

# Gli strumenti della metodologia GeoUML

prof. Giuseppe Pelagatti  
Politecnico di Milano



# Struttura della presentazione

1. Il progetto «Metodologia GeoUML»
  - 1.1 Aspetti fondamentali
  - 1.2 Tappe del progetto
  - 1.3 Risultati conseguiti
2. Confronti Internazionali (standard e ricerca)
3. Applicazioni

Documentazione: [SpatialDBgroup.polimi.it](http://SpatialDBgroup.polimi.it)

# 1.1 Aspetti fondamentali

- una metodologia per la produzione e gestione dei Data Base territoriali e per la loro integrazione in una Infrastruttura dei Dati Territoriali (IIT o SDI)
- supportata da strumenti specifici
- sviluppata congiuntamente da CISIS e Polimi
- adottata dal Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle Pubbliche Amministrazioni per preparare:
  - il Catalogo dei Dati territoriali – Specifiche di contenuto per i DB Geotopografici (gdl2)
  - il Catalogo dei Dati relativi alle reti di sottoservizi - Specifiche di Contenuto per i DB delle Reti di Sottoservizi (gdl8)

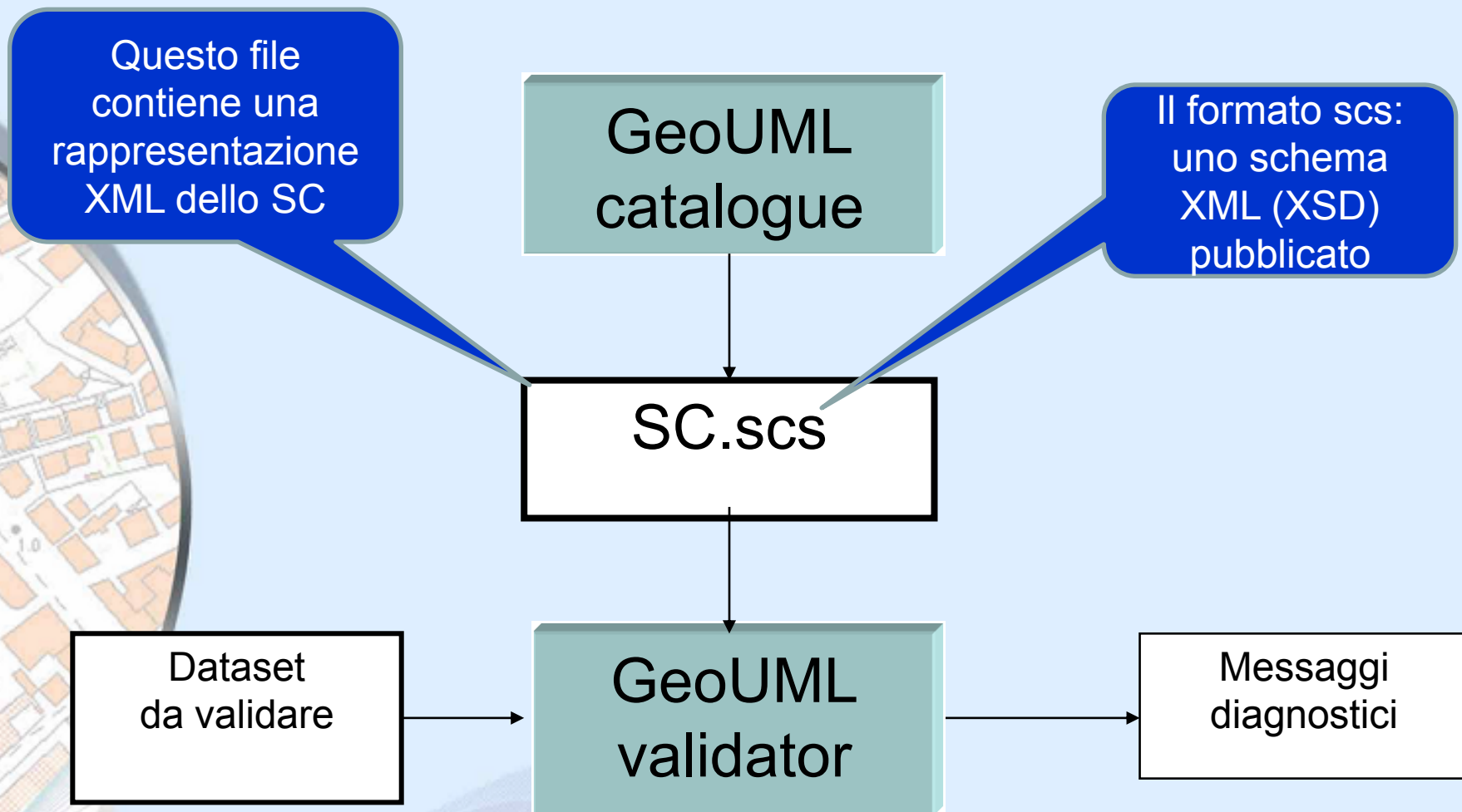
# Schema Concettuale e modello GeoUML

- lo Schema Concettuale (SC) costituisce il nucleo centrale di tutta la metodologia; uno SC costituisce una:
  - definizione precisa del contenuto informativo di un DBT
  - indipendente dalla tecnologia
- uno Schema Concettuale è la parte formale, strutturata secondo regole precise, di una Specifica di Contenuto, che aggiunge allo SC anche delle parti descrittive
- il Modello GeoUML:
  - è un modello per la definizione di uno Schema Concettuale
  - è basato sugli standard ISO TC211, ma li completa negli aspetti carenti
