

La mappatura delle coperture in cemento-amianto in Piemonte – nota illustrativa sulla metodologia sperimentale con tecniche integrate

Isabella Tinetti (*)

(*) Arpa Piemonte, via Pio VII, 9 10135 Torino, 01119680599, i.tinetti@arpa.piemonte.it

Introduzione

Il progetto di mappatura delle coperture con presenza di amianto attraverso l'impiego di tecniche di indagine spaziale è stato avviato, in modo sperimentale, nel luglio 2012 dalla Struttura Sistema Informativo Ambientale, di Arpa Piemonte, che cura da diversi anni lo sviluppo di metodologie e modelli di telerilevamento e classificazione di immagini aerofotografiche e satellitari.

Trattandosi di un'applicazione di *remote sensing* molto specifica, sulla quale non esistevano in Arpa esperienze pregresse, il lavoro di studio e valutazione delle possibili metodologie di indagine è partito da un'analisi delle esperienze maturate in ambito nazionale da parte di altri Enti pubblici e di ricerca. Ne è emerso che i progetti già realizzati o avviati in altri contesti regionali sono stati caratterizzati dall'impiego di tecnologie e rilievi specifici con costi di investimento significativi e tempi di realizzazione medio - lunghi.

Le esperienze analizzate (Valle d'Aosta, Lombardia, Lazio, etc.) hanno adottato, infatti, una metodologia basata sull'impiego di immagini aeree iperspettrali (MIVIS) rilevate attraverso voli aerofotogrammetrici opportunamente commissionati e sviluppata con l'ausilio e la consulenza di Enti di ricerca (CNR, Università, Politecnico), attraverso la stipula di convenzioni per le successive fasi di elaborazione, analisi e classificazione.

Il contesto piemontese, in base ai vincoli di natura temporale, organizzativa ed economica del progetto, non prevedeva in quel momento risorse aggiuntive per la programmazione di voli o l'acquisto di dati e/o servizi. La definizione della metodologia di indagine delle coperture in cemento-amianto (di seguito CMA) è stata quindi assoggettata ai seguenti criteri:

- utilizzo di dati cartografici, satellitari e aerofotogrammetrici sufficientemente aggiornati, gratuiti o già disponibili all'interno di Arpa o di Regione Piemonte;
- utilizzo di risorse strumentali (hardware e software) già in dotazione di Arpa (centro Sistema d'informazione geografica del SIA);
- utilizzo delle sole risorse specialistiche in servizio presso il SIA, in assenza di convenzioni o a accordi con enti di ricerca per supporto o consulenza tecnico-scientifica;
- immediato avvio operativo della fase sperimentale (luglio) per garantire un primo risultato operativo entro l'anno 2012 (training site);
- modello replicabile a scala regionale o per aree di indagine vaste;
- possibilità di verifica e miglioramento in progress dei risultati attraverso strumenti pensati e dedicati al personale Arpa incaricato delle successive fasi di verifica e validazione dei risultati (GIS field mapping);
- possibilità di integrare dati, strumenti e risultati all'interno del Sistema informativo Geografico Agenziale per garantirne la completa fruibilità e il contenimento di costi e tempi.

Lo studio è stato avviato definendo una metodologia di indagine speditiva basata esclusivamente su dati fotogrammetrici esistenti e sulla sua applicazione sperimentale ad un'area pilota (territorio di Valenza Po). Pur consapevoli fin dall'inizio delle limitazioni imposte dall'applicazione di una

procedura speditiva e di basso costo si è ritenuto importante procedere comunque alla definizione di un possibile scenario di riferimento, al fine di poter disporre di strumenti decisionali concreti su cui affrontare gli sviluppi sul restante territorio regionale.

I risultati ottenuti, seppur con sicuri limiti e margini di miglioramento, sono stati incoraggianti e superiori alle aspettative anche rispetto al confronto con i risultati ottenuti in altre realtà nazionali consentendo l'avvio dell'indagine ad altre porzioni di territorio regionale.

Metodologia

Date le premesse si è reso necessario delineare un percorso di indagine basato su tecniche di analisi da telerilevamento e GIS ed applicabile in tempi brevi, attraverso i dati e le dotazioni strumentali disponibili, con l'obiettivo di individuare oggetti territoriali che rispondessero quanto più possibile a caratteristiche specifiche e che fossero coerenti e confrontabili con i dati geografici e statistici della Regione Piemonte.

La scelta si è orientata sull'utilizzo di tecniche di analisi e di classificazione automatica di tipo *object oriented* a partire da ortoimmagini che fossero in grado di evidenziare quelle caratteristiche radiometriche e tessiturali tipiche delle coperture tradizionali di cemento-amianto, distinguibili in linea di massima dalle altre coperture tradizionali (tetti in coppi, metallo, bitume, etc.).

