

CLASSIFICAZIONE DI IMMAGINI MULTISPETTRALI IKONOS: METODOLOGIE A CONFRONTO

Biagio POCCIA (*), Claudio PARENTE (*)

(*) Dipartimento di Scienze Applicate, Università degli Studi di Napoli "Parthenope",
Centro direzionale, isola C4 – 80134 Napoli tel. 081-5476608,
e-mail biagio.poccia@libero.it , claudio.parente@uniparthenope.it

Riassunto

Le immagini satellitari ad alta risoluzione costituiscono un'importante fonte informativa utilizzata sempre più frequentemente in molteplici campi applicativi. La possibilità di distinguere dettagli di 1 m (nel pancromatico) e 4 m (nel multispettrale) ne consente l'impiego per svariate finalità in virtù anche della ripetibilità della presa, dell'estensione della scena inquadrata, della facilità di acquisire dati con in qualunque zona. La quantità e qualità delle informazioni ricavabili dalle immagini satellitari possono essere notevoli in conseguenza di un corretto processo di elaborazione ed analisi critica dei risultati ottenuti.

In questo lavoro si confrontano alcune tecniche di classificazione di tipo supervised e unsupervised. Si utilizzano immagini multispettrali IKONOS, relative ad un'area della Regione Campania. Partendo da file relativi alle bande del rosso e dell'infrarosso vicino si procede al calcolo dell'indice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*): le soglie di definizione delle tre differenti macro aree (acqua, suolo nudo e vegetazione) vengono stabilite in relazione a considerazioni di ordine statistico a partire da training sites individuati in base alla fotointerpretazione della composizione RGB. Si applicano altre tecniche di classificazione supervisionata, utilizzando tutte e quattro le bande e ricorrendo a differenti criteri di attribuzione dei pixel (massima verosimiglianza, minima distanza euclidea e distanza di Mahalanobis). Per la classificazione non supervisionata si utilizza l'algoritmo Isodata. L'impiego di testing sites consente di stabilire il livello di affidabilità legato al metodo impiegato. Le aree di controllo sono preventivamente classificate in base a fotointerpretazione e rilievi in sito. In definitiva si fornisce un confronto tra alcune tecniche e se ne evidenziano pregi e difetti, potenzialità e limiti.

Abstract

High resolution IKONOS images are an important information source that is used more and more frequently in several application fields. Possibility to distinguish details in order of 1 meter (panchromatic) or 4 meters (multispectral) as well as repeatability of acquisition, extension of scene, capability to register any zone contribute to their use for different scopes. Quantity and quality of information that can be obtained with satellite images can be considerable if derived from correct process of image elaboration and accurate analysis of results.

In this paper some of supervised and unsupervised classification techniques are compared. Multispectral IKONOS images concerning Campania Region are used. Starting with red and nir files NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) is applied: limits of three different macro-areas (water, soil and vegetation) are fixed in base of statistical principles starting up from training sites that have been identified with photo-interpretation of RGB Composition.

Other techniques of supervised classification are applied, using all multispectral images and different criteria to attribute pixels to classes, such as maximum likelihood, minimum Euclidean distance and Mahalanobis distance. For unsupervised classification ISODATA algorithm is applied.

Testing sites, identified with photo-interpretation or direct control, are used to establish accuracy of considered method. A comparison among different techniques, evidencing their capabilities and limits, is supplied.

Immagini IKONOS considerate

Si utilizzano immagini IKONOS multispettrali (R, G, B, NIR) acquisite in data 4 novembre 2005. Il sistema di riferimento è UTM WGS 84, fuso 33 N. L'area geografica interessata ricade all'interno del comune di Mondragone e si estende tra le coordinate Est 403136 m e 412556 m e Nord 4547020 m e 4554172 m.

