



Introduzione ai Sistemi Informativi Territoriali



***Ing. Dina Statuto
dina.statuto@unibas.it***



Programma del Corso

**Concetti generali sui Sistemi
Informativi Territoriali**

**Concetti di base per la gestione di
banche dati**

Concetti generali sui Sistemi Informativi Territoriali

- *Generalità sui Sistemi Informativi Territoriali*
- *Introduzione agli applicativi GIS*
- *Componenti di un GIS*
- *Campi di applicazione*
- *Funzioni e potenzialità dei GIS*
- *Il concetto di mappa e di dato*
- *Concetti di Topologia*
- *Cartografia digitale e numerica*
- *Funzioni*
- *Appunti di Cartografia e Geodesia*
- *Sistemi di riferimento*
- *Superfici di riferimento e datum*
- *Proiezioni geografiche*
- *Sistemi di coordinate*

Concetti di base per la gestione di banche dati

- *Acquisizioni dati territoriali*
- *La georeferenziazione*
- *Case History*
- *Utilizzo di servizi Web GIS per creare una mappa da visualizzare in un browser o con un programma desktop*
- *Utilizzo di software GIS Open source*
- *Utilizzo applicativi Open source*
- *Panoramica sui principali Portali Cartografici:
Geoportale Nazionale, Geoportale Regione Basilicata.*

Alcune definizioni

In letteratura esistono varie definizioni possibili di
Sistemi Informativi Territoriali.

Inoltre, vi sono vari acronimi, tra i quali :

S.I.T. : Sistema Informativo Territoriale

G.I.S. : Geographical Information System

S.I.S. : Sistema Informativo Spaziale

L.I.S. : Land Information System

Alcune definizioni

Il termine «**Sistemi Informativi Geografici**» fu utilizzato per la prima volta nel 1967 da Roger Tomlison in "An introduction to the Geographic Information System of the Canada land inventory", per indicare **un sistema informativo in grado di trattare l'enorme mole di dati necessari per descrivere il territorio canadese**. Fino a tutti gli anni '70 furono sviluppati sistemi di questo tipo, ma la funzione principale era quella di produzione delle mappe attraverso **sistemi CAD (Computer Assisted Design)**, ossia la capacità di disegnare mappe ed associare attributi statistici ad alcuni elementi geometrici, mentre le funzioni di analisi dei dati erano molto limitate. Solo alla fine degli anni '80 si trovano **GIS che rispondono alle richieste di organizzazioni interessate al trattamento di informazioni geografiche** (Amministrazioni locali e/o regionali, Militari, Compagnie di servizi). Il **GIS diventa uno strumento molto più sofisticato e versatile** (ma anche più complicato), rispetto ai primi sistemi di produzione cartografica.

Alcune definizioni

Burrough, 1986: "una struttura costituita da un potente insieme di strumenti e tecnologie preposta, nel suo insieme, all'acquisizione, archiviazione, gestione, trasformazione, analisi e visualizzazione di dati spaziali georeferenziati (o comunque attinenti informazioni geografiche) estrapolati dal mondo reale per un particolare insieme di scopi"

Cowen, 1988: "un sistema di supporto alle decisioni che implica l'integrazione di dati spazialmente referenziati con l'uso di calcolatori"

Aronoff, 1989: " qualsiasi insieme di procedure, manuali o computerizzate, utilizzate per immagazzinare e manipolare dati geograficamente referenziati"

Alcune definizioni

Fischer and Nijkamp, 1992: "...un sistema informativo basato su computer che cerca di catturare, immagazzinare, manipolare, analizzare e visualizzare dati spaziali con associati degli attributi, al fine di risolvere ricerche complesse, pianificare e gestire problemi"

Per cui possiamo dire che un S.I.T. serve per :

"Gestire e analizzare informazioni geografiche all'interno di un processo organizzato finalizzato alla risoluzione di una problematica decisionale".

Attività di un SIT

Londra, 1854: è in corso una terribile epidemia di colera.

Il dott. Snow (famoso epidemiologo inglese) produce una mappa dei decessi.

Dall'esame della mappa evidenzia la vicinanza delle abitazioni dei deceduti alla pompa pubblica di Broad Street. Snow fa rimuovere la maniglia della pompa e da quel giorno i casi di colera cominciano a diminuire fino alla scomparsa della malattia.



Attività di un SIT

MARSHALL STREET		
12 residents, 3 deaths	#20	Edw. Mellor, Surgeon, Wm. Ridley, Furrier 5 residents, 0 deaths
Mary Hooper, Grocer	#30	Patrick Quigley, Tailor; Robert Bonner, Bootmaker
10 residents, 1 death	#31	7 residents, 0 deaths
Henry Cooke, Straw bonnet maker	#32	Robert White, Billiard table maker
15 residents, 3 deaths	#33	18 residents, 2 deaths
Eliza Grimmond, Baker	#34	Edward Brown, Baking mtrg.
14 residents, 2 deaths	#35	7 residents, 0 deaths
William Peel, Grocer	#36	Aime Enser, Lapidary
19 residents, 3 deaths	#37	14 residents, 1 death
Edmund Tisdell, Soda ice mfr.	#38	Thomas Bennett, Plumber & painter
7 residents, 0 deaths	#39	18 residents, 1 death
Edwin Bell, Engraver	#40	7 residents, 0 deaths
7 residents, 1 death	#41	
Eliz. Mann, Ironmonger	#42	
11 residents, 2 deaths	#43	
William Pott, Tanning mstr	#44	
20 residents, 5 deaths	#45	
Elzy Brothers, Percussion cap mfrs.	#46	
150 workers, 16 deaths	#47	
John Haas, Wardrobe dealer	#48	
15 residents, 3 deaths	#49	
Theo. Hammond, Boot tree mfr.	#50	
20 residents, 5 deaths	#51	
Cambridge St., Newcastle-on-Tyne, pub	#52	
6 residents, 1 death	#53	
	#54	
CAMBRIDGE STREET		
Cambridge St.	#6	
23 residents, 2 deaths	#7	
50 residents, 5 deaths	#8	
Engraver, carpenter, dyer	#9	
15 residents, 2 deaths	#10	
26 residents, 3 deaths	#11	

Pump-well

DUFOURS PLACE		
#21	Griffiths, Lodging House	2 residents, 0 deaths
#20	John Gould, FRS	5 residents, 0 deaths
#19	28 residents, 2 deaths	
#18	William Stannard, carver/Gilder; John Williams, Tailor	16 residents, 3 deaths
#17	Samuel Cartice, Jeweler	25 residents, 2 deaths
#16	Thomas Davis, Die sinker	20 residents, 6 deaths
#15	Angelo Pericomboli, Warehouse	3 residents, 1 death
#14	20 residents, 2 cholera cases, 0 deaths	



La disponibilità dei dati dei deceduti priva dell'ubicazione delle abitazioni di quest'ultimi avrebbe reso i dati stessi privi di significatività. La posizione delle abitazioni permette di trasformare i dati in informazione; è la lettura "territoriale" dei decessi, mediante una mappa, che permette di acquisire tutta la potenzialità dall'informazione.

Attività di un SIT

Le attività che si svolgono in un SIT sono, in sintesi:

- Raccolta, pretrattamento e trasformazione di dati spaziali multisorgente
- Mantenimento e aggiornamento delle informazioni spaziali, con possibilità di modifica e reperimento delle
- Manipolazione e analisi, aggregazione e disaggregazione dei dati, stima dei parametri, modellizzazione
- Produzione di rapporti e sintesi dei dati

SIT: Concetti fondamentali

I **SIT** appartengono alla categoria di sistemi informativi che per divenire realmente utili richiedono la presenza di un sistema informatico che gestisca una base di dati.

A differenza di molte applicazioni per personal computer, per le quali un utente può cominciare ad utilizzare il sistema subito dopo l'acquisizione dell'hardware e del software, l'uso del sistema informatico di un SIT richiede:

- la preventiva creazione di un grande database spaziale (o spazio/temporale);
- l'acquisto di hardware e software appropriato;
- lo sviluppo di alcune applicazioni;
- l'integrazione ed il test delle svariate componenti.

SIT: Concetti fondamentali

Esistono molti sistemi informatici in grado di gestire una componente geografica dell'informazione.

I **Sistemi Informativi Geografici** si differenziano dagli altri sistemi per la diversa quantità di attributi associabili alle entità geografiche e per la diversa capacità di effettuare analisi geografiche.

Mediante l'associazione tra **entità geografiche** ed **attributi descrittivi** delle entità è resa disponibile la possibilità di elaborazione combinata delle informazioni, cioè le entità geografiche sono analizzabili per il tramite degli attributi che le descrivono e le informazioni descrittive sono analizzabili in funzione delle relazioni geografiche intercorrenti tra le entità a cui sono associate.

SIT: Concetti fondamentali

Rilevamento Strade Provinciali

DATI GENERALI

Denominazione	SP. 20 Trapani - <u>Bonagia</u> - Valderice		
Itinerario	Dall'abitato di Trapani all'abitato di Valderice (SS187)		
Estensione	Km 16+200	Dato rilevato km 13+000	
Larghezza carreggiate	6,00 mt	n. corsie	2
		Larghezza banchine	

Caratteristiche geometriche del tracciato

Tortuosità	Dal km 0+000_ al km 1+800	Giudizio (*): bassa
	Dal km 1+800_ al km 8+900	Giudizio (*): media
	Dal km 8+900_ al km 13+000	Giudizio (*): elevata
Pendenza longitudinale	Dal km 0+000_ al km 6+000	Max 1 %
	Dal km 6+000_ al km 8+900	Max 2 %
	Dal km 8+900_ al km 13+000	Max 5 %
Centri abitati attraversati	Dal km 3+000_ al km 5+500	Comune di <u>Pizzolungo</u> .
	Dal km 6+700_ al km 8+050	Comune di Ballata
Innesco con strade provinciali	n. S.P. 18	al km 8+900

(*) elevata - media - bassa

Esempio immissione schede tecniche strade provinciali nel SIT – (Capture video da elaborazione ArcView) - Cartografia IGM scala 1/50.000

SIT: Concetti fondamentali

Catalogazione opere d'arte n. 1

FOTO 9

Ponte in	inizio al km 4+180	fine al km 4+200
Tipologia strutturale	n. campate	lunghezza media per campata
C.A.	1	
Altezza massima spalle: 12 mt.	Altezza massima pile: /	
Stato di manut. impalcato (*): sufficiente	Stato di manut. Giunti (*): sufficiente	

(*) buono - sufficiente - medio cre

Informazioni relative a Manufatti, ponti, tombini, ecc, con inserimento delle caratteristiche tecniche, schemi statici, foto, disegni ecc.

SP 18

c:\sit_tp\viabilità\strade\Ponte SP 1...

[Ridimensiona immagine]

Esempio catalogazione opere d'arte - (Capture video da ArcView) - Ortofoto C.G.R. S.p.A.

SIT: Concetti fondamentali

La funzione principale dei sistemi GIS è quella di consentire analisi ed interrogazioni geografiche.

Esempio :

Note le circoscrizioni del comune di Roma e nota la loro rispettiva popolazione residente : Sono interrogazioni "non geografiche"

- Quanti sono gli abitanti che risiedono nella X circoscrizione?***
- Quale circoscrizione ha il numero massimo di abitanti?***

Tali interrogazioni possono essere soddisfatte con strumenti informatici quali fogli elettronici, etc.. Cioè tali interrogazioni, per essere soddisfatte, non necessitano della conoscenza della posizione geografica e delle relazioni intercorrenti tra gli oggetti in esame.

Sono interrogazioni "geografiche"

- Quanta popolazione risiede nella circoscrizione con una data superficie?***
- Qual è la strada più breve per collegare tra loro tutte le circoscrizioni?***

Tali interrogazioni possono essere soddisfatte solo mediante l'ausilio di strumenti informatici in grado di manipolare le caratteristiche geografiche degli oggetti analizzati e le reciproche relazioni spaziali.

Componenti di un G.I.S.

Uno strumento GIS operativo, integra cinque componenti chiave:

➤ **HARDWARE**

➤ **SOFTWARE**

➤ **DATI**

➤ **UTENTI**

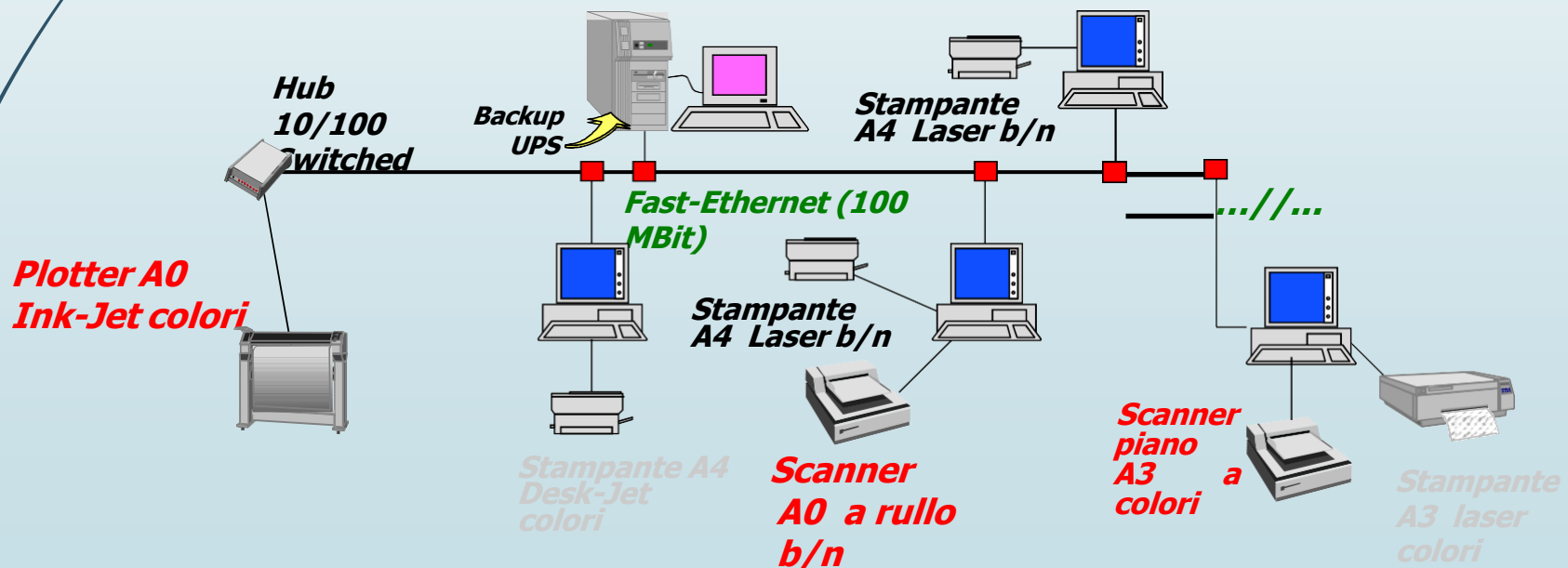
➤ **METODI E PROCEDURE.**



Componenti di un GIS: Hardware

Comprende le apparecchiature informatiche: computer, stampanti, scanner e periferiche in genere, collegamenti e apparecchiature di rete.

