

UN'APPLICAZIONE DI INTERGRAPH IMAGE SCOUT ALLE ANALISI DI CHANGE DETECTION IN AREA URBANA MEDIANTE IMMAGINI SATELLITARI AD ALTA RISOLUZIONE

Andrea FIDUCCIA (*), Maria MARSELLA (), Paolo JACOBELLI (***), Filippo PONGELLI (****)**

(*) Intergraph Italy LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157, Roma, RM, email: andrea.fiduccia@intergraph.com

(**) Università "La Sapienza", DITS, Via Eudossiana 20, 00184, Roma, RM, tel. 0644585098, fax. 0644585515, email: maria.marsella@uniroma1.it

(***) Università "La Sapienza", DAU, Via Eudossiana 18, 00184, Roma, RM, tel. 0644585171, fax. 0644585187, email: paolo.jacobelli@uniroma1.it

(****) *Progetto H.E.L.I.O.S.-GIS* Università degli Studi di Roma "La Sapienza"- Intergraph Italia LLC, C/O Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157 Roma, f.pongelli@gmail.com

Riassunto

I dati satellitari offrono ormai un panorama assai promettente per lo sviluppo di metodologie per il monitoraggio del territorio. I sensori attualmente operativi e quelli dell'immediato futuro hanno notevolmente incrementato la risoluzione spettrale offrendo sul mercato anche prodotti pre-elaborati che facilitano la produzione di cartografia tecnica (ortofoto) e tematica (carte di uso del suolo). I prodotti, offerti dai data providers, già corretti, sia radiometricamente che geometricamente, sono rivolti agli analisti GIS per implementare analisi territoriali o mediante classificazione o per l'estrazione di elementi di interesse cartografico.

Contemporaneamente i produttori di tecnologia GIS offrono moduli per l'elaborazione delle immagini da telerilevamento satellitare ed aereo fortemente orientati all'estrazione di tematismi e completamente integrati nell'ambiente GIS.

Questa interessante convergenza di fattori ci fa ritenere che i tempi siano maturi per una sperimentazione di un flusso di lavoro integrato GIS-RS finalizzato a strategie innovative di planning urbano-territoriale.

La metodologia presentata nel paper utilizza analisi semi-automatizzate di change detection per analizzare le trasformazioni di uso del suolo nelle aree urbane sfruttando dati ad altissima risoluzione satellitari (QuickBird, Eros, Ikonos) ed aerei (MIVIS). La metodologia si avvale di tecnologie di feature extraction basate sul paradigma delle reti neurali utilizzabili direttamente nell'ambiente GIS. La piattaforma software della soluzione Intergraph Image Scout, infatti, coniuga la flessibilità di una tecnologia GIS ad alta interoperabilità di dati, formati, sistemi di riferimento e modelli semantici – Intergraph Geomedia Professional – con moduli specifici per l'image exploitation (Geomedia Image Light Table Plus) e per la feature extraction (VLS Feature Analyst for Geomedia). Il vantaggio evidente consiste nell'innovazione del flusso di operazioni che consente all'analista:

1. di integrare, con estrema efficienza e con deciso incremento di produttività, dati GIS ancillari ed immagini evitando le continue importazioni ed esportazioni di dati tra l'ambiente GIS a quello di image analysis.
2. di sfruttare la maggior sensibilità dell'algoritmo di classificazione a reti neurali direttamente nella fase di fotointerpretazione e digitalizzazione.

La sperimentazione, realizzata nell'ambito della Ricerca di Ateneo dell'Università di Roma "La Sapienza" "Analisi dei cambiamenti di uso del suolo dell'area urbana e periferica di Roma attraverso prodotti cartografici estratti da immagini satellitari ad alta risoluzione" (Responsabile Scientifico: Prof. Maria Marsella) con il contributo di Intergraph Italy LLC (Laboratorio *Progetto H.E.L.I.O.S.-GIS*) ha verificato un protocollo di analisi delle trasformazioni degli usi del suolo che sfrutta le nuove acquisizioni di immagini satellitari ad alta risoluzione per valorizzare i dati già in possesso dell'Amministrazione Comunale (ortofoto, immagini satellitari, cartografia tecnica comunale, zoning di PRG) nella prospettiva del calcolo di un set di parametri correttivi per gli standard urbanistici da utilizzarsi in un modello integrato, iterativo ed interdisciplinare per il monitoraggio delle corrette trasformazioni del sistema insediativo.

