

T-MAP: classificazione automatica per un'analisi GIS-ready del territorio

Primo Zingaretti (*), Eva Savina Malinverni (**), Emanuele Frontoni (*),
Adriano Mancini (*), Anna Nora Tassetti (**), Annamaria Bernardini (**)

(*) Università Politecnica Marche - Facoltà di Ingegneria – DIIGA, Via Brecce Bianche – 60131 Ancona
e-mail: zinga, frontoni, mancini@diiga.univpm.it

(**) Università Politecnica Marche - Facoltà di Ingegneria – DARDUS, Via Brecce Bianche – 60131 Ancona
e-mail: e.s.malinverni, a.bernardini, n.tassetti@univpm.it

Gli autori costituiscono lo Spin-Off SI2G - Sistemi Informativi Intelligenti per la Geografia s.r.l.
via Redipuglia 10 - 60124 Ancona, e-mail: info@si2g.it

Riassunto

Da un gruppo di lavoro multidisciplinare della Facoltà di Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche nasce nel 2008 lo Spin-off SI²G (Sistemi Informativi Intelligenti per la Geografia). Come risultato di sperimentazioni scientifiche la SI²G ha sviluppato un software per la classificazione automatica *GIS-ready* di immagini aeree e telerilevate ad alta risoluzione che opera in ambiente *open-source*. Nel processo di produzione di mappe tematiche, l'applicativo in oggetto, T-MAP, si presenta come valida alternativa alla tradizionale fotointerpretazione, sia per il risparmio economico sia per i ridotti tempi di produzione ridotti che favoriscono l'aggiornamento cartografico. T-MAP combina i tradizionali approcci *pixel-based* and *object-based* in una metodologia di classificazione "ibrida" che si avvale di strumenti di segmentazione e assegnazione *rule-based* del tematismo alle regioni estratte. Il risultato è una carta tematica (*Land Cover/Land Use*) con alte prestazioni e legende personalizzabili. Punto di forza di T-MAP è inoltre un'analisi dettagliata dei risultati mediante mappe di stabilità e indici ad hoc che valutano il grado di correttezza/affidabilità delle aree correttamente classificate e al contempo individuano le problematiche delle aree errate.

L'interoperabilità con l'ambiente GIS è assoluta all'interno del software stesso che gestisce dati raster, shape e tabellari. La struttura modulare di T-MAP permette inoltre di ampliare le sue funzionalità in termini di change detection e monitoraggio ambientale per poter diventare un valido sistema di supporto alle decisioni.

Abstract

SI²G (Intelligent Information System for Geography) is a spin-off company of Polytechnical University of Marche, built up in 2008 by a cross-curricular team belonging to the Engineer faculty. T-MAP software is developed and marketed by SI²G as GIS-ready and user friendly solution driving into an automated land cover mapping that is currently less expensive and time consuming than the photointerpretation process which cannot keep up with the development pace. T-MAP combines the pixel-based and object-based approaches into a hybrid classification solution that makes use of a segmentation tool and a rule-based thematic categorization. The output is a thematic map (Land Cover/Land Use) characterized by a good performance and a custom-designed legend. T-MAP's strong point is also a detailed accuracy assessment by means of stability maps and ad-hoc indexes that help the user to recognize stable regions from the instable ones which should be verified before being used.

The GIS interoperability is fulfilled by the software which is able to handle raster, shape and tabular data. Finally, the T-MAP modular structure allows to enhance and widen its performance in terms

of change detection and landscape monitoring and facilitate its use as a valid GIS decision support system.

