

UNIVERSITA' IUAV DI VENEZIA DIPARTIMENTO DI PIANIFICAZIONE

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO
IN SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI & TELERILEVAMENTO
FORMATO A DISTANZA A.A. 2006/07

*Prospettive ed applicazioni per l'aggiornamento
della cartografia tematica con dati telerilevati.
La cartografia forestale della Regione Veneto*

Laureando: Dott. Matteo Gironda

RELATORE: Prof. Samarelli Sergio

CORRELATORI: Dott. Baraldi Andrea
Dott. Savio Daniele

Sommario della presentazione:

1. Introduzione (tematiche correlate)
2. Regione Veneto: i progetti di realizzazione ed aggiornamento delle carte forestali
3. L'area di riferimento per lo studio
4. Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica
5. Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari
 - Classificazione spettrale automatica
6. Un'applicazione ulteriore: la correzione topografica delle immagini
7. Conclusioni e futuri sviluppi

INTRODUZIONE

Perché produrre e mantenere aggiornate le mappe forestali?

Ruolo degli ecosistemi forestali:

- Processi idrologici e biochimici;  (dissesti, incendi, ecc.)
- Assorbimento del carbonio;  (biomassa)
- Cambiamenti climatici;  (interferenze sul clima)
- Gestione ambientale;  (conservazione degli spazi naturali e delle risorse)
- Biodiversità.  (Rete Natura 2000, conservazione degli habitat)

Regione Veneto: i progetti di realizzazione ed aggiornamento della carta forestale

Campagne di acquisizioni dei dati:

- 2000: foto aeree;
- 2006:
 - foto aeree;
 - copertura con sensore Daedalus;
- Data provider: Telespazio.

Le foto aeree:

- risoluzione spaziale 1m / 0.5m;
- risoluzione spettrale: veri colori (RGB nella porzione del visibile dello spettro elettromagnetico)

Pre-processing delle immagini:

Correzione atmosferica, ortorettifica, mosaicazione alla scala 1:10000

Regione Veneto: i progetti di realizzazione ed aggiornamento della carta forestale

Campagne di acquisizioni dei dati:

- 2000: foto aeree;
- 2006:
 - foto aeree;
 - copertura con sensore Daedalus;
- Data provider: Telespazio.

Le immagini Daedalus:

- risoluzione spaziale 12 m;
- risoluzione spettrale: 11 bande dal visibile, NIR e TIR

Pre-processing delle immagini: nessuno/parziale

Correzioni geometriche e mosaicazione alla scala 1:10000 per sole 3 bande. Il resto del dato è inutilizzabile in quanto non calibrato

Regione Veneto: i progetti di realizzazione ed aggiornamento della carta forestale

Metodologia adottata:

- Fotointerpretazione a video supportata da un modello ecologico di distribuzione delle specie forestali;
- Immagini satellitari multitemporali (conifere/latifoglie);
- Rilievi sul campo;
- Database dei rilievi floristici.

Durata del progetto: 5 anni

Accuratezza stimata: ??? (verosimilmente bassa)

Regione Veneto: i progetti di realizzazione ed aggiornamento della carta forestale

Principali limitazioni:

- Efficacia della metodologia proposta (ad es., accuratezza della classificazione del target \pm tolleranza all'errore): non conosciuta;
- Facilità d'implementazione = grado di automazione: basso o nullo;
- Affidabilità bassa o nulla = robustezza al cambiamento di:
 - a) input dataset;
 - b) parametri definiti dall'utente;
- Scalabilità = ri-utilizzo (per altri tipi di applicazioni): bassa o nulla;
- Efficienza (tempi di calcolo, timeliness):
 - 5 anni...
- Costi (hardware, software, training, pubblicazione, ...):
 - 500.000 €

Regione Veneto: i progetti di realizzazione ed aggiornamento della carta forestale

L'aggiornamento del dato, inizialmente previsto con una frequenza triennale è ipotizzabile solo con una frequenza temporale maggiore.

Nell'ambito del progetto GSE-LAND è stata effettuata una sperimentazione per la realizzazione della Carta di Copertura del Suolo della Regione (2005-2007: realizzazione del 40% del rilievo con dati SPOT5 e ortofoto RGB). Questo progetto prevede la revisione dei perimetri delle aree forestali senza alcun controllo dell'accuratezza (stesse limitazioni).

L'area di riferimento per lo studio



Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica: fattibilità del progetto

Parametri considerati:

- **Risoluzione temporale:** (osservazione, frequenza di passaggio, numero di volte in un anno);
- **Tempi di osservazione** (considerazioni stagionali sulla fenologia della vegetazione);
- **Durata di ciascun periodo di osservazione:** (giorni, settimane, mesi);
- **Timeliness** (il divario temporale tra l'acquisizione del dato e la consegna all'utente);
- **Risoluzione spaziale;**
- **Area di interesse:** lat-long;
- **Copertura istantanea:** larghezza e lunghezza delle strisciate (n° di scene necessarie per la copertura dell'area e loro costo);
- **Risoluzione spettrale;**
- **Risoluzione radiometrica** (tipicamente, 1 byte = 256 livello di grigio);
- **Co-registrazione** (ortorettificazione). Accuratezza tipica inferiore a 1/5 del pixel;
- **Geo-coding** (proiezione geografica);
- **Calibrazione radiometrica** (riflettanza al top dell'atmosfera).
- **Informazioni ancillari** (Digital elevation model, angoli di zenith e azimuth)

Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica: fattibilità del progetto

Metodologie utilizzate:

- Fotointerpretazione;
- Classificazione pixel oriented (supervised e unsupervised);
- Segmentazione multirisoluzione e classificazione object-oriented;
- Approccio combinato pixel based e object oriented;

Classificazione spettrale preliminare

Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica: fattibilità del progetto