Le configurazioni dell'Hw possono variare dalla postazione singola ("stand alone") del livello organizzativo monoutente ai grandi sistemi con architettura distribuita interconnessa in rete per le grandi organizzazioni.



Componenti di un GIS: Software

Il software fornisce le funzioni e gli strumenti per memorizzare, analizzare e visualizzare informazioni geografiche. Le componenti chiave del software sono:

- Strumenti per l'inserimento e la manipolazione delle informazioni geografiche
- Sistema per la gestione del database (DBMS)
- Strumenti per la ricerca, l'analisi e la visualizzazione
- Interfaccia grafica di facile accesso agli strumenti

Componenti di un GIS: Dati

La componente più importante di un GIS è costituita dai dati.

I dati geografici e le informazioni alfanumeriche ad essi associate possono essere acquisiti direttamente dall'utente o acquistati da un fornitore.

Un GIS è in grado di integrare i dati spaziali con altri tipi di sorgenti di dati e può usare un DBMS, comune alla maggior parte delle strutture o società per organizzare e mantenere i propri dati, perfino per la gestione dei dati spaziali.

Componenti di un GIS: Utenti

La componente umana ***del SIT comprende sia lo staff di tecnici e specialisti che disegnano e gestiscono il sistema, sia gli utenti che utilizzano le funzionalità del GIS in maniera non occasionale (*) e concordata con l'organizzazione, ai quali siano stati assegnati compiti ben definiti, come ad esempio produrre output per l'utenza finale o inserire dati per l'aggiornamento del database.***

()*: In tal senso può considerarsi integrato nella componente umana del SIT il tecnico comunale al quale sia stato assegnato un terminale cui accede per produrre certificati di destinazione urbanistica con procedura interna al SIT, mentre non lo è il tecnico che, pur utilizzando elaborati prodotti dal SIT, li assembli autonomamente per produrre lo stesso certificato

Componenti di un GIS: Metodi

L'insieme di regole, criteri, procedure operative inerenti le attività che si svolgono nell'ambito di un GIS, dall'acquisizione del dato alla produzione di rapporti di sintesi e all'interfaccia con gli utenti finali.

SIT: Campi di Applicazione

Agricoltura (uso del suolo)

Economia (analisi di mercato)

Difesa (logistica, pianificazione)

Ecologia e conservazione

AM/FM ("gas, acqua & luce")

Protezione civile

Catasto

Gestione forestale

Salute pubblica (epidemiologia)

Istruzione

Geologia

Oceanografia

Gestione beni immobiliari

Osservazione della Terra

Telecomunicazioni

Gestione di dati amministrativi

Gestione di infrastrutture

Redazione di mappe e banche dati

Industria estrattiva e mineraria

Gestione delle risorse naturali

Rilevo e topografia

Trasporti e logistica

Urbanistica

Ricerca

SIT: Alcuni utilizzi

- controllo sviluppo di una regione (ambito urbanistico)
- controllo dell'assetto del territorio
- supporto alle decisioni (ambito urbanistico, industriale, attività del tempo libero, . . .)
- pianificazione (combinazione di diversi tipi di dati spaziali in un unico sistema, insieme a dati di altro tipo, es. legislazione vigente)
- manutenzione strade e autostrade
- gestione reti tecnologiche (acquedotto, gas, elettricità, . . .)
- pianificazione soccorsi

SIT: Alcuni vantaggi

- Produzione di elaborati in tempi brevi
- Produzione di mappe ad hoc
- Semplificazione del processo cartografico
- Possibilità di sperimentazione di differenti tecniche
- Semplicità di aggiornamento dei dati
- Possibilità di analisi dei dati
- Risparmio di spazio e risorse per lo stoccaggio
- Automazione

Introduzione al G.I.S.

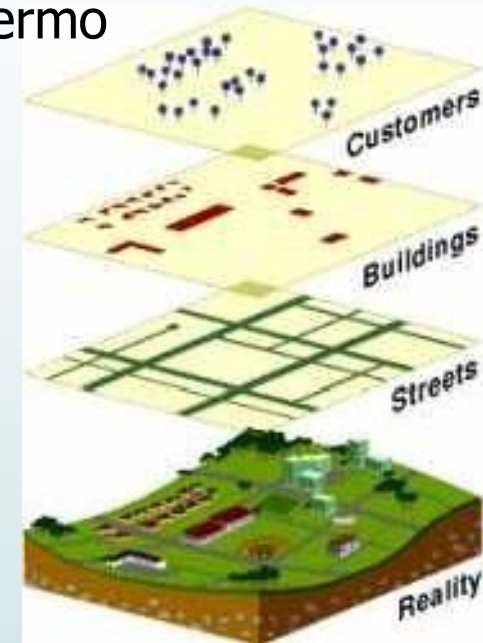
- Strumento di grande valore rivolto ad un'ampia gamma di utenti pubblici e privati che hanno la necessità di visualizzare e analizzare informazioni, per spiegare eventi, prevedere esiti e risultati, pianificare strategie.
- Rispetto ad una rappresentazione puramente geometrica degli oggetti presenti nella realtà, ad un **GIS** viene richiesto di mantenere e gestire tutte le informazioni che riguardano le mutue relazioni spaziali tra i diversi elementi, cioè di strutturare i dati definendone anche la topologia.

Come lavora il G.I.S.

Il **GIS** memorizza le informazioni geografiche attraverso strati separati rappresentati sullo schermo geometricamente da punti, linee o aree.

I vari strati possono rappresentare:

- Strade
- Infrastrutture
- Ferrovie
- Fiumi e Laghi
- Aree di uguale uso del suolo



Ad ogni elemento geografico corrisponde un attributo o elemento descrittivo che indica cosa rappresenta l'elemento spaziale, e la sua esatta posizione geografica espressa in coordinate.

Tale concetto, semplice, ma estremamente potente e versatile, si è rivelato di incalcolabile valore per la risoluzione di molti problemi del mondo reale, dalla localizzazione dei veicoli di consegna alla memorizzazione dei dettagli dei piani urbanistici, alla modellizzazione della circolazione atmosferica.

Come lavora il G.I.S.

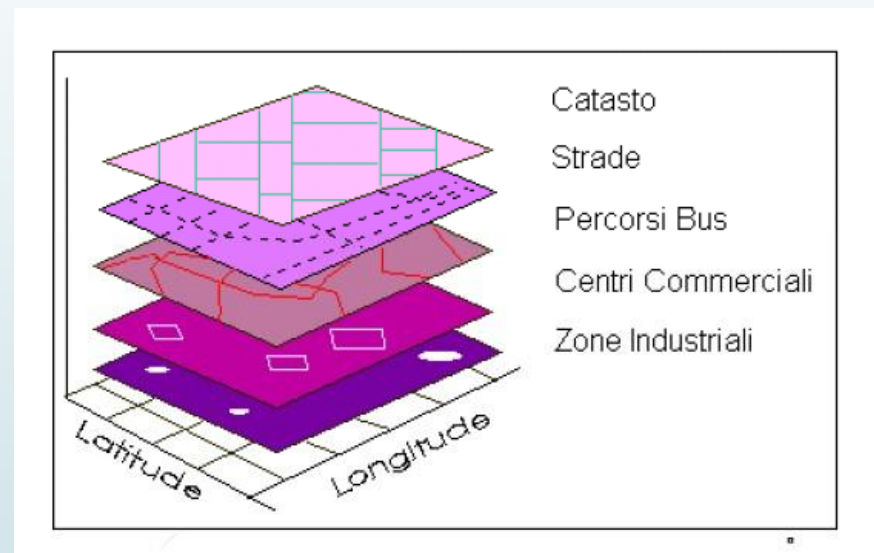
Strato informativo (tema, tematismo, coverage): collezione di primitive concernenti uno specifico fenomeno reale.

Un'entità può appartenere ad uno e un solo strato informativo.

Uno strato informativo contiene entità omogenee.

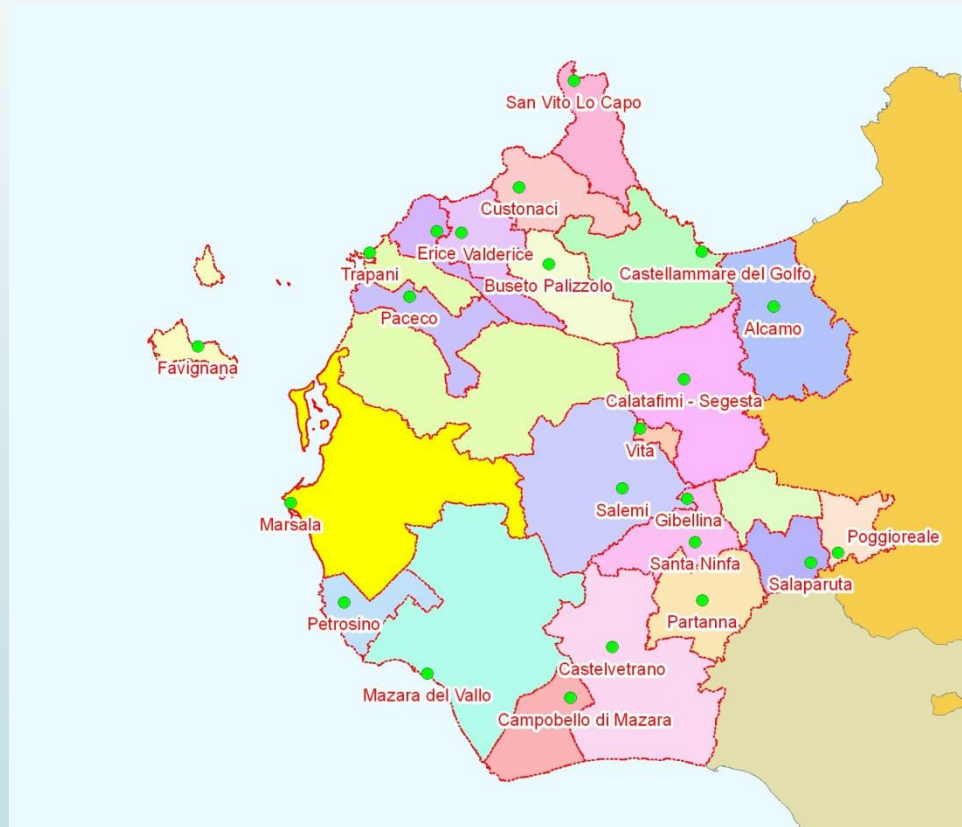
L'unione di tutti i possibili strati informativi rappresenta in maniera completa il sistema "mondo reale".

(Layer e features sono sinonimi usati per definire i livelli di mappa nei software applicativi)



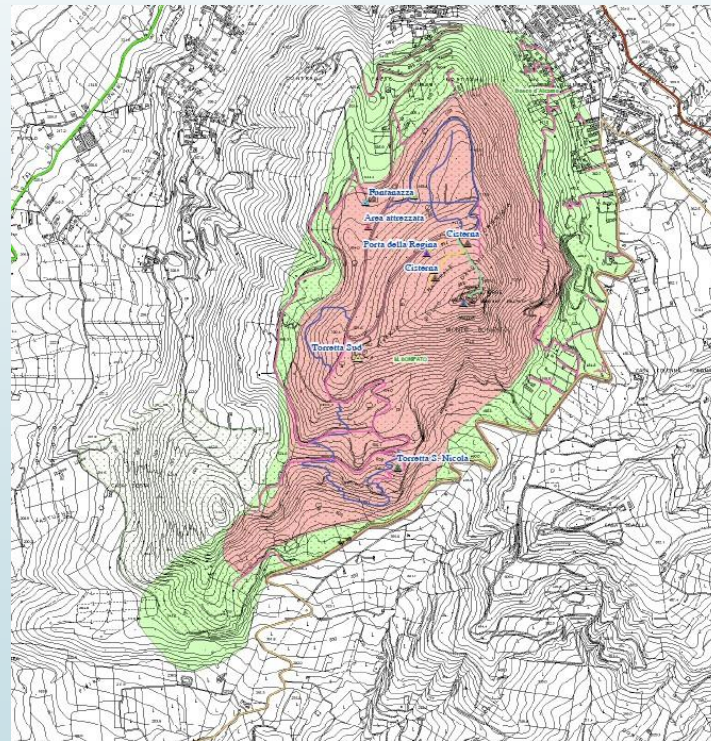
Come lavora il G.I.S.

