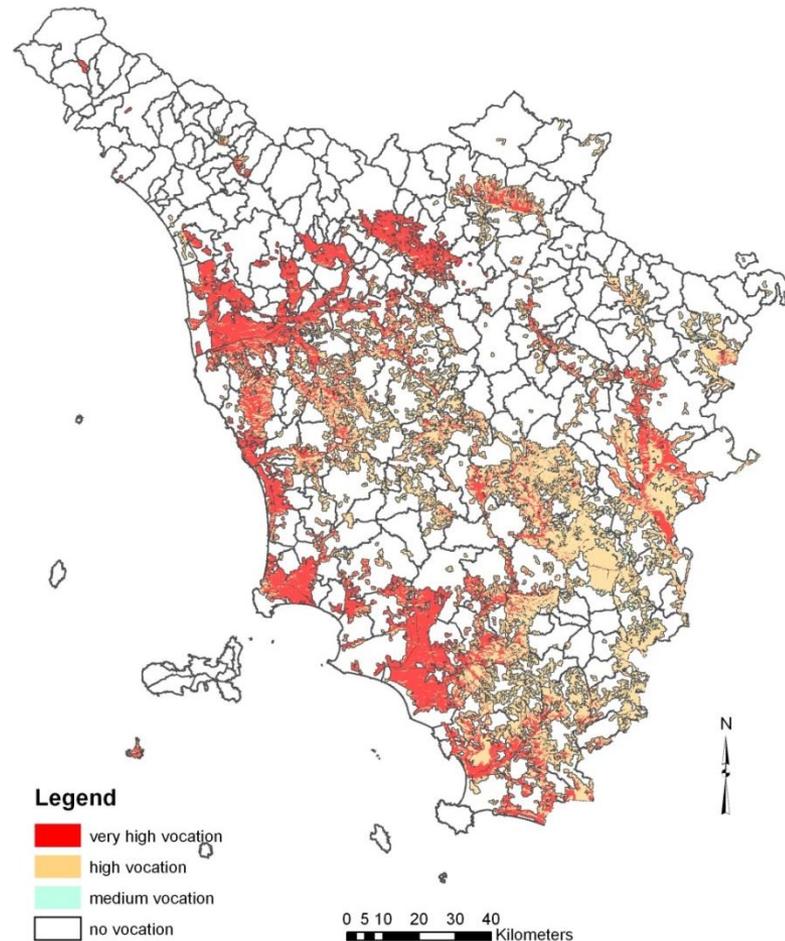


# La valutazione territoriale: analisi multicriteriale e logica fuzzy



**Table A1**  
Ecological criteria and indicators introduced in the

Ecological sustainability	
(1) <b>Ecosystems protection, sustaining ecosystem</b>	
1.1	diversity at the landscape level in
1.2	number of naturally regenerating
1.3	cover and abundance of the natural
1.4	conversion of natural forests to
1.5	area of natural forests converted to
1.6	percentage of forest biomass source
1.7	ecologically sensitive areas are
1.8	number of times harvesting activity
1.9	number of days biomass harvesting
1.10	level of forest fragmentation and
1.11	percentage of open spaces [64]
1.12	stem distribution [64]
1.13	mixing index of Von Gadow [64]
1.14	number of vegetation layers [64]
1.15	height differentiation index of Von
1.16	total aboveground mass of the woody
1.17	leaf area index [64]
1.18	number of thick trees per hectare
1.19	number of very thick trees per hectare
1.20	road network density, type and use
1.21	extent to which forest management
1.22	area of representative protected
1.23	area/severity of natural disturbance
1.24	sustainable residue extraction level
1.25	percentage of harvesting residues
1.26	coarse wood debris and snags retention
1.27	number of snags and den trees per
1.28	number of dead thick and fallen trees
1.29	percentage of surface area consisting
1.30	land required to maintain critical
1.31	connectivity among habitats on the
1.32	managing biomass for bioenergy
1.33	designations of protected areas and
1.34	susceptibility of monocultures to
1.35	effects of monocultures on landscape
1.36	area of vegetation types and structure
	representation of selected key and
(2) <b>Species protection and crop diversity [57]</b>	
2.1	a catalog/database of local species
	information of habitat needs [55]
2.2	number of indigenous species class
2.3	population levels and diversity of
2.4	percentage of surface area of native
2.5	number of native wood species [64]
2.6	populations of indigenous species
2.7	species protection and restoration
2.8	number of red-listed non-woody
2.9	number of native non-woody vascular
2.10	Fagers' NMS index of diversity [64]
2.11	number of fungi species [64]
2.12	number of lichen species [64]
2.13	number of functional groups of
2.14	specific strategies for maintaining
2.15	presence of taxa of special concern
2.16	habitat area in hectares of taxa of
2.17	health condition of forest crowns [
2.18	height/diameter ratio [63]
2.19	cover of pest species [63]

**Table A1 (continued)**

Ecological sustainability	
(3) <b>Exotic species applications and use of genetic resources [57]</b>	
3.1	area and severity of occurrence of
3.2	population sizes and reproductive
3.3	use of natural regeneration and of
3.4	negative ecological impacts do not
3.5	management does not significantly
(4) <b>Land use change and soil protection [57]</b>	
4.1	area of forest land converted to
4.2	soil cover per forest layer [64]
4.3	soil sealing per hectare [64]
4.4	penetrable depth for roots [64]
4.5	Ellenberg mR x mN ecological
4.6	earthworm biomass per hectare
4.7	humus index of Ponge [64]
4.8	functional bacterial diversity [64]
4.9	area of harvested area with degraded
4.10	frequency of biomass harvesting
4.11	frequency of biomass harvesting
4.12	area of permanent roads and land
4.13	area of temporary harvesting infra
4.14	area and percent of land where
4.15	soil nutrient status, temperature,
4.16	the biomass harvest is undertaken
4.17	total organic carbon (TOC); mg/ha
4.18	total nitrogen; mg/ha [63]
4.19	extractable phosphorus; mg/ha [63]
4.20	bulk density; g/cm <sup>3</sup> [63]
4.21	soil cover per forest layer [63]
(5) <b>Water management [57]</b>	
5.1	there is no significant change in the
5.2	practices should ensure water conservation
5.3	maintaining or improving quality of
5.4	total volume of drainage and/or irrigation
5.5	Ellenberg mF ecological spectrum
5.6	area and percent of water bodies
	properties from reference conditions
5.7	volume/weight of biomass harvest
5.8	measures to avoid pollution of groundwater
5.9	compliance with state best management
5.10	nitrate concentration in streams
5.11	total phosphorus concentration in
5.12	suspended sediment concentration
5.13	herbicide concentration in stream
5.14	peak storm flow; l/s [63]
5.15	minimum base flow; l/s [63]
5.16	consumptive water use (incorporated)
(6) <b>Use of chemicals, pest control and fertilizers [57]</b>	
6.1	pollutant levels (e.g., airborne pollution)
6.2	intensity of biocide use [65]
6.3	intensity of fertilization and/or liming
(7) <b>Natural resource efficiency [57]</b>	
7.1	area required/unit raw material in
7.2	aboveground net primary product
7.3	regeneration and resilience, based on
7.4	free net primary production [64]
7.5	additional or all year area cultivated
7.6	land base available for timber production
7.7	mean annual increment for forest
7.8	annual and periodic removals of timber
7.9	annual harvest of wood products
7.10	biomass harvesting frequency [49]
7.11	roads and infrastructure specific to

**Table A1 (continued)**

Ecological sustainability	
7.19	per capita wood consumption [55]
7.20	firewood production/management area [55]
7.21	amounts of biomass extracted for charcoal production [55]
7.22	industrial bioenergy feedstocks/management area [55]
7.23	extent and nature of illegal harvesting practices [55]
7.24	existence of efficient measures to monitor and protect against illegal harvesting [55]
7.25	amount of carbon steel in tons, used in the construction of the plant/energy produced in lifetime [56]
7.26	amount of copper in tons, used in the construction of the plant/energy produced in lifetime [56]
7.27	amount of aluminum in tons, used in the construction of the plant/energy produced in lifetime [56]
7.28	depletion of non-renewable energy sources [65]
7.29	fossil energy return on investment (fossil EROI); ratio of fossil energy inputs to amount of useful energy output (MJ) [65]
(8) <b>Energy balance [57]</b>	
8.1	amount of fuel consumed in tons divided by the energy produced in lifetime [56]
8.2	Ellenberg mI, ecological spectrum [64]
8.3	primary energy use per capita [66]
8.4	final energy use by sector [66]
8.5	ratio of local renewables production to local consumption of energy and electricity [66]
8.6	industrial energy intensity [66]
8.7	agricultural energy intensity [66]
8.8	service/commercial energy intensity [66]
8.9	household energy intensity [66]
8.10	transport energy intensity [66]
8.11	public transit ridership [66]
8.12	renewable energy share in energy and electricity [66]
8.13	share of household income spent on fuel and electricity [66]
(9) <b>Waste management [57]</b>	
9.1	amount of waste in tons produced by the plant divided by the energy produced in lifetime [56]
(10) <b>Greenhouse gas balance [57]</b>	
10.1	amount of carbon dioxide in tons produced by the plant
10.2	CO <sub>2</sub> -equivalent emissions (CO <sub>2</sub> and N <sub>2</sub> O); kg CO <sub>2</sub> e/GJ [65]
10.3	reduced CO <sub>2</sub> -equivalent by substitution of mineral fertilizer/unit energy
10.4	reduced CO <sub>2</sub> -equivalent by substitution of mineral fertilizer/unit energy
10.5	reduced CO <sub>2</sub> -equivalent/MWh [58]
10.6	reduced CO <sub>2</sub> -equivalent/unit raw material input [58]
10.7	reduced CO <sub>2</sub> -equivalent/unit energy input during lifetime of the plant [58]
10.8	estimated total of GHG emissions avoided by using forest biomass for energy
10.9	indirect land use change effects are included in estimating total GHG emissions
10.10	GHG emissions from energy use, per capita and per unit of GDP and by sector [66]
(11) <b>Potentially hazardous atmospheric emissions other than greenhouse gases [57]</b>	
11.1	emissions of other gases [45], e.g., SO <sub>2</sub> [44], [MB], NO, CO [57]
11.2	amount of nitrogen oxide in tons produced by the plant divided by the energy produced in lifetime [56]
11.3	amount of sulfur dioxide in tons produced by the plant divided by the energy produced in lifetime [56]
11.4	other significant air emissions by type and weight [56]
11.5	tropospheric ozone; ppb [63]
11.6	total particulate matter less than 10 µg/m <sup>3</sup> diameter (PM <sub>2.5</sub> ) [63]
11.7	total particulate matter less than 2.5 µg/m <sup>3</sup> diameter (PM <sub>10</sub> ) [63]