  - considera come parte integrante e fondamentale di uno schema concettuale la definizione delle proprietà topologiche dell'informazione spaziale: Vincoli di Integrità Topologici

# Strumenti della metodologia GeoUML

- Lo strumento fondamentale è il **GeoUML Catalogue**, la cui funzione è di gestire uno schema concettuale
- Una specifica gestita dal Catalogue non è un semplice documento, come le specifiche tradizionali, perchè può essere elaborata automaticamente
- L'elaborazione automatica di una specifica tramite GeoUML Catalogue è utile in due direzioni:
  1. **nella elaborazione dei dati conformi alle specifiche** tramite *strumenti guidati dalle specifiche (Schema Driven Tools)*
    - il **GeoUML Validator**, che verifica la conformità di un Dataset a una specifica, è uno Schema Driven Tool del GeoUML
  2. **nell'analisi e confronto tra specifiche diverse**, in particolare nelle Infrastrutture dei dati territoriali (IIT o SDI)

# Strumenti GeoUML



# Quale conformità viene controllata?

Occorre distinguere:

- **Conformità Reale:** la conformità reale riguarda la corrispondenza tra il contenuto informativo del Dataset e la porzione di Mondo Reale alla quale il Dataset si riferisce; gli elementi informativi e i relativi elementi descrittivi della SC determinano come tale corrispondenza debba essere valutata

La conformità reale **non** può essere verificata automaticamente → collaudi a campione

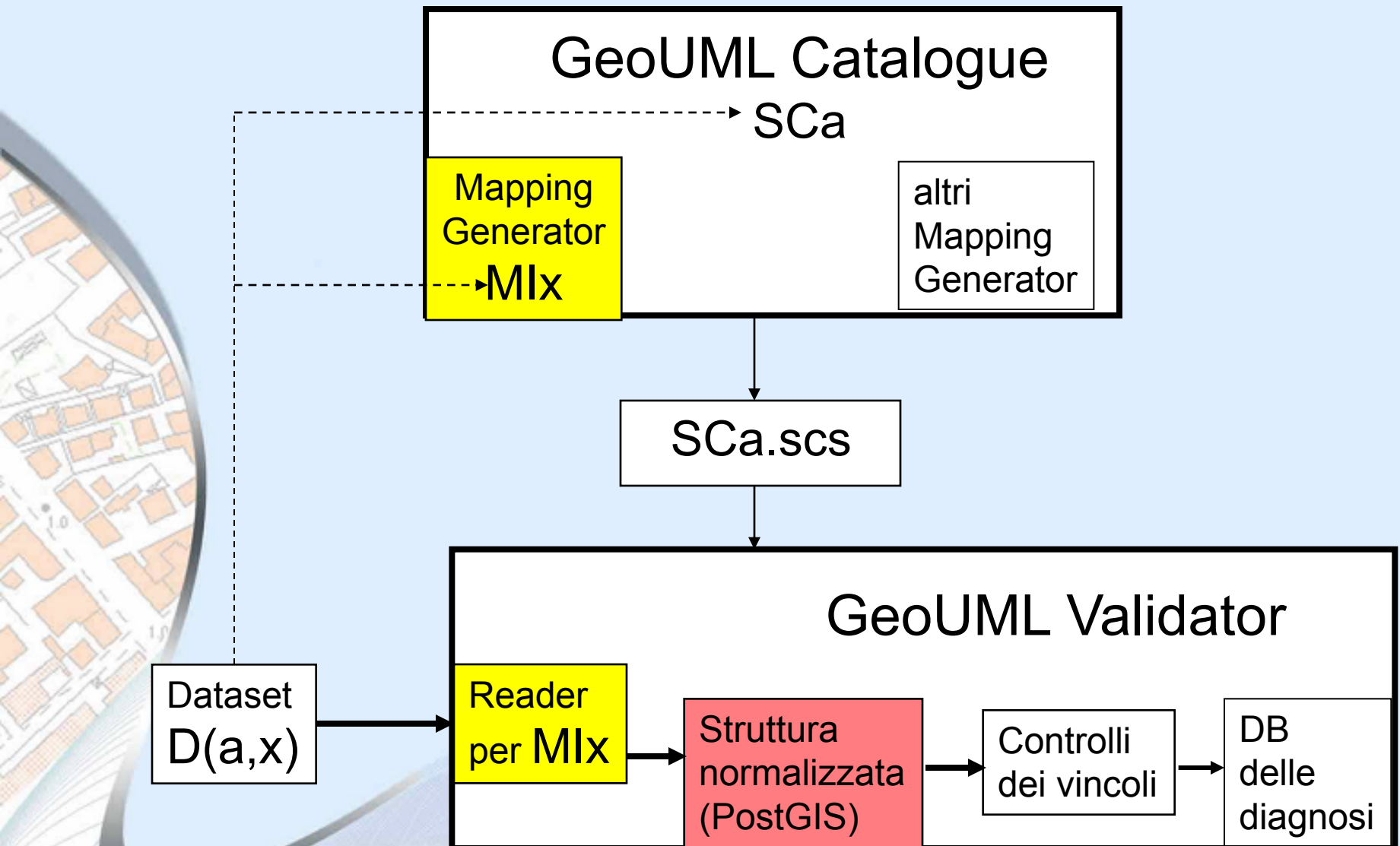
- **Conformità Intrinseca:** la conformità intrinseca riguarda la consistenza dell'informazione contenuta nel Dataset; sia gli elementi informativi che i vincoli dello SC sono utilizzati per valutare la conformità intrinseca