Il tratto distintivo del SIT è quindi costituito dalla COMPONENTE SPAZIALE



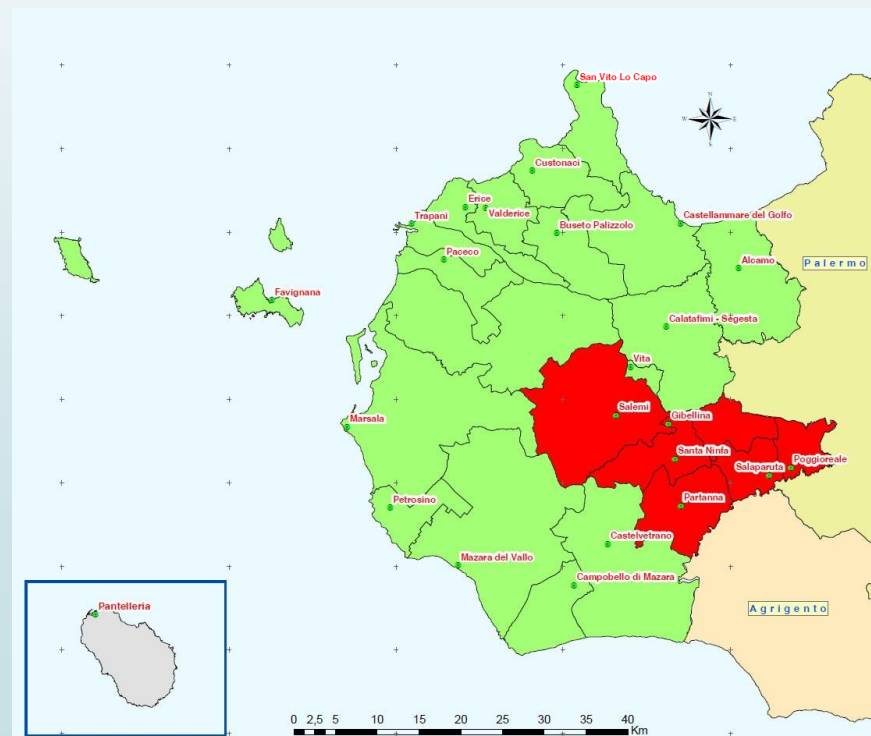
Come lavora il G.I.S.

Dalla presenza di RELAZIONI TOPOLOGICHE strutturate (riconoscimento della localizzazione di un oggetto cartografico nei confronti di un altro).



Come lavora il G.I.S.

Nel SIT la realtà è descritta: dalla COMPONENTE GEOGRAFICA o LOCALIZZATIVA che definisce la struttura geometrica degli oggetti e la loro collocazione spaziale.



Come lavora il G.I.S.

*Nel SIT la realtà è descritta: dalla **COMPONENTE DESCRITTIVA o STATISTICA o NON-LOCALIZZATIVA** che contiene gli attributi **alfanumerici***

The screenshot displays the ArcMap interface. The map shows a coastal area with various colored zones. The legend on the left lists several layers, including 'PIANO TRIENNALE 2006-2008' and 'Zona "A" - Riserva'. The data table at the bottom shows the following information:

NUMER	ANNO	ANNO_1	DENOMINAZI	COMUNE	SETTORE	SOTTOSELE
93	2006	2006	Progetto per il completamento del Porto di Marsala: Realizzazione Darsena Turistica e Cantieristica.	MARSALA	Opere Marittim	Porti ed approdi
19	2007	2007	I.P.C. di Marsala - Realizzazione di n. 4 aule	MARSALA	Edilizia	Edilizia sociale e s
109	2006	2006	Progetto per la riapertura delle antiche vie di comunicazione tra le acque dello Stagnone ed il "Mare Esterno"	MARSALA	Ambiente	Parchi e riserve nat
110	2006	2006	Lavori di manutenzione straordinaria lungo la S.P. 24 "Misilla - Paolini - Mandre Fiosse - San Nicola"	MARSALA	Viabilita'	Viabilita' esterna
115	2006	2006	Progetto per la realizzazione di passerelle e solarium in legno previa rimozione di tutti i paletti abusivamente c	MARSALA	Ambiente	Parchi e riserve nat
116	2006	2006	Riqualificazione del litorale di Marsala dal Porto a Torre Tunna	MARSALA	Opere Marittim	Difesa delle coste e
128	2006	2006	RND Isole dello Stagnone di Marsala - Realizzazione dell'illuminazione per la valorizzazione ambientale e mo	MARSALA	Ambiente	Parchi e riserve nat
130	2006	2006	Progetto per l'escavazione del fondale in prossimita' della Bocca Nord e dei canali all'interno della laguna de	MARSALA	Ambiente	Parchi e riserve nat
158	2006	2006	I.T.C. di Marsala - Plesso di Via Fici - Lavori di rifacimento dei prospetti ed altre manutenzioni	MARSALA	Edilizia	Edilizia sociale e s

Funzioni del G.I.S.

L'obiettivo generale dei GIS e' essenzialmente quello di svolgere le seguenti funzioni:

- ✓ ***Inserimento***
- ✓ ***Trattamento***
- ✓ ***Visualizzazione***
- ✓ ***Gestione***
- ✓ ***Ricerca e Analisi***

Funzioni del G.I.S.

Avendo a disposizione un GIS funzionante e contenente informazioni geografiche, e' possibile cominciare a rivolgere al sistema semplici domande quali:

- ***Quali sono i siti idonei per l'apertura di un nuovo centro commerciale?***
- ***Qual'è il tipo di suolo dominante per i querceti?***
- ***Costruendo una nuova autostrada, quali saranno le conseguenze sul traffico?***
- ***Come è distribuita è la popolazione nella fascia di età dai 20-25 anni ?***
- ***Qual'è il numero totale di clienti entro 10 chilometri dal grande magazzino?***
- ***Quante abitazioni si trovano entro 100 metri dalla condotta d'acqua?***
- ***Qual'è il percorso ottimale di un ambulanza?***

La tecnologia GIS dimostra tutte le sue potenzialità quando viene utilizzata nell'analisi dei dati geografici allo scopo di creare modelli, individuare tendenze e predisporre scenari "***cosa - se***".

Cartografie tematiche

Carte e dati sulle imprese

Includono dati censuari e demografici, prodotti di consumo, servizi finanziari, sanità, beni immobili, telecomunicazioni, strutture di soccorso, crimini, pubblicità, aziende e trasporti.

Carte e dati ambientali

Includono informazioni relative all'ambiente, al tempo, ai rischi ambientali, immagini da satellite, topografia, e risorse naturali.

Punti di forza del S.I.T.

- ***Per governare il territorio bisogna conoscerlo.***
- ***L'informazione e la conoscenza sono il vero patrimonio della P.A.***
- ***La scelta di realizzare un Sistema Informativo Territoriale richiede uno sforzo notevole, dal punto di vista finanziario, dal punto di vista di preparazione, riqualificazione ed aggiornamento del personale e dal punto di vista logistico, ma tutto ciò da una maggiore consapevolezza a misurarsi con la realtà.***

SIT: Concetti fondamentali

Sistema CAD:

è sufficiente sapere quale linea deve essere disegnata con quale colore.

Un GIS contiene:

- relazioni tra elementi semplici ed oggetti (tra linee e case, punti e linee di confine, ecc.);
- liste di attributi (caratteristiche qualitative e quantitative);
- relazioni tra gli oggetti (vicinanza, sovrapposizione, ecc.);
- descrizioni di gerarchie formate da elementi complessi (più edifici o territori, ecc.).

Cosa c'è nella base di dati di un SIT

BASE di DATI sistema di archiviazione "intelligente", che permette la gestione di grandi e complesse quantità di dati in vista di obiettivi prestabiliti e il loro recupero ed elaborazione mediante interrogazione da parte dell'utente.

Una base di dati include:

- **informazioni di tipo spaziale** (rappresentano la geometria delle entità geografiche tramite coordinate di punti);
- **informazioni sulle relazioni spaziali** reciproche fra le diverse entità (topologia);
- **informazioni non spaziali** (semantiche o statistiche), per la descrizione delle entità geografiche che compongono il territorio (spesso sono le informazioni che maggiormente interessano).

Cosa c'è nella base di dati di un SIT

I dati inseriti in una base di dati sono in formato digitale.

In particolare i dati spaziali possono essere:

- **direttamente acquisiti in forma digitale** (acquisizione primaria),
- **digitalizzati a partire da carte esistenti** (acquisizione secondaria)

Cosa c'è nella base di dati di un SIT

INFORMAZIONI SPAZIALI

- dove sono gli oggetti
- qual è la loro forma
- quali interazioni spaziali sussistono fra di essi

INFORMAZIONI SEMANTICHE

- attribuiscono "significato" alle informazioni spaziali

INFORMAZIONI STATISTICHE

- quantificano il valore delle informazioni

Principi della gestione dei dati

- Contenuto dei dati
- Organizzazione dei dati (struttura)
- Integrità dei dati (correttezza, consistenza, protezione, sicurezza)
- Attualità dei dati (aggiornamento)
- Operazioni e funzioni pianificate
- Organizzazione del lavoro, responsabilità

Topologia

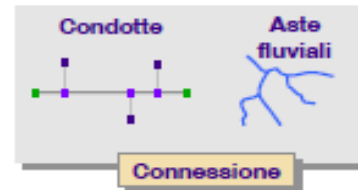
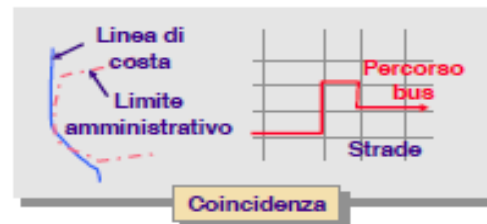
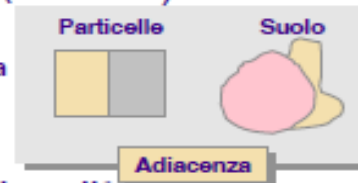
- E' la **disciplina matematica** che si occupa di connessione e adiacenza di punti, linee e superfici, e che permette quindi di analizzare le relazioni spaziali fra dati geografici.
- Una struttura dati topologica determina esattamente come e dove sono connessi punti e linee su una carta numerica per mezzo di congiunzioni topologiche, dette nodi.
- La teoria dei grafi è lo strumento utilizzabile per rendere consistente una carta numerica descritta per mezzo di primitive geometriche: qualsiasi aggiornamento della carta dovrà rispettare i vincoli topologici imposti alle varie entità geografiche coinvolte.

La Topologia

- ◆ Permette di ricostruire in digitale (modellare) le relazioni spaziali tra le feature

- ◆ Connessione, adiacenza, coincidenza
- ◆ In una o più feature class

- ◆ Fornisce una rappresentazione numerica del mondo più vicina alla realtà



Topologia

La topologia

*Lo scopo principale della topologia è quello di definire una serie di **relazioni spaziali tra feature presenti** in una o più Feature Class. La definizione e l'implementazione di tali relazioni all'interno del geodatabase permette di ottenere un modello numerico dei dati sempre più fedele agli oggetti presenti nel mondo reale. Come è noto, le principali proprietà geometriche e le relazioni spaziali che sussistono tra i vari elementi presenti nel mondo reale sono i rapporti di adiacenza, coincidenza e connessione.*

L'adiacenza

L'adiacenza è quella relazione spaziale che permette, ad esempio, di identificare tramite strumenti dedicati i poligoni adiacenti ad una particella di un determinato proprietario.

La Coincidenza

La coincidenza è quella proprietà delle feature che permette di identificare determinati percorsi lungo una rete stradale.

La Connessione

La connessione permette di identificare il percorso più breve verso un aeroporto, di determinare i rapporti gerarchici tra le aste fluviali di un reticolo idrografico o di seguire il percorso dell'acqua, lungo una condotta, a partire da un impianto di trattamento verso una zona abitata.

A dark grey arrow points to the right at the top left. Below it, several thin, light blue lines curve downwards and to the right, creating a decorative background element.

Topologia

La topologia è una procedura matematica che determina proprietà spaziali e relazioni, come:

- lunghezza di un arco
- direzione di un arco
- definizione dell'area del poligono
- connessione di archi
- adiacenza (contiguità) di poligoni



Topologia



Relazioni spaziali	Proprietà spaziali
Ogni arco comincia e finisce con un nodo	Lunghezza dell'arco Direzione
Gli archi sono connessi ad altri archi tramite un nodo	Connessione
Archi connessi perimetrano un poligono	Area del poligono Perimetro del poligono
Gli archi hanno poligoni alla loro destra e alla loro sinistra	Adiacenza e contiguità



Topologia Arco-Nodo

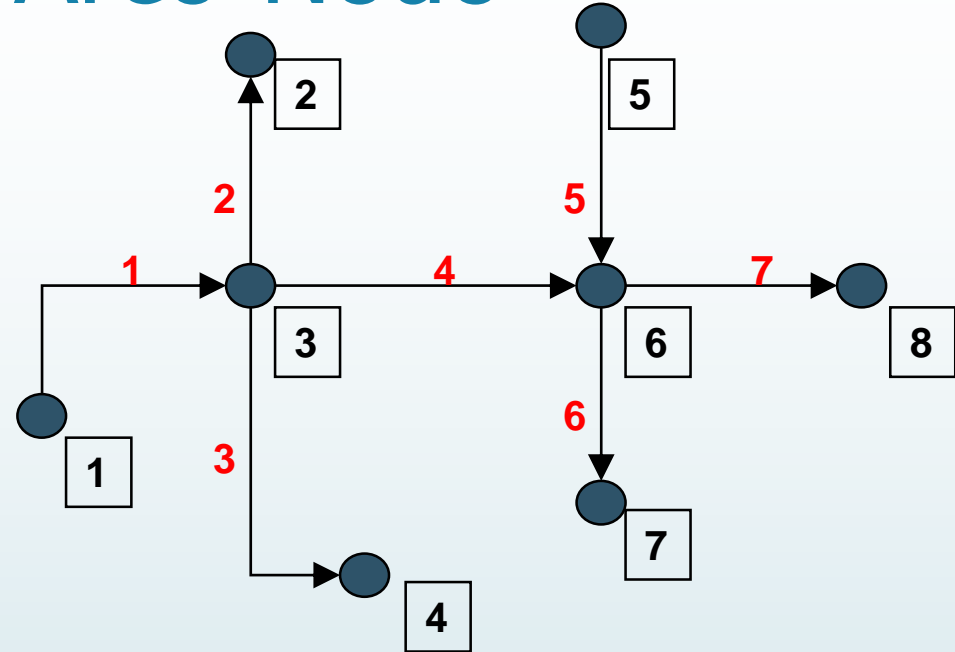
La topologia arco-nodo esprime le relazioni tra archi e nodi;
per gli archi definisce direzione, lunghezza e connessione.