Abstract

Satellite datasets offer a wide range of landscape imagery for the development of territorial monitoring techniques. State of the art sensors have greatly improved spatial resolution and enhancements in technology enable the distribution of ready-to-use products, aiming to hasten the production of both technical (Orthoimages) and thematic cartography (Land-use maps).

Data providers are offering ready-to-use products with both very acceptable radiometric and geometric corrections, targeting GIS users that need satellite data to facilitate analysis or to enrich classification and feature extraction.

At the same time, GIS technology providers are offering modules for exploitation and processing of satellite or aerial images, pointing to new possibilities for thematic extraction procedures fully integrated into GIS software.

The coexistence of solutions leads us to believe that a collective workflow of both GIS and Remote Sensing techniques is now possible for urban territorial planning.

The methodology presented offers a semi-automated procedure for change detection, analysing land use changes in urban areas, using very high resolution satellite datasets (QuickBird, Eros, Ikonos) as well as airborne sensors (MIVIS). The methodology makes use of feature extraction technology, based on neural network concepts and available within GIS software.

The platform solution 'Intergraph Image Scout', capitalises the flexibility of a GIS technology capable of high interoperability in terms of datasets, coordinates, and semantic models - Intergraph Geomedia Professional - together with specific modules for image exploitation (Geomedia Light Table Plus) and for feature extraction (VLS Feature Analyst for Geomedia).

The manifest benefits consist of a new workflow that allows the analyst to:

1. Considerably enhance productivity using a very efficient integration of ancillary GIS data and remotely sensed images and thus avoid any problematic procedures for importing-exporting data between GIS and image analysis environments.
2. Put to use the impressive capability of neural network classification algorithms together with tools for image interpretation and digitizing.

The experimentation has been carried out through an academic project developed by University of Rome "La Sapienza": "Cartographic products extracted from VHR Satellite Images for Change Detection Analysis of Urban Areas in Rome" (Scientific Coordinator: Prof. Maria Marsella), with the contribution and support of Intergraph Italy LLC.

The research created a collective workflow for the analysis of land use changes, addressed to exploit new retrieved VHR satellite images as well as some sets of data already owned by local authorities. The research points out to the new possibility of creating a set of corrective parameters in terms of urban standards for planning, to be embedded in an integrated, iterative and multi-disciplinary model that aims to monitor transformations of urban system.

1. I dati VHR: conseguenze per le applicazioni operative del telerilevamento

Il telerilevamento è una scienza in continua evoluzione e progresso. Abbiamo assistito in questi anni alla nascita di una nuova generazione di satelliti che hanno contribuito ad un rapido

incremento dell'efficienza dei processi analitici e ad un'espansione dei campi di utilizzo. Si tratta di piattaforme caratterizzate da sensori "ad altissima risoluzione" (sensori VHR) che acquisiscono dati con una risoluzione spaziale e radiometrica molto elevata, mentre minore è il contributo informativo spettrale. Ciò ha determinato un cambiamento nell'approccio all'analisi e alla elaborazione.

Per quanto riguarda l'esplorazione dei dati, il guadagno evidente, è sicuramente la riconoscibilità di elementi da analisi visiva: la capacità dell'analista di riconoscere le feature apre ad utilizzi più specifici, e a processi di estrazione più accurati e selettivi. Inoltre, per i dati con risoluzione radiometrica a 11 bit, si ha anche la possibilità di usufruire di una gamma più ampia di toni, che facilitano ancora di più la differenziazione e la percezione dei confini spaziali tra temi d'interesse confinanti.

