

Metodi di classificazione automatica e semi-automatica per l'identificazione delle forme del terreno (landform)

Luca Angeli (*), Roberto Costantini, Letizia Costanza, Raffaella Ferrari, Lucia Innocenti

(*) Consorzio LaMMA (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Fondazione per il Clima e la Sostenibilità – Regione Toscana) - Via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI) - angeli@lamma-cres.rete.toscana.it

Riassunto

La possibilità di disporre di Modelli Digitali del Terreno (DTM) sempre più precisi in termini di risoluzione e qualità permette di elaborare cartografie tematiche accurate e utili ai fini dell'analisi del territorio.

Il LaMMA CRES, nell'ambito del progetto di realizzazione di una cartografia pedologica a scala 1:25.000, ha prodotto una mappa delle Forme del Terreno (*landform*) relativa a un'area di studio all'interno del Bacino del Fiume Albegna, in provincia di Grosseto.

A partire dal DTM della Regione Toscana sono stati estratti indici morfometrici e idrologici.

Dopo opportune operazioni di filtraggio e normalizzazione sui singoli indici, sono stati applicati metodi di classificazione automatica e semi-automatica.

La classificazione ha permesso di produrre delle unità di territorio omogenee per caratteristiche morfologiche che sono state confrontate con quelle ottenute da fotointerpretazione stereoscopica.

L'analisi ha dimostrato la validità del metodo di classificazione semi-automatico rispetto alla classificazione eseguita dall'operatore: in particolare vengono mantenuti i criteri di oggettività e riproducibilità che spesso non si hanno nell'approccio manuale; inoltre, la carta delle *landform* fornisce al fotointerprete una lettura più chiara delle unità fisiografiche.

Abstract

The high quality Digital Terrain Model (DTM) availability give the possibility to realize precise thematic cartography useful for terrain analysis.

LaMMA-CRES, in the context of the Soil Map 1:25.000 project, has produced a Landform Map for a pilot area of the Fiume Albegna basin (Grosseto Province).

On the base of the Tuscan Region DTM some of morphometric and hydrologic indexes have been extratcted.

The filtered and normalized indexes have been classified with an automatic and semi-automatic classification methods.

The classification allows to extract terrain units with homogeneous morphologic characteristics compared with the ones mapped through stereoscopic photo interpretation.

The analysis of the results has demonstrated the semi-automatic methodology soundness compare to the manual mapping: in particular the objectivity and reproducibility criteria are maintained often indefinable in the manual approach; moreover, the Landform Map give to the photo-interpreter a clearer reading of the physiographic units.

Introduzione

Nell'ambito del progetto "Carta Pedologica" del Servizio Geologico della Regione Toscana il laboratorio LaMMA CRES ha fornito supporto tecnico per la preparazione degli strati informativi necessari all'individuazione delle Unità di Paesaggio (UDP).

La genesi del suolo, pedogenesi, è dovuta ai processi le cui proprietà sono condizionate dai fattori di stato (Violante, 1989) espressi dall'equazione fondamentale di Jenny:

$$s = f(cl, o, r, p, t, \dots)$$

s , il suolo, variabile dipendente, rappresenta ogni sua singola proprietà mentre i fattori di stato possono essere definiti: cl clima ambientale, o entità biotiche, r rilievo, p matrice litologica, t età del suolo, ... altri fattori (es. attività antropica).

L'importanza relativa dei diversi fattori varia da suolo a suolo: notevole valore, nei primi studi pedologici, è stato attribuito all'influenza della matrice litologica e al clima tanto che le classificazioni utilizzavano schemi ad essi riconducibili.

Il rilievo, inteso come quota, esposizione e pendenza delle superficie influenza tutte le attività correlate ai processi pedogenetici come le relazioni tra suolo ed acqua, il drenaggio, i processi erosivi, lo sviluppo della vegetazione.

Area di studio

L'area di studio ha un superficie di 385 km² e si trova nella parte centrale del bacino del fiume Albegna, in provincia di Grosseto nella Toscana meridionale.

