

ANNO ACCADEMICO 2003-2004
SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI (SIT)
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Sistemi Informativi Territoriali

2. La progettazione concettuale: il modello GEO-ER

ALBERTO BELUSSI

NOVEMBRE 2003

La Progettazione Concettuale del SIT

Un Modello per lo schema dei dati: GEO-ER

Il modello GEO-ER è derivato dal modello Entità Relazioni e quindi contiene tutti i concetti generali che sono presenti nel modello ER.

Per la rappresentazione della componente spaziale o geometrica del dato territoriale, si definiscono tre nuovi domini di base:

- PUNTO (PT),
- LINEA (LN) e
- POLIGONO (PG)

ed alcuni nuovi costrutti:

- IL TERRITORIO DI SCHEMA
- L'ENTITA' GEOMETRICA
- LA GENERALIZZAZIONE DI ENTITA' GEOMETRICHE
- LA COMPOSIZIONE DI ENTITA' GEOMETRICHE
- IL CONTENIMENTO DI ENTITA' GEOMETRICHE

Un Modello per lo schema dei dati: GEO-ER

I domini spaziali

Spazio di riferimento: Piano Euclideo (\mathcal{R}^2)

Oggetti: insiemi di punti

Topologia del Piano Euclideo

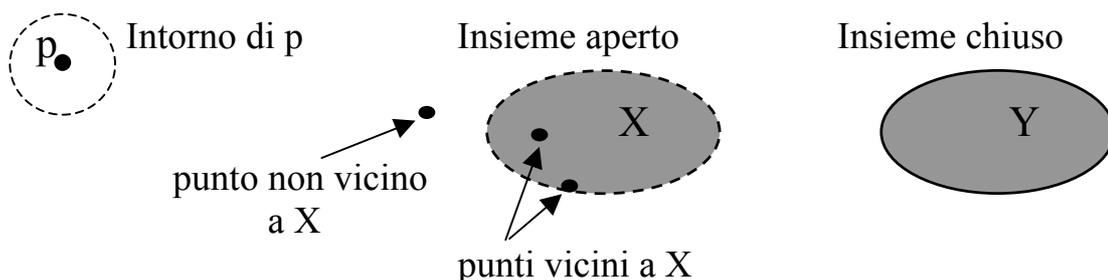
Definizioni:

Disco aperto: è un insieme di punti di \mathcal{R}^2 limitato da una circonferenza (circonferenza esclusa).

Intorno di un punto $p \in \mathcal{R}^2$: è qualsiasi disco aperto contenente p .

Dato un insieme di punti $X \subset \mathcal{R}^2$: si introducono le seguenti definizioni:

- Un punto $p \in \mathcal{R}^2$ è vicino a (near) X se ogni intorno di p contiene punti di X .
- X è aperto se per ogni punto $p \in X$ esiste un intorno di p contenuto in X .
- X è chiuso se contiene tutti i punti vicini a X .
- Chiusura di X (X^-): è l'unione di X con l'insieme di tutti i suoi punti vicini.
- Interior di X (X°): è l'insieme di tutti i punti di X che non sono vicini al complemento di X ($X' = \mathcal{R}^2 - X$).
- Boundary di X (∂X): è l'insieme di tutti i punti che sono vicini sia a X che a X' (si dimostra che: $\partial X = X^- - X^\circ$).



Topologia del Piano Euclideo (continua)

Definizioni:

Un insieme di punti $X \subset \mathbb{R}^2$ si dice un insieme chiuso regolare se e solo se: $X^{\circ -} = X$

Un insieme di punti $X \subset \mathbb{R}^2$ si dice path-connesso se per ogni coppia di punti appartenenti a X esiste un cammino (path) completamente contenuto in X che li congiunge.