Al contempo, la diminuzione di risoluzione spettrale restringe il settore tematico di applicazione, permettendo all'analista concentrare i propri sforzi in direzioni più specifiche. Nell'ambito della pianificazione territoriale e urbanistica, e tutte le volte che si fanno analisi delle trasformazioni territoriali, si ha l'obiettivo di individuare quelle aree che, come previsto dagli strumenti di Piano, ma spesso anche "inaspettatamente", hanno modificato il proprio uso del suolo. I risultati devono essere misurabili con la precisione richiesta. In particolare, nell'ambito della classificazione, cioè nel delicato processo di assegnazione dei pixel ad una classe semantica, si è assistito ad un graduale cambiamento di tendenza: all'aumentare della risoluzione spaziale e radiometrica, e alla diminuzione di risoluzione spettrale, è seguito uno spostamento dell'attenzione dalle tecniche classiche verso i modelli a reti neurali. A differenza dei classificatori "tradizionali" di tipo supervised, che sfruttano la ricchezza spettrale dell'immagini digitali, gli algoritmi a reti neurali hanno la capacità di riconoscere pattern di struttura e funzionano molto bene con le immagini VHR. Una rete neurale è – ricordiamo - secondo la definizione di Hecht-Nielsen, una struttura parallela che processa informazioni distribuite, ed è costituita da una struttura di calcolo formata da elementi di processamento locali indipendenti, detti neuroni o nodi; i neuroni dialogano attraverso connessioni, che vengono indirizzate da un nodo a quello successivo, trasmettendo segnali unidirezionali, che generano un output locale.

2. Intergraph Image Scout: un framework ottimizzato per il telerilevamento VHR

La nostra analisi è stata volta a verificare l'accuratezza dei risultati degli algoritmi a reti neurali e nello stesso tempo si è voluto creare un flusso di lavoro che favorisca l'esplorazione dei dati e che ottimizzi le fasi di classificazione, digitalizzazione e feature extraction. Tali tecniche, che vengono utilizzate nelle procedure di change detection, prevedono non soltanto l'utilizzo di tools di Remote Sensing, ma anche di analisi di tipo GIS. Il lavoro è stato effettuato con il software Intergraph Image Scout.

Intergraph Image Scout consente innanzitutto di evitare le "pericolose" conversioni di dati tra differenti ambienti di lavoro, risparmiare tempo e spazio di storage; Image Scout si basa sulla versatilità della piattaforma GIS Geomedia Professional, e contiene due importanti moduli che consentono di svolgere l'analisi di immagine direttamente nell'ambiente GIS:

- *Image Light Table Plus* serve ad esplorare i dati e consiste di tutti i tools classici di *enhancement* necessari all'*exploitation* oltre a dei *preset* di *slicing* IDEX basati sulla densità.
- *VLS Feature Analyst for GeoMedia* è la toolbar di classificazione a reti neurali, che provvede strumenti per la digitalizzazione, e ha dei *preset* specifici basati sulla tipologia di feature da estrarre.

Naturalmente una condizione fondamentale perchè l'analisi vada a buon fine è la precisione geometrica delle procedure di data ingest: le immagini devono essere perfettamente co-registrate, pena la perdita di affidabilità dei risultati.

La componente Geomedia Image Light Table Plus ci permette di attivare un wizard per la co-registrazione che può essere utilizzato quando non c'è affinità tra le immagini a disposizione, ed inoltre grazie a questo modulo è possibile leggere le immagini nei formati militari NITF e

CIB/CADRG. Con Feature Analyst è possibile generare delle aree di training vettoriali e salvarle come features vettoriali in un warehouse GeoMedia. Il numero delle classi possibili dipende dal tipo di dato in ingresso che si ha a disposizione: è opportuno scegliere i training set con cura, cioè fare in modo che venga esposta la qualità strutturale della classe da identificare, così come deve essere soddisfatta la distribuzione spaziale.