La conformità intrinseca può essere valutata automaticamente in maniera esaustiva

# Modello Implementativo

- Uno strumento che accede ai dati, come il Validator, deve conoscere, oltre allo SC, anche la struttura fisica dei dati (Schema fisico)
  - Schema Fisico(SF) dipende dalla tecnologia, ad esempio:
    - XSD per un file GML
    - Create Table per Georelazionale SQL
    - Struttura degli Shapefile
  - Modello Implementativo (MI): è un insieme di Regole che permettono di generare un SF da un SC
  - La struttura del Validator è progettata per limitare al minimo il costo dell'adattamento ad un nuovo MI
- isolamento dei componenti che dipendono dal MI tramite una struttura normalizzata

# Isolamento del MI nei tools



# 1.2 Tappe del progetto

- 5 dic 07: Bologna – presentazione del progetto «Lotto 2»
  - Catalogue: uno strumento per la gestione di specifiche
  - Generatore dello schema GML
- 23 set 08: Roma
  - presentazione GeoUML Catalogue (con specifiche Intesa)
  - prima proposta GeoUML Validator (su dataset GML)
  - successivamente, a causa della non disponibilità di dataset GML viene concordata una prima versione su MI SQL\_flat Oracle
- 4-6 set 09: Cremona – corso tecnico
  - discussione delle problematiche di impiego del Catalogue per il NC
  - definizione dei concetti di «popolamento alle scale» e di «aree collassabili» da introdurre nel Catalogue

# Tappe del progetto

- dic 09: Catalogue disponibile con le estensioni per il NC
- apr 10: pubblicazione NC su sito CNIPA
- 9 nov 10: Brescia (ASITA)
  - presentazione primo rilascio del Validator
  - MI SQL\_flat Oracle
  - dati del Comune di Cremona
- giu 11: consegna MI Shape\_Flat e Shape\_Topo per le produzioni sperimentali Veneto, Piemonte, Lazio, Umbria
- lug 11: consegna MI SQL\_monogeometria (Postgis e Oracle) per sperimentazione DBT Lazio
- lug – ott 11: primi risultati delle sperimentazioni
- in corso:
  - correzione errori, completamenti di alcuni Reader
  - stesura documentazione

# 1.3 Risultati Conseguiti

## Strumenti realizzati

- Catalogue
- Validator
- Mapping Generator e Reader per i seguenti MI:
  - Shape\_Flat
  - Shape\_Topo
  - GML (versione revisionata rispetto al 2009)
  - SQL\_flat\_Oracle
  - SQL\_monogeometria\_PostGIS
  - SQL\_monogeometria\_Oracle

# Dimensioni del progetto

Circa 7 anni/uomo di sviluppo + attività di studio e ricerca

Linee di codice effettive misurate sui sistemi completati:  
(escluse le numerose librerie di terze parti incorporate)