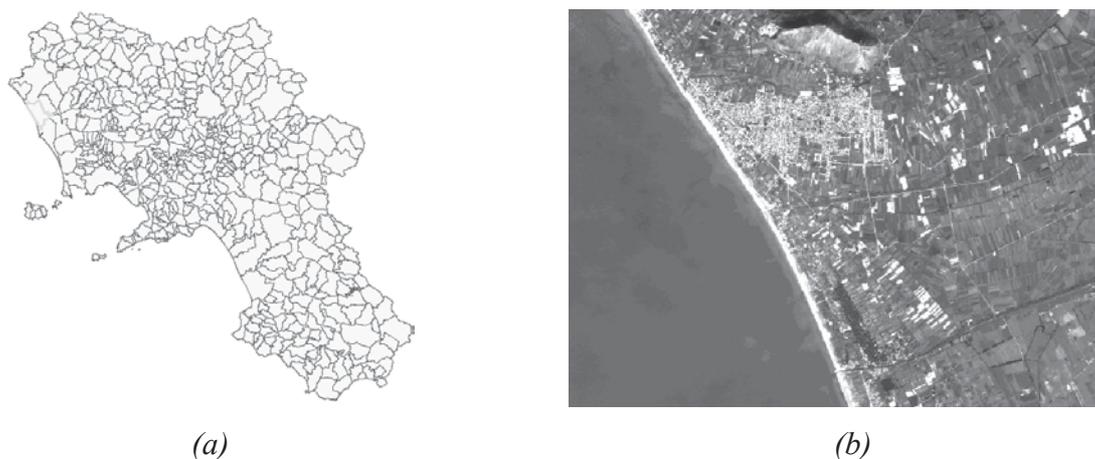


Fig. 1 – Rappresentazione dei comuni della Campania con evidenziato il comune di Mondragone (a), Immagine pancromatica IKONOS (risoluzione al suolo di 1 metro per pixel) (b)

Applicazione del metodo NDVI

Gli indici di vegetazione derivanti da immagini satellitari o aeree sono un efficace fonte di informazioni per il monitoraggio della copertura vegetale. Questi indici si basano su combinazioni di misure di riflettanza in due o più canali spettrali e sono molto correlati con parametri associati allo stato di salute delle piante ed a variabili della copertura vegetale come l'indice di area fogliare, la frazione di copertura vegetale e la biomassa verde. L'indice di vegetazione più diffuso è l'NDVI "Normalized Difference Vegetation Index":

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

dove NIR rappresenta la riflettanza nella banda dell'infrarosso vicino e RED la riflettanza nella banda del rosso.

I valori teorici di tale indice ricadono nell'intervallo (-1,1) e normalmente sono superiori a 0.2 per la vegetazione rigogliosa, valori prossimi a zero per suoli e rocce e valori negativi per le masse d'acqua. Si riporta nella figura n. 2 il risultato dell'applicazione dell'NDVI con la distinzione in 5 classi ricavate in base ai valori riportati nella letteratura di riferimento. E' possibile osservare i pixel delle zone di transizione tra le tre differenti macro aree (acqua, suolo nudo e vegetazione), ed in particolare si può notare come nel mare vi è una zona abbastanza ampia di pixel con valori radiometrici molto alti per essere individuati come acqua.

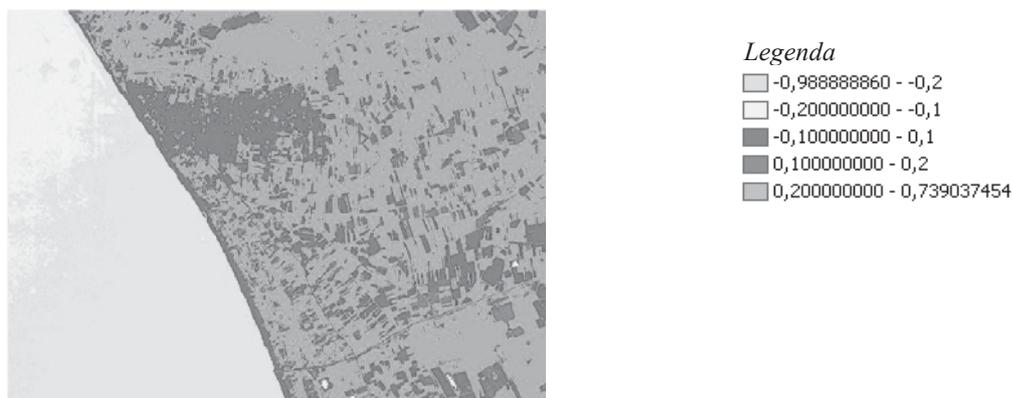


Fig. 2 – Classificazione immagine ndvi in 5 classi con valori teorici di riferimento

