

GIS e cartografia: Metodi di analisi e decisionali

Leonardo Marotta

Entropia snc, Unisky Srl

leonardo.marotta@entropia-env.it, leonardo.marotta@unisky.it



Multi Criteria Analysis
Multi Criteria Evaluation (MCE)
Multi Criteria Preference Analysis
Multi Criteria Decision Making
Multi Objective Evaluation

*Questi metodi sono essenzialmente lo stesso
modello volto al supporto delle decisioni!*

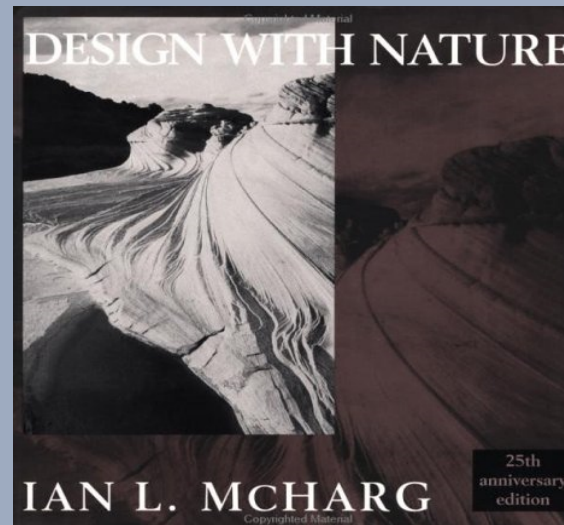
MCE = la valutazione multicriteriale (a criteri multipli è principalmente volta a combinare l'informazione da più criteri per formare un singolo indice di valutazione.

Introduzione

- Il suolo è un risorsa scarsa:
 - Identificare la vocazione (suitability)
 - Dove costruire una diga
 - Flusso d'acqua
 - Acclività
 - Dove mettere un Opsedale
 - Costi
 - Accessi
 - Bisogni
 - I Criteri basadi su fattori geografico-fisici

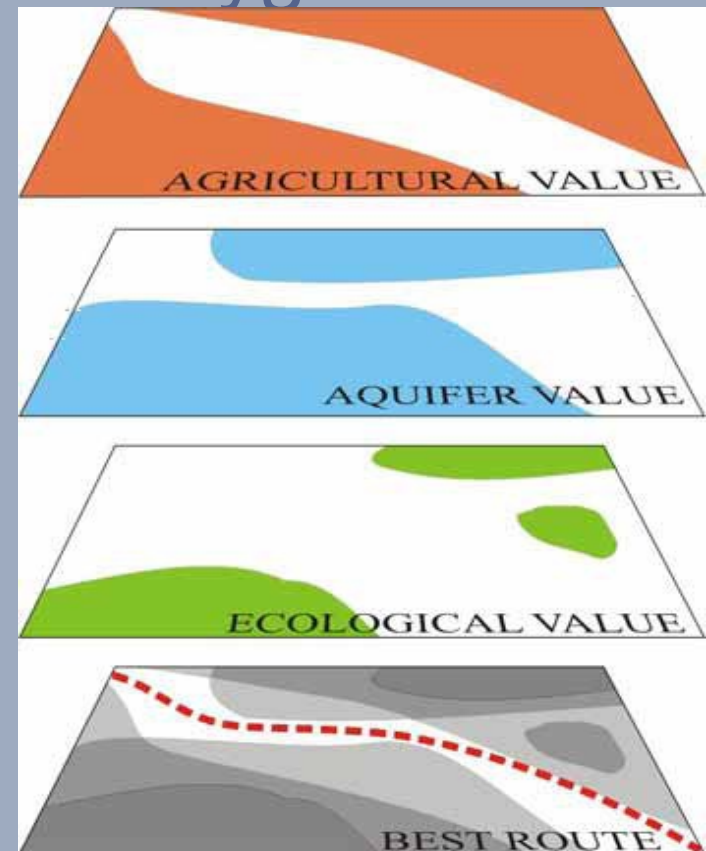
Background

- Primi Metodi (pre computers):
 - Ian McHarg (1969) Design with Nature
 - Usato per analisi di suitability
 - Sovrapposizione di strati informativi
 - Semplice analisi Booleana: AND, OR, NOT



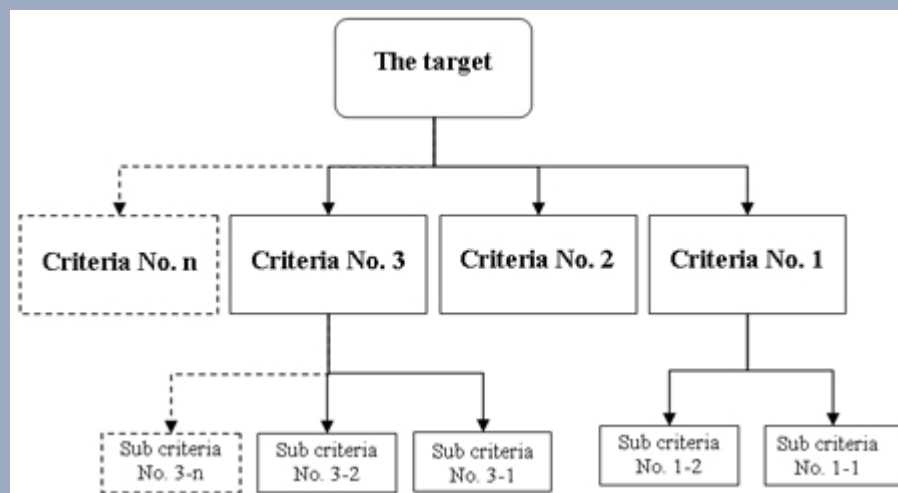
Post computers: Basic GIS

- Sovrapposizioni di Poligoni Polygon overlay (Logica Booleana)

