

# L'INFORMAZIONE TERRITORIALE DI BASE NEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Andrea Biasion

Dipartimento di Ingegneria per il Territorio, l'Ambiente, e le Geotecnologie  
Politecnico di Torino – Corso duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino  
andrea.biasion@polito.it

## RIASSUNTO

Il presente lavoro affronta le problematiche relative alla diffusione di protocolli di Intesa per la produzione e l'aggiornamento di dati territoriali. In particolar modo si è affrontata l'analisi delle specifiche di Intesa Stato – Enti Locali (Intesa GIS), volta all'implementazione delle Specifiche in Data Base topografici esistenti (aggiornamento) o creati ex-novo (produzione). Inoltre si sono affrontati i temi della terza dimensione nella gestione dei dati geografici, nell'ottica delle Specifiche Intesa GIS. Altri temi affrontati riguardano la metadattazione dei dati, importante per poter determinare l'affidabilità dei dati, e i formati di trasferimento dei dati geografici. Un prototipo di Data Base Topografico strutturato secondo le Specifiche è stato implementato al fine di sperimentarne l'applicazione pratica.

## 1. INTRODUZIONE

Il settore dell'Informazione geografica (altrimenti definita Informazione GeoSpaziale – *GeoSpatial Information*, SI - o Territoriale) rappresenta da sempre un cardine delle politiche di sviluppo, gestione e pianificazione del Territorio. Sempre più questo settore è divenuto strategico nel ruolo di supporto ai processi decisionali.

Gli utenti, soprattutto le amministrazioni centralizzate, che nel corso degli anni hanno intrapreso la strada dell'introduzione informatica dell'informazione geografica, hanno constatato quanto delicati siano i meccanismi di gestione della stessa. Ridondanza dei dati, spreco di risorse, non accessibilità dei dati, incompatibilità di formati sono solo alcuni dei problemi di ordine pratico che emergono nel settore.

Parallelamente, nella comunità scientifica è cresciuta la consapevolezza che il corretto utilizzo in termini di interoperabilità e di interdisciplinarietà dell'Informazione Spaziale non può prescindere dalla realizzazione di una Infrastruttura di Dati Spaziali (SDI: *Spatial Data Infrastructure*).

I Sistemi Informativi Territoriali (SIT, o GIS, *Geographical Information Systems*) sono ormai divenuti strumenti di utilizzo riconosciuto e diffuso fra i soggetti pubblici e privati preposti a tali funzioni.

Con il diffondersi delle tecnologie GIS è divenuta un'esigenza primaria, nelle comunità dei soggetti produttori, distributori e utilizzatori dell'informazione geografica, la ricerca di modalità interoperabili e multidisciplinari di gestione dei dati.

L'obiettivo del presente elaborato è l'analisi della complessa situazione dell'Informazione Spaziale a livello locale (Regione Piemonte), nazionale (Italia) ed europeo, concentrando l'attenzione sull'esperienza italiana dell'Intesa GIS, fotografando la situazione attuale e lo stato dell'arte nel settore. Tale analisi ha tratto notevole impulso dall'attività dell'autore all'interno del CSI Piemonte, ente preposto alla gestione del patrimonio di Informazione geografica per la Regione Piemonte.

A supporto di tale analisi, è stato implementato un modello di Base di Dati Geografica, e relativo database geografico.

## 2. IL QUADRO NORMATIVO PER L'INFORMAZIONE SPAZIALE: LA SITUAZIONE IN EUROPA E ITALIA

### 2.1 Europa: progetto INSPIRE

Sulla scorta di alcune disposizioni ed esperienze già presenti riguardo l'interoperabilità dell'informazione spaziale nella pubblica amministrazione quali:

- direttiva sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale (GU L 41 del 14.2.2003);
- direttiva sul riutilizzo delle informazioni del settore pubblico (GU L 345 del 31.12.2003);
- progetto GMES (Global Monitoring for Environment and Security);
- progetto GALILEO;

la Commissione delle Comunità Europee nel 2004 ha presentato al Parlamento Europeo e al Consiglio del Parlamento Europeo la proposta di istituzione di una infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea, denominata INSPIRE (INfrastructure for SPatial Information in euROPE).

Le esigenze da cui nacque la proposta di tale infrastruttura coinvolgono il nuovo approccio verso le tematiche di raccolta, gestione, distribuzione e diffusione dei dati territoriali, al fine di ottimizzare le risorse e supportare i processi decisionali.

Obiettivo della proposta è di creare in primo luogo un quadro giuridico entro cui l'infrastruttura possa svilupparsi. Concretamente gli obiettivi riguardano il supporto alla formulazione e all'attuazione di norme a livello comunitario, nonché il loro monitoraggio e la loro valutazione.

La direttiva stabilisce delle norme generali per l'istituzione di una SDI (*Spatial Data Infrastructure*) nella Comunità Europea, che si basi sulle SDI create e gestite all'interno degli Stati membri.

Il 22 novembre 2006, durante il semestre di presidenza finlandese, il Parlamento Europeo e il Consiglio Europeo hanno raggiunto l'accordo sui contenuti della direttiva INSPIRE.

I nodi risolti in fase di approvazione riguardano essenzialmente l'accesso del pubblico cittadino e la fruizione da parte di esso di dati geografici e i problemi connessi ai diritti d'autore (*copyright*) sui dati stessi, qualora un'autorità accedesse ai dati di proprietà di un'altra autorità.

La direttiva sarà volta ad obbligare gli stati membri dell'Unione Europea a migliorare l'amministrazione della propria informazione geografica. Negli obiettivi della direttiva, tale

percorso avrà ricadute positive sia sulle amministrazioni, sia sui singoli cittadini, che potranno così accedere come utenti ad alcuni settori dell'informazione geografica.

## 2.2 Italia: CNIPA

In Italia, la disciplina dell'informazione geografica ha subito un impulso con l'entrata in vigore nei primi mesi del 2006 del decreto legislativo n. 82 del 2005: il "Codice dell'amministrazione digitale".

Il codice mira a fornire regole che armonizzino il contesto legislativo e le attività delle singole amministrazioni.

Tale codice, tra l'altro, sancisce che in Italia l'attuazione dei progetti di interesse nazionale riguardanti la pubblica amministrazione (come i progetti delle Infrastrutture di Dati Territoriali - SDI) è affidato al CNIPA (Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione).

## 2.3 Italia: Intesa GIS

L'Italia ha recepito la direttiva europea "Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing an infrastructure for spatial information in the Community", siglando una bozza di accordo tra le pubbliche amministrazioni in data 26 settembre 1996 denominata "Intesa Stato Regioni ed Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici". L'Intesa è stata approvata dalla Conferenza Stato regioni e Province Autonome e coinvolge le diverse Amministrazioni Centrali ed organismi statali, compreso il CNIPA, le Regioni e Province Autonome, i Comuni (ANCI), le Province (UPI), le Comunità Montane (UNCHEM) e le Aziende per la gestione di pubblici servizi (Confservizi). L'Intesa Stato Regioni ed Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici, denominata brevemente Intesa GIS, rappresenta ad oggi il tentativo più organico di strutturare il settore dell'informazione geografica in Italia, per giungere alla costituzione di una cosiddetta NSDI (National Spatial Data Infrastructure, Infrastruttura Nazionale di Dati Spaziali).

L'Intesa non costituisce una legislazione, ma un accordo formale fra i soggetti coinvolti.

