

ANNO ACCADEMICO 2002-2003  
BASI DI DATI: SISTEMI AVANZIATI E GEOGRAFICI

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

*Sistemi Informativi Territoriali*

1. Introduzione

ALBERTO BELUSSI

MAGGIO-GIUGNO 2003

## Sistemi Informativi Territoriali o Geografici

I Sistemi Informativi Territoriali (SIT) gestiscono insiemi di dati correlati con il territorio (**informazione geografica**).

Un sistema informativo territoriale **non è (o non è solo)**:

- un sistema per la gestione di una base di dati di immagini;
- un sistema per il supporto alla progettazione di manufatti sul territorio (CAD);
- un sistema per la gestione di cartografia numerica.

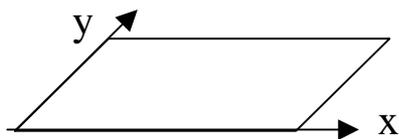
Un sistema informativo territoriale è innanzitutto un  
**SISTEMA INFORMATIVO.**

- contiene un'insieme di archivi di informazione geografica strutturata (basi di dati spaziali);
- consente l'interrogazione efficiente di tali archivi (basi di dati spaziali) e non solo la loro visualizzazione (carte geografiche).

## La rappresentazione del dato geografico

I modelli utilizzabili per rappresentare l'informazione geografica in un sistema informativo geografico sono di due tipi:

⇒ MODELLI "FIELD-BASED": in questi modelli, l'informazione geografica viene rappresentata come insieme di funzioni dallo spazio di riferimento ad un dato dominio. Esse rappresentano la distribuzione dei valori di un attributo nello spazio; i modelli "FIELD-BASED" ben si adattano a descrivere informazioni spaziali quali ad esempio: la temperatura media registrata nel mese di gennaio, la quantità media di precipitazioni annuali, la classificazione dell'uso del suolo, l'altimetria, ecc..

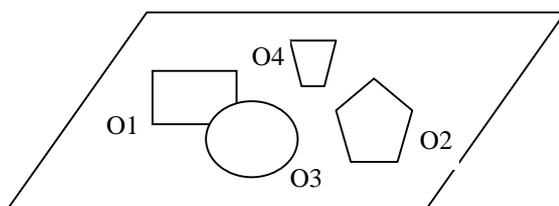


Attributo =  $f(x,y)$

### *DALLO SPAZIO AGLI ATTRIBUTI*

⇒ MODELLI "OBJECT-BASED": in questo caso l'informazione geografica viene rappresentata come insieme di oggetti univocamente identificabili che "popolano" lo spazio ("objects embedded in the reference space"), dove ogni oggetto viene descritto dai propri attributi;

questi modelli rappresentano con maggior facilità il contenuto tipico di una carta geografica, ad esempio, l'insieme delle strade, ferrovie, fiumi, canali di una determinata regione, le entità amministrative che insistono sul territorio (comuni, province, regioni, ecc..), gli insediamenti urbani, ecc...



O1: (a,b,c,....)

O2: (d,e,..)

O3: (b,e,...)

O4: (....)

