

Geographic Information System (GIS)

Cos'è un GIS

Perché è usato in ecologia

Come è organizzato

Dati e modelli di struttura

Principali operazioni analitiche

Considerazioni per un uso oculato dei GIS

Geographic Information System *(Sistemi Informativi Geografici)*

Strumenti che utilizzano e producono informazioni di tipo geografico.

I GIS sono in grado di immagazzinare, analizzare e visualizzare notevoli quantità di dati spaziali ad una varietà di scale diverse.

Caratteristiche dei dati geografici

L'informazione legata ad una entità geografica ha quattro componenti:

- *La posizione geografica: dove si trova?*

(coordinate di riferimento)

- *Attributi (o dati non spaziali): che cosa è?*

(es: bosco, prateria o cespuglieto; se bosco, tipo di bosco, regime, ecc.)

- *Relazioni spaziali: quali sono le relazioni con le altre entità geografiche?*

(a cosa è vicino X? Come è distribuito rispetto a un dato Y?)

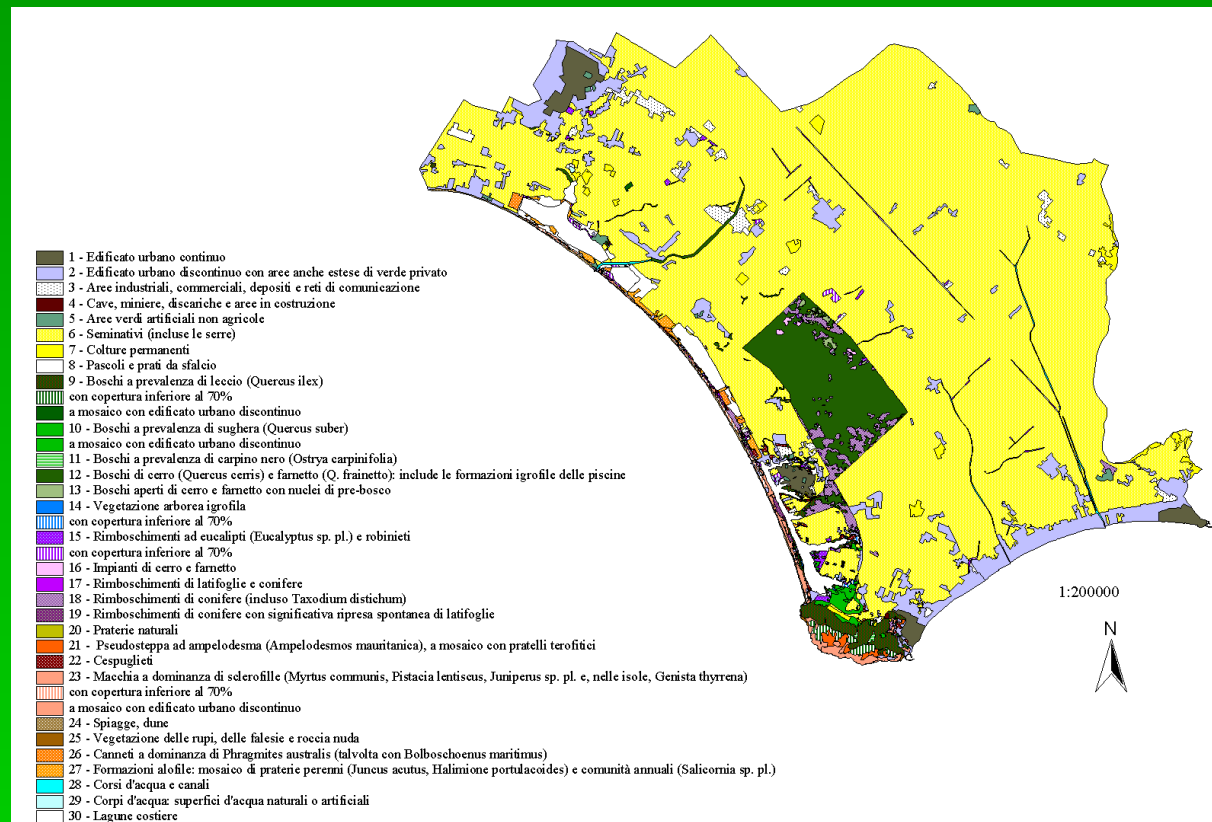
- *Tempo: quando ?*

(I dati possono riferirsi ad epoche passate; si riferiscono comunque sempre ad una precisa data o ad un periodo di tempo)

L'esempio più familiare di rappresentazione di dati geografici è una carta tematica.

Una carta consiste di un gruppo di punti, linee e aree riferiti ad uno stesso sistema di coordinate.

La legenda della carta lega gli attributi non spaziali (nomi, colori, simboli) agli elementi spaziali, cioè alle posizioni degli elementi rappresentati sulla carta.



Una carta serve sia ad immagazzinare una quantità significativa di informazione spaziale, sia a presentare i dati agli utenti.

