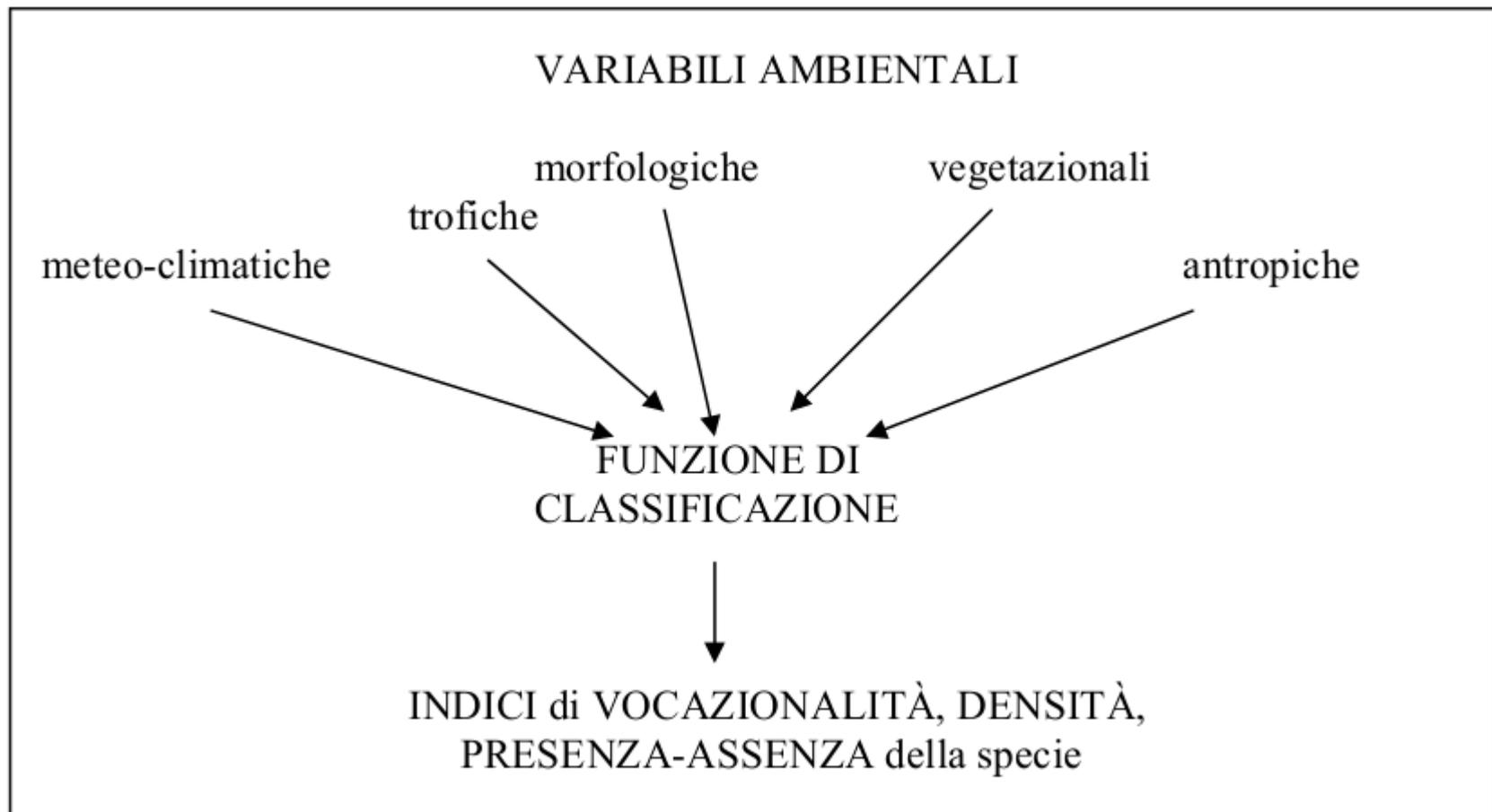


**Numeri Sfocati e modelli di Analisi Multicriteriale
per la valutazione della vocazionalità faunistica**



Variabili morfologiche:

altitudine, esposizione, pendenza, sviluppo superficiale;
litologia, geomorfologia, pedologia, conformazione della roccia, rischio idrogeologico e dissesti;
reticolo idrografico, punti acqua;
insolazione.

Variabili vegetazionali:

uso del suolo;
copertura vegetazionale (tipologie fisionomico-vegetazionale delle specie vegetali che ricoprono il suolo), fitosociologia, struttura ed età del bosco, altezza e densità delle piante, copertura della volta;
habitat;

Variabili trofiche:

biomasse delle varie tipologie vegetazionali, produttività dei pascoli, degli arbusteti e dei boschi;
distribuzione e densità di prede, predatori e competitori;
distribuzione e quantità degli abbattimenti delle varie specie;
siti di nidificazione, rifugio, allevamento prole;

Variabili meteo-climatiche:

temperature medie, massime, minime stagionali;
distribuzione, altezza e permanenza del manto nevoso;
piovosità stagionale;
forza e direzione dei venti;

Variabili antropiche:

uso del suolo;
rete viaria;
distribuzione rifugi, sentieri, impianti sciistici, pressione antropica da turismo estivo ed invernale;
pressione venatoria, presenza di bracconaggio e randagismo;
suolo urbanizzato, distribuzione discariche e fonti di inquinamento;
distribuzione attività zootecniche;
distribuzione attività agricole, distribuzione e concentrazione erbicidi e pesticidi;
distribuzione delle fonti di rumore;
rischio di incendio.

Tabella 2.1 Classificazione dei modelli di valutazione ambientale (Morrison *et al.* 1992).

	<i>Dati di base:</i>	
	soggettivi (esperienza+bibliografia)	oggettivi (misurati sul campo)
<i>Relazione variabili-indicatori:</i>		
implicita (descrittiva)	QUALITATIVI	QUASI QUALITATIVI
esplicita (uso di metodi matematici e statistici)	QUASI QUANTITATIVI	QUANTITATIVI

Tab. 1 - Modello di valutazione ambientale per le zone di estivazione del Camoscio (*Rupicapra rupicapra*) (modificato rispetto a Pedrotti & Tosi, 1996).

ELEMENTI DI VALUTAZIONE:	Punteggio P
1. ALTITUDINE (in metri s.l.m.):	
< 500	1
500-900	3
900-1250	7
1250-1500	10
1500-1750	20
1750-2000	17
>2000	14
2. ESPOSIZIONE:	
NO, N, NE	7
E, O	8
SE, SO	6
S	5
3. PENDENZA (in gradi):	
0°-10°	2
11°-20°	5
21°-45°	7
46°-55°	11
56°-90°	20
4. VEGETAZIONE:	
vegetazione rupestre e roccia nuda	18
macereto	16
prateria discontinua	20
prateria continua	17
mughete	14
ontaneti	16
arbusteti (escluse mughete ed ontaneti)	7
pascolo alberato	14
pascolo in bosco	12
prati e prati-pascoli	4
boschi di conifere con abete rosso e larice	11
faggete	8
pinete a pino nero	4
bosco di carpino e orniello (ornio-ostrieto)	6
bosco di roverella e leccio	2
boschi di castagno	4
paludi, aree antropiche, coltivati	0

$$\text{HSI} = \text{Paltitudine} + \text{Pesposizione} + \text{Ppendenza} + \text{Pvegetazione}$$

Tabella 5.2 Modello di valutazione ambientale per il camoscio di Felettig (1976).

<i>Variabili ambientali</i>	<i>Punteggio</i>
1. Altitudine (in metri s.l.m.):	
< 500	2
500-1000	5
1000-1600	10
1600-2000	7
>2000	4
2. Esposizione del terreno:	
prevalentemente a nord	5-8
prevalentemente a sud	8-10
3. Configurazione del terreno:	
molto ripido, roccioso, soggetto a slavine	2-5
accidentato, di media pendenza	6-8
mosso, interrotto da strette vallate	7-14
altopiano, con pendenze di scarso rilievo, con flora abbondante	15-20
4. Vegetazione:	
terreno nudo, mancante di vegetazione	0-4
terreno con scarsa vegetazione	5-9
terreno boscoso con sottobosco	10-17
terreno prativo con macchie abbondanti di mugo	18-20
5. Tranquillità della riserva:	
zona molto disturbata	2-4
zona parzialmente disturbata	5-7
zona completamente tranquilla	8-10

PUNTEGGIO di VOCAZIONALITA' = somma dei punteggi relativi ad ogni variabile ambientale

Tabella 5.3 Modello di valutazione ambientale per il camoscio Presolana di Tosi *et al.* (1996b).

