



Sistemi Informativi Territoriali

Paolo Mogorovich
www.di.unipi.it/~mogorov

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Morfologia

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Rappresentazione della Forma del Terreno

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Un'immagine fisica: il caso delle quote

La terza dimensione si può esprimere:

- **Con curve isovalore (isoipse)**
- **Con rilevazioni puntuali mirate (punti quotati)**
- **Con una funzione $z = f(x,y)$**
- **Con aree isovalore**

e infine

- **Con un modello raster**

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Un'immagine fisica: il caso delle quote

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

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

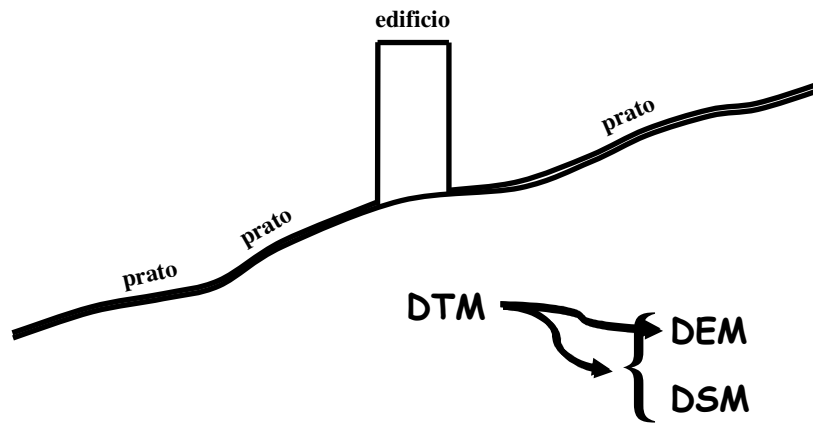
Cosa si intende per "quota"

DEM **Digital Elevation Model**
DTM **Digital Terrain Model**
DSM **Digital Surface Model**

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

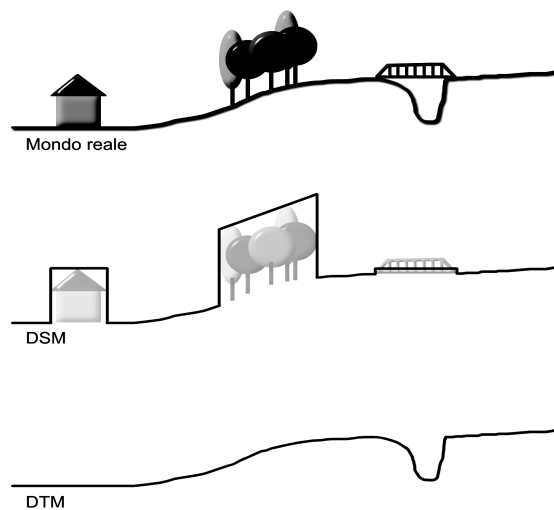
Cosa si intende per "quota"

DEM Digital Elevation Model
DSM Digital Surface Model



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Cosa si intende per "quota"



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

La costruzione di un modello di elevazione

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

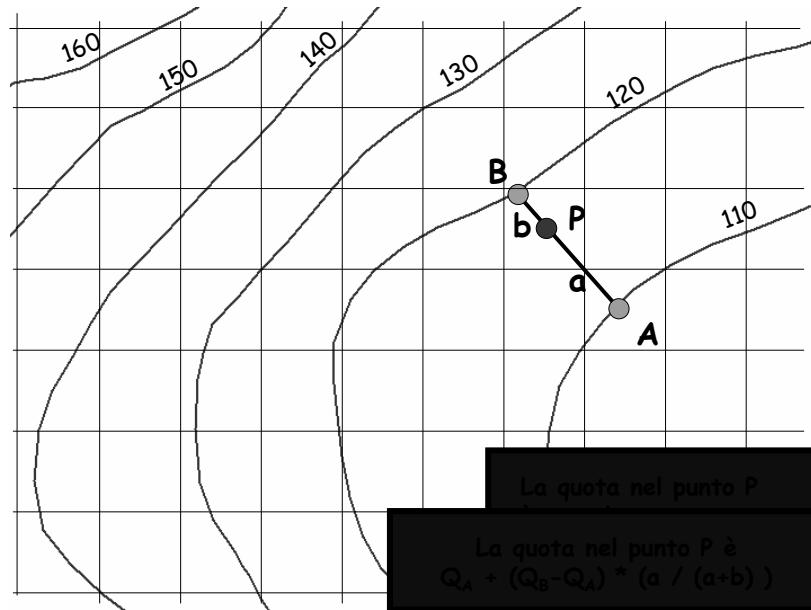
Costruzione di un DEM

La costruzione di un Modello digitale del terreno

- 1. Direttamente dal processo aerofotogrammetrico**
- 2. Da cartografia, con sistemi semiautomatici**
- 3. A partire da Curve di Livello e Punti quotati,
con campionamento e interpolazione**
- 4. Con il sistema Lidar**

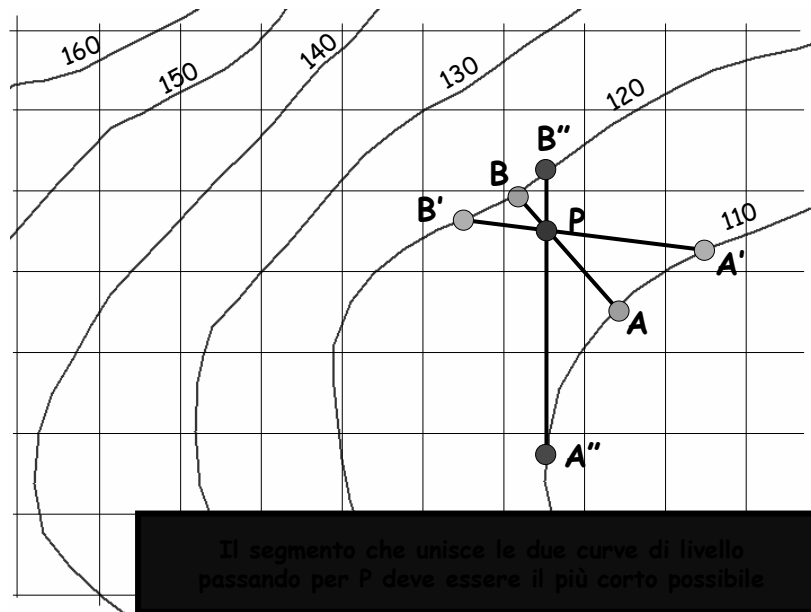
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM con sistemi semiautomatici