Limitazioni:

- Perché la mappa sia leggibile, la quantità di dati rappresentata deve essere limitata*
- Disegnare a mano le carte è relativamente costoso e laborioso, perciò talvolta si mettono insieme informazioni diverse sulla stessa carta, con compromessi per quanto riguarda il livello di dettaglio, la scala, ecc.*
- E' scomodo usare le carte quando si tenta di analizzare contemporaneamente l'informazione derivata da carte tematiche diverse, specie se queste ultime sono numerose.*

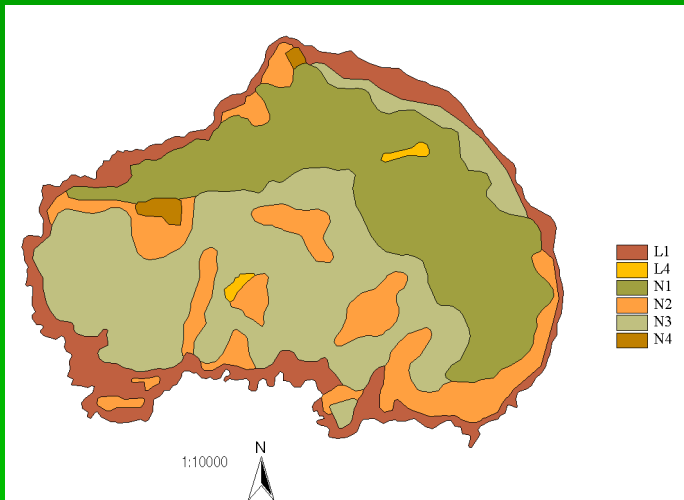
In un GIS, l'immagazzinamento e la presentazione dei dati geografici sono mantenuti separati.

I dati possono presentare ad esempio un elevato livello di dettaglio ma essere presentati ad un livello più generale e a una scala diversa.

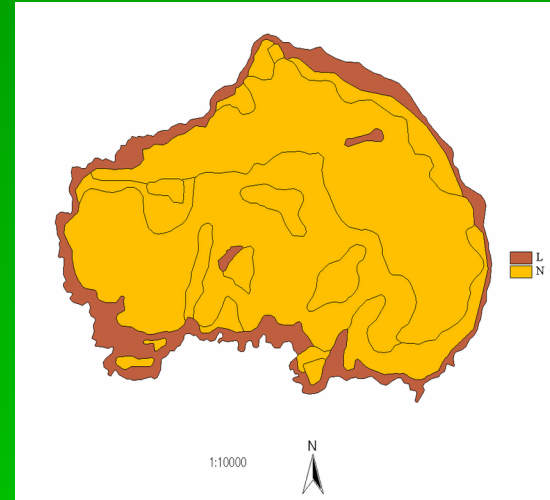
La carta che viene creata può essere considerata in effetti come uno dei modi di presentare le informazioni della banca dati geografica.

Poiché è relativamente facile ed economico costruire una carta tramite GIS, ogni carta può essere concepita per un determinato uso.

Carta delle serie di vegetazione dell'isola di Zannone



Carta della vegetazione naturale potenziale dell'isola di Zannone



La carta della vegetazione potenziale è stata ottenuta a partire da quella delle serie, semplicemente facendo ricolorare i poligoni secondo una nuova legenda che deriva da un'aggregazione di quella delle serie. Ovviamente, questa procedura semi-automatica è molto più facile e rapida del caso in cui la carta della vegetazione naturale debba essere ridisegnata e colorata manualmente.

Inoltre, le capacità analitiche dei GIS consentono di analizzare in maniera più agevole dati geografici di tipo diverso.

Tuttavia, è importante sottolineare che:

Un GIS non è semplicemente

NÉ UN PROGRAMMA PER LA CARTOGRAFIA

NÉ UN SISTEMA DI BANCHE DATI

MA la combinazione di entrambe le cose, con la capacità di:

- Importare, organizzare e gestire i dati, modificandoli e richiamandoli a piacimento*
- Interrogare i dati spaziali e generare, come risultato, nuove informazioni spaziali*
- Rappresentare i risultati sotto forma di carte tematiche, tabelle, grafici*

GIS ed Ecologia del Paesaggio

L'ecologia del paesaggio studia la distribuzione spaziale degli ecosistemi e la sua influenza sui processi a livello di paesaggio, utilizzando dati ecologici spazialmente distribuiti.

I GIS rappresentano gli strumenti migliori per analizzare temi di natura spaziale, nei quali la posizione e distribuzione di una entità (habitat, comunità, organismo) rispetto ad altre entità o rispetto ai fattori ambientali influenza i processi funzionali.

Pertanto, i GIS non solo sono ampiamente usati negli studi di ecologia del paesaggio, ma vengono man mano aggiornati secondo gli sviluppi delle tecniche analitiche usate in questa disciplina. Ad esempio, diversi GIS incorporano moduli applicativi per il calcolo degli indici di struttura del paesaggio.

Esempi di domande a cui si può rispondere utilizzando il GIS:

- Dov'è presente un certo tipo di habitat/ comunità/organismo?
- Che relazione esiste tra la distribuzione della comunità/organismo X e i fattori ambientali?
- Come cambierà la distribuzione della comunità X in futuro, a parità di condizioni ambientali? E se cambiasse il fattore A ?
- In che modo la quantità, la posizione e la forma dei singoli campi di un dato habitat influenza il movimento dell'animale j ?