L'area di test individuata per la sperimentazione della metodologia corrisponde all'area urbana e peri-urbana del comune di Valenza coincidente con la Sezione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 numero 158160 e per la quale esistevano già dati censuari utili al collaudo metodologico.

Al termine di una prima fase di analisi e test su varie tipologie di riprese aeree, la metodologia di mappatura è stata impostata e sperimentata sulle ortoimmagini da Ripresa aerea ICE 2009-2011.

A tale scopo è stata richiesta alla Direzione Regionale Programmazione strategica, politiche territoriali ed edilizia la disponibilità di dati inerenti all'area di test.

Le ortofoto in oggetto derivano da ripresa simultanea nelle bande del visibile (colore e pancromatico), e dell'infrarosso vicino per la composizione di immagini infrarosso falso colore (CIR). Le nuove ortoimmagini regionali possiedono ottima qualità risolutiva (pixel 0.40 m) e sono orto rettificate sulla base di un nuovo DTM conforme alle specifiche livello 4 dell'INTESA sui GIS. Parallelamente alla ripresa fotografica, infatti, è stato effettuato un rilievo Lidar per la creazione di un modello di superficie (DSM) e di elevazione (DEM) di tutto il territorio piemontese.



Figura 1 – Stralcio dell'immagine RGB sul Comune di Valenza Po



Figura 2 - La stessa zona nell'immagine CIR – Colour InfraRed

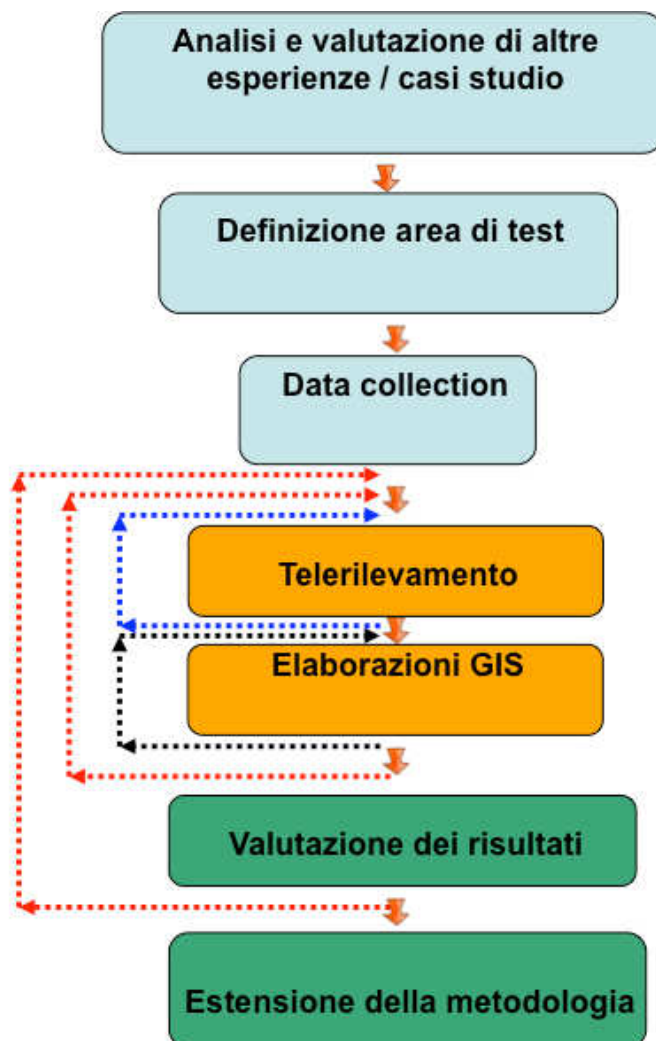
Il metodo impostato consiste nell'estrarre dalle ortofoto un livello di "possibile presenza di cemento amianto" secondo la risposta spettrale degli oggetti territoriali ed in una successiva elaborazione in ambiente GIS per la definizione puntuale degli edificati implicati.

La sperimentazione sulla prima area di test è stata condotta nel periodo agosto-novembre 2012 e successivamente è stata avviata l'estensione al rimanente territorio regionale secondo criteri di priorità ed in modo che tutte le Province vengano indagate con conseguente coinvolgimento di tutti i Dipartimenti di Arpa Piemonte deputati alla fase di collaudo.