Catalogue (esclusi MI): 138316

Generatori di schema (6 MI): 27501

Totale: 165817

Validator: 104161

Reader di 3 MI (6 al completamento): 29592

Totale: 133753

Totale complessivo: 299570

# Prestazioni

Misure relative alla sperimentazione  
Veneto:

Totale record: 62143

Tempo di totale: 7 min 42 sec

Numero di query generate ed eseguite

- Controllo chiavi e univocità: 1118
- Controllo dei vincoli GeoUML: 2074

# Documentazione prodotta

## Documenti di Specifica

- Il modello GeoUML (aprile 2008)
- Il MI Shape\_Flat
- Il MI Shape\_Topo
- Il MI SQL\_Flat Oracle
- Il MI SQL\_monogeometria PostGIS
- Il MI SQL\_monogeometria Oracle
- Il MI ESF\_GML (versione 2011)

## Guide all'Uso (da completare entro 2011)

- GeoUML Methodology and Tools – Organizzazione complessiva
- Guida al modello GeoUML
- Guida all'uso del GeoUML Catalogue
- Guida all'uso del GeoUML Validator
- Guida ai MI di tipo flat
- Guida alla implementazione delle proprietà geometriche del GeoUML

# Know How

Creazione di **Know How** relativamente a:

- GeoUML Tools
- DB topografici
- problemi di rappresentazione numerica del dato
- problemi di interscambio dei dati

Diffusione del Know How tramite:

- i corsi
- la collaborazione nelle sperimentazioni
- la collaborazione nel gruppo di lavoro tecnico

## 2. Confronti Internazionali (standard e ricerca)

Nel progetto sono sempre stati applicati i seguenti criteri:

- gli standard internazionali sono stati applicati il più possibile, compatibilmente con gli obiettivi della metodologia
- Le soluzioni adottate sono sempre state confrontate con le ricerche su temi simili a livello internazionale

# Confronti con Standard Internazionali

- E' doveroso porsi le seguenti domande
  - Perchè definire un approccio e un modello originali?
  - Non sono sufficienti gli standard e le relative tecnologie, in particolare:
    - Standard di Geomatica (ISO TC 211), che a loro volta si basano su alcuni
    - Standard informatici (UML e OCL) e relativi strumenti CASE (Computer Aided Software Engineering)
- Risposta: pur volendo utilizzare gli standard e le tecnologie disponibili ovunque possibile, è necessario superare 2 categorie di limitazioni:
  - limiti a livello del modello → modello GeoUML
  - limiti a livello degli strumenti → GeoUML tools

# GeoUML è basato sugli standard

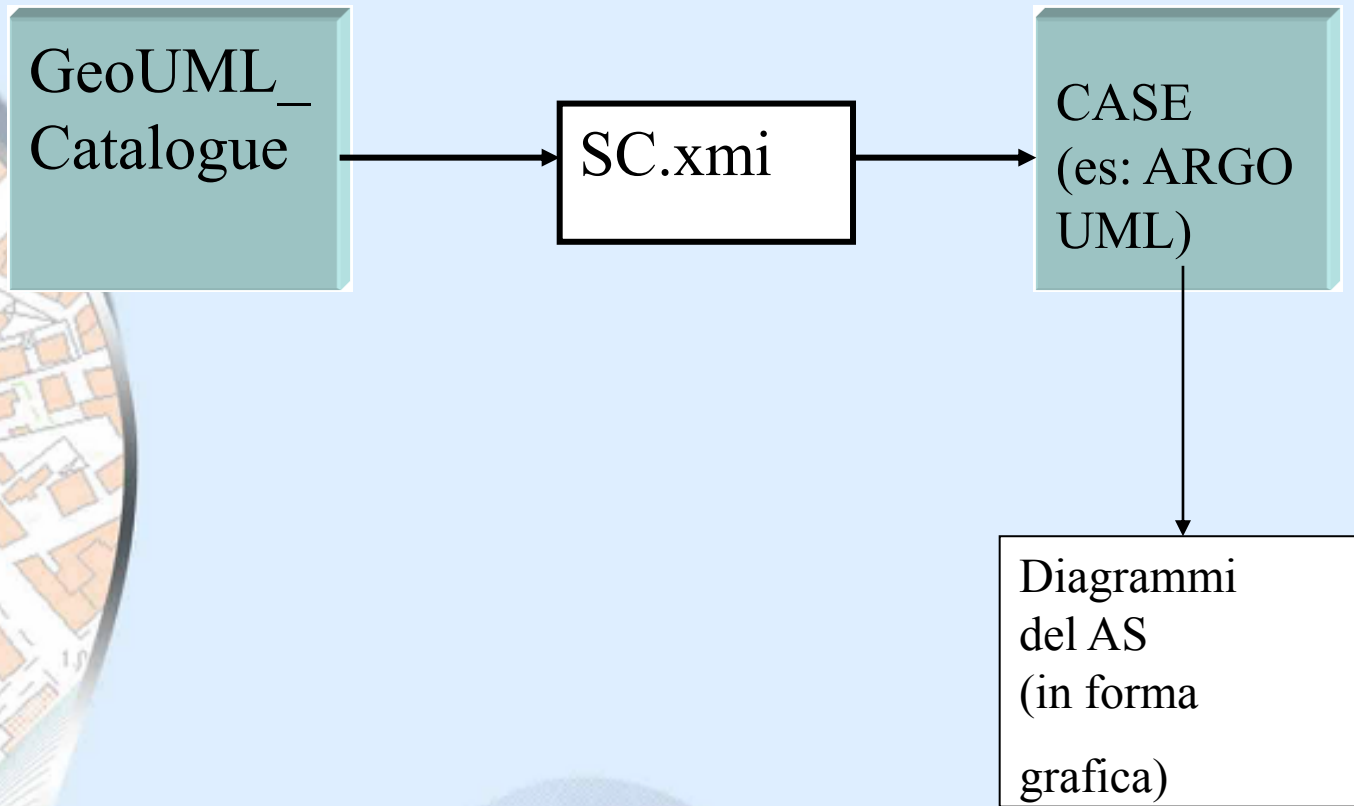
- uno Schema Concettuale GeoUML può essere trasformato in un Application Schema standard utilizzando delle regole precise
- tali regole sono definite nel documento