Come è fatto un GIS

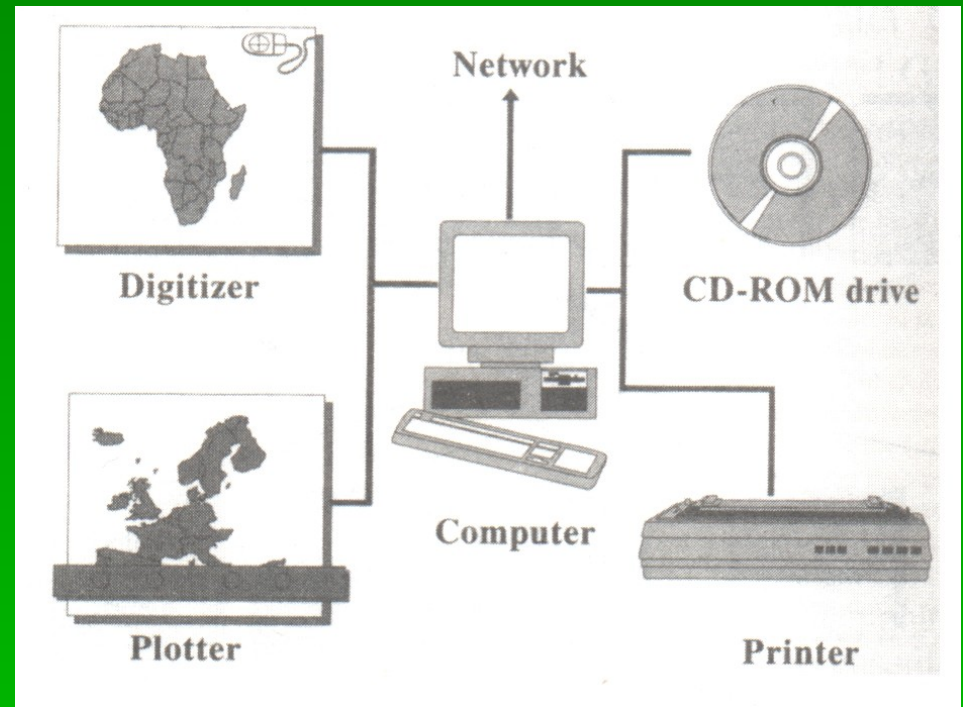
Un GIS è costituito da:

· *Un componente hardware:*

PC o workstation collegata ad altri terminali;

Scanner e/o tavola per digitalizzare

Stampante/plotter,



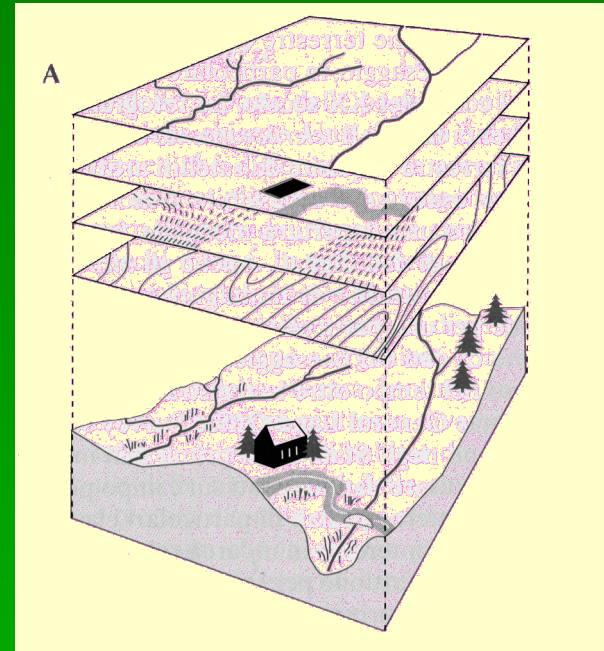
· *Un software* (es: ARC-INFO, Arc-View, TNSharc, IDRISI)

· *Un contesto organizzativo (che include il personale esperto)*

Come è organizzato un software GIS

In genere un GIS gestisce tematismi diversi (es: vegetazione, idrografia, strade, centri abitati, litologia, ecc.) mantenendoli come temi (o strati) separati.

A ciascun tematismo corrisponde un file di dati in forma di tabella, dove le righe (o record) indicano una data entità spaziale e le colonne il valore dell'attributo per quell'entità.



L'insieme delle tabelle di dati costituisce una banca dati (o database).

La banca dati è gestita da un insieme di programmi che controlla le interazioni tra dati e programmi applicativi, a loro volta interagenti con l'utente (*database management system*)

Molti GIS hanno una struttura in cui i dati spaziali si trovano all'interno di una tabella, gli attributi (dati non spaziali) sono all'interno di un'altra tabella, e le due sono legate da un codice comune (*chiave*).

La chiave consente ai due set di dati di essere messi in relazione. Una banca dati di questo tipo è detta *relazionale*.

Riga	Codice del punto	Codice della specie
1	0	0
2	1	23
3	2	9

Riga	Codice del punto	x	y
1	0	333625	4312250
2	1	332137	4611462
3	2	332950	4619550

Il principio della banca dati relazionale consente di associare gli elementi spaziali con gli attributi di tabelle diverse, per accedere ad ulteriori dati sugli elementi spaziali. Questo consente ad esempio di selezionare (e visualizzare) dati che rispondono ad uno o più requisiti; consente anche di visualizzare gli elementi spaziali in molti modi diversi (a seconda dell'attributo prescelto).

In sintesi:

nella maggior parte dei GIS le operazioni che consentono di interrogare la banca dati e richiamare insieme i dati di tabelle diverse si basano sulla presenza nei file di una chiave comune, che permette al sistema di gestione della banca dati di mettere in relazione file separati.

Esistono due tipi di chiave:

Chiave primaria: campo chiave in una tabella del database, che contiene valori unici e serve come identificatore univoco per i record nella tabella.

Chiave esterna: campo comune nell'altra tabella che non deve necessariamente contenere valori univoci

Interrogazione (query) dei dati



Interrogazione sui soli attributi, per creare nuove tabelle



Analisi integrata di dati spaziali e non spaziali, per creare sia nuove tabelle che nuove carte

In questo caso le operazioni di selezione, manipolazione e presentazione coinvolgono anche le entità spaziali nel database.