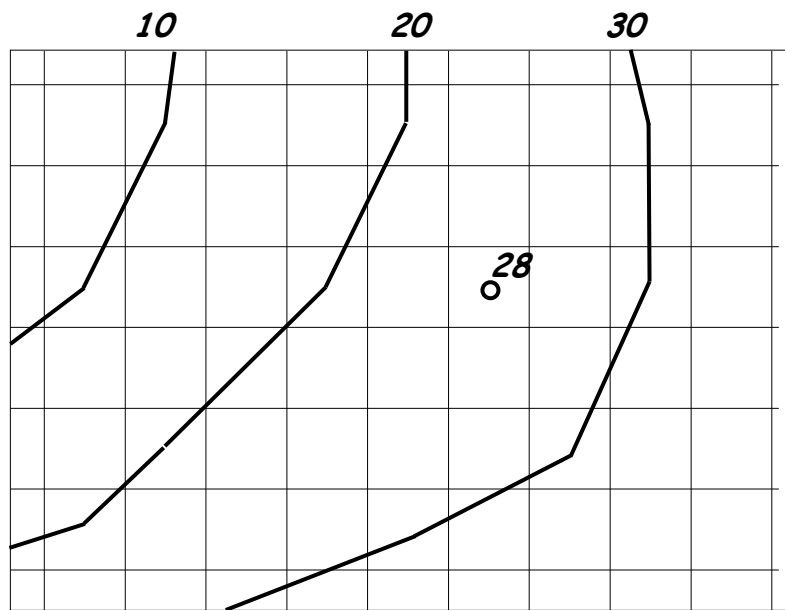
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM con sistemi semiautomatici



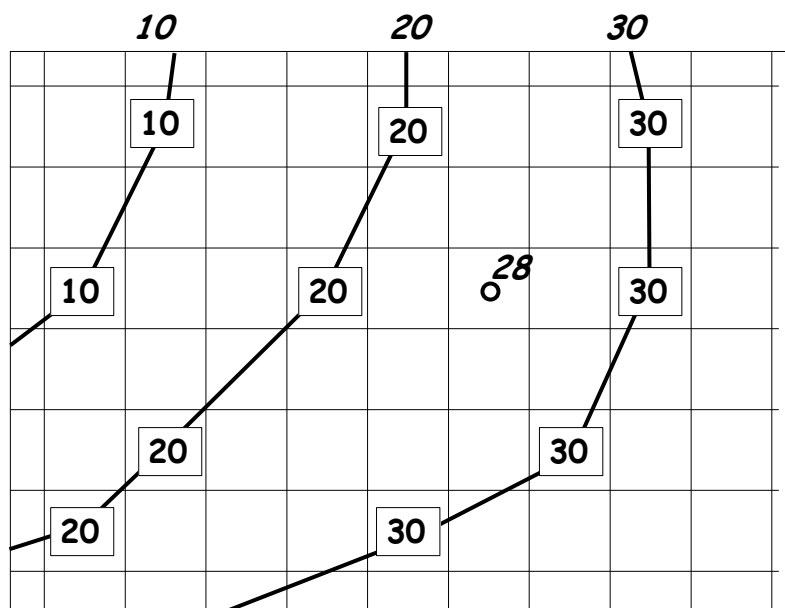
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: curve di livello e punti quotati



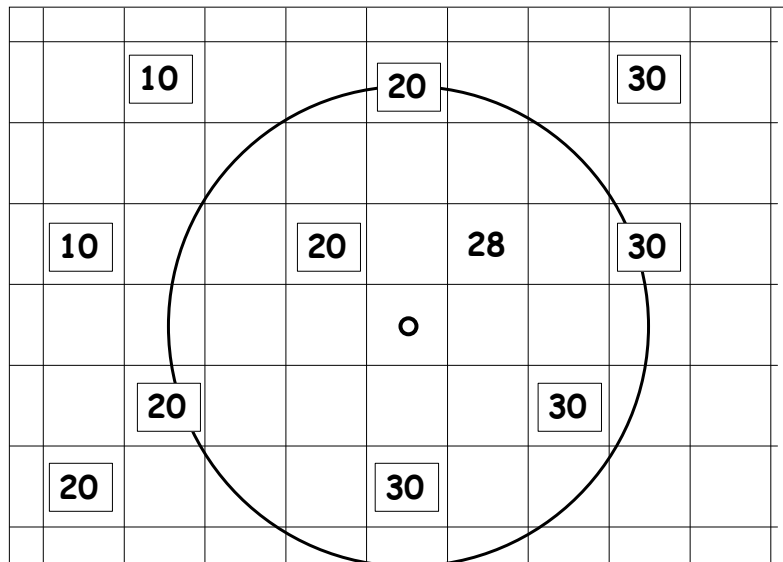
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: curve di livello e punti quotati



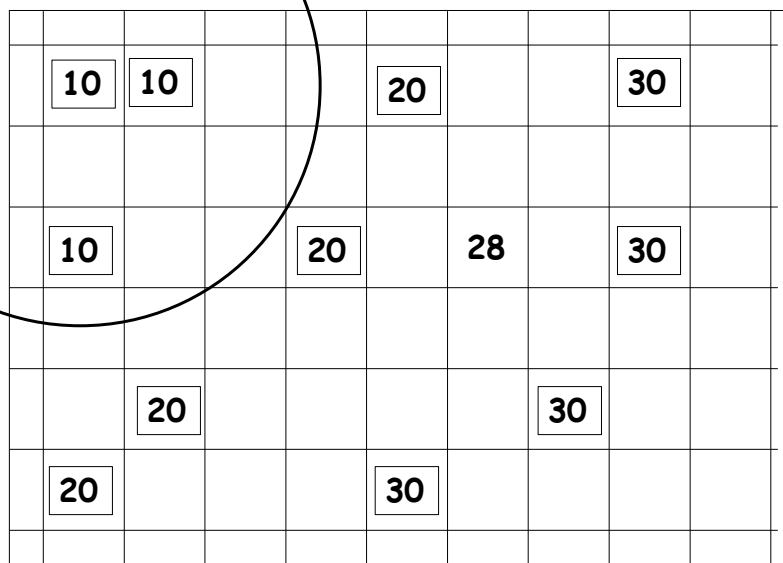
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



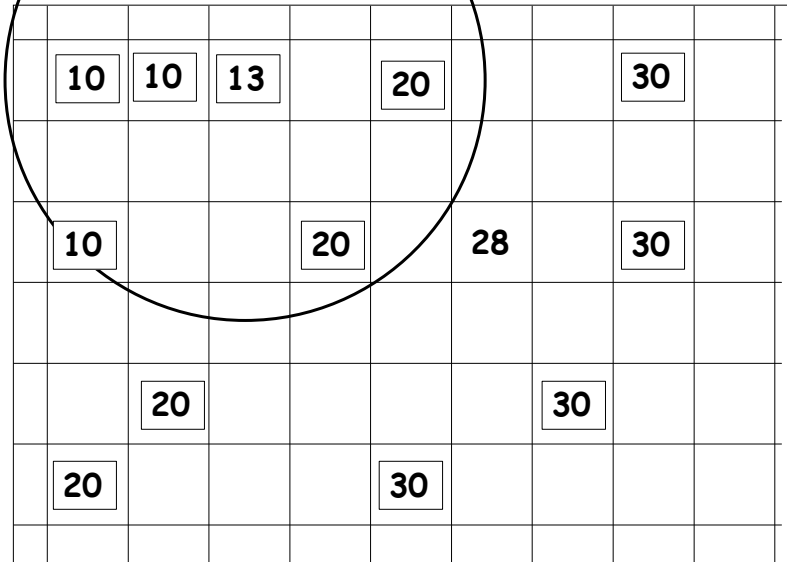
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