<i>Variabili ambientali</i>	<i>Punteggi</i>		<i>Variabili ambientali</i>	<i>Punteggi</i>	
	<i>estate</i>	<i>inverno</i>		<i>estate</i>	<i>inverno</i>
altitudine			pendenza (in gradi)		
<500	1	1	<20	10	5
500-900	3	7	20-30	10	5
900-1300	7	10	30-40	15	15
1300-1500	10	14	40-50	20	20
1500-1700	14	20	50-60	15	18
1700-2000	20	17	>60	10	10
>2000	17	13	esposizione		
complessità morfologica			tutte	10	--
nulla	5	5	S	5	--
bassa	12	12	SO	6	--
media	24	24	SE	6	--
elevata	30	30	O	8	--
uso del suolo			E	8	--
urbanizzato	0	0	NO	7	--
zone di erosione	0	0	NE	7	--
bosco ceduo di latifoglie	6	8	N	7	--
bosco di conifere	10	12	assolazione (ore/anno)		
prati	4	4	864-1477	--	5
maggenghi	7	3	1477-2090	--	8
pascoli d'alta quota	18	13	2090-2704	--	14
incolti arborati	11	13	2704-3317	--	17
incolti con cespugli	13	15	3317-3931	--	20
incolti vegetazione mista	12	14			
vegetazione rupestre	20	20			
roccia nuda	16	16			

VOCAZIONALITA' ESTIVA = altitudine + esposizione + pendenza + morfologia + uso del suolo

VOCAZIONALITA' INVERNALE = altitudine + assolazione + pendenza + morfologia + uso del suolo

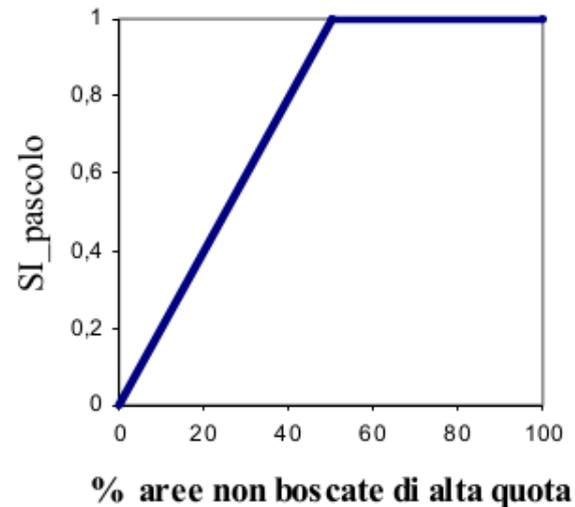
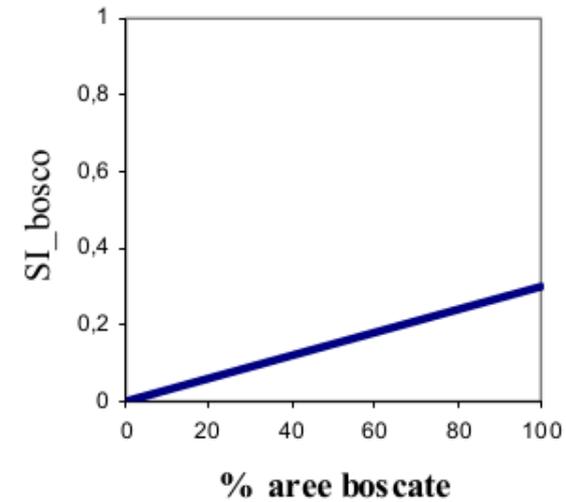
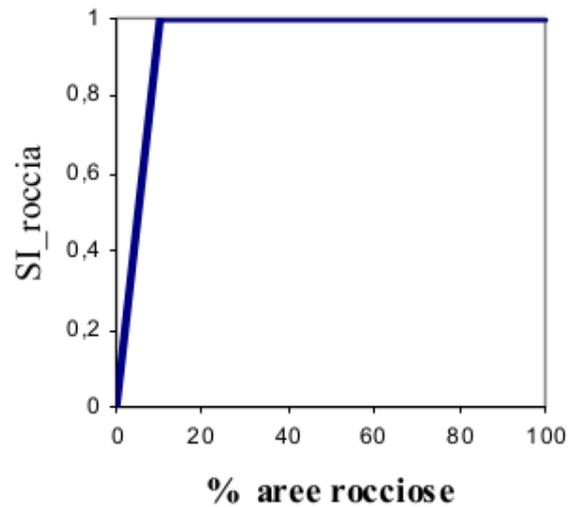
Tabella 5.4 Modello di valutazione ambientale per il camoscio di Oholand (1993).

Aree non adatte (su cui non effettuare il calcolo della vocazionalità):

aree di fondovalle
aree caratterizzate da elevata % di urbanizzato
aree agricole

} non adatte al camoscio

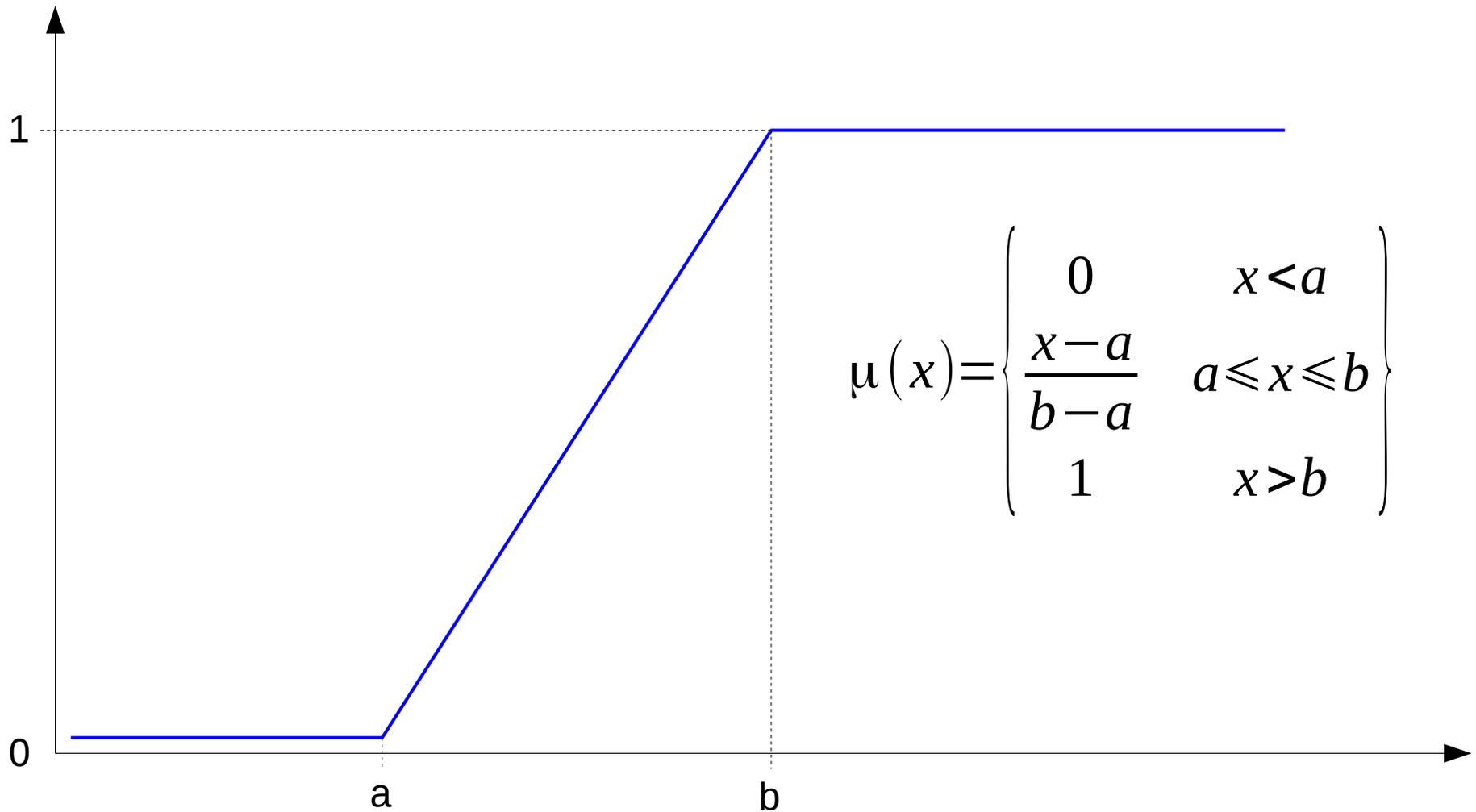
Calcolo punteggi di vocazionalità (SI) per ogni singola variabile ambientale:



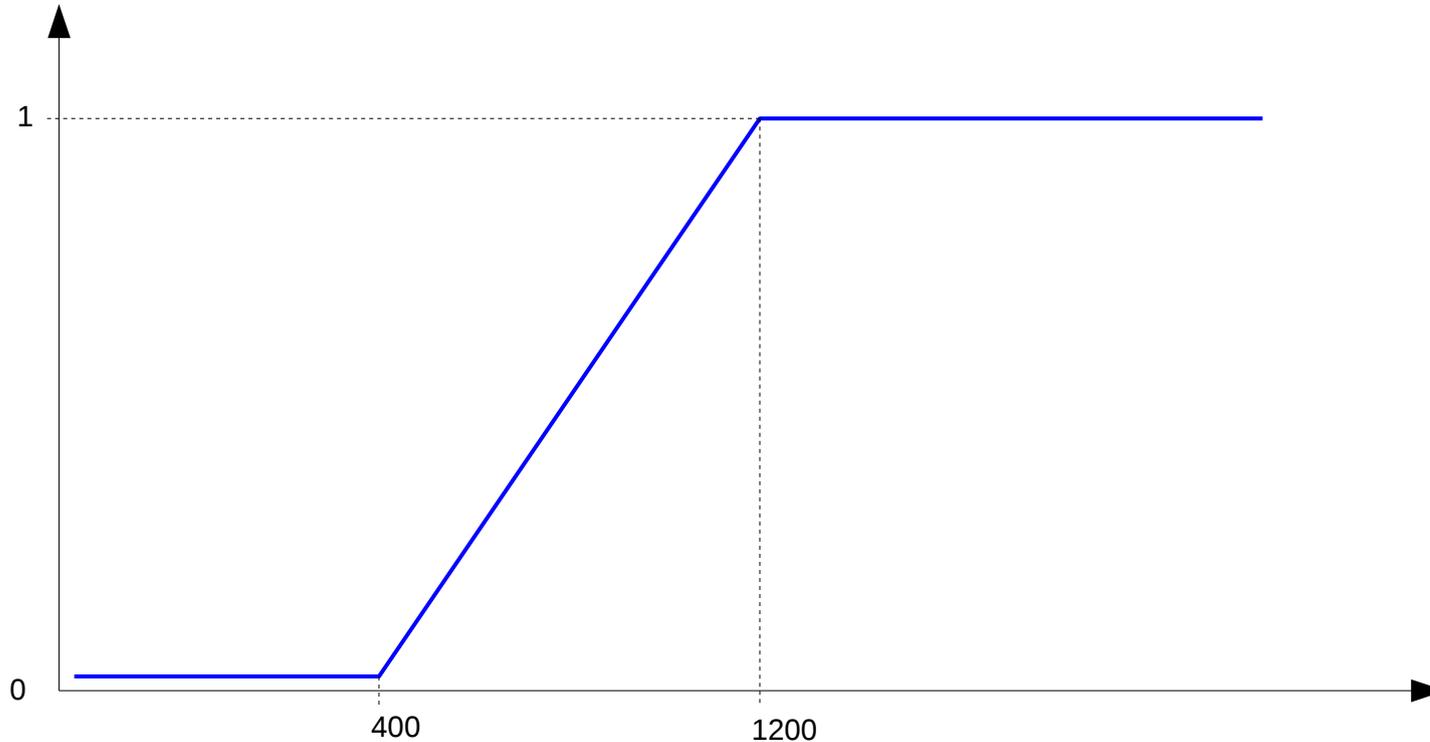
$$VOCAZIONALITÀ\ COMPLESSIVA = (SI_{pascolo} + SI_{bosco}) * SI_{roccia}$$

Funzioni sfocate e variabili linguistiche

Funzione sfocata crescente



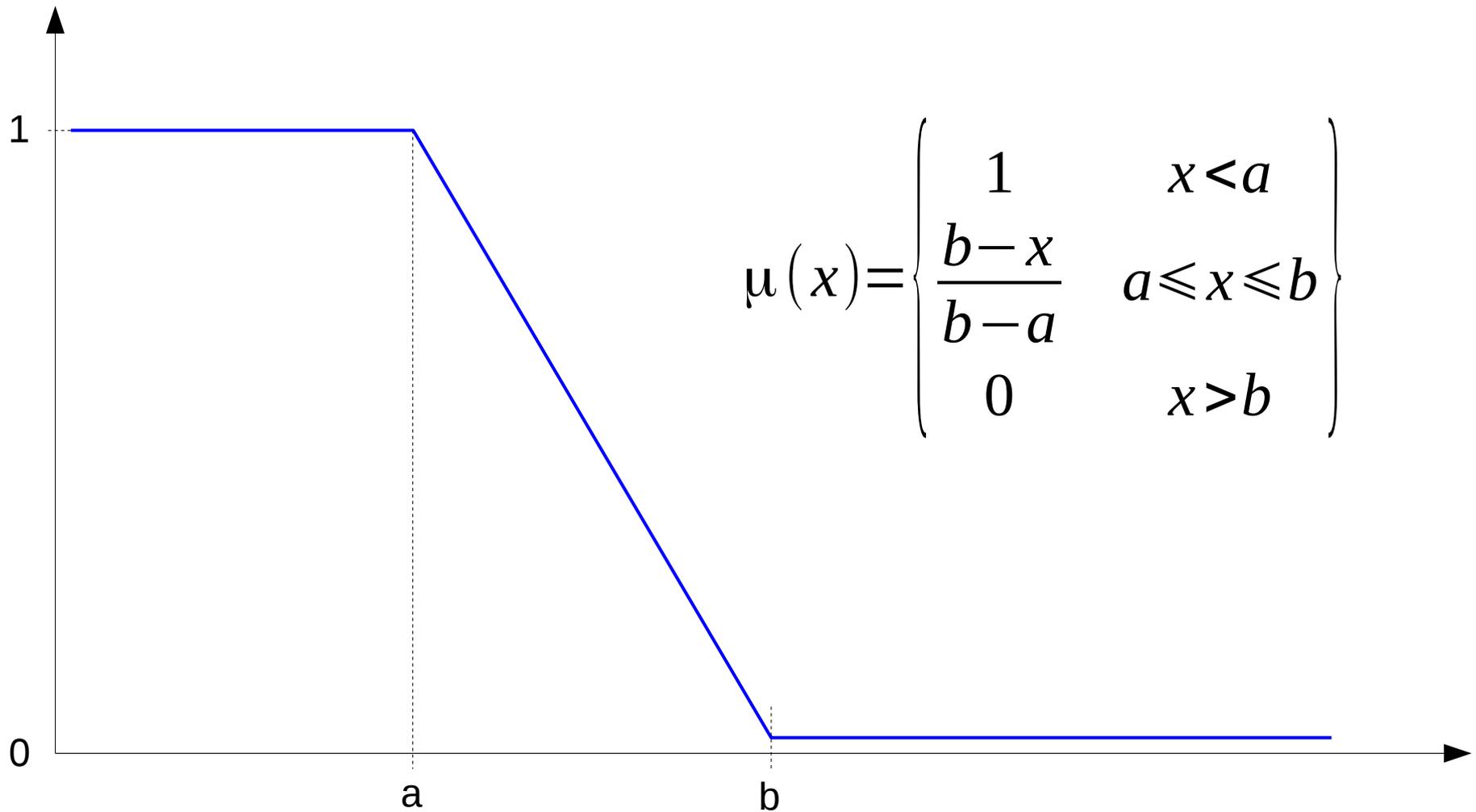
Esempio quota



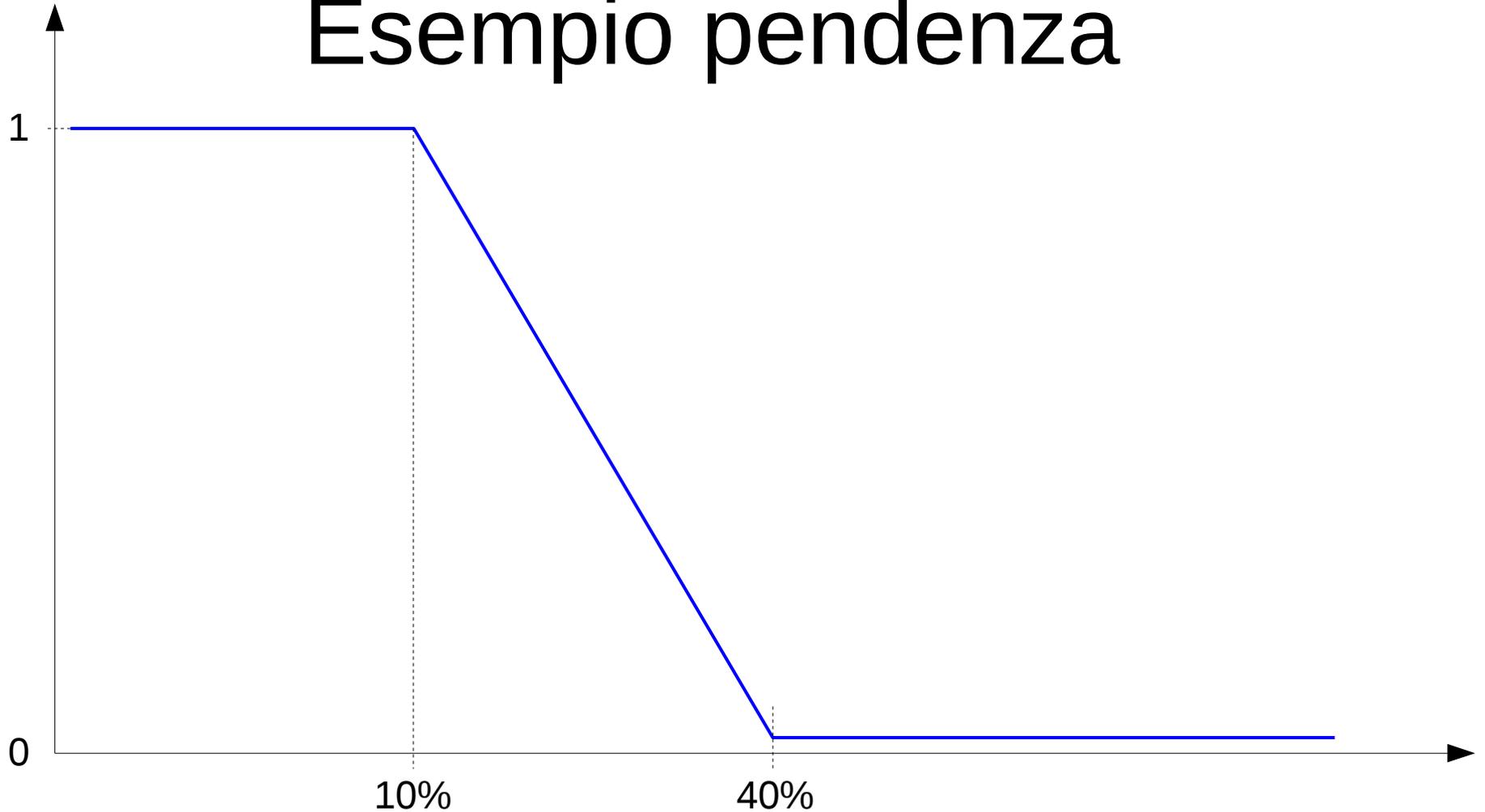
Formula raster calculator:
- nome raster: *quota*