L'esistenza di una relazione tra attributi non spaziali e entità spaziali tramite chiavi consente infatti di creare nuove visualizzazioni dei dati spaziali sulla base delle manipolazioni sulle tabelle di attributi ad essi associate.

Esempio 1: query per selezionare le aree boscate di età > 50 anni

Tabella 1		
Codice poligono	Area (mq)	Codice del bosco
1	100	16
2	150	23
3	300	9
4	175	5
5	130	7
6	200	11

Tabella 2		
Codice del bosco	Specie dominante	Età
23	<i>Quercus ilex</i>	30
5	<i>Quercus suber</i>	40
7	<i>Quercus ilex</i>	60
16	<i>Quercus cerris</i>	75
9	<i>Fagus sylvatica</i>	150
11	<i>Quercus cerris</i>	80

Report	
Aree boschive con età > 50 anni	
Specie dominante	Area (mq)
<i>Quercus ilex</i>	130
<i>Quercus cerris</i>	300
<i>Fagus sylvatica</i>	300

Esempio 2

Chiave primaria
(valori univoci)

Codice della specie	Nome della specie	Fogliame
23	<i>Quercus suber</i>	Sempreverde
5	<i>Quercus ilex</i>	Sempreverde
9	<i>Quercus pubescens</i>	Caducifoglia

Codice del poligono	Area (mq)	Codice della specie
1	150	0
2	80	5
3	300	9
4	70	23
5	250	5
6	150	23

→ Chiave esterna
(i valori possono ripetersi)

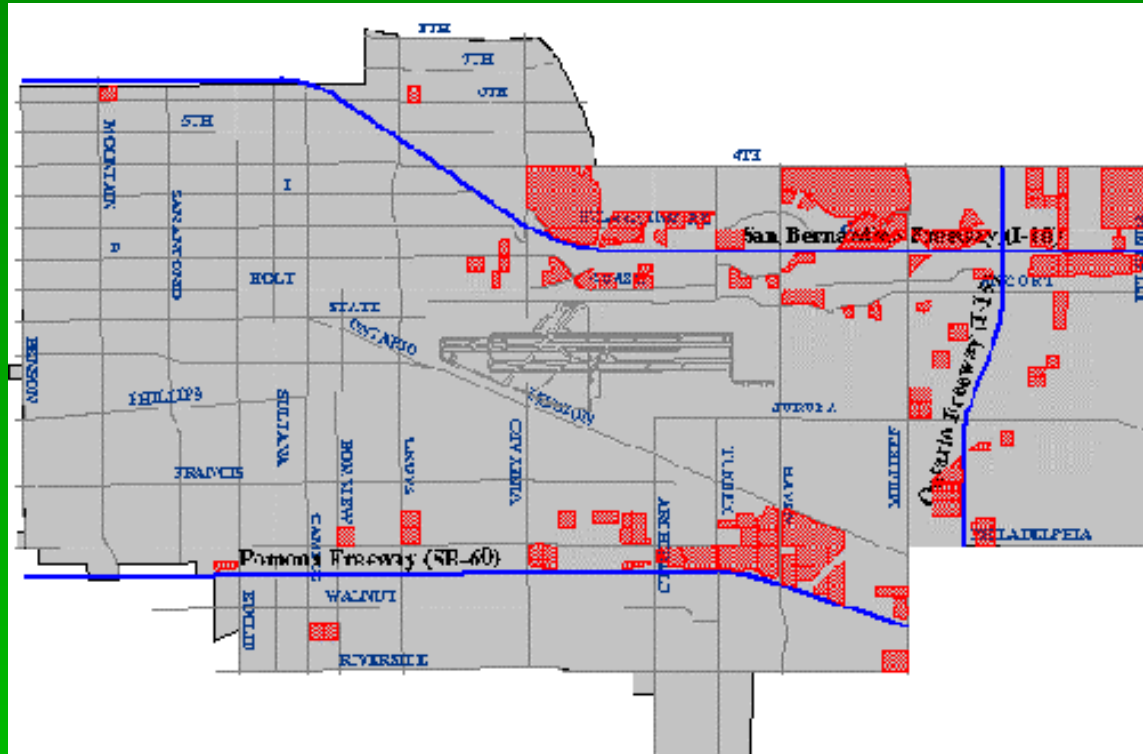
Tabella corrispondente ad una carta della copertura forestale.

La posizione dei poligoni è infatti definita da un file di coordinate associato a questa tabella tramite il campo "Codice poligono"

Date queste tabelle, è possibile interrogare il database per selezionare le aree boscate sempreverdi >100 mq e visualizzarle in una nuova carta, mantenendo associata l'informazione sui poligoni (codice che rimanda alle coordinate contenute in un'altra tabella).

Codice poligono	Nome della specie	Area (mq)
5	<i>Quercus ilex</i>	250
6	<i>Quercus suber</i>	150

I GIS sono nati proprio dal bisogno di interrogare spazialmente i database geografici, selezionando dati di diversi temi che incontrano determinati requisiti, per esempio per le attività di pianificazione territoriale ed urbana



Es: Risultato cartografico di una sequenza di "interrogazioni" (queries) per identificare le parcelle di terreno con le seguenti proprietà: maggiori o uguali ad una certa superficie (1 ha), non soggette ad inondazioni, distanti meno di un miglio da strade asfaltate e situate su terreni con pendenza < 10%.

Le parcelle che soddisfano tutti questi criteri sono evidenziate in rosso.