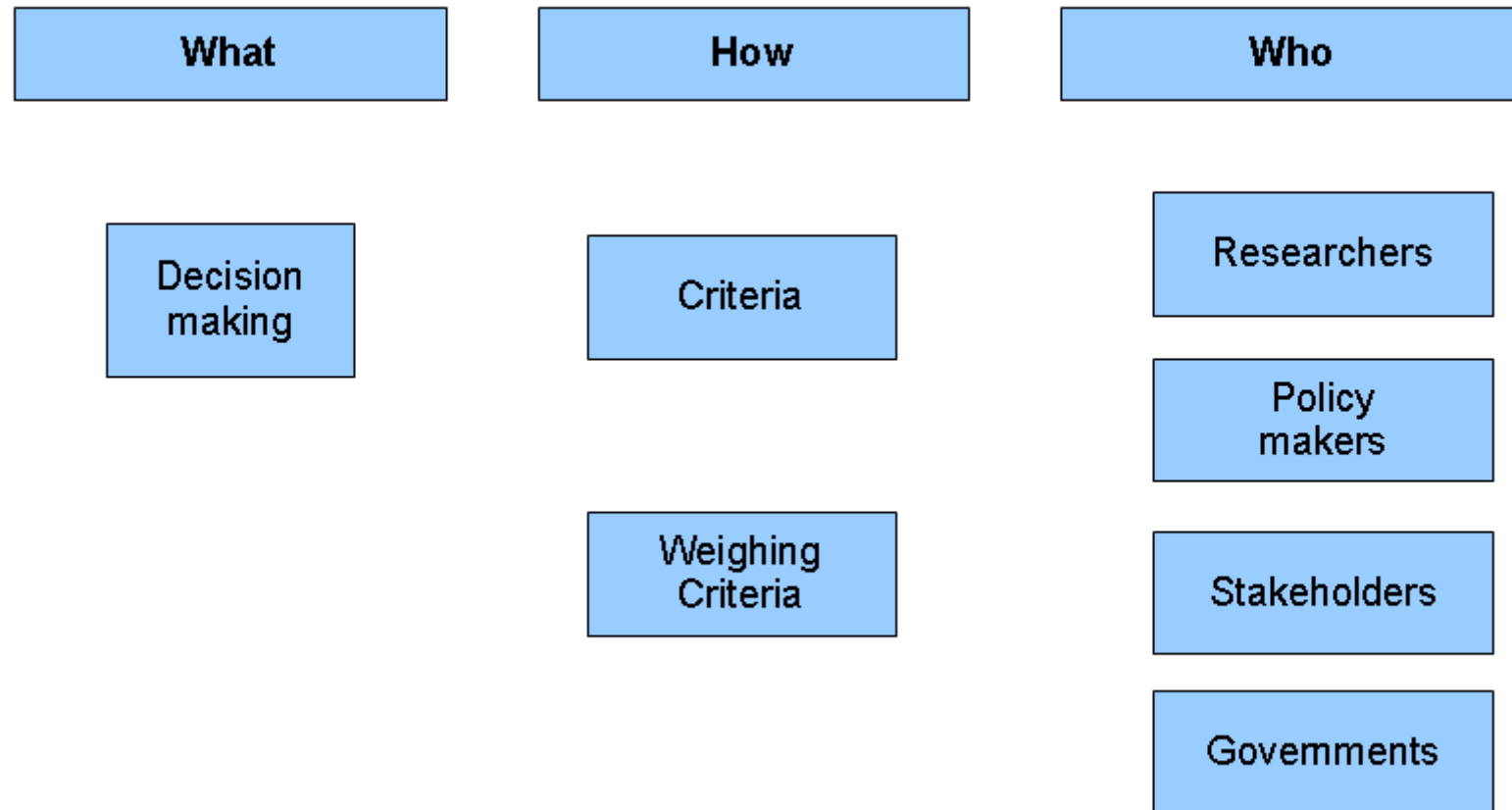


Definizioni

- Decisioni: scelta tra alternative
- Criteri: basi delle decisioni. Due classi:
 - Fattori/Factor: aumentano o diminuiscono la vocazione delle alternative
 - Vincoli/Constraint: limiti alle alternative
- Obiettivo (Goal or target): caratteristiche che la soluzione deve possedere (vincolo positivo)



La Base delle scelte



Per cosa usare i metodi multicriteriali

- Presa di decisioni (Decision making)
 - Soluzione di conflitti o scelte con valori differenti
 - Gestione delle acque
 - Sviluppo sostenibile
 - Ecc.