### *DAGLI OGGETTI ALLO SPAZIO*

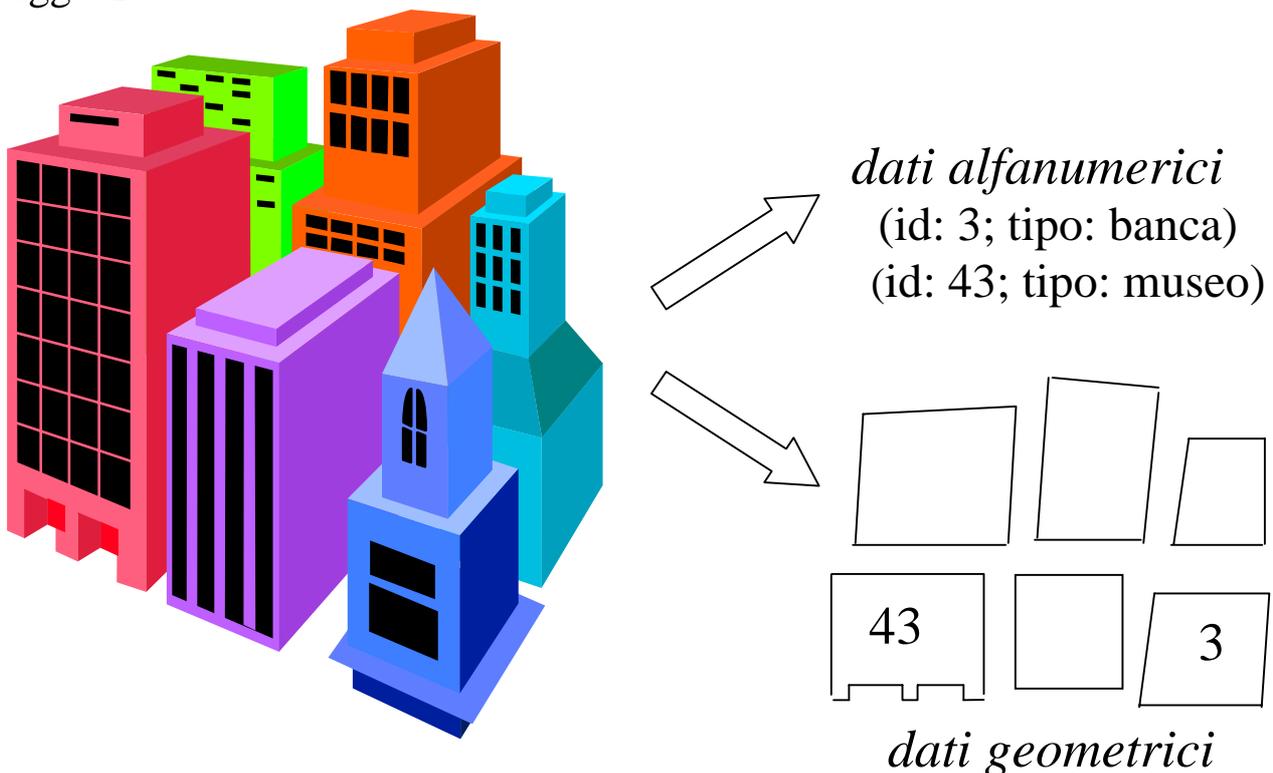
## Sistemi Informativi Territoriali (SIT)

I modelli “OBJECT-BASED” sono quelli più simili ai modelli utilizzati nell’ambito dei sistemi informativi tradizionali, in quanto gli attributi vengono introdotti come proprietà di entità, dove una di tali proprietà è la relazione dell'oggetto con lo spazio.

Uno schema di una base di dati geografica definito su un modello “OBJECT-BASED” descrive entità per le quali risulta rilevante rappresentare le seguenti informazioni:

- alcuni **dati descrittivi alfanumerici** (attributi classici),
- la loro **forma e estensione spaziale**,
- la loro **collocazione** sul territorio.

Rispetto ai sistemi informativi tradizionali, che trattano prevalentemente informazione alfanumerica strutturata (come accade nelle banche o nelle aziende), nei SIT si devono trattare dati alfanumerici associati a dati spaziali, dove per dati spaziali si intende la rappresentazione, in qualsiasi formato, della forma, dell'estensione e della collocazione nello spazio di oggetti.



## I Dati Spaziali e il Territorio

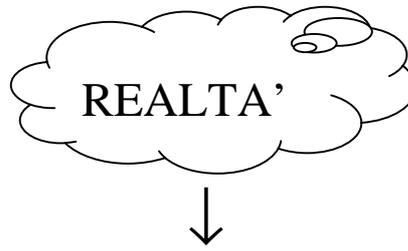
Il dato spaziale può essere rappresentato nel calcolatore con tecniche diverse, che risultano tanto più costose (in termini di spazio di memorizzazione e di tempo di elaborazione) quanto più la rappresentazione del dato è precisa e dettagliata.

La rappresentazione in una base di dati degli oggetti che si trovano sul territorio necessita quindi di un processo di astrazione che elimini i particolari irrilevanti e permetta di ridurre il costo di memorizzazione e di elaborazione dell'informazione. Infatti, un oggetto reale si sviluppa sempre nelle tre dimensioni, ha un volume, una forma con un grande numero di dettagli e una collocazione sul territorio, mentre non sempre tutti questi dati sono necessari per le attività che il sistema informativo territoriale deve svolgere.