$(\text{quota}@1 < 400) * 0 +$
 $(\text{quota}@1 \geq 400 \text{ AND } \text{quota}@1 < 1200) * (\text{quota}@1 - 400) * (1200 - 400) +$
 $(\text{quota}@1 \geq 1200) * 1$

Funzione sfocata decrescente



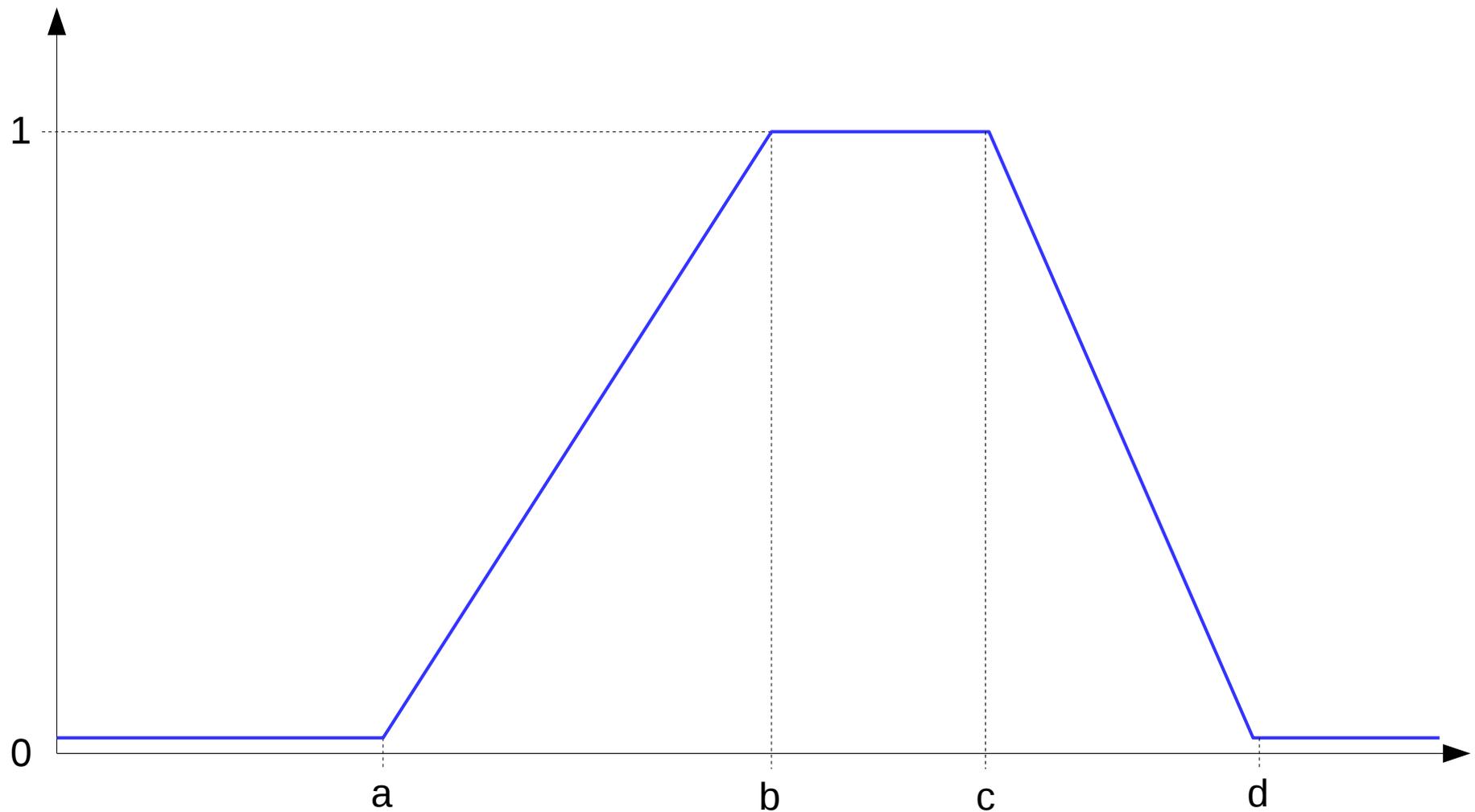
Esempio pendenza



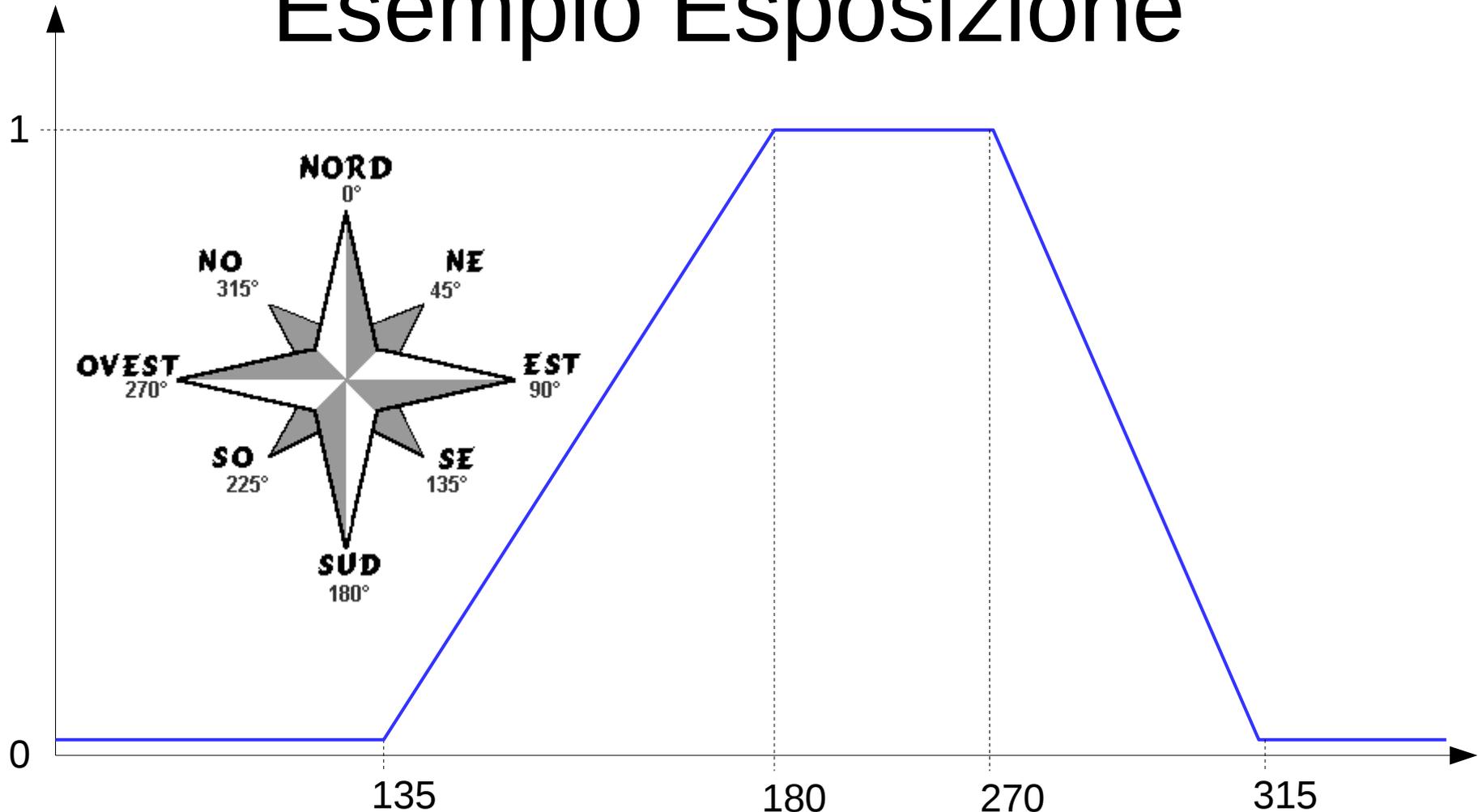
Formula raster calculator:
- nome raster: *pend*

```
(pend@1<0.1)*1+  
(pend@1>=0.1 AND pend@1<0.4)*(0.4 - pend@1)*(0.4 - 0.2)+  
(pend@1>=0.4)*0
```

