

Trasformazioni territoriali e MAP algebra

M.Pietrobon, G. Salemi

Dipartimento di Architettura, Urbanistica e Rilevamento
Università degli Studi di Padova

email: marcopatch@libero.it, giuseppe.salemi@unipd.it

1. Introduzione

L'analisi delle trasformazioni territoriali è base essenziale di una buona pianificazione e della gestione del territorio, che presuppongono, infatti, una conoscenza approfondita dello stato di fatto e delle dinamiche in atto nelle aree interessate dallo studio.

Strumento di sicura utilità in questo settore sono i GIS (Geographic Information System): offrono la possibilità di gestire dati e immagini relativi al territorio analizzato. Per l'analisi del territorio sulla base di immagini in formato raster, questi sistemi si basano sul MAP (Map Analysis Package), un linguaggio dotato di regole rigorose, di operatori e di funzioni specifiche.

Si è cercato, quindi, di dimostrare quanto anche gli strumenti più semplici offerti da questo linguaggio possano aiutare l'urbanista e il pianificatore nell'analizzare il territorio: prima, con un esempio su dati simulati e, poi, su dati reali.

In particolare, un operatore, detto di confronto combinatorio, è stato utilizzato per mettere a confronto mappe relative ad elementi naturali in momenti diversi per evidenziarne le modificazioni. In GRASS, questo tipo di operatore è implementato dal modulo *r.cross*, con il quale sono state valutate inizialmente mappe relative ad una superficie generata, e, quindi, mappe relative all'evoluzione temporale degli elementi naturali barene e canali nella laguna di Venezia.

Quindi, sono state simulate trasformazioni indotte sullo stesso ambiente lagunare, valutando possibili impatti di interventi che insistessero localmente, linearmente e, infine, in modo diffuso sul territorio.

2. Gli operatori

Nella prima parte del lavoro è stato fatto uno studio sugli elementi di base della MAP Algebra, operatori e funzioni, per capirne a fondo la struttura e il modo in cui operano e, quindi, individuare quelli più adatti e utili all'analisi delle trasformazioni territoriali.

I tipi di operatore che sono risultati più interessanti sono:

- aritmetici
- relazionali
- booleani
- combinatori

- logici

Tenendo presente che le immagini del territorio vengono usualmente utilizzate nel formato raster (che prevede di considerare una griglia le cui celle rappresentano aree dello spazio reale e contengono valori indicativi dell'elemento rappresentato), si vedono alcuni esempi del funzionamento e di possibili utilizzi di questi operatori.

1.1 Operatori relazionali

Questo tipo di operatori sono di norma utilizzati nei sistemi di gestione dei database relazionali per la gestione delle tabelle. La loro funzione, quindi, è quella di valutare una condizione: se questa risulta verificata viene restituito il valore 1, altrimenti il valore 0.

Servono quindi a valutare le classiche condizioni “maggiore/minore di”, “uguale a” e “maggiore/minore o uguale a” e richiedono in ingresso almeno due valori che possono essere sia interi sia in virgola mobile.

La gestione del dato mancante negli operatori relazionali è analoga a quella degli operatori aritmetici, cioè dopo la valutazione viene lasciato il dato mancante (**Error! Reference source not found.1**).

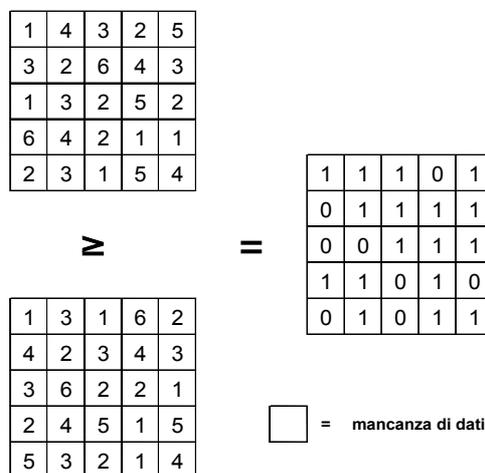


Figura 0 - L'operatore di relazione restituisce 1 dove la condizione è verificata, 0 dove non lo è (DeMers, M, 2002)..

Un esempio di applicazione pratica di utilizzo di questo genere di operatori è il confronto fra layer relativi alla concentrazione nel terreno di due diversi tipi di inquinanti per determinare quali fra essi risulta più critico per ogni area.

1.2 Operatori booleani

Gli operatori booleani, come dice il nome stesso, si rifanno alla logica booleana, ovvero valutano delle condizioni, così come quelli relazionali.

Le condizioni, però, sono del tipo **and**, **or**, **not** e **xor**, e i valori in uscita sono 1 o 0, cioè vero o falso.

L'operatore **and** restituisce 1 se entrambe le celle hanno valore diverso da zero, l'**or** se ce l'ha una sola, il **not** restituisce il complementare della griglia, lo **xor**, detto anche **or esclusivo**, restituisce 1 se una sola delle due celle confrontate ha valore diverso da 0. (**Error! Reference source not found.2**).

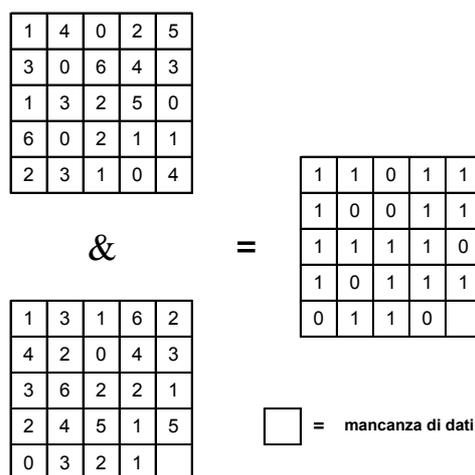


Figura 2 - L'operatore AND, o &, valuta se è verificata la presenza di valori diversi da zero in entrambe le griglie; i dati mancanti vengono ignorati (DeMers, M, 2002).

Con un operatore booleano, ad esempio, a partire da mappe relative a due tipi vegetazionali si possono automaticamente determinare le zone dove sono presenti entrambi i tipi.

1.3 Operatori combinatori

Gli operatori combinatori hanno molto in comune con quelli booleani ma assegnano valori specifici alla valutazione di due o più griglie. Sono quindi un'estensione di questi, in quanto assegnano un valore all'unicità della combinazione dei valori delle griglie considerate (Tabella 1e **Error! Reference source not found.**).

E' da notare che la valutazione considera diverse le combinazioni simmetriche di una coppia di valori, cioè (1,2) ≠ (2,1).

Operatori combinatori		
Matrice 1	Matrice 2	Matrice risultante
1	1	0
1	2	1
1	3	2
2	1	3
3	1	4

Tabella 1 - Esempio di come opera un operatore combinatorio-

Nei confronti incrociati fra tematismi diversi è spesso utile mettere in risalto le varie combinazioni in modo che siano distinguibili in maniera univoca.

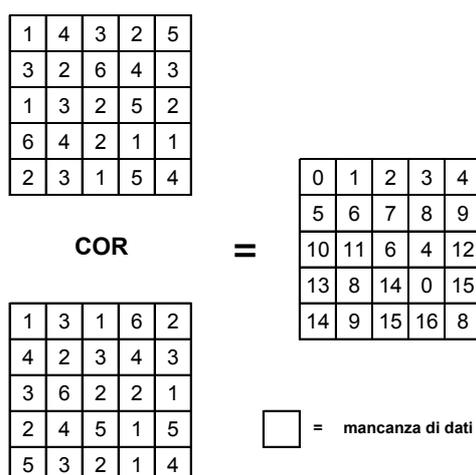


Figura 3 - I valori di ogni cella rappresentano in modo univoco la combinazione degli elementi delle griglie confrontate (DeMers, M, 2002).

3. Le funzioni

Le funzioni sono delle operazioni di ordine superiore, costruite sulla base degli operatori descritti in precedenza e possono essere applicate a una o più mappe.

Possono essere divise in sei principali categorie: locali, focali, block, zonali e globali.

Le prime sono dette funzioni “a cella”, nel senso che operano considerando la singola cella di ogni mappa raster, ovvero non vengono valutate le celle adiacenti; le operazioni possono essere aritmetiche, trigonometriche, esponenziali, logiche o logaritmiche.

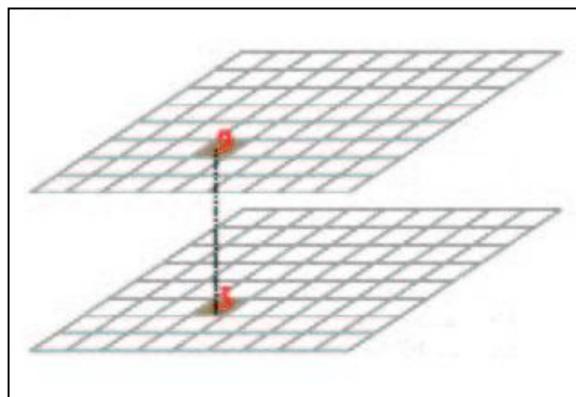


Figura 4 - Le funzioni locali restituiscono una griglia che per ogni cella ha un valore che dipende esclusivamente da quello della sua corrispondente nella griglia originaria.

Le funzioni focali, al contrario, calcolano il nuovo valore di una cella considerando un intorno definito, detto nucleo o finestra mobile; questo può assumere forme diverse regolari (quadrato,

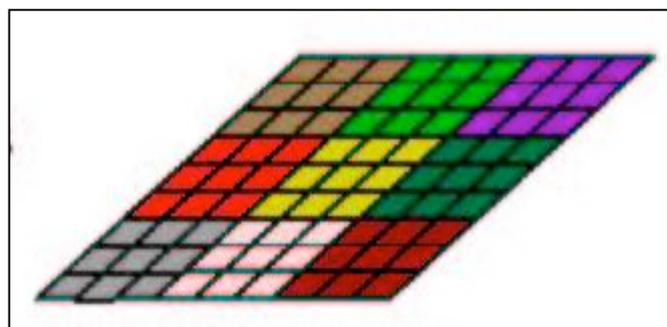


Figura 6 - La funzione block opera con una finestra mobile tipo quella delle funzioni focali che non scorre su aree già computate.

rettangolo, cerchio) e persino irregolari.

Le funzioni cosiddette block sono simili alle focali, nel senso che nell'operare valutano un'area di celle, ma associano poi il valore calcolato a tutta l'area presa in considerazione.

Anche le funzioni zonali operano considerando un gruppo di celle, ma in questo caso appartenenti ad una zona omogenea definita da una determinata caratteristica e non dall'adiacenza ad una particolare cella. L'elemento zona potrebbe essere ad esempio considerato l'insieme delle celle relative all'entità campo di mais, non necessariamente contigue, nel caso di una mappa dell'uso del suolo.

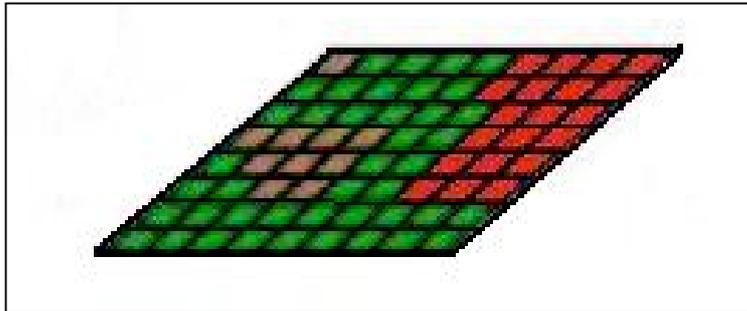


Figura 7 - Le tre aree colorate sono tipici esempi di zone in una mappa raster: insiemi di celle omogenee relativamente a qualche tematismo e non necessariamente di forma regolare.

Le funzioni globali interessano invece l'intera griglia, in quanto il valore che associano ad ogni cella dipende da tutte le altre. A questo gruppo appartengono le funzioni di misura di distanza, di direzione di flusso, o di misure pesate.

4. Operazioni sulle mappe

4.1 Mappe generate

Inizialmente, gli operatori sono stati testati in GRASS su superfici generate con i comandi `s.surf.idw` e `s.surf.rst` a partire da set di punti generati con `s.random`.

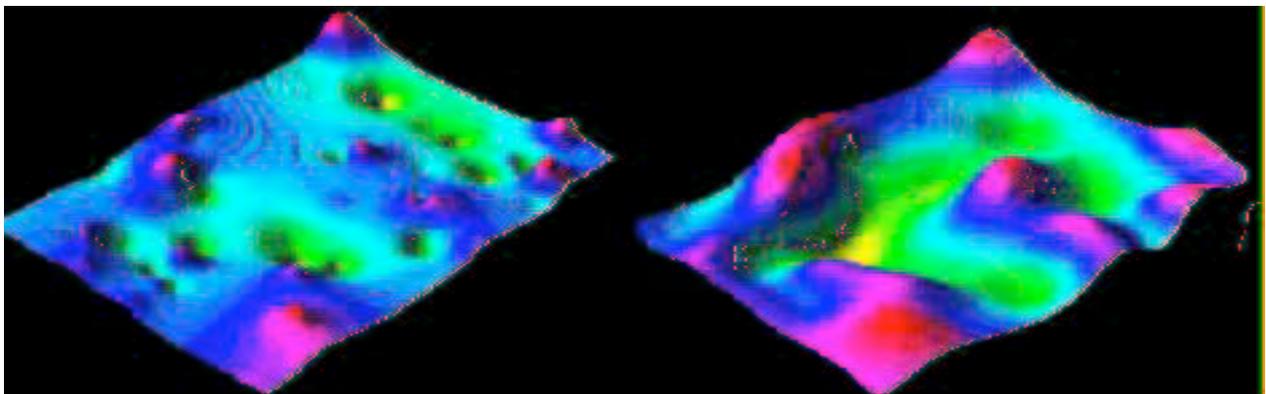


Figura 8 - Le superfici generate visualizzate con Nviz

In particolare, è risultato interessante l'operatore di confronto combinatorio, implementato dal comando `r.cross` che restituisce una mappa dove vengono individuate le differenze fra le mappe confrontate.

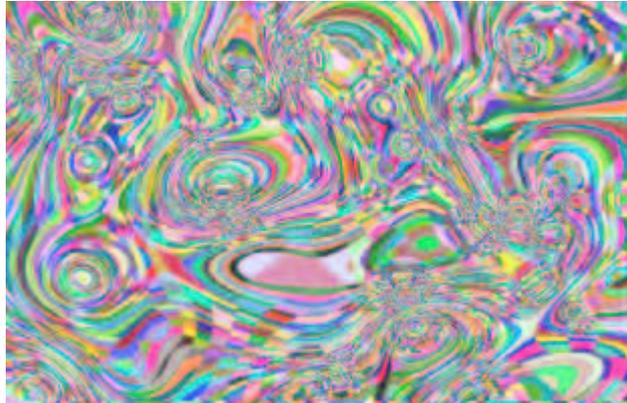


Figura 9 Mappa risultante del confronto combinatorio delle superficie di Figura 8

4.2 Trasformazioni territoriali nella Laguna di Venezia

Provati operatori e funzioni su dati simulati, è stata fatta, quindi, un'analisi di una situazione reale, le trasformazioni avvenute nell'ambiente della laguna veneta a partire da mappe relative ai periodi 1810-1901, 1902-1970, 1971-1992: in particolare sulle componenti barena e canale.

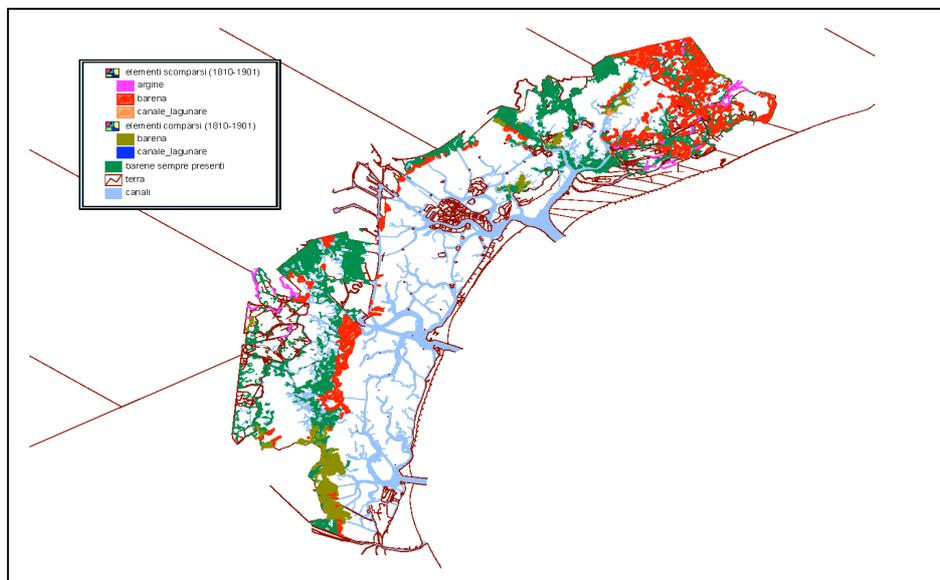


Figura 10 - Mappa originale delle trasformazioni territoriali nella laguna nel periodo 1810-1901 (www.istitutoveneto.it).

NOTA: la barena è un affioramento di fango e sabbia tipico delle lagune nord-adriatiche, che si eleva sopra il livello medio delle alte maree

A partire da queste immagini, sono stati isolati i layer relativi alle diverse componenti ambientali, argini, barene, canali, terra; quindi, le nuove mappe così ottenute sono state importate in GRASS con il comando `r.in.png`.

Come si vede in figura 7, per ogni periodo gli elementi vengono classificati in *sempre presenti*, *comparsi e scomparsi*; perciò, per considerare le evoluzioni temporali a partire dallo stato di fatto relativo all'inizio di ogni periodo, sono state unite le mappe di ogni componente *sempre presente* e *scomparso*.

Applicando alle mappe così ottenute un confronto combinatorio per periodi successivi con `r.cross`, si ottiene un'immagine dove sono visualizzate distintamente le trasformazioni relative all'elemento considerato: barena o canale.

Le aree relative alle diverse evoluzioni sono state successivamente computate: in GRASS, il comando `r.stats` restituisce di default il numero totale di celle per ogni valore in esse contenuto.

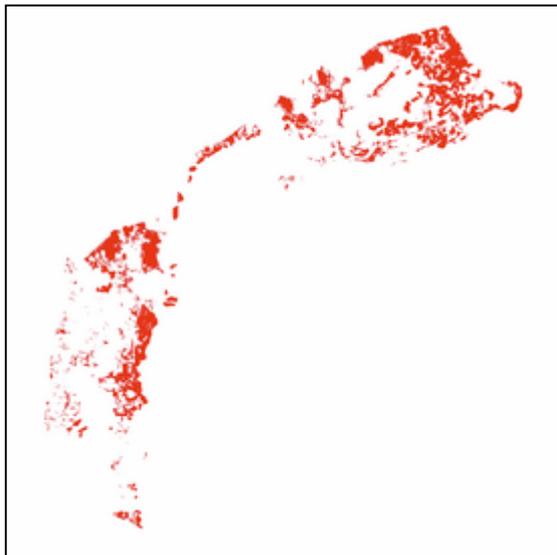


Figura 11 – Barene nel 1810.

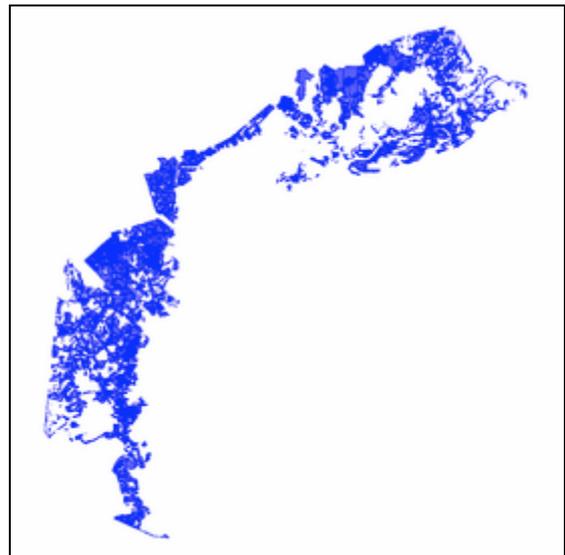


Figura 12 - Barene nel 1902.

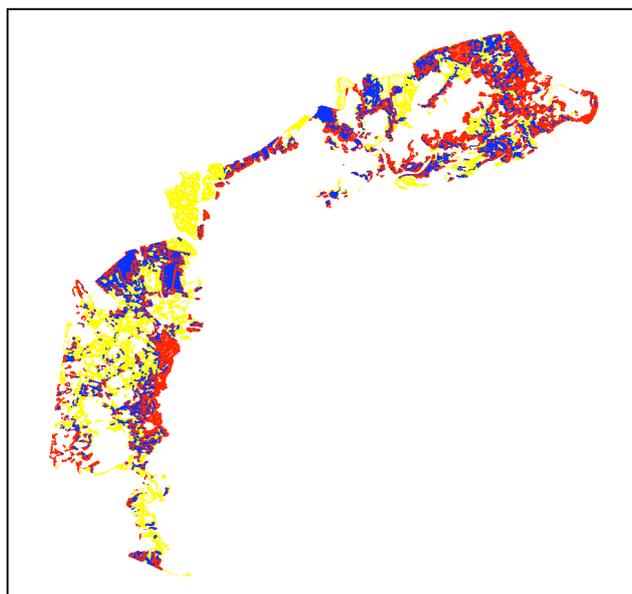


Figura 13 - Evoluzione delle barene: comparse (giallo), scomparse (blu), sempre presenti (rosso).

Categoria	Descrizione		Area (pixel)
	barene 1810	barene 1902	
comparse	0	1	28467
scomparse	1	0	20789
sempre presenti	1	1	28383

Tabella 2 - Le aree in pixel relative alle diverse trasformazioni delle barene.

4.3 Trasformazioni territoriali indotte

Per simulare tre diversi tipi di impatti indotti, sono stati ipotizzati tre fattori, localizzato, lineare e diffuso, che incidessero sul territorio: relativamente ai primi due sono state individuate più fasce di impatto, identificate con aree di buffer.

Per ogni diversa sovrapposizione fra elemento naturale e impatto indotto r.CROSS restituisce un valore distintivo; risulta, quindi, immediato con r.stats valutare le diverse aree (in pixel) interessate dal disturbo dell'elemento imposto.

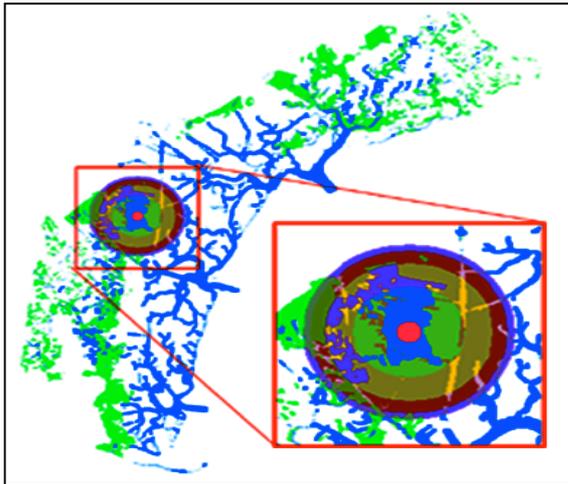


Figura 04 - Fattore d'impatto puntuale e aree di buffer su barene e canali.

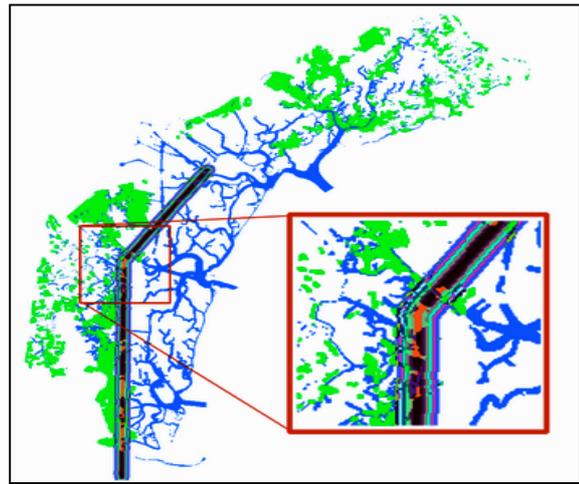


Figura 05- Fattore d'impatto lineare e aree di buffer su barene e canali.

Aree impattate (in pixel)		Distanza dall'impatto				
		0	0-300	300-500	500-600	600-650
Componente ambientale	barena	258	1821	1526	895	506
	canale	0	363	657	351	336

Aree impattate (in pixel)		Distanza dall'impatto					
		0	0-200	200-400	400-600	600-800	800-1000
Componente ambientale	barena	673	552	577	590	574	569
	canale	261	206	270	266	225	284

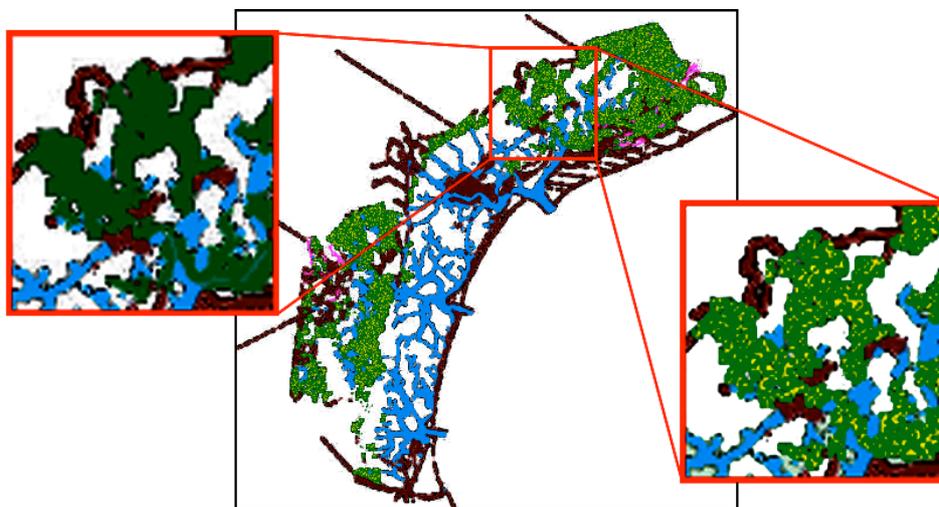


Figura 06 Effetto di disturbo diffuso sulle barene. L'area interessata dal disturbo è pari a 1163 pixel.

5. Conclusioni

Anche se nel lavoro svolto sono state utilizzate mappe territoriali nelle quali già erano distinti i diversi elementi presenti nell'ambiente lagunare, si è visto quanto utile possa essere anche il solo operatore di confronto combinatorio nell'analisi del territorio.

Infatti, secondo la procedura qui seguita, una volta riconosciute e isolate le diverse componenti di un ambiente, nei sistemi GIS è possibile fare delle valutazioni quantitative e qualitative sulle trasformazioni che vanno a incidere su ogni singola componente, sia che siano dovute alla naturale evoluzione temporale sia che siano state indotte da qualche tipo di intervento esterno all'ambiente.

Riferimenti

- Beinat, E., Bressan, M., Jones, M., Fabbri, K. (1999) *Geographical Information Systems and Environmental Impact Assessment*, UNIGIS Site, Faculty of Economics, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Beinat, E. e Nijkamp, P. (1998) *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Bernhardsen, T. (1996) "From the real world to GIS", *Geographic Information System*, Cap.3, John Wiley and Sons.
- DeMers, M. (2002) *GIS Modeling in raster*, John Wiley and Sons, New York
- Haklay, M. e Feitelson, E. (1998) "The potential of a GIS-based scoping system: an Israeli proposal and case study", *Environmental Impact Assessment Review*, 18, 439-459.
- Jankowski, P. (1995) "Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods", *International Journal of Geographical Information Systems*, vol.9, no.3, 251-273.
- Neteler, M., Mitasova, H. (2002) *Open Source GIS: A GRASS GIS Approach*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Pullar, D. (2001) *Map Algebra and Neighborhood Functions*, *GeoInformatica* 5(2), 145-163.