

Corso
di
Basi di Dati Spaziali

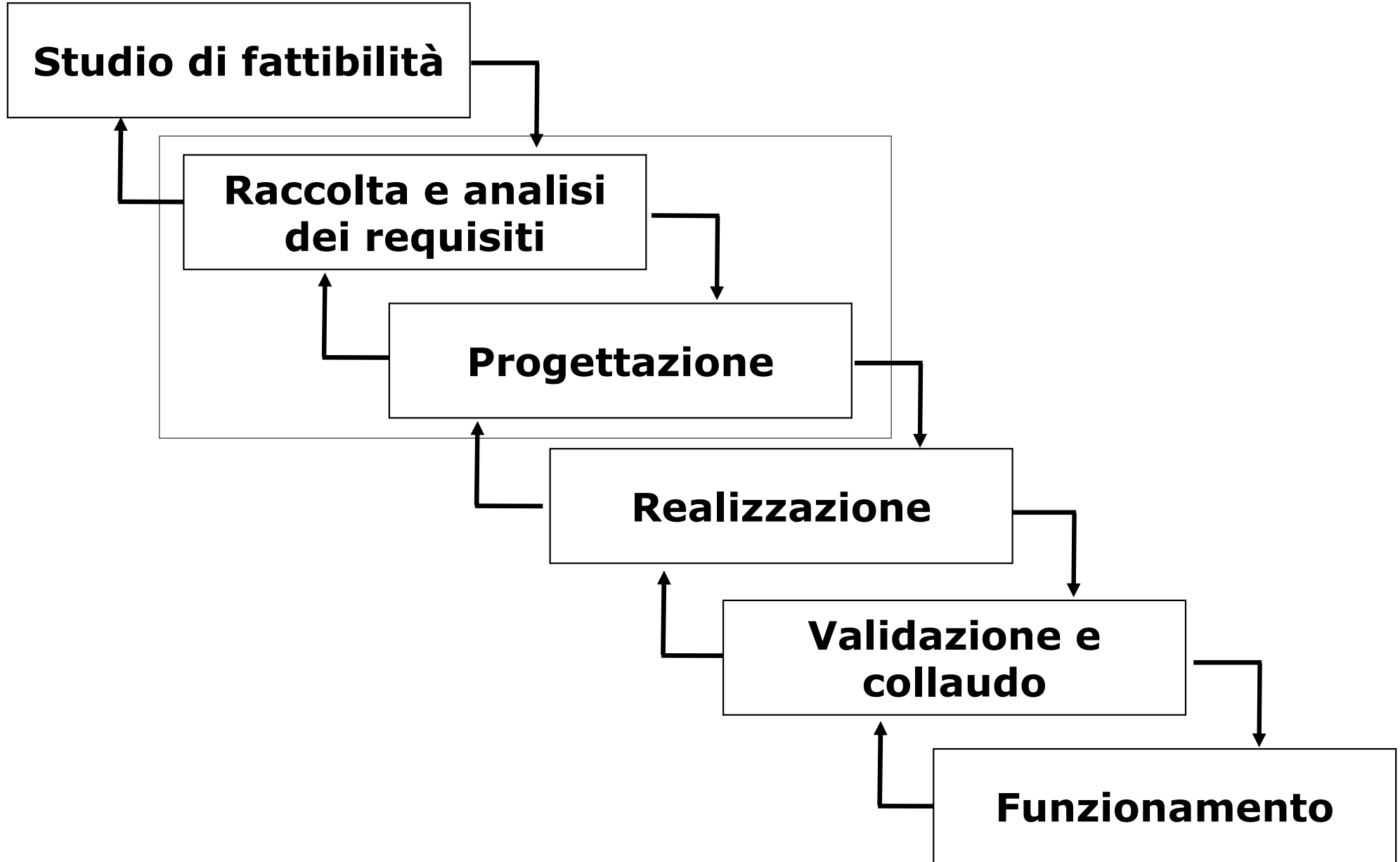
**Progettazione
concettuale e logica**

Angelo Montanari

Donatella Gubiani

Progettazione di una base di dati

- È una delle attività svolte nell'ambito del processo di sviluppo dei sistemi informativi e va inquadrata in tale contesto
- Il ciclo di vita dei sistemi informativi:
 - insieme delle attività svolte da analisti, progettisti e utenti nel corso dello sviluppo e dell'utilizzo dei sistemi informativi
 - attività iterativa (ciclo)



Requisiti della base di dati

**PROGETTAZIONE
CONCETTUALE**

Schema concettuale

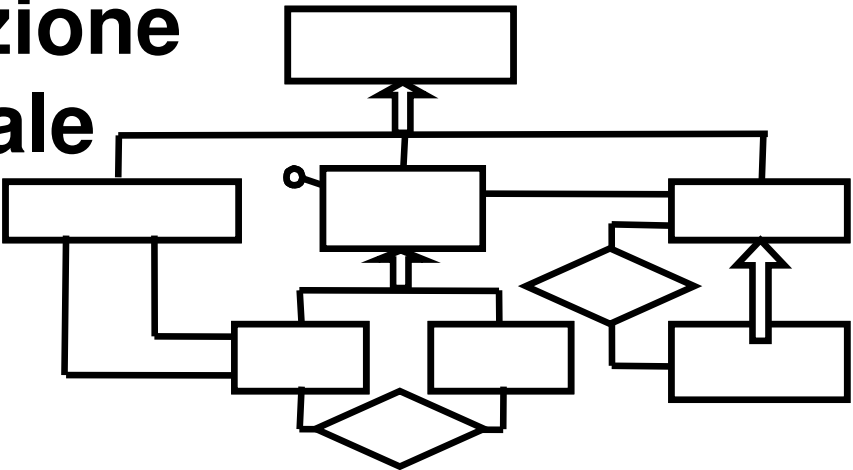
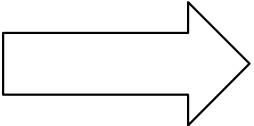
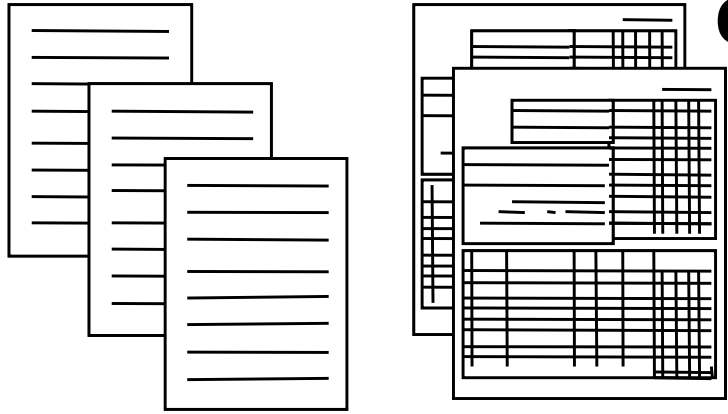
**PROGETTAZIONE
LOGICA**

Schema logico

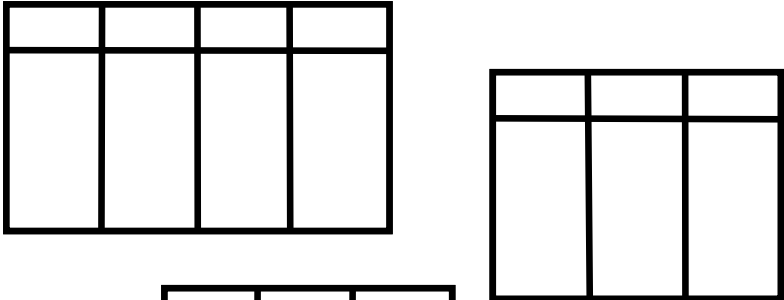
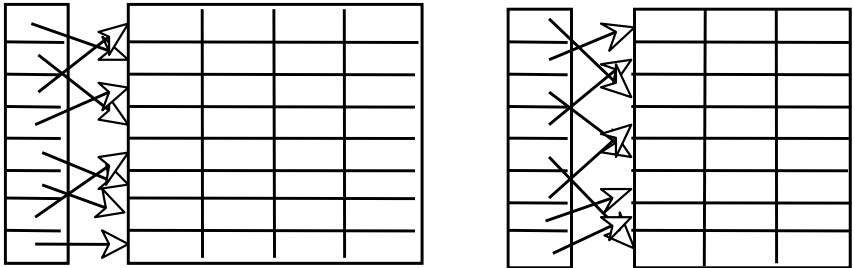
**PROGETTAZIONE
FISICA**

Schema fisico

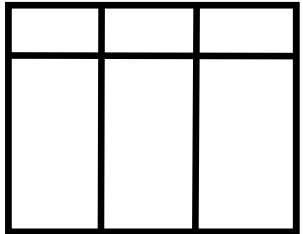
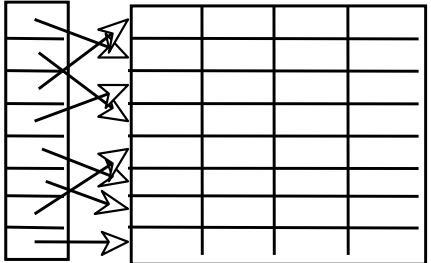
Progettazione concettuale



Progettazione logica



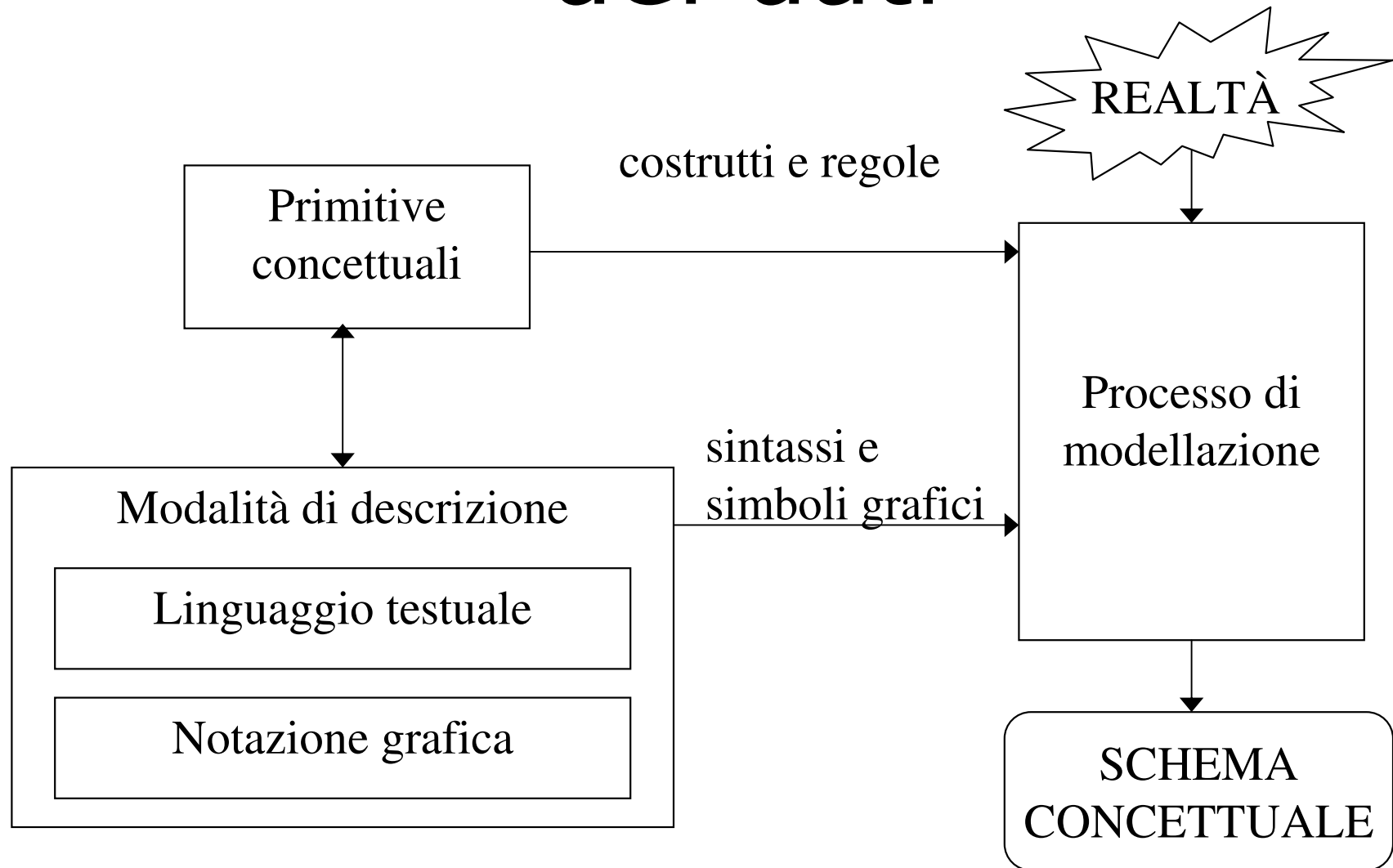
Progettazione fisica



PROGETTAZIONE CONCETTUALE

- Passaggio da una descrizione informale del dominio applicativo ad un **modello**
 - conforme al dominio
 - indipendente dalla struttura logica e fisica dei dati

Modellazione concettuale dei dati



Modello concettuale

- Collezione di concetti/costrutti che possono essere utilizzati per descrivere un insieme di dati e, in taluni casi, le relative operazioni (tipi di dato astratti)
- Permettono di rappresentare in modo strutturato (un'astrazione di) la realtà

Per modellare dati spaziali...

- (Come visto in precedenza)
Requisiti sostanzialmente diversi delle applicazioni tradizionali:
 - dati con estensione e posizione spaziale
 - dualità delle visioni ad oggetti e a campi
 - informazioni incomplete
 - diverse rappresentazioni degli oggetti
 - relazioni spaziali fra oggetti
- **Soluzione: estendere i modelli dei dati tradizionali**

Formalismi

- I modelli proposti in letteratura si basano su:
 - Formalismo Entità-Relazioni (ER)
 - Formalismi Orientati agli Oggetti (OO)
 - Formalismo IFO

Modelli basati sul formalismo ER - 1

- Modello formale che aderisce il più possibile al dominio applicativo
 - Caratterizzato da due concetti fondamentali:
 - Entità
 - Relazione
- Più alcuni concetti addizionali:
Attributo, Generalizzazione,
Categoria, ..