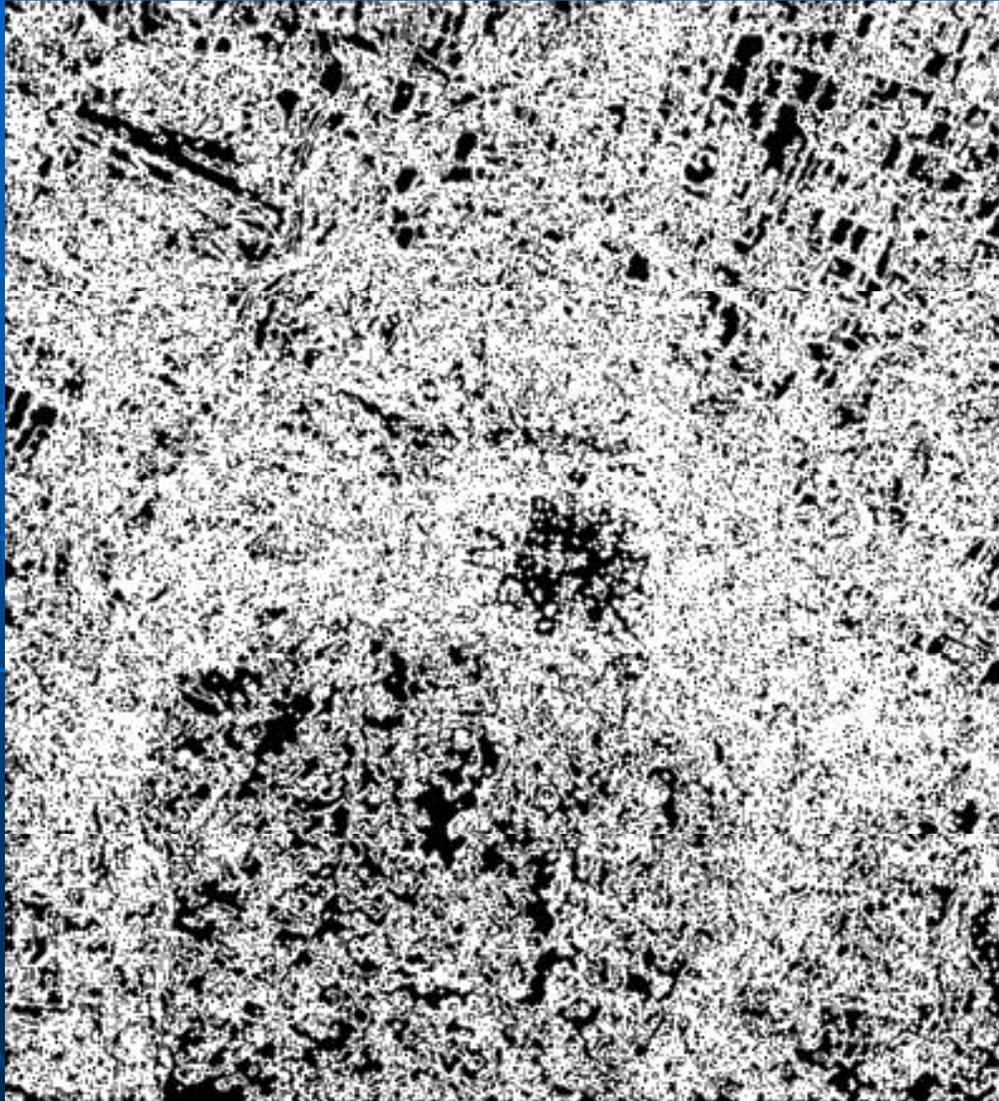


Segmentazione
multirisoluzione e
classificazione object-
oriented

A partire da
un'immagine
multispettrale...

Fig. A. Landsat 7 ETM+ scene, Path: 192, Row: 029, acquisition date: 2000-06-20. False color image (R: band TM5, G: band TM4, B: band TM1) of the city area of Bologna, Italy.

Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica: fattibilità del progetto



La segmentazione multirisoluzione (asemantica) produce la semplificazione dell'immagine.

Questa fase dipende fortemente dai parametri inseriti dall'utente e dall'omogeneità dell'input (non è unsupervised)

Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica: fattibilità del progetto



Fig. C. Segment-based classification map, in pseudo colors.

Classificazione object-based basata su regole fuzzy. È definita esclusivamente sulla base dell'esperienza dell'analista.

Stato dell'arte nella classificazione di immagini satellitari ai fini della cartografia tematica: fattibilità del progetto

Primitiva: il pixel senza alcuna indicazione semantica

Immagine di input



Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

Il sistema proposto: CLASSIFICAZIONE SPETTRALE PRELIMINARE

- 1) pixel-based ed utilizza esclusivamente regole spettrali per individuare in automatico le tipologie di copertura del suolo: è basato sulla conoscenza delle firme spettrali delle superfici
- 2) Ciascun pixel è assegnato ad un set finito di categorie spettrali
 1. acqua/ombra.
 2. neve/ghiaccio.
 3. nuvole.
 4. Vegetazione.
 5. suolo nudo/costruito.
 6. outliers.
- 3) Il grado di supervisione richiesto all'utente è nullo (no pixel di training)
- 4) Il sistema è scalabile ad altri sensori
- 5) In grado di rimpiazzare o estendere il set di categorie spettrali (si adatta alla statistica dell'immagine)