## **Il Modello GeoUML**

### **Regole di Interpretazione delle Specifiche di Contenuto per i Database Geotopografici**

- tali regole costituiscono la definizione formale della semantica del GeoUML
- la produzione automatica di un Application Schema standard da uno Schema Concettuale è implementata nel GeoUML Catalogue
- anche la produzione automatica di un XSD per GML è basata sulle regole definite negli standard

# Estrazione di un AS da uno schema GeoUML (non disponibile nella versione attuale)



# dal GeoUML catalogue al GML schema (3 diversi percorsi possibili)



# Limiti degli standard per i fini del progetto

- Problemi del **modello geometrico** (necessità prevista anche da ISO di creare profili) → **tipi geometrici del modello GeoUML**
- Inapplicabilità pratica (almeno allo stato attuale della tecnologia) del OCL per definire vincoli topologici → **vincoli topologici del modello GeoUML**
- Livello di astrazione insufficiente per alcuni costrutti → **costrutti speciali del modello GeoUML (esempio: attributi a tratti)**

# Limiti del Modello Geometrico

- ISO definisce 2 modelli geometrici di interesse:
  - Spatial Schema: è un modello di riferimento molto generale, rispetto al quale si prevede di “ritagliare” dei profili
  - Simple Feature Model (SFM): è un profilo di Spatial Schema caratterizzato da:
    - primitive solamente 2D
    - interpolazione lineare
- Le tecnologie disponibili applicano SFM, ma generalmente prevedono
  - la possibilità di introdurre una terza coordinata nei vertici
  - tale coordinata non viene utilizzata nella valutazione delle relazioni topologiche (topologia planare)
  - esempio: una intersezione tra due curve è valutata nel piano

