



# **Modelli spaziali e primitive geometriche**

*Approccio alla descrizione del territorio orientata ai Sistemi Informativi*

Corso di Applicazioni Informatiche per il Planning e l'Urban Design – UD04

*prof. Giovanni Borga*



# Modellazione spaziale

## Complessità del territorio fisico

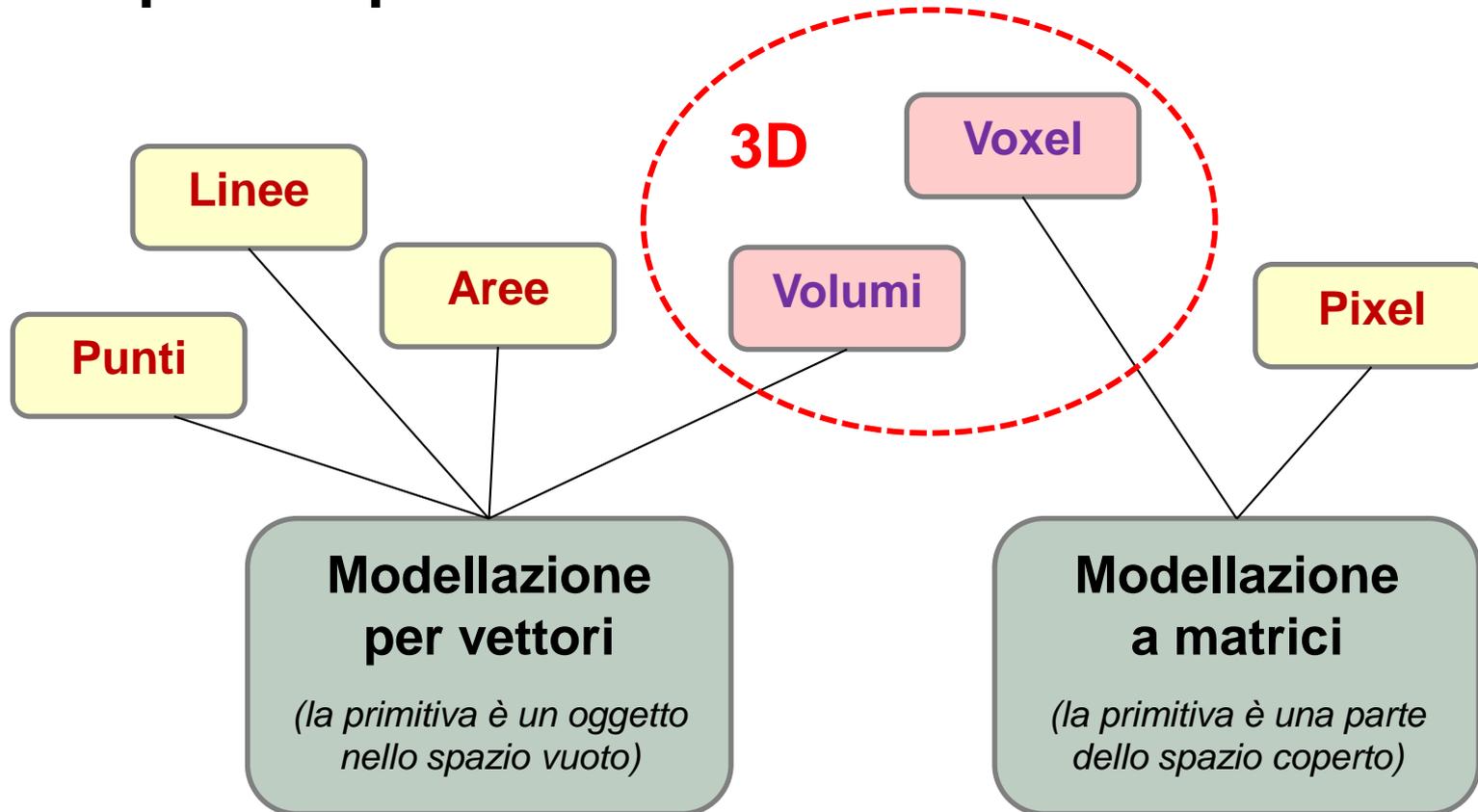
Le primitive strumenti che ci permettono di dare una descrizione matematica della realtà che ci interessa.

Una descrizione matematica è sempre **approssimata**.

Più il modello è appropriato e più ridotta è l'approssimazione e quindi più attendibili le analisi.

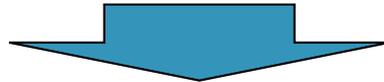


## Modelli spaziali e primitive



# Le primitive vettoriali (o primitive euclidee)

Spazio definito dalle cose che lo riempiono  
(visione di Leibniz)

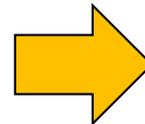


*Modellazione a matrice*

Spazio vuoto, dove le cose possono essere presenti o non presenti  
(visione di Newton).



*Modellazione per vettori*



***Primitive vettoriali***

## Modelli vector e raster

Il modello per vettori si dice anche **modello vector** ed è particolarmente adatto quando:

- Occorre definire elementi che sono per lo più isolati sul territorio
- Occorre definire molti attributi degli elementi descritti

Il modello a matrice si dice anche **modello raster** ed è particolarmente adatto quando:

