

**9<sup>a</sup> CONFERENZA NAZIONALE ASITA**  
15 – 18 novembre 2005, Centro Congressuale “Le Ciminiere”, Catania

## **MOGEIFACO: UN MODELLO “ESPERTO” PER LA GESTIONE INTEGRATA DELLA FASCIA COSTIERA**

Giuseppe PERNICE (\*), Ignazio PATTI (\*), Salvatore VITABILE (\*\*), Vincenzo MACCARRONE (\*\*\*), Roberto IALUNA (\*\*\*\*), Gaetano LA BELLA (\*), Antonino TITONE (\*), Vincenzo PERNICE (\*), Patrizia GANCITANO (\*), Roberta MICALIZZI (\*)

(\*) IAMC-CNR – Istituto per l’Ambiente Marino Costiero, Via Luigi Vaccara 61, 91026 Mazara del Vallo,  
*Tel.: +39 0923948966, Fax: +39 0923906634, E-mail: [giuseppe.pernice@irma.pa.cnr.it](mailto:giuseppe.pernice@irma.pa.cnr.it)*

(\*\*) ICAR-CNR - Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, Viale delle Scienze, Parco d'Orleans, 90128 Palermo

(\*\*\*) Università di Bari, DSGM Dep., Via Camillo Rosalba 53, 70124 Bari

(\*\*\*\*) ENI-CEOM - Centro Oceanologico Mediterraneo, Piazzale del Fante 40, 90146 Palermo

### **Riassunto**

Nell’ambito di un progetto di ricerca denominato “MOGEIFACO”, è stato realizzato, a cura del Gruppo GIFACO operante presso lo IAMC-CNR di Mazara del Vallo, un modello “esperto” di gestione integrata della fascia costiera che permette di analizzare l’evoluzione dei parametri che caratterizzano la gestione integrata della fascia costiera direttamente su un sistema informativo geografico.

Le zone costiere rappresentano ecosistemi complessi e fragili, fortemente influenzati da una quantità elevata di pressioni e fattori sia di origine naturale che antropica, sia nelle componenti terrestri che marine (ambientali, climatici, antropici, idrologici, geomorfologici, socio-economici).

L’aspetto innovativo del progetto risiede nel fatto che il modello “esperto” di gestione integrata della fascia costiera è capace, attraverso l’utilizzo di opportuni indicatori ambientali e di metodologie innovative quali quelle delle reti neurali bayesiane e di dati satellitari, di prevedere la risposta del sistema a varie ipotesi di utilizzo del territorio, con le relative conseguenze sull’ambiente e le attività economiche (in particolare sulla pesca artigianale), mettendo il “decisore politico” nelle condizioni di operare scelte programmatiche “consapevoli”. La zona “laboratorio” è posta sulla costa sud occidentale della Sicilia e comprende i comuni di Marsala, Petrosino, Mazara del Vallo, Campobello di Mazara e Castelvetrano, tutti facenti parte della Provincia di Trapani.

### **Abstract**

In the within of a research project named "MOGEIFACO", it has been realized, by “Gifaco Workgroup” operating at IAMC-CNR in Mazara del Vallo, an "integrated coastal zone management expert model”. It allows to analyze the evolution of characteristic parameters of ICZM using a Geographic Information System (GIS). The coastal zones are complex and fragile ecosystems, strongly influenced by a high amount of pressures and natural and anthropic factors, as well as the land and marine factors (environmental, climatic, anthropic, hydrologic, geomorphologic and socioeconomic).

The innovative aspect of the project consists in the fact that the "expert model” of integrated coastal zone management can foresee the answer of the environmental system to several hypotheses of development and the relative consequences on the coastal system and socioeconomic activities (particularly artisanal fishery), by the utilization of innovative methodologies as satellite data and Bayesian Neural Networks and the visualization on a Geographic Informative System (GIS), with

the objective to help public administrators in coastal planning.