**Table A2**  
Economic criteria and indicators introduced in the original references.

Economic sustainability	
(1) <b>Economic stability [57]</b>	
1.1	amount of money invested in the respective option divided by the energy production in lifetime [56]
1.2	total investment in €/€ alternative total export of financial funds for external energy acquisition [58]
1.3	regional total accrual in €/€ alternative total export of financial funds for external energy acquisition [58]
1.4	existence of economic rents exist [for forest primary production], i.e., total management revenues exceed management costs [60]*
1.5	economic importance of forest management units [for forest primary production] for local communities [60]*
1.6	percentage of money generated by the bioenergy venture remaining in local economy [49]
1.7	number of respective entity/kWh produced in lifetime [56]
2.1	regional turnover (yearly accrual of funds)/€ total investment [58]
2.5	gain of GNP [45] for the community/unit kWh [58]
2.6	locally available finance schemes for energy efficiency and renewable energy [66]
2.7	return on investment (ROI) [65]

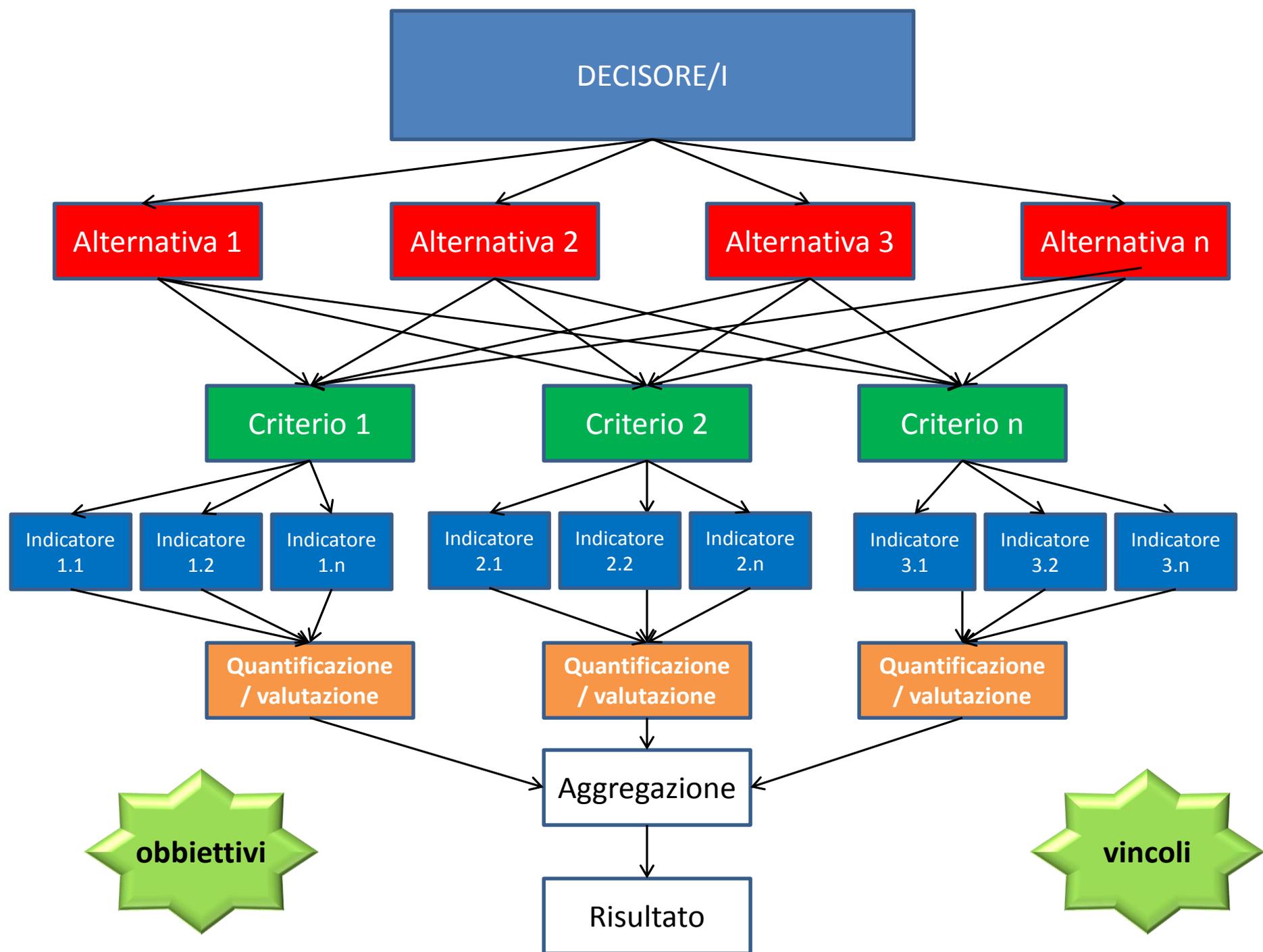


*K. Lähtinen et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 40 (2014) 1202–1216*

216 harvesting systems and equipment  
quality and quantity [60]  
217 wildlife management provides hu  
218 availability and use of recreational

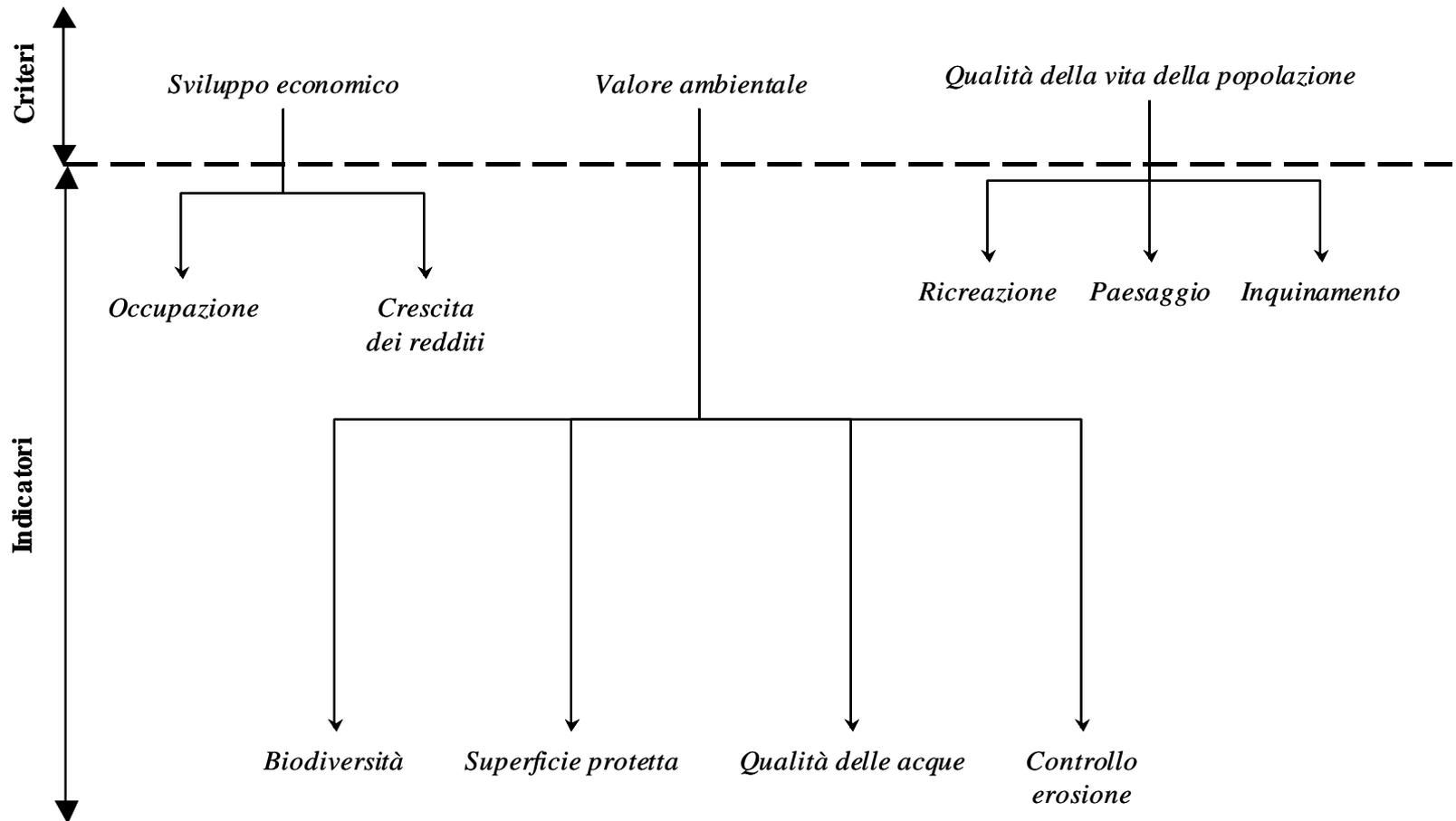
- **Analisi multicriteriale (AMC)**

- sottointende un insieme, piuttosto vasto, di tecniche finalizzate a provvedere metodi di supporto alle decisioni quando esistono molti criteri di analisi ognuno valutabile con una propria unità di misura.
- Libertà di raccogliere e di valutare gli elementi che concorrono alla decisione con il metodo di valutazione più appropriato



# Analisi multicriteriale

## *Definizione dei criteri e degli indicatori*



# Definizione dei criteri

I criteri di un processo di valutazione territoriali sono gli elementi essenziali della valutazione.