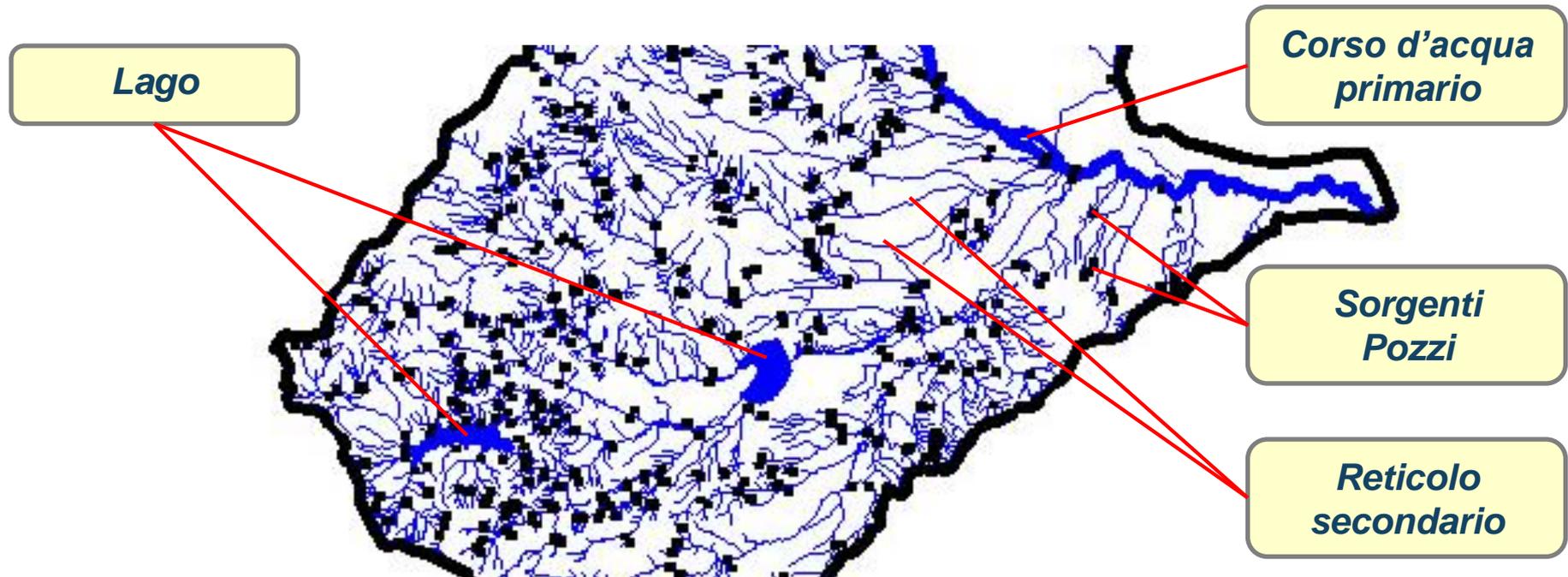
- Occorre descrivere caratteristiche che variano con continuità sul territorio
- Abbiamo pochi attributi ma occorre esprimerli per tutta l'area trattata
- Occorre esprimere variazioni spazialmente molto dettagliate per aree vaste



# Le primitive vettoriali

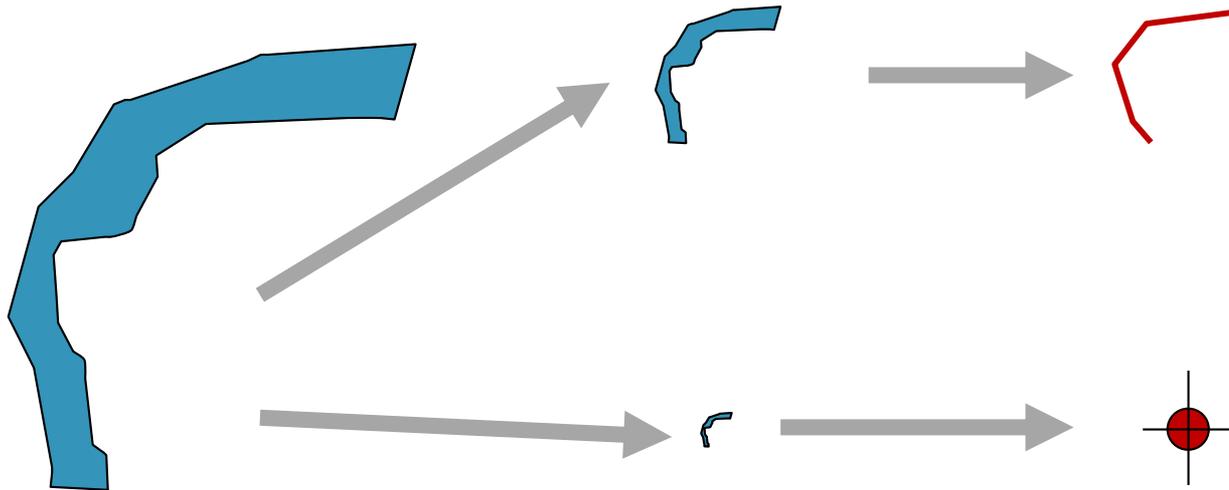
## Primitive vettoriali e complessità del territorio

Non sempre è possibile o opportuno descrivere geometricamente in modo semplice un'entità territoriale, ovvero utilizzare una sola primitiva.



## Scelta delle primitive vettoriali

In molti casi linee e punti derivano dalla semplificazione di elementi areali:



- Questioni di precisione (scala)
- Questioni di convenienza (efficienza di gestione)

