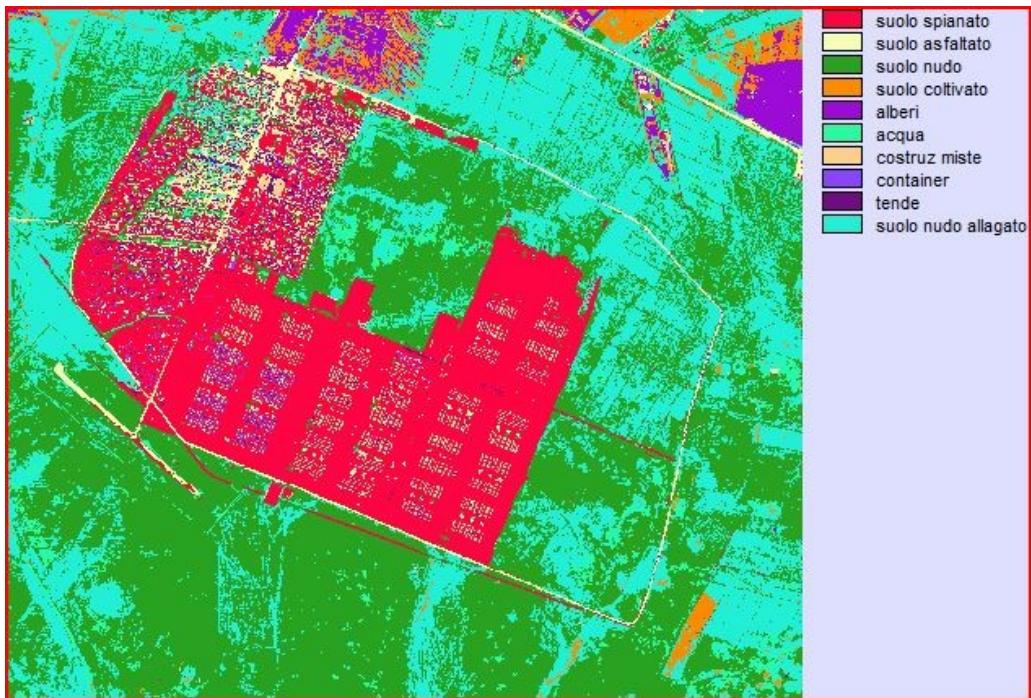


Figura 4.79 Classificazione object-based dell'Immagine 2 (14 gennaio 2013)

Immagine 3

Si è proceduto con la classificazione object-based dove le classi utilizzate sono state otto (suolo spianato (1), suolo asfaltato (2), suolo nudo (3), suolo coltivato (4), alberi (5), costruzioni miste (6), container (7), tende (8)). Si sono escluse quelle di acqua e case. Si riporta di seguito la schermata risultante.

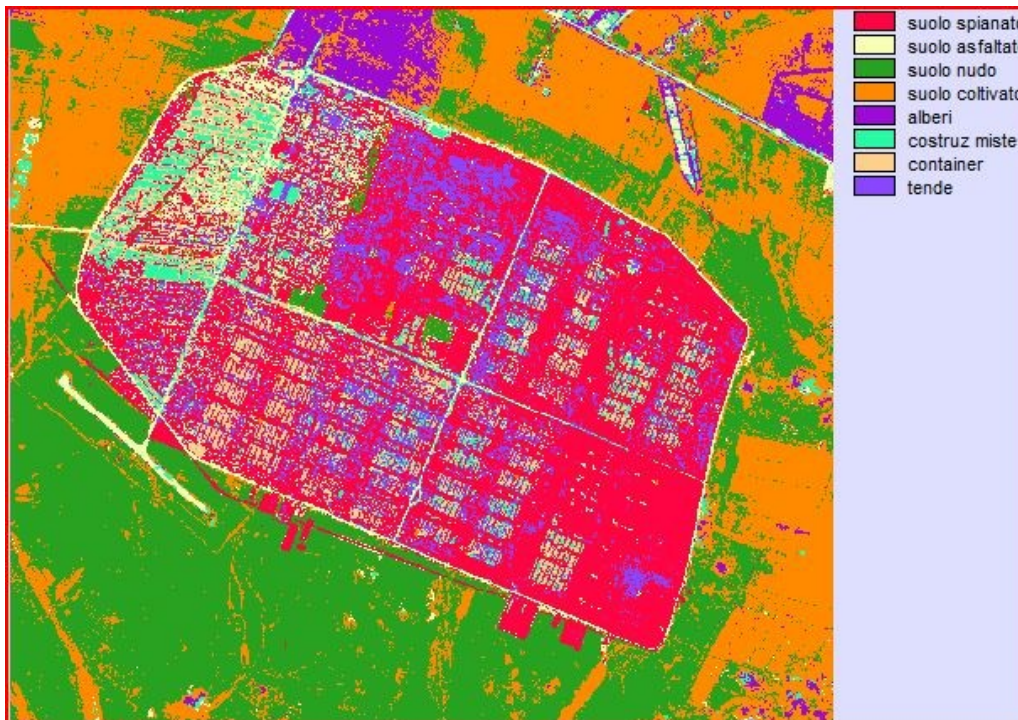


Figura 4.80 Classificazione object-based dell'Immagine 3 (21 marzo 2013)

4.6.2 La validazione della classificazione

La validazione è stata necessaria per poter determinare il grado di accuratezza del processo e confrontarlo, a livello numerico, con quello della classificazione pixel-based. Si è optato per il metodo della matrice di confusione. Esso ha reso indispensabile, da parte dell'utente, la creazione di un file vettoriale di punti di verità a terra. In seguito per ogni immagine, si sono elencati le scelte adottate e i risultati delle matrici di confusione.

Immagine 1

E' stato creato un nuovo file vettoriale di punti di verità a terra. Essi sono stati collocati nelle stesse posizioni di quelli utilizzati per la classificazione pixel-based. Si è passati, tuttavia, ad una loro riassegnazione alle classi in quanto la numerazione di queste ultime è cambiata (suolo spianato (1), suolo asfaltato (2), suolo nudo (3), suolo coltivato (4), alberi (5), costruzioni miste (6), container (7), tende (8)). Dopo aver effettuato l'operazione appena descritta, si è

trasformato il file da vettoriale a raster attraverso la funzione RASTERVECTOR. Utilizzando alla voce Image Processing il comando ERRMAT, si è ottenuta la matrice di confusione che è riportata di seguito.

Error Matrix Analysis of VERITÀTERRASEG600IMM1 (columns : truth) against SEGCLASSIMM1 (rows : mapped)						
	1	2	3	4	5	
1	46	0	0	0	0	0.2813
2	0	19	0	0	0	0.2692
3	0	0	162	0	0	0.0000
4	0	0	3	25	3	0.2188
5	0	0	0	2	25	0.2188
6	0	0	0	0	0	0.0519
7	0	0	0	0	0	0.0476
8	3	0	1	0	0	0.2571
Total	49	19	166	27	28	
Erroro	0.0612	0.0000	0.0241	0.0741	0.1071	
	6	7	8	Total	ErrorC	
1	13	1	4	64	0.2813	
2	5	0	2	26	0.2692	
3	0	0	0	162	0.0000	
4	0	0	1	32	0.2188	
5	1	1	3	32	0.2188	
6	73	0	4	77	0.0519	
7	0	60	3	63	0.0476	
8	14	0	52	70	0.2571	
Total	106	62	69	526		
Erroro	0.3113	0.0323	0.2464		0.1217	

Figura 4.81 Matrice di confusione Immagine 1

```

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)
-----
Using SEGCLASSIMM1 as the reference image ...

  Category      KIA
-----
    1          0.6899
    2          0.7207
    3          1.0000
    4          0.7694
    5          0.7690
    6          0.9349
    7          0.9460
    8          0.7040

VERITÀTERRASEG600IMM1

  Category      KIA
-----
    1          0.9303
    2          1.0000
    3          0.9652
    4          0.9211
    5          0.8859
    6          0.6353
    7          0.9634
    8          0.7158

Overall kappa =          0.8520

```

Figura 4.82 Coefficienti kappa relativi ad ogni classe e il coefficiente kappa complessivo della classificazione object-based Immagine 1

Immagine 2

Anche nel caso dell'Immagine 2 si è creato un file vettoriale di punti di verità a terra coincidente con quello utilizzato per la classificazione pixel-based ma con l'adozione della diversa numerazione delle classi tende (9) e suolo nudo allagato (10) per la mancanza della classe case. Successivamente si è trovata la matrice di confusione riportata.