Il flusso di lavoro complessivo e le fasi realizzate possono essere così sintetizzate:

1. Definizione area di sperimentazione e test
2. Data collection e raccolta campioni a terra
3. Analisi e classificazione tramite telerilevamento
4. Elaborazioni in ambiente GIS
5. Valutazione risultati
6. Estensione dell'indagine in modo semi automatizzato a tutto il territorio

Lo schema seguente rappresenta in modo sintetico il flusso di lavoro seguito. Le linee tratteggiate rappresentano il continuo feed-back indispensabile dopo ogni fase per affinare la procedura stessa sulla base dei risultati ottenuti:



Le attività di telerilevamento e analisi GIS sono state realizzate con gli strumenti hardware e software già in dotazione alla struttura Sistema Informativo Ambientale di Arpa Piemonte, in particolare:

- Erdas Imagine 2011
- Trimble **eCognition Developer** 64
- ArcGIS for Desktop (Arcinfo) 9.3 e 10.1

In ambiente *ERDAS Imagine* sono state effettuate alcune elaborazioni di enfattizzazione delle immagini per identificare al meglio gli oggetti da individuare che normalmente si presentano in toni di grigio medio e confondibile con altre tipologie (quali asfalto, tetti in lamina metallica non riflettente, tetti incapsulati, suolo nudo, ecc.). In particolar modo:

- sono state create nuove immagini a 4 bande ottenute come sommatoria di RGB e Nir;
- è stata applicata una *decorrelation stretch* sulle nuove immagini:



Figura 3 – Immagine RGBNir decorrelata

- si è sperimentato anche l'uso della PCA (Analisi delle Componenti Principali) per verificare se vi fossero caratteristiche peculiari per identificare il cemento-amianto ma con esito negativo.

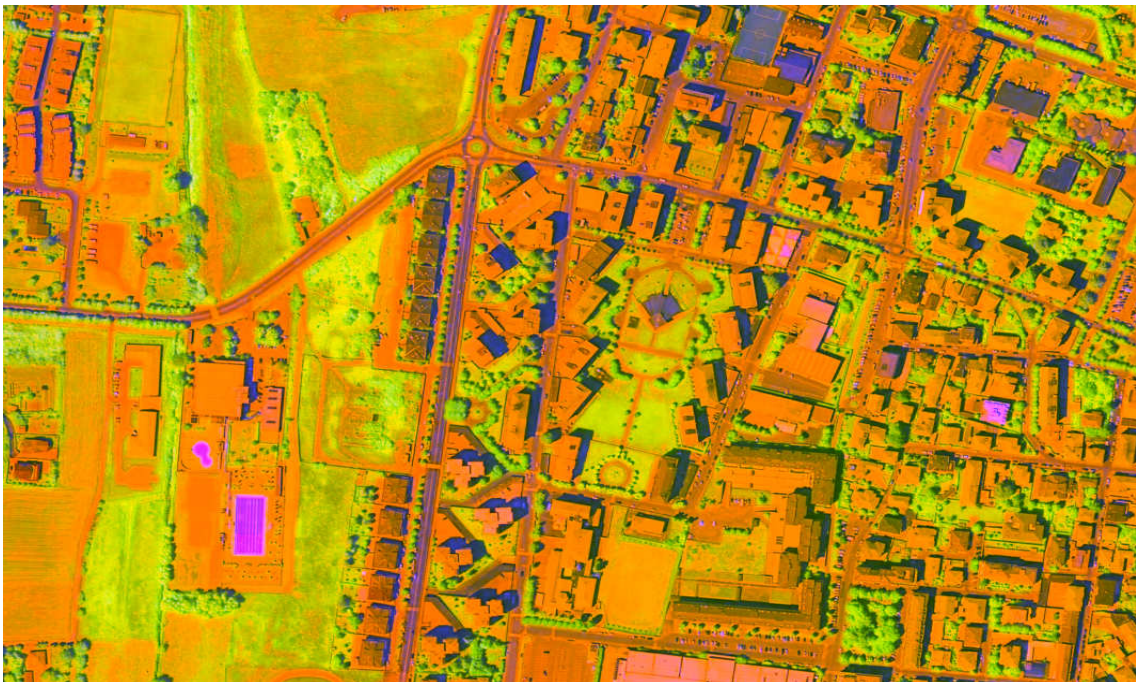


Figura 4 – Applicazione della PCA all'immagine RGBNir

Segmentazione e classificazione

A partire dalle immagini elaborate è stata avviata, con il supporto di **eCognition**, l'attività di analisi e classificazione tramite tecniche *object oriented* che prevedono tre fasi principali:

- segmentazione dell'immagine e riconoscimento oggetti in base a caratteristiche spettrali, geometriche e topologiche
- ricerca di campioni significativi di edifici con copertura in MCA da utilizzarsi come training set
- definizione algoritmo di calcolo e classificazione degli oggetti

Sono stati effettuati diversi tentativi di segmentazione, al fine di trovare la migliore rispondenza di oggetti territoriali; la soluzione adottata è una procedura in cui viene applicata la *Multiresolution segmentation* all'immagine decorrelata mentre la successiva classificazione viene eseguita a partire dalle bande originali dell'immagine (con valori di digital number invariati).

