

## **Classificazione automatica di immagini aeree multispettrali ADS40 per la realizzazione di un prototipo di Carta dell'Uso del Suolo 1:10.000 dell'intero territorio della Regione**

Michele Bocci, Luca Salvestrini

Geographike srl, Via Sansedoni 7 53100 Siena, tel e fax: 0577 588408, m.bocci@grographike.it

### **Riassunto**

La produzione e l'aggiornamento di banche dati dell'uso del suolo di dettaglio (1:10.000 - 1:25.000) sono condotte dagli enti territoriali competenti in materia di cartografia prevalentemente con l'approccio fotointerpretativo. La Regione Marche ha voluto sperimentare invece la realizzazione di un prototipo di carta dell'uso del suolo dell'intero territorio regionale, in scala 1:10.000 e secondo il metodo CORINE 2° livello per quanto riguarda la legenda tematica, mediante classificazione automatica di immagini aeree multispettrali ad alta risoluzione ADS40.

Geographike srl ha ottenuto l'aggiudicazione per l'esecuzione di tale progetto ed ha indirizzato l'impostazione metodologica sulle tecniche di segmentazione multirisoluzione e classificazione con fuzzy logic, adottando la piattaforma eCognition Developer® ([www.ecognition.com](http://www.ecognition.com)).

Il presente lavoro si concentra sugli aspetti metodologici del progetto, che si è svolto nella seconda metà del 2009, ultimandosi nei primi mesi dell'anno corrente. Più in particolare vengono affrontati gli aspetti legati alle peculiari caratteristiche del progetto, alla tipologia delle immagini impiegate e soprattutto alle tecniche di processamento impiegate per risolvere alcune criticità intrinseche ai dati stessi. Sono quindi esposti gli aspetti salienti dei metodi di riconoscimento delle "unità elementari di land cover", intesi come gli elementi oggettivi sulla cui definizione si basa poi la classificazione del territorio in categorie di uso del suolo secondo il metodo Corine Land Cover.

Il lavoro si conclude riportando una sintesi dei livelli di accuratezza raggiunti ed una valutazione complessiva del progetto in relazione all'avviamento di servizi operativi.

### **Abstract**

Regional administrations use to produce and update the land use/cover maps mainly by the photointerpretative approach. The administration of Regione Marche decided to test an automatic approach to produce a prototype of the 1:10.000 Land Use Map of the whole territory of the region, by using aerial high resolution multispectral digital photo ADS40 and a classification method based on the Corine 2° level standard.

Geographike srl got the related tender with a proposal based on the eCognition Developer® software environment ([www.ecognition.com](http://www.ecognition.com)).

The current work focuses on the methodological aspects of the project, carried on in the second part of the 2009 and in the early 2010. More in particular the work deals with specific topics of the project, as the image data used and the particular techniques used to solve problems in image data. Afterwards some interesting processing procedures details are shown, mainly regarding the recognition of the "land cover elementary units", the first step of the land use classification for bigger shape on the Corine Land cover method.

The work ends with a synthesis of the accuracy assessment and an evaluation for the use of this method as a tool for operational services.

## Il progetto

Tra gli obiettivi del progetto, oltre alla fornitura dell'applicativo software proposto, all'assistenza e alla formazione, rientrava la realizzazione di un prototipo di Carta dell'Uso del Suolo che, con tecniche di classificazione automatica, descrivesse tutto il territorio regionale secondo lo standard Corine 2° livello, un'area minima pari a 0,3 Ha e con larghezza minima di oggetti allungati pari a 10 metri; infine l'accuratezza tematica complessiva doveva risultare non inferiore all'80%. Sono rientrati nel prototipo anche i 7 comuni della Valmarecchia, annessi recentemente alla Regione Emilia-Romagna.

## Dati impiegati

Il prototipo di Carta dell'Uso del Suolo si è basato sulle immagini aeree multispettrali ad alta risoluzione ADS40, riprese nel periodo 18 Giugno - 18 Luglio 2007 con 36 strisciate che ricoprono tutto il territorio regionale. Nella seguente figura 1 si può osservare la copertura del territorio regionale.