Error Matrix Analysis of VERITÀTERRASEG660IMM2 (columns : truth) against SEGCLASSIMM2 (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	
1	60	0	0	0	0	0.2105
2	0	13	0	0	0	0.5000
3	1	0	130	0	0	0.0226
4	0	0	0	7	0	0.0000
5	0	0	0	0	10	0.0000
6	0	0	5	0	0	0.2941
7	0	0	0	0	0	0.2400
8	0	0	0	0	0	0.2931
9	0	0	0	0	0	0.2418
10	0	0	6	2	0	0.0952
Total	61	13	141	9	10	
Erroro	0.0164	0.0000	0.0780	0.2222	0.0000	

	6	7	8	9	10	
1	0	12	0	3	1	0.2105
2	0	4	2	7	0	0.5000
3	0	0	0	0	2	0.0226
4	0	0	0	0	0	0.0000
5	0	0	0	0	0	0.0000
6	24	1	0	0	4	0.2941
7	0	57	9	9	0	0.2400
8	0	0	41	17	0	0.2931
9	0	16	6	69	0	0.2418
10	0	0	0	0	76	0.0952
Total	24	90	58	105	83	
Erroro	0.0000	0.3667	0.2931	0.3429	0.0843	

	Total	ErrorC
1	76	0.2105
2	26	0.5000
3	133	0.0226
4	7	0.0000
5	10	0.0000
6	34	0.2941
7	75	0.2400
8	58	0.2931
9	91	0.2418
10	84	0.0952
Total	594	
Erroro		0.1801

Figura 4.83 Matrice di confusione Immagine 2


```

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)
-----

Using SEGCLASSIMM2 as the reference image ...

Category      KIA
-----
1             0.7654
2             0.4888
3             0.9704
4             1.0000
5             1.0000
6             0.6935
7             0.7171
8             0.6752
9             0.7063
10            0.8893

VERITÀTERRASEG660IMM2

Category      KIA
-----
1             0.9812
2             1.0000
3             0.8995
4             0.7751
5             1.0000
6             1.0000
7             0.5803
8             0.6752
9             0.5951
10            0.9018

Overall kappa =      0.7892

```

Figura 4.84 Coefficienti kappa relativi ad ogni classe e il coefficiente kappa complessivo della classificazione object-based Immagine 2

Immagine 3

Si è adottato lo stesso procedimento anche per il file di punti di verità a terra dell'Immagine 3 dove sono state riassegnate le classi costruzioni miste, container e tende poiché di numerazione differente rispetto al caso pixel-based. La matrice di confusione ottenuta è la seguente.

Error Matrix Analysis of VERITÀTERRASEG600IMM3 (columns : truth) against SEGCLASSIMM3 (rows : mapped)

	1	2	3	4	5	
1	57	0	0	0	0	0.1493
2	1	46	1	1	0	0.2581
3	0	0	77	6	0	0.0723
4	1	0	17	51	0	0.2609
5	0	1	0	1	18	0.1000
6	3	2	0	0	0	0.2222
7	0	2	0	0	0	0.1290
8	8	0	0	0	0	0.2195
Total	70	51	95	59	18	
ErrorO	0.1857	0.0980	0.1895	0.1356	0.0000	

	6	7	8	Total	ErrorC
1	0	0	10	67	0.1493
2	0	0	13	62	0.2581
3	0	0	0	83	0.0723
4	0	0	0	69	0.2609
5	0	0	0	20	0.1000
6	49	2	7	63	0.2222
7	4	54	2	62	0.1290
8	0	1	32	41	0.2195
Total	53	57	64	467	
ErrorO	0.0755	0.0526	0.5000		0.1777

Figura 4.85 Matrice di confusione Immagine 3

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using SEGCLASSIMM3 as the reference image ...

Category	KIA
1	0.8244
2	0.7103
3	0.9092
4	0.7014
5	0.8960
6	0.7493
7	0.8530
8	0.7456

VERITÀTERRASEG600IMM3

Category	KIA
1	0.7832
2	0.8870
3	0.7696
4	0.8409
5	1.0000
6	0.9128
7	0.9393
8	0.4519

Overall Kappa = 0.7943

Figura 4.86 Coefficienti kappa relativi ad ogni classe e il coefficiente kappa complessivo della classificazione object-based Immagine 3

4.6.3 Il confronto con la classificazione pixel-based

Il confronto tra i metodi di classificazione descritti ed applicati al caso di studio può essere fatto su due versanti. Da un lato si attua un confronto dell'aspetto visivo dei risultati e dall'altro delle accuratèzze.

Aspetto visivo

Riguardo al confronto visivo delle mappe di classificazione pixel-based ed object-based si possono fare diverse osservazioni. Innanzitutto si riscontra come l'approccio ad oggetti permetta di eliminare l'effetto “salt and pepper” legato alla classificazione di gruppi di pixel molto piccoli tipico della classificazione per pixel. Si riporta di seguito un esempio riferendosi all'Immagine 3. Si può notare come nel caso della classificazione pixel-based alcune parti di una zona che dovrebbe essere completamente asfaltata siano classificate come tende. Tale effetto nella classificazione object-based è eliminato.