# Scelta delle primitive vettoriali

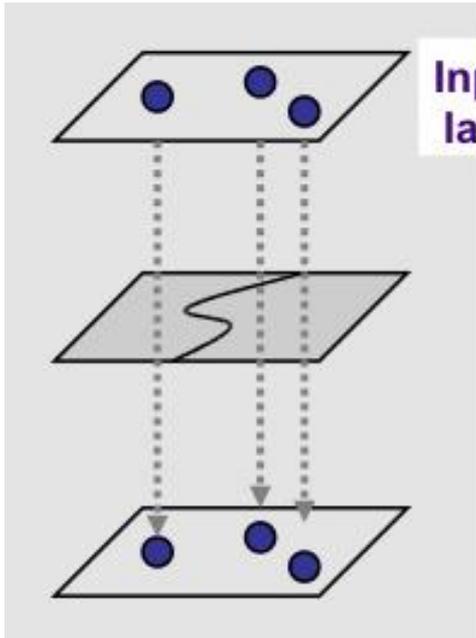
Il caso della numerazione civica



# Scelta delle primitive vettoriali

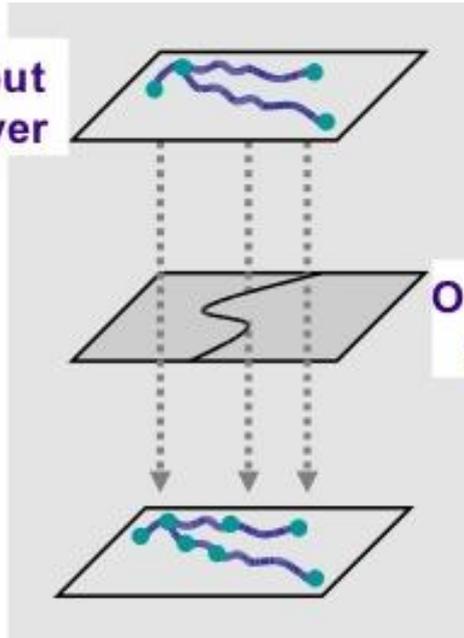
Approccio orientato al geoprocessing

*Point-in-Polygon*



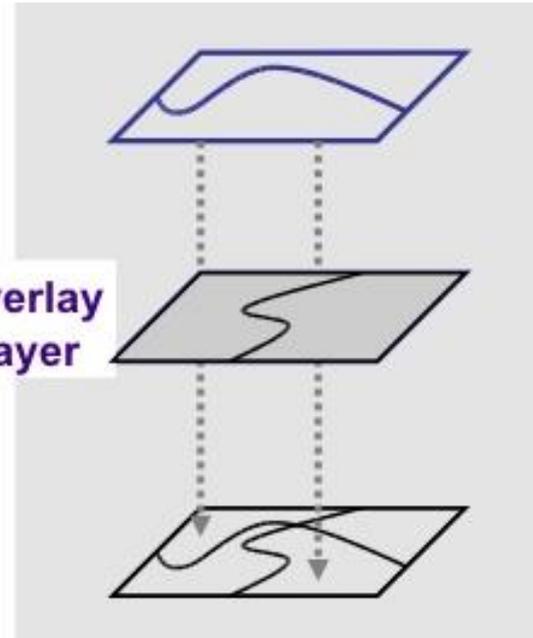
Input  
layer

*Line-in-Polygon*



Overlay  
layer

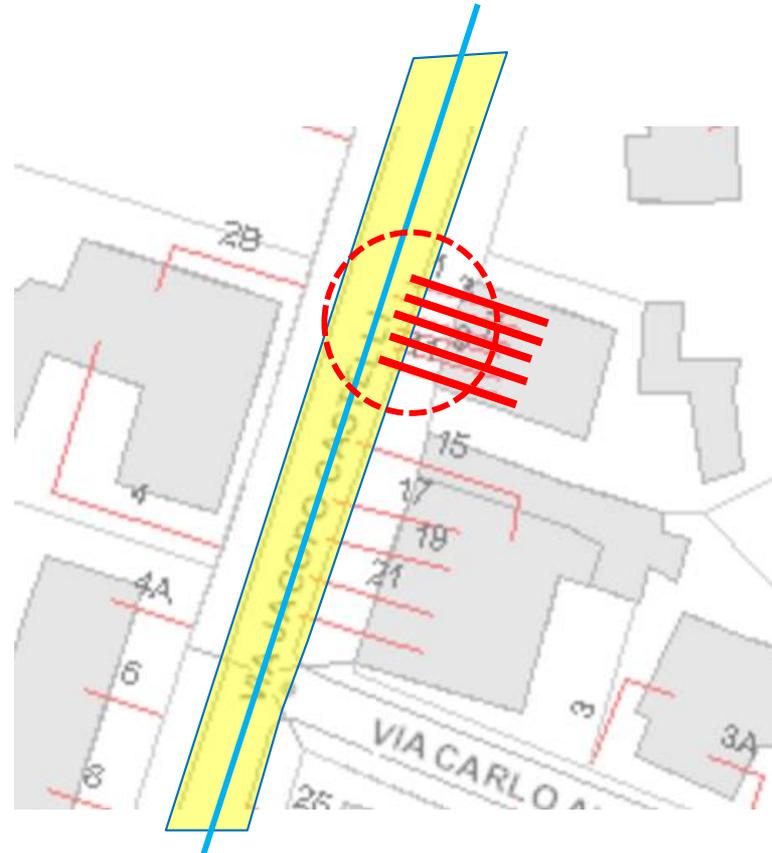
*Polygon-on-Polygon*



## Scelta delle primitive vettoriali

### Il caso della numerazione civica – 2

*Nel caso di Venezia, con riferimento ad un approccio orientato al geoprocessing si nota che la numerazione civica modellata con primitive lineari permette l'overlay con edifici e superfici delle strade ma non con un eventuale grafo stradale.*

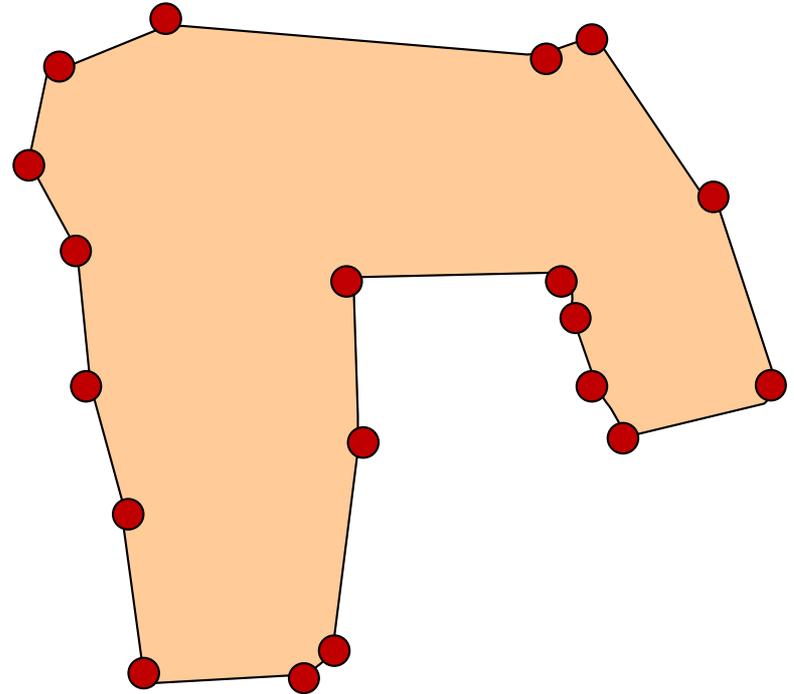


## La primitiva areale

La primitiva areale è «la più complessa» in quanto possiede sia le proprietà dei punti, sia delle linee oltre ad una proprietà aggiuntiva ovvero la superficie compresa all'interno del perimetro.

Un'area è infatti costituita da una **sequenza di punti in cui il primo e l'ultimo coincidono**.

**La dimensione più significativa è la superficie.**



## La primitiva areale

### Problema di discretizzazione:

Essendo descritta da una spezzata che in genere approssima una curva, avviene una riduzione del perimetro e una variazione (non definibile se in più o in meno) della superficie.

