



UNIVERSITÀ CA' FOSCARI DI VENEZIA DOTTORATO IN SCIENZE AMBIENTALI XVII CICLO

ESTRATTO DELLA TESI DI DOTTORATO MONICA CAMUFFO MATR. T00174

Studio della vegetazione di *barena* tramite sensori remoti

La laguna di Venezia è un esempio significativo di come, nelle aree umide costiere, le azioni antropiche possano profondamente modificare lo sviluppo naturale. Gli interventi apportati nei secoli, in concomitanza ai fenomeni di subsidenza ed eustatismo, hanno notevolmente accelerato le trasformazioni naturali, modificando profondamente la morfologia e l'idrodinamica lagunare, producendo così condizioni di fragilità e di rischio.

Il segno più evidente delle modificazioni morfologiche è rappresentato dalla notevole riduzione delle superfici di *barena* (con alcune eccezioni a scala locale), che costituiscono la struttura più caratteristica della laguna. La sopravvivenza e l'evoluzione di tali biotopi è altamente sensibile alle variazioni che intervengono in tutta l'area lagunare, tanto che le *barene* possono essere considerate tra gli indicatori naturali più significativi dello stato di salute dell'intero sistema, rispondendo velocemente alle modificazioni dell'idrodinamica lagunare apportate dagli interventi antropici. La vegetazione che le colonizza (specie alofile), oltre a delinearne chiaramente i confini rispetto agli altri elementi del paesaggio lagunare, si dispone sulle superfici barenali formando veri e propri mosaici di popolamenti omogenei (zonazione delle alofite), condizionati da microvariazioni ambientali. Le macchie di vegetazione e le forme tipiche assunte dalle *barene* si possono quindi considerare sensibili alle variazioni ambientali e rappresentative dell'intero sistema.

Il controllo periodico della vegetazione di *barena* attraverso l'analisi in campo delle specie vegetali e della loro distribuzione è però un compito gravoso per l'estensione delle superfici (decine di km²) sia per la difficoltà di accedere ai siti. Inoltre i dinamismi che caratterizzano la morfologia dei suoli di *barena* e la fisiologia delle piante insediate richiedono ispezioni frequenti che solo i più recenti strumenti di misura installati su piattaforme aeree o satellitari permettono di realizzare.

Questo studio descrive osservazioni quantitative, condotte all'interno del progetto europeo di ricerca TIDE (*Tidal Inlets Dynamics and Environment*), effettuate sia con campagne a terra che tramite sensori remoti. Per ottenere dati con adeguate caratteristiche di risoluzione spaziale e spettrale sono stati utilizzati sia sensori montati su aereo (ROSI, CASI) che su satellite (QuickBird). La scelta delle date di acquisizione per i sensori remoti è stata pianificata in modo da poter valutare le variazioni stagionali ed annuali.

L'elaborazione dei dati, in particolare del sensore QuickBird, tramite diversi algoritmi di classificazione (*Spectral Angle Mapper, Maximum Likelihood*), non è servita solo a far emergere le opportunità date dal sensore nello studio delle aree umide in relazione a dati iperspettrali (ROSI e CASI), ma anche ad individuare una procedura per descrivere in modo relativamente semplice ed affidabile i cambiamenti in atto nelle *barene*.

Oltre ad applicare tecniche di analisi dei cambiamenti pre e post classificazione, presenti in letteratura, si sono caratterizzate spazialmente le variazioni di copertura delle singole classi, elaborando una metodologia basata sull'uso dei primi quattro momenti e di alcune metriche utilizzate in Ecologia del Paesaggio. In questo modo si sono potuti delineare con maggior chiarezza i principali fattori che, nelle tre date (Maggio 2002, Febbraio 2003, Luglio 2003), hanno influenzato la distribuzione delle classi.

Salt-marshes vegetation study through remote sensors

Coastal wetland areas, such as lagoons and estuaries, are complex and delicate environments subject to rapid morphological and ecological evolution, often in response to strong anthropogenic pressure. The combined ecological and economic importance of these dynamic environments has focused attention on monitoring and forecasting change in these natural coastal deposits.

The Venice lagoon (Northern Italy) is a representative example. It has been deeply modified over several centuries through the diversion to sea of the main rivers which flowed into the lagoon, the dredging of artificial channels, and the construction of jetties at the three inlets; the resulting changes have transformed the southern and central parts of the lagoon into an environment with distinct marine characteristics. This transformation, caused by diffuse erosion processes due to the lack of sediment inputs and to altered patterns of sediment transport, involved the disappearance of much of the channel network and of the salt marshes. These are vegetated areas located above mean sea level, but flooded by the tide on average twice a day, which play an important ecogeomorphic role, by hosting high biodiversity and biomass production and by acting as sediment traps and attenuating sediment resuspension induced by wind waves. Because of the sensitivity of salt-marsh morphology and vegetation to changes in sediment transport and hydrodynamic regime, salt marshes may be assumed to be sensitive indicators of the trends of the lagoon system as a whole.

Direct observations of vegetation presence and abundance are challenging and work-intensive, moreover the rapid decline in the extent of coastal salt marshes and their increasing fragility have created a need for non-invasive methods to evaluate the condition of these ecosystems. Thanks to the observations high repeatability, the increased resolution and field of view of the sensors, remote sensing techniques are the ideal methods to the development of procedures for monitoring salt-marshes morphology and vegetation, in order to retrieve indication about erosion/deposition trends of the whole tidal system.

This study describes quantitative observations, of selected areas, using remote sensing and field observations performed during the European research project TIDE (Tidal Inlets Dynamics and Environment). Both aerial (ROSIS, CASI) and satellite (QuickBird) sensors have been used in order to obtain useful data with proper spatial and spectral resolution. The best observation/classification schemes were assessed considering: ancillary datasets availability; images pre-processing and classification analyses; calibration and validation procedures, and the most appropriate spatial and temporal ranges.

The results of different classification schemes (Spectral Angle Mapper and Maximum Likelihood) applied to hyperspectral (CASI and ROSIS) and multispectral (QuickBird) data have shown that remote sensing is an useful tool to map salt-marsh morphology and vegetation, and to quantitatively characterize its spatial distribution. The accuracies obtained for multispectral and hyperspectral data classifications were all satisfactory, indicating that data from satellite sensors, relatively inexpensive with respect to airborne sensors and ground campaigns, may be used to monitor salt-marsh vegetation.

In order to investigate seasonal changes on soil and vegetation patches, pre-post classification change detection methods have been applied to multispectral (QuickBird) images. The results yielded have been statistically interpreted using classical Landscape Metrics (LSM) and moment analysis.

The clusters composition and spatial distribution analysis performed on data of different seasons (May 2002, February 2003, and July 2003) resulted useful to get a clear comprehension of the more influencing factors in the three different dates, and also to find synthetic indexes describing the present situation.