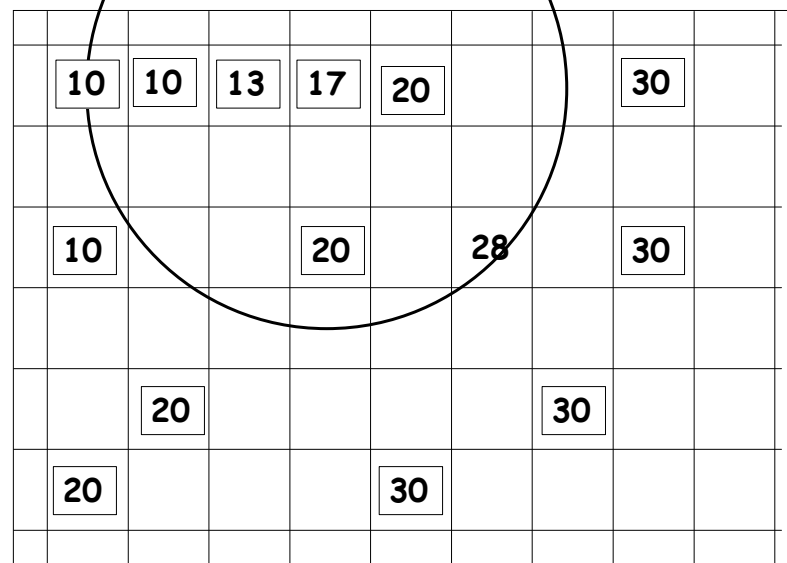
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



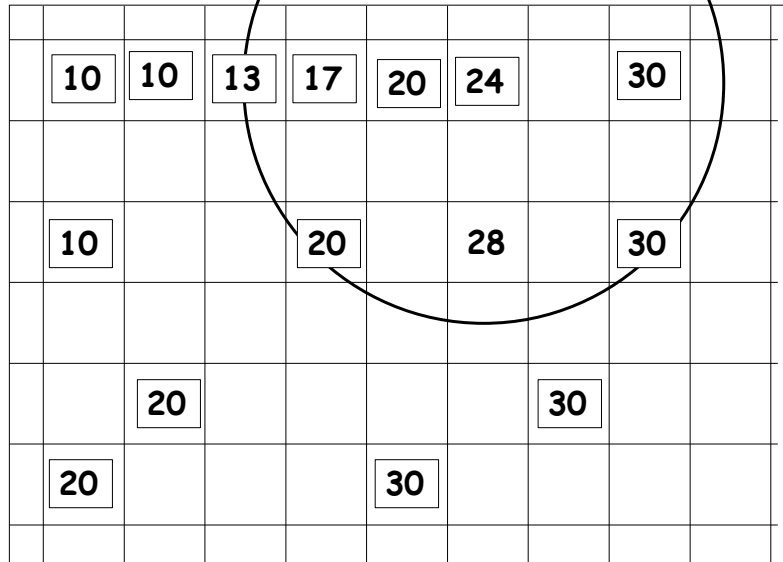
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



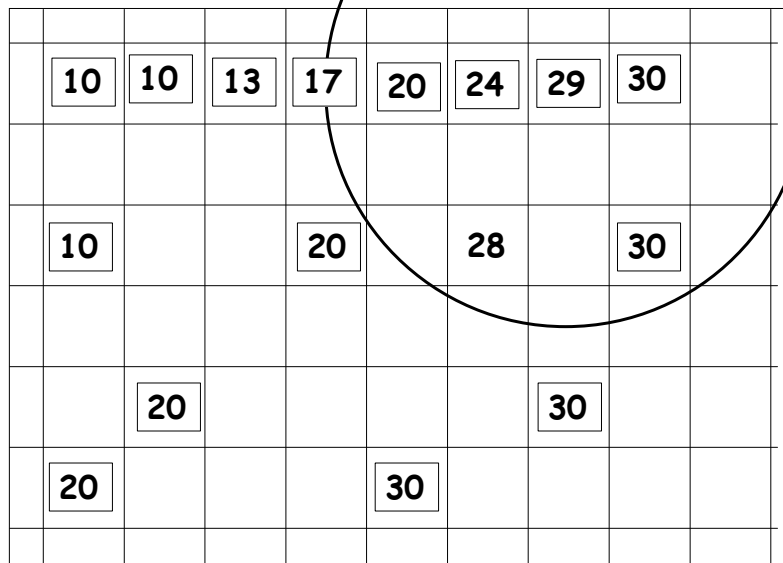
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



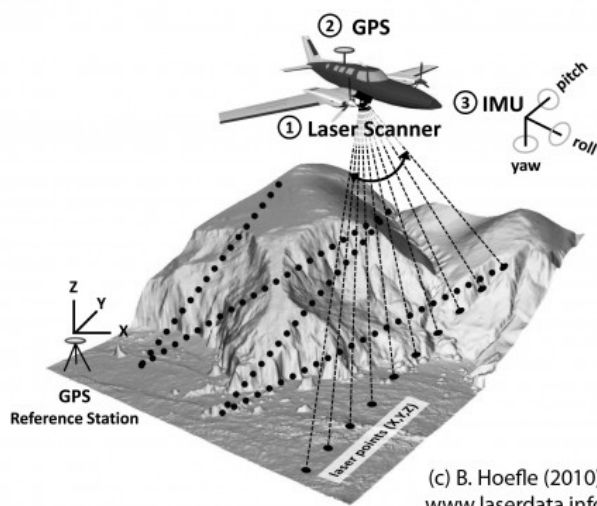
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Costruzione di un DEM: risultato dell'interpolazione (una parte è "estrapolata")

	10	10	13	17	20	24	29	30	30
	10	11	16	19	23	25	29	30	30
	10	12	18	20	24	28	29	30	30
	14	16	20	22	25	28	29	30	30
	19	20	21	26	28	29	30	30	30
	20	20	24	28	30	30	30	30	30

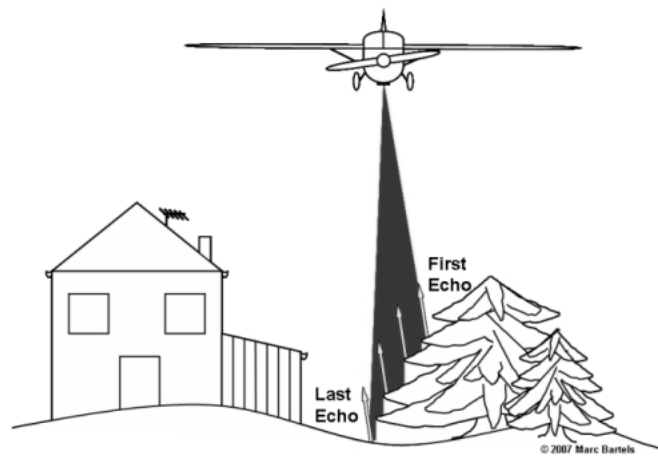
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

