

USO DI IMMAGINI IKONOS PER LA VALUTAZIONE DEL POSSIBILE IMPATTO DI INQUINANTI DI ORIGINE MINERARIA

Bottai L.*, Assini S.*, Chiesi M.***, Maselli F.***, Pelacani S.*

*F.C.S., Via Caproni 8, 50145, Firenze

** IBIMET-CNR, via Madonna del Piano 10, 50019, Sesto Fiorentino (FI)

Riassunto

La corretta valutazione dei rischi che possono venire da ampi sversamenti di depositi minerari richiede l'uso di mappe di uso del suolo e dei loro prodotti derivati. Fra questi ultimi, mappe di rugosità della superficie sono necessarie per modellizzare l'area impattata, mentre mappe di valore socio-economico del territorio possono servire per valutare il possibile danno. Nel presente lavoro è proposta una metodologia che usa immagini da satellite ad altissima risoluzione per produrre queste mappe. Inizialmente le immagini IKONOS sono pre-elaborate e classificate per produrre una mappa di uso del suolo dell'area di studio (Zavorrano, Toscana). Successivamente questa mappa è convertita attraverso opportuni coefficienti in mappe della rugosità di Manning e di valore socio-economico del territorio. Infine è stata valutata l'importanza di queste mappe nel contesto del progetto EU e-Ecorisk.

Abstract

The correct assessment of risks coming from large-scale spills of mineral deposits requires the use of land use maps and of their derived products. Among the latter, maps of surface roughness are needed for improving the modeling of impacted areas, while maps of land economic/ecologic value can serve for assessing the possible damage. A methodology which uses high resolution satellite images to produce such maps is currently presented. First, IKONOS images are pre-processed and classified to produce a land use map of a study area (Gavorrano, Tuscany). Next, this map is converted into maps of Manning's roughness and economic/ecologic value through the application of suitable coefficients. The importance of the produced maps is finally evaluated in the context of an EU funded project (e-Ecorisk).

Introduzione

Il progetto *e-EcoRisk* finanziato nell'ambito del programma comunitario *Environment and Sustainable Development*, ha lo scopo di realizzare un sistema a supporto delle decisioni per i rischi ambientali e per la gestione delle emergenze legate ad esondazioni di materiale in aree minerarie. Tale progetto, guidato dallo *Joanneum Center Institute* di Graz, è portato avanti da un consorzio di 16 enti diversi distribuiti in Portogallo, Spagna, Grecia, Italia e Gran Bretagna.

In particolare gli obiettivi vengono delineati nel seguente modo:

- raccolta di dati e informazioni relative all'area di studio selezionata;
- analisi dell'impatto socio-economico e degli aspetti costi-benefici per l'analisi dei processi di valutazione del rischio;
- mettere a punto modelli di analisi del rischio ambientale;
- produrre mappe di rischio.

In Italia le aree di studio sono dislocate in Sardegna e Toscana. L'area di studio Toscana è quella di Gavorrano, (Colline Metallifere), dove sono presenti 9 bacini di decantazione del materiale estratto da cave ormai chiuse che potrebbero essere causa di danni ambientali.

Per questa area di studio è stato sviluppato un modello che simula la possibile rottura delle dighe dei bacini e il relativo sversamento del materiale nella zona sottostante. In questo contesto, una carta dettagliata di uso del suolo della zona è utile per due scopi:

1. Derivare informazioni sulla rugosità (land roughness) del terreno che può essere impattato dallo sversamento, in modo da migliorare la modellizzazione della possibile diffusione dello stesso;
2. Ottenere informazioni sul valore ecologico ed economico delle aree che possono essere impattate.

Il presente lavoro si propone di sviluppare una metodologia capace di elaborare immagini satellitari ad altissima risoluzione (IKONOS) per la generazione di mappe di uso del suolo, che sono poi convertite in opportune mappe di "roughness" e di valore ecologico/economico come visto sopra. L'utilizzo di tali immagini si è infatti dimostrato fondamentale per ottenere cartografia tematica di uso/copertura del suolo con metodi semi-automatici, fornendo quindi un'alternativa rapida ed conveniente rispetto ai metodi di rilievo convenzionali.