The "laboratory zone" is placed on the western south coast of Sicily and includes the towns of Marsala, Petrosino, Mazara del Vallo, Campobello di Mazara and Castelvetro, all included in the Province of Trapani.

### **Problematica/Obiettivo**

Il progetto di ricerca "MOGEIFACO - Elaborazione di un modello di gestione integrata della fascia costiera mediante GIS e reti neurali attraverso la raccolta ed analisi di dati ambientali ed alieutici dell'area costiera che si estende dallo Stagnone di Marsala a Marinella di Selinunte", è stato finanziato all'IRMA-CNR (ora IAMC-CNR – Istituto per l'Ambiente Marino Costiero) di Mazara del Vallo dall'Assessorato Regionale della Cooperazione, del Commercio, dell'Artigianato e Pesca della Regione Sicilia nell'ambito della misura 4.17b del P.O.R. Sicilia 2000/2006.

Obiettivo del progetto è stato quello di elaborare un modello "esperto" di gestione integrata della fascia costiera della Sicilia sud occidentale, nel tratto tra lo Stagnone di Marsala e Marinella di Selinunte, mediante la raccolta e l'analisi di dati ambientali ed alieutici, nonché l'elaborazione e il trattamento delle loro serie storiche con le metodologie di intelligenza artificiale (reti neurali bayesiane), in modo da visualizzare graficamente su un sistema informativo geografico (GIS) la situazione attuale e futura, con lo scopo di individuare congrui strumenti gestionali atti ad assicurare una gestione sostenibile delle risorse della pesca costiera, anche attraverso la previsione sulla loro rinnovabilità, e di fornire indicazioni concrete sulle possibilità di applicazione di uno strumento gestionale di questo tipo su scala regionale.

L'area scelta si presta come laboratorio per le sue caratteristiche particolari. Si tratta, infatti, di un tratto di costa lungo 89,387 Km, oltre al perimetro delle isole dell'arcipelago dello Stagnone pari a Km 23,205, che si sviluppa con una ricca varietà di tipologie: dalla duna sabbiosa alla riviera ricca di anfratti, con un alternarsi di spiagge e scogli. A questo scenario del litorale fanno da cornice siti di notevole interesse storico naturalistico come lo Stagnone di Marsala e le sue isole, la zona umida di Capo Feto e la zona dunale di Triscina-Tre Fontane. Caratteristica dell'area è inoltre una forte antropizzazione caratterizzata da un abusivismo selvaggio sviluppatosi negli anni '70-80. La pesca costiera rimane l'attività primaria fondamentale di questo tratto di costa, con numerosi porticcioli e ricoveri e varie tipologie di pesca artigianale (fig. 1 e 2).



Fig. 1

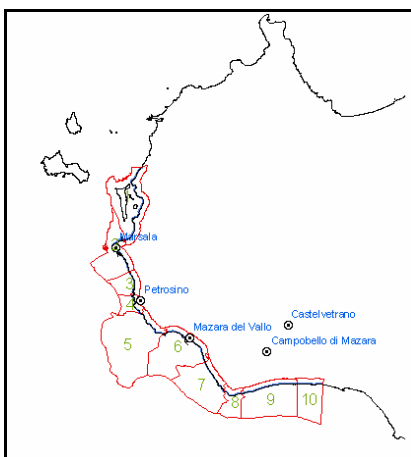


Fig. 2

Le zone costiere, ecosistemi fragili ma complessi, sono fortemente influenzati da una quantità elevata di fattori e pressioni sia di origine antropica che naturale.

Lo sviluppo di una metodologia scientifica denominata "gestione integrata delle zone costiere" fortemente suggerita dall'Unione Europea, impone la realizzazione di modelli previsionali basati sull'analisi di tutti i dati che caratterizzano il sistema.