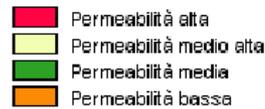
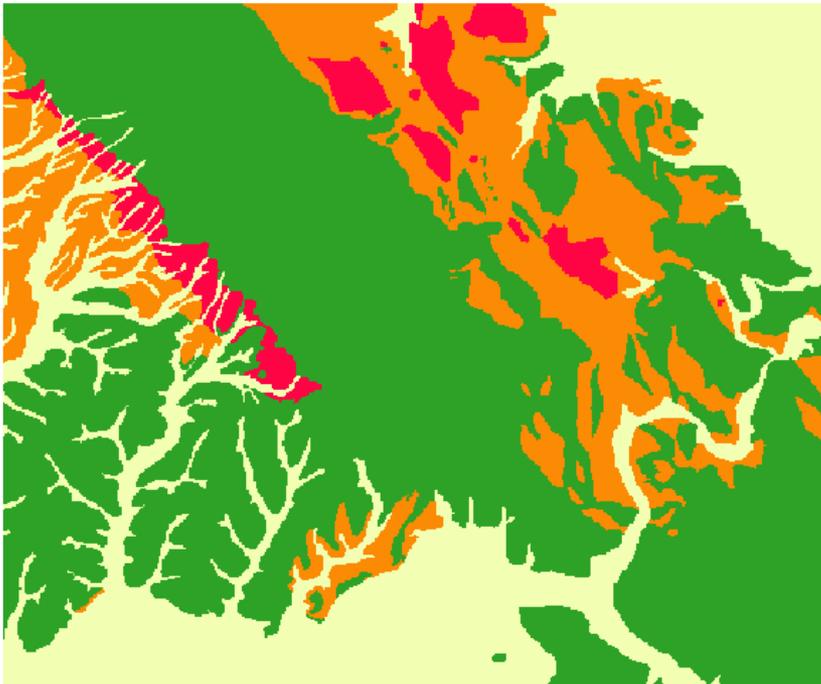
Definizione tramite:

- letteratura sull'argomento
- studi analitici specifici
- interviste e consulenza di esperti del settore

# Quantificazione dei criteri

## Definire una unità di misura specifica

- quantitativa (p.es. kg suolo asportato/ha; numero visite/anno; capi/ha, ecc.)
- qualitativa → es. trasformazione di valutazioni verbali



*Quantificatore  
linguistico*

# Analisi multicriteriale: classificazione

## 1. Alternative

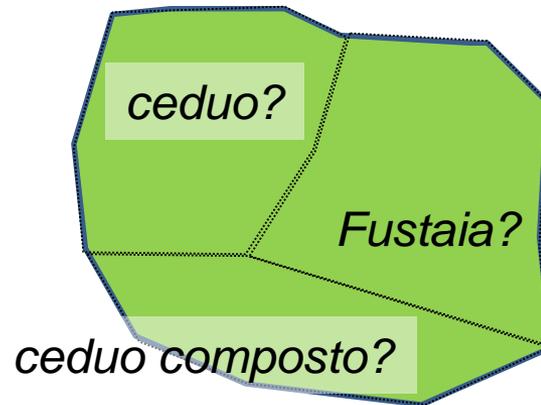
Discrete

- Es.:
- *ceduo?*
  - *fustaia?*
  - *ceduo composto?*



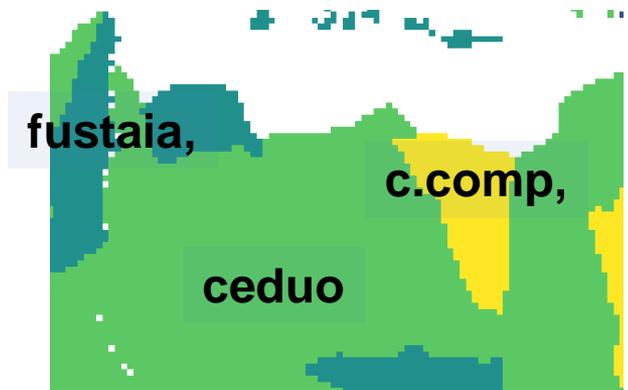
Analisi  
multiattributo

Continue



Analisi  
multiobbiettivo

Spzializzate



Analisi  
multicriteriale  
geografica

# Analisi multicriteriale: classificazione

## 2. *Decisori*

Modelli  
monodecisionali

Modelli  
multidecisionali

*Processi top-down e bottom-up*  
*Partecipazione Vs tempo e risorse disponibili*



- Energy (other)
- \* Plant for energy production
- Regasification plant
- ≡ Railway
- ✕ Generic infrastructure
- ≡ Road
- ⊠ Garbage dump
- ⊠ Garbage (other)
- ◇ Waste-to-energy plant
- ★ Other

# Scelta dei decisori

Procedure	Potere decisionale	Vantaggi	Svantaggi
<p><b>Informazione pubblica:</b> Presentazioni pubbliche, distribuzione gratuita di pubblicazioni informative, articoli su periodici e giornali specializzati</p>	Nulla	Rapidità di informazione	Assenza di scambio di informazioni fra responsabili del processo di pianificazione e pubblico
<p><b>Consultazione:</b> Adunanze pubbliche, consultazioni con difensori civici o con rappresentanti delle componenti sociali interessate, informazioni raccolte tramite questionari.</p>	Basso	Consente uno scambio di informazioni	Necessita di tempi lunghi, costi di implementazione.
<p><b>Pianificazione congiunta:</b> Comitati consultivi, Workshop strutturati</p>	Moderato	Consente un coinvolgimento diretto del pubblico nel processo di pianificazione	Necessita di tempi molto lunghi.
<p><b>Autorità delegata:</b> Referendum consultivi proposti dalle diverse parti</p>	Alto	Elevata rappresentatività del pubblico	Mancanza di controllo della coerenza tecnica delle proposte, possibilità di informazioni distorte, scambio di informazioni nullo.

Procedure	Informazione	Identificazione dei conflitti	Recepimento di proposte alternative	Valutazione multidecisionale	Analisi dei conflitti
<i>Informazione pubblica</i>	X				
<i>Consultazione.</i>	X	X	X	X	X
<i>Pianificazione congiunta</i>	X	X	X	X	X
<i>Autorità delegata</i>		X		X	

# Analisi multiattributo

- **Alternative escludibili**
- **Alternative non escludibili**
- **Metodi a ordinamento completo**
- **Metodi a ordinamento incompleto**

# Caso di studio

## Scelta della miglior alternativa gestionale di un bosco di proprietà pubblica

Classe di età	Castagno I classe di fert (S1).	Castagno I classe di fert. con finalità ricreative (S1R)	Castagno II classe di fert. (S2)	Castagno II classe di fert. con finalità ricreative (S2R)	Faggio I classe di fert. (S3)	Faggio I classe di fert. con finalità ricreative (S3R)	Faggio II classe di fert. (S4)	Faggio II classe di fert. con finalità ricreative (S4R)
31-40 (I)	73,62	73,62	28,70	0,00	148,12	148,12	69,70	69,70
21-30 (II)	88,55	29,52	46,70	15,57	14,80	0,00	38,00	0,00
11-20 (III)	74,45	24,82	44,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0-10 (IV)	7,40	0,00	8,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

# Caso di studio

## Definizione delle alternative

- A1.** Alternativa progettuale per la valorizzazione della produzione forestale.
- A2.** Alternativa progettuale a parco ambientale e faunistico.
- A3.** Alternativa progettuale a parco turistico-naturalistico.
- A4.** Alternativa progettuale ad azienda multifunzionale.
- A5.** Alternativa progettuale ad azienda multifunzionale a prevalente funzione turistico-naturalistica
- A6.** Alternativa progettuale ad azienda multifunzionale a prevalente produzione legnosa.

# Caso di studio

## **Definizione degli obiettivi e dei criteri**

- massimizzare la produzione legnosa;
- massimizzare la potenzialità ricreativa del soprassuolo;
- massimizzare la produzione di foraggio disponibile per la fauna selvatica
- massimizzare l'occupazione generata dal bosco.

# Caso di studio

## Definizione degli indicatori

- massimizzare la produzione legnosa → ***mc di legname annuo***
- massimizzare la potenzialità ricreativa del soprassuolo → **n° di visite per anno**
- massimizzare la produzione di foraggio disponibile per la fauna selvatica → **quintali di sostanza verde disponibili per la fauna per anno**
- massimizzare l'occupazione generata dal bosco → **giornate lavorative per anno**

# Caso di studio

## Quantificazione degli indicatori: matrice degli effetti

		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Criteri	Produzione	mc/anno	6120.98	953.37	1052.42	3701.17	2838.25	4477.03
	Fauna	q.s.v./anno	0	3932.85	2570.85	2091.31	2645.92	1504.22
	Ricreazione	n.vis./anno	0	3463.47	8379.49	4455.41	5636.97	3204.64
	Occupazione	gg/anno	1858.98	963.06	1544.37	1895.29	1816.67	1882.93

