

Corso
di
Basi di Dati Spaziali
**Rappresentazione di
oggetti spaziali**

Angelo Montanari
Donatella Gubiani

Modelli dei dati spaziali e modi di rappresentazione

- Esistono varie modalità di modellazione e rappresentazione delle informazioni geometriche e topologiche
- Dopo aver illustrato brevemente i processi di acquisizione e astrazione dell'informazione, presenteremo:
 - Modelli dei dati
 - Modi di rappresentazione dei dati

L'acquisizione dei dati spaziali

- Il mondo reale è complesso
- La rappresentazione dei dati spaziali fornisce una visione semplificata del mondo reale
- Il passaggio dal mondo reale alla sua rappresentazione coinvolge diversi processi:
 - rilevamento
 - astrazione dell'informazione

Rilevamento dei dati

- Diverse tecniche di recupero dati (cf. origine dei dati):
 - rilevamento diretto dal mondo reale
 - recupero delle informazioni da carte geografiche esistenti
- Acquisizione diretta:
 - costi rilevanti

Volo fotogrammetrico

- Utilizza una macchina fotogrammetrica in grado di eseguire coppie di fotogrammi
- Metodologia:
 - **Fase di presa:** esecuzione volo con riprese
 - **Fase di orientamento:** i diversi fotogrammi devono essere orientati correttamente
 - **Fase di restituzione:** riconoscimento e rilevamento degli oggetti di interesse attraverso lo stereoscopio

Astrazione delle informazioni - 1

- Un oggetto reale si sviluppa sempre nelle tre dimensioni, ha un volume, una forma, che usualmente presenta un grande numero di dettagli, e una posizione
- Non sempre tutti questi dati sono necessari per le attività che il sistema informativo territoriale deve svolgere