### Problema dell'omogeneità degli attributi:

Se un attributo varia all'interno dell'entità, è necessario dividere l'entità originaria in due o più oggetti in modo da avere omogeneità di attributi.

### Utilizzi tipici:

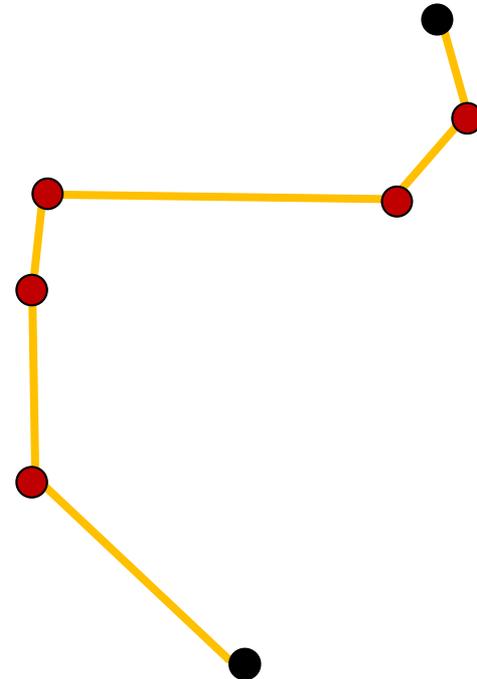
- Zonizzazioni / aree omogenee come parchi, vincoli, aree boscate / coperture (es. uso del suolo)*
- Edifici*
- Strade (nel caso occorra gestire la superficie)*

## La primitiva lineare

La primitiva lineare è «relativamente complessa» in quanto associa alle proprietà dei punti, la proprietà aggiuntiva della lunghezza totale misurabile lungo lo sviluppo di tutti i segmenti che la compongono.

Una linea è costituita da una **sequenza ordinata di punti**. In genere il primo e l'ultimo vengono chiamati estremi, quelli intermedi nodi.

**La dimensione più significativa è la lunghezza.**



## La primitiva lineare

La primitiva lineare modella oggetti del mondo reale che possiamo rappresentare come linee.

Come nel caso dei punti, la rappresentazione di un oggetto tramite una linea **dipende dalla scala e/o dall'uso che si fa dei dati**.

Un oggetto del mondo reale è cioè rappresentabile con una linea se:

- è *semanticamente una linea*
- è *assimilabile ad una linea alla scala a cui si opera*
- è *assimilabile ad una linea per l'applicazione su cui stiamo operando*

Come per l'area, anche per la linea sussistono i problemi di **discretizzazione e omogeneità degli attributi**.

## La primitiva lineare

Se cerchiamo elementi del mondo reale che abbiano per natura la forma di linee, scopriremo che questi sono relativamente pochi, oppure che quelli che a prima vista possono apparire delle linee, di fatto non lo sono.

**Quindi l'utilizzo di questa primitiva è fortemente condizionato dalla logica della modellazione.**

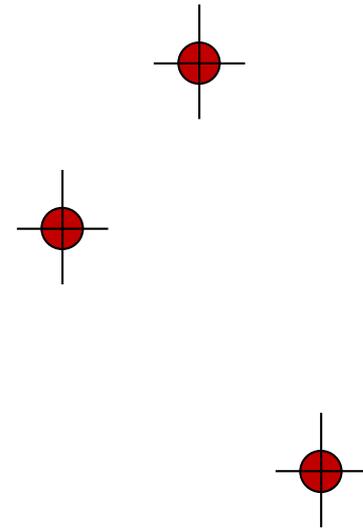
### Utilizzi tipici:

- Reti (strade, elettrodotti, fiumi, ferrovie ecc) - grafi*
- Linea di costa*
- Piede di una scarpata*

## La primitiva puntuale

La primitiva puntuale è la primitiva più semplice essendo **adimensionale**; la sua geometria è definita da una coppia di coordinate.

**La dimensione più significativa è la posizione.**



## La primitiva puntuale

La primitiva lineare modella oggetti del mondo reale che possiamo rappresentare come punti, quindi di cui interessa unicamente la posizione ma non quanto spazio occupano.

Come nel caso dei linee, la rappresentazione di un oggetto tramite un punto **dipende dalla scala e/o dall'uso che si fa dei dati.**

Un oggetto del mondo reale è cioè rappresentabile con un punto se:

- è *semanticamente un punto*
- è *assimilabile ad un punto alla scala a cui si opera*
- è *assimilabile ad un punto per l'applicazione su cui stiamo operando*

Per i punti **non sussiste alcun problema** di discretizzazione o omogeneità degli attributi.

# La primitiva puntuale

## Utilizzi tipici:

- Alberi*
- Pali illuminazione*
- Pozzetti, caditoie*
- Segnaletica verticale*
- Numeri civici*
- Vette*
- Punti di inserimento di toponimi*
- Punti di riferimento fotogrammetrici (punti quotati, caposaldi, punti fiduciali ecc.)*

## Utilizzi nelle topologie di rete:

- Nodi*
- Posizione informazioni mediante segmentazione dinamica (coordinate lineari)*

## Varianti multi-parte

Per le tre primitive geometriche esiste una variante «multi-parte», ovvero una forma che prevede la possibilità di definire oggetti costituiti da più elementi geometrici, ovvero:

- Multi-punto***
- Multi-linea***
- Multi-area***

In generale un layer, sia che sia di tipo punto, sia di tipo linea o area, **può accogliere tanto elementi semplici quanto elementi composti.**

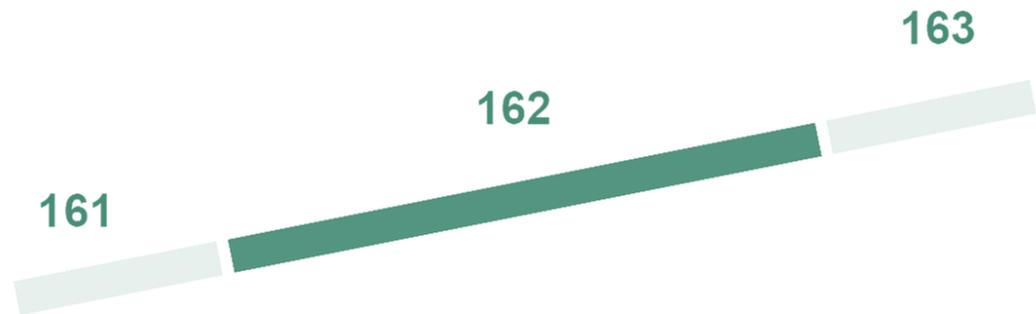
In alcuni ambienti, in particolare **nei geodatabase** esiste una distinzione tra layer semplici e layer multi-parte. Nei layer semplici non possono essere memorizzate features multi-parte.