Queste proprietà topologiche sono alla base delle operazioni di analisi geografiche.

Topologia Arco-Nodo

Database geometrico

ARCO	X,Y	X,Y	X,Y
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7	X ₁ ,Y ₂	.....	X _n ,Y _n



ARCO	Da_nodo	A_nodo	Lung	Tipologia
1	1	3	50.33	.....
2	3	2	20.57	.....
3	3	4	53.65	.....
4	3	6	50.29	.....
5	5	6	25.26	.....
6	6	7	32.43	.....
7	6	8	45.35	.....

Database topologico



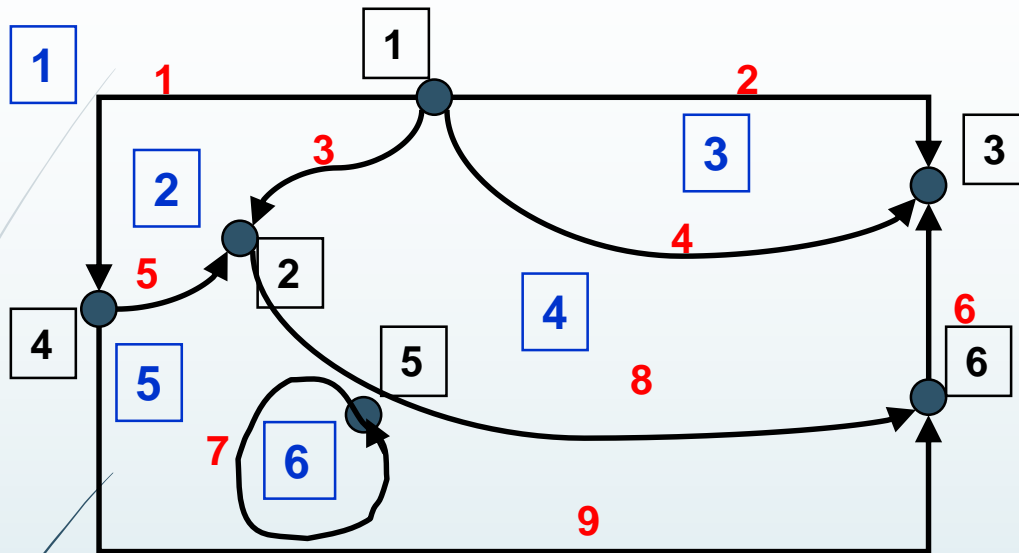
Topologia Poligono-Arco

La topologia poligono-arco esprime le relazioni spaziali fra elementi lineari e areali, dato che sono gli archi a definire i perimetri, le aree e le adiacenze.

Poligoni adiacenti condividono un stesso arco.

Queste proprietà topologiche sono alla base delle operazioni di analisi geografiche.

Topologia Poligono-Arco



Database geometrico

ARCO	X,Y	X,Y	X,Y
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9	X ₁ ,Y ₂	.....	X _n ,Y _n

ARCO	POLY_SX	POLY_DX
1	2	1
2	1	3
3	4	2
4	4	3
5	2	5
6	4	1
7	6	5
8	4	5
9	5	1

POLY	ARCO
1	2.6.9.1
2	3.5.1
3	4.2
4	3.4.6.8
5	8.9.5.0.7
6	7

Database topologico

Dati cartografici digitali

I dati cartografici digitali che rappresentano informazioni spaziali possono essere organizzati secondo due diversi modelli di rappresentazione:

- il modello ***raster***: l'informazione è definita in base a una griglia regolare di "pixel" (= matrice); il formato raster è tipico del telerilevamento, o ottenuto dalla scansione di cartografia esistente
- il modello ***vettoriale***: l'informazione è costituita da una serie di coordinate di punti collegati fra loro il formato vector è solitamente ottenuto da digitalizzazione di cartografia esistente

Formato Vettoriale

- I diversi elementi vengono solitamente archiviati in diversi **“strati informativi”** (layer)
- Solitamente insieme alle informazioni geometriche si archiviano anche **informazioni sulle relazioni topologiche** fra gli elementi cartografici che si vogliono rappresentare:
 - gli archi iniziano e terminano in corrispondenza di nodi
 - i poligono sono racchiusi da una serie di archi
 - la descrizione di un arco deve comprendere anche l'identificatore delle aree alla sua sinistra e destra
- E' necessario inserire ulteriori informazioni sul significato di ogni elemento digitalizzato (punti, linee, poligoni). Questo tipo di informazione viene inserita tramite la tastiera o scelta da un menu, subito prima o dopo aver digitalizzato una posizione, o in seguito, dopo aver inserito tutte le coordinate.

Elementi Costitutivi

PUNTI: elementi geografici senza dimensione, oppure con dimensioni troppo ridotte da poter essere rappresentate alla scala di lavoro

LINEE: serie di punti interconnessi che rappresentano elementi che non hanno larghezza o la cui larghezza non può essere rappresentata nella scala di lavoro (archi)

AREE: elementi geografici con caratteristiche omogenee all'interno di un confine (poligoni)

Attributi

La principale caratteristica che contraddistingue un GIS è data dal fatto che al suo interno ai diversi elementi grafici sono collegate delle tabelle di dati descrittivi.

La creazione di queste tabelle (file di database) ha lo scopo sia di registrare le coordinate degli elementi, ma anche soprattutto di immagazzinare i rapporti spaziali fra i diversi elementi grafici.

A dark grey arrow points to the right from the left edge of the slide. Several thin, light blue lines curve upwards from the bottom left towards the center of the slide.

Tablelle degli Attributi

Nel processo topologico vengono creati files finalizzati a registrare sia le coordinate degli elementi e soprattutto ad immagazzinare i rapporti spaziali fra i diversi elementi grafici. Fra i files più importanti troviamo le tablelle degli attributi.

Tabelle degli Attributi

Esistono fondamentalmente **tre tipi di tabelle attributo:**

- tabella degli attributi dei punti (Point Attribute Table)
- tabella degli attributi degli archi (Arc Attribute Table)
- tabella degli attributi dei poligoni (Polygon Attribute Table)

PS le tabelle sono file di database

Tablelle degli Attributi

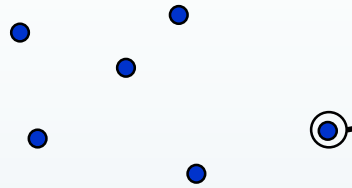
Ogni tabella è costituita da campi (field o colonne) e record (righe).

Ciascun elemento del tema ha un record corrispondente nella tabella degli attributi.

Il programma di gestione del database assegna un numero unico ad ogni record della tabella. In genere tale campo non viene considerato parte della tabella, tanto da non essere nemmeno visualizzato.

Tabelle degli Attributi

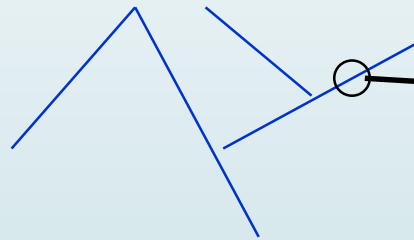
Tema Puntuale



Point Attribute Table

.....

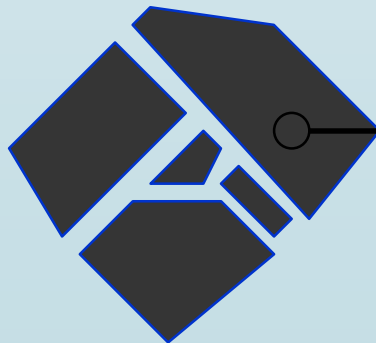
Tema Lineare



Arc Attribute Table

.....

Tema Poligonale



Polygon Attribute Table

.....

Dati Tabellari

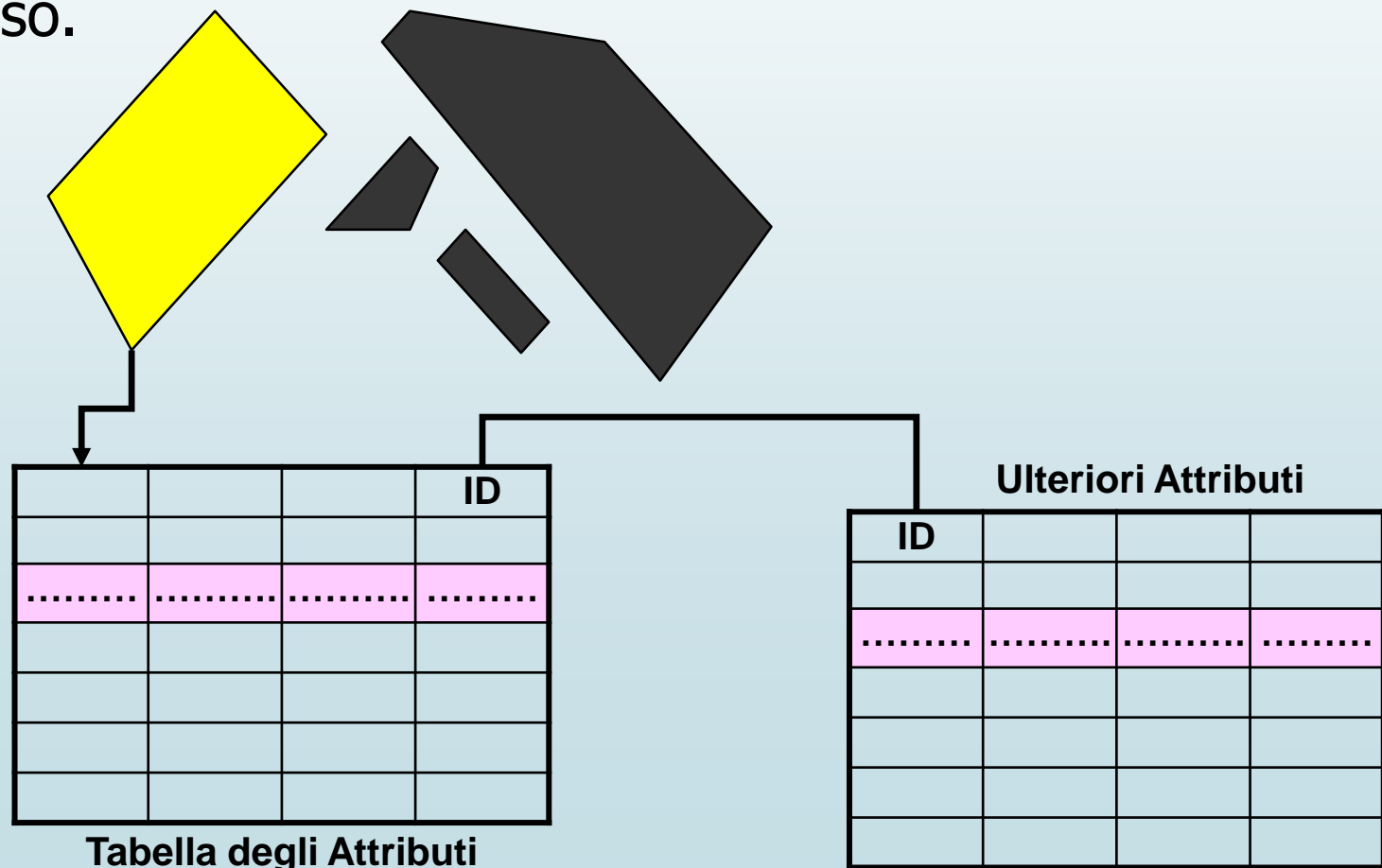
Le modalità per inserire dati di tipo tabellare (attributi) in un software GIS sono fondamentalmente tre:

- 1 Inserimento diretto nella tabella generica modalità più semplice (creazione delle colonne ed inserimento dati)
- 2 Inserimento diretto nella tabella appositamente predisposta realizzazione a priori di una tabella vuota, in cui verranno inseriti i dati e successivamente collegata alla tabella degli attributi
- 3 Caricamento da file esterni esistenti collegamento diretto dai dati esistenti alla tabella attributi

Collegamento dati Spaziali-Attributi

Attraverso la relazione o l'unione di un database descrittivo alla tabella degli attributi è possibile aggiungere ulteriori informazioni agli elementi grafici.

L'associazione avviene attraverso un campo che risulta condiviso.



Rapporto Uno-a-Uno

In un rapporto uno-a-uno i valori del campo comune identificano univocamente i record di entrambe le tabelle:
ad un record del database di input ne corrisponde solo uno nel database collegato.

Tabella di input

.....	ID Edificio
	250
	380
	216
	..
	..
	..