Principi dell'Analisi Multicriteriali MCE

Methodologia:

1. Determinare i criteri (factors/constraints) da includere
2. Determinare i pesi per i criteri
3. Analisi di sensitività dei risultati

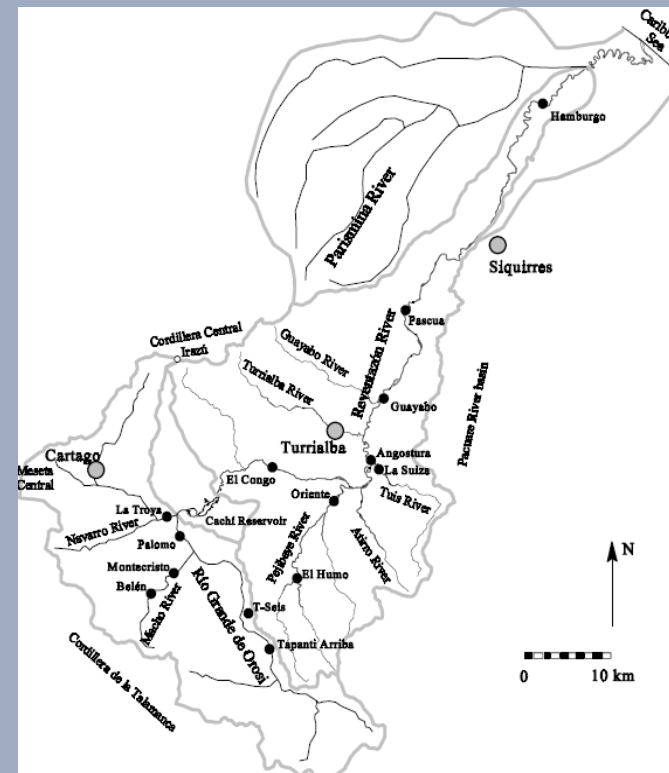
I passo: Determinare i criteri da includere

- I criteri determinano le alternative
- L'eccesso di semplificazione può portare a usare troppi pochi criteri
- Usare un eccesso di criteri riduce l'influenza di ciascuno di essi
- Spesso invece dei criteri si possono usare dei dati differenti che sono una loro approssimazione o dati simili (proxies), quando il dato esatto non può essere determinato

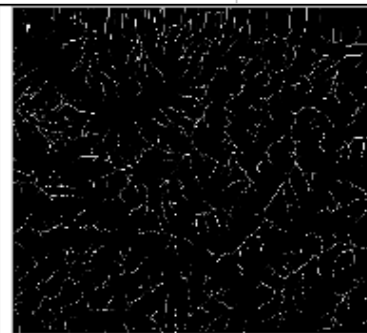
Esempio vocazione per la localizzazione di una diga

Criteri utilizzati:

- Fiume
- Urbano
- Foresta
- Flusso d'acqua accumulato
- Bacini presi
- Limite di bacino
- Città
- Carico idraulico
- Morfologia



Constraint	Description	Value
River	Dam must be built on the river	River=1, the rest= 0
Urban	The dam must avoid flooding cities, these includes cities inside the basin and cities that are close to the basin; a buffer of 120m around the cities was made to avoid possible flooding of cities	Urban and buffer= 0, the rest= 1
Forest	Forest above 1400m should not be destroyed	Forest and 300 meter buffer= 0, the rest= 1
Accumulated water flow	The water flow must be large enough to provide a mean water discharge of at least 30 m ³ /s	Flow > 30m ³ /s = 1, The rest= 0
Existing Reservoir	The dam should not be built on an existing reservoir	Existing reservoir= 0, the rest = 0
Watershed Boundary	The dam should be built only inside the Reventazon basin	Inside basin=1, the rest=0



