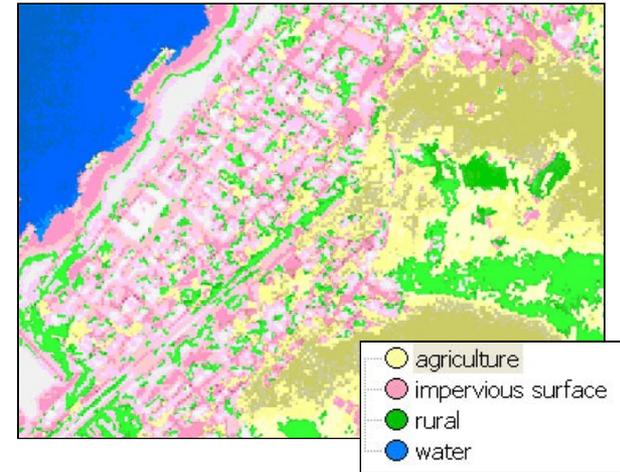


## Telerilevamento

### Classificazione di immagini da satellite

Alta risoluzione e giardini urbani: dall'analisi del pixel all'analisi ad oggetti



**Arch. Giuliana Bilotta**

**Sede SkyIUAV ai Tolentini  
Santa Croce 191, VENEZIA**

**22 gennaio 2009**

- Nell'ambito degli studi rivolti alla documentazione cartografica del territorio crescente importanza assume l'uso di dati telerilevati, dato il notevole contenuto informativo che questi contengono.
- I rilevanti progressi ottenuti nel campo delle relative applicazioni si possono mettere in relazione allo sviluppo che le varie discipline coinvolte hanno avuto in tempi recenti.

- I sistemi di telerilevamento satellitare hanno inoltre conosciuto negli ultimi anni una notevole evoluzione, nell'ambito di un processo in cui sono andati di pari passo l'innovazione tecnologica, che ha consentito la messa in orbita di sistemi d'osservazione della terra sempre più sofisticati, e l'evoluzione degli strumenti informatici per l'elaborazione delle immagini, alla portata di un numero sempre più vasto di utenti.

- Tali strumenti permettono la realizzazione di sistemi informativi territoriali in grado di monitorare gli assetti in divenire e, cogliendo gli aspetti salienti delle trasformazioni, costituire veri sistemi di supporto alle decisioni sul governo del territorio.
- La conoscenza di questi fenomeni si esprime attraverso mappe dell'uso del suolo per il controllo dello sviluppo urbano.

Ma come si arriva a realizzare queste mappe?

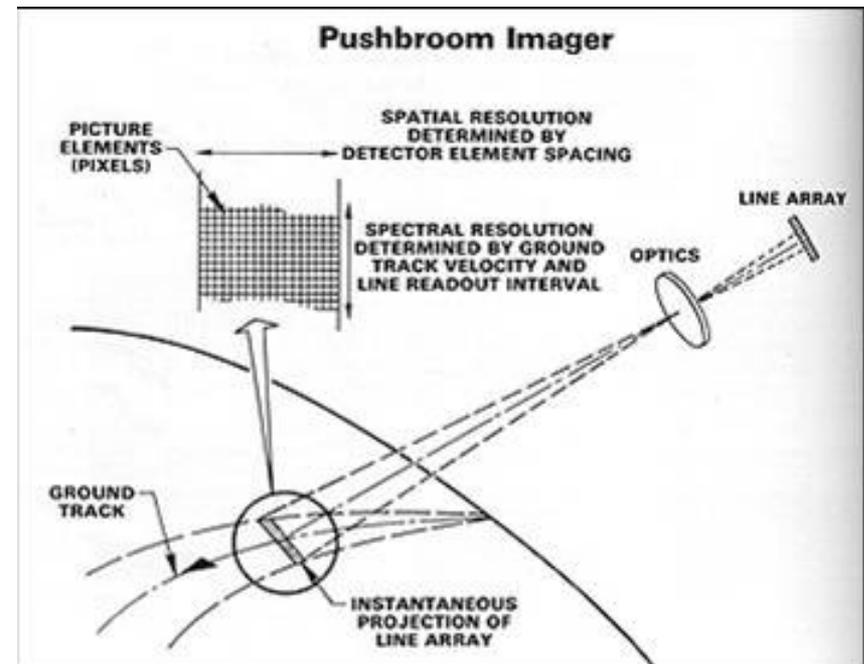
Si parte sempre dai dati raster

## **Analisi dei dati di Osservazione della Terra**

- I dati raster
- Dati da aereo e da satellite
- Il pre-processing
- Esplorazione dei dati
- Formule e filtri
- La geocodifica
- La classificazione dei dati
- La fusione dei dati
- L'integrazione nei GIS

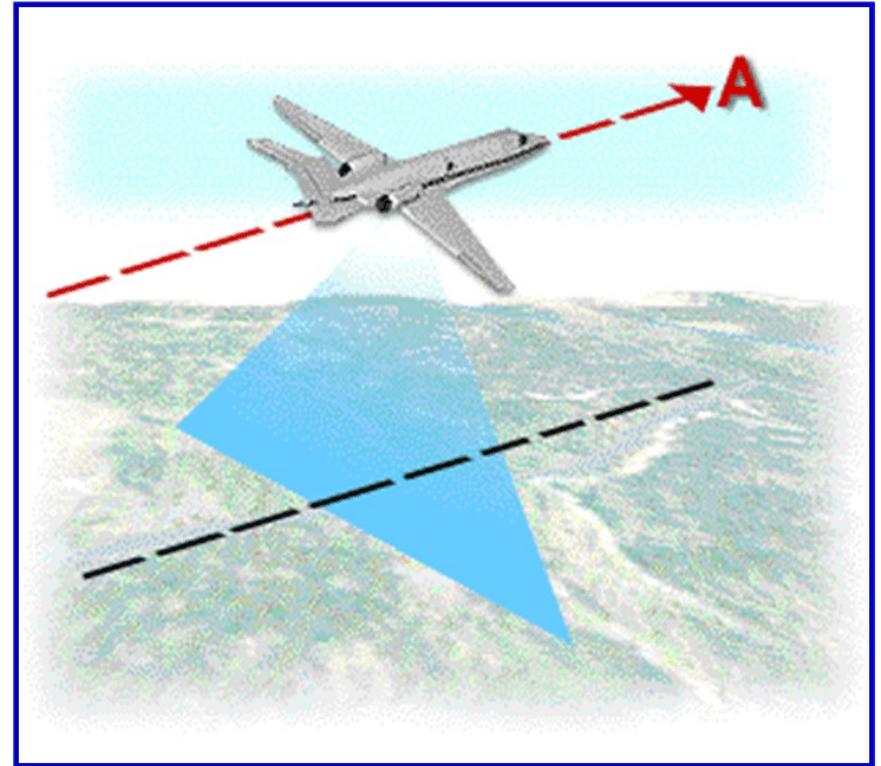
## I dati raster

- Possono essere acquisiti da piattaforma aerea o satellitare
- Sono rappresentati in una matrice
- Ogni elemento (pixel) è definito da un valore digitale (DN)



## I dati da aereo

- Vengono acquisiti da sensori o da macchine fotografiche
- I dati da aereo hanno necessità di correzioni geometriche più sofisticate



## I dati da satellite

- Sono acquisiti da diversi sensori su diverse piattaforme
- Possono avere formati differenti
- Vengono pre-elaborati e processati

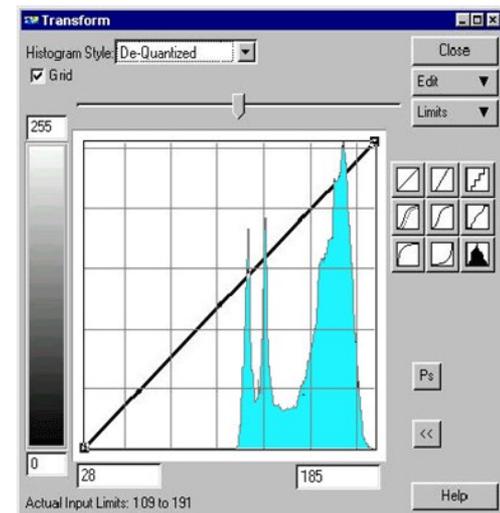
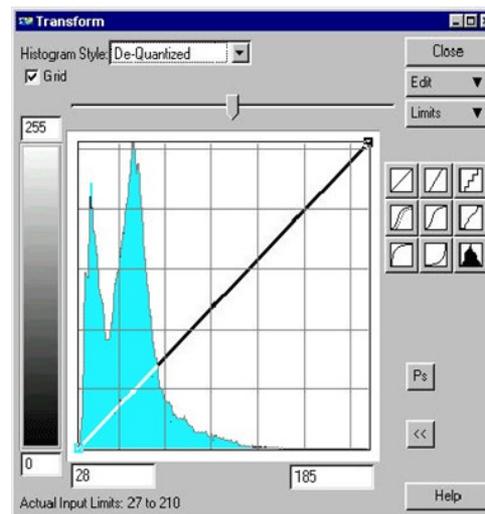


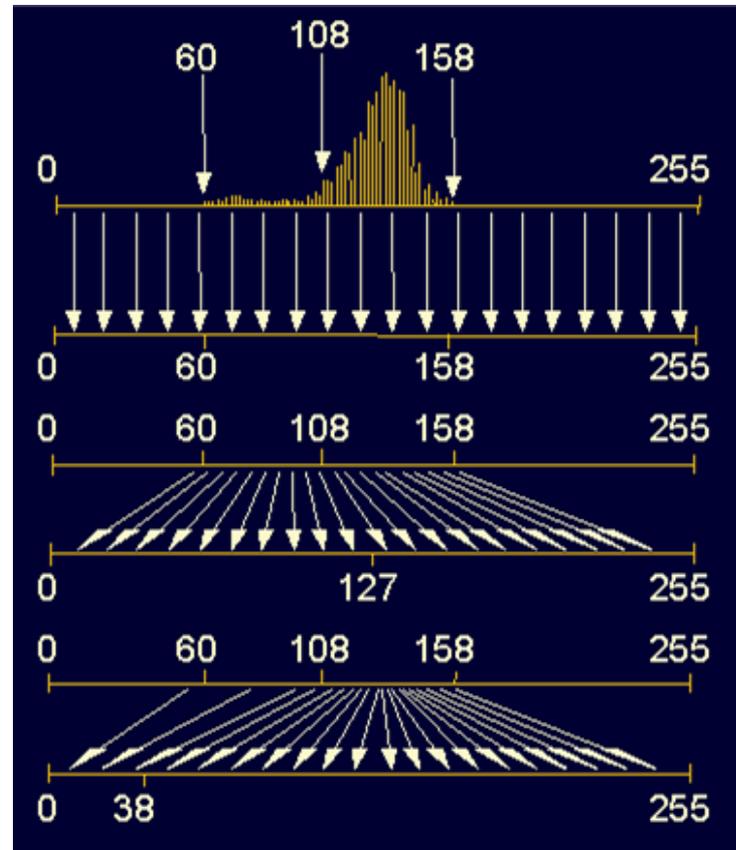
## **La pre-elaborazione dei dati**

- E' un trattamento da fornire ai dati raster prima di ogni altra operazione di processing
- Si tratta di correzioni radiometriche e geometriche
- Si può includere tra le operazioni di pre-elaborazione anche il passaggio da dato analogico a digitale

- Include tutte le tecniche di miglioramento del contrasto:
  - Stretching dell'istogramma
  - Applicazione di formule algebriche
  - Filtraggio

Esempi di  
istogrammi



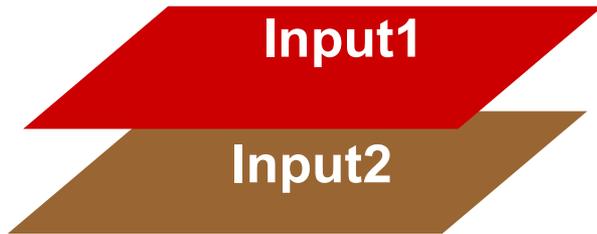


- Stretching lineare

## **Formule e filtri**

- Nell'ambito dell'esplorazione dei dati permettono di ricavare ulteriori informazioni dai dati raster
- Esistono formule e filtri dedicati ad ogni applicazione

**Formule: rapporto tra bande**



Il rapporto cresce al crescere di Input1 e diminuisce al crescere di Input2

**Filtri: esempio di applicazione**

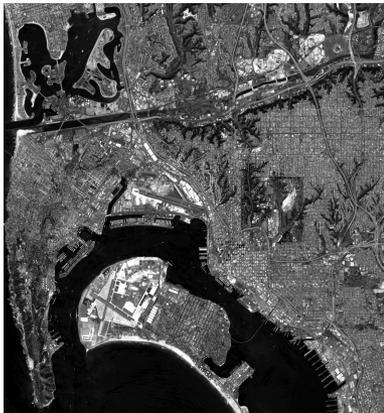
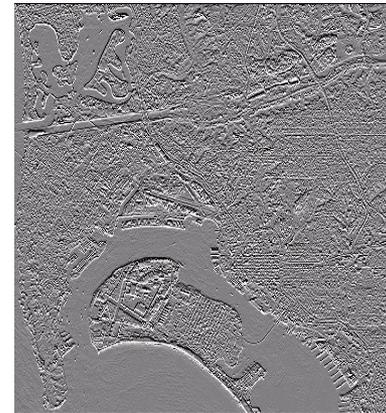


Immagine originale



Filtro direzionale (asse Y)

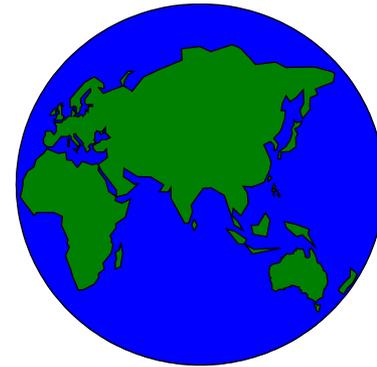
## **Geocodifica**

- Geocodifica è l'insieme delle operazioni di correzione geometrica che permettono di registrare immagini tra loro o rispetto ad un sistema di riferimento
- Permette la congruenza con altri dati dello stesso sistema

## Distorsioni geometriche

- Dipendono da:

effetti causati dalla Terra quali curvatura e rilievi;



effetti causati dal movimento della piattaforma (orientazione, altezza, velocità)

## La classificazione

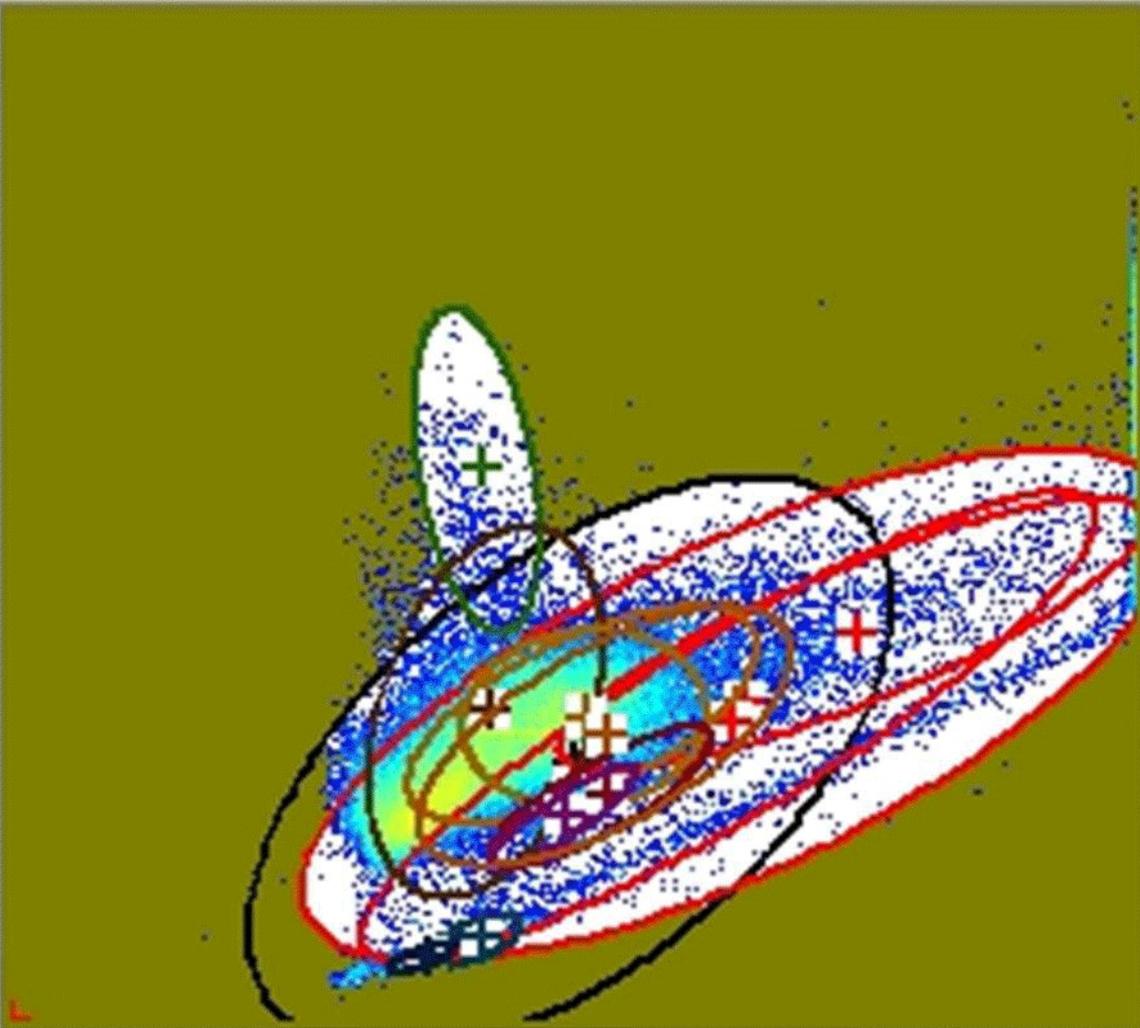
- Permette di assegnare un valore ad ogni elemento si voglia distinguere nell'immagine
- Esistono classificazioni automatiche e guidate
- Genera mappe tematiche