Partendo dalle immagini nella banda del rosso e dell'infrarosso vicino si è proceduto al calcolo dell'NDVI con ArcGIS 9.2 di Esri. In particolare, nell'area presa in esame sono stati identificati dei training sites delle tre suddette classi di riferimento i cui valori di radianza dell'immagine ndvi sono stati utilizzati per trovare dei valori soglia ottimali di separazione tra le classi.

Acqua	Suolo nudo	Vegetazione
Area: 2568 pixels	Area: 2867 pixels	Area: 3209 pixels
Media: - 0.209549	Media: 0.052683	Media: 0.403489
Minimo: - 0.292683	Minimo: - 0.248227	Minimo: - 0.094340
Massimo: - 0.103448	Massimo: 0.311047	Massimo: 0.692650
Dev. standard: 0.026990	Dev. standard: 0.072874	Dev. standard: 0.183050

Fig. 3 – Valori statistici significativi relativi ai training sites acqua, vegetazione, suolo nudo

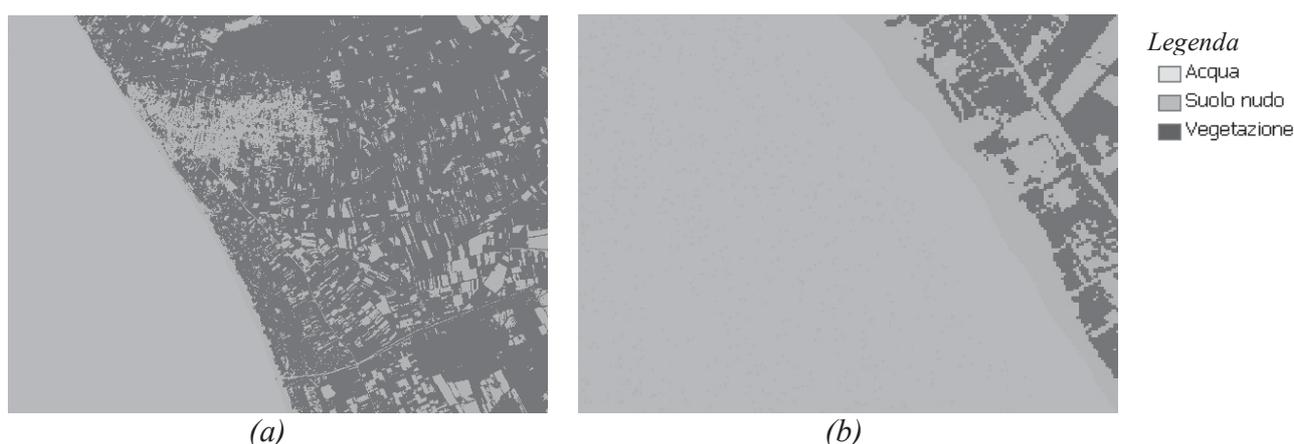
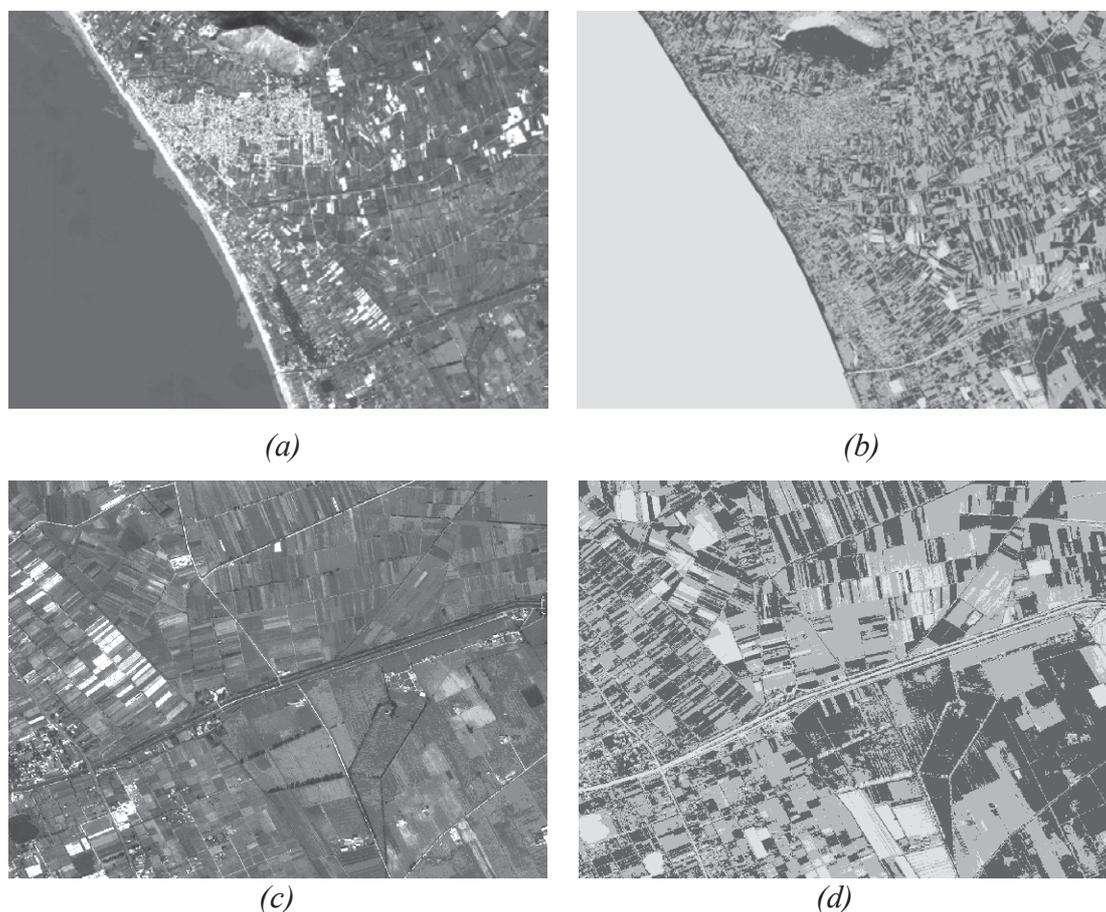