# Modello geometrico di GeoUML

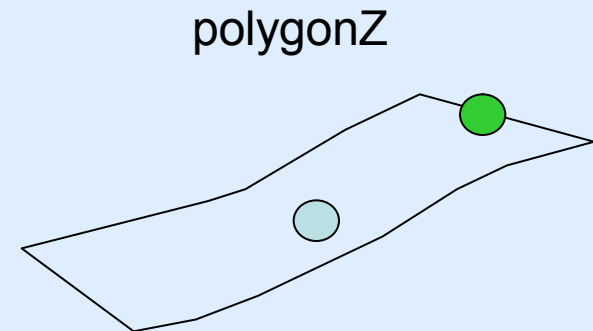
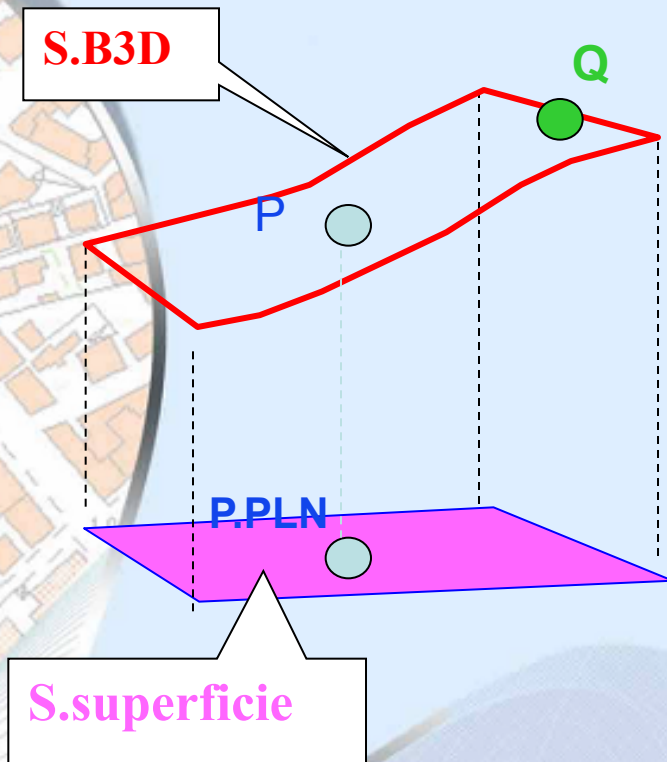
- fondamentalmente basato su SFM, con le seguenti estensioni:
  - le curve e i punti possono essere 3D
  - le relazioni topologiche su punti e curve 3D sono interpretate in 3D
  - esiste una funzione planar per trasformare primitive 3D in primitive 2D
- esempio: date 2 curve 3D, A e B, posso esplicitare la relazione CROSS sia in 3D che in 2D:
  - $A \text{ (CROSS) } B$  è interpretata in 3D
  - $A.\text{pln} \text{ (CROSS) } B.\text{pln}$  è interpretata in 2D

# Modello Geometrico di GeoUML

- le superfici nei sistemi basati su SFM
  - sono trattate in 2D
  - ma generalmente è supportata la frontiera in 3D (polygonZ)
  - le relazioni topologiche non sono ambigue, ma limitate, perchè tutto è interpretato in 2D
- in GeoUML risultava quindi necessario un meccanismo per esplicitare lo spazio di riferimento per l'interpretazione delle relazioni topologiche relative alle superfici con frontiera 3D
- tale meccanismo è costituito da un tipo geometrico, le SurfaceB3D, che è rappresentato da una struttura con due componenti.
  - la superficie, interpretata in 2D
  - la frontiera B3D, interpretata in 3D

# una SurfaceB3D fornisce una semantica precisa a un polygonZ

- Esempio: siano **P** e **Q** punti 3D, **S** una SurfaceB3D; posso esprimere
  - **P.pln (IN) S.superficie** (interpretata in 2D)
  - **Q (IN) S.B3D** (interpretata in 3D)



ambedue le relazioni sono interpretate in 2D, quindi su Q si esprime solamente la relazione equivalente in GeoUML a **Q.pln (IN) S.superficie.BND**

# Vincoli Topologici

- I vincoli sono trattati negli standard ISO TC211 semplicemente rimandando al linguaggio OCL (object constraint language) del UML, all'interno del quale dovrebbero essere invocate le funzioni topologiche del modello geometrico
- in GeoUML è stato definito un formalismo apposito per definire vincoli di natura topologica, con le seguenti motivazioni:
  - la valutazione automatica dei vincoli OCL, in particolare con l'inclusione di richiami a funzioni spaziali, è oggetto di sperimentazione in alcuni progetti di ricerca, ma non esiste una soluzione completa al problema
  - l'uso di OCL con funzioni spaziali è molto difficile e improponibile ad utenti non specialisti di UML/OCL
  - la generalità di OCL rende difficile estrarre dai vincoli topologici delle indicazioni per la strutturazione dei dati

# Vincoli topologici in GeoUML

- i vincoli topologici sono delle “strutture prefabbricate” (template) di vincoli OCL, pertanto:
  - i vincoli GeoUML possono essere trasformati in vincoli OCL
  - le regole di tale trasformazione sono fornite nel documento citato, che ne definisce la semantica precisa
  - i vincoli GeoUML sono definiti in modo da garantirne la implementabilità effettiva (come dimostrato dal GeoUML Validator)
  - i vincoli GeoUML sono (relativamente al OCL) più comprensibili
  - i vincoli GeoUML forniscono indicazioni per strutturare l’implementazione