## Il problema dell'omogeneità degli attributi

L'identificatore 162 indica un tratto di strada non asfaltata tra due tratti di strada asfaltata.

Cosa accade degli attributi se una parte del tratto 162 viene asfaltata?

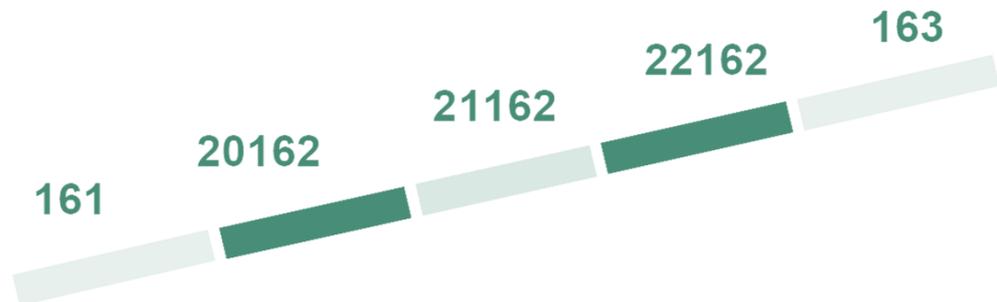
Num. Tratto	Attributi			
	tipo	nome	numero	pavimentazione
161	.....	.....	.....	.....
162	Provinciale	"le Palanche"	S.P. n. 15	bianca
163	.....	.....	.....	.....



## Il problema dell'omogeneità degli attributi

Se una parte del tratto 162 viene asfaltata, la primitiva 162 deve spezzarsi in tre elementi distinti, per mantenere l'omogeneità degli attributi.

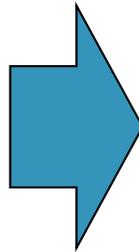
Num. Tratto	Attributi			
	tipo	nome	numero	pavimentazione
161	.....	.....	.....	.....
20162	Provinciale	"le Palanche"	S.P. n. 15	asfaltata
21162	Provinciale	"le Palanche"	S.P. n. 15	bianca
22162	Provinciale	"le Palanche"	S.P. n. 15	asfaltata
163	.....	.....	.....	.....



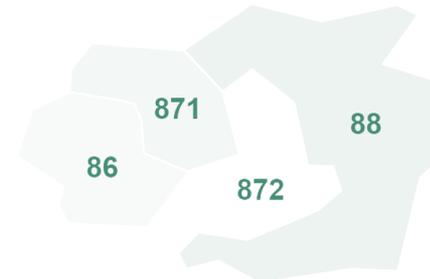
# Il problema dell'omogeneità degli attributi

Lo stesso problema può porsi con elementi areali.

Num. Area	Parte geogr.	Attributi		
		N. abitanti	Dens. Popol.	Morfologia
86	.....	.....	.....	.....
87	Descr. Geog.A	3510	78	pianeggiante
88	.....	.....	.....	.....



Num. Area	Parte geogr.	Attributi		
		N. abitanti	Dens. Popol.	Morfologia
86	.....	.....	.....	.....
871	Descr. Geog.A	3510	78	pianeggiante
872	Descr. Geog.B	3510	78	pianeggiante
88	.....	.....	.....	.....



*Si noti l'aspetto della creazione di nuovi indicatori univoci che talvolta può presentare delle criticità.*



# Modello raster

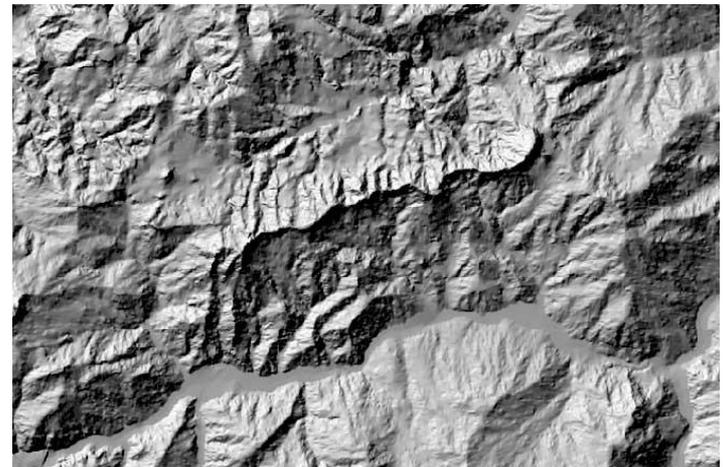
## Modello raster

Il modello raster è un modello con cui l'informazione copre interamente il territorio in esame per mezzo di matrici di **primitive semplici dette Pixel**.

Si parla anche di «tassellazione dello spazio» in quanto non si tratta solo di immagini come fotografie o scansioni di mappe, ma anche di matrici di valori come ad esempio i Modelli Digitali del Terreno (DEM).