Fig. 4 – Immagine riclassificata con valori soglia di - 0.138 tra acqua e suolo nudo e di 0.155 tra suolo nudo e vegetazione (a), e particolare della stessa immagine (b)

Classificazione non supervisionata: algoritmo ISODATA

Nella classificazione non supervisionata, l'assegnazione delle classi ai pixel, in funzione dei valori che essi assumono nello spazio multispettrale, è condotta senza necessità di dati esterni; è effettuata per via totalmente automatica, lasciando che il software 'riconosca' un certo numero di classi

interpretando successivamente i risultati, cioè cercando di stabilire a posteriori a quali caratteristiche del suolo corrispondono tali classi basate solo su valori spettrali (cluster analysis). Per le immagini multispettrali IKONOS in questione si è applicato l'algoritmo ISODATA. Da un particolare, mostrato nelle immagini di sotto, si può notare come zone con terreno più umido vengono classificate come acqua e non come suolo nudo.



Legenda
 □ Cluster 1-> Acqua
 □ Cluster 2-> Suolo nudo
 ■ Cluster 3-> Vegetazione

Fig. 5 – Immagine IKONOS nella composizione R,G,B (a), classificata in 3 cluster (b) e relativi particolari (c) e (d)

Qui di seguito si mostra l'immagine relativa alla classificazione in 5 cluster con il metodo Isodata.