Modelli basati sul formalismo ER - 2

- Introducono entità con riferimento spaziale e relazioni di tipo spaziale
- Rappresentanti principali di questa famiglia di modelli: MODUL-R, GISER, **GeoER**

Modelli basati sui formalismi OO - 1

- Elementi comuni:
 - Classi di oggetti
 - Attributi
 - Metodi
 - Specializzazioni
- Le classi di oggetti sono suddivise in georeferenziate o non georeferenziate

Modelli basati sui formalismi OO - 2

- Ulteriori costrutti semantici, presenti in alcuni casi, sono ad esempio:
 - Relazioni topologiche
 - Aggregazioni spaziali
- Rappresentanti principali di questa famiglia di modelli: MGEO/MGEO+, GeoOOA, OMT-G, Object-Relational, MADS, GeoFrame, GMOD, CONGOO

Modelli basati sul formalismo IFO - 1

- Concetti chiave:
 - Tipi atomici, suddivisi in astratti, stampabili e liberi
 - Tipi complessi
 - Frammenti

Modelli basati sul formalismo IFO - 2

- Utilizzano una modellazione dei concetti geografici complessa e poco intuitiva
- Rappresentanti principali di questa famiglia di modelli: GeoIFO, Modello IFO per applicazioni geografiche

Il modello GeoER

- Estensione del modello ER
- Elementi distintivi:
 - posizione dell'oggetto nello spazio
 - viste di oggetti geografici
 - attributi dipendenti dallo spazio
 - relazioni spaziali
 - oggetti geografici complessi

Elementi distintivi

- Spazio di riferimento: piano euclideo
- Nuovi costrutti:
 - territorio di schema
 - entità geometrica
 - generalizzazione di entità geometriche
 - composizione di entità geometriche
 - contenimento di entità geometriche

Territorio di schema

- **Territorio di schema:** poligono che rappresenta il territorio contenente tutti i valori geometrici che possono essere ottenuti istanziando un dato schema concettuale

Domini spaziali - 1

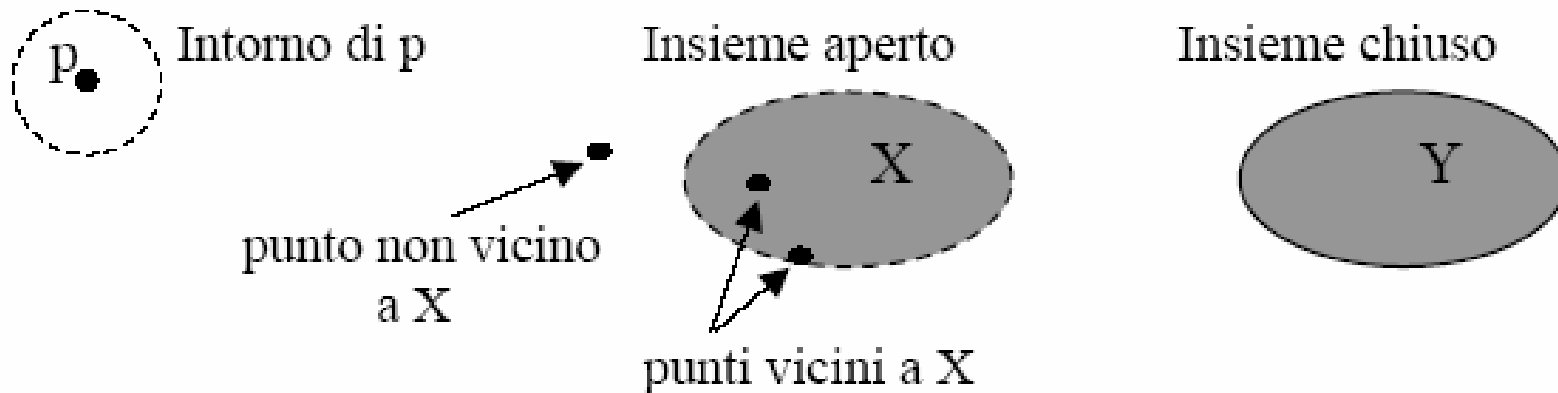
- Spazio di riferimento: piano euclideo (\mathfrak{R}^2)
- Oggetti: insiemi di punti
- Definizioni:
 - Disco aperto: è un insieme di punti in \mathfrak{R}^2 limitato da una circonferenza (circonferenza esclusa)
 - Intorno di un punto $p \in \mathfrak{R}^2$: è qualsiasi disco aperto contenente p

Domini spaziali - 2

- Dato un insieme di punti $X \subset \mathbb{R}^2$, si introducono le seguenti definizioni:
 - un punto $p \in \mathbb{R}^2$ è vicino a (near) X se ogni intorno di p contiene punti di X
 - X è aperto se per ogni $p \in X$ 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

Domini spaziali - 3

- Interior di X (X°): è l'insieme di tutti i punti di X che non sono vicini al complemento di X ($X' = \mathbb{R}^2 - X$)
- Boundary di X (∂X): è l'insieme di tutti i punti che sono vicini sia a X che a X' ($\partial X = X^- - X^\circ$)



Domini spaziali - 4

- 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

Domini spaziali - 5

- Omomorfismo: è una biiezione definita su \mathfrak{R}^2 che trasforma ogni intorno del dominio in un intorno del codominio:

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

- Due insiemi X e Y sono topologicamente equivalenti se esiste un omomorfismo che applicato a X produce Y
- Un omomorfismo equivale ad una trasformazione "rubber sheet" (foglio di gomma) che stira e distorce il piano (foglio) senza però produrre pieghe o strappi

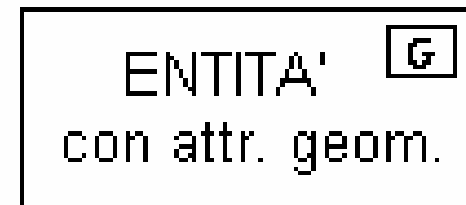
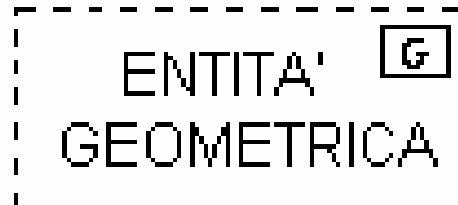
Entità

- Un'**entità** è un insieme di oggetti del mondo reale, rilevanti per l'applicazione, caratterizzati da proprietà comuni e dotati di esistenza autonoma
- **Tipi** di entità:
 - Entità (normale)
 - Entità geometrica
 - Entità (normale) con attributo geometrico
- E' presente, inoltre, il tipo di **entità debole**

Tipi di Entità

- Tipi di entità:
 - Entità (normale)
 - Entità geometrica
 - Entità (normale) con attributo geometrico

- Notazione:



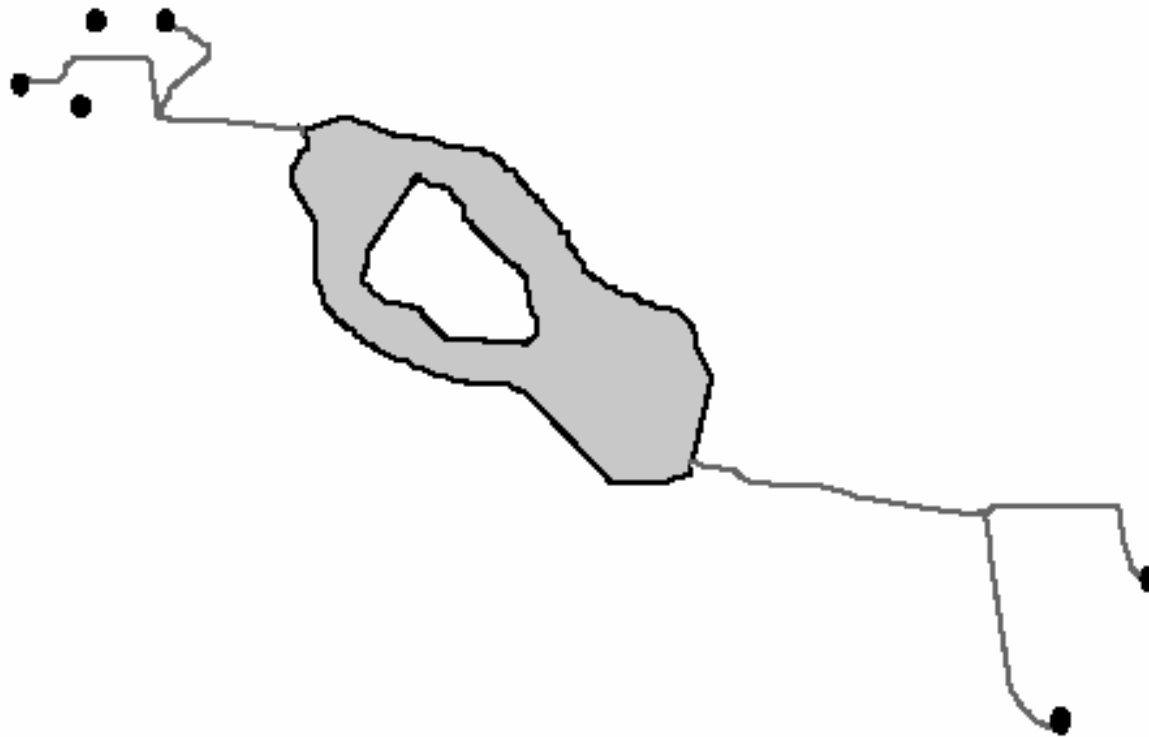
Tipo di Entità Geometrica

- La dichiarazione di un tipo di entità geometrica definisce una proprietà valida su alcune porzioni del territorio di schema. E' possibile dichiarare proprietà aggiuntive quali
 - attributi
 - relazioni geometriche
- Ogni tipo di entità geometrica ha obbligatoriamente associato un **tipo geometrico**
 - PUNTO (PT)
 - LINEA (LN)
 - POLIGONO (PG)

Tipo Geometrico Poligono

- Un poligono è l'unione di:
 - insiemi chiusi regolari e connessi di \mathfrak{R}^2
 - linee
 - punti isolaticontenente almeno un insieme chiuso regolare e connesso
- Gli insiemi chiusi regolari e connessi possono contenere buchi
- Le linee e i punti isolati rappresentano poligoni degeneri.

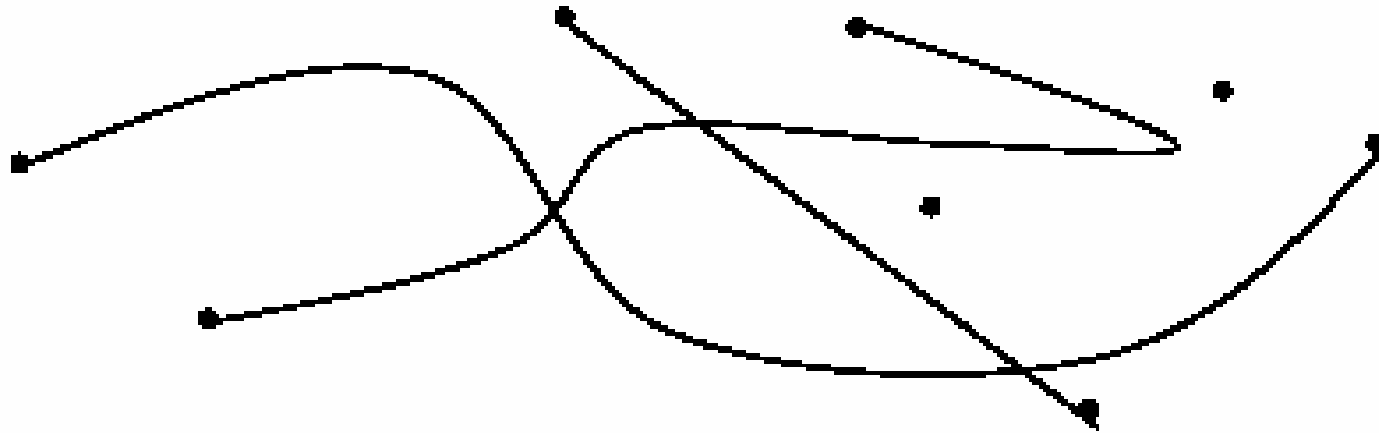
Esempio del Tipo Geometrico Poligono



Tipo Geometrico Linea

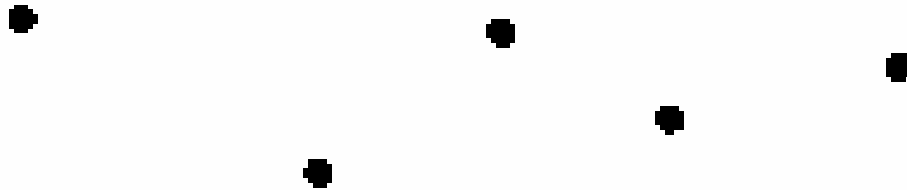
- Una linea è l'unione di:
 - archi semplici (insiemi di \mathfrak{R}^2 omomorfi ad un segmento di retta e quindi connessi)
 - punti isolati (punti di \mathfrak{R}^2 non contenuti in insiemi del primo tipo)contenente almeno un insieme omomorfo ad un segmento di retta
- I punti rappresentano curve degeneri

Esempio del Tipo Geometrico Linea



Tipo Geometrico Punto

- Un qualsiasi insieme di punti isolati del piano



Vincolo di mutua esclusione tra punti e linee

- Tra le istanze di entità geometriche di tipo linea e di tipo punto viene fatta implicitamente la seguente assunzione (se la si vuole rilasciare, occorre farlo in modo esplicito):