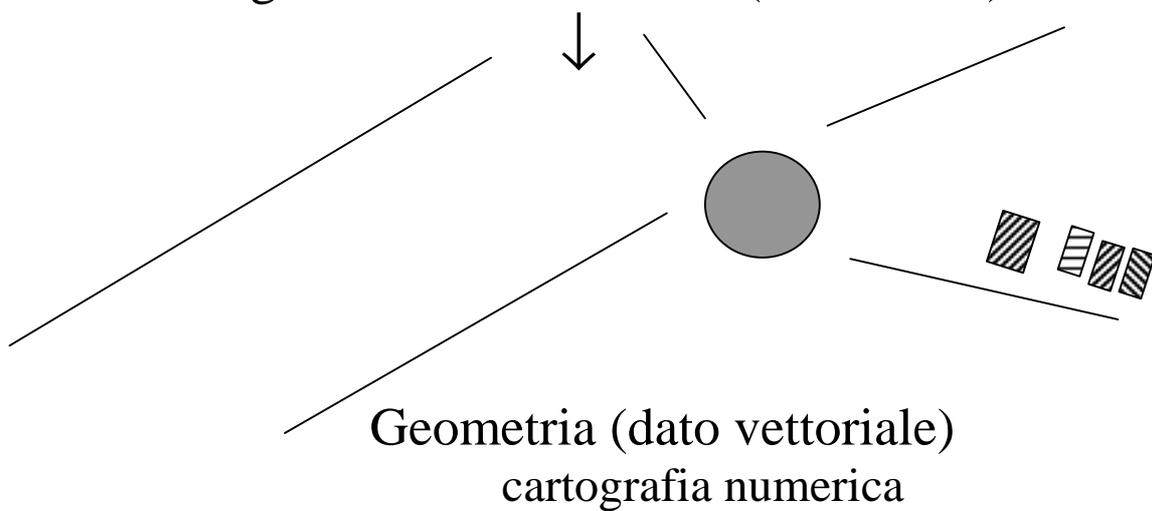
Un buon rapporto tra il costo di memorizzazione e il grado di dettaglio si ottiene considerando la proiezione su un piano cartesiano degli oggetti reali presenti sul territorio, con alcune eventuali informazioni aggiuntive per non perdere completamente la terza dimensione là dove serve.

Inoltre, poiché tale proiezione genererebbe esclusivamente un insieme di poligoni, va considerato quali oggetti far degenerare a linee o punti e quali invece rappresentare attraverso strutture più complesse quali i grafi dove si rappresentino esplicitamente alcune relazioni spaziali tra gli oggetti quali l'adiacenza o la connettività.

## Il Processo di astrazione



Fotogramma da volo aereo (dato raster)

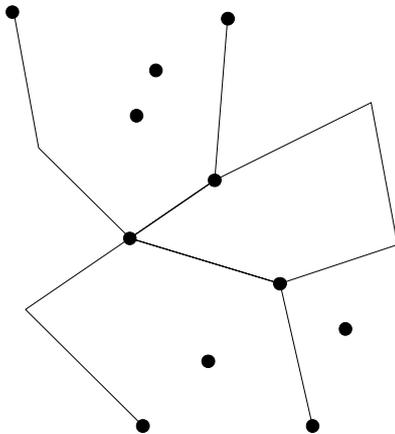


## Rappresentazione del territorio sul calcolatore

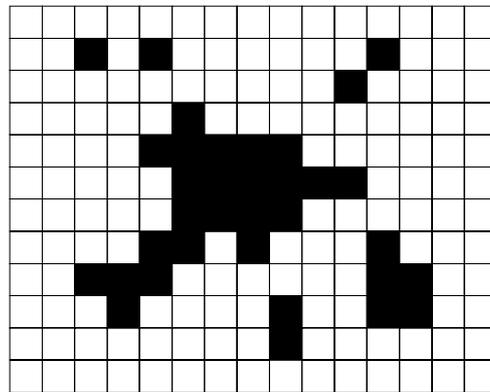
Un insieme di dati spaziali che descrivono una porzione di territorio può presentarsi in uno dei seguenti formati:

- formato RASTER: si tratta di una **griglia di celle**, dove si associa un insieme di dati a ciascuna cella. Rientrano in questa categoria le foto aeree o da satellite e la rappresentazione di misurazioni eseguite a tappeto sul territorio.
- formato VETTORIALE: in questo caso invece si memorizza un insieme di **punti, linee e poligoni** utilizzando un insieme di coordinate e equazioni. Rientrano in questa categoria i dati provenienti da carte tecniche o dal processo di restituzione di un volo fotogrammetrico.