**A1.** Alternativa progettuale **per la valorizzazione della produzione forestale.**

**A2.** Alternativa progettuale a **parco ambientale e faunistico.**

**A3.** Alternativa progettuale a **parco turistico-naturalistico.**

**A4.** Alternativa progettuale ad **azienda multifunzionale.**

**A5.** Alternativa progettuale ad **azienda multifunzionale a prevalente funzione turistico-naturalistica**

**A6.** Alternativa progettuale ad **azienda multifunzionale a prevalente produzione legnosa.**

# Caso di studio

**Risoluzione tramite AMC: la *compromise programming* → distanza da un punto ideale**

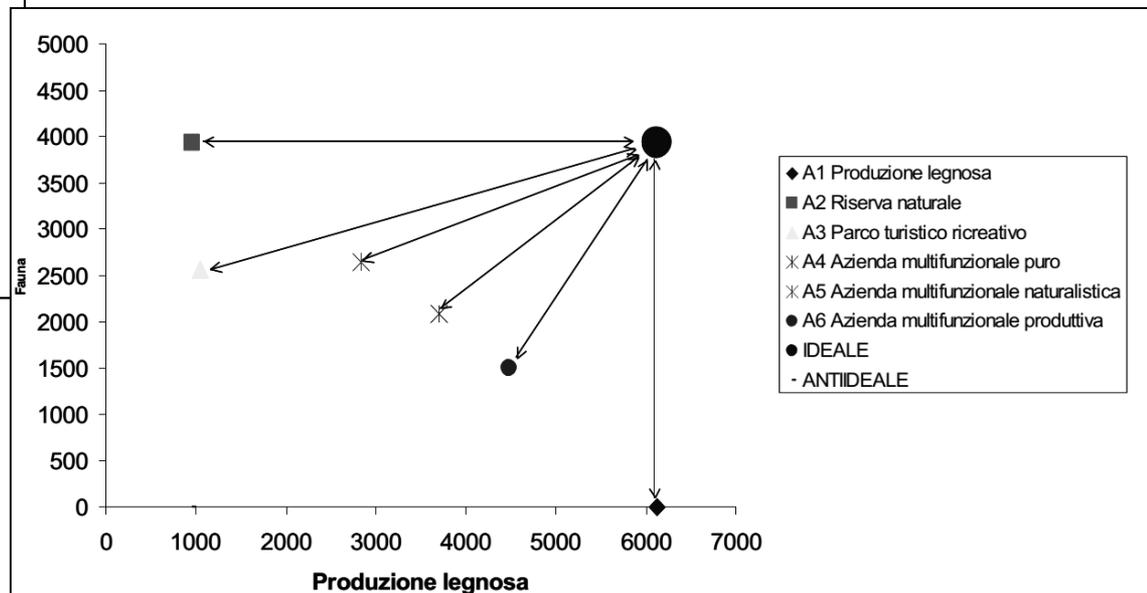
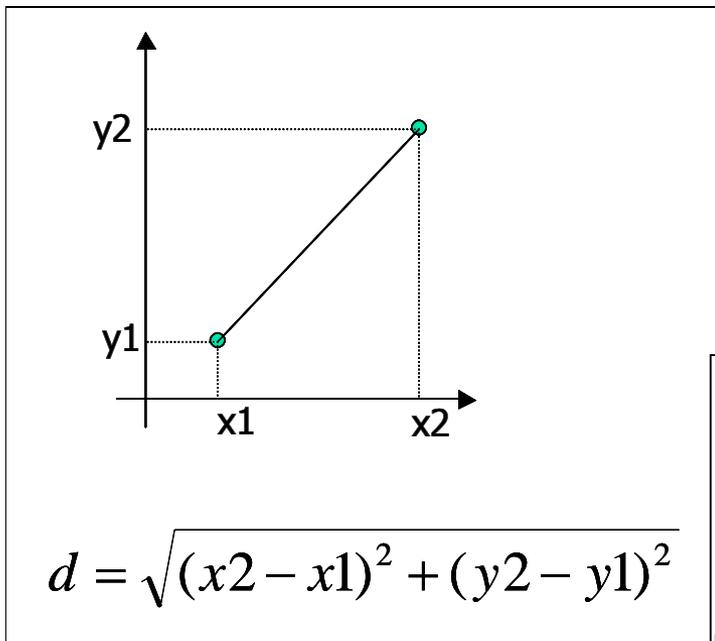
## ***Alternativa ideale e alternativa antiideale***

	Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ideale	Antiideale	
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>6120.98</b>	<u>953.37</u>	1052.42	3701.17	2838.25	4477.03	<b>6120.98</b>	<b>953.37</b>
	Fauna	q.s.v./anno	<u>0</u>	<b>3932.85</b>	2570.85	2091.31	2645.92	1504.22	<b>3932.85</b>	<b>0</b>
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>0</u>	3463.47	<b>8379.49</b>	4455.41	5636.97	3204.64	<b>8379.49</b>	<b>0</b>
	Occupazione	gg/anno	1858.98	<u>963.06</u>	1544.37	<b>1895.29</b>	1816.67	1882.93	<b>1895.29</b>	<b>963.06</b>

**“le alternative preferibili sono quelle più vicine al punto ideale”**

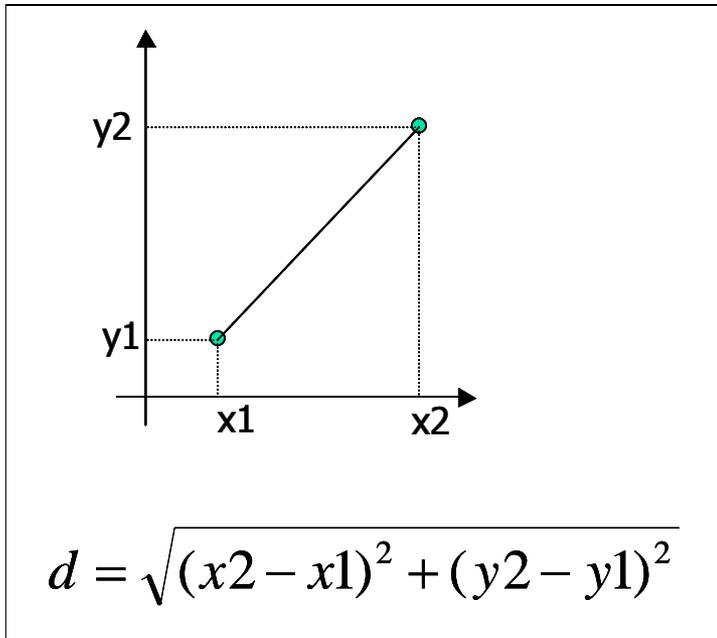
# Caso di studio

## Compromise programming



# Caso di studio

## *Compromise programming*



### **Applicazione a un problema decisionale**

1. Gli assi cartesiani hanno unità di misura diverse
2. Per più di due criteri la distanza non è più rappresentabile graficamente in quanto è multidimensionale.

# Caso di studio

## Normalizzazione

$$d_{i,j} = \frac{y_i^* - y_{i,j}}{y_i^* - y_{*,i}}$$

Con:

$y_i^*$  : valore ideale del criterio

$y_{i,j}$  : valore del criterio nell'alternativa analizzata

$y_{*,i}$  : valore anti-ideale del criterio

# Caso di studio

## *Compromise programming*

		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ideale	Antiideale
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>6120.98</b>	<u>953.37</u>	1052.42	3701.17	2838.25	4477.03	<b>6120.98</b>	<b>953.37</b>
	Fauna	q.s.v./anno	<u>0</u>	<b>3932.85</b>	2570.85	2091.31	<b>2645.92</b>	1504.22	<b>3932.85</b>	<b>0</b>
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>0</u>	3463.47	<b>8379.49</b>	4455.41	5636.97	3204.64	<b>8379.49</b>	<b>0</b>
	Occupazione	gg/anno	1858.98	<u>963.06</u>	1544.37	<b>1895.29</b>	1816.67	1882.93	<b>1895.29</b>	<b>963.06</b>

$$d_{fauna,A5} = \frac{3933 - 2646}{3933 - 0} = 0.33$$

		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>0.00</b>	<u>1.00</u>	0.98	0.47	0.64	0.32
	Fauna	q.s.v./anno	<u>1.00</u>	<b>0.00</b>	0.35	0.47	<b>0.33</b>	0.62
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>1.00</u>	0.59	<b>0.00</b>	0.47	0.33	0.62
	Occupazione	gg/anno	0.04	<u>1.00</u>	0.38	<b>0.00</b>	0.08	0.01

# Caso di studio

*Compromise programming*

$$D_j = \sqrt[n]{\sum_i (d_{i,j})^n}$$

# Caso di studio

## *Compromise programming*

		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>0.00</b>	<u>1.00</u>	0.98	0.47	0.64	0.32
	Fauna	q.s.v./anno	<u>1.00</u>	<b>0.00</b>	0.35	0.47	0.33	0.62
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>1.00</u>	0.59	<b>0.00</b>	0.47	0.33	0.62
	Occupazione	gg/anno	0.04	<u>1.00</u>	0.38	<b>0.00</b>	0.08	0.01

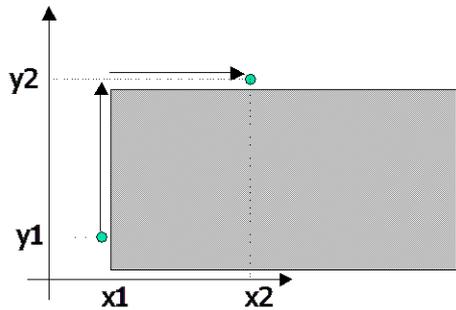
$$A1 = D_j = \sqrt{\sum_i (d_{i,j})^2} = \sqrt{(0^2 + 1^2 + 1^2 + 0.04^2)} = 1.41$$

Alternativa	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Distanza	1.41	1.53	1.11	0.81	<b>0.79</b>	0.93