(190.778,37.8916)

Landsat\_TM\_20May91.ers

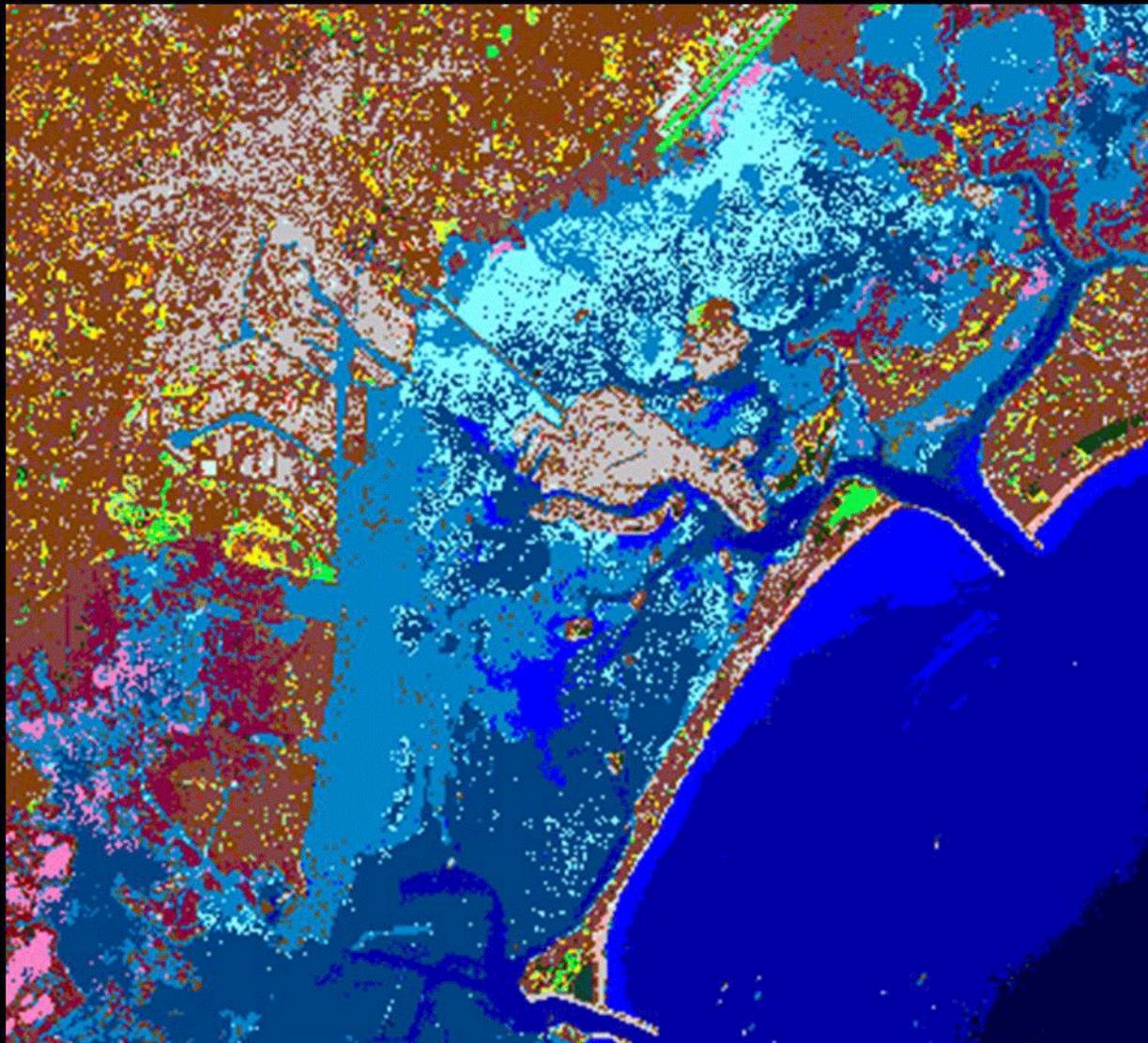
5.000

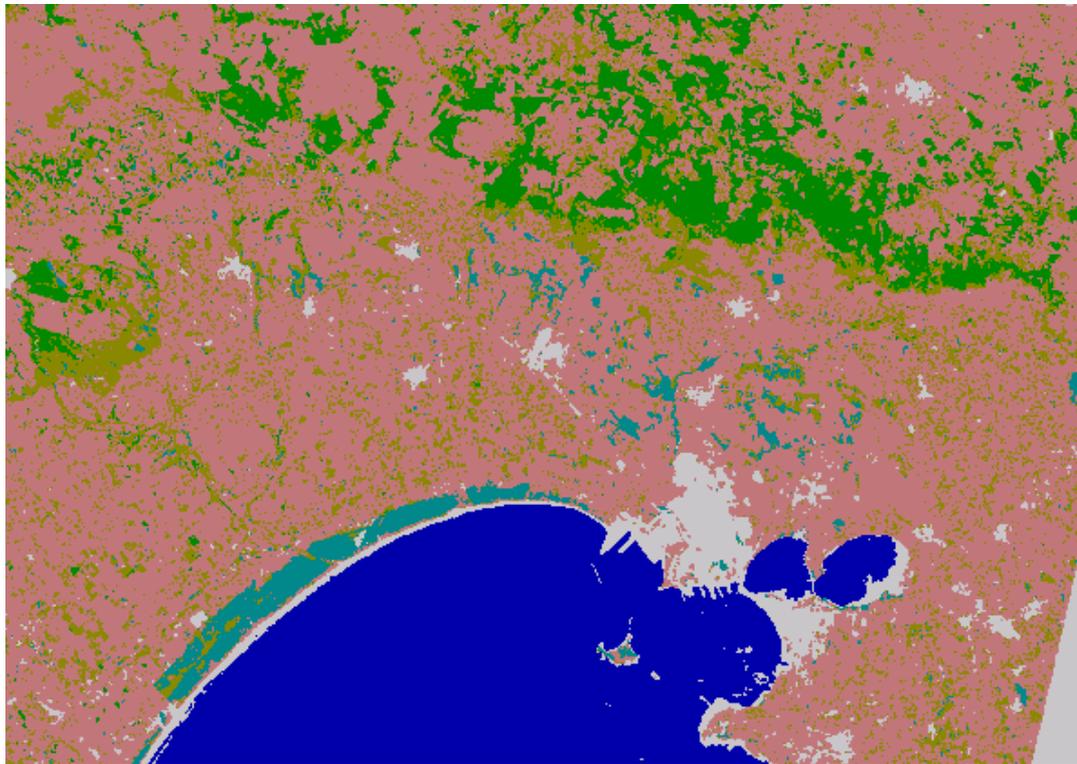
0.000



0.000

255.000





## Legenda

	Foreste miste
	Aree agricole
	Acqua
	Latifoglie
	Conifere
	Superfici artificiali

## La fusione dei dati

- I dati da satellite e aereo possono essere fusi per unirne il differente contributo
- La fusione si effettua spesso tra dati pancromatici e multispettrali
- Esistono diverse tecniche di fusione