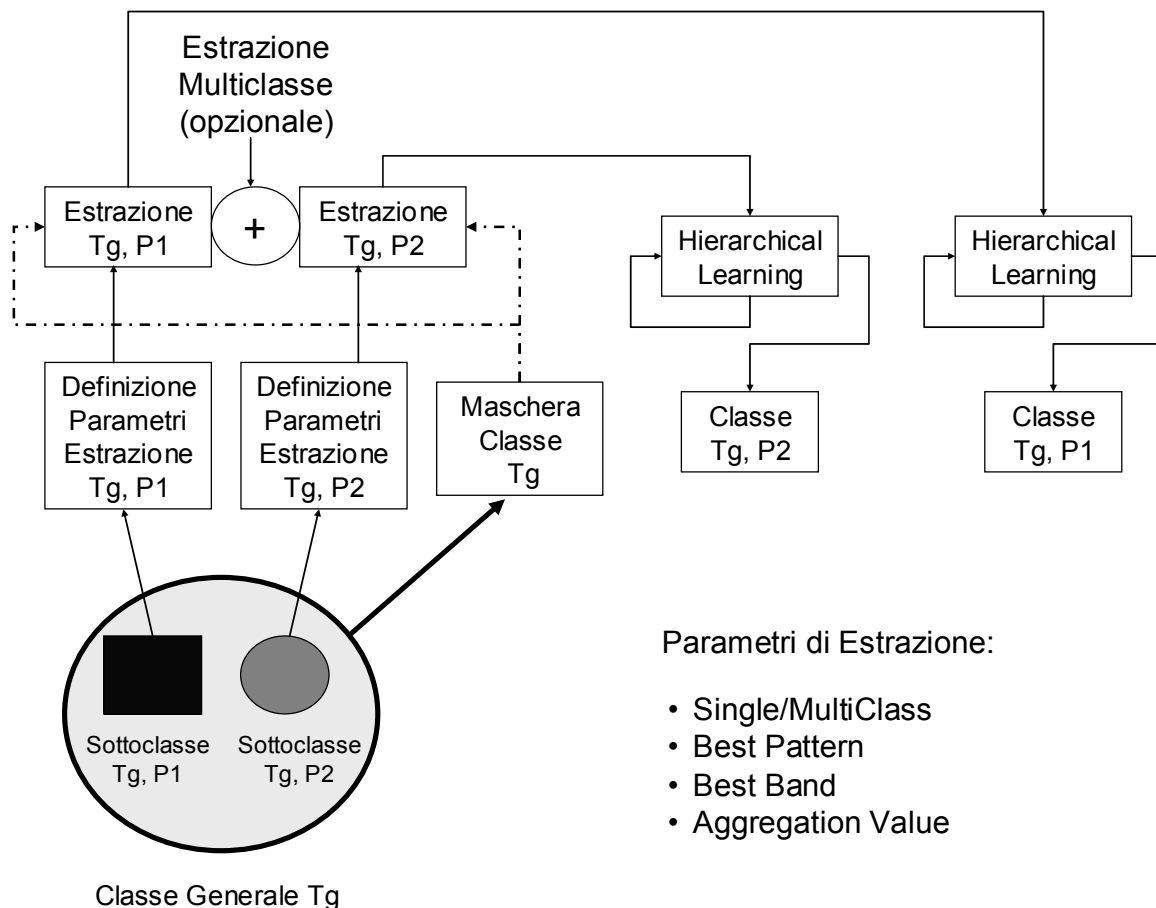


Figura 1 – Classificazione Object-Oriented con VLS Feature Analyst

Lo strumento permette di accorpare e separare le classi identificate, inoltre è possibile, attivare la modalità *Multiclass Learning* che permette di estrarre due o più classi contemporaneamente, scegliere il valore minimo delle aree da conservare, e decidere se forzare la classificazione a tutta la scena o lasciare aree non classificate.

Gli algoritmi di classificazione a disposizione servono ad estrarre le classi semantiche, che devono essere descritte, come detto, in modo verosimigliante, dalle aree di campionamento. Ad esempio il pattern *Wide Linear Feature* si è rivelato molto efficiente nel caso dell'estrazione delle strade. Comunque è anche possibile costruire dei pattern personalizzati, se si stanno estraendo particolari tipi di geometrie. Dopo la fase dell'addestramento, il tool prevede una fase di rimozione del rumore, *Hierarchical Learning*, in cui il sistema apprenderà come discriminare i risultati corretti da quelli inesatti. E' prevista, poi, una fase di affinamento dei risultati ottenuti, attraverso gli strumenti di *smoothing* e quelli di aggregazione. Feature Analyst è uno strumento molto versatile: è capace di utilizzare delle aree di training create a partire da un'immagine su di un'altra immagine o su un mosaico di immagini. È inoltre possibile classificare un dataset diacronico, utilizzando le stesse aree di interesse. In questo caso è necessario verificare che i training set rappresentino le stesse classi semantiche per tutte le immagini. Un'altra possibilità offerta da Feature Analyst è quella di convertire a punto una feature areale - nel caso degli edifici viene computato il baricentro - che permette di fare dei confronti rapidi nelle differenze tra due immagini, semplicemente

sovrapponendo due feature class vettoriali di punti e operando mediante query spaziali secondo il noto approccio di piping delle query di GeoMedia.

