

TECNICHE SFOCATE PER L'INTEGRAZIONE DELLE INFORMAZIONI SPETTRALI E DEL CONTESTO SPAZIALE

Elena Console (*), Marie Catherine Mouchot (**)

(*) T.E.A. s.a.s., Via Bruno Chimirri 28, 88100 - Catanzaro (Italy)
phone: +39.961.74.75.28, fax: +39.961.72.56.36, e-mail: console_e@abramo.it

(**) Département I.T.I., ENST de Bretagne,
Technopole de Brest-Iroise, BP 832, 29285 Brest Cedex (France)
phone: +33.298.00.13.58, fax: +33.298.00.10.98, e-mail: mc.mouchot@enst-bretagne.fr

Riassunto

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di integrare dati spettrali con dati spaziali ricorrendo alla logica sfocata. A tal fine sono state utilizzate un'immagine Landsat TM (800 x 600 pixels, 6 bande), le coordinate geografiche dei punti del campione di apprendimento ed i files vettoriali delle rete idrografica dell'area considerata, digitalizzati a partire dall'immagine Landsat. La metodologia applicata ha seguito le fasi qui elencate:

- 1^a fase:* definizione della funzione di appartenenza sfocata e calcolo dei gradi di appartenenza;
- 2^a fase:* analisi del contesto spaziale: definizione dell'ampiezza delle "finestre di modulazione" e calcolo delle distanze fisiche;
- 3^a fase:* integrazione dei dati spettrali/spaziali;
- 4^a fase:* verifica dell'accuratezza.

I risultati conseguiti hanno dimostrato che l'integrazione di informazioni di natura differente consente di incrementare l'accuratezza delle classificazioni operate.

Abstract

The aim of this work has been the integration of spectral data with spatial data using fuzzy logic. We have used a Landsat TM image (800 x 600 pixels, 6 bands), the geographical coordinates of the training set pixels and the hydrography vector files of the considered area, digitized on the Landsat image.

The analysis has been performed as follows:

- 1° step:* fuzzy membership function definition and fuzzy membership value computation;
- 2° step:* spatial data analysis: definition of buffer area for each class and physical distance computation;
- 3° step:* integration of spectral/spatial data;
- 4° step:* assessment of accuracy.

The obtained results have demonstrated that the integration of different data sources improves the performance of the adopted techniques.

Introduzione

Nell'analisi dei dati satellitari sovente si ricorre a dati la cui natura non è spettrale al fine di migliorare l'accuratezza delle classificazioni operate incrementando il potere discriminante. L'integrazione delle diverse fonti di informazioni necessita il ricorso a tecniche adeguate che tengano conto dell'eterogeneità sia delle fonti stesse che del target considerato. Tra le tecniche che è possibile adottare per rispettare queste condizioni di base (eterogeneità delle fonti e del target) in questo lavoro sono state applicate tecniche di classificazione basate sulla logica sfocata [Zadeh, 1965].

L'analisi, condotta su dati Landsat-TM e finalizzata all'integrazione dell'informazione spettrale con le informazioni spaziali, è stata svolta seguendo le fasi qui indicate:

1^a fase: definizione della funzione di appartenenza sfocata e calcolo dei gradi di appartenenza;

2^a fase: analisi del contesto spaziale: definizione dell'ampiezza delle "finestre di modulazione" e calcolo delle distanze fisiche;

3^a fase: integrazione dei dati spettrali/spaziali

4^a fase: verifica dell'accuratezza.

In primo luogo, in base all'osservazione diretta del territorio, sono state definite le seguenti 8 classi d'uso del suolo:

- coltivazioni legnose,
- incolto,
- non vegetato,
- seminativi,
- bosco in ombra,
- bosco al sole,
- rete stradale,
- area urbana.

Successivamente è stato individuato un campione di apprendimento di 144 pixels la cui natura è stata verificata durante una prima campagna di indagine in loco e su tale campione sono state calcolate le firme spettrali.

Prima fase: definizione della funzione di appartenenza sfocata e calcolo dei gradi di appartenenza

La funzione di appartenenza sfocata prescelta per il calcolo dei gradi di appartenenza di ciascun pixel alle classi definite è stata la seguente:

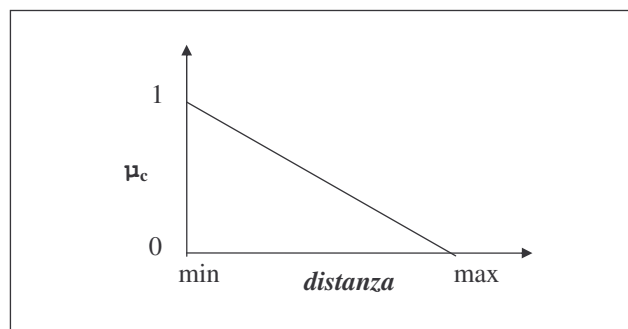


Figura 1: Funzione di appartenenza sfocata

dove la distanza adottata è uguale a:

$$distanza(x_{p,n}) = \sum_{b=1}^6 \frac{|x_{p,b} - \bar{x}_{n,b}|}{\sigma'_b}$$

con

$\bar{x}_{n,b}$ = media della n-esima classe nella b-esima banda

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_b}{\sum_{b=1}^6 \sigma} \quad \text{s.q.m. normalizzato}$$

σ_b = s.q.m. della b-esima banda

p = p -esimo pixel

n = n -esima classe

b = banda considerata.