Ogni progetto eCognition, uno per ogni ortofoto con taglio della C.T.R. regionale, contiene due immagini (la decorrelata e l'originale RGBNir):

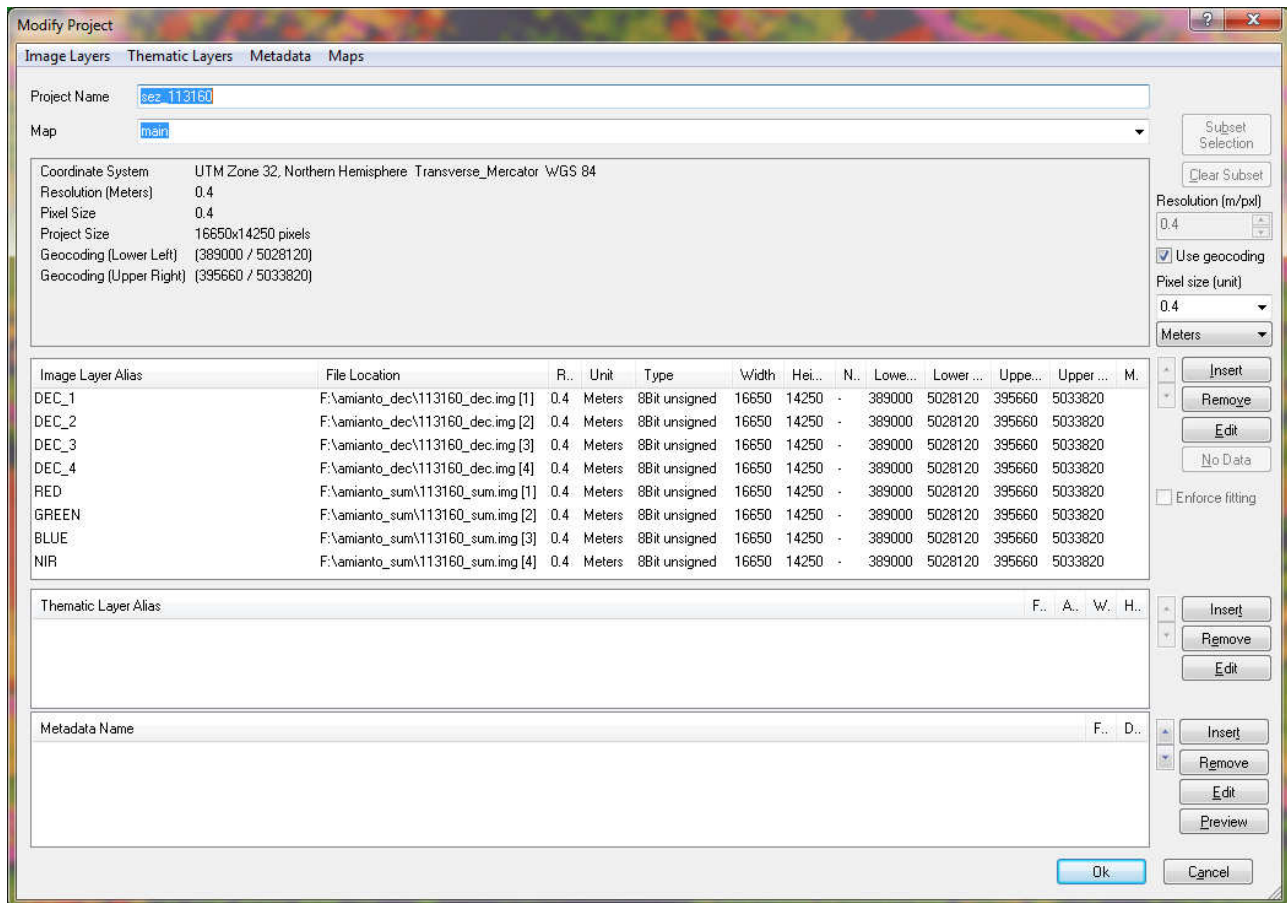


Figura 5 – Esempio di Project eCognition utilizzato

L'applicazione a sistema di un ruleset creato appositamente realizza l'intero processo fino all'export del dato vettoriale in formato shape file.