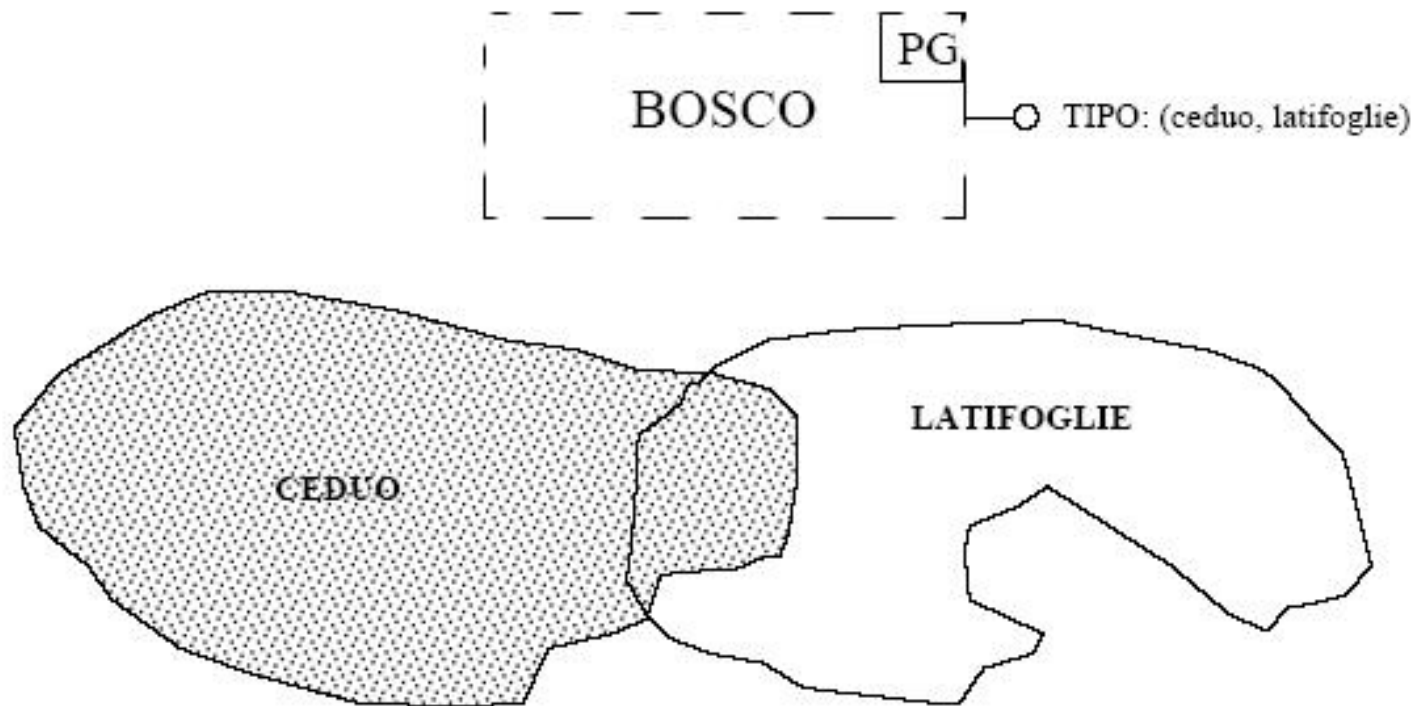
**UN PUNTO NON È MAI
CONTENUTO IN UNA LINEA**

Istanza di entità geometrica

- Porzione del territorio di uno schema avente le seguenti caratteristiche:
 - su tutta la porzione di territorio che la costituisce, vale la proprietà definita dal tipo di entità geometrica cui l'istanza appartiene
 - tutte le proprietà aggiuntive definite per quel tipo di entità geometrica hanno lo stesso valore su tutta la porzione di territorio
 - due diverse istanze di entità geometrica differiscono o nella geometria o nel valore di almeno una delle proprietà aggiuntive

Esempio di istanza di entità geometrica

- Si noti che la definizione non richiede che le porzioni di territorio costituenti due diverse istanze di entità geometrica siano disgiunte



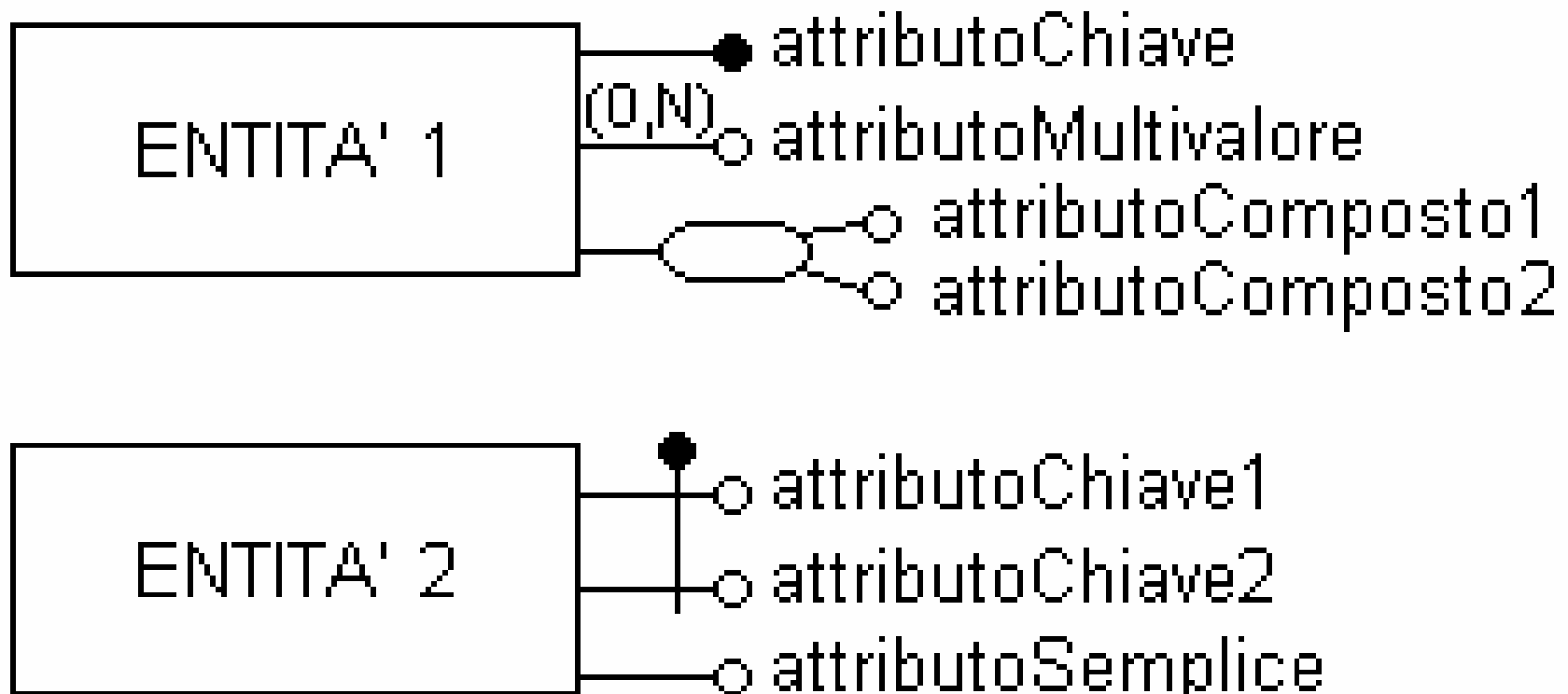
Entità normale con attributo geometrico

- E' è una funzione che, data un'istanza e dell'entità normale, restituisce un'istanza e' di entità geometrica. Tale istanza e' è totalmente individuata dall'essere il valore dell'attributo geometrico di e .
- L'attributo geometrico di un'entità normale, se presente, è unico.

Attributi - 1

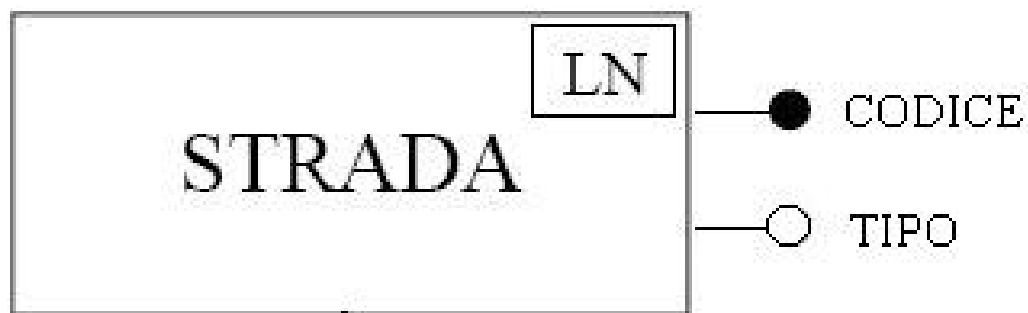
- Descrivono una proprietà elementare di un'entità (o di una relazione), rilevante ai fini dell'applicazione.
- Possibile dominio di un attributo:
 - numerico, stringa, enumerativo, record
- Tipi di attributo:
 - semplice
 - composto
 - chiave
 - multivalore

Attributi - 2



Esempio

- Entità (normale) con attributo geometrico



NOTA: l'attributo TIPO indica la tipologia di strada che può essere urbana, extraurbana...

Relazioni

- Rappresentano un legame logico fra due o più entità
- Vincoli
 - di partecipazione:
 - totale
 - parziale
 - di cardinalità:
 - uno
 - molti

Esempio di relazione

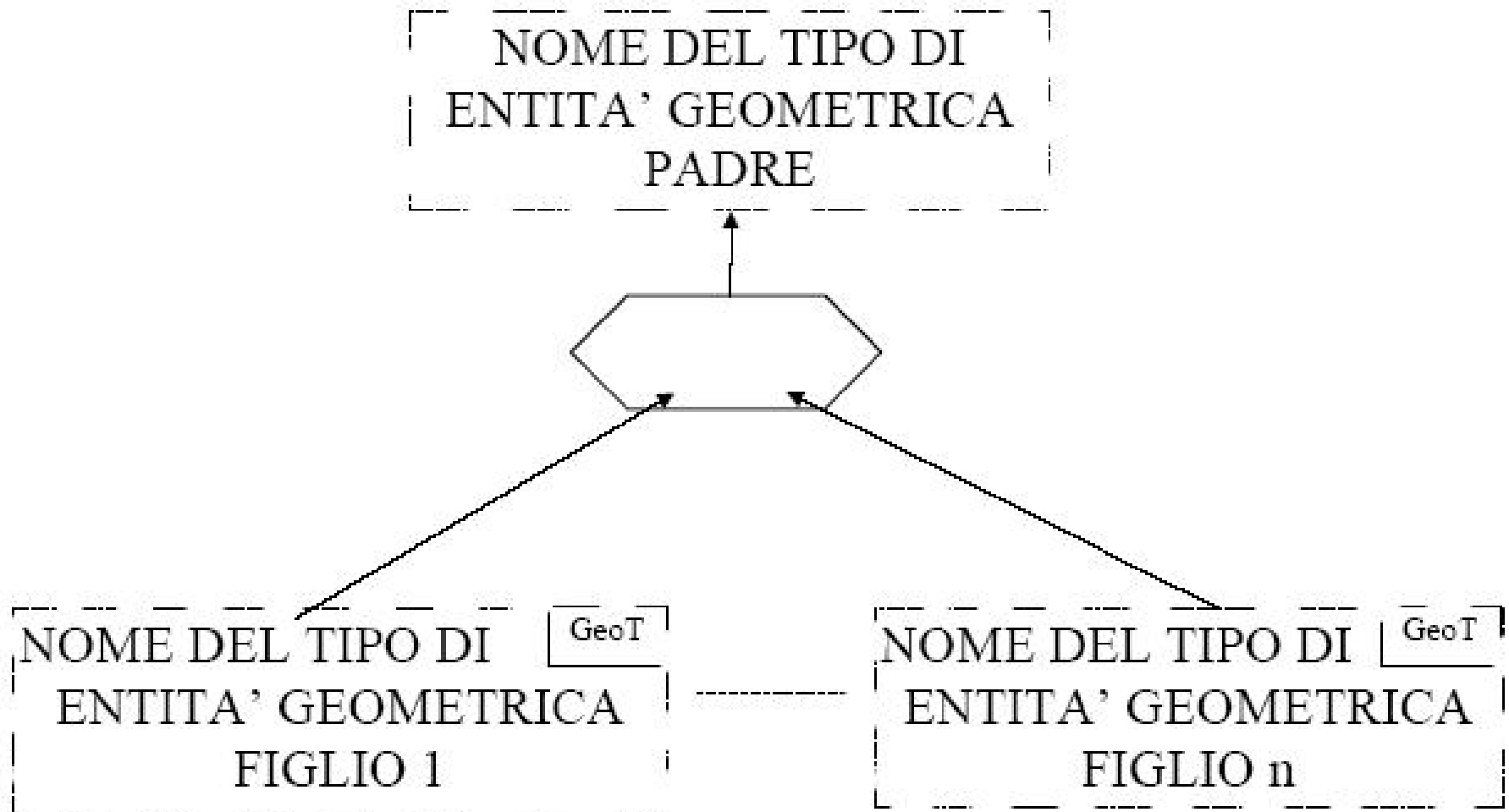
- Legame studenti/esami (entità normali):



Generalizzazione - 1

- Una **generalizzazione** consiste di un tipo di entità padre E e di un insieme di tipi di entità figlio (E_1, \dots, E_n)
- Per ogni i , le istanze di E_i sono un sottoinsieme delle istanze di E