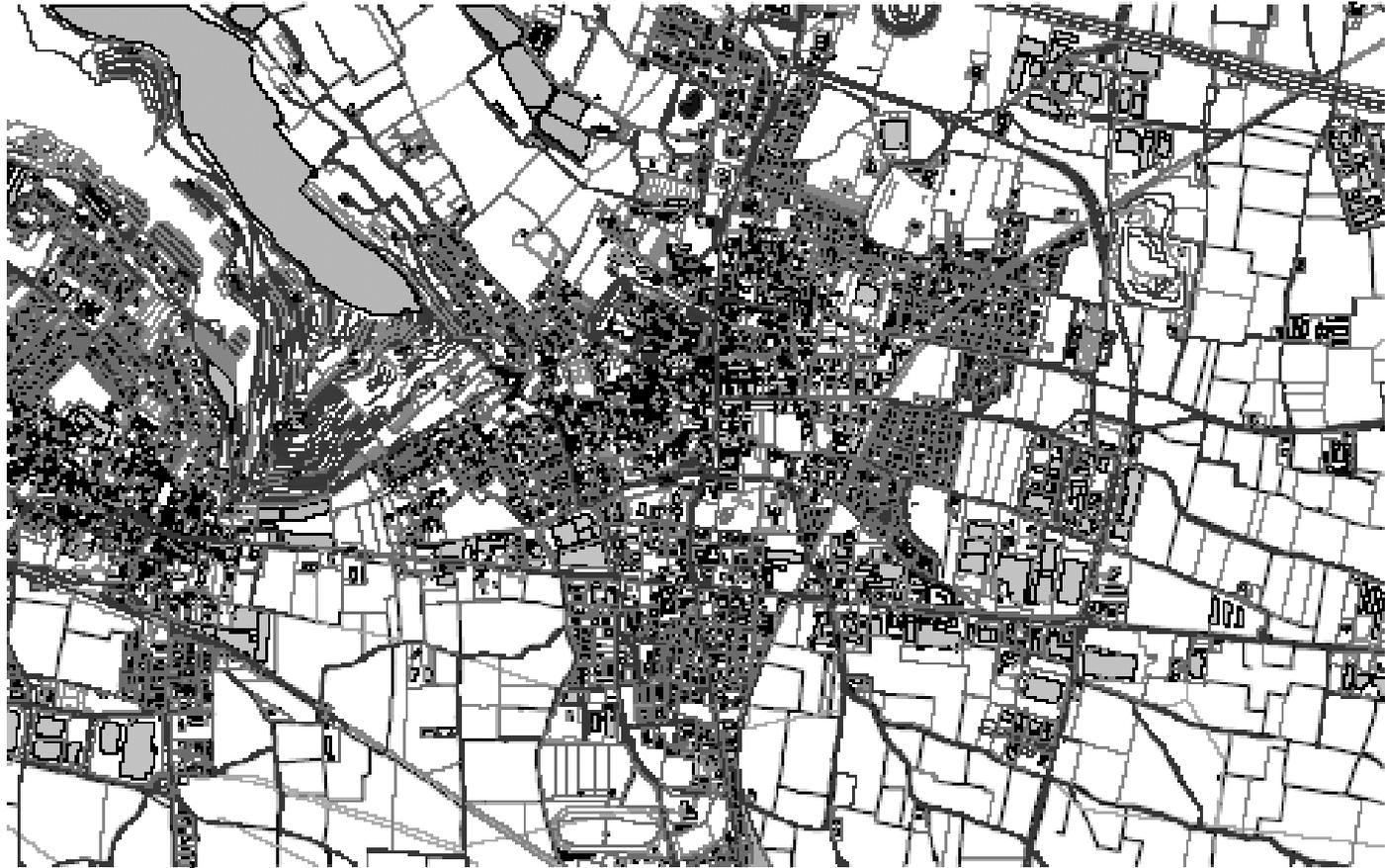
Astrazione delle informazioni - 2

- Scopo dell'astrazione:
 - eliminare i particolari irrilevanti
 - ridurre il costo di memorizzazione ed elaborazione dell'informazione

Astrazione delle informazioni: esempio - 1



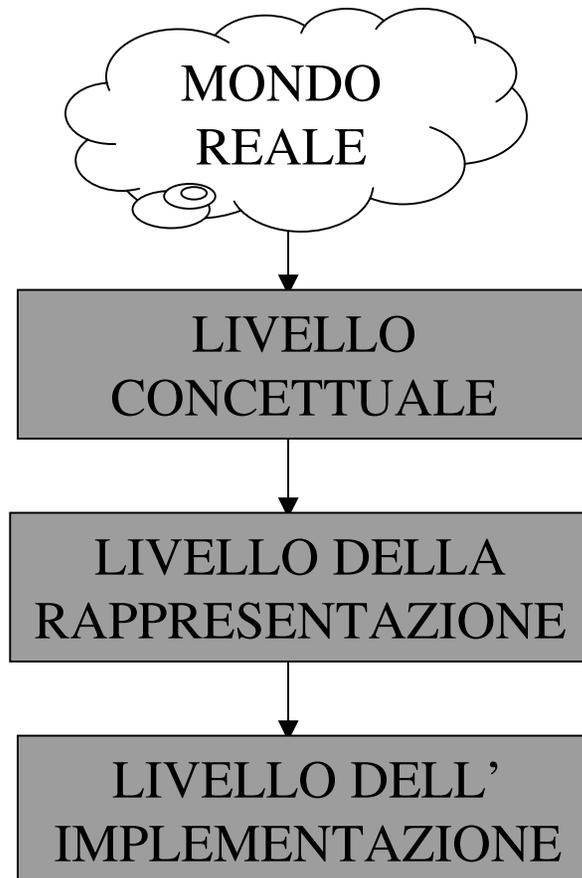
Astrazione delle informazioni: esempio - 2



Modelli dei dati spaziali

- Requisiti sostanzialmente diversi dalle applicazioni tradizionali:
 - dati spaziali con posizione, estensione, ..
 - diverse possibili interpretazioni della realtà (dualità della visione a campi e della visione ad oggetti)
 - diverse rappresentazioni degli oggetti
 - informazioni incomplete
 - relazioni spaziali fra oggetti
- I modelli dei dati spaziali estendono i modelli dei dati dei sistemi tradizionali

Livelli di astrazione



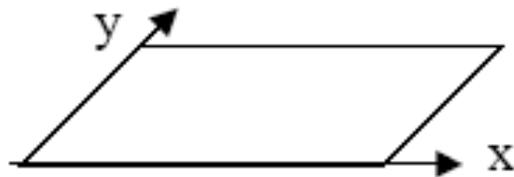
Livello concettuale (logico)

- Specifica le classi di oggetti di base che verranno create nella base di dati
- Diverse percezioni del mondo reale:
 - visione a campi
 - visione ad oggetti

Livello concettuale: visione a campi

- Mondo reale visto come una superficie continua sopra la quale le entità geografiche variano in modo continuo
 - funzioni dallo spazio di riferimento ad un dato dominio

Esempi. Altitudine rispetto al livello del mare, livello delle precipitazioni, temperatura, classificazione d'uso del suolo



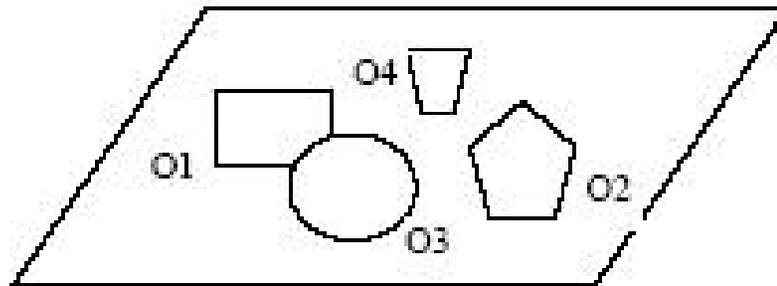
Attributo = $f(x,y)$

Livello concettuale: visione ad oggetti - 1

- Mondo reale visto come una superficie occupata da entità/oggetti
 - insieme di oggetti univocamente identificabili
- Gli oggetti possono cambiare a seconda del punto di vista (amministrativo, geologico, linguistico, stradale, ..)