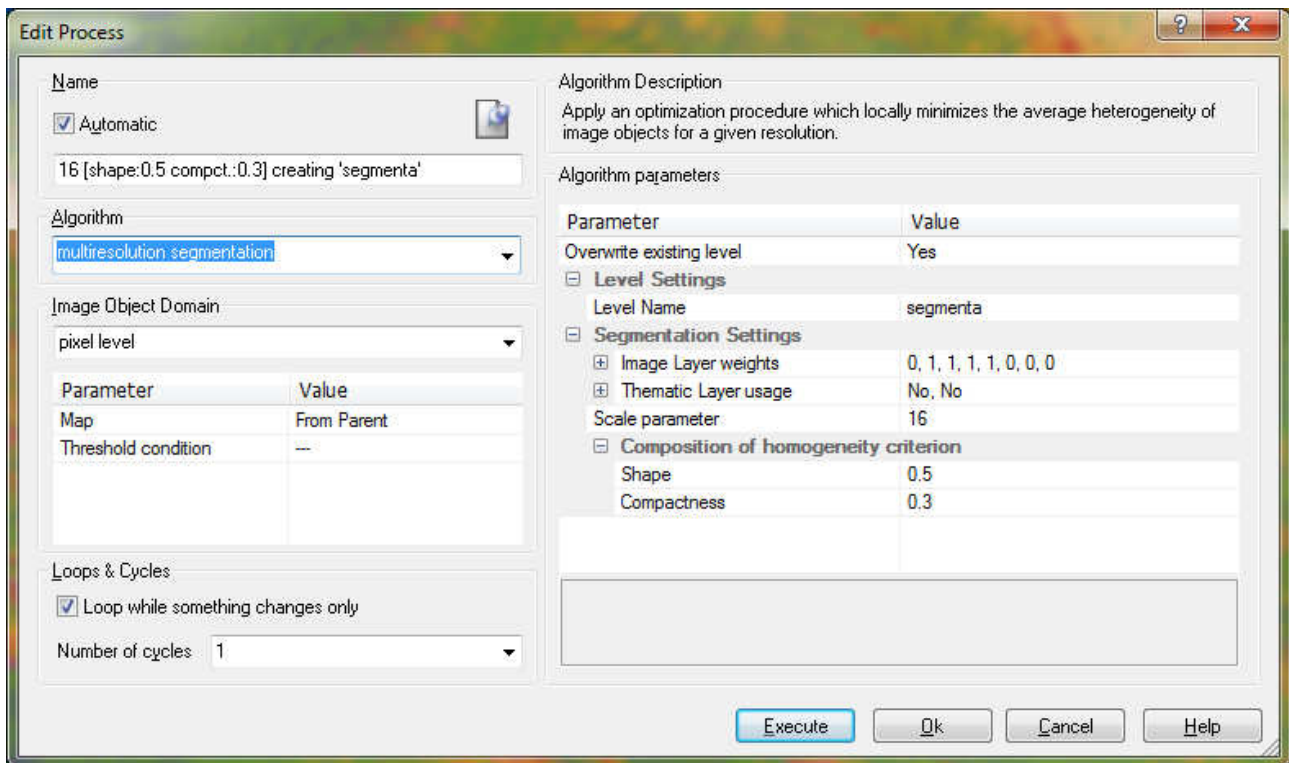


Figura 6 – Parametri adottati nella Multiresolution

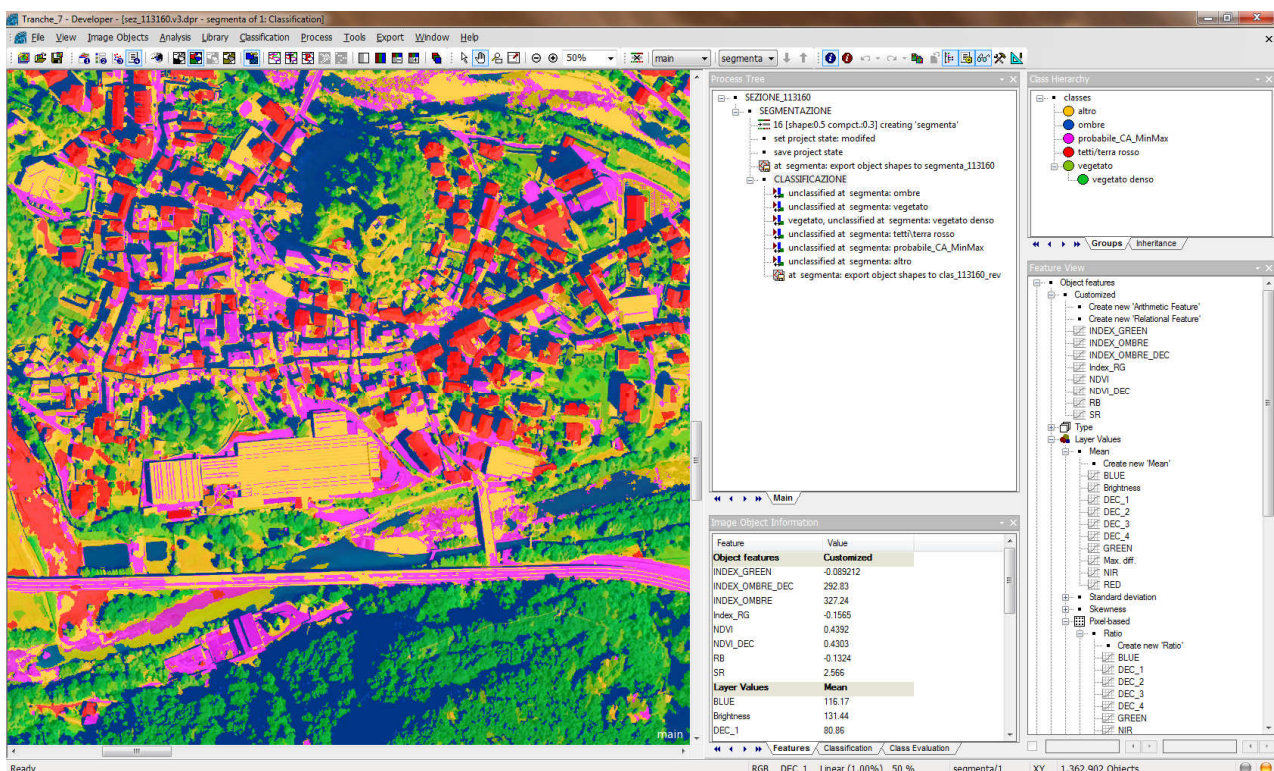


Figura 7 – Esempio del Ruleset utilizzato

Il risultato ottenuto con questa procedura è stato considerato soddisfacente: vengono distinti molti oggetti, alcuni ben accorpati e con forme rispondenti il più possibile a sagome di tetto (specialmente per quanto concerne i capannoni), altri nettamente distinti (es. comignoli, gabbie ascensore, marciapiedi, ecc.). Le tonalità dei grigi sono ben differenziate e utili alla fase di classificazione. I layer dell'immagine decorrelata non sono utilizzabili ai fini della classificazione (in quanto i valori radiometrici sono troppo diversificati tra una Sezione e l'altra proprio per la natura dello stretching)

ma sono utili al miglioramento della segmentazione perché consentono di identificare meglio le forme:



Figura 8 – Esempio di segmentazione su immagine decorrelata

Sono state comunque mutate alcune prove: segmentazione → classificazione → verifica della risposta “cemento amianto” prima di definire la *Class hierarchy*. La classificazione è supportata dall’operatore che individua quali siano le caratteristiche degli oggetti segmentati più idonee al riconoscimento delle classi cercate.