Generalizzazione - 2



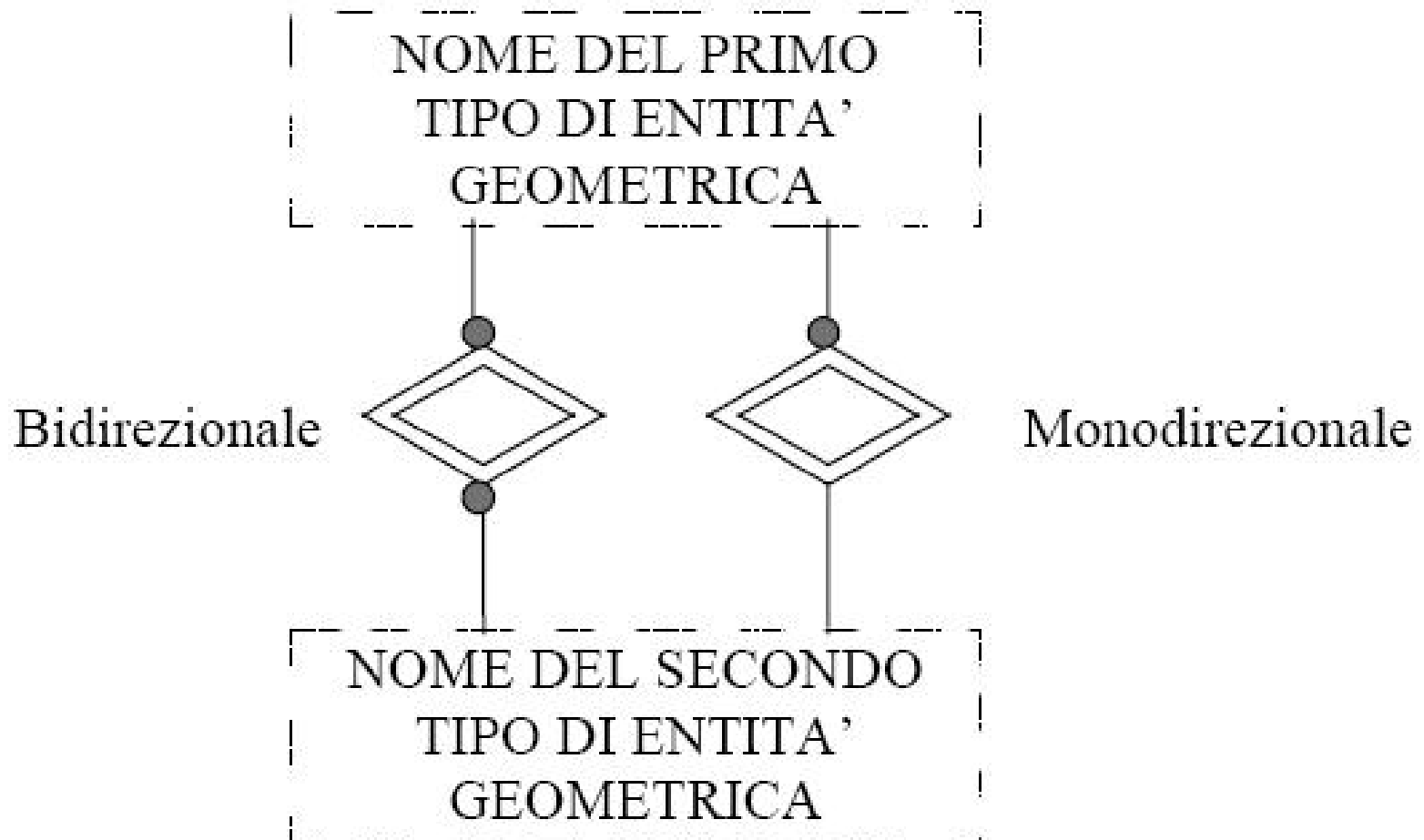
Generalizzazione che coinvolge entità geometriche

- Caratteristiche distintive:
 - l'entità geometrica E non possiede proprietà aggiuntive
 - ogni istanza di un'entità geometrica E_i , sottotipo dell'entità geometrica E , è anche istanza di E
 - la gerarchia è sempre totale/esclusiva (ogni istanza dell'entità geometrica E è anche istanza di una e una sola delle entità geometriche E_i)

Vincolo di intersezione non nulla - 1

- Lega tra loro due tipi di entità geometriche, imponendo che:
 - tutte le istanze del primo tipo di entità geometrica abbiano intersezione non nulla con almeno un'istanza del secondo tipo di entità (unidirezionale), oppure
 - tutte le istanze del secondo tipo di entità geometrica abbiano intersezione non nulla con almeno un'istanza del primo tipo di entità (unidirezionale), oppure
 - entrambe (bidirezionale)

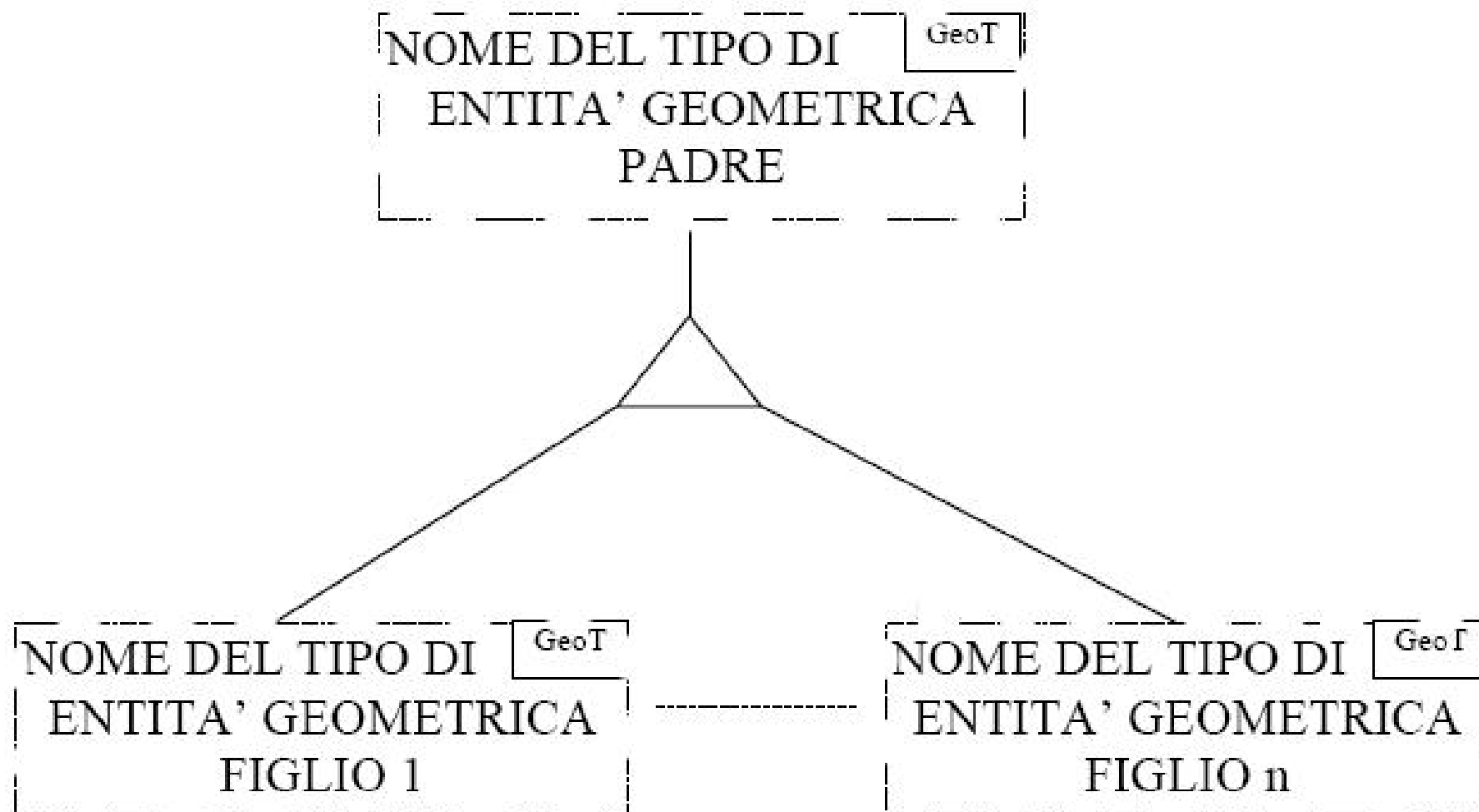
Vincolo di intersezione non nulla - 2



Relazione di composizione - 1

- Una **relazione di composizione** consiste di un tipo di entità geometrica padre E e di un insieme di tipi di entità geometrica figlio E_1, \dots, E_n
- Le istanze di E sono costituite dall'unione di istanze di E_1, \dots, E_n
- I tipi geometrici delle entità geometriche che partecipano alla relazione sono uguali

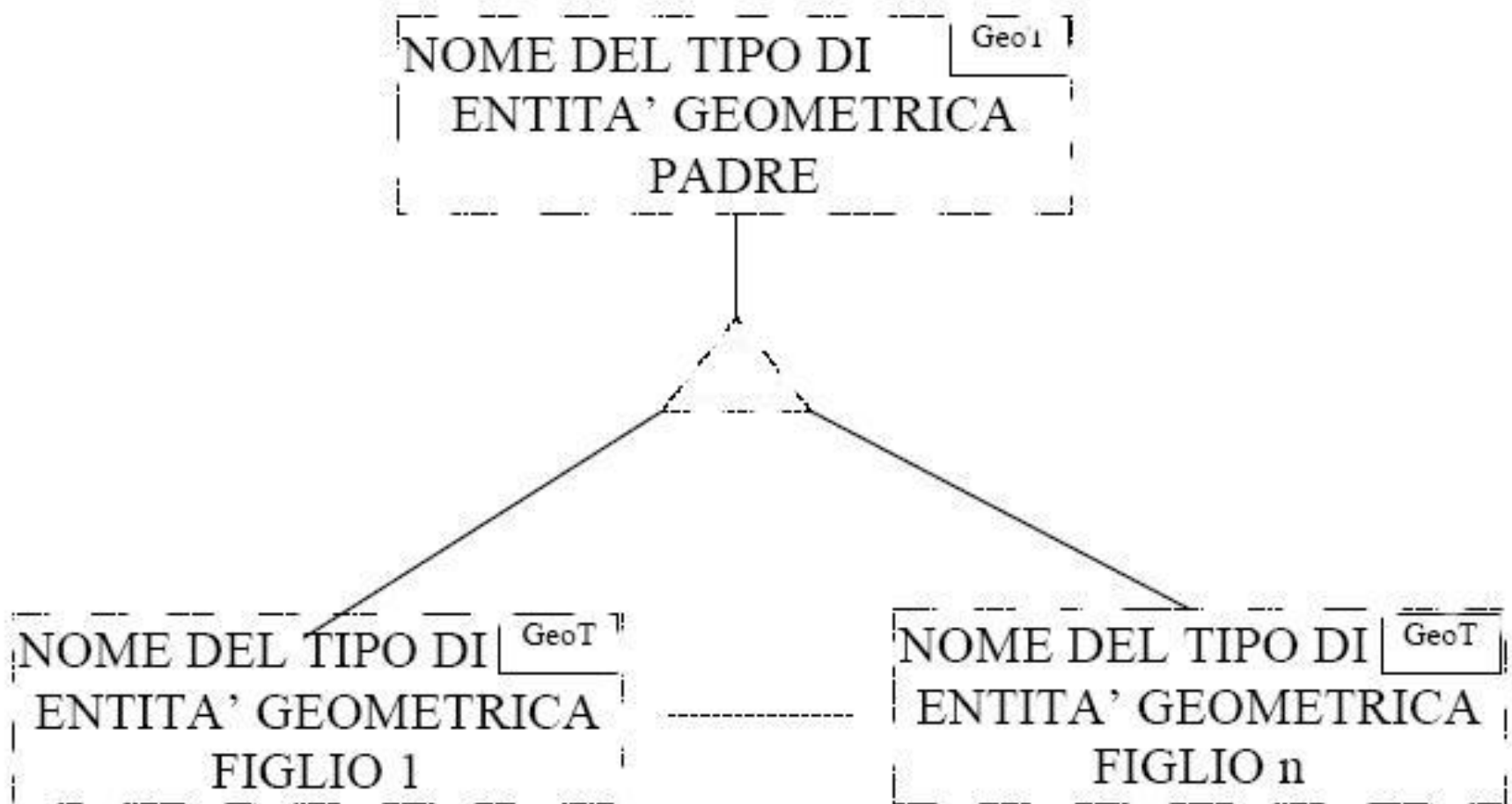
Relazione di composizione - 2



Relazione di contenimento - 1

- Una **relazione di contenimento** consiste di un tipo di entità geometrica padre E e di un insieme di tipi di entità geometrica figlio E_1, \dots, E_n
- Ogni istanza di E_1, \dots, E_n è interamente contenuta in una e una sola istanza di E