Metodologia

Nell'ambito del progetto sono state impiegate immagini ad altissima risoluzione (IKONOS) per derivare mappe di uso suolo finalizzate ad ottenere un indice economico ambientale ed un coefficiente di rugosità della superficie per ogni classe di uso suolo identificata. A tale scopo si è proceduto seguendo due diverse fasi: una pre-elaborazione delle immagini (ortorettifica e fusione tra multispettrale e pancromatico) ed una classificazione delle stesse assistita dalle informazioni ausiliarie disponibili e da rifiniture a video. La classificazione adottata fa riferimento alle classi della legenda CORINE, IV livello. Ad alcune tipologie di uso suolo identificate (quelle che ricadono rispettivamente intorno all'alveo fluviale e all'area di possibile impatto) sono state poi attribuite due informazioni aggiuntive: una relativa al coefficiente di rugosità del suolo e l'altra relativa all'importanza economica-ambientale della classe stessa.

Pre-elaborazione delle immagini

Per il presente lavoro è stata scelta una acquisizione IKONOS pancromatico + multispettrale di archivio, ripresa il 18.06.2003. Il periodo di acquisizione coincide con quello di massimo sviluppo vegetativo della maggior parte delle superfici della zona, che possono pertanto essere facilmente identificate nell'immagine.

Orto-rettifica e composizione in Falsi colori.

L'utilizzo delle immagini ad altissima risoluzione spaziale (1 metro nella banda del pancromatico) Ikonos non può prescindere dalla georeferenziazione di precisione attraverso l'ortorettifica con il l'integrazione del Modello Digitale del Terreno. Gli errore di posizione anche in territori debolmente corrugati possono raggiungere valori di circa 40 metri (in termini di RMS).

Per questo tipo di pre-elaborazioni abbiamo utilizzato software un specifico (Geomatica v9.0), che offre numerose possibilità di orto-rettifica sia con metodi più speditivi e meno rigorosi (correzione attraverso applicazioni di polinomi) sia attraverso metodi orbitali più rigorosi che permettono georeferenziazioni che raggiungono precisioni inferiori a 4 m.

Attraverso quest'ultima procedura sono state georeferenziate le scene acquisite utilizzando Ground Control Points individuati sulla immagine satellitare (banda del Pancromatico) e sulla cartografia numerica tecnica di riferimento (Carta Topografica Numerica Sezioni in scala 1:10.000 della Regione Toscana).

La fusione delle bande a diversa risoluzione è stata realizzata anch'essa attraverso il medesimo Software di elaborazione utilizzando l'algoritmo di Brovey.

Il risultato è stato la realizzazione di un prodotto di base ad una risoluzione di 1 metro costituito dalle 4 bande originali. Per la successiva fase di fotointerpretazione a video è stato utilizzato anche un formato compresso che ha consentito la riduzione della dimensione del file di circa di un fattore 10. Per le classificazioni attraverso algoritmi automatici sono state utilizzate le bande non compresse.

Realizzazione della Carta Uso Suolo (CUS)

La realizzazione della Carta Uso del Suolo (CUS) ha inoltre come obiettivo quello di essere utilizzata anche in altri contesti e per altre applicazioni, che si estendono dal livello sopranazionale (Progetto CORINE Land Cover dell'UE) a quello locale (piani strutturali comunali, SIA, ecc.), per le quali la cartografia dell'uso del suolo adotta diverse scale di rappresentazione (da 1:10.000 a 1:250.000) e diverso dettaglio di classificazione tematica (legenda).

La prima operazione svolta è stata la definizione delle specifiche tecniche riguardo alla scala nominale di riferimento (e relativi standard geometrici, ovvero unità minima cartografabile u.m.c. e precisione geometrica) e il sistema di classificazione tematico. A questo riguardo bisogna ricordare che risulta auspicabile la massima congruenza tra le diverse banche dati georeferite (CTR vettoriale/DB topografico, Uso del suolo, DTM, Unità paesaggistiche, ecc.) considerato che normalmente la CUS costituisce uno degli strati informativi all'interno di un Sistema Informativo Territoriale.