Fra gli obiettivi specifici che l'Intesa GIS si è posta per giungere al raggiungimento di criteri di qualità nella gestione dell'Informazione Geografica si possono citare:

- la definizione di specifiche comuni per la realizzazione di database topografici, per il raffittimento della rete di inquadramento e la creazione di linee di livellazione di alta precisione, per la creazione di DTM ed ortofoto digitali, per la realizzazione di DB di vie, numeri civici e indirizzi, per l'integrazione dei dati geometrici catastali nei DB topografici e nei DB dell'uso del suolo
- la specificazione dei criteri e delle condizioni per la certificazione dei dati geografici di base, per l'accesso in consultazione ai dati via rete informatica, per l'utilizzo da parte delle amministrazioni e per le applicazioni a valore aggiunto
- la realizzazione di alcuni dei supporti informativi essenziali, come la rete unitaria di inquadramento con maglia di 7 Km su tutto il territorio nazionale, la copertura nazionale in scala 1:10.000 con un DTM, ortofoto e un database dei principali strati vettoriali (rete stradale e ferroviaria, reticolo idrografico, confini amministrativi)
- l'adeguamento alle specifiche comuni dei DB topografici esistenti e la realizzazione di nuovi DB in scala 1:5.000/1:10.000.

## 3. CARATTERISTICHE DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

I Sistemi Informativi sono strumenti per la gestione dei dati, che permettono cioè di conservare in modo ordinato l'informazione e di ritrovarla quando occorre. In più offrono l'opportunità di analizzarla e rappresentarla in diversi modi. Utilizzando una definizione generale, si può dire che i sistemi informativi sono strumenti per l'elaborazione, l'archiviazione e l'analisi delle informazioni, composti di una raccolta di dati e delle funzioni che permettono la loro elaborazione.

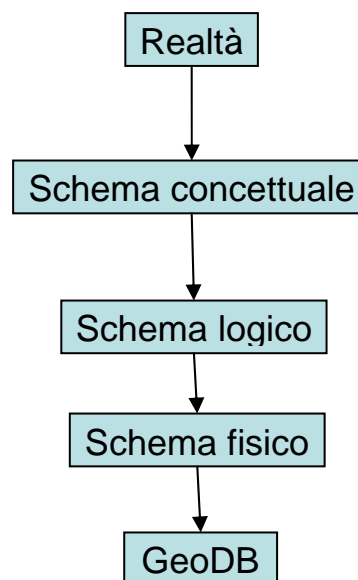
### 3.1 La modellizzazione della realtà

Allo scopo di rappresentare e gestire la realtà mediante un GIS, è necessario utilizzare una rappresentazione dei dati che trasponga la realtà fisica; questo viene realizzato definendo un modello dei dati che sia abbastanza ampio da accogliere al suo interno tutti gli oggetti che esistono nel mondo fisico e che sia sufficientemente elastico da permettere di adattarlo a tutte le combinazioni che effettivamente occorrono nella realtà.

Questi tre insiemi di informazioni (geometria, topologia, attributi) vengono poi effettivamente implementati in un GIS mediante uno specifico modello fisico, che oggi si basa su strutture dei dati di tipo relazionale, tipiche dei data base più evoluti.

La modellizzazione, in ambito GIS, è dunque l'operazione necessaria per trasporre la realtà che ci circonda in ambiente GIS.

Essa avviene a diversi livelli, dai più "alti", denominati anche "system independent", livelli semantici o ontologici, ai più "bassi", detti anche "system dependent", livelli fisici o interni. Tali livelli di modellazione saranno percorsi dall'alto verso il basso per l'implementazione di un GIS.



- Modello spaziale: è funzionale alle fasi di pianificazione ed analisi, interpreta la realtà e sviluppa un modello in linguaggio naturale;
- Modello concettuale: utile per le fasi di progettazione schematica, contiene formalismi propri di linguaggi (es. UML);
- Modello logico: sviluppato in linguaggio formale (es. XML, GML, SQL, ecc.), serve alla progettazione delle strutture di dati;

- Modello fisico: è sviluppato nella redazione finale dell'architettura del DB, ed è realizzato in linguaggio formale, spesso proprietario (shape file, mdb file, ecc..).

È nella fase di modellazione concettuale che maggiormente si caratterizza la progettazione di un DB, ossia della struttura preposta a contenere i dati geografici. Negli anni la modellazione concettuale ha principalmente fatto riferimento ad un modello di dati denominato Entità – Relazione. Solo di recente tale modello ha segnato il passo ed è emerso un modello differente, chiamato modello ad Oggetti. Di seguito si esporranno le caratteristiche di entrambe, cercando di evidenziarne pregi e difetti e compatibilità con DB di natura spaziale.

### 3.2 Il modello entità-relazioni

È un modello basato sull'esistenza di relazioni, dotate di una certa cardinalità, fra entità.

Per entità si intende l'elemento di base della realtà che si intende modellizzare. Nel formalismo del modello entità relazione, ogni elemento è descritto tramite un vettore ad una colonna, contenente nella prima riga, o campo, il nome dell'entità, e nei campi successivi gli attributi dell'entità.

Ogni campo sarà valorizzato da un attributo, di diversa natura: testuale, numerico, booleano, data, ecc. Ogni elemento all'interno del DB sarà dunque rappresentato da un'entità i cui attributi assumono un determinato valore.

Le relazioni avvengono fra campi omologhi di due entità differenti. La partecipazione di un'entità coinvolta in una relazione è chiamata cardinalità. Le cardinalità, espresse con la sintassi (a,b), di uso più comune sono: zero-uno, uno-uno, zero-molti, uno-molti, molti-molti. In pratica, la cardinalità esprime quanti elementi di un'entità entrano in relazione con un elemento dell'altra entità e/o viceversa.

Un modello di dati come quello finora descritto, comporta un livello di generalizzazione dei dati troppo elevato, che si traduce in ridondanza dei dati, duplicazione, e altri inconvenienti che espandono oltre modo le dimensioni del DB così strutturato.

Per sopperire alle lacune di tale modello, nel settore dell'informatica ha assunto importanza crescente negli ultimi anni una struttura di DB chiamata "modello ad oggetti".

### 3.3 Il modello ad oggetti

L'approccio orientato agli oggetti (o *object-oriented*) può essere applicato a ogni sistema basato su tecnologie informatiche a diversi livelli. Per esempio, ci sono i linguaggi di programmazione orientati agli oggetti (OOPLA = *object-oriented programming languages*), metodi di analisi e progettazione (OODM = *object-oriented design methodologies*) che estendono a questo ambito i modelli entità-relazioni, i database e i DBMS orientati agli oggetti (OODBMS). La gran parte delle idee di base di questo approccio sono state introdotte oltre 20 anni fa nel linguaggio di programmazione Simula. Da allora, sono stati sviluppati molti altri linguaggi con potenzialità orientate agli oggetti: ad oggi, i più comunemente utilizzati sono il C++ e il Visual Basic.

I GIS hanno una base nelle tecnologie dei sistemi informativi e pertanto possono essere adattati in modalità orientata agli oggetti. Si descriveranno le caratteristiche dei database orientati agli oggetti che verranno, in seguito estese ai SIT (OOGIS = Object-Oriented GIS) con la descrizione di alcune applicazioni.

La motivazione fondamentale che ha determinato la nascita delle tecniche orientate agli oggetti è legata al processo di costruzione di un sistema informativo, dal modello esterno al

modello interno dei dati, dalla progettazione all'implementazione nel sistema finale che caratterizzato da una importante difficoltà realizzativa denominata *impedante mismatch* (corrispondenza non corretta).

Questo problema è dovuto alla differenze tra i costrutti (gli elementi e le sintassi) che sono disponibili ai vari livelli del processo di sviluppo che rendono inefficiente il passaggio da un livello di modellizzazione al successivo: alcune informazioni possono essere perse o un singolo concetto semplice può essere nascosto in un complesso paradigma di modellazione. Un esempio di questo problema si manifesta quando il modello esterno espresso con linguaggio ad alto livello deve essere tradotto in un linguaggio a basso livello nel modello interno per essere implementato: molti utenti di sistemi informativi non riescono ad adattare le proprie informazioni (naturali, continue e complesse) alle informazioni (definite, discrete e semplici) che gli richiede il sistema informatico: non è il computer che forza l'utente in questi innaturali modi di espressione, ma il modello computazionale primitivo correntemente in uso.