Funzione sfocata trapezoidale



Esempio Esposizione



Formula raster calculator:

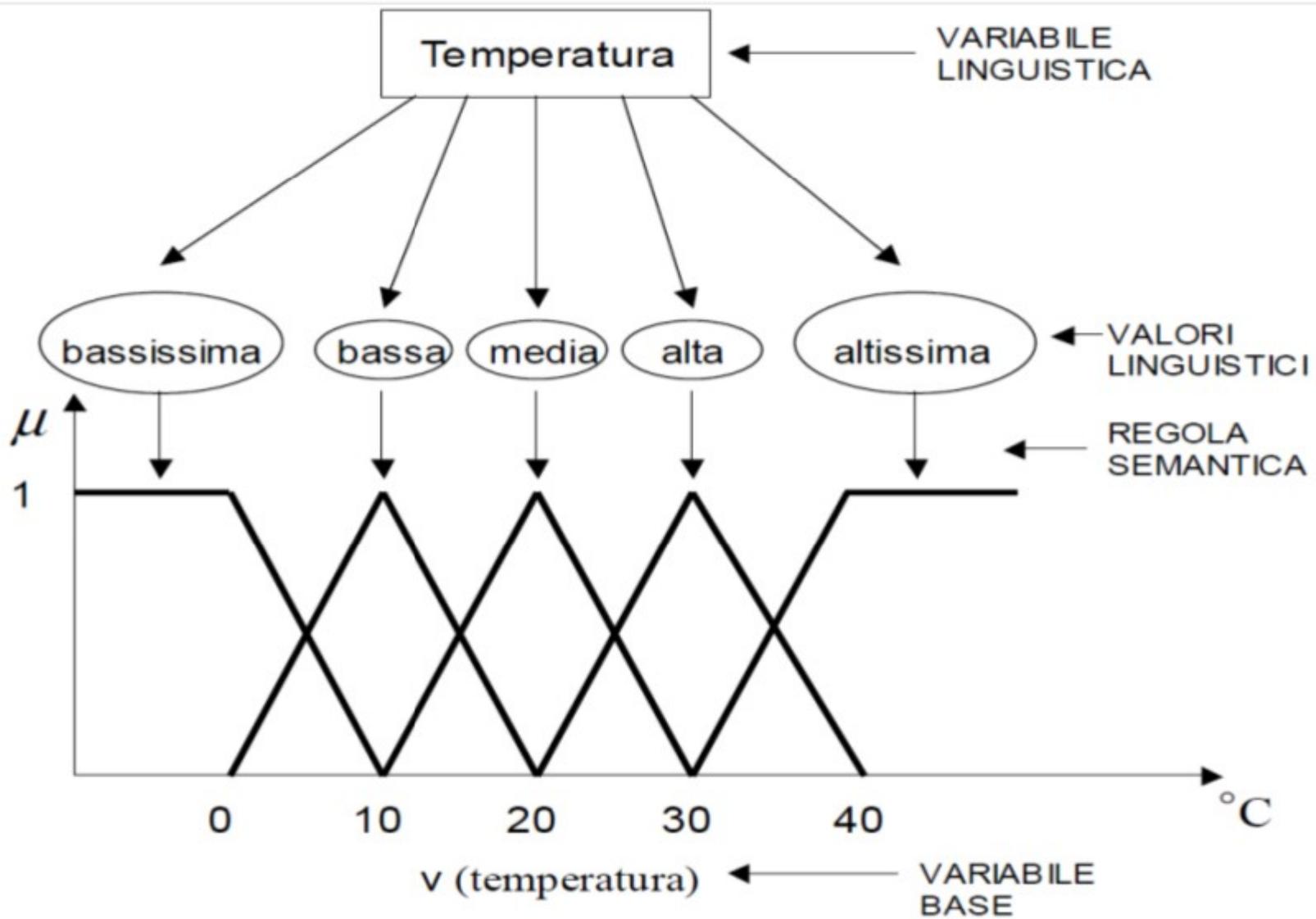
- nome raster: *esp*

```
(esp@1<135)*0+  
(esp@1>=135 AND esp@1<180)*(esp@1-135)*(180-135)+  
(esp@1>=180 AND esp@1<270)*1+  
(esp@1>=270 AND esp@1<315)*(315-esp@1)*(315-270)+  
(esp@1>=315)*0
```

Le variabili linguistiche

Le variabili linguistiche

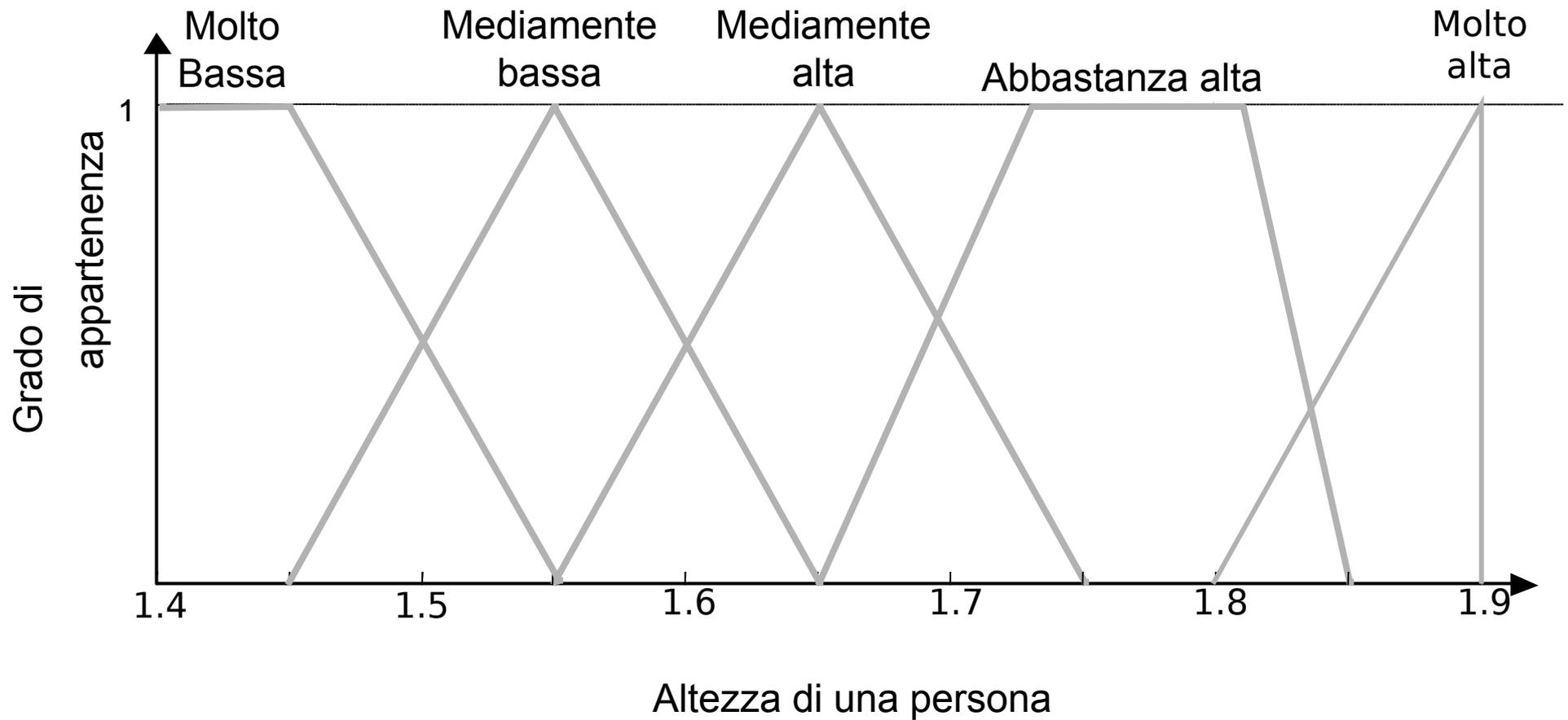
- Sono giudizi verbali più o meno articolati... per esempio ...
 - La faggeta ha un **considerevole** valore come habitat per il cervo.
 - Il capriolo predilige ambienti con **elevato** indice di ecotonizzazione.