*Figura 1 – il territorio della Regione Marche e la copertura delle strisciate ADS40.*

Il sensore ADS40 consente di registrare contemporaneamente immagini pancromatiche, a colori e multispettrali, garantendo, oltre alla visione stereoscopica, anche una risoluzione radiometrica di 16 bit (ovvero 11 bit effettivi) ad un GDS inferiore al metro. La camera impiegata, in particolare, ha una focale di 62.4 mm e volando ad una quota media di circa 6700 m., ha prodotto strisciate di larghezza compresa tra 8 e 9 Km, con dimensione del pixel a terra pari a circa 0.67 metri.

Per ogni singola strisciata sono state rilevate le seguenti immagini: BLUN00, GRNN00, REDN00, GRNF16, REDF14, NIRF18, PANB14, PANF28 dove le prime tre lettere indicano il range spettrale rilevato dal sensore, la quarta lettera la direzione del sensore (N per nadirale, B per Backward, F per Forward) e le ultime due cifre l'angolo di inclinazione del sensore.

Il processamento dei dati rilevati è stato eseguito a cura della Regione Marche in ambiente Gpro 3.1 ed ha portato alla ortorettifica di tutte le immagini associate ad ogni strisciata (L2) utilizzando per l'interpolazione altimetrica il DTM regionale, con livello 2 e passo pari a 20 metri. Il sistema geografico scelto è il WGS84 UTM 33, mentre la dimensione finale del pixel è pari ad 1 metro.

Dalle prime analisi dei dati era emerso subito l'opportunità di utilizzare solo le porzioni centrali di ogni strisciata, meno affetta da distorsioni di rettifica e con un minor effetto della deriva radiometrica, cui spesso le riprese da aereo possono essere soggette. E' possibile infatti riscontrare in tale tipo di riprese ed in determinate condizioni di illuminazione, differenti condizioni di luminosità generale lungo le fasce esterne della strisciata di acquisizione. Le tecniche di miglioramento del contrasto di cui sono dotati i software per applicazioni GIS e di telerilevamento consentono di visualizzare sempre correttamente tali immagini, ad esempio dimensionando l'algoritmo sul campione di pixel intercettati dalla finestra corrente. Queste funzioni ad esempio rendono agevole l'approccio fotointerpretativo che, anche per la sua entità, non risente di tale difetto. Un processo di

classificazione automatica delle immagini, al contrario, risulta molto condizionato dalla variabilità di valori radiometrici dovuta a tale effetto. Si decise quindi di non utilizzare tali immagini nelle fasce più esterne, creando dei *subset* secondo il taglio della carta tecnica regionale 1:10.000 e considerando un margine di 25 m oltre i vertici di tale reticolo; grazie anche al piano di volo, che aveva allineato ogni strisciata secondo tale inquadramento cartografico, tale operazione ha consentito di generare immagini singole per ogni foglio della carta tecnica regionale.

Tale scelta ha consentito di ridurre notevolmente tali effetti negativi, che tuttavia non sono stati del tutto eliminati, come è possibile osservare anche solo qualitativamente nella seguente figura 2.