La costruzione di un DEM con tecniche Lidar



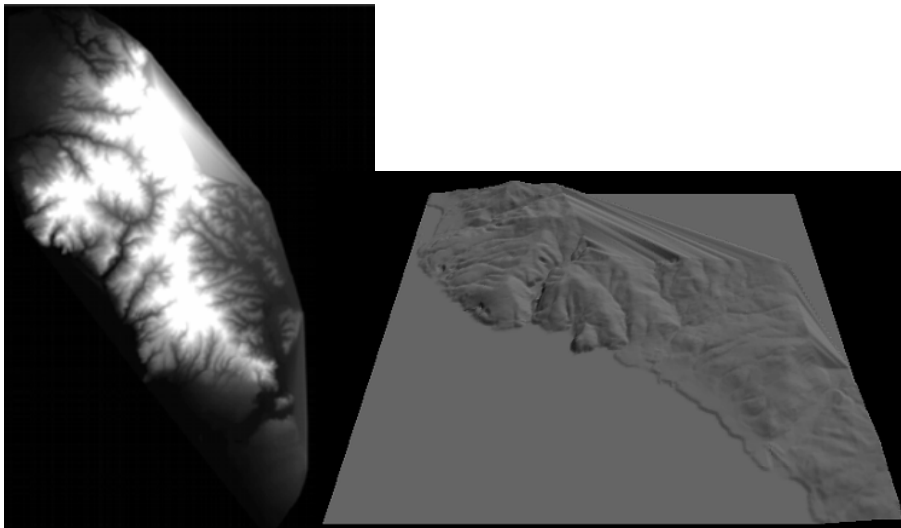
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

La costruzione di un DEM con tecniche Lidar



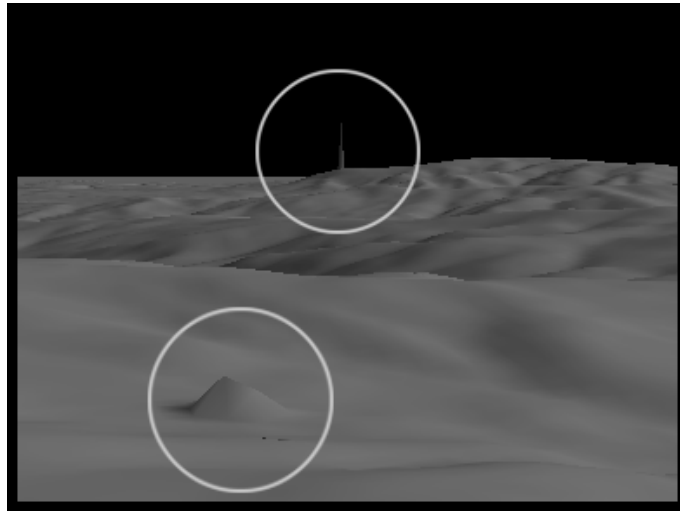
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Un DEM: vista dall'alto o in $2D\frac{1}{2}$



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

**La costruzione di un DEM da Curve di Livello e Punti Quotati
presenta molto rumore**



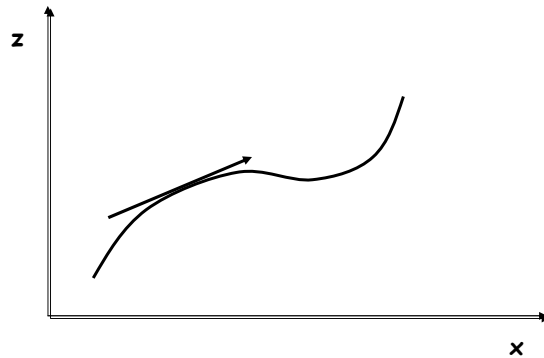
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Dati derivati da un DEM

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

La pendenza di una funzione $z(x)$

$$\text{Pend}(x_0) = z'(x)_{x=x_0} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{z(x+h) - z(x)}{h}$$



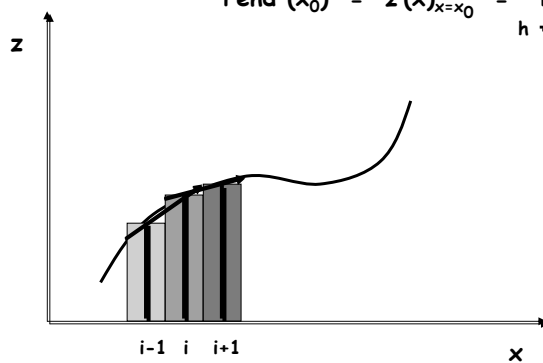
Nel mondo raster non si può avere $h \rightarrow 0$ perché la natura del modello è discreta.

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

meq

La pendenza di una funzione $z(x)$

$$\text{Pend}(x_0) = z'(x)_{x=x_0} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{z(x+h) - z(x)}{h}$$



$$\text{Pend}^+(\text{pix}_i) = (z(i+1) - z(i)) / \text{Dim.pixel}$$

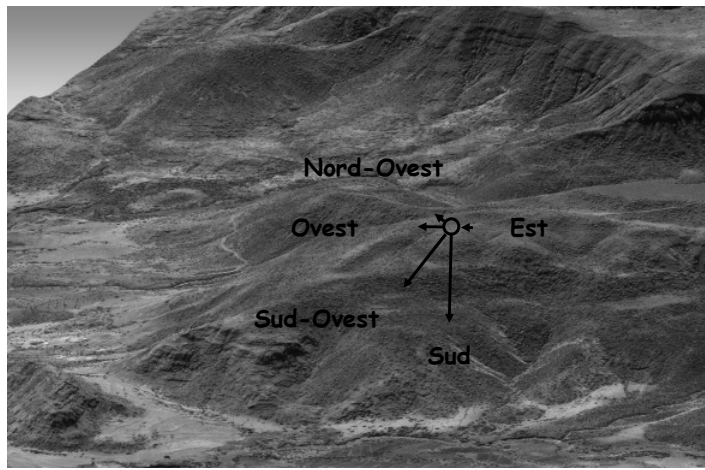
$$\text{Pend}^-(\text{pix}_i) = (z(i) - z(i-1)) / \text{Dim.pixel}$$

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

meq

La pendenza di una funzione $z(x,y)$

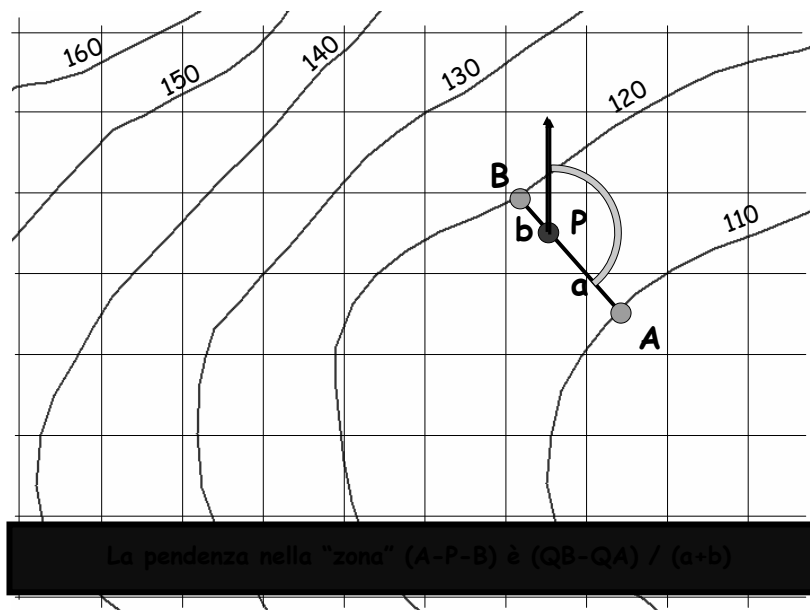
Nel caso di una funzione di due variabili,
come avviene per la quota di un'area,
la pendenza assume valori diversi, a seconda della direzione.