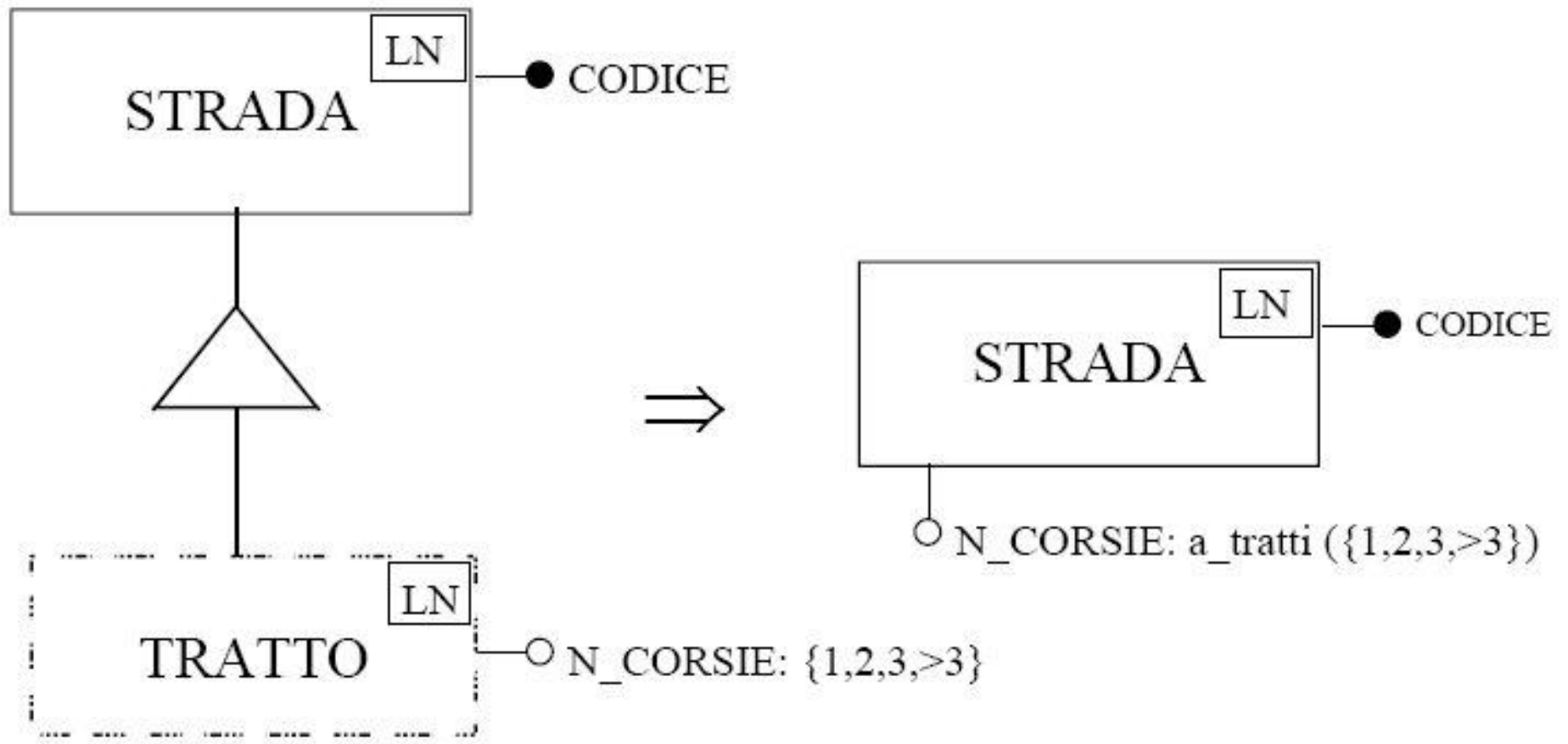
Relazione di contenimento - 2



Forme sintetiche - 1

- **Attributo a tratti:**
 - funzione che associa un valore di un attributo a porzioni delle istanze di un'entità geometrica lineare
 - le porzioni alle quali la funzione associa uno stesso valore per l'attributo a tratti A sono dette *tratti omogenei* rispetto ad A

Forme sintetiche - 2



Forme sintetiche - 3

- **Attributo a sottoaree:**
 - funzione che associa un valore di un attributo a porzioni delle istanze di un'entità geometrica poligonale
 - le porzioni alle quali la funzione associa lo stesso valore dell'attributo a sottoaree A sono dette *aree omogenee* rispetto ad A

Una proposta originale: il modello GeoGraph

- Un'analisi dei modelli proposti in letteratura rispetto ad alcuni criteri fondamentali, quali:
 - potenza espressiva
 - semplicità
 - prossimità ai modelli logici spaziali (in primis, Oracle Spatial)ha rivelato come nessun modello sia del tutto soddisfacente.
I modelli più significativi sono due modelli appartenenti al formalismo OO: OMT-G e MADS

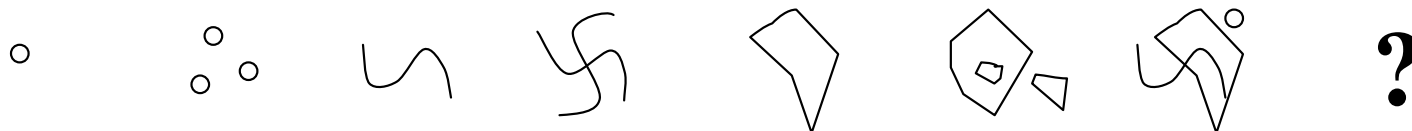
GeoGraph: caratteristiche

- Incorpora le principali caratteristiche dei modelli OMT-G e MADS in un modello Entità-Relazioni esteso
- Dal modello Entità-Relazioni mutua i concetti di:
 - Entità ed entità debole
 - Attributo, (chiave, a singolo valore o multivalore, semplice o composti, derivato)
 - Relazione
 - Relazione di specializzazione
- Inoltre, introduce nuovi concetti quali..

Entità georeferenziate - 1



- Le entità georeferenziate sono associate ad uno dei seguenti tipi geometrici:
POINT, MULTIPOINT, LINE, MULTILINE, POLYGON, MULTIPOLYGON, COLLECTION, OTHER GEOMETRY



Entità georeferenziate - 2

- Tipi di entità georeferenziate:
 - Entità con geometria (implicita)
 - Entità puramente geometrica (identificata dalla sua geometria)



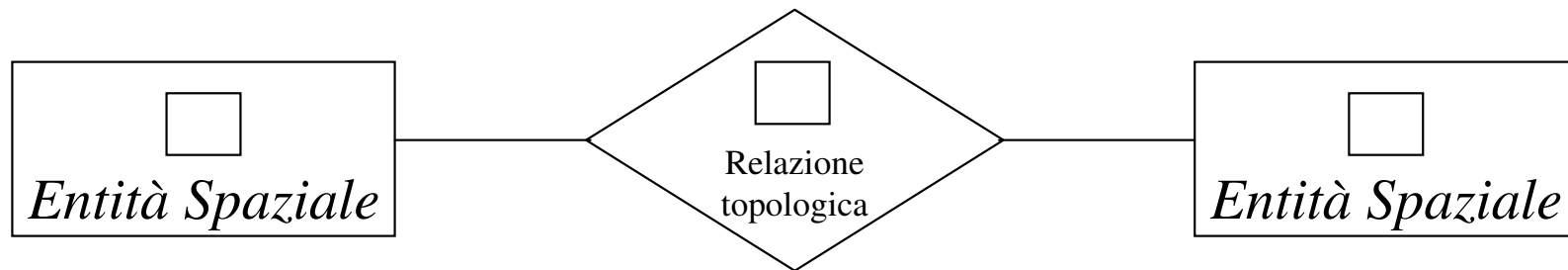
Attributi spaziali

- Nelle entità non puramente geometriche possono comparire attributi user-defined con dominio geometrico



- NOTA: non si tratta della geometria delle entità spaziali

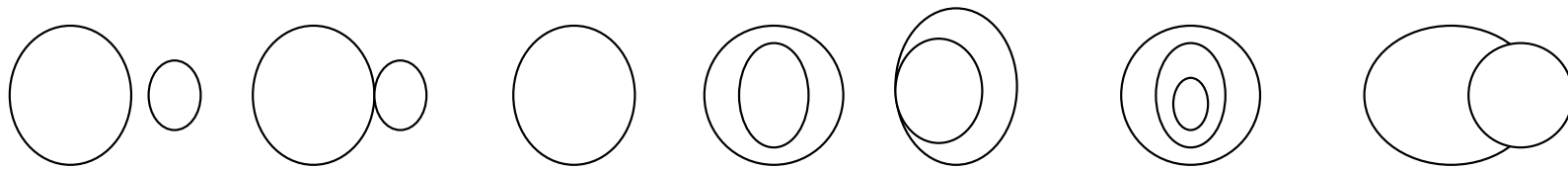
Relazioni topologiche - 1



- GeoGraph supporta un insieme completo e minimale di relazioni topologiche tra due geometrie arbitrarie in \mathcal{R}^2

Relazioni topologiche - 2

- Relazioni topologiche supportate dal modello: disgiunzione, adiacenza, uguaglianza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti e sovrapposizione con intersezione dei bordi



Relazioni topologiche - 3

- Sono stati introdotti dei vincoli di integrità sulle relazioni tra coppie di entità georeferenziate

1^a entità	2^a entità	Possibili relazioni
Point	Point	Disgiunzione, uguaglianza
	Line	Disgiunzione, adiacenza
	Polygon	Disgiunzione, adiacenza
	Multipoint	Disgiunzione, adiacenza, uguaglianza
	Multiline	Disgiunzione, adiacenza
	Multipolygon	Disgiunzione, adiacenza
Line	Point	Disgiunzione, inclusione
	Line	Tutte
	Polygon	Disgiunzione, adiacenza, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi

Relazioni topologiche - 4

1^a entità	2^a entità	Relazioni possibili
Line	Multipoint	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multiline	Tutte
	Multipolygon	Disgiunzione, adiacenza, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
Polygon	Point	Disgiunzione, adiacenza, inclusione
	Line	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Polygon	Tutte
	Multipoint	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multiline	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multipolygon	Tutte

Relazioni topologiche - 5

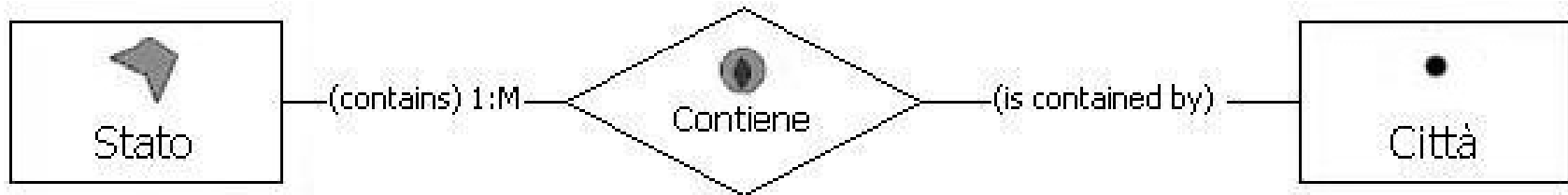
1^a entità	2^a entità	Relazioni possibili
Multipoint	Point	Disgiunzione, adiacenza, uguaglianza, copertura
	Line	Disgiunzione, adiacenza
	Polygon	Disgiunzione, adiacenza, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multipoint	Disgiunzione, adiacenza, uguaglianza, inclusione, copertura, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multiline	Disgiunzione, adiacenza
	Multipolygon	Disgiunzione, adiacenza, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
Multiline	Point	Disgiunzione, inclusione
	Line	Tutte
	Polygon	Disgiunzione, adiacenza, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi

Relazioni topologiche - 6

1^a entità	2^a entità	Relazioni possibili
Multiline	Multipoint	Disgiunzione, adiacenza, inclusione
	Multiline	Tutte
	Multipolygon	Disgiunzione, adiacenza, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
Multipolygon	Point	Disgiunzione, adiacenza, inclusione
	Line	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Polygon	Tutte
	Multipoint	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multiline	Disgiunzione, adiacenza, inclusione, copertura, sovrapposizione con bordi disgiunti, sovrapposizione con intersezione dei bordi
	Multipolygon	Tutte

Relazioni topologiche - 7

Esempio. Modellare l'entità Stato (Multipoligono) che contiene al suo interno l'entità Città (Punto).



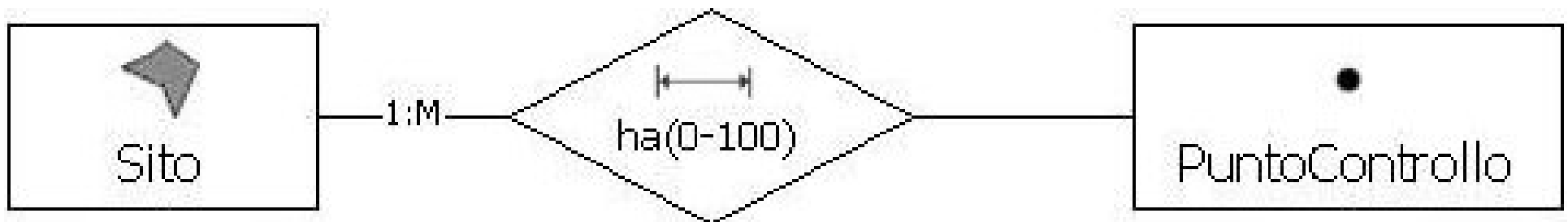
Nota: la relazione non è simmetrica!