(Source: City of Ontario, California, Geographic Information Systems Department)

Principali operazioni di base dei GIS (1)

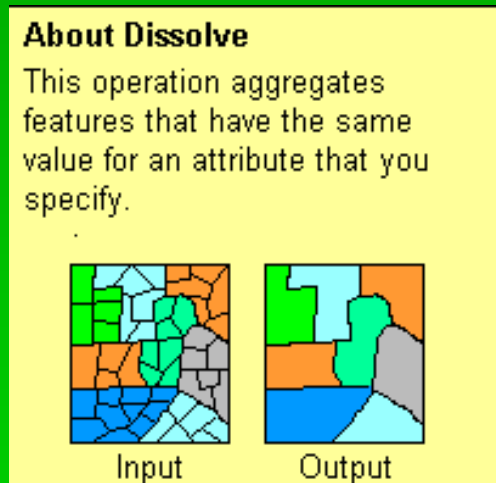
Selezione di dati che incontrano certi criteri

(vista in precedenza)

Può eseguirsi considerando solo gli attributi oppure analizzando contemporaneamente attributi ed elementi spaziali, sia per un singolo strato che per più strati sovrapposti

Operazioni su singoli "strati" (layers):

- **Trasformazione** della struttura dei dati (rasterizzazione, vettorializzazione), trasformazioni geometriche (georeferenziazione: registrazione in un dato sistema di coordinate) o tra sistemi di proiezione
- **Misurazioni** (area, lunghezza del perimetro, indici di struttura del paesaggio)
- **Creazione di zone "buffer"**, intorno ad un elemento di interesse (selezionandolo e definendo una distanza da mantenere intorno ad esso)
- **Map dissolve**: aggrega poligoni adiacenti che, in seguito ad un processo di generalizzazione, si trovano ad essere classificati allo stesso modo. →



Principali operazioni di base dei GIS (2)

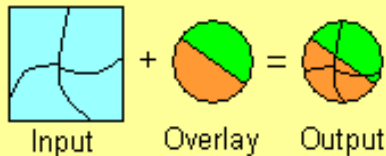
Operazioni su più strati in sovrapposizione:

Unione

Il prodotto di un'unione di due o più strati è un file che include tutti i record e gli attributi dei due file di partenza

About Intersect

This operation cuts an input theme with the features from an overlay theme to produce an output theme with features that have attribute data from both themes.



Intersezione

Produce un file di dati che contiene solamente i record presenti nell'area comune ai due strati di partenza

About Union

This operation combines features of an input theme with the polygons from an overlay theme to produce an output theme that contains the attributes and full extent of both themes.



Clip

Serve per tagliare l'estensione di uno strato su quella di un'altro. Gli attributi del tema di partenza non vengono in alcun modo modificati.

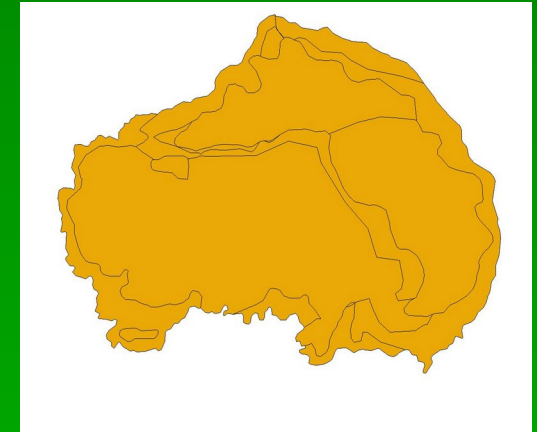
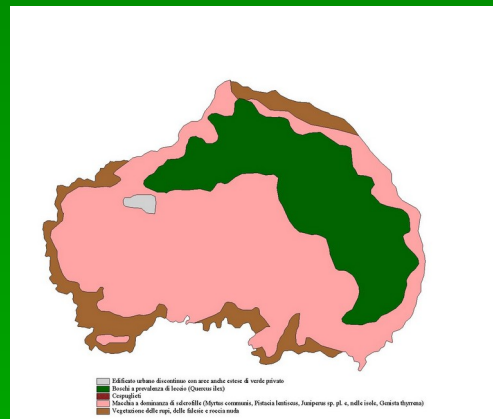
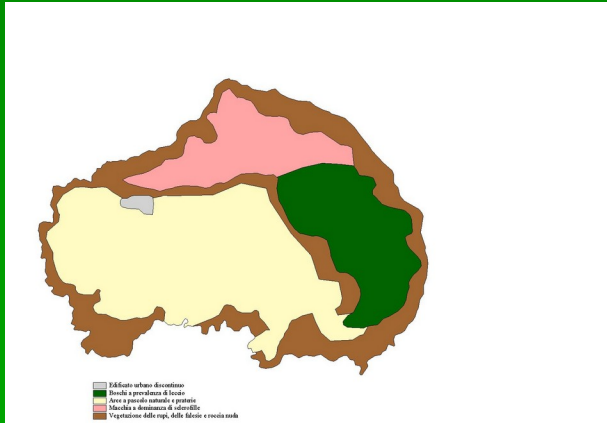
About Clip

This operation uses a clip theme like a cookie cutter on your input theme. The input theme's attributes are not altered.