Introduzione

Il mondo è un mosaico di paesaggi che rispecchiano i cambiamenti che lasciano tracce ampie e spesso irreversibili sullo sfruttamento del suolo. Lo sfruttamento del suolo rientra spesso nelle analisi di altri argomenti, come l'adattamento al cambiamento climatico, la gestione dei bacini fluviali, l'analisi prospettiva, i modelli di consumo e produzione, le zone costiere e l'ambiente urbano. A sostegno dei responsabili decisionali che si occupano di vulnerabilità della società e dell'ambiente a livello regionale, nazionale e globale, servono informazioni su scale diverse, sia spaziali che temporali. Una conoscenza più precisa e aggiornata dell'uso del suolo fornisce quindi l'informazione da utilizzare per analizzare i cambiamenti ambientali. Risulta così che nel mercato dell'*Earth Observation* le carte tematiche *Land Cover/Land Use* (LCLU) costituiscono una impellente necessità per tutti coloro che hanno responsabilità dirette di gestione e programmazione del territorio e dell'ambiente. Ad esempio, tutte le regioni dell'Unione Europea sono obbligate, da precise direttive europee, a fornire una serie di dati sintetici sull'uso del suolo in differenti settori (urbanistico, ambientale, agricolo, industriale, analisi dei rischi e sicurezza pubblica come frane e incendi, ecc.). Tuttavia, la difficoltà di effettuare aggiornamenti ad intervalli ravvicinati a causa dei lunghi tempi e degli elevati costi di realizzazione di tali banche dati, normalmente abbastanza onerose in quanto prodotte attraverso processi di foto interpretazione, sta portando a richiedere strumenti quanto più possibile automatici, di facile utilizzo ma soprattutto di grande accuratezza.

La complessità delle problematiche connesse alla conoscenza del territorio si collocano in una fase di un forte cambiamento imperniato sulle nuove tecnologie informatiche, telematiche e spaziali che offrono straordinarie opportunità per migliorare tale sistema di conoscenze, da condividere tra attori pubblici e privati a supporto dei processi decisionali, nella consapevolezza che non è più attuabile un processo decisionale privo di un coerente sistema di conoscenze. E' in questo contesto che si devono proporre e immettere sul mercato prodotti che cambino il modo di affrontare certe dinamiche di studio del territorio; una forte iniziativa destinata a conseguire una migliore conoscenza del territorio e dell'ambiente, finalizzata alla sua salvaguardia e valorizzazione basata su rapidità, costi contenuti e semplicità d'uso.

Gli autori di questa pubblicazione costituiscono un team multidisciplinare (informatici e geomatici) la cui ricerca scientifica da qualche anno è rivolta all'analisi di dati *Remote Sensing* per la produzione di cartografie tematiche con soluzioni innovative. Questo ha portato alla costituzione dello spin-off SI2G (Sistemi Informativi Intelligenti per la Geografia) dell'Università Politecnica delle Marche che ha come obiettivo la realizzazione di prodotti, soluzioni innovative ed intelligenti e servizi integrati per enti e professionisti che devono trasformare dati complessi in informazioni utili per l'analisi ambientale.

L'idea imprenditoriale principe, qui descritta e denominata T-MAP (Figura 1), è lo sviluppo di un software capace di analizzare immagini satellitari o aeree ad alta risoluzione per estrarre entità cartografiche orientate alla creazione ed aggiornamento di carte tematiche (ad esempio LCLU).

T-MAP si basa su una tecnologia di analisi nuova (*Hybrid System*) e completamente automatica, ponendosi così in netta contrapposizione alla metodologia tradizionale della foto interpretazione. In un contesto più ampio e in vista di approfondimenti futuri, l'applicativo T-MAP viene presentato come un innovativo insieme di strumenti per l'analisi di immagini, l'estrazione di specifiche entità cartografiche (edifici, strade, regioni, ecc.), il monitoraggio ambientale (uso del suolo ecc.), il *change detection* e l'aggiornamento veloce di dati geospaziali con elevata affidabilità ed accuratezza.

T-MAP deriva da software con licenza LGPL che ha permesso di sviluppare e ottimizzare l'utilizzo dell'applicativo all'interno del GIS desktop uDIG e di arricchirlo con successivi pacchetti commerciali.