Tabella collegata

ID Edificio	ZONA PRG	..
250	B1	..
380	B3	..
216	C1	..
..		..
..		..
..		..

Rapporto Multi-a-Uno

In un rapporto multi-a-uno, a molti record del database di input corrisponde un solo record del database collegato.

Tabella di input

.....	Proprietà	ID Edificio
.....	BIANCHI	250
.....	ROSSI	380
.....	VERDI	216
.....	TIZIO	216
.....	CAIO	250
.....

Tabella collegata

ID Edificio	ZONA PRG
250	B1
380	B3
216	C1

Metodi di associazione

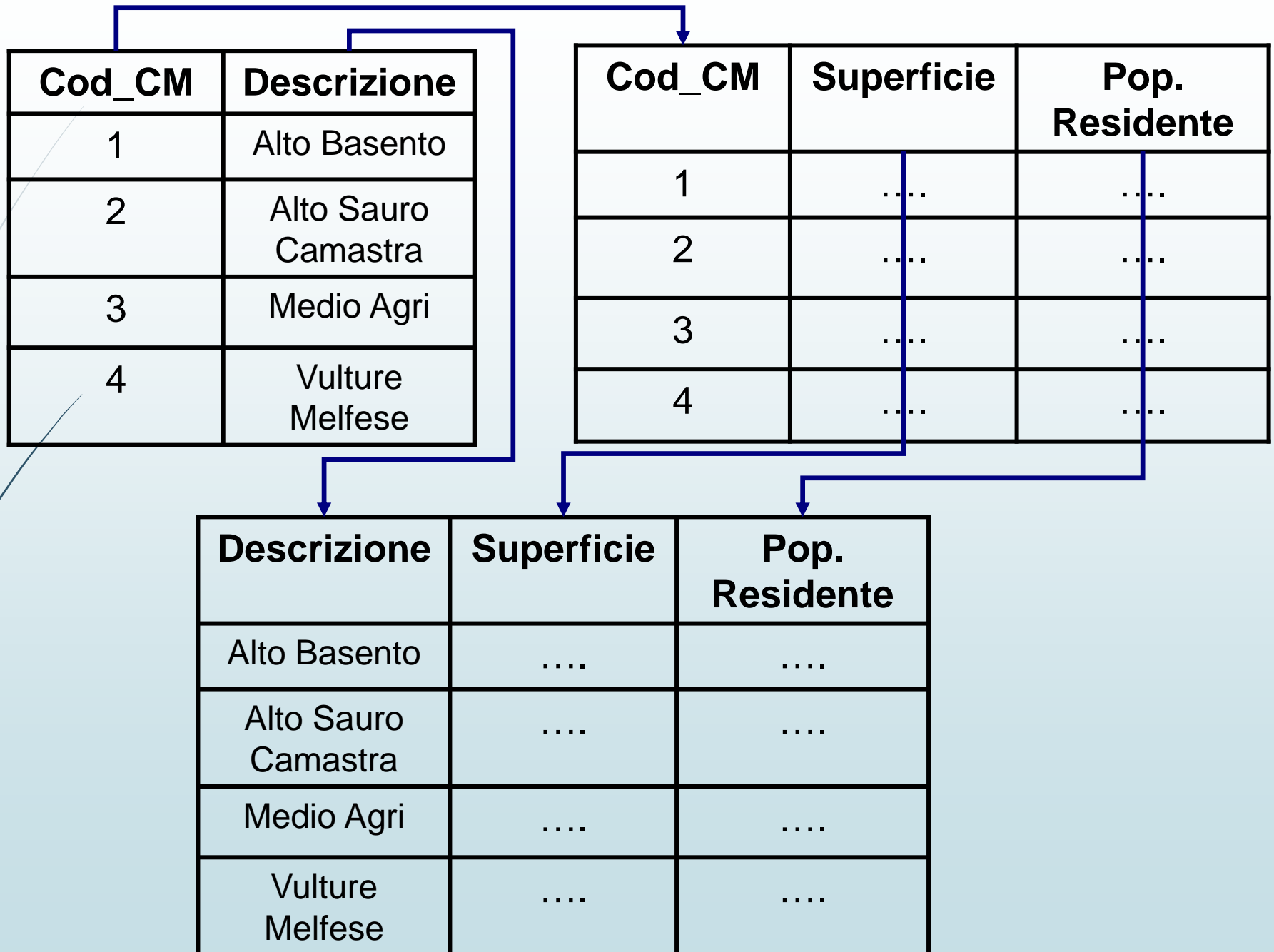
Esistono due metodi per realizzare l'associazione fra dati tabellari:

- 1 unione (join)**
- 2 relazione (link)**

Quando si esegue un'operazione di unione tutti i campi di tabella vengono aggiunti ad un'altra tabella: le due tabelle vengono fisicamente unite.

La relazione è uguale all'unione, se non fosse che le tabelle vengono mantenute separate. Quando due tabelle sono linkate nessuna delle due subisce cambiamenti.

Metodi di associazione





ANALISI SPAZIALE

La capacità di un GIS di fare analisi spaziali è ciò che distingue la tecnologia GIS da quella CAD, dalla cartografia automatizzata, dai programmi che legano la grafica agli attributi, ma non sopportano un modello di dati topologico.

L'analisi spaziale permette la sintesi e la combinazione di dati spaziali ed attributi esistenti per creare nuovi dati di entrambi i tipi.



Operazioni di Analisi Spaziale

Gli strumenti principalmente utilizzati, in vari modi e in differenti combinazioni, sono:

- 1. Extract**
- 2. Dissolve**
- 3. Buffer**
- 4. Overlay**
- 5. Join spaziale**

Extract

Si usa per creare un nuovo tema, partendo da uno esistente, che comprenda solo gli elementi che abbiano determinate caratteristiche.



Tabella degli Attributi

ID			Area
1			300
2			1050
3			1540
4			1620
5			2300

Extract area >1250



Tabella degli Attributi

ID			Area
3			1540
4			1620
5			2300

Dissolve

Si usa per accorpare poligoni utilizzando uno specifico dato attributo.

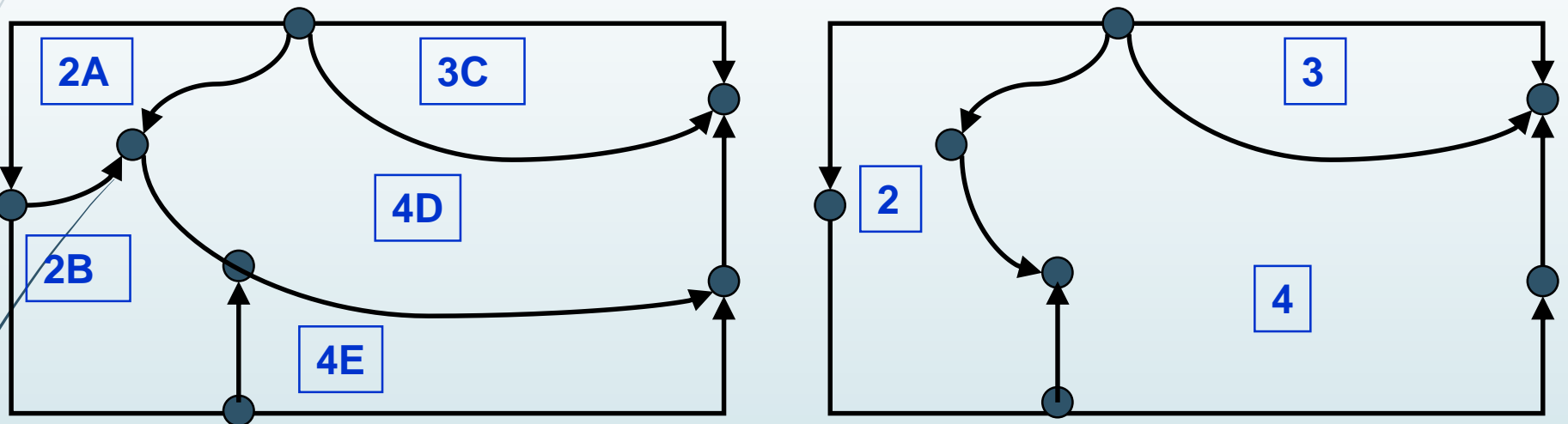


Tabella degli Attributi

ID	Lotti	Zone
1	2	A
2	2	B
3	3	C
4	4	D
5	4	E

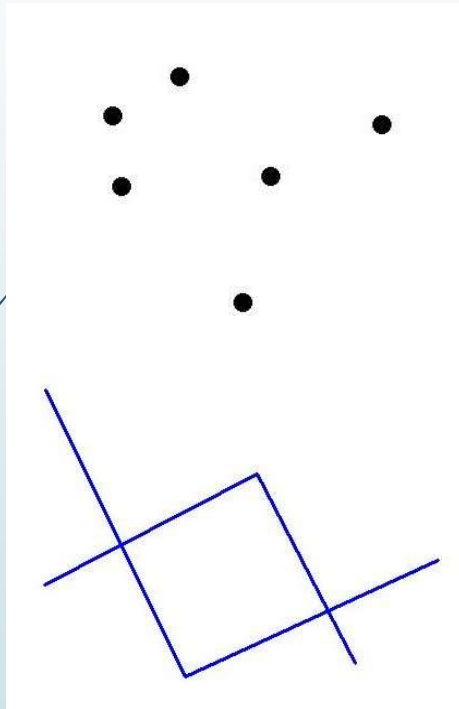
Dissolve x lotti

Tabella degli Attributi

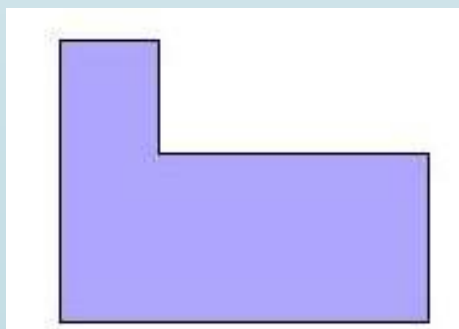
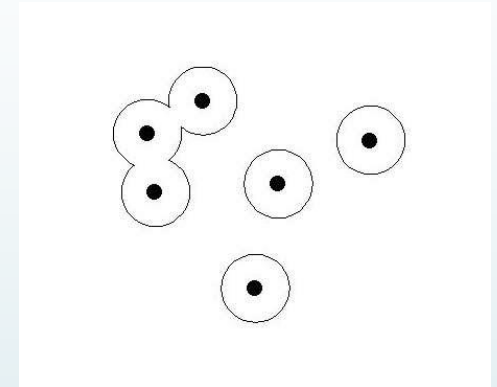
ID	Lotti
1	2
2	3
3	4

Buffer

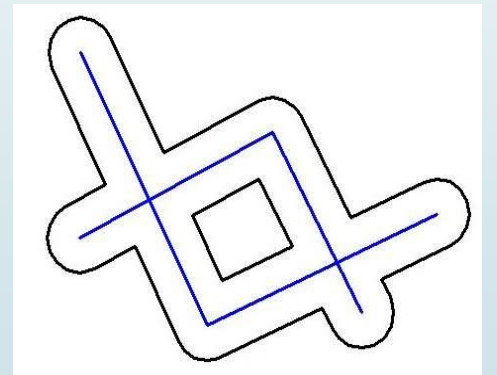
Crea temi poligonali, generando zone di rispetto intorno agli elementi del tema di input (punti, linee e poligoni).



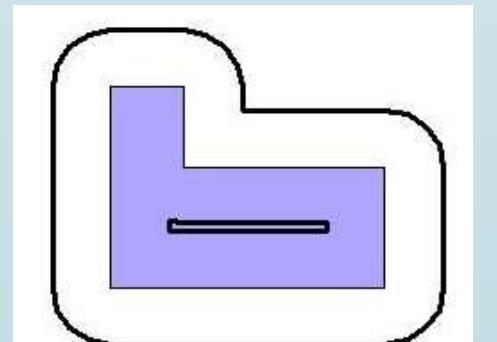
Buffer su tema punti



Buffer su tema linee



Buffer su tema poligoni



Overlay

E' un'operazione spaziale che **sovrappone** un tema (input) ad un altro (overlay) per crearne uno nuovo (output). Gli attributi di un set di elementi vengono uniti a quelli dell'elemento cui si sovrappone, pertanto si genererà un nuovo tema con associata una nuova tabella.

E' possibile effettuare un'overlay topologico:

poligono su poligono

punto su poligono

linea su poligono

Gli **operatori** di overlay topologico sono:

union

intersect

identity

Join Spaziale

Consente di effettuare un'operazione di join tra le tabelle degli attributi di due temi utilizzando come campo comune quello del tipo di elemento.

Questa operazione è definita spaziale in quanto interessa la tabella degli attributi degli elementi.

PS in ogni tema vettoriale nella tabella degli attributi è presente un campo che ne descrive la tipologia (point, arc, poligon)

In pratica vengono inseriti nella tabella del tema di input anche i campi della tabella di join a patto che vengano rispettate le regole spaziali impostate.