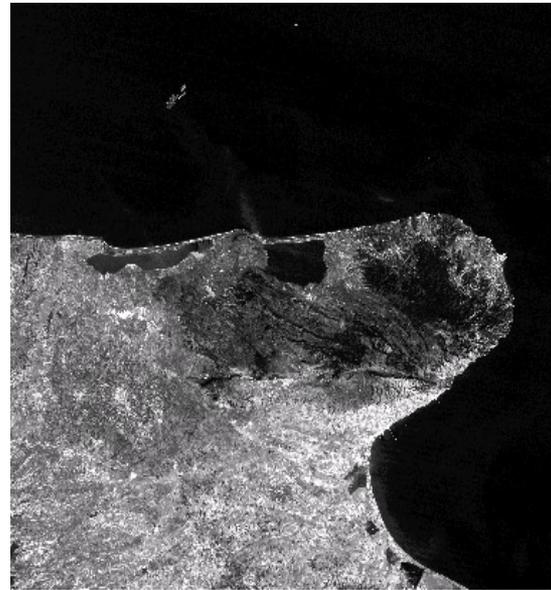
## Le singole bande

Rosso



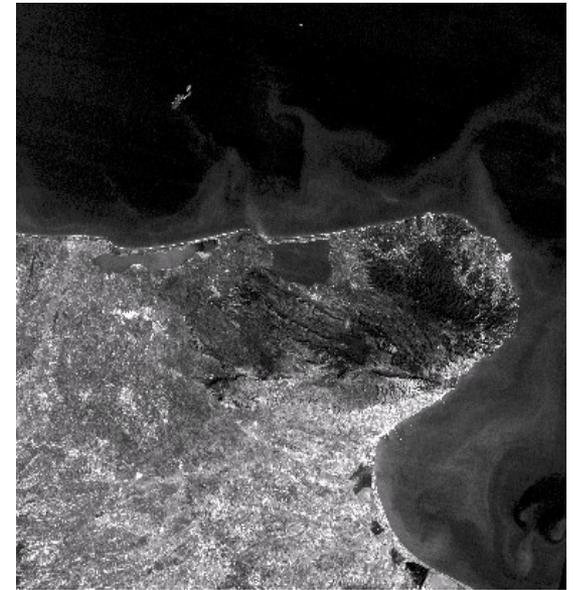
Banda 4

Verde

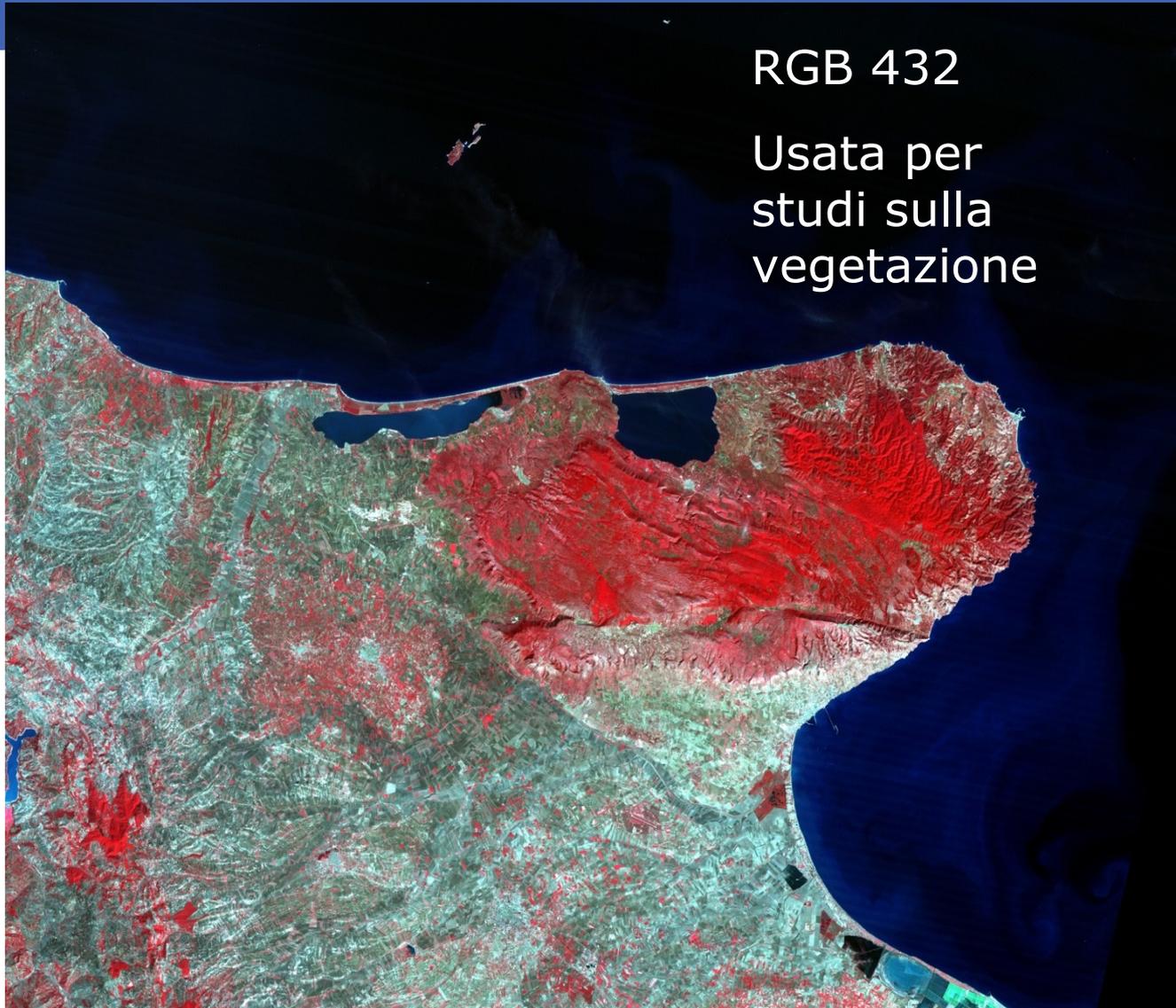


Banda 3

Blu



Banda 2

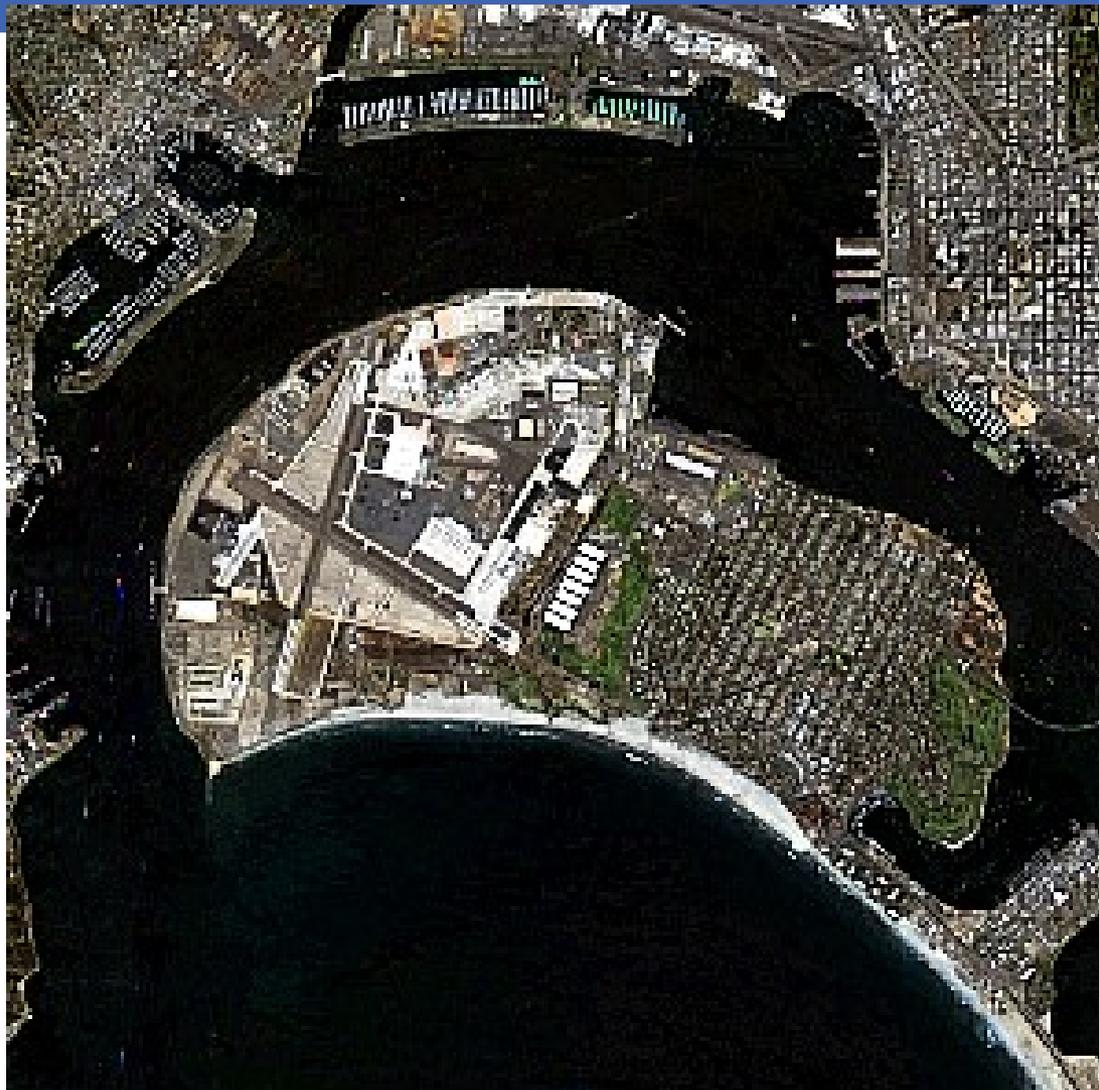


**Dati di partenza**

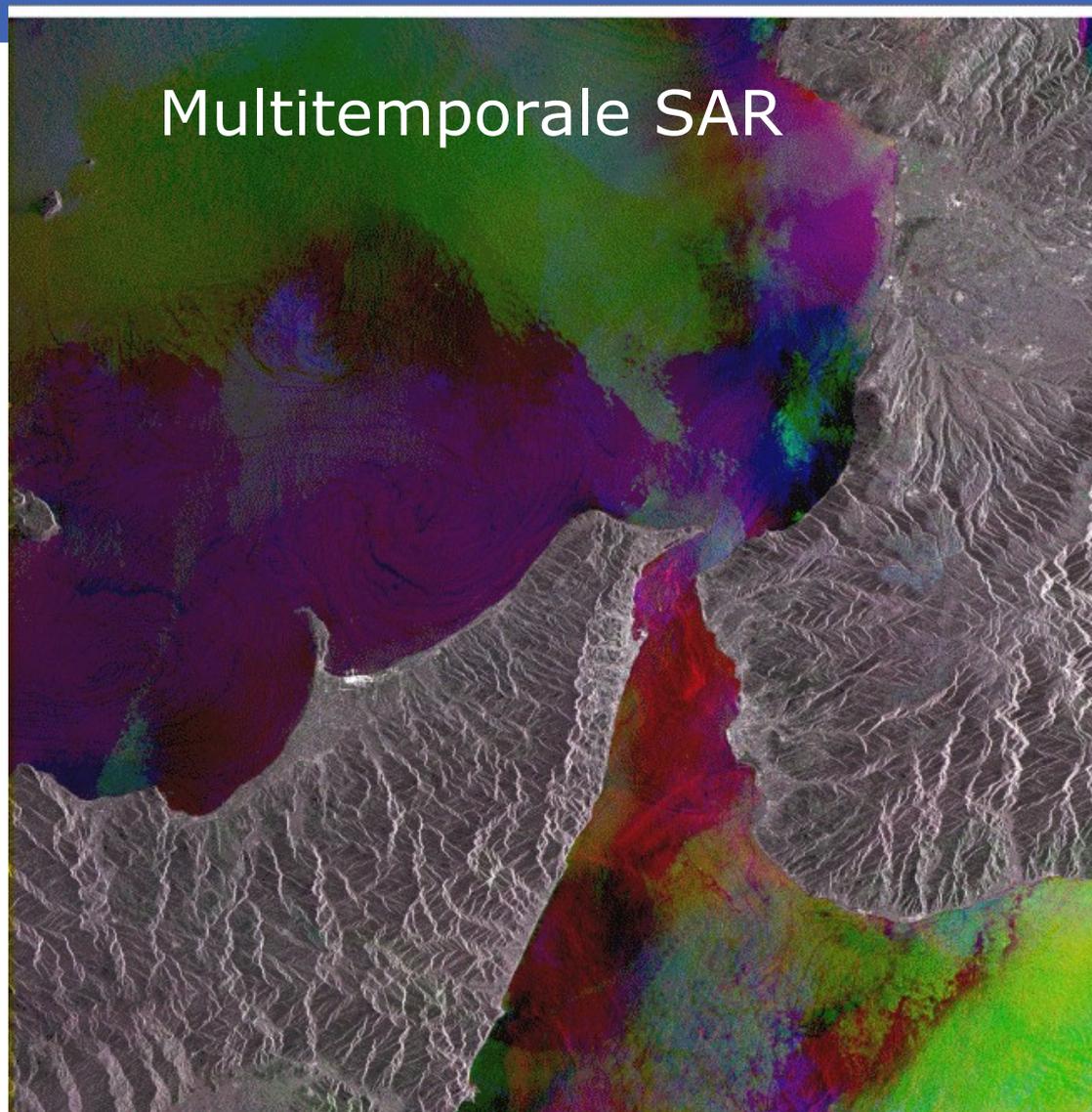
Landsat TM



SPOT PAN



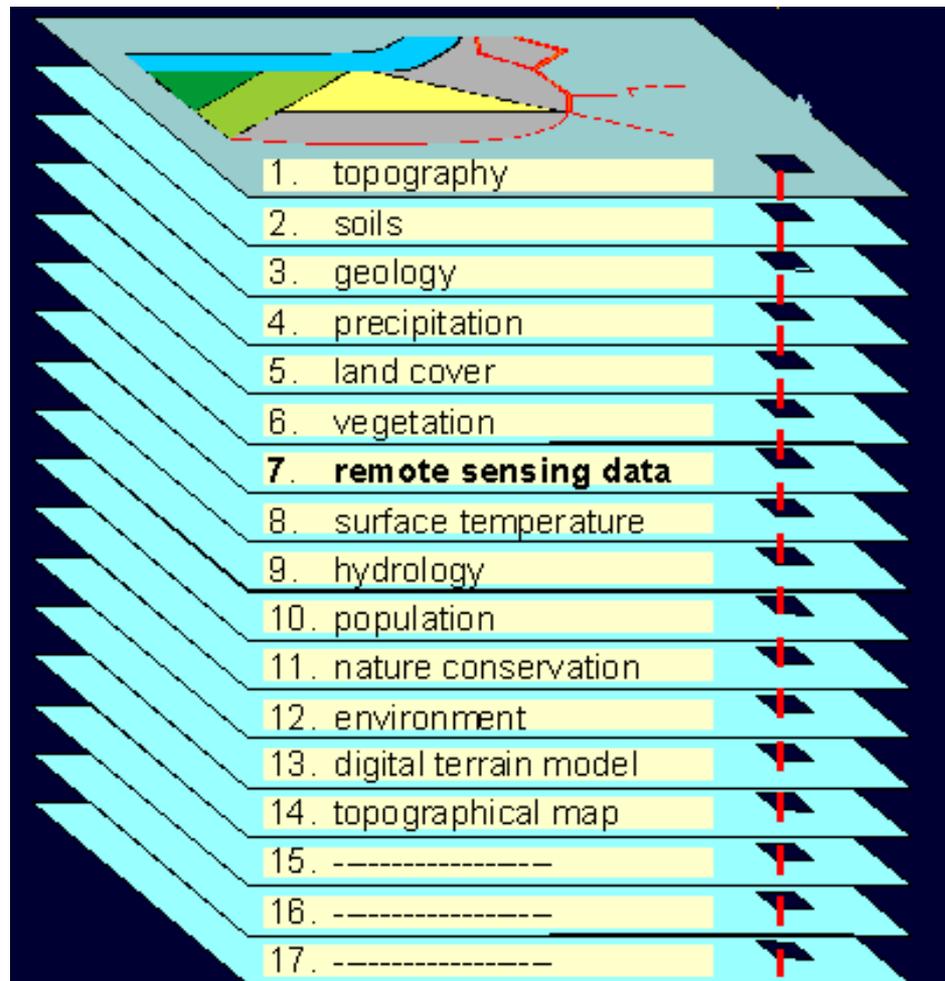
RGB-HSI



## **L'integrazione nei GIS**

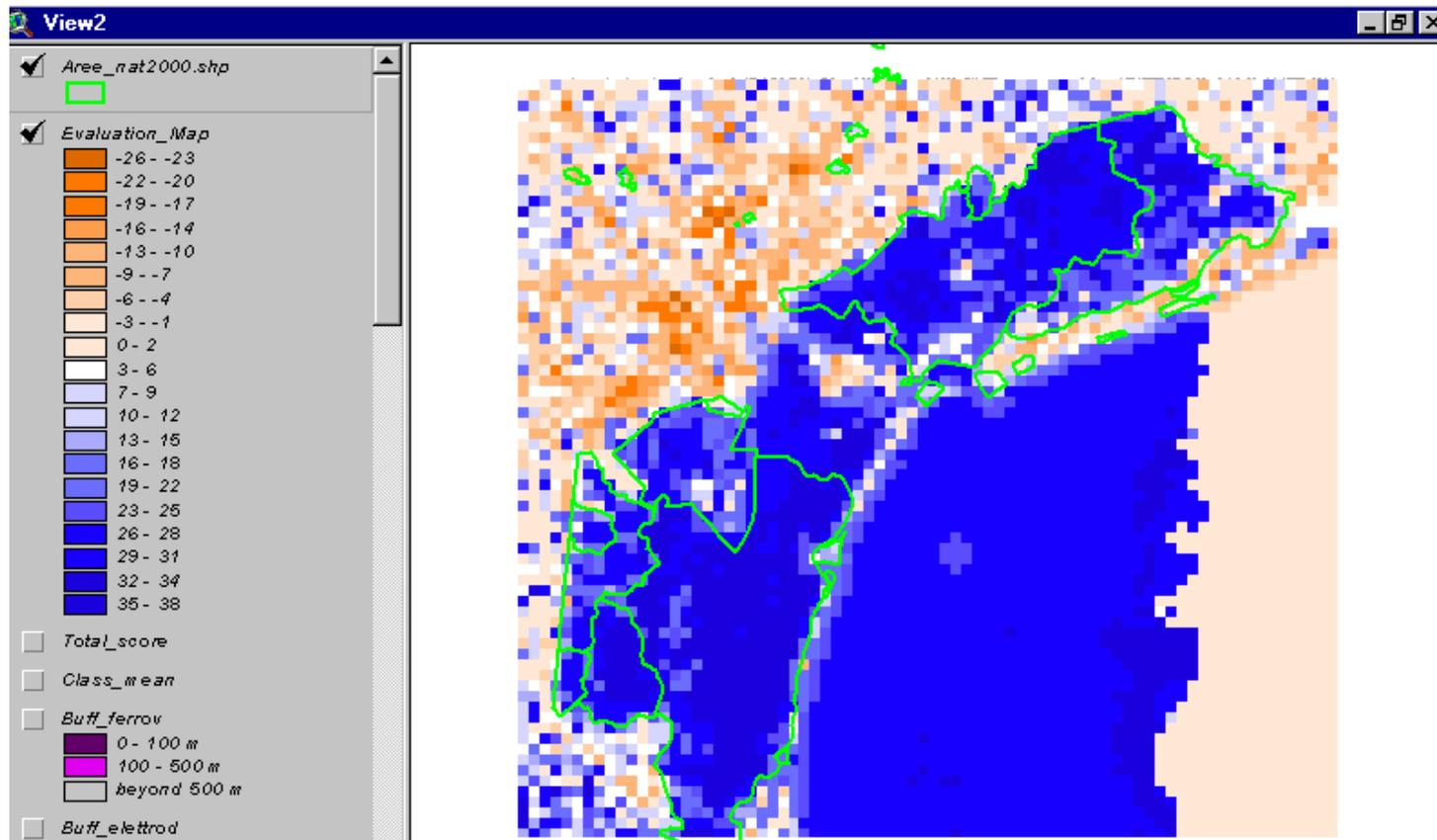
- Generalmente il dato telerilevato elaborato con tecniche pixel-oriented fornisce mappe raster
- Nei GIS vi è quindi un'integrazione di dati raster con dati prevalentemente vettoriali
- Un dato telerilevato in un GIS può aggiungere molte informazioni

## La struttura di "overlay" nei GIS



## L'integrazione nei GIS

- Esempio di integrazione di dati telerilevati in ArcView



## Progetti internazionali

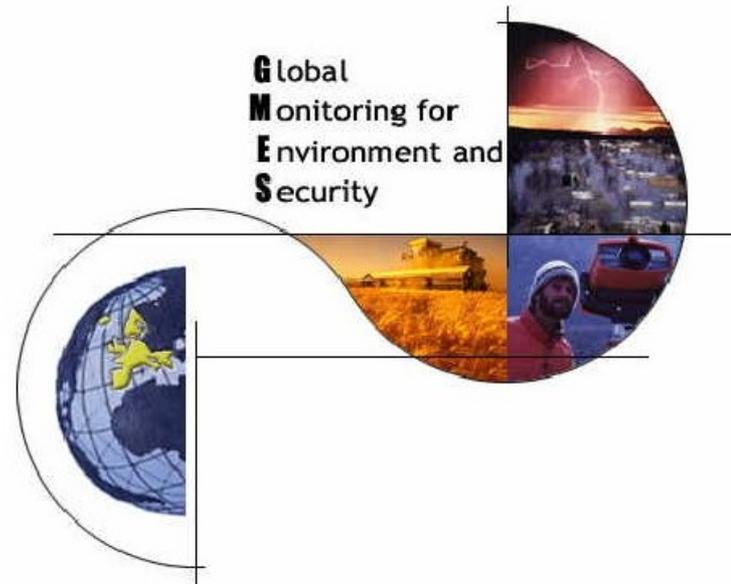
- L'importanza delle mappe realizzate dai dati satellitari è tale che importanti organismi internazionali e sovranazionali realizzano con esse sistemi informativi per il monitoraggio del territorio sotto diversi aspetti, così da porle alla base di sistemi di supporto alle decisioni.
- Il vantaggio dato dall'uso di dati satellitari è nella possibilità, dopo la messa in orbita della piattaforma, di acquisire dati anche su richiesta, quindi aggiornati, ed agli intervalli di tempo ritenuti più consoni alle necessità del fruitore.
- L'esigenza di utilizzare dati satellitari aggiornati ha portato a specifici progetti internazionali.

**GMES**

- Tra questi è GMES, una struttura europea per il controllo globale dell'ambiente e della sicurezza - Global Monitoring of Environment and Security (GMES), che assicurerà la raccolta di informazioni aggiornate, indipendenti e di alta qualità.
- Tale struttura è stata istituita nell'ambito dell'impegno europeo per promuovere lo sviluppo sostenibile ed il controllo globale del territorio dell'Unione, con informazioni tratte principalmente da dati satellitari.

**GMES**

- GMES, guidata congiuntamente dalla Commissione Europea e dall'European Space Agency (ESA), garantirà una vasta gamma di fonti di dati, utilizzando pienamente l'osservazione della terra da satellite unita ad informazioni provenienti da altre fonti.



## **GMES e le aree urbane**

- Una delle aree tematiche richiamate da ESA nel quadro di GMES risponde alle esigenze relative alle aree urbane con servizi per il controllo dell'espansione urbana, la modellizzazione e la previsione urbanistica, il controllo dei cambiamenti nell'utilizzazione del suolo urbano, il controllo ambientale, le applicazioni riferite alla disciplina della progettazione urbana, ecc.