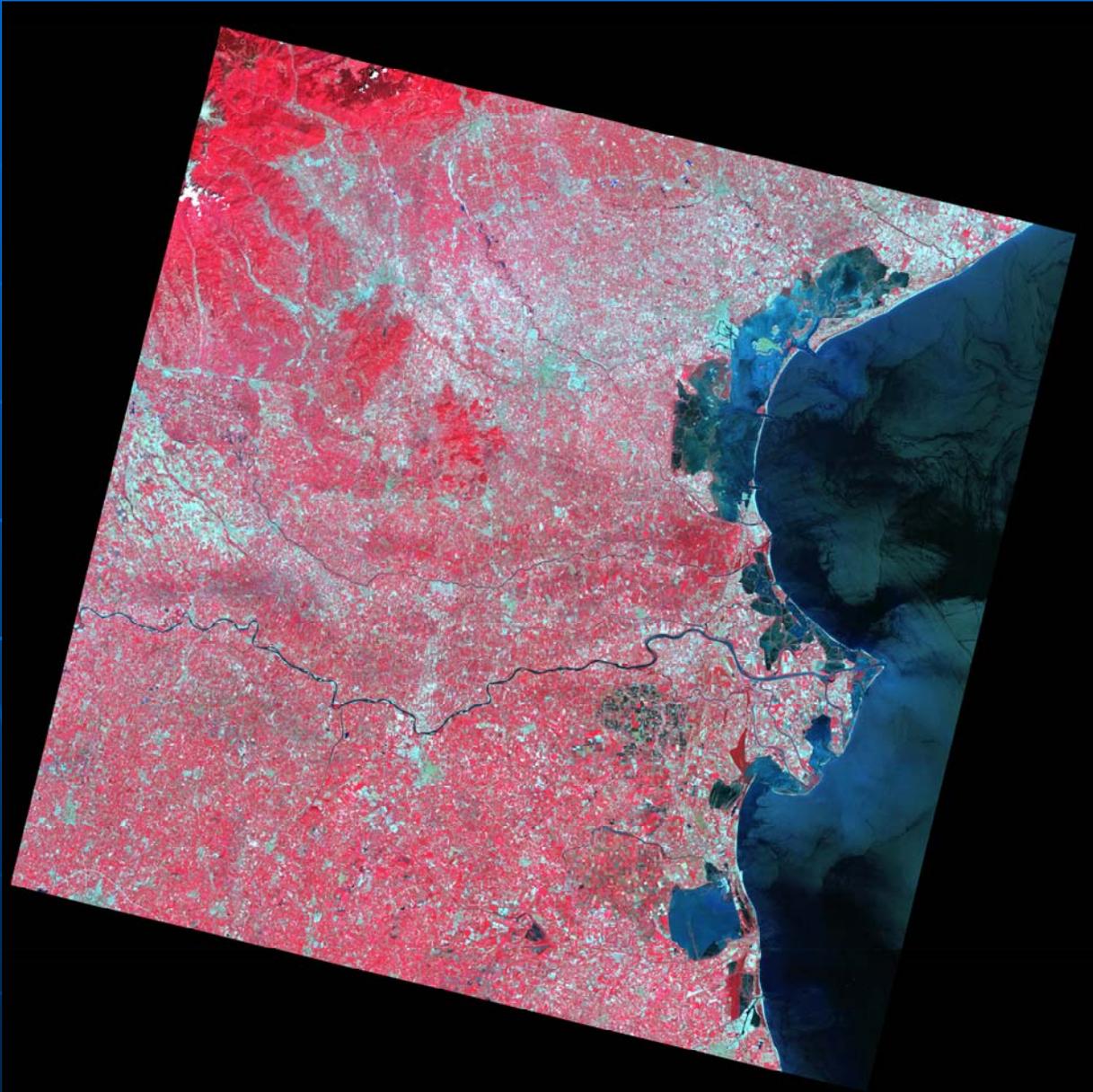


Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

Il sistema proposto:

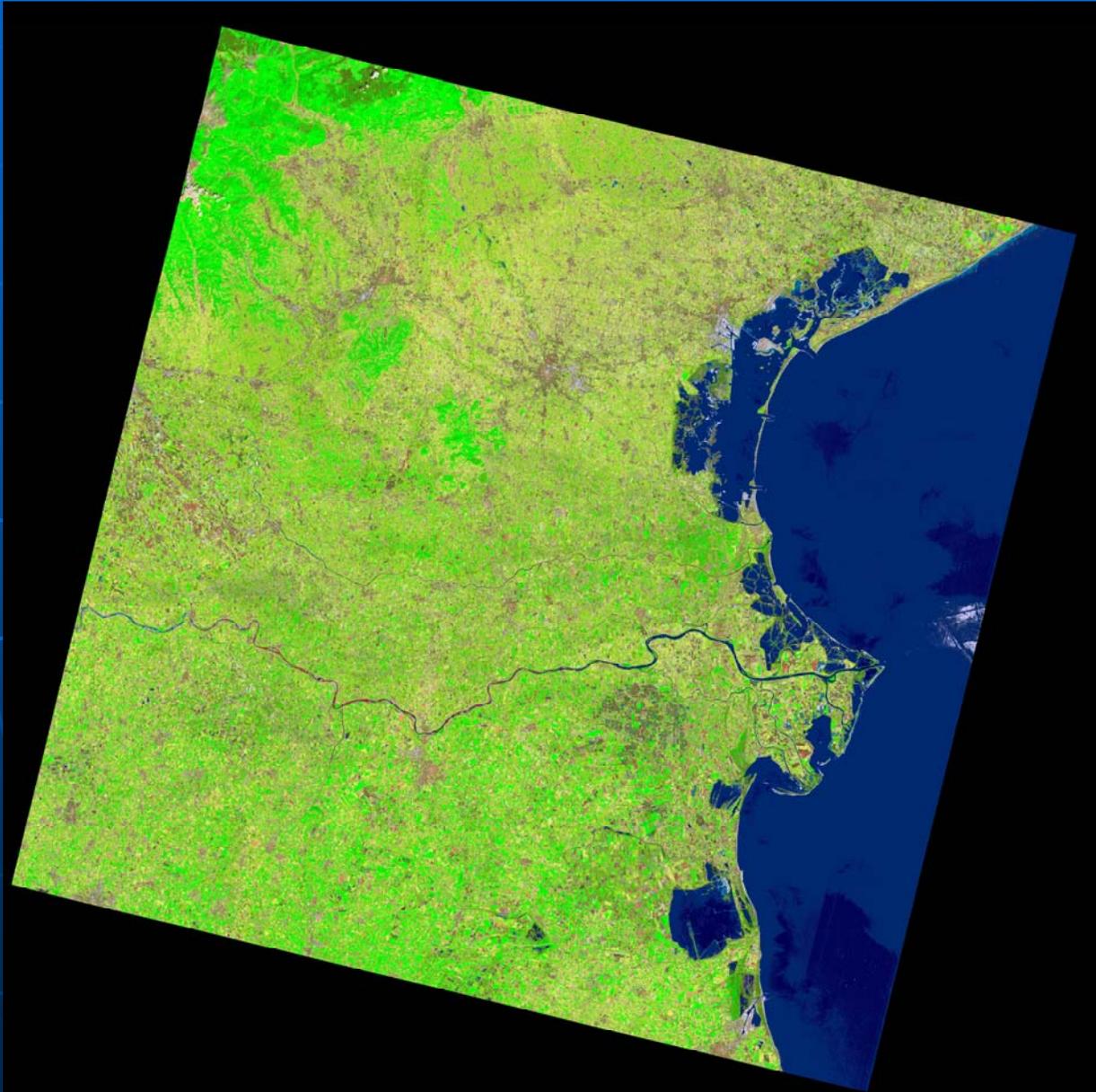
- 5) Gli strati informativi ottenuti hanno un significato simbolico (livello di astrazione) intermedio tra quello (basso) dei cluster e dei segmenti e quello (alto) delle classi di uso del suolo.
- 6) Completamente automatico
- 7) Real-time (ad es., 3 minuti per Landsat image)
- 8) Richiede la calibrazione in riflettanza del dato di input

Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale



IRS-P6 scene. False color image
(R: band 3, G: band 2, B: band 1).

Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale



59 categorie
spettrali

IRS-P6 scene. Immagine
classificata spettralmente

Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

Applicazione alle foreste:

- 2 tipologie di immagini satellitari (ESA):

o IRS-P6;

o SPOT-4.

- 2 dataset di riferimento:

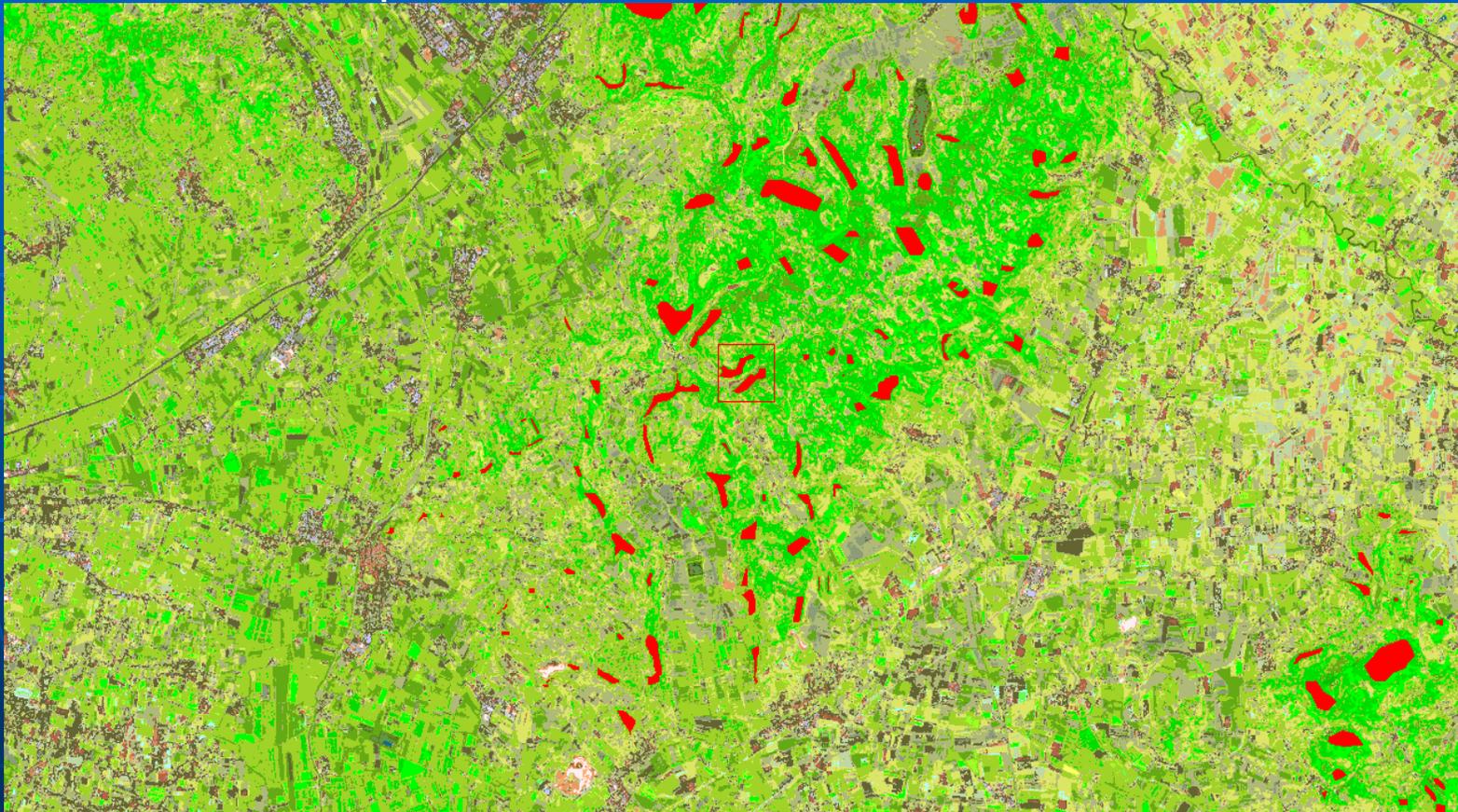
o shapefile della carta forestale regionale;

o dato verificato a terra;

Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

IRS-P6:

21999 pixel di riferimento verificati (in rosso)



Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

IRS-P6



1 - SVVHNIR
(Strong Vegetation
Very High NIR)

2 - SVHNIR (Strong
Vegetation High
NIR)

7 - AVHNIR (Average
Vegetation High
NIR)

8 - AVMNIR (Average
Vegetation Medium
NIR)

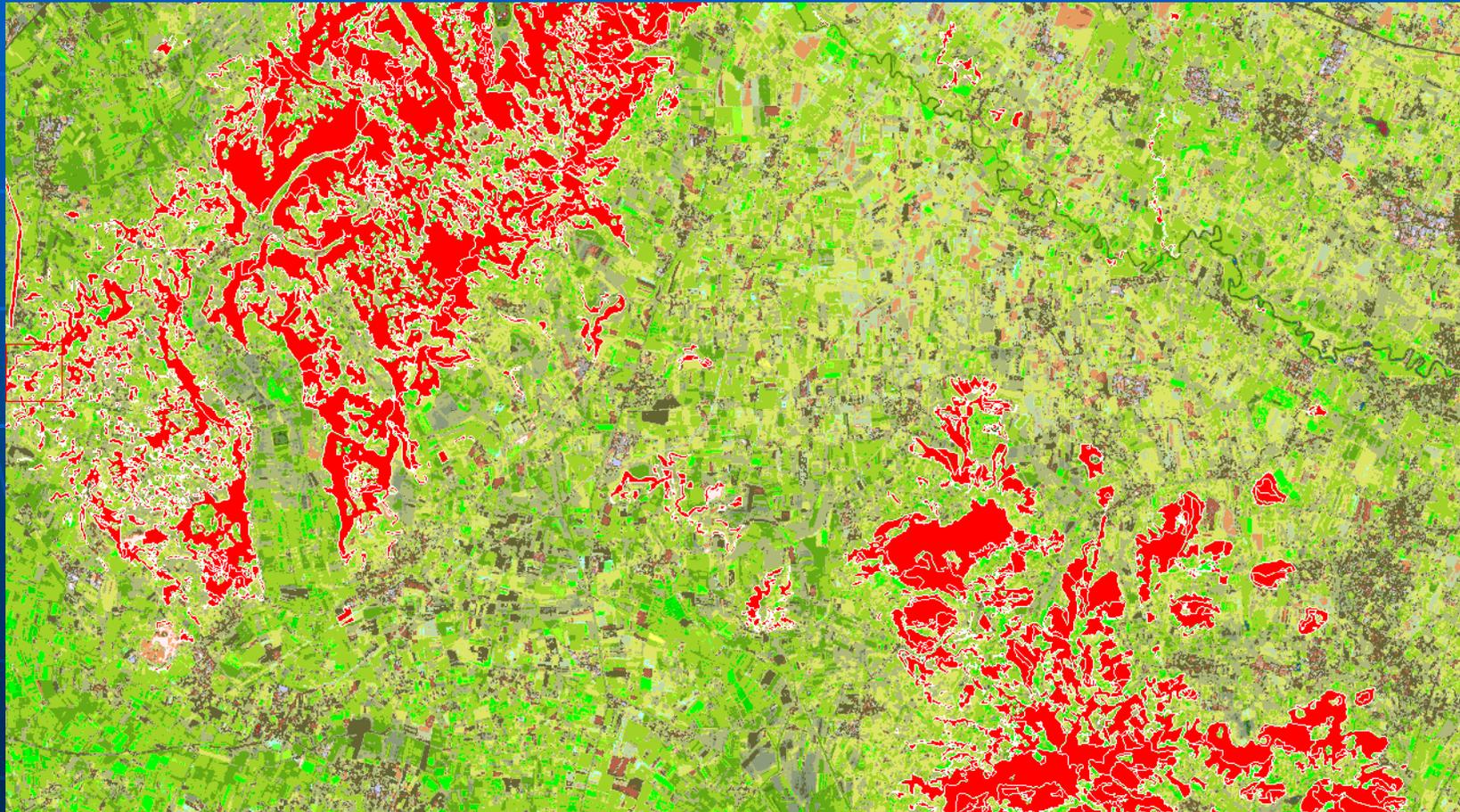
categoria spettrale	codice della categoria spettrale	n° di pixel	frequenza %
2	SVHNIR_LSC	11272	51,24%
7	AVHNIR_LSC	4094	18,61%
1	SVVHNIR_LSC	3391	15,41%
8	AVMNIR_LSC	2718	12,36%