Alla luce di queste premesse ci siamo posti le seguenti finalità:

- ? realizzazione di una carta dell'uso del suolo riproducibile anche a scala regionale
- ? realizzazione di una banca dati geografica che possa ottimizzare l'utilizzo di tutte le informazioni di uso del suolo già presenti nel CTR/DB topografico della Toscana e che presenti perciò la massima congruenza geometrica e informativa con questa cartografia, che costituisce l'altro fondamentale strumento di rappresentazione e conoscenza del territorio.

E' nato così un esempio di cartografia unico nel contesto nazionale in quanto il risultato ottenuto è:

- ? un DB geografico con un grado di precisione geometrica molto superiore a quella standard delle CUS delle altre regioni italiane a scala 1:25.000, in quanto molti limiti dell'uso del suolo sono gli stessi della CTR 1:10.000,
- ? una CUS con i tematismi della viabilità, delle infrastrutture e delle aree urbanizzate eccezionalmente particolareggiati, in quanto derivati direttamente dalla CTR 1:10.000.

Caratteristiche geometriche, formati e sistema di classificazione della nuova CUS

Sistema di proiezione: il sistema di proiezione adottato è quello della Regione Toscana (Gauss-Boaga fuso ovest).

Formato: il formato fisico dei dati è lo "Shapefile" della ESRI, ottenuto dopo aver creato la topologia corretta dei poligoni, direttamente in ARC/INFO attraverso il formato "coverage".

In definitiva la banca dati è disponibile sia in formato Shapefile, che "coverage".

Contenuto: Il tema "Uso del suolo" contiene i poligoni relativi alla copertura del suolo definita dal tipo di classificazione adottata – il sistema CORINE Landcover.

Il processo di catalogazione degli "oggetti" è basato essenzialmente su una classificazione di tipo gerarchico a disaggregazione crescente, che garantisce la consistenza del sistema. In questo modo, infatti, livelli di informazione più generali, partendo da classi di livello gerarchico superiore, vengono disaggregati in classi di maggiore dettaglio (*top - down*) e viceversa classi di livello gerarchico inferiore possono essere aggregate in classi più generali (*bottom - up*).

Ad ogni livello le classi definite sono mutuamente esclusive (consistenza del sistema di classificazione).

Criteri utilizzati ad un livello della classificazione possono non essere utilizzati a livelli più bassi.

In pratica i criteri utilizzati per individuare una classe di un determinato livello vengono ereditati dalla classe di livello inferiore.

Il sistema di classificazione adottato è di tipo "a priori" ovvero le classi sono astrazioni delle effettive tipologie di copertura del suolo presenti. L'approccio è dunque basato sulla definizione delle classi svincolato completamente dalla reale distribuzione sul terreno. In questo modo i criteri diagnostici vengono opportunamente classificati secondo tutte le loro possibili combinazioni.

Il vantaggio principale di questo tipo di classificazione è che le classi determinate sono standardizzate e indipendenti dal contesto reale e dai dati sorgente utilizzati (garanzia di confrontabilità nel tempo ed in aree diverse).

La metodologia di realizzazione consiste nell'utilizzo di dati archiviati in formato GIS nella *cartografia tecnica regionale in scala 10.000 (CTR10K)*. Segue un loro controllo geometrico e tematico per fotointerpretazione delle immagini IKONOS prodotte con risoluzione a terra di 1 m. I poligoni relativi alle categorie di copertura del suolo non derivabili dalla CTR10K sono "catturati" per fotointerpretazione a video dal medesimo repertorio di dati telerilevati. L'utilizzo di elementi presenti sulla CTR10K permette un contenimento dei tempi e garantisce la "consistenza" con il DB_Topografico della CTR, che è in fase di completamento per tutta la regione.

Alcune classi della legenda adottata, relative alla copertura vegetale, sono state individuate facilmente grazie all'impiego delle immagini multispettrali in grado di differenziare le diverse forme di copertura vegetale in base alla loro diversa risposta spettrale.