I gradi di appartenenza di ciascun pixel alle classi considerate sono stati calcolati come segue:

$$\begin{aligned} \mu_n(x_p) = 1 & \Rightarrow \text{quando } distanza(x_{p,n}) = \text{Min} \\ \mu_n(x_p) = 0 & \Rightarrow \text{quando } distanza(x_{p,n}) = \text{Max} \\ 0 < \mu_n(x_p) < 1 & \Rightarrow \text{quando } \text{Min} < distanza(x_{p,n}) < \text{Max} \end{aligned}$$

Quindi si è proceduto con l'analisi del contesto spaziale.

Seconda fase: analisi del contesto spaziale

Le informazioni spaziali sono state ricavate dalle coordinate geografiche dei pixels di *training* e dai files vettoriali di parte della rete idrografica presente nell'area considerata, digitalizzati a partire dall'immagine Landsat.

L'ipotesi di base è che i pixels più vicini ai pixels di training e alla rete idrografica (in un intorno fisico di dimensioni determinate fissate sulla base dell'osservazione diretta della zona presa in esame) appartengono con un maggior grado di certezza alla classe dei pixels di *training* considerati. Attorno a questi punti sono state, quindi, definite delle "zone di certezza", anche "finestre di modulazione", di ampiezza variabile a seconda delle classi (cfr. Tabella 1).

DIMENSIONI DELLE FINESTRE DI MODULAZIONE					
Classe	metri	Classe	metri	Classe	metri
Incolto	200	Bosco in ombra	500	Bosco al sole	100
Coltivazioni legnose	250	Rete idrografica	100	Rete stradale	60
Non vegetato	100	Seminativi	250	Area urbana	150

Tabella 1

Successivamente, calcolate le distanze fisiche dei pixels dell'immagine dai pixels di *training* e dalla rete idrografica, ai pixels ricadenti nelle finestre di modulazione sono stati attribuiti valori compresi tra 0 (assegnato al pixel centrale) e 1 (ai pixels di bordo ed a quelli che fuoriuscivano). Tali valori sono stati definiti “*valori di modulazione*” (nel seguito *vdm*, figura 2) e sono stati utilizzati nella successiva fase di integrazione dei dati.

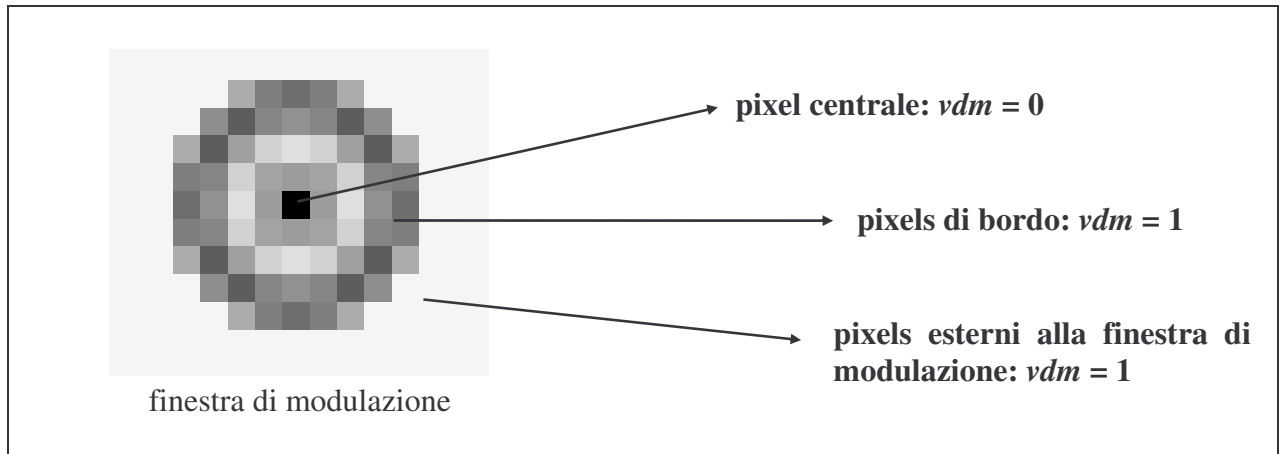


Figura 2: Valori di modulazione

Terza fase: integrazione dei dati spettrali/spaziali

L'integrazione dei dati considerati è consistita nella modulazione dei gradi di appartenenza sfocati. In particolare i gradi di appartenenza dei pixels di contorno sono stati “modificati” utilizzando i *vdm* definiti nella fase precedente secondo il criterio seguente:

$$\mu_n(\mathbf{x}_p)^{vdm}$$

A seconda della loro distanza dai pixels centrali i gradi di appartenenza dei pixels ricadenti nelle finestre di modulazione sono risultati più elevati, mentre quelli dei pixels al di fuori di tali finestre sono rimasti invariati.

