

Modellizzazione di dati geografici

Paolo Zatelli

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Università di Trento



Modellizzazione di dati geografici

Dato geografico

aspetto spaziale
(geometria/topologia)



coordinate+primitive geometriche
(sist. di rif.+proiez.+scala nomin.)

aspetto di qualità



metadati (accuratezza,
completezza, aggiornamento)

aspetto semantico



attributi (numerici, alfanumerici)



Geometria

Primitive geometriche

coordinate (2D/3D)

funzioni matematiche

E' fondamentale che siano riferite allo stesso sistema di riferimento.

Gli oggetti nello spazio possono essere rappresentati in due modi:
entità o campi.



Entità e campi

Campi: oggetti **definiti quasi ovunque** nel dominio di interesse, molto spesso **continui**. Es. temperatura, pressione, quote.

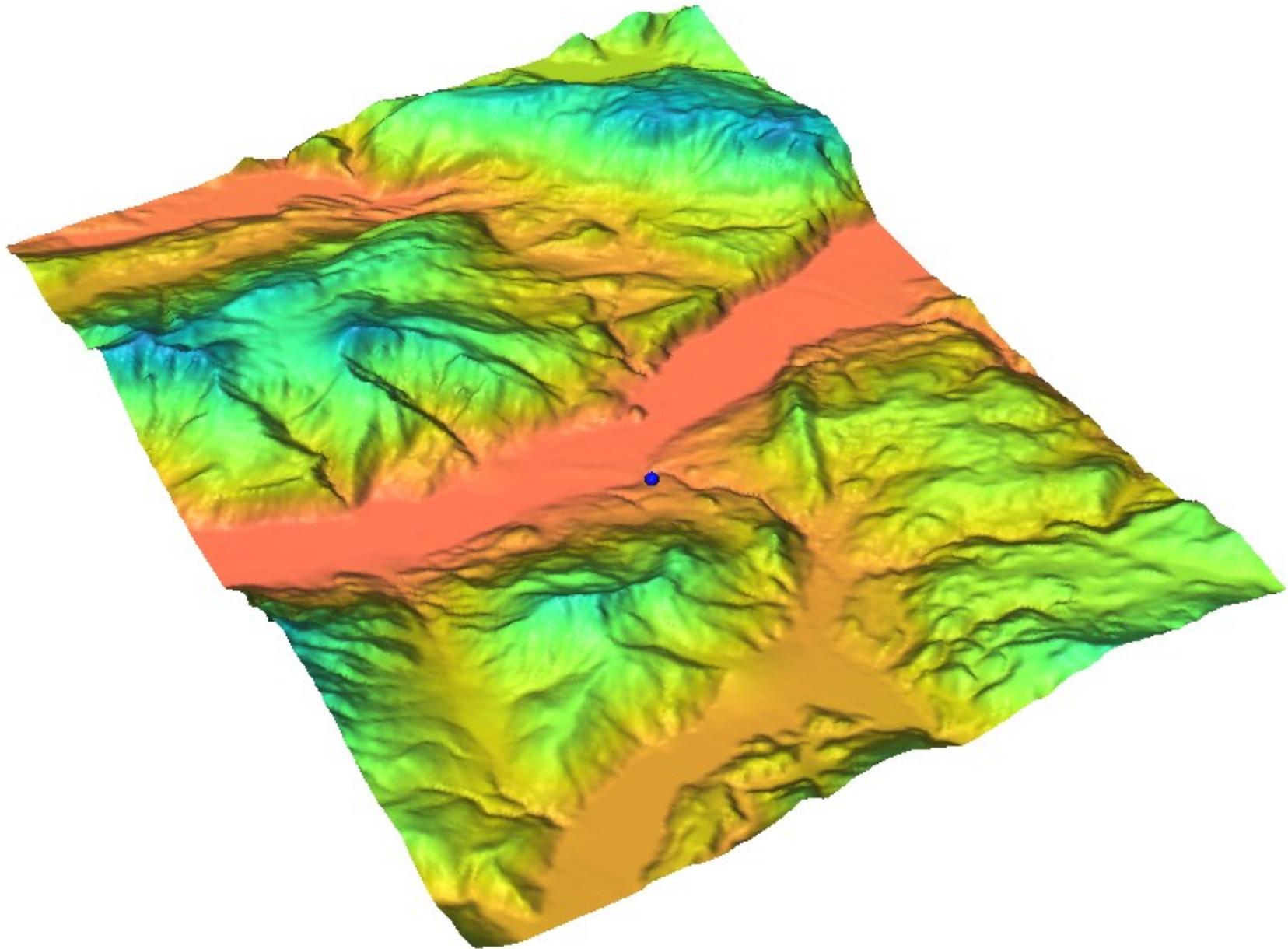
Sono rappresentati (in forma discreta) con **matrici regolari di attributi** (modelli matrix o raster georeferenziato), **reti irregolari di triangoli** (modello TIN) oppure con **curve di livello**.

Entità: oggetti **discreti e discontinui**, **delimitati in modo preciso**. Es. edifici, aree amministrative, rete viaria.

Sono rappresentati con **modelli vettoriali**, **eventualmente topologici**, e tabelle di attributi associate.