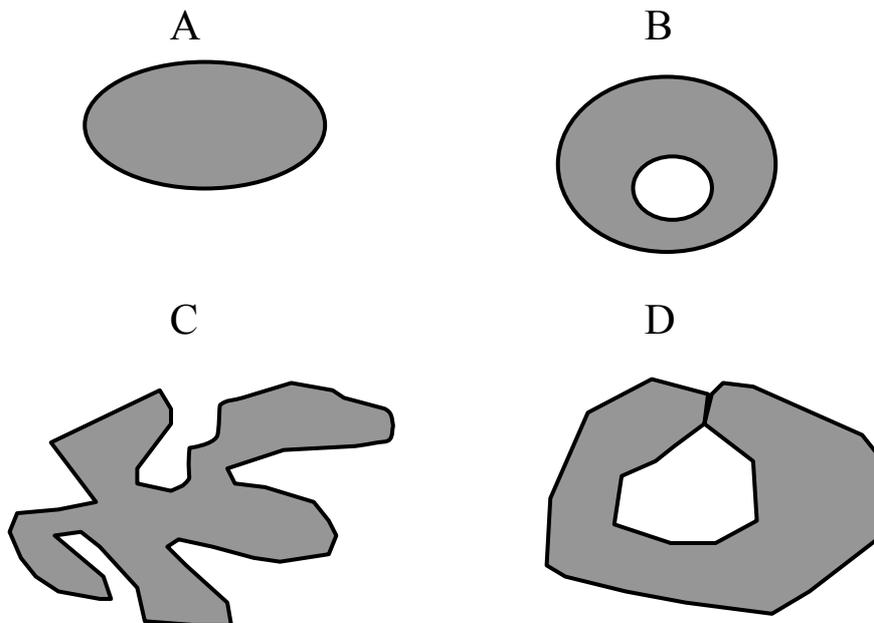
Cammino (definizione intuitiva): curva senza interruzioni.

Omeomorfismo: è una biiezione definita su \mathbb{R}^2 tale che trasforma ogni intorno del dominio in un intorno del codominio:

$$h: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$$

Due insiemi X e Y sono topologicamente equivalenti se esiste un omeomorfismo che applicato a X produce Y .

Un omeomorfismo equivale ad una trasformazione "rubber sheet" (foglio di gomma) che stira e distorce il piano (foglio) senza però produrre pieghe o strappi.



Un Modello per lo schema dei dati: GEO-ER

Definizione di Territorio di Schema

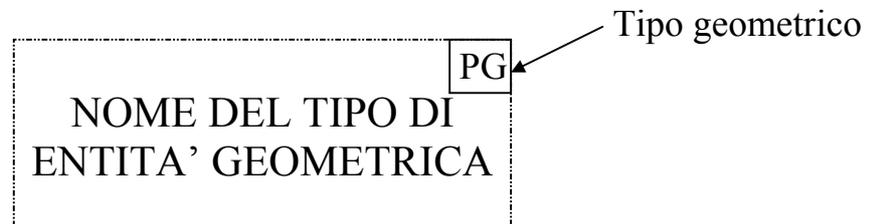
Il territorio di schema è un poligono che rappresenta il territorio nel quale sono contenuti tutti i valori geometrici istanziabili a partire dallo schema concettuale.

Definizione di Tipo di Entità Geometrica

La dichiarazione di un Tipo di Entità Geometrica definisce una proprietà valida su alcune porzioni (areali, lineari o puntiformi) del Territorio di Schema. E' possibile dichiarare proprietà aggiuntive che possono qualificare tali porzioni di territorio. Tali proprietà sono in primo luogo attributi, ma anche relazioni geometriche.

Inoltre, ogni tipo di entità geometrica ha obbligatoriamente associato un tipo geometrico. I tipi geometrici possibili sono: PUNTO (PT), LINEA (LN) e POLIGONO (PG).

La rappresentazione grafica di un Tipo di Entità Geometrica è la seguente:



Definizione del Tipo Geometrico Poligono

Un **poligono** è l'unione di:

- insiemi chiusi regolari e connessi di \mathcal{R}^2 (estensione maggiore di zero);
- linee (archi semplici): insiemi di \mathcal{R}^2 omeomorfi a un segmento di retta (quindi connessi);
- punti isolati: punti di \mathcal{R}^2 non contenuti nei primi due tipi di insiemi;

tale che esista almeno un insieme chiuso regolare e connesso contenuto in esso.

Gli insiemi chiusi regolari e connessi possono eventualmente contenere buchi, in tal caso il complemento del poligono non è connesso.