La zona presenta le tipiche caratteristiche delle aree collinari formatisi su argille e argille siltose (plioceniche) di ambiente marino e lacustre e su depositi alluvionali pleistocenici ed olocenici, con quote medie dell'ordine dei 200 m s.l.m. e pendenze non pronunciate. Il paesaggio è costituito da estese aree a seminativi asciutti coltivati a cereali autunno-vernini e pascolo; le formazioni boschive, anche estese, si riscontrano negli ambienti meno adatti all'agricoltura quali quelli con versanti ripidi e suoli poco profondi.



Figura 1 Area di studio del bacino del fiume Albegna, Grosseto



Figura 2 Inquadramento territoriale



Figura 3 Altimetria dell'area di studio

Realizzazione delle UDP

I limiti cartografici di una carta pedologica di semidettaglio sono principalmente legati alla litologia del territorio e al suo rilievo. A partire dalla carta geologica 10k della Regione Toscana sono state individuate le tipologie litologiche più rappresentative: su queste è stata fatta una fotointerpretazione stereoscopica per la suddivisione del territorio in classi funzionali alla pedologia, le unità di paesaggio. Il fotointerprete, che è in grado di individuare queste zone omogenee, traccia dei limiti per accorpare porzioni di territorio all'interno delle quali si prevede di trovare litologie e caratteristiche pedologiche simili.

Oggi, grazie alle descrizioni quantitative delle forme del terreno, quali la “*digital terrain analysis*” (Lane et al., 1998), l'analisi geomorfologica (Odeh et al., 1994) e altri studi di natura morfometrica è possibile fornire un supporto oggettivo e veloce alla definizione delle forme del terreno omogenee per processi pedogenetici. Per molto tempo, inoltre, c'è stato un forte interesse nel cercare di “sostituire” il fotointerprete (Irvine et al., 1997) utilizzando modelli automatici di derivazione non solo delle forme del terreno ma anche della distribuzione spaziale delle sue proprietà fisiche e chimiche.

Metodologia

A partire dai punti quotati e dalle curve di livello Carta Tecnica Regionale 10k in formato vettoriale è stato realizzato un Modello Digitale del Terreno (DTM) con cella di 10 m con il software ANUDEM che lavora in ambiente ArcInfo GRID ed è implementato dal comando TOPOGRID. Sempre in ambiente GRID è stato utilizzato uno script (Reuter, 2003) che, tra gli altri, permette di estrarre i seguenti indici morfometrici:

- ! pendenza (*slope*)
- ! accumulo di flusso (*accumulation flow*)
- ! curvatura in piano (*plan curvature*)
- ! curvatura in profilo (*profile curvature*)
- ! indice di saturazione (*wetness index*)
- ! indice della capacità di trasporto (*sediment transport capacity*)
- ! radiazione solare (*solar radiation*)

È evidente che i valori calcolati sono fra loro molto differenti come si potrebbe osservare in un istogramma: alcuni mostrano un andamento asimmetrico (pendenza, radiazione solare, indice di saturazione) mentre altri distribuzioni inverse come l'indice di capacità di trasporto e le curvature in piano e in profilo; altre ancora sono fortemente correlate l'una all'altra come la pendenza e l'indice di capacità di trasporto.

Per ovviare a tale situazione gli indici sono stati normalizzati in maniera che il *range* dei valori fosse tra loro confrontabile poiché derivanti da differenti unità di misura e distribuzioni.

Gli indici morfometrici estratti dal DTM sono stati trasformati in un *grid* multi-bande con il comando *Principal components analysis* di ArcInfo. Tale strumento permette, partendo dai singoli *grid*, di ottenerne uno finale “combinato”, nel quale sono eliminati gli effetti di ridondanza. Infatti, nelle analisi di tipo multivariato, come nel nostro caso, l'applicazione delle componenti principali permette di realizzare un'economia descrittiva riducendo il numero di variabili necessarie per descrivere il fenomeno “forma del terreno” e ricercare le dimensioni fondamentali dello stesso.