Sebbene offrano descrizioni sufficientemente dettagliate, molti dei modelli di gestione integrata oggi disponibili sono costituiti da sistemi bidimensionali e pertanto incapaci di simulare i processi relativi ai numerosi fattori che intervengono sulla fascia costiera. La necessità di ricorrere all'utilizzo delle metodologie di intelligenza artificiale (reti neurali artificiali e fuzzy logic) deriva dal fatto che il legame tra i dati di ingresso e quelli di uscita, vista la complessità e la mole degli stessi, non può essere ottenuto attraverso l'utilizzo di specifiche funzioni matematiche, ma può essere ricavato attraverso l'addestramento delle reti neurali. Nell'ambito del progetto si è realizzato un modello esperto di classificazione e forecasting mediante le reti neurali bayesiane coerente con le indicazioni della Unione Europea.

Quindi, in estrema sintesi, il progetto di ricerca "Mogeifaco" costituisce un primo tentativo di applicazione e di valutazione dell'impiego dei sistemi informativi geografici (GIS) nella realizzazione di un modello "esperto" di gestione integrata delle zone costiere mediante l'analisi e il trattamento dei dati con modelli computazionali intelligenti basati sulle reti neurali artificiali. La realizzazione del progetto è avvenuta nell'arco di 21 mesi, dal 1° dicembre 2003 al 30 agosto 2005.

### **Metodologia**

La prima fase nell'elaborazione del modello di ICZM è stata la creazione di una "banca dati" delle informazioni relative all'area oggetto di studio che hanno diretta attinenza con la gestione integrata della fascia costiera, con una sufficiente copertura temporale e territoriale dei fenomeni presi in considerazione.

Una tipica banca dati per la gestione integrata della fascia costiera comprende i seguenti dati:

- ambientali (chimico, fisici, biologici);
- climatici;
- socio-economici.

I dati chimico-fisici-biologici (temperatura a diverse profondità, temperatura superficiale del mare-SST, clorofilla\_a, profondità, conducibilità, ossigeno disciolto, pH, salinità, torbidità, nutrienti, coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi, colorazione, trasparenza, tensioattivi e fenoli) sono stati ottenuti attraverso il campionamento con sonda multiparametrica, analisi presso il Laboratorio di Igiene e Profilassi dell'ARPA di Trapani e trattamento delle immagini satellitari (NOAA, QuickBird, OrbView-2).

I dati climatici (piovosità, temperatura, umidità relativa e ventosità) sono stati acquisiti tramite le Stazioni Operative dell'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste.

I dati socio-economici (popolazione residente, densità abitativa, flussi turistici, attività ricettive quali alberghi, attività extralberghiere, pizzerie, chioschi, attività produttive quali pesca artigianale, acquacoltura, maricoltura, agricoltura ed attività industriali), sono stati acquisiti tramite rilevamenti sul campo, incontri con gli stakeholders e dati ISTAT.

La metodologia usata per descrivere e rappresentare la parte di costa oggetto di studio è stata quella della descrizione per "unità fisiografiche-paesaggistiche-costiere" (UFPC). Si è definita "unità fisiografica paesaggistica costiera" (UFPC) il tratto di litorale "porzione di territorio sufficientemente omogeneo nelle sue caratteristiche geologiche, morfologiche, climatiche in cui i materiali che formano o contribuiscono a formare la costa presentano movimenti confinati al suo interno o hanno scambi con l'esterno in misura non influenzata da quanto accade alla restante parte del litorale".

L'intera fascia costiera oggetto di studio, dopo una prima analisi dei dati raccolti, è stata suddivisa in 10 UFPC o, più brevemente, UFP e in 23 tratti (tab. 1).