Le linee e i punti isolati rappresentano poligoni degenerati.

Frontiera (o boundary) di un poligono P: coincide con la definizione topologica di boundary: ∂P .

Quindi ∂P è costituito dai bordi esterni dei poligoni, compresi i bordi degli eventuali buchi, e dalle linee e punti che costituiscono poligoni degenerati.

Parte interna (o interior) di un poligono P: si ottiene per differenza con la frontiera di P: $P^\circ = P - \partial P$

Il perimetro di un poligono P si calcola considerando anche il bordo dei buchi e contando due volte la lunghezza dei poligoni degenerati a linee.

Definizione di Tipo Geometrico Linea

Una **linea** è l'unione di:

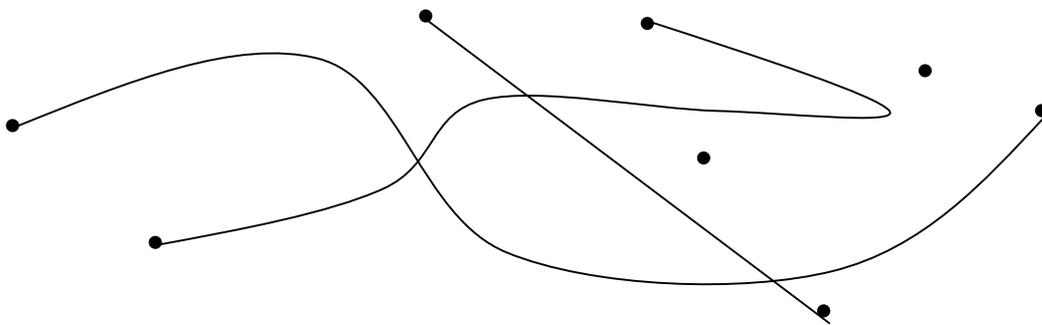
- archi semplici: insiemi di \mathcal{R}^2 omeomorfi a un segmento di retta (quindi connessi);
- punti isolati: punti di \mathcal{R}^2 non contenuti nel primo tipo di insiemi; tale che esista almeno un insieme omeomorfo a un segmento di retta contenuto in essa.

I punti rappresentano curve degenerate.

La frontiera (o boundary) di una linea L: è costituita dagli estremi di tutti gli archi non contenuti in altri archi di L e dai punti isolati.

La parte interna (o interior) di una linea L: si deriva per differenza dalla frontiera.

La lunghezza di una linea è la somma della lunghezza di tutti gli archi semplici che compongono la linea.



Definizione di Tipo Geometrico Punto

E' un qualsiasi insieme di punti isolati del piano. Per definizione la frontiera di un punto è vuota. □

***Vincolo di Mutua esclusione tra punti e linee***

Tra le istanze di entità geometriche lineari e quelle puntiformi vale la seguente proprietà, se non esplicitamente negata con modalità definite più avanti:

un punto non è mai contenuto in una linea

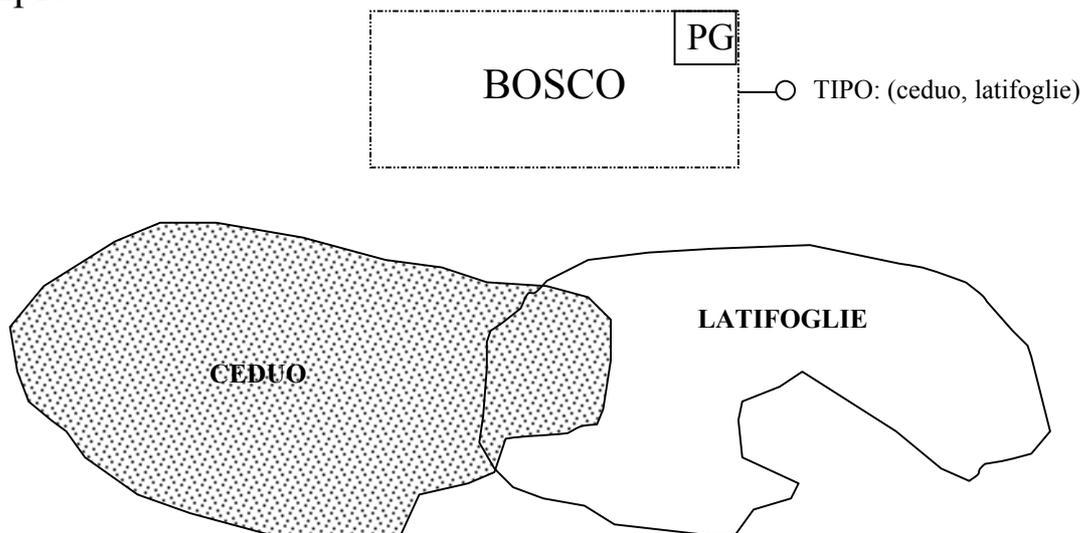
Definizione di Istanza di Entità Geometrica

