

Erosione del suolo: l'applicazione del modello USLE al territorio della Regione Basilicata

* P. P. Franzese, R. Melchiorre, *A. Scopa

* Dipartimento di Scienze dei Sistemi Culturali, Forestali e dell'Ambiente, Università degli Studi della Basilicata

Soil erosion is a major environmental threat to the sustainability and productive capacity of agriculture. During the last 40 years, nearly one-third of the world's arable land has been lost by erosion and continues to be lost at a rate of more than 10 million hectares per year. With the addition of a quarter of a million people each day, the world population's food demand is increasing at a time when per capita food productivity is beginning to decline.

Pimentel et al., 1995

Abstract

L'erosione del suolo è un fenomeno naturale che interessa la dinamica del paesaggio e la sua evoluzione. Si tratta di un processo di alterazione della superficie terrestre che può avvenire per mezzo di diversi fattori: l'acqua, il vento o i ghiacciai.

Tale fenomeno interessa il 35 % della superficie delle terre emerse, determinando nelle aree coltivate una perdita di 23 miliardi di tonnellate di suolo all'anno.

In questo articolo un Sistema Informativo Geografico (GIS) è stato integrato con un modello di erosione del suolo "Universal Soil Loss Equation" (USLE). Tale integrazione ha consentito come risultato finale la produzione di una mappa di erosione potenziale del suolo per il territorio della Regione Basilicata.

Alcune limitazioni di questo approccio, dovute al suo schema completo ma semplificato, sono legate alla stima del ruscellamento superficiale (*runoff*) ed alla deposizione del sedimento. Un'ottimizzazione dei risultati potrebbe essere perseguita attraverso una maggiore disponibilità di dati relativi alle diverse variabili considerate nel modello.

1. Introduzione

La degradazione fisica del suolo ad opera degli agenti atmosferici rappresenta un problema rilevante. A scala globale tale processo interessa, infatti, il 35 % della superficie delle terre emerse (Mabutt, 1984), determinando nelle aree coltivate una perdita di 23 miliardi di tonnellate di suolo all'anno (Brown, 1984).

Il fenomeno dell'erosione è responsabile del continuo rimodellamento della superficie terrestre e può essere definito come il processo fisico di distacco, trasporto e sedimentazione delle particelle di terreno ad opera degli agenti atmosferici.

In ecosistemi non alterati l'erosione costituisce un fenomeno

naturale, mentre un'accelerazione di tale processo, dovuto a perturbazioni di natura antropogenica, può determinare un degrado progressivo della fertilità dei suoli e quindi della loro produttività potenziale. In particolare, la riduzione della produttività del suolo ad opera del processo erosivo è dovuta alla riduzione della sostanza organica, alla rimozione dei nutrienti, alla minore ritenzione idrica, nonché, ad un degrado strutturale. L'erosione è un processo complesso influenzato da numerosi fattori quali il clima, la tipologia del suolo, la morfologia del paesaggio, l'idrologia, la copertura vegetale, le colture, nonché i sistemi di lavorazione e di coltivazione condotti nell'area in esame.

Tali fattori sono tra loro correlati ed in grado di determi-

nare, in differente misura, l'entità del processo erosivo e le sue variazioni nello spazio e nel tempo.

La valutazione del fenomeno erosivo può essere condotta attraverso l'uso di diversi modelli caratterizzati da differenti gradi di complessità. Il modello *Universal Soil Loss Equation* (USLE), proposto da Wischmeier e Smith (1978), rappresenta un buon compromesso tra applicabilità (disponibilità dei dati di *input* necessari) ed affidabilità (perdita di suolo stimata), almeno per terreni morfologicamente non troppo complessi.

Alcune limitazioni di questo approccio, dovute al suo schema completo ma semplificato, sono legate alla stima del fenomeno di scorrimento superficiale (*runoff*) ed alla deposizione del sedimento.