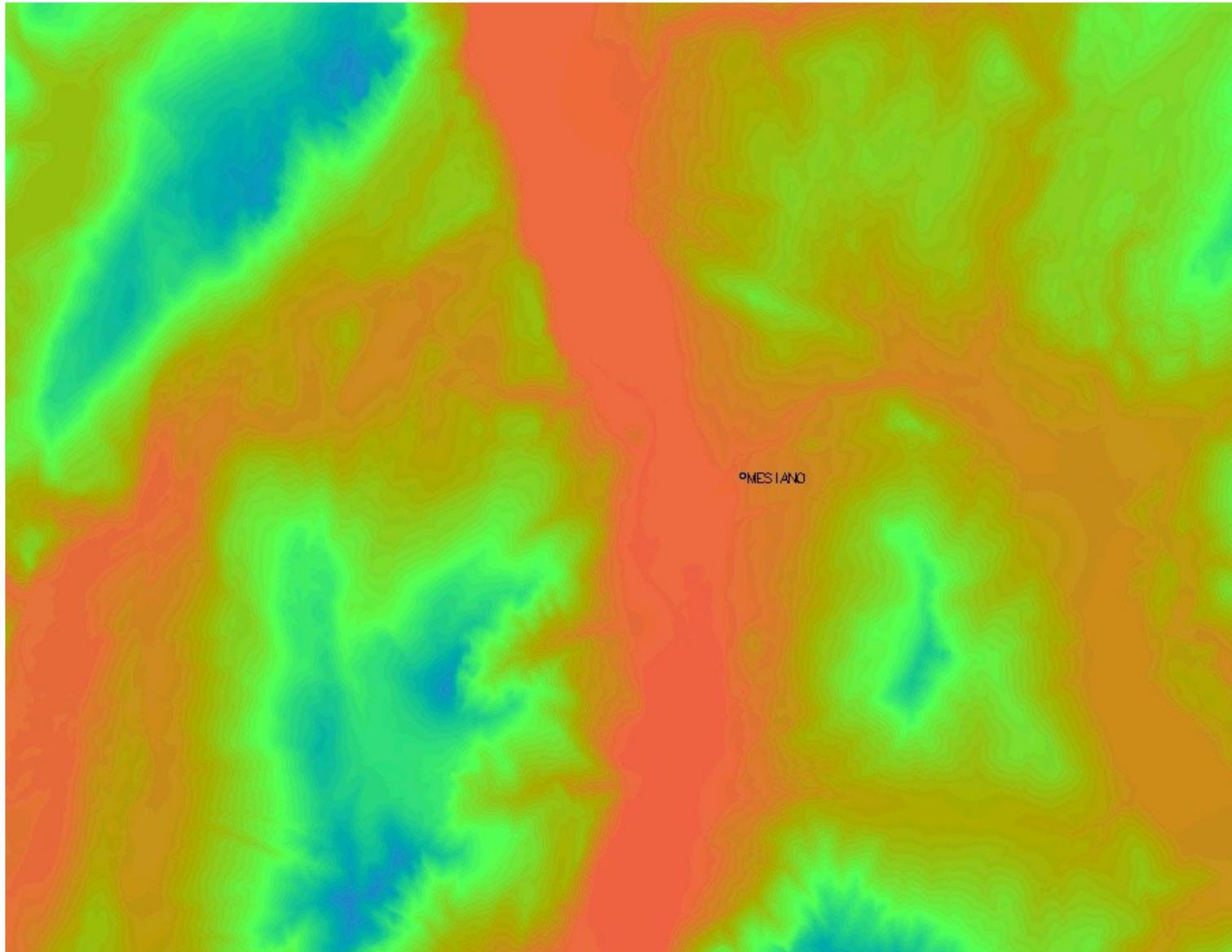


Campi



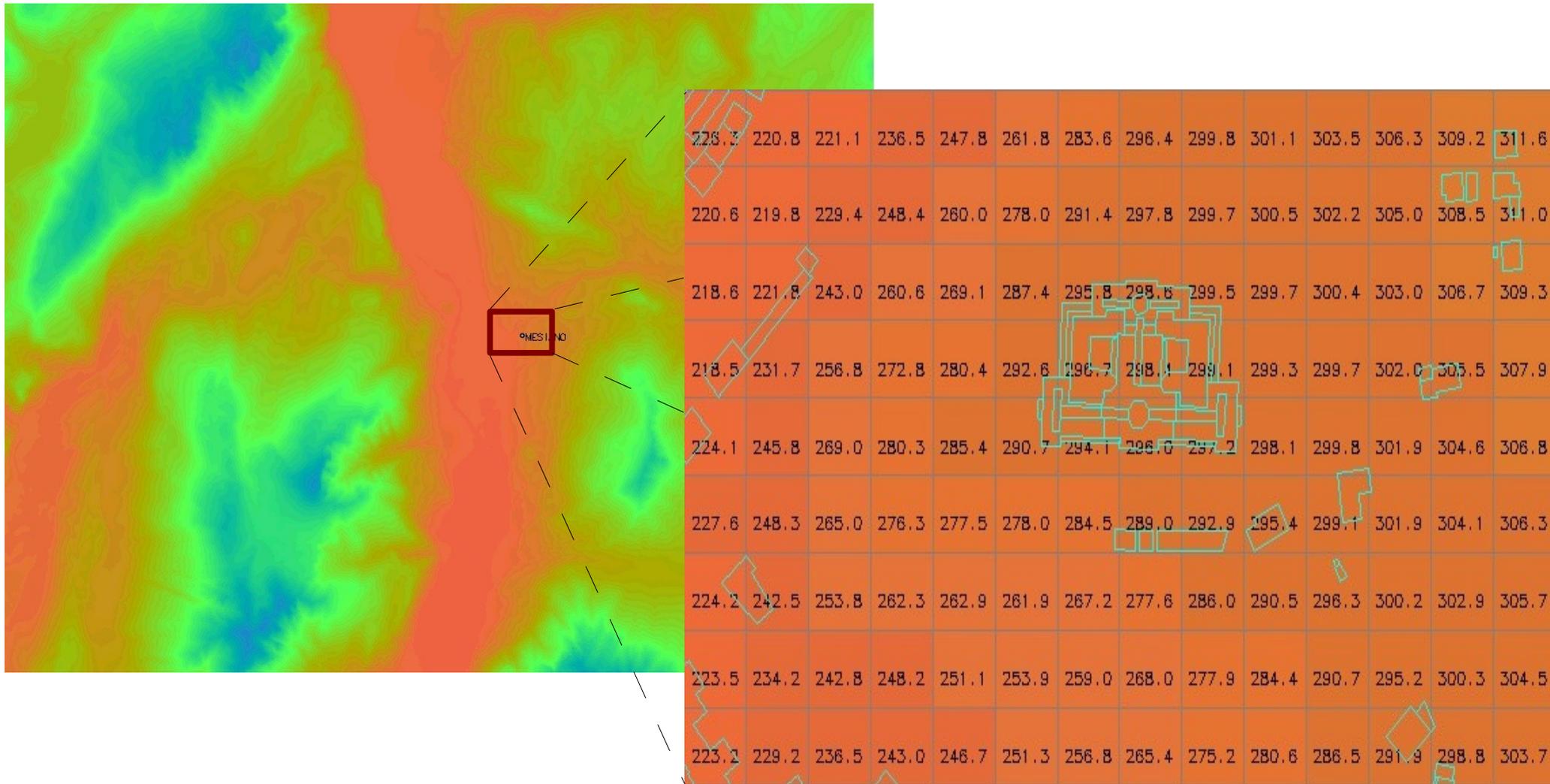
Quote (DTM) nei dintorni di Trento

Raster

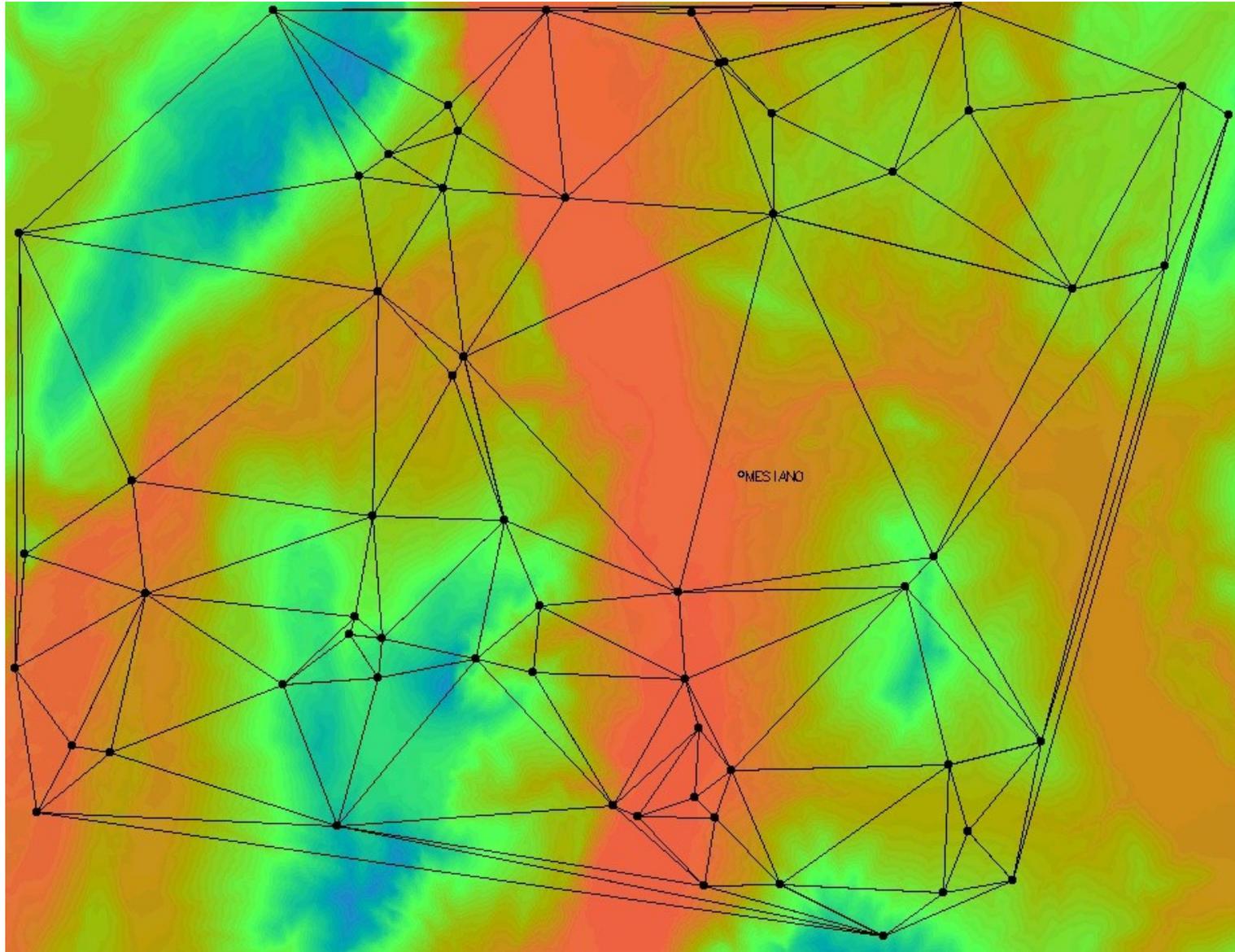


Modello digitale del terreno (DTM)

Raster

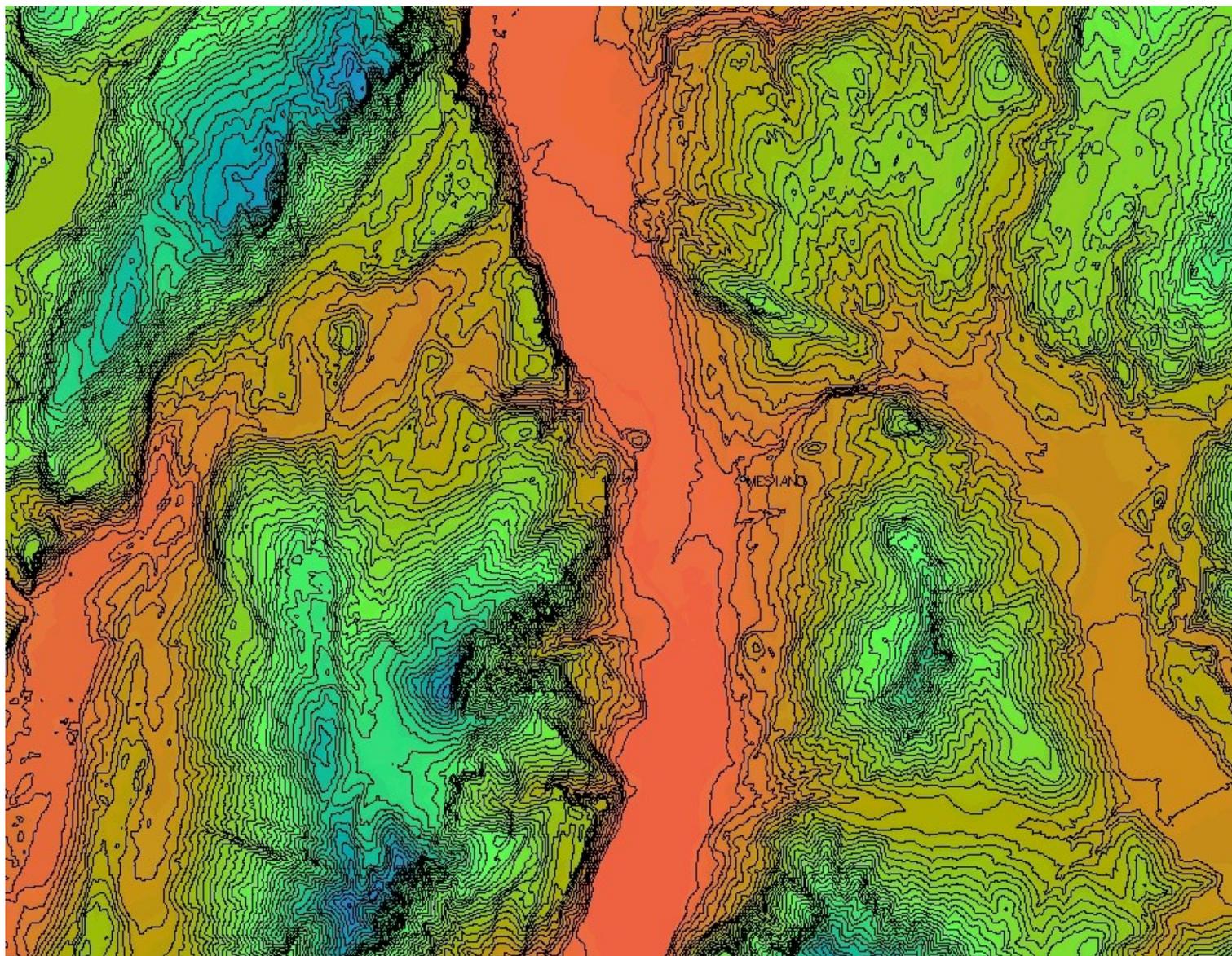


Modello digitale del terreno (DTM)