DATI VETTORIALI



DATI RASTER



L'individuazione degli oggetti e l'aggiunta di informazione agli stessi sotto forma di attributi, prevede comunque di considerare dati vettoriali più o meno dettagliati.

Partendo dal dato raster sarebbe infatti necessario individuare gli oggetti sulla griglia in uno dei seguenti modi:

- per ogni oggetto si memorizzano le **coordinate di un punto** all'interno dell'insieme di celle che rappresentano l'estensione dell'oggetto sul territorio,
- per ogni oggetto si memorizza in modo sintetico **l'insieme di celle** che rappresentano l'estensione dell'oggetto sul territorio,
- per ogni oggetto si memorizza **il poligono** (eventualmente degenerato a linea o punto) corrispondente all'insieme di celle che rappresentano l'estensione dell'oggetto sul territorio

Nessun metodo risulta particolarmente efficace.

E' quindi utile nella progettazione concettuale della Base di Dati fare riferimento alla rappresentazione vettoriale del dato.

E' importante sottolineare che i dati spaziali hanno un elevatissimo costo di acquisizione a differenza dei dati puramente alfanumerici. Si può valutare che tale costo dipenda in modo non lineare dalla precisione che si vuole raggiungere.

## I SIT e la Cartografia

L'informazione geografica in passato è stata rappresentata e conservata nelle carte geografiche. Le carte geografiche hanno avuto diversi ruoli in passato:

1. memorizzazione dei dati rilevati,
2. sintesi delle informazioni utili a specifici usi.

Nei SIT con supporto informatico, la memorizzazione dei dati rilevati viene realizzata sul sistema informatico, ma la produzione di carte, quali strumento di sintesi per usi diversi, rimane un'attività importante del SIT stesso.

Alcuni concetti tipici dell'ambito cartografico devono quindi essere rivisti o chiariti se si riferiscono ad una Base di Dati di un Sistema Informativo Territoriale.

In particolare il concetto di scala di una carta non ha il medesimo significato nell'ambito di una Base di Dati Spaziali.

Innanzitutto, la scala di una carta ci dice:

- a) quale sia la proporzione tra le distanze misurate sulla carta e le distanze reali (ad esempio, 1:5.000 significa che 1 millimetro sulla carta sono 5.000 millimetri reali e quindi 5 metri), ma non solo;
- b) dal punto precedente deriva implicitamente anche un'informazione di precisione, infatti: è inutile una precisione che sia superiore all'errore medio di misurazione sulla carta stessa!
- c) sempre dal punto a) deriva anche un grado massimo di dettaglio raggiungibile dalla carta perché sia leggibile e similmente deriva la scelta dei simboli utilizzati per rappresentare i diversi oggetti.

Nella Base di Dati Spaziali si memorizzano le coordinate reali quindi la proporzione non è più rilevante. La scala tende essenzialmente a rappresentare la precisione dei dati spaziali rispetto al reale e caratterizza anche il repertorio degli oggetti rappresentati e la loro simbologia di massima.

## I SIT e la Cartografia

### Vincoli di precisione metrica e vincoli topologici

#### CARTA GEOGRAFICA:

- La precisione di una carta geografica fa parte della **metainformazione** associata all'intera base di dati in essa contenuta.
- Tutti i simboli sulla carta hanno la medesima precisione assoluta e relativa.
- Le **relazioni spaziali** tra gli oggetti sono derivabili dall'analisi della posizione reciproca dei simboli disegnati sulla carta.
- La carta geografica non può essere aggiornata: viene rigenerata completamente.

#### BASE DI DATI GEOGRAFICI:

- Si rappresentano in modo **esplicito** le coordinate reali. (coordinate Gauss-Boaga, UTM, ecc..).
- La metainformazione sulla precisione metrica può avere **granularità più fine** (punto ancora controverso). Vanno gestiti i problemi di consistenza metrica generale della Base di Dati Spaziale.
- Le relazioni spaziali tra gli oggetti possono essere specificate **esplicitamente**. Se esistono vincoli basati su relazioni spaziali, nella rappresentazione vettoriale con coordinate reali vanno esplicitamente rappresentati e controllati.
- Una base di dati geografica può essere aggiornata come qualsiasi altra base di dati: gli attributi di ogni oggetto possono cambiare così come la sua rappresentazione spaziale.

