

CLASSIFICAZIONE DI IMMAGINI TM: UN CONFRONTO TRA METODI TRADIZIONALI E FUZZY¹

Elena Console, Rosanna Verde (*)

(*) Dipartimento di Matematica e Statistica, Via Cinthia, Monte S. Angelo, 80126 Napoli

RIASSUNTO

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di porre a confronto le tecniche di classificazione tradizionali con le tecniche di classificazione fuzzy al fine di tenere adeguatamente conto dell'eterogeneità spettrale che il più delle volte caratterizza le classi di informazione considerate.

L'indagine è stata condotta su di un'immagine multispettrale Landsat-5 TM relativa ai dintorni della città di Catanzaro risalente al 30 maggio 1988 ed è stata articolata in cinque fasi:

- a) *fase preliminare*, concernente le operazioni di georeferenziazione, la definizione della legenda da utilizzare e la prima campagna di ricerca sul campo per acquisire i pixels di training;
- b) *prima fase*, relativa alle classificazioni con metodi tradizionali: massima verosimiglianza, minima distanza e parallelepipedo;
- c) *seconda fase*, nella quale si è proceduto con la seconda campagna di rilievi per l'individuazione dei pixels di test e con il calcolo della matrice di confusione e dell'indice di accuratezza globale per la verifica delle classificazioni ottenute nella fase precedente;
- d) *terza fase*, concernente la classificazione fuzzy dell'immagine (parallelepipedo fuzzy);
- e) *quarta fase*, confronto dei risultati ottenuti.

ABSTRACT

In the context of image processing the aim of this work is the comparison between the results of the classical classification techniques and the fuzzy classification algorithms. The fuzzy theory is considered in order to heed the spectral heterogeneity often present in the information clusters.

The analysis concerns a multi-spectral image Landsat-5 TM of a place around Catanzaro, dated May, 30th 1988. The phases of this study are:

- a) *preliminary phase*: i. geometric processing; ii. definition of the legend for the first research in field in order to acquire the training sets;
- b) *first phase*: classification by using classical techniques: maximum likelihood, minimum distance, parallelepiped;
- c) *second phase*: i. second research on field to get ground truth pixels; computing of the error matrix and the global accuracy index of the clustering obtained at previous phase;
- d) *third phase*: fuzzy classification of the image (parallelepiped technique);
- e) *fourth phase*: comparison of the results.

PAROLE CHIAVE: Classificazioni fuzzy, Massima verosimiglianza, Parallelepipedo fuzzy

¹ Si ringraziano di cuore per i preziosi consigli e l'infinita disponibilità M.me Marie Catherine Mouchot e M. Alain Hillion dell'ENST de Bretagne, Telecom, Brest

INTRODUZIONE

I tradizionali metodi di classificazione adottati nel trattamento di immagini da satellite non tengono adeguatamente in considerazione i problemi di indeterminatezza tipici dei fenomeni geografici. Questi metodi, infatti, assegnano in maniera precisa ciascun pixel alla classe cui questo risulta essere più simile sulla base delle sue caratteristiche spettrali. L'esistenza di pixels con caratteristiche spettrali fortemente eterogenee può essere individuata applicando delle tecniche differenti da quelle classiche. In particolare qui si propone, sulla base della teoria dei fuzzy set (Zadeh, 1973; Bezdek, 1981), una classificazione secondo l'algoritmo del parallelepipedo fuzzy in modo che sia possibile assegnare i pixels a più classi secondo i diversi gradi di appartenenza. I risultati di tale classificazione sono stati confrontati con quelli ottenuti applicando le tecniche classiche (massima verosimiglianza, minima distanza, parallelepipedo).

L'analisi è stata condotta su un'immagine multispettrale TM (30 maggio 1988) di 800 x 600 pixels (24 x 18 km), equivalente ad una superficie di 432 km² e relativa ad un'area della Calabria compresa nella provincia di Catanzaro (cfr. figura 1) caratterizzata da una forte eterogeneità soprattutto dal punto di vista morfologico e topografico.