Il software eCognition descrive numerosissime caratteristiche (feature) associate ad ogni oggetto (poligono) segmentato e, grazie al *Feature View*, consente di visualizzarle e gestirle. Queste possono essere: spettrali, geometriche, tessiturali, gerarchiche, parametriche o di attribuzione tematica.

Diverse feature sono state utilizzate nel lavoro di classificazione, le caratteristiche spettrali ad esempio, in quanto le coperture in cemento amianto non sempre presentano una struttura tessiturale omogenea e facilmente individuabile nell’immagine (es. ondulato) né sono in relazione con altri oggetti territoriali. Sicuramente, grazie all’uso dell’indice di vegetazione NDVI e di altre feature personalizzate sono state “isolate” le classi vegetazione e ombre consentendo di affinare la classificazione sul territorio antropizzato/naturale rimanente.

I risultati sono stati oggetto di una valutazione qualitativa attraverso controlli a campione con tecniche di fotointerpretazione tradizionale oppure individuati da scheda di censimento. Ciò ha consentito di tarare ed affinare il modello di classificazione reiterando più volte l’intero ciclo di analisi. Dall’indagine spettrale a partire da campioni certi, è stata infine estratta una tabella riportante, per ogni oggetto classificato, i valori caratterizzanti le feature ritenute idonee alla ricerca dell’MCA. Questi valori, dopo attenta verifica sull’immagine, sono stati utilizzati nella ricerca della classe di legenda “possibile cemento amianto”.