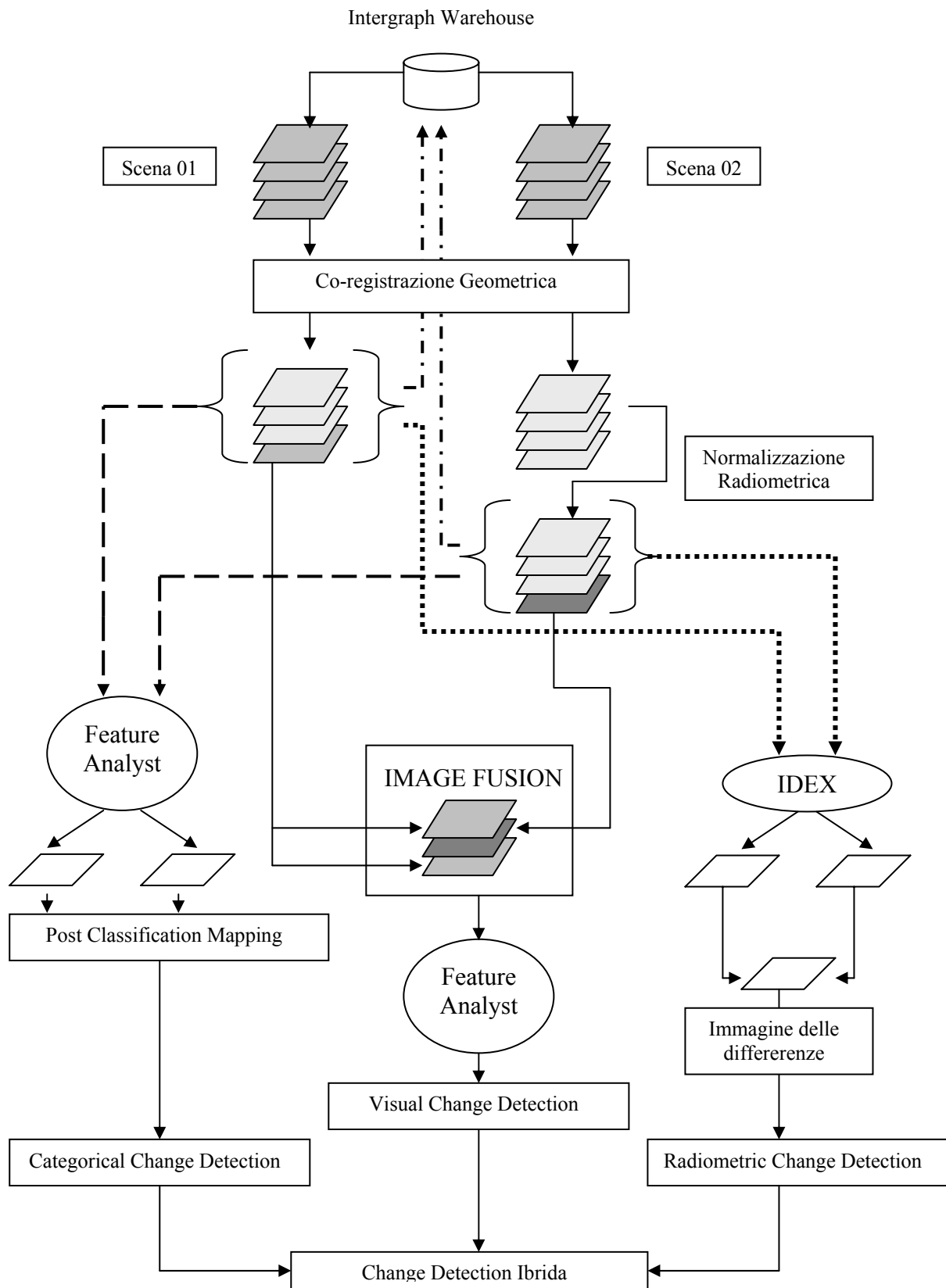


Figura 2 – Overview della procedura di Change Detection

3. Primi risultati applicativi

Una prima sperimentazione operativa di Image Scout è stata effettuata nell'ambito della collaborazione di Intergraph Italia LLC alla Ricerca di Ateneo dell'Università di Roma "La Sapienza" "Analisi dei cambiamenti di uso del suolo dell'area urbana e periferica di Roma attraverso prodotti cartografici estratti da immagini satellitari ad alta risoluzione" (Responsabile Scientifico: Prof. Maria Marsella). La sperimentazione ha utilizzato due immagini QuickBird (3 giugno 2002 e 28 aprile 2005) su un'area del Comune di Roma a cavallo dell'Aniene all'interno del Grande Raccordo Anulare. Le immagini Basic (XS e PAN) sono state ortorecttate su DEM a passo 40 m con gli RPC forniti dal data provider mediante tecnologia Intergraph ImageStation ed è stato operato il pan-sharpening con Intergraph Image Analyst. Le due immagini pansharpened sono state co-registrate con 34 punti (che sono stati ripartiti GPC e CP) equispaziati in modo tale da rendere uniforme ed efficiente la procedura di georeferenziazione. E' stata utilizzata una trasformazione polinomiale di primo grado e i pixel sono stati ricampionati con algoritmo Nearest Neighbour per ottenere valori dei pixel radiometricamente il più possibile invariati rispetto agli originali. L'Errore RMS Totale è stato mantenuto entro la tolleranza di 1,5 pixel.

Con riferimento al workflow schematizzato nella Figura 2 si sono sperimentate tre procedure di Change Detection in Image Scout:

- *Change Detection Categorical* mirata all'individuazione di specifiche classi di interesse sulle due scene mediante Feature Analyst (Urbanizzato/Non Urbanizzato; classificazione dell'Urbanizzato in Strade, Ferrovie, Edificato);
- *Change Detection Image Fusion* effettuata per fotointerpretazione a partire da un'immagine sintetica ottenuta dalle due scene con l'algoritmo "Image Fusion" di Feature Analyst;
- *Change Detection Radiometrica* finalizzata a produrre un'immagine delle differenze radiometriche a partire da *preset density slice* IDEX sulle due scene operati con Geomedia Image Light Table Plus.