La semplice struttura del modello USLE si integra agevolmente con l'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico (GIS), attraverso il quale realizzare l'analisi spaziale legata alla stima dei fattori coinvolti nella valutazione del processo erosivo. All'interno del GIS le informazioni sono analizzate tramite una serie di operazioni cartografiche, consentendo una migliore comprensione del fenomeno in esame, nonché, la validazione del modello utilizzato.

Inoltre, la necessità di trasformare il dato quantitativo in un'informazione semplice da comprendere per il decisore politico (ovvero la trasformazione da *database* numerico alla visualizzazione cartografica) costituisce un'ulteriore motivazione per l'integrazione col GIS, solitamente caratterizzato da un'interfaccia semplice ed immediata (Burrough e Mc Donnell, 1998).

Il caso di studio descritto in questo articolo ha come obiettivo lo studio dell'erosione potenziale nel territorio della regione Basilicata.

2. Il modello di erosione: USLE

Il modello USLE rappresenta una delle metodologie più utilizzate tra i modelli di erosione del suolo. Si tratta di un modello parametrico su base empirica che fornisce una stima della perdita annua di suolo causata dall'erosione idrica superficiale in parcelle omogenee per dimensione, caratterizzate in base al tipo e all'uso del suolo, ai fattori topografici, alle tecniche di gestione ed all'aggressività delle precipitazioni.

Tali fattori possono variare in maniera considerevole intorno ai loro valori medi a seconda dell'evento, ma gli effetti di queste fluttuazioni tendono ad annullarsi nel lungo periodo.

L'equazione alla base del modello USLE è la seguente:

$$E = R * K * L * S * C * P$$

dove:

- E = erosione potenziale;
- R = fattore di erosività della pioggia;
- K = fattore di erodibilità del suolo;
- L = fattore di lunghezza del pendio
- S = fattore di ripidità del pendio;
- C = sistemi di coltivazione e gestione;
- P = pratiche di controllo dell'erosione.

Tali parametri risultano tutti fortemente incidenti sull'entità del processo di erosione.

3. Descrizione della metodologia

La metodologia utilizzata in questo studio è fondata sull'integrazione del modello di erosione USLE in ambiente GIS. Il risultato che si ottiene applicando il modello USLE in ambiente GIS è una stima della perdita di suolo espressa come $t \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

A tal fine è stato necessario sviluppare in ambiente GIS alcuni strati informativi riferiti ad ognuno dei diversi parametri presenti nell'equazione USLE.

I valori per i diversi parametri possono essere ottenuti attraverso dati di letteratura o calcolati sulla base dei metadati disponibili per l'area in esame. In questo studio si è fatto uso di entrambe le fonti.

4. Calcolo dei parametri

4.1 Il fattore di erosività della pioggia R

Secondo la definizione di Wischmeier e Smith (1978), il calcolo del fattore di erosività **R** (espresso come $\text{MJ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$) implica la conoscenza di diverse variabili, alle quali però spesso risulta difficile attribuire un valore. Per tale ragione vengono di solito utilizzati modelli di calcolo semplificati.

In particolare, in questo studio sono stati utilizzati valori di **R** calcolati secondo il modello semplificato per singolo evento, così come proposto da Bagarello e D'Asaro (1994):

$$R_e = (0.19P) * i_{30} / 100$$

dove **P** rappresenta la quantità di pioggia caduta in mm ed i_{30} l'intensità della pioggia in 30 minuti.