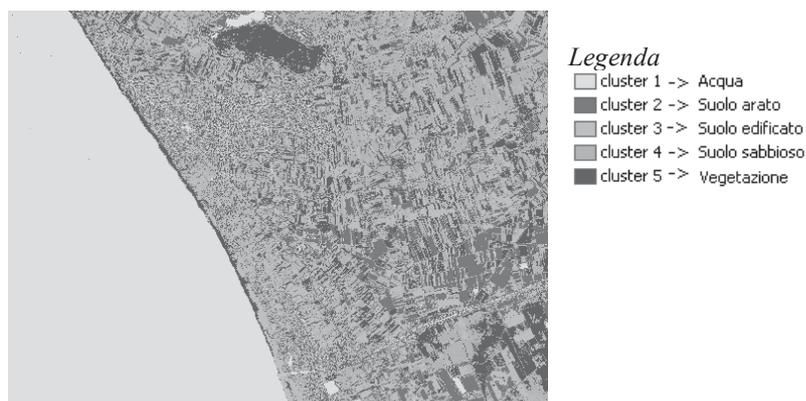


Fig. 6 – Immagine IKONOS classificata in 5 classi col metodo Isodata

Classificazione supervisionata

Nella classificazione supervisionata si fornisce prima una descrizione statistica del modo in cui le classi delle coperture attese appaiono in alcune aree dell'immagine e poi viene usata una procedura di classificazione per valutare la "somiglianza" che ciascun pixel appartenga ad una di queste classi. In particolare, vengono identificati raggruppamenti di pixel, detti training sites, la cui natura viene normalmente definita in modo diretto attraverso conoscenze della realtà al suolo ricavati mediante rilievo in sito e/o fotointerpretazione.

Qui di seguito si riportano i risultati della classificazione supervisionata con diverse metodologie e considerando inizialmente una segmentazione dell'immagine in 3 classi e successivamente in 5 classi.