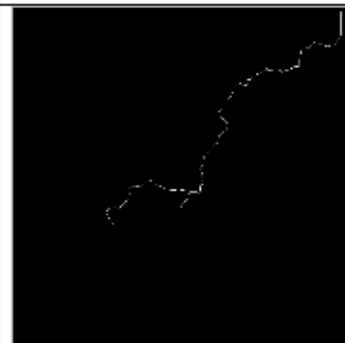
a



b



c



d

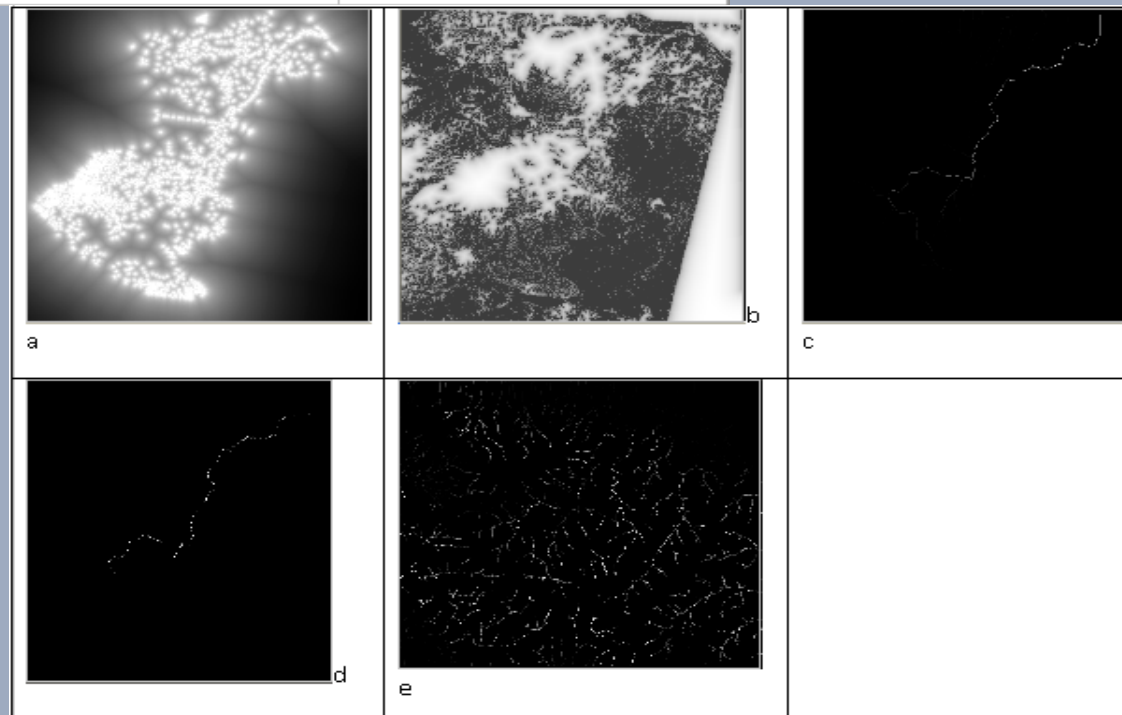


e



f

Factor	Discription	Value
City	The closer to larger cities, the better it is	From 0 (farthest to large cities) to 255 (closest to large cities)
Forest	The farther from forest, the better it is	From 0 (closest to forest) to 255 (farthest from forest)
Accumulated water flow	The higher the flow amount, the better it is	From 0 (least accumulated flow amount) to 255 (most accumulated flow amount)
Hydraulic Head	The greater elevation differences (steeper) the better	From 0(least elevation difference) to 255(most elevation difference)
Undulation	The difference in elevation. The more undulation the better.	From 0 to 255



Determinare i pesi

- Una decisione è il risultato di un confronto di uno o più alternative rispetto a uno o più criteri che riteniamo rilevanti per il compito a portata di mano.
- Tra i criteri pertinenti che consideriamo più importanti e alcuni come meno importanti; questo equivale ad assegnare pesi per il criterio in base alla loro importanza relativa.

Il passo: assegnare i criteri

Methods				
Features	Ranking	Rating	Pairwise Comparison	Trade-off Analysis
Number of Judgments	n	n	$n(n-1)/2$	$<n$
Response scale	Ordinal	Interval	Ratio	Interval
Hierarchical	Possible	Possible	Yes	Yes
Underlying Theory	None	None	Statistical/ heuristic	Axiomatic/ deductive
Ease of use	Low	High	High	Medium
Trustworthiness	Approximation	Not precise	Quite precise	Quite precise

I criteri vengono assegnati con una matrice di confronti a coppia

AHP - Pairwise comparison matrix

File Analysis Help

Feature	City	Forest	Acc Water Flow	Undulation	Hydraulic Head
1 City	1	0.50	0.3333	0.1667	0.0833
2 Forest	2	1	0.6667	0.3333	0.1667
3 Acc Water Flow	3	1.5	1	0.50	0.25
4 Undulation	6	3	2	1	0.50
5 Hydraulic Head	12	6	4	2	1
6					
7					
8					
9					
10					

Results

Relative weights (feature order)

City	0.0417
Forest	0.0833
Acc Water Flow	0.1250
Undulation	0.2500
Hydraulic Head	0.5000

Results

Relative weights (weight order)

0.5000	Hydraulic Head
0.2500	Undulation
0.1250	Acc Water Flow
0.0833	Forest
0.0417	City

Results

Consistency ratio = 0.00 **Ratio is OK!**

(Optimal ratio = 0)

Calculate relative weights and consistency ratio

Copyright S. Anders Brandt

I criteri vengono assegnati con metodi di ordinamento

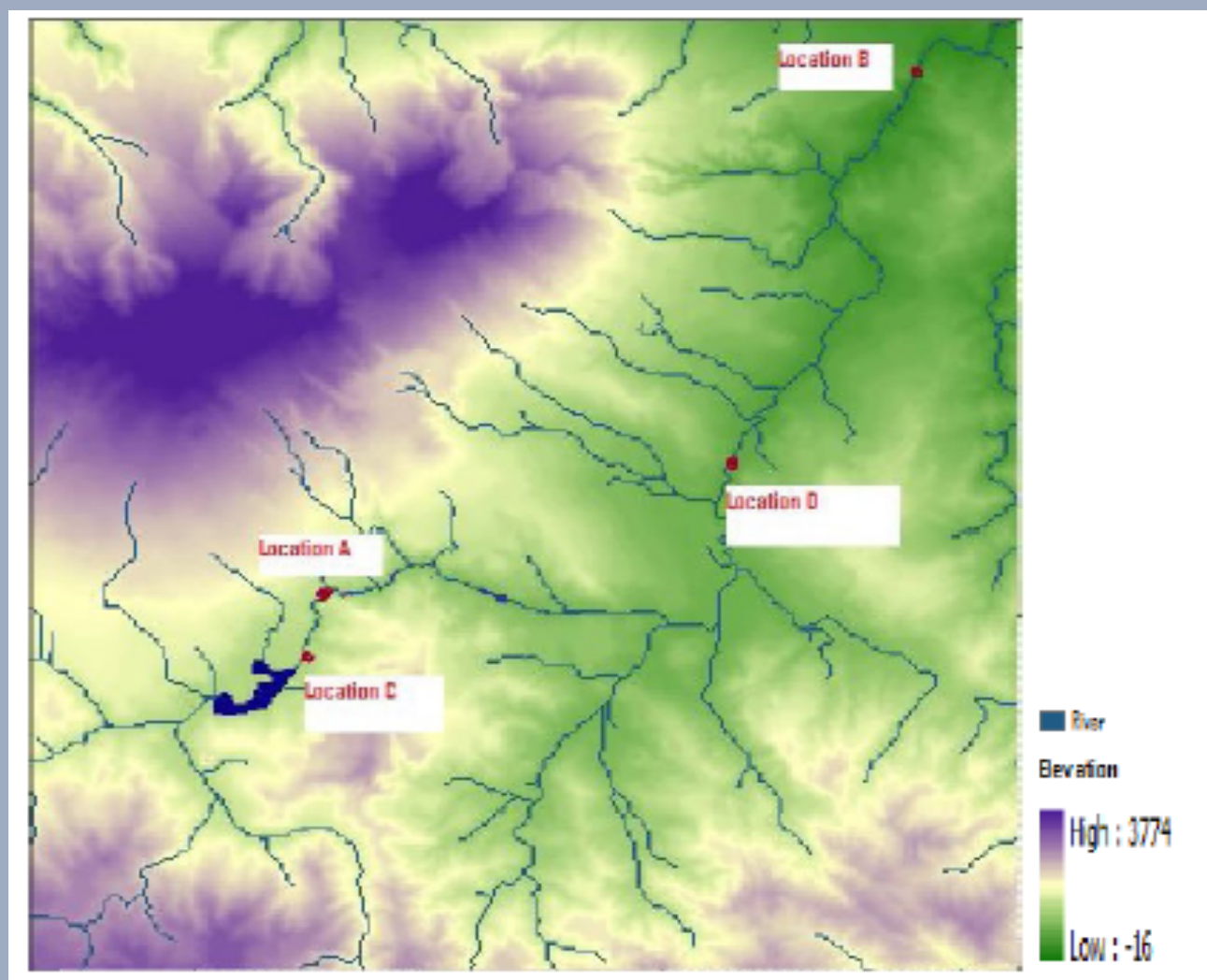
Factors	Weights
Hydraulic Head	5/15
Undulation	4/15
Total Accumulated Water Flow	3/15
Forest	2/15
City	1/15