## **GMES Urban Services**

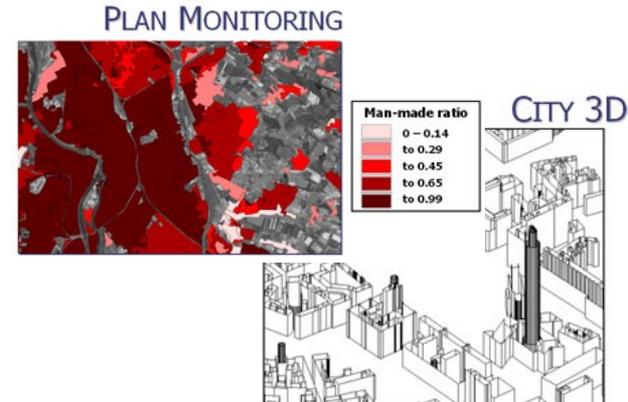
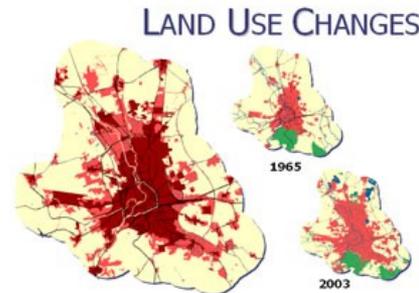
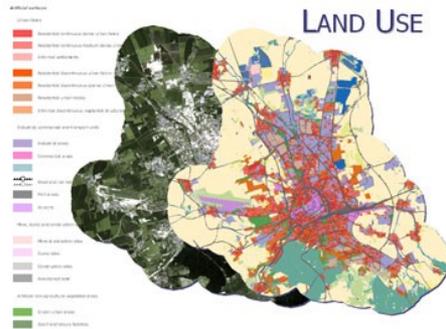
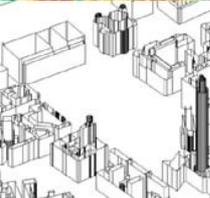
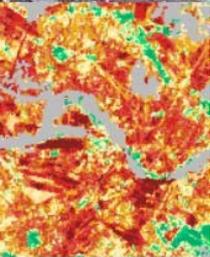
- Il progetto GUS (GMES Urban Services) mira a realizzare un portfolio dei prodotti derivati dai dati satellitari e da altre fonti in stretta collaborazione con una selezione di utenti (città ed autorità regionali) come punto di partenza per l'esecuzione completa di GMES.
- Questi sono prodotti ad alta risoluzione su aree urbane per una corretta pianificazione strategica urbana in tutta l'Europa.



**GUS: uso del suolo urbano**

I prodotti riguardano:

- l'utilizzazione urbana del suolo, compresa la rilevazione del cambiamento, il rendering 3D e gli strumenti di modellizzazione per i pianificatori urbani e le autorità regionali;



**GUS: controllo sviluppo urbano**

- il controllo dello sviluppo urbano ed il monitoraggio a breve termine dei punti di attenzione (variazioni urbane), con il controllo ad alta risoluzione dello sviluppo e dell’applicazione delle norme di pianificazione urbana;



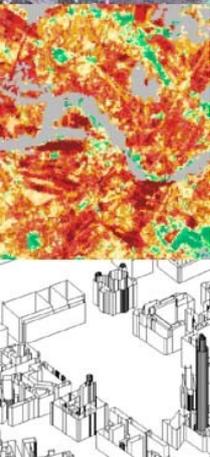
CHANGE DETECTION HOT SPOT



CROSS CHECK WITH BUILDING PERMITS

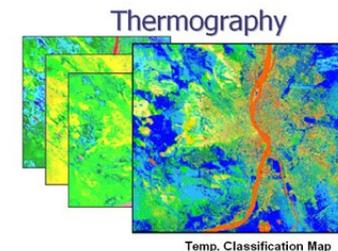
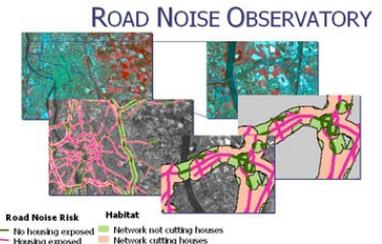
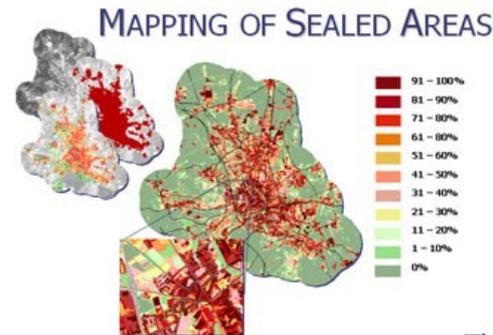
**GUS: qualità ambientale**

- la qualità ambientale urbana (rumore, cementificazione del suolo, controllo della termografia e mitigazione del rischio) e gli strumenti per la realizzazione degli obiettivi ambientali specifici delle autorità ambientali locali e regionali;



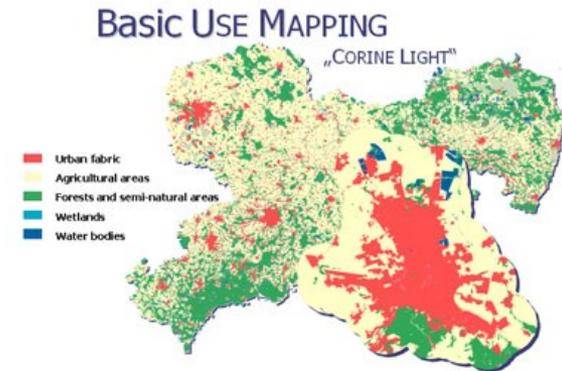
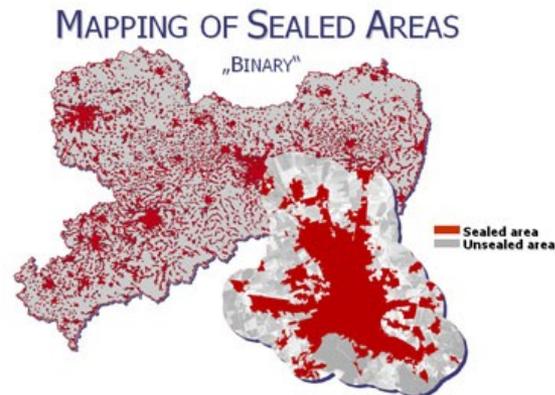
**RISK AND SECURITY MAPPING**

<p><b>Industrial areas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Industrial area</li> <li>Electricity facility / Transformer</li> <li>Power line</li> <li>Water / Industry</li> </ul> <p><b>Commercial areas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TV Transmitter</li> </ul> <p><b>Public and private services</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Institute / Administration</li> <li>Central post office</li> <li>Police</li> <li>Opera / Cinema</li> <li>Museum</li> </ul> <p><b>Technological infrastructures</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>University</li> </ul> <p><b>Places of worship</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Church</li> <li>Cemetery</li> </ul> <p><b>Hospitals</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hospital</li> </ul>	<p><b>Restricted access areas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Military area</li> <li>Airport</li> <li>Mineral extraction site</li> <li>Mineral extraction site</li> <li>Green urban areas (veg./ no veg)</li> <li>Green urban area / Park</li> </ul> <p><b>Sport and leisure facilities</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sport (Stadium)</li> <li>Sport (Golf)</li> </ul> <p><b>Volcano crater</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Large crater</li> <li>Small crater (vegetated)</li> <li>Small crater (additional)</li> <li>Small crater (clear away)</li> <li>Former crater</li> </ul> <p>...and many others</p>
---	---



**GUS: prodotti regionali**

- prodotti regionali (mappe di base sull'utilizzazione delle terre e sulla cementificazione del suolo per il monitoraggio del suolo occupato), strumenti per la pianificazione del territorio a livello regionale, nazionale ed europeo;



## **Aree urbane minori**

- Il progetto GUS nella sua fase iniziale si è rivolto principalmente ad alcune realtà urbane e territoriali;
- Anche nelle aree urbane minori è possibile affrontare un processo analogo;
- Occorre analizzare le difficoltà che si incontrano in questo processo;
- Punto di contatto essenziale con il progetto GUS è l'analisi dei dati satellitari orientata agli oggetti, realizzata tramite il software eCognition della casa tedesca Definiens Imaging GmbH.

## **Risoluzione spaziale ed ambiente urbano**

- Fino a tempi recenti, la risoluzione spaziale delle immagini offerta dai satelliti per l'osservazione della terra non era sufficiente a fornire caratteristiche topografiche dettagliate;
- Questo era particolarmente sentito in ambiti applicativi come quello dell'analisi e del monitoraggio dell'ambiente urbano.

## **Risoluzione spaziale ed ambiente urbano**

In confronto con le immagini a minore definizione spaziale, l'aumento della risoluzione porta però ad:

- un incremento dell'ambiguità nella definizione delle classi d'uso o copertura del suolo;
- una diminuzione dell'accuratezza della rilevazione automatica, se si applica la procedura standard di classificazione multispettrale;
- una minore leggibilità rispetto a quelle prodotte per fotointerpretazione.

## Informazione da satellite

- In realtà l'informazione che giunge dal sensore del satellite è solo la quantità di energia elettromagnetica a diverse lunghezze d'onda.
- Per l'utilizzatore in genere questa informazione è irrilevante rispetto al suo problema di ricerca (a meno che il campo di ricerca non riguardi, ad esempio, lo studio della fisica dell'atmosfera etc.).

## Informazione da satellite

- L'informazione disponibile proveniente da un sistema automatico potrà essere solo a basso livello semantico.
- Un sensore all'infrarosso non spiegherà che cos'è l'oggetto, ma dirà tutto, ad esempio, sulla quantità di energia nell'infrarosso termico che promana dal terreno in quel posto a quell'ora.

## **Analisi spettrale**

- L'analisi spettrale è un'analisi statistica sulla quantità di pixel appartenenti a categorie spettrali date.
- I metodi dell'analisi automatica che si basano su questo tipo di approccio associano al pixel una lista di numeri corrispondenti ad una quantità di bande di lunghezze d'onda.

## **Analisi spettrale**

- I metodi di elaborazione spettrale si fondano sull'assunto che oggetti simili nel mondo reale sono simili anche nel mondo della rappresentazione dell'informazione spettrale.

## **Analisi spettrale**

- Tutto ciò toglie l'informazione dal suo contesto geografico. Il pixel, se ha quelle caratteristiche definite da quella stringa, se ha esattamente quel colore, portato nello spazio della differenza di segnale è esattamente identico a qualunque altro pixel con quel colore ovunque sia posto nella scena. Il contesto geografico, la distanza tra i pixel, pattern spaziali ecc, non sono presi in considerazione, conta solo il dato delle caratteristiche spettrali misurate dal sensore.

## Tecniche pixel-oriented

- Le tecniche pixel-oriented sono tecniche adatte a misurare superfici, per farne cartografia tematica, sviluppate negli anni settanta per conoscere ad esempio le quantità di bosco o di acqua.
- Il Landsat è stato realizzato per le stime agricole nel Nord America, al fine di programmare meglio sul mercato la vendita dei prodotti agricoli.
- Se il problema da risolvere può essere modellato in termini di superfici questo è ancora un sistema efficiente.

Ma...

## Tecniche pixel-oriented

Primo argomento di critica:

- Non è più un sistema efficiente se si rompe il nesso logico tra similarità spettrale e tematica. Nel mondo reale non si possono controllare esattamente tutte le caratteristiche di ripresa. Non c'è quindi diretta relazione tra comportamento spettrale osservato e appartenenza tematica.
- Si possono infatti avere risposte spettrali diverse per lo stesso materiale, si possono avere risposte spettrali uguali per materiali differenti. Questi problemi possono essere ridotti solo in parte.

## Tecniche pixel-oriented

Secondo argomento di critica:

- Alcune categorie di informazione tematica, cioè alcuni livelli semantici, non fanno appello a nozioni relative ai materiali che sono al suolo;
- La risposta spettrale, pur con problemi di illuminazione, di presenza di umidità, si può più o meno collegare alla natura fisica della superficie che riflette l'energia, ma alcune volte ciò che interessa non è la natura della superficie dei terreni ma un'informazione ancora più astratta, a più alto livello semantico come, ad esempio, la distinzione tra urbanizzato e non urbanizzato.

## **Tecniche pixel-oriented**

- Ma cos'è il suolo urbano? Non è certo composto di materiale omogeneo. Nella superficie urbana si trova dall'erba all'asfalto, alla pietra, all'argilla dei tetti, al gesso, al bitume ecc.
- Esistono quindi classi tematiche definite dall'utente che non sono definibili neanche in quanto costituite da materiale omogeneo.

## Tecniche pixel-oriented

- Si possono così richiedere sensori con maggiore risoluzione dal punto di vista spaziale o spettrale (con liste di spettri del materiale che compone la scena urbana per vederne la corrispondenza). La complessità del sistema cresce in maniera esponenziale diventando maggiore quanto maggiore è la risoluzione della scena urbana.
- Si corre quindi il rischio di individuare, ad esempio, un verde (urbano) che non è foresta, ma ad essa uguale, perché in questa tecnica contano le superfici di pixel simili e lo spazio geografico non è rilevante.

## **Tecniche pixel-oriented**

- L'interprete umano è in grado di comprenderne subito la differenza, perché riconosce il contesto spaziale.
- Ma nell'approccio spettrale non si può descrivere in maniera formalizzata il contesto spaziale dell'informazione.

## **Tecniche object-oriented**

- Ecco che allora occorre un approccio in grado di descrivere il contesto. Anzi, il contesto spaziale e le sue regole e nozioni (di distanza, etc.) sono le prime cose che vengono definite parlando di elaborazione strutturale dell'informazione.
- In questo approccio occorre aggiungere all'informazione spettrale altri criteri per migliorare l'accuratezza e la significatività della rilevazione automatica.

## Tecniche object-oriented

- Esistono formalismi che permettono di definire "vicino a" o "incluso in", regole di relazione spaziale descrivibili con formule matematiche.
- Nozioni dell'analisi strutturale sono, nell'ordine: **statistica locale, tessitura, struttura, oggetto, entità.**

## Software per analisi object-oriented

- Attualmente il software tedesco eCognition (è il nome storico: ora si chiama eDefiniens) della Definiens Imaging GmbH di Monaco è il primo e l'unico software disponibile in commercio che si basa su nozioni di analisi strutturale orientata agli oggetti per elaborare le immagini operando una segmentazione multirisoluzione.
- Elementi di segmentazione sono stati anche implementati in altri software per l'analisi d'immagine (ENVI, ora anche ERDAS); inoltre esistono software per l'object recognition che non segmentano però a più livelli l'intera scena.

## Software per analisi object-oriented

- Per eCognition **oggetto** è una regione connessa di pixel che si sostanzia in un poligono vettoriale.
- E' un tool di pura classificazione (non è uno strumento di analisi ed elaborazione d'immagine come, ad esempio, ERDAS o ENVI) che elabora sia l'informazione radiometrica che quella strutturale.

## Software per analisi object-oriented

- Nel 2001 il premio Nobel Gerd Binnig fondò la Definiens Imaging e realizzò il software eCognition che nello stesso anno ebbe un premio dell'European Information Society Technology.
- L'ambito di origine che ha influenzato l'idea di oggetto è di tipo medico, per immagini da microscopio elettronico o ottico da cui estrarre oggetti visibili sullo sfondo da classificare in base alla forma o al colore. Il software è stato poi applicato ad un altro ambito di immagini, quelle che provengono dai sensori di telerilevamento.

## eCognition

- Il software segmenta l'immagine estraendo gli oggetti (che hanno una definizione generica) passa quindi da una rappresentazione raster ad una ad oggetti.
- Con la segmentazione d'immagine copre tutta la scena, cioè la segmentazione è una tassellazione completa dell'immagine (ad ogni tassello dell'immagine corrisponde un oggetto).
- Vengono quindi calcolate delle "features" basate su statistiche dei pixel, tessitura, struttura, ecc. (è possibile applicare un'ampia gamma di criteri).
- Gli oggetti ottenuti sono infine classificati con un motore basato su logica fuzzy.

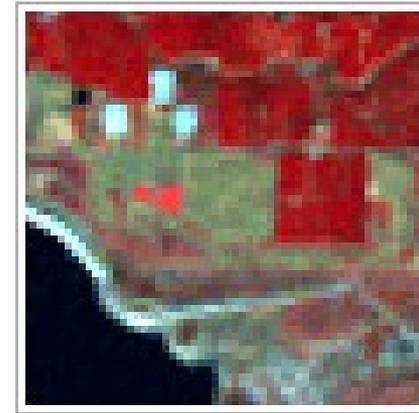
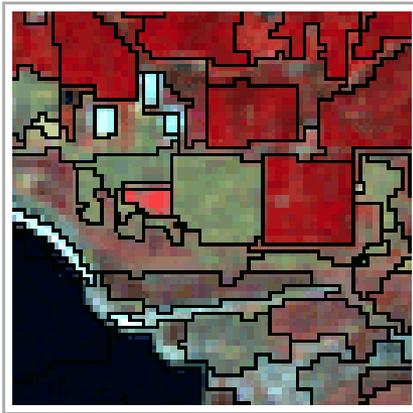
## eCognition

- L'informazione tematica ottenuta può essere adattata meglio alle strutture effettivamente presenti sull'immagine. Normalmente infatti sovrapponendo un vettoriale sopra un'immagine raster non si avrà mai una perfetta corrispondenza.
- Lavorare ad oggetti sull'immagine fa sì che gli oggetti vengano generati dall'immagine stessa, con la certezza che i loro contorni seguano esattamente le strutture ed i contorni degli oggetti presenti nell'immagine.