La legenda utilizzata è stata determinata in base al livello di dettaglio tematico prescelto, ovvero quello regionale. Per questo ed anche per ridurre i costi è stata individuato come sistema di classificazione tematica la legenda CORINE Land Cover al 3° livello, con approfondimenti al 4° livello per elementi di uso e copertura del suolo derivabili direttamente dalla CTR10K, ottenendo così un ottimo risultato di informazione tematica.

Per progetti a carattere specifico (cartografia vegetazionale, cartografia dei sistemi agricoli, cartografia delle zone urbane, ecc..) o di maggiore dettaglio (piani strutturali, comunali, VIA di grandi impianti o infrastrutture) il DB georeferenziato così prodotto potrà essere approfondito (4° livello generalizzato su tutte le classi) e/o integrato (definizione di classi specifiche di uso del suolo) con costi molto contenuti garantendo un considerevole ritorno economico dell'investimento iniziale.

L'unità minima cartografabile (u.m.c.) è variabile in dipendenza della classe da rilevare e della possibilità di derivare direttamente il dato dalla CTR10K.

Il fatto che l'elaborato prodotto sia un DB georeferenziato con una legenda gerarchica a più livelli consente in automatico operazioni di accorpamento dei poligoni sotto una determinata **unità minima cartografabile (u.m.c.)** tramite operazioni di "dissolve" in base alle diverse esigenze dei possibili utilizzatori.

Per la classe **3. Aree naturali e seminaturali**, per una rilevante ragione di natura vincolistica (Legge Regionale Forestale n.39/2000 art. 3 e art. 37), è stato deciso che l'**u.m.c.** debba essere di superficie non inferiore a 0,2 ettari, che su cartografia a scala 1:10.000 corrisponde ad un rettangolo di 4x5 mm di lato. Adottando un'unità minima così di dettaglio per le aree naturali e seminaturali sarà possibile derivare dalla CUS il perimetro delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico e vincolo paesaggistico ovvero di tutte le aree coperte da bosco (definito come formazioni vegetali naturali o seminaturali con grado di copertura arborea maggiore del 20%, con superficie maggiore di 2000 mq ed una larghezza maggiore di 20m).

Esclusa la classe 3., nella fase di editing di nuovi poligoni non già presenti nella CTR10K, vanno individuati solo poligoni con superficie maggiore di 1,0 ettari. Quindi l'unità minima cartografabile per i nuovi poligoni corrisponde nella rappresentazione a scala 1:10.000 ad un quadrato di 10mm di lato e in scala 1:25.000 ad un quadrato di 4 mm di lato. Questa **u.m.c.** costituisce nella grande maggioranza dei casi lo standard per la cartografia dell'uso del suolo a livello regionale.

Sono state effettuate anche delle prove di classificazione attraverso il software e-Cognition come dati di input anche dati ausiliari relativi ai poligoni derivati dalle sezioni CTR10K (contorno strade, urbano, aree boscate). Questo software in questo caso analizza il contenuto spettrale per ogni singolo poligono passato come dato ausiliario e introduce ulteriori segmentazioni nel caso in cui aggregati di pixel risultassero disomogenei. Il risultato è una mappa in cui poligoni sono costituiti da quelli passati come ausiliari integrati con quelli derivati dalla classificazione automatica. La successiva fase di controllo a video ha consentito la successiva suddivisione del poligono in altre classi secondo la legenda utilizzata.

La mappa di uso del suolo ottenuta è stata valutata tramite confronto con alcuni punti verificati a terra durante un sopralluogo condotto nel giugno 2005.

Conversione in tematismi aggiuntivi

La classificazione di uso del suolo ottenuta nelle fasi precedenti è infine stata convertita in due mappe, la prima esprime il coefficiente di roughness di Manning, e la seconda il valore economico dell'area di studio. In entrambi i casi si è fondamentalmente seguita la metodologia proposta e valutata in Olanda da Van der Sand et al., (2003), opportunamente adattata all'area di studio.

Risultati

La figura 1 riporta la carta di uso del suolo ottenuta per l'area di Gavorrano, sovrapposta ad un falso colore delle immagini IKONOS georettificate.

La valutazione di questa carta tramite confronto con i dati a terra ha indicato che la stessa ha una precisione sufficientemente alta (circa il 70%).