Si intende
per pendenza
quella
massima
tra tutte le
pendenze.

Si intende
per esposizione
la direzione
della pendenza
massima

Calcolo di pendenza ed esposizione da curve di livello



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

La pendenza come dato derivato da un DEM

	26	31	32	29	30
	26	27	29	30	31
	25	27	28	31	29
	24	25	27	29	28
	27	25	25	24	21

Quote in metri

		-1	+1	+2	
		-1		+3	
		-3	-1	+1	

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CCI - Morfologia

meq

La pendenza come dato derivato da un DEM

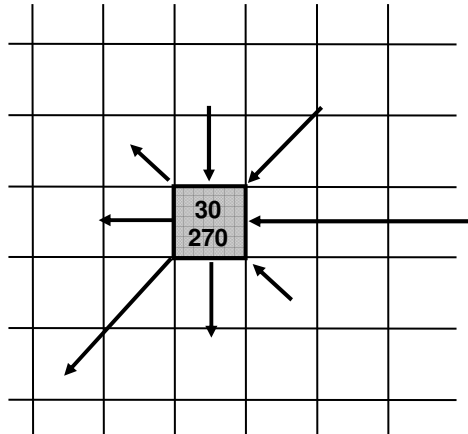
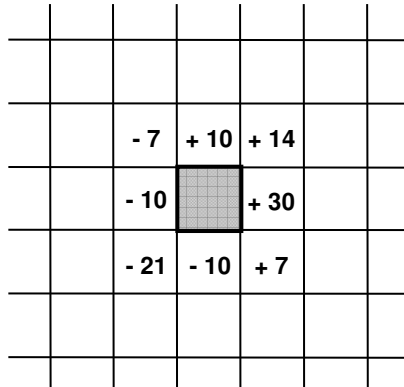
				10 m
				14 m
	-1	+1	+2	
	-1		+3	
	-3	-1	+1	

	-7	+10	+14	
	-10		+30	
	-21	-10	+7	

- Dislivelli in metri
- Dimensione del pixel 10 x 10 m
- Pendenze in "percento"

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CCI - Morfologia

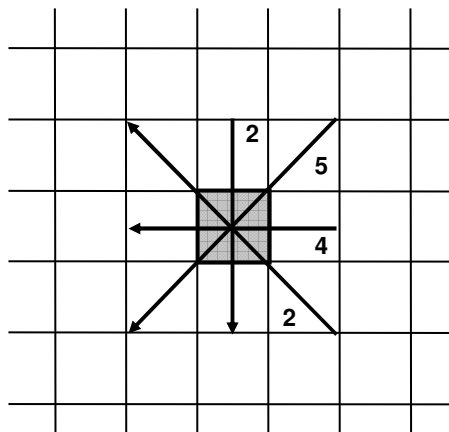
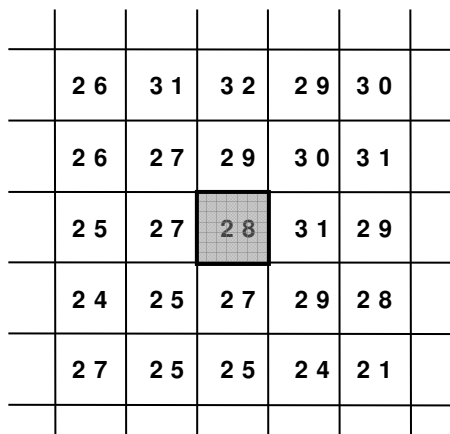
La pendenza e l'esposizione come dati derivati da un DEM



- Dislivelli in metri
- Dimensione del pixel 10 x 10 m
- Pendenze in "per cento"
- Esposizione in gradi

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

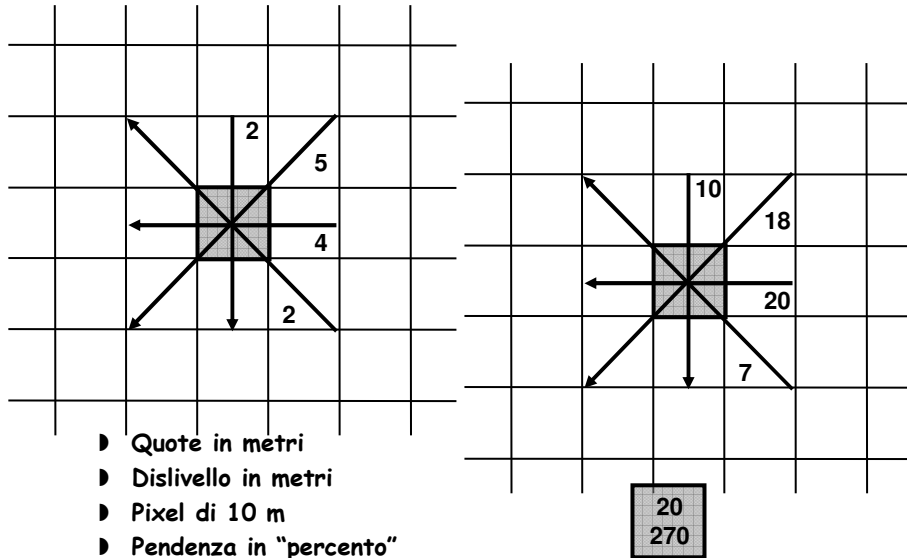
La pendenza e l'esposizione come dati derivati da un DEM; un altro algoritmo