$$w(i) = \frac{n-i+1}{\sum_{j=1}^n (n-j+1)}$$

i = rank number of the criterion

n = total number of criteria

$\sum_{j=1}^n (n-j+1)$ = sum of all ranks



Analisi di sensitività (la soluzione è sensibile ai cambiamenti: quanto?)

→ analisi di sensitività: variano i punteggi / pesi dei fattori per determinare la sensibilità della soluzione per piccole modifiche

Scelta dei criteri (ad esempio perché è incluso?)

Valuta l'affidabilità dei dati: quanto stabile è il risultato finale?

La Scelta per fattori di ponderazione: è soggettiva la soluzione globale cambia se si utilizzano altri pesi (fattori di peso)?

MCE – pro e contro

Contro:

Problemi dinamici fortemente semplificate in un modello lineare

Statico, manca la dimensione temporale

Metodo controverso - troppo soggettivo?

•Pro:

- Fornisce un'analisi strutturata e tracciabile.

- Possibilità di utilizzare diversi fattori di valutazione lo rende un ottimo strumento per la discussione.

- Affronta con grandi quantità di informazioni.

- Funziona!

Conclusioni

Analisi MCE: per qualsiasi problema decisionale complesso.

Consente decisori per mostrare il loro pensiero.

Utile in tutte le analisi GIS in cui sono incorporati diversi criteri.

Include la capacità di pesare criteri.

Spesso utilizzato per l'assegnazione di
sui del suolo.

Erosione dei bacini idrografici

* $A = R \times K \times LS \times C \times P$

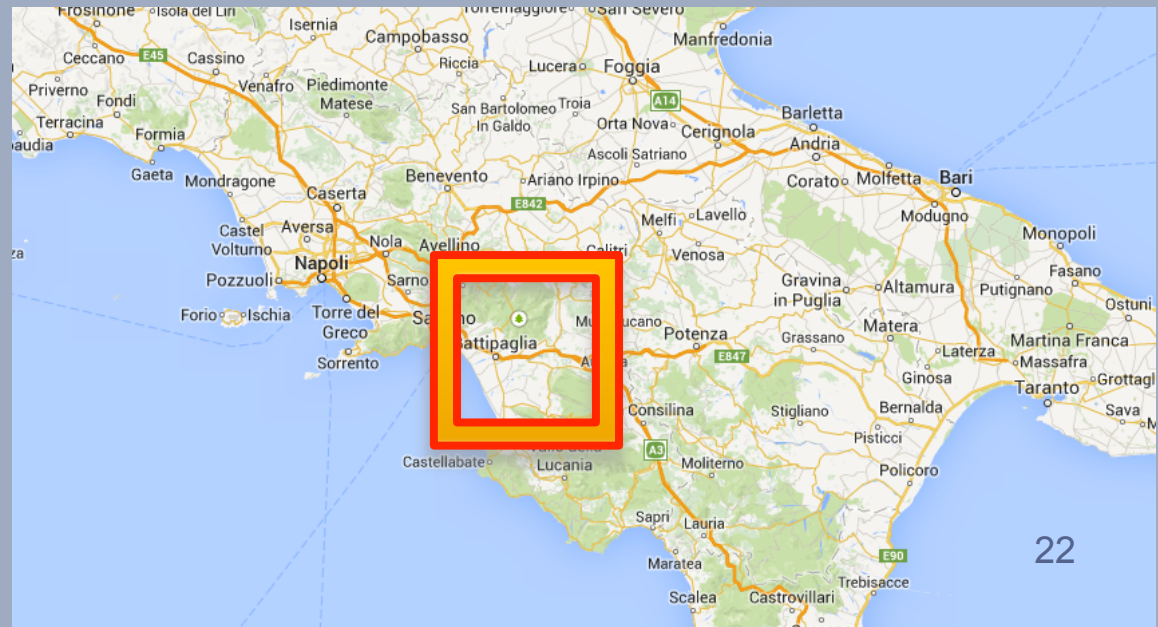
Equazione di Erosione dei suoli (RUSLE, Renard et al., 1997)

dove:

- A, quantità di suolo eroso in Mg/ha anno;
- R, erosività della pioggia in MJ mm / ha h anno;
- K, erodibilità del suolo in Mg ha h / ha MJ mm
- LS, fattore topografico, adimensionale
- C, Copertura vegetale e pratiche di gestione, adimensionale
- P, pratiche antierosive, adimensionale

Un caso di studio

- * Il bacino del fiume Tusciano, appartenente al territorio di competenza dell'Autorità di Bacino in Destra Sele, è caratterizzato da un'estensione territoriale di circa 260 km² e da una lunghezza dell'asta principale di circa 37 km.

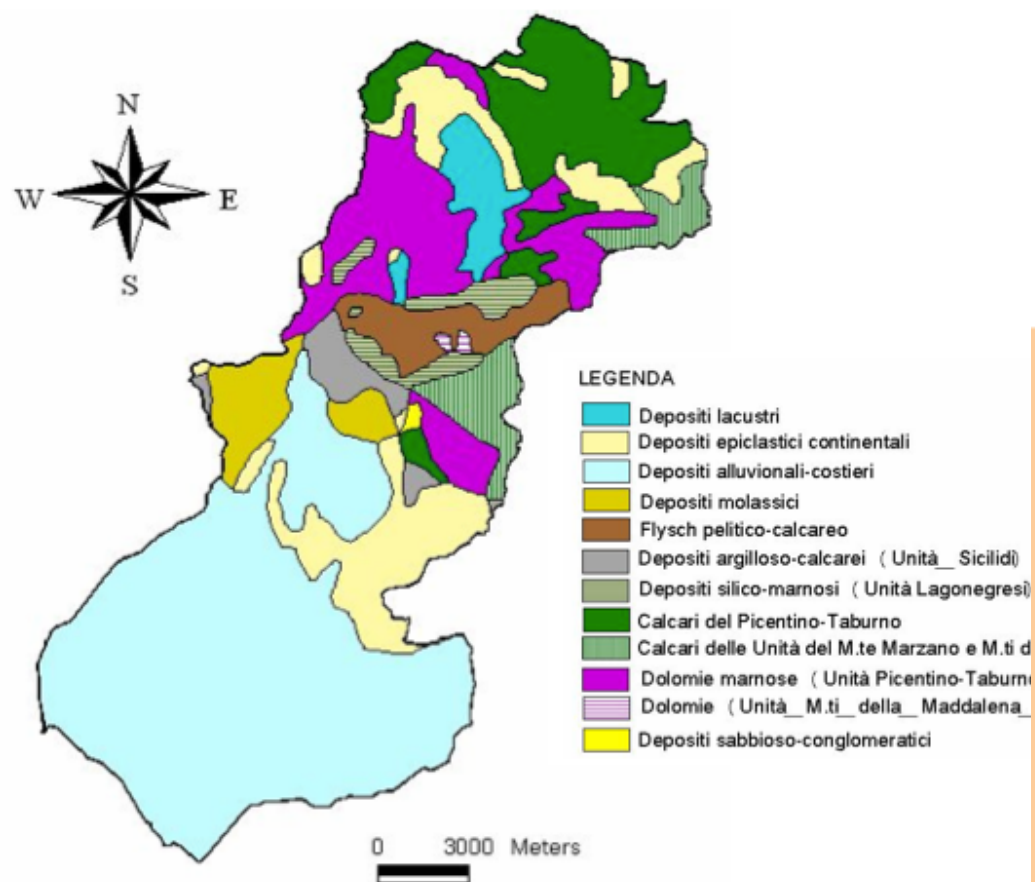


Da M. Zampoli, 2011

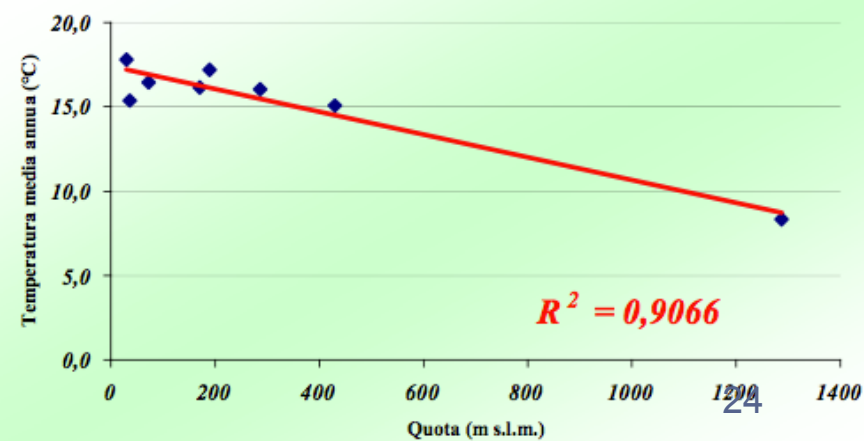
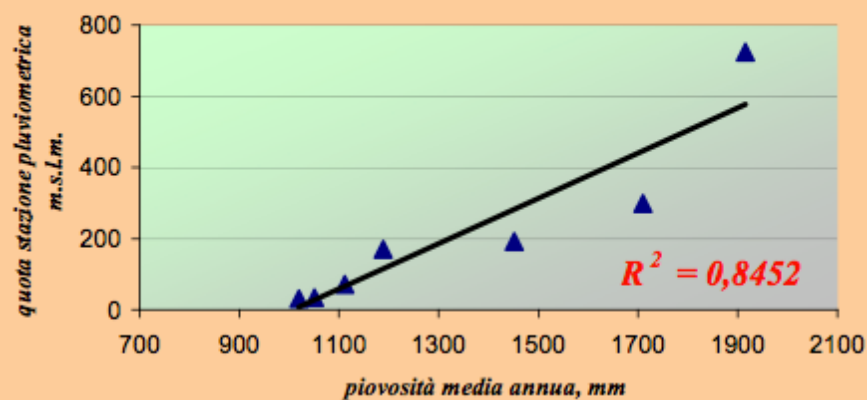
Geologia e litologia del bacino