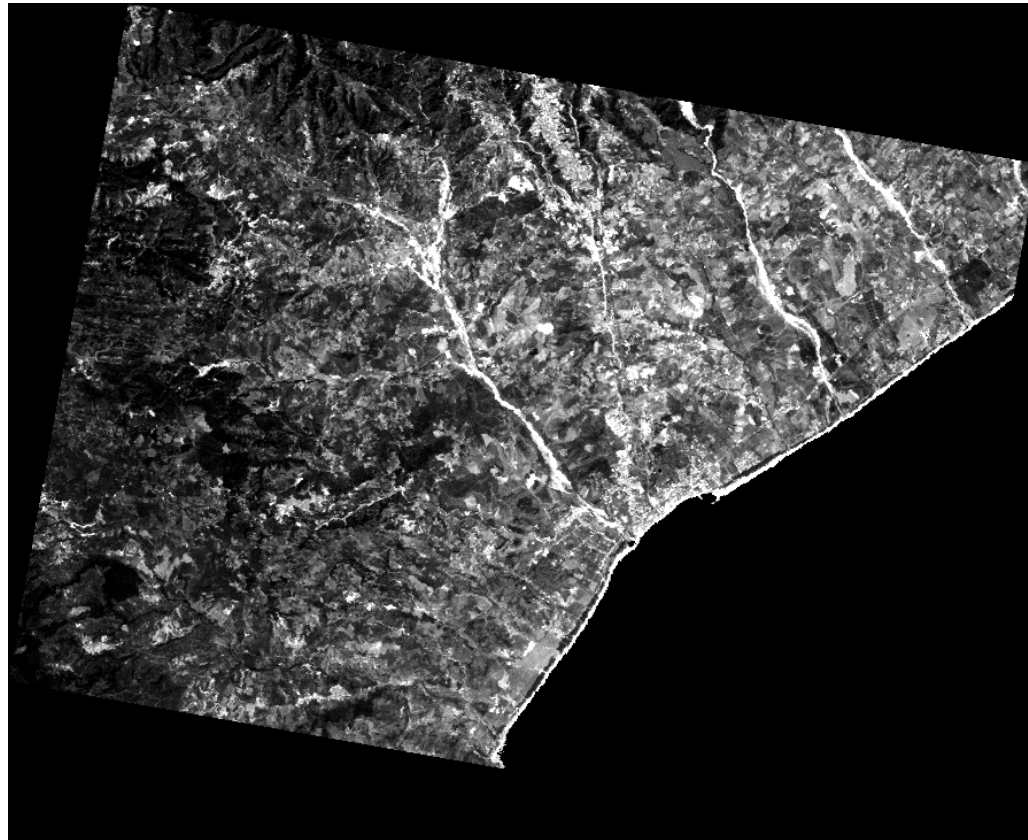


Figura 1 - Catanzaro e dintorni, banda 1

La strategia di analisi è stata articolata nelle seguenti fasi:

- a) *fase preliminare*: correzione geometrica, definizione della legenda per la classificazione e prima campagna di verità-terra per la ricerca delle aree di training;
- b) *prima fase*: classificazione con i metodi classici (massima verosimiglianza, minima distanza, parallelepipedo);
- c) *seconda fase*: seconda campagna di verità-terra per l'individuazione delle aree di test, calcolo della matrice di confusione e dell'indice di accuratezza globale per verificare le classificazioni ottenute nella fase precedente;
- d) *terza fase*: applicazione dell'algoritmo del parallelepipedo fuzzy per la classificazione dell'immagine, calcolo della matrice di confusione e calcolo dell'indice di accuratezza globale;;
- e) *quarta fase*: confronto dei risultati ottenuti.

FASE PRELIMINARE

Nella *fase preliminare* dell'analisi la prima operazione effettuata è stata la correzione geometrica dell'immagine con il metodo del nearest neighbour per consentire la sovrapposizione con la cartografia I.G.M.I. e, quindi, una più agevole identificazione delle aree di training e di quelle di test. Successivamente sono state attinte dalla documentazione ISTAT informazioni utili alla conoscenza del territorio investigato necessarie alla definizione della seguente legenda (cfr. Tab.1) utilizzata nella fase di acquisizione dei dati di verità-terra e nelle prime prove di classificazione.