# Caso di studio

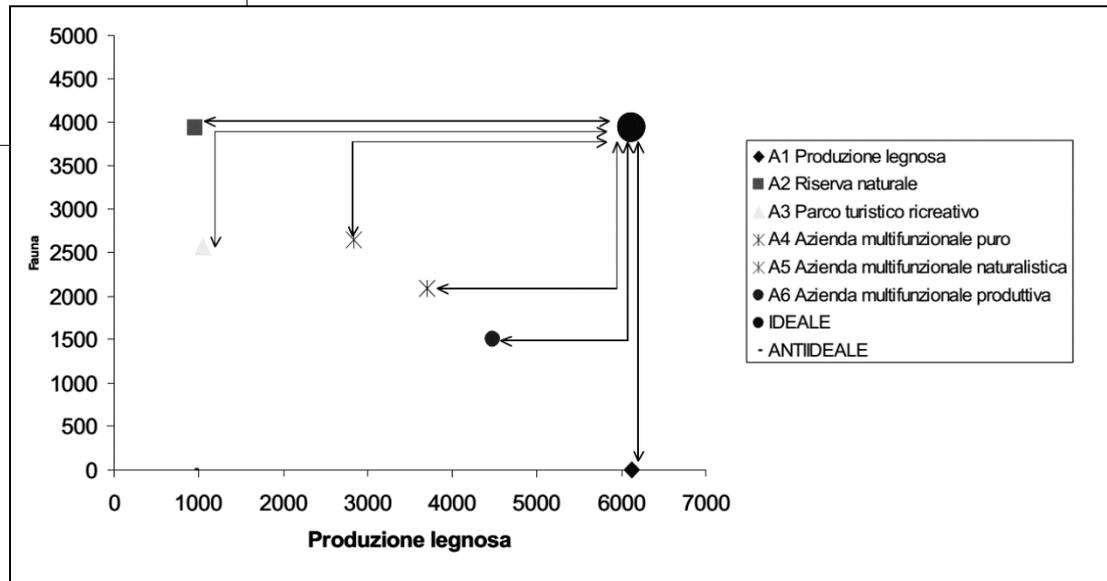
## Compromise programming

		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>0.00</b>	<u>1.00</u>	0.98	0.47	0.64	0.32
	Fauna	q.s.v./anno	<u>1.00</u>	<b>0.00</b>	0.35	0.47	0.33	0.62
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>1.00</u>	0.59	<b>0.00</b>	0.47	0.33	0.62
	Occupazione	gg/anno	0.04	<u>1.00</u>	0.38	<b>0.00</b>	0.08	0.01



$$d = (x2 - x1) + (y2 - y1)$$

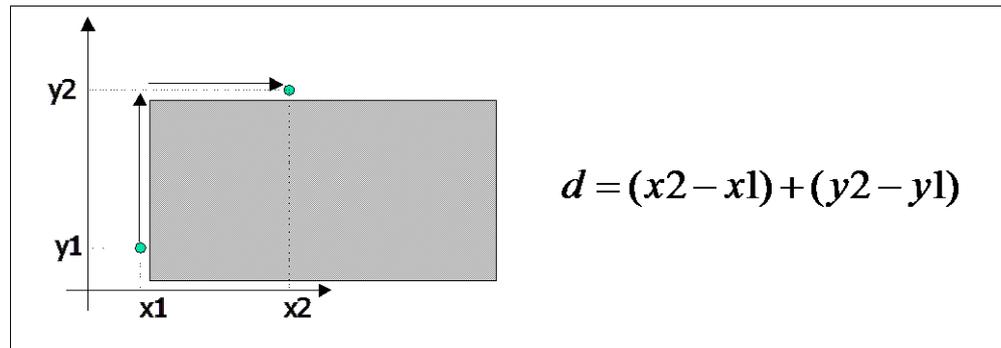
$$D_j = \sqrt[n]{\sum_i (d_{i,j})^n}$$



# Caso di studio

## *Compromise programming*

		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>0.00</b>	<u>1.00</u>	0.98	0.47	0.64	0.32
	Fauna	q.s.v./anno	<u>1.00</u>	<b>0.00</b>	0.35	0.47	0.33	0.62
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>1.00</u>	0.59	<b>0.00</b>	0.47	0.33	0.62
	Occupazione	gg/anno	0.04	<u>1.00</u>	0.38	<b>0.00</b>	0.08	0.01



$$A1 = D_j = \sum_i (d_{i,j}) = 0 + 1 + 1 + 0.04 = 2.04$$

Alternativa	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Distanza	2.04	2.59	1.71	1.41	1.38	1.57

# Caso di studio

## *Compromise programming*

$$D_j = \left( \sum_i (d_{i,j})^p \right)^{1/p}$$

$p$  definisce una specifica distanza all'interno della “famiglia” di distanze dal punto ideale.

$$D_j = \sqrt{\sum_i (d_{i,j})^2} = \left( \sum_i (d_{i,j})^2 \right)^{1/2} \quad \text{distanza euclidea}$$

$$D_j = \sum_i d_{i,j} = \left( \sum_i (d_{i,j})^1 \right)^{1/1} \quad \text{distanza di Manhattan}$$

$$D_j = \lim_{p \rightarrow \infty} \left( \sum_i (d_{i,j})^p \right)^{1/p} = \max_i (d_{i,j}) \quad \text{distanza con } p=\infty$$

# Caso di studio

## *Compromise programming*

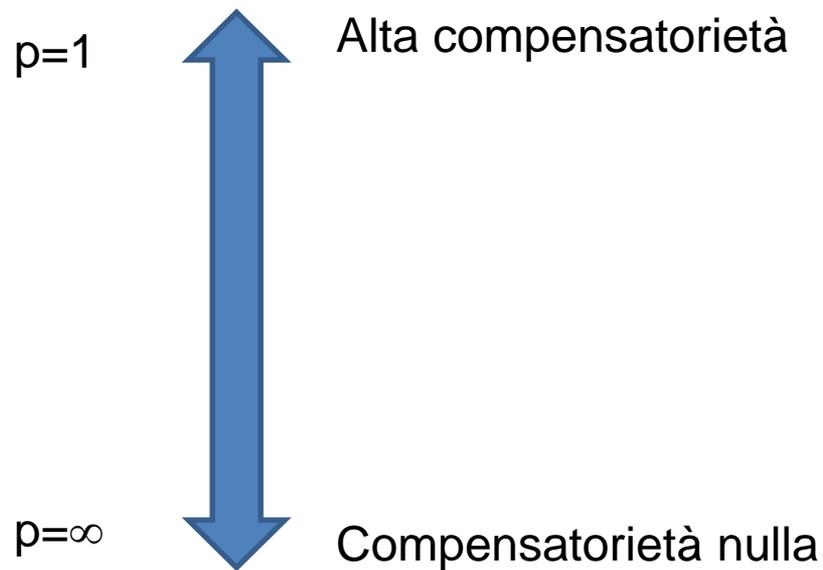
		Indicatore	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Criteri	Produzione	mc/anno	<b>0.00</b>	<u>1.00</u>	0.98	0.47	0.64	0.32
	Fauna	q.s.v./anno	<u>1.00</u>	<b>0.00</b>	0.35	0.47	0.33	0.62
	Ricreazione	n.vis./anno	<u>1.00</u>	0.59	<b>0.00</b>	0.47	0.33	0.62
	Occupazione	gg/anno	0.04	<u>1.00</u>	0.38	<b>0.00</b>	0.08	0.01

$$A1 = D_j = \text{MAX}(d_{i,j}) = \text{MAX}(0,1,1,0.04) = 1$$

Alternativa	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Distanza	1	1	0.98	<b>0.47</b>	0.64	0.62

# Caso di studio

## *Compromise programming*



# AMC geografica

**Modelli di valutazione territoriale: identificazione di indici che esprimano il valore relativo di una data localizzazione al fine di analisi pianificatorie (IDONEITA' / ZONIZZAZIONE).**

Esempi

- le analisi dei valori paesistici, naturalistici, turistici, di protezione idrogeologica, ecc.
- la identificazione delle localizzazioni più idonee per determinati progetti, (greenway, itinerari turistico-ricreativi),
- per determinati servizi pubblici o privati (lotti industriali, discariche di rifiuti),
- per interventi di sviluppo (agriturismo, turismo naturalistico)
- VIA, ecc.
- ... Ecc.

# Struttura del modello

In generale un modello di valutazione multicriteriale può essere scritto nella forma:

$$S = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Con S indice di valutazione della idoneità,  $x_n$  fattori che determinano la valutazione.

Nell'impostazione di un modello di valutazione territoriale si seguono le seguenti fasi:

- definizione dell'**obbiettivo** della valutazione (e delle *alternative...*)
- identificazione dei **criteri** e valutazione (**indicatori**)
- identificazione dei **vincoli**
- **aggregazione** dei criteri e dei vincoli

# Valutazione

## **Valutazione:**

riconurre le unità di misura specifica ad **un'unica scala di riferimento che ne definisca il contributo al problema analizzato**

- **trasformazioni lineari di scala** (metodi di normalizzazione);
- teoria della **logica sfocata** (fuzzy logic)

# Valutazione

Trasformazioni lineari di scala

$$x'_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{x_j^{\max}}$$

Maximum / minimum score

$$x'_{i,j} = \frac{x_j^{\min}}{x_{i,j}}$$

Es.

**(4, 25, 32) → (0,13, 0,78, 1) maximum**

**(4, 25, 32) → (1, 0,16, 0,125) minimum**

# Valutazione

Trasformazioni lineari di scala

$$x'_{i,j} = \frac{x_{i,j} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

range

$$x'_{i,j} = \frac{x_j^{\max} - x_{i,j}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

Es.

$$(4, 25, 32) \rightarrow (0, 0,75,1) \text{ eq.1}$$

$$(4, 25, 32) \rightarrow (1, 0,25, 0) \text{ eq.2}$$

# Valutazione

## Trasformazioni lineari di scala

0	0	8	9	4	7	1	0	9	9	7	1	4	9
7	7	1	7	10	1	2	7	9	10	0	1	8	0
1	3	5	2	2	10	1	9	1	7	6	2	6	5
4	3	10	7	6	9	8	7	0	5	9	9	9	2
9	3	4	4	4	0	10	2	9	5	8	0	7	4
5	4	3	5	5	9	10	9	4	1	0	1	0	9
6	6	5	1	5	3	3	5	10	7	6	5	10	3
5	2	2	1	6	1	49	2	0	0	4	3	10	9
2	3	4	6	2	9	5	6	8	6	3	4	8	5
5	4	8	4	3	6	0	0	9	4	8	3	2	7
8	7	8	1	3	1	9	7	0	10	6	9	7	8
3	3	6	2	6	5	2	10	2	9	8	0	5	0