Relazioni metriche e direzionali

- GeoGraph supporta relazioni:

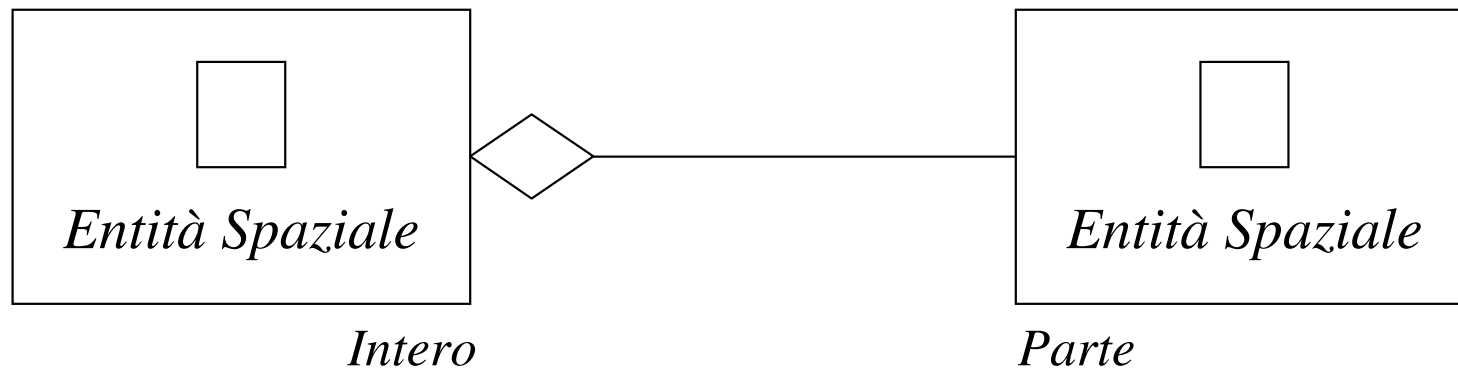
– metriche 

– direzionali 



Aggregazioni spaziali - 1

- Aggregazione spaziale tra due entità georeferenziate
 - situazione in cui un'entità Intero è composta da un'insieme di entità Parte



- Le parti non possono sovrapporsi e la geometria dell'intero è pienamente coperta dalla geometria delle parti

Aggregazioni spaziali - 2

- Sono stati introdotti dei vincoli (ovvi) sulla partecipazione delle entità georeferenziate alle aggregazioni spaziali

Entità intero	Entità parte
Point	nessuna
Multipoint	Point e Multipoint
Line	Line
Multiline	Line e Multiline
Polygon	Polygon
Multipolygon	Polygon e Multipolygon
Collection	tutte
Other geometry	tutte

Aggregazioni spaziali - 3

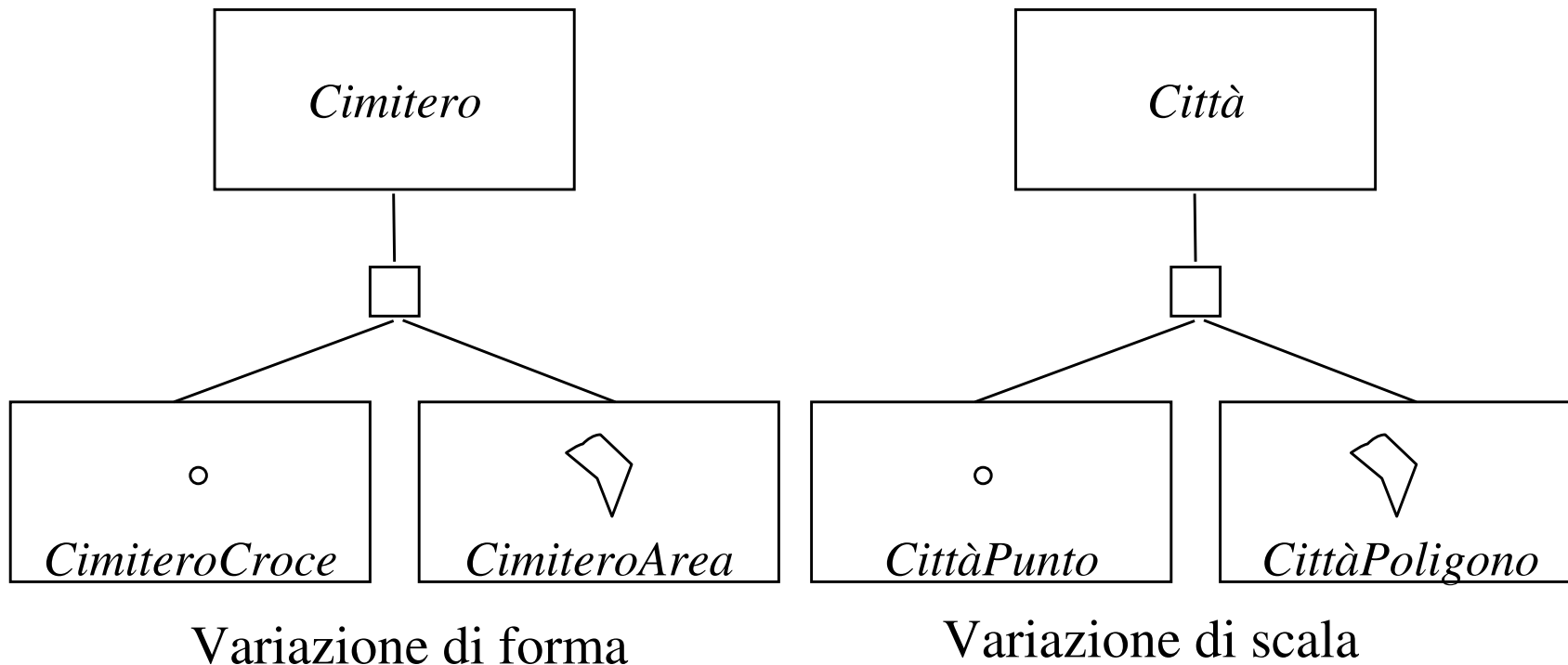
Esempio. Modellare l'entità Regione (poligono) come aggregato di entità Provincia (poligono)



Specializzazioni cartografiche - 1

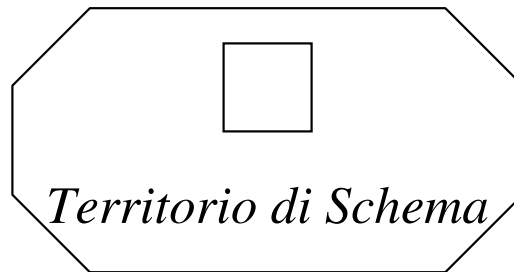
- Specializzazione cartografica:
 - Specializzazione sui generis in cui ad un'entità vengono associate molteplici geometrie (diversi modi in cui può essere **rappresentata**)
- Si distingue in:
 - variazione di forma: diverse forme geometriche associate ad una data entità ad una specifica scala
 - variazione di scala: diverse forme geometriche associate ad una data entità a scale diverse

Specializzazioni cartografiche - 2



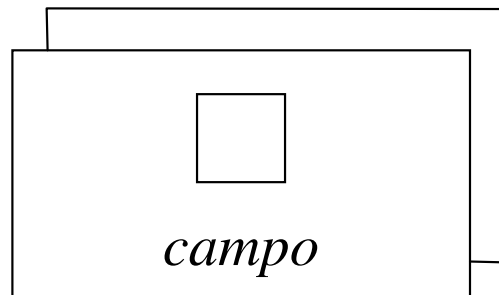
Territorio di Schema

- È una particolare entità spaziale con un'unica istanza
- Rappresenta il territorio all'interno del quale devono essere istanziati tutti i valori geometrici dello schema concettuale
 - si possono specificare relazioni di aggregazione e copertura che coinvolgono il territorio di schema



Campi - 1

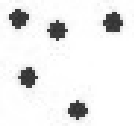
- Permettono di modellare la visione a campi



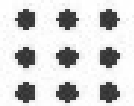
- Possono essere associati al territorio di schema o ad entità

Campi - 2

- Ai campi possono essere associate diverse tipologie di campionamento



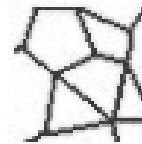
Campionamento irregolare di punti



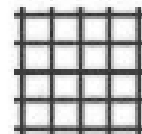
Campionamento regolare di punti



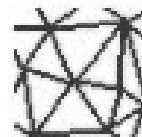
Isolinee



Poligoni



Griglia regolare di celle



Rete triangolare irregolare (TIN)

Strumento sviluppato

- Strumento grafico per la sintesi di schemi GeoGraph
- Linguaggio di programmazione usato: Java
- Funzionalità:
 - Strumenti per disegnare i diagrammi
 - Dialoghi per modificare le caratteristiche degli elementi del diagramma
 - Visualizzazione di un albero che definisce la struttura del modello
 - Salvataggio su file e stampa dei diagrammi
 - Taglia-copia-incolla, annullamento e ripristino, zoom, visualizzazione di righello, griglia e porte di connessione tra i nodi del grafico



Modello concettuale

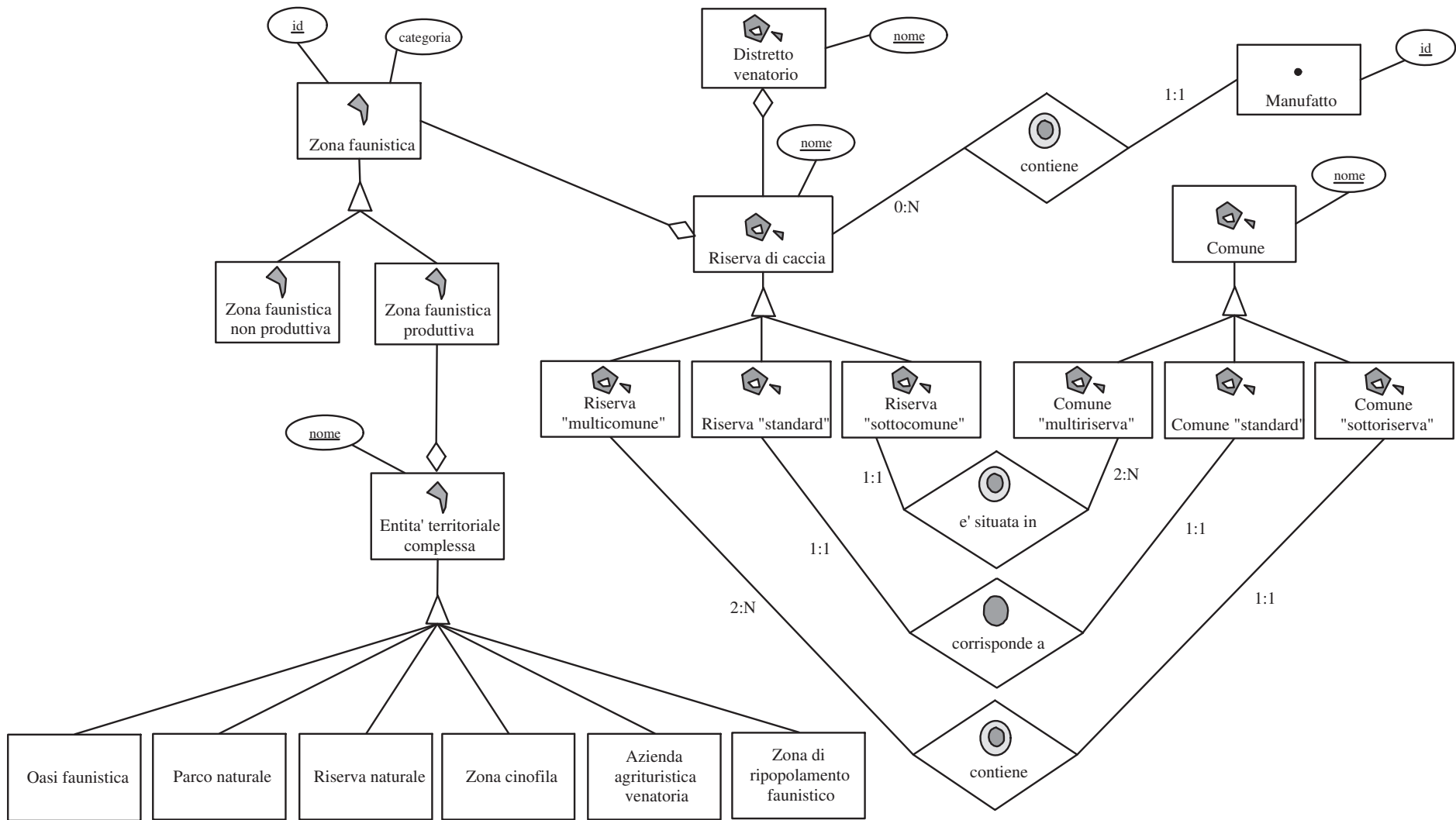
- Entità
- Relazioni



Caso di studio

Progetto di un sistema informativo geografico per la gestione delle risorse faunistico-venatorie di una regione.

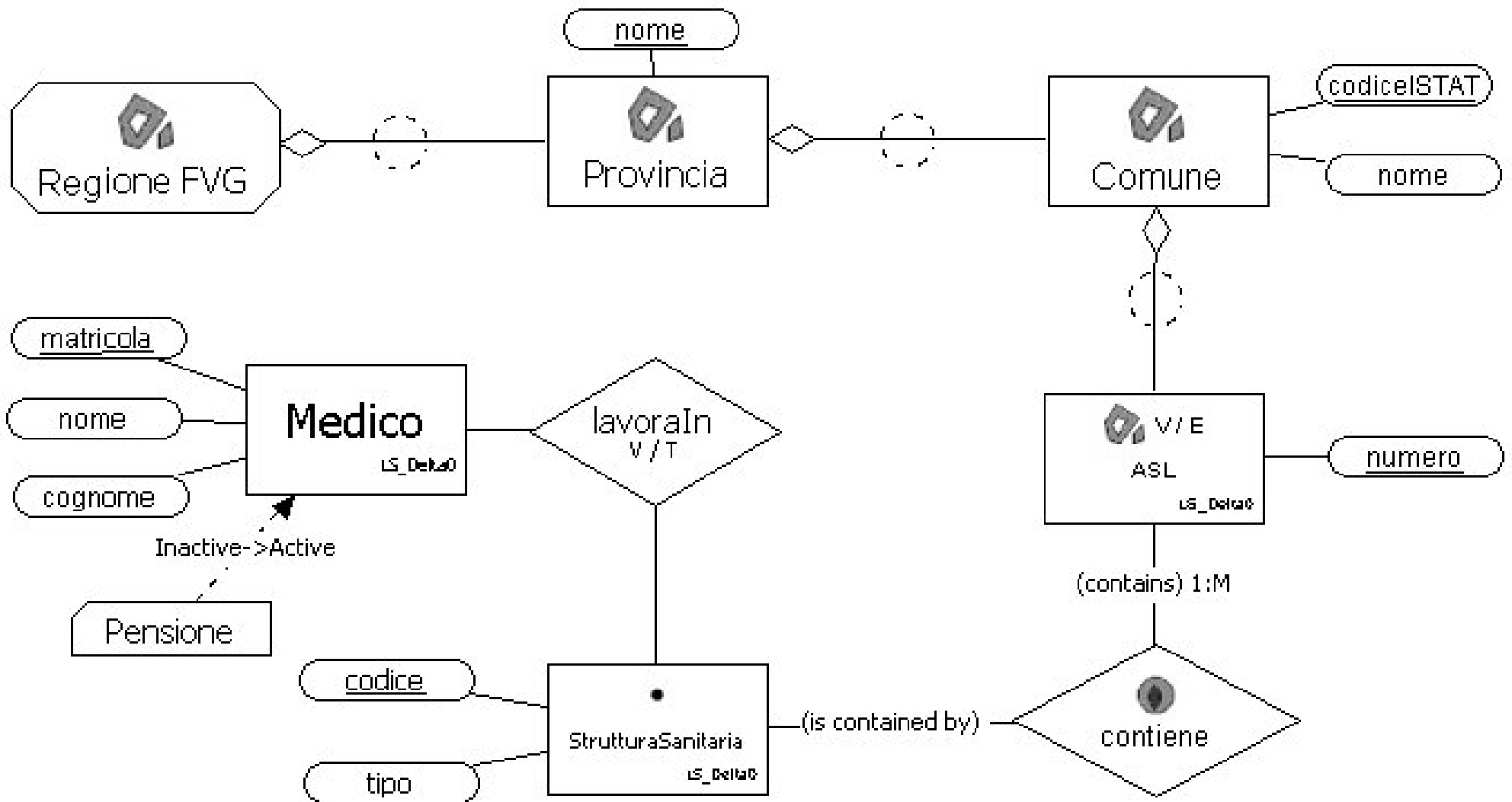
Risorse faunistico-venatorie



GeoGraph e ChronoGeoGraph

- ChronoGeoGraph estende GeoGraph con l'introduzione di:
 - 4 dimensioni temporali:
 - tempo di validità e/o tempo di esistenza (lifespan)
 - tempo di transazione
 - tempo dell'evento
 - tempo di disponibilità
 - collezioni temporali
 - relazioni di sincronizzazione
 - eventi