Il 97,62% dei pixel del dataset verificato appartiene a 4 categorie

Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

IRS-P6:

21999 pixel di riferimento dalla carta forestale regionale (in rosso)



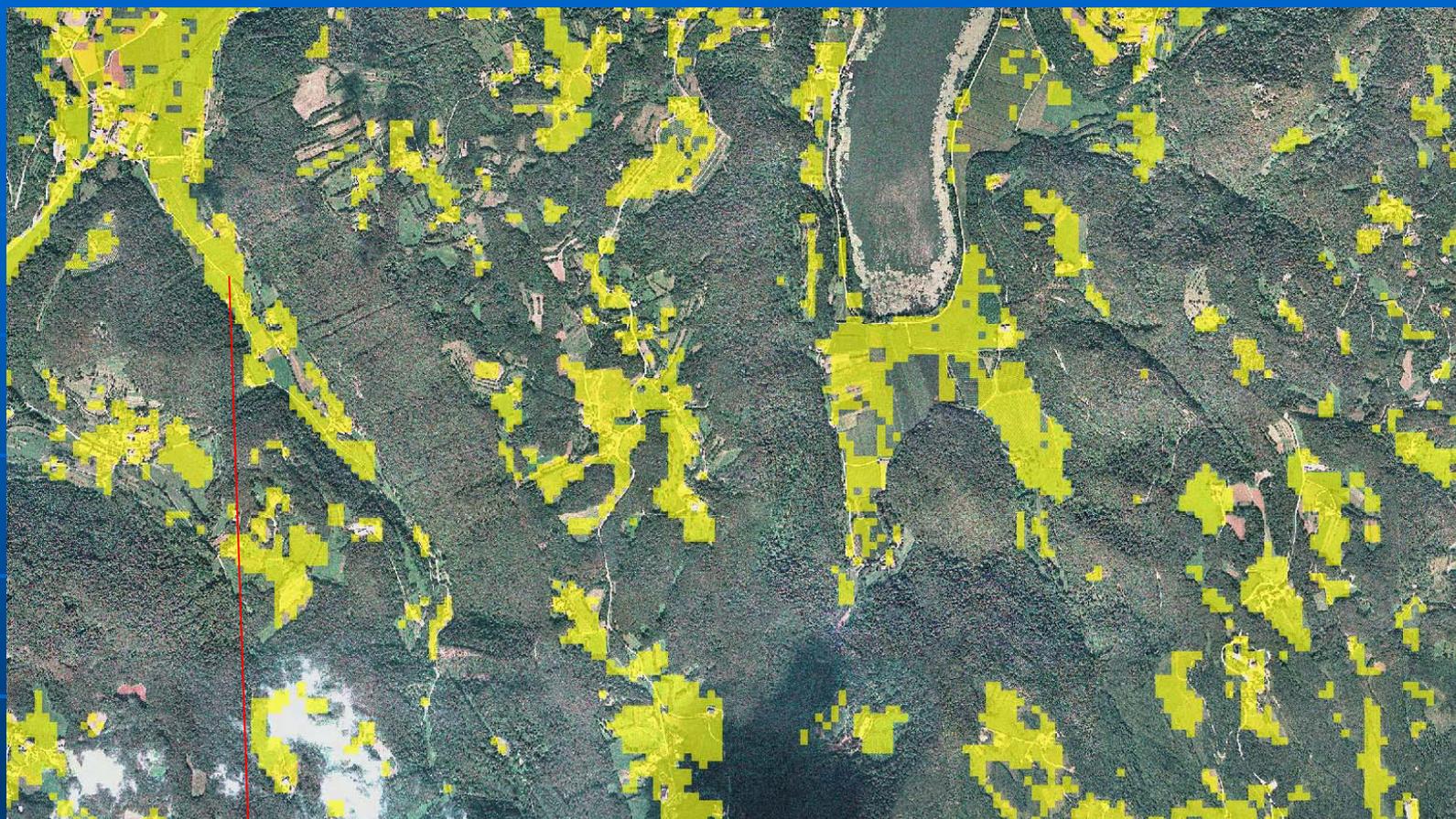
Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

categoria spettrale	codice della categoria spettrale	n° di pixel	frequenza %
7	AVHNIR_LSC	108851	35,65%
2	SVHNIR_LSC	106353	34,84%
1	SVVHNIR_LSC	41403	13,56%
8	AVMNIR_LSC	26797	8,78%
17	ASRHNIR_LSC	8372	2,74%
18	ASRMNIR_LSC	6850	2,24%

Il 92,83% dei pixel del dataset verificato appartiene a 4 categorie

- categoria spettrale 17 (ASHNIR_LSC, Average Shrub Rangeland with High NIR Leaf Spectral Category): corrisponde ad aree agricole o pascolive con vegetazione o a superfici erbose naturali.
- categoria spettrale 18 (ASRMNIR_LSC, Average Shrub Rangeland with Medium NIR Leaf Spectral Category): corrisponde ad aree coperte da vegetazione arbustiva, di foreste miste aperte, ad aree agricole con coltivazioni di olivo o a coperture erbacee.

Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale

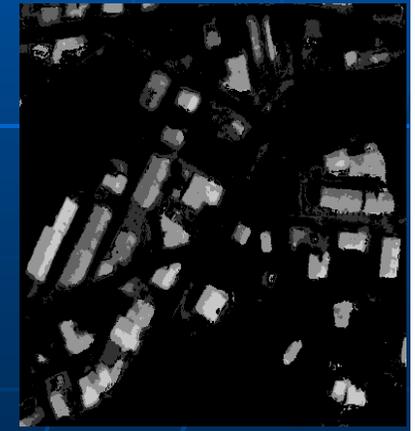


I pixel individuati dalla carta forestale regionale ricadenti nelle categorie 17 e 18 individuano inconsistenze semantiche della carta stessa (questo avviene sia per IRS-P6 sia per SPOT-4)