Tab.1: Legenda utilizzata nella fase preliminare

Seminativi (<i>frumento, altro</i>)	
Coltivazioni legnose (<i>agrumeto, oliveto, pescheto, nocciolo, vigneto, altro</i>)	
Bosco di cui:	<ul style="list-style-type: none"> - <i>latifoglie (castagno, quercia, eucalipto, acacia, altro)</i> - <i>conifere (pino domestico, pino marino, cipresso, altro)</i> - <i>misto latifoglie/conifere (pino, eucalipto, mimosa, altro)</i> - <i>macchia mediterranea</i>
Vegetazione bassa (<i>prato, pascolo, incolto</i>)	
Non vegetato (<i>aree scoperte, spiagge, argini delle fiumare, altro</i>)	
Urbano (<i>edificato, infrastrutture</i>)	

I 70 punti di training, rilevati durante il primo sopralluogo con l'ausilio di un GPS, sono stati integrati con informazioni attinte da cartografia esistente al fine di calcolare le signatures relative alle classi considerate. In totale i punti di training considerati sono stati 103.

PRIMA FASE

A questo punto si è proceduto a classificare l'immagine applicando i tre algoritmi classici della massima verosimiglianza, della minima distanza e del parallelepipedo. Partendo da una prima legenda che prevedeva tredici classi, in considerazione dei risultati ottenuti nelle diverse prove di classificazione, è stato necessario ridurre il numero delle classi a sette e creare una maschera per l'acqua. La legenda finale utilizzata è stata la seguente (cfr. Tab.2):

Tab.2: Legenda finale utilizzata per le classificazioni

Zone senza vegetazione	Bosco al sole
------------------------	---------------

Urbano	Seminativi
Coltivazioni legnose	Vegetazione bassa
Bosco in ombra	

SECONDA FASE

Dopo una seconda campagna a terra per l'individuazione delle aree test (in totale, 114 punti test), si è costruita la matrice di confusione e si è calcolato l'indice di accuratezza globale (cfr. Tab. 3).

Tab. 3: Valori dell'indice di accuratezza globale per le differenti classificazioni (calcolati sulle aree di training e sulle aree di test)

Classificazioni	Aree di training	Aree di test
* massima verosimiglianza	0,8175	0,3579
* minima distanza	0,5378	0,4004
* parallelepipedo	0,0343	0,2423

TERZA FASE

Nella terza fase si è proceduto con la classificazione di tipo sfocata basata sull'algoritmo del parallelepipedo fuzzy ed alla successiva verifica dell'accuratezza di tali risultati. L'algoritmo prevede una classificazione rigida dei pixels che presentano un valore, rispetto a ciascuna banda, compreso in certi limiti prefissati, mentre quei pixels che assumono un valore al di fuori di tali limiti vengono classificati secondo delle funzioni di appartenenza. E' necessario, quindi, determinare per ciascuna banda un minimo ed un massimo come valori limite per le classi rigide. Le funzioni di appartenenza sono state definite secondo il seguente criterio:

$$\begin{array}{lll}
 \text{se} & \min < x < \max, & \text{allora } \mu_A(x) = 1 \\
 \text{se} & 0 < x < \min, & \text{allora } \mu_A(x) = f_1(x) \\
 \text{se} & \max < x < 255, & \text{allora } \mu_A(x) = f_2(x)
 \end{array}$$