*Ortofoto*

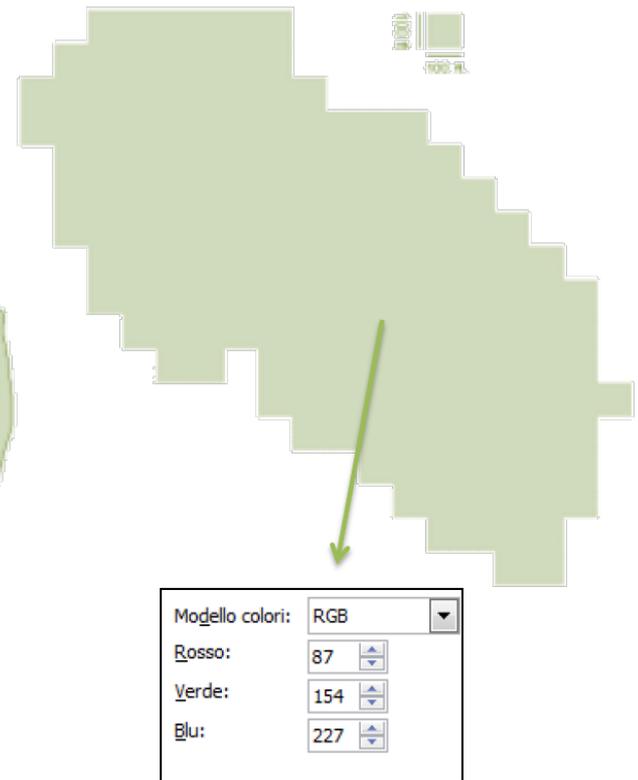
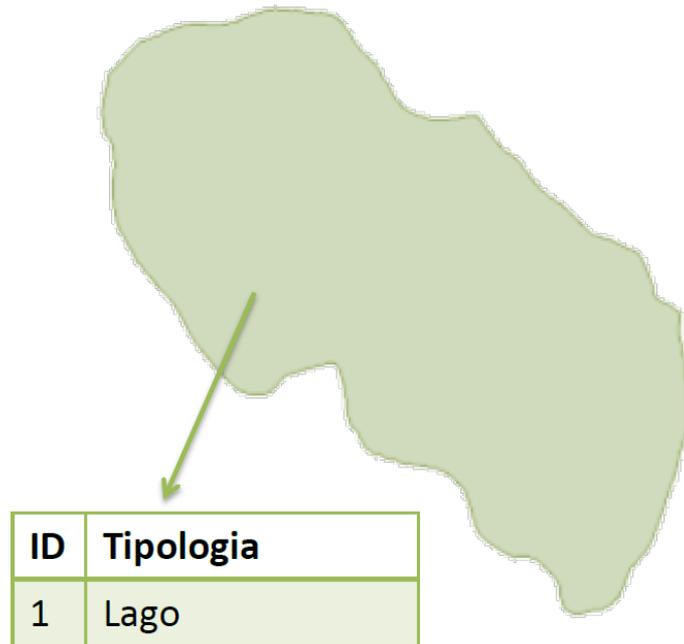


*DEM ombreggiato*

# Struttura dell'informazione nel modello raster

**Un pixel non rappresenta un oggetto.**

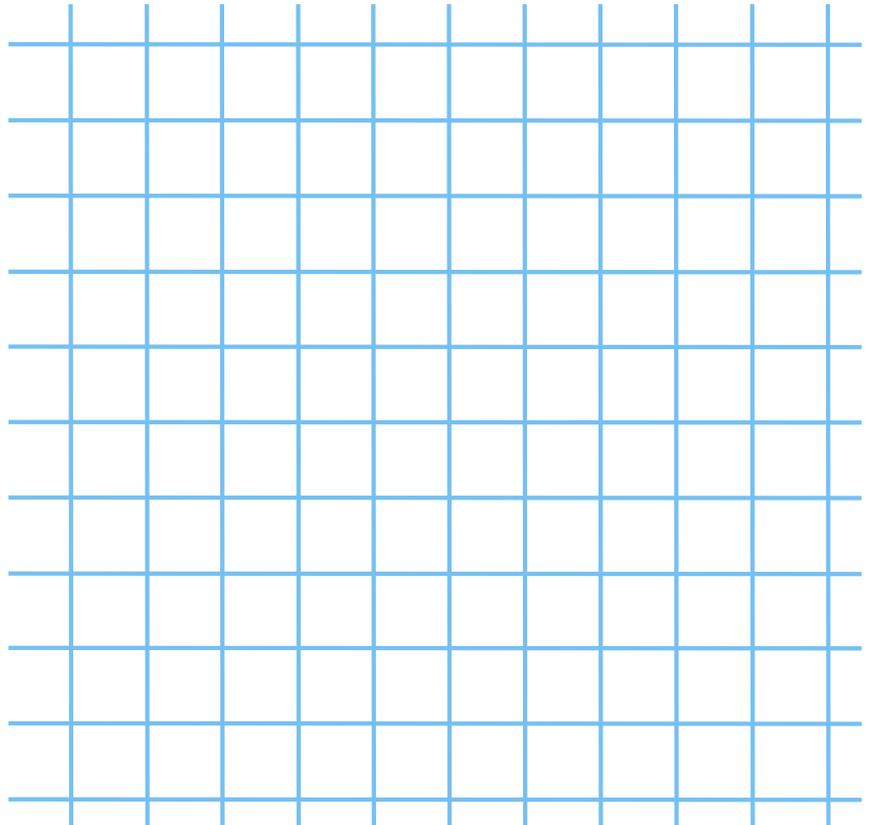
Il valore del pixel rappresenta una **misura**; non è l'attributo di un'entità territoriale



# Modello raster

## La tassellazione dello spazio

E' la divisione dello spazio in aree regolari o irregolari **senza buchi** e **senza sovrapposizioni**



# Modello raster

## Il Pixel

È la minima unità di informazione di un modello a matrice o, come tecnicamente si dice, di un dato raster.

**Nel Pixel si può memorizzare unicamente un valore numerico** (che può avere grandezza massima variabile).

	7	66	70	67	26	24	30	30	32	28
	7	8	77	77	27	26	25	28	27	27
	7	9	75	80	89	24	24	28	28	23
	7	10	11	83	90	24	27	27	29	26
	8	9	90	82	22	24	30	32	26	28
	8	9	86	87	24	26	31	32	29	30
	8	8	80	83	75	26	27	29	30	31
	8	8	10	77	67	25	27	28	31	29
	9	10	11	11	22	24	25	27	29	28
	7	7	11	10	10	27	25	25	24	21