In breve, l'approccio orientato agli oggetti è una delle molteplici soluzioni che tentano di innalzare il livello dei modelli computazionali in modo da ridurre al minimo questi problemi di *impedante mismatch*.

Come prevedibile, il concetto di oggetto è centrale nell'approccio orientato agli oggetti. Esso deriva dal desiderio di gestire non solamente gli aspetti statici delle informazioni orientati ai dati (come nel modello relazionale), ma anche il comportamento dinamico dei sistemi. In un modello ER, l'aspetto statico di un oggetto è espresso mediante una collezione di attributi ben definiti, ognuno dei quali può assumere un valore in un dominio predefinito: un oggetto città può avere come attributi per esempio nome, centro, popolazione. Una particolare città può avere il valore "Torino" per l'attributo nome, la totalità dei valori degli attributi per un dato oggetto costituisce il suo stato.

Il comportamento dinamico di un oggetto viene espresso mediante un insieme di operazioni che l'oggetto può compiere sotto particolari condizioni. Per esempio, l'idea di una entità areale è definita non solamente posizionando un insieme di punti che ne descrivono il contorno, ma anche specificando le operazioni che essa è in grado di svolgere: queste operazioni possono includere il calcolo dell'area e del perimetro dell'entità areale, la sua visualizzazione e il suo disegno a scale differenti (e quindi diversi livelli di generalizzazione), la creazione e la cancellazione di una entità areale dal sistema, operazioni che restituiscano l'origine dell'entità (quando è stata creata, con che precisione ecc.). Per l'approccio orientato agli oggetti la chiave interpretativa è che:

$$\text{oggetto} = \text{stato} + \text{funzionalità}$$

Questo è il minimo senza il quale non si può parlare di OOA (= *Object-oriented approach*). Secondo l'ANSI Object Oriented Database Task Group Final Technical Report (1991), :

*Un oggetto è qualunque cosa che svolge un ruolo rispetto a una richiesta per svolgere una operazione. La richiesta invoca l'operazione che definisce il servizio da svolgere.*

La richiesta è una comunicazione tra un oggetto e un altro oggetto e, a livello di sistema, viene implementata mediante un messaggio tra gli oggetti: l'oggetto risponderà, in modo particolare, ad un messaggio in base al suo stato. Per esempio, un messaggio per visualizzare l'entità areale determina una figura che dipende dalla scala, dai dati del contorno, dal tipo di campitura ecc.

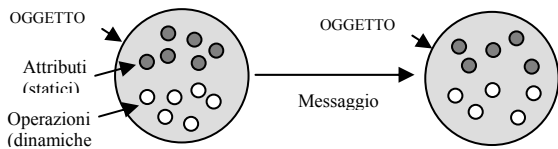


Figura 3.1 - Oggetti e comunicazione tra oggetti

Un oggetto è quindi caratterizzato dal suo comportamento, che è composto dalla totalità delle sue risposte ai messaggi. Gli oggetti con comportamenti simili sono organizzati in tipi. Ad esempio negli esempi precedenti è stato utilizzato il tipo entità areale (o area). Nei vari passi dal progetto all'implementazione del sistema, tale nozione semantica deve essere rappresentata mediante uno specifico oggetto (computazionale), ogni oggetto simile deve avere una struttura dei dati che contiene i valori dei suoi attributi e i metodi che implementano specifiche operazioni. A questo livello possiamo parlare di classi di oggetti, (*object classes*) che sono raggruppamenti di oggetti con la stessa struttura dei dati e gli stessi metodi implementati. Quindi, una classe di oggetti è una specifica d'implementazione, mentre un tipo di oggetto è una nozione semantica.

Specificazione (nozione)	Implementazione (costrutto)
Tipo di oggetto	<b>Classe di oggetti</b>
Operazione	<b>Metodo</b>
<b>Relazioni</b>	<b>Messaggi</b>

Tabella 3.1 - Specificazione e implementazione

Come si può notare, differenti modelli orientati agli oggetti evidenziano differenti specifiche di implementazione (costrutti). Nel seguito, verranno elencati e descritti alcuni dei più comuni costrutti tentando di distinguere il ruolo nei differenti passi del processo di modellizzazione.

### 3.4 Modellazione orientata agli oggetti

Gli strumenti di modellazione associati con la tecnologia relazionale sono sufficienti per l'analisi di strutture informative di molte applicazioni tradizionali. Comunque, l'applicazione dell'approccio ER ad ampie casistiche ha permesso di evidenziarne i difetti. Questo è particolarmente evidente quando le entità considerate hanno una chiara struttura (ad esempio gerarchica) come spesso avviene nelle applicazioni spaziali, dove i tipi spaziali sono composti.

Uno dei maggiori vantaggi della modellizzazione rivolta agli oggetti (*Object Oriented Modelling = OOM*) è che gli oggetti nel processo di modellizzazione possono essere oggetti naturali, così come si possono osservare nel mondo reale. Ad esempio, una partizione di un'area del piano in aree può essere modellizzata in modo naturale come un'aggregazione di aree, archi e nodi. Questi oggetti possono costituire la base (tipo padre) per molte oggetti dipendenti dall'applicazione come particelle, distretti e strade. L'approccio ER è progettato in modo che un modello del sistema può essere facilmente trasformato in termini relazionali, ma questo comporta alcune limitazioni nel processo di modellizzazione.

Un altro ingrediente che la OOM fornisce in modo migliore rispetto ai modelli ER, è la modellizzazione del comportamento in aggiunta alle proprietà di stato.

Una formalizzazione dell'OOM è stata sviluppata nel 1991 stabilendo notazione e terminologie generali: un tipo di oggetto è dichiarato dandogli un nome, una lista opzionale di parametri

(attributi) e un insieme di vincoli inerenti ereditarietà, stato, comportamento e integrità.

Lo stato di un tipo di oggetto consiste in un'insieme di attributi e descrive gli aspetti statici o le proprietà del tipo di oggetto: esso assomiglia all'insieme di attributi di un'entità nel modello ER. Comunque, ogni occorrenza di un attributo è esso stesso un oggetto.

Il comportamento consiste in un insieme di operazioni che possono essere svolte sugli oggetti di un certo tipo di oggetto. Le operazioni definiscono il comportamento di un oggetto di un tipo, ogni operazione sarà implementata mediante un metodo, che agisce sui membri della classe di oggetti implementata e restituisce un membro di una classe di oggetti. Comunque, i dettagli dell'implementazione di un'operazione non sono l'obiettivo del modello concettuale. Alcuni gruppi generali di operazioni sono:

- costruttori e distruttori: sono operazioni che aggiungono o eliminano oggetti di un tipo, per esempio, per il tipo strade, ogni operazione di inserimenti di una nuova strada o cancellazione di una vecchia strada nel sistema;
- accessori: operazioni che restituiscono oggetti le cui proprietà dipendono dalle proprietà di un particolare oggetto selezionato; per esempio la lunghezza totale di un oggetto nel tipo strade deve essere realizzato mediante l'operazione accessoria lunghezza;
- Trasformazioni: operazioni che modificano lo stato dell'oggetto; per esempio, per il tipo strade, una ricognizione mette in evidenza un riclassificazione di una strada (da comunale a provinciale). Questo può essere comunicato all'oggetto appropriato mediante l'operazione aggiorna\_classificazione.

• Come esempio, si costruisca il modello dell'oggetto strada:

```

tipo strada
    stato
        nome:stringa
        classificazione:stringa
        annocostruzione:data
        mezzeria:arco
        ...
    comportamento
        crea:→strada
        cancella:→
        lunghezza:road→real
        aggiornaclassificazione:strada→strada
        visualizza:strada,scala→
        ...
fine strada

```

Ogni occorrenza di ogni tipo di attributo appartiene essa stessa a una classe di oggetti (ad esempio, nome appartiene alla classe di oggetti stringa). Il tipo strada ha un certo comportamento: ad esempio l'operazione lunghezza restituisce un oggetto di tipo *real* quando fornendo in ingresso un oggetto di tipo strada. Il valore restituito fornisce la lunghezza dell'oggetto strada selezionato, calcolato sulla base dei suoi attributi usando un metodo fornito nella definizione del tipo di oggetto strada. Questa è un'operazione accessoria, crea e cancella sono il costruttore e il distruttore, aggiornaclassificazione è una trasformazione. Visualizza è un'operazione interessante perché coinvolge più parametri (oggetto scala e oggetto strada): si assume che una strada possa essere visualizzata sul monitor in modo dipendente dagli attributi della strada e dalla scala di visualizzazione.