- Quote in metri
- Dislivello in metri

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

La pendenza e l'esposizione come dati derivati da un DEM; un altro algoritmo



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

meq

Calcolo di Pendenza e Esposizione a partire dalle Quote; esercitazione

	26	31	32	29	30
	26	27	29	30	31
	25	27	28	31	29
	24	25	27	29	28
	27	25	25	24	24

Quote in metri
Dimensione pixel = 10 m

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

**Calcolo di Pendenza e Esposizione a partire dalle Quote;
esercitazione**

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

Quote in metri
Dimensione pixel = 10 m

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

**Calcolo di Pendenza e Esposizione a partire dalle Quote;
esercitazione**

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

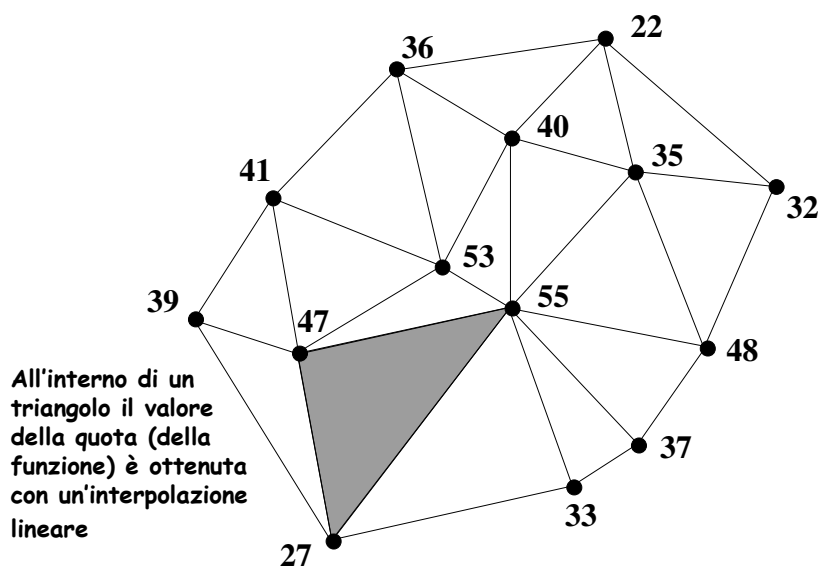
Quote in metri
Dimensione pixel = 10 m

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN (Triangulated Irregular Network)

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

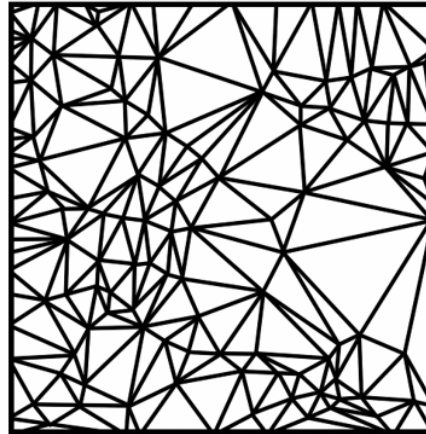
TIN: un modo di rappresentare una superficie



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: un modo di rappresentare una superficie

Rispetto al raster, si sfrutta meglio la diversa densità di valori misurati, presumibilmente più densi dove la funzione ha una grande variabilità

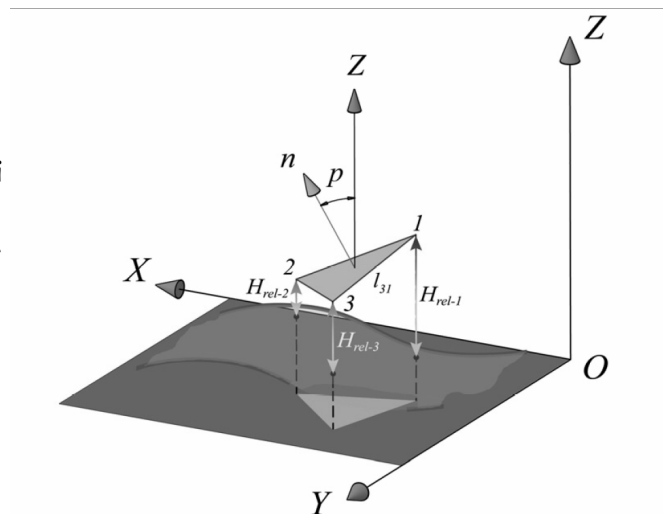


Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: un modo di rappresentare una superficie

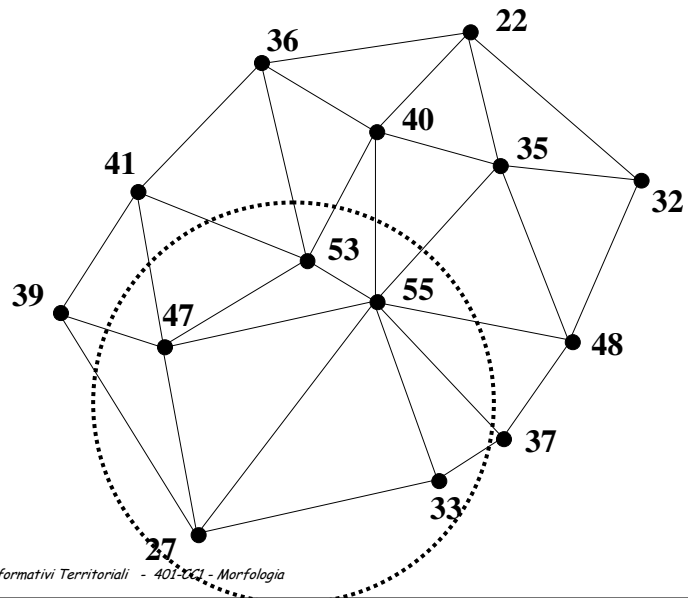
All'interno di ogni triangolo di un TIN

- la quota varia linearmente
- pendenza e orientazione sono costanti



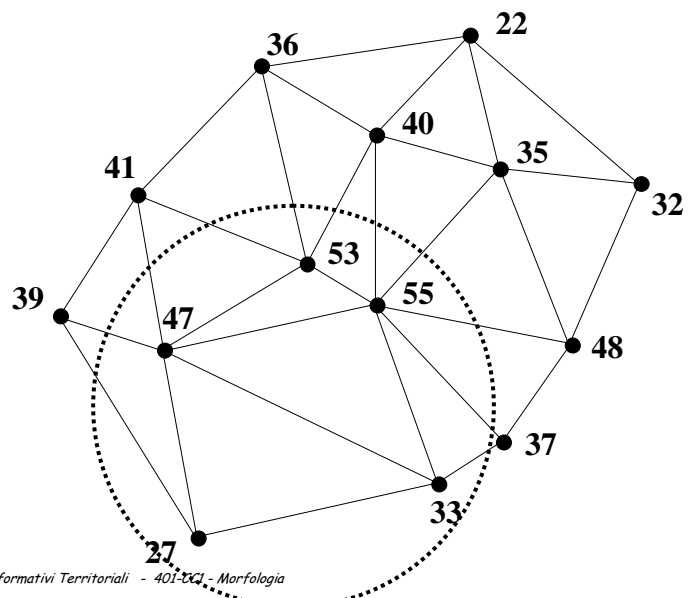
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: la scelta dei triangoli



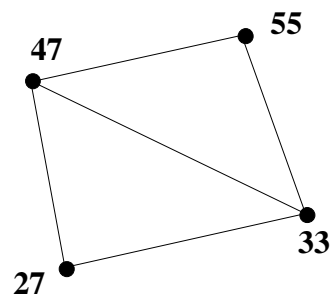
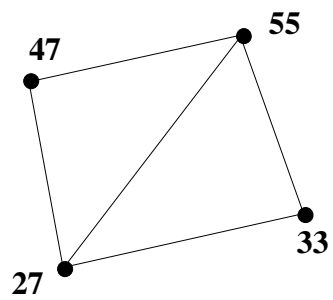
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-XXI - Morfologia