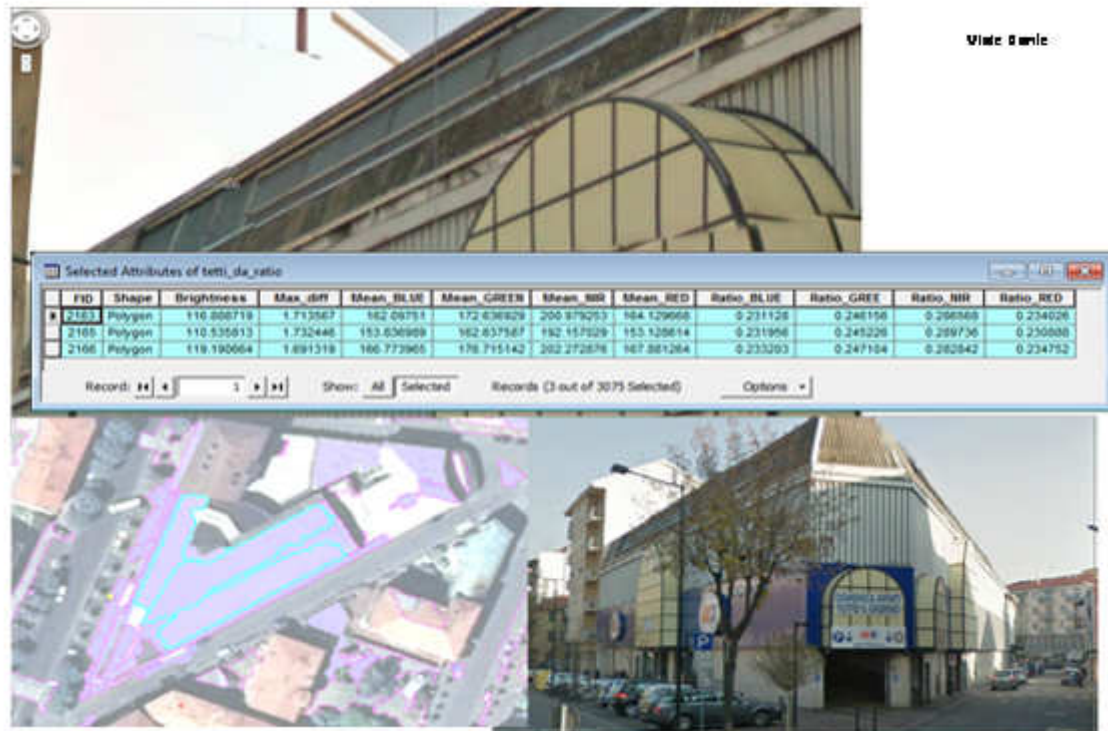


Figura 9 – Esempio di tabella con feature estratte per i campioni certi

Al termine della classificazione risultavano tuttavia alcuni oggetti ridondanti nella classe “probabili coperture in cemento amianto”, questo perché diversi oggetti territoriali hanno risposte spettrali equivalenti alla classe cercata (es. porzioni di manto stradale, cortili, aie, marciapiedi). Sono stati quindi progettati e realizzati modelli GIS di post-elaborazione dei dati per definire meglio gli edifici (e di conseguenza le coperture in MCA).

Elaborazioni GIS

In un primo momento sono state implementate e sperimentate due metodologie differenti per poi valutare quale potesse effettivamente offrire i risultati migliori. Le elaborazioni sono state effettuate mediante incroci tra il dataset generato dalla classificazione eCognition e altre informazioni derivanti da BDTRE della Regione Piemonte:

http://www.regione.piemonte.it/geopiemonte/documenti/dwd/2009/tec_bdtre.pdf

La prima metodologia sperimentata consisteva nell'incrociare il dataset esportato da eCognition con i dataset altimetrici, opportunamente trattati, per poter separare le aree di copertura degli edifici da quelle relative al suolo (considerando come edificio tutte le celle eccedenti i 3 m). I test effettuati per validare questa procedura non hanno purtroppo fornito risultati soddisfacenti in quanto i dataset altimetrici, con passo di 5 metri, non possedevano la risoluzione necessaria per separare con precisione le coperture degli edifici dalle aree al suolo, fig.10.

La seconda metodologia sperimentata ha portato alla creazione di un modello GIS di incrocio tra il dataset vettoriale degli edificati da BDTRE con il dataset generato da eCognition producendo una mappatura degli edifici classificati sulla base della presenza di porzioni di superfici potenzialmente contenenti MCA, fig.10.



Figura 10 – A sinistra: le celle in rosso rappresentano le aree ad elevazione maggiore di 3 metri, ma la maglia del DTM a 5 metri non permette di isolare correttamente gli edificati in area urbana. A destra: i poligoni del dataset vettoriale dell'impronta degli edifici (in rosso) non corrispondono perfettamente alla relativa impronta sull'ortofoto

Va sottolineato come questa metodologia, poi adottata in via definitiva, presenti il notevole vantaggio di essere facilmente replicabile su porzioni più ampie di territorio e di avere tempi macchina di elaborazione piuttosto contenuti.

Occorre tuttavia precisare che i risultati ottenuti sono indicativi, in quanto risentono di alcuni limiti derivanti dalle caratteristiche di precisione delle sagome degli edifici e dalla loro non perfetta sovrapposizione all'ortofoto.

I tempi di progetto, molto stretti, non hanno consentito, infatti, di correggere le deformazioni tra le ortoimmagini e i dati vettoriali.



Figura 11 – Esempio del risultato ottenuto dal processo di segmentazione ed elaborazione GIS

Collaudo

Dal punto di vista qualitativo, il confronto a campione tra coperture classificate e coperture rilevate con fotointerpretazione tradizionale ha evidenziato nel complesso, un buon livello di corrispondenza.