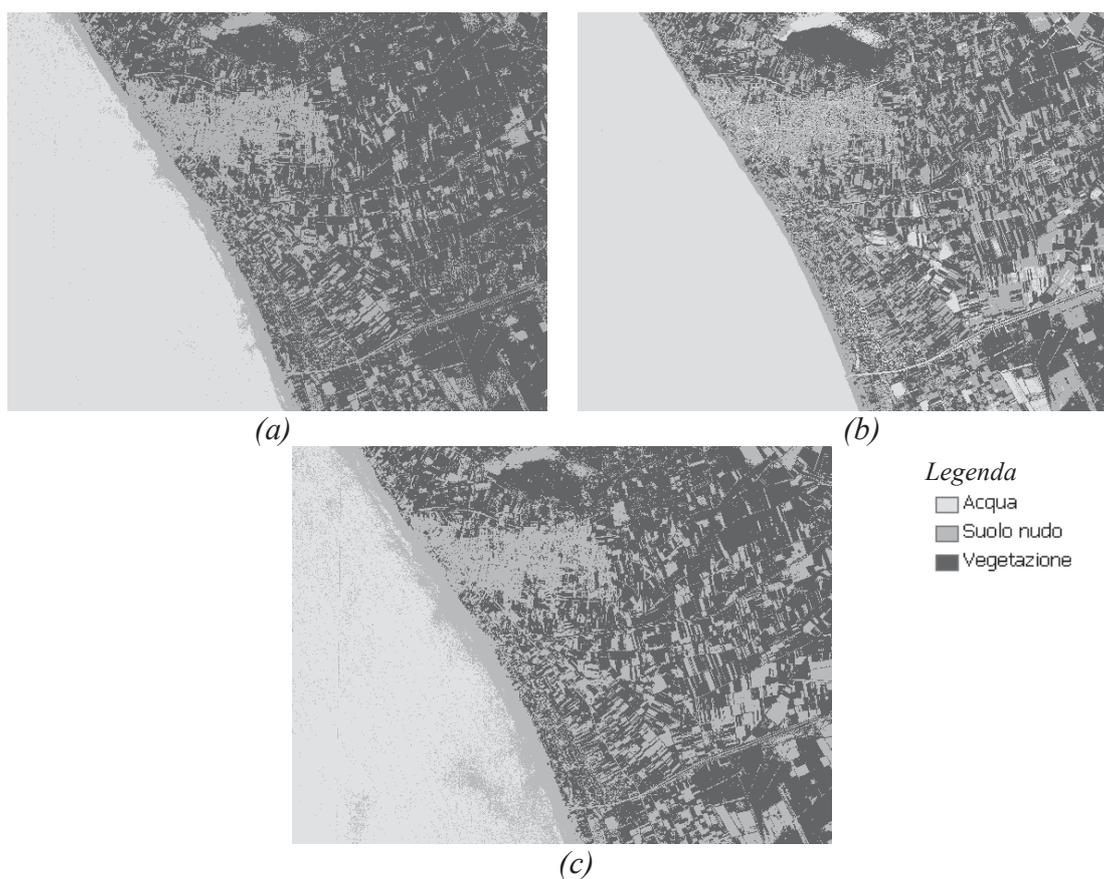


Fig. 7 – Immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Maximum Likelihood (a), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Minimum Euclidean Distance(b), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Mahalanobis Distance(c)

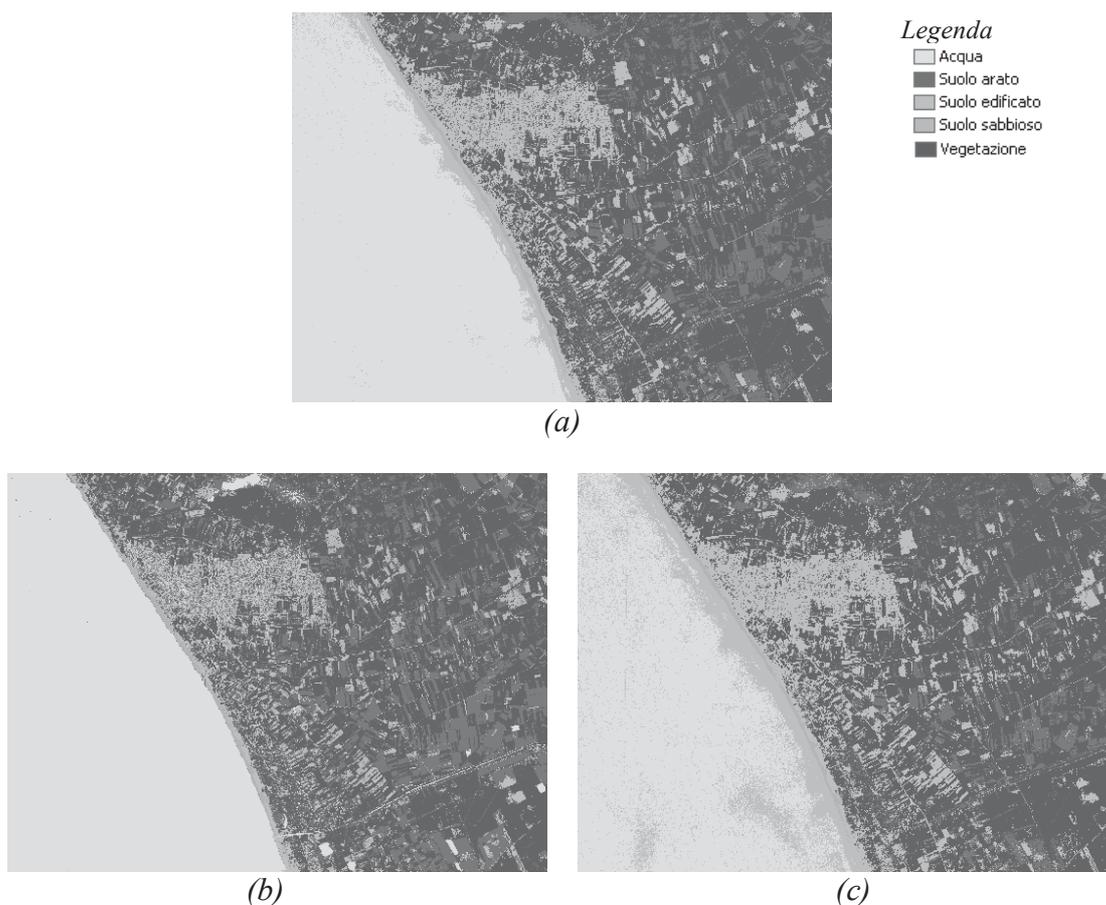


Fig. 8 – Immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Maximum Likelihood (a), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Minimum Euclidean Distance (b), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Mahalanobis Distance (c)

Analisi e confronti dei risultati

Al fine di confrontare l'accuratezza dei risultati forniti da ciascun metodo sono state individuate nell'area considerata alcune zone omogenee e rappresentative delle classi di riferimento, distinte dai training sites e, in funzione delle finalità perseguite, denominate test sites.