Un'istanza di Entità Geometrica è una porzione del territorio di schema identificata dalle seguenti caratteristiche:

- a) su tutta la porzione di territorio che la costituisce vale la proprietà definita dal tipo di entità geometrica cui l'istanza appartiene;
- b) tutte le proprietà aggiuntive definite per quel tipo di entità geometrica hanno lo stesso valore su tutta la porzione di territorio;
- c) due diverse istanze di entità geometrica differiscono o nel tipo di entità geometrica a cui appartengono o nel valore di almeno una delle proprietà aggiuntive.

Si noti che la definizione non richiede che le porzioni di territorio costituenti due diverse istanze di entità geometrica siano disgiunte; è possibile quindi che si verifichi sovrapposizione.

Esempio



Definizione di Attributo di Entità Geometrica

Un attributo di un Tipo di Entità Geometrica è una funzione che, data un'istanza di tale entità geometrica, restituisce un valore. I tipi previsti per gli attributi sono: *numerico*, *stringa*, *enumerato* e *record*.

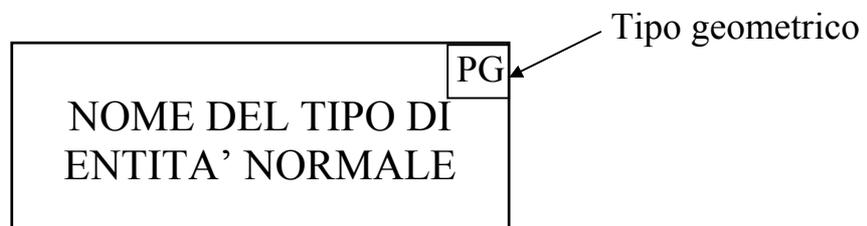
Da tale definizione deriva il seguente criterio di determinazione delle istanze di entità geometriche:

due porzioni di territorio possono appartenere alla stessa istanza di entità geometrica se e solo se tutti gli attributi definiti su quel tipo di entità geometrica assumono lo stesso valore sulle due porzioni di territorio.

Definizione di Attributo Geometrico di Entità Normali

E' una funzione che data un'istanza dell'entità normale, restituisce un'istanza di entità geometrica. L'entità geometrica è totalmente individuata dalla proprietà di essere il valore dell'attributo geometrico di un'entità normale. Non va quindi esplicitamente definita nello schema.