0.00	0.00	0.16	0.18	0.08	0.14	0.02	0.00	0.18	0.18	0.14	0.02	0.08	0.18
0.14	0.14	0.02	0.14	0.20	0.02	0.04	0.14	0.18	0.20	0.00	0.02	0.16	0.00
0.02	0.06	0.10	0.04	0.04	0.20	0.02	0.18	0.02	0.14	0.12	0.04	0.12	0.10
0.08	0.06	0.20	0.14	0.12	0.18	0.16	0.14	0.00	0.10	0.18	0.18	0.18	0.04
0.18	0.06	0.08	0.08	0.08	0.00	0.20	0.04	0.18	0.10	0.16	0.00	0.14	0.08
0.10	0.08	0.06	0.10	0.10	0.18	0.20	0.18	0.08	0.02	0.00	0.02	0.00	0.18
0.12	0.12	0.10	0.02	0.10	0.06	0.06	0.10	0.20	0.14	0.12	0.10	0.20	0.06
0.10	0.04	0.04	0.02	0.12	0.02	1.00	0.04	0.00	0.00	0.08	0.06	0.20	0.18
0.04	0.06	0.08	0.12	0.04	0.18	0.10	0.12	0.16	0.12	0.06	0.08	0.16	0.10
0.10	0.08	0.16	0.08	0.06	0.12	0.00	0.00	0.18	0.08	0.16	0.06	0.04	0.14
0.16	0.14	0.16	0.02	0.06	0.02	0.18	0.14	0.00	0.20	0.12	0.18	0.14	0.16
0.06	0.06	0.12	0.04	0.12	0.10	0.04	0.20	0.04	0.18	0.16	0.00	0.10	0.00

# Valutazione

## Trasformazioni lineari di scala

0	0	8	9	4	7	1	0	9	9	7	1	4	9
7	7	1	7	10	1	2	7	9	10	0	1	8	0
1	3	5	2	2	10	1	9	1	7	6	2	6	5
4	3	10	7	6	9	8	7	0	5	9	9	9	2
9	3	4	4	4	0	10	2	9	5	8	0	7	4
5	4	3	5	5	9	10	9	4	1	0	1	0	9
6	6	5	1	5	3	3	5	10	7	6	5	10	3
5	2	2	1	6	1	49	2	0	0	4	3	10	9
2	3	4	6	2	9	5	6	8	6	3	4	8	5
5	4	8	4	3	6	0	0	9	4	8	3	2	7
8	7	8	1	3	1	9	7	0	10	6	9	7	8
3	3	6	2	6	5	2	10	2	9	8	0	5	0



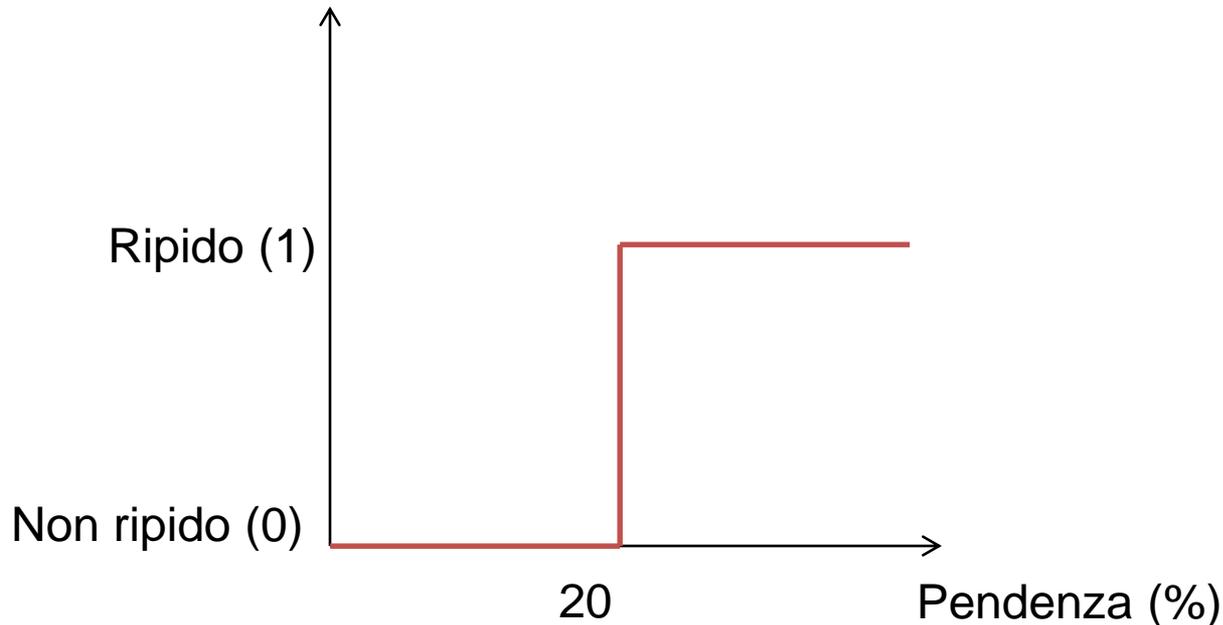
0.00	0.00	0.80	0.90	0.40	0.70	0.10	0.00	0.90	0.90	0.70	0.10	0.40	0.90
0.70	0.70	0.10	0.70	1.00	0.10	0.20	0.70	0.90	1.00	0.00	0.10	0.80	0.00
0.10	0.30	0.50	0.20	0.20	1.00	0.10	0.90	0.10	0.70	0.60	0.20	0.60	0.50
0.40	0.30	1.00	0.70	0.60	0.90	0.80	0.70	0.00	0.50	0.90	0.90	0.90	0.20
0.90	0.30	0.40	0.40	0.40	0.00	1.00	0.20	0.90	0.50	0.80	0.00	0.70	0.40
0.50	0.40	0.30	0.50	0.50	0.90	1.00	0.90	0.40	0.10	0.00	0.10	0.00	0.90
0.60	0.60	0.50	0.10	0.50	0.30	0.30	0.50	1.00	0.70	0.60	0.50	1.00	0.30
0.50	0.20	0.20	0.10	0.60	0.10	1.00	0.20	0.00	0.00	0.40	0.30	1.00	0.90
0.20	0.30	0.40	0.60	0.20	0.90	0.50	0.60	0.80	0.60	0.30	0.40	0.80	0.50
0.50	0.40	0.80	0.40	0.30	0.60	0.00	0.00	0.90	0.40	0.80	0.30	0.20	0.70
0.80	0.70	0.80	0.10	0.30	0.10	0.90	0.70	0.00	1.00	0.60	0.90	0.70	0.80
0.30	0.30	0.60	0.20	0.60	0.50	0.20	1.00	0.20	0.90	0.80	0.00	0.50	0.00

# Valutazione

## Fuzzy logic

Logica tradizionale: un esempio

- “zone con forte pendenza” regola di classificazione “se pendenza >20% allora 1 altrimenti 0”



# Valutazione

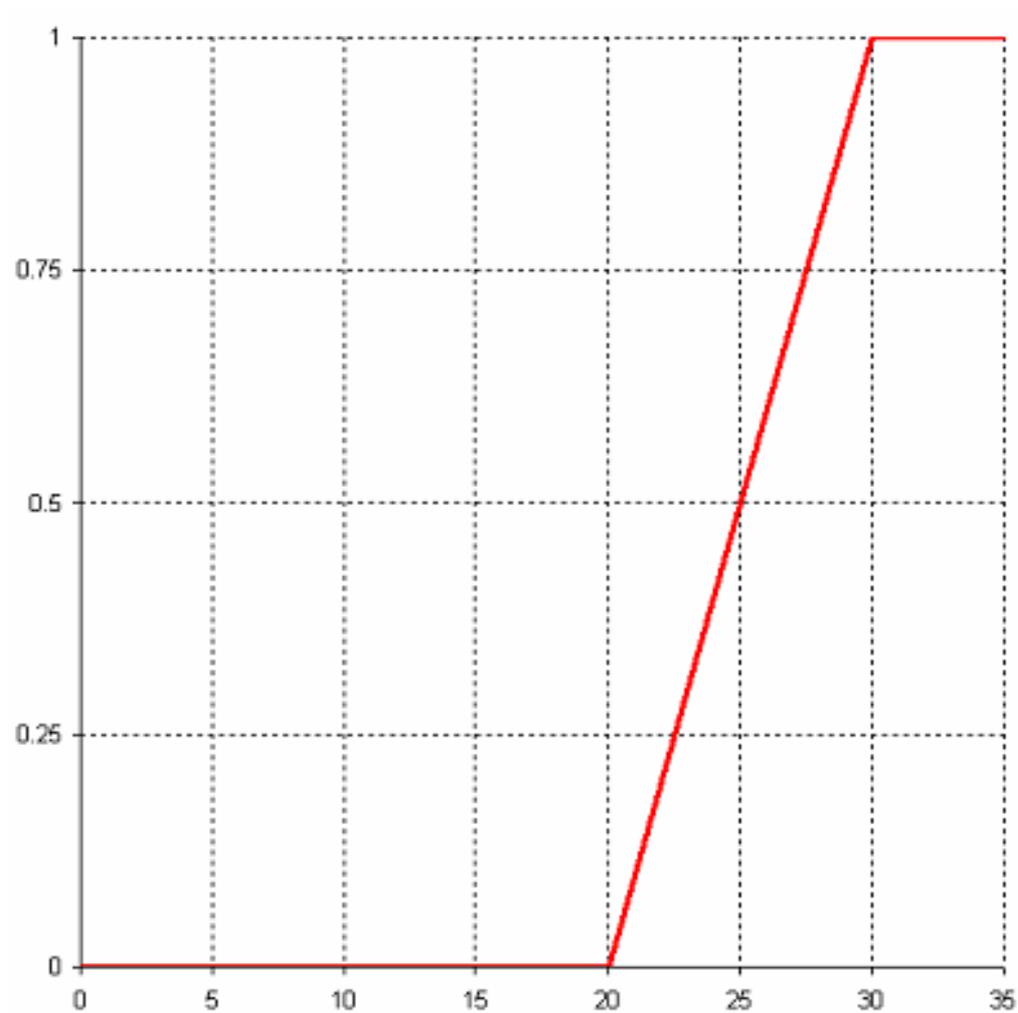
## Fuzzy logic

La teoria degli insiemi sfocati (fuzzy logic in inglese) associa invece a ciascun insieme una funzione continua, del **grado di appartenenza** a una data grandezza.

La pendenza ad esempio può essere valutata tramite il concetto di ripido.