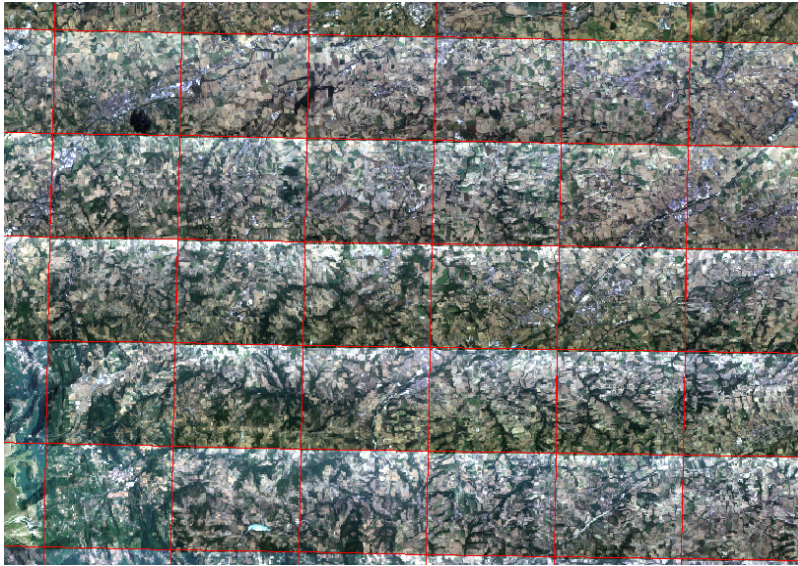
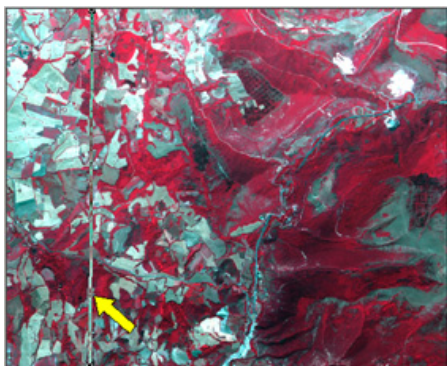
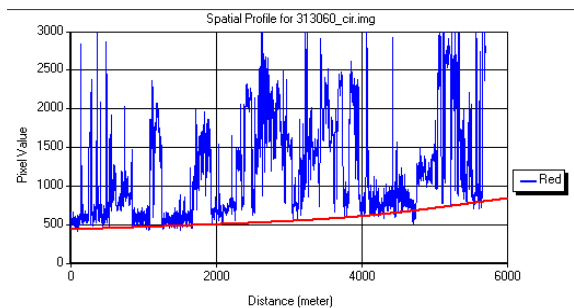


Figura 2 – un insieme di immagini ADS40 tagliate sui bordi della Carta Tecnica 1:10.000. E' possibile osservare come le immagini presentino, per ogni strisciata, un progressivo schiarimento di tono dal basso verso l'alto.



(a)



(b)

Figura 3 – la deriva radiometrica osservata lungo un profilo trasversale alla linea di volo: a) porzione di una strisciata corrispondente ad una sezione 1:10.000 con la traccia del profilo radiometrico. b) profilo radiometrico del canale "rosso", tracciato dal basso verso l'alto, con la linea di tendenza della base del segnale della vegetazione naturale, che si distingue per un alto assorbimento della radiazione "rossa" (0.65 - 0.75 micron).

Nel successivo paragrafo dedicato alla metodologia si accenna anche alla tecnica adottata per ovviare a tale disturbo presente nei dati forniti; il profilo radiometrico di Figura 3, eseguito all'interno di un singolo subset corrispondente ad una sezione della carta tecnica regionale, evidenzia tale la deriva di segnale.

### Metodologia

Il lavoro di classificazione per la realizzazione del prototipo di Carta dell'Uso del Suolo si è svolto in ambiente eCognition Developer®. Si tratta di uno specifico applicativo per la classificazione automatica di immagini, dotato di una gamma di strumenti molto ampia, in grado da consentire la definizione di procedure personalizzate anche molto sofisticate. In linea di massima si procede con una preliminare fase di segmentazione, in cui specifici algoritmi con vari parametri da impostare suddividono l'immagine in oggetti elementari; è possibile e conveniente creare vari livelli di oggetti a dimensioni differenti, ma con geometrie compatibili, in una gerarchia che prevede un livello di super-oggetti che si suddividono, nei livelli inferiori, in elementi sempre più piccoli, tali però da rispettare i bordi del livello superiore.

Successivamente tali oggetti vengono riconosciuti e classificati, impiegando anche categorie tematiche intermedie, funzionali alla successiva classificazione finale.