Livello concettuale: visione ad oggetti - 2

- Esempi:
 - strade o fiumi
 - insediamenti urbani



Tipi di oggetto spaziali - 1

- **Oggetti puntuali.** Posizione di oggetti la cui forma è ritenuta irrilevante o la cui dimensione è molto piccola rispetto allo spazio di riferimento/embedding space

Definizione. *L'embedding space* è un rettangolo sufficientemente largo i cui lati sono paralleli agli assi del sistema di coordinate

Esempi. Città, chiese, incroci stradali

Tipi di oggetto spaziali - 2

- **Oggetti lineari.** Vengono utilizzati per rappresentare reti (strade, fiumi, ..). In realtà, il tipo geometrico di riferimento di tali oggetti non è la linea, ma la **spezzata/polyline**.

Definizione. Una *spezzata* è un insieme finito di segmenti di linea/retta (o archi), tali che ogni estremo di un segmento (vertice) è condiviso da esattamente due segmenti, ad eccezione di due estremi (punti estremi) che appartengono ad un unico segmento

Tipi di oggetto spaziali - 3

Con abuso di linguaggio, useremo spesso il termine linea per indicare anche una spezzata

Definizione. Una spezzata si dice *chiusa* se i suoi punti estremi coincidono.

Diverse altre classi di spezzate (semplici, monotone,..) verranno introdotte nel seguito.

Tipi di oggetto spaziali - 4

- **Oggetti bidimensionali.** Vengono utilizzati per rappresentare oggetti dotati di un'ampia superficie (ad esempio, particelle o unità amministrative). Il principale tipo geometrico di tali oggetti è il **poligono**.

Definizione. Un *poligono* è una regione dello spazio delimitata da una spezzata chiusa, detta frontiera.

Tipi di oggetto spaziali - 5

- Una **regione** è definita come un insieme di poligoni.

Diverse classi di poligoni (semplici, convessi, monotoni, con buchi, ..) verranno introdotte nel seguito.

Sul tipo geometrico di un'entità

- La **scelta del tipo geometrico** di un'entità dipende dall'utilizzo previsto.

Esempio. Un aeroporto è un oggetto puntuale nel contesto dei collegamenti aerei, mentre è un oggetto bidimensionale nel contesto dell'organizzazione interna dell'aeroporto.

Granularità

Ciò porta naturalmente a introdurre una nozione di granularità

- **Granularità:** memorizzare/derivare diverse rappresentazioni di una stessa entità rispetto a scale diverse e utilizzare, a seconda delle situazioni, la rappresentazione appropriata (cf. livello della rappresentazione)
- **Granularità spaziale e granularità semantica**

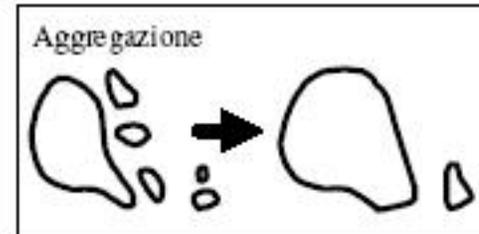
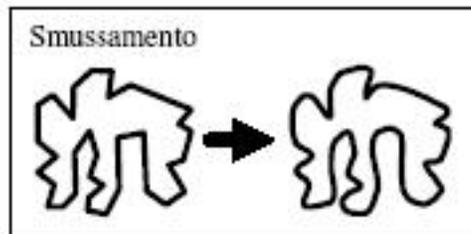
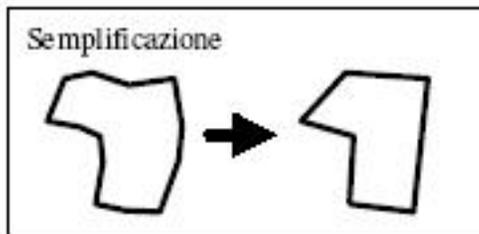
Sull'utilizzo dei segmenti

- La descrizione di oggetti lineari e bidimensionali è basata su segmenti. Ciò significa che viene utilizzata unicamente un'**approssimazione lineare** delle entità (anziché polinomi di ordine superiore in x e y).