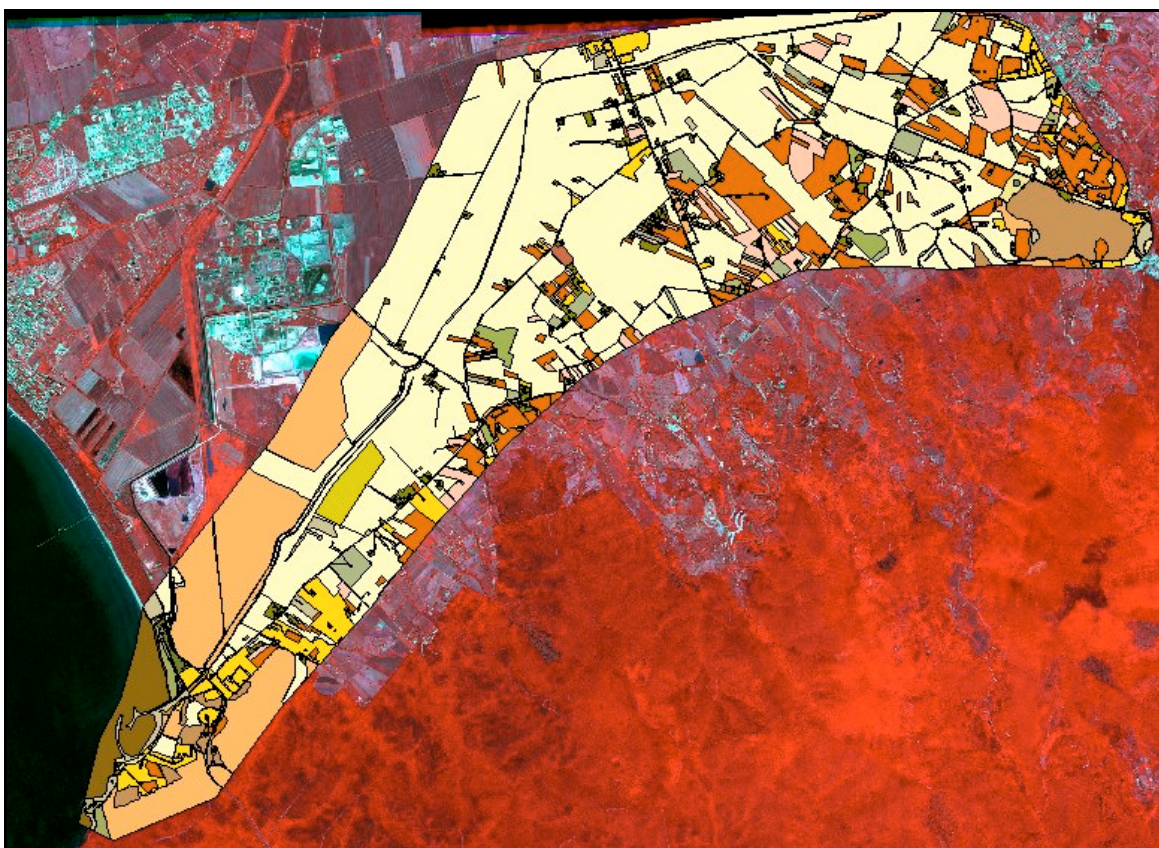


Figura 1 – Falso colore delle immagini IKONOS georettificate (RGB = bande 4, 3, 2) con sovrapposta classificazione di uso del suolo.

Le mappe tematiche ottenute dalla trasformazione di questa carta (coefficiente di rugosità e valore economico/ambientale), sono mostrate in figura 2. Come si può notare, la zona a valle dei bacini di Gavorrano presenta coefficiente di Strickler molto variabile, che può comportare grosse variazioni spaziali nelle espansioni dei materiali eventualmente sversati.