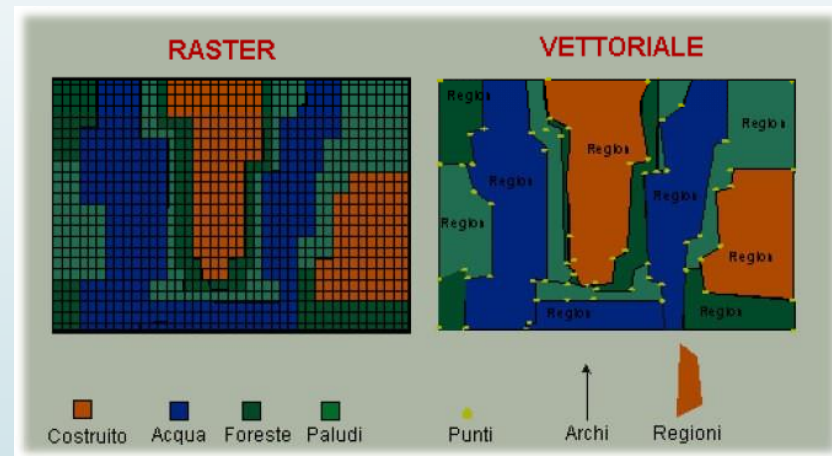
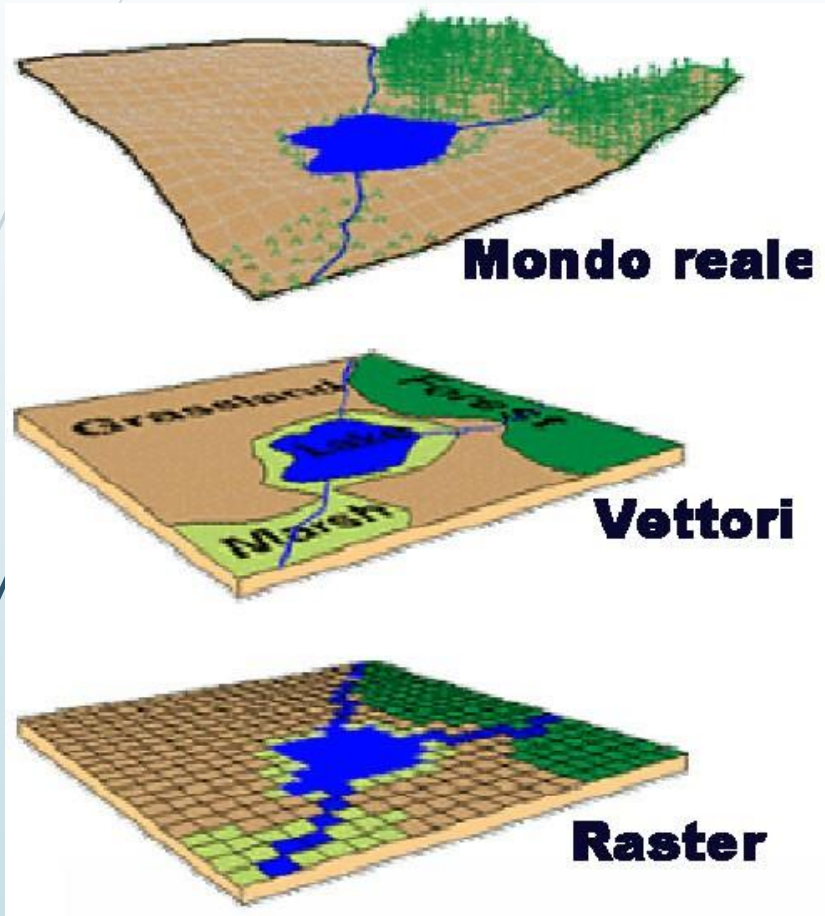
Interrogazioni o Query

La capacità di interrogare e selezionare elementi del database è una parte importante di qualsiasi applicazione GIS.

Le **operazioni di interrogazione** possono interessare sia gli elementi spaziali che gli attributi contenuti nelle tabelle.

Con questa operazione è possibile generare nuove carte tematiche, o estrapolare solo alcuni dati dall'intero database. È inoltre possibile, spazialmente, identificare solo alcuni elementi grafici che sono completamente contenuti, intersecano, si trovano ad una certa distanza ecc, da un determinato elemento grafico.

Dati cartografici

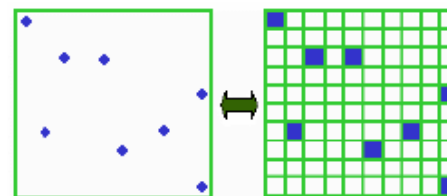


Formato raster

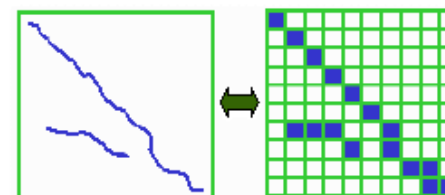
■ Il termine **Raster** convenzionalmente comprende anche le immagini (formati tiff, jpeg, gif, bmp, ecc...);

- Single Band
- Multiband (red, green, blue)

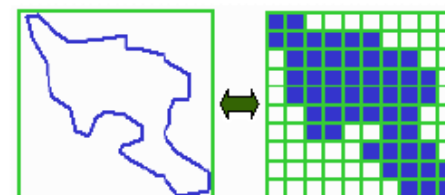
■ Il termine **GRID** si riferisce generalmente ai soli raster tematici e morfometrici.



Punti come celle



Linee come sequenze di celle



Poligono come un insieme di celle

Formato raster

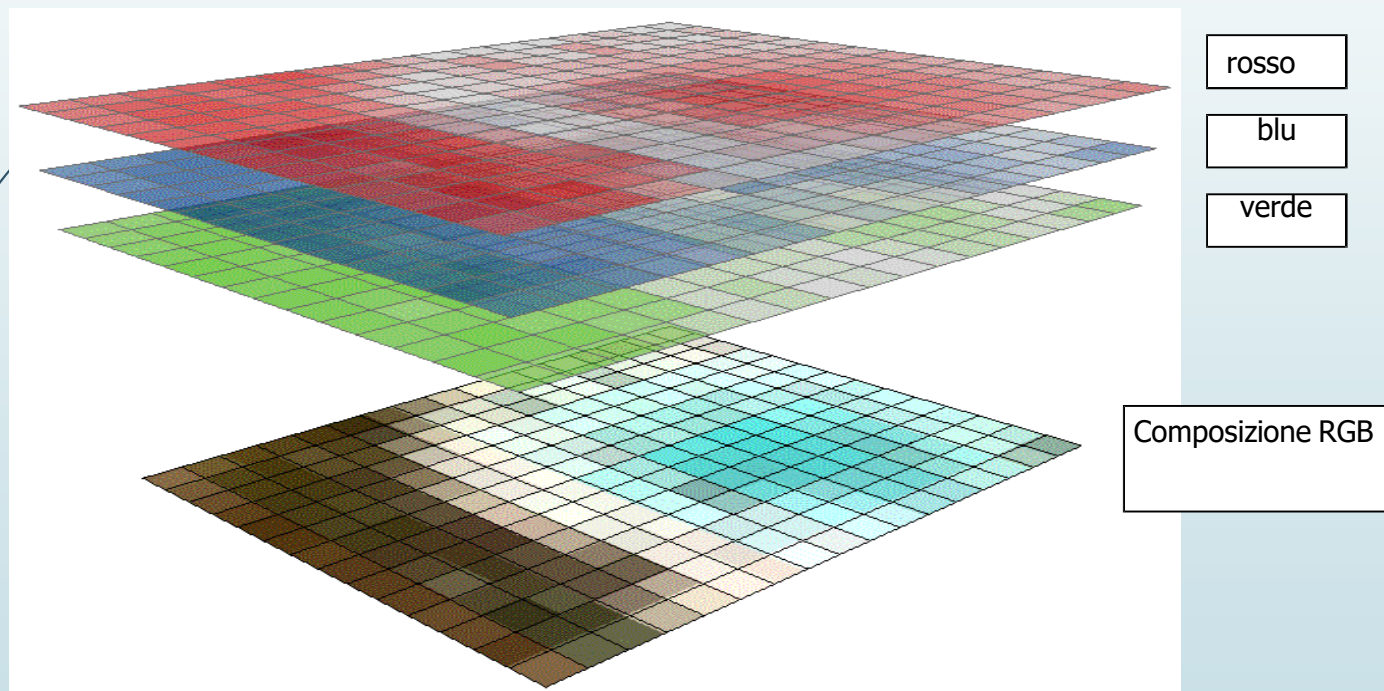
- Struttura per la memorizzazione dei dati: **MATRICE**
- L'ordine dei valori determina la posizione nell'immagine.
- Per ogni pixel si memorizza il valore tematico (per es. il colore).
- Problema: grande quantità di dati.

Acquisizione

- Sensori attivi: Il sensore emette radiazioni (luminose) e misura la loro riflessione (Scanner, Laserscanner, radar e telerilevamento)
- Sensori passivi : Misura di radiazioni naturali (camera digitale, telerilevamento)

Formato raster

Un **dato raster** può essere composto anche da più matrici perfettamente sovrapposte, con valori di cella diversi (es. immagini a colori con codifica RGB)



Formato raster

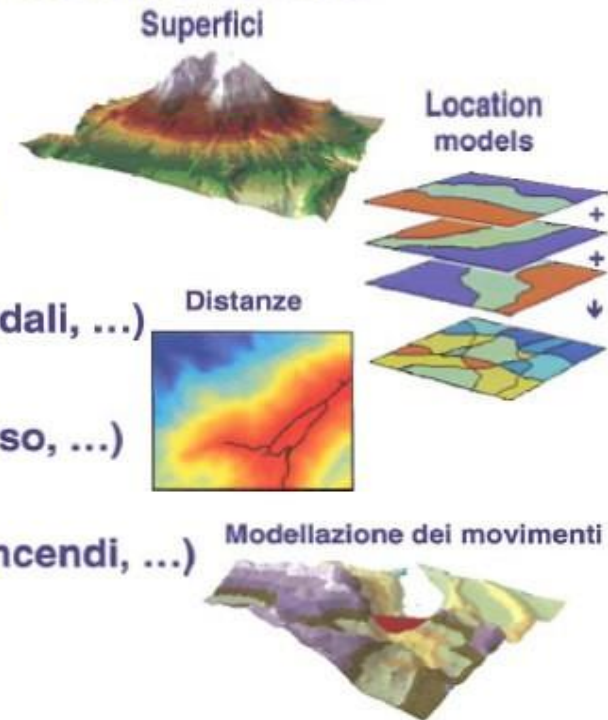
Benefici dei GIS Raster

◆ Un data model location-based (cells)

- ◆ Migliore di quello feature-based per molti tipi di analisi

◆ Particolarmente utile per:

- ◆ Creazione ed analisi di superfici (altitudine, rainfall, popolazione, ...)
- ◆ Location models (migliore ubicazione per uffici, ospedali, ...)
- ◆ Misure di distanze (prossimità, mobilità, miglior percorso, ...)
- ◆ Modellazione dei movimenti (esondazione di fiumi, fronte degli incendi, ...)
- ◆ Altro ...



Cartografia: CARTE RASTER E CARTE VETTORIALI

Un'immagine raster è una specie di "fotocopia" computerizzata, a colori o in bianco e nero, di una mappa cartacea, della quale dà una rappresentazione molto più fedele rispetto alla mappa vettoriale, ma nella quale agli oggetti non è associato intrinsecamente un nome: se esso appare accanto all'oggetto, è un fatto solo visivo.

Nelle carte raster gli oggetti che le rappresentano non sono editabili!

Esattamente come su una carta, per trovare un oggetto è necessario cercarlo con gli occhi, e nessuno strumento consente di avere una lista. Tuttavia, la simbologia della mappa raster è di immediata comprensione, e i nomi degli oggetti appaiono subito, senza necessità di richiederli sotto forma di etichetta, come accade per le mappe vettoriali.

La mappa raster è di qualità tanto migliore quanto maggiore è la sua **risoluzione**, che viene espressa in numero di punti per pollice (convenzionalmente, dpi): una mappa a 300 dpi ha una qualità grafica migliore di una mappa a 15 dpi.

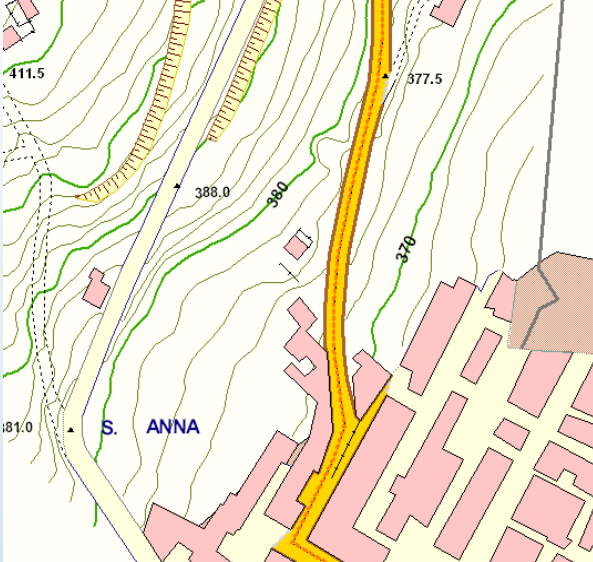
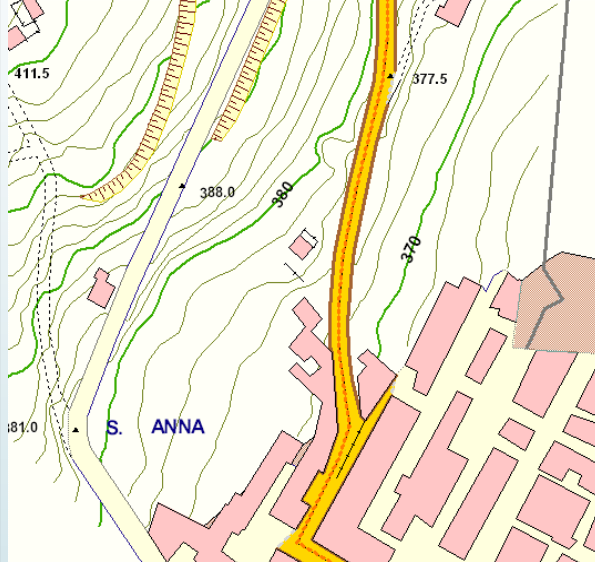
Cartografia: CARTE RASTER E CARTE VETTORIALI

Le **carte vettoriali** sono fatte di oggetti geometrici come punti, linee, polilinee, poligoni, archi di cerchio.