| NUMERO UFP | DENOMINAZIONE          | TRATTI (n) | LUNGHEZZA COSTA (m) | PERIMETRO (m) | AREA A TERRA (kmq) | AREA A MARE (kmq) |
|------------|------------------------|------------|---------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| 1          | Stagnone               | 7          | 19307               | 49593         | 24.03              | 34.79             |
| 2          | Marsala                | 2          | 11663               | 32081         | 7.4                | 38.26             |
| 3          | Rina                   | 1          | 5040                | 17184         | 4.91               | 13.87             |
| 4          | Biscione               | 1          | 5638                | 16745         | 3.78               | 9.25              |
| 5          | Capo Feto              | 2          | 7131                | 45614         | 6.37               | 100.57            |
| 6          | Tonnarella-Mazara      | 4          | 12609               | 34087         | 10.77              | 57.67             |
| 7          | Quarara-Capo Granitola | 2          | 8636                | 31806         | 6.4                | 53.23             |
| 8          | Kartibubbo             | 1          | 3687                | 20312         | 3.86               | 14.42             |
| 9          | Tre Fontane-Triscina   | 2          | 10670               | 33037         | 10.28              | 54.72             |
| 10         | Selinunte              | 1          | 5006                | 25939         | 4.9                | 30.39             |

**Tabella n. 1**

Per ogni UFP si sono descritte le caratteristiche naturali ed ambientali e sono state raccolte dettagliate informazioni di natura geologica e socio-economica utili alla conoscenza particolareggiata del territorio oggetto di studio.

Tali informazioni costituiscono la parte preliminare del “modello”, così come espressamente indicato dalle direttive comunitarie.

Esse sono state raccolte sia attraverso ricerca bibliografica che mediante una serie di sopralluoghi e indagini effettuati direttamente in situ.

Si è proceduto, successivamente, alla raccolta di tutti i dati ritenuti utili per la modellizzazione, e alla successiva implementazione di una banca dati con dataset relazionali denominata “Mogeidata”. Infine i dati rilevati, le ortofoto, le cartografie e le immagini satellitari dell’area sono state incorporate in un sistema informativo territoriale (GIS) mediante l’utilizzo di ArcGIS 9.1 della ESRI.

La cartografia ufficiale dell’area e le ortofoto utilizzate per il progetto sono quelle dell’Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana.

I dati e le immagini satellitari utilizzati sono quelli dell’archivio storico della Stazione Satellitare HIRM-2082, presso l’IRMA-CNR di Mazara del Vallo, per i satelliti NOAA e OrbView-2, e quelli acquistati dalla DigitalGlobe, tramite Telespazio, per il satellite ad alta risoluzione QuickBird.

Attraverso l’utilizzo della banca dati Mogeidata si è, infine, realizzato il modello esperto di classificazione e forecasting mediante le reti bayesiane. Una delle aree di maggior sviluppo in Intelligenza Artificiale è, infatti, lo studio e la progettazione di Sistemi Esperti (Expert Systems o Knowledge-Based Systems) in grado di fornire previsioni sulle evoluzioni del sistema costiero in funzione delle modifiche introdotte nei dati di ingresso.

Per il modello MOGEIFACO si sono creati e selezionati indicatori di descrizione e di tendenza basati su dati di disponibilità certa ed affidabile, che consentono di monitorare l’ecosistema e stabilire dei rapporti causa-effetto. La figura in basso riassume la cosiddetta piramide dell’informazione, alla cui base sono collocati i dati grezzi, ad un livello superiore si trovano i dati elaborati, che possono fornire informazioni di tipo statistico, quindi ad un livello ancora più elevato si trovano gli indicatori, che forniscono in maniera sintetica un buon numero di informazioni. All’apice della piramide vi sono infine gli indici, parametri sintetici caratterizzati da un contenuto informativo ancora superiore.