Ovviamente quanto più deve essere precisa l'approssimazione tanto maggiore deve essere il numero di segmenti (e, quindi, il costo di memorizzazione)

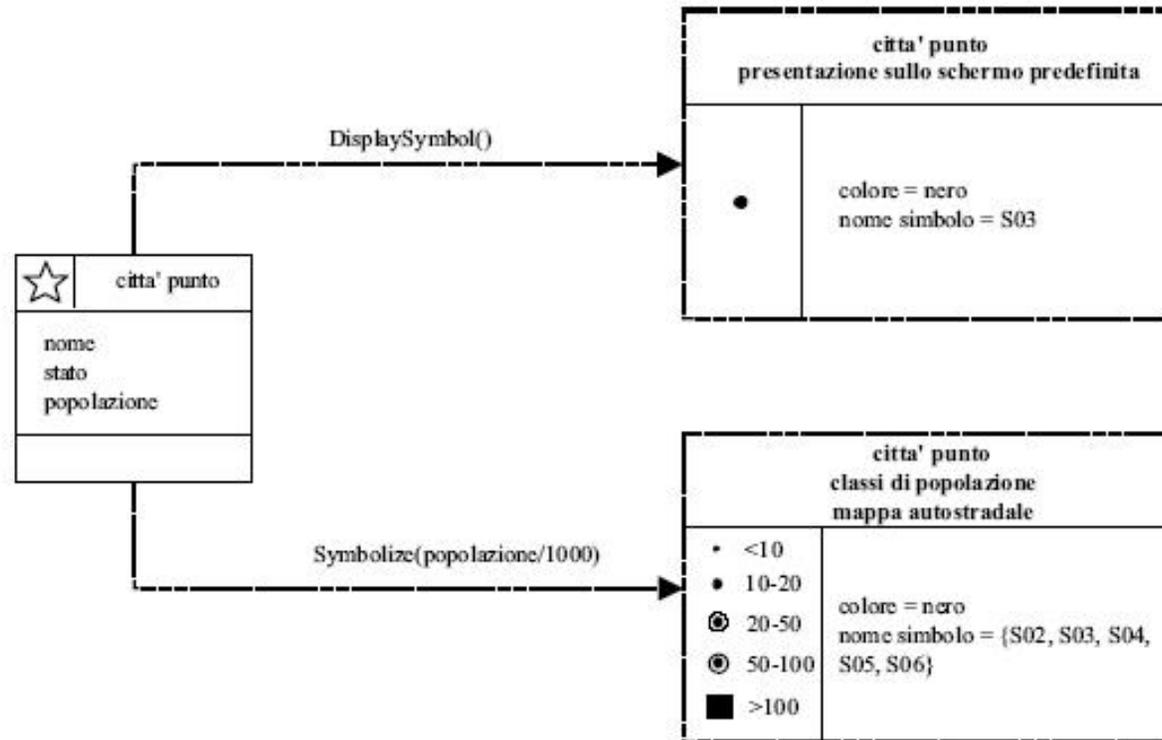
Livello della rappresentazione - 1

- Specifica diverse modalità di visualizzazione delle entità geografiche
 - semplici operazioni di selezione
 - generalizzazioni cartografiche
 - smussamento
 - semplificazione
 - aggregazione



Livello della rappresentazione - 2

– sofisticati schemi di classificazione



Livello della rappresentazione - 3

- Ad ogni entità introdotta a livello concettuale sono associate diverse alternative di visualizzazione
- Non ha corrispondente nelle applicazioni tradizionali

Livello dell'implementazione (fisico)

- Rappresentazione su strutture appropriate che permettano una gestione semplice ed efficiente dei dati spaziali
- **Problema** fondamentale:
rappresentare un insieme di punti infinito (dello spazio euclideo) in un calcolatore

Livello dell'implementazione: formati raster e vettoriale - 1

- Formato **raster**: lo spazio continuo viene approssimato da uno spazio discreto (operazione di **tassellatura**)
- Formato **vettoriale**: lo spazio continuo viene approssimato costruendo strutture dati appropriate

Livello dell'implementazione: formati raster e vettoriale - 2

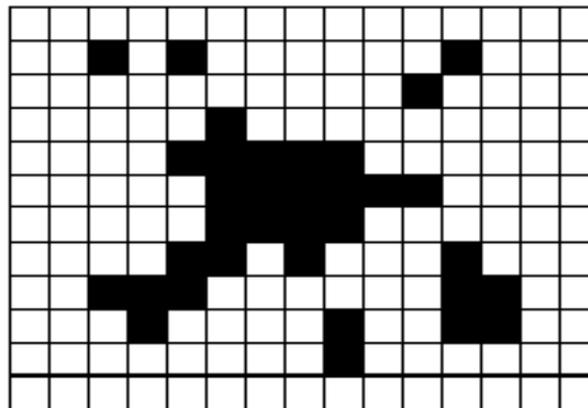
Esempio. Consideriamo il caso di una città.