Il flusso delle operazioni, una volta che i vari passaggi sono stati ben collaudati e rispondono ai requisiti della specifica applicazione, viene consolidato in una procedura che consente poi l'efficiente esecuzione delle fasi di produzione.

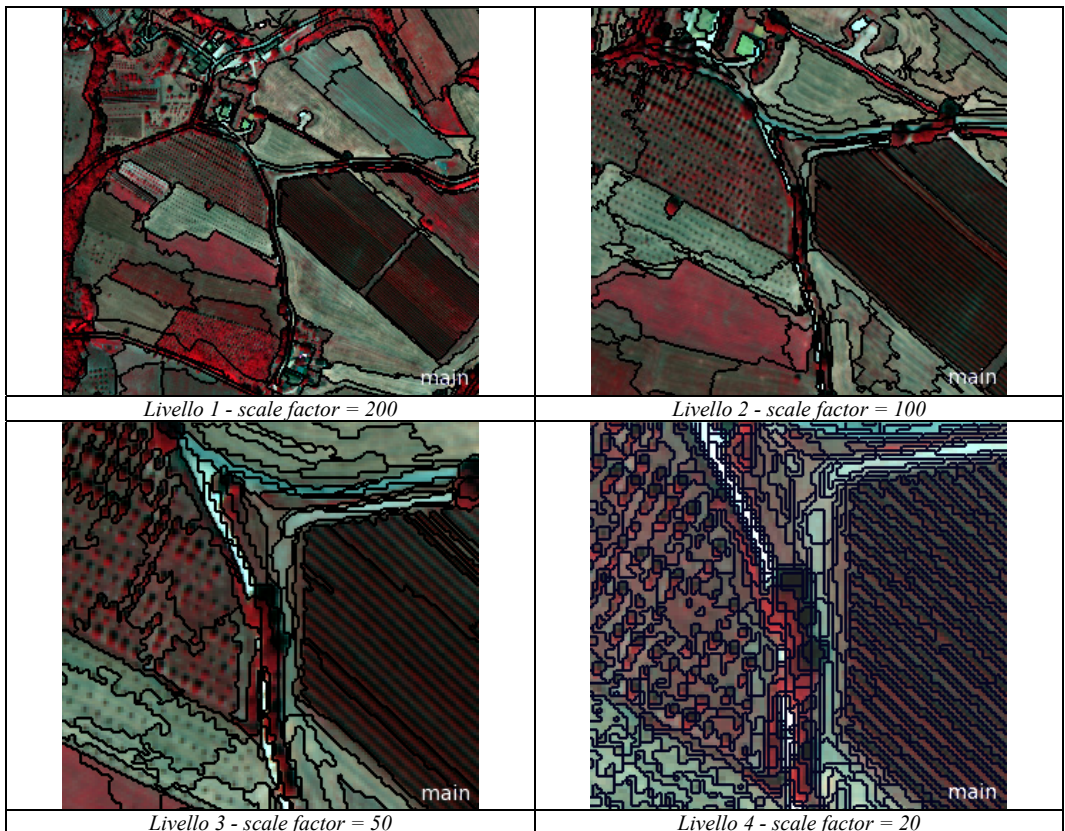


Figura 4 – i livelli di segmentazione usati nel progetto.

Nel caso in esame sono stati utilizzati quattro livelli di segmentazione; tra questi il primo ed il secondo (*scale factor* rispettivamente 200 e 100) erano dedicati alla definizione del tessuto parcellare di riferimento, mentre le altre due inferiori (*scale factor* 50 e 20) consentivano la definizione di singoli oggetti elementari, come ad esempio edifici, alberi singoli, filari, ombrelloni sulla spiaggia, ecc. La figura 4 evidenzia tali livelli di oggetti nella gerarchia della segmentazione multi-risoluzione.