La modellizzazione può continuare definendo un tipo autostrade derivato (figlio) dal tipo strade, con alcuni attributi e operazioni specifici:

```
tipo autostrada
    eredita
        strada
    stato
        stazionidiservizio:set(edificio)
    ...
fine autostrada
```

Nell'esempio si aggiunge la collezione di stazioni di servizio inteso come un oggetto generato dall'aggregazione di edifici.

### 3.5 L'approccio orientato agli oggetti per i GIS

In precedenza sono state esposte le caratteristiche principali della modellizzazione orientata agli oggetti per quanto riguarda i database. L'applicazione di questo approccio ai GIS riprende tutte le considerazioni svolte estendendole anche agli oggetti aventi una caratteristica spaziale.

La realtà descritta con il sistema informativo territoriale risulta pertanto composta da oggetti spaziali (o entità) caratterizzati dalle proprietà descritte ovvero identificabili, rilevanti (significativi) e descrivibili aventi un insieme di caratteristiche esprimibili in forma di proprietà statiche (stato) e un determinato comportamento (metodi).

L'importante novità da tenere in considerazione è che le entità di un GIS orientato agli oggetti hanno molte tipologie di caratteri descrittivi (dimensioni) i cui attributi possono essere misurati (caratteristiche spaziali, grafiche, temporali, testuali e numeriche). Per esempio, una particella catastale può avere un poligono chiuso che rappresenta il suo contorno nel mondo reale (oggetto spaziale), un poligono chiuso e un punto (centroide) che rappresenta la sua forma cartografica a differenti livelli di generalizzazione (oggetti grafici), le date in cui è stata creata nel mondo reale e inserita nel sistema (oggetti temporali), attributi che ne descrivono l'area, il proprietario e il nome (oggetti numerici o testuali). In pratica, queste categorie di caratteri descrittivi non possono presentarsi insieme secondo le stesse modalità, ma devono essere considerate separatamente: ad esempio, una particella può cambiare forma o avere proprietari differenti in tempi diversi (la dimensione temporale dei caratteri verrà trattata nel paragrafo inerente i GIS dinamici). C'è pertanto, una grossa distinzione (che spesso non viene evidenziata a sufficientemente) tra dimensioni spaziali e dimensioni grafiche: gli oggetti spaziali esistono per descrivere il modello della realtà inerente l'applicazione, mentre gli oggetti grafici ne sono la rappresentazione, ovvero costituiscono un insieme di dati più vicini alla visualizzazione dell'oggetto e pertanto legati maggiormente agli aspetti del sistema interno (macchina). Gli oggetti grafici sono necessari al sistema interno e le relazioni tra oggetti spaziali e grafici sono create attraverso processi di astrazione e generalizzazione.

Un'altra utile distinzione è tra oggetti a referenza spaziale (georiferiti come edifici, strade, ferrovie) aventi proprietà spaziali e oggetti spaziali (come punti, linee, archi e aree) che costituiscono la referenza spaziale di oggetti georiferiti. L'ereditarietà non può essere usata: non è infatti il caso in cui una casa è un *polygon* (area) in quanto il tipo di oggetto casa non è ereditato dal tipo di oggetto *polygon*, ma è il caso in cui una casa ha un contorno che può essere rappresentato come un poligono a una particolare scala e risoluzione del monitor (casa è il tipo di oggetto georiferito, *polygon* è il tipo di oggetto spaziale). La mostra un'istanza (più precisamente il grafico di un'istanza) del tipo di oggetto casa, che contiene l'oggetto

contorno (rappresentato da un *polygon*) e alcuni attributi alfanumerici (proprietario, indirizzo, registrazione) che assumono referenza spaziale grazie al collegamento con l'oggetto casa.

Quindi, un GIS rivolto agli oggetti è un applicazione principalmente popolata di oggetti a referenza spaziale, ovvero un particolare tipo di oggetto che tra i suoi attributi contiene almeno un oggetto spaziale. Gli altri attributi alfanumerici (georeferenziati mediante l'oggetto spaziale) sono stati descritti nei capitoli precedenti.

### 3.6 Gli oggetti spaziali

Gli oggetti spaziali sono chiamati così in quanto esistono in uno spazio chiamato spazio d'inserimento (*embedding space*). Le specifiche di un oggetto spaziale dipendono dalla struttura del suo spazio d'inserimento. I più comuni spazi utilizzati sono i seguenti:

- **Euclideo:** ammette la misura di distanze e angoli di direzione tra oggetti. Data una dimensione dello spazio (2D, 3D o 4D con il tempo), gli oggetti in uno spazio euclideo possono essere rappresentati utilizzando un insieme di  $n$ -ple di coordinate;
- **Metrico:** ammette la misura di distanze (ma non necessariamente di angoli di direzione) tra oggetti. Un esempio di spazio metrico è una superficie dei tempi di percorrenza;
- **Topologico:** ammette relazioni topologiche tra oggetti (ma non necessariamente la misura di distanze e angoli) come connessione e adiacenza.

La specificazione di un oggetto richiede la definizione del suo stato e del suo comportamento. La situazione più comune utilizza gli spazi euclidei e quindi ogni oggetto spaziale è definito mediante un insieme di  $n$ -ple di coordinate. In alternativa è possibile specificare un insieme di oggetti denominati primitive in base ai quali è possibile costruire tutti gli altri oggetti mediante un insieme di operazioni dedicate. La classe di oggetti spaziali primitive include generalmente punti, linee e poligoni (aree).

Si consideri l'esempio seguente inerente una semplice analisi richiesta ad un GIS:

calcolare la lunghezza totale delle strade principali contenute in un raggio di 10 km rispetto ad un dato ospedale.

Il processo di modellizzazione procede nel modo seguente :

- le classi di oggetti a referenza spaziale a livello esterno sono strade e ospedali;
- gli oggetti spaziali che li georeferenziano (in seguito a processi di astrazione e generalizzazione) sono archi e punti, rispettivamente;
- è necessario definire un ulteriore oggetto spaziale (disco) per individuare la zona d'indagine;
- l'operazione lunghezza agisce sull'arco restituendo un numero reale;
- l'operazione interseca si applica per estrarre il pezzo di un arco in comune con un disco.

L'analisi può essere svolta mediante quattro passi:

- genera il disco che ha come centro l'ospedale e raggio di 10 km;
- cerca le intersezioni del disco con tutti gli archi che rappresentano le strade;
- calcola la lunghezza di ogni pezzo di arco ottenuto al passo precedente;
- calcola la lunghezza totale come somma delle lunghezze determinate al passo precedente.

Le operazioni intersezione e lunghezza utilizzano i correnti algoritmi di calcolo.

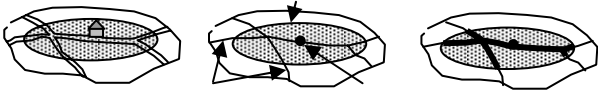


Figura 3.2 - Esempio di modellizzazione e analisi agli oggetti

### Tipi di oggetti spaziali negli spazi euclidei

Nella figura successiva si può osservare una possibile gerarchia ereditaria per gli oggetti in uno spazio bidimensionale, lo spazio euclideo piano con la corrente topologia. I nomi degli oggetti non sono stati standardizzati e pertanto possono generare alcune confusioni:

- il tipo di oggetti più generale è il progenitore comune chiamato spaziale;
- questo progenitore è l'unione disgiunta dei tipi punto e esteso, in modo da distinguere i singoli punti da oggetti più complessi bidimensionali;
- la classe esteso può essere specializzata (in funzione delle dimensioni) nei tipi esteso\_1D (linee) e esteso\_2D (aree);
- i tipi di oggetti monodimensionali sono archi e anelli, specializzati mediante archi semplici e anelli semplici quando che non si incrociano;
- gli oggetti areali (ovvero racchiusi da polilinee chiuse) sono gli oggetti area;
- un'area connessa costituisce un oggetto regione, una regione semplicemente connessa (senza buchi) è un oggetto cella.