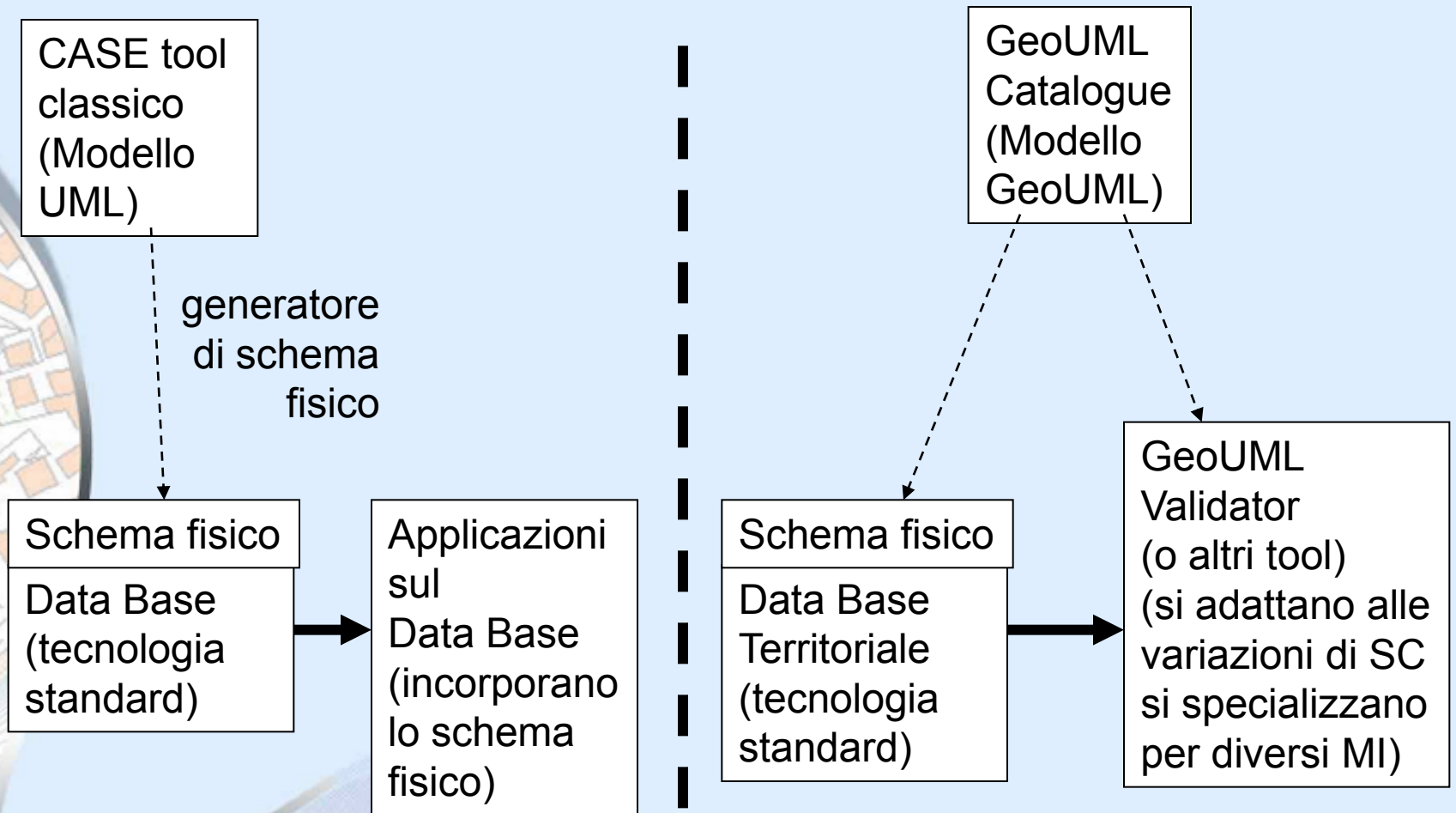
# Costrutti speciali (esempio: Attributi a tratti)

- I costrutti speciali hanno due tipi di motivazione.
  - fornire dei costrutti utili per definire sinteticamente le proprietà dell'informazione
  - in alcuni casi tale definizione sintetica evita di includere scelte implementative nello Schema Concettuale
- esempio Attributi a tratti: attributi il cui valore varia lungo una curva (es. la “sede” di un “elemento stradale”)
  - il costrutto è sintetico e comodo da usare nella definizione dello Schema Concettuale
  - il costrutto è definito formalmente in GeoUML come una funzione
  - esistono due implementazioni completamente diverse di un ATT:
    - l'implementazione strutturale (“pezzettini” di curva)
    - l'implementazione tramite ascissa curvilinea

# Limiti a livello degli strumenti

- Limiti degli Strumenti CASE classici
  - non gestiscono le caratteristiche del modello GeoUML
  - permettono la generazione della struttura fisica, ma non supportano direttamente strumenti operanti sui dati guidati dallo schema
- GeoUML tools
  - il Catalogue gestisce il modello GeoUML
  - permette la generazione della struttura fisica e il salvataggio dell'informazione di mapping, che è a sua volta usabile dai GeoUML Tools
- NB: questo è possibile perchè siamo in un contesto più specializzato e meno generale dei CASE standard