# Valutazione

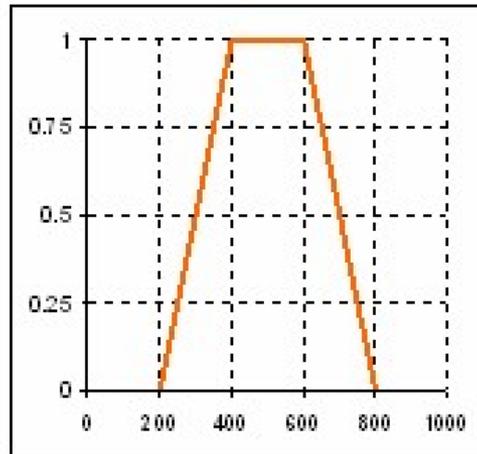
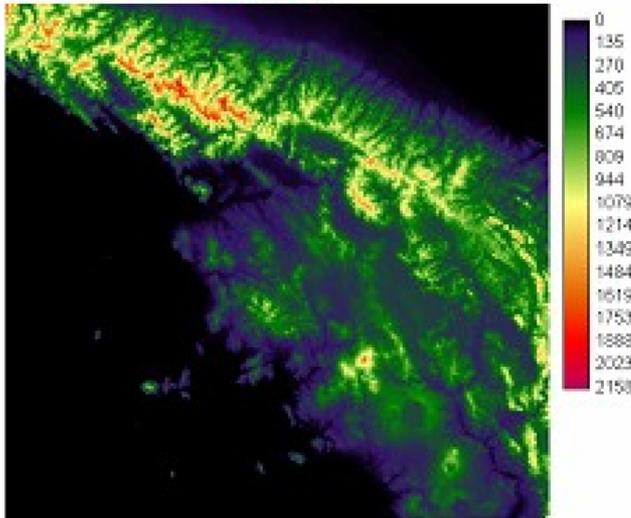
Fuzzy logic



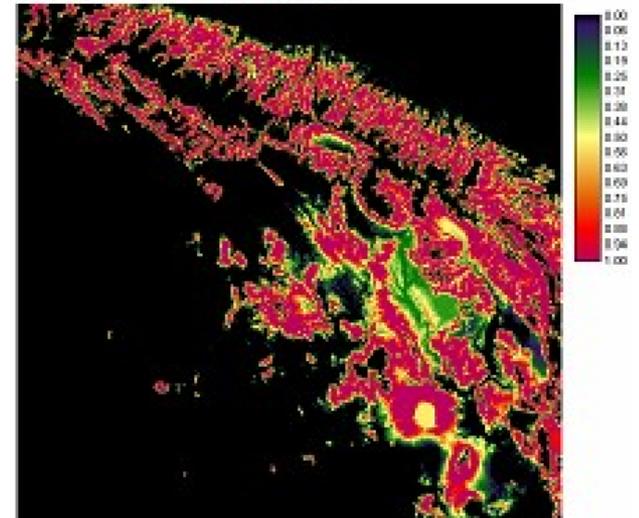
# Valutazione

## Fuzzy logic

QUOTA

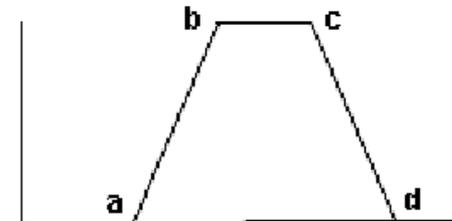
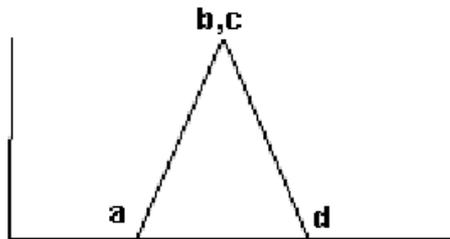
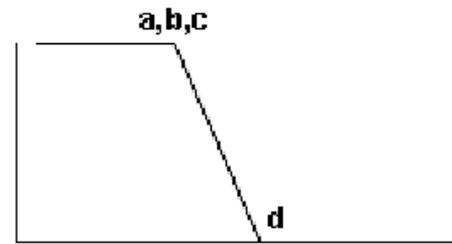
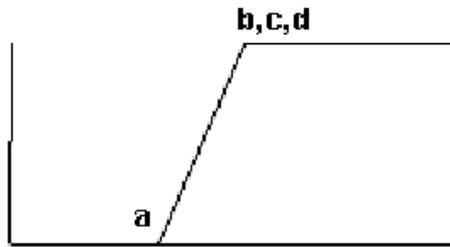


COLLINA



# Valutazione

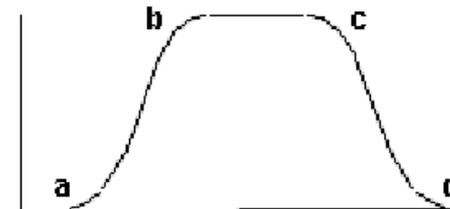
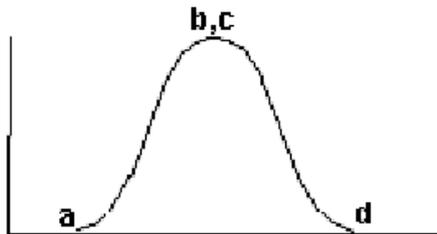
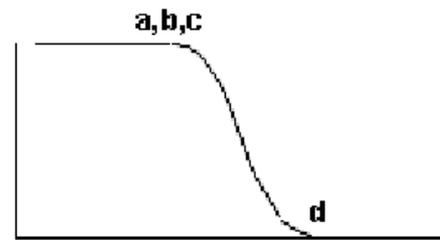
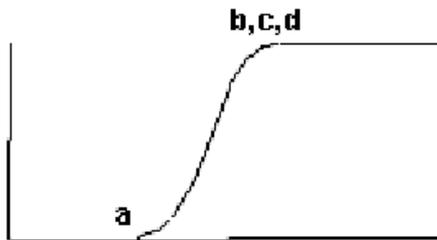
Fuzzy logic



Lineare

# Valutazione

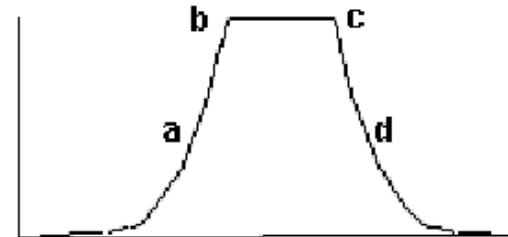
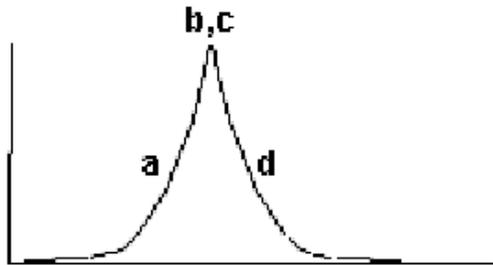
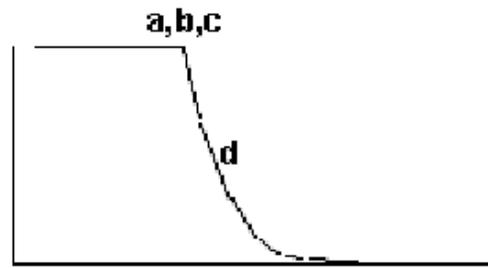
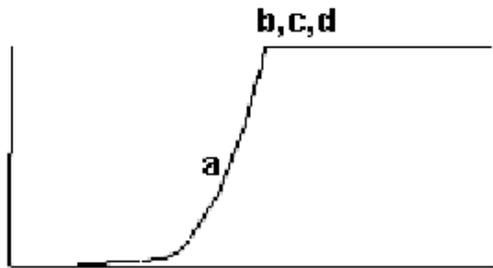
Fuzzy logic