Sul *grid* risultante è stato fatto girare il classificatore *isocluster* che opera iterativamente fino ad ottenere un *cluster* medio più vicino. L'algoritmo separa tutte le celle del *grid* in un numero di gruppi predefinito: il numero finale scelto è stato di 8 dopo che erano state fatte varie prove e analisi con i dendrogrammi per valutare la somiglianza tra gli stessi. Il risultato è stato un *signature file* (file guida) che è stato utilizzato nella classificazione *Maximum Likelihood* per ottenere il *grid* finale.

FORM	PLAN	PROF	SLOPE	TWI	FLOW	DEFINIZIONE
1	0	0	basso	alto	alto	CANALI
2	negativo	positivo	alta	medio	alto	Aree concave PIT (CANALI)
3	negativo	positivo	media	medio	alto	
4	0	0	basso	alto	medio alto	Aree piane PLAIN (TERRAZZI)
5	0	0	basso	medio	basso	
6	indefinito	indefinito	media alta	basso	basso	Versanti ripidi SLOPE
7	positivo	negativo	media bassa	basso	basso	Aree convesse RIDGE (SOMMITA')
8	positivo	negativo	media	basso	basso	

Figura 4 Landform derivanti dalla classificazione automatica

La classificazione automatica (*unsupervised*) ha permesso di interpretare con più chiarezza i processi legati alle forme del terreno e, di conseguenza, la possibile genesi del suolo.

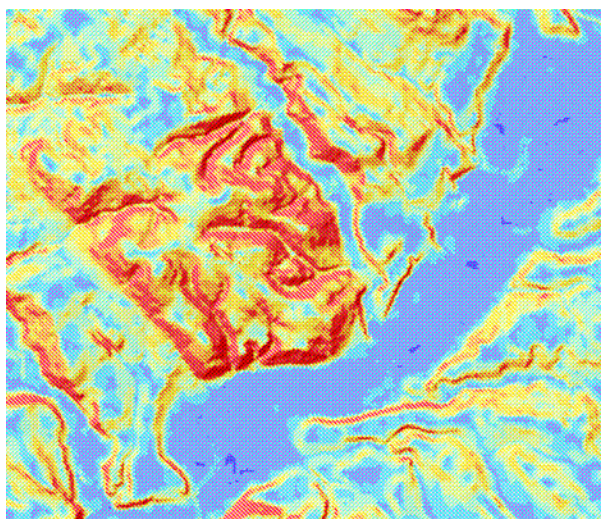


Figura 5 Classificazione automatica

A partire dallo *shapefile* creato dal fotointerprete per la definizione delle unità di paesaggio è stata sperimentata la possibilità di fare una classificazione guidata (*supervised*) delle Unità di Paesaggio. Per ogni formazione geologica sono stati creati dei *grid* multi-bande, sulla maschera di estensione della formazione stessa, attraverso il comando “*Principal components analysis*” applicato ai singoli indici morfometrici già utilizzati nella classificazione automatica.

Lo *shapefile* della fotointerpretazione su alcune porzioni della formazione geologica è stato utilizzato come file guida attraverso il comando di ArcInfo *create signatures*.

Il *grid* multi-bande ritagliato sui limiti della formazione geologica è stato, quindi, classificato con la funzione di ArcInfo *Maximum Likelihood Classification*.

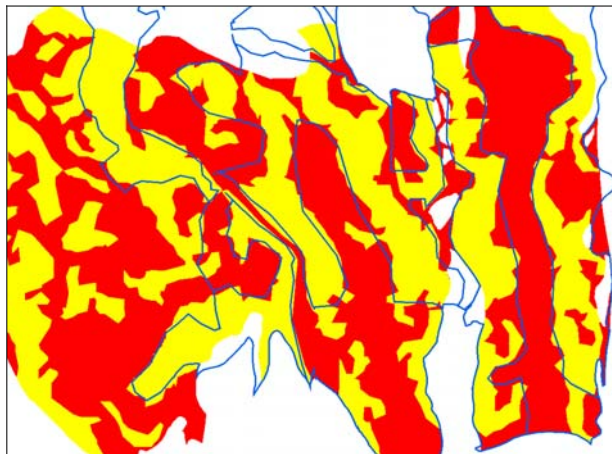


Figura 6 Risultato della classificazione "guidata" sovrapposto alla fotointerpretazione manuale (blu)

Problematiche riscontrate

Molti degli indici morfometrici utilizzati sono fra loro correlati (ad esempio la pendenza è un fattore che interessa anche l'indice di saturazione e quello della capacità di trasporto) e la predizione del fenomeno ricercato (forma del terreno) risulta essere meglio espressa con l'analisi delle componenti principali.