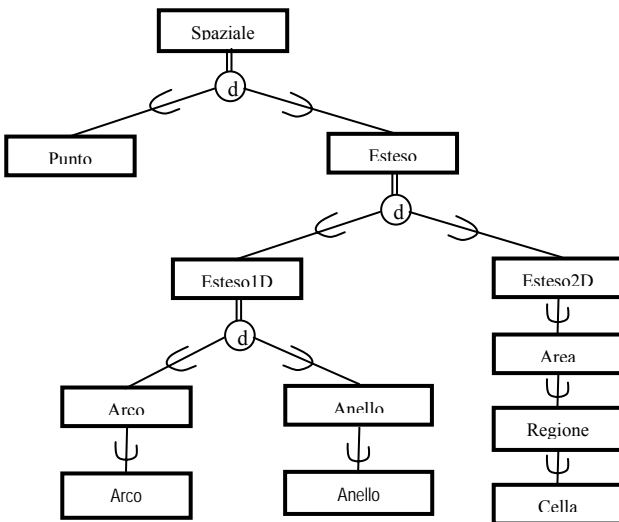


Figura 3.3- Diagramma della gerarchia ereditaria di tipi di oggetti spaziali in uno spazio euclideo

Riprendendo l'esempio del paragrafo precedente è ora possibile definire i seguenti tipi di oggetto:

#### tipo disco

##### stato

nome:stringa  
contorno:anello\_semplice  
...

##### comportamento

crea:→disco  
cancella:→  
area:disco→real  
interseca:disco,strada→arco  
...

#### fine disco

#### tipo strada

##### stato

nome:stringa  
classificazione:stringa  
annocostruzione:data  
mezzeria:arco  
...

##### comportamento

crea:→strada  
cancella:→  
lunghezza:strada→real  
aggiornaclassificazione:strada→strada  
visualizza:strada,scala→  
...

#### fine strada

#### tipo ospedale

##### stato

nome:stringa  
annocostruzione:data  
posizione:punto  
...

##### comportamento

crea:→ospedale  
cancella:→  
...

#### fine ospedale

Nella modellizzazione ad oggetti si utilizza il termine oggetto anziché entità per descrivere ciò che si intende modellizzare del mondo reale. L'oggetto contiene al proprio interno sia i dati che lo rappresentano, sia le operazioni che su di esso possono essere applicate.

Questa descrizione ben si presta a interpretare la situazione dei dati di natura geografica.

Alla base della modellazione ad oggetti in ambito geografico si definisce il concetto di classificazione. Quello della classificazione è il processo per cui gli oggetti riconosciuti dello stesso tipo, aventi dunque le medesime caratteristiche in termini di attributi e di operazioni che su essi possono essere effettuate, vengono raggruppati per classi. Ogni oggetto appartiene quindi ad una classe, che ne definisce le caratteristiche. Su queste premesse si definiscono due processi alla base della modellazione ad oggetti: la generalizzazione e la specializzazione.

La generalizzazione riguarda quei casi reali in cui le classificazioni siano di tipo gerarchico, e quindi riuniscano insieme gli oggetti per la creazione di oggetti più complessi. In questi casi la "super-classe" risultante acquisisce gli stessi attributi delle classi da cui è composta.

Il caso opposto, la specializzazione, distingue i diversi componenti di un oggetto complesso. Le nuove classi che derivano dalle "super-classi" ereditano da esse gli attributi e i metodi, oltre ad averne di propri.

Tale descrizione pone in evidenza il vantaggio principale dei modelli ad oggetti, ossia la loro interoperabilità fra diversi sistemi. Infatti, mentre in un modello classico di dati (per esempio quello di una base di dati relazionale), tutte le operazioni vengono svolte a livello informatico "esternamente" alla base di dati da software di gestione di DB, nel modello ad oggetti le operazioni sono parte integrante degli oggetti, e pertanto possono essere correttamente interpretate da qualsiasi programma di gestione di DB.

Tuttavia, le basi di dati orientate ad oggetti non sono ancora così largamente usate nei prodotti commerciali, dove prevalgono le basi di dati relazionali.

In tempi recenti gli sforzi sono andati nella direzione di combinare i vantaggi delle basi di dati relazionali (largamente diffusi) e i benefici della modellizzazione ad oggetti in sistemi ibridi "ad oggetti - relazionali". E' possibile infatti, per le basi

di dati descritte come modellizzate ad oggetti, essere costruite usando una combinazione di tecniche di descrizione orientate agli oggetti e di un modello concettuale relazionale per l'archiviazione dei dati. E' così possibile tradurre la struttura della gerarchia ad oggetti in tabelle di tipo relazionale: si tratta di un approccio di tipo "evolutivo", nel quale si aggiungono le caratteristiche del modello ad oggetti a una struttura esistente di tipo relazionale.

### 3.7 Il modello GeoUML

Le specifiche Intesa GIS propongono un modello di dati orientato agli oggetti denominato GeoUML.

Il GeoUML è un modello concettuale per la definizione del contenuto del database topografico secondo le proposte dell'Intesa GIS. Il GeoUML è una specializzazione degli standard ISO TC 211. Si basa su una serie di costrutti di base e di costrutti derivati.

Il modello GeoUML non serve a descrivere il contenuto informativo di un database topografico, ma a descrivere le proprietà di tale contenuto informativo. Il GeoUML è quindi una formalizzazione della scrittura e della strutturazione dei database topografici.

Inoltre, essendo il GeoUML un modello concettuale, sussiste ad un livello di astrazione tale che prescinde dalla sua fisicizzazione. Il GeoUML definisce la strutturazione degli oggetti intesa come descrizione delle primitive geometriche che aggregate compongono un oggetto, e non con la rappresentazione interna, che invece è pertinenza della fase fisica della modellazione. Quindi è un modello trasversale tra le diverse soluzioni software che possono essere impiegate per la sua implementazione in un database topografico.

Essendo poi compatibile con gli standard ISO TC211, il GeoUML è di fatto una specializzazione del linguaggio UML, applicato dal ISO TC 211 all'informazione geografica.

Da un punto di vista geometrico, GeoUML distingue primitive geometriche e oggetti geometrici. In prima approssimazione, le primitive geometriche coincidono con le geometrie di base dei modelli GIS tradizionali, i punti, le polilinee e i poligoni, mentre gli oggetti geometrici sono costituiti da aggregazioni di primitive geometriche.

Le primitive geometriche del GeoUML sono state definite tenendo conto dei seguenti requisiti:

- la necessità di rappresentare punti e linee sia in 2D che in 3D, mentre le superfici sono rappresentate solo in 2D. Questo significa che le primitive geometriche appartengono a 5 categorie differenti;
- la necessità di rappresentare relazioni e vincoli geometrici e topologici tra le primitive geometriche.

Inoltre tutte le primitive geometriche, indipendentemente dal loro tipo, possiedono alcune proprietà comuni, in osservanza alle proprietà di ereditarietà tra classi e sottoclassi proprie dei linguaggi di modellazione ad oggetti.

Alle primitive geometriche viene associata una dimensione, che vale 0 per i punti, 1 per le polilinee, 2 per le superfici (teoricamente 3 per i volumi, ma non sono contemplati nell'odierna versione del GeoUML).