Se utilizziamo il **formato raster** (tassellatura), la città è rappresentata da un insieme di **celle** che ricopre l'"interno" della città

Se utilizziamo il **formato vettoriale**, la città è rappresentata da una lista di **punti** che descrivono la frontiera di un poligono.

Livello dell'implementazione: formato raster - 1

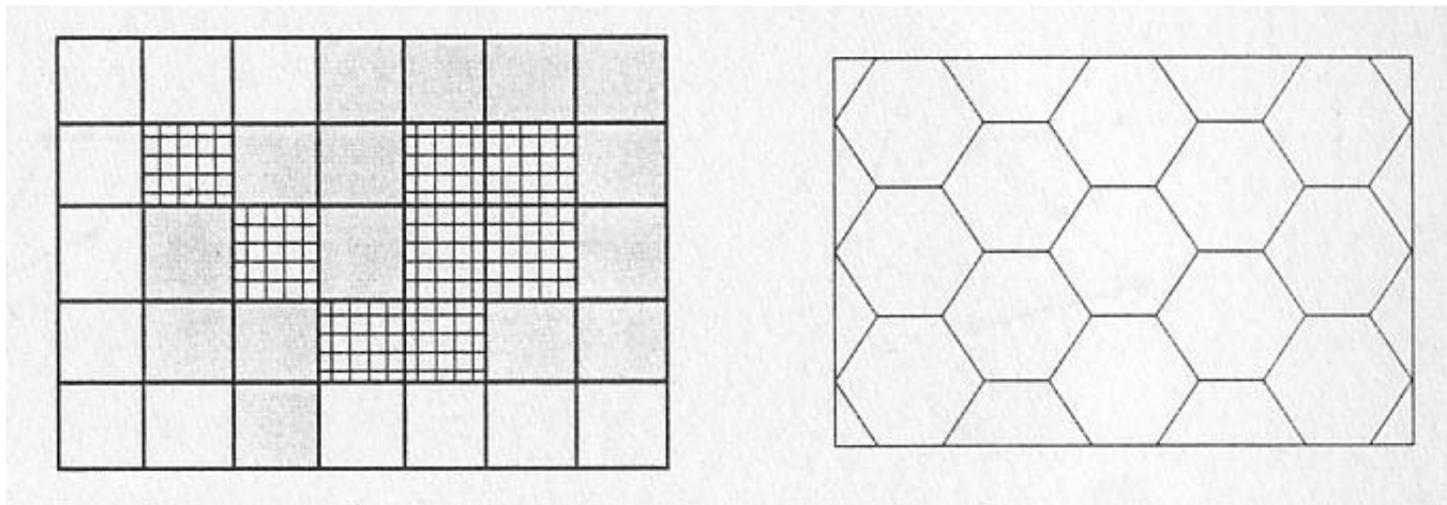
- Griglia di celle. Le celle possono essere di dimensione **fissa** o **variabile**. Ad ogni cella è associato un insieme di dati.
- **Esempio.** Foto aeree o satellitari



Livello dell'implementazione: formato raster - 2

- La soluzione con celle di dimensione fissa (**pixel**) usa una griglia (**raster**) regolare (collezione di unità poligonali di uguale dimensione).

Esempio.