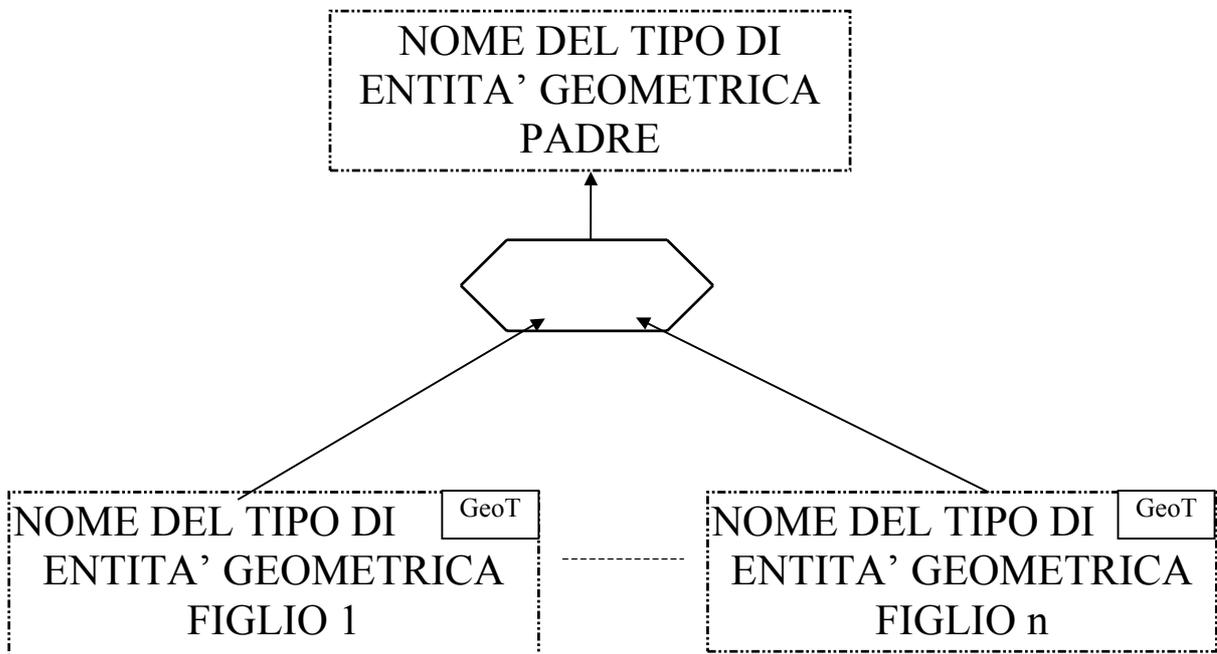
Poiché solitamente un tipo di entità normale ha un solo attributo geometrico, la presenza di tale attributo si indica graficamente nel seguente modo:



Definizione di Gerarchia di Classificazione di Tipi di Entità Geometriche

Dato un tipo di entità geometrica E è possibile dichiarare una Gerarchia di Classificazione (ISA) che contiene E come padre e un certo numero di sottotipi o figli E_1, \dots, E_n di E . Il tipo e i sottotipi soddisfano le seguenti proprietà:

- ogni istanza di entità geometrica di un sottotipo E_i è anche istanza dell'entità geometrica E ;
- l'entità geometrica E non ha proprietà aggiuntive.
- ogni istanza di entità geometrica di tipo E è necessariamente anche un'istanza di entità di uno e un solo sottotipo E_i (gerarchia sempre totale/esclusiva);



Si noti che il punto c) esclude l'appartenenza a sottotipi diversi in quanto è possibile rappresentare la stessa situazione attraverso la sovrapposizione tra istanze diverse di entità geometriche.

Infine, il tipo geometrico del padre deve essere uguale a quello dei figli. Eventualmente il padre può non avere tipo geometrico e in tal caso i figli possono avere tipi geometrici diversi.

N.B.: Un attributo di tipo *enumerato* può sostituire l'uso di una gerarchia di classificazione esplicita qualora i sottotipi non possiedano altre proprietà che obbligano a tenerli distinti.