## eCognition

- Inoltre è possibile realizzare incroci topologici tra due banche dati GIS ed assegnare ad una classe tutti i poligoni estratti che si trovano nel poligono di un'altra banca dati.
- L'effetto finale è che i poligoni che si ottengono sono esattamente quelli che sono presenti in una banca dati, ma classificati secondo una classificazione che proviene da un'altra banca dati.

## eCognition – Oggetti contro Pixel



### Attributi degli oggetti:

- Color Statistics
- Form/Shape
- Area/Size
- Texture
- Context

### Attributi dei Pixel:

- Color

## eCognition: segmentazione

- Il software eCognition opera una segmentazione di tipo *bottom-up*: i pixel dell'immagine originaria vengono aggregati in una serie di passaggi successivi finché i poligoni creati non hanno caratteristiche corrispondenti a quelle definite dall'utente.
- La procedura tende alla minimizzazione dell'*eterogeneità spettrale* di ciascun poligono derivata dai valori di *digital number* dei pixel inclusi e sulla base dell'*eterogeneità geometrica* dipendente dalla forma dei poligoni creati.

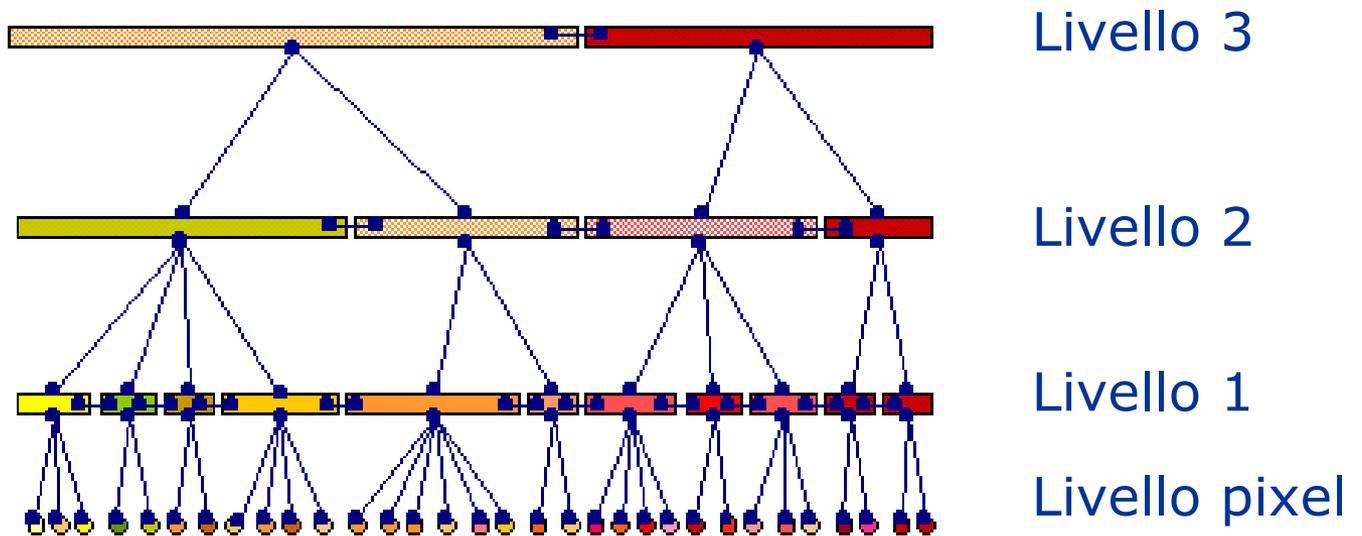
## eCognition: segmentazione

- Se il processo di segmentazione tendesse alla esclusiva minimizzazione dell'eterogeneità spettrale si produrrebbero poligoni molto frammentati, caratterizzati da una elevata dimensione frattale, maggiormente quanto maggiore è la risoluzione geometrica dell'immagine.
- Per questo motivo i poligoni creati devono anche minimizzare il valore di eterogeneità geometrica, definita da due fattori di forma: il *fattore frattale*, che dipende dalla complessità del perimetro del poligono rispetto alla sua estensione, ed il *fattore di compattezza* che dipende dal rapporto dimensionale degli assi del poligono.

## eCognition: segmentazione

- L'algoritmo di segmentazione procede, a partire da ogni pixel dell'immagine, fondendo poligoni adiacenti fino a quando il cambiamento di eterogeneità osservabile tra i due poligoni originari e il nuovo poligono generato non supera una certa soglia definita dall'utente (*fattore di scala*). Se il cambiamento di eterogeneità non supera la soglia già definita la fusione viene effettivamente realizzata, altrimenti i due poligoni rimangono separati.

# eCognition: segmentazione



Gerarchia e collegamento tra i poligoni.

## eCognition: segmentazione

- Il processo di segmentazione in eCognition è multirisoluzione nel senso che, a partire da una stessa immagine, è possibile generare diversi livelli gerarchici di poligoni con diversi fattori di scala.
- Diminuendo il fattore di scala i poligoni generati divengono sempre più piccoli perché minore deve risultare la variabilità spettrale intra-poligoni, e viceversa aumentando il fattore di scala.
- La particolarità della multirisoluzione consiste nel collegamento esistente tra i poligoni dei diversi livelli gerarchici della segmentazione.

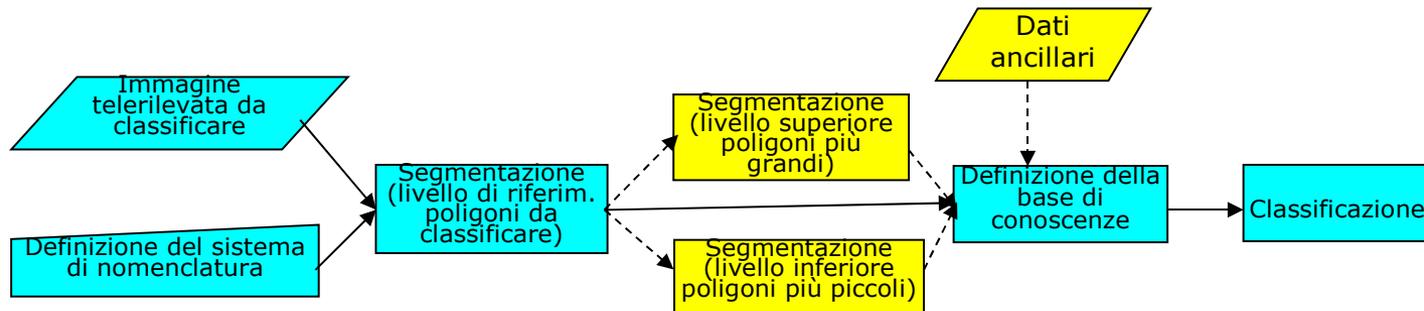
## **eCognition: segmentazione**

- La creazione di un primo livello di segmentazione dell'immagine da classificare è di norma la prima fase di lavoro. Sulla base delle caratteristiche spettrali e geometriche dell'immagine telerilevata, del sistema di nomenclatura prescelto e della scala della cartografia che s'intende produrre, devono essere definiti i diversi parametri del processo.
- La segmentazione viene quindi ripetuta cambiando i parametri fino a quando la dimensione e la collocazione dei poligoni generati non corrisponde esattamente ai requisiti del sistema di nomenclatura prescelto.

## **eCognition: segmentazione**

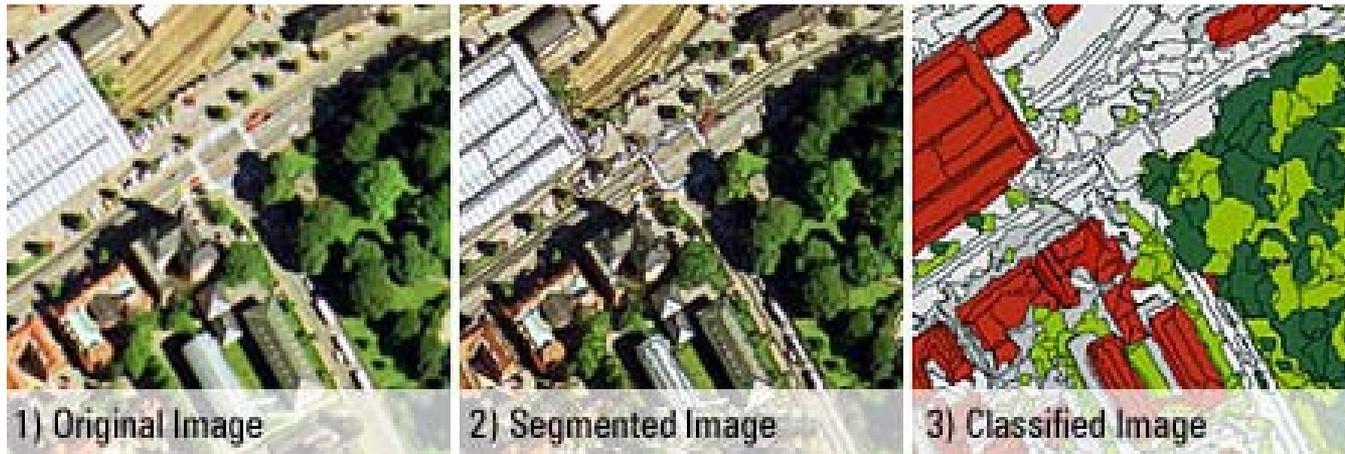
- Si cerca quindi, con metodo reiterativo per minimizzare l'errore, di generare poligoni più grandi possibile ma caratterizzati da non più di una sola classe di copertura del suolo.
- Questo livello di segmentazione costituisce l'oggetto della successiva fase di classificazione nel senso che ad ogni poligono generato dovrà essere associata una e una sola classe del sistema di nomenclatura prescelto.
- La seconda fase del processo è la classificazione vera e propria.

## eCognition: procedure



Classificazione object-oriented: diagramma delle procedure in eCognition. In azzurro le fasi obbligatorie, in giallo (frecche tratteggiate) quelle opzionali di una classificazione automatica dei poligoni generati per segmentazione.

## eCognition: workflow



- Input dei dati
- Multiresolution Segmentation
- Creazione di una Class Hierarchy
- Classificazione

## Classificazione

Le informazioni associate ai poligoni saranno allora:

- **spettrali**: dati statistici calcolati per ogni poligono.
- **geometriche**: derivate dalle caratteristiche geometriche dei poligoni originati con il processo di segmentazione. Tra le più comuni l'area, il perimetro, la dimensione frattale (rapporto area – perimetro), altri coefficienti di forma; o sulla localizzazione spaziale dei poligoni.

## Classificazione

- **tessiturali**: informazioni derivate dall'analisi della struttura spaziale interna ai poligoni ottenuti con la segmentazione. Queste si possono avere dall'analisi dei singoli pixel contenuti nei poligoni oppure dall'analisi dei poligoni ottenuti con un processo di segmentazione di livello inferiore.
- **gerarchiche**: calcolate per ogni poligono del livello di segmentazione oggetto della classificazione sulla base dei relativi poligoni di un diverso livello gerarchico (ad esempio il numero dei poligoni collegati sul livello gerarchico superiore o inferiore).

## Classificazione

- Classificare è assegnare un certo numero di oggetti ad una determinata classe secondo la descrizione della stessa classe. Quindi, una descrizione della classe è una descrizione delle proprietà tipiche possedute o delle condizioni soddisfatte dalla classe voluta. Gli oggetti allora sono assegnati (classificati) a seconda di come hanno o non hanno soddisfatto queste proprietà o condizioni.
- Nei termini del linguaggio delle basi di dati si può dire che lo spazio della caratteristica è suddiviso in regioni distinte che conducono a relazioni multi-a-uno fra gli oggetti e le classi. Di conseguenza ogni oggetto appartiene ad una classe definita o a nessuna classe.

## Classificatori hard

- I classificatori tradizionali nel telerilevamento assegnano agli oggetti una condizione di appartenenza di 1 o di 0, che esprime se un oggetto appartiene ad una certa classe oppure no.
- Tali classificatori solitamente inoltre sono denominati classificatori *hard* (duri) poiché esprimono l'appartenenza degli oggetti ad un classe soltanto in modo binario.

## Classificatori soft

- In opposizione, i classificatori *soft* (principalmente sistemi *fuzzy*) usano un grado di appartenenza per esprimere l'assegnazione dell'oggetto ad un classe.
- Il valore di appartenenza si trova solitamente fra 1.0 e 0.0, dove 1.0 esprime piena appartenenza (un'assegnazione completa) ad un classe e 0.0 esprime un'assoluta non appartenenza.
- Quindi il grado di appartenenza dipende dal grado in cui gli oggetti soddisfano le proprietà/condizioni che descrivono la classe.

## Classificatori soft e incertezze

- Un vantaggio importante di questi metodi *soft* si trova nella loro possibilità di esprimere le incertezze circa le descrizioni delle classi.
- Ciò permette inoltre di esprimere l'appartenenza di ogni oggetto a più di una classe, ma con differenti gradi di appartenenza.
- Riguardo alla comprensione dell'immagine i risultati di questa classificazione *soft* sono in grado di esprimere meglio l'incertezza della conoscenza umana del mondo e così conducono a risultati di classificazione più vicini al linguaggio, al pensiero ed alla mente umani.

## Classificatori soft e incertezze

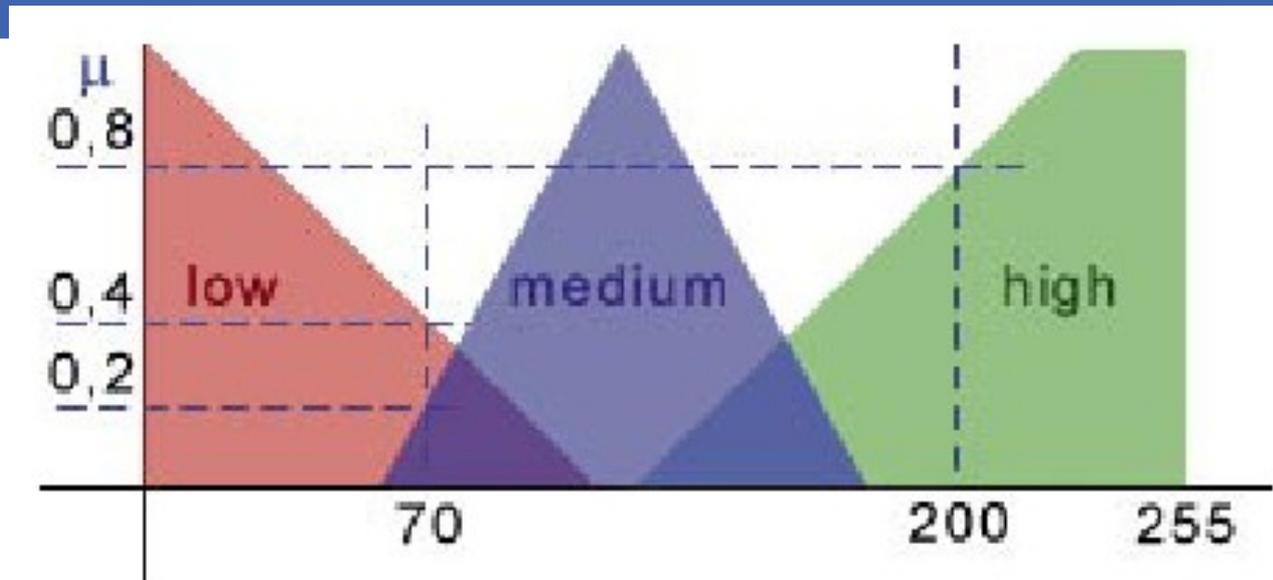
- I classificatori soft più potenti sono classificatori basati sui sistemi *fuzzy*.
- La logica *fuzzy* è un metodo matematico di approccio alle dichiarazioni di misurazioni incerte.
- L'idea di base è sostituire rigorosamente le due dichiarazioni logiche "sì" e "no" con la gamma continua di  $[0... 1]$ , dove 0 significa "esattamente no" e 1 significa "esattamente sì".
- Tutti i valori fra 0 e 1 rappresentano condizioni più o meno determinate di "sì" e "no".
- Quindi, la logica *fuzzy* può emulare l'essere umano che pensa e considerare persino regole linguistiche.