sigmoide

# Valutazione

## Fuzzy logic



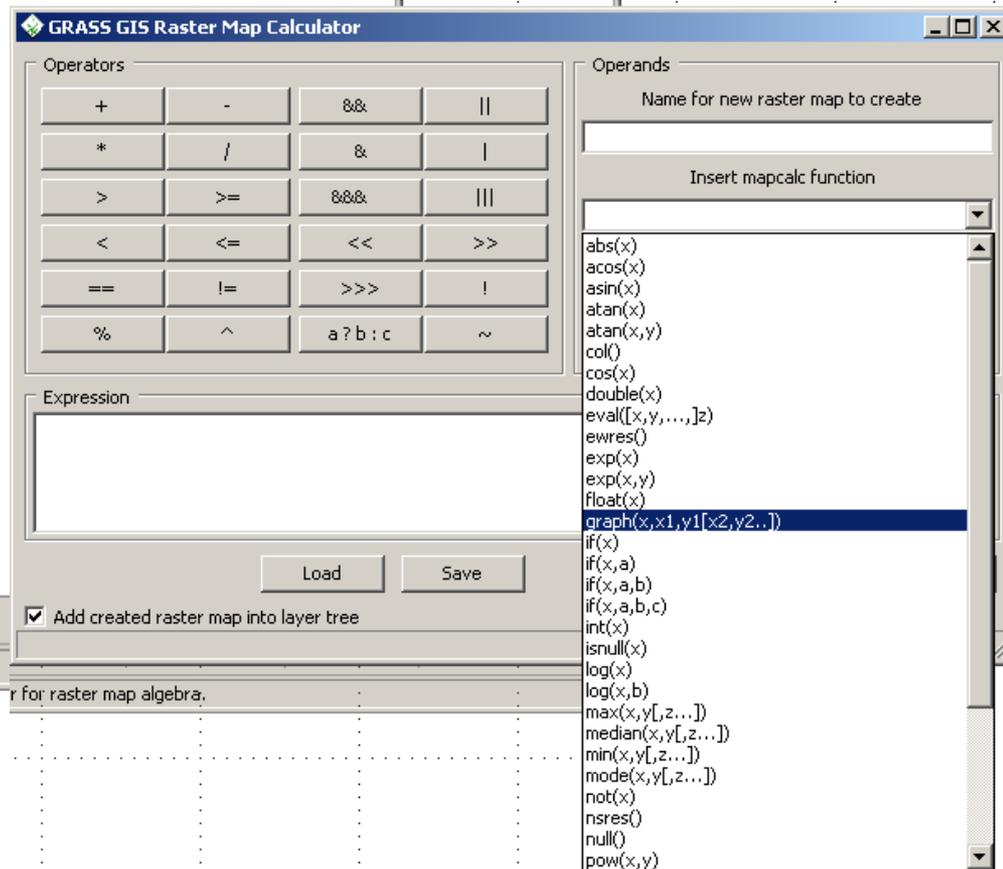
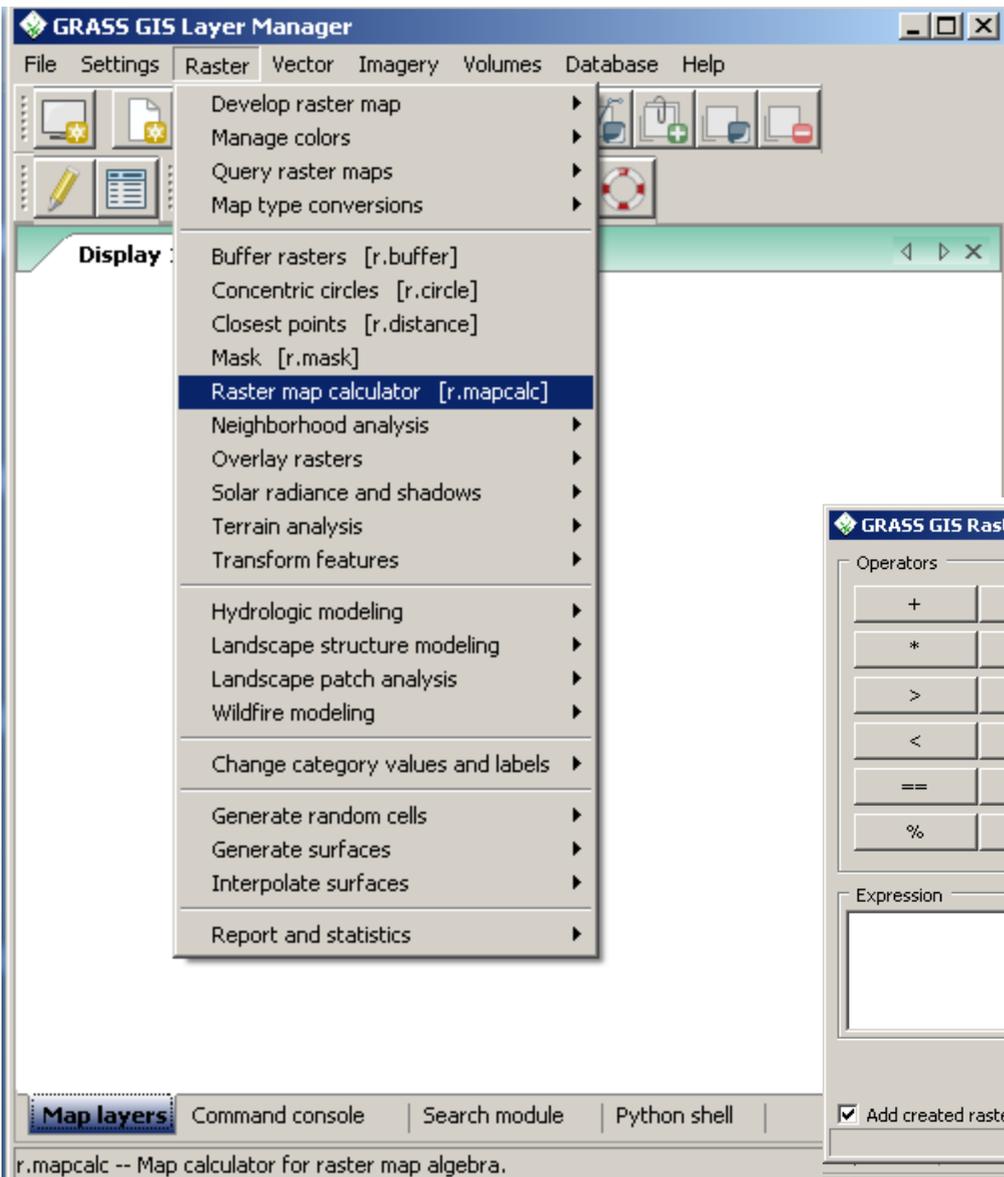
J-shaped

# Valutazione

## Fuzzy logic

The image shows a software dialog box titled "FUZZY - Fuzzy Set membership function". It contains several sections for configuring membership functions:

- Membership Function Type:** Includes radio buttons for "Sigmoidal" (selected), "J-shaped", "Linear", and "User defined ...".
- File and Format:** Includes text boxes for "Input file:" and "Output file:" with browse buttons (...), and a dropdown menu for "Output data format:" set to "Real ( 0.0 - 1.0 range )".
- Membership Function Shape:** Includes radio buttons for "Monotonically increasing" (selected), "Monotonically decreasing", and "Symmetric".
- Control Points:** Includes text boxes for "Control point a:" and "Control point b:".
- Title:** Includes a text box for the "Title:".
- Buttons:** Includes "OK", "Close", and "Help" buttons at the bottom.



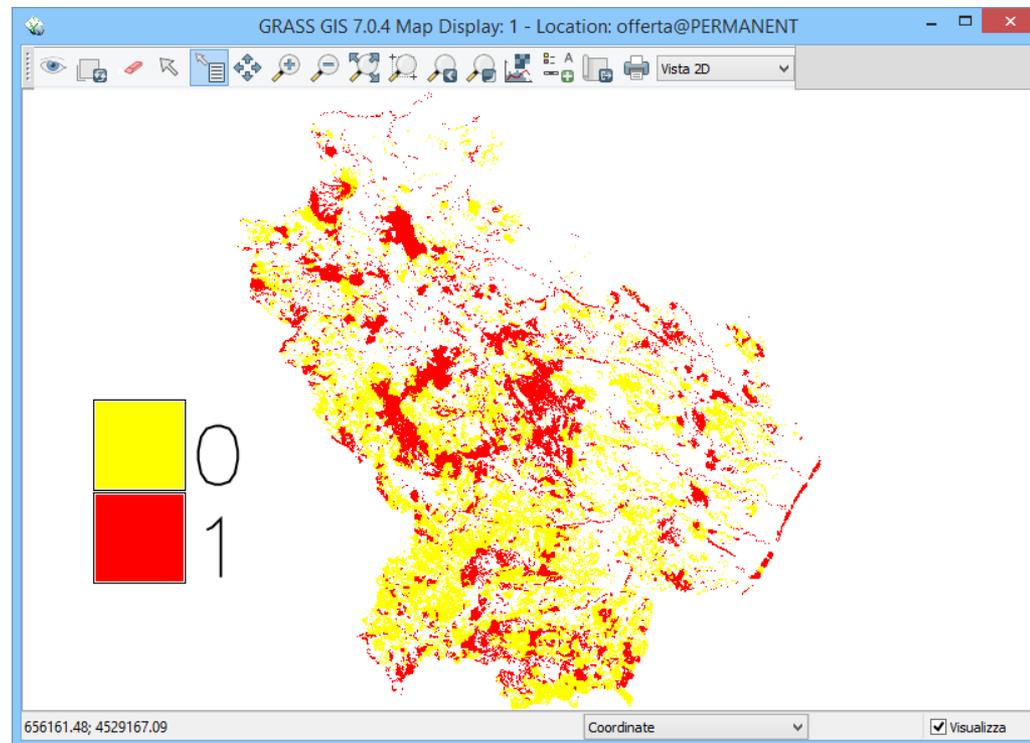
# Aggregazione dei criteri

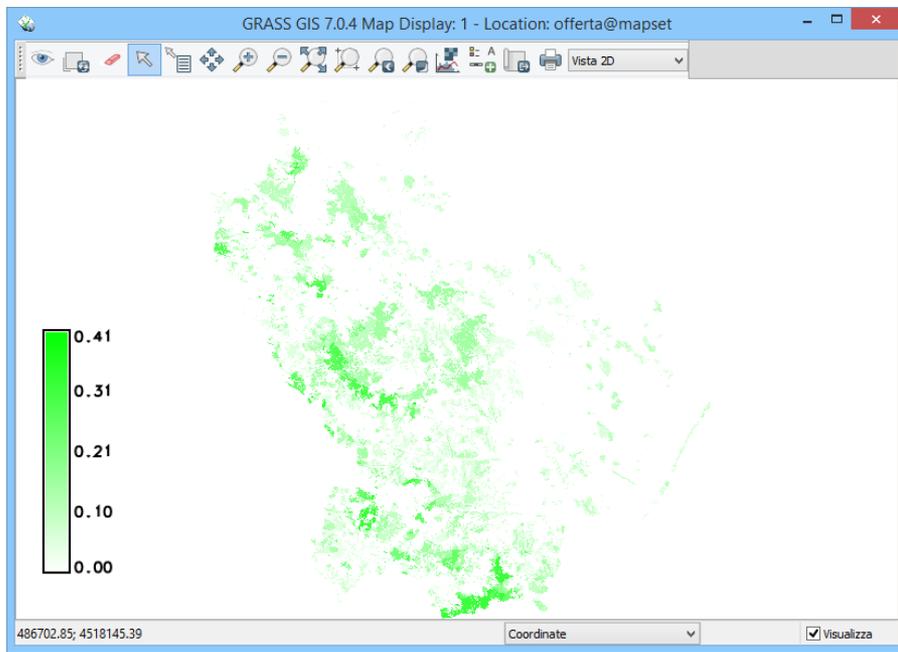
- **Compromise programming**
- **Media semplice o pesata**

$$\text{Valore} = (Vc1*p1 + Vc2*p2 + \dots + Vcn*pn) / n$$

# Aggregazione dei vincoli

- AND logico o moltiplicazione
- OR logico





X

=