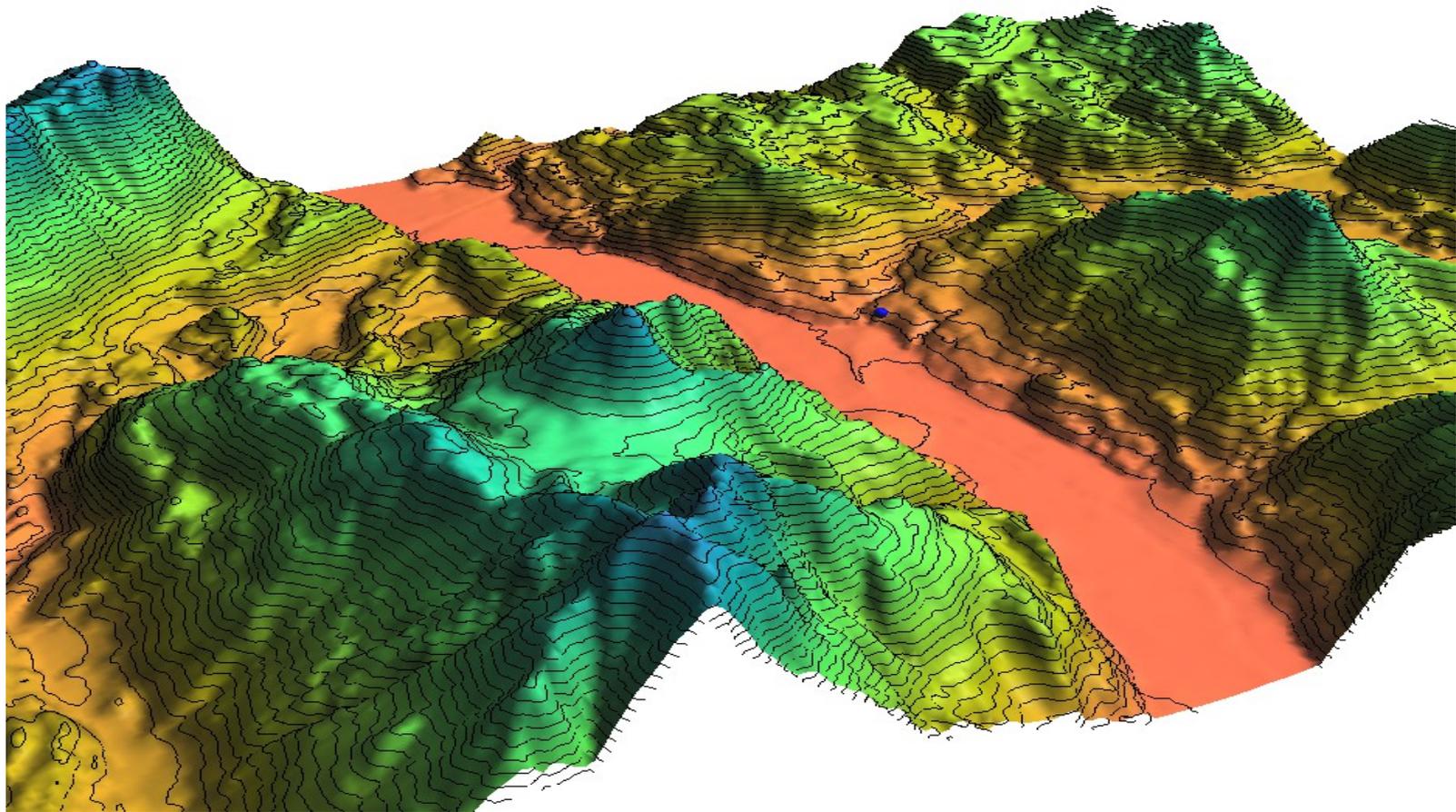


Triangular irregular network

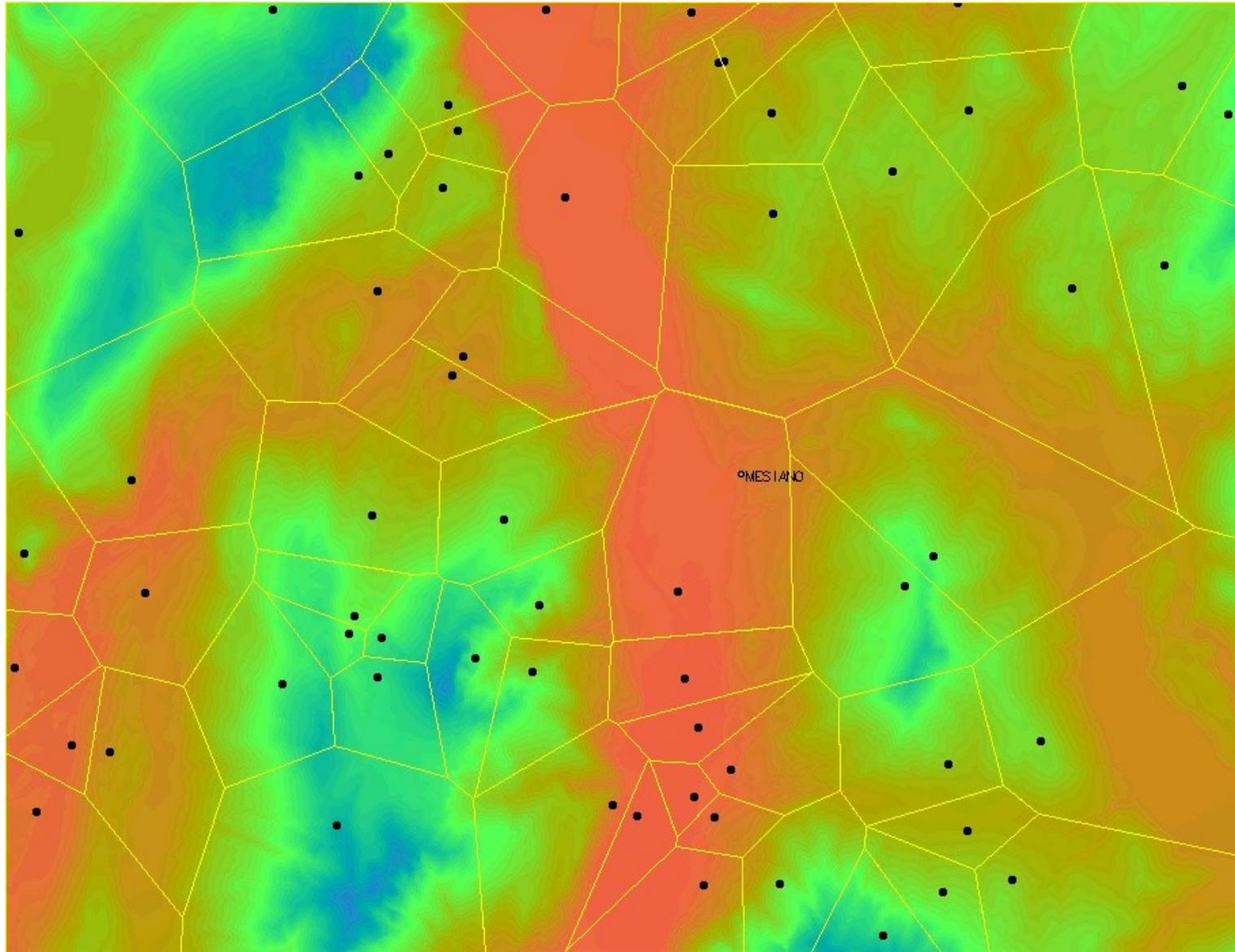
Curve di livello



Curve di livello



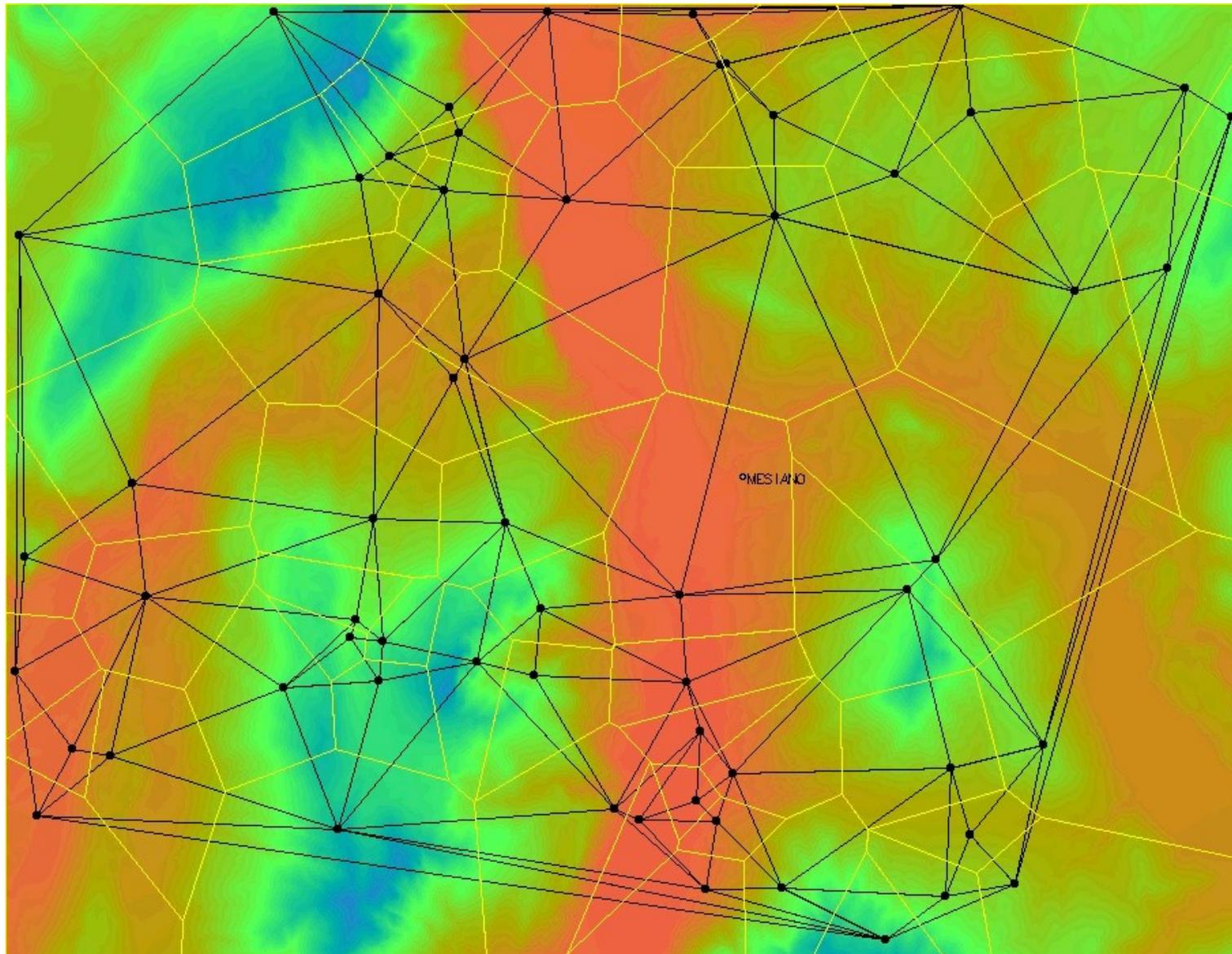
Tassellazione



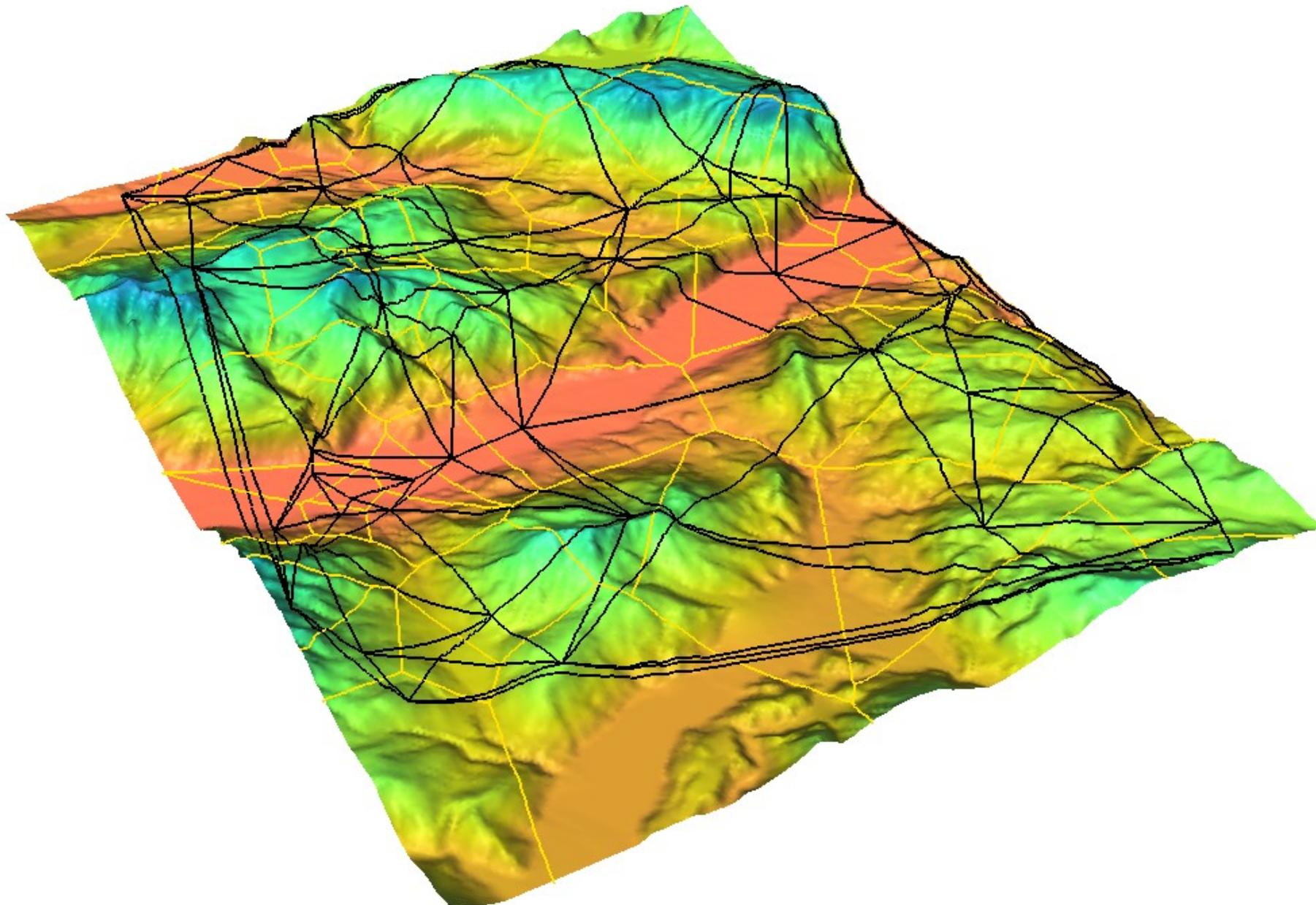
Poligoni di Voronoi