# Modello raster

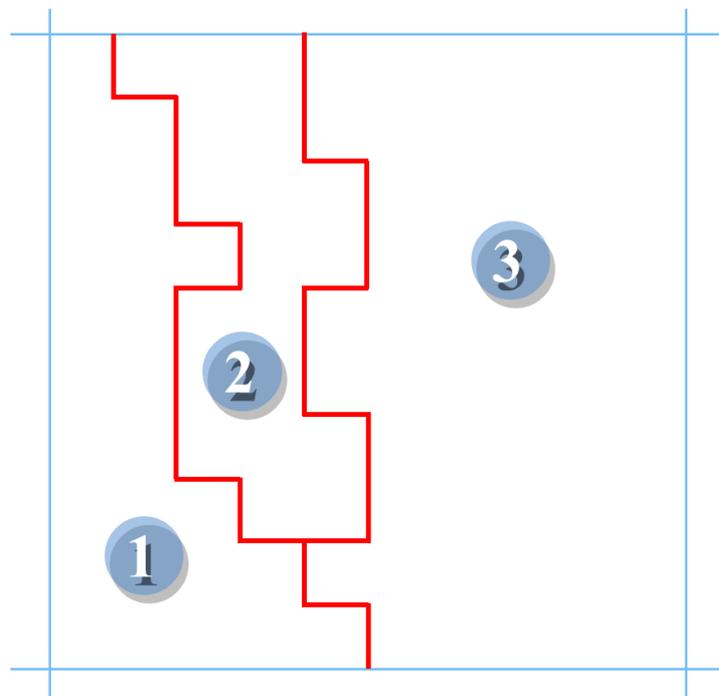
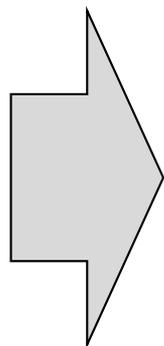
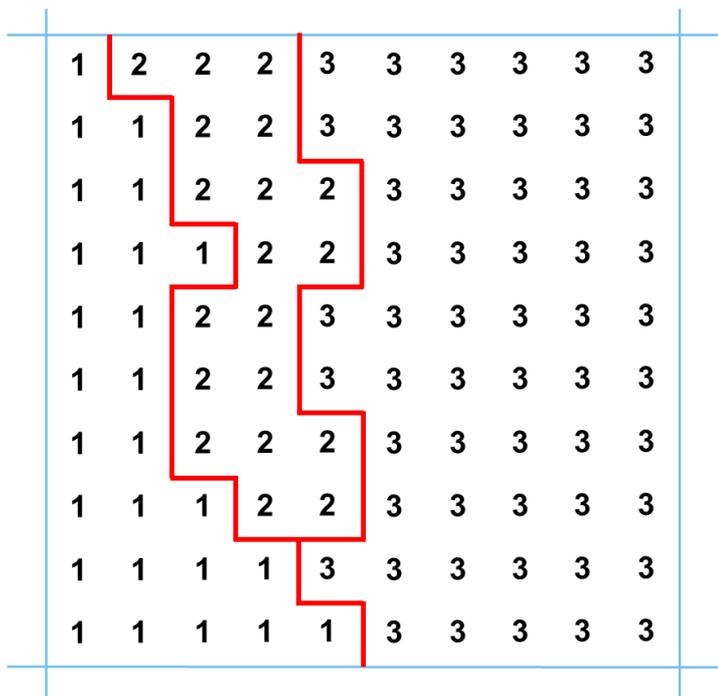
Per leggere l'informazione da un dato raster occorre un **processo di interpretazione**.

Nelle fotografie normalmente il processo di interpretazione è svolto dal cervello umano. Il computer può svolgere più o meno autonomamente alcuni processi di interpretazione

	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3
	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3

# Modello raster

Il computer può svolgere più o meno autonomamente alcuni processi di interpretazione riconoscendo **gruppi omogenei di pixel** (oppure dei **pattern**).



## Estrazione di dati vettoriali da dati raster

E' possibile ottenere dei dati vettoriali da un dato raster mediante un processo che può essere totalmente o parzialmente automatizzato.



## Georeferenziazione dei dati raster

Nella maggioranza dei casi la disposizione di righe e colonne di una matrice raster è **allineata al sistema di proiezione** utilizzato nella creazione di immagini georeferenziate.

La georeferenziazione di un raster consiste nella definizione delle coordinate del vertice in alto a sx e dei due lati del pixel; il tutto ovviamente con riferimento ad uno specifico SRS.

Uno dei formati più diffusi è il GeoTIFF che è un TIFF con un metadato aggiunto relativo alla georeferenziazione. Il metadato può essere sia interno al file TIFF stesso, sia come file di testo esterno con estensione TFW.

*Esempio di TFW:*

<b>10000</b>	risoluzione x del pixel
<b>0</b>	componente di rotazione (in genere zero)
<b>0</b>	componente di rotazione (in genere zero)
<b>-10000</b>	risoluzione y del pixel
<b>-3683154.58</b>	longitudine
<b>4212096.53</b>	latitudine

\* Si noti che il TFW non contiene i riferimenti al SRS

## Tipi di immagini

Il modello raster si applica a dati di tipo molto diverso, dalle immagini fotografiche ai dati da satellite o modelli digitali del terreno.

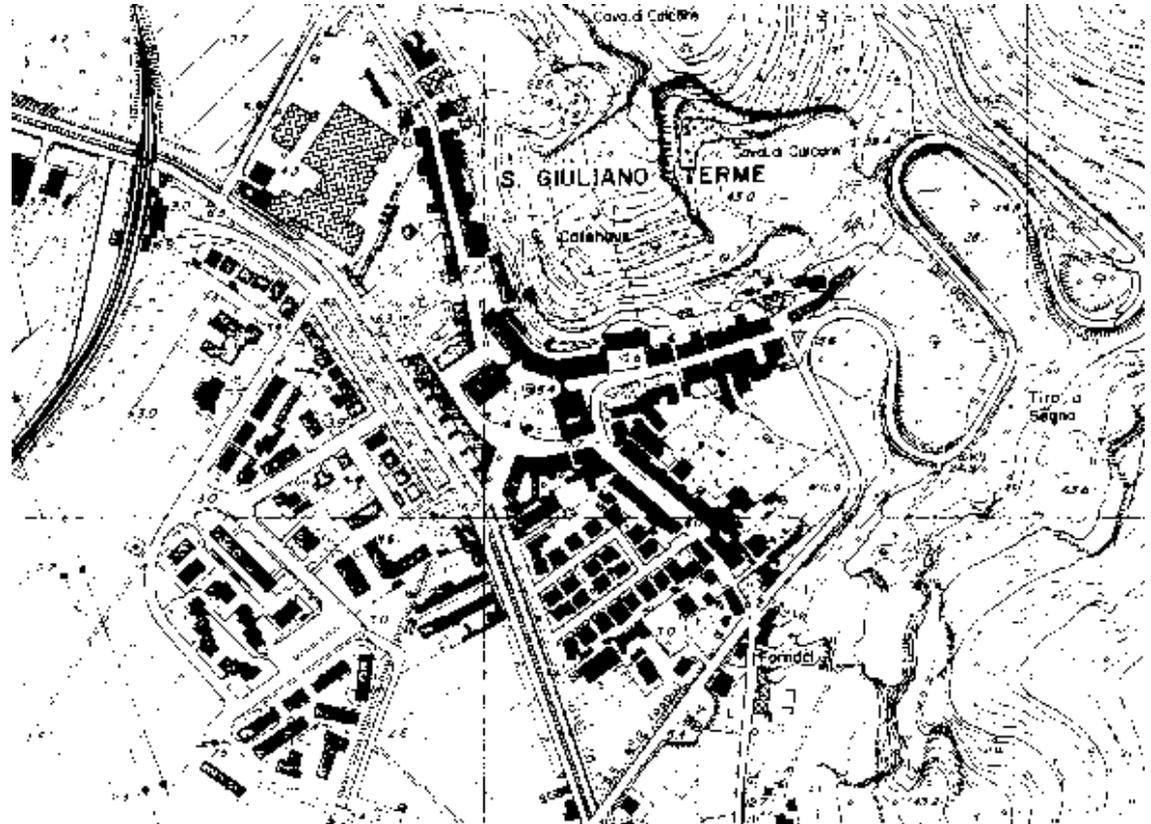
**Possiamo individuare almeno quattro tipologie:**