- * settore prevalentemente calcareo-dolomitico localizzato nella zona montana-collinare del bacino; in tale settore sovente i toponimi locali “raia” o “raio” sono utilizzati per individuare corsi d’acqua che scorrono in gole profonde ed incassate; sono presenti le seguenti unità Geolitologiche:
 - * Depositi lacustri: depositi argillo-limosi, talora con intercalazioni ciottolose e banchi di lignite (Acerno) (Budetta et al., 1988).
 - * Flysch pelitico-calcareo: vi fanno parte prevalentemente le unità Irpine (alternanze arenaceo-marnoso-siltitiche, talora con olistoliti carbonatici, molto erodibile)
 - * Depositi argilloso-calcarei (Unità Sicilidi): fanno parte le unità delle Argille Varicolori (preponderante presenza di argille e marne, fortemente erodibile).
 - * Depositi silico-marnosi (Unità Lagonegresi).
 - * Calcari del Picentino-Taburno e delle Unità del M.te Marzano e M.ti della Maddalena:
 - * Dolomie e Dolomie marnose, fortemente tettonizzate.

- * settore dei depositi alluvionali prevalenti, che caratterizzano la zona valliva del bacino; sono presenti le seguenti unità Geolitologiche:
 - * Depositi alluvionali-costieri a partire dal Messiniano (successioni argillose, con frequenti intervalli torbosi che passano verso la costa a depositi prevalentemente sabbiosi)
 - * Depositi epiclastici continentali: * Depositi sabbioso-conglomeratici e molassici



Correlazione tra quota della stazione pluviometrica e piovosità media annua



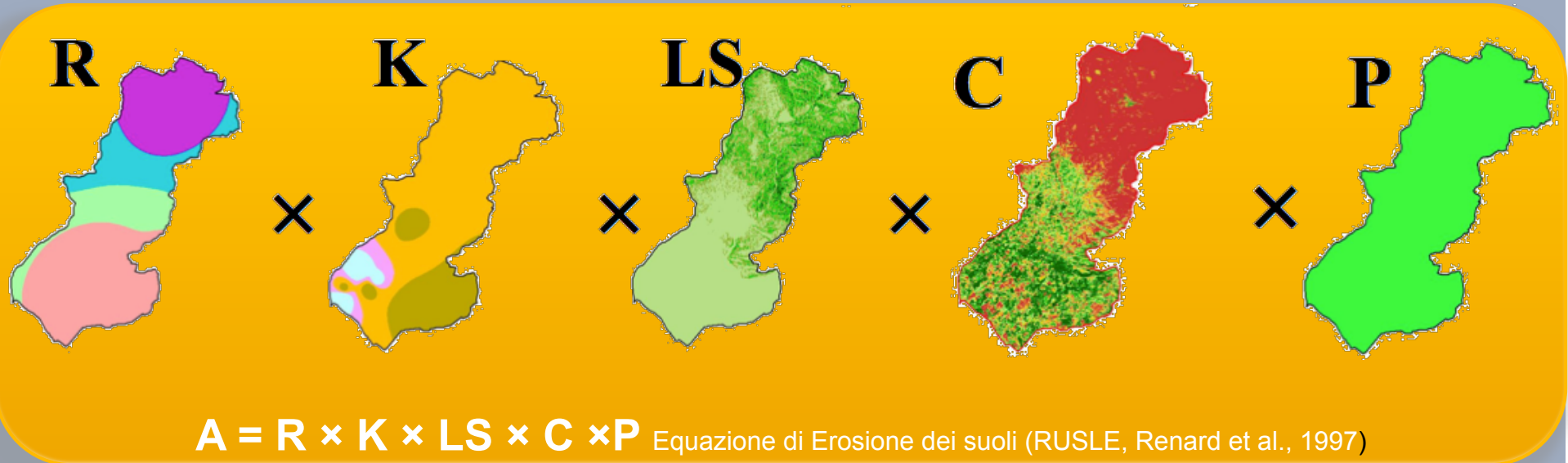
Da M. Zampoli, 2011

Fattori di erosione

Uso del suolo	Valore fattore C (RUSLE)	Uso del suolo	Valore fattore C (RUSLE)
Acque	0	Colture industriali	0,410
Tessuto urbano	0	Prati avvicendati	0,410
Rocce e/o affioramenti	0	Prati permanenti adibiti al pascolo	0,006
Frutteti	0,410	Boschi di latifoglie	0,042
Oliveti	0,410	Castagneti	0,042
Vigneti	0,410	Boschi di conifere	0,130
Agrumeti	0,410	Ortive	0,410
Pascoli inutilizzati	0,400	Orticole / frutticole	0,410
Pascolo al naturale	0,400	Erbai	0,410
Cespugli e/o arbusti	0,400	Sistemi colturali complessi	0,410
Vegetazione sclerofilla (macchie e garighe)	0,360	Colture temporanee e/o permanenti	0,410
Colture foraggere	0,410	Aree con vegetazione rada	0,700
Cereali da granella	0,410	Aree degradate da incendi	0,700
Cereali da granella c.f.	0,410	Spiagge	1