Per la stima dei valori annui di **R** sono state considerate le serie storiche delle precipitazioni giornaliere di 40 stazioni lucane. Successivamente, attraverso la generazione stocastica delle intensità i_{30} per ogni sito di misura si sono ottenute le corrispondenti serie di R_e , la cui somma

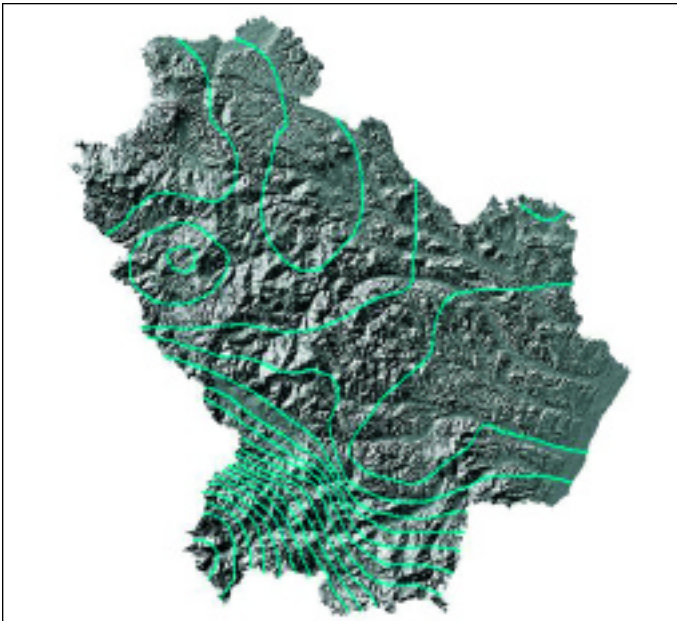


Fig. 1 - Mappa delle isoerosive della regione Basilicata.

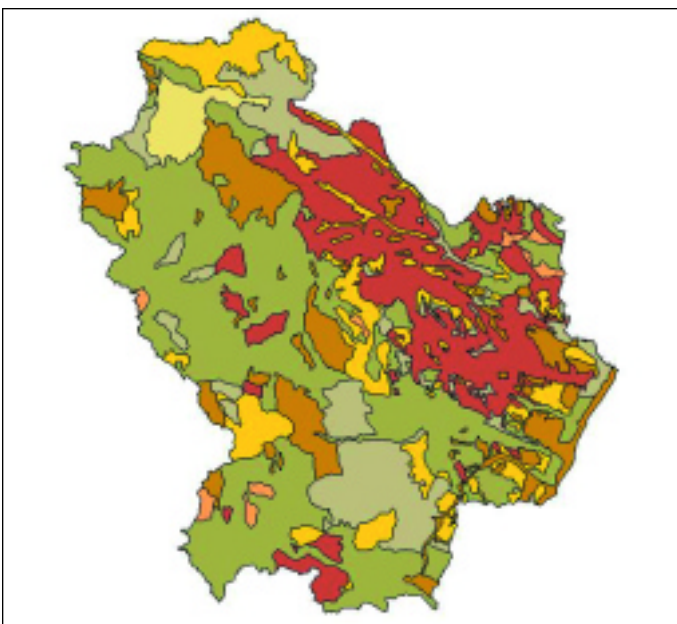


Fig. 2 - Carta pedologica della regione Basilicata.

restituisce un valore medio di **R** che permette la costruzione della mappa delle isoerosive (D'Asaro *et al.*, 1993) (Figura 1).

4.2 Il fattore di erodibilità del suolo **K**

Il passo successivo ha riguardato la creazione di uno strato informativo (*layer*) recante le informazioni relative al fattore di erodibilità del suolo **K**.

Il primo passo per la determinazione di tale parametro è stato quello della realizzazione di una carta pedologica vettoriale per la quale sono state individuate 7 differenti

Tab. 1 - Valori del parametro **K**.

| Tipo di terre | Valore di K |
|--|--------------------|
| Sabbiosi e sabbiosi-limosi | 0.23 |
| Argillosi e argillo-limosi | 0.21 |
| Vulcanici | 0.17 |
| Argillo-sabbiosi o sabbio-limo-argillosi | 0.25 |
| Argillo-calcarei e limo-calcarei | 0.19 |
| Calcarei | 0.03 |
| Sabbio-calcarei | 0.17 |

classi (Figura 2). Ad ognuna di queste è stato successivamente attribuito un valore in accordo con i dati di letteratura (Tabella 1).