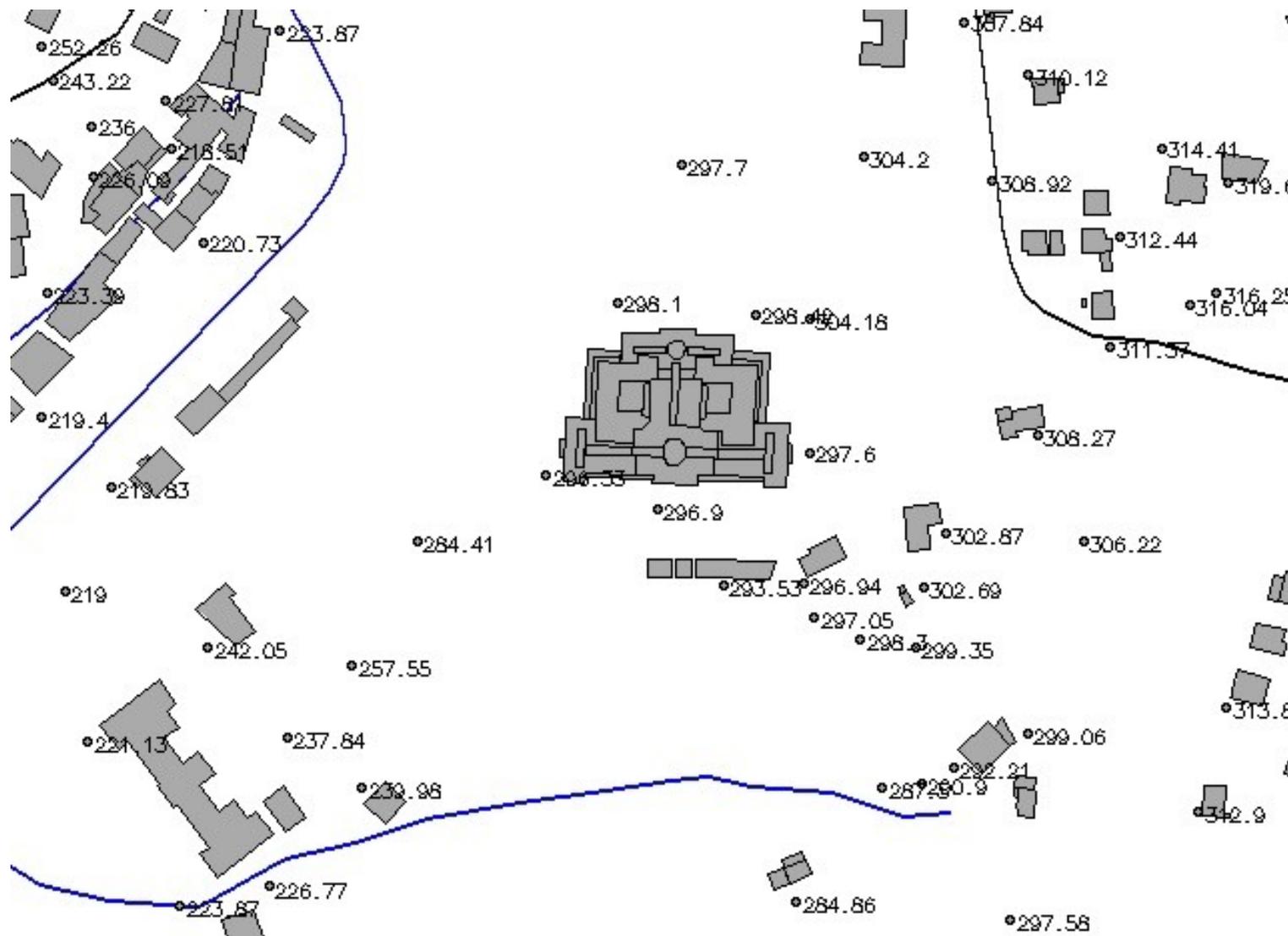
Tassellazione + TIN



Tassellazione + TIN

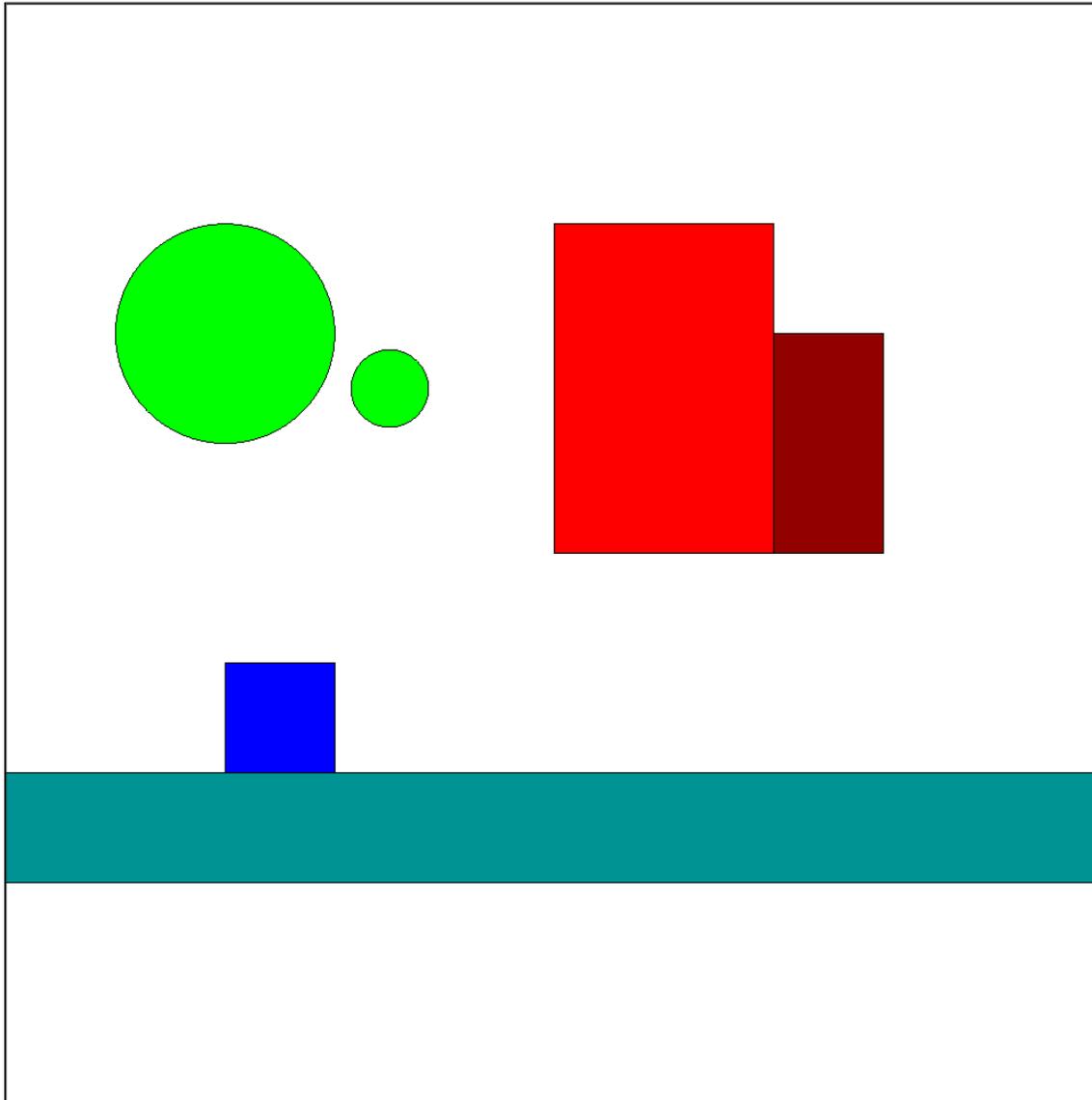


Entità



Punti + linee + aree

Entità



Primitive **geometriche**:

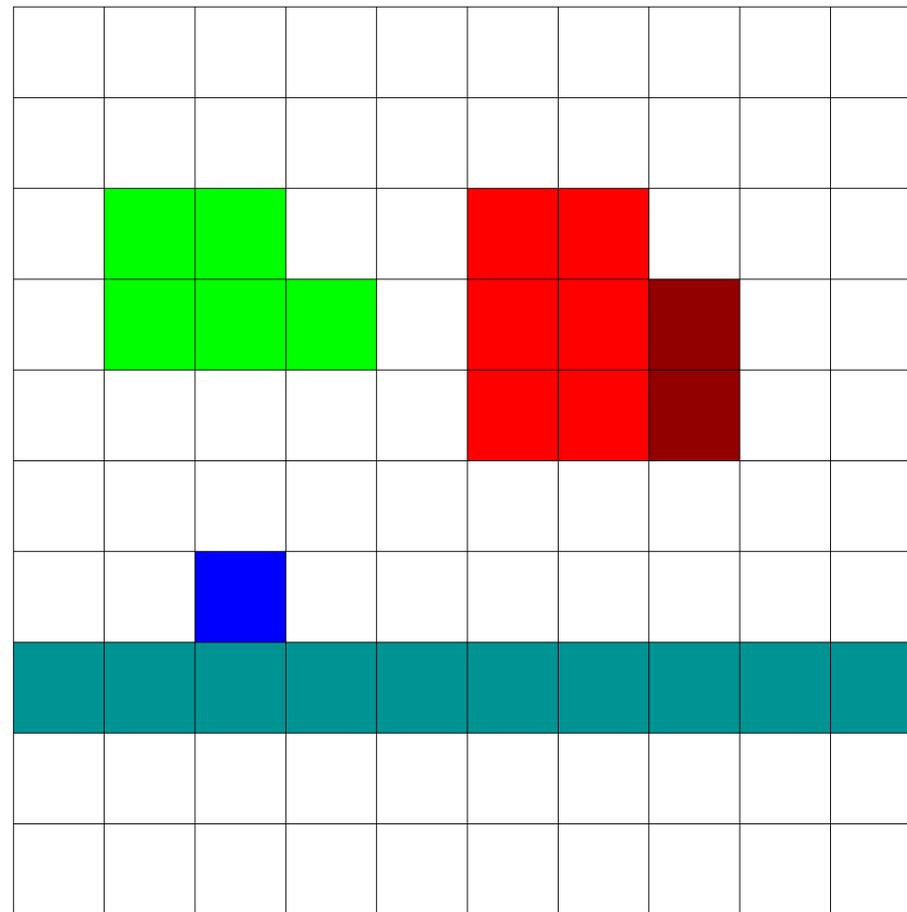
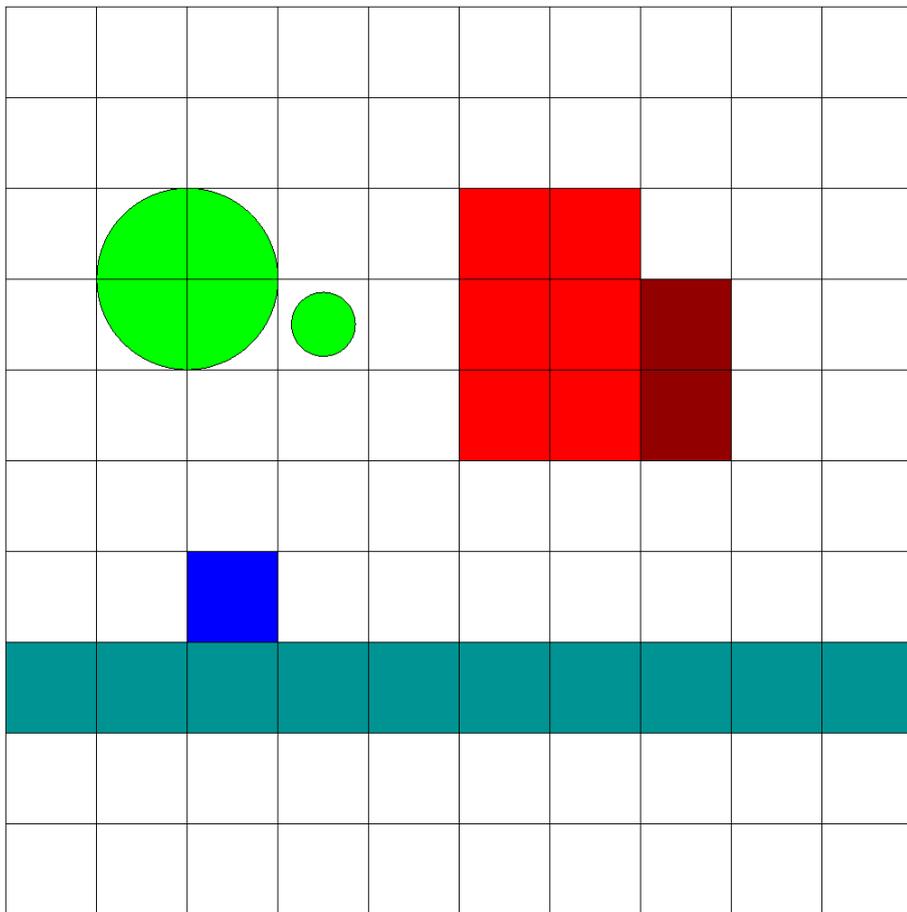
- punto;
- curva;
- superficie.