## Classificatori soft e incertezze

- I sistemi di classificazione *fuzzy* sono molto adatti a gestire la maggior parte dell'impresione nell'estrazione delle informazioni da dati telerilevati.
- Il parametro ed il modello delle incertezze sono considerati usando gli insiemi *fuzzy* definiti dalle funzioni di appartenenza (*membership functions*).
- Invece della logica binaria "vero" e "falso", la logica *fuzzy* a valori multipli permette transizioni fra "vero" e "falso".
- Inoltre vi esistono realizzazioni più o meno rigorose delle operazioni logiche "e" ed "o".

## Membership functions

- I sistemi di classificazione *fuzzy* sono molto adatti a gestire la maggior parte dell'imprecisione nell'estrazione delle informazioni da dati telerilevati.
- Il parametro ed il modello delle incertezze sono considerati usando gli insiemi *fuzzy* definiti dalle funzioni di appartenenza (*membership functions*).
- Invece della logica binaria "vero" e "falso", la logica *fuzzy* a valori multipli permette transizioni fra "vero" e "falso".
- Inoltre vi esistono realizzazioni più o meno rigorose delle operazioni logiche "e" ed "o".



E possibile definire più di un insieme *fuzzy* su una caratteristica, per esempio, per definire gli insiemi *fuzzy* basso, medio ed alto per una caratteristica dell'oggetto. Più si sovrappongono le appartenenze, più gli oggetti sono comuni negli insiemi *fuzzy*, più vaga diventa la classificazione finale. Sono caratterizzati dalla sovrapposizione di *membership functions* triangolari. Per un oggetto immagine con un valore della caratteristica  $x = 70$ , l'appartenenza alla classe bassa è 0.4, alla media è 0.2 ed alla alta è 0.0. Se il valore  $x$  della caratteristica è uguale a 200, l'appartenenza alle classi è rispettivamente 0.0, 0.0, 0.8.

eCognition Professional Trial - [aergreyetc.dpr - Level 3 of 3: Pixels]

Project View Image Objects Samples Classification Tools Export Protocol Toolbars + Dialogs Window Help

level 3

**Membership Function**

Feature: Mean diff. to neighbors OffElev\_subset.tif (0) (Px)

Feature distance

Initialize

Membership function

Maximum value: 1.0  
Minimum value: 0.0

Coordinates

Left border: 0    Center point: 0.005    Right border: 0.01

Entire range of values: [-255...255]

Unit: No unit

Class: yard/road (grey)

OK    Cancel

Membership function

## Sistema di nomenclatura

- Con l'ausilio di questo strumento si potrebbe realizzare una classificazione con un sistema di nomenclatura in nove classi su tre o quattro livelli tematici, che dovrebbe essere consistente con il sistema di nomenclatura europeo Corine Land Cover (*Co-ORdination of INformation on the Environment*) a 44 classi, nato negli anni '90 sotto la supervisione della EEA.
- Esistono aggiornamenti di tale sistema, ed alcuni sono relativi ad aree più ampie di quella europea.

Land Use Mapping Level 1  
Land Use Mapping Level 2

**1 Artificial surfaces**

**1.1 Urban fabric**

**1.1.1 Continuous urban fabric**

- 1.1.1.1 Residential continuous dense urban fabric
- 1.1.1.2 Residential continuous medium dense urban fabric
- 1.1.1.3 Informal settlements

**1.1.2 Discontinuous urban fabric**

- 1.1.2.1 Residential discontinuous urban fabric
- 1.1.2.2 Residential discontinuous sparse urban fabric
- 1.1.2.3 Residential urban blocks
- 1.1.2.4 Informal discontinuous residential structures

**1.2 Industrial, commercial and transport units**

- 1.2.1 Industrial, commercial, public and private units
  - 1.2.1.1 Industrial areas
  - 1.2.1.2 Commercial areas
  - 1.2.1.3 Public and private services not related to the transport system
- 1.2.2 Road and rail networks and associated land
- 1.2.3 Port areas
- 1.2.4 Airports

**1.3 Mine, dump and construction sites**

- 1.3.1 Mineral extraction sites
- 1.3.2 Dump sites
- 1.3.3 Construction sites
- 1.3.4 Abandoned land

**1.4 Artificial non-agricultural vegetated areas**

- 1.4.1 Green urban areas
- 1.4.2 Sport and leisure facilities

**2 Agricultural areas**

- 2.1 Arable land
- 2.2 Permanent crops
- 2.3 Pastures
- 2.4 Heterogeneous agricultural areas

**3 Forests and semi-natural areas**

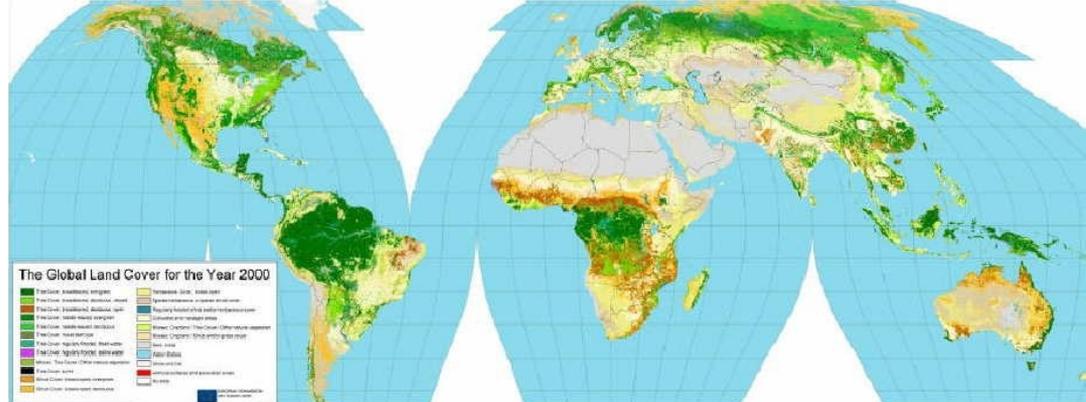
- 3.1 Forests
- 3.2 Shrub and/or herbaceous vegetation associations
- 3.3 Open spaces with little or no vegetation

**4 Wetlands**

- 4.1 Inland wetlands
- 4.2 Coastal wetlands

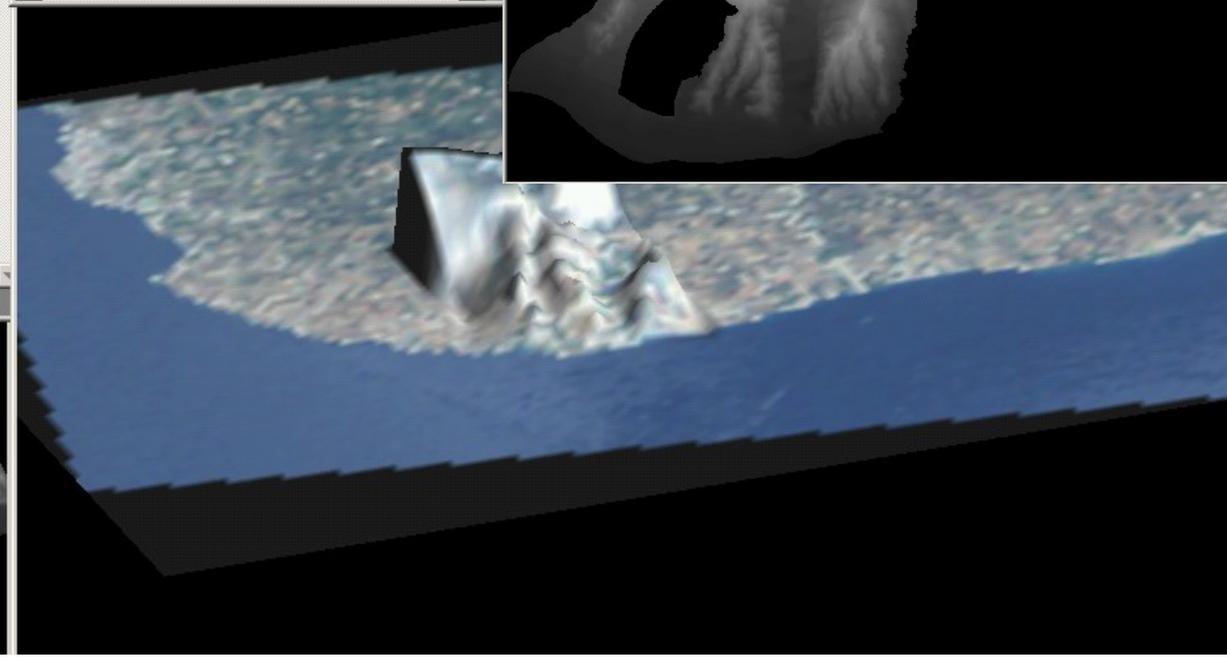
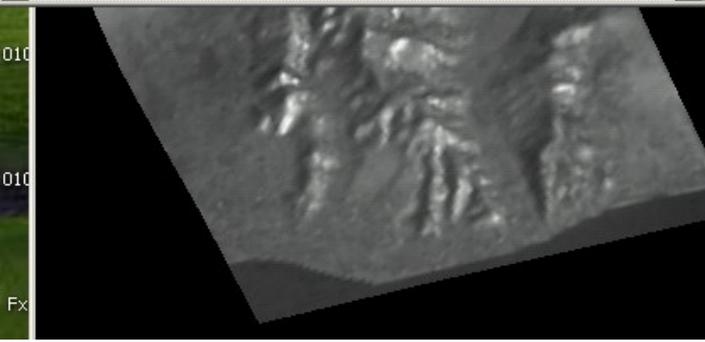
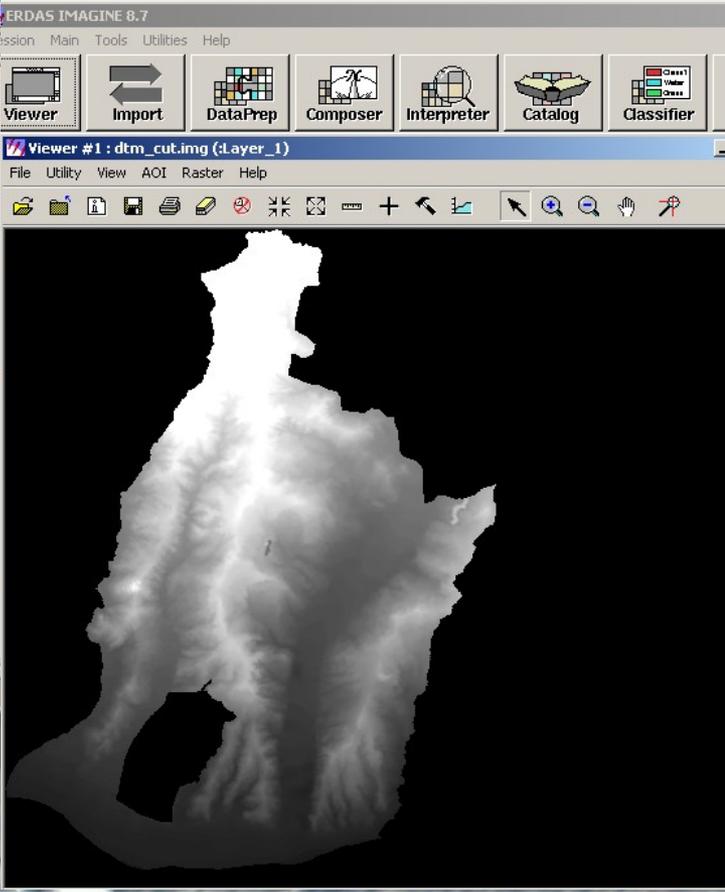
**5 Water bodies**

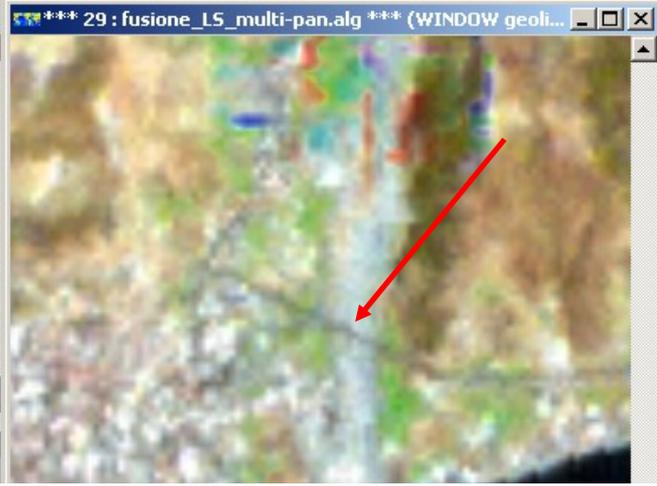
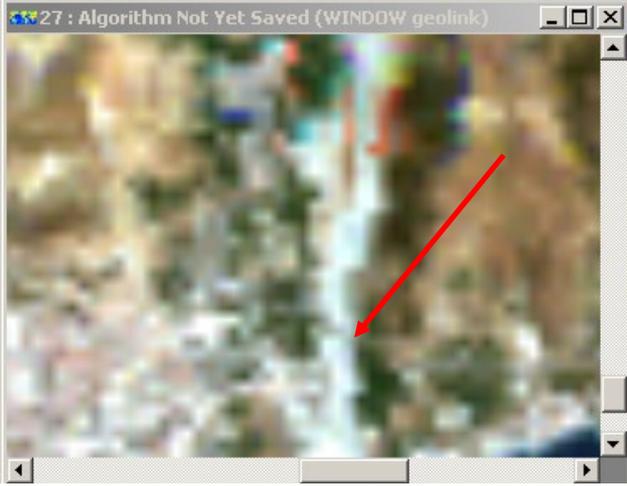
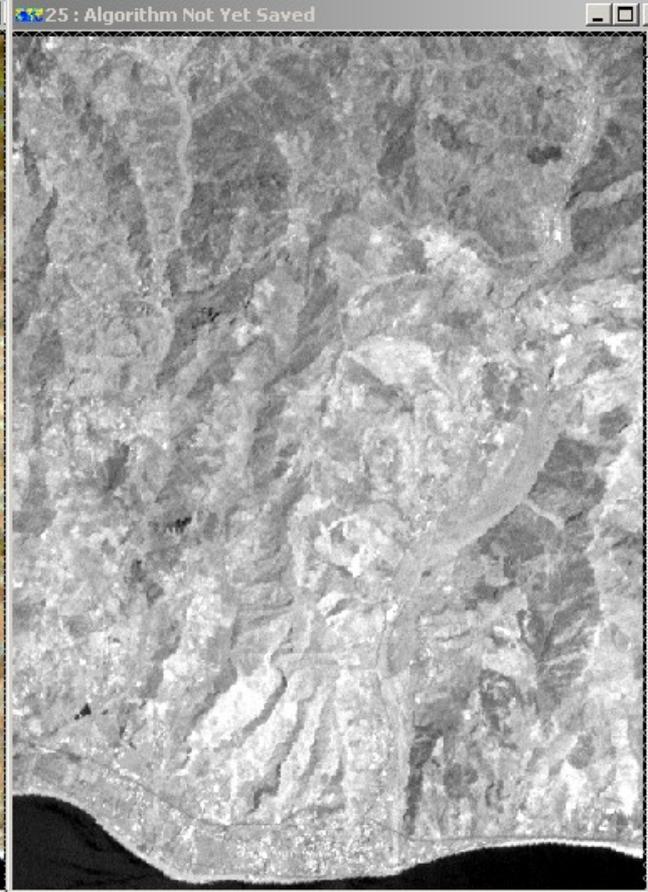
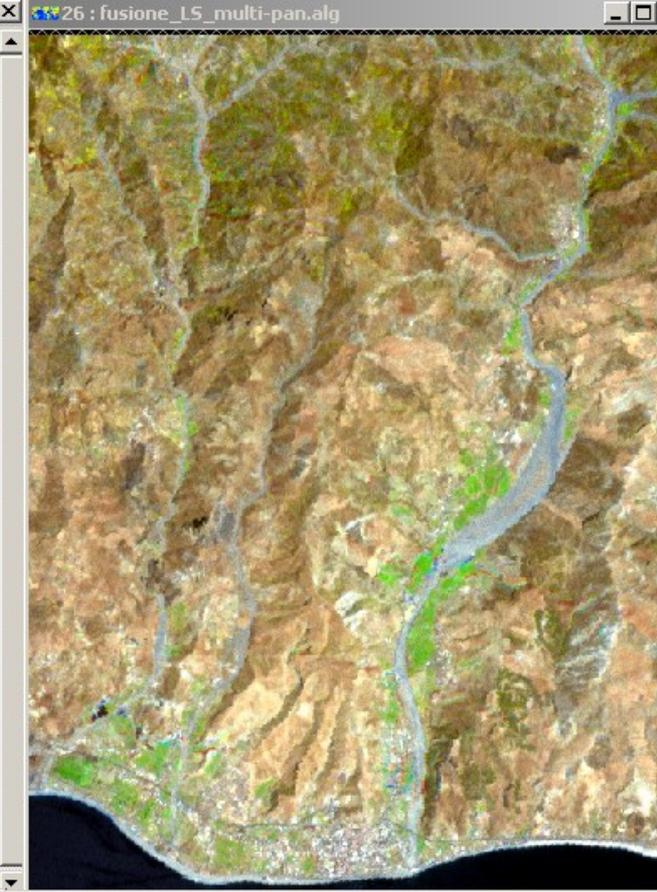
- 5.1 Inland waters
- 5.2 Marine waters



Sopra: il Global Land Cover per l'anno 2000 (GLC2000).