Esempio: Analisi multitemporale

Carta della copertura ed uso del suolo di Zannone, anno 1954 Carta della copertura ed uso del suolo di Zannone, anno 2000
Risultato dell'intersezione



ArcView GIS Version 3.1

File Edit Table Field XTools Window Help

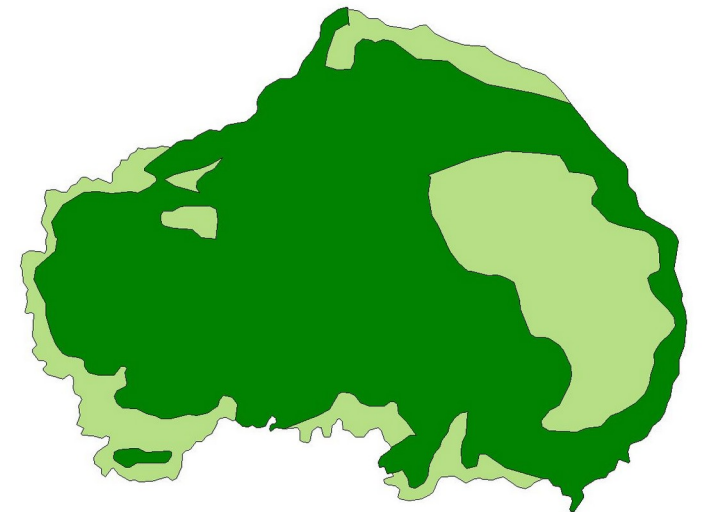
0 of 17 selectec

Attributes of Itscst1.shp

Shape	Classe54	Classe	Area	Perimeter
Polygon	332	323	84462.997	4134.645
Polygon	332	323	100727.784	3890.485
Polygon	323	323	5244.510	289.205
Polygon	3223	323	2983.318	331.643
Polygon	321	323	459740.465	4134.173
Polygon	332	332	26467.475	1164.428
Polygon	323	332	56.837	86.085
Polygon	332	3111	3238.233	592.476
Polygon	332	3111	151.951	124.836
Polygon	323	3111	134211.126	2123.989
Polygon	3111	3111	185032.719	2059.521
Polygon	332	332	67974.405	3325.044
Polygon	112	112	6528.504	348.392
Polygon	332	332	15248.434	837.444
Polygon	332	332	17098.983	1106.068
Polygon	321	332	165.634	71.954
Polygon	332	323	3744.105	303.782

Nella tabella risultante dall'intersezione, vengono riportati gli attributi (in questo caso il tipo di copertura del suolo) di entrambi i temi.

Analizzando i tipi di cambiamento, è possibile stabilire una legenda delle trasformazioni, e ricolorare la carta sulla base di quest'ultima



■ Nessuna trasformazione sostanziale
 ■ Trasformazione strutturale in accordo con una dinamica progressiva della vegetazione

Carta delle trasformazioni

Dati utilizzati nei GIS

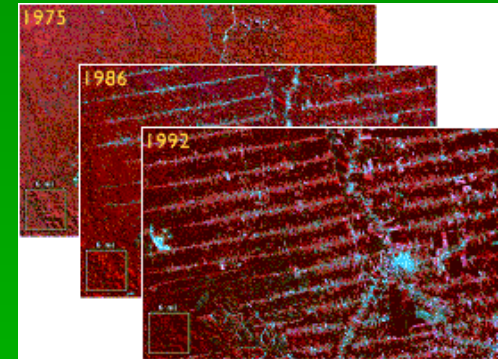
- *Dati derivati da censimenti in campo, georiferiti (es: GPS - Global Positioning System)*



- *Carte tematiche digitalizzate o scannerizzate*

- *Banche dati preesistenti*

- *Immagini da satellite e foto aeree*

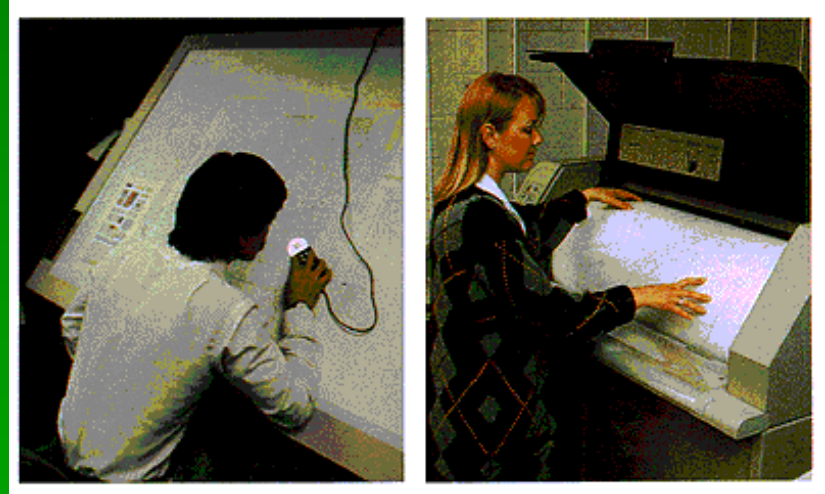


Sfortunatamente, non esiste un modo facile ed economico per acquisire i dati di interesse, e l'acquisto o la produzione ex-novo di dati digitali spesso ha un impatto significativo sui costi, in termini economici e di lavoro, dei progetti GIS

N.B: I dati facenti parte di uno stesso progetto GIS devono essere georiferiti nello stesso modo, ovvero devono essere riferiti allo stesso sistema di coordinate.

Importazione di carte tematiche : digitalizzazione e scannerizzazione

Tecnici impegnati nella digitalizzazione con apposito tavolo (a sinistra) e con la scannerizzazione con uno scanner a tamburo (a destra).