Primitive **topologiche**:

- nodo;
- spigolo;
- faccia.



Entità - rasterizzazione



Raster

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	2	2	0	0	0
0	1	1	1	0	2	2	3	0	0
0	0	0	0	0	2	2	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	2	2	0	0	0
0	1	1	1	0	2	2	3	0	0
0	0	0	0	0	2	2	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Confronto raster-vettoriale

Vettoriale

Vantaggi

- occupazione di memoria;
- topologia esplicita;
- "risoluzione" -> precisione coordinate.

Svantaggi

- alcune operazioni onerose;
- overlay complicato.

Raster

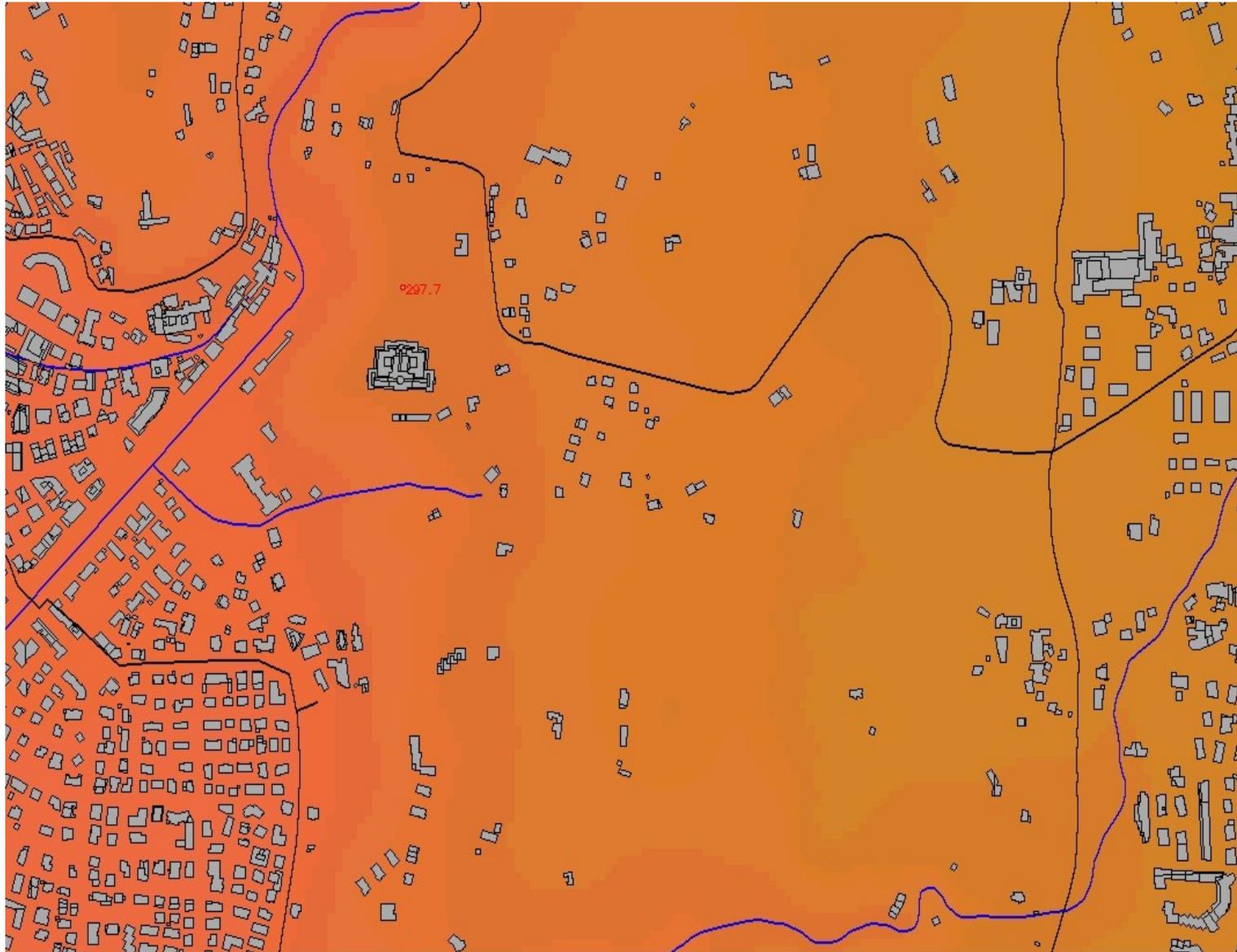
Vantaggi

operazioni semplici, intuitive e veloci;
algebra delle mappe.

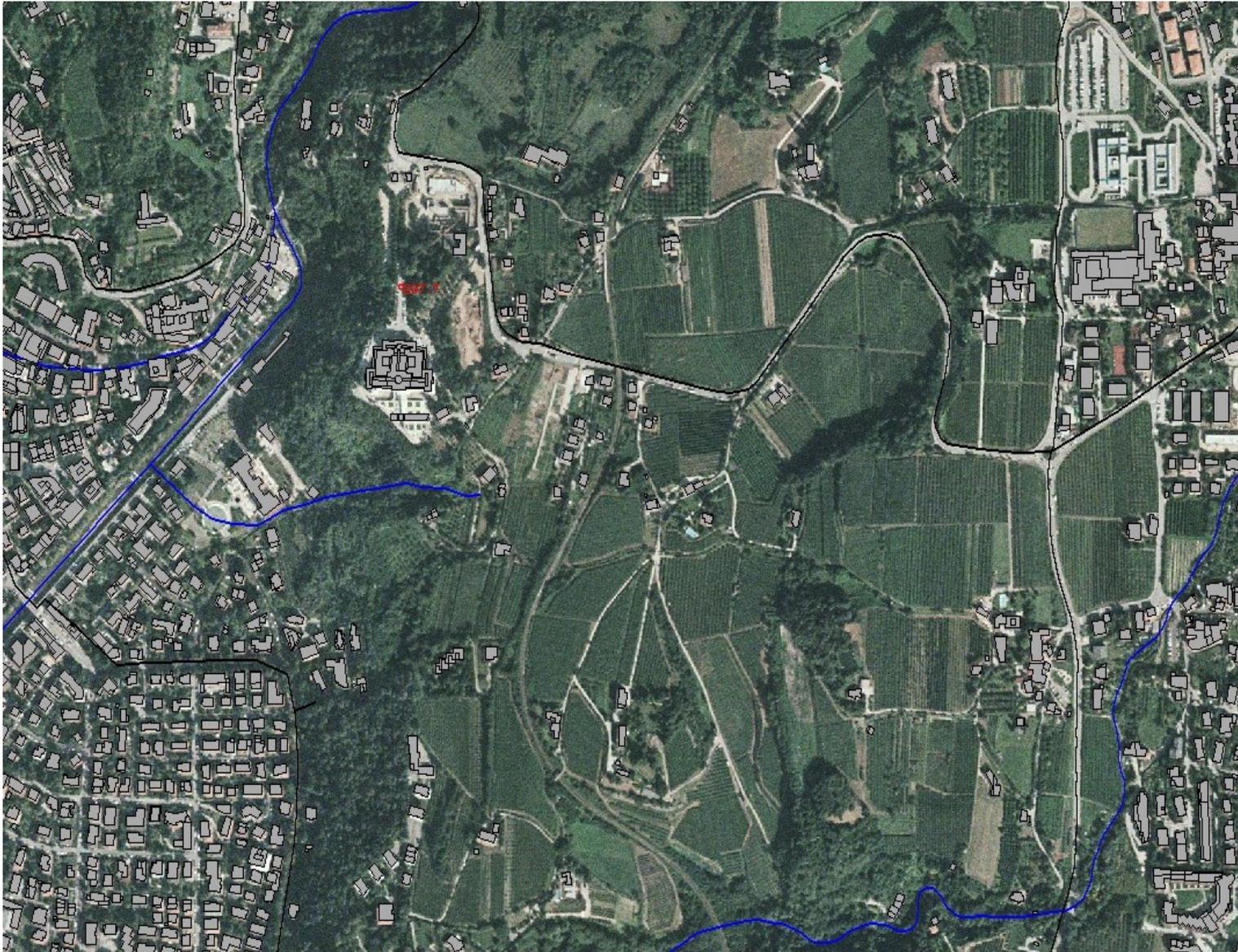
Svantaggi

occupazione di memoria;
topologia implicita.