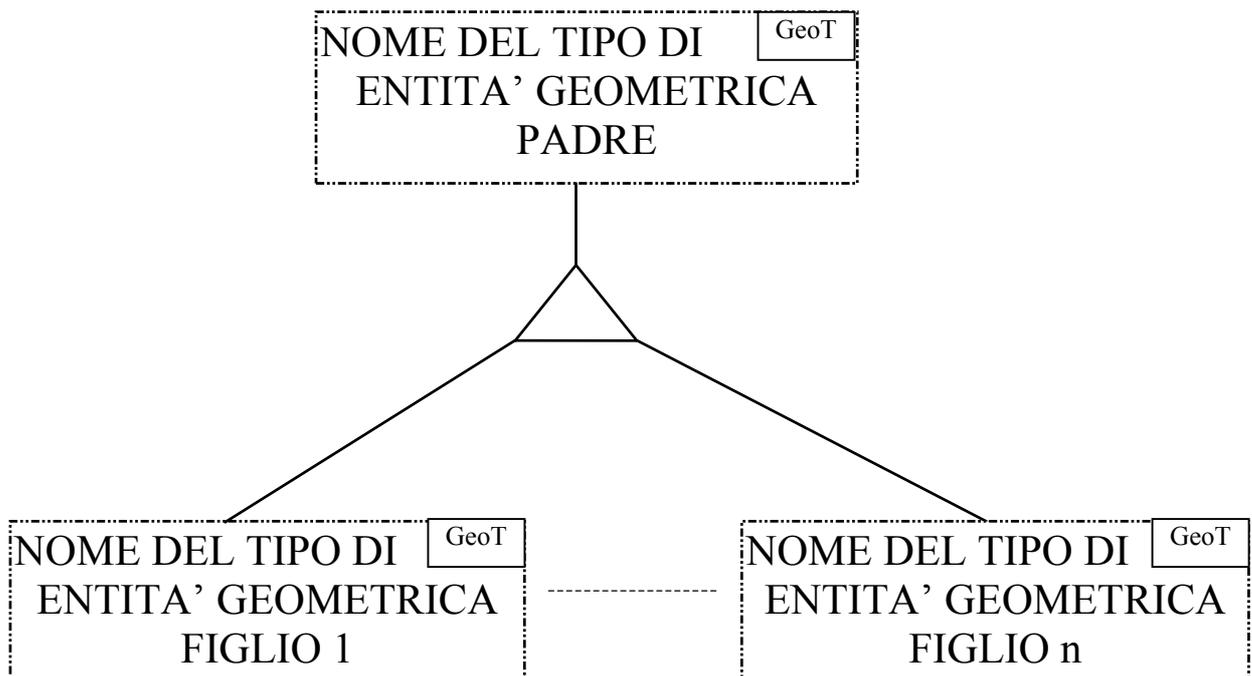
Definizione di Gerarchia di Composizione

Dato un tipo di entità geometrica E è possibile dichiarare una Gerarchia di Composizione che contiene E come padre e un certo numero di tipi di entità geometriche E_1, \dots, E_n come figli. La presenza di una gerarchia di composizione sta ad indicare che le istanze del tipo di entità geometrica E sono costituite dall'unione di istanze delle entità geometriche E_1, \dots, E_n e quindi per ogni istanza di E devono esistere le istanze di E_1, \dots, E_n che la generano.

La gerarchia di composizione richiede inoltre che i tipi geometrici delle entità geometriche coinvolte siano uguali.

Una gerarchia di composizione definisce una **relazione** tra tipi di entità: un'istanza superiore è in relazione con tutte le istanze inferiori che la costituiscono.

Una gerarchia di composizione definisce un **vincolo**: ogni istanza superiore deve essere ottenibile per unione delle istanze inferiori con cui è in relazione.