In tal modo è stato possibile integrare le diverse fonti di informazioni e soprattutto è stato possibile operare sui gradi di appartenenza dei pixels a ciascuna delle classi considerate.

Quarta fase: verifica dell'accuratezza

Nell'ultima fase si è proceduto con la verifica dell'accuratezza dei risultati conseguiti con la tecnica adottata e con il confronto con i risultati ottenuti applicando tecniche convenzionali (minima distanza e massima verosimiglianza).

Selezionato un campione test di pixels la cui appartenenza alle classi definite è stata verificata durante un secondo sopralluogo, la matrice di confusione e gli indici di accuratezza K sono stati calcolati sulla classificazione rigida derivata dalla classificazione sfocata.

Tale passaggio è stato operato calcolando i massimi gradi d'appartenenza sfocati di ciascun pixel:

$$x_p \in \text{classe } n \quad \text{quando } \mu_n(x_p) = \underset{n=1}{\overset{8}{\text{Max}}} \mu(x_p)$$

Nella tabella 2 sono riportati i valori degli indici K calcolati sulle classificazione ottenute applicando diversi algoritmi. Si nota che, in termini di indice K globale, l'integrazione dell'informazione spaziale e la modulazione dei gradi di appartenenza ha determinato un incremento di accuratezza della classificazione rigida ottenuta dalla classificazione sfocata rispetto a quella ottenuta con l'algoritmo della minima distanza ed alla classificazione rigida non integrata dai dati spaziali.

Per quanto riguarda i valori degli indici K condizionati i risultati conseguiti applicando tale metodo sono decisamente migliori di quelli ottenuti applicando le tecniche di classificazione convenzionali, come è evidenziato nella tabella 2, in cui sono riportati i valori di tali indici per due delle 8 classi considerate, "Area urbana" e "Rete stradale", per le quali gli incrementi di accuratezza sono stati più significativi.

Inoltre, sovrapponendo i risultati ottenuti sulla cartografia IGM (scala 1: 50.000) è stato anche possibile riscontrare la maggiore rispondenza della classificazione sfocata che consente di identificare con maggiore chiarezza e precisione l'area considerata rispetto alle tecniche tradizionali.

Algoritmo adottato	Indice K globale	Indice K condizionato	
		Area urbana	Rete stradale
Minima distanza	0.37	0.26	0.27
Massima verosimiglianza	0.46	0.33	0.25
Classificazione sfocata non integrata con le informazioni spaziali	0.30	0.44	0.19
Classificazione sfocata integrata con le informazioni spaziali	0.42	0.60	0.28

Tabella 2

Conclusioni

La metodologia seguita ha consentito di migliorare l'accuratezza della classificazione adottata confermando che l'utilizzo di più fonti di informazione adeguatamente integrate amplifica la capacità di discriminare le diverse tipologie di uso del suolo considerate.

Quindi il ricorso a metodologie e tecniche adeguate e a dati di più svariata natura, consentendo una più completa e corretta conoscenza delle risorse a disposizione, contribuisce al perseguimento di politiche di pianificazione, gestione e monitoraggio sempre più rispondenti alle esigenze delle aree considerate.

Ringraziamenti

Si ringrazia vivamente per la sempre squisita accoglienza e l'infinita disponibilità l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Brest, Telecom Bretagne, il direttore scientifico, prof. Alain Hillion, e tutto il Département Image et Traitement de l'information, in particolare il prof. Christian Roux e il prof. Basel Solaiman.

Bibliografia

Altman, D. (1994) - *Fuzzy Set Theoretic Approaches for Handling Imprecision in Spatial Analysis*, Int.Journal of Geographical Information Systems, vol. 8, n. 3, pp. 271-289

Aronoff, S. (1982) - *Classification Accuracy: a User Approach*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 48, n. 8, pp. 1299-1307

Console, E.; Mouchot, M.C. (1996) - *Fuzzy Classification Techniques in the Urban Area Recognition*, Proceeding of IGARSS'96 - Remote Sensing for a Sustainable Future, IEEE Publications, vol.II, pp. 1373-1375

Zadeh, L.A. (1965) - *Fuzzy Sets*, Inf. Control., vol. 8, pp. 338-353, 1965