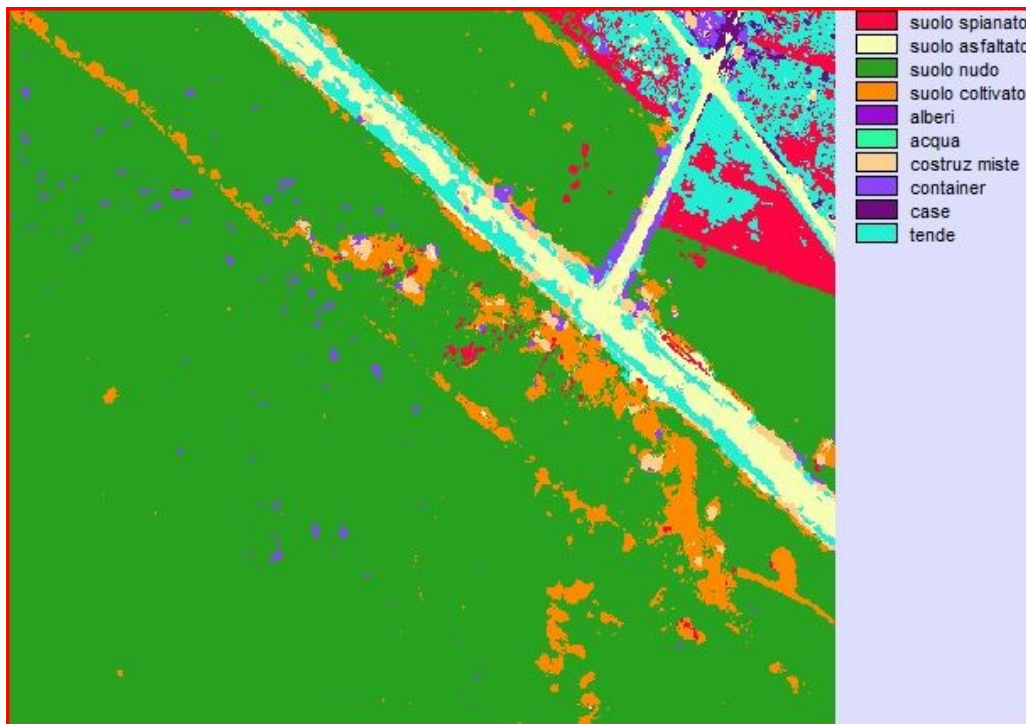


Figura 4.87 Particolare suolo asfaltato classificazione pixel-based Immagine 3

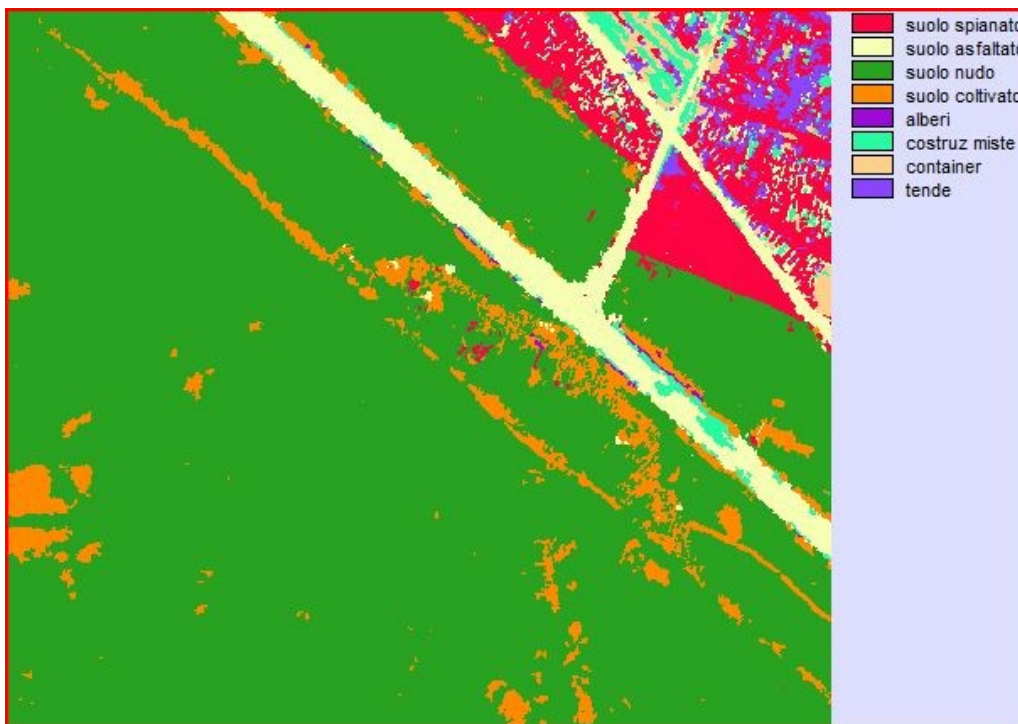


Figura 4.88 Particolare suolo asfaltato classificazione object-based Immagine 3

Un secondo aspetto importante di distinzione è rappresentato dalla minor quantità e maggior compattezza dei poligoni derivanti dalla classificazione object-based. Ciò si riscontra soprattutto per quelle classi che caratterizzano il campo cioè: costruzioni miste, container e tende. Di seguito è riportato un esempio che si riferisce all'Immagine 1 riguardante proprio queste ultime.

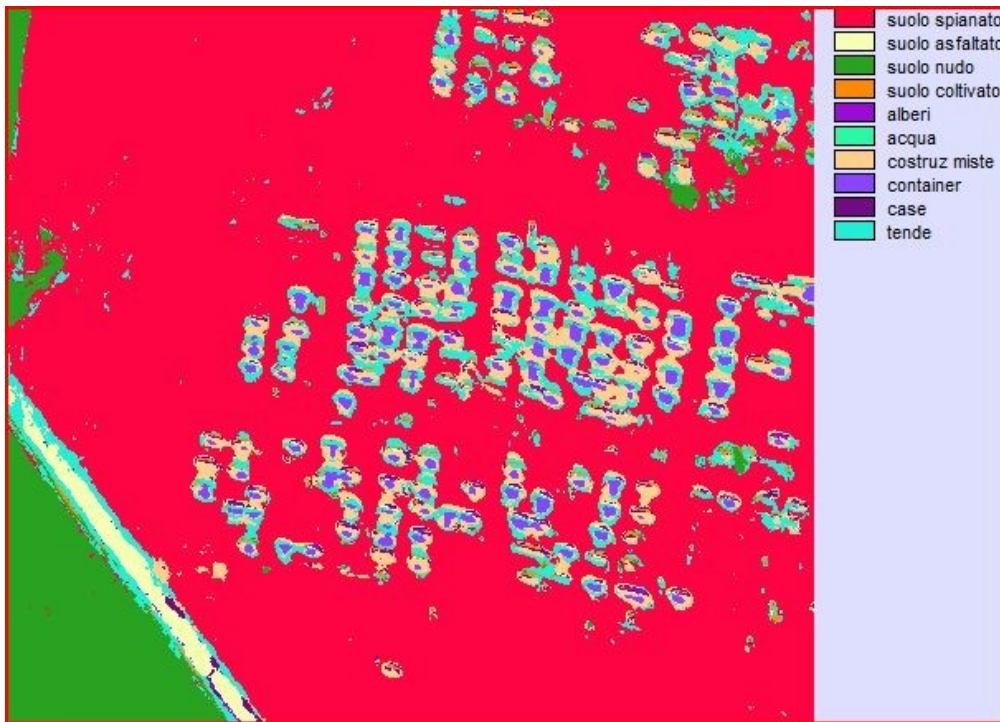


Figura 4.89 Particolare tende classificazione pixel-based Immagine 1

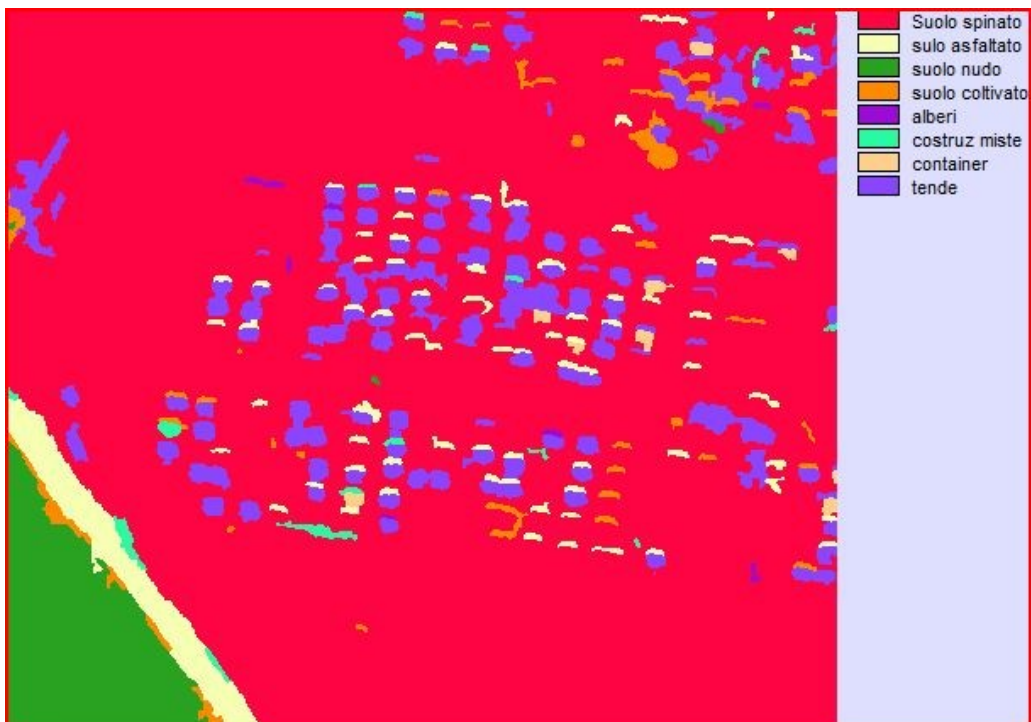


Figura 4.90 Particolare tende classificazione object-based Immagine 1

Un terzo aspetto riguarda invece la non capacità da parte della classificazione object-based di rilevare alcuni elementi lineari come le stradine o i sentieri che tagliano i campi coltivati. Essi vengono completamente omessi mentre nella classificazione pixel-based sono presenti. Di seguito si fornisce un esempio nell'Immagine 1.