Nel linguaggio GeoUML non interessa conoscere la strutturazione interna della primitiva, infatti le informazioni di interesse per la sua descrizione completa sono:

- la frontiera della primitiva: all'interno di un oggetto si distinguono due parti: la sua parte interna e la sua frontiera. La definizione formale di frontiera è piuttosto complicata, ma l'esempio successivo relativo agli oggetti areali, dovrebbe chiarire il concetto.

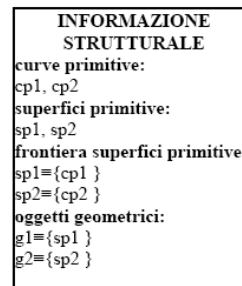
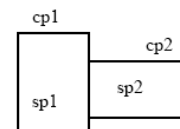


Figura 3.4: aggregazione di oggetti

Gli oggetti areali g1 e g2 nella figura sono rappresentati da un'aggregazione di un poligono e una polilinea (rispettivamente cp1, cp2 e sp1, sp2), chiamate curve e superfici primitive.

La frontiera delle superfici primitive coincide con le curve primitive.

- lo spazio di riferimento della primitiva: descrive alcune proprietà dell'oggetto, e in particolar modo ne definisce la porzione di territorio interessata, i dati di riferimento geodetico (datum, sistema di coordinate).
- sapere se è semplice: un oggetto è definito semplice se e solo se non possiede punti di autointersezione.

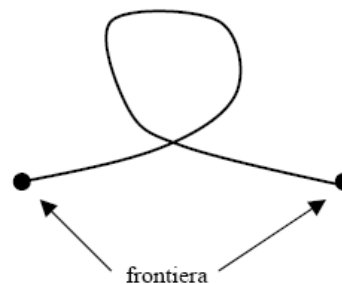


Figura 3.5: oggetto non semplice

- sapere se è ciclica: un oggetto geometrico è ciclico se e solo se la sua frontiera è vuota, ossia se è esso è costituito, per esempio, unicamente da una circonferenza, una linea chiusa, una superficie sferica, ecc.

Con questa convenzione di strutturazione è possibile definire le relazioni spaziali fra oggetti come condivisione di primitive geometriche, generalizzando il concetto topologico dei modelli classici.

Le diverse tipologie di aggregazione di primitive geometriche generano differenti tipi di oggetti geometrici. Il tipo geometrico più importante per il modello GeoUML è il complesso. Due o più oggetti costituiscono un complesso quando la strutturazione delle loro primitive è tale da permettere di derivare le relazioni spaziali tra i due oggetti dalle proprietà di condivisione delle loro primitive.

Nella tabella di seguito si riportano tutti i tipi geometrici del GeoUML, con il significato geometrico del nome codificato e la corrispondente classe dello *Spatial Schema* (standard ISO TC 211) da cui derivano.

Classe di GeoUML	Significato	Classe di Spatial Schema da cui è derivata
GU_Point2D	punto 2D	GM_Point
GU_Point3D	punto 3D	GM_Point
GU_CPCurve2D	linea (composta) 2D	GM_CompositeCurve
GU_CPCurve3D	linea (composta) 3D	GM_CompositeCurve
GU_CFRing2D	anello 2D	GM_CompositeCurve
GU_CFRing3D	anello 3D	GM_CompositeCurve
GU_CFSurface2D	superficie (composta) 2D	GM_CompositeSurface
GU_CNCurve2D	curva connessa 2D	GM_Complex
GU_CNCurve3D	curva connessa 3D	GM_Complex
GU_CNCurve2D	curva complessa 2D	GM_Complex
GU_CNCurve3D	curva complessa 3D	GM_Complex
GU_CNRing2D	anello complesso 2D	GM_Complex
GU_CNRing3D	anello complesso 3D	GM_Complex
GU_CNSurface2D	superficie complessa 2D	GM_Complex
GU_CNSurface3D	superficie complessa 3D	GM_Complex
GU_Complex2D	complesso 2D	GM_Complex
GU_Complex3D	complesso 3D (contiene solo linee e punti)	GM_Complex
GU_Aggregate2D	aggregato (insieme) 2D	GM_Aggregate
GU_Aggregate3D	aggregato 3D	GM_Aggregate
GU_MPoint2D	insieme di punti 2D	GM_MultiPoint
GU_MPoint3D	insieme di punti 3D	GM_MultiPoint
GU_MCurve2D	insieme di linee 2D	GM_MultiCurve
GU_MCurve3D	insieme di linee 3D	GM_MultiCurve
GU_MSurface2D	insieme di superfici 2D	GM_MultiSurface
GU_MRing2D	insieme di anelli 2D	GM_Aggregate
GU_MRing3D	insieme di anelli 3D	GM_Aggregate

Figura 3.6: tipi geometrici del GeoUML

### 3.8 La topologia nel modello GeoUML

Nel modello GeoUML, per le caratteristiche di aggregazione delle primitive geometriche che compongono gli oggetti, le intersezioni fra gli oggetti devono essere esse stesse delle primitive geometriche, e quindi i dati devono essere topologicamente corretti.

Esempi tipici di inconsistenza topologica sono:

- una linea che dovrebbe raggiungerne un'altra, ma non la raggiunge (*undershoot*);
- un linea che dovrebbe terminare quando ne raggiunge un'altra, ma la supera (*overshoot*);
- due superfici che dovrebbero essere adiacenti, condividendo un tratto di frontiera, ma formano invece piccole aree di sovrapposizioni o piccoli buchi tra di loro (*sliver polygons*).

All'interno di un oggetto complesso, costituito cioè da più oggetti, è necessario quindi garantire la correttezza topologica dei dati tramite l'individuazione delle primitive condivise.

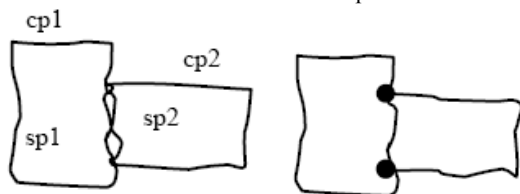


Figura 3.7: correttezza topologica dei dati

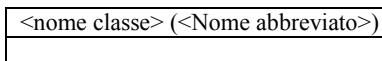
In figura è visualizzata la trasformazione di due oggetti distinti in un complesso, con annessa correzione topologica.

### 3.9 Gli elementi di base: gli strati, i temi e le classi.

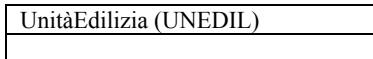
Nel modello ad oggetti GeoUML proposto dalle Specifiche, i dati spaziali sono suddivisi gerarchicamente in Strati, Temi e Classi. Ogni entità geografica è un'istanza di una classe e possiede una componente geografica e una alfanumerica. Una stessa entità può avere più componenti geometriche. Confrontando questa struttura dei dati con il formato shape file, molto diffuso in ambiente GIS, la componente geometrica è il file vettoriale .shp, mentre la componente alfanumerica corrisponderebbe al relativo campo nel Database. La differenza, come precedentemente esposto, è che nel modello ad oggetti GeoUML una stessa entità può avere più componenti geometriche con ruoli differenti.

La classe è l'insieme degli oggetti che condividono la struttura del dato, le regole di acquisizione e di strutturazione e di relazione con gli altri oggetti. Una classe definisce le proprietà comuni a un insieme di oggetti omogenei. Con oggetto (o entità), si definisce un elemento della realtà al quale è possibile relazionare attributi in forma alfanumerica e/o associazioni con altri oggetti.

La rappresentazione formale in linguaggio GeoUML della classe è il seguente:



Ad esempio:



### 3.10 La metadattazione secondo le specifiche Intesa GIS

Secondo le specifiche, i requisiti di qualità dei dati vengono articolati nelle seguenti componenti:

1. soglia di accuratezza posizionale;
2. soglia di acquisizione del dato;
3. i parametri di qualità.

In generale la maggior parte delle informazioni indicate nelle Specifiche sembra destinata a chi produce e collauda il dato, piuttosto che a chi lo fruisce.