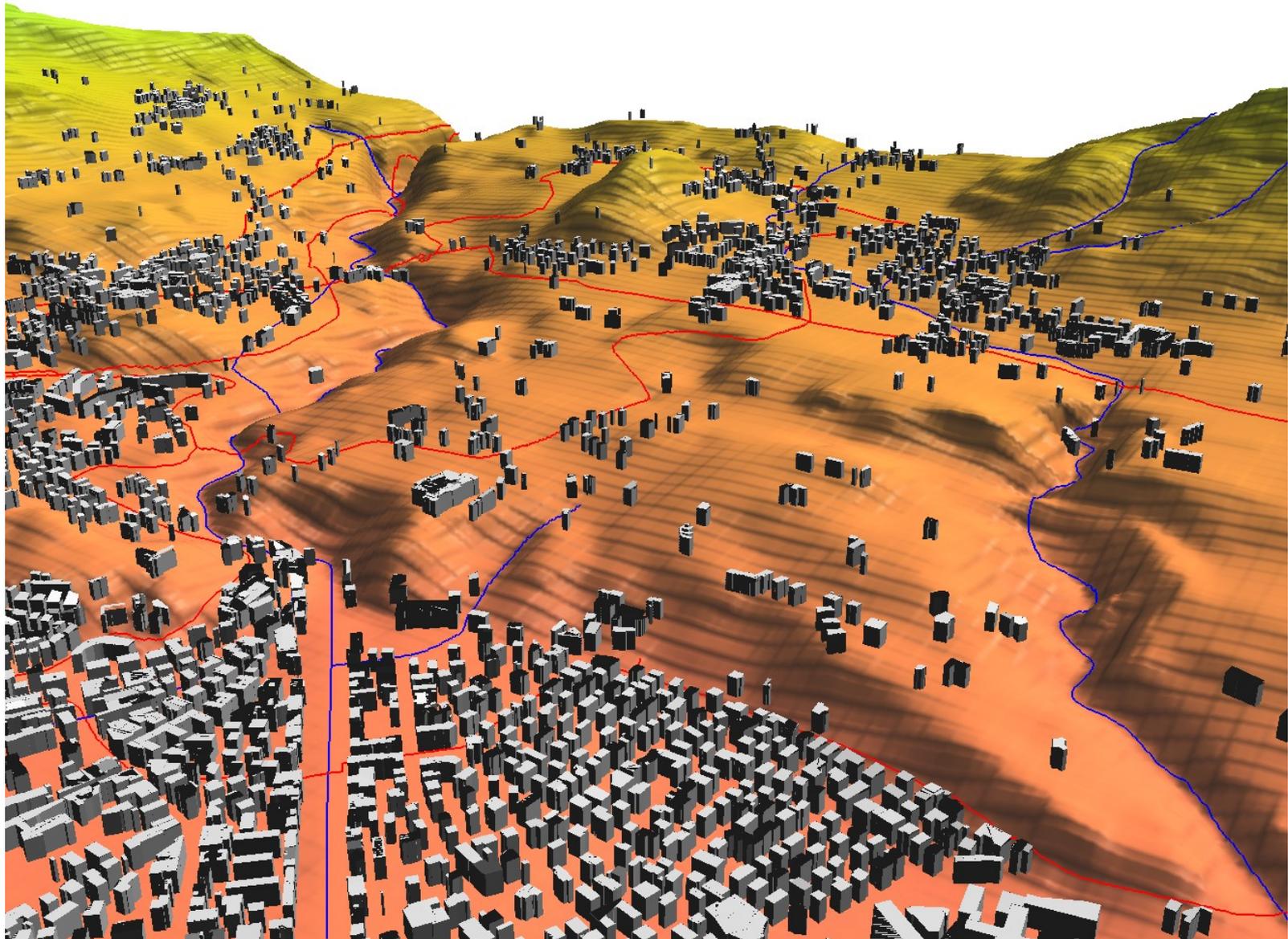
Raster + vettoriali



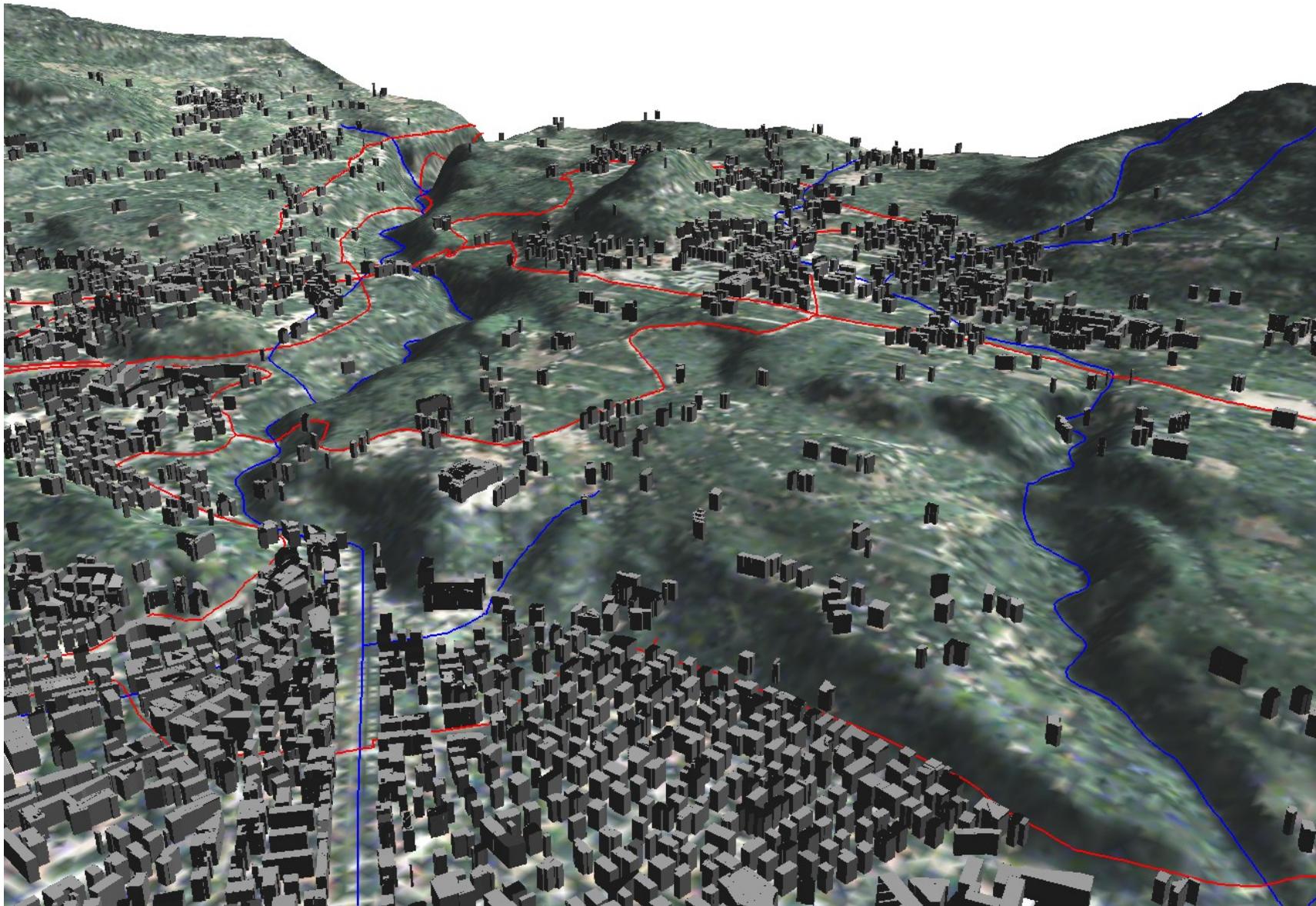
Raster + vettoriali



Raster + vettoriali 3D

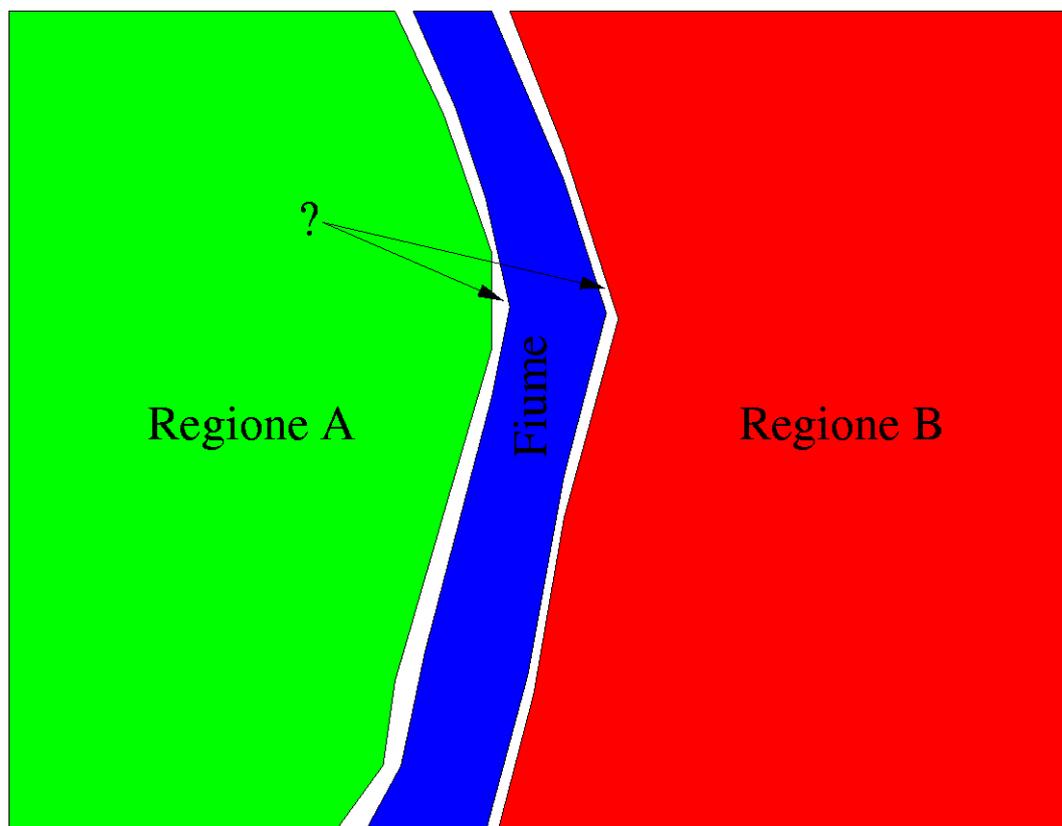


Raster + vettoriali 3D



Topologia

Relazioni topologiche sono relazioni tra oggetti indipendenti dall'orientamento della carta, invarianti per deformazioni elastiche e continue (es. cambiamento sistema di riferimento e/o coordinate).



Sono usate per esprimere vincoli di congruità fra gli oggetti.

Spesso le relazioni topologiche sono quelle interessanti: ad esempio: selezionare i comuni confinanti con uno dato.

Primitive geometriche

Entità vettoriali:

punto;
curva;
superficie.

Campi:

griglia;
pixel;
banda raster; } 2
voxel; } D
blocco raster. } 3
D



Primitive topologiche (2D)

Modello geometrico **vettoriale**:

- nodo;
- spigolo;
- anello;
- faccia.

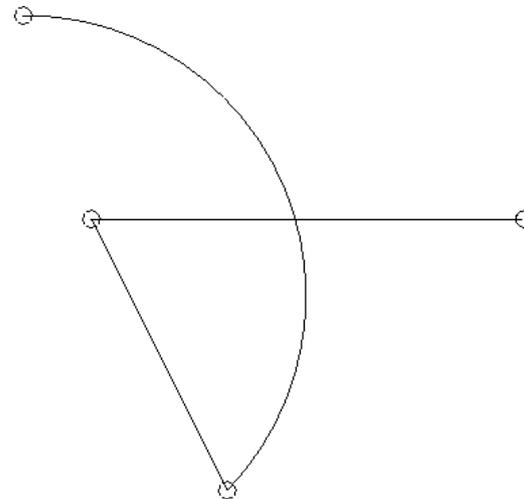
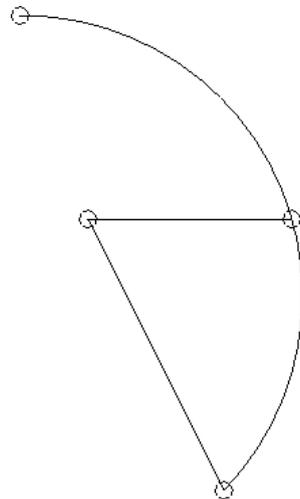
Modello geometrico **raster**: la topologia è definita in modo implicito dalle primitive.



Primitive geometriche vettoriali

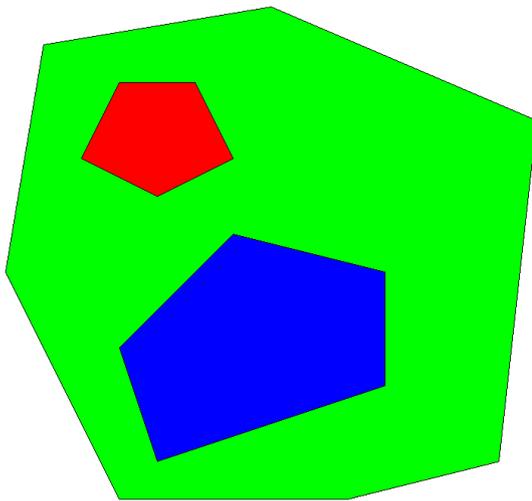
Punto: primitiva 0-dimensionale, descritta da n coordinate.