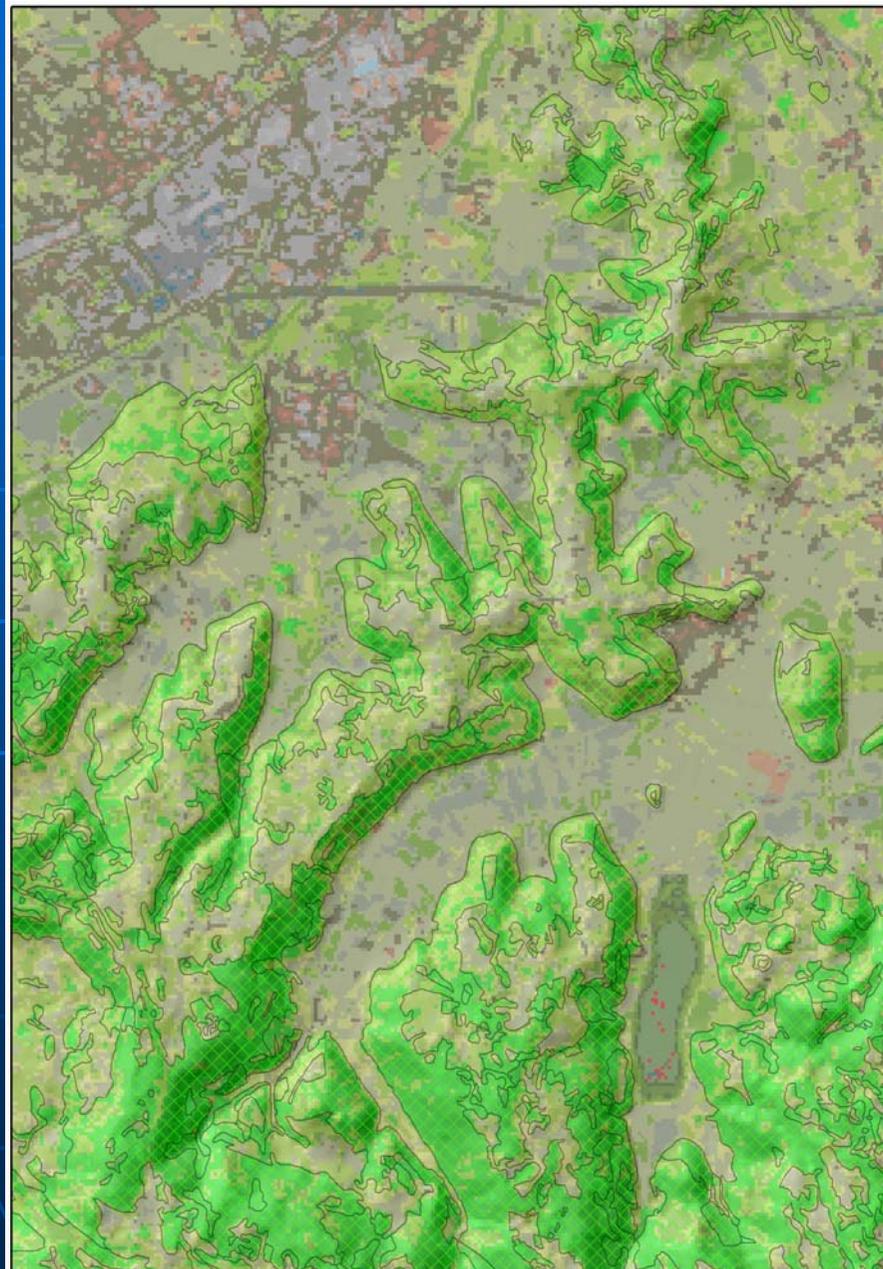
Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale



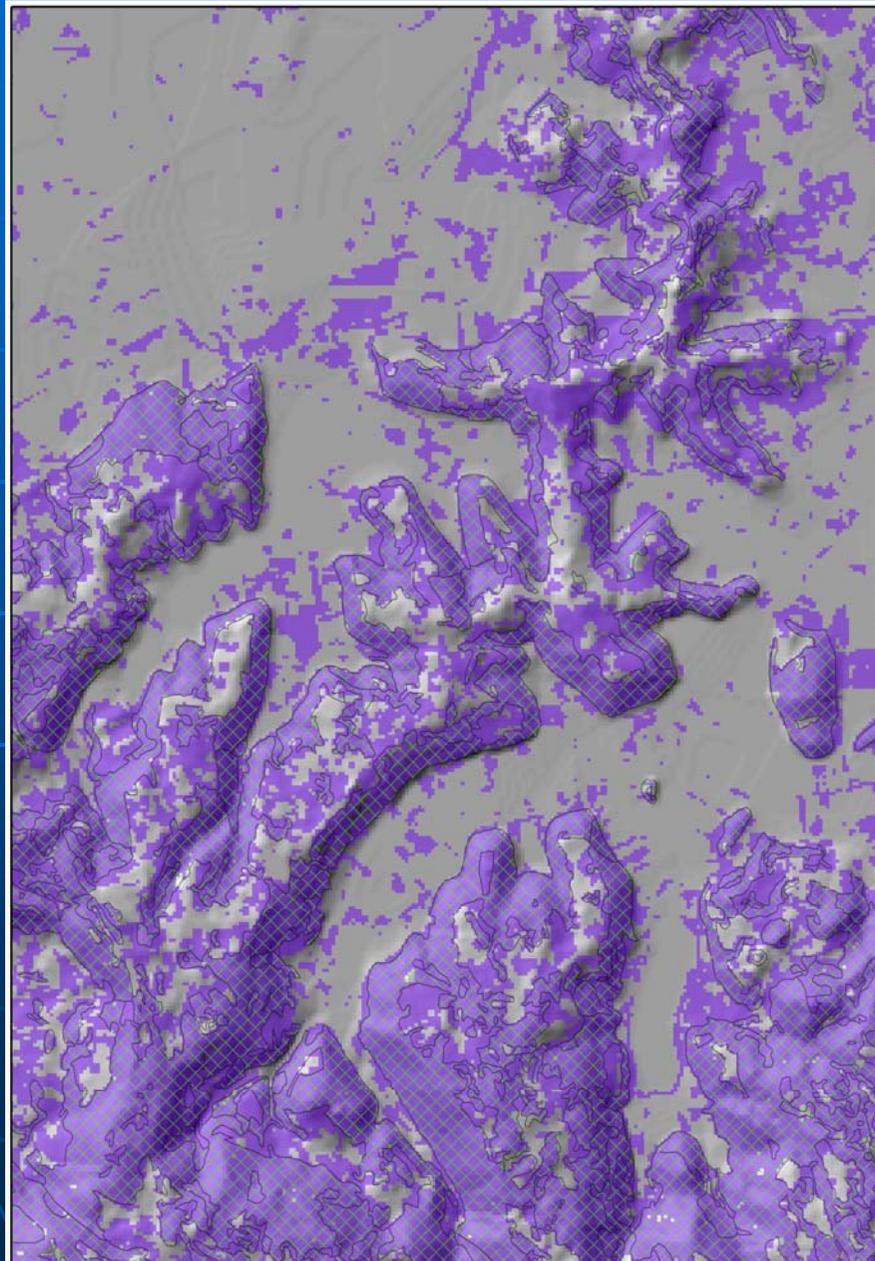
Implementazione di regole semantiche (segmentazione, clustering)