*Nella digitalizzazione con tavoletta, il tecnico segue passo passo i limiti delle entità rappresentate sulla carta con uno strumento simile ad un mouse. Il risultato è la creazione di un file digitale spazialmente riferito. Infatti, l'operatore, nel seguire il tracciato sulla carta, clicca di tanto in tanto sul mouse (tanto più frequentemente quanto più l'entità ha limiti complessi), catturando la posizione sulla carta del punto su cui si trova il mouse. Alla fine, vengono digitalizzati quattro vertici di cui si conoscono le coordinate di riferimento (x,y o lat/long); i valori delle coordinate vengono associati al file digitale appena creato, che viene in questo modo automaticamente georiferito (ovvero, le posizioni sulla carta acquisite durante la digitalizzazione sono automaticamente trasformate in posizioni geografiche). Il modello spaziale che si ottiene è un **modello vettoriale**.*

*Con un scanner, invece, l'immagine presente su carta viene "fotocopiata" in formato digitale e si ottiene un **modello raster**, che va successivamente georiferito.*

Modelli di rappresentazione dei dati spaziali

Modello vettoriale

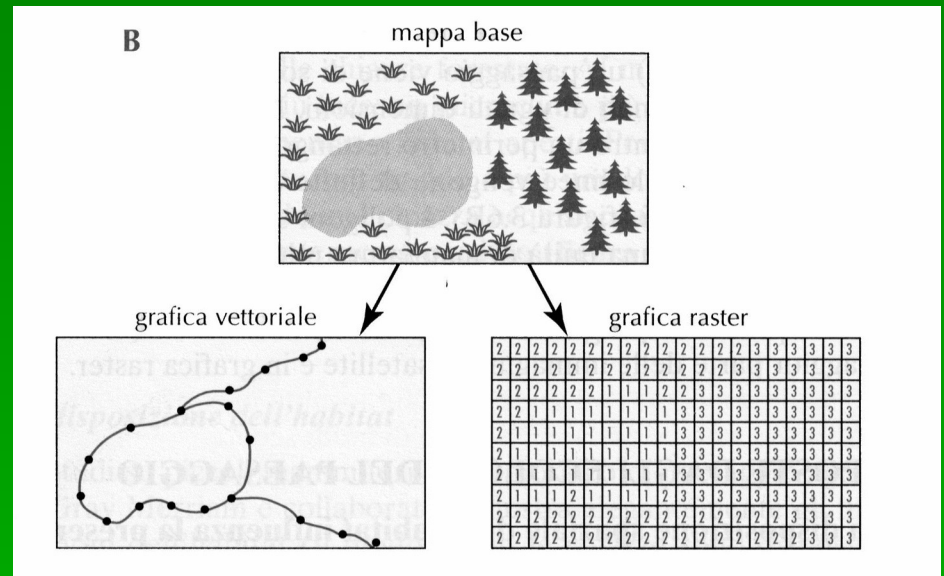
Rappresentazione con punti, linee e poligoni

Punto: definito da un singolo paio di coordinate

Linea: serie di coordinate x,y

Poligono: area delimitata da una linea chiusa (serie di coordinate)

Nel modello vettoriale, le relazioni spaziali tra i diversi elementi vengono esplicitamente registrate in banca dati (**topologia**), per es. creando delle tabelle separate che mostrano le relazioni tra archi (linee comprese tra due nodi), nodi (punti di intersezione tra archi) e poligoni (composti da archi).

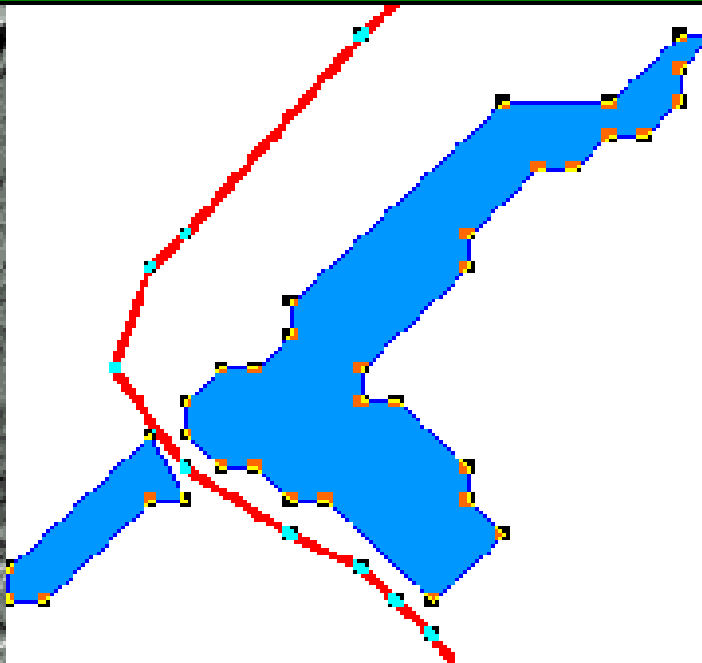


Modello raster

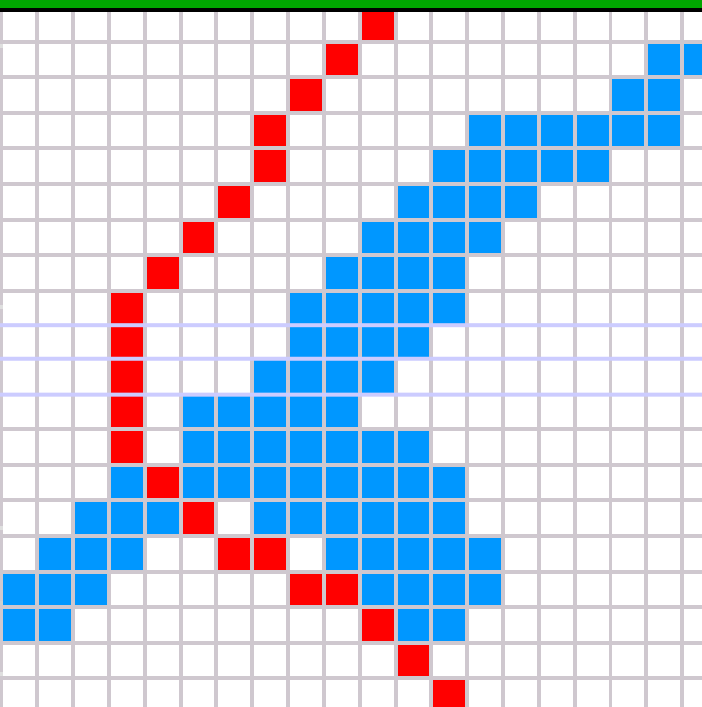
Griglia di celle di uguale area, ognuna caratterizzata da un unico valore dell'attributo che rappresenta.