Si riportano nella tabella (figura n. 9) le percentuali di accuratezza nella classificazione comparando il metodo non supervisionato Isodata e più tecniche utilizzate per la classificazione supervisionata.

	<i>Isodata</i>	<i>NDVI</i>	<i>Maximum Likelihood</i>	<i>Min.Euclidean Distance</i>	<i>Mahalanobis Distance</i>
Acqua	100 %	97,42 %	97,19 %	100 %	84,98 %
Suolo nudo	15,28 %	99,17 %	68,87 %	37,40 %	99,71 %
Vegetazione	69,88 %	94,51 %	84,37 %	78,50 %	83,54 %
Pixel totali classificati correttamente	68,78 %	96,49 %	85,53 %	77,26 %	87,42 %

Fig. 9 – Accuratezza dei classificatori impiegati considerando 3 categorie

Dalle verifiche fatte e dai risultati ottenuti si evince che il metodo Isodata di classificazione non supervisionata, nonostante non dia errori sulla classe acqua, presenta percentuali basse di accuratezza per le categorie suolo nudo e vegetazione per poi andare a definire il 68,78 % di pixel totali classificati correttamente.

Come è prevedibile, l'NDVI permette di ottenere una classificazione in tre categorie con un livello di precisione molto più alto. Ciò è dovuto al fatto che nel definire i valori soglia ottimali di separazione tra le classi si è analizzata la risposta spettrale di training sites omogenei e rappresentativi per ciascuna categoria.

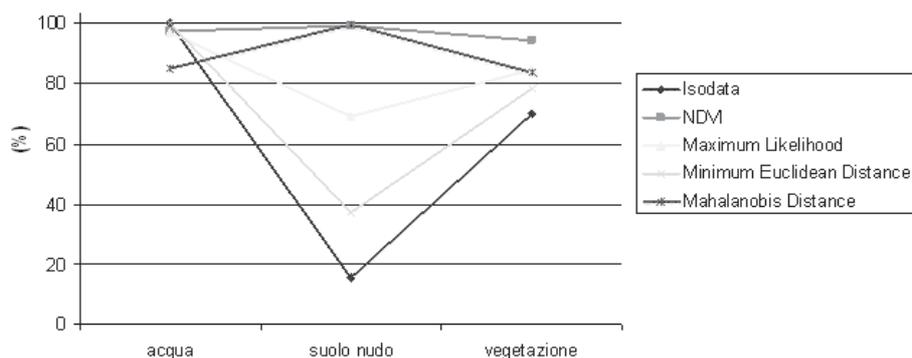
Precisa risulta essere anche la classificazione supervisionata a massimo-verosimiglianza. Questo classificatore fornisce un'immagine classificata che ha 85,53 % di pixel totali classificati correttamente. Meno attendibile è l'accuratezza sull'immagine del classificatore minima distanza euclidea il quale non tiene conto della matrice di covarianza dei dati e assegna semplicemente il pixel alla classe dalla cui media dista meno.

Si riportano nella tabella che segue le percentuali di accuratezza nella classificazione in 5 categorie comparando il metodo non supervisionato Isodata e più tecniche utilizzate per la classificazione supervisionata.