Variabili linguistiche e regole semantiche

- Obiettivo:
 - Convertire il termine linguistico in un indice numerico di valutazione
- Principio generale:
 - Fornire una rappresentazione matematica di un termine linguistico, conservando l'incertezza propria del termine
- Si procede tramite scale di valutazione

Variabili linguistiche



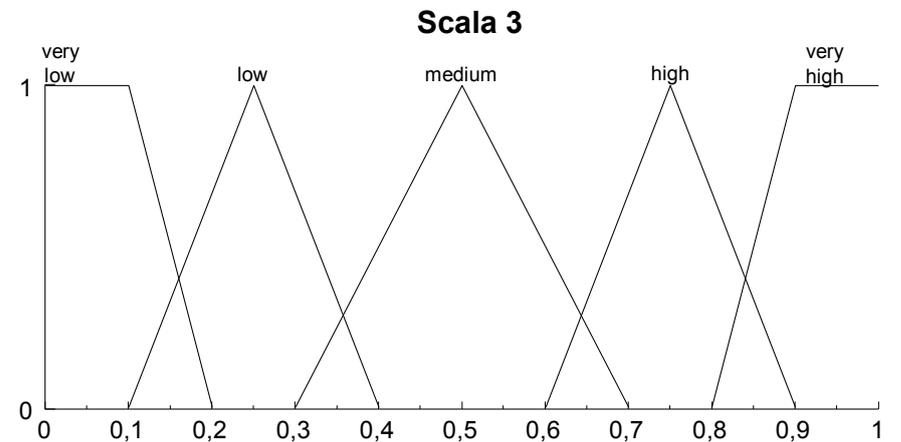
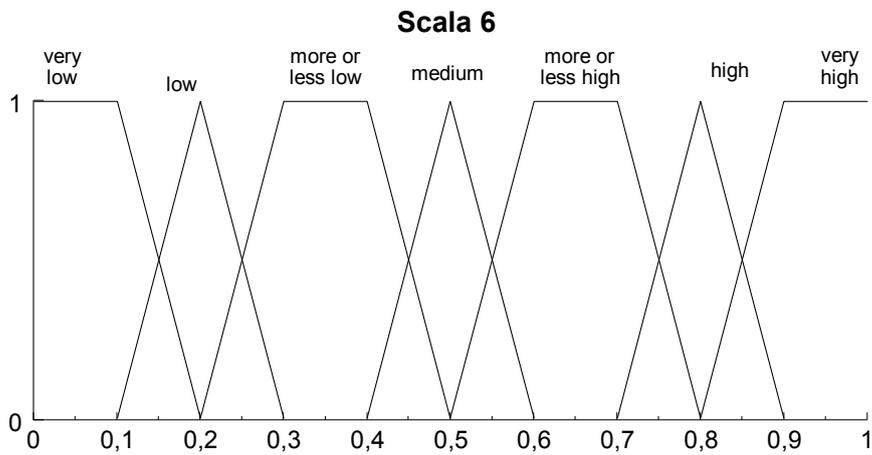
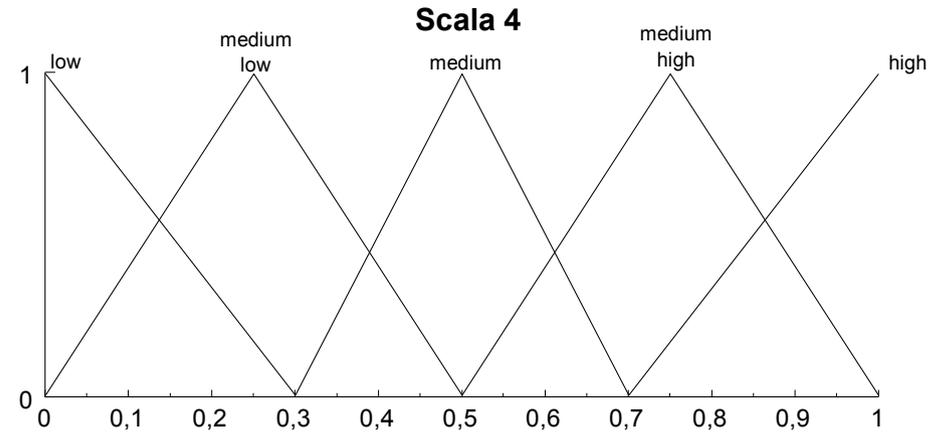
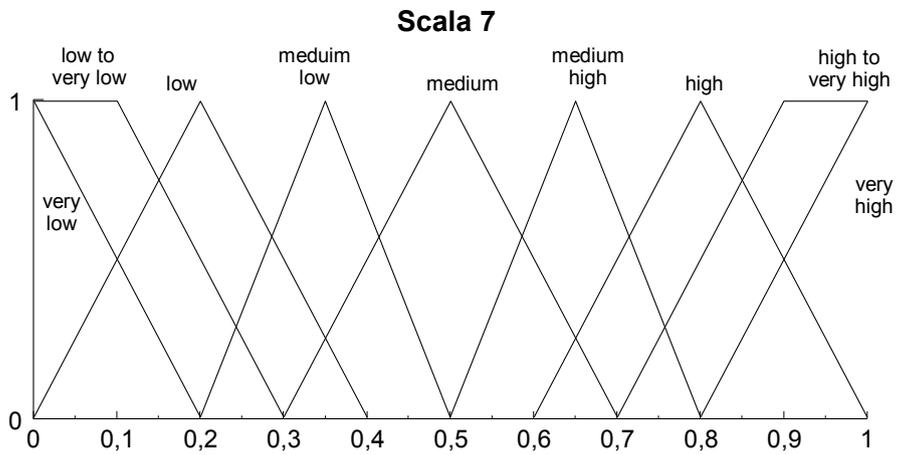
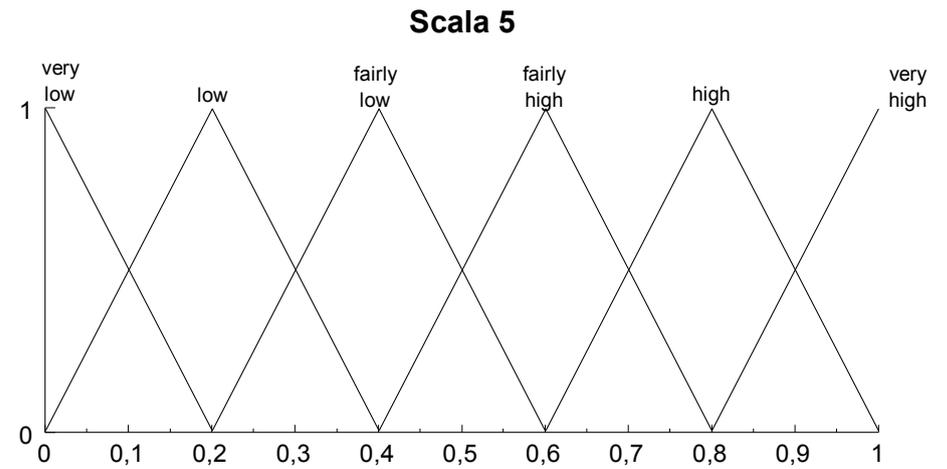
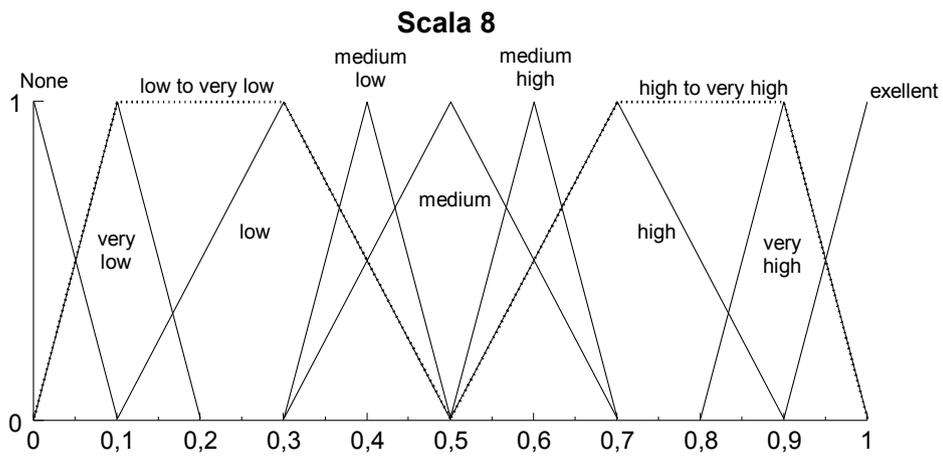
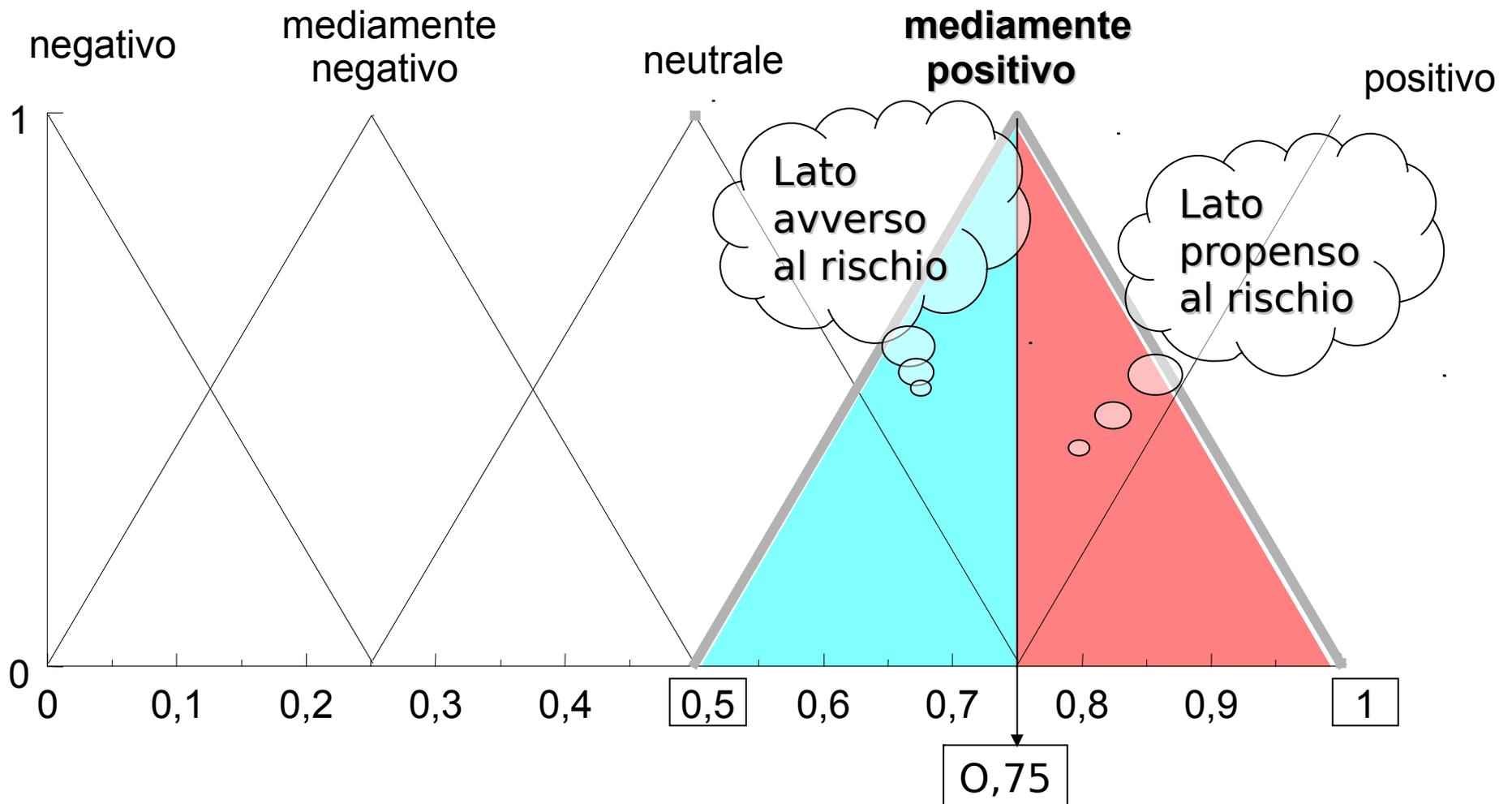