- 1) Mappe **digitalizzate**
- 2) **Classificazioni** raster
- 3) Raster **morfologici o fisici**
- 4) Immagini **prospettiche**

## Mappe digitalizzate

Il pixel non ha semantica interna ma rappresenta la traduzione di una simbologia esterna al raster stesso.

Le mappe digitalizzate possono essere impiegate come sfondo o come base per restituire elementi.



## Classificazioni raster

Il pixel rappresenta una classe.

Il dato è semanticamente omogeneo, ovvero si usa la stessa classificazione per tutti i pixel.

Le classificazioni raster possono essere utilizzate sia con finalità comunicativa (mappe tematiche), sia per elaborazioni GIS (map algebra)

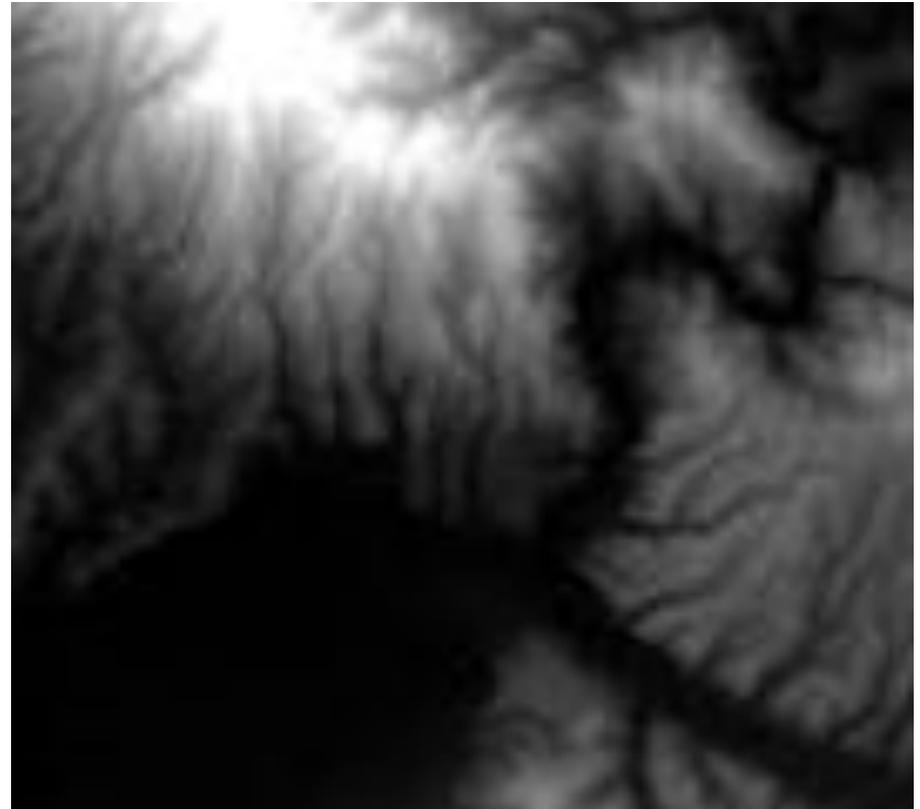


## Raster morfologici o fisici

Il pixel rappresenta una grandezza fisica (elevazione, risposta radiometrica, ...)

Il dato è semanticamente omogeneo, ovvero si usa la stessa grandezza fisica per tutti i pixel.

I raster morfologici o fisici comprendono i modelli tridimensionali e le immagini mono o multibanda acquisite da sensori. Possono essere elaborati con tecniche finalizzate al rendering (es. ombreggiatura) oppure al calcolo di grandezze derivate (es. pendenze, orientamento, firme spettrali ...)



## Immagini prospettiche

Il pixel non ha semantica interna ma rappresenta la risposta su determinate bande dello spettro elettromagnetico di una parte di un qualsiasi oggetto ripreso.

L'unica forma di georeferenziazione è quella riferita al punto di ripresa, eventualmente corredato dalla direzione di inquadratura e distanza minima/media degli oggetti ripresi.

Le immagini prospettiche all'interno di un GIS hanno per lo più valenza documentale. Possono tuttavia essere utilizzate in processi di fotogrammetria.



## Bibliografia

### **Paolo Mogorovich, Sistemi Informativi Territoriali**

*Le primitive geometriche vettoriali*

<http://www.di.unipi.it/~mogorov/251-E3K%20-%20Le%20primitive%20geometriche%20vettoriali%20-%20TXT.pdf>

*Il modello raster*

<http://www.di.unipi.it/~mogorov/301-E41%20-%20Il%20modello%20raster%20-%20TXT.pdf>

### **Massimo Rumor, Corso Nettuno di Sistemi Informativi Territoriali 1, lezioni:**

- 7 – Le primitive geometriche vettoriali
- 9 – Modellazione raster dello spazio

[http://www.borga.it/main/c\\_documenti.aspx?path=Didattica/Iuav/Rumor/](http://www.borga.it/main/c_documenti.aspx?path=Didattica/Iuav/Rumor/)

*(accesso con user e password)*