TIN: la scelta dei triangoli



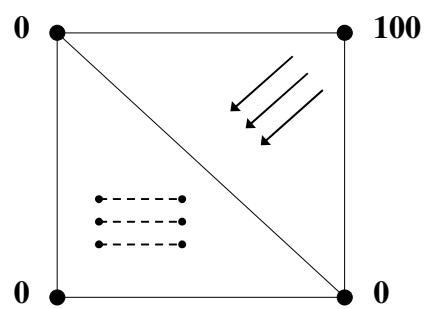
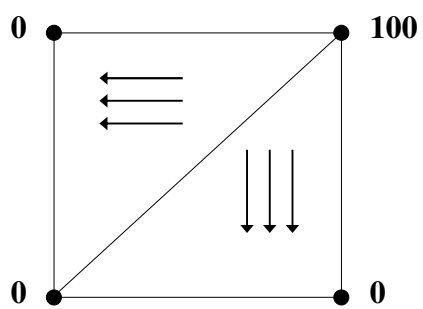
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-XXI - Morfologia

TIN: la scelta dei triangoli



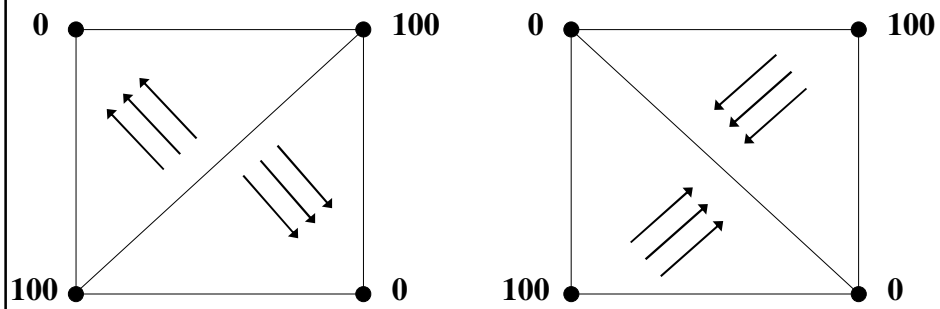
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: la scelta dei triangoli



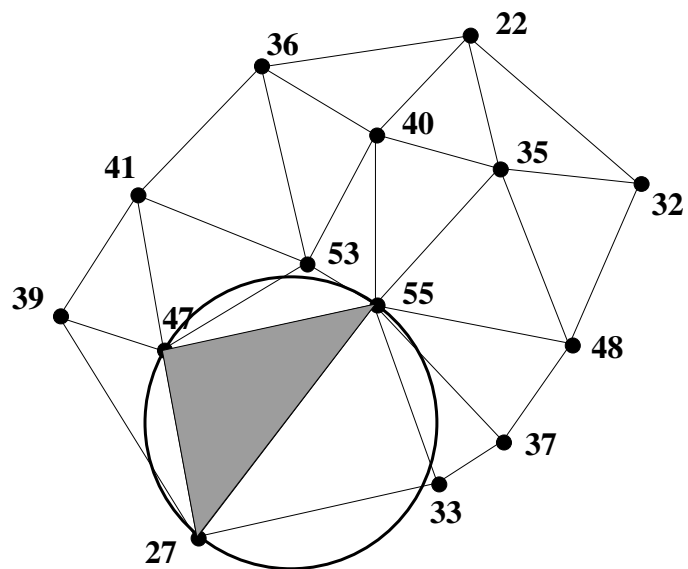
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: la scelta dei triangoli



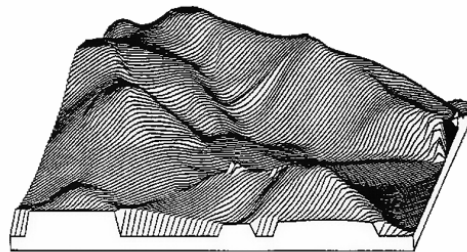
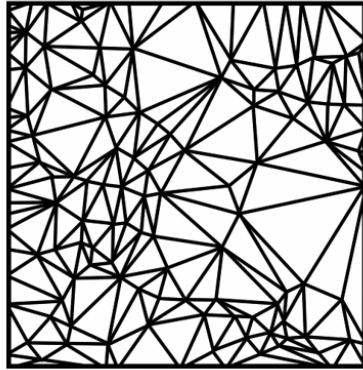
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: I triangoli di Delaunay



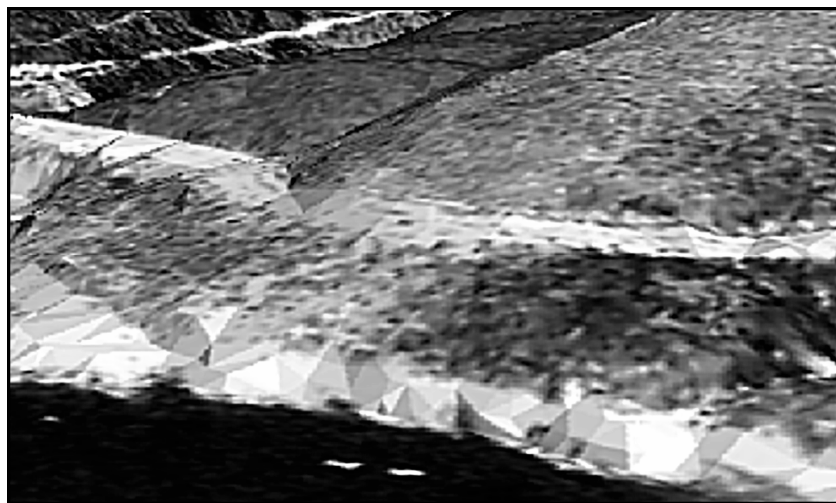
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

TIN: un modo di rappresentare una superficie



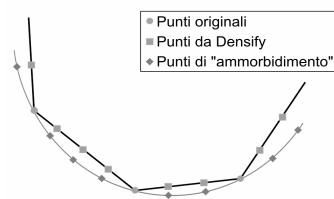
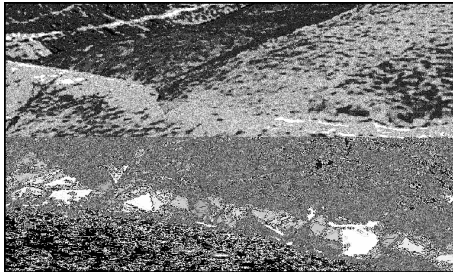
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Effetto del modello TIN nella visione 2D $\frac{1}{2}$



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Effetto del modello TIN nella visione $2D\frac{1}{2}$



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Utilizzo di un DEM per operazioni di restituzione