Figura 2 - Scale di Valutazione

Figura 2 (segue) - Scale di Valutazione

La “defuzzificazione”



In base al metodo di Chen e Hwang, dato un numero sfocato con distribuzione di possibilità trapezoidale caratterizzata dai valori m_1 , m_2 , m_3 e m_4 , come illustrato in figura, il valore totale del numero sfocato può essere calcolato con il seguente procedimento:

- si traccia una retta che unisce l'origine degli assi con i due valori massimi (1,1) degli assi cartesiani;
- si calcolano i valori R e L

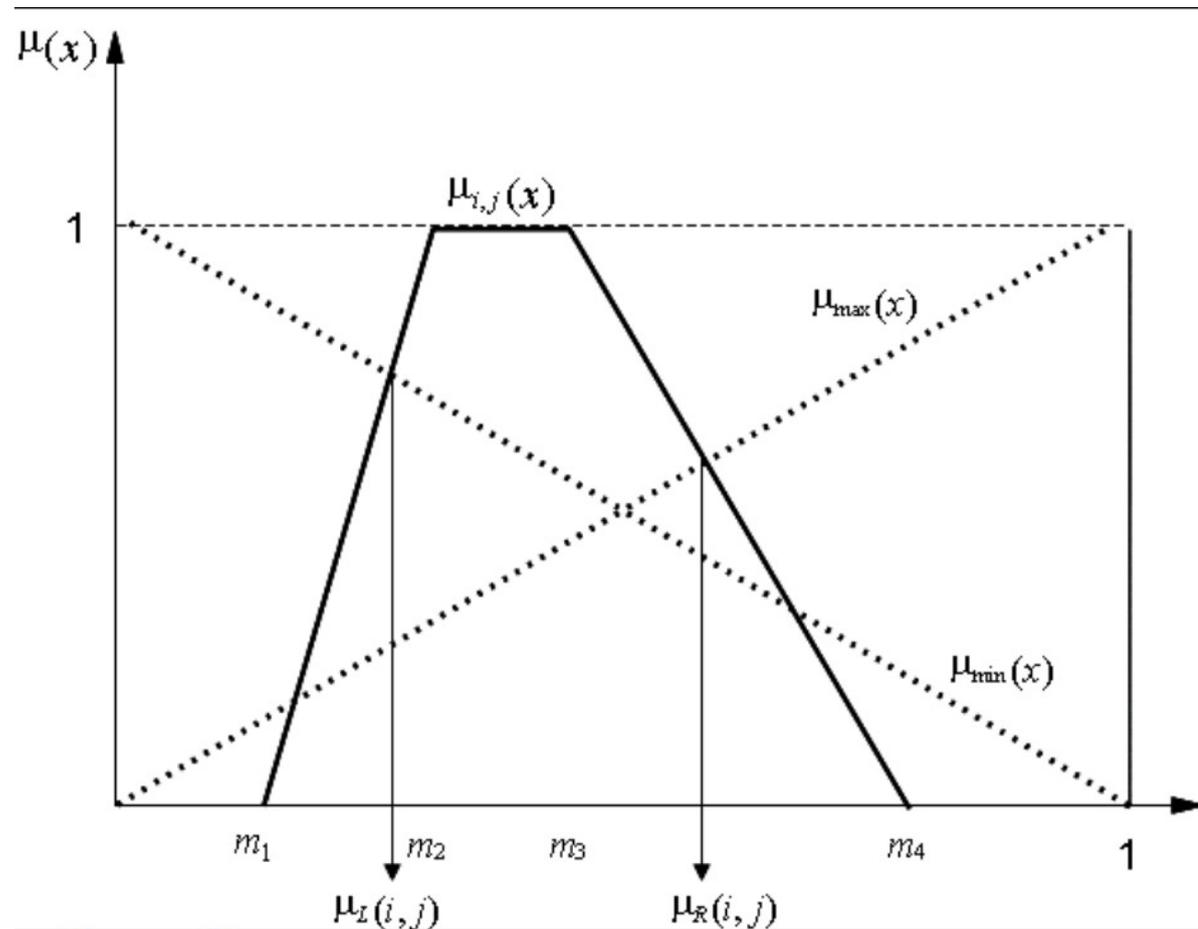
$$R = \frac{m_4}{m_4 - m_3 + 1}$$

○

$$L = \frac{m_1}{1 - m_2 + m_1}$$

- si calcola il valore totale dell'indicatore

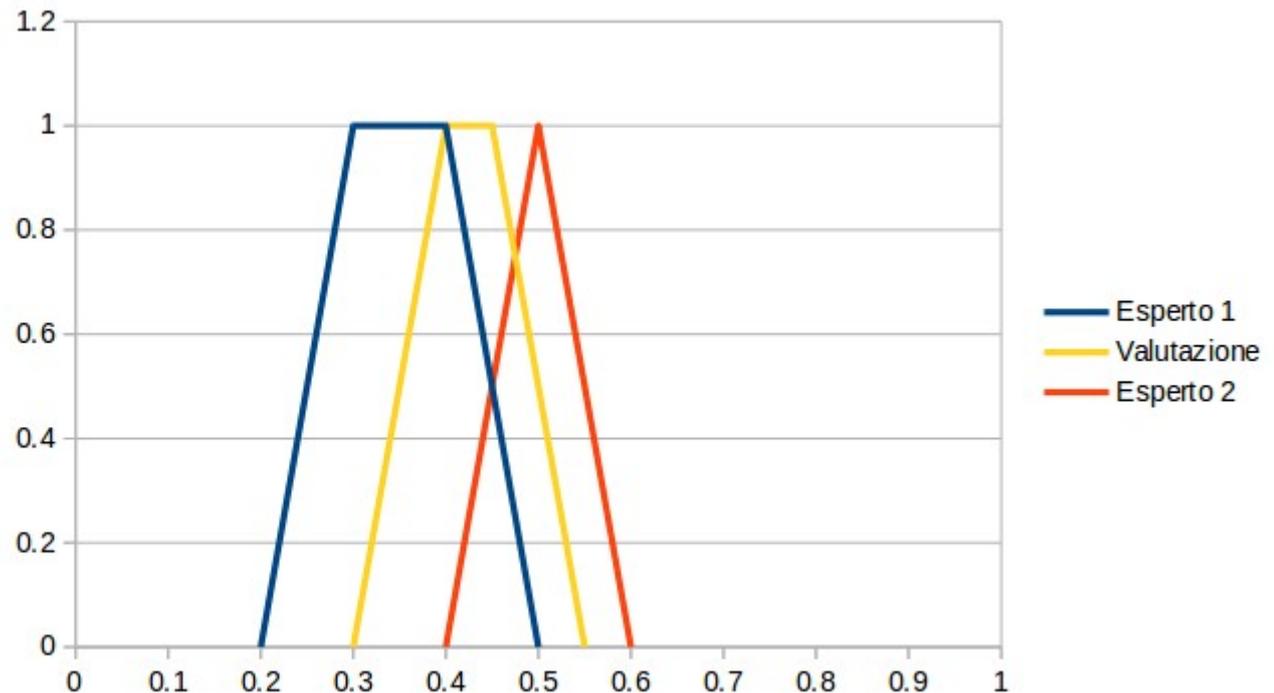
$$○ \quad Val = \frac{(R + L)}{2}$$



Aggregazione di valutazioni fra esperti

$$\text{Agg}(a, b, c, d) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \right)$$