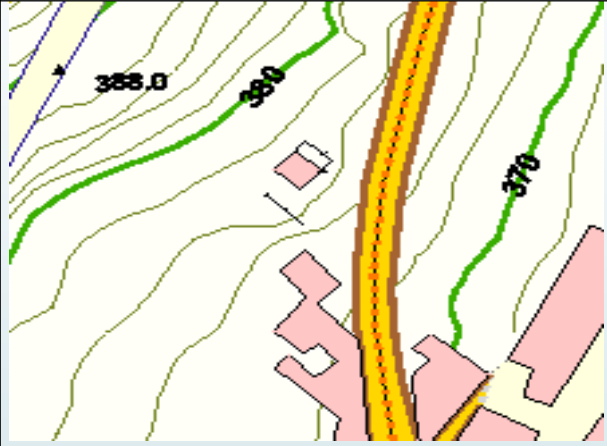
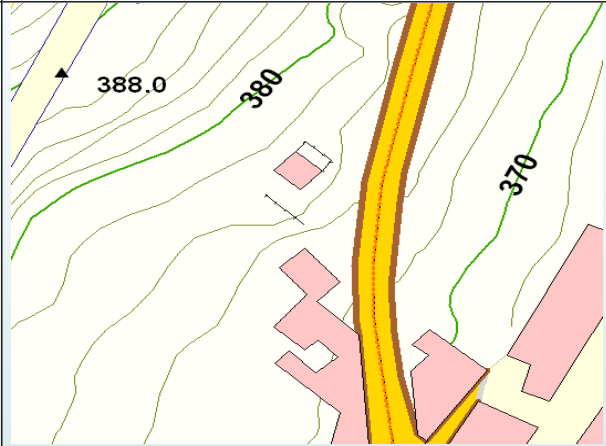
Nelle **carte vettoriali**, ogni **oggetto** ha un proprio nome, può essere trattato in maniera indipendente dagli altri, e perciò può essere selezionato, modificato, spostato o cancellato. In una mappa vettoriale potete anche decidere di non vedere gli oggetti di un certo tipo, o di vederli solo ad un certo ingrandimento.

La mappa è infatti generalmente strutturata per livelli (layer) a ciascuno dei quali appartengono gli oggetti di una certa categoria: pensate ad una serie di fogli lucidi sovrapposti (contenenti, per esempio, uno i fiumi, un altro le province, un terzo i comuni, ecc.), che possono essere tolti o spostati ma che nel loro insieme consentono una rappresentazione completa del territorio.

Cartografia: CARTE RASTER E CARTE VETTORIALI

Cartografia Raster	Cartografia Vettoriale
	
Scala 1:2.000	Scala 1:2000
<p>Gli oggetti cartografici sono rappresentati da un'insieme di celle che hanno un colore definito. Le celle non hanno criteri di "vicinanza"</p>	<p>Gli oggetti cartografici sono rappresentati da elementi geometrici definiti da una successione di punti o da curve</p>

Cartografia: CARTE RASTER E CARTE VETTORIALI

Cartografia Raster	Cartografia Vettoriale
	
Scala 1:1.000	Scala 1:1.000
<p>La scala di definizione è quella della cartografia da cui è stata scandita l'immagine. Via via che si scende ad una scala di maggior dettaglio esiste il duplice problema della corretta localizzazione delle celle e dell'effettiva possibilità di visualizzare le informazioni</p>	<p>La scala di definizione della cartografia è quella in cui la stessa cartografia è stata acquisita. E' sempre possibile visualizzare il dato ad una scala anche notevolmente più di dettaglio ma occorre sempre tenere presente la precisione metrica propria del dato orig.</p>

Cartografia: CARTE RASTER E CARTE VETTORIALI

Cartografia Raster	Cartografia Vettoriale
E' di facile acquisizione e di basso costo	E' di complessa acquisizione e generalmente di alto costo
Occupa parecchio spazio disco	Occupa poco spazio disco
Non ha informazioni alfanumeriche collegate alle celle	Può avere innumerevoli informazioni alfanumeriche collegate agli oggetti cartografici
Non consente analisi topologiche e sovrapposizioni di coperture	Consente analisi topologiche e sovrapposizioni di coperture
Può essere utilizzata tal quale come cartografia di sfondo	Può richiedere notevole dispendio di tempo per la "vestizione"
Può essere rappresentata solo tal quale, "in blocco"	Possono essere isolati o nascosti i diversi temi che la compongono

Cartografia: LE ELABORAZIONI DELLE CARTE VETTORIALI

Utilizzando alcuni attributi delle carte vettoriali, è possibile ricostruire l'orografia mediante appositi software.

Ciò che, prima di procedere, deve essere compreso è che le elaborazioni ottenibili sono sempre frutto di trasformazioni analitiche, cioè derivate da calcoli; quindi non si aggiunge precisione alla carta. Anzi, è probabile che si compiano errori madornali se non si sta attenti.

L'**elaborazione** più semplice è la rappresentazione della morfologia:

a partire dai dati altimetrici è possibile ottenere una rappresentazione del terreno più realistica, ma non più vera!

Tuttavia, i modelli digitali sono d'ausilio in geomorfologia perché, in qualche modo, si affiancano all'analisi fotostereografica.

Ulteriori analisi "via software" permettono di ricavare altre informazioni:

le pendenze, l'orientamento dei versanti, il reticolo idrografico, profili, ecc.

Cartografia: LE ELABORAZIONI DELLE CARTE VETTORIALI

Gli elementi che servono per restituire un modello digitale del terreno (D.T.M.) sono:

- la georeferenziazione di ogni singolo elemento
- la sua quota

Tuttavia, il solo possedere un software, per quanto potente e versatile, non è sufficiente ad ottenere dei buoni DTM.

Per capire tale affermazione occorre vedere qual è il principio di funzionamento di un interpolatore.

Cartografia: LE ELABORAZIONI DELLE CARTE VETTORIALI

La distribuzione di una serie di punti distribuiti nello spazio piano, dotati di un attributo qualsiasi (quota, carica elettrica, granulometria, concentrazione chimica, ecc) può essere rappresentata da curve iso-linee che esprimono la variazione dell'attributo.

Il problema principale è quello di assegnare una legge di variazione di quell'attributo che dipende dalla natura fisica della variabile.

La scienza che studia le leggi di variazione delle variabili si chiama

GEOSTATISTICA

Prima di lanciare un qualsivoglia programma per l'interpolazione di dati bisognerebbe ricostruire il *variogramma*, cioè trovare la funzione che esprime in che modo il dato varia nello spazio.

La Cartografia Numerica

La **cartografia numerica**, si basa su archivi di coordinate che descrivono la geometria degli oggetti cartografati e di codifiche che ne individuano la tipologia.

La cartografia numerica ha tutti i contenuti e almeno tutte le stesse funzioni di base della cartografia tradizionale.

Inoltre si possono evidenziare le seguenti proprietà caratteristiche:

- univocità del contenuto metrico (si eliminano sia i problemi connessi alla soggettività della misura per determinare le coordinate di punti a partire dal disegno della carta sia quelli dovuti alla deformazione nel tempo del supporto cartaceo sul quale è riprodotta la mappa);
- estensione della tipologia della cartografia, con la possibilità di memorizzazione negli archivi coordinate planimetriche e altimetrica (cartografia numerica tridimensionale);
- possibilità di elaborazione dei dati (calcolo delle superfici, delle volumetrie, dei parametri urbanistici, classificazione, selezione, calcoli statistici,...);
- facilità di gestione e aggiornamento dei dati;
- utilizzo per la georeferenziazione di banche dati (carte tematiche, mappature di reti tecnologiche,...).

La Cartografia Numerica

Il **concetto di scala** è mantenuto anche nella cartografia numerica con il significato di massimo rapporto di scala a cui si possa riprodurre una carta mediante plotter in modo tale che essa abbia gli stessi requisiti qualitativi e metrici di una carta tradizionale avente la stessa scala.

A tale rapporto si dà il nome di **scala nominale** (pari al rapporto di scala che avrebbe una carta tradizionale di corrispondente precisione metrica e qualitativa). La visualizzazione della cartografia a scala superiore a quella nominale non fornisce quindi maggiori informazioni sull'oggetto cartografato, ma permette solo di leggerne meglio i dettagli.

Funzioni

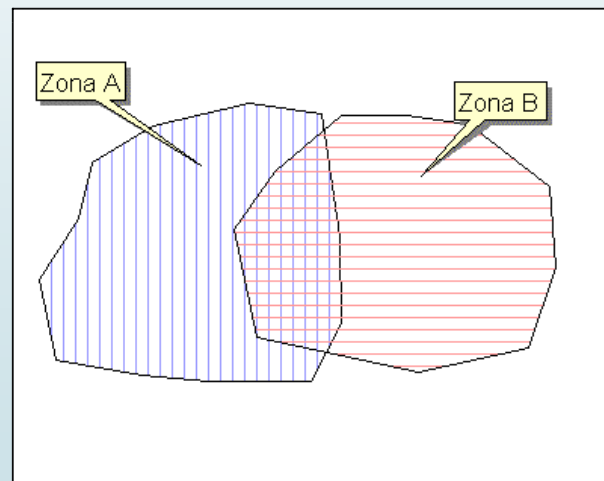
Su questi operatori si basano le funzioni analitiche maggiormente diffuse quali:

ANALISI DI PROSSIMITA' o BUFFERING (ricerche spaziali di elementi all'interno di un'area di studio di forma complessa o nell'ambito di una distanza data da un certo oggetto)



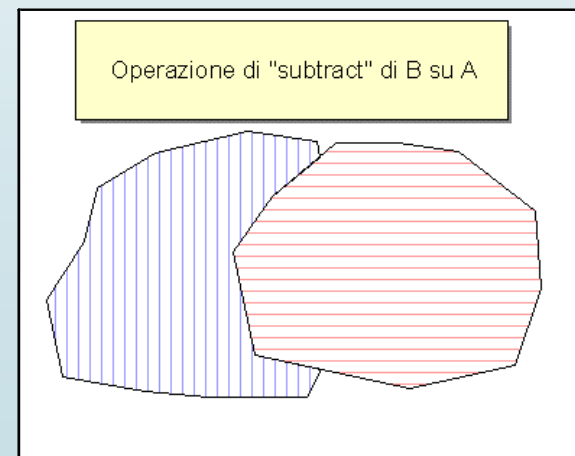
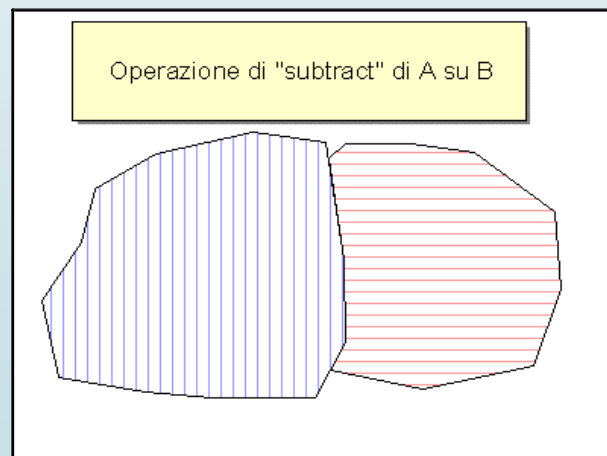
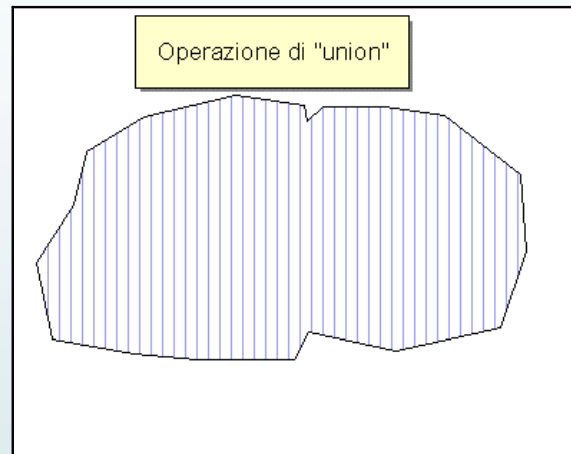
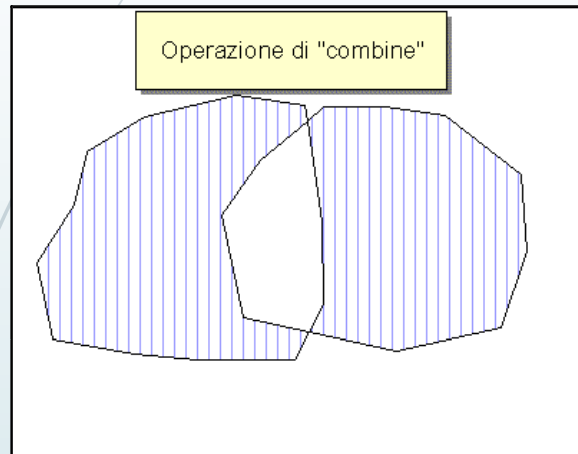
Funzioni

SOVRAPPOSIZIONE SPAZIALE DI ELEMENTI GEOGRAFICI o OVERLAY MAPPING (sovrapposizione di due o più strati informativi che, tramite l'utilizzo di operatori di intersezione, unione o complementarietà, conduce alla generazione di nuovi elementi spaziali).