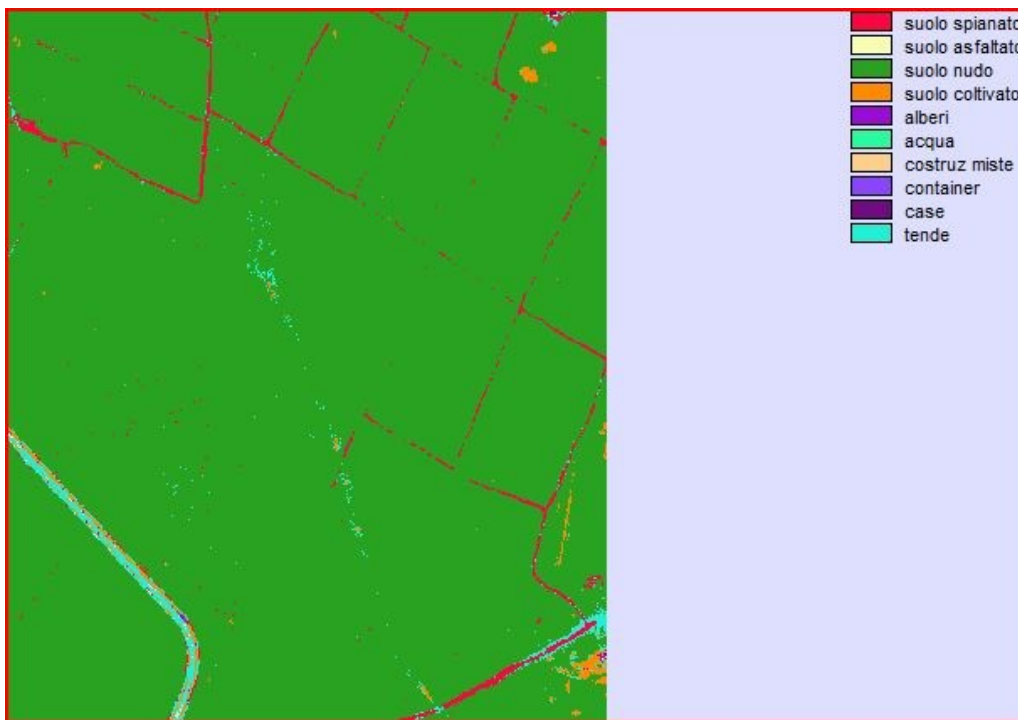


Figura 4.91 Particolare sentieri classificazione pixel-based Immagine 1

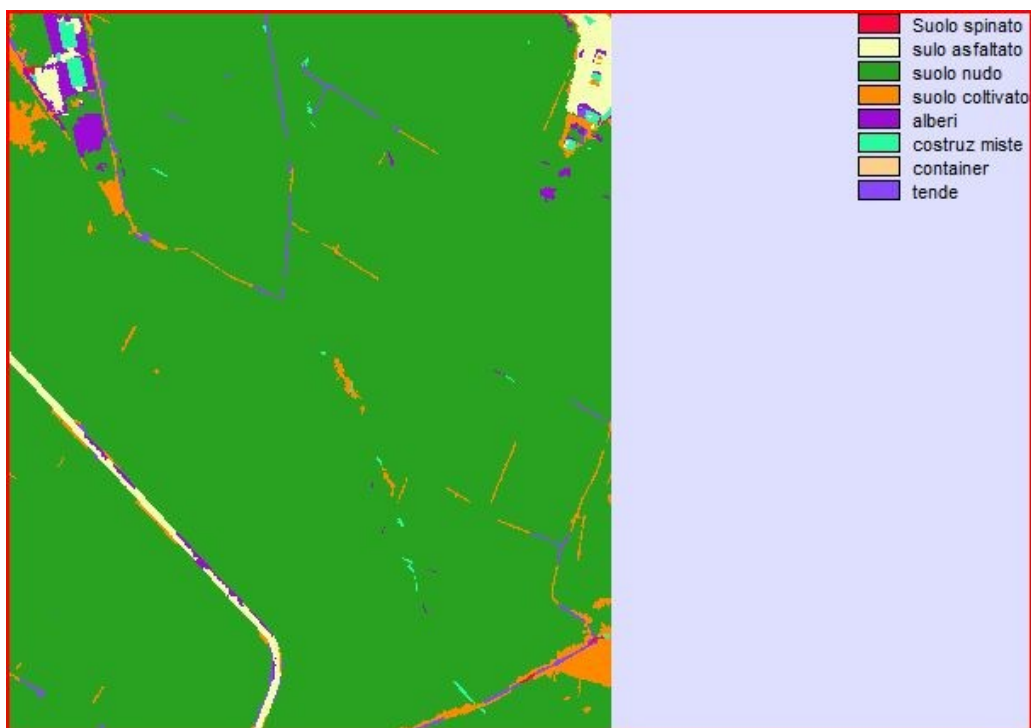


Figura 4.92 Particolare sentieri classificazione object-based Immagine 1

Aspetto accuratezza

L'accuratezza della classificazione object-based è stata confrontata con quella della pixel-based in termini di valori del coefficiente kappa. A tale fine si è dovuta uniformare la finestra di lavoro. In particolare si sono ritagliate le mappe ottenute dalla classificazione pixel-based e così anche i rispettivi file vettoriali dei punti di verità a terra. Andando a ricalcolare le nuove matrici di confusione, si vede come il coefficiente kappa complessivo in tutti e tre i casi sia comunque buono ma minore rispetto a quello con la finestra di lavoro più ampia. Si hanno infatti i seguenti valori:

kappa complessivo Immagine 1->0,7584

kappa complessivo Immagine 2->0,7410

kappa complessivo Immagine 3->0,7839.

Dalla classificazione object-based si vede come i coefficienti kappa complessivi siano maggiori in tutti i casi rispetto a quelli della pixel-based. La

classificazione dell'Immagine 2, anche se migliorata, rimane quella meno accurata tra le tre. Il generale andamento positivo dei risultati ottenuti risiede nell'identificazione più netta degli elementi del campo cioè quelli che appartengono alle classi: costruzioni miste, container e tende. Indicatore di ciò è il coefficiente kappa relativo a ciascuna. Si riporta in una tabella riassuntiva.