4.3 Il fattore topografico **LS**

Il fattore **LS** prende in considerazione la lunghezza **L** e la pendenza **S** del versante, in quanto l'entità dei processi erosivi è influenzata dalla concomitanza dei due fattori. Per quanto concerne il calcolo dei fattori **L** ed **S** e la redazione dei relativi strati informativi sono state utilizzate diverse funzioni del software *Arcview GIS*¹.

In particolare, tali fattori sono stati calcolati mediante l'utilizzo di un modello digitale del terreno (DEM) con risoluzione di 20 m, inerente il territorio della regione Basilicata (Figura 3). Il DEM è stato inizialmente corretto dalla presenza di eventuali imperfezioni (*sink*) per le aree depresse circondate da quote altimetriche più elevate.

La tecnica utilizzata per la stima dei parametri **L** ed **S** è quella proposta da Mitasova *et al.* (1996), secondo la quale:

$$LS = (\text{Flow Acc.} * \text{Cell size} / 22.13)^{0.4} *$$

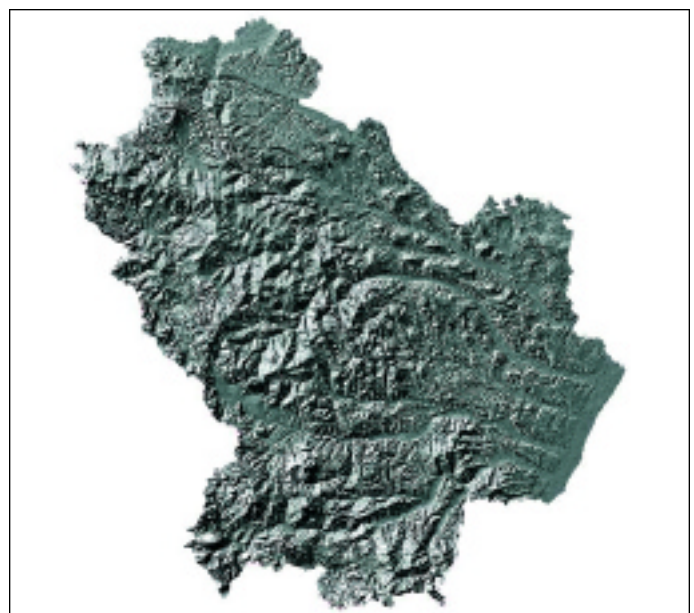


Fig. 3 - Modello digitale del terreno della regione Basilicata.

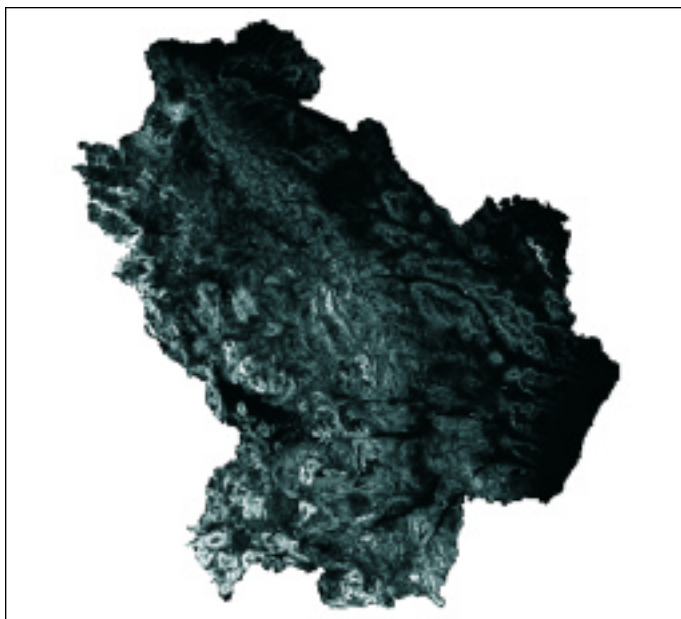


Fig. 4 - Strato informativo raster relativo al parametro LS (lunghezza e pendenza del versante) per la regione Basilicata.

$$* [(Sin (slope) * 0.01745) / 0.09]^{1/4}$$

dove "Flow Accumulation" e "slope" rappresentano ulteriori strati informativi di tipo raster. Il primo strato reca informazioni circa l'accumulo del flusso, mentre il secondo riguarda la pendenza del suolo.