Esempio



Granularità dei dati spaziali

- Obiettivo:
 - analizzare in dettaglio uno degli aspetti che caratterizzano i dati spaziali
 - proporre un metodo di gestione a livello concettuale
- Idea di base:
 - passare da una rappresentazione unica ad una rappresentazione multipla
- Due aspetti:
 - spaziale
 - semantico

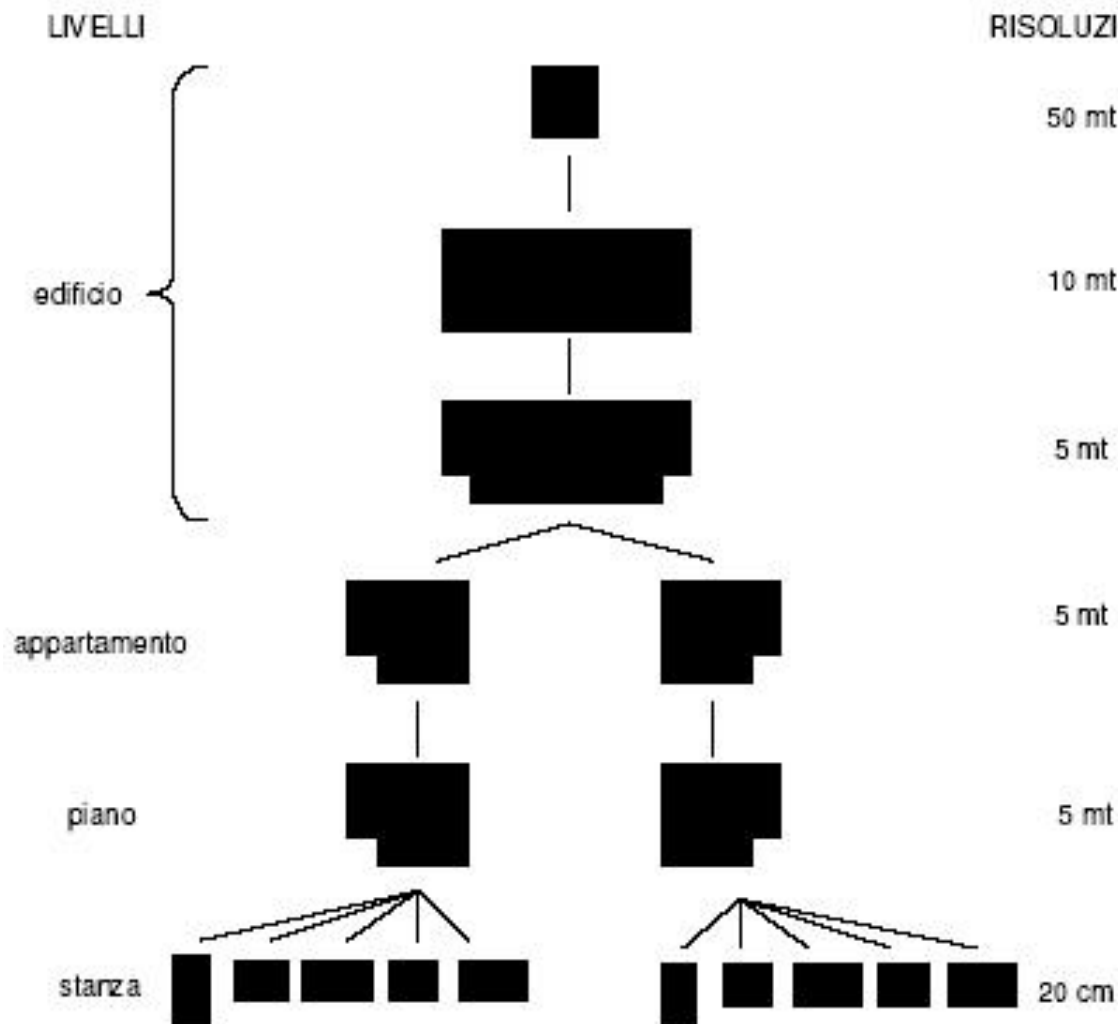
Granularità spaziale

- **CONCETTO:** livello di dettaglio legato alla rappresentazione spaziale (geometria) dei dati
- **Elementi basilari:**
 - **RISOLUZIONE:** dimensione geometrica minima distinguibile nella rappresentazione, e quindi, livello di dettaglio a cui un oggetto è memorizzato
 - **SCALA:** rapporto fra la dimensione nella realtà e quella della rappresentazione sulla mappa
- **Estensione dei modelli esistenti con l'introduzione di costrutti adeguati:**
 - specializzazioni cartografiche, diagrammi di trasformazione e presentazione (OMT-G), raffinamento e ridefinizione (MADS)

Granularità semantica

- **CONCETTO:** livello di dettaglio semantico legato alle informazioni che l'utente desidera rappresentare
- Meccanismi per analizzare la struttura semantica delle informazioni:
 - classificazione
 - scomposizione in parti (relazione parte-intero)
- **Modelli concettuali e relazione parte-intero:**
 - estensione dei modelli esistenti con l'introduzione della relazione di aggregazione

Relazioni tra granularità spaziale e semantica




- Struttura ad albero
- Allo stesso livello semantico possono corrispondere più livelli spaziali
- Talvolta, allo stesso livello spaziale possono corrispondere più livelli semantici

GeoGraph e Granular GeoGraph

- GeoGraph:
 - ER più costrutti di MADS e OMT-G
 - Costrutti legati alla granularità:
 - Specializzazione cartografica
 - Variazione di forma
 - Variazione di scala
 - Aggregazione spaziale
- Granular GeoGraph:
 - Risoluzione
 - Aggregazione
 - Struttura granulare

Risoluzione

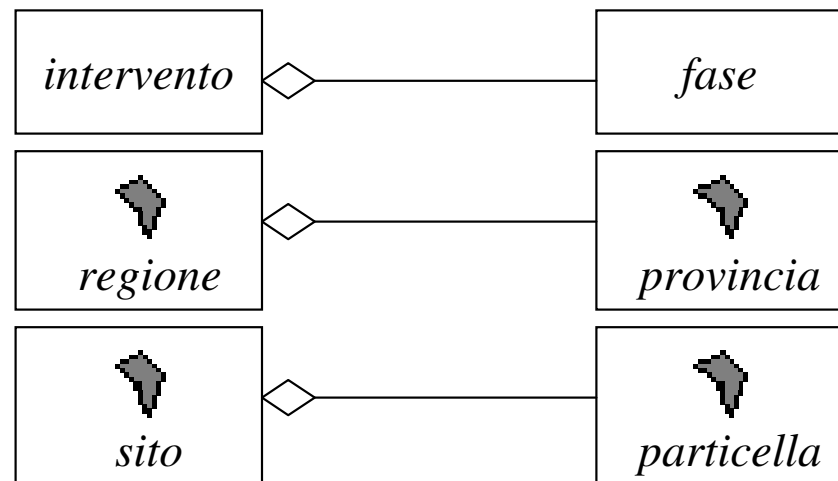
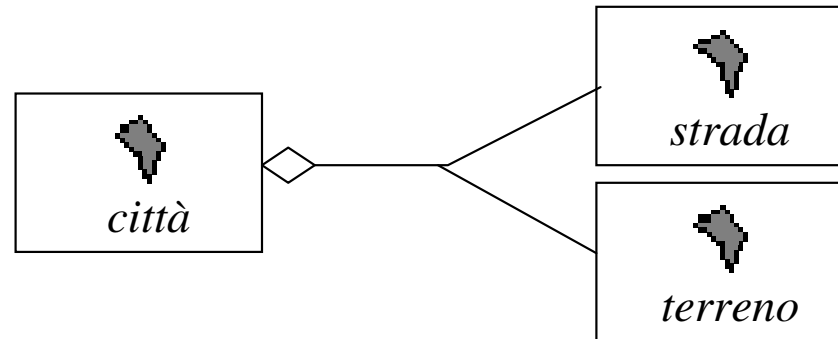
- Costrutto di entità spaziale modificato:


<i>AreaIndagine</i>
5000,2000,1000

- Ripercussioni sul resto del modello:
 - Specializzazione cartografica
 - variazione di scala: gerarchia che indica come la geometria possa cambiare al variare della risoluzione
 - variazione di forma: stessa risoluzione a tutte le specializzazioni
 - Relazioni topologiche:
 - relazioni fra entità definite alla stessa risoluzione
 - Aggregazione:
 - gerarchia di geometrie che indica come la composizione possa variare al variare della risoluzione

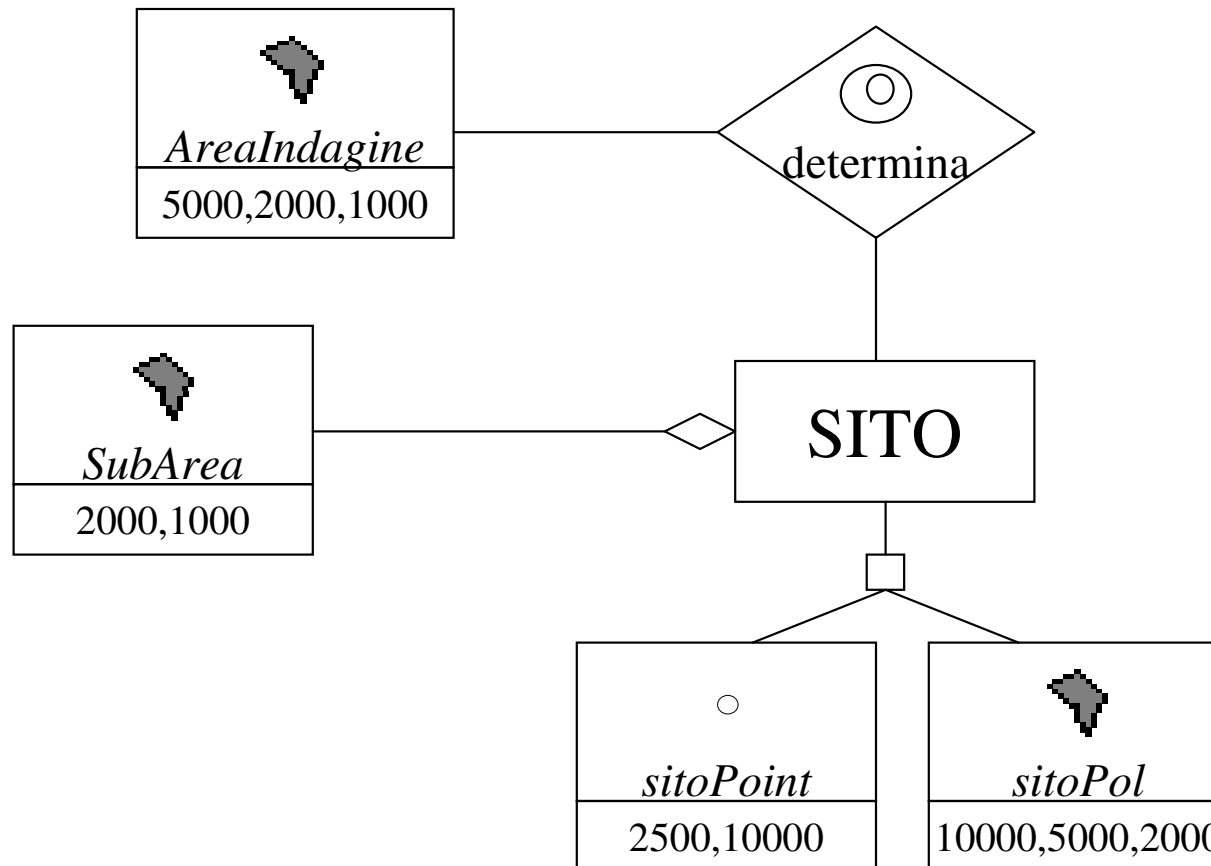
Aggregazione

- Aggregazione multipla:
- Partecipazione:
- Diverse tipologie di aggregazione:
 - non spaziale
 - spaziale
 - semantica



Struttura granulare

- Evidenza i diversi livelli di dettaglio legati ad una particolare entità



Estensione del sistema software GeoGraph

- Interfaccia:
 - Variazione ToolBox
 - Introduzione voce di menù Struttura Granulare
 - Introduzione nuove finestre di dialogo
- Aggiunta e variazione strutture dati con relative funzioni di introduzione, modifica e cancellazione:
 - Struttura aggregazione
 - Struttura granulare