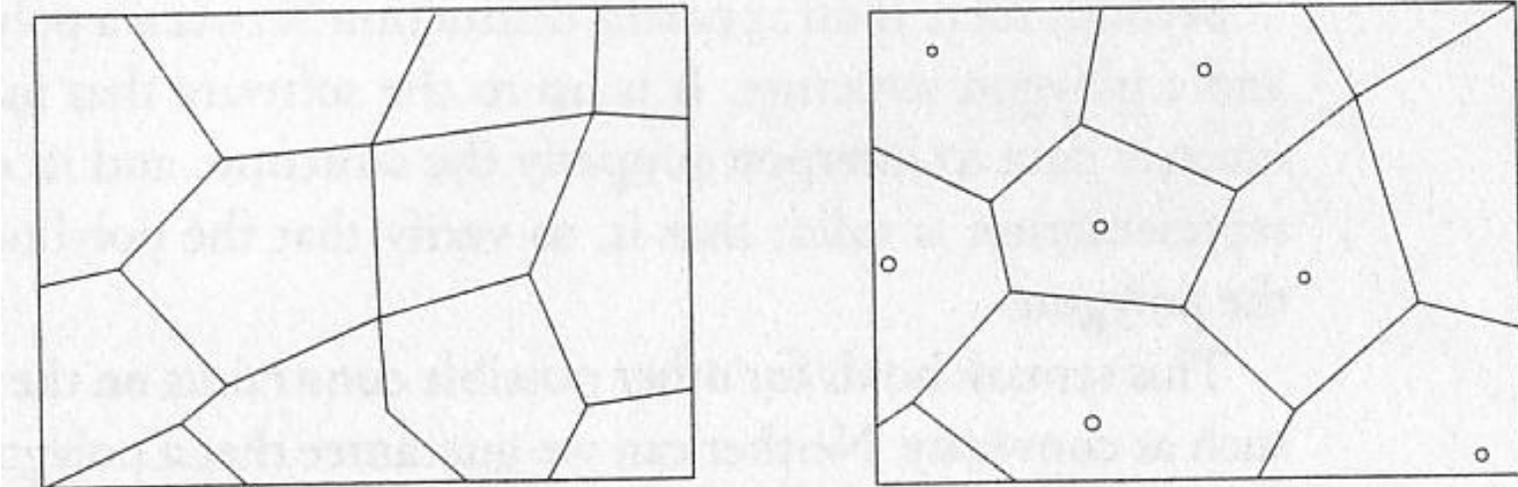
Livello dell'implementazione: formato raster - 3

- Usualmente lo spazio è decomposto in una griglia bidimensionale regolare di $N \times M$ celle rettangolari.
- Ogni pixel è identificato da una coppia (x, y) , dove $x \leq N$ è la colonna e $y \leq M$ la riga della cella.

Livello dell'implementazione: formato raster - 4

- La soluzione con celle di dimensione variabile usa unità di decomposizione di varia dimensione

Esempio.



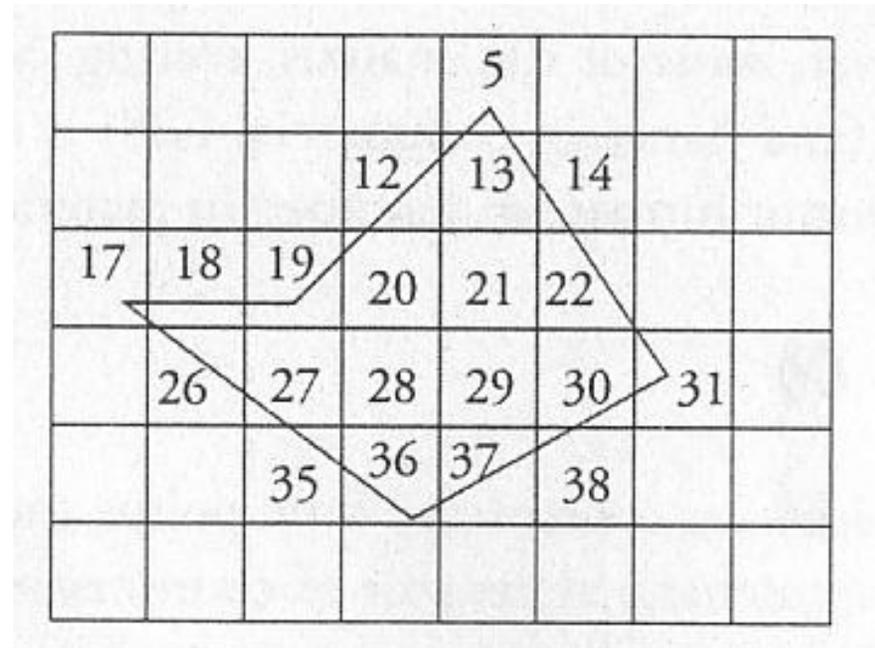
Formato raster e visione a campi

- I dati sono ancora rappresentati come funzioni dallo spazio ad un range di valori di interesse (ad esempio, temperature)
- Il dominio della funzione, però, diventa l'insieme **finito** dei pixel.

Formato raster e visione ad oggetti

- Un oggetto spaziale è rappresentato dal sottoinsieme (finito) minimo di pixel che lo contiene (un punto da un singolo pixel)

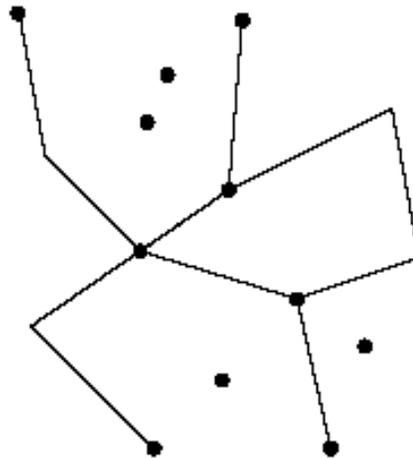
Esempio.