L'area di studio è caratterizzata da un sistema di terrazzi fluviali molto complesso in termini di formazione e fenomeni di evoluzione. In tali ambienti l'utilizzo degli indici morfometrici non ha permesso di distinguere esattamente le Unità di Paesaggio individuate in maniera manuale dal fotointerprete, forse perché i fattori quota e pendenza le accomunavano agli ambienti pianeggianti. In tali situazioni si è ritenuto opportuno di operare con la sola fotointerpretazione manuale anche se è scaturita l'idea di utilizzare un indice che tenesse conto della distanza dal corso d'acqua più vicino: in questa sede non è stata elaborata una siffatta analisi.

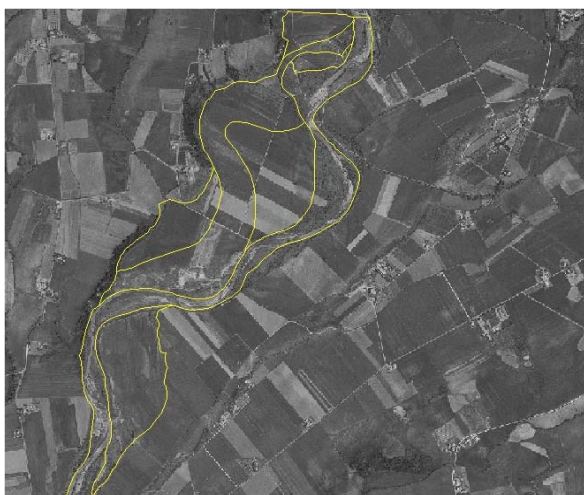


Figura 7 Terrazzi recenti lungo il corso del fiume Albegna

Conclusioni

I due metodi studiati hanno dato buoni risultati in termini di supporto alla definizione del sistema suolo-paesaggio durante la fase di fotointerpretazione stereoscopica (metodo automatico) e di accelerazione dei tempi di lavoro (metodo semi-automatico).

Nel primo caso, infatti, l'analisi morfometrica e la successiva classificazione automatica si è dimostrata utile alla comprensione del contesto fisiografico ed ha permesso al fotointerprete di individuare gli ambienti pedogenetici in maniera più veloce ed oggettiva.

Per quanto riguarda la classificazione semi automatica ci preme sottolineare l'importanza nella fase di creazione del *file* guida da parte del fotointerprete: spesso, infatti, l'esperienza dell'operatore tende ad accorpare in un'unica Unità di Paesaggio ambienti con morfologie tra loro leggermente diverse che, pur rispettando un'omogeneità di tipo pedologico alla scala di semi dettaglio in cui operiamo, possono indurre in errore il classificatore.

L'aspetto sicuramente positivo è il notevole risparmio in termini di tempo e risorse nella fase di delineazione delle Unità di Paesaggio.

Riferimenti bibliografici

Hengl, T., D.G. Rossiter (2003) "Supervised Landform Classification to Enhance and Replace Photo-Interpretation in Semi-Detailed Soil Survey", *Soil Science Society of America Journal* 67: 1810-1822

Irvin, B.J., S.J. Ventura, B.K. Slater (1997) "Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant Valley, Wisconsin", *Geoderma* 77: 134-154

Lane, S.N., K.S. Richards, J.H. Chandler (1998) *Landform monitoring, modelling and analysis*, John Wiley and Sons, New York.

Odeh, I.O.A., A.B. McBratney, D.J. Chittleborough (1994) "The prediction of soil properties from landform attributes derived from a digital elevation model", *Geoderma* 63: 197-214

Reuter, H.I. (2003) "Analyzing Digital Elevation Models using Relief Analysis within ArcInfo", AML codes.

Violante, P. (1989) in *Chimica del suolo*, Edizioni Patron, Bologna