Immagine 1					
Costruzioni miste		Container		Tende	
Class pixel	Class object	Class pixel	Class object	Class pixel	Class object
0,7139	0,9349	0,8029	0,9460	0,5158	0,7040
Immagine 2					
Costruzioni miste		Container		Tende	
Class pixel	Class object	Class pixel	Class object	Class pixel	Class object
0,6942	0,7171	0,8698	0,6752	0,6595	0,7063
Immagine 3					
Costruzioni miste		Container		Tende	
Class pixel	Class object	Class pixel	Class object	Class pixel	Class object
0,7909	0,7493	0,8878	0,8530	0,7041	0,7456

Figura 4.93 Coefficienti kappa a confronto tra classificazione pixel-based ed object-based

Il grande miglioramento apportato dalla tecnica object-based riguarda soprattutto la classe delle tende in quanto i valori del coefficiente kappa sono nettamente superiori a quelli della pixel-based.

4.7 La stima dei rifugiati nel campo

4.7.1 L'introduzione al problema

Avendo a disposizione entrambi i tipi di classificazione, si è deciso di effettuare una quantificazione dei rifugiati residenti nel campo in corrispondenza delle date in cui sono state rilevate le immagini. I risultati ottenuti sono stati poi confrontati con le stime fornite dall'UNHCR per verificare il grado di attendibilità delle classificazioni relativamente a quest'aspetto. Le tre classi considerate ai fini del 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 vecchia le sovrapposizioni e le

combinazioni 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. Nel caso delle costruzioni miste e delle tende, la quantificazione dei rifugiati residenti è stata possibile considerando una densità abitativa documentata relativa alla data dell'immagine a cui ci stava riferendo o in sua prossimità. Nel caso delle immagini 2 e 3 si è fatto riferimento a campagne svolte dall'associazione REACH. Essa è un'iniziativa congiunta di due organizzazioni internazionali non governative ACTED ed IMPACT e del programma di applicazioni satellitari operativo delle Nazioni Unite (UNOSAT). REACH dall'ottobre 2012 provvede a queste campagne per poter colmare le lacune d'informazione riguardo ai rifugiati nel campo di Za'atari. Tali dati vengono poi utilizzati per migliorare le capacità di aiuto da parte degli enti e delle organizzazioni interessate. Le informazioni riguardanti le densità abitative sono state ricavate da sondaggi, compilati in forma anonima, condotti a livello di singola unità familiare (camp sweep). Per i container, l'area complessiva è stata divisa per quella della singola entità riportata sull'Handbook dell'UNHCR pari a 18 m². Sapendo che ognuna ospita dalle 4 alle 6 persone, si è ottenuta la quantificazione dei rifugiati residenti nei container. Sommando a questo contributo quello delle costruzioni miste e tende, si è ricavato il numero complessivo di rifugiati nel campo. Il risultato ottenuto è stato poi confrontato con la stima effettuata dall'UNHCR per poter verificarne l'attendibilità.

4.7.2 La stima nell'Immagine 1

Pixel-based

- Costruzioni miste e tende

L'area complessiva che deve essere utilizzata è ottenuta come somma dei contributi delle classi costruzioni miste 0,324 km² e tende 0,869 km². Essa risulta pari a 1,193 km². In corrispondenza della data in cui è stata rilevata l'Immagine 1 cioè il 12 dicembre 2012 non si ha avuto modo di reperire alcuna

informazione riguardante la densità abitativa effettiva delle zone interessate ai tipi di strutture in esame. Si è optato quindi per utilizzare l'indicazione fornita nell'Handbook dell'UNHCR secondo cui ad ogni individuo deve essere garantito uno spazio minimo di 30 m². Il numero di rifugiati residenti in costruzioni miste e container è stato calcolato come:

$$individui_{\text{costruzmiste,tende}} = \frac{Area_{\text{costruzmiste,tende}}}{Area_{\text{persona}}} = \frac{1,193(km^2)}{30*10^{-6}(\frac{km^2}{\text{persona}})} = 39773(\text{persone})$$

- Container

Si è passati al conteggio dei container presenti considerando che l'area del singolo è pari a 18 m²:

$$numero_{\text{container}} = \frac{Area_{\text{container}}}{Area_{\text{singolo}}} = \frac{0,075(km^2)}{18*10^{-6}(km^2)} = 4165$$

Il numero di rifugiati residenti nei container è stato calcolato imponendo che ciascuno di essi ospiti 6 individui:

$$individui_{\text{container}} = numero_{\text{container}} * persone_{\text{singolo}} = 4165 * 6(\text{persone}) = 39773(\text{persone})$$

- Totale individui

Si sommano i contributi ottenuti nei due passaggi precedenti giungendo al conteggio complessivo degli individui nel contesto della classificazione pixel-based. Il numero ottenuto di individui residenti in data 12 dicembre 2012 risulta essere di 64763 persone. Esso dovrà essere confrontato con la stima fornita dall'UNHCR.

Object-based

- Costruzioni miste e tende

L'area complessiva da utilizzare è ottenuta come somma dei contributi delle classi costruzioni miste 0,249 km² e tende 0,304 km². Essa risulta pari a 0,554 km². Si è calcolato il numero di rifugiati risiedenti facendo riferimento sempre a uno spazio minimo a persona di 30 m². Si ottiene dunque:

$$individui_{costruzmiste,tende} = \frac{Area_{costruzmiste,tende}}{Area_{persona}} = \frac{0,554(km^2)}{30*10^{-6}(\frac{km^2}{persona})} = 18455(persone)$$

- Container

Si sono successivamente conteggiati i container presenti considerando che l'area del singolo è pari a 18 m²:

$$numero_{container} = \frac{Area_{container}}{Area_{singolo}} = \frac{0,036(km^2)}{18*10^{-6}(km^2)} = 2015$$

Il numero di rifugiati residenti nei container è calcolato tenendo in considerazione che ciascuno di questi ospiti 6 individui:

$$individui_{container} = numero_{container} * persone_{singolo} = 2015 * 6(persone) = 12090(persone)$$

- Totale individui

Si sommano i contributi dei due passaggi precedenti giungendo al conteggio complessivo degli individui nel contesto della classificazione object-based. Esso dovrà essere confrontato con la stima fornita dall'UNHCR e con il risultato della classificazione pixel-based. Il numero ottenuto di individui residenti in data 12 dicembre 2012 è 30545 persone.

4.7.3 La stima nell'Immagine 2

Pixel-based

- Costruzioni miste e tende

L'area complessiva che deve essere utilizzata è ottenuta come somma dei contributi delle classi costruzioni miste 0,281 km² e tende 0,693 km². Essa risulta pari a 0,974 km². In corrispondenza di alcuni giorni del gennaio 2013 tra cui anche il 14, data in cui è stata rilevata l'Immagine 2, nella zona di studio si sono verificate condizioni meteo particolarmente dure. Ciò ha provocato notevoli disagi all'interno del campo. L'informazione riguardante la densità abitativa nelle aree coperte da costruzioni miste e tende è stata reperita proprio da documentazione nata per descrivere e fornire strumenti utili per ovviare

situazioni simili di criticità in futuro. Si è fatto riferimento ad un servizio condotto dall'ADH (Aktion Deutschland Hilft). Quest'ultima è un consorzio di organizzazioni umanitarie per i soccorsi alle catastrofi che ha sede a Bonn. Lo studio (2014) riguarda la valutazione dell'impatto e dell'effettiva possibilità di adottare progetti di intervento al sistema di drenaggio del campo e delle zone limitrofe. Tra i dati messi a disposizione si è utilizzato quello che fa riferimento ai distretti dove sorgono le costruzioni miste e le tende. La densità abitativa ricavata è di 325-475 persone/ha. I valori dello spazio disponibile a persona quindi si sono trovati eseguendo la proporzione:

$$32500(\text{individui}) : 1(\text{km}^2) = 1(\text{individuo}) : x$$

$$x = \frac{1(\text{km}^2) * 1(\text{individuo})}{32500(\text{individui})} = 3,1 * 10^{-5} (\text{km}^2) = 31 * 10^{-6} (\text{km}^2)$$