Curva: primitiva 1-dimensionale, continua, descritta da un metodo di interpolazione applicato ad un insieme di punti (coordinate). Può essere aperta o chiusa e intersecarsi in modo esplicito o implicito.

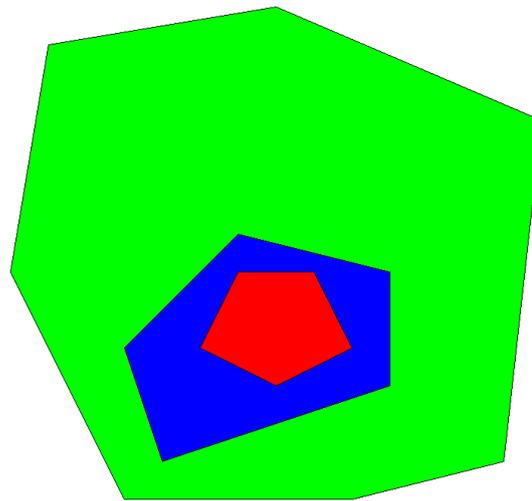


Primitive geometriche vettoriali

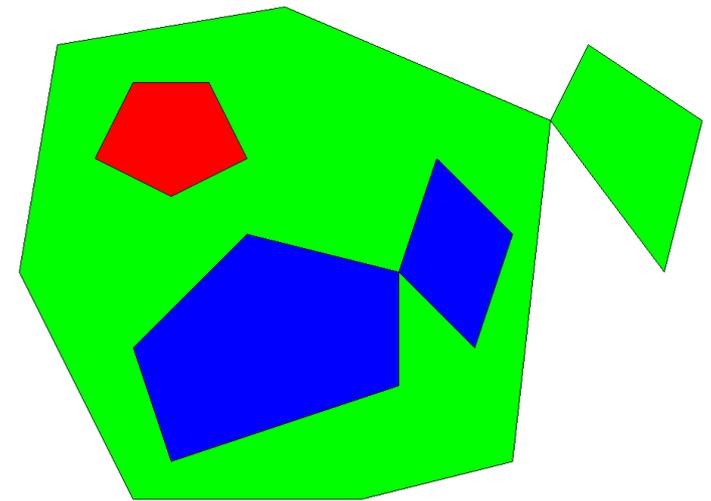
Superficie: primitiva geometrica 2-dimensionale, limitata da un **bordo** (insieme di curve chiuso e non intrecciato) esterno e zero o più bordi interni **non annidati e non intrecciati**.



Sup possibile



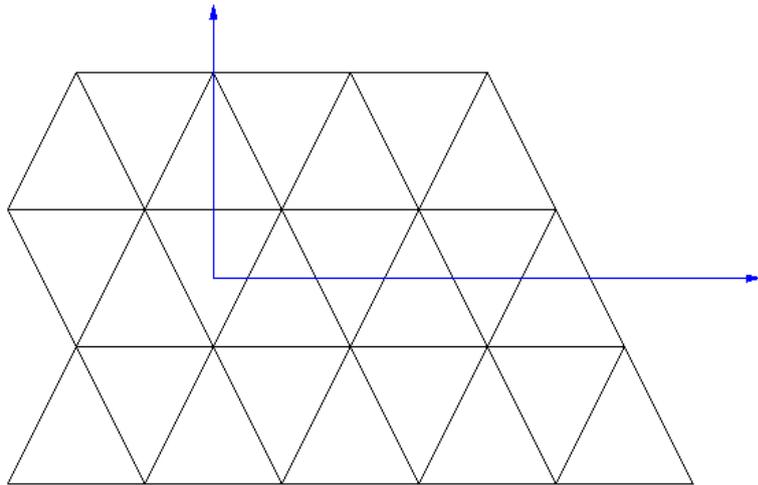
Sup **non** possibile



Sup **non** possibile

Primitive geometriche raster

Si basano su **strutture** (frame) con cui si partiziona lo spazio, con forma e disposizione regolare.

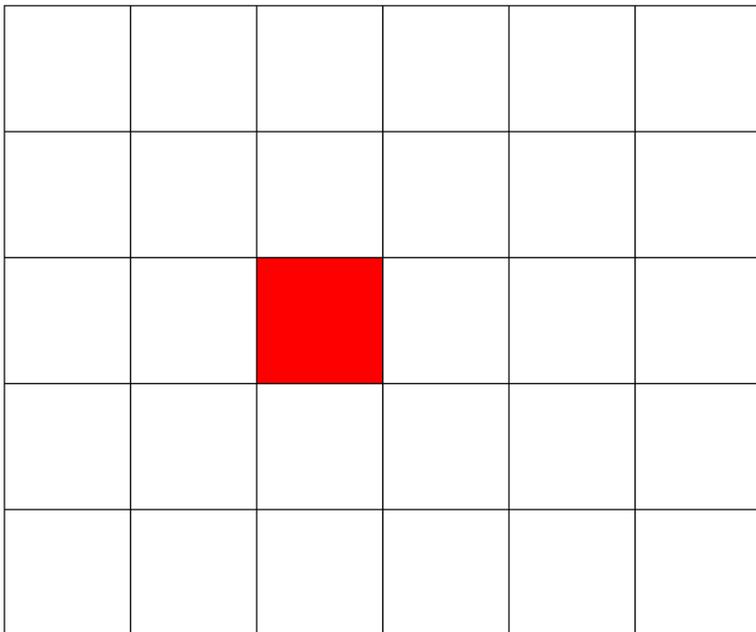
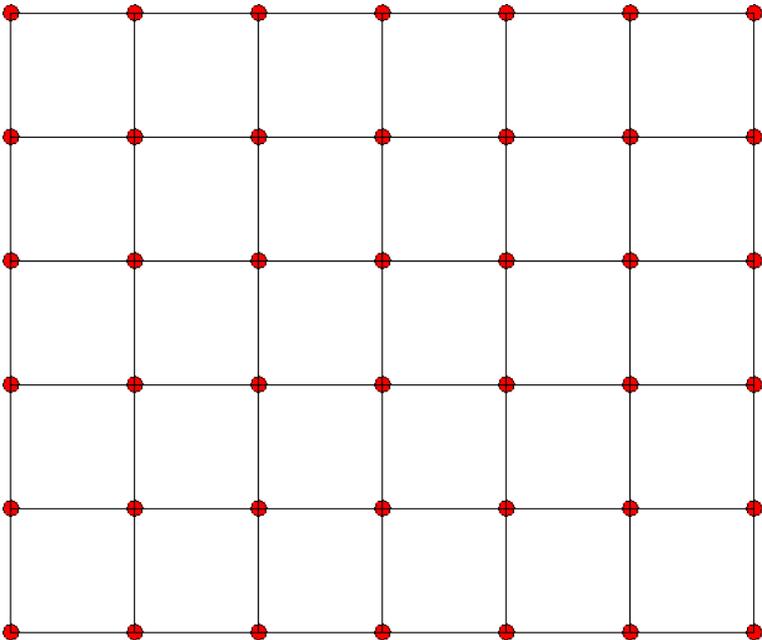


Ogni elemento è definito dal numero di riga e colonna (2D) e strato (3D).

Deve essere definita la posizione dell'origine del sistema di riferimento.



Primitive geometriche raster 2D



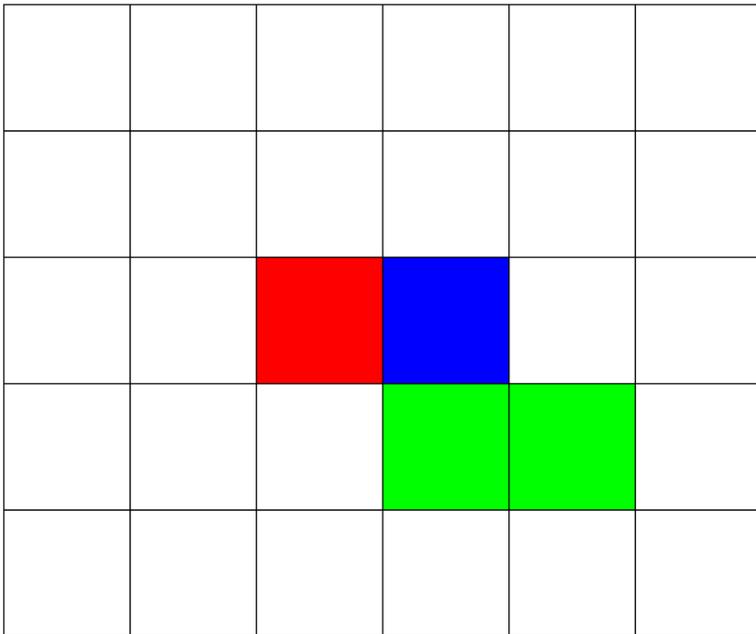
Griglia: distribuzione regolare di punti individuati dagli angoli di tassellatura, derivabili da una struttura 2D.

Sono pienamente individuati da (riga, colonna).

Pixel: primitiva geometrica bidimensionale, corrisponde all'elemento base di una struttura 2D.



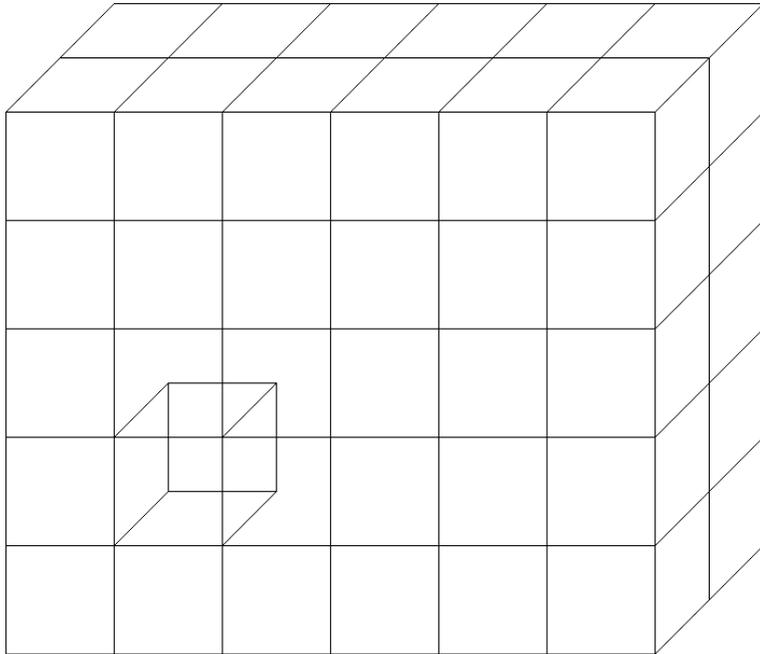
Primitive geometriche raster 2D



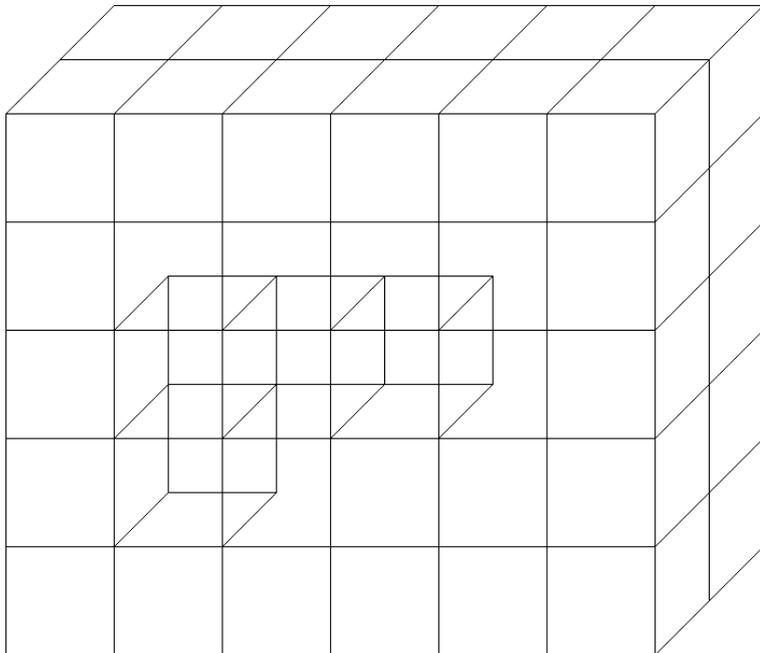
Banda raster: primitiva geometrica bidimensionale, costituita da un partizionamento di una struttura.