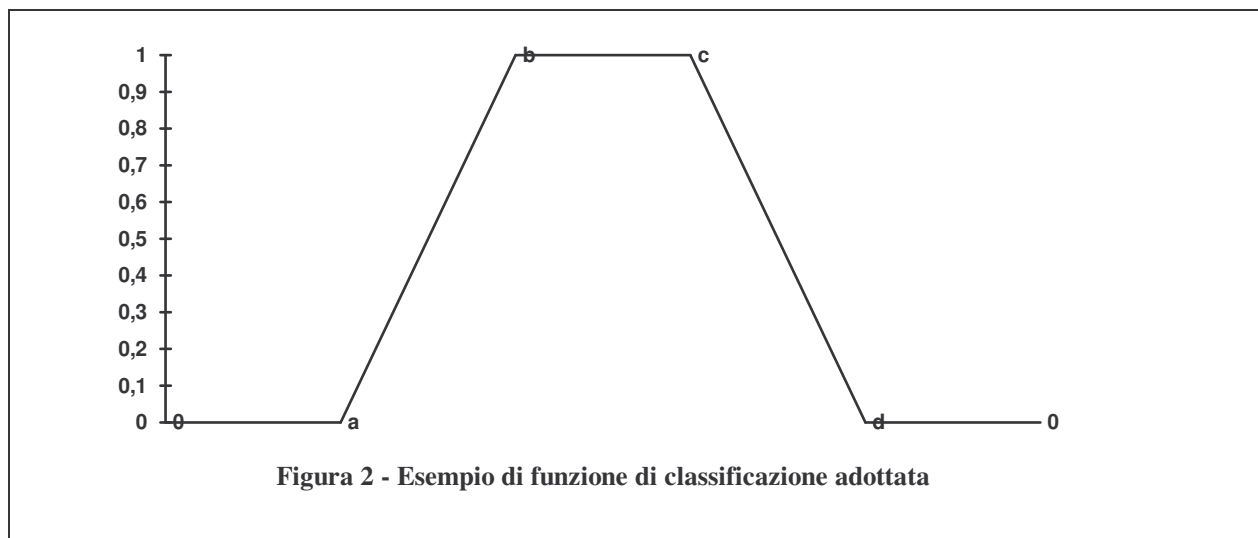
dove μ_A rappresenta il grado di appartenenza del pixel x alla classe A .

L'analisi delle signatures nelle diverse bande ha consentito di determinare i valori minimo e massimo necessari alla definizione delle funzioni di appartenenza, in questa sede supposte lineari (si riporta un esempio nella figura 2).

Il valore di appartenenza di un pixel ad una classe viene calcolato, infine, come intersezione (Zadeh 1973) dei valori di appartenenza alle classi, relativamente a ciascuna banda, nel seguente modo segue:

$$\mu_A(x) = \text{Min}_{\lambda=1}^n \mu_{A,\lambda}(x)$$

dove A rappresenta la classe considerata e λ le bande.



Esempi di intersezioni fuzzy sono riportate nella figura 3.

Sono state, inoltre, considerate delle classi miste, ottenute dalla combinazione delle due classi per le quali un pixel presenta i primi due più alti gradi d'appartenenza. Una volta definite le classi miste, è stato selezionato un piccolo campione di pixels (campionamento semplice) e si è proceduto, dopo un terzo sopralluogo, al calcolo della matrice di confusione e dell'indice di accuratezza globale, in questo caso pari a 0,7459.

QUARTA FASE

In termini di indice di accuratezza globale la classificazione fuzzy dà dei risultati notevolmente migliori rispetto ai valori degli indici ottenuti con le tecniche di classificazioni classiche e calcolati sulle aree di test. Inoltre la possibilità di poter individuare e visualizzare aree fortemente eterogenee di per sè rappresenta un vantaggio poichè consente di integrare e approfondire le informazioni acquisite con i metodi tradizionali.

In situazioni di forte eterogeneità, quindi, queste tecniche si rivelano più adatte per descrivere la realtà territoriale considerata, anche quando il numero di aree di training non è sufficientemente elevato.

BIBLIOGRAFIA

- BEZDEK J. C. (1981), Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms, Plenum New York
- MOUCHOT M.C. (1993), Méthodes de classification floue en télédétection, Département Mathématique et Systèmes de Communication, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, Brest
- WANG F. (1990), Fuzzy Supervised Classification of Remote Sensing Images, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 28, n. 2, marzo, pp. 194-201
- ZADEH L. A. (1973), Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. SMC-3, n. 1, gennaio, pp.28-44*

* La pubblicazione delle immagini è stata gentilmente concessione da Telespazio Spa.