Si ottiene il range di valori: 31 m²-21 m². E' stato adottato come spazio disponibile a persona 21 m². Si nota come tale valore sia al di sotto del limite minimo prescritto dall'Handbook dell'UNHCR. A questo punto si può calcolare il numero di rifugiati residenti in costruzioni miste e container come:

$$\text{individui}_{\text{costruzmiste,tende}} = \frac{\text{Area}_{\text{costruzmiste,tende}}}{\text{Area}_{\text{persona}}} = \frac{0,974(\text{km}^2)}{21 * 10^{-6} (\frac{\text{km}^2}{\text{persona}})} = 46392(\text{persone})$$

- Container

Il conteggio dei container presenti è stato effettuato considerando che l'area del singolo è pari a 18 m²:

$$\text{numero}_{\text{container}} = \frac{\text{Area}_{\text{container}}}{\text{Area}_{\text{sin golo}}} = \frac{0,056(\text{km}^2)}{18 * 10^{-6} (\text{km}^2)} = 3141$$

Il numero di rifugiati residenti nei container è trovato tenendo in considerazione che ciascuno di essi ospiti 6 individui:

$$\text{individui}_{\text{container}} = \text{numero}_{\text{container}} * \text{persone}_{\text{sin golo}} = 4165 * 6(\text{persone}) = 39773(\text{persone})$$

- Totale individui

Si sommano i contributi ottenuti nei due passaggi precedenti giungendo al

conteggio complessivo degli individui nel contesto della classificazione pixel based. Il numero di individui residenti in data 14 gennaio 2013 è calcolato pari a 65238 persone.

Object-based

- Costruzioni miste e tende

L'area complessiva da utilizzare è ottenuta come somma dei contributi delle classi costruzioni miste 0,192 km² e tende 0,133 km². Essa risulta pari a 0,325 km². Si è trovato il numero di rifugiati residenti considerando come spazio a persona 21 m². Si otterrà:

$$individui_{costruzmiste,tende} = \frac{Area_{costruzmiste,tende}}{Area_{persona}} = \frac{0,325(km^2)}{21*10^{-6}(\frac{km^2}{persona})} = 15493(persone)$$

- Container

Si è calcolato il numero di container presenti considerando che l'area del singolo è pari a 18 m²:

$$numero_{container} = \frac{Area_{container}}{Area_{singolo}} = \frac{0,068(km^2)}{18*10^{-6}(km^2)} = 3797$$

Il numero di rifugiati residenti nei container è stimato tenendo in considerazione che ciascuno di questi ospiti 6 individui:

$$individui_{container} = numero_{container} * persone_{singolo} = 3797 * 6(persone) = 22782(persone)$$

- Totale individui

Si sommano i contributi dei due punti appena descritti arrivando alla conta complessiva degli individui nel contesto della classificazione object-based. Esso sarà confrontato con la stima effettuata dall'UNHCR e con il risultato della classificazione pixel-based. Il numero ottenuto di individui residenti in data 14 gennaio 2013 è di 38275 persone.

4.7.4 La stima nell'Immagine 3

Pixel-based

- Costruzioni miste e tende

L'area complessiva che deve essere utilizzata è ottenuta come somma dei contributi delle classi costruzioni miste 0,729 km² e tende 1,977 km². Essa risulta essere 2,760 km². Per poter valutare lo spazio disponibile a persona nelle zone occupate da questo tipo di strutture si è fatto riferimento alla mappa riportata di seguito che descrive la situazione a livello di densità abitativa all'interno del campo nel maggio 2013.

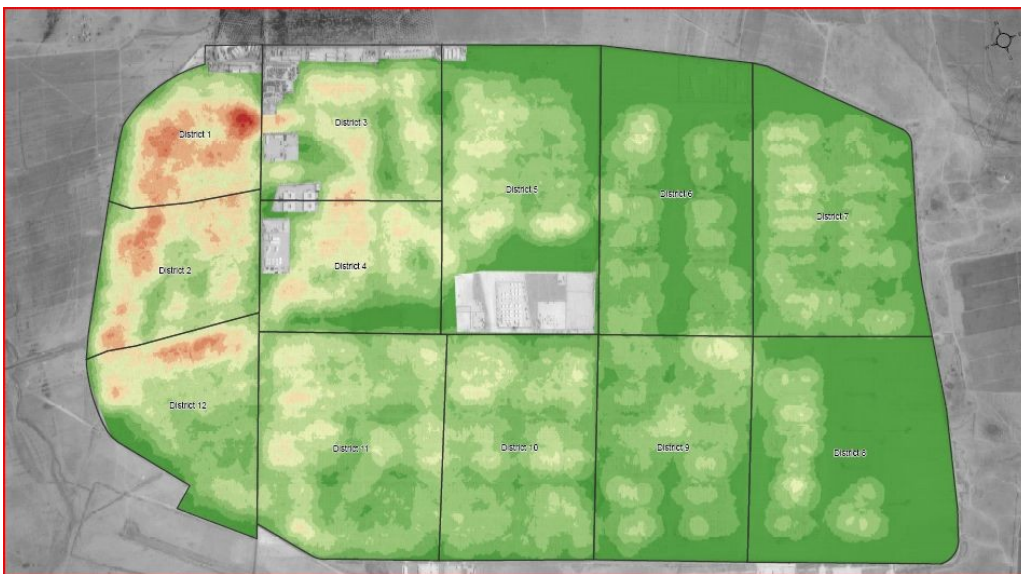


Figura 4.94 Mappa della densità abitativa del campo rilevata il 30 maggio 2013
(Fonte: <http://www.acted.org>)

La mappa è stata presentata da ACTED (Agency for Technical Cooperation and Development), organizzazione non governativa fondata nel 1993 avente sede a Parigi. Essa è partner dell'UNHCR e si occupa dell'organizzazione dei campi profughi, protezione dei bambini, servizi della comunità, coordinazione, CRI (Core Relief Items), sicurezza del cibo, nutrizione, gestione delle informazioni e impianto dei rifugi. Nella mappa si nota come le aree occupate dalle costruzioni miste e dalle tende siano caratterizzate da una maggiore densità

abitativa (colori rosso e giallo) rispetto alle altre (verde chiaro e scuro). Facendo riferimento alla legenda si è optato per considerare un intervallo di 500-600 persone/ha. I valori dello spazio disponibile a persona quindi sono stati trovati eseguendo la proporzione:

$$50000(\text{individui}) : 1(\text{km}^2) = 1(\text{individuo}) : x$$

$$x = \frac{1(\text{km}^2) * 1(\text{individuo})}{50000(\text{individui})} = 2,0 * 10^{-5}(\text{km}^2) = 20 * 10^{-6}(\text{km}^2)$$

Il range di valori ottenuti è: 20 m²-16 m². Si è adottato come spazio disponibile a persona 19 m². Tale valore è notevolmente inferiore rispetto al limite minimo prescritto dall'Handbook dell'UNHCR. A questo punto si può trovare il numero di rifugiati residenti in costruzioni miste e container eseguendo:

$$\text{individui}_{\text{costruzmiste,tende}} = \frac{\text{Area}_{\text{costruzmiste,tende}}}{\text{Area}_{\text{persona}}} = \frac{2,706(\text{km}^2)}{19 * 10^{-6}(\frac{\text{km}^2}{\text{persona}})} = 142420(\text{persone})$$

- Container

Il conteggio dei container presenti è stato effettuato considerando che l'area del singolo è di 18 m²:

$$\text{numero}_{\text{container}} = \frac{\text{Area}_{\text{container}}}{\text{Area}_{\text{singolo}}} = \frac{0,616(\text{km}^2)}{18 * 10^{-6}(\text{km}^2)} = 34251$$

Il numero di rifugiati risidenti nei container è calcolato tenendo in considerazione che ciascuno di essi ospiti 6 individui:

$$\text{individui}_{\text{container}} = \text{numero}_{\text{container}} * \text{persone}_{\text{singolo}} = 34251 * 6(\text{persone}) = 205506(\text{persone})$$

- Totale individui

Si sommano i contributi ottenuti nei due passaggi precedenti arrivando al conteggio complessivo degli individui nel contesto della classificazione pixel-based. Il numero di individui residenti in data 21 marzo 2013 è calcolato pari a 347926 persone.