	<i>Isodata</i>	<i>Maximum Likelihood</i>	<i>Min.Euclidean Distance</i>	<i>Mahalanobis Distance</i>
Acqua	100 %	96,38 %	99,97 %	81 %
Suolo arato	75,42 %	81,08 %	96,03 %	65,58 %
Suolo edificato	49,23 %	89,74 %	56,49 %	93,19 %
Suolo sabbioso	100 %	97,03 %	96,32 %	92,25 %
Vegetazione	57,77 %	79,65 %	77,54 %	81,64 %
Pixel totali classificati correttamente	76,90 %	87,08 %	88,03 %	80,13 %

Fig. 10 – Accuratezza dei classificatori impiegati considerando 5 categorie

Dai risultati ottenuti si evince la non affidabilità, come affermato anche precedentemente, del metodo Isodata. Inoltre è possibile notare come l'acqua ha una percentuale abbastanza alta di accuratezza media; ciò è sicuramente dovuto all'omogeneità dei pixel presenti nella classe stessa, lo stesso dicasi per il suolo sabbioso le cui percentuali di accuratezza superano il 90 %, a differenza, ad esempio, della categoria suolo edificato che presenta una complessità e varietà maggiore di copertura del suolo.



a)

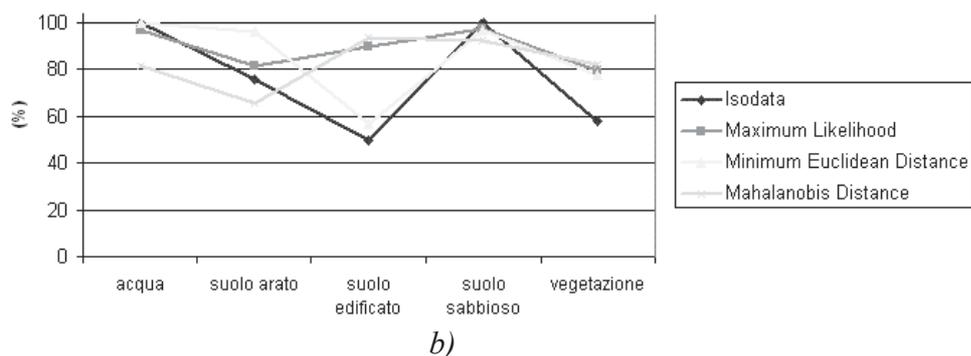


Fig. 11 – Grafici rappresentativi dell'accuratezza dei classificatori impiegati considerando 3 classi (a) e 5 classi (b)

In definitiva, la procedura di classificazione supervised, se opportunamente supportata da una scelta accurata dei training sites, fornisce risultati più attendibili.

Non si può stabilire in maniera universale che esiste un metodo di classificazione in grado di fornire rispetto agli altri risultati sempre migliori, ma bisogna valutare caso per caso. Si può comunque ritenere che la classificazione unsupervised è spesso quella che fornisce risultati peggiori perché non supportata da dati della specificità dell'area esaminata, ma può essere utilizzata come strumento di prima analisi per identificare classi statisticamente omogenee che potrebbero corrispondere a categorie non ancora prese in esame dall'utente.

Bibliografia

- Campbell J. B. (2002), *Introduction to Remote Sensing*, Taylor and Francis, 621 pp, London
- Dermanis A., Biagi L., *Telerilevamento. Informazione territoriale mediante immagini da satellite*, Prima edizione (2002), Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- Gomasca M. A. (2001), "Il Telerilevamento", *Bollettino SIFET*, n. 2/2001
- Gomasca M. A. (1997), *Introduzione a Telerilevamento e GIS per la gestione delle risorse agricole e ambientali*, Associazione Italiana Telerilevamento Editore, 246 pp, Milano
- Poccia B., *Immagini satellitari e GIS: elaborazione di dati multispettrali ad alta risoluzione*, Tesi di laurea specialistica in Informatica Applicata a.a. 2006/2007, Università degli Studi di Napoli "Parthenope" (Relatori: Prof. R. Santamaria, Ing. C. Parente)
- Unsalan C., "Classifying Land Development in high resolution Satellite Imagery Using Hybrid Structural-Multispectral Features", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 42, NO 12, December 2004
- Yoon G. W., Park J. H., Choi K. H., *Land-cover Supervised Classification using User-oriented Feature Database*, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004, IGARSS '04, Proceedings, 2004 IEEE International