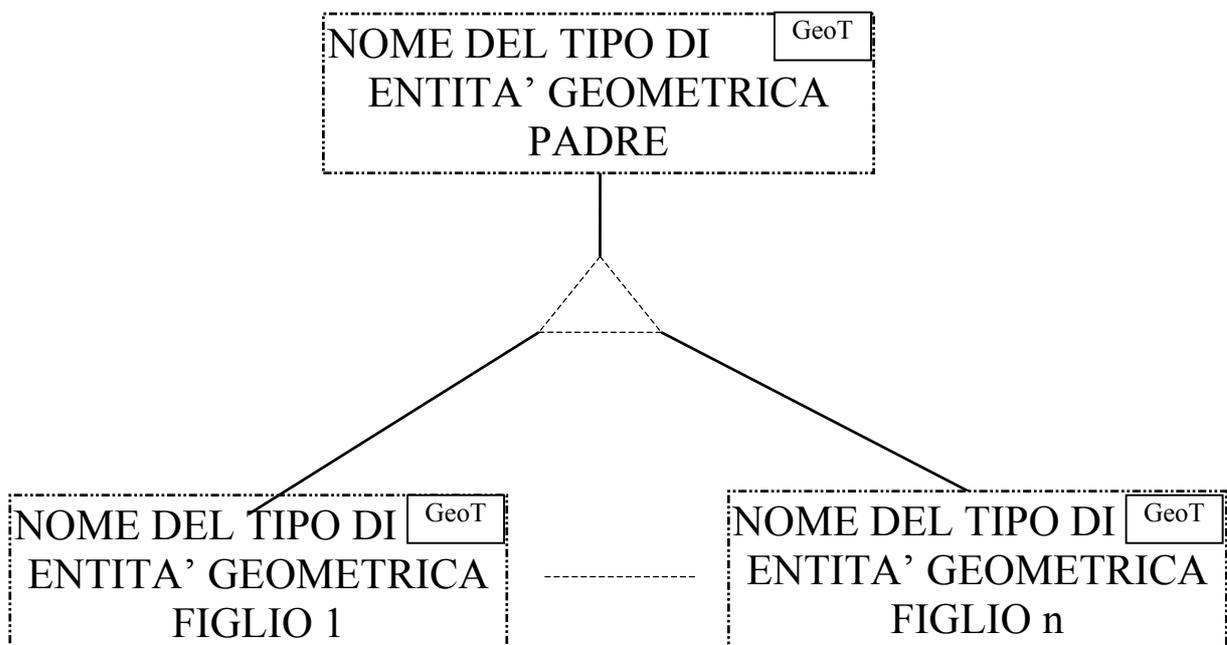


Definizione di Gerarchia di Contenimento

Dato un tipo di entità geometrica E è possibile dichiarare una Gerarchia di Contenimento costituita da E come padre e un certo numero di tipi di entità geometriche E_1, \dots, E_n come figli. La presenza di una gerarchia di contenimento sta ad indicare che ogni istanza dei tipi di entità geometrica E_1, \dots, E_n è contenuta completamente in una e una sola istanza del tipo di entità geometrica E .

Una gerarchia di contenimento definisce una **relazione** tra tipi di entità: un'istanza superiore è in relazione con tutte le istanze inferiori che essa contiene.

Una gerarchia di contenimento definisce un **vincolo**: ogni istanza inferiore deve essere contenuta nell'istanza superiore con cui è in relazione.



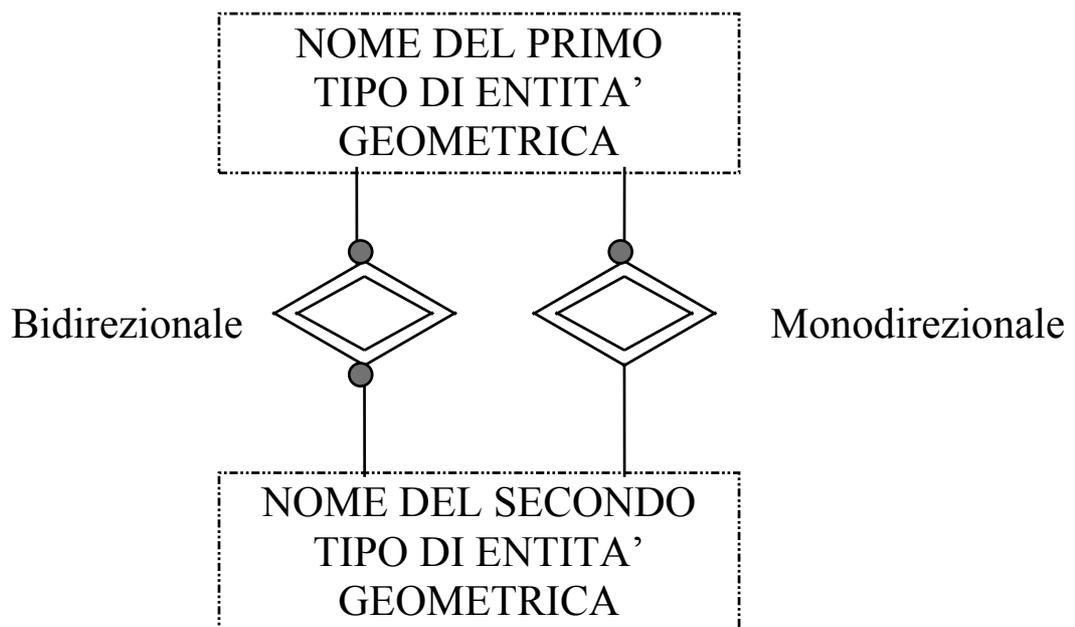
Sia la gerarchia di composizione che quella di contenimento, definiscono un criterio di determinazione delle istanze dei tipi di entità geometrica padre e figli la prima e dei tipi di entità geometrica figli la seconda.