Nella procedura Change Detection Categorical sono stati portati a termine numerosi test al fine di individuare il miglior pattern di estrazione per ogni classe da identificare e, contemporaneamente, si è cercato di individuare la migliore sequenza di operazioni, con lo scopo di ottenere una classificazione ad elevata precisione per tutte le classi scelte. Poiché la sperimentazione ha utilizzato immagini QuickBird, si è scelto di fare training per tutte le classi da individuare, poi di accorpare dette classi opportunamente, di classificare l'immagine per livelli e, infine, di estrarre - con l'aiuto delle maschere di livello - le singole classi fino al livello più dettagliato. Nella Figura 1 sono evidenziati i flussi di lavoro del classificatore a reti neurali: per ogni sottoclasse si possono utilizzare i livelli più generali come mascheratura.

Per quanto riguarda gli ambienti antropizzati, si è evidenziata l'efficienza della change detection di tipo categorico: è stato particolarmente facile con Feature Analyst separare le aree urbanizzate da quelle non urbanizzate, distinguendo le aree urbanizzate da vegetazione, suolo nudo e acqua. E' stato possibile, dopo aver categorizzato le due immagini come Urbanizzato/"no-data", combinare gli output di entrambe le scene per determinare le aree di cambiamento dovuto ad urbanizzazione.

Nelle zone dove si è riscontrato un intenso sviluppo delle classi di uso del suolo urbanizzato, è stato possibile sviluppare una procedura di estrazione delle nuove strade attraverso l'uso combinato di bande "pre" e "post" (mediante la funzione *Prepare change detection layer*) seguito dalla procedura standard *machine learning* e dalle tecniche di post processing vettoriale.

Bibliografia

Fitzgerald B. (2005) "Infrastructure Change Detection Using High Resolution Satellite Imagery", *ASPRS 2005*.

Shackelford A.K., Davis C.H. (2005) "Automated Processing of High Resolution Satellite Imagery for Feature Extraction and Mapping of Urban Areas", *EOM*, Vol. 14, Issue 1.

Yu W., Fritts J., Sun F. (2002) "A Hierarchical Image Segmentation Algorithm", *Proceedings ICME*.