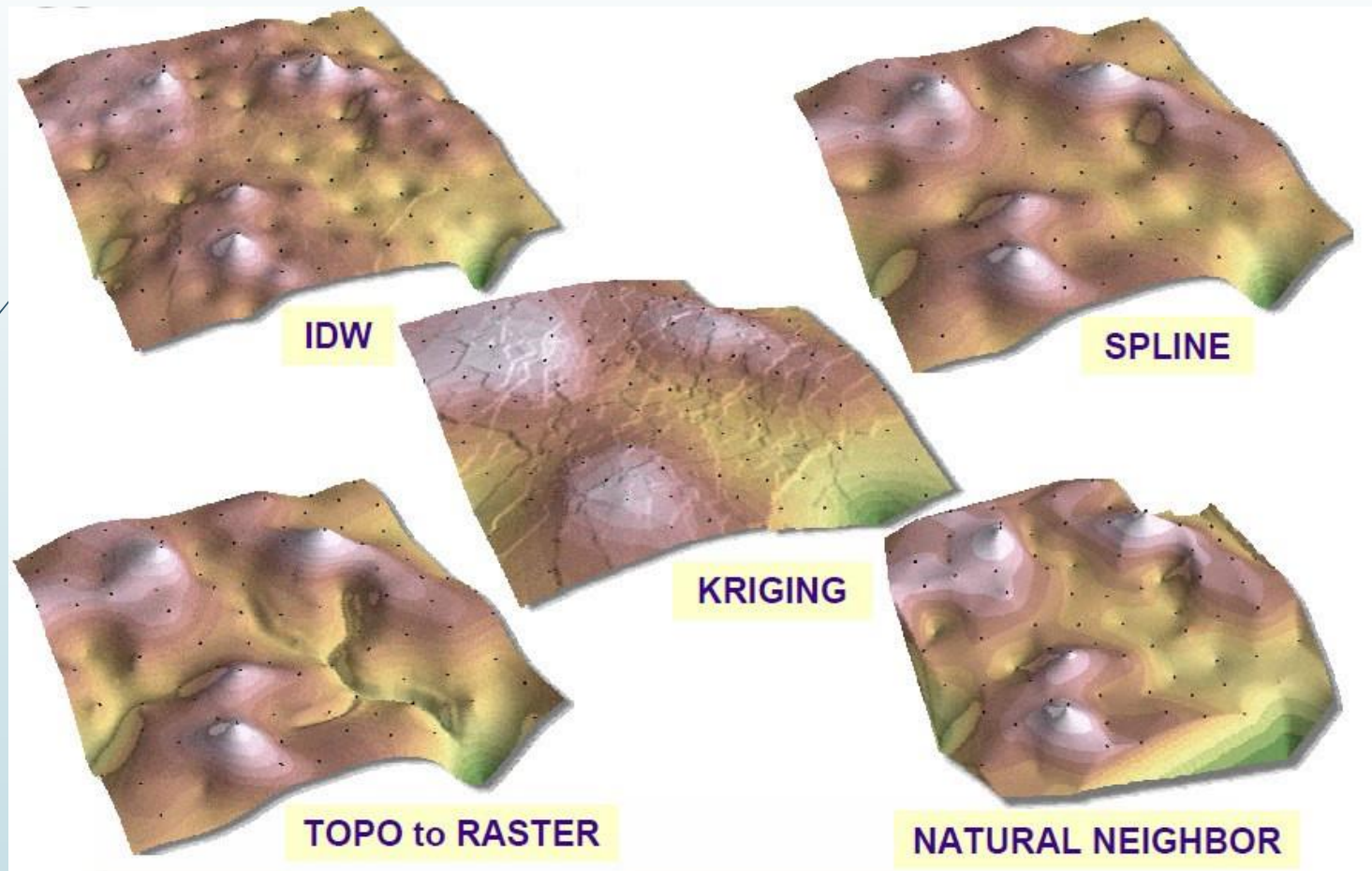
Sia il buffering che l'overlay agiscono **CONTEMPORANEAMENTE** sulla **COMPONENTE GEOGRAFICA e DESCRITTIVA**.

Funzioni



Modello Digitale del Terreno

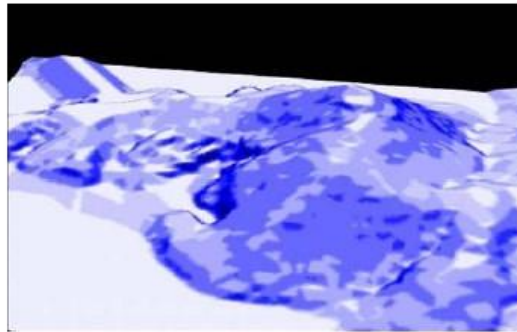
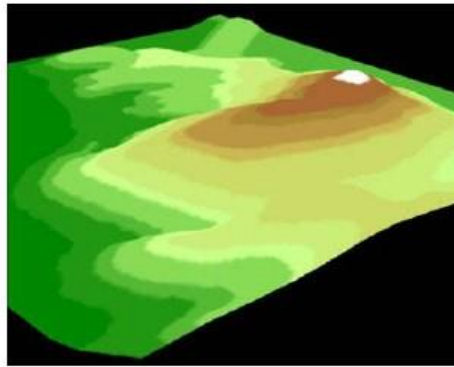
Modello Digitale della Superficie



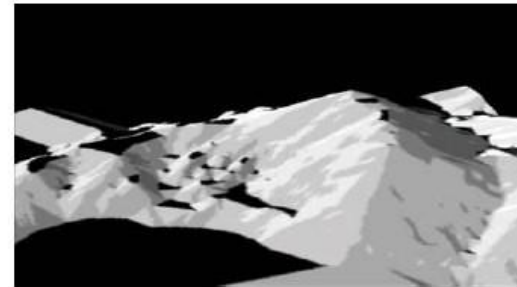
Modello Digitale del Terreno

Modello Digitale della Superficie

DTM

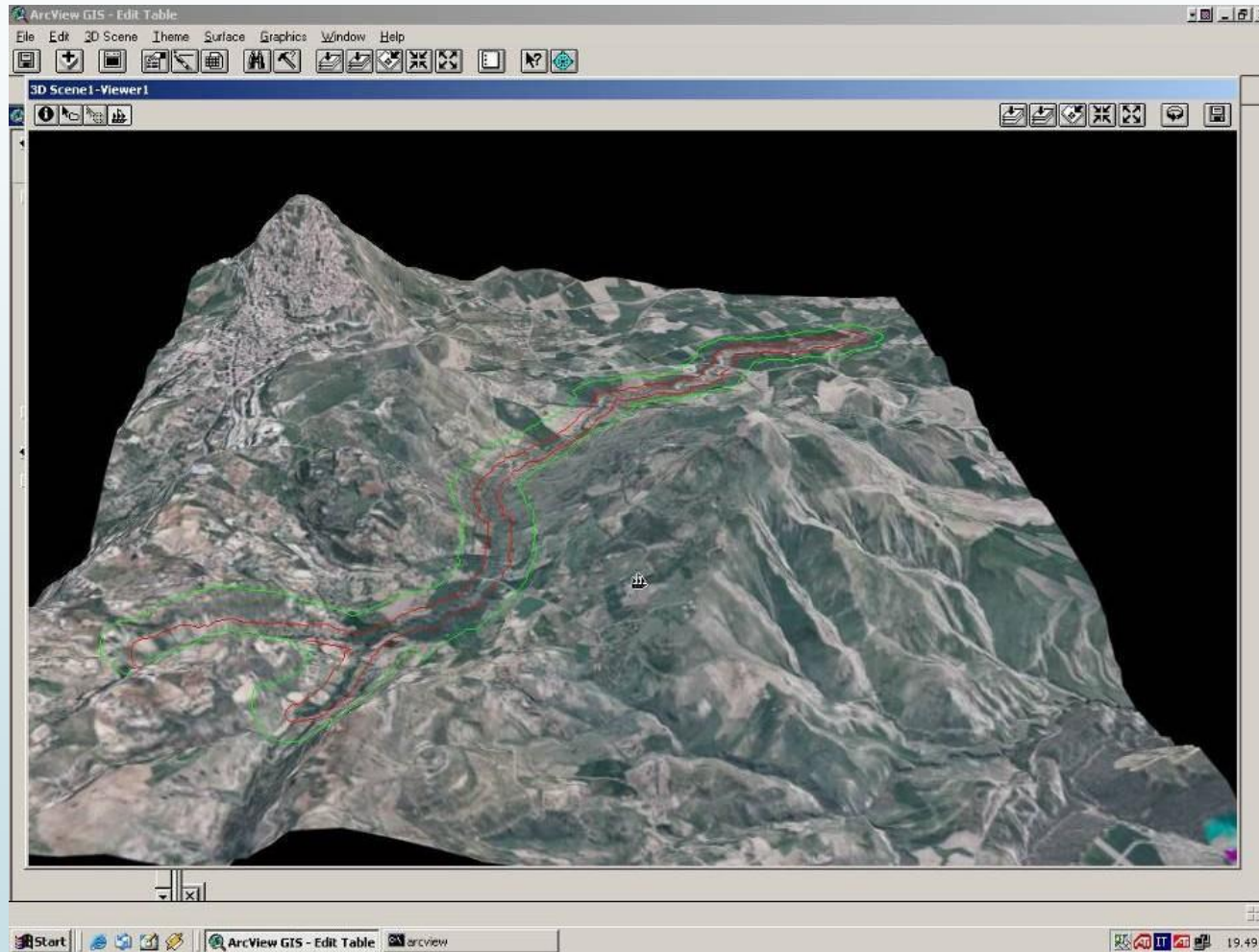


CARTA DELLE PENDENZE



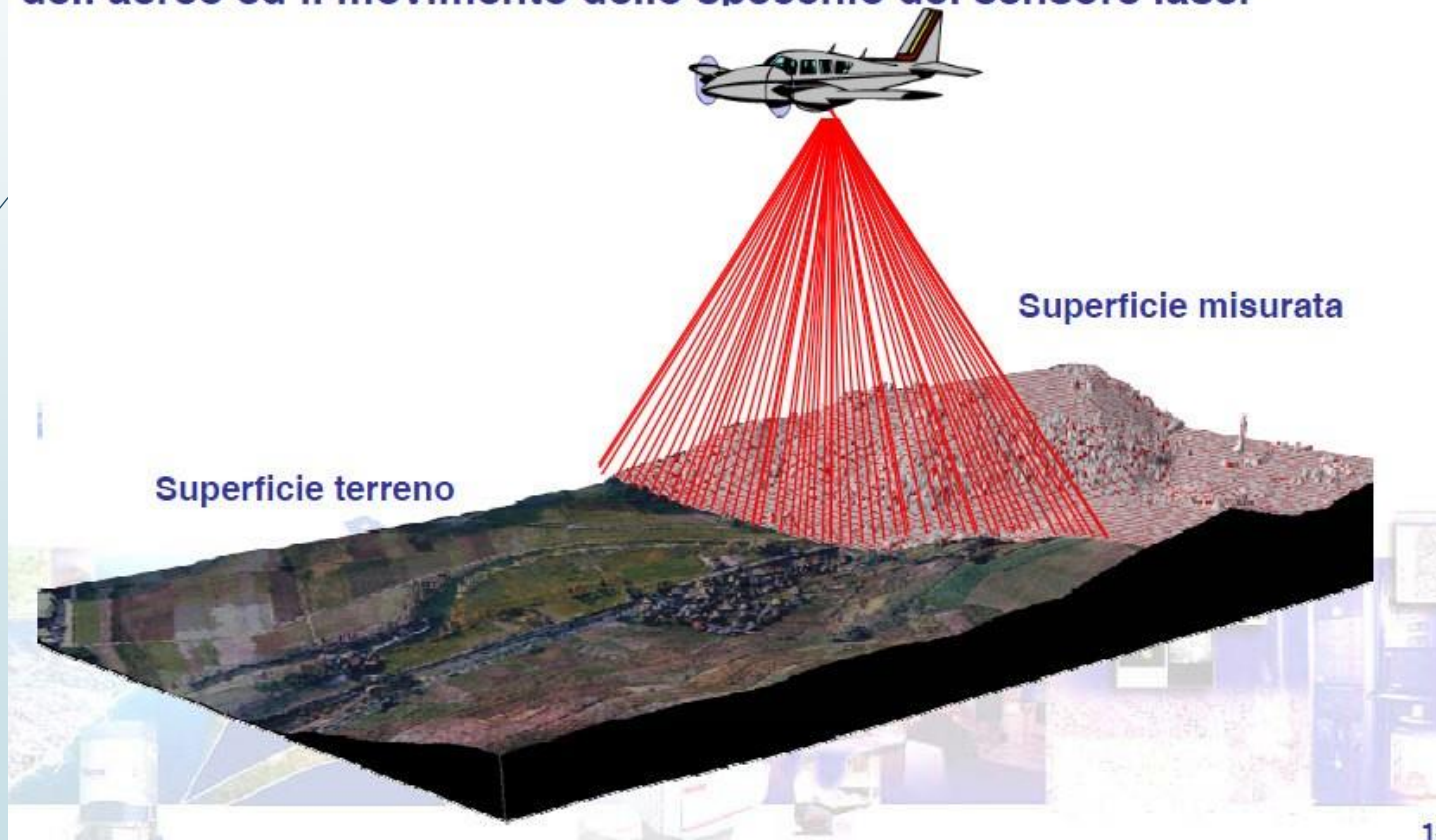
CARTA DELLE ESPOSIZIONI

Elaborazioni tridimensionali



Dati LiDAR

Scansione laser della superficie terrestre dove si combina il volo dell'aereo ed il movimento dello specchio del sensore laser



Dati LiDAR

Con appositi programmi possono essere classificati punti inerenti classi diverse



Edifici



Vegetazione