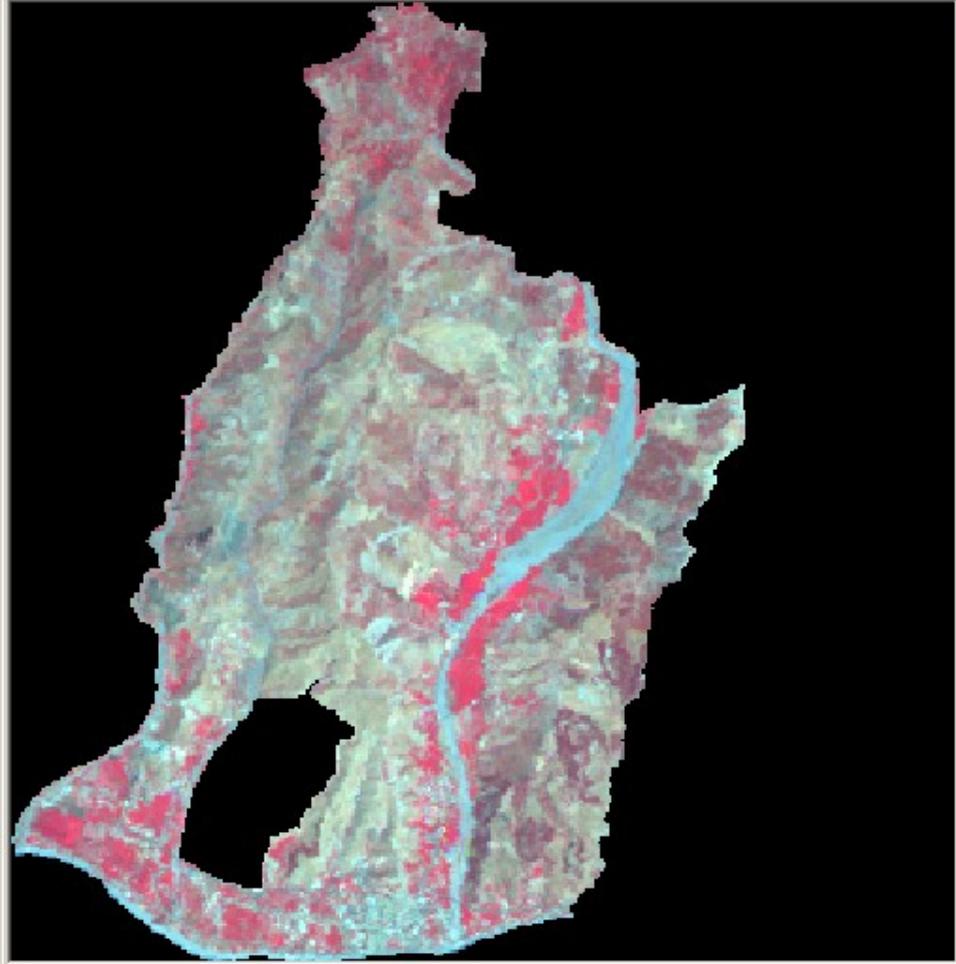
A sinistra: il sistema di nomenclatura del Progetto GUS.







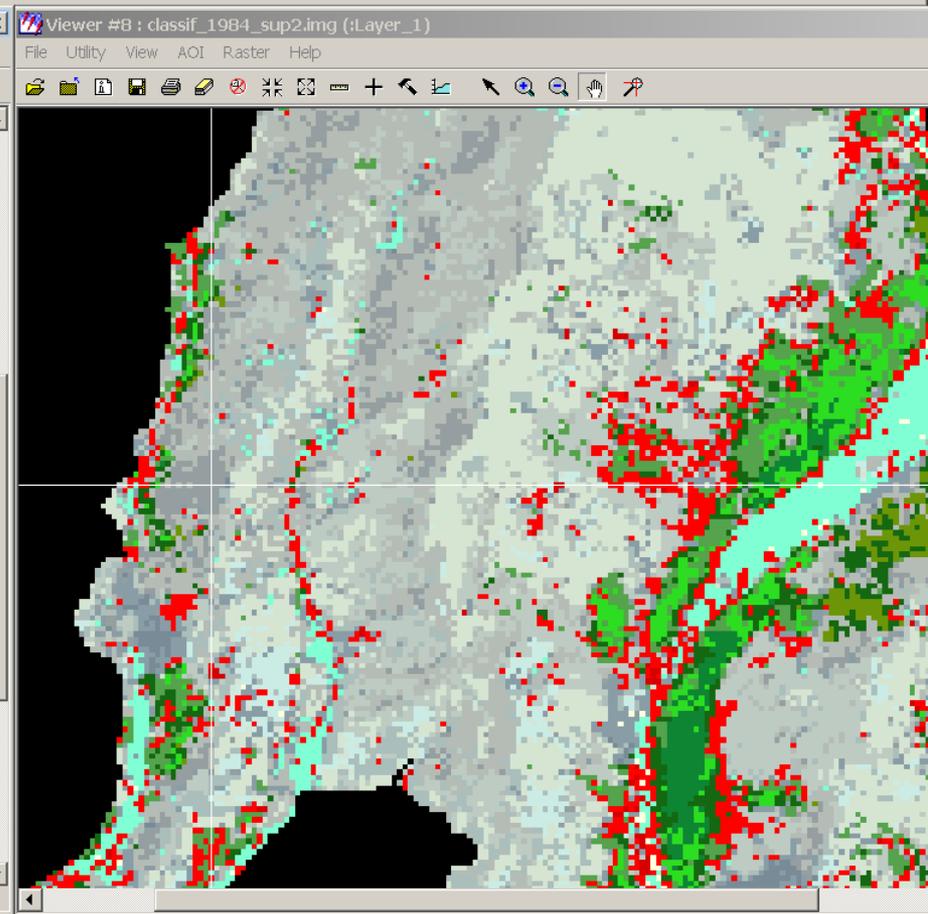
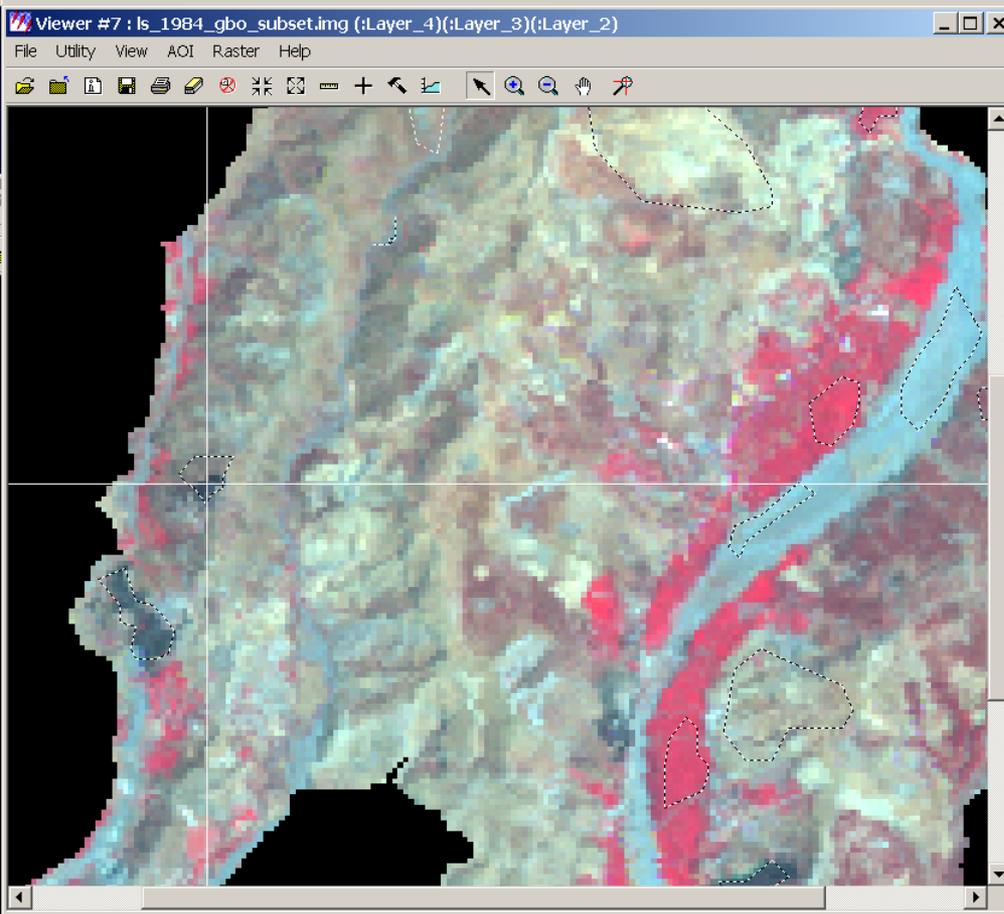
Viewer #1 : ls5\_subs\_geo\_cut.img (:Layer\_4)(:Layer\_3)(:Layer\_2)



Viewer #2 : ls7pan\_subs\_geo\_cut.img (:Layer\_1)



Viewer Import DataPrep Composer Interpreter Catalog Classifier Modeler Vector Radar VirtualGIS OrthoBASE Stereo



2588532.18, 4198967.45 (TMBOAGA2 / MONTROME)

Viewer #7: ls\_1984\_gbo\_subset.img

Map X: 2587040.337009 Y: 4201171.606746 meters

Projection: TMBOAGA2 / MONTROME

Layer	Band	FILE PIXEL	LUT VALUE	HISTOGRAM
1		84.000		271.000
2		29.000	97.000	54.000
3		29.000	78.000	157.000

1.0000 File Close Help

Raster Attribute Editor - classif\_1984\_sup2.img(:Layer\_1)

File Edit Help

Layer Number: 1

Row	Histogram	Color	Red	Green	Blue	Opacity	
6	734		0.498039	1	0.827451	1	fiumara2
7	5385		0.745098	0.796078	0.760784	1	roccia1
8	2440		0.666667	0.745098	0.733333	1	roccia2
9	1103		0.796078	0.92549	0.898039	1	roccia3
10	2374		1	0	0	1	urbano1
11	7244		0.709804	0.737255	0.709804	1	mistor
12	5713		0.839216	0.894118	0.823529	1	mistor2
13	1978		0.537255	0.615686	0.65098	1	ignoto1

Input off

Level 1



Feature View

Sample Editor

Class Hierarchy

- impervious surface
- water
- agriculture
- rural

Inheritance Groups Struct

Sample Selection Information

Image Object Information



Environment Message

View Settings

Mode	Layer
Layer	Image Data
Image Data	Object mean
Polygons	smoothed

Equalizing	Histogram
melito_15cut_multi.img (1)	1
melito_15cut_multi.img (2)	1
melito_15cut_multi.img (3)	1

Input Samples

Level 1



Feature View

Sample Editor

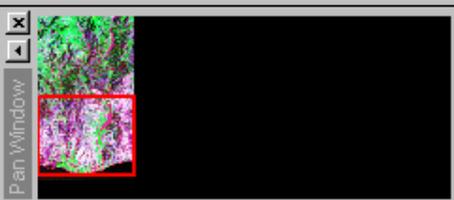
Class Hierarchy

- impervious surface
- water
- agriculture
- rural

Inheritance Groups Struct

Sample Selection Information

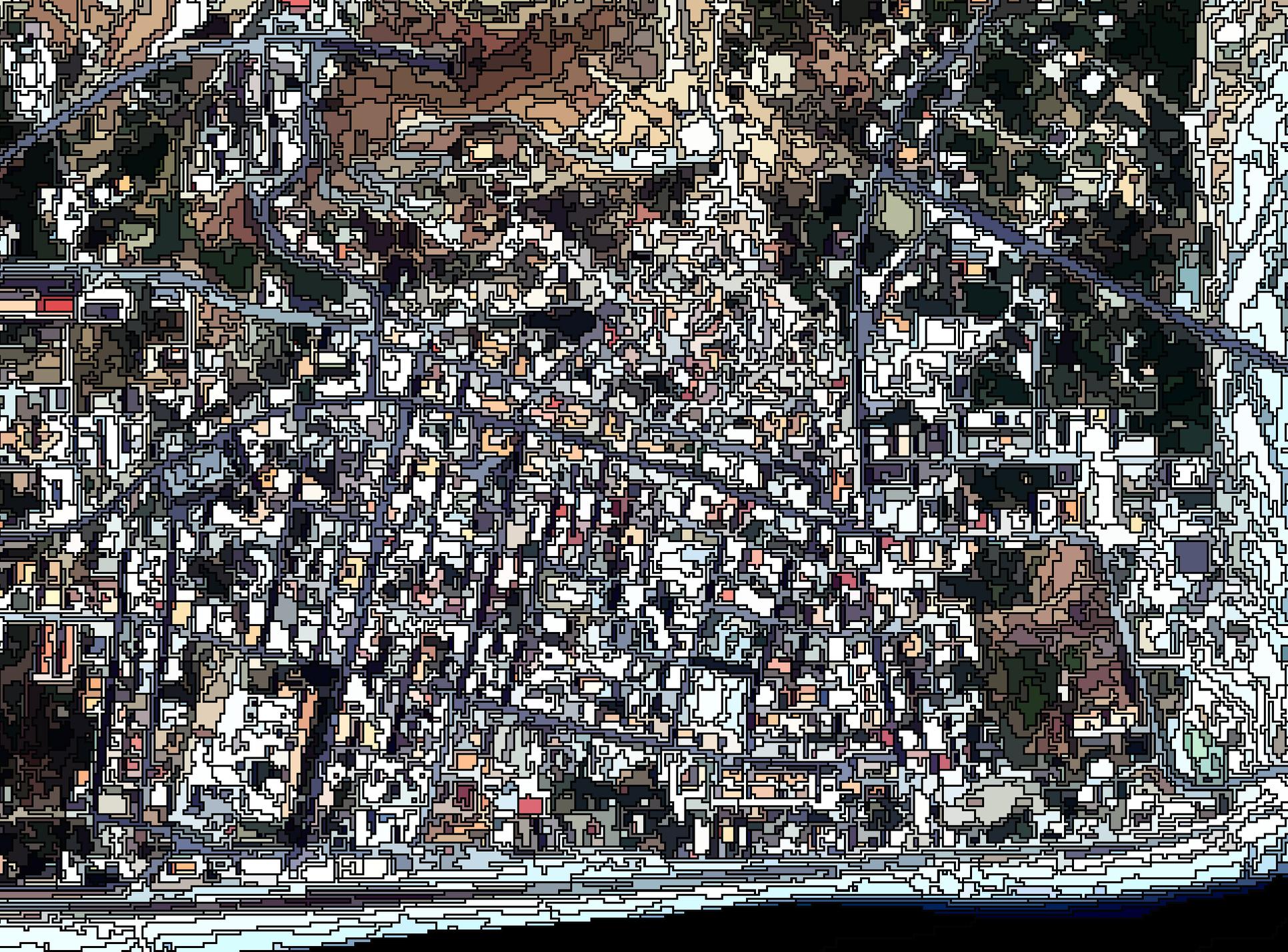
Image Object Information



Environment Message  
eCognition Delete Class Copy of rural ...

