

*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE  
DELLA INFORMAZIONE**

**PISA**



**Studio di fattibilità sull'impiego di sistemi informatici per la  
elaborazione di immagini subacquee nel monitoraggio  
della fauna marina.**

Benedetto Biagi

**Nota Interna B4-068**

**Dicembre 1992**

**Studio di fattibilità sull'impiego di  
sistemi informatici per la elaborazione  
di immagini subacquee nel  
monitoraggio della fauna marina**

---

Dr. Benedetto Biagi

## **Indice :**

### **Introduzione**

#### **1 . Obiettivi dello studio**

#### **2 . Analisi del materiale**

#### **3 . Metodologia di elaborazione**

##### **3.1 Elaborazioni bidimensionali**

##### **3.2 Elaborazioni tridimensionali**

#### **4 . Il futuro possibile**

## *Introduzione*

Da diversi studi specialistici emerge la validità dell'uso di informazioni sulla presenza e sulla crescita di diverse specie marine quali indicatori dello stato di inquinamento o della alterazione microambientale presente nei nostri mari.

Uno dei problemi più difficilmente risolvibili è costituito dalla realizzazione di un monitoraggio efficace, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo (nel tempo e nello spazio) delle specie che i ricercatori considerano più indicative per la valutazione della qualità dell'ambiente marino.

I recenti progressi della tecnologia informatica forniscono nuovi strumenti e nuove metodologie il cui impiego necessita di una attenta valutazione in relazione alle precedenti problematiche per stabilire se e come la elaborazione delle immagini subacquee digitalizzate possa portare allo sviluppo di metodologie di monitoraggio quantitativo delle specie marine da osservare.

In questa relazione viene descritto un primo studio di fattibilità, basato sulla digitalizzazione di alcune immagini riprese da una camera subacquea e su alcune loro elaborazioni che permettono di evidenziare sia le potenzialità dell'impiego di sistemi informatici in questo campo, sia i limiti degli stessi, almeno per quanto riguarda le informazioni quantitative estraibili da immagini riprese con tecniche tradizionali e senza nessun accorgimento o strumentazione particolare.

Nei vari paragrafi della relazione vengono esaminati i materiali a disposizione, le loro caratteristiche e le metodologie di elaborazione usate.

La parte finale è dedicata alla descrizione di che cosa sarebbe possibile ottenere impiegando tecniche e strumentazioni di ripresa ad hoc.

## *1. Obiettivi dello studio*

Già da diversi anni le immagini subacquee, specialmente se ripetute nel tempo, vengono impiegate per valutare la presenza e l'accrescimento di numerose specie marine, la eventuale competitività tra di esse e la loro correlazione con i fattori dell'ambiente nel quale si sviluppano.

Una delle metodologie tradizionali per la estrazione di informazioni è quella della "segmentazione" delle immagini e del calcolo delle superfici occupate dalle varie specie marine; il confronto temporale di tali valori dà una misura della evoluzione (in accrescimento o diminuzione) delle specie e quindi può essere correlato ai vari fattori ambientali.

Se questo risulta praticabile per specie che si sviluppano orizzontalmente, rimane un problema di difficile soluzione estrarre informazioni sull'accrescimento verticale (o in volume) di alcune specie, come il corallo, dall'esame delle foto subacquee.

Il procedimento è in ogni caso molto lungo e l'esame di un numero anche limitato di immagini comporta diversi giorni-uomo di lavoro.

Gli obiettivi dello studio possono essere quindi suddivisi in due finalità principali: verificare se l'impiego di strumenti informatici possa rendere significativamente più rapido il procedimento tradizionale, pur conservando ed eventualmente migliorando la precisione della classificazione e se possa permettere di estrarre informazioni non ottenibili dai procedimenti tradizionali, soprattutto per quanto riguarda lo sviluppo tridimensionale delle specie marine.

## *2. Analisi del materiale*

In questo paragrafo descriverò sia il materiale fotografico a disposizione sia la tecnologia informatica che è stata usata.

Il materiale fotografico, sotto forma di diapositive a colori 24x36 mm, rappresenta una serie di immagini di una cavità sottomarina sulla quale sono presenti varie specie marine, compreso il corallo rosso, aventi sviluppi areali e verticali diversi.

Alcune delle immagini si riferiscono alla stessa porzione di cavità sottomarina ripresa in tempi diversi.

Purtroppo le immagini non sono state riprese esattamente nella stessa posizione nè con la stessa angolazione dell'asse ottico, anche se approssimativamente alla stessa distanza dal substrato roccioso su cui si sviluppano le specie marine.

Le immagini risultano ben nitide e a fuoco, con buon contrasto e resa cromatica, grazie anche alla limpidezza dell'acqua; l'unico problema riscontrabile per una elaborazione ed un confronto automatico è quindi quello della metodologia di presa non "fissa" tra una immagine e la successiva nel tempo.

Per quanto riguarda le tecnologie informatiche, si è fatto ricorso ad un Canon ION PC, una "still video camera" capace di memorizzare su dischetto magnetico e trasferire rapidamente su personal computer le immagini riprese; per mezzo di un apposito adattatore la ION può acquisire immagini da diapositiva e così la serie delle immagini a disposizione è stata trasferita su personal computer in un formato che permette la memorizzazione di 24 bit (più di 16 milioni di colori possibili) per ogni punto immagine.

Le immagini sono state acquisite a una risoluzione VGA standard di 640x480 punti immagine; ogni immagine, se non si fa uso di apposite tecniche di compressione, occupa quindi quasi 1Mb di memoria su disco.

Per la elaborazione sono stati usati:

1) un personal computer AT compatibile, con processore Intel 80486 a 33MHz, 4 Mb di RAM, un disco fisso da 210 Mb, interfacce standard e mouse; la scheda grafica a disposizione è una VGA capace di visualizzare solo 256 colori alla risoluzione di 640x480 punti.

Il software usato su questo PC, sotto MS DOS 5.0, è il seguente: MS Windows 3.1 come ambiente operativo e Aldus Photostyler come software per la elaborazione elementare delle immagini.

2) un personal computer AT compatibile, con processore Intel 80386 a 25MHz, 4 Mb di RAM, un disco fisso da 150 Mb, interfacce standard e mouse; su tale computer, oltre ad una scheda grafica VGA standard è montata una seconda scheda grafica, la Number 9 Revolution/32, che permette la visualizzazione su un secondo monitor ad essa dedicato di immagini a risoluzione 512x512 punti a 24 bit (16 milioni di colori, o "true color", come si dice in gergo).

Il software usato su questo PC, sotto MS DOS 5.0, è ERDAS PC, un pacchetto usato principalmente per la analisi e la elaborazione di immagini da satellite o da piattaforma aerea, comunque multispettrale o multibanda. L'unico motivo per il quale è stato usato questo pacchetto per le immagini a disposizione è quello che esso presenta già predisposte complete funzioni di segmentazione, classificazione e calcolo di superfici in pixel.

Le immagini subacquee naturalmente non sono multibanda, ma possono essere importate ed elaborate con questo pacchetto.

### ***3. Metodologia di elaborazione***

In questo paragrafo distinguerò le elaborazioni in due gruppi: bidimensionali e tridimensionali.

Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, le elaborazioni bidimensionali hanno come scopo principale quello di verificare sia l'applicabilità sia le prestazioni in termini di tempo e precisione, del trattamento più o meno automatico delle immagini digitalizzate; le elaborazioni tridimensionali si propongono di verificare se sia possibile valutare quantitativamente anche le variazioni verticali, oltre quelle planimetriche già possibili in due dimensioni.

#### ***3.1 Elaborazioni bidimensionali***

La prima verifica effettuata riguarda la segmentazione e la classificazione per valutare la distribuzione areale sulle immagini delle varie specie marine.

Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso differenti procedure caratterizzate da un diverso grado di "intelligenza" e quindi di automazione.

Ciò che le accomuna è rappresentato dalla interattività con l'operatore e dal fatto che tutte si basano sul calcolo della superficie ( valutata in punti immagine e/o in % rispetto alla superficie totale della scena ripresa) delle zone occupate dalle varie specie.

Il diverso grado di intelligenza è insito nelle modalità di rilevamento dei contorni di tali zone.

Nelle procedure più semplici il contorno viene tracciato (manualmente dall'operatore) col mouse a video, basandosi sul diverso colore che caratterizza le varie specie.

Attraverso opportuni filtri digitali, i colori possono essere evidenziati e/o falsati, in modo tale da facilitare l'operatore.

Di tali contorni, che possono essere memorizzati ed eventualmente riprodotti su stampante o plotter, può essere facilmente calcolata la superficie in punti immagine così da ottenere una classificazione dell'immagine in termini di contenuti delle specie di interesse. Per questa operazione è risultata sufficiente la configurazione software 1) di cui al paragrafo 2.

Una procedura più sofisticata è quella che realizza semiautomaticamente la classificazione ed il conteggio delle aree.

Il termine semiautomatica si riferisce al fatto che tutti i procedimenti di classificazione si basano sulle caratteristiche di colore o tessitura delle varie zone dell'immagine e quindi è sempre necessario l'intervento dell'operatore, anche se minimo in termini di tempo, per stabilire o quali colori siano da classificare (classificazione "supervisionata") o quali siano da scartare (classificazione "non supervisionata") nel caso si sia lasciato al programma il compito di classificare tutte le zone con caratteristiche diverse tra loro presenti nella immagine.

Ambedue i metodi hanno i loro pregi ed i loro difetti e non credo che esista un modo migliore dell'altro in generale, ma che questo dipenda dal tipo di immagine.

Se nell'immagine sono presenti poche specie dai colori ben distinti ed uniformi al loro interno, la procedura non supervisionata sarà quella più adatta.

Se, viceversa, le specie presenti nell'immagine hanno colori degradanti o a macchie o se specie diverse appaiono di colori simili, a meno di un filtraggio in falso colore, la procedura

supervisionata sarà la più adatta.

Per queste operazioni è necessaria una configurazione software simile alla 2) di cui al secondo paragrafo dello studio.

Un discorso a parte merita la possibilità di confrontare i risultati di immagini diverse; come descritto nel paragrafo 2, le immagini riprese a distanza di tempo non inquadrano con precisione la stessa porzione di cavità subacquea ed è quindi evidente che le superfici ottenute dalle procedure di classificazione possono essere confrontate solo con una certa approssimazione.

Nel paragrafo finale saranno descritti alcuni suggerimenti per ovviare a questo problema.

### ***3.2 Elaborazioni tridimensionali***

La ricostruzione di informazioni tridimensionali da immagini, che sono proiezioni (bidimensionali) di una scena sul piano dell'immagine da un certo punto di vista, è un problema che si incontra frequentemente in molti settori della scienza e della tecnologia, in particolare in ingegneria, architettura, telerilevamento.

Anche questa applicazione può essere considerata, in senso lato, una applicazione di telerilevamento nel campo del visibile e con l'uso di sensori ottici.

Una soluzione analitica esatta (a meno, evidentemente, dei limiti imposti dalle precisioni strumentali) può essere ricavata disponendo di una coppia di immagini stereoscopiche della stessa scena.

Nel nostro caso tale approccio risulta impraticabile sia dal punto di vista operativo sia dal punto di vista economico (i costi di camere fotogrammetriche terrestri a focale calibrata sono molto alti; non mi immagino per le versioni subacquee,

ammesso che esistano).

Ciò che può essere fatto con i materiali attuali deve necessariamente prescindere dalla soluzione analitica ottenibile da una coppia stereo e lavorare con singole immagini.

Un recente algoritmo da me implementato in una diversa applicazione di elaborazione di immagini, permette di ricostruire, attraverso un procedimento iterativo, informazioni tridimensionali da una singola immagine, ammesso che siano noti alcuni dei parametri geometrici del problema.

In generale tali parametri riguardano: la posizione tridimensionale di una serie di "punti di controllo" nella scena e che risultino visibili anche nell'immagine; la posizione, l'orientamento e la distanza focale esatta della camera da presa.

L'algoritmo da me sviluppato riesce ad ottenere informazioni tridimensionali con buona precisione senza conoscere il secondo gruppo di parametri citati.

L'applicazione di questo algoritmo al caso delle immagini subacquee sarebbe quindi fattibile se fossero rispettati i seguenti vincoli:

- presenza nell'immagine di marche di riferimento la cui posizione tridimensionale nella scena ripresa sia misurabile con precisione;
- presenza di una marca millimetrata in posizione verticale, da riprendere nella scena in modo disassato rispetto all'asse ottico.

Con queste informazioni sarebbe possibile ottenere dati quantitativi sugli accrescimenti verticali, ritengo con precisione più che sufficiente per le ricerche in corso.

È da notare che le informazioni ottenibili in tal modo permetterebbero di ricavare sia variazioni di altezza che di volume, perchè permetterebbero di ottenere, in pratica, la trasformazione geometrica inversa a quella prospettica che ha generato le immagini.

Allo stato attuale dei fatti, la prima (e forse unica) elaborazione possibile sarebbe quella di un confronto relativo (cioè non in termini assoluti di mm o cm) tra immagini se la camera fosse in posizione costante tra una ripresa e l'altra.

#### *4. Il futuro possibile*

Prima di analizzare ciò che sarebbe possibile "fare se", riassumiamo brevemente ciò che risulta possibile fare con gli strumenti e le immagini attuali.

Dalle analisi effettuate risulta che la tecnologia informatica è sufficientemente avanzata da permettere di elaborare le immagini subacquee per estrarne completamente il contenuto, in maniera analoga e più rapidamente rispetto alle tecniche tradizionali; non è però sufficientemente avanzata da estrarre ciò che nelle immagini è contenuto in forma implicita (informazioni assolute sulla metrica degli oggetti ripresi) senza aggiungere marche o riferimenti all'interno delle immagini stesse.

Il costo dell'hardware necessario è abbastanza contenuto (entro i dieci milioni per una stazione grafica completa di dispositivi di digitalizzazione delle immagini) ma il costo del software è molto variabile e dipende dal grado di "automazione" che si vuole raggiungere; sono sufficienti infatti pochi milioni (1-2 al massimo) per i pacchetti software di uso generale, fino a più di 20 milioni per i pacchetti di segmentazione e classificazione interattiva.

Un discorso a parte merita la implementazione di software ad hoc per la classificazione, che sarebbe possibile fare con un impegno comunque consistente (ordine di grandezza della decina di milioni).

Per quanto riguarda la elaborazione e la estrazione di informazioni tridimensionali, allo stato attuale è possibile fare

ben poco perchè, come già detto, non esistono elementi di riferimento esterni alle immagini.

Le mie conoscenze di ripresa subacquea sono praticamente nulle e quindi non so se sia possibile realizzare strutture fisse sul campo di ripresa (una sorta di piccolo telaio in acciaio inossidabile al quale fissare la camera prima della ripresa) e marche di riferimento fisse e misurate, oppure se sia possibile impiantare sul campo di ripresa solo dei piccoli agganci per un telaio mobile solidale alla macchina da presa e che contenga le marche graduate nel campo visivo della camera.

Per la estrazione delle informazioni tridimensionali vale quanto detto precedentemente riguardo all'hardware, mentre il software dovrebbe essere realizzato ad hoc con costi dell'ordine della decina di milioni; non mi risulta che esista in commercio nessun pacchetto software di questo tipo; le motivazioni penso vadano ricercate nella grande varietà di situazioni geometriche da risolvere, per cui è praticamente impossibile realizzare un pacchetto che risolva il problema della ricostruzione tridimensionale in generale.