Infine "cell size" indica la risoluzione (o passo di griglia). Per l'applicazione dell'equazione sopra riportata, si è pertanto dovuto procedere alla realizzazione di tali strati informativi attraverso le funzionalità del software Arc view GIS. Successivamente, ulteriori operazioni di calcolo in ambiente GIS, hanno restituito lo strato informativo di tipo raster relativo ai parametri L ed S (Figura 4).

4.4 Il fattore di uso del suolo C

Per la redazione dello strato tematico relativo al parametro C (coefficiente adimensionale stimato, variabile tra 0 e 1) è stato utilizzato il tematismo dell'uso del suolo della Regione Basilicata redatto all'interno del Progetto SIGRIA². Da tale fonte sono state individuate 19 differenti tipologie di uso/copertura del suolo, ad ognuna delle quali è stato attribuito un valore di C in accordo con i dati di letteratura (Tabella 2).

4.5 Il fattore P (pratiche di controllo dell'erosione)

Per quanto concerne il parametro P (coefficiente adimensionale stimato, variabile tra 0 e 1), è stato assunto un valore unitario, non essendo disponibili informazioni

Tab. 2 - Valori relativi al parametro C.

| Classi di uso del suolo | Valore di C |
|---|-------------|
| Colture orticole a ciclo primaverile - estivo | 0.24 |
| Aree urbane | 0.03 |
| Bacini d'acqua | 0.00 |
| Seminativi in aree non irrigue | 0.24 |
| Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile - estivo | 0.24 |
| Vigneti irrigui | 0.003 |
| Vigneti non irrigui | 0.003 |
| Frutteti e frutti minori irrigui | 0.003 |
| Frutteti e frutti minori non irrigui | 0.003 |
| Oliveti irrigui | 0.003 |
| Oliveti non irrigui | 0.003 |
| Prati stabili non irrigui | 0.05 |
| Zone boscate | 0.007 |
| Sistemi colturali e particellari complessi | 0.24 |
| Colture temporanee associate a colture permanenti | 0.24 |
| Aree agricole con presenze di spazi naturali | 0.04 |
| Prati stabili irrigui | 0.05 |
| Colture in serra e sotto plastica | 0.24 |
| Zone umide | 0.003 |

riguardanti l'esercizio di pratiche antierosive nell'area di studio.

I diversi strati informativi così elaborati sono stati sovrapposti, interrogati e moltiplicati tra loro mediante le funzionalità del software GIS. Queste operazioni hanno permesso una valutazione integrata delle reciproche interazioni ed influenze presenti tra i diversi fattori incidenti sul processo erosivo, quali: la pioggia, la tipologia di suolo, le caratteristiche topografiche, la copertura e la gestione, le pratiche antierosive esercitate.

Il risultato finale di tale procedura consiste nella produzione di una mappa di erosione potenziale per il territorio della regione Basilicata (Figura 5).