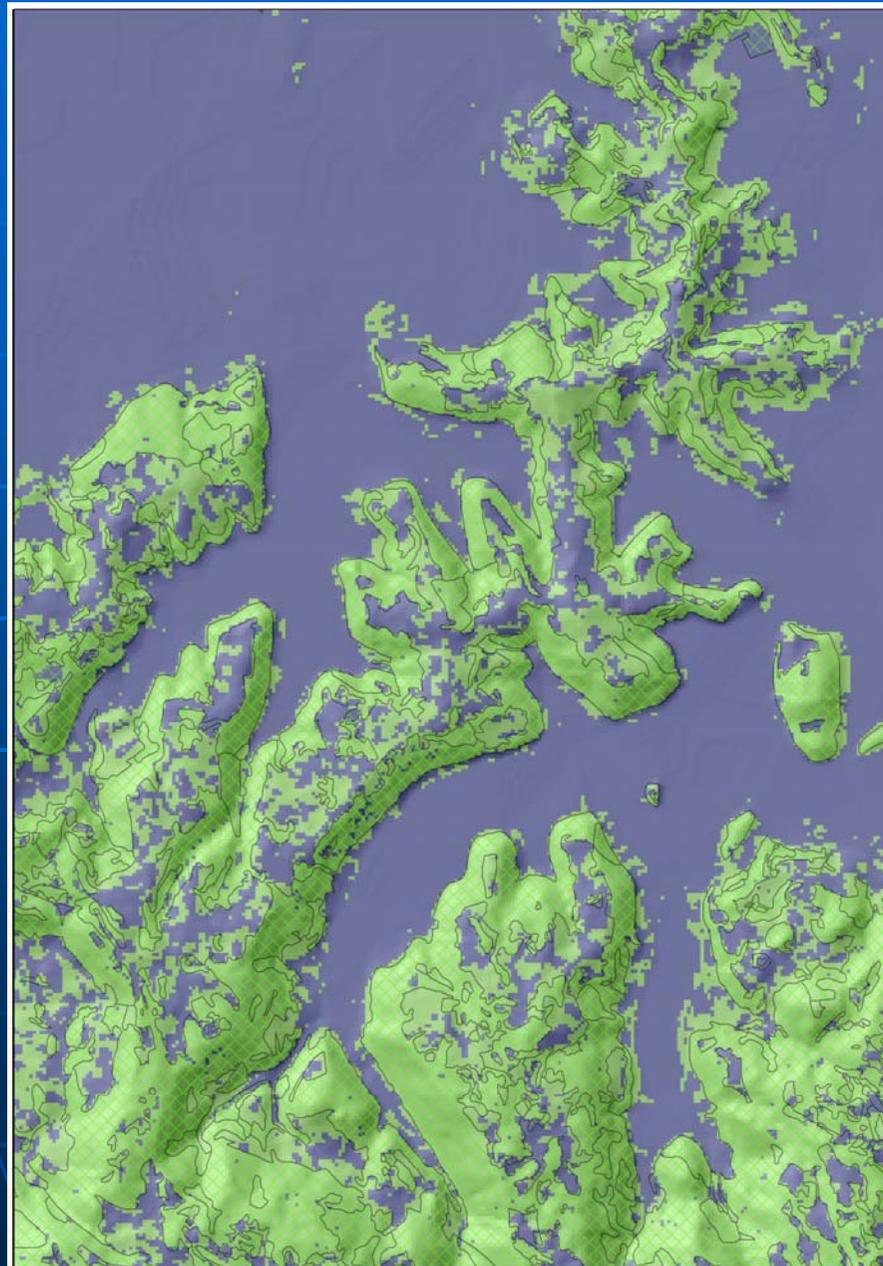
Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale



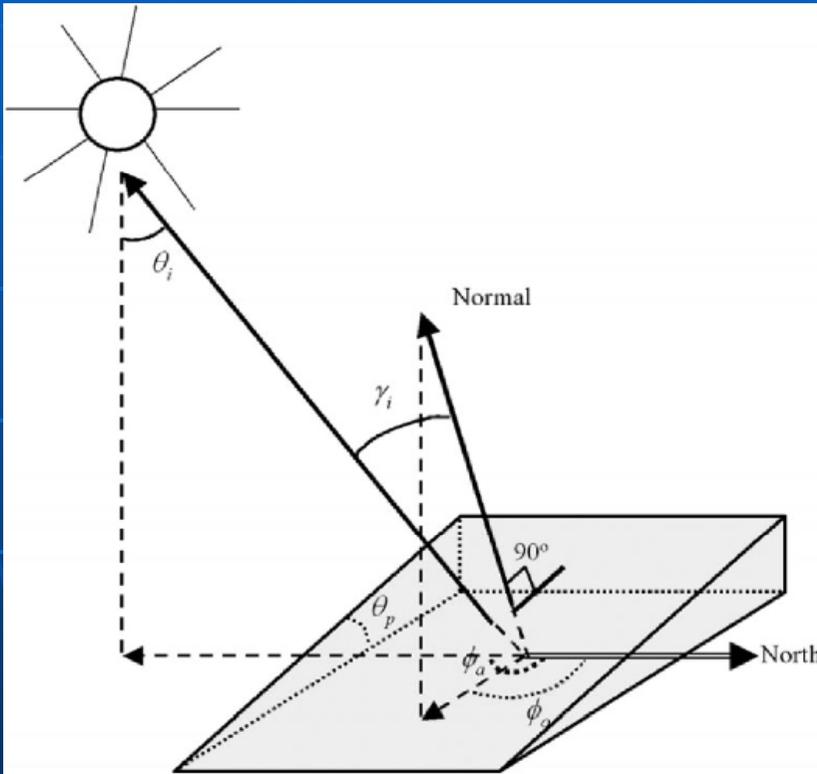
Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale



Nuovi sviluppi applicativi per la classificazione di immagini satellitari: la classificazione automatica su base spettrale



Un'applicazione ulteriore: la correzione topografica delle immagini



La correzione topografica di immagini telerilevate, conosciuta anche come normalizzazione topografica, fa riferimento alla compensazione dei cambiamenti dell'esposizione del terreno alla luce solare diretta.



Un'applicazione ulteriore: la correzione topografica delle immagini

La correzione topografica di immagini multispettrali è da sempre considerata un problema circolare difficilmente risolvibile: se da una parte, infatti, la classificazione delle immagini richiede la normalizzazione preliminare delle condizioni di illuminazione, dall'altra la correzione topografica delle immagini necessita una conoscenza a priori della distribuzione spaziale dei tipi di copertura del suolo. Ciò è dovuto al fatto che qualsiasi modello di riflettanza di una superficie dipende dalla rugosità della stessa.

La classificazione spettrale preliminare sembra dunque fornire uno strumento utile per una proposta di soluzione del problema della normalizzazione topografica.