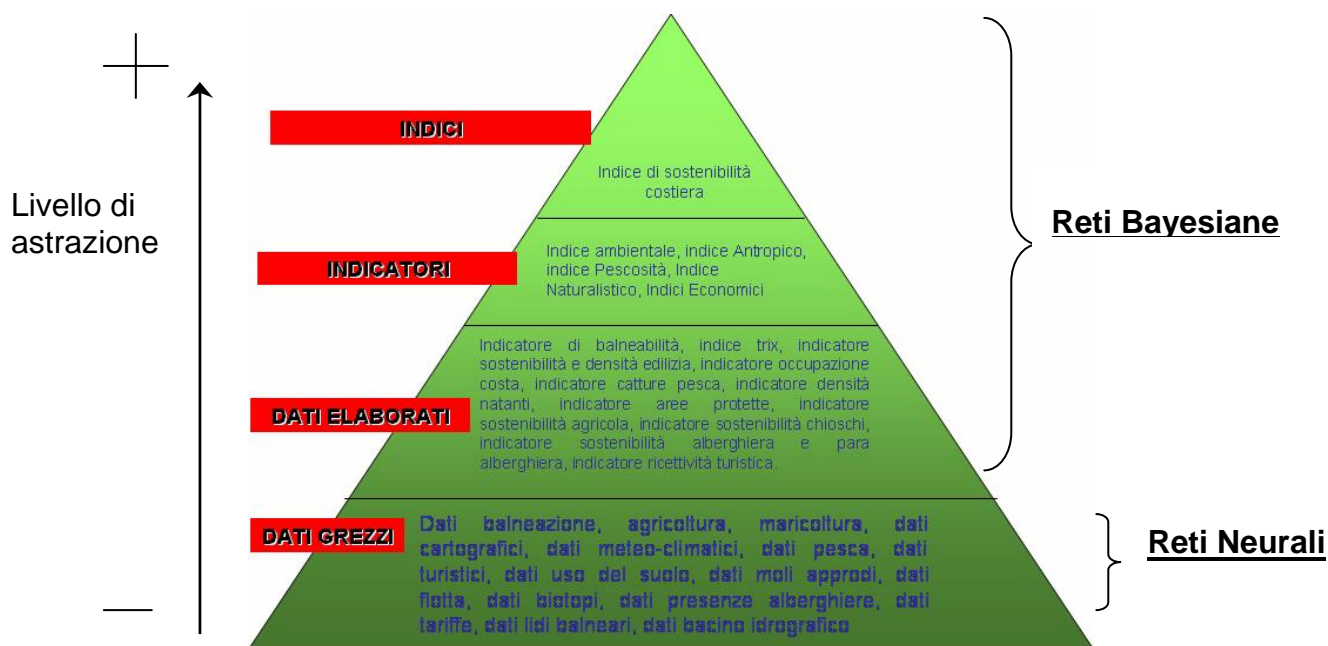


Figura n. 3

Uno degli scopi della ICZM è quello di informare i cittadini e di aumentarne il senso di responsabilità in riferimento alle problematiche ambientali, e, conseguentemente, di incrementare il livello di attenzione politica ed amministrativa sul tema specifico (le “risposte” del modello DIPSIR).

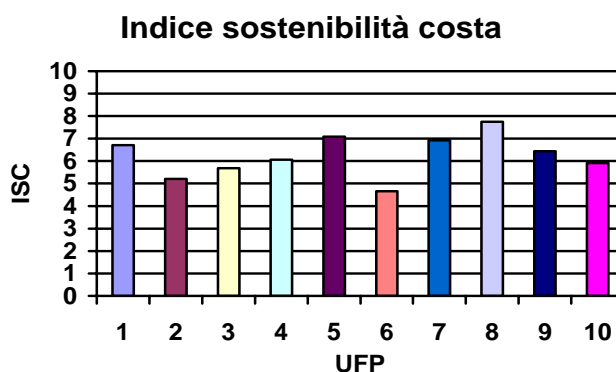
### Resultati e discussione

Il sistema informativo geografico realizzato permette di visualizzare i dati raccolti ed i risultati ottenuti con la creazione del modello previsionale che utilizza le reti neurali bayesiane. Il maggiore ostacolo riscontrato è stato quello di mettere in relazione tra loro i diversi indicatori in funzione delle rispettive problematiche ambientali da descrivere.

Il valore che ogni indicatore può assumere varia da 0 a 10, indicando con 10 il valore ottimale di sostenibilità e con 0 quello più critico.