La successiva fase di classificazione è stata organizzata in modo da suddividere i processi per varie tipologie di ambiente fisiografico, riconoscendo per ciascuno l'oggettiva tipologia degli oggetti fisici, in modo da poterli aggregare successivamente nelle classi di uso del suolo del metodo Corine al 2° livello tematico. Si deve considerare come tale metodo nasca per la mappatura a livello europeo della copertura/uso del suolo, con scala di 1:100.000 ed area minima pari a 25 Ha. Il metodo ammette comunque l'estensione a livelli di maggior dettaglio, anche con l'articolazione di livelli di legenda successivi al 3°, adatti a livelli di dettaglio di cartografie al 1:25.000 e 1:10.000.

Il processo di classificazione sviluppato è molto complesso, ed ha dovuto comprendere anche una serie di funzioni per la correzione della deriva radiometrica sopra descritta, con il ricorso alla definizione di parametri specifici per le singole unità di lavoro (le circa 300 sezioni della carta tecnica regionale), in quanto tale fenomeno è sempre presente in generale, ma con entità variabili.

Il principio di tale intervento correttivo era basato sulla definizione di un trend, assunto come lineare, nell'aumento dal basso verso l'alto dell'intensità luminosa dell'immagine, per le varie bande; i parametri di tale funzione lineare sono stati quindi implementati in una funzioni correttive che normalizzano i principali indicatori radiometrici usati. Per semplificare le operazioni tali parametri erano memorizzati in specifiche tabelle, lette automaticamente dalle procedure di classificazione.

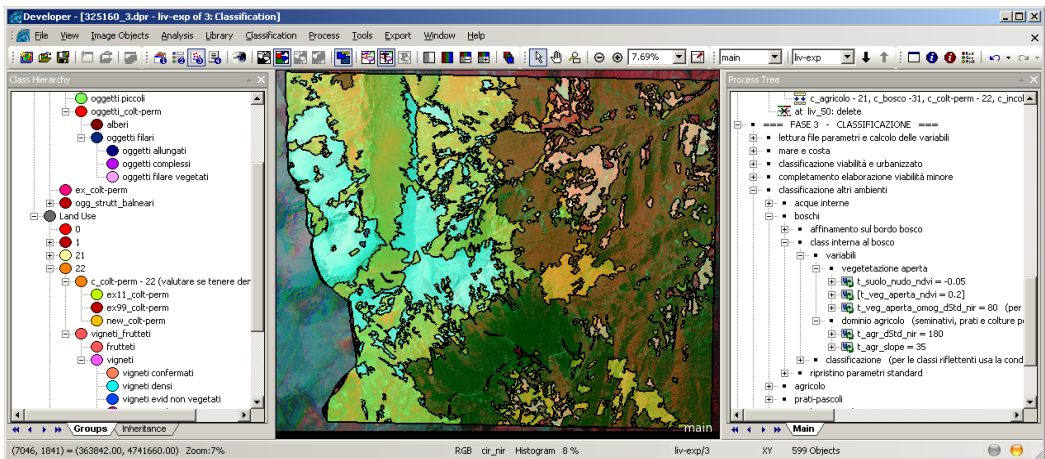


Figura 5 – videata di una sessione di classificazione nelle fasi finali, in cui i singoli oggetti vengono accorpati.

Per quanto riguarda i processi di classificazione si riportano, a titolo di esempio, alcuni degli indicatori principali. Per la vegetazione naturale arborea sono state particolarmente utilizzate le seguenti grandezze, o *feature*:

- GxRc prodotto delle bande Verde e Rosso, corretto per la deriva radiometrica della sezione. Il prodotto enfatizza il carattere di corpo assorbente della vegetazione naturale arborea nel range del visibile, aiutando la distinzione con altre coperture vegetali caratterizzate da toni più riflettenti nel visibile, come i prati e le colture in piano sviluppo vegetativo;
- ndvi l'indice di vegetazione normalizzato è un classico indicatore di vegetazione verde, che consente anche di suddividere varie tipologie in funzione di vari range del rapporto;

- dstdNIR la particolare tessitura del bosco viene evidenziata dalla deviazione standard nel vicino infrarosso, permettendo di distinguere l'insieme delle chiome da altri tipi di copertura vegetale a più alta omogeneità.