Object-based

- Costruzioni miste e tende

L'area complessiva da utilizzare è ottenuta come somma dei contributi delle classi costruzioni miste 0,488 km² e tende 0,755 km². Essa risulta pari a 1,244 km². Si è trovato il numero di rifugiati risiedenti considerando come spazio a persona 19 m². Si otterrà:

$$individui_{costruzmiste,tende} = \frac{Area_{costruzmiste,tende}}{Area_{persona}} = \frac{1,244(km^2)}{19 * 10^{-6}(\frac{km^2}{persona})} = 65464(persone)$$

- Container

Si calcola il numero di container presenti considerando che l'area del singolo è pari a 18 m²:

$$numero_{container} = \frac{Area_{container}}{Area_{sin\ golo}} = \frac{0,508(km^2)}{18 * 10^{-6}(km^2)} = 28214$$

Il numero di rifugiati residenti nei container è trovato tenendo in considerazione che ciascuno di essi ospiti 6 individui:

$$individui_{container} = numero_{container} * persone_{sin\ golo} = 28214 * 6(persone) = 169284(persone)$$

- Totale individui

Si sommano i contributi dei due passi appena descritti arrivando alla conta complessiva degli individui nel contesto della classificazione object-based. Esso sarà confrontato con la stima effettuata dall'UNHCR e con il risultato della classificazione pixel-based. Il numero ottenuto di individui risiedenti in data 21 marzo 2013 è di 234748 persone.

4.7.5 Il grado di attendibilità delle stime

I risultati ottenuti per entrambi i tipi di classificazione vengono confrontati con i valori stimati del numero di rifugiati residenti dall'UNHCR nel giorno in cui sono state rilevate le immagini o in prossimità di esso.

- Per l'Immagine 1-> rifugiati residenti pari a 45000 persone,
- per l'Immagine 2->rifugiati residenti pari a 56666 persone,
- per l'Immagine 3->rifugiati residenti pari a 171515 persone.

	Dato di riferimento	% Errore class pixel-based	% Errore class object-based
Immagine 1	45000	44	32
Immagine 2	56666	15	32
Immagine 3	171515	102	36

Figura 4.95 Confronto errori nella stima popolazione classificazioni pixel-based ed object-based

Si nota come per le immagini 1 e 2 la classificazione pixel-based porti ad una sovrastima mentre quella object-based ad una sottostima della popolazione residente. Per l'Immagine 3, invece, in entrambi i casi si assiste ad una sovrastima. Ciò che risulta maggiormente significativo è il fatto che la classificazione object-based si dimostri essere 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 tali differenze assumono sempre entità intorno al 30%. Ciò non accade per quella pixel-based in cui esse hanno valori molto diversi tra loro. Ad esempio per l'Immagine 2 la differenza risulta essere del 15% mentre per l'Immagine 3 del 102%. Si ritiene dunque maggiormente affidabile per questo tipo di studio la classificazione object-based. Se essa viene ulteriormente migliorata andando ad utilizzare un software che contempli più criteri di assegnazione oltre a quello spettrale, si può raggiungere sicuramente un grado di veridicità ancora maggiore dei risultati.

CONCLUSIONI

In seguito vengono esposti i principali aspetti che questo lavoro ha permesso di sviluppare. Gli strumenti a disposizione sono stati tre: i principi di telerilevamento, il GIS e la Change Detection. Il primo ha permesso la comprensione e la contestualizzazione delle immagini multispettrali acquisite da satellite a disposizione, il secondo ha consentito la loro analisi e la produzione di risultati su cui ragionare e il terzo ha dato la possibilità di valutare i cambiamenti che si sono verificati dal dicembre 2012 a marzo 2013 nella zona di interesse.

Preliminarmente all'analisi dei dati numerici, è stato importante approfondire la letteratura disponibile ad oggi nel campo della gestione delle situazioni di emergenza. A tale proposito si ricordano i concetti di “hazard”, “risk” e “disaster”. La tematica del campo per rifugiati come risposta ad un'emergenza di tipo umanitario, ha trovato sviluppo soprattutto grazie alle informazioni reperite dalla maggiore agenzia che ne ha la gestione a livello mondiale, cioè l'UNHCR. Si è potuti quindi entrare nel vivo dell'argomento sia valutando la condizione sociale di rifugiato sia analizzando le norme tecniche che regolano l'allestimento di un campo. La fornitura da parte di Ithaca del materiale ha permesso la contestualizzazione e l'attualizzazione di questi aspetti rispetto alla realtà della crisi siriana. L'area di studio infatti è stata il campo di rifugiati di Za'atari. Esso è sorto in territorio giordano nel luglio 2012 per ospitare i profughi siriani. Si è constatato come, nel periodo a disposizione, a seguito dei trattamenti falliti per la pace, esso si sia ampliato per accogliere i continui arrivi e abbia assunto l'aspetto di una vera e propria città. Le tre immagini a disposizione sono state rilevate il 12 dicembre 2013, il 14 gennaio 2013 e il 21 marzo 2013. Le date di acquisizione così come le informazioni sul numero di bande a disposizione, sulla risoluzione spaziale, sul tipo di correzione applicato, sulla proiezione e sul datum utilizzati, sono state ricavate dallo studio della struttura dei prodotti commerciali forniti. La parte operativa di analisi del campo di Za'atari è stata effettuata attraverso due diversi software GIS: PCI

Geomatica 2014 ed Idrisi.

Dopo le operazioni preliminari di elaborazione delle immagini (Pan-sharpening, ortorettifica e co-registrazione), si è passati alla classificazione attraverso due diverse tecniche allo scopo di produrre mappe tematiche facilmente interpretabili da parte dell'utilizzatore. Sono state individuate le classi a cui far riferimento e particolare attenzione è stata prestata alla seconda immagine. Essa infatti è stata rilevata in un momento particolare di disagio del campo e in generale della zona dovuto ad una forte perturbazione meteorologica. Le classificazioni adottate sono del tipo: pixel-based ed object-based. La prima è stata effettuata in modo supervisionato ed è stato utilizzato come hard classifier l'algoritmo della massima verosimiglianza. Si è proceduto ad una verifica dell'accuratezza per capire se i risultati avessero un sufficiente grado di attendibilità attraverso la matrice di confusione: si è riscontrato un esito positivo. E' stata svolta un'analisi più approfondita su alcune classi per capire il collocamento e le cause degli errori di classificazione. E' stata condotta poi la Change Detection cioè una valutazione a livello quantitativo dei cambiamenti verificati nell'arco temporale in cui le immagini sono state rilevate. E' stato effettuato un confronto su tutte le classi tra la situazione iniziale (Immagine 1) e quella finale (Immagine 3) e, successivamente, utilizzando la situazione intermedia (Immagine 2), solo per le quattro caratterizzanti il campo, e cioè suolo spianato, costruzioni miste, container e tende. Si è constatato un incremento nel tempo delle costruzioni dovuto alla necessità di dare riparo ai rifugiati in arrivo sempre più numerosi. Le costruzioni miste sono sorte principalmente direttamente sul suolo nudo poiché frutto dell'iniziativa dei rifugiati mentre le tende sul suolo predisposto spianato poiché parte di interventi pianificati. I container si trovano in una situazione intermedia. Il secondo tipo di classificazione effettuato è stato object-based. Questo approccio si è articolato nelle fasi di segmentazione, addestramento e classificazione vera e propria utilizzando come algoritmo hard classifier la massima verosimiglianza. Si è anche in questo caso effettuata la verifica riguardo

all'attendibilità dei risultati attraverso la matrice di confusione. Successivamente si è voluto attuare un confronto sia riguardo l'accuratezza che l'aspetto visivo delle due classificazioni. Si è verificato in questo modo che, ai fini del presente studio, ha prodotto risultati migliori in termini di accuratezza la tecnica object-based. Allo stesso tempo, a livello visivo, l'identificazione delle strutture all'interno del campo è più chiara in quanto sono utilizzati meno poligoni ma con un grado di compattezza maggiore.