La posizione di ciascuna cella è definita dalla riga e colonna a cui appartiene.

Tanto più le celle sono piccole, maggiore è la risoluzione (e quindi l'accuratezza). Maggiore è la risoluzione, maggiore è il volume dei dati (file molto grossi)



*Modello
vettoriale*



*Modello
raster*

Confronto fra i modelli raster e vector (1)

	<i>Modello raster</i>	<i>Modello vettoriale</i>
<i>Struttura dei dati</i>	<i>Voluminosa</i>	<i>Compatta</i>
<i>Topologia</i>	<i>Difficile da rappresentare (non è codificata esplicitamente nella struttura dei dati)</i>	<i>Parte integrante della struttura Facilita alcune operazioni spaziali</i>
<i>Analisi spaziali</i>	<i>Facili in principio, perché la struttura dei tematismi è sempre la stessa</i>	<i>Difficili se si usano tematismi con strutture diverse (es: linee con poligoni)</i>
<i>Uso di immagini digitali</i>	<i>Ottimale</i>	<i>Impossibile</i>
<i>Rappresentazione della variabilità spaziale</i>	<i>Buona</i>	<i>Inefficiente</i>
<i>Grafica</i>	<i>Media</i>	<i>Molto buona</i>

Confronto fra i modelli raster e vector (2)

Modello raster

Vantaggi:

Struttura semplice

Facilità di operazioni analitiche

È il formato standard delle immagini digitali
(immagini scandite, immagini da satellite, ecc.)

Svantaggi:

La struttura dei dati è meno compatta

Bassa accuratezza posizionale

Modello vettoriale

Vantaggi:

Struttura dei dati più compatta

Elevata accuratezza posizionale

Migliore per la cartografia

Svantaggi:

La struttura e l'analisi dei dati è più complessa

Non rappresenta adeguatamente un'elevata variabilità spaziale (nel caso di variabili continue)

Non consente la manipolazione di immagini digitali

In genere, la scelta della struttura dei dati dovrebbe essere basata su:

- La natura discreta o continua dell'entità di interesse*
- Il tipo di applicazione*
- I dati iniziali*

Una struttura vettoriale è preferibile quando le entità da rappresentare sono discrete e possono essere rappresentate con esattezza oppure se l'analisi che si vuole eseguire coinvolge elementi lineari.

Una struttura raster è invece preferibile quando i dati sono continui (es: altitudine) o quando le fonti sono già in formato raster (immagini da satellite)

***N:B:** quando si scandisce una carta tematica, l'immagine digitale che si ottiene non consente di separare ed analizzare i singoli elementi della carta.*

*Infatti, la scansione "fotocopia" la carta e il file digitale che si ottiene è semplicemente costituito da un'insieme di celle caratterizzate da un numero che indica il tono di grigio (o colore) corrispondente a quella cella, **NON** il valore dell'attributo che rappresenta.*

Un'immagine di questo tipo può servire semplicemente nel suo insieme, ad esempio come sfondo.

*Per lavorare sugli elementi della carta, è necessario operare una **vettorializzazione**, far ricostruire la topologia ed attribuire a ciascuna delle entità così create gli attributi che la caratterizzano.*

Problemi nell'uso dei GIS

La qualità dei risultati che si ottengono dalle analisi in ambito GIS dipende dalla qualità dei dati iniziali!!!

Metadata: documenti standard che definiscono le caratteristiche dei dati. Includono:

- 1. Informazioni per l'identificazione: titolo, area di interesse, scopo, restrizioni nell'uso, ecc.*
- 2. Informazioni sulla qualità dei dati: accuratezza posizionale, completezza del set di dati, ecc.*
- 3. Informazioni sul sistema di riferimento geografico: lat/long, sistema di coordinate, proiezione.*
- 4. Informazioni sugli attributi: include le definizioni degli attributi.*

Altre fonti di errore:

- Importazione dei dati (errori nella digitalizzazione, generalizzazione dei dati durante la scansione, ecc.)*
- Trasformazioni dei dati (es: perdita di accuratezza nel corso della vettorializzazione o del passaggio da un sistema di coordinate ad un altro)*
- Operazioni di analisi (ad esempio, quando si integrano tematismi diversi, possono porsi problemi di scala e di omogeneizzazione delle classificazioni, che risultano in compromessi e generalizzazioni.)*

Cosa si può fare?

- Usare dati di cui si conosce la qualità*
- Pianificare in anticipo le diverse tappe dell'analisi da eseguire in ambito GIS*
- Descrivere i dati usati e le operazioni compiute man mano che si procede nell'analisi*
- Verificare che i risultati ottenuti da un'operazione siano logici prima di imbarcarsi nelle operazioni successive*
- Consultarsi con esperti di GIS*
- Essere consci dei limiti!*