Livello dell'implementazione: formato vettoriale

- Insieme di punti, linee e poligoni, identificati attraverso coordinate
- Minore occupazione di memoria

Esempio. Dati provenienti da carte geografiche

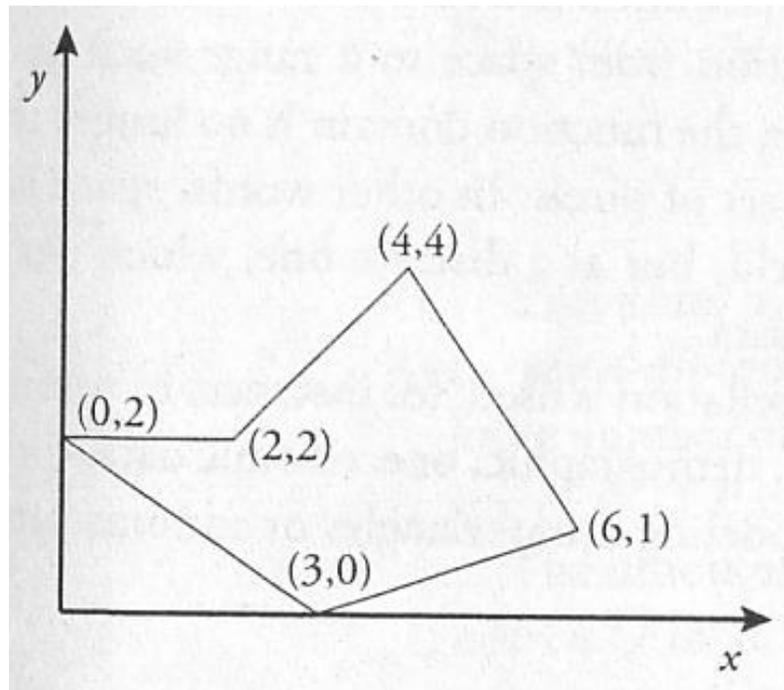


Formato vettoriale e visione ad oggetti

- Ogni **punto** è rappresentato da una coppia di valori (coordinate)
- Una **spezzata** è rappresentata da una lista di punti
- Un **poligono** è rappresentato da una spezzata chiusa (ogni poligono con n vertici ammette $2n$ possibili rappresentazioni)
- Una **regione** è un insieme di poligoni