Si noti inoltre che la gerarchia di composizione è spesso anche di contenimento. Non è così solo se la gerarchia di composizione non è completa. In tal caso il triangolo che rappresenta graficamente la gerarchia di composizione sarà etichettato con una "P".

Si noti infine che il contenimento opzionale non esprime in generale alcun vincolo significativo. Tuttavia, a causa del vincolo di mutua esclusione tra punti e linee, può essere utile poter indicare il contenimento di entità puntiformi in entità lineari. Il simbolo grafico per indicare questo caso è dato dall'etichettare il triangolo che rappresenta la gerarchia di contenimento con una "P".

Definizione di Vincolo di Intersezione non nulla

Il vincolo di intersezione non nulla lega tra loro due tipi di entità geometriche. Esso impone che tutte le istanze del primo tipo di entità geometrica abbiano intersezione non nulla con almeno un'istanza del secondo tipo di entità, oppure il viceversa, oppure può anche essere bidirezionale.



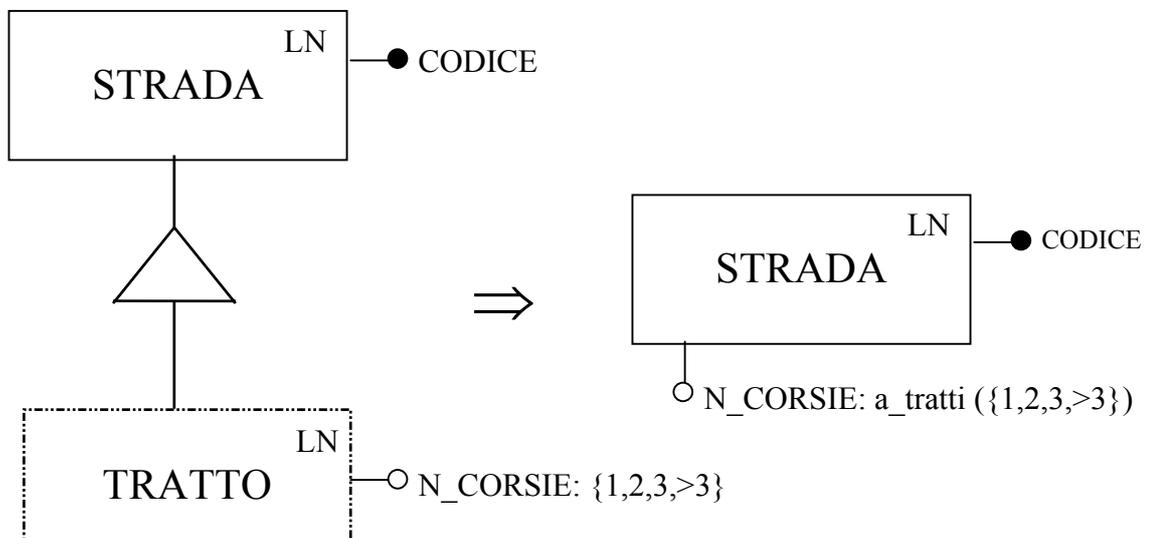
FORME SINTETICHE

Definizione di Attributo a Tratti

Un attributo a tratti è una funzione che associa un valore di un attributo a porzioni delle istanze di un'entità geometrica lineare. Le porzioni per le quali la funzione associa lo stesso valore dell'attributo a tratti A sono dette "tratti omogenei rispetto ad A".



Esempio

**Definizione di Attributo a Sottoaree**

Un attributo a sottoaree è una funzione che associa un valore di un attributo a porzioni delle istanze di un'entità geometrica poligonale. Le porzioni per le quali la funzione associa lo stesso valore dell'attributo a sottoaree A sono dette "aree omogenee rispetto ad A".