Primitive geometriche raster 3D



Voxel: primitiva geometrica tridimensionale, corrisponde all'elemento base di una struttura 3D.



Banda raster: primitiva geometrica tridimensionale, costituita da un partizionamento di una struttura 3D.



Primitive topologiche

Primitive topologiche 2D:

- nodo;
- spigolo;
- anello;
- faccia.

Descrivono i rapporti di connessione tra gli elementi geometrici.



Primitive topologiche

Nodo: primitiva 0-dimensionale, connesso (tramite spigoli) o isolato.

Spigolo: primitiva topologica 1-dimensionale, rappresenta una connessione orientata tra due nodi (anche coincidenti).

Faccia: primitiva topologica 2-dimensionale descritta da un anello (insieme di spigoli chiuso non intrecciato) esterno e nessuno o più anelli esterni.



Schemi spaziali

I modelli spaziali descrivono la topologia attraverso primitive topologiche e vincoli su di esse.

Sono basati sulla teoria dei grafi.

Sono standardizzati nel prestandard europeo CEN 287.



Schema spaziale G0

Tutte le primitive geometriche e topologiche, nessun vincolo.

E' usato come base per tutti gli schemi, aggiungendo vincoli o limitando le primitive utilizzabili.



Schema spaziale G1(planare completo)

Primitive geometriche solo vettoriali

Vincoli:

- due punti distinti hanno coordinate diverse;
- le facce riempiono il piano senza sovrapporsi;
- le curve di uno spigolo devono essere connesse e non intersecarsi;
- le coordinate di un nodo iniziale di uno spigolo devono corrispondere alle prime coordinate della prima curva dello spigolo;
- le coordinate di un nodo finale di uno spigolo devono corrispondere alle ultime coordinate dell'ultima curva dello spigolo;
- un nodo isolato deve appartenere ad una faccia.

E' lo schema spaziale usato da Arc/Info.



Schema spaziale G2 (planare a rete lineare)

Primitive geometriche: punto, curva.

Vincoli: gli stessi dello schema G1.

Primitive topologiche: nodi e spigoli (no facce).

E' usato per reti tecnologiche, non e' possibile modellare fenomeni non planari.



Schema spaziale G3 (non planare a rete lineare)

Primitive geometriche solo vettoriali

Vincoli:

- due punti distinti hanno coordinate diverse;
- le coordinate di un nodo iniziale di uno spigolo devono corrispondere alle prime coordinate della prima curva dello spigolo;
- le coordinate di un nodo finale di uno spigolo devono corrispondere alle ultime coordinate dell'ultima curva dello spigolo;

E' possibile descrivere fenomeni non planari perchè le intersezioni non creano necessariamente un nodo.



Schema spaziale G4 (non planare a rete lineare con superfici)

Primitive geometriche solo vettoriali

Primitive topologiche: nodi e spigoli (no facce).

Vincoli come G3 più:

- le superfici non devono riempire tutto lo spazio;
- le superfici possono sovrapporsi tra loro.



Schema spaziale G5 (spaghetti)

Primitive geometriche: punto, curva.

Nessun vincolo sulle primitive topologiche.

Usato per dati catastali dal Dipartimento del Territorio (formato NTF del catasto geometrico).



Schema spaziale G6 (rete irregolare di figure triangolari)

Primitive geometriche: punto.

Vincoli:

- due punti distinti hanno coordinate diverse;
- nessuna sovrapposizione di facce;
- solo facce triangolari descritte da tre spigoli.



Schema spaziale G7 (immagine raster)

Primitive geometriche solo raster

Nessun vincolo sulle primitive topologiche.



Schema spaziale G8

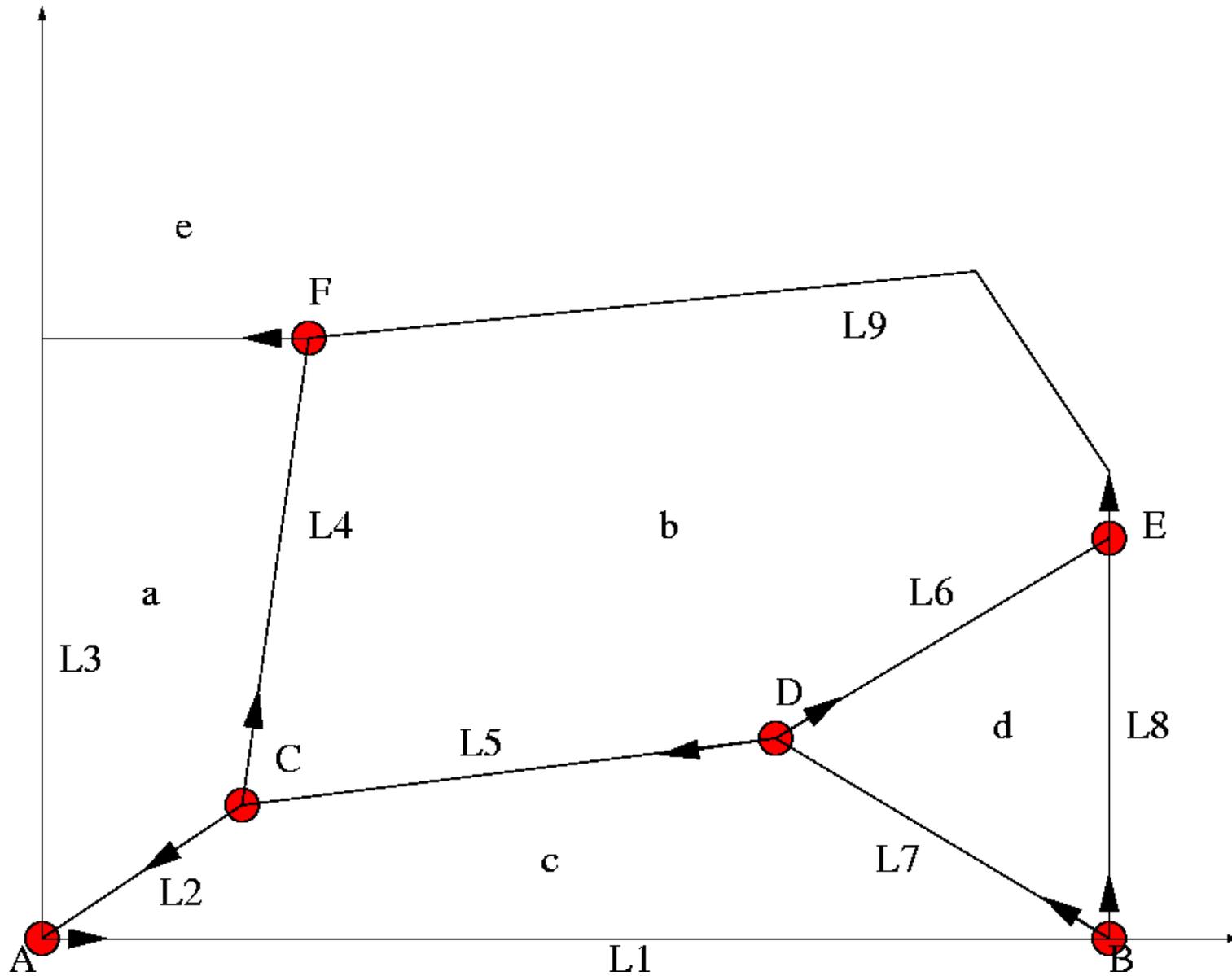
Primitive geometriche: struttura, griglia.

Vincoli:

- la forma dell'elemento base della struttura deve essere rettangolare.



Modello vettoriale topologico



Geometria

Geometria dei nodi

Nodo	X	Y
A	0.0	0.0
B	10.0	0.0
C	2.0	1.5
D	7.0	2.0
E	10.0	4.5
F	2.5	7.0

Geometria degli spigoli

Spigolo		coordinate	
L1	0.0, 0.0	10.0, 0.0	
L2	2.0, 1.5	0.0, 0.0	
L3	2.5, 7.0	0.0, 7.0	0.0, 0.0
L4	2.0, 1.5	2.5, 7.0	
L5	7.0, 2.0	2.0, 1.5	
L6	7.0, 2.0	10.0, 4.5	
L7	10.0, 0.0	7.0, 2.0	
L8	10.0, 0.0	10.0, 4.5	
L9	10.0, 4.5	9.0, 7.5	2.5, 7.0



Topologia

Per le faccie: rotazioni positive in senso antiorario, si considera negativo uno spigolo in senso contrario.

Per i nodi: positivo uno spigolo uscente.

Topologia delle facce

Faccia	Spigoli
a	-L2, L4, L3
b	-L5, L6, L9, -L4
c	L1, L7, L5, L2
d	-L7, L8, -L6
e	L1, L8, L9, L3

Topologia dei nodi

Nodo	Spigoli
A	L1, -L2, -L3
B	-L1, L7, L8
C	L2, L4, -L5
D	L5, L6, -L7
E	-L6, -L8, L9
F	L3, -L4, -L9



Topologia

Topologia degli spigoli

Spigolo	Nodo iniziale	Nodo finale	Faccia destra	Faccia Sinistra
L1	A	B	e	c
L2	C	A	a	c
L3	F	A	e	a
L4	C	F	b	a
L5	D	C	b	c
L6	D	E	d	b
L7	B	D	d	c
L8	B	E	e	d
L9	E	F	e	b



Entità - relazioni

La modellazione di dati territoriali viene solitamente fatta usando l'approccio entità-relazione.

Entità: insiemi di oggetti della stessa classe, con proprietà comuni ed esistenza autonoma rispetto ad altri oggetti. Sono caratterizzati da attributi ed una chiave.

Relazioni: legame tra due o più entità (sottinsieme di prodotti cartesiani di due o più entità). Può avere attributi ed essere ricorsiva. La cardinalità della relazione indica il numero massimo e minimo di relazioni possibili tra due entità.



Entità - relazioni



Approccio a oggetti

Ogni oggetto del mondo reale è rappresentato da un oggetto, caratterizzato da **stato** (attributi) e **comportamento** (metodi).

Ogni oggetto è individuato univocamente.

Geometria: vettoriale(primitive+coordinate) o raster (pixel con stesso codice).

Attributi: tabelle di attributi (vettoriale) o valori dei pixel (raster) su uno o più raster.

Relazioni fra oggetti: appartenenza, inclusione, localizzazione, confine.



Questa presentazione è © 2009 Paolo Zatelli, disponibile come



Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo 2.5 Italia

Tu sei libero:



di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera



di modificare quest'opera

Alle seguenti condizioni:



Attribuzione. Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.



Non commerciale. Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.



Condividi allo stesso modo. Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica o equivalente a questa.

- Ogni volta che usi o distribuisi quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso, puoi concordare col titolare dei diritti utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.
- Questa licenza lascia impregiudicati i diritti morali.