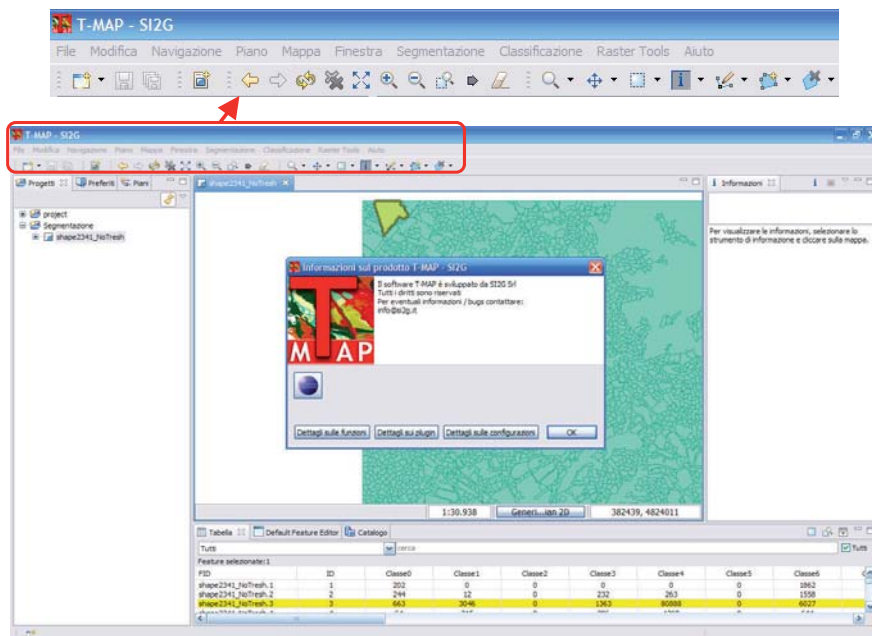


Figura 1 Il software T-MAP con i principali tool

T-MAP: la metodologia

Da anni la letteratura scientifica propone metodi *pixel-based* e *object-based* di classificazione delle immagini multi spettrali per la generazione automatica o semiautomatica di carte uso del suolo. In questo contesto l'innovazione del software T-MAP consiste in un *Hybrid System* che combina i due approcci tradizionali sopra citati tramite tecniche di segmentazione (cfr. *estrazione delle entità cartografiche*) e assegnazione *rule-based* del tematismo alle regioni estratte (cfr. *soluzione ibrida alla classificazione automatica*). In questo modo è possibile combinare la maggiore attendibilità e dettaglio della classificazione *pixel-based* con i vantaggi di un prodotto *GIS-ready* personalizzabile in termini di legenda e scala.

L'estrazione delle entità cartografiche

Un'accurata segmentazione è il prerequisito per estrarre oggetti significativi e topologicamente corretti e idonei alla descrizione cartografica. Lo strumento offerto da T-MAP consiste in un approccio piramidale che combina insieme tecniche di *edge-detection*, *region-growing* e redistribuzione sulla base di determinati parametri spettrali e spaziali in modo da estrarre entità il più possibile vicine alla realtà, con tempi di calcolo relativamente ridotti e alta affidabilità.

Il settaggio (Figura 3) di opportuni parametri di segmentazione (area minima cartografabile, differenza spettrale, livelli di piramide, fattore di scala, ecc) rende possibile la personalizzazione dell'analisi e l'estrazione di *feature* specifiche (edifici, strade, regioni, ecc).

In questo modo il *tool* si presenta un valido strumento per il *change detection* e il monitoraggio mirato del territorio.