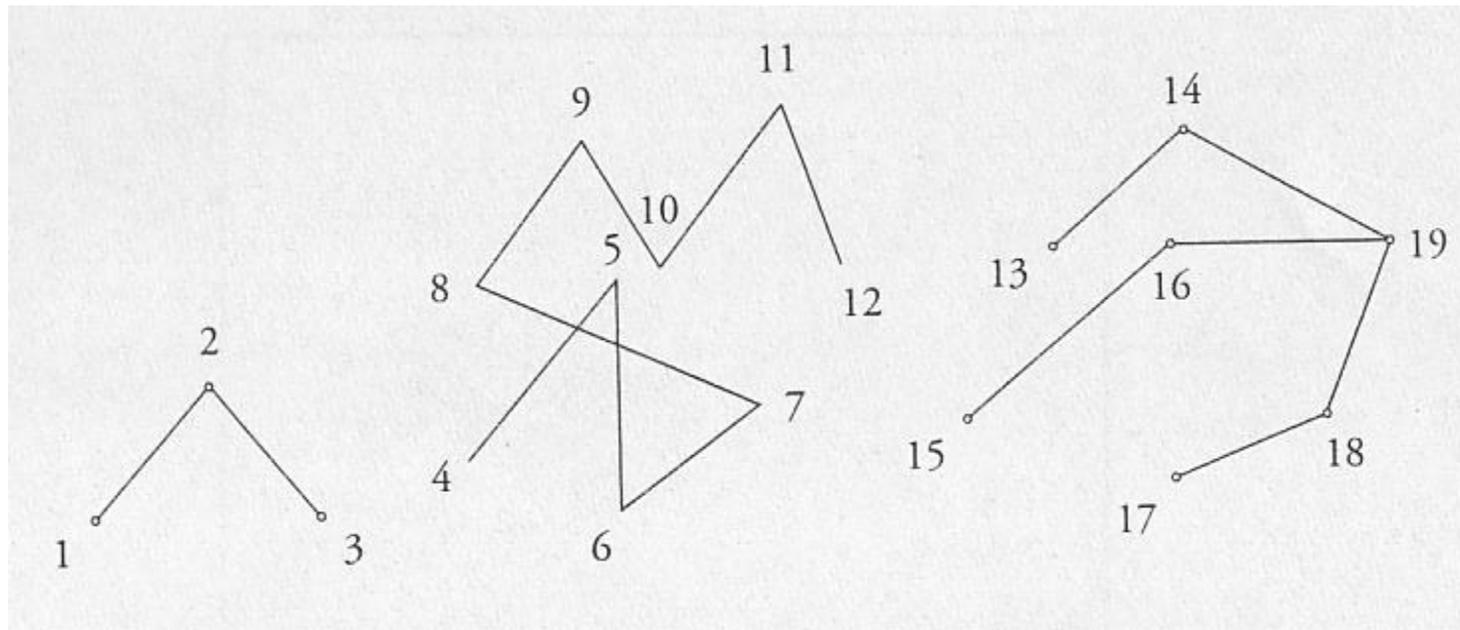
Un esempio: poligono

Esempi. Rappresentazione di un poligono in formato vettoriale



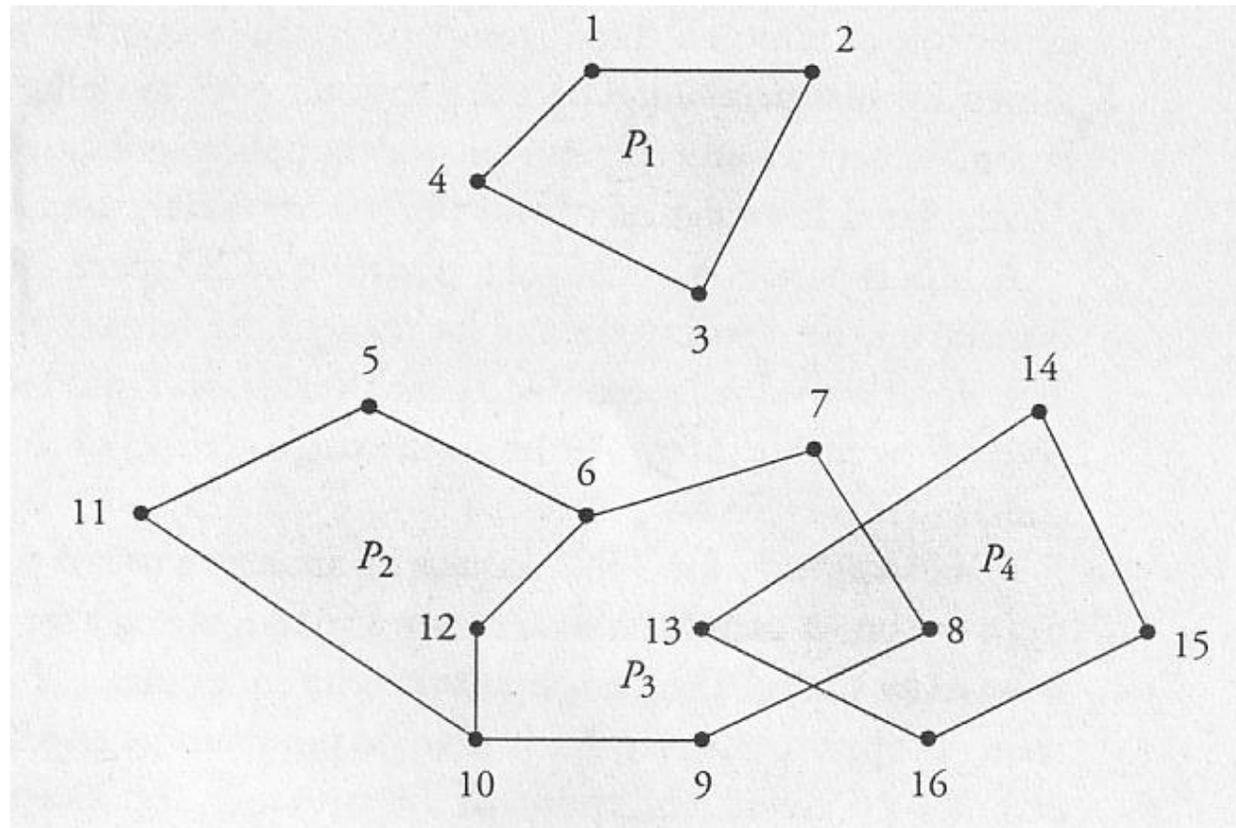
Esempi: spezzate

Esempi. Rappresentazione di spezzate in formato vettoriale (spezzata semplice, spezzata non semplice, insieme di spezzate)



Esempi: poligoni e regioni

Esempi. Ogni poligono è descritto da una lista di vertici



Formato vettoriale e visione a campi

Esempio. Triangulated Irregular Networks (TIN). Partizione triangolare di uno spazio bidimensionale. Ad ogni vertice è associata un'altezza. In ogni altro punto è derivata per interpolazione.