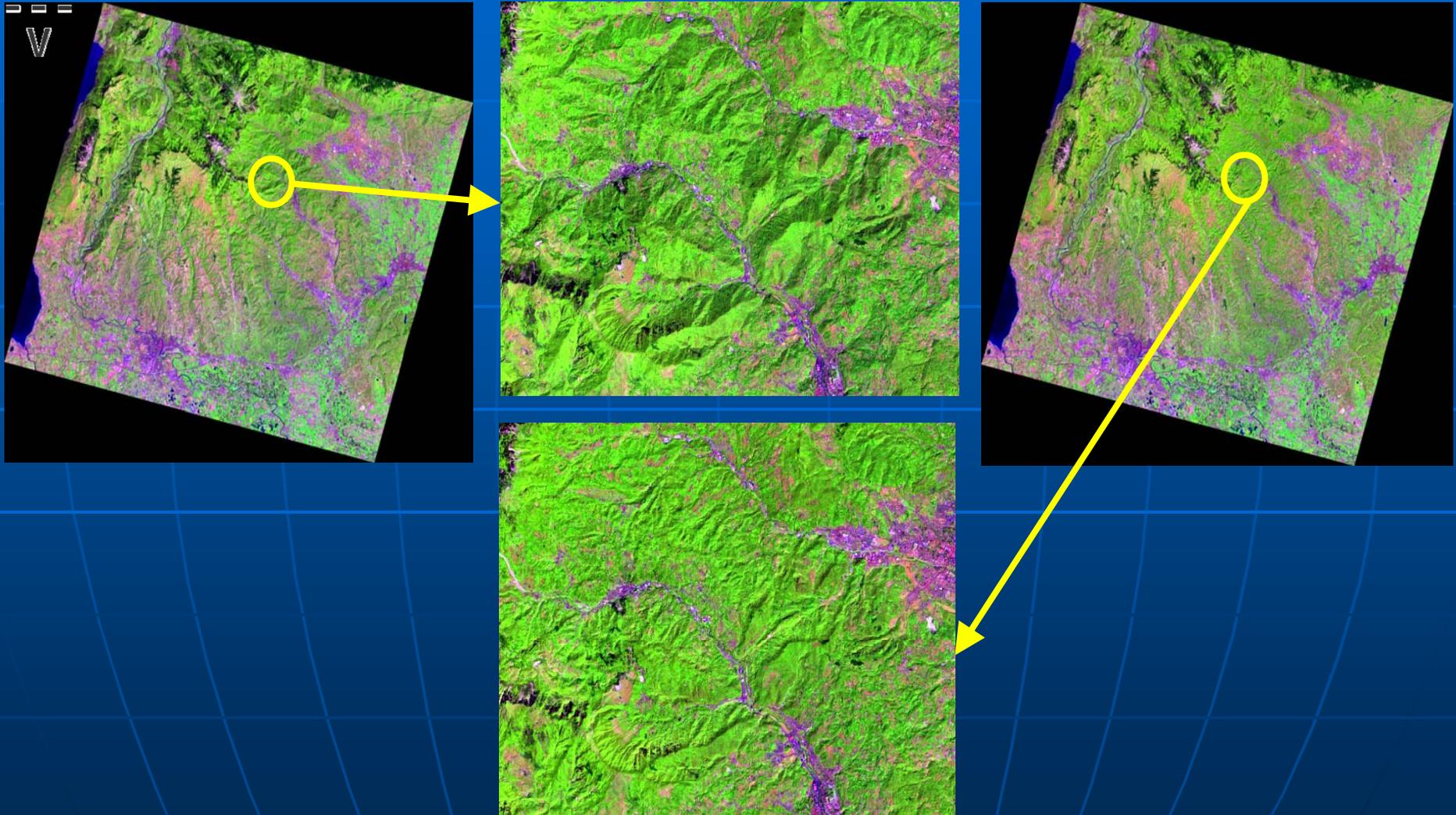


Un'applicazione ulteriore: la correzione topografica delle immagini

- Immagini satellitari:
 - i) SPOT-4, HRVIR, risoluzione spaziale: 20m, ortorettificata
 - ii) IRS-P6, LISS-III, risoluzione spaziale: 23.5m, ortorettificata
- DEM:
 - i) SRTM, risoluzione spaziale 90 m
 - ii) 25m DTM by Regione Veneto, risoluzione spaziale 25m
- Dataset di riferimento per le aree forestali:
 - i) Dataset verificato: 9770 pixel per immagine SPOT-4, 21999 pixel per immagine IRS-P6
 - ii) Dataset derivato dalla carta forestale regionale: SPOT dataset: 163393 pixel; IRS dataset: 305244 pixel.

I
- - -
U
- - -
A
- - -
V

Un'applicazione ulteriore: la correzione topografica delle immagini





Un'applicazione ulteriore: la correzione topografica delle immagini

RISULTATI:

- Miglioramento delle prestazioni di mappatura delle aree forestali verificato con un dataset di verità a terra.
- Accuratezza molto spinta della mappatura:
 - Dataset verificato: $99.5\% \pm 0\%$ (4 categorie spettrali per SPOT-4 e IRS-P6)
 - Dataset derivato dalla carta forestale: $98.5\% \pm 0\%$ (4 categorie spettrali per SPOT-4 e IRS-P6).
- Miglioramento della verifica delle inconsistenze semantiche della carta forestale regionale.
- La correzione topografica è efficace e riduce la varianza all'interno delle classi spettrali.
- La correzione topografica è più efficace con il DEM a 25 m che con il SRTM a 90 m in linea con quanto in aspettativa.

Conclusioni e futuri sviluppi

L'analisi della fattibilità e delle metodologie percorribili ha evidenziato i limiti dell'approccio percorso finora e tenta di proporre una soluzione. Sono stati presi in considerazione:

1. I dati fondamentali per l'applicazione di un progetto di telerilevamento: risoluzione temporale, spaziale, spettrale, radiometrica...
2. Indici misurabili di qualità del sistema: efficacia (accuratezza della classificazione \pm tolleranza di errore), facilità d'uso, robustezza, scalabilità, efficienza (ad es., per i tempi di calcolo), costi: hw, sw, training, manpower.

Conclusioni e futuri sviluppi

Nuovi sviluppi nella classificazione delle immagini multi/iperspettrali satellitari e nella pubblicazione del dato verranno da:

- 1) Immagini ad alta risoluzione
- 2) Il miglioramento della qualità del dato derivante dalla soluzione del problema della correzione topografica e dalla individuazione in automatico delle inconsistenze semantiche della mappa attuale
- 3) La classificazione preliminare completamente automatica delle immagini satellitari (che già costituisce un prodotto di output commercializzabile)
- 4) La pubblicazione delle mappe automatiche in internet
- 5) La scalabilità del sistema ad altre tipologie di indagini ambientali (ad es. per la costruzione della cartografia degli habitat dei siti della Rete Natura 2000)