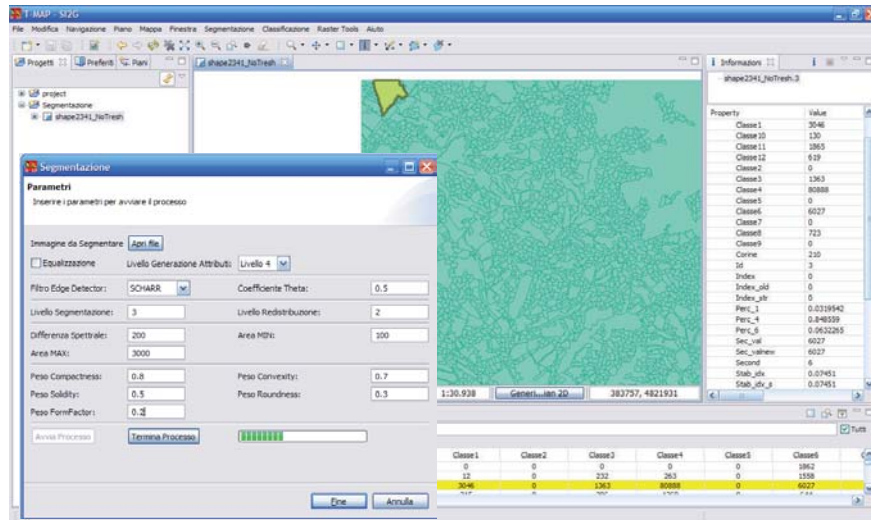


Figura 2 – Tool di segmentazione

La soluzione ibrida alla classificazione automatica

Per la produzione di carte tematiche T-MAP propone una soluzione ibrida (Figura 3) che si avvale di mirati algoritmi di classificazione per l'assegnazione tematica alle regioni analizzate.

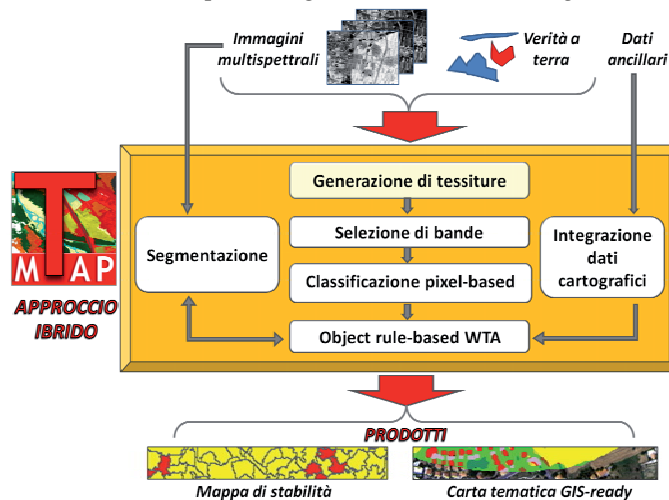


Figura 3 - La metodologia di T-MAP

Come preparazione alla classificazione *pixel-based*, T-MAP prevede dei *tool* per la generazione e successiva selezione supervisionata di bande tessiturali e sintetiche (indici di vegetazione e bande ratio) da usare come *feature* aggiuntive a quelle spettrali per meglio caratterizzare i *patterns* distintivi di alcune classi tematiche (ad esempio la classe Corine 2.2, “Colture permanenti”). Il risultato *pixel-based* è in seguito raffinato integrando dati cartografici ancillari. La soluzione ibrida orientata agli oggetti, tramite opportune regole di assegnazione (*Object rule-based Winner Takes All*), permette un’analisi multi - scala e l’estrazione di classi tematiche aggiuntive anche spettralmente eterogenee (ad esempio la classe Corine 2.4, “Zone agricole eterogenee”).

L'approccio orientato agli oggetti fa sì che, oltre alle proprietà spettrali utilizzate, siano discriminanti anche le componenti spaziali che influenzano l'estrazione delle regioni significative e il successivo sistema di regole di assegnazione.

Il risultato è una carta tematica (*Land Cover/Land Use*) con legenda personalizzabile e alte prestazioni in termini di accuratezza e numero di classi estraibili.

Punto di forza e output aggiuntivo del software T-MAP è inoltre un'analisi dettagliata dei risultati mediante mappe di stabilità e indici ad hoc che valutano il grado di correttezza/affidabilità delle aree correttamente classificate e al contempo individuano le problematiche delle aree errate, permettendo in questo modo la ricerca di risultati dubbi per i controlli di qualità e limitando l'intervento del fotointerprete.