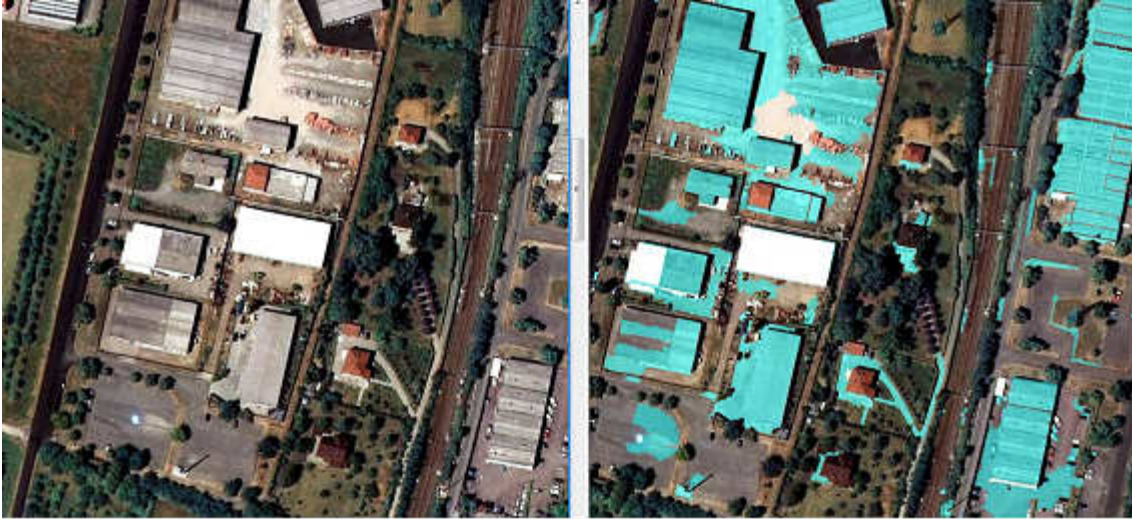


Fig. 12 - Confronto tra l'immagine originale e il risultato della classificazione da telerilevamento. In azzurro le geometrie classificate come potenzialmente MCA prima dell'elaborazione GIS di pulizia.

Sono stati identificati alcuni errori di classificazione riconducibili alle seguenti situazioni:

- porzioni di tetto/copertura con colorazione dominante grigia, classificate erroneamente come cemento-amianto in particolari situazioni di ombra o sovraesposizione;
- porzioni di tetto/copertura, contenente presumibilmente amianto, non identificate dalla classificazione sempre a causa di situazioni di ombra o sovraesposizione.



Fig. 13 - Esempio di errori di classificazione indotti da ombre o particolari situazioni di illuminazione e riflettanza

Occorre inoltre precisare che la metodologia individuata non può in alcun modo identificare coperture di cemento-amianto in casi di:

- incapsulamento/riverniciatura

- bassi fabbricati nascosti da vegetazione
- zone d'ombra

Avendo inoltre adottato come criterio metodologico quello di riportare la potenziale presenza di MCA sul livello *Edificati* della Cartografia Tecnica Regionale, nel risultato dell'elaborazione non compaiono gli edifici di piccole dimensioni quali piccole tettoie o ricoveri per attrezzi o elementi non aggiornati sulla BDTRE, elementi che invece possono essere comunque rilevati dalla classificazione automatica effettuata con eCognition.

Tramite una sessione finale di editing vengono apposti dei punti geografici per ogni copertura corretta individuata dal metodo o soppressa dall'elaborazione GIS al fine di numerare e schedare le coperture nella fase finale di collaudo sul territorio, una successiva procedura di geoprocessing inoltre attribuisce loro l'indirizzo più vicino individuato con uno stradario.

Proposte per sviluppi futuri

Dal punto di vista metodologico ed organizzativo si ritiene rilevante poter proseguire l'indagine sul resto del territorio e, se possibile, inseguire alcune linee di sviluppo:

- analisi e valutazioni tecnico-economiche inerenti rilievi fotogrammetrici iperspettrali ad hoc (es. MIVIS, Daedalus, etc.);
- applicazione di tecniche di analisi geostatistica e multivariata;
- sviluppo strumenti mobile per verifica in campo;

in merito si è provveduto di recente ad implementare un'applicativo web che consente ai colleghi Arpa, preposti alla fase di collaudo e schedatura delle coperture individuate, l'immediata fruizione del dataset periodicamente aggiornato. La *web application* rende possibili:

- la consultazione ed interrogazione su base geografica dei risultati della mappatura e dei controlli effettuati;
- l'accesso al mosaico regionale delle ortoimmagini ICE su cui è basata la fotointerpretazione;
- l'accesso alle ortoimmagini storiche (2000, 2007) e alle basi topografiche di confronto;
- la consultazione della prima versione della banca dati del catasto terreni;
- funzionalità di editing per integrare ed aggiornare direttamente le informazioni inerenti gli esiti delle attività di sopralluogo e censimento (valutazioni e risultati delle verifiche in campo);
- allegare documentazione agli oggetti geografici verificati (immagini, documenti, etc.);
- inserire nuove coperture rilevate (georeferenziazione e codifica attributi).

In questo modo sarà quindi possibile comporre una banca dati unica e omogenea su scala regionale e avere un quadro costantemente aggiornato degli esiti del censimento e dello stato avanzamento dei lavori.