View Settings  
Mode Classification  
Layer Image Data  
Image Data Object mean  
Polygons (off)

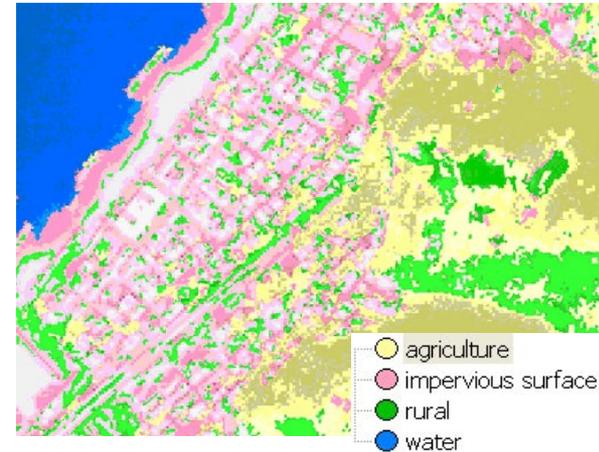
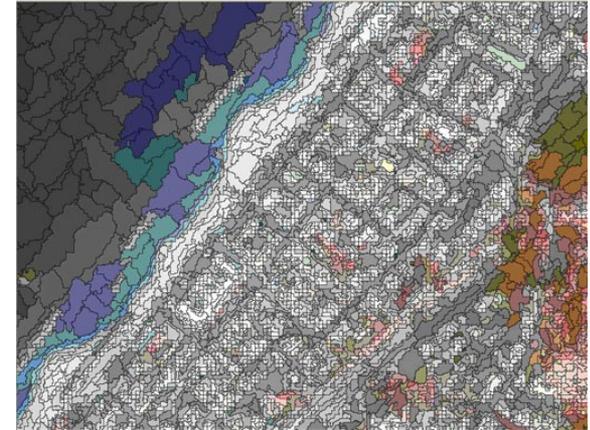
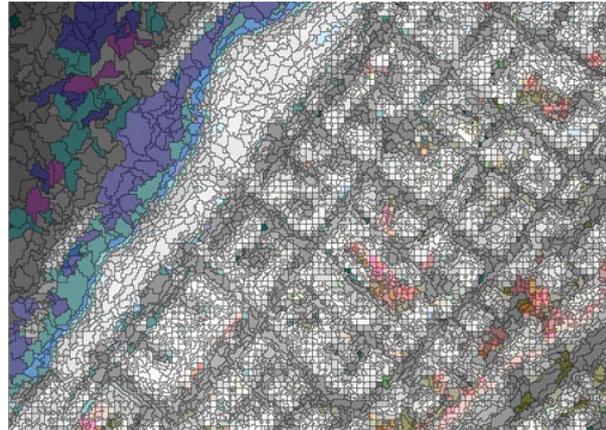
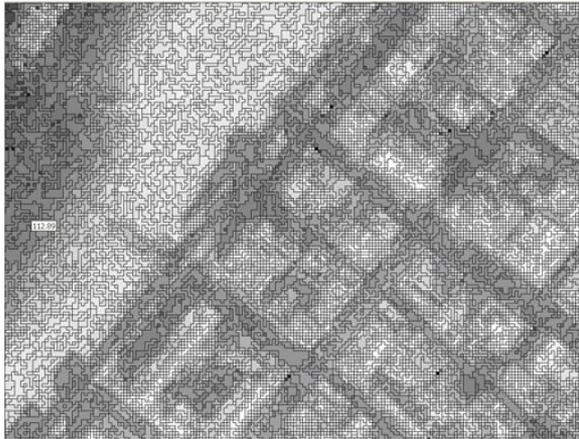
Equalizing	Histogram
melito_15cut_multi.img (3)	1
melito_15cut_multi.img (4)	1
melito_15cut_multi.img (5)	1

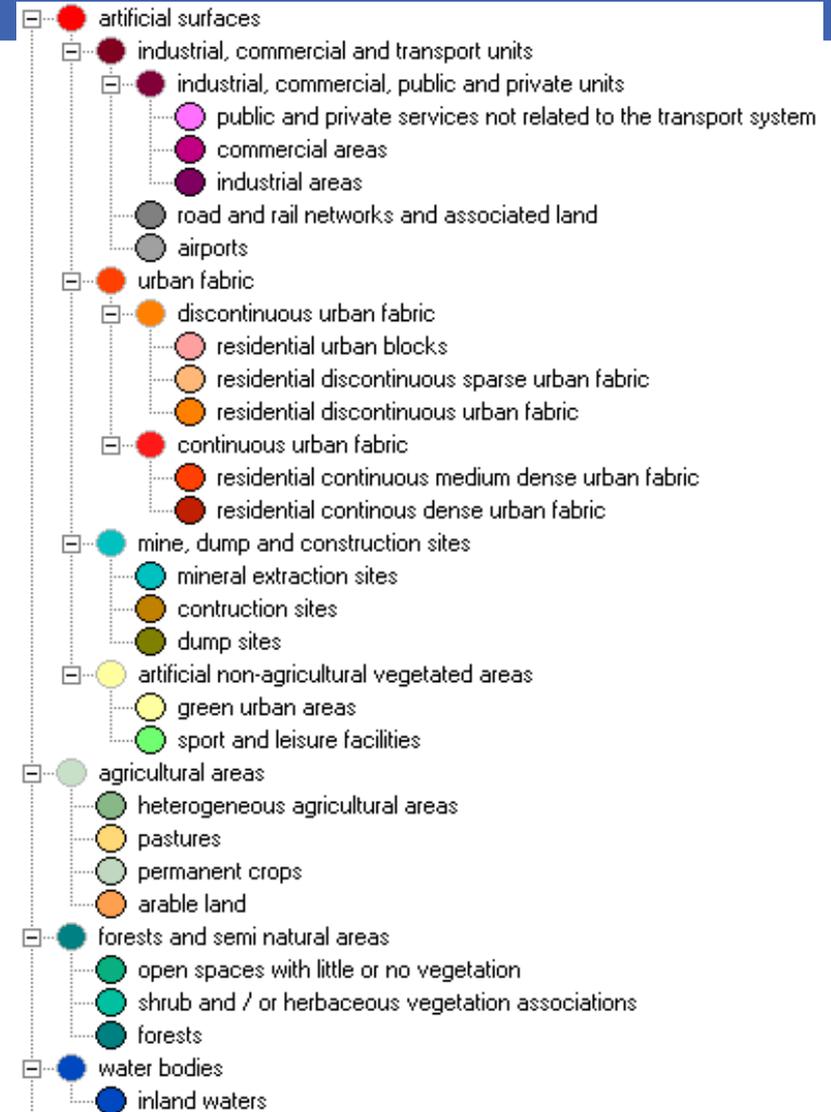
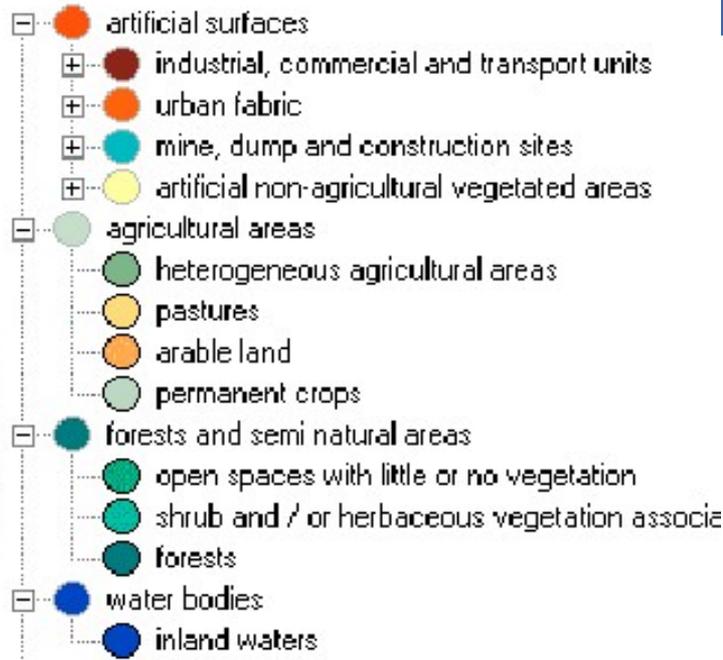


## Parametri di segmentazione

Livello di segmentazione	Bande da usare					Scala	Criteri di omogeneità			
	PAN	RED	GREEN	BLUE	NIR		Color	Shape	Shape Settings	
									Smoothness	Compactness
Preliminare	Si	No	No	No	No	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello I	No	Si	Si	Si	Si	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello II	No	Si	Si	Si	Si	10	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello III	No	Si	Si	Si	Si	1	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello IV	No	Si	Si	Si	Si	45	0.7	0.3	0.2	0.8

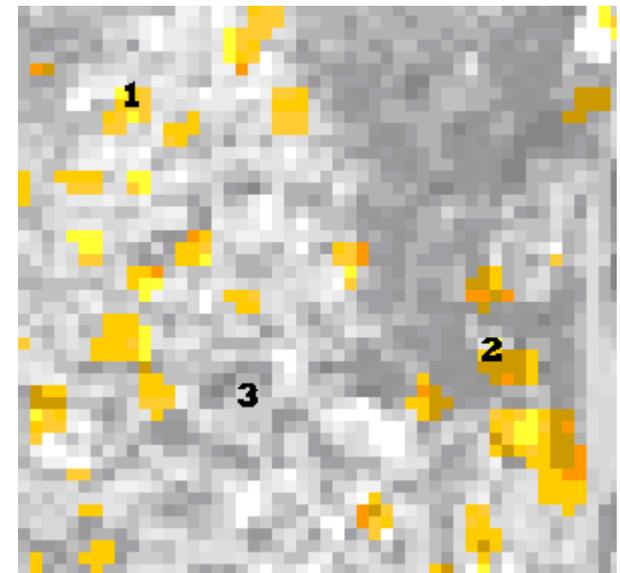
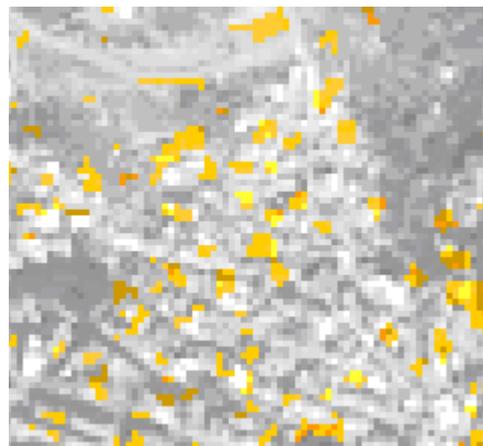
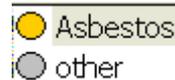
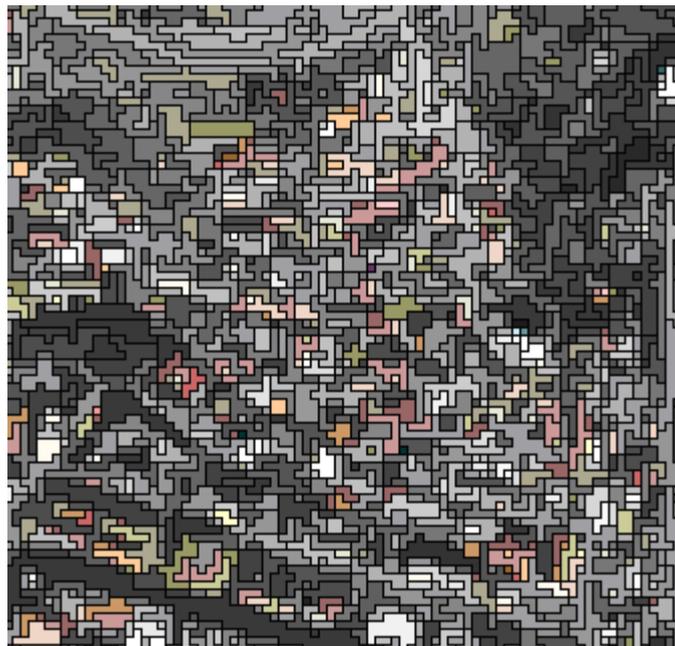
# Segmentazione e classificazione





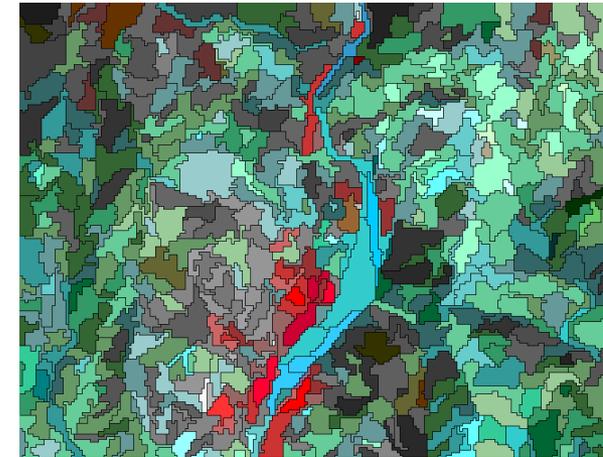
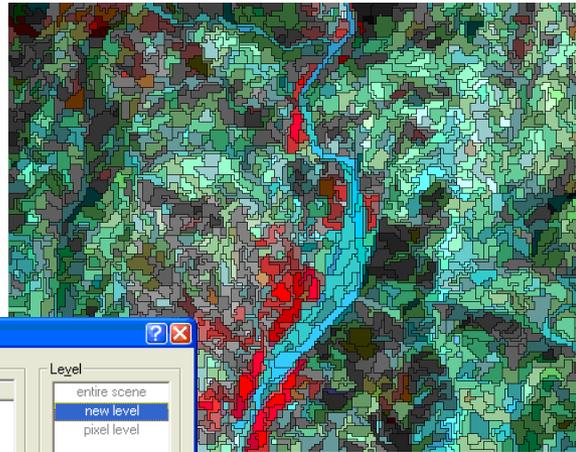
Class Hierarchy  
del progetto GUS

## Segmentazione e classificazione



Discriminazione delle coperture contenenti amianto.

# Segmentazione e classificazione



**Multiresolution Segmentation**

Layer name	Layer stddev.	Weight
po_153957_blu_0010000.tif [Alias not assign...	(219.7)	1.0
po_153957_gm_0010000.tif [Alias not assign...	(256.5)	1.0
po_153957_red_0010000.tif [Alias not assign...	(273.0)	2.0
po_153957_nir_0010000.tif [Alias not assign...	(381.0)	2.0

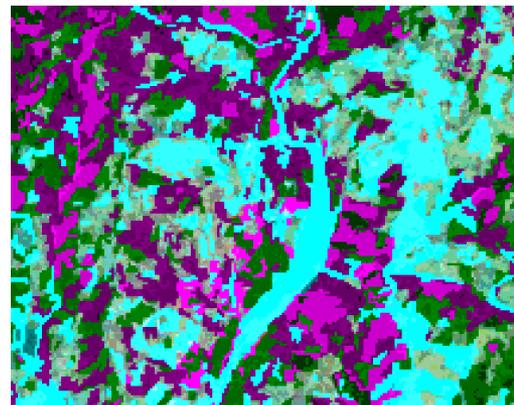
Level: entire scene, **new level**, pixel level

Scale parameter: 15

Segmentation mode: Normal

Composition of homogeneity criterion: Shape Factor (0.7), Compactness (0.2), Smoothness (0.3)

Start Cancel



- burned
- slightly burned
- unburned vegetation
- urban/bare
- water

Discriminazione delle aree percorse da incendi.

## Conclusioni 1/3

- E' quindi possibile ottenere con l'approccio object-oriented una discriminazione degli elementi relativi all'urbano ed alla sua crescita in maniera più approfondita ed articolata che con la tradizionale tecnica pixel-oriented.
- I tempi di predisposizione di una buona classificazione mediante l'approccio object-oriented sono piuttosto lunghi, soprattutto nell'analisi e nella verifica dei parametri di identificazione, e questo ne è il principale limite.

## Conclusioni 2/3

- Una volta però che si sia messa a punto una procedura di classificazione diventa possibile realizzare grandi vantaggi, consistenti soprattutto in:
  - Una fortissima riduzione dei tempi e dei costi di classificazione e di controllo;
  - Omogeneità di valutazione e riproducibilità rispetto ad una classificazione manuale;
  - Diretta realizzazione di un risultato di tipo vettoriale immediatamente integrabile nei GIS, già corredato di propri attributi (di tipo spettrale, geometrico, topologico, tessiturale e gerarchico, oltre che di informazioni derivanti da strati informativi accessori, ancillari alle bande del dato telerilevato), in contrapposizione ad un risultato di tipo raster conseguente all'approccio per pixel.

## Conclusioni 3/3

- La disponibilità di tali tecniche semi-automatiche, unita all'accessibilità dei dataset satellitari ad alta ed altissima risoluzione ed a brevi distanze temporali, rende veramente fattibile un monitoraggio dell'uso della terra e della crescita dell'urbano ad intervalli regolari, permettendo così un efficace controllo del territorio.
- Con queste tecniche è possibile avere risposte rapide quando occorre assumere rapidamente decisioni; ad esempio in caso di conflitti, nel controllo delle frontiere, nella valutazione dei danni (da fenomeno naturale, da evento bellico) e degli insediamenti, anche quelli temporanei (accampamenti, tende) così da assumere rapide decisioni su interventi umanitari.