L'interoperabilità con l'ambiente GIS è assoluta all'interno dell'ambiente desktop *open-source* (uDIG) in cui il modulo T-MPA si integra permettendo di gestire dati di input raster, shape e tabellari, output vettoriali *GIS-ready* ed eventualmente usufruire di strumenti di *post-processing* vettoriale. Non dovendo trasformare i dati tra software differenti si limita il rischio di perdita d'informazioni ed efficienza.

T-MAP: applicazioni – mappe uso del suolo

Prove sperimentali su immagini ADS40 multispettrali ad alta risoluzione mostrano come la metodologia ibrida automatizzata nel modulo T-MAP fornisca risultati di classificazione ragionevoli a paragone con gli approcci tradizionali in termini di accuratezza, correttezza topologica e numero di classi estratte.

La carta tematica *GIS-ready* prodotta (Figura 4) scende al terzo livello di dettaglio della legenda Corine e l'accuratezza è incrementata in diversi step attraverso l'integrazione di bande tessiturali e sintetiche e l'orientamento ad oggetti fino a raggiungere un'*overall accuracy* dell'89% e l'estrazione di 12 classi Corine tutte caratterizzate da accuratezze *Producer* e *User* superiori al 75%. In particolare l'assegnazione tematica *rule-based WTA* permette di estrarre la classe 2.4.2 spettralmente eterogenea ("Sistemi culturali e particellari complessi") e caratterizzare il tessuto urbano (classe 1.1) in continuo (classe 1.1.1) e discontinuo (classe 1.1.2).

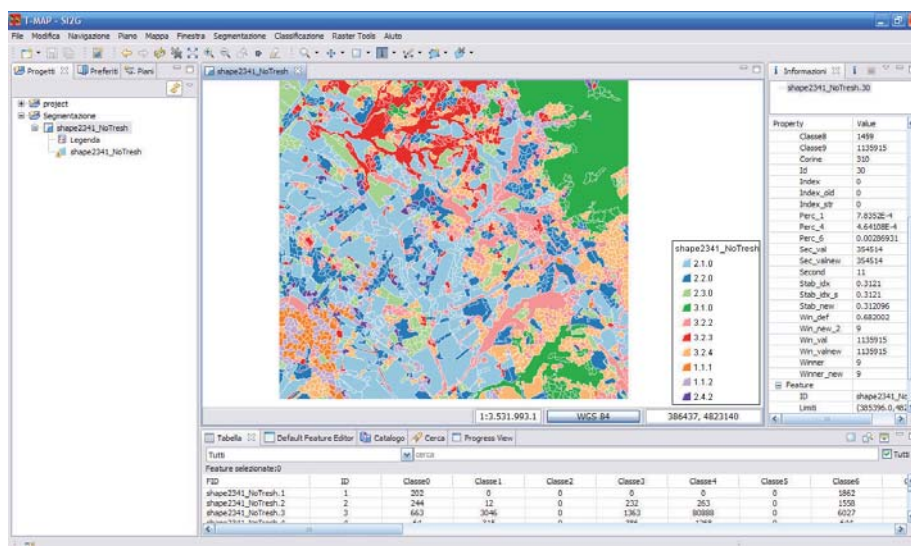


Figura 4- L'interfaccia utente di T-MAP e la carta tematica GIS-ready

Per guidare l'utente nell'analisi e il successivo uso dei risultati ottenuti, la mappa uso del suolo è affiancata dalla relativa mappa di stabilità così da approfondire l'accuratezza globale in termini di Indici di Confusione (CI) locali legati al grado di stabilità/affidabilità delle singole entità cartografiche estratte. In questo modo in l'utente può localizzare le regioni instabili e decidere, in caso, per un intervento localizzato di foto-interpretazione. I risultati sperimentali confermano la validità dell'approccio ibrido proposto con una percentuale dell'86% di regioni stabili (in giallo in Figura 5) contro il 14% di regioni instabili in cui la risposta spettrale è eterogenea e l'assegnazione del tematismo necessita ulteriori analisi e nuovi sistemi di regole.