A partire dalle mappe prodotte utilizzando le due diverse tecniche di classificazione, si è effettuata infine una stima della popolazione residente nel campo nei tre momenti in cui sono state rilevate le immagini. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i dati forniti a riguardo dall'UNHCR. Si è visto come per le immagini 1 e 2 la classificazione pixel-based porti ad una sovrastima dei rifugiati mentre quella object-based ad una sottostima. Nel caso dell'Immagine 3 entrambe le classificazioni conducono ad una sovrastima. Si è constatato come la classificazione object-based sia più stabile rispetto a quella pixel-based per questo tipo di valutazione. Gli errori rispetto ai valori presi come verità, per tutte e tre le immagini, infatti, si sono sempre attestati intorno al 30 %. Ben diversa è la situazione ottenuta dalla classificazione pixel-based dove i risultati possiedono livelli di errore molto oscillanti e differenti tra loro.

L'intero lavoro ha dimostrato come l'uso di tecniche geomatiche basate su dati telerilevati, con il ricorso a software e procedure GIS, possa essere un nuovo ed essenziale elemento nel supporto alla gestione delle emergenze umanitarie, sia per una documentazione oggettiva dello stato di fatto (in molti casi altrimenti non risulta possibile) che per supportare la scelta delle migliori strategie da adottarsi durante e dopo i periodi di crisi.

BIBLIOGRAFIA

Blashke T., Burnett C., Pekkarinen A., *Image segmentation methods for object based analysis and classification*, 2004

Blaschke T., Lang S., Hay S., *Object-Based Image Analysis*, 2008

Xiaoxia S., Jixian Z., Zhengjun L., *A comparison of object-oriented and pixel-based classification approaches using Quickbird imagery*, 2004

McCarthy T., Farrell R., Curtis A., Fotheringham A.S., *Integrated remotely sensed datasets for disaster management*, 2008

Huyck C., Adams B., *Emergency response in the wake of the World Trade Centre Attack: The remote Sensing Perspective*, Vol 3 pp. 45, 2002

Clark Labs, *Applications in Hazard Assessment and Management*, in *Exploration in Geographic Information System Technology*, 2009

Jianya G., haigang S., Guorui M., Qiming Z., *A review of multitemporal remote sensing data change detection algorithms*, 2008

Scott M.G., *A comparison between snapshot and composite change data*, 2001

Lu D., Mausel P., Brondizio E., Moran E., *Change detection techniques*, 2004

United Nations High Commissioner for Refugees, *Handbook for Emergencies*, Ginevra, 2007

DigitalGlobe, *Imagery Support Data (ISD) Documentation*, 2014

DigitalGlobe, *Imagery Support Data (ISD) Supplemental Documentation for Basic Products*, 2013

ASTRIUM, *Pléiades Imagery User Guide*, 2012

Clark Labs, *IDRISI Focus Paper: Segmentation and Segment-Based Classification*, 2009

ADH, *Drainage Network for storm water drainage system and road repair in Za'atari Camp Project*, 2014

SITOGRAFIA

<http://www.ithaca.polito.it>. 16/09/2014

<http://www.ithacaweb.org>. 16/09/2014

<http://emergency.copernicus.eu>. 28/06/2014

<http://wikipedia.org>. 16/09/2014

<http://www.unhcr.org>. 31/08/2014

<http://data.unhcr.org>. 29/06/2014

<http://www.openstreetmap.org>. 19/07/2014

<http://www.digitalglobe.com>. 04/07/2014

<http://www.astrium-geo.com>. 05/07/2014

<http://csi.cgiar.org>. 11/08/2014

"Geomatica OrthoEngine Orthorectifying Pleiades 1A data"

<http://www.pcigeomatics.com>. 07/07/2014

<http://www.clarklabs.org>. 04/09/2014

"Immagine EO della settimana: campo profughi in Giordania" (26/05/2014)

<http://www.esa.int>. 07/08/2014

<http://www.space-airbusds.com>. 05/07/2014

"Siria: Giordania apre nuovo campo per 130000 profughi" (23/04/2014) <http://www.ansa.it>. 29/06/2014

"Nord Giordania, aiuti ai bambini rifugiati del campo di Za'atari colpiti da freddo e maltempo" (11/01/2013) <http://www.ansa.it>. 29/07/2014

Giorgi C., "Zaatari, metamorfosi di un campo profughi" (09/04/2014) <http://www.terrasanta.net>. 19/07/2014

"Il Medio Oriente sferzato dalla peggior tempesta degli ultimi 25 anni" (09/01/2013) <http://www.terrasanta.net>. 12/08/2014

"Za'atari (Giordania): compie 1 anno il 2^o campo profughi più grande al mondo" <http://www.unicef.it>. 27/06/2014

"I profughi siriani in Giordania tra gelo ed inondazioni" <http://www.unicef.it>. 29/07/2014

"Zaatari refugee camp: Rebuilding lives in the desert" (03/09/2013) <http://www.bbc.com>. 19/07/2014

Knell Y., "Camp for Syrian refugees starts to look more like home" (14/03/2014) <http://www.bbc.com>. 19/07/2014

"Siria, 11mila persone fuggite in 24 ore" (09/11/2012) <http://www.corriere.it>. 30/06/2014

"Siriani in fuga. Ultima fermata Zaatari" (02/08/2013) <http://www.corriere.it>. 30/06/2014

"Oxfam, viaggio in Giordania nel campo profughi di Zaatari" <http://videorepubblica.it>. 27/06/2014

"WorldView-2 High-Resolution Satellite Imagery" <http://www.landinfo.com>. 05/07/2014

Arnold L., "My visit to a Jordan refugee camp made clear why we can't abandon children" (16/02/2014) <http://www.theguardian.com>. 19/07/2014

Tran M., "Jordan's Zaatari refugee camp mushrooms as Syrians set up shop" (18/11/2013) <http://www.theguardian.com>. 19/07/2014

"Giordania, Il campo profughi Zaatari" (28/07/2013) <http://www.sirialibano.com>. 29/07/2014

"Atto finale della conferenza dei plenipotenziari delle Nazioni Unite sullo status dei rifugiati e degli apolidi e testo della convenzione nel 1951 relativa allo status dei rifugiati" <http://www.interno.gov.it>. 09/08/2014

Cheng P., Chaapel C., "Il satellite WorldView-2: Pan-sharpening e Correzione Geometrica" <http://www.sysdecoitalia.com>. 07/07/2014

<http://www.planetek.it>. 07/08/2014

Dabashi H., "Camp Zaatari, Syrians and new cosmopolis" (24/08/2013) <http://www.aljazeera.com>. 19/07/2014

"In esplorazione nel campo di Zaatari" (06/03/2013) <http://www.focusonsyria.org>. 09/08/2014