Essi vengono valutati per le singole “unità fisiografiche”, e sulla base dell’evoluzione temporale degli indicatori si procede, attraverso l’analisi con metodologie di intelligenza artificiale (reti neuronali e fuzzy logic) alla creazione di modelli fisici e matematici in grado di fornire una descrizione sufficientemente dettagliata delle dinamiche della fascia costiera.

L’indice di sostenibilità costiera, calcolato attraverso l’utilizzo degli indicatori, indica che le aree maggiormente a rischio dal punto di vista ambientale risultano essere quelle di più elevato impatto dal punto di vista antropico, in particolare quelle di Marsala (UFP 2), Tonnarella (UFP 6), Rina (UFP 3) e Selinunte (UFP 10); così come risulta dal grafico sottostante:



E' da notare che alcune aree hanno un indice di sostenibilità ambientale costiero elevato, quantunque degradate dal punto di vista urbanistico-antropico: ciò è giustificato dal fatto che in esse sono ancora presenti elementi importanti dal punto di vista ambientale (pesca costiera, sistema dunale, attività agricole, aree verdi, ecc.) che ne rendono possibile il recupero e la sostenibilità.

Per queste aree è urgente la predisposizione di opportuni piani di recupero e gestione delle spiagge, al fine di assicurarne la futura fruibilità.

Tra gli interventi che possono fornire un supporto al recupero si indicano:

- azioni di riqualificazione delle aree di balneazione;
- piani urbanistici per la sistemazione delle aree di parcheggio e di servizi;
- interventi per la salvaguardia del sistema dunale (in particolare opere di contenimento della sabbia durante il periodo invernale);
- interventi razionali per la pulizia della spiaggia, al fine di evitare una asportazione della stessa assieme ai detriti;
- interventi di recupero delle aree sottoposte ad azione erosiva.

Una particolare preoccupazione desta lo Stagnone di Marsala, ambiente fortemente instabile che evolve più verso stati palustri che tipicamente continentali, dove sono in corso pericolosi fenomeni di degrado dell'habitat. Tale situazione è causata principalmente dall'interramento della bocca di Tramontana della laguna, che, come si evince dall'analisi delle immagini satellitari QuickBird, limita la possibilità di movimento delle acque.

E' quindi indispensabile la realizzazione di uno studio scientifico sistematico della situazione dello Stagnone, al fine di adottare tutte quelle azioni che si rendono necessarie per ripristinare le normali condizioni di troficità.

Per quanto riguarda le aree critiche dal punto di vista dell'erosione costiera, un fenomeno che comunque non presenta le stesse dinamiche di temporalità di altre aree della Sicilia (in particolare quelle del Messinese), esse possono essere individuate dalle seguenti emergenze: Rina (Marsala), Fossanove (Petrosino), Torrazze (Petrosino), Tonnarella (Mazara del Vallo), San Vito (Mazara del Vallo), Quarara (Mazara del Vallo), Tre Fontane (Campobello di Mazara), Triscina (Castelvetrano).

E' necessario predisporre un piano di monitoraggio delle aree a rischio, e proporre una serie di interventi per assicurare il recupero dei fenomeni in corso.

In conclusione il GIS si è rivelato un valido strumento per la raccolta, memorizzazione, analisi e visualizzazione delle informazioni attinenti la fascia costiera e per fornire previsioni, attraverso il "modello esperto" sull'evoluzione futura del sistema.

I vantaggi dell'uso di un GIS nella gestione integrata si possono riassumere in:

- approccio più sistematico nella raccolta delle informazioni ambientali;
- riduzione dei costi complessivi delle operazioni di raccolta e gestione dei dati;
- incremento della comparazione e compatibilità dei gruppi di dati;
- migliore accessibilità e diffusione delle informazioni;
- maggiore facilità nell'analisi spaziale e temporale degli impatti ambientali.

### **Bibliografia essenziale**

"Mogeifaco - Rapporto finale" - N.T.R.- I.R.M.A Special Publication N° 9 – 2005, IAMC-CNR, Mazara del Vallo

<http://www.mogeifaco.it>