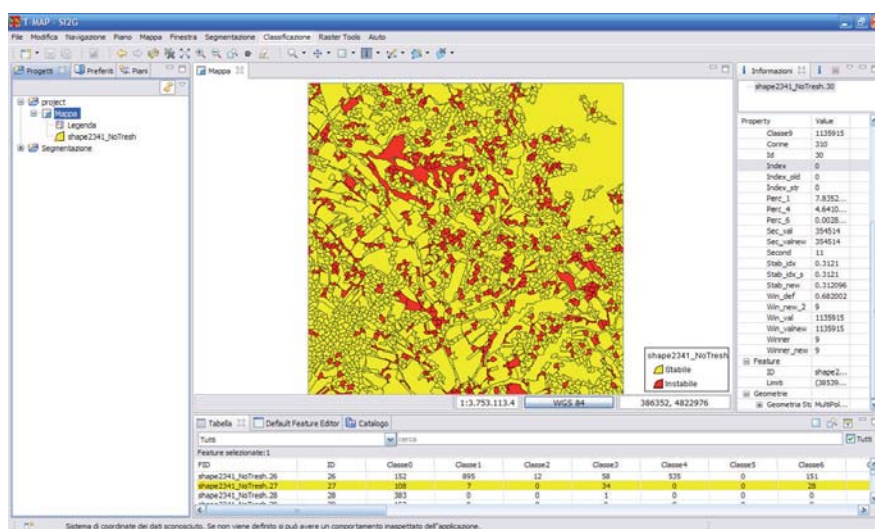


Figura 5 – L'interfaccia utente di T-MAP e la mappa di stabilità

Conclusioni

Il software presentato rivoluziona il processo di creazione di carte tematiche, in particolare mappe LCLU. Il risultato più rilevante della soluzione proposta è la possibilità di creare nuove carte tematiche praticamente al solo costo della acquisizione delle immagini. Ciò sia perché, in quanto software, non richiede continui, sostanziosi finanziamenti ad ogni aggiornamento delle carte sia perché richiede tempi di elaborazione (creazione della carta) molto ridotti, al massimo qualche decina di giorni. Il modulo T-MAP si dimostra inoltre un valido strumento per estrarre informazioni rilevanti e confezionate su misura per le diverse applicazioni e tipologie del cliente (Istituzioni governative, organismi di competenza, pianificatori, compagnie di servizi di pubblica utilità, ecc.).

Bibliografia

- Frontoni E., Bernardini A., Malinverni E.S., Mancini A., Zingaretti P. (2009), *Stability maps for really exploitable automatic classification results*, 17th International Conference on Geoinformatics, Aug. 12-19, 2009, Fairfax, USA.
- Zingaretti P., Frontoni E., Bernardini A., Malinverni E.S. (2008), *Automatic Classification of Central Italy Land Cover: Comparative Analysis of Algorithms*, Proceedings GEOBIA2008 "Pixel, Objects, Intelligence: GEOgraphic Object Based Image Analysis for the 21st Century", ASPRS, ISPRS, CSA-ASC, August 5-8-2008, Calgary, Alberta, Canada.
- Zingaretti P., Frontoni E., Malinverni E.S., Mancini A. (2009), *A Hybrid Approach to Land Cover Classification from Multi Spectral Images*, in Image Analysis and Processing- ICIAP 2009, P. Foggia, C. Sansone, M. Vento Eds., Lecture Notes in Computer Science Series - LNCS 5716, Springer, 500-508, 2009.
- uDiG (User-friendly Desktop Internet GIS): <http://udig.refractive.net/>
- SI2G (Sistemi Informativi Intelligenti per la Geografia): www.si2g.it