## La rappresentazione del dato spaziale

### Il sistema di riferimento delle coordinate:

⇒ sulla superficie terrestre:

- latitudine e longitudine
- quota sul livello del mare (misurata rispetto al geoide)

La determinazione dell'andamento del geoide su una determinata porzione della superficie terrestre viene eseguita considerando un insieme di punti di posizione nota. Tale insieme viene detto DATUM.

La determinazione della posizione di un punto può essere fatta a partire dal DATUM con le classiche tecniche di topografia.

### NUOVA TECNOLOGIA:

La determinazione della posizione di un punto sulla superficie terrestre può essere oggi eseguita utilizzando la rete di satelliti degli USA (GPS: Global Positioning System), e strumenti elettronici oggi in commercio (precisione di qualche metro).

### Le proiezioni

La rappresentazione delle carte geografiche ha sempre richiesto la proiezione sul piano della superficie terrestre:

- si classificano in proiezioni su disco, su cilindro e su cono
- si classificano in base alle proprietà che conservano: distanza, direzione, forma e area.

Tutte le proiezioni introducono DISTORSIONI quindi errori nella rappresentazione del dato geografico.

## Il rilievo del dato spaziale in formato vettoriale Cartografia numerica e Fotogrammetria

Il rilievo del dato spaziale può essere eseguito attraverso un VOLO FOTOGRAMMETRICO sul territorio.

Si utilizza una camera fotogrammetrica in grado di eseguire coppie di fotogrammi che consentono di ottenere una visione stereoscopica degli oggetti sul territorio.

### FASI DEL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO

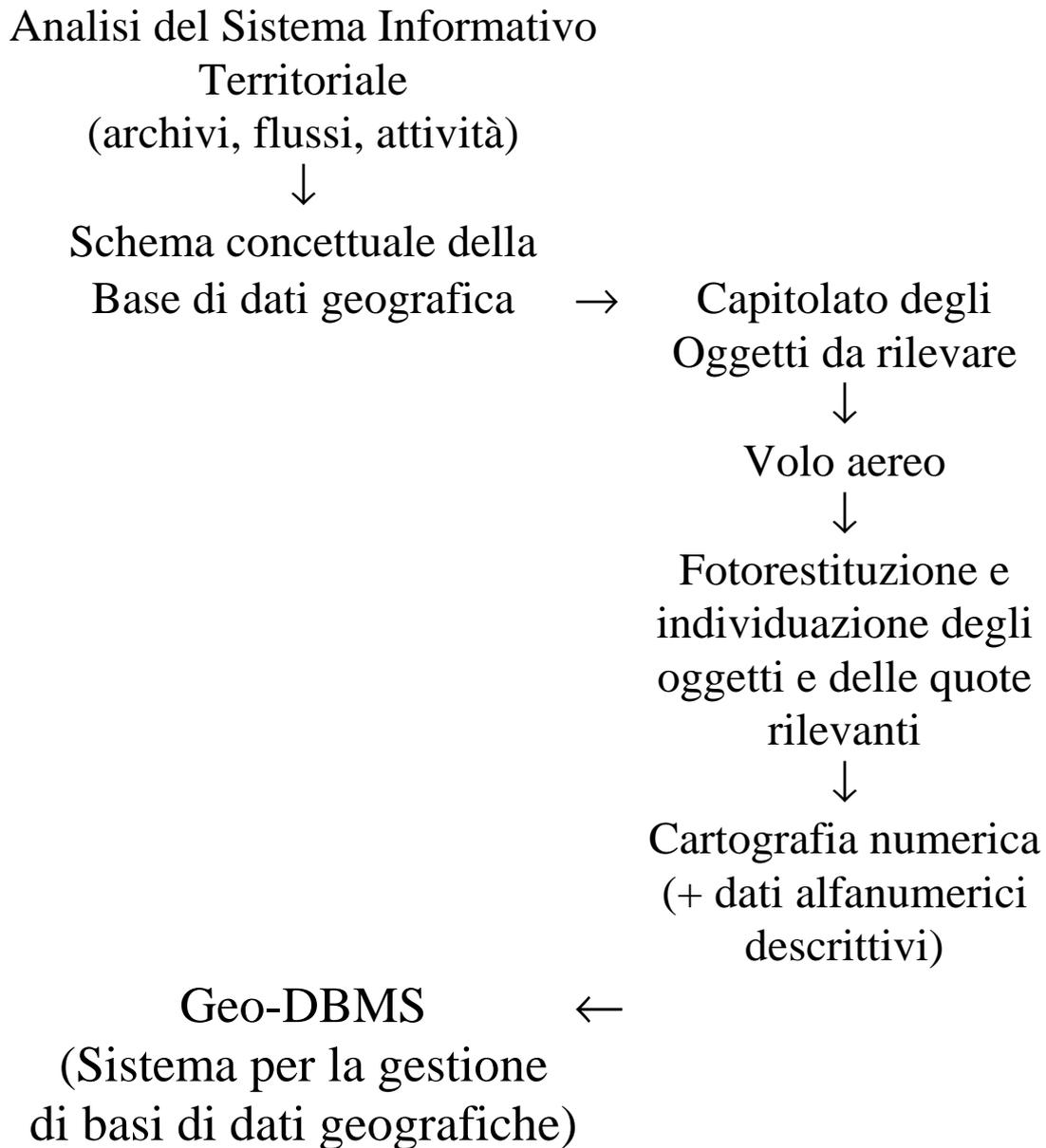
1. Fase di Presa: riguarda l'esecuzione del volo e la presa dei fotogrammi su tutto il territorio interessato dal rilievo che viene allo scopo suddiviso in "strisciate".
2. Fase di Orientamento: è necessario orientare correttamente i fotogrammi l'uno rispetto all'altro e rispetto al sistema di riferimento assoluto adottato allo scopo di ottenere un unico insieme di dati. L'orientamento relativo viene ottenuto attraverso la sovrapposizione dei fotogrammi; l'orientamento assoluto attraverso un insieme di punti di appoggio (punti quotati o trigonometrici) di posizione nota.
3. Fase di Restituzione: attraverso lo stereoscopio vengono riconosciuti e rilevati i diversi oggetti di interesse per la cartografia da produrre, riportando dove richiesto anche la quota (ad esempio la quota in gronda degli edifici).