Temi

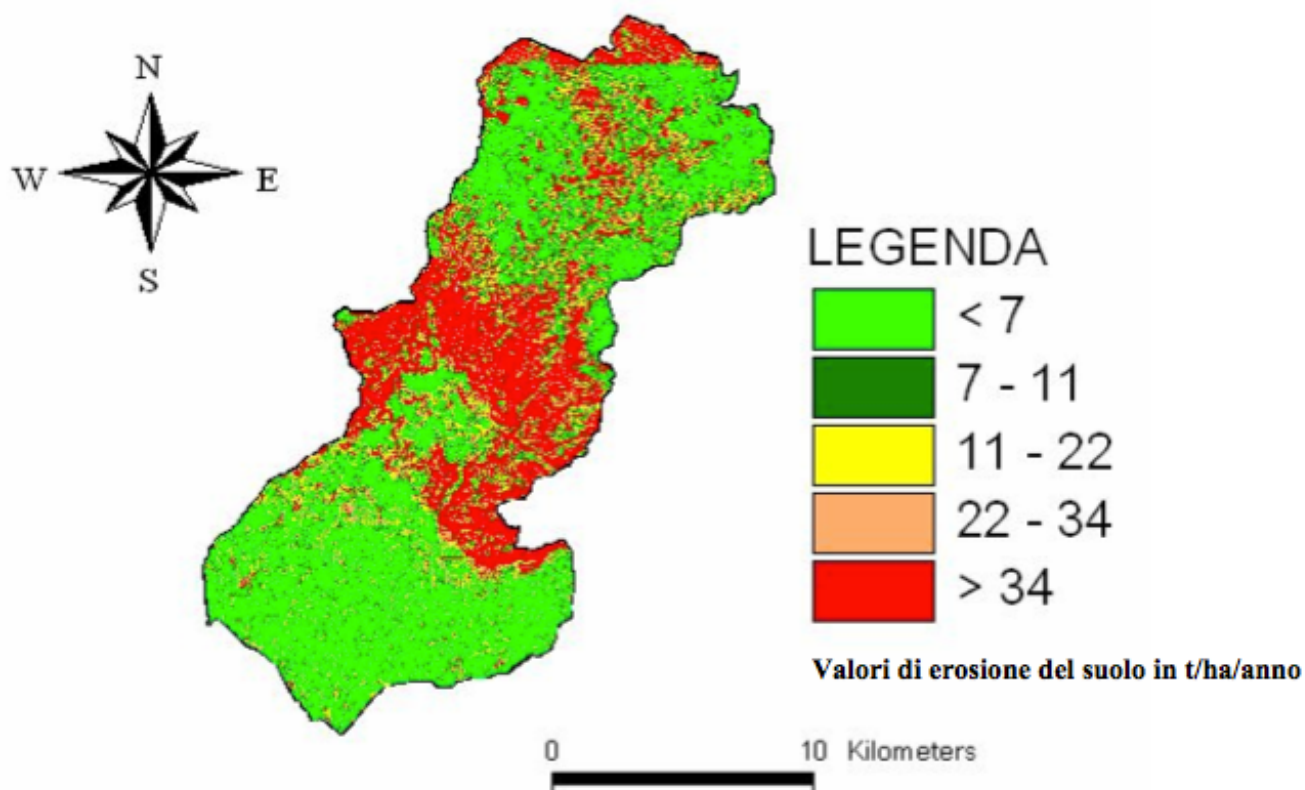
Da M. Zampoli, 2011



- A, quantità di suolo eroso in Mg/ha anno;
- R, erosività della pioggia in MJ mm / ha h anno;
- K, erodibilità del suolo in Mg ha h / ha MJ mm
- LS, fattore topografico, adimensionale
- C, Copertura vegetale e pratiche di gestione, adimensionale
- P, pratiche antierosive, adimensionale

Risultato

Da M. Zampoli, 2011



Classe di erosione	Perdita di suoli ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$)
Molto bassa	< 7.0
Bassa	7.0 – 11.0
Moderata	11.0 – 22.0
Alta	22.0 – 34.0
Severa	> 34.0

Erosione netta

- * La quantità di suolo eroso calcolata con la RUSLE rappresenta la cosiddetta “gross erosion” mentre la quantità di suolo eroso che va realmente a depositarsi all’interno dei corsi d’acqua costituisce la “net erosion” e rappresenta una piccola percentuale della prima (Onori et al., 2006).

Il rapporto tra la “net erosion” e la “gross erosion” è definito come “coefficiente di resa solida” o più comunemente SDR (acronimo del termine Sediment Delivery Ratio) (Bagarello & Ferro, 2006).

Equazione empirica

- * Negli U.S.A., Walling (1983) ha proposto la seguente relazione, per evidenziare la correlazione tra il valore medio annuo SDRw e la superficie del bacino imbrifero:

$$\text{SDRw} = k S_w^n [1]$$

in cui SDRw è adimensionale, S_w è la superficie del bacino espressa in Km^2 , k ed n sono due costanti numeriche.

In Italia (Sicilia) i valori sono: $k = 5.371$ e $n = -0,6953$ (Bagarello et al., 1991).