Esperto 1	Esperto 2	Valutazione
0.2	0.4	0.3
0.3	0.5	0.4
0.4	0.5	0.45
0.5	0.6	0.55



Il grado di accordo fra esperti: la similitudine fra due numeri sfocati

Lee presented a similarity measure between trapezoidal normal fuzzy numbers for aggregating individual fuzzy opinions.

$$S(\tilde{A}, \tilde{B}) = 1 - \frac{\|\tilde{A} - \tilde{B}\|_{l_p}}{\|U\|} \times 4^{-\frac{1}{p}}$$

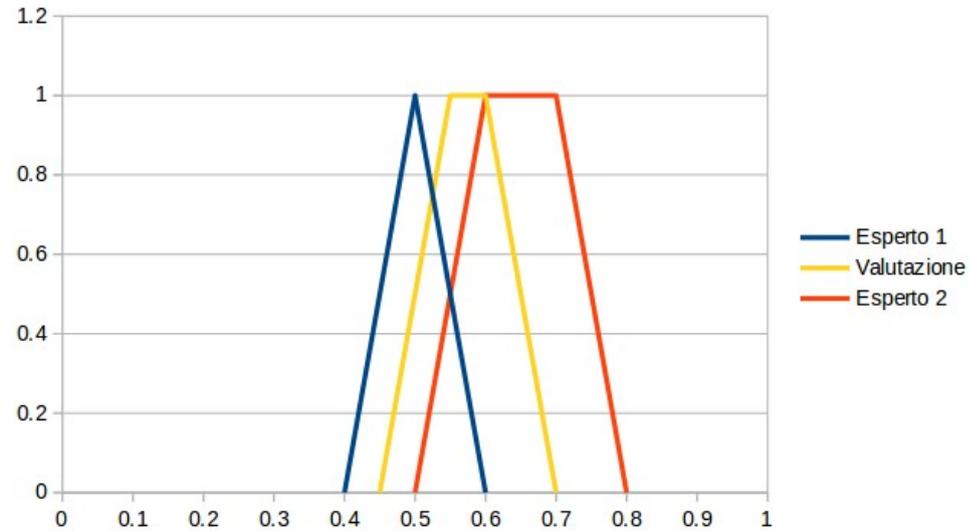
where l_p and U of discourse are defined as follows:

$$\|\tilde{A} - \tilde{B}\|_{l_p} = \left(\sum_{i=1}^4 (|a_i - b_i|)^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad \|U\| = \max(U) - \min(U)$$

Esempi

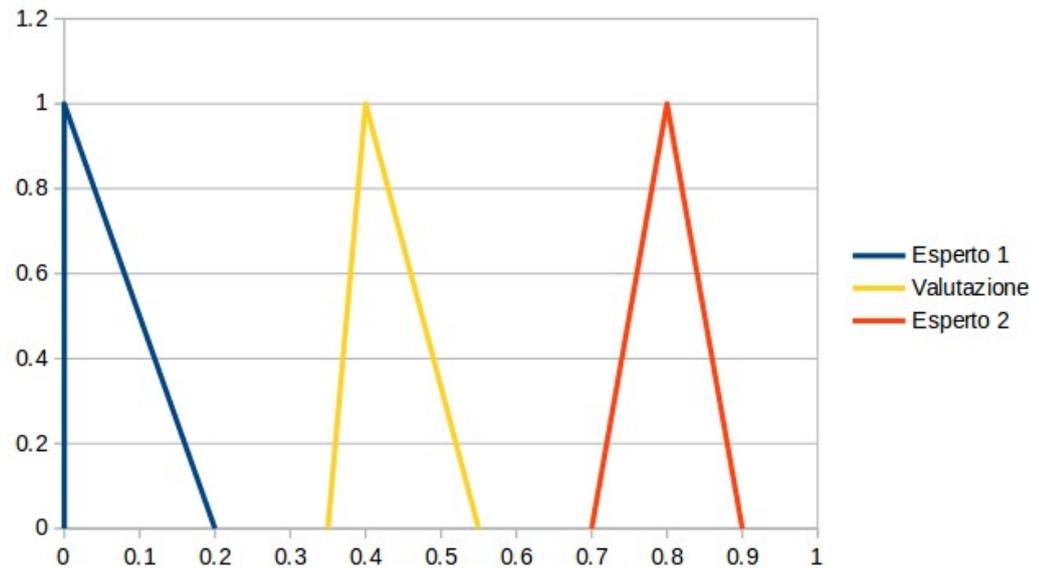
<u>Esperto 1</u>	<u>Esperto 2</u>	<u>Valutazione</u>
0.4	0.5	0.45
0.5	0.6	0.55
0.5	0.7	0.6
0.6	0.8	0.7

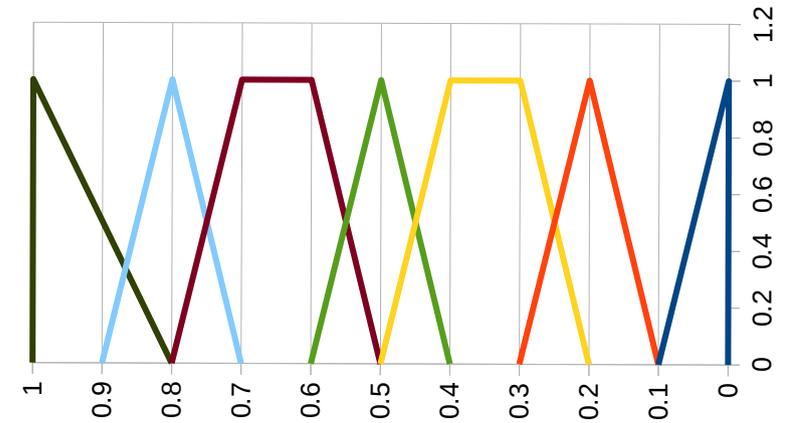
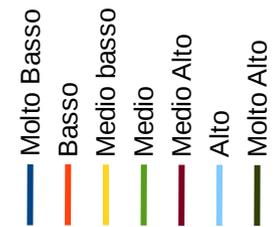
Similitudine di lee = 0.84



<u>Esperto 1</u>	<u>Esperto 2</u>	<u>Valutazione</u>
0	0.7	0.35
0	0.8	0.4
0	0.8	0.4
0.2	0.9	0.55

Similitudine di lee = 0.25





Valutazione idoneità dell'habitat in funzione dell'uso del suolo e del tipo forestale: qual'è il contributo dei seguenti tipi di copertura vegetazionale/uso del suolo nel definire il valore dell'habitat per la specie considerata?

Habitat	Molto Basso	Basso	MedioBasso	Medio	MedioAlto	Alto	Molto Alto
Zone residenziali a tessuto continuo	x						
Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	x						
Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	x						
Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	x						
Aree portuali	x						
Aeroporti	x						
Aree estrattive	x						
Discariche	x						
Cantieri	x						
Aree verdi urbane	x						
Aree ricreative e sportive	x						
Colture intensive	x						
Colture estensive	x						
Risaie	x						
Vigneti	x						
Frutteti e frutti minori	x						
Oliveti	x						
Prati stabili (foraggiere permanenti)		x					
Colture temporanee associate a colture permanenti			x				
Sistemi colturali e particolarmente complessi			x				
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti			x				
Aree agroforestali			x				
Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)				x			
Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)			x				
Boschi misti a prevalenza di altre latifoglie autoctone (latifoglie mesofile e mesotermofile quali acero-frassino carpino nero-orniello)				x			
Boschi a prevalenza di castagno					x		
Boschi a prevalenza di faggio							x
Boschi a prevalenza di specie igrofite (quali salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)			x				
Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di latifoglie esotiche (quali robinia, e ailanto)			x				

Esercitazione di laboratorio

- Entro mercoledì p.v. ciascun gruppo:
 - individui i parametri sfocati per la realizzazione di un modello “MultiEsperto” per il capriolo
 - indagini bibliografiche
 - consultazione “esperti”
 - individui i parametri sfocati per la realizzazione di un modello “MonoEsperto” per almeno una specie significativa (scopo conservazionistico, venatorio, ecc.) per il proprio Ambito di Paesaggio
 - Parametri
 - indagine bibliografica
 - consultazione esperti
 - Specie
 - Schede siti Natura 2000