# CASE generali verso GeoUML tools



# Confronti con la ricerca internazionale:

## 1) il modello concettuale

- Il modello GeoUML è stato presentato a livello concettuale all'epoca della sua definizione e adozione nel progetto «IntesaGIS»:
  - *GeoUML: a Geographic Conceptual Model Defined through Specialization of ISO TC 211 Standards*, Atti di "10th EC-GI&GIS Workshop", Warsaw, Poland, 23-25 June, 2004.
- Le problematiche specifiche relative alle tipologie di vincoli spaziali sono state pubblicate in:
  - *Modelling Spatial Whole-Part Relationships using an ISO-TC211 conformant approach*, «Information and Software Technology», vol.48, 2006, pp.1095-1103.
  - *An ISO TC 211 Conformant Approach to Model Spatial Integrity Constraints in the Conceptual Design of Geographical Databases*, in Lecture Notes in Computer Science a cura di John F. Roddick et al., Berlin/Heidelberg, Springer, 2006, pp. 100-109.

# Confronti con la ricerca internazionale

## 2) L'architettura dei tools

- L'architettura dei GeoUML tools è stata presentata in
  - *From the Conceptual Design of Spatial Constraints to their Implementation in Real Systems*, Atti di "17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in GIS", Seattle, Washington, USA, Nov. 4-6, 2009, pp. 448-451.
- L'insieme dei modelli implementativi inseriti nell'architettura è stata presentata in:
  - *Validation of geographical datasets against spatial constraints at conceptual level*, atti di UDMS 2011, Delft
- Esiste un'attività di confronto su questi temi con l'università di Delft e l'università di Stuttgart; in particolare si vogliono esplorare:
  - estensioni al 3D
  - rapporto con CityGML

# 3) Applicazioni

## Modalità di distribuzione

- Catalogue è
  - distribuito a tutti, previa registrazione, nella versione **Viewer**
  - distribuito agli enti abilitati dal CISIS nella versione **Editor**
- Validator verrà (dettagli ancora da definire)
  - distribuito agli enti abilitati dal CISIS nella versione completa
  - questi enti potranno distribuirlo a altri (esempio ditte) in versione «chiusa», cioè con la SC bloccata

# Sperimentazione iniziale nel 2009- 2010 (presso il Comune di Cremona)

- sperimentazione estensiva con il Comune di Cremona
- il Comune aveva già un DB topografico e un SIT basato su tale DB
- è stata definita una nuova specifica concettuale tramite Catalogue, conforme al National Core e al capitolato di fornitura attuale della RL
- è stato applicato il Generatore dello Schema fisico del MI ESF-SQL-flat (versione per ORACLE)
- il modello fisico generato è stato adattato alle convenzioni specifiche del Comune
- sono state definite delle procedure di conversione dal vecchio al nuovo DBT
- è stato utilizzato il Validator per controllare il nuovo DBT
- sono state definite delle Views sul database nuovo per supportare il funzionamento delle precedenti procedure applicative

# Uso di Catalogue e Validator nelle nuove forniture

- **Capitolato** di fornitura - Sezione contenuti e struttura consiste in:
  - SC prodotta dal Catalogue
  - schema fisico e schema di mapping prodotti dal Mapping Generator in base al **MI di fornitura** scelto
- per ridurre l'impatto sulle ditte è opportuno concordare pochi MI di fornitura adottati da tutte le regioni che applicano la metodologia
- il controllo di **conformità intrinseca** della fornitura avviene tramite Validator – tale controllo si affianca (dovrebbe precedere) e supporta il tradizionale collaudo di conformità reale

# Uso di Catalogue e Validator nella implementazione dei DBT regionali

- **definizione dello schema:** I MI di tipo SQL supportano questa attività producendo direttamente lo schema fisico del DB
  - tali schemi sono adattabili e flessibili per adattarsi alle esigenze di uno specifico contesto
- **caricamento:** la filiera produzione dei dati → caricamento in DB è particolarmente facilitata dai seguenti aspetti:
  - le strutture adottate nei MI di produzione sono molto allineate alle strutture adottate nei MI dei DB (questo aspetto è più o meno forte in base agli specifici MI scelti)
  - la qualità strutturale dei dati prodotti e collaudati tramite Validator rende gli Shapefile di produzione caricabili con poche difficoltà nei DB

# Considerazioni finali

La effettiva applicabilità degli strumenti verrà ora analizzata nei resoconti e dimostrazioni delle sperimentazioni effettuate da alcune Regioni

Teniamo presente che tali sperimentazioni mettono in gioco non solo gli strumenti ma anche le scelte del National Core

Pertanto, è necessario considerarle distinguendo gli aspetti dovuti a queste 2 componenti

Sia gli strumenti che il NC possono essere migliorati