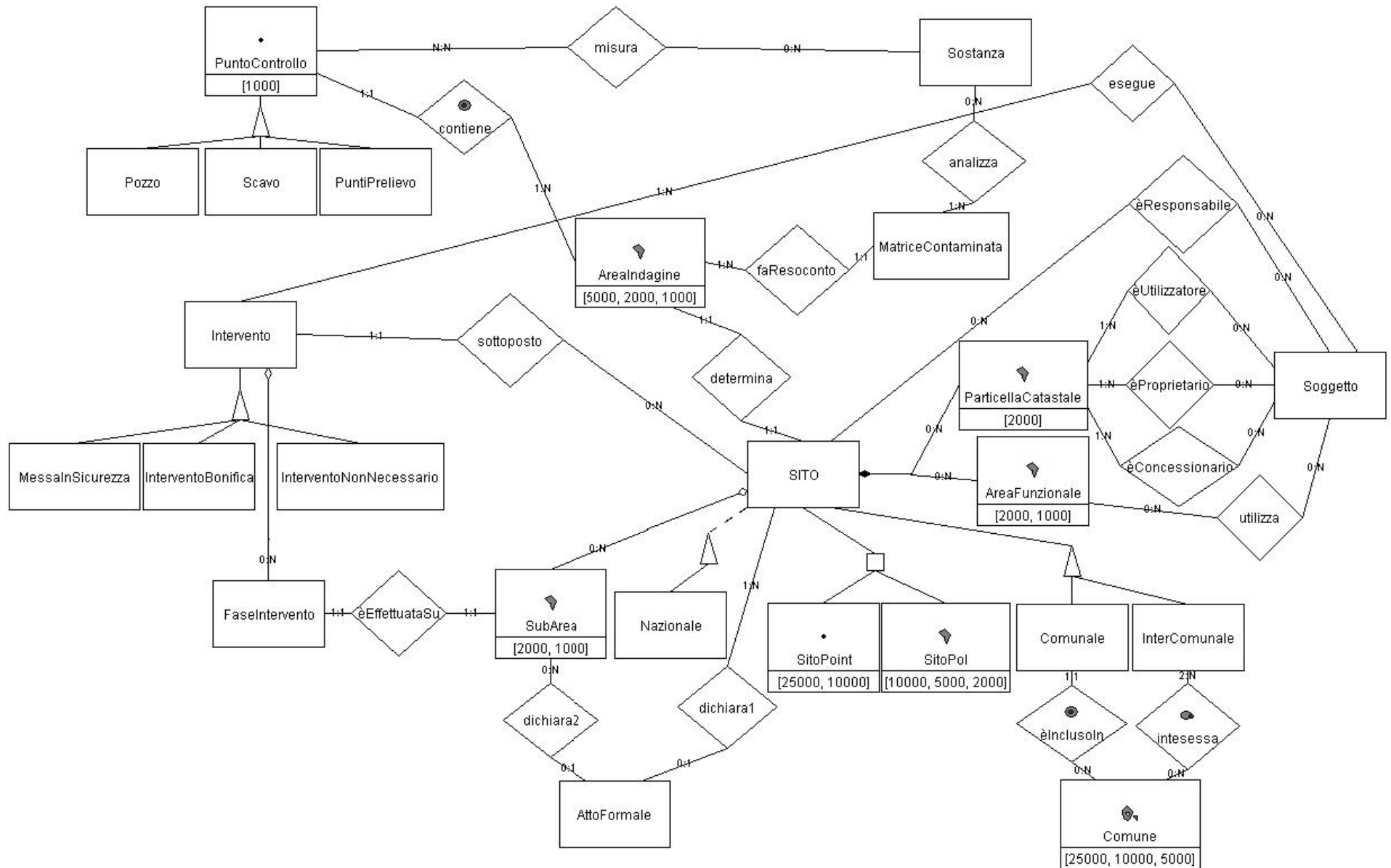
- Modello concettuale
 - Entità
 - Relazioni



Caso di studio

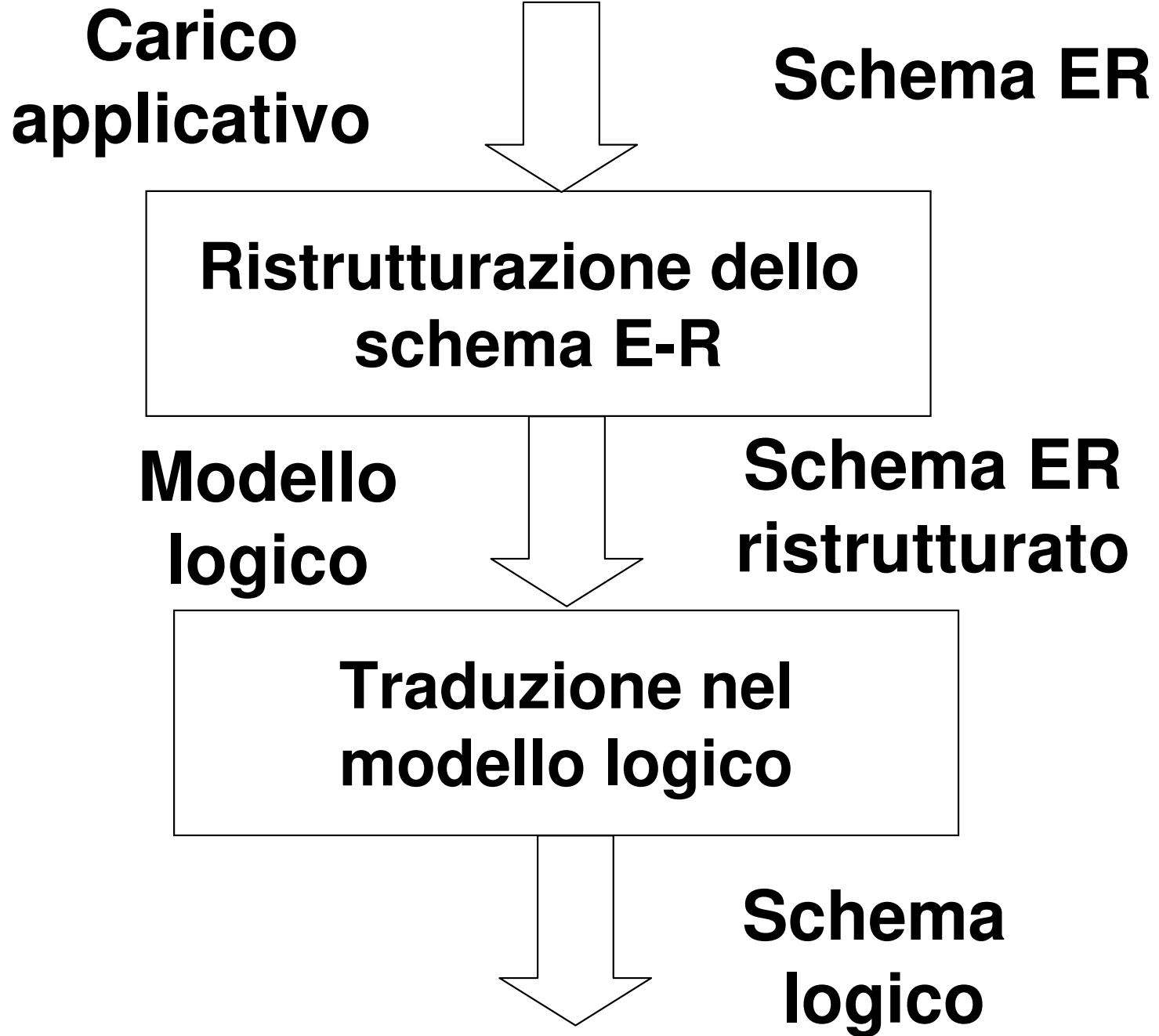
Modellazione dell'Anagrafe
dei siti inquinati regolata
dal D.M. 471/99, a partire
dal modello di dati
adottato dalla Regione FVG
che non gestisce gli aspetti
spaziali

Siti contaminati



PROGETTAZIONE LOGICA

- Trasformazione dello schema concettuale ottenuto dalla progettazione concettuale in uno schema logico che rappresenti i dati in maniera corretta ed efficiente
- Non si tratta di una pura e semplice traduzione
 - analisi delle prestazioni
 - semplificazione della traduzione (alcune componenti non sono direttamente/facilmente traducibili)



Ristrutturazione

- È possibile ottimizzare lo schema di una base di dati attraverso un'analisi delle prestazioni svolte a livello concettuale
- Le prestazioni possono essere analizzate sulla base di alcuni indicatori
 - spazio: numero di occorrenze previste
 - tempo: numero di occorrenze (di entità e relazioni) visitate durante un'operazione

Attività di ristrutturazione

- Analisi delle ridondanze
- Eliminazione delle generalizzazioni
- Partizionamento/accorpamento di entità e relazioni
- Scelta degli identificatori primari

Traduzione

- A partire dal modello ristrutturato si può effettuare una vera e propria traduzione
- Idea di base:
 - le entità diventano relazioni sugli stessi attributi
 - le relazioni diventano relazioni sugli identificatori delle entità coinvolte (più eventuali attributi propri) o chiavi esterne delle entità coinvolte

Per tradurre i dati spaziali...

- Il sistema UniGeoGraph: integrazione del sistema GeoGraph con un modulo che consente di tradurre il modello concettuale ottenuto in un corrispondente modello logico (di Oracle Spatial)
- La traduzione è effettuata utilizzando un opportuno insieme di regole
- Così come nel caso di GeoGraph, il linguaggio di programmazione usato è Java

Regole

- Le regole proposte garantiscono che lo schema logico ottenuto:
 - sia in terza forma normale
 - esprima le geometrie associate agli elementi del modello concettuale
 - esprima i vincoli topologici esistenti tra tali geometrie

Regole di traduzione dello schema concettuale

- Trasformazione degli oggetti del modello concettuale in un insieme di oggetti relazionali
- Definizione degli oggetti che devono garantire i vincoli di integrità dei dati spaziali

Creazione delle tabelle/temi

- Per gli elementi non spaziali si segue il processo di traduzione dei modelli (E)ER in modelli relazionali
- Costrutti spaziali:
 - le entità georeferenziate vengono modellate introducendo un attributo (colonna) di tipo SDO_GEOMETRY nelle relazioni corrispondenti
 - le relazioni topologiche e le aggregazioni spaziali sono assimilate alle relazioni non spaziali

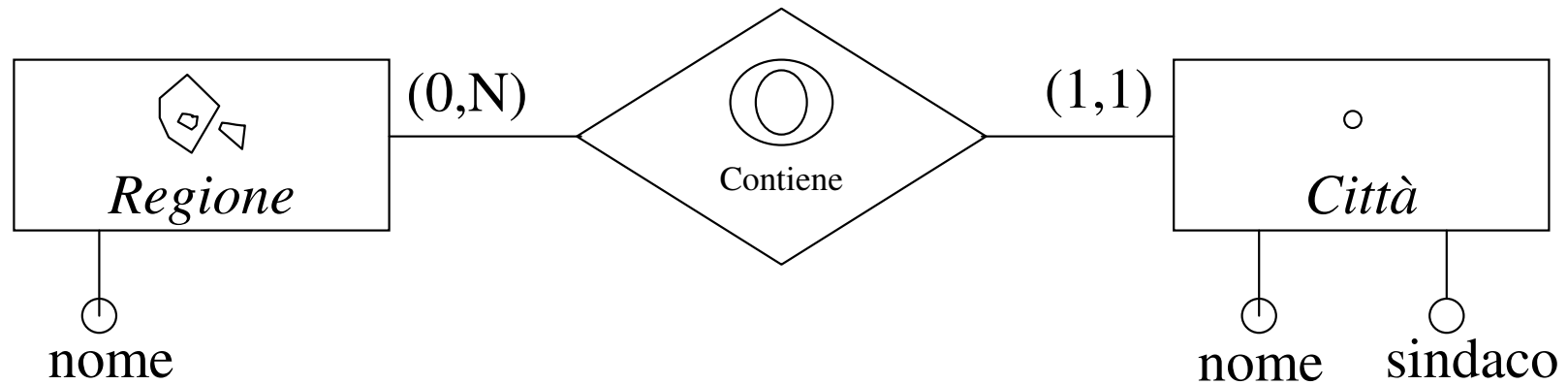
Specifiche dei vincoli di integrità

- **Indici spaziali:**
 - associano alle istanze della relazione corrispondente ad una data entità georeferenziata il tipo di geometria specificato a livello concettuale
- **Trigger**
 - di topologia: garantiscono i vincoli topologici imposti dalle relazioni topologiche
 - di aggregazione spaziale: garantiscono i vincoli di aggregazione spaziale “intero-parte” introducendo una geometria fittizia “Ghost”

Indici spaziali e trigger

- **Indici spaziali:**
 - Un indice per ogni tabella geometrica
- **Trigger di topologia:**
 - Un trigger (inserimento e modifica) per ogni tabella che partecipa ad una relazione topologica
- **Trigger di aggregazione:**
 - Un trigger (inserimento, modifica e cancellazione) per ogni tabella che partecipa ad una relazione aggregazione spaziale

Esempio



Regione (nome, geometria)

Città (nome, sindaco, geometria, regione)

con

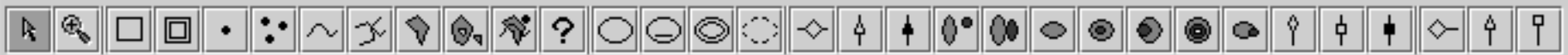
- un vincolo not null sull'attributo regione in Città
- un vincolo di chiave esterna da regione in Città a nome in Regione
- due indici spaziali, associati uno all'attributo geometria di Regione e uno all'attributo geometria di Città
- un trigger di topologia associato alla tabella Città

Costruzione della base di dati

- Connessione ed invio delle istruzioni PL/SQL prodotte al sistema Oracle
- Gestione degli eventuali errori di creazione:
 - Visualizzazione della porzione di schema concettuale interessata dall'errore notificato da Oracle

Caso di studio

Creazione dello schema logico in Oracle 9i corrispondente al modello concettuale GeoGraph per la gestione delle risorse faunistico-venatorie in ambito regionale



Modello concettuale

- Entità
- Relazioni