Nel dominio delle aree urbanizzate, invece, le tecniche di classificazione hanno dapprima selezionato le coperture artificiali di suolo, utilizzando principalmente le grandezze legate all'assenza di vegetazione (ndvi e GxRc) integrate con altre *feature*, come la dstdRED, deviazione standard della radiazione visibile rossa; successivamente vari parametri di forma e dimensioni (area, border index, rectangular fit, ecc) sono stati impiegati per individuare gli edifici. Infine, con funzioni basate sulla contiguità spaziale, sia orizzontale che nella dimensione verticale della segmentazione multirisoluzione, sono state riconosciute le resedi, la viabilità interna ed il verde urbano.

### **Conclusioni**

Il prototipo di Carta dell'Uso del Suolo è stato realizzato per la totalità del territorio secondo le specifiche richieste nel progetto; un'attività indipendente di collaudo ha fornito il valore di accuratezza complessiva pari all'80,54%, analizzando 109 siti circolari di circa 50 Ha ciascuno, per una superficie complessiva pari allo 0.5% del territorio. Il team che ha svolto tale collaudo non ha avuto alcun contatto con gli esecutori del prototipo, neanche per la messa a punto e la condivisione dei criteri di uso della legenda Corine al 2° livello, che non è progettata per un impiego con fonti ad alta risoluzione e per produrre cartografia di elevato dettaglio geometrico. Per adattare tale metodo a questi obiettivi si ritiene necessaria una fase di analisi e definizione delle modalità di impiego delle classi di legenda in relazione a tutte le realtà oggettive che le immagini ad alta risoluzione possono evidenziare. Per tali motivi, ed in base ad una stima svolta a posteriori esaminando gli esiti del collaudo, è possibile pensare come tale valore di accuratezza sia leggermente sottostimato, e che con una preventiva taratura dei criteri interpretativi tale risultato avrebbe potuto raggiungere un valore attorno all'85%.

Infine, per quanto riguarda l'impiego di questa tecnica per l'aggiornamento periodico della carta dell'uso del suolo, si ritiene che sia stato raggiunto un importante livello di qualità, che potrebbe tuttavia essere ulteriormente consolidato, ad esempio con l'integrazione di ulteriori fonti d'informazione ausiliaria, sia per tenere conto di tutto il patrimonio conoscitivo esistente, sia, più in particolare, per migliorare il livello di precisione geometrica delle delineazioni, che nella segmentazione e classificazione automatica talvolta non risulta particolarmente soddisfacente.

### **Riferimenti bibliografici**

- Bossard M., Feranec J., Otahel J. (2000), "Corine Land Cover Technical Guide", Addendum 2000 European Environmental Agency – European Topic Center – Terrestrial Environment (2002), "Corine land Cover update. I&CLC2000 project. Technical Guidelines", EEA
- Marchetti M. (2002), "Metodologie per una cartografia del suolo multilivello e multiscala: analisi e sperimentazioni applicative", Documenti Del Territorio, 49: 33-51
- Fasolini D., Bocci M., Zini E., Bellingeri D., Dal Puppo D. (2007), "La seconda edizione del data base di uso del suolo DUSAF 1:10.000 della Regione Lombardia: sperimentazioni di nuovi metodi e strumenti per l'aggiornamento", Atti della 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA
- Bocci M., Renda O., Tedeschi V., Lumicisi A., Volden E., Pompei E., De Natale F., Gasparini P. (2007), "Il telerilevamento per il Protocollo di Kyoto: confronto tra i dati GSE-Forest Monitoring e l'Inventario Forestale Nazionale" Atti della 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA
- Bucci A., Rossini P., Bottai L., Cafiero G. (2007), "Land Cover della Regione Marche e sue applicazioni per il Change Detection nell'ambito del Progetto INTERREG ANCONAPACO", Atti della 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA
- Bellesi S., Malinverni E.S. (2008), "Modelli per la generazione di ortofoto digitali a media scala da sensore digitale Leica ADS40", Atti della 12<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA