

ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI DEL PAESAGGIO MEDIANTE OPERATORI GIS

Andrea Galli (*), Eva Savina Malinverni (**), Ernesto Marcheggiani (*), Fabrizio Marcozzi (**)

(*) Dipartimento di Scienze Applicate ai Sistemi Complessi – Università Politecnica delle Marche, 60131, Ancona, Tel +39 071 2204965, a.galli@univpm.it, e.marcheggiani@univpm.it

(**) Dipartimento di Architettura, Rilievo, Disegno, Urbanistica, Storia - Università Politecnica delle Marche, 60131, Ancona, Tel +39 071 2204419, e.s.malinverni@univpm.it

Abstract

Seguendo un approccio ispirato ai principi dell'Ecologia del Paesaggio, è stata applicata una metodologia basata su indicatori spaziali sintetici, calcolati in ambiente GIS, per analizzare le trasformazioni del paesaggio nel comprensorio della valle del torrente Sanagra, situata nell'alto Lario all'interno della cosiddetta regione insubrica, in Provincia di Como (Lombardia), nel periodo 1954 - 2000.

Following an Ecological Landscape principles inspired approach, a GIS environment synthetic spatial indicators set based methodology has been applied to analyse Sanagra's river valley landscape transformations, during an half century time period (1954 – 2000). Test area belongs to the “Alto Lario” an Insubria sub – Region in the Como Province (Lombardy, Italy).

Introduzione

Le elaborazioni ed i risultati qui riportati si inseriscono nelle attività di ricerca condotte dal DiSASC-AGRUR dell'Università Politecnica delle Marche nel corso del PRIN 2003-2005, dedicato alla “*Analisi, valutazione e gestione integrata delle risorse in territori rurali soggetti a moderata ed elevata pressione antropica*”. Nel corso del progetto è stata definita una metodologia di analisi e di valutazione delle trasformazioni del paesaggio rurale fondata sulla visione complessiva delle sue principali componenti strutturali/funzionali, la quale trae spunto dai principi fondamentali dell'Ecologia del Paesaggio e dal classico modello PSR (Pressione, Stato, Risposta) della EEA (European Environmental Agency, 2005) illustrata in un'apposita pubblicazione (V.G.G. Mennella, 2006). Le applicazioni di tale metodologia a casi di studio concreti, quali quello di seguito riferito, si sono avvalse delle più efficaci tecnologie informatiche oggi disponibili, al fine di rendere il più possibile oggettivi e tra loro confrontabili i risultati ottenuti, fornendo un'importante supporto conoscitivo agli amministratori che devono operare le scelte di gestione del territorio.

L'area di studio è costituita dalla valle del torrente Sanagra, in provincia di Como, una valle prealpina con una superficie territoriale complessiva di circa 50 Km² (Fig. 1) situata in un'area interna della costa occidentale lariana, nella porzione meridionale della cosiddetta regione insubrica. Qui, nel corso dell'Ottocento, il modello culturale borghese ha prodotto il cosiddetto “paesaggio delle ville”, trasformando l'antico territorio rurale in una delle più rappresentative forme di “paesaggio del tempo libero”. Il paesaggio delle ville occupa i medi versanti vallivi che degradano verso la linea di costa ed ha conservato quasi interamente l'integrità del modello insediativo originale: edificio storico, parco, terreni agricoli annessi alla proprietà. Nella fascia più a monte, invece, il paesaggio mostra ancora oggi l'impronta generata dalle attività agricole tradizionali, spesso condotte su terrazzamenti, ed è segnato dalla presenza dei borghi rurali che

fungevano da centri di organizzazione e gestione delle stesse. Infine, la porzione più alta del bacino è, soprattutto in passato, sede di attività silvo-pastorali, con i tipici maggenghi ricavati all'interno della fascia del bosco e gli edifici in pietra utilizzati per il ricovero del bestiame o come piccoli caseifici, i quali si sono mantenuti, almeno in parte, sino ad oggi.

Nella seconda metà del secolo scorso, i modelli culturali tradizionali che avevano generato questi paesaggi – intesi come insiemi complessi di ecosistemi spazialmente strutturati con funzioni ecologiche, produttive e sociali - si sono progressivamente sgretolati sotto l'azione delle spinte economiche, sociali e culturali che hanno contraddistinto la crescita (quasi mai lo sviluppo) della società italiana. Lo studio quantitativo dell'evoluzione di un ecomosaico territoriale (Ingegnoli, 2005) è di fondamentale importanza per valutare le potenzialità di un territorio (diagnosi).

Materiali e metodi

Durante la prima fase del lavoro sono state acquisite le informazioni già disponibili, le foto aeree pancromatiche del volo GAI del 1954 (Fig. 1) e la cartografia topografica e tematica (scale da 1:10000 a 1:25.000) del comprensorio della valle del torrente Sanagra. La digitalizzazione delle foto aeree è stata eseguita con lo scanner professionale Ultra Scan 5000 della VEXCEL IMAGING GmbH, con una risoluzione pari a 1200 dpi. Per la realizzazione dell'ortofoto e del modello digitale del terreno è stato utilizzato RFD Evolution, un software di fotogrammetria digitale stereoscopica per la ricostruzione di modelli tridimensionali, che utilizza sofisticate tecniche di autocorrelazione sia nella fase di orientamento dei fotogrammi sia nella generazione del DEM.

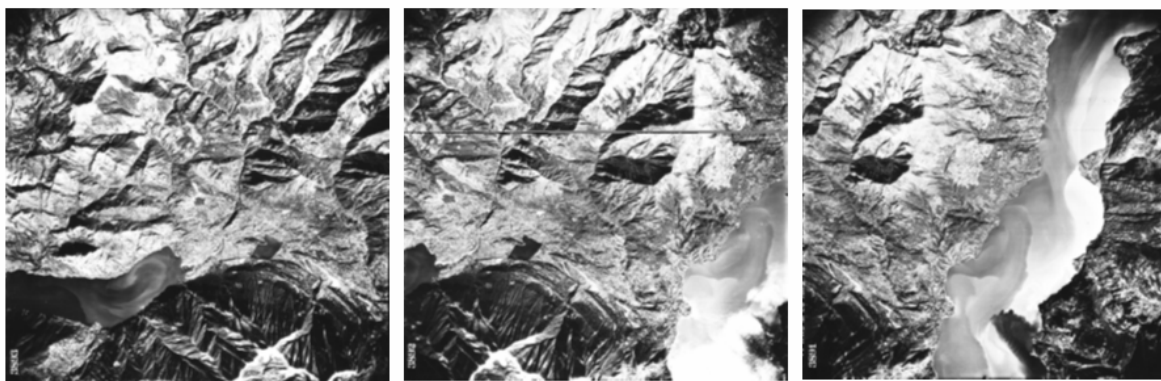


Fig.1 Fotogrammi del volo GAI – 1954 ricoprenti la Valle del torrente Sanagra

L'orientamento interno delle immagini è consistito nella determinazione del centro di proiezione rispetto al sistema di riferimento lastra, tramite un numero limitato di collimazioni manuali delle marche. Il calcolo dell'orientamento interno ha raggiunto una buona qualità valutabile dal valore dello scarto quadratico medio (0.005 mm).

L'orientamento assoluto è stato eseguito per concatenamento ed ha portato a risultati soddisfacenti, con un errore massimo in quota di 4 m, nonostante le difficoltà nel riconoscimento di punti notevoli tra le foto e la cartografia topografica regionale 1:10000, a causa delle discrepanze derivate dall'evoluzione del territorio (Fig. 2).

Il processo di restituzione dell'intera zona ha comportato la suddivisione dell'area in tante piccole sottoaree (ben 165) individuate tramite poligoni, i cui vertici sono stati ottenuti collimando, per modalità stereoscopica, gli elementi maggiormente visibili. La scelta dei poligoni, per dimensione e forma assai differenti, è scaturita dall'osservazione di zone caratterizzate dalla medesima quota e quindi fisicamente omogenee. Per ognuna di queste aree si è realizzato il DEM a passo 15 metri che consta di più di un milione di nodi.

Si è proceduto, poi, alla realizzazione dell'ortofoto digitale (Fig. 3) utilizzando, per ovviare alla carenza di informazioni in corrispondenza delle aree nascoste, tutte le immagini disponibili del blocco fotogrammetrico. L'ortofoto così ottenuta ha rappresentato la base per il successivo lavoro di fotointerpretazione.

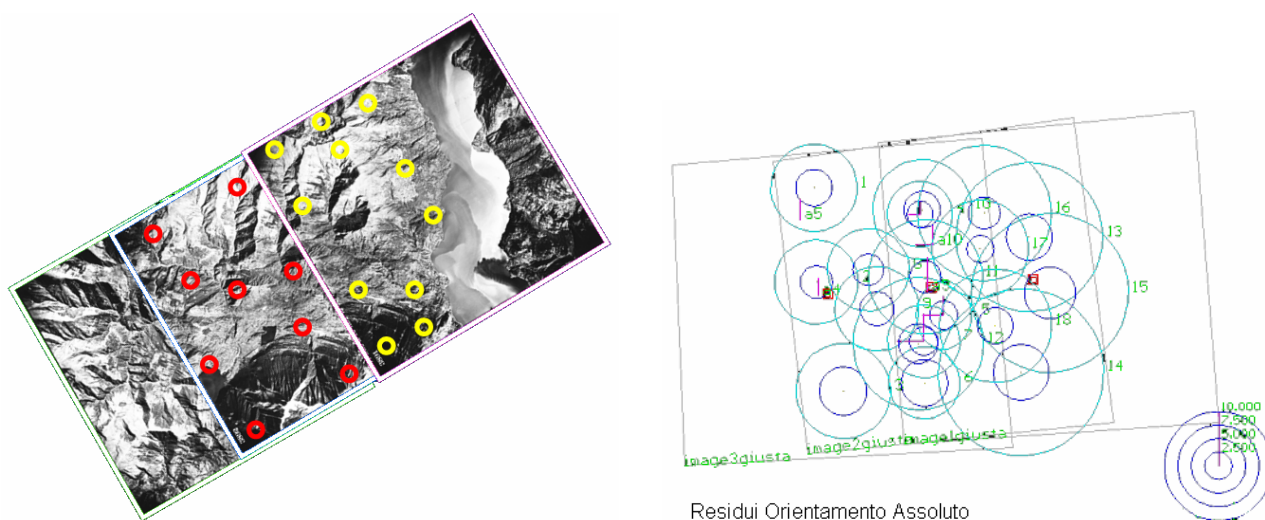


Fig. 2 Orientamento esterno dei modelli ed errori residui



Fig. 3 Ortofoto della valle del torrente Sanagra

Attraverso la fotointerpretazione è stata prodotta la carta di uso/copertura del suolo dell'area relativa al 1954, alla scala di dettaglio 1:25000, mentre quale riferimento all'attualità è stata presa la carta tematica prodotta dalla regione Lombardia, alla stessa scala, nel 2000 nell'ambito del progetto "Carte Geo-Ambientali". Tutte le carte tematiche sono state rese omogenee nelle rispettive legende assumendo come riferimento quella del progetto europeo Corine Land Cover (I e II/III livello), in modo da renderle correttamente utilizzabili per il calcolo degli indicatori spaziali.

Le informazioni cartografiche sono state rielaborate in ambiente GIS, mediante specifici algoritmi dedicati alle analisi spaziali, producendo nuovi elaborati tematici per rappresentare gli indicatori spaziali indicati in Fig.4, i quali considerando i diversi metodi di calcolo e gli aspetti territoriali analizzati da ciascuno, sono raggruppabili in tre differenti tipologie.

Risultati

L'apparato scheletrico della valle del torrente Sanagra ha una struttura molto marcata, al cui interno le forme morfologiche dei rilievi alpini segnano il territorio in modo decisamente aspro ed accentuato.

INDICATORI FIOGRAFICI	SIGLA
MODELLO DIGITALE DI ELEVAZIONE	DEM
MODELLO DI RELAZIONE QUOTE/PENDENZE	FISIOTOPI
INDICATORI MUTUATI DALL'ECOLOGIA DEL PAESAGGIO	SIGLA
CONSERVAZIONE DELLA NATURALITA'	ICN
CAPACITA' BIOLOGICA TERRITORIALE	BTC
TRASFORMAZIONE DEL PAESAGGIO	ITP
INDICATORI CALCOLATI PER FINESTRE MOBILI	SIGLA
DIMENSIONE MEDIA DELLE PATCH	APS
EDGE DENSITY	ED
SPLIT INDEX	SPLIT
SHANNON DIVERSITY	H
CONTAGION	CONTAG
DIMENSIONE FRATTALE	FDI

Fig. 4 Indicatori spaziali calcolati in ambiente GIS

Il fisiotopo *basso versante*, ovvero l'ambito morfologico con minor energia del rilievo, occupa poco meno del 16% dell'area, mentre i fisiotopi propriamente montani (N.4 e N.6) ne occupano quasi il 65%. Di estensione relativamente limitata sono i fisiotopi N.3 e N.5 i quali fungono prevalentemente da raccordo, rispettivamente, con l'ambito montano e con quello lacustre.

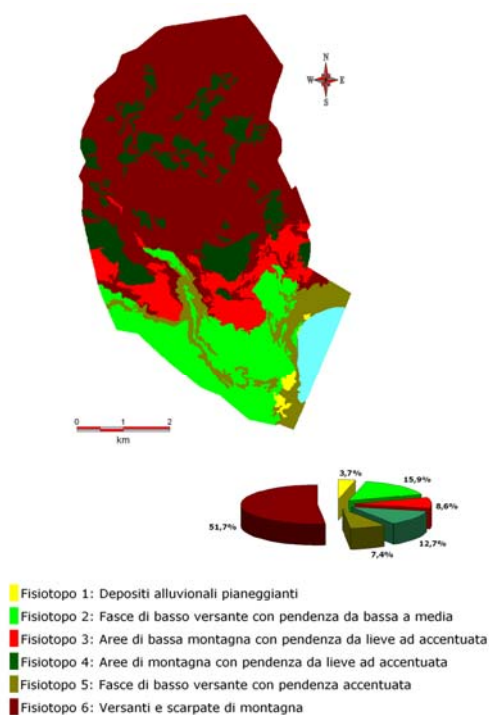


Fig. 5 Fisiotopi individuati nella valle del torrente Sanagra

La “matrice di transizione” di Fig. 6 riporta sulla diagonale in che misura ogni componente territoriale (SSN, ATE, TE) si è riconfermata (persistenza) nel corso del periodo considerato. I valori fuori diagonale, invece, indicano in quale percentuale ciascuna delle tre componenti territoriali si è trasformata nelle altre due.

<i>Sanagra</i>	TE 1999	ATE 1999	SSN 1999	TOTALE
TE 1954	0,49	0,14	0,14	0,77
ATE 1954	0,88	3,47	3,07	7,42
SSN 1954	0,57	4,20	87,04	91,81
TOTALE	1,95	7,80	90,25	100

Fig. 6 Matrice di transizione relativa al periodo 1954-2000

Nel periodo considerato, la valle del torrente Sanagra è sostanzialmente rimasta dominata dal sistema semi-naturale, che comprende sia il bosco sia le praterie secondarie. Questo ecosistema era il più adatto ad integrarsi nella morfologia alpina che, come si è detto, caratterizza gran parte dell’area. L’agro-tecno-ecosistema è meno diffuso ed è interessante osservare come tenda a coincidere con il fisiotopo *fasce di basso versante* all’interno del quale risultano collocati anche i numerosi borghi rurali originari e le più recenti espansioni dovute alle nuove edificazioni.

Gli indicatori spaziali calcolati mediante finestre mobili (Fig. 4) hanno permesso di caratterizzare l’ecomosaico territoriale della valle del torrente Sanagra. A titolo di esempio, si riportano alcune osservazioni relative all’indicatore FDI. L’indicatore della dimensione frattale (FDI) equivale a due volte il logaritmo del perimetro (m) delle patch diviso il logaritmo dell’area delle patch (m²), come indicato nella seguente formula:

$$FDI = \frac{2 \ln(0.25P_{ij})}{\ln(a_{ij})}$$

dove,

p_{ij} = perimetro (m) dell’elemento i-esimo appartenente alla j-esima categoria;

a_{ij} = area (m²).

L’indice, che spazialmente dipende dal passo di rasterizzazione del dato di base (cartografie tematiche) e dalla dimensione della finestra mobile (10 m e 50 m nel nostro caso) è espresso in unità adimensionali, con un range $1 \leq FDI \leq 2$. Temporalmente, l’indicatore è calcolato a partire da carte tematiche, riferite a rilievi diacronici con intervalli temporali significativi in funzione degli obiettivi perseguiti. Il calcolo dell’indicatore è effettuato mediante un modulo software, MapTool, operante in ambiente GIS a partire da tematismi raster. Il modulo opera attraverso finestre mobili (gliding box), che agiscono come filtri a dimensione variabile, generando elaborati tematici che rappresentano la distribuzione spaziale, georeferenziata, dell’indicatore all’interno dell’area considerata. L’indice frattale misura il grado di allontanamento (o avvicinamento) dalla geometria euclidea, dunque, a partire dalla rappresentazione spaziale degli elementi del paesaggio individuati per ciascuna serie temporale, è possibile determinare se questi ultimi si avvicinano geometricamente a forme tipiche del modo di “disegnare della natura” (es. i limiti convoluti di macchie boscate, anse fluviali, ecc.) oppure, al contrario, se sono costituiti prevalentemente da elementi caratterizzati da geometrie vicine al “modo di progettare” dell’uomo (rettangoli, linee rette, circonferenze, ecc). In base alla significatività dell’indicatore e utilizzando una metodologia per finestre mobili di passo variabile è possibile valutare dove e con che grado di intensità si concentrano processi e dinamiche legati alla pressione antropica sul territorio. Inoltre il risultato

ottenuto una volta spazializzato si presta all'integrazione con altri indicatori, aumentando l'efficacia del metodo.

La serie diacronica relativa al caso di studio, mostra un aumento generalizzato delle pressioni antropiche nelle fasce di basso versante e lungo le linee costiere lacustri dovuto alla forte urbanizzazione; mentre nelle aree di quota e lungo i versanti le dinamiche sono legate alla ricomparsa di elementi seminaturali dovuti in particolare all'abbandono delle pratiche agricole come testimoniato dagli alti valori di FDI stimati in queste aree.

Conclusioni

L'analisi dei trend evolutivi riferiti a serie spaziali diacroniche, significative in rapporto a ogni specifico territorio ha permesso di considerare l'entità delle trasformazioni del paesaggio nel tempo e di valutare il carattere evolutivo o patologico dei processi in atto, rispetto a obiettivi di sviluppo sostenibile evidenziando l'impatto dell'antropizzazione sulla struttura dell'ecomosaico e indirettamente le funzioni sottese.

Bibliografia

Colantonio Venturelli R., Galli A., Marcheggiani E., Petrocchi R., (2006). *Profilo Italia, indicatori e modelli per lo sviluppo sostenibile del territorio e la valorizzazione del paesaggio*, in V.G.G. Mennella, a cura di, 177 - 208. ali&no editore, Perugia.

Bocci M., Colantonio Venturelli R., Galli A., Marcheggiani E., (2004). *Valorizzazione delle risorse del paesaggio e delle produzioni tipiche nel terroir del Verdicchio di Matelica DOC*, in V.G.G. Mennella, a cura di, Greenway per lo sviluppo sostenibile del territorio, 71-135. Il Verde Editoriale, Milano.

EEA, (2005). Technical Report No 1/05. ISSN 1725-2237

Forman R. T. T., Godron M., (1986). *Landscape Ecology*. 619 pp., John Wiley & Sons, New York.

Hargis C. D., Bissonette J. A., David J. L., (1998). The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecol.* 13:167-186.

Ingegnoli V., Giglio E., (2005). *Ecologia del paesaggio: manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente*. pp.704. Simone Edizioni-Esse Libri, Napoli

Mandelbrot B. B., (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman & Co., New York.

Jaeger J. A. G., (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecol.* 15:115-130.

Marcheggiani E., Tumarello G., (2005). L'uso di indicatori sintetici per un modello di pianificazione rurale integrata, Rif. 8008. Atti del VIII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria, Catania, 27-30 giugno.

OECD, (2003). *OECD Environmental Indicators-Development, Measurement and Use*. Reference Paper.