## 4. ELABORAZIONE DI UN DATABASE GEOGRAFICO SECONDO LE SPECIFICHE INTESA GIS

Di seguito si analizzerà la procedura di redazione di un prototipo di database geografico secondo le specifiche Intesa GIS. Partendo da un set di dati specifico, una sezione di CTR della Regione Piemonte alla scala nominale 1:10.000, se ne è analizzato il contenuto in relazione alle specifiche Intesa. Si è poi provveduto, utilizzando gli opportuni strumenti software, alla redazione del corrispondente modello concettuale dei dati, e alla sua trasposizione in modello logico tramite un formato di interscambio, e poi fisico in ambiente GIS.

Uno dei linguaggi di modellazione più diffuso in ambito GIS è il UML (*Unified Modelling Language*).

L'UML è un linguaggio di modellazione grafica orientato agli oggetti utile per descrivere nel dettaglio l'architettura di un sistema ed utilizzato per visualizzare, specificare, creare e documentare sistemi software.

Inoltre è un linguaggio standardizzato dall'OMG (*Object Management Group*) e pertanto consente a qualunque soggetto coinvolto nella fase di progettazione e sviluppo del modello di intervenire anche a progetto in corso.

L'UML si implementa attraverso il cosiddetto *Visual Modeling*, che è il processo che prevede la visualizzazione grafica di un modello, utilizzando un insieme ben definito di elementi grafici, che nel linguaggio UML sono rappresentati dai Diagrammi di base.

Si è scelto come ambiente software per la fase di *visual modeling* Microsoft Visio. MS Visio è il modulo per la modellazione del pacchetto Office di Microsoft.

La scelta di questa piattaforma software è stata dettata dalla compatibilità nei formati di dati con i software GIS ESRI, in particolar modo la piattaforma ArcGIS 9.x, che sono stati adottati come software GIS.

Ciò significa che sono resi disponibili da parte della ESRI alcuni modelli che funzionano come ambiente di lavoro in MS Visio.

I modelli UML di ArcGIS per MS Visio contengono gli oggetti di modellazione richiesti per la progettazione di un modello concettuale di dati per un Geodatabase

Le classi vengono inserite nel modello come strutture statiche UML. Ad ogni classe inserita devono essere associate le proprietà del package che la contiene. Per far ciò, si sfruttano una proprietà del linguaggio UML, illustrata in precedenza: la generalizzazione.

La classe così inserita, posta in relazione con le entità object e feature del package, eredita da essi gli attributi OBJECTID e Shape, fondamentali per una struttura dati GIS.

Definite le classi si è provveduto alla definizione delle relazioni fra le classi. Le relazioni possono essere di due tipi, distinti dalla differente cardinalità:

- Semplici: 1:1, 1:m;
- Multiple: m:m.

Oltre alle relazioni fin qui illustrate è possibile definire altre caratteristiche degli oggetti del geodatabase: i domini e i subtypes. I domini sono la valorizzazione di alcuni attributi nell'ambito dell'intero geodatabase, mentre i subtypes sono valorizzazioni di dominio di attributi, ma con validità limitata ad una classe.

Un esempio di package prodotto nel prototipo di database e implementato secondo le specifiche Intesa GIS è quello relativo alle aree stradali e alle classi ad essa connesse:

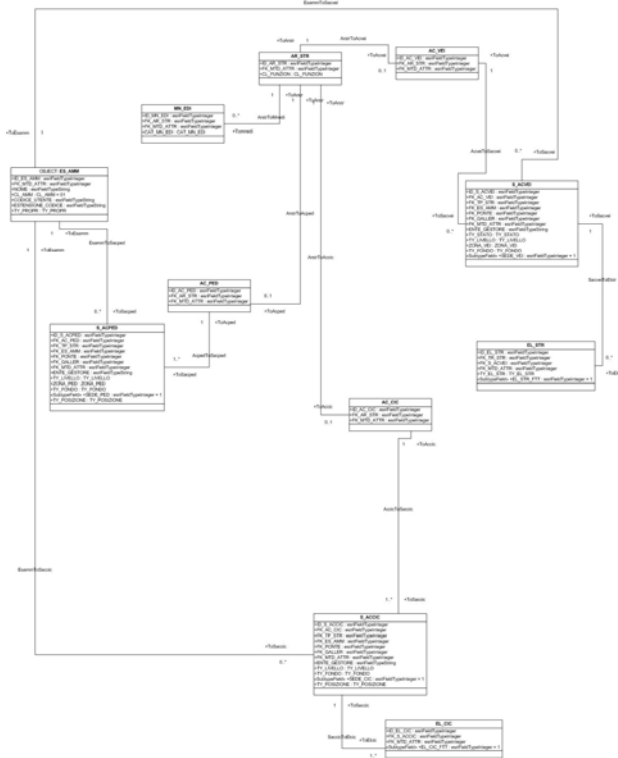


Figura 4.1: Diagramma relativo alle aree stradali

In pratica è possibile effettuare la fase di modellazione concettuale in ambiente MS Visio e passare alla modellazione logica in ambiente ESRI ArcGIS. In realtà il limite di questo sistema è che non instaura una reale interoperabilità, in quanto, come si è visto, sono necessari dei moduli di trascodifica dei contenuti del modello concettuale.

#### 4.1 L'esportazione del modello

Creato come descritto il modello concettuale in formato grafico, è possibile esportarlo in formato XML.

L'XML (*XML Metadata Interchange*) è uno standard ISO per definire, scambiare, manipolare ed integrare oggetti elaborando dati in formato XML. L'XML specifica un modello di scambio informazioni aperto che rende possibile lo scambio di strutture dati ad oggetti in una maniera standard. L'XML è un formato particolarmente adatto per lo scambio di informazioni relative a modelli UML.

Grazie ad una ulteriore macro della ESRI è possibile poi controllare la correttezza della sintassi del file XML esportato.

Il risultato è un documento dove vengono listati tutti gli errori riscontrati dal programma.

#### 4.2 L'importazione del modello in ESRI ArcCatalog

Il modello così creato il formato XML è importabile in ambiente GIS. Per coerenza col scelte effettuate in precedenza, si è optato per l'ambiente software ESRI.

Il sistema GIS ESRI si compone di diversi moduli, atti a soddisfare le diverse esigenze dell'utenza a differenti livelli di potenzialità.

Nel caso studio in esame, la piattaforma GIS utilizzata è la versione ArcInfo del software ArcGIS 9.2.

Per iniziare il processo di importazione del modello dei dati, si deve predisporre la struttura che lo ospiterà. Per far ciò si utilizza il modulo ArcCatalog della piattaforma ESRI, che permette di creare un Geodatabase vuoto che ospiterà il modello da noi creato.

In ArcCatalog è presente un *tool* di importazione chiamato *Case Schema Creation*.

Successivamente, si è operata la "popolazione" del geodatabase, con importazione degli elementi nelle classi appropriate attraverso tecniche di importazione.

I dati disponibili relativi alla sezione campione, in formato shape file hanno così trovato collocazione all'interno delle classi specificate ad inizio capitolo.

### 5. CONCLUSIONI

Il lavoro di analisi compiuto sullo stato di fatto dell'informazione geografica in Italia, esaminando anche la situazione europea e locale, mi ha consentito di prendere coscienza delle profonde problematiche che la comunità scientifica, i produttori e gli utilizzatori dei dati territoriali devono affrontare lungo la strada dell'uniformazione dell'informazione geografica.

Vista la rapida evoluzione a cui questo settore è sottoposto, tale analisi rappresenta lo stato di fatto ad una certa data, identificabile come la fine del 2006.

A livello europeo, ed è notizia recente, un significativo passo avanti nel processo di istituzione di una infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (progetto INSPIRE) è stato compiuto dal Parlamento Europeo e dal Consiglio Europeo, che hanno raggiunto l'accordo sui contenuti della direttiva INSPIRE.