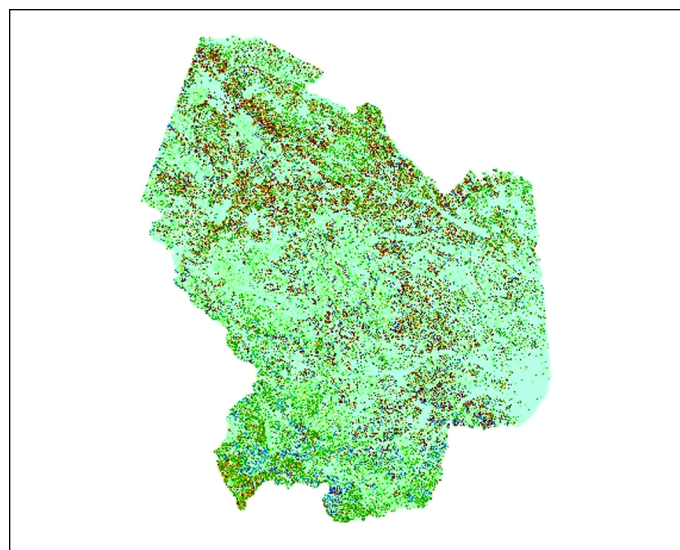


Fig. 5 - Mappa dell'erosione potenziale per il territorio della regione Basilicata.

5. Conclusioni

Questo studio rappresenta un'integrazione del GIS col modello di erosione USLE a scala regionale. I risultati prodotti sono stati confrontati con studi analoghi a differenti scale spaziali. In particolare, è stata registrata una buona concordanza nel confronto tra gli strati informativi prodotti ed alcuni *layer* tematici relativi al "Programma Regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione" della Regione Basilicata (mappa della desertificazione, dell'erodibilità del suolo, dei calanchi). Una modesta discrepanza è stata riscontrata confrontando la mappa dell'erosione potenziale con studi a scala locale condotti nel territorio della Val d'Agri. In conclusione, possiamo affermare che il modello utilizzato produce una discreta stima dell'erosione potenziale del suolo per la maggior parte del territorio regionale. Risultati più accurati potrebbero essere ottenuti avendo una maggiore disponibilità di dati relativi ai diversi parametri utilizzati nelle fasi di calcolo.

Note

1. Environmental Systems Research Institute (ESRI), <http://www.esri.com>
2. Il **SIGRIA** è un'iniziativa promossa dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali con l'obiettivo di costituire un unico sistema informativo territoriale costantemente aggiornato sulle infrastrutture idriche esistenti, che consenta anche l'analisi di diversi fattori tra loro correlati, come l'andamento meteorologico, l'uso del suolo e delle risorse idriche, i consumi effettivi per l'irrigazione, gli aspetti gestionali ed economici, lo stato delle reti irrigue.

Bibliografia

- 1) Bagarello V., F. D'Asaro. (1994). Estimating single storm erosion index. *Transactions American Society of Agricultural Engineers* **37**, 785-91.
- 2) Brown L.R. (1984). *Conserving soils, State of the World*, Brown L.R. ed., Norton, New York, 53-75.
- 3) Burrough P.A., McDonnell R.A., (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- 4) D'Asaro F., P. Damiani, F. Di Lucchio. (1993). La carta delle iserosive in Basilicata. *Atti del V Convegno nazionale A.I.G.R.*, Maratea, Potenza.
- 5) Fistikoglu O., N.B. Harmancioglu. (2002). Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion. *Water Resources Management*, **16**: 447-467.
- 6) Mabutt J.A. (1984). A new global assessment of the status and trends of desertification, *Environmental Conservation*, **11**, 103, 1984.
- 7) Mendicino G., (1999). Sensitivity Analysis on GIS Procedures for the Estimate of Soil Erosion Risk. *Natural Hazards*, **20**: 231-253. Kluwer Academic Publishers.
- 8) Mitasova H., J. Hofierka, M. Zlocha, R. L. Iverson. (1996). Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. Journal of Geographical Information Science*, **10**(5), 629-641.
- 9) Pimentel et al. *Science Magazine*, Vol. 267, February (1995).
- 10) Wischmeier W.H., D.D. Smith. (1978). *Predicting rainfall erosion losses - A guide for conservation planning*. In: *Agriculture Hand - book 537*, U.S.D.A..