## La Progettazione di un Sistema Informativo Territoriale

La progettazione di un sistema informativo territoriale è un'attività:

- interdisciplinare: coinvolge diverse competenze e richiede forte collaborazione;
- innovativa: è un modo nuovo di trattare l'informazione geografica che richiede di mettere in discussione le metodologie finora adottate per lavorare con i dati geografici;
- con valore aggiunto: è in grado di dare risposte e di produrre risultati non ottenibili con i precedenti strumenti di lavoro (carte geografiche).

## La Progettazione di un Sistema Informativo Territoriale



## Le Fasi della Progettazione di un Sistema Informativo Territoriale

Per quanto riguarda le fasi di progettazione di un sistema informativo territoriale vale quanto studiato per i Sistemi Informativi in generale e in aggiunta va considerata l'importanza della fase di acquisizione dei dati sia nello studio di fattibilità, sia nella progettazione concettuale, sia nella costruzione della base di dati. Infatti, i costi dell'acquisizione dei dati possono influenzare le scelte dei progettisti per quanto riguarda la precisione massima delle coordinate da rilevare e le categorie di oggetti presenti nella base di dati.

Per quanto riguarda in particolare la progettazione concettuale, lo schema delle attività e lo schema dei dati rimangono, anche in ambito territoriale, i due obiettivi della fase di analisi.

## Modelli concettuali per i Sistemi Informativi Territoriali

Per lo schema delle attività si suggerisce ancora l'uso del modello: data-flow-diagrams (DFD).

Per quanto riguarda invece lo schema dei dati si propone un'estensione del modello Entità Relazioni (ER) per la rappresentazione di dati territoriali. Tale modello prende il nome di **GEO-ER** ed è stato utilizzato per la progettazione concettuale della Carta Tecnica Regionale (1:10.000) e per la carta GeoAmbientale della Regione Lombardia e in vari altri progetti della stessa Regione.

Inoltre è in corso di definizione, nell'ambito del progetto Intesa Stato-Regioni, in contenuto della base di dati geografica di riferimento per gli enti pubblici italiani (*National GeoDatabase Infrastructure*). Tale specifica fa uso dello standard ISO TC 211 relativo alla specifica di applicazioni per basi di dati geografiche. In particolare i seguenti documenti propongono una serie di strumenti per la progettazione concettuale di una base di dati geografici:

- ISO 19107: Spatial Schema (insieme di classi UML che descrivono oggetti geometrici e topologici)
- ISO 19109: Rules for application schema (regole per la stesura di schemi concettuali e modello concettuale General Feature Model - GFM)