In Italia l'attività dell'"Intesa Stato Regioni ed Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici", l'Intesa GIS, ha contribuito all'introduzione della modellazione ad oggetti nei Sistemi Informativi Territoriali, grazie alla definizione di un nuovo modello chiamato GeoUML. Tale approccio alla gestione dell'informazione geografica ha ormai avuto larga diffusione presso i produttori e gli utilizzatori dei dati territoriali, e le prime sperimentazioni in merito permettono ora di verificare, confermare o correggere quanto finora pubblicato in termini di specifiche Intesa GIS.

Sul fronte dell'interoperabilità, dall'analisi effettuata è emerso che la situazione è ancora molto complessa, e il percorso per giungere ad una reale interoperabilità di sistemi di gestione dell'informazione spaziale non è breve. Ogni tecnologia di trasferimento dei dati presenta alcuni vantaggi e svantaggi, tecnologici e operativi. Un sicuro impulso al settore verrà dato dalla piena entrata in funzione del formato GML3, per ora ancora in fase di sperimentazione e di implementazione nelle piattaforme software GIS.

Il prototipo di modello ad oggetti sviluppato per l'aggiornamento della sezione campione della CTR Regione Piemonte è un esempio di applicazione del principio di modellazione ad oggetti per i database topografici. Essendo un prototipo, alcune funzionalità non sono state implementate e il numero di classi coinvolte è inferiore a quella realmente presente in una carta tecnica.

In prospettiva futura, i filoni di approfondimento di questa sperimentazione potrebbero concentrarsi, per esempio, sull'integrazione dei dati multiscala, sulla sperimentazione del linguaggio GML3 per la distribuzione dei dati territoriali, sull'introduzione della terza dimensione, soprattutto in ambito urbano, per la creazione di modelli 3D, sulla distribuzione dei dati e la loro pubblicazione in ambiente *web based*.

Oltre all'aspetto di strutturazione di un database topografico occorrerà anche perseguire gli aspetti di miglioramento del flusso di aggiornamento del DB con le necessarie procedure di alimentazione.

Le tematiche affrontate coinvolgono inoltre aspetti che esulano dalla sfera tecnica, soprattutto per quanto riguarda la collaborazione tra enti, fondamentale nello sfruttare appieno le potenzialità di una SDI.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- CORONGIU M., GALETTO R., ROSSI M., SPALLA A., "Cartografia numerica per i database topografici e il 3D city model dei centri storici", Convegno Nazionale della Società Italiana di Fotogrammetria E Topografia, SIFET, Taranto, 2006.
- BARTHELME N., 2000, Geoinformatik : Modelle, Strukturen, Funktionen. Springer Verlag, 3. erw. U. Aktual. Aufl. Berlin u.a.
- PEUQUET D.J., 1977, Raster data handling in geographic information systems, (Buffalo: Geographic Information System Laboratory, New York State University).
- TOMLINSON, 1982, Panel Discussion: technology alternatives and technology transfer. In Computer assisted cartography and information processing: hope and realism. Ottawa: Canadian Cartographic Association.
- WHAETLEY D. e GILLINGS M., 2000, Vision, Perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility. In LOCK G.R. (a cura di) Beyond the map: archaeology and spatial technologies, NATO Science Series A, pp. 123-131.
- AA. VV., 2005, Interopérabilité pour l'utilisation généralisée de la Géoinformation. ETH, Zurich.
- VASONE M., GARRETTI L., BERNABINO F., 2004. S.I.T. della Regione Piemonte: strutturazione del geo-dbms a partire dalle specifiche intesa Gis. Atti conferenza ASITA – Roma 2004.
- INTESA GIS – WG01 (2004), Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di Interesse Generale, <http://www.intesagis.it>.
- REGIONE PIEMONTE – CSI-PIEMONTE (2004), SITAD Sistema Informativo Territoriale Ambientale Diffuso, <http://www.sistemapiemonte.it/serviziositad/> (per gli enti collegati alla rete regionale RUPAR: (<http://intranet.ruparpiemonte.it/serviziositad/>).
- COMITATO TECNICO ISO/TC 211 (2003), 19115 - Geographic information – Metadata.
- OOSTEROM, P.J.M. VAN (2003), Vision for the next decade of GIS technology – A research agenda for the TU Delft, the Netherlands, <http://www.gdmc.nl/>.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITA' EUROPEE (2004), Proposta di DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità (INSPIRE) / Bruxelles, 23.7.2004.
- EMANUELLI V., GARRETTI L., GRIFFA S., TRAVOSTINO M., SITAD – aspetti non-tecnologici di una infrastruttura di dati spaziali: disciplina legale e condivisione, Atti conferenza ASITA – Catania 2005.
- AMADIO G., DESIDERI M., CORONGIU M., LIGUORI F., ROSSI M., I primi passi di attuazione delle specifiche per i DB topografici dell'Intesa GIS: linee guida ed approfondimenti comuni, Atti conferenza ASITA – Catania 2005.
- CARRION D., MIGLIACCIO F., Importanza degli standard nella valutazione della qualità dei dati in un sistema informativo territoriale, Atti conferenza ASITA – Catania 2005.
- BELUSSI A., NEGRI M., PELAGATTI G., Problemi di applicazione degli standard ISO TC211 alla modellazione di una base dati spaziale, Atti conferenza ASITA – Roma 2004.
- CAROSIO A., NOCERA R., Il trasferimento dei dati, i metadati, i modelli e l'interoperabilità nei GIS, Atti conferenza ASITA – Roma 2004.
- CARRION D., MARZI D., MIGLIACCIO F., Dal formato shape ad una struttura object oriented: problematiche e vantaggi, Atti conferenza ASITA – Bolzano 2006.
- MINCHILLI M., "Le tecnologie GIS per la costruzione del sistema delle conoscenze in ambito regionale", Convegno Nazionale della Società Italiana di Fotogrammetria E Topografia, SIFET, Cagliari, 2004.
- ARENELLA E., "Tecnologie e Informazione Geografica tra Presente e Futuro", Atti della IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania 2005.
- ANNONI A., Lessons from the Italian NSDI, INSPIRE document - [http://inspire.jrc.it/reports/AANSIDI\\_Italy\\_FinalApproved\\_v12en.pdf](http://inspire.jrc.it/reports/AANSIDI_Italy_FinalApproved_v12en.pdf).
- NEBERT D., The SDI Cookbook, GSDI - <http://www.gsd.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>
- OPEN GIS CONSORTIUM, Inc. Web Map Service Specification OpenGIS Implementation Specification, OGC 01-068r2 – (2003).
- OPEN GIS CONSORTIUM, Inc. Web Feature Service Specification OpenGIS Implementation – (2003).
- BERTINO E., CATANIA B., FERRARI E., GUERRINI G., Sistemi di Basi di Dati. Concetti e architetture, Città Studi Edizioni – (1997).
- BURROUGH P., MCDONNELL A., Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, Oxford - (1998).
- Environmental System Research Institute ArcGIS 9 geodatabase workbook, copyright 2004 ESRI
- DOUGLASS B. P., "Real Time UML" , Addison-Wesley Professional – 2004.
- NAJM E., NESTMANN U., STEVENS P., " Formal Methods for Open Object-Based Distributed - Systems", Springer, (2004).
- ARCTUR D., ZEILER M., "Designing Geodatabases" , ESRI - (2003).
- DOV D., "Object-Process Methodology" , Springer, (2002).
- CHRISTAKOS G., BOGAERT B., SERRE M., " Temporal Gis" , Springer, (2002).
- WEGENER M., FOTHERINGHAM A. S., " Spatial Models and Gis" , Taylor & Francis, (2000).
- MONTGOMERY L.D., " Temporal Geographic Information Systems Technology and Requirements: Where We Are Today" , The Ohio State University, Columbus, Ohio - (1995).

## 7. RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare sentitamente Mauro Vasone del CSI Piemonte, per l'esemplare professionalità e per il supporto fornito nella redazione dell'elaborato di tesi.