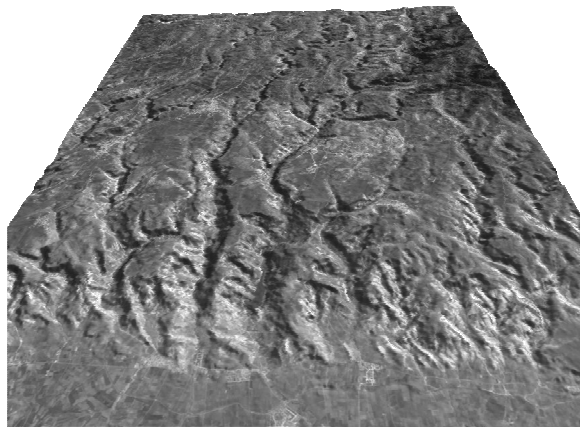
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato 2D con modulazione di colore



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ senza modulazione di colore



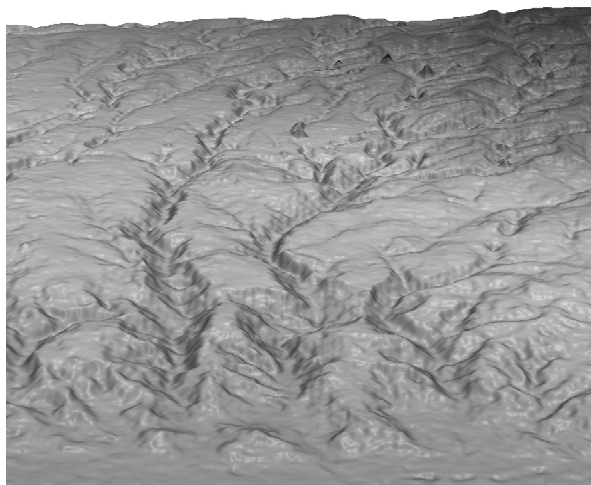
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato 2D con modulazione di colore e ombre



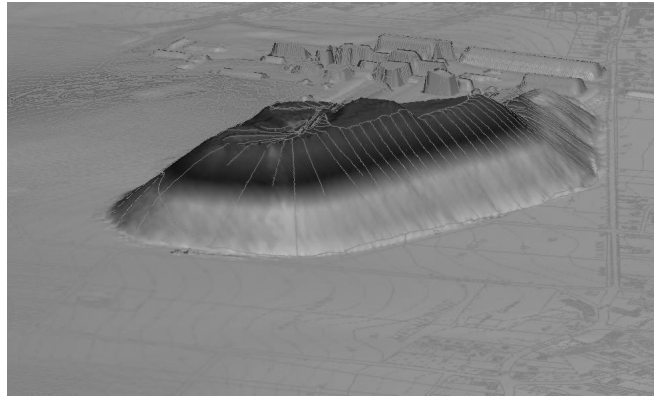
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con modulazione di colore



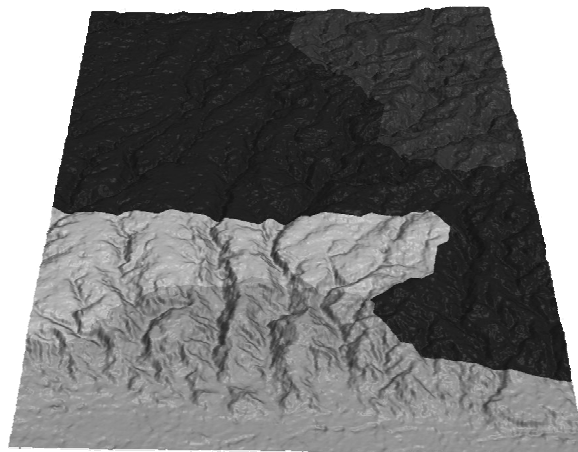
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con modulazione di colore



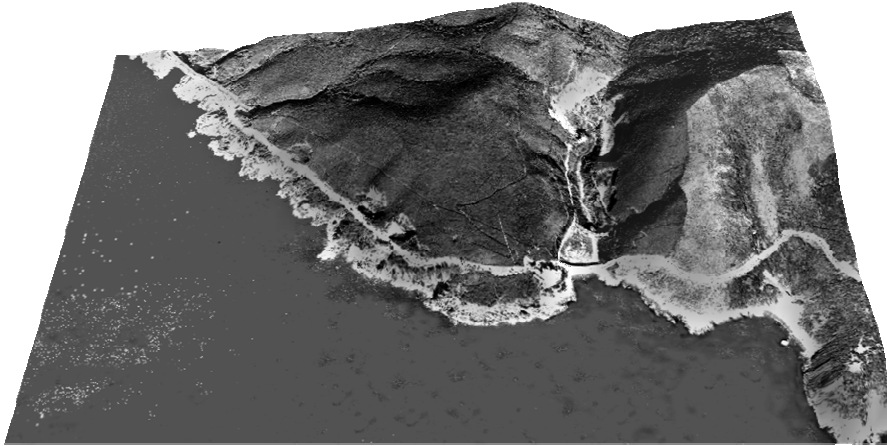
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con tematismo di origine vettoriale



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Sovrapposizione di un layer "immagine" ad una vista $2D\frac{1}{2}$



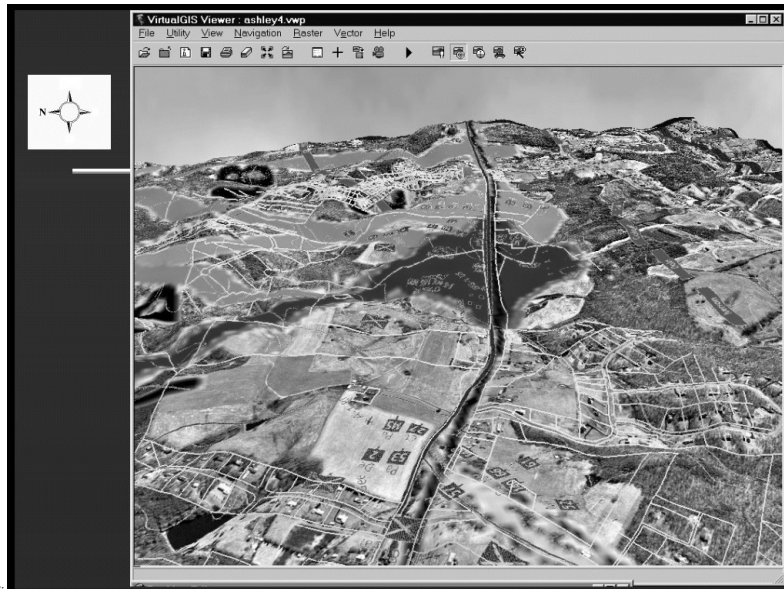
Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

DEM visualizzato $2D\frac{1}{2}$ con base cartografica raster



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

**DEM visualizzato $2D\frac{1}{2}$
con immagine telerilevata e tematismi di origine vettoriale**



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 101-002 - Morfologia

**DEM visualizzato $2D\frac{1}{2}$
con immagine telerilevata e tematismi di origine vettoriale**



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 101-002 - Morfologia

**DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$
con immagine telerilevata e oggetti CAD**



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

**DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$
con immagine telerilevata e oggetti CAD**



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

**DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$
con immagine telerilevata e oggetti CAD**



Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia

Sistemi Informativi Territoriali

Paolo Mogorovich
www.di.unipi.it/~mogorov

Corso di Sistemi Informativi Territoriali - 401-CC1 - Morfologia