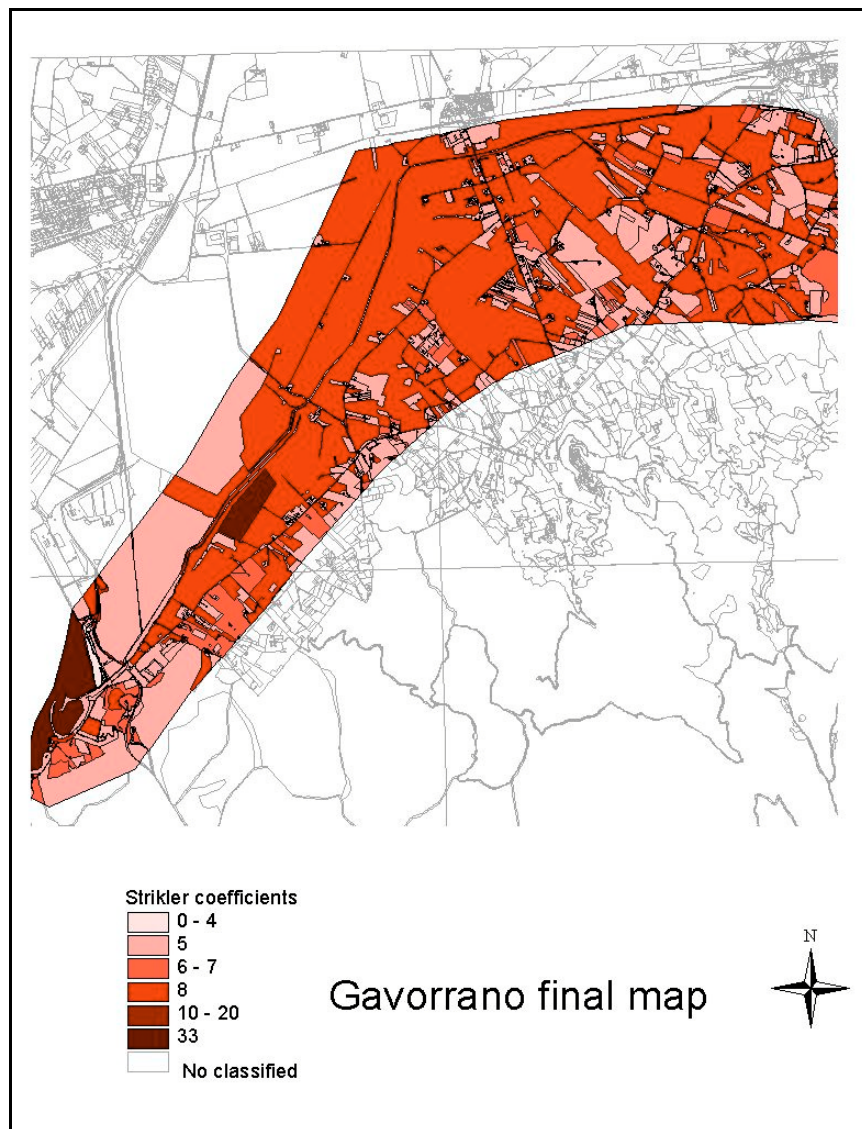


Figura 2 – Mappa di roughness (coefficiente di Strickler) delle superfici potenzialmente impattate da uno sversamento a Zavorrano ottenuta con la metodologia illustrata.

Conclusioni

La metodologia sviluppata nell'ambito del progetto EU e-Ecorisk ha permesso di produrre mappe estremamente utili al fine della valutazione dei rischi ambientali derivanti da possibili sversamenti minerari. In particolare, tramite l'uso di immagini ad altissima risoluzione (IKONOS) sono state prodotte mappe di uso del suolo da cui sono poi state derivate mappe di roughness e di valore economico/ecologico delle superfici. Questi risultati aprono la possibilità di sviluppare una metodologia operativa che potrà essere applicata a tutte le zone dove tale rischio può presentarsi. L'utilità di una tale metodologia va considerata in relazione all'importanza del problema trattato, che ha interessato diverse aree Europee durante gli ultimi decenni.

Bibliografia

Chirici, G. e Corona P., 2006. Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali. Regione Lazio – Università degli Studi della Tuscia. Aracne Editrice, Roma.

Van der Sande, C.J., De Jong, S